

「先進的統合センシング技術」

平成 17 年度採択研究代表者

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・チーム長

事故予防のための日常行動センシングおよび計算論の基盤技術

1. 研究実施の概要

研究の狙い・目的:

本研究の目的は、①ユビキタスセンシングを用いた全空間的人間行動センシング技術と、インターネット型センシングを用いた社会現象センシング技術、②これらのセンシング技術によって収集された大規模な人間行動蓄積データに基づいてデータ駆動型モデルを構築する人間行動モデリング技術、さらに、構築した人間行動の計算モデルを有用な社会応用サービスと連携させる技術を統合することで、個々の人の「現在の状態」を観察するだけでなく、「一歩先の状態」を予測・再現するセンシング技術および計算論の基盤技術を確立することにある。また、③これらの技術を、要素技術としてだけでなく、社会応用システム技術として乳幼児の事故予防分野へ応用し、実際的な成果をあげつつ、事故予防のためのセンシング技術および計算論の検証を行うことを通じて、長期的には、「日常の知の体系」とでも呼べる新しい知の体系を創造するための具体的な方法論を提示することにある。

これまでの研究成果:

① 人間行動（事故を含む）のセンシング技術：人間の日常生活行動観察システムとして、超音波式位置計測システムやカメラを応用したユビキタス型人間行動観察システムや、一般家庭や屋外での人間の生活行動を計測するためのウェアラブル型行動観察技術（乳幼児用小型筋電センサ）を開発し、2LDK サイズのセンサハウスと統合することで生理量、位置情報、画像音声情報を同時に記録・管理する行動観察機能を実現した。開発した観察システムを用いて被験者計測を実施し、これまでに、200 人以上の乳幼児の行動データを蓄積した。事故データの収集に関しては、事故サーベイランスシステム技術を確立し、緑園こどもクリニックと国立成育医療センターで継続稼働させ、月 150～200 件、年間 1,800～2,000 件の事故情報を集める仕組み・体制づくりと、これまでに総計 7,900 件程度の事故事例を収集に成功した。また、地理情報システム(GIS)の考え方を応用し、身体に関係

する傷害情報(大きさや部位)を身体地図座標情報に関連づけ正規化・構造化させて記述する身体地図情報システムを開発し、病院と協力し実際に 1,600 件以上の傷害事例を入力・解析することでその基本機能を検証した。

- ② 人間行動の計算論技術：位置センサと非位置センサ（生体センサなど）を組み合わせ、行動の時空間データを記録する技術を開発した。得られた行動の時空間データを統計数理手法であるベイジアンネットを用いて処理することにより時空間意味構造モデリングを行う技術を開発した。これまでに蓄積してきた行動・事故データからベイジアンネットを用いて構造学習することでモデル構築を行い、構築されたモデルを用いて月齢や物体の種類や物体の配置などのパラメータを変化させることで、起こりうる行動を予測する行動シミュレータを開発した。また、作成された行動シミュレータと可視化技術(ゲームエンジン)とを統合することで、子どもの日常行動シミュレータの可視化機能を実現した。
- ③ 社会応用システム技術：人間行動や事故のシミュレーション技術に基づいて、家庭内における乳幼児の事故予防を目的とした WEB サービス用コンテンツを開発し、企業と協力し、世界初の新しいサービスを開始した。これまでに、約 6,300 人の保護者のアクセスがあり、約 46300 件の動画を配信した。また、このサービスを通じて、約 15,600 件のアンケートデータを収集することに成功した。また、事故予防のためのセンシング技術として、1歳ごろ乳幼児で最も死亡率が高い浴室内の溺水の問題を取り上げ、浴室乳幼児溺れ防止システムの試作を行った。浴槽アクセスを検出するセンサフロアシステムと、浴槽内転落時に水の異常波動を検出する加速度センサ式の転落検出システムを試作した。位置センサを用いて、子どもの行動を計測することで、事故を起こした遊具の改善案を提案した。この改善案は、実際に自治体で採用となり平成 19 年 2 月までに 34 基の遊具が改善された。また、位置センサと小型ウェアラブル筋電センサを用いた行動の時空間データ計測機能を実現し、この機能により、遊んでいる「最中」の子どもの行動計測に成功し、遊具メーカーと協力することで、計測データを行動モデルに基づく新しい遊具設計へと応用した。

