



## 幼児行動記録作成システムへの取り組み：TVカメラとパッシブセンサによる幼児の行動追跡

|     |   |
|-----|---|
| 著者  | 新谷 公朗, 川久保 覚, 金田 重郎   |
| 雑誌名 | 同志社政策科学研究   |
| 巻   | 5   |
| ページ | 35-47   |
| 発行年 | 2004-02-10  |
| 権利  | 同志社大学大学院総合政策科学会   |
| URL | <a href="http://doi.org/10.14988/pa.2017.0000004770">http://doi.org/10.14988/pa.2017.0000004770</a> |

# 幼児行動記録作成システムへの取り組み

## TVカメラとパッシブセンサによる幼児の行動追跡

新谷 公朗・川久保 覚・金田 重郎

### あらまし

保育所における幼児の保育記録は、幼児の発達段階に応じた保育計画作成や厚生労働省の定める第三者評価等の子育て支援に欠かせないツールであるが、作成工数が大きく、センサー等による自動化が望まれる。しかし、幼児教育の質の向上を狙うとしても、電磁波、超音波等を用いたセンサーの幼児教育現場への導入には不安も残る。そこで、本稿では、加速度センサーや動画画像処理等のパッシブセンサのみで、幼児の位置を個人特定して検出する手法を提案する。TVカメラの動画から検出した移動体の位置と、幼児に装着した加速度センサーのデータを照合し、個人を特定しつつ、部屋の中での位置を記録する。プロトタイプ実験の結果、自然画像からの移動体抽出では、画像処理アルゴリズムの問題やセンサーの特性により一定の照合に留まったが、移動体にマーカーをつければ十分に照合可能であった。但し、現場での運用面を考慮すれば、自然画像からの移動体抽出・照合は魅力があり検討を継続したい。

### 1. はじめに

少子化が深刻な社会問題となっている今日、子育て支援は、社会福祉の枠を越えた国家的重要課題のひとつである。子育て支援の中核を担う保育所は、保育の長時間化、一時預かり等、保育形態の多様化をはじめ、保育を必要とする児

童への様々なサービスの提供が求められている<sup>1</sup>。

また、厚生労働省は、サービスの質の維持、向上を図るために、管轄する他の社会福祉施設と同様に保育所にも「第三者評価」を導入し、評価を公開する予定である[6]。第三者評価は、いくつかのドキュメントの整備を求めているが、中でもドキュメント量が多いのが、保育の質に関わる保育記録である<sup>2</sup>。保育記録は、保育士が見た幼児の様子等を記憶にそって記述しているが、第三者評価の導入により、その内容だけでなく記録の正確度、客観性、保育の質、等を問われることになる。

そこで、本稿では、幼児の行動を正確かつ客観的に保育記録を自動作成する可能性を探る。行動記録には、加速度センサを用いた高齢者の行動判別の研究が活発に行なわれており、その適用が考えられる。しかし、集団の中にいる幼児の行動記録を作成するためには、その位置を正確に測定する必要がある。

位置の検出については、PHS、無線タグ等の手法がすでに提案されている。しかし、幼児が対象であることと、長い保育時間(10時間/日)を考えた場合、電波などのアクティブなセンサを利用した方法では、保護者の理解を得ることは必ずしも容易ではない。著者らが実施した保育所経営者へのヒアリングでも電波に対する危惧が指摘された。

この問題を回避するため、電波、超音波、赤外線などを一切利用せず、パッシブなセンサによる位置検出手法を試みる。具体的には、動画画像処理により移動体の動きを検出し、幼児に装着した

<sup>1</sup> 「保育園」と呼ばれることがあるが、厚生労働省の正式呼称は「保育所」である。

<sup>2</sup> 保育記録は、「10:00～10:30お散歩」「12:00～13:00お昼寝」といった生活記録や、「元気がなかった」「元気に遊んだ」等といった生活の様子、体調等を子ども毎に記録したものである。内部資料としての要素が強く、統一された様式はない。

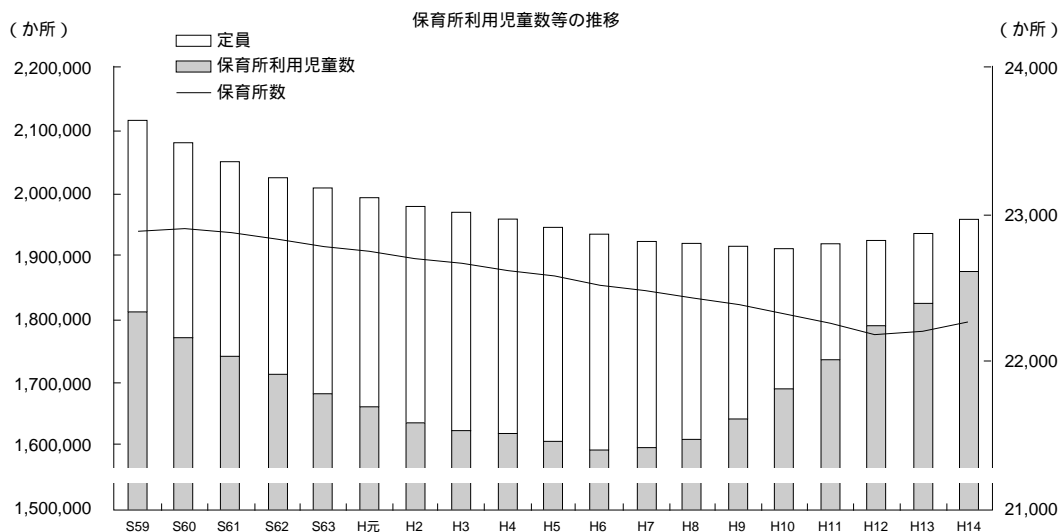


図1 保育所収容者数(厚生労働省ホームページより[8])

