

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25年6月4日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2012

課題番号：22700136

研究課題名（和文） 機械学習と探索技術を応用した人間の状況判断の支援

研究課題名（英文） Decision support with search and machine learning techniques

研究代表者

金子 知適 (KANEKO TOMOYUKI)

東京大学・総合文化研究科・准教授

研究者番号：00345068

研究成果の概要（和文）：

本研究課題では、コンピュータの人工知能の判断力が、高度に訓練された人間の判断力に匹敵する分野を対象に、コンピュータプログラムを用いて人間の判断を支援する手法を研究を行なった。具体的には、囲碁や将棋において、コンピュータプログラムが MinMax 探索を行なって得た評価値やモンテカルロ木探索をもちいて得た勝率として提示した判断と、人間の熟達者の判断との差について研究を行なった。

研究成果の概要（英文）：

Researches on decision support systems with search and machine learning techniques were conducted. Computer programs for Go and shogi are mainly used because they can identify and solve problems almost as well as human experts in these domains, by using MinMax search with heuristic evaluation function and Monte Carlo tree search methods.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	2,300,000	690,000	2,990,000

研究分野：情報学

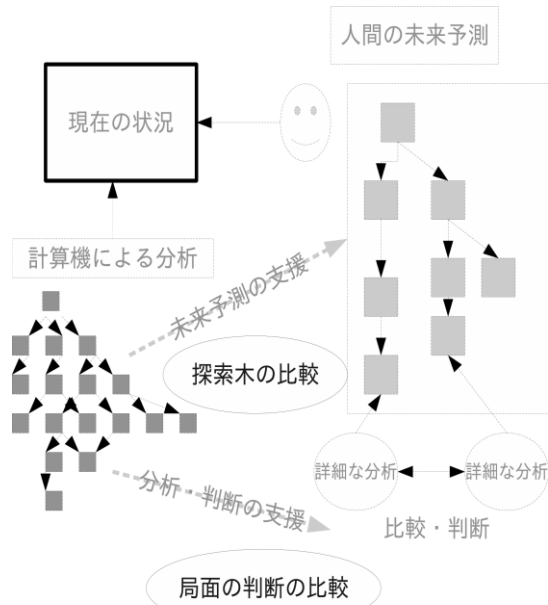
科研費の分科・細目：人間情報学 知能情報学

キーワード：ゲーム情報学

1. 研究開始当初の背景

様々な状況で人間が判断を行う場合には次ページの図のように、(1)現在の状況を認識し、(2)起こりうる未来を予想し、(3)起こりうる未来を比較検討したうえで (4)どの行動を行うかを決定するとモデル化できる場合が多い。そして適切な判断を行うためには、それらすべてが正確である必要がある。未来予測の支援と、分析・判断の支援の両方を計算機で行うことは重要である。しかし研究にあたっては、一般の問題では計算機の予測力と

判断力が人間に遠く及ばないため難しかった。そこで、研究の題材として、計算機の能力が人間に近づいている将棋・囲碁のような思考ゲームを題材に用いることが重要と考えられた。申請者はこれまで、思考ゲームを題材に、機械学習技術を応用した人工知能の強化に取り組んできた。その結果、申請者らが作成したコンピュータ将棋プログラムの強さは2009年の時点でプロ棋士の入口のレベルに到達したと評価されていた。



2. 研究の目的

本研究課題では上図の左半分にまとめたように計算機による分析を行い、未来予測の支援と、分析・判断の支援の両方を研究することを目的とした。本課題で取り扱う思考ゲームという題材は、人間の個性が表れるほどの興味深く複雑な思考の対象でありながら、人工知能が初めて人間のレベルに達した分野である。

現時点でも、「こう指したらどう展開するの?」「この方針はどこが誤りなの?」という質問にはかなりの高い質で回答することができる。回答をより発展させて、人間の試行錯誤に応じた適切なアドバイスを自然言語で行う研究で得られた知見は、他の分野で広く役に立つことが期待される。

3. 研究の方法

公開されている棋譜の指手と計算機の判断の一致不一致を調べて、一致する場合と一致しない場合の条件を統計的に調査する。特に致しなかった場合は、未来予測(思考ゲームにおいては探索木)が異なる場合と、状況(思考ゲームにおいては局面)の好ましさの判断が異なる場合が想定される。そのどちらのケースであるかを、コンピュータ自身が認識するための技術を開発する。

