

人狼知能における共謀の有効性

田頭 裕^{1,a)} 竹内 聖悟²

概要: 人狼ゲームはゲーム AI の分野において近年注目されている。しかし、未だ人間のレベルを超える AI は登場しておらず、その中でも人狼陣営の勝率が低い。そこで、人狼同士に限定されている情報共有を人狼陣営である狂人まで拡張することを「共謀」として提案する。しかし、実際のゲームでは狂人と人狼はお互いを認識していないため、実現不可能である。この問題に対しては、役職推定を用いることでお互いにどのプレイヤーが味方であるかを認識できると考えられる。はじめに、共謀の有無による勝率を対戦実験により調査し、「共謀」の有効性を確認した。その後、狂人と人狼がお互いを正しく認識する確率を表す「共謀率」を変動させた際の勝率の変化や共謀行動ごとの勝率の違いを確認した。

キーワード: 人狼知能, 共謀

The Effectiveness of Collusion in AIWolf

YUTAKA TAGASHIRA^{1,a)} SHOGO TAKEUCHI²

Abstract: AIWolf have attracted much attention in the field of game AI in recent years. However, no AI-Wolf that surpasses the human level has emerged yet, and among them, the winning rate of the werewolf camp is low. In this study, we propose to extend information sharing, which is limited to werewolves, to the madman as "collusion". First, we investigated the win rate with and without collusion in a competitive experiment to confirm the effectiveness of "collusion". Then, we confirmed the change in the win rate when the "collusion rate," which represents the probability that a madman and a werewolf recognize each other correctly, is varied, as well as the difference in the win rate for each collusion behavior.

Keywords: AIWolf, collusion

1. はじめに

人狼ゲームは不完全情報性や不確定性、多人数などの性質がある。これらの性質を持つゲームとしては、ポーカーなどが挙げられる。ポーカーと人狼ゲームで比較した際には、不完全情報性、不確定性、多人数などの性質が共通しているが、人狼ゲームは対話型のゲームであるという点が異なる。対話を必要とする性質から「他者との情報共有」が重要であったり、「他者を欺き、場を掻き乱す」などの

戦略が取られる。また、近年はネットワークの普及によりオンライン対戦が世界中でプレイされている。ここで、人狼ゲームのオンライン対戦において多くの人数が必要であり、時間帯によってはマッチングに長い時間がかかるという問題がある。これに対して、一定時間マッチングしない場合にコンピュータプレイヤー (COM) を参加させて円滑なマッチングを実装する方法が考えられる。COMの実装には AIが必要不可欠であり、人狼の AI は人狼 AI と呼ばれる。人狼 AI で自然言語を扱ことは難しいが、人狼 AI にはプロトコルが用意されている。実際のゲームにおいても定型文が用意されていることがあるため、プロトコルを用いた人狼 AI で COM を作成することは可能であると考えられる。しかし、現状の人狼 AI には人間を上回る実力はなく、その中でも人狼陣営の勝率が低い [1]。そのため、人

¹ 高知工科大学大学院 工学研究科
Graduate School of Engineering, Kochi University of Technology

² 高知工科大学 情報学群
School of Information, Kochi University of Technology

a) 265105y@gs.kochi-tech.ac.jp

狼 AI 自体の勝率を上げるためには人狼陣営における勝率を上げる必要があると考えられる。

本研究では、人狼 AI における人狼陣営の勝率を上げるべく、人狼同士に限定されている情報共有を人狼陣営である狂人まで拡張することを「共謀」として提案する。この「共謀」による勝率の上昇については、共謀の有無で統計的に有意な結果が得られるかを確認する。また、「共謀」はお互いに認識している状況でのみ実行可能であるが、実際の人狼ゲームにおいては人狼と狂人はお互いを認識することができない。しかし、この問題に対しては、役職推定 [3] を用いることでお互いにどのプレイヤーが味方であるかを認識できると考えられる。

