

[招待講演] 日常系の科学技術： 子どもの事故予防のための日常行動センシングとモデリング

西田 佳史[†] 本村 陽一[†]

[†]産業技術総合研究所 デジタルヒューマン研究センター 〒135-0064 東京都江東区青海 2-41-6
E-mail: †{y.nishida,y.motomura}@aist.go.jp

あらまし 量子論や宇宙論といった自然科学分野には、大抵の現象をうまく説明し、再現できるような「標準モデル」が存在しているが、日常生活の標準モデルと呼ぶようなものは未だ存在していない。ロボットに代表されるような人工知能物が、今後、日常生活というシステムの一部として機能するためには、日常生活に関する知識が計算機から再利用できる形で蓄積されたもの、すなわち、日常生活の計算モデルが、基盤技術として重要である。逆に、こうしたモデルが無ければ、日常生活支援システム的设计論や制御論は容易に自己目的化可能となり、実際に役に立つ理論を展開することは困難である。日常生活のモデルを作るためには、現象を記述するためのセンシング技術と、日常生活の定量化に基づいて計算モデルを構築するためのモデリング技術が不可欠である。近年、ユビキタスセンサ技術を用いた全空間的物理現象センシング技術、インターネット技術を用いた全世界的社会現象センシング技術、また、これらのセンシング技術によって得られた大規模なデータベースに基づいた確率論的モデリング技術が利用可能になっており、我々の日常生活を科学や工学の対象として扱う基盤技術が徐々に整いつつある。本稿では、日常生活の計算モデルを構築するための日常生活のセンシング・データベース・モデリング技術を述べる。さらに、これら要素技術をエビデンスベースドなサービスを媒介として実社会と統合することで、要素技術とサービスの持続的な発展を可能とする技術を述べる。特に、子どもの事故予防工学の観点から、これら要素技術および社会システム化技術を具体的に例示し、新しいパラダイムとしての日常系の科学技術とその方法論を展望する。

キーワード 日常系の科学技術, 人間中心コンピューティング, 日常行動モデリング, 子どもの事故予防,

Science and Technology of Everyday Life System: Sensing and Modeling of Everyday Behavior for Children's Injury Prevention

Yoshifumi NISHIDA[†] and Yoichi MOTOMURA[†]

[†] Digital Human Research Center National Institute of Advanced Industrial Science and Technology
(AIST), Aomi 2-41-6, Koto-ku, Tokyo, 135-0064 Japan
E-mail: †{y.nishida,y.motomura}@aist.go.jp

Abstract We perform many different behavior in our everyday lives. In the natural sciences such as quantum theory and cosmology, most phenomena can be explained and reproduced in "standard models". However, there is as yet nothing that could be called a standard model for everyday behavior. Building such a model would require sensing technology for describing phenomena, and modeling technology for constructing theory based on quantification of behavior. With the advent of new technology that has become available in recent years, the technological base needed in order to apply science and engineering to the study of everyday behavior is gradually nearing completion. This technology involves 1) pervasive physical phenomena sensing technology that uses ubiquitous sensor technology, 2) global social phenomena sensing technology that uses internet technology, 3) modeling technology based on the large-scale data that is generated by these sensing technologies, and 4) evidence-based service technology. This paper introduces our trial on these four technologies from the viewpoint of child injury prevention engineering and describes the perspective of "science and technology of everyday life system" and its methodology.

Key words Science and Technology of Everyday Life System, Human-Centered Computing, Everyday Behavior Modeling, Child Injury Prevention,

1. まえがき

小型センサ、大規模記憶装置、低消費の埋め込みプロセッサなどのユビキタスデバイス技術を利用したシステムの構築が容易になりつつあることに伴って、実世界コンピューティングの難しさの本質も徐々に認識されつつある。ユビキタスコンピューティングは、小型のセンサや情報処理デバイスの発展の必然として、それらを日常空間に分散配置することで、すぐ様実現可能となる類の技術の単なる集大成ではないことが明らかとなってきた。我々の日常生活空間は、豊かなセンシング機能や情報処理機能を備えた時に、何をコンピューティングするのが問われなければならない。

