

# 博士論文概要

## 論文題目

環境とインタラクトした人間の  
行動生成モデルの構築に関する研究  
：乳幼児のよじ登り行動を例とした  
基礎モデルの検討

Construction of a Generative Model of  
Human Behavior in Interaction with  
Environment: A Study of a Fundamental  
Model Using Infant Climbing Behavior as  
an Example

申請者

野守	耕爾
Koji	NOMORI

経営システム工学専攻 人間生活工学研究

2011年11月

環境とインタラクトした人間の挙動を計算機上で再現するバーチャルヒューマンの研究が進んできており、環境の評価技術として期待されている。すでにコンピュータマネキンに代表される技術が確立され、与えられた環境において、人間の「動作」を生成させ、関節の可動域やトルクなど、動作の観点による環境の人間適合性評価に利用されてきている。

一方、人間の生活における環境評価においては、動作だけでなく、人間が環境とインタラクトして生成する「行動」を理解することも重要となる。環境や人間の条件に応じてバーチャルヒューマンが人間の自然な行動を自律的に生成できれば、与えられた環境で起こり得る行動の予測、また行動を促進あるいは抑制する環境の設計評価が可能となり、例えば、安全性に関する環境評価を通じた事故予防などへの応用が期待される。そのためには、環境と人間を説明変数に、行動を目的変数として、行動生成の計算モデルを構築することが求められる。

環境とインタラクトした人間の行動生成の計算モデル化を試みる研究はいくつかあるが、そこで設定されている目的変数は行為生成の仕方や行為生成のタイミングなどであり、いずれも行為というイベントが発生したときの状況記述が焦点とされ、行為することや行為が達成されるといった条件下でモデル化されていた。しかし実際の人間は、環境とインタラクトして行為することもあればしないこともあり、行為をしても達成することもあれば失敗することもある。従って、人間と同様に振る舞うバーチャルヒューマンにおいては、このような行為をしないことや、行為に失敗することを含めた、行動のプロセス全体を対象に計算できるモデルが求められるが、この検討はほとんどなされていない。その理由の一つとして、計算モデルを具体的に構築するための、考え方の基礎となるモデルが示されていないことがあると考えられる。

本研究では、以下のように用語を定義し、バーチャルヒューマンが人間の自然な行動を生成するための、基礎モデルを構築することを目標に研究を進める。「人間の自然な行動」とは、実際の人間の振る舞いと同様に、行為することもあればしないこともあり、行為をしても達成することもあれば失敗することもあるような行動を意味するものとする。「行為」とは、人間の動機づけによって始発された、環境に対して人間の姿勢が連続的に変化するような自発的な行いとし、「行動」とは、行為を含むプロセスであり、行為をしようとする動機づけの形成から始まり、その動機づけに基づいて行為が生成され、その行為の結果（成否）までを呼ぶこととする。これらの定義に従い、具体的に本研究では、環境とインタラクトした人間の行動生成のプロセスを仮説としてモデル化し、その仮説モデルをベースとして、具体的な人間行動の計算モデルを構築することで、その仮説モデルが、人間の自然な行動生成の基礎モデルとなり得ることを検討する。なお、本研究では、構築する計算モデルの適用場面として、乳幼児の事故理解を想定し、環境を、人

間の身体と同様のスケールで計測できるような、物理的な形・大きさという静的な状態の特性を持つ「もの」としたときの、生得的な乳幼児行動を対象に検討を進める。

本研究で検討する仮説モデルについて整理すると以下となる。すなわち、本研究の仮説モデルは、環境特性と人間特性を説明変数とした行動生成のプロセスのモデルであり、そのプロセスとは、①動機づけ、②認知的な行為の可能性、③実際の行為の可能性という3つのステップで構成されると仮定し、これにより環境とインタラクトした人間の行為の生成の有無と行為の成否を記述する。具体的に、「動機づけ」のステップでは、心理学において行為の理由を考える際に用いられる基本概念を引用し、人間の行為は「動機づけ」によって始発され、そもそも動機づけがない場合には行為は生成されないとする。続いて、動機づけられた行為はすべて生成されるわけではなく、人間が可能と判断した行為が生成されることを捉え、これを「認知的な行為の可能性」と定義し、これに対しては、環境とインタラクトした人間の行為の可能性を記述するアフォーダンス理論[Gibson, 1966]を引用する。この理論に基づき、環境とインタラクトした人間は、環境の特性と自身の特性を知覚することで、行為の可能性を知覚し、行為可能と判断されればその行為が生成され、行為不可能と判断されればその行為は生成されないとする。最後に「実際の行為の可能性」では、アフォーダンスの知覚にずれが生じるという報告[廣瀬, 2006]を引用し、前ステップにおける行為の可能性の知覚が正しく、実際の行為の可能性があれば、生成された行為は達成されるが、その知覚にずれが生じて、行為の可能性を過大評価していた場合には、生成された行為は達成されず、失敗するとする。

