

BDIモデルを用いた人狼における複雑な戦略のモデル化

KITAYAMA, Tomoki / 北山, 智輝

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院理工学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要. 理工学研究科編

(巻 / Volume)

65

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

3

(発行年 / Year)

2024-03-24

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00030741>

法政大学大学院理工学研究科

BDI モデルを用いた人狼における複雑な戦略のモデル化

MODELING COMPLEX STRATEGIES IN WEREWOLVES USING THE DI MODEL

北山智輝

Tomoki KITAYAMA

指導教員 指導教員氏名

法政大学大学院理工学研究科応用情報工学専攻修士課程

This paper investigates the Werewolf game, focusing on enumerating complex strategies applicable in specific situations. It delves into the content of these strategies and the critical timing of their implementation, aiming to understand how they contribute to winning the game. Through this analysis, the study highlights the importance of strategic planning and decision-making in the context of the Werewolf game.

Key Words : Werewolf, BDI model, multi-agent

1. はじめに

2016年にGoogle DeepMind社により開発されたAlphaGoは、囲碁の世界トップクラスのプレイヤーに勝利し、人工知能が人間を超越する可能性を世界に示した。[1]現代では将棋、チェスなど他のゲームにおいても、AIは人間のトッププレイヤーに勝利する能力を示してきた。

これらのゲームの共通する特徴として、参加者が自身の情報だけでなく、相手の情報も完全に把握している状況が挙げられる。このようなゲームは「完全情報ゲーム」と分類され、ゲームの全体的な状態がすべての参加者にとって透明であり、隠された要素が存在しない。この透明性は、AIが利用可能なすべての情報を基にして複雑な計算を実行し、勝利に向けた最適な戦略を導出することを可能にする。

しかし社会における多くの状況では、完全情報ゲームのように全ての情報公開されているわけではない。不完全情報ゲームに関する研究は、不確実性の高い環境下での意思決定能力を向上させることにより多岐にわたる分野における応用が期待されている。

またポーカー、麻雀、人狼ゲームは不完全情報ゲームの典型的な例である。人狼ゲームでは、プレイヤーの発言や行動から他のプレイヤーの役職を推測し、自陣営の勝利に貢献するための行動を決定する。

また、2022年にOpenAI社によって開発されたChatGPTは、自然言語処理における重要な進歩を示し、生成AI技術の可能性を広げた。この技術は、会話を通じて人間との親和性が高い不完全情報ゲームである人狼ゲームにおいても応用が期待される。本論文では、人狼ゲームにおけるAIの行為決定に焦点を当て、

Belief-Desire-Intention (BDI) モデルを基礎として採用する。BDIモデルは、信念 (Belief)、願望 (Desire)、意図 (Intention) の三つの概念を用いて、人間のような意思決定プロセスをコンピュータシステムに模倣させるためのフレームワークである。

人狼ゲームにおいて、プレイヤーは限られた情報の中で他のプレイヤーの役職を推測し、自陣営の勝利を目指す複雑な戦略を立てる必要がある。BDIモデルを用いることで、人狼AIは特定のゲーム状態における信念（ゲームの進行状況や他プレイヤーの行動から得られる情報）、願望（達成したい目標や勝利条件）、意図（目標達成のための具体的な行動計画）を定義し、これらを基に複雑な戦略を列挙し最適な行動決定を行う。このアプローチにより、人狼ゲームにおけるAIは、人間のプレイヤーが行うような推理や戦略的思考を模倣できると考えられる。

本論文では、BDIモデルを基に基論理的思考がするエージェント実現のための特定のゲーム状況に対して複雑な戦略を展開し、行動決定を行うかを詳細に分析し、その成果について述べる。この研究は、人工知能が不完全情報ゲームにおいて人間のような意思決定を行うための理論的および実践的な枠組みを提供し、AI技術のさらなる進化と応用範囲の拡大に寄与することを目指す。

2. 人狼ゲームとは

(1) 人狼ゲームのルール

人狼ゲームにおいて、初期段階で各参加者に割り当てられる役職は村人、占い師、霊媒師、狩人、人狼、狂人の6種に分類される。このプロセスにおいて、プレイヤーは自己の役職に関する情報のみを認識し、他の参加者がどの役職に割り当てられているかは明らかにされない。

この制約により参加者間に情報の不確実性を生まれる。

割り当てられた役職は、参加者を村人陣営と人狼陣営の二つに分類する基準となる。村人陣営には村人、占い師、霊媒師、狩人が含まれ、これらの役職は人狼の特定と排除を目指す。対照的に、人狼陣営は人狼と狂人から構成され、これらの役職は村人陣営のメンバーを欺き、自身の正体を隠しながら村人を減らし、最終的に数的優位を確保することを目指す。ゲームには昼と夜がありそれを繰り返すことでゲームヲ進行する。ゲームの流れをfig1に記す。

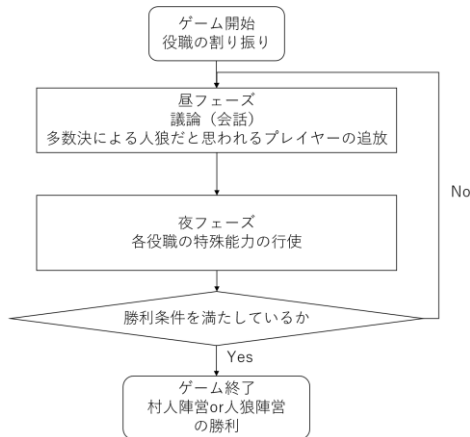


Fig1 人狼ゲームのフローチャート

またゲームを進めるにあたって各役職特有の特殊能力が重要になる。この特殊能力を用いて相手の役職の推定や相手を騙す。各役職の特徴をまとめた物が table1になる また、青で塗られた役職は村人陣営、赤で塗られた役職は人狼陣営を表している。

Table 1 役職と役職の特殊能力

役職	特殊能力
村人	特殊な能力を持たないプレイヤー。
占い師	1人を選択し、人狼かそれ以外か判定
霊媒師	死亡したプレイヤー人狼かそれ以外か判定
狩人	1人を選択し、人狼の襲撃から守る
人狼	1人を選択し、襲撃する
狂人	人狼陣営の勝利のために行動する

(2) 関連研究

人狼ゲームはゲーム理論の一つだと考えられる。そこで重要になってくるので人狼ゲームにナッシュ均衡解と呼べる最適解が存在するかである。

ナッシュ均衡解とは全てのプレイヤーが、自身の利益を最大化するための戦略を選択した結果、どのプレイヤーも一方的に自身の戦略を変更することによって利益を増やすことができない状態を指す。囚人のジレンマは、ナッシュ均衡を理解するための典型的な例としてよく用いられる。

5人人狼における戦略進化のシミュレーション[2]では人狼ゲームにおいてナッシュ均衡解が存在しない可能性が示唆されている。ここでは戦略の確率が二値を取るとすると、ある時点での流行戦略が次第に変化し、時間の経過とともに異なる戦略が支配的になる可能性がある。

Fig2にシミュレーション結果を乗せる

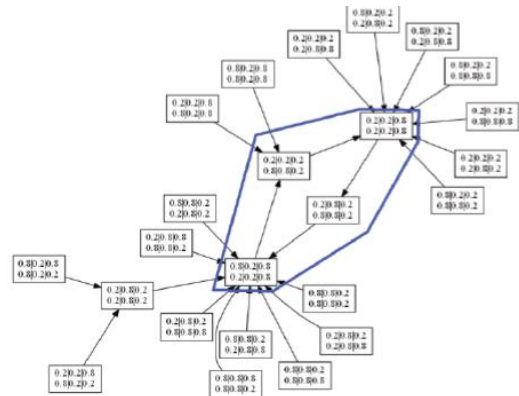


Fig2 流行戦略の遷移

青で囲まれた部分における戦略のサイクルは、ナッシュ均衡解のような静的な最適解ではなく、動的な戦略の遷移を示している。このサイクルは、特定の戦略が一时的に有利になるものの、他のプレイヤーの戦略適応により、再び不利になるという状況を反映している。

3. 研究方法

(1) BDI モデル

Belief-Desire-Intention (BDI) モデルを基礎として採用する。BDI モデルは、信念 (Belief)、願望 (Desire)、意図 (Intention)。BDI モデルは環境の情報を信念、達成したい目標を願望、意思決定を意図で行いコンピュータシステムに人間の行為決定を推論によって模倣するモデルである。これを実現するために取りうる行動を列挙する必要がある。そこで本論文では人狼ゲームという限られたドメイン内で戦略をゲーム意味論の形で列挙し、その戦略の内容と戦略を採るタイミングを分析する。

(2) 5人人狼における複雑な戦略

5人が参加するシナリオでは、狂人という役職が追加しこの変化により、人狼陣営のプレイヤー数が増加し、採用可能な戦術の幅が拡大する。虚偽の情報を提供するパターンが複雑化し、多様化する。

- A: 人狼が占い師と名乗る
- B: 狂人が占い師と名乗る
- C: 人狼と占い師の両方が占い師と名乗る
- D: 誰も嘘をつかない

・人狼

戦略的意義を持つ主要な課題は二つ存在する。第一に、どのプレイヤーを襲撃するかを選択、第二に、どの村人陣営の役職に偽装するか決定である。

1. 誰を襲うか

①全員の視点から思われているプレイヤーを襲う

②味方の可能性が低い人を襲う

2. どの村人陣営の役職に偽装するか

占い師に偽装した場合

③他のプレイヤーを占った結果人狼と出たと言う

④他のプレイヤーを占った結果人狼ではないと言う。

⑤占い師を名乗るプレイヤーを占った結果人狼と言う

・占い師

主要な課題は、どのプレイヤーを占うかである

⑥自身が本当の占い師であるため偽物を人狼と言う

⑦偽物が占った人を占う。

5 人狼では上記で示した大まかな戦術 A, B, C において①～⑦までのそれぞれの複雑な戦略がどの程度起きるかまたその事象が起きたときの勝率をまとめる。

(3) 15 人狼における複雑な戦略

霊媒師や狩人が追加され 5 人狼よりさらに戦略が複雑になりとれる戦略の選択肢が多くなる。そこで 5 人狼で採用された①～⑦の戦略の頻度とその勝率がどのように変化しているか観察する。

4. 結果

5 人狼における戦略の頻度と勝率を Table2 に、15 人狼における戦略の頻度と勝率を Table3 に記述する。

Table2

	人狼の戦略						占い師の戦略		村人勝率	人狼勝率	総試合数
	襲う際の戦略		占い師と嘘をついた場合の戦略				占い師の戦略				
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦				
A	0.003	0.249	0.703	0.361	0.220	0.212	0.005	0.528	0.472	21112	
B	0.001	0.032	0.417	0.680	0.146	0.181	0.013	0.719	0.281	377440	
C	0.003	0.041	1.016	1.055	0.483	0.205	0.023	0.674	0.326	140840	
D	0.000	0.038	0.030	0.030	0.003	0.160	0.000	0.674	0.326	20608	
										560000	

Table3

	人狼の戦略						占い師の戦略		村人勝率	人狼勝率	総試合数
	襲う際の戦略		占い師と嘘をついた場合の戦略				占い師の戦略				
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦				
A	0.060	0.645	0.662	0.740	0.103	0.406	0.130	0.684	0.316	85376	
B	0.058	0.427	0.397	1.120	0.037	0.456	0.173	0.721	0.279	230848	
C	0.075	0.074	0.747	1.577	0.123	0.430	0.188	0.727	0.273	271936	
D	0.010	0.784	0.147	0.145	0.010	0.472	0.043	0.757	0.243	51840	
										640000	

5. 考察

5 人狼では人狼と狂人に 2 名が人狼と名乗り出たときの方が勝率が良かった。そこで 15 人狼のように人狼陣営が 4 人に増えたとき更に有利になるのではないかと考えたが人狼の勝率が上がることはなく人狼と狂人が人狼と名乗ったときの方が依然然として勝率が高くなることがわかった。

また人狼が占い師と嘘をついたときの行動の中で 4 の戦略を採用する人が増えたことに目が言った。これは人狼じゃないプレイヤーの信頼を得るために人狼ではないと発言する行動である。このことから大人数になると意見の決定が遅らされるためことがよくある。そのためすぐに行動を起こすのではなく信頼を得ようとする行動が増えたのかもしれないと考えた。また、人狼の人数の設定自体が村人有利に偏っている可能性があると考えた。

6. 結論

人狼ゲームはナッシュ均衡解がなくとも複雑になったじゃんけんのようなものであり、最適解は存在しないと考えられるが 5 人狼と 15 人狼では取る戦術が変わっていたことから特定の数状況帯において有利な戦術がそれぞれ違う可能性が見えた。また、人狼ゲームは毎ターンに人狼に襲われるプレイヤーと多数決で追放されるプレイヤーがおり 15 人狼も 15 人, 13 人, 11 人と減っていく。逆に 5 人狼から演繹的に人数を増やしていけば 15 人になるため 15 人狼の方でも 5 人狼の時のような勝率を出すことが可能なのではないかと考えた。

謝辞：

この研究を遂行するにあたり、ご支援と貴重なご指導を賜りました指導教員の藤井教授に深く感謝申し上げます。また、研究に対する熱心な議論と有益なフィードバックを提供して下さった研究室の同僚たちに心からの謝意を表します。

参考文献

- 鳥海不二夫, 稲葉通将, 大澤博士隆, 片上大輔, 篠田孝祐, 松原仁, 狩野芳伸, 大槻恭士, 園田亜斗夢. 人狼知能プロジェクト. <http://aiwolf.org/>.
- 武田博史, 鳥海不二夫 “5 人狼における戦略進化のシミュレーション” The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019
- 新出尚之, 高田司郎. 不確実な信念を持つエージェントの確率的戦略と BDI モデル. In The 30th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2017
- 池ヶ谷樹, 秋吉政徳 “人狼 BBS 発話への発話意図ラベルの妥当性評価機構を 組み込んだラベル自動付与方式” The 36th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2022
- 池内加奈. 人狼ゲームをプレイするエージェントの実装. 2016 年度卒業論文, 奈良女子大学理学部情報科学科, 2017.
- 大塚翔太中村貞吾永井秀利人狼ゲームにおける他プレイヤーの理解度に応じた騙り戦術の有効性評価年度電気・情報関係学会九州支部連合大会