

博士(工学)学位論文

社会の分断や孤立を招く現象の
オピニオンダイナミクスによる分析

2023年1月

岡野 のぞみ

鳥取大学大学院
工学研究科 博士後期課程

論文要旨：社会の分断や孤立を招く現象の オピニオンダイナミクスによる分析

要 旨

社会の中での人々の意見分布、またはそれら意見の発生、及び形成過程を調べるオピニオンダイナミクスは、さまざまな研究手法で研究されてきた分野である。しかし、近代の社会は非常に激しい勢いで発展をしており、人々の情報源は時空間上の制約を超えて拡がり、コミュニケーションの手段も日々変化している。特に、インターネットを基盤としたソーシャルネットワークサービスの拡がり社会を一変させた。それにより社会における人々の繋がり方にも大きな変化が生じている。また今世紀に入ってから社会的にも様々な問題が顕在化し、データだけでは説明不可能な事象や現象も発生している。一つは社会の分断や分裂であり、相反・二極化の事例は枚挙にいとまがない。二つ目は貧富や人間関係の格差の拡大などによる一部の人の孤立である。このような社会の変化を理解し、社会物理学的な検証を行う必要があり、社会の動きに追従できる理論が求められていた。そこで本研究では従来の合意形成を前提とした理論から、信頼と不信の両方を扱えるよう拡張したオピニオンダイナミクス理論である Trust-Distrust Model を用い、様々な社会の様相、特に社会の分断や孤立の問題に焦点を絞って分析・検証することを目的とした。

最初に本研究で議論した概念の定義について整理しておく。本研究では意見の変遷と意見分布に焦点を当てて検証、考察を行なった。その点において合意形成とは、人々の意見が一つないしは複数の集団となって時間と共に収束することである。逆に合意形成をしていないのは、人々の意見が時間と共に収束せず発散した状態となることである。意見分布とは注目する社会的な集団での意見の集散の様子を示す。孤立は、他の人々と意見交換をした結果、意見分布から隔絶（独立）している状態である。分断や分裂は複数の集団間で意見が分かれ、且つ集団それぞれで合意形成（収束）している状態とした。なお意見分布とは注目する社会的な集団での意見の集散の様子を示す。

第1章は序論、第2章から第4章ではオピニオンダイナミクス理論の概要と基本的な考え方について整理した。第5章と第6章では本論文の主題である孤立や孤独、分断や分裂の問題について分析した。第7章は複雑化するネットワーク構造への拡張の可能性について触れた。第8章は考察、第9章は結論である。

各章それぞれの概要を説明する。第2章では Trust-Distrust Model の理論について述べた。第3章では基本的な合意形成の姿について調べた。一般的に合意とは意見の一致を指し、意見の一致とは意見の内容まで一致していることである。しかし本研究は意見の内容を取り扱っているものではない。合意形成（収束）か不形成（発散）かの現象を扱い、人々の意見の変遷と意見分布を観察し考察した。社会の人々が合意を形成する条件、形成できない条件について様々なネットワーク構造でシミュレーションを実施した。社会の人々の繋がりが密の場合、ランダムネットワーク構造でも、合意形成するために必要な正の信頼の割合の閾値は、完全ネットワークと同様に 55%程度であることがわかった。スケールフリーネットワークではハブ的人

物がカリスマ的な働きをすることを導いた。人々の繋がりが疎である場合、合意形成するために必要な正の信頼の割合の閾値は上がり、合意形成は難しくなることも導かれた。つまり、都会のように人々が多い環境では接続率が低くなるため合意形成は容易ではないということである。第4章ではメディアが社会に与える影響やメディアの影響が届かない人について、Trust-Distrust Model で検討した。現代は情報を得る手段が過去とは大きく様変わりしている。そこで、テレビや新聞などのメディアの影響が現代社会ではどれほど支配的かを調べる1つの手段としてオピニオンダイナミクスによるシミュレーションを行った。メディア効果の強さと人々の繋がりの強さにより、ある範囲の人々がメディアに誘導されることがわかった。特に強い意見を持たない人にその効果は顕著である。今回の検証結果はマイクロターゲティングのモデルとして応用できる。また、メディアの影響が届かない人も他人との繋がりと、その繋がりを通して間接的にメディアの影響を受けることもわかった。メディアの届かない人々にも日々細かな情報をきちんと伝えることが大切である。メディアにおいても今まで通用してきた方法だけでは、人々に正確な情報伝達をすることが難しくなっていることを認識する必要がある。

ここまでの研究を踏まえ、第5章では様々な格差や誹謗中傷などを契機として、現代社会から取り残され孤立するなどの孤独の問題に Trust-Distrust Model を適用した。本論文において、カリスマ性のある人物（以降カリスマと表記）とは多くの人々から信頼を得ている人物であり、社会の人々への影響が大きいと仮定した。カリスマと社会全体から不信感を持たれ孤立している人との関係において、カリスマの影響力や相互の信頼関係、意思の強さなどが社会の人々の意見分布にどのような影響を与えるのかを様々なケースで検証した。カリスマは社会から信頼されていることから、その人物の意見に普通の人の意見が近づく傾向がみられた。孤立した人もカリスマと信頼関係を持つこと、もしくは社会全体からの不信感を減らすことで孤立から救われることがわかった。このことは、カリスマの人気を利用する前に、社会の人々からの自分への不信感を少しでも解消する努力をするということがそもそも必要であり有効であることを意味する。この結果から大きな社会問題となりつつある孤立・孤独の問題へのひとつのヒントを提示できたと考えている。第6章では深刻な問題となっている社会の分断や分裂の問題について考えた。現代社会では社会分断の新たな要素も出てきており深刻な問題となっている。社会の人々がなぜ分断されるのかは政治学だけでなく社会学でも大きな研究対象と言える。社会の分断現象はいくつかの側面が複雑に絡み合っており、単純に一つの意見軸での意見の強さ同士の反発と考えることはできない。そこで本論文では分裂した社会における人々の意見の動きの傾向と分断回避の可能性について Trust-Distrust Model を用い分断社会の社会的シミュレーションを実施した。2つのグループ及び「内集団」と「外集団」の対立について考えた。意見の離れた二つの集団がそれぞれ合意に達した場合、社会が2つに分断される。その場合妥協の余地はなく両者の対立に発展する可能性が大きい。反対に、グループ内とグループ間の信頼関係が弱い場合もしくは繋がりが希薄な場合は、どちらのグループも合意形成を得ることができず紛争に発展しないことが導かれた。「内集団」と「外集団」においてもグループ内

信頼度、グループ間信頼度の大小により意見の収束、発散が分かれる。この章での分析を踏まえると、社会の意見構成に多様性があれば、また繋がりが強すぎないほど対立への発展性が阻害されることも導かれた。これは一つの側面の知見・ヒントとして意義があり、今後の更なる研究に繋がればと考えている。第7章では社会全体のネットワークと隣人のネットワークが共存するなど、多層なネットワークの場合を Trust-Distrust Model の拡張として提案した。これによって社会の人々が隣人ネットワークやソーシャルメディアネットワークなど複数のネットワークに加わっている場合の意見分布の解析が容易となる。分析の結果、社会全体のネットワークがあると合意が得られやすくなることがわかった。隣人ネットワークによる人々がお互いに与える影響が、社会全体のネットワークに比べてどのくらい強いかで計算結果が異なる。小さいコミュニティなら隣人ネットワークの方が圧倒的に強い。しかし、大都会に暮らし周囲と交流しない人の隣人ネットワークは極めて弱く、社会全体のネットワークが主になる。今回提示した多層ネットワークへのオピニオンダイナミクス理論は人々が属する複数のネットワークやコミュニティの大小、結びつきの疎密などの二重ネットワーク構造の違いを解析でき、今後増々その必要性が高まってくるものと考えられる。複雑化を増している社会の理解の一端を担うものとする。

最後に、本研究を通じて Trust-Distrust Model が変化する社会への社会物理学的なアプローチの手段として追随性や拡張性、自由度の高い分析手法であることが検証できたと考える。また研究目的である孤立や孤独、社会の分裂や分断などの社会現象へのケーススタディを提示出来たと考えている。孤立や孤独の問題では孤立した人の自助努力を中心に結論を述べたが、現実的にはそれだけでは解決は難しいと思われる。むしろ社会全体が格差や誹謗中傷などの諸問題に積極的に取り組んでいくことも必要と考える。また社会の分裂や分断の問題では単なる対立構造の分析にとどまらず、これからコミュニケーションの基盤の中心となるとと思われるソーシャルネットワークサービスを含めて、もう少し視野を拡げてみていく必要があるものとする。今回の社会物理学的なアプローチについては、今後の大学などでの検証や研究を通して実社会への更なる活用を図り、更なる成熟と認知がなされることが望まれる。

Opinion dynamics analysis of phenomena that lead to social fragmentation and isolation

Summary

Opinion dynamics, the study of the distribution of people's opinions within a society, or the processes that generate and shape those opinions, is a field that has been studied using a variety of research methods. However, modern society is developing at an extremely rapid pace, and people's information sources are expanding beyond the limitations of space-time, and the means of communication are changing on a daily basis. In particular, the expansion of Internet-based social network services has transformed society. This has brought about major changes in the way people connect with each other in society. In addition, since the beginning of this century, various social problems have emerged, and events and phenomena have occurred that cannot be explained by data alone. The first is the division and fragmentation of society, and there are countless examples of conflicts and polarization. The second is the isolation of some people due to widening disparities in wealth and human relations. It is necessary to understand these social changes and to examine them from a socio-physical perspective, and a theory that can keep up with social trends has been sought. Therefore, the purpose of this study was to analyze and verify various aspects of society, especially focusing on the issues of social fragmentation and isolation, using the Trust-Distrust Model, an opinion dynamics theory that has been extended to handle both trust and distrust, from the conventional theory based on consensus building.

First, let us review the definitions of the concepts discussed in this study. This study focused on the evolution and distribution of opinions. In this respect, consensus building refers to the convergence of people's opinions into one or more groups over time. On the other hand, the lack of consensus is a state in which people's opinions diverge over time instead of converging. Opinion distribution refers to how opinions converge and diverge in a social group of interest. Isolation is the state of being isolated (independent) from the opinion distribution as a result of exchanging opinions with others. Fractionalization or division is a state in which opinions are divided among multiple groups and each group has formed a consensus (convergence). Opinion distribution refers to the state of convergence of opinions within a social group of interest.

Chapter 1 is an introduction, and Chapters 2 through 4 provide an overview and basic concepts of opinion dynamics theory. Chapters 5 and 6 analyze the issues of isolation and loneliness, division and fragmentation, which are the subject of this thesis. Chapter

7 touches on possible extensions to increasingly complex network structures. Chapter 8 is a discussion and Chapter 9 is a conclusion.

