

序数効用を考慮した政党世論の意見伝播モデル

Spreading Opinion Model with Order Utility for Analyzing Public Opinions of Parties

須藤 勇一郎†
Yuichiro Sudo

田中 克典‡
Katsunori Tanaka

武藤 敦子†
Astuko Mutoh

加藤 昇平†
Shohei Kato

1 はじめに

現代社会において、世論は政治や経済に大きな影響を与えられ、世論の形成過程を分析することは重要である。世論は社会に属する多数の人々の合意によって形成される全体意見を指し、個人間のコミュニケーションやマスメディアによって形成されると考えられている [1]。しかし、近年インターネットや携帯電話などの普及により、意見の伝達手段が多様化しており、世論推移の観測がより困難になっている。そのため、世論の形成過程をマルチエージェントシミュレーションにより分析する研究が盛んに行われている [2, 3, 4, 5]。我々は世論調査アンケートから社会属性や政党への評価を抽出し、エージェントの初期値に用いることで実社会の世論形成の分析を試みている。実社会において、人は評価対象の情報を他者に伝達する際、評価を数値として伝達するか文字や対話などの自然言語を用いて評価を伝達している。人は明確な単位や評価尺度が定まっていない対象の評価を伝達する場合、文字や対話などの自然言語を用いると考えられている。自然言語を用いたコミュニケーションにおいて、人は他者の評価を数値的に読み取ることは困難であり、評価の序数を認識するといわれている [6]。しかし、従来モデル [5] において、エージェントは各争点の評価を数値で伝播し、他エージェントとの意見の違いや他エージェントの意見を評価値に基づいて算出していた。そのため、従来モデルではエージェントのコミュニケーションによる意見伝播を十分に再現できていないと考えられる。そこで、本研究では数値ではなく順序を用いた評価である序数的評価を定式化し、エージェント同士が序数的評価によって意見を伝播する世論形成モデルを新たに提案する。また、序数効用を確認するために、提案モデルと従来モデルの比較実験を 2004 年の参院選挙の際の調査アンケートを用いて行う。2004 年の参院選挙は事前の世論調査と実際の投票結果に大きな差があることから、選挙直前まで各人の意見交換や情報収集が活発であると考えられる。シミュレーション実験では、選挙前に行われた世論調査アンケートから年齢や収入などの個人の情報と政党に対する好意や反感を表した感情温度を抽出し、エージェントの初期値に利用する。シミュレーションの概略は図 1 のようになっている。エージェントは意見交換と意見交換を繰り返し行った後で投票を行う。本論文では、シミュレーション結果と実際の選挙結果を比較することでモデルの妥当性を検証する。また、シミュレーション実験の結果から世論の推移を分析することで、序数的評価による意見交換が世論の形成に与える影響を明らかにする。

2 従来研究

Latané ら [7] は、他者から受ける社会的影響を社会的インパクトとして定式化し、Dynamic Social Impact Theory (DSIT) モデルを提案した。石黒ら [2] は現代社会におけるマスメディアの影響を考慮して DSIT モデルを拡張し、マスメディアが集団意見に与える影響を分析した。また、志村ら [3] は急速に発達しつつある Information and Communication Technologies (ICTs) により遠く離れた他者とのコミュニケーションにおいて、物

