

ワンナイト人狼を対象とした投票行動の特徴分析

Analysis of Voting Behavior in One Night Werewolf

西崎 絵麻¹ 尾崎 知伸^{2*}
Ema Nishizaki¹ Tomonobu Ozaki²

¹ 日本大学大学院 総合基礎科学研究科

¹ Graduate School of Integrated Basic Sciences, Nihon University

² 日本大学 文理学部

² College of Humanities and Sciences, Nihon University

Abstract: The werewolf game is a multiplayer party game, and it is recognized widely as a new standard problem for artificial intelligence. One promising research strategy towards the realization of the intelligent artificial agents for the werewolf games is to reveal useful insight and knowledge of human players behaviors by discovering distinctive characteristic and tendency from large volume of human play logs. In this paper, we focus on a simplified variant of werewolf game named ‘One Night Werewolf’, and prepare the play log data of hundred games by ten human players. Intensive analyses are applied to the log data from the aspect of voting behaviors. They include comparisons of the distribution of voting destinations, analyses of the reasons for voting, voting network analyses, and vote prediction by machine learning. Through the analyses, we discuss characteristic behaviors on the vote in One Night Werewolf.

1 はじめに

近年、人工知能における新たな標準問題として、多人数インタラクショナルゲームである人狼を対象とした人狼知能 [1, 2, 3] に関する研究が盛んに行われている。人狼ゲームには、対面式で行うゲームや音声のみで行うゲーム、インターネット上の掲示板を用いて1週間程度に渡り行われる人狼 BBS¹、参加人数を限定し1ゲーム10分間程度で行うワンナイト人狼など、様々な形式が存在する。これらに共通する人狼ゲームの特徴として、不完全情報ゲームであり各参加者が持つ情報が異なることに加え、勝利には、相手を騙す行為や嘘を見破る行為、信頼を得る行為などの高度な振る舞いが求められることなどが挙げられる。人狼知能研究では、ゲームにおいて人間の様に振る舞うことのできる高度なエージェント・人工知能の開発を目指しているが、人間のプレイログを分析し、特徴や傾向といった行動に関する知見を獲得することは、人狼知能の実現に向けた一つの有力な方法と認識され、これまでに様々な研究が行われている。

Chittaranjan ら [4] は、対面式の人狼ゲームにおいて嘘をつく行為や怪しい振る舞いを検出するため、発

言の時間や回数、会話を妨害された回数などに着目し、身体の動きや表情、発話情報の分析を行った。また稲葉ら [5] は、人狼 BBS における占い師の占い先と処刑対象の投票先に関し、同調（他プレイヤーから出された意見や主張に賛同する行為）と反駁（意見や主張に論じ返す行為）に着目した分析を行っている。同じく人狼 BBS を対象に、平田ら [6] は、プレイヤー自身による役職の表明と能力者による役職の判定に関する情報を用い、エージェントの行動モデルの一つとして、任意の局面における行動選択確率を導出した。また大澤ら [7] は、人狼ゲームが成り立つ最小人数の3者間人狼（村人、占い師、人狼）を対象に、村人、占い師、人狼の3人で起こりうる可能なパターンを列挙し、各プレイヤーがどこまで行動の選択肢を削減できるか示している。その他にも、行動記述の標準化（プロトコル化）[8] や勝率 [9, 10]、プレイヤーの役職推定 [11, 12] などに関し、広く研究が展開されている。

本論文では、ワンナイト人狼のプレイログを分析の対象とする。詳細なルールは後述するが、ワンナイト人狼はゲーム当たりのプレイ時間が短く、一回の投票行動で勝敗が決する。またプレイヤー数が少なく、人狼同士のコミュニケーションも制限されている。従って、各プレイヤーは少ない情報を頼りに短期間に他者の発言の真否や意図を判断することが求められる。また同時に、失言等のリカバリーが難しいため、一つ一つの行

*連絡先：日本大学文理学部情報科学科
〒156-8550 東京都世田谷区桜上水 3-25-40
E-mail: tozaki@chs.nihon-u.ac.jp

¹<http://www.wolfg.x0.com/>

動をより慎重に行うことが重要となる。これらの制約の中で、各陣営は勝利のために投票先を揃える必要があるため、各プレイヤーは無意味で冗長な行動を避け、勝利に直結する人狼ゲームに特有な行為（相手を騙す行為や嘘を見破る行為、信頼を得る行為など）を高い密度で行うと期待できる。

