

保育園における幼児行動の長時間計測技術

Long-time constant observation technology of children behavior in nursery

川上 悟郎^{*1*3}
Goro Kawakami

西田 佳史^{*1*2}
Yoshifumi Nishida

溝口 博^{*1*3}
Hiroshi Mizoguchi

^{*1}産業技術総合研究所

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

^{*2}科学技術振興機構, CREST

Japan Science and Technology Agency, CREST

^{*3}東京理科大学

Tokyo University of Science

Long-time constant observation of our everyday lives enables us to conduct scientific research on our everyday lives through describing everyday phenomena quantitatively. For example, observing and understanding children's behavior in everyday lives is required for developing preventive measures of children's injuries. This paper describes a system for observing children's behavior in a nursery from the micro-macro viewpoints. The developed system consists of 1) long-time constant observation system of children's behavior in the whole area, and 2) temporary observation system of children's behavior in a relatively local area. This paper also reports fundamental functions of the developed system and examples of measured data.

1. 緒論

近年のセンサ技術や情報処理技術の発展によって、ユビキタスセンサを用いて、これまでは困難であった日常生活現象を定量的に観察することが可能となってきた。特に、小型で携帯可能なウェアラブルなセンサ技術は、計測の場を実験室から実環境へ展開する上で強力なツールになると考えられる。

日常生活センシング技術や、大量の日常生活データは、日常生活の科学技術の基礎となるものであり、生活の質向上のためのエビデンスベースドなモノづくりには不可欠である。本研究では、このような観点から、子どもの日常生活行動を計測する技術を開発し、日常生活データの収集することで、安全・安心な環境を構築するための基礎整備を目的としている。

筆者らは、これまでに、保育園園庭における幼児の日常生活行動を計測システムの構築を進めてきた。一般に、保育園では、安全・安心な環境づくりのニーズが高く、計測のための協力関係を築いたり、多人数・長時間の子どもの行動のデータを得る上で適切な場所であると考えている。

開発中のシステムは、1) 比較的狭い範囲で幼児の運動を詳細に計測するための仮設式行動観察システムと、2) 保育園全体の幼児の行動を網羅的に把握するための幼児の常時位置計測システムから構成されている。1) は、比較的短時間、限られた範囲の行動のマイクロ分析を目的に、移動や仮設を繰り返して用いることを想定しており、2) は長時間の行動の動態把握といったマクロ分析を目的とするものである。

本稿では 1) に関して、新たに開発した無線式ウェアラブル筋電センサ、本研究室でこれまで開発してきた超音波 3 次元タグシステムをビデオ映像取得と統合した幼児行動計測システムについて述べる。また、2) に関して、無線式位置計測装置 (AeroScout) を用いた保育園全体を計測可能な幼児位置情報計測システムの構築と、3D レーザースキャナを用いた保育園園庭の 3 次元モデルの構築について述べる。さらに開発したシステムを用いた計測実験結果例についても報告する。

連絡先: 川上悟郎, 産業技術総合研究所デジタルヒューマン研究センター, 東京都江東区青海 2-41-6, 電話番号 03-3599-8318, Fax 番号 03-5530-2066, g.kawakami@aist.go.jp

2. 日常環境での仮設型幼児行動計測システム

ある特定の場所で遊んでいる「最中」の幼児行動計測を行うシステムを構築する。目的とする狭い範囲の計測対象において開発したシステムを設置することで行動計測が可能であり、必要に応じて計測対象を変え行動計測を行うことも可能である。本研究では従来はサイズが大きく、幼児の日常生活空間での行動計測は困難であった筋電センサをウェアラブルとすることで、幼児に負担の少ない運動計測が可能なるシステムを構築した。

