

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 1 日現在

機関番号：13302

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26330417

研究課題名(和文)人間プレイヤーを“楽しませる”囲碁プログラムの研究

研究課題名(英文)Entertaining Computer Go Players

研究代表者

池田 心(Ikeda, Kokoro)

北陸先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・准教授

研究者番号：80362416

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：人工知能技術の進展に伴い、「強い」囲碁プログラムを作ることは比較的容易になった。これを踏まえ、本研究では「人間を楽しませる」ような囲碁プログラムを実現するため、1)相手の強さや好みを推測すること、2)手加減して負けてあげること、3)一方で自然な着手であること、4)多様な戦略を見せること、5)適切なタイミングで着手や投了をすること、6)自然言語で驚いたり褒めたりすること、を目指した。機械学習とモンテカルロ木探索を中心技術として用いることにより、3年間の研究期間内に5)を除くすべてについて一定の進捗が得られた。本成果は「人間を指導する」ような囲碁プログラムにもつながる意義のあるものである。

研究成果の概要(英文)：Making "strong" computer Go players is not so difficult task now, then our next target is to make "entertaining" computer Go players. For this purpose, we tried 6 components, 1) to estimate opponent's strength and preference, 2) to lose intentionally by bad moves, 3) to play natural moves at the same time, 4) to show various strategies, 5) to play/resign at good timing, and 6) to speak with natural language. By using mainly machine learning methods and Monte Carlo tree search method, some progresses for all except 5) have been achieved in these given 3 years. This result is valuable because this is also related to "educational" computer Go players.

研究分野：ゲーム情報学

キーワード：接待碁 手加減 エンターテイメント 指導碁 機械学習 楽しませる モンテカルロ木探索 自然言語処理

1. 研究開始当初の背景

【背景1：強いゲームプログラム】

欧米でのチェス、国内での囲碁・将棋は知的ゲームとして人気が高く、情報学の発展と並行してそのコンピュータプレイヤーも研究されてきた。従来の研究の多くはまず「強いプログラム」を作ることを目指していた。これは強さが標準的な人間プレイヤーに対しても不十分であったこと、強さは評価が容易であることが主な原因であると考え、1997年チェスにおいてKasparovが敗れ、2013年将棋でプロ棋士が相次いで敗れるなど、多くのゲームで強さは標準的なプレイヤーにとって十分なものとなりつつある。

囲碁プログラムも10年前にはアマチュア2～3級程度であったものが、機械学習とMonte-Carlo探索の進展により急速に強くなってきており、申請時はすでにアマチュア五～六段の域にあった。

【背景2：楽しませるゲームプログラム】

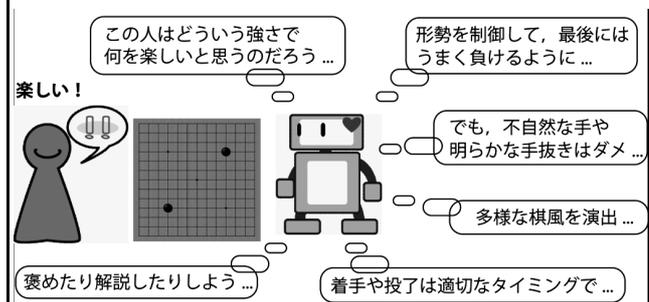
強さとは別に、プレイヤーを楽しませるための研究も近年主に欧米でさかんであり、テレビゲームがその主たる対象となっている。国際会議IEEE Computational Intelligence and Games (CIG)には、「人間らしい動きをするコンピュータプレイヤー(AI)」「多彩な動きをするAI群」「遊んで楽しいゲームのマップ生成」などの研究が数多く発表され、またその競技会も例年開かれている。

一方本邦では、テレビゲームのAIや楽しませるという目標が研究対象になることはこれまで少なく、市販ゲームのAIに強さ以外の面で不満を持つプレイヤーは多い。我々はこの状況を改善すべく、多くの研究、および競技会の開催などを行っている。

2. 研究の目的

我々の遠大な目的は、「人間プレイヤーを楽しませる」ような囲碁プログラムを作成することである。

強いプレイヤーが「勝つ」ことではなく、弱いプレイヤーに対して「楽しんでもらう」ことを目的として着手する対戦は「接待碁」と呼ばれ、子供や入門者中級者への動機づけのために重要である。「教える」ことが目的の「指導碁」同様、強いプレイヤーでも接待碁が上手であるとは限らないことはよく知られており、コンピュータがその役割を果たせるならば意義は大きい。

