

ワンナイト人狼における投票行動の分析

Analysis of Voting Behavior in One Night Werewolf

西崎 絵麻^{*1} 坂口 早紀^{*1} 尾崎 知伸^{*2}
 Ema Nishizaki Saki Sakaguchi Tomonobu Ozaki

^{*1}日本大学 大学院 総合基礎科学研究科

Graduate School of Integrated Basic Sciences, Nihon University

^{*2}日本大学 文理学部

College of Humanities of Sciences, Nihon University

In this paper, we report results of log analysis on simplified Werewolf games(One Night Werewolf). We analyze changes, patterns and tendency by focusing on voting behavior and the sequence of coming-out order on 100 games by 10 participants. We found that coming-out order is related to percentage of victories, importance of the seer and difference in the tendency of the voting in Humans and Werewolves.

1. はじめに

人狼ゲームとは、多人数で行うインタラクティブゲームである。プレイヤーは、人間陣営と人狼陣営に分かれてゲームを行う。人間は隠れている人狼を探して処刑し、人狼は人間を騙しつつ襲撃する。ゲーム内では、昼と夜のフェーズがある。昼フェーズでは話し合いや処刑投票を行い、最多票のプレイヤーが処刑される。夜フェーズでは能力者は特殊能力を使用したり、人狼が人間陣営を襲撃する。この昼と夜のフェーズを交互に繰り返すことでゲームが進行していく。

人狼ゲームを対象とした研究はいくつか存在する。稲葉ら[1]は、人狼 BBS^{*1} の 1571 ゲームを対象に分析を行っている。人狼陣営と人間陣営の勝率が平等となるような構成人数や役職の組み合わせを提案している。西野[2]は人狼ゲームにおいて、プレイヤーが自然な行動を取るときの勝率を求め、人狼がより自然な行動をとった場合、人狼の勝率が上がることを示した。また、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)に関する研究も行われている。大澤ら[3]は 3 者間人狼における戦略を検討している。村人、占い師、人狼の 3 人で起こりうる可能なパターンを抽出し、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た。

我々は、人狼に関する研究の中でも先行研究の少ないワンナイト人狼を対象に分析を行った。ワンナイト人狼は 1 ゲームあたり 10 分程度で終わる簡略化された人狼ゲームである。例えば、役職を割り当てられた能力者は特殊能力を行使する、各能力者が情報を得た状態で話し合いを行い、処刑投票により処刑者が決定した時点で決着が付く(処刑されたプレイヤーの陣営が敗北する)など、一般的な人狼ゲームとはルールが多少異なる。このように 1 度しかない処刑で勝敗が決定するため、人間陣営は正確に人狼へ投票することが求められる。また、ワンナイト人狼は短時間で勝負が決まるため、一般的な人狼ゲームに比べてより単純な戦略的特徴が発見できると期待される。

本研究では、10 名の被験者によるワンナイト人狼 100 ゲームを対象に、投票先やカミングアウト(任意の役職を表明すること、以下 CO)順に着目して分析を行った。結果として、CO 順は勝率と関係があり、勝利しやすい CO 順序が分かった。また投票先に関しては、人狼の投票先が村人に集まることや能力

者への投票率が低いこと明らかになった。加えて、占い師の有無が勝利に影響を及ぼすことも示された。

2. データセット

大学生の被験者 10 名にワンナイト人狼をしてもらい、各被験者ごとに投票や質問などの行動内容及びその理由などを記入させた。ランダムに 2 グループに分かれて 5 ゲーム行うことを 1 セットとし、1 人あたり 10 セット分のゲーム、全 100 ゲーム分のデータを収集した。100 ゲームの勝利数の内訳は、人間勝利 56 ゲーム、人狼勝利 44 ゲームである。これら 100 ゲームを対象に、怪盗が役職交換する前の役職を基準とし、CO 順と勝率の関係や投票先の特徴や傾向を探る。