2.1 無線式筋電センサに求められる機能

幼児の日常環境における運動計測に使用する筋電センサは、以下に示す事項が求められる。

1. 幼児の行動を妨げないこと
2. 長時間のデータ蓄積が可能なこと
3. 電極の取り付けが容易なこと

1, 2 を解決するために、本研究では筋電センサを無線式とした。幼児に取り付ける送信機は乳幼児が誤飲しない程度に小さくし、幼児の行動を妨げることがないようにした。無線式とすることにより、計測データは直接 PC に保存される。これによって、長時間の筋電計測に十分な記録容量を確保することが可能である。3 を解決するために、薄型のアクティブ電極を開発した。電極を計測部位にバンドで押さえるだけで取り付けを行うことができるので、簡便な準備で計測を開始することが可能である。

2.2 無線式ウェアラブル筋電センサの構成

開発した無線式ウェアラブル筋電センサの主な構成要素は、幼児の体に取り付ける送信機とアクティブ電極 (図 1)、データを受信し USB を介して PC に取り込む受信機 (図 1) である。

送信機は、アンプと PIC、無線モジュールを搭載した本体と 2CH のアクティブ電極から構成される。本体の PIC によって 10bitA/D 変換、無線モジュールの制御などの全ての制御を行う。サンプリング周波数は 1k[Hz] であるが、100[msec] 間の最大値を送信することとした。これは、生データのサンプリング周波数が、無線通信の送受信の周波数よりも高いことから、この差を吸収するために行っている工夫である。また、アクティ

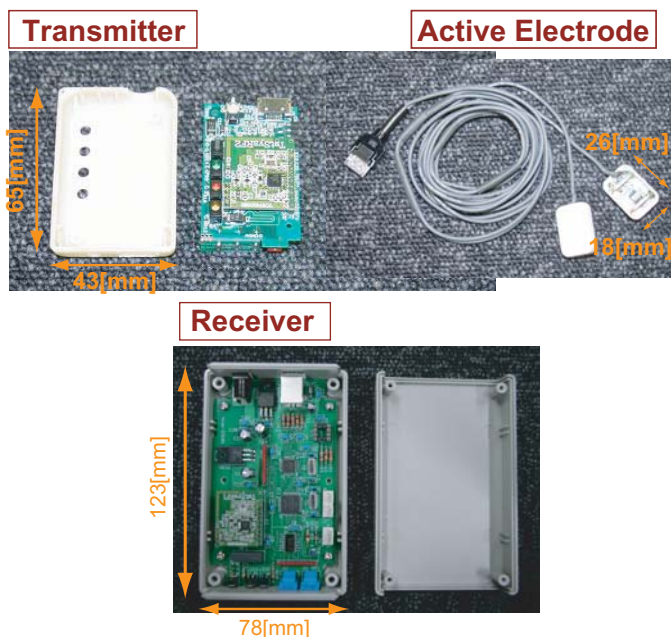


図 1: Components of wireless EMG sensor system

ブ電極は取り外し可能であり、加速度センサなどの別のセンサに取り替えて計測することが可能である。

無線式ウェアラブル筋電センサの詳細について述べる。送信機本体に取り付けるアクティブ電極は電極部を純銀とし、差動増幅器を用いて、筋電位信号を 6 倍に増幅する。その後、本体部でローパスフィルタ、ハイパスフィルタを通した後に、信号を 100 倍し PIC にて A/D 変換される。また、本体部には PGA (Programmable Gain Amplifiers) を搭載しているため、プログラムによってゲインを 120 倍から 12000 倍まで最適に調整することが可能である。

送信機には個別にタグ ID が割り振られており、受信機が発したタグ ID と同じタグ ID を持つ送信機からデータを受信する。受信機は USB 接続とし、受信したデータを PC に取り込み保存する。

2.3 日常環境での幼児行動計測システムの構築

開発したウェアラブル筋電センサを基本要素として、日常生活空間における幼児行動計測システムの構築を行った。子どもの運動特性を解釈するためには、どのような行動をとった際に、どのような筋電が発生したかという関係性を記述することが不可欠である。そのために、ウェアラブル筋電センサに加えて、超音波 3 次元タグシステム [Nishida 03]、ビデオ撮影を組み合わせ、それらの同時記録が可能な行動計測システムを構築した。また、筋電位、位置、画像を同時計測することで、どの場所でどの程度の筋力を発揮しているのかを把握することが可能となる [Nishida 06]。筆者らは、これまでに、開発したシステムを用いて幼児が遊んでいる「最中」の運動計測を行うことで、幼児行動の知識化に基づくエビデンスベースな遊具設計へと応用する研究を行ってきた [川上 07]。

