

小児の事故予防のためのヒューマンモデリング計画

Human modeling project for preventing children's accidents

本村 陽一*1 西田 佳史*1 北村 光司*2 山中 龍宏*3
 Yoichi Motomura Yoshifumi Nishida Kouji Kitamura Tatsuhiko Yamanaka

*1 産業技術総合研究所 デジタルヒューマン研究センター/JST CREST
 AIST DHRC/JST CREST

*2 東京理科大学
 Tokyo University of Science

*3 緑園こどもクリニック
 Ryokuen Children's Clinic

1. はじめに

人に関する情報を計算機内で取り扱うことを可能するために、人間の本質的な機能をシステムの一部として計算機上にモデル化する、この計算機上の人間のモデルをデジタルヒューマンと呼ぶ [1]。このデジタルヒューマンを計算機上に実現することで、現実にはまれにしか起きない状況をくり返し条件を変えて再現したり、事前に反応を予測しておくことで人にとっての最適な動作や制御をシステムとして実現することが可能となる。このためには人間の身体知を解明し、数理モデルとして計算機上に表現する技術の確立が望まれている。

人間の機能を数理的モデルとして構築することをヒューマンモデリングと呼んでおく。ヒューマンモデリングにおいては事前知識の取りこみと観測された大量の統計データからの学習(統計的学習)が重要な役割を果たす。また学習の結果獲得された知識を確率モデル(例えばベイジアンネット)として構築することで、その上の確率推論アルゴリズムが適用できるので、起こり得る事象の確率値を計算したり、期待効用や期待リスクを最適化する意思決定や制御を行うことなども可能になる。

こうしたアプローチは幅広い問題に適用できる可能性を持つが、とくに社会的意義という観点からとくに重要な問題に適用することが急務と考える。こうした問題意識から今回、我々は乳幼児の家庭内での事故に注目して、子どもの事故予防のために、統計的学習(データマイニング)と確率モデル化による確率推論の利用に基づく事故の発生可能性を予測し、事故予防に活用する研究プロジェクトを開始した。

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。とくに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(これは畳中心の生活様式にも関係している)。これまでこうした小児の事故に関しては「保護者の保護義務違反」「二度と事故を起こさないよう誤飲した子供に苦しい思いをさせ、保護者にもその処置を目の当たりにするよう胃洗浄をする」というようなものが医師の代表的意見であった [2]。しかしいくら保護者や子供に注意しても事故の回復率(2回以上の誤飲)は9.5%と約一割もあり、こうした対応

は無効であることを示している。

子供はこれまでできなかった行動ができるようになる。この発達と環境との相互作用の結果起こる現象が重なりあい、状態遷移の中である確率で不幸にして事故が発生する。つまり事故は子どもの行動が発達する限り必然的にある一定の確率で発生する避けられないものであると認識し、その事故の発生の原因とメカニズムを真摯にとらえ、事故そのものを深く理解し、その確率やダメージを最小限に抑える努力をすべき時期に来ているように思う。

そこで我々はAI技術を活用した小児の事故予防のための取り組みを人間の身体知を数理モデル化するデジタルヒューマン研究の一環として取り組むことにした。これは子供の身体知のモデル化、環境との相互作用、状況依存性、事故履歴からの因果関係の抽出などAI技術としても本質的な研究課題を多く含む、学術的意義と社会的意義の両面からみても非常に重要なテーマであると認識している。本稿では現在取り組んでいる各技術的課題やプロジェクトの概要を簡単に紹介する。

2. 小児の事故予防のための問題設定

小児の事故について問題点を整理すると、1) 乳幼児などの低年齢の子供に関しては家庭内における事故の割合が高い。2) 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る。3) 同じような事故が繰り返し発生し、事故に関する知識の普及や啓蒙活動を通じてもおお発生件数に歯止めがかからない。4) 典型的なパターンなどが自分の家の状況や子供の状況に照らし合わせて理解できれば事前に事故を防げると思えるが、子供の発達により可能となる行動が予測できなかったり、因果関係の連鎖が複雑になると事故の隠れた原因に気がつかない。といったことが挙げられる。

そこで、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。

現在は、まず1)を実現するためにこれまでの事故履歴を検証しながら、データを電子化し、事故を再現するための枠組みを開発しているところである。その詳細については今後あらためて発表の機会を持ちたいと考えているが、以降でその概要について簡単に紹介する。

A: 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, y.motomura@aist.go.jp, URL: http://staff.aist.go.jp/y.motomura/, 〒 135-0064 東京都江東区青海 2-41-6