加速度センサの情報と画像処理結果を照合し、個人を特定するという方法である。

以下、第2章では、保育所の置かれた状況と保育記録について述べ、第3章では、電磁波の課題について触れる。第4章では個人識別手法を提案し、プロトタイプ実験について報告する。第5章は、まとめである。

## 2. 情報処理サービスマーケットとしての保育所

### 2.1 保育所の置かれた状況

ここで、まず、保育所の置かれた状況について見てみる。平成14年4月1日現在の保育所総数は22,272ヶ所、定員1,957,626人に対して、実際の児童総数1,879,349人で、定員充足率96.0%、前年度とくらべて収容されている幼児数は51,122人増である[8]。図1は、保育所数、保育所利用児童数の推移を示したグラフであるが、出生率が低下の一途を辿るなか、平成7年以降利用児童数は増加傾向にある。また、子育て支援政策の一つである「待機児童ゼロ政策」により平成13

年度以降、保育所数も増加傾向にある。今後は、いわゆる「コンビニ保育園<sup>3</sup>」の増加も見込まれる<sup>4</sup>。

保育所と同様に就学前の幼児の保育を行なっている施設として文部科学省所轄の幼稚園がある。平成14年度の学校基本調査速報によれば、幼稚園の総数は14,277ヶ所であり、保育所とは異なり3歳以上の幼児しか対象としていないにも関わらず、在園者数1,769,097人である[10]。保育所と互角の施設数、収容者数となっている。従って、幼児保育のマーケットは、施設数で約3万6千ヶ所以上、サービス対象人口は370万人となる。無認可の託児所等も含めればその数は、さらに増える。

総施設数、収容定員を見ると巨大なマーケットではあるが、一つ一つの施設の規模は、大きくはない。事務処理等に情報機器を利用する必要も少なく、情報処理技術の適用先としては期待されない分野であった。また、もう一つの理由として、幼児には「自然に触れさせるのが一番」「自由な『あそびの』中での成長」といった、幼児教育分野の価値観が反映していた側面は否定できない。「少子化」によって、このマーケット

<sup>3</sup> 駅の近くのビルなどに設置された保育所である。保育所設置の条件である園庭の面積などの条件を厚生労働省が緩和したため、最近、急速に数を増やしている。

<sup>4</sup> ちなみに、介護保健施設の総数は平成13年の統計において11,222個所、定員は679,241人であり[9]、保育所の方が施設数で約2倍、収容定員で約3倍に達する。

幼児ひとり分の記述

|      |  |   |
|------|--|---|
| 6/24 | 園で遊んだ。お友達と、おしゃべりして<br>お友達と遊んだ。お友達と遊んだ。<br>お友達と遊んだ。お友達と遊んだ。<br>お友達と遊んだ。お友達と遊んだ。<br>お友達と遊んだ。お友達と遊んだ。 | 一遊園より遊んだ。お友達と遊んだ。<br>お友達と遊んだ。お友達と遊んだ。<br>お友達と遊んだ。お友達と遊んだ。<br>お友達と遊んだ。お友達と遊んだ。<br>お友達と遊んだ。お友達と遊んだ。 |
| 6/25 | 園で遊んだ。お友達と、おしゃべりして<br>お友達と遊んだ。お友達と遊んだ。<br>お友達と遊んだ。お友達と遊んだ。<br>お友達と遊んだ。お友達と遊んだ。<br>お友達と遊んだ。お友達と遊んだ。 | お友達と遊んだ。お友達と遊んだ。<br>お友達と遊んだ。お友達と遊んだ。<br>お友達と遊んだ。お友達と遊んだ。<br>お友達と遊んだ。お友達と遊んだ。<br>お友達と遊んだ。お友達と遊んだ。  |
| 6/26 | 園で遊んだ。お友達と、おしゃべりして<br>お友達と遊んだ。お友達と遊んだ。<br>お友達と遊んだ。お友達と遊んだ。<br>お友達と遊んだ。お友達と遊んだ。<br>お友達と遊んだ。お友達と遊んだ。 | お友達と遊んだ。お友達と遊んだ。<br>お友達と遊んだ。お友達と遊んだ。<br>お友達と遊んだ。お友達と遊んだ。<br>お友達と遊んだ。お友達と遊んだ。<br>お友達と遊んだ。お友達と遊んだ。  |

図2 保育記録の例(一部を示した)

個人記録 氏名( ) 年( ) 月( ) 日( )

|  |  |  |
|--|--|--|
| <p>6/24</p> <p>お友達と遊んだ。お友達と遊んだ。<br/>お友達と遊んだ。お友達と遊んだ。<br/>お友達と遊んだ。お友達と遊んだ。<br/>お友達と遊んだ。お友達と遊んだ。</p> | <p>6/25</p> <p>お友達と遊んだ。お友達と遊んだ。<br/>お友達と遊んだ。お友達と遊んだ。<br/>お友達と遊んだ。お友達と遊んだ。<br/>お友達と遊んだ。お友達と遊んだ。</p> | <p>6/26</p> <p>お友達と遊んだ。お友達と遊んだ。<br/>お友達と遊んだ。お友達と遊んだ。<br/>お友達と遊んだ。お友達と遊んだ。<br/>お友達と遊んだ。お友達と遊んだ。</p> |
|--|--|--|

図3 週間記録の例(一部を示した、日本保育協会ホームページより引用[7])

自体が、なんとなく、先行きの暗いマーケットのように考えられてきた。

しかし、少子化はそのまま保育所・幼稚園の「生き残り」をかけた競争差異化の必要性につながる。保育所・幼稚園が「サッカー教室」「英語の練習」といった付加価値を提示して、お客とな

