

LIFE Matrix シミュレータ： 日常生活コンピューティング統合フレームワーク

LIFE Matrix Simulator: Integrated Framework for Everyday Life Computing

北村光司*1 西田佳史*1*2 本村陽一*1*2 溝口博*1*3
Koji Kitamura Yoshifumi Nishida Yoichi Motomura Hiroshi Mizoguchi

産業技術総合研究所

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

科学技術振興機構

CREST, Japan Science and Technology Agency (JST)

東京理科大学

Tokyo University of science

The authors collect child's everyday behavior data, injury data at hospital data related to objects are used in everyday life environment for preventing child's injury. To simulate child's behavior and injury, it is necessary to treat with various sensor data and text data comprehensively and to create models from them but it is hard to integrate them. The authors propose a platform for modeling everyday life behavior which is composed of SQL database, functions for learning and inferring using bayesian network and everyday life terminology related to behaviors and objects. This paper shows concrete data and describes a method for constructing the proposed platform.

1. 緒論

近年、ユビキタスセンサやウェアラブルセンサ技術の発展に伴い、実験室ではなく、通常の家で営まれる人間の日常生活行動を計測・記録することが可能となってきた。また、計測された多量のデータを分析したり、モデリングしたりするための情報処理技術も発展してきた。これらの技術背景は、人間の日常生活を研究の対象として扱うことが現在なら可能であることを示唆している。例えば、著者らは、子どもの事故予防を目的に、乳幼児の行動のシミュレータの開発を行っている。乳幼児事故のシミュレーションを行うことを考えた場合、乳幼児の事故に関連する全ての要素を計測することが可能であれば、そのデータを用いて乳幼児事故をモデリングし、シミュレーションするという直接的なアプローチが可能である。しかし、実際には乳幼児の事故に関連する要素、例えば、乳幼児の行動や、環境に置かれた家具や日用品といったモノ、事故の種類など、これらのデータを全て同時に計測することは困難である。そこで、乳幼児の事故を表現するのに必要な要素に関して、その都度、可能な範囲でデータを収集し、個別にモデリングし、それらを統合することによって、乳幼児の事故をモデル化するというのが、現実的なアプローチの1つである。このようなアプローチは、日常生活現象のような因果構造が複雑である物理現象をモデル化する際に、共通して利用できるアプローチに発展する可能性を持っている。

そこで、本論文では、異なるデータから作成された複数のモデルを統合して扱うための日常生活コンピューティング統合フレームワークを提案する。

2. 日常生活シミュレーションにおける問題点と必要機能

本節では、日常生活シミュレーションを行う際に考えられる問題点を整理し、それを解決するために必要な機能について述べる。

2.1 日常生活シミュレーションにおける問題点

シミュレーションは、対象現象の計測や観察を行い、データを収集し、そのデータを基にモデリングを行い、そのモデルを用いて対象現象を模倣するという一連の作業のことである。日常生活シミュレーションを、対象現象に関連するデータの収集とモデリングに分けて考えてみると、日常生活に関連するデータに収集に関しては、ユビキタスセンサやウェアラブルセンサ技術の発展により、各要素ごとまたは、一部の複数要素をまとめて計測することは可能になってきた。つまり、日常生活に関連するデータを同時に全て計測することは不可能である。そのため、日常生活のモデリングに関しては、計測されたデータの要素間の関係性を記述してモデル化するという直接的な方法では不十分である。

例えば、日常生活における人間の行動について考えてみると、行動に関連する要素は、行動をとる人間自身に関連する内的要素と、行動をとる人間以外に関連する外的要素として以下のように分類することができる。

- 内的要素
 - － 生理：心拍，体温，血圧，脳波，筋電位など
 - － 心理：喜怒哀楽などの感情，リラックス，ストレス，興味，社会心理など
- 外的要素
 - － 環境の状態：明るさ，気温など
 - － 環境に存在するモノ：配置，機能や特徴など

