

プレイヤーのゲーム体験分析による5人人狼の特性抽出

御手洗 彰^{1,a)} 山本 浩隆¹ 棟方 渚^{1,b)}

概要: 人狼ゲームは自然言語によるコミュニケーションゲームであり、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、プレイヤーの中にいる人狼を見つけ出すゲームである。そのゲームの特性上、“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。これまで、人狼ゲームのゲーム特性の解明のため、ゲームの対戦データやプレイヤーの発話情報をもとに分析が行われてきた。一方で、人狼ゲームの特性上、プレイヤーは他プレイヤーに自身の思考や情報を隠すため、発話情報などの外部から入手できる情報のみでは、プレイヤーの思考・考えを理解することは難しい。そこで、本研究では皮膚電気活動に着目し、人狼プレイヤーの内部状態の分析を試みた。皮膚電気活動では、精神性発汗を指標とした情動状態を取得することができ、プレイヤーがどのようなゲーム中のどのような場面に注目しているか、などプレイヤーの内部情報を分析することができる。本研究では、5人人狼を行なっているプレイヤーの皮膚電気活動を測定・分析して、プレイヤーがゲーム中のどのような場面に注目していたか、どのような思考でゲームに取り組んでいたか、などのプレイヤーのゲーム体験から人狼ゲームのゲーム特性を検討した。

Extraction of characteristics of five-person werewolf game by analyzing players' game experience

1. はじめに

これまでエンタテインメントや人工知能、認知科学、インタラクション、ヒューマンインタフェースなど様々な学術分野でゲームの研究が行われてきた [1][2]。ゲームはルールベースで記述可能で、勝敗などの結果が明確であり、プレイヤーの熟達といった目的を含むなど様々な研究課題を有するためである。特にチェスや将棋などの完全情報ゲームでは、コンピュータがプロプレイヤーや世界チャンピオンに勝利するほどまでに発展している。一方で、不完全情報ゲームについては未開の部分が未だ多く、情報系研究者、人工知能研究者の次の研究題材として、このようなゲームを対象とした研究が盛んに行われている [3], [4], [5]。人狼知能プロジェクト [6] では、ゲーム「汝は人狼なりや？」(以降、人狼ゲーム) を対象とし、コンピュータ人狼の開発を目指している。

人狼ゲームについて流れを簡単に説明すると、人狼ゲー

ム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回終わると村に夜が訪れ、人狼は他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おり、夜になると指定する1人について人狼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所属する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。このゲームは、“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。

人狼知能プロジェクト [6] 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。このような目標の達成のため、人狼ゲーム中のプレイヤーの思考過程や行

¹ 京都産業大学
Kyoto Sangyo University, Kyoto, Kyoto 603-8555, Japan
a) i2086123@cc.kyoto-su.ac.jp
b) munekata@cc.kyoto-su.ac.jp

動を分析することで人狼ゲームを理解する試みが行われてきた。このような試みは完全情報ゲーム（将棋、囲碁など）でも行われており、対戦データ [7] や発話情報、生体信号をもとにプレイヤーの思考過程を分析している。発話情報による分析では、プレイヤーが自覚している思考の傾向について得ることができる。一方で、生体信号による分析ではプレイヤーが無自覚の思考の傾向について得ることができる。

一方、人狼ゲームではこれまで主に対戦データや発話情報をもとに分析が行われてきた。伊藤ら [8] の研究では、プレイヤーはゲーム中に得られた情報から論理的合理性や経済的合理性をもとに意思決定を行うとされており、その2つをもって判断できない場合に、共感・信頼などの主観的な情報で意思決定を行うとされている。共感・信頼などの主観的な情報を用いた意思決定は自然言語の対話ベースで行う人狼特有のものであり、その点が完全情報ゲームと異なる点である。他のゲームと同様に人狼ゲームにおいても勝率の高いプレイヤーがおり、上記のような話の論理性など客観的な側面のほか、共感・信頼などの主観的な側面もうまく活用していると考えられる。

しかし、人狼ゲームのゲーム特性について、未だに明らかになっていない点が多く存在する。例えば、ゲーム中にプレイヤーがどのような発言・状況に着目しているかなど、プレイヤーのゲーム体験として人狼ゲームがどのようなものであるかについては明らかになっていない。その一つの要因として、プレイヤーの無自覚の思考や行動について調査されていないことが挙げられる。これまでの研究では視線 [9] やジェスチャ [10] などの外部に表出する生体信号については調査されているが、プレイヤーの情動状態など人間の内的状態を示すような情報の調査はされていない。人間の心理状態を表す生体信号として脳波が挙げられるが、人狼ゲームは、プレイヤーがどの発言に着目したか、プレイヤーの説得によってどのプレイヤーが意見を变えた（説得された）かなどを調査するためには、全員の脳波を測定する必要がある。現在、分析に適した解像度の脳波を測定するためには、大規模な設備が必要であり、人狼ゲームは複数人で行うものであるため、測定に適していない現状がある。そこで、本研究では皮膚電気活動としての皮膚コンダクタンス水準 (SCL: Skin Conductance Level) を用いて、プレイヤーの情動状態を調査する。SCLは一過性の正負の興奮を検知する生体信号であり、発汗量を指標として測定できる。特に手のひらから計測することで、情動状態の指標となる精神性発汗を測定でき、心理的な負荷など外部に表出しない情報を計測できることが特長である。また、測定装置は小型であり、被測定者への負担も少ないことから、複数人同時測定も容易に実行することが可能である。つまり、人狼ゲーム中のSCLを測定することで、プレイヤーがゲーム中にどのような発言に着目したか、どのような情動状態で発言していたかなど、プレイヤーのゲーム体験に基づいた人狼ゲー

ムの分析が可能となる。

本研究では、5人狼を調査対象としてゲーム中のプレイヤーのSCLを測定する実験を実施した。5人狼は、名前の通り5人で行う人狼であり、鳥海ら [11] によって開発された。鳥海らによると5人狼は「ゲーム自体は10分～20分ほどで終わってしまう。(中略)簡単な設定においてもさまざまな可能性が考えられ、また、どの可能性も五分五分の状況が多いうえに、一度の失敗も許されない。村人も含めて5人がフルに頭を悩ませる点で、高いエンターテインメント性をも備えたゲーム設定」であり、短時間で実施できながら、人狼の基本的な要素や戦略性を損なわない設定である。5人狼をプレイ中の参加者のSCLを測定し分析することで、人狼プレイヤーが如何にして他プレイヤーを“だまし”、“説得”するのか、またそれを受けたプレイヤーがどのような反応を示すかについて、プレイヤーのゲーム体験ベースのゲーム特性を明らかにする。

2. 関連研究

人狼知能プロジェクトとは、不完全情報コミュニケーションゲームである人狼ゲームにおいて「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」を目指しているプロジェクトである [6]。このような目標の実現のためには、エージェント設計や人工知能設計、認知心理学、自然言語処理、ヒューマン・エージェントインタラクション (以降, HAI) などといった複合領域の技術を要する。本章では、これまで行われてきた研究を紹介し、本研究の位置づけを明らかにする。

2.1 人狼ゲームをプレイするエージェント

人狼知能プロジェクトの一環で、人狼ゲームをプレイするエージェントが提案されている。特に、エージェントの機能としてプレイヤーの役職推定が重要視されている。人狼ゲームは他プレイヤーを説得して、議論を自身に有利に進める必要があるため、味方陣営のプレイヤーを見つけることが重要となる。そのため、プレイヤーの役職推定に関する研究が様々な手法で行われてきた。推定のパラメータは、人狼ゲーム中の発話情報 [12], [13], [14] や身振り [10] などの身体的な情報や、占い結果などのゲーム中に得られる情報 [12] を用い、サポートベクターマシン [12] や強化学習 [15], 深層学習 [16], [17] を適用したエージェントが開発されてきた。

一方で、人狼知能プロジェクトの目標は人間らしい自然なプレイを行うエージェントの開発であるため、論理的・確率的な判断だけでなく、人間らしい判断も必要とされている。Nakamuraら [4] は、心理学的モデルを加えたエージェントを開発した。彼らのアプローチでは、他プレイヤーの役職を確率的に推論するモデルをベースとして人間らしい振る舞いを実現するために、ゲーム中の特定の状況において他プレイヤーの役職が何であるかを問うアンケートをク

ラウドソーシングで収集し、それを推論のパラメータとして用いた。しかし、彼らは自然なコミュニケーションを取るエージェントの実現にはさらなる人間性の追求を要すると述べており、人間の思考過程分析の必要性を示唆している。つまり、人とプレイするエージェントを考えた時、人がゲームを楽しめることも重要な要素となるため、エージェントが下す判断に人間目線の妥当性や論理性が求められる。従って、プレイ中に得られる様々な情報を用いたエージェントの判断・意思決定には、人狼プレイヤーの意思決定を探ることが必要である。

2.2 人狼ゲームプレイヤーの思考過程分析

人狼ゲームは情報が不完全な状態で人狼を探す必要があるため、複雑な思考を要する。そのような思考をエージェント化するために、人狼プレイヤーの思考を分析する試みが行われている。稲葉ら [18] は、プレイヤー同士の議論中における同調と反駁に着目して分析した結果、人狼役職のプレイヤーは「人狼を対象とする意見」に対して自然に反駁できるが、自然に同調することは難しいことがわかった。丹野ら [19] は、会議中にプレイヤーがつく嘘をどのように見抜くかを調査した。人狼ゲーム未経験者と経験者を対象として、嘘の手がかり信念にどのような差が見られるか調査した。その結果、人狼ゲーム未経験者は嘘の手がかり信念として体の動きや目線などの身体的特徴を重視する傾向があり、経験者は、発言量や発言内容を重視する傾向があることがわかった。伊藤ら [8] は人狼ゲームを発話プロトコル分析によって人狼ゲームにおけるプレイヤーの意思決定過程をモデル化した。彼らは人狼ゲームにおいて、始めから得ている情報が少ない「村人」と「狂人」役職のプレイヤーに着目して分析し、意思決定モデルを提案した。このモデルの特徴的な点は論理的合理性や経済的合理性によって決められない場合に、他プレイヤーに対する共感・信頼という非論理的な意思決定によって判断する点である。

これまでの研究では、人間の発話情報を中心に人狼ゲーム中における人間の意思決定過程を分析することで人狼プレイヤーの傾向・特徴や意思決定モデルを示してきた。一方で、人狼ゲームの特性上、プレイヤーは、他プレイヤーに余計な情報を与えないように発話内容に自身の思考を入れないようにしたり、時には嘘をついたりする。そのため、発話情報のみでプレイヤーの意思決定過程を明らかにすることは難しい。

2.3 人狼ゲームにおける皮膚電気活動の分析

先行研究では、人狼ゲームの特性を明らかにするために皮膚電気活動を用いた様々な試みが行われている。皮膚電気活動はプレイヤーの意思や思考を表す一つの指標である。人狼ゲームのような、騙し合いが必要なゲームでは、他プレイヤーに思考を読まれないよう表情を作ってしまう傾向が

あるため、外界に表出する情報から思考を読み取ることが困難である。皮膚電気活動は、不随意の測定系のため偽ることができず、客観的なデータを測定することができるため、嘘偽りのないプレイヤーのゲーム体験を得ることができる。これまでの研究では、人狼ゲームをプレイ中の SCL を解析することによって所属する陣営によってプレイヤーの SCL が有意に異なる（人狼陣営が村人陣営よりも心的な負荷が高く、SCL が高い）ことやプレイヤー同士が話し合いをする場面において、人狼陣営が勝利を確信している場合には、SCL が低くなること（定常状態により近づく、心的負荷が低い）など、ゲーム全体の情勢（どちらの陣営が有利か）における SCL の傾向が確認されている [20]。また、風間ら [21] は、皮膚電気活動からプレイヤーの意思決定過程を調査した。その結果、疑いが強まる程、皮膚電気活動の反応が検出されることがわかった。

先行研究では、ゲームを網羅的に見渡し、分析や解析を行った。また、分析では、発話やジェスチャなど外界に表出する情報しか扱っていない。人狼ゲームの特性上、嘘をつくことや相手に思考を読まれない等の要素があり、プレイヤーがどのような点に着目しているか、客観的に得ることはできていない。その結果、人狼ゲームのゲーム特性や分析において着目すべき点が明らかになっておらず、ゲームの分析に膨大な時間を要する。そこで本研究では、皮膚電気活動によって内的情報を得ることでプレイヤー目線で重要な場面や人狼ゲームのゲーム特性を明らかにすることを試みる。

3. 実験

人狼ゲームのプレイ体験を分析するために、人狼ゲーム中におけるプレイヤーに対して、皮膚コンダクタンス水準 (SCL) を測定する実験を実施した。実験では、5 人のプレイヤーで行う人狼ゲーム（以降より、5 人人狼）を行い、計 15 回人狼ゲームを実施し実験中に映像・音声・SCL を記録した。

3.1 実験参加者

実験参加者は 6 人であり、全員が情報系の学科に所属する大学生もしくは大学院生であった（平均年齢：22 歳、男性 6 人）。実験は、6 人がそれぞれ最低 10 回はゲームに参加するように調整し、交代しながらゲームを行なった。参加者は普段から 5 人人狼をプレイしており、ルールの理解不足や不慣れによる参加者の心理的な影響はなかったと考えられる。

3.2 実験手順

図 1 のように円卓上に座った状態で人狼ゲームを試行した。実験では、映像・音声・皮膚電気活動を記録した。本実験で実施した人狼ゲームの進行手順と各手順の所用時間



図 1 実験環境
Fig. 1 Experimental Environment.

を以下に示す。尚、各手順や所用時間に関しては鳥海らの設定を参考にした [11].

- (1) GM (ゲームマスター) がプレイヤに役職カードを配る (1分)
- (2) 夜フェーズ (1分)
- (3) 会議フェーズ (4分)
- (4) 投票フェーズ (1分)
- (5) ゲームの勝敗が決まるまで、2~4を繰り返す

簡単なゲームの流れを説明すると、GMがプレイヤに役職カードを配り、プレイヤ全員が自分の役職を確認する。この時、役職は実験を通して偏りがでないように選定した。夜フェーズでは、人狼による他プレイヤの殺害と占い師による他プレイヤの(人狼か否かの)役職確認が行われる。会議フェーズでは、プレイヤ全員が話し合い、投票フェーズで誰を処刑するか決める。投票フェーズでは、人狼と思しきプレイヤに投票し、投票数が一番多いプレイヤが処刑される。同票で最多票となった場合は、決選投票により決める。決選投票では、投票の対象となるプレイヤは順に20秒間の弁明を行い、他プレイヤはそれを聴聞し対象のプレイヤに投票を行う。処刑されたプレイヤが人狼であった場合は村人陣営の勝利、人狼でなかった場合は手順2(夜フェーズ)へと戻る。5人狼では、2回の投票フェーズを経て人狼が生き残っていた場合、人狼陣営の勝利となる。どちらかの勝敗が決まるまでの手順を1試行として、本実験では計15試行した。SCLの計測時間はGMがプレイヤにカードを配った時点を計測開始とし、GMの勝敗宣言を計測終了とした。本実験における役職と割り当てられる人数は以下とした。

- 人狼 (1人) : 夜フェーズに他プレイヤを殺害する
- 狂人 (1人) : 村人として数えられ、人狼に加担する村人
- 占い師 (1人) : 夜フェーズに他プレイヤが人狼であるか否かを知ることができる
- 村人 (2人) : 特殊な能力は持たない

1試行で10分程度の時間を要するため、15試行すると150分程度の時間を要する。そのため本実験では疲労によ

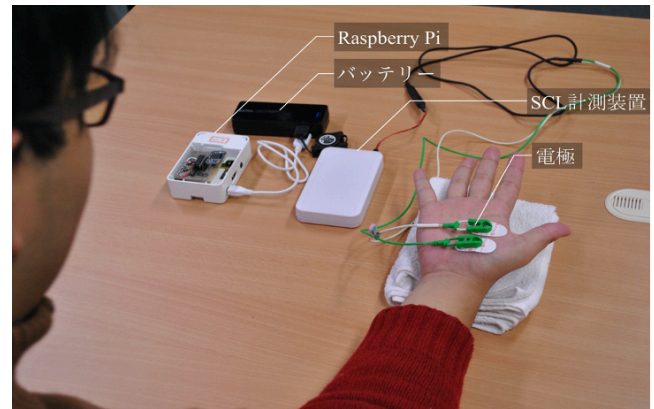


図 2 計測システムと電極装着位置
Fig. 2 Measurement System and Electrodes Placement.

る実験への影響を考慮し、5試行ごとに20分の休憩を設けた(以降、1試行を1ゲームとする)。従って、実験時間は合計で210分程度であった。

3.3 SCL計測

実験では、参加者の手掌にSCL測定センサの電極を装着することで、SCLの計測を行なった。SCLの計測装置はAffectiva社のQ Sensorを参考に実装したのを使用した。SCLセンサは、電極から微弱な電流を流すことで、手掌のコンダクタンスの変化をセンサ値として出力する。人体の特性上、皮膚のコンダクタンスの変化には個人差があるため、実験中に得られたセンサ値を0.0~1.0の範囲で正規化した。ここで、SCL値0.0は安静時を含む実験中の最低値を表し、SCL値1.0は最高値を表す。

電極の装着位置について、参加者の利き手とは逆の手掌部に装着した。電極や計測装置は参加者のジェスチャなどの振る舞いを妨げることをないように図2のように装着・配置した。

3.4 結果

本実験では、プレイヤにより自然な姿勢でゲームをプレイしてもらうため、行動に制限を設けるなど厳密な実験統制を行わなかった。そのため、被験者は自由に手や腕を動かせる状態であり、電極部分を強く押ししたりするなどして、5ゲーム分の測定データが欠損してしまった。そのため、本研究では15ゲーム中10ゲームを分析対象とする。

実験で行なった人狼ゲームの勝敗結果を表1に示す。表ではA~Fの被験者(以降、プレイヤ)について、それぞれの試合数と勝率を表している。表より、プレイヤごとの勝率に差が生じたことがわかった。つまりプレイヤA, B, Cは勝率の高かったプレイヤ、プレイヤD, E, Fは勝率の低かったプレイヤであることがわかった。また、本実験における会議フェーズでは、実験を通して議論の内容に傾向がみられたため、会議フェーズ中のイベントとして4つ

表 1 各プレイヤーの試合数と勝率

Table 1 Number of Games and Win Rate for Each Player.

プレイヤー	A	B	C	D	E	F
試合数	15	10	10	10	15	15
勝率 [%]	66.7	70.0	70.0	40.0	40.0	40.0

に分割した。それぞれの概要を表 2 に示す。

次に、実験で得られた人狼ゲームの SCL を図 3 に示す。これは各群（勝率の高かった/低かったプレイヤー）の会議フェーズ（初日）から投票フェーズ（初日）までの 10 ゲーム分の SCL の平均値を 1 秒間隔でプロットした図である。縦軸は、0.0~1.0 の値に正規化した SCL 値を表し、横軸は時間（秒）を表す。グラフの実線と点線は、それぞれ勝率の高かったプレイヤーと低かったプレイヤーの SCL の平均値を表し、ヒートマップは、全プレイヤーの SCL の平均値を表している。また、図 3 の上部は、会議フェーズと投票フェーズの時間幅を表している。会議フェーズは表 2 の平均所用時間で 4 分割した。ゲームのシステム上、最大 2 日目まで会議と投票が行われる場合があるが、多くのゲームが 1 日目で終了したため 1 日目の会議フェーズと投票フェーズに着目した。

図 3 のヒートマップより、SCL の高い領域（赤色領域）は人狼ゲームにおいて全プレイヤーに興奮が生じていたことを表す。4 分割された会議フェーズと投票フェーズの領域における SCL を比較するため、それぞれの SCL の平均値を図 4 に示す。1 要因参加者内分散分析により領域間の関係を分析したところ、主効果が認められた ($F(4, 20) = 8.04, **p < 0.01$)。次に LSD 法による事後分析を行い、領域間の関係を明らかにしたところ、CO イベントは、その他の会議イベント（推理、疑い、総括）よりも有意に高い SCL 値であることが示された ($*p < 0.05$)。また、投票フェーズは、一部の会議イベント（疑い、総括）よりも高い SCL 値であることが示された ($*p < 0.05$)。この結果より、赤色領域のうち、会議フェーズにおける CO イベントと投票フェーズにおける SCL が高い値であったことが示された。皮膚電気活動の原理 [22] から、CO イベントと投票フェーズにおいて、プレイヤーに共通して、強い興奮が生じていたことが理解できた。

4. 考察

実験で得られた結果から、プレイヤーのゲーム体験や人狼ゲームのゲーム特性の考察を行う。実験結果で得られた SCL の挙動（図 3）から、ゲーム序盤（CO イベント）とゲーム終盤（投票フェーズ）でプレイヤーに強い興奮が生じることが示された。そのため、CO イベントと投票フェーズに着目し、強い興奮が生じた要因を考察する。加えてプレイヤーの言動などを実験で得られた人狼ゲームの局所的な傾向について考察を行う。

4.1 カミングアウト (CO) イベントにおける傾向

本実験において CO イベントでみられた特徴として、必ずしも占い師のみが名乗り出るわけではなく、村人陣営と敵対している人狼陣営のプレイヤーが情報を錯綜させるために嘘の情報を共有する場合^{*1}があった。そのため、占い師が上手く他プレイヤーを説得することが村人陣営の勝利にとって重要となる（人狼陣営にとっては嘘の情報を信じさせることが重要となる）イベントであった。図 4 より、プレイヤーの SCL 値がその他の会議フェーズより有意に高い結果から、CO イベント中はより大きな興奮があったことを示している。皮膚電気活動は、プレイヤーの緊張 [20] や疑い [21] が生じる際に反応を示す傾向があることがわかっている。CO イベントでは、占い師は他プレイヤーを説得するために働きかけ、人狼や狂人は占い師を騙り村人陣営を攪乱するような動きがほとんどのゲームでみられたため、緊張や疑いが入り混じるようなゲーム体験となっていたと考えられる。つまり、CO イベントでは如何にして真実を見つけ出すか（村人陣営）、また如何にして嘘の情報を信じさせるか（人狼陣営）、といったやり取りが局所的に行われるため、プレイヤーにとって注目すべき重要な場面であったと考えられる。

一方で、CO イベント内におけるの発話内容や SCL の挙動はプレイヤー間で異なっていた。CO イベントでは CO した（占い師と名乗り出た）プレイヤーに対して「なぜその人を占ったか?」といった内容が議論の主題であった。それに対する CO したプレイヤーの返答は「<プレイヤー名>が人狼だと後々面倒になりそうだから」といった理由を明示するプレイヤーと「適当に決めた」などの理由を明示しなかったプレイヤーの 2 種類に分かれた。ゲームにおける勝率をもとに分析すると理由を明示する返答をしたプレイヤーの勝率が高い結果となった。CO イベントの際のプレイヤーの言動と SCL の平均値を分析すると、CO した際の占い先（どのプレイヤーを占ったか）の根拠について理由を明示したプレイヤー（勝率が高かったプレイヤー）の SCL の平均値の方が理由を明示しなかったプレイヤー（勝率が低かったプレイヤー）より高いことが図 3 からわかる。実験記録のビデオから、理由を明示する場合は人狼陣営は嘘をついたり、村人陣営はその理由から話を展開して他プレイヤーを説得したりする行動がみられたことから、SCL に興奮がみられたと考ええる。その興奮の中には、緊張や疑いのほかに、誰かを処刑するために戦略を練る、といった闘争反応 [23] に類似した反応もあったのではないかと考えられる。理由を明示しなかった場合は、次の話題に移っていったため、理由を明示したプレイヤーと比較して CO イベントにおける闘争反応は少なかったのではないかと考えられる。

*1 例えば、狂人役のプレイヤーが占い師と名乗り出て嘘の占い結果を教える、など

表 2 会議フェーズ中の議論内容
Table 2 Discussions During the Meeting Phase

概要	平均所用時間
CO 古い師が名乗り出て、古い結果を伝える。	14 秒
推理 古い結果から、誰がどの役職かを仮定・推理する。この際、新たな古い師が CO する場合もあった。	1 分 34 秒
疑い 誰が人狼陣営かを疑う。疑う理由や疑われたプレイヤーの弁明が議論の主旨となる。	1 分 36 秒
総括 今まで議論した情報を整理して、誰に投票するかを議論する。	36 秒

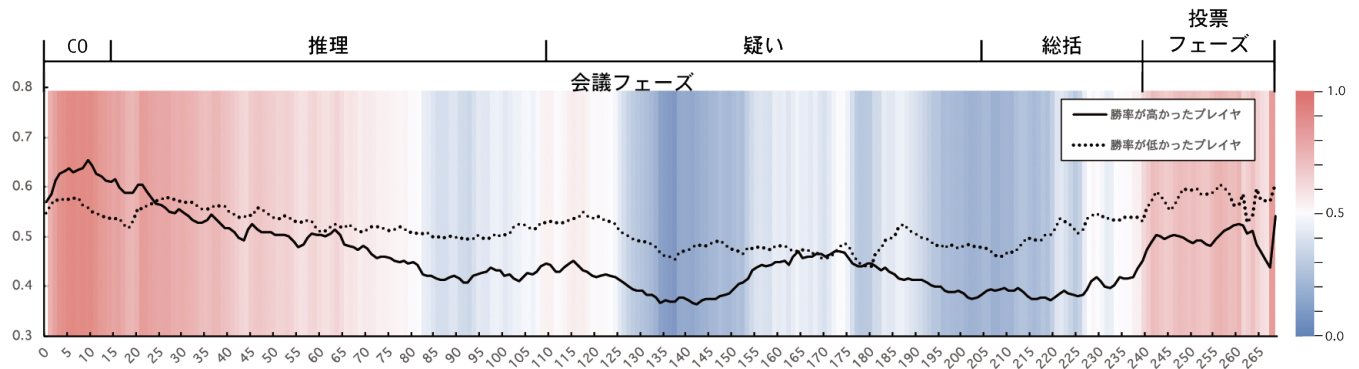


図 3 会議フェーズ（初日）から投票フェーズ（初日）の時系列データの平均値（縦軸：正規化された SCL 値、横軸：時間（秒））

Fig. 3 Mean SCL values from the meeting phase (first day) to the voting phase (first day) (Vertical axis: normalized SCL values, horizontal axis: time (second)).

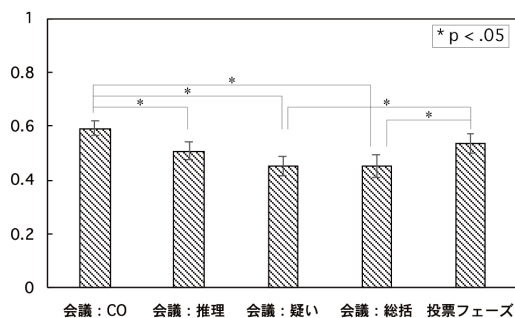


図 4 ゲーム全体の各場面における SCL の平均値（縦軸：正規化された SCL 値、横軸：ゲーム場面、エラーバーは標準誤差を表す、CO はカミングアウトを表す）。

Fig. 4 Average SCL for Each Event in the All Games (Vertical axis: normalized SCL values, horizontal axis: game event; Error bars show standard errors).

4.2 投票フェーズにおける傾向

投票フェーズでは CO イベントと同様に全プレイヤーに強い興奮が生じていた。SCL は発話等の能動的な行動も反応の一要素となるため、発話が行われなくても関わらず、会議フェーズの他イベントより高い値を示したことから、プレイヤーの内省で強い興奮が生じたことがわかる。その要因として、まず考えられることは、投票先に関する思考である。投票先について、村人陣営は、誰が嘘をついているか、人狼だと疑わしいか、などを考えて、人狼である確率が最も高い人物を決定する必要がある。人狼陣営は、誰が狂人であるか、誰に投票が集まりそうか、などを考えて、人狼

以外に投票が集まるように投票先を決定する必要がある。そのため、プレイヤーの内省であっても CO イベントと同様に、緊張と疑いが入り混じるようなゲーム体験になっていたと考えられる。

また、勝率の高かったプレイヤーと低かったプレイヤーの SCL の平均値を比較すると、勝率が低かったプレイヤーの方が SCL の平均値が高いことが図 3 よりわかる。これは、プレイヤーらの推測の仕方に違いがあったと考えられる。つまり、勝率の低かったプレイヤーは全ての情報を集めてから誰に投票するかを決めているのではないかと考えられる。これは、プレイヤーの発言から会議フェーズ終了時点や投票直前まで投票先を決めていない発言がみられた。一方で、勝率の高かったプレイヤーの会議中における発言から、度々人狼を仮定するような発言がみられた。つまり、勝率の高かったプレイヤーは会議フェーズから徐々に人狼を絞り込むような推測する、勝率の低かったプレイヤーは会議フェーズ終了後に集まった情報から推測する、といった人狼の推測の仕方についてプレイヤー間で異なっていたと考えられる。

4.3 まとめ：プレイヤーのゲーム体験から得られた人狼のゲーム特性

人狼ゲームのコミュニケーションが行われる会議フェーズは分析において重要視されていることは先行研究 [8], [20], [21] から明らかであるが、時間が限られている会議フェーズの中で具体的に何に着目すべきかはこれまでわかっていなかった。本研究の分析から会議フェー

ズを4つのイベントに分割したところプレイヤーが着目しているイベントが明らかになった。また、会議フェーズ中のSCLを時系列データ(図3)をみると、全プレイヤーのSCL平均値は、COイベントと投票フェーズにおいて高い値を示すことがわかった。このSCLの高さは興奮反応、つまり着目する場面や勝負を仕掛けていることであると考えられる。これらの分析によって、人狼のゲーム特性として、プレイヤーが着目する場面をSCLによってを定量的に示すことができた。一方で、プレイヤーの発言内容や人狼の推測の仕方についてはプレイヤー間で異なっており、SCLを比較するとプレイヤー間で違いがみられた。具体的には、COイベントでは勝率の高かったプレイヤーが高いSCL値を示し、投票フェーズにおいては勝率の低かったプレイヤーが高い値を示した。人狼ゲームでは、プレイヤーがそれぞれ持っている情報(役職により得られる情報など)に違いはあるが、会議のフェーズにおいてプレイヤーから発せられる情報は同一である。しかし、投票先や弁明の言動とSCLを分析すると同じ情報量でも立場に違いがあることで異なる行動やSCLの反応を示すためであると考えられる。一方で大局的な傾向でみると、SCLの反応は一致していることがわかった。人狼ゲームはその性質上、陣営によって分かれており、それぞれの陣営が勝利を目指すため、プレイヤーによって情報の捉え方が違うのは当然の結果であると言える。しかし、プレイヤーによって考え方、捉え方が違うのにも関わらず、プレイヤー全体の大局的なゲーム体験は一定の傾向を持っていることも本研究で明らかになった人狼ゲームのゲーム特性であると考えられる。

5. おわりに

本研究では、人狼ゲーム中におけるプレイヤーの皮膚電気活動を計測することで、プレイヤー目線で重要な場面や人狼ゲームのゲーム特性を明らかにした。人狼ゲームの大局的な傾向として、全プレイヤーに共通してゲーム序盤のカミングアウトや終盤の投票を重要視することが示された。プレイヤーの重要視する場面や疑いは主観的な思考であり、個々のプレイヤーのゲーム経験やゲーム中の役職、他プレイヤーとの関係性によって変化すると考えられる。つまり、人狼ゲームの分析においては、大局的な傾向としては多くのプレイヤーに共通する傾向がある一方で、局所的な場面においてはプレイヤーの言動に違いがみられた。個々のプレイヤーの戦略や役職の違いによって人狼ゲーム中に得る情報の捉え方が違うにも関わらず、ゲーム全体でプレイヤー共通の傾向がみられることは人狼ゲームの特性であると考えられる。

謝辞 本論文の執筆にあたりご協力いただきました被験者の皆様へ厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 三宅陽一郎. デジタルゲームにおける可視化技術. 可視化情報学会誌, Vol. 38, No. 151, pp. 28–33, 2018.
- [2] 梶浦久江, 中山伸一. ブロック崩しゲームにおけるプレイヤーとゲームを見る人のフロー体験に与える音楽の影響. デジタルゲーム学研究, Vol. 4, No. 2, pp. 13–22, 2010.
- [3] Yuya Hirata, Michimasa Inaba, Kenichi Takahashi, Fujio Toriumi, Hirofuka Osawa, Daisuke Katagami, and Kousuke Shinoda. Werewolf game modeling using action probabilities based on play log analysis. Vol. 10068, pp. 103–114, 06 2016.
- [4] N. Nakamura, M. Inaba, K. Takahashi, F. Toriumi, H. Osawa, D. Katagami, and K. Shinoda. Constructing a human-like agent for the werewolf game using a psychological model based multiple perspectives. In *2016 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI)*, pp. 1–8, 2016.
- [5] 高田和磨, 杉原太郎, 五福明夫. 人狼ゲームにおけるエージェント存在の開示度に対する看破への影響. 日本感性工学会論文誌, Vol. 16, No. 3, pp. 341–349, 2017.
- [6] 片上大輔, 鳥海不二夫, 大澤博隆, 稲葉通将, 篠田孝祐, 松原仁. 人狼知能プロジェクト (特集: エンターテイメントにおける ai). 人工知能 = journal of the Japanese Society for Artificial Intelligence, Vol. 30, No. 1, pp. 65–73, jan 2015.
- [7] 毅志伊藤, 仁松原. 将棋熟達者の発言にみる思考と認知. Technical Report 64(2004-GI-012), 電気通信大学情報工学科, はこだて未来大学システム情報科学部, jun 2004.
- [8] 伊藤毅志, 杉本磨美. (os 招待講演) 人狼プレイヤーの意思決定過程. 人工知能学会全国大会論文集, Vol. 2020, pp. 2F4OS20a01–2F4OS20a01, 2020.
- [9] 新羅慧, 片上大輔, 鳥海不二夫, 大澤博隆, 稲葉通将, 篠田孝祐. 視線動作を付与した人狼対戦システムの開発. 電子情報通信学会技術研究報告; 信学技報.
- [10] 高山周太郎, 大澤博隆. 実世界人狼ゲームのジェスチャーの分析. 人工知能学会全国大会論文集, Vol. 2019, pp. 3F3OS14a01–3F3OS14a01, 2019.
- [11] 鳥海不二夫, 片上大輔, 大澤博隆, 稲葉通将, 篠田孝祐, 狩野芳伸. 人狼知能: だます・見破る・説得する人工知能. 森北出版, 2016.
- [12] 梶原健吾, 鳥海不二夫, 稲葉通将, 大澤博隆, 片上大輔, 篠田孝祐, 松原仁, 狩野芳伸. 人狼知能大会における統計分析と svm を用いた人狼推定を行うエージェントの設計. 人工知能学会全国大会論文集, Vol. 2016, pp. 2F41–2F41, 2016.
- [13] 福田宗理, 穴田一. 15 人狼ゲームにおける会話情報による役職推定. 人工知能学会全国大会論文集, Vol. 2020, pp. 2F5OS20b01–2F5OS20b01, 2020.
- [14] 清水大輔, 長谷部浩二. プレイヤーの発言内容に関するルールに基づいた人狼ゲームの役職推定. 人工知能学会全国大会論文集, Vol. 2020, pp. 2F5OS20b05–2F5OS20b05, 2020.
- [15] 梶原健吾, 鳥海不二夫, 稲葉通将. 人狼における強化学習を用いたエージェントの設計. 人工知能学会全国大会論文集, Vol. 2015, pp. 1F22–1F22, 2015.
- [16] 大川貴聖, 吉仲亮, 篠原歩. 深層学習を用いた役職推定を行う人狼知能エージェントの開発. ゲームプログラミングワークショップ 2017 論文集, No. 2017, pp. 50–55, nov 2017.
- [17] 王天鶴, 金子知適. 人狼エージェントにおける深層Qネットワークの応用. ゲームプログラミングワークショップ 2018 論文集, No. 2018, pp. 16–22, nov 2018.
- [18] 稲葉通将, 鳥海不二夫, 大澤博隆, 片上大輔, 篠田孝祐, 西野順二. 同調と反駁に着目した人狼ゲームの分析. 人工知能学会全国大会論文集, Vol. 2014, pp. 1E4OS23a1–

1E4OS23a1, 2014.

- [19] 丹野宏昭, 児玉健. 人狼ゲーム経験による嘘の手がかり信念の差異:大学生, 人狼ゲーム愛好者, 人狼ゲーム舞台役者の比較. パーソナリティ研究, Vol. 24, No. 1, pp. 88-90, 2015.
- [20] 御手洗彰, 水丸和樹, 本田健吾, 棟方渚, 坂本大介, 小野哲雄. 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. インタラクシオン 2018, pp. 885-888, feb 2018.
- [21] 風間祥光, 畑雅之, 松原仁. 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. Technical Report 16, 公立ほこだて未来大学, 株式会社 HiSC, 公立ほこだて未来大学, feb 2018.
- [22] 沼田恵太郎, 宮田洋ほか. 皮膚電気条件づけ: その意義と研究動向. 人文論究, Vol. 61, No. 2, pp. 55-88, 2011.
- [23] Walter Bradford Cannon. The emergency function of the adrenal medulla in pain and the major emotions. *American Journal of Physiology-Legacy Content*, Vol. 33, No. 2, pp. 356-372, 1914.