

西田 佳史

(独) 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、子どもの事故予防を目的に、①ユビキタスセンシングを用いた全空間的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事故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乳幼児行動モデリング技術、③構築した乳幼児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確立することにある。また、これらの技術を、要素技術としてだけでなく、次に述べる社会システム技術として、乳幼児の事故予防分野に応用し、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なう。本プロジェクトでは、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、③WEB 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(社会応用システム)を想定し、各々の実装と検証を進める。平成20年度は、各要素技術の高度化だけでなく、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、人間行動の計算論構築技術の開発を重点化して進める。平成20年度に実施する具体的な研究課題は、以下のとおりである。

これまでの研究成果:

ユビキタス型・インターネット型センシング技術の開発とデータ蓄積の研究: 保育園との共同研究により、未就学児(3歳以上6歳以下)の子どもの日常行動のデータを720時間蓄積した。センサーを用いた0歳から3歳までの子どものデータも13人増加させた。浴室内溺れ防止システムに関しては、新たに開発した流体解析システムを用いて、加速度式異常波検出に用いる浮体構造物の形状の最適設計を行い、一般保護者の実際の住宅における長時間検証実験の準備を進めた。事故情報収集システム(事故サーベイランスシステム)に関しては、国立成育医療センターとの共同研究を継続し、事故事例データベースの拡充(9,025件)を行い。さらに、事故サーベイランスシステムと身体地図情報システムを統合し、さらに、WEB サービス機能を実現することで、

2009年2月11日よりWEBサービスとして一般公開した。これにより、製品メーカーの設計者など外部の人からの利用が可能となった。

人間行動の計算モデルの構築:平成20年度は、日常生活における行動現象や事故現象を表現する様々な言い回しに関する一種の辞書(日常生活ターミノロジー)として1500個の辞書を構築し、状態変数の標準化技術の開発を行った。また、これまで蓄積してきた乳幼児行動のデータベース、事故サーベイランスシステムを利用して、日常生活ターミノロジーにより各変数の標準化を行い、確率的構造学習・推論手法(ベイジアンネットワーク)を用いて、事故と行動の因果構造をモデル化する技術を開発した。また、新たな行動シミュレーション技術として、ロケーションセンシング技術、地理情報システム(GIS)ソフトウェア、ベイジアンネットワーク構築ソフトウェアを統合することで、時空間データの取得機能、GIS上での情報蓄積や表現機能、確率論的行動モデルの自動生成機能、自動生成された行動モデルを用いた時空間行動シミュレーション機能が統合された「時空間行動意味マッピングシステム」を開発し、有効性検証を行った。また、身体地図情報システムと転倒シミュレータを統合することで転倒状況を再現する技術に関しては、身体地図情報システムにより蓄積された傷害地図データと、転倒シミュレータによる傷害地図予測データを比較することによって、実際に生じた転倒状況を再現する機能を実現した。機能の検証に関しては、皮膚センサを有するダミー人形(ダミー人形型センシングシステム)を新たに開発し、このダミー人形を用いた転倒・転落実験を実施することで動作検証した。インターネットを用いた一般保護者向け事故予防情報提示サービスの社会心理効果の評価に関しては、46人の被験者に対し、社会心理学の観点からの評価を行い、文章や図での説明と比較し、アニメーションによる情報提示の方が被験者にドキドキ感を与える効果が有意に高いことを検証した。

国際シンポジウムの開催による成果の発信:国内外で関心が高まりつつある「事故による傷害の予防」の問題を取り上げ、「傷害予防のための日常生活コンピューティング国際シンポジウム(International Symposium on Everyday Life Computing for Injury Prevention)」を開催した。傷害予防分野の世界の動向や、これを解決するための本事業の最新の成果を報告した。傷害予防の国際会議は、日本では初めての開催である。

今後の見通し:

今後、社会応用に向けたサービスとしてこれまで明確化してきた、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サービス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、の各々についてサービス提供を通じた実証検証を継続し、3つの社会応用実現に向けた技術の完成度とサービスの質を高める。また、本プロジェクトも折り返し地点を過ぎ、プロジェクト全体としての成果の刈り取り時期と情報発信時期を迎えたことを意識し、本プロジェクトを通じて得られた成果をとりまとめ、国内外の学会への投稿を進めるとともに、得られた知的財産に関しては、積極的に特許化を行う。