内的要素に関しては、これらのデータを個別に計測する技術は存在するが、総合的に計測可能なセンサは開発されておらず、日常生活に支障がない状態で同時に計測することは難しい。また、特に心理に関しては、それ自体を計測する技術は存在せず、生理データとの関連性から心理状態を推定する技術は特定の条件下において存在する程度であるのが現状である。日常生活において、どんな心理状態のときにどんな行動をとるのかといった研究は十分に行われていない。

外的要素である環境に存在するモノに関しては、商品科学研究所とCDI (Communication Design Institute) が調査し、

連絡先: 北村光司, 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 2-41-6-3F, k.kitamura@aist.go.jp

1992年にまとめたものでは一般家庭には4203品目 [CDI 93] もの日用品が存在し、朝倉らによって2002年に韓国の家庭を調査したものでは7828品目 [Asakura 02] もの日用品が存在することが分かっている。一つの家庭でも多数存在する日用品は、別の家庭ではその種類や配置は異なっている。また、特定の家庭内においても、季節ごと、日ごと、時間帯によって、存在するモノやその配置が変化する。このように、日常生活において我々は、それぞれの環境や時間によって変化する多数の日用品を扱う行動をとりながら生活していることが分かる。

以上、述べてきたとおり、日常生活における行動を説明するのに必要そうなパラメータの候補は極めて膨大であり、このような日常生活現象をモデル化するためには、その背後にあるあらゆる説明変数の挙動をも含めて、一度にデータ収集し、モデリングを行うというアプローチは現実的ではない。

2.2 日常生活シミュレーションにおける必要機能

2.1節で述べた通り、日常生活における人間の行動には、生理・心理といった人間自身の要素と、日常生活を送る上で使用する日用品といった外的な環境の要素と関わっていることから、それら要素のデータサンプリングとこれに基づく直接的なモデリング法では不十分であることが分かる。そこで、現実的な1つのアプローチとしては、ある特定の意味のある行動群や目的を対象に、収集可能な場所で、収集可能な範囲のデータを収集し、モデリングを行い、それによって作成された複数のモデルを統合することによって、対象とする日常生活における行動のモデル化を行うというアプローチが考えられる。このアプローチによって、一度にあらゆる場面で汎用的に使える再利用性の高いモデルを作るのではなく、その都度、モデルの更新と評価を行いながら、インクリメンタルにモデルを精緻化し、再利用性を高めていくことが可能になると考えられる。

このようなアプローチを実現するためには、適宜必要な要素を追加したり、削除したりしながら、モデルを精緻化可能なモデリング機能が必要である。また、本研究で扱う日常生活における人間の行動のような不確定要素を含む現象であるため、確率的表現でモデル化可能な機能が必要となる。

また、別々に収集されたデータで作成されたモデルを統合するには、互いのモデルを構成する要素に共通する部分が存在しなければならないという問題がある。例えば、別々の家庭で収集されたデータを用いて個々にモデリングを行い、それぞれのモデルを統合することを考えた時、それぞれの家庭では間取りや、存在する日用品が異なるため、統合が困難になる。そこで、個々の要素を個別のものとしてとらえるのではなく、それぞれが持つ意味、特徴、機能のレベルの表現に変換することによって、統合を可能にする機能が必要である。

3. LIFE Matrix シミュレータの提案と乳幼児事故シミュレーションへの適用

本節では、前節の整理にもとづいて、必要機能を実現するためのシミュレーションシステムであるLIFE Matrix シミュレータの提案を行い、著者らが開発を進めている乳幼児事故シミュレーションシステムへの適用例について述べる。

3.1 LIFE Matrix シミュレータの提案

本小節では、2.2節で整理した日常生活シミュレーションに必要な機能の実現手法について述べ、それらの機能を有するプラットフォームであるLIFE Matrix シミュレータの提案を行う。

日常生活シミュレーションに必要な機能の1つ目は、精緻化可能で、確率的表現を行えるモデリング機能である。これらの特徴を持つモデリング手法の1つとしてベイジアンネットワークがある。近年、人間の嗜好や認知のモデル化への適用例があり、十分に利用可能な技術に発展してきていることから、

