

令和 4 年 6 月 17 日現在

機関番号：26402  
研究種目：若手研究(B)  
研究期間：2017～2021  
課題番号：17K12807  
研究課題名(和文) 助言によるゲームAI強化についての研究

研究課題名(英文) Research on Advice in Game AI

研究代表者

竹内 聖悟 (Takeuchi, Shogo)

高知工科大学・情報学群・講師

研究者番号：40625258

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：人工知能の研究・開発が進み、分野によって人間よりも性能の高いAIが得られるようになってきている。一方で、人間の直観が上回る部分などもあり、人間とAIとが協調するシステムが重要になると考えられる。将棋や囲碁のようなゲームにおいて、助言を受けることでプレイヤーは棋力を向上することができる。そこで協調システムとして、「助言」を活用するシステムについて研究を行った。他のゲームAIから助言として思考結果を受け、自身の思考結果と比較し、追加の思考を行うことで性能が向上することを将棋において示した。更に、助言者が必ずしも助言を受けるプレイヤーよりも強くある必要がないことなど、興味深い結果が得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人間よりも性能の高いAIが多くの分野で使われるようになってきている。人間とAIの協調が必要な場面もあり、そのシステムの一つとして助言システムが考えられる。AIの方が一般にミスは少ないことを考えると、人間からAIへと助言するようなシステムとなると考えられる。そのようなシステムについて、将棋とそのゲームAIを題材として具体的なシステムの構築とその有効性について研究し、有効性を示すことができた。ゲームAIの強化という観点での成果が得られている他、助言者の性能が助言を受ける側より必ずしも優れている必要がないという結果は興味深く、ゲーム以外での助言システム利用に有用な知見であると考えられる。

研究成果の概要(英文)：Research and development of artificial intelligence is advancing, and AI with higher performance than humans can be obtained in some fields. On the other hand, there are areas where human intuition prevails, and a system in which humans and AI cooperate with each other will be important. In games such as shogi and the game of go, players can improve their playing ability by receiving advice. Therefore, we studied a system that utilizes "advice" as a cooperative system.

We showed that in shogi, game AI can improve its performance by receiving search results as advice from other game AI, comparing them with its own search results, and then search additionally. Furthermore, interesting results were obtained, such as the fact that the advisor does not necessarily need to be stronger than the player receiving the advice.

研究分野：ゲーム情報学

キーワード：助言 探索

### 1. 研究開始当初の背景

ゲーム情報学において AlphaZero によって、囲碁や将棋、チェスなどのゲームで人間を超える強さを有するようになった。今後も社会の様々な場面において、AI が活用されていくことが期待される。一方で、人間の直観が AI を上回るような場面や人間や AI がミスをするような場面があるため、人間と AI が協調し、それぞれ単体の性能を上回るようなシステムの構築が考えられる。

このようなシステムの検証として、ゲーム AI の利用が考えられる。ルールとゴールが明確であることからゲーム AI は古くから人工知能のテストベッドとして利用されてきた他、Alpha Go に代表されるように AI の最先端の技術が使われている分野であり、テストベッドとして適切であると考えられる。また、人間の代わりにすべてゲーム AI を利用することで、膨大な数の実験が可能であるため、実験的に有用性を確認することが容易となることも利点である。

ゲームにおける複数の主体による意思決定に関連する研究として、3-Hirn システムや多数決合議などが関連手法として考えられる。3-Hirn システムはゲーム AI によって提示された二つの候補手から人間が指手を決定するシステムで、チェスにおいてゲーム AI 単体よりも性能が良くなることが示されている。異種多数決合議は、複数のゲーム AI に探索を行わせ、指手を多数決によって決定する手法である。

ゲーム AI においては、多くのゲームで AI が人間よりも強くなっている。人間の直観が上回ることがある他、ゲーム AI よりも人間の方がミスをすることが多い。3-Hirn では人間が最終的な決定を行っているため、合議では確認のような要素がないため、今回の目的には適さない。そこで、人間の直観として「助言」を与え、ミスが少ない AI が自身の判断と比較・検討し、最終決定を行う形式が適していると考えられ、「助言」を活用するシステムについて研究を行う。また、人間は助言を受けることで性能を向上させることができるが、AI においても同様のことができるか、どのような助言やどのような仕組みを与えるかの検討が必要である。

### 2. 研究の目的

「助言」によってゲーム AI を強化することを目的とする。そのために、ゲームにおける「助言」の定義と、ゲーム AI が助言を活用するための方法・仕組みを提案し、助言によるゲーム AI の強化を行う。ゲーム AI に対する助言というものはこれまで研究がなく、背景で述べた合議が比較的近いものと考えられる。

助言について、性能に影響があると考えられる要素について調査を行う。例えば、助言者と助言を受けるゲーム AI の強さの違い、助言のバリエーション、ゲーム AI の探索手法の影響などが考えられる。また、研究の過程で新しい発見などが得られた場合には、これもまた研究を進める。特に合議などの複数のゲーム AI を用いる研究は関連が深いため、得られた知見を合議へと活用することなどが考えられる。