2. 研究実施内容

①ユビキタス型・インターネット型センシング技術の開発とデータ蓄積の研究 センサルームや保育園における乳幼児の行動データ蓄積

保育園との共同研究により、未就学児(3歳以上6歳以下)の子どもの日常行動のデータを720時間蓄積した。センサーを用いた0歳から3歳までの子どものデータも13人増加させた。

実時間事故予防センサの開発と一般家庭におけるフィールド実験 (社会応用シナリオ①の具体化)

浴室内溺れ防止システムに関しては、新たに開発した流体解析システムを用いて、加速度式異常波検出に用いる浮体構造物の形状の最適設計を行った。その結果、球形に近いほど、半径が小さいほど、周波数応答に優れ、検出精度が高いことが分かった。また、一般保護者の実際の住宅における検証実験のための浴室内溺れ防止システムを開発した。

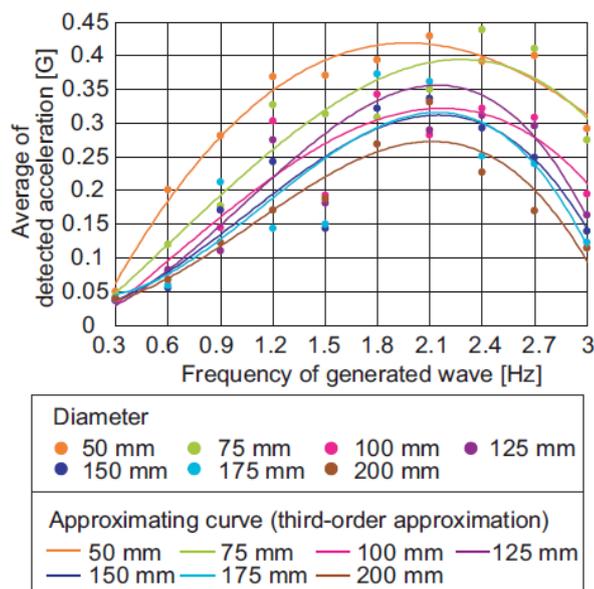


図: 球の半径と周波数応答の関係の図



図: 一般用に開発した浴室内溺れ防止システム

身体地図管理機能を有する先進的事故サーベイランスシステムの実現とWEB サービス化(社会応用シナリオ②の具体化)

国立成育医療センターとの共同研究を継続し、事故事例データベースの拡充(9,025 件)を行い。また、事故サーベイランスシステムと身体地図情報システムを統合した。この統合によって可能となる新たな機能として、空間クエリからの検索機能(手を塗るとその箇所を負傷した事例を自動検索)、キーワード検索機能を実現した。身体空間統計処理を支援する機能として、k-means 法を用いた空間クラスタリング機能を実装した。

例えば、身体空間機能を用いて左右差があるかどうかについての検定も行い、頭部と大腿に傷害の発生頻度に有意な左右差があることなどが知見として得られた(頭部 $p=0.010$, 大腿 $p=0.014<0.5$)。

事故情報を社会で共有し、一般の人から閲覧・利用可能にするために、開発した傷害サーベイランスシステムにWEB サービス機能を実現することで、WEB サービスとして一般公開した。2月11日に国際シンポジウムを開催し、この中で周知し、複数のメディアで取り上げられた(8回)。これにより、製品メーカーの設計者など外部の人からの利用が可能となった。