各ゲームにおける役職の種類と最大割り当て人数は、村人 2 人、占い師 1 人、怪盗 1 人、人狼 2 人であり、各プレイヤーは 4 種類の役職のうちどれか一つがランダムに割り当てられる。ゲーム中に得られる情報は役職によって異なる。占い師は、指定したプレイヤーが人狼かそうではないかを知ることができる。怪盗は、指定したプレイヤーとカードを交換することができ、交換した場合は交換先の役職になる。ただし、交換先の役職が持つ情報を得ることはできない。交換されたプレイヤーは怪盗になるが、交換されたという情報を得ることはできない。人狼が 2 人の場合は、お互いが人狼であることを認識できるが相談はできない。人狼が 1 人の場合は仲間がいないことを認識できる。村人は一切情報を持たない。なお占い師、怪盗、村人は人間陣営、人狼は人狼陣営に区分される。

3. CO 順に着目した人狼ゲームの勝率

ワンナイト人狼では、短時間の議論において、人間は人狼を見つけ出し、人狼は人間を騙す必要がある。そのため議論時間が開始された直後は、円滑な議論が行えるようにプレイヤーの役職を CO することが一般的である。

3.1 CO 順別の各役職の勝率

表 1 は CO の順番に着目し、CO 順別に各役職の CO 数と勝率を集計したものである。怪盗が役職交換する前の役職を対象としている。役職ごとに CO 順によって勝率が増減することから、CO 順は勝率に影響を与えているといえる。また表 2 は、CO 順別に人狼が騙った役職ごとの勝率を表している。

これらの表から、占い師や怪盗、人狼は早めに CO した方が勝率が高いことが分かる。実際のゲームでは、半数以上の占

連絡先: 尾崎 知伸, 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, tozaki@chs.nihon-u.ac.jp

*1 <http://www.wolfg.x0.com/>

表 1: CO 順別各役職の勝率

	役職	人狼	占い師	怪盗	村人
1 番	CO した割合	0.09	0.44	0.36	0.11
	勝率	0.40	0.57	0.74	0.32
2 番	CO した割合	0.13	0.32	0.25	0.19
	勝率	0.38	0.80	0.68	0.44
3 番	CO した割合	0.15	0.20	0.14	0.27
	勝率	0.52	0.56	0.75	0.55
4 番	CO した割合	0.28	0.02	0.16	0.23
	勝率	0.38	0.50	0.57	0.67
5 番	CO した割合	0.35	0.01	0.09	0.20
	勝率	0.28	0.00	0.50	0.59

表 2: CO 順別人狼の騙り役職とその勝率

	村人	占い師	怪盗	人狼
1 番	0.43	0.20	0.67	0.00
2 番	0.57	0.33	0.25	0.00
3 番	0.50	0.67	0.67	0.33
4 番	0.40	0.33	0.00	0.00
5 番	0.26	0.67	0.00	0.33

占い師と怪盗は 2 番目以内に CO をしている一方で、6 割以上の人狼は 4 番目以降に CO している。占い師や怪盗は勝率が高いタイミングで CO できており、人狼は最も勝率が高い 3 番目に CO できている割合は 1.5 割ほどしかない。村人は、前半に CO することは避けて役職者に CO を促す方が勝率が高い。

怪盗が 1 番目に CO をする場合、占い師が 2 番目に CO する場合に人間の勝率が高い。また、1 番目に CO をする怪盗の 56% は「占い師と交換した」と CO しており、その時の勝率は 76% であった。このことから、1 番目に怪盗が占い師が誰であったかを CO し、2 番目に占い師が名乗り出て占い結果を報告するという流れは人間陣営が勝利しやすい形であることが分かる。これは、1 番目に CO した怪盗のおかげで、2 番目に CO した占い師の占い結果の信憑性が上がるからである。さらに、1 番目に CO した人狼が怪盗を騙った場合の勝率は 67% であり、上述の流れをうまく利用して勝利している様子がうかがえる。

人狼自身が、自分が人狼であると CO するという珍しいゲームが 6 ゲーム存在した。いずれのゲームも、配役は人狼が 1 人で、CO のタイミングは 3 番目や 5 番目であった。これは、怪盗が必ずいるのにも関わらず前半の CO の流れで怪盗がいないときに、人狼と交換して潜伏している可能性を考えた CO であると考えられる。しかしこの場合の勝率は 33% ほどと低く、理由として事例数が少ないことや、一般的に人狼だと名乗り出ている人を信用しづらいことがあげられる。

3.2 CO 順序と勝率

表 3 は、人間陣営と人狼陣営での勝率が高かった役職の CO 順序である。実際のゲームで起こった事例が 2 件以上のものを、勝率が高い順に並べてある。

両陣営の CO 順序を比較すると、人間陣営勝利では場に占い師と怪盗が必ず出ているが、人狼陣営勝利ではどちらかが欠けているゲームがある。やはり人間陣営に有利な情報が多いほど、人間陣営が勝ちやすいことが分かる。また、占い師と怪盗

表 3: 勝率が高い CO 順序

人間陣営勝利					
1 番	怪盗	占い師	怪盗	怪盗	人狼
2 番	占い師	怪盗	占い師	村人	占い師
3 番	人狼	村人	村人	占い師	怪盗
4 番	人狼	人狼	人狼	人狼	村人
5 番	村人	村人	村人	人狼	人狼
人狼陣営勝利					
1 番	占い師	人狼	村人	占い師	占い師
2 番	人狼	村人	怪盗	村人	人狼
3 番	村人	人狼	村人	人狼	村人
4 番	怪盗	村人	人狼	人狼	怪盗
5 番	人狼	怪盗	人狼	村人	村人

表 4: ランダムに投票した際、投票先が人狼である確率

役職	村人	占い師	怪盗
確率	0.41	0.5	0.5

が存在する場合の CO 順は、人間陣営勝利の方では CO のタイミングが近い。一方で、人狼陣営勝利では、占い師と怪盗の CO の間に人狼の CO が挟まれている。この人狼 CO の際に、役職を騙り、他のプレイヤーを騙すことで、人狼勝利に貢献しているのだと推測される。

村人の CO するタイミングも勝利陣営によって異なる。人間陣営勝利では、村人の CO は後半に固まっており、前節で述べたように能力者の CO を促す様子がみられ、結果的に人間勝利に結びついている。人狼陣営勝利では、1 番に CO する村人はいないものの、CO のタイミングはまばらである。

以上より、人間勝利のための CO 順序は、1 番目: 怪盗、2 番目: 占い師を満たすと良い。実際のデータで、この条件を満たしたゲームの人間陣営の勝率は 83% であった。人狼勝利のための CO 順序は、占い師と怪盗の CO の間に CO すると良く、これを満たすゲームの人狼陣営の勝率は 53% であった。人狼陣営は人間陣営の CO タイミングに合わせて CO する必要があるため、CO だけでゲームを操作することは難しいと思われる。

4. 投票先に着目した傾向分析

ワンナイト人狼では、1 度目のみの処刑投票により勝敗が確定することから、人間陣営は正確に人狼に投票することが求められる。我々は投票先の傾向や特徴を把握するために、4 つの状況に応じたデータセットで比較を行った。具体的には、全 100 ゲーム、役職割り当て状況、25 ゲーム毎、各陣営の勝利ゲームの 4 つである。

投票の正確さを確認するため、まず、村人はランダムに投票する、占い師及び怪盗は、あるプレイヤーが人狼であるという情報を得た場合は人狼へ投票、情報を得ることが出来なかった場合は、情報を得たプレイヤー以外にランダムに投票するという条件で、人狼が投票される確率を求めた。結果を表 4 にまとめる。村人は占い師や怪盗と比べ持っている情報が少ないため、ランダムでの投票では正答率に約 10% ほどの差が出た。

以降の節では、各状況に応じたデータセットにおいて、投票から求められる確率分布と表 4 に示す確率を比較し、投票の正確さを把握する。

表 5: 100 ゲームを対象とした投票先の分布

投票した 投票された	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

4.1 100 ゲームを対象とした投票先の分布

100 ゲームを対象とした投票先の分布を表 5 に示す。村人、占い師、怪盗が人狼に投票した割合は、いずれも表 4 で示した確率より高く、全て 70% を超えていることが分かる。表 4 において村人と能力者（占い師及び怪盗）では、情報量の違いから約 10% の差があった。しかし表 5 では、村人は能力者の情報を得ることで情報量が増え、能力者とはほぼ同確率で人狼を当てることに成功している。

それと比べ人狼の投票先は、村人に 44%、占い師に 22%、怪盗に 27% 程度であり、人間の中でも特に村人に投票が集まることが分かる。また、人狼陣営が能力者らに投票する割合が 11% 以下であるのに対して、人狼が能力者らに投票する割合は 22% 以上と高い。つまり、人間陣営から能力者への投票は極まれであるが、人狼陣営の約半数は能力者へ投票していることが明らかになった。以上のことから人狼陣営の勝率を上げる戦略の一つとして、人狼陣営が投票先を村人に揃え、人間陣営の投票先を村人へと促すことが考えられる。

4.2 役職割り当て状況別の投票先の分布

各役職の最大人数が決まっているため、役職の組み合わせは以下の 4 通りとなる。

グループ 1 村人：2 人、占い師：1 人、人狼：2 人

グループ 2 村人：2 人、怪盗：1 人、人狼：2 人

グループ 3 村人：2 人、占い師：1 人、怪盗：1 人、人狼：1 人

グループ 4 村人：1 人、占い師：1 人、怪盗：1 人、人狼：2 人

100 ゲームにおける各グループの数は、グループ 1 から順に 13 ゲーム、21 ゲーム、37 ゲーム、29 ゲームである。グループの違いは、グループ 1 では怪盗、グループ 2 では占い師が存在しない。また、グループ 3、4 では、村人と人狼の人数が変わるが、全ての役職が存在する。

各グループの勝率は、以下の通りである。

グループ 1 人間勝利：46%、人狼勝利：53%

グループ 2 人間勝利：38%、人狼勝利：61%

グループ 3 人間勝利：56%、人狼勝利：43%

グループ 4 人間勝利：72%、人狼勝利：27%

グループ 1 及びグループ 3 の両陣営の勝率に大きな差はない一方、占い師が存在しないグループ 2 では人狼の勝率、グループ 4 では人間の勝率が高いことが示された。

グループ 1~4 の投票先の分布を表 6 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を見ることで、能力者の重要性を見いだすことができる。グ

表 6: 役職割り当て状況別の投票先の分布

グループ	投票した 投票された	村人	占い師	怪盗	人狼
	グループ 1	村人	0.15	0.31	—
グループ 1	占い師	0.12	0.00	—	0.31
	怪盗	—	—	—	—
	人狼	0.73	0.69	—	0.00
	投票された	村人	占い師	怪盗	人狼
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	投票された	村人	占い師	怪盗	人狼
	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	投票された	村人	占い師	怪盗	人狼
	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

グループ 1 での占い師、及びグループ 2 での怪盗の投票先は、共に村人が 3 割程度、人狼が 7 割程度と大きな差は見られない。しかし、村人が人狼へ投票した割合は、怪盗がないグループ 1 では 73% に対して、占い師がないグループ 2 では 57% と、差があることが見て分かる。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、占い師がないグループ 2 を除き、村人が人狼へ投票した割合は 7 割を超えている。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、村人の得票状況について考察する。グループ 4 を除き、人狼が最も投票しているのは村人である。さらに大半のグループでは人狼から村人への投票率が過半数である。加えて、能力者から村人への投票率は 2~3 割程度と決して低くない。人間の勝率が 7 割を超えるグループ 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。

4.2.1 25 ゲーム毎のゲームを対象とした投票の分布

プレイ回数を重ねると、プレイヤは人狼を正確に見抜く能力や、他プレイヤを騙すテクニックが上達すると考えられる。そこで、25 ゲーム毎（1~25、25~50、51~75、76~100）を対象に投票先の正確さを比較した。勝率は以下の通りである。

1~25 ゲーム 人間陣営：60%、人狼陣営：40%

26~50 ゲーム 人間陣営：48%、人狼陣営：52%

表 7: 各 25 ゲームを対象とした投票先の分布

	投票した		村人	占い師	怪盗	人狼
	投票された					
1 ~ 25	村人		0.16	0.21	0.32	0.43
	占い師		0.00	0.00	0.04	0.12
	怪盗		0.20	0.07	0.00	0.36
	人狼		0.64	0.71	0.64	0.10
26 ~ 50	村人		0.14	0.30	0.10	0.45
	占い師		0.05	0.00	0.05	0.40
	怪盗		0.05	0.00	0.00	0.13
	人狼		0.76	0.70	0.85	0.03
51 ~ 75	村人		0.13	0.09	0.23	0.41
	占い師		0.00	0.00	0.05	0.17
	怪盗		0.08	0.09	0.00	0.41
	人狼		0.80	0.82	0.73	0.00
76 ~ 100	村人		0.11	0.10	0.15	0.48
	占い師		0.04	0.00	0.05	0.23
	怪盗		0.13	0.10	0.00	0.20
	人狼		0.71	0.80	0.80	0.10

