

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月6日現在

機関番号：55201

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008～2011

課題番号：20700133

研究課題名（和文） 名人を超える将棋終盤アルゴリズムの開発

研究課題名（英文） Development of shogi-endgame algorithm exceeding the Meijin

研究代表者

橋本 剛（HASHIMOTO TSUYOSHI）

松江工業高等専門学校・情報工学科・准教授

研究者番号：40420335

研究成果の概要（和文）：AND/OR 木探索の難問、2重カウント問題を解決する”Weak Proof Number Search（WPNS）”を開発した。詰め将棋における実験では、特に数百手を超える超難問で WPNS の性能が他を圧倒した。また、将棋や囲碁の評価関数機械学習、将棋熟達化の認知科学的研究を行った。

研究成果の概要（英文）：“Weak Proof Number Search”（WPNS）which solves the double count problem, a difficult problem of AND/OR tree search, was developed. In experiments using tsume-shogi problems, the performance of WPNS overwhelmed others especially for super-difficult problems which exceeds hundreds plies. Moreover, evaluation function machine learning of the game of go or shogi and cognitive science research of shogi skill formation were done.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
20年度	900,000	270,000	1,170,000
21年度	800,000	240,000	1,040,000
22年度	800,000	240,000	1,040,000
23年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：ゲーム情報学

科研費の分科・細目：情報学・知能情報学

キーワード：コンピュータ将棋・AND/OR 木探索・終盤アルゴリズム・詰将棋探索

1. 研究開始当初の背景

名人に勝つコンピュータ将棋の開発は人工知能研究における大きな目標の一つである。コンピュータ将棋はプロ棋士のレベルにかなり接近しているが、さらに棋力を上昇させ名人レベルに到達するためにはまだ多くの問題を解決しなければいけない。その大きな課題の一つとして終盤における「寄せ」の問題がある。詰み探索に関してはもうプロを遥かに凌ぐ性能を誇っているが、詰みの手前の段階である寄せ合いになるとまだ

まだプロに及ばず、寄せ合い探索の強化がプロに勝つための重要なポイントになる。

2. 研究の目的

コンピュータ将棋における大きな課題、プロを超える「寄せ」実現のため以下の2点に集約される寄せ合い探索の強化が重要なポイントになる。

- (1) 詰み探索、必死探索など AND/OR 木探索の性能向上と寄せ合い探索の開発
- (2) 通常探索と AND/OR 木探索の効率的な融

合

本研究では申請者が開発する将棋プログラムを使い以上 2 点の研究を進め, 対名人勝利を目指す。また, その応用として, 囲碁やオセロを使って成果を出すことも目指す。

3. 研究の方法

以下の 2 点に焦点を当てて将棋終盤アルゴリズムを開発する。

(1) 詰め探索, 必死探索など AND/OR 木探索性能の向上と寄せ合い探索の開発

証明数を使う df-pn では GHI 問題は解決されたが依然 2 重カウント問題が深刻な問題として残っており, その対策が難問になるほど重要になる。近年, 岡部 (NEC) は経路分枝数探索という証明数に代わる 2 重カウント問題の起こらない方法の提案をしたが, 申請者らが行った研究で基本性能が証明数よりも劣ることがわかった。そこで証明数と経路分枝数の概念における AND ノードでの計算法を見直し, 新たな方法の開発を行う。これが完成すれば詰め将棋や必至探索の大幅な性能向上が期待できる。また, この方法でオセロの読み切りに挑戦をする。次に AND/OR 木探索の枠組みで寄せ合い探索の開発を行う。証明分枝数探索をベースに実装し, 二手すぎ以上の難しい局面でも実用的な時間内で結論を出せるアルゴリズムの完成を目指す。

(2) 通常探索と AND/OR 木探索の効率的な融合

通常探索と詰め探索, 必至探索, 寄せ合い探索の効率的な融合を目指し, 通常探索内部からそれぞれを呼び出すプログラムを作成し効率的な呼び出しアルゴリズムを考案する。

また, これらと並行してオセロや囲碁を用いた探索強化の研究を行うことで, 他のドメインでの成果も示す。

4. 研究成果

(1) 詰め探索, 必死探索など AND/OR 木探索の性能向上を目指し, 証明数と経路分枝数の概念における AND ノードでの計算法を見直して ” Weak Proof Number Search (WPNS) ” と名付ける新たな方法を開発した。従来の証明数探索では 2 重カウント問題が未解決で, 長手数 of 難問になるほど指数的に計算誤差が増大し解に辿り着くのが困難であった。提案手法 WPNS では AND ノードにおいて子ノードの WPN のうち最大のものをそのまま足し, それ以外では値を 1 に圧縮して足す。そのため 2 重カウント問題は発生しないが, 証明数と同様に有力なノードを優先的に探索することが可能となる。詰め将棋における実験では, WPNS が従来手法で最良とされる dfpn を上回る性能を示した。特に数百手を超える

