

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 25 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25330432

研究課題名(和文) 計算機による状況判断や大局観の言語化

研究課題名(英文) Explanation of positional evaluation by computer programs

研究代表者

金子 知適 (Kaneko, Tomoyuki)

東京大学・大学院情報学環・准教授

研究者番号：00345068

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題の究極の目標は、直感や大局観などの言葉で表される人間の判断の根拠の概要を、計算機の分析を通じて言語や図で明示的に表現する手法を実現することである。対象とする分野は、計画の通り、人工知能の判断力が熟達した人間の判断力に追いついたことを重視し、将棋や囲碁を扱った。それらを題材に、棋譜と解説すべき局面の重要性を評価することを目標に、どのような展開が有力かを推定する手法を開発・改善し、性能を評価した。

研究成果の概要(英文)：The ultimate goal of this research is to present backgrounds and reasons of decisions made by computer programs, in a human-friendly manner. We focus on games such as shogi or go, because computer programs enhanced by game tree search and machine learning techniques are able to play decently as well as top-level human players do. We have developed a method for estimating relevance of possible future positions to be commented and improved its performance where the effectiveness of the method is evaluated through actual game records.

研究分野：ゲーム情報学

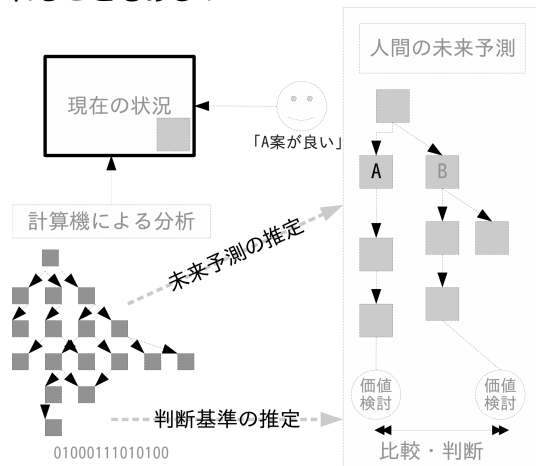
キーワード：ゲームプログラミング 探索 機械学習

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、図の右半分のように、現在の状況を認識し、

- 1 起こりうる未来を予想し、
- 2 起こりうる未来を比較検討したうえで
- 3 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。その際に、特に熟達者の思考過程においては実現性の低い未来や、望ましくないことが明らかな未来は、明示的に検討されずに暗黙のうちに棄却されることが知られている。このような思考は、将棋や囲碁のようなゲームで、大局観と呼ばれる思考過程と関わりが深い。また、選択肢の比較においても理由を論理的に説明しにくい場合もあり、後述する具体例のように複数の価値基準を使い分けて説明がなされることもある。



一方、図の左半分に描いたように、計算機による分析では大量の計算資源を活用して一見馬鹿らしい選択肢も含めて膨大な組み合わせを検討することが効果的である。それぞれの未来の比較においては、100万を越える高次元のベクトルを擁する評価関数が順位付けし、矛盾のない比較が行われるが、人間の概念との対応関係は存在しない。

2. 研究の目的

本研究課題では、直感や大局観などの言葉で表される人間の判断の根拠の概要を、計算機による分析を通じて言語や図で明示的に表現する手法を研究する。対象とする分野は、人工知能の判断力が熟達した人間の判断力に追いついたことを重視し、将棋や囲碁を扱う。現在の対局用プログラムは「強いが自分の指手の意図を説明することができない」という状況にあるが、提案課題はコンピュータが言語を用いたコミュニケーションを行うために必要となる技術を開発することが目的である。

3. 研究の方法

本応募課題では、計算機による分析を熟達者の判断と並行して行い、相異なるそれぞれの思考を対応付ける研究を行う。対応付けにあたっては図のように、注目する(1)未来予測

の推定と(2)判断基準の推定という二つの課題がある。技術的には、大規模なデータを扱う機械学習技術の応用と位置づけられ、特に不完全な教師データの扱いが重要な課題となる。

4. 研究成果

本研究課題の目標は、直感や大局観などの言葉で表される人間の判断の根拠の概要を、計算機による分析を通じて言語や図で明示的に表現する手法を研究することである。対象とする分野は、計画の通り、人工知能の判断力が熟達した人間の判断力に追いついたことを重視し、将棋や囲碁を扱う。それらを題材に、棋譜と解説すべき局面の重要性を評価することを目標に、どのような展開が有力かを推定する手法を開発・改善し、性能を評価した。将棋においては、特に、対局者の指し手にあられる個性(攻めや受けなどの棋風)を加味した分析手法を開発し、これまでの研究を大きく進めることができています。