本研究ではベイジアンネットワークによる学習と推論機能を実装した。

もう一つの機能は、日常生活に関わる要素をそれぞれが持つ意味、特徴、機能のレベルの表現に変換することによって、統合を可能にする機能である。例えば、日用品について具体的に考えてみると、紅茶を飲んでいていた家庭と、コーヒーを飲んでいていた家庭と、日本茶を飲んでいていた家庭があった場合、それぞれを別々のものであるととらえると、統合することはできないが、それらが持つ特徴で表現し直すと、熱いもので、液体状のものとして表現することができ、全て同一の特徴を持つものとしてとらえることができ、統合可能となる。当然、モデル化を行う対象が匂いと行動の関係のような、紅茶、コーヒー、日本茶を別々の特徴を持つものとして扱わなければならないことも考えられるので、表現に用いる特徴は対象によって考慮される必要がある。このようにそれぞれの要素が日常生活において持つ意味、特徴、機能などの表現に変換するには、それらの関係性を体系化したある種の辞書が必要となる。本研究では、その辞書のことを日常生活ターミノロジと呼ぶ。この日常生活ターミノロジに基づいて、サンプリングデータを変換する機能を実装した。

以上の機能を実装したLIFE Matrix シミュレータのシステム構成図をFig. 1に示す。システムは、サンプリングしたセンサーデータやテキストデータを格納し、適宜必要なデータを抽出するためのSQLデータベース、日常生活ターミノロジに基づく変換機能、変換されたデータを基に学習し、モデル化を行うためのベイジアンネットワークによる学習機能、作成されたモデルを用いて推論するための推論機能、推論結果を視覚的に分かり易く提示するための視覚化機能から構成される。

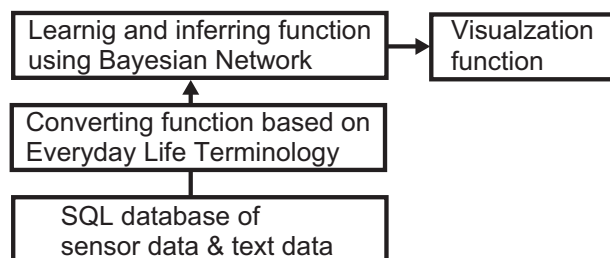


図 1: System architecture of LIFE Matrix simulator

3.2 LIFE Matrix シミュレータの乳幼児事故シミュレーションへの適用

本小節では、前節で提案したLIFE Matrix シミュレータを適用した具体例として、著者らが開発を行っている乳幼児の事故予防のためのシミュレーションシステムについて述べる。

乳幼児の事故のシミュレーションを行うことを考えた時、乳幼児が何らかの行動を取り、事故が起きるまでの過程において、その事故に関連する要素、例えば、乳幼児の行動、周囲の環境に置かれているモノの情報、実際の事故の種類や重症度といった情報を、同時に全て計測することは困難である。そもそも、事故がいつどこで起きるかを正確に知ることはできないので、事故の前後の現象自体を一部分だとしても計測することは難しい。そこで、事故とは関係なく日常生活における乳幼児の行動データ、一般家庭に存在するモノに関するデータ、乳幼児の事故に関連するデータを別々に収集し、相補的に統合するアプローチをとることで、乳幼児の行動をモデリングすることが可能となる。著者らは、センサルームを用いた乳幼児行動観察と、ある家庭に存在するモノの調査、病院データで傷害データを収集するためのサーベイランスシステムの開発とデータ収集を行っている。まず始めに、それぞれの研究について述べ、その後、全体を統合して開発している乳幼児事故シミュレーション

