

日常生活行動理解のための時空間意味情報

Spatio-Temporal-Semantic Representation for Understanding Everyday Life Behavior

西田 佳史*1*2
Yoshifumi NISHIDA本村 陽一*1*2
Yoichi MOTOMURA川上 悟郎*3*1
Goro KAWAKAMI松本 修明*3*1
Naoaki MATSUMOTO溝口 博*3*1
Hiroshi MIZOGUCHI

*1 産業技術総合研究所

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

*2 科学技術振興機構

CREST, Japan Science and Technology Agency (JST)

*3 東京理科大学

Tokyo University of Science

Understanding everyday life behavior requires multidisciplinary and integrated research. This stems from the fact that everyday life behavior is much higher dimensional phenomena than a single academic society can deal with. This paper discusses a method for representing and processing information to deal with everyday life behavior and proposes a new concept of the "spatio-temporal-semantic mapping system" that enables us to standardize and integrate a variety of information and to share information multidisciplinary. This paper also describes an application of the spatio-temporal-semantic mapping system to product design.

1. 緒論

日常生活行動理解研究の困難性は、日常生活現象が個人や単一の学問領域で扱える範囲を遥かに超える超多次元現象であることに起因している。そのため、日常生活行動理解研究を本に行おうとすると、細分化された学術範囲を超えた様々な専門家の参加が不可欠であり、異分野のデータや知見や手法を持ち寄ることで、多眼的なアプローチを試みる必要がある。また、日常生活の何を理解したら役に立つのかに関しても必ずしも明らかではないため、研究を着実に推し進めるための具体的な課題設定が必要であり、明確なニーズを持ったユーザの参加が不可欠である。さらに、データに関しても、現在、大量に収集されてしまったものの利用されていないデータ、それだけでは解釈不能なデータ、小さなコミュニティのみで利用されているデータなどが散在している現状があり、多種多様な分野や人の視点、データ、知見、手法を導入できる仕組みを作ることが、日常生活行動理解研究を促進する上で重要な研究課題となっている [Motomura 07]。

このような知識やデータのバリアフリーに対するニーズは研究分野のみならず、企業でも高い。ユビキタスセンサやウェアラブルセンサが安価に利用可能になってきたとは言え、中小企業も含めたあらゆる企業が自社でセンサホームを構築し、十分な精度と量を持ったデータを収集することは困難である。例えば、製造メーカーの場合、消費者製造物の安全性が厳しく問われる中、本当に安全性を確保するためには、人間の日常場面での行動理解の研究が不可欠であるが、各企業の製造物の使用が日常生活に占める割合は概して低く、どの一企業にとっても一部だけが価値のあるデータに過ぎず、大半が不要なデータとなり、コストに見合わないという問題が生じる。もし、人間の日常生活に関するデータやデータ処理技術を共有する仕組みがあれば、各企業は、非効率な投資を回避することができ、不足したデータ収集や技術開発に専念することが可能となる。

一方、情報統合や情報共有を行う技術を開発するための基本技術は整備されつつある。データベース技術、ミドルウェア、Ruby, Python に代表されるソフトウェア統合を可能とする多

数のグルー言語、Zope といった Web サービス構築ソフトウェアが利用可能になっており、Web サービスの形で、情報の統合や共有の仕組みが構築可能になってきている。これらの技術背景は、研究分野や企業でニーズの高い日常生活行動理解研究のための情報共有基盤が実現可能であることを示している。

情報の統合技術や共有技術として成功している事例の一つに地理情報システム (Geographic Information System: GIS) がある。情報の統合や共有の観点からは、多様な情報を地理空間座標系をベースとして多層的に情報を標準化・構造化し記述する点、地理空間という誰もが理解可能な空間上で情報が表現され可視化されている点が重要である。このような特徴を備えた表現方法により、単一の学問領域、ビジネス領域を超えた横断的な情報共有が可能となっており、GIS の有用性は産業界、学术界に広く知られている。本研究では、GIS で採用されている空間座標系に基づく多層的情報表現法を人間の日常生活行動の表現法へと応用する。

本稿では、日常生活行動理解研究を推進するために、異分野の専門化や知見のユーザが、日常生活に関連する情報を書き込んだり、分析したり、考察したり、活用するための、容易に理解可能な情報表現法や情報共有手段を述べる。また、そのような情報統合や情報共有の手段を提供する具体的なシステムとして、多くのユーザにとって理解しやすい情報記述法と、それに基づく情報の標準化によって、多種多様なデータ群を統合したり、処理プロセスとデータ群を統合することが可能な「時空間意味情報マッピング・システム」を提案する。さらに、提案システムの実現可能性と有用性を考察するための適用事例を報告する。

2. 日常生活行動理解のための時空間意味情報記述法

2.1 日常生活行動現象の記述・処理法に関する考察

日常生活空間は、様々な物体から構成されている。我々は、空間上に展開されたこれらの物理的な物体とインタラクションをすることで生活を営んでいる。空間上に展開された物体と何らかの関係性を持った生活現象は、日常空間座標の上で展開して記述することが可能であると考えられる。そこで本研究では、GIS で用いられている表現法である空間座標系をベースとして多層的に情報を標準化・構造化する記述法を適用する。

連絡先: 西田佳史, 独立行政法人 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 2-4-16, (Tel)03-3599-8187, (Fax)03-5530-2066, y.nishida@aist.go.jp

一方、比較的スケールの大きな地理情報の場合、多人数のユーザが利用する公共的な空間に関する情報であるため、特別な加工をせずともそれ自体有用であることが期待できるが、例えば、ある家族が住んでいる家などの私的な空間で記述された情報は、それ自体では公共性に乏しく、再利用性が極めて限られる。

ある空間で蓄積された情報の再利用性を高めるには、GISの考え方を発展させる必要が生じる。すなわち、ある空間情報を、構成物や間取りなどが異なる他の家族の空間情報へと変換する必要が生じるが、そのためには、空間座標系をベースとして多層的に表現された情報を抽象化し、時空間とは異なる状態空間上で安定した構造抽出を行うモデリングプロセスが必要となる。このようなモデリングプロセスがあって始めて、新たな空間情報への再適用（リターゲット）が可能となる。

2.2 時空間意味情報マッピング・システムの提案

前節での考察に基づき、本研究では、図1の概念図に示すような、時空間意味情報マッピング・システム (STS Map) を提案する。STS Map は、A. 空間座標系をベースとした多層的な情報の表現、B. モデリングプロセス、C. リターゲットプロセスから構成されるシステムである。このような構成にすることで以下のような効果が期待できる。

1. 空間座標系という分かりやすい空間での情報の入力、可視化が可能であり、専門家のみならず、非専門家にとってもアクセシビリティを高めることができる
2. 空間座標系をベースとした情報の標準化が行われるため、多様な情報を統合することが可能となる
3. 異分野の情報が横断的に記述されることで、モデリングプロセスにおいて求められる状態空間の設計（何らかの先見的知識の導入）の際に、多様な視点を取り入れることが容易となる
4. モデリングを仲介することで、抽出されたモデルを異なる対象に対して適用することが可能となる
5. モデルの適用結果やモデリング結果を空間座標系で直観的に確認することが可能となる

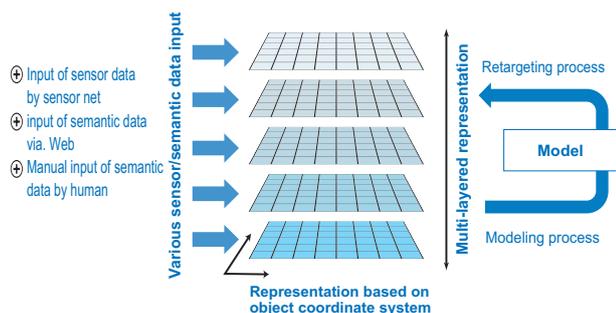


図1: Concept of spatio-temporal-semantic mapping System

3. 時空間意味情報マッピング・システムの応用事例

3.1 時空間意味情報マッピング・システムを用いたエビデンスベースな遊具の設計の概要

最近の公園遊具による事故の多発によって、公園から遊具の撤去が進む中、子どもの日常行動の理解に基づく、安全な遊具の設計が強く求められている。一方、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ており、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日常生活環境へ展開する上で強力なツールになることが期待されている。

本節では、幼児の重要な日常行動の一つである「遊び」行動に注目し幼児が遊んでいる「最中」の日常行動を、ユビキタスセンサ技術を用いて計測し、エビデンスベースな遊具設計を試みる。その過程で、提案した時空間意味情報マッピング・システムを適用することで、その有効性を検証する。

3.2 時空間意味情報マッピング・システムの適用事例

今日、様々なタイプの遊具が存在しているが、最も多発する怪我は、転倒・転落に起因するものである。そこで、今回、登り動作が必要とされ、転倒・転落の頻度が高い遊具を研究対象とした。保育園と協力し、図2に示すような子どもが日常的に使用している石崖型遊具を選定した。この遊具がモデリングの基礎データをサンプリングするための遊具となる。

