

## 数理モデルによるアメリカ大統領選挙の分析 Analysis of the United States presidential election by mathematical model

寺田 知旦<sup>†</sup>      平田 均<sup>†</sup>      矢入 郁子<sup>†</sup>  
Tomoaki Terada   Hitoshi Hirata   Ikuko Yairi

### 1. はじめに

2016 年アメリカ大統領選挙は、民主党からヒラリー・クリントン氏（以下、ヒラリーと略記）、共和党からドナルド・トランプ氏（以下、トランプと略記）が党候補として指名された。公職経験のないトランプは、「メキシコとの国境に壁を建設する」「イスラム教徒の入国を禁止する」などといった過激な政策を打ち出して世間から注目を集めた。トランプの大胆な主張の数々は熱狂的な支持者を生んだが、その奔放すぎる言動から大統領としての適性を疑問視する声も多かった。

報道機関による世論調査では、ほぼすべての期間においてヒラリーの支持率がトランプを上回っていた。選挙戦において重要とされてきたテレビ討論会でも、ヒラリーが優位だったと見る意見が多かった。ヒラリーの過労により体調面では不安視されたものの、トランプが失言を重ねて支持率を落としたこともあり、ヒラリー陣営の勝利は間違いないと見られていた。

しかし、実際に選挙で勝利したのはトランプ陣営だった。多くの世論調査と異なる投票結果になった政権交代劇は「トランプ現象」と呼ばれ、日本でも連日メディアを賑わせた。また、従来の選挙戦で使われてきた理論では説明ができない結果となったことで、報道機関や世論調査への不信感が高まった。

この現象が起きた理由を考えることは社会的に重要な課題であり、その課題の解決には集団心理の数理モデルによる解析が不可欠である。本稿では支持者の実数と世論調査の乖離がなぜ起こったのか、実際のデータを元に、集団心理のダイナミクスに関する数理モデルである沈黙の螺旋閾値モデル[1]を用いて検証する。

### 2. 数理モデルによるアメリカ大統領選挙の分析

本稿ではトランプ大統領誕生における世論調査と投票結果との乖離に焦点を当て、乖離が起こった要因を既存の数理モデルを用いて説明することを試みる。世論調査の結果は BBC が集計した世論調査データ[2]（情報源は Real Clear Politics）、投票の結果は CNN が集計したデータ（presidential results[3]）及び CNN が行った投票所の出口調査のデータ（exit polls[4]）、投票率は United States Elections Project の集計したデータ[5]を使用する。大統領選挙を考察するにあたり、以下にメディアに取り上げられた世論調査と投票結果の乖離に関する有力な説を挙げる。

#### 隠れトランプの存在説

隠れトランプとは、投票日までトランプ支持の意思表示をしなかったトランプ支持者のことである。トランプが選挙期間中に失言や放言を繰り返していたため、トランプへの投票を表明することは「恥」であるという世間の傾向があったことから、このタイプの有権者が存在していたと考えられている。また、この説に近いものとして「ブラッドリー効果」と呼ばれる現象が知られている[6]。1982年のカリフォルニア州知事選挙において白人の有権者が、黒人候補に投票しないと表明することは印象が良くないと考え、世論調査では黒人候補を支持しながらも実際には白人候補に投票したことによって起きた逆転現象である。こうした前例から、今回の選挙でも類似の現象が起きた可能性があると考えられる。

#### ヒラリーのメール問題の再燃説

ヒラリーのメール問題とは、2012年に当時の国務長官だったヒラリーが、私的メールサーバで公務に関するメールのやり取りをしていたとされる問題である。この問題についてヒラリー側が不利になるような情報が投票日直前に開示されたことによって、それまで投票する候補を決めていなかった人のいわゆる「浮動票」がトランプ支持に回ったと考えられる。選挙直前での票の動きは、出口調査の「いつ投票する候補を決めたのか」という質問に対する回答に見ることができる。これについては後の 4 章で詳細を述べる。

こうした背景を読み解くと、「隠れトランプ」「メール問題」の二つの有力な説はいずれも、世論調査でヒラリーを支持していた人が実際にはトランプに投票した可能性を示すものである。

アメリカ大統領選挙の分析で有名なものに、ネイト・シルバー氏（以下、シルバーと略記）の主宰する Five Thirty Eight[7]のビッグデータ解析がある。シルバーの予想は 2012年には州ごとの的中率で 100%を達成するなど非常に正確なものとして知られていたが、今回は 5つの州で予想を誤り、全体でもヒラリーの勝率を 71.4%と予想し大きく外れる結果となった。ビッグデータ解析では投票日直前の票の流れを正確に掴むことが難しく、従来有力とされてきた方法では予想できなかったと考えられている。

