

令和 4 年 6 月 3 日現在

機関番号：13302

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K22893

研究課題名（和文）ゲーム洗練度理論 - 最適化から快適化へのパラダイムシフト

研究課題名（英文）Game refinement theory - Paradigm shift from performance optimization to comfort in mind

研究代表者

飯田 弘之（IIDA, HIROYUKI）

北陸先端科学技術大学院大学・その他・理事

研究者番号：80281723

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 5,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究ではゲーム洗練度理論を発展させ新たな理論を構築した。その数理モデルからゲーム木探索で用いる指標として、2人ゲーム探索で用いる確率型証明数（PPN）とパズル解探索で用いるシングル共謀数（SCN）を導出した。これらの指標を探索過程で利用することで最高レベルの解決器を開発できることを実際のゲームやパズルで実験的に検証した。ここで開発した最高レベルの解決器が探索の判断材料として利用した指標がゲームプレイやパズル解法のプロセスで時間変位するダイナミクスを思考の世界の力学モデルと対応させることで等価であることを発見した。つまり、最適化と快適化がゲームプレイやパズル解法の根底において同一視される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本ではマンガ、アニメ、ビデオゲームに代表されるエンタテインメント産業を活発に展開し、我が国の象徴的なものとなっている。一方、エンタテインメントの原理に関する学術的な側面での研究は停滞し、結果として、エンタテインメント産業界でも欧米等の後塵を拝する傾向にある。本研究では、エンタテインメント科学の先駆的役割を果たしたゲーム洗練度理論をベースとして、思考の世界の力学という新たな理論を提唱し、遊戯性の指標を導出した。こうして、これまでにないエンタテインメントの評価法が確立し、さらには、エンタテインメントシステムのより精密なデザインを可能とした。産業面でも様々な分野で快適さを取り込むことが期待される。

研究成果の概要（英文）：We developed new theories to understand many facets of games, both from objective and psychological points of view. We proposed two indicators for search-tree algorithms: the probability-based proof number (PPN) and the single conspiracy number (SCN), and applied them to various games. The results revealed interesting information on what each indicator brings to the table. The PPN-based search provided a means for determining the quality of information to operate in a similar fashion to human intuition. Contrarily, the SCN-based search provided a platform to understand the player's experience. Additionally, the SCN-based search approach was linked with the motion in mind, which analyzes various objective and subjective aspects of the game-playing experience by drawing analogies with motion-related concepts from physics. By comparing the SCN with these analogies of motion in games, we found that the underlying computations are directly related to the oscillations that happen in games.

研究分野：ゲーム情報学

キーワード：思考の世界の力学 ゲーム情報学 人工知能 心地よさ エンタテインメント

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

エンタテインメント産業の発展のためにも遊戯性の正当な評価は欠かせないものであるが、当該分野では長らく被験者によるインタビューやアンケート調査が主たる評価法であった。マンガ・アニメ・ファミコンなど、我が国を象徴するエンタテインメントの開発現場ではなおさら職人技が重要視されてきたという背景がある。この傾向は世界的に同様であるが、その中でも日本の優れた遊び心の感性がエンタテインメント産業の成功を後押ししてきたと考えられる。

このような背景で遊戯性評価法の有力候補となるゲーム洗練度理論 (Iida *et al.* 2004) が提案された。当該理論はゲーム体験としてのスリル感に着目し、その発揚の由来として思考の世界での重力加速度の概念に基づいた数理モデルが基本となっている。ゲームを題材とした結果の不確定性が明らかになるプロセスでの時間変位の処理速度の変化、つまり、加速度が生じることでスリル感がもたらされるという仮説が背景にある。本数理モデルから導出された加速度の値を洗練度の指標 (GR) として、思考ゲーム、スポーツ、ビデオゲームなど、様々なジャンルの数多くのゲームに適用した結果、非常に人気の高いゲーム、あるいは、千年を超えるような長い歴史の中で十分に洗練淘汰されたと思定されるゲームでは、指標 GR がある一定の値になることが発見された。