る子供達を集めていることは周知の通りである。また、いわゆる出生率<sup>5</sup>は平成14年度には1.42であり、「子育て支援」が国家的重要課題となっている。このため、「少子化」イコール「マーケットが小さい」を意味するものではなく、付加価値を高めるサービスが、種別、数量ともに、導入さ

<sup>5</sup> 正確には、合計特殊出生率

れてゆく可能性は高い。

このような状況を、情報処理業界が無視してきたわけではない。保育所・幼稚園の内部業務を迅速化するツールの開発・販売、マルチメディア絵本のような教材の提供などは、既に複数の企業が行っている。また、情報処理サービスとしても、例えば、保育所・幼稚園の「お迎えバス」がバス停に接近すると、携帯電話のメールに報知するサービスが、国内数社から発売されている<sup>6</sup>

このような保育所・幼稚園向けサービスで今後期待されるもののひとつに、幼児の園内での位置情報を利用したサービスがある。福岡市・学校法人高杉学園・吉塚幼稚園は、西南学院大学米谷光弘教授、NTT西日本福岡支店と協力して、幼児に無線タグを装着し、幼児の各位置情報を取り出す実験を行なった。そして、1)クラスを超えた活動をしたときの一人一人の行動分析、2)出入り口など危険な場所に近づいたときのアラーム、3)運動量やトイレ回数、食事時間などの生理的機能の発達分析、などのサービスが実現できるとしている[1]。

## 2.2 保育記録に注目する理由

以上の背景のもと、本稿では、前述の第三者評価の導入もふまえ保育記録の作成に着目し、その自動生成を提案する。

### 1) 保育記録とは何か

保育所が備えるべき書類には、(1)入所児童名簿、(2)児童出席簿、(3)保育記録簿がある。ここで、保育記録は、ひとりひとりの幼児毎に日々の生活の様子を記載したものであり、記録として日々、作成することが要求される。記録は一日毎のもの(保育日誌)もあれば週単位のものもある。また、ゼロ歳児など小さい幼児の場合には、家庭での様子や親のコメントなども記載した詳細な記録とすることもある。

保育記録の形式は、「子育て支援センター」等の指導もあるが、絶対的な様式の規定はない。図2は、ある保育所の例である。幼児ひとりひとりについて、各一日の様子を示している。「鼻水を

たらしている」など、自動的に情報を取得するには困難な記述も多いが、みんなと一緒に遊んだとか、静かに/活発に動き回って遊んだと言った基本的な動作記録の要素もある。

保育士は、長期的展望の下で保育計画を立てる。幼児ひとりひとりは、あくまで自発的な成長を期待されるが、保育士がそれを見守り、要所、要所で導びく。このため、長期スパンの記録も必要である。図3は、週単位の記録の例である。このような「遊ぶグループが変わってきた」、「同じ鬼ごっこしていても今日は昨日にくらべて元気がない」、「行動・交際範囲が変化した」などの社会的行動の解析は、正確な位置情報や、体の動作が分かれば、時間スパンが長いだけに、情報処理技術の活躍の場となる。

### 2) 国による第三者評価の導入

もうひとつ重要な問題に、「第三者評価」がある。厚生労働省は、2002年5月「厚生労働省・児童福祉施設(保育所)を対象とした『第三者評価事業』の実施にあたってのガイドライン(指針)」を通知した。各保育所が、以下の要件を満たすことを要求している。

1)保育計画が、保育の基本方針に基づき、更に地域の実態や保護者の意向等を考慮して作成されている。2)指導計画の評価を定期的に行い、その結果に基づき、指導計画を改定している。3)一人一人の子どもの発達状況に配慮した指導計画となっている。4)一人一人の子どもの発達状況、保育目標、生活状況についての記録があり、それぞれの子どもに関係する全職員に周知されている。5)一人一人の子どもの発達状況、保育目標、保育の実際について話し合うためのケース会議を定期的かつ必要に応じて開催している。

これからの保育所は、地域すなわち幼児の保護者の要望を聞きながら、幼児ひとりひとりの発達状況に注意し、発達状況に応じた保育目標の設定を行なうことが要求される。ここで「記録」とは保育記録である。情報開示の観点から、この保育記録は、ワープロなどの読みやすい形で整理しておくべきである。そして、これらに基づいて、保護者とのきめ細かなコミュニケーションを通じ、「子育て支援」を実践することが

<sup>6</sup> 幼稚園バスの位置をホームページで周知するのではなく、携帯メールに送信するサービスは、著者らが、わが国で初めて提案した[11、12、13]。著者らのシステムも既に商品化されている。

これからの保育士には求められる。

### 3. 保育記録自動作成と無線利用の問題点

#### 3.1 新しいアプリケーションとしての保育記録自動生成

以上の状況から、著者らは、アクティブデータマイニングのひとつの可能性として、保育記録の自動作成があると考え、行動の分析については、周知のように、高齢者を対象とした研究が多数ある。ジャイロセンサなどを用いて、行動内容が分析されている。画像処理のみの方法に比べて、周波数スペクトルとしてもより広い帯域を持ち、しかも、3次元的な体の細かい動きを追跡可能な点がセンサの魅力である。

幼児の場合については、検出すべき対象が、「音楽指導」「おさんぽ」「かけっこ」と高齢者とは全く異なるので、どこまで可能かは興味深い問題ではある。しかし、本稿ではここには立ち入らない。著者らも、すでに、幼児の動きからの分析の基礎的検討として、幼稚園における音楽指導の支援を動画画像処理を用いて行なう研究をスタートさせている[14]

