

第 3 章

動き補正テレビ方式変換の改善

3.1 まえがき

現在、世界には、ライン数やフィールド数、色信号変調方式の異なる TV 方式が大きく分けて 3 種類存在し (表 3.1), 番組の国際交換のためにはこれらの方式の変換が必要である。特に、フィールド数の変換は時間軸上での処理となるため、画像中の動きの再現性が問題となる。従来より国際 TV 中継においては、この方式変換による画質劣化は伝送系全体における画質に大きな影響を与えている。一方、近年、MPEG-2 の標準化により、テレビジョンの伝送や放送の

表 3.1: TV 方式

	走査線数 (lines/frame)	フィールド数 (Hz)	色変調法
NTSC	525	59.54	直角振幅変調
PAL	625	50	直角振幅変調
SECAM	625	50	周波数変調

デジタル化が普及してきた。全デジタル化の達成により、従来のアナログコンポジット信号の介在に起因する画質劣化をなくすことができ、高画質化が可能である。しかしながら、たとえ MPEG-2 などのコンポーネント符号化による伝送の全デジタル化のもとでも、PAL/SECAM 方式と NTSC 方式の間では依然としてフィールド数とライン数の変換が必要である。むしろ、伝送・放送の高画質化により、方式変換はますます画質決定の主要因となり、変換画質の改善がより一層重要になってきている。

TV 方式変換装置は、初期の再撮像式や、水晶遅延線を用いたアナログ式のものにはじまり、全デジタル処理化 [1] を経て、近年はフィールド数の変換を高画質で行うことを目的として、画像中の動きを推定してフィールド内挿を行う動き補正 TV 方式変換装置が開発されるようになってきている [2, 3]。

フィールド内挿においては、動き補償予測符号化と異なり予測誤差を伝送できないため、使用する動き情報 (動ベクトル) は真の動きを表したものである必要がある。しかしながら、これを実際に伝送されるあらゆる TV 番組について完璧に達成するのは難しく、従来、番組によっては動きの誤推定の結果、変換劣化が非常に目立つ場合がある。

そこで、本章では、国際 TV 伝送の高画質化のため、我々が新たに開発した動き補正 TV 方式変換法とその装置化について述べる。本装置は、動き推定参照画像の前処理法、高精度な動き推定法、検出動ベクトルの後処理法に特長を有する。以下、3.2 で動き補正 TV 方式変換の一般的

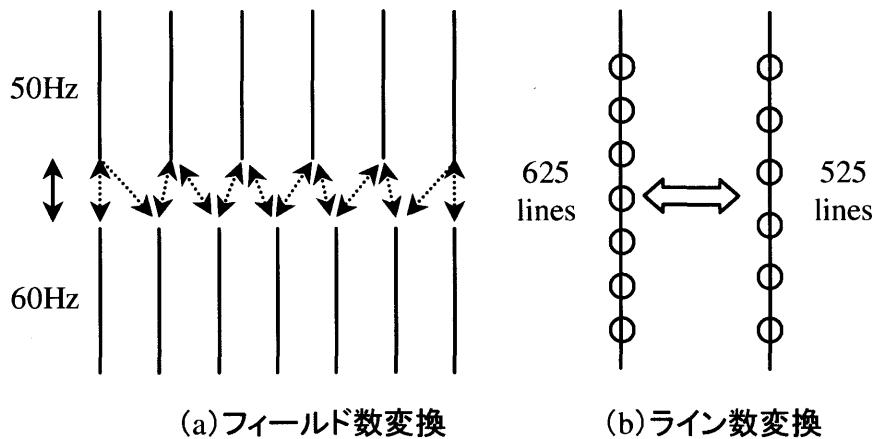


図 3.1: 動き補正 TV 方式変換におけるフィールド数 / ライン数変換

構成と従来の問題点を述べ、3.3で新たに導入した方式変換に適した動き推定法について、その要素技術を詳述する。3.4ではその動き推定法を用いて開発した TV 方式変換装置の構成とその変換特性を示す。

3.2 動き補正 TV 方式変換

3.2.1 一般的構成

動き補正 TV 方式変換では、図 3.1(a) に示したように、フィールド数の変換を行う際に、入力画のフィールドを用いて内挿により出力画のフィールドを作成する。このとき同時に図 3.1(b) に示したライン数の変換も行う。

動き補正 TV 方式変換の一般的な構成を図 3.2 に示す。これは、大きく分けてライン／フィールド周波数変換部と動き推定部からなる。入力画像は、前フィールド用メモリーと後フィールド用メモリーに蓄えられる。これらのメモリーからの読出しアドレスと内挿フィルタ係数を、動き推定部からの信号 (動ベクトル) により制御することで、動き補正フィールド内挿を実現する。

3.2.2 従来の問題点

動き補正 TV 方式変換では、フィールド内挿に使用する動ベクトルを得るため、真の動きを推定する必要がある。ところが、従来、次のような画像で誤推定が多く発生し、画質劣化となっていた。

(1) 明るさの変化する画像

画像中の急激な明るさ変化 (カメラフラッシュが焚かれる場合や、フェードイン／アウトなどの特殊効果が入っている場合など) により、動き推定が破綻し、誤動ベクトルの発生により変換画質が大きく劣化する。これは、動き推定の参照画像として画像の輝度値を使用していることに起因する。

特にカメラフラッシュは、ニュース映像などでは頻繁に現れるので、大きな問題である。

(2) 規則的繰り返し模様を含む画像

画像中に、格子模様などの規則的繰り返し模様が存在するとき、内挿に用いる前後フィールドのブロックで規則的に絵柄が一致し、動ベクトルが一意に定まらない。このため、正し