当該理論は要約すれば、試合の長さ (思考ゲームでは手数に相当) に着目した場合、長過ぎると冗長になり遊戯性を低下させる一方、短過ぎると試合結果の公平性が担保されない。それゆえ洗練されたゲームは、プレイヤーに与えられる自由度 (思考ゲームでは選択肢の数に相当) に対して調和されたゲーム長さとなるようにルールが進化論的に変遷する。その適度な割合が情報の加速度として導出され、思考ゲームの場合、一千年以上の時を経て、一定の値に収束したと考えられている。当該指標は遊び目的のゲームだけでなく、教育やビジネス目的のゲーミフィケーションにも適用され、遊び目的のゲームとの差異を比較する上で有用と考えられている。こうして、ゲーム洗練度理論をさらに発展させることで、ゲームプレイヤーのプレイ体験をもっと精密に知ることができるのではないかと期待される。

一方、AI の発展は目覚ましく、思考ゲームに限って言えば、チェス、将棋に続いて、囲碁においても名人に勝利した。思考ゲームのような明確な枠組みでの意思決定として、探索や機械学習など AI の最適化技術は人間をはるかに知の創造を可能とした。今後は、最適化だけでなく、人にとって心地よさをもたらす快適化の理解と実装が強く求められる。ゲーム文脈では、プレイ体験の精密な評価とその実現が期待される。

【参考文献】

Iida, H. *et al.* (2004). An Application of Game-Refinement Theory to Mah Jong. In: Rauterberg, M. (eds) Entertainment Computing - ICEC 2004. ICEC 2004. Lecture Notes in Computer Science, vol 3166. Springer, Berlin, Heidelberg.

2. 研究の目的

ゲーム洗練度理論 (Iida 2004) はスリル感に着目する数理モデルであるが、遊戯性の総合的観点から、他の要因も存在するに違いない。その一例が、ゲームの公平性である。本研究では、ゲーム体験としての快適化を探究する上で、遊戯性の総合的知見を得ることを前提として、快適化の主要因を特定することを目的とした。それによって得られる新たな知見を定式化するべく、ゲーム洗練度理論を一般化することが主目的となる。さらには、本研究で得られた知見を基にして、AI のパフォーマンス最適化に加えて、AI による人の心に共感し快適化を演出することで産業界にイノベーションが巻き起こることが十分の望まれる。

3. 研究の方法

ゲーム洗練度理論 (Iida 2004) を発表して以来、遊戯性解明を目指して、様々な観点から試行錯誤を試みてきたが、本研究では、ニュートン力学のような力学体系をゼロベースから (後に思考の世界の力学と命名) 体系化するという、最もチャレンジングなアプローチをとることにした。ニュートン力学で扱う物体の運動法則では、物体の位置の時間変位を速度とするのに対し、思考の世界の力学では、当該イベント (ゲーム文脈では優劣判断) に関する情報の時間変位を速度として定義する。本質的には、強化学習理論 (Skinner 1938) における強化スケジュール $VR(N)$ に等価な概念として表現される。すなわち、複数個ある選択肢から一つを選ぶ非決定論的問題として定式化する。具体的には、ある局面で正解を選ぶことのできる確率を速度とし、正解を選べない確率を質量とする。この定義をベースに、思考の世界におけるいくつかの物理量を定義し、実際のゲームデータを照合したところ、物理量とゲーム体験としての快適化とのリンクが示唆された。本研究で扱う物理量は、質量、速度、加速度、運動量、フォース、位置エネルギーである。自然界の物理では客観的視点のみ扱われるが、思考の世界では、客観と同様に主観も大事な視点となる。そこで、ゲーム体験を評価する指標として客観と主観の差を用い、没入感、競技性、心地よさなどに対応できるかどうかを種々検討する。

4. 研究成果

思考の世界の力学 (motion in mind model) を提案し、具体的なゲームデータを照合しながら

ら、その有用性について検証した (Iida and Khalid 2020). この論文によりゲームの諸性質を力学的手法で分析評価する新たなモデルが構築された。例えば、ゲームにおける客観性と主観性を定量的に考察することで、エンタテインメント分野で課題となる没入感や依存性との関係性についてゲームの性質の観点から新たな知見を得ることができた (Khalid and Iida 2021).

