

論文審査の結果の要旨

氏名 劉 宏偉

本論文は遺伝的プログラミング(GP)を用いた実機ロボットの柔軟な制御手法を提案するものである。複雑なロボットシステムや複雑なタスクに対して、GPを用いた階層的な進化型制御手法を提案し、シミュレーションと実機両方でその有効性を検証している。

本論文は6章より構成されている。第1章は序論、第2章は背景と関連研究、第3章は進化的な包摂アーキテクチャ、第4章は事例に基づく推論と遺伝的プログラミングの統合、第5章はオンライン型進化手法、第6章は考察と結論である。

第1章は序論であり、従来の研究の問題点と本論文の主張が簡潔にまとめられている。

第2章においては本論文の背景知識と関連研究について述べる。遺伝的プログラミングと進化ロボティクスの基本概念を紹介し、GPによる進化ロボティクスに関する古典的研究を解説している。

第3章では、階層的なフレームワークの1つの例として進化的な包摂アーキテクチャ手法 (Evolutionary Subsumption Architecture) を提案し、マルチロボットシステムに対して提案手法を応用している。この手法は Brooks が提唱した包摂アーキテクチャの学習に GP を適用するものである。包摂アーキテクチャの制御システムを複数の階層に分け、GP を用いてそれぞれの階層を自動的に生成する。シミュレーションと実環境の双方において、二台の異種移動ロボットによる協調行動 (「手-目協調」問題) に対して生成された制御プログラムを検証し、進化的な包摂アーキテクチャ手法の有効性を示している。

第4章においては、前章で提案した階層的な手法 (進化的な包摂アーキテクチャ手法) をさらに拡張して、事例に基づく推論 (CBR: Case-based Reasoning) と遺伝的プログラミングの統合手法を提案している。このフレームワークでは、ロボットの行動を単純化したシミュレーション中で、動作要素をシンボルとした abstract behavior を用いた GP の学習を行う。つぎに実環境において事例に基づく推論 (CBR) をオンライン適応手段として用いる。これにより、実際の状況に従って abstract behavior を具体的なモーター指令に変換する。このアプローチの有効性を、ヒューマノイドロボットによる自律的な搬送タスクを用いて検証した。実験の結果、提案手法はヒューマノイドロボットの制御システムを効率的に生成し、実機ロボットを環境に柔軟に適応させ、タスクを効果的に完遂させることが示された。

第5章においては、第4章の手法をさらに改良して、オンライン型進化手法を提案している。この手法では制御システムを高レベルレイヤと低レベルレイヤに分ける。そして、第4章と同じく高レベルレイヤは単純化したシミュレーションで

abstract behaviors をもとに GP により生成する。低レベルレイヤでは、オンライン型の GP を用いてリアルタイムに abstract behaviors を実環境の状況に応じて具体的なモーター指令に変換する。提案する手法をヒューマノイドロボットのナビゲーションタスクに応用し、その有効性を示している。

第 6 章では本論文の考察と結論が述べられ、さらに今後の課題と展望について議論している。

以上これを要するに本論文は、ロボット制御のプログラムを遺伝的プログラミング(GP)によって自動生成する手法を提案し、シミュレーションと実機によりその有効性を示したものであり、人工知能、とくに進化型ロボティクス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。