本研究では、10名の被験者によるワンナイト人狼100ゲームのプレイログを収集し、特に投票行動に着目した分析を行う。具体的には、投票先の役職分布（3章）や投票理由（4章）、投票構成（5章）についてそれぞれ分析を行い、傾向や特徴を明らかにする。加えて、機械学習手法を用いて得票の予測モデルを構築する（6章）。これらを通じ、制限された状況下ではあるが、人狼知能実現に有益となる知見の獲得を目指す。

2 データセットの構築

2.1 ワンナイト人狼のルール

プレイヤーは人間陣営（村人、占い師、怪盗）と人狼陣営（人狼）に分かれてゲームを行う。ゲーム開始時に、人間陣営のプレイヤーには自身の役職のみが知らされ、人狼陣営のプレイヤーには全プレイヤーの所属陣営が知らされる。ゲームは大きく2つに分かれ、夜フェーズ、昼フェーズの順に各フェーズが行われる。

夜フェーズでは、特殊能力を持つ人間、すなわち占い師と怪盗のみが行動を行う。占い師は、選択したプレイヤー1名が人狼であるか否かを知る。また怪盗は、選択したプレイヤー1名と役職を交換するか否かを選択する。ただし、能力者や人狼と交換した場合でも交換先の役職が持つ情報を得ることはできない。また交換されたプレイヤーの役職は怪盗となるが、その情報は知らされないままゲームが進行する。

昼のフェーズでは、プレイヤー全員で議論を行う。議論を通じ、村人陣営のプレイヤーは人狼を見極めようとし、また人狼陣営のプレイヤーは村人陣営を騙そうとする。議論終了後、全プレイヤーが人狼と疑わしきプレイヤーへ投票を行い、最多票のプレイヤーが処刑される。ここで、処刑されたプレイヤーが人狼であれば人間陣営の勝利、そうでなければ人狼陣営の勝利となる。

2.2 データセットの収集

対面式人狼の経験者2名を含む、ワンナイト人狼のプレイ経験のない10名の大学生を被験者とした。被験者をランダムに各5名の2グループに分け、各グループで5ゲームを行うことを10回繰り返し、合計100ゲームのワンナイト人狼のプレイログを収集した。なお今回は、各役職ごとの割り当て人数上限を村人2名、占

い師1名、怪盗1名、人狼2名としている。以下に、各ゲームとデータ収集の流れを示す。

1. 役職の配布と能力行使（夜フェーズ）：各プレイヤーに、村人・占い師・怪盗・人狼のいずれかの役職をランダムに割り当てる。その後、占い師と怪盗が特殊能力を行使する。
2. 議論（昼フェーズ）：プレイヤー全員で、5分間の議論を行う。
3. 質問（昼フェーズ）：各プレイヤーあたり最大1回、他のプレイヤーを選択し質問を行う。
4. 投票（昼フェーズ）：各プレイヤー1票、人狼と疑わしきプレイヤーに投票する。なお、最多得票者が複数いる場合は、対象者を除いたプレイヤーにより決選投票を行う。
5. ゲーム情報の記録：各プレイヤーは、それぞれ下記の項目を記録する。
 - 自分の役職
 - 表明（カミングアウト、CO）した役職
 - 能力行動
 - 同調・反駁・推測・ついた嘘の内容・理由
 - 質問内容・質問理由
 - 投票先・投票理由
6. 結果発表：処刑者および勝利陣営を発表する。

2.3 勝率と各行動の数

収集したデータセットにおける人狼の勝率は43%（人間勝利57ゲーム、人狼勝利43ゲーム）であった。この結果は、人狼BBS1571ゲームにおける人狼の勝率38.2%[?]よりも5%程度大きく、より人狼が有利な状況であることが分かる。

また、ゲームセットにおける各行動の回数は、同調：300回、反駁：188回、推測：966回、嘘：186回であった。最も行動回数が多かった推測に関しては、1ゲームあたり最低1回は推定行動を行っているプレイヤーが7名おり、内2名は1ゲームあたり2回以上の行動を行っている。これに対し、同調、反駁、嘘の行動回数はプレイヤーによって様々であり、また、1ゲームあたり最低1回以上行動しているプレイヤーは存在しなかった。同調、反駁は、信頼するプレイヤーを見極めるために必要な行動であるが、推測行動で能力者や人狼を探すプレイヤーが多く、結果としてそれ以外の行動が少なくなったためと推察される。