加えて2013年4月に、第二回電王戦第五局でプロ棋士とコンピュータ将棋の対局が実現した際には、研究代表者もGPS将棋開発チームの一員として参加し、特に計算機約700台を用いた分散計算による未来の局面予測に注力した。人間とコンピュータ・プログラムの思考の違いを知るためには、人間同士の対局の分析だけでなく、人間とコンピュータ・プログラムの対局を分析することも不可欠である。コンピュータ将棋プログラムとプロ棋士の対局の公式記録は今のところ数が少なく、A級棋士との対局はこの時が初めてであった。この貴重な機会を無駄にすることのないよう、計算機約700台の思考を詳細に記録し、対局後に分析を進め、まとめている。過去に研究代表者が開発した解説システムとのスムーズな統合が、今後の課題である。

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 13件)

1. T. Imagawa and T. Kaneko. Monte Carlo Tree Search with Robust Exploration, Computers and Games 2016, LNCS, 2016. 掲載決定, 査読あり

2. T. Imagawa and T. Kaneko. Enhancements in Monte Carlo Tree Search Algorithms for Biased Game Trees, Conference on Computational Intelligence and Games (CIG 2015), IEEE, 43-50, 2015. 査読あり
DOI:10.1109/CIG.2015.7317924

3. S. Yokoyama, T. Kaneko, and T. Tetsuro. Parameter-Free Tree Style Pipeline in Asynchronous Parallel Game-Tree Search, The 14th International Conference on Advances in Computer and Games, Springer LNCS 9625, 210-222, 2015. 査読あり

DOI:10.1007/978-3-319-27992-3_19
4. Y. Mandai and T. Kaneko. LinUCB Applied to Monte Carlo Tree Search, The 14th International Conference on Advances in Computer and Games, Springer LNCS 9625, 41-52, 2015. 査読あり
DOI:10.1007/978-3-319-27992-3_5
5. S. Takeuchi and T. Kaneko. Estimating Ratings of Computer Players by the Evaluation Scores and Principal Variations in Shogi, 2nd International Conference on Computational Science and Intelligence (ACIT-CSI), 85-90, 2015. 査読あり
DOI:10.1109/ACIT-CSI.2015.23
6. K. Hoki and T. Kaneko. Large-Scale Optimization for Evaluation Functions with Minimax Search. JAIR. 49, 527-568, 2014. 査読あり DOI:10.1613/jair.4217
7. 今川 孝久, 金子 知適. 難しさが手番で異なるゲームのモデル化とモンテカルロ木探索の性能の分析・改善情報処理学会論文誌, 55 (11), 2353-2361, 2014 査読あり
<http://id.nii.ac.jp/1001/00106954/>
8. 志水 翔, 金子 知適. 局面の局所的な類似性を利用したモンテカルロ木探索の効率化. 情報処理学会論文誌, 55 (11), 2362-2369, 2014 査読あり
<http://id.nii.ac.jp/1001/00106955/>
9. 金子 知適. 将棋の自動解説の試み. 情報処理 55 (8), 857, 2014. 招待原稿(査読なし)
<http://id.nii.ac.jp/1001/00102200/>
10. 多数の計算機を活用したゲーム木探索技術の進歩 -三浦弘行八段と GPS 将棋との対局を振り返って-. 金子 知適, 田中 哲朗. 情報処理, 54 (9), 914-922, 2013 招待原稿(査読あり)
<http://id.nii.ac.jp/1001/00094757/>
11. Parallel Dovetailing and Its Application to Depth-First Proof-Number Search. Hoki, K., Kaneko, T., Kishimoto, A. and Ito, T. ICGA Journal, 36(1), 22-36, 2013 査読あり
12. 人間を支援する人工知能を. 日経パソコン 2013 年 7 月 22 日. 6-7 (査読なし) 金子 知適
<http://pc.nikkeibp.co.jp/article/interview/20130724/1098863/>
13. 一流プロ棋士と対等に渡り合える将棋プログラムを開発「第 2 回電王戦」で注目を集める「GPS 将棋」の開発者に聞く. 金子 知適 Newton 12 月号, 116-119, 2013(査読なし)

[学会発表](計 14 件)