図 2 は、開発した複数のセンサデータを同時記録することが可能な幼児行動計測システムである。超音波 3 次元タグのデータを取得するサーバー、筋電のデータを取得するサーバー、ビデオを撮りデータを保存するクライアントの PC3 台を使用し、ソケット通信を行うことで各データの同時取得が可能となった。



図 2: Children behavior measurement system

2.4 仮設型行動計測システムの検証実験

図 4 は、開発した行動観察システムを用いた行動計測例である。川和保育園 (横浜市) の協力を得て、石崖型遊具での遊び行動計測を行った。石崖型遊具の正面に超音波受信機を 27 個設置し、幼児の右腕の伸筋と屈筋にウェアラブル筋電センサを取り付け、超音波 3 次元タグを肩に取り付けることで検証実験を行った (図 3)。



図 3: Temporary housing type action instrumentation system

開発したシステムによって、筋電と位置の同時計測が可能となった結果、石崖に登攀する際に幼児がどの場所で腕の筋力を必要としているかといった知見を得ることが可能となった。この例では赤い部分が腕の筋力を特に必要としていたことを示している。この結果より、石崖に登る幼児は石崖の上部で特に腕の筋力を発揮しているということが確認できる。このような、幼児の遊び行動に関する知見を収集することで、年齢、能力に見合った難度の遊具設計が可能であると考えている。

3. 保育園全体における幼児行動観察システム

本研究では、保育園全体に渡って幼児行動の常時計測が可能なシステムを構築した。個人、各年齢層別の幼児が日常的な活

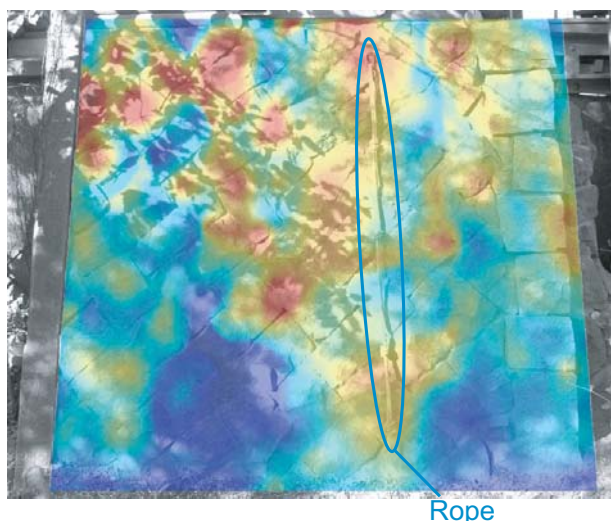


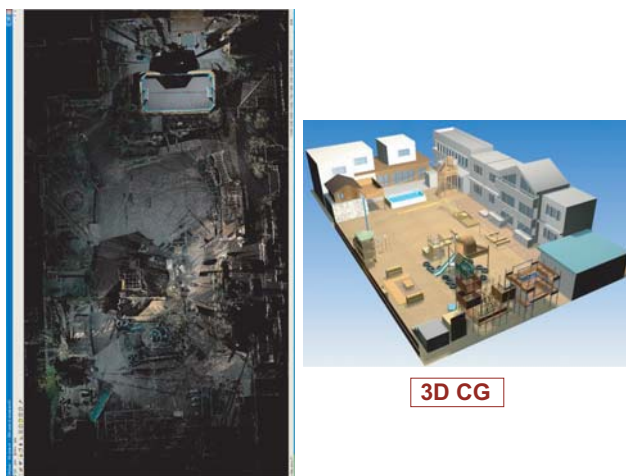
図 4: EMG map of climbing behavior

動場所、活動場所と怪我が多い場所との関係、それらと季節との関係といった保育園全体における幼児の行動特性に関するデータを得ることが可能であると考えられる。

3.1 3D レーザースキャナを用いた保育園スキャン

保育園全体での幼児の位置情報を得て活用するためには、まず保育園全体の詳細な地図を作成する必要がある。そのために、3D レーザースキャナ (RIEGL 社) を用いて、保育園全体をスキャンすることで精度の良い地図を作成する。これは、最大 1000m までのスキャンが可能であり、距離を誤差 4mm 程度で再現することが可能である。図 5 左側は 3D レーザースキャナを用いて、保育園全体をスキャンした結果を真上から見たものである。このような計測を行うことで、幼児の位置計測の結果と合わせ、幼児の行動特性を観察することが可能となった。