表 1: 投票先が人狼である確率

投票者の役職	村人	占い師	怪盗
投票先が人狼である確率	0.41	0.50	0.50

表 2: 100 ゲームを対象とした投票先の分布

投票者 \ 投票先	村人	占い師	怪盗	人狼
村人	0.13	0.17	0.20	0.44
占い師	0.02	0.00	0.04	0.22
怪盗	0.11	0.06	0.00	0.27
人狼	0.72	0.75	0.74	0.05

3 投票先の役職分布に着目した分析

各役職のプレイヤーが人狼に投票する確率は、

条件 1 村人は、ランダムに投票先を決定する。

条件 2 占い師と怪盗は、能力行使対象が人狼であった場合はそのプレイヤーに、そうでない場合は行使対象外プレイヤーからランダムに投票する。

という条件の下、表 1 のように計算される。持っている情報量の違いに起因して、村人が人狼へ投票する確率は占い師と怪盗のそれより 10%程度低いことが分かる。

以下ではこれらの値を投票における正確さの目安とし、投票先の傾向や特徴を把握するために (1) 全 100 ゲーム、(2) 役職割り当て状況、(3) 勝利陣営の 3 つの観点から分析を行う。なお、役職は怪盗による能力行使前のものを基準とし、また決選投票は対象としない。

3.1 全 100 ゲームを対象とした投票先の分布

表 2 に、全 100 ゲームを対象とした投票先の分布を示す。表からわかる通り、村人、占い師、怪盗が人狼に投票した割合はすべて 70% を超え、いずれもランダムに人狼に投票する確率 (表 1) より高いことが分かる。特に村人に関しては、ランダム投票では能力者 (占い師・怪盗) より 10%程度確率が低いにもかかわらず、実際には能力者とほぼ同等の確率で人狼を当てることに成功している。これは、能力者が持つ情報を上手く利用しているためと考えられる。

一方、人狼の投票先は、村人 44%、占い師 22%、怪盗 27% であり、役職としては村人に票を集めていることが分かる。このことから、人狼陣営の勝率を上げる戦略の一つとして、投票先を村人に揃え、人間陣営プレイヤーの投票先を村人へと促すことが考えられる。

表 3: グループ別のゲーム数・役職構成・各陣営の勝率

グループ	ゲーム数	村人	占い師	怪盗	人狼	人間勝率	人狼勝率
1	13	2	1	0	2	0.46	0.54
2	21	2	0	1	2	0.38	0.62
3	37	2	1	1	1	0.56	0.44
4	29	1	1	1	2	0.76	0.24

表 4: グループ別の投票先の分布

グループ	投票者 \ 投票先				
	村人	占い師	怪盗	人狼	
グループ 1	村人	0.15	0.31	—	0.69
	占い師	0.12	0.00	—	0.31
	怪盗	—	—	—	—
	人狼	0.73	0.69	—	0.00
グループ 2	村人	0.19	—	0.29	0.48
	占い師	—	—	—	—
	怪盗	0.24	—	0.00	0.40
	人狼	0.57	—	0.71	0.12
グループ 3	村人	0.15	0.24	0.27	0.51
	占い師	0.01	0.00	0.03	0.27
	怪盗	0.09	0.05	0.00	0.22
	人狼	0.74	0.70	0.70	0.00
グループ 4	村人	0.03	0.00	0.07	0.26
	占い師	0.00	0.00	0.10	0.33
	怪盗	0.10	0.10	0.00	0.34
	人狼	0.86	0.90	0.83	0.07

3.2 役職割り当て状況別の投票先の分布

役職の割り当て方に従い、100 ゲームを 4 つのグループに分ける。各グループのゲーム数と役職構成 (各役職者数)、人間の勝率を表 3 に示す。表に示す通り、グループ 3 と 4 にはすべての役職が存在するが、グループ 1 では怪盗が、グループ 2 では占い師がそれぞれ存在しない。また表 3 より、グループ 1 と 3 では、両陣営間の勝率に大差はないことが分かる。一方、占い師が存在しないグループ 2 では人狼の勝率が、グループ 4 では人間の勝率がそれぞれ高い。