2. 人狼ゲーム

人狼ゲームは、基本ルールに則って人間同士が対話する TRPG (Table Talk Role Playing Game) に分類されるゲームである。人狼ゲームは、1986 年当時学生だった Dimitry Davidoff 氏によって開発された「mafia」というゲームが発祥とされている。「mafia」は「情報を得ていない多数派」対「情報を得た少数派」という基本ルールに則って行われるゲームであり、世界中で数多くのルールが加筆修正されたゲームである。「mafia」が開発されて 10 年ほど経った 1997 年頃、アメリカの Andrew Protkin 氏によって「村に紛れ込んでいる人狼」という設定が加えられた。加えて、ルールをよりわかりやすい形にして現在の人狼ゲームが確立された。

人狼ゲームは、村人陣営と人狼陣営に分かれて討論するゲームである。このゲームは昼と夜の時間に分かれており、昼の時間では討論することで村から怪しい人物を追放する。夜の時間ではそれぞれの役職が持つ固有の能力を使うことができる。昼の時間の投票による追放と夜の時間の人狼による襲撃によって人が減っていく。一般的には夜の時間からスタートし、どちらかの勝利条件が満たされるまで夜の時間と昼の時間を繰り返す。ここで、村人陣営は村から全ての人狼を追放すること、人狼陣営は人狼の人数と人狼以外の人数が同数になることが勝利条件となる。本研究で扱う人狼は 5 人で行う 5 人人狼であり、役職の内訳は「村人 2 人、占い師 1 人、人狼 1 人、狂人 1 人」である。それぞれの役割、能力は以下の通りである。

- 村人陣営
 - 村人
 - * 固有の能力を持たない人。
 - * 数少ない情報の中から人狼を見つけ出し投票により追放する。
 - 占い師
 - * 夜の時間に 1 人を占うことができる。
 - * 村人陣営にとって貴重な情報を持つ役職。
 - * 人狼に襲撃されることが多い。

- 人狼陣営
 - 人狼
 - * 夜の時間に 1 人を襲撃できる。
 - * 昼の時間は疑われないように行動・発言する。
 - 狂人
 - * 固有の能力を持たない人。
 - * 占い師などの役職を騙る。
 - * 場をかき乱すことで人狼の勝利につなげる。

このように人狼ゲームにはさまざまな役職があり、5 人人狼では登場しない騎士や霊媒師といった役職も存在する。ここで役職ごとの共通点や相違点について表 1 にまとめた。

表 1 5 人人狼における役職ごとの違い

陣営	役職	勝利条件	占い時の判定
村人陣営	村人	人狼を全員追放する	人狼ではない
	占い師		
人狼陣営	狂人	人狼が半数以上を占める	人狼
	人狼		

人狼ゲームはゲーム AI の分野で近年研究が盛んとなっているゲームである。コミュニケーションゲームである点で注目されており、前述のとおり様々な特徴を持つ。そのため、強い人狼 AI の開発 [1]、役職の推定 [2][3][4]、意思決定の研究 [5][6] 等の様々な研究が行われている。研究においては、自然言語処理によるゲームの進行は難しいため、プロトコルを利用したものが多く。また、人狼 AI を動かすために人狼知能プロジェクト [1] が提供しているプラットフォームが人狼知能である。このプラットフォーム上で動作させることでプロトコルを利用した人狼 AI を容易に対戦させることが可能となっている。

2.1 人狼ゲームにおける用語

以下に人狼ゲームで用いられる用語の一部について用語と意味を記述する。

2.1.1 カミングアウト (CO)

自分の役職を公開することであり、占い師などの情報を持つ役職で多く使われる。また、狂人や人狼が嘘の役職を語る際にも使われ、占い師が 2 人や 3 人 CO することもよくある。

2.1.2 追放

占い師や狂人等が発言した情報をもとに討論を行い、昼の時間の最後に行われる投票によって 1 人選ばれる。その人物はゲーム終了までゲームから除外される。投票の際、最多得票者が複数人表れた場合はもう一度投票を行い、再度追放者を決定する。これを決選投票というが、同票の際の処理はルールによって異なることがある。今回用いる人狼知能においては、一度同票であった場合は全員で決選投票を行い、再度追放者を決定する。それでも決まらなかつ