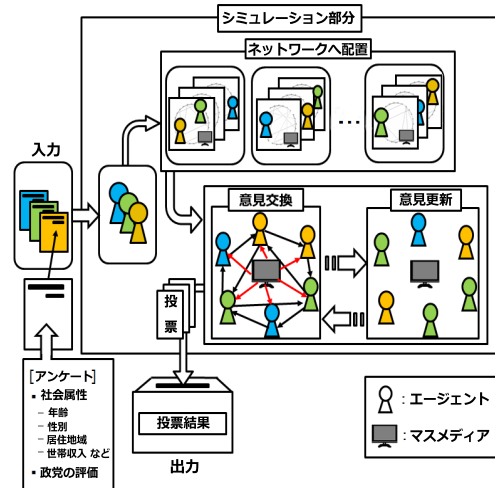


図 1 シミュレーションの概略図

理制約の軽減やコストの削減に注目したシミュレーションモデルを提案している。村上ら [4] はエージェント同士の関連性の強さを考慮して、エージェントを配置する空間を年齢別に分けたネットワーク空間を提案し、年金保険料未納問題が発生するメカニズムとその年金財政への影響を分析した。我々は従来研究 [5] において、エージェント間の複数の政党評価の意見交換が世論に与える影響を分析するために、エージェントが他エージェントやマスメディアから受ける影響を社会的インパクト理論 [7] に基づき定式化した。従来モデル [5] では、他者との意見の違いを表す意見距離を複数政党の評価値から算出されるユークリッド距離で表している。そして、年齢や収入などの共通の特徴を持つエージェント同士でネットワークを構築し、同類指向に基づいた社会空間が世論形成に与える影響を分析した。また、人の投票行動モデルについては、Riker と Ordeshook により合理的選択理論に基づいた投票行動のモデルが提案されている [8]。Riker らは有権者の合理性を仮定し、有権者が投票に参加するか棄権するかを投票参加で得られる利得により決定するモデルを提案している。

本研究では、従来研究に基づいて意見伝播と投票行動モデルを統合してモデルを構築している。本研究のモデル構築は、世論形成などの複雑系の特徴をもつ現象のモデル化の際に近年用いられている構成論的手法に基づいている。構成論的手法は、現象に基づいてモデルの構築と結果の分析を繰り返し行うことでモデル構築を行い、対象の理解を深める手法である。本研究では意見伝播における伝播情報に着目し、複数政党の世論形成をモデルの検討を行う。実社会の自然言語による意見伝播では、他者からの評価を数値的に読み取るのではなく、内容から評価値間の順序関係を認識するといわれている [6]。ため、従来モデルで用いている評価値による意見伝播では、エージェント間の意見伝播による相互作用を十分に表現できていなかったと考えられる。また、従来モデルではエージェント間の意見の違いを定義する際に、個人の評価尺度の違いから生じる数値間隔のずれが考慮されていなかったため、個々人の政党に対する評価値の類似度が高いほど意見距離が短くなり、好む政党が異なっても意見距離が近くなるという問題があった。本論文では、序数的評価による意見伝播モデルの提案し、互

† 名古屋工業大学, Nagoya Institute of Technology

‡ 株式会社メイテツコム, Meitetsucom Co., Ltd.

いに認識可能な評価値間の順位情報から意見距離を求めることで従来モデルの問題点を解決している。

3 シミュレーションモデル

本研究では評価順位を用いた「序数的評価」による意見伝播モデルを新たに提案する。本章では提案モデルの詳細を説明する。

3.1 エージェント

提案モデルは、意見交換を行う社会に属する N 体のエージェント $agent_i (i = 1, 2, \dots, N)$ によって構成される。 $agent_i$ は社会属性 AT_i 、意見変化の閾値 T_i 、各政党に対する評価値 Su_i 、各政党に対する評価順位 Ra_i 、選挙への関心度 Co_i を表す値を持つ。 $agent_i$ は生成される際に Ra_i 以外の全ての値を初期値として与えられる。 Ra_i は Su_i に応じて決定する。また、エージェントは他エージェントとの意見交換により Su_i を変更し、その後 Su_i に応じて Ra_i は更新される。各エージェントは Su_i と Ra_i 、 Co_i に基づいて投票を行う。以下に各属性の定義を示す。

$$agent_i = (AT_i, T_i, Su_i, Ra_i, Co_i) \quad (1)$$

$$AT_i = (at_{i1}, at_{i2}, \dots, at_{iM}) \quad (2)$$

$$Su_i = (su_{i1}, su_{i2}, \dots, su_{iK}) \quad (3)$$

$$Ra_i = (ra_{i1}, ra_{i2}, \dots, ra_{iK}) \quad (4)$$

at_{ix} は $agent_i$ が持つ社会属性 x の値であり、各エージェントは M 個の社会属性を持つ。エージェントは自身の持つ社会属性 1 つにつき 1 つの社会空間に所属する。このとき、エージェントは M 個の社会空間に所属し、各社会空間ごとにエージェント 4 体、マスメディア 1 つとリンクが結ばれる。 $su_{iy} (-10 \leq su_{iy} \leq 10)$ は政党 y に対する評価値であり、 K は政党の総数を表す。また、 $ra_{iy} (1 \leq ra_{iy} \leq K)$ は政党 y に対する評価順位を表す。評価順位はもっとも好む政党から昇順に順位づけられ、評価値が同じ政党がある場合、同順位を許している。

3.2 序数的評価

序数的評価は、エージェント自身の評価順位と他エージェントやマスメディアから受け取る評価順位によって決定される。本節では、 $agent_i$ が $agent_j$ から意見伝播によって評価順位の集合 Ra_j を受け取り、 Ra_i と Ra_j から $agent_j$ の政党 y に対する序数的評価が決定されるまでのプロセスを説明する。 $agent_i$ が政党 y と政党 $k (k \neq y)$ のどちらを高く評価するかを下式によって求められる。

$$g_i(y, k) = ra_{ik} - ra_{iy} \quad (5)$$

$agent_i$ が政党 y を政党 k よりも高く評価しているとき $g_i(y, k)$ が正の値となる。 $agent_i$ は $agent_j$ の評価を自身の政党 y の評価の違いから判断すると仮定し、互いの評価の違いから序数的評価は決定する。 $agent_i$ と $agent_j$ の政党 y と政党 k の評価の違いから $agent_i$ が判断する $agent_j$ の政党 y の評価 $f_{i,j}(y, k)$ は下式で決定される。

$$f_{i,j}(y, k) = \begin{cases} 1 & (g_i(y, k) < 0 \quad g_j(y, k) \geq 0) \\ & \vee (g_i(y, k) = 0 \quad g_j(y, k) > 0) \\ -1 & (g_i(y, k) > 0 \quad g_j(y, k) \leq 0) \\ & \vee (g_i(y, k) = 0 \quad g_j(y, k) < 0) \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (6)$$

$f_{i,j}(y, k)$ は、 $agent_j$ が $agent_i$ よりも政党 y を高く評価している場合に高くなり、 $agent_j$ が $agent_i$ よりも政党 y を低く評価している場合に低くなる。 $agent_i$ が $agent_j$ から受けとる政党 y に対する序数的評価 $p_{ij}(y)$ は、 $f_{i,j}(y, k)$ の総和であり、式 (7) で決定される。

$$p_{ij}(y) = \sum_{k=1}^{K-1} f_{i,j}(y, k) \quad (7)$$

序数的評価 $p_{ij}(y)$ は、 $agent_i$ が自身と比べて $agent_j$ の政党 y に対する評価が高いかどうかを表している。 $p_{ij}(y)$ が正の値の場合、 $agent_j$ が政党 y に対して好意をもつと $agent_i$ に判断され、負の値の場合は $agent_j$ が政党 y に対して反感をもつと $agent_i$ に判断されると定義する。好意は値が大きいほどエージェントが政党を高く評価していることを表し、反感は値が小さいほどエージェントが政党を低く評価していることを表す。

マスメディアの序数的評価についても同様のプロセスにより決定する。提案モデルにおいて、マスメディアは各社会空間にそれぞれ存在し、社会空間に属する全てのエージェントから評価順位を集計するものと定義する。マスメディアは各政党ごとに評価順位が 1 位のエージェントの総数を算出し、総数が多い順に評価順位を定め、この評価順位によって序数的評価が決定される。