幼児の位置がわかっていれば、以下のような種々の応用が考えられる。

1. 天井や壁に取り付けられたTVカメラから撮影した画像の中で、特定の幼児が写っているものを抜き出す。本稿の範囲では、リアルタイムな位置計測は考えていないが、保護者と保育所の間でやり取りされる連絡帳等に動画を添付する等、保護者へのサービスへの活用を検討している。
2. 園でTVカメラ画像を保存する場合でも、そのすべてを保存するのではなくて、幼児が写っている個所や、特定の動きをした部分のみの保存が可能である。

#### 3.2 位置検出の必要性和電磁波問題

幼児の行動を判別するためには、ジャイロセ

ンサ、加速度センサ等のセンサを幼児に装着させ、体の動きを測定せねばならない。このセンサは幼児が壊さない丈夫なものであり、かつ、腰などにつけられる程度の小型のものが必要がある。この装置の開発自体も今後の課題である。

ただし、幼児の位置情報がどうしても必要である。高杉らは、幼児の位置検出を無線タグによっている。無線タグは、一般に、位置を検出するためのものではない。ID番号等の識別情報を、比較的近い距離で検出するための部品である。

幼児教育では、個々の幼児が集団行動の中で、いかに振舞っていたか、集団行動の範囲が成長にともなって以下に変化してきたか、と言ったことが問題となる。その意味では、

1. 幼児の10cm単位精度での部屋中の位置
2. 幼児の向いている方向(正面)
3. 幼児の活動度(今日は元気に走った、あるいは、あまりいつもより元気がない)

と言った情報が得られれば、保育士の支援になる。位置検出が必要とする機能は、上記の最初の項目であるが、無線タグでは位置精度が不十分である。

更に、実は大きな問題と考えられるものがある。無線の利用である。電磁波による生体への影響については、種々の議論がある。この電磁波問題は、技術者サイドの印象としては、「そんなに気にしなくても」と感じるところもある。携帯に比してPHSの電波は弱く、また、無線タグも微小電波の範囲である。しかし、電磁波に対して強い警鐘を鳴らしている市民団体もある。現在はあまり問題となっていないが、日本でも欧米並みの電磁波低減対策を求める声が出てくる可能性にマーケットとして注意すべきであろう<sup>7</sup>。

#### 3.3 位置検出手法について

上記の議論では、幼児は加速度センサをつけていることを前提としている。加速度は分かっているが、加速度センサによって測定した加速度を時間軸方向に2回積分しても、幼児の位置はわからない。加速度センサは周波数帯が限定され、しかも、センサとアンプのドリフトやノイ

<sup>7</sup> 携帯3社は、携帯電話の電磁波の疫学的調査を行なうことを明言している。実際には影響が無いとしても、それが陽に証明されないのなら、そして、一般市民の中に疑念をもつ方がおられる以上、技術側も考慮すべきである。

表1 位置検出手法一覧

| 位置検出手法               | 原理                        | メリット                                    | デメリット  | パッシブ性 |
|----------------------|---------------------------|---|--|-------|
| PHS                  | 受信電波強度による3点測量             | 確実に位置を捕捉可能                              | 連続的に位置をつかむには、頻繁な発信が必要【保護者了解は必須】  |       |
| 無線タグ                 | 無線タグからのレスポンス信号            | 確実に位置を捕捉可能                              | 位置精度はあまり高くない。連続的に位置をつかむには、頻繁な発信が必要【本研究では不適】  |       |
| 加速度センサで歩数計算          | 歩数と地磁気の方向から、歩いた距離を推定      | 完全なパッシブで実現できる                           | 大人ならよいが、幼児では歩幅は一定せず、どちらに進むかも分からない【単独では採用不可】  |       |
| マーカー追跡               | マーカーをTVカメラから追跡            | 画像処理が比較的容易                              | 個人特定が不可能【単独では採用不可】   |       |
| バーコード認識(マーカー併用)      | パッシブセンサのみで構成              | 個人特定可能であり、赤外線のみ反応するインク、繊維を用いれば肉眼では見えない。 | カメラの解像度、あるいは台数が相当ないと部屋全体の子どもの位置を検知できない。すべての服、あるいは、名札にバーコードをとりつけて管理する手間がある。また、現状のカメラの解像度では、相当に大きなバーコードとなる【高解像度カメラの採用等でバーコードを小さく出来れば可能性あり】 |       |
| 発光ダイオード等によるアクティブマーカー | 光をマーカーとして、点滅により個人識別コードを送信 | 個人特定可能であり照明条件の問題をクリアしやすい                | 発光ダイオード出力を目に長時間あてる、装置の電池を飲み込むなどのトラブルへの対応が難しい【採用不可とは言えない。保護者了解は必須】  |       |
| 超音波タグ、トランスポンダ        | 超音波の伝達時間で3点測量             | 位置精度は十分と思われる                            | トランスポンダを肩や胸につけるときには、あまり大きなものは付けられない。電池不要のタグ型を用いないと、壊して電池を飲み込む等のトラブルへの配慮が必要。小さな無線タグは誤飲事故に注意【採用不可とは言えない。保護者了解は必須】                          |       |

ズによって誤差が重畳して使い物にならない。

位置情報測定法は、種々存在する。表1に列挙した。紙面の関係で詳細な議論は省略するが、決定的な手法はない。また、無線であれ、発光ダイオードによる個人識別であれ、時時刻刻の位置を特定しようとすればするほど、頻繁に電波を発射しなければならない。電波であれ、超音波、赤外線であれ、1日8～10時間の保育活動時間に対して最大6年近い電磁波の被曝は、電磁波の利用に疑念を感じている保護者の心情として