また、思考の世界の力学モデルと Skinner の強化学習理論の Reinforcement Scheduling の関連性から「遊びの重力」という新たな概念に基づく指標を導出した (Kang et al, 2020). 遊びの文脈で、人の心を惹きつける要因の一つを探る指標として、千年以上の長い歴史を経て洗練淘汰された思考ゲームに適用した結果、囲碁を題材として紀元前では減少傾向にあり、チェスを題材として紀元後には増加傾向にあることがわかった。紀元前には教育目的のゲームを指向していたことが類推され、一方、紀元後には重力の大きな、つまり、より刺激的なゲームへとルール変遷が行われたと推定される。

さらには、AI によるゲームやパズルの解決器の開発において、探索指標として確率型証明数が大変有効であることを明らかにした上で、その探索に於いて、共謀数指標に時間変位に着目した結果、探索の指標と共謀数のダイナミクスが遊戯性評価指標として等価であることを発見した (Anggina et al 2021). ビデオゲームの流行は非決定論的なパズルは多くの人気を集めている。その性質を理解するために、思考の世界の力学モデルを適用するが、まずは、そのような難解なパズルの解を求める AI の開発が必要である。本研究では、マインスイーパーを題材として高度な AI 技術を駆使して最強のソルバーを開発した (Liu et al 2022).

思考の世界の力学モデルから、学習効果との関係性を見出すべく、タイの小学校においてクイズ形式の学習を題材としてデータを収集し、教育文脈でのゲーム設計 (ゲーミフィケーション) の妥当性を検討した。回答の際に時間プレッシャーなどの条件をコントロールすることでゲーム性を適度に調整し、快適な学習環境が得られる感触を得た (Anunpattana et al 2021). 思考の世界の力学モデルで加速度に着目すると、従来のフロー理論の数理モデルとリンクしていることがわかった。すなわち、チャレンジに対して適切な能力があるとき、その比 (情報加速度) が一定になることでフロー状態になる。

情報加速度の概念は、ゲーム洗練度理論 (Iida et al 2004) としてすでに提案されたものである。人気のあるビデオゲームで適用すると、ゲーム洗練度指標 (GR) がゾーンと呼ばれるある値にあるゲームは非常に人気のあることがわかっている。例えば、(Wang et al 2021) では、MMORPG としてそのシリーズを分析し、情報加速度がゾーンへと向かってルールが変遷したことがわかった。ゲームの長さに着目したとき、長すぎると冗長になり遊戯性が低下する。一方、短か過ぎると、実力が十分に出し切れているかわからず、公平性が担保されない。それらのバランスが GR の値に反映されるということである。

質量、速度、加速度、運動量、フォース、位置エネルギーなどの物理量によって、思考の世界での運動の諸性質を理解することができる。例えば、ジェットコースターでの乗り心地と遊び心地を比較すると、心地よさ/快適さの本質的なところで同じようなメカニズムが働いていることがわかった (Zhang et al 2021). ジェットコースターは身体的な物理的影響を受けるが、スリル感などの情感を感じるのは思考の世界での運動である。安全であることと加速度によるスリル感のバランスという観点では、速度のダイナミクスとして、洗練されたゲームでの体験はまさにジェットコースター体験と同等なものと言える。

本研究の重要な転機は、AI のパラダイムシフトとして、ふるまいの最適化から心地よさの最適化のモデルを提案したことである (Agarwal et al 2019). ゲームの運動における運動量の概念を導入することで、従来のゲームを競技的ゲームと教育的ゲームの分類に成功した。この研究が呼び水となって、のちにニュートン力学のアナロジーとして思考の世界の力学 (Iida and Khalid 2020) を提唱した。

最終結論として、ゲーム洗練度を拡張した形で思考の世界の力学モデルを構築することに成功した。当該モデルは、種々のゲーム体験に物理量を対応させることで、ユーザーにとっての快適さを定量的に議論できる。ゲーム文脈に限らず、学習文脈などへの応用も可能であることがわかった。従来の心理学文脈での主張が当該モデルで物理量として表される可能性がある。創造性の視点では、快適さを求めた結果として、ゲームの質量があるべき姿に進化論的に変遷してきたのではないかという知見を得た。今後、当該モデルを適切に応用することで、優れたエンタテインメントのデザインを支援し、また、適切なレベルの没入感を判定し、必要に応じて制御することで健全なエンタテインメント産業の展開へ寄与するものと期待される。

【主な業績リスト】

A Solver of Single-agent Stochastic Puzzle: A case study with Minesweeper. Chang Liu, Shunqi Huang, Gao Naying, Mohd nor Akmal Khalid, Hiroyuki Iida, *Knowledge-Based Systems* 108630-108630, 2022 (IF=8.038)

The Dynamics of Minority versus Majority Behaviors: A Case Study of the Mafia Game.