生活の質向上のための日常生活支援技術に取り組もうとする際に問題となることは、日常生活という現象が身近な物理現象であるのにも関わらず、実は、それをまだよく理解できていない点にある。日常生活、すなわち、日常生活空間で生きている人間の科学が不可欠である。近年の情報処理技術の発展は、これまで困難であった日常生活を、新たな科学の対象として扱うための道具立てとして捉えることができる。日常生活現象をセンシング技術を用いて記述し、日常生活を再現・説明するモデルを構築していくことで、日常生活それ自体を、ある種の「系・システム」として表現することができて始めて、日常生活を「制御」や「計算」の対象することができ、本稿では、こうしたフィードバック系を理解したり、ある目的のために新たな技術要素を追加することで、フィードバック系やその一部を代替したり、頑健化したり、新しい機能を創造したりするための科学技術を、日常系の科学技術と呼んでいる。

このような考え方の歴史は古く、今から60年前に提唱されたサイバネティクス [1] まで遡る。制御工学、通信工学や統計力学的手法を用いて、体内に様々な通信系を備えた個体としての人間や動物のみならず、複数の人間によって構成されている社会組織のダイナミクスをも全部ひっくるめて統一的に理解しようとした最初の試みである。この種の科学の境界領域研究では、様々な専門家による共同が必須となることは容易に想像できるが、特に、領域を全体として理解しようする態度が共有されていることが何よりも重要である。サイバネティクスの場合は、このような態度は、戦争によってもたらされた。

一方、現在の世界の状況を見てみると、少子・高齢化、犯罪高度化など、我々が直視すべき社会現象が次々と顕在化してきており、ウィーナーが、かつて切に望んだ「戦争や搾取からのもとも遠い分野」において、専門家の結集、態度の共有、そして技術や言語の共有の機運が高まっているように見える。筆者らは、このような機運を背景として、理念や技術が共有できるような現代的な枠組み [2] を準備し、理想的な研究グループを作り、日常系の科学技術を実質的に推進する試みとして子どもの事故予防を進めている。

本稿では、実社会や日常生活をそこに存在している人間を含めてセンシングやモデリングの対象とすることで、計算や制御の対象とする日常系の科学技術と呼ぶ新しいパラダイムとその方法論について議論する。特に、子どもの事故予防工学の観点から、各要素技術を具体的に例示し、新しいパラダイムとしての日常系の科学技術とその方法論を展望する。

2. 子どもの事故予防

世界保健機構 (WHO) では、全世界的な取り組みが必要とされる子どもの健康問題として、不慮の事故を取り上げ、10ヶ年行動計画 [3] を発表した。日本でも、子どもの死亡原因の第一位は不慮の事故であり、子どもの健康問題のなかで事故は最重要課題である。特に、少子高齢化が急速に進む日本では、国家

の存亡に関わる社会問題として、国を挙げて取り組むことが急務である。さらに、世界的な視野に立てば、世界でも最高水準の高所得国である日本は、効果的な事故予防策を、社会システム・行政上の施策、安全な製品の設計論といった様々な階層で明らかにし、自ら実践し、世界の低所得国および中所得国に普及させていく国際的な責務も負っている。



図1 事故予防のための知識循環系

子どもの不慮の事故に対する実効力のある予防策を考案・実践するためには、トランスディシプリナリーな研究スクラムが必要である。特に、医療部門だけの問題として扱うのではなく、工学的なアプローチと融合した複合的な取り組みが不可欠である [4]。こうした新たな研究スクラムの試みとして、日本においても、小児科臨床医、看護師、育児、製品安全、機械工学、ロボット工学、建築工学、人間工学などの専門家、メーカー、自治体、関連省庁の担当者やジャーナリストをメンバーとする事故サーベイランスプロジェクト [5] が発足されたり、子どもの視点に立った新たなデザインの振興を目的とするキッズデザイン協議会 [6] が発足されるなど徐々に活性化しつつある。また、政府の少子化社会対策の一環としても、今年、新たに位置づけられた [7]。