無視できない。

以上見てきたように、無線であれ、超音波、発光ダイオードであれ、何らかのエネルギー放出を伴う位置検出については、保育所・幼稚園への導入を前提とすれば、疑問が残る。ワッペンに電子回路を組み込んだ程度の装置は、壊されて電池を飲み込まれた時の心配もある。何とかしてパッシブなセンサのみで、幼児の位置を出したい。ただし、高齢者が一人部屋にいる場合とは異なり、保育所では、画像に写っている幼児がだれ

であるかを特定しなければならない。

## 4. パッシブセンサによる個人識別

### 4.1 センサ統合による位置検出と評価

以上の議論から、本章では、パッシブセンサ（加速度等のセンサとTVカメラ画像）のみから実現できる移動体（幼児）の位置検出手法を提案する。提案手法は以下の通りである。

#### 【提案手法】

1. 望ましい形として、幼児は画像認識用の特別なマーカーは装着しない。ただし、個人識別できないマーカー<sup>8</sup>利用についても検討する。
2. 天井に設置したTVカメラ画像からの動画処理により移動物体の位置、あるいは、マーカーを抽出する。ただし、幼児がいることが分かっても、誰かはわからない。
3. 上記(2)から得られた情報と、各幼児がつけている加速度センサ等から得た情報を統合して、各移動体（あるいはマーカー）の個人識別を行なう。

マーカーを利用しない動画処理による抽出では、幼児が移動しなくなると抽出はできない。幼児は動いた期間のみ抽出される<sup>9</sup>。しかも、実際には天井から多数の幼児を撮影している。従って、幼児が一定以上接近すると、複数の幼児を一体の移動体として認識する。本研究では、このような場合、その2人の幼児が一体として認識されてよいものとする<sup>10</sup>。

### 4.2 前提条件

提案システムの可能性を探るため、以下の条件により実験を行なった。

1. 動画処理は、1)マーカーありの移動体（幼児）の動き検出、2)マーカーなしの移動体の動き抽出、の2通りを行なう。マーカー追跡については市販ソフトを利用し、マーカーなしの移動体検出については、独自のプログラムによる<sup>11</sup>
2. 加速度センサは、NEC-TOKIN製3DモーションセンサMDP-A3U7を利用した[16]。このセンサは地磁気センサ、3軸角加速度センサと2軸加速度センサが装着されている<sup>12</sup>。
3. カメラの座標軸とセンサの座標軸は実験開始時点では一致させる。しかし、移動体の動きにつれて、センサ座標は大きく変化する。センサ座標上での加速度データから、カメラ座標での水平方向の2軸方向の加速度を取り出す必要がある。NEC-TOKINのセンサは、本来、姿勢角をもとめるツールであり、初期状態（カメラ座標）からの姿勢変化を、Z-Y-Xオイラー角で出力する。したがって、これを利用して、センサ出力をカメラ座標上の水平方向成分に変換する。
4. マーカーあり、及び、マーカーなしの動画処理結果と、センサとの照合を行なう。これにより、動画処理で検出した移動体が、誰であるかを判定する。

人間の水平方向の移動による加速度よりも、重力加速度や、人間が歩くことによる上下方向の加速度振幅の方がはるかに大きい。したがって、上記の座標軸の変換は極めて重要である。

### 4.3 実験方法

実験については、部屋の上方に設置したビデオカメラの撮影範囲内を、直径5cmの白色マーカーを付けた5人（学生）に動いてもらい、これを20秒間撮影した。一人にはセンサとノートパ

<sup>8</sup> 具体的には「ばら組」「ゆり組」といった組に対応した単色のワッペンが肩についていることを想定している。単色のマーカーといえども、幼児につけさせることは現場での作業量増加を招く。

<sup>9</sup> 検出されない間は最後にいた場所に静止していると考ええる。

<sup>10</sup> それまでの移動状況が個人特定されて検出されていれば、一体として検出されているのが誰かは分かる。一体として検出された幼児が、やがて分離してゆけば、そのうちに本手法により、それぞれの画像からの追跡結果が誰であるか、個人特定できると考える。

<sup>11</sup> 移動体検出アルゴリズムは初歩的である。改良が必要である。

<sup>12</sup> 後述のように、加速度センサが2軸しかないので、本研究には適切とは言えない。しかし、実験装置作成日程の関係で採用した。





図4 マーカートラッキング処理過程

ソコンを持たせセンサデータを記録した<sup>13</sup>。

得られた画像から、以下の2つの動画像処理を試みた。

#### マーカートラッキング処理

市販マーカー追跡ソフトを用いて、マーカーのトラッキングを行った。マーカーのトラッキング結果を図4に示す。今回の実験条件では、TVカメラ画像からマーカーが出ないかぎり、追跡は確実であった<sup>14</sup>。

#### 差分画像を用いた移動体抽出処理

マーカーを用いずに動画像処理のみから移動体を検出する方法である。当然であるが、幼児が動いていないと信号としては取り出せない。今回は、以下のstepに従って移動体の重心位置を抽出した。図5は、実際に処理された連結領域抽出例である。

- 1) フレーム間差分を算出
- 2) 上記の結果から10枚毎の移動平均を算出
- 3) 2値化
- 4) 4近傍連結する100ピクセル以上の領域のみを

#### 抽出

- 5) 連結領域の重心位置を計算

ただし、連結領域を抽出したのみでは一枚の絵にすぎない。そこで、以下の処理により、異なるフレーム間で、連結領域の接続関係を求めた。6) 次フレームの連結領域重心とのユークリッド距離を求め、画素数5以下のもの同じ移動体としてラベル付け

- 7) 上記の結果、10フレーム以上連続してラベル付けできたもののみを移動体として抽出

#### センサ出力の処理

NEC-TOKINのセンサは、姿勢角センサであって、センサ座標をオイラー角(Z-Y-X座標)で表現している。初期カメラ座標から、まずZ軸周りに(ラジアン)次にY軸周りに、最後にX軸周りに回転している。ただし、カメラ座標において、Xがカメラの長い軸方向の座標、Yがカメラの短い軸方向の座標、Zが上下方向の座標