- Hong Ri, Xiaohan Kang, Mohd nor Akmal Khalid, Hiroyuki Iida, *Information* 13(3) 134-134 2022 (**Impact Score 2.38**)
- Nature of Arcade Games. Yuexian Gao, Chang Liu, Naying Gao, Mohd nor Akmal Khalid, Hiroyuki Iida, *Entertainment Computing* 41 100469-100469 2022 (**IF=1.455**)
- Capturing potential impact of challenge-based gamification on gamified quizzing in the classroom. Punyawee Anunpattana, Mohd nor Akmal Khalid, Hiroyuki Iida, Wilawan Inchamnan, *Heliyon* 7(12) e08637-e08637 2021 (**IF=2.85**)
- Addictive Games: Case Study on Multi-Armed Bandit Game. Xiaohan Kang, Hong Ri, Mohd nor Akmal Khalid, Hiroyuki Iida, *Information* 12(12) 521-521, 2021 (**Impact Score 2.38**)
- What Constitutes Fairness in Games? A Case Study with Scrabble. Htun Pa Pa Aung, Mohd nor Akmal Khalid, Hiroyuki Iida, *Information* 12(9) 352-371 2021 (**Impact Score 2.38**)
- MMORPG Evolution Analysis from Explorer and Achiever Perspectives: A Case Study Using the Final Fantasy Series. Haolan Wang, Zeliang Zhang, Mohd nor Akmal Khalid, Hiroyuki Iida, Keqiu Li, *Information* 12(6) 229-229 2021 (**Impact Score 2.38**)
- Computing Games: Bridging the Gap Between Search and Entertainment. Anggina Primanita, Mohd Nor Akmal Khalid, Hiroyuki Iida, *IEEE Access* 9: 72087-72102, 2021 (**IF=3.367**)
- Objectivity and Subjectivity in Games: Understanding Engagement and Addiction Mechanism. Mohd nor Akmal Khalid, Hiroyuki Iida, *IEEE Access* 9: 65187-65205, 2021 (**IF=3.367**)
- Bridging Ride and Play Comfort. Zeliang Zhang, Kang Xiaohan, Mohd Nor Akmal Khalid, Hiroyuki Iida, *Information* 12(3): 119-119, 2021 (**Impact Score 2.38**)
- Player Satisfaction Model and its Implication to Cultural Change. Kang Xiaohan, Mohd nor Akmal Khalid, Hiroyuki Iida, *IEEE Access* 8: 184375-184382, 2020 (**IF=3.367**)
- Using Games to Study Law of Motions in Mind. Hiroyuki Iida, Mohd nor Akmal Khalid, *IEEE Access* 8: 138701-138709, 2020 (**IF=3.367**)
- Characterizing the Nature of Probability-Based Proof Number Search: A Case Study in the Othello and Connect Four Games. Anggina Primanita, Mohd nor Akmal Khalid, and Hiroyuki Iida, *Information* 11(5) 2020 (**Impact Score 2.38**)
- Analyzing the Sophistication of Chinese Checkers. Wu Yisi, Mohd nor Akmal Khalid, Hiroyuki Iida, *Entertain. Comput.* 34: 100363-100363, 2020 (**IF=1.455**)
- Nature of Attractive Multiplayer Games: Case Study on China's Most Popular Card Game—DouDiZhu. Yuexian Gao, Wanxiang Li, Yuhao Xiao, Mohd nor Akmal Khalid, Hiroyuki Iida, *Information* 11(3): 141-141, 2020 (**Impact Score 2.38**)
- Finding appropriate settings of a newly designed game: a case study using Japanese crossword game MyoGo Renju. Liu Xinyue, Luping Fu, Mohd nor Akmal Khalid, Hiroyuki Iida, *Entertainment Computing* 34: 100358-100358, 2020 (**IF=1.455**)
- Camera operation estimation from video shot using 2D motion vector histogram. Pawin Prasertsakul, Toshiaki Kondo, Hiroyuki Iida, Teera Phatrapornnant, *Multimedia Tools and Applications* 2020 (**IF=2.757**)
- Simulating competitiveness and precision in a tournament structure: a reaper tournament system. An Vinh Nguyen Dinh, Nhien Pham Hoang Bao, Mohd nor Akmal Khalid, Hiroyuki Iida, *International Journal of Information Technology* 12(1) 1-18 2019 (**IF=5.135**)
- Game refinement theory: Paradigm shift from performance optimization to comfort in mind. Sakshi Agarwal, Mohd nor Akmal Khalid, Hiroyuki Iida, *Entertainment Computing* 32(100314) 1-7 2019 (**IF=1.455**)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計27件（うち査読付論文 27件/うち国際共著 10件/うちオープンアクセス 27件）

