

マルチエージェントモデリングによる選挙制度のシミュレーション

高谷 聡 芳賀 博英

選挙制度を変更することで当選者と民意のズレがどう変化するかをマルチエージェントモデリング (MAM) でシミュレーションした。本発表では民意を「(複数の) 政治的問題に対する賛否の意思」と定義し、この民意の定義に基づいて、選挙制度を変更することにより、政策課題についての民意と選挙の当選者の意思のズレがどのように変わるかのシミュレーション結果を報告する。エージェントは、政党、候補者、有権者の 3 種類とし、政党と有権者は複数の政策課題に対する意思 (態度) を持っている。候補者は基本的には政党と類似の態度を持っているが、各候補者の個性を表すためにじょう乱を加えている。N 個の政策課題があるときに、それぞれのエージェントは N 次元のベクトルと考えることができる。選挙制度を変更して、当選者と有権者のベクトルそれぞれの合成ベクトルのズレを計測することにより、民意と選挙結果のズレを観察し、制度の良否を判定することとした。

1 はじめに

選挙は民主主義の根幹である。国民は選挙を通して代表を選び、彼ら・彼女らに政治を委ねる。従って選挙制度は、国民の意思をできるだけ正確に反映できるように設計されていることが望ましい。例えば現在の日本の国会議員の選挙制度は、小選挙区制と比例代表制を組み合わせた小選挙区比例代表並立制を採用している。しかし近年「得票率と獲得議席率の乖離」の問題が生じていて、この選挙制度は本当に民意を反映しているのかが社会科学者たちの焦点の一つとなっている [6]。実際の選挙結果を見ると、2017 年衆議院議員選挙では第一党の自由民主党は、小選挙区での得票率が 47.8%であるのに大して獲得議席率が 75.4%であった。いっぽう第二党の希望の党は 20.6%の票を獲得しているにもかかわらず、獲得議席率が 6.2%となっている [7][8]。このことから現行の選挙制度は十分に民意を反映していないのではないとも言われてい

る。本研究は、選挙制度を変更することで、より民意を反映された選挙制度を得ることを目的としている。

実世界で選挙制度を変更することによってより民意を反映した選挙制度の模索を行おうとすることは事実上不可能である。そこでシミュレーションを行う。これまでもいくつかのシミュレーションが行われてきた [4] が、からなずしも十分なケースを想定したものでは無かった。そこで本研究では、より多様なケースを考慮したシミュレーションを試みる。従来の研究では、モデルの記述に数式を用い、モンテカルロシミュレーションを行っているものがほとんどであったが、これでは多様なケースを記述することが困難である。そこで本研究のシミュレーションのモデルには、マルチエージェントモデルにもとづく方法 (Multi Agent Modelling: MAM) [5] を採用した。マルチエージェントモデルは近年、社会現象や自然現象などをシミュレーションする手法として注目されている。選挙制度のシミュレーションにマルチエージェントモデルを用いた例としては、中村らの研究がある [2]。しかしこの研究は、制度そのものを対象としているわけではなく、制度とそれに基づく政党システム、なかんずく政党の数への制度の影響についての研究であり、直接的に民意を扱っているものではない。本研究は、民意と

* Simulating Election System by Multi Agent Model. This is an unrefereed paper. Copyrights belong to the Author(s).

Satoshi Takatani, Hirohide Haga, 同志社大学大学院理工学研究科, Graduate School of Science and Engineering, Doshisha University.

