

東京大学大学院新領域創成科学研究科

環境学研究系自然環境学専攻

自然環境景観学分野

平成 27 年度 修士論文

フィールドワークセンシングのための

加速度・角速度センサを用いた行動分析

Motion analysis for field work sensing by using wearable sensors

2016 年 1 月 21 日提出

2015 年度 3 月修了

指導教員 斎藤 馨 教授

47-146606 大西 鮎美

目次

1	背景と目的	4
1.1	環境学習活動における評価の課題	4
1.2	学習活動の評価方法	4
1.3	データ収集の際の制約について	5
1.4	一般的に用いられているフィールドワーク	6
1.5	本研究におけるフィールドワークとは	6
1.6	先行研究 会話分析や興味度合いの分析	7
1.7	フィールドワークを対象とするセンシングの必要要件	8
1.8	研究の目的	8
2	研究方法	9
2.1	研究の流れ	9
2.2	実験方法	10
2.2.1	妙岐の鼻湿原でのフィールドワークの映像分析	10
2.2.2	秩父演習林見学の映像分析	10
2.2.3	実験方法	11
2.3	加速度センサによるデータ取得	11
2.3.1	使用するセンサ	11
3	結果と考察 1 フィールドワーク映像分析結果	13
3.1	妙岐の鼻湿原における歩行映像の結果	13
3.2	秩父演習林見学映像分析結果	13
3.3	考察	15
3.4	3章のまとめと課題	15
4	データ取得	17
4.1	実験の条件および環境	17
5	結果と考察 2 一点注視・着座型—もりのおはなしかい	21
5.1	興味度合いと動作の分析手法	21
5.2	結果と考察	23
5.2.1	装着性の評価	23
5.2.2	評定の一致度	24
5.2.3	映像データから分かったこと	25
5.2.4	ラベルの階層決定	25
5.2.5	特徴量選択と評価方法	26
5.2.6	認識結果	27

5.3 5章のまとめ	27
6 結果と考察3 フィールド・単独移動型.....	28
—妙岐の鼻によるフィールド分析.....	28
6.1 GPS で取得された標高	28
6.2 微地形の折尺を用いた測定.....	28
6.3 Line ごとの加速度値(頭部センサ).....	30
6.4 周期性の分析(頭部装着センサ).....	32
6.4.1 周波数分析結果.....	32
6.4.2 周期性に関する考察.....	39
6.5 6章まとめ	40
7 フィールドワークセンシングシステムの実装.....	41
8 まとめ	42
謝辞	44
参考文献	45

1 背景と目的

1.1 環境学習活動における評価の課題

環境学習活動において、多様な環境教育の手法は開発されているもののそれらのプログラムの評価手法も課題といわれている。環境教育での心理変容をとらえた評価尺度の開発が課題であること(奥井ら, 1994), 室内でのディスカッションなどの環境学習による心理変容を評価した研究事例が乏しいことが課題としてあげられる(広瀬, 2008)。また, 環境教育として留意すべきことを広瀬(2008)は2点述べている。1つ目は行動変容だけでなく, 参加者が同じプログラムに参加している他者や自然とのつながりを感じることにある。こうした意識の変化を評価する適切な方法の模索も始めなければならないということ, 2つ目は, 環境教育の役割への期待が大きくなるにしたがって, 環境教育プログラムには実効性が求められるということである。しかし, 実効性をどのように判断するか, どのような環境教育プログラムに実行性があるのか, 現状では明確な答えをだせないとも述べている。このように, 環境学習についても意識の変化やプログラムとしての実効性について判断することが課題であり, フィールドワークを中心とした実証的な実践研究の積み重ねが望まれている。

1.2 学習活動の評価方法

表1は秋田ほか(2015)をもとに作成した学習活動のデータ収集法である。

表1. 取得データごとの特徴

データの種類	使用機器	メリット	注意点
映像	ビデオカメラ	身体的な様子, ジェスチャ, 表情など 詳細なデータを得られる	教室などの様子全体をとりた い場合, 最低3台を用いる必要 があり, 台数が増えるごとに圧 迫感を与える
音声	ICレコーダ	映像に比べ圧迫感が少ない, グル ープ単位で記録ができる, 記録装 置が小型で設置場所を問わな いため, 授業の, 多人数には対 応しきれない, ような複雑な活 動を伴う場面に有用	複数人が同時に発言する場 合など, 多人数には対応し きれない
テキスト	メモ	ビデオ等でとり切れない出来 事(天気, 時間, 人数など)の記 録	時間的変化をとるためには, 音声や動画との併用が必要
質問紙	質問紙	全体の中の参加者の特性を明 確にできる 個々の特性を知ることができる	ある一時点のデータ. 幼児な どからは得られない
子どもが書いたもの	ワークシートなど	発言していない者が何を考 えていたかがわかる	イベントに組み込まれてい ることが必要
インタビューデータ	ICレコーダ, メモ	発言や書いたことの意味の 確認ができる	個別聞き取りの時間が必要

学校教育と学習の心理学(2015)を参考に作成

人を対象とした場合, 秋田ら(2015)は, 学校教育におけるデータの取り方として映像, 音声, テキスト, 質問紙, 子どもが書いたもの(ワークの成果物等), インタビューデータという項目を挙げている。近年行われている学習活動の分析には, 質問紙や映像データ, 音声データなどが一般的に用いられている。活動中の参加者の様子をより詳細に得たい場合, 映像デ

ータを用いることで身体的な様子や表情、ジェスチャなどの詳細なデータを得ることができる。

1.3 データ収集の際の制約について

フィールドワークでのデータ収集における制約について述べる。フィールドワークでは、実環境・実社会でデータを収集するため、調査者はある決められた枠組みの中で各状況を記録する必要がある。実環境であるため、多くの場合、時間的な制約が存在する。移動を伴う場合は、可搬であることも必要である。調査者がその時気づいた重要と思った要点のみをメモし、調査終了後にまとめるということも多々ある。この場合、2章の実験で挙げたような調査中に重要と置いていなかったが振り返ると重要かもしれないことは記録として蓄積されにくい。また、そのような制約はそれぞれ実施するワークごとに異なると想定される。自然科学的フィールドワークの場合、対象地全体を詳細に分析することは、人海戦術を用いることで可能であるようにもみえるが、その一方で日々変化する自然を相手としているため時間的な制約があり、方形区を設置したサンプリングを行うことが多く、対象地全体を調査することが現実的でない場合が多くあることを示唆している。人文科学的フィールドワークの場合、森下(2007)は実践に入り込む際にそのコミュニティで行ってはいけない行為の線引きの例として、ビデオ撮影は研究実践に基づくものであり、実践内容をこえた部分にあるため、一般には受け入れられにくい面もあると述べている。撮影はプログラムに組み込まれていないため、現場ではしばしば強い拒否感が生まれるということである。これについて秋田ほか(2015)は教育の場でのビデオ撮影について、カメラの台数が増えることで自然なふるまいが取れないことを挙げている。本研究でも、後に述べる実践教育プログラムにおいてビデオ撮影をおこなっているが、一名でも映りたくないという参加者がいた場合、撮影はしないということあらかじめ知らせたうえで撮影を行っている。このような問題は、質問紙調査と同様に個別対応が可能であるため、フィールドワークセンシングでは回避できる。なぜなら、一名のみセンサを装着しなければ、装着者以外の個人に関するデータが収集されないからである。このように、特に外部参加者など人間を対象としたフィールドワークに関しては調査を行う際、コミュニティに対する配慮が必要である。学校教育において平等性は重要で、対照実験などが難しい場合もある。実践に対してできる限り自然で抵抗なく、必然性のある記録方法が望まれる。また、仮にビデオをとったとしても、その一挙一動ややりとりをデータ化し、分析するのに膨大な時間を要するため、教育の場で提唱されている(鈴木, 2006)プログラム改善のための ADDIE モデル(GANIE et al. 1996, 2005)のようなサイクルを早めて実践の改善を行うことは困難である。このように、実践的なフィールドワークを詳細に分析し、改善をしようとした場合、現状では多くの時間的、コミュニティ的な制約がある。

実社会における普段の場面での活動の評価方法として、加藤(2008)は状況内評価を提案している。状況内評価とは、その場を共有する当事者が実践の一部として行っている評価であ

る。我々は日常的に相手の発話に対して、「なるほど」、「いやいや」といった同意や否定の評価行動を自然に行っているというものであり(図 1)、このような評価の蓄積によって、与えられた状況内で得られた評価のことを状況内評価と呼ぶ。状況内評価の特徴として、評価は実践の中に埋め込まれており、当事者には評価を行ったという自覚さえない場合がある(加藤, 2008)。また、評価は即興的に行われ、その記録が残されることはほとんどないことから、状況内評価を利用しようとしたとき、最大の障壁となるのは、それを記録することである。したがって、評価の記録を可能にすることで、既存の評価に加え、状況内評価を指標として取り入れやすくなると考えられる。できるだけ参加者を圧迫しないような小型かつ可搬な機器で、活動参加者の動作やジェスチャを得ることで、活動中の参加者の自然な動作をより詳細に記録することが可能である。以上のことから、実践型教育プログラムの様子を評価することができれば、その分析結果を反映してより良いプログラムをつくることが可能と考えられる。

1.4 一般的に用いられているフィールドワーク

フィールドワークという用語は、研究分野によって異なる使い方がなされているため、本研究で対象とするフィールドワークとは何かを述べる。村山(2014)は、「フィールドワークは、個人やグループで現地に赴き、その地域の自然や人間活動について調査することであり、現地調査や地域調査、野外調査とも呼ばれる」と述べている。実践的研究など調査対象が人である場合、杉万(2000)は、研究者はフィールド現象の外部者ではありえず、研究者とフィールド間には相互作用があると述べている。森下(2007)は、調査者とフィールドとの間に成立していると観察される相互関係から、フィールドの当事者と共に実践を可視化し、当事者でありながら実践内では観察という役割を果たしつつ、現場で何かを作りだしていくという立場をとっている。すなわち、フィールドワークとは集合的な学習経験であるという主張である。調査者がフィールドと関わる立場をとることは、実践をよりよいものにするという考えに基づいている。このように、自然科学的なフィールドワークは、調査者によって調査結果に違いが出ることはないという立場であるが、人文科学のフィールドワークは長期的にわたり行われることもあり、フィールドに入る調査者によって調査結果が必ずしも同じではなく、調査者の立場や立ち居振る舞いなども観点になりうる(水月 2007, 宮本ほか 2012)。また、小長谷(2007)は、研究者が行うフィールドワークとは別に学生が授業の一環として現地に赴いて行う実践型教育プログラムをフィールドスタディと区分したうえで、専門家であってもスタディ(学習)である場合とワーク(仕事)である場合があるとしている。

1.5 本研究におけるフィールドワークとは

従来用いられてきたフィールドワークとは、自然科学的および人文科学的な立場で、実社

会・実環境に接触してデータ収集を行うことといえる。フィールドに入り、対象について学ぶことは、フィールドスタディであり、それを研究とする場合にフィールドワークになると考えられる。本研究で提案するセンシングの対象とするフィールドワークは、環境学習活動として実施されるようなフィールドスタディや実践教育プログラム、およびエコツアーリズムや野外レクリエーション等の体験活動を含む活動であり、これらの活動をセンシングすることでフィールドワークを分析・改善することを目的としたものである。調査目的でない活動を含む理由は、フィールドワークによるデータ収集とは必ずしも、映像やテキスト化されたもののみを指さず、フィールドで感じたことを個人の中に経験として蓄積する場合もあるため、それらこそが環境教育で重視されている原体験(Carson, R. 2011, 小林 1993)と考えたためである。これらについては、2.2 で述べたように評価部分に行動変容や心理変容をとらえ、かつ実効的なプログラムが望まれるという課題があるため、それらを解決するためにフィールドワークの活動中のデータを詳細に収集・分析するフィールドワークセンシングを提案する。

1.6 先行研究 会話分析や興味度合いの分析

加藤(2008)が定義した状況内評価に関して、PDA 端末を使った状況内評価検出・記録システム SoundingBoard(市丸ほか, 2010)を開発した。このような評価方法は、相手に対して日常的に行っている評価行動を収集、記録することを目的としているが、相手に対して端末をむけて評価を行っているため、端末を向ける評価行動が自然な会話を阻害してしまうことが問題点として挙げられており、本研究のように装着型センサを用いることでより自然な評価行動を取得可能と考えられる。

多人数インタラクションの分析として、Choudhury ほか(2002)が開発した sociometer はマイク、加速度センサ、赤外線モジュール、GPS からなる可搬なデバイスで、得られるジェスチャと会話から複数人数の社会的な関係の可視化を目指している。角ほか(2008)は IMADE 環境を用いて、被験者の動作、視線、音声、生体データなどの会話中のさまざまな情報を採取している。上記の IMADE 環境を用いると会議の記録や分析を詳細に行うことができるが、これらのセンサをフィールドワーク中の参加者全員に装着させるにはコストがかかり、また、IMADE 環境は可搬ではないため、フィールドなどで用いることは難しい。また、大久保ほか(2008)は、加速度センサを椅子の背もたれに装着し、作業時の集中度合いを測っている。高橋ほか(2012)は、加速度センサを用いて子供の動作を分析した研究として、公園の遊具で遊ぶ子供の行動分析を行っている。このように行動やジェスチャなどを取得するためには加速度・角速度センサが用いられている。装着型センサは近年小型化しており、様々な分野での応用が期待される。一方で、幼児や低学年児童に対する行動や興味関心を評価した研究は、未だ発展途上である。

1.7 フィールドワークを対象とするセンシングの必要要件

本研究では、教育現場や自然発生的な会話、および野外での利用を想定しているため、動作を阻害せず、場所に依存しないように、参加者に小型装着型センサのみを取りつけて、装着型の加速度センサの値のみから動作判定を行う。環境学習で重要視されているフィールドワークの評価に関する課題を解決するために、フィールドワークの活動を阻害しない形で、活動のデータを詳細に収集・分析するフィールドワークセンシングの有効性を検討する。本研究でセンシングの対象とするフィールドワークは、環境学習活動として実施されるようなフィールドスタディや実践教育プログラム、およびエコツーリズムや野外レクリエーション等の体験活動を含む活動であり、これらの活動をセンシングすることでフィールドワークを分析・改善することを視野に入れたものである。よって、センシング要件としては、可搬性と動作の取得が可能であることを重視するため、できるだけ参加者を圧迫しないような小型かつ可搬な加速度センサを用いて、活動参加者の動作やジェスチャを取得する。活動中の参加者の自然な動作をより詳細に記録することが可能である。以上のことから、実践型教育プログラムの様子を詳細に分析することで、どの時点で、何を起因として行動が変化したかを知ることが可能となる、さらに、実践型教育プログラムの様子を評価することができれば、その分析結果を反映してより良いプログラムをつくることが可能と考えられる。

1.8 研究の目的

本研究の目的は、フィールドワークの活動中の様子を分析するために可搬なセンサを人体に装着し、活動を阻害せず、連続的な変化を個別に取得し、フィールドワークセンシングが有効性を検討する。そのために 1. フィールドワーク中に存在する場面を映像から抽出すること 2. 抽出した場面ごとに参加者の加速度・角速度を取得することで、センサの値から活動中の参加者の行動と心理変容の関連性を分析すること、また、野外での室内との最も大きな違いとしてフィールド環境が参加者に与える影響が大きいと想定されることから、3. 加速度値から周辺環境、特に歩行により地面状態を取得可能であるかを検討することとする。そのうえで、加速度値を用いたフィールドワーク分析手法を提案する。