グループ 1~4 の投票先の分布を表 4 に示す。グループ 1 と 2 は、村人 2 人、人狼 2 人に能力者 1 名という構成である。したがって、占い師もしくは怪盗が存在するときの投票状況の差に着目することで、各能力者の重要性を考察することが可能である。

グループ 1 における占い師及びグループ 2 における怪盗の投票先は、共に村人が 30%程度、人狼が 70%程度と大きな差は確認できない。しかし、村人が人狼へ投票した割合は、怪盗がいないグループ 1 では 73%であ

表 5: 各陣営の勝利ゲームを対象とした投票先の分布

	投票者				
	投票先	村人	占い師	怪盗	人狼
人間勝利	村人	0.05	0.04	0.06	0.32
	占い師	0.00	0.00	0.04	0.27
	怪盗	0.13	0.06	0.00	0.33
	人狼	0.81	0.90	0.90	0.08
人狼勝利	村人	0.23	0.39	0.41	0.60
	占い師	0.05	0.00	0.05	0.17
	怪盗	0.10	0.06	0.00	0.21
	人狼	0.63	0.55	0.54	0.03

るのに対して、占い師がいないグループ2では57%と大きな差が存在する。さらに、村人が人狼に投票した割合を全グループで比較をしたとき、占い師がいないグループ2を除き、村人が人狼へ投票した割合は70%を超えている。これらのことから、情報を持たない村人は、占い師の情報を得ることで人狼への投票率が上がると推測される。占い師がいないグループ2は、他のグループと比べ人狼の勝率が高いことから、占い師はゲームの勝敗を左右する存在であることが分かる。

次に、村人への投票状況（村人の得票状況）について考察する。グループ4を除き、人狼の最頻投票先は村人であり、過半数を超えている。加えて、能力者から村人への投票率は20～30%程度と決して低くない。人間の勝率が70%を超えるグループ4では、人狼の投票先は村人26%、占い師33%、怪盗34%と、投票先が分散している。これらのことから、人間は村人への誤投票を減らすことが重要であり、人狼は村人に疑いの目を向ける様に行動する必要があると考えられる。

3.3 勝利陣営別の投票の分布

投票先の分布を勝利陣営毎に比較することで、勝利陣営の見られる特徴について考察を行う。

表5に、各陣営の勝利ゲームの投票先の分布を示す。表より、人間勝利ゲームにおいて人間陣営が人狼へ投票する割合は、ランダムで求めた確率（表1）の1.8～2倍程度であることが分かる。一方、人狼勝利ゲームでは、人間勝利ゲームおよび全100ゲーム（表2）と比較して、村人に投票する割合が全役職において大きいことが分かる。これは、人狼が他のプレイヤーを騙し、ある村人が人狼であるという疑念を抱かせることに成功している結果であると考えられる。

表 6: カテゴリ化済み投票理由と出現回数

投票理由	出現回数
占い師の能力結果から	92
話し合いの結果から	88
他プレイヤーと票を合わせるため	61
人間陣営に票を集めるため	53
怪盗の能力結果から	38
消去法で投票	38
CO 関連	26
2 択で怪しい方へ	20
発言数関連	19
能力者対抗	17
投票関連（決選投票にしたい等）	17
質問内容が影響	3
その他	28
合計	500

4 投票理由の分析

各プレイヤーは、「話の辻褄が合わない」「占い師の占い結果を信じる」など様々な理由に基づき投票先を決定する。以下では、投票理由を表6に示す13のカテゴリに分け、投票理由の観点から、議論や質問、能力者の能力がどの様に影響しているか考察する。

4.1 100ゲームを対象とした投票理由の分類

最も多い投票理由は、92件の「占い師の能力結果から」であり、全体の約20%を占める。この92件の内訳は、以下の通りである。

- （人間陣営）占い師が人狼と判定したプレイヤーに投票する：77回
- （人間陣営）自身を人狼と判定した偽占い師に投票する：6回
- （人狼陣営）自身を人狼と判定した本物の占い師に投票する：9回

ここで、本物の占い師が人狼を占うことのできたゲームは、79ゲーム中35ゲームである。この結果より、人狼を判定した占い師だけではなく、占い師を本物と信じた人間陣営のプレイヤーが「占い結果」を投票理由とすることが多いことが分かる。一方、自身を人狼と判定した占い師へ投票するという行動は、陣営に関わらず自然な行動であるが、占われたプレイヤーのみが対象となるため、回数が少ないと考えられる。また、理由全体の20%を占める点からも、本物・偽物に関わらず、

