

令和 2 年 6 月 15 日現在

機関番号：20103

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H02928

研究課題名(和文)人狼ゲームのプレイヤーの思考過程の分析

研究課題名(英文)analysis of players' thinking process of werewolf game

研究代表者

松原 仁(MATSUBARA, HITOSHI)

公立はこだて未来大学・システム情報科学部・教授

研究者番号：50325883

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 15,400,000円

研究成果の概要(和文)：研究では人狼をプレイする人間の生体信号、視覚情報、プロトコルなどのデータを実験で得てそれらをゲームの記録に合わせて分析することによって、彼らがどのように考えてプレイをしているかの知見を得る。人狼が強い人と弱い人でそれらのデータがどのように違うかを明らかにする。人狼を学んで弱いところから強くなっていく過程でそれらのデータがどのように変化するかを明らかにする。ゲームの記録とそれらの結果を突き合わせて分析することによって、人狼のプレイヤーがどのように考えてプレイ(発話や投票行動など)を決めているかの情報処理モデルを構築をほぼ行なった。COVID-19の影響で検証ができなかったので今後検証を行いたい。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人狼はこれまでにコンピュータが人間よりも強くなったチェス、将棋、囲碁などと異なり、不完全情報、非対称、コミュニケーションという特徴を持っており、現実により近いゲームとしていい研究対象になっている。人狼の強いプログラムを作るためにも人間が、特に強い人間がどのように考えて人狼をプレイしているかを知ることには価値がある。本研究はその第一歩として位置づけることができる。

研究成果の概要(英文)：In our research we have got biological signals, visual information, protocols so on of werewolf human players and have analysed them with game records. We have a idea how human players play werewolf. And we have shown the difference between strong players and weak players. We have shown how the data change when human players become stronger. We have got information processing model of werewolf human player but we cannot evaluate it because of COVID-19.

研究分野：人工知能

キーワード：情報処理モデル 熟達者 生体信号

1. 研究開始当初の背景

1950年代に人工知能の研究が始まって以来ゲームは代表的な題材になってきた。ゲームは、ルールが明確、勝ち負けという結果が明確で手法の評価がしやすい、人間の熟達という目標が存在する、さまざまなむずかしさの種類のもが存在するので研究目的によって選べる、それ自体が面白い、など研究の題材としての優れた特徴を有するためである。中でもチェスは人工知能の八工と呼ばれて(遺伝学が八工を題材として大きな進歩をとげたことにちなんでマッカーシーが言い出したとされる)多くの研究者が関わって探索を中心にゲームを超えた多大な成果を人工知能にもたらした。そのチェスは1997年にコンピュータチェス Deep Blue が世界チャンピオン Kasparov に勝利して題材としての役割を終えた(「役割を終えた」というのはそのゲームの最強の人間に勝つという目標を達成したという意味である)。将棋はチェスに似たゲームだが持ち駒制度によって場合の数がチェスよりはるかに大きいためにコンピュータにとってチェスよりはむずかしい。その将棋も今年2015年には事実上役割を終えた。実際には最強の人間と対戦して(勝って)いないが、強さの比較研究によってすでにコンピュータが人間を超えたと判断される(提案者が中心になって2015年10月に終了宣言を出した)。

完全情報ゲームとしてはまだ囲碁が残っている(コンピュータ囲碁はアマの6,7段のレベルに達してトッププロ棋士に4子のハンディでいい勝負ができるまでになったが、ハンディなしではまだプロ棋士は遠い。コンピュータが最強の人間を超えるのはあと10年前後かかると思われる)が、題材としては完全情報ゲームよりコンピュータにとってむずかしく、かつ現実社会に近い、不完全情報ゲームに関心が移ってきている。ポーカー、麻雀、大貧民などがあるが、最近になって人狼が注目されている。人狼は欧米で発明されたゲームで、多人数が人間と人狼の2チームに分かれてチームの勝ちを争う(対面でプレイするのが元であるが、インターネット経由のオンラインでプレイすることも多くなっている)。対話が基本のゲームで、人狼チームはうまく嘘をついて人間チームを騙そうとし、人間チームは人狼の嘘を見破ろうとする。人狼は不完全情報ゲームであるだけでなく、多人数(十数人がふつうである)非対称(人狼は誰が人狼で人間か知っているが人間は知らない)対話(自然言語の対話によって情報を交換する)ノンバーバル(相手の表情や目の動き、体の動きを判断の材料にする)など、現実社会に近い、これまで人工知能が題材としてきたゲームにない優れた特徴を有している。日本でも人気が出てお金を取って劇場で人狼をプレイする「プロプレイヤー」も出現している。鳥海(東大)らが人狼を題材とした人狼知能の研究を開始している人狼知能プロジェクト(<http://www.aiwolf.org/>)がスタートしており、提案者もそのメンバーの一人として研究を進めている(1)。多くの優れた特徴を有するだけに人狼の強いプログラムを作ることはとてもむずかしい。プログラムの開発は引き続き進めるが、それと並行して人間のプレイヤーがどのように考えているかを生体情報、視線情報、プロトコルなどのデータを収集して分析することによって調べるというのが本研究である。