本論文の構成を以下に述べる。2章で研究方法を述べる。3章ではフィールドワークにおける状況についてビデオ解析を行い、それをもとに取得したデータについて、4章で述べる。5章と6章でセンサから得られる人の行動、フィールド情報の分析結果を述べ、7章で本論文をまとめる。

2 研究方法

2.1 研究の流れ

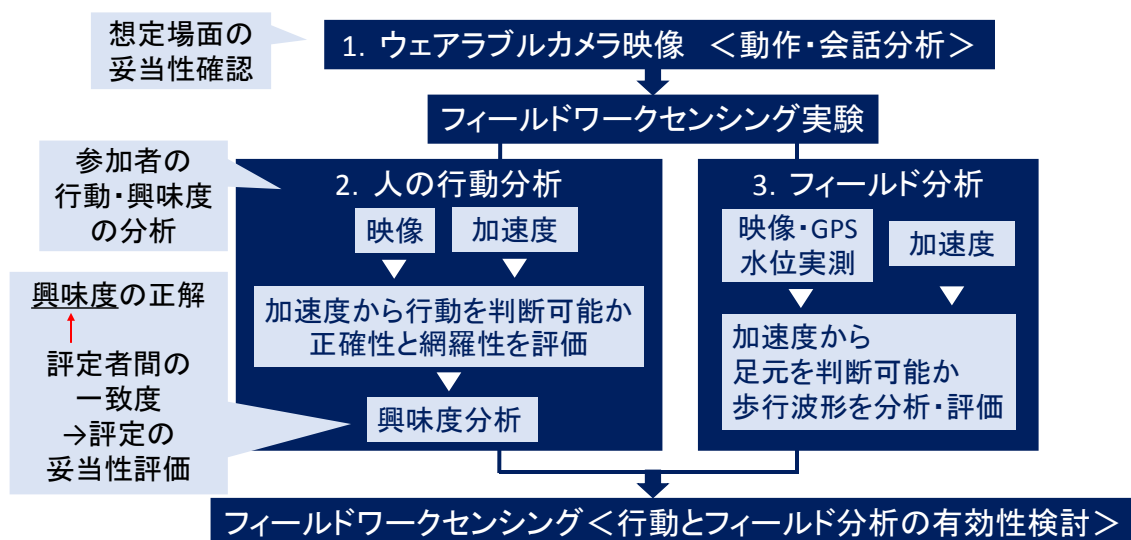


図 2.1 研究構成

本研究では、教育現場や自然発生的な会話、および野外での利用を想定しているため、動作を阻害せず、場所に依存しないように、参加者に小型装着型センサのみを取りつけて、装着型の加速度センサの値のみから動作判定を行う。フィールドワークで自然を対象とする場合でも、一人ではなく複数人数で現地調査を行う場合は、現地で得られる気づきは、必ずしも直接自然から得られるものとは限らない(石田, 2010)。実践教育プログラムとしてのグループでのフィールドワークを分析する場合、参加者自身が自然観察から直接得る気づきとグループ内でのインタラクションを通じた気づき、解説者の解説などを聞いたことによる気づきなどが考えられる。そこで、まず本研究では野外でのフィールドワーク時の様子を映像として取得し、その映像から自然観察、グループインタラクションなどがどのように存在しているかを記録し、フィールドワークの要素として抽出する。

研究の全体構成を図 2.1 に示す。フィールドワーク中にあると想定した、会話、観察、解説(以降、想定場面と呼ぶ)が実際に存在するかをウェアラブルカメラ映像から分析する。存在が確認された場面について、加速度センサを装着したフィールドワークセンシングの実験を行い、人の行動の分析を行う。確認用映像と加速度センサのデータを取得し、加速度から映像で見られた行動を判定可能か、その判定の正確性と網羅性を評価する。また興味度合いの大きい部分を加速度から分析可能か検討する。室内との大きな違いとして野外では周囲の環境に大きく影響されると考えられるため、参加者の置かれているフィールドの状

況, 特にフィールドワーク中の歩行はノイズと考えず, 歩行に影響する地面の状況について加速度から分析可能か検討した. 3 では, 湿地での歩行調査の波形を分析した. 映像や位置情報, 水位の実測と加速度を比較し, 加速度から足元を判断可能か分析・評価する. 以上の2つの面からフィールドワークセンシングの行動とフィールド分析の有効性を検討する.

2.2 実験方法

フィールドワーク中に想定場面が存在するかを確認した. 湿地歩行調査と秩父演習林見学で, 頭部に装着するウェアラブルカメラを用いて映像を取得した. 取得映像を発話と動作に分類し, 書き出す作業の後, 会話や歩行などのタイプ分けを行い, 分析対象を決定する.

2.2.1 妙岐の鼻湿原でのフィールドワークの映像分析

図 2.2 の妙岐の鼻湿原にて湿地の地面の水位を取得するための歩行調査を 8 回行った. その際にどのような状況がみられるかを映像にて取得した. 調査では移動を伴うため, ビデオカメラを用いた撮影ではなく, 図 2.3 のように頭部に装着が可能である Panasonic 社のウェアラブルカメラ(HX-A100, HX-A500)を用いて映像を取得した.



図 2.2 調査を行った妙岐の鼻湿原と歩行の様子



図 2.3 ウェアラブルカメラ装着図

2.2.2 秩父演習林見学の映像分析

妙岐の鼻歩行実験では少人数での調査時の映像分析を行った. 次に, フィールドスタディとしての秩父演習林の見学を映像として記録し, どのような状況がみられるかを取得した

映像から書き出し、その性質について質的に分析した。

2.2.3 実験方法

秩父演習林見学時の林内でのグループ行動時の映像を 20 分間取得し、動作と発話に分けて分析した。演習林内の移動を伴うため、ビデオカメラを用いた撮影ではなく、頭部に装着が可能である Panasonic 社のウェアラブルカメラ(HX-A100, HX-A500)を用いて映像を取得した。演習林見学のグループ行動の参加者は、約 15 名で、このうちウェアラブルカメラ装着者は 2 名である。参加者は、大学院生と演習林をよく知る教職員である。

2.3 加速度センサによるデータ取得

2.3.1 使用するセンサ



図 2.4 センサの装着位置と実験環境

表 2.1 取得データ情報

取得データ	サンプリング周期
加速度・角速度	20ms
地磁気	20ms
気圧・気温	200ms
バッテリー残量	100ms

本研究では、日常的に表出する評価行動および興味を示した際の参加者の動作および行動をより自然な振る舞いとして取得する必要があるため、被験者には、図 2.4 のような体に装着できる小型センサ(ATR 社の WAA-006, TSND121)を帽子の右側頭部につけた状態でイベントに参加してもらった。センサの重さは約 22 g でセンサ付きの帽子は 5 つ用意し、イベント参加者のうち最大 5 名のデータを一度に取得する。また、歩行などが行われる場合、膝にもセンサを装着して実験を行った。センサで取得するデータは WAA-006 では加速度値と角速度値である。その後、同社の後継機種である TSND121 では加速度、角速度、地磁気、気圧、気温およびバッテリー残量が取得可能となったため、これらをすべてとっておくが、行動取得を目的としているため、主に分析に用いる

データは、加速度値と角速度値である。2 種類のセンサにおいて大きさ、重さ等は同程度であり、装着性はほぼ変わらないと考えられる。移動を伴うフィールド活動の実験では、フィールドについても移動時の歩行から分析を行えるよう頭より歩行データにノイズが少ない膝にもサポーターを使いセンサを装着した。加速度・角速度はそれぞれ直交 3 軸の X,Y,Z 軸で、X 軸は進行方向が正、Y 軸は垂直上向きが正、Z 軸が水平横方向(頭を横方向に貫く向きである。

3 結果と考察 1 フィールドワーク映像分析結果

3.1 妙岐の鼻湿原における歩行映像の結果

8回の歩行の映像分析の結果を表2に示す。1回の歩行は約2分から4分30秒程度である。調査者は調査のために現地で移動を行っていたため、あまり発話の頻度は多くなかった。本実験では、調査者の人数も3名で歩行時に5mほど距離をとって歩いていたため、声が届く範囲に人がいない単独状態での移動場面が多くなり、会話が少なかったと考えられる。

表 2. 妙岐の鼻調査時の映像分析結果

実験 動作	発話
1 歩行 なし	
2 歩行 なし	
3 歩行 なし	
4 歩行 なし	
5 歩行 0:10-0:12 雑談	
6 歩行 なし	
7 歩行 1:32-1:38 通りがかりの人との会話	
8 歩行 なし	

3.2 秩父演習林見学映像分析結果

動作と発話は歩きながら話す等、同時に発生する場合があるため、約20分間の秩父演習林見学の映像から分析した結果を表3に動作、表4に発話と分けてそれぞれ示す。図3に秩父演習林見学で観察された状況を示す。フィールドワーク中の動作としては、移動、休憩、注視などの動作が見られた。会話に関しては、移動中は演習林内の傾斜地の移動であったこともあり沈黙が多く、そのあとの休憩中には複数人数による会話が多く見られた。誰かひとりが樹木の様子など周囲の環境に対して気付いたことを発言したり、方向を指し示したりすると、その周囲にいた参加者たちが指示された方向を向くなどの反応がみられた。これらはグループ単位の行動や興味の対象を分析するにあたって、指標にできる可能性がある。表3と表4の動作と発話の状況は1か所を注視するような「解説・観察」、フィールドを移動する「移動」、突発的に発生するグループでの会話「インタラクション」があった。秩父演習林見学はこれら3つの状況が入れ替わりにより成り立っていた。約20分の映像のうち会話があった部分は合計約7分で、全体の約3分の1を占める。また、多くの場合、一人の気づきを複数人数が共有し、そこからそのことについて知識をもつものが解説をはじめ、といったインタラクションが発話内容については、その場にある樹木の成り立ちや林内の明るさ、周りを飛んでいる虫について等周辺について気が付いたことを話す合間にフィールドと関連のない日常的に行われる会話も混在していた。

表 3. 秩父演習林見学時の参加者の動作と発話

開始	終了	動作	開始	終了	会話
0:00	1:14	歩行	0:00	0:02	会話
			0:15	0:21	呼びかけ
			0:44	0:47	呼びかけ
			1:01	1:05	独り言
1:14	1:16	振り返り	1:29	1:45	会話
1:16	4:18	歩行	1:53	2:03	呼びかけと返事
			2:30	2:31	会話
			2:42	2:54	会話
			3:17	3:35	会話
4:18	4:40	鉄塔を見る	4:40	5:17	B, 研究員と会話
4:40	5:33	歩行	5:18	5:42	虫が集まってきたことを話す
5:50	6:35	お茶を飲む	5:50	6:35	会話
			6:41	7:00	前に出していた話題を再度話す
			7:19	7:36	3度目に同じ話題を話す
7:37	8:35	虫が気になる	7:37	8:35	虫が気になる(2人で)
8:36	9:03	解説を聞く	8:36	9:03	解説を聞く
9:03	9:09	解説を受けて反応	9:03	9:09	解説を受けて発話
			9:42	9:56	解説に対して質問
			10:18	10:57	虫が少ないと会話
			10:58	12:56	虫が来て会話(大勢が参加)
			13:24	13:50	先生と会話
14:12	14:40	アリを観察	13:50	13:58	会話
15:01	15:10	葉を拾う	15:01	15:10	葉を拾って会話
15:30	16:30	虫を追払おうとする	16:30	16:43	Aと先生が会話
			16:47	17:00	会話
17:20	17:35	何かを発見, 視線集中			
17:35	17:45	解説されている方を向く	17:52	18:48	グループで会話



図 3. 秩父演習林見学で観察された状況

3.3 考察

妙岐の鼻湿原の調査では、自然を観察しながらも、互いに会話しながら移動し、ふとした気づきを互いに共有し合い、休憩時間に引率教員による解説が始まり、解説を聞いてやっとその気づきに関することを理解するという場面、即興的にインタラクションを行って互いに意見や知識を持ち寄ったことにより結論に達したという場面がみられた。このように、グループで行う自然観察を目的としたフィールドワークの中にも人同士のインタラクションがしばしば存在し、それらは何気ない会話として、その場では記録に残らず忘れてしまうことが多い。しかし、後の解説等をふまえると気づきにつながっている場合があった。秩父演習林のフィールドワークについては、林内の明るさについての話題は異なる場面において、約30分の間に3度話題として出現していた。はじめはその林内が明るいかもしいかないだけで会話は終わり、その次に先ほどの会話の相手であった者が、明るいと感じたことに時間差で同意し、移動した後3度目に休憩時間に解説者によってその林班は手をいれていないことを知らされ、そこで2名は移動中に明るく感じたことを思い出し、1度目、2度目に感じたことを疑問に思うというプロセスを踏んでいたことが映像の振り返りによって分かった。このように些細な経験の積み重ねによって、気づきにつながるような場合、従来記録に残らないようなフィールドワークのデータを参加者の活動を阻害しない形で連続的に過程を記録することによって、気づきの分析が可能と考えられる。これは、石田(2010)で述べられているような、まず周囲の一部に認められ、価値のあるものとして共有され、その後徐々に活動集団全体に浸透し、集団全体で共有できる価値のあるものとして位置づけられ、活動集団の中で共有される、という体験による学びのプロセスの一種と考えた。稲作体験活動中のICレコーダによるテキスト分析から質的に行っているが、言語化されたものだけが学びといえるのかとも述べている。また、そのような気づきをリアルタイムに引率者・解説者が知ることが可能となれば、従来気づきや疑問まで達しなかった発言に関連する解説を加えやすくなり、参加者の疑問や気づきの頻度が変わると考えられる。今回実施した秩父演習林でのフィールドワーク(フィールドスタディ)は、野外で人同士のインタラクションが行われた場合といえる。観察の時間に比べると人同士のインタラクションが大半の時間を占めているが、その中には、観察で感じたことを共有していたり、自然に対する気づきを報告していたりする場面があった。

3.4 3章のまとめと課題

本章では頭部に装着するウェアラブルカメラで撮影した映像から2種類の野外でのフィールドワークについて、想定場面がみられるかを分析した。グループで行う自然観察を目的としたフィールドワークの中にも人同士のインタラクションがしばしば存在し、それらは何気ない会話や動作としてその場では記録に残らず忘れてしまっただが、後の解説等をふまえると気づきにつながっている場合があった。映像分析により、フィールドワーク中の場面を

解説など複数人が同方向に注視する「一点注視型」、会話を中心とする「インタラクション型」、野外での移動を伴う「フィールド移動型」に分類した。映像では移動を伴うため、画面枠内に集団をとらえ続けることは難しく、映像のみでは参加者の個人ごとの動作や行動などを含め、集団が把握できないことから、加速度センサなど、人体に装着したセンサで動作を取得することが必要であることが分かった。

このような人体装着型デバイスによって、フィールドワーク最中のセンシングデバイスについての課題も見つかった。林内ではカメラレンズに羽虫が集まってきた場所がありウェアラブルカメラに虫が集まることにより一時被験者活動より虫払いに集中してしまった点、フィールドワークでは移動を伴ったため自然に集団は広がって列状となり、移動中は全体の様子を映像から把握することが困難であるという点である。以上より、移動を伴う場合のセンシングには、移動や振る舞いを阻害しないことと全体を把握できることが必要であるとわかった。