事故の予防の鍵は、日常生活行動モデリングにある。不慮の事故による死亡数を予測したいのであれば、事故の統計データを使うことで推定することができる。しかし、事故を「予防」するためには、事故という現象をマクロな視点で眺めるだけでなく、よりミクロな視点、すなわち、その背後にある行動のレベルから記述する必要がある。事故や怪我は、必ず行動に伴って生じる現象だからである。こうした行動モデリングに基づく予防に対する全うなアプローチは、1) 子どもの行動や事故に関するデータを収集する。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モデルを構築する。3) 行動や事故のモデルに基づいて、事故の予防策を立案する。4) 事故予防策の効果を定量的に評価し、改善案を持続的に更新する。という図1に示すような安全知識循環系を作ること以外にはない。

筆者らの研究グループでは、こうした観点から、ユビキタス型・インターネット型日常行動センシング技術、大規模な日常行動蓄積データの処理技術、日常行動の計算論構築技術とを統合することで、日常行動を説明したり再現できる良いモデルを構築し、これを用いて、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」を予測するための基盤技術を確立を目的とした研究プロジェクト（「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」(科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 (CREST) 先進的統合センシング領域) を2005年10月より開始した。このプロジェクトでは、開発技術を、要素技術としてだけでなく、持続的に発展可能な社会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、「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を大きな狙いとしている[8]。

不幸にも過去に起こった事故に関するデータは、本来は、貴重な資源として蓄積され、将来の人類が共有できる知恵として活用されるべきものである。それにも関わらず、科学や工学や医療の対象として、深く追求されることなく放置されているのである。特に、子どもの事故の場合、小児科臨床医によれば、原因・事故の発生パターンはどの事例もその例だけが特殊、というようなことはなく、だいたい状況は同じであり、同じような事故が日々繰り返し発生している。このことは、非常に稀にしか起こらない大規模災害とは大きく異なる「日常性」の特徴を示しており、現在、急速に発展しているセンシング技術や情報処理技術の活用によって、子どもの日常行動や事故を定量化したり、モデル化することが可能になりつつあることを示唆している。

3. 日常系の科学技術・方法論と子どもの事故予防研究

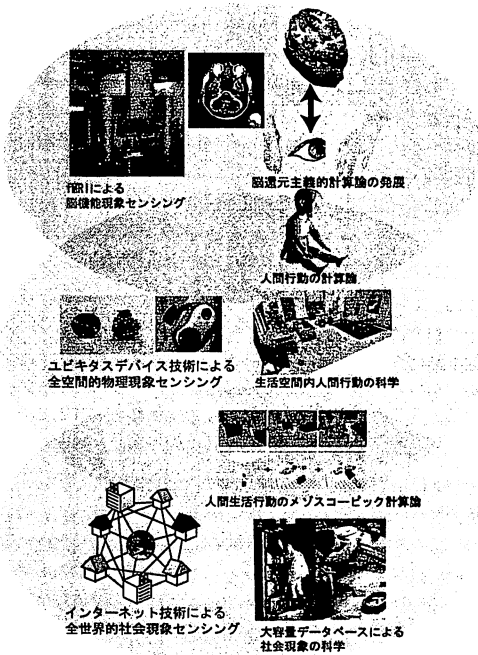


図2 人間の計算モデルと日常系の科学技術
Fig. 2 Computational model of human

本当に、日常系の人間モデルを作成することは可能だろうか？この疑問に答えるために、簡単に、近年の人間モデリングの歴史を振り返ってみよう。近年の人間モデリングの歴史は、3つの観点から整理できる。新しい観察装置の出現、新しい現象の写像媒体としての装置の出現、そして、不明現象として常に存在するメソスコピック現象である。例えば、Fig. 2に示すように、近年の脳のモデルは、現象観察のためのfMRIの出現や、モデルの表現媒体としての計算機存在により、神経細胞と脳機能との間のメソスコピック現象のモデリングが大きく発展してきた。こうした流れは、現在では、脳還元主義的計算