本稿では前述した説が実際にあったものと仮定し、数理的な解析を通して、世論調査の結果から予測されたモデルの概形と、実際の投票結果から導出されたモデルの概形を比較する。数理モデルとしては、古賀によって構築された沈黙の螺旋閾値モデルを用いる[1]。

<sup>†</sup> 上智大学, Sophia University

### 3. 沈黙の螺旋閾値モデルの概要

古賀による沈黙の螺旋閾値モデルは、石井による世論過程の閾値モデルの改良モデルである[1][8]。具体的には、賛成者あるいは反対者全体に作用する認知バイアスを導入した点、閾値の分布に正規分布を仮定した点が、石井のモデルからの改良点である。本稿では認知バイアスを用いないが、石井のモデルは閾値の一様分布を仮定しており現実にかかる多くの現象にそぐわないため、分析には古賀のモデルを採用した。以下に沈黙の螺旋閾値モデルが構築されるまでの過程と、モデルの根幹となった世論過程の閾値モデルの概要を述べる。

#### 3.1 沈黙の螺旋理論

沈黙の螺旋理論は、Noelle-Neumann によって提唱された集団心理の一極化に関する仮説である[9]。この解釈については安野による日本語での考察が明快である[10]。この説によれば、自分が多数派だと認知した人は意見を表明し、少数派だと認知した人は沈黙する現象が起こる。これが悪循環となり、少数派の人はますます意見を表明しづらくなっていく。

沈黙の螺旋現象が引き起こされる根拠としては「孤立への恐怖」という概念が挙げられている。人間は本能的に孤立を避けようとする傾向があり、集団内での孤立を避けるために、多数派であれば声を上げ、少数派であれば沈黙する。どちらが多数派であるかという「意見風土」の認知が最終的な結果を左右するため、マスメディアの影響が大きく反映されるという特徴がある。

このような世論形成の過程には経験的な妥当性が見られる半面、いくつかの問題点もある。第一に、「孤立への恐怖」が人間の本能であり全員が持っているものであるとするならば、いったん多数派となった意見は永遠に多数派であり続けることになる。つまり「トランプ現象」で見られたような、多数派と少数派での逆転現象は起こらないはずである。第二に、いったん少数派となった意見を表明する人は最終的にいなくなるので、孤立を恐れず常に自分の意見を表明する「ハードコア」と呼ばれる人の存在を説明できない。そこで、「孤立への恐怖」という概念を、次に説明する「閾値」に置き換えてこれらの問題の解消を図る。

#### 3.2 世論過程の閾値モデル

感染と非感染で区別される伝染病の流行のように、A と B の二値的な状況での流行現象を考える。たとえば自分が B という行動を取っており、他に A という行動を取っている人が一定数いるとき、それにならって自分の行動を A に変化させることを、この状況における流行の広がりであると定義する。その際、どれだけの人が対立する行動をとっていれば自分の行動を変化させるかという境界になる値を閾値と定義する。

閾値モデルは、Granovetter によって構築された「ある意見に賛成するか／しないか」という集団の意見分布の変化を、前述の閾値によって表したモデルである[11]。石井による世論過程の閾値モデルは、閾値モデルを元に構築された沈黙の螺旋理論のモデルである[8]。閾値モデルと複合させることによって、沈黙の螺旋理論で挙げられたいくつかの問題点が解消される。たとえば前述した「ハードコア」の存在は、閾値が 0 の人として説明できる。

世論過程の閾値モデルは、閾値モデルに「ある意見を表明するか／しないか」を加えた形のモデルとなる。つまり集団内には次の 4 つの状態が存在する。

1. ある意見に賛成しており、それを表明している。
2. ある意見に反対しており、それを表明している。
3. ある意見に賛成しているが、それを表明していない。
4. ある意見に反対しているが、それを表明していない。

石井はこれらを「顕在的／潜在的」という語を用いて表現しており、本稿でもその呼称を使用する。たとえば 1 の状態にある人は「顕在的賛成者」である。また、一般的に意見表明の変化に比べて意見そのものの変化は生じにくいいため、石井のモデルにおいては 1 と 3 及び 2 と 4 の間でのみ状態変化が起こると仮定しており、本稿でも同じ仮定を置く。

## 4. 大統領選挙データを適用した分析

### 4.1 分析に用いるデータ

本章では、沈黙の螺旋閾値モデルの各種パラメータに、2016 年アメリカ大統領選挙のデータをもとにした表 1、表 2 のデータを当てはめる。以降用いるデータの詳細を説明する。