3.3 意見距離

提案モデルでは、評価順位を用いて他エージェントと意見がどの程度異なるかを表す意見距離を決定する。 $agent_i$ と $agent_j$ の意見距離 d_{ij} は政党の評価順位の差の二乗和とし、下式によって算出される [9]。

$$d_{ij} = \sum_{k=1}^K (ra_{ik} - ra_{jk})^2 \quad (8)$$

マスメディアとの意見距離についても同様に算出される。

3.4 エージェントの意見更新

エージェントが自身とリンクを持つ他エージェントやマスメディアから受ける影響を社会的インパクトと呼ぶ [7]。社会的インパクトは全ての影響源から受ける影響の総和で表される。本節では、 $agent_i$ に与えられる社会的インパクトの定義を述べる。 $agent_i$ に与えられる社会的インパクト Imp_i は下式のように表される。

$$Imp_i = (imp_{i1}, imp_{i2}, \dots, imp_{iK}) \quad (9)$$

imp_{iy} は、 $agent_i$ が政党 y について他エージェントやマスメディアから受ける影響を表し、 imp_{iy} を下式で定義する。

$$imp_{iy} = E \cdot val_{iy}^{medias} + (1 - E) val_{iy}^{agents} \quad (10)$$

$E (0 \leq E \leq 1)$ はマスメディアの影響力の大きさを表す。 val_{iy}^{agents} と val_{iy}^{medias} はそれぞれ他エージェントから受ける社会的インパクトの値とマスメディアから受ける社会的インパクトの値を表す。 $agent_i$ とリンクを持つエージェントのうち政党 y に好意を持つエージェント群を SA_i 、政党 y に反感を持つエージェント群を DA_i とする。同様に $agent_i$ とリンクを持つマスメディアのうち政党 y に好意となる情報を伝達するマスメディア群を SM_i 、政党 y に反感となる情報を伝達するマスメディア群を DM_i とする。 val_{iy}^{agents} と val_{iy}^{medias} は社会的インパクト理論に基づき、式 (11) と式 (12) とそれぞれ定義される。

$$val_{iy}^{agents} = N_{SA_i}^{-\frac{1}{2}} \sum_{agent_u \in SA_i} \frac{p_{iu}(y)}{d_{iu}^2} + N_{DA_i}^{-\frac{1}{2}} \sum_{agent_v \in DA_i} \frac{p_{iv}(y)}{d_{iv}^2} \quad (11)$$

$$val_{iy}^{medias} = N_{SM_i}^{-\frac{1}{2}} \sum_{media_u \in SM_i} \frac{p_{iu}(y)}{d_{iu}^2} + N_{DM_i}^{-\frac{1}{2}} \sum_{media_v \in DM_i} \frac{p_{iv}(y)}{d_{iv}^2} \quad (12)$$

ここで、 N_{SA_i} と N_{DA_i} はそれぞれエージェント群 SA_i と DA_i の総数を表し、 N_{SM_i} と N_{DM_i} はそれぞれマスメディ

ア群 SM_i と DM_i の総数を表す．全てのエージェントは受け取った社会的インパクト imp_{iy} により，式 (13) に従って政党への評価 su_{iy} を更新する．

$$su_{iy} \leftarrow \begin{cases} su_{iy} + 1 & (imp_{iy} > su_{iy} + T_i) \\ & (su_{iy} < 10) \\ su_{iy} - 1 & (imp_{iy} < su_{iy} - T_i) \\ & (su_{iy} > -10) \\ su_{iy} & otherwise \end{cases} \quad (13)$$

全てのエージェントは意見交換後に評価値を更新し，評価順位は評価値に応じて更新される．

3.5 投票行動

本研究では，投票参加の基本モデルである Riker と Ordeshook のモデル [8] に基づいて，エージェントの投票行動をモデル化する．本モデルでは，エージェント自身の政党に対する評価や選挙への関心，リンクを持つ他エージェントの政党評価に基づいて，各政党への投票で得られる利得が決定する．投票で得られる利得により，エージェントは投票への参加と投票する政党を決定する． $agent_i$ が投票で得られる利得 R_i は式 (14) と表され， $agent_i$ が政党 y に投票することで得られる利得 r_{iy} は式 (15) で求められる．