選挙制度を直接あつかうところに、その特徴がある。

2 シミュレーションの概要

2.1 民意の定義

より民意を反映された選挙制度を得るために、まず「民意」というものを定義する必要がある。民意は一般的には「国民の意思」という程度に漠然と認識されている [3] [9]。しかしこの定義はこのままではシミュレーションには使えない。そこでシミュレーションに使える民意を定義することを試みる。「国民の意思」が民意であれば、民意はいくつかの政治的問題に対する態度と考えられる。そこで本論文では民意とは「(複数の) 政治的問題に対する賛否の意思」と定義する。ただし、賛否については賛成/反対の二元的に捉えるのではなく、-1 から+1 までのアナログ量で表現する。+1 がその政治課題に完全に賛成を、-1 が完全に反対を示す。この民意の定義に基づいて、選挙制度を変更することにより、民意と選挙の当選者の意思のズレがどのように変わるかを MAM でシミュレーションする。

2.2 使用するエージェント

選挙は投票対象となる政党と候補者、そして投票を行う有権者が存在することで成立する。本論文で行うシミュレーションでは、以下の3つのエージェントを想定する。

- 政党エージェント P_i
- 有権者エージェント V_j
- 候補者エージェント C_k

政党、有権者、候補者は政策課題の賛成、反対に対して意見を持っている。本論文では各エージェントに政策課題への意見を与え、それを数値で表現する。以後、各エージェントの政策課題への意見を「政策への重み」と表現する。それは-1 と+1 の間で実数値を取るものとし、+1 はその政策課題に対して完全に賛成、-1 はその政策課題に対して完全に反対を表す。そして各エージェントは n 種類の政策課題への重みを持っているとし、 n 種類の政策課題への重みは n 次元ベクトルで表現する。以後、各エージェントが持つ n 次元の政策課題への重みを「政策ベクトル」と呼ぶ。

政党 P_i 、有権者 V_j 、候補者 C_k の政策課題への重み、政策ベクトルをそれぞれ以下のように表す。

- 各エージェント P_i, V_j, C_k の政策 x についての重みを P_i^x, V_j^x, C_k^x と表す。
- 各エージェント P_i, V_j, C_k の政策ベクトルを $\mathbf{P}_i, \mathbf{V}_j, \mathbf{C}_k$ と表す。

つまり各エージェントの政治的姿勢は、政策課題の数 n を次元とする n 次元ベクトルで表現できる。

2.3 重みの決定

政党、有権者、候補者が持つそれぞれの政策への重みは住む土地や経済状況、心理的状况など個人によって異なる社会的属性やその人の心理的属性などの、不確定要素が複雑に絡むため、一意に数学的に定義することができない。そこで本論文では、これを擬似的に実現するために、ある特徴的な傾向がある政策への重みの分布を作成する。そして、作成した分布に従って生成される乱数によって、各エージェントに政策への重みを与える。今回用いた分布は以下の通りである。

1. 意見が分散する分布 (一様分布)
2. 意見が対立する分布
3. 中間的な意見が多い分布 (正規分布)
4. 反対意見より賛成意見が多い分布
5. 賛成意見より反対意見が多い分布

2.4 エージェントの定義

政党エージェント： 政治的目的が同じ政治家が集まって政党がつくられる。それぞれの政策への意見について、各政党がどれだけの重みを置いて進めているかは政党によって異なる。本研究では政党エージェントが持つ政策への意見は 2.3 節の分布によって政党を生成する。それぞれの分布を個々の政策ごとに割り当て、それに従って生成された n 種類の政策への重み (n 次元の政策ベクトル) を政党が属性として持つ。

有権者エージェント： 有権者は個々の政策についての意見を持っている。従って、個々の有権者エージェントの生成の基本的なメカニズムは、政党エージェントの生成と同じである。しかし有権者の数は政党や候補者に比べて遙かに多い。一般

的には有権者の意見はランダムだと考えて良いが、一つ考慮する点は有権者が居住する地域性である。例えば TPP（環太平洋パートナーシップ協定）の問題に関しては、農村部では農家の人々の経済的打撃が大きいと反対意見が多く、都心部では企業の利益向上のために賛成する意見が多い。一方で消費税増税の問題に関しては選挙区に関係なくほとんどの人が反対意見を示す。このように政策には地域性に影響される政策とされない政策がある。したがって有権者エージェントの個々の政策についての重みを決める場合、個々の政策ごとに異なる分布関数を用いることによって、この現象を表現する。