本研究では、フィールドワーク最中のデータを採取するため、活動を阻害しないこと、可搬であることを重視する。3章でみられた3つの状況を判断するためには動作を取得しなければならぬため、人体に装着する動作取得に適した加速度・角速度センサを用いたセンシングを実践し、フィールドワークでの気づきに必要と考えられる過程を記録する。移動、解説、インタラクションの各場面についてデータを取得し、分析を行う。このうち、インタラクションについては室内状況でのうなずき動作や左右を確認する動作について、振り返りを行うシステムを実装しているため、移動と解説の場面について詳細に分析を行った。今回は、自然科学的フィールドワークとして行われているものとして、1章で述べた背景のような地面の状況をとらえるという目的のもとで実施した調査中にも気づきと思われる部分がみられるかを映像から確認した。また、調査中の調査者のログから、周辺環境についての情報が得られた場合、調査者が調査中に意図しなかった点について後に振り返った際に気付くということが考えられるため、その一歩として、フィールド歩行中の動作から地面の様子をとらえるということについても次章以降で分析を行った。

4 データ取得

映像分析の結果をもとに、想定場面とした一点注視型、インタラクション型、フィールド移動型について実際に加速度センサを参加者に装着し、計測を行った。実験内容は表 4.1 に示す。このうち、全体のベースとなる 2 つの実験、着座・一点注視型の環境学習プログラム「もりのおはなしかい」(富士山科学研究所にて実施)についての参加者の行動と、単独・移動型の妙岐の鼻湿原移動調査についてのフィールド分析を行った。

表 4.1 実験内容

イベント名	状況	被験者	実施場所	参加者の状態	センサ位置	データ取得人数
もりのおはなしかい (4回)	①一点注視	幼児～ 小学校低学年	室内, 野外デッキ	着座状態	側頭部	11名×20min
森の歌会	①②混合型	小学生～ 中学生	室内	着席状態	側頭部	5名×50min
ディスカッション (3回)	②インタラクション	20代	室内	着席状態 (会話あり)	側頭部	4名×(30min～2h) ×3回
早朝cyberforest視聴体験	②③混合型	20-50代	室内	自由行動 (会話, 歩行あり)	側頭部	5名×1h
妙岐の鼻調査	③フィールド移動	20代	妙岐の鼻湿原	単独移動 (湿地移動)	側頭部 +膝	2名×5min×35回 (歩行回数)
秩父演習林見学	①②③混合型	20代	秩父演習林	集団移動(斜面移動)	側頭部 (+膝*1)	4名×30min

4.1 実験の条件および環境

各実験の実験環境と条件について、次に述べる。

実験 1 読み聞かせ

幼児や小学校低学年児童の活動の様子を評価するための実験として、山梨県富士山科学研究所にて行われている季節の絵本をテーマにした読み聞かせ活動(もりのおはなしかい)に図 1 のセンサがついた帽子をかぶった状態で参加してもらい、実験を行った。被験者は幼児から小学校低学年生で、センサの存在は事前に知らせてある。実施場所は富士山科学研究所の室内と屋外で、シートの上に座った状態で行う。1 回の読み聞かせ時間は約 20 分で、その間に大型絵本と紙芝居の読み聞かせを計 2 話分行った後、歌に合わせた手遊びを行い、最後にもう 1 話読み聞かせを行う形式で研究所の職員が子供たちの前で読み聞かせを行う。実験中は、被験者は図 1 のように帽子をかぶった状態で着座していた。この実験では、被験者の注目する方向を読み聞かせを行う職員へ限定することで、動作によるセンシングのノイズを減らし、子供たちの読み聞かせ活動への参加の様子から興味度合いを評価する。

実験 2 もりの歌会

実験 1 と同様に、質問紙調査を行うことが難しい年齢層を対象に、注目する方向を限定し、センサー付きの帽子をかぶった状態で、室内ライブ活動「もりの歌会」に参加してもらった。ライブ活動は南アルプス乗馬クラブで実施された。



図 4.1 もりの歌会

実験 3 ディスカッション

インタラクションは 3 章の実験でも多く見られたことからディスカッション形式の実験を行った(図 4.2)。被験者は 4 名で、左右を見ながら相手の話に対して同意し、うなづく等の評価行動がみられた。



図 4.2 ディスカッション実験の様子

実験 4 早朝 cyberforest 視聴体験

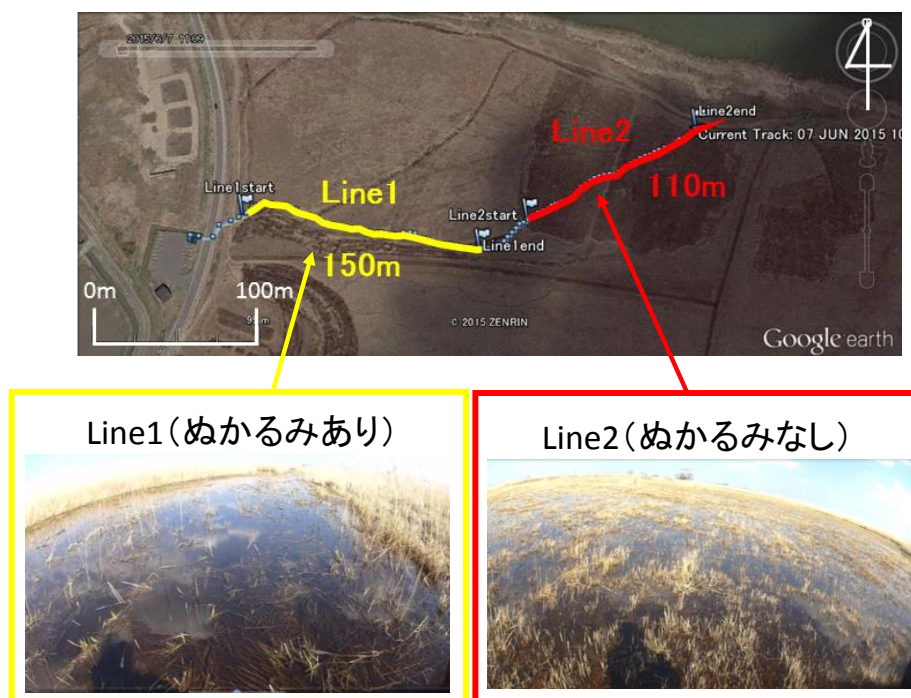
実験4では、朝 4 時の野鳥のさえずりの活発な時間帯に cyberforest のライブモニタリングを用いて、視聴体験を行った。バードリサーチの方に解説をもらい、その解説があったときや、画面からリアルタイムに鳥のさえずりが聞こえた際に一点注視型になり、その後はそれぞれインタラクションや移動がみられた(図 4.3)。



図 4.3 早朝 cyberforest 視聴体験 解説時の様子

実験 5 妙岐の鼻湿原調査

実験 5 は、フィールド・単独移動型であり、フィールドワーク分析のベースとなるため詳細に分析を行う。フィールドワーク中の参加者の加速度・角速度の値から、参加者の歩行により周囲の環境について二次的に取得できる場合がある。これまで神村ほか(2012)で実証されているように、加速度センサを用いることでその場を通過する際に、路面状態などが推定できる可能性がある。そこで本研究においても、フィールドワークで参加者の体に装着した加速度センサの値から、その場の状況を推定することを試みる。環境情報の基本的な項目の一つである標高の測量には、一般的に衛星データやレベルを用いた水準測量などが用いられている。画像処理技術を用いて路面の湿潤状況を検出する手法も(上田ほか, 1994)考案されている。起伏を計測する方法として、本橋ほか(1990)は、トラクター走行時の標高を車輪の舵取り角、横滑り角および傾斜角から求めている。しかし、これは芝生グラウンドでは適用できるが、地面が不安定かつトラクター自体が土壌攪乱や植物を破壊してしまう湿地においては困難である。地面の起伏は草本植物の生長に影響を与える要素の一つであるが、特に湿地のような地面が不安定である微地形において起伏を計測することは難しい。そもそも、湿地において、接地面が地面であるのかは不明である。測量機器やトラクターの代わりに、人間がセンサを装着して地面の起伏を取得することができれば、植物の生長や植生と人為による土壌攪乱との関係が過去の研究とも比較可能な形で明らかになると考えられる。そこで本研究では、湿地における地面の起伏を、歩行者に装着したセンサにより計測することを目的とし、そのための一歩として装着型センサから歩行者の歩行の特徴を分析する。



地面の状態が異なるLine1, Line2を歩行

図 4.4. 歩行実験を実施した妙岐の鼻湿原(35°57'N, 140°27'E)の 2 つの Line

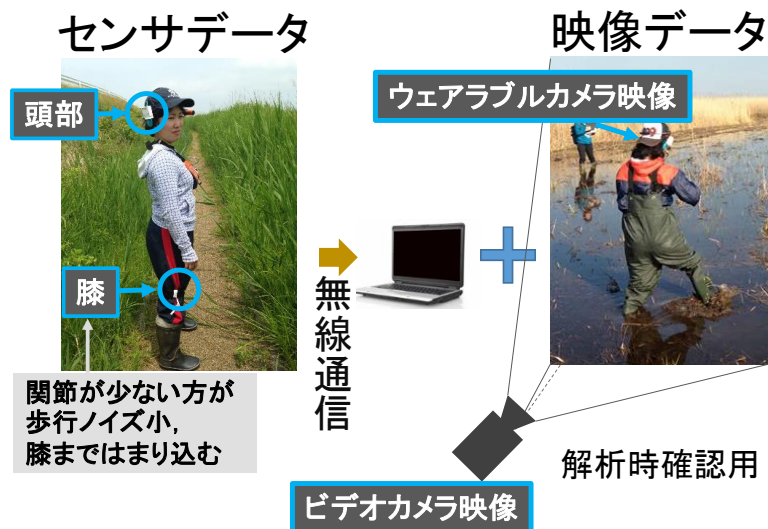


図 4.5 湿地における歩行の加速度取得方法および使用するデータの関係

図 4.5 のようにセンサを頭部と右膝に装着し、湿地歩行時の加速度および角速度を計測した。実験時の被験者の動作を確認するために動画を正解データとして記録している。また、被験者自身も頭部にウェアラブルカメラを装着し、ふらつきや周辺環境に対する反応などを記録した。実験は茨城県稲敷市の霞ヶ浦南東に位置する妙岐の鼻湿原(35°57'N, 140°27'E)で実施した(図 4.4)。湿原は霞ヶ浦の水位の影響を受けて地面のぬかるみ度合いが変化する。霞ヶ浦の水位と歩行の関係を考察するため大山観測所の湖水位データを歩行データの分析に用いた。歩行データは、湿地の季節変化を考慮し、植生および地面の水位が異なる 2 区域(Line1, Line2)に沿って月に 1 日、全 5 回の実験を行った。Line1 は湿地の中の通路であり、裸地が多く、被験者の足が約 20cm はまり込む場所が数か所存在する。Line2 は、植物の被度が大きく、被験者にとって歩行しやすい場所である。被験者は女性 2 名、体格や体重はほぼ同程度である。

実験 6 秩父演習林見学

秩父演習林見学は、第三章で分析したように、一点注視型、インタラクション型、フィールド移動型の 3 つのシーンが存在していた。



図 4.6 秩父演習林見学

5 結果と考察 2 一点注視・着座型—もりのおはなしかい

5.1 興味度合いと動作の分析手法

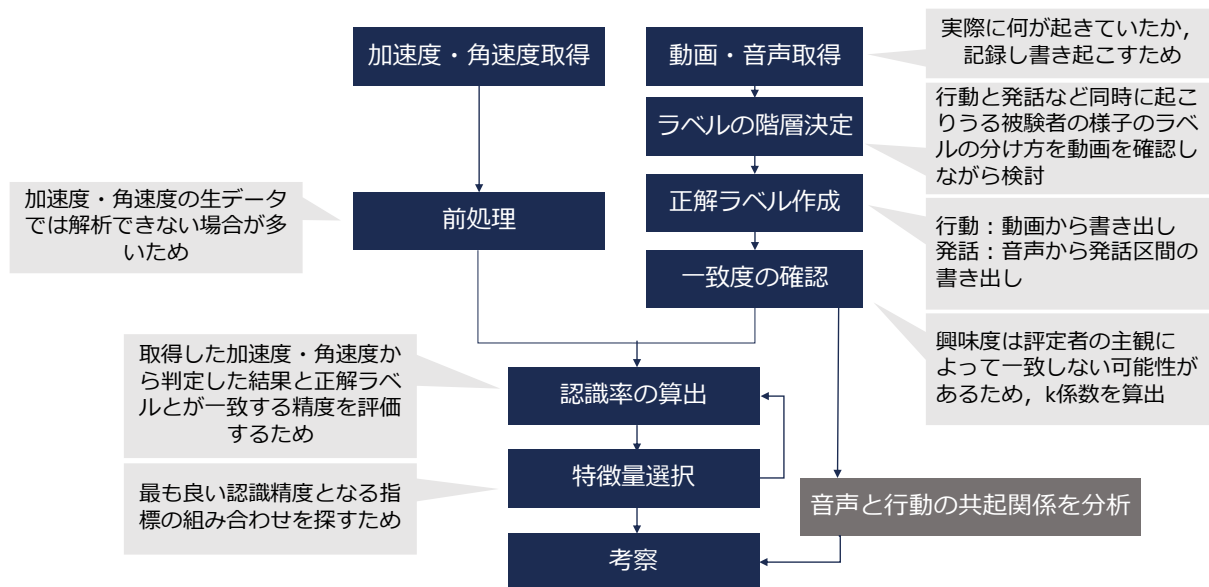


図 5.1. 興味度合いと動作の分析手法

図 5.1 に本実験の評価に用いた人の行動の分析手法を示す。まず、録画映像を見ながらイベント参加者の動作と興味度合いの正解データを作成する。杉浦(2007)では、幼稚園における園芸・農作業と子供の興味について分析しているが、幼稚園教諭が参加した場合が、参加しなかった場合よりも子供たちはより興味を示す結果となっている。ここでの興味を示すとは作業に参加、話し掛けもしくは近寄って見物した者となっているため、本研究においても映像からわかる行動からある程度心理変容をとらえることが可能と仮説を立て、映像からの評価がどの程度評定者間で一致するかどうかを検討し、客観性を評価することとした。映像から正解データを作成するアノテーション作業は、図 5.2 のように ELAN を用いて動画を再生しながら動作およびその際の興味度を記録した。興味度合いは、時間的に欠損がないように、興味度合いは 2 名で評価したが表 5.1 のような 5 段階の評価基準を設けた。動作以外の表情や発話などを総合して評価ラベルを作成した。興味度合いについては、主観が入り評定者間で評価が異なる場合を考慮し、二次の重みつき (weighted kappa coefficient) カップ係数(Fleiss et al, 1969)を算出し、評定の一貫度を算出した。装着型センサから取得した値は、前処理を行った後、正解データと照らし合わせ、意味のあると思われる対象の動作が起こった際に特別に値を特徴量として決定する。次に、決定した特徴量をもっとも高い認識率で認識できる認識手法を決定し、評価を行う。この際、サンプル数が足りない場合は交差検証法を用いて、一つのデータを 10 分割し、その中の 9 つを教師データとして学習させ、残