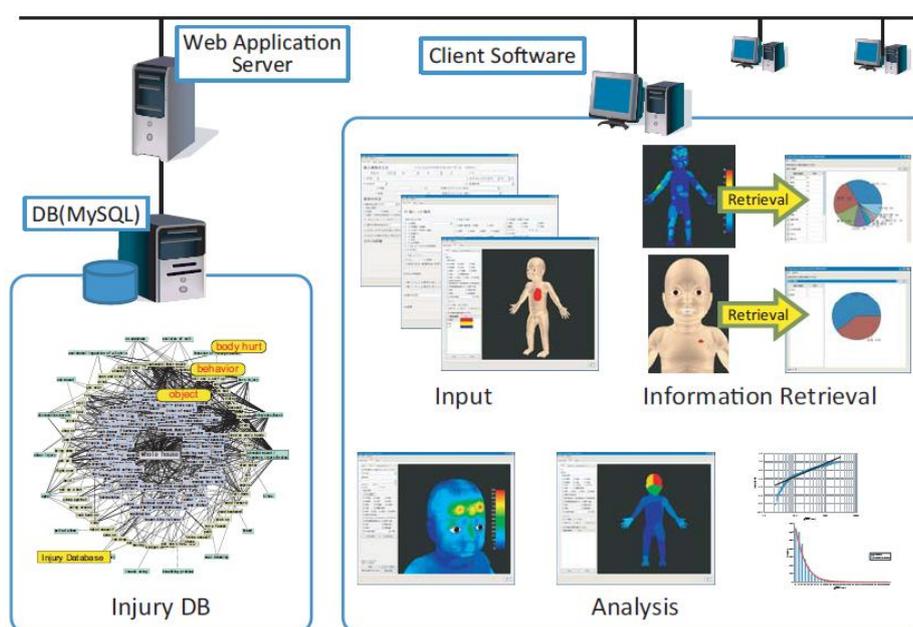


図:身体地図機能付き事故サーベイランスシステム

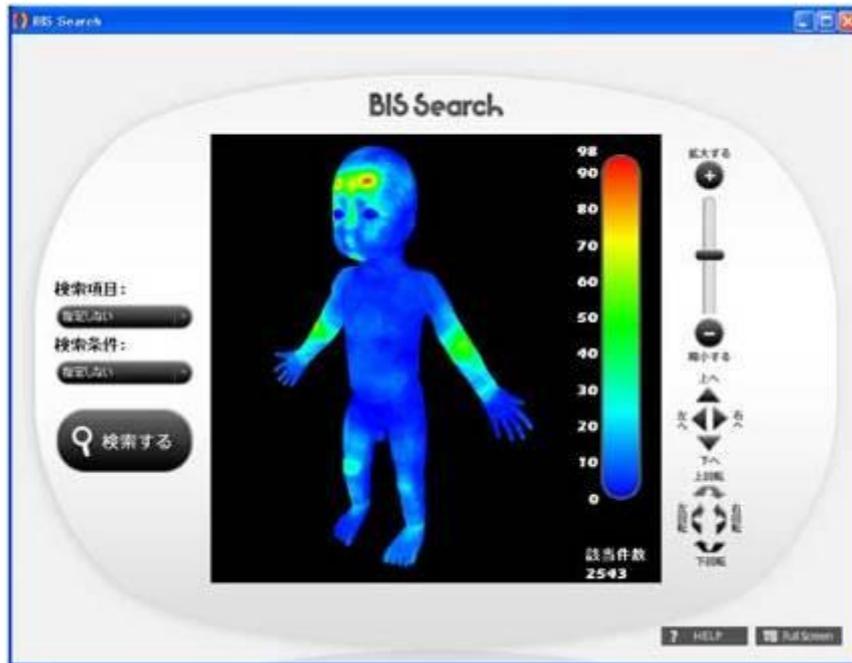


図: 傷害部位検索が可能な身体地図情報システム(公開ソフト)

②人間行動の計算論の開発

ベイジアンネットワークを用いた事故と行動の確率論的因果構造モデルの構築技術

日常生活における行動現象や事故現象を表現する様々な言い回しに関する一種の辞書(日常生活ターミノロジー)として 1500 個の辞書を構築し、状態変数の標準化技術の開発を行った。また、これまで蓄積してきた乳幼児行動のデータベース、事故サーベイランスシステムを利用して、日常生活ターミノロジーにより各変数の標準化を行い、確率的構造学習・推論手法(ベイジアンネットワーク)を用いて、事故と行動の因果構造をモデル化する技術を開発した。