論(脳科学のレベルから現象を記述することが良いこと)とも呼べる強大なパラダイムとなっている。

一方、最近、全く新しいタイプの観察装置、写像媒体が出現している。まず、新しい観察装置の出現という観点からは、ユビキタス技術を用いた全空間的物理現象センシング技術と、インターネット技術を用いた全世界的社会現象センシング技術の存在である。ユビキタスセンサ、ネットワーク技術の発展に伴い、日常生活空間の人間行動現象を観察する装置が利用可能になりつつある。また、インターネットに代表されるような膨大なデータベースも利用可能になりつつある。ブログやWikiなどの例を見ると、インターネットは、必ずしも物理的なセンサではないが、よりマクロなレベルでの人間の活動をテキスト情報として記述するための新しい現象センサとして捉えなおすことが可能である。また、新しい現象の写像媒体という観点からは、豊富なメモリとCPUを備えた計算機クラスターや、人間行動を表現するためのCG技術、さらに、決定的な記述方法では完全に表現することは難しい現象を確率的にモデリングする技術の存在がある。このような技術背景は、日常生活における人間の活動現象という新しいメソスコピック現象のモデルを構築できる可能性が出てきたことを示している。

かつて、Marr[9]が指摘したように、人間の全てのことがらをモデル化できるような単一の方程式や法則は見つかっていない。Marrが問うた疑問「何が説明(モデル)を構成するのか?」は、今なお、人間モデリングにおける本質的な問題であり続けている。したがって、いつしか、人間の標準モデルの作成といった課題に挑戦するためにも、現状では、観察装置が存在している様々なレベルで人間の活動を記述し、モデル化を試みる努力を積み重ねる必要がある。本稿で取り上げる乳幼児の事故の問題は、日常生活空間というメソスケールで現れる乳幼児の行動のモデリングが必須となる事例である。乳幼児の多様な行動現象をモデル化するためには、乳幼児の周辺の環境といった外的な要因、乳幼児の身体的、認知的、運動的能力や、それらの発達などの内的な要因を複合的に扱う必要があり、一見、途方も無いようにも見える。しかし、乳幼児の行動モデリングを、成人の場合と比較すれば、とり得る行動の多様性が小さい。行動に影響を与える環境の要因もずっと局所的である。また、月齢と行動の間に強い相関があるなどの手がかりも得られているので、行動の標準モデルが構築できる可能性は十分あると考えている。

4. 日常系の科学技術の事例：子どもの事故予防研究

本稿では、我々が進めている、ユビキタスセンシング技術を用いた日常行動の観察、インターネット技術を利用した日常事故情報の収集、および、これらのデータに基づいた行動モデリングを述べる。アイデアのポイントを先に述べると、ユビキタスセンサやウェアラブルセンサを用いることで子どもの日常行動のデータを収集する技術、インターネットを利用して事故事例を収集する技術(行動センシング技術)、そして、これらのデータから事故の背後にある因果関係を再利用可能な知見として抽出する技術(行動モデリング技術)、さらに、抽出された因果構造に基づいて、事故を再現できる映像として可視化し、インターネットなどを利用して保護者に情報提供する技術(行動モデル活用技術)を組み合わせることで、事故予防のための安全知識循環系をより強固で意味のあるものへと発展させられると考えている。

こうしたフィードバック系ができあがれば、その系の一部として、安心・安全な社会を支える様々なサービスが可能になる。例えば、どこかで生じた子どもの事故の情報が即座に収集され、