A brief summary of each chapter is given as follows. Chapter 2 describes the theory of the Trust-Distrust Model. In Chapter 3, we examined the basic form of consensus building. Generally, consensus means agreement of opinion, but agreement of opinion also means agreement of the content of opinion. This study does not deal with the content of opinions, but rather with the phenomenon of consensus formation (convergence) or non-formation (divergence), and the evolution of people's opinions and the distribution of opinions were observed and discussed. Simulations were conducted on the conditions under which people in a society can and cannot form a consensus, using various network structures. When people in a society are closely connected, the threshold of the percentage of positive trust required to form a consensus in a random network structure is found to be about 55%, the same as in a perfect network. In the scale-free network, the hub-like person led to a charismatic function. It was also derived that when people are sparsely connected, the threshold for the percentage of positive trust needed to reach consensus rises and consensus building becomes more difficult. In other words, consensus building is not easy in an environment with many people, such as an urban environment, because the connection rate is lower. In Chapter 4, we used the Trust-Distrust Model to examine the influence of the mass media on society and those who are not reached by the mass media. The means of obtaining information today have changed drastically from the past. Therefore, we conducted a simulation using opinion dynamics as one means of examining how dominant the influence of mass media, such as television and newspapers, is in modern society. We found that a certain range of people are guided by the mass media due to the strength of the media effect and people's connections. The effect is particularly pronounced for those who do not have strong opinions. The results of this verification can be applied as a model for microtargeting. We also found that people who are not reached by the mass media are indirectly influenced by the mass media through their connections with others. It is important to provide detailed information to those who are not reached by the media on a daily basis. It is necessary to recognize that it is becoming increasingly difficult for the mass media to accurately convey information to people using only the methods that have been used up to now.

Based on the research up to this point, Chapter 5 applies the Trust-Distrust Model to the problem of loneliness, such as being left out and isolated from modern society due to various disparities and slander. In several cases, we examined the influence of charisma on the relationship between a person who is distrusted and isolated by society as a whole, and the influence of the charismatic person's influence, trustworthiness, and strength of

will. Since the charismatic person was trusted by society, the opinions of ordinary people tended to approach those of the charismatic person. Isolated people were also found to be saved from isolation by having a trusting relationship with a charismatic popular person or by reducing distrust from society as a whole. This implies that it is necessary and effective in the first place to make an effort to eliminate any distrust of oneself by people in society before taking advantage of charismatic popularity. We believe that we were able to present one clue to the problem of isolation and loneliness, which is becoming a major social problem, from these results. In Chapter 6, we considered the problem of social fragmentation and division, which has become a serious issue. In today's society, new elements of social division have emerged, and it has become a serious problem. Why people in a society are divided is a major subject of study not only in political science but also in sociology. The phenomenon of social division is a complex intertwining of several aspects, and cannot be considered simply as a repulsion between the strength of opinions on a single axis of opinion. In this paper, a social simulation of a divided society is conducted using the Trust-Distrust Model to examine the tendency of people's opinion movements in a divided society and the possibility of avoiding the division. When two groups with divergent opinions reach an agreement, the society is divided into two parts. In this case, there is no room for compromise, and there is a strong possibility of conflict between the two groups. On the other hand, if the trust between and within groups is weak, or if there is little connection between them, neither group will be able to reach a consensus and conflict will not occur. In the "in-group" and "out-group," the convergence and divergence of opinions also depend on the degree of trust within the group and the degree of trust between groups. Based on the analysis in this chapter, it also follows that the more diverse the composition of opinions in a society, and the less strongly connected they are, the less likely they are to develop into conflicts. This is significant as a hint and knowledge of one aspect, and we hope it will lead to further research in the future. In Chapter 7, we proposed an extension of the Trust-Distrust Model to the case of a multi-layered network, in which the entire social network and the network of neighbors coexist. This facilitates the analysis of the distribution of opinions when people in a society are involved in multiple networks, such as neighborhood networks and social media networks. The results of the analysis show that it is easier to reach a consensus when there is a society-wide network. The calculation results differ depending on how strong the influence that people have on each other due to the neighbor network is compared to the society-wide network. In a small community, the neighbor network is overwhelmingly stronger. However, for people who live in a large city and do not interact with their surroundings, the neighbor network is extremely weak,

and the social network as a whole is dominant. The opinion dynamics theory for multilayered networks presented here can analyze differences in the structure of dual networks, such as the size of the networks and communities to which people belong, and the degree of closeness of ties, and is expected to become increasingly necessary in the future. We believe that this will play a role in understanding the increasing complexity of society.

Finally, we believe that through this research we were able to verify that the Trust-Distrust Model is a highly flexible, scalable, and followable analytical method as a means of approaching changing societies from a socio-physical perspective. We also believe that we were able to present case studies of social phenomena such as isolation, loneliness, and social division and fragmentation, which were the objectives of this research. Although we have concluded that the problems of isolation and loneliness center on the self-help efforts of isolated people, we believe that in reality it is difficult to solve these problems by such efforts alone. Rather, we believe it is necessary for society as a whole to actively address various problems such as disparity and slander. In addition, the issue of social division and fragmentation requires not only an analysis of the structure of conflict, but also a broadening of the perspective to include social network services, which are expected to become the core of the communication infrastructure in the future.

It is hoped that this sociophysical approach will be further applied to the real world through verification and research at universities and other institutions, and that it will gain further maturity and recognition.

目次

| | |
|---|----|
| 第1章 序論..... | 1 |
| 1.1 本研究の必要性..... | 1 |
| 1.2 オピニオンダイナミクス..... | 2 |
| 1.3 各章の構成..... | 3 |
| 第2章 理論..... | 6 |
| 2.1 オピニオンダイナミクス理論の歴史..... | 6 |
| 2.2 Trust-Distrut Model..... | 7 |
| 2.3 社会の分極:Bounded Confidence Model と Trust-Distrut Model..... | 11 |
| 第3章 意見の分布と合意形成..... | 14 |
| 3.1 はじめに..... | 14 |
| 3.2 2人の人物のオピニオンダイナミクス..... | 14 |
| 3.3 300人の人物のオピニオンダイナミクス..... | 16 |
| 3.4 相転移の閾値..... | 18 |
| 3.5 ランダムネットワークとスケールフリーネットワーク..... | 20 |
| 3.5.1 ランダムネットワークにおける合意形成..... | 20 |
| 3.5.2 スケールフリーネットワークにおける合意形成..... | 21 |
| 3.5.3 スケールフリーネットワークにおけるカリスマ的人物..... | 23 |
| 3.6 人々の接続率..... | 25 |
| 3.6.1 社会の規模と接続率..... | 25 |
| 3.6.2 合意形成の指標・条件と接続率..... | 26 |
| 3.7 考察..... | 29 |
| 3.8 第3章のまとめ..... | 29 |
| 第4章 メディア効果と、メディアの届かない人..... | 31 |
| 4.1 はじめに..... | 31 |
| 4.2 メディアの効果..... | 31 |
| 4.2.1 一般的なメディア効果の確認..... | 31 |
| 4.2.2 正・負の意見とメディア効果..... | 33 |
| 4.3 意見の弱い人へのメディア効果..... | 34 |
| 4.3.1 意見の弱い人の範囲..... | 35 |
| 4.3.2 意見が弱い人へのメディア効果の強さ..... | 37 |
| 4.3.3 ネットワークへの人々の接続率..... | 37 |
| 4.4 メディア効果による意見の収束..... | 38 |
| 4.4.1 意見を収束させるメディア効果..... | 38 |

| | | |
|------------|-----------------------------|-----------|
| 4.4.2 | 意見を収束させるメディア効果（意見分布の誘導） | 39 |
| 4.5 | 考察（I） | 40 |
| 4.6 | メディアの影響が届かない人 | 41 |
| 4.6.1 | 信頼関係と合意形成 | 42 |
| 4.6.2 | 信頼関係と接続率と合意形成 | 43 |
| 4.6.3 | メディアが全く届かない人（その1） | 43 |
| 4.6.4 | メディアが全く届かない人（その2） | 45 |
| 4.7 | 考察（II） | 46 |
| 4.8 | 第4章のまとめ | 47 |
| 第5章 | 孤立とその解消の道筋 | 50 |
| 5.1 | はじめに | 50 |
| 5.2 | カリスマ性のある人物 | 51 |
| 5.3 | 2人のカリスマ性のある人物 | 52 |
| 5.4 | 社会全体から信頼されていない人 | 53 |
| 5.5 | 1人のカリスマ的人物と1人の信頼されていない人物 | 54 |
| 5.5.1 | 相互の信頼係数（ケース1） | 54 |
| 5.5.2 | 相互の信頼係数（ケース2） | 55 |
| 5.5.3 | 相互の信頼係数（ケース3） | 56 |
| 5.5.4 | 相互の信頼係数（ケース4） | 57 |
| 5.6 | 1人のカリスマ的人物と3人の信頼されていない人物 | 58 |
| 5.6.1 | 相互の信頼係数（ケース1） | 59 |
| 5.6.2 | 相互の信頼関係（ケース2） | 60 |
| 5.6.3 | 相互の信頼関係（ケース3） | 62 |
| 5.6.4 | 相互の信頼関係（ケース4） | 63 |
| 5.6.5 | 相互の信頼関係（ケース5） | 64 |
| 5.6.6 | 相互の信頼関係（ケース6） | 65 |
| 5.7 | 考察 | 67 |
| 5.8 | 第5章のまとめ | 68 |
| 第6章 | 社会における分断現象 | 69 |
| 6.1 | はじめに | 69 |
| 6.2 | 分断社会の社会的シミュレーション | 70 |
| 6.2.1 | 二つの社会構造のモデル 完全ネットワーク（その1） | 70 |
| 6.2.2 | 二つの社会構造のモデル 完全ネットワーク（その2） | 71 |
| 6.2.3 | 二つの社会構造のモデル ランダムネットワーク（その1） | 72 |
| 6.2.4 | 二つの社会構造のモデル ランダムネットワーク（その2） | 73 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 6.3 | 分かれた社会..... | 74 |
| 6.3.1 | 二つに分かれる社会 完全ネットワーク | 75 |
| 6.3.2 | 分断された社会での合意形成 ランダムネットワーク (その1) | 76 |
| 6.3.3 | 分断された社会での合意形成 ランダムネットワーク (その2) | 77 |
| 6.3.4 | 接続率による合意形成への影響..... | 79 |
| 6.3.5 | グループ内の信頼関係の組み合わせ..... | 81 |
| 6.3.6 | 考察 (I) | 82 |
| 6.4 | 内集団と外集団 | 83 |
| 6.4.1 | はじめに (II) | 83 |
| 6.4.2 | 内集団と外集団における社会シミュレーション..... | 85 |
| 6.4.3 | グループ間の信頼、グループ内の信頼..... | 85 |
| 6.4.4 | サブグループの存在..... | 87 |
| 6.4.5 | 考察 (II) | 90 |
| 6.5 | 第6章のまとめ | 91 |
| 7章 | 多層ネットワークへの拡張 | 93 |
| 7.1 | 多層ネットワークのオピニオンダイナミクス | 93 |
| 7.2 | 複数のネットワークでの Trust-Distrust Model | 95 |
| 7.3 | 二層隣人ネットワーク (1次元) | 96 |
| 7.3.1 | 二層隣人ネットワーク (1次元) のモデル..... | 96 |
| 7.3.2 | 二層ネットワークモデル (1次元) の考察..... | 100 |
| 7.4 | 多層隣人ネットワーク (2次元正方格子) | 101 |
| 7.4.1 | 多層隣人ネットワーク (2次元正方格子) のモデル | 101 |
| 7.4.2 | 多層隣人ネットワークモデル (2次元正方格子) の考察 | 105 |
| 7.5 | 第7章のまとめ | 105 |
| 第8章 | 考察..... | 107 |
| 第9章 | 結論..... | 111 |
| 参考文献 | | 113 |
| 謝辞 | | 121 |