本研究では、上記の仮説モデルを、以下の手順により検討する。まず、構築する計算モデルの対象行動とその説明変数の候補を設定する。説明変数の候補は環境特性と人間特性の双方の観点から設定する。設定した説明変数の候補に基づいて、対象行動を観察する実験をデザインし、それを実施することで、計算モデル構築に必要なデータを収集する。続いて、仮説モデルを“行為の生成モデル”と“行為の成否モデル”に分解し、それぞれの計算モデルを実験で取得したデータに基づいて構築する。そしてその構築した2つの計算モデルを統合することで、環境とインタラクトした人間の行動生成の計算モデルを構築する。

本研究では、以上の手順により、仮説モデルがバーチャルヒューマンの行動生成の基礎モデルとなり得ることを示している。

本論文は、8章から構成されている。

第1章では、研究背景として、バーチャルヒューマンの行動生成モデルの必要性について述べ、従来の人間の行動生成モデルのレビューをし、それを踏まえて、本研究で検討する人間の行動生成プロセスの仮説モデルを構築する。研究目的と

して、その仮説モデルが行動生成の基礎モデルになり得ることを検討することを述べ、具体的に乳幼児の事故理解を想定して検討することを述べる。

第2章では、仮説モデルを検討する本研究のアプローチについて述べ、特に、乳幼児行動を対象に検討を進めることについて述べる。また、検討の際に用いる子どもの事故データベースや、その分析手法となるテキストマイニング、実験で得た行動観察データから計算モデルを構築する手法となるベイジアンネットワークについて述べる。また本論文で用いる用語の定義についても述べる。

第3章では、計算モデルを具体的に構築する対象行動と、その環境と人間の説明変数の候補の設定について述べる。4,238件の子どもの事故データの自由記述文に対して、テキストマイニングの係り受け分析機能を用いることで、環境と行動の関係データを抽出する。この抽出結果を用いて、乳幼児が環境とインタラクトして実際によく生成され、転倒・転落事故の事前行動となり得る、よじ登り行動を対象行動として設定する。またその環境と行動の関係データを用いて、よじ登り行動の生成に関連しそうな環境特性を考察し、モデルの環境の説明変数の候補を設定する。乳幼児の説明変数の候補に関しては、仮説のプロセスモデルの各ステップにおいて関連すると思われる乳幼児特性を、先行研究を参照しながら考察し、設定する。

第4章では、乳幼児のよじ登り行動生成の計算モデルを構築するために用いるデータを収集するための、行動観察実験のデザインと実施について述べる。

第5章では、仮説モデルにおいて、「動機づけ」と「認知的な行為の可能性」のステップで決定されるよじ登り行為の生成を対象に、実験で得られた行動観察データにベイジアンネットワークを用いることで計算モデル化し、その結果について考察する。

第6章では、仮説モデルにおいて、「実際の行為の可能性」のステップで決定されるよじ登り行為の成否を対象に、実験で得られた行動観察データにベイジアンネットワークを用いることで計算モデル化し、その結果について考察する。

第7章では、5章で構築した“よじ登り行為の生成モデル”と6章で構築した“よじ登り行為の成否モデル”を統合することで、本研究で目的としていた、環境特性と乳幼児特性を説明変数とする“乳幼児の自然なよじ登り行動生成モデル”を構築する。また、本研究の検討結果について全体をまとめ、その適用可能範囲と限界について考察する。さらに本研究の応用側面として、バーチャルヒューマンの行動生成の基礎モデルとしての利用に関する考察をし、また構築したモデルを実環境に適用して、行為生成の確率マップを作成することで実環境評価を行い、本研究の成果の有用性について述べる。

第8章では本研究の結論と今後の課題について述べる。

## 早稲田大学 博士（工学） 学位申請 研究業績書

氏名 野守 耕爾 印

(2011年 10月 現在)