<sup>13</sup> 但し、センサを持った人には、横軸方向に早く、縦軸方向に緩やかに動いてもらった。これは加速度の大きさが映像データとのマッチングに与える影響を評価するためである。

<sup>14</sup> 現実には、頭の上にマーカーを載せることは出来ない。肩などにつけることとなり、マーカーは何度も「見失う」可能性がある。

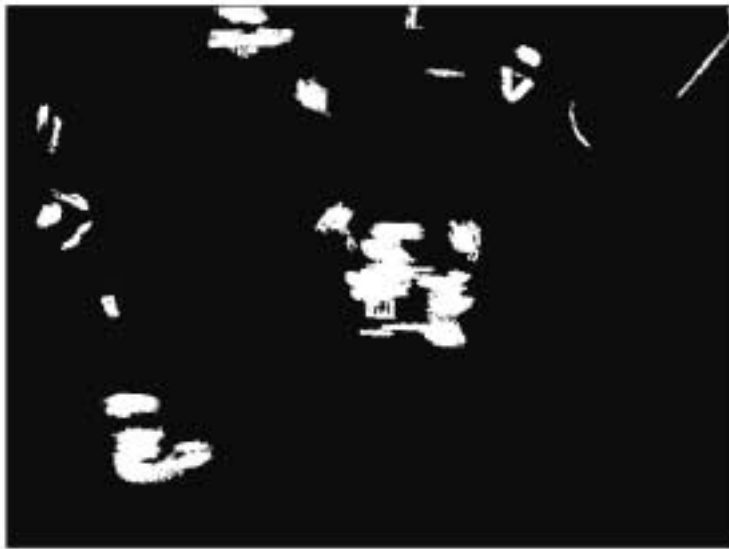


図5 移動体画像

とする。センサ座標の測定値は、カメラ座標に変換する必要がある。

この時、回転行列Rは以下ようになる。ただし、 $s$ は $\sin$ 、 $c$ は $\cos$ を示す。

$$R = \begin{pmatrix} c c & c s s & -s c & c s c & +s s \\ s c & s s s & +c c & s s c & -c s \\ -s & & c s & & c c \end{pmatrix}$$

このRを用いて、座標系の変換(センサー座標の測定値をカメラ座標へ)、重力加速度除去を行う必要がある。

しかし、加速度は、2軸しかない。そこで、センサ座標でのZ軸はカメラ座標のZ軸とほぼ等しいと仮定し、Z軸のセンサ加速度は1G(重力加

速度)と仮定した。しかし、センサはかなり傾いており、足を動かすことによる上下動振動がある。1G固定は、きつい仮定である。今回の座標変換は、完全なものではない。このため、実験にあたっては、センサの上下方向の軸は保つように注意した。

#### 4.4 出力波形

以下に得られた波形例を示す。以下、X軸はカメラ座標系での横方向(長手方向)、Y軸は縦方向(短手方向)をあらわすものとする。

図6はマーカー無しの動画像処理の結果(X軸のみ)の例である。画像上で左上がゼロとした時

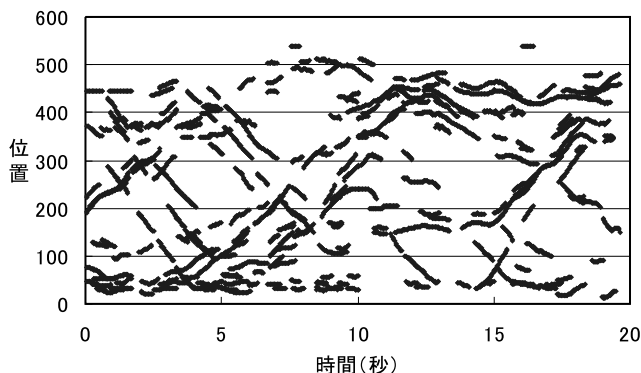


図6 フレーム間差分から抽出した連結領域のX軸方向変位

表 2 センサデータとマーカートラッキング処理データの相関係数

|     | X       | Y       |
|-----|---------|---------|
| ID1 | 0.5588  | -0.1651 |
| ID2 | -0.0580 | -0.3579 |
| ID3 | -0.0059 | -0.1254 |
| ID4 | 0.0472  | -0.0923 |
| ID5 | 0.0631  | 0.0153  |