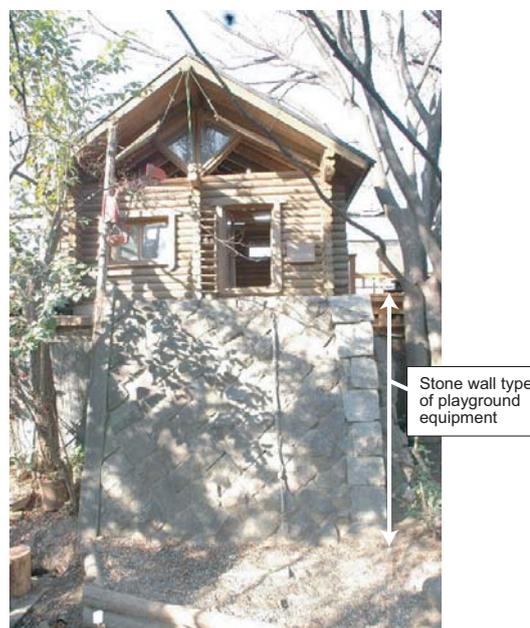


図2: Stone wall type of playground equipment

図3に時空間意味情報マッピング・システムのフローを示す。以下、フローの詳細を示す。

1. 図2で示した石崖型遊具で遊んでいる最中の園児（3歳～6歳時47人）の行動を、超音波式ロケーションセンサ（超音波式GPS）とウェアラブル筋電センサを用いて計測する（計測システムと計測方法の詳細は、文献 [Kawakami 07] を参照されたい。）
2. 計測データを時空間意味情報マッピング・システム (STS Map) に入力し石崖座標系上で筋電データを記述する。図4は、STS Mapで作成した3歳から6歳まで被験者全員の筋電位を石崖座標系上で表現した発生確率地図である。図4の赤い部分は筋電の値が大きいことを示し、腕に大きな力を発生させていたことを示している。この図から、石崖の上部で大きな筋電が発生していることが分かる。
3. 同様に、STS Mapを用いて3歳から6歳までの筋電地図を各年齢別に作成し、さらに、石崖の窪み (Depth map) に関する地図も作成する。図5は、窪み地図の基礎データとなる石崖部分の3次元形状データである。

