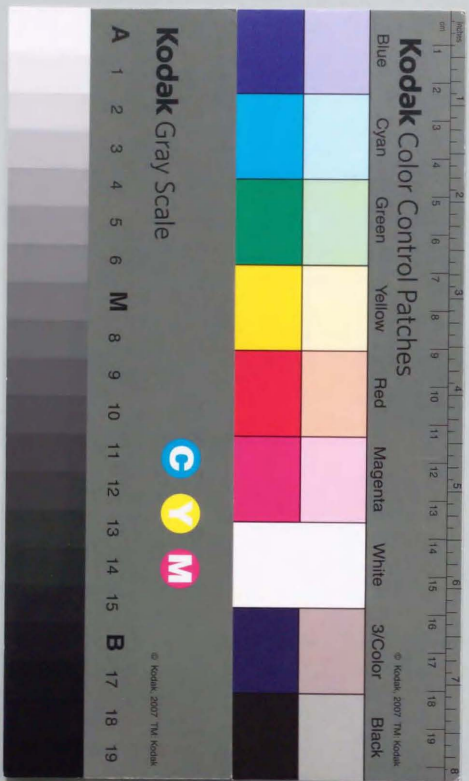


画像処理による歩行者流動の自動追尾システム

鏡 池 貴 子



画像処理による歩行者流動の自動追尾システム

殿 佳代子

目次

| | |
|--------------------------|----|
| 論文構成 | ・ |
| 序 | 1 |
| 0-1. はじめに | 1 |
| 0-2. 本論の位置づけ | 1 |
| 第1編 動画処理の基本技法 | 3 |
| 第1章 デジタル画像 | 3 |
| 1-1. 画像とは | 3 |
| 1-2. 画像の分類と利用方法 | 4 |
| 1-3. 動画画像 | 7 |
| 第2章 動画処理 | 9 |
| 2-1. 画像処理 | 9 |
| 2-2. 本論における動画処理 | 11 |
| 第2編 動画追尾のアルゴリズム | 15 |
| 第1部 動体データの取得(前処理) | 15 |
| 第3章 観測と原画像データの取得 | 15 |
| 3-1. 観測調査及び観測実験 | 15 |
| 3-2. 原画像データの取得(画像のA/D変換) | 18 |
| 3-3. 取得画像の性質 | 18 |
| 第4章 動体認識 | 24 |
| 4-1. 動体抽出処理 | 24 |

| | |
|------------------------------|----|
| 4-1-1. 背景画を利用する方法 | 24 |
| 4-1-1-1. 背景画の作成 | 24 |
| 4-1-1-2. 原画像と背景画の差分画像による動体抽出 | 26 |
| 4-1-2. 差分画像を利用する方法 | 26 |
| 4-1-3. その他の動体抽出手法 | 28 |
| 4-2. 本論における動体抽出 | 28 |
| 4-2-1. 動体抽出処理手法の比較 | 28 |
| 4-2-2. 背景画 | 28 |
| 4-2-3. 原画像と背景画の差分画像 | 30 |
| 第5章 画像補正 | 35 |
| 5-1. 影の消去 | 35 |
| 5-1-1. 影消去の諸手法 | 35 |
| 5-1-2. 回帰直線を利用した影消去 | 38 |
| 5-1-3. 影を消去した動体の抽出 | 40 |
| 5-2. 雑音成分の削除 | 40 |
| 5-2-1. 雑音消去方法 | 40 |
| 5-2-2. 消去画素数による動体抽出の変化 | 42 |
| 5-3. スムージング (膨張・収縮処理) | 42 |
| 5-4. パーソンラベル付と四周上に位置する動体の削除 | 44 |
| 第2部 動体追尾のアルゴリズム | 49 |
| 第6章 動体の階層化 (各動体の領域分割) | 49 |
| 6-1. 領域分割 | 49 |
| 6-2. 本論で用いる領域分割 | 50 |

| | |
|--------------------------------------|----|
| 6-2-1. K-平均法 | 50 |
| 6-2-2. x y 位置空間・RGB色空間 (5次元特徴空間) | 51 |
| 6-2-3. RGB色空間 (3次元特徴空間) | 52 |
| 6-2-4. K-平均法によるクラスタリングの整理 | 52 |
| 6-3. 動体の階層化 | 54 |
| 6-3-1. 動体の階層化 | 54 |
| 6-3-2. 領域分割の範囲による適用結果の比較 | 56 |
| 第7章 移動の認識 | 58 |
| 7-1. 移動の認識 | 58 |
| 7-1-1. テンプレートマッチング | 58 |
| 7-1-2. 勾配法 | 60 |
| 7-2. クラスタ間のマッチング | 62 |
| 7-3. パーソン・ラベル (PSラベル) 間のマッチング | 65 |
| 7-4. 本論文における移動の認識 | 65 |
| 第8章 動体の追尾 (階層化を用いた動体の追跡) | 70 |
| 8-1. PSラベルの追尾 | 70 |
| 8-2. クラスタ・レベルの追尾 (最大画素数) | 72 |
| 8-3. クラスタ・レベルの追尾 (最小差分色階調距離) | 76 |
| 8-4. 動体追尾のまとめ | 78 |
| 第3編 動体追尾のアルゴリズムの適用 | 83 |
| 第9章 予備調査・実験 | 83 |
| 9-1. 生研での観測調査 (真上から真下を見おろした撮影) | 83 |

| | |
|------------------------------|-----|
| 9-1-1. 観測データ | 83 |
| 9-1-2. 動体抽出 | 86 |
| 9-1-3. 動体追尾 | 86 |
| 9-2. 生研での観測実験(斜め上方から見おろした撮影) | 98 |
| 9-2-1. 観測データ | 98 |
| 9-2-2. 動体抽出 | 98 |
| 9-2-3. 動体追尾 | 99 |
| 9-3. 予備調査・実験のまとめ | 118 |
| 第10章 街路空間での適用 | 120 |
| 10-1. 五反田 | 120 |
| 10-1-1. 観測データ | 120 |
| 10-1-2. 動体抽出 | 120 |
| 10-1-3. 動体追尾 | 121 |
| 10-2. 代官山 | 142 |
| 10-2-1. 観測データ | 142 |
| 10-2-2. 動体抽出 | 142 |
| 10-2-3. 動体追尾 | 143 |
| 10-3. 銀座 | 166 |
| 10-3-1. 観測データ | 166 |
| 10-3-2. 動体抽出 | 166 |
| 10-3-3. 動体追尾 | 167 |
| 10-4. 観測調査のまとめ | 194 |

| | |
|-----------------------|-----|
| 第4編 総括 | 197 |
| 第11章 総括・展望 | 197 |
| 11-1. 追尾アルゴリズム実行結果の整理 | 197 |
| 11-2. 終わりに | 199 |
| 11-2-1. 本論の意義 | 199 |
| 11-2-2. 問題点とその解決 | 199 |
| 11-2-3. 今後の展開 | 199 |
| 付録 | |
| データリスト | |
| プログラムリスト | |
| 参考文献 | |
| 謝辞 | |

論文構成

本論は、序及び第1章から第11章で構成される。その概要は以下の通りである。

全体は4編に分けられる。第1編は第1章、第2章からなり、本論の基礎となる動画像処理手法に対する解説と本論で使用したアルゴリズムの概略について述べる。第2編は第1部、第2部に分けられる。第1部の第3章から第5章は原画像の取得から動体抽出までの処理過程の説明で、第2部の第6章から第8章は動体抽出がなされた画像を用いて行う手法の解説である。第3編は第9章、第10章からなり第2編で提案したアルゴリズムを実際に観測データに適用し、その有効性を検証している。第4編は第11章からなり本論の総括と今後の展開についてまとめている。

序

本論の研究の位置づけを行い、研究に至った動機及び研究の意義について述べる。

第1編 動画像処理の基本技法

第1編では本論で扱う“画像”の基礎的事項-第1章ではデジタル画像一般、第2章では動画像処理-についての整理を行なう。

第1章 デジタル画像

第1章ではデジタル画像について、画像の種類及び処理形式を分類し、また、動画像に関する簡潔な解説を行なう。

第2章 動画像処理

第2章ではデジタル画像を用いた画像処理の一般的な手法についての概説と本論で用いる動体追尾のアルゴリズムとその内容についての簡単な説明がなされる。

第2編 動画像追尾のアルゴリズム

第2編では動体を追尾する手法について述べる。第2章において示したアルゴリズムに従って、処理過程を“動体抽出”と“動体追尾”に分けて解説する。

第1部 動体データの取得

第1部では観測調査で得られた画像から人間のみを抽出する過程について解説する。

第3章 観測と原画像データの取得

観測データの作成過程を、観測調査方法、原画像データの取得方法、取得した画

像の色特性に分けてまとめる。

第4章 動体認識

動画像から移動している対象を追尾するためには、各静止画像上に存在する移動対象を他の対象と区別する必要があるが、その手法の一つに動体抽出処理がある。動体抽出処理について整理し、既往の手法と本手法との比較についてまとめる。

第5章 画像補正

第4章で作成した画像には第6章以降の動体を追尾するための各処理に不適切な画像も含まれている。本章では、そのような画像に対して追尾アルゴリズムを適用できるように画像補正処理を行う。補正対象となる画像は、背景に“動体の影が落ちている画像”、“雑音部分の多い画像”、“動体の境界が荒れている画像”等である。各画像に対して適切な処理方法とその結果についてまとめる。

第2部 動体追尾のアルゴリズム

第2部では動体抽出を行った画像を対象に、連続する画像の性質を利用した各動体の軌跡を求める手法について解説する。

第6章 動体の階層化

本論では抽出した動体を位置と色を含んだ5次元の特徴空間内でクラスタに分割している。画像をある特徴で分割する手法は領域分割手法と呼ばれ、その処理過程についての既往の手法の整理と本手法との比較を行い、動体を分割する意味について説明する。

第7章 移動の認識

第6章で動体を分割した結果を用いて前後フレーム間での各動体のクラスタ別及びPSラベル別の対応づけを行う。前後フレーム間で色差距離を最小にするブロック間でマッチング（ブロック・マッチング）を行なうが、その手法の解説とクラスタ間のマッチング対応数を元にしたPSラベルのマッチング手法の提案を行なう。

第8章 動体の追尾

着目するデータ項目により3種類のマッチング手法を提案する。

1. 第7章で提案したPSラベル間のマッチング結果を最初のフレームから逐次更新させて追尾し、軌跡データを得る手法。
2. 移動により変化の生じにくい最大画素数を持つクラスタ間でマッチングを行い、1.と同様の手法で追尾し、軌跡を得る手法。
3. 微小時間では同一対象の色変化が生じにくいという性質を用いて最少差分色距離を持つクラスタ間でマッチングを行い、1.と同様の手法で追尾し、軌跡を得る手法。

第3編 動体追尾のアルゴリズムの適用

本編は、第2編で作成した動体追尾アルゴリズムを実際の撮影データに適用する。

第9章では予備調査・実験による観測データを対象として、また、第10章では街路上で観測調査をしたデータに対して第2編の動体追尾のアルゴリズムを適用し、各観測データ毎に有効性を検証する。

第9章 予備調査・実験

実際の街路空間上で観測調査・実験を行う前に東京大学生産研究所構内で第3章に示す2種類の方法で予備調査・実験を行った。

9-1. では、屋上から生研裏側通用門付近を俯瞰撮影したビデオデータを用いた。9-2. では撮影方法によるアルゴリズムの適用結果を比較するために、生研屋上からカメラを斜めに向けて中庭を撮影したデータを用いた。9-3. ではこれら二つの予備調査・実験における本アルゴリズムの適用結果をまとめる。

第10章 街路空間での観測調査

第9章の予備調査・実験の結果をふまえ、実際の街路空間での観測調査への本アルゴリズムの適用を行う。その結果として本アルゴリズムの有効性及び限界性を明らかにする。

第4編 総括

第11章 総括・展望

本論の成果を簡潔にまとめ、現時点の課題と今後の展望を述べる。

付録

本論で使用した主要プログラムリストを掲載する。使用言語はC言語、コンピュータは画像データの取得においてはPC9800-AP (NEC)、ビデオカメラはCCD-TR705 (SONY)、ビデオデッキはEVO-9650 (SONY) を用いた。

また、第3編の動体追尾のアルゴリズムの適用結果のデータリストもあわせて掲載する。

序

0-1. はじめに

本論は、“にぎわい”についての関心から研究の端を発している。

先ず修士論文において、“にぎわっている場所”を“人間の分布”－特に、人間に囲まれている場所－という面に着目して定量化を図り、人間の移動に伴ってその場が変化する様子を示した。しかし、人間の分布からは人の移動そのものに関する情報を得ることはできず、人間の移動がその場に与える影響を分析することは不可能であった。その結果、人間の移動の結果生ずる場の変化を記述するには人間の移動行動そのものを定量化する必要があると考えた。

本論の目的は、人間の物理的な移動の定量的把握と人間の移動行動とその場の関係を数理的な解析を通じて記述することにある。

0-2. 本論の位置づけ

人間の移動には、各種交通機関等を用いて物理空間内を移動する物理的移動と通信機器等を用いて情報空間の中を移動する信号的移動（例えばテレビや電話、インターネットなど）がある。本論は、前者の物理的移動の定量的な把握を試みるもので、対象として特に人間の“歩行移動”に着目する。

歩行移動に関する研究は、先ず災害時の避難行動に関する防災的研究に始まり、その後、人々が大量に集まる集客施設等の動線計画の研究や行動シミュレーションモデルの研究へと移行している。

歩行者流動そのものを数理的に扱う研究には、中祐一郎氏¹⁾らによる研究等があるが、先に挙げた研究に比べ研究数は極端に少ない。その原因の一つに調査結果のデータ化の困難さがある。研究を進める前提として、先ず歩行者流動の観測調査結果を“歩行者の軌跡”としてデータ化する必要がある。しかし、中氏の研究に見られるように、以前は連続写真等の画像をもとに手作業でデータ作成を行っていた。現在は、写真ではなくビデオ画像を用いる場合が多いが、未だにデータ作成は手作業が主流となっている。歩行移動を客観的、数理的に分析するためには軌跡や速度等に分かれた膨大なデータベースを作成する必要があるが、上記に挙げたようなデータ作成方法では、データの客観性に不安があり、また、手作業でデータを作成するには限界があると思われる。

1. 中 祐一郎、「鉄道駅における旅客の交差流動に関する研究」、東京大学学位論文、1977

しかし、近年、コンピュータの発達により各種データの作成がパーソナルな環境で進み、歩行者の軌跡の作成においても他のデータと同様にパソコン上でデータを作成する環境が整いつつある。

本来、コンピュータを用いて歩行者の軌跡を作成する研究は、情報工学の画像処理の分野に分類され、動体追尾処理手法の一つとして位置付けられてきた。画像処理の分野では、幾つかの動体処理手法が開発されているが、撮影条件の制約、処理手順の複雑さ、データ精度の劣化等の問題点を含んでいるために、未だ実験的な手法の提示に留り定量的な分析を可能とする実用的段階に至っていないのが現状である。特に、歩行移動の場合、移動方向の予測が困難ことや観測した歩行者の形状が一定でないために、既往の画像処理手法の適用は困難な状況にある。

本論は、歩行者の移動の分析に先立ち、画像処理による歩行者の自動追尾を行う手法の開発を行なうものである。各画像処理の手法については、本論の各章で詳しく説明するが、それらの手法を実際の街路における観測データに適用し、その有効性の検証も併せ行う。

第1編

動画像処理の基本技法

第1編 動画画像処理の基本技法

第1章 デジタル画像

1-1. 画像とは

画像は、一般的に物体の各点からの反射、あるいは透過してくる光を感じた結果として得られる。直接目で知覚できる可視光線の外に、紫外線・赤外線・X線・超音波などの不可視ではあるが各種の変換装置によって電気信号に変換したものの画像データとして扱われる。

画像には、表現方法の違いによりアナログ画像とデジタル画像の2種類ある。アナログ画像の代表的なものに、レンズによって光学的に扱う画像（写真など）がある。デジタル画像は、光学的情報を光電変換装置によって電気信号に変換したもので、その信号を標本化・量子化した画像である。デジタル画像の場合、構成単位は画素（pixel）と呼ばれる小さな点で2次元的に構成される。

例えば、水平方向の画素数（I）・垂直方向の画素数（L）の矩形画像の場合、 $I \times L$ の解像度という。任意の画素（ x, y ）の明るさを階調または階調値と呼び、 $F(x, y)$ と表す。（fig. 1-1-1）

画像は階調値の数（階調数）によって、2値画像・階調（濃淡）画像・カラー画像等に分類される。デジタル画像の場合、階調値が大きくなるほど画質が高品位になる。

<画像の分類>

1. 2値画像 : 階調値 $F(x, y)$ が0または1の値を持つ画像。
2. 階調（濃淡）画像 : 階調値 $F(x, y)$ として数段階の値を持つ画像。
階調数は一般的に $4 \cdot 8 \cdot 16 \cdots 256$ 等、 2^n ($n \geq 2$) \cdots の値となる。
3. カラー画像 : R, G, Bを階調値で表わし、その重ね合わせとして表現した2次元多重画像。特に、各色256段階の階調値を持つときフルカラー画像と呼び、約1670万色表示可能である。

その他に、階調値 $F(x, y)$ が可視光以外の光の反射強度を表す（赤外線等）マルチスペクトル画像や3次元画像等がある。

1-2. 画像の分類と利用方法

画像を使用する目的によって、使用する画像の種類が異なる。[1-1. 画像とは] で挙げた分類により、画像の特徴と使用目的を以下に整理する。

<カラー画像>

カラー画像の利点は、白黒画像よりも画質が良いことと情報量が多いことである。したがって、高品位の画質が要求されるCG等に多く用いられる。しかし、欠点として1つの画像のデータ量が多くなることがある。つまり、利用上の利点が処理を行う側には同時に欠点となり、膨大なデータの保存や処理時間の遅さ、処理手順の複雑さといった問題点を生じさせる。その結果、多くの画像処理においてはカラー画像でなく情報量のより少ない他の画像を用いることが多い。

<白黒濃淡画像>

白黒濃淡画像は、階調数が大きいほど画質が良くまた情報量も多い、しかし、その最大の欠点として白黒画像のため色彩の情報が欠如することが挙げられる。CG等のように画像の質自体を鑑賞する場合には白黒画像は自然リアリティに欠け過ぎないが、画像の内容の分析を目的とする処理に際しては、情報量としては充分で、またデータ量は256階調の場合でもカラー画像の1/3となるので、ある程度の画像情報を残しつつ処理時間の短縮やデータの圧縮が行える。

<2値画像>

2値画像は、画質の再現性を問わず、必要なデータのみを抽出した画像といえる。その為、データの保存が容易であり、処理速度も速く、処理手順も簡便にできる。しかし、2値化に伴い失われる情報量が多いために、必要なデータとそれを区別する決定方法が2値画像を用いる際に重要となる。

画像においては階調数が大きい程、画質は高くなる。しかし、同時に目的以外の情報量をも多く含み、処理時間が長くなる等の問題点が生じる。画像処理においては、一般的に入力された画像の階調数を必要に応じて減らし、利用しやすい画像形式に変換して用いる。

本論では、処理方法によって適宜、階調値変換処理を行い、必要に応じた階調数のデータで処理を行っている。

次に、階調数の変換処理について説明を行う。

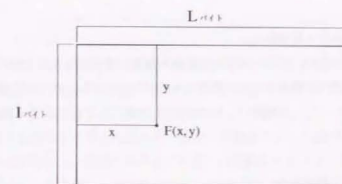


fig. 1-1-1 画像 (ビットマップ)

$$F(x, y) = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases}$$

fig. 1-1-2 2値画像



$$F(x, y) = 2^n \\ (n \geq 2)$$

fig. 1-1-3 白黒濃淡画像



$$F(x, y) = (r, g, b) \\ r, g, b = 2^n \\ (n \geq 2)$$

fig. 1-1-4 カラー画像



<階調数の変換処理>

原画像が、カラー画像や白黒濃淡画像の場合は階調数を減じる処理を行う。

原画像の階調数が256階調(8ビット)で入力されている場合、階調数を2階調(1ビット)・4階調(2ビット)・8階調(3ビット)・16階調(4ビット)等に変換する。

<白黒濃淡画像への変換>

原画像がカラー画像の場合、色彩データを明度情報に変換し白黒画像にする。白黒濃淡画像に変換する方法には、全色彩情報から白黒濃淡画像に変換する方法と特定の1色のデータを白黒画像に変換する方法がある。

<2値化画像への変換>

カラー画像または白黒濃淡画像を2値画像に変換する処理を2値化処理という。原画像が文字・線画の場合に特に有効で、文字・図形の認識等の前処理として多く行われている。2値化処理は、ある閾値より大きい値をもつデータを必要とするときに、閾値より小さな階調値を持つ画素を0(黒:背景)、大きいものを1(白:対象)にする処理である。閾値の設定方法によって2値化処理もいくつかに分類できる。

2値画像処理の主たる目的は形状解析であり、基本的な処理は以下の通りである。

- | | |
|----------------|--|
| 1. 連結成分ラベル付処理 | : 同一の連結成分(閉領域)に同一ラベルを割り当てる処理 |
| 2. 細線化処理 | : 幅を持った線を削って線幅1にまで細める処理 |
| 3. 膨張・収縮処理 | : 画素連結性に着目して図形を1画素あるいは数画素分太らせたり細くしたりする処理 |
| 4. 輪郭線追跡処理 | : 順序づけられた画素の系列として輪郭線を抽出する処理 |
| 5. 領域(エッジ)抽出処理 | : 各領域の境界を抽出する処理 |

本論で応用する2値画像処理(ラベル付・膨張・収縮処理)については[2-2. 本論における動画画像処理]にまとめてある。

1-3. 動画画像

我々人間も含めて動物は、常に周囲の環境から目を通して入ってくる光の信号を系時的に変換し、その画像に対して認識処理を行っている。本論においては動画画像を時系列画像信号の集合一時系列に並んだ静止画像の集合と考える。

したがって“物”の動きは連続した静止画像上の“物”の位置変化から判断する。

動画画像においては静止画像からは認識不可能な“対象”の移動をベクトルとして識別することが可能である。例えば、1枚の静止画に車が映っている場合に、この静止画から車の移動方向や速度を抽出することは不可能である。しかし、連続画像である動画画像の場合、画像中の車(対象物)の位置変化から移動する“対象”である車の移動方向や速度を抽出することが可能である。

一般的に、“動画画像処理”とは、“静止画像が系時的に連続している”という動画画像の性質を用いた画像処理手法である。

動画画像処理は目的に応じて、

- ・ 物体の運動認識・追跡
- ・ 画像の3次元認識
- ・ 動画画像データの圧縮

等に分類される。

<本論における動画画像処理>

本論中に用いる“動体”とは追尾する“対象物”のことを示す。本論は移動中の歩行者の追尾を目的としており、上記に挙げた動画画像処理の“物体の運動認識・追跡”に相当する。

動画画像処理の場合、通常、[1-2. 画像の分類と利用方法]で指摘した画像処理における“処理速度の高速化”、“データの保存”といった問題の解決方法として、白黒濃淡画像を対象に処理が実行される。白黒濃淡画像を元に、上記に示した動画画像の性質により動体を抽出する手法は情報・電子工学の分野において紹介されている。¹⁾

追尾を行なう際に、車など移動方向があらかじめ定められた動体が対象の場合は、移動方向をある程度定めることで追尾を容易にすることが可能である。しかし、本論が対象とする“歩行者流動”の場合、移動方向は歩行者の意志によるものであり、移動方向を限定することはできない。歩行者の流動状況は、原画像から動体を抽出した後には動体抽出画像を連続表示することで示すことが可能である。しかし、この場合は歩行者の分布は知ることは出来るが、処理の結果から歩行者の移動において発生する情報(速度・歩行パターン等)を得ることは出来ない。この歩行者の移動情報を得るためには、連続画像間で各動体の同定が必要である。一般的に画像処理

1. 安居院、斎藤、長尾、中島、“ブロック特徴を用いた歩行人物の抽出と追跡”、TV学会誌、vol.45, no.10, pp213-220, 1991.10

に用いられる白黒濃淡画像は階調値によって明度のみが示されている。そのため、同定のための情報量が乏しく追尾が困難である。本論で用いる動体の追尾では、

“同一対象物は連続画像間での色変化が生じにくい”

という性質を用いている。また、静止画像が“背景”と“動体”部分から成立しているとするならば、本論では背景部分は必要としない。

上記の2点を踏まえて、先ず原画像から背景画を除き動体を抽出する。次に抽出した動体の画素が持つ原画像中のRGB階調値に着目し、そのRGB階調値を元に動体を追尾する手法を開発した。この手法により、先に挙げた画像処理時に発生する処理速度の低下やデータ量の多さといった問題点の解決を図っている。

本論で画像処理の際に用いる画像は、観測テープをA/D変換時にRGB各256階調のカラー画像に変換した画像である。画像の大きさは観測データに応じて適宜設定している(最大720×480pixel)。

第2章 動画画像処理

本章では、デジタル画像を用いた一般的な処理の流れを整理するとともに、本論で用いた動体追尾の処理手順についてまとめている。

2-1. 画像処理

画像処理の手法は大部分の解説書において処理過程という観点から分類されている。その他に、処理の機能面から見た分類や人間の視覚パターン認識処理を比喩的に用いて解説をしている解説書もある。

<処理手順による分類>

この分類の場合、各処理がどの項目に属するか解説書により若干異なるが、選ばれた項目に関しては共通していると考えて良く、一般的に画像処理の流れはfig. 2-1-1のように表されている。

1. 画像 : 画像処理をする対象(以下、原画像)及び処理結果として得られる画像。
2. 画像の観測 : 現実の事象を光学機器(ビデオ収録機器等)を用いて観測し、その観測したデータを画像処理するために必要な画像形式に変換すること。
ex. A/D変換等
3. 画像の変換 : 画質の劣化の改善や特定の特徴を強調するための処理。
画像中の対象とは無関係に行われることが多い。
ex. 2値画像変換, 平滑化処理, 雑音補正等
4. 画像の解析 : 画像中のパターンを検出するために必要な画像としての特徴を抽出し記述する処理。
画像の識別方法と処理対象画像間に密接な関係がある。
ex. 領域分割処理(セグメンテーション処理)
5. 画像の識別 : 解析処理で得られた画像特徴とその他の処理で得た“対象”の特徴との対応を一致させる処理。
ex. パターン・マッチング処理等
6. 画像の理解 : 知識を利用した識別処理の制御や、知識に基づく推論及び解釈によって画像対象の情報を理解すること。

但し、“画像の観測”および“画像の変換”をまとめて、“前処理”と呼ばれることもある。

次に、上記の処理過程の際に得られたデータに対して共通の処理について説明する。

7. 画像の表示 : 解析や理解の結果を表現したり、言語情報として出力する作業。
 8. 記述 : 処理を実行する回数や処理を制御する手法、データ等を処理内容に合致するように適宜必要な形式で記述すること。

これらの分類内容は、解説書により若干の違いがある。例えば、特徴からクラスタリングする作業を、安居院氏らの「知的画像処理」においては「画像の解析」に分類し、長崎氏らの「画像処理 [第2版]」によれば、「画像の識別」に分類している。

<処理の機能面から見た分類>

高木氏らによる「画像解析ハンドブック」によれば、機能面から画像処理を「射影」・「分類」に分類している。

- 射影: 1. 再生・復元・補正・・・ 画像再生/画像復元/幾何補正/
放射量補正/モザイク
 2. 変換・・・ 濃淡情報の変換/空間情報の変換/
幾何学的情報の変換/データ圧縮
 分類: 1. 分類・・・ トレーニングデータの選択/距離/
特徴選択のための基準/判別法/
弛緩法を用いた分類/分類結果の後処理/
分類精度の評価
 2. 領域分割・・・ 統合法/分離・統合法/画素連結法/
特徴空間でのクラスタ化による領域分割/
弛緩法を用いた領域分割
 3. マッチング・・・ テンプレートマッチング/構造マッチング
弛緩法を用いたマッチング/不変量



fig. 2-1-1 画像処理の流れ

2-2. 本論における動画像処理

本論で用いた動画像処理の過程を、[2-1. 画像処理]で解説したく処理の手順による分類)に基づいて示すと以下の通りである。(fig. 2-2-1)

[画像処理部分]

1. 画像 : 観測事象
 2. 画像の観測 : 観測データを8 mmビデオにより撮影
 3. 画像の変換 : (1) 撮影した画像をデジタル画像に変換(A/D変換)・・・*1
 (2) 動体抽出処理・・・*2
 (3) 画像の補正処理(雑音除去・スムージング・影消去)
 ・・・*1, *2

4. 画像の解析：各動体の階層化（特徴空間におけるクラスタリング）・・・ *1
5. 画像の識別：移動の認識（前後フレーム間のブロックマッチング）・・・ *1
6. 画像の理解：移動の追尾（階層化した動体データを用いた追尾）・・・ *1

〔共通事項〕

7. 画像の表示：各処理内容に則した画像の表示を行う。・・・ *1
8. 記述：各アルゴリズムの結果に則したデータの記述を行う。・・・ *1

本論中のアルゴリズムに関して、*1は本論オリジナルの手法で、*2は既往の手法の応用である。本論で用いた既往の画像処理手法について以下に簡単に解説する。

＜画像処理における隣接関係＞

デジタル画像の場合、ある画素とその周囲の画素との位置関係によって隣接関係を次のよう定義する。

4近傍：ある画素とその上下左右の画素との隣接関係（fig. 2-2-2）

8近傍：ある画素を中心としその周囲8個の画素との隣接関係

（fig. 2-2-3）

2値画像処理の場合、画素間の連結性に着目して各処理を行うが、ある画素と4近傍の位置関係にある画素間を4連結しているといい、同様に、8近傍の位置関係にある画素間を8連結しているという。

＜既往の手法を応用する画像処理＞

一般的に画像処理手法が確立している2値画像処理を以下の処理目的で援用した。動体抽出後の画像において、“動体”を対象（1），“その他の画素”を背景（0）として、2値化画像処理を行なった。

〔処理手法〕 〔処理内容〕

- ラベル付け処理：パーソン（PS）ラベル付け処理
 1 画像中で抽出した動体毎にPSラベルをつける。
 雑音の除去処理
 閾値処理により動体を抽出した後の画像は動体以外の対象（雑音部）も含んでいる。面積の小さいラベルを除くことによりこの雑音部の除去処理を行なう。
- 膨張・収縮処理：スムージング
 動体抽出後の画像は境界線があいまいである。その境界線を滑らかにする処理。

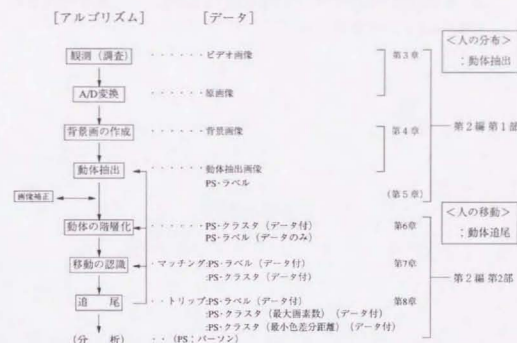


fig. 2-2-1 自動追尾アルゴリズム

| | | |
|---|---|---|
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 |

fig. 2-2-2 4近傍

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

fig. 2-2-3 8近傍

対象画素
 { 0 隣接すると見なさない
 { 1 隣接する

PSラベル付け処理については第5章で、また、画像の補正処理(雑音除去、スムージング)については第6章で詳細について述べる。

また、第2編で動体追尾のアルゴリズムにおける各処理について既往手法を紹介し、同時に本手法との比較を行う。

第2編

動画像追尾のアルゴリズム

第2編 動体追尾のアルゴリズム

本論は歩行者流動をコンピュータを用いて動画像から自動追尾することを目的としている。第2編では本論に必要な画像処理過程について説明を行う。第1部（第3章～第5章）は動体データの取得に関する項目を、第2部（第6章～第7章）においては動体の追尾手法に関する項目について解説する。

第1部 動体データの取得（前処理）

第1部では、動体追尾に用いる動体の抽出方法と取得した画像のRGB値のもつ特性について述べ、あわせて追尾を行う為に必要な前処理について解説する。

第3章 観測と原画像データの取得

3-1. 観測調査及び観測実験

本論中の「観測実験」とは被験者に意図的に歩行してもらいそれを撮影したものをいい、「観測調査」とは実際に歩行者流動が行われている場所にビデオカメラを設置して撮影したものをいう。

人間の行動を観察する場合、被観察者の行動が自然に行われる様に観察する＜非参与観察＞と始めから観察目的を非観察者に明示する＜参与観察＞がある¹⁾。「観測調査」を行う場合、定常の“歩行者流動”を観測し記録することがテーマであり、「観測調査」によって歩行者流動に影響があつてはならない。そこで＜非参与観察＞として、“歩行者に気づかれない場所（4階から10階）にビデオカメラを設置し撮影する”という方法でデータの収録を行った。

〔撮影方法〕

観測調査及び実験は、歩行者流動とビデオカメラの位置関係を以下の2種類に設定して行った。

- (I) 歩行者流動を真上から直下に見おろす (fig. 3-1-1)
- (II) 歩行者流動を斜め上方から見おろす (fig. 3-1-2)

各撮影方法について以下にまとめる。

- (I) 歩行者流動を真上から直下に見おろす場合

- 1. 三脚から歩行者流動に腕をのばし、その先にビデオカメラを取り付ける。

fig. 3-1-3に示すようにビデオカメラと地面とができるだけ水平になるように撮影する。

1. 日本建築学会編、「建築・都市計画のための調査分析方法」、井上書院、1987、4

2. 外付のモニタを用いて観測する画像を決める。(fig.3-1-4)
シャッタースピード・色補正等にも注意する。
 3. 画像が決定したらそのまま撮影する。(fig.3-1-5)
- (II) 歩行者流動を斜め上方から見おろす場合
1. ビデオカメラを三脚に固定し、歩行者流動に向ける。
 2. 外付のモニタを用いて観測する画像を決める。
シャッタースピード・色補正等にも注意する。
 3. 画像が決定したらそのまま撮影する。

撮影された画像の特色は、

(I) 歩行者流動を真上から直下に見おろす場合

1. (I) の撮影方法では、画像の外周部ではレンズによる歪みを生じる為に、多少の重なり、隠れが生じるがオクルージョンは生じない。(fig.3-1-6)
2. 撮影を行う場所の階数によって、撮影できる歩行者流動の範囲が制約される。
3. 歩行者流動上にビデオカメラを出して撮影するため、撮影可能な場所探しが容易でない。

(II) 歩行者流動を斜め上方から見おろす場合

1. 画面上で人が前後している場合、後方の人が前方の人により隠されるオクルージョンが生じる場合がある。(fig.3-1-7)
2. 撮影できる歩行者流動の範囲が比較的自由に設定できる。
3. 歩行者流動に撮影場所が面していれば良く、場所探しは真下を見おろして撮影する方法よりは容易である。

もし、オクルージョンが生じなければデジタル画像上で人物を個別に切り取り、特定することが可能であると考えてよい。画像処理によって追尾を実行するには、オクルージョンが生じにくい(I)の方法で撮影したデータを用いることが望ましい。本論における追尾は可能な限り(I)の方法で撮影をしたデータを中心に行う。しかし、街路上で観測調査を行う場合、(I)の方法で撮影可能な場所は少ない。今後の街路等での観測調査を考え、また(I)との比較を行うために、(II)の方法でも撮影した。観測実験でも(I)(II)の方法を併用している。(第9章参照)

また、観測調査を通じて知り得たことに、「歩行者は、主に移動方向またはその左右を見ながら歩いている」ということである。例外は目的地が2階以上にあり且つその目的地を探している場合であるが、その視線上にビデオカメラがない限り人々

2. オクルージョン : 観測時に歩行者が重なり合って撮影された部分。追尾の際に問題となるのは、オクルージョンが解消し、動体が分離する部分である。複数の動体を一つのラベル付した場合も同様の問題を含んでいる。



fig. 3-1-1 撮影 (I)



fig. 3-1-2 撮影 (II)



fig. 3-1-3 観測調査 (1)



fig. 3-1-4 観測調査 (2)

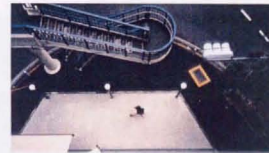


fig. 3-1-5 観測調査 (3)



fig. 3-1-6 撮影画像 (ビデオカメラの歪み)

カメラの歪みによる重なり



fig. 3-1-7 撮影画像 (オクルージョン)

オクルージョンが生じている

その目的地を探している場合であるが、その視線上にビデオカメラがない限り人々はカメラに気付くことはなかった。

したがって、[3-1. 観測調査及び実験] の方法で撮影をした画像を用いる場合、観測調査による歩行者流動への影響は全く考えなくて良いと判断した。

3-2. 原画像データの取得 (画像のA/D変換)

追尾に必要な画像データを歩行者流動を撮影した8ミリビデオテープを元にアナログ画像からデジタル画像に変換する。この項では、その変換方法について説明する。

ビデオ画像は、1秒間に30フレームの静止画像が録画される。家庭用ビデオカメラの場合、録画時に“時間・分・秒”のタイムコードがインサートされる。しかし、正確な等時間間隔の画像データを必要とする場合、家庭用カメラの“時間・分・秒”のタイムコードでは、ある1秒中どのフレームをデジタル画像に変換したかを知ることとは不可能である。正確な時間間隔で画像を取込むには、“時間・分・秒・フレーム”のタイムコードを用いる必要がある。原画像の取得に際しては、“時間・分・秒・フレーム”のタイムコードをもち、かつコンピュータからコントロールができるビデオデッキ (SONY EVO - 9650) を用いた。

この項以降、本文中で用いる“タイム・コード (TC)”とは“時間・分・秒・フレーム”のタイムコードのことである。

< 画像のA/D変換 >

- [3-1. 観測調査及び観測実験] において撮影したビデオテープに、1フレーム毎にTCをつける。
- 追尾データの設定を行う。(fig.3-2-1)
 - ①開始タイムコード
 - ②取得画像数 (以降 総フレーム数)
 - ③取り込み時間間隔 (1フレーム=1/30s)
 - ④取得画像の大きさ (水平画素数×垂直画素数) (fig.3-2-2)
 - ⑤画像取り込み位置 (水平/垂直オフセット)
- TCをコンピュータで制御し、画像のA/D変換を実行しながら連続デジタル画像を取得する。(fig.3-2-3, 4)

追尾に用いるデジタル画像はRGB各256色階調に設定し取り込みを行う。

3-3. 取得画像の性質

画像の階調値 $F(x, y)$ は、RGB各色の明るさを示している。これらのRGB値

```
defline COL_A (1150) /* color adjust */
defline COL_B (1150) /* color adjust */
defline COL_C (1150) /* color adjust */
defline COL_D (1150) /* color adjust */
defline COL_E (1150) /* color adjust */
defline OFFSET (575) /* X-Dimension Offset Size */
defline OFFSET (575) /* Y-Dimension Offset Size */
defline X_SIZE (500) /* X max : 50-chips */
defline X_SIZE (500) /* Y max : 50-chips */
defline LOCATION "00000000" /* file name data */
defline DATE "00-00-00" /* starting time */
defline TIME "00-00-00" /* max : 99-chips */
defline TIME "00-00-00" /* how many frames */
defline TIME "00-00-00" /* I max : 20 frames */
defline TIME "00-00-00" /* average data */
defline TIME "00-00-00" /* average of read */
defline TIME "00-00-00" /* max of read error */
defline TIME "00-00-00" /* max of read error */
```

fig. 3-2-1 A/D変換 (初期設定)

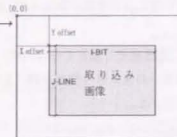


fig. 3-2-2 A/D変換
(画像の大きさ)

fig. 3-2-3

撮影範囲を取り込む範囲

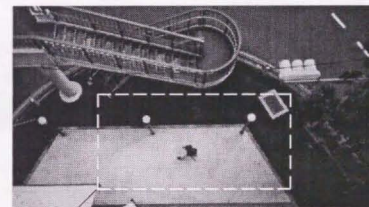


fig. 3-2-4

原画像



は、画像の様々な色の特徴を表現している。各色の特徴および相互の相関関係をfig. 3-3-1~fig. 3-3-7のグラフに示してある。調べる対象画素の範囲によりグラフより得られる結果が異なるが、分析範囲とその利用法について以下簡単にまとめる。

1. 全画素を対象とするものは、画像全体の色分布を調べる場合に用いる。例えば撮影場所の色分布の傾向を調べる場合や原画像と作成した背景画との比較を行う場合に用いる。

fig. 3-3-1~fig. 3-3-3に示すグラフは、1枚の静止画像に対するものであり、fig. 3-3-4、fig. 3-3-5に示すグラフは、2枚の画像間の比較を行うものである。

2. 任意の小領域を選択したものには、領域内部の色分布を調べる場合に用いる。特徴を持つ要素を選択すると要素別の色についての比較検討を行うことが可能となる。本論では、原画像の背景・影・動体といった各要素の色の特徴を調べる場合や、背景画素とそれらの要素とを比較し、影の分離を行う際に用いている。用いるグラフの種類は1.と同様である。

3. 特定の画素に着目して、時間経過に伴う色分布の変化を調べる際に用いる。本論では、背景画作成時、及び動体抽出時に利用している。(fig. 3-3-6, fig. 3-3-7)

各グラフの詳しい活用方法について、次章以降の実際の処理過程に即して解説を行う。

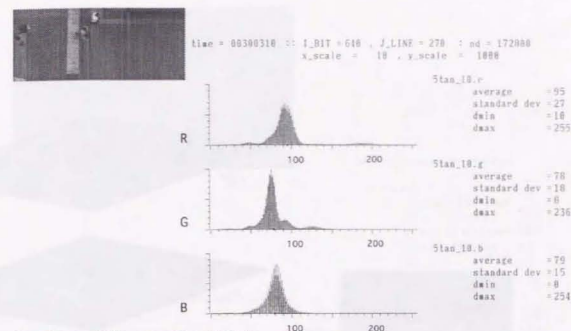


fig. 3-3-1 色別ヒストグラム (全画素)

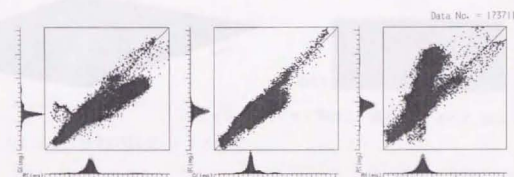


fig. 3-3-2 二色間散布図 (RG, GB, BR: 全画素)

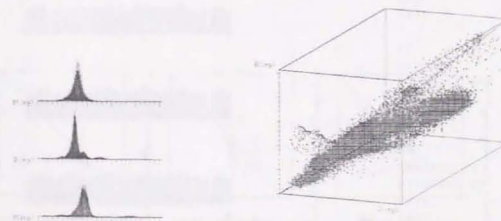


fig. 3-3-3 三色間散布図 (全画素)

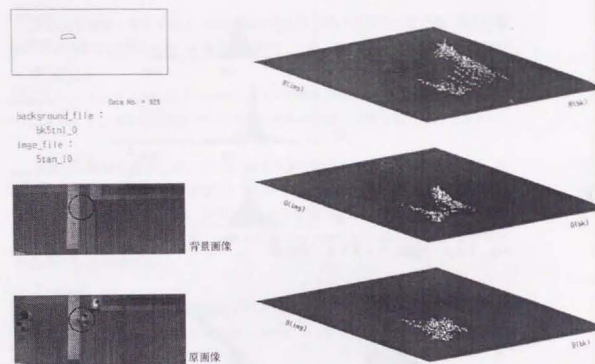


fig. 3-3-4 二画像間・二色間アクソノメトリック図

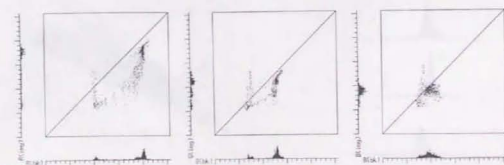


fig. 3-3-5 二画像間・二色間散佈図 (対象範囲は fig. 3-3-4 と同じ)



posx = 356 posy = 275

nd = 360
average = 102
standard dev = 19
dmin = 13
dmax = 180

nd = 360
average = 108
standard dev = 19
dmin = 15
dmax = 145

nd = 360
average = 110
standard dev = 20
dmin = 18
dmax = 172

fig. 3-3-6 画素のRGB値ヒストグラム

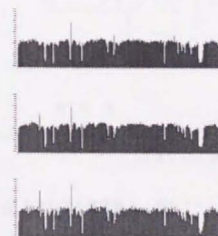


fig. 3-3-7 画素のRGB値の時間変化

posx = 358 posy = 274

nd = 360
average = 100
standard dev = 19
dmin = 8
dmax = 190

nd = 360
average = 108
standard dev = 20
dmin = 12
dmax = 194

nd = 360
average = 118
standard dev = 21
dmin = 14
dmax = 226

第4章 動体認識

動画像から各動体の速度、運動方向、軌跡等を求めるためには、動画像中の各フレーム上に存在する動体を、それぞれの領域として他の領域と区別することが必要である。原画像から“動体”がもつ領域を抽出できたならば、その後の追跡処理において“動体”の空間的な移動の追尾が容易になる。

4-1. 動体抽出処理

原画像から動体抽出する方法には、

1. 背景画を利用する方法
2. 差分画像を利用する方法
3. その他の方法

等がある。

4-1-1. 背景画を利用する方法

4-1-1-1. 背景画の作成

連続画像から背景画を作成し、背景画と原画像との各画素の色の階調値の差分をとる。差分値の絶対値の大小により各画素を背景画と動体に分離する。(fig.4-1-1) 連続画像の性質から、動体は移動対象物の位置が画像内で変化する部分であり、静止部分は対象物の画像内の位置が変化しない部分と考えられ、画像内の対象物は、動体(移動対象)と静止部分(背景)に分割できる。(fig.4-1-2)

背景画の作成手法には、

1. 背景のみの画像を用いる方法
2. 追尾する全画像を用いる方法
3. 前後の画像を用いて逐次更新していく方法

がある。

1. 背景のみの画像を用いる方法

あらかじめ背景画となる画像を撮影しデジタルデータに変換し背景画を作成する。一定の光環境が得られる場所において有効な方法である。

2. 追尾する全画像を用いる方法 (fig.4-1-3)

全画像を用いて各画素の平均値もしくはモードを計算して背景画を作成する方法。

あるひとつの画素についての全時間の階調値のヒストグラムは (fig.4-1-4) に示すとおりである。

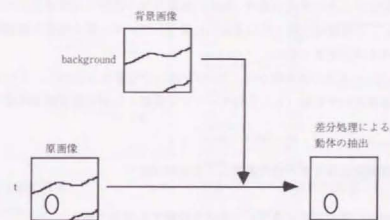


fig. 4-1-1 動体の抽出 (背景画を用いて分離する方法)

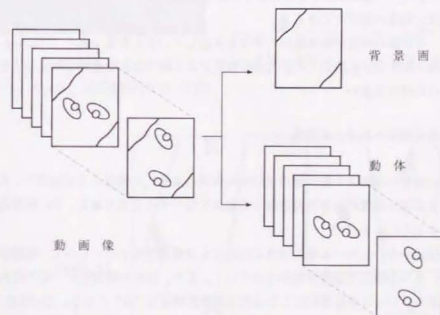


fig. 4-1-2 背景と動体

- ・ヒストグラムからは、全時間を通じて特定の階調値に集中していることがわかる。この特定の階調値をこの画素の背景の階調値と考える。
- ・全画素について同様に計算をして背景画を作成する。

3. 前後の画像を用いて逐次更新していく方法

光環境の変化の大きい場所の場合、始めの画像と後の画像では階調値が大きく異なる。しかし、光環境は時間と共に連続的に変化していて、微小時間の画素間の階調値の変化はそれほど大きくない。

始めに数フレーム分の原画像からく2.の方法で背景画を作成し、その後1フレーム毎に各画素の平均値（もしくはモード）を更新しながら背景画を作成する方法である。

4-1-1-2. 原画像と背景画の差分画像による動体抽出

背景色と動体の色の相違に着目して動体を分離する手法である。

ほぼ同じ色では画素の階調値（R, G, B）は比較的近い値となり、異なる色では画素の階調値（R, B, G）は全く異なる。その結果、ほぼ同じ色の差分階調値はほとんど“0”であり、異なる色の場合は差分階調値の絶対値は比較的大きな値となる。このことを利用して、背景と動体を分離する。（fig.4-1-5）

この方法を用いた動体抽出は原画像と背景画の差分処理によって行われるために、比較的簡単に動体の抽出ができる。

ただし、背景画の精度が動体抽出の精度を決定していると考えて良く（fig.4-1-6）、背景画の作成方法に関しては原画像の特質をよく調べた上で適切な作成方法を選択しなければならない。

4-1-2. 差分画像を利用する方法

前後する画像の各画素の階調値の差分から階調の変化した領域をまず抽出し、さらに前後する差分画像の画像間論理積から動体を抽出する方法である。その処理過程をfig.4-1-7に示す。

この方法は少ないフレーム数の画像においても分離可能である。しかし、処理過程が多く、その各段階で画像情報が欠けていく。また、動体の階調値が一定の場合には、前後のフレームで動体が重なる画素は差分階調値は“0”となる。この場合、前後する差分画像の画像間論理積も“0”となり、この画素は動体と見なされない。その結果、得られる動体画像は、前後のフレームの重なり部分が抜け落ちた画像になる。（fig.4-1-8）

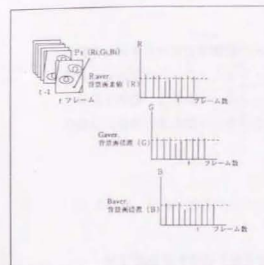


fig. 4-1-3 背景画の作成
(RGBの時間変化)