第1章 序論

1.1 本研究の必要性

社会の中での人々の動向、意見の変遷を通じて、パラメータから仮説をたてシミュレーションを行い、その結果から社会（あるいは小集団）の中で合意に達するためのプロセスを分析してきたのがオピニオンダイナミクス理論の研究である。社会の人々は様々な意見を持ち、また他人の意見に影響される。シミュレーション上ではこのような影響を仮定している。本論文は人々の意見が社会の中でどのような意見の分布を形成するか、意見や行動が何に影響されるのか、さらにどのように変化するかなどを考察・提案するものである。この研究の結果を使って意見の相違による様々な問題への解決への道筋を提案するものである。

昨今社会における情報コミュニケーションの在り方は非常に激しい勢いで進化をしている。さらに私たちの情報源は日々拡大し、技術的にも進化をしている。特にインターネットを基盤としたソーシャルネットワークサービスは時空間の制約を超えて社会を一変させたと言ってもいいであろう。ソーシャルネットワークサービスにより人々の繋がり方にも大きな変化が生じている。この大きな変化に対応した人々の繋がり方と情報のあるべき姿の研究が急務となっている。

今世紀に入ってからには以下に示すような社会的な問題が顕在化し始めている。一つは世界的に蔓延する社会の分断現象である。例えば、2020年アメリカ合衆国におけるドナルド・トランプ元大統領信奉者とその他の人々の社会的分断である。また、COVID-19のような感染症の拡大に対する楽観的な人々の行動と自粛警察を信奉する人々の行動などにみられる分裂現象がある。このような相反や二極化の現象は枚挙にいとまがない。二つ目は格差の拡大とそれに伴う一部の人々の孤立である [104]。格差の拡大としては、自由経済のもとでの貧富の格差がある。さらに、ソーシャルネットワークサービスがもたらした個人の自由なコミュニケーションが人間関係を広くした。だが、自由なコミュニケーション能力が低い人は人間関係を広くできなかった。個人のコミュニケーション能力の差によって人間関係の幅広さの格差が生じている。この格差が人々の孤立を導く結果となった。内閣官房孤独・孤立対策担当室の調査によると、日本人の40%つまり3人に1人が孤独であることがわかり、イギリスの20%に比べるとおよそ倍である。日本の人口が減少する中、若者の自殺者数は増え、特に15～39歳の各年代の死因は自殺が最も多く、癌などの病気や不慮の事故を上回るそうだ [105]。COVID-19等の感染症対策下での離職や収入減を引き金としたと思われる孤立や自死の増加、特に京都アニメーションスタジオや大阪心療内科クリニックでの放火殺人事件などの他人を巻き込んだ拡大自殺など、これらは貧富の

格差や人間関係の格差による孤独や孤立が大きく関わっているのではないかと
思われる。

ソーシャルネットワークによる人間関係が社会への影響を与えるようになり、
その原因を社会学的に考察することも行われている。本論文は社会学的な考察
にとどまらず、社会物理学的な手法でその原因を追求していくものである。ネッ
トワーク社会の変化を理解し社会物理学的な検証を行ない、社会の動きに追随
できる理論を求めるものである。

本研究では以上のような顕在化する社会問題の中で、特に社会の分断現象や
孤立の問題に焦点を絞って、社会物理学的なアプローチをとる。そのアプローチ
として、オピニオンダイナミクス理論の一つである Trust-Distrust Model (TDM)
を適用し検証した。また Trust-Distrust Model の更なる拡張性の可能性につい
ても議論したいと考えている。

人間は様々な媒体からの刺激を受けて意見を変えている。社会における人間
の意見の変遷や行動を数理モデル化するにあたって、この媒体からの刺激にも
注目した。この刺激を定量的に取り扱うには、人間の意見や行動も定量的に扱い
数理モデルとして示す必要がある。

本研究でのオピニオン（意見）とは、一時的な好きや嫌いという気持ちで動く
ものでなく、信条をもった個人の考えや主張である。そして、判断を求められる
一つの事象に対する、外部刺激を含めた個人の反応をマイナスからプラスの一
軸上の数値としており、その数値を用いてモデル上のシミュレーションを行い、
その結果を評価している。合意形成とは、人々の意見が一つないしは複数の集団
となって時間と共に収束することである。逆に合意形成をしていないのは、人々
の意見が時間と共に収束せず発散した状態となることである。意見分布とは注
目する社会的な集団での意見の集散の様子を示す。孤立は、他の人々と意見交換
をした結果、意見分布から独立している状態である。分断や分裂は複数の集団間
で意見が分かれ、且つ集団それぞれで合意形成している状態とした。

オピニオンダイナミクスによる分析を導入した理由は、意見の変遷を時間と
共に分析し、その要因を探るために意見分布のダイナミクスを捉えるためであ
る。この分析の結果は、社会現象の理解と解決へのひとつの提言となるものと考
える。

1.2 オピニオンダイナミクス

この節では、オピニオンダイナミクスの理論の変遷について触れる。ある意見
に対する合意形成に対して賛成と反対、賛成と無視という二項対立の場合のシ
ミュレーションの事例研究は、磁気物理学の手法を用いて Serge Galam(1982)
[103]をはじめとし、これまで多様なアプローチで研究されてきた[1-9]。また

2000年以降、意見を二値ではなく連続的に変化する量として分析する Bounded Confidence Model が提示され、より精密な研究が行われるようになった[10-14, 21]。Bounded Confidence Model の代表的な理論である Gérard Weisbuch や Guillaume Deffuant らの研究[10]や Hegselmann-Krause(2002)[11]では、他人の意見による影響度を示す係数を正の値に限定しており、その係数は意見の収束の速さを表す要素と論じられてきた。このモデルの特徴としては、他人の意見の影響係数の正の値が大きければ収束のスピードが速くなり、係数が正の値に限定されていれば確実に意見を収束させることができると提案された。この Bounded Confidence Model は最初から社会的な合意形成を前提としており、個々のシミュレーションの結果によるのではなく、意見の収束が初めから内在しているケースに限定しているモデルである[10-14, 21]。

現実社会においてはすべての意見が一致するわけではなく、特に社会的な問題においては二軸的な合意を得られることは稀である。そこで、石井・川畑(2018)は意見に対する反発と不信、さらにメディアからの外力などの影響を示すパラメータを導入し、Bounded Confidence Model を拡張した[15, 16, 17, 19]。さらに、係数を正の値に限定せず負の値を導入し正の値は信頼関係を、負の値は不信関係を示すという拡張を行なった。係数が負であれば意見は刻々と離れていくことになる。つまり合意に達することは前提にはなっていない。このオピニオンダイナミクス理論を「Trust-Distrust Model」と呼ぶ。

本論文ではこの Trust-Distrust Model (TDM)を用いた様々な社会シミュレーションの事例について研究を行なった。

ここに、合意の形成・不形成の良否を議論する訳では無いことを強調しておきたい。合意形成で社会の姿にどのような影響が生じ、不形成でどのような影響が出るかを議論している。同様に信頼・不信、肯定的・否定的意見の良否を議論しているわけではない。信頼・不信、肯定的・否定的意見が社会の意見構成にどのような影響を及ぼすかを議論する。

本論文ではそのような人々の間の不信感を包含したオピニオンダイナミクスを適用し、信頼感・不信感もしくは肯定的意見・否定的意見が社会の姿にどのような影響を与えるかについてシミュレーションを行い、それらを考察した。

1.3 各章の構成

第2章から第4章ではオピニオンダイナミクス理論の概要と基本的な考え方について整理した。そして、第5章と第6章では本論文の本題である孤立・孤独、分断・分裂現象の問題について分析をした。第7章は複雑化するネットワーク構造への拡張の可能性について触れた。第8章は考察、第9章は結論である。具体的には以下の通りである。

第2章では、オピニオンダイナミクス理論の概要と特徴について整理する。本論で考察を行なった合意形成のプロセスは様々な観点で、オピニオンダイナミクス理論で研究されてきている。現代社会の情報環境は激しい勢いで進歩をしており、社会の分裂や二極化もまた顕著になっている。そのため、今までの二項対立の理論や合意形成を内在させている理論では限界があり、そこで、本論文のテーマである信頼と不信を扱える「Trust-Distrust Model (TDM)」が提示された。本章ではその数理モデル(TDM)についても詳述する。併せて、情報の動力的な観点で外的に一度に人々に大きな影響をもたらすと想定されるメディア効果及び社会の分極への拡張についても触れたい。

第3章では、合意形成の姿について整理する。どのような条件で合意するのであるか。ここでは、①人々の信頼と不信の構成比や社会の規模、②人々のネットワークの形、③人々の接続度の大小、などの様々な条件の元、基本的な合意形成の姿について詳述する。併せて、信頼度の数値による相転移現象における閾値についても述べる。

第4章では、メディアの効果について整理する。直近のロシアでのフェイク情報の流布や情報統制などによるロシア国内世論の分断現象など、メディアの社会への影響、つまり各々の人々に対するメディア効果の関わり合いの強さをシミュレーションする。さらに、メディアが届かない人への、周囲の人々からの間接的なメディア効果についても考察する。

第5章では、社会問題のひとつとなっている孤立・孤独の問題について考えた。カリスマ性のある人と社会全体から信頼されていない人を通して分析する。カリスマ的な人と社会全体から信頼されていない人について、1人のカリスマ性のある人物と、社会の人々から信頼されていない複数の人物、2人のカリスマ、誰からも信頼されていない人物など、その人物の信頼度による変化について Trust-Distrust Model を用いて考察する。これにより、急激に拡大する現代のソーシャルネットワーク上での対人関係問題や COVID-19 等の感染症の禍などを契機とした社会的な孤立解消への道筋などの可能性を提示した。

第6章では、もう一つの社会問題である分裂・分断現象の問題について考えた。直近のトランプ政権終盤のトランプ信奉者とその他の人々との分断、2020年に始まる COVID-19 感染症の拡大に対する楽観的なひとびとの行動と自粛警察的といった人々の行動などにみられる分断など、社会の分裂の例について考える。このような社会の分断現象はアメリカに限らず現代社会では重要な問題である。人々の信頼と不信の両方を扱う Trust-Distrust Model では従来のオピニオンダイナミクスに比べてこうした社会の分裂を扱いやすい。この章ではそうした社会の分裂に関するシミュレーションを実施する。併せて、内集団と外集団各々の合意形成と紛争との関係についても考察をした。

第7章では、Trust-Distrust Model (TDM) の拡張の可能性について考えた。人々のコミュニケーションの手段が劇的に変化しつつある中、多層化するネットワークのケースへの Trust-Distrust Model の適用を考察する。世の中の人々をつなぐネットワークは住んでいる地域のネットワークや職域のネットワーク、学校のネットワーク、趣味の世界のネットワークに加えて、様々なソーシャルネットワークがある。人々はこれらのネットワークに複数繋がっている場合が普通である。これを多層ネットワークと呼ぶが、Trust-Distrust Model ではこうした多層ネットワークで繋がる人々の場合にも簡単に拡張することができ、多角的な観点で考察を得ることができた。

第2章 理論

2.1 オピニオンダイナミクス理論の歴史

序章で述べた通り、オピニオンダイナミクスとは社会（あるいは小集団）の中で合意に達するためのプロセスを分析するための理論であり、古くから選挙戦略への応用の研究 [1, 2] など様々な観点から研究されてきた [3-14]。オピニオンダイナミクス理論の一種である進化ゲーム理論では、インフラ会議のようなものにおける社会環境の形成と、その周辺での住民の発言行動に関するゲーム論的考察を通し、それらの合意形成にも適用する試み [28] もなされている。しかし、現代社会の膨大なログデータに残された意見交換を分析するためには、Twitter やソーシャルメディア上の大規模データ分析との統合を前提とした定量的な分析に利用できる理論が必要であることは言うまでもない。

定量的な分析に適したオピニオンダイナミクスの理論は、大まかに2つのタイプに分けられる。一つは、矛盾する条件や離散的な意見を「1と0」「1と-1」として扱う理論である。人と人との間の反発を含むオピニオンダイナミクス理論は数多くある [22-35] が、アメリカやフランスの大統領選挙などは、明確な勝者がいる場合の投票なので、この二元論を適用することができる。この離散二値理論の代表例は、Galam の磁気物理学説（磁石の性質を持つ物質の磁性発見を研究する理論）のイジングモデル [7, 102] を応用した理論 [37] や、局所的多数決モデル（多数決の理論） [8] を応用した研究 [19, 36, 38]、Granovetter によって提案された Voter Model [99-101] などがある。これは賛成と反対の二項対立で成り立っている。離散二値理論を活用して Galam はアメリカのトランプ大統領の選挙についても分析をした [9]。

もう一つの方法は、意見を一次元（あるいは多次元）の連続値として考える理論である。合意形成などはこの方法で考えられることが多い。一つ目の方法の意見を二値の離散的な値とするモデルは、二者択一、意見を採用するかしないか等二つのうちどちらかであるということが前提となっている。それに対し、意見を0から1の連続値で表現するモデルは、人々の意見交換によっての合意の妥協点を見つけることが前提となっている。

意見を連続値として捉える理論の代表例としては、Deffuant-Weisbuch Model [10] や, Hegselmann-Krause Model [11] として知られる Bounded Confidence Model [10-14, 21] などがある。Deffuant-Weisbuch Model [10] の拡張として、意見の対立による二極化に対応する試みもある [23-25]。表明された意見やタテマエとホンネとの問題は Asch によって考えられ [93]、この理論を導入した研究も多く発表されている [94-97]。Bounded Confidence Model [10-14, 21] の基本的な考え方は、各個人が周囲の人々に影響され、自分の意見も変わるというもので

ある。Hegselmann-Krause Model [11] では意見は 0 から 1 までの連続値をとるが、注目すべきは 1 が同意、0 が無関心であり反対意見を想定していないことである。Deffuant-Weisbuch Model の拡張版[23-25]でも、 N 人がお互いに与え合う影響は 0 から 1 と正の値に限られており、それはお互いの意見の相違の度合いによって決定され、各人に固有の信頼や不信などの要素は存在しないとしている。これらは全て合意形成を前提としており、人々の間の不信感は考慮されていない。

2.2 Trust-Distrust Model

Trust-Distrust Modelは、人々の意見を数値化し連続的に分布すると考える理論の代表的な Bounded confidence model [10-14, 21] から出発する。Hegselmann-Krauseの理論 [11] では、社会の集団には有限の個人がいてその集合の人数を N とする。 N 人の集団の中の任意の個人を i とした。 $1 \leq i \leq N$ として時刻 t での個人 i の意見を $I_i(t)$ 、個人 j の意見を $I_j(t)$ と書く。ここでの意見とは個人 i や個人 j がもつ値のことである。ここで、 $I_i(t)$ の値域は $0 \leq I_i(t) \leq 1$ である。例えば、飛行機が好きという意見が 1、全く興味がなければ0ということになる。係数 D_{ij} は N 人中全ての組み合わせ i, j について正の実数でさまざまな値をとる。つまり係数 $D_{ij} \geq 0$ である。彼らの定義では $D_{ij} = 0$ は個人 i の意見は個人 j の意見の影響を受けない、つまり無視することを意味する。Hegselmann-Krause [11] の理論では、個人 i の意見は次のように定義される。

$$I_i(t+1) = \sum_{j=1}^N D_{ij} I_j(t) \quad (1)$$

これを微分形にすると以下のように書ける。

$$\Delta I_i(t) = \sum_{j=1}^N D_{ij} I_j(t) \Delta t \quad (2)$$

このHegselmann-Krause [11] の理論では意見を強く持つ人から無関心な人までの間での合意形成を念頭に置いている。しかし、現実の社会では、人々の間で合意を形成することが非常に難しい場合が多くあり、Trust-Distrust Modelの出発点はここにある。

Trust-Distrust Modelでは、現実の社会において人々の中に対立が無いことはほぼ存在しないと仮説を置いた。より現実的な社会の中での意見交換の影響を考察するには、全員が合意形成する場合だけでなく、中には反発する人もいて、対立が存在すると考えるのが普通である。そのような例として、世界史における国家間の政治や、経済発展を目指す人と自然保護を主張する人の意見の不

一致などがあげられる。このような深刻な政治的対立に対しては、ペイオフマトリックスを定義することができないため、ゲーム理論（金銭的損得を組み込んだ理論）の適用は難しいと思われる。そこで、このような人々の合意形成が困難な問題に対処するためには、人々間の信頼性の欠如をオピニオンダイナミクス理論に含める必要があった。ここでは、意見を交換した結果、意見の異なる2人の意見が異なる方向に変化する可能性を考え、一次元の軸のプラス方向とマイナス方向の意見の分布と定義する。この場合、 $I_i(t)$ の値域は、 $-1 \leq I_i(t) \leq +1$ となる。ここでは、 $I_i(t) > 0$ が肯定的な意見、 $I_i(t) < 0$ が否定的な意見とする。Hegselmann-Krauseの従来の研究では、 $1/2 \leq I_i(t) \leq 1$ が肯定的意見、 $0 \leq I_i(t) \leq 1/2$ が否定的意見に対応するとした研究も多い。しかし、このTrust-Distrust Modelは肯定的意見を正の値、否定的意見を負の値とするため直感的で理解しやすく、様々な例に適用しやすいものである。さらに、石井・川畑の理論 [15] では、 $I_i(t)$ の値域を $-\infty \leq I_i(t) \leq +\infty$ と拡張した。

Trust-Distrust Modelでは係数 D_{ij} の意味を信頼の係数と修正し、係数 D_{ij} を信頼の度合いを表す信頼係数とした。ここでは、2人の間に信頼関係がある場合は $D_{ij} > 0$ 、2人の間に不信関係がある場合は $D_{ij} < 0$ とする。以下本論文では D_{ij} の正の比率の割合を θ とする。さらに、人は自分の意見から遠く離れた意見を賛成も反対もせずに見做すと考える。また、自分に非常に近い意見からは影響を受けないと考えられる。この2つの効果を含めるために、Bounded Confidence Modelでの $D_{ij}I_j(t)$ の代わりに式(3)の関数を用いて石井は修正した [76]。

$$D_{ij}\Phi(I_i, I_j)(I_j(t) - I_i(t)) \quad (3)$$

I_i は個人*i*の意見、 I_j は個人*j*の意見であり正か負の値を取る。ここで、

$$\Phi(I_i, I_j) = \frac{1}{1 + \exp(\beta(|I_i - I_j| - b))} \quad (4)$$

とした。Hegselmann-Krauseのモデルでは段階関数でのカットオフを用いていたが、式(4)の関数はシグモイド関数の一つであり、 $\Phi(I_i, I_j)$ は $|I_i - I_j| = b$ 付近で滑らかなカットオフ関数として働く。さらに $I_j(t) - I_i(t)$ によって、 $I_i(t)$ は自分と同じ意見 $I_j(t)$ には影響されないという仕組みが入っている。この関数の典型的なグラフを図2-1に示す。

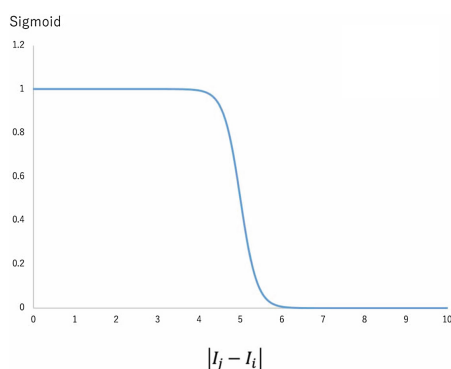


図 2-1 $b=5$, $\beta=5$ としたときのグラフ

このシグモイド関数を用いると、2人の意見があまりにも離れている場合お互いの意見に完全には影響されないことが想定される。また因子 $I_j(t) - I_i(t)$ により、意見 $I_j(t)$ が意見 $I_i(t)$ とほぼ同じであれば、意見 $I_i(t)$ は意見 $I_j(t)$ の影響を受けない。 $I_j(t) - I_i(t)$ という数式要素については、 $I_i(t)$ と $I_j(t)$ が正であっても負であっても $I_j(t) - I_i(t)$ は同じ効果を与えると考える。これは非常に自然なことと思われる。例えば保守派同士でも穏健な保守派と過激な保守派の間で激しい議論が交わされていたりする。 I_j が I_i と全く同じであれば自分の意見と同じ意見なので、特に影響を受けないだろう。そのことを考慮して意見の差 $I_j - I_i$ とすれば自分に近い意見には影響を受けないことが上手く表現できる。

さらにTrust-Distrust Modelの完成形にはメディアの影響とトピックスの忘去も加味されている。時刻 t におけるメディアからの情報(外部からの圧力)を $A(t)$ とし、人々の反応を係数 c_i で表す。 c_i は正でも負でもよい。係数 c_i は個人ごとにメディアの受け取り方が異なる効果を含めている。時刻 t における意見 $I_i(t)$ は他の人の意見に影響され、またメディアの影響 $A(t)$ を受けるとして、

$$\frac{dI_i(t)}{dt} = c_i A(t) + \sum_{j=1}^N D_{ij} I_j(t) \quad (5)$$

となる。ここで $D_{ii}=0$ である。もし係数 c_i が正ならば個人 i はメディア情報の影響を受けて意見を変更し、メディアの方向に意見を動かす。逆に係数 c_i が負ならば、個人 i はメディアからの情報に反発して、意見をメディアの方向に反して変化することを意味する。Trust-Distrust Modelのメディアの影響は、ヒット現象の数理モデル [40, 51, 98] に倣って採り入れられている [16, 17, 43]。ヒット現象の数理モデルは人々の興味や意欲の量を計算している。映画やエンターテインメントイベント、話題になったニュースなどに対する人々のブログや Twitter での反応を再現できる理論で、そこにテレビ報道や広告などの効果を採り入れて