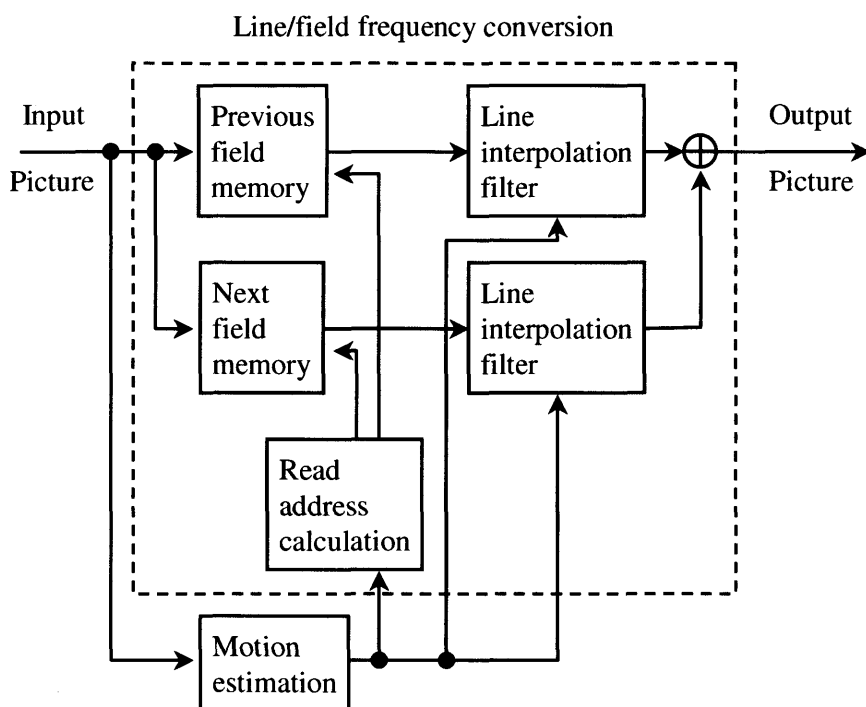


図 3.2: 動き補正 TV 方式変換の一般的構成

い動きを推定できない場合がある。これは動き補償予測符号化での動き推定ではあまり問題とはならない(結局、同じ絵柄が予測に使われるため)。しかし、内挿フィールド上では、図 3.3に示すように、本来とはずれた模様が生じることとなり、大きな画質劣化となる。

(3) 静止画部と動く背景部とが混在する画像

例えばスポーツ中継でのタイム字幕の表示や、カメラが動物体を追っている場合などに、画面上での静止部と動く背景の境界部では異なる動きが混在するため、誤推定が発生しやすくなる。特に、静止部のエッジに誤って背景の動ベクトルが割り当てられると、変換画像では、その部分が背景に引っかかるように見える独特の変換劣化となる。

3.3 動き推定方式の改善

前節で述べたような問題点による画質劣化を防ぐため、我々は、フィールド内挿用動き推定に次のような改善を行った。

- (1) 動き推定用前処理フィルタの改善(ノイズ除去および明るさの変化への対応) - DOG(Difference of Gaussian) フィルタの導入
- (2) 反復勾配法の高精度化(動ベクトル検出の高精度化)
- (3) 検出動ベクトル用後処理フィルタの改善(異なる動きの混在部への対応) - 動き推定後処理用絶対値順序フィルタ(Absolute Order Statistics Filter; AOSF)の導入

これらを用いた新動き推定方式のブロック図を図 3.4に示す。

まず前処理フィルタ(DOG)により、ノイズや明るさ変動などの動き推定攪乱要因が、画像から除去される。

次に、2段階階層型動き推定部では、はじめに比較的大きなブロックサイズ(例: 8×8)で動ベクトルを高精度化反復勾配法により求める。さらに、局所的な動きにも対応するため、第

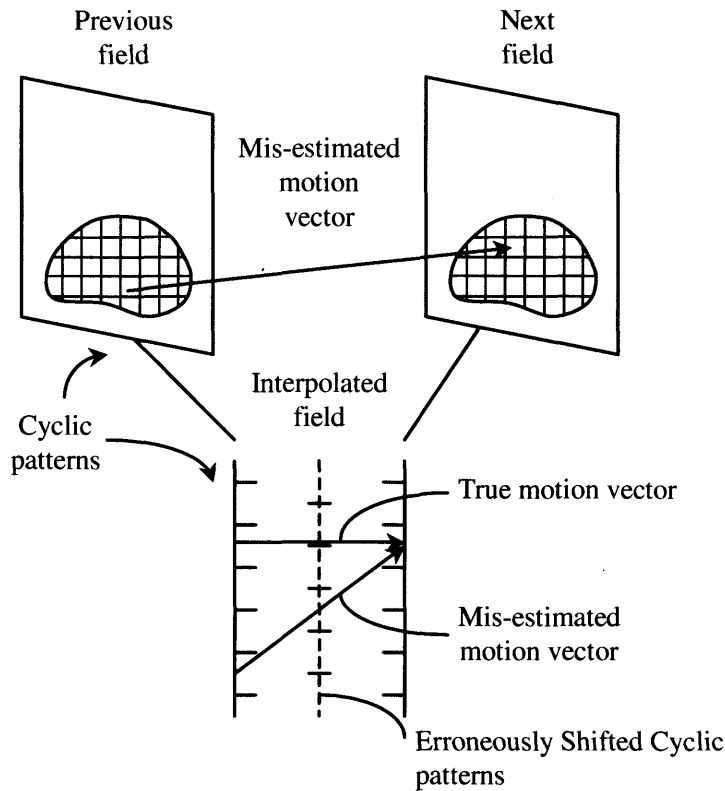


図 3.3: 規則的繰り返し模様での動き誤推定

一段階の動ベクトルをもとに，作成すべき内挿フィールド上の小ブロック (サイズの例： 4×2) 毎に動ベクトルが割り当てられる (「ベクトル割り付け」 [3])．

最後に，これら小ブロックの動ベクトルに対し，誤動ベクトルの除去及び異なる動きの混在するブロックなどでの動ベクトルの平滑化のため，後処理フィルタ (AOSF) をかけ，出力動ベクトルを得る．