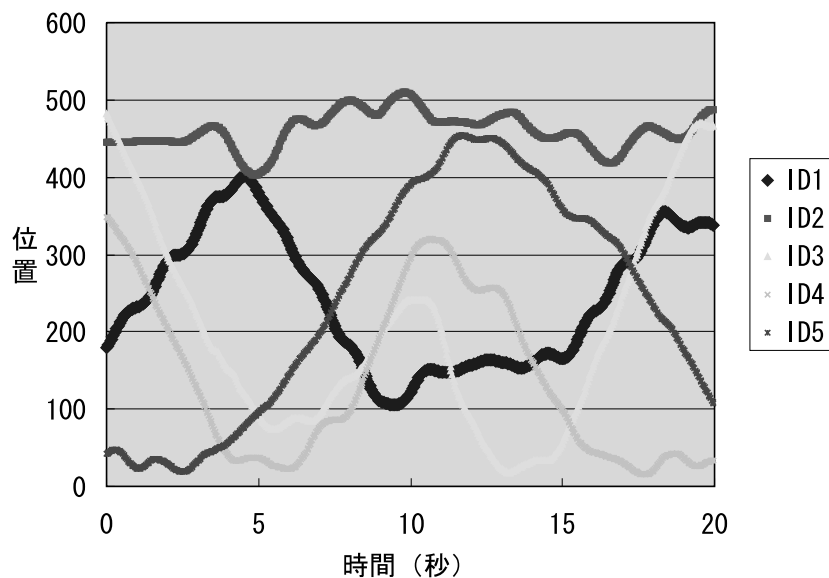


図 7 マーカーのトラッキングから得た X 軸位置の変位

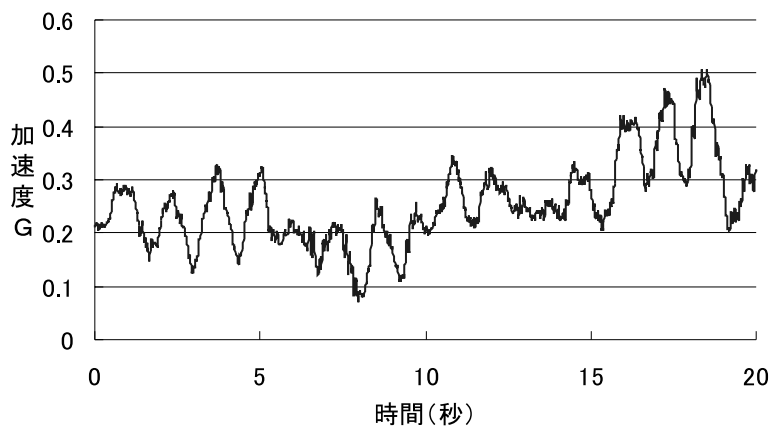


図 8 補正後 X 軸方向の加速度変化

の位置が出力されている。マーカーがないので、画像上の連結領域の動きがでている。ひとりの人間が、多数の連結領域として検出されていることが分かる。一方、マーカー-trackingの結果(X座標のみ)を図7に示す。こちらは完全に追跡できている。ID1～ID5は5人の被験者である。

これに対して、加速度センサ出力(座標変換補正を行なった後)は、図8のようになる。これはカメラ座標のX軸である。この図8を見る限り、装置の傾きによる重力加速度や上下動成分の残留は、きちんとは除去できていない印象を受ける。

#### 4.5 センサデータと動画像処理結果との照合

以上の測定結果を統合する。マーカー-tracking結果から計算した加速度データと、センサから得た加速度データとの相関係数を表2に示す。ID1がセンサ所有者で、センサからのデータはID1のX軸の加速度データで高い相関を持つ。照合は成功している。やはり、マーカーを利用すると位置が正確に出るので、好都合である。

これに対して、フレーム間差分からの位置情報と、加速度センサの照合は、より困難である。図9は、照合結果を示す。ここでは、相関係数に連結領域を追跡したフレーム数を乗じたものを

利用している。「正解」が取れている部分もあるが、センサにノイズが載っているのか、全く異なる動きを正解としている部分もある。現段階では、センサデータに以下のような課題が残っている。

1. 表2では、センサ所有者との相関係数がX軸では高いのに、Y軸では低い。ゆっくりと動いた場合は照合は難しい。
2. 上記の問題を解消するためには、例えば、加速度センサの振動から歩数をしらべ、地磁気センサから体の向きを特定して、向き×歩数×推定歩幅により移動を検出すれば良い。しかし、通常、この手法が採用されている対象は成人である。幼児は一ヶ所で飛び跳ねたり、横に進んだりするので、この方法単独で解決する事はできない。他の方法との併用が必要である。
3. センサデータと差分移動体抽出処理データの照合については、図9より一定以上の加速度が出ていて、50フレームから100フレーム程度の長さで照合が可能と言える。真ん中当たりの照合が全くできてない理由は、重心が抽出できなかったのではなく、これはX軸がその時間帯であまり動いていない事が問題となっていると考えられる。加速度が小さい値の時は照合が困難である。
4. 図9の実験では、位置が近く関連付けられそうな連結領域でも、全く別な移動体と

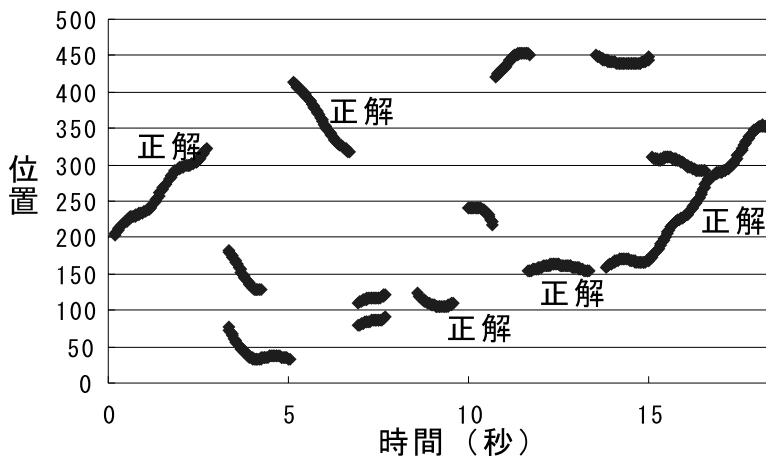


図9 差分移動体抽出処理データとの照合結果

して比較を行っている。同時間で似たような位置・動きを持つ連結領域を統合するべきである。

#### 4.6 他の方法との比較

今回結果を残せたマーカー方式と、他の位置検出方法との比較を行う。表1に記述したように用途にあわせて、位置検出方法には多々あり、それぞれにメリット、デメリットがある。位置検出には幼児が対象となるシステムのためパッシブ性が要求される。そこで単独採用可能である「バーコード認識」との比較を行う。