1. Machine Learning of Evaluation Functions and Playing Styles in Shogi. T. Kaneko. JAIST Symposium on Game & Entertainment Technology & Its

Application. JAIST 2016 年 2 月 10 日(石川県能美市)
2. 渡辺順哉, 美添 一樹, 金子 知適. モンテカルロ木探索を統合したプレイアウト方策の最適化, 第 20 回ゲームプログラミングワークショップ, 5-11, 2015 年 11 月 6 日(金) - 11 月 8 日(日) 軽井沢学習研修所 (長野県・軽井沢)
3. 横山秀, 金子 知適. 評価値を用いて展開制御したゲーム木に基づく並列探索, 第 20 回ゲームプログラミングワークショップ, 46-53, 2015 年 11 月 6 日(金) - 11 月 8 日(日) 軽井沢学習研修所 (長野県・軽井沢)
4. 万代悠作, 金子 知適. 囲碁における LinUCT の性能評価, 第 20 回ゲームプログラミングワークショップ, 107-112, 2015 年 11 月 6 日(金) - 11 月 8 日(日) 軽井沢学習研修所 (長野県・軽井沢)
5. 大森 翔太郎, 金子 知適. 将棋における棋風を学習するための棋譜分析の取り組み, 第 20 回ゲームプログラミングワークショップ, 32-39, 2015 年 11 月 6 日(金) - 11 月 8 日(日) 軽井沢学習研修所 (長野県・軽井沢)
6. 島野 拓也, 金子 知適. 証明数と経験的知識を用いた探索の効率化, 第 20 回ゲームプログラミングワークショップ, 107-112, 2015 年 11 月 6 日(金) - 11 月 8 日(日) 軽井沢学習研修所 (長野県・軽井沢)
7. 横山 秀, 金子 知適. 非同期並列ゲーム木探索での効果的な計算ノード割り当て. 第 19 回ゲームプログラミングワークショップ, 82-88, 2014 年 11 月 7 日(金) - 11 月 9 日(日) 箱根セミナーハウス (神奈川県・箱根)
8. 万代 悠作, 金子 知適. LinUCB のモンテカルロ木探索への応用. 第 19 回ゲームプログラミングワークショップ, 174-179, 2014 年 11 月 7 日(金) - 11 月 9 日(日) 箱根セミナーハウス (神奈川県・箱根)
9. 志水 翔, 金子 知適. 二人ゲームプレイヤーの Prior knowledge を用いた UCT による個性の実現手法と評価. 第 19 回ゲームプログラミングワークショップ, 188-195, 2014 年 11 月 7 日(金) - 11 月 9 日(日) 箱根セミナーハウス (神奈川県・箱根)
10. 大森 翔太郎, 金子 知適. 将棋での少数の棋譜からの評価関数の学習における拘束条件の研究. 第 19 回ゲームプログラミングワークショップ, 41-47, 2014 年 11 月 7 日(金) - 11 月 9 日(日) 箱根セミナーハウス (神奈川県・箱根)
11. 今川 孝久, 金子 知適. 多腕バンディットアルゴリズムの MCTS への応用と性能の分析. 第 19 回ゲームプログラミングワークショップ, 145-150, 2014 年 11 月 7 日(金) - 11 月 9 日(日) 箱根セミナーハウス (神奈川県・箱根)
12. 楊 晨, 金子 知適. 囲碁 AI で使う補

正あり UCB アルゴリズムの性能改善. 第 19 回ゲームプログラミングワークショップ , 171-173, 2014 年 11 月 7 日 (金) - 11 月 9 日 (日) 箱根セミナーハウス (神奈川県・箱根)

13. 局面の局所的な類似性を利用したモンテカルロ木探索の効率化 . 志水 翔 , 金子知適 . ゲームプログラミングワークショップ , 130-133, 2013 年 11 月 8 日 (金) - 11 月 10 日 (日) 箱根セミナーハウス (神奈川県・箱根)

14. 難しさが手番で異なる局面でのモンテカルロ木探索の性能の改善 . 今川 孝久 , 金子知適 . ゲームプログラミングワークショップ , 162-169, 2013 年 11 月 8 日 (金) - 11 月 10 日 (日) 箱根セミナーハウス (神奈川県・箱根)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
出願年月日 :
国内外の別 :

取得状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
取得年月日 :
国内外の別 :

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

金子 知適 (KANEKO TOMOYUKI)
東京大学・大学院情報学環・准教授
研究者番号 : 00345068

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし