

氏 名	新 保 仁
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 1892 号
学位授与の日付	平成 12 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 情 報 工 学 専 攻
学位論文題目	Real-Time Search with Nonstandard Heuristics (非標準的なヒューリスティック評価関数を用いた実時間探索法)

論文調査委員 (主 査) 教 授 石 田 亨 教 授 富 田 眞 治 教 授 岩 間 一 雄

論 文 内 容 の 要 旨

古典的なオフライン探索法の対案として提案された実時間ヒューリスティック探索法は、局所的かつ不完全なプラン作成と、それに基づく動作実行を交互に行って最終的な問題解決を目指すものである。実時間探索法では、個々の動作が不完全なプランに基づいて決定されるため、最適なプランを得ることはできないが、少なくとも目標を達成することは保証されている(完全性)。さらに、LRTA*を含む一部の実時間探索アルゴリズムは、繰り返し問題を解くことによって最終的に最適なプランを得ることができる(収束性)、という一種の学習能力が備わっており、学習機能を備えた自律エージェントのモデルとしても興味を持たれている。

本論文は、過去明らかにされていなかった以下の2つの課題に重点をおいて、さまざまな実時間探索アルゴリズムのもつ性質について理論的かつ実験的に論じている。

(1)「適格性」と「一貫性」という2つの基本的な性質が欠如した非標準的なヒューリスティック評価関数が実時間探索にもたらす影響。

(2) 実時間探索アルゴリズムの学習過程の分析。

本論文は全体として7章で構成されている。

第1章は序論であり、新しいヒューリスティック探索法である実時間探索アルゴリズムが生まれた経緯と、その特徴、さらに関連分野との関係について述べている。

第2章は、予備知識の説明に当てられている。ここでは、本論文を通じて用いられる基本的な概念や用語・記法に関する説明とともに、すべての実時間探索アルゴリズムの基本であるLRTA*アルゴリズムを紹介している。

第3章では、LRTA*アルゴリズムの収束性証明のための新しい手法を提案している。この手法によって得られる証明は、きわめて簡潔である。さらにこの証明法は、LRTA*のもうひとつの重要な性質である完全性の証明法の拡張として構築されているため、これら2つの性質が密接に関係していることを明らかにしている。また、LRTA*原論文で示された証明法とは異なり、ヒューリスティックの一貫性いかにかわらず適用可能であるため、より一般的な証明法と言える。

第4章では過大評価したヒューリスティック関数を用いた実時間探索法が提案されている。LRTA*からヒューリスティック関数の適格性に関する制約を取り除いた「重みつきLRTA*」アルゴリズムは、最適解への収束を保証することはできないが、準最適解への収束性を持つことが導かれている。さらに収束先の準最適解の質は、初期ヒューリスティック関数がどの程度実際の距離を過大評価しているかが分かれば予測可能であることが示されている。また、適切なパラメータを設定することで、解の質と引き換えに収束に要する計算時間や資源を大幅に削減できることが実験的に示されている。

第5章では、収束過程における過渡解の不安定性を克服する方法を提案されている。この章では、収束過程の解の質がきわめて不安定になりうるという実時間探索の欠点を指摘し、これを克服するために、目標までの実際の距離の上界値を維持管理する非適格なヒューリスティック関数を導入した新しい探索法を提案している。提案されたアルゴリズムが、収束過程

において解の質の極端な悪化を抑制する効果を持つことが、解析的かつ実験的に示されている。

第6章では、一貫性を満たさない評価関数が移動目標探索アルゴリズムに与える影響の分析を行っている。問題解決途上で目標が変化する移動目標探索アルゴリズムと、その基礎となった固定目標のための探索アルゴリズムである LRTA* を比較検討し、一貫性を満たさない評価値の取り扱いをめぐるこれらのアルゴリズムの差異を解消している。特に、これまで移動目標探索アルゴリズムは、過大評価されたヒューリスティック関数が用いられた場合には完全性が保証されないと考えられていたが、実際には完全であることが示されている。

第7章は結論であり、本論文の成果を要約するとともに、今後の課題について述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、ヒューリスティック評価関数が備えるべきとされてきた適格性および一貫性という、2つの性質が欠如した非標準的なヒューリスティック評価関数が実時間探索に及ぼす影響について研究を行い、得られた成果をまとめたものである。その主な成果は以下に要約される。

1. 実時間探索アルゴリズム LRTA* の収束性証明のための新手法を提案した。これによって得られる証明はきわめて簡潔で、LRTA* 原論文の証明法とは異なり、ヒューリスティック評価関数の一貫性にかかわらず適用可能という特徴がある。

2. 非適格なヒューリスティック評価関数を用いる実時間探索法を提案した。提案されたアルゴリズムは準最適解への収束性を有することが示されている。さらに収束先の解の質は、初期評価関数の過大評価の程度から予測可能である。また適切なパラメータを設定することで、解の質と引き換えに収束に要する計算時間や資源を大幅に削減できることが示されている。

3. 収束過程における解の不安定性を克服するために、目標までの実際の距離の上界値を維持管理する方法を提案した。そのようにして構築された新しい実時間探索アルゴリズムは、収束過程においても解の質の極端な悪化を抑制する効果をもつことが、解析的かつ実験的に示されている。

4. 問題解決途上で目標が変化する移動目標探索アルゴリズムと、固定目標探索アルゴリズム LRTA* を比較検討し、一貫性を満たさない評価関数の取り扱いをめぐるこれらのアルゴリズムの差異を解消した。特に、これまで移動目標探索アルゴリズムは、過大評価されたヒューリスティック関数が用いられた場合には完全性が保証されないと考えられていたが、実際には完全であることが示されている。

以上、本論文は、非標準的なヒューリスティック評価関数が実時間ヒューリスティック探索法にもたらす各種の影響を明らかにしており、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成12年1月21日、論文内容とそれに関連した試問を行った結果、合格と認めた。