以下に，前記 3 改善項目について詳述する．

3.3.1 動き推定用前処理フィルタの改善

動き推定は，変換される TV 信号に重畳されるノイズなどの攪乱要因により，その精度が大きく左右される．そこで，その攪乱要因を画像から除去する必要がある．攪乱要因の主なものとして，次の 2 種類が考えられる．

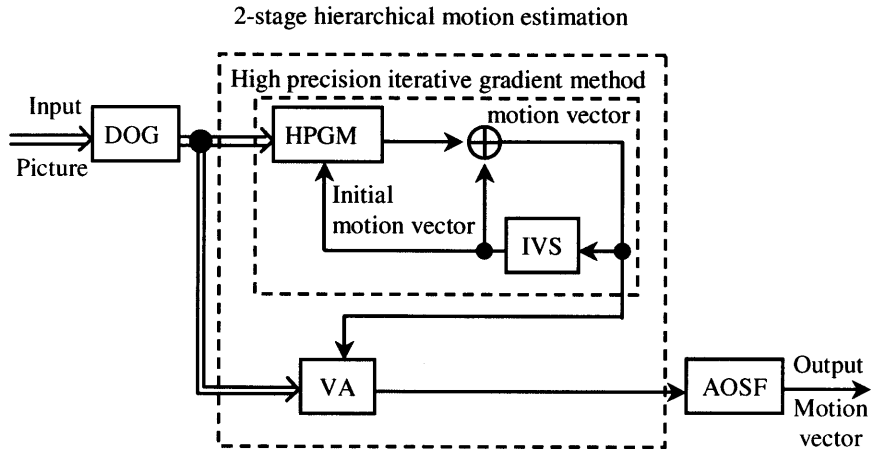
(1) ノイズ

(2) 明るさの変化 (カメラフラッシュやフェードイン／アウト等の特殊効果)

このうちノイズ対策としては，低域通過フィルタを動き推定前処理として適用する方法が従来より用いられている [2, 3]．しかしながらこれは，明るさ変化に対しては有効な対策とはならない．

明るさの変化に対応するためには，画像の直流成分を抑圧すれば良く，これと同時に従来通りノイズの平滑化を行うには，高周波成分も抑圧することが必要となる．

そこで我々は，動き推定用前処理フィルタとして，帯域通過特性を有しエッジに代表される画像の特徴を効果的に抽出できる DOG (Difference of Gaussian) フィルタを導入することとした．



- DOG :DOG (Difference of Gaussian) filter
for preprocessing of motion estimation
- HPGM :High-precision gradient method
- IVS :Initial motion vector selection
- VA :Vector assignment
- AOSF :Absolute order statistics filter for post-
processing of motion vectors

図 3.4: 新動き推定方式のブロック図

DOG フィルタは, σ, λ を定数として,

$$DOG(x, y) = \{G^{ex}(x, y) - G^{in}(x, y)\} \quad (3.1)$$

ここに

$$G^{ex}(x, y) = \lambda^2 \exp[-(x^2 + y^2)/2\sigma^2]$$

$$G^{in}(x, y) = \exp[-(x^2 + y^2)/2\lambda^2\sigma^2]$$

と表される. このフィルタは, 人間の視覚感度の周波数特性を模した帯域通過特性を有している [4]. 図 3.5(a) に示す画像 “BBC Car” に DOG フィルタをかけた画像を図 3.5(b) に示す. 画像の平滑化と共に, 直流成分の抑圧, エッジの強調が効果的に行われていることがわかる.

図 3.6 に, 特性比較として, カメラフラッシュが頻繁に焚かれる会合の様子を撮影した映像 (動きは殆んどない) に対して, 動き推定前処理に DOG フィルタを用いた場合と従来の低域通過フィルタ (LPF) を用いた場合との検出動ベクトルの分散値 (水平・垂直成分の分散の和) の比較を示す. 動き推定法としては, 3.3.2 節で詳述する高精度化反復勾配法を使用した.

図 3.6 を見ると, 低域通過フィルタの場合に特定のフィールドで分散値が非常に大きな値となる. これらのフィールドがちょうどカメラフラッシュが焚かれた瞬間に対応している. 画面中に殆んど動きがないことを考慮すると, 互いに無相関な大きな動ベクトルが多量に発生していることが想定でき, これは実際の動ベクトル分布からも確認できた.

DOG フィルタ使用の場合には, 分散値は安定して小さい値を保っており, 明るさの急激な変化にも影響を受けない安定した動き推定が行われていることがわかる.



(a) “BBC Car”



(b)DOG フィルタによる処理画

図 3.5: DOG フィルタによる前処理

3.3.2 反復勾配法の高精度化

方式変換のための動ベクトルには、予測誤差を伝送できる動き補償予測符号化と異なり、真の動きを表す必要性から、広範囲・高精度が求められる。

従来より、動ベクトル検出アルゴリズムとして代表的なものに、

- (1) ブロックマッチング法
- (2) 反復勾配法 [5]

の2種類がある。前者は、予測誤差を最小にする意味から動き補償予測符号化に適している。後者は、勾配法の問題点である大きな動き量に対する特性低下を解決したもの [5] で、非整数画素精度で広範囲の動ベクトルを求めることが可能なため、これまで TV 方式変換装置に用いられてきた [2, 3]。

