

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

風間 祥光¹ 畑 雅之² 松原 仁¹

概要：近年，完全情報ゲームの研究はかなり進んでおり，不完全情報ゲームの研究においても，一部のゲームではコンピュータがトッププロに匹敵する強さとなるなどの成果を収めている．しかし，コミュニケーションを必要とする人狼ゲームの研究はまだあまり進んでいない．本研究で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を対象に，ゲーム内で行われる議論での行動がプレイヤーに与える影響を調べた．結果として，各役職のプレイヤーごとに情動反応を示す発言の種類が示された．それによって，各役職のプレイヤーの思考過程の一部が明らかになった．

Influence on players by discussions in Werewolf games

KAZAMA YOSHIMITSU¹ HATA MASAYUKI² MATSUBARA HITOSHI¹

1. 背景

ゲームはルールが明確であるためコンピュータが扱いやすい題材としていい研究対象である [1]．ゲームは完全情報ゲームと不完全情報ゲームの二つの種類に分類される．完全情報ゲームとは意思決定点においてこれまでの行動や状態に関する情報がすべて与えられているチェスや将棋，囲碁のようなものを指し，不完全情報ゲームとは相手の状況に関する情報を不完全な形でしか把握できないもので，有名なものとしてはポーカーや麻雀などが挙げられる．

完全情報ゲームでは，最も難しいとされた囲碁に関して，2017年にGoogleの囲碁プログラムである「AlphaGO」がトッププロであるイ・セドル九段を相手に勝利を収めている [2]．また，最新のコンピュータ囲碁プログラム「AlphaGo Zero」においては人間の対局データを用いずに自己対局を繰り返すことのみで学習を行い，トッププロを破った旧バージョンの「AlphaGo」に勝利している [3]．これらのことから，完全情報ゲームにおいてはコンピュータの方が強いことがはっきりした [4]．

不完全情報ゲームにおいても，海外で多く研究が行われているポーカーのコンピュータプレイヤー「Libratus」は人

間のトッププレイヤーと同等以上の実力があると言われている [7]．また，バックギャモンにおいて，Tesauro が開発した「TD-Gammon」は自己対戦で学習を行い，世界チャンピオンに匹敵する強さとなった [8]．これらのことから完全情報ゲームだけでなく，一部の不完全情報ゲームに関してもコンピュータが人間を上回ったことがわかる．

しかし，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のAIについての研究はあまり進んでいない．人狼ゲームは相手を騙すことや相手の嘘を見抜くことが重要なポイントとなるゲームである．そのようなゲームをコンピュータが実現するには対話の中で相手の考えを読み取るなど，高度な知能が必要となる [9]．そこで本研究ではプレイヤー間の議論によってゲームが進行する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を研究対象とする．人狼ゲームの研究が進むことでどのような行動，性格が信頼されやすいのか，または疑われやすいのかを解明することができれば社会的な知能を持つ人工知能の作成に応用することができる．人狼ゲームは議論によって色々な役職から得られる情報をもとに人狼を推理するゲームである．そのため，人狼ゲームプレイヤーがどのような戦略をとっているのかを調べるために人狼ゲーム中の議論を分析し，ゲームの展開を明らかにすることが必要である．そこで本研究ではプレイヤーに影響を与え，ゲームを動かしている言動を分析することで人狼ゲームプレイヤーの思考過程を明らかに

¹ 公立はこだて未来大学
Future University Hakodate

² 株式会社 HiSC
Human Intelligence and System Consultants Inc

する。

2. 関連研究

2.1 プレイヤの発言・勝敗の分析

稲葉らは人狼 BBS のゲームデータを用いてプレイヤの発言傾向と勝敗の関係を分析した [10]。稲葉らは人狼 BBS で行われたゲームデータのログの発言一つ一つにその発言の種類を示すタグを付与し、集計することで襲撃や処刑の対象となったプレイヤの発言の傾向を調べた。

結果として、処刑対象となったプレイヤの発言の種類には雑談や理由が多いこと、襲撃対象となったプレイヤの発言の種類には疑いや理由が多いことが示された。

また、稲葉らは付与したタグをゲーム単位で集計し、ゲームの勝敗と発言の種類を分析した。分析はデータから決定木を構築することで行った、

それぞれの陣営のプレイヤの発言から作成された決定木から、村人陣営のプレイヤの理由発言が多いと村人陣営が敗北すること、また、理由発言が少ない場合でも占いに関する発言が少ないと村人陣営が敗北してしまうことが明らかになった。また、人狼陣営のプレイヤの雑談発言が多い場合や、占いに関する発言が多い場合に人狼陣営が敗北すること、また、占いに関する発言が少ない場合でも処刑に関する発言と疑いに関する発言が少ない場合には人狼陣営が敗北することも明らかになった。全てのプレイヤの発言と勝敗のデータから作成された決定木から、全てのプレイヤの雑談発言が少ないと村人陣営が敗北すること、また、雑談発言が多い場合でも占いに関する発言が少ないと村人陣営が敗北することが明らかになった。

2.2 ノンバーバル情報が与える影響

片上らは実際のゲームプレイ動画を用いてノンバーバル情報がゲームに与える影響を分析し調査した [11]。片上らはゲームプレイ動画の発言、仕草、表情一つ一つにその種類を示すタグを付与し、集計することで、ゲームの勝敗と行動、発言の種類を分析した。分析はデータから決定木を構築することで行った、

決定木から、人狼プレイヤの仕草に関しては、人狼プレイヤが手を振る仕草を多く行うと人狼陣営が敗北すること、また、手を振る仕草が少ない場合でも額を触る仕草が多いと人狼陣営が敗北することが明らかになった。

さらに、人狼プレイヤの発言と表情に関しては、人狼プレイヤの同調発言が少ないと人狼陣営が敗北してしまうこと、また、同調発言が多い場合でも怒り顔を多く表出すると人狼陣営が敗北することが明らかになった。

また、占い師の発言と表情について、占い師プレイヤが怒り顔を多く表出すると村人陣営が敗北してしまうことが明らかになった。この結果から、怒り顔を多く行うと処刑対象や占い対象になりやすくなってしまうことが示唆さ

れた。

3. 本研究の目的

プレイヤの発言と勝敗を分析した稲葉らの研究では、処刑対象となったプレイヤの発言に雑談が多い理由として、他のプレイヤにゲームの進行上役に立たない印象を与えるためではないかと考察している一方で、理由発言が多い理由を、疑われた結果として理由発言を述べる機会が多くなってしまったのではないかと考察している。しかし、雑談発言は疑われた結果として話をそらす目的で話されることもあれば、理由発言で間違ったことを言ったために疑われてしまうこともあると考えられる。また、稲葉らは、村人陣営の理由発言が多いと敗北してしまう理由として人狼に行動を予測されやすくなってしまうことを挙げているが、理由発言によって同じ村人陣営からの疑いが強まっていることも考えられる。

ノンバーバル情報が与える影響を分析した片上らの研究では、人狼が手を振る仕草や額を触る仕草が多いと人狼陣営が敗北するという結果が見られた理由として、村人陣営のプレイヤが仕草から情報を得ているためであると考察しているが、疑われた結果として手を振る動作や額を触る仕草が多くなってしまったことも考えられる。また、片上らは、人狼プレイヤや占い師プレイヤが怒った表情を表出させると敗北する理由として、感情的になると信頼されにくくなると考察しているが、信頼されなくなった結果として感情的になってしまっていることも考えられる。

人狼ゲームにおける行動と勝敗の関係を調べた二つの先行研究は勝敗と行動の関係を分析したものであるが、その因果関係を明らかにしていない。つまり、行動の結果として敗北を招いてしまったのか負けそうな結果として行動が現れたのかが明らかにされていないのである。そのため、実際に疑われるような要因となった行動が特定できていない。これは、勝敗の結果のみで行動を評価しているためである。本研究では、ゲームプレイ中にリアルタイムで測定できる情動の変化の指標を用いて、どのような行動が他のプレイヤに影響を与え、ゲームを動かしているのかを分析する。

4. 人狼ゲーム

4.1 ゲームの概要

人狼ゲームとはプレイヤの中に紛れている人狼を探し当てるゲームである。はじめに人狼陣営と村人陣営に分かれる。この時ランダムにカードを配ることによって役職を決定するが、他のプレイヤに自分の役職が書かれたカードを見られてはいけない。プレイヤたちは議論をし、人狼と疑わしい者を処刑する。全ての人狼プレイヤを処刑できれば村人陣営の勝ち、村人プレイヤの数が人狼プレイヤと同数以下にまで減らされてしまったら人狼陣営の勝ちとなる。

誰を処刑するかは、生き残っているプレイヤーの投票によって決定する。村人の中には特殊能力を持つ者がおり、それを活用する事で効率よく人狼を見つけ出すことができる。細かいルールは後述する。

4.2 役職とその特殊能力

人狼ゲームではゲーム開始時、参加者に役職の書かれたカードをランダムで配り役職を決定する。このとき、他のプレイヤーに自分のカードを見せてはいけない。役職は村人陣営と人狼陣営に分かれ、村人陣営は村人と占い師で人狼陣営は人狼と狂人である。

4.2.1 村人

特別な能力はなく、投票によって人狼を全て処刑できれば勝ちとなる。

4.2.2 占い師

その日の更新時に対象としていたプレイヤーが人間であるか狼であるかを知ることができる。勝利条件は村人と同じである。

4.2.3 人狼

その日の更新時に対象となったプレイヤーを襲撃する。人狼の人数が人間の人数以上になれば勝ちである。

4.2.4 狂人

人間であるが、勝利条件が人狼と同じであるため、人狼が有利になるように行動する。

4.3 ゲームの流れ

4.3.1 最初の夜

それぞれのプレイヤーは他の人に見えないように自分の役職を確認し机に伏せる。GMに呼ばれた役職は音を立てないように起き上がり能力を行使し、能力の行使を終えたら顔を伏せる。占い師プレイヤーは占い対象を決め、そのプレイヤーの正体を知ることができ、人狼プレイヤーはお互いの顔を確認する。初日に限り、人狼プレイヤーは誰も襲撃することができない。

4.3.2 昼

決められた時間で議論をする。議論終了後、プレイヤーは全員同時に指差しで処刑する人を多数決で決める。処刑されたプレイヤーは死者として扱われ、それ以降、ゲーム終了時まで話すことができなくなる。

4.3.3 二回目以降の夜

GMに呼ばれた役職は音を立てないように起き上がり、能力を行使し、能力の行使を終えたら顔を伏せる。占い師プレイヤーは占い対象を決め、そのプレイヤーの正体を知ることができる。人狼プレイヤーは襲撃対象を選択する。霊能者プレイヤーはその日処刑された者の正体を知ることができる。狩人プレイヤーは守るプレイヤーを決める。襲撃されたプレイヤーは死者として扱われ、その後話すことができなくなる。ただし、護衛対象と襲撃対象が同一人物であった場合、死

者は出ない。

4.4 勝利条件

人狼陣営は人狼プレイヤーの人数がそれ以外のプレイヤーの人数以上になれば勝ちである。なお、狂人プレイヤーは人狼陣営であるが、人狼ではないため人狼プレイヤーの数に含まれない。

村人陣営は人狼プレイヤーを全て処刑することができれば勝利となる。

4.5 種類

人狼ゲームにはオンライン人狼と対面人狼が存在する。オンライン人狼は基本的にネット上で行われる人狼ゲームのことであり、対面人狼は実際にプレイヤーが集まって行う人狼ゲームのことである。深く考えてから発言を発信することができるオンライン人狼に対し、実際のコミュニケーションに近い対面人狼は短い時間で考え発信することが求められる。そのため本研究では、上記の性質上、行動による内面の変化が観測しやすいことから対面人狼を研究対象とする。

5. Skin Conductance Response

Skin Conductance Response(SCR)は手掌の発汗を電氣的に捉えたものである[12]。Becharaらの研究では、情動を司る眼窩前頭皮質が損傷した被験者と損傷のない被験者を対象とした実験で意思決定の違いを明らかにしている[13]。この研究は、アイオワ・ギャンプリング課題という実験を情動を司る眼窩前頭皮質が損傷した被験者と損傷のない被験者を対象として行っている。アイオワ・ギャンプリング課題の手順は、まず被験者に4つのカードの束を提示する。被験者は提示されたカードの束の中から一つを選びカードを引く。引いたカードには手持ちのお金が増えたり減ったりする内容が書かれており、被験者はお金を稼ごうとする。このとき、4つのカードの束には違いがあり、2つのカードの束は長期的に見ると収支がマイナスとなる束であり、残りの2つは長期的に見ると収支がプラスとなる束である。通常であればカードを多く引けば引くほど、どのカードの束がプラスになるのか判断できるようになるはずである。この研究では、通常の被験者はどのカードの束が危険か手探り状態の時点ですでに、危険なカードの束を選ぶ際に情動反応の指標である手掌の発汗が多く観測され、最終的に良いカードの束を選ぶことが報告されている。しかし、情動を司る眼窩前頭皮質が損傷した被験者は、危険なカードの束を選ぶ際に手掌の発汗が観測されず、凶??のように悪いカードの束であるAとBを引き続けてしまうことが報告されている。この結果から、情動が意思決定、手掌の発汗の関連性が示された。

本研究では人狼ゲーム内の議論においてプレイヤーに影響

を与えた行動を調べることが必要であるため、この手法を用いて行動と意思決定の関係を分析することができれば、目的が達成に近づく。この手法は、人狼ゲームの最中に測定してもゲームに影響を与えないため、本実験に向いていると言える。さらに、他のプレイヤーによってなされる行動に対する細かな影響を観測することが可能であることも、SCR が優れている点だと考えられる。また、人狼ゲームの性質上、被験者が思考を隠すために表情を作ってしまうがちになり、感情表象と感情を表す表情の区別がつきにくく、表情から内面を分析することは困難であると考えられるが、手掌の発汗は隠すことができないため、データから情動の変化を観測することが容易である。以上の理由により本研究では、内面の変化の指標として手掌の発汗を電氣的に捉えたものである SCR を用いることとする。

6. 実験・分析方法

6.1 9人での人狼ゲーム実験

風間らの研究では、9人での人狼ゲーム実験で、発言とSCRの関係性を調べた[14]。しかし、この実験では定量的なデータが取れず、いろいろなプレイヤーに同じような傾向が見られるかどうかの検証が必要であった。そのためには、データ数を増やし、発言の一つ一つにその発言の種類を示す妥当なタグをつけて、人狼ゲームのプレイヤーにどのような発言の傾向があるのかを明らかにし、統計的にこの推測を確からしいものにするのであった。しかし、この実験には問題点が3つあり、一つ目は時間がかかるためデータを増やすことが困難であったこと、二つ目は、影響を及ぼしている発言の種類を推察することが難しかったこと、三つ目はよく話す人が固定化しやすかったことである。この課題を踏まえて、実験は人数を減らして行うことにした。

6.2 実験の概要

まず、実験前に各被験者の手掌にSCRを測定するために装置をつけた。そして、被験者が人狼ゲームをプレイしている様子を撮影した。その後、得られた映像データから議論の内容を書き起こし、発言の傾向を分析した。発話データとSCRデータから二つのことを調べた。一つ目はSCR発現の後に行われていた発言の種類であり、二つ目はSCR発現に他のプレイヤーによって行われていた発言の種類である。一つ目からは情動反応によってなされた発言の種類、二つ目からは情動反応を促す発言の種類がわかる。

分析は2回行っており、それぞれ着眼点異なるものとなっている。

7. 分析1

7.1 5人での人狼ゲーム実験

5人狼は片上らが考案した少人数での人狼ゲームである[15]。9人での人狼ゲーム実験からの改善点は9人から

5人へ数を減らしたことで、議論時間を10分から5分へ減らしたことである。人数を減らすことにより、プレイヤーに影響を与えた発言の種類を絞りやすくなり、全く話さないプレイヤーもなくなった。また、議論時間の短縮により、より多くのデータを採取できるようになった。

7.2 発話タグ

タグの種類は片上らの研究を参考にした[11]。また、タグ付与を行う際に分類が必要だと考え、状況についての発言をsituationタグ、嘘の状況についての発言をF-situationタグ、投票についての発言をvoteタグとして新たに追加した。この分析で使用したタグの種類を表1にまとめた。

7.3 結果

SCRは罰や報酬を伴う情動の変化を捉えたものであるため、被験者の目的に応じてSCRが発現するタイミングは異なる。そのため、人狼ゲームにおいてSCRが発現するタイミングや意味合いは役職によって異なると考えた。そこで、役職別にSCR発現の後15秒以内に行われていた発言の種類を調べた。表2は各役職プレイヤーの発言15秒前までのSCR検出の有無を各タグごとに集計してまとめたものである。

占い師プレイヤーと村人プレイヤーは疑いを示すsuspectタグの発言において有意に高いSCR検出数となった($p<.05$)($p<.01$)。狂人プレイヤーは理由を示すreasonタグの発言において有意に高いSCR検出数となった($p<.05$)。人狼プレイヤーはカミングアウトを示すCOタグの発言において有意に高いSCR検出数となった($p<.05$)。その他の発言では有意な結果が見られなかった。

次にSCR発現の10秒前までに他のプレイヤーによって行われていた発言の種類を調べた。表3は他プレイヤーの発言10秒後までの各役職プレイヤーのSCR検出の有無を各タグごとに集計してまとめたものである。占い師プレイヤーは理由を示すreasonタグと理由を伴う批判を示すcriticismタグで有意に高い検出数が見られた($p<.05$)($p<.10$)。村人プレイヤーは有意に高い検出数のあるタグはなかった。狂人プレイヤーは理由を示すreasonタグと投票に関する発言を示すvoteタグで有意に高い検出数が見られた($p<.05$)。人狼プレイヤーは有意に高い検出数のあるタグはなかった。

7.4 分析1のまとめ

表2では、村人陣営のプレイヤーが疑い発言の前にSCRが高い確率で検出されたことが示されている。この結果の理由として、村人陣営のプレイヤーの目的が人狼を見つけることであったことが挙げられる。そのため、村人陣営のプレイヤーのSCRは疑いによって現れる可能性が高いと考えられる。また、表3で村人プレイヤーに関しては発言の種類によって有意にSCRが検出されることはなかったが、占

表 1 分析 1 で使用した発言タグ

タグ	発言の種類	発言例
CO	役職カミングアウトについての発言	「じゃあ占い師のカミングアウトしましょう」
reason	発言の理由を述べる発言	「占いで人狼判定されているのでそう思いました」
suspect	疑いをかける発言	「A が人狼じゃないかと疑ってる」
criticism	理由を伴う批判発言	「それだと A の意見は占いと違う」
argument	理由を伴わない批判発言	「わかんないけど A は絶対嘘ついてる」
situation	状況に関する発言	「今の所 A が占い師か」
decision	占い結果に関する発言	「A を占ったら人狼だった」
attack	襲撃対象に関する発言	「A が襲われる可能性が高い」
fortune	占いに関する発言	「A には人間判定と人狼判定が出されている」
makeSpeak	発言を促す発言	「A はどう思いますか」
consent	同意する発言	「A の言う通りだと思う」
T-decision	偽占い師による本当の情報の発言	「B を占ったら人間だった」
F-decision	偽占い師による嘘の情報の発言	「B を占ったら人狼だった」
FAKE	嘘のカミングアウト発言	「私は占い師です」
F-situation	嘘の状況に関する発言	「今の所 A は人間だね」
vote	投票に関する発言	「A に投票します」
other	その他の発言	「おはようございます」

表 2 各タグ発言 15 秒前までの各役職プレイヤーの SCR 検出の有無

タグ	村人		占い師		狂人		人狼	
	SCR 検出無	SCR 検出有	SCR 検出無	SCR 検出有	SCR 検出無	SCR 検出有	SCR 検出無	SCR 検出有
CO	8	5	7	4	5	0	4*	6*
reason	20	4	6	2	3*	5*	5	4
suspect	1*	5*	2**	9**	5	0	1	2
criticism	21	8	7	4	7	1	7	4
argument	8	1	2	0	2	1	4	1
situation	22	9	12	2	8	3	8	4
decision	0	0	8	3	0	0	0	0
attack	2	3	3	0	0	0	3	0
fortune	2	1	1	0	1	1	2	0
makeSpeak	21	9	13	6	4	4	16	1
consent	23	12	6	7	15	5	20	8
T-decision	2	0	0	0	8	0	3	1
F-decision	0	1	0	0	0	0	0	0
FAKE	0	0	0	0	1	0	1	0
F-situation	0	0	0	0	5	1	8	3
vote	19	13	16	5	8	2	12	6
other	28	17	13	6	13	6	20	6
合計	177	88	96	48	85	29	114	46

い師プレイヤーは理由や批判発言で高い SCR 検出数が見られたことが示されている。表 2 で占い師プレイヤーの疑い発言が多いことから分かる通り、占い師プレイヤーは他プレイヤーに対する疑い度を高めやすい傾向にあると考えられる。これは占い師プレイヤーが他プレイヤーに関する情報を多く持っているため、他プレイヤーの発言の間違いに多く気がつき疑いを強めたためだと考えられる。

表 3 では、狂人プレイヤーが投票と理由に関する発言で多く SCR を検出していることが示されている。また、表 2 では、狂人プレイヤーが理由発言の前に SCR が高い確率で検出されたことが示されている。この結果の理由として、一見、自分が投票されることに不利益を感じて SCR が発

現し、理由発言を行ったように考えられるが、この分析では投票に関する発言を対象を問わず全て含んでいるため、自分が投票されることに不利益を感じたのではない可能性がある。狂人プレイヤーの目的は人狼プレイヤーをサポートして投票をそらすことであるため、人狼プレイヤーが投票対象になってしまうことを考えて SCR が発現し、理由発言によって議論をコントロールしようとしたのではないとも考えられる。さらに、表 4 に各役職ごとの SCR 検出数と SCR 検出後の発言数をまとめた。狂人プレイヤーは SCR 検出後の発言数が有意に少なかった ($p < .01$)。このことから、狂人プレイヤーは SCR 検出後に発言を控える傾向があることが示された。

表 3 他プレイヤーの発言 10 秒後までの各役職プレイヤー SCR 検出の有無

タグ	村人		占い師		狂人		人狼	
	SCR 検出無	SCR 検出有	SCR 検出無	SCR 検出有	SCR 検出無	SCR 検出有	SCR 検出無	SCR 検出有
CO	41	24	16	12	25	9	17	12
reason	41	33	17*	24*	18*	23*	25	15
suspect	27	17	8	6	11	9	13	9
criticism	59	30	23+	25+	33	18	31	17
argument	17	12	12	5	12	4	9	5
situation	70	36	30	25	34	24	32	25
decision	13	9	0	0	7	4	9	2
attack	9	8	5	3	6	5	8	0
fortune	7	6	4	3	3	3	5	1
makeSpeak	70	48	33	22	44	22	36	21
consent	84	73	54	29	46	30	46	22
T-decision	17	9	8	6	3	3	6	4
F-decision	0	1	1	0	1	0	1	0
FAKE	1	3	1	1	1	0	1	0
F-situation	21	13	8	9	6	5	4	2
vote	79	51	43	17	35*	36*	44	19
other	116	63	56	37	54	39	50	36
合計	672	436	319	224	339	234	337	190

表 4 SCR 検出数と SCR 検出後の発言数

タグ	村人	占い師	狂人	人狼
SCR 検出数	436	224	234**	190
SCR 検出後の発言数	88	48	29**	46

表 2 では、人狼プレイヤーがカミングアウト発言の前に SCR が高い確率で検出されたことが示されている。人狼プレイヤーのカミングアウトは確実な嘘であるため、その発言の前には SCR が多く検出されたのだと考えられる。表 3 では、人狼プレイヤーが SCR を多く検出しているタグがなかったことが示されている。この結果の理由として、投票対象別で集計を行っていないことが挙げられる。人狼プレイヤーの目的は自分に投票されないことであるため、他のプレイヤーに対する発言か自分に対する発言かどうかで、受ける影響も変化すると考えられる。そのため、投票対象を考慮しない集計では有意な結果が見られなかったのだと考えられる。

7.5 分析 1 の課題

分析 1 の課題として、投票対象を考慮して集計を行っていなかったことが挙げられる。どの役職に関しても、他のプレイヤーに対する発言か自分に対する発言かどうかで、受ける影響も変化すると考えられる。そのため、全てまとめて集計した今回の分析では人狼などの役職で有意な結果が得られなかった。そこで、次の分析では投票対象を考慮した分析を行った。

8. 分析 2

投票対象に関して分析するため新たに実験を行い、デー

タを採取した。

8.1 発話タグの改善点

分析 1 で使用したタグに投票対象を追加したタグ付けを行った。前回までは発言対象が存在するような発話 (makeSpeak など) にも種類のみを示すタグを付与していたが、今回の分析では [makeSpeak-A] のように発言対象も情報として付加し、対象別にデータを集計した。

8.2 結果

表 5 は人狼プレイヤーの同意・批判発言に対する SCR 検出の有無を対象別にまとめたものである。人狼プレイヤーは自分に対する同意と他のプレイヤーに対する批判で有意に高い SCR 検出が見られた ($p < .05$)。また、表 6 は占い結果の発言に対する人狼プレイヤーの SCR 検出の有無を対象別にまとめたものである。人狼プレイヤーは他のプレイヤーに対する嘘占いで有意に高い SCR 検出が見られた ($p < .01$)。表 7 は狂人プレイヤーの投票対象発言に対する SCR 検出の有無を対象別にまとめたものである。狂人プレイヤーは他のプレイヤーに対する投票意思で有意に高い SCR 検出が見られた ($p < .05$)。

8.3 分析 2 のまとめ

表 5 では、人狼プレイヤーが自分に対する同意と他のプレイヤーに対する批判で有意に高い SCR 検出数を示したことがまとめられている。また、表 6 では他のプレイヤーに対する嘘占いで有意に高い SCR 検出が見られたことが示されている。この結果から、人狼プレイヤーは自分に対する同意

表 5 同意・批判発言に対する人狼プレイヤーの SCR 検出の有無

タグ	自分に対する同意	自分に対する批判	他のプレイヤーに対する同意	他のプレイヤーに対する批判
SCR 検出あり	19*	4	32	27*
SCR 検出なし	13*	7	63	25*

表 6 占い結果の発言に対する人狼プレイヤーの SCR 検出の有無

タグ	自分への正しい占い	他のプレイヤーへの正しい占い	自分への嘘占い	他のプレイヤーへの嘘占い
SCR 検出あり	8	18	2	17**
SCR 検出なし	10	20	1	4**

と他のプレイヤーに対する批判, また他のプレイヤーに対する嘘占いなど, 報酬を予期し意思決定を行っていることがわかる. この結果の理由として, 自分への同意や他のプレイヤーに対する批判や嘘占いが自分の味方となるプレイヤーをみつけることにつながり, それがチャンスを予期させたため. このような結果が得られたと考えられる.

表 7 では, 狂人プレイヤーが他のプレイヤーに対する投票意思発言で有意に高い SCR 検出を示したことがまとめられている. この結果から, 狂人プレイヤーは他のプレイヤーに対する投票意思発言で報酬を伴う意思決定を行っていることがわかる. これは, 人狼プレイヤーが投票対象になってしまうと敗北してしまうため, 投票対象を示す発言に対して自分が行う行動を考えているため得られた結果だと考えられる.

9. 考察

9.1 村人プレイヤーの思考過程

村人プレイヤーは人狼プレイヤーを探し出すことを目的としていることや, 表 2 で SCR 検出後に疑い発言が多く観測されていることから, 人狼プレイヤーを見付ける手がかりを得たときに SCR が検出されると考えられる. また, 村人プレイヤーは他のプレイヤーの発言に対して特に高い SCR 検出を示さなかったことが表 3 で明らかにされている. この結果の理由として 2 つの理由が考えられる. 1 つ目は, 分析側の問題として発言タグの分類が十分でないことである. 例えば, reason タグで示される理由発言はどの種類の発言に対する理由であるか, また, その理由が合理性のあるものかによって村人の反応は変化すると考えられる. 2 つ目は, 村人プレイヤーが持っている情報の少なさである. 情報が少ないことから発言内容による人狼プレイヤーの判別が付きにくく, 発言の種類によって差が出にくかったのではないかと考えられる. しかし, SCR 検出後に疑い発言が多く観測されていることから, 村人プレイヤーは何かしらの情報を手がかりにして疑いを向けていると考えられる. このことから, 村人プレイヤーは人狼発見の手がかりとして表情や仕草などのノンバーバル情報に比重を置いて推論していることも示唆された.

つまり, 村人プレイヤーの思考過程を明らかにするためには, より詳細なレベルでの発言タグの分類による分析や,

ノンバーバル情報と SCR の関係を調べることで村人プレイヤーが疑いや表情や仕草を明らかにすることが必要であることが示された.

9.2 占い師プレイヤーの思考過程

占い師プレイヤーは人狼プレイヤーを処刑すること目的としていることや, 表 2 で SCR 検出後に疑い発言が多く観測されていることから, 人狼プレイヤーを見付ける手がかりや怪しいプレイヤーのミスを見つけたときに SCR が検出されると考えられる. さらに, 占い師プレイヤーは他のプレイヤーの批判や理由発言に対して特に高い SCR 検出を示したことが表 3 で明らかにされている. この結果の理由は, 占い師プレイヤーが持っている情報の多さであると考えた. 情報が多いことから批判や理由発言の間違ひを見つけやすく, このような結果になったと考えられる.

このことから占い師の思考過程の一部として, 理由や批判などの根拠を持つ発言に多く反応し, 疑いを強めたり, ミスを発見することがわかった. また, それによって疑い発言を多く行い, 人狼陣営を追いつけていることも表 2 で明らかになっている.

今回の研究では, 占い師プレイヤーが言語情報での意思決定を行っていることが明確に示された. 今後はノンバーバル情報との関連を調べることでさらなる知見が得られるのではないかと考えられる.

9.3 人狼プレイヤーの思考過程

人狼プレイヤーは生き残ること目的としていることや, 表 5, 表 6 で自分に対する同意発言や他のプレイヤーに対する批判や嘘占い発言で有意に高い SCR 検出数を示していることから, 自分の味方となってくれそうなプレイヤーを見つけた際に SCR が検出されると考えられる. しかし, SCR 検出後の発言に傾向は見られなかったことが表 2 に示されている. この結果の理由として, 人狼プレイヤーに対して敵意を持つプレイヤーと持たないプレイヤーに対する発言をまとめて集計してしまっているからであると考えられる.

人狼プレイヤーは味方を多く作るため, 敵意を持たないプレイヤーに対しては多く同意をしたり, 敵意を持つプレイヤーには多く批判する可能性がある. そのため, 他のプレイヤーの批判や同調の量と人狼プレイヤーの同調と批判の量の関係

表 7 投票対象発言に対する狂人プレイヤーの SCR 検出の有無

タグ	自分への投票意思	他のプレイヤーへの投票意思	自分への非投票意思	他のプレイヤーへの非投票意思
SCR 検出あり	10	51**	1	2
SCR 検出なし	23	67**	5	18

を調べることで、人狼プレイヤーの思考過程を明らかにすることに近づくと考えられる。

9.4 狂人プレイヤーの思考過程

狂人プレイヤーは表 3, 表 7 のように投票に関する発言, 特に他のプレイヤーに対する投票意思発言に対して多くの SCR 検出数を示していることから, 人狼プレイヤーが投票されてしまうことを予期した時に SCR を発現させていると考えられる。さらに, 表 4 では SCR 検出後の狂人プレイヤーの発言数が少ないことが示されている。この結果の理由として狂人プレイヤーが持っている情報が少ないことが考えられる。情報が少ないことから発言内容による人狼プレイヤーの判別がつきにくく, 投票意思発言に対して安易に同意も反対もできずに発言を控えて状況を俯瞰し, 人狼プレイヤーを見定めた結果として, SCR 検出後の発言が少なくなったと考えられる。また少数ではあるが, 表 2 では理由発言の前に高い確率で SCR を発現させており, 他のプレイヤーの投票意思をコントロールしようとしたのではないかと考えられる。

狂人プレイヤーは人狼であると考えられるプレイヤーが投票対象になりそうな際, SCR が多く検出されることが示唆された。しかし, 狂人プレイヤーがどのようなプレイヤーを人狼だと判断しているのか, また判断する際の手がかりが明らかになっていない。そのため, 投票発言を投票先のプレイヤー別に集計し, 狂人プレイヤーがどのようなプレイヤーに対する投票発言で SCR を発現させるのかを調べることで, 狂人プレイヤーの思考過程を明らかにすることに近づくと考えられる。

10. まとめ

本研究では, SCR データを用いてゲーム内で行われる議論での発言がプレイヤーにどのような影響を与えるのかを調べた。それぞれの役職のプレイヤーは目的に応じた報酬や罰を予期した時に SCR を発現させていた。そして, それぞれの役職に対して報酬や罰を予期させる行動の種類が明らかになった。

最終的な目標は人間と人狼ゲームを行う AI を実現することであるが, そのためには他者が自分をどのように見ているかの推定が必要である。そのため, 本研究で得られた知見は他者の思考を推定する上で, 有用であると考えられる。

11. 今後の展望

今後は, 村人プレイヤーが人狼を発見する手がかりや人狼プレイヤーの思考過程を調べるため, より詳細な分類でのタグの検討やノンバーバル情報と言語情報の組み合わせ, 発言の前後関係を調べる必要がある。また, 狂人プレイヤーの投票発現に対する SCR からどのようなプレイヤーを人狼だと判断するのかを調べることも必要である。

参考文献

- [1] 飯田弘之, 松原仁ほか: ゲーム情報学: 1. ゲーム情報学の動向, 情報処理, Vol. 44, No. 9, pp. 895-899 (2003).
- [2] Silver, D., Huang, A., Maddison, C. J., Guez, A., Sifre, L., Van Den Driessche, G., Schrittwieser, J., Antonoglou, I., Panneershelvam, V., Lanctot, M. et al.: Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search, *Nature*, Vol. 529, No. 7587, pp. 484-489 (2016).
- [3] Silver, D., Schrittwieser, J., Simonyan, K., Antonoglou, I., Huang, A., Guez, A., Hubert, T., Baker, L., Lai, M., Bolton, A. et al.: Mastering the game of go without human knowledge, *Nature*, Vol. 550, No. 7676, p. 354 (2017).
- [4] 松原仁: ゲーム情報学: コンピューター将棋を超えて, 情報管理, Vol. 59, No. 2, pp. 89-95 (2016).
- [5] Brown, N., Sandholm, T. and Machine, S.: Libratus: The Superhuman AI for No-Limit Poker, *Proceedings of the Twenty-Sixth International Joint Conference on Artificial Intelligence* (2017).
- [6] Tesauro, G.: Td-gammon: A self-teaching backgammon program, *Applications of Neural Networks*, Springer, pp. 267-285 (1995).
- [7] 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, 森北出版 (2017).
- [8] 稲葉通将, 大畠菜央実, 鳥海不二夫, 高橋健一: 雑談ばかりしてると殺される-人狼 BBS におけるプレイヤーの発言傾向と意思決定・勝敗の分析, *JAWS2013* (2013).
- [9] Katagami, D., Takaku, S., Inaba, M., Osawa, H., Shinoda, K., Nishino, J. and Toriumi, F.: Investigation of the effects of nonverbal information on werewolf, *Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE), 2014 IEEE International Conference on*, IEEE, pp. 982-987 (2014).
- [10] 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).
- [11] Bechara, A., Damasio, A. R., Damasio, H. and Anderson, S. W.: Insensitivity to future consequences following damage to human prefrontal cortex, *Cognition*, Vol. 50, No. 1, pp. 7-15 (1994).
- [12] 風間祥光, 棟方渚, 畑雅之, 松原仁ほか: 人狼ゲームにおけるプレイヤーの思考過程の分析, 情報処理学会研究報告ゲーム情報学 (GI), Vol. 2016, No. 19, pp. 1-7 (2016).
- [13] 片上大輔, 鳥海不二夫, 大澤博隆, 稲葉通将, 篠田孝祐, 松原仁ほか: 人狼知能プロジェクト (エンターテイメントにおける AI), 人工知能, Vol. 30, No. 1, pp. 65-73 (2015).