

審査の結果の要旨

氏名 木村 宣隆

本論文では、周囲物体配置が時々刻々変化し、床面上に非水平箇所を有する屋内環境を移動するロボットのための、環境認識の問題を扱っている。ロボットが目的地に向かって自律的に移動するためには、ロボットが自身の位置(及び姿勢)を把握し、与えられたルートに沿って走行していることや、ルート上に障害物が存在しないことを確認する必要があるなど、環境認識は移動ロボットにとって不可欠な機能の一つである。

ただし、従来の2Dレンジファインダベース環境認識技術は、周囲物体の配置が変化する動的な環境や、床面に非水平箇所が存在する環境には適用できず、この運用上の制約が適用可能なアプリケーションを限定してしまっている。これらの環境にて正常動作する環境認識技術を、実用化済み技術に対し演算コスト及びセンサ構成の価格の増加を抑え、なおかつ、同等の持続性を有する技術として確立することが求められている。

本論文は、「物体配置が変化する非水平床面環境における移動ロボットの持続的環境認識 **Continuous Environment Recognition for Mobile Robot in Environment with Dynamic Object Layout on Non-Horizontal Floor**」と題し、全8章から成る。

第1章では、上述の研究の背景と目的について述べている。また、関連研究を調査し、従来研究で達成されていない以下の3点の技術的課題を導いている。

- ・地図の歪みの発生を抑制しつつ環境地図をリアルタイムに更新し続ける。
- ・演算コストやセンサ構成価格を抑えつつ3D自己位置推定を継続する。
- ・センサを移動させながら環境内を連続的に計測し2.5D地図を作成する。

第2章では、本研究で対象とする二つの環境、周囲物体配置が時々刻々変化する環境、床面上に非水平箇所を有する環境を具体的に定義している。

第3章では、提案する環境認識技術の概要について述べ、その基盤となる2Dレンジファインダベース環境認識技術、静的環境下での2D地図作成技術について説明している。

第4章では、提案する環境認識技術のうち物体配置変化に対応するための手法について詳述し、シミュレーションによるその有効性を検証している。この

ような環境で地図を歪ませることなくリアルタイムに地図を更新するため、周囲物体を空間に固定される静止物体と荷物など移動する可能性のある準静止物体とに自動分類し、認識された静止物体の周辺を地図更新しないエリアに設定する手法を提案している。ここで、レンジファインダによる各格子の観測が不定期であってもロバストな地図更新を実現すべく、各格子に対し直前の観測結果と新たな観測結果との関係からその間の格子の状態を補間する手法を併せて提案している。

第 5 章では、提案する環境認識技術のうち非水平床面に対応するための手法について詳述し、実験によりその有効性を検証している。このような環境で演算コスト及びセンサ構成の価格を抑えながら 3 次元的な環境認識を行うため、従来技術に対し、3D ジャイロセンサと、従来の 2D 環境地図と床面高さ地図とを組み合わせた 2.5D 地図を導入し、2.5D 地図を 3 次元情報に展開することなく解析する手法を提案している。また、床面計測結果と障害物とを適切に分離するため、床面計測誤差の標準偏差の理論的な導出にも試みている。

第 6 章では、提案する環境認識技術のうち 2.5D 地図の作成方法について述べ、実験によりその有効性を検証している。床面計測用の 2D レンジファインダを搭載したロボットを用い、第 5 章で提案した手法を応用することで、3D 自己位置推定と 2.5D 地図の更新を繰り返す手法を提案している。ここで、各センサの計測誤差が大きい場合、床面高さ地図に実際には存在しない微小な凹凸を発生させてしまう。この問題に対し、予め計測した水平床面高さを事前情報として用い、その高さ付近の被計測点を水平床面の計測結果であるとみなし矯正する手法を提案している。また、水平床面を計測したとみなす高低差の閾値を、床面計測誤差の標準偏差に基づき算出することにも試みている。

第 7 章では、対象とする二つの環境を踏まえ、提案する環境認識技術の有効性と適用範囲について考察している。

第 8 章は結論であり、以上の内容から、周囲物体配置が時々刻々変化し、床面上に非水平箇所を有する環境にて正常動作する環境認識が、実用化済み技術と同程度の演算コスト、作業コスト、センサ構成価格にて、十分な持続性を持って実現されたと結論付けている。

以上のように、本論文は、従来の環境認識技術の運用上の制約を解消する実用的な手法を示している。これは、自律移動ロボットの普及に向けたボトルネックを解消する、ロボット工学において価値のある成果であり、物流業界をはじめとした各産業界の発展に大きく寄与するものである。

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。