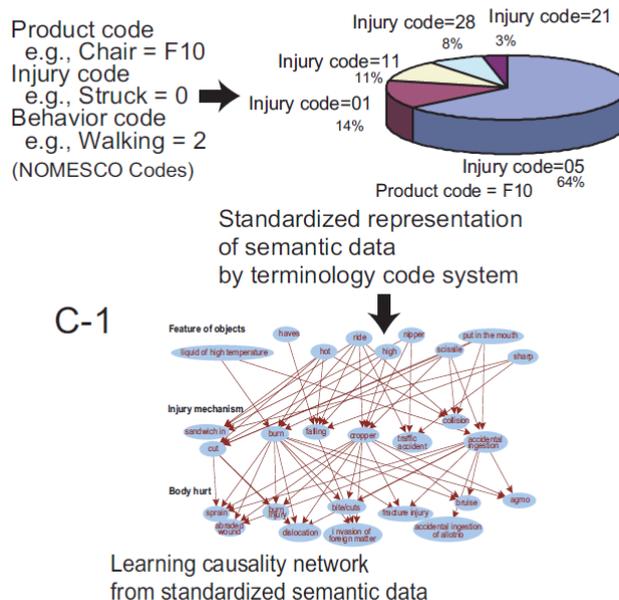


図: 日常生活ターミノロジーに基づくモデル構築技術の概念図

開発した身体地図管理機能を有する事故サーベイランスシステムにおいて実装したk-means法を用いた空間クラスタリング機能により身体部位を自動分割し、分割された部位・子どもの年齢・事故が起きた場所・事故に関わった製品の特徴量の間で確率的予測モデルを作成した。交差検定による予測精度は、事故の種類 42%、傷害の種類 44%、傷害部位 38%であった。

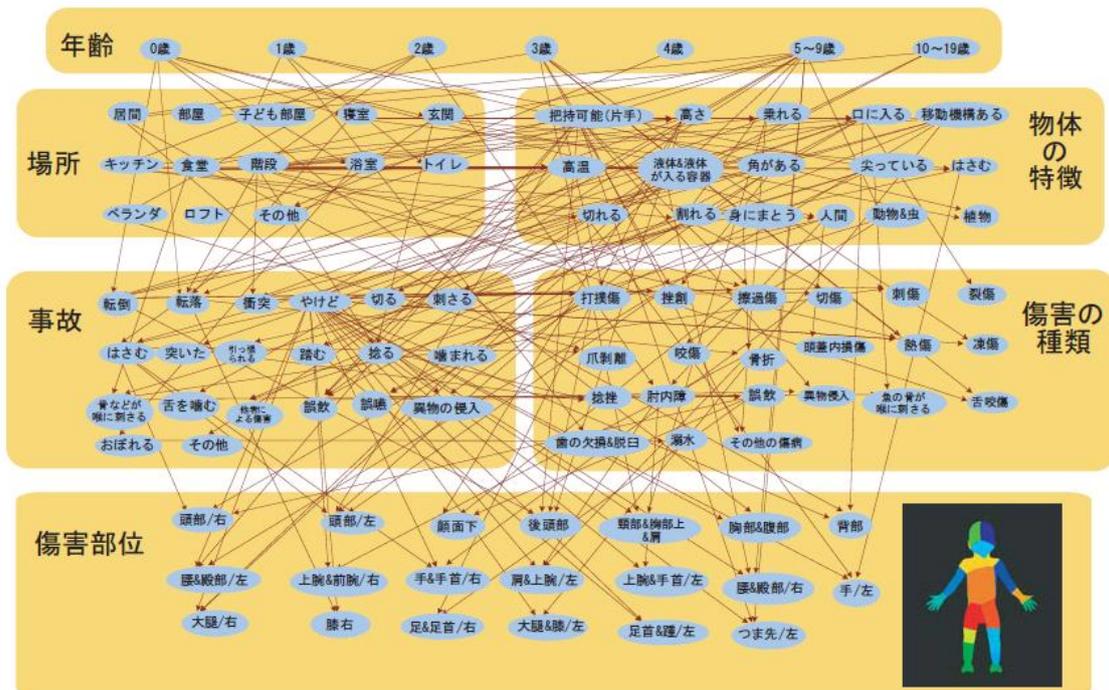
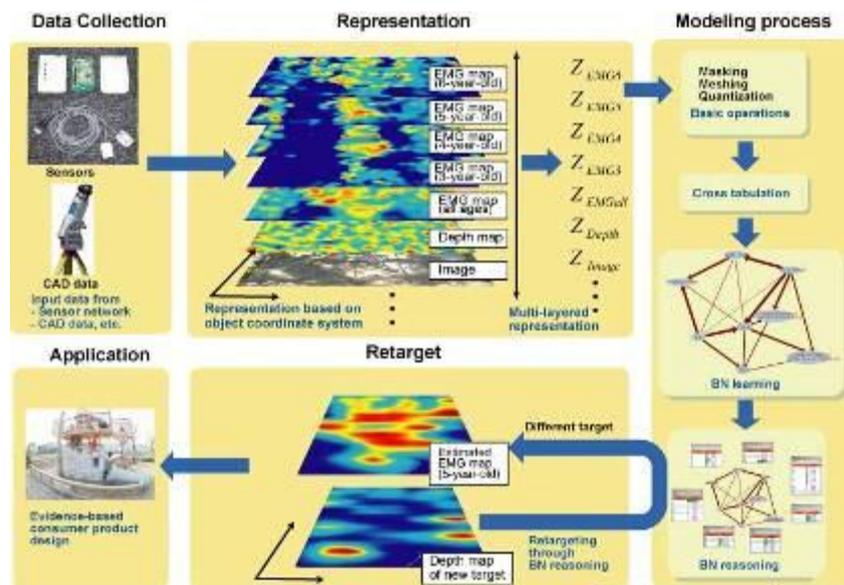