従来の方式変換において、反復勾配法による動ベクトル \mathbf{v} は、初期偏位動ベクトルを \mathbf{v}_0 とし、次のように求められている [5]。

$$\mathbf{v} = \Delta\mathbf{v} + \mathbf{v}_0 \quad (3.2)$$

ここに $\Delta\mathbf{v}$ の水平、垂直成分 v_x, v_y は、画素値の水平勾配 Δ_x 、垂直勾配 Δ_y 、 \mathbf{v}_0 による動き補償フィールド間差分 Δ_t によって

$$v_x = -\frac{\sum \text{sign}(\Delta_x)\Delta_t}{\sum |\Delta_x|} \quad (3.3)$$

$$v_y = -\frac{\sum \text{sign}(\Delta_y)\Delta_t}{\sum |\Delta_y|} \quad (3.4)$$

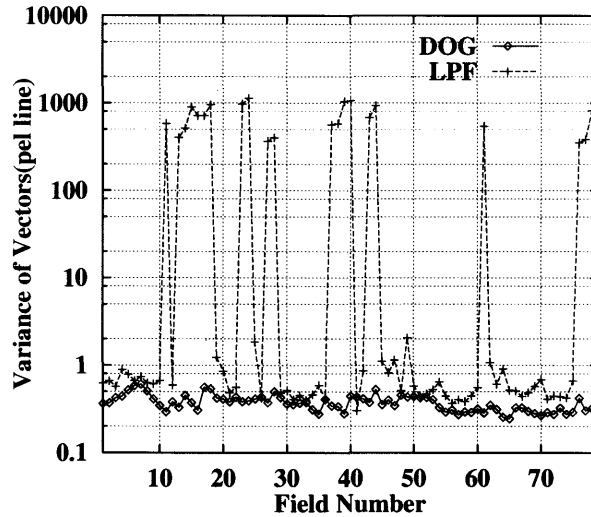


図 3.6: 検出動ベクトル分散の比較 (DOG と LPF)

と表される (和は当該ブロック内の全画素について適用, sign は符号を意味する). 初期偏位動ベクトルは, 過去に求まった周辺のブロックの動ベクトルを候補としてマッチングにより決定する.

式 (3.3), 式 (3.4) は, 最小 2 乗法による推定式 [6]

$$v_x = -\frac{(\sum \Delta_y^2)(\sum \Delta_t \Delta_x) - (\sum \Delta_x \Delta_y)(\sum \Delta_t \Delta_y)}{\sum \Delta_x^2 \sum \Delta_y^2 - (\sum \Delta_x \Delta_y)^2} \quad (3.5)$$

$$v_y = -\frac{(\sum \Delta_x^2)(\sum \Delta_t \Delta_y) - (\sum \Delta_x \Delta_y)(\sum \Delta_t \Delta_x)}{\sum \Delta_x^2 \sum \Delta_y^2 - (\sum \Delta_x \Delta_y)^2} \quad (3.6)$$

を,

$$\sum \Delta_x \Delta_y = 0, \quad \sum |\Delta_x| \gg 0, \quad \sum |\Delta_y| \gg 0 \quad (3.7)$$

という仮定のもとで近似した式である.

式 (3.7) は, 斜め方向の勾配が存在しないことと, 水平・垂直方向の勾配が充分大きいことを仮定しており, 後述するハードウェア実現の観点から, 式 (3.3), 式 (3.4) の近似式が従来から用いられてきた. しかしながら式 (3.7) の近似条件は, 必ずしも常に満たされるとは限らず, 斜め方向の画素値勾配が存在する画像や, 平坦部が多い画像では, 動き推定の精度が低下し, 動ベクトルがばらつくこととなる. このような画像はテスト動画像 “Interview” (図 3.7 にその一部を示す) など, 決してまれではなく, この動ベクトルのばらつきが変換画質に大きな影響を及ぼす場合がある.

したがって, より高精度に動ベクトルを求めるため, 我々は, 式 (3.5), 式 (3.6) を忠実にハードウェア実現することを試みた.

従来の式 (3.3), 式 (3.4) のハードウェア化に際しては, 分母の逆数演算を行うために, 入力値をアドレスとし出力逆数をデータとする ROM を使用するのが適当である. しかしながら式 (3.5), 式 (3.6) では, この分母のビット数が大きくなるため, 1 個の ROM ではアドレスビット幅が不足し, 実現が困難であった.

そこで, 我々は, ビット幅の大きい逆数演算を行うため, 図 3.8 に示すような ROM 2 個を使う構成とした. A のビット数を a (bits), 2 個の ROM のアドレスビット幅が a より小さい b ,

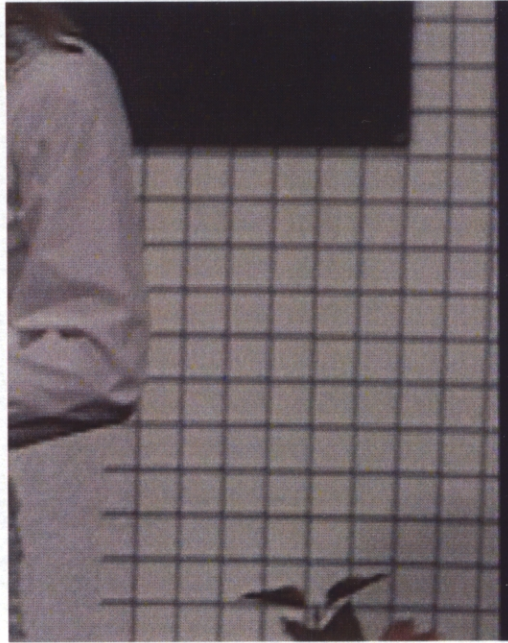


図 3.7: テスト動画像 “Interview” (一部)

$c(\text{bits})$ であるとし, $A = A_0 + A_1$ と表される時

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{A_0} \frac{1}{1 + A_1/A_0}$$

であることを利用している. ただし, A_0 と A_1 を単純に上位ビットと下位ビットにすると, $1/A_0$ を計算する ROM 1 において分母が 0 になりうる. これを防ぐため上位 b ビット A_U , 下位 $a - b$ ビット A_L に 2^{a-b-1} を加減算することを想定した.