バーコードを用いればカメラの解像度、台数等の条件が厳しくなるが、条件を満たせば、マーカー方式と同様にパッシブな状態で、また、センサーを用いないため、より自然な状態で検出可能であると言える。しかし、バーコード認識の場合、一対一でバーコードを管理する必要がある。20～30人幼児がいるため、現場での運用を考えた場合問題となってくる。その点、マーカー方式の場合、同じものを各幼児に装着すればよく、マーカーを共用にできる。このことからマーカー方式は運用の面で魅力的であると言える。

#### 5. おわりに

電波、超音波、赤外線、可視光などのエネルギー放出を一切行わずに、加速度センサと、TVカメラからの動画処理から、部屋の中での幼児の位置を、それが誰であるかを個人特定しながら、検出する手法を提案し、成人を被験者とする基礎的な評価実験を行なった。その結果、以下の結果を得た。

1. センサデータとマーカー追跡の結果は、動きがある程度すばやい場合には、十分に照合可能と思われる。しかし、ゆっくりと体を動かした場合には、照合は難しい。加速度センサの情報を利用した歩数の計算など、従来から知られている他の手法の併用が必要である。

2. マーカーなしの動画処理から人間の位置を検出する方法については、50～100フレームに渡って連続的に画像追跡できている場合には可能性がある。しかし、今回利用した、単に差分画像から連結領域を取り出す方法では、50～100フレームの連続的な追跡ができる場合は多くない。ひとりの人間から取得される画像情報は、複数の連結領域からなるが、これを全体として扱う画像処理が必要である。

今回の実験結果から判断する限りでは、マーカーありの動画処理との組み合わせが現実的である。しかし、実験に用いたセンサは加速度が3軸中2軸しか測定できず、重力加速度の影響等の補正は不十分であった。動画処理も極めて初歩的手法である。従って、今後、これらの点を改良し、現場での保守性に優れた、「マーカーなし動画処理との照合による位置検出・個人特定」の可能性を探って行きたい<sup>15</sup>。

尚、最後に、プロタイプ実験を担当した同志社大学工学部・知識工学科・渋谷真人、小川真生の各君に感謝します。本研究の一部は、学術フロンティア「知能情報科学とその応用」(主査：同志社大学工学部・知識工学科・三木光範)によります。

#### 参考文献

- [1]「無線タグシステムを用いた幼児の行動記録について」平成13年度 全日本私立幼稚園連合会九州地区会、第14回教師研修大会、福岡大会 <http://www.yoiko.ed.jp/tokusyuu/0108-10.htm> (ただし詳細は記載されていない)。
- [2]「NTTの考える無線社会とは？」  
<http://www.zdnet.co.jp/broadband/0211/21/ntt.html>
- [3]「超低周波の電磁波、小児白血病発症率に影響全国疫学調査」朝日新聞、2002年8月24日、<http://www.asahi.com/life/health/medical/K2002082400285.html>
- [4]WHO, International EMF Project, <http://www.who.int/peh-emf/en/>
- [5] <http://www.gsn.jp/index.htm>
- [6] 全国社会福祉協議会・全国保育協議会「あなたの園の自己点検」
- [7] 保育に生かす記録 保育所保育業務の効率化に関する

<sup>15</sup> 例えば、重力加速度を除く人間の動作による加速度は、水平方向の移動によるものより、歩くことによる上下動方向の方が大きい。従って、例えば、ステレオカメラやサイドからのカメラによって、移動体の上下動を調べ、それをあわせて照合するようなアプローチも考えられる。

- 調査研究より、日本保育協会[http://www.nippo.or.jp/cyosa/01/01\\_ta.html](http://www.nippo.or.jp/cyosa/01/01_ta.html)
- [ 8 ] 厚生労働省、<http://www.mhlw.go.jp/houdou/2002/09/h0920-3.html>
- [ 9 ] 厚生労働省、<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/kaigo/service01/kekka1.html>
- [ 10 ] 文部科学省、[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/toukei/001/002/csv/sy0020.csv](http://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/001/002/csv/sy0020.csv)
- [ 11 ] 井上明、新谷公朗、金田重郎、「大学を中心とする地域情報化 アカデミック・デジタルコミュニティ創造の試み」1999年 経営情報学会 秋季全国研究発表大会 I-3、1999年、359-363 ページ。
- [ 12 ] 新谷公朗、井上明、渡辺貞城、金田重郎「メール対応携帯電話を用いたプッシュサービス：『バスどこ<sup>16</sup>』サービスの開発」電子情報通信学会・知能ソフトウェア研究会(SIG-KBSE)、情報処理学会・ソフトウェア研究会と共催、KBSE-2000-43、2000年、1-9 ページ。
- [ 13 ] 新谷公朗、井上明、金田重郎「携帯メールを用いた幼稚園・保育園バス位置報知システムとその評価」日本社会情報学会・第17回全国大会・研究発表論文集、2002年、87-92 ページ。
- [ 14 ] 渋谷真人、小川真生、新谷公朗、板東敏博、金田重郎、「幼児を対象としたマーカー追跡による音楽指導支援」人工知能学会・知的教育システム研究会(発表予定)、2003年3月
- [ 15 ] 川久保覚、渋谷真人、小川真生、新谷公朗、坂東敏博、金田重郎、「パッシブセンサと画像を用いた行動追跡法 - 保育園における幼児活動記録への適用を目指して - 」、電子情報通信学会・福祉情報工学研究会(発表予定)、2003年3月
- [ 16 ] [http://www.nec-tokin.net/now/product/3d/3dm\\_mdp.html](http://www.nec-tokin.net/now/product/3d/3dm_mdp.html)

<sup>16</sup> 『バスどこ』は現在、NTT 日本電信電話株式会社（持ち株会社）の登録商標です。