ンシステムについて述べる。

3.2.1 センサールームを用いた乳幼児行動の観察による乳幼児行動モデリング

著者らは、家庭内で起きる乳幼児の事故予防を目的に、乳幼児の行動シミュレータを開発してきた [Kitamura 05]。乳幼児の行動モデリングには、医学分野の知見である年齢の発達行動の関係や、センサールーム内で乳幼児の行動観察実験を行い、それから得られた知見である乳幼児と物体までの距離とその物体に対する興味の関係などのデータを利用した。作成したモデルの一例を、Fig. 2 に示す。このモデルでは、乳幼児と環境におかれた物体との位置関係の情報と、乳幼児の年齢と現在の行動を入力として、次に取り得る行動の候補を確率値とともに出力するようになっている。このモデルの変数名と取り得る値を Table 1 に示す。このモデルは現在作成中のものであり、今後、様々な家庭環境への対応や、乳幼児自身に関わる心理や生理のパラメータを追加するなどの検討を行う予定である。そのような行動に関連するパラメータを検討するために、様々なパラメータを試行する際に本論文で提案するプラットフォームの枠組みが必要であると考えられる。

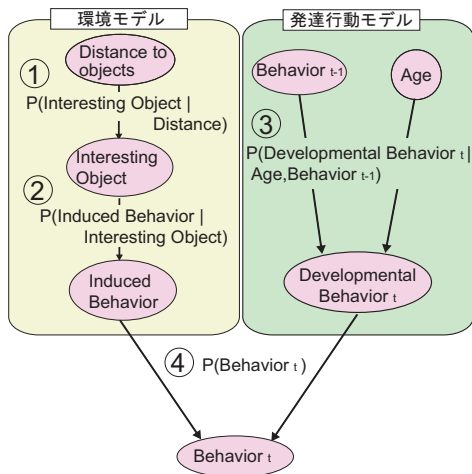


図 2: Infant behavior model

表 1: Variable and value in infant behavior model

| 変数名 | 変数がとる値 |
|-----|--------------------------------------|
| 行動 | 座る, はいはい, つかまり立ち, 立つ, 歩く, 走る, ジャンプなど |
| モノ | 椅子, 机, ボール, 棚, ファンヒーターなど |
| 年齢 | 1カ月, ..., 6ヶ月, ..., 1歳, ... |
| 距離 | 10cm 単位 |

3.2.2 一般家庭に存在するモノの調査によるモノ DB

日本人のある夫婦が住んでいる家に存在している全てのモノの種類や数, 各モノの大きさ, 各モノの写真, 各モノが普段置かれている場所などの情報を収集している。現在, 1415 種類 5521 個のモノのデータを収集した。Fig. 3 は, それぞれの部屋ごとに存在するモノを表示したものである。

3.2.3 病院を定点として収集している傷害 DB

著者らの研究チームでは, 病院で傷害データを収集するためのサーベイランスシステムの開発を行い [Shibata 06], 2006 年 11 月国立成育医療センターと協力し, 現在までに 2300 件以上のデータを収集している。収集されたデータを Fig. 4 に

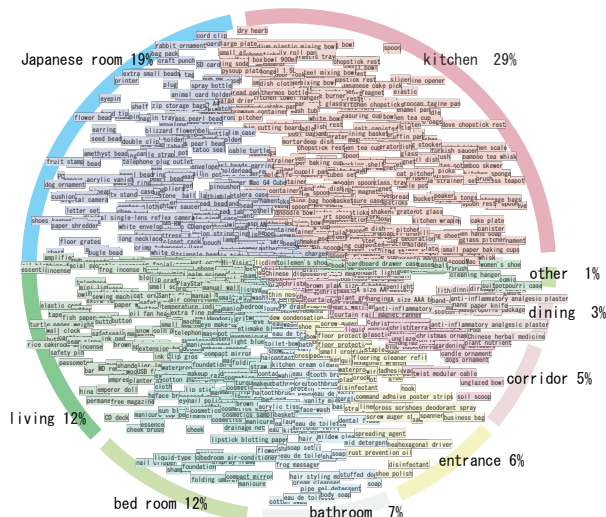


図 3: Object database in everyday life environment

示す。収集項目は、性別、年齢、発達段階、身長、体重、事故が起きた日・時間、事故の種類、事故に関連したモノ、そのモノの材質、事故が起きた時の行動、事故が起きた場所、傷害部位などである。

