

論文内容の要旨

博士論文題目

High Speed and Efficient Path Planning for Mobile Robot System
(ロボットシステムのための経路探索高速化の研究)

氏名

鈴木 夢見子

(論文内容の要旨)

移動ロボットが生活環境でサービスを的確に実行するには、現在もなおその動作速度や挙動に問題がある。移動ロボットの自律の三要素には認識・計画・制御があり、認識と制御については研究が盛んだが、特に国内では計画は従来からある A* のような最短経路探索を用いた既存の手法を流用するに留まっており、システムへの負荷や評価基準といった視点を考慮して経路探索の研究がなされていない。安定した動作、安全のためのすばやい反応を実現するためには計画の性能向上が必要であり、ロボットシステムに負荷の少ない計画の実現のため、経路探索の高速化は必須であると考え。本研究では計画こそが移動ロボットの最重要機能であると考え、高速な経路探索手法を構築することを目的とし、環境の分類法を新たに定義し最適な経路探索手法の選択基準を提案する。はじめに環境の評価基準を定義する。最適な経路探索手法は環境という場が決まって初めて決定する。しかし二次元地図の最適な空間分割分類法は確立されておらず、経路探索は探索速度または経路長のみで評価されることが一般的であった。本研究では環境の評価基準を定義し、実際の室内環境の地図を用いて算出した障害物の密度によって地図を分類し、環境の混雑度を評価した。この評価基準が障害物の大きさに依存しないことを実験により明らかにした。またこの評価基準によって環境と経路探索の関係を示し、Forward と Backward の探索手法使用境界を示す。

本研究では二輪駆動ロボットに焦点をあて、二輪駆動ロボットの挙動を模した滑らかなカーブを固定形状として持つ探索木をステアリングセットと定義し、この離散的な枝を用いる Forward な探索手法を提案した。実際の二輪駆動ロボ

ットに提案手法を実装し、その挙動を検証した。従来から用いられているグリッドベース上の最短経路探索と比較し、提案手法は滑らかで効率のよい走行結果が得られた。また人の動きをとらえ人の歩行を追跡する研究の成果を利用し、人の移動情報から移動障害物の動きが予測可能であると仮定し、動的に変化する環境下におけるステアリングセットを用いた時空間探索手法を提案した。

一方で、Forward な探索では経路として使用しない領域に対しても枝と障害物との衝突チェックを行うため、探索時間が地図の大きさに依存して増大することが知られている。この問題を事前に探索木を計算しておくことにより高速化できることが知られているが、この事前探索木の手法は使用メモリ量が増大するというトレードオフな問題を抱えている。本研究ではメモリ量を増大させることなく事前探索木を生成し、かつ探索の高速化を同時に実現する事前探索木生成手法、および事前探索木による探索法に適した経路取得高速化法を提案する。A*の枝を用いた汎用的な事前探索木を用いて実験を行い、その使用限界を明らかにした。以上の結果は、経路探索を評価するための有効な基準であり、さまざまな環境に対して最適な経路探索手法を選択する際の有効な指針となる。

(論文審査結果の要旨)

本論文ではロボットシステムへの負荷を最小化するための高速な経路探索手法を構築することを目的とし、環境の分類法を新たに定義し最適な経路探索手法の選択基準を提案している。本論文の主な成果は以下に要約される。

移動ロボットの置かれた環境の評価基準を定義している。従来、経路探索は探索速度または経路長のみで評価されることが一般的であったが、本論文では、実際の室内環境の地図を用いて算出した障害物の密度によって地図を分類し、環境の混雑度を評価する基準を定義している。そして、この評価基準が障害物の大きさに依存しないことを実験により明らかにしている。またこの評価基準によって環境と経路探索の関係を示し、Forward と Backward の探索手法使用境界を示している。

二輪駆動ロボットに焦点をあて、二輪駆動ロボットの挙動を模した滑らかなカーブを固定形状として持つ探索木をステアリングセットと定義するとともに、この離散的な枝を用いる Forward な探索手法を提案している。実際の二輪駆動ロボットに提案手法を実装し、その挙動を検証している。従来から用いられているグリッドベース上の最短経路探索と比較し、提案手法は滑らかで効率のよい走行を実現している。また人の動きをとらえ人の歩行を追跡する研究の成果を利用し、人の移動情報から移動障害物の動きが予測可能であると仮定し、動的に変化する環境下におけるステアリングセットを用いた時空間探索手法を提案している。

Forwardな探索における使用メモリの増大の問題を解決している。メモリ量を増大させることなく事前探索木を生成し、かつ探索の高速化を同時に実現する事前探索木生成手法、および事前探索木による探索法に適した経路取得高速化法を提案している。そして、A*の枝を用いた汎用的な事前探索木を用いて実験を行い、その使用限界を明らかにしている。これらの結果は、経路探索を評価するための有効な基準であり、さまざまな環境に対して最適な経路探索手法を選択する際の有効な指針となり、探索を含むシステムの高速化が可能であることを示唆している。

以上のように、本論文は移動ロボットにおいて最重要課題とされている経路探索手法について取組み、高速な経路探索手法を提案し、その有効性を明らかにしており、移動ロボット技術の向上及び発展に大きく貢献している。よって本論文は博士(工学)の学位論文として価値があるものと認める。