また、3D レーザースキャナによるスキャンデータから図 5 右側のような 3D グラフィックスを作成することが可能である。この 3D グラフィックスを用いることで、シミュレーションや事故シーンの可視化を行うことが可能である。



Laser scan raw data (point clouds)

3D CG

図 5: Laser scan and 3D CG of kawawa nursery

さらに図 6 に川和保育園の遊具の一つである石崖型遊具のスキャン結果を示す。極めて精密に石崖の様子を捉えることが可能であるので、幼児が石崖を登るとい遊び行動行動解析に用いることで、より詳細に幼児の行動解析を行うことが可能となった。



図 6: Laser scan data of cliff type play equipment

3.2 AeroScout を用いた位置計測システムの構築

位置計測のためのセンサとして Wi-Fi である AeroScout (日本エアロスカウト) を使用する。これは、タグとロケーションレシーバによって構成されており (図 7)、タグを計測対象に取り付けることで対象の位置情報を取得することが可能である。



図 7: Components of wireless AeroScout system

タグは 2.4GHz 帯の低出力電波を使用しており、屋外では 200m 程度の範囲で検出可能である。ウェアラブルなタグであるので、ポケットなどに容易に収まり幼児の行動を妨げることがない。さらに、タグは 5 分に 1 回の検知ならば、4 年の電池寿命があり長期間の位置計測には最適である。ロケーションレシーバは電波信号を検知し、発信源からの電波の到達時間を検知する測定機であり、川和保育園での計測システム構築のためには園内 5 箇所にロケーションレシーバを配置した。位置計測精度は 3m 程度であり、幼児がどの遊具で遊んでいるかという情報を得るには、十分な精度を備えている。

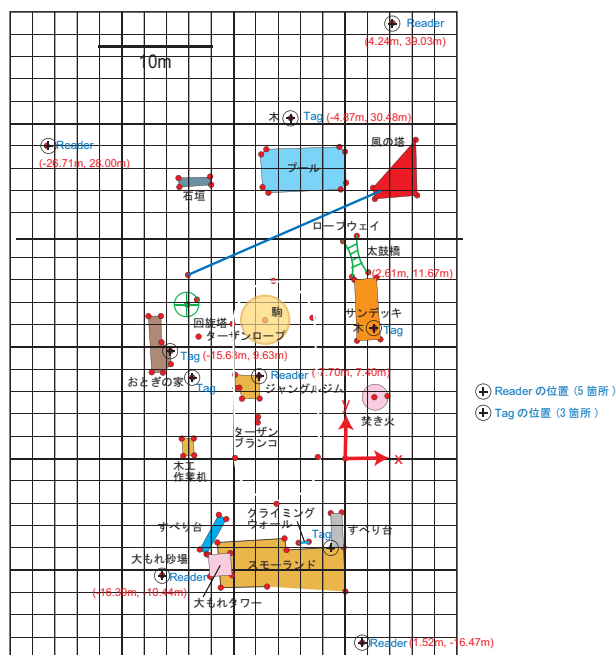


図 8: Location of installed receivers in kawawa nursery

図 8 は、3D レーザースキャナで得た詳細な保育園のスカンデータより作成した地図に、ロケーションレシーバの位置とリファレンスとなるタグの位置を示したものである。