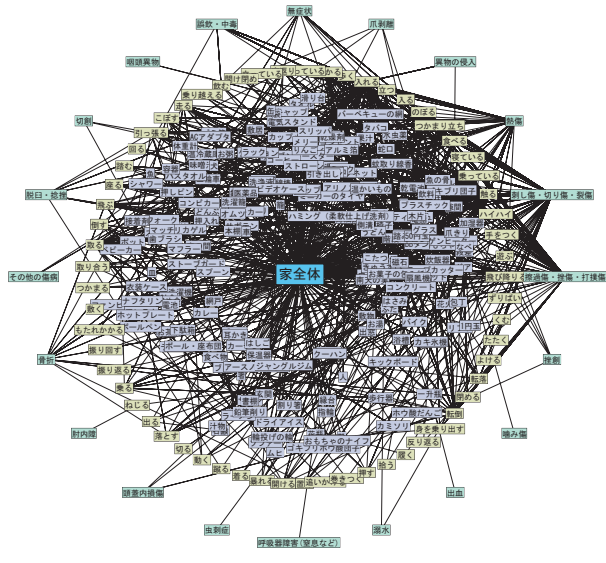


図 4: Infant injury database

3.2.4 乳幼児事故シミュレーションシステムの開発

3.2.1 ~ 3.2.3 節では、乳幼児の行動モデリング、日常生活に存在するモノ DB, 病院で収集している傷害 DB について述べた。これらのデータを LIFE Matrix シミュレータ上で統合することによって、現在開発を進めている乳幼児事故シミュレーションシステムについて述べる。現在、乳幼児事故シミュレーションシステムの実現の第一歩として、子どもの年齢、環境に置かれているものや間取り、事故に関連したモノを指定することによって、最も起こり得る事故を指定された年齢の子どもの発達段階に合わせた行動で再現する機能を実現することを目指している。

上記の 3 種類のデータには、全てモノに関するデータを含んでいる。それぞれのデータに含まれるモノはそれぞれ異なっ

ているため、単純に統合することはできない。そこで、本システムでは、日常生活ターミノロジとして、それぞれのモノを乳幼児の事故の観点から特徴量で表現し、その関係性を記述した。用いた特徴量は、口に入る大きさ、乗ることができ、割れやすいもの、尖っているもの、開閉機構があるもの、高温液体のもの、衝突した際に危険な高さであるもの、熱いもの、切れやすいものである。このような特徴量で表現することによって、現時点で全てのデータには含まれていないモノに関しても、特徴のレベルで統合することができる。また、どのデータにも含まれていないモノに関しても、同様の特徴量で表現することによって、現在のデータを活用することができる。この日常生活ターミノロジを用いて、傷害データにおける事故に関連したモノを特徴量表現に変換することで、モノの特徴、事故の種類、傷害の種類の関係を表すベイジアンネットワークを作成した (Fig. 5)。事故に関連したモノについてモノ DB を参照して、そのモノの特徴量をこのベイジアンネットワークに入力することによって、最も起こり得る事故の種類が決定する。その事故の種類と事故に関連したモノの情報で、傷害 DB を参照することで、その事故が起きる際の行動を決定する。その行動と、子どもの年齢、環境に置かれたモノとの位置関係を乳幼児行動モデルに入力することによって、一步前の行動を推論する。次に、一步前の行動として推論された行動を、現在の行動として入力し、一步前の行動を推論する。これを繰り返すことによって、乳幼児の事故を再現する。以上のように乳幼児の事故に関連するデータを LIFE Matrix シミュレータに適用し、作成した乳幼児事故の再現システムを Fig. 6 に示し、システムで扱う変数とその変数が取り得る値を Table 2 に示す。

