

令和 5 年 5 月 31 日現在

機関番号：13302

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K12121

研究課題名（和文）ゲームプレイヤーの意図や価値観を尊重する上達支援プログラム

研究課題名（英文）Progress support programs that respect game players' intentions and values

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・教授

研究者番号：80362416

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：複数のゲームに対して、プレイヤーの挙動や好みをモデル化し、それに合わせて相手や仲間としてプレイしたり、問題を作成する技術を開発することを旨とした。
一例として、スーパーマリオについては、ステージの好ましさを報酬として、それを最大化するようにステージ生成を行う強化学習タスクを提案し、多様で高品質なステージが得られることを確認した。
別の例として、囲碁や将棋については、人間が自然と思う着手を教師あり学習と強化学習の組み合わせでモデル化したうえで、初中級者相手に、自然な着手で好ゲームになるような誘導を行う技術を提案し、実験を通して効果を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

AIが人間から仕事を奪う敵なのか幸せを導く味方なのか、市井から研究者まで多くの議論がなされている。本研究は、人間を打ち負かすまたは人間が従わなければならない強いAIプレイヤーではなく、人間によりそい、ひきたて、楽しませる暖かいAIプレイヤーを作成することを旨とし、いくつかのゲームにおいて目的を達成した。ゲームはもともと楽しむために行うものであるが、いずれはゲーム以外のゲームの実問題においても、人間の弱さや好みに寄り添ったAIの活用法が開発され、広まりAIとの適切な付き合い方できるようになると考える。

研究成果の概要（英文）：We aimed to develop techniques to model player behavior and preferences for multiple games, and to play them as opponents or friends accordingly, and to create problems for them.

As an example, for Super Mario, we proposed a reinforcement learning task that generates stages to maximize the stage desirability as a reward, and confirmed that it produces diverse and high-quality stages.

As another example, for Go and Shogi, we modeled moves that humans consider natural by combining supervised learning and reinforcement learning. We then proposed a technique for guiding the AI to play well with natural moves against beginners and intermediate players, and confirmed the effectiveness of the technique through experiments.

研究分野：ゲーム情報学

キーワード：ゲーム
リング 楽しませるAI 好みに寄り添うAI 囲碁将棋 スーパーマリオ 価値観推定 プレイヤーモデ
強化学習

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

深層学習を中心とした人工知能(AI)技術が注目されている。ゲームはルールが明快で評価が行いやすく、それでいて人智の象徴として扱われるほどに難しく奥が深いため、AI のテストベッドとして使われている。AlphaZero が囲碁や将棋で人間のトップ棋士より遥かに強い AI プレイヤを作成したことで、強さに関しては十分なレベルに達しつつあると認識されている。

一方で、強くなった AI を別の目的に利用しようという取り組みも広まりつつある。人間を楽しませる相手プレイヤ、仲間として協力できるプレイヤ、人間らしいプレイヤ、人間を上達させる指導 AI、ゲームのコンテンツの自動作成などである。これらのためには、情報学の世界に完結せず、人間を理解することが求められる。

2. 研究の目的

ゲームにはさまざまなものがあり、その特徴によって必要な技術も異なる。そこで、スーパーマリオ、囲碁、ガイスターなど、リアルタイム性・不完全情報性・プレイヤ数・プレイ中の余裕などが異なる複数のゲームを対象として取り上げた。そのうえで、プレイヤの挙動や価値観をモデル化する技術を確認し、それをを用いて相手や仲間としてプレイしたり、適切な問題を作成するための技術を開発することを目的とした。

3. 研究の方法

研究代表者は、人間らしい AI を作るための教師あり学習・強化学習、自然な着手に手加減する AI プレイヤ、問題の面白さを推定する研究などについて多くの経験を持つ。これに加えて、人間の行動モデルを組み合わせて精度を上げる手法、問題生成を強化学習タスクとして定式化する手法、手加減だけでなく好ゲームを演出するための手法などを新たに提案することで、これまで到達できなかった目的を達成することを狙った。

4. 研究成果

囲碁については3つの異なる取り組みを行った。

一つ目は、上達支援のために複数の棋風を演出するものである。AI と対戦するときに、いつも同じような打ち方をされると飽きてしまう。中央派・実利派・悲観派・楽観派・好戦的・平和的などの棋風を持たせれば、その飽きを防ぐことができるだけでなく、さまざまな相手を想定した練習が可能であり、価値が高い。棋風を定義したうえで、着手が自然に見えるかを表す関数と組み合わせることで、不自然でない棋風の演出に成功した。これは 2021 年の Journal of Information Science and Engineering に採録された。