表 1 の得票数は、引用文献で示されている投票結果のデータである。得票率は、トランプとヒラリーの得票数の比を取ったものである。同じく表 2 の投票率は、引用文献で示されている全米での結果であるが、比較の単純化のため、トランプ支持者とヒラリー支持者の投票率はともにこの値であるとする。予測される支持者総数は、得票数を投票率で割った値である。ハードコア比率は、ハードコア比率は、出口調査での「いつ投票する候補を決めたのか」という質問に対し「9 月より前」に決めたと回答した人の割合である。ハードコア以外の得票数（浮動票数）は、得票数からハードコアの得票数を引いた値である。ハードコアは定義より全員投票すると考えて良いため、ハードコアの得票数は予測された支持者総数にハードコア比率を掛けた値となる。トランプが共和党候補として正式に指名されたのが 7 月 19 日、ヒラリーが民主党候補として正式に指名されたのが 7 月 26 日であることから、本稿では 7 月 27 日以降に行われた計 120 回の世論調査データを用いる。また、多くの世論調査では「トランプ支持」「ヒラリー支持」「その他／無回答」と 3 つの回答が用意されているが、比較の単純化のため、本稿ではトランプとヒラリーの支持率の比を取ったものをそれぞれの支持率としている。

表 2 について説明する。得票数の合計、支持者総数の合計、ハードコア比率は、表 1 と同じ値とする。支持率の平均と標準偏差は、前述のように補正した支持率から算出したものである。予測される支持者総数は、支持者総数の合計に支持率の平均を掛けた値である。予測される得票の配分は、得票数の合計に支持率の平均を掛けた値である。隠れトランプは、表 1 のトランプ得票数から、予測されるトランプの得票配分を引いた値である。これにより隠れトランプは、世論調査でヒラリー支持と回答したが選挙ではトランプに投票した人と定義される。予測される浮動票の配分では、表 1 の浮動票数に含まれている隠れトランプをトランプ支持者から除き、その分をヒラリー支持者として加えている。

表 1 投票結果データ [3][4][5]をもとに筆者らが算出し、分析に用いるデータ

	得票数	得票率	投票率	予測される支持者総数	ハードコア比率	ハードコア以外の得票数
トランプ	62,984,825	0.489	0.547	115,145,932	0.270	31,895,423
ヒラリー	65,853,516	0.511		120,390,340	0.312	28,291,730
合計	128,838,341	1.000		235,536,272	0.582	60,187,153

表 2 世論調査データ [2]をもとに筆者らが算出し、分析に用いるデータ

	支持率の平均	標準偏差	予測される支持者総数	予測される得票の配分	隠れトランプ	予測される浮動票の配分
トランプ	0.473	2.01	111,412,224	60,942,487	2,042,338	29,853,085
ヒラリー	0.527		124,124,048	67,895,854		30,334,068
合計	1.000		235,536,272	128,838,341		60,187,153

## 4.2 分析

グラフの導出は沈黙の螺旋閾値モデルに沿って行う[1]。以下に変数の読み替えを示す。いずれかの候補に投票することはその候補への支持を表明することと同義であるから、得票数を顕在的支持者数と読み替える。同様に、得票率を顕在的支持率と、投票率を意見表明率と読み替える。

次に、グラフの見方を以下に示す。本章で示すグラフの x 軸はある時刻 t 時点でのトランプ支持者の比率であり、y 軸は t+1 時点でのトランプ支持者の比率である。対角線は y=x の直線であり、t 時点での曲線との位置関係によって支持者の比率が増減する。曲線の y 座標が対角線の y 座標より上にあれば、その差分だけ支持者の比率が増加し、下にあれば、その差分だけ減少する。この過程を繰り返すと、曲線と対角線の交点に近づいていく。この点を均衡点と呼び、均衡点に到達した時点で比率は変化しなくなる。

グラフの均衡点の個数は、ハードコア比率によって変化する。ハードコア比率が小さな値であれば均衡点を 3 つ持つグラフが形成され、中央の均衡点から上もしくは下の均衡点へと向かう過程、すなわち沈黙の螺旋現象が現れる。ハードコア比率が大きな値であれば均衡点を 1 つだけ持つグラフが形成され、均衡点へと収束する過程を示す。

### 投票者全体の分析

投票結果のデータから、投票者全体の挙動を分析する。表 1 から得票数とハードコア比率のデータをパラメータとして代入したグラフが図 1 である。このグラフの均衡点は 1 つだけであり、均衡点は 0.43 から 0.44 の間にあることか