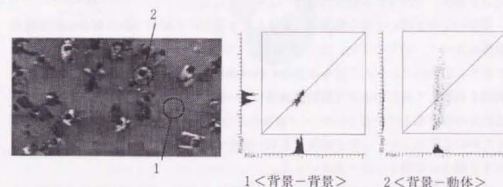


fig. 4-1-5 二要素間の比較 (R値)

posx = 169 posy = 9

nd = 388
average = 181
standard dev = 24
dmin = 13
dmax = 193

nd = 388
average = 189
standard dev = 25
dmin = 21
dmax = 231

nd = 388
average = 187
standard dev = 26
dmin = 16
dmax = 239

fig. 4-1-4 背景画の作成
(RGBのヒストグラム)

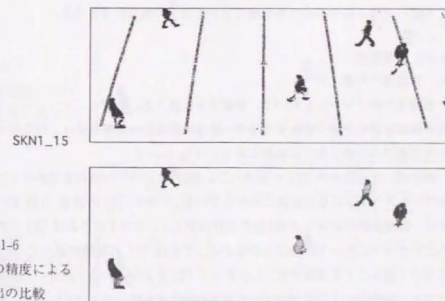


fig. 4-1-6
背景画の精度による
動体抽出の比較

4-1-3. その他の動体抽出手法

各画像を複数のブロックに分割しそのブロック内の特徴量の変化に着目して動体を抽出する手法がある。その際、着目する特徴量として、ブロック内画素の階調値の平均値、標準偏差、パワースペクトル等がある。この方法の場合、動体を動体を含むブロックの集合として抽出するため、設定するブロックが大きい場合には動体の輪郭を明確に抽出できない場合がある。

4-2. 本論における動体抽出

4-2-1. 動体抽出処理手法の比較

上記に挙げた背景画作成手法の内、[4-1-1. 背景画を利用する方法] と [4-1-2. 前後の差分を用いる方法] を比較する。「観測実験」のデータをもとに〈背景画を利用する方法〉で得られる動体画像を fig. 4-2-1 に示し、〈前後の差分を用いる方法〉で得られる動体画像を fig. 4-2-2 に示す。

前後の差分を用いて得た動体は、全体として境界が不鮮明で抽出部分は原画像の動体に比べて一回り小さい。また [4-1-2. 前後の差分を用いる方法] で挙げたとおり、前後のフレームで重なる部分の抜け落ちも生じている。それに比べて、背景画を利用して得た動体は比較的原画像に近い動体が抽出されており、前後で重なる部分の抜け落ちは生じていない。〈前後の差分を用いる方法〉は、背景画を作成するために必要なフレーム数が確保できない場合や撮影と同時に進行しながら動体を抽出する場合に有効な手法であるといえる。

本論文の撮影方法では固定アングルから撮影しており、背景画を作成する為に必要なフレーム数を確保する事が可能である。したがって、動体抽出処理手法として〈背景画を利用する方法〉を用いることにする。

本論における動体抽出の各処理について以下の項目にまとめる。

4-2-2. 背景画

＜ 背景画の作成 ＞

原画像の全フレームを用いて、背景画を作成する。ただし、全フレームを通じてある画素に動体が多く存在する場合、動体の階調値の影響を受けて階調値の平均値が背景画のみの値と異なる場合がある。(fig. 4-2-3)

例えば、原画像中の [1] の画素 (270, 290) における時間変化のグラフは滑らかで、ヒストグラムもある値に集中している。しかし [2] の画素 (170, 40) においては、時間変化のグラフはRGB値の変化が激しく、ヒストグラムは [1] に比べて裾の広いグラフになっていることが分かる。これは [1] の位置に比べて [2] の方が人が多く通ることを意味する。したがって [2] のように人通りが多いと考えられる画素は、階調値の平均値が必ずしも背景の値を表しているとはいえない。その補正

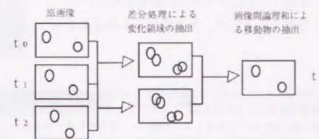
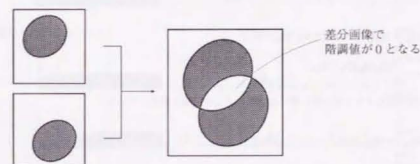
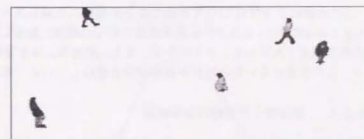


fig. 4-1-7 前後の画像の差分により分離する方法

fig. 4-1-8 フレーム間差分により
動体の一部が抜け落ちる場合fig. 4-2-1
背景画からの
動体の抽出fig. 4-2-2
前後画像の差分による
動体の抽出

処理として画素の平均階調値を計算する際に、ヒストグラムをいくつかのピークに分離し、背景部分を取り出した上で平均値を求めている。

ヒストグラムを分割する方法は、大津氏による判別基準法^{*)}の考え方を採用している。(fig. 4-2-4)

* [判別基準法] この方法は、ヒストグラムをある閾値で二つのクラスに分割する際、クラスの分離度が最もよくなるように閾値を決定するものである。ヒストグラムを、ある閾値 k で、 k 未満の濃度値を持つ部分と k 以上の濃度値を持つ部分の二つのクラスに分離して、それぞれをクラスA、クラスBとする。クラスAとクラスBの生起確率、平均濃度値、分散をそれぞれ $w_a(k)$ 、 $w_b(k)$ 、 $\mu_a(k)$ 、 $\mu_b(k)$ 、 $\sigma_a(k)$ 、 $\sigma_b(k)$ とし、ヒストグラム全体の平均濃度値及び分散を μ 、 σ とすると、クラス内分散 σ_a 及びクラス間分散 σ_b は以下になる。

$$\sigma_w^2 = w_a \sigma_a^2 + w_b \sigma_b^2 \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \sigma_b^2 &= w_a (\mu_a - \mu)^2 + w_b (\mu_b - \mu)^2 \\ &= w_a w_b (\mu_a - \mu_b)^2 \end{aligned} \quad (2)$$

クラス内分散とクラス間分散の間には以下のような関係が成立している。

$$\sigma_w^2 + \sigma_b^2 = \sigma^2 \quad (3)$$

二つのクラスの分離度 $\eta(k)$ は、判別分析で用いられる基準(クラスの分離度)として以下のように求められる。

$$\eta(k) = \sigma_b^2(k) / \sigma_w^2(k) \quad (4)$$

この分離度 $\eta(k)$ を最大にするものとして、閾値 k を決定することができる。ここで得られたクラスで、度数の多いクラスを“背景”と考え、RGB各色の平均階調値を背景の値とした。

この方法により作成した背景画および原画像の色別ヒストグラムをfig. 4-2-5、fig. 4-2-6に示す。グラフから背景画像は特定の範囲に集中しており、画像全体が同色系で構成されていることが分かる。また、原画像には背景にない色を含んでいるが、この背景にない色の部分が動体部分を構成していると考えてよい。

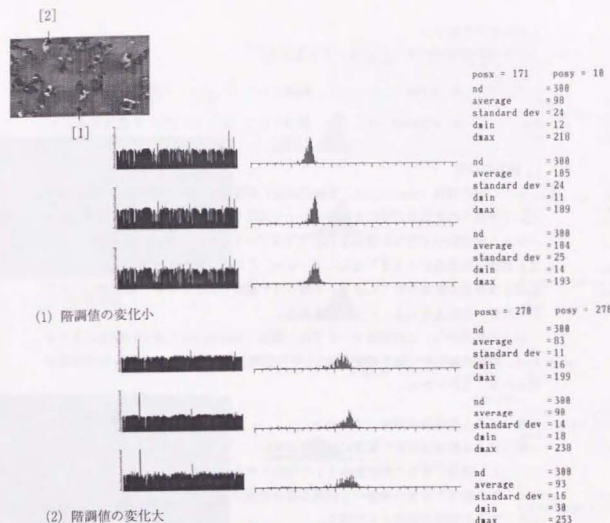
4-2-3. 原画像と背景画の差分画像

[4-2-2. 背景画] の手法を用いて作成した背景画を用いて、動体部分の抽出を行う。

fig. 4-2-7のように原画像と背景画像の差分を考え、原画像と背景画像の各画素の色階調の差分距離の2乗(dr^2)を計算し、設定した閾値(Thresh_col)より大きい値をもつ画素を動体部分と特定し、“動体抽出画像”を作成する。

原画像のRGB値を (r_i, g_i, z_i) 、背景画のRGB値を (r_b, g_b, z_b) とすると、

$$dr^2 = (r_i - r_b)^2 + (g_i - g_b)^2 + (z_i - z_b)^2 \quad (1)$$



(2) 階調値の変化大

fig. 4-2-3 RGB階調値の時間的変化

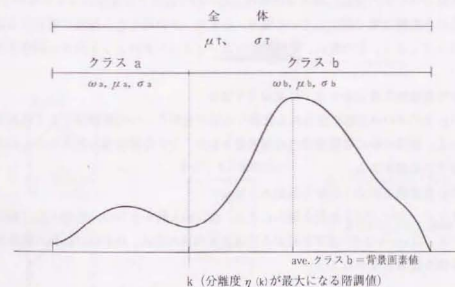


fig. 4-2-4 判別基準法による背景画の決定

<動体部分の特定>

原画像の画素の値を (r_i, g_i, b_i) とするとき、

- $dr^2 \geq \text{Thresh_col}$: 動体として (r_i, g_i, b_i) の値を保存する。
 $dr^2 < \text{Thresh_col}$: 背景として (255, 255, 255) を代入する。
 (白色にマスキングする。)

[閾値の設定]

いくつかの閾値 (Thresh_col) を仮に設定し動体部分の特定を試みるが、背景画として消去される部分の変化を観察した上で適切な閾値を決定する。閾値を変化させながら動体抽出を行った結果を fig. 4-2-8 に示す。これによると閾値の値を変えても動体の境界部分はあまり変化していない。ただし、閾値を過度に大きくすると必要な部分まで除去されてしまう。その一方で閾値を大きくすると雑音部分 (主に影の部分) が除去されるという一面もある。

以上の結果から、この画像データでは、閾値 (Thresh_col) を 500 程度にするならば、動体の追尾が可能な精度を持ち、かつ同時に雑音の消去を行える差分画像が得られることがわかる。

<差分による動体抽出結果のまとめ>

差分による動体抽出後の画像には動体以外に、

1. 背景に落ちた影が動体として抽出される。
2. 動体と背景の境界に不鮮明な部分や抜け落ちを生じる。
3. 小領域が雑音として残る。

といった問題点がみられる。

閾値はそれぞれの画像に固有な色特性に基づいて設定されなければならないが、RGB の色距離空間で設定している限り、必ずデータの取り込み精度に依存する雑音を拾ってしまう。その他に、撮影方法の違いによって次のような特性が観察される。

1. 歩行者流動を真上から直下に見おろす場合

fig. 4-2-8 の中央部に見られる密接した歩行者群を一つの閉領域として抽出している。追尾の際には閉領域内の画素数を数え、大きな閉領域は数人分のものと判断する必要がある。

2. 歩行者流動を斜め上方から見おろす場合

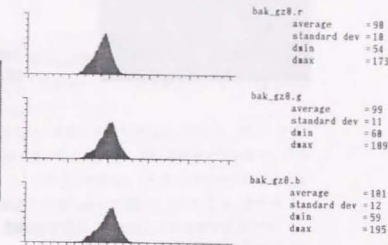
オクルージョンによる見え隠れにより、複数の人間をひとつの動体として抽出している。(fig. 4-2-9) 直下を見おろす場合と同様の手法、あるいは動体の軌跡からの分離を図る必要がある。

これらの問題点は画像補正処理によって解決を図るがその方法については次章で説明する。

time = 00:39:30 :: I_BIT = 520 , J_LINE = 300 : nd = 156000
 x_scale = 10 , y_scale = 1000



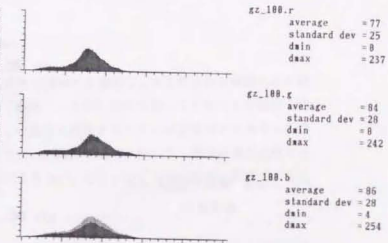
fig. 4-2-5 背景画像



time = 00:40:310 :: I_BIT = 520 , J_LINE = 300 : nd = 156000
 x_scale = 10 , y_scale = 1000



fig. 4-2-6 原画像



原画像



差分による動体抽出

$dr^2 < \text{Thresh_col}$: 背景

$dr^2 \geq \text{Thresh_col}$: 動体

fig. 4-2-7 動体部の特定

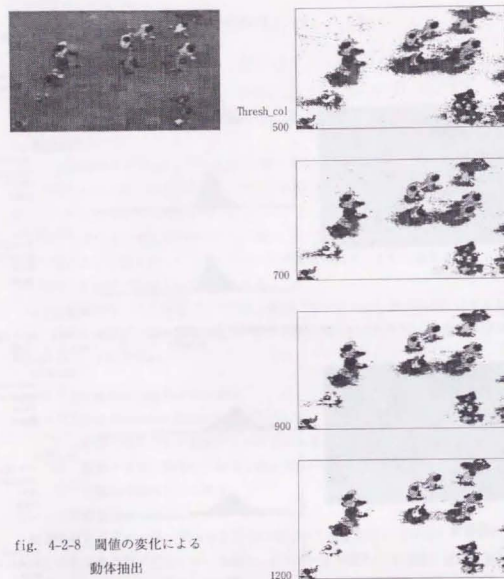


fig. 4-2-8 閾値の変化による
物体抽出

fig. 4-2-9
オクルージョンを持つ画像の物体抽出



第5章 画像補正

5-1. 影の消去

背景画の影と異なり、動体の影は動体の移動とともにその位置が変化する。[4-2. 本論における動体抽出]で作成した動体データには撮影条件によって動体の影が含まれている場合がある。(fig.5-5-1)

影の大きさは、撮影時間・撮影方向・季節によって異なる。例えば、朝方、夕方、冬場といった太陽高度の低い時期は長い影を生ずる。歩行者間隔が狭い場合、この長い影は他の動体と重なりをもつ。このような場合、[4-2.]の方法で動体抽出を行った画像において、いくつかの動体が影によって連結されてしまう。その為、正確な歩行者数が計測できなくなる。画像処理により正確に歩行者数を計測するには、一動体が他と独立している画像が必要である。また、連続する数画の画像間で抽出した動体同士を同一の個体として対応付けるためにも、動体に付随する影を分離する必要がある。

5-1-1. 影消去の諸手法

色階調値の分布から画像の各要素を抽出する場合に、ある要素の本体部分と日影部分は別領域になる。そのため、観測データから動体を抽出する際に日影部分も動体として抽出されてしまう。正しい動体を抽出するためには影領域を消去する必要がある。影領域を削除する方法には、一般的な処理手法がなく画像処理の過程で各自が工夫した手法を取り入れねばならない。以下、いくつかの既往の影消去の手法について解説する。

ロボットを街路上で走行させる場合、逐次、ロボットに街路であることを判定させながら移動しなければならないが、その際に影領域では街路判定の結果を修正する必要がある。その方法の一つとして、カーネギーメロン大学では、各画素のR、G、B値を総和($R+G+B$)で正規化した値をもとに街路と非街路に分割し、移動ロボットNavlabの進行に適用している。他にマーチン・マリエッタ社はshadow boxingという方法を用いた影の消去方法を提案している。この方法はまずR-G空間に街路中の日影と日向領域の画素の散布図を作成する。次に各領域の[R:G]を計算すると、日影領域はBlue成分が強調した方にシフトする性質がある。これを利用して、日向領域と日影領域の2つの箱に標本を囲い込む。

陳ら¹⁾は日向と日影領域の画素値の内、R成分とB成分に対してRGBの和によ

1. 陳 曉静, 小谷伸司, 森 英雄, "道路主の影の検出", 電子情報通信学会技術報告, P R U 88-102, 1989

る正規化を行い、日向のRGB成分の各階調値をK (K_r, G_k, B_k)、ある画素のRGB成分各階調値をS (S_r, G_s, B_s) とするとき、

$$K_r = R_k / (R_k + G_k + B_k), \quad K_b = B_k / (R_k + G_k + B_k)$$

$$S_r = R_s / (R_s + G_s + B_s), \quad S_b = B_s / (R_s + G_s + B_s)$$

実験によりK_r, K_b, S_r, S_bの値が特定の範囲内の数値に収まることを見出した。

$$(0.33 \leq K_r \leq 0.34, 0.32 \leq K_b \leq 0.33 / 0.30 \leq S_r \leq 0.32, 0.33 \leq S_b \leq 0.36)$$

そこで、 $rmin \leq K_r - S_r \leq rmax$, $bmin \leq S_b - K_b \leq bmax$ の範囲にある場合のS (S_r, G_s, B_s) を日影領域と判定する。ただしrmin, rmax, bmin, bmaxは閾値として設定した値である。

また、佐藤ら²⁾は複数フレームの画像より背景モデルと影モデルをRGB色空間において構成し、適切な閾値処理を行って動体抽出を行う手法を用いている。この手法は、まず各画素毎にNフレームに相当するRGB色空間での画素群に対して主成分分析を行う。次に背景の広がりをもとに各画素に比例し各主成分ベクトル方向に張られた楕円体によって近似し、その楕円体内部を背景領域とする。(fig.5-1-2) 動体領域は、以下の(1)、(2)式を満たす領域とする。

$$\{y_1, y_2, y_3\} = \{(\bar{x} - \overline{BG}) \cdot \bar{e}_1, (\bar{x} - \overline{BG}) \cdot \bar{e}_2, (\bar{x} - \overline{BG}) \cdot \bar{e}_3\} \quad (1)$$

$$\frac{y_1^2}{\lambda_1} + \frac{y_2^2}{\lambda_2} + \frac{y_3^2}{\lambda_3} > Th \quad (2)$$

影領域は、(3)式の様に背景値が原点方向に暗くなったものとし (fig.5-1-3)、(4)、(5)式を満たすような背景の分布に対して位置と広がりも縮退させた領域を影領域と設定し、その結果から動体領域の分離を行う。

$$\overline{BG} = \alpha \times \overline{BG}, \quad \bar{\lambda}_{1,2,3} = \alpha \times \bar{\lambda}_{1,2,3} \quad (3)$$

(ただし、 α は $0 < \alpha < 1$ で縮退係数を表す。)

$$\{y'_1, y'_2, y'_3\} = \{(\bar{x} - \overline{BG}) \cdot \bar{\lambda}_1, (\bar{x} - \overline{BG}) \cdot \bar{\lambda}_2, (\bar{x} - \overline{BG}) \cdot \bar{\lambda}_3\} \quad (4)$$

$$\frac{y'^2_1}{\lambda'_1} + \frac{y'^2_2}{\lambda'_2} + \frac{y'^2_3}{\lambda'_3} \leq Th \quad (5)$$

2. 佐藤敦, 関前健二, 末永康仁, “RGB色空間における背景モデルを用いた動体抽出法”, 信学春季大会, D-438, 1992

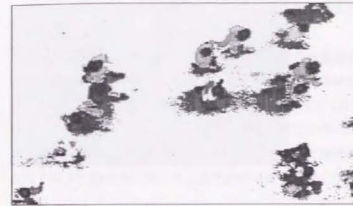


fig. 5-1-1 影を含んだ動体抽出

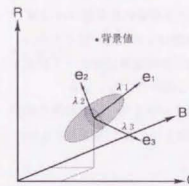


fig. 5-1-2 背景モデル
(ある画素上での複数フレーム背景値分布の楕円体近似)

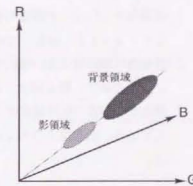


fig. 5-1-3 影の分離



background_file :
n=ala_u00
imgn_file :
n=da1804v00k3_15

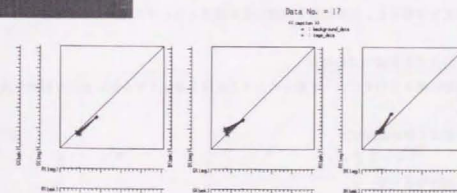


fig. 5-1-4 背景から影へのシフト

5-1-2. 回帰直線を利用した影消去

この項では、背景画と原画像の各色階調値による散布図より影領域の回帰曲線を求め、それにもとづき影領域の削除を行う手法を提案する。背景画と原画像の2つの色成分(R, G, B, B, R)による散布図を作成した結果、fig. 5-1-1に示された影領域ではR成分のB成分へのシフトは顕著ではない。(fig. 5-1-4)そこで、2画像間の任意領域の色分布の比較を用いて背景画と要素(動体、影、背景)の色分布特性を調べた。要素によって一定の分布の傾向が見られたが、その傾向を以下にまとめる。

1. 背景 : 原画像から作成した背景の各色の成分値と原画像の成分値はほぼ等しく、 $y = x$ 上に分布している。(相関係数は1.0に近い値となる。)
2. 動体 : 背景画の階調値に近い値になるが、原画像の色階調値はばらつきが大きい。その結果、散布図上ではy軸に平行な線状の分布となる。
3. 影 : 影となる画素の色階調値は、背景となる画素の値より一定の割合で減少している。散布図上の点では右上りの直線上に分布する傾向が見られる。

上記の3より、背景画と原画像の影領域の各色別(R, G, B)の散布図では、影と背景の階調値に相関性が見られ、その結果、背景の階調値から影の階調値をある程度予測することが可能であると考ええる。そこで、影領域についての散布図より相関係数と回帰直線を求め、この回帰直線から影部分を特定する方法を考える。

<影部分の特定>

fig. 5-1-5から、影領域の階調値と、背景の階調値の間に相関性があることがわかる。そこでfig. 5-1-6に示す要領で影領域の回帰直線を求める。次にfig. 5-1-7に示すように、求めた回帰直線とその共分散から影の領域を特定し、その領域内部に入る画素を背景とし、差分画像と同様にその画素を白にマスキングをする。

影を消去する直線の式の決定 :

閾値の組み合わせによって影を消去する直線を変化させながら適切な閾値を決定する。

散布図より影の回帰式を、

$$y = ax + \beta$$

影を消去する式を

$$y = ax + \beta + \gamma \max \quad \dots (a)$$

$$y = ax + \beta + \gamma \min \quad \dots (b)$$

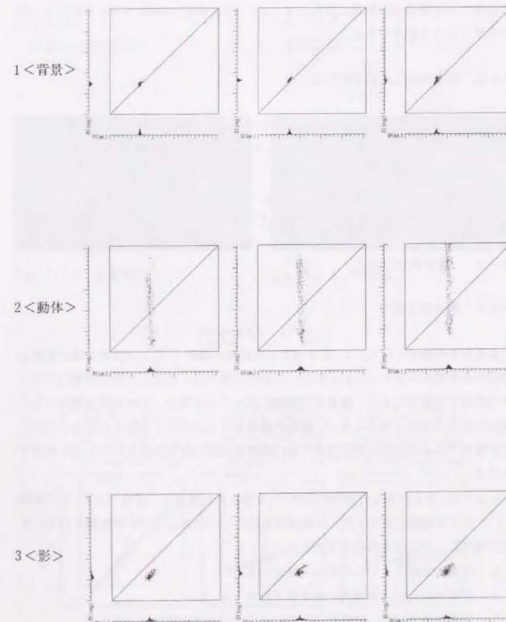
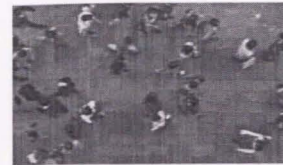


fig. 5-1-5 背景から影へのシフト

とする。

(a), (b) 式の γ_{\max} , γ_{\min} の値を共分散を元に適宜設定する。fig. 5-1-10 に実例が示されている。原画像が fig. 5-1-8 で、背景画が fig. 5-1-9 の場合、回歸直線は $y=1.3174x-64.2839$ となる。閾値 (γ_{\max} , γ_{\min}) の組み合わせを変化させた場合の消去される部分が fig. 5-1-11 に示されている。

この実験結果より、直接地面に落ちる影と間接的に出来る影 (例、洋服のしわに出来る影) では散布図上での位置が異なり、直接地面に落ちる影は、影の中でも明るく (階調値が高い)、間接的に出来る影は暗い (低い) ことがわかる。

本項において分離すべき影は、人物から地面に直接落ちる影のことであり、影の種類による階調値の相違に留意して (a), (b) 式の γ_{\max} , γ_{\min} を決定して影の分離をはかる必要がある。

5-1-3. 影を消去した動体の抽出

第4章で用いた閾値と本項で用いる閾値を組み合わせて動体の抽出を行う。閾値を変化させた抽出結果を fig. 5-1-12 に示す。この画像データの場合、

1. 差分に用いる閾値 : 500
 2. 影消去に用いる閾値 : $\gamma_{\max} = -50.5$, $\gamma_{\min} = -72.5$
- と設定すると適切な動体が抽出できることがわかる。

5-2. 雑音成分の削除

5-2-1. 雑音消去法

ある背景画が、[5-1-3. 影を消去した動体の抽出] による処理の後に動体と判定される場合がある (fig. 5-2-1)。これらは取り込んだデータの階調値のバラツキに起因する雑音である。雑音が局所的に残っている場合、その面積は動体として抽出される人物ほど大きくない。動体の追尾をするには雑音を動体と見なさないことが重要である。雑音領域を消去するには雑音領域の画素数が少ないことを利用すればよい。

[5-1-3. 影を消去した動体の抽出] で得られた画像を“背景 (0)”と“動体 (1)”の2値画像と見なして、2値画像処理の一つであるラベル付処理を以下の要領で適用し、雑音部を消去する。

1. 近傍の定義をもとに閉領域を特定する。
2. 閉領域特定時に領域内の画素数を計算する。
3. 領域内画素数が一定数以下の時にその領域を雑音領域とする。
4. 特定した雑音領域を消去し、動体だけの画像を作成する。

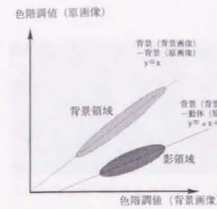


fig. 5-1-6
影領域の回歸直線

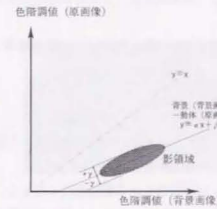


fig. 5-1-7
回歸直線による影領域の決定



fig. 5-1-8 原画像



fig. 5-1-9 背景画

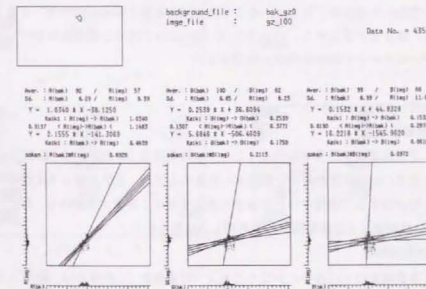


fig. 5-1-10 散布図を用いた影領域の決定

5-2-2. 消去画素数による動体抽出の変化

閉領域内画素数を閾値にして雑音領域を消去する。閾値の設定に伴う抽出動体画像の違いを fig. 5-2-2 に示す。

閾値は、

1. 歩行者一人の画素数
2. 原画像の状態 (補正すべき箇所の多い画像かどうか)

を考慮し決定する。

例えば、撮影される範囲が広くなると、画像内に撮影される人物の大きさは小さくなる。その場合、人物一人当たりの画素数は少なくなり、雑音と人物を画素数からは判定しにくくなる。一方、歩行者一人当たりの画素数が大きい場合、雑音処理によって動体が2分割されることがある。今回はできるだけ“1動体に1ラベル”となるように各処理を行っている。

5-3. スムージング (膨張・収縮処理)

[5-2. 雑音成分の削除] を行い、各動体を抽出するが、その結果得られる各動体の境界はくさすれ、く抜け、突起等の雑音を含んでいる。(fig. 5-3-1)

上記に挙げた雑音を生成する一つの原因に、ビデオ画像は、録画時に周囲の色の影響を受けながら色を決定している。特に、色が急激に変化する部分 (例えばエッジ部分) では段階的に色を変えている。段階的な色変化が起きているエッジ部分では、差分処理後の画像にくさすれが生じる。く抜けは差分や影消去を行う閾値の条件に動体の各画素が適合した場合、またく突起は上記の閾値条件に背景画素が不適合であった場合等に生じる。そこで動体抽出画像に膨張収縮処理¹⁾を施すことにより、雑音を平滑化する。(fig. 5-3-2) 膨張収縮処理は2値画像処理の手法であるが、以下にその過程を簡単に整理する。

<膨張処理 (dilation) >²⁾

1. 8近傍膨張処理

ある背景画素の8近傍中に少なくとも1つ対象画素 (この場合は“動体”) が存在するとき、その背景画素を対象画素に変換する処理。2値画像に8近傍膨張処理を1回適用すると画像中の対象画素の連結成分は1画素ずつ膨れる。fig. 5-3-3²⁾に2値画像に8近傍膨張処理を適用した結果を示す。

2. 4近傍膨張処理

ある背景画素の4近傍中に少なくとも1つ対象画素 (この場合は“動体”) が存

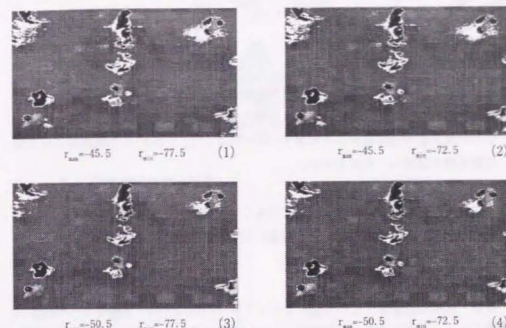


fig. 5-1-11 回帰直線による影の消去

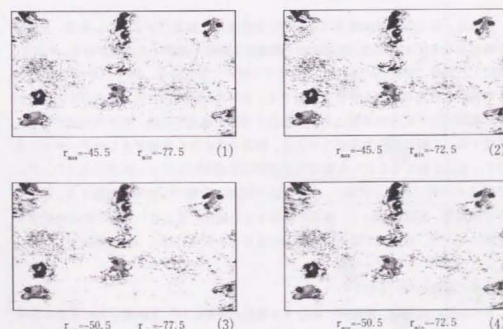


fig. 5-1-12 差分法と回帰直線による動体抽出

1. 高木幹雄, 下田陽久, 「画像解析ハンドブック」, 東京大学出版会, 1991より引用
2. 安居院盛, 長尾智晴, 「画像の処理と認識」, 昭晃堂, 1992より引用

在するとき、その背景画素を対象画素に変換する処理。

<収縮処理>⁴⁾

1. 8近傍収縮処理

ある対象画素の8近傍中に少なくとも1つ対象画素(この場合は“背景”)が存在するとき、その対象画素を背景画素に変換する処理。8近傍収縮処理は、8近傍膨張処理の逆の処理である。2値画像に8近傍膨張処理を1回適用すると画像中の対象画素の連結成分は1画素ずつ削られる。fig.5-3-4⁴⁾に2値画像に8近傍収縮処理を適用した結果を示す。

2. 4近傍収縮処理

ある対象画素の4近傍中に少なくとも1つ対象画素(この場合は“背景”)が存在するとき、その対象画素を背景画素に変換する処理。

<膨張・収縮処理の適用結果>

膨張・収縮処理を組み合わせることにより図形の凹凸や孔、欠損等を穴埋めしたり除去することができるが出来る。fig.5-3-5⁴⁾に8連結による膨張・収縮の組み合わせ結果を示す。

5-4. パーソン・ラベル付けと四周上に位置する動体の削除

画像補正後の動体抽出画像は原則的に各動体別に抽出できている。今後、各動体の軌跡を取り出す為には、原画像の一画像毎に動体を識別する必要がある。そこで、抽出した動体ごとにラベル付け(PSラベル付け)を行なう。PSラベル付け処理は、2値化画像処理のラベル付けを応用する。歩行者が画面内に入退する時、動体は画像の上下左右の端部にある。動体が端部を通過する際、動体の形状が著しく変化する。1動体中に欠損があるとき、動体全体のRGB値が正しいデータといえず、RGB値をもとにした動体を追跡する手段をとることに無理が生じる。そこでPSラベル付け処理と同時に、上下左右の端部に位置する動体を削除する。第9章の予備調査・実験において、端部の動体を含む画像と含まない画像での追尾結果を比較している。以下に2値化画像におけるラベル付け処理について解説する。

<2値化画像のラベル付け>

ラベル付け処理は、画像内に存在する複数の図形に対し連結成分毎に異なる番号を付ける処理である。ラベル付け処理を行うことにより、個々の領域別に他の処理を行うことが可能になる。

3. パーソン・ラベルを以て、PS labelと呼ぶ。



fig. 5-2-1 動体抽出画像(雑音)



pixel 数 = 50



pixel 数 = 250

fig. 5-2-2 雑音消去

<かすれ、抜け>



<突起>

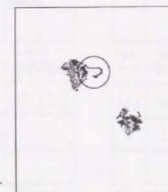


fig. 5-3-1 動体境界部の雑音

0. 連結条件を決定する。

1. 逐次、連結するラベルを調べていく。

4近傍 : 0, 1

8近傍 : 0, 1, 2, 3 (fig.5-4-2)

2. 仮のラベル付けをする。

3. 仮ラベルの結合の判定を行う。

4近傍 : ある画素の4近傍の位置に、

NB [0] ≠ 0

NB [1] ≠ 0

NB [0] ≠ NB [1]

がすべて満たされるときに結合する。(fig.5-4-3)

8近傍 :

1. NB [1] ≠ 0

NB [3] ≠ 0

NB [1] ≠ NB [3]

がすべて満たされるときに結合する。(fig.5-4-4)

2. NB [2] ≠ 0

NB [3] ≠ 0

NB [2] ≠ NB [3]

がすべて満たされるときに結合する。(fig.5-4-5)

4. 結合するラベルを仮ラベルから削除し、再び1から順にラベルを付け直す。

動体データを背景部分(0)と動体(1)の2値化画像とみなしてラベル付けを行い、動体部分を閉領域として抽出する。(fig.5-4-6)

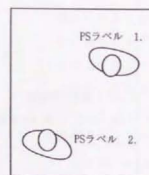


fig. 5-4-1
パーソン・ラベル付

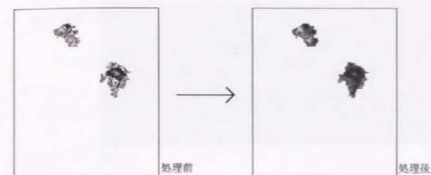


fig. 5-3-2 平滑化

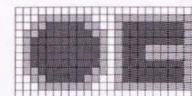


fig.5-3-3 8近傍膨張処理

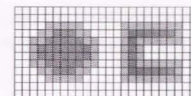


fig.5-3-4 8近傍収縮処理



6近傍の図形画素

膨張処理によって図形画素に変えられた背景画素

縮小処理によって背景画素に変えられた図形画素

fig.5-3-5 8近傍・収縮処理

| | | |
|---|---|---|
| 2 | 0 | 3 |
| 1 | | |
| | | |

fig. 5-4-2
ラベル付処理(1)

| | | |
|-----|-----|--|
| | [0] | |
| [1] | 1 | |
| | | |

fig. 5-4-3
ラベル付処理(2)

| | | |
|-----|---|-----|
| 2 | 0 | [3] |
| [1] | 1 | |
| | | |

fig. 5-4-4
ラベル付処理(3)

| | | |
|-----|---|-----|
| [2] | 0 | [3] |
| 1 | 1 | |
| | | |

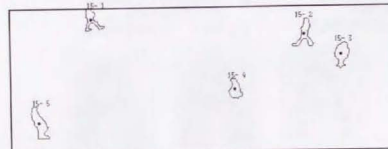
fig. 5-4-5
ラベル付処理(4)



原画像



動体抽出 (1)

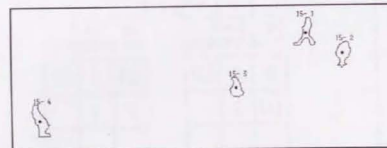


e:\sm2_sk\Ysm1_sk15.1bl

動体抽出 (1) PS ラベル

原画像上の PS ラベルを
削除したもの

動体抽出 (2)



e:\Ynw_label\Ynwps_sk15.1bl

動体抽出 (2) PS ラベル

fig. 5-4-6 動体抽出

第2部 動体追尾のアルゴリズム

第1部において、原画像から動体(歩行者)を抽出した各動体にPSラベル付けを行ったが、第2部において、このPSラベル付けした動体を用いて動体の自動追尾を試みる。

第6章 動体の階層化(各動体の領域分割)

第1部に示す方法によって、原画像から抽出した動体についてRGBの階調値を用いて動体の領域分割を行う。領域分割の既往手法と本アルゴリズムで用いる手法について以下の項でまとめる。

6-1. 領域分割

画像の“領域分割”は、画像をある一定の特徴(同一パターン)を持つ小領域毎に分割する処理であり、一般にセグメンテーション(segmentation)と呼ばれている。セグメンテーションの結果、同一領域内の画素は分割の際に用いた特徴空間内で同じパターンを持つ。

<領域分割の処理>

主たる領域分割の方法を以下にまとめる。

1) 原画像におけるクラスタリングを用いる方法

この方法は原画像上での領域形成と境界線の決定を行うものである。各領域がクラスタに相当し、クラスタの識別面は各領域の境界線に等しくなる。この方法には、領域成長法、分割法、分割併合法等がある。

2) 特徴空間におけるクラスタリングを用いる方法

この方法は、原画像の各画素をある特徴空間上の点に写像した後に、特徴空間におけるクラスタリングの手法によって各クラスタに分割した後、原画像上に逆写像するものである。この手法の場合、通常のクラスタリングとは異なる条件が要求される。特徴空間上で、同一クラスタに属する点を逆写像した場合、原画像上において近接または連結していない場合がある。この方法には、ヒストグラムによる領域分割等がある。

3) 原画像のエッジを用いる方法¹⁾

この方法は、主として線画等の2値画像に対して広く用いられている。この

1. 伊藤恭行, “デジタル画像を用いた街路景観記述手法に関する研究”, 東大博士論文, 1993

場合、原画像中のエッジをすべて抽出した後、閉曲線に囲まれた領域が同一クラスタ領域であるとする方法である。この方法には輪郭線追跡等がある。

4) テクスチャ解析

この方法は、ある規則性を持った周期的なパターン（例えば反復模様等）によって構成される画像または画像の一部をテクスチャと呼び、原画像をテクスチャ毎に分割する方法である。この方法は、リモートセンシング画像の解析に用いられることが多い。

6-2. 本論で用いる領域分割

6-2-1. K-平均法

本論で用いる領域分割は、2) 特徴空間におけるクラスタリングを用いる方法を用いる。その際のクラスタリング手法として、K-平均法を用いた。K-平均法とは、J.B. MacQueen により提案された非階層的クラスタ分析手法の一つで、初期条件として初期クラスタを設定した後に、クラスタ間の重心間距離を基準に融合と分割を行うものである。

一般的なクラスタ分析の手法である組み合わせの手法は、全個体間または全クラスタ間の距離を求める必要がある。しかし、対象個体数が多い場合、計算量等が膨大となり実行が困難となる場合がある。このような場合に、非階層的手法が用いられる。K-平均法は比較的小規模なデータに適したクラスタリング手法である。

その手順は、

- i) 総個体数 N から適当に m 個取り出し、それらを初期クラスタとする。
- ii) クラスタ間の距離の最小値が T 以下であれば、その2つを結合してその重心を計算し、他のクラスタ（重心）間との距離の最小値が T 以下であれば、再結合する。

上記の操作を繰り返し行い、クラスタ重心間の距離がすべて T 以上であれば、次の手順に移る。この際のクラスタ数を L とする。

- ii-1) 個体 r をクラスタ C_i の重心との距離 D_{ri} を計算して、

$$D_{ri} = \min_i \{D_{ri} \mid i=1, 2, 3, \dots, L\} \leq S \quad \text{ならば} \quad \text{ii-2) へ}$$

$$D_{ri} = \min_i \{D_{ri} \mid i=1, 2, 3, \dots, L\} > S \quad \text{ならば} \quad \text{ii-3) へ}$$

- ii-2) 個体 r をクラスタ C_q に融合し、その重心を再計算する。さらに、その重心と他のクラスタの重心間の距離が T 以下ならば、2つを結合して新たなクラスタとし、 L を改めて ii-1) に戻る。

- ii-3) 個体 r を新たなクラスタとし、 L を改めて ii-1) に戻る。

- iii) 残りの $(N-m)$ 個の個体一つずつ入力し、次の手順でクラスタを構成していく。

- iv) 個体の再配置 : 前2段で得られたクラスタの重心を核として固定し、再度 N 個の個体を逐次最も近い核に割り当てクラスタを構成する。尚、閾値 T 、 S は分類対象により最適解を得られるように計算の結果を踏まえ設定する。

また、クラスタリングを行う際の特徴空間を、

1. RGB 色空間 (3次元特徴空間)
2. x, y 位置空間・RGB 色空間 (5次元特徴空間)

にとり、各特徴空間内でクラスタリングを試みたが、その結果を次項以降に示す。

6-2-2. x, y 位置空間・RGB 色空間 (5次元特徴空間)

クラスタリングを行う特徴空間として、 x, y 位置空間と RGB 色空間を考える。その空間内距離 dk_{aver} を

$$dk_{\text{aver}} = \sqrt{ks(x^2 + y^2) + kc(r^2 + g^2 + b^2)} \quad (1)$$

($0 \leq ks \leq 1, 0 \leq kc \leq 1$)

と定義して、K-平均法を用いて以下の要領でクラスタリングを行い、各動体を複数のクラスタ分割し、動体を階層化する。

1. 初期クラスタの SEED 点として hdx, hdy 間隔に、 $GNX \times GNY$ 個の点を割り付ける。
(fig. 6-2-1)
2. 想定する最大のクラスタ数として NSD 個を設定する。
3. 結びつき閾値を各距離の2乗で考える。位置・色の5次元空間の閾値を TT 、位置の2次元空間の閾値を SS とする。
(fig. 6-2-2)
4. 画素 $P(i, j)$ 上の色階調値を (r_i, g_i, b_i) とする。
 - 4-1. グリッド上の各 SEED 点に $(x_{sd}, y_{sd}, r_{sd}, g_{sd}, b_{sd})$ を代入する。
 - 4-2. SEED 点が代表するクラスタ内画素数 (NCK) の初期値1を入れる。以下は、SEED 点を除く全ての点に関して計算を行う。
 - 4-3. SEED 点と $P(i, j)$ 間の位置距離の2乗 (Dst_{pos}) が SS 以上となる SEED 点を除外する。また、fig. 6-2-2 の dx, dy の一方が今までの最近隣距離を超える場合も除外する。
 - 4-4. $P(i, j)$ から最近隣のクラスタ (R_{min}) への距離の2乗を d_{min} とする。
 - (i) $d_{\text{min}} \leq SS$: 新しい重心を計算し、NCKに1を加える。新しい重心と他のクラスタとの距離を計算し、 TT 以下のもの

は融合する。その際、融合後のクラスタを K_{min} とし、他方のクラスタの NCK を0とする。

- (ii) $d_{min} > SS$: $P(i, j)$ を新しいクラスタとしてSEED点に加える。
その時は、 NSD に1を加える。

4-5. SEED点が確定すると、全ての $P(i, j)$ について最近隣のSEED点に割付けを行う。

上記の方法で、クラスティングを5次元特徴空間(x y位置空間・RGB色空間)に適用した結果をfig. 6-2-3に示す。

この図には以下の特徴がみられる。

1. 同一クラスタ構成要素は近傍領域に比較的多くまとまっている。
2. 同色系であっても位置が異なる部分は別のクラスタとなっている。
3. 局所的な情報(エッジ等)との追従性が良くなっている。
4. 小領域の大きさが比較的揃っている。
5. 同一要素内に複数のクラスタに分割される。
6. 初期クラスタの設定によって分割されるクラスタ数の調節が可能である。
(ただし、初期クラスタの設定は、計算速度、分割の精度等により加減する必要がある。)
7. 一つのクラスタに複数の要素が混在することはない。

特徴空間に位置情報を含んでいるために、クラスティングの際に各クラスタが“画像上の距離により拘束され”、その結果として上記の特徴が現れている。

6-2-3. RGB色空間(3次元特徴空間)

RGB色空間におけるクラスティングは位置空間における距離を0として考えればよく[6-2-2. xy位置空間・RGB色空間]で示した式(1)の $ks=0$ とすればよい。その適用結果をfig. 6-2-4に示す。

6-2-4. K-平均法によるクラスティングの整理

各特徴空間でK-平均法を適用した結果を整理する。各クラスタの代表値(X, Y, R, G, B)は、それぞれビットマップ上の重心(X, Y)と各色の平均色調値である。

各クラスタの代表値に、以下のことがわかった。

(1) 5次元特徴空間(位置・色空間)

1. 各クラスタの中心部にある。
2. ひとつのクラスタ内にそのクラスタの代表値があり、クラスタの代表値が各

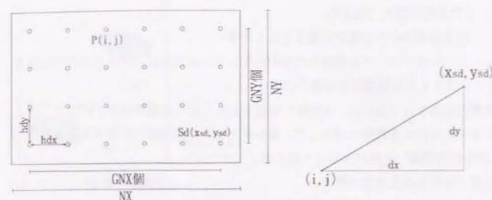


fig. 6-2-1 k平均法(1)

fig. 6-2-2 k平均法(2)

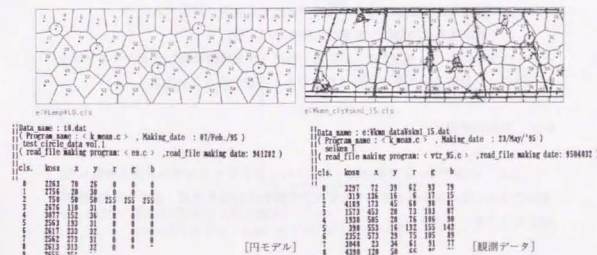


fig. 6-2-3 k平均法によるクラスティング(5次元)

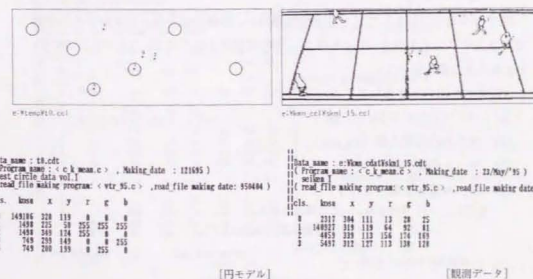


fig. 6-2-4 k平均法によるクラスティング(3次元)

クラスタの位置を表していると考えて良い。

(2) 3次元特徴空間 (色空間)

1. 画像全領域の中心部分に集まることが多い。
2. ひとつのクラスタに複数の要素が混在しているために、クラスタの代表値とクラスタの位置関係が明確ではない。

動物の追尾を行うためには、各動物の位置を正しく知る必要がある。そこでクラスタリングを実行する特徴空間として、重心がクラスタの内部に存在する位置・色の“5次元特徴空間”を使用することにする。

位置・色の5次元特徴空間は、

1. クラスタリングの結果が位置に拘束される。
2. 色への追従性を持つ。

という性質を持ち合っており、また動画画は

1. 連続した各動物は前後の画像で近接する場所に存在する。
2. 前後の画像間で同一要素の色特性はほぼ等しい。

という性質を持っている。そのため位置・色の5次元特徴空間によるクラスタリングの実行は、動画画の性質を十分に利用できる方法であるといえる。

6-3. 動物の階層化

[6-2. 本論で用いる領域分割] において、クラスタリングの手法を解説した。本節では第1部の動物抽出結果をもとに、各動物の内部を位置・色の5次元特徴空間でクラスタリングする。

6-3-1. 動物の階層化

PSラベル毎に [6-2.] に示した手法は適用し、動物内部を色・位置の5次元空間でクラスタリングを行う (fig.6-3-1)。その結果を図.6-3-2、fig.6-3-3に示す。fig.6-3-3の表において、

1. PSラベルのデータとして、

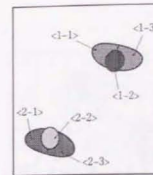
- (1) パーソンラベル No. (P_no.)
- (2) ラベル内想定人数 (in_cnt)
- (3) ラベル内画素数
- (4) ラベル重心位置 (x, y)

ただし、(i) ラベル No. = 0 は背景とする。

(ii) ラベル内想定人数 (in_cnt) は、

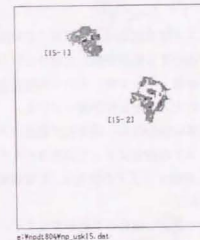
- 0 : 四周上に存在
- 1 : 1人
- 2 : 2人以上を1ラベルとして抽出

とする。



図中の番号は
PSラベル・クラスタ

fig. 6-3-1 動物の階層化



e:\npd104\wp_uk15.dat

fig. 6-3-2 動物の階層化 (実行結果)

(図中の番号は [フレームNo.-PSラベルNo.] とクラスタNo. を示す。)

```

Data_name : e:\npd104\wp_uk15.dat
Program_name : < psan113.c > , Making_date : 30/Oct./'95 } コメント部
usr_max(128/4/500/2000)
( read_file making program: < hv3_804.c > , read_file making date: 950804
P_no. in_cnt ps_sum pos_pos
P_no. cls. cl_sum x y r e
0 0 -999 -99 -99
0 -999 -99 -99 -99 -99 -99
0 0 332 83 43
1 0 217 97 42 44 33 29
1 1 304 88 43 83 80 51
1 2 225 87 44 115 103 83
1 3 80 85 44 129 147 124
2 1 1538 167 115
2 0 402 164 117 68 61 55
2 1 365 161 118 100 93 88
2 2 688 169 111 35 32 30
2 3 83 166 128 129 119 111
ave_dots_all / ave_dots_dmax
2370 2370
  
```

1. PSラベルの内容

2. クラスタの内容

0は背景部分を示す

無印はクラスタのデータを示す

1 PSラベルの平均画素数

fig. 6-3-3 動物の階層化 (データ)