計算している。そのため、このヒット現象の数理モデルに倣ってオピニオンダイナミクスにマスメディアの効果を取り入れるのは説得力があるものと思われる。そこで、メディア効果を含めた人々の意見の変化は、

$$\frac{dI_i(t)}{dt} = c_i A(t) + \sum_{j=1}^N D_{ij} \Phi(I_i(t), I_j(t)) (I_j(t) - I_i(t)) \quad (6)$$

によって表すことができる。実際のソーシャルメディア上の様々なデータは連続的な時間とは言えないので、1日ごとあるいは1時間後と考えると差分形では、

$$\Delta I_i(t) = c_i A(t) \Delta t + \sum_{j=1}^N D_{ij} \Phi(I_i(t), I_j(t)) (I_j(t) - I_i(t)) \Delta t \quad (7)$$

となる。ここで D_{ij} と D_{ji} は独立していて、 D_{ji} は非対称に選ぶ行列と仮定し $D_{ij} \neq D_{ji}$ である。また、長時間の推移を考えるなら、意見を問題にしている事柄そのものが古くなって人々の関心が薄れていく効果もあるので、その関心の減衰を指数関数で表すと、

$$\Delta I_i(t) = -\alpha I_i(t) \Delta t + c_i A(t) \Delta t + \sum_{j=1}^N D_{ij} \Phi(I_i(t), I_j(t)) (I_j(t) - I_i(t)) \Delta t \quad (8)$$

となる。世論の形成には、メディアや政府の発表の影響を無視することはできず、このようなメディアの影響は、小規模なグループの交渉であっても働くことがある。オピニオンダイナミクス理論としても重要な項となる。また時間の推移を考慮した際、問題とされている事項そのものが古くなり人々の関心が薄れていく効果を考慮することもオピニオンダイナミクス理論としては重要なポイントと考えられる。この式(8)がTrust-Distrust Modelの完成形である。これから本論文ではこのTrust-Distrust Modelを基本に、適宜拡張を行い研究を進めていった。

2.3 社会の分極:Bounded Confidence Model と Trust-Distrust Model

社会の人々の意見が分極している状態のBounded Confidence Modelと Trust-Distrust Modelの大きな違いについて考える。これまでも Bounded Confidence Modelを用いて社会の人々の意見の分極は論じられてきた。まず、 $D_{ij} > 0$ という Bounded Confidence Modelの条件で計算してみる。Bounded Confidence Modelでは段階関数のカットオフで計算がされている。図2-2に示したのは、Bounded Confidence Modelでの社会の意見が1つに合意形成する場合と2つの意見に合意形成する場合を計算したものである。計算条件で(a)に比べて(b)はカットオフまでの距離が $1/5$ である。つまり、より近い意見しか見ていなくて、(a)の場合は影響を受けている遠い意見に(b)は影響を受けない。つまり、(a)では社会全体の意見を見渡して、人々の意見が1つにまとまって合意形成したわけであるが(b)の場合は少し遠い意見はカットオフ関数によって無視することになり、その結果として社会全体が1つの意見にまとまることは出来ず、遠くの意見は別の意見で合意形成してしまう。これによって、Bounded Confidence Modelであたかも社会全体が2つの意見に分裂してしまったように見えるわけである。

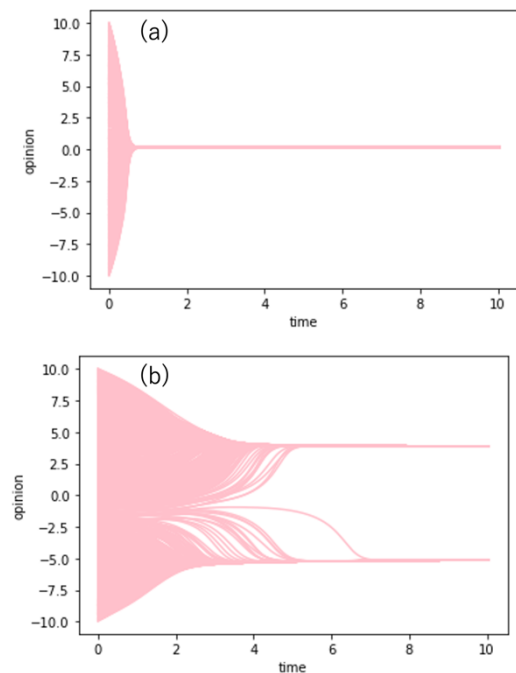


図 2-2 社会の合意形成と分極。Bounded Confidence Modelによる計算。
(a) も (b) も共通して、 D_{ij} は0~0.1の間で乱数で決定。式(4)のカットオフ関数で $\beta=5$ (a)は $b=5$ 、(b)は $b=1$

一方、Trust-Distrust Model でシミュレーションの中に作る意見の分極は A と B のグループがお互いを嫌い、反発することで意見分布が2つに分裂する。図 2-3 に示した (a) Bounded Confidence Model による意見の分極と (b) の Trust-Distrust Model による意見の分極は、意見が分極しているという点は同じだがその中身はまったく異なっている。(a) はカットオフの長さ $b=1$ で D_{ij} は $0 \sim 0.1$ を乱数で決めている。(b) はカットオフの長さ $b=10$ で D_{ij} は $-0.1 \sim 0.1$ を乱数で決めている。 D_{ij} の正の信頼の割合は、グループ内では 0.7 、グループ間では 0.5 である。Trust-Distrust Model では意見の分裂は 2 グループの間で不信となり、反発しているから起こるが、Bounded Confidence Model では人々の視野が狭くて、少し遠い意見はその存在すら認識していないから起こる分極なのである。従って、Bounded Confidence Model の場合は、たとえ意見が 2 つに分かれて別々に合意形成していても、別の意見に合意形成した人々同士は反発していない。

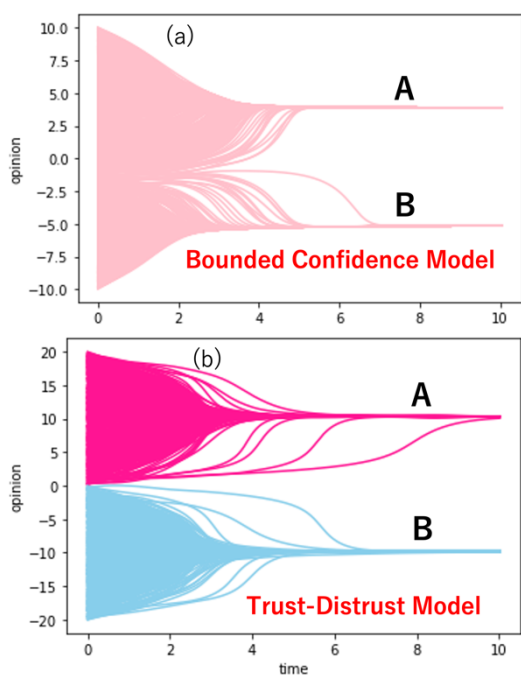


図2-3 社会の分極: Bounded Confidence Model と Trust-Distrust Model。(a)がBounded Confidence Modelで(b)がTrust-Distrust Modelの結果。1000 人の計算で接続率 30 %のランダムネットワーク。 $\beta=5$ 。(a)はカットオフの長さ $b=1$ で D_{ij} は $0 \sim 0.1$ を乱数で決めている (b) はカットオフの長さ $b=10$ で D_{ij} は $-0.1 \sim +0.1$ を乱数で決め、 D_{ij} の正の割合はグループ内では 0.7 、グループ間では 0.5 。

完全ネットワークやランダムネットワークの場合 D_{ij} の正の信頼の割合が 0.55 以上だと社会全体は合意形成することが示されている [45, 55]。接続率とはラ

ンダムネットワークにおける人々の繋がり割合を表す。接続率30%であれば、それぞれの人々が社会全体の30%の人と繋がっていることを意味する。合意形成については第3章で詳述する。

図2-3ではグループ内での D_{ij} の正の信頼割合は0.7であり、過去の計算 [45, 55] によると合意形成する条件なので、AグループとBグループはそれぞれ合意形成している。一方でAグループとBグループの間の D_{ij} の正の割合は0.5で、これは過去の計算 [45, 55] から合意形成せずに意見は発散する条件になっている。図2-3(b)では、カットオフの長さ b が10と(a)のBounded Confidence Modelの場合の $b=1$ より遥かに長い。 $b=10$ だとBounded Confidence Modelだと社会全体は1つの意見に合意形成するが、(b)の場合はTrust-Distrust Modelの特徴の負の D_{ij} の存在による人と人との間の反発により、 $b=10$ という長いカットオフの長さでも人々の意見は2つに分極している。

第3章 意見の分布と合意形成

3.1 はじめに

まず、基本的な合意形成の姿について整理する。本研究では人々の意見の軌跡と意見分布に焦点を当てて分析を行っている。そのため合意形成とは、社会の中の人々の意見が一つないしは複数の大きな集団（クラスター）となって時間と共に収束することとする。逆に合意形成しないというのは、人々の意見が時間と共に収束せず発散した状態とする。人々の意見の変遷の軌跡や意見分布の図において、横軸 t は観測時間を示している。観測時間 t は意見分布（収束・発散）が判断できるところで観測を打ち切った。

では、人々はどのような条件で合意（意見の収束）するのであろうか。それは、①人々の信頼と不信の構成比や社会の規模、②人々のネットワークの形、③人々の接続度の大小などがその条件として考えられる。ここでは、まず基本的な合意形成の形について述べ、次に信頼度の大小による合意形成するかしないかの相転移の閾値について触れる。次にネットワーク構造による合意形成の形、そして最後に人々の接続度の大小による合意形成の姿について述べる。

ここで、本研究に適用するヒューマンネットワークについて述べておきたい。ネットワーク構造としては、完全ネットワーク、ランダムネットワーク、スケールフリーネットワークなどがあげられる。完全ネットワークとはネットワークを構成するすべての人々が繋がっている状態であり、小規模の場合を除きあまり現実的ではない。ランダムネットワークとはある接続率で人々が繋がっている状態であり、接続率の設定により現実を近似しやすいと言える。さらに現実に近いといえるのはスケールフリーネットワークである。インターネットや航空網など現実に存在するネットワークの多くがスケールフリーネットワークであると言われている [46]。スケールフリーネットワークの場合、インフルエンサーやハブと言われる人々の影響を考慮するのが一般的である。本研究ではシミュレーションで理解しやすいよう、この3つを段階的に使い分けて分析を行なった。

3.2 2人の人物のオピニオンダイナミクス

まず2人の人物について考える。2人の人物の意見が同じである場合を Trust-Distrust Model で考える。実際の社会行動のシミュレーションでは、外部効果 $A(t)$ の時間依存性も大きくなると考えられるが、本論文では特にメディアが重要な役割を果たす場合を除き $A(t) = 0$ であると仮定する。 $N=2$ の場合の方程式を以下のように書き下すことができる。

$$\Delta I_A(t) = c_A A(t) \Delta t + D_{AB} \Phi(I_A(t), I_B(t)) (I_B(t) - I_A(t)) \Delta t \quad (9)$$

$$\Delta I_B(t) = c_B A(t) \Delta t + D_{BA} \Phi(I_B(t), I_A(t)) (I_A(t) - I_B(t)) \Delta t \quad (10)$$

2人の人物をAとBとし、図3-1のケースでは、 D_{AB} と D_{BA} の両方が正であるとする。これは2人の人物AとBがお互いに信頼していることを意味している。したがって二人の意見が離れていても、時間の経過と共に収束に向かい、合意形成していくことを示している。 $N=2$ 、 $D_{AB}=1.0$ 、 $D_{BA}=1.0$ として計算を行なった結果を図3-1に示す。

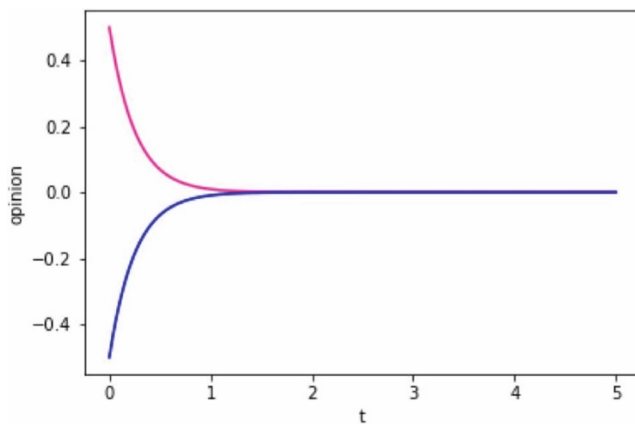


図3-1 $N=2$ の場合の計算結果。 $D_{AB}=1.0$ 、 $D_{BA}=1.0$

図3-1からわかるように、この理論では、2人の意見の初期値が正と負であっても、2人は1つの意見に収束していく。

次に、2人の人物の意見が $I_A(t) > 0$ と $I_B(t) < 0$ 、 $D_{AB} < 0$ と $D_{BA} < 0$ とし、2人の意見が反対、つまりお互い信頼していない場合を図3-2に示す。人々の意見が負の値をとることはTrust-Distrust Modelで初めてできるようになった設定である。意見が異なり信頼関係もない人々同士の議論ではお互い反発するため、Aはより強固に意見を保持し、同様にBも自分の意見をよりしっかりと持ち、2人の意見がさらに離れていってしまっている。また、 $I_A(t) < 0$ 、 $I_B(t) > 0$ で $D_{AB} < 0$ 、 $D_{BA} < 0$ の場合も同じ結果となる。この結果は、お互いに信頼していない人たちの対話は決して合意に至らないことを示している。

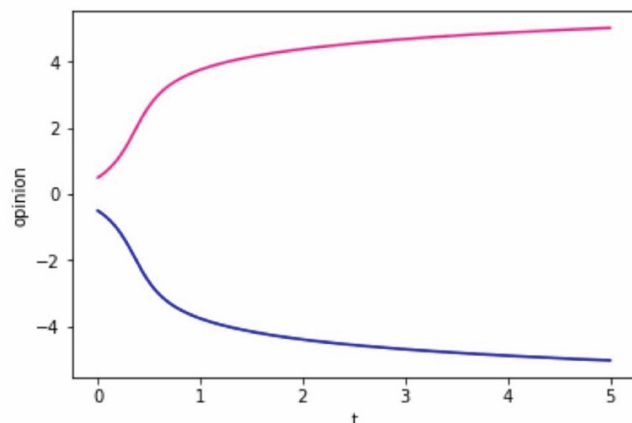


図 3-2 $N = 2$ の場合の計算結果。 $D_{AB} = -1.0$ 、 $D_{BA} = -1.0$

3.3 300人の人物のオピニオンダイナミクス

次に300人の人物について考える。300人に対するTrust-Distrust Modelでの簡単な計算を示す。300人の繋がりが完全ネットワークを形成していると仮定する。300人の間で信頼関係 ($D_{ij} > 0$) である場合を図3-3に示す。この結果は合意形成していることを意味している。

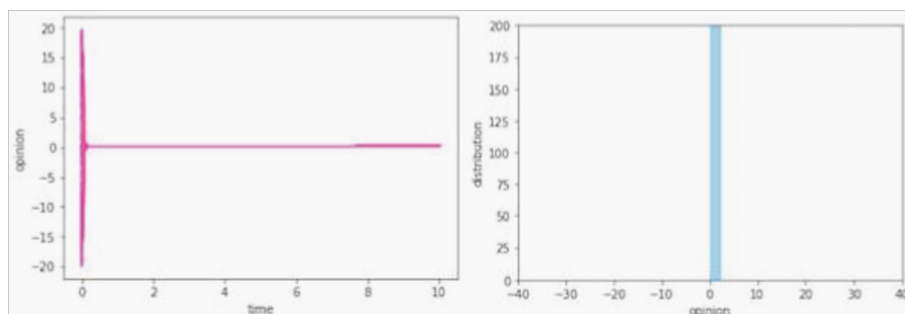


図 3-3 $N=300$ 人の場合の計算結果

人々のネットワークは完全ネットワークであると仮定。左図は意見の軌跡。右図はこの計算の最終時点での意見の分布。 D_{ij} は0より大きく1までの間でランダムに設定し、全ての人全ての人を信頼するようになっている。

図3-4では、正の D_{ij} と負の D_{ij} が半分ずつ混ざった場合のシミュレーション結果を示している。このケースでは合意形成が行われていないことがわかり、図が示すように計算結果は図3-3と大きく異なっている。負の D_{ij} つまり不信関係が社会に含まれている図3-4の例において人々の意見は発散し合意形成は難しいといえる。

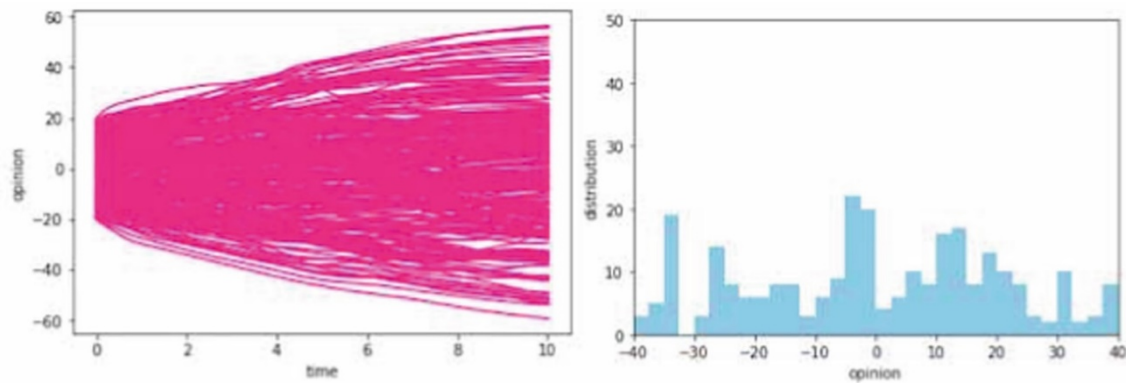


図 3-4 $N=300$ の場合の計算結果

人間のネットワークは完全ネットワークであると仮定。左は意見の軌跡。右はこの計算の最終時点での意見の分布。 D_{ij} は-1 から 1 までランダムに設定し、各自がすべての人に対して信頼もしくは不信、無関心となる。

図 3-5 では人数の多い場合でも同じ結果が出るか検証するために、 N の人数を大幅に増やし、1600 人で計算した場合である。

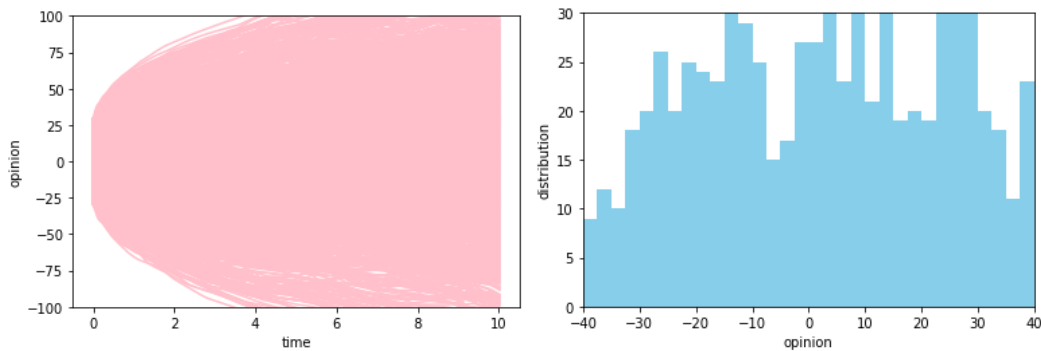


図 3-5 $N=1600$ の場合の計算結果。

人々のネットワークは完全ネットワーク。左は意見の軌跡。右はこの計算の最終時点での意見の分布。 D_{ij} は-1 から 1 までランダムに設定し、各自がすべての人に対して信頼もしくは不信、無関心となる。

図 3-6 は、図 3-5 の計算が今度は人々の接続方法をより現実に近い場合にも適用するか検証するために、ランダムネットワークにした場合である。

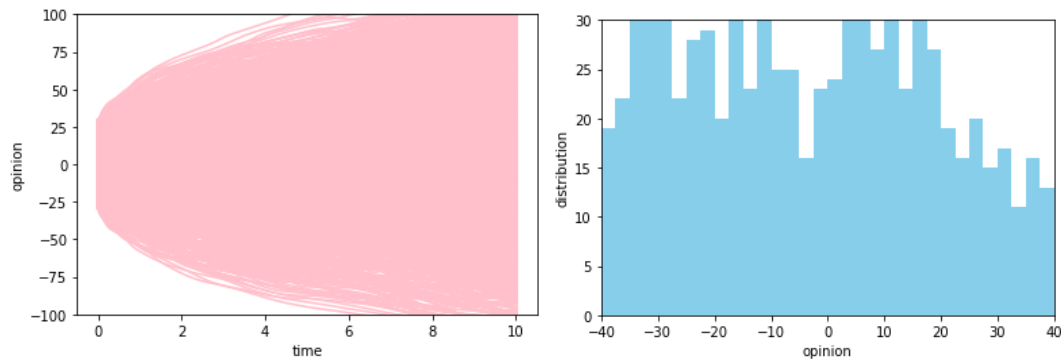


図 3-6 $N=1600$ の場合の計算結果。人間のネットワークはランダムネットワークで 50%の接続率であると仮定。左は意見の軌跡。右はこの計算の最終時点での意見の分布。 D_{ij} は-1 から+1 までランダムに設定し、各自がすべての人に対して信頼もしくは不信、無関心となる。

完全ネットワークでの条件が $N=300$ 人でも $N=1600$ 人でも、合意形成に向かっているかそれとも合意形成にならず発散しているかの見た目は、ほとんど同じである。そのため以降の第 4 章、第 5 章、第 6 章では $N=300$ 人で計算を行っているが、人数が増えた場合でも同様の結果を得ると考えられる。

ネットワークによる違いとしては、 $N=1600$ の図 3-5 (完全ネットワーク) と図 3-6 (接続率 50%のランダムネットワーク) の比較である。図 3-6 の結果から分かるように接続率が 50%くらいあると完全ネットワークとほぼ同じような結果となる。この接続率が 1%などかなり小さい接続率になると結果は完全ネットワークと異なってくるが、これについては次項以降で扱う。

3.4 相転移の閾値

石井・川畑は、信頼係数の正の割合によって合意形成の様相が変化するということを発見した[42, 45]。彼らの計算によると、信頼係数 D_{ij} の正の割合が 55%の近傍でちょうど合意形成するかしないかが相転移のように一気に変化している。このことは、人々のつながりの 55%以上が信頼でき、不信が 45%以下であれば社会全体の意見が収束するということを示している。逆に、信頼が 55%に達しなければ意見は収束しない。つまり、社会が合意形成を得るためには人と人とのつながりの 55%が信頼できるものであれば十分だということが計算結果に基づいて提案されていた。

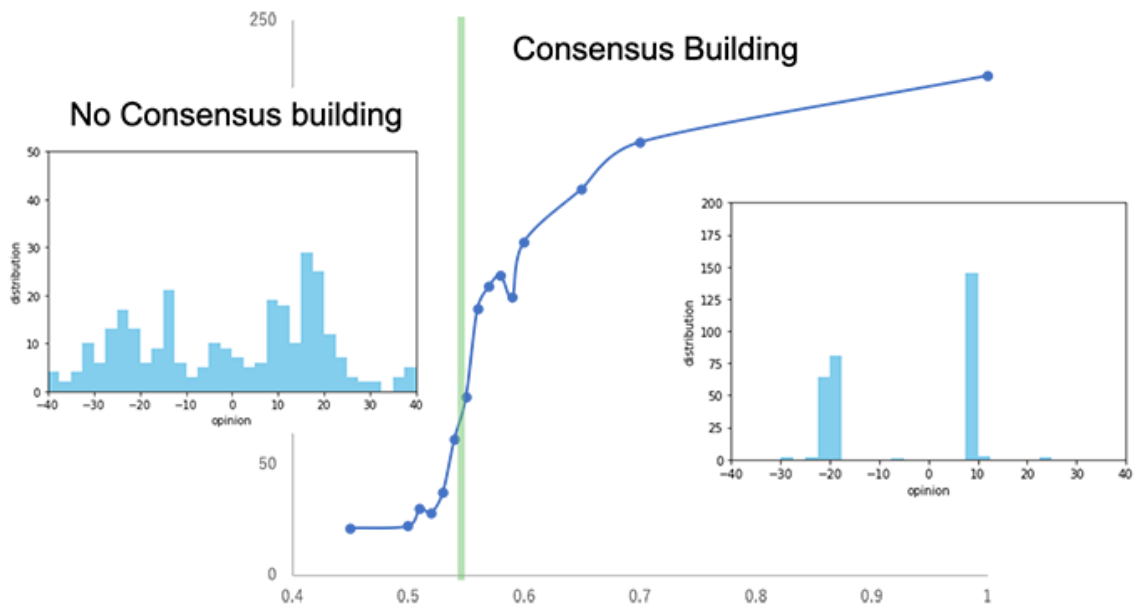


図 3-7 合意形成と非合意形成の急激な変化（完全ネットワーク）。縦軸は意見分布の最大値、横軸はすべての人のつながりの中で、正の信頼の割合を意味する。

(Ishii A and Y Kawahata: Theory of opinion distribution in human relations where trust and distrust mixed. In: I. Czarnowski et al. (eds.), *Intelligent Decision Technologies*, Smart Innovation, Systems and Technologies 193 (2020) 471-478, Fig:7 The maximum distribution value as a function of the positive coefficient ratio of D_{ij})

図 3-7 は石井・川畑 2020 [45] の結果である。縦軸は意見分布の最大値、横軸は人と人とのつながりの中で正の信頼の割合を示している。人間のネットワークは完全ネットワークである。この図では、55%近くで合意形成と合意の非形成の間で鋭い相転移を示している。

このオピニオンダイナミクスに関する先行研究ではすべての計算において完全ネットワークを仮定している[16, 43, 44]。しかし、現実の社会では人間のコミュニケーションのためのネットワーク構造は完全ネットワークではないケースがほとんどである。現実の社会では、人間のコミュニケーションのネットワーク構造はより複雑であることが多い。次項では人々の複雑なネットワーク構造により近いランダムネットワークやスケールフリーネットワークにおける合意形成について考える。

3.5 ランダムネットワークとスケールフリーネットワーク

本項では、人々の信頼と不信の比率や人々の接続度の大小などに関わる基本的な合意形成・不形成の条件について、ランダムネットワーク構造とスケールフリーネットワーク構造のオピニオンダイナミクスを考察する。合意形成とは社会の中の人々の意見がひとつないしは複数の大きな集団（クラスター）となって収束することである。合意形成しないというのは意見が発散した状態をいう。合意形成しない条件は Trust-Distrust Model で初めて取り組める研究課題である。

3.5.1 ランダムネットワークにおける合意形成

係数行列 D_{ij} には、ネットワーク構造を含めることができる。ネットワークの断絶は、ちょうど $D_{ij}=0$ である。ここで、 D_{ij} の正の値の割合の比率について考える。以下の計算では、人々間の信頼係数 D_{ij} の正の値の割合を計算パラメータとして導入する。信頼係数 D_{ij} の正の割合を θ として、

$$\theta = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i \neq j}^N \frac{D_{ij}}{|D_{ij}|} \quad (11)$$

とする。ここで、 D_{ij} の対角線上の項である D_{ii} はゼロである。ちなみに、 D_{ii} とは自分に対する信頼の値である。社会における人々の正の信頼の割合 θ は、Trust-Distrust Model の場合は 0% から 100% の間の任意の値を取れる。これは Trust-Distrust Model では D_{ij} が負の値を取れるように拡張したからである。以下の計算において、 θ で人々の意見が合意形成するか、または意見が発散するかが変わってくることを示すことができる。

さらにここでは個人 i の意志の強さ m を導入し、

$$m\Delta I_i(t) = c_i A(t)\Delta t + \sum_{j=1}^N D_{ij} \Phi(I_i, I_j)(I_j - I_i)\Delta t \quad (12)$$

とする。大きな値の m ならば、右辺の値に対して ΔI_i が小さくなり、メディアや他の人の意見に影響されにくくなる。そのため、大きな m であるほど個人 i の意見は変わりにくくなる。つまり意思の強さ m とは他の人の意見に影響されにくさのパラメータとして扱える。

ランダムネットワークにおけるシミュレーションの条件は以下の通りである。

- a. 社会の規模 $N=300$ 。
- b. 300 人の人物間の接続率が 50% とする。
- c. 社会の人々お互い間の信頼係数はランダムに $-1 \leq D_{ij} \leq 1$ とする。
- d. 社会の人々の意志の強さ m は $m=1$ とする。

シミュレーション結果を図 3-8 に示す。

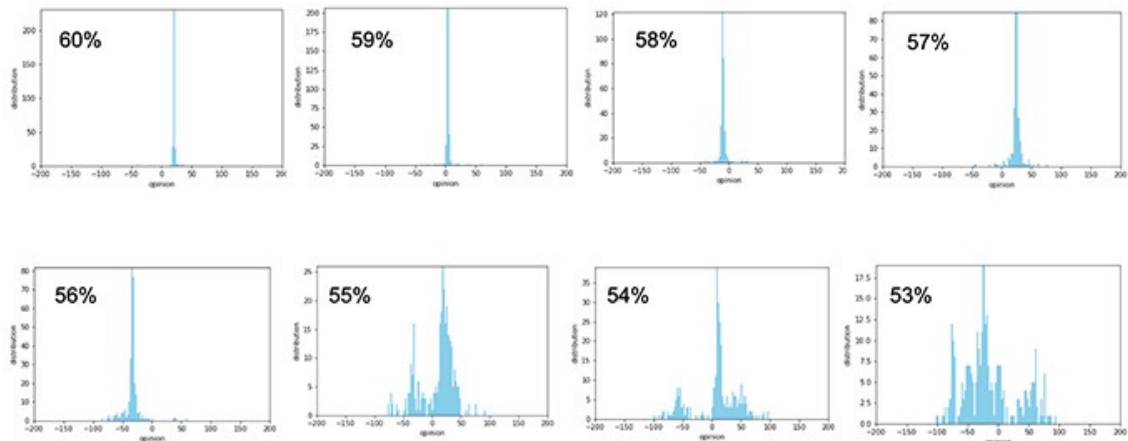


図 3-8 ランダムネットワークで接続された 300 人の意見分布結果。
左上から正の信頼の割合が 60%、59%、58%、57%、左下から 56%、55%、54%、53%。

シミュレーションの評価は以下の通りである。

- ① D_{ij} 正の係数の比率が 0.53 から 0.6 の間の場合の計算結果では、56%以上で明らかに合意形成が得られている。
- ② 55%から下は意見分布の最大値が 56%より上の半分以下になっており、合意形成が得られにくくなっているように見える。
- ③ 石井・川畑[45]が発表した完全ネットワークでの閾値である 55%と、今回の計算結果は 1%の差はあるがほぼ似ていると言える。

3.5.2 スケールフリーネットワークにおける合意形成

現在、最も現実社会に近いと言われているネットワーク構造はスケールフリーネットワークである[46, 47]。ここでは Barabasi-Albert モデル[46]を用いてスケールフリーネットワークを構築する。ここで用いた人々の数が 300 人のスケールフリーネットワーク構造を図 3-9 に示す。ネットワークの接続の基点となる人物をハブとする。