候補者エージェント： 候補者は基本的には政党に所属している。^{†1} そのためある政党に属する候補者エージェントが持つ政策ベクトルは、その所属している政党の政策ベクトルと同じと考えることができる。しかし、エージェントは個性とも呼べるそれぞれ異なった考え方を持つため、同じ政党に属する候補者エージェントの政策ベクトルの値が全く同じであるとは限らない。したがって政党の政策に忠実な候補者や、少し離れた考え方を持った候補者エージェントが存在することも考えられる。そこで候補者エージェントの n 次元のベクトルに対して、多少のじょう乱を与える。具体的には政党エージェントの n 個の政策意見を正規分布の平均値として考えた正規分布を確率分布として割り当てるとする。

2.5 民意と当選者の意思の表現

政策は、選挙で選ばれた議員（当選者）が決定・遂行する。選挙制度が完璧に機能していれば、投票者の意思（民意）と当選者の意思は一致するはずである。これが民主主義の大原則である。そこで本論文では、民意と当選者の意思のズレを以下のような量を用いて定義する。

民意の表現： 民意とは全有権者の政治的課題に対

する意思の総体である。そこで、民意 \mathbf{V} をすべての有権者の政策ベクトル \mathbf{v}_i を合成した合成ベクトルで表す。

$$\mathbf{V} = \sum_i \mathbf{v}_i \quad (1)$$

当選者の意思： 当選者の意思 \mathbf{S} は、民意と同じように、すべての当選者の政策ベクトル \mathbf{s}_j の合成ベクトルとする。

$$\mathbf{S} = \sum_j \mathbf{s}_j \quad (2)$$

民意と当選者の意思のズレ： 民意と当選者の意思のズレ g は以下の用に定義する。

$$g = \frac{\mathbf{V} \cdot \mathbf{S}}{|\mathbf{V}| |\mathbf{S}|} \quad (3)$$

ただし、 $\mathbf{V} \cdot \mathbf{S}$ はベクトル \mathbf{V} と \mathbf{S} の内積、 $|\mathbf{V}|$ と $|\mathbf{S}|$ はそれぞれベクトル \mathbf{V} と \mathbf{S} のノルムである。この定義から明らかなように、ズレ g は民意を表すベクトル \mathbf{V} と当選者の意思を表すベクトル \mathbf{S} の成す角度のコサインの値であり、完全に一致しているときには 1、全く反対の時に -1 の値をとる単調減少関数である。

2.6 投票ルール

有権者がどの候補者に投票するかということの基本的な考え方は「複数の候補者の中から自分の政策と似た考え方を持つ候補者に投票する」というものである [1]。ここで「似ている」という尺度として、次の 2 つの尺度を用いる。

1. 候補者と有権者のそれぞれの政策ベクトルを用いて、式 (3) で定義した g と同じ計算を行い、最大の値を持つ候補者に投票する。これは有権者が候補者の政策の内容を十分理解していることに相当する。
2. 候補者と有権者の政策ベクトルの重みの符号だけを考え、個々の政策ベクトルを符号だけのベクトルに変換する。そして有権者は自らの符号ベクトルの符号ができるだけ多く一致する符号ベクトルを持つ候補者に投票する。複数の候補者が候補として上がったときには、ランダムに選び投票する。これは候補者の政策内容を必ずしも十分に理解していないことに相当する。

^{†1} 現実の選挙では、どの政党にも属さない無所属の候補者がいるが、今回は簡略化のためにすべての候補者は政党に所属していると仮定した。

2.7 地域性の影響

地域によって抱える政策課題は必ずしも同じではない。むしろ国家安全保障や社会保障など、比較的地域差が少ない政策もあるがお、税制や貿易などは都市部と農村部などでは賛否が異なる。そこで今回行ったシミュレーションでは、全国に相当する空間を複数の選挙区に分割し、選挙区ごとに個々の政策についての賛否に偏りを持たせた。偏りの表現としては、最も単純に、分布関数の原点を左右に平行移動することによって実現した。このとき ± 1 を超えるときには、それぞれの値を ± 1 とした。