2. クラスタのデータとして、

- (1) パーソナル (P_no.)
- (2) クラスタ (cls.)
- (3) クラスタ内画素数 (cls_sum)
- (4) クラスタ重心 (x, y,)
- (5) 平均色階調値 (r, g, b)

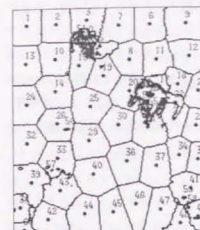
とする。

fig. 6-3-2を見ると、一つの動体は幾つかの共通する色のクラスタに分割されており、それは、人間の各要素（体の部分・洋服・靴等）に対応している。したがって、各要素をもとに動体を階層化することができる。各クラスタの特徴は次の通りである。

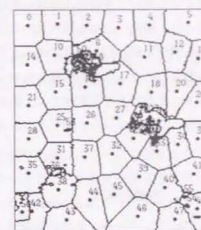
1. 同一クラスタ構成画素は近傍領域に比較的多くまとまっている。
2. 同系色であっても位置が離れた部分は別のクラスタとなっている。
3. 局所的な情報（エッジ等）との追従性が良い。
4. クラスタの大きさが比較的揃っている。
5. 画素数の多い部分は同一要素内で複数のクラスタに分割される。
6. 初期クラスタの設定によって分割されるクラスタ数の調節が可能である（ただし、初期クラスタの設定は、計算速度・分割の精度等により加減する必要がある。）
7. 一つのクラスタに複数の要素が混在することは殆どない。

6-3-2. 領域分割の範囲による適用結果の比較

画像全体に対してクラスタリングを行った場合、背景部分も5次元特徴空間の性質を持ったクラスタに分割される。（fig. 6-3-4）連続画像を見ると動体の位置変化の影響を受けて、動体の境界周辺部の背景クラスタも動体と同様にクラスタの形状および代表値が変化している。その結果、追尾の際に動体と背景との区別が難しく、動体を追尾する手がかりが得にくくなっている。しかし、fig. 6-3-5にみられるように、動体のみをクラスタリングを適用した場合には、背景はクラスタリングの影響を受けない。動体の追尾を行うためには、背景の影響を受けない動体のクラスタリングの適用が望ましい。したがって、一旦背景画から動体を抽出した後に、動体に対してのみクラスタリングを行う手法が追尾に際して有効であると結論づけられる。

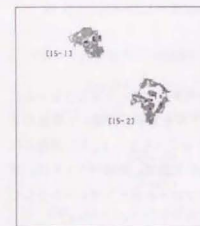


usk3_15. cls

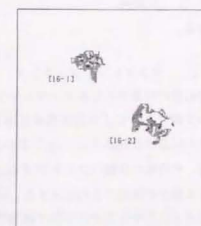


usk3_16. cls

fig. 6-3-4 クラスタリング（全画素）



c:\Projet02\Proj_usk15.dat

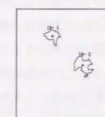


c:\Projet02\Proj_usk16.dat

[クラスタ]



c:\Projet02\Proj_usk15.b



c:\Projet02\Proj_usk16.b

[PSラベル]

fig. 6-3-5 クラスタリング（PSラベル）

第7章 移動の認識

第6章において各動体を位置・色の5次元特徴空間上でクラスタに分割し階層化を行った。動体の追尾を行うためには、まず、各フレームにおける動体を前後のフレーム間で比較し同一個体であると判定する。次いで、前後のフレーム間の同一個体を繋ぎ合わせる。この作業を全フレームにおいて行うと、画像上の動体の全軌跡を得ることができる。本章では、第6章で分割したクラスタを“位置”と“色特性”に着目して前後フレーム間でマッチングする過程とその適用結果（移動の認識）を示す。

7-1. 移動の認識

前後のフレーム間で同一個体の移動を認識することは、移動物体を構成する要素の移動方向と移動距離を検出すること等しい。この移動方向と移動距離を移動ベクトル (displacement vector) で表す。異なる画像間で、同一対象を対応付ける画像処理の手法は、一般的にマッチングと呼ばれ、その方法は主に

1. テンプレートマッチング
2. 勾配法

がある。

7-1-1. テンプレートマッチング

対応付けの基準となるテンプレートを決定し、そのテンプレートを各フレームにおいて探すことにより対応点を見出し、移動ベクトルを求める方法。t番目のフレームにおける画素 (x_t, y_t) が $t+1$ 番目のフレームで (x_{t+1}, y_{t+1}) に移動した場合、その際の移動ベクトルを $(x_{t+1}-x_t, y_{t+1}-y_t)$ で表す。移動ベクトルは、対応する画素が決定できれば決まる。以下、特徴点やブロックをテンプレートとして対応点を決定する方法について説明する。

(1) 特徴点間のマッチング²⁾

物体の動きの検出やステレオ写真からの3次元情報の抽出、品質検査を目的にした処理等を行うためには2画像間の幾何学的相違を見つける必要がある。特徴点間のマッチングは2画像間の対応する点を見つけ、その点間を結ぶベクトルによって移動を示す方法である。この処理過程は、2画像間の対応点候補を抽出する処理と2点間の対応を決定する処理の2段階に分かれる。

1. 対応点候補の抽出

対応点候補として、画像要素の隅部などすべての方向で階調値に大きく変化が見られる点でかつその付近で最も大きな変化を示す場所を選ぶ。エッジ上

の点のように階調値に大きな変化を生じるが全方向での変化がみられない場合は特徴点としての位置を特定しにくいので避ける。マッチングの対象となる2画像に対して上記に挙げた条件を満たす特徴点候補を抽出する。

2. 特徴点間の対応付け

ある画像 [1] の特徴点 P_i に対応する画像 [2] の特徴点と、 P_i の近傍 P_j ($j \neq i$) に対応する画像 [2] の特徴点が矛盾しないように対応点を絞って決定する。

(2) ブロック間のマッチング²⁾

対応点の決定に画素内のブロックを用いる方法である。fig.7-1-1に示すように画像 [1] 中のある点 P_i (x_{pi}, y_{pi}) を中心にした一辺 $2a+1$ 画素の正方形ブロックを B_{pi} とする。このブロック B_{pi} を画像 [2] 上で走査させ最も一致するブロック B_{pi+1} を検出しその中心点 P_{i+1} を画像 [1] の対応点とする。マッチングの際に対応ブロック間の一致度のとり方には、以下の諸式がある。

1. ブロック内画素の差分階調値の絶対値の和 R_i

$$R_i = \sum_{x=-a}^a \sum_{y=-a}^a |f_i(x_{pi} + x, y_{pi} + y) - f_{i+1}(x_{pi} + x, y_{pi} + y)|$$

R_i が0に近いほど一致度が高い。

2. ブロック内画素の平均階調値の差の絶対値 R_j

$$R_j = |AV_{pi} - AV_{pi+1}|$$

ただし、画像 [1] の平均階調値 AV_{pi} は

$$AV_{pi} = \left\{ \sum_{x=-a}^a \sum_{y=-a}^a f_i(x_{pi} + x, y_{pi} + y) \right\} / (2a+1)^2$$

AV_{pi+1} は AV_{pi} と同様に導き出される。 R_j が0に近いほど一致度が高い。

3. ブロック内画素の階調値の標準偏差の絶対値

$$R_k = |\sigma_{pi} - \sigma_{pi+1}|$$

ただし、画像 [1] の標準偏差 σ_{pi} は

$$\sigma_{pi} = \left\{ \sum_{x=-a}^a \sum_{y=-a}^a [f_i(x_{pi} + x, y_{pi} + y) - AV_{pi}]^2 / (2a+1)^2 \right\}^{1/2}$$

σ_{pi+1} は σ_{pi} と同様に導き出される。 R_k が0に近いほど一致度が高い。

1. 高木 幹雄, 下田 周久編, “画像解析ハンドブック”, 東京大学出版会, 1991

4. ブロック内画素の階調値の相互相関係数

$$R_i = \frac{1}{L^2} \sum_{x=-L/2}^{L/2} \sum_{y=-L/2}^{L/2} f_i(x_{pi} + x, y_{pi} + y) f_i(x_{pi+1} + x, y_{pi+1} + y)$$

5. ブロック内画素の階調値のフーリエ係数による一様度

$R_{im} = \langle \text{各画像の特徴ベクトル } V_{pi} \text{ と } V_{pi+1} \text{ 間の距離} \rangle$

$$V_{pi} = (V_{pi00}, V_{pi01}, \dots, V_{piim})$$

$$V_{pi+1} = (V_{pi+100}, V_{pi+101}, \dots, V_{pi+1im})$$

ただし、特徴ベクトルの各成分 V_{piim} , V_{pi+1im} を各ブロックに対する2次元離散フーリエ変換 (DFT) の m 成分のパワースペクトルとする。

7-1-2. 勾配法

各画素における明るさの空間的勾配と時間的勾配の間の関係を用いる方法。動体自身の色階調が時間変化を生じないとすると、動体のある画素と微小時間後の移動した画素の色階調値が等しいと仮定でき、次の式が成り立つ。

$$f(x, y, t) = f(x + \Delta x, y + \Delta y, t + \Delta t) \quad (1)$$

点 (x, y, t) についてテイラー展開を行い次式を得る。

$$\begin{aligned} f(x + \Delta x, y + \Delta y, t + \Delta t) \\ = f(x, y, t) + \Delta x \frac{\partial f}{\partial x} + \Delta y \frac{\partial f}{\partial y} + \Delta t \frac{\partial f}{\partial t} + \varepsilon \end{aligned} \quad (2)$$

ここで ε は Δx , Δy , Δt の2次以上の項である。

式 (1) と式 (2) から次式を得る。

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} \frac{\partial f}{\partial x} + \frac{\Delta y}{\Delta t} \frac{\partial f}{\partial y} + \frac{\partial f}{\partial t} + O(\Delta t) = 0 \quad (3)$$

ただし、 $O(\Delta t)$ は Δt の項である。 $\Delta t \rightarrow 0$ として次式を得る。

$$\frac{\partial f}{\partial x} \frac{dx}{dt} + \frac{\partial f}{\partial y} \frac{dy}{dt} + \frac{\partial f}{\partial t} = 0 \quad (4)$$

式 (5) のように表記することになると、式 (4) は式 (6) のような未知数 u, v に対する線形方程式になる。

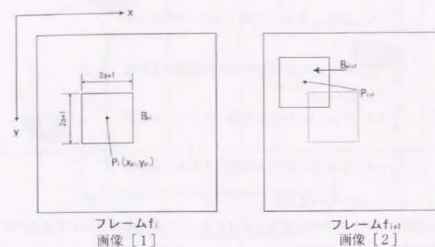


fig. 7-1-1 ブロック間のマッチング

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial f}{\partial x} &= f_x: \text{点}(x, y) \text{ における明るさの } x \text{ 方向の勾配} \\
 \frac{\partial f}{\partial y} &= f_y: \text{点}(x, y) \text{ における明るさの } y \text{ 方向の勾配} \\
 \frac{\partial f}{\partial t} &= f_t: \text{点}(x, y) \text{ における明るさの時間的な勾配} \\
 \frac{dx}{dt} &= u: \text{点}(x, y) \text{ における移動ベクトルの } x \text{ 成分} \\
 \frac{dy}{dt} &= v: \text{点}(x, y) \text{ における移動ベクトルの } y \text{ 成分}
 \end{aligned} \quad (5)$$

$$f_x u + f_y v + f_t = 0 \quad (6)$$

式 (6) は移動ベクトルの勾配条件と呼ばれる。この勾配条件を用いて速度ベクトル (u, v) を求める方法を勾配法という。

あるフレーム t_i からフレーム t_{i+1} までの速度ベクトルを求める勾配条件は式 (7) のようになる。

$$f_x u + f_y v + f_{t+1} - f_t = 0 \quad (7)$$

式 (6) は式 (7) の勾配条件のみでは速度ベクトル (u, v) を決定することはできない。このため、さらに制約条件を加えることによって速度ベクトルを決定する。

7-2. クラスタ間のマッチング

前節で説明したとおり、連続する画像において、移動物の形状の変化が少ない場合は、その形状をテンプレートとしたテンプレートマッチング手法を用いることができる。また、車のように進行方向が比較的に予測可能な動物においては進行方向をある程度予測してその近傍を対応候補域としてのマッチングも可能である。

しかし、歩行者追跡は撮影するタイミングで動物の形状が変化し、且つその進行方向が動物の意志で自由に変わるため予測が不可能である。この種の動物を扱う場合、車などのように形態や進行方向がある程度予測できる種類の動物の追尾手法とは異なる方法を探る必要がある。

動物が歩行者の場合、微小時間後において、撮影された人物の形状は変化するが、同一人物ならば身に着けているものが突然変わることは考えにくい。そこで動物のマッチングに際し、画像上の色属性が変化しないという性質を用いる。また、第6章では、各動物を分割したクラスタの代表値は、各クラスタの重心とクラスタの色を代表していた。そこで、第6章で得た各クラスタを1ブロックとして、前後フレーム間で色差分距離を最小にするブロック間のマッチングを行う。その手順を以下に述べる。

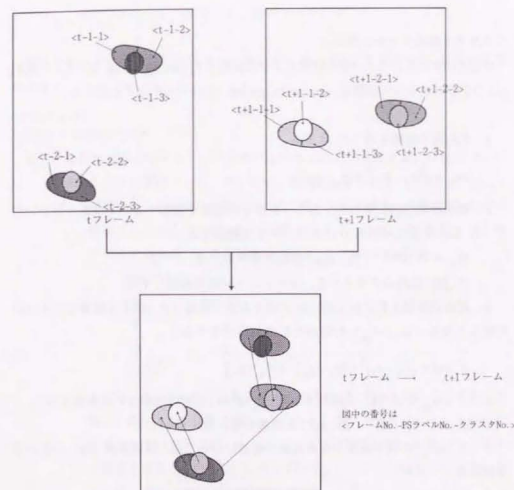


fig.7-2-1 クラスタ間のマッチング

< クラスタ間のマッチング >

時刻 t におけるクラスタ P の位置および色座標を $P_c(x_p, y_p, r_p, g_p, b_p)$ とし、時刻 $t+1$ のクラスタ Q の代表値 $Q_c(x_q, y_q, r_q, g_q, b_q)$ とのマッチングを考える。

(fig. 7-2-1)

1. P_c, Q_c 間の距離を式 (1) とする。

$$dr_{pq} = \sqrt{(x_q - x_p)^2 + (y_q - y_p)^2} \quad (1)$$

2. 微小時間の内に歩行者がある一定以上の距離を移動することはないので、式 (2) を満たす時刻 $t+1$ のクラスタを排除する。

$$dr_{pq} \geq Th_dist \quad (Th_dist: \text{移動距離の最大値}) \quad (2)$$

式 (2) 以外のクラスタを、マッチング対応点候補とする。

3. 対応点候補と P_c に対し式 (3) に示す色差分距離 (d_col) を計算し、 d_col が最小となる (d_col_{min}) 対応点を P_c の対応点とする。

$$d_col = \sqrt{(r_q - r_p)^2 + (g_q - g_p)^2 + (b_q - b_p)^2} \quad (3)$$

4. d_col_{min} が式 (4) を満たすとき、 P_c は $t+1$ に対応点がないと判断する。

$$d_col > Th_col \quad (Th_col: \text{色距離の最大値}) \quad (4)$$

5. d_col_{min} の値が同値となる対応点候補については、位置距離 (dr) の近い方を対応点とする。

6. 対応点同士を結び、移動ベクトル (\vec{V}_{P_c}) を得る。

$$\vec{V}_{P_c} = \begin{pmatrix} x_q - x_p \\ y_q - y_p \end{pmatrix}$$

全クラスタに対して (1. ~ 5.) の作業を行い各クラスタのマッチングを完了させる。ただし、クラスタの対応付けが行えなかったものについては“対応クラスタなし”と判断する。

fig. 7-2-1 を例に、時刻 $t, t+1$ 間のクラスタ・マッチングを行うとその結果は、以下の通りになる。

< PS ラベル - クラスタ No. > と表記してある。

$\langle 1-1 \rangle \rightarrow \langle 2-1 \rangle$
 $\langle 1-2 \rangle \rightarrow$ 対応なし
 $\langle 1-3 \rangle \rightarrow \langle 2-3 \rangle$
 $\langle 2-1 \rangle \rightarrow \langle 1-1 \rangle$
 $\langle 2-2 \rangle \rightarrow \langle 1-2 \rangle$
 $\langle 2-3 \rangle \rightarrow \langle 2-3 \rangle$

7-3. パーソナラベル (PS ラベル) 間のマッチング

本項での結果をもとにした PS ラベル間のマッチング手法を提案する。以下その手順を示す。

< PS ラベル間のマッチング >

時刻 t の動体 PSp と時刻 $t+1$ の動体 PSq のマッチングを考える。(fig. 7-3-1)

1. クラスタ間のマッチングを行い、動体 PSp におけるクラスタに対し、時刻 $t+1$ の動体のクラスタの中で最も対応が多かった動体 PSq を同一動体として対応させる。たとえば、fig. 7-3-1 において、時刻 $t+1$ のクラスタマッチングの結果から得る PS ラベルの対応数は、

| $PSp = 1$ とすると、 | |
|-----------------|-----|
| PSq | 対応数 |
| 1 | 0 |
| 2 | 2 |
| なし | 1 |

となり、 $PSq=2$ への対応数が最大となるので、 $PSq=2$ を対応させる。同様に、 $PSp=2$ のときは $PSq=1$ となる。クラスタ間マッチングの結果で $\langle t-2-3 \rangle < \langle t+1-2-3 \rangle$ に対応しているが、PS ラベルの結果をみると、クラスタレベルでのマッチングに失敗していることがわかる。

2. 動体の移動を、式 (1) で示す移動ベクトル \vec{V}_{P_m} で表す。

$$\vec{V}_{P_m} = \begin{pmatrix} X_{psq} - X_{psp} \\ Y_{psq} - Y_{psp} \end{pmatrix} \quad (1)$$

この \vec{V}_{P_m} により、移動距離と方向が求められる。

以上の操作を、全動体について行い、時刻 $t \rightarrow t+1$ 間の各動体の移動を求める。

7-4. 本論における移動の認識

[7-2. クラスタ間のマッチング] と [7-3. パーソナラベル間のマッチング] の結果を fig. 7-4-1 ~ 7-4-3 に示す。

(1) クラスタ間のマッチングの結果は、マッチングが成功したクラスタについては、以下の表記がなされる。

時刻 $t, t+1$ において、

1. PS ラベル No. ($p0, p1$)
 2. クラスタ No. ($c0, c1$)
 3. クラスタ内画素数 ($sm0, sm1$)
 4. クラスタ重心値 ($x0, y0$), ($x1, y1$)
 5. クラスタ色階調 ($r0, q0, b0$), ($r1, q1, b1$)
- また、マッチングにより求められる移動データとして、
6. スカラー量 (dr)
 7. 方向角 (dgr)
 8. 差分2乗色距離 (sqc)
 9. 差分画素数 (dsm)

fig. 7-4-1 から、以下のことがわかる。

1. 前後のフレームで同一動体であれば、マッチングによる移動ベクトルは小さい値となる。
2. 腕・足等のフレームによりその位置関係が変わる部位は胴体部分や頭部とは異なる移動ベクトルが生じる。
3. 動体PS内のクラスタが時刻 $t+1$ で他の動体と誤ってマッチングすることがあるが、稀である。

(2) PS ラベル間のマッチングデータについては以下の表記がなされる。

時刻 t , $t+1$ において、

1. PS ラベル No. ($p0, p1$)
2. ラベル内想定人数 ($p0-i0, p1-i0$)
3. ラベル内画素数 ($p0-sm, p1-sm$)
4. ラベル重心位置 ($px0, py0$), ($px1, py1$)

また、マッチングにより求められる移動データとして

5. スカラー量 ($p-dr$)
6. 方向角 ($p-dgr$)
7. 差分画素数 ($p-dsm$)

とする。

fig. 7-4-2 の、PS ラベルでのマッチングの結果より、 t , $t+1$ 間の動体が正しく得られていると考えてよい。また、原画像の時刻設定を等間隔で行っているので、動体の速度、加速度等の物理量の計算が可能になっている。

しかし、動体抽出の際に問題点として上げたオクルージョンにより、ひとつの PS ラベル内に、複数の動体を含む部分については fig. 7-4-4 と fig. 7-4-5 に示すようなマッチング結果が得られる。

1. オクルージョンの発生やひとつの PS ラベル内に複数の動体が含まれるときは、別々の PS ラベルが、結合した PS ラベルにマッチングされる。(fig. 7-4-4)
2. オクルージョンの解消や、別の PS ラベルとなると、マッチングの結果は、分離すべき両方の PS ラベルを示さず、対応数の多い PS ラベル側のみに対応付けられる。(fig. 7-4-5)

参考までに、fig. 7-4-6 に、全画素を対象としたクラスタリングにマッチングを適用した結果を示す。円モデル、観測データともに、動体部分の移動が、PS ラベルマッチングの結果と一致している。しかし、この場合、背景部分にも移動ベクトルが検出されている。全画素のクラスタリングの結果を追尾に適用するには、背景と動体の移動ベクトルを区別する手だてが必要になる。したがって、全画素を対象としたクラスタリングを本アルゴリズムへ適用することは行わない。

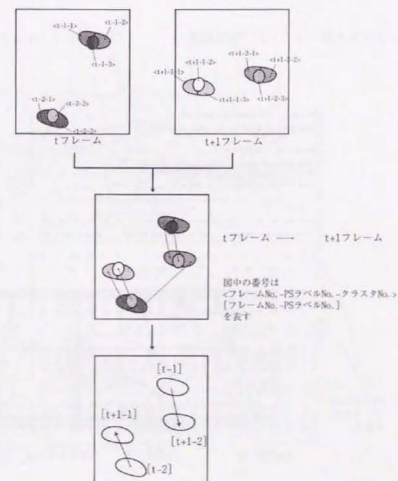
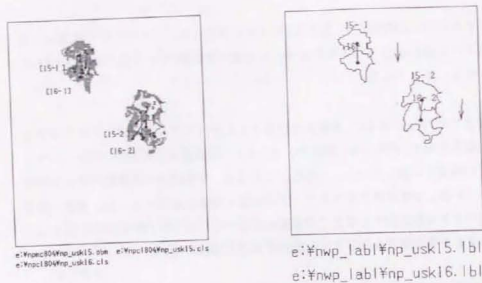


fig. 7-3-1 PS ラベル間のマッチング



クラスター間マッチング (実行結果)

PSラベルマッチング (実行結果)

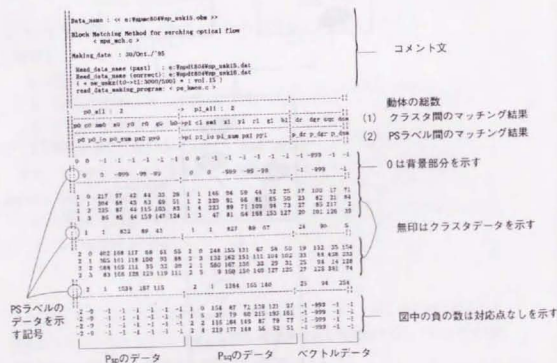


fig.7-4-3 移動の認識 (データ)

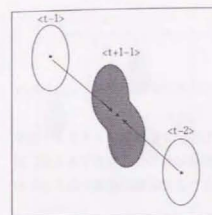


fig.7-4-4 結合

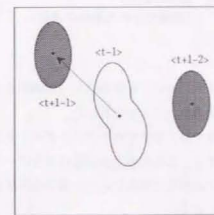
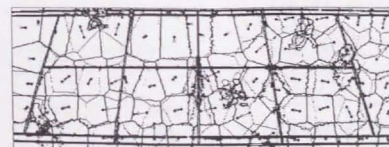


fig.7-4-5 分離



t0.cls
t0.blm



e:\kmm_cls\sknl_15.cls
e:\kmm_cls\sknl_16.cls
e:\kmm_blm\sknl_15.blm

fig.7-4-6 クラスター間マッチング (全面素)

第8章 動体の追尾 (階層化された動体の追尾)

第7章において前後のフレーム間のクラスタのマッチング結果をもとにしたPSラベル間のマッチングを行った。

本章では、第7章のマッチングデータをもとにして、3種類のマッチング手法を提案する。これらの手法は着目するデータ項目の相違にもとづくものであるが、原データの精度や特性に応じた適切な手法を選ぶことにより動体の軌跡を得ることが可能になる。

8-1. PSラベルの追尾

最初のフレームから順次、[7-3. パーソン・ラベル間のマッチング] を行い、最終フレームまで前後する2フレーム間での動体のマッチングを行う。その際PSラベルのマッチング結果を逐次フレーム毎に保存する。同一ラベルと認識された動体の位置をフレーム毎に追尾することにより、その移動の軌跡を得ることができる。fig. 8-1-1 に示す1フレームから3フレーム目までのPSラベル間のマッチング結果は次のようになっている。

(1) 0フレーム ⇒ 1フレーム

$[0-P_1] \rightarrow [1-P_1]$
 $[0-P_2] \rightarrow [1-P_2]$

(2) 1フレーム ⇒ 2フレーム

$[1-P_1] \rightarrow [2-P_1]$
 $[1-P_2] \rightarrow [2-P_2]$
 $[1-P_3] \rightarrow [2-P_3]$

(3) 2フレーム ⇒ 3フレーム

$[2-P_1] \rightarrow [3-P_1]$
 $[2-P_2] \rightarrow$ 対応するPSラベルなし
 $[2-P_3] \rightarrow [3-P_2]$

この時の各動体の移動の軌跡は

0フレーム ⇒ 1フレーム ⇒ 2フレーム ⇒ 3フレーム

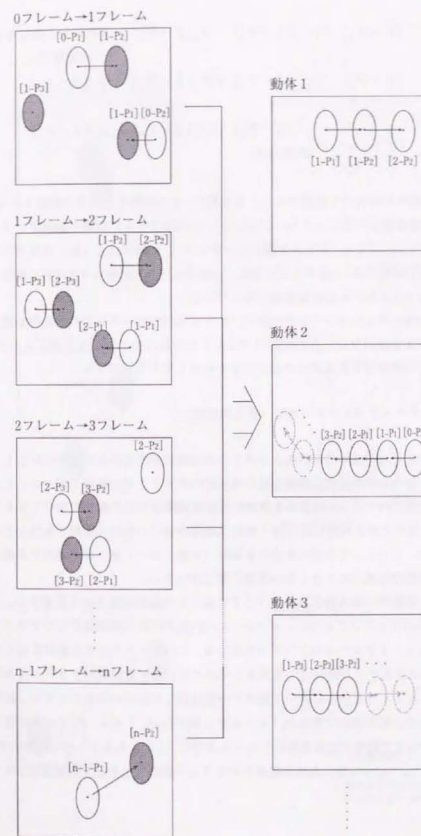


fig. 8-1-1 PSラベルの追尾

動体1: $[0-P_1] \rightarrow [1-P_1] \rightarrow [2-P_1] \rightarrow$ 対応する動体なし
(追尾終了)

動体2: $[0-P_2] \rightarrow [1-P_1] \rightarrow [2-P_1] \rightarrow [3-P_1]$

動体3: $[1-P_2] \rightarrow [2-P_2] \rightarrow [3-P_2]$
(新規出現)

となる。同様の対応付けを最終フレームまで行い、その結果を各動体の軌跡とする。ただし、動体抽出の際にオクルージョンや一つのPSラベルに複数の動体が含まれている場合には、[7-4. クラスタ間のマッチング]で論じたように、追尾が不成功となる部分が生じる (fig. 8-1-2)。実際には動体m+1と動体m+2は同じ動体であるが、m+2フレームに新規出現になっている。

これは、PSラベルのマッチングの際に、クラスタ間のマッチングの対応数が最大になるラベルを次のフレームの対応ラベルとしたために生じていると考えられる。この問題点の解消法を次項以降で他の手法を採用しながら提案する。

8-2. クラスタ・レベルの追尾 (最大画素数)

第6章に示した手法で得られるクラスタの各領域は歩行者の身体部分に対応している。歩行者の全体の形状は画像を取り込む際のタイミングで変化している。しかし、微小時間の内では、歩行者の身体部位の位置関係は大きく変化しないと考えて良い。手・足などの比較的自由に動く部位は画像内部での形状に変化や欠損などを生じやすい。しかし、その他の身体の各部位 (上着、コート等) は画像内で占める割合が他の部分に比べて大きくかつ形状の変化が小さい。

そこで、各動体の最大画素数のクラスタに着目した動体追尾手法を提案する。

PSラベルのマッチングを行い、nフレームの動体Pの最大画素数をもつクラスタに対応するn+1フレームのクラスタを求める。このクラスタを含む動体をQとする時、対応クラスタが動体Qの最大もしくはそれに準ずる規模のクラスタである場合、 $n \Rightarrow n+1$ フレームにおいて動体P→動体Qに対応付けられたとする。動体の対応付けを上記の方法で最初のフレームから順次行い、[8-1. PSラベルの追尾]と同様な方法で動体の追尾を最終フレームまで行う。fig. 8-2-1にその例を示す。0フレームと1フレーム間における動体Pのクラスタ間のマッチングの結果は、次のようになる。

0 フレーム \Rightarrow 1 フレーム

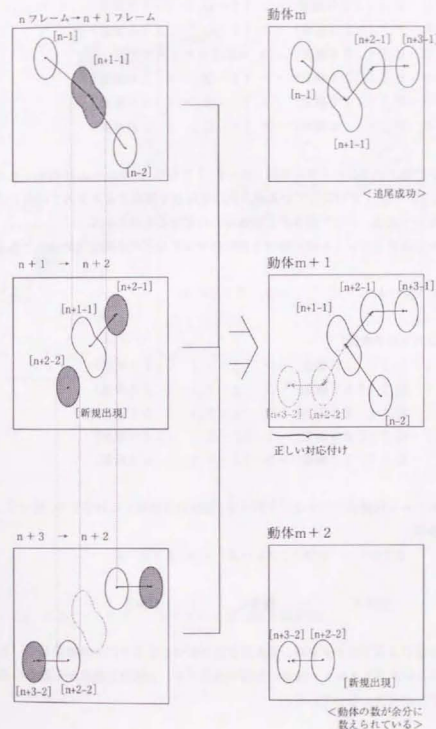


fig. 8-1-2 PSラベルマッチングによる追尾の問題点

動体 P (580 画素) :

- * $[0-P_1]$ (350 画素) $\rightarrow [1-Q_1]$ (280 画素)
- $[0-P_2]$ (125 画素) $\rightarrow [1-Q_2]$ (155 画素)
- $[0-P_3]$ (55 画素) \rightarrow 対応するクラスタなし
- $[0-P_4]$ (20 画素) $\rightarrow [1-Q_1]$ (10 画素)
- $[0-P_5]$ (15 画素) $\rightarrow [1-R_1]$ (50 画素)
- $[0-P_6]$ (15 画素) $\rightarrow [1-Q_3]$ (30 画素)

動体 P の最大画素数のクラスタは $[0-P_1]$ であり、次フレームとのマッチングの結果、 $[1-Q_1]$ が対応しているがこれは動体 Q を構成するクラスタの中で最大規模のものである。よって動体 P は動体 Q に対応するものとする。

1 フレームと 2 フレーム間における動体 Q マッチングの結果は次の通りである。

1 フレーム \Rightarrow 2 フレーム

動体 Q (500 画素) :

- $[1-Q_1]$ (10 画素) $\rightarrow [2-X_1]$ (10 画素)
- $[1-Q_2]$ (155 画素) $\rightarrow [2-Z_1]$ (80 画素)
- $[1-Q_3]$ (25 画素) $\rightarrow [2-Z_2]$ (50 画素)
- * $[1-Q_4]$ (280 画素) $\rightarrow [2-Z_1]$ (320 画素)
- $[1-Q_5]$ (30 画素) $\rightarrow [2-Y_1]$ (50 画素)

0 フレームと同様にマッチングを行うと、動体 Q は動体 Z に対応する。従って、動体 P 軌跡は、

0 フレーム \Rightarrow 1 フレーム \Rightarrow 2 フレーム

動体 P \rightarrow 動体 Q \rightarrow 動体 Z

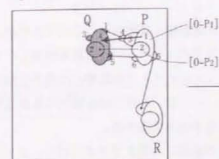
となる。

この方法によるマッチングは、最大画素数をもつクラスタにのみ着目しているために、小さいクラスタのもつ雑音の影響が排除でき、大局的な視点から動体の追尾を行うことが可能になっている。

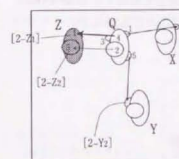
fig. 8-2-2 に示す通り、PS ラベルによる追尾からオクルージョンを分離することができない。しかし、最大画素数のクラスタのマッチング結果を用いた場合は、動体の部位の軌跡が得られ、この軌跡はオクルージョンは生じていない。その結果、最

< クラスタ間のマッチング結果 >

0 \rightarrow 1



1 \rightarrow 2



...

< 動体の軌跡 >
(PS ラベル)

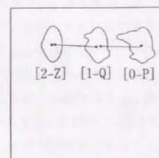


fig. 8-2-1 クラスタ・レベルの追尾 (最大画素数)

大画素クラスタが対応するPSラベルの軌跡はオクルージョンが分離している。

8-3. クラスタ・レベルの追尾 (最小差分色階調距離)

クラスティングを行う際に色階調空間における距離を基準の一つとしてきたがこれは、“同一要素は微小時間において色変化を生じにくい”という性質を利用したものである。事実、fig. 8-3-1に示すようにクラスタマッチングの結果には最小色階調差分距離が“0”にきわめて近いものがある。そこで、本項では各動体の最小色階調差分距離を持つクラスタに着目した動体追尾手法を提案する。

PSラベルのマッチングを行い、nフレームの動体Pの各クラスタに対し、n+1フレームの動体のクラスタを対応付ける。その際、対応するクラスタ間の差分色階調距離を計算し、それが最小となるクラスタをもつ動体Qを動体Pに対応付ける。

fig. 8-3-2を例に説明する。0フレームと1フレーム間における動体Pのクラスタ間のマッチング結果は次のようになる。

0フレーム ⇒ 1フレーム

動体P : 最小差分色階調距離

$$* [0-P_1] \rightarrow [1-Q_1] \quad (1)$$

$$[0-P_2] \rightarrow [1-Q_2] \quad (10)$$

$$[0-P_3] \rightarrow \text{対応するクラスタなし}$$

$$[0-P_4] \rightarrow [1-Q_1] \quad (49)$$

$$[0-P_5] \rightarrow [1-Q_2] \quad (102)$$

$$[0-P_6] \rightarrow [1-Q_3] \quad (89)$$

動体Pの最小色階調差分距離のクラスタは $[0-P_1]$ であり、それに対応するのは動体Qの $[1-Q_1]$ である。

また、1フレームと2フレーム間における動体Qのマッチングは次の通りである。

1フレーム ⇒ 2フレーム

動体Q : 最小差分色階調距離

$$[1-Q_1] \rightarrow [2-X_1] \quad (35)$$

$$[1-Q_2] \rightarrow [2-Z_1] \quad (29)$$

$$[1-Q_3] \rightarrow [2-Z_2] \quad (68)$$

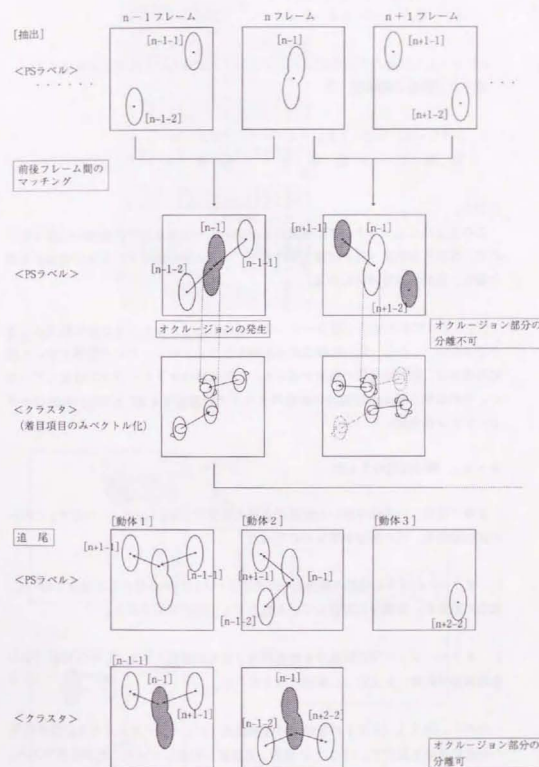


fig. 8-2-2 クラスタによる追尾 (最大画素数: オクルージョン部分)

$$\begin{aligned} * [1-Q_i] &\rightarrow [2-Z_i] & (7) \\ [1-Q_j] &\rightarrow [2-Y_j] & (20) \end{aligned}$$

0 フレームと同様の方法でマッチングを行うと動体Qには動体Zが対応する。
従って、動体P軌跡は、

$$\begin{aligned} 0 \text{ フレーム} &\Rightarrow 1 \text{ フレーム} \Rightarrow 2 \text{ フレーム} \\ \text{動体 P} &\rightarrow \text{動体 Q} \rightarrow \text{動体 Z} \end{aligned}$$

となる。

この方法によるマッチングは色変化の小さいクラスタを基準に動体の追尾を行うので、特徴的な色彩（例えば蛍光色の服や、明るい色の服など）をもつ動体が対象の場合、良好な結果が得られる。

fig. 8-3-3に示す通り、PSラベルによる追尾からオクルージョンを分離することできない。しかし、最小色階調差分距離のクラスタのマッチング結果を用いた追尾の場合は、動体の部位の軌跡が得られ、この軌跡はオクルージョンは生じていない。その結果、最小色階調差分距離のクラスタが対応するPSラベルの軌跡はオクルージョンが分離している。

8-4. 動体追尾のまとめ

本章で提案した手法を用いた動体の追尾の結果の1例をfig. 8-4-1に示す。これらの試行の結果、次の事項が明らかになった。

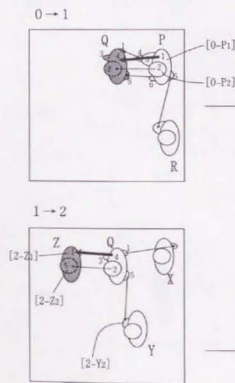
1. オクルージョンや複数の動体を一つのPSラベルにラベル付けした場合を除いて、複数の動体が一画像中に存在している場合でも追尾が可能である。
2. オクルージョン等の問題点を画素情報（最大画素数クラスタ）や色情報（最小色階調差分距離）を元にした解決方法を示した。

ただし、[8-2.], [8-3.] の手法では時間経過に対して、クラスタの安定度が追尾の精度に関係を及ぼす。[8-2.] の場合、画素数が安定していることが必要である。その為にはクラスタ化の前処理において動体抽出が良好になされていることが重要である。また、[8-3.] の場合は色階調値にばらつきが少ないことが必要である。その為には、日照変化の少ない画像や明度分布の一定した背景画を用いることが重要



fig. 8-3-1 最小色階調差分距離

<クラスタ間のマッチング結果>



<動体の軌跡>
(PSラベル)

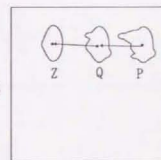


fig. 8-3-2 クラスタ・レベルの追尾 (最小色階調差分距離)

である。これらの点に留意して第3編において実際の観測データに動体の追尾の諸手法を適用する。

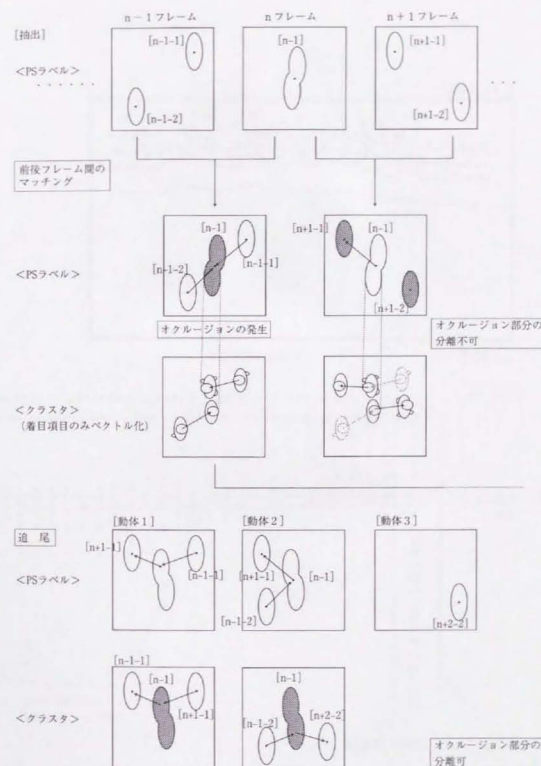
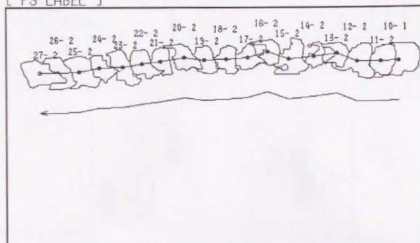


fig. 8-3-3 クラスタによる追尾 (最小色階調差分距離: オクルージョン部分)

[PS LABEL]



ngz2d10.1bl

-> ngz2d27.1bl

| PSR NO. = 7 | | KOMA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|----|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|--|
| PS_NO | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | | |
| 追尾による 総数 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | E | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| | 2 | 2 | 2 | E | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | E | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| | 4 | 4 | 4 | 3 | E | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| | 5 | 5 | 5 | 4 | 3 | E | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| | 6 | - | - | - | - | - | - | S | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | E | - | - | - | - | - | - | |
| | 7 | - | - | - | - | - | - | S | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | E | - | |
| | 8 | - | - | - | - | - | - | - | S | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | E | - | |
| | 9 | - | - | - | - | - | - | - | - | S | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | E | - | - | |
| | 10 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | S | 5 | E | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | 11 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | 12 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | 13 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | 14 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | 15 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | 16 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | 17 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | 18 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | 19 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | 20 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | 21 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | 22 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | 23 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |

PSラベルNo.

ただし、マトリックス上の“S”は次フレームの新規出現を、

fig. 8-4-1 動体の追尾例

PSラベルNo.
ただし、マトリックス上の“S”
は次フレームの新規出現を。
“E”は前フレームの追尾終了
を示す

第3編

動体追尾のアルゴリズムの適用

第3編 動体追尾のアルゴリズムの適用

本編は、第2編で作成した動体追尾のアルゴリズムを各撮影データに適用する。

第9章では予備調査・実験による観測データを対象として、また第10章では実際の街路上での観測調査に対して動体追尾のアルゴリズムを適用する。各観測データ毎にその結果を整理し、問題点の検討を行う。

本稿で示されるデータは、付録にデータリストとしてまとめて掲載されている。

第9章 予備調査・実験

本章は、生研内で行った2種類の方法による予備調査と予備実験で得られたデータを対象とする分析である。

第1節においては、屋上から地面を俯瞰するようにビデオカメラを設置して生研裏側通用門付近を撮影した観測データを用いた結果を示し、第2節においては撮影方法を変えて生研屋上からカメラを斜め下方に向けて中庭を撮影した観測データを用いた結果を示す。

9-1. 生研での観測調査（真上から真下を見おろした撮影）

9-1-1. 観測データ

1) 観測データはfig.9-1-1に示すとおりである。

2) 歩行者流動の特色

撮影場所は、営団地下鉄乃木坂駅から生研及び物性研究所へ通勤・通学・来訪する人の通行路の真上の屋上である。

通過する人々は、単独歩行者がほとんどを占めている。グループを形成している組歩行者の場合も、ある程度の身体距離¹⁾を持った離散的な歩行になっている。一般の街路上の組歩行者の場合はもう少し身体距離が近い。研究所への通用口となっているため、朝は入所する通勤・通学者が多く、夕方は退所する人が多く通る。正午前後は他の時間帯に比べて比較的人の出入りが多い。

3) 原画像の色別特性をfig.9-1-2に示す。

1. E. ホール, 「かくれた次元」, みすず書房, 1970

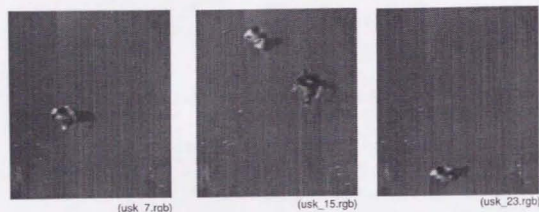
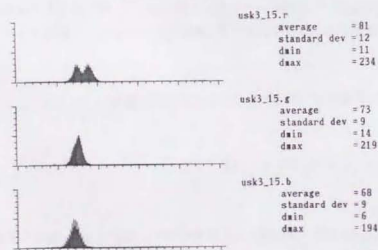
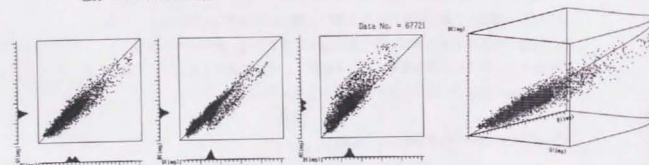


fig. 9-1-1 観測データ

time = 00:07:16.00 :: I_BIT = 240 , J_LINE = 200 : nd = 67200
x_scale = 10 , y_scale = 1000



色別ヒストグラム (全画素)



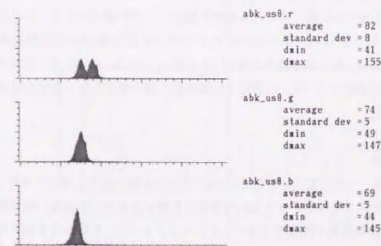
2色間散布図 (RG, GR, BR: 全画素)

fig. 9-1-2 原画像の色別特性

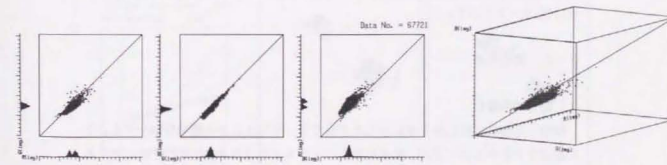


fig. 9-1-3 背景画像

time = 00:07:06 :: I_BIT = 240 , J_LINE = 200 : nd = 67200
x_scale = 10 , y_scale = 1000



色別ヒストグラム (全画素)



2色間散布図 (RG, GR, BR: 全画素)

fig. 9-1-4 背景画像の色別特性

9-1-2. 動体抽出

1) 背景画の作成

第4章で示す方法で背景画を作成した。計算の結果得られた画像をfig.9-1-3に、また色別画像特性をfig.9-1-4に示す。

2) 原画像と背景画の差分

閾値となる差分色距離を変えながら原画像と背景画の差分をとった結果をfig.9-1-5に示す。

差分画像からは、歩行者の足下に影の部分が多少残存しているが、閾値(500)ではほぼ良好な動体抽出がなされる。

3) 影の消去

原画像と背景画像の差分結果から、第5章の方法をもとに足元の影の消去を行なう。差分画像上で明らかに影とみなせる領域を抽出し、この領域内でのRGB各色階調値の比較を行う。(fig.9-1-6) このグラフから影を除去する回帰直線を $y=0.3350x+a$ を求め、影の消去部分の範囲(A)を $r_{min}=10.0$ 、 $r_{max}=27.0$ に設定する(fig.9-1-7)。差分画像から(A)の範囲の色階調値を持つ部分を取り除いた結果をfig.9-1-8に示す。

4) 動体抽出結果

影を除いた結果、一歩行者につきひとつのPSラベルを持つ動体を抽出できた。これは、「予備調査を行った日時が8月上旬の真昼で太陽高度が高く影が短い時間帯」、かつ、「歩行者の身体距離が比較的大きい」ことによるもので、良好な背景画を作成することができたためである。そのため、背景画と動体の差分がうまくゆき、良好な動体を抽出することができている。fig.9-1-9に画像補正処理後の動体抽出画像とそのPSラベルを示す。

9-1-3. 動体追尾

1) 動体の階層化

抽出した動体に対し第6章に示した方法でK-平均法による領域分割をする。その結果をfig.9-1-10に示す。動体は数個のクラスに分割され、それぞれにクラス番号が付けられる。

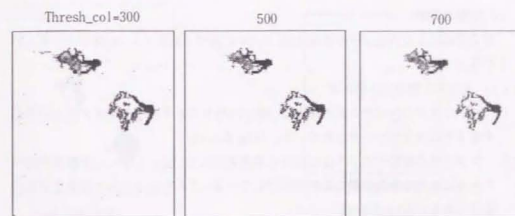


fig. 9-1-5 閾値別の差分画像

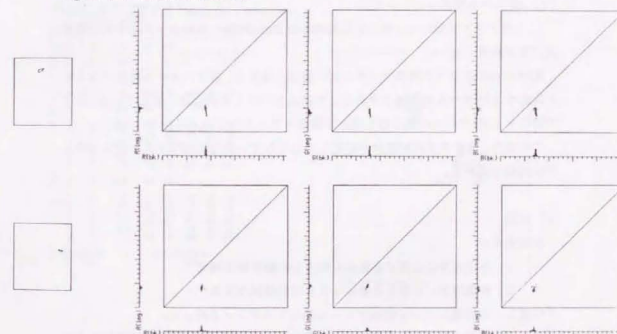


fig. 9-1-6 影領域の色分布

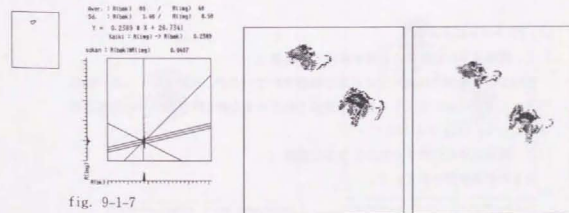


fig. 9-1-7

影領域の回帰直線の決定

fig. 9-1-8 動体抽出画像

2) 移動の認識

第7章に示した方法でクラスタとPSラベルに基づく前後フレーム間のマッチングを行う。

(1) クラスタ間のマッチング

1. 各クラスタのマッチングの結果は、同一のPSラベルを持つクラスタ同士が対応するようにマッチングされている。(fig.9-1-11)
2. クラスタの移動ベクトルはほぼ同じ方向を示している。しかし、少数の移動ベクトルは主たる方向と異なる方向を示している。これらのクラスタは手及び足の部分である。(fig.9-1-12)

