

## 研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： 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

2. 研究代表者名及び主たる研究参加者名(研究機関名・職名は研究参加期間終了時点)：

研究代表者

西田 佳史((独)産業技術総合研究所デジタルヒューマン工学研究センター 研究チーム長)

主たる共同研究者

3. 研究実施概要

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、③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、社会的要請の高い乳幼児の事故予防に応用し、乳幼児の事故予防のためのセンシング技術および計算論の技術体系およびそれを社会で機能させるための社会体系(社会システム)を確立することにある。本研究では、要素技術だけでなく、社会応用技術として、A.生活環境での事故予防のための見守りサービス、B. 製品設計者や施設管理者向けの事故情報提示やリスクアセスメントサービス、C.WEB 等を利用した事故予防情報収集・共有サービスの三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てきた。長期的な目標は、乳幼児の事故予防といった社会ニーズの高い課題に取り組み、具体的な成果を挙げながら、「日常の知の体系」とでも呼び得る新しい知の体系を創造するための方法論を具体的に提示することにある。

これに基づき、研究項目を以下のように設定した。

### ① ユビキタスセンシングを用いた人間行動センシング技術

日常生活行動センシング技術として、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する。開発した観察システムを用いて被験者計測を実施し、100人以上の乳幼児の行動データを蓄積する。

### ② インターネットを用いたセンシング技術(事件事例の収集)

乳幼児の事故や怪我の事例は、インターネット技術を用いて収集可能である。近い将来、収集するのに適した場所は、病院である。そこで、本研究では乳幼児の事件事例について医療現場の最前線でデータを記録している医師と共同してこれまでに発生した誤飲事故、傷害事故のデータを収集し、いくつかの典型的なパターン、原因・行動・結果に注目して分類・構造化する。

### ③ 人間行動のモデル化の技術(計算論)の研究

ユビキタス型センシング技術とインターネット型センシング技術によって得られた乳幼児の行動データや、乳幼児の事故状況のデータベースを利用して、日常空間で発現する乳幼児の行動を計算機上でシミュレーションするための行動モデルを作成する。乳幼児の行動に影響与える要因として、内的要因と外的要因に分類しモデル化を行う。内的要因としては、乳幼児の生理、情動、および、行動の発達を扱う。外的要因としては、環境中のモノと乳幼児のインタラクションを扱う。これらの計算機上で表現し統合することで、ある環境で、ある月齢にある乳幼児が取りうる行動を予測可能なシミュレーションシステムを構築する。

#### ④ 要素技術統合による安心で安全な社会システムの構築と検証

ユビキタス型センシング技術、インターネット型センシング技術、人間行動の計算論(シミュレータ)を統合し、持続的に発展する社会的なシステムとして運用可能なシステムを提案・検証する。

- A. 保育園等の協力を得て、ユビキタス型センシングと、インターネット型センシング、乳幼児行動シミュレータとを統合したシステムによる実時間見守り支援サービス、保育支援サービスの提供実験を行なう。
- B. ユビキタス型センシング技術によって計測した行動データを実時間で、乳幼児行動シミュレータに入力し、一方、シミュレータは、医療現場・一般家庭・保育所で収集された事故・怪我のデータベースと、乳幼児行動のモデルから、その月齢、その環境にある乳幼児がつぎにどんな行動をとり得るのかのシミュレーションを行い、その月齢にある乳幼児の危険箇所を提示する機能の検証実験を行なう。
- C. 事故・怪我の収集の場を、一般家庭に広げることで、迅速に膨大なデータを収集し、かつ、その場で乳幼児の保護者に有用な情報を提供できる新しいデータベース構築手法として、ブートストラップ型の事故データベースを開発する。これは、乳幼児の保護者が育児情報をWEB上で見る際に、自分の子ども供の月齢や、その子ども供が起こした怪我や事故を入力することで、すぐさま、その場で、その子ども供が近い将来に起こしうる事故をグラフィカルに提示する機能を有するデータベースである。適切な育児支援情報が得られることをインセンティブとして、膨大なデータベースの迅速な構築と、その有効活用が期待できる。