人狼ゲームにおいて占い師が両陣営に与える影響は大きく、非常に重要な役職であることが再確認できる。

2 番目に多い投票理由は、88 件の「話し合いの結果から」である。詳細な理由としては、「議論内容から人狼と推測した」という曖昧なものから、「発言の矛盾を見つけたから」、「人狼と決めつける発言をしていたから」のような相手の発言に着目したものが認められた。以下に、いくつかの主要な理由を示す。

- 発言の矛盾を見つけたから：9 回
- 人狼と決めつける発言をしていたから：9 回
- 村人アピールをしすぎているから：1 回
- 誘導行為がしつこいから：1 回
- 発言量が少ない：16 回
- 発言量が多すぎる：3 回

人狼 BBS などの長期にわたる人狼とは異なり、議論時間の短いワンナイト人狼では一旦行った行動・発言を訂正することは難しい。しかし、矛盾を恐れ発言数が少なくなってしまうと、議論に参加する意思がないとみなされ、人狼と疑われる可能性が高まる。また発言が極端に多くても、何らかの策を講じていると疑われてしまう。これらの結果から、人狼と疑われないためには、発言を適度な量にコントロールする必要があることが伺える。

3 番目と 4 番目に多い投票理由は、61 件の「他のプレイヤーと票を合わせるため」と 53 件の「人間陣営に票を集めるため」である。各々の主な詳細は以下の通りである。

- 他のプレイヤーと票を合わせるため
- (人狼陣営) 周囲から人狼と推測されているため：21 回
- (人狼陣営) 仲間と票を合わせるため：20 回
- (人間陣営) 他の村人に票を合わせるため：10 回
- 人間陣営に票を集めるため
- (人狼陣営) 村人に票を集めるため：40 回
- (人狼陣営) 占い師に票を集めるため：11 回
- (人狼陣営) 怪盗に票を集めるため：2 回

上記の詳細理由より、周囲から人狼と予測されていることや、占い師などの役職を特定したという理由から、人狼は票が集まりそうなプレイヤーや、役職を持たない村人へと票を集める傾向があることが分かる。この傾向は、人狼勝利ゲームでは票が村人に集まってい

るという 3.3 節の結果とも一致する。また実際、データセット中の人狼による投票 163 回の内、約 25% が「投票先が村人であること」を投票理由としている。

4.2 人狼による投票先の一致

今回のルールでは、人狼が 2 名いる場合でも直接相談をすることはできない。しかし、オープンな議論の中で人狼同士が投票先を揃えることができた場合、人狼にとって非常に有利な状況を作り出すことができる。すなわち、人間陣営の 3 票がどちらかの人狼に集まらない限り決選投票以外では処刑されることはなく、また人間陣営のプレイヤーの内、1 名の投票先を誘導すれば勝利することができる。

今回のデータセットに含まれる人狼 2 名構成の 63 ゲームにおいては、42 ゲーム (村人：20 ゲーム、占い師：9 ゲーム、怪盗 13 ゲーム) で人狼の投票先の一致が確認された。すなわち、人狼 2 名構成のゲームの約 30% において、投票先が村人に揃えられていることとなる。以下に、投票先を揃えることができた場合の主な投票理由をまとめる。

- 村人に投票を集めるため：21 回
- 仲間の票と合わせるため：13 回
- まわりから人狼と推測されているから：9 回
- 消去法：9 回

これらの結果から、人狼プレイヤーが確実に村人であるプレイヤーに対し投票を行うことで、投票を合わせられる可能性が高まると考えられる。

5 投票ネットワーク

今回のデータセットでは、59 種の投票ネットワークが構成された。頻度上位 6 件を図 1 に示す。また表 7 に、得票構成毎のゲーム数と種類数および各陣営の勝利数を示す。表中の得票構成とは、(0 票を除く) 各プレイヤーの得票数を並べたものであり、投票ネットワークにおける入次数列に相当する。例えば“4_1”は 4 票獲得したプレイヤーが 1 名、1 票獲得したプレイヤーが 1 名いることを表し、また“2_2_1”は 2 票獲得したプレイヤーが 2 名、1 票獲得したプレイヤーが 1 名いることを表す。一方、表中のパターンとは、得票者の役職をも考慮する場合に相当する。