今後の見通し：

各要素技術の高度化だけでなく、1) 一般家庭での事故予防のための実時間見守りセンシングサービス、2) 製造物の設計者向けの事故情報提示や人工物の危険部位提示サービス、3) WEB 等を利用した保護者向けの事故予防情報収集・提示サービスといった3つの社会応用シナリオ実現に向けた社会応用サービスの具体化と、これまでに蓄積してきた大規模行動・傷害データベースを活用し人間行動の計算論構築技術の開発を進める。

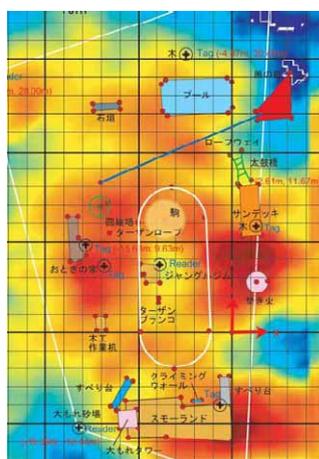
2. 研究実施内容

(文中にある参照番号は 4. (1)に対応する)

① 人間行動のセンシング技術の開発

日常行動データの蓄積

老人ホーム内の高齢者の位置計測システムを1年間連続稼働した。8人の被験者実験を行い、火傷に注目した子どもの行動データを取得した。火傷を起こしうる製品(家電製品を含む)をセンサルーム内に配置し、製品の状態や位置を変化させ、状態や位置が子どもの行動に及ぼす影響を調査した。



保育園と協力し、電波式のロケーションセンサ(AeroScout(日本エアロスカウト社))を用いて、園庭における乳幼児の日常行動センシングするシステムを開発した。園庭5箇所にもロケーションレシーバを設置し、3メートル程度の誤差で位置を計測するシステムを構築した。園児には、タグが入ったセンサスーツを着てもらい位置検出を行った。58人程度の園児(2歳から6歳)に対して、1週間の位置データを取得した。取得した結果から存在時間の長かったものを赤色で表示した存在時間地図の例を図1に示す。

図1：園児の存在時間の地図



図2：設置したカメラによる観察の様子

平成18年度に当プロジェクトでは遊具メーカーと共同で試作し、保育園に設置した。平成19年度は、保育園に設置した遊具の周辺にカメラ4個を新たに設置し、子どもの遊びデータを計測した。これにより、平成20年に予定している、これまでに構築してきた子どもの遊び行動モデル[4][5]の評価を行う準備が整った。また、遊具による怪我を含めたヒヤリ・ハット・データ収集を開始した。

国立成育医療センターにおける事故サーベイランスシステムの運用検証と先進的 事故サーベイランスのための身体幾何情報システムの開発

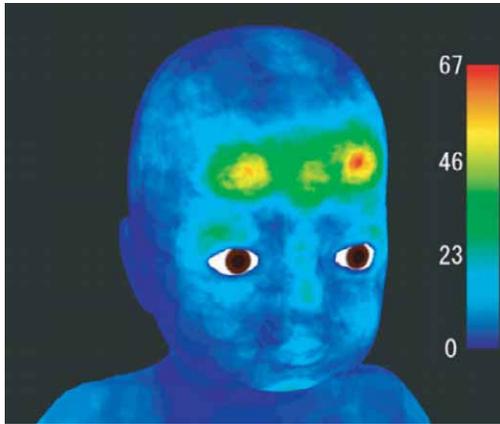


図3：身体地図情報システムによる
傷害データの可視化

国立成育医療センターで、これまで開発してきた事故サーベイランスシステムを1年間連続稼働させることに成功し、これにより、月150件以上、年間1,500件程度の事故情報を集める仕組みを構築した。現在までに総計7,900件の事故データを収集した。また、病院における事故サーベイランスシステムの開発を進める中で、怪我の位置・大きさなどの情報をうまく記述する方法が確立されていないことが明らかとなってきた。そのため、怪我の情報が病院内、病院外、工学などの異分野で共有することが

極めて困難な状況になる。そこで、平成19年度、人間の身体幾何に関する多様な情報を統合的に管理する「身体幾何情報システム」を新たに開発した。身体幾何情報システムは、地理情報システム(GIS)の考え方を応用し、あらかじめコード化された身体座標系と関連づけて、身体に関する情報を記述することで、怪我に関する情報の共有を支援するシステムであり、国立成育医療センターで収集した1,600件の事故による傷害データを入力することで、その有効性を検証した(図3)。(この成果は、WHOの連携センター会議(スイス・ジュネーブのWHO本部)やメキシコで開催された事故予防と安全推進に関する世界会議(Safety2008)にて口頭発表した。近々、論文[3]としても発表される。)

② 人間行動の計算論の開発

事故と行動の因果構造モデルの構築と構築された因果構造モデルによる可視化技術の開発 (乳幼児の日常事故シミュレータの開発)

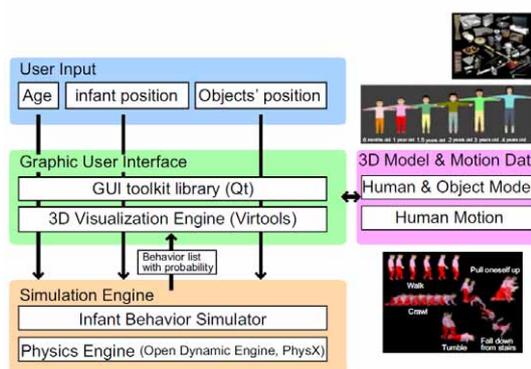


図4：開発したシステムの構成とシステムによる火傷に至る行動の可視化

これまでに開発した①ユビキタス型センシング技術によって構築した乳幼児行動のデータベースと行動モデル、②病院の事故サーベイランスシステムによって構築した事故データベースと事故の因果構造のモデル、③子どもの典型的なモーションのデータベース、④家一軒に存在しているモ

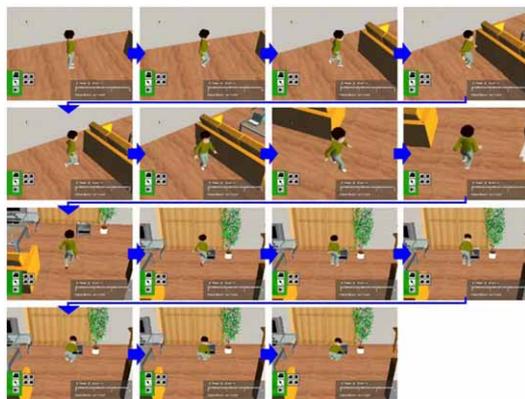


図5：開発システムによる火傷に至る行動の可視化

ノのデータベースを利用して、9ヶ月～3歳程度の乳幼児が日常的に引き起こしている事故を自動的に可視化する機能を実現した。図4に開発したシステムの構成を示す。可視化に関しては、①頻度が高い順、②治療費が高い順、③保護者の事故に対する認知構造に基づいて知っておく価値が高い順に作成するといった多様な価値基準から作成可能な機能を実現した。図5に、開発システムを用いた可視化のスナップショットの例を示す。また、乳幼児の日常事故シミュレータを事故予防コンテンツサービスに組み込むために、アンケートデータによって、個人適合型コンテンツを自動生成する機能を実現した。一般の保護者5人に対する検証実験を行った。

③ 社会応用システム技術

事故防止センサ（溺れ防止システム）の試作



図6：加速度センサを用いた溺れ防止システムの試作器

最も死亡率が高い1歳ごろの主要な死亡原因である浴室内の溺れを取り上げ、これを防止するシステムを試作した。溺れ事故を防止するには大きく分けて二つの方法が考えられる。一つは事故の発生自体を迅速に検出する方法であり、もう一つは事故の直接的原因となる場所や危険物体へのアクセスを防止する方法である。アクセスを防止するシステムとして、圧力センサフロアを開発した。またこれを用いて、子どもの歩幅などの行動特性を明らかにした。また、事故の発生自体を迅速に検出する方法として、加速度センサを用いた異常波形検出システムを試作した（図6）。一般家庭での動作検証を、5人の被験者に対して行った。