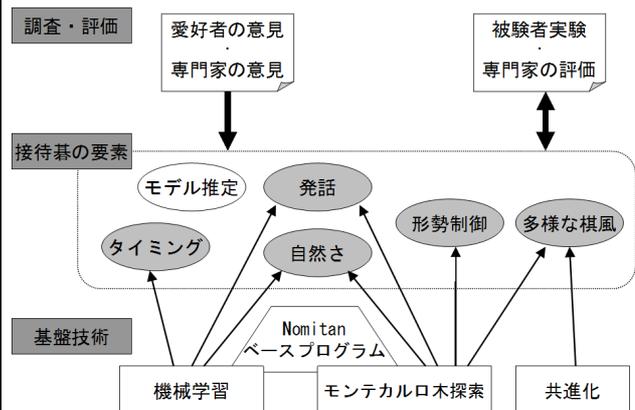


楽しませるために必要な要素は非常に多くまた多岐にわたる。これまで我々はこれらの要素を上図のような6群と想定し、一部についてのいくつかの成果を挙げていたが、この想定の実証性検証も含め、手をつけたばかりであった。

したがって本研究課題では、接待碁プログラムに必要なものを明らかにし、さまざまな技術を用いて本格的にそれらを解決していくことを目的とした。

3. 研究の方法

本研究の当初の全体像を下図に示す。上段は外部の協力者を必要とする部分、中段が本研究で達成すべき接待碁の要素、下段は研究代表者が持つ基盤技術との関係を表す。



(1) 本研究の目的の一つは、多くの愛好家や接待碁・指導碁の専門家から意見を抽出し、接待碁プログラムに求められるものを明らかにすることである(図左上)。

開始時点では6つの群に分けたが、新たな項目の発見も期待して研究を進め、群の整理も考慮した。

(2) 求められる項目を定めるとともに、その優先度を定め、必要な技術をもとに各要素を実現していくことが本研究の主たる目的であった。以下に申請時点での項目の概略を示す。

- ・a) **形勢制御**．自分より弱い相手に負ける

技術．一方的に悪い着手をするのではなく、シーソーゲームの演出など高度な制御を目指す．必須の技術である．

- ・b) **自然さ**．形勢制御のために不自然に“見える”手を着手しない技術．必須の技術である．
- ・c) **多様な棋風**．プレイヤーを飽きさせないよう、強さは同程度であるのに異なる特徴を持つ相手と対戦することができるようにする技術．
- ・d) **タイミング**．着手や投了のタイミングでプレイヤーに不快を与えない技術．どういう条件のときに不快や葛藤を感じるのかを調査し、回避すべきである．
- ・e) **発話**．プレイヤーの手に反応したり、褒めたり、解説をする技術．特に囲碁では“ツケ”“ハネ”など着手の表現が豊かかつ繊細であり、発話の内容だけでなくそこにもこだわるべきである．
- ・f) **モデル推定**．相手プレイヤーを楽しませたいなら、その人がどの程度強く、どんなときに楽しいと思うのかは重要な情報であり、接待碁の上手な人間プレイヤーはその推定がある程度可能である．しかし本研究では当初、これを推定することは課題として困難すぎると判断し、研究対象に含めなかった．

4．研究成果

(1) 調査

本課題ではまず、実際に「楽しませる囲碁」を打っているような指導の専門家の意見、およびそれを望む初中級者の意見をヒアリング調査することから始めた．この結果の一部は学会発表[4]およびその第一著者の修士論文にまとまっている．

囲碁というゲームに限った場合、コンピュータに必要とされる能力は概ね申請時に想定していたもの（前節 a-f）の通りであったが、以下の3つは特に重要な気づきであった．

- ・ b) 自然な着手に関しては、人によって何を自然と感じるかに大きな違いがあり、それぞれを推測してそれに合わせる事が望ましいこと
- ・ さらに、囲碁に限らず「人間らしい」と思わせるための技術には大きな発展の余地があること
- ・ e) 発話については、特に局後の検討時などは多くの発言が数通りにパターン化できること

この結果を踏まえ、我々は囲碁に留まらずに「人間らしさとは何か」「人間の好みや価

値観はどう推定したらよいか」「それに寄りそうにはどうしたらよいか」などを研究することにした．このことは、人間を楽しませるという本課題の目的と関連が非常に深いためである．以降、時系列ではなく研究内容のグループごとに成果をまとめる．