51~75 ゲーム 人間陣営：60%，人狼陣営：40%

76~100 ゲーム 人間陣営：56%，人狼陣営：44%

全体的に見て、人間陣営の勝利数がわずかに多いが、大きな差は認められない。

表 7 に、25 ゲーム毎の投票先の分布を示す。村人、怪盗が人狼に投票した割合を確認すると、1~25 ゲームでは 64% であるが、他 3 つの対象データでは 7 割~8 割の割合で人狼に投票している。大きな変化は見られないが、最初の 25 ゲームと比べると正確さが向上、安定していると考えられる。一方、人狼の投票先の分布をみると、どのタイミングを見ても、村人に投票する割合が 4~5 割弱と安定した値である。しかし、占い師や怪盗への投票の割合は、対象のゲーム間によってばらつきがあることが分かる。ばらつきの原因として考えられるのは、役職組み合わせ数の偏りや、人狼が能力者 CO する際に表明する能力の種類である。したがって、25 ゲーム毎の役職の組み合わせや CO 状況も考慮する必要がある。

4.2.2 各陣営の勝利ゲームを対象とした投票の分布

100 ゲームの勝利数は人間が 56 ゲーム、人狼が 44 ゲームである。各陣営の勝利ゲーム毎に投票先の分布を比較することで、各陣営が勝利した際の特徴が明らかになると考えられる。

表 8 に各陣営の勝利ゲームの投票先の分布を示した。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 4）と比べ 1.8~2 倍近いことが分かる。一方、人狼勝利ゲームと人間勝利ゲームおよび全 100 ゲーム（表 5）を比較すると、全役職において村人に投票する割合が大きいことが分かる。これは、人狼が人間を騙すことに成功し、村人が人狼であるという疑念を抱かせていると考えられる。

表 8: 各陣営の勝利ゲームを対象とした投票先の確率分布

	投票した		村人	占い師	怪盗	人狼
	投票された					
村人 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

5. まとめと今後の課題

本研究では、ワンナイト人狼 100 ゲームを対象に、CO 順による勝率、投票先の傾向や特徴を分析した。CO に着目した結果、人間陣営では 1 番目に怪盗、2 番目に占い師という流れで CO すると勝率が高くなることが分かった。人狼陣営は怪盗、占い師の CO に割り込んで CO することにより、役職を騙り、人狼陣営の勝利を目指すのが良いと分かった。また、能力者ではない村人も CO 順序に関わっており、人間陣営の勝利のためには、後半に CO するのが良い。投票先については、4 つの状況に応じたデータセットで比較を行った。占い師がいないことで、人狼陣営の勝率が上がることや村人が人狼へ投票する割合が減ることから、占い師は勝敗を左右する重要な存在であると考えられる。また、人狼陣営の勝率が高いデータセットにおいては、全体的に投票先が村人へ集まることが確認された。さらに、人間陣営の投票先が人狼である割合は、ランダムで人狼に投票した確率より高いことが分かった。加えて、能力者を持たない村人が人狼へ投票する割合は、能力者から情報を得ることで正確さが向上することが分かった。

投票先選ぶ経緯として、議論内容が大きく影響していると考えられる。占い師と CO したプレイヤーの行動内容や、CO したプレイヤーに対して行う他プレイヤーの行動、処刑されるプレイヤーの議論中の行動など、実際の行動内容を獲得することでさらに特徴的な傾向やパターンを抽出できることが期待される。

また、通常の人狼ゲームでも、その投票により勝敗が決まるという意味でワンナイト人狼とよく似た状況が存在する。これらの状況を中心にワンナイト人狼と通常との人狼との関連性を分析することで、それぞれの人狼ゲームの特質を抽出できる可能性も考えられる。

参考文献

- [1] 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):144-147, 2012.
- [2] 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):1-5, 2015.
- [3] 大澤 博隆, 佐藤 健: 3 者間人狼における戦略の検討, 2016 年度人工知能学会全国大会, 2F4-3, 2016.