以下では、投票ネットワークの構成や頻出するパターンに着目し、役職構成の状況に応じた投票パターンの特徴について議論する。

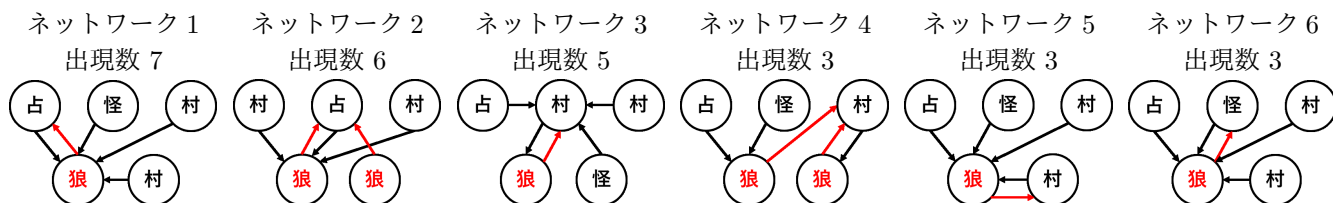


図 1: 投票ネットワーク

表 7: 得票構成別ゲーム数, パターン数および勝利陣営

投票構成	ゲーム数	パターン数	人間勝利数	人狼勝利数
4.1	33	15	19	14
3.2	31	16	20	11
2.2.1	19	16	7	12
3.1.1	13	8	7	6
2.1.1.1	4	4	3	1

5.1 頻出投票ネットワーク

頻度上位のネットワーク (図 1) の共通点として、占いや怪盗といった能力者がいることが分かる。ネットワーク 1, 3, 5, 6 は、いずれもグループ 3 (役職構成、村人: 2 名, 占い師: 1 名, 怪盗: 1 名, 人狼: 1 名) に関するネットワークである。ネットワーク 1, 5, 6 では人狼が 4 票獲得、ネットワーク 3 では村人が 4 票獲得と、いずれも圧倒的な投票差で勝負がついていることが分かる。以下でも示すが、ワンナイト人狼では、比較的票が集まりやすい傾向が確認できる。

5.2 得票構成別の投票行動の分析

まず、投票先が 2 名に分かれたことに対応する得票構成 4.1 と 3.2 について考察を行う。

得票構成 4.1 と 3.2 において、人狼が 2 名出現するパターン数は以下の通りである。

- 4.1: 10 パターン (人狼投票先の一致: 7 パターン)
- 3.2: 8 パターン (人狼投票先の一致: 8 パターン)

特に構成 3.2 では、人間陣営が 1 人でも投票先を誤ると勝利陣営が変わる可能性が大いにあるため、人狼陣営だけでなく人間陣営も投票を揃えることが重要であることが分かる。

構成 3.2 において人狼が 1 名出現するパターン数は 8 パターン存在する。このうち、人狼へ 3 票、人間へ 2 票というパターンは 6 パターンであった。また人狼が 1 名である役職構成 (グループ 3) の 37 ゲームにおい

ては、4.1, 3.2 の得票構成で人狼が最多票を獲得したゲームが 21 ゲーム (約 57%) と非常に多い。この原因として、人狼が 1 名の役職構成では両能力者 (占いや怪盗) が同時に存在することとなり、役職騙りをためらってしまうことがあげられる。結果として、占いや怪盗に占われてしまった場合や怪しい行動をした場合、弁解しきれず処刑されてしまっている可能性が高い。

また、人狼が最多票を獲得したゲームでは、4.1 では 6 パターンすべて、3.2 では 11 パターン中 10 パターンで占いや怪盗が存在している。このことから、占いや怪盗が存在している場合、人間陣営は高い確率で人狼に票を揃えることができていることが伺える。

次に、投票先が 3 名以上に分かれたことに対応する得票構成について考察を行う。

得票構成 2.2.1 においては、人狼が 2 名のパターンは 11 パターンであり、そのうち 3 パターンでのみ人狼による投票先の一致が見られた (図 1 のネットワーク 4)。また残りの 8 パターンのうち、人狼による投票先が一致していた場合に人狼が勝利するパターンは 6 パターンであった。これらの結果より、仲間の投票先を推測できるか否かが、勝敗に直接関わる重要なポイントとなると考えられる。

構成 3.1.1 では、人狼 2 名のパターンは 7 パターンあり、そのうち 5 パターンで人狼による投票先の一致が確認された。これは、人間陣営の投票先が完全に分散した結果である。また構成 2.1.1.1 は、人間陣営は人狼を特定することが出来ず、また人狼陣営も投票先を合わせることでできない状態を表している。構成 3.1.1 と 2.1.1.1 は、合計で 17 ゲームしかなく、多くの場合で人狼もしくは人間陣営により票の取りまとめが行われていることが伺える。

6 得票予測モデルの構築

各プレイヤーの得票状況を目的変数とし、決定木を用いて得票予測モデルの構築を行った。具体的には、500 事例 (100 ゲーム × 5 名) を対象に、得票の有無 (得票あり ⊕: 241 事例, 得票なし ⊖: 259 事例) を目的変

数とした。また、説明変数には以下の15種（カッコ内は属性名）を利用した。

- カミングアウト順 (co_ord)² : {1,2,3,4,5}
- カミングアウトした役職 (co_role) : { 村人, 占い師, 怪盗, 人狼 }
- (村人/占い師/怪盗/人狼) と CO したプレイヤー (に同調/に反駁/を推測) したか : {True, False}
属性名は, 同調 (agr), 反駁 (disagr), 推測 (est) と村人 (v), 占い師 (s), 怪盗 (t), 人狼 (w) の対で表現する。
- 質問内容 (qst) : {none, q₀, q₁, ..., q₈}

ここで、質問内容の属性値のそれぞれの意味は、以下の通りである。

- none : 質問をしなかった
- q₀ : 投票先を尋ねる
- q₁ : 役職を尋ねる
- q₂ : 誰が (人狼/村人/占い師/怪盗) だと思いか尋ねる
- q₃ : 能力者の行動に対する内容
- q₄ : 役職構成について尋ねる
- q₅ : CO に関連した内容
- q₆ : 疑いをもっているプレイヤーに尋ねる
- q₇ : 自分を人狼と推測した理由を尋ねる
- q₈ : その他

構築された決定木を図2に示す。各クラスのF値は、得票あり0.519、得票なしが0.574であり、必ずしも十分な精度が得られたとは言えないが、中間ノード数16、高さ6、葉数21と比較的複雑であり、複数の行動が得票に関係しているが分かる。

属性 co_ord (CO 順) に着目すると、例えば根ノードの子として現れる co_ord では最初に CO を行った (≤ 1) プレイヤーは投票されることはないなど、いずれも CO 順が小さいプレイヤーは投票されにくいことを示している。またこの属性は、3ヶ所で葉ノードの親として現れており、各プレイヤーはさまざまな条件の中、最終的に CO した順番で投票先を決めている可能性が示唆される。CO に関する事項を投票理由とするケース

²ルール上必須ではないが、ワンナイト人狼では、議論を円滑に行うためにプレイヤー全員が CO する場合が多い。なお今回のデータセットでは、全ゲームで全プレイヤーが CO を行っている。

も少なくとも(4章)、これらより、COのタイミングが各プレイヤーの投票行動に大きく影響していることが分かる。

今回の実験では、得票の有無を目的変数としているが、人間陣営のプレイヤーから見ると、人狼と疑われたか否かだけでなく、人狼のターゲットとされたか否かという要素を含むこととなる。これらを分離するためには、投票理由による分類や、投票数を目的変数とするなど、更なる分析が必要となる。

7 まとめと今後の課題

本論文では、ワンナイト人狼100ゲームのプレイログを対象に、投票先の役職分布と投票理由、投票構成、得票モデルについてそれぞれ分析を行い、傾向や特徴について考察を行った。その結果として、投票先の決定に占い師の能力結果が大きく寄与していることや、役職割り当て毎に勝率や投票ネットワークに関する傾向が異なることなどが確認された。

今後の課題の一つとして、経験の異なる被験者を対象としたデータの収集と分析があげられる。本研究における被験者は、ワンナイト人狼の初心者であり、必ずしも嘘や説得に長けているわけではない。各役職での振る舞いに関して経験豊かで高度な知識を持った被験者を採用することで、より多様かつ高度な戦略や行動パターンが観測されることが期待できる。またこれらを初心者の行動と比較することで、人狼に対する経験の蓄積や熟達に関する知見が得られると考えている。

別の課題として、人狼BBSとの比較があげられる。ワンナイト人狼と人狼BBSでは、役職構成や一部のルールが異なるが、人狼BBSでも初日は情報がない中で議論を行うこととなり、また最終日(勝敗が決定する日)ではその投票により勝敗が決するなど、ワンナイト人狼と類似する状況が発生する。これらの類似場面において、ワンナイト人狼における特徴や傾向がどの程度当てはまるのか、また人狼BBSとワンナイト人狼での特徴的な違いは何かなどを、詳細に比較・検証することを予定している。

参考文献

- [1] 鳥海 不二夫, 片上 大輔, 大澤 博隆, 稲葉 通将, 篠田 孝祐, 狩野 芳伸:『人狼知能』, 森北出版 (2016)
- [2] 狩野 芳伸, 大槻 恭士, 園田 亜斗夢, 中田 洋平, 箕輪 峻, 鳥海 不二夫 (著), 人狼知能プロジェクト (監修):『人狼知能で学ぶAIプログラミング』, マイナビ出版 (2017)

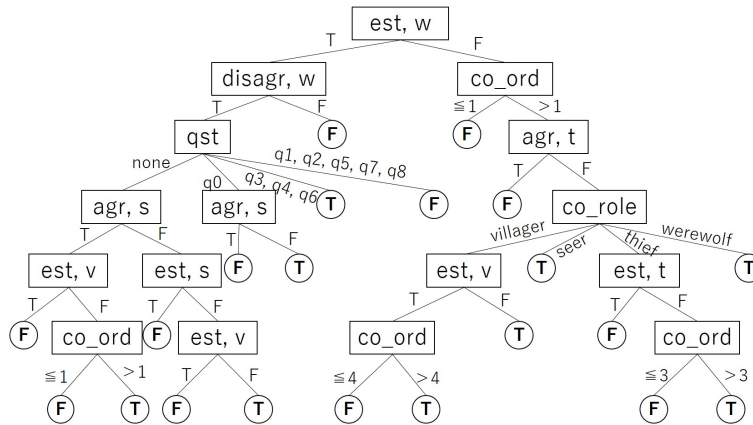


図 2: 決定木による投票予測

- [3] 篠田 孝祐, 鳥海 不二夫, 片上 大輔, 大澤 博隆, 稲葉 通将: 汎用人工知能の標準問題としての人狼ゲーム, 第 28 回人工知能学会全国大会, 2C4-OS-22a-3 (2014)
- [4] G. Chittaranjan and H. Hung : Are you Awere-wolf? Detecting deceptive roles and outcomes in a conversational role-playing game, *2010 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*, pp.5334-5337 (2010)
- [5] 稲葉 通将, 鳥海 不二夫, 大澤 博隆, 片上 大輔, 篠田 孝祐, 西野 順二: 同調と反駁に着目した人狼ゲームの分析, 第 28 回人工知能学会全国大会, 1E4-OS-23a-1 (2014)
- [6] 平田 佑也, 稲葉 通将, 高橋 健一, 鳥海 不二夫, 大澤 博隆, 片上 大輔, 篠田 孝祐: プレイログから獲得した行動選択確率を用いた人狼ゲームのシミュレーション, 第 29 回人工知能学会全国大会, 1F2-1 (2015)
- [7] 大澤 博隆, 佐藤 健: 3 者間人狼における戦略の検討, 第 30 回人工知能学会全国大会, 2F4-3 (2016)
- [8] 大澤 博隆: コミュニケーションゲーム「人狼」におけるエージェント同士の会話プロトコルのモデル化, HAI シンポジウム 2013, P19 (2013)
- [9] 西野 順二: 自然な人狼の勝率, 情報処理学会 研究報告ゲーム情報学, 2015-GI-33(18), pp.1-5 (2015)
- [10] 稲葉 通将, 鳥海 不二夫, 高橋 健一: 人狼ゲームデータの統計的分析, ゲームプログラミングワークショップ 2012 論文集, 2012(6), pp.144-147 (2012)
- [11] 阪本 真基, 上野 敦志, 田窪 朋仁: プレイヤの発言に基づいた人狼ゲームの役職推定, 情報処理学会 研究報告ゲーム情報学, 2016-GI-35(12), pp.1-6 (2016)
- [12] 林 友超, 呉 双, 板東 勇樹, 宇津呂 武仁: 制約充足による人狼ゲームの役職絞り込み, 第 31 回人工知能学会全国大会, 1N1-1in2 (2017)