

博士論文審査報告書

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

2012年 1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、所与の環境においての人間の不適切な行動を予測し事故の可能性を評価するなどの応用が期待される。このようなバーチャルヒューマンを生成していくためには、環境と人間を説明変数にし、行動を目的変数とした、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従来の研究は、行為生成の仕方や行為生成のタイミングなどを目的変数とし、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ことを前提にモデル化されていた。しかし実際の間人は、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、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ている。まず「人間の自然な行動」とは、実際の間人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としている。

「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自発的な行いとし、「行動」とは、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）までを含むプロセスとしている。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実験的に検討している。なお、本研究では、検討対象とする環境を、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、対象とする人間は乳幼児を用いているが、これは生得的な行

動が観察できるというモデル構築上の利益と、得られる成果は、生活環境内における乳幼児の不慮の事故の防止への適用が期待されるからである。

本研究では仮説モデルを、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とし、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している。具体的に、動機づけのステップでは、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している。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、これについてはGibson(1966)のアフォーダンス理論に基づき、環境とインタラクトした人間は、環境の特性と自身の人間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している。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, 他)を参照し、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、生成された行為は失敗すると仮定している。

本研究では、上記の仮説モデルを、以下の手順により検討している。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環境特性と人間特性の双方の観点から乳幼児の傷害データをもとに設定する。設定した説明変数の候補に関して、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、目標とす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、研究の背景と関連する従来研究を述べ、それを踏まえて人間の行動生成の仮説モデルを構築し、それを検討する本研究の目的と、本研究の適用対象について述べている。

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、乳幼児行動を対象に検討を進めることについて述べている。また、データの分析手法、本論文で用いる用語の定義について述べている。

第3章では、計算モデルを具体的に構築する対象行動と、その説明変数の候補とする環境特性・人間特性について述べている。具体的には、子どもの事故デー

データベースを用い、テキストマイニングに基づいた環境と行動の関係分析から、“乳幼児のよじ登り行動”を対象行動とし、それに関連する環境特性、乳幼児特性を考察している。

第4章では、乳幼児のよじ登り行動生成の計算モデル構築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験の実施について述べている。

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に基づくよじ登り行為の生成について、実験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している。

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に基づくよじ登り行為の成否について、実験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している。

第7章では、5章と6章で構築した2つの計算モデルを統合することで、乳幼児の自然なよじ登り行動生成モデルを構築している。また、本研究の検討結果のまとめと考察を述べ、さらに構築した計算モデルの適用の試みとして家庭内環境評価を行い、本研究の成果の有用性について述べている。

第8章では本研究の結論と今後の課題について述べている。

以上のように、本研究では、環境評価に向けたバーチャルヒューマンの研究において十分に検討されていなかった行動生成について、その基礎モデルの構築を検討している。本研究では、実際の人間の自然な行動は、環境とインタラクトしても行為を生成するとは限らず、また行為を生成してもそれが達成されるとは限らないということを捉え、行為をしないことやそれが失敗することも対象とした行動生成のプロセスモデルを構築している。これはモデルの利用側面からも重要なポイントであり、例えば事故防止についてみれば、事故につながるような行為生成や行為失敗が起こり得る環境を予測し、それらが起こりにくい環境設計を講じることで事故予防への実践へと展開できることが期待できる。すなわち、本研究は、人間の自然な行動生成の計算モデルという新たな研究領域に利用面を含めて寄与するものである。

よって、本論文は、博士(工学)早稲田大学の学位論文として価値あるものと認める。

2012年1月

審査員(主査)	早稲田大学教授	博士(工学)早稲田大学	小松原明哲
	早稲田大学教授	理学博士(東京工業大学)	高橋真吾
	早稲田大学教授	博士(情報学)京都大学	菱山玲子
	産業技術総合研究所上席研究員	博士(工学)東京大学	西田佳史