た場合は決選投票における最多得票者のうちランダムで追放される。

2.1.3 襲撃

夜の時間に人狼が行う行動である。人狼によって1人選ばれ、選ばれた人は追放された人と同様にゲーム終了までゲームから除外される。また、襲撃された人はその次の昼の時間で全員に通知され、全員が誰が襲撃されたかを知ることができる。ただし、今回用いる人狼知能では初日の夜には襲撃が行われない。

2.1.4 占い

夜の時間に占い師が行う行動である。占い師によって1人選ばれ、占い師はその人が人狼であるかそうでないかを知ることができる。昼の時間に占いによって得られた情報を開示することができ、その情報をもとに討論が行われる。一般的には、人狼のことを黒、それ以外の人のことを白と発言する。襲撃とは異なり初日の夜にも占いはでき、情報を得られる。また、表1で示したように人狼以外は白と判断されるため、狂人についても白と判定される。

3. 関連研究

3.1 推定の研究

不完全情報ゲームにおいて、ゲーム中にわからない情報というものがある。そのため、ゲームの進行中に相手や場の情報を推定、仮定することが求められる。さらに、人狼のような多人数なゲームでは複数人に対して仮定を行う必要があるため仮定する情報の正確性が重要視される。そのため、人狼ゲームにおいては相手の情報を予測する推定についての研究が盛んである。

塚本らの研究は、人狼知能で用いられるプロトコルの発言ベクトルを用いて役職推定を行い、役職推定の精度を向上させられることを示した [3]。この研究では、時系列データを学習する Long Short-Term Memory (LSTM) というニューラルネットワークを用いている。また、実験では、CEDEC2017 及び GAT2017 という大会のログを用いている。実験の結果、表2, 3に示す役職の推定精度を得られた。最も低いときで人狼の推定精度は73.4%、狂人の推定精度は80.2%であった。これは、本研究では実際の推定精度の指標としてこの値を用いる。

表2 CEDEC2017 における役職推定精度

	村人	占い師	狂人	人狼
1日目	88.0%	80.0%	80.2%	73.4%
2日目	93.0%	82.4%	82.2%	84.5%

3.2 自然な人狼の勝率

勝率を確認する1つの指標として投票と襲撃のみでの勝率を算出した研究がある。

表3 GAT2017 における役職推定精度

	村人	占い師	狂人	人狼
1日目	93.8%	95.4%	95.8%	87.6%
2日目	97.1%	96.1%	96.5%	94.3%

西野の「自然な人狼の勝率」では投票と襲撃のみの人狼において既存のモデルに修正を加えた形で勝率の算出を行っている [8]。この人狼ゲームでは村は人狼と村人のみで構成されている。現在の人狼の人数を w 、村の人数（人狼陣営と村人陣営の両陣営の合計）を v として人狼が投票によって追放される確率を $f(w, v)$ で表す。このとき、昼の投票で1人、夜の襲撃で村人が1人ずつ減っていくとすると人狼の勝率は以下の漸化式 (1) で与えられる。

$$ww(w, v) = f(w, v) \times ww(w-1, v-1) + (1-f(w, v)) \times ww(w, v-2) \quad (1)$$

既存のモデルでは、人狼の投票について、人狼が2人以上いた際にお互いに投票する場合が存在していた。しかし、実際の人狼においてお互いのことはわかっているためお互いに投票しない方がより自然な人狼であるといえる。そこで人狼がお互いに投票しない場合において、人狼が追放される確率を計算し、その勝率を算出している。結果、既存のモデルと比べて人狼の勝率がかなり上昇し、人狼が2人以上いる人狼においては村の数が5人から30人の範囲で9割を超える高い勝率であることが確認された。

西野の研究では、投票と襲撃のみの人狼ゲームを対象としている。実際の人狼ゲームと違いは、「対話」が存在していない点である。しかし、実際の人狼ゲームでは占い師が黒出ししたり、狂人が出て場をかき乱すことでゲームの展開が大きく変わっていく。また、「対話」によって村人陣営は誰が人狼かと判断し、投票によって追放する。このように、村人陣営が判断するための情報が「対話」によって生まれる。西野の研究で用いた投票と襲撃のみの人狼ゲームでは90%を超える勝率が確認されたが、これは「対話」がないことで高い勝率となっていると考えられる。本研究ではプロトコルを用いて通常の人狼と同じように「対話」を行っているので投票と襲撃のみの人狼ゲームと比べて人狼の勝率は低い。