図: 自動分割された身体部位・子どもの年齢・事故が起きた場所・事故に関わった製品の特徴量の間で確率的予測モデル

乳幼児生活行動シミュレータの開発

新たに入手可能になった行動時空間データに基づく、新しい行動モデリング手法の研究を行う。ロケーションセンシング技術、地理情報システム(GIS)ソフトウェア、ベイジアンネットワーク構築ソフトウェアを統合することで、時空間データの取得機能、GIS 上での情報蓄積や表現機能、確率論的行動モデルの自動生成機能、自動生成された行動モデルを用いた時空間行動シミュレーション機能が統合された「時空間行動意味マッピングシステム」の開発を行った。



開発した時空間行動意味マッピングシステムの処理プロセスの図

平成19年度に計測した遊具で遊ぶ子どもの行動データを用いて、行動モデルの構築を行い、行動モデルの予測精度の検証をおこなった。時空間行動意味マッピングシステムを用いて、登攀時身体姿勢を考慮したモデルと登攀時身体姿勢を考慮しないモデルを構築し、2つのモデルの予測精度を比較した。表に F 値として知られる予測精度評価指標の結果を示す。表の中のA, B, C, C は、遊具にある4種類の登攀経路を表している。表の結果より、身体姿勢特徴量を考慮したモデルによるシミュレーション結果が、考慮しないモデルによるシミュレーション結果に比べて、全てのラダー部で F 値が大きくなり、石崖を登る経路をシミュレーションする場合、時間変化を伴う身体姿勢の考慮が重要であることが確認された。

表:身体姿勢特徴量を考慮したモデルによるシミュレーションによる予測結果(上)と考慮しないモデルによるシミュレーション結果(下)との比較

	Model with posture features			
Stone wall	A	B	C	D
F-measure	29.8	13.7	2.5	30.2

	Model without posture features			
Stone wall	A	B	C	D
F-measure	2.0	1.0	0.4	7.2

また、遊具(ブランコ)の事故事例を例題に、身体地図管理機能を有する事故サーベイランスシステム(以下、身体地図情報システム)により蓄積された傷害部位データと、転倒シミュレータによる傷害部位予測データを比較することによって、実際に生じた事故状況を再現する機能を実現した。開発した事故状況再現システムを下図に示す。開発システムは、衝突直前条件解析、頭部傷害解析、事故状況検索から構成される。衝突直前条件解析では、身体地図情報システムにより収

