

# 回帰分析を用いた人狼ゲームにおける得票率の分析

A regression analysis of voting behavior in Werewolf BBS

坂口 早紀      尾崎 知伸  
Saki Sakaguchi      Tomonobu Ozaki

日本大学 文理学部  
College of Humanities and Sciences, Nihon University

Researches on the Werewolf are paid considerable attention in recent years. In this paper, we apply various regression analysis to the Werewolf BBS to obtain useful insights on the behavior of werewolves to be suspected. As a result, we found certain behaviors which cause the raise or drop of votes obtained.

## 1. はじめに

人狼とは、海外で流行したパーティーゲームの1つである。人間陣営と人狼陣営にわかれて、自分の陣営が勝利するために行動する。このとき、人狼陣営のプレイヤーは各プレイヤーがどの陣営に属しているのかを知ることができるが、人間陣営のプレイヤーは自分の陣営しか知ることができない。人間陣営の勝利条件は「処刑により人狼を全滅すること」、人狼陣営の勝利条件は「人間側の生存数=人狼の生存数にすること」である。自陣の勝利条件を満たすために、人間陣営は誰が人狼かを様々な要素から推理し探して当てることが必要とされ、人狼陣営はいかに人間を騙し疑われずに生き残れるかが重要である。また、人狼はプレイヤー間の自然言語による会話でゲームが進行する。これらのことからわかるように、人狼は複雑で多岐に渡るゲーム展開が生じることが知られている。

本研究の目的は、人狼の得票率と人狼の行動に着目し、人狼BBSにおいて人狼が疑われないようにするための要因を発見することである。一般的に得票率が高いことは、人狼だと強く疑われていることを意味している。ゲーム中の人狼の行動とは、人狼の発言回数や発言量、投票先などである。人狼の得票率を目的変数、人狼の行動やその変化量などを説明変数として回帰分析を行う。

## 2. 関連研究

人狼に関する研究は様々な視点から行われている。Gokul 氏らの研究 [1] では、実際に人狼をしている様子を録画・録音したものが分析対象データとして使われており、各プレイヤーの声のトーンや話している時間の総計、他のプレイヤーから妨害された回数や妨害した回数などの非言語的表現に着目し、社会的背景において、嘘をつくときの振る舞いを発見した。稲葉氏らの研究 [2] では、人狼 BBS のゲームログを分析対象データとした回帰分析を行っている。先行研究において、占い師などの役職が考慮されていなかった点と、人狼 BBS 内での役職人数割り当ては、人間陣営と人狼陣営の勝利が等しくない点を問題として提示し、ロジスティック回帰分析を用いて人間陣営と人狼陣営の勝率が平等になるための新たな役職の人数割り当てを提案している。また、人狼は人工知能研究の発展の糸口としても注目を集めている [3]。その1つとして、人狼知能エージェ

ントの作成 [4] があげられる。人狼 BBS 上での会話を手作業でタグ付けし、人狼知能エージェント作成の際に有用な戦略知識を獲得する研究 [5] や、自然言語の会話をもとに、人狼知能エージェントが人狼をする際に必要なプロトコル [6] が提案されている。このプロトコルは、会話の内容のおよそ 8 割を損なわずに変換可能と評価されている。

## 3. 準備

### 3.1 データセット

本研究では人狼 BBS\*<sup>1</sup> のゲームログを対象とする。人狼において、能力を持っている役職はゲームの要となることが多い。しかし、その役職はゲーム開始時のプレイヤー人数によってその有無が自動的に決められてしまうことから、条件を等しくするために、ゲーム開始時のプレイヤー人数が最大である 15 人の 799 ゲーム、合計日数 6992 日分に限定することにした。上記の分析対象データを元に、各ゲーム各日における各人狼の得票率と行動を1つの事例として、様々な状況や着目点に応じて3つのデータセットを経過日数に応じて作成した。これは、経過日数によって集計できる属性が異なるからである。本研究では、人狼の得票率を目的変数、人狼の行動やその変化量を説明変数として回帰分析を行う。表1に各データセットのデータ数と属性数、目的変数の統計値を示す。

表1: 各データセット概要と目的変数の統計値

	データ数	属性数	平均値	中央値	分散
3日目	2397	13	0.06	0.00	0.08
4日目	2154	16	0.10	0.00	0.13
5日目以降	5376	18	0.19	0.00	0.28

### 3.2 属性

回帰分析を行う際の説明変数となる属性は、各人狼の行動をもとに作成し必要に応じて正規化をした。各人狼の1日の発言回数、発言量やその前日比、得票率の前日比などの基本的な行動に加え、代表的なものを以下に示す。

コンタクト占: 人狼が占い師と会話した回数である。人狼が発言してから5レス以内に占い師が発言していたら、人狼と占い師が会話していると見なす。人狼にとって占い師とは恐ろし