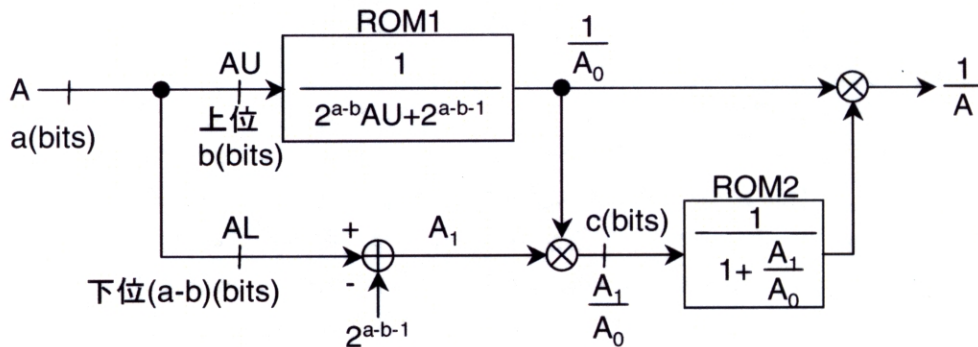


図 3.8: 逆数演算

次に, 特性比較として, 従来の反復勾配法と, 高精度化反復勾配法を用いてテスト動画像 Kiel Harbor3(街の絵の横スクロール, 一定の動きを有する)の動き推定を行い, その動ベクトルの分散(水平・垂直成分の分散の和)を求めた結果を表 3.2 に示す. この表をみると, 反復勾配法の高精度化によって, 検出動ベクトルのばらつきが従来に比べ分散値で約 $1/3$ 以下に抑えられていることがわかる.

表 3.2: 動ベクトルの分散の比較

	高精度化 反復勾配法	従来の 反復勾配法
Kiel Harbor3	8.9	31.8

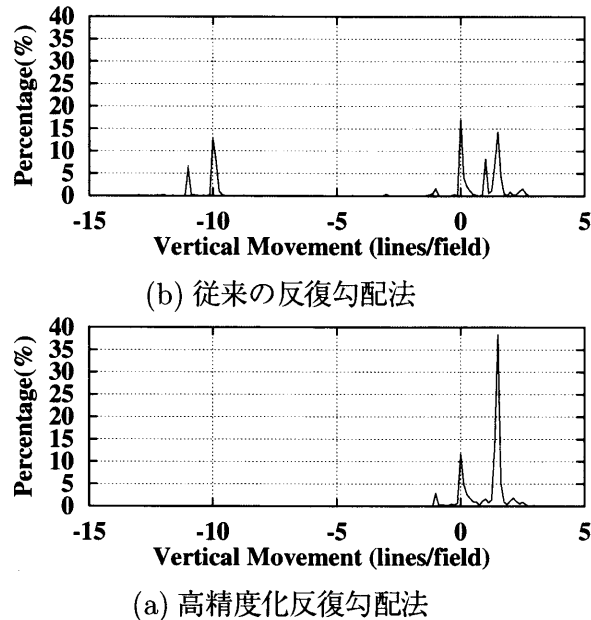


図 3.9: “Interview” の検出動ベクトル (垂直成分) のヒストグラム

さらに、画像 “Interview” の検出動ベクトルの垂直成分のヒストグラムを図 3.9 に示す。この画像では、左方の立ち上がる人物を追ってカメラがゆっくりと上方へチルトしており、正しい動きは画面中の多くの部分で約 2 ライン / フィールド、一部分で 0 となっている。図 3.9 を見ると、高精度化反復勾配法がほぼ正しい動きを捉えているのに比べ、従来法では、-10 付近の大きく誤った動ベクトルが発生している。この理由は、以下のように考えることができる。

反復勾配法では、いったん正しい動きを捕捉すると、式 (3.3) ~ 式 (3.6) で $\Delta_t \approx 0$ となるため、以後もその動きを捕捉し続けやすいといえる [5]。逆に、誤った動きであっても、 $\Delta_t \approx 0$ となるような初期偏位動ベクトルが選択された場合には、やはりその誤った動きを捕捉し続ける傾向がある。

従来の簡易型反復勾配法では、平坦部の多い “Interview” のような画像では特に検出動ベクトルのばらつきが大きくなるため、誤った動きを捕捉してしまった結果、図 3.9 に示したような検出動ベクトル分布となると考えられる。

3.3.3 検出動ベクトル用後処理フィルタの改善

動ベクトルは、本来、画像中の各物体または背景に固有に割り当てられるべきものである。しかし、このように画像中に異なる動きが混在する場合、図 3.10 に示すように、その境界部のブロックで、推定される動ベクトルにばらつきが生じてしまい、画質劣化の要因となる。ブロック単位で動き推定を行っている以上、このばらつきを平滑化し、適当な動ベクトルをただ 1 つ当該ブロックに割り当てなければならない。この時、単なる複数のベクトルの平均値のような新た

な別のベクトルを割り当てるよりも、周囲のベクトルのうちから1つ適切な動ベクトルを選択する方が視覚的に劣化が少ないと考えられる(順序統計フィルタ処理)。その際、周囲のベクトルに対して最も少ない誤差を与えるベクトルが、これら周囲ベクトルのメディアン(中央値)となる[7]。