二つ目は、手加減する AI プレイヤに関する研究である。単に勝敗が五分に近づくような手加減ではなく、地合い差が大きくなりすぎず、AI 側に筋の良い手が多く、また人間側の着手の良しあしが試合結果に反映されるようなものを好ゲームとして定義し、このような試合が多くなるような着手選択技術を開発した。8 級から 3 段という比較的広い範囲の強さのプレイヤに対してパラメータ一つだけを変えることで、既存手法よりも好ゲームが多くなるような結果が得られた。これは 2022 年 IEEE Conference on Games に採録された。

三つ目は、そもそも人間はどのような試合を楽しんでいるかの調査に関する研究である。対戦囲碁サービスとして、試合ごとに good/bad を投票できる機能をそなえた「きのあ囲碁」に協力を依頼し、試合の棋譜と good/bad の投票結果を提供してもらった。試合棋譜を強力な囲碁 AI で分析し、100 以上の特徴量を算出、それらが good/bad にどのように影響しているかをまとめ、例えば二者の棋力の差や、投了のタイミングが good/bad に大きな影響を与えていることを確かめた。これは 2023 年の情報処理学会第 49 回 GI 研究発表会で発表した。

将棋については、関連する 2 つの取り組みを行った。Maia は、チェスにおいて膨大な数の棋譜を教師あり学習することで、異なる強さ帯の人間プレイヤの着手を探索なしで高精度に予測する枠組みである。これを将棋に適用する場合、棋譜がチェスほどは得られないことに考慮する必要がある。そこで、異なる強さ帯の棋譜を分離して学習せずに、強さの数値を入力情報に入れ込むことで、「強い人/弱い人による着手」「強い人/弱い人にとっての現在局面の勝率」を一括して推測するモデルを提案した。指し継ぎ実験により、「強い人同士なら先手有利、弱い人同士なら後手有利」のような局面を抽出できることを確かめ、26th Game Programming Workshop で発表した。

さらに、推測に失敗している局面を分析することで、探索が必要な局面が比較的多いことを発見し、この知見から推測精度を上げることを考えた。具体的には、人間の棋譜を教師あり学習する Maia 型の着手予測モデルと、AlphaZero と同様に棋譜なしで探索付き強化学習を行った着手

予測モデルを混ぜ合わせることで、数ポイントの精度向上を達成した。この研究は 2023 年の The 15th International Conference on Agents and Artificial Intelligence に採録された。

スーパーマリオについては2つの異なる取り組みを行った。

一つ目は、人間プレイヤーの軌跡を入力として、それを強化学習を用いて模倣する GAIL という枠組みについての研究である。通常の GAIL では、discriminator として人間の軌跡との違いだけを利用するが、これではスーパーマリオなどの複雑な環境では学習が進みにくいことが知られている。そこで、2つ目の discriminator として、通常の強化学習と同じくゲームをクリアさせる方向の学習を行えるものを追加し、学習を補助することを提案、それがうまくいくことを示した。これは 2020 年 IEEE Conference on Games に採録された。

二つ目は、ステージの好ましさを評価関数として与えることが出来る場合に、それを最大化するようにしてステージを作っていく作業を強化学習として定式化する研究である。未完成ステージを状態、それを一步完成に近づけることを行動とし、報酬はステージが完成後に好ましさ評価関数により与えられる。これにより、従来の GA などによる直接最適化よりも高速で、教師あり学習や GAN などと比べて訓練データを必要としない、コンテンツ生成の全く新しい枠組みを示すことができた。この研究はターン制 RPG とスーパーマリオによってその有効性が確認され、研究の一部が 2021 年 IEEE Transaction on Games に採録された。研究成果の一部は 2023 年の国際会議にも採録が決定しており、ジャーナルにも投稿予定である。

コンテンツ生成に関しては、異なるアプローチで迷路生成にも取り組んだ。詰碁や詰将棋、数独などのペンシルパズルについては、難易度や面白さを推定する試みがさかんに行われている。いわゆるゲーム木探索の意味での木の大きさや複雑さの他に、人間が陥りやすい見落としや勘違いなどを考慮することが重要であるとされている。迷路に関しても、単に分岐の広さや深さだけでは難しさが測れないと考え、教師あり学習を用いて人間の挙動をモデリングする試みを行った。その結果、人間が間違えやすい迷路や間違えにくい迷路をかなりの精度で予測し、望まれる適した迷路を提供することに成功した。この研究は 2021 年の Advances in Computer Games conference に採録された。