りの 1 つデータで評価するということを分割したデータ分だけ繰り返すことによって結果の汎用性を評価する。

2 名の評定者間の評定に一貫性をもたせるため、表 2 の 5 段階の評定基準を作成した。

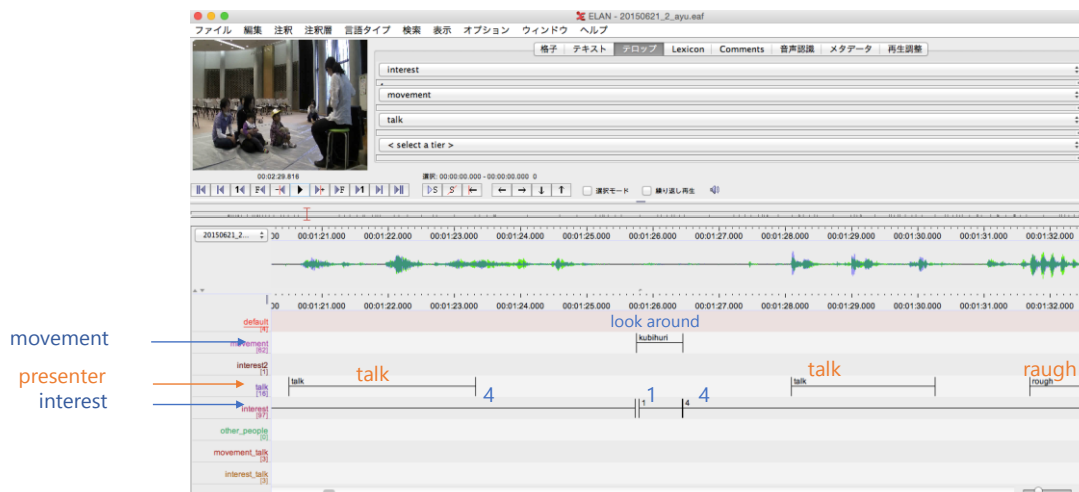


図 5.2. 正解データラベリング画面

表 5.1 興味度合いの評価のための評価者の評定基準

	5	4	3	2	1
興味度合い	あり ←				なし
観察された様子	参加する 質問に答える 笑う うなずく	話者を見ている 聞いている	じっとしている 聞いている か判断不能	違うところを 見ている。 ごそごそしている。 聞いていない 可能性あり	要因があつて 違うところを 見ている

2 次の重み(quadratic weights)付きカッパ係数の重み係数 w_{ij} は、以下の式で表される。

$$w_{ij} = 1 - \frac{(C_i - C_j)^2}{(C_c - C_1)^2} \quad (1)$$

式(1)の重みを掛け合わせた 2 次の重み付きカッパ係数は、評定結果が 1 と 5 のように大幅に異なる場合と、3 と 4 など近い場合といった評定段階の差の大きさを考慮し、重みづけを行ったものである。

5.2 結果と考察

5.2.1 装着性の評価



図 5.3 装着性向上のためのプロトタイプ変遷図

まず、ヘッドセット型のデバイスをプロトタイプとして製作した。これを用いて実験を行ったところ、歩行などの動きが入った場合、頭にフィットしていないため、長時間活動をしていると徐々に装着感が不快になることが分かった。この点を改良するため、ヘアバンド型に改良した。20代男女を対象に加速度センサを装着してもらい、2時間の実験を行った。この際、長時間の装着で意識してしまう、正面からカメラが目に入るというも通りに振舞えないというフィードバックを得たため、図 5.3 のような帽子型に改良し、可能な限り解析に使用する動画も斜め前から取得することにした。また、帽子型に改良したデバイスは、読み聞かせ活動など幼稚園児や小学校低学年生の可能な限り自然な振る舞いを取得するため、それぞれの帽子の正面に人気キャラクターのワッペンを貼り付け、装着に必然性をもたせることを意識した。その結果、実験に協力いただいた参加者の保護者の一名から、帽子ごとに異なるワッペンを付けたことで、実験の際、子供が帽子をかぶるかどうか、ではなく、どの帽子をかぶるかということをまず考えていたのでよかったという意見があった。フィールドワークでは、帽子やヘルメットなどを着用することが多いため、これらにセンサをつけることで、装着型センサを用いる際の課題である装着の必然性を回避できる可能性があるとともに、子供相手である場合、かぶりたいと思うようなデザインが重要であることが分かった。

5.2.2 評定の一致度

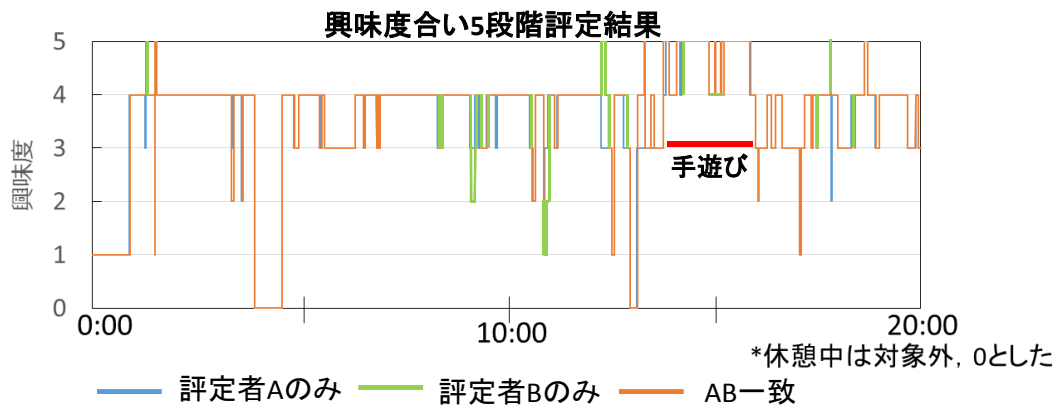
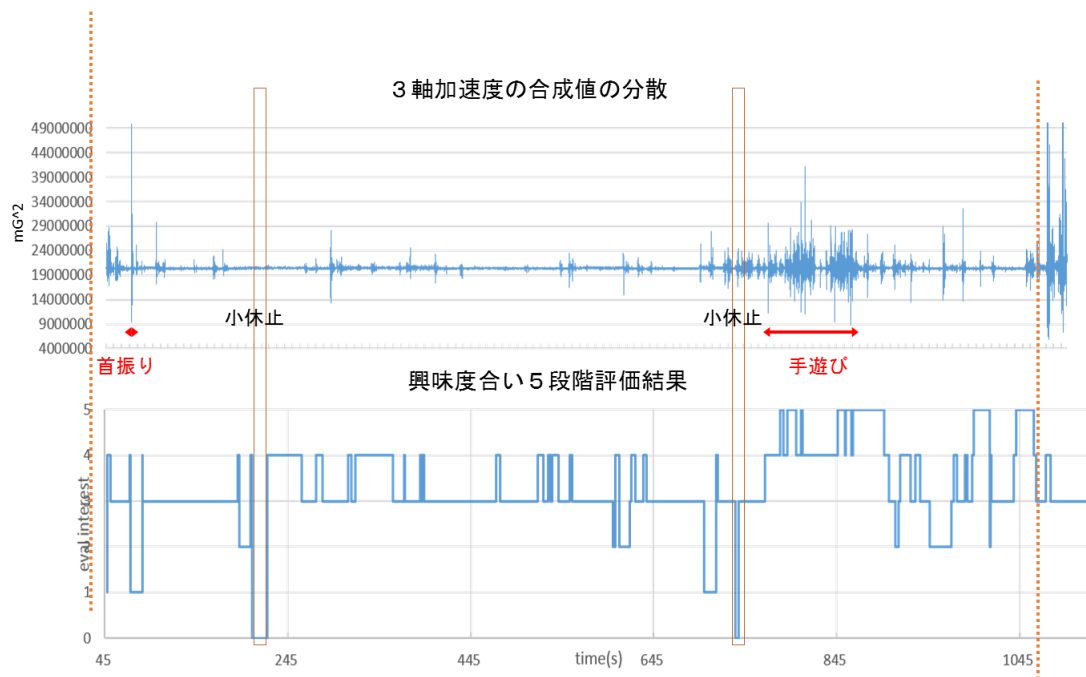


図 5.4 評定者 2 名の評価結果

映像を見ながら興味度合いの 5 段階の評定を書きおこすアノテーション作業を 2 名の評定者がそれぞれ行った。その結果が図 5.4 である。この評定結果が評定者間でどの程度一致しているかをみるため、表 5.1 に則り、参加者の興味度合いの評定を行う評価者 2 名間の評価の一致度を Cohen のカッパ係数により求めた。2 名の評価者の一致度は $Kappa = 0.947$ となり、 $0.81 < k < 1.00$ の範囲にあるので 2 人の評定はほぼ完全な一致といえる。



ただし、途中の小休止は興味度を 0 とし、評価外としている。

図 5.5 3 軸加速度の合成値の分散と興味度合いの関係

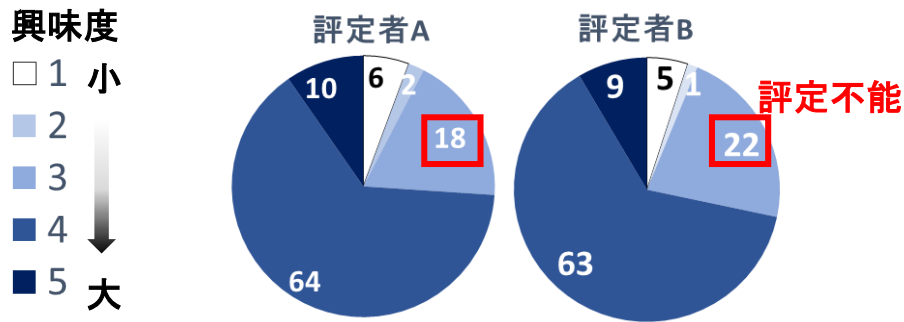


図 5.6 読み聞かせの興味度評価のうち各評価が占める割合

図 5.5 は、3 軸加速度の合成値の過去 1 秒間の分散値と興味度合いの評価結果を比較したものである。図 5.6 から興味度合いが映像からでは読み取れなかった部分が全体の 20% であったことが分かる。映像から読み取れる情報で、評定者が興味度合い読み取り、その結果が一致していたことから、映像から読み取れる情報を用いることで今回の 20 分の読み聞かせであれば、他者から判断される興味度合いは、一致することがうかがわれた。

5.2.3 映像データから分かったこと

映像データから観察された被験者の様子について、以下に述べる。

- 興味がないときよろきよろ、ごそごそしていた。
- 一生懸命聞いている、読み手との受け答えがみられるときはじっとしていた。
- 音声と動作には共起関係が見られ、評価者が評価する場面では多くの場合、物音に対する何らかの動作が記録されていた。
- 興味度合いの評価が変化する場面では動作の変化がうかがわれた。

以上のことと、動画を見た 2 名の評定者の評価が一致したことをふまえると、動作を認識し評価を行うことで、ある程度興味度合いを推定することが可能と考えられる。

5.2.4 ラベルの階層決定

正解ラベルを作成する際、話しながら振り向くなどの同時に起こりうる行動に関しては、必要に応じてラベルを分けて分析した。本研究では、動画をみた結果、センサ装着者の動作と興味度合い、およびそれらに影響を与えられと考えられる絵本の読み手の発話とセンサ装着者が振り向いたなど、具体的な行動をとった出来事をラベリングした。映像データから確認できた動作は、定常状態に加え、首ふり、首かしげ、play(参加型の手遊び)座り直し、ごそごそする状態、うつむき、指さしおよび拍手であった。これらを正解データの動作ラベルとし、これらの動作を加速度から認識することで興味度合いを推定することとした。

5.2.5 特徴量選択と評価方法

本研究において特徴量とは、取得した値を全体集合とした際に、モデル構築のために意味のある部分集合を指す。3軸加速度・角速度およびその3軸の合成値と合成値の過去1秒間の平均、合成値の平均の過去1秒間の分散値、3軸の傾斜角を特徴量としてデータマイニングソフト *weka* を用いて J48 のアルゴリズムで決定木を生成した。3軸加速度・角速度の計算式は以下である。

$$Acc_{composition} = \sqrt{accX^2 + accY^2 + accZ^2} \quad (2)$$

$$Ang_{composition} = \sqrt{angX^2 + angY^2 + angZ^2} \quad (3)$$

学習データとして用いたサンプルをそのままテストデータにした場合、サンプルとして用いたデータのみで特化した認識手法となり、汎用的ではないため、その元のデータを10分割し、分割したデータのうち9つを学習させ、残りの1つのデータで汎用性を評価している。また、評価指標としては以下の再現率(Recall)、適合率(Precision)およびF値(F-measure)を用いた。F値は再現率と適合率の調和平均である。

$$\text{再現率(Recall)} = \frac{\text{検出された正解動作数}}{\text{検出された動作数}} \quad (4)$$

$$\text{適合率(Precision)} = \frac{\text{検出された正解動作数}}{\text{データ中で行われた動作数}} \quad (5)$$

$$\text{F 値(F - measure)} = \frac{2 * \text{Recall} * \text{Precision}}{\text{Recall} + \text{Precision}} \quad (6)$$

5.2.6 認識結果

表 5.2 各動作の認識率

項目	再現率	適合率	F値
首振り	0.33	-	-
定常	0.54	0.84	0.66
座り直し	0.61	0.17	0.26
ごそごそ	0.63	0.38	0.47
play	0.96	0.90	0.93

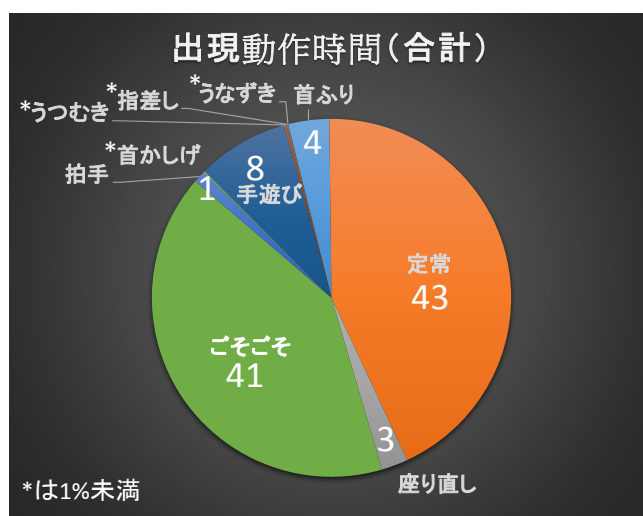


図 5.7 おはなしかい中に観察された各動作の合計時間

10 分割交差検証で評価し、各動作ごとの認識率は表 5.2 のようになった。このうち、手遊びにあたる play は F 値で 0.93 と高い認識率になっており、おはなしかいの状況下では、単純な閾値判定で認識できると考えられる。交差検証法を用いてデータを 10 分割したため発生が少ない動作には、分割した際にどちらかのグループに偏ったことで、適切に検出できなかった。全体のうち最も多く発生する定常状態と動く状態(ごそごそ)および play(手を使った遊び形式、参加型の歌を読み聞かせの担当者が歌う)は、約 0.47~0.93 の認識結果となった。