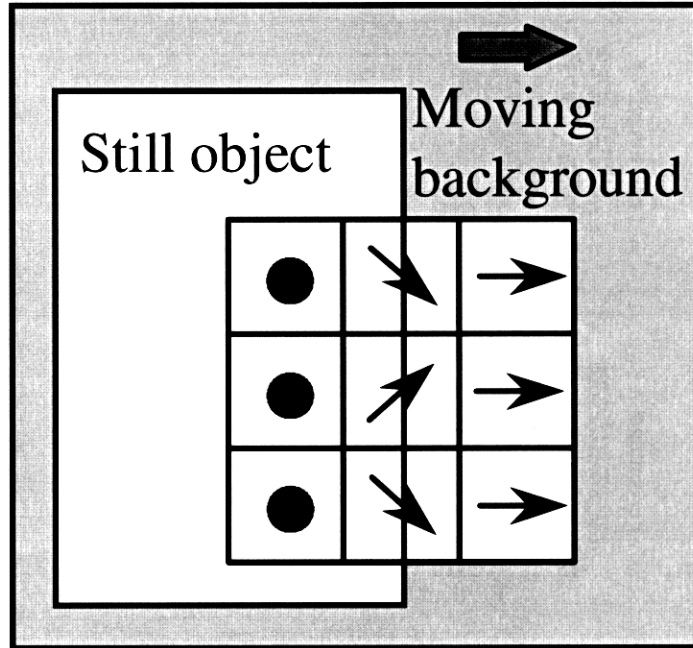


図 3.10: 動きの混在するブロック

しかしながら、3.2.2節の問題点(3)に示したように、変換画像においては、本来静止であるべき部分に誤って動ベクトルが割り当てられることによる劣化の方が、動画部に誤動ベクトルが割り当てられるよりも、視覚的に目立つと考えられる。したがって、動ベクトルに対して順序統計フィルタ処理を適用するにあたり、単なるメディアンではなく、より大きさの小さい動ベクトルを優先した処理を行う必要がある。

そこで、我々は、下記のような動ベクトル絶対値順序フィルタ(AOSF)を後処理フィルタとして採用することとした。

- (1) 対象となっているブロックの8近傍ブロックを含む合計9個のブロックのベクトルの絶対値を求める。
- (2) その絶対値を小さい方から順に並べ、真中より小さいある順番(例:小さい方から3番目)に相当するベクトルを対象ブロックのベクトルとする。

対象ブロックのもとの動ベクトル(の水平/垂直成分)を v_0 、その近傍8ブロックの動ベクトルを v_1, \dots, v_8 とすると、例えば絶対値が3番目に小さいものを選択するAOSFでは、出力ベクトルは、次の式(3.8)で表される。

$$v'_0 = v_{s3}, \quad s3: |v_{s1}| < |v_{s2}| < |v_{s3}| < \dots < |v_{s9}| \quad (3.8)$$

これに対しメディアンフィルタの場合は、下記のようになる。

$$v'_0 = v_{s5}, \quad s5: v_{s1} < v_{s2} < \dots < v_{s5} < \dots < v_{s9} \quad (3.9)$$

表 3.3: 新装置の主要諸元

入出力映像方式	NTSC,PAL,SECAM
信号形式	Analog composite / component, SDI(D1/D2)
量子化	輝度:13.5MHz,10bit 色差:6.75MHz,10bit
変換方式	動き補正型適応ライン・フィールド周波数変換
電源条件	AC110/220V±15%, 単相,50/60Hz,350VA 以下
形状・重量	186mm(H)x483mm(W)x625mm(D), 約 25kg

次に、比較のために、典型的な例として、図 3.10 のような動ベクトルにメディアンフィルタと AOSF をかける場合の出力動ベクトルを図 3.11 に示す。メディアンフィルタの場合は、(a) のように静止物体の境界部に背景の動ベクトルが割り当てられる可能性が高いが、AOSF を用いれば、(b) に示したように、静止物体本来の動ベクトル (この例では 0) が割り当てられやすくなる。

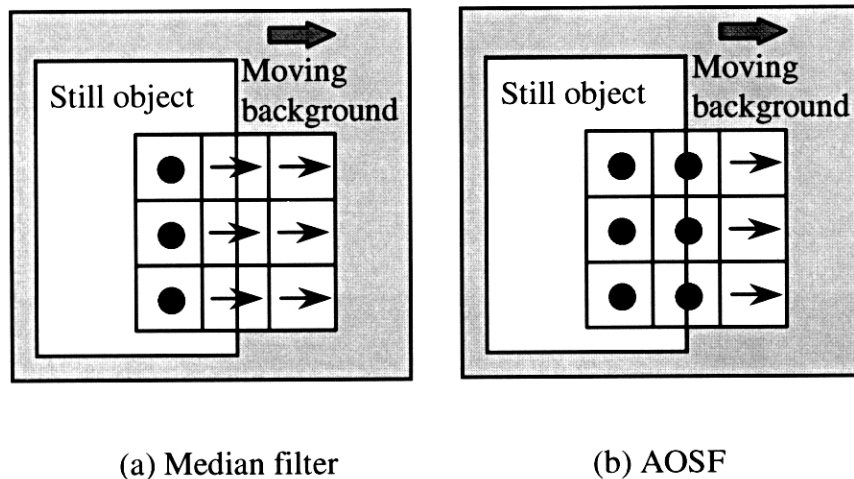


図 3.11: 動ベクトル後処理

この結果、スポーツ中継などでの静止字幕や、カメラが追尾する移動物体のエッジなどでの劣化を最小限度に抑えられることとなる。

3.4 新 TV 方式変換装置の開発

3.4.1 全体構成

我々は、前節で述べた動き推定改良方式を導入して、新しい高画質動き補正 TV 方式変換装置を開発した。図 3.12 に、その全体構成を示す。入力された信号がコンポーネント信号のときはそのまま、またコンジット信号のときは、YC 分離によってコンポーネント信号にされた後、方式変換処理が行われる。変換出力信号は、コンポーネント信号およびそれが YC 合成されたコンジット信号である。また表 3.3 と図 3.13 には、それぞれ本装置の主要諸元と装置写真を示す。