$$R_i = (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{iK}) \quad (14)$$

$$r_{iy} = poss_{iy} \times bene_{iy} + Co_i \quad (15)$$

$poss_{iy}$ は $agent_i$ が政党 y に投票する一票の価値を主観的に評価した値であり，政党 y に投票する価値は他エージェントが政党 y に投票するほど低くなると考えられている．本モデルでは， $agent_i$ が投票直前のリンクを持つ他エージェントの評価順位に基づいて $poss_{iy}$ を決定する． $agent_i$ は他エージェントが評価順位が 1 位の政党に投票すると判断すると仮定し，評価順位が 1 位の政党をエージェントの投票候補と定義する． $agent_i$ とリンクを持つ他エージェントのうち政党 y を投票候補とするエージェント群を Z_{iy} とする． Z_{iy} に属す $agent_w$ は政党 y を含む 1 つ以上の投票候補を持ち， $agent_w$ はいずれかの投票候補に投票すると $agent_i$ に判断される．投票候補の個数を $Count_{agent_w}$ とおくと， $poss_{iy}$ は式 (16) で決定する．

$$poss_{iy} = (1 + \sum_{agent_w \in Z_{iy}} \frac{1}{Count_{agent_w}})^{-1} \quad (16)$$

$poss_{iy}$ は政党 y を投票候補とする他のエージェントが多くなるほど低くなり，他エージェントが政党 y 以外の投票候補が少ないほど低くなる．

$bene_{iy}$ は各政党間の期待効用の差を表す．期待効用はエージェントの政党に対する評価の度合いである． $bene_{iy}$ は $agent_i$ が持つ最小の評価値と政党 y の評価値の差とし，下式で求められる．

$$bene_{iy} = su_{iy} - \min Su_i \quad (17)$$

選挙への関心度 Co_i は $agent_i$ が投票参加にかかるコストや労力，投票参加で得られる満足感や参加への義務感から決定される値である． Co_i が正の値であるとき満足感や義務感がコストや労力より強いことを表す． Co_i は初期値としてエージェントを生成した際に与えられる．

エージェントは投票への参加を利得に基づき決定する．エージェントは $\max R_i > 0$ の時に投票を行い， $\max R_i \leq 0$ の時に投票を棄権する．エージェントは投票を行う場合，利得が最大である政党に投票する．また，利得が最大となる政党が複数存在する場合は政党のいずれかにランダムに投票する．