### 3. 研究の方法

ゲーム AI、特に将棋を対象として研究する。ゲーム AI では、人間の先読みに対応する「探索」と局面の良し悪しを数値化する「評価関数」の両者が重要な役割を果たす。この探索は時間をかけるほど強くなるため、探索により多くの時間をかけることで比較・検討に相当する処理が可能となる。

今回研究で扱う題材では、助言を与えるゲーム AI (助言者) と助言を受けるゲーム AI の 2 体での検討を主とする。助言として、まずは助言者が探索によって得た最善手候補を扱う。この助言をどのように取り扱うかについて検討していく。

その後、性能に影響を与えると考えられる要素について検討を加えていく。例えば、助言者が探索した際に得られた評価値などの情報を追加で与えることや、不完全情報ゲームにおいて隠されている真の情報を与えることも考えられる。

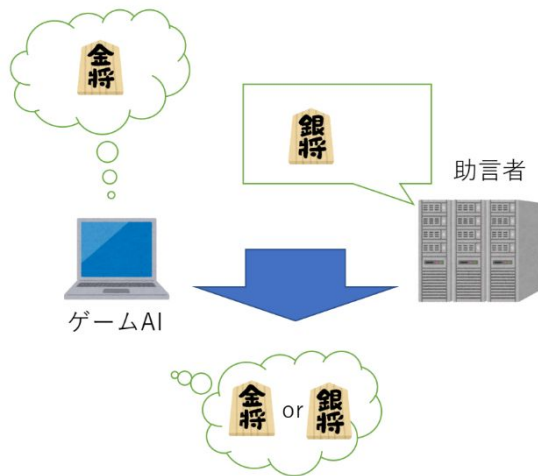


図 1. 助言のシステム模式図. 助言を受け、自身の手と助言とを考え直す

#### 4. 研究成果

助言者の探索結果として得られる最善手を助言として与えること、その活用方法として自身の探索結果と助言とが異なる場合に、助言だけ、または助言と自身の手だけを探索することで性能が改善することを示した他、助言者が自身よりも強い場合だけでなく、ある程度弱い助言者であっても有効なケースを示すことができた。

##### (1) 助言による強化

助言者として、同等の強さのもの、弱いゲーム AI を使った際の対戦結果を図 2 に示す（左が同等の強さで、右が弱い助言者の場合に対応する）。図中の左 2 つは助言を受けるプレイヤーが 5 秒、7 秒考えた場合の勝率を、中央は助言者の勝率を、右の 2 つは助言を活用するシステムの勝率を表す。

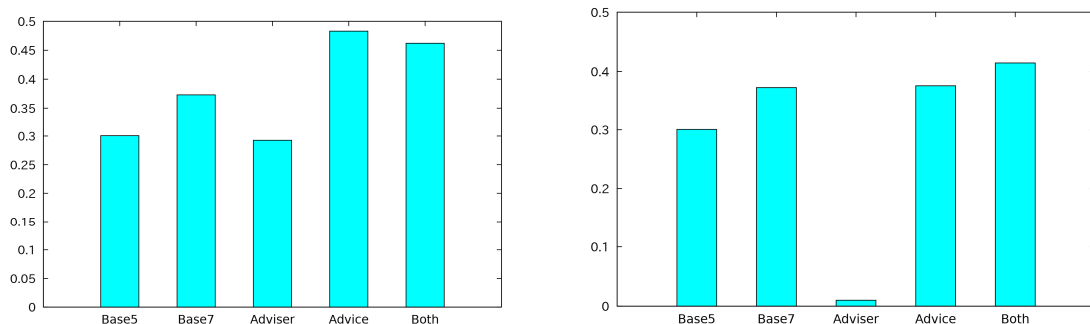


図 2. 助言の活用と勝率（左：同等の強さの助言者，右：弱い助言者）

助言の活用の際には助言だけを深く読む、助言と自身の手の手だけを深く読むの手法を試しており、深く読む分のコストがかかる。平均的には左から 2 つ目と同等の時間を使っており、その勝率との比較で評価を行う。

左図のように同等の強さの助言者から助言を受けた場合には、同じ時間を使う場合よりも助言だけまたは自身の手も加えて読む場合は有意に強くなっている。さらに、右図のように助言者が圧倒的に弱い（勝率 0.01）ような場合でも、同じ時間を使った場合と同等かそれ以上の結果が得られており、助言が有効であるだけでなく、かなり弱い助言者であっても有効となるケースを示すことができた。

