

令和 5 年 6 月 29 日現在

機関番号：12612

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2022

課題番号：18H03347

研究課題名(和文) 人智を超えるゲームAIを利用した知の拡張

研究課題名(英文) Extending human knowledge with game AI beyond human capabilities

研究代表者

伊藤 毅志 (Ito, Takeshi)

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・教授

研究者番号：40262373

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,300,000円

研究成果の概要(和文)：AlphaGoに代表されるように、様々なゲームにおいて人間の能力を超えるAIが開発されるようになってきた。これらの技術を用いて人間の能力を拡張する技術が求められている。本研究では、十分に強くなったゲームAIを用いた学習支援システムの開発と実際に強くなったゲームAIを用いて人間プレイヤーがどの程度レベルがアップしているのかを明らかにしていく研究を行ってきた。具体的には、以下のような研究成果を得た。1) 人間を超えるゲームAIを用いて、人間の理解や学習を支援するシステムを提案した。2) ゲームAIがトッププレイヤーのプレイに与えた影響を数値的に示して、その特徴について考察した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人工知能は、2045年問題に代表されるように人智を超えるレベルが近づきつつある。ゲームAIは問題解決空間の狭さから、一足先に人間を超える性能のAIが登場している。ゲームAIを用いて、人間を超えたレベルのAIとどのように付き合っていくべきかを考えることは、さまざまな分野で人間を超える人工知能が出現した場合の良いベンチマークになると考える。特に、深層学習を用いた人工知能は、学習内容がブラックボックスであるという問題があり、これを可視化する技術やこのようなAIが人間の思考にどのような影響を与える可能性があるのかを調べることは学術的にも社会的にも有意義であると考えられる。

研究成果の概要(英文)：AI that exceeds human capabilities in various games, as exemplified by AlphaGo, is now being developed. There is a need for technology to extend human capabilities using these technologies. In this study, we have conducted research to develop a learning support system using a sufficiently strong game AI and to clarify to what extent the level of the game AI that has actually become stronger has been improved by human players. Specifically, the following research results were obtained: 1) We proposed a system to support human understanding and learning using a game AI that surpasses humans; 2) We numerically demonstrated the impact of the game AI on the play of top players and discussed the characteristics of the game AI.

研究分野：ゲーム情報学、認知科学

キーワード：ゲームAI 深層学習 知の拡張 可視化技術 学習支援

1. 研究開始当初の背景

2017年3月には、コンピュータ将棋のPonanzaが佐藤天彦名人に2連勝し、5月にはDeep Mind社が開発したAlphaGoが当時の世界トッププレイヤーであった柯潔九段に3連勝と完勝した。多くのゲームAIが人間のトップを超えるようになり、人間の常識を超える手も現れるようになってきた。これを受けて、多くのトッププレイヤーはコンピュータの手の意味を探り、今までにはない新しい定跡や指し手(打ち手)に取り組むようになっていた。しかし、一般に人智を超えたゲームAIの手の意味を理解することは難しく、人間の理解できるレベルに落とし込むことは難しい。このギャップを埋める技術が求められている。

2. 研究の目的

本研究では、ゲームAIと人間の思考の違いを理解して、人智を超えたゲームAIの思考を人間に理解しやすい形に変換して、人間の知を拡張する技術を提案し、その有効性を示す。また、人間を超えたゲームAIが人間の思考に与えている影響を実際のプレイログなどから明らかにして、人間の知を高める方法について考察していく。

3. 研究の方法

本研究では、主に、5つのゲームを中心に研究を進めていく。二人完全情報確定ゼロ和ゲームの代表として「将棋(将棋の亜種を含む)」と「囲碁」、不確定要素を含むゲームの代表として「カーリング」、多人数不完全情報ゲームの代表として「麻雀」と「人狼」を題材にして研究を進める。