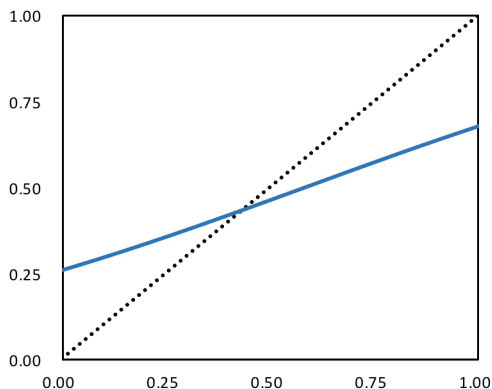


図 1 投票結果に基づく均衡点の分析

ら、出口調査の回答から推測されるトランプの支持率は高々44%であると解釈できる。しかし、この値は実際の得票率と乖離しており、トランプが勝利する可能性は示されなかった。次に、世論調査の結果から推測される投票者全体の挙動を分析する。表 2 から、予測される得票の配分とハードコア比率をパラメータとして代入したグラフが図 2 である。均衡点は 1 つだけであり、均衡点は 0.40 から 0.41 の間にあることから、世論調査の回答から推測されるトランプの支持率は高々41%であると解釈できる。この値も実際の支持率と乖離しており、トランプが勝利する可能性は示されなかった。以上、図 1, 2 の結果より、多くの予測モデルと同じように、投票結果および世論調査結果の双方に、従来の沈黙の螺旋閾値モデルを適用しただけではトランプの勝利を説明できないことがわかった。すなわち、孤立を恐れず常に自分の意見を表明する「ハードコア」と呼ばれる人の存在のトランプ勝利への関与が少ない可能性が高い。

### 浮動票のみの分析

次に、投票結果のデータから、浮動票のみに焦点を当てた分析を試みる。ハードコア比率は 0.01 と小さな値に設定し、表 1 から、ハードコア以外の得票数をパラメータとして代入したグラフが図 3 である。このグラフの均衡点は 3 つあり、中央の均衡点は 0.46 と 0.47 の間にあることから、トランプの支持率が 47%以上であれば浮動票はトランプに流れることになる。

ここで選挙直前でのトランプ支持率の変化を見ると、10 月以降の世論調査でのトランプ支持率の平均は 47.1%であ

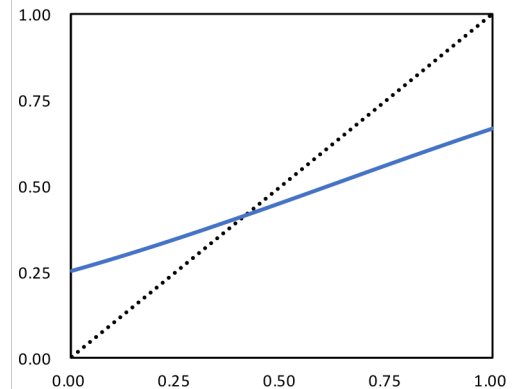


図 2 世論調査に基づく均衡点の分析

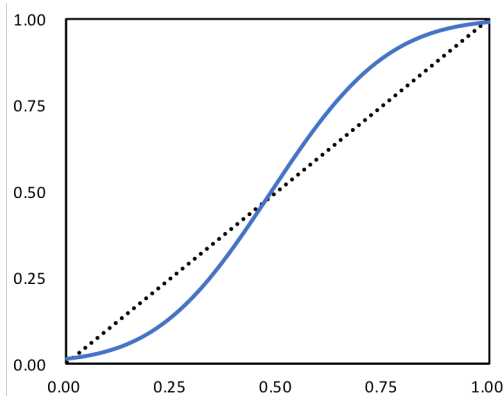


図3 投票結果のうちの浮動票のみに焦点を当てた分析

ることがわかる。図3より、これ以降トランプの支持率は上昇することが考えられる。11月以降の世論調査でのトランプ支持率の平均は48.4%と実際に上昇していることから、モデルから予測した通り、支持者が増加していることがわかる。投票結果のトランプ得票率は48.9%であり、やはり支持者の増加を確かめることができる。このことから2016年の大統領選挙では、浮動票の意思決定には、ハードコアの数よりも浮動票グループ内での意見分布が大きな影響を与えていたことが推測される。図3で浮動票の動きを見ると、トランプ支持者の増加に向かっていく過程があることが確かめられる。しかし世論調査ではトランプの支持者数が過小評価されており、このような過程の存在は認知されていなかった。

