

## 子供の事故予防のための確率的モデリング

本村陽一, 西田佳史<sup>\*1</sup>  
Yoichi Motomura, Yoshifumi Nishida

山中龍宏<sup>\*2</sup>  
Tatsuhiko Yamanaka

<sup>\*1</sup> 産業技術総合研究所  
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

<sup>\*2</sup> 緑園こどもクリニック  
Ryokuen Children's clinic

We introduce our research project for preventing children's accidents. Probabilistic modeling is shown that statistical data in a hospital and a day care center are collected and Bayesian network is constructed from the data to predict a most possible situation and a condition of particular type of accidents. We will use the Bayesian networks for analyzing accidents.

### 1. はじめに

現在我が国では1才以上の小児の死亡原因の一位が不慮の事故であり、ここ数年全く改善される傾向が見られない。これは他の先進国各国では事故データベースの整備などが進んでいるにも関わらず、我が国の対策が遅れているためでもある。またタバコなどの毒物や窒息の原因物質を赤ん坊が飲み込んでしまう誤飲事故に関しては我が国の事故発生頻度は世界的に見て異常に高いままである。こうしたことから子供の事故を予防するための何らかの手段を講じることは国家的、社会的にも重要な責務であり、我々はこの問題に対して人間行動の理解とモデル化という観点から貢献を果たすべきと考えている。

この問題に対する一つの解決策として

- 1) 計算機上に事故を表現し、再現できるようにする。
- 2) 事故を積極的に発生させ、何が危険であるかを理解し、広く認知させる。
- 3) 事故を制御できる要因(効果的に事故の発生確率を下げ、ダメージを軽減できる対処)を探る。
- 4) 事故を予防するために効果的な対策を検討し、シミュレーションにより定量的に評価する。

などの対処法が考えられる。

このような観点から、事故がある確率で発生するメカニズムを計算機上でシミュレート可能な数理モデルとして表すことを考える。現実の事故の発生メカニズムは様々な要因が複雑に関係しており、決定的な記述方法では完全に表現することは難しい。そこで本研究では非決定的な表現による確率的なモデリングを行う。非決定的な要因は確率パラメータで表され、その確率パラメータは大量のデータがあれば統計的学習により求めることができる。本稿ではこうした確率的モデリングのためのいくつかの試みを紹介する。

### 2. データの記録と収集

緑園こどもクリニックの山中医師がこれまで来院患者への聞き取り調査として医療現場における事故履歴情報を収集した。そのうちの家庭内事故を抜き出し、電子化を行った。ただし元データは事故の内容は状況を事前に選択肢としてあげているものの、実際の状況や原因となった子供の行動は自然言語で記

述されている。またテキストデータであっても、いわゆるテキストマイニングの対象となるほど、同一単語の使用頻度は高くなく、人間が読めば想像ができるものの、状況などについて完全に記述されているとは限らない(治療中の病院で聞き取られている内容なので必要最小限の文章である)。

そこで我々はこうした事故の発生要因に対する特徴として子供とモノや環境、状況との相互作用に注目することにした。結果としての事故としては、家庭内の小児の事故として主要な誤飲事故、火傷、転落事故、切傷事故などを取りあげる。すると、多くの事例からその原因としては家庭内にあるモノや環境や状況と子供の行動の関係性が浮かびあがって来た。

そこで我々は手書きで記録されたデータを定型的なデータベースとして電子的に入力した。テーブルの形式は季節や時間、モノの種別、傷害の種別、子どもの動作が意識的であったのか、誤った動作だったのか、などの属性に基づき設計した。さらにこうした属性の分類については、複数の分類(例えば、[朝、昼、夜]と[朝、昼、夕方、夜、夜中]など)を用意しておき、後で情報量基準に基づいて適切に選択するものとした。また、元の手書きデータには記載されていない属性については、十分ありえると想定できる範囲内で、データ入力者によりデータを補完している。こうしたデータの収集と整形を通じて、事故の状況を記述氏、再現するために必要な定型的なテーブルとしての記録フォーマットが確立してきた。次の段階としては、このデータを大量に収集し、広く参照できるインターネットシステムとして活用すること、このデータを使った分析、応用システムの実現の2つである。今回予備的に作成した200件によるデータ分析の例は3節に述べる。また、分析を通じてフォーマットの有効性を確認した後で、データ収集システムと、データ検索システムをインターネット上で利用できるようにすることを検討している。

また、記録したデータから確率モデルを構築するためにはできるだけ大量のデータが得られることが望ましい。一方で、小児科医で診察を受けるような事故は何らかの治療を必要とするレベルのケガである。しかし、診察を必要としないより軽度の事故はより多く、日常的に頻発している。例えばある保育園では病院へ連れて行く事故が発生した場合には記録として残すことが義務付けられているが、その件数は年間で4、5件にすぎない。しかし、保育園に常駐している看護師が対応する、記録に残されていない事故はその数十倍もの頻度で発生している。こうした日常的な事故は、結果として深刻な傷害を引き起こすアクシデントには至らなかったインシデントであるが、その発生メカニズムは共通する点が多い。アクシデントの数十倍の頻度で発生しているインシデントの過程を分析することは深刻なアクシデントの予防にもつながる。

連絡先: 本村陽一, 産業技術総合研究所, 東京都江東区青海  
2-41-6, tel:03-3599-8355, y.motomura@aist.go.jp, URL  
http://staff.aist.go.jp/y.motomura

そこで我々は最近、ある保育所の協力を得て、日常的に発生する子ども同士のかみつき(けんか)や転倒による傷害などの記録を収集し始めた。

このとき、原因のトップダウン解析(Fault tree analysis)のためにアンケート項目を設計し、事故の起きた直接の原因、さらにそれを引き起こした間接的な原因などについてもデータ収集を行っている。さらにこうした日常的な記録を大規模に行うためにインターネットを活用することを考えて、Web 入力システムを製作している。

今後の課題としては、収集したデータから事故の発生メカニズムの因果構造を想定した確率ネットワークモデルの構築を行い、その確率モデルを使った事故の要因分析、最適な予防策の推定などが考えられる。とくにトップダウン解析の結果得られる因果構造とベイジアンネットの確率的構造には強い関係があり、データから隠れた因果構造を自動的に発見することや、ベイジアンネットの上の確率推論によって、危険性を定量的に評価することも期待できる。さらにこの因果構造は熟練した保育士の知識(危険に対する認知構造)としても考えられることから、構築したモデルを他の保育士や一般の母親への教育のために活用することも期待できる。教育にあたっては、コンピュータ上の体験型のシミュレータを実装するなど様々な実現法が考えられる。

### 3. 統計的学習によるモデル構築

事故データと事前知識から事故の発生メカニズムやその可能性を表現したい。そのために因果関係などを統合的に表現し、その確率計算を行うことのできるモデルとしてベイジアンネットを適用する。

前節で述べた小児科医院において記録、収集されたデータから作成したデータベースからの統計的学習により、確率的なネットワークモデルであるベイジアンネットを構築した。複数の属性分類の選択については、情報量基準 AIC により最適なものを選択した。

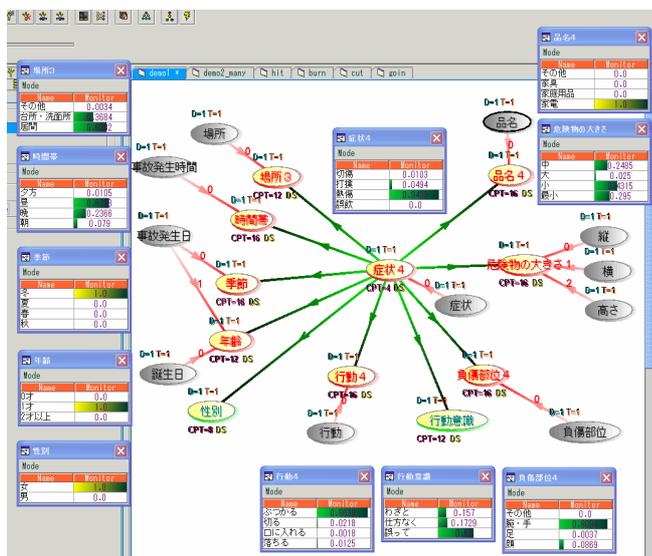


図 1 統計データから構築した関係モデルとその上での確率推論の実行情例

このモデルの上で確率推論アルゴリズムを実行することによって、例えばある季節、時間において、1歳の女児の事故による発生する可能性の最も高い傷害の種類や、事故の起こりやすい場所、注意すべきモノなどが推定結果として得られる。

### 4. 事前知識によるモデル構築

子どもがとりえる行動の種類については、発達行動学の知見から子どもの成長段階(主に月齢が影響)から確率的に推測することができるがわかっている。子どもの発達行動については、アメリカにおける大規模な統計調査により、月齢と各種の行動の関係の調査が行われ、発達検査シートという形でまとめられている。我が国においても広範囲の統計調査の結果、デンバー式発達スクリーニング検査法として確立されている。

これは同じ月齢の子どものうち、何%の子どもがその行動をとれるかをまとめたものであり、これによりある月齢の子どもがある行動を取りうる可能性を条件付確率として解釈することができる。つまりこれを月齢からとりえる行動を予測するベイジアンネットのパラメータとして活用することができる。