3.3 AeroScout を用いた位置計測システムの検証実験

タグをジャケットに収め、それを幼児に着せることで常時位置計測を行う。計測結果の一例を図 9 に示す。赤い部分が幼児が多く存在していることを示している。この例からは、「焚き火」や「スモールランド」といった場所に多く幼児が存在していたことを示している。このような計測を長期間行うことで、幼児が遊ぶ頻度の高い遊具などの、行動特性に関する知見を得ることができる可能性がある。

4. 結論

本研究の目的は、日常生活空間における幼児行動計測を長時間行うためのシステムを構築することである。本研究では、保育園での幼児行動計測を行うためのシステムとして、1) 狭い範囲での運動行動を詳細に把握するための、仮設型行動観察システム、2) 保育園全体の幼児の位置を常時把握できるシステムの 2 つのシステムの構築を行った。

1) はウェアラブル筋電センサと超音波 3 次元タグシステム、ビデオ映像を組み合わせることで、従来は困難であった幼児が遊具で遊んでいる「最中」の行動計測を可能とした。仮設型の計測システムであるので計測したい場所に設置することで計測対象を変更することが可能である。実際に川和保育園にて石崖型遊具での遊び行動計測実験を行い、石崖に登る幼児の腕の筋力的負担を調査することで石崖の上部で最も腕の筋力を必要とすることが明らかとなった。

2) は AeroScout を用いることで、保育園全体での幼児の位置情報を長期間に渡って取得するシステムを構築した。実際に幼児にタグを取り付け検証実験を行った結果、どの場所に多く幼児が集まっていたのかという知見を得ることが可能であることが分かった。さらに長期間の計測を行うことで、保育園にお

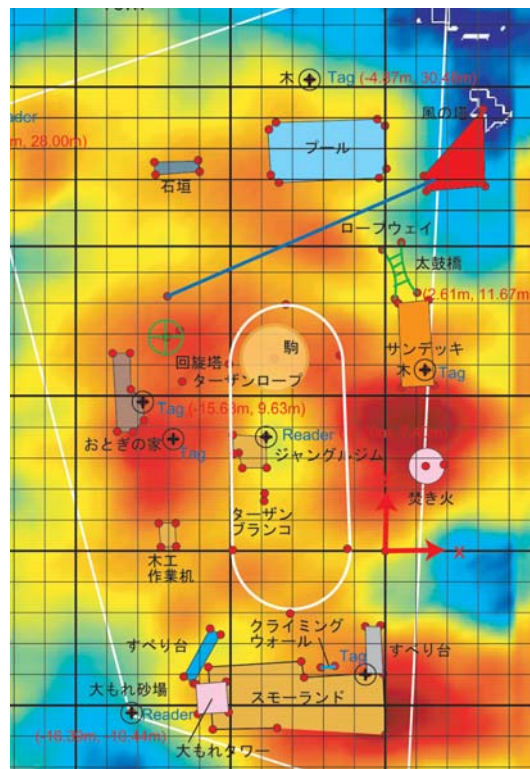


図 9: Existence frequency map in kawawa nursery

ける幼児の行動特性を明らかにしていきたいと考えている。

今後は、開発した 2 つのシステムを用いることで長時間の幼児行動計測を行い、幼児が保育園や遊具で遊んでいる最中の行動データの知識化を行っていく。

5. 謝辞

著者らは、幼児ための行動計測システムの構築、また検証実験のためのご協力を頂いた川和保育園の寺田信太郎園長、保育士と園児の皆様へ感謝いたします。

参考文献

- [Nishida 03] Y. Nishida, H. Aizawa, T.Hori, N.H. Hoffman, T. Kanade, and M. Kakikura, "3D Ultrasonic Tagging System for Observing Human Activity," in *Proceedings of IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2003)*, pp. 785-791, 2003
- [Nishida 06] Y. Nishida, G. Kawakami, H. Mizoguchi, "Everyday grasping behavior measurement with wearable electromyography," in *Proceedings of The 5th IEEE International Congerence on Sensors (Sensors2006)*, 2006
- [川上 07] 川上, 西田, 溝口, "無線式ウェアラブル筋電センサを用いた日常環境における幼児行動計測" ロボティクス・メカトロニクス講演会 (Robomec2007), 2007 (in press)