表 1 社会属性の種類と社会空間の数

社会属性の種類	社会空間の数
性別・年齢	8
世帯収入	7
住居地域	11
合計	26

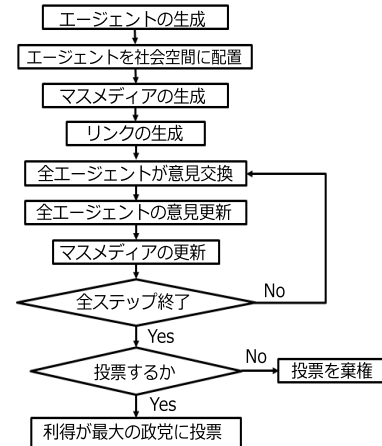


図 2 シミュレーションのフローチャート

4 世論形成シミュレーション実験

本実験ではエージェントの初期値に 2004 年の参院選挙の投票直前に行われた調査データを用いて行う．シミュレーションのフローチャートを図 2 に示す．実験では 2004 年の参院選挙投票前後に行われた世論調査アンケートからエージェントを生成する．エージェント数 $N = 1283$ ，政党の総数 $K = 5$ ，社会属性値は「年齢と性別」，「世帯収入」，「住居地域」の 3 種類を用いている．各社会空間を分割数を表 1 に示す．また選挙後の事後調査の分析 [10] により，マスメディアが報じていた外交問題よりも年金などの内政問題が当時の投票に影響していたと考えられるため，マスメディアの影響 $E = 0.3$ とした．関心と選挙への関心度は正規分布に従ってエージェントごとにランダムに与える．評価値には，政党に対して「好意」や「反感」をどの程度持っているかを，50 を中立として 0 から 100 まで表した感情温度を用いる．社会空間には，従来研究のネットワークモデル [5] を用いている．全てのエージェントが意見交換・意見更新を行い，マスメディアが更新されるまでを 1 ステップとし，シミュレーションの開始から投票結果を出力するまでを 1 試行とする．実験の各試行ごとにエージェントは社会空間に無作為に再配置される．また，ネットワークの構造はシミュレーション中に変化しない．本実験において，各政党の「世論」は，投票によって得られた得票率を指す．シミュレーション実験では，実際の投票結果とシミュレーションで得られる世論を比較してモデルの評価を行う．本実験では，実際の投票結果に近い世論を観測したモデルをエージェント間の意見伝播をより良くモデル化できていると判断し，その要因を考察する．

図 3(a)，図 3(b) に提案モデルと従来モデル [5] による世論形成過程をそれぞれ示す．提案モデルと従来モデルでは意見交換時の伝播情報が異なる．提案モデルにおいて，エージェントは評価順位を伝播し序数的評価による意見交換を行い，従来モデルにおいてエージェントは評価値を伝播して意見交換を行う．実験は各モデルに対して，100 ステップまで 50 試行ずつ行った．図 3(a)，図 3(b) は横軸をステップ数，縦軸をステップ時の投票に

表 2 得票率 (小数点第 2 位を四捨五入)

政党名	初期状態 ステップ=0	従来モデル ステップ=100	提案モデル ステップ=100	実際の 選挙結果
自民党	43.7	51.5	34.7	30.0
民主党	33.3	35.0	33.4	37.8
公明党	9.3	5.1	14.2	15.4
共産党	6.2	3.9	8.9	7.8
社民党	7.6	4.4	8.9	5.3

よる得票率で表している。提案モデルの 100 ステップにおける得票率は、意見伝播を考慮しない場合や従来モデルを用いた結果よりも実際の選挙結果に近い結果を得ることができている (表 2)。そのため、提案モデルは従来モデルに比べて世論の形成過程を十分にモデル化できていると考えられる。さらに図 3(a)、図 3(b) を比較すると、提案モデルと従来モデルでは世論形成の過程が異なっており、自民党と民主党に注目すると、提案モデルでは自民党の得票率がステップ数が増えるほど得票率が下がるのに対して、民主党は得票率を維持していることが確認された。また、公明党、社民党、共産党の初期の得票率が近い 3 党に注目すると、従来モデルはどの政党も同じような世論形成を行うのに対して、提案モデルではそれぞれ異なる世論形成の過程が確認される。提案モデルは従来モデルに比べて世論の形成に多くのステップ数が必要であることがわかる。これは序数的評価による意見伝播は、他者の政党の評価を評価順位から間接的に読み取るため、意見同調により多くのステップ数が必要になるためだと考えられる。

序数的評価による意見伝播がより現実に近い結果が得られた要因を確認するために、シミュレーションにより初期状態から最高評価エージェント数がどの程度変化したかを提案モデルと従来モデルのそれぞれで確認した (図 4)。変化量は 100 ステップにおけるエージェント数と初期状態のエージェント数の差を表す。図 4 から提案モデルでは、最大多数派である自民党ではなく、民主党や公明党の最高評価エージェントが増加していることが確認される。これは最大多数派以外の政党の評価についても、好意がエージェント間に伝播したためだと考えられる。また、少数派である社民党や公明党の最高評価エージェントが従来モデルに比べて多く残存していることがわかる。この現象はエージェント同士が他エージェントとの意見の違いを十分に認識できたためだと考えられる。これらの結果から、序数効用を考慮した提案モデルにより政党世論の形成を再現できていると考えられる。