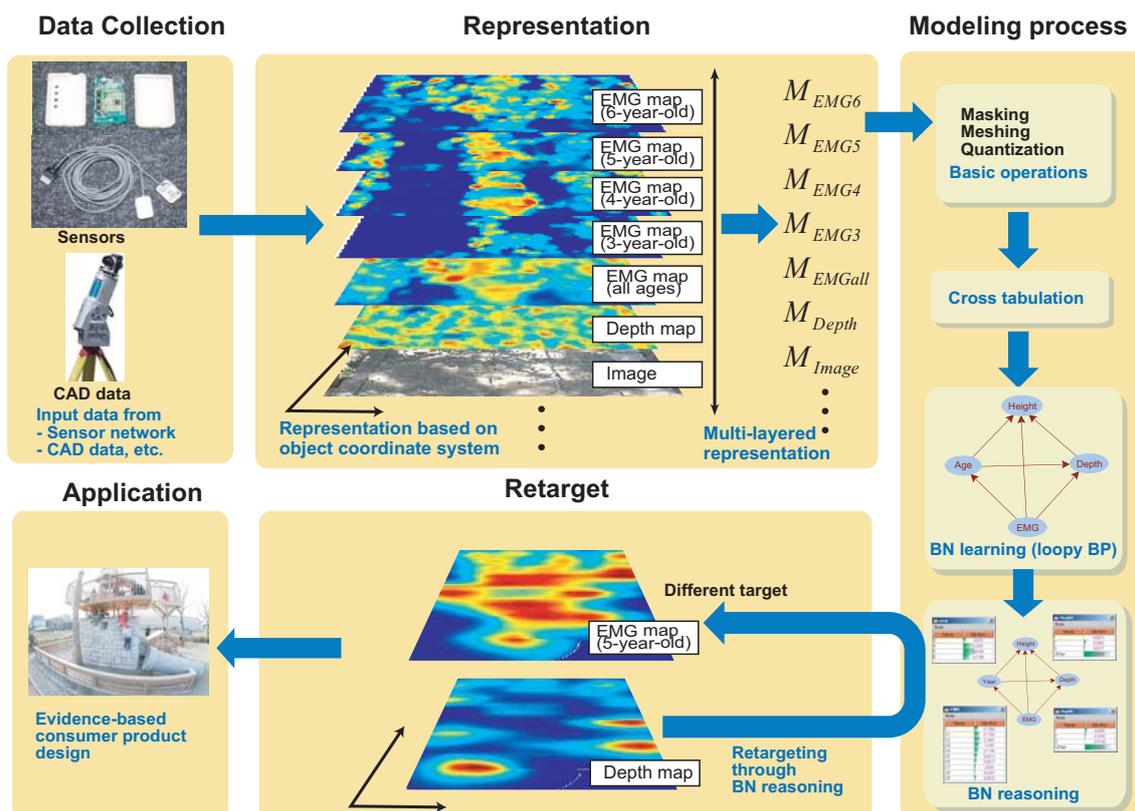


図 3: Application of spatio-temporal-semantic mapping system

4. 各レイヤーの地図をセル状に分割し、正規化や量子化を行った後、年齢、筋電、石崖の窪みや各ブロックの高さに関するクロス集計表を作成する。

5. クロス集計表に対して AIC 情報量基準に基づく構造探索を行うことでベイジアンネットワークを学習する。

6. 遊具メーカーに様々な形状を持つ石崖を提案してもらい、これらの新しい石崖の窪み地図を作成する。図 6 左は、遊具メーカーによって提案された新しい石崖の構造を示しており、図中央は、石崖の窪み地図の例を示している。この窪み地図情報、対象とする子どもの年齢などを構築したベイジアンネットワークに入力することで、新しい石崖の場合に発生する筋電地図を推定する。図右は、筋電地図の推定結果を示している。

7. 6 のプロセスを繰り返すことで、設計コンセプトに近い石崖を設計する。現在、遊具の設計コンセプトは、誰もが認める標準的なものは存在しておらず、運用者の方針、設置される場所、使用者である子どもなどを考慮してケースごとに決められている。今回は、安全性を確保するために、以下のような方針をとった。1. 低年齢層排除のために石崖の下部は小さな筋力が必要となるように石崖を設計する、2. 転落防止のため崖の上部になるほど小さな筋力で登れるように石崖を設計する。前で示した図 6 は、このような設計コンセプトによって設計された石崖の例である。図 7 に、STS Map を用いた設計プロセスによって試作した石崖型遊具を示す。

4. 今後の展望

筆者らの研究グループでは、日常生活行動の理解研究の一環として、子どもの傷害予防のための日常生活センシングとモデル構築技術の研究を推進してきた [Nishida 06]。これまで

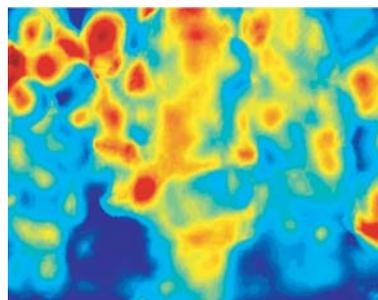


図 4: EMG map of measured data

に、コビキタス・ウェアラブルセンサの開発、老人ホームや保育園などの実環境センサネットワークの構築やセンサホームの構築 [Kawakami 07]、日常生活で存在しているモノのデータベースやそれらの使用状況が詳細に記述されたライフログデータベース [Shibata 07]、日常生活で生じる外傷のデータベース [Motomura 06]、行動モデリングソフトウェア (ベイジアンネットワーク構築・推論エンジン)、Web アプリケーションの開発 [Kitamura 07] などを進めてきた。さらに、図 8 に示すような、これらのデータや処理技術を Web サービス化することで、外部の研究者や企業が利用可能な研究基盤を開発するオープン・ライフ・プロジェクトを開始している [Motomura 07]。今後、これまでに蓄積してきたデータや技術を Web サービス化し、外部機関から利用・共有可能な活動から始め、日常生活行動理解研究の活性化やコミュニティ作りの支援を行っていきたくと考えている。