2.8 選挙区の候補者の数

小選挙区制で選挙区による候補者の数は2つのパターンを考える。

1. 候補者の数が不定：現在の選挙制度では1選挙区あたり2人以上の候補者が立候補している。政党によってどの選挙区に候補者を立候補させるかは異なるのである。また政党がランダムに候補者を立候補しているとは考えにくいので、政党は何か意図を持って選挙区に候補者を立候補させていると考えられる。本論文では今までの選挙の傾向から、基本的には個々の政党は勝つ見込みのある選挙区には必ず立候補させるという条件をつける。これは個々の地域における支持者の数に依存し、支持者が多い地区には、必ず候補者を擁立するということである。一方で勝つ見込みを考えず選挙区に候補者を立候補させる政党も存在するだろう。そのような政党は例えば無党派層（支持政党が無い有権者層）の投票を期待して、候補者を擁立する。具体的な計算方法としては、政党 P_i の政策ベクトルと選挙区 D_j における全有権者の政策ベクトルの合成ベクトルがなす角度 θ_{ij} を計算し、そのコサインの値が0以上あれば勝つ見込みがあるとして判断し立候補する。また支持政党がない有権者の票を得るために、勝つ見込みが0未満であってもランダムで立候補するようにしている。
2. 候補者の数が一定：すべての政党が全選挙区に立候補する場合である。実際の選挙では考えにく

い^{†2} 候補者の数であるが、小選挙区制は自分の意見を代表する候補者を選ぶため、投票できる候補者の数が多い方が有権者にとって一番好ましい候補者を選ぶことができるのではないだろうか。そしてその場合、民意と当選者のズレにどういった変化が現れるのかを観察する。

2.9 選挙制度

今回のシミュレーションの対象とする選挙制度は以下の6種類である。

1. 小選挙区制：各選挙区から1名だけ当選者が選ばれる。
2. 中選挙区制：各選挙区から複数名の当選者が選ばれる。
3. 比例代表制：選挙区における各政党の得票率に基づいて政党ごとの当選者数を割り振る。
4. 小選挙区比例代表併用制：これは組み合わせの比率によって、さらに次の3つのケースを考える。
 - (a) 小選挙区：比例代表=1:1^{†3}
 - (b) 小選挙区：比例代表=1:4
 - (c) 小選挙区：比例代表=4:1

2.10 シミュレーション条件のまとめ

本論文で行ったシミュレーションの条件をまとめる。次のようになる。

1. 投票者決定ルール：2.6節で述べた2種類
2. 地域性の有無：2.7節で述べた“あり/なし”の2種類
3. 選挙区の候補者数：2.8節で述べた“不定/固定”の2種類
4. 選挙制度：2.9で述べた6種類

以上から合計 $2 \times 2 \times 2 \times 6 = 48$ のケースがある。また、政党、候補者、および有権者のエージェントを生成するときに、一定の分布関数に基づく乱数を用いるので、それぞれのケースにおいて100個の状況を生成し、合計で4,800ケースについてシミュレーション

^{†2} しかしながら、現実には日本共産党はこれに近い候補者の擁立をおこなっている。

^{†3} これは現行の制度に最も近い比率である。実際の比率はほぼ1:0.61（小選挙区289, 比例代表176）である。

ンを行った。

3 シミュレーション結果と考察

3.1 結果

今回用いたシミュレータは Java 言語で開発した。本シミュレータでは、格子状のセルを縦 100、横 100 で構成した空間が選挙の空間、現実世界で言い換えると国を表している。その空間を縦横 10 × 10 毎に区切ったものが選挙区である。したがって、10 × 10 の選挙区が 100 個存在している。そしてその選挙区には有権者、候補者が存在している。有権者の数が選挙区によって異なるようにしているため、その数が理解しやすいように色付けている。右側のパネルのプルダウンメニューなどを用いて、さまざま選挙制度をシミュレーションできる。