人間にとって、AIの思考の理解が困難な理由として、その思考の構造の違いが挙げられる。この問題について、3つのアプローチで解決を試みる。

1) AIの思考を人間の理解しやすい形に変換する

「将棋」の分野では、ゲーム木探索と評価関数の機械学習をベースにした手法を組み合わせることで膨大な探索に基づいて手を生成している。人間は、AIのような膨大で単調な探索は困難であるので、どうしても経験に基づく直観的な手の生成になってしまう。AIの膨大な指し手の中から、有力な指し手系列のみを可視化したり、一つの読み筋のみを可視化したりすることで人間の理解を助ける手法を提案する。「囲碁」の分野では、DNNを用いた局面の卓越した認識能力が特徴であるが、人間は19路盤のような広い盤面でどこを見て良いのか、どこが重要であるのかを理解することが難しい。そこで、画像認識で用いられた手法を囲碁に応用し、画像の一部をマスキングして候補手が著しく変化する部分を求めることで、局面の重要な部分を見つける手法を提案した。これによって、重要な局面を可視化する技術を提案する。

2) AIの思考と人間の思考を対比させる

「将棋」「囲碁」の分野では、最強のゲームAIは、すでに人間の棋譜を教師データにするのではなく、AI同士の自己対戦を教師なし学習として学習するようになってきている。人間の棋譜を教師データとしなくなったことが、人間の理解を超える要因の一つであると考え、敢えて、教師あり学習のAIと教師なし学習のAIの手を比較することで、人間の感覚と何が異なっているのかを気づかせるシステムを提案する。

3) 人間では獲得が困難な情報を可視化する

「カーリング」では、かなり強いAIが実現されているが、人間プレイヤーでは想像しなかったような手を選ぶことがある。これは、人間の常識によって排除されていた手をAIでは度なく選ぶことができるためと考えられる。AIが考えるショットを可視化して、人間の思考だけでは得られなかった常識外の手を可視化することで、新たな手や考えを提案するシステムを実現する。

4. 研究成果

将棋、囲碁、カーリング、麻雀などのゲームAIを用いて、人間の知を拡張する技術と、十分に進化したゲームAIによって、人間のプレイヤーの思考がどのように変わってきたのかを明らかにする研究を行ってきた。具体的には、以下のような研究を行ってきた。

・カーリングAIを用いた戦術支援の研究

カーリングの戦略のみをコンピュータ上で議論するデジタルカーリングを改良し、公開することで、カーリングAIの技術は進化してきた。カーリングAIの示すショットを可視化して、提示するシステムを提供することで、AIの考える手をプレイヤーに提示するシステムを構築した。これによって、複数のAIが示す手を同時に示すことが可能となった。また、近年明らかになってきたストーンの軌跡の精緻な計測に基づいて、ストーンの挙動をより正確に再現するためのデジタルカーリングシステムも提案され、より実環境に近い環境で戦略が議論できるようになった。

・囲碁を題材としたAIの思考の可視化の研究

従来、囲碁の認知科学的研究から熟達化において、囲碁用語の果たしている役割は指摘されてきた。そこで、十分に強くなった囲碁AIを用いることで、局面を正しく認識し、棋譜を与える

と正確な囲碁用語を付与するシステムを構築した。これまで、熟達プレイヤーにタグ付けしてもらうことで、囲碁用語を判定させるシステムに比べて高精度に囲碁用語が判別できることを示した。

また、深層学習を用いて強くなった囲碁 AI の思考を可視化する手法に関して、様々なアプローチを試みた。盤面の一部を隠して候補手の生成に大きく影響する部分を特定することで、盤面において重要な部分を可視化することに成功した。

・将棋 AI を用いることで、プレイヤーの棋力を正確に測定する研究

十分に強くなった将棋 AI を用いて、棋譜から如何にプレイヤーが正確な手を選択しているのかを測る指標として、平均損失という指標を提案した。平均損失とは、プレイヤーがある手を指す前と後の局面評価値を比較して、どれだけ評価値を下げたかを平均した値である。研究の結果、中盤以降(40手目以降)の評価値が拮抗した局面における平均損失を調べることで、かなり正確にプレイヤーの棋力を推定することができることを明らかにし、将棋 AI を対戦相手に合わせて動的に強さを調整する AI を用いることで、約5局程度プレイするだけで、プレイヤーのかなり正確なレーティングを推定できることを明らかにした。