(2) PSラベル間のマッチング

(1)のクラスタ間のマッチング結果をふまえて、PSラベルのマッチングの結果を次にまとめる。

PSラベルのクラスタ間のマッチングの結果をみると、各クラスタの移動ベクトルと対応するPSラベルのクラスタの重心を結んだベクトルがほぼ一致している。そこで対応するPSラベルの重心間を結んで移動ベクトルとした。(fig.9-1-13)

この場合、クラスタの対応付が安定してなされているため、PSラベルのマッチングは成功している。

3) 追尾

原画像から

1. 画像境界に位置する動体を除去した動体抽出画像
2. 画像境界に位置する動体を含んだ動体抽出画像

を作成し、各画像について前後フレーム間のマッチングを行った。

以上の2種類の動体抽出画像について第8章で示した追尾手法別に結果をまとめる。

(1) PSラベルによる追尾

[1. 画像境界に位置する動体を除去した画像]

単独歩行者の同方向流と交差流動が観測されているが、前後フレーム間の動体のマッチングにおいて正しく移動が認識されているため、PSラベルでの追尾に成功している。(fig.9-1-14)

[2. 画像境界に位置する動体を含んだ画像]

同上の結果が得られている。



[動体抽出画像]

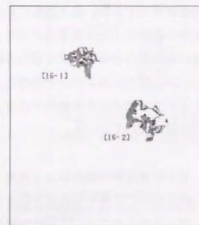


[PSラベル]

fig. 9-1-9 動体抽出画像

```
data name : e:\proj\B04\img\mk11.dat
Program name : pslabel75.c , Making date : 28/0ct./95 )
a2d img11=14/100/2000
( read file making program : < kv1 B04.c > , read file making date: 950804 )

p_no. ix cnt ps_max pos pos
-----
p_no. cls. cl_max x y r e b
-----
0 0 -999 -99 -99
0 -999 -99 -99 -99 -99 -99
1 1 827 89 67
-----
0 0 154 87 71 139 121 87
1 146 94 59 84 37 75
2 229 91 64 81 63 59
3 47 81 64 168 113 177
4 212 89 71 189 94 73
5 37 79 68 115 153 162
-----
2 1 1784 165 148
-----
0 0 248 155 131 67 58 68
1 549 187 136 33 79 21
2 115 164 149 87 79 77
3 171 162 151 131 104 182
4 219 177 148 166 52 52
5 158 158 148 127 125
-----
ave_data_all / ave_data_max
2111 2111
```



e:\proj\B04\img\mk11.dat

fig. 9-1-10 動体の階層化

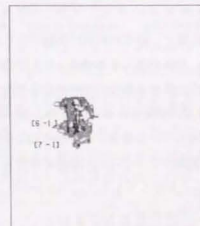
e:\proj\B04\img\mk11.dat e:\proj\B04\img\mk11.cls
e:\proj\B04\img\mk11.cls

fig. 9-1-11 動体の認識 (1)

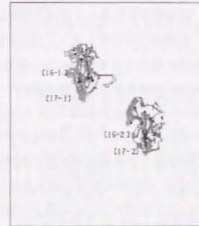
e:\proj\B04\img\mk11.dat e:\proj\B04\img\mk11.cls
e:\proj\B04\img\mk11.cls

fig. 9-1-12 動体の認識 (2)

(2) 最大画素クラスタによる追尾

「1 画像境界に位置する動体を除去した画像」

動物体抽出の際に個々の動物体を輪郭まで良好に抽出できていること、および画像内の各動物体に欠損部分がなく全身が揃っているために、最大画素クラスタのマッチングにより単独歩行者の同方向流と交差流動の軌跡を抽出することに成功している。(fig. 9-1-15)

〔 2. 画像境界に位置する動体を含んだ画像 〕

画像境界上に歩行者の進入・退出を伴う場合、進入・退出前後において、画像内の動体の大きさが大きく変化する。

この場合、動体抽出の際に個々の動体を輪郭まで良好に抽出できている場合においても、画像内の最大画素数のクラスタがその動体の主たる要素を持つクラスタに対応しているとは限らない。

動物が進入する時、進入過程において最大菌素をもつクラスターであっても、実際はその動物による主要なクラスターでない場合がある。そのために途中で退屈不能になる場合がある。また退出の程、動物による主要なクラスターが中で退出している場合があるが、その場合、現フレームにおける最大クラスターが新規出現クラスターと判定される場合がある。このデータではそのような場合は見られず、一応追跡に成功している。

(3) 最小色階調差分距離による追尾

〔 1 〕 画像境界に位置する動体を除去した画像

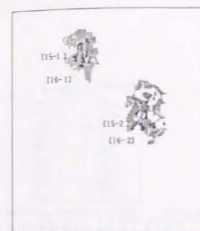
第8章でみたように、色階調値の変化の少ないクラスタにもごくマッチングの結果はほぼ最大画素数のクラスタのマッチング結果と対応している。その為、最大画素数のクラスタによる追従と似通った結果が得られ、単独歩行者の同方向流と交差流動を抽出することに成功している。(fig.9-1-16 (1))

「2. 画像境界に位置する動体を含んだ画像」

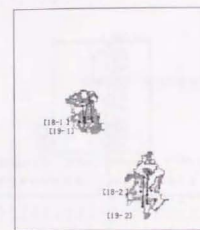
画像内に歩行者の進入・退出が行われる際に、動物の形状に欠損が生じるために追従がうまく行わない場合がある。動物が進入する場合、進入時のマッチングの結果が主たる要素間のマッチングと異なる場合に途中で追従不能になるケース (fig. 9-1-16 (2) $psn_no = 1, 2$) が見られる。(fig. 9-1-16 (2))

退出の場合も、主たる要素がすでに退出している場合に、動体の主たる要素のマッチングと退出時の最小色階調差分距離のマッチングの結果が異なる。その場合、退出時の動体を新規出現した動体と判定してしまう。(fig.9-1-6 (2) ps_no6) 画像内部にある動体に関しては追尾に成功している。

全フレームにわたる重心の移動を fig. 9-1-17 に示す。



e:\nspc\804\np_usk15.obt e:\nspc\804\np_usk15.cls
e:\nspc\804\np_usk15.cls

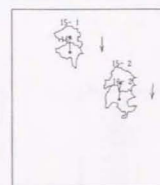


```
e:\npac804\np_usk18.obt e:\npac1804\np_usk18.cl
e:\npac1804\np_usk18.cis
```

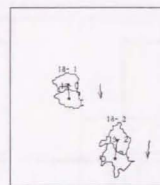
[illegible]

fig. 9-1-13 移動ベクトル

第3編 動体追尾のアルゴリズムの適用

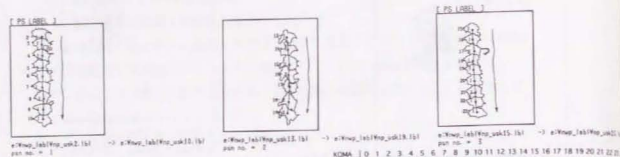


e:\nwp_lab\Ynp_usk15.lbl
e:\nwp_lab\Ynp_usk16.lbl

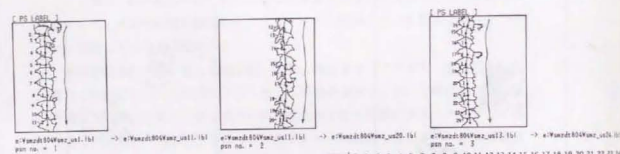


e:¥nwp_labi¥np_usk18. |b|
e:¥nwp_labi¥np_usk19. |b|

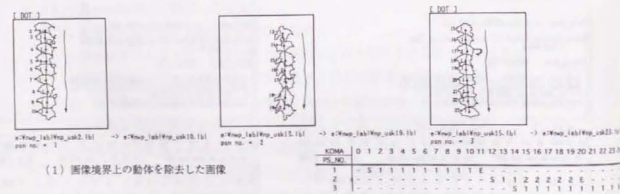
[illegible]



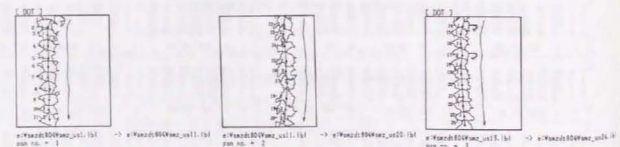
(1) 画像境界上の動体を除去した画像



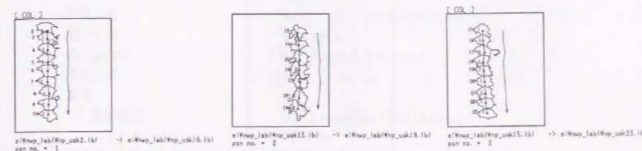
(2) 画像境界上の動体を含む画像
fig. 9-1-14 PSラベルによる追尾



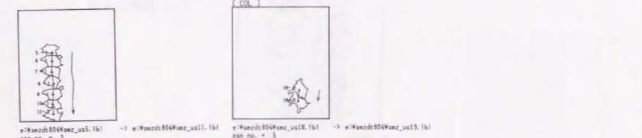
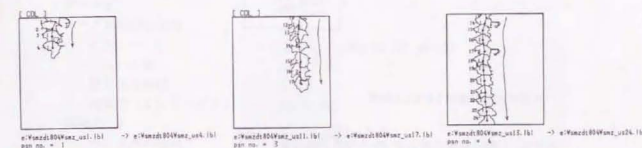
(1) 画像境界上の動体を除去した画像



(2) 画像境界上の動体を含む画像
fig. 9-1-15 最大クラスによる追尾

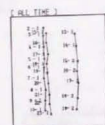
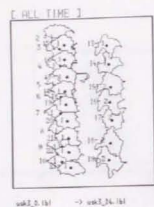


(1) 画像境界上の動体を除去した画像

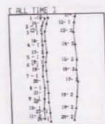
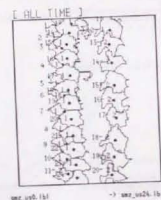


同一動体を縦方向に並べている。

(2) 画像境界上の動体を含む画像
fig. 9-1-16 最小色階調差分距離による追尾



(1) 画像境界上の動体を除去した画像



(2) 画像境界上の動体を含む画像

fig. 9-1-17 動体の追尾 (全フレーム)

■ 予備調査に関する情報

- ・調査地名
- ・調査日時
- ・調査地住所
- ・撮影時間
- ・備考
 - 撮影機材
 - シャッタースピード
- ・撮影地/撮影範囲は下図を参照

東京大学生産技術研究所裏通用門
1995.8.4 (fri.)
東京都港区六本木 7-22-1
pm12:00~13:00
SONY handy cam CCD-TR705
1/1000

■ 観測データの情報

- ・データ名
- ・データ初期設定項目
 - st_TC コード
 - フレーム数
 - 取り込み間隔
 - 画素数 (X × Y バイト)
- ・参考データ
 - 歩行者流の特色
 - 総歩行者数 (人)

usk3

00:07:11:00/00:07:19:00
25
1/35
240 × 280

単独歩行流が主流、歩行流の密度が低く、身体距離が大きい
3人



撮影地



撮影範囲

□ 予備調査 (原画像)



usk_0.rgb



usk_5.rgb



usk_10.rgb



usk_1.rgb



usk_6.rgb



usk_11.rgb



usk_2.rgb



usk_7.rgb



usk_12.rgb



usk_3.rgb



usk_8.rgb



usk_13.rgb



usk_4.rgb



usk_9.rgb



usk_14.rgb



usk_15.rgb



usk_20.rgb



usk_16.rgb



usk_21.rgb



usk_17.rgb



usk_22.rgb



usk_18.rgb



usk_23.rgb



usk_19.rgb



usk_24.rgb

9-2. 生研での観測実験(斜め上方から見おろした撮影)

9-2-1. 観測データ

1) 観測データは fig. 9-2-1 に示すとおりである。

2) 歩行流の特色

生研の中庭にあるテニスコート内部を大学院生8人に自由に歩いてもらい、その様子を屋上から撮影をした。歩行条件が“テニスコート内部を自由に歩行すること”であるため、実際の街路上の歩行者の動きに比べてランダムな歩行者流動になっている。第3章で示したように、fig. 9-2-1 (2) の右上部分にオクルージョンがみられる。

3) 原画像特性

画像の色別特性は、fig. 9-2-2 に示すとおりである。ヒストグラムをみると、特定の階調値が大きく偏った階調値になっている。

9-2-2. 動体抽出

1) 背景画の作成

第4章で示す方法で背景画を作成した。計算結果、得られた画像を fig. 9-2-3 に、その画像の色別特性を fig. 9-2-4 に示す。

2) 原画像と背景画の差分

閾値となる差分色距離を設定し原画像と背景画の差分をとった結果を fig. 9-2-5 に示す。差分画像において抽出された人間の足下に若干影が見られるが、閾値 (500) で良好な動体の抽出ができる

3) 影の消去

原画像と背景画像の差分画像において、影の部分が小さい為、特別な影の消去を行わず、差分画像をそのまま動体抽出画像とした。

4) 動体抽出結果

fig. 9-2-6 は動体抽出画像と PS ラベル付けの結果を合わせて示すが、オクルージョンを生じるフレームを除けば、1 歩行者につきひとつの PS ラベルを持つ動体を抽出できている。

9-2-3. 動体追尾

1) 動体の階層化

抽出した動体に対し、第6章に示した方法で K-平均法による領域分割を行う。(fig. 9-2-7)

2) 移動の認識

第7章に示した方法でクラスタと PS ラベルのマッチングを行う。(fig. 9-2-8)

(1) クラスタレベルのマッチング

オクルージョンの有無によってクラスタのマッチングの結果が異なる。以下に、オクルージョンの有無別に分けて解説する。

(1-1) オクルージョンを生じない動体間の対応

基本的には、予備調査の結果と同様な結果になっている。

- (i) 各クラスタのマッチング結果は同一ラベルを持つクラスタ同士が対応するようにマッチングされている。しかし、fig. 9-2-9 に示すように、他の PS ラベルにマッチングされているクラスタが稀にある。これらはごく少数であるため、PS ラベルの移動方向の決定という点に関しては影響は小さい。
- (ii) クラスタの代表値より求めた移動ベクトルはほぼ同じ方向を示している。(i) で指摘した、主たる方向と異なる方向を示している移動ベクトルは、手及び足の部分に相当している。

(1-2) オクルージョンを持つ動体間の対応

(fig. 9-2-10 のクラスタマッチングの図を参照)

- (i) 画像前面にあるクラスタについては前後のフレーム間で良好にマッチングがなされている。しかし、前面の動体に隠された部分のクラスタについては対応するクラスタがなく、オクルージョン発生時には対応クラスタを見付けることができない。また、オクルージョンが解消した時は新規クラスタと判定される。
- (ii) 近くにある類似した色を持つ他の要素のクラスタに対応する場合もある。
- (iii) 長いフレームを通して、要素間の対応を詳しく見ると、オクルージョン前後の主たる移動ベクトルの方向と同方向のベクトルを持つクラスタがある。
- (iv) 歩行者が突然進行方向を変えない限り同一要素のクラスタは、オクルージョンの発生前・解消後において移動方向は同方向を示している。

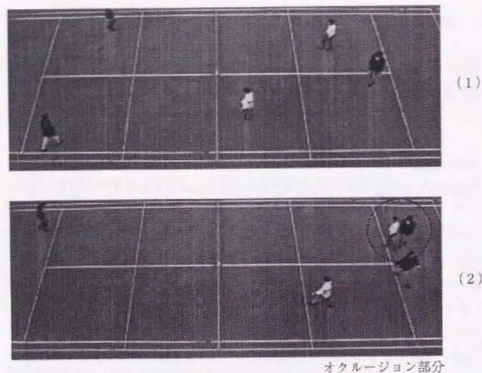
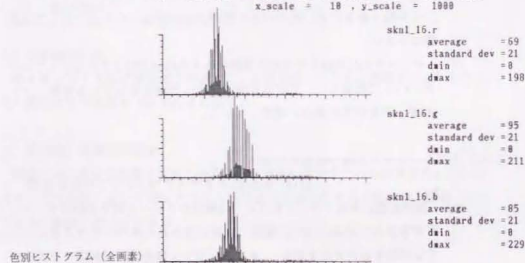


fig. 9-2-1 観測データ

time = 00012010 :: I_BIT = 640 , J_LINE = 240 :: ad = 153600
x_scale = 10 , y_scale = 1000



色別ヒストグラム (全画素)

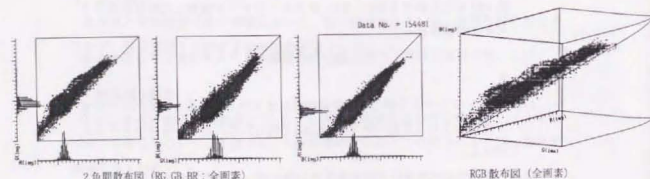


fig. 9-2-2 原画像の色別特性

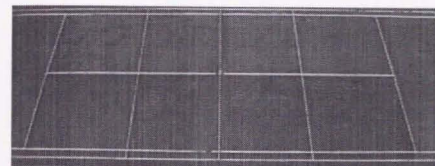
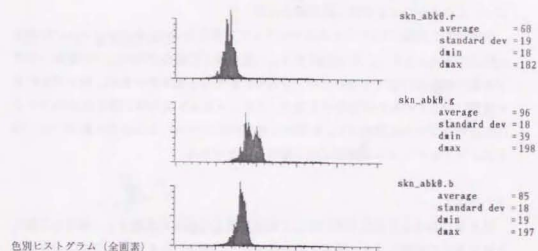
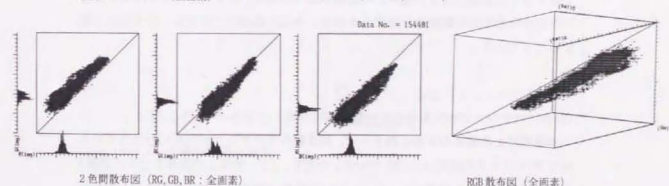


fig. 9-2-3 背景画像

time = 00:01:15 :: I_BIT = 640 , J_LINE = 240 :: ad = 153600
x_scale = 10 , y_scale = 1000



色別ヒストグラム (全画素)



2色間散布図 (RG, GB, BR : 全画素)

fig. 9-2-4 背景画像の色別特性

RGB 散布図 (全画素)



fig. 9-2-5 動体抽出画像 (差分処理)

(2) PS ラベルのマッチングの結果

(1) クラス間でのマッチング結果をふまえて、PSラベルのマッチングについて以下にまとめる。

(2-1) オクルージョンを生じない動体間の対応

(i) 予備調査の結果と同様な結果を示している。PSラベルで同一と判断される結果を示すPSラベルを前後のフレーム間で同一動体とする。

(ii) 前後フレームで同一動体としたPSラベルの重心間を結び移動ベクトルとする。

(2-2) オクルージョンを持つ動体間の対応

予備調査と同様にPSラベルでのマッチング方法を用いて、オクルージョンの発生は検出できる。しかし、この方法では、一度合体した動体が再び二つの動体へ分離する際の対応付けができないため、解消時に最大対応数を持つ動体、即ち前面にある動体に対してのみの対応付けとなる。オクルージョン発生時に隠されたPSラベルは前面のPSラベルに吸収され、解消後に再び現れたPSラベルは新規の動体として扱われ、オクルージョンの前後で別の動体と見なされる。

3) 追尾

第8章における各追尾手法に関して画像境界上の動体の有無〔1. 境界上の動体を取り除いた画像〕、〔2. 境界上の動体を含んだ画像〕とオクルージョンの有無という点から分析した結果を以下にまとめる。今回の観測データでは、計6人の人間が歩行している。

(1) PS ラベルによる追尾

(1-1) オクルージョンを生じない動体間の対応 (fig. 9-2-11, 9-2-12)

画像境界上の動体の有無に関わらず、前後間のマッチングが良好に行われているのでPSラベルでの追尾は成功している。ただし、〔2. 境界上の動体を含んだ画像〕に関してはfig. 9-2-12のpsn_no. = 5と10のPSラベルは同一人物である。フレームno. 16での動体抽出時にpsn_no. = 5の動体が抽出されていないため、フレーム全体での追尾では別の動体に数えられている。

(1-2) オクルージョンを持つ動体間の対応

移動の認識の項で示したとおり、オクルージョンの発生時を判定することは可能である。発生時に画像後方にあり隠される動体に関しては、見かけ上前面の動体に吸収された形で追尾が行われ、解消時に本来ならば同一動体と認識すべき動体が新規の動体と判定される。しかし、画像の前面に位置するPSラベルについてはオクルージョン時においても追尾は成功する。(fig. 9-2-11, 9-2-12におけるpsn_no. = 1)

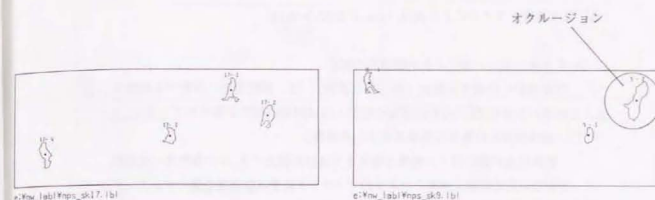


fig. 9-2-6 動体抽出画像

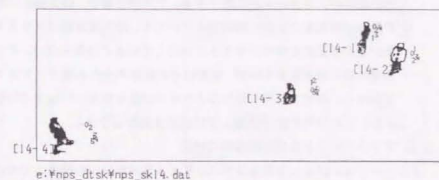


fig. 9-2-7 動体の階層化結果

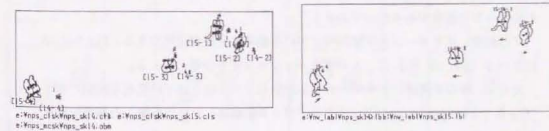


fig. 9-2-8 クラス間のマッチング

(2) 最大画素クラスタによる追尾 (fig.9-2-13,9-2-14)

(2-1) オクルージョンを生じない動体間の対応

[1. 画像境界に位置する動体を除去した画像]、[2. 画像境界に位置する動体を含んだ画像] とともにPSラベルの追尾の結果とはほぼ同様の結果が得られている。

[1. 画像境界に位置する動体を除去した画像]

動体抽出の際に個々の動体を輪郭まで良好に抽出でき、かつ各動体に欠損部分がないために最大画素クラスタのマッチング結果は動体要素間のマッチング結果と良好に対応している。

[2. 画像境界に位置する動体を含んだ画像]

画像境界上に動体の進入・退出を伴う場合、進入・退出前後において、画像内の動体の大きさが大きく変化する。このような場合、動体抽出に際して個々の動体が輪郭まで良好に抽出できていても、最大画素数のクラスタがその動体の主たる要素を持つクラスタに対応しているとは限らない。そのため、進入時に最大画素数をもつが、実際はその動体の主たる要素クラスタでない場合が生じ、途中で追尾不能になるケースが見られた。(fig.9-2-14 psn_no. = 5) これ以外の動体に関しては追尾は成功している。

(2-2) オクルージョンを持つ動体間の対応

オクルージョンによって画像後方に位置する動体が前面の動体に完全に隠されない限り、隠れた動体の一部は画像上に存在している。移動の認識の項で示したとおり隠された動体であっても、前後フレームの画像上に要素が残存するならばクラスターレベルのマッチング結果は正しい要素間の対応付けになっている。

そこで、上記の性質を用いて、最大画素数のクラスタのマッチング結果から移動を判定した。最大画素を持つクラスタは全体を通して安定したクラスタ間の対応付けが行われることがわかっていて、その為、この部分が完全に他の動体に隠れない限りはクラスタ間のマッチングが行われ、たとえ動体がオクルージョンが生じててもクラスタのマッチング結果には変化がない。なお、オクルージョンが生じた場合には対応相手のクラスタが動体を構成するクラスタの中で最大規模のものであるという条件を若干ゆめめに設定しておく。これは一部分が隠されて、必ずしも最大規模とはならない場合があるためである。

その結果、オクルージョン解消時における動体の分離が追尾できる。fig.9-2-13において psn_no. = 1, 3, 8 がオクルージョンから分離している。

ただし、新規出現時にオクルージョンが生じている場合はその発生を認識できず (fig.9-2-13のpsn_no. = 8)、オクルージョンが解消した後に分離した動体を新規のクラスタとして人数に加算している。

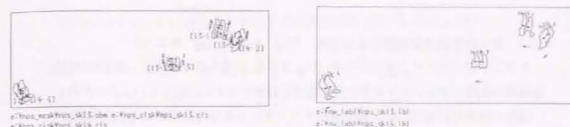


fig. 9-2-9 移動の認識

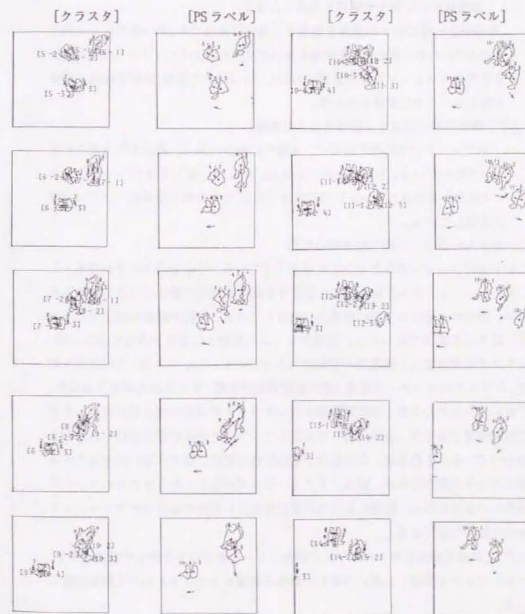


fig. 9-2-10 移動の認識 (オクルージョン部分)

(3) 最小色階調差分距離による追尾 (fig. 9-2-15, fig. 9-2-16)

クラスタ間のマッチングのデータ (fig. 9-2-8) に見られるように、基本的には色階調値の変化の少ないクラスタが最大画素数のクラスタに対応していることが多い。

追尾の結果は比較的、最大画素数のクラスタによるものと似ている。色階調値の変化が少ない場合は最大画素数の追尾結果よりも安定している。

(3-1) オクルージョンを生じない動体間の対応

両画像ともPSラベルによる追尾の結果とはほぼ同様の結果である。

[1. 画像境界に位置する動体を除去した画像]

動体抽出の際に個々の動体を輪郭まで良好に抽出でき、かつ各動体に欠損部分が出ないために最小差分色距離を持つクラスタ同士のマッチング結果は動体要素間のマッチング結果と良好に対応している。その結果、良好な動体の移動を抽出することに成功している。

[2. 画像境界に位置する動体を含んだ画像]

他のマッチング結果と同様に、画像内に動体の進入、退出を伴う場合に追尾に失敗している。fig. 9-2-16のpsn_no. = 5, 10に関しては16フレームにおいて動体が抽出されていないのが原因である。それ以外の動体については追尾に成功している。

(3-2) オクルージョンを持つ動体間の対応

この手法によるマッチングで正しく追尾できている。(fig. 9-2-15) その理由として、オクルージョンにより画像後方に位置する動体が前面の動体に完全に隠されない限り、隠された動体の一部は画像上に残存している。移動の認識の項で示したとおり、隠された動体であっても、前後フレームの画像上に要素が存在するならば、マッチング結果は正しい要素間の対応付になっている。(fig. 9-2-10) この性質を用いて、クラスタのマッチング結果(最小色階調差分距離)から移動を判定する場合、第7章に示したとおり最小色階調距離を持つクラスタ間は最大画素数に比べると若干の時間変動があるが、全体を通して安定したクラスタ間の対応付が行われることがわかっている。その為に、この部分が完全に他の動体に隠されない限りはクラスタ間のマッチングが行われ、動体にオクルージョンが生じてもクラスタのマッチング結果には変化がない。画像全体に色の変化が少ない画像の場合はオクルージョン部分の分離が可能である。

ただし、新規出現時にオクルージョンが生じている場合はその発生を認識できず、オクルージョンが解消した後には分離した動体を新規のクラスタとして人数に加算している。

最後に全フレームのPSラベルの重心の移動状況をfig. 9-2-17に示す。

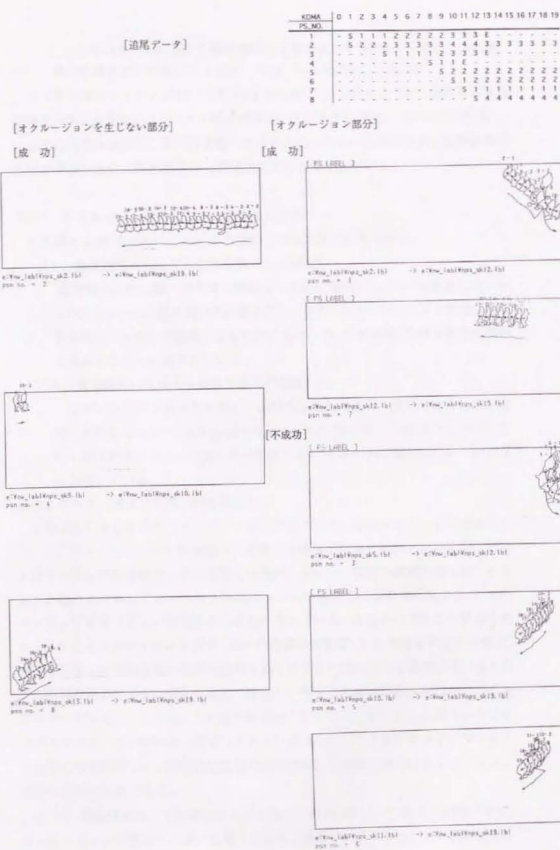


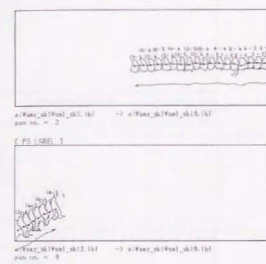
fig. 9-2-11 PSラベルによる追尾 [1. 境界上の動物を取り除いた画像]

[追尾データ]

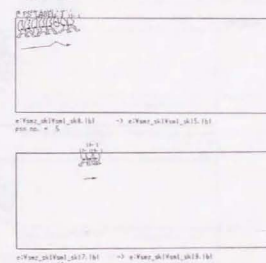
| KOMA | PS | NO | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
|------|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 2 | 5 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 3 | - | - | - | 5 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 6 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 8 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 9 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 10 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

[オクルージョンを生じない部分]

[成功]



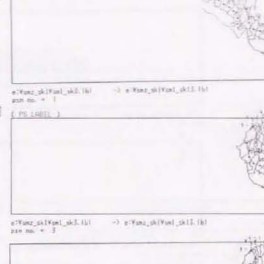
[不成功]



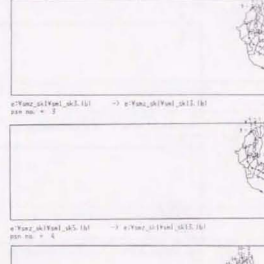
同一動物を縦方向に並べている。

[オクルージョン部分]

[成功]



[不成功]



[不成功]

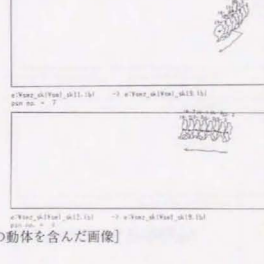


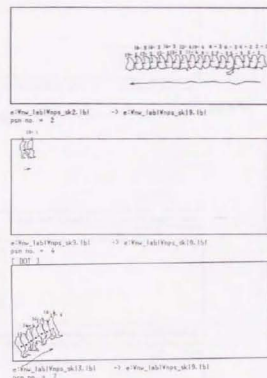
fig. 9-2-12 PSラベルによる追尾 [2. 境界上の動物を含んだ画像]

【追尾データ】

| KOMA PS NO. | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
|----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | - | 5 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 2 | - | 5 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 3 | - | - | - | 5 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 4 | - | - | - | - | - | - | - | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 6 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 8 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

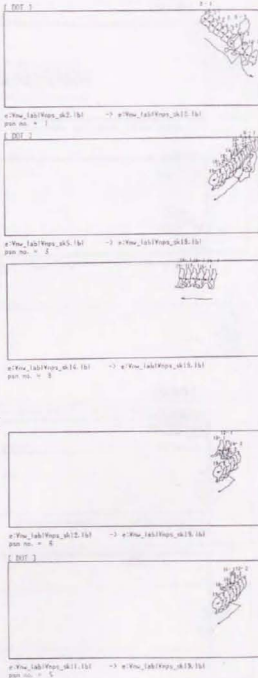
【オクルージョンを生じない部分】

【成功】



【オクルージョン部分】

【成功】



【不成功】

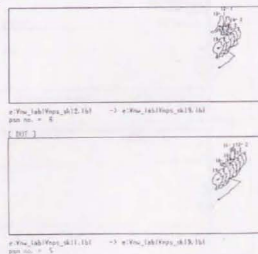


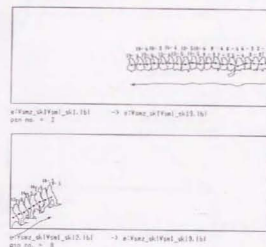
fig. 9-2-13 最大画素数クラスによる追尾[1.境界上の動体を取り除いた画像]

【追尾データ】

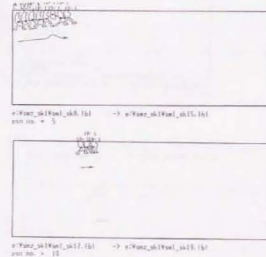
| KOMA PS NO. | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
|----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | - | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 2 | - | 5 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 3 | - | - | - | 5 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 4 | - | - | - | - | - | - | - | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 6 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 8 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 | 6 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 9 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 10 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

【オクルージョンを生じない部分】

【成功】



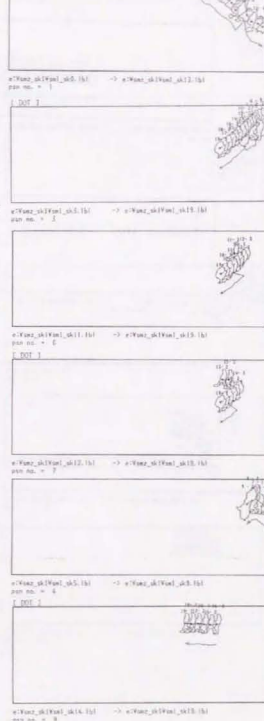
【不成功】



同一動体を縦方向に並べている。

【オクルージョン部分】

【成功】



【不成功】

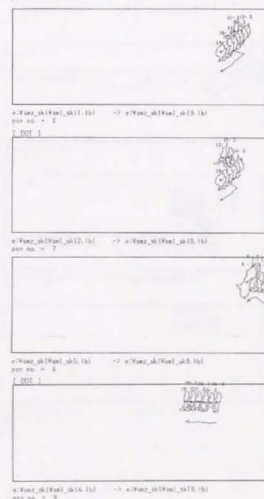


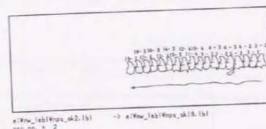
fig. 9-2-14 最大画素数クラスによる追尾[2.境界上の動体を含んだ画像]

〔追尾データ〕

| SOMA PI, NO | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
|----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | - | 5 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 2 | - | 5 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 3 | - | - | - | - | - | 5 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 6 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |

〔オクルージョンを生じない部分〕

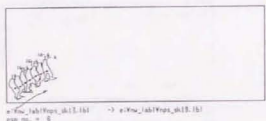
〔成功〕



a:Flow_id(Pixel, 0.5, 1.5) → a:Flow_id(Pixel, 0.5, 1.5)
path no. = 2



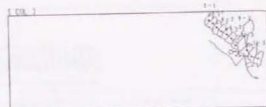
a:Flow_id(Pixel, 0.5, 1.5) → a:Flow_id(Pixel, 0.5, 1.5)
path no. = 4



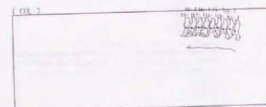
a:Flow_id(Pixel, 0.5, 1.5) → a:Flow_id(Pixel, 0.5, 1.5)
path no. = 6

〔オクルージョン部分〕

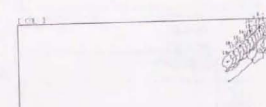
〔成功〕



a:Flow_id(Pixel, 0.5, 1.5) → a:Flow_id(Pixel, 0.5, 1.5)
path no. = 1



a:Flow_id(Pixel, 0.5, 1.5) → a:Flow_id(Pixel, 0.5, 1.5)
path no. = 5



a:Flow_id(Pixel, 0.5, 1.5) → a:Flow_id(Pixel, 0.5, 1.5)
path no. = 3

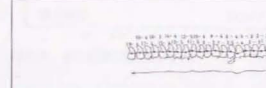
fig. 9-2-15 最小色階調差分距離による追尾[1.境界上の動体を取り除いた画像]

〔追尾データ〕

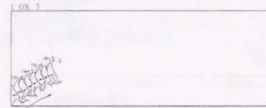
| SOMA PI, NO | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
|----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 2 | 5 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 3 | - | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 4 | - | - | - | 5 | 3 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 6 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 | 6 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 8 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 9 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

〔オクルージョンを生じない部分〕

〔成功〕



a:Flow_id(Pixel, 0.5, 1.5) → a:Flow_id(Pixel, 0.5, 1.5)
path no. = 2



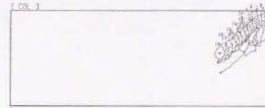
a:Flow_id(Pixel, 0.5, 1.5) → a:Flow_id(Pixel, 0.5, 1.5)
path no. = 3

〔オクルージョン部分〕

〔成功〕



a:Flow_id(Pixel, 0.5, 1.5) → a:Flow_id(Pixel, 0.5, 1.5)
path no. = 1



a:Flow_id(Pixel, 0.5, 1.5) → a:Flow_id(Pixel, 0.5, 1.5)
path no. = 2

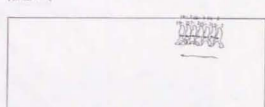
〔不成功〕



a:Flow_id(Pixel, 0.5, 1.5) → a:Flow_id(Pixel, 0.5, 1.5)
path no. = 4

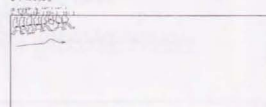


a:Flow_id(Pixel, 0.5, 1.5) → a:Flow_id(Pixel, 0.5, 1.5)
path no. = 6

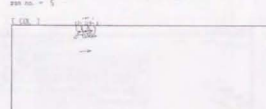


a:Flow_id(Pixel, 0.5, 1.5) → a:Flow_id(Pixel, 0.5, 1.5)
path no. = 5

〔不成功〕



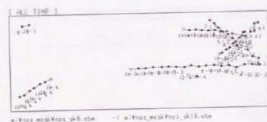
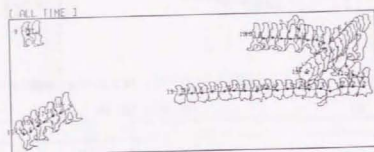
a:Flow_id(Pixel, 0.5, 1.5) → a:Flow_id(Pixel, 0.5, 1.5)
path no. = 5



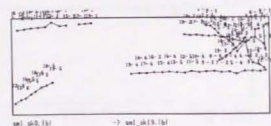
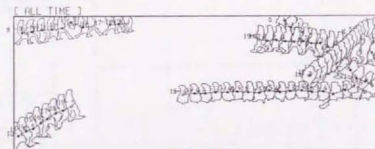
a:Flow_id(Pixel, 0.5, 1.5) → a:Flow_id(Pixel, 0.5, 1.5)
path no. = 3

同一動体を縦方向に並べている。

fig. 9-2-16 最小色階調差分距離による追尾[2.境界上の動体を含んだ画像]



(1) 境界上の動物を取り除いた画像



(2) 境界上の動物を含んだ画像

fig. 9-2-17 動物の追尾 (全フレーム)

■ 予備実験に関する情報

- ・調査地名
- ・調査日時
- ・調査地住所
- ・撮影時間
- ・備考
 - 撮影機材
 - シャッタースピード
 - 撮影地/撮影範囲は下図を参照

東京大学生産技術研究所中庭
1995.4.3 (mon.)
東京都港区六本木 7-22-1
pm17:00

SONY handy cam CCD-TR70S
1/1000

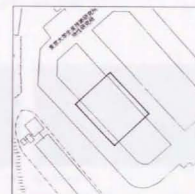
■ 観測データの情報

- ・データ名
- ・データ初期設定項目
 - st_TCコード
 - フレーム数
 - 取り込み間隔
 - 画素数 (X × Y バイト)
- ・参考データ
 - 歩行者流の特色
 - 総歩行者数 (人)

skn1
00:01:15:00/00:01:21:00
20
1/3s
640 × 240
大学院生によるランダム歩行実験
6人



撮影地

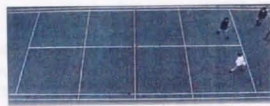


撮影範囲

□ 予備実験 (原画像)



skn_0.rgb



skn_5.rgb



skn_1.rgb



skn_6.rgb



skn_2.rgb



skn_7.rgb



skn_3.rgb



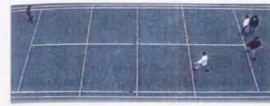
skn_8.rgb



skn_4.rgb



skn_9.rgb



skn_10.rgb



skn_15.rgb



skn_11.rgb



skn_16.rgb



skn_12.rgb



skn_17.rgb



skn_13.rgb



skn_18.rgb



skn_14.rgb



skn_19.rgb

9-3. 予備調査・実験のまとめ

予備調査・実験を通じて、以下のことが明らかになった。

1. 背景画を用いて動体の抽出が可能である。
2. 影部分を背景画との色階調値の相関に基づく影の回帰直線を用いて分離できる。
3. 動体抽出の際にひとつの動体がひとつのPSラベルに対応しているものについては、
 - (1) K-平均法によるクラスタリングを行うことにより、動体を色・位置距離による階層化ができる。
 - (2) 階層化したクラスタによる前後間のクラスタマッチングの結果、動体の移動の認識が可能である。
 - (3) 前後間のマッチングの結果を全フレームに適用して、動体と追尾した結果、各動体の軌跡が得られる。
4. 良好な追尾結果を得るためには、画像境界上に位置する動体を削除した動体抽出画像を用いることが望ましい。
5. オクルージョン部分および動体抽出の際にふたつの動体がひとつのPSラベルに対応付けられた場合については、
 - (1) PSラベルのマッチング結果からは、発生時の判定は可能であるが、解消時には隠されていた部分の再認識は困難で、前面の動体に吸収される。
 - (2) クラスタレベル（最大画素数・最小色距離）のマッチング結果を用いることでオクルージョン部分のふたつの動体の分離が可能となる。

第10章 街路空間での適用

本章は、実際の街路上の観測から得られたデータをもとにした分析である。

観測データは、第9章の予備調査・実験の結果を踏まえて「ビルの4、5階から街路をできるだけ俯瞰できるように設置したビデオカメラで撮影した画像」を用い、また、動体を追尾する画像としては「画像境界に位置する動体を除去した画像」を用いた。

10-1. 五反田

10-1-1. 観測データ

1) 観測場所は東京都品川区五反田駅前の野村ビル5階テラスである。

観測データは fig. 10-1-1 に示すとおりである。

2) 歩行者流動の特色

画面右上に都営地下鉄五反田駅の入口があり、また、右側が J R 五反田駅に近い
ため各駅の利用者が主にこの街路を利用している。観測日時が平日の正午から午後
1時であるため、会社員の昼食時の利用が目立つ。歩行者流動は単独歩行、組歩行
ともに見られ、組歩行の場合は身体距離が比較的離れている。J R 側から（画面右
から左へ）の流動量は信号による周期性が見られる。

3) 原画像の色別特性を fig. 10-1-2 に示す。

10-1-2. 動体抽出

1) 背景画の作成

第4章で示す方法で背景画を作成した。計算結果得られた画像を fig. 10-1-3 に、
その色別特性を fig. 10-1-4 に示す。

2) 原画像と背景画の差分

閾値となる差分色距離を変えながら原画像と背景画の差分をとった結果を fig. 10-
1-5 に示す。差分画像からは閾値 (500) ではほぼ良好な動体抽出がなされていること
がわかる。歩行者の足元に落ちる影の部分と、明確な影部分ではないが人によって
囲われていて画素の階調値が落ちている部分が残存している。

3) 影の消去

原画像と背景画像の差分結果から、第5章の方法をもとに足元の影の消去を行な

う。差分画像上で動体以外の影領域を抽出し、この領域内での R G B 各色階調値の
比較を行う。(fig. 10-1-6) このグラフから、今回の観測データの場合は2段階に分
けて影領域を除去する回帰直線を求めた (fig. 10-1-7)。

$$(A) \quad dr^2_{img} < \text{Thresh_col} \quad (0 \leq F_{bak} < 60)$$

$$(B) \quad \begin{cases} dr^2_{img} < \text{Thresh_col} \\ 0.4x + 15 < y < 0.87x + 10 \end{cases} \quad (60 \leq F_{bak} \leq 255)$$

ただし、
 F_{bak} : 背景画の階調値
 dr^2_{img} : 原画像の2乗色距離
 Thresh_col : 閾値 (500)

差分画像から (A)、(B) の範囲の色階調値を持つ部分を取り除いた結果を fig. 10-
1-8 に示す。

4) 動体抽出結果

3) の方法によって影を除いた結果、ひとりの歩行者につきひとつの PS ラベルを
持つ動体を抽出できる。fig. 10-1-9 に画像補正処理後の動体抽出画像とその PS ラベ
ルを示す。

10-1-3. 動体追尾

1) 動体の階層化

抽出した動体に対し第6章に示した K-平均法による領域分割をする。その結果
を fig. 10-1-10 に示す。動体は数個のクラスに分割され、それぞれにクラス番号
が付けられる。

2) 移動の認識

第7章に示した方法でクラスと PS ラベルに基づく前後フレーム間のマッチング
を行う。

(1) クラス間マッチング

1. 各クラス間のマッチングの結果は、基本的に同一の PS ラベルを持つクラス同
士が対応しているが、一部に他の PS ラベルに誤って対応づけられたクラスがあ
る。(fig. 10-1-11)
2. クラスの移動ベクトルはほぼ同じ方向を示している。しかし、少数の移動ベ
クトルは主たる方向と異なる方向を示している。これらのクラスは手及び足の
部分である。(fig. 10-1-12)

(2) PS ラベル間のマッチング

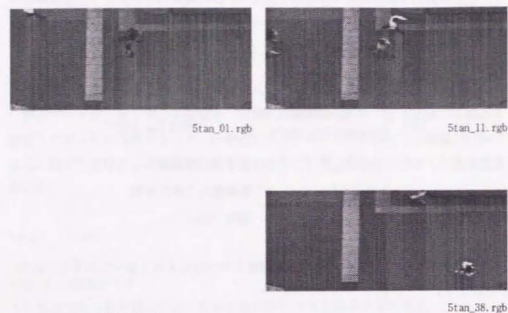
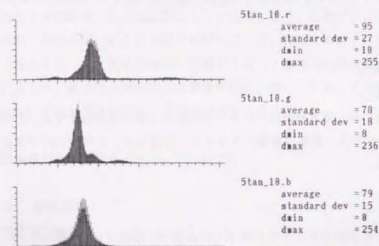
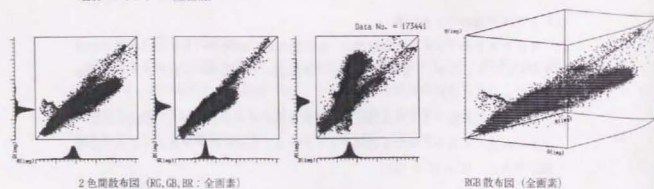


fig. 10-1-1 観測データ

time = 00:00:310 :: 1.BIT = 640 , J.LINE = 270 : nd = 172888
x_scale = 10 , y_scale = 1000



色別ヒストグラム (全画素)



2色間散布図 (RG, GB, BR : 全画素)

fig. 10-1-2 原画像の色別特性

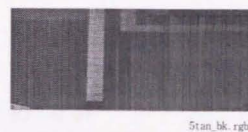
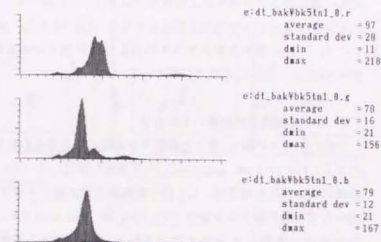
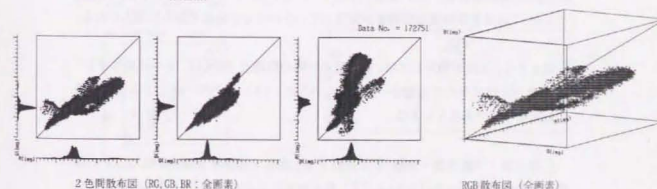


fig. 10-1-3 背景画像

time = 00:30:00 :: 1.BIT = 640 , J.LINE = 270 : nd = 172888
x_scale = 10 , y_scale = 1000



色別ヒストグラム (全画素)



2色間散布図 (RG, GB, BR : 全画素)

fig. 10-1-4 背景画像の色別特性

(1) のクラスタ間のマッチング結果をふまえて、PSラベルのマッチングの結果を次にまとめる。

各クラスタの移動ベクトルと対応するPSラベルのクラスタの重心を結んだベクトルはほぼ一致している。そこで対応するPSラベルの重心を結び移動ベクトルとする。

(fig. 10-1-13)