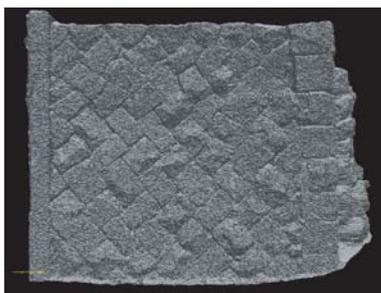


図 5: Depth map of playground equipment

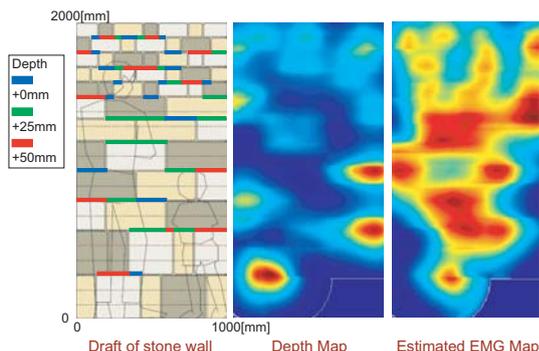


図 6: Estimated EMG map of new draft

本稿で述べた時空間意味情報マッピング・システムに関しては、今後、オープン・ライフ・プロジェクトで提供するサービス群を統合したり、さまざまな情報を検索、書き込み、可視化するための Web サービスとして実装する予定である。また、時空間意味情報マッピング・システムを応用した技術として、人間の身体に関わる情報を、身体座標系をベースとして共有する技術を開発している [Tsuboi 07]。昨年より病院での運用を開始し、現在、毎月 200 件以上のペースで傷害事例を蓄積しており、これらの傷害情報は、虐待予防や子どもに対する安全・安心なモノづくりの基礎データとして期待されている。特に、医療関係者や製造物メーカーでのニーズが高いことから、年内



図 7: New design of playground equipment based on STS mapping system

に情報共有のための Web サービスを開始する予定である。

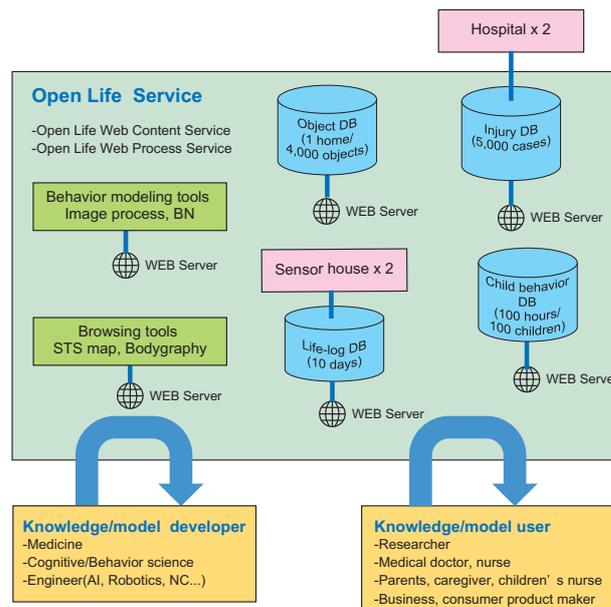


図 8: Vision of Open Life Project

5. 結論

本稿では、日常生活行動理解研究の基盤技術として、異分野の専門家や知見のユーザが情報共有できる技術の必要性を指摘し、その具体的なシステムとして、時空間意味情報マッピング・システムを提案した。提案システムは、1) 対象物や部屋といったオブジェクト座標系で多層の情報記述機能、3) モデリングプロセスとの統合することによる再利用可能な知識（モデル）抽出機能、3) 新たなオブジェクトに対するリターゲット機能の特徴とするシステムであり、情報の標準化・統合化・共有化を支援するものである。また、提案システムの実現可能性や有用性を考察するための事例として、エビデンスベースドな遊具設計への応用事例を示した。

参考文献

- [Motomura 07] 本村, 西田, "人間行動理解研究はなぜ難しいのか? ~ 研究を加速するための知識共有システム," 人工知能学会全国大会 2007 論文集, (2007)(in press)
- [Kawakami 07] 川上, 西田, 溝口, "保育園における幼児行動の長時間計測技術," 人工知能学会全国大会 2007 論文集, (2007)(in press)
- [Nishida 06] 西田, 本村, 山中, "日常系の科学技術: 乳幼児事故予防のための日常行動モデリング," 計測と制御, Vol. 45, No. 12, pp.1010-1017 (2006)
- [Shibata 07] 柴田, 本村, 西田, 山中, 溝口, "日常モノデータベースとライフログとの統合による危険の可視化," 人工知能学会全国大会 2007 論文集 (2007)(in press)
- [Motomura 06] 本村, 西田, 北村, 金子, 柴田, 溝口, "知識循環型事故サーベイランスシステム," 統計数理, Vol. 54, No. 2, pp.299-314 (2006)
- [Kitamura 07] 北村, 本村, 西田, 山中, 溝口, "子どもの事故予防動画配信サービスにおける保護者の認知構造モデリング," 人工知能学会全国大会 2007 論文集 (2007)(in press)
- [Tsuboi 07] 坪井, 西田, 持丸, 河内, 山中, 溝口, "身体地図情報システムによる知識共有," 人工知能学会全国大会 2007 論文集 (2007)(in press)