図 1. は、ある条件でシミュレーションを実行した結果である。この図で、赤く表示されている候補者は候補者が立候補した選挙区内で当選したことを示している。シミュレータの右側には当選した候補者の政党が得た議席数と合計議席数が表示されている。本実験は比例代表制を選択していなかったため、合計議席数と中選挙区によって得た議席数は同じである。そして民意と当選者のズレは 0.40891 となっており、その値だけズレが生じている状態を 2 次元空間で表現している。

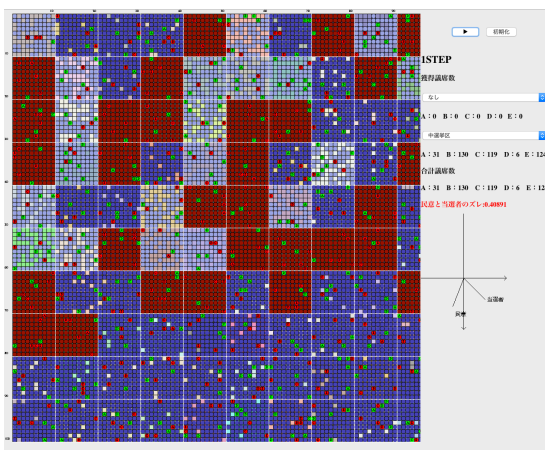


図 1 Election System Simulator

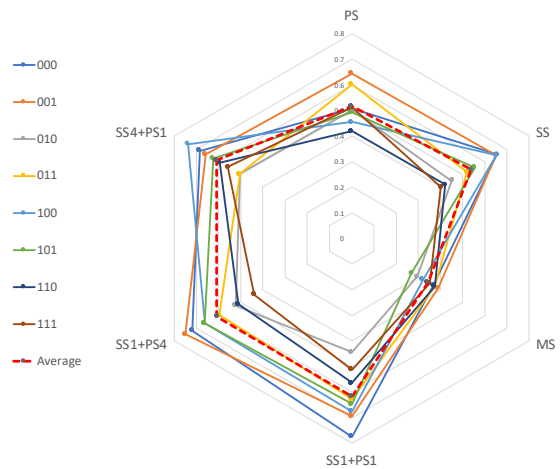


図 2 Visualizing the gap g

また図 2 は各選挙制度ごとのズレ g を可視化した結果である。

個々の略号の意味は以下の通りである。

- PS: 比例代表 (Proportional Sheets)
- SS: 小選挙区制 (Single Sheet)
- MS: 中選挙区制 (Multiple Sheets)
- $SSm+PSn$: SS と PS の割合が $m : n$

また各チャートについている 3 桁の 2 進数はそれぞれ次のような意味である。

- 1 桁目: 投票者決定ルール (0: 意見の gap 最小, 1: 方向性のみ考慮)
- 2 桁目: 候補者の数 (0: 不定, 1: 一定)
- 3 桁目: 地域性の有無 (0: なし, 1: あり)

3.2 考察

以上の結果から以下のような考察が得られる。

1. 中選挙区制を除くと、制度間に大きな差は無いということである。中選挙区制は明らかに他の制度に比べて、民意との乖離が大きい。中選挙区はあらゆる政党から多数の候補者が立候補することができ、選挙区あたりの当選する定数も 2 以上であるため、小選挙区よりも政党同士の意見の衝突が多く、国会での意見が民意から離れてしまうのではないかと考えられる。
2. いっけん最も民意に合っていると考えられる比例代表制は、中選挙区制の次にズレが大きかった