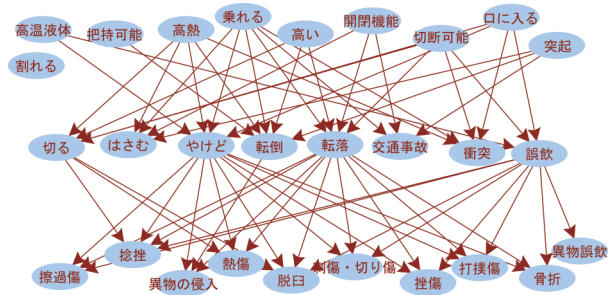


図 5: Bayesian network between features of object and injury type

表 2: Variable and value in infant injury simulation system

| 変数名 | 変数がとる値 |
|--------|--------------------------------------|
| 行動 | 座る, はいはい, つかまり立ち, 立つ, 歩く, 走る, ジャンプなど |
| モノの特徴量 | 熱い, 口に入る大きさ, 尖っているなど |
| 年齢 | 1ヵ月, ..., 6ヶ月, ..., 1歳, ... |
| 事故時の行動 | 触る, 口に入れる, 飛び跳ねる, 上るなど |

4. 結論

本論文では、日常生活シミュレーションにおける問題点を指摘し、その問題点を解決するためのプラットフォームである LIFE Matrix シミュレータを提案した。提案システムは、サンプリングしたセンサデータやテキストデータを格納し、適宜

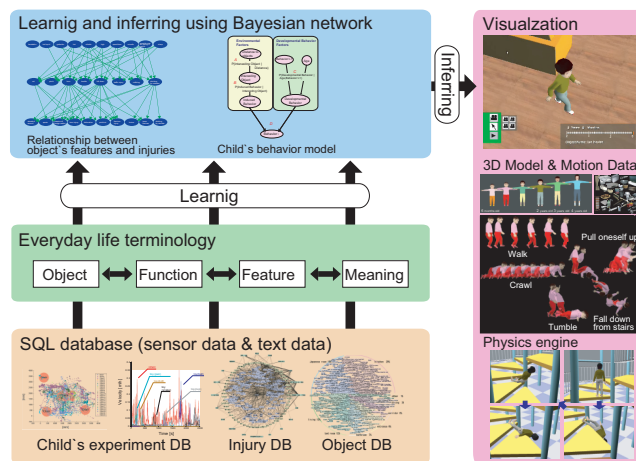


図 6: Infant injury visualization system

必要なデータを抽出するための SQL データベース、日常生活ターミノロジに基づく変換機能、変換されたデータを基に学習し、モデル化を行うためのベイジアンネットワークによる学習機能、作成されたモデルを用いて推論するための推論機能、推論結果を視覚的に分かり易く提示するための視覚化機能から構成される。提案システムを、著者らが開発を進めている乳幼児事故の再現に適用した具体例について述べた。

本論文で述べた乳幼児事故の再現システムでは、日常生活ターミノロジはモノとそのモノの特徴量の対応付けであるが、今後モノがどのように使われているのか、モノにはどんな機能や特徴があるのか、といったモノの使われ方の科学を進めていく必要がある。そのためには、どのようにライフログデータを収集するべきか、またどのように分析するべきかといった、日常生活を科学的に扱うための方法論を確立していく必要がある。

参考文献

[CDI 93] 商品科学研究所, CDI: 生活財生態学 III 大都市・地方都市・農村・漁村の生活財全調査, 商品科学研究所 (1993)

[Asakura 02] 朝倉敏夫, 佐藤浩司, 国立民族学博物館: 2002 年ソウルスタイル 李さん一家の素顔のくらし, 千里文化財団 (2002)

[Kitamura 05] Koji Kitamura, Yoshifumi Nishida, Naoaki Matsumoto, Yoichi Motomura, Tatsuhiro Yamanaka, and Hiroshi 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.705-716 (2005)

[NOMESCO 97] NOMESCO (<http://www.nom-nos.dkk/>) Classification of External Causes of Injuries, 3rd revised edition, NOMESCO, Copenhagen, (1997)

[Shibata 06] 柴田康徳, 本村陽一, 西田佳史, 山中龍宏, 溝口博: 幼児事故予防のための事故サーベイランスシステム, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'06 講演論文集, 1A1-E37(1)-(4) (2006)