### 1. 事後評価結果

#### 4-1. 研究の達成状況及び得られた研究成果(論文・口頭発表等の外部発表、特許の取得状況等を含む)

各研究課題において、身体地図情報技術をはじめとする新しい様々なデータベース技術や手法を開発したことにより当初計画した一定の研究成果が達成され、また学会においても多くの賞を受けている点からにおいて、学術的にも高く評価できる。更に、要素技術開発で終わることなく、これらの個別開発技術に基づき、新たな傷害予防の方法論「傷害予防工学」の体系化を行ったことは、先進的統合センシング技術の趣旨に合致するものであり、高く評価する。しかし一方で、国内における学会に比較して、国際学会におけるプレゼンスは低く、国際会議のプロシーディングスに止まっている。また、数々の学会における受賞と比較して、特許数は国内特許3件と若干物足りなさが残る。同分野における問題意識は、万国共通の課題であり、今後は国際的にも広く提唱し同分野の一層充実した体系化が期待される。

ユビキタスセンシングを用いた人間行動センシング技術としては、超音波ロケーションセンサと乳幼児用小型筋電センサを組み合わせる新しい時空間筋電センサや、力センサネットワークが埋め込まれた遊具型センサや一般の家を模擬したセンサホームなどの開発を行い、1,000人を超える大規模な乳幼児の観察データの取得に成功した。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に関しては、身体地図情報システムと呼ぶ新技術を開発し、これを応用することで、世界でも先進的な傷害データ記録システム(身体地図情報システムを有する傷害サーベイランスシステム)を開発した。また、開発システムを緑園こどもクリニックと国立成育医療研究センターなどの実際の医療機関に社会実装することで、10,000件を超える大規模傷害データの蓄積に成功した。特に、国立成育医療研究センターは、本プロジェクトの実績に基づいて、2010年度からは昨年発足した消費者庁の医療機関ネットワークに参加し、今後は、国策立案のための事故情報収集機関として活躍することとなり、そこにおいても、当プロジェクトで開発した技術が活用される見通しである。

モデリング技術に関しては、1)時空間行動データからの行動予測モデルの構築手法、2)大規模事故データからの事故状況の因果構造モデルの構築手法、3)事故状況再現のための生体物理シミュレーション技術、4)身体空間統計法、5)事故可制御モデルの構築手法の開発を行った。1)の時空間行動データからの行動予測モデルの構築手法に関しては、本課題で開発した時空間行動センシング技術によって得られた行動時空間データから行動予測モデルを構築する時空間意味モデリング手法を開発した。これの社会応用として、保育園や遊

具メーカーと協力し、ラダリング行動モデルに基づく遊具の設計問題に応用することで、モデルベースド製品開発の可能性を示し、さらに、保育園との協力によって、3年に及ぶ長時間観察によるモデルの有効性検証を行った。この成果に関しては、人工知能学会 2007 年度全国大会において優秀賞を受賞する等、学術面においても高い評価を得た。2)の大規模事故データからの事故状況の因果構造モデルの構築手法に関しては、流通業界で使用されている製品分類コード(JICFS/IFDB)、テキストマイニング技術、ベイジアンネットワーク技術を統合し、収集した大規模な事故データを汎用性のある正規表現系に修正してから確率的因果構造モデルを構造学習することで、再利用性の高い事故状況予測モデルを作成する技術を開発した。3)の生体物理シミュレーション技術に関しては、バイオメカニクス技術と行動モデリング技術を統合することで、子どもの傷害再現や日常生活空間におけるリスクの可視化を行う技術を開発(特許出願中)した。4)に関しては、開発した身体地図情報システムによって始めて可能となった統計法として、身体空間統計学とでも呼べる新たな統計領域を示した。これらは例えば、傷害発生部位の条件付き確率密度分布の可視化法、身体空間統計的検定法、身体空間極致統計分析法、外部条件からの傷害発生部位推定法、目的志向型身体空間クラスタリング法などの新しい手法の開発に見られる。5)の事故可制御化モデルに関しては、全体的・集成的な特徴を捉えた大規模データ(グローバルに収集された大規模事故データ)と、ある場所において物理的なセンサを用いて計測された行動データ(ローカルで収集されたある環境の特徴を捉えた個別性の高いデータ)とを、本課題で開発したモデリング技術を用いて統合し、グローバル現象とローカル現象までの階層的な構造全体を説明するモデルを構築したり、ローカルな操作変数を用いてグローバル現象を可制御化したり、グローバルな現象に基づく知見をある環境に適合する技術を開発した。