集された事故情報とモーションキャプチャを用いて計測した日常の使われ方データを初期条件とし、衝突直前の相対位置や速度等、目撃証言からは収集困難な条件をシミュレーションにより求める。次に得られた衝突直前条件を初期条件とし、身体地図情報システムの3次元身体モデルをもとに作成した頭部有限要素モデルを用いた頭部傷害解析を行う。ここまでの衝突直前条件解析および頭部傷害解析を大量に行うことにより事故状況再現の候補群となるシミュレーション・データベースを作成する。最後に身体地図情報システムに蓄積された実際に生じた事故による傷害データを用いて、これと類似度が高い傷害に至る事故状況をシミュレーション・データベースから検索することで事故状況を再現するシステムである。また、機能の検証に関しては、皮膚センサを有するダミー人形(ダミー人形型センシングシステム)を新たに開発し、このダミー人形を用いた検証を行った。

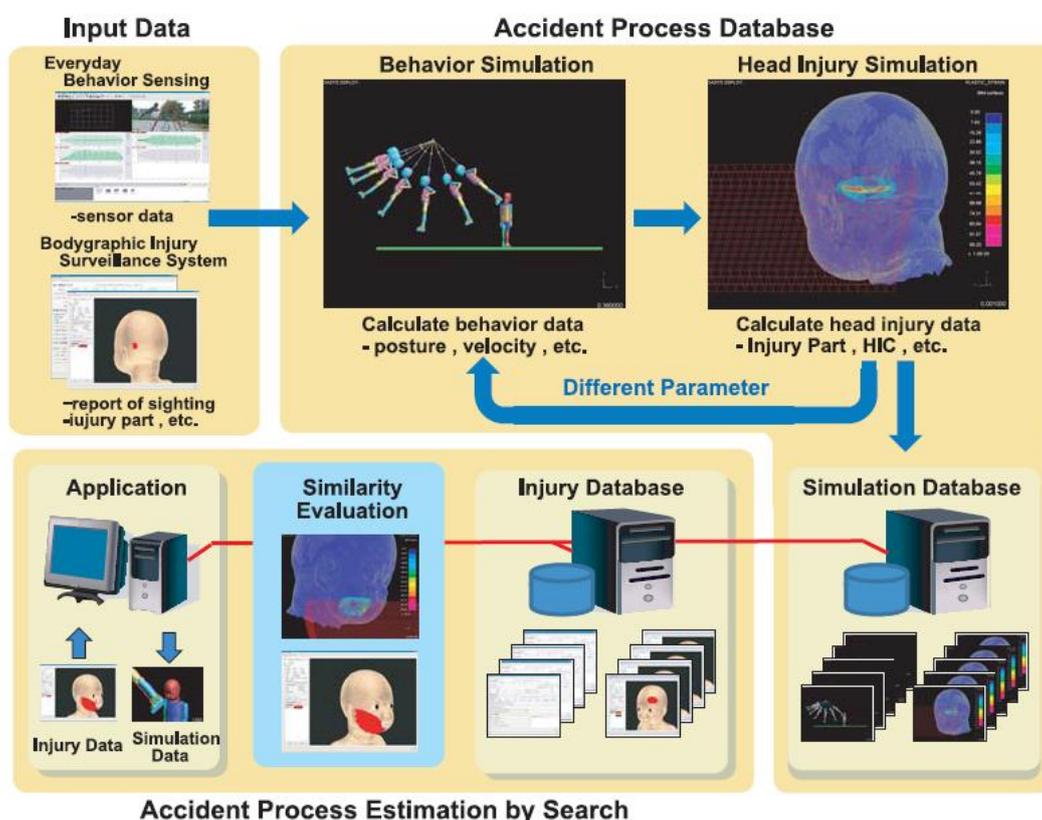
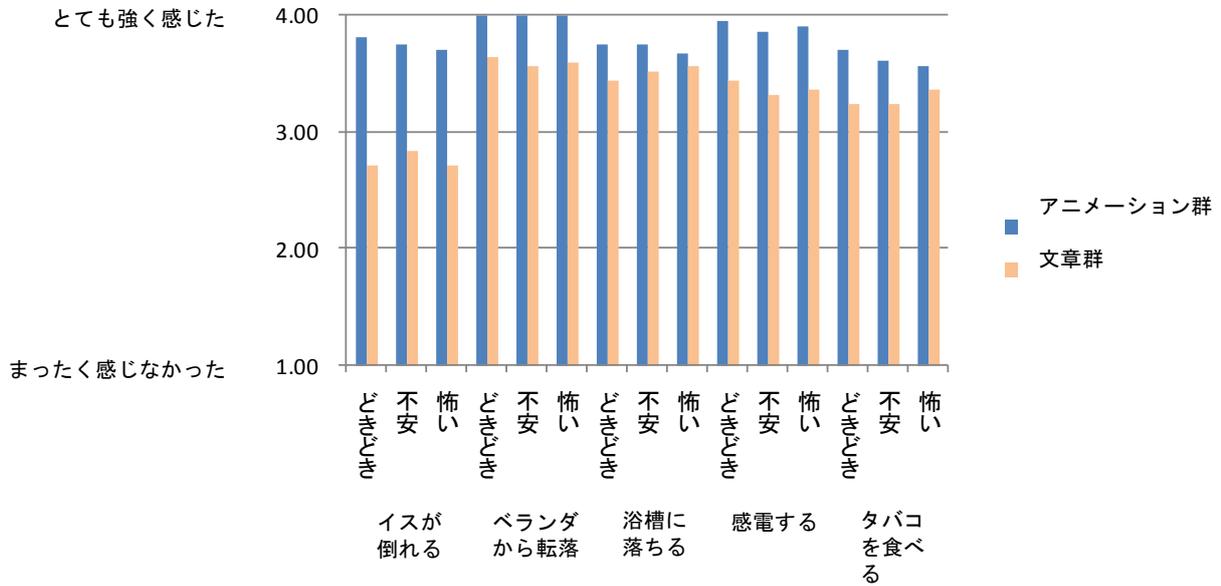


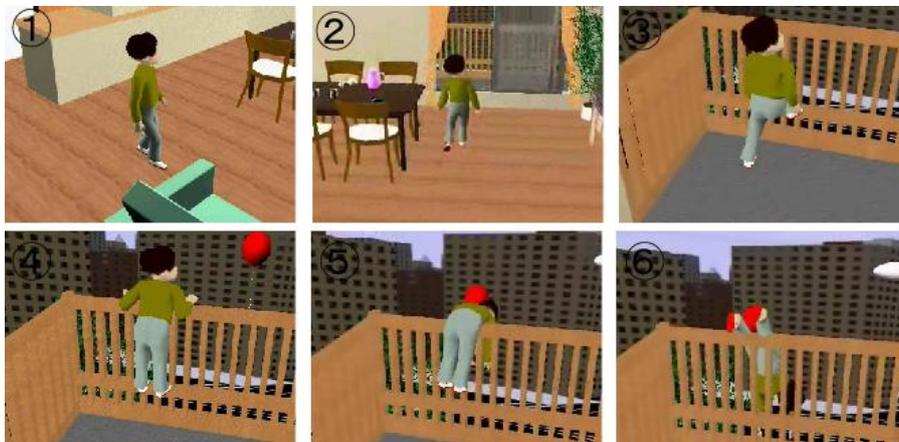
図: 生体衝突シミュレータと身体地図情報システムによる事故状況の再現技術

インターネットを用いた一般保護者向け事故予防情報提示サービスの社会心理効果の評価(社会応用シナリオ③関連技術)

これまで開発してきた典型的な事故パターンをアニメーションで提示する技術の心理学的効果の評価した。46人の被験者に対し、新たに開発したWEBアンケートシステムを用いて、印刷媒体(文字のみ)、印刷媒体(イラストと少しの文字)、事故シーンの動画の3種類の異なる媒体で、怖いと感じたか? 不安を感じたか? どきどきしたか?などの心理学的効果を比較した。その結果、アニメーションによる情報提示が他の媒体に比べて有意に高いことが確かめられた。



イラストと少しの文字の例



アニメーションの例

国際シンポジウムの開催による成果の発信:

傷害予防を推進している世界保健機関（WHO）の動向、傷害予防で先進的な取り組みをしている国における研究動向、JST CRESTで推進している事故予防工学技術を紹介することを通じて、技術と社会ニーズの両側面から質の高い発表・討論の場を提供し、学際的な研究コミュニティ作りや、様々な業種間連携を加速させることを目的に国際シンポジウム「傷害予防のための日常生活コンピューティング国際シンポジウム（International Symposium on Everyday Life Computing for Injury Prevention）」を開催した。国際シンポジウムの講演の部では、世界の傷害予防分野を牽引している、WHO、米国ジョンズホプキンス大学、オーストラリアのモナッシュ大学、米国アラバマ大学から4名の海外講演者の招待講演があった。国内からは、傷害予防の日本の取り組みや工学的な手法に関して3件の発表を行った。参加者に関しては、大学や国立研究所、自治体、学校関係者、企業、キッズデザインを推進しているNPO法人、報道関係者など、非常に幅広い分野から106人が参加した。今回、日本での開催であり、研究者以外の日本人の参加者が大多数を占めることから、より一般の方にも広く理解して頂くための工夫として、同時通訳を行った。詳細な報告は、以下のURLを参考にされたい。

<http://www.dh.aist.go.jp/projects/child/registration/20090211/report.html>



国際シンポジウムの様子

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 チーム長)

②研究項目

ユビキタス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. 宮崎祐介, 持丸正明, 西田佳史, 河内まき子, 宇治橋貞幸, "年齢別子ども転倒シミュレーションによる遊具の転倒傷害危険度の可視化," 日本ロボット学会誌, Vol. 26, No. 6, pp. 561-567, 2008
2. T. Tsuboi, Y. Nishida, Y. Motomura, M. Mochimaru, M. Kouchi, T. Yamanaka, H. Mizoguchi, "Bodygraphic Information System: Application to Injury Surveillance," The 2008 International Conference on Modeling, Simulation and Visualization Methods (MSV'08), July 16 2008
3. K. Kitamura, Y. Nishida, Y. Motomura, H. Mizoguchi, "Children Unintentional Injury Visualization System Based on Behavior Model and Injury Data," " The 2008 International Conference on Modeling, Simulation and Visualization Methods (MSV'08), July 16 2008
4. H. Keigo, Y. Nishida, H. Mizoguchi, Infant Drowning Prevention System with Wireless Accelerometer - Evaluation of Optimum Floating Body Shape for Home-Use -, " The 7th IEEE International Conference on Sensors (Sensors 2008), pp. 1218-1221, 2008
5. Y. Miyazaki, Y. Nishida, Y. Motomura, T. Yamanaka, I. Kakefuda, "Computer Simulation of Childhood Head Injury Due To Fall From Playground Equipment," The 2nd Asia Pacific Injury Prevention Conference, November 2008 (Hanoi, Vietnam)
6. I. Kakefuda, Y. Yasukawa, K. Nomori, T. Yamanaka, Y. Nishida, Y. Motomura, H. Hatta, "Geographic Injury Surveillance System for Injury Prevention in Elementary School," November 2008 (Hanoi, Vietnam)
7. T. Hori, Y. Nishida, Shin'ichi Murakami, "A Pervasive Sensor System for Evidence-based Nursing Care Support," Intelligent Environments: Methods, Algorithms and Applications (Editor: Dorothy Monekosso, Paolo Remagnino, and Yoshinori Kuno), pp. 13-33, Springer-Verlag, 2008
8. I. Kakefuda, K. Nomori, Y. Yasukawa, Y. Nishida, T. Yamanaka, "Children's perception of risk and enjoyment associated with school playground equipment," the Society for Advancement of Violence and Injury Research (SAVIR) conference, March 2009
9. 西田佳史, 本村陽一, 北村光司, 山中龍宏, "傷害データを加工する," 小児保健研究, Vol. 68, No. 2, pp. 191-198, March 2009

(2) 特許出願

平成 20 年度 国内特許出願件数 : 0 件 (CREST 研究期間累積件数 : 0 件)