(2) 人間らしさについて

人間らしいコンピュータプレイヤーの研究は、主に国外で近年さかんに行われている．単純なものでは「人間プレイヤーの行動履歴を集めて、似た状況でそれを使う」「人間プレイヤーの行動履歴を学習データとして機械学習を行う」などがあり、実際我々も要素 a)b) の実現のために機械学習とモンテカルロ木探索を用いて「不自然すぎない悪手」を打たせることに成功している（申請後の 2013 年度の論文、および雑誌論文[2]、学会発表[5]など）．

一方本課題では、そのような単純な方法では実現困難と思われるより内面的あるいは長期的な人間の振る舞いについて、囲碁以外のゲームについて研究を行った．

学会発表[2]等にまとめた研究では、人間らしさの一つとして「感情」に着目した．囲碁でも感情が着手に影響を及ぼすことは良く知られているが、より単純で感情も出やすいゲームとしてスーパーマリオを題材に、恐怖・興奮・焦りなどの感情を“持っているように見せる”にはどうしたらよいかを論じた．そのためには単にそれらの感情から導かれる行動を機械学習により実施するだけではなく、ある感情から感情へ移り変わるタイミングと原因を機械学習することが長期的な人間らしさに重要であるとの結論を導いた．

学会発表[3]にまとめた研究では、ゲームの中で行える「勝利を目的としない行動」に人間らしさがあるのではないかという仮説を立てた．これは接待碁に関するインタビューの中で、「人間のプレイヤーの中には、“1の1”など悪いことが自明な箇所に出ても打つことで、『こんな手を打っても私の勝ちですよ、諦めて投了（負け宣言）してください』という意味を無言で伝える人がいる」という話を聞いたことから生まれた研究である．数十種類のゲームを調べたところ、ゲーム内の行動を用いて、勝つ以外の目的への転用を行っているケースが50以上見られた．その目的も挑発・侮辱・警告・共感・催促・自己満足などに非常にさまざまであった．このうち接待碁に应用できるものは限られるが、人間らしいAI、楽しませるAIという人工知能の大

目標に向かって重要な発見が得られた。

(3) 人間の価値観や好みの推定と迎合

ゲーム AI の強さの定義は誰にとっても概ね似ているのに比べ、自然さや楽しさの感じ方は人間プレイヤーそれぞれにとって異なる。さらには数学的な意味での自然さと一般の人間にとっての自然さが違うこともありうる。これらの傾向をつかまなければ、「我々にとっての自然な AI」という独りよがりの成果物を作ってしまうことになる。このことは、b)自然さのみならず、当初は諦めていた f)モデル推定に関わる部分である。

学会発表[6]等にまとめた研究では、こういった「価値観の違い」が出やすいゲームとして RPG を選び、人間プレイヤーの行動だけから、そのプレイヤーの価値観（勝率優先、体力を重視、魔法力を重視、安全に勝ちたい、早く勝ちたいなど）を推定し、それに迎合するという試みを行った。基本的なアイデアは、「人間プレイヤーがある行動を取った場合、そこから導かれる平均的な帰結は、その他の行動から導かれる平均的帰結よりもそのプレイヤーにとって好ましいのだろう」というものである。モンテカルロ法と効用理論を用いることで、8 ゲームという少ないゲーム数でも単純な価値観ならば十分に推測ができることが分かった。

学会発表[7]等にまとめた研究では、常用される疑似乱数に対し人間プレイヤーがしばしば「これは偏っている、コンピュータにズルをされて負けた」と思う現象に着目した。現在の疑似乱数は数学的な意味ではかなり真の乱数に近い性質を持つが、平均的な人間が感じる「乱数らしさ」は数学的な意味での乱数らしさとはかけ離れたものになっているということが調査から分かった。認知バイアスに配慮して、人間の誤解に迎合した数列を作成したところ、(本物に近い)乱数よりも「乱数らしい」という評価が得られた。この研究も囲碁には直接応用することは難しいが、情報処理学会電子図書館の閲覧ランキングで数年間上位に来るなど注目される成果となった。

(4) 接待碁・指導碁

囲碁に特化した研究で最も進捗があったのは e) の発話についてである。将棋が「5五歩よりも6四銀が良かった」などと座標を用いて会話するのに対し、囲碁では「ここはケイマじゃなくてコスミカツケが良かった」などと、着手を特有の用語を用いて表す。こ