社会応用技術としては、A.生活環境での事故予防のための見守りサービス、B. 製品設計者や施設管理者向けの事故情報提示やリスクアセスメントサービス、C.WEB 等を利用した事故予防情報収集・共有サービスの三つの社会応用シナリオ(社会応用システム)を想定した技術開発を行った。A の見守りサービスに関しては、乳幼児の死亡率が高い浴室内の溺水の問題を取り上げ、加速度センサ式の浴室乳幼児溺れ防止システムを開発し、一般家庭での検証を行った。この成果に関しては、日本ロボット学会にて研究奨励賞、日本機械学会にて三浦賞を受賞した。また、行動モデル、事故状況モデル、生体シミュレーション、画像処理技術を統合した子どもの見守り支援サービスとして、カメラによる長時間観察に基づいて、危険行動を予測・分析する手法を開発した。北九州市と協力することで、実際の公園にカメラを設置し検証を行った。

B の製品設計者や施設管理者向けの事故情報提示やリスクアセスメントサービスに関しては、時空間行動センシング技術の社会応用例として、位置センサを用いて子どもの行動を計測し、分析することで、実際に事故が起こった遊具に対して改善案を提案した。子どもの年齢に応じた転倒・転落をシミュレーションするシステムを開発し、遊具の危険エリアを可視化する手法を実現した。この手法は、日本機会学会にて北陸信越支部賞、優秀講演賞を受賞した。この改善案は、実際に自治体(北九州市役所)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、分析事例は、国土交通省 遊具の指針(都市公園における遊具の安全確保に関する指針(2008 年 8 月))や NHK スペシャル「子どもの事故は半減できる(2006 年 3 月 12 日)」にて取り上げられた。また、時空間行動データに基づくモデリング技術の社会応用例として、前述したように、行動モデルベースの遊具設計への適用例を示した。この事例に関しては、NHK スペシャル「ドキドキ・ヒヤリで子どもは育つ～遊具作りプロジェクトの挑戦～(2007 年 2 月 18 日)」で取り上げられた。また、よじ登り行動の予測モデル(日本人間工学会 最優秀研究発表奨励賞)に基づく生活空間での転倒・転落の重症度予測を行うリスクアセスメント法や、製品設計者が製品特長や使われ方の特徴が類似している製品による事故事例検索を支援する機能としてリンケージサービスを開発した。

C.WEB 等を利用した事故予防情報収集・共有サービスに関しては、人間行動や事故のシミュレーション・可視化技術に基づいて、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、(株)ベネッセコーポレーションと協力し、事故予防情報提供サービスを開始した。これまでに、約 7,298 人の保護者

のアクセスがあり、約 52,451 件の動画を配信した。また、このサービスを通じて、約 17,298 件のアンケートデータを収集することに成功した(ドコモ・モバイル・サイエンス賞受賞)。また、医療機関向けに開発してきた傷害サーベイランス技術を、一般の保育園や小学校でも活用できるようにする技術として、傷害データ共有システムを開発した。長崎県佐世保市の5か所の市立保育園、千葉県柏市立花野井小学校における導入検証を行った。また、傷害サーベイランス技術に基づいた児童参加型の安全教育プログラムを開発し、花野井小学校において、その有効性を検証した(2010 年度キッズデザイン賞受賞)。

また、本課題では、上述したセンシング技術やモデリング技術の個々の要素技術を開発するだけでなく、それに加えて、これらの開発技術に基づく新たな傷害予防の方法論「傷害予防工学」の体系化を行った点が高く評価できる。技術体系に関しては、事故制御モデルの考え方、製品改善とリスクコミュニケーションからなる包括的アプローチの考え方を提案し、本課題で開発してきたセンシング技術やモデリング技術を活用して、事故制御モデルの開発や包括的アプローチを実現する方法やその具体事例を取りまとめ、「小児内科」、「チャイルドヘルス」などの雑誌で特集号を組んで発表した。消費者行政関係者向けの学術誌である「国民生活研究」にも傷害予防工学の方法論を示す論文を連続的に投稿している。また、現在、これらの内容を含んだハンドブックとして、「子どもの計測ハンドブック(朝倉書店)」なども制作が進行中であり、全体として、医療関係者、企業、専門家、行政などの幅広い層がアクセスできる媒体が整いつつある。

#### 4-2. 研究成果の科学技術や社会へのインパクト、戦略目標への貢献

社会体系に関しては、2006 年に安全知識循環型社会の概念を提案し、その社会実装を行うための活動を行っている。安全知識循環型社会は、1) 医療機関を核として子どもの行動や事故に関するデータを収集する傷害サーベイランス技術、2) 収集されたデータを解析し、子どもの行動や事故の発生プロセスの計算モデルを構築し、行動・事故の計算モデルに基づいて、事故の予防策を開発する事故制御モデリング・傷害シミュレーション技術、3)社会にリスクを伝達したり、事故予防策を普及させたりするためのリスクコミュニケーション技術の一つのループとしてつなぐことで、事故データを蓄え、事故データを対策法へと知識化し、開発された対策法の効果を評価し、持続的に改善していく社会的フィードバック系を実現するシステムである。

同概念の社会実装の活動を展開する中で、多種多様な分野の専門家、課題を有する市民の方々と関わりを持ち、業際・学際的な活動を行ってきた。学際的な研究者ネットワークを作る活動としては、IEEE 主催の国際会議(FOCI2007)、人間工学に関する国際会議(AHFE2010)、日本ロボット学会、人工知能学会、日本小児科学会、日本小児保健学会、日本学術会議などで企画セッションやシンポジウムを行ってきた。2009 年 2 月 11 日には、JST の国際支援強化策の採択を受け、自ら国際シンポジウム(事故予防のための日常生活コンピューティング)を企画し、4件の海外の研究者の招待講演と 3 件の CREST の成果発表からなるシンポジウムを開催した。

情報発信に関しては、医学領域や工学領域での学会での情報発信だけでなく、メディアを通じた社会への情報発信も重要であり、依頼のあった取材に関しては、できる限り積極的に協力する方針をとった。これまでに、60 件を超える取材対応を行った。これらの活動によって、現在、金沢大学、千葉県柏市立花野井小学校、高月整形外科病院、千葉大学医学部法医学教室、日本医科大学千葉北総病院救命救急センター、出口小児科医院などとの連携も始まっている。最近では、蓄積してきた技術やデータベースが他の研究機関との連携へと発展するケースも増えており、新たな研究コミュニティを作ることに繋がっている。アウトリーチ活動としては、サイエンスカフェ、各種イベントでの出展、50 回以上もの日本科学未来館でのデモンストレーション、学術界以外の招待講演(行政、企業など)への対応を行うことで一般へのすそ野を広げたり、明日を担う子どもたちに、危険という身近な例題を通じて科学教育を行う活動にも、安全知識の共創という側面から積極的に参加してきた。産業界では、子どもの視点に立ったモノづくりやサービスデザインの振興を目的とする NPO 法人キッズデザイン協議会が 2006 年に発足され、企業、研究所、自治体、学校関係者など様々な業種が集まり、キッズデザイン産業育成の

ための活動の輪が広がっている。

このような子ども供の事故に関するいくつかの課題に関して、社会に広く働きかけた結果、経済産業省安全知識循環型社会構築事業や、キッズデザイン製品開発支援事業に結び付けられたことは、社会への大きなインパクトとして、評価できる。

#### 4-3. 総合的評価

個々の要素技術に関しては、学会で多数受賞しており、学術的にも優れた成果を挙げている点を評価する。また、新規性が乏しいものの、これまで科学・技術の対象となっていなかった傷害分野に対して、様々なデータベースや手法に関する要素技術を開発するのみならず、多機関連携を通じた社会実装ことにより、子ども供に焦点を当てた「傷害予防工学」分野を確立した点もは、高く評価できる。今後は更に人間全体に研究対象を広げることが期待される。また、様々な学会における受賞実績を、国際学会でも展開できるよう、今後の更なる「傷害予防工学」の世界に向けた発信を期待する。一方で行動センシング技術と確率的モデリング技術を融合し、ベイジアンネットワーク技術を用いて行動の予測モデルの構築を進めているが、実証データがまだ不足しているため、今後より一層の検証が必要とされる。