

2017 年度卒業論文
物語を生む人狼プレイヤーエージェントの構築

奈良女子大学 生活環境学部 情報衣環境学科
生活情報通信科学コース 4 回生
新出研究室 14480292 玉井日菜子

平成 30 年 2 月 14 日

概要

近年、人工知能の研究課題として、人狼ゲームをプレイする人工知能が注目されている。我々は論理的思考に着目し、BDI 論理に基づいた論理的思考が可能かつ、その思考を元にストーリーを楽しむ人狼エージェントの実現を目指している。本論文では、その過程として BDI 的な戦略の追加を行い、最後にはより論理的なエージェントの実装を達成するための課題を述べた。

目次

1	はじめに	2
1.1	研究背景	2
1.2	人狼ゲームのルール	2
2	人狼知能プラットフォーム	3
2.1	人狼知能サーバー	3
2.2	人狼知能プロトコル	4
3	従来の人狼エージェントの特徴	4
4	実装	5
4.1	実装方針	5
4.2	単純な強化のための戦略	5
4.2.1	信頼度	5
4.2.2	役職ごとの基本戦略	6
4.3	BDI モデルに基づいた戦略	7
4.3.1	REQUEST 文への対応	7
5	実行結果	7
5.1	REQUEST 文による意図誘導の例	7
5.2	対戦による強さの評価	9
6	まとめ	9
7	謝辞	10

1 はじめに

1.1 研究背景

近年、人工知能の研究課題として人狼ゲームをプレイする人工知能が話題になっている。人狼ゲームは対話型のコミュニケーションによって進行する不完全情報ゲームである。その特徴から人工知能の標準問題としての可能性も検討されている [1]。人狼ゲームをプレイするエージェントには人工知能の観点から多岐に渡った技術が必要であるため、人狼知能の研究が進められることは人工知能の技術の発展にも貢献することができるものと考えられる。

従来研究では強化学習を用いたものが多く存在するが、論理的思考に着目したものはあまり見受けられない。一方で [2] において、人狼におけるエージェントの推論モデルとして、各エージェントの信念や意図などを明示的に表現できる BDI モデルの利点が指摘されており、また、BDI 論理を用い、実際の人狼ゲームで行われている複雑な推論を記述する例が示されている。論理による人狼エージェントが十分な強さで実現すれば、その思考や行為決定の過程を後で出力することで、ゲーム後のエピソードを楽しむことができるという利点が得られることも期待できる [3]。

先行研究にあたる [4] にて、人狼エージェント本体の実装に人狼知能プロジェクト [5] による人狼知能プラットフォームを使用し、エージェントの思考部分を、BDI アーキテクチャーを基礎とした処理系 Jason [6] に担わせることで、論理的思考に基づいた行動をさせることが可能となっている。我々は BDI 論理に基づいた論理的思考が可能かつ、その思考を元にストーリーを楽しめる人狼エージェントの実現を目指している。その過程として本論文では、人狼知能プロトコルの REQUEST 文を使った他者の意図誘導や自身の意図の変更を行う人狼エージェントの実現について述べる。

1.2 人狼ゲームのルール

人狼ゲームのルールは様々であるが、本論文では本研究で用いる人狼プラットフォームの 15 人ルールに基づいて説明する。

まず、ゲーム開始時に各プレイヤーに 6 つの役職が割り当てられる。[表 1] に役職の詳細を示す。役職ごとに陣営が決められており、プレイヤーは村人陣営と人狼陣営に分かれてプレイを行う。村人陣営の勝利条件は人狼をすべて追放することであり、人狼陣営の勝利条件は村人の数を人狼の数以下にすることである。

ゲームは昼と夜の 2 つのフェーズで進行する。昼のフェーズでは各プレイヤーが自由に対話を行い得られた情報を元に、投票によって誰をゲームから追放するかを決定する。夜のフェーズでは、それぞれの役職に応じた能力を行使する。人狼は 1 人のプレイヤーを指定し襲撃することができる。対話において、村人陣営側は人狼陣営の嘘を見破ることが重要となる。一方人狼陣営側は役職を偽るなどの嘘をつき、議論を混乱させ自分たちが不利にならないように誘導することが重要となる。

ゲームが進むにつれ、各プレイヤーは投票で追放されるか、人狼に襲撃されることでゲームから除外される。そうして勝利条件のどちらかが達成されたとき、ゲームは終了する。

表 1 与えられる役職

		役職	人数 (人/15 人)	能力
村人陣営	人間	村人	8	なし
		占い師	1	1 日の終わりに 1 人のプレイヤーを指定して、そのプレイヤーが人間かどうか知ることが出来る
		霊媒師	1	プレイヤーが追放された場合にそのプレイヤーが人間かどうか知ることが出来る
		狩人	1	1 日の終わりに 1 人のプレイヤーを指定して人狼の襲撃から守ることが出来る
人狼陣営	狂人	1	なし 人狼陣営だが占い結果は人間	
	人狼	人狼	3	1 日の終わりに 1 人のプレイヤーを指定して襲撃することが出来る

2 人狼知能プラットフォーム

人狼知能プラットフォームとは、人狼知能プロジェクトが公開している人狼エージェントの開発環境を整えるためのサーバとプロトコルである。人狼知能プロジェクトホームページにて jar ファイルが配布されている他、GitHub でソースコードも公開されている。

2.1 人狼知能サーバー

人狼知能プラットフォームでは、1 つのサーバにクライアント (プレイヤー) を TCP/IP 通信で複数接続することによってゲームを実行する。サーバはクライアントに Request を通知し、その際必要に応じてゲームの状態や会話内容などの情報を提供する。クライアントはサーバから Request と情報を受け取り、必要に応じてサーバに返信する。ゲームはこの繰り返しで進行する。

2.2 人狼知能プロトコル

人工知能に自然言語によるゲームを行わせるためには課題が多い [7] ため、人狼専用の対話プロトコルが用意されている。限られた動詞に役職やエージェントの名前などの単語を組み合わせて発話を生成することが出来る。また、人狼知能プロトコル ver2.00 に REQUEST 文が追加され、他プレイヤーに要求を行うことが可能となっている。以下に発話生成の例を挙げる [8]。

- Agent[01] に投票する。
 - VOTE Agent[01]
- Agent[02] を占った結果 人間 だった。
 - DIVINED Agent[02] HUMAN
- Agent[03] に投票することを 要求する
 - REQUEST(VOTE Agent[03])

3 従来の人狼エージェントの特徴

人狼知能プロジェクトにて、人狼ゲームをプレイするうえで求められる人工知能技術の発展を目的とした競技会が開催されており、各大会の決勝進出 15 チームのソースは公開されている。

これまでの大会に決勝進出したエージェントの多くの共通の特徴としてあげられるのは、ルールベースであること、強化学習を使用していることである。一方、BDI 的観点から人狼エージェントを実装している決勝進出チームはほぼ見られない。BDI 的であるという条件として以下が挙げられる。

- 他プレイヤーの信念を推測する
- 他プレイヤーの意図を推測する
- 他プレイヤーの意図を誘導する

他プレイヤーの信念を推測するという点においては、役職という信念を推測することは多くの人狼エージェントで可能となっているが、いずれの人狼エージェントも推測する信念は役職のみとなっている。他プレイヤーの意図を推測する具体例として、人狼が特定のプレイヤーを吊ろうと意図しているなどがあげられる。しかし、そのような推測を行う人狼エージェントは存在しない。他プレイヤーの意図の誘導を可能とする手段として、他プレイヤーに要求を行う REQUEST 文を使用することがあげられる。しかし、REQUEST 文を使用した発言を行うエージェントはいるものの、REQUEST 文を使用した発言を聞き、戦略に影響させるエージェントはごく一部である。

4 実装

4.1 実装方針

本研究では、単純な強化のための戦略と、BDI モデルに基づいた戦略の追加を行った。単純な戦略の強化では、プレイヤーの信頼度を実装し、それを元にルールベースの戦略を追加した。BDI モデルに基づいた強化では、REQUEST 文を使用した発言に対応させることにより、他プレイヤーの意図の誘導を可能にする戦略を追加した。ルールベースの戦略に関しては、人狼知能大会の結果・ソースを参考にもっとも効果的と思われるものを実装した。

4.2 単純な強化のための戦略

4.2.1 信頼度

信頼度とは、プレイヤーがどれだけ人狼陣営側ではないと推測できるかを表すパラメーターである。ゲーム開始時の初期値は 0 で、以下の項目に当該すると、その都度加算・減算される。信頼度が 100 以上になった場合人間（CO 者は真）、-100 以下になった場合人狼（CO 者は偽）と認識する。

表 2 信頼度加算行動

全ての占い師 CO 者に人間判定されたプレイヤー	200
真占い師または真霊媒師に人間判定されたプレイヤー	170
対抗 CO 者が全て偽または対抗 CO 者が居ない場合の CO 者	150
真偽未確定占い師に人間判定されたプレイヤー	20
自分を人間判定した真偽未確定占い師 CO 者	20
自分に同意したプレイヤー	10

表 3 信頼度減算行動

自分の対抗 CO 者	-200
自分を人狼判定した占い師 CO 者	-200
襲撃されたプレイヤーを人狼判定した占い師 CO 者	-200
全ての占い師 CO 者に人狼判定されたプレイヤー	-200
真霊媒師の判定結果と矛盾した占い師 CO 者	-170
真占い師の判定結果と矛盾した霊媒師 CO 者	-170
真占い師または真霊媒師に人狼判定されたプレイヤー	-170
真偽未確定占い師に人狼判定されたプレイヤー	-50
人間確定プレイヤーに投票するプレイヤー	-50
自分に投票したプレイヤー	-20
自分を人狼だと推定したプレイヤー	-10

4.2.2 役職ごとの基本戦略

ルールベースの戦略の実装では、役職ごとに以下の戦略を設定した。

- 村人
 - 投票先: 信頼度最低プレイヤー。
- 占い師
 - 投票先: 信頼度最低プレイヤー。
 - CO タイミング: 初日。
 - 占い先: 1 日目はランダム。2 日目以降は、役職 CO 者を除く信頼度最低プレイヤー。
- 霊媒師
 - 投票先: 信頼度最低プレイヤー。
 - CO タイミング: 初日。
- 狩人
 - 投票先: 信頼度最低プレイヤー。
 - CO タイミング: 自分が追放されそうになった場合。
 - 護衛先: 真占い師、真霊媒師、信頼度の最も高い占い師 CO 者、信頼度最高プレイヤーの優先度で決定。
- 人狼
 - 必ず村人を偽る。
 - 投票先: 人狼を除いた信頼度最低プレイヤー。
 - 襲撃先: 占い師 CO 者、真霊媒師、信頼度最高プレイヤーの優先度で決定。
- 狂人
 - 必ず占い師を偽る。
 - 投票先: 人狼確定プレイヤーを除く信頼度最低プレイヤー。
 - 偽占い先: ランダム。
 - 偽判定: 1 日目のみ人狼判定する。以降は人間判定。

4.3 BDI モデルに基づいた戦略

4.3.1 REQUEST 文への対応

REQUEST 文への対応としては、以下の戦略を追加した。

- 自身の投票先を決定または変更した場合、REQUEST 文を使用し投票要請を行う
- 投票要請があった場合、投票要請発言者の信頼度が高いほど高確率で投票先を要請に従い変更する

これらは BDI 的観点から言い換えると

- 他プレイヤーの意図を誘導すること
- 他プレイヤーに意図を誘導されること

以上が可能になったと言える。

5 実行結果

本節では、作成したエージェントの評価について述べる。

5.1 REQUEST 文による意図誘導の例

[図 1] は、15 人でのゲームの 3 日目昼の実行結果から発言内容のない skip と over を除いたものである。Agent 番号 2, 4~6 はサンプルエージェントであり、残りのプレイヤーは本エージェントである。また、Agent 番号 7, 9~11 は死亡している。1 回目の投票の集計だと、占い師である 8 番が追放される状況であったが、各プレイヤーが REQUEST 文を使用した投票要請やそれに従った投票先変更を行い、最終的に人狼である 4 番に票を集め追放していることが確認できる。投票要請により投票先が変更した例として 12 番（村人）が挙げられる。12 番は 1 回目は 2 番（狂人）に投票しているが、12 番視点で信頼度の高い 8 番（占い師）の投票要請を聞き、4 番（人狼）に投票先を変更している。

```

3,status,1,VILLAGER,ALIVE,Player4
3,status,2,POSSESSED,ALIVE,Sample15
3,status,3,VILLAGER,ALIVE,Player5
3,status,4,WEREWOLF,ALIVE,Sample12
3,status,5,WEREWOLF,ALIVE,Sample13
3,status,6,WEREWOLF,ALIVE,Sample14
3,status,7,BODYGUARD,ALIVE,Player2
3,status,8,SEER,ALIVE,Player1
3,status,9,MEDIUM,DEAD,Sample3
3,status,10,VILLAGER,DEAD,Sample11
3,status,11,VILLAGER,DEAD,Sample10
3,status,12,VILLAGER,ALIVE,Sample6
3,status,13,VILLAGER,DEAD,Sample7
3,status,14,VILLAGER,ALIVE,Sample8
3,status,15,VILLAGER,ALIVE,Sample9
3,talk,0,0,14,VOTE_Agent[05]
3,talk,1,0,8,DIVINED_Agent[01] HUMAN
3,talk,2,0,4,IDENTIFIED_Agent[13] HUMAN
3,talk,3,0,12,VOTE_Agent[02]
3,talk,4,0,5,DIVINED_Agent[11] WEREWOLF
3,talk,5,0,7,VOTE_Agent[04]
3,talk,6,0,6,VOTE_Agent[08]
3,talk,7,0,3,VOTE_Agent[14]
3,talk,8,0,2,DIVINED_Agent[07] HUMAN
3,talk,9,0,1,VOTE_Agent[08]
3,talk,10,0,15,VOTE_Agent[05]
3,talk,11,1,5,VOTE_Agent[15]
3,talk,12,1,1,REQUEST(VOTE_Agent[08])
3,talk,13,1,15,REQUEST(VOTE_Agent[05])
3,talk,14,1,8,REQUEST(VOTE_Agent[04])
3,talk,15,1,2,REQUEST(VOTE_Agent[05])
3,talk,16,1,4,VOTE_Agent[03]
3,talk,17,1,14,REQUEST(VOTE_Agent[05])
3,talk,18,1,12,REQUEST(VOTE_Agent[02])
3,talk,19,1,7,REQUEST(VOTE_Agent[04])
3,talk,20,1,3,REQUEST(VOTE_Agent[14])
3,talk,21,1,6,REQUEST(VOTE_Agent[08])
3,talk,23,2,1,REQUEST(VOTE_Agent[05])
3,talk,24,2,7,VOTE_Agent[05]
3,talk,25,2,8,VOTE_Agent[04]
3,talk,26,2,3,VOTE_Agent[05]
3,talk,28,2,5,REQUEST(VOTE_Agent[15])
3,talk,29,2,4,REQUEST(VOTE_Agent[03])
3,talk,30,2,2,VOTE_Agent[03]
3,talk,31,2,15,VOTE_Agent[04]
3,talk,32,2,12,REQUEST(VOTE_Agent[05])
3,talk,34,3,2,REQUEST(VOTE_Agent[03])
3,talk,35,3,1,VOTE_Agent[04]
3,talk,36,3,12,VOTE_Agent[04]
3,talk,37,3,15,REQUEST(VOTE_Agent[04])
3,talk,38,3,3,REQUEST(VOTE_Agent[05])
3,talk,39,3,7,REQUEST(VOTE_Agent[05])
3,talk,44,4,1,REQUEST(VOTE_Agent[04])
3,talk,45,4,14,VOTE_Agent[04]
3,talk,49,4,12,REQUEST(VOTE_Agent[04])
3,talk,52,4,15,VOTE_Agent[05]
3,talk,53,4,3,VOTE_Agent[04]
3,talk,56,5,3,REQUEST(VOTE_Agent[04])
3,talk,62,5,14,REQUEST(VOTE_Agent[04])
3,vote,1,4
3,vote,2,3
3,vote,3,4
3,vote,4,3
3,vote,5,15
3,vote,6,8
3,vote,7,5
3,vote,8,4
3,vote,12,4
3,vote,14,4
3,vote,15,5
3,execute,4,WEREWOLF

```

←4番は人狼であり生存している

←8番は占い師であり生存している

←12番は村人であり生存している

←12番は2番に投票する

←8番が4番への投票を要求する

←12番が2番から4番に投票先を変更

←12番は4番に投票した

←4番が追放される

図 1 実行結果

5.2 対戦による強さの評価

エージェントの強化が行われたか、また、REQUEST 文を使用した戦略が有用であるかの検証として、サンプルエージェントと本エージェントの REQUEST 文対応版 (Agent1)・非対応版 (Agent2) を組み合わせ勝率を比較した。各陣営のプレイヤーは同エージェントで統一し、15 人でゲームを各条件 100 回ずつ実行した。

その結果、勝率の差はほとんどみられなかった。よって現時点で本エージェントはサンプルエージェントとほぼ同等の強さであり、REQUEST 文の使用のみではプレイヤーの強さには寄与しなかった。強さに差が出なかった要因として、戦略の甘さが考えられる。信頼度の基準項目に、客観的な判断をもとにしたものが少なかったこと。また、REQUEST 文を使用した戦略の強さに関しては、投票要請を受けた場合、投票要請発言をしたプレイヤーの信頼度は考慮していたが、投票要請先の信頼度を考慮していないことなどが挙げられる。検証方法においては、サンプルプレイヤー以外のエージェントとの対戦も必要である。

表 4 実験結果

村人陣営	人狼陣営	村人陣営勝率
サンプル	サンプル	75%
Agent1	サンプル	73%
Agent2	サンプル	77%
サンプル	Agent1	76%
サンプル	Agent2	74%

6 まとめ

本研究では論理的思考に着目し、BDI 論理に基づいた論理的思考が可能かつ、その思考を元にストーリーを楽しむ人狼エージェントの実現を目指した。REQUEST 文への対応を行うことで、他プレイヤーの意図の誘導を行うあるいは他プレイヤーに意図を誘導されるという BDI 的な動きを可能にした。

今後の課題として、更なる BDI 的な戦略の強化が挙げられる。そのため、他プレイヤーの信念・意図の推測方法を確立後、実際の人狼において有用な戦略の選別を行う必要がある。また、ストーリーを楽しむ人狼エージェントを実現するため、エージェントの論理的思考過程を出力可能にする必要がある。また、本研究では 15 人ルールのみに対応した実装だったため、他人数ルールへの対応も挙げられる。

7 謝辞

本研究を進めるにあたり、熱心に指導して下さった新出尚之准教授に深く感謝し、厚く御礼を申し上げます。また、研究結果に関して議論して頂いた近畿大学理工学部の高田司朗教授、そして新出研究室の皆様にも深く感謝の意を表します。ありがとうございました。

参考文献

- [1] 篠田孝祐, 鳥海不二夫, 稲葉通将, 大澤博隆, 片山大輔. 人工知能標準問題としての人狼ゲームの提案. 第24回インテリジェント・システム・シンポジウム, pp. 74-77, 2014.
- [2] 大澤博隆, 鳥海不二夫, 稲葉通将, 片山大輔, 梶原健吾, 篠田孝祐. 人狼知能達成におけるエージェントの推論モデル. The 19th Game Programming Workshop 2014, pp. 157-161, 2014.
- [3] 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. The 30th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2016.
- [4] 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.
- [5] 鳥海不二夫, 稲葉通将, 大澤博隆, 片山大輔, 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/>. 人狼知能プロジェクトホームページ.
- [6] Rafael H. Bordini, Jomi Fred Hübner, and Michael Wooldridge. Programming Multi-Agent Systems in AgentSpeak using Jason. John Wiley & Sons, 2007.
- [7] 鳥海不二夫, 梶原健吾, 大澤博隆, 稲葉通将, 片山大輔, 篠田孝祐. 人狼知能サーバの構築. In The 19th Game Programming Workshop 2014, pp. 127-132, 2014.
- [8] 人狼知能プロトコルの仕様 (ver2.00, 2017年度版). http://aiwolf.org/control-panel/wp-content/uploads/2017/01/protocol_2017-1.pdf.