1. 著者名 Zhang Zeliang, Xiaohan Kang, Khalid Mohd Nor Akmal, Iida Hiroyuki	4. 巻 12
2. 論文標題 Bridging Ride and Play Comfort	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Information	6. 最初と最後の頁 119 ~ 119
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/info12030119	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 Gao Yuxian, Gao Naying, Khalid Mohd Nor Akmal, Iida Hiroyuki	4. 巻 12523
2. 論文標題 Finding Flow in Training Activities by Exploring Single-Agent Arcade Game Information Dynamics	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 126 ~ 133
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-65736-9_11	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 Khalid Mohd Nor Akmal, Iida Hiroyuki	4. 巻 1
2. 論文標題 A Paradigm Shift from Optimal Play to Mental Comfort: A Perspective from the Game Refinement Theory	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Informatics, Information System, Computer Engineering	6. 最初と最後の頁 48-81
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 Tingting Wu, Shunqi Huang, Pa Aung Htung Pa, Akmal Khalid Mohd Nor, Iida Hiroyuki	4. 巻 1
2. 論文標題 Analysis of Single-Agent Game: Case Study using Minesweeper	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of 2020 International Conference on Advanced Information Technologies (ICAIT)	6. 最初と最後の頁 105-110
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/icait51105.2020.9261782	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 Liu Chang、Huang Shunqi、Akmal Khalid Mohd Nor、Iida Hiroyuki	4. 巻 1
2. 論文標題 Attractiveness of Single-Agent Game: Case Study Using Sliding Puzzle	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of 2020 International Conference on Advanced Information Technologies (ICAIT)	6. 最初と最後の頁 76-81
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/icait51105.2020.9261794	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 Ri Hong、Akmal Khalid Mohd Nor、Iida Hiroyuki	4. 巻 1
2. 論文標題 Analysis of Jump & Jump Game and its Possible Enhancement	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of 2020 International Conference on Advanced Information Technologies (ICAIT)	6. 最初と最後の頁 82-87
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/icait51105.2020.9261784	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 Yicong Wu、Liu Chang、Akmal Khalid Mohd Nor、Iida Hiroyuki	4. 巻 1
2. 論文標題 Informational Analysis of Go, Part 2: Zuozi and Huanqitou	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of 2020 International Conference on Advanced Information Technologies (ICAIT)	6. 最初と最後の頁 111-116
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/icait51105.2020.9261773	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 An Yuan、Primanita Anggina、Akmal Khalid Mohd Nor、Iida Hiroyuki	4. 巻 1
2. 論文標題 Ascertaining the Play Outcome using the Single Conspiracy Number in GoBang*	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of 2020 IEEE Conference on Games (CoG)	6. 最初と最後の頁 658-661
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/CoG47356.2020.9231621	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 該当する

1. 著者名 Yicong Wu, Khalid Mohd Nor Akmal, Iida Hiroyuki	4. 巻 1
2. 論文標題 Informatical Analysis of Go, Part 1: Evolutionary Changes of Board Size	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of 2020 IEEE Conference on Games (CoG)	6. 最初と最後の頁 320-327
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/CoG47356.2020.9231758	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 Khalid Mohd Nor Akmal, Yusof Umi Kalsom, Iida Hiroyuki	4. 巻 1
2. 論文標題 An Artificial Immune System Approach for Solving Type-E Assembly Line Balancing Problem with Problem-Specific Information	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of 2020 IEEE 16th International Conference on Control & Automation (ICCA)	6. 最初と最後の頁 1590-1595
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/icca51439.2020.9264382	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 該当する