超難問では WPNS の性能が他を圧倒し, 611 手の「寿」(図 1)をわずか 7.2 秒で解くことができ, dfpn などを使う他の市販ソフトを圧倒した(表 1)。また, オセロを使った実験でも他手法を圧倒する性能を示した。(図 2)

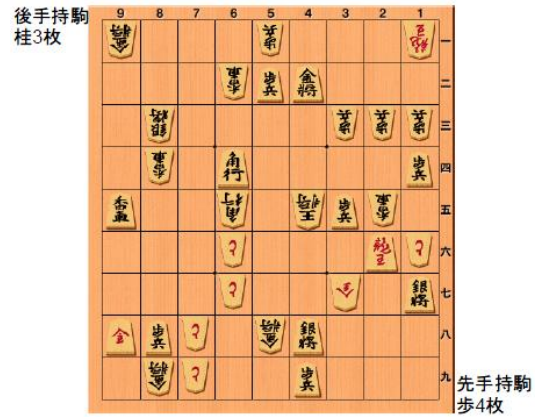


図 1 将棋図巧 100 番「寿」611 手詰

表 1 「寿」を用いた探索性能比較

将棋ソフト名	探索ノード数	解いた時間
銀星将棋 4	unsolved	
激指 7	unsolved	
TACOS(改良前)	unsolved	
柿木将棋 8	不明	1分20秒
AI将棋 14	不明	17.3秒
東大将棋 8	1685848	10.5秒
TACOS(WPNS)	797438	7.2秒

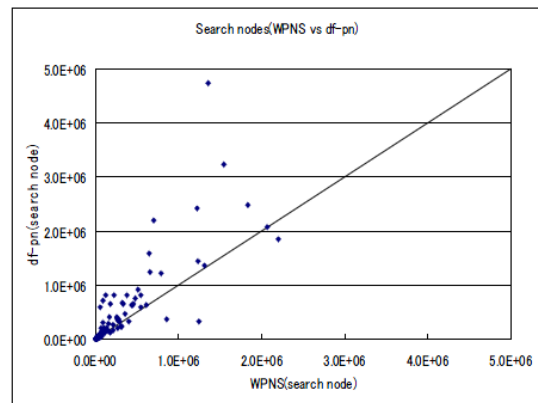


図 2 オセロ終盤問題探索 WPNS df-pn ノード数比較(左上だと WPNS が早い)

(2) 将棋や囲碁などの評価関数学習について研究を行った。コンピュータ将棋で多く用いられる勾配法を使った学習の収束を改善する手法を提案し, 実験で学習速度の大幅な向上を確認した。また進行度を用いて序盤中

盤と終盤の評価関数を区別し、それぞれの学習を勾配法で行い実験によって棋力の向上を確認した。また、コンピュータ囲碁のモンテカルロシミュレーションに使う局面遷移確率用の評価関数で勾配法による学習を初めて行い、フィルタリングを行うことで従来手法の最大最小化法を圧倒する成績を取ることができた。

(3) Weak proof number search とともにその基礎となる branching number search (BNS) の研究を行い、詰め将棋とオセロで実装し性能を比較した。その結果、BNS も 300 手以上の難問詰め将棋やオセロで従来の proof number search より多くの問題を早く解くなど難問に適した探索法であること、Weak proof number search はさらに高性能であることがわかった。Weak proof number search を将棋の通常探索で使う研究では、特定の問題セットで難しい寄せを読み切り高い正解率を得ることに成功した (図 3)。

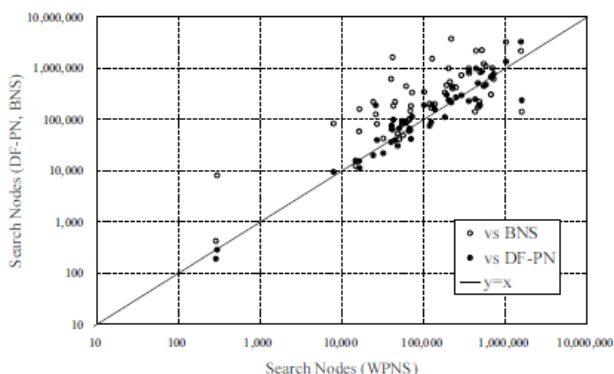


図 3 長手数詰将棋問題探索ノード数比較 WPNS と df-pn, BNS (左上だと WPNS が早い)

(4) 将棋を題材にした熟達化の認知科学的研究も行った。将棋を題材にした研究では高い装置が必要でマンパワーが必要であった。本研究では将棋の手筋に焦点を当て、簡単に手に入る棋譜集から手筋を抽出し、熟達度による認知科学的差異を示した。n-gram を用いたレーティングごとの頻出手順を抽出分析により、以下の特徴を発見した。まずレーティングが高くなるにつれて出現頻度が高くなる上級手筋 (表 2)、中間層の出現頻度が 1 番高い中級手筋、レーティングが高くなるにつれて出現頻度が低くなる低级手筋があり、棋力ごとに出現頻度の推移がある。そこから使用する手筋が熟達に関係することが分かる。上級手筋に多い端攻めや仕掛けの成立には読みも重要だが経験や感覚によるものが大きい。中級手筋は高段者

表 2 レーティングが高くなるにつれて出現頻度が高くなる手筋の例

1手目	2手目	3手目	予想される意味
1四歩 (1五)	同歩 (1三)	1三歩 (打)	端攻め
2四歩 (2五)	同歩 (2三)	3五歩 (3六)	仕掛け
6四歩 (6五)	同銀 (5三)	6五歩 (打)	位取り攻防
6五歩 (6六)	8六歩 (8五)	同歩 (8七)	仕掛け
9二歩 (打)	同香 (9一)	9三歩 (打)	端攻め

になるとお互いに消しあい、初級者には少し難しい手筋である。低级手筋は、単なる駒の交換が多くあまり交換後の局面を読んでいないことが伺える。手筋の特徴から、初級者は特に駒の交換の前に先の局面を意識することや、中級手筋を覚えて狙いを理解し、使えるようになることで棋力の上昇が見込めると言える。

(5) 情報処理学会コンピュータ将棋プロジェクトあから 2010 プロジェクトの一員として対清水女流王将序盤戦略の解析を行い、序盤戦略の考案を行った。過去の棋譜から戦形毎の勝率を分類し、内容を分析したところ、あから 2010 が先手の場合角換わり振り飛車に誘導することが得策であるとの結論に達した。そこで、一般にコンピュータ将棋が苦手であると思われる 4 手目 3 三角戦法 (図 4) を選んだ。結果コンピュータ将棋の対プロ棋士戦初勝利をあげた。

(6) 近年主に囲碁で流行しているモンテカルロ木探索を将棋終盤探索に応用するため、特に UCT の研究を囲碁とオセロを題材に行った。まず囲碁を題材に UCT 木の成長を決める node expansion について研究を行い、効率的な node expansion 手法を三種類提案し、



図 4 4 手目 3 三角戦法

実験でその優位性を示した。次に将棋で得られた勾配法を用いる機械学習の知見 (Bonanza Method) を元に、囲碁で従来手法より精度の高い評価関数を機械学習により計算することに成功し、対戦実験でその優位性を示した。また、オセロを題材に局面評価関数を使ってUCT探索をコントロールし、高い探索性能を上げる手法UCT+を提案、オセロで高い性能を示すことに成功したほか、オセロ求解に向けて $\alpha\beta$ 法に近い単純な縦型探索をベースに証明数探索に近いパフォーマンスを出す新たな探索法を提案した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

- ① 松井 利樹, 野口 陽来, 土井 佑紀, 橋本 剛, 囲碁における勾配法を用いた確率関数の学習, 情報処理学会論文誌, 査読有, Vol. 51, 2010, pp. 2031-2039,
- ② 橋本 剛, 清水女流王将対策と序盤戦術, 情報処理学会論文誌, 査読無, Vol. 52, 2010, pp. 170-174
- ③ 橋本 剛, 第5回世界コンピュータ将棋世界最強決定戦, コンピュータ将棋協会誌, 査読無, Vol. 21, 2009, pp. 79-81

[学会発表] (計7件)

- ① 森田 悠樹, 橋本 剛, 小林 康幸, オセロ求解に向けた単純な縦型探索をベースにする探索方法の研究, The 15th Game Programming Workshop, 2010. 11. 12, 箱根
- ② Takayuki Yajima, Tsuyoshi Hashimoto, Toshiki Matsui, Junichi Hashimoto, and Kristian Spoerer, Node Expansion Operators for the UCT Algorithm, 7th International Computers and Games Conference, 2010. 9. 25, Kanazawa, Japan,
- ③ 前原 彰太, 橋本 剛, 小林 康幸, 局面評価関数を使う新たなUCT探索法の提案とオセロによる評価, 研究報告ゲーム情報学 (GI), Vol. 2010-GI-24, No. 5, pp. 1-5, 2010. 6. 25, 奈良女子大学
- ④ 中野 将寛, 橋本 剛, 橋本 隼一, 将棋における手筋と熟達度の関係に関する研究, The 14th Game Programming Workshop, Vol. 2009, No. 12, pp. 17-21, 2009. 11. 14, 箱根
- ⑤ 橋本 剛, 松井 利樹, 野口 陽来, Bonanza Method を用いた囲碁評価関数の設計, 組合せゲーム・パズル ミニプロジェクト第4回ミニ研究集会, 2009. 3. 3, 東京工業大学

- ⑥ Toru Ueda, Tsuyoshi Hashimoto, Junichi Hashimoto and Hiroyuki Iida, Weak Proof-Number Search, Computer and Games 2008, 2008. 10. 1, Beijing, China
- ⑦ 松井 利樹, 橋本 剛, 橋本 隼一, 勾配法を使った学習の収束に関する研究, 第13回ゲームプログラミングワークショップ 2008, 2008. 11. 08, 箱根

6. 研究組織

(1) 研究代表者

橋本 剛 (HASHIMOTO TSUYOSHI)

松江工業高等専門学校・情報工学科・准教授

研究者番号 : 40420335