3. 小児の事故予防のための情報技術

3.1 子供の事故関連オントロジー

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を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が浮かびあがって来る。そこで家庭内にあるモノをオントロジーとして整備している。その属性としては誤飲事故の主要な要因となるサイズ(小児の口のサイズより小さく、気道に詰まりやすい大きさ)や、火傷の原因となりえる温度、接触面が鋭利なため切傷事故の原因になりえるかどうか、などが必要となってくる。

このように事故への関与という観点から多くのモノをカテゴリ化することができ、これにより、異なる文章や名称で記述された事故の発生状況がより少数のカテゴリに分類することが可能になる。さらに事故の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・構造化できるようにさらに事例の抽象化を行っている。

3.2 事故データベースと検索・モデル化技術

今回の事故履歴データのようにその内容を記録する時の表現形式と、データを検索・解析する時に用いる表現形式が異なることがありえる場合がある。また子供の事故の場合に新たな原因物質が登場し、過去にもあった種類の事故の発生件数が増大するようなことがある(たとえばボタン電池が登場し、誤飲事故が増えた)。このように新たなモノが追加された場合でもこれまでのデータとの整合性を取る必要もある。

我々は先にこうしたデータ表現の整合性の問題を解決するために、XML表現によって異なる粒度の位置情報、時間情報を適切に変換する機能をミドルウェアとして実装し、イベント情報サービスへの適用を検証している[3]。このミドルウェアによって、検索時にはアプリケーションが必要とする粒度で検索要求を生成し、ミドルウェアが異なる表現の整合性をとり、該当するデータを検索結果として返す。これによりモデルを学習するためにデータの頻度を必要とする場合に、細かい粒度ではデータ量が不足し、頻度が得られない場合でも粗い粒度で問い合わせを行うことで、十分な量の検索結果から頻度を求めることができる。この時、従来のようにモデルの表現を変える度に元のデータを全て変換する必要はない。こうした表現の差異をミドルウェアで吸収する仕組みを利用することでユーザの行動の解釈が複数ありえる場合についても同じ枠組みで取り扱うことが可能になる。

3.3 ベイジアンネットのモデル構築と推論

以上のような事故データと知識データ(オントロジー)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。

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て、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[4]が確立されており、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事前知識として抽出し、その条件付確率をもとにベイジアンネットを構築することができた。その結果、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。

さらに特定の要因の有無による事故の発生頻度の差を情報量規準により検定するモデル構築アルゴリズム[5]を適用することで、事故の発生に強い影響を持つ要因の発見とモデルへの組込が可能である。このようにしてまとめた知識データベースをもとに因果関係を確率的に表現するベイジアンネットにより事故の予測モデルを構築し、この上での確率推論アルゴリズム[6]により事故を再現するシミュレーターの開発を進めている。

4. おわりに

ここで述べたアプローチで研究を進める結果として、以下のような、乳幼児の事故予防のための展望が開けるのではないかと考えている。1) これまでに得られたデータを解析することにより、事故の状況や原因、脈絡を明示化し、事故履歴を再利用しやすいデータ記録法として確立する。2) 子供の事故データベースとして十分な情報を持つ体系的に整備された枠組み(情報管理システム)を開発し、事故に関する情報検索などに活用する。3) 事故の発生頻度や原因との関係性を統計的にモデル化(データマイニング)し、家庭内事故の構造の理解や、検証、教育に利用する。4) ベイジアンネットとして表現することで、計算機上で事故の発生確率、危険性を計算する。これが様々な応用することのできる事故の予測モデルとなる。5) 事故予測モデルを事故の再現シミュレータや予防のために有効な対策の発見のために活用する。これらを実現するために、基礎技術の検証を進め、情報システムとして確立することが今後の課題である。

謝辞

本研究はセコム科学技術振興財団の助成を受けている。

参考文献

- [1] 金出, 持丸: “デジタルヒューマン, システム/制御/情報”, システム制御情報学会誌, 46-8号, pp. 453-458. (2002).
- [2] 山中龍宏: “小児の誤飲と中毒”, 医学のあゆみ, 190-12号 (1999).
- [3] 本村, 他: “ユーザ行動モデル構築のためのデータ解析システムの構想”, 第17回人工知能学会全国大会, 2B1-04 (2003).
- [4] ウィリアム・K. フランケンバ-グ, 上田 礼子: “日本版デンバー式発達スクリーニング検査”, 医歯薬出版, (1993).
- [5] 本村陽一: “ベイジアンネットソフトウェア BayoNet”, 計測と制御, 計測自動制御学会, 42-8号, pp.693-694 (2003).
- [6] 本村陽一: “ベイジアンネットにおける確率推論アルゴリズムと実験評価”, 信学技法, ニューロコンピューティング研究会, 103-734号 (2004).