

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 5 月 17 日現在

機関番号：12612

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25730212

研究課題名(和文) ゲーム木探索におけるアンサンブル法の展開

研究課題名(英文) Development of ensemble game tree search method

研究代表者

保木 邦仁 (Hoki, Kunihito)

電気通信大学・情報理工学(系)研究科・准教授

研究者番号：00436081

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,600,000円

研究成果の概要(和文)：人工知能の判断ミスを避けるためのアンサンブル系構成法を研究した。研究のターゲットをチェスのような思考型ゲームに絞り、思考エンジンのアンサンブル系を構築して、悪手の選択を避けることを目指した。本研究の主な成果は次の論文誌に掲載された：(i) K. Hoki, T. Kaneko, A. Kishimoto, T. Ito, ICGA Journal, 36, 22-36, 2013. (ii) K. Hoki, S. Omori, T. Ito, Journal of Information Science and Engineering, 30, 701-712, 2014.

研究成果の概要(英文)：We analyzed ensemble methods to avoid decision error of artificial intelligence. Specifically, we took mind sports games such as chess as research targets, and aimed at elimination of blunders by composing an ensemble of artificial intelligence. The major outcomes of this research were published as: (i) K. Hoki, T. Kaneko, A. Kishimoto, T. Ito, Parallel Dovetailing and Its Application to Depth-First Proof Number Search, ICGA Journal, 36, 22-36, 2013. (ii) K. Hoki, S. Omori, T. Ito, Analysis of Performance of Consultation Methods in Computer Chess, Journal of Information Science and Engineering, 30, 701-712, 2014.

研究分野：ゲーム情報学

キーワード：人工知能 ゲーム ヒューリスティック探索

## 1. 研究開始当初の背景

医療、金融、災害、人事及び予算採択などに関する重要案件においては、これらの判断を単独の人間で行うことは稀である。通常、セカンドオピニオンや複数有識者との協議並びに採点を通し、多様な情報や考え方と照らし合わせて、もっともらしい判断が行われる。このように、異なる人の意見を統合して実りある判断を行う人間の知恵の模倣は、人工知能領域における大きな目標の一つである。パターン認識、統計的予測、機械学習、データマイニング等の分野では、複数の異なる判別器からなるアンサンブル系を構成して、判別や予測の精度を向上させる手法が盛んに研究されている。

思考型ゲームにおいてアンサンブル系を構成する試みは、例えば単純な一人ゲームの8パズル(3×3のボード上で8枚の駒をスライドさせるゲーム)において報告されている[2]。この先行研究では、単独エージェント探索の性能向上が示された。また、より複雑な探索を行う二人ゲームにおいても、人間とプログラムが協調することで強さが向上することが示された[3]。協調に加わる人間がプログラムよりも弱くても強さが向上したことから、協調には潜在的に大きな意義があると期待される。本研究では、二人ゲームで人の介在しないアンサンブル探索系構築を目指す。

ゲーム木探索の分散並列探索に関する研究も多数報告されている。チェスに特化したハードウェアを設計してプロセッサ間の通信コストを抑えたIBMのDeep Blueや、ゲーム木を分割して通信頻度を抑えたM. G. BrockingtonらのAPHIDと呼ばれる手法がよく知られている[4]。これらの先行研究ではゲーム木をより深く探索することを目指したものであり、アンサンブル探索系の構成により安定な思考を行うことを目指したのではない。

## 2. 研究の目的

近年、巨大なパラメタ空間を持つ機械学習が可能になり、人工知能における予測精度やパターン認識性能の向上は目覚ましい。しかしこの技術が人の命に直接かかわる部分であまり利用されていないのは、稀に致命的な判断ミスをおこす事があるからである。このようなミスを起こさないように大量のパラメタを調整することは非常に困難とされている。本研究では判断ミスの可能性を下げるため、アンサンブル系を構成する手法を解析する。具体的には、思考型ゲームの枠組みにおいて、アンサンブル系(複数のプログラムの思考をまとめて一つの答えを出す系)を構成することにより着手を安定化し、突拍子もない悪手を指す確率を抑えることを目指す。

## 3. 研究の方法

(1) 多数決法の有効性は、アンサンブル探索系のもっとも基本的な意見選択則の一つである。この手法の性能は、これまでに、ヒューリスティック探索法に基づく将棋やモンテカルロ木探索法に基づく囲碁プログラムにおいて確認されている。本研究では、この手法を様々なゲームや探索法において網羅的に応用し、汎用性の調査を行う。