1. 著者名 Xiaohan Kang, Khalid Mohd Nor Akmal, Iida Hiroyuki	4. 巻 8
2. 論文標題 Player Satisfaction Model and its Implication to Cultural Change	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 184375 ~ 184382
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/access.2020.3029817	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 Rizani Muhammad Nazhif, Khalid Mohd Nor Akmal, Iida Hiroyuki, Malik Reza Firsandaya	4. 巻 1
2. 論文標題 Analysis of Business Model Transition Based on Active User and Review Value	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of FDG '20: International Conference on the Foundations of Digital Games	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) 10.1145/3402942.3409782	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 該当する

1. 著者名 Gao Yuexian, Li Wanxiang, Khalid Mohd Nor Akmal, Iida Hiroyuki	4. 巻 603
2. 論文標題 Quantifying attractiveness of incomplete-information multi-player game: case study using DouDiZhu	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Electrical Engineering	6. 最初と最後の頁 301 ~ 310
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-15-0058-9_29	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 Iida Hiroyuki, Khalid Mohd Nor Akmal	4. 巻 8
2. 論文標題 Using Games to Study Law of Motions in Mind	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 138701 ~ 138709
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2020.3012597	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 Xiong Shuo, Ye Aoshuang, Iida Hiroyuki	4. 巻 323
2. 論文標題 A Game Informatical Analysis of Dark Chess by Game Refinement Theory	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences	6. 最初と最後の頁 358 ~ 368
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-51005-3_30	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 該当する

1. 著者名 Primanita Anggina, Khalid Mohd Nor Akmal, Iida Hiroyuki	4. 巻 11
2. 論文標題 Characterizing the Nature of Probability-Based Proof Number Search: A Case Study in the Othello and Connect Four Games	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Information	6. 最初と最後の頁 264 ~ 264
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/info11050264	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 該当する

1. 著者名 JIANGZHOU Li, PRIMANITA Anggina, KHALID Mohd Nor Akmal, IIDA Hiroyuki	4. 巻 1
2. 論文標題 Analyzing the Improvement Process of Table Tennis Using the Game Refinement Theory	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the Sriwijaya International Conference on Information Technology and Its Applications (SICONIAN 2019)	6. 最初と最後の頁 437-442
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2991/aisr.k.200424.067	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 PRIMANITA Anggina, IIDA Hiroyuki	4. 巻 1
2. 論文標題 Nature of Probability-Based Proof Number Search	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the Sriwijaya International Conference on Information Technology and Its Applications (SICONIAN 2019)	6. 最初と最後の頁 485-491
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2991/aisr.k.200424.075	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 該当する

1. 著者名 NAYING Gao, PRIMANITA Anggina, KHALID Mohd Nor Akmal, IIDA Hiroyuki	4. 巻 1
2. 論文標題 A Key Factor to Maintain Engagement: Case Study Using 'Login System'	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the Sriwijaya International Conference on Information Technology and Its Applications (SICONIAN 2019)	6. 最初と最後の頁 492-497
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2991/aisr.k.200424.076	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 該当する

1. 著者名 Xinyue Liu, Luping Fu, Khalid Mohd Nor Akmal, Iida Hiroyuki	4. 巻 34
2. 論文標題 Finding appropriate settings for fairness and engagement of a newly designed game: A case study using Japanese crossword game 'MyoGo Renju'	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Entertainment Computing	6. 最初と最後の頁 100358 ~ 100358
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.entcom.2020.100358	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 Yisi Wu, Akmal Khalid Mohd Nor, Iida Hiroyuki	4. 巻 33
2. 論文標題 Analyzing the Sophistication of Chinese Checkers	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Entertainment Computing	6. 最初と最後の頁 100363 ~ 100363
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.entcom.2020.100363	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 Gao Yuexian, Li Wanxiang, Xiao Yuhao, Khalid Mohd Nor Akmal, Iida Hiroyuki	4. 巻 11
2. 論文標題 Nature of Attractive Multiplayer Games: Case Study on China's Most Popular Card Game? DouDiZhu	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Information	6. 最初と最後の頁 141 ~ 141
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/info11030141	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 Yuexian Gao, Mohd Nor Akmal Khalid, Hiroyuki Iida, Umi Kalsom Yusof	4. 巻 82
2. 論文標題 Coopetition in Solving Combinatorial Optimization Problem: Application to the Industrial Assembly Line Balancing Problem	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 TEST Engineering & Management	6. 最初と最後の頁 11992 - 12000
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 該当する

