

## 審査の結果の要旨

氏名 大津 恭平

本論文は「Study on Robotic Intelligence for Vision-based Planetary Surface Navigation (惑星探査ローバの画像航法誘導における知能化に関する研究)」と題し、自律性と環境適応性に着目し、ロボットの知能化をめざしたものである。その実現のために惑星探査ロボットの航法誘導を研究対象とし、「環境知覚」「行動計画」「位置推定」の3つの機能について、環境に対してロバストで実時間処理可能な自律化手法について研究したものであり、7章からなる。

第1章「序論」では、本研究の背景、目的、研究のアプローチ方法、研究の新規性と貢献についてまとめている。

第2章「従来の自律航法誘導技術」では、従来の探査ロボットの航法誘導に関する研究について紹介し、その問題点と限界を述べている。

第3章「現場でのラベルなしデータからの地形特徴学習」では、知能化の1つの要素である「環境知覚」に対して、従来行ってきた地形学的な障害物の有無の認識だけではなく、土壌物理特性を考慮した移動のしやすさを認識するために、画像を用いた地形分類手法を構築している。未知環境において正確なパラメータ推定を行うため、学習により環境に適応することが重要である。そこで、地形分類推定において、複数センサの組み合わせにより画像情報と振動情報を用いて、経験から学ぶ自己学習手法を提案し、フィールド実験によりその有効性を示している。

第4章「地形分類に基づく消費エネルギー推定」では、第3章で提案した地形分類手法に対して、消費エネルギーを指標とした土壌パラメータ推定手法を構築し、未知環境においても適応可能な手法を提案している。提案手法は、自然地形において走行実験を実施し、その性能評価を行っている。

第5章「効率的な運動学状態推定を有する拡大行動計画」では、「行動計画」において、移動が容易でない複雑な環境において、安全な経路を生成する手法を提案している。地形に対して効率的な姿勢推定手法と経路探索法に着眼し、

複雑な地形においても実時間で経路計画を行う手法を構築し、シミュレーションによって性能評価および有効性を示している。

第6章「2点アルゴリズムを用いたビジュアルローカライゼーション」では、「位置推定」において、画像を用いた相対位置推定法であるビジュアルオドメトリの効率化手法を提案している。ビジュアルオドメトリは一般に計算負荷が高いが、本研究では相対姿勢推定の新しい手法を提案し、計算時間を大幅に短縮するとともに、位置推定精度を保証する方式を構築している。構築した自律航法誘導法はシミュレーションおよび実環境実験を組み合わせることで評価を行い、自然未知環境における有用性について検証している。

そして、第7章「結論」では、本論文の総括と今後の課題を具体的に記述している。

以上要するに、本論文は、未知環境で活躍するロボットの知能化の実現をめざして、惑星表面移動探査ロボットの航法誘導を対象とし、移動のしやすさを考慮した自己学習機能を有する画像地形認識手法と複雑な自然地形において実時間で経路生成および自己位置推定を効率よく行う手法を新規に提案し、フィールド実験により提案手法の有効性を示し、探査ロボットの自律機能と環境適応機能を実現したもので、電気工学、ロボット工学、宇宙工学への貢献が少なくない。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。