またより有力な可能性を利用者に提示するためには、可能性を列挙するために探索木を展開する部分において計算効率を高めることが望ましい。そのためには、多数の計算機を協同させた計算機クラスタを活用して、疎結合並列探索を行うことが計算能力を高めることが重要である。一方で、計算効率のみを追求した疎結合並列探索の手法は複雑になりがちで、本研究課題に必要な判断支援のための情報を取り出しにくいという問題点

が存在する。そこで、本研究課題では情報の取り出しやすさと、計算効率の双方を重視した手法を検討した。

4. 研究成果

計算機の判断の一致不一致の調査とその原因の解明に取り組み、人間の重視する判断基準と計算機のモデル(MinMax 探索における評価値やモンテカルロ木探索の判断する勝率)との差をどのように扱うべきかについて知見を得た。また、計算機の判断を機械学習により作っている場合に、学習対象であるデータの質が、最終的な判断の差に与える影響についても知見を得ている。

MinMax 探索を疎結合並列環境で実行する際に、1 ノードあたりの独立性を高く保った手法を開発/発展させ、約 700 台の有効活用に成功した。この手法では一つのノードが一つの局面を担当するため、一台一台の思考を可視化することで探索木を把握する手法も作成した。モンテカルロ木探索を疎結合並列環境で実行する際には、TDS と呼ばれる、ハッシュを用いた分担が効果的であることが分かっている。TDS では、一つのノードが複数の局面を担当するため一対一の関係は崩れるが、どの局面をどのノードが担当するかは固定のため、同様の手法で可視化できると考えられる。

これまでの成果の一部は、実際に試行中の将棋のリアルタイム解説システムに活用されており、実用性のさらなる向上が次の課題となる。ソフトウェアとしての成果は、引き続きオープンソースライブラリとして公開中であり、今後とも拡充予定である。研究期間が終了した後のことであるが、2013 年 4 月に行われた将棋のプロ棋士とコンピュータ将棋プログラムの対局で、本研究成果の一部を利用したコンピュータ将棋プログラムの思考の可視化を試みて好評を得ている。

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 10 件)

1. コンピュータ将棋を用いた棋譜の自動解説と評価
金子 知適. 情報処理学会論文誌, 2012, 53 (11), pp. 2525-2532 査読あり
2. コンピュータ将棋の評価関数と棋譜を教師とした機械学習.
金子 知適. 人工知能学会誌, (2012), 27(1), pp. 75-82. 査読あり
3. 最善手の予測に基づくゲーム木探索の分散並列実行
金子 知適, 田中 哲朗. 情報処理学