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://wolf.x0.com/index.rb>

い存在であるため、無意識に占い師に話しかけることは難しいと予測できる。

**コンタクト狩**：人狼が狩人と会話した回数である。人狼が発言してから 5 レス以内に狩人が発言していたら、人狼と狩人が会話していると見なす。人狼の襲撃において邪魔な存在である狩人を早く見つけることは、人狼の勝利に大きく貢献することに等しいと言える。そのため、人狼は狩人を探すべく行動するだろうと予測できる。

**人狼が投票した人の得票率**：投票では、一般的に、人狼だと疑っている人に投票するが、人狼はできるだけ処刑のときに人狼陣営ではなく人間陣営を処刑しなければならない。各プレイヤーの投票先は、人狼を推定する要素となり得るので、人狼がどのような人に投票すると、人狼の得票率につながるのかが分かる。

**被襲撃者得票率**：人狼が襲撃した人の得票率である。人狼の代表的な行動である襲撃においては、人狼陣営が勝利するために襲撃先をよく考え決める必要がある。例えば、明らかに疑われている人は処刑される可能性が高いため襲撃せずに、処刑されないような人を襲撃する傾向があると考えられる。人狼がどのような人を襲撃すると、人狼の得票率につながるのかが分かる。

## 4. 回帰分析

本研究では人狼の得票率を目的変数、人狼の行動を説明変数として回帰分析を行い、人狼が疑われる要因を分析する。

### 4.1 重回帰分析

単回帰分析において P 値が 0.01 未満となる属性を有意とし、重回帰分析の説明変数として利用した。また重回帰分析においては、AIC による属性選択を適用した。表 2 に結果を示す。

以下、各データセットにおける重回帰分析の結果を考察する。

**ゲーム 3 日目**：前日に占い師とコンタクトをより多くとると得票率が下がることがわかる。ゲーム 2 日目は、自分が本物の占い師だとカミングアウトするプレイヤーが 2 人以上出ることが多い。人間陣営において本物の占い師を見極めることは非常に重要である。したがって、誰が本物の占い師かを推測するために占い師にコンタクトを取るとは非常に自然なことであるので、人間陣営らしい行動とみなされ、得票率が下がると考えられる。

**ゲーム 4 日目**：得票率は前日の得票率に正の影響を大きく受けていることがわかる。また、多数の人が疑っているプレイヤーを、自分の意見を述べ、同じように疑うことで得票率は下がることがわかる。しかし、仲間の人狼が疑われているときも周りと同調しないと、得票率を上げる要因になる可能性がある。

**ゲーム 5 日目以降**：得票率は疑われている人を襲撃すると非常に下がることがわかる。しかし、疑われている人間を襲撃するという人狼陣営にとって利益がない行動をゲームの後半で起こすことは、得策とは言えない。また、1 回の発言量を多くし発言回数は控えることで得票率が下がることがわかる。これは、ゲームの後半になると、プレイヤー人数が減るので発言回数は自然と減るため、発言回数が周りに比べて多いと悪目立ち

してしまうからであると考えられる。

各データセットで重回帰分析を行った結果、得票率に強く影響する属性はゲームの経過日数によって変化することがわかった。得票率を上げる属性と下げる属性にわけると、得票率を上げる属性には発言回数や前日得票率があり、得票率を下げる属性には発言量や人狼が投票した人の得票率があるという共通点が見つけられた。また、各結果の決定係数が非常に低いため、有用な得票率のモデルは得られなかった。本研究で扱っている属性では、表現できる範囲に限りがあるため、得票率のモデル化には、より具体的な属性を加える必要があると考えられる。

### 4.2 回帰木分析

同じデータセットを用いて回帰木を生成した結果、重回帰分析とは異なる点や一致する点が見られた (図 1 参照)。

**ゲーム 3 日目**：3 日目の発言量前日比が 2 倍より多い場合と 2 倍以下の場合と比べ、得票率は 3 倍になる。これは、急激な発言量の増加が疑われた要因だと考えられ、例えば人狼が占い師などの役職騙りをしたときに起こり得る。重回帰分析の結果と比較すると、有意である属性が異なることがわかる。

**ゲーム 4 日目**：前日発言量が極端に少ないと得票率が 4 倍になることがわかる。また、人狼が投票した人の得票率が 3 割以上ある場合は、そうでない場合に比べ得票率が倍になる。重回帰分析でも、周りから疑われている人を疑うと得票率が下がる結果が出ている。しかし、重回帰分析で有意である前日得票率は回帰木では見られなかった。

