

社会選択における意見形成過程の影響の分析

大石 匠真†

長谷部 浩二‡

†筑波大学情報学群情報科学類

‡筑波大学システム情報系

1. 研究の背景と目的

社会選択理論は、個人の持つ選好をもとに、社会集団における意思集約方法や社会状態の望ましさを評価する基準を解明する理論である。これまで、社会選択理論をもとに様々な社会選択方法やその問題点が考えられてきた。

一般に社会選択理論では、自分の選好のみに従い意見を選択することを前提としている。しかし実際に意見を決定するとき、人々は周囲の意見を考慮して意見を変更する場合がある。例えば多数決の場合、自分が最も望む意見を選ぶ人が少ないと判断できる状況では、人々はより多くの人に好まれる別の意見を選ぶことがある。また、選挙などの現実における社会選択的状況では、人々は世論調査により事前に周囲の意見を確認し、状況に応じて意見を選択することがある。そのため、社会選択理論による方法は実際の社会選択に適用することが難しいという課題が残されている。

これまでには、社会選択的状況で各人が周囲の意見を見て意見を変更する反復投票が Meir らの論文[1]で考案された。Obraztsova らの論文[2]や Grandi らの論文[3]では反復投票による均衡への収束特性などを分析した。また、これらの先行研究[1][2][3]は主に少人数の場合と理論に焦点を当てており、利得が増える場合のみ各人は意見を変更していた。しかし、現実の社会選択的状況は多人数であることが多く、利得の変化に現実性はない。これらの先行研究ではそのような状況における意見変化の過程や様子は考えられていない。

そこで本研究は、社会選択方法が既知であり、社会選択の前に意見交換をする期間がある場合、それが実際の多人数による投票行動に及ぼす影響を明らかにすることを目的とする。また、意見形成モデルを用いてシミュレーションを行い、社会選択的状況において戦略的行動により意見が変化する様子や分裂する条件を分析する。本研究により、社会選択的状況において世論調査など意見交換する過程が、多くの人を満足させる社会選択を行う上で重要であることが明らかになった。

2. 意見形成モデル

2.1 モデルの概要

本研究が対象とする社会選択的状況における意見形成モデルを定義する。本研究は多数決と決選投票付き多数決に注目する。これらの意思集約の方法は、各エージェントが1つの意見を選択する方法であり、実際によく利用される手法である。本モデルの意見形成において、エージェントは選択肢から意見を選び全体に表明し、周囲の意見の様子から自分の意見を変化させる。この過程を繰り返し社会全体で意見形成を行う。このときエージェントの集合を $N = \{1, \dots, n\}$ とする。社会全体では選択肢 $C = \{c_1, \dots, c_m\}$ が存在する。エージェント i は自分が取り得る選択肢 $C_i = \{c_1^i, \dots, c_k^i\}$ を持ち、それらに対し選好度（利得）を持つ。ここで選好度は k 以下の自然数で表す。エージェントは各時刻 t において自らの意見 c_t^i を選択し全体に表明する。時刻 t におけるすべてのエージェントの意見のプロファイルを $c_t = (c_t^1, \dots, c_t^n)$ とする。エージェントは全体の意見 c_t を確認し、後述するアルゴリズムにより時刻 $t + 1$ における意見を選択する。この過程を意見が変化しなくなるまで繰り返す。

2.2 エージェントの意見選択のアルゴリズム

次にエージェントの行動のアルゴリズムを定義する。意見選択する際、選択肢の利得と全体の意見 c_t の様子をもとに意見を選択する。エージェント i は全体の意見 c_t の中で閾値 m_i 人以上の支持を集める意見を主流な意見と判別する。エージェント i は最も選好度が高い意見以外を選択する際に基準とする閾値 c_{near}^i, c_{com}^i を持つ。本モデルで用いる関数を表 1 で定義する。

表 1: 関数の定義

- $count_t(c_t, c)$: プロファイル c_t 内の意見 c の個数
- $u_i(c)$: 意見 c が選ばれたときのエージェント i の利得
- $eno_t^i(c_t, m_i) = \{x \in C_i \mid count(c_t, x) \geq m_i\}$: c_t 内で m_i 人以上の支持を持つ意見(主流な意見)の集合
- $much_t^i(c_t, c_{com}^i) = \{x \in C_i \mid u_i(\max_{c \in C_i} count(c_t, c)) < u_i(x) < \max_{c \in C_i} u_i(c) \wedge count(c_t, x) - count(c_t, \max_{c \in C_i} u_i(c) \geq c_{com}^i)\}$: c_t において最も支持される意見の利得より高い意見のうち、最良の意見より c_{com}^i 個以上の支持を持つ意見の集合

エージェントは最良、妥協、次点の3種類の行動を取るとする。「最良」では最も利得が高い意

An Analysis of the Influence of Opinion Formation Process on Social Choice

†Oishi Takuma, University of Tsukuba, College of Information Science

‡Koji Hasebe, University of Tsukuba, Faculty of Engineering, Information and Systems

見を選択し、「妥協」では主流な意見に妥協する。「次点」では、主流な意見より利得が高く、最も多く支持されている意見を選択する。

ここで時刻 t における全体の意見 c_t において、主流な意見に対する利得の値により、意見を選択する状況を表2のように分類する。

次に各ケースにおいて取る行動をもとにエージェントの行動パターンを表3で定義する。これらを含め6種のタイプを調べたが、ここではタイプAおよびBで得られた結果のみを示す。

表2:意見選択を行う5つの状況

- Case1: $eno_t^i(c_t, m_i) \neq \emptyset \wedge x = \max_{c \in C_i} u_i(c)$ のとき
- Case2: $eno_t^i(c_t, m_i) \neq \emptyset \wedge c_{near}^i < x < \max_{c \in C_i} u_i(c)$ のとき
- Case3: $eno_t^i(c_t, m_i) \neq \emptyset \wedge 0 < x < c_{near}^i$ のとき
- Case4: $eno_t^i(c_t, m_i) \neq \emptyset \wedge x = 0$ のとき
- Case5: $eno_t^i(c_t, m_i) = \emptyset$ のとき

表3:エージェントの行動パターン

- (2,3,4)はそれぞれ Case2,3,4 で取る行動を表す
Case1 と Case5 では「最良」を選択する
- Type A (2,3,4)=(最良, 次点, 次点)
 - Type B (2,3,4)=(妥協, 次点, 次点)

3. シミュレーションによる分析

3.1 シミュレーションの設定

エージェントの数を50人 ($n = 50$) とする。全体で取り得る意見と各エージェントが取り得る意見は一致するとする。各エージェントが取り得る意見を $C = \{a, b, c, d, e\}$ の5種類とする。ここで、同じ利得となる意見は存在しない。時刻 $t = 0$ では各エージェントは利得が最も高い意見を選択する。この条件で、エージェントの選好を様々に設定してシミュレーションを行う。

3.2 シミュレーションの結果

エージェントがタイプAにのっとり意見を選択したとき、図1を例とする結果が得られた。この例では、いきなり多数決や決選投票付き多数決を行う場合に選ばれる可能性がない意見cが最終的に最も多数の支持を得る結果となっている。

全体の意見が変動した結果、最終的に1つの意見に収束する場合と、複数の意見に分裂する場合と、変化や収束が確認できない場合の3種類の結果が得られた。収束または分裂するとき、初期状態で多数に選択される意見に支持が集まる場合と、それ以外の意見が多く支持を集める場合が確認できた。つまり図1のように、いきなり多数決や決選投票付き多数決を行う場合の結果と、意見形成過程を経てから選択される意見が異なる場合が存在することが確認できた。タイプBの場合は、タイプAの場合と比べ1つの意見に収束し

やすくなっているが、タイプAの場合と同様の結果が得られた。

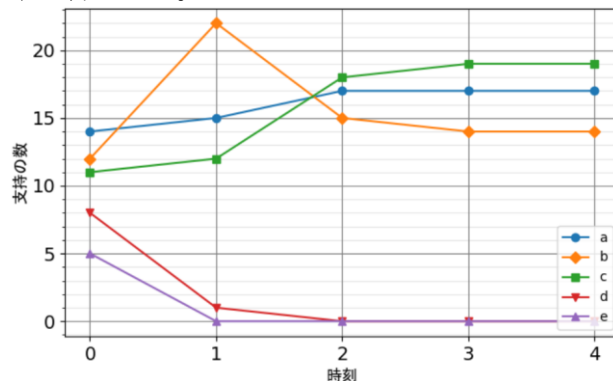


図1:意見形成により結果が変わる例

他に得られた結果として、最初に多くの支持を得ている意見を好まないエージェントが多い場合や、各エージェントが次点の意見を選びやすいほど意見が変動しやすいことが確認できた。また、エージェントが最良の意見を選びやすいほど意見は変化しにくくなり、妥協しやすいほど意見は早く収束した。主流だと判断する基準 m_i について、 $count_t(c_t, \arg \max_{c \in C_i} u_i(c)) < m_i < \max_{x \in C_i} count_t(c_t, x)$ が成り立つときのみ意見は変動し、 m_i が大きいほど全体の意見は収束しやすく、 m_i が小さいほど全体の意見は変化しにくいことが明らかになった。

4. 結論と今後の課題

本研究では、多人数で意見形成シミュレーションを行い、社会選択において意見形成過程が及ぼす影響を分析した。その結果、意見交換せずに意思集約するとき選ばれない意見が選択されるように変化する可能性があることが明らかになり、単に多数決などで社会選択を行う場合必ずしも大勢が満足する選択とはならず、世論調査などを行う意義があることが明らかになった。

今後の課題としては、本研究で扱わなかった社会選択方法を分析することが挙げられる。例えばボルダルールなど、複数の選択肢に順序を付ける方法でも同様の結果となるのか調べたいと考えている。また、各エージェントの行動や状況を詳細化し、様々な状況に対する最適な意思集約方法の分析や収束条件の定式化を行う予定である。

参考文献

[1] R. Meir et al. Convergence to Equilibria of Plurality Voting. *AAAI*, pp. 823–828, 2010.
 [2] S. Obraztsova et al. On the Convergence of Iterative Voting: How Restrictive should Restricted Dynamics be?. *AAAI*, pp. 993–999, 2015.
 [3] U. Grandi et al. Restricted Manipulation in Iterative Voting: Condorcet Efficiency and Borda Score. *ADT*, pp. 181–192, 2013.