

# 人狼ゲームにおける深層強化学習を用いたエージェント An Agent for Werewolf Game using Deep Reinforcement Learning

福田 宗理<sup>†</sup>  
Munemichi Fukuda

穴田 一<sup>†</sup>  
Hajime Anada

## 1. はじめに

近年、人工知能による将棋や囲碁などのゲームの大会が開催されている。その 1 つに人狼ゲームを行う人狼知能大会 [1] がある。人狼ゲームで勝つためには嘘をつく能力や、情報の真偽を見極める能力が要求される。これらの能力が向上することで、人工知能がより高度な判断が可能となり、人間に近づくと考えられる。そのため、この人狼知能大会が注目されている。

我々はこれまでの研究 [2] で、15 人狼においてニューラルネットワーク (NN) を用いて全ての会話情報を考慮し、各プレイヤーの役職を推定する役職推定モデルを構築した。

本研究では、役職推定モデルと DQN を用いて相手から自分への発言内容を状態として入力し、行動として発言の方向性を決める事で、相手の発言に対して受け答えができるエージェントを構築する。

## 2. 既存研究

### 2.1 人狼大会のルール

人狼ゲームは村陣営と狼陣営に分かれて、それぞれの陣営で勝ちを競うゲームである。村陣営は、人狼を全てゲームから除外する(以下、追放する)ことが勝利条件であり、狼陣営は、人間の数を人狼の数以下にすることが勝利条件である。

人狼大会では人狼ゲームを 5 人か 15 人で行い、本研究では 15 人狼を取り扱う。15 人狼の場合は各プレイヤーは役職(村人、占師、霊媒師、狩人、人狼、裏切り者)、種族(人間、狼)、陣営(村、狼)の属性を持つ。またプレイヤーの役職と種族、陣営は他のプレイヤーに非公開である。

村陣営は全て種族が人間の村人 6 人、占師 1 人、霊媒師 1 人、狩人 1 人である。村人は能力を持たない。占師は 1 日 1 人のプレイヤーの種族を調べる(以下、占い)ができる。霊媒師は 1 日 1 人の死んだプレイヤーの種族を調べる(以下、交霊)ができる。狩人は 1 日 1 人のプレイヤーを人狼の襲撃から守ることができる。狼陣営は人狼 3 匹で種族は狼、裏切り者 1 人で種族は人間である。人狼は人狼同士で会話を行える。また、1 日 1 人のプレイヤーをゲームから除外できる(以下、襲撃)。裏切り者は狼陣営が勝った時に共に勝利する特殊な役職である。

人狼ゲームには、昼と夜のフェイズが存在する。昼はプレイヤー同士で会話し、最後に追放投票を行う。狼陣営は時折嘘の発言をしてプレイヤーを騙し、都合の良い展開に持ち込もうとする。村陣営は狼陣営の嘘を見抜き、逆に人狼を見つけようとする。追放投票は全員で投票を行い、最多票のプレイヤーが追放される。夜は占師が 1 人を占いで種族を調べる、霊媒師が 1 人を交霊して種族を調べる、狩人が 1 人を守り、人狼が人狼同士で会話をした後に 1 人を襲撃する。また人狼ゲームはゲーム開始前に

<sup>†</sup> 東京都市大学大学院総合理工学研究科情報専攻  
Informatics, Graduate School of Integrative Science and Engineering, Tokyo City University Graduate School

占師が一度占いをを行い、ゲームを開始する。プレイヤー同士の会話はターン制である。発言は定型文で 1 日に 10 回まで可能であり、発言をしないことも可能である。全員が 1 回ずつ定型文を発言することを 1 ラウンドとし、これを複数ラウンド繰り返す。発言する順番はラウンド毎に無作為に決定する。

発言に用いる定型文の種類の一列を表 1 に示す。

表 1: 発言できる定型文の一列

発言	意味
ESTIMATE P R	P は R だと思う
COMINGOUT P R	P は R であると宣言する
DIVINATION P	P を占いたい
GUARD P	P を守る
ATTACK P	P を襲撃する
DIVINED P S	P の占い結果は S である
IDENTIFIED P S	P の霊媒結果は S である
GUARDED P	P を守った
ATTACKED P	P を襲撃した
VOTE P	P に投票する予定である
AGREE T	T に賛成する
DISAGREE T	T に反対する
REQUEST (P) T	(P) に T をして欲しい
INQUIRE P T	P に T を質問する
SKIP	パス
OVER	今日はもう喋らない

ここで、P はプレイヤー、R は役職、S は種族、T は発言を表している。

以下の 3 つの内どれかの条件を満たすと会話が終了し、追放投票に移行する。

- 全てのプレイヤーが OVER をする。
- 全てのプレイヤーが SKIP をするラウンドが 3 回連続する。
- 20 ラウンドが経過する。

### 2.2 役職推定モデル

人狼ゲームに強い人工知能を作る為には、プレイヤーの会話や占い結果の情報から誰が人狼かを精度よく推定する事が重要である。我々はこの研究で、NN を用いて以下に示すプレイヤーの特徴から各プレイヤーの役職を推定する役職推定モデルを構築した。このモデルではプレイヤーの役職が村人、占師、人狼、裏切り者である確率をそれぞれ出力する。入力の内容は以下の 6 種類である。

- 経過日数
- 追放投票で各プレイヤーが投票した対象
- 各プレイヤーの CO した役職とその時の経過日数、ターン数
- 推定対象者から他のプレイヤーへの発言内容
- 他のプレイヤーから推定対象者への発言内容
- 他のプレイヤー同士の発言内容

このモデルを自分以外の推定対象者のプレイヤー 1 人 1 人に使い、各プレイヤーの役職推定を行い、およそ 86.6% の正答率であった。

### 3. 提案手法

人狼ゲームに強い人工知能を作る為には、プレイヤーの会話や質問に対して受け答えができるエージェントが必要である。本研究では、役職推定モデルとDQNを用いて以下の表2, 3に示す状態と行動、報酬から相手の発言に対して受け答えができるエージェントを構築する。

状態として他のエージェントから自分のエージェントに対する発言とその発言者の特徴を入力する。また行動として発言内容の方向性を決め、具体的な発言内容は方向性に沿ってランダムに決める。そして報酬はゲームに勝利した場合に+1。敗北かつ死亡した場合は-1を与える。

入力内容(状態)は下記の4種類である。

- 日にち
- ターン数
- 発言者の特徴
- 発言内容

表 2:状態

状態	詳細	
日にち	日にち	現在何日目か
ターン数	ターン数	現在何ターン目か
発言者の特徴	発言者の推定役職	役職推定モデルの結果
	発言者の発言数	前日までの生存プレイヤーの平均発言数に対する偏差
	発言者と自分の意見が合う数	発言者が過去に発した推定発言と役職推定モデルの結果が一致している数
発言内容	信用	発言者が自分に対してESTIMATEで人間と発言した。または自分の発言に対して発言者が同意した。
	不信	発言者が自分に対してESTIMATEで人狼と発言した。または自分に対してVOTEした。または自分の発言に対して発言者が反対した。
	質問	発言者が自分に対してINQUIREした。
	要望	発言者が自分に対してREQUESTした。
	占い師	発言者が占い師COした。またはDIVINEDした。
	霊媒師	発言者が霊媒師COした。またはDIVINEDした。
	占い結果/霊媒結果	占いまたは霊媒の能力の対象となったプレイヤーが人間だった。または人狼だった。
	推定役職	役職推定モデルで占いまたは霊媒の能力の対象となったプレイヤーを推定した結果。
	発言者の発言数	能力の対象となったプレイヤーが前日までの生存プレイヤーの平均発言数に対する偏差
	発言者と自分の意見が合う数	能力の対象となったプレイヤーが過去に発した推定発言と役職推定モデルの結果が一致している数

出力内容(行動)は下記の7種類である。

- 人狼を排除する
- 無口のエージェントを排除する
- 自分が占い師であると主張する

- 自分が霊媒師であると主張する
- 他のエージェントが村人であると信じる
- 他のエージェントが占い師であると信じる
- 他のエージェントからの質問に答える

表 3:行動

発言の方向性	具体的な発言内容
人狼の排除	人狼の推定発言
	人狼への投票要請
	人狼へ質問
	人狼への占い希望
無口の排除	発言数が一番少ないプレイヤーに投票要請
自分が占い師であると主張する	占い師CO
	占い結果の報告
	他の占い師に対して偽者だと主張する
	事前に次に占う人物を宣言する
自分が霊媒師であると主張する	ESTIMATEで自分が占い結果で人間だと報告したプレイヤーが人間であると発言
	自分が占い結果で人間だと報告したプレイヤーの発言に同意する。
	霊媒師CO
他のエージェントが村人であると信じる	霊媒結果の報告
	他の霊媒師に対して偽者だと主張する
	ESTIMATEで役職推定モデルの結果で村人だと判断したプレイヤーが村人であると発言。
他のエージェントが占い師であると信じる	自分が役職推定モデルの結果で村人だと判断したプレイヤーの発言に同意する。
	ESTIMATEで役職推定モデルの結果で占い師だと判断したプレイヤーが占い師であると発言。
	自分が役職推定モデルの結果で占い師だと判断したプレイヤーの発言に同意する。
他のエージェントからの質問に答える	自分が役職推定モデルの結果で占い師だと判断したプレイヤーの占い結果に同意する。
	自分が役職推定モデルの結果で占い師だと判断したプレイヤーではない、別の占い師COをしたプレイヤーの占い結果に反対する。
	他プレイヤーの発言に同意する。
結果の詳細と考察は発表時に述べる。	他プレイヤーの発言に反対する。
	他プレイヤーからの質問に回答する。
	他プレイヤーの要望に従う。
	他プレイヤーの要望に反対する。

### 参考文献

- [1] 人狼知能プロジェクト <http://aiwolf.org/>
- [2] 福田宗理, 穴田一: “15 人狼ゲームにおける会話情報による役職推定モデル” 人工知能学会全国大会論文集, JSAI2020, 2F5-OS-20b-01