た。これは、今回のシミュレーションにおいて、地域性を取り入れたことが一因と考えられる。つまり地域の実情を考慮に入れなかったため、個々の課題に対する地域ごとに異なる民意に十分対応できていないためと考えることができる。そのことは、小選挙区制と比例代表制を組み合わせた制度の方が、それぞれ単独の制度よりも、民意とのズレが小さいことから分かる。^{†4}

3. シミュレーションによると、小選挙区制と比例代表制の2つの制度をどの程度の割合で組み合わせるかということについては、結果にはさほど大きな影響は与えないことが分かる。平均値はSSとPSを同じ数だけにする制度(SS1+PS1)が最もズレが小さい(0.617)が、SS1+PS4(0.608)でもSS4+PS1(0.609)でも大きな差はない。したがって、今回のシミュレーションの結果から言える事は「小選挙区制と比例代表制を組み合わせる制度であり、組み合わせの比率は大きな違いはならない」という結論になる。

今回の結果はかなりラフなモデルであり、以下のような改善の余地がある。

1. 現実世界と同じように選挙制度などを十分実装しきれてなかった。例えば、棄権や小選挙区比例代表並立制での重複立候補などで結果に影響を与える要素が不考慮であった。
2. 政党には支持者がいる。その支持者は基本的に支持政党の候補者に投票することが多い。しかし今回のシミュレーションでは、有権者の支持政党というファクタを考えていなかった。
3. 政党による民意の捉え方を考慮していなかった。政党はメディアによって得られる世論調査によって民意を認識しており、そこから政党自身の政策への考え方も変化するからである。そしてそれは不特定多数の有権者に対して行われるため、棄権する有権者の存在する選挙によって得られる民意とは異なるのではないだろうか。したがって、世論調査のように不特定多数によって得た意見を

政党の考え方として捉えることも必要であるだろう。

4 結論

マルチエージェントモデリング手法を用いて、選挙制度シミュレーションし、民意と当選者の意思のズレについて計算し、どのような選挙制度が最も民意を反映しているかの検討をおこなった。その結果、中選挙区以外の選挙制度の間で有意な差が生まれず、という結論が得られた。しかしながらまだモデルが未完成であったこともあり、この結論が正しいものなのかモデルの不備による結果なのかについては、十分できていない。今後はさらにモデルに改良を加えていきシミュレーションを行っていく。

謝辞

本研究の一部はJSPS 科研費JP18K04623の助成を受けた。

参考文献

- [1] 三宅一郎: 投票行動(現代政治学叢書5), 東京大学出版会, 1989.
- [2] 中村悦大, 茶本悠介, 村田忠彦, 名取良太: 選挙制度と政党の目標に関するマルチエージェントシミュレーションの実践, (2007). 関西大学政策グリッドコンピューティング実験センター PG Lab ディスカッションペーパーシリーズ第14号.
- [3] 前田幸男: 「民意」の語られ方, 年報政治学, No. 1(2014), pp. 12-36.
- [4] 寺井晃: 選挙制度についての分析: 政党支持率と獲得議席数の乖離についてのシミュレーション, 京都産業大学論集. 社会科学系列, (2012), pp. 143 - 154.
- [5] 山影進: 人工社会構築指南, 書籍工房早山, 2007.
- [6] 水崎節文, 森裕城: 総選挙の得票分析: 1958-2005, 木鐸社, 2007.
- [7] 総務省: 衆議院議員総選挙における年代別投票率の推移, 2017. http://www.soumu.go.jp/senkyo/senkyo_s/news/sonota/nendaibetu/.
- [8] 総務省: 第48回衆議院議員総選挙・最高裁判所裁判官国民審査 速報資料, 2017. <http://www.soumu.go.jp/senkyo/48sansokuhou/index.html>.
- [9] 根本博: 民意とは何か: 政治の論理と経済学の論理, 金沢学院大学紀要 経営・経済・情報・自然科学編, Vol. 11(2013), pp. 61-72.

^{†4} 小選挙区制は地域性を考慮したケースが、良い結果を示している。