5 おわりに

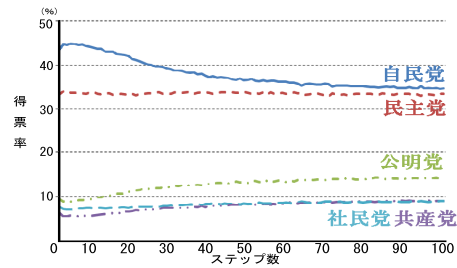
本研究では、エージェントの意見交換に順位情報を用いて、序数効用を考慮した政党世論の意見伝播モデルを提案した。実データを用いたシミュレーションにより、提案モデルの有効性を確認した。今後は、動的なネットワークによるシミュレーション実験を行いたい。また、実社会に反映される政党世論がどのように形成されるのかについてさらに調査し、モデルの改良を行いたいと考えている。

謝辞

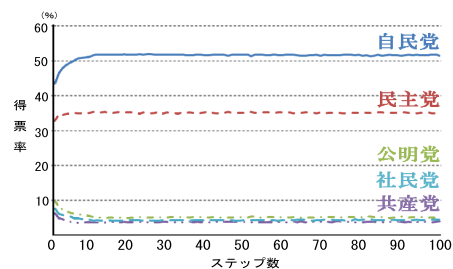
〔二次分析〕に当たり、東京大学社会科学研究所附属社会調査・データアーカイブ研究センター SSJ データアーカイブから「『21 世紀初頭の投票行動の全国的・時系列的調査研究 (JES SSJDA 版)』, 2001-2005」(JES 研究会 (池田謙一・小林良彰・平野浩)) の個票データの提供を受けました。

参考文献

- [1] 日本社会学会編集委員会編, “現代社会学入門”, 有斐閣, (1976).
- [2] 石黒 格, 安藤 智子, 芝内 康文, “Dynamic Social Impact



(a) 提案モデル



(b) 従来モデル [5]

図 3 各モデルの世論形成過程

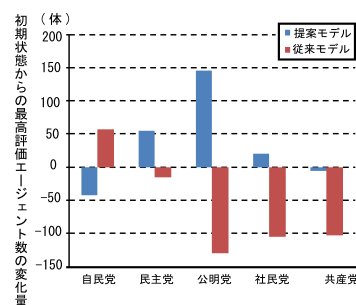


図 4 初期状態からの最高評価エージェント数の変化量

Theory シミュレーションの全体情報の導入: マス・コミュニケーションの「強力効果」は社会を統合するか?」, 社会心理学研究, 16, 2, pp. 114-123, (2000).

- [3] 志村 誠, 小林 哲郎, 村上 史朗, “拡大する社会的ネットワークは少数派を残存させるか: DSIT シミュレーションにおける非近接他者情報の導入”, 日本社会心理学会, 社会心理学研究, 21, No. 1, pp. 32-43, (2005).
- [4] 村上雅俊, 谷田則幸, 年金制度に対するマルチエージェントシミュレーション-世論形成とその年金制度への影響の検討, 『RCSS ディスカッションペーパーシリーズ』, 第 59 号, (2008).
- [5] 田中 克典, 武藤 敦子, 加藤 昇平, “社会空間を考慮した人工社会モデルによるマスコミュニケーションが世論過程に与える影響の分析”, 情報処理学会第 73 回全国大会, (2011).
- [6] 井田 正明, “序数効用に基いた可能性評価”, 日本ファジィ学会誌, 7, No. 6, pp. 1175-1185, (1995).
- [7] Latané, B., Nowak, A., Liu, J., “Measuring emergent social phenomena: Dynamism, polarization, and clustering as order parameters of social systems”, Behavioral Science, 39, pp. 1-24, (1994).
- [8] Riker, W., and P. Ordeshook, “A theory of the calculus of voting”, American Political Science Review, 62, pp. 28-42, (1968).
- [9] Marden, John I., “Analyzing and modeling rank data, Monographs on statistics and applied probability, Chapman & Hall, 64, (1995).
- [10] 井田 正道, “2004 年参院比例選の分析”, 政経論叢 77(1-2), pp. 73-104, (2008).