クラスタの対応付け正しく行われているため、PSラベルのマッチングは成功している。

3) 追尾

(1) PSラベルによる追尾

単独歩行者の同方向流と交差流動や組歩行の同方向流が観測されるが、前後フレーム間の動体のマッチングにおいて正しく移動が認識されているため、PSラベルでの追尾に成功している。(fig. 10-1-14)

(2) 最大画素による追尾

動体抽出の際に個々の動体を良好に抽出できているが、各動体に欠損部分があるため、最大画素クラスタによる追尾の結果は、(i) 前フレームの最大画素クラスタの対応先が見付からず追尾不能となる場合 (fig. 10-1-15 psn_no=3 と 8, 11 と 12 と 13) と、(ii) 最大画素クラスタの対応付けに誤りがある場合 (fig. 10-1-15 psn_no=4, 5, 7, 10) に不成功に終わっている。

(3) 最小色階調差分距離による追尾

今回のデータの場合、最小色階調差分距離による追尾の結果は良いとは言えない。ただし、fig. 10-1-16, psn_no=15, 16 は追尾に成功している。また、最小色階調差分距離による追尾の結果は、(i) 最小色階調差分距離によるマッチングの対応先が見付からず追尾不能となる場合 (fig. 10-1-16 psn_no=4 と 8, 13 と 14) と、(ii) 最小色階調差分距離によるマッチング結果に誤りがある場合 (fig. 10-1-16 psn_no=1, 2, 3, 5, 9, 12) に不成功に終わっている。特に、(ii) の不成功が多く見られるが、これは各原画像の色階調値が安定していないことが原因であると考えられる。

以上より、五反田に関しては、動体抽出の際の問題点 (例えば、2つの動体が1つにPSラベル付けされている部分) を含まないため、(1) のPSラベルによる追尾が適した追尾手法であるといえる。

[第9章 予備調査・実験] と比較すると動体を抽出する精度が低く、その精度は各動体でばらつきが大きい。(2) 最大画素による追尾や (3) 最小色階調差分

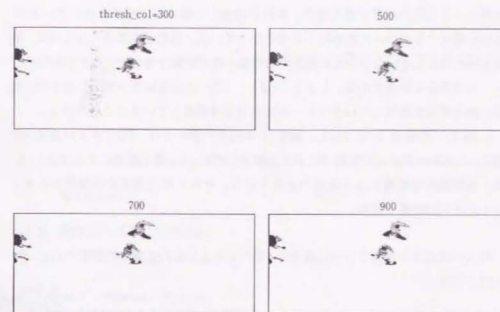


fig. 10-1-5 閾値別の差分画像

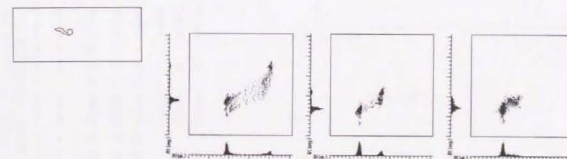


fig. 10-1-6 影領域の色分布

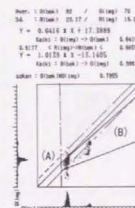


fig. 10-1-7 影領域の
 regres直線の決定



fig. 10-1-8 動体抽出画像(影の消去)

距離による追尾の結果を見た場合、良好に抽出した動物は追尾に成功しているが、良好に抽出できなかった動物は不成功となっている。追尾が不成功となるのは、動物全域を抽出していないために最大画素や最小差分距離を持つクラスが前後のフレームで異なるからである。しかし、(2)、(3)の追尾結果を個別に見ると、動物の抽出状況が類似しているフレーム間の追尾は成功していることが分かる。

[10-2. 代官山], [10-3. 銀座] の追尾においては、PSラベルの追尾の問題点(オクルージョンの分離等)を含む部分にのみ(2)最大画素による追尾、(3)最小色階調差分距離による追尾の適用を行う。それらの追尾手法の適用からオクルージョンの分離を図る。

PSラベルによる追尾を行った場合の、全フレームにわたる重心の移動を fig. 10-1-17 に示す。

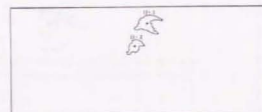
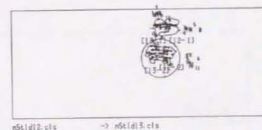
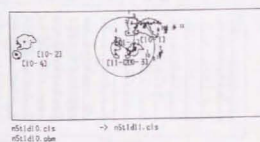
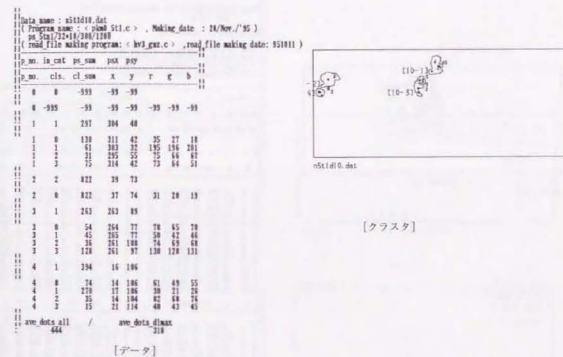


fig. 10-1-9 動体抽出画像 (画像補正)



[不成功]

(ii) 最大画素クラス間の対応付けに誤りがある場合

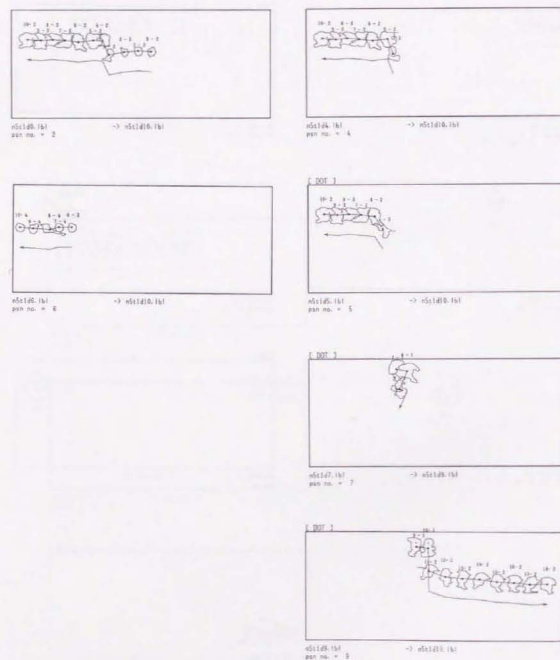


fig. 10-1-15 最大画素数による追尾 (3)

NOTOCL.MOV

| KOMA pos. no. | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | | | | | |
|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | | | |
| 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | |
| 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | | |
| 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | | |
| 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | | |
| 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | |
| 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | |
| 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 |
| 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |

[成功]

[データ]



fig. 10-1-16 最小色階調差分距離による追尾 (1)

[不成功]

(i) 最小色階調差分距離によるマッチングの対応先がない場合

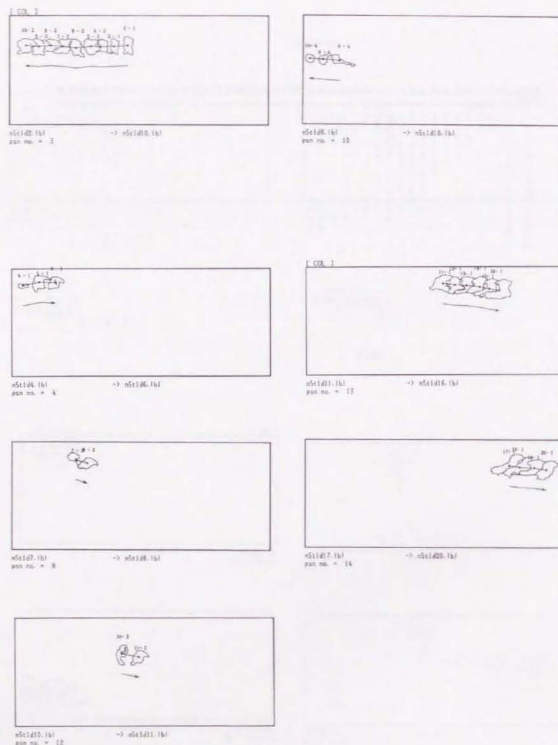


fig. 10-1-16 最小色階調差分距離による追尾 (2)

[不成功]

(ii) 最小色階調差分距離によるクラスタ間の対応付けに誤りがある場合

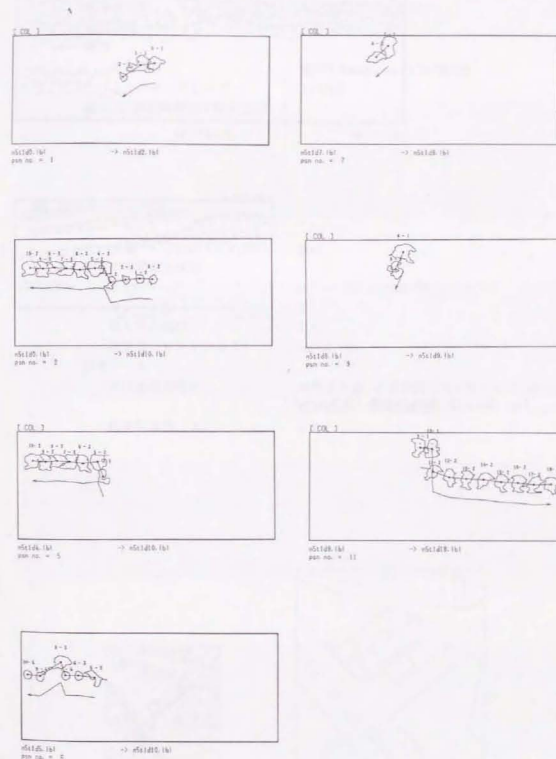
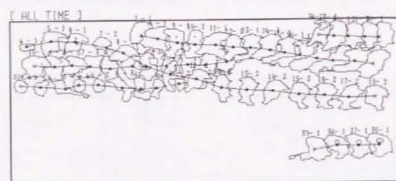
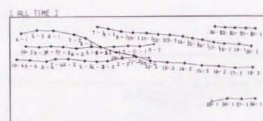


fig. 10-1-16 最小色階調差分距離による追尾 (3)



n511d01-1b1 → n511d38-1b1



n511d01-1b1 → n511d38-1b1

fig. 10-1-17 動体の追尾 (全フレーム)

■ 観測調査 [1. 五反田] に関する情報

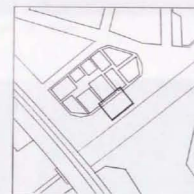
| | |
|-----------------|--------------------------|
| ・調査地名 | 野村ビル5階テラス |
| ・調査日時 | 1995.10.11 (wed.) |
| ・調査地住所 | 東京都品川区五反田 |
| ・撮影時間 | pm0:00~pm1:00 |
| ・備考 | |
| 撮影機材 | SONY handy cam CCD-TR705 |
| シャッタースピード | 1/1000 |
| ・撮影地/撮影範囲は下図を参照 | |

■ 観測データの情報

| | |
|---------------|-------------------------------------|
| ・データ名 | 5tn1 |
| ・データ初期設定項目 | |
| st_TC コード | 00:30:00:00/00:30:13:00 |
| フレーム数 | 40 |
| 取り込み間隔 | 1/3s |
| 画素数 (X×Y バイト) | 640×270 |
| ・参考データ | |
| 歩行者流の特色 | 単独歩行流、組歩行流ともに見られる。歩行者密度が低く、身体距離は小さい |
| 総歩行者数 (人) | 6人 |



撮影地



撮影範囲

□ 観測調査 (五反田：原画像)



Stn_0rgb



Stn_5rgb



Stn_1rgb



Stn_6rgb



Stn_2rgb



Stn_7rgb



Stn_3rgb



Stn_8rgb



Stn_4rgb



Stn_9rgb



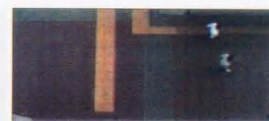
Stn_10rgb



Stn_15rgb



Stn_11rgb



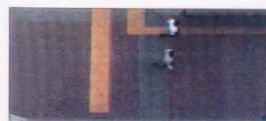
Stn_16rgb



Stn_12rgb



Stn_17rgb



Stn_13rgb



Stn_18rgb



Stn_14rgb



Stn_19rgb



Stn_20.rgb



Stn_25.rgb



Stn_21.rgb



Stn_26.rgb



Stn_22.rgb



Stn_27.rgb



Stn_23.rgb



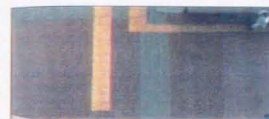
Stn_28.rgb



Stn_24.rgb



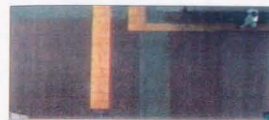
Stn_29.rgb



Stn_30.rgb



Stn_35.rgb



Stn_31.rgb



Stn_36.rgb



Stn_32.rgb



Stn_37.rgb



Stn_33.rgb



Stn_38.rgb



Stn_34.rgb



Stn_39.rgb

10-2. 代官山

10-2-1. 観測データ

1) 観測場所は東京都渋谷区猿楽町、代官山エッジビル5階テラスである。

観測データはfig.10-2-1に示すとおりである。

2) 歩行者流動の特色

観測地がし字型の街路のコーナー部分であること、また、画面左側上部に歩道橋があるために歩行者流動として画面左側と左上、右下に向かう流れが見られる。周辺に信号機がないために他の街路で見られた流動の周期性は観測されない。観測日は日曜日の午後1時～2時の間である。買い物を楽しむ若者が主たる歩行者である。組歩行又はグループ歩行(3人～10数人)が主であり、組歩行の場合は身体距離はかなり接近しており、グループ歩行の場合は集団とわかる程度の距離を持っている。

3) 原画像の色別特性をfig.10-2-2に示す。

画像の色別ヒストグラムは、R、G、Bの各階調値ともに35と135前後にピークが見られる。

10-2-2. 動体抽出

1) 背景画の作成

第4章で示す方法で背景画を作成した。計算結果得られた画像をfig.10-2-3に、その色別特性をfig.10-2-4に示す。

2) 原画像と背景画の差分

閾値となる差分色距離を変えながら原画像と背景画の差分をとった結果をfig.10-2-5に示す。背景画像の色特性は原画像とほぼ同様の性質が見られる。

差分画像からは閾値(500)では良好な動体抽出がなされることがわかる。歩行者の足下に落ちる影の部分と、明確な影部分ではないが人によって囲まれていて画素の階調値が落ちている部分が残存している。

3) 影の消去

原画像と背景画像の差分結果から、第5章の方法をもとに足元の影の消去を行う。差分画像上で動体以外の影領域を抽出し、この領域内でのRGB各色階調値の比較を行う。(fig.10-2-6)このグラフから、今回の観測データの場合は2段階に分けて影領域を除去する回帰直線を求めた(fig.10-2-7)。

$$(A) \quad dr_{img}^2 < Thresh_col \quad (0 \leq F_{bak} < 60)$$

$$(B) \quad \begin{cases} dr_{img}^2 < Thresh_col \\ 0.4x + 15 < y < 0.87x + 10 \end{cases} \quad (60 \leq F_{bak} \leq 255)$$

ただし、

F_{bak} : 背景画の階調値

dr_{img}^2 : 原画像の2乗色距離

$Thresh_col$: 閾値(500)

差分画像から(A)、(B)の範囲の色階調値を持つ部分を取り除いた結果をfig.10-2-8に示す。

4) 動体抽出結果

3)の方法によって影を除いた結果、ひとりの歩行者につきひとつのPSラベルを持つ動体を抽出できた。ただし、フレームNO.35,72,73は身体距離が近い2人の人間を1つの動体として抽出し1つのPSラベルが付けられている。

fig.10-2-9に画像補正処理後の動体抽出画像とそのPSラベルを示す。

10-2-3. 動体追尾

1) 動体の階層化

抽出した動体に対し第6章に示したK-平均法による領域分割をする。その結果をfig.10-2-10に示す。動体は数個のクラスに分割され、それぞれクラス番号が付けられる。

2) 移動の認識

第7章に示した方法でクラスとPSラベルに基づく前後フレーム間のマッチングを行う。

(1) クラス間のマッチング

1. 同一のPSラベルを持つクラス同士が対応するようにマッチングされている。しかし、一部に他のPSラベルに誤って対応づけられたクラスがある。

(fig.10-2-11)

2. クラスの移動ベクトルはほぼ同じ方向を示している。しかし、少数の移動ベクトルは主たる方向と異なる方向を示している。これらのクラスは手及び足の部分である。(fig.10-2-12)

(2) パーソナルラベル間のマッチング

(1)のクラス間マッチング結果をふまえて、PSラベルのマッチングの結果を次にまとめる。

各クラス間の移動ベクトルと対応するPSラベルのクラス間の重心を結んだベクトル

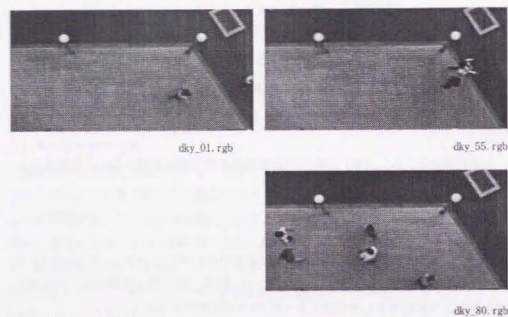
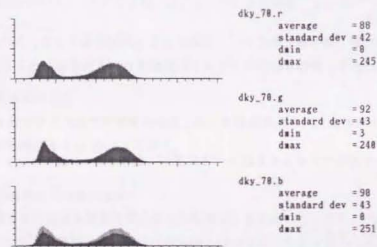
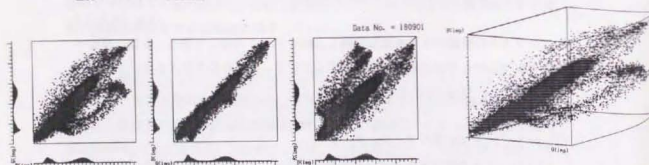


fig. 10-2-1 観測データ

time = 00165319 :: I_BIT = 600 , J_LINE = 300 : nd = 100000
x_scale = 10 , y_scale = 1000



色別ヒストグラム (全画素)



2色間散布図 (RG, GB, BR: 全画素)

fig. 10-2-2 原画像の色別特性

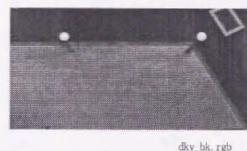
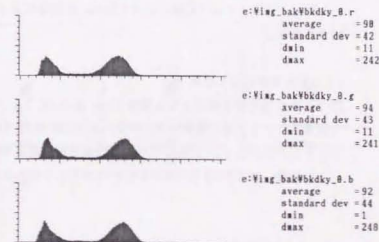
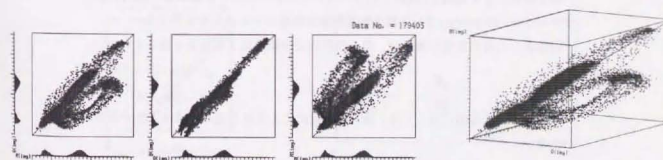


fig. 10-2-3 背景画像

time = 001638 :: I_BIT = 600 , J_LINE = 300 : nd = 100000
x_scale = 10 , y_scale = 1000



色別ヒストグラム (全画素)



2色間散布図 (RG, GB, BR: 全画素)

fig. 10-2-4 背景画像の色別特性

ルはほぼ一致している。そこで対応するPSラベルの重心を結んで移動ベクトルとする。(fig.10-2-13)

1. 動体抽出の際に外形が精度よく抽出できている動体はクラスタの対応付けが安定してなされているため、PSラベルのマッチングは成功している。ただし、動体フレームno.70,PSラベルno.4は71フレームには原画像上に存在しない動体であるが他の動体と対応付けられている。その結果、PSラベルのマッチングは不成功に終わっている。

2. ふたつの動体がひとつにPSラベル付けされている部分(フレームno.35,PSラベル no.1)については、うまく検出できている。分離する部分(フレームno.74,PSラベルno.3と4)はクラスタ対応数の多いPSラベルに対応付けされている。

3) 追尾

(1) PSラベルによる追尾

前後フレームでPSラベル間のマッチングが正しく行なわれているPSラベルは追尾に成功している。しかし、ふたつの動体をひとつにPSラベル付けたもので、そのPSラベルが分離した際にPSラベルの対応付けが正しく行われなかったラベルは追尾が不成功に終わっている。(fig.10-2-14 フレームno.70,psn_no.8)

ただし、フレームno.73,psn_no10と11は、出現時にオクルージョンが生じている場合である。

(2) 最大画素による追尾

PSラベルの追尾が不成功となる部分(fig.10-2-14 フレームno.70,psn_no.8)に最大画素数による追尾を適用する。フレームno.70のPSラベルno.4の最大画素数のマッチング先がなく、このPSラベルの画像からの退出を判別した。

この結果、全てのPSラベルの対応付けが正しく行われ追尾に成功している。

(fig.10-2-15)

(3) 最小色階調差分距離による追尾

最大画素による追尾と同様に、PSラベルの追尾が不成功となる部分(fig.10-2-14 フレームno.70,psn_no.8)に最小色階調差分距離による追尾を適用する。

画像からの退出を含む場合は、最小色階調差分距離による追尾は適していない。

(fig.10-2-16)

以上より、代官山に関しては、最大画素数による追尾が適した追尾手法であるといえる。

最大画素による追尾を行った場合の、全フレームにわたる重心の移動をfig.10-2-17に示す。

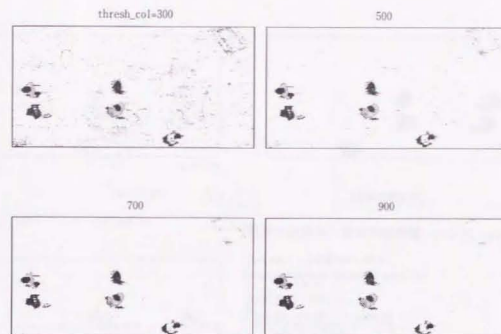


fig. 10-2-5 閾値別の差分画像

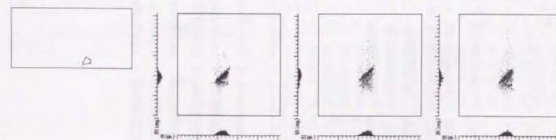


fig. 10-2-6 影領域の色分布

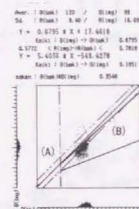


fig. 10-2-7 影領域の
回帰直線の決定



fig. 10-2-8 動体抽出画像(影の消去)

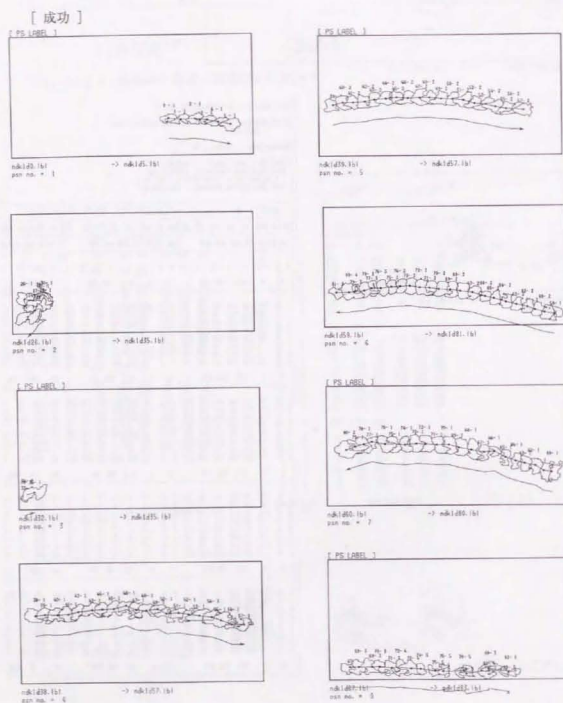
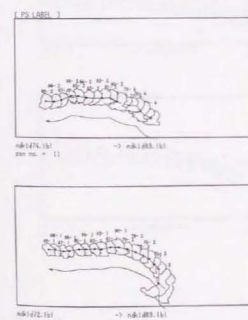


fig. 10-2-14 PS ラベルによる追尾

N_DKIDPS.MTR

| TIME PS NO. | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 |
|----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 10 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 11 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |

| TIME PS NO. | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 |
|----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 10 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 11 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |



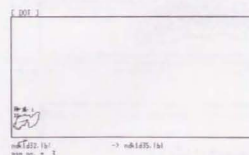
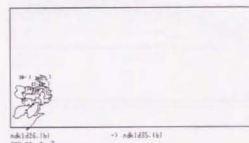
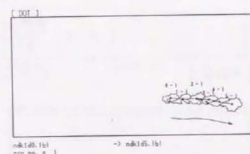
画像から退出時のマッチングの失敗による
追尾の不成功

出現時に2つ動体をひとつにPSラベル付けた
動体の分離の不成功

| 1000 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 |
|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 00 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 10 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 11 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |

[データ]

[成功]



[成功]

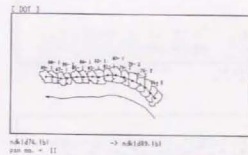
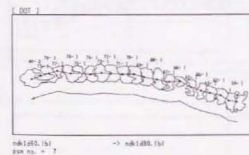
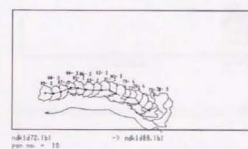
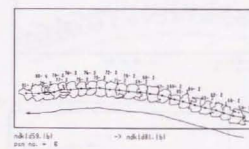
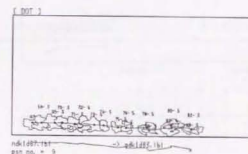
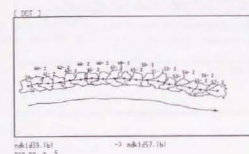
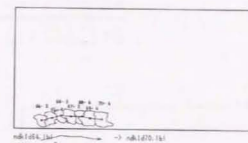
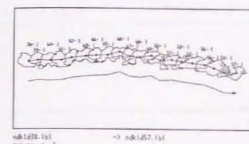


fig. 10-2-15 最大画素数による追尾

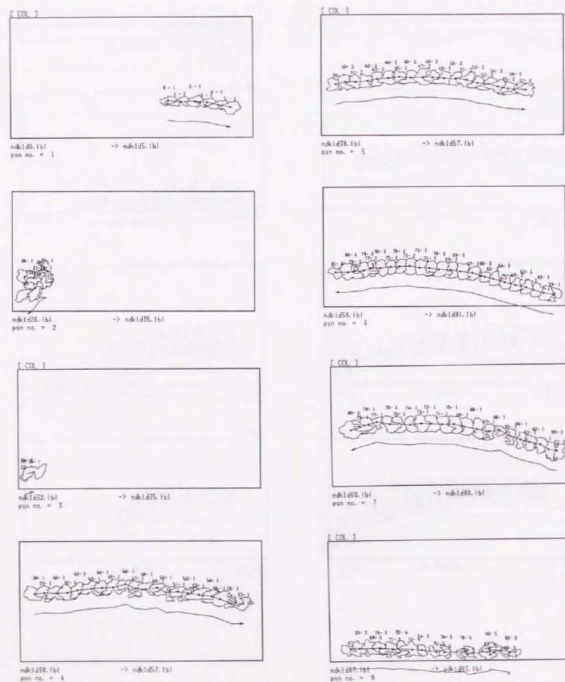


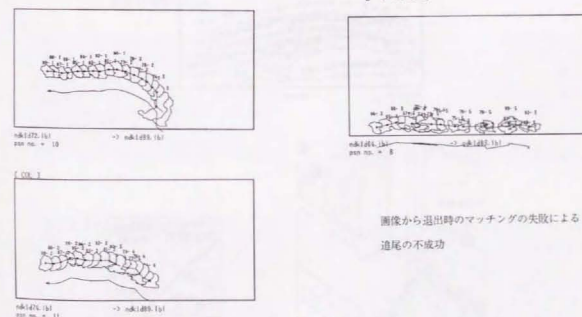
fig. 10-2-16 最小色階調差分距離による追尾

N_DKIDCL.MTR

[illegible][illegible]

[データ]

[不成功]



画像から退出時のマッチングの失敗による
追尾の不成功

出現時に2つ動体をひとつにPSラベル付けした
動体の分離の不成功

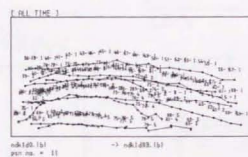
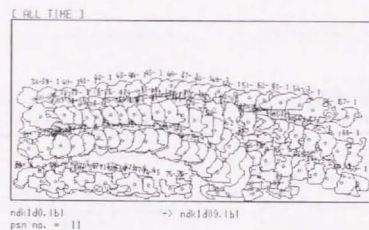


fig. 10-2-17 動体の追尾 (全フレーム)

■ 観測調査 [2. 代官山] に関する情報

| | |
|-----------------|--------------------------|
| ・調査地名 | 代官山エッジビル5階テラス |
| ・調査日時 | 1995.9.24 (sun.) |
| ・調査地住所 | 東京都渋谷区猿樂町 |
| ・撮影時間 | pm1:00~pm2:00 |
| ・備考 | |
| 撮影機材 | SONY handy cam CCD-TR705 |
| シャッタースピード | 1/1000 |
| ・撮影地/撮影範囲は下図を参照 | |

■ 観測データの情報

| | |
|--------------|---------------------------|
| ・データ名 | dkyl |
| ・データ初期設定項目 | |
| st_TCコード | 00:16:30:00/00:16:59:20 |
| フレーム数 | 90 |
| 取り込み間隔 | 1/3s |
| 画素数 (X×Yバイト) | 600×300 |
| ・参考データ | |
| 歩行者流の特色 | 組歩行流が主流、歩行者密度が低く、身体距離は小さい |
| 総歩行者数 (人) | 11人 |



撮影地



撮影範囲

□ 観測調査 (代官山: 原画像)



dky_01rgb



dky_51rgb



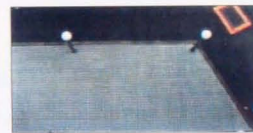
dky_11rgb



dky_61rgb



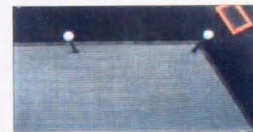
dky_21rgb



dky_71rgb



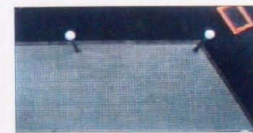
dky_31rgb



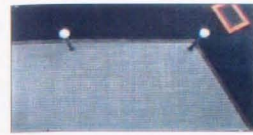
dky_81rgb



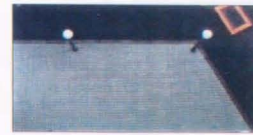
dky_41rgb



dky_91rgb



dky_101rgb



dky_151rgb



dky_111rgb



dky_161rgb



dky_121rgb



dky_171rgb



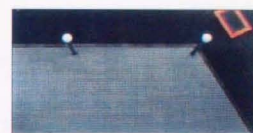
dky_131rgb



dky_181rgb



dky_141rgb



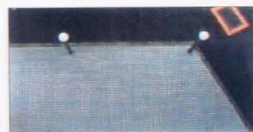
dky_191rgb



dky_20.rgb



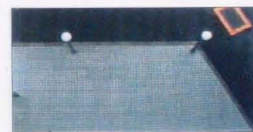
dky_21.rgb



dky_22.rgb



dky_23.rgb



dky_24.rgb



dky_25.rgb



dky_26.rgb



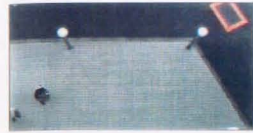
dky_27.rgb



dky_28.rgb



dky_29.rgb



dky_30.rgb



dky_31.rgb



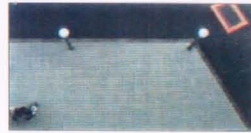
dky_32.rgb



dky_33.rgb



dky_34.rgb



dky_35.rgb



dky_36.rgb



dky_37.rgb



dky_38.rgb



dky_39.rgb



dky_40.rgb



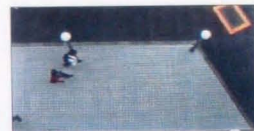
dky_45.rgb



dky_41.rgb



dky_46.rgb



dky_42.rgb



dky_47.rgb



dky_43.rgb



dky_48.rgb



dky_44.rgb



dky_49.rgb



dky_50.rgb



dky_55.rgb



dky_51.rgb



dky_56.rgb



dky_52.rgb



dky_57.rgb



dky_53.rgb



dky_58.rgb



dky_54.rgb



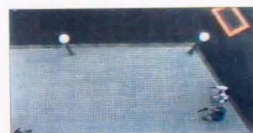
dky_59.rgb



dky_60.rgb



dky_61.rgb



dky_62.rgb



dky_63.rgb



dky_64.rgb



dky_65.rgb



dky_66.rgb



dky_67.rgb



dky_68.rgb



dky_69.rgb



dky_70.rgb



dky_71.rgb



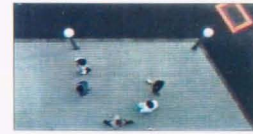
dky_72.rgb



dky_73.rgb



dky_74.rgb



dky_75.rgb



dky_76.rgb



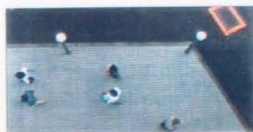
dky_77.rgb



dky_78.rgb



dky_79.rgb



dky_80.rgb



dky_85.rgb



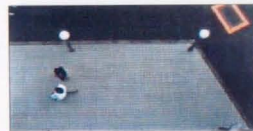
dky_81.rgb



dky_86.rgb



dky_82.rgb



dky_87.rgb



dky_83.rgb



dky_88.rgb



dky_84.rgb



dky_89.rgb

10-3. 銀座

10-3-1. 観測データ

1) 観測場所は銀座4丁目アクビルの5、6階踊り場である。
観測データはfig.10-3-1に示すとおりである。

2) 歩行者流動の特色

銀座のメインストリートに面した場所であること、また、観測日が土曜日の午後であったために、恒常的な歩行者流動が観測される。歩行者の流動量は、画像左側に位置する銀座4丁目交差点の信号によって周期的に変動している。歩行者は、単独歩行している人は少なく、殆どが2人以上の組歩行で、その身体距離はかなり近い。

歩行者は歩道に沿って歩いているが、その流動量は画面左側から右側へと、右側から左側へとほぼ等しい。

3) 原画像の色別特性をfig.10-3-2に示す。

10-3-2. 動体抽出

1) 背景画の作成

第4章で示す方法で背景画を作成した。計算結果得られた画像をfig.10-3-3にその色別特性をfig.10-3-4に示す。

2) 原画像と背景画の差分

閾値となる差分色距離を変えながら原画像と背景画の差分をとった結果をfig.10-3-5に示す。これらの差分画像からは閾値(500)では良好な動体抽出がなされるのがわかる。しかし、歩行者の足元に落ちて影の部分と、明確な影部分ではないが人によって囲まれていて画素の階調値が落ちている部分が残存している。

3) 影の消去

原画像と背景画像の差分結果から、第5章の方法をもとに足元の影の消去を行なう。差分画像上で動体以外の影領域を抽出し、この領域内でのRGB各色階調値の比較を行う。(fig.10-3-6)このグラフから、今回の観測データの場合は3段階に分けて影領域を除去する回帰直線を求めた(fig.10-3-7)。

$$(A) \quad dr_{img}^2 < \text{Thresh_col} \quad (0 \leq F_{bak} < 60)$$

$$(B) \quad \begin{cases} dr_{img}^2 < \text{Thresh_col} \\ 0.4x < y < 0.87x + 10 \end{cases} \quad (60 \leq F_{bak} < 130)$$

$$(C) \quad \begin{cases} dr_{img}^2 < \text{Thresh_col} \\ 0.67x < y < 0.87x + 10 \end{cases} \quad (130 \leq F_{bak} \leq 255)$$

ただし、 F_{bak} : 背景画の階調値
 dr_{img}^2 : 原画像の2乗色距離
 Thresh_col : 閾値(500)

差分画像から(A)、(B)、(C)の範囲の色階調値を持つ部分を取り除いた結果をfig.10-3-8に示す。

4) 動体抽出結果

3)の方法によって影を除いた結果、ひとりの歩行者につきひとつのPSラベルを持つ動体を抽出できる。fig.10-3-9に画像補正処理後の動体抽出画像とそのPSラベルを示す。

10-3-3. 動体追尾

1) 動体の階層化

抽出した動体に対し第6章に示したK-平均法による領域分割を行う。その結果をfig.10-3-10に示す。動体は数個のクラスタに分割され、それぞれにクラスタ番号が付けられる。

2) 移動の認識

第7章に示した方法でクラスタとPSラベルに基づく前後フレーム間のマッチングを行う。

(1) クラスタ間のマッチング

1. 各クラスタのマッチングの結果は、基本的に同一のPSラベルを持つクラスタ同士が対応しているが、一部に他のPSラベルに対応したクラスタがある。

(fig.10-3-11 (1))

2. クラスタの移動ベクトルはほぼ同じ方向を示している。しかし、少数の移動ベクトルは主たる方向と異なる方向を示している。これらのクラスタは手及び足の部分である。(fig.10-3-11 (2))

(2) PSラベル間のマッチング

(1)のクラスタ間のマッチング結果をふまえて、PSラベルのマッチングの結果を次にまとめる。

各クラスタの移動ベクトルと対応するPSラベルのクラスタの重心を結んだベクトル

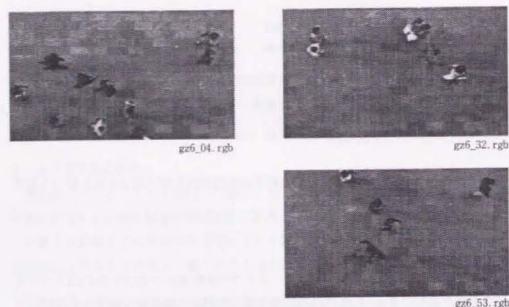
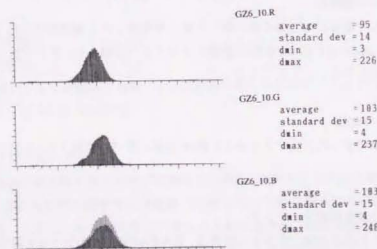
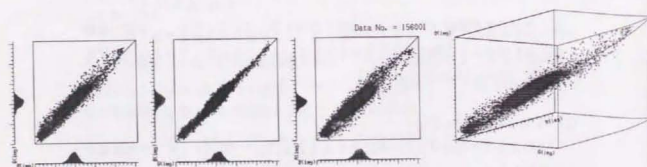


fig. 10-3-1 観測データ

time = 00:09:10 :: I_BIT = 528 , J_LINE = 300 : nd = 156000
x_scale = 10 , y_scale = 1000



色別ヒストグラム (全画素)



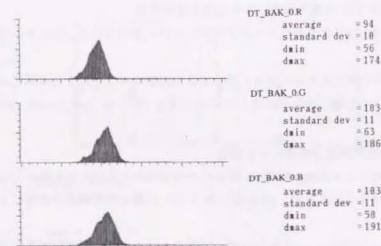
2 色間散布図 (RG, GB, BR : 全画素)

fig. 10-3-2 原画像の色別特性

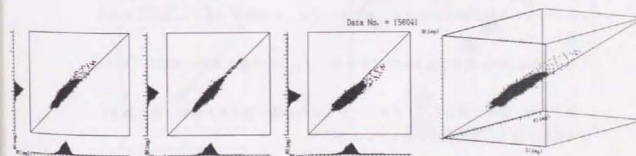


fig. 10-3-3 背景画像

time = 00:39:15 :: I_BIT = 528 , J_LINE = 300 : nd = 156000
x_scale = 10 , y_scale = 1000



色別ヒストグラム (全画素)



2 色間散布図 (RG, GB, BR : 全画素)

fig. 10-3-4 背景画像の色別特性

RGB 散布図 (全画素)

ルはほぼ一致している。そこで対応するPSラベルの重心を結び移動ベクトルとする。
(fig.10-3-12)

クラスタの対応付け正しく行われているため、PSラベルのマッチングは成功している。

3) 追尾

(1) PSラベルによる追尾

単独歩行者の同方向流と交差流動や組み歩行の同方向流が観測される。組み歩行の場合は比較的身体距離が近接しているために、ふたりの歩行者をひとつの動体として抽出しているフレームがある。この部分の動体の追尾は不成功に終わっている。(fig.10-3-13 psn_no=4と12, 18と22, 19と22, 20と23) しかし、それ以外の動体については、前後フレーム間の動体のマッチングにおいて正しく移動が認識されているため、PSラベルでの追尾に成功している。

(2) 最大画素による追尾

PSラベルの追尾が不成功となる部分 (fig.10-3-13 psn_no=4と12, 18と21, 19と22, 20と23) に最大画素による追尾を適用する。

psn_no=4と12は最大画素クラスタの対応付けに誤りがあるために不成功に終わっている。

しかし、その他のオクルージョン部分は最大画素クラスタによる追尾によってオクルージョンを分離し追尾に成功している。(fig.10-3-14 psn_no=18, 20)

(3) 最小色階調差分距離による追尾

最大画素による追尾と同様に、PSラベルの追尾が不成功となる部分 (fig.10-3-13 psn_no=4と12, 18と21, 19と22, 20と23) に最小色階調差分距離による追尾を適用する。

fig.10-3-15のpsn_no=4と12は最大画素クラスタの対応付けに誤りがあるために不成功に終わっている。また、psn_no=17と21は7フレームにわたるオクルージョン部分のRGB階調値は安定せず、オクルージョンの分離ができずに追尾は不成功に終わっている。

しかし、fig.10-3-15のpsn_no=20はオクルージョンを分離し追尾に成功している。

以上より、銀座に関しては、オクルージョンの分離の成功数が多い、最大画素による追尾が適した追尾手法であるといえる。

最大画素による追尾の結果を行った場合の、全フレームにわたる重心の移動をfig.10-3-16に示す。

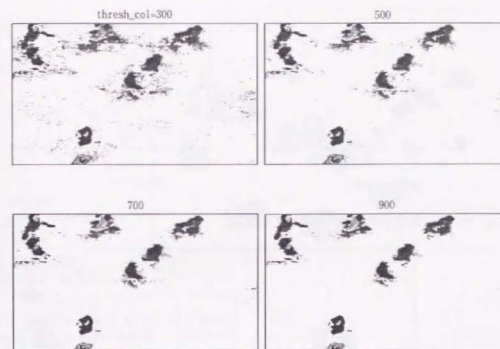


fig. 10-3-5 閾値別の差分画像

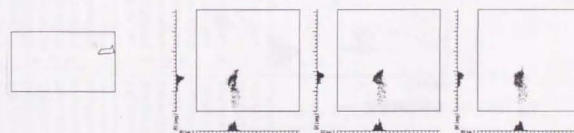


fig. 10-3-6 影領域の色分布

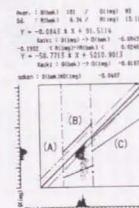


fig. 10-3-7 影領域の
回帰直線の決定



fig. 10-3-8 動体抽出画像 (影の消去)

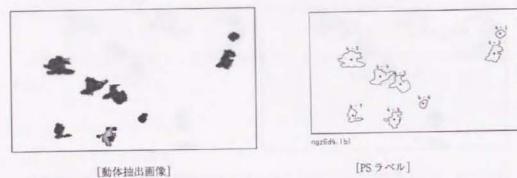


fig. 10-3-9 動体抽出画像 (画像補正処理)

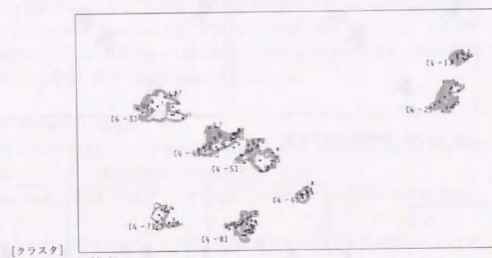


fig. 10-3-10 動体の階層化

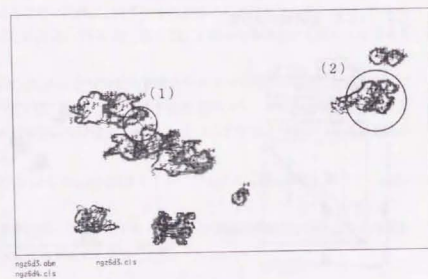


fig. 10-3-11 動体の認識

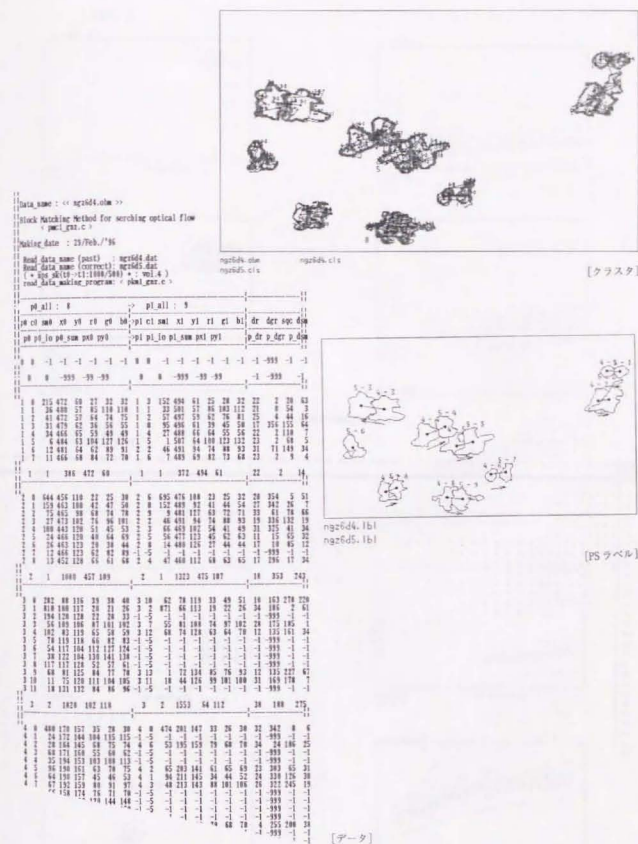


fig. 10-3-12 移動ベクトル

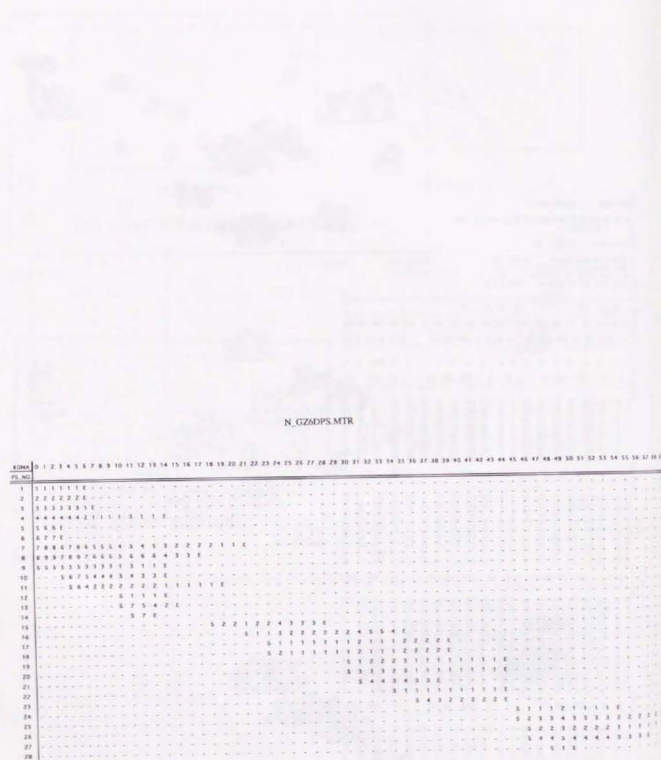
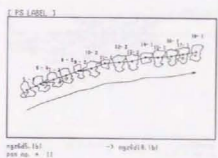
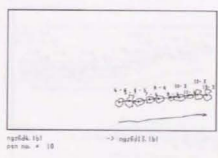
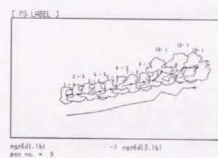
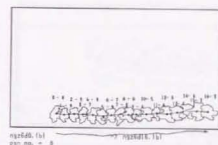
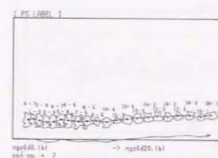
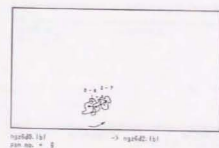
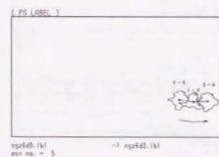
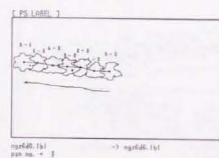
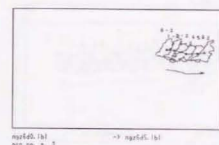
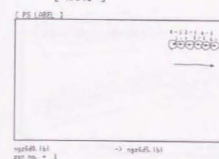


fig. 10-3-13 PS ラベルによる追尾 (1)

〔成功〕



177

[成功]



fig. 10-3-13 PSラベルによる追尾 (2)

[不成功]

同一動体を縦方向に並べている。



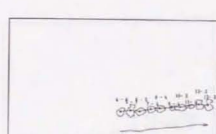
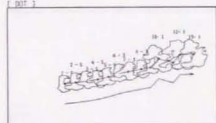
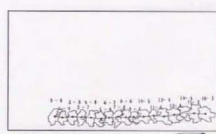
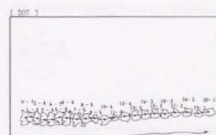
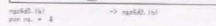
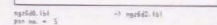
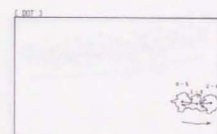
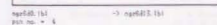
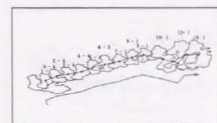
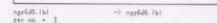
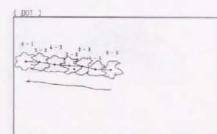
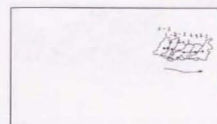
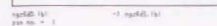
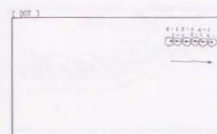
N_GZSDT.MTR

