

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 5 日現在

機関番号：34304

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19H04232

研究課題名（和文）ゲームシナリオに則した統制実験による人狼プレイヤーの思考過程の分析

研究課題名（英文）Analysis of Werewolf Players' Thinking Processes in a Controlled Experiment Based on Game Scenarios

研究代表者

棟方 渚 (Munekata, Nagisa)

京都産業大学・情報理工学部・准教授

研究者番号：30552351

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）：昨年度まで、コロナウイルス感染症の影響で、実験協力者であるプロの人狼プレイヤー集団（TLPT）と対面での実験実施が延期されていたが、本年度に実施することができた。実験では、7名のプロプレイヤーに自由に5人人狼をプレイさせた。その際、それぞれのプレイヤーに皮膚電気活動計測装置を装着させ、ゲームプレイ中の内的状態を測定した。実験では、20プレイ以上のデータを収集することができ、ゲームの役職や戦略、形勢など、様々な観点で分析を行なっている。勝敗に強い執着を持つプロプレイヤーならではの貴重なデータであり、今後、人狼プレイヤーの思考モデルの構築に発展させる予定である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の目的は、熟達者と非熟達者の思考モデルを得ることである。具体的には、人狼というゲームを題材とし、人狼プレイヤーのバーバル・ノンバーバル情報を分析することで調査を行い、モデル化を目指す。多人数不完全情報ゲームである人狼では、役職によって異なる目的を持ったプレイヤー同士が、対話や視線、ジェスチャーなどでコミュニケーションをとりながら自身の陣営の勝利を目指す。本研究課題で、人狼のプレイヤーの情報処理モデルができれば、それは人狼の強いプログラムを開発することに大きく貢献し、相反する目的を持つ多人数のコミュニケーションを介した問題解決の思考過程に対する理解を深めることができる。

研究成果の概要（英文）：The face-to-face experiment was postponed until last year due to coronavirus infection, but was successfully conducted this year. In the experiment, seven professional werewolf players were allowed to freely play a five-player game. Each player was fitted with a skin electrical activity measurement device to measure his or her internal state during game play. In the experiment, data from more than 20 plays were collected and analyzed from various perspectives, such as game position, strategy, and situation of the game. We plan to develop a model of werewolf players' thinking in the future.

研究分野：エンタテインメントコンピューティング

キーワード：プレイヤーの思考過程 複数人コミュニケーション 皮膚電気活動 人狼ゲーム

1. 研究開始当初の背景

これまで、ゲームはエンタテインメントコンピューティングやゲーム情報学、人工知能、ヒューマンインタフェース、インタラクション、認知科学など様々な学術分野で研究の題材として扱われてきた。ゲームはルールベースで記述でき、勝敗などの結果が明確で、プレイヤーの熟達といった目的を含むなど、研究課題として優れた特徴を持つ。人工知能の分野に着目すると、1997年にコンピュータチェスが世界チャンピオンに勝利してから、2013年には電王戦でコンピュータ将棋が将棋のプロ棋士に勝利するほどまでに発展している。一方、不完全情報コミュニケーションゲームについては未開の部分が多く、情報系研究者、人工知能研究者が進む次の一手として、このようなゲームを対象とする試みがなされている。本申請課題の分担者も関わる人狼知能プロジェクトでは、ゲーム「汝は人狼なりや？」(以下、人狼と表記)を対象とし、コンピュータ人狼の開発を目指している。人狼についてゲームの流れを簡単に説明する。人狼のプレイヤーは村人陣営と人狼陣営の2つのチームに分けられ、定められた時間の中で行われた話し合いから、人狼だと疑わしい人物を投票による多数決で決定し、その人物を処刑する。村人陣営は人狼を全員処刑することで勝利となり、人狼陣営は村人を全員殺害することで勝利となる。村人陣営の人数の方が人狼陣営よりも多いため、人狼陣営は村人陣営のふりをしながら人狼が処刑されることを回避する必要がある。処刑が1回終わるごとに夜フェーズとなり、人狼は人狼以外のプレイヤーに知られることなく1人を殺害することができる。また、村人陣営には占い師という役職のプレイヤーがあり、夜フェーズの際に指定された1人が人狼であるか否かを知ることができる。このように、プレイヤーが徐々に減っていく中で、お互いの陣営が自分の陣営を勝利に導くように推理と話し合いを進めるゲームである。人狼では、“だまし”、“嘘を見破る”、“協力”、“説得”など複雑なコミュニケーションを要し、その戦略は多岐にわたると予想される。人狼知能プロジェクトでは、究極的な目標として「人間と自然なコミュニケーションを取りながら人狼をプレイできるエージェントの構築」を掲げている。上記の目標の実現のためには、(1)エージェントのプロトコル設計：エージェント技術、(2)モデル化した行動(自分は占い師と名乗る、誰々は人狼だと思つと指摘する、などの思考：人工知能)、(3)モデル化された行動の自然言語化、人間の自然言語の理解：自然言語処理、(4)エージェントのインターフェース(映像や音声による表現)の実装：HAIといった技術が必要となると述べられている。本研究課題は(2)の思考過程の分析を主軸とし、(1)、(3)、(4)のすべての要素を含む複合的な研究領域となる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、熟達者と非熟達者の思考モデルを得ることである。具体的には、人狼というゲームを題材とし、人狼プレイヤーのバーバル・ノンバーバル情報を分析することで調査を行い、モデル化を目指す。多人数不完全情報ゲームである人狼では、役職によって異なる目的を持ったプレイヤー同士が、対話や視線、ジェスチャなどでコミュニケーションをとりながら自身の陣営の勝利を目指す。限られた時間内で、他プレイヤーの間接的な情報をもとに意思決定が行われるため、“だまし”、“嘘を見破る”、“協力”、“説得”など複雑なコミュニケーションを要する。一方、人狼はゲームでありながら現実世界の課題と類似する特徴を有するため、考慮すべきパラメータが膨大にあり、そのモデル化は非常に困難となる。本研究課題で、人狼のプレイヤーの情報処理モデルができれば、それは人狼の強いプログラムを開発することに大きく貢献し、相反する目的を持つ多人数のコミュニケーションを介した問題解決の思考過程に対する理解を深めることができる。

3. 研究の方法

本研究の究極的なゴールは、問題解決における人間の思考過程のモデルを得ることである。その目的のために、本研究課題では人狼を題材としてプレイヤーがどのように考えてどのように思考し意思決定しているのかを、プレイ中のノンバーバル情報(視線情報、表情、ジェスチャ)、言語情報、生体情報などのデータを得て、それらを分析することによって調べる。具体的な方法として、被験者1名以外の4名を役者(人狼のプロプレイヤー)および4台の人狼知能エージェントと、ゲームシナリオ通りに5人人狼を演じさせ、被験者1名のみを調査対象として分析するといった完全統制実験を行う。ゲームシナリオで調整するパラメータは、主にプレイヤーの役職、勝敗、ゲームの局面(最初から勝利を確認している状況や、最後まで結果がわからないような状況など)で、この実験から、主に役職や勝敗によるプレイヤーの思考過程や意思決定について調査を行いながら、プレイヤーの熟達レベル(上手さの定義)を定義できるのか、どのように他プレイヤーとの協力が行われるのかなど、得られたデータを様々な側面から分析したいと考えている。この

ようなアイデアは心理学実験などで採用されてはいるが、複雑なコミュニケーションを有するゲームを題材とする実験については、実現可能性の観点から、これまで行われてこなかったと考えられる。申請者は本研究課題の難しさについて理解しているが、十分実現可能であると確信している。その理由として実験に協力してもらう（内諾済み）TLPT の存在がある[6]。TLPT は、舞台「人狼 ザ・ライブプレイングシアター」を開催しており、役者は舞台のテーマに応じて（実在もしくは架空の）ある人物を演じながらも人狼をプレイするといった、人狼の熟達者と役者を兼ねた人材が所属する劇団である。TLPT の役者であれば、ゲームシナリオ通りに役を演じながらも、被験者の言動にはアドリブで対応する被験者役の実験協力者として十分に対処可能であると考えられる。加えて、人間-人狼知能エージェント実験では、バーチャルエージェント、ロボットエージェントを採用し、人間同士とは異なるコミュニケーションの特徴抽出も含めて、役職や勝敗によるプレイヤーの思考過程や意思決定について調査を進める。役者や人狼知能エージェントには、ゲームシナリオをもとに人狼を進行させ、事前に調整したそれぞれのパラメータによるプレイヤーへの影響などを徹底的に調査する。

4. 研究成果

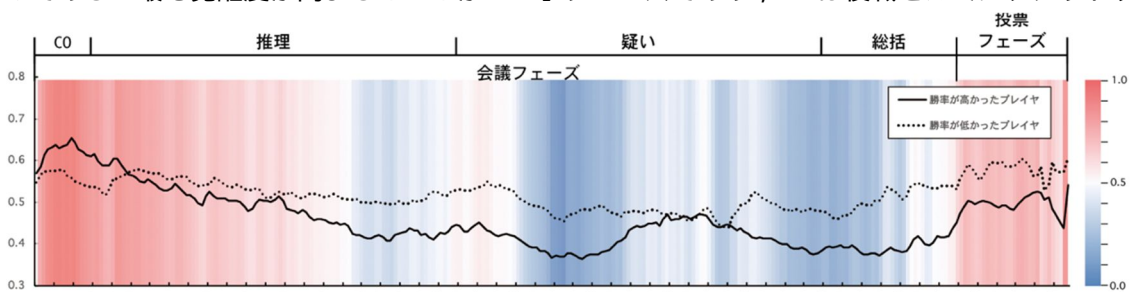
コロナウィルス感染症の影響で、プロの人狼プレイヤー（実験協力団体：TLPT）らと対面実験の実施が何度も延期となり（TLPT の関係者に感染者が出るなど）、最終的には最終年度である今年の3月に実施することができた。実験では、7名のプロプレイヤーに自由に5人人狼をプレイさせた。その際、それぞれのプレイヤーに皮膚電気活動計測装置を装着させ、ゲームプレイ中の内的状態を測定した。実験では、20プレイ以上のデータを収集することができ、ゲームの役職や戦略、形勢など、様々な観点で分析を行なっているところである。勝敗に強い執着を持つプロプレイヤーならではの貴重なデータであり、今後、人狼プレイヤーの思考モデルの構築に発展させる予定である。

