

## 審査の結果の要旨

氏名 美添一樹

近年、モンテカルロ木探索をはじめとして、ゲームAIの進展には目を見張るものがあるが、AND/OR木の分岐因子が大きく、ほぼ一様であるような探索問題は、依然としてコンピュータによって解くことが難しい。領域が開いていて脱出の可能性のある詰碁は、その典型例である。証明数探索は、従来のalpha-beta探索とは異なり、探索対象の知識が少ない状況でも十分な性能を発揮し、既存のAND/OR木探索アルゴリズムの中では最も効率がよいと考えられているが、分岐因子が小さい選択枝ほど見込みがあるという仮定に基づいているため、探索対象が一様かつ大きな分岐因子を持つ場合は、やはり有効ではない。したがって、分岐因子が一様な探索空間、より正確には分岐因子が探索の手がかりにならないような探索空間に対しては、新たな技術を開発する必要がある。

本論文では、二つのアプローチに基づいて、分岐因子が大きくかつ一様な探索空間に適した探索アルゴリズムを提案している。一つは、 $\lambda$ 探索と証明数探索の融合、もう一つは、dynamic wideningである。具体的な対象としては、領域の開いた囲碁の問題が取り上げられている。これは、囲碁が広く知られている問題であり、また分岐因子が一様かつ大きな問題の中でも最も難しい問題の一つだからである。

本論文は8章から成る。第1章は論文全体の導入であり、第2章では、上述したように、ゲームAIにおける探索アルゴリズムについて広く解説されている。第3章では、本論文のアプローチのもとになっている証明数探索、特にdf-pnについて説明されている。

第4章では、本論文の最初のアプローチについて述べられている。このアプローチは、平坦な探索空間から階層構造を抽出するものであり、特に、既存のアプローチが静的な評価関数を用いて探索の方向を制御するのに対して、実際に探索を行うことによるのみ判明する階層構造を利用する。具体的な階層構造としては $\lambda$ 探索が用いられ、これをdf-pnに組み込むことによって $\lambda$ df-pnと呼ばれるアルゴリズムが開発されている。このアルゴリズムは、探索空間を $\lambda$  orderという概念に基づいて分類しながら探索を行う。実際に、分岐因子が大きくかつ一様な探索空間において、既存の最高のアルゴリズムであるdf-pnと比較して、 $\lambda$ df-pnが大幅に速度性能を向上させることが示されている。

第5章では、本論文の第二のアプローチについて述べられている。このアプローチは、有望でない枝を探索中に自動的に無視するものであり、具体的には、dynamic wideningという手法を用いて、証明数探索において有望でない枝を無視する。実際に、df-pnとdynamic wideningを組み合わせることによって、分岐因子が一様かつ大きい探索空間においては、df-pnの速度性能が向上することが示されている。

第6章では、dynamic wideningと $\lambda$ df-pnを組み合わせ、実際に囲碁の問題を解くことにより、その性能が測定されている。測定の結果は、探索対象に関するヒューリスティックな知識を全く用いない実験であったことを考慮すると、十分に満足すべきものであった。

第7章では、 $\lambda$ df-pnを用いることにより、探索領域を他の領域から孤立化させる手法であるinversionの性能が向上することが示されている。

以上をまとめるに、本論文では、二つのアプローチに基づいて証明数探索の性能を向上させる二つのアルゴリズムが開発された。これらのアルゴリズムは、AND/OR木の分岐因子が大きく、ほぼ一様であるような探索問題に対しても有効であり、したがって、ゲームAI分野のAND/OR木探索問題の中で、人間がコンピュータに対抗し得る一群の問題に対しても適したアルゴリズムとなっている。これらの成果は、ゲームAI分野への貢献として著しいと考えられる。

よって本論文は博士（情報理工学）の学位請求論文として合格と認められる。