[illegible]

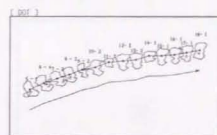
[データ]

fig. 10-3-14 最大画素数による追尾 (1)

[成功]

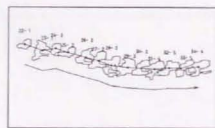


[成功]



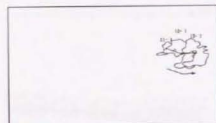
npfd11.1k1
pan no. = 11

-> npfd11.1k1



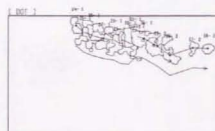
npfd12.1k1
pan no. = 14

-> npfd14.1k1



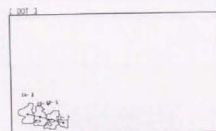
npfd13.1k1
pan no. = 12

-> npfd12.1k1



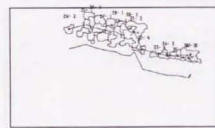
npfd14.1k1
pan no. = 17

-> npfd17.1k1



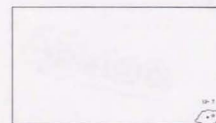
npfd15.1k1
pan no. = 13

-> npfd13.1k1



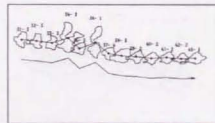
npfd16.1k1
pan no. = 18

-> npfd18.1k1



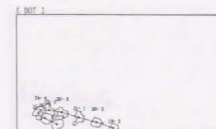
npfd17.1k1
pan no. = 14

-> npfd14.1k1



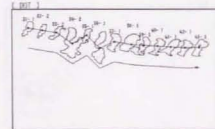
npfd18.1k1
pan no. = 20

-> npfd20.1k1



npfd19.1k1
pan no. = 15

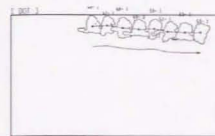
-> npfd15.1k1



npfd20.1k1
pan no. = 18

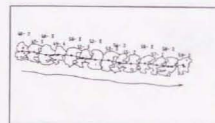
-> npfd18.1k1

Fig. 10-3-14 最大画素数による追尾 (2)



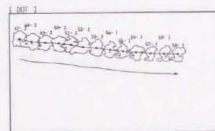
npfd21.1k1
pan no. = 21

-> npfd21.1k1



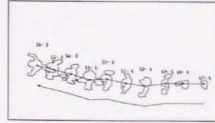
npfd22.1k1
pan no. = 22

-> npfd22.1k1



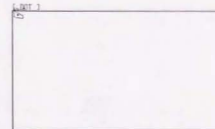
npfd23.1k1
pan no. = 23

-> npfd23.1k1



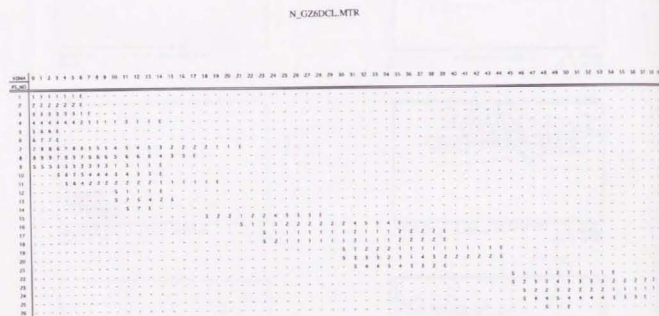
npfd24.1k1
pan no. = 24

-> npfd24.1k1



npfd25.1k1
pan no. = 25

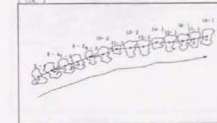
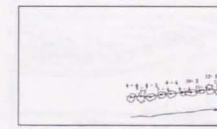
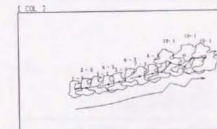
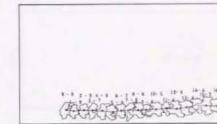
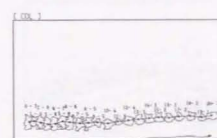
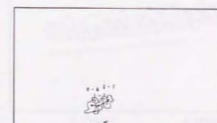
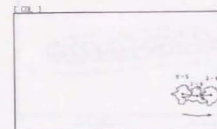
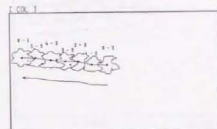
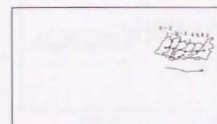
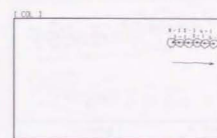
-> npfd25.1k1



[データ]

fig. 10-3-15 最小色差分距離による追尾 (1)

[成功]



〔 成功 〕

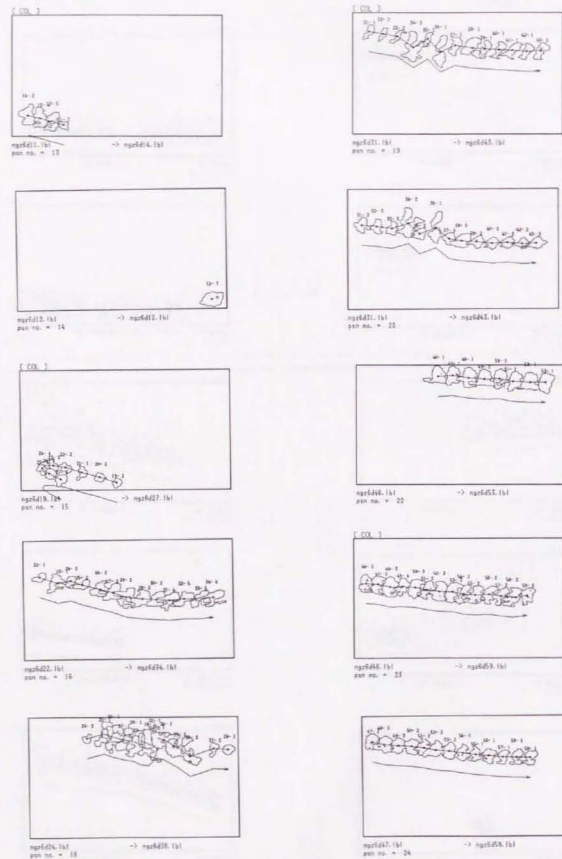
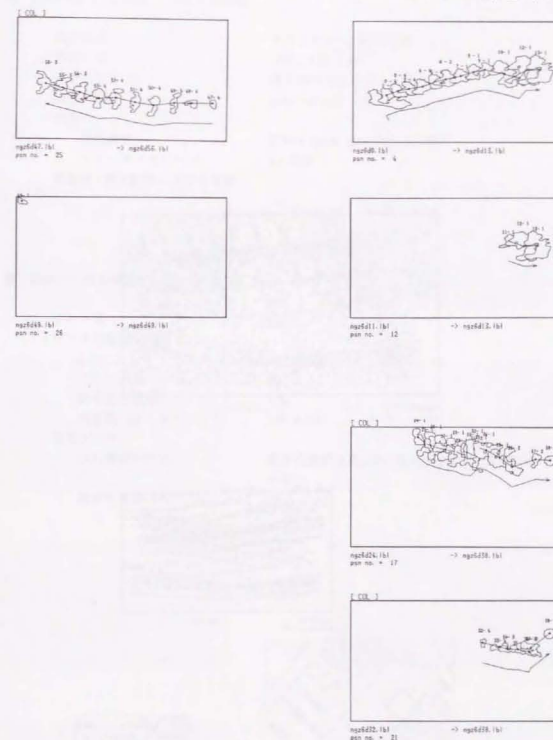
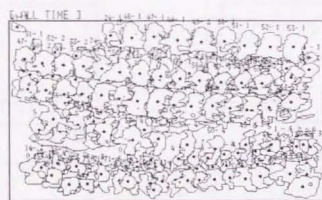


fig. 10-3-15 最小色差分距離による追尾 (2)

〔 不成功 〕

同一動体を縦方向に追っている。





ngz6d0.tbl
pan no. = 26
→ ngz6d59.tbl



ngz6d6.tbl
pan no. = 26
→ ngz6d63.tbl

fig. 10-3-16 動体の追尾 (全フレーム)

■ 観測調査 [3. 銀座] に関する情報

| | |
|-----------------|--------------------------|
| ・調査地名 | アクトビル 4.5 階踊り場 |
| ・調査日時 | 1995.10.28 (sat.) |
| ・調査地住所 | 東京都中央区銀座 4 丁目 |
| ・撮影時間 | pm2:00~pm3:00 |
| ・備考 | |
| 撮影機材 | SONY handy cam CCD-TR705 |
| シャッタースピード | 1 / 1000 |
| ・撮影地/撮影範囲は下図を参照 | |

■ 観測データの情報

| | |
|---------------|---------------------------|
| ・データ名 | gz6 |
| ・データ初期設定項目 | |
| st_TC コード | 00:24:49:25/00:25:09:15 |
| フレーム数 | 60 |
| 取り込み間隔 | 1/3s |
| 画素数 (X×Y バイト) | 520×300 |
| ・参考データ | |
| 歩行者流の特色 | 組歩行流が主流、歩行者密度が高く、身体距離は小さい |
| 総歩行者数 (人) | 25 人 |



撮影地



撮影範囲

□ 観測調査 (銀座: 原画像)



gnz_0.rgb



gnz_1.rgb



gnz_2.rgb



gnz_3.rgb



gnz_4.rgb



gnz_5.rgb



gnz_6.rgb



gnz_7.rgb



gnz_8.rgb



gnz_9.rgb



gnz_10.rgb



gnz_11.rgb



gnz_12.rgb



gnz_13.rgb



gnz_14.rgb



gnz_15.rgb



gnz_16.rgb



gnz_17.rgb



gnz_18.rgb



gnz_19.rgb



gnz_20.rgb



gnz_25.rgb



gnz_21.rgb



gnz_26.rgb



gnz_22.rgb



gnz_27.rgb



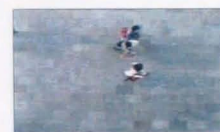
gnz_23.rgb



gnz_28.rgb



gnz_24.rgb



gnz_29.rgb



gnz_30.rgb



gnz_35.rgb



gnz_31.rgb



gnz_36.rgb



gnz_32.rgb



gnz_37.rgb



gnz_33.rgb



gnz_38.rgb



gnz_34.rgb



gnz_39.rgb



gnz_40.rgb



gnz_41.rgb



gnz_42.rgb



gnz_43.rgb



gnz_44.rgb



gnz_45.rgb



gnz_46.rgb



gnz_47.rgb



gnz_48.rgb



gnz_49.rgb



gnz_50.rgb



gnz_51.rgb



gnz_52.rgb



gnz_53.rgb



gnz_54.rgb



gnz_55.rgb



gnz_56.rgb



gnz_57.rgb



gnz_58.rgb



gnz_59.rgb

10-4. 観測調査のまとめ

観測調査に基づくデータを対象に動体の自動追尾を行った結果、次の事項が明らかになった。

1. 原画像と背景画の差分画像から動体の影以外の部分について動体抽出を精度よく行うことができる。
2. 背景画の精度は歩行者の流動量と関係がある。歩行者の流動量の少ない画像の場合、各画素を動体がよぎる確率は小さい。従って、各画素の階調値は背景画の階調値に近い値となるものが大部分で安定している。その結果、良好な背景画が作成できる。流動量の多い場合、各画素の階調値を時系列上に並べた場合、動体部分の色となる局面が多くなり画素の階調値は安定しない。その結果、背景画の精度が落ちる。
3. 動体と背景の境界を決定する閾値は、動体の流動量や日照等の外にRGB値の変化の大きさ（影を含む）等をも考慮して総合的な観点から各観測データに合わせた値に設定する必要がある。
- 3-1. 流動量の多い画像の場合、上記2. にあげた理由で良好な背景画が作成できず、動体と背景の差分画像の境界に不明瞭部分が生じやすい。
- 3-2. 各画素の階調値は天候の微妙な変化でも大きく値が変化する。特に銀座の場合、人が密接している場所に濃い影ができたり、冬の日の午後なので影が長くなっている。影を消去するためには、予備調査・実験とは異なり、数段階に分けた回帰直線の設定が必要となる。
4. 階層化については、予備調査・実験結果と同様の結果が得られている。
5. 移動の認識については、以下に示す2点が予備調査・実験の結果と異なる知見である。
- 5-1. マッチングの結果は動体抽出の精度と関係がある。動体抽出時に欠損を含む場合は、クラスタ化した情報にその部分が欠落しているためにマッチングの精度が落ちる。(例. [10-1. 五反田])
- 5-2. 前後フレーム間の動体抽出画像に関して色階調値にばらつきある場合は、正しいクラスタ・マッチングの結果が得られず、PSラベルのマッチングが不成功に終わる場合がある。(例. [10-3. 銀座])

6. 追尾手法は各観測データに合わせて選択する必要がある。

- 6-1. ひとつの動体がひとつにPSラベル付けされているものに関しては、PSラベルによるマッチング結果を用いることが精度と処理速度の速さの面からも有効である。(例. [10-1. 五反田])
- 6-2. ひとつのPSラベルに複数の動体が含まれる場合は、各観測データの動体抽出画像の特性に合わせて追尾手法を選択しなければならない。例えば、動体抽出画像に欠損部分が多い場合は最小差分色階調距離による追尾が適しており、原画像に色変化がある場合は最大画素による追尾手法が適している。(例 [10-2. 代官山], [10-3. 銀座])
7. 各追尾手法を生かすためには、PSラベルによる追尾を基本追尾手法にし、PSラベルによる追尾で問題が生ずる部分については各観測データにあった他の追尾手法を併用することが必要である。

として、このシステムは歩行者の移動方向を自動的に追尾する機能を有する。歩行者の移動方向は、カメラによって撮影された画像から抽出された歩行者の位置と、歩行者の移動方向とを比較して、歩行者の移動方向を自動的に追尾する。歩行者の移動方向は、歩行者の移動方向と歩行者の移動方向とを比較して、歩行者の移動方向を自動的に追尾する。

このシステムは、歩行者の移動方向を自動的に追尾する機能を有する。歩行者の移動方向は、カメラによって撮影された画像から抽出された歩行者の位置と、歩行者の移動方向とを比較して、歩行者の移動方向を自動的に追尾する。歩行者の移動方向は、歩行者の移動方向と歩行者の移動方向とを比較して、歩行者の移動方向を自動的に追尾する。歩行者の移動方向は、歩行者の移動方向と歩行者の移動方向とを比較して、歩行者の移動方向を自動的に追尾する。

このシステムは、歩行者の移動方向を自動的に追尾する機能を有する。歩行者の移動方向は、カメラによって撮影された画像から抽出された歩行者の位置と、歩行者の移動方向とを比較して、歩行者の移動方向を自動的に追尾する。歩行者の移動方向は、歩行者の移動方向と歩行者の移動方向とを比較して、歩行者の移動方向を自動的に追尾する。歩行者の移動方向は、歩行者の移動方向と歩行者の移動方向とを比較して、歩行者の移動方向を自動的に追尾する。

このシステムは、歩行者の移動方向を自動的に追尾する機能を有する。歩行者の移動方向は、カメラによって撮影された画像から抽出された歩行者の位置と、歩行者の移動方向とを比較して、歩行者の移動方向を自動的に追尾する。歩行者の移動方向は、歩行者の移動方向と歩行者の移動方向とを比較して、歩行者の移動方向を自動的に追尾する。歩行者の移動方向は、歩行者の移動方向と歩行者の移動方向とを比較して、歩行者の移動方向を自動的に追尾する。

第4編 総括

第4編 総括

第11章 総括・展望

11-1. 追尾アルゴリズムの実行結果の整理

第3編では各観測データに関する自動追尾のアルゴリズムの適用結果をまとめた。その結果得られた知見を自動追尾のアルゴリズムにおける各処理毎に以下にまとめる。

(1.) 動体抽出

- ・ 原画像と背景画の差分画像から動体の影以外の部分については、“動体抽出”を精度良く行うことができる。
- ・ 動体と背景の境界を決定する閾値は動体の流動量や日照等によるRGB値の変化（影を含む）に留意して決定しなければならない。一般的に、流動量に多い（歩行者密度が高い）画像の差分画像や日照によるRGB値の変化（影を含む）が大きい画像では動体の境界部分における雑音等の面積が大きくなっている。例えば、銀座では歩行者流動が多く、そのため各画素の階調値に変動が大きい。その結果、観測調査や実験時のような良好な背景画を作成することができなかった。また、銀座の場合、人によって生じる影の面積が大きく、影の消去が動体抽出の前処理として重要になる。

(2.) 画像補正

- ・ 影領域の色別散布図における回帰直線を利用することにより影消去を行うことができ、動体が影によって結合している部分を分離することができる。
- ・ 特に背景部分の色の要素が多いほど影部分の色分布状況が色別散布図上に明示され、回帰直線の特定が容易となる。
- ・ 観測データの場合、予備実験・調査のデータに比べると各画素の階調値の時間変化が大きい。そのため、影の消去に関して各観測データに合う閾値の設定をする必要がある。例えば、銀座の場合は、人によって囲まれた部分の影の消去が問題となる。
- ・ 街路データの場合、身体距離が近接している歩行者が多く見られる。その動体抽出画像にはひとつのPSラベル内に2から4人の動体を含む場合がある。各動体を正しく追尾するためには、できるだけ動体抽出時に各個体を分離しておく必要があり、観測データに合わせた画像補正をしなければならない。特に、代官山や銀座のデータの場合、動体抽出時の欠損や2から4人の動体が接近しているためにこれら

の動体の分離を注意して行う必要がある。

(3.) 階層化

- ・ 5次元空間（位置・色）でクラスタリングを行った結果、各動体は身体要素（頭部・手・足・胴体等）に対応したクラスタに分割され、クラスタの代表値により各動体の要素を代表できる。予備調査・実験、観測調査を通して良好な結果が得られた。
- ・ 動体の分割数は設定する閾値によって決定される。

(4.) 移動の認識

- ・ PSラベルのマッチングの結果から、“動体の移動”を移動ベクトルとして表示できる。また、原画像は等時間間隔の連続画像であることから速度、加速度等も計算できる。
- ・ クラスタのマッチング結果を利用して身体部分の動きを追尾することが出来る。
- ・ マッチング結果は動体抽出の精度と関係がある。動体抽出時に欠損を含む場合、クラスタ化した情報にその部分は無いためマッチングの精度が落ちている。（例 五反田、代官山）
- ・ 前後フレーム間での動体抽出画像に関して色階調値にばらつきがある場合は、正しいクラスタ・マッチングの結果が得られず、PSラベルのマッチングが不成功に終わる場合がある。（例 代官山）
- ・ オクルージョン部分はその結合時はPSラベルのマッチング結果により判断できるが、その分離は前面に位置する動体からのみ抽出に終り、PSラベルのマッチング結果からはオクルージョンの分離を判断できない。

(5.) 追尾

- ・ 動体抽出した画像を用いた動体の追尾はオクルージョンを生じない部分に関して良好な結果が得られる。
- ・ 複数の人間がひとつの画面に映っている場合でも同時に追尾できる。
- ・ 各観測データの画像情報により、適宜、追尾手法を選択する必要がある。
- ・ ひとつの動体がひとつにPSラベル付けされているものに関しては、PSラベルによるマッチング結果を用いることが精度と処理速度の速さの面からも有効である。（例 五反田）
- ・ ひとつのPSラベルに複数の動体が含まれる場合は、各観測データの動体抽出画像の特性に合わせた追尾手法を選択すること。例えば、動体抽出画像に欠損部分が多い場合は最小差分色階調距離による追尾が適しており、原画像

に色変化がある画像の場合には、最大画素による追尾手法が適している。

（例 代官山、銀座）

- ・ 色情報や画素情報に基づく追尾を試みることで、オクルージョンを生じている場合の分離の方法を提示した。
- ・ PSラベルによる追尾手法を基本手法にして、PSラベルによる追尾に問題が生ずる部分については各観測データに合った他の追尾手法を併用して問題点の解決を図った。

11-2. 終わりに

11-2-1 本論の意義

- ・ 本論の意義は、移動方向が予測不可能な歩行者流動に対して自動追尾のアルゴリズムを開発したことにある。
- ・ 自動追尾のアルゴリズムの開発の成果として、
 - (i) 歩行者の“軌跡”が得られた。
 - (ii) 動体抽出により“人の分布図”を取得できた。
 - (iii) 2値画像でなくカラー画像情報を用いたアルゴリズムを考案した。
 - (iv) 動体抽出画像にのみカラー情報を与えることにより、計算速度の改善とデータ量の軽減化が図れた。

ことがあげられる。

その結果、パーソナルな環境での歩行者の軌跡データの作成方法の可能性を見いだした。

11-2-2. 問題点

現段階では、銀座や代官山における観測調査の結果より、オクルージョンを持つ画像や高密度の流動を持つ画像での追尾の精度に問題がある。しかし、前者については、PSラベルの階層化をうまく活用しつつ、各階層のマッチング結果を統合的に判断する知的マッチングの手法を開発することで、後者については色の時間変化に追従し、原画像の背景と逐次的に近似させるような“背景画”の作成法を開発し、背景画の精度を上げると共に影消去の手法の改善することで解決が図れるものと思う。

11-2-3. 今後の展開

さらに観測調査を行い適用事例を増やすことにより、前述した追尾アルゴリズムの問題点の改善を図ると共に、歩行者流動のみならず、他の人間の移動データも集積し、軌跡（方向、速度等）や分布（密度を含む）、時間特性等から人間の移動に関

する統合的な分析を行なう。

開発した動体の追尾システムの対象を人間以外の対象にまで拡張することや他の行動科学の分野への応用も併せて考える。

付録

■ 予備調査に関する情報

- ・調査地名
- ・調査日時
- ・調査地住所
- ・撮影時間
- ・備考
- 撮影機材
- シャッタースピード
- ・撮影地/撮影範囲は下図を参照

東京大学生産技術研究所裏通門
1995.8.4 (fri.)
東京都港区六本木 7-22-1
pm12:00~13:00

SONY handy cam CCD-TR705
1/1000

■ 観測データの情報

- ・データ名
- ・データ初期設定項目
- st_TCコード
- フレーム数
- 取り込み間隔
- 画素数 (X×Yバイト)
- ・参考データ
- 歩行者流の特色
- 総歩行者数 (人)

usk3
00:07:11:00/00:07:19:00
25
1/35
240×280
単独歩行流が主流、歩行流の密度が低く、身体距離が大きい
3人

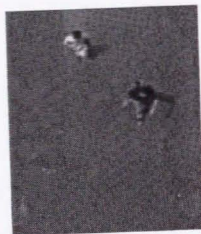


撮影地



撮影範囲

□ 予備調査 (東京大学生産技術研究所裏通口)



原画像(usk_15.rgb)

line = 88871688 :: I_BIT = 240 , J_LINE = 288 : nd = 67288
x_scale = 10 , y_scale = 1888



usk3_15.r
average = 81
standard dev = 12
dmin = 11
dmax = 234

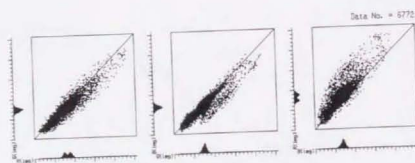


usk3_15.g
average = 73
standard dev = 9
dmin = 14
dmax = 219

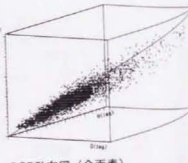


usk3_15.b
average = 68
standard dev = 9
dmin = 6
dmax = 194

色別ヒストグラム (全画素)

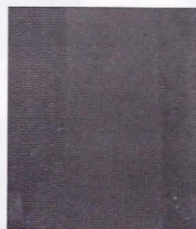


2色間散布図 (RG,GB,BR:全画素)



RGB散布図 (全画素)

□ 予備調査 (東京大学生産技術研究所裏通口)



背景画像(abk_us0.r.gb)

line = 88:87:86 :: I_BIT = 240 , J_LINE = 288 : nd = 67288
x_scale = 10 , y_scale = 1888



abk_us0.r
average = 82
standard dev = 8
dmin = 41
dmax = 155

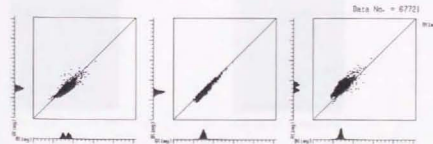


abk_us0.g
average = 74
standard dev = 5
dmin = 49
dmax = 147

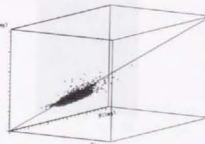


abk_us0.b
average = 69
standard dev = 5
dmin = 44
dmax = 145

2画像間のヒストグラム (全画素)



2色間散布図 (RG,GB,BR:全画素)



RGB散布図 (全画素)

□ 予備調査 (原画像)



usk_0.rgb



usk_5.rgb



usk_10.rgb



usk_1.rgb



usk_6.rgb



usk_11.rgb



usk_2.rgb



usk_7.rgb



usk_12.rgb



usk_3.rgb



usk_8.rgb



usk_13.rgb



usk_4.rgb



usk_9.rgb



usk_14.rgb



usk_15.rgb



usk_20.rgb



usk_16.rgb



usk_21.rgb



usk_17.rgb



usk_22.rgb



usk_18.rgb



usk_23.rgb



usk_19.rgb



usk_24.rgb

□ 動体抽出 (PS ラベル)



e-Know_label/Frame_0001_1.tif



e-Know_label/Frame_0002_1.tif



e-Know_label/Frame_0003_1.tif



e-Know_label/Frame_0004_1.tif



e-Know_label/Frame_0005_1.tif



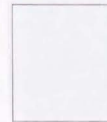
e-Know_label/Frame_0006_1.tif



e-Know_label/Frame_0007_1.tif



e-Know_label/Frame_0008_1.tif



e-Know_label/Frame_0009_1.tif



e-Know_label/Frame_0010_1.tif



e-Know_label/Frame_0011_1.tif



e-Know_label/Frame_0012_1.tif



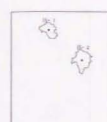
e-Know_label/Frame_0013_1.tif



e-Know_label/Frame_0014_1.tif



e-Know_label/Frame_0015_1.tif



e-Know_label/Frame_0016_1.tif



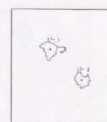
e-Know_label/Frame_0017_1.tif



e-Know_label/Frame_0018_1.tif



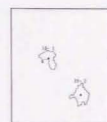
e-Know_label/Frame_0019_1.tif



e-Know_label/Frame_0020_1.tif



e-Know_label/Frame_0021_1.tif



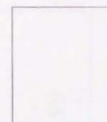
e-Know_label/Frame_0022_1.tif



e-Know_label/Frame_0023_1.tif



e-Know_label/Frame_0024_1.tif

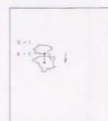


e-Know_label/Frame_0025_1.tif

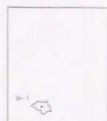
□ 移動の認識 (PS ラベル マッチング)



e-Prow_label/Img_csb0_1b)
e-Prow_label/Img_csb1_1b)



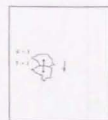
e-Prow_label/Img_csb5_1b)
e-Prow_label/Img_csb6_1b)



e-Prow_label/Img_csb10_1b)
e-Prow_label/Img_csb11_1b)



e-Prow_label/Img_csb1_1b)
e-Prow_label/Img_csb2_1b)



e-Prow_label/Img_csb6_1b)
e-Prow_label/Img_csb7_1b)



e-Prow_label/Img_csb11_1b)
e-Prow_label/Img_csb12_1b)



e-Prow_label/Img_csb2_1b)
e-Prow_label/Img_csb3_1b)



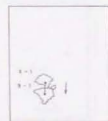
e-Prow_label/Img_csb7_1b)
e-Prow_label/Img_csb8_1b)



e-Prow_label/Img_csb12_1b)
e-Prow_label/Img_csb13_1b)



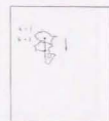
e-Prow_label/Img_csb3_1b)
e-Prow_label/Img_csb4_1b)



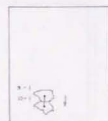
e-Prow_label/Img_csb9_1b)
e-Prow_label/Img_csb10_1b)



e-Prow_label/Img_csb13_1b)
e-Prow_label/Img_csb14_1b)



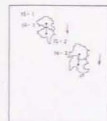
e-Prow_label/Img_csb4_1b)
e-Prow_label/Img_csb5_1b)



e-Prow_label/Img_csb9_1b)
e-Prow_label/Img_csb10_1b)



e-Prow_label/Img_csb14_1b)
e-Prow_label/Img_csb15_1b)



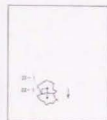
e-Prow_label/Img_csb15_1b)
e-Prow_label/Img_csb16_1b)



e-Prow_label/Img_csb20_1b)
e-Prow_label/Img_csb21_1b)



e-Prow_label/Img_csb16_1b)
e-Prow_label/Img_csb17_1b)



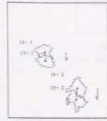
e-Prow_label/Img_csb21_1b)
e-Prow_label/Img_csb22_1b)



e-Prow_label/Img_csb17_1b)
e-Prow_label/Img_csb18_1b)



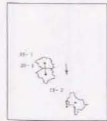
e-Prow_label/Img_csb22_1b)
e-Prow_label/Img_csb23_1b)



e-Prow_label/Img_csb18_1b)
e-Prow_label/Img_csb19_1b)

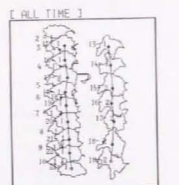


e-Prow_label/Img_csb23_1b)
e-Prow_label/Img_csb24_1b)

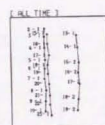


e-Prow_label/Img_csb19_1b)
e-Prow_label/Img_csb20_1b)

□ 動体の追尾 (データ)



usk3_0.1b1 → usk3_24.1b1



usk3_0.1b1 → usk3_24.1b1

(PS ラベル)

| KOMA | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| PS LABEL | 1 | - | S | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| PS NO. | 1 | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| PS NO. | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| PS NO. | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

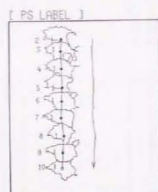
(最大画素数)

| KOMA | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| PS LABEL | 1 | - | S | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| PS NO. | 1 | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| PS NO. | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| PS NO. | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

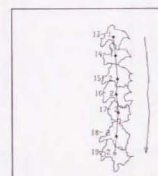
(最少色階調差分距離)

| KOMA | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| PS LABEL | 1 | - | S | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| PS NO. | 1 | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| PS NO. | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| PS NO. | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

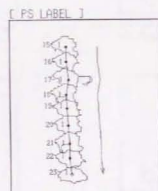
□ 動体の追尾 (PS ラベル)



e:Vnwp_lab1Vnwp_usk2.1b1
→ e:Vnwp_lab1Vnwp_usk10.1b1
psn no. = 1

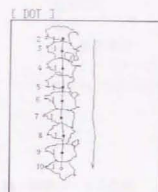


e:Vnwp_lab1Vnwp_usk13.1b1
→ e:Vnwp_lab1Vnwp_usk19.1b1
psn no. = 2

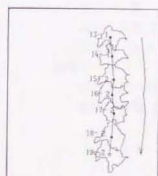


e:Vnwp_lab1Vnwp_usk15.1b1
→ e:Vnwp_lab1Vnwp_usk23.1b1
psn no. = 3

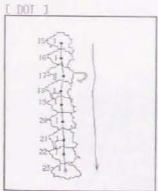
□ 動体の追尾 (最大画素数)



e:Vnwp_lab1Vnwp_usk2.1b1
→ e:Vnwp_lab1Vnwp_usk10.1b1
psn no. = 1

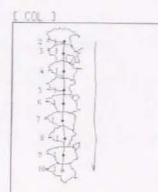


e:Vnwp_lab1Vnwp_usk13.1b1
→ e:Vnwp_lab1Vnwp_usk19.1b1
psn no. = 2

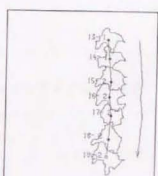


e:Vnwp_lab1Vnwp_usk15.1b1
→ e:Vnwp_lab1Vnwp_usk23.1b1
psn no. = 3

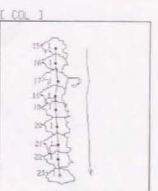
□ 動体の追尾 (最少色階調差分距離)



e:Vnwp_lab1Vnwp_usk2.1b1
→ e:Vnwp_lab1Vnwp_usk10.1b1
psn no. = 1



e:Vnwp_lab1Vnwp_usk13.1b1
→ e:Vnwp_lab1Vnwp_usk19.1b1
psn no. = 2



e:Vnwp_lab1Vnwp_usk15.1b1
→ e:Vnwp_lab1Vnwp_usk23.1b1
psn no. = 3

■ 予備実験に関する情報

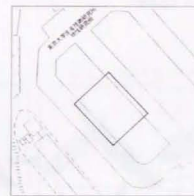
| | |
|-----------------|--------------------------|
| ・調査地名 | 東京大学生産技術研究所中庭 |
| ・調査日時 | 1995.4.3 (mon.) |
| ・調査地住所 | 東京都港区六本木 7-22-1 |
| ・撮影時間 | pm17:00 [*] |
| ・備考 | |
| 撮影機材 | SONY handy cam CCD-TR705 |
| シャッタースピード | 1/1000 |
| ・撮影地/撮影範囲は下図を参照 | |

■ 観測データの情報

| | |
|-----------------|-------------------------|
| ・データ名 | skn1 |
| ・データ初期設定項目 | |
| st_TC コード | 00:01:15:00/00:01:21:00 |
| フレーム数 | 20 |
| 取り込み間隔 | 1/3s |
| 画素数 (X × Y バイト) | 640 × 240 |
| ・参考データ | |
| 歩行者流の特色 | 大学院生によるランダム歩行実験 |
| 総歩行者数 (人) | 6 人 |

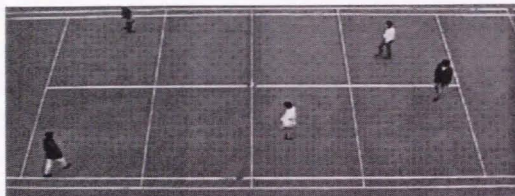


撮影地



撮影範囲

□ 予備実験 (東京大学生産技術研究所中庭)



原画像(skn_16.r.gb)

time = 00:12:18 :: I_BIT = 640 , J_LINE = 240 :: nd = 153600
x_scale = 10 , y_scale = 1000



skn_16.r
average = 69
standard dev = 21
dmin = 0
dmax = 198

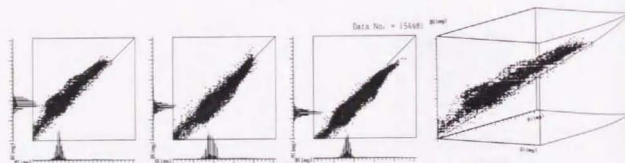


skn_16.g
average = 95
standard dev = 21
dmin = 0
dmax = 211



skn_16.b
average = 85
standard dev = 21
dmin = 0
dmax = 229

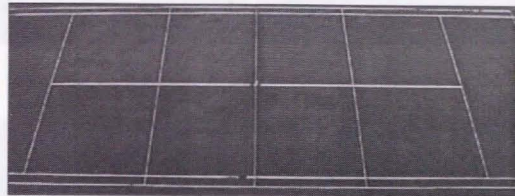
色別ヒストグラム (全画素)



2色間散布図 (RG,GB,BR:全画素)

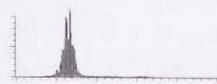
RGB散布図 (全画素)

□ 予備実験 (東京大学生産技術研究所中庭)



背景画像(bak_sk0.r.gb)

time = 00:01:15 :: I_BIT = 640 , J_LINE = 240 :: nd = 153600
x_scale = 10 , y_scale = 1000



skn_bk0.r
average = 68
standard dev = 19
dmin = 18
dmax = 182

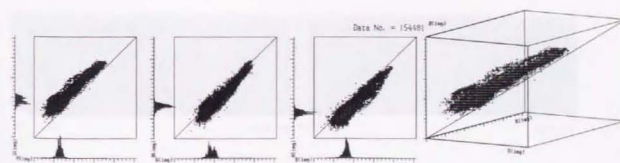


skn_bk0.g
average = 96
standard dev = 18
dmin = 39
dmax = 198



skn_bk0.b
average = 85
standard dev = 18
dmin = 19
dmax = 197

2画像間のヒストグラム (全画素)



2色間散布図 (RG,GB,BR:全画素)

RGB散布図 (全画素)

□ 予備実験 (原画像)



skn_0.rgb



skn_5.rgb



skn_1.rgb



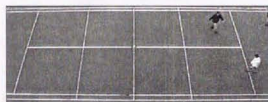
skn_6.rgb



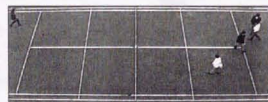
skn_2.rgb



skn_7.rgb



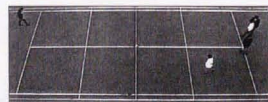
skn_3.rgb



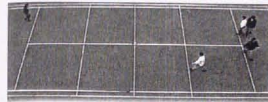
skn_8.rgb



skn_4.rgb



skn_9.rgb



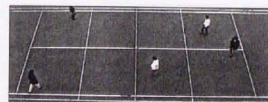
skn_10.rgb



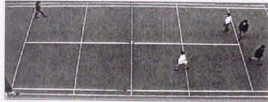
skn_15.rgb



skn_11.rgb



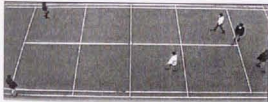
skn_16.rgb



skn_12.rgb



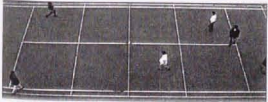
skn_17.rgb



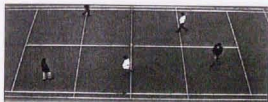
skn_13.rgb



skn_18.rgb



skn_14.rgb

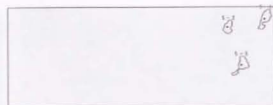


skn_19.rgb

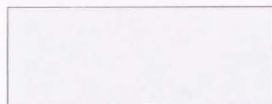
□ 動体抽出 (PS ラベル)



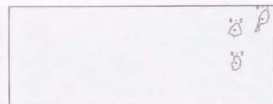
e:\New_lab\Kmpg_sk0.1.tif



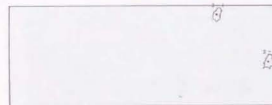
e:\New_lab\Kmpg_sk5.1.tif



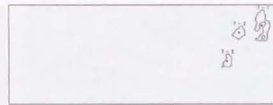
e:\New_lab\Kmpg_sk1.1.tif



e:\New_lab\Kmpg_sk5.1.tif



e:\New_lab\Kmpg_sk2.1.tif



e:\New_lab\Kmpg_sk7.1.tif



e:\New_lab\Kmpg_sk3.1.tif



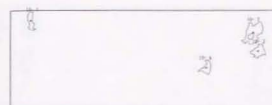
e:\New_lab\Kmpg_sk8.1.tif



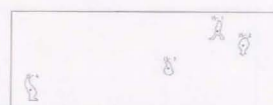
e:\New_lab\Kmpg_sk4.1.tif



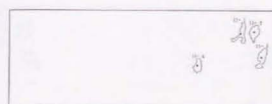
e:\New_lab\Kmpg_sk9.1.tif



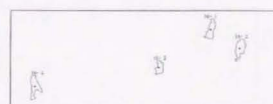
e:\New_lab\Kmpg_sk10.1.tif



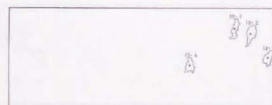
e:\New_lab\Kmpg_sk15.1.tif



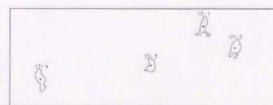
e:\New_lab\Kmpg_sk17.1.tif



e:\New_lab\Kmpg_sk16.1.tif



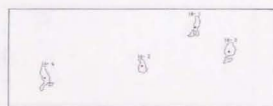
e:\New_lab\Kmpg_sk12.1.tif



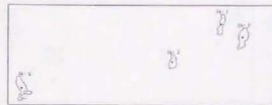
e:\New_lab\Kmpg_sk17.1.tif



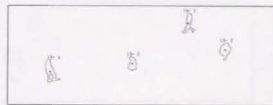
e:\New_lab\Kmpg_sk15.1.tif



e:\New_lab\Kmpg_sk16.1.tif

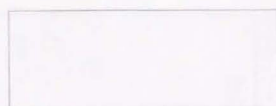


e:\New_lab\Kmpg_sk15.1.tif

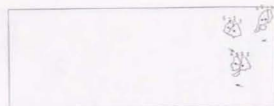


e:\New_lab\Kmpg_sk13.1.tif

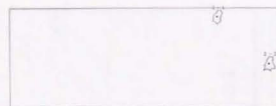
□ 移動の認識 (PS ラベル マッチング)



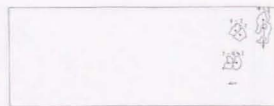
e-New_Label/Frame_001_101
e-New_Label/Frame_001_101



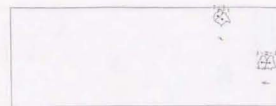
e-New_Label/Frame_002_101
e-New_Label/Frame_002_101



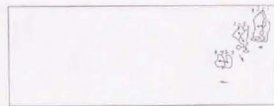
e-New_Label/Frame_003_101
e-New_Label/Frame_003_101



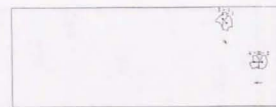
e-New_Label/Frame_004_101
e-New_Label/Frame_004_101



e-New_Label/Frame_005_101
e-New_Label/Frame_005_101



e-New_Label/Frame_006_101
e-New_Label/Frame_006_101



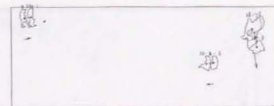
e-New_Label/Frame_007_101
e-New_Label/Frame_007_101



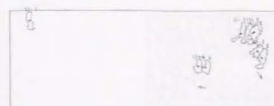
e-New_Label/Frame_008_101
e-New_Label/Frame_008_101



e-New_Label/Frame_009_101
e-New_Label/Frame_009_101



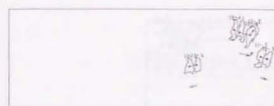
e-New_Label/Frame_010_101
e-New_Label/Frame_010_101



e-New_Label/Frame_011_101
e-New_Label/Frame_011_101



e-New_Label/Frame_012_101
e-New_Label/Frame_012_101



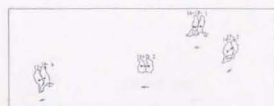
e-New_Label/Frame_013_101
e-New_Label/Frame_013_101



e-New_Label/Frame_014_101
e-New_Label/Frame_014_101



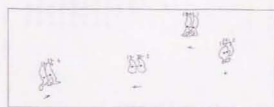
e-New_Label/Frame_015_101
e-New_Label/Frame_015_101



e-New_Label/Frame_016_101
e-New_Label/Frame_016_101



e-New_Label/Frame_017_101
e-New_Label/Frame_017_101

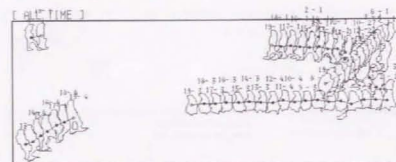


e-New_Label/Frame_018_101
e-New_Label/Frame_018_101

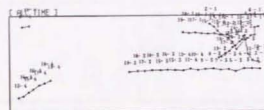


e-New_Label/Frame_019_101
e-New_Label/Frame_019_101

□ 動体の追尾 (データ)



skn [TIME] → skn [TIME]



skn [TIME] → skn [TIME]

(PS ラベル)

| KOMA | PS | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
|------|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | | - | 5 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 2 | | - | 5 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 3 | | - | - | - | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 4 | | - | - | - | - | - | - | - | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 5 | | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 6 | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 7 | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 8 | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |

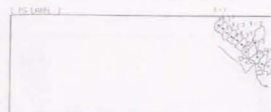
(最大画素数)

| KOMA | PS | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
|------|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | | - | 5 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 2 | | - | 5 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 3 | | - | - | - | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 4 | | - | - | - | - | - | - | - | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 5 | | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 6 | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 7 | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 8 | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

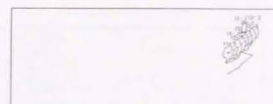
(最少色階調差分距離)

| KOMA | PS | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
|------|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | | - | 5 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 2 | | - | 5 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 3 | | - | - | - | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 4 | | - | - | - | - | - | - | - | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 5 | | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 6 | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 7 | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 8 | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

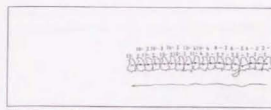
□ 動体の追尾 (PS ラベル)



skn [TIME] → skn [TIME]



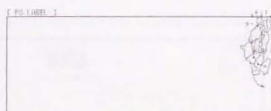
skn [TIME] → skn [TIME]



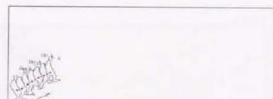
skn [TIME] → skn [TIME]



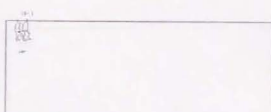
skn [TIME] → skn [TIME]



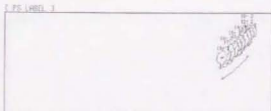
skn [TIME] → skn [TIME]



skn [TIME] → skn [TIME]



skn [TIME] → skn [TIME]



skn [TIME] → skn [TIME]

□ 動体の追尾 (最大画素数)

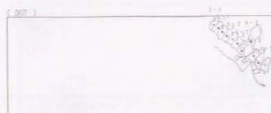


図1 初期フレーム (最大画素数)
a'Frame_jab/Frame_0(1) → a'Frame_jab/Frame_0(1)
pos.no. = 1

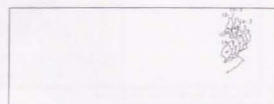


図2 2フレーム目 (最大画素数)
a'Frame_jab/Frame_0(1) → a'Frame_jab/Frame_0(2)
pos.no. = 2

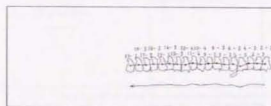


図3 3フレーム目 (最大画素数)
a'Frame_jab/Frame_0(1) → a'Frame_jab/Frame_0(3)
pos.no. = 3

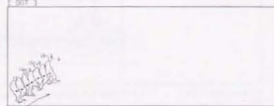


図4 4フレーム目 (最大画素数)
a'Frame_jab/Frame_0(1) → a'Frame_jab/Frame_0(4)
pos.no. = 4

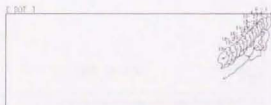


図5 5フレーム目 (最大画素数)
a'Frame_jab/Frame_0(1) → a'Frame_jab/Frame_0(5)
pos.no. = 5

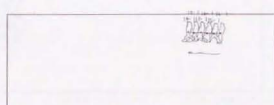


図6 6フレーム目 (最大画素数)
a'Frame_jab/Frame_0(1) → a'Frame_jab/Frame_0(6)
pos.no. = 6

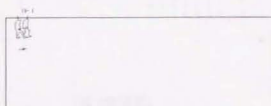


図7 7フレーム目 (最大画素数)
a'Frame_jab/Frame_0(1) → a'Frame_jab/Frame_0(7)
pos.no. = 7



図8 8フレーム目 (最大画素数)
a'Frame_jab/Frame_0(1) → a'Frame_jab/Frame_0(8)
pos.no. = 8

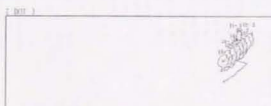


図9 9フレーム目 (最大画素数)
a'Frame_jab/Frame_0(1) → a'Frame_jab/Frame_0(9)
pos.no. = 9



図10 10フレーム目 (最大画素数)
a'Frame_jab/Frame_0(1) → a'Frame_jab/Frame_0(10)
pos.no. = 10

□ 動体の追尾 (最少色階調差分距離)

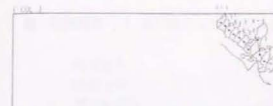


図11 初期フレーム (最少色階調差分距離)
a'Frame_jab/Frame_0(1) → a'Frame_jab/Frame_0(1)
pos.no. = 1

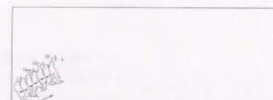


図12 2フレーム目 (最少色階調差分距離)
a'Frame_jab/Frame_0(1) → a'Frame_jab/Frame_0(2)
pos.no. = 2

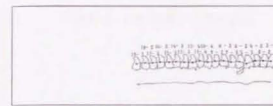


図13 3フレーム目 (最少色階調差分距離)
a'Frame_jab/Frame_0(1) → a'Frame_jab/Frame_0(3)
pos.no. = 3

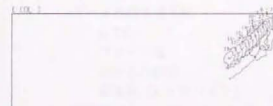


図14 4フレーム目 (最少色階調差分距離)
a'Frame_jab/Frame_0(1) → a'Frame_jab/Frame_0(4)
pos.no. = 4

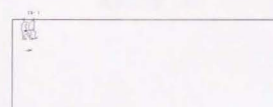


図15 5フレーム目 (最少色階調差分距離)
a'Frame_jab/Frame_0(1) → a'Frame_jab/Frame_0(5)
pos.no. = 5



図16 6フレーム目 (最少色階調差分距離)
a'Frame_jab/Frame_0(1) → a'Frame_jab/Frame_0(6)
pos.no. = 6