方式変換部においては、高精度なライン／フィールド周波数変換を実現するため、

- (1) 動き推定処理 (前節)

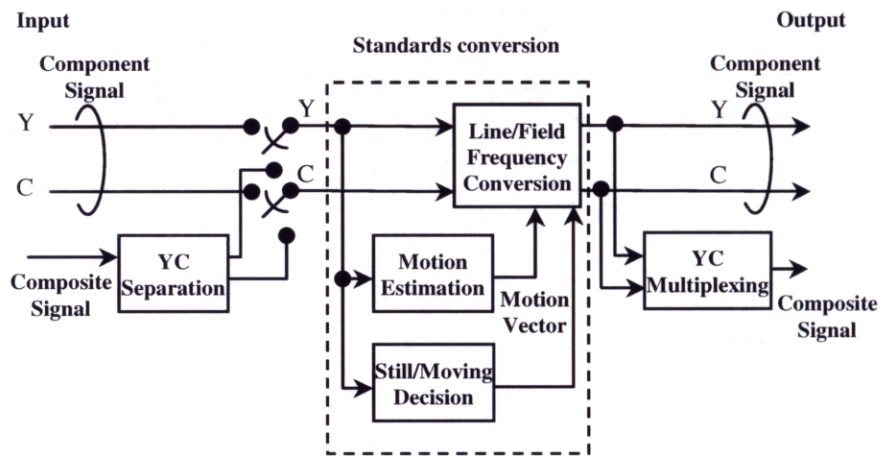


図 3.12: 新 TV 方式変換装置の全体構成



図 3.13: 新装置の写真

(2) 静／動判定処理
を行っている。

静／動判定処理 静／動判定処理は、画面中の画素毎に静止画部か動画部かを判定する。

ライン／フィールド周波数変換 内挿フィールドを挟む前後の原画フィールドはインタレース構造であることから、静止画部については、これら前後フィールドは静止物体を別の位置でサンプリングしているといえる。これを利用して高解像度を保持する内挿(フィールド間内挿 [1])をライン／フィールド周波数変換において行う。

また、動画部については、まず、内挿フィールドを基点として動ベクトルの指し示す前後フィールド上の位置に、各フィールド内で内挿画素を作成する。次に、これら前後フィールド上の2個の内挿画素値を、内挿フィールドへの距離の逆比で加重加算することにより、内挿フィールド上の画素値を得る [3]。

以上のようにして、ライン数変換とフィールド数変換を行い、出力方式の TV 信号を得る。

3.4.2 総合評価

本節では、実験により、新装置の変換特性の総合評価を行う。

方式変換では、原画と変換画では SN 比を計算することができない。そこで、まず 625/50(525/60) のテスト動画像を 525/60(625/50) に変換し、それを再び 625/50(525/60) に逆変換する。この変換・逆変換画と原画像の SN 比を計算する。変換・逆変換のアルゴリズムは、ライン数やフィールド内挿比に関するパラメータを除いて全く同一とする。この SN 比の利用による評価値として、以下の平均 PSNR と最小局所 PSNR を用いる。

- 平均 PSNR: 画面全体での平均の PSNR
- 最小局所 PSNR: たとえ平均の SN が良くても、画像の一部分に大きな劣化があると、視覚的には目立つ変換劣化となる。そこで、局所的な劣化の度合を調べるため、画像を適当な大きさ(例: 32×32) のブロックに分割し、各ブロックの PSNR(局所 PSNR) の最小値を評価値とする。

比較のため、動き推定前処理として低域通過フィルタ、従来の反復勾配法、およびベクトル後処理フィルタとしてメディアンフィルタを用いた従来型の動き補正方式変換法についても実験を行った。

動画像 “Flash”(人物に対しカメラフラッシュが焚かれる; 図 3.14), “Interview”(規則的模様を含む) についての変換・逆変換による平均の PSNR を表 3.4 に示す。

表 3.4: 変換・逆変換による平均 PSNR(dB)

	従来方式	提案方式
Flash	38.6	39.4
Interview	35.3	37.9

“Flash” では約 0.8dB、提案方式の方がすぐれている。変換画像を観察すると、従来方式ではカメラフラッシュが焚かれた瞬間に、人物の輪郭が崩れる、極めて目立つ変換劣化が生じた(図 3.15(a))。これは、明るさの急激な変化により、動き推定が破綻するためである。一方、提案方式では、DOG フィルタの効果で、そのような劣化のない変換映像が得られた(図 3.15(b))。



図 3.14: テスト動画像 “Flash”