また、助言がうまくいく場合として、(a)自身が考えていた最善手は実は良くない手である場合と(b)他により良い手がある（助言として示される）場合が考えられる。強い助言者または同等の助言者からの助言では、助言だけを深く読む方が有効で、弱い助言者からの助言では、自身の手と両方を深く読む方が有効であった（図 2 でもその傾向がある）。弱い助言者で(b)が示されるケースは少なく、(a)に相当するケースが起きていると考えられる。(a)については、自身の最善手とそれ以外の比較が必要であるが、(b)については助言だけを調べれば良く、実験結果と対応がついており、助言が活用できる条件についての知見を確認できた。また、複数の助言者を用いることで、更に性能が向上することなどを確認できた。

##### (2) モンテカルロ木探索への適用にむけて

上記の実験の時点では、将棋やチェスにおける主要な探索手法はアルファベータ探索であった。すでにモンテカルロ木探索を用いる Alpha Zero は登場していたが、一般に公開はされておらず、トップレベルのプログラムとして利用することは難しかった。

その後の発展を受け、MCTS への導入を検討する過程で、MCTS 探索の振る舞いがこれまでのアルファベータ探索と異なる点がないかの囲碁を対象として調査を行い、最善手の更新や探索初期と後期での違いなどについての知見を得たため、これを発表した。一つの特徴として挙げられる探索の深化と勝率の変動については、アルファベータ探索などと同様の振る舞いを示していた。探索手法が異なるため助言システムの単純な適用は難しいが、最善手変更率などの振る舞いとしては大きく異なることから、適用によって有効な結果が得られると考えられる。

### (3) 評価値の利用と合議について

助言について追加の情報として評価値などの情報の利用を検討した。異なるゲーム AI を用いるが、評価値はゲーム AI ごとに基準が異なるため、スケールを統一する必要がある。そこで、勝率へと変換することで、統一的に扱えることを考えた。複数ゲーム AI における評価値の利用例として、楽観合議と呼ばれる手法があり、まずはここへの適用を試みた。

合議には、各ゲーム AI によって選ばれた手のうち、評価値が最も高い手を選ぶ、楽観合議と呼ばれる手法があり、同種のゲーム AI での合議では有効に働いた。これを異種ゲーム AI 間へと適用するために、評価値を勝率へと変換した。実験結果からは、多数決合議と同等以上の結果が得られている。

勝率の変換によってスケールが揃ったことを受けて、重み付きの多数決合議について研究を行った。強いプレイヤーや自信のあるプレイヤーの重みを増すことで、より良い判断が行えると考えた。この研究で用いる重みとして、事前に対戦して計測したゲーム AI の強さ、ゲーム AI の評価値から変換した勝率を用いた。対戦実験から、従来の単純な多数決合議や異種合議を上回る強さが得られた。

### (4) その他の助言

不完全情報ゲームにおいて、知ることのできない情報を助言とした研究を行った。不完全情報ゲームでは、その不完全な情報について推定することが多い。本来知ることのできない情報を与えることを助言とみなし、情報の違いなどからゲームについての知識を調査した。ガイスターという不完全情報ゲームを対象として真の情報を与える実験を行い、不完全情報を与えることで勝率が向上すること、推定する情報にも種類があり、その種類によって勝率の向上が異なることから、情報の重要性の違いについての知見が得られた。結果としては、助言として与える「情報」として最善手以外のものであっても有効であり、より幅広い活用が期待できる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 竹内 聖悟、栃川 純平、松崎 公紀	4. 巻 63
2. 論文標題 不完全情報ゲーム「ガイスター」における相手駒色推定の有効性評価	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌	6. 最初と最後の頁 787 ~ 795
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20729/00217475	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 栃川純平, 竹内聖悟
2. 発表標題 モンテカルロ木探索ガイスターにおける遺伝的プログラミングを用いたプレイアウト方策の作成
3. 学会等名 ゲームプログラミングワークショップ2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 前川幸輝 竹内聖悟
2. 発表標題 対局者の分類とモデル構築により各人を模倣する麻雀プレイヤ
3. 学会等名 情報処理学会研究会報告, 2021-GI-46
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 栃川純平, 竹内聖悟
2. 発表標題 ガイスターの初期盤面における相手駒推定の有効性
3. 学会等名 ゲームプログラミングワークショップ2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shogo Takeuchi
2. 発表標題 Advice is useful for game AIs: Experiments with alpha-beta search players in Shogi
3. 学会等名 The 16th Advances in Computer Games Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 竹内 聖悟
2. 発表標題 プレイアウト数増加に伴うモンテカルロ木探索の振舞い
3. 学会等名 ゲームプログラミングワークショップ2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shogo Takeuchi
2. 発表標題 Weighted Majority Voting with a Heterogeneous System in the Game of Shogi
3. 学会等名 The 2018 Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 竹内 聖悟
2. 発表標題 異種プログラム間における楽観合議について
3. 学会等名 情報処理学会ゲーム情報学研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 竹内聖悟
2. 発表標題 近年のゲーム情報学の進展について -囲碁将棋を中心に-
3. 学会等名 電気電子情報通信学会 四国支部講演会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------