■ 観測調査 [1. 五反田] に関する情報

| | |
|-----------------|--------------------------|
| ・調査地名 | 野村ビル 5 階テラス |
| ・調査日時 | 1995.10.11 (wed.) |
| ・調査地住所 | 東京都品川区五反田 |
| ・撮影時間 | pm0:00~pm1:00 |
| ・備考 | |
| 撮影機材 | SONY handy cam CCD-TR70S |
| シャッタースピード | 1/1000 |
| ・撮影地/撮影範囲は下図を参照 | |

■ 観測データの情報

| | |
|-----------------|-------------------------------------|
| ・データ名 | 5m1 |
| ・データ初期設定項目 | |
| st_TC コード | 00:30:00/00:30:13:00 |
| フレーム数 | 40 |
| 取り込み間隔 | 1/3s |
| 画素数 (X × Y バイト) | 640 × 270 |
| ・参考データ | |
| 歩行者流の特色 | 単独歩行流、組歩行流ともに見られる。歩行者密度が低く、身体距離は小さい |
| 総歩行者数 (人) | 6 人 |



撮影地



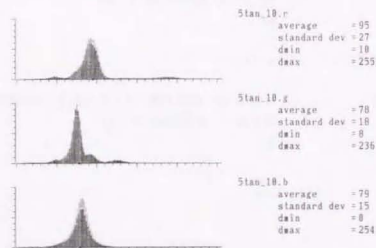
撮影範囲

□ 観測調査 (五反田野村ビル)

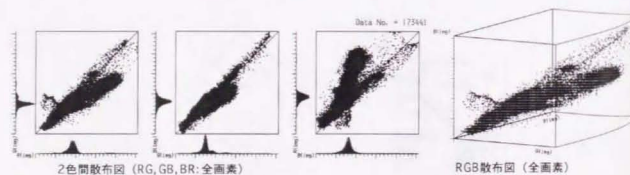


原画像(St1_10.rgb)

time = 00:00:310 :: I_BIT = 640 , J_LINE = 270 : nd = 172000
x_scale = 10 , y_scale = 1000



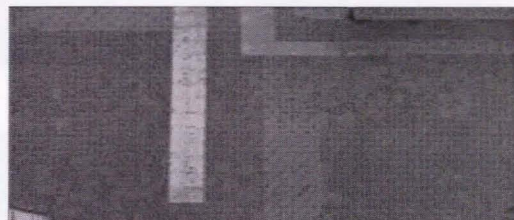
色別ヒストグラム (全画素)



2色間散布図 (RG, GB, BR:全画素)

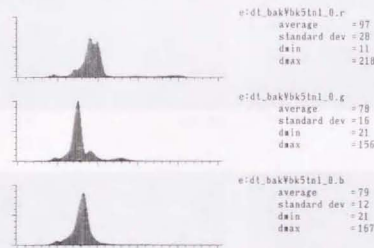
RGB散布図 (全画素)

□ 観測調査 (五反田野村ビル)

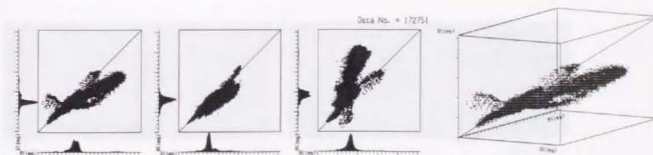


背景画像(Stn_bk0.rgb)

time = 00:10:00 :: I_BIT = 640 , J_LINE = 270 : nd = 172000
x_scale = 10 , y_scale = 1000



2画像間のヒストグラム (全画素)



2色間散布図 (RG, GB, BR:全画素)

RGB散布図 (全画素)

□ 観測調査（五反田：原画像）



Stn_0rgb



Stn_5rgb



Stn_1rgb



Stn_6rgb



Stn_2rgb



Stn_7rgb



Stn_3rgb



Stn_8rgb



Stn_4rgb



Stn_9rgb



Stn_10rgb



Stn_15rgb



Stn_11rgb



Stn_16rgb



Stn_12rgb



Stn_17rgb



Stn_13rgb



Stn_18rgb



Stn_14rgb



Stn_19rgb



5tn_20.rgb



5tn_25.rgb



5tn_21.rgb



5tn_26.rgb



5tn_22.rgb



5tn_27.rgb



5tn_23.rgb



5tn_28.rgb



5tn_24.rgb



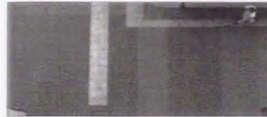
5tn_29.rgb



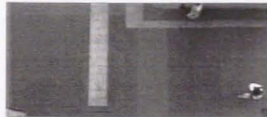
5tn_30.rgb



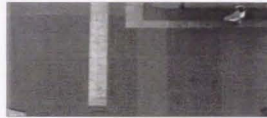
5tn_35.rgb



5tn_31.rgb



5tn_36.rgb



5tn_32.rgb



5tn_37.rgb



5tn_33.rgb



5tn_38.rgb

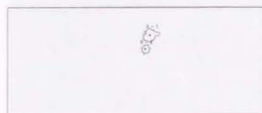


5tn_34.rgb

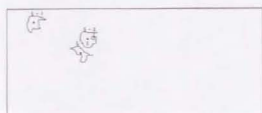


5tn_39.rgb

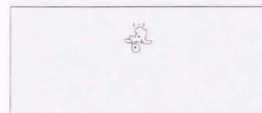
□ 動体抽出 (PS ラベル)



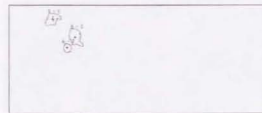
051101-150



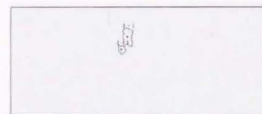
051102-150



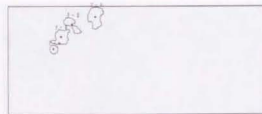
051103-150



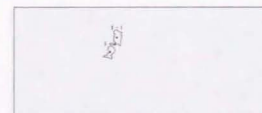
051104-150



051105-150



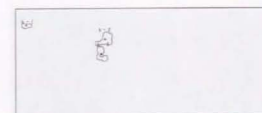
051106-150



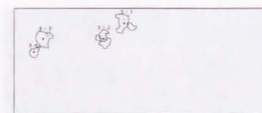
051107-150



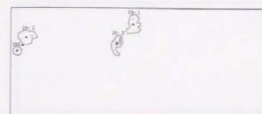
051108-150



051109-150



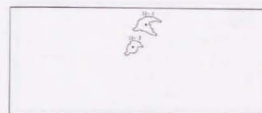
051110-150



051111-150



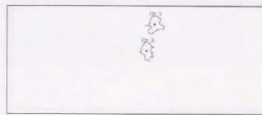
051112-150



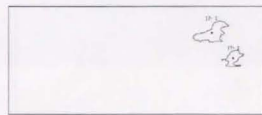
051113-150



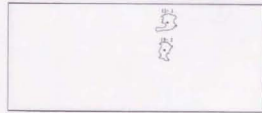
051114-150



051115-150



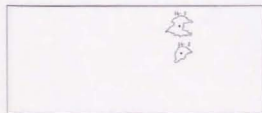
051116-150



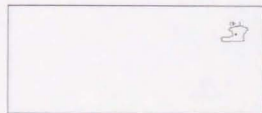
051117-150



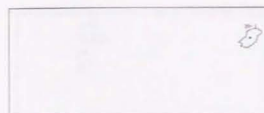
051118-150



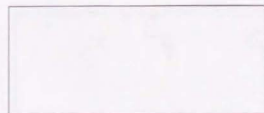
051119-150



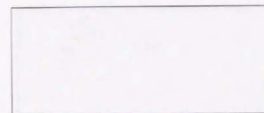
051120-150



r5c1d20.16f



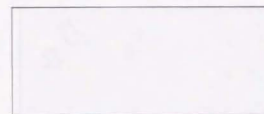
r5c1d25.16f



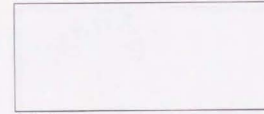
r5c1d30.16f



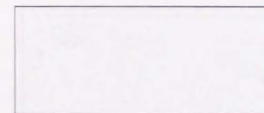
r5c1d35.16f



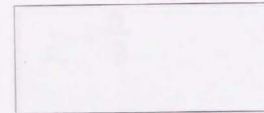
r5c1d40.16f



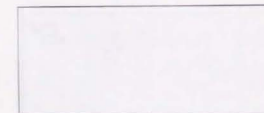
r5c1d45.16f



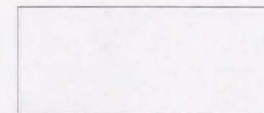
r5c1d50.16f



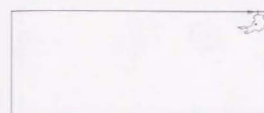
r5c1d55.16f



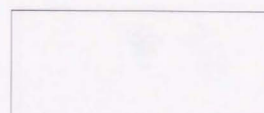
r5c1d60.16f



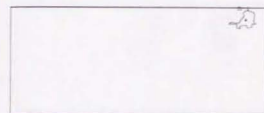
r5c1d65.16f



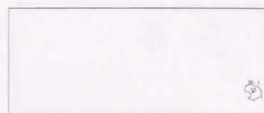
r5c1d70.16f



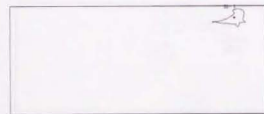
r5c1d75.16f



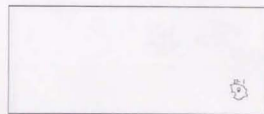
r5c1d80.16f



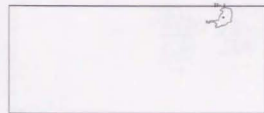
r5c1d85.16f



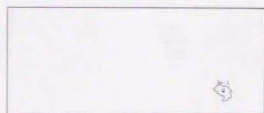
r5c1d90.16f



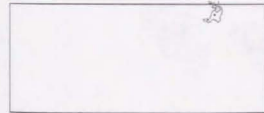
r5c1d95.16f



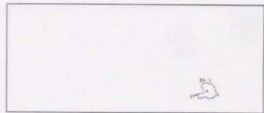
r5c1d100.16f



r5c1d105.16f

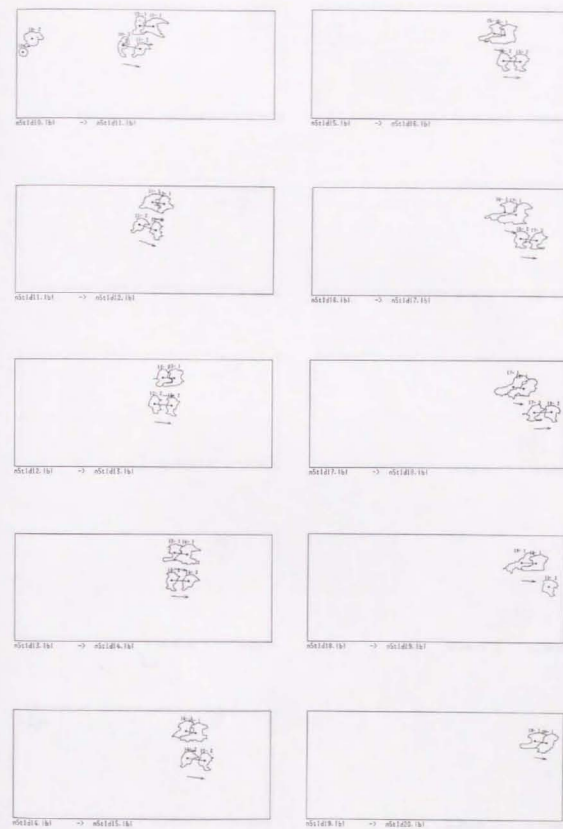


r5c1d110.16f



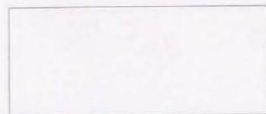
r5c1d115.16f

□ 移動の認識 (PS ラベル マッチング)

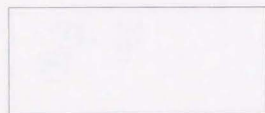




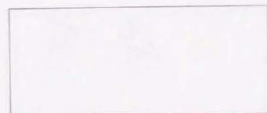
051425.101 → 051425.101



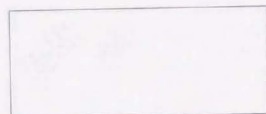
051425.101 → 051425.101



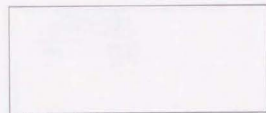
051425.101 → 051425.101



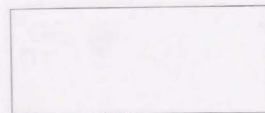
051425.101 → 051425.101



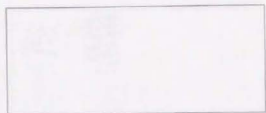
051425.101 → 051425.101



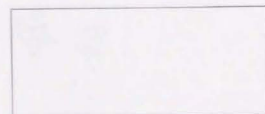
051425.101 → 051425.101



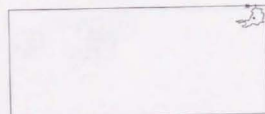
051425.101 → 051425.101



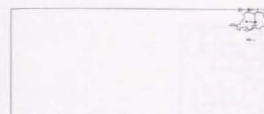
051425.101 → 051425.101



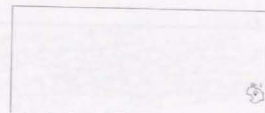
051425.101 → 051425.101



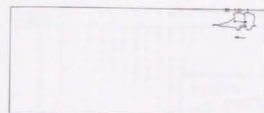
051425.101 → 051425.101



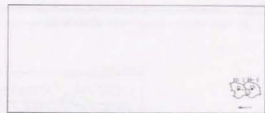
051425.101 → 051425.101



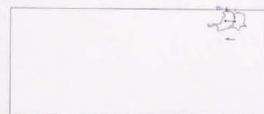
051425.101 → 051425.101



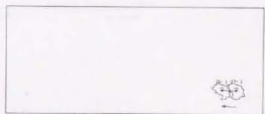
051425.101 → 051425.101



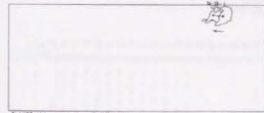
051425.101 → 051425.101



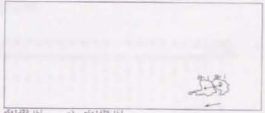
051425.101 → 051425.101



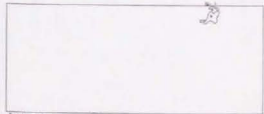
051425.101 → 051425.101



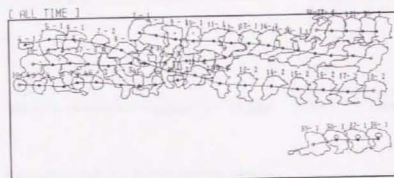
051425.101 → 051425.101



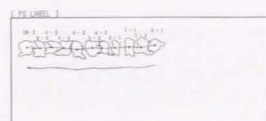
051425.101 → 051425.101



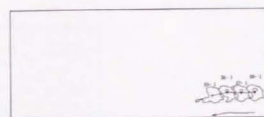
051425.101 → 051425.101

☐ 動体の追尾 (データ)

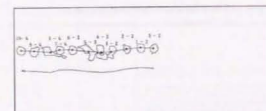
□ 動物の追尾 (PS ラベル)



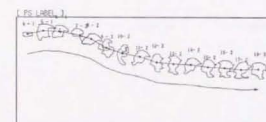
→ 動物の追尾 (PS ラベル)



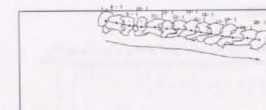
→ 動物の追尾 (PS ラベル)



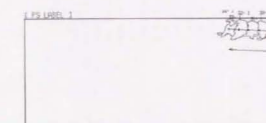
→ 動物の追尾 (PS ラベル)



→ 動物の追尾 (PS ラベル)

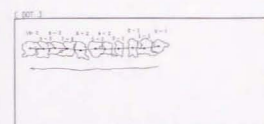


→ 動物の追尾 (PS ラベル)



→ 動物の追尾 (PS ラベル)

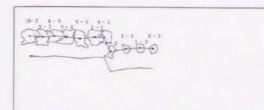
□ 動物の追尾 (最大画素数)



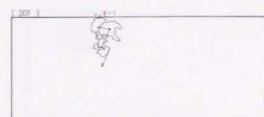
→ 動物の追尾 (PS ラベル)



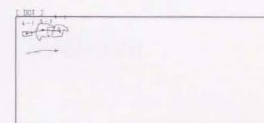
→ 動物の追尾 (PS ラベル)



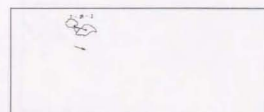
→ 動物の追尾 (PS ラベル)



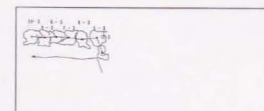
→ 動物の追尾 (PS ラベル)



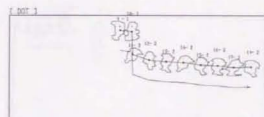
→ 動物の追尾 (PS ラベル)



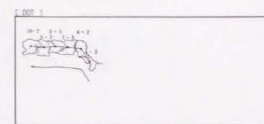
→ 動物の追尾 (PS ラベル)



→ 動物の追尾 (PS ラベル)



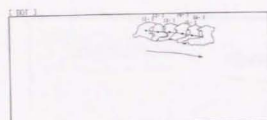
→ 動物の追尾 (PS ラベル)



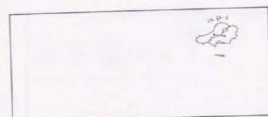
→ 動物の追尾 (PS ラベル)



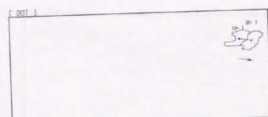
→ 動物の追尾 (PS ラベル)



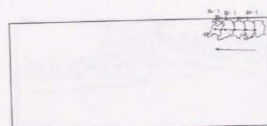
obj1(0).h1
pat no. = 11



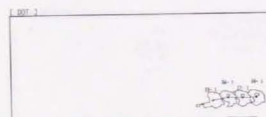
obj1(0).h2
pat no. = 12



obj1(0).h3
pat no. = 13

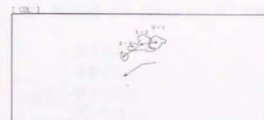


obj1(0).h4
pat no. = 14

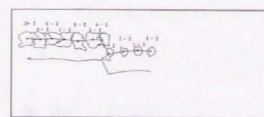


obj1(0).h5
pat no. = 15

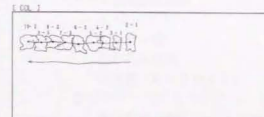
□ 動体の追尾 (最少色階調差分距離)



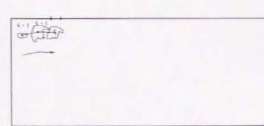
obj1(0).h1
pat no. = 1



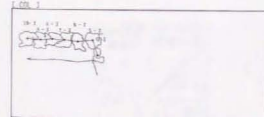
obj1(0).h2
pat no. = 2



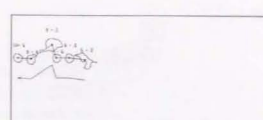
obj1(0).h3
pat no. = 3



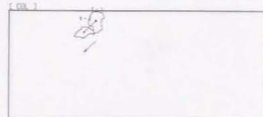
obj1(0).h4
pat no. = 4



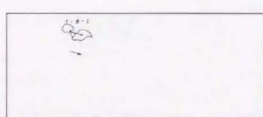
obj1(0).h5
pat no. = 5



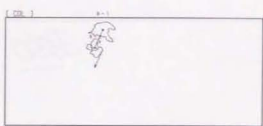
obj1(0).h6
pat no. = 6



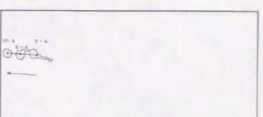
obj1(0).h7
pat no. = 7



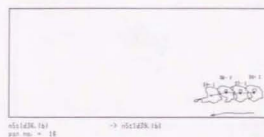
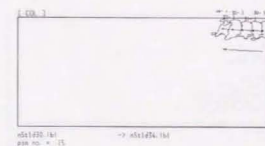
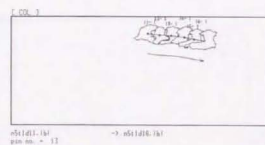
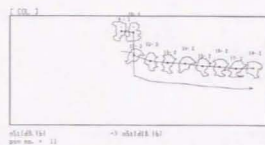
obj1(0).h8
pat no. = 8



obj1(0).h9
pat no. = 9



obj1(0).h10
pat no. = 10



■ 観測調査 [2. 代官山] に関する情報

- ・調査地名
- ・調査日時
- ・調査地住所
- ・撮影時間
- ・備考

代官山エッジビル5階テラス
1995.9.24 (sun.)
東京都渋谷区猿楽町
pm1:00~pm2:00

撮影機材
シャッタースピード
1/1000

■ 観測データの情報

- ・データ名
- ・データ初期設定項目
- ・st_TCコード
- ・フレーム数
- ・取り込み間隔
- ・画素数 (X×Y バイト)
- ・参考データ

dky1
00:16:30:00/00:16:59:20
90
1/3s
600×300

歩行者流の特色
組歩行流が主流、歩行者密度が低く、身体距離は小さい
総歩行者数 (人)
11人

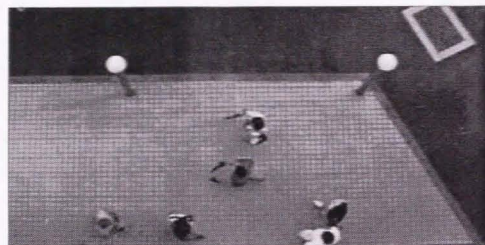


撮影地



撮影範囲

□ 観測調査 (代官山エッジビル)



原画像(dk1_70.rgb)

time = 001630 :: 1_BIT = 600 , J.LINE = 300 : nd = 180000
x_scale = 10 , y_scale = 1000



bdky_0.r
average = 90
standard dev = 42
dmin = 11
dmax = 242

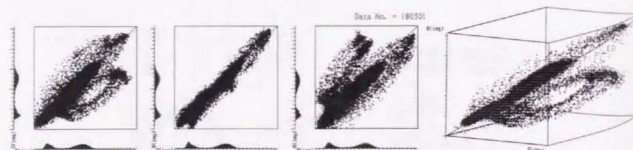


bdky_0.g
average = 94
standard dev = 43
dmin = 11
dmax = 241



bdky_0.b
average = 92
standard dev = 44
dmin = 1
dmax = 248

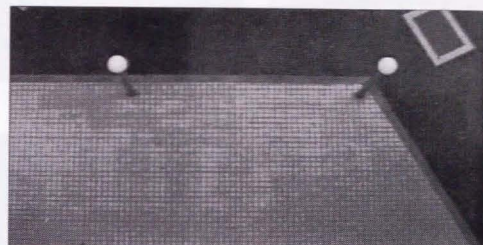
色別ヒストグラム (全画素)



2色散佈図 (RG,GB,BR:全画素)

RGB散佈図 (全画素)

□ 観測調査 (代官山エッジビル)



背景画像(dky_bk0.rgb)

time = 00165310 :: 1_BIT = 600 , J.LINE = 300 : nd = 180000
x_scale = 10 , y_scale = 1000



dky_70.r
average = 80
standard dev = 42
dmin = 0
dmax = 245

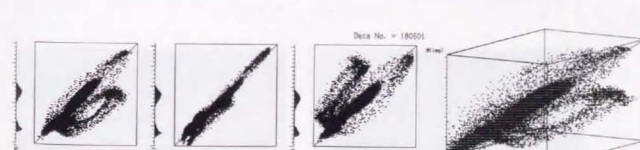


dky_70.g
average = 92
standard dev = 43
dmin = 3
dmax = 248



dky_70.b
average = 90
standard dev = 43
dmin = 0
dmax = 251

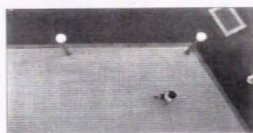
2画像間のヒストグラム (全画素)



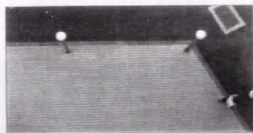
2色散佈図 (RG,GB,BR:全画素)

RGB散佈図 (全画素)

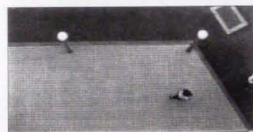
□ 観測調査 (代官山：原画像)



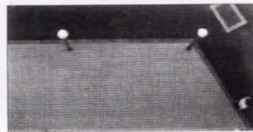
dky_0rgb



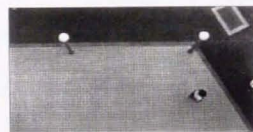
dky_5rgb



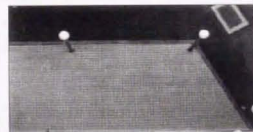
dky_1rgb



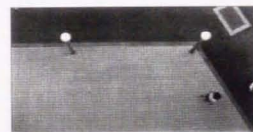
dky_6rgb



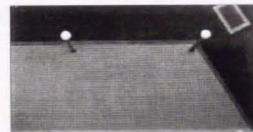
dky_2rgb



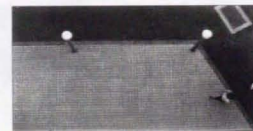
dky_7rgb



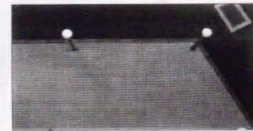
dky_3rgb



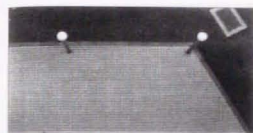
dky_8rgb



dky_4rgb



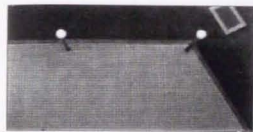
dky_9rgb



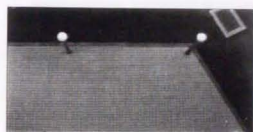
dky_10rgb



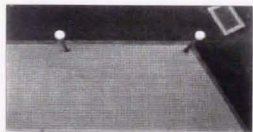
dky_15rgb



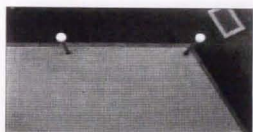
dky_11rgb



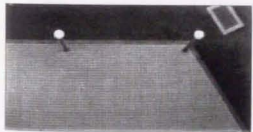
dky_16rgb



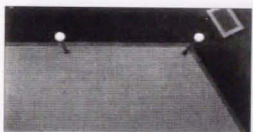
dky_12rgb



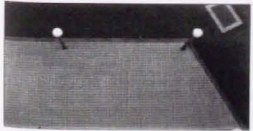
dky_17rgb



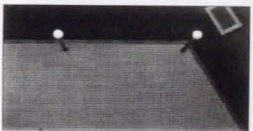
dky_13rgb



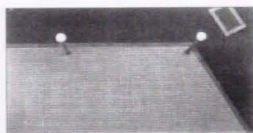
dky_18rgb



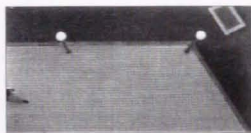
dky_14rgb



dky_19rgb



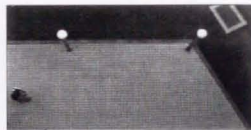
dky_20.rgb



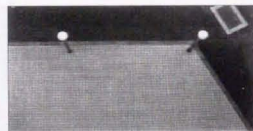
dky_25.rgb



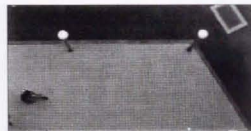
dky_21.rgb



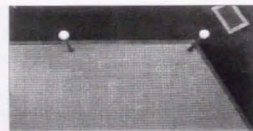
dky_26.rgb



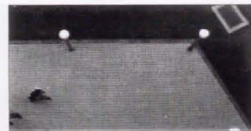
dky_22.rgb



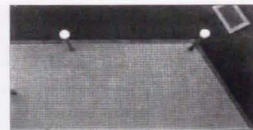
dky_27.rgb



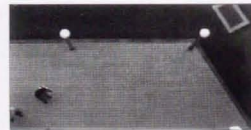
dky_23.rgb



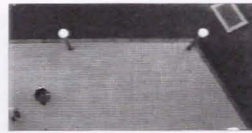
dky_28.rgb



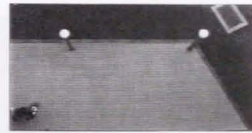
dky_24.rgb



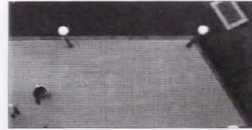
dky_29.rgb



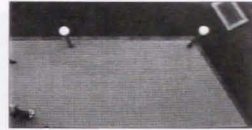
dky_30.rgb



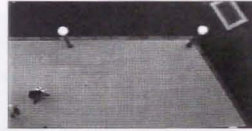
dky_35.rgb



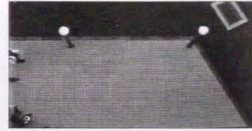
dky_31.rgb



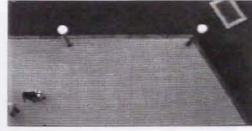
dky_36.rgb



dky_32.rgb



dky_37.rgb



dky_33.rgb



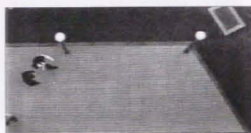
dky_38.rgb



dky_34.rgb



dky_39.rgb



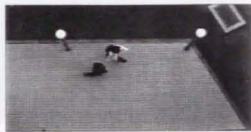
dky_40.rgb



dky_45.rgb



dky_41.rgb



dky_46.rgb



dky_42.rgb



dky_47.rgb



dky_43.rgb



dky_48.rgb



dky_44.rgb



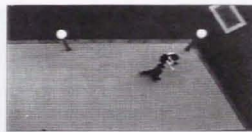
dky_49.rgb



dky_50.rgb



dky_55.rgb



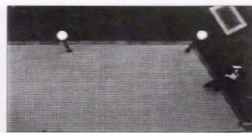
dky_51.rgb



dky_56.rgb



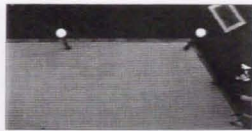
dky_52.rgb



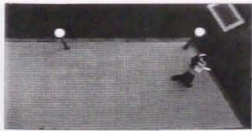
dky_57.rgb



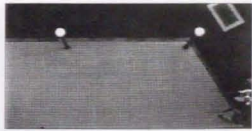
dky_53.rgb



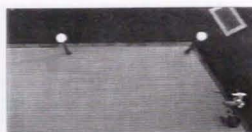
dky_58.rgb



dky_54.rgb



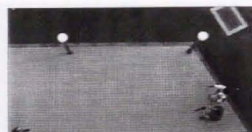
dky_59.rgb



dky_60.rgb



dky_61.rgb



dky_62.rgb



dky_63.rgb



dky_64.rgb



dky_65.rgb



dky_66.rgb



dky_67.rgb



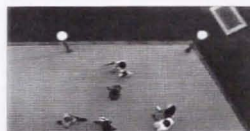
dky_68.rgb



dky_69.rgb



dky_70.rgb



dky_71.rgb



dky_72.rgb



dky_73.rgb



dky_74.rgb



dky_75.rgb



dky_76.rgb



dky_77.rgb



dky_78.rgb



dky_79.rgb



dky_80.rgb



dky_81.rgb



dky_82.rgb



dky_83.rgb



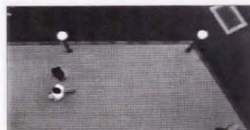
dky_84.rgb



dky_85.rgb



dky_86.rgb



dky_87.rgb



dky_88.rgb

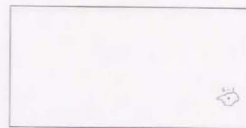


dky_89.rgb

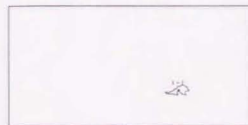
□ 動体抽出 (PS ラベル)



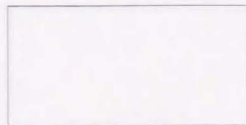
nki(d0_1b)



nki(d5_1b)



nki(d1_1b)



nki(d6_1b)



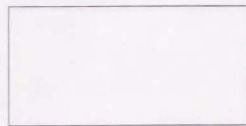
nki(d2_1b)



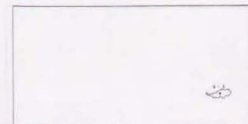
nki(d7_1b)



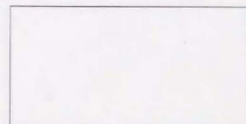
nki(d3_1b)



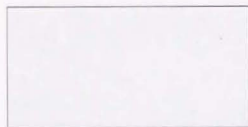
nki(d8_1b)



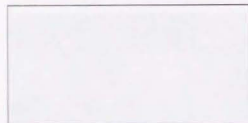
nki(d4_1b)



nki(d9_1b)



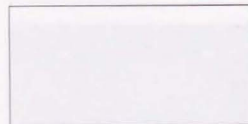
ndk1d10.1b1



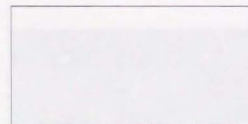
ndk1d11.1b1



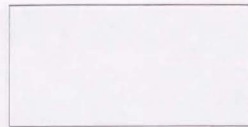
ndk1d12.1b1



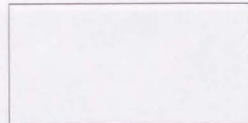
ndk1d13.1b1



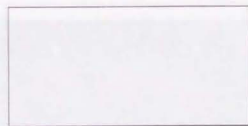
ndk1d14.1b1



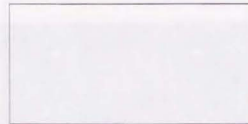
ndk1d15.1b1



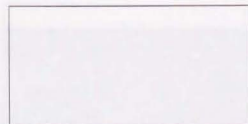
ndk1d16.1b1



ndk1d17.1b1



ndk1d18.1b1



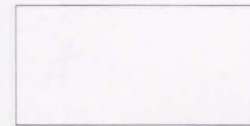
ndk1d19.1b1



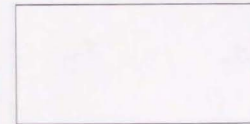
ndk1d20.1b1



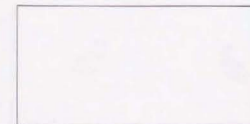
ndk1d21.1b1



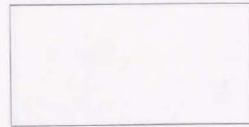
ndk1d22.1b1



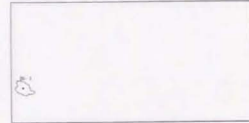
ndk1d23.1b1



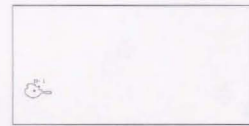
ndk1d24.1b1



ndk1d25.1b1



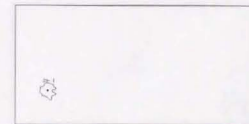
ndk1d26.1b1



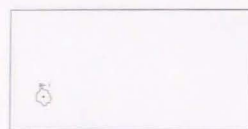
ndk1d27.1b1



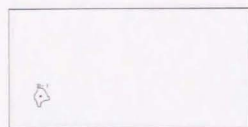
ndk1d28.1b1



ndk1d29.1b1



ndk1-020 (1s)



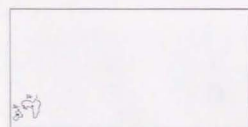
ndk1-021 (1s)



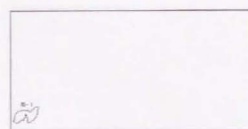
ndk1-022 (1s)



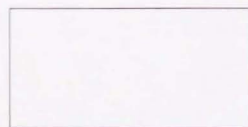
ndk1-023 (1s)



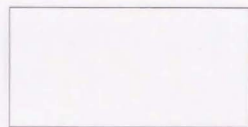
ndk1-024 (1s)



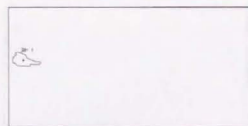
ndk1-025 (1s)



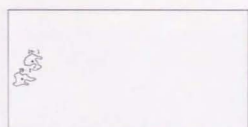
ndk1-026 (1s)



ndk1-027 (1s)



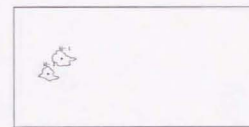
ndk1-028 (1s)



ndk1-029 (1s)



ndk1-030 (1s)



ndk1-031 (1s)



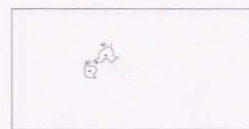
ndk1-032 (1s)



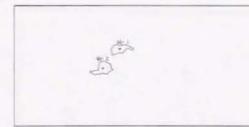
ndk1-033 (1s)



ndk1-034 (1s)



ndk1-035 (1s)



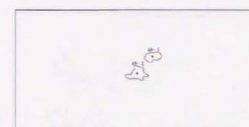
ndk1-036 (1s)



ndk1-037 (1s)



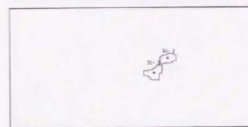
ndk1-038 (1s)



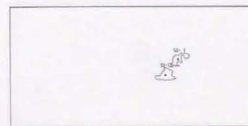
ndk1-039 (1s)



nsk1d50 (1s)



nsk1d51 (1s)



nsk1d52 (1s)



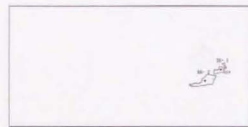
nsk1d53 (1s)



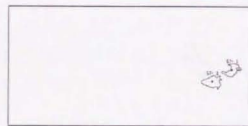
nsk1d54 (1s)



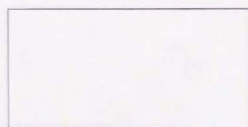
nsk1d55 (1s)



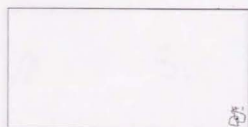
nsk1d56 (1s)



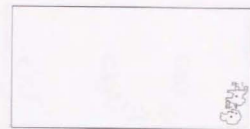
nsk1d57 (1s)



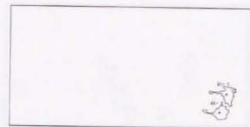
nsk1d58 (1s)



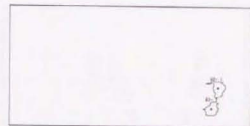
nsk1d59 (1s)



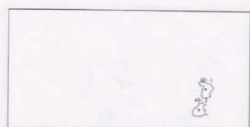
nsk1d60 (1s)



nsk1d61 (1s)



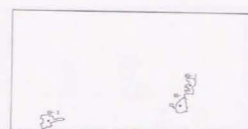
nsk1d62 (1s)



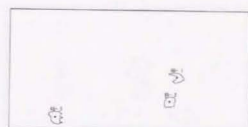
nsk1d63 (1s)



nsk1d64 (1s)



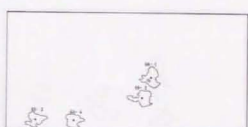
nsk1d65 (1s)



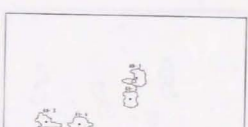
nsk1d66 (1s)



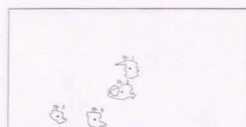
nsk1d67 (1s)



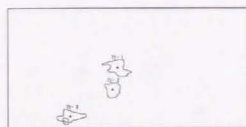
nsk1d68 (1s)



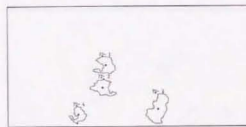
nsk1d69 (1s)



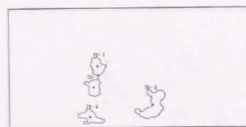
nsk1473 (3)



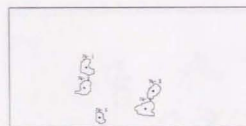
nsk1474 (3)



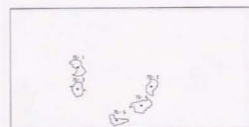
nsk1475 (3)



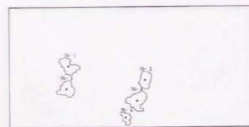
nsk1476 (3)



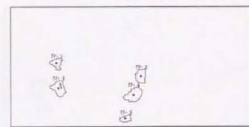
nsk1477 (3)



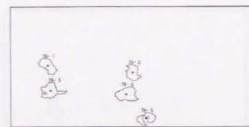
nsk1478 (3)



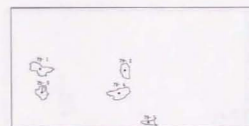
nsk1479 (3)



nsk1480 (3)



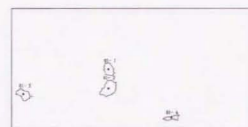
nsk1481 (3)



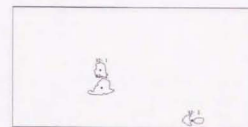
nsk1482 (3)



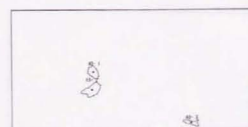
nsk1483 (3)



nsk1484 (3)



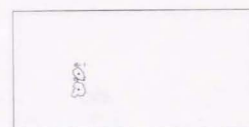
nsk1485 (3)



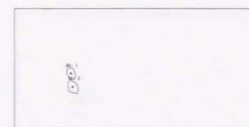
nsk1486 (3)



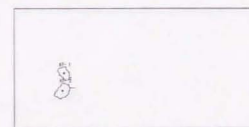
nsk1487 (3)



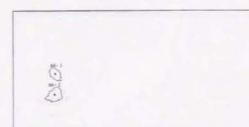
nsk1488 (3)



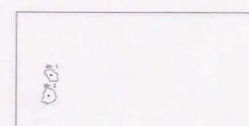
nsk1489 (3)



nsk1490 (3)

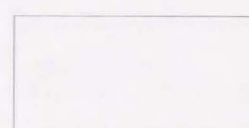
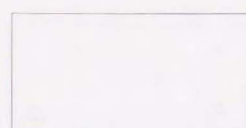
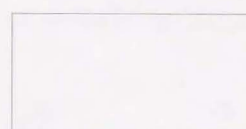
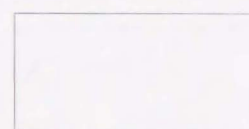
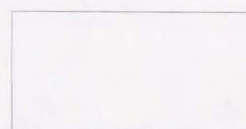
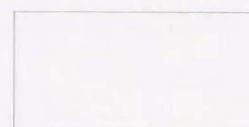
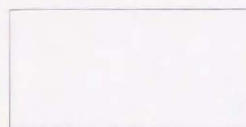
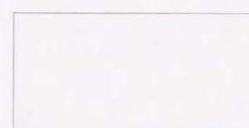
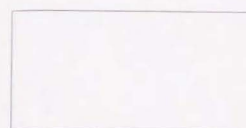
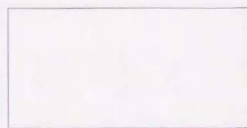
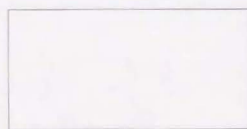
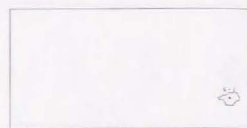


nsk1491 (3)



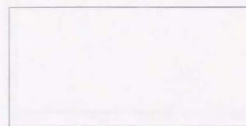
nsk1492 (3)

□ 移動の認識 (PS ラベル マッチング)

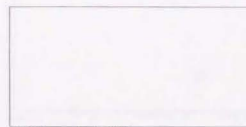




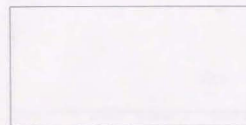
mk1421.161 → mk1422.161



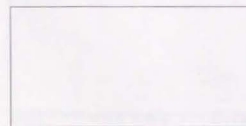
mk1422.161 → mk1423.161



mk1423.161 → mk1424.161



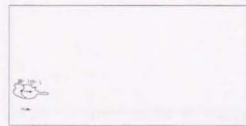
mk1424.161 → mk1425.161



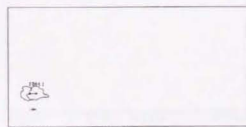
mk1425.161 → mk1426.161



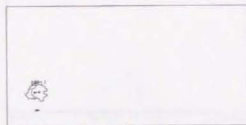
mk1426.161 → mk1427.161



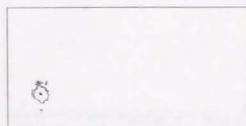
mk1427.161 → mk1428.161



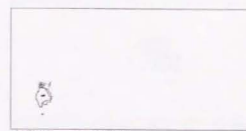
mk1428.161 → mk1429.161



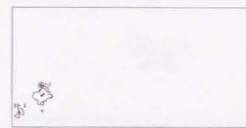
mk1429.161 → mk1430.161



mk1430.161 → mk1431.161



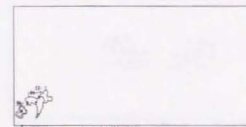
mk1431.161 → mk1432.161



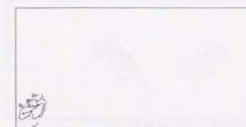
mk1432.161 → mk1433.161



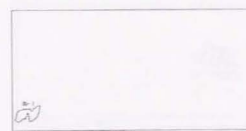
mk1433.161 → mk1434.161



mk1434.161 → mk1435.161



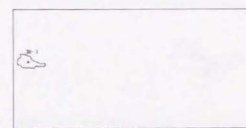
mk1435.161 → mk1436.161



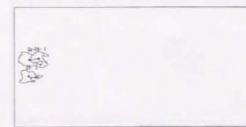
mk1436.161 → mk1437.161



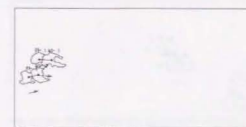
mk1437.161 → mk1438.161



mk1438.161 → mk1439.161



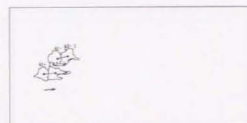
mk1439.161 → mk1440.161



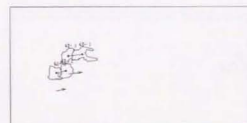
mk1440.161 → mk1441.161



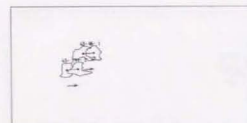
mk1401.1st → mk1402.1st



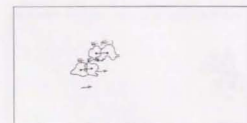
mk1401.1st → mk1402.1st



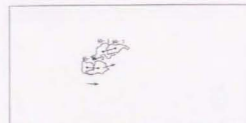
mk1401.1st → mk1402.1st



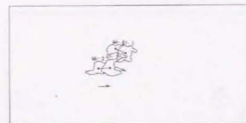
mk1401.1st → mk1402.1st



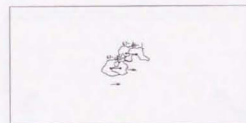
mk1404.1st → mk1405.1st



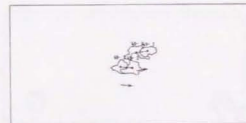
mk1403.1st → mk1404.1st



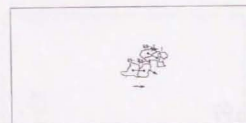
mk1403.1st → mk1404.1st



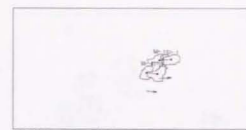
mk1403.1st → mk1404.1st



mk1403.1st → mk1404.1st



mk1404.1st → mk1405.1st



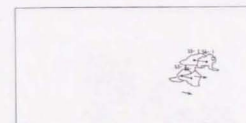
mk1405.1st → mk1406.1st



mk1405.1st → mk1406.1st



mk1405.1st → mk1406.1st



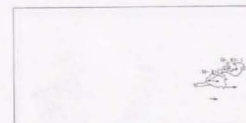
mk1405.1st → mk1406.1st



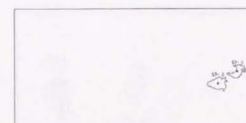
mk1406.1st → mk1407.1st



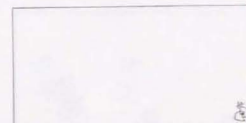
mk1405.1st → mk1406.1st



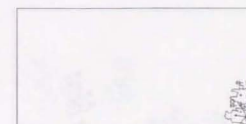
mk1405.1st → mk1406.1st



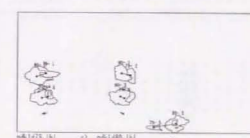
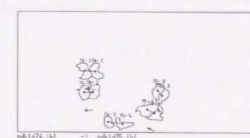
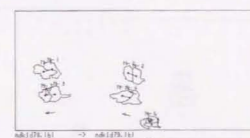
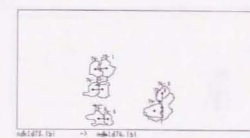
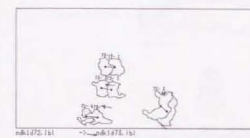
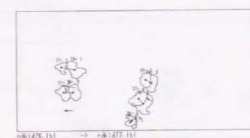
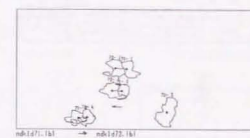
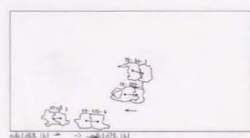
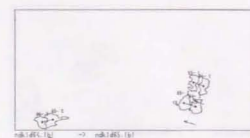
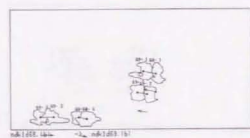
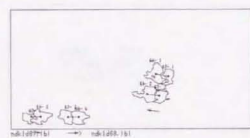
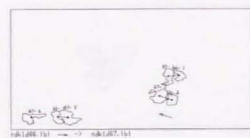
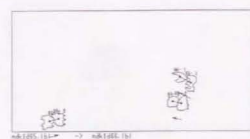
mk1405.1st → mk1406.1st