5.3 5章のまとめ

一点注視・着座型であるもりのおはなしかいの参加者の行動と興味の間関係を分析した。交差検証の結果、正確に分類できたものは 59.7 %であった。このうち、手遊びにあたる play は F 値で 0.93 と高い認識率になっており、おはなしかいの状況下では、手遊びと手遊びへの参加度合いは閾値判定で認識できることが分かった。興味度合いについても play の区間は評価が高くなっていた。2名の興味度評定者間の Kappa 係数は 0.93 となり、興味度の評定は一致とみなすことができた。

6 結果と考察 3 フィールド・単独移動型

一妙岐の鼻によるフィールド分析

6.1 GPS で取得された標高

図 6.1 に GAMIN 社 etrex 20J で取得した GPS の高度プロファイルを示す。標高は 0m で Line1, Line2 とで特徴的な違いはみられなかった。GPS で得られた標高データが正確だった場合、湿地内で速度 0 km/h の地点で沈み込んでいるため、最も標高が低くなるはずである。しかし、図 6.1 の高度プロファイルでは速度と標高の対応が見られず、人の沈み込みによる湿地地面の変化は etrex 20J では測定できていないと考えられる。Line ごとの平均の移動速度は Line1 で 1.43 km/h, Line2 で 2.27 km/h であった。Line1 と Line2 間の移動は 1.99 km/h であった。これは、Line1 が水位が高く(図 2)、地面の形状が不安定であることから、Line2 のように地面の安定しているほど歩行速度が速くなったと考えられる。

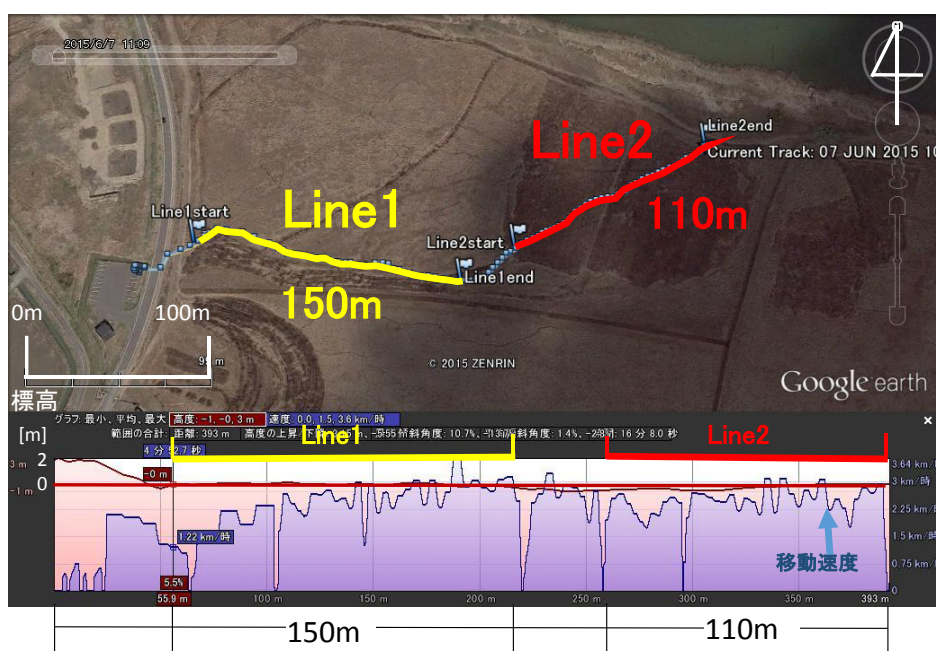


図 6.1 GPS で取得した高度プロファイル

6.2 微地形の折尺を用いた測定

まず、調査の際に従来用いられている方法で、折尺を用いて地面からの水位を測定した。その結果が図 6.2 である。対象地の水位が高かった 2015 年 3 月 12 日に測定を行った(図 6.3-a, 図 6.3-b)。測定方法は、5m ごとに折尺を用い、地面(ぬかるみの表面)から基準面とする水面までの高さを測定した。Line1, Line2 とともに 2 回ずつ測定を行った。

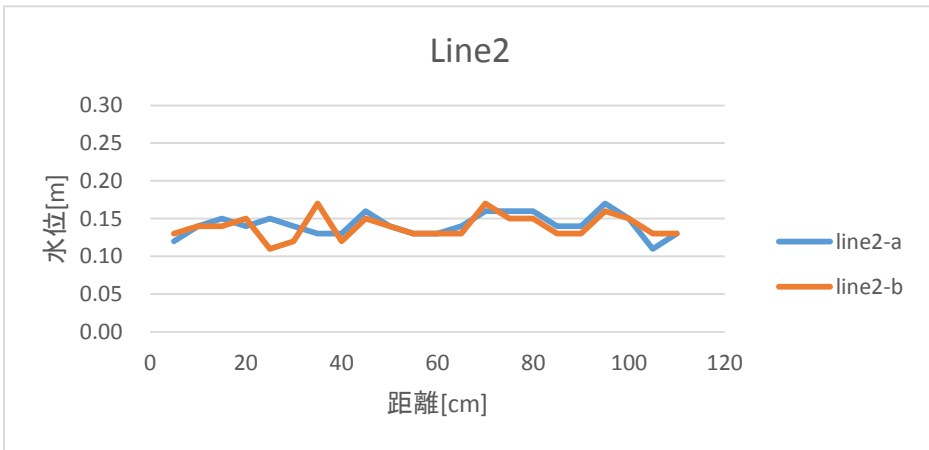
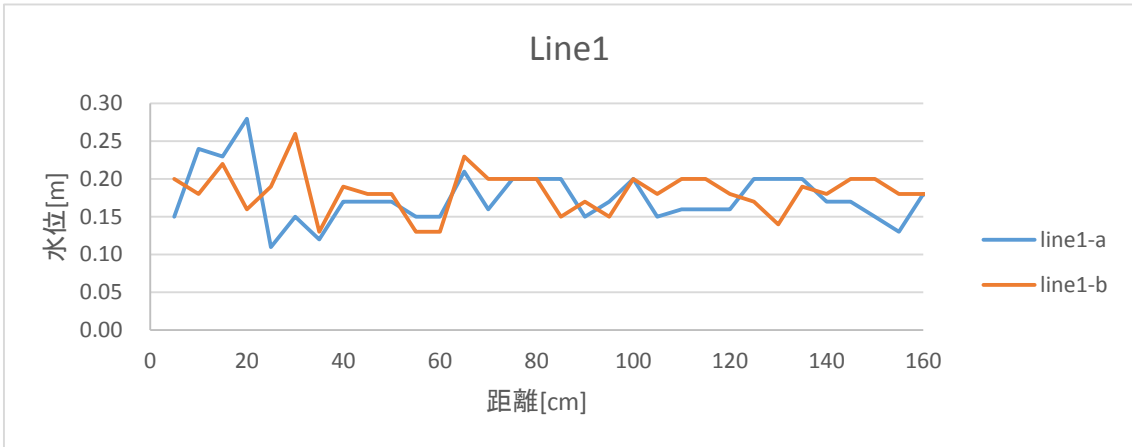


図 6.2 Line ごとの標高実測値 計測日(2015.3.12)



図 6.3-a Line1 の様子



図 6.3-b Line2 の様子

6.3 Line ごとの加速度値(頭部センサ)

2015年3月12日に取得した頭部加速度・角速度の波形(約4分30秒間と約2分30秒間)を図6.4-a, 図6.4-bに示す.

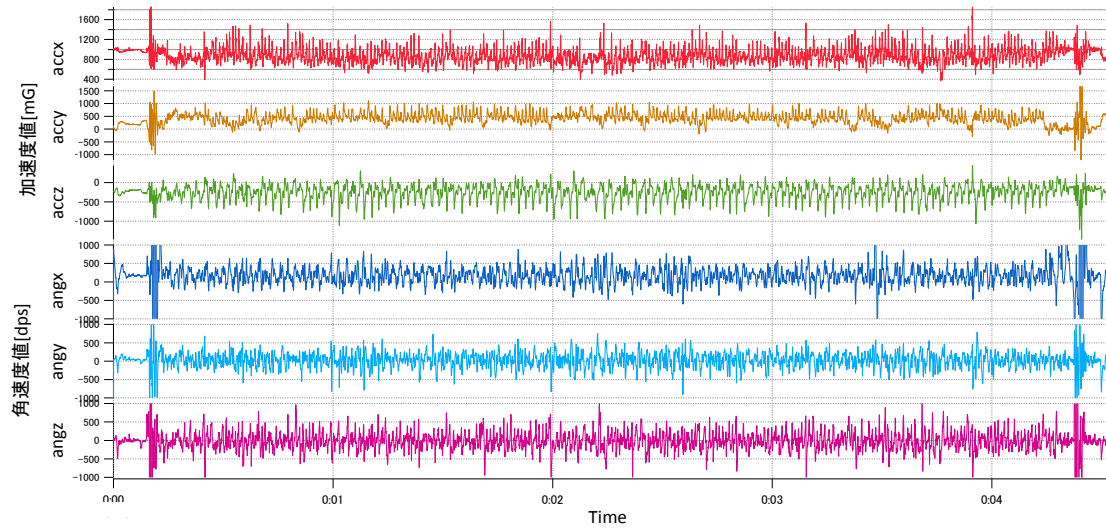


図 6.4-a 約4分30秒間のLine1 加速度・角速度値

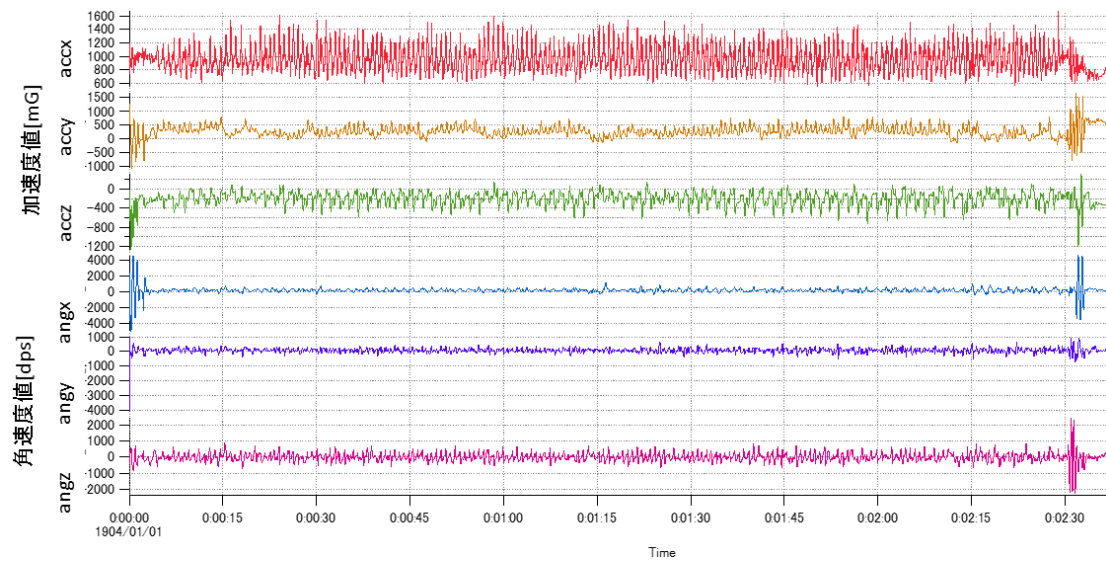


図 6.4-b 約2分30秒間のLine2 加速度・角速度値

図 6.5 に 2015 年 3 月に取得したデータ(図 6.3)のうち, Line ごとの加速度の 10 秒間の値を示す. X 軸は, 地面に対して垂直方向, Y 軸は進行方向, Z 軸は水平横方向である. X 軸方向, Y 軸方向, Z 軸方向の加速度をそれぞれ $accx$, $accy$, $accz$ とすると, 足場の安定した Line2 では $accx$ の値から一定の周期で上下運動しているのに対し, Line1 では周期性がみられない. また, 地面と水平軸である $accz$ の値から Line1 の場合, 歩行時に左右の大きなぶれがみられた. $accy$ の値からは, Line1 でやや俯きながら歩いていることも分かった. これは被験者がより足元に注意しなければ歩けない状況であったためと考えられる.

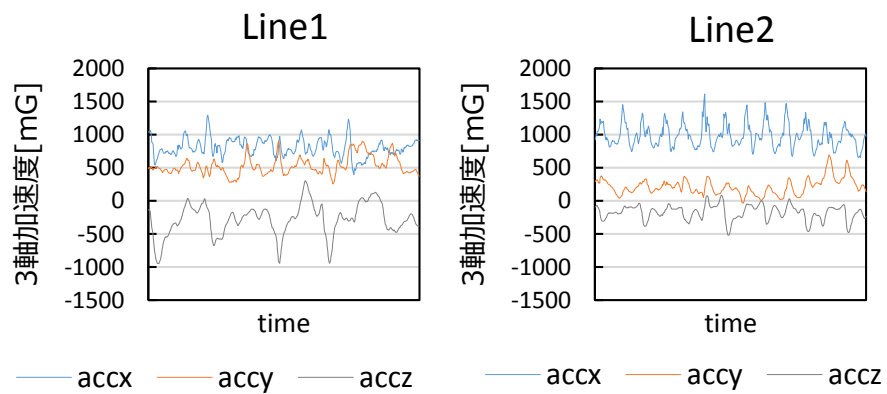


図 6.5 加速度値(各 10 秒間)

6.4 周期性の分析(頭部装着センサ)

6.4.1 周波数分析結果

次に、歩行の周期性に注目し、 R を用いたフーリエ変換(Fourier transform)を用いた周波数解析を頭部センサで取得した計測値について行った。

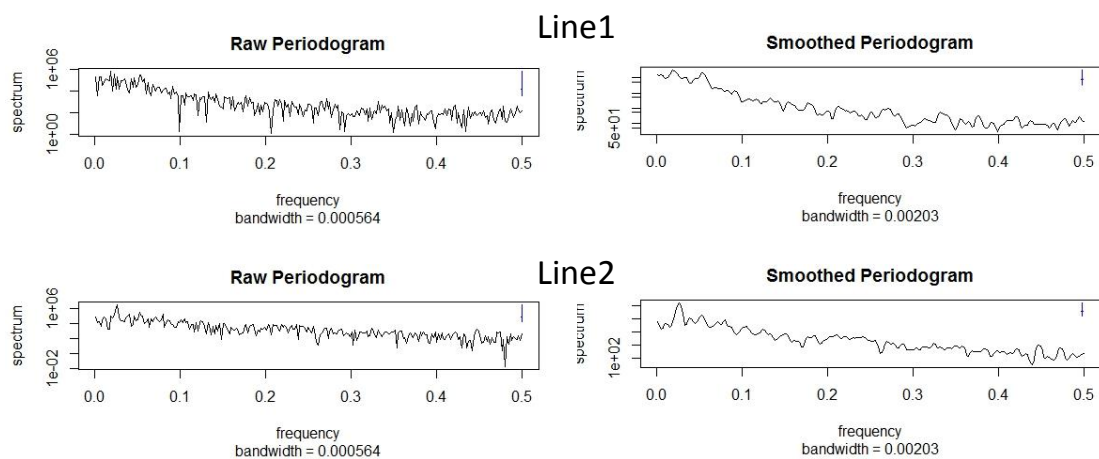


図 6.6 Line ごとのフーリエ変換

Line1 と Line2 は図 6.6 のフーリエ変換結果からは周波数の特性がつかめなかった。これは、フーリエ変換では全体のデータのうち、時間情報を考慮しないため、歩行の周期が時間ごとに変化しているか解析するため、1[s]ごとのウェーブレット変換(Wavelet transformation)をエソグラファー(坂本ほか, 2010)を用いて周期性の分析を行った。ウェーブレット変換では規定関数(図 6.7)の拡大縮小を行うことで、時間情報を考慮した周波数解析が可能である。フーリエ変換でも窓フーリエ変換を用いることで時間情報を考慮できるが、周波数に合わせて窓幅を固定しなければならず、広い周波数について時間を考慮するためにウェーブレット変換を用いた。以下、特にふらつきが大きかった Line1 の加速度値のウェーブレット変換結果を示す。また、変換によって得られた X 軸加速度値の周波数のピーク値を図 6.7 に示す。ウェーブレット変換結果から k-means 法によるクラスター分析を行った。

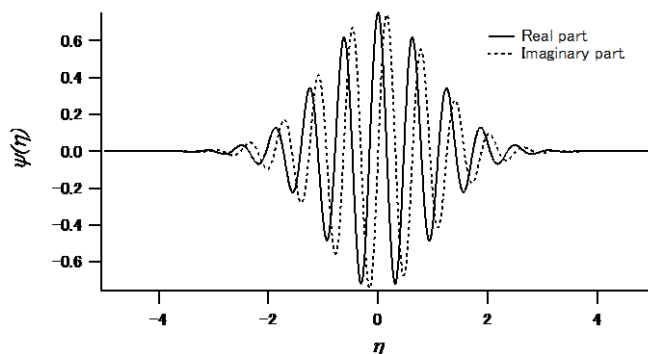


図 6.7 用いた規定関数 (マザーウェーブレット関数)

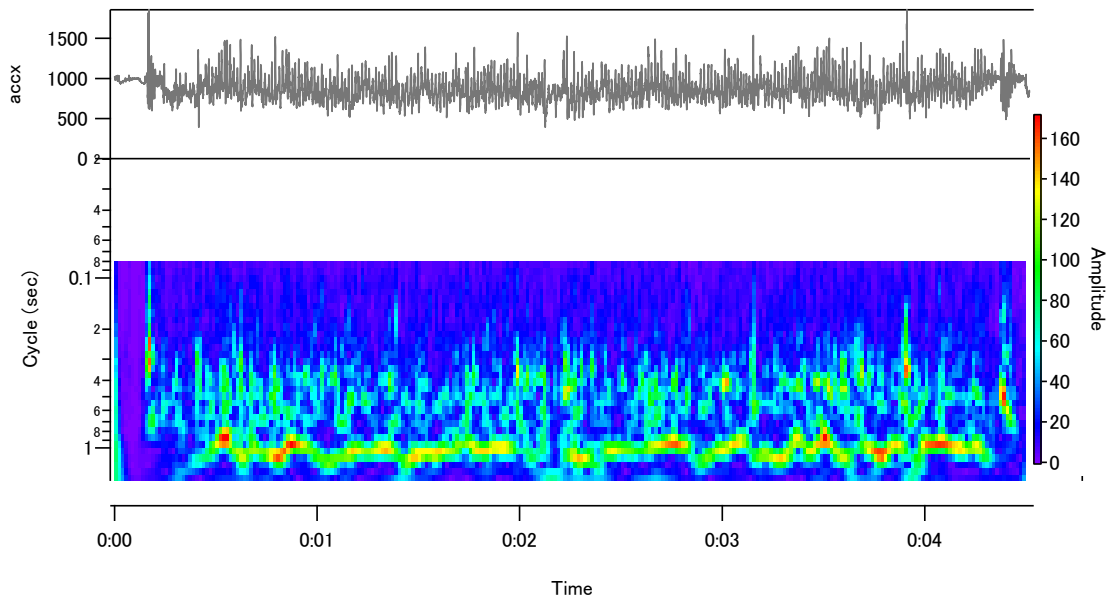


図 6.8 accx のウェーブレット変換結果

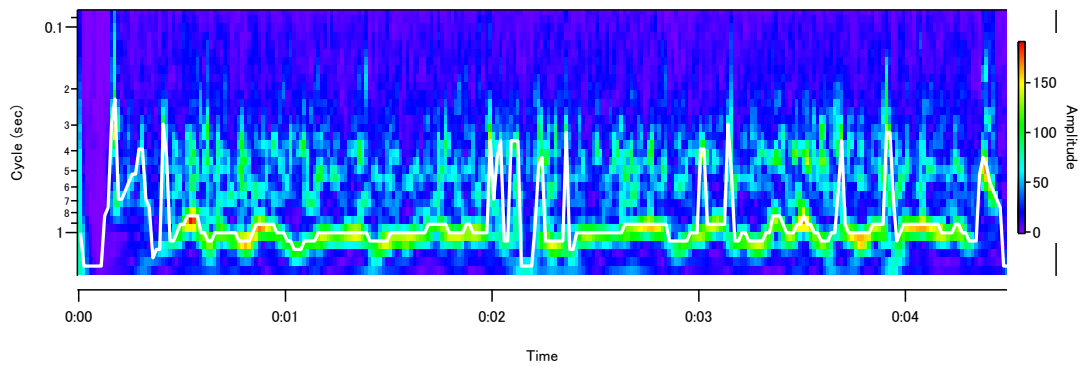


図 6.9 accx ウェーブレット変換で検出された周波数ピーク値

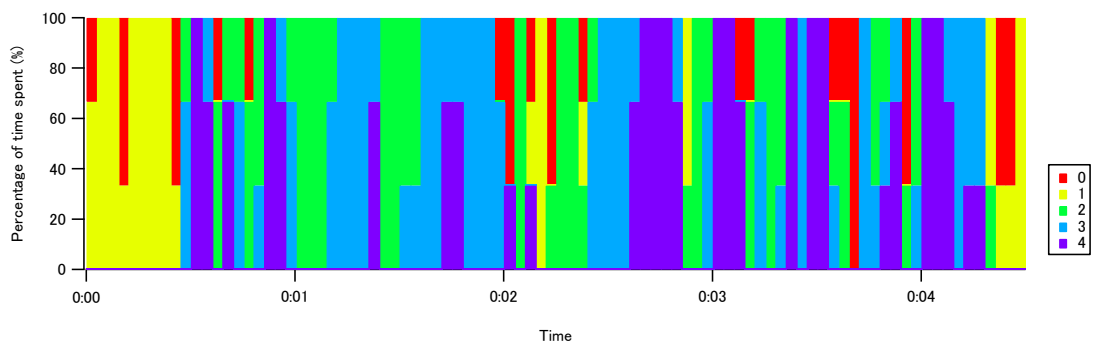


図 6.10 Line1 accx 3s ごとの各クラスターの存在割合

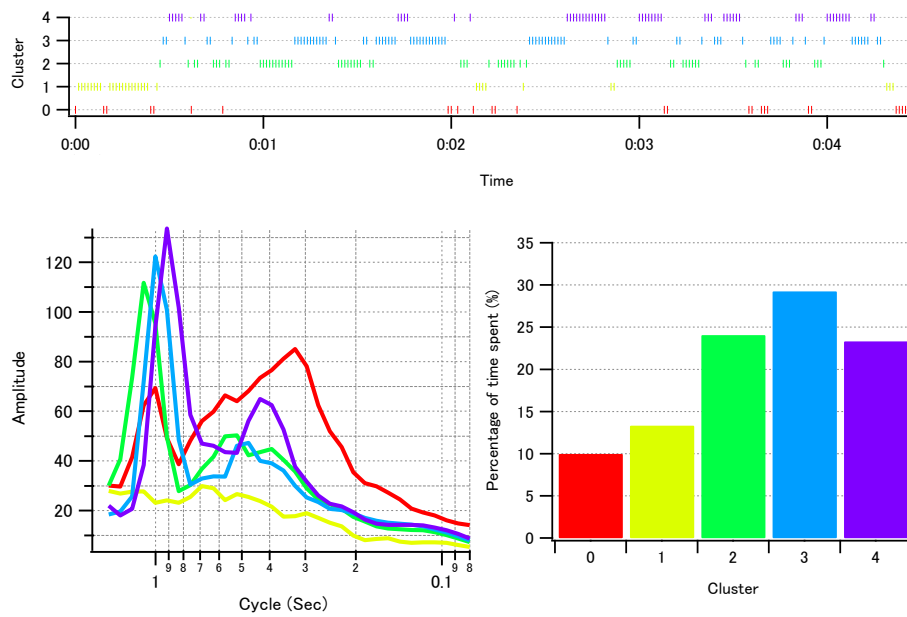


図 6.11 Line1 accx k-means 法によるクラスタリング結果

(上図：時間軸に対するクラスタリング結果)

(下左図：周期と振幅でみたクラスタリング結果)

(下右図：クラスター全体の中の存在割合)

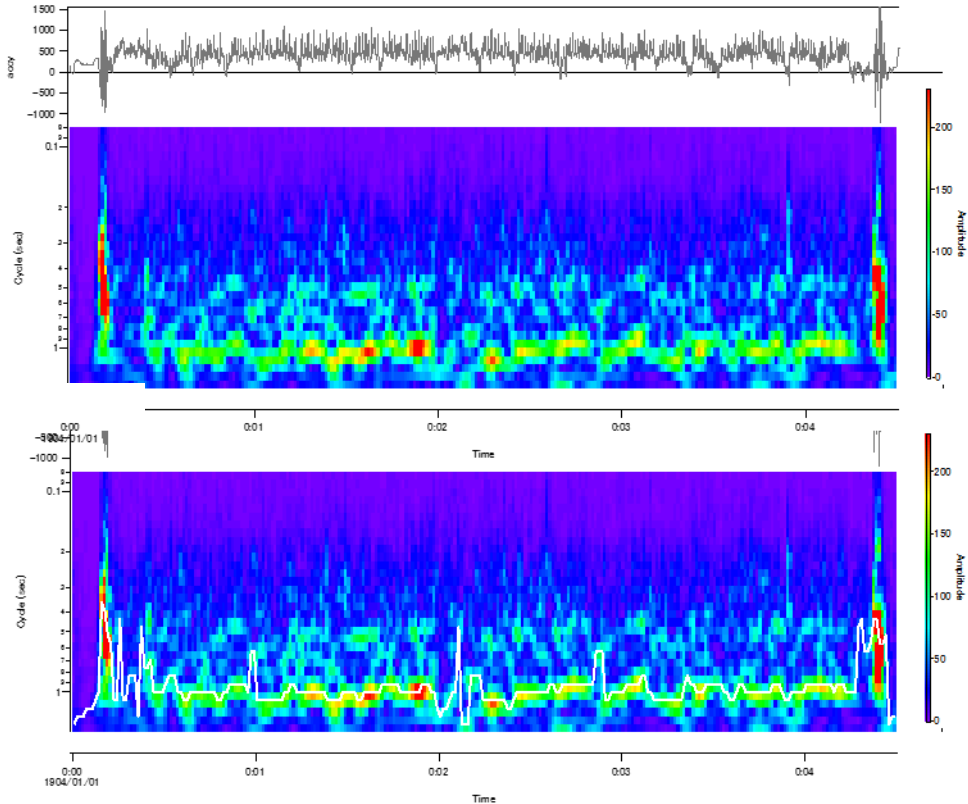


図 6.12 Line1 accy ウェーブレット変換で検出された周波数ピーク値

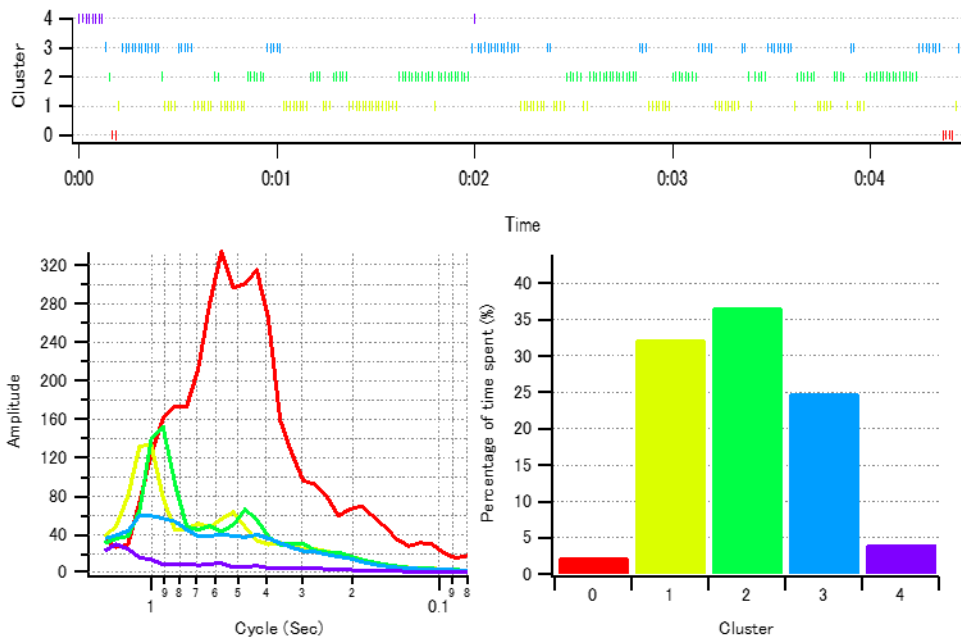


図 6.13 Line1 accy の k-means 法によるクラスタリング結果

(上図：時間軸に対するクラスタリング結果)

(下左図：周期と振幅でみたクラスタリング結果)

(下右図：クラスター全体の中の存在割合)

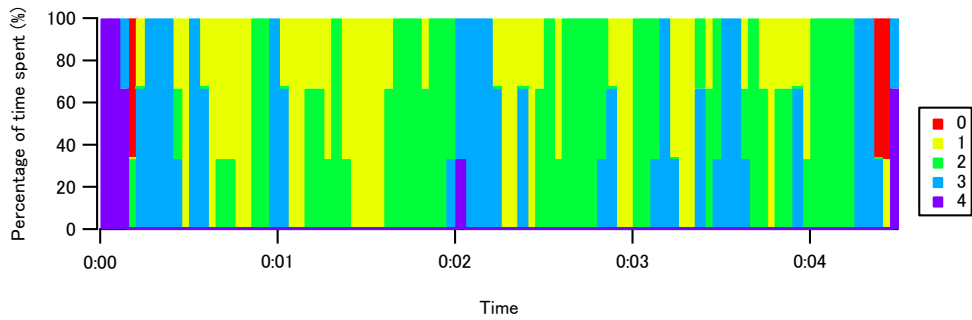


図 6.14 Line1 accy 3s ごとの各クラスターの存在割合

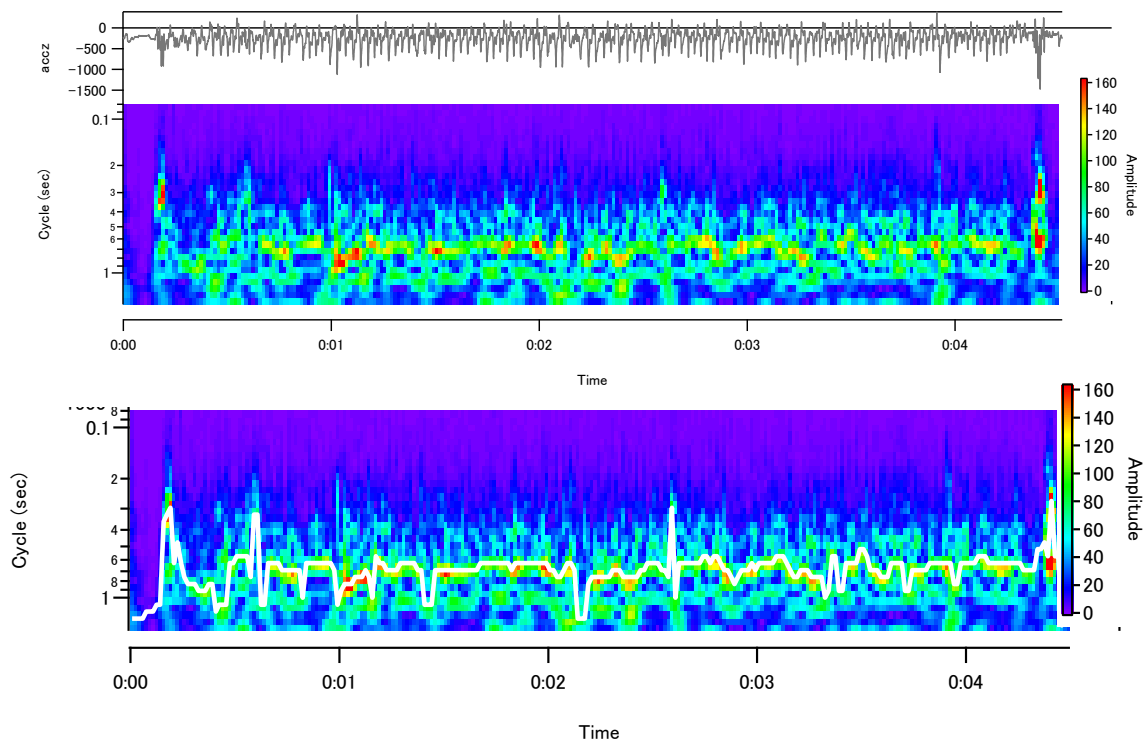


図 6.15 Line1 accz ウェーブレット変換で検出された周波数ピーク値

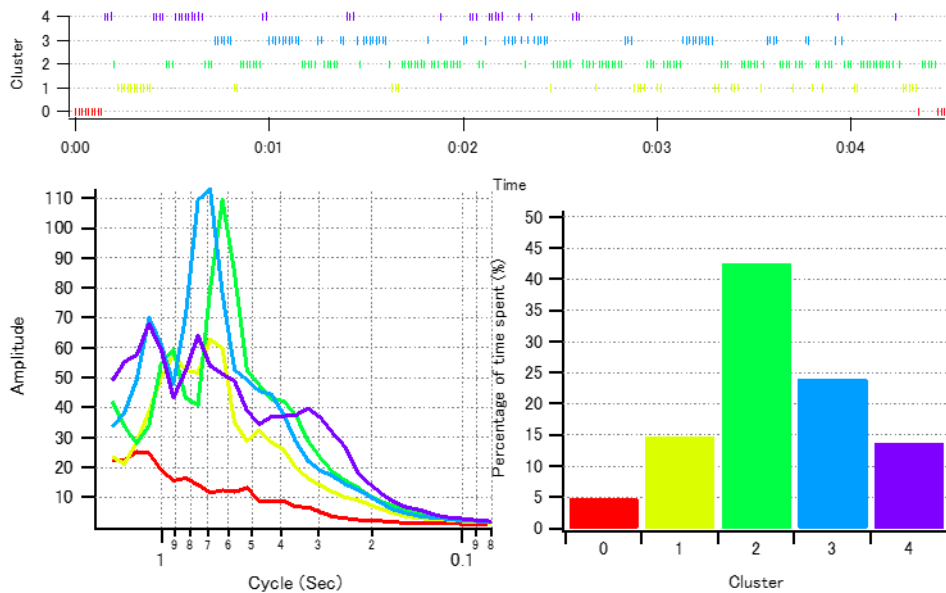


図 6.15 Line 1 accz k-means 法によるクラスタリング結果

(上図：時間軸に対するクラスタリング結果)

(下左図：周期と振幅でみたクラスタリング結果)

(下右図：クラスタ全体の中の存在割合)

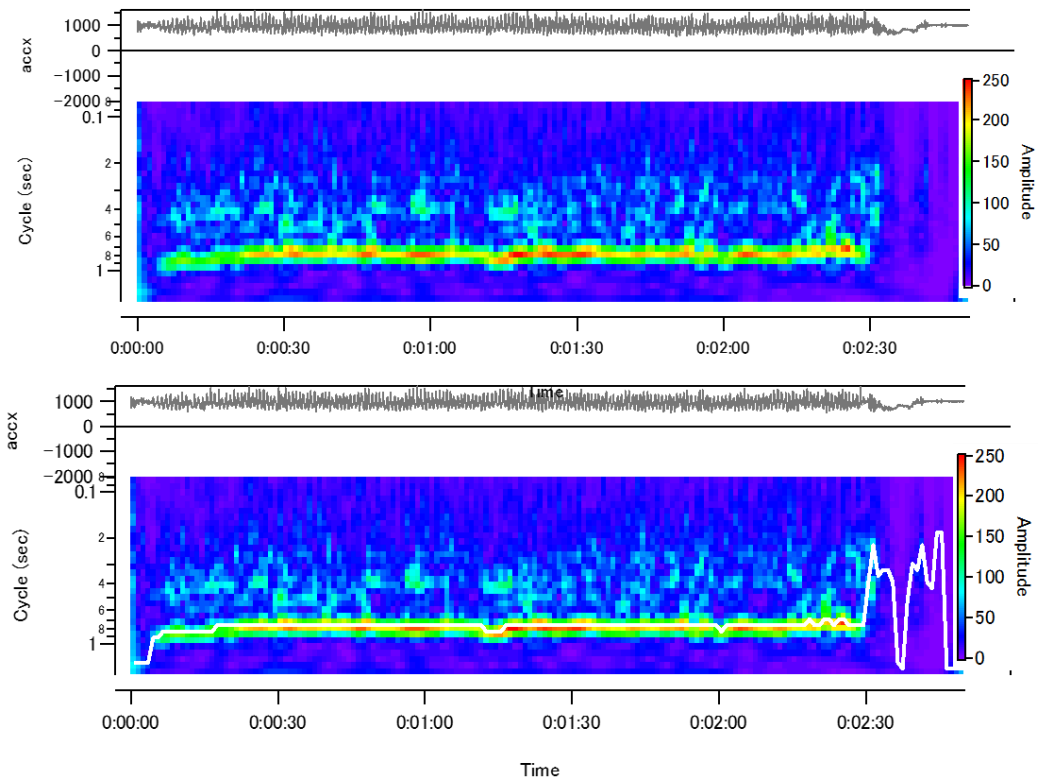


図 6.16 Line2 accx ウェーブレット変換で検出された周波数ピーク値

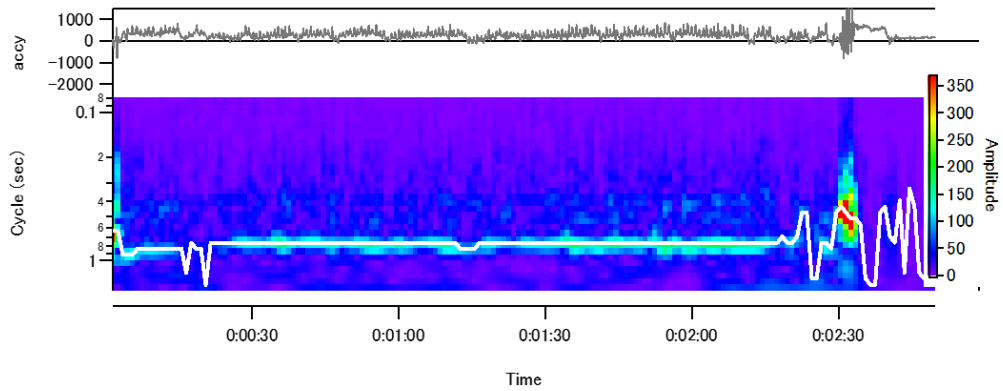
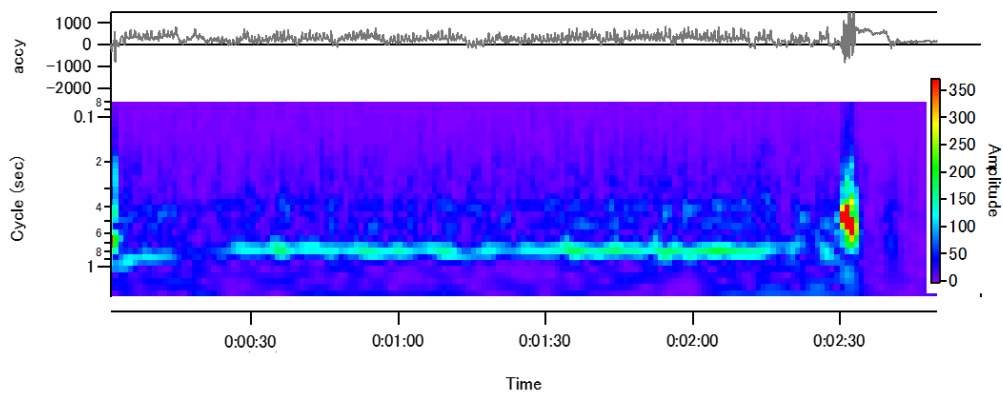


図 6.17 Line2 accy ウェーブレット変換で検出された周波数ピーク値

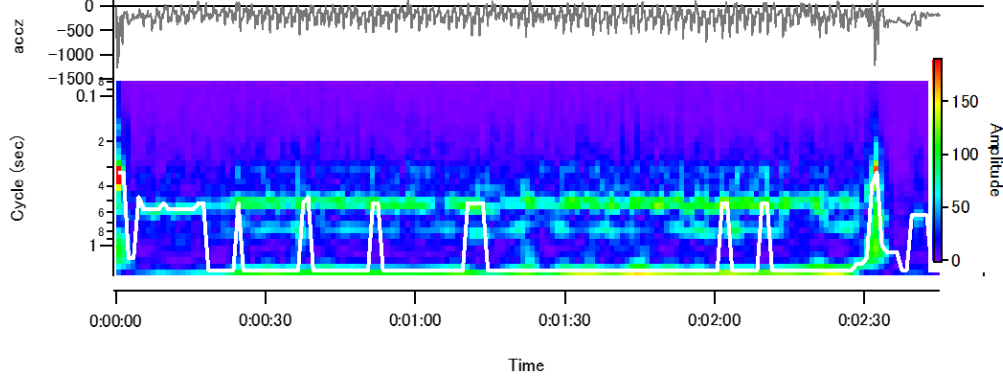
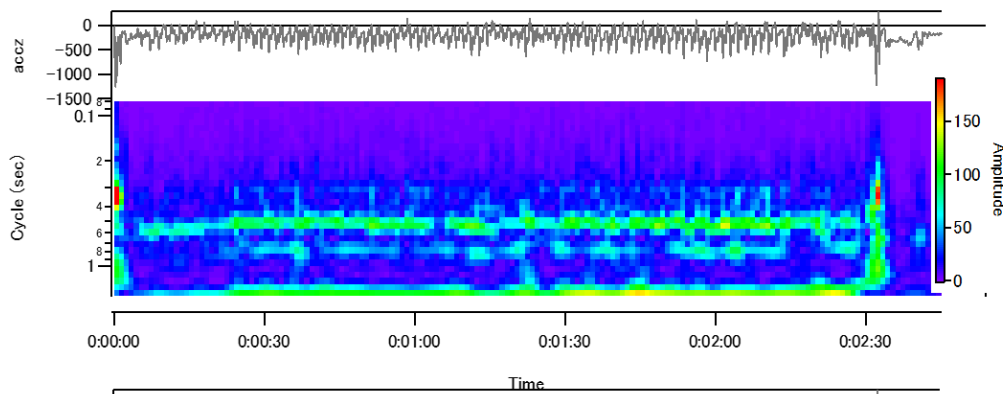


図 6.18 Line2 accz ウェーブレット変換で検出された周波数ピーク値

6.4.2 周期性に関する考察

(A)軸ごとの特徴に関する考察

まず、3軸の方向について、X軸は地面に対して垂直方向、Y軸は進行方向、Z軸は水平横方向である。今回の分析結果で、閾値などの数値的な議論は、装着する人により歩行の周期等が異なるため、分析結果からセンサ装着者個人によらないと考えられる特性について、述べる。図 6.8, 図 6.9 の X 軸加速度(地面垂直方向の軸)の 1s ごとのウェーブレット変換結果と周波数のピーク値のグラフから、4分30秒の歩行のほぼ中ほどに、ピーク値が大きく変動している部分がみられた。このとき、センサ装着者は映像から特に深いぬかるんだ場所はまってバランスを崩していた。クラスター0 がはまり込んだグループとなっていた。また、ぬかるみにはまっているときには、図 6.11 上図と比較してもクラスタリングできており、バランスを崩した時刻からぬかるんでいる箇所を特定できると考えられる。図 6.10 下左図、下右図から歩行中は進行方向には約 3 秒周期と 2 秒周期の波形がみられている。赤色のクラスター0 に分類された部分は映像から確認すると特に大きくふらついている部分が抽出されている。また、図 6.12 では Line1 の Y 軸については、ほぼ一定であったが、2分ほど過ぎた中ほどの時刻に大きくピーク値が出ている箇所がある。映像からは、センサ装着者は、足元が不安定なため、ほぼ地面をみて、ぬかるみにはまらないように注意して歩いていたが、ピーク値が大きく振れている点では進行方向を確認していた。これは、図 6.13, 図 6.14 でクラスター4 に割り当てられており、Y 軸加速度周期の大きな変化点は進行方向の確認などによっておこると考えられる。なお、図 6.10 と図 6.12, 図 6.15 の最初と最後の 10 秒間は時刻合わせの波形であるため、分析から除外している。また、図 6.5 において左右のふらつき度合いを示していると考えられる X 軸方向加速度は、図 6.14 をみると、所々でぬかるみにはまった部分でピーク値に変化があり、図 6.15 のクラスタリングにはふらつきは反映されなかった。これらの X, Y, Z 軸方向の加速度波形にはそれぞれ歩行リズム、上下方向の視点移動、歩行時の左右への振れ方という特徴が反映されていたため、3 軸の特徴を組み合わせることで歩行時のフィールドの状況を推定ができる可能性がある。

(B)Line ごとの特徴に関する考察

図 6.5 の 10 秒間の加速度の値からの考察をもとに、図 6.8, 図 6.9 をみると、X 軸方向は規則正しい周期性をもつ歩行であるか、つまり、リズムカルな歩行かどうかを判断できると考えられ、この X 軸進行方向の歩行加速度周期値が大きく変化している Line1 は、周期が図 6.16 の Line2 に比べ、1 秒ごとの周波数のピーク値が大きく変化している。同様に Y 軸に関しても、地面が安定している Line2 については図 6.17 から移動中でも振幅と周期がほぼ一定のままである。これは、Line2 は足元が安定していることから、地面に注意をむけなくても安定した歩行ができるため、このような結果になったと思われる。Z 軸に関しては図 6.14 と図 6.18 を比較すると、あきらかに異なる特徴がみられた。これは左右のふらつきが顕著にあらわれた結果と考えられ、これらの Line1 と Line2 のウェーブレット変換の比較から、