一方で、TLPT との対面実験が延期になっている期間に、TLPT の人狼プロプレイヤーらを対象とした、オンライン（生体信号を取得しない）実験を3度（計31試合）行った。この実験では、7人のプレイヤーの5人人狼におけるプレイヤー特性や、性格特性、役職による影響、人狼における強さとは何かなど様々な切り口で調査した。TLPT 以外の実験として、対象を学生とし、2度の実験を行った。これらの実験では、非熟達者における熟達の過程や、勝率の高いプレイヤーと勝率の低いプレイヤーにおける戦術の利用に関する調査などを進めた。TLPT のオンライン実験から、熟達者プレイヤーの戦術を抽出し、プレイスキルの得点化（スコア化）の試みなども行った。熟達者プレイヤーの戦術の抽出（計31試合）得点化を行った上で、非熟達者プレイヤーのゲーム（計42試合）をスコア化し、評価を行った。右の表に戦術の抽出例と得点を示す。今後は、さらに様々なゲームにおいて得点化を適応し、MVP 受賞者が抽出できるのかどうかなど、評価を進めたいと考えている。

次に、学生（非熟達者）らを対象とした実験では、プレイヤーの内的状態を理解するために皮膚電気活動を測定し、プレイ中の覚醒度の推移を調査した。役職やゲーム形勢、前半や後半、笑いなどの表出された感情やジェスチャ、視線など様々なデータを取得し、分析を行った。ゲーム中の皮膚電気活動の反応をまとめたものを以下の図に示す。以下の図は、皮膚電気活動が全体として高まっているときに赤くなり、低くなっている時に青くなるようなヒートマップで示したものである。最も覚醒度が高まるのが「CO」フェーズであり、CO は役職をカミングアウトす

表 1 31 試合分の戦術の結果と得点

使用者	名称	回数	勝率	点数
人狼	PP	10	100%	60
人狼	狼狂人 CO	4	50%	8
人狼	狼潜伏	22	50%	11
人狼	黒出し特攻	4	50%	8
人狼	狼占い CO	9	56%	13
狂人	PP	10	100%	60
狂人	狂人占い CO	14	50%	7
狂人	狂人潜伏	17	47%	5
狂人	黒出し特攻	5	80%	15
狂人	票先狂人アピール	3	67%	13
占い師	占い CO	28	54%	40
占い師	占い潜伏	3	0%	5
占い師	占い結果騙り	4	50%	25
占い師	狂人トラップ	5	0%	20
占い師	PP 返し	2	0%	10
村人	村スライド CO	11	36%	60
村人	狂人トラップ	2	0%	25
村人	PP 返し	3	0%	15



るタイミングである。一方、ある程度情報が出揃って、各プレイヤーが特定の人物を疑い始める「疑い」フェーズでは、最も皮膚電気活動の値が低くなっていたことが理解できた。その後、投票フ

エーズでまた高い覚醒度となっていくことがみられた。特に勝率の高いプレイヤーで覚醒度の高低差が顕著に現れており、勝率の高いプレイヤーほど、ゲーム展開に応じた覚醒度がみられることが理解できた。