2. 研究の目的

本研究の究極の目的は、問題解決をしているときの熟達者の思考過程のモデルを得ることである。その目的のために人狼というゲームを題材として選び、そのプレイヤーがどのように考えてプレイをしているかをプレイ中の生体信号、視覚情報、プロトコル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。人狼は不完全情報、多人数、非対称、対話、ノンバーバル情報などこれまで人工知能が題材としてきたゲームにはない特徴を有しており、このゲームを対象とすることで新しい知見が得られることが期待される。「弱い」人間と「強い」人間のデータの違いを比較することによって、相反する目的を持つ多人数の問題解決の思考過程に対する理解を深めることができ、たとえば強い人狼のプログラムの開発の参考にできると考える。

本研究では人狼をプレイする人間の生体信号、視覚情報、プロトコルなどのデータを実験で得てそれらをゲームの記録に合わせて分析することによって、彼らがどのように考えてプレイをしているかの知見を得る。人狼が強い人と弱い人でそれらのデータがどのように違うかを明らかにする。人狼を学んで弱いところから強くなっていく過程でそれらのデータがどのように変化するかを明らかにする。ゲームの記録とそれらの結果を突き合わせて分析することによって、人狼のプレイヤーがどのように考えてプレイ(発話や投票行動など)を決めているかの情報

理モデルを構築する。

人狼は、不完全情報、多人数、非対称、対話、ノンバーバル情報というこれまでゲーム情報学が扱ってきたゲームとは異なる現実社会に近い独特の性質を持っている。人の信頼を得るための説得の技術が重要である。人狼の強いプログラムができればそれはチューリングテストにパスする人工知能が出現したと言ってもよいほどである。そのような複雑なゲームのプレイヤーの生体信号、視覚情報、プロトコルを取って分析した研究はまだ他には存在しない。人狼は2016年の人工知能学会30周年事業で大会が開かれることになっており、人狼を題材とした人工知能の研究はこれから大きく展開していくと思われる。本研究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作ることに大きく貢献し、反する目的を持つ多人数の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と期待される。

3. 研究の方法

本研究では、以下の計画を実行する。

- (1) 人間が対面で人狼をプレイしている状況の生体信号、視覚情報、プロトコルのデータを得る(プロトコルはプレイが終わった後に採集する)
- (1-1) 強い人間と弱い人間を被験者としてデータを採集して思考過程の違いを分析する。
- (1-2) 被験者グループが弱い状態から学習によってさまざまに強くなっていく推移のデータを収集して学習による思考過程の変化を分析する。
- (2) (1)の結果と人狼のゲームの記録を突き合わせて思考過程の情報処理モデルを構築してその正当性を評価する。

生体信号としては検討の結果、皮膚抵抗値増加量のデータを手から採取することにした。人狼というゲームでは嘘をどううまくつくか、その嘘をいかに見破るか、にゲームとしての特徴がある。皮膚抵抗値増加量はいわゆる「嘘発見器」と称されるように、精神が同様したときに反応が見られる。人狼というゲームに適した生体信号である。これまで人狼のプレイヤーの皮膚抵抗値増加量を調べた研究は(われわれの調べた範囲では)存在しない。研究代表者松原および研究分担者棟方は10年以上前から皮膚抵抗値増加量の検出装置を自作してゲーム等に活用してきた。最近では棟方は病気(てんかん)の患者にこの装置を着用して訓練をしてもらうことで精神状態の安定が見込めるという結果を出している。HISCがわれわれのアイデアを発展させて市販用の装置を開発した。これを使えば多人数の皮膚抵抗値増加量の情報を同期を取って無線で飛ばしてサーバに蓄えることができる。本研究はその装置をレンタルして実施する。

生体信号として脳波を取ることも予備的に人狼プレイヤーの脳波を実際に取って見て検討した。脳波のデータは学術的な研究としては貴重であるものの、すぐに人狼のプレイの情報処理レベルに結び付くものではないと判断して今回は中心的なデータとして採用しないことにした。機会があれば合わせて脳波を取って分析してみたいと考えている。

視線情報はアイカメラを利用して取る。コンピュータのディスプレイを眺めるときの視線を取るのは現在の技術では比較的容易であるが、対面の人狼では対戦相手(13人でプレイする場合は12人になる)が多く距離が異なるので取るのはかなりむずかしい。そこで皮膚抵抗値増加量のようにプレイヤー13人全員を同時に取ることは断念して注目した1人だけに集中して取ることとする。最新型のTobiiグラス2をアイカメラとして購入する予定である。視線情報の計測ははこだて未来大と電通大で実施する予定なので2台購入する。研究代表者松原と研究分担者伊藤は将棋、囲碁などを対象としてアイカメラで視線情報を取得する実験を多数実施しており、扱いには習熟している。それらの実験ではプロトコルも取得して分析しており、プロトコル分析についても習熟している。人狼という対象に習熟している研究分担者の片上と大澤の協力を得

ることで実験で得たデータとノンバーバル情報および対話との関係を求め、それらを分析することにより適切な情報処理モデルを構築することを目指している。

【平成28年度】

研究代表者および研究分担者の合計5名と、それらの研究室に所属する院生および学部学生5名で研究を実施する。本申請の事前準備として、申請者らは、将棋や囲碁などを対象とした視線情報の抽出とその分析、それに伴うプロトコル分析を実施している。皮膚抵抗値増加量データの抽出とその分析の研究をデジタルゲームのプレイヤーや病気の患者を対象として行なっている。一方で人狼についても「人狼知能」プロジェクトを組んで対話やノンバーバル情報などの調査とその分析を進めている。本研究を行なう準備は十分に整っていると考えている。

1年目は2年目以降に本格的な実験を行なうために、主に東京でさまざまな強さの人狼のプレイヤーのデータを収集する。全員の皮膚抵抗値増加量のデータを取り、1名の視覚情報のデータを取り、同時にカメラで映像を記録して録音する、という実験に最も適した環境を見出す。強いプレイヤーのデータと弱いプレイヤーのデータを取って比較することによってどこに違いが出やすいかの目安を得る。これまでの人狼の研究で人狼の劇団(tlpt)など強いプレイヤーとの人脈ができしており、実験への協力の内諾は得られている。2年目と3年目は同じプレイヤーによって経験を積んで強くなっていくにしたがってデータがどう変化していくかを調べるので、どのようなプレイヤーを対象にしてその実験を行なうかを1年目に決定する。

【平成29年度】

初年度の準備に基づき、東京で被験者13人（実際には途中で予定外の交代があることも想定して補欠も確保する予定である）を対象に月に一回程度の割合で人狼をプレイしてもらって各種（皮膚抵抗値増加量、視線、プロトコル、画像、音声など）のデータを収集する。比較のために函館でも被験者13人（同様に補欠を確保する）を対象に同様の実験を行なうものとする。東京は中級者を集めて上級者になっていく過程を調べることを目的とし、函館は初級者が中級者になっていく過程を調べることを目的とする。採取したデータから同時並行で分析を開始する。これら収集したデータがノンバーバル情報および対話とどのように関係しているかを調べてデータにタグをつける作業を行なう。

【平成30年度】

基本的には前年度と同じ実験を続ける。人狼に（ある程度の差が明確に出る程度に）強くなるためには通常1年から2年かかると言われているので、2年間継続して実験を行なう。適宜tlptのプロのプレイヤーに実験の状況を報告してアドバイスを必要に応じて視線情報を注目するプレイヤーや実験の間隔などの修正を行なう。データの分析を引き続き並行して進める。この年度の後半には人狼プレイヤーの予備的な情報処理モデルを構築し、実験結果とモデルとの照合を行ってモデルの修正を行なう。弱いプレイヤーがどのようにして強くなっていくのかについても一定のモデル化を目指す。

【平成31年度】

3年目までに収集したデータと予備的な情報処理モデルをもとにして最終的な情報処理モデルを構築する。このモデルは弱いプレイヤーと強いプレイヤーのプレイ（や成績など）の違いが説明できることを目指す。必要であれば追加で検証のための実験を行なう。

4. 研究成果

本研究をスタートするとき以下の目標を掲げた（再掲）。

本研究では人狼をプレイする人間の生体信号、視覚情報、プロトコルなどのデータを実験で得てそれらをゲームの記録に合わせて分析することによって、彼らがどのように考えてプレイをしているかの知見を得る。人狼が強い人と弱い人でそれらのデータがどのように違うかを明らかにする。人狼を学んで弱いところから強くなっていく過程でそれらのデータがどのように変化するかを明らかにする。ゲームの記録とそれらの結果を突き合わせて分析することによって、人狼のプレイヤーがどのように考えてプレイ(発話や投票行動など)を決めているかの情報処理モデルを構築する。

本研究は人狼ゲームでメジャーである13人狼を中心に進める予定でいたが、開始後に13人狼と5人狼の実験を行なって評価した結果、5人狼の方が(現実の人狼ゲームではあまりプレイされないものの)研究対象として実験のしやすさ、評価の明確さなどの点で優れていると判断し、その後は5人狼に絞って研究を行なった。そのために当初予定していたプロの人狼劇などは(参考にはしたものの)直接の研究対象からは外すこととなった。

本研究により情報処理モデルの案がほぼ構築できたと考えている。「ほぼ」構築できた「と考えている」とカギかっこがついている理由を述べる。令和2年の末に本研究の総決算として5人狼の大規模な実験を行なってその結果を分析評価することによってわれわれが考えた情報処理モデルの妥当性を検証するつもりでいた。しかし新型コロナウイルスの蔓延の影響を受けて実験が中止に追い込まれた。人狼ゲーム自体はオンラインで遠隔でもプレイできるが、われわれの実験は5人が対面で顔を合わせて発言、表情、しぐさ、生体信号などを含めて情報を収集することを前提としていた。マスクをしてもらった対面では表情のデータを十分に取り出すことができず、それまでマスクなしで行なった実験との違いがあるかどうかの検証もむずかしい。新型コロナウイルスの影響が終われば実験を再開するつもりで準備はしていたのだが、大学などでは夏までの対面の実験が禁止されており、報告書提出までに実施することができなかった。また教員も勤務先の大学への立ち入りが禁止されており(禁止が一応解けたのが6月15日と提出期限直前であった)それまでに行なった実験の分析評価も十分に進めることができなかった。という経緯で残念ながら現時点では構築した情報処理モデルの妥当性を客観的に主張することはむずかしい。そこで「ほぼ」「と考えている」というカギかっこつきになった次第である。さいわい他のプロジェクトで本研究の延長線上の研究を実施することになっているので、そこで実験を実施することによって情報処理モデルの構築を評価を含めて達成したいと考えている。現時点では成果として具体的な情報処理モデルを取り上げることは避けることにする。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0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 片上大輔, 鳥海不二夫, 大澤博隆, 狩野芳伸, 稲葉通将, 大槻恭士 | 4. 巻 30 |
| 2. 論文標題 人狼知能研究のすすめ | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 知能と情報 | 6. 最初と最後の頁 236-244 |
| 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 - |

〔学会発表〕 計18件（うち招待講演 0件／うち国際学会 1件）

| |
|---|
| 1. 発表者名 曽根寛人, 山本隆太郎, 片上大輔, 大澤博隆, 鳥海不二夫, 稲葉通将, 狩野芳伸, 大槻恭士 |
| 2. 発表標題 音声感情と動作情報を表出する擬人化エージェントを用いた人狼知能対戦Viewerの開発 |
| 3. 学会等名 HCGシンポジウム2018 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 水口 充, 佐々木 菜摘, 寺井 あかり, 棟方渚 |
| 2. 発表標題 偶然の遊びにおける主観的確率とエンタテインメント性との関係の調査 |
| 3. 学会等名 エンタテインメントコンピューティング2018 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名 樋口 由樹, 棟方 渚 |
| 2. 発表標題 転倒するロボットに対する人間の行動・情動特性の評価 |
| 3. 学会等名 HAIシンポジウム2018 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Wang, B., Osawa, H., Toyono, T., Toriumi, F., & Katagami, D. |
| 2. 発表標題 Development of Real-World Agent System for Werewolf Game |
| 3. 学会等名 17th International Conference on Autonomous Agents and (国際学会) |
| 4. 発表年 2018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 2018年度人工知能学会全国大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名 木村勇太、伊藤毅志 |
| 2. 発表標題 人狼AIにおける機械学習を用いた役職推定の改良 |
| 3. 学会等名 2018年度人工知能学会全国大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 御手洗彰, 水丸和樹, 本田健悟, 棟方渚, 坂本大介, 小野哲雄 |
| 2. 発表標題 人狼プレイヤーの皮膚電気活動の解析: 情動変化を利用したソシオメータの実現へ向けて |
| 3. 学会等名 情報処理学会インタラクション2018 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|-------------------------------------|
| 1. 発表者名 汪博豪, 大澤博隆, 佐藤健 |
| 2. 発表標題 進化シミュレーションを用いた 3 人狼の戦略分析 |
| 3. 学会等名 HAIシンポジウム2017 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名 木村勇太、伊藤毅志 |
| 2. 発表標題 人狼AIにおける機械学習を用いた役職推定の改良 |
| 3. 学会等名 GAT2018論文集 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 S. Nira and D. Katagami |
| 2. 発表標題 Development of Werewolf Match System with Analysis of Human Gaze Motion |
| 3. 学会等名 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence 2017 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名 風間 祥光, 畑 雅之, 松原 仁 |
| 2. 発表標題 人狼ゲーム内の議論での行動がプレイヤーに与える影響 |
| 3. 学会等名 情報処理学会 第39回ゲーム情報学研究会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|-----------------------------------|
| 1. 発表者名 風間、松原他 |
| 2. 発表標題 人狼ゲームにおけるプレイヤーの思考過程の分析 |
| 3. 学会等名 情報処理学会ゲーム情報学研究会 |
| 4. 発表年 2016年 |

| |
|---------------------------|
| 1. 発表者名 大澤他 |
| 2. 発表標題 3者間人狼における戦略の検討 |
| 3. 学会等名 人工知能学会全国大会 |
| 4. 発表年 2016年 |

| |
|-----------------------------------|
| 1. 発表者名 酒井、片上他 |
| 2. 発表標題 FaceRig 人狼における無意識動作の影響 |
| 3. 学会等名 HAIシンポジウム |
| 4. 発表年 2016年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Osawa, Hiroataka, 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 International Workshop on Agent-Based Complex Automated Negotiations, |
| 4. 発表年 2019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 IJCAI2019 |
| 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回日本認知科学会大会 |
| 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 人工知能学会第33回全国大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

〔図書〕 計2件

| | |
|-------------------------------|-----------------|
| 1. 著者名 鳥海、片上、大澤他 | 4. 発行年 2016年 |
| 2. 出版社 森北出版 | 5. 総ページ数 168 |
| 3. 書名 人狼知能だます・見破る・説得する人工知能 | |

| | |
|------------------------|-----------------|
| 1. 著者名 松原 仁 | 4. 発行年 2018年 |
| 2. 出版社 集英社インターナショナル | 5. 総ページ数 176 |
| 3. 書名 人工知能に心は宿るのか | |

〔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 | 大澤 博隆 (OSAWA HIROTAKA) (10589641) | 筑波大学・システム情報系・助教 (12102) | |
| 研究分担者 | 棟方 渚 (MUNEKATA NAGISA) (30552351) | 京都産業大学・情報理工学部・准教授 (34304) | |
| 研究分担者 | 伊藤 毅志 (ITO 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 | 片上 大輔 (KATAGAMI DAISUKE) (90345372) | 東京工芸大学・工学部・教授 (32708) | |