従来標高 0m となっていた湿地の地面を歩行の加速度を測定することで、接触してからの踏み込みをふまえた特性を捉えることができたと考えられる。

6.5 6章まとめ

本章では、歩行者のふらつきや歩行の周期性に着目し、1秒ごとのウェーブレット変換を行った。地面のぬかるみ度合いの異なる Line ごとの特徴を加速度の値によってとらえ、ふらついている位置をクラスター分析で他と分類した。Line1 と Line2 では、歩行周期が大きく異なり、足元の安定した Line2 では周期のピーク値は一定であった。これらの分析により、従来標高 0m となっていた湿地の地面を歩行の加速度を測定することで、接触してからの踏み込みをふまえた特性を捉えることができるとわかった。これについては、フィールドにおける人為攪乱の指標となる可能性もある。

7 フィールドワークセンシングシステムの実装

本研究における展望は、フィールドワークで参加者の活動状況や参加者がおかれている環境についての情報をフィードバックとして得ることで、詳細な分析や現場での実践プログラムの改善サイクルを早めることである。最後に、加速度値を用いたフィールドワーク分析手法の提案として、実験の考察をふまえ、フィールドワーク中の映像再生と加速度を連携させた独自の分析システム **Field Work Reviewer (FWR)** を実装した(図 7.1)。FWR は、加速度・角速度の csv ファイルを読み込み、自分で指定した閾値を超えたときの時刻リストを作成し、リストの中から再生したい部分を各自が選択して再生できる。このシステムを用いれば、フィールドで観察者をつけずとも動作に大きな変化がみられた場面を抽出できる。いきなり動物が飛び出してくる、物音のした方向を振り向く動作の検出も可能である。環境学習で課題となっていた活動中の行動変容、心理変容についても加速度・角速度と映像を取得し、FWR を用いて映像を加速度・角速度値から得た行動の変化点から振り返るなどを行うことができることから、今後環境学習などフィールドワーク活動の分析に用いて、よりよいプログラム開発と詳細な評価の両立につながるのではないかと考える。また、これら加速度値・角速度値の変化点をリストアップできるため、センサデータと同期した映像をみて、フィールドやフィールドでの気づきに対するより詳細な視点での分析に寄与することを望む。

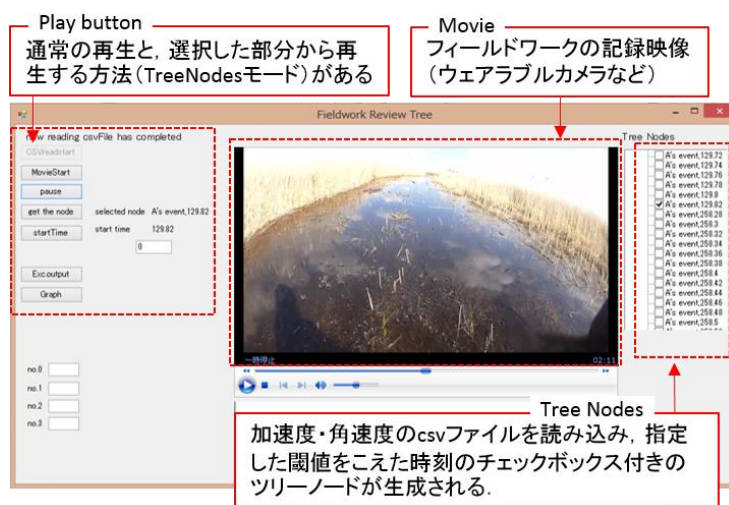


図 7.1 作成したフィールドワーク加速度分析システム

8 まとめ

本研究の目的は、フィールドワークの活動中の様子を分析するために可搬なセンサを人体に装着し、活動を阻害せず、連続的な変化を個別に取得し、フィールドワークセンシングが有効性を検討する。そのために 1. フィールドワーク中に存在する場面を映像から抽出すること 2. 抽出した場面ごとに参加者の加速度・角速度を取得することで、センサの値から活動中の参加者の行動と心理変容の関連性を分析すること、 3. 加速度値から周辺環境、特に歩行により地面状態を取得可能であるかを検討することとした。そのうえで、加速度値を用いたフィールドワーク分析手法を提案する。

1については、観察や解説、移動、会話を想定場面とし、映像分析を行った結果、映像分析により、フィールドワーク中の場면을解説など複数人が同方向に注視する「一点注視型」、会話を中心とする「インタラクション型」、野外での移動を伴う「フィールド移動型」に分類した。グループで行う自然観察を目的としたフィールドワークの中にも人同士のインタラクションがしばしば存在し、それらは何気ない会話や動作としてその場では記録に残らず忘れてしまったが、後の解説等をふまえると気づきにつながっている場合があった。映像では移動を伴うため、画面枠内に集団をとらえ続けることは難しく、映像のみでは参加者の個人ごとの動作や行動などを含め、集団が把握できないことから、加速度センサなど、人体に装着したセンサで動作を取得することが必要であることが分かった。

映像分析の結果をもとに、一点注視型、インタラクション型、フィールド移動型について実際に加速度センサを参加者に装着し、計測を行った。このうち、全体のベースとなる2つの実験、着座・一点注視型の環境学習プログラム「もりのおはなしかい」(富士山科学研究所にて実施)についての参加者の行動と、単独・移動型の妙岐の鼻湿原移動調査についてのフィールド分析を行った。2については、一点注視・着座型—もりのおはなしかいの分析では、交差検証の結果、正確に分類できたものは59.7%であった。このうち、手遊びにあたるplayはF値で0.93と高い認識率になっており、おはなしかいの状況下では、手遊びと手遊びへの参加度合いは閾値判定で認識できることが分かった。興味度合いについてもplayの区間は評定が高くなっていた。2名の興味度評定者間のKappa係数は0.93となり、興味度の評定は一致とみなすことができる。3については、フィールド・単独移動型—妙岐の鼻によるフィールド分析を行った結果、歩行者のふらつきや歩行の周期性に着目し、1秒ごとのウェーブレット変換を行った。地面のぬかるみ度合いの異なるLineごとの特徴を加速度の値によってとらえ、ふらついている位置をクラスター分析で他と分類した。これらの分析により、従来標高0mとなっていた湿地の地面を歩行の加速度を測定することで、接触してからの踏み込みをふまえた特性を捉えることができるとわかった。これについては、フィールドにおける人為攪乱の指標となる可能性がある。そして、分析をふまえた有効性の検討としてはフィールドワーク中の映像と加速度値・角速度値を同期し、任意の閾値を設定なのうな

分析システム Field Work Reviewer を実装した。

今後の検討事項として、人が行う動作には個人差が伴うため、今野ほか(2015)では、加速度・角速度を特徴量として、歩行動作により本人識別手法を検討しており、歩行には加速度・角速度においても個人差が考えられる。本研究では個人差に関する議論を行っておらず、実際に活動中にフィードバックを行う際には、装着者によって、個人差が大きいと想定される。その点は今後フィードバックを行う際は、これを解決するためには装着の直前に個人適応を行うことが有効と考えられる。個人適応とは、装着者各々のデータを学習させることで、歩行であれば少しその場を歩いてもらうことや今回分析を実施したおはなしかいのようなプログラムに対する興味度推定であれば、典型的なパターンの短い話をきいてもらい、それに対する反応を本番の前にあらかじめ得るということである。

謝辞

本研究を行うにあたり、日頃より御指導と激励を賜り、数々の御教示を頂きました齋藤馨教授に深甚なる謝恩の意を表します。合同ゼミにおいて多大なる御助言を頂きました山本教授に厚く御礼申し上げます。また、本研究に関して毎週のように御助言を頂きました放送大学の加藤教授に厚く御礼申し上げます。そして、日頃より多くの御指導と激励を頂きました神戸大学寺田努准教授に心からの感謝の意を申し上げます。

東京大学大学院新領域創成科学研究科自然環境学専攻に在学中、御教示と激励を頂いた自然環境学専攻の諸先生方に感謝すると共に、諸職員の方々に感謝いたします。また、日頃より、研究や進路について、大変多くの御指導と研究の機会を頂きました東京大学空間情報センターの小林博樹助教に心からの感謝の意を申し上げます。日頃より数々の御助言を下さいました諸先輩方、快適な環境を作って頂いた研究室の皆様方、実験に協力頂いた被験者の方々に深く感謝いたします。特に東京大学大学院新領域創成科学研究科自然環境学専攻所属の新保奈穂美氏、松崎花氏には、発表前のチェックや行き詰った際の相談に快くのって頂き、大変感謝しています。また、本研究の実験の機会を与えて頂き、数々の御助言を頂きました東京大学大学院の客員共同研究員である浜泰一氏、博士課程在学の大塚啓太氏、実験に何度もご協力いただきました同専攻の内田竜嗣氏、富士山科学研究所の職員の皆様とセンサ装着に快くご協力頂いたお子様方、および保護者の皆様、森のシンガーソングライター証氏、南アルプス乗馬クラブの皆様に深く感謝いたします。

学生生活中的肺炎や急性肝炎の際、入院生活を支えてくださった流山中央病院の先生方および職員の皆様に深く感謝いたします。最後に、焦り落ち込む私を激励し、療養中の生活を毎日支え、研究においても数々の御助言を頂きました東京大学大学院新領域創成科学研究科自然環境学専攻所属の小坂紗代氏に深く感謝いたします。

参考文献

- 秋田喜代美, 坂本篤史. 学校教育と学習の心理学. pp. 230—240. (2015)
- ATR-promotions, inc. available from (<http://www.atr-p.com/support/support-sensor06.html>), (last visited Dec. 31, 2015)
- ATR-promotions, inc. available from (<http://www.atr-p.com/products/TSND121.html>), (last visited Nov. 6, 2015)
- Carson, R. (1965). *The sense of wonder*. Harper & Row Publishers.
- Choudhury, T., & Pentland, A. (Sandy). The sociometer: A wearable device for understanding human networks. *CSCW 2002 Workshop*: (2002).
- ELAN, available from <https://tla.mpi.nl/tools/tla-tools/elan/> (last visited Dec. 31, 2015)
- Fleiss, Joseph L., Jacob Cohen, and B. S. Everitt. "Large sample standard errors of kappa and weighted kappa." *Psychological Bulletin* 72.5 (1969): 323.
- Gagne, R.M. and Madsker, K.L. (1996), *The Cognitions of learning: Training applications*. Harcourt Brace/ASTD
- Gagne, R.M., Wager, W.W., Goals, K.C. and Keller, J.M. (2005) *Principles of instructional design*(5th Ed.). Wadsworth/ Thomson Learning
- 広瀬幸雄. 環境行動の社会心理学. (2008)
- HX-A100, Panasonic Corporation, available from (<http://panasonic.jp/wearable/p-db/HX-A100.html>), (last visited Jan. 15, 2016)
- HX-A500, Panasonic Corporation, available from (<http://panasonic.jp/wearable/p-db/HX-A500.html>), (last visited Jan. 15, 2016)
- 石上浩美. 「体験による学び」とは—活動理論による分析から—." *人間文化研究科年報* 25 (2010): 205-214.
- 小長谷有紀. "NGO によるフィールドスタディの現場から: 大衆化するフィールドワーク (<特集> 人類学的フィールドワークとは何か)." *文化人類学* 72.3 (2007): pp. 402-411.
- 神村吏, 木谷友哉, 渡辺尚. スマートフォン 搭載センサーを使用した二輪車車両挙動把握システムの提案. マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2012) シンポジウム, (2012).
- 環境省: 今後の環境教育・普及啓発の在り方を考える検討チーム 報告書(2011)
- 加藤浩. もう一つの教育評価: 状況内評価の活用 に向けて (<特集 > 協調学習と AI). 人工知能学会誌, 23(2): pp. 163-173, (2008).
- 小林辰至. "環境教育の基盤としての原体験." *環境教育* 2.2: pp. 28-33, (1993).
- 今野慎介, 中村嘉隆, 白石陽, & 高橋修. (2015). ウェアラブルセンサを用いた歩行動作による本人認証法の検討. *情報処理学会研究報告. MBL*, [モバイルコンピューティングとユ

ビキタス通信研究会研究報告], 2015(25), 1-8.

- 宮本匠, 渥美公秀, and 矢守克也. "人間科学における研究者の役割—アクションリサーチにおける「巫女の視点」—." *実験社会心理学研究* 52.1 (2012): pp. 35-44.
- 水月昭道. "フィールドワークの技法と作法." *立命館人間科学研究* 14 (2007): pp. 27-40.
- 森下雅子. "フィールドと調査者の共振 - 地域における日本語支援の現場を例にして - ." *実験社会心理学研究* 46.2 (2007): pp. 162-172.
- 本橋園司, 岡部祐加子, 田中勝千, 高野 剛地面の起伏の自動計測に関する研究. *芝草研究* 27. (2) pp. 130-136. (1990).
- 村山祐司. "フィールドワーク方法論の体系化: データの取得・管理・分析・流通に関する研究." *人文地理学研究= Studies in human geography* 34 (2014): pp. 1-2.
- 奥井智久, 佐藤群巳. *環境教育ガイドブック—小学校—* 教育出版 pp. 47-56
- 大久保雅史, 藤村安耶. "加速度センサーを利用した集中度合い推定システムの提案." *WISS2008* (2008).
- 大西鮎美, 村尾和哉, 寺田努, & 塚本昌彦. 装着型センサを用いた会議ログの構造化システム. *マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2014 論文集, 2014*, pp. 1860-1868. (2014).
- 坂本健太郎. "手法 エソグラファーを用いた動物の行動解析--あなたの行動はすべて計算済み (特集 バイオロギングサイエンス--観察できない動物の行動を観る科学)." *遺産* 64.3 (2010): pp. 6-12.
- 杉万俊夫編著. "よみがえるコミュニティ", ミネルヴァ書房(2000).
- 杉浦広幸. "幼稚園・保育所における園芸・農業活動活性化のための子どもの興味と職員の考えについての研究." *人間・植物関係学会雑誌* 7.1 (2007): pp. 17-22.
- 鈴木克明. *e-Learning 実践のためのインストラクショナル・デザイン*. 日本教育工学会論文誌 29(3), pp. 197-205, 2006-02-20.
- 高橋正樹, 高野絵里子. "40079 遊具がアフォードする遊び行動 その 2: 加速度計及び角速度計を用いた公園遊具における行動分析 (空間と行為, 環境工学 I)." *学術講演梗概集. D-1, 環境工学 I, 室内音響・音環境, 騒音・固体音, 環境振動, 光・色, 給排水・水環境, 都市設備・環境管理, 環境心理生理, 環境設計, 電磁環境* 2011 (2011): pp. 171-172.
- 上田浩次, 堀場勇夫, 池谷和夫, & 大井史倫. (1994). 画像処理を用いた路面湿潤状況検出方式. *情報処理学会論文誌*, 35(6), 1072-1080.
- Weka 3: Data Mining Software in Java, The University of Waikato, available from (<http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>), (last visited Dec. 31, 2015)
- 山下淳, 市丸俊亮, 加藤浩, 飯崎裕史, 鈴木栄幸, 葛岡英明. (2010). 状況内評価を記録するシステム Sounding Board における身体的行為とその効果の検討 (<特集> 協調学習とネットワーク・コミュニティ). *日本教育工学会論文誌*, 33(3), pp. 277--286.