

論文審査の結果の要旨

論文提出者氏名 浅井 政太郎

グラフにおける経路探索は意思決定や自動計画といった人工知能の重要な課題の解決の基礎となる重要な技法である。この論文は、グラフ上の経路探索問題に対する基本的アルゴリズムである最良優先探索法を扱った。特に、目的までの経路コストの下界を用いて探索を行う A*探索及び貪欲的に下界の保証がない見積もり関数を用いて探索を行う Greedy Best-First Search (GBFS)に対する詳細な分析および改善が本論文の目的である。

論文は9章からなる。第1章は研究の目的と全体構造を述べている。第2章は、この論文で主に評価に用いる既存研究である非ドメイン依存な自動行動計画問題に対するソルバ(プランナ)、及び論文において分析・改善の対象となる最良優先探索アルゴリズムに関する背景を述べている。

最良優先探索は評価関数により最良と判断されるノードを展開しながら探索を行うアルゴリズムであるが、そのようなノードが複数存在する場合、タイブレークと呼ばれる手続きでその内一つを選ぶ。第3章は、これまで着目されていなかった A*探索のタイブレークに焦点を当て、特にコストがゼロとなるアクションを含む問題では既存手法では性能が低下しやすいことを実験的に示した。

この問題を解決する為、第4章で探索を非局在化させ、なるべく万遍なくノードを展開する「深さ非局在化タイブレーク」手法を提案して、理論的分析及び、その効果を実験的に評価した。実験的結果から提案手法は既存のタイブレーク法と比べて有力な手法であることが確認された。

第5章は、非局在化タイブレークが成功する理由について調べ、タイブレークが同じ評価値を持つノード間の充足解探索に帰着できることを示し、アルゴリズムの完全性に関する理論的結果と、タイブレークに充足解探索ヒューリスティックを用いる新手法の実験的結果によって妥当性を示した。

第5章で示した通り最適解探索が充足解探索の繰り返しに帰着できることから、第6章では焦点を充足解探索に移した。最良優先探索とは異なり充足解探索の文脈では、最良優先探索からある程度逸脱した探索ポリシー、すなわち探索非局在化が効果的であることは知られていたが、既存の個々の非局在化手法はアドホックに提案されていた為、これらの探索非局在化手法を包括的に理解するための枠組みが欠落していた。第6章は充足解探索でのタイブレークと探索非局在化が直交する効果を持ち、かつそれぞれに同様の手法を適用できることを示した。これを実験的に示すため、「初期状態などの特定のノードからの経路コスト、すなわち深さ方向の非局在化」という共通点を持つ、「深さ非局在化タイブレーク」およびXieらに提案された探索非局在化手法「Type-GBFS」を個別及び同時に実行する実験を行い、性能を計測した。実際に性能向上が異なるドメインで観測されたこと、および同時に使用することで全体の性能が向上することから、両者の直交性を実証した。

第7章は、「深さ非局在化タイブレーク」および「Type-GBFS」がともに深さ方向の非局在化であることから、非局在化を行ったとしても探索性能が大きく悪化するような問題が存在することを指摘し、深さに依存しないことでこれを改善する新たな非局在化手法BIPを提案及び評価した。また、BIPをHelmertらによる優秀なプランナLAMAと組み合わせ、性能が改善されることを示した。

第8章は関連研究について述べ、第9章は全体のまとめおよび将来の展望を述べている。

以上のように本論文は、グラフ上の経路探索問題について、最適解探索・充足解探索を統一して理解するための枠組みを構築して多くの新しい知見をもたらしただけでなく、両者ともに性能向上を達成したことにより、研究分野全体への学術上の貢献が大きいと評価できる。したがって、本審査委員会は博士(学術)の学位を授与するのにふさわしいと認定した。