ゲームの特徴に合わせて、ニューラルネットワークの構造を工夫する研究も行った。ターン制戦略ゲームは、広いマップつまり大きい状態入力と、複数の駒を自由な順で動かせることによる大きい行動出力を持ったゲームである。このゲームでは駒と駒の位置関係(移動後に攻撃できるかどうかなど)が重要であり、マップ上の絶対位置はそれほど重要ではない。そこで、絶対位置ではなく駒間の相対位置を入力とした、Graph Convolutional Network を用いることを提案した。その結果、通常のニューラルネットワークに比べ、同じ学習データからより正確な勝率推定ネットワークが学習できることを確認した。この研究は 2022 年の The 14th International Conference on Agents and Artificial Intelligence に採録された。

他にも、人間プレイヤーの挙動から「攻撃したい」「できるだけ安全でいたい」といった好みを推測し、それに合わせて人間プレイヤーを“活躍”させる味方 AI の作成、格闘ゲーム初心者のための読み合い理解支援システムの作成、ゲーム AI への認知バイアスや生物学的制約の導入に向けた人間の行動選択に関する分析、AlphaZero が最適戦略を得るためのパラメータの影響に関する分析など、当該目的に関連する多くの研究を行い、国際ジャーナル、国際会議、国内研究会等で発表を行った。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2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 Nam Sanggyu, Hsueh Chu-Hsuan, Ikeda Kokolo	4. 巻 未定
2. 論文標題 Generation of Game Stages with Quality and Diversity by Reinforcement Learning in Turn-based RPG	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Games	6. 最初と最後の頁 1~1
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TG.2021.3113313	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 -

1. 著者名 Yuan Shi, Tianwen Fan, Wanxiang Li, Chu-Hsuan Hsueh and Kokolo Ikeda	4. 巻 -
2. 論文標題 Position Control and Production of Various Strategies for Game of Go Using Deep Learning Methods	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Information Science and Engineering	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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13件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 7件）

1. 発表者名 Tatsuyoshi Ogawa, Chu-Hsuan Hsueh, Kokolo Ikeda
2. 発表標題 Improving the Human-Likeness of Game AI's Moves by Combining Multiple Prediction Models
3. 学会等名 The 15th International Conference on Agents and Artificial Intelligence (ICAART 2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Chu-Hsuan Hsueh and Kokolo Ikeda
2. 発表標題 Playing Good-Quality Games with Weak Players by Combining Programs with Different Roles
3. 学会等名 2022 IEEE Conference on Games (CoG) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 板東 宏和, 池田 心, Chu Hsuan Hsueh
2. 発表標題 人間プレイヤーを活躍させる協力型ゲームの味方AI
3. 学会等名 情報処理学会第49回GI研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 早下 雅弘, 池田 心, Hsueh Chu-Hsuan
2. 発表標題 囲碁AIが好ゲームを演出するための要因分析
3. 学会等名 情報処理学会第49回GI研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 酒見 真, シュエ ジュウシュエン, 池田 心
2. 発表標題 格闘ゲーム初心者のための読み合い理解支援システムの改善
3. 学会等名 情報処理学会第49回GI研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 坂本 洗, 池田 心
2. 発表標題 ゲーム AI への認知バイアス, 生物学的制約の導入に向けた人間の行動選択に関する分析
3. 学会等名 第27回ゲームプログラミングワークショップ(GPW-22)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Keita Fujihira, Chu-Hsuan Hsueh, and Kokolo Ikeda
2. 発表標題 Procedural Maze Generation with Considering Difficulty from Human Players' Perspectives
3. 学会等名 Advances in Computer Games conference (ACG 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Wanxiang Li, Houkuan He, Chu-Hsuan Hsueh and Kokolo Ikeda
2. 発表標題 Graph Convolutional Networks for Turn-Based Strategy Games
3. 学会等名 14th International Conference on Agents and Artificial Intelligence (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤平 啓汰, 池田 心
2. 発表標題 人間らしさを考慮したテストプレイヤを用いる迷路の自動生成と難易度評価
3. 学会等名 第26回ゲームプログラミングワークショップ
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小川 竜欣, 池田 心
2. 発表標題 対戦状況をより正確に表現するための盤面評価値
3. 学会等名 第26回ゲームプログラミングワークショップ
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 池田心
2. 発表標題 Game AI and Human-Likeness for Entertaining Human Players
3. 学会等名 TCGA 電腦對局研討會(招待講演)(國際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Chu-Hsuan Hsueh, Kokolo Ikeda, Sang-Gyu Nam, and I-Chen Wu
2. 発表標題 Analyses of Tabular AlphaZero on NoGo
3. 学会等名 The 2020 Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence(國際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Li Wanxaing, Hsueh Chu-Hsuan and Ikeda Kokolo
2. 発表標題 Imitating Agents in A Complex Environment by Generative Adversarial Imitation Learning
3. 学会等名 2020 IEEE Conference on Games(國際学会)
4. 発表年 2020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
---------	---------