・将棋 AI の出現がプロ棋士の棋譜に与えた影響に関する研究

2015 年前後には、公の場で将棋 AI がプロ棋士を破るようになり、プロ棋士は将棋 AI を用いて研究するのが当たり前になってきている。比較的用意にプロ棋士が最新の将棋 AI を入手できるようになったのが 2017 年頃と言われており、その前後で、プロ棋士の棋譜に将棋 AI の影響があるのかを将棋 AI との「一致率」と上述の「平均損失」から調べた。その結果、序盤(40手目)までのプロ棋士の棋譜の将棋 AI との一致率が 2017 年を境に大きく上昇していることが示され、序盤の研究として、将棋 AI が与えている影響が明らかになった。一方、中盤以降(40手目以降)の「平均損失」は、有意な差は見られず、プロ棋士の棋力自体は明確に伸びていないことが示された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 Masahiro Shioda and Takeshi Ito	4. 巻 38
2. 論文標題 Improving Mini-Shogi Engine Using Self-play and Possibility of White's Advantage	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Information Science and Engineering	6. 最初と最後の頁 591-603
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 オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Pang Yuanfeng and Takeshi Ito	4. 巻 29
2. 論文標題 Visualizing and Understanding Policy Networks of Computer Go	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IPSJ Journal	6. 最初と最後の頁 347-359
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 -
1. 著者名 Moyuru Kurita, Kunihito Hoki	4. 巻 13
2. 論文標題 Method for Constructing Artificial Intelligence Player With Abstractions to Markov Decision Processes in Multiplayer Game of Mahjong	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Games	6. 最初と最後の頁 99-110
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 -
1. 著者名 Yuan Shi, Tianwen Fan, Wanxiang Li, Chu-Hsuan Hsueh and Kokoro Ikeda	4. 巻 37
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 553-573
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 無
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 Nam Sanggyu, Hsueh Chu-Hsuan, Ikeda Kokoro	4. 巻 -
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 -
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 無
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 榎井文人、伊藤毅志、松原仁、竹川佳成、山本雅人、河村隆、柳等	4. 巻 61(11)
2. 論文標題 カーリングの競技支援を目的とした工学的アプローチによる実証型研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 情報処理	6. 最初と最後の頁 1-17
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 無
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 馬場匠、伊藤毅志	4. 巻 61(6)
2. 論文標題 少ない棋譜からの将棋プレイヤー棋力推定手法の提案	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌	6. 最初と最後の頁 1190-1199
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 -

1. 著者名 森健太郎、伊藤毅志	4. 巻 60(11)
2. 論文標題 条件の変更にロバストなデジタルカーリングの改良	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌	6. 最初と最後の頁 2085, 2092
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Nakamichi Takafumi、Ito Takeshi	4. 巻 40
2. 論文標題 Adjusting the evaluation function for weakening the competency level of a computer shogi program	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ICGA Journal	6. 最初と最後の頁 15～31
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3233/ICG-180042	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 ホウエンハウ、伊藤毅志	4. 巻 4
2. 論文標題 囲碁学習支援のための用語判定システムの提案	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌	6. 最初と最後の頁 1286-1294
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 オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ito Takeshi	4. 巻 40
2. 論文標題 Game learning support system based on future position	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ICGA Journal	6. 最初と最後の頁 450～459
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3233/ICG-180068	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 山本雅人、伊藤毅志、榎井文人、松原仁	4. 巻 59(6)
2. 論文標題 カーリングとAI	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 情報処理学会誌	6. 最初と最後の頁 500-504
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 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 榊井文人、柳等、伊藤毅志	4. 巻 82-2
2. 論文標題 工学的アプローチによるカーリング戦術支援	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 化学工学	6. 最初と最後の頁 84-87
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 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Takada Kei, Iizuka Hiroyuki, Yamamoto Masahito	4. 巻 ?
2. 論文標題 Reinforcement Learning to Create Value and Policy Functions using Minimax Tree Search in Hex	5. 発行年 2019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.2019.2893343	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 山本 雅人	4. 巻 5/6
2. 論文標題 AI技術の最新技術と今後の展開	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 環境浄化技術	6. 最初と最後の頁 1-4
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 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 松井亮平, 保木邦仁	4. 巻 59(11)
2. 論文標題 強化学習法によるデジタルカーリングの初歩的な行動知識の獲得	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌	6. 最初と最後の頁 2063-2073
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計59件（うち招待講演 5件 / うち国際学会 10件）