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
論文 ○	<p>(論文)</p> <p>[1] 野守耕爾, 北村光司, 本村陽一, 西田佳史, 山中龍宏, 小松原明哲: “大規模傷害テキストデータに基づいた製品に対する行動と事故の関係モデルの構築—エビデンスベースド・リスクアセスメントの実現に向けて—,” 人工知能学会論文誌, Vol.25, No.5, pp.602-612, 2010年8月.</p> <p>[2] 野守耕爾, 西田佳史, 本村陽一, 山中龍宏, 小松原明哲: “乳幼児の環境誘発行動を予測する計算モデルの開発,” 人間工学, Vol.46, No.2, pp.166-171, 2010年4月.</p>
講演	<p>(国際会議)</p> <p>[1] K. Nomori, Y. Nishida, Y. Motomura, T. Yamanaka: “Computational Prediction and Control of Injury Risk Using Bayesian Network,” The 1st International Workshop on Advanced Methodologies for Bayesian Networks (AMBN), pp.15, Tokyo, Japan, November 2010.</p> <p>[2] K. Nomori, Y. Nishida, Y. Motomura, T. Yamanaka, A. Komatsubara: “Model Based Control of Infant Behavior for Kid’s Design,” The 3rd International Conference for Universal Design, pp. P-003, Hamamatsu, Japan, October 2010.</p> <p>[3] K. Nomori, Y. Nishida, Y. Motomura, T. Yamanaka, A. Komatsubara: “A Method of Evidence-Based Risk Assessment through Modeling Infant Behavior and Injury,” The 3rd International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE), pp.607-616, Miami, USA, July 2010.</p> <p>[4] K. Nomori, Y. Nishida, Y. Motomura, T. Yamanaka, A. Komatsubara: “Developing a Control Model of Infant Climbing Behavior for Injury Prevention,” The 7th IEEE International Conference on ICT and Knowledge Engineering, pp.50-56, Bangkok, Thailand, December 2009.</p> <p>[5] K. Nomori, Y. Nishida, Y. Motomura, T. Yamanaka, A. Komatsubara: “Human Modeling of Infant’s Behavior on Daily life for Injury Prevention –Constructing a Model of Causal Relationship of Object’s Attributes and Infant’s Climbing Behavior–,” The 17th World Congress of the International Ergonomics Association (IEA), pp.2CH0035, Beijing, China, August 2009.</p>

## 早稲田大学 博士（工学） 学位申請 研究業績書

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
	<p>(講演)</p> <p>[1] 野守耕爾, 北村光司, 西田佳史, 本村陽一, 小松原明哲: “製品の傷害リスク分析のためのマクロとミクロの統合アプローチ,” 日本人間工学会第 52 回大会, pp.94-95, 東京, 2011 年 6 月.</p> <p>[2] 金一雄, 野守耕爾, 西田佳史: “分散荷重センサを用いた乳幼児よじ登り行動の記録システムの開発,” 日本人間工学会第 52 回大会, pp.146-147, 東京, 2011 年 6 月.</p> <p>[3] 野守耕爾, 金一雄, 西田佳史: “力センサを用いた子どものよじ登り行動センシングシステムの開発,” 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 ROBOMECH2011, pp.2P2-K10, 岡山, 2011 年 5 月.</p> <p>[4] 野守耕爾: “日常生活データベースに基づいた傷害リスクアセスメント”, デジタルヒューマン・シンポジウム 2011, 東京, 2011 年 3 月.</p> <p>[5] 野守耕爾, 西田佳史, 山中龍宏, 小松原明哲: “製品安全のための製品に対する行動と事故の関係辞書の構築 — 傷害データに基づいた製品使用形態の予見のためのlinkageサービスの提案 —,” 日本人間工学会第 51 回大会, pp.140-141, 札幌, 2010 年 6 月.</p> <p>[6] 野守耕爾, 村井庸平, 宮崎祐介, 西田佳史, 本村陽一, 小松原明哲: “エビデンスベースド・リスクアセスメント — 製品使用の予見から計算論的リスク評価まで —,” 第 24 回人工知能学会全国大会, pp.3J1-NFC1a-7, 長崎, 2010 年 6 月.</p> <p>[7] 野守耕爾, 金一雄, 西田佳史, 本村陽一, 小松原明哲: “子どもの事故予防のための制御論的アプローチ — 乳幼児のよじ登り行動のセンシングと制御モデルの開発 —,” 第 27 回日本ロボット学会学術講演会, pp.3E1-03, 横浜, 2009 年 9 月.</p> <p>[8] 野守耕爾, 西田佳史, 本村陽一, 山中龍宏, 小松原明哲: “乳幼児のよじ登り行動分析のための確率的因果構造モデリング,” 第 23 回人工知能学会全国大会, pp.3D2-NFC1-7, 高松, 2009 年 6 月.</p> <p>[9] 野守耕爾, 西田佳史, 本村陽一, 山中龍宏, 小松原明哲: “物の属性と乳幼児のよじ登り行動との関係性に基づく行動予測モデルの開発,” 日本人間工学会第 50 回大会, pp.346-347, つくば, 2009 年 6 月.</p> <p>[10] 野守耕爾, 西田佳史, 本村陽一, 小松原明哲: “「物」に駆動される乳幼児の日常生活行動のモデリングに関する研究 — 「物」の属性と乳幼児のよじ登りとの関係記述 —,” 日本人間工学会関東支部第 38 回大会, pp.103-104, 千葉, 2008 年 11 月.</p> <p>[11] 野守耕爾, 小松原明哲: “アフォーダンスの概念に基づく人間の動作モデルに関する研究,” 日本人間工学会関東支部第37回大会, pp.61-62, 千葉, 2007 年 11 月.</p> <p>[12] 野守耕爾, 小松原明哲: “アフォーダンスの概念に基づく障害物回避動作モデル,” 日本人間工学会第 48 回大会, pp.72-73, 名古屋, 2007 年 6 月.</p>