(a) 従来法

(b) 提案法

図 3.15: “Flash” の変換画像

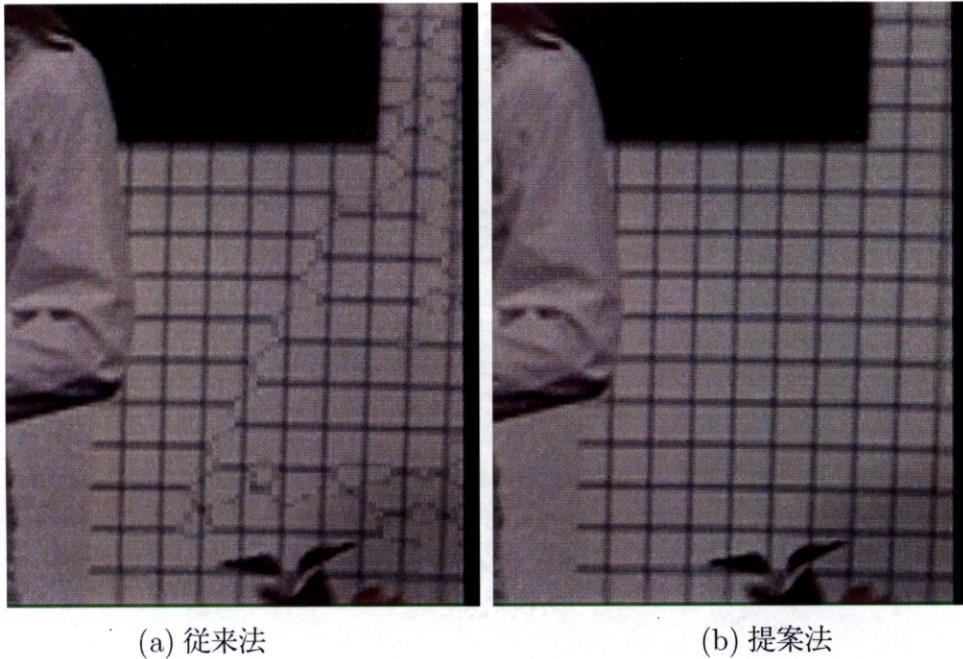


図 3.16: “Interview” の変換画像

また“Interview”では約2.6dB、提案方式の方がすぐれている。従来方式による変換画像では、壁の格子模様のずれの劣化が生じた(図3.16(a))。これは前述の通り、規則的模様のために真の動きを表さない誤った動ベクトルを捕捉してしまったことによる。提案方式では、反復勾配法の高精度化の効果により、動き誤推定を起こすことなく、高画質に変換された(図3.16(b))。

次に、テスト動画像“BBC Car”(建物を背景に走るアンテナ付の車をカメラが追う)についての最小局所PSNRと平均PSNRを表3.5に示す。

表 3.5: 変換・逆変換による最小局所PSNRと平均PSNR(dB) (BBC Car)

	従来方式	提案方式
最小局所PSNR	24.7	25.7
平均PSNR	39.2	39.5

まず最小局所PSNRを見ると、提案方式の方が約1dB上回っている。変換画像を観察すると、ちょうどアンテナの部分が動く背景に引かかるように見える劣化が、従来方式では著しい(図3.17(a))。局所PSNRが最小値をとったのも、その部分であった。提案方式では、AOSFの効果で、その劣化が大幅に低減された(図3.17(b))。

また、表3.5の平均PSNRを見ると、提案方式の方が0.3dB上回っている。この画像では背景が約15(pel/field)の比較的高速で動いていることを考慮すると、提案方式により速い動きも問題なく正しく捉えられることが確認できる。

以上に示したように、我々が開発した新TV方式変換装置では、DOGフィルタによる動き推定前処理、高精度化反復勾配法、AOSFによる動ベクトル後処理を新たに導入した動き推定方式により、従来に比べ変換劣化を最小限度に抑えることが可能となった。

なお、画像の動きを求める方式として位相相関法[8]を用いた方式変換装置も開発されている。位相相関法では、FFTを利用し、画像の相互相関関数の位相成分のみを用いることによ



(a) 従来法



(b) 提案法

図 3.17: “BBC Car” の変換画像

り、画像の動きを測る。ただし方式変換の場合、カバーすべき動きの大きさの範囲が広いと、その分 FFT ブロックサイズを大きくする必要がある。その副作用として、特に小さい物体が全体と異なる動きをしている場合に検出漏れしやすいという点と、回転運動のように相関平面上ではっきりしたピークが立たないような動きを捉えにくいという点が挙げられる。そのためこのような欠点をカバーする何らかの手法を組み合わせる必要がある。

3.5 本章のまとめ

本章では、我々が新たに開発した高画質な動き補正 TV 方式変換法とその装置化について述べた。

本装置には、動き推定用前処理 DOG フィルタ、高精度化反復勾配法、動ベクトル後処理絶対値順序フィルタ (AOSF) 等を新たに導入した独自の動き推定方式が用いられている。そのため、従来の方式変換で問題となっていた、明るさの変化する画像や規則的模様を含む画像、および静止画部と高速で動く背景部の境界を含む画像などでの画質劣化を最小限度に抑えることができる。

この新しい TV 方式変換により、従来方式変換劣化が目立っていた激しい動きを含むスポーツ中継映像などに対しても、安定した高画質の変換が可能となった。

本章の参考文献

- [1] 衣畑, 佐々木, 山本, 天野: “適応型フレーム内ライン内挿方式によるデジタル化テレビ標準方式変換装置”, テレビ誌, **30**, 5, pp. 392–398 (1976).
- [2] T. Yamauchi, N. Ouchi and H. Shimano: “Motion-compensated TV standards converter using motion vectors computed by an Iterative Gradient Method”, Signal Processing: Image Communication, 6, pp. 267–274 (1994).
- [3] 野尻, 平林, 曾根原, 岡野: “HD TV方式変換装置”, テレビ誌, **48**, 1, pp. 84–94 (1994).
- [4] D. Marr, et al.: “Theory of edge detection”, Proc. R. Soc. Lond., B 207, pp. 187–217 (1980).
- [5] 和田, 山口: “反復勾配法による動画像信号の動き量検出”, 信学論, **68-D**, 4, pp. 663–670 (1985).
- [6] C.Cafforio and F.Rocca: “Methods for measuring small displacements of television images”, IEEE Trans., **IT-22**, 5, pp. 573–579 (1976).
- [7] J.Astola, P.Haavisto and Y.Neuvo: “Vector median filters”, Proc. IEEE, **78**, 4, pp. 678–689 (1990).
- [8] G.A.Thomas, et al.: “Television motion measurement for DATV and other applications”, BBC Research Department Report, 1987/11 (1987).