

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 羽根田 淳

本論文は、「物理・論理統合計算環境で認識し行動獲得するヒューマノイドシミュレータの構成法」と題し、ヒューマノイドによる日常生活支援行動を生成し評価するためのシミュレータの実現を目的として、システムの構築と評価を行った研究をまとめたもので、11章からなる。基盤となるソフトウェアへの要求機能を示し、柔軟物などの存在する日常生活環境を記述した環境で、物の相対関係を記号表現化する記号接地機構を備え、上位の論理的行動手順計画と全身動作を生成し、動作実行を物理計算処理によりシミュレーションするループを形成でき、対話的にそのループ制御や環境操作が可能なシステムの構成法を示している。

第1章「序論」では、本研究の背景と目的、および本論文の構成について述べている。

第2章「物理・論理統合計算環境であるヒューマノイドシミュレータの開発」では、人間の日常生活環境下の行動実験が可能なヒューマノイドシミュレータを実現するために要求される機能について説明し、そのようなヒューマノイドシミュレータを実現するための物理・論理統合計算環境で認識し行動獲得するヒューマノイドシミュレータの構成法を提案している。

第3章「物理・論理統合計算環境におけるロボットのプランニングシステム」では、物理・論理統合計算環境で認識し行動獲得する本研究のヒューマノイドシミュレータであるFEATHERの構成要素を統合したシミュレーションループを形成することによって、ロボットの試行動作の繰り返しを通じて行動を獲得していく適合型かつ発達型の学習プランニングシステムについて述べている。

第4章「Pythonによるインタプリタ方式に基づく多機能・統合型ヒューマノイドロボットシミュレータ」では、従来のロボットシミュレータの関連研究を紹介し、本研究のPythonによるインタプリタ方式に基づく多機能・統合型ヒューマノイドロボットシミュレータの特徴を挙げている。そして、このシミュレータの機能を利用したマルチヒューマノイドロボットの並行物理計算や局所的な動力学効果といった基礎実験を通じて、その有効性を検証している。

第5章「環境シミュレーションのための物理計算」では、剛体の動力学計算のための基礎理論や粒子法による剛体・布・弾性体やSPH法による流体の物理シミュレーション方法について述べている。また、物理シミュレーションを行なう上で必要不可欠なポリゴン同士の衝突計算を行なう手法を取り上げ、そして、物理演算ライブラリNvidia PhysXによる剛体・関節・布・流体の物理シミュレーション方法について説明している。

第6章「ヒューマノイドロボットの高次計画機能のためのタスクプランニング」では、まずプランニングを行なうための基本的なアルゴリズムについて説明し、ヒューマノイドロボットが与えられた環境モデルから操作対象となる可動物体を決定する可動物体のタスクプランニングのアルゴリズムについて説明している。さらに、プランニング言語PDDLによるタスクプランニングの概要について述べ、実際にPDDLを用いて単体や複数のヒューマノイドロボットのタスクプランニングの基礎行動実験を行っている。

第7章「ヒューマノイドロボットの経路移動・全身動作生成のためのモーションプランニング」では、最初にロボットのモーションプランニングやプランナの基礎理論について説明し、その後、ヒューマノイドロボットの動作を自動生成するためのヒューマノイドロボットのプランニングアルゴリズムについて述べている。具体的に、2次元平面上や3次元の足跡の経路移動プランニングや、目的に応じた全身動作を生成するための全

身動作プランニング, 可動物体を取り扱うためのモーションプランニング, そして, 試行動作によって可動物体モデルの可動性を解釈する基礎行動実験を行なっている.

第8章「ヒューマノイドロボットの試行行動によるヒューマノイドシミュレータの学習」では, まず強化学習の基礎理論について説明し, ロボットモデルや環境モデルをシンボル表現として記号接地するためのルールを教師有り学習によって学習する方法や記号接地による環境認識の試行行動に基づいて適用する記号接地ルールを追加したり除外したりするための学習, モーションプランナによる試行動作結果の経験学習に基づいた幾何学的な拘束条件を持つシンボル表現の生成方法について提案している. そして, 基礎行動実験と共にモーションプランナによる試行動作結果に基づく動作生成パラメータの強化学習を行なう方法について提示している.

第9章「Pythonの言語機能を用いたヒューマノイドロボット・ロボットシミュレータの制御記述」では, プログラミング言語Pythonが持つマルチスレッドやジェネレータといった言語特徴を活かして, 実際に機能分割法やサブサンクション・アーキテクチャに基づくロボットコントローラの制御記述やジェネレータにより実行の中断・再開が可能なシミュレータコントローラの記述方式を導入している.

第10章「物理・論理統合計算環境であるヒューマノイドシミュレータにおける日常生活支援の行動実験」では, 本研究のヒューマノイドシミュレータFEATHERがヒューマノイドロボットによる日常生活支援の行動実験を行なう上で有効な環境であること, 本研究の枠組みによって実現可能な豊富な行動例を示している.

第11章「結論」において, 各章で述べた内容をまとめることで本研究を総括し, 今後のヒューマノイドシミュレータの発展の方向性について述べている.

以上, これを要するに本論文は, 人間の日常生活支援のヒューマノイド行動を実現するために, 外部ライブラリのインポート機構, ループ制御機能, インタプリタ方式などの拡張性の高い統合基盤の上に, 物理計算, プランニング, 記号接地機能を搭載したヒューマノイドシミュレータを独自に構築し, 柔軟物操作や複数ロボットの協調行動を伴う日常生活支援行動生成を行う総合評価を行いその有効性を示したものであり, この分野に少なくない貢献を果たしている. すなわち, 本研究は情報理工学に関する研究的意義と共に, 情報理工学における創造的実践に関し価値が認められる. よって本論文は博士(情報理工学)の学位請求論文として合格と認められる.