の用語は 3×3 程度の小さい周囲パターンで定義できるものもあれば7マス以上離れた箇所との関係から言われるものもあり、定義も曖昧であることが多い。ある手に対し上級者であってもその呼び方が5通り以上になることもあり、自然な呼び方を if-then ルールでコンピュータにさせることは容易ではない。我々はこれに教師あり学習の手法を用いることにより、上級者に少ししか劣らない精度の呼び方をさせることに成功した。これは発話の基礎となる研究であり、雑誌論文[1]等にまとめた。

本課題は接待碁つまり楽しませる囲碁を主題としているが、この上位目標としては指導碁つまり教える囲碁が存在する。上記 a) ~ f) が概ね達成された研究期間の最後には、指導碁のための試みも開始した。指導碁では、接待碁に必要な要素 a) ~ f)に加えて、「人間プレイヤーの打った悪い手を検出し、指摘し、理由を説明する」「人間プレイヤーの課題点を発見し、克服のための問題を作成する」などの新しい要素が必要となる。その第一歩として、学会発表[1][4]にまとめた研究では、人間プレイヤーの打った悪い手を検出してその理由をラベリングする試みを行った。人間の指導者は、必ずしもゲームの本来の意味での「勝率の低下度」のみによって指摘する手を決めるわけではない。勝率を大きく低下させる手でも意図が納得できる場合は指摘しなかったり、低下が小さくとも「形の悪さ」など説明しやすいものは指摘したりする。さまざまな要素が絡んでいるため、多くの特徴量を導入したうえで教師あり学習を用いた結果、プロ棋士の目から見ても有意義な検出とラベリングができるようになった。

上記(1)-(4)の成果をまとめると、当初プロトタイプが出来ていた a)-d)に加え、b)自然さの議論が深化し、e)発話の手法が具体化し、f)モデル推定が予想外に進捗し、しかも b)や f)については囲碁に限らず別ゲームや一般にも応用可能な発展的成果が得られたと考えている。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計2件)

[1] Kokolo Ikeda, Simon Viennot and Takanari Shishido, Machine-Learning of Shape Names for the Game of Go, Lecture Notes in Computer Science, 査読有, Vol

9525, 2015, pp.247-259

[2] 池田心, Viennot Simon: 行動評価関数を用いたモンテカルロ木探索の重点化と見落としの抑制, 情報処理学会論文誌, 査読有, Vol.55, No.11, 2014, pp.2377-2388

〔学会発表〕(計7件)

[1] Kokolo Ikeda, Simon Viennot and Naoyuki Sato, Detection and Labeling of Bad Moves for Coaching Go, IEEE Conference on Computational Intelligence and Games (CIG2016), 2016-09-23, サントリーニ(ギリシャ)

[2] Sila Temsiririrkkul, Huu Phuc Luong and Kokolo Ikeda, Production of Emotion-based Behaviors for a Human-like Computer Player, GAMEON'2016, 2016-09-14, リスボン(ポルトガル)

[3] 中川 絢太, 佐藤 直之, 池田心, ゲームの目的達成のみを追求した AI では生まれにくいゲーム内行動の分類と考察, 第36回ゲーム情報学研究会, 2016-08-06, サン・リフレ函館(北海道函館市)

[4] 山中 翠, ビエノ シモン, 池田心, コンピュータ指導碁のための悪手解説, 第35回ゲーム情報学研究会, 2016-03-08, 電気通信大学(東京都調布市)

[5] Kokolo Ikeda, Artificial Intelligence in Computer Games: Not Only Strong, But Also Entertaining, JAIST Symposium on Advanced Science and Technology (JAIST-SAST 2015), 2015-11-12, 北陸先端科学技術大学院大学(石川県能美市)

[6] Naoyuki Sato, Kokolo Ikeda and Takayuki Wada, Estimation of Player's Preference for Cooperative RPGs Using Multi-Strategy Monte-Carlo Method, IEEE Conference on Computational Intelligence and Games (CIG2015), 2015-08-31, 台南市(中華民国)

[7] Sila Temsiririrkkul, Hisamitsu Nomura, Kokolo Ikeda, Biased Random Sequence Generation for Making Common Player Believe it Unbiased, 6th IEEE Consumer

Electronics Society Games, Entertainment, Media Conference (GEM2014), 2014-10-23, トロント(カナダ)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕
出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

6. 研究組織

(1) 研究代表者

池田 心(Kokolo Ikeda)
北陸先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・准教授
研究者番号: 80362416

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者

(4) 研究協力者

シモン ビエノ(Simon Viennot)
北陸先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・助教