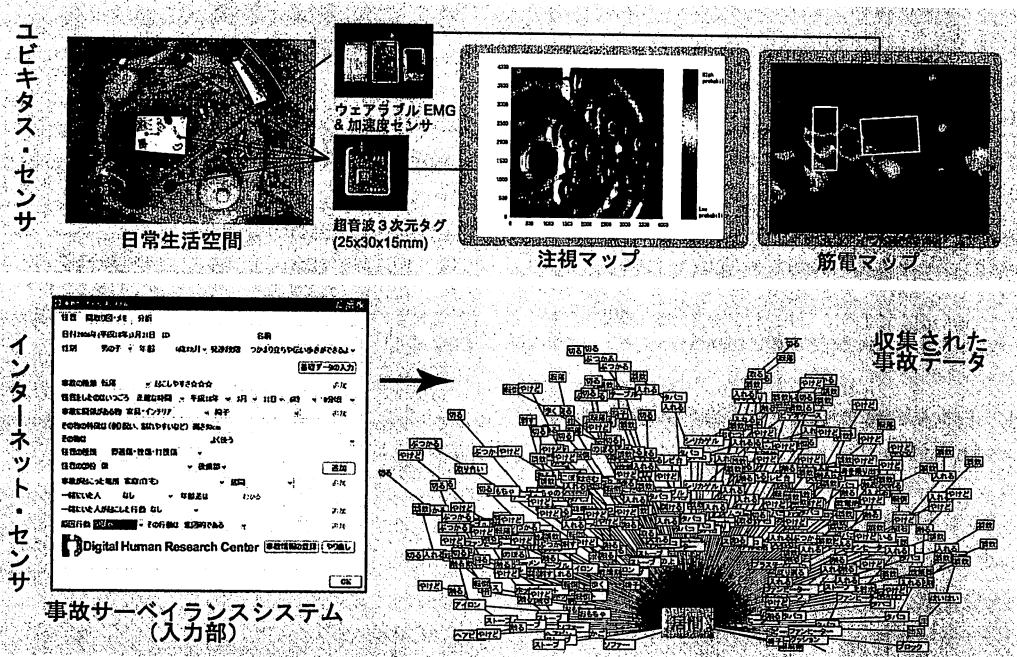


図3 ユビキタス技術とインターネット技術を用いた日常生活のセンシング
Fig.3 Sensing everyday life with ubiquitous and Internet technology

その子どもと似た子どもの保護者にいち早く伝達することで、同じような事故が繰り返されることを未然に防いだり、子どもにとって安全な製造物や環境の設計支援への応用などが考えられる。特に、リスク・マネジメントや育児支援の観点からは、子どもの心身の成長や発達を促す「リスク」と、死亡や重篤な障害に生じさせる「ハザード」を分類し、ハザードの回避方法のみならず、リスクの効用[10]を明らかにすることで、危険を制御したり、設計することへもつながると考えられる。以下では、研究を進めている各要素技術を述べる。

4.1 日常系のセンシング技術

a) 全空間的物理現象センシング

安価なセンサや、マイコンの発展により、研究室のレベルでは、センシング機能を持った空間を構築することが容易になりつつある。日常生活空間で発現する乳幼児の多様な行動をセンシングするシステムとして、10m程度のオーダーである日常生活空間で行なわれる行動現象をcmオーダーで計測可能な超音波位置計測装置を開発してきた(図3上)[11]。開発システムを日常生活空間を模擬した部屋に取り付け、実際の乳幼児やお母さんの行動の計測実験を行なうことで、例えば、日常空間における乳幼児の興味誘発頻度、興味の持続時間、行動の出現頻度、移動速度の出現頻度に関する知見が得られている。

b) 全空間的生活現象センシング

ウェアラブルセンシング技術を用いることで、研究室といった限られた空間内の日常行動だけでなく、一般家庭での日常行動もセンシング可能となる。例えば、把持行動は、誤飲といった事故の解析における基礎データとなり得るもので、日常生活における把持データを計測するために、ウェアラブルな筋電計を試作した(図3上)[12]。およそ3割程度の誤差で把持回数を推定することが可能になっている。把持回数のオーダーは推定

できそうである。日常把持以外にも、一日何回特定の行動を行なっているのか?などに関する定量的なデータや知見は全くない状態にある。もし、こうした情報が提供できれば、製品開発や、乳幼児行動の科学における基礎データとして有益な情報となるであろう。

c) 全世界的社会現象センシング

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、乳幼児の事故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協力してこれまでに発生した事故の記録4,680件を収集し、電子化した(図3)。収集した事故事例4,680件から、事故事例が詳細に記述されている事例1,243件を選び、事故の状況を記述する項目(怪我、行動、モノ)の間の因果関係を相互情報量によって定量化し、分析した。例えば、事故の種類を予測したいときに必要な聞き取り項目として「関係がある物体(2.02ビット)」や「原因行動(事故の直前にしてた行動)(1.78ビット)」は情報量が高く、性別(0.014ビット)は情報量が低いということが得られた。これらの相互情報量による分析に基づいて、1. 事故直前の原因行動の推測を支援する機能と、2. 協調フィルタリング手法を用いて、医師がどんな事故がよく起こっているのかを知ることができる事故事例の表示機能の二つの機能を有する事故情報収集システム(事故サーベイランスシステム)を試作し、病院での運用実験を開始している[13]。

4.2 日常系のモデリング技術

研究室で収集された子どもの行動データや、子どもの行動の発達に関するデータなどは、いずれも統計的なデータとして蓄積されることが多い。乳幼児周辺の物体の存在、物体と乳幼児の行動の関係、月齢と行動の発達の関係など複数の不確定な要

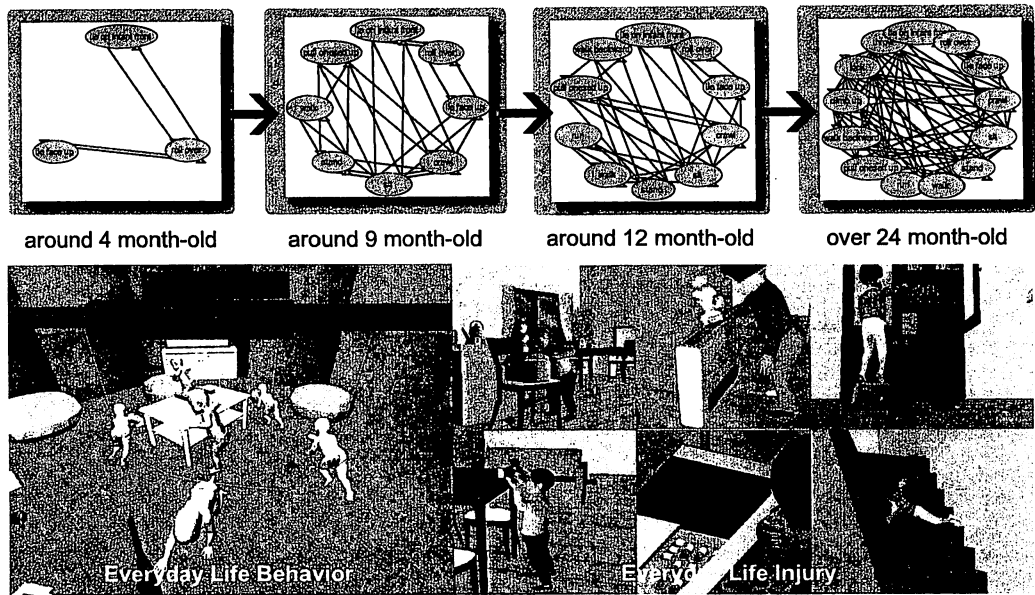


図 4 日常生活行動と日常事故のモデリング
Fig. 4 Modeling and simulating everyday life behavior and injuries

因の結果として表れる行動を計算機上で表現するための方法として、確率的な枠組みが便利である。これまでに知られている客観的知識や、定量的なデータから事前知識（事前分布）の形で抽出された経験的知識を適切な因果関係を用いて、計算機上で確率的に表現することでモデル化し、統合することで、日常環境で生じる乳幼児行動の包括的なモデルの構築が可能となる[14]。特に、近年の統計数理的手法の発展により、際限なくミクロな原理を追い求める原理主義的アプローチに歯止めをかけ、ある現象を説明・再現するための「良い」モデルを構築するために役立つ考え方や方法が利用可能になってきており[15]、日常行動を扱うメソスコピックな計算論のための強力な道具立てになると考えられる。これまでに、このような確率論的枠組みを利用して、図5に示すように、月齢や物体の配置などの情報に基づいて、子どもの日常行動を再現したり、上述した病院で収集した事故データを利用した日常事故を再現するための行動モデルの構築を進めている。

4.3 日常系のサービス技術と安全知識循環系

上述したセンシング技術、モデリング技術などの要素技術をエビデンスベースドなサービスを媒介として実社会と統合することで、要素技術とサービスの持続的な発展を可能となる。図5に、筆者らが進めている日常系のコンピューティングの全体像を示す。日常系のコンピューティングを子どもの事故予防分野へ適用して得られるものは、安全で安心な社会を維持・更新し続ける安全知識循環系である。特に、最近では、各家庭にインターネットが普及することで、日常系そのものが情報の入出力システムとなりつつある。このことは、事故・怪我の収集の場を、一般家庭に広げることによって、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法も可能になりつつあることを示している。例えば、乳幼児の保護者が育児情報をWEB上で見る際に、自分の子どもの月齢や、その子ども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、それまでに蓄積されている子どもの属性や事故事例を参照し、その子どもが近い将来起こ

しやすい事故を推定し、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。入力された子どもの属性や怪我や事故の情報は蓄積され、推定精度を高めながら持続的に発展し続けるデータベースである。我々は、育児支援情報雑誌を発行している企業の協力を得て、2005年12月からWEB上で、こうした試みの第一歩となるサービスを開始した。2006年9月までに、4,086人の来訪者があり、55,056件の動画を配信した。

このサービス提供時に取得される保護者の子供に関する情報を集計して得られたデータの例を図6に示す。これは、子どもの月齢と可能な行動の関係を示したものであり、前述したDenver IIと同様のものがWEBセンサを用いても、導出可能であることを示している。Denver IIは、1,815人の子どものデータから作成された統計データであったが、102日間の運用で、その数を上回り、現在も増加し続けている。また、図7に、保護者がある動画を見て、1. その事故を知っている、今後、起こる可能性が高いと思うか？、2. その事故を知っているが、今後、起こる可能性が低いと思うか？、3. その事故を知らなかったが、今後、起こる可能性が高いと思うか？、4. その事故を知らなかったが、今後、起こる可能性が低いと思うか？の4つのいずれかを選択させたアンケートの集計結果を示した。この図が示すように、保護者の事故の認知に関するデータも取得可能であり、例えば、実際の事故の頻度や危険性と保護者の認知のずれを分析することで、よりよいコンテンツに改善していくなどの応用が可能である。これらの結果は、インターネットが、実社会で生活している人間の行動や活動を記述するセンサとして、極めて大きな可能性を秘めていることを示している。

5. おわりに

本稿では、ここまで、乳幼児の事故予防という観点から、日常行動のセンシング技術、日常行動のモデル化技術、これらに基づき、日常でサービスを提供する技術の事例を紹介した。本稿で述べたことは、乳幼児の事故の問題に限らないと考えている。例えば、高齢者の事故や、工場や病院における労災などの

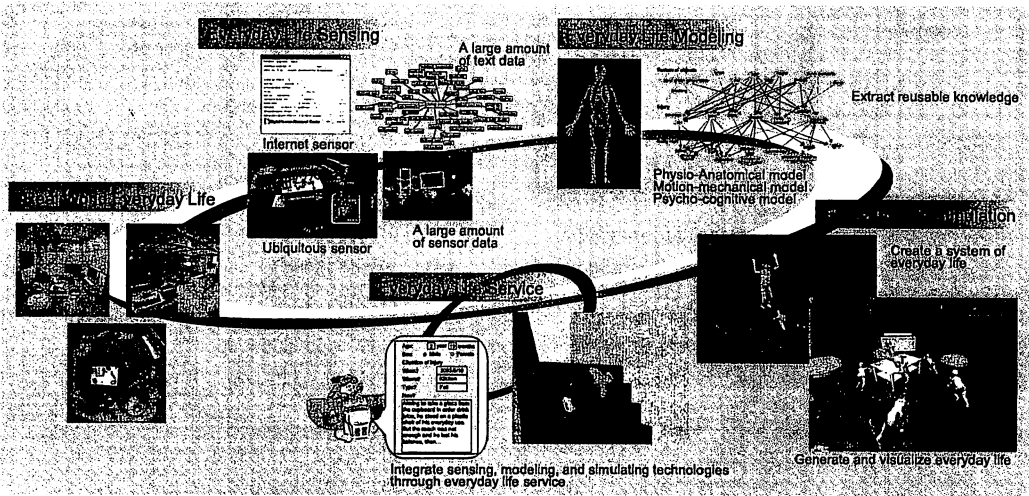


図5 日常生活系のコンピューティング
Fig.5 Computing everyday life system

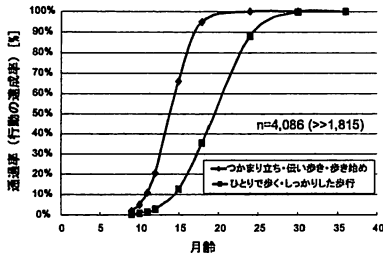


図6 WEB センサを用いた発達行動と月齢の関係の導出 (n=4,086)
Fig.6 Denver II-like developmental behavior sheet made by WEB-based survey (n=4,086)

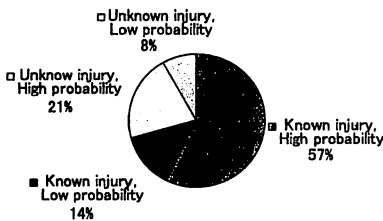


図7 保護者の事故の認知に関する調査結果 (n=19,532)
Fig.7 Analysis of parent's recognition of injury (n=19,532)

日常事故の問題のほかにも、日常生活の支援技術やその基盤技術にも適用可能であると考えている。筆者らは、乳幼児の事故予防という社会問題の解決法を模索する中で、日常系の知の体系とでも呼べるような新しい科学技術分野の具体的な方法論を提示したいと考えている。

文 献

[1] ノーバート＝ウィナー (池原・彌永・室賀・戸田訳), "サイバネティクス 第2版", 岩波書店, 1962(N. Wiener, "Cybernetics, 2nd edition," MIT Press, 1961. 第1版は, 1948に発行)
[2] 本村, 西田, オープン・ライフ・マトリックス～日常生活環境における人間行動理解の研究基盤～, 人工知能学会第20回全国大会論文集, 1D3-1, 2006

[3] WHO, "Child and Adolescent Injury Prevention —A WHO Plan OF Action—", 2005 (世界保健機構 (山中訳), 子どもと青少年の事故予防—WHO行動計画—, ネイチャーインタフェイス (株), 2006 (in press))
[4] A.A. Hyder: "Childhood Injuries: Defining A Global Agenda For Research and Action," A Journal of Injury and Violence Prevention, Vol. 4, No. 1, pp. 87-95, 2006
[5] 事故サーベイランスプロジェクト事務局, 事故サーベイランスプロジェクト報告書, 2006
[6] <http://www.kidsdesign.jp/>
[7] <http://www.keizai-shimon.go.jp/minutes/2006/0518/item2.pdf>
[8] 西田, 本村, 山中, 乳幼児事故予防のための日常行動モデリング, 情報処理, Vol. 46, No. 12, pp. 1373-1381, 2005
[9] デビッド・マー, "ビジョン—視覚の計算理論と脳内表現" 産業図書, 1987 (D. Marr, "Vision: A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information," W H Freeman & Co, 1982)
[10] 大坪, 仙田, "子どもの遊び場におけるリスクの効用に関する調査研究のための基礎的整理" 子ども環境学会, ども環境学研究, Vol.1, No.2, pp.52-55, 2006
[11] Y. Nishida, H. Aizawa, T. Hori, N.H. Hoffman, T. Kanade, M. Kakikura, "3D Ultrasonic Tagging System for Observing Human Activity," Proc. of IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2003), pp.785-791, 2003 Model," Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.17, No.6, pp. 705-716, 2005
[12] Y. Nishida, G. Kawakami, H. Mizoguchi, "Everyday grasping behavior measurement with wearable electromyography," in Proceedings of The 5th IEEE International Conference on Sensors (Sensors 2006), October 2006 (in press)
[13] 本村, 西田, 山中, 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, 2006
[14] K. Kitamura, Y. Nishida, N. Matsumoto, Y. Motomura, T. Yamanaka, H. Mizoguchi, "Development of Infant Behavior Simulator: Modeling Grasping Achievement Behavior Based on Developmental Behavior Model and Environmental Interest Induction Model," Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.17, No.6, pp. 705-715, 2005
[15] 本村, 岩崎, ベイジアンネットワーク技術, 東京電機大学出版会, 2006