3.3 共謀の研究

今回提案する「共謀」に関する研究として、但馬の「ブレイヤの共謀によるお邪魔者の勝率の変化」という研究がある [7]。この研究の題材は人狼ゲームではないが、人狼ゲームと同様に2つの陣営に別れて目的を達成する「お邪魔者」というゲームを題材としている。このゲームも多人数不完全情報ゲームであり、多人数の陣営である金鉱掘が共謀した際にどのように勝率が変化するかというものを

調査した研究である。結果では、少人数陣営のお邪魔者の勝率が下がったことが確認された。この研究においては、多人数陣営の金鉱掘が「共謀」を行っているが、本研究の提案では多くの情報を持つ少人数陣営において「共謀」を行う。

4. 提案手法

前節で紹介した推定等を用いて多くの人狼 AI が研究されている。しかし、現状の人狼 AI には人間を上回る実力はなく、その中でも人狼陣営の勝率が低い [1]。人狼 AI 自体の勝率を上げるためには人狼陣営における勝率を上げる必要があると考えられる。そこで、人狼の強みである少人数で情報を共有し合うという特徴を活かすことを考えた。その方法として、人狼同士に限定されている情報共有を人狼陣営である狂人まで拡張することを「共謀」として提案する。これにより人狼陣営、ひいては人狼 AI の勝率が向上すると考えられる。また、「共謀」はお互いに認識している状況でのみ実行可能であるが、実施の人狼ゲームにおいては人狼と狂人はお互いを認識することができない。しかし、この問題に対しては、推定を用いることでお互いどのプレイヤーが味方であるかを認識することができると考えられる。

本研究では人狼知能において勝率の低い人狼陣営の勝率向上のため、人狼知能における「共謀」の利用を提案する。その有効性を確認するために対戦実験を行う。

4.1 本研究における共謀

共謀するためには人狼と狂人がお互いに認識している必要がある。しかし、前述したように実際にはお互いを認識していないため、推定を用いることとなる。そこで、味方をどの程度正しく認識しているかを表すための指標として共謀率を定義する。この共謀率は、味方のことを正しく認識している状態を 100% とし、共謀率が下がると別のプレイヤーを味方と判断する。本実験において、共謀率はゲーム開始時に乱数を一度発生させることで実装する。例えば、その乱数が共謀率 80% の範囲にあるならば狂人も人狼のお互いに認識し、共謀率の範囲外であるならばそれぞれ別のプレイヤーを味方と認識する。本実験においては、共謀する相手の決定をゲーム開始時にのみ行っている。本研究では以下の共謀率の値を用いる。

- 100%：人狼と狂人が正しく認識している状態で共謀できる。
- 80%, 70%：役職推定 [3] にて示された精度 (表 2, 3)。
- 50%：味方を 50% の確率で正しく認識される。これは、5 人人狼においては人狼または狂人のいずれかと本物の占い師がカミングアウトしている状態である。
- 25%：味方を 25% の確率で正しく認識される。5 人人狼においては誰もカミングアウトしていない状態であ

り、自分以外の 4 人のうちランダムに 1 人を選ぶ確率である。

- 0%：人狼と狂人が認識していない状態である。このとき、相手との共謀を正しく行えない。

本研究において、共謀することで可能となる行動を「共謀行動」とし、共謀行動とそれらの共謀行動を行うことで期待される効果を以下に示す。ただし、以下の共謀行動や効果は 5 人人狼におけるものであり、人数の違いや役職の数によっては変わる恐れがある。

- 味方が役職をカミングアウトした場合自分は同じ役職をカミングアウトしない。
 - 占い師が 1 人もしくは 3 人カミングアウトする状況を無くすることができる。
 - * 1 人の際は占い師がその人で確定してしまう。
 - * 3 人の際は人狼と狂人が 3 人の中にいる。すなわち、残りの 2 人が人狼陣営でないことが確定してしまう。
- 人狼の襲撃先から狂人を除外できる。
 - 襲撃で確実に村人陣営の人数を減らすことができる。
 - * 2 日目になった際に、人狼陣営が過半数を占めるため後述の投票先の統一により必勝が確定する。
- 占い師を騙る際に味方に白出または味方以外に黒出しできる。
 - 白出しの場合：味方を守ることができる。
 - 黒出しの場合：投票によって村人陣営を減らすことができる。
- 投票の際に投票先を合わせる。
 - 投票の際に追放されにくくなる。
 - 決選投票に持ち込みやすくなるため、どちらかの得票数が多かったときに助かる場合がある。

5. 実験

5.1 実験手法

本実験では、人狼における「共謀」の有効性を確認するため、対戦実験による評価する。はじめに既存の人狼 AI を用いて、前節の共謀行動を行う人狼 AI と共謀行動を行わない人狼 AI の勝率をそれぞれ計測する。その後、それらの結果について統計的仮説検定を行い結果の有意性を調査する。今回は母分散について不明なため、ウェルチの t 検定を用いて検証した。次に、勝率の最大値の見積として、投票と襲撃のみの人狼について式 (1) を用いて計算し、比較する。この投票・襲撃のみの勝率は占いや対話がないため、人狼に優位な状況での勝率となっている。しかし、本実験の各パターンでは占いや対話があり、投票・襲撃のみのときと比べて人狼に不利な状況である。そのため、実験の結果が投票・襲撃のみの勝率よりも高かった場合、異常値である可能性が考えられる。また、「自然な人狼の勝率」[8] では人狼と村人のみで構成されているため、狂人につい

て考慮されていなかった。そのため、狂人について考慮して算出を行った。

その後、「共謀」の有意性が見られた AI の実験については前節の共謀行動別に実装し、どの共謀行動が勝率の向上に貢献しているかを確認する。また、共謀率を変動させることでの勝率の変化を確認する。

5.1.1 実験に用いた人狼 AI

本実験では2種類の人狼 AI を使用した。1つ目は「sample」という人狼 AI で、人狼知能プラットフォームをインストールすると誰でも使用可能である [1]。「sample」は java で記述されており、コードは github 上にて公開されている [9]。2つ目の人狼 AI は「takeda」という人狼 AI で、第2回人狼知能国際大会にて優勝した人狼 AI である。

これらの人狼 AI について表4のような組み合わせで実験を行った。パターン2については共謀行動のうち「投票先の統一」を実装できていない。そのため、もし有意性が見られた場合でも共謀行動ごとの勝率の計測や共謀率の変動実験は行わないものとする。また、人狼陣営の役職はプレイヤー4に人狼、プレイヤー5に狂人を固定することで実装する。

表4 実験時の人狼 AI の組み合わせ

	村人 (2人)	占い師	人狼	狂人
パターン1	sample		takeda	
パターン2	sample			

5.2 実験結果

はじめに、共謀が有効であるかを調査するための対戦実験を行い、表5の結果が得られた。

また、勝率が上がった全てのパターンにおいて投票・襲撃のみの勝率と比較して勝率の最大値は小さかった。このことから、パターン1とパターン2の結果について異常はなかったと確認できる。

表5 共謀の有無による勝率の違い

	共謀無	共謀有
パターン1	48.3%	65.5%
パターン2	48.2%	59.3%
投票・襲撃のみの勝率	53.3%	89.6%

その後、ウェルチの t 検定を用いた統計的仮説検定で結果の有意性を調べた。ここで、対立仮説を「共謀することで勝率が上がった」と定義し、帰無仮説を「共謀の有無では勝率は変わらない」と定義した。その結果、パターン1、パターン2の両方で有意水準1%で有意な結果が得られた。

続いて、パターン1について共謀率を変動させる実験を行った。共謀率を変動させる実験では、表6の結果が得ら

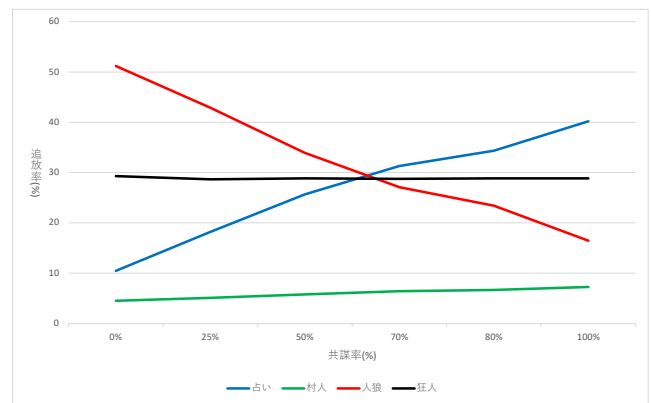


図1 1日目の各役職の追放率(共謀率ごと)

れた。表6からわかるように、共謀率が上がることで勝率が向上することが確認できた。

表6 共謀率ごとの人狼陣営の勝率

共謀率	0%	25%	50%	70%	80%	100%
勝率	18.3%	29.8%	41.6%	51.1%	56.2%	65.5%

最後に、パターン1について共謀行動を限定し、どの共謀行動が有効であるかを確認する実験を行った。共謀行動を限定する実験では、表7の結果が得られた。表7では、横軸の共謀行動を以下のように表している。

- ATTACK: 襲撃先からの除外
- VOTE: 投票先の統一
- DIVINE: 占い先の指定
- CO: 味方が CO している場合 CO しない
- def: 共謀していないときの勝率

表7について、表5のパターン1における勝率と比較した。共謀無しと比較した際に、COについては勝率の上昇が確認されたものの、残りの3行動については共謀無しのときよりも勝率が低下していた。

表7 共謀行動別の勝率の違い

共謀行動	ATTACK	CO	DIVINE	VOTE	def
勝率	30.4%	53.0%	44.7%	40.3%	48.3%

5.3 ログの解析

はじめに、共謀率ごとの各役職の追放率について解析結果を図1, 2にまとめる。解析の結果、1日目は占い師と人狼、2日目は村人と人狼の追放率が50%から70%の間で入れ替わっていることがわかる。また、全ての共謀率において1日目は狂人の追放率が30%程度であるのに対して、2日目は15%以下の範囲で減少し続けている。

最後に、共謀行動ごとの各役職の追放率について解析結果を図3, 4にまとめる。この図には共謀行動ごとの解析

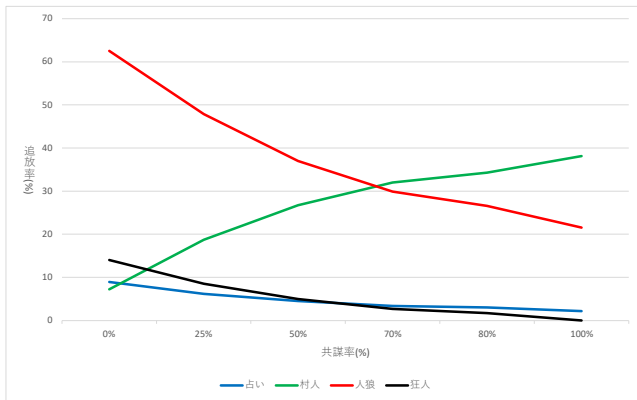


図 2 2日目の各役職の追放率（共謀率ごと）

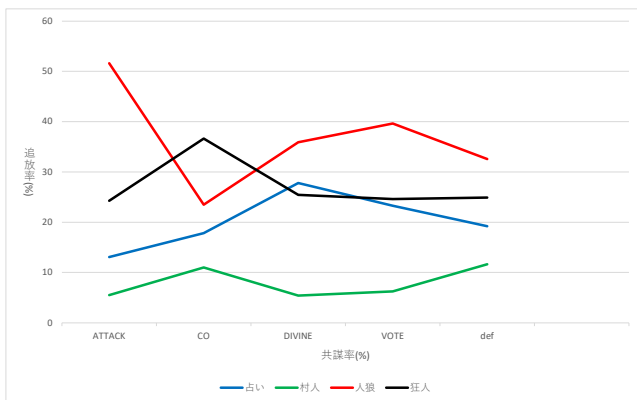


図 3 1日目の各役職の追放率（共謀行動ごと）

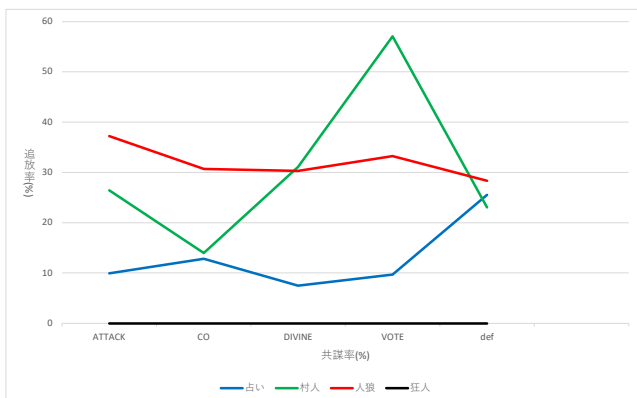


図 4 2日目の各役職の追放率（共謀行動ごと）

結果に加え、共謀していないときの解析結果も併せて描かれている。1日目については、CO 以外を用いた場合の人狼の追放率は共謀無しの場合よりも高かった。2日目の人狼の追放率については、各行動ごとの1日目ほどの差はなかったが、村人の追放率については VOTE を用いた場合にとても高い結果が得られた。

6. 考察

表5のパターン1、パターン2の結果から人狼AIにおいて共謀は有効であったといえる。また、パターン2については、「投票先の統一」が実装できていないためこの行動

の有無による影響を考える必要がある。しかし、パターン1については「投票先の統一」のみ実装した場合について勝率があまり上がっていなかった。このことから、パターン2についても同様にあまり影響がないものと考えられる。

表6より、パターン1について共謀率が上がることで勝率が上がるという結果が得られた。特に、実際の推定の精度と近い70%以上の範囲において勝率が高いという結果を得られた。このことから、既存の推定技術を用いることで実戦的に実装できるのではないかと考えられる。解析結果の図1、2より、人狼の追放率の変化を確認できた。これらの結果から50%から70%の範囲で人狼の勝率が大きく伸びているのではないかと考えられる。実際の役職推定ではこれよりも高い推定精度が示されているので、実戦でも同様に共謀が有効であると考えられる。

表7よりパターン1については共謀行動ごとに勝率の違いがあるという結果が得られた。結果から、COについては共謀無しの勝率と比べ上昇していたため、COは共謀行動として有効であるといえる。一方で、残りの3行動については共謀無しの勝率と比べ低く、ATTACKに関しては30%程度であった。このことから、共謀行動について単独では弱い場合があるということがいえる。例えば、ATTACKの共謀行動を行う際に他の共謀行動を行っていないがために、投票によって味方が追放されてしまいATTACKの共謀行動が無意味なものになってしまう。この現象は他の共謀行動との組み合わせで解決するものもあると考えられるため、どの組み合わせがであれば有効であるかの調査する必要がある。解析結果の図3、4より、各役職の追放率について共謀行動別に確認できた。これらの結果で人狼の1日目のCO以外を用いた場合の人狼の追放率は共謀無しの場合よりも高かった。共謀行動を行うと村人側から怪しいと思われ、投票されることでこのような結果になったと考えられる。そのため、表7のように勝率が低かったのだと考えられる。また、図4において2日目の狂人の追放率が全ての場合において0%であった。5人人狼において、2日目になって狂人が生きていた場合、人狼も狂人も生きている状況となる。この状況では、人狼陣営は村人らしい人を投票で追放することで勝利となる。そのため、狂人には投票が集中せず、狂人の追放率が0%という結果になったのではないかと考えられる。

7. おわりに

本研究では、人狼AIにおける共謀の有効性について調査した。現在、人狼AIの勝率は人間の實力には達しておらず、その中でも人狼陣営の勝率が低かった。そこで、人狼陣営の情報共有という特徴を伸ばすことで勝率の向上を図るのではないかと考えた。そのため、通常の人狼ゲームにおいては人狼同士に限定されている情報共有を狂人まで拡張する「共謀」という手法を提案した。この提案では、

実際の人狼ゲームでは実現不可能な状況を作り出しているという問題点がある。しかし、この問題は、推定 [3] を用いることでお互いにどのプレイヤーが味方であるかを認識できると考えられる。結果、「共謀」によって勝率が向上し、この結果が統計的に有意であるといえた。また、共謀率を変動させることで勝率が向上し、共謀行動ごとの勝率の違いを確認できた。

また、狂人と人狼のプレイヤーを固定して試合するという限定的な実験を行った。そのため、人狼 AI によっては勝率が大きく低下するといった課題があった。さらに、実際の試合では役職はランダムに割り振られ、自分や味方の役職が固定されることはない。そこで、より実戦的な勝率を測るためにも人狼 AI を固定しない実装をする必要がある。また、本研究で使用した人狼 AI は 2 つだけであり、共謀の有効性を確認できた組み合わせもパターン 2 とパターン 3 の 2 パターンだけである。そこで、他の人狼 AI を利用してより多くのパターンについても共謀の有効性を確認する必要がある。共謀行動によって勝率に違いが現れたが、解析の結果、勝率の低下が確認された共謀行動では人狼が 1 日目に追放される確率が上がっていた。そのため、5 人狼においては 1 日目に追放されることが勝率に大きく関わっているといえる。このことから、1 日目に追放されないような行動についても調査する必要がある。

本研究によって示した共謀の有効性によって、共謀率が 70% 以上であれば高い勝率となることが確認できた。これにより、実際の試合において 70% 以上の役職推定精度があれば高い勝率となるといえる。既存の研究において役職推定の精度が 70% を超えていることから、これらの役職推定と組み合わせることで今より強い人狼 AI の作成が可能となると考えられる。今後は、実際の役職推定と組み合わせた実験を行っていく必要がある。しかし、実際には初日より 2 日目、3 日目といったように情報が増えることで推定の精度は上昇する。そのため、推定を用いて実戦的な実装の際には日数の経過によって共謀率の範囲を上げていく必要がある。また、実際には味方の人狼もしくは狂人がどちらも共謀するプレイヤーであるとは限らない。そのため、片方だけが共謀行動を行なった場合に勝率が下がるという事態も考えられる。そこで、片方だけが共謀行動を行う場合で実験する必要がある。

参考文献

- [1] 人狼知能プロジェクト, "第 3 回人狼知能国際大会", <http://aiwolf.org/3rd-international-aiwolf-contest>, 2022 年 6 月 1 日アクセス
- [2] 小村友希, 坂本航, 尾崎知伸, "人狼ゲームにおける明示的役職・陣営推定理由の抽出", 人工知能学会全国大会論文集 (第 33 回大会), 3F4-OS-14b-04, June2019
- [3] 塚本晴信, 大村英史, 桂田浩一, "人狼ゲームにおける発言ベクトルを用いた役職推定", 人工知能学会全国大会論文集 (第 34 回大会), 2F4-OS-20a-04, June2020

- [4] 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", 人工知能全国大会論文集 (第 34 回大会), 2F5-OS-20b-05, June2020
- [5] 杉本磨美, 伊藤毅志, "5 人狼における村人の意思決定過程の研究", 日本認知科学学会論文集 (第 34 回大会), p1-26F, September2017
- [6] 大槻恭士, 今田佑生也, "人狼知能エージェントにおける説得・被説得機能の評価", 人工知能学会全国大会論文集 (第 34 回大会), 1P3-GS-7-05, June2020
- [7] 但馬康宏, "プレイヤーの共謀によるお邪魔者の勝率変化", 情報処理学会研究会報告, Vol 2021-GI-46 (12), 1-5, June2021
- [8] 西野順二, "自然な人狼の勝率", 情報処理学会報告, Vol 2015-GI-33, No.18
- [9] 人狼知能プロジェクト, "人狼知能サンプルエージェント", <https://github.com/aiwolf/AIWolfClient/tree/0.6.x/src/org/aiwolf/sample/player>, 2022 年 6 月 4 日アクセス