(2) 多数決法によるチェスプログラムの強さの改善は、eloレーティングにして50点以下である。一方、Althöferらのチェスの3-Hirnの研究によると、2プログラムの意見をゲームがあまり強くない人間が選択しただけで、200点程度のレーティング増加が見られた。Althöferらの成果は、多数決よりも性能が格段に良い選択則の存在を示唆している。このような選択則の発見の足掛かりとなる実験を行う。

(3) 異なる欠陥が導入された探索プログラムの出力結果を平均化して、もっともらしく間違えるプログラムを構成可能か調査する。

本研究計画ではゲームの専門的知識を使用せずに、汎用性のある方法によりプログラムの性能を劣化させることを目指す。

#### 4. 研究成果

(1) 詰将棋及び詰め碁ソルバーの高速化に一定の成果が見られた。現在のソルバーは証明・反証数の概念を用いて効率よくヒューリスティック探索を行う。各ソルバーの多様化は、この証明・反証数に小さな乱数値を足すことにより達成された。多様化された8個のソルバーからなるアンサンブル系を構成することにより、平均して20%程度の探索時間の短縮が確認された。この成果はジャーナル論文誌 ICGA Journal にて発表した。

(2) チェス思考エンジンの高性能化に一定の成果が得られた。現在の思考エンジンはalpha-beta探索とヒューリスティック評価関数を用いて次の一手を求める。このような探索を行う思考エンジンを複数用意して多数決などの簡潔なアルゴリズムにより思考結果を集計して、思考エンジンの強さ向上が確認された。この成果はジャーナル論文誌 Journal of Information Science and Engineering にて発表した。

(3) 囲碁・将棋よりも困難なゲーム人工知能や、もっともらしく間違えるゲーム人工知能の研究も実施した。期間内にアンサンブル系を構成するまでにはいかなかったが、人間熟達者の知識を用いたビデオゲーム思考エンジンの高性能化や、二人ターン制ゲームのTRAXの思考エンジン開発に関して成果がえられ、これらを国際学会や国内学会に報告した。

#### <引用文献>

1. R. Polikar, Ensemble based systems in decision making, IEEE Circuits and Systems Magazine, 6, pp. 21-45, 2006.
2. K. Knight, Are Many Reactive Agents Better

Than a Few Deliberative Ones?, The Thirteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence, pp. 432-437, 1993.

3. I. Althöfer, R.G. Snatzke, Playing Games with Multiple Choice System, Computer and Games, pp. 142-153, 2002.
4. M. G. Brockington and J. Schaeffer, The APHID Parallel alpha-beta Search Algorithm, IEEE Symposium of Parallel and Distributed Processing (SPDP'96), New Orleans, Oct. pp. 23-26, 1996.

#### 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. K. Hoki, S. Omori, T. Ito, Analysis of Performance of Consultation Methods in Computer Chess, Journal of Information Science and Engineering, 30, 701-712, 2014.
2. K. Hoki, T. Kaneko, Large-Scale Optimization for Evaluation Functions with Minmax Search, Journal of Artificial Intelligence Research, 49, 527-568, 2014.
3. K. Hoki, T. Kaneko, D. Yokoyama, T. Obata, H. Yamashita, Y. Tsuruoka, T. Ito, Distributed-Shogi-System Akara 2010 and its Demonstration, International Journal of Computer & Information Science, 14, 55-63, 2013.
4. K. Hoki, T. Kaneko, A. Kishimoto, T. Ito, Parallel Dovetailing and Its Application to Depth-First Proof Number Search, ICGA Journal, 36, 22-36, 2013.

[学会発表](計4件)

1. 桑原和人, 鎌田雅和, 中島麻衣, 西谷旦, 菅原真, 保木邦仁, Df-pn探索による6x6 TRAXの解析, 研究報告ゲーム情報学(GI),

電気通信大学（東京都・調布市）  
2016-GI-35(7), 2188-8736, 2016.

2. H. Takino, K. Hoki, Human-like build-order management in StarCraft to win against specific opponent's strategies, in 3rd International Conference on Applied Computing & Information Technology, 岡山コンベンションセンター(岡山県・岡山市), 99-104, 2015.
3. N. Araki, M. Muramatsu, K. Hoki, et al., Monte-Carlo simulation Adjusting, in Proceedings of the Twenty-Eighth AAAI Conference on Artificial Intelligence, Quebec City (Canada), 3094-3095, 2014.
4. K. Hoki, T. Kaneko, D. Yokoyama, T. Obata, H. Yamashita, Y. Tsuruoka, T. Ito, A System-Design Outline of the Distributed-Shogi-System Akara 2010, in 14th IEEE/ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing, Honolulu (USA), 466-471, 2013.

## 6 . 研究組織

### (1)研究代表者

保木 邦仁 (HOKI, Kunihito)

電気通信大学・情報理工学研究科・准教授

研究者番号：00436081