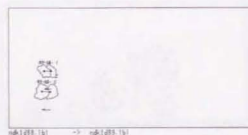
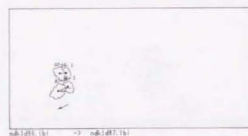
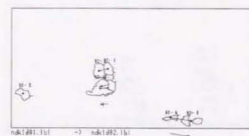
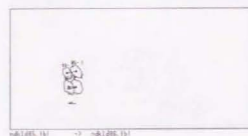
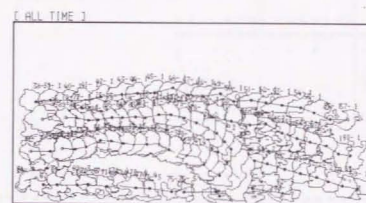


mk1405.1st → mk1406.1st



mk1405.1st → mk1406.1st



☐ 動体の追尾 (データ)

```
ndk1d0, |b|          -> ndk1d89, |b|
```


$$n \cdot \delta(1) \cdot \text{var} \quad \rightarrow \quad n \cdot \delta(100) \cdot \text{var}$$

(PS ラベル)

[illegible][illegible]

(最大画素数)

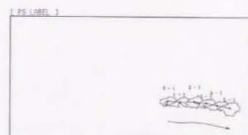
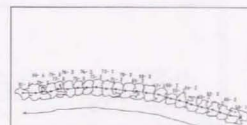
[illegible][illegible]

(最少色階調差分距離)

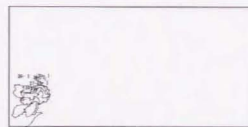
[illegible]

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 | 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 | 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 | 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 | 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 | 141 | 142 | 143 | 144 | 145 | 146 | 147 | 148 | 149 | 150 | 151 | 152 | 153 | 154 | 155 | 156 | 157 | 158 | 159 | 160 | 161 | 162 | 163 | 164 | 165 | 166 | 167 | 168 | 169 | 170 | 171 | 172 | 173 | 174 | 175 | 176 | 177 | 178 | 179 | 180 | 181 | 182 | 183 | 184 | 185 | 186 | 187 | 188 | 189 | 190 | 191 | 192 | 193 | 194 | 195 | 196 | 197 | 198 | 199 | 200 | 201 | 202 | 203 | 204 | 205 | 206 | 207 | 208 | 209 | 210 | 211 | 212 | 213 | 214 | 215 | 216 | 217 | 218 | 219 | 220 | 221 | 222 | 223 | 224 | 225 | 226 | 227 | 228 | 229 | 230 | 231 | 232 | 233 | 234 | 235 | 236 | 237 | 238 | 239 | 240 | 241 | 242 | 243 | 244 | 245 | 246 | 247 | 248 | 249 | 250 | 251 | 252 | 253 | 254 | 255 | 256 | 257 | 258 | 259 | 260 | 261 | 262 | 263 | 264 | 265 | 266 | 267 | 268 | 269 | 270 | 271 | 272 | 273 | 274 | 275 | 276 | 277 | 278 | 279 | 280 | 281 | 282 | 283 | 284 | 285 | 286 | 287 | 288 | 289 | 290 | 291 | 292 | 293 | 294 | 295 | 296 | 297 | 298 | 299 | 300 | 301 | 302 | 303 | 304 | 305 | 306 | 307 | 308 | 309 | 310 | 311 | 312 | 313 | 314 | 315 | 316 | 317 | 318 | 319 | 320 | 321 | 322 | 323 | 324 | 325 | 326 | 327 | 328 | 329 | 330 | 331 | 332 | 333 | 334 | 335 | 336 | 337 | 338 | 339 | 340 | 341 | 342 | 343 | 344 | 345 | 346 | 347 | 348 | 349 | 350 | 351 | 352 | 353 | 354 | 355 | 356 | 357 | 358 | 359 | 360 | 361 | 362 | 363 | 364 | 365 | 366 | 367 | 368 | 369 | 370 | 371 | 372 | 373 | 374 | 375 | 376 | 377 | 378 | 379 | 380 | 381 | 382 | 383 | 384 | 385 | 386 | 387 | 388 | 389 | 390 | 391 | 392 | 393 | 394 | 395 | 396 | 397 | 398 | 399 | 400 | 401 | 402 | 403 | 404 | 405 | 406 | 407 | 408 | 409 | 410 | 411 | 412 | 413 | 414 | 415 | 416 | 417 | 418 | 419 | 420 | 421 | 422 | 423 | 424 | 425 | 426 | 427 | 428 | 429 | 430 | 431 | 432 | 433 | 434 | 435 | 436 | 437 | 438 | 439 | 440 | 441 | 442 | 443 | 444 | 445 | 446 | 447 | 448 | 449 | 450 | 451 | 452 | 453 | 454 | 455 | 456 | 457 | 458 | 459 | 460 | 461 | 462 | 463 | 464 | 465 | 466 | 467 | 468 | 469 | 470 | 471 | 472 | 473 | 474 | 475 | 476 | 477 | 478 | 479 | 480 | 481 | 482 | 483 | 484 | 485 | 486 | 487 | 488 | 489 | 490 | 491 | 492 | 493 | 494 | 495 | 496 | 497 | 498 | 499 | 500 | 501 | 502 | 503 | 504 | 505 | 506 | 507 | 508 | 509 | 510 | 511 | 512 | 513 | 514 | 515 | 516 | 517 | 518 | 519 | 520 | 521 | 522 | 523 | 524 | 525 | 526 | 527 | 528 | 529 | 530 | 531 | 532 | 533 | 534 | 535 | 536 | 537 | 538 | 539 | 540 | 541 | 542 | 543 | 544 | 545 | 546 | 547 | 548 | 549 | 550 | 551 | 552 | 553 | 554 | 555 | 556 | 557 | 558 | 559 | 560 | 561 | 562 | 563 | 564 | 565 | 566 | 567 | 568 | 569 | 570 | 571 | 572 | 573 | 574 | 575 | 576 | 577 | 578 | 579 | 580 | 581 | 582 | 583 | 584 | 585 | 586 | 587 | 588 | 589 | 590 | 591 | 592 | 593 | 594 | 595 | 596 | 597 | 598 | 599 | 600 | 601 | 602 | 603 | 604 | 605 | 606 | 607 | 608 | 609 | 610 | 611 | 612 | 613 | 614 | 615 | 616 | 617 | 618 | 619 | 620 | 621 | 622 | 623 | 624 | 625 | 626 | 627 | 628 | 629 | 630 | 631 | 632 | 633 | 634 | 635 | 636 | 637 | 638 | 639 | 640 | 641 | 642 | 643 | 644 | 645 | 646 | 647 | 648 | 649 | 650 | 651 | 652 | 653 | 654 | 655 | 656 | 657 | 658 | 659 | 660 | 661 | 662 | 663 | 664 | 665 | 666 | 667 | 668 | 669 | 670 | 671 | 672 | 673 | 674 | 675 | 676 | 677 | 678 | 679 | 680 | 681 | 682 | 683 | 684 | 685 | 686 | 687 | 688 | 689 | 690 | 691 | 692 | 693 | 694 | 695 | 696 | 697 | 698 | 699 | 700 | 701 | 702 | 703 | 704 | 705 | 706 | 707 | 708 | 709 | 710 | 711 | 712 | 713 | 714 | 715 | 716 | 717 | 718 | 719 | 720 | 721 | 722 | 723 | 724 | 725 | 726 | 727 | 728 | 729 | 730 | 731 | 732 | 733 | 734 | 735 | 736 | 737 | 738 | 739 | 740 | 741 | 742 | 743 | 744 | 745 | 746 | 747 | 748 | 749 | 750 | 751 | 752 | 753 | 754 | 755 | 756 | 757 | 758 | 759 | 760 | 761 | 762 | 763 | 764 | 765 | 766 | 767 | 768 | 769 | 770 | 771 | 772 | 773 | 774 | 775 | 776 | 777 | 778 | 779 | 780 | 781 | 782 | 783 | 784 | 785 | 786 | 787 | 788 | 789 | 790 | 791 | 792 | 793 | 794 | 795 | 796 | 797 | 798 | 799 | 800 | 801 | 802 | 803 | 804 | 805 | 806 | 807 | 808 | 809 | 810 | 811 | 812 | 813 | 814 | 815 | 816 | 817 | 818 | 819 | 820 | 821 | 822 | 823 | 824 | 825 | 826 | 827 | 828 | 829 | 830 | 831 | 832 | 833 | 834 | 835 | 836 | 837 | 838 | 839 | 840 | 841 | 842 | 843 | 844 | 845 | 846 | 847 | 848 | 849 | 850 | 851 | 852 | 853 | 854 | 855 | 856 | 857 | 858 | 859 | 860 | 861 | 862 | 863 | 864 | 865 | 866 | 867 | 868 | 869 | 870 | 871 | 872 | 873 | 874 | 875 | 876 | 877 | 878 | 879 | 880 | 881 | 882 | 883 | 884 | 885 | 886 | 887 | 888 | 889 | 890 | 891 | 892 | 893 | 894 | 895 | 896 | 897 | 898 | 899 | 900 | 901 | 902 | 903 | 904 | 905 | 906 | 907 | 908 | 909 | 910 | 911 | 912 | 913 | 914 | 915 | 916 | 917 | 918 | 919 | 920 | 921 | 922 | 923 | 924 | 925 | 926 | 927 | 928 | 929 | 930 | 931 | 932 | 933 | 934 | 935 | 936 | 937 | 938 | 939 | 940 | 941 | 942 | 943 | 944 | 945 | 946 | 947 | 948 | 949 | 950 | 951 | 952 | 953 | 954 | 955 | 956 | 957 | 958 | 959 | 960 | 961 | 962 | 963 | 964 | 965 | 966 | 967 | 968 | 969 | 970 | 971 | 972 | 973 | 974 | 975 | 976 | 977 | 978 | 979 | 980 | 981 | 982 | 983 | 984 | 985 | 986 | 987 | 988 | 989 | 990 | 991 | 992 | 993 | 994 | 995 | 996 | 997 | 998 | 999 | 1000 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|

付録 データリスト

☐ 動物の追尾 (PS ラベル)
$$\begin{aligned} \text{add}(B, 1) &\rightarrow \text{add}(B, 1) \\ \text{pop}(B) &\rightarrow 1 \end{aligned}$$


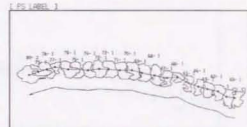
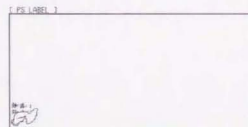
msk1259, 161
 pss: no. = 8



```

mde1d20, 1b1          => mde1d35, 1b1
par no. = 2

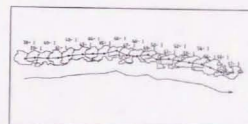
```


$$m_k(g_{00}, 1) \rightarrow m_k(g_{00}, 1)$$


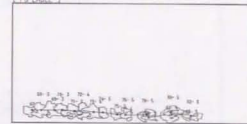
$\text{mg}(\text{I}d32, \text{I}p)$ \rightarrow $\text{mg}(\text{I}d35, \text{I}p)$
 $\text{par}(\text{I}p) \times 3$



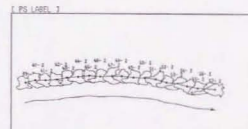
ms A. 16. 161 - 2 ms A. 16. 161
pin no. = 8



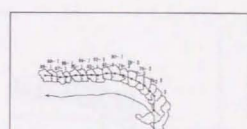
→ $\text{mg}(\text{ClO}_2, 16)$



nd 1007.181 - 1007.182 (b)
pin no. = 2



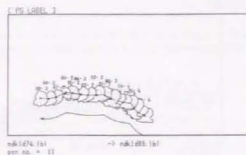
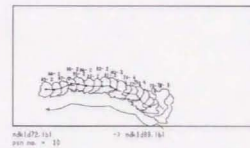
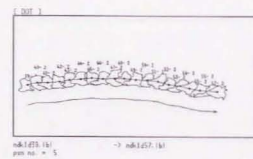
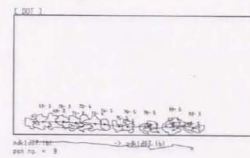
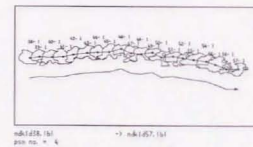
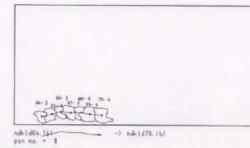
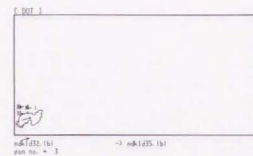
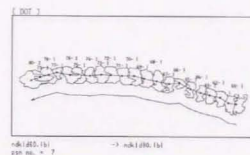
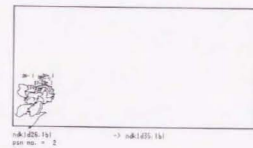
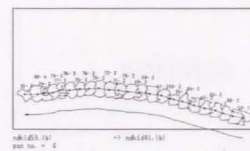
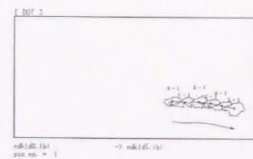
$\text{nd}(1438, \text{tl})$ \rightarrow $\text{nd}(1437, \text{tl})$

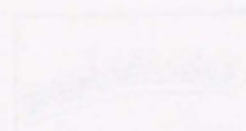
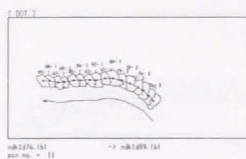


```

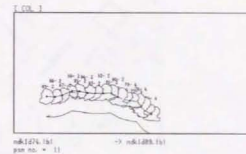
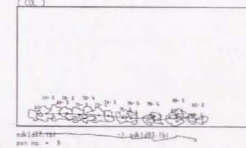
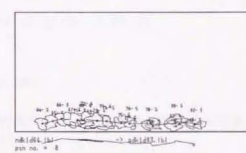
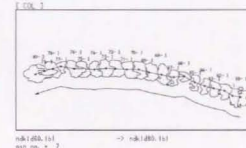
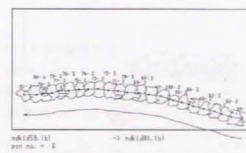
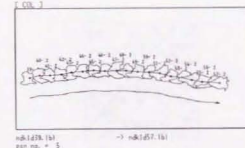
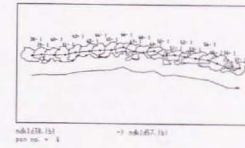
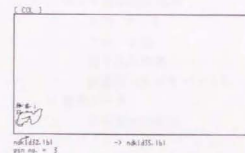
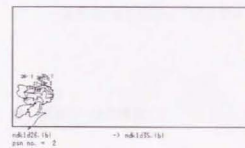
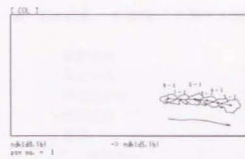
n61272.1a1          -2 n61275.1a1
per no. = 10

```

☐ 動体の追尾 (最大画素数)



□ 動体の追尾 (最少色階調差分距離)



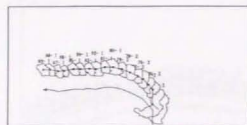
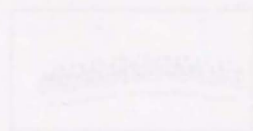
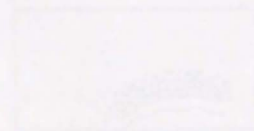
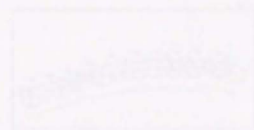


図1-77 (1) → 図1-78 (10)
図1-79 (1) → 図1-80 (10)

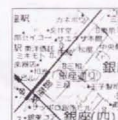


■ 観測調査 [3. 銀座] に関する情報

- 調査地名 アクトビル 4.5 階踊り場
- 調査日時 1995.10.28 (sat.)
- 調査地住所 東京都中央区銀座 4 丁目
- 撮影時間 pm2:00~pm3:00
- 備考
- 撮影機材 SONY handy cam CCD-TR705
- シャッタースピード 1/1000
- 撮影地/撮影範囲は下図を参照

■ 観測データの情報

- データ名 gz6
- データ初期設定項目
- st_TCコード 00:24:49:25/00:25:09:15
- フレーム数 60
- 取り込み間隔 1/3s
- 画素数 (X×Yバイト) 520×300
- 参考データ
- 歩行者流の特色 組歩行流が主流、歩行者密度が高く、身体距離は小さい
- 総歩行者数 (人) 25 人

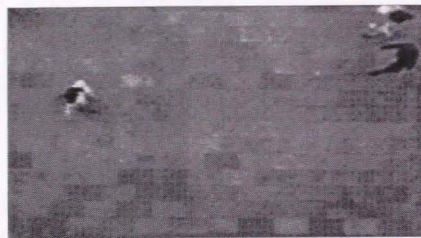


撮影地



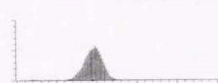
撮影範囲

□ 観測調査 (銀座4丁目アクビル)



原画像(gz2_10.rgb)

time = 00:01:10 :: I_BIT = 528 , J_LINE = 388 : md = 156000
x_scale = 10 , y_scale = 1000



gz2_10.r
average = 95
standard dev = 14
dmin = 3
dmax = 226

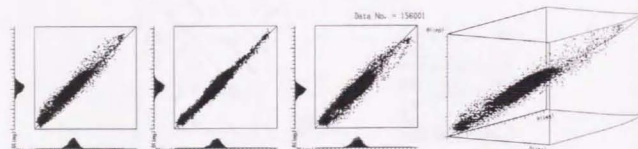


gz2_10.g
average = 103
standard dev = 15
dmin = 4
dmax = 237



gz2_10.b
average = 103
standard dev = 15
dmin = 4
dmax = 248

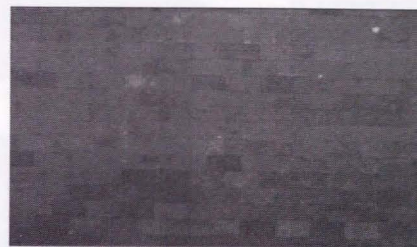
色別ヒストグラム (全画素)



2色間散布図 (RG, GB, BR:全画素)

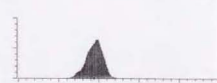
RGB散布図 (全画素)

□ 観測調査 (銀座4丁目アクビル)



背景画像(gz2_bk0.rgb)

time = 00:39:15 :: I_BIT = 528 , J_LINE = 388 : md = 156000
x_scale = 10 , y_scale = 1000



n:Vdt_bakVbkgz2_0.r
average = 94
standard dev = 10
dmin = 56
dmax = 174

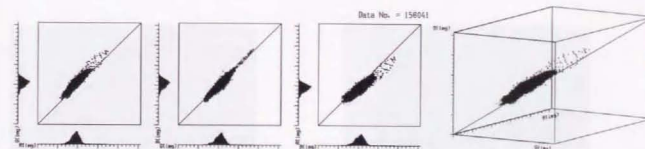


n:Vdt_bakVbkgz2_0.g
average = 103
standard dev = 11
dmin = 63
dmax = 186



n:Vdt_bakVbkgz2_0.b
average = 103
standard dev = 11
dmin = 58
dmax = 191

2画像間のヒストグラム (全画素)



2色間散布図 (RG, GB, BR:全画素)

RGB散布図 (全画素)

□ 観測調査 (銀座：原画像)



gnz_0rgb



gnz_5rgb



gnz_1rgb



gnz_6rgb



gnz_2rgb



gnz_7rgb



gnz_3rgb



gnz_8rgb



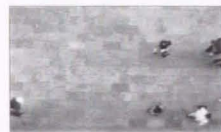
gnz_4rgb



gnz_9rgb



gnz_10rgb



gnz_15rgb



gnz_11rgb



gnz_16rgb



gnz_12rgb



gnz_17rgb



gnz_13rgb



gnz_18rgb



gnz_14rgb



gnz_19rgb



gnz_20:rgb



gnz_25:rgb



gnz_21:rgb



gnz_26:rgb



gnz_22:rgb



gnz_27:rgb



gnz_23:rgb



gnz_28:rgb



gnz_24:rgb



gnz_29:rgb



gnz_30:rgb



gnz_35:rgb



gnz_31:rgb



gnz_36:rgb



gnz_32:rgb



gnz_37:rgb



gnz_33:rgb



gnz_38:rgb



gnz_34:rgb



gnz_39:rgb



gnz_40.rgb



gnz_41.rgb



gnz_42.rgb



gnz_43.rgb



gnz_44.rgb



gnz_45.rgb



gnz_46.rgb



gnz_47.rgb



gnz_48.rgb



gnz_49.rgb



gnz_50.rgb



gnz_51.rgb



gnz_52.rgb



gnz_53.rgb



gnz_54.rgb



gnz_55.rgb



gnz_56.rgb



gnz_57.rgb



gnz_58.rgb

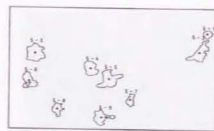


gnz_59.rgb

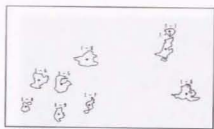
□ 動体抽出 (PS ラベル)



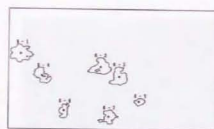
mpd40. 1st



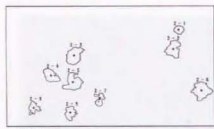
mpd45. 1st



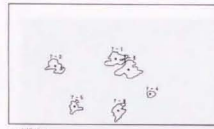
mpd41. 1st



mpd46. 1st



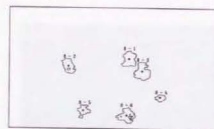
mpd42. 1st



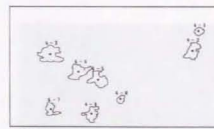
mpd47. 1st



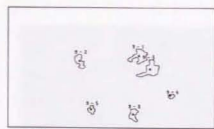
mpd43. 1st



mpd48. 1st



mpd44. 1st



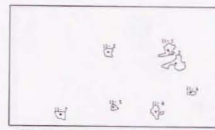
mpd49. 1st



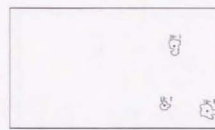
mpd40. 3. 1st



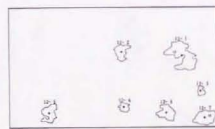
mpd45. 3. 1st



mpd41. 3. 1st



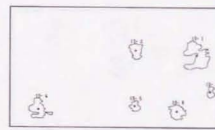
mpd46. 3. 1st



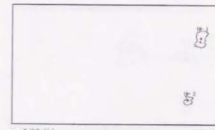
mpd42. 3. 1st



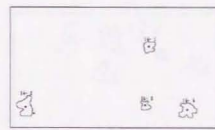
mpd47. 3. 1st



mpd43. 3. 1st



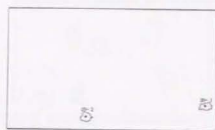
mpd48. 3. 1st



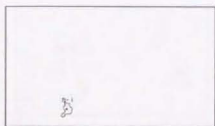
mpd44. 3. 1st



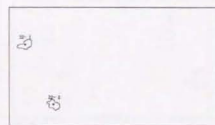
mpd49. 3. 1st



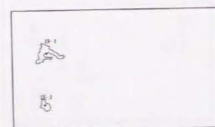
ngs420. 1st



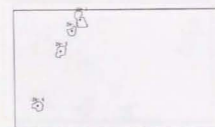
ngs421. 1st



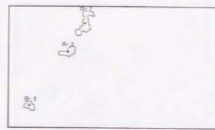
ngs422. 1st



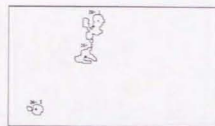
ngs423. 1st



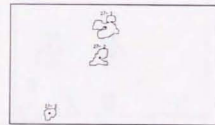
ngs424. 1st



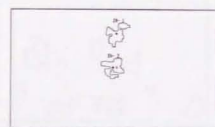
ngs425. 1st



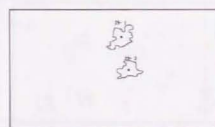
ngs426. 1st



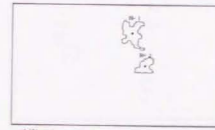
ngs427. 1st



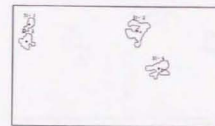
ngs428. 1st



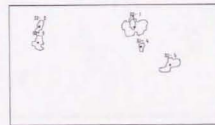
ngs429. 1st



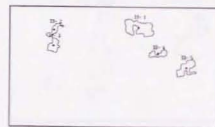
ngs430. 1st



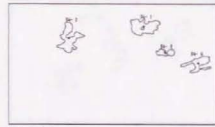
ngs431. 1st



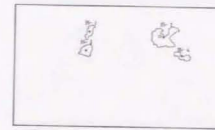
ngs432. 1st



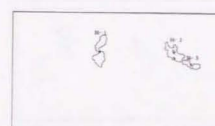
ngs433. 1st



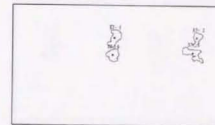
ngs434. 1st



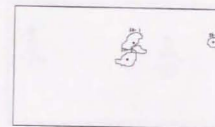
ngs435. 1st



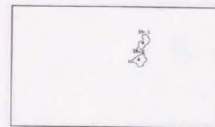
ngs436. 1st



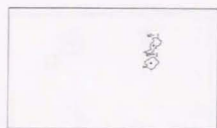
ngs437. 1st



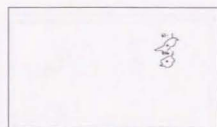
ngs438. 1st



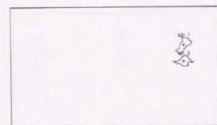
ngs439. 1st



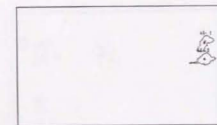
ngzd40.1b1



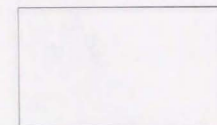
ngzd41.1b1



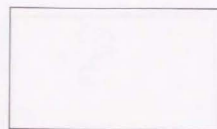
ngzd42.1b1



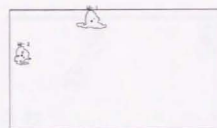
ngzd43.1b1



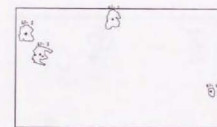
ngzd44.1b1



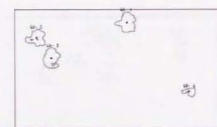
ngzd45.1b1



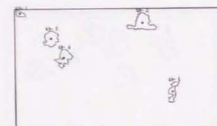
ngzd46.1b1



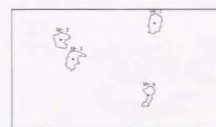
ngzd47.1b1



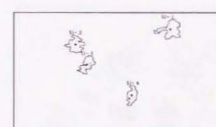
ngzd48.1b1



ngzd49.1b1



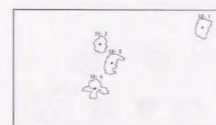
ngzd50.1b1



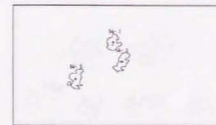
ngzd51.1b1



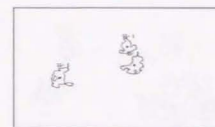
ngzd52.1b1



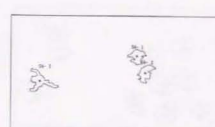
ngzd53.1b1



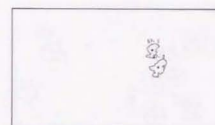
ngzd54.1b1



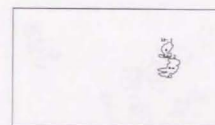
ngzd55.1b1



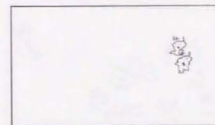
ngzd56.1b1



ngzd57.1b1

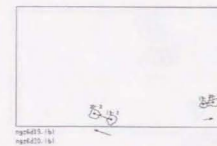
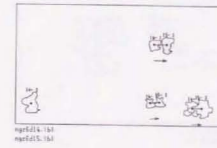
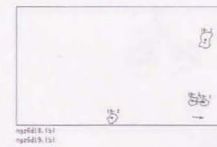
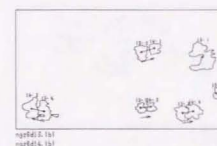
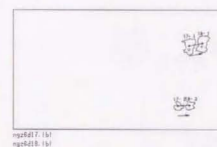
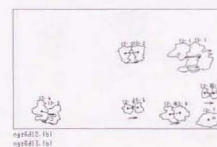
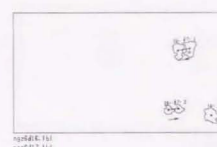
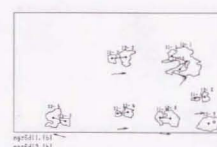
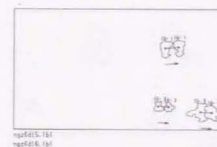
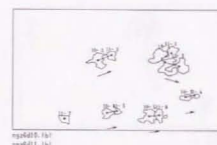
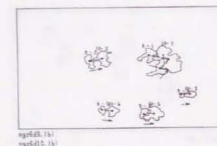
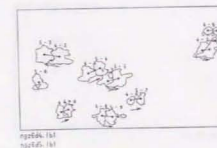
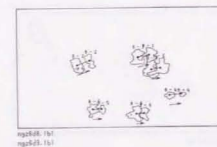
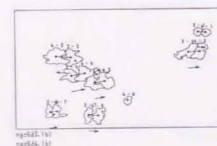
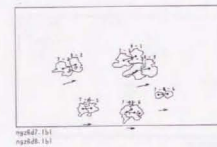
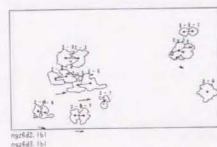
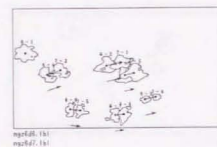
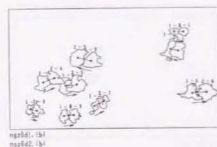
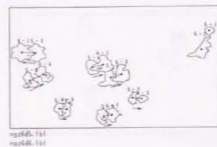
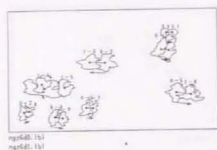


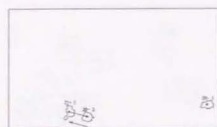
ngzd58.1b1



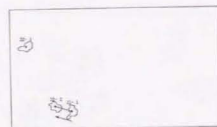
ngzd59.1b1

□ 移動の認識 (PS ラベル マッチング)

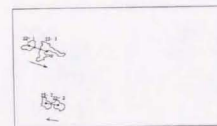




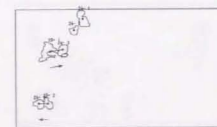
mpd405. (a)
mpd407. (a)



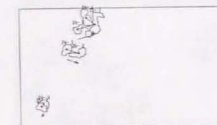
mpd406. (a)
mpd408. (a)



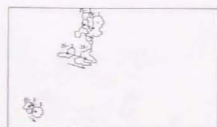
mpd409. (a)
mpd410. (a)



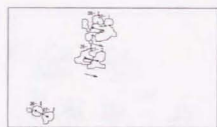
mpd411. (a)
mpd413. (a)



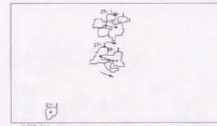
mpd414. (a)
mpd415. (a)



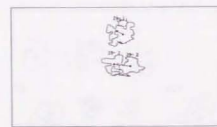
mpd416. (a)
mpd418. (a)



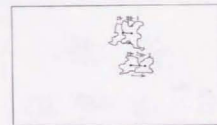
mpd419. (a)
mpd421. (a)



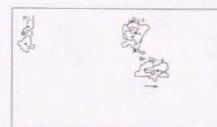
mpd422. (a)
mpd424. (a)



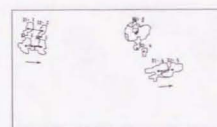
mpd425. (a)
mpd426. (a)



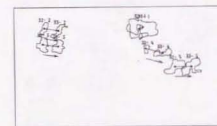
mpd427. (a)
mpd428. (a)



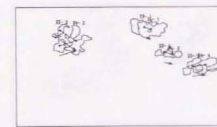
mpd429. (a)
mpd431. (a)



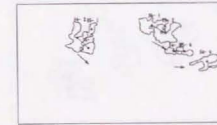
mpd432. (a)
mpd433. (a)



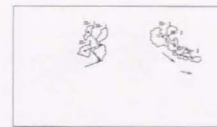
mpd434. (a)
mpd435. (a)



mpd436. (a)
mpd437. (a)



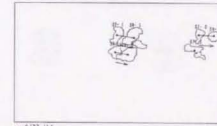
mpd438. (a)
mpd439. (a)



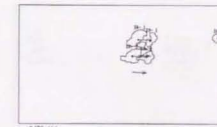
mpd440. (a)
mpd442. (a)



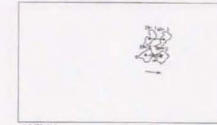
mpd443. (a)
mpd444. (a)



mpd445. (a)
mpd446. (a)



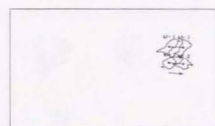
mpd447. (a)
mpd448. (a)



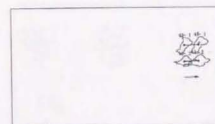
mpd449. (a)
mpd450. (a)



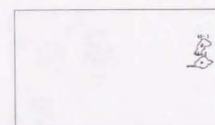
mpf040. (s)
mpf041. (s)



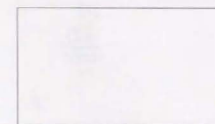
mpf041. (s)
mpf042. (s)



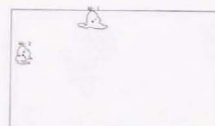
mpf042. (s)
mpf043. (s)



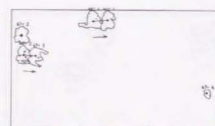
mpf043. (s)
mpf044. (s)



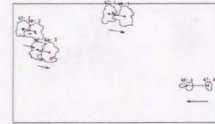
mpf044. (s)
mpf045. (s)



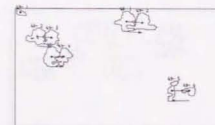
mpf045. (s)
mpf046. (s)



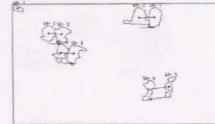
mpf046. (s)
mpf047. (s)



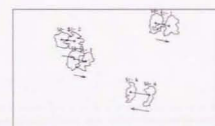
mpf047. (s)
mpf048. (s)



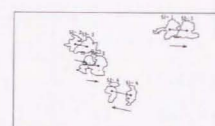
mpf048. (s)
mpf049. (s)



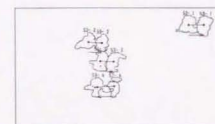
mpf049. (s)
mpf050. (s)



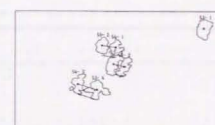
mpf050. (s)
mpf051. (s)



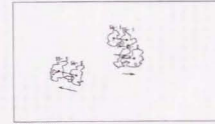
mpf051. (s)
mpf052. (s)



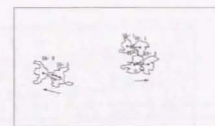
mpf052. (s)
mpf053. (s)



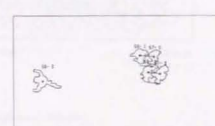
mpf053. (s)
mpf054. (s)



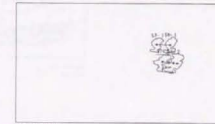
mpf054. (s)
mpf055. (s)



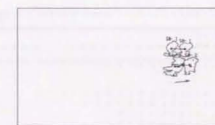
mpf055. (s)
mpf056. (s)



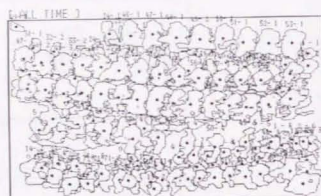
mpf056. (s)
mpf057. (s)



mpf057. (s)
mpf058. (s)



mpf058. (s)
mpf059. (s)

☐ 動体の追尾 (データ)

```
ngz6d0.1bl          -> ngz6d59.1bl
psn no. = 26
```



ngz6d0.1b) → ngz6d59.1b)
pin no. = 26

(PS ラベル)

[illegible]

(最大面素数)

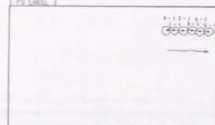
[illegible]

(最少色階調差分距離)

[illegible]

□ 軀体の追尾 (PS ラベル)

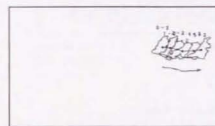
(PS LABEL)



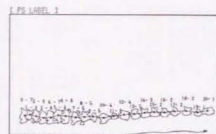
→ ngptd1.1s1



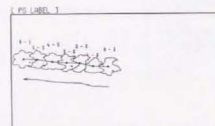
→ ngptd1.1s1



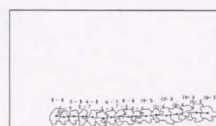
→ ngptd1.1s1



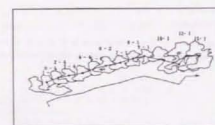
→ ngptd1.1s1



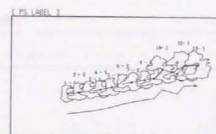
→ ngptd1.1s1



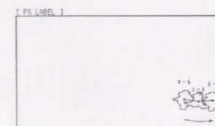
→ ngptd1.1s1



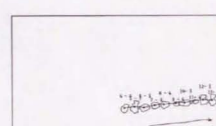
→ ngptd1.1s1



→ ngptd1.1s1

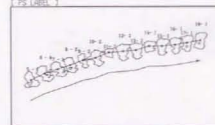


→ ngptd1.1s1



→ ngptd1.1s1

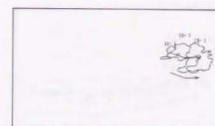
(PS LABEL)



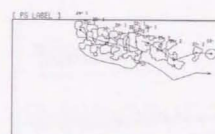
→ ngptd1.1s1



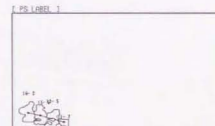
→ ngptd1.1s1



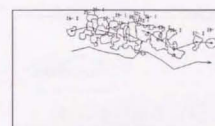
→ ngptd1.1s1



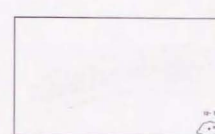
→ ngptd1.1s1



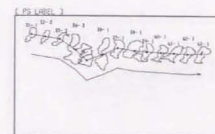
→ ngptd1.1s1



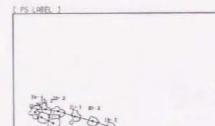
→ ngptd1.1s1



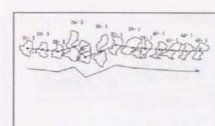
→ ngptd1.1s1



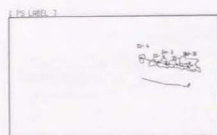
→ ngptd1.1s1



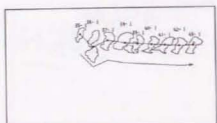
→ ngptd1.1s1



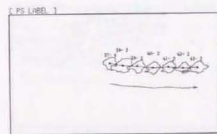
→ ngptd1.1s1



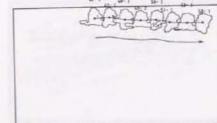
npf011.1a) → npf012.1a)
pan no. = 21



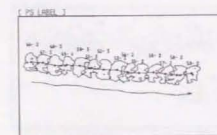
npf015.1a) → npf016.1a)
pan no. = 22



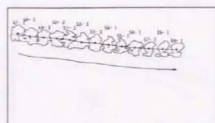
npf017.1a) → npf018.1a)
pan no. = 23



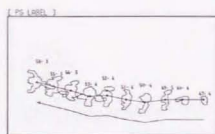
npf019.1a) → npf020.1a)
pan no. = 24



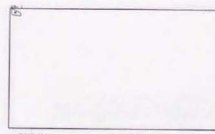
npf021.1a) → npf022.1a)
pan no. = 25



npf023.1a) → npf024.1a)
pan no. = 26



npf027.1a) → npf028.1a)
pan no. = 27



npf031.1a) → npf032.1a)
pan no. = 28

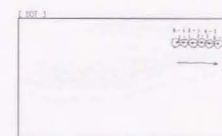


npf035.1a) → npf036.1a)
pan no. = 29

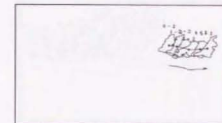


npf039.1a) → npf040.1a)
pan no. = 30

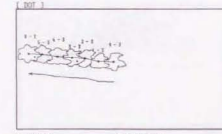
□ 動体の追尾 (最大画面数)



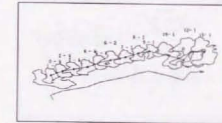
npf041.1a) → npf042.1a)
pan no. = 31



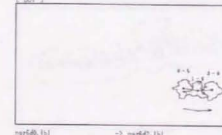
npf043.1a) → npf044.1a)
pan no. = 32



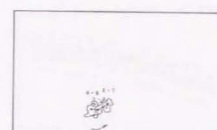
npf045.1a) → npf046.1a)
pan no. = 33



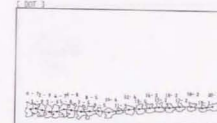
npf047.1a) → npf048.1a)
pan no. = 34



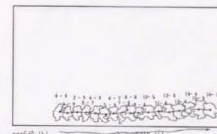
npf049.1a) → npf050.1a)
pan no. = 35



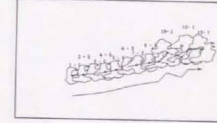
npf051.1a) → npf052.1a)
pan no. = 36



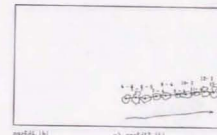
npf053.1a) → npf054.1a)
pan no. = 37



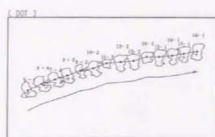
npf055.1a) → npf056.1a)
pan no. = 38



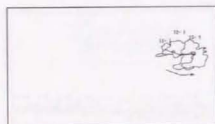
npf057.1a) → npf058.1a)
pan no. = 39



npf059.1a) → npf060.1a)
pan no. = 40



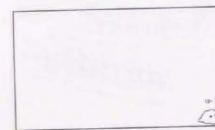
ngpf011 (k) → ngpf011 (k)
pin no. = 11



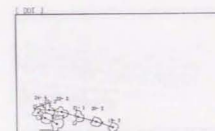
ngpf012 (k) → ngpf012 (k)
pin no. = 12



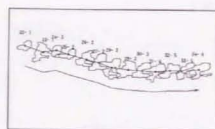
ngpf013 (k) → ngpf013 (k)
pin no. = 13



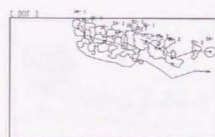
ngpf014 (k) → ngpf014 (k)
pin no. = 14



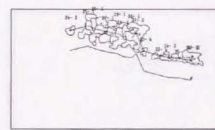
ngpf015 (k) → ngpf015 (k)
pin no. = 15



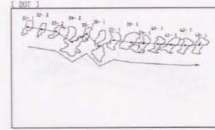
ngpf016 (k) → ngpf016 (k)
pin no. = 16



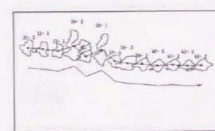
ngpf017 (k) → ngpf017 (k)
pin no. = 17



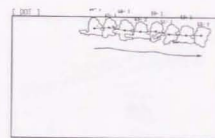
ngpf018 (k) → ngpf018 (k)
pin no. = 18



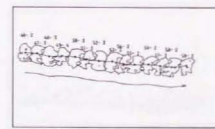
ngpf019 (k) → ngpf019 (k)
pin no. = 19



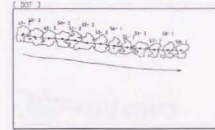
ngpf020 (k) → ngpf020 (k)
pin no. = 20



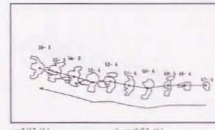
ngpf021 (k) → ngpf021 (k)
pin no. = 21



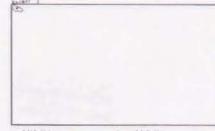
ngpf022 (k) → ngpf022 (k)
pin no. = 22



ngpf023 (k) → ngpf023 (k)
pin no. = 23

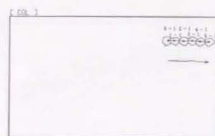


ngpf024 (k) → ngpf024 (k)
pin no. = 24



ngpf025 (k) → ngpf025 (k)
pin no. = 25

□ 動体の追尾 (最少色階調差分距離)



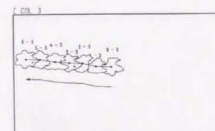
ngp000 (1)
pat no. = 1

→ ngp000 (1)



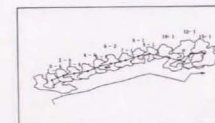
ngp000 (1)
pat no. = 2

→ ngp000 (1)



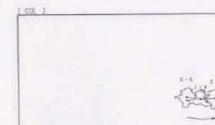
ngp000 (1)
pat no. = 3

→ ngp000 (1)



ngp000 (1)
pat no. = 4

→ ngp000 (1)



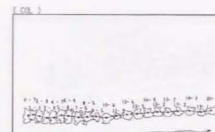
ngp000 (1)
pat no. = 5

→ ngp000 (1)



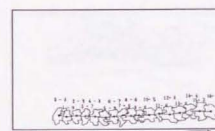
ngp000 (1)
pat no. = 6

→ ngp000 (1)



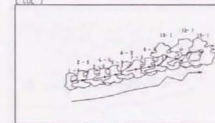
ngp000 (1)
pat no. = 7

→ ngp000 (1)



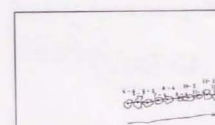
ngp000 (1)
pat no. = 8

→ ngp000 (1)



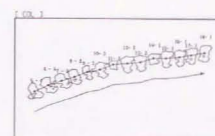
ngp000 (1)
pat no. = 9

→ ngp000 (1)



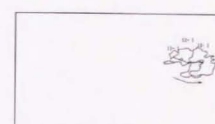
ngp000 (1)
pat no. = 10

→ ngp000 (1)



ngp000 (1)
pat no. = 11

→ ngp000 (1)



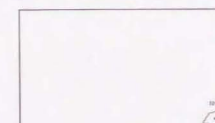
ngp000 (1)
pat no. = 12

→ ngp000 (1)



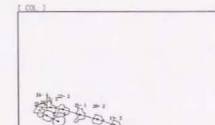
ngp000 (1)
pat no. = 13

→ ngp000 (1)



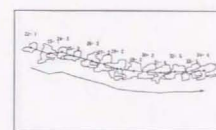
ngp000 (1)
pat no. = 14

→ ngp000 (1)



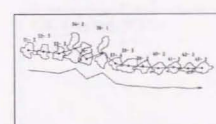
ngp000 (1)
pat no. = 15

→ ngp000 (1)



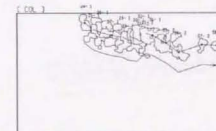
ngp000 (1)
pat no. = 16

→ ngp000 (1)



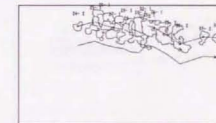
ngp000 (1)
pat no. = 17

→ ngp000 (1)



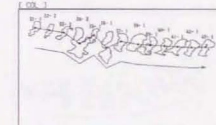
ngp000 (1)
pat no. = 18

→ ngp000 (1)



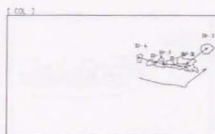
ngp000 (1)
pat no. = 19

→ ngp000 (1)

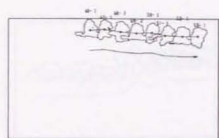


ngp000 (1)
pat no. = 20

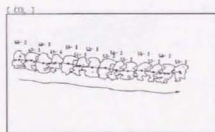
→ ngp000 (1)



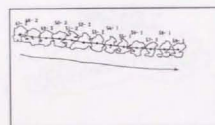
mp4d72.1s1
per no. = 21
→ mp4d78.1s1



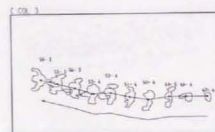
mp4d46.1s1
per no. = 22
→ mp4d51.1s1



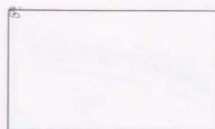
mp4d46.1s1
per no. = 23
→ mp4d51.1s1



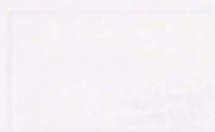
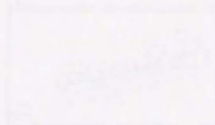
mp4d47.1s1
per no. = 24
→ mp4d51.1s1



mp4d47.1s1
per no. = 25
→ mp4d51.1s1



mp4d41.1s1
per no. = 26
→ mp4d46.1s1



| 図番号 | カメラ番号 | 撮像時刻 | 撮像場所 | 撮像対象 | 撮像結果 |
|---------|-------|------------|------|------|--------------|
| FIG. 1 | 1 | 1984.07.21 | 1 | 歩行者 | 歩行者の移動を追尾する。 |
| FIG. 2 | 2 | 1984.04.16 | 2 | 歩行者 | 歩行者の移動を追尾する。 |
| FIG. 3 | 3 | 1984.04.16 | 3 | 歩行者 | 歩行者の移動を追尾する。 |
| FIG. 4 | 4 | 1984.07.21 | 4 | 歩行者 | 歩行者の移動を追尾する。 |
| FIG. 5 | 5 | 1984.07.21 | 5 | 歩行者 | 歩行者の移動を追尾する。 |
| FIG. 6 | 6 | 1984.04.16 | 6 | 歩行者 | 歩行者の移動を追尾する。 |
| FIG. 7 | 7 | 1984.04.16 | 7 | 歩行者 | 歩行者の移動を追尾する。 |
| FIG. 8 | 8 | 1984.04.16 | 8 | 歩行者 | 歩行者の移動を追尾する。 |
| FIG. 9 | 9 | 1984.04.16 | 9 | 歩行者 | 歩行者の移動を追尾する。 |
| FIG. 10 | 10 | 1984.04.16 | 10 | 歩行者 | 歩行者の移動を追尾する。 |