

【学位論文審査の要旨】

(論文審査の要旨)

近年、未知な環境や危険な環境などを対象とした様々な多足歩行ロボットの開発が進められている。現在に至るまで、巨視的な観点から経路計画やナビゲーションなど最適化に関する研究開発が進み、微視的な観点から central pattern generator など四肢が連動した外乱に強い歩行や環境変化への適応性に関する研究開発が行われているが、依然として各論的な段階にとどまっているのが現状である。そのため、微視的な観点と巨視的な観点を繋ぎつつ、適応性や最適性を考慮できるような認知モデルが必要となるが、認知モデルに関する研究は、全体的な情報処理のフレームワークやコミュニケーションを対象とした記憶や言語に関する認知モデルが多く、多足歩行ロボットに具現化・実装することが困難である。したがって、本研究では、センシングから知覚、高次な認知など、微視的な方法論と巨視的な方法論を繋ぐ多視的な観点に基づく神経認知モデルを提案し、タイムスケールの異なる短期的な観点から適応的な歩行制御と長期的な観点から経路計画や歩行パタンの最適化を相互依存的に実現することを目的としている。提案する神経認知モデルは、選択的注意を行うモジュールや適応的な歩行制御を行うモジュールの他、物体認識、認知地図に基づく環境地図構築、経路計画を行うモジュールなどから構成され、相互に依存しながら適応的な歩行を実現している。提案手法の有効性を示すために、(1) 微視的な観点から知覚-行為循環に基づく歩行パタンの学習と歩行制御、(2) 巨視的な観点から学習獲得済みの歩行パターンに基づく地図構築と経路計画、(3) メゾスコピックな観点から、時々刻々と変化する動的環境において認知地図を用いた多足歩行ロボットのナビゲーションに関するシミュレーションと実機を用いた実験から提案手法の有効性を示している。本論文で得られた成果は、以下のように要約できる。

- (1) 微視的な観点から知覚-行為循環に基づく歩行パタンの学習と最適化、適応的な歩行制御に関する方法論を提案し、2足歩行、4足歩行を対象としたコンピュータシミュレーションと実機での実験を通して、不整地や坂道など様々な環境条件で歩行パターンを獲得できることを示した。さらに、耐故障性に関する実験を行い、故障が生じた後も適応的に歩行制御できることを示した。
- (2) 巨視的な観点から学習獲得済みの歩行パターンを用いて、トポロジカルマップによる環境地図構築手法とスパイクニューロンを用いた経路計画手法を提案した。複数の環境条件によるコンピュータシミュレーションにより、学習獲得済みの歩行パターンにあわせて異なるトポロジカルマップを構築しつつ、経路計画が行えることを示した。
- (3) メゾスコピックな観点に基づき、微視的な観点からボトムアップ的に利用可能な歩行パターンと、巨視的な観点からトップダウン的に利用可能なトポロジカルマップを用いたナビゲーションを統合するために、時々刻々と変化する動的環境に関する認

知地図を更新しつつ、行動制御を行う手法を提案した。提案する神経認知モデルの包括的な有効性を示すために、複数階を有する建物内において障害物の配置が動的に変化する状況にあわせて、多足歩行ロボットが未知環境領域の探索と環境地図構築を行いながら、適宜、認知地図の更新と経路探索や再計画を柔軟に繰り返し、適応的なナビゲーションが行えることを示した。

以上のように、本論文では、多視的な観点から歩行パタンの最適化や地図構築、経路計画の他、適応的な歩行制御や認知地図を用いた柔軟な経路探索や再計画を行うことができる多足歩行ロボットのための新しい神経認知モデルを提案し、様々なシミュレーションと実験を通して提案手法の有効性を示した。得られた成果は工学的に高く評価でき、知能ロボットに関する研究分野だけでなく、認知モデルに関する学際的な研究分野への貢献も大きいものと考えられる。よって、本論文は博士（工学）の学位を授与するに十分な価値があるものと認められる。

（最終試験又は試験の結果）

本学の学位規則に従い、最終試験を行った。公開の席上（オンライン）で論文発表を行い、主査及び3名の審査委員を含む44名の出席者による質疑応答を行った。また、論文審査委員により本論文及び関連分野に関する試問を行った。これらの結果を総合的に審査した結果、専門科目についても十分な学力があるものと認め、合格と判定した。