1. 著者名 Gao Yuexian, Li Wanxiang, Khalid Mohd Nor Akmal, Iida Hiroyuki	4. 巻 603
2. 論文標題 Quantifying attractiveness of incomplete-information multi-player game: case study using DouDiZhu	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Electrical Engineering	6. 最初と最後の頁 301 ~ 310
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-15-0058-9_29	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 Agarwal Sakshi, Khalid Mohd Nor Akmal, Iida Hiroyuki	4. 巻 32
2. 論文標題 Game refinement theory: Paradigm shift from performance optimization to comfort in mind	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Entertainment Computing	6. 最初と最後の頁 100314 ~ 100314
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.entcom.2019.100314	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 Nhien Pham Hoang Bao, Mohd Nor Akmal Khalid & Hiroyuki Iida	4. 巻 12
2. 論文標題 Simulating competitiveness and precision in a tournament structure: a reaper tournament system	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Information Technology	6. 最初と最後の頁 1-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s41870-019-00397-5	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 該当する

1. 著者名 Thavamuni Sagguneswaraan, Ismail Hadzariah, Iida Hiroyuki	4. 巻 892
2. 論文標題 An Analysis of Gamification on Dota 2 's Business Model	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Mechanics and Materials	6. 最初と最後の頁 55 ~ 63
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4028/www.scientific.net/AMM.892.55	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 該当する

〔学会発表〕 計5件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 Kang Xiaohan, Zeliang Zhang, Mohd Nor, Akmal Khalid, Hiroyuki Iida, Bing Han
2. 発表標題 Analysis of Boardgames using Eye-tracking: Case Study with Gomoku
3. 学会等名 TAAI2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Chen Xiao, Anggina Primanita, Mohd Nor, Akmal Khalid, Hiroyuki Iida
2 . 発表標題 Analysis of Card Collection Game 'Hearthstone'
3 . 学会等名 TAAI2019 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Anggina Primanita, Hiroyuki Iida
2 . 発表標題 Nature of Probability-based Proof Number Search
3 . 学会等名 Sriwijaya International Conference of Information Technology and Its Applications (SICONIAN) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Li Jiangzhou, Anggina Primanita, Mohd Nor Akmal Khalid, Hiroyuki Iida
2 . 発表標題 Analyzing the improvement process of table tennis using the game refinement theory
3 . 学会等名 Sriwijaya International Conference of Information Technology and Its Applications (SICONIAN) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Gao Naying, Anggina Primanita, Mohd Nor Akmal Khalid, Hiroyuki Iida
2 . 発表標題 A key factor to maintain engagement: case study using login system
3 . 学会等名 Sriwijaya International Conference of Information Technology and Its Applications (SICONIAN) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Rayner Alfred , Iida Hiroyuki , HaviLUddin HaviLUddin , Patricia Anthony	4. 発行年 2021年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 585
3. 書名 Computational Science and Technology	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>Using games to study law of motions in mind https://www.eurekalert.org/pub_releases/2020-07/jaio-ugt073120.php Player Satisfaction Model https://www.eurekalert.org/pub_releases/2020-10/jaio-tgo102020.php Using games to study law of motions in mind https://www.alphagalileo.org/en-gb/Item-Display/ItemId/195808 Player Satisfaction Model https://www.alphagalileo.org/en-gb/Item-Display/ItemId/199629 The brain game: What causes engagement and addiction to video games? https://www.eurekalert.org/news-releases/874642 Games, computing, and the mind: How search algorithms reflect game playing https://www.eurekalert.org/news-releases/804262 Physics analogies help gamify classroom quizzes and enhance student learning https://www.eurekalert.org/news-releases/938952 https://www.alphagalileo.org/en-gb/Item-Display/ItemId/216167 Gaming the known and unknown via puzzle solving https://www.eurekalert.org/news-releases/949776 https://www.alphagalileo.org/en-gb/Item-Display/ItemId/220058</p>
--

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
---------	---------