ノのデータベースを利用して、9ヶ月～3歳程度の乳幼児が日常的に引き起こしている事故を自動的に可視化する機能を実現した。図4に開発したシステムの構成を示す。可視化に関しては、①頻度が高い順、②治療費が高い順、③保護者の事故に対する認知構造に基づいて知っておく価値が高い順に作成するといった多様な価値基準から作成可能な機能を実現した。図5に、開発システムを用いた可視化のスナップショットの例を示す。また、乳幼児の日常

3. 研究実施体制

(1)「日常行動センシング・計算論」グループ

① 研究分担グループ長: 西田 佳史 (産業技術総合研究所、人間行動理解チーム長)

② 研究項目

- ユビキタス型/ウェアラブル型人間行動観察技術に関する研究
- インターネット型人間行動観察技術に関する研究
- 人間行動の計算論に関する研究
- 統合センシング技術の社会応用システムに関する研究

4. 研究成果の発表等

(1) 論文発表(原著論文)

- [1]. 本村陽一, 西田佳史, "ベイズ推定における事前分布のグラフ構造モデリングと実生活行動理解," 情報処理学会論文誌: コンピュータビジョンとイメージメディア, vol. 48, No.SIG9(CVIM18), pp. 43-56, 2007
- [2]. 北村光司, 西田佳史, 本村陽一, 溝口博, "乳幼児事故予防のための情報循環システム," 日本ロボット学会誌, Vol. 25, No. 6, pp. 887-896, 2007
- [3]. 坪井利樹, 西田佳史, 持丸正明, 河内まき子, 山中龍宏, 溝口博, "身体地図情報システム," 日本知能情報ファジィ学会誌, Vol. 20, No. 2, 2008 (in press)
- [4]. 川上悟郎, 西田佳史, 本村陽一, 溝口博, "ロケーション筋電位センサを用いた行動の時空間展開に基づく日常生活行動モデリング," 日本知能情報ファジィ学会誌, Vol. 20, No. 2, 2008 (in press)
- [5]. Y. Nishida, Y. Motomura, G. Kawakami, N. Matsumoto, H. Mizoguchi, "Spatio-tempora Semantic Map for Acquiring and Retargeting Knowledge on Everyday Life Behavior," Lecture Notes in Artificial Intelligence (K. Satoh et al. (Eds.)), Vol. 4914, pp. 63-75, Springer-Verlag, 2008
- [6]. T. Hori, Y. Nishida, "An Ultrasonic 3D Tag System for Evidence-based Nursing Care Support," Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.19, No.6, pp. 667-675, 2007
- [7]. 本村陽一, "ベイジアンネットワークの基礎と応用における新展開," 人工知能学会誌, Vol. 22, No. 3, pp. 302-305, 2007
- [8]. 本村陽一, 西田佳史, "ベイジアンネットワークによるヒューマンモデリング," 人工知能学会誌, Vol. 22, No. 3, pp. 320-327, 2007
- [9]. 西田佳史, 本村陽一, 北村光司, 山中龍宏, 溝口博, "安心・安全社会構築のための日常

- 行動センシングとモデリングの基盤技術," 日本ロボット学会誌, Vol.25, No. 5, pp. 40-48, July 2007
- [10]. 西田佳史, "安全で楽しい遊具づくり～遊具プロジェクト～," 発達, Vol. 28, No. 111, pp. 9-15, ミネルヴァ書房, July 2007
- [11]. 西田佳史, 本村陽一, 山中龍宏, "傷害サーベイランスシステムを用いた事故情報の収集と分析," 生活安全ジャーナル, 製品評価技術基盤機構, Vol. 5, pp. 29-33, 2007
- [12]. 西田佳史, "子どもの日常行動科学による安全で楽しい遊具づくり," 日本機械学会誌, Vol. 110, No. 1069, pp. 12-13, 2007
- [13]. 西田佳史, "安全で楽しい遊具のデザイン論," ベース設計資料, No. 136 土木編, 2008年度前期版, pp. 60-64, 2008