

論文審査の結果の要旨

氏名 柳瀬利彦

本論文は「進化計算による自律ロボットのための行為獲得に関する研究」と題し6章からなり、進化計算に基づいたヒューマノイド・ロボットの行為獲得を主題として、行為獲得における探索空間の表現と評価値の設定方法を提案し、シミュレーションと実機での実験結果に基づき提案手法の有効性を明らかにしている。

第1章は序論であり、主題と目的が述べられ、自律ロボットの実現における行為獲得の必要性について説明されている。また本論文に関連する基礎的なことがらが簡潔に説明されている。

第2章においては、自律ロボットの構成と行為獲得のための学習手法について議論される。自律ロボットの構成としてはモデルに基づく計画を重視するアーキテクチャとリアルタイム性を重視するアーキテクチャの報告がなされている。まずこれらの研究を概観し、ヒューマノイドロボットに適したアーキテクチャを考察する。また、構成したシステムを用いた行為獲得としてボールキック動作の獲得実験を行っている。実験から評価値の与え方の違いによって学習の結果得られる解の性質が異なることを明らかにしている。

第3章では、試行錯誤を通したロボットのプログラム獲得のためのデータ構造を提案している。ロボットのプログラム獲得には従来から遺伝的プログラミング(GP, Genetic Programming)による研究が行われてきたことを説明し、伝統的なGPの性能の限界について議論する。分布推定アルゴリズムの考え方を導入した確率モデルGPについて説明し、通常のGPと異なる探索性能を示すことを考察している。確率モデルGPをロボットプログラミングに応用する場合には、実行時に評価されない部分構造(イントロン)が問題になることを示している。この問題に対し、イントロン削減のためのデータ構造としてBinary Encoded Probabilistic Prototype Tree (BPPT)を提案する。ベンチマーク問題をもちいた実験から、イントロンを削減することで探索性能が向上することを確認している。また、BPPTをロボットプログラミングのWall Following問題に適用した実験を行っている。実験結果から、確率モデルGPのロボットプログラミングにおけるイントロンの重要性と、提案する木構造変換による探索空間の削減が有効に働いていることを結論付けている。

第4章においては、ユーザとのインタラクションを伴う行為の獲得のための対話的な手法を提案している。ユーザとロボットとのコミュニケーションを実現するにあたって、ロボットはユーザの好みや意図を推測するという目的関数の推定が求められる。従来の模倣学習の枠組みでは目的の推定を行ってきたが、本研究ではユーザの好みを行為獲得に取り入れ、ユーザの直接評価を用いる対話型システムを構築している。提案システムは設計者に動作候補を提示し、ユーザは望みの動作に近い

かどうかを主観的な評価を行うというものである。実験では、動作の安定性と多様性の二点に関してランダムに生成された動作を解析する。ヒューマノイドロボットの動作獲得で問題となる不安定さについて、物理的な特性の面から議論している。提案手法では動作設計にロボットの質点近似を用いていることで高い確率で安定した動作を生成することができる。生成された動作の遊脚の範囲を提示し、動作の多様性について考察する。システムによる動作の実例として、2種類の歩行動作と2種類のキック動作の作成例を示している。実験結果から、動作の安定性がユーザの試行錯誤を効率的なものにし、提示される多様な動作が発想支援となることを議論している。

第5章では、自己のおかれている環境の変化や相手の要求の変化を有する行為を獲得する手法に関して議論している。多くの障害物が存在する環境でのヒューマノイドロボットの自律移動を例にして、目的値の優先度の動的な切り替えを行うことを提案する。歩行の計画に必要な計算コストと、ロボットのおかれたマップの複雑さの二つが目的値であり、それぞれトレードオフの関係にあることを考察する。この困難を解決するため、進化論的な多目的最適化によるモジュールのパラメータ最適化を提案している。歩行計画のパラメータ調整に進化論的多目的最適化を応用し、パレート最適な解を得ている。その後、パレート最適なパラメータを切り替えながら歩行計画を行うことで従来手法よりも計算量や総歩数を減らすことが可能であることを示している。

第6章においては、本論文の結論と今後の展望が述べられ、それと平行して本論文のアプローチに関する考察が述べられている。

なお、本論文の一部は共同研究によって行われたものであるが、論文提出者が主体となって提案及び実験・分析・検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

以上これを要するに本論文は、生物の進化をモデル化した最適・設計手法による自律ロボットの行為獲得のための表現・評価方法を提案し、多くの実験結果をもとにロボットプログラミングにおける有効性を示したものであり、情報学の発展に貢献するところ少なくない。

したがって、博士（科学）の学位を授与できると認める。