1. 発表者名 金泉則天、伊藤毅志
2. 発表標題 人狼における熟達者の思考過程
3. 学会等名 人工知能学会全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 王利峰、伊藤毅志
2. 発表標題 9路盤囲碁における未来局面を用いた学習支援システム
3. 学会等名 情報処理学会ゲーム情報学研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 明石禎紀、伊藤毅志
2. 発表標題 AIを用いた5 × 5 盤将棋における新しい初期配置の自動生成手法の提案
3. 学会等名 情報処理学会ゲーム情報学研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 塩田雅弘、伊藤毅志
2. 発表標題 京都将棋の弱解決
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 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)
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
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuanfeng Pang and Takeshi Ito
2. 発表標題 Visualization techniques to give insight into the operation of the Go policy network
3. 学会等名 TAAI2020 Proceedings (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masahiro Shioda and Takeshi Ito
2. 発表標題 Learning of Evaluation Functions on Mini-Shogi Using Self-playing Game Records
3. 学会等名 TAAI2020 Proceedings (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Deng Shida, 伊藤毅志
2. 発表標題 動的な難易度調整により対戦して楽しい格闘ゲームAI
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 山崎貴之、伊藤毅志
2. 発表標題 VRを用いたエンターテインメント性を付与したカーリングシステムの開発に関する研究
3. 学会等名 エンタテインメントコンピューティングシンポジウム2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 浅野旬吾、伊藤毅志
2. 発表標題 非言語的コミュニケーションゲーム「DREAMS」における相手モデル構築過程
3. 学会等名 日本認知科学会第37回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊藤毅志、杉本磨美
2. 発表標題 人狼プレイヤーの意思決定過程
3. 学会等名 第34回人工知能学会全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 若林広志、伊藤毅志
2. 発表標題 囲碁初心者の動機づけを目的とした着手を褒めるシステム
3. 学会等名 情報処理学会ゲーム情報学研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 浅野旬吾、伊藤毅志
2. 発表標題 非言語的コミュニケーションゲーム「DREAMS」の紹介
3. 学会等名 情報処理学会ゲーム情報学研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤毅志、松原仁、山本雅人、狩野芳伸、大澤博隆
2. 発表標題 ゲーム研究の新展開と認知科学
3. 学会等名 第36回日本認知科学学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 浅野旬吾、伊藤毅志
2. 発表標題 非言語的コミュニケーションゲーム「DREAMS」を用いた研究計画
3. 学会等名 第36回日本認知科学学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 若林広志、伊藤毅志
2. 発表標題 囲碁初心者の動機づけを目的とした着手を褒めるシステムの提案
3. 学会等名 ゲームプログラミングワークショップ2019論文集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村勇太、伊藤毅志
2. 発表標題 深層強化学習を用いたガイスターAI の構築
3. 学会等名 ゲームプログラミングワークショップ2019論文集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 浅田麻菜、伊藤毅志
2. 発表標題 エージェントとのインタラクションにおける時間的制約が相手に対する思考に与える影響について
3. 学会等名 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 若林広志、伊藤毅志
2. 発表標題 囲碁初心者の動機づけを目的とした着手を褒めるシステム
3. 学会等名 情報処理学会ゲーム情報学研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 林俊佐、伊藤毅志
2. 発表標題 コンピュータ将棋における平均損失を用いた棋力調整手法の提案
3. 学会等名 情報処理学会ゲーム情報学研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yubin Liang, Wanxiang Li and Kokolo Ikeda
2. 発表標題 Procedural Content Generation of Rhythm Games Using Deep Learning Methods
3. 学会等名 International Conference on Entertainment Computing (ICEC) & Joint Conference on Serious Games (JCSG) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tianwen Fan, Yuan Shi, Wanxiang Li and Kokolo Ikeda
2. 発表標題 Position Control and Production of Various Strategies for Deep Learning Go Programs
3. 学会等名 2019 International Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence (TAAI 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Taishi Oikawa, Chu-Hsuan Hsueh and Kokolo Ikeda
2. 発表標題 Enhancing Human Players' T-Spin Technique in Tetris with Procedural Problem Generation
3. 学会等名 16th Advances in Computer Games Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomihiko Kimura and Kokolo Ikeda
2. 発表標題 Designing policy network with deep learning in turn-based strategy games
3. 学会等名 16th Advances in Computer Games Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 SangGyu Nam, Kokolo Ikeda
2. 発表標題 Generating Stages in Turn-Based RPG using Reinforcement Learning
3. 学会等名 IEEE Conference on Games (COG) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川上直人、池田心
2. 発表標題 研究奨励賞後退解析による詰めガイスター問題の列挙
3. 学会等名 情報処理学会ゲーム情報学研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 池田心
2. 発表標題 強いゲームAIから楽しませるゲームAIへ
3. 学会等名 北陸4大学連携まちなかセミナー (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 池田心
2. 発表標題 楽しませる囲碁プログラム～強すぎるAIにどう接待させるか
3. 学会等名 第4回ジャパン碁コンgres in金沢
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大西紘史, 保木邦仁
2. 発表標題 4人でプレイするBlokusのAIプレイヤーの強化学習
3. 学会等名 情報処理学会ゲーム情報学研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山岡勇太, 保木邦仁
2. 発表標題 CFR法とQ学習法の格闘ゲーム人工知能への適用
3. 学会等名 情報処理学会ゲーム情報学研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 武田弾, 保木邦仁
2. 発表標題 Nメンズモリスのコマの配置の数の分析
3. 学会等名 情報処理学会ゲーム情報学研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊藤毅志、松原仁、山本雅人、保木邦仁、勝又清和、大橋拓文
2. 発表標題 人智を超えるゲームAIとその利用
3. 学会等名 AIXシンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 保木邦仁
2. 発表標題 ゲーム人工知能の現状～コンピュータ将棋と囲碁の躍進
3. 学会等名 第13回情報科学シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤毅志
2. 発表標題 人智を超えるゲームAIが世界を変える～バックギャモン、将棋、囲碁から学ぶ未来～
3. 学会等名 第6回データサイエンティスト協会シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤毅志
2. 発表標題 ゲーム情報学の現状と展望～ゲームAIに起こっていることと実社会への繋がり～
3. 学会等名 中部電力有識者講演会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 安宅耕太郎, 飯塚博幸, 山本雅人
2. 発表標題 デジタルカーリングにおける局面に対する期待得点分布の学習
3. 学会等名 情報処理学会ゲーム情報学研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kotaro Ataka, Wataru Noguchi, Iizuka Hiroyuki, Masahito Yamamoto
2. 発表標題 Learning of Evaluation Function in Digital Curling Considering the Probability of Scores at Each End
3. 学会等名 Proceeding of AAAI20 Workshop "Artificial Intelligence in Team Sports" (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 源智也, 松原仁
2. 発表標題 Long Short Term Memoryによる複数人の人狼推定
3. 学会等名 ゲームプログラミングワークショップ2019論文集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 阿保達也, 松原仁
2. 発表標題 ゲームプレイ特徴のクラスタリングによるローグライクゲームの動的難易度調整
3. 学会等名 ゲームプログラミングワークショップ2019論文集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuuto Kosaka and Takeshi Ito
2. 発表標題 Examination of Indicators for Estimating Players' Strength by using Computer Go
3. 学会等名 The Proceedings in 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 Yuanfeng Pang and Takeshi Ito
2. 発表標題 Visualizing and Understanding Policy Networks of Computer Go
3. 学会等名 PRICAI2018: Trends in Artificial Intelligence (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森健太郎、伊藤毅志
2. 発表標題 条件の変更にロバストなデジタルカーリングの改良
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 馬場匠、伊藤毅志
2. 発表標題 少ない棋譜からの将棋プレイヤー棋力推定手法の提案
3. 学会等名 情報処理学会ゲーム情報学研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小坂悠登、伊藤毅志
2. 発表標題 囲碁AIを用いたプレイヤーの棋力推定
3. 学会等名 情報処理学会ゲーム情報学研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toshiyuki Higuchi, Kentaro Mori, Takeshi Ito
2. 発表標題 An AI-Assisted Strategy Learning Support System Using Digital Curling
3. 学会等名 Workshop on Curling Informatics 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kentaro Mori , Toshiyuki Higuchi , Takeshi Ito
2. 発表標題 Improvements to the Digital Curling System
3. 学会等名 Workshop on Curling Informatics 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masahito Yamamoto, Shu Kato, Hiroyuki Iizuka
2. 発表標題 Learning of Expected Scores Distribution for Positions of Digital Curling
3. 学会等名 Workshop on Curling Informatics 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安宅 耕太郎, 飯塚 博幸, 山本 雅人
2. 発表標題 不確定ゲームにおける深層強化学習による評価関数の獲得
3. 学会等名 第18回複雑系マイクロシンポジウム講演論文集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉田直人, 保木邦仁
2. 発表標題 Watkins の $Q(\)$ 法に基づく Multiple Choice System のボスの強化学習,
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 久米洋輝, 栗田萌, 保木 邦仁
2. 発表標題 エラーレートを用いた麻雀プレイヤーの実力推定
3. 学会等名 情報処理学会ゲーム情報学研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 牧田 光平, 池田 心
2. 発表標題 連鎖構成力向上のための多様で面白いなぞぷよ提供法の提案
3. 学会等名 情報処理学会ゲーム情報学研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石井 岳史, 川上 直人, 橋本 剛, 池田 心
2. 発表標題 不完全情報ゲーム『ガイスター』における2種の詰め問題の提案と考察
3. 学会等名 情報処理学会ゲーム情報学研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shi Yuan, Fan Tianwen, Li Wanxiang, 池田 心
2. 発表標題 深層学習囲碁プログラムを用いた場合の手加減に関する研究
3. 学会等名 情報処理学会ゲーム情報学研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 ナムサンギョ, 池田心
2. 発表標題 強化学習を用いたターン制 RPG のステージ自動生成
3. 学会等名 第23回ゲームプログラミングワークショップ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 及川 大志, 池田心
2. 発表標題 テトリスにおけるT-spin構成力向上のための問題作成
3. 学会等名 第23回ゲームプログラミングワークショップ(GPW-18)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 テンシリリックン シラ, 高橋 一幸, ナム サンギユ, 池田 心
2. 発表標題 コンピューターゲームプレイヤーにおける人間らしさの調査
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 Kokolo Ikeda
2. 発表標題 Human-like Computer Game Players
3. 学会等名 2018 ASEAN Workshop on Information Science and Technology
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 池田 心
2. 発表標題 人間にとって乱数らしく見える疑似乱数の生成方法
3. 学会等名 平成30年度(2018)理工系情報学科・専攻協議会 総会研究会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 中谷 裕教、伊藤 毅志、他	4. 発行年 2018年
2. 出版社 勁草書房	5. 総ページ数 183
3. 書名 「次の一手」はどう決まるか: 棋士の直観と脳科学	

1. 著者名 伊藤毅志、保木邦仁、三宅	4. 発行年 2018年
2. 出版社 コロナ社	5. 総ページ数 223
3. 書名 ゲーム情報学概論 - ゲームが切り拓く人工知能 -	

1. 著者名 伊藤毅志ほか	4. 発行年 2023年
2. 出版社 オーム社	5. 総ページ数 360
3. 書名 ゲームAI研究の新展開	

〔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
研究分担者	保木 邦仁 (Hoki Kunihito) (00436081)	電気通信大学・大学院情報理工学研究科・准教授 (12612)	
研究分担者	山本 雅人 (Yamamoto Masahito) (40292057)	北海道大学・情報科学研究院・教授 (10101)	
研究分担者	松原 仁 (Matsubara Hitoshi) (50325883)	東京大学・大学院情報理工学系研究科・教授 (12601)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究分担者	池田 心 (Ikeda Kokoro) (80362416)	北陸先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・教授 (13302)	

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