**ゲーム 5 日目以降**：左部分木の葉は、得票率が 1 番高いものと低いものが葉になっているのが特徴的である。これは、周りが疑っている人に投票し前日発言量が極端に少ないと疑われることを示し、なんとなく周りに合わせているように捉えられると考えられる。重回帰分析の 5 日目以降の結果とは一致していないが、4 日目の結果とは類似している点がある。

## 5. まとめ

本研究では、人狼 BBS を対象とした人狼が疑われる要因を発見するために、目的変数を入狼の得票率、説明変数を入狼の行動やその変化量として回帰分析を行った。その結果、人狼の得票率を上げる属性や下げる属性がわかった。今後の課題として、得票率のモデル化の精度を上げるためにより具体的な属性の追加が必要である。今回は、発言回数や投票といった行動のみを属性として使用したが、人狼は発言内容も重要な要素になるゲームであるため、発言内容を表現する属性を追加し分析することで精度が上がると期待できる。

**謝辞** 本研究に関して、人狼 BBS 管理者 ninjin 氏及び、データを提供してくださった東京大学 鳥海不二夫准教授に深く感謝致します。

## 参考文献

- [1] Gokul Chittaramjan, Hayley Hung. Are you a werewolf? Detecting deceptive roles and outcome in a conversation role-playing game. IEEE International Conference on Acoustics Speech and Signal Processing (ICASSP), pp. 5334-5337, 2010.

表 2: 重回帰分析の結果

(\*\*\* は P 値 0.005 未満を表す。同様に, \*\*\* は 0.01 未満, \* は 0.05 未満, • は 0.1 未満を表す。)

3 日目 (決定係数 : 0.04674)

	AIC 回帰係数
切片	0.17
前日コンタクト占 ***	-0.12
前日発言回数 *	-0.18
前々日発言回数 •	0.09
前々日コンタクト狩 •	-0.06
発言回数前日比	0.02

4 日目 (決定係数 : 0.06098)

	AIC 回帰係数
切片	0.28
前日得票率 ***	0.77
前日発言量 ***	-0.28
人狼が投票した人の得票率 ***	-0.11

5 日目以降 (決定係数 : 0.116)

	AIC 回帰係数
切片	0.53
非襲撃者得票率 ***	-0.75
前日得票率 ***	0.7
前日発言量 ***	-0.57
前日発言回数 ***	0.28
人狼が投票した人の得票率 **	-0.18
前々日発言回数 *	-0.17
コンタクト占前日比 *	-0.06

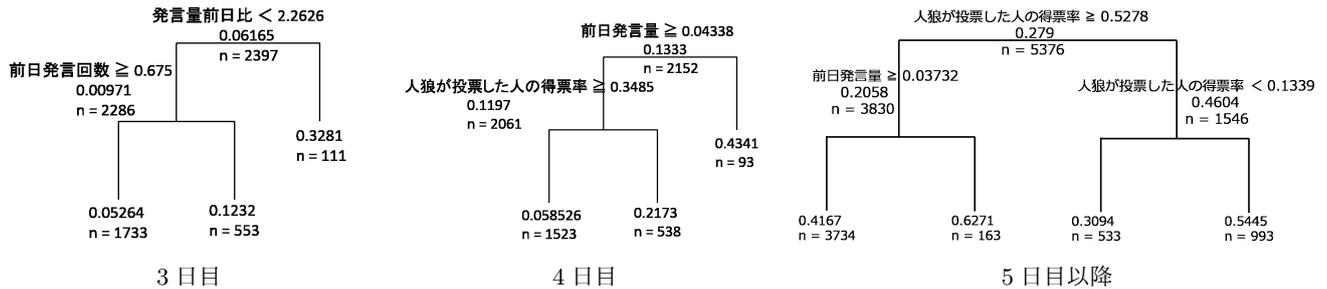


図 1: 回帰木分析の結果

- [2] 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. 第 17 回ゲームプログラミングワークショップ, Vol.2012, No.6, pp.144-147, 2012.
- [3] 篠田孝祐, 鳥海不二夫, 片上大輔, 大澤博隆, 稲葉通将. 第 28 回汎用人工知能の標準問題としての人狼ゲーム. 人工知能学会全国大会, 2C4-0S-22a-3, 2014.
- [4] 鳥海不二夫, 梶原健吾, 大澤博隆, 稲葉通将, 片上大輔, 篠田孝祐. 人狼知能サーバの構築. 第 19 回ゲームプログラミングワークショップ, Vol.2014, No.6, pp.127-132, 2014.
- [5] 稲葉通将, 大澤博隆, 片上大輔, 篠田孝祐, 鳥海不二夫. 第 19 回議論の構造に着目した人狼ゲームの分析. ゲームプログラミングワークショップ, Vol.2014, No.6, pp.61-66, 2014.
- [6] 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, pp.122-130, 2013.