## 早稲田大学 博士（工学） 学位申請 研究業績書

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
その他	<p>(国際会議)</p> <p>[1] <u>K. Nomori</u>, I. Kakefuda, Y. Nishida, T. Yamanaka, A. Kobatsubara: “Developing a Safety Education Program for Injury Prevention in Elementary School Environment,” The 17th World Congress of the International Ergonomics Association (IEA), pp.2CH0036, Beijing, China, August 2009.</p> <p>[2] I. Kakefuda, <u>K. Nomori</u>, Y. Yasukawa, Y. Nishida, T. Yamanaka: “Children’s perception of risk and enjoyment associated with school playground equipment,” National Injury &amp; Violence Prevention Research Conference: From Discovery to Practice, the Society for Advancement of Violence and Injury Research (SAVIR) conference, pp.27, Atlanta, USA, March 2009.</p> <p>[3] I. Kakefuda, Y. Yasukawa, <u>K. Nomori</u>, T. Yamanaka, Y. Nishida, Y. Motomura, H. Hatta: “Geographic Injury Surveillance System for Injury Prevention in Elementary School,” The 2nd Asia Pacific Injury Prevention Conference, Hanoi, Vietnam, November 2008.</p> <p>(講演)</p> <p>[1] 宮崎祐介, 北村光司, <u>野守耕爾</u>, 西田佳史: “生活空間における子どもの転倒事故時の頭部外傷危険領域の可視化,” 日本機械学会 機械力学・計測制御部門 Dynamics &amp; Design Conference, 京都, 2010年9月.</p> <p>[2] 大内久和, 西田佳史, 金一雄, <u>野守耕爾</u>, 溝口博: “センサが埋め込まれたロッククライミングを用いた子どもの行動計測とベイジアンネットワークを用いた行動モデリング,” 日本人間工学会第51回大会, pp.434-435, 札幌, 2010年6月.</p> <p>[3] <u>野守耕爾</u>, 北村光司, 西田佳史: “学童保育施設の観察カメラ設置による行動分析,” 第11回日本子ども家庭福祉学会全国大会, pp.90-91, 東京, 2010年6月.</p> <p>[4] <u>野守耕爾</u>, 掛札逸美, 北村光司, 西田佳史, 八田洋史, 山中龍宏: “小学校での傷害予防教育の展開と児童参加型リスクコミュニケーション,” 第56回日本小児保健学会, pp.116, 大阪, 2009年10月.</p> <p>[5] 掛札逸美, <u>野守耕爾</u>, 北村光司, 西田佳史, 小松原明哲, 八田洋史: “学校安全のための学童参加型リスクコミュニケーションの提案,” 第23回人工知能学会全国大会, pp.3D2-NFC1-9, 高松, 2009年6月.</p> <p>[6] 保川悠一郎, <u>野守耕爾</u>, 掛札逸美, 西田佳史, 山中龍宏, 溝口博: “学校環境下での傷害制御に関する研究 ～小学生によるリスク・ハザードデータの収集と安全学習のためのリスク認知分析～,” 第26回日本ロボット学会学術講演会, pp.3G1-04, 神戸, 2008年9月.</p>