世論調査から予測されるモデルを把握するため、隠れトランプの存在を考慮したモデルを構築する。ハードコア比率は0.01と小さな値に設定し、表2から、予測される浮動票の配分をパラメータとして代入したグラフが図4である。均衡点は3つあり、中央の均衡点が0.50から0.51の間にあることから、トランプの支持率が51%以上でなければ浮動票がトランプに流れることはない。世論調査からトランプの支持率が51%を越えると考えerことは難しいため、トランプ支持者の増加をモデルから読み取ることは困難である。

以上より、図1、2の結果からは、孤立を恐れず常に自分の意見を表明する「ハードコア」と呼ばれる人の存在のトランプ勝利への関与が少ないことが示された。また、図3に示した浮動票のみを考慮した分析結果からはトランプの勝利を示唆可能であるものの、図4に示した隠れトランプの存在をモデルに含めた場合の分析結果からはトランプが勝利する可能性が低くなった。これは、隠れトランプがいる場合の均衡点が単に浮動票のみを考慮すればよい場合の均衡点よりも高くなり、勝利が予測しにくい選挙戦であったことを示している。世論調査をもとにメディアは図4に似た状況と判断したが、実際の有権者の投票行動では図3のようにトランプの支持率が均衡点を超え、浮動票がトランプに流れる現象が起きたと考えられる。

## 5. おわりに

本稿では、アメリカ大統領選挙の投票結果および投票前の世論調査のデータに、沈黙の螺旋閾値モデルを適用し、トランプ氏の勝利と世論調査の乖離についての分析と考察を

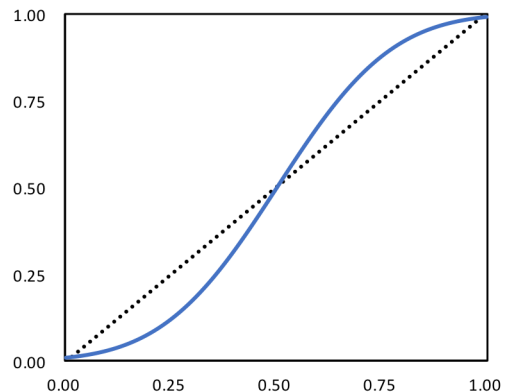


図4 世論調査から予測される隠れトランプと浮動票に着目した世論調査の分析

行った。その結果、浮動票が均衡を超えて選挙直前に増加しうることがデータからも示された。

大統領選挙で逆転が起きた原因の一つとして、ヒラリー陣営が投票日直前の全米規模での世論調査を実施しなかったことが指摘されている。選挙資金の節約や選挙情勢の楽観視といった理由が推測されているが、これによってヒラリー陣営はトランプ支持率が増加し、自身の支持率に追いつく可能性を最新の世論から知ることができず、トランプ支持に流れた有権者への対応が取れなかったと考えられる。

## 謝辞

本研究にアドバイスくださった、元ニュースジャパニキヤスター、松本方哉氏に深く感謝します。

## 参考文献

- [1] 古賀 豊, “沈黙の螺旋と閾値分布構造: 閾値モデルを用いた沈黙の螺旋現象の分析”, The Japan Society for Studies in Journalism and Mass Communication (2012).
- [2] US election polls: How are Clinton and Trump doing? – BBC News, <http://www.bbc.com/news/election-us-2016-37450667>
- [3] Presidential Election Results 2016, <http://edition.cnn.com/election/results/president>
- [4] Exit Polls 2016, <http://edition.cnn.com/election/results/exit-polls>
- [5] 2016g – United States Elections Project, <http://www.electproject.org/2016g>
- [6] 「隠れ支持者」はトランプ氏の秘密兵器になるか、米大統領選挙 (AFPBB News) | AERA dot.
- [7] 2016 Election Forecast | FiveThirtyEight, <https://projects.fivethirtyeight.com/2016-election-forecast/>
- [8] 石井 健一, “世論過程の閾値モデル: 沈黙の螺旋状過程のフォーマライゼーション”, 理論と方法, Vol.2, No.1 15-28 (1987).
- [9] Noelle-Neumann, E., “The Spiral of Silence: Public Opinion - Our social skin”, Chicago: University of Chicago, 1984.
- [10] 安野 智子, “沈黙の螺旋理論の展開”, The Japan Society for Studies in Journalism and Mass Communication (2002).
- [11] Mark Granovetter, “Threshold Models of Collective Behavior”, The American Journal of Sociology, Vol.83, No.6, 1420-1443 (1978)