- 会 論文誌, 2012, 53 (11), pp. 2517-2524 査読あり
4. GPS 将棋とテキストプロトコルによる大規模将棋ソフトウェアの組み立て.
金子 知適, 田中 哲朗. コンピュータソフトウェア, 2012. 29(1), pp. 75-81. 査読あり
 5. 将棋の棋譜を利用した大規模な評価関数の学習
金子知適, 山口和紀. 情報処理学会論文誌 Vol. 51, No. 12, 2141-2148 (創立 50 周年記念論文) 査読あり
 6. あから 2010 勝利への道 : 4. 清水女流王将 vs あから 2010 : コンピュータの思考過程を追う
鶴岡 慶雅, 金子 知適, 山下 宏, 保木 邦仁. 情報処理 Vol. 52, No. 2, 175-180. 2011 年
 7. あから 2010 勝利への道 : 2. あから 2010 のシステム設計と操作概要
保木 邦仁, 金子 知適, 横山 大作, 小幡 拓弥, 山下 宏. 情報処理 Vol. 52, No. 2, 162-169. 2011 年 査読あり
 8. Evaluation of Game Tree Search Methods by Game Records
Takeuchi, S.; Kaneko, T.; Yamaguchi, K.; IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games, 2 (4), 288 - 302, Dec. 2010. 査読あり
 9. 新規節点で固定深さの探索を行う df-pn の拡張
金子知適, 田中哲朗, 山口和紀, 川合慧. 情報処理学会論文誌 Vol. 51, No. 11, 2040-2047 (2010 年) 査読あり
 10. コンピュータ将棋の不遜な挑戦 : 4. 大規模クラスシステムでの実行-GPS 将棋の試み
田中哲朗, 金子知適. 情報処理 51 (8), 1008-1015, 2010. 査読あり
- [学会発表] (計 15 件)
1. Real Time Commentary System for Shogi
Tomoyuki Kaneko, 1st Workshop on Games and NLP (GAMNLP-12), 2012 年 10 月 23 日. 金沢
 2. 本当に強い!? 800 台の探索 GPW ナイトセッション (招待講演)
2012 年 11 月箱根 第 17 回ゲームプログラミングワークショップ 金子知適
 3. 個性を持った将棋プログラムを目指して一強くするという目標を達成した後一
- パネル 松原 仁, 保木 邦仁, 伊藤 毅志, 山下 宏, 金子 知適
CEDEC2012 2012 年 8 月 20 日横浜
4. Analysis of Evaluation-Function Learning by Comparison of Sibling Nodes.
Tomoyuki Kaneko and Kunihito Hoki. Advances in Computer Games 13. (LNCS 7168, pp. 158-169, 2011 年 11 月ティルブルフ オランダ)
 5. The Global Landscape of Objective Functions for the Optimization of Shogi Piece Values with Game-Tree Search.
Kunihito Hoki and Tomoyuki Kaneko. Advances in Computer Games 13. (LNCS 7168, pp. 184-195, 2011 年 11 月ティルブルフ オランダ)
 6. Infinite Connect-Four is Solved: Draw.
Yoshiaki Yamaguchi, Kazunori Yamaguchi, Tetsuro Tanaka and Tomoyuki Kaneko. Advances in Computer Games 13. (LNCS 7168, pp. 208-219, 2012 年 11 月ティルブルフ オランダ)
 7. Scalable Distributed Monte-Carlo Tree Search.
Kazuki Yoshizoe, Akihiro Kishimoto, Tomoyuki Kaneko, Haruhiro Yoshimoto and Yutaka Ishikawa. In Proceedings of the 4th Symposium on Combinatorial Search (SoCS' 2011), pages 180-187, 2011 年 7 月 バルセロナ スペイン
 8. 最高峰を目指すコンピュータ将棋 第 52 回プログラミング・シンポジウム 2011 年 1 月 8 日ニューウェルシティ湯河原 金子知適
 9. コンピュータ将棋の挑戦・トッププロに追いつく日、追い越す日は来るのか? -
第 16 回ビジュアリゼーションカンファレンス 招待講演 金子知適 2010 年 11 月 5 日 東京
 10. Minimax 探索最適化の関数形
保木 邦仁, 金子 知適. 第 15 回ゲームプログラミングワークショップ, 67-70 (2010 年 11 月 箱根)
 11. 将棋における, 評価関数を用いたモンテカルロ木探索
竹内 聖悟, 金子 知適, 山口 和紀. 第 15 回ゲームプログラミングワークショップ, 86-89 (2010 年 11 月 箱根)
 12. 最善手の予測に基づくゲーム木探索の分散並列実行

金子 知適, 田中 哲朗. 第 15 回ゲームプログラミングワークショップ, 126-133 (2010 年 11 月箱根)

13. チェスの棋譜を利用した評価関数の学習

山本 一成, 竹内 聖悟, 金子 知適, 保木 邦仁. 第 15 回ゲームプログラミングワークショップ, 75-78 (2010 年 11 月箱根)

14. Parallel Depth First Proof Number Search

Tomoyuki Kaneko, Twenty-Fourth Conference on Artificial Intelligence (AAAI2010), pp. 95-100, 2010 年 7 月. アトランタ アメリカ

[図書] (計 2 件)

1. コンピュータ将棋の進歩 6-プロ棋士に並ぶ
共立出版, 松原 仁 編著 (保木 邦仁, 金子 知適, 大槻 知史, 鶴岡 慶雅, 伊藤 毅志, 岸本 章宏) 2012 年 pp. 117-133, 158-170
2. 人間に勝つコンピュータ将棋の作り方
技術評論社, コンピュータ将棋協会 監修 (瀧澤 武信, 松原 仁, 小谷 善行, 鶴岡 慶雅, 山下 宏, 金子 知適, 保木 邦仁, 伊藤 毅志, 竹内 章, 篠田 正人, 古作 登, 橋本 剛) 2012 年 pp. 25-45

6. 研究組織

(1) 研究代表者

金子 知適 (KANEKO TOMOYUKI)
東京大学・大学院総合文化研究科・准教授
研究者番号: 00345068

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: