

論理的思考が行える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 16480316 田中里穂

2020年2月5日

概要

近年、人工知能の研究として人狼ゲームをプレイする人工知能である人狼知能が注目されている。先行研究では強化学習を用いたものが多いが、論理的思考に着目したものはあまり見受けられない。そこで本研究では、BDI 論理に基づいた論理的思考が行える人狼プレイヤーエージェントの実現を目指した。既存の人狼ゲームログから抜き出したルールと、ルールのパラメータの学習による調整によって、対戦相手によっては勝率を上げられることが分かった。また、最後にはより論理的な人狼プレイヤーエージェントを実現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	4
2.1	人狼知能サーバ	4
2.2	人狼知能プロトコル	4
3	実装	5
3.1	実装方針	5
3.2	他プレイヤーの役職推定	5
3.2.1	役職推定度を定めるパラメータ	5
3.2.2	役職推定度の決定	7
3.2.3	投票度に基づいた投票先の決定	7
3.3	役職推定度を定めるパラメータの変更	8
3.3.1	陣営の勝敗結果	8
3.3.2	役職の公開	8
4	結果	9
4.1	実行結果	9
4.2	実験結果	12
4.3	勝率の比較	13
5	まとめ	14

1 はじめに

1.1 研究背景

近年、人工知能の研究として、人狼ゲームをプレイする人工知能である人狼知能が注目されている。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。この特徴から、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]。また、人狼知能をプレイするエージェントには、人工知能の観点から推論やコミュニケーションなど様々な技術が必要である。そのため、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できると考えられている。

従来の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。そのなかで、[2] では、人狼におけるエージェントの推論モデルとして信念、願望、意図を用いて人間の心的状態を表せる BDI 論理を用い、実際の人狼ゲームでのモデル記述の検証を行っている。この検証の結果から、実際の人狼ゲームで行われている複雑な推論が BDI 論理を用いて表せることが示されている。また、論理による人狼プレイヤーエージェントの実現は興味深い課題である。これ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と期待できる [3]。

先行研究である [4] では、人狼知能プロジェクト [5] によって公開されている人狼知能プラットフォームを用いて人狼知能エージェント本体の実装を行っている。また、エージェントの思考部分に BDI エージェントの実装プラットフォームである Jason[6] を用いることで、論理的思考に基づいた行動をさせることの可能性が示されている。

我々は、BDI 論理に基づいた論理的思考ができる人狼プレイヤーエージェントの実現を目指している。また、人狼知能大会での上位のプレイヤーは役職の推定を行っているものが多い。人狼知能大会や従来研究の役職の推定には機械学習を使ったものが多く見受けられるが、論理的に役職を推定しているものは見受けられない。そこで、本研究では、ルールを用いて他者の役職を推定する人狼プレイヤーエージェントの実現と、ルールの適応度の学習による獲得を行い、これによるエージェントの強化を目指した。

1.2 人狼ゲームのルール

人狼のゲームのルールには様々なものがあるが、本論文では、本研究で用いた人狼知能プラットフォームの 15 人ルールについて説明する。

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、与えられた役職によって村人陣営と人狼陣営に分けられる。各プレイヤーは自陣営の勝利を目標としてゲームを始める。村人陣営の目標は人狼を全滅させること、人狼陣営の目標は村人の数を人狼の数以下にすることである。

ゲームは昼のフェーズと夜のフェーズに分かれている。昼のフェーズでは、生存プレイヤー全員で議論し、人狼と思われるプレイヤーを多数決で 1 人決定し、追放する。夜のフェーズでは、各役職に応じた行動をする。人狼は村人の中から 1 人選び襲撃し、能力者 (占い師、霊能者、狩人) は各役職の能力を発揮する。[表 1] に各役職の詳細と人数内訳を示す。村人陣営は能力者の情報や他のプレイヤーの発言から人狼を見つけ出すこと、一方で人狼陣営は積極的に推理を行い村人陣営からの信用を得ることが重要である。

ゲームが進むにつれて、各プレイヤーは投票により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。このようにして昼のフェーズと夜のフェーズを繰り返していき、村人もしくは人狼陣営どちらかが勝利

条件を達成した時、ゲームは終了する。

表 1 各役職の能力と人数

	役職	人数	判定	能力
村人陣営	村人	8人	人間	なし
	占い師	1人		1日の終わりに生存プレイヤーから1人を選んで、そのプレイヤーが人狼かどうか判定できる
	霊能者	1人		1日の終わりに直前に追放されたプレイヤーが人狼だったかどうか判定できる
	狩人	1人		1日の終わりに生存プレイヤーから1人を選び人狼の襲撃から守ることができる
人狼陣営	狂人	1人	人狼	なし 人狼陣営だが判定結果は人間
	人狼	3人		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できる

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、人狼知能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のホームページ [5] で jar ファイルが配布されており、GitHub でソースコードも公開されている。利用できるプログラミング言語には Java, Python, C#があるが、本研究では Java を用いて研究を行った。

2.1 人狼知能サーバ

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の情報を提供する。一方、クライアントはサーバから Request を受け取り、必要に応じて人狼知能プロトコルに従って発話文をサーバに返信する。ゲームはこの繰り返しで進行していく [7]。

2.2 人狼知能プロトコル

人狼知能において、自然言語を用いてゲームを行うのは難しい。そこで、人狼知能プラットフォームでは、会話を行うためのプロトコルが用意されている。動詞、役職、エージェントの名前などの単語を組み合わせて1つの文を構成する。以下に発言の例を示す。

- COMINGOUT(役職を宣言する)
 - 例:Agent[1] COMINGOUT Agent[2] WEREWOLF
(Agent[1] が Agent[2] を人狼だと宣言する)
- ESTIMATE(役職を推定する)
 - 例:Agent[1] ESTIMATE Agent[2] WEREWOLF
(Agent[1] が Agent[2] を人狼だと推定する)
- DIVINED(占った結果を発言)
 - 例:Agent[1] DIVINED Agent[2] HUMAN
(Agent[1] が Agent[2] を占った結果、人間だった)
- VOTED(投票)
 - 例:Agent[1] VOTED Agent[2]
(Agent[1] は Agent[2] に投票した)
- REQUEST(他のプレイヤーに要求する)
 - 例:Agent[1] REQUEST Agent[2] (VOTE Agent[3])
(Agent[1] が Agent[2] に、Agent[3] に投票してほしいと要求する)
- BECAUSE(理由を述べる)
 - 例:Agent[2] BECAUSE (DAY 1 Agent[1] VOTE Agent[2])(VOTE Agent[1])
(Agent[2] の発言)1日目に Agent[1] が Agent[2](自分)に投票したので、Agent[1] に投票する

3 実装

3.1 実装方針

本研究では、エージェントが自分以外のプレイヤーの役職の推定と役職推定度の決定を行うようにし、さらに役職推定度を定めるためのパラメータの学習による変更を行った。役職推定度とは、そのプレイヤーをある役職であるとの程度確実に推定したかを表すパラメータである。本研究で扱っている人狼ゲームは全6役職あるが、本研究では村人陣営である、村人と占い師、霊能者、狩人のみの実装を行った。実装は人狼知能プラットフォームのサンプルプログラムをもとに行い、投票先の指定や占い先の指定、狩人の護衛先での思考部分については先行研究 [4] で使われている Jason を用いた。

3.2 他プレイヤーの役職推定

3.2.1 役職推定度を定めるパラメータ

役職の推定は、ネット上で人間が行っている人狼ゲーム (人狼 BBS[8]) のログから、論理的思考により役職を推定している部分を目視で抜き出して、他プレイヤーの役職および役職推定度を設定するルールとして実装した。役職の推定は自分以外の全役職に対してすべきだが、本研究での推定の対象は人狼、狂人、占い師、霊能者のみとした。

例えば、「真の霊能者と矛盾した判定をした CO 占い師」というルールは [図 1] の会話をもとに設定した。図の赤枠の部分で各プレイヤーを A、B、C、D、E として説明すると、「この村の CO している霊能者は A だけなので、A が真の霊能者と考えられる。A が B を人狼と判定したが、CO している占い師 (C、D、E) の中で B を人狼と判定していたのは C のみだった。そこから、C 以外の CO 占い師である D と E が偽者の占い師 (狂人もしくは人狼) である」と推定している。

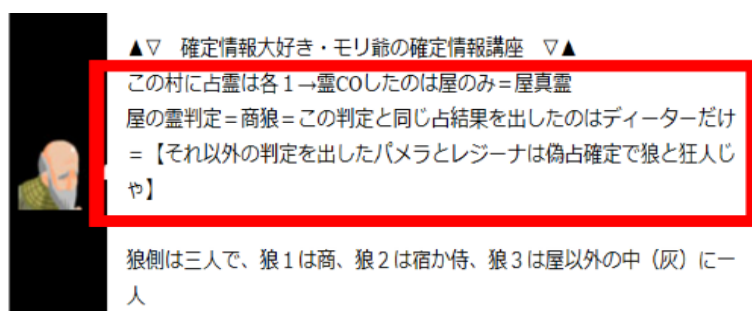


図 1 人狼 BBS での推定の例 (G493 3 日目 599 モーリッツの発言)

[表 2],[表 3],[表 4] に村人陣営の各役職での推定に用いるルールと役職推定度の決定に用いるパラメータを示す。ここでは、1つのルールでの各役職のパラメータの合計は1とは限らない。例として「真の占い師から人狼と判定されたプレイヤー」というルールが挙げられる。この対象プレイヤーは本研究では考慮していない村人もしくは狩人である可能性がある。そのため、その分を引いた値をパラメータとして設定している。これらのパラメータは、人狼 BBS での推定を参考に設定した。また、これらのパラメータは初期値であり、これらの変更については 3.3 節で述べる。

表 2 村人・狩人の役職推定

	人狼	狂人	占い師	霊能者
自分を人狼と判定した CO(カミングアウト) 占い師	0.3	0.7	0.0	0.0
襲撃されたプレイヤーを人狼と判定していた CO 占い師	0.2	0.8	0.0	0.0
真の占い師と思われる CO 占い師	0.05	0.05	0.9	0.0
真の霊能者と思われる CO 霊能者	0.05	0.05	0.0	0.9
真の霊能者の霊能結果と矛盾した判定をした CO 占い師	0.25	0.7	0.05	0.0
真の占い師の占い結果と矛盾した判定をした CO 霊能者	0.25	0.7	0.0	0.05
真の占い師から人狼と判定されたプレイヤー	0.7	0.0	0.0	0.0
真の霊能者を人狼と判定した CO 占い師	0.15	0.8	0.05	0.0
真の占い師を人狼と判定した CO 霊能者	0.7	0.2	0.0	0.1
CO 占い師の 2 人以上から人狼と判定されたプレイヤー	0.95	0.0	0.0	0.0
CO 占い師が 2 人で、対抗 CO が襲撃された CO 占い師	0.25	0.7	0.05	0.0
CO 霊能者が 2 人で、対抗 CO が襲撃された CO 霊能者	0.8	0.15	0.0	0.05
CO 占い師が 2 人で、対抗 CO が偽の CO 占い師	0.0	0.05	0.95	0.0
CO 占い師が 2 人で、真の霊能者に対抗 CO 占い師が人狼と判定された CO 占い師	0.0	0.2	0.8	0.0
最後に CO した CO 占い師	0.25	0.5	0.25	0.0
CO 占い師のうち、対抗 CO 者が 2 人いて真の霊能者がいるとき、次に追放された CO 占い師が人間と判定された時に残っている CO 占い師	0.95	0.05	0.0	0.0

表 3 占い師の役職推定

	人狼	狂人	霊能者
対抗 CO 者 (1 人の場合)	0.2	0.8	0.0
対抗 CO 者 (2 人の場合)	0.5	0.5	0.0
自分が人狼と判定したプレイヤー	1.0	0.0	0.0
自分が人間と判定した CO 占い師	0.0	1.0	0.0
自分が人間と判定した CO 霊能者	0.0	0.1	0.9
自分の占い結果と矛盾した判定をした CO 霊能者	0.8	0.2	0.0
対抗 CO が襲撃された CO 霊能者	0.8	0.15	0.05
真と思われる CO 霊能者	0.05	0.05	0.9

表 4 霊能者の役職推定

	人狼	狂人	占い師
対抗 CO 者 (1 人の場合)	0.8	0.2	0.0
対抗 CO 者 (2 人の場合)	0.5	0.5	0.0
自分の霊能結果と矛盾した判定をした CO 占い師	0.3	0.7	0.0
真と思われる CO 占い師	0.05	0.05	0.9
自分を人狼と判定した CO 占い師	0.3	0.7	0.0
襲撃されたプレイヤーを人狼と判定した CO 占い師	0.2	0.8	0.0
真の占い師が人狼と判定したプレイヤー	0.7	0.0	0.0
CO 占い師 2 人以上から人狼と判定されたプレイヤー	0.95	0.0	0.0
CO 占い師が 2 人で、対抗 CO が襲撃された CO 占い師	0.25	0.7	0.05
CO 占い師が 2 人で、対抗 CO が偽の CO 占い師	0.0	0.05	0.95
CO 占い師が 2 人で、自分が対抗 CO 占い師を人狼と判定した CO 占い師	0.0	0.2	0.8
最後に CO した CO 占い師	0.25	0.5	0.25
CO 占い師のうち、対抗 CO 者が 2 人いて、自分が、次に追放された CO 占い師を人間と判定したときに残っている CO 占い師	0.95	0.05	0.0
自分が CO 占い師を人狼と判定したときの残りの CO 占い師 2 人	0.0	0.5	0.5

3.2.2 役職推定度の決定

各プレイヤーの役職推定度は、3.2.1 節の [表 2][表 3][表 4] の値をもとに決定する。複数のルールが適用できる場合は、適応できる全ルールのパラメータを役職ごとに足し合わせる。例えば本エージェントが村人で、プレイヤー A が自分を人狼と判定した CO 占い師かつ、襲撃されたプレイヤーを人狼と判定していた CO 占い師であった場合、人狼推定度は $0.3 + 0.2 = 0.5$ 、狂人推定度は $0.7 + 0.8 = 1.5$ となる。また、適用できるルールがない場合には、そのプレイヤーの役職推定度の値は 0 とする。

3.2.3 投票度に基づいた投票先の決定

投票度とは、どのプレイヤーに投票するかを表すパラメータである。それぞれの役職に投票の重みを自分で設定して、役職推定度と掛け合わせた和を投票度とした。詳しくは以下のように計算を行った。また、本研究では、投票の重みはすべて固定して実装した。

$$\text{投票度} = \text{人狼推定度} \times 0.9 + \text{狂人推定度} \times 0.6 + \text{占い師推定度} \times (-0.9) + \text{霊能者推定度} \times (-0.9)$$

以下のプログラムは Jason のプランの一部で、エージェント A の人狼推定度 (W), 狂人推定度 (P), 占い師推定度 (S), 霊能者推定度 (M) をもとに投票度 V1 を更新している。

```
+!villager_vote([A|B])
: agent(A)[were(W),possessed(P),seer(S),medium(M)] & role(villager)
<- V1=W*0.9+P*0.6-S*0.9-M*0.9;
-agent_vote(A)[villager_vote(_)];
+agent_vote(A)[villager_vote(V1)];
...
```

これを自分以外の全プレイヤーに対して行い、村人陣営の投票先、占い師の占い先、狩人の護衛先を決定する。複数プレイヤーの投票度が同じ場合、その中からランダムに選択する。

- 投票先-投票度が最も高いプレイヤー
- 占い先-投票度が最も高いプレイヤー
- 護衛先-投票度が最も低いプレイヤー

3.3 役職推定度を決めるパラメータの変更

役職の推定をより正確にし、陣営の勝率を上げるために、役職推定度を決めるパラメータの学習による変更を行った。変更としては、陣営の勝敗結果による変更と、役職の公開による変更の2種類を用いたものを実装した。

役職推定度の変更の度合いは、村人の勝率などによって変動させるべきだが、本研究では毎ゲーム一定の値で実装した。行動の結果によって選択の重みを変えるという点では強化学習と同様の手法であると言えるが、変更の度合いが一定である点は異なる。

3.3.1 陣営の勝敗結果

陣営の勝敗結果によるパラメータの変更では、1ゲーム終了後にサーバからそのゲームの勝利陣営を受信し、ゲーム結果をもとに、そのゲームで用いた推定の役職推定度を決めるパラメータの上下を設定した。勝敗結果に応じて役職推定度を決めるパラメータを変えていくことで、勝率を上げられる推定ができるのではないかと考えられる。

村人陣営が勝った場合、用いたルールの人狼のパラメータが高ければ投票して良かったとして人狼のパラメータを上げ、他の役職のパラメータを下げた。もし、占い師や霊能者のパラメータが高いルールを用いていれば、その推定のルールの占い師や霊能者のパラメータを上げ、他の役職のパラメータを下げた。村人陣営が負けた場合には、勝った場合の逆の方法でパラメータを上下させた。

3.3.2 役職の公開

役職の公開によるパラメータの変更では、1ゲーム終了後にサーバからそのゲームの全プレイヤーの役職を受信し、その情報をもとに、推定したプレイヤーが本当はどの役職であったのかを確認し、その役職のパラメータを上げ、その他の役職のパラメータは下げるように設定した。推定したプレイヤーの役職が村人、狩人だった場合は役職推定度を決めるパラメータは変更しない。

4 結果

4.1 実行結果

ゲームを実行した結果の出力例を [図 2][図 3][図 4][図 5] に示す。

ゲームを実行した結果、全プレイヤーに対して役職推定度をもとに投票度を計算し、投票度の高いプレイヤーに投票先を決定していることが確認できた。[図 2]

ここでは、投票度の高いエージェント 11、エージェント 6 の順番に並び替えられ、投票度の最も低いエージェント 9 が投票されにくくなっていることが分かる。

```
[client] 1,were[0]possessed[0]seer[0]mediun[0]
[client] 1,villager vote[0]
[client] 2,were[0]possessed[0]seer[0]mediun[0]
[client] 2,villager vote[0]
[client] 5,were[0]possessed[0]seer[0]mediun[0]
[client] 5,villager vote[0]
[client] 6,were[0,25]possessed[0,5]seer[0,25]mediun[0] ←最後にCOした自称占い師
[client] 6,villager vote[0,300000000000000004]
[client] 7,were[0]possessed[0]seer[0]mediun[0]
[client] 7,villager vote[0]
[client] 8,were[0]possessed[0]seer[0]mediun[0]
[client] 8,villager vote[0]
[client] 9,were[0,05]possessed[0,05]seer[0]mediun[0,9] ←真の霊能者と思われるCO霊能者
[client] 9,villager vote[-0,7350000000000001]
[client] 10,were[0]possessed[0]seer[0]mediun[0]
[client] 10,villager vote[0]
[client] 11,were[0,95]possessed[0]seer[0]mediun[0] ←CO占い師の2人以上から人狼と判定されたプレイヤー
[client] 11,villager vote[0,855]
[client] 12,were[0]possessed[0]seer[0]mediun[0]
[client] 12,villager vote[0]
[client] 13,were[0]possessed[0]seer[0]mediun[0]
[client] 13,villager vote[0]
[client] 14,were[0]possessed[0]seer[0]mediun[0]
[client] 14,villager vote[0]
[client] 15,were[0]possessed[0]seer[0]mediun[0]
[client] 15,villager vote[0]
[client] ["Candidate",[1,2,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15]]
[client] ["Out",[11,6,7,13,15,14,2,12,8,1,10,5,9]] ←投票度の高い順に並び替えたリスト
[client] To server: 11 ←投票先をサーバに送信
```

図 2 実行結果 (投票)

また、ゲームの勝敗結果により、役職推定度を決めるパラメータの変更が行われていることが確認できた。

[図 3][図 4]

[図 3] では、Jason を用いた本研究のエージェントが村人だったときに、村人陣営が勝利したときのパラメータの変更の前後を示している。1~16 までの数字は、各推定のルールを表したものである (数字 n は表 2 の上から n 番目のルールを示す)。例として推定のルール 12 を見ると、人狼のパラメータが上がり、狂人と霊能者のパラメータが下がっていることが分かる。よって、この実行結果から、村人が勝利したことにより、人狼のパラメータが上がり他の役職のパラメータが下がっていることが確認できる。

```

[client] From server: [win,villager] ← 勝利陣営の受信
[client] win
[client] 1,villager parameter[0.3],[0.7],[0],[0]
[client] 2,villager parameter[0.2],[0.8],[0],[0]
[client] 3,villager parameter[0.05],[0.05],[0.9],[0]
[client] 4,villager parameter[0.05],[0.05],[0],[0.9]
[client] 5,villager parameter[0.25],[0.7],[0.05],[0]
[client] 6,villager parameter[0.25],[0.7],[0],[0.05]
[client] 7,villager parameter[0.7],[0],[0],[0]
[client] 8,villager parameter[0.15],[0.8],[0.05],[0]
[client] 9,villager parameter[0.7],[0.2],[0],[0.1]
[client] 10,villager parameter[0.95],[0],[0],[0]
[client] 11,villager parameter[0.25],[0.7],[0.05],[0]
[client] 12,villager parameter[0.8],[0.15],[0],[0.05]
[client] 13,villager parameter[0],[0.05],[0.95],[0]
[client] 14,villager parameter[0],[0.2],[0.8],[0]
[client] 15,villager parameter[0.25],[0.5],[0.25],[0]
[client] 16,villager parameter[0.95],[0.05],[0],[0]
[client] parameter changed
[client] 1,villager parameter[0.3],[0.7],[0],[0]
[client] 2,villager parameter[0.2],[0.8],[0],[0]
[client] 3,villager parameter[0.05],[0.05],[0.9],[0]
[client] 4,villager parameter[0.05],[0.05],[0],[0.9]
[client] 5,villager parameter[0.25],[0.7],[0.05],[0]
[client] 6,villager parameter[0.25],[0.7],[0],[0.05]
[client] 7,villager parameter[0.7],[0],[0],[0]
[client] 8,villager parameter[0.15],[0.8],[0.05],[0]
[client] 9,villager parameter[0.7],[0.2],[0],[0.1]
[client] 10,villager parameter[0.95],[0],[0],[0]
[client] 11,villager parameter[0.25],[0.7],[0.05],[0]
[client] 12,villager parameter[0.802],[0.149],[0],[0.049]
[client] 13,villager parameter[0],[0.05],[0.95],[0]
[client] 14,villager parameter[0],[0.2],[0.8],[0]
[client] 15,villager parameter[0.252],[0.499],[0.249],[0]
[client] 16,villager parameter[0.95],[0.05],[0],[0]

```

図 3 勝敗結果によるパラメータ変更の実行結果 (村人勝利)

【図4】では、本研究のプレイヤーが村人だったときに、人狼陣営が勝利したときのパラメータの変更の前後を示している。推定のルール12を例に見てみると、人狼のパラメータが下がり、狂人と霊能者のパラメータが上がっていることが分かる。よって、この実行結果から、人狼陣営が勝利したことにより、人狼のパラメータが下がり他の役職のパラメータが上がっていることが確認できる。

```

[client] From server: [win,werewolf] ← 勝利陣営の受信
[client] lose
[client] 1,villager parameter[0.3],[0.7],[0],[0]
[client] 2,villager parameter[0.2],[0.8],[0],[0]
[client] 3,villager parameter[0.05],[0.05],[0.9],[0]
[client] 4,villager parameter[0.05],[0.05],[0],[0.9]
[client] 5,villager parameter[0.25],[0.7],[0.05],[0]
[client] 6,villager parameter[0.25],[0.7],[0],[0.05]
[client] 7,villager parameter[0.7],[0],[0],[0]
[client] 8,villager parameter[0.15],[0.8],[0.05],[0]
[client] 9,villager parameter[0.7],[0.2],[0],[0.1]
[client] 10,villager parameter[0.95],[0],[0],[0]
[client] 11,villager parameter[0.25],[0.7],[0.05],[0]
[client] 12,villager parameter[0.8],[0.15],[0],[0.05]
[client] 13,villager parameter[0],[0.05],[0.95],[0]
[client] 14,villager parameter[0],[0.2],[0.8],[0]
[client] 15,villager parameter[0.25],[0.5],[0.25],[0]
[client] 16,villager parameter[0.95],[0.05],[0],[0]
[client] parameter changed
[client] 1,villager parameter[0.3],[0.7],[0],[0]
[client] 2,villager parameter[0.198],[0.802],[0],[0]
[client] 3,villager parameter[0.05],[0.05],[0.9],[0]
[client] 4,villager parameter[0.05],[0.05],[0],[0.9]
[client] 5,villager parameter[0.25],[0.7],[0.05],[0]
[client] 6,villager parameter[0.25],[0.7],[0],[0.05]
[client] 7,villager parameter[0.7],[0],[0],[0]
[client] 8,villager parameter[0.15],[0.8],[0.05],[0]
[client] 9,villager parameter[0.7],[0.2],[0],[0.1]
[client] 10,villager parameter[0.95],[0],[0],[0]
[client] 11,villager parameter[0.25],[0.7],[0.05],[0]
[client] 12,villager parameter[0.798],[0.151],[0],[0.051000000000000004]
[client] 13,villager parameter[0],[0.05],[0.95],[0]
[client] 14,villager parameter[0],[0.2],[0.8],[0]
[client] 15,villager parameter[0.248],[0.501],[0.251],[0]
[client] 16,villager parameter[0.95],[0.05],[0],[0]

```

変更前

役職推定度を定めるパラメータ
人狼[W]狂人[P]占い師[S]霊能者[M]

変更後

図4 勝敗結果によるパラメータ変更の実行結果 (人狼勝利)

最後に、役職の公開により、役職推定度を決めるパラメータの変更が行われていることが確認できた。[図 5]

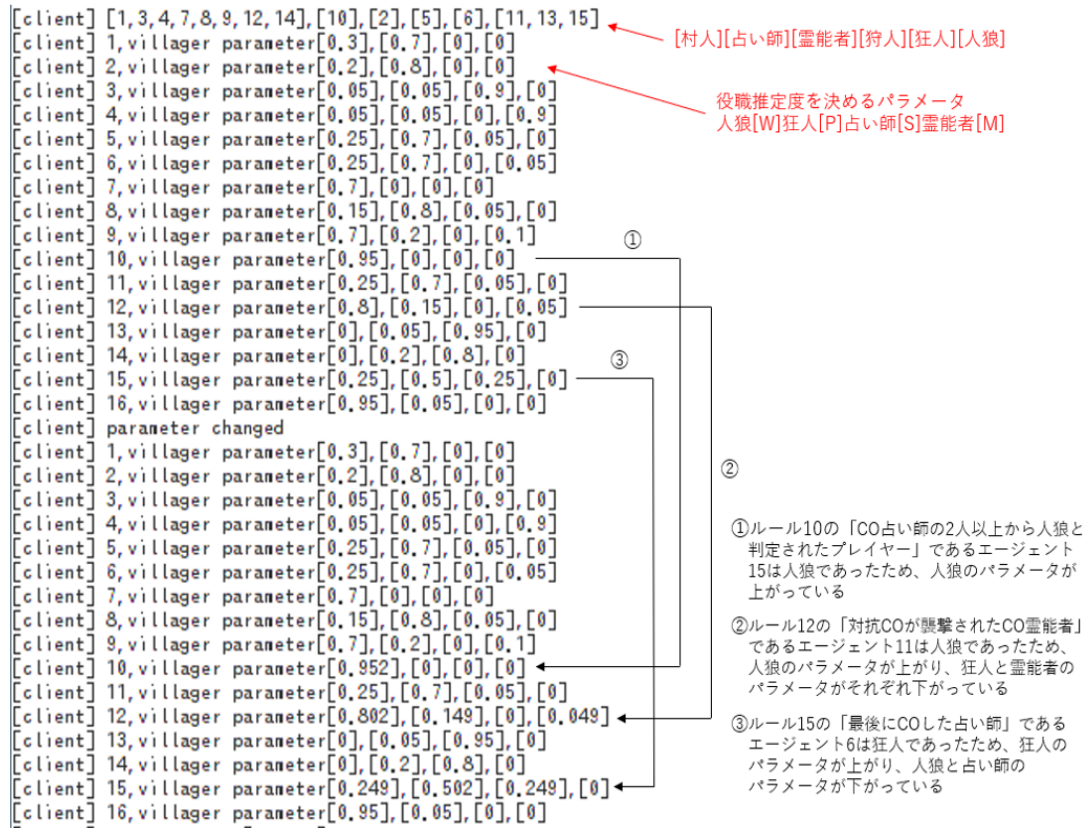


図 5 役職公開によるパラメータ変更の実行結果

4.2 実験結果

エージェントの強化が行われたかの検証として、村人陣営を、1人を Jason を使用しその他をサンプルプレイヤーとしたエージェントと、サンプルエージェントのみ、人狼知能大会参加エージェントとし、人狼陣営をサンプルエージェントと大会参加エージェントとしてそれぞれ対戦させて勝率を比較した。Jason のエージェントは役職が村人、占い師、霊能者、狩人の4役職をランダムで実行 [表 5] と、村人のみの実行 [表 6] の2つの方法で実行した。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3000回ずつ実行した。

[表 5][表 6] 中の「初期値」はパラメータを初期値で固定して実行したもの、「勝敗結果」は勝敗結果によりパラメータを変更したもの、「役職公開」は役職公開によりパラメータを変更したものを表す。

表 5 4役職ランダムでの結果

村人 人狼	サンプル	Jason・サンプル			大会参加
		初期値	勝敗結果	役職公開	
サンプル	9.16%	11.43%	9.8%	11.78%	99.9%
大会参加	65.92%	58.6%	59.8%	61.1%	100%

表 6 村人のみの結果

村人 人狼	サンプル	Jason・サンプル			大会参加
		初期値	勝敗結果	役職公開	
サンプル	9.15%	12.2%	10.33%	12.47%	99.9%
大会参加	68.62%	61.3%	59.9%	61.4%	99.9%

4.3 勝率の比較

まず、推定を行うことによる勝率の変化を比較してみる。その結果、サンプルエージェントに対しては勝率を上げることができたことが分かる。しかし、人狼知能大会参加エージェントを人狼陣営とした場合、村人陣営をすべてサンプルエージェントにした時と比べ、村人陣営に本研究のエージェントが混ざる方が村人の勝率は下がった。その要因として、推定に用いるルールの可用性の低さが考えられる。人狼知能大会参加エージェント（人狼）との対戦では、取り入れたルールの約半数が使われていなかったり、数回のみ推定となっているという課題が見られる。

さらに、本エージェントを村人のみとした場合と、4 役職をランダムで実行した場合とで比較したところ、人狼がサンプルエージェントの場合、4 役職での実行では勝率は上がったが、村人のみほどは上がらなかった。その要因として、村人以外の役職の推定の少なさが考えられる。さらに、狩人の護衛先の決定方法の戦略の不適切さが考えられる。これは、投票度のみ決定で、占い師や霊能者を優先して護衛するなどを考慮していないことが挙げられる。

最後に、役職推定度のパラメータの変更による勝率の変化を比較してみる。サンプルエージェント（人狼）と本エージェントの対戦で、勝敗結果によりパラメータを変更した結果、変更前よりも勝率が下がった。その要因として、パラメータの変更が期待と異なる方向に起きていること、特に村人の勝率がパラメータの変更に好ましくない影響を与えていることが挙げられる。「真の占い師と思われる CO 占い師」の推定のルールが例である。村人勝利時には、占い師のパラメータを上げ、その他を下げるようにし、逆に人狼勝利時には人狼と狂人を上げ、その他を下げるように設定している。サンプルエージェントと対戦する場合、人狼が勝利する確率が非常に高いため、人狼のパラメータが上がる確率が高くなり、占い師のパラメータが 0.9 であったのが 0 になってしまい、想定していた推定のルールとはまったく違う推定になってしまうという問題が見られる。

5 まとめ

本研究では BDI 論理に基づいた論理的思考ができる人狼エージェントの実現、およびその強化を目指した。エージェントの思考部分を Jason に任せ、論理的に他者の役職を推定することによって、エージェントを一部の相手に対しては強化することができた。

今後の課題として、どのようなプレイヤーに対しても有用な推定を取り入れることが挙げられる。サンプルエージェントに対しては使われているが人狼知能大会エージェントにはほとんど使われていない推定があったため、有用な推定の選別を行う必要がある。次に、人狼陣営の役職の実装が挙げられる。本研究では、村人陣営のみの実装を行ったため、狂人、人狼にも対応する必要がある。また、役職推定度を定めるパラメータの変更が期待と異なる方向に起きていることが分かったので、その改善も課題として挙げられる。さらに、推定に用いるルールの増加が挙げられる。本研究で取り入れた推定は占い結果や霊能結果から人狼を見つけ出すものが多かったため、発言内容や投票から人狼を見つけ出せるような推定を取り入れる必要がある。最後に、推定に用いるルールを目視ではなく (人狼 BBS などから) 自動的に抽出することが挙げられる。目視で探し出すには時間がかかってしまったため、短時間でさらに多くの推定に用いるルールを見つけ出せるように、自動的に抽出する必要があると考えられる。これらを解決することで、より強化された、論理的思考ができる人狼エージェントに近づくと考えられる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、丁寧かつ熱心に指導して下さった新出尚之准教授に心より感謝申し上げます。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, 片上大輔. 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, 片上大輔, 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. In *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. In *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/>.
- [6] Rafael H. Bordini, Jomi Fred Hübner, and Michael Wooldridge. *Programming multi-agent systems in AgentSpeak using Jason*. John Wiley & Sons, 2007.
- [7] 人狼サーバクライアントプロトコル説明 ver0.3.1. <http://www.aiwolf.org/aiwp/wp-content/uploads/2014/03/サーバクライアントプロトコルver0.3.1.pdf>.
- [8] 人狼BBS. <http://www.wolfg.x0.com/>.