

学位論文題目 AND-OR Tree Search Algorithms for Domains with Uniform Branching Factors (邦訳: 分岐因子が
一様な探索空間のための AND-OR 木探索アルゴリズム)

取得年月 2009年2月 **学位種別** 博士(情報理工学) **大学** 東京大学

氏名

美添 一樹 (東京大学大学院 情報理工学系研究科 コンピュータ科学専攻 助教)

推薦研究会

ゲーム情報学

推薦文

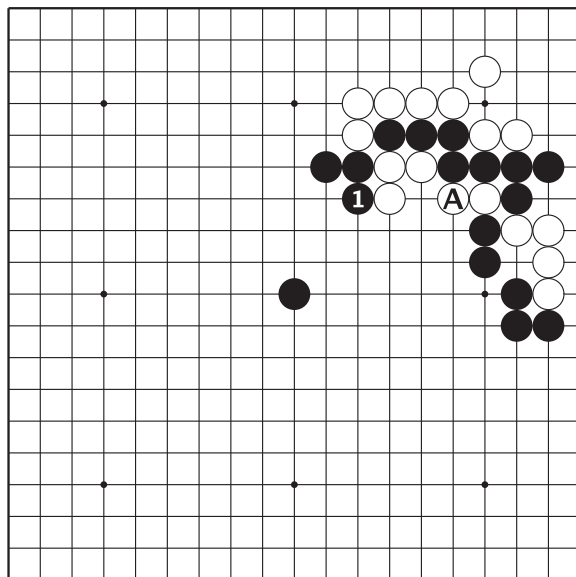
本博士論文はゲームの多くの問題で用いられる AND/OR 木探索の新しい手法を提案している。提案する手法は、分岐因子が探索の手がかりにならないために証明数探索が苦手になっている多くの問題に適用可能であり、今後のゲーム研究の発展に繋がるものとして、国際的にも高く評価されている。以上、研究会の推薦に相応しいものと判断する。

AND/OR木とは、定理証明や二人プレイヤーゲーム(特に詰将棋、詰碁など)を自然に表現可能なデータ構造である。AND/OR木探索には、証明数/反証数を用いた探索アルゴリズムが非常に有効であることが知られている。特に長井らによって発明されたdf-pn(深さ優先証明数)探索は、詰将棋、チェッカーの終盤、詰碁などに適用され、大きな成功を収めている。ゲームにおいてしばしば現れる複雑なAND/OR木を探索する能力において、今日のコンピュータは人間を上回っていると広く信じられている。

しかし、熟練した人間であれば読み切れるサイズの問題でありながら、コンピュータが苦手とする問題がまだ存在する。代表的な例は、盤面が区切られていない状態の囲碁の死活や攻合い、玉が孤立した詰将棋、詰みのない将棋の終盤などである。これらの問題に共通する性質は、分岐因子が大きくかつほぼ一様であることである。証明数探索は探索対象となる木の形状を手がかりに探索を行う。しかし、分岐因子がほぼ一様な木は、形状がほぼ均一であるために探索の手がかりが少なく、証明数探索にとっては都合の悪い問題である。

そこで新たに他の2つの手法を提案し、証明数探索の長所を生かしつつ、分岐因子がほぼ一様な探索空間でも高速に探索可能なアルゴリズムを実現し、囲碁の攻合い問題で性能向上を確認した。1つの方法はdf-pn探索を λ 探索と組み合わせた λ df-pn探索であり、もう1つは有望な候補手のみを探索の手がかりとするdynamic wideningである。

Thomsenによって提案された λ 探索は、探索空間を脅威度(λ オーダ)によって階層化する。攻撃側が勝利に近いほど脅威度は低く、たとえば、脅威度1は詰将棋で言えば即詰みがあること、囲碁の石取り問題ではシチョウで取れることを意味する。脅威度2の局面は、一手すきの「詰めろ」やゲタ、ユルミシチョウに対応する。脅威度は探索の良い指標になるが、脅威度を求めること自体に大きな計算時間がかかる場合が多いという問題があった。 λ df-pn探索では λ 探索の階層構造を証明数探索の枠組みで表現することにより、脅威度を求めるための探索にかかる計算時間を自動的に調節することに成功した。 λ



df-pn探索は、囲碁の攻合い問題においてdf-pn探索を大きく上回る性能を達成した。

証明数探索の欠点として、有望でない候補手が多数存在する場合に探索の順序が悪影響を受け、探索が遅くなるということがあった。そこで、有望な手のみを証明数の計算に用いるdynamic wideningという手法を提案し、特に囲碁の盤面全体を候補手とした問題についてdf-pn探索の性能を大幅に向上させることに成功した。

これらの手法により、図のような問題を高速に解くことが可能となった。図は囲碁の古典、玄々碁経の問題である(Aの石を取るという問題。1が正解。約22万節点の探索で解答、実時間は近年のCPUなら2秒以内)。

(平成22年5月6日受付)