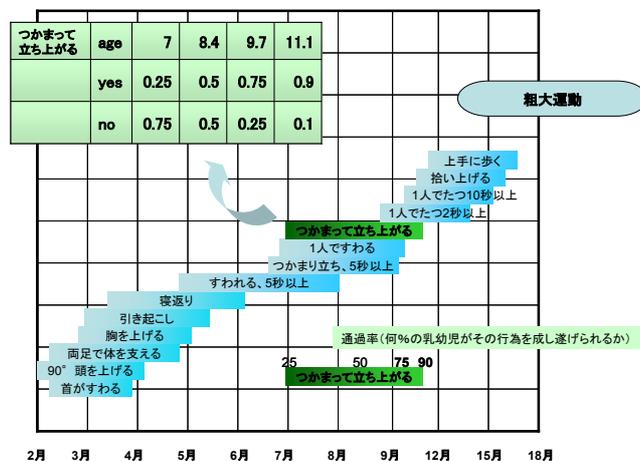


図 2 DENVER II 発達検査シート

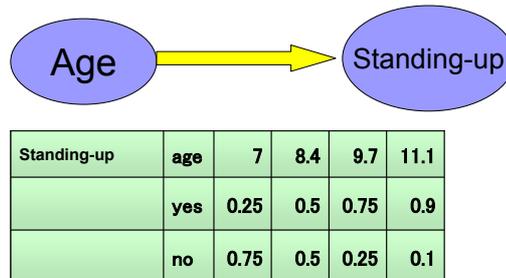


図 3 DENVER-II から作成した 0-1 歳児の行動モデル(立ち上がり動作確率を表すベイジアンネット)

これにより、月齢がわかればある特定の行動を取る可能性が評価でき、それに関連する事象の確率計算も可能になる。また逆にある行動をとったという事実から月齢やそれに関連する事象の推定をすることもできる。

これはまだ非常に粗い行動モデルであるが、これにモノに対する興味、認知などの要因を発達心理学などの知見に基づいてモデルに加えて行くことで、行動予測モデルを精緻化することが期待できる。さらに先に述べたような環境やモノ、他者との相互作用も含めたモデルと統合し、特定の状況で子どもが行動

した場合の確率推論を実行することで、事故の危険性の評価の精度向上に役立てることが期待される。

## 5. 今後の課題

今回、すでに得られていた 200 件の事故履歴データから、確率推論を実行可能なベイジアンネットモデルを構築した。しかし、データ数の限界から事故の因果関係を記述するにはいたっていない。今後は因果関係を表す潜在的な因子をモデルに導入し、より多量のデータによって、より複雑なモデルを構築することが課題である。そのために、保育士が記録した日常的な行動記録(ヒヤリ・ハット)から事故につながる可能性のある潜在的な因子を抽出し、それに対する条件付き確率を推定することが必要である。ベイジアンネットの場合には、初期モデルを与えることで、EM アルゴリズムにより条件付き確率を繰り返し計算により推定することができる。また外来小児学会の協力により 3500 件の事故履歴データを準備しており、その結果についてはあらためて報告する予定である。

## 6. おわりに

本稿では我々が現在進行中の子供の事故予防のための人間行動理解研究の一部を紹介した。そこではインターネットやセンサを活用した情報収集技術、確率モデルの統計的学習に基づく大量のデータからの知識獲得技術、構築したモデルを使った確率的推論技術とシミュレータへの応用が基礎技術となっている。こうした技術的にも新しい研究を社会的な意義のある子供の事故予防に直接貢献しながら推進することは実はあまり他に例を見ない。それは、現場で活用するためには既存のよく知られた技術の導入にとどまることが多く、一方新しい技術の優位性を立証するためには無難な例題が取り上げられる傾向があることによる。これは研究上、あるいは現場のリスクを避けるための工夫でもあろう。しかしこうしたリスクを避けている間に研究と現場の間のギャップはどんどん広がっている。子供の事故予防というような社会的意義のある目的を達成するためには研究上のリスクをあえてかえりみず、現場と密接な連携をとりチャレンジし続けることが必要なのではないだろうか。

## 謝辞

本研究は緑園こどもクリニック院長山中龍宏氏との共同研究によるものです。また(財)セコム科学技術振興財団と科研費(14084208)の助成を受けました。

## 文献

- [1] 本村, 西田, 北村, 山中, “小児の事故予防のためのヒューマンモデリング計画”, 人工知能学会全国大会, 2004.
- [2] 北村, A.Simo, 本村, 西田, 山中, 溝口 “乳幼児の事故予防のための確率的行動モデル”, 信学技報 NC2004-65, 2004.
- [3] Y.Motomura “Constructing relational models between children’s behavior and accidents using Bayesian networks”, 10th Int. Conf. on Virtual Systems and Multimedia 2004, 2004.
- [4] 本村, 西田, 山中, “子どもの事故予防のための確率モデル構築の試み”, 電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会, NC2004-181, 2005.