このように、コロナ禍の非常に困難な状況においても、精力的・継続的に実験を実施し、熟達者のみならず非熟達者に対する大量のデータの収集を行うことができた。熟達者プレイヤーのデータはまだ分析途中であるが、非常に興味深い貴重なデータを取得できたことが、まさしくこのプロジェクトの成果であると考えられる。高頻度で実験を行ったことで、副次的な効果が見られた。特に TLPT のプロプレイヤーの方々が実験協力者として十分に養成され、自身のゲーム中の行動について、分析的に報告していただいたり、他者の行動を分析的・言語的に表現していただいたりするなど、実験者としては非常にありがたい変化がみられた。本科研のプロジェクトは終了したが、今後の展開に大きく貢献する研究活動を実施することができたと自負している。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 松原 仁	4. 巻 27
2. 論文標題 人工知能と認知科学	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 認知科学	6. 最初と最後の頁 607-617
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11225/cs.2020.001	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 Sho Mitarai, Nagisa Munekata, Daisuke Sakamoto, Tetsuo Ono	4. 巻 26
2. 論文標題 Designing Hand Gesture Sequence Recognition Technique for Input While Grasping an Object	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Transactions of the Virtual Reality Society of Japan	6. 最初と最後の頁 333-344
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.18974/tvrsj.26.4_333	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 Toru Horinouchi, Kotaro Sakurai, Nagisa Munekata, Tsugiko Kurita, Youji Takeda, Ichiro Kusumi	4. 巻 100
2. 論文標題 Decreased electrodermal activity in patients with epilepsy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Epilepsy & behavior : E&B	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） 10.1016/j.yebeh.2019.106517	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19件（うち招待講演 1件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 山本 浩隆, 御手洗 彰, 棟方 渚
2. 発表標題 覚醒水準による人狼プレイヤーの特徴分析の試み
3. 学会等名 人工知能学会全国大会
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 人工知能学会全国大会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 D. Katagami, R. Yamamoto, F. Toriumi, H. Osawa, M. Inaba, Y. Kano, T. Otsuki
2. 発表標題 Find a liar AI!: “The AIWolf game viewer” which visualizes the battle of the strongest five AI players in the AIWolf competition
3. 学会等名 IJICA12019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上野大雅, 片上大輔, 鳥海不二夫, 大澤博隆, 稲葉通将, 狩野芳伸, 大槻恭士
2. 発表標題 人狼知能同士の対戦ログデータを用いたデモンストレーション自動生成システムの開発
3. 学会等名 HSSデザインコンテスト2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 星野総士, 片上大輔
2. 発表標題 人狼知能における言語ヘッジを利用した信頼モデルの提案
3. 学会等名 HSSデザインコンテスト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」の紹介
3. 学会等名 研究報告ゲーム情報学 (GI)
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 研究報告ゲーム情報学 (GI)
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 Osawa, Hirotaka, Takashi Otsuki, Claus de Castro Aranha, and Fujio Toriumi.
2. 発表標題 Negotiation in Hidden Identity: Designing Protocol for Werewolf Game.
3. 学会等名 In Twelfth International Workshop on Agent-Based Complex Automated Negotiations (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高山周太郎, 大澤博隆
2. 発表標題 実世界人狼ゲームのジェスチャーの分析.
3. 学会等名 人工知能学会全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本 浩隆, 棟方 渚
2. 発表標題 生体信号に基づく人狼プレイヤーの「強さ」分析の試み
3. 学会等名 人工知能学会全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 金泉則天, 伊藤毅志
2. 発表標題 人狼でなぜ人は騙されるのか - 認知バイアスからの考察 -
3. 学会等名 第35回人工知能学会全国大会、1E2-0S-2-02, pp.1-4 (2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 金泉則天, 伊藤毅志
2. 発表標題 人狼でなぜ人は騙されるのか
3. 学会等名 2021年度日本認知科学回第38回大会、0S07-2, pp.855-860 (2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 財津孝悠, 片上大輔
2. 発表標題 人狼知能エージェントによる人間プレイヤーへの説得と効果
3. 学会等名 第36回人工知能学会全国大会, 413-0S-26b-03 (2022.6)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 御手洗 彰, 山本 浩隆, 棟方 渚
2. 発表標題 プレイヤーのゲーム体験分析による5人狼の特性抽出
3. 学会等名 ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI) 研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 御手洗 彰, 棟方 渚
2. 発表標題 皮膚電気活動を指標とした人狼プレイヤーのゲーム体験に基づくハイライト抽出の試み
3. 学会等名 第36回人工知能学会全国大会
4. 発表年 2022年

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, 413-0S-26b-02, pp.1-4 (2022).
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 金泉則天, 伊藤毅志
2. 発表標題 5人狼におけるプレイヤーの熟達過程
3. 学会等名 情報処理学会ゲーム情報学研究会、GI-49(24), pp.1-7 (2023)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小祝亮樹, 御手洗 彰, 棟方 渚
2. 発表標題 熟達者プレイヤーの戦術をベースにした人狼ゲームプレイスキルの得点化の試み
3. 学会等名 情報処理学会エンタテインメントコンピューティング研究会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

人狼知能プロジェクト http://aiwolf.org/

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	大澤 博隆 (Osawa Hirotaka) (10589641)	慶應義塾大学・理工学部(矢上)・准教授 (32612)	

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	伊藤 毅志 (Itoh Takeshi) (40262373)	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	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)	
研究分担者	片上 大輔 (Katagami Daisuke) (90345372)	東京工芸大学・工学部・教授 (32708)	

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