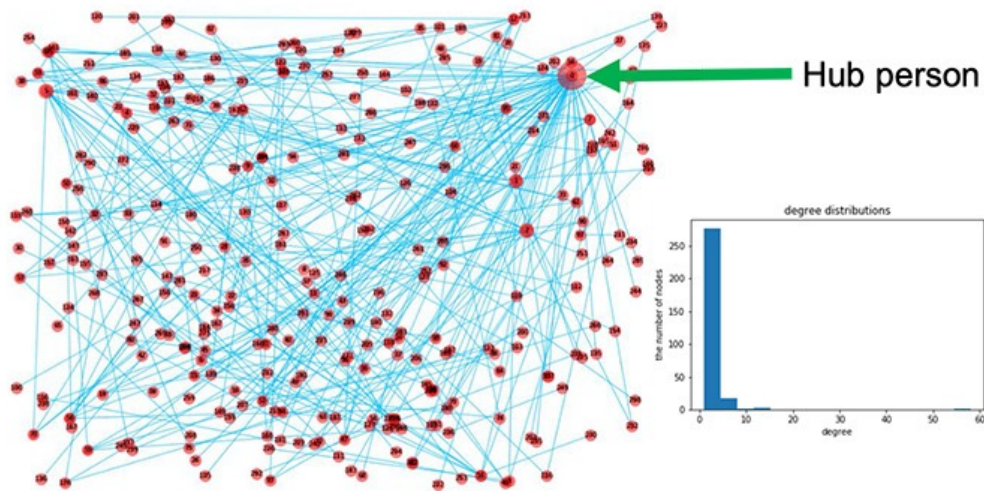


図 3-9 本研究で使用了スケールフリーネットワーク。人々の数は 300。

スケールフリーネットワークにおけるシミュレーションの条件はランダムネットワークと同じとする。シミュレーション結果を図 3-10 に示す。

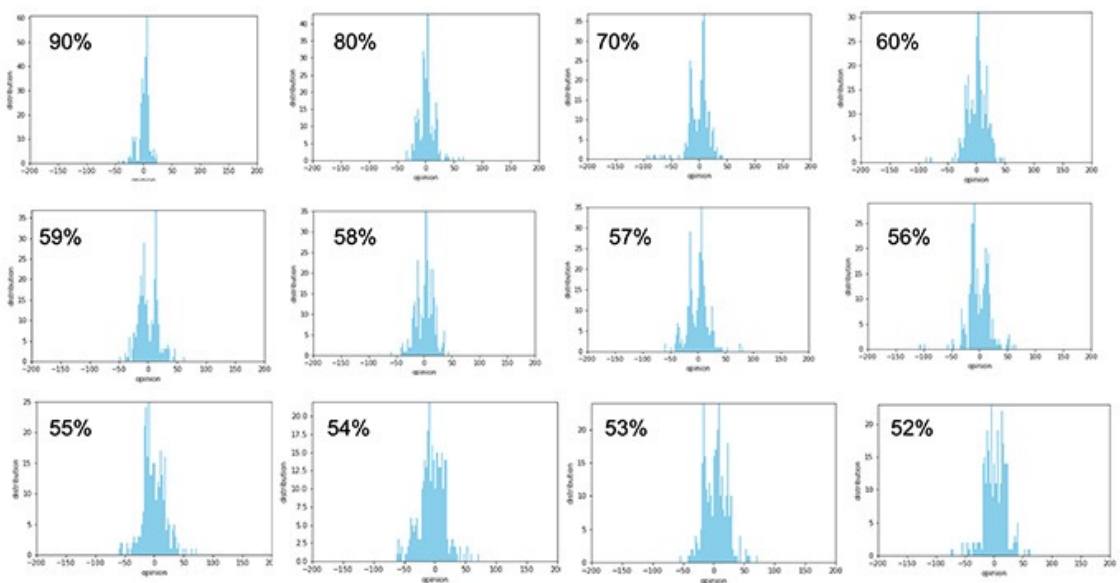


図 3-10 スケールフリーネットワークで接続された 300 人の意見分布結果

シミュレーションの評価は以下の通りである。

- ① D_{ij} の正の割合による意見分布の最大値の変化は小さく、相転移のような挙動は確認できない。
- ② したがって、完全ネットワークやランダムネットワークに見られるような閾値も確認できなかった。

以上より、スケールフリーネットワークの場合は D_{ij} の正の割合による合意形成の成否に明確な差は見られなかった。

3.5.3 スケールフリーネットワークにおけるカリスマ的人物

次に、社会的なコミュニケーションネットワーク構造としてより現実的であるスケールフリーネットワーク上で、ネットワークの構成員として特徴的なカリスマ性のある人物とハブに着目した。カリスマ性のある人物（以降カリスマと表記）とは多くの人々から信頼を得ている人物であり社会の人々への影響が大きい人物と仮定した。その効果を Trust-Distrust Model で調べてみる。まずここで用いたスケールフリーネットワーク構造を図 3-11 に示す。

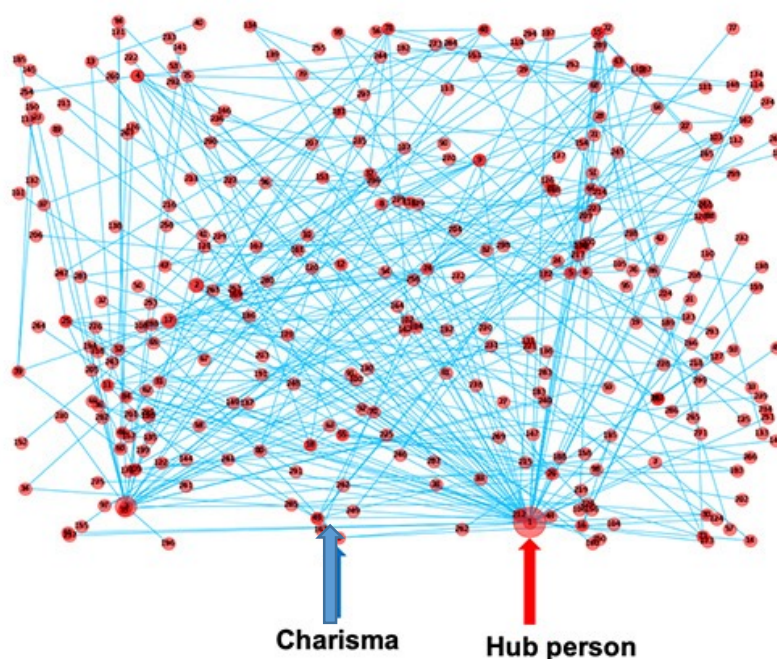


図 3-11 本研究で使したスケールフリーネットワーク。人々の数は 300。カリスマとハブを青と赤の矢印で示す。

計算では、カリスマ性のある人とスケールフリーネットワークのハブの人の効果に注目する。そのため 2 人のネットワーク上の位置はあえて離れた条件で

計算を行なった。スケールフリーネットワークにおけるカリスマ性のある人物の計算の条件は以下の通りである。

- a. カリスマ性のある人の位置は、スケールフリーネットワークのハブの位置ではない。
- b. カリスマの位置はネットワークの末端に位置している。
- c. 社会の人々の意の初期値はランダムに-20 から+20 の間にあると設定する。
- d. 社会の人々からカリスマへの信頼度は+5 とする。
- e. ハブに相当する人物は信頼度においては、社会のごく普通の人と同等とする。
- f. 社会の人々の意志の強さ m は $m=1$ とする。
- g. カリスマ性のある人物の意志の強さを $m=15$ とする。

他の条件は前の計算と同じである。

シミュレーション結果を図 3-12、図 3-13 に示す。

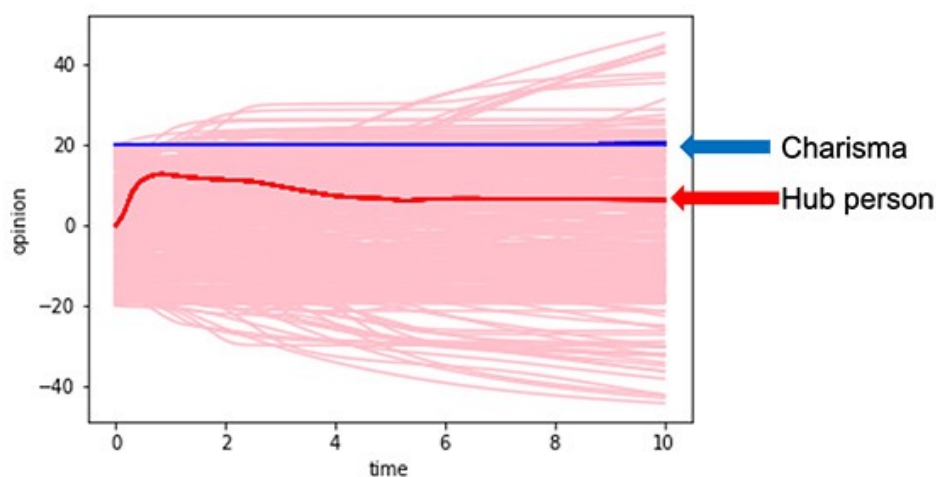


図 3-12 社会の 300 人の意見の軌跡

軸は意見の値、横軸は時間である。カリスマ性のある人とハブ性のある人を青と赤の矢印で示している。

図 3-12 のシミュレーションの評価は以下の通りである。

- ①カリスマ的存在の人の軌跡は意志の強さが $m=15$ と大きいので、非常に直線的である。
- ②一方、ハブとなる人は、意志の強さが小さいため、軌跡は曲がっていることが確認できる。

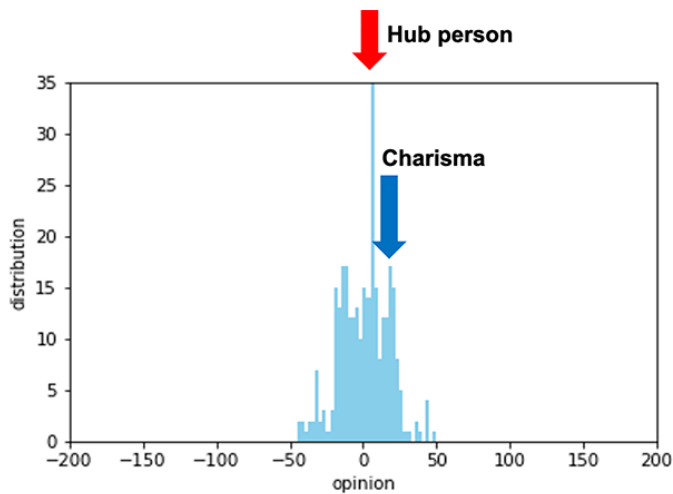


図 3-13 時刻 t における社会の人々の意見分布。縦軸は人数の分布。横軸は人々の意見の分布。カリスマ的な人とハブ的な人を、青と赤の矢印で示す。

図 3-13 のシミュレーションの評価は以下の通りである。

- ①カリスマとハブの意見分布には鋭いピークがある。
- ②ハブとなる人の D_{ij} の値は-1 から+1 の間でランダムだが、人々が集まっていることから、役割はカリスマ傾向にある結果と類似していることは確認された。

3.6 人々の接続率

第 2 章で定義したが、接続率とはランダムネットワークにおける人々の繋がり割合を表す。接続率 30%であれば、それぞれの人が社会全体の 30%の人と繋がっていることを意味する。

3.6.1 社会の規模と接続率

項 3.5.1 及び項 3.5.2 の通りランダムネットワーク上では信頼係数による合意形成の明確な相転移のような挙動が観察できた。スケールフリーネットワークではそのような挙動は見られなかった。つまりランダムネットワークでは人と人との信頼が 56%以上正の値であれば、合意が形成されることが今回の計算で示唆された。石井・川畑の完全ネットワークの場合と同様の閾値 55%程度を示していることは非常に興味深い[45]。しかしこれはあくまでも今回の設定の条件の場合である。

ここまでのランダムネットワークの計算では他の人と 50%の確率で接続されているとしていた。ここでその意味を少し考えてみよう。50%の接続率という事は 50%の人と知り合いであるということになる。 $N=10$ であれば 10 人のうち 5 人とよく知っていることになる。これはよくありそうな状態であろう。 $N=100$

だと 100 人のうち 50 人と知り合いだということになる。これは十分可能であるとはいえ、全員が達成できるわけでは無いだろう。N=10,000 とするとかなり難しくなる。つまり、N が増えれば増えるほど 50% という数字は現実的ではなくなると思われる。

ここで人口 1000 万人の東京に住んでいる 1 人の若者を考える。この若者が 100 人と知り合いであるとして、0.001% の人としか繋がっていないこととなる。もう少し年齢が上の人だと、もう少し知り合いの数は多いかもしれないが、それでも 1000 人を超えるということは難しいのではないだろうか。

以上のように考えると、ランダムネットワークにおける接続率はその社会がどれだけ大都会であるかという尺度と考えることもできる。つまり、人口の多い大都会であればあるほど接続率は小さく、小規模な社会であればあるほど接続率は大きい。このように考えると、もし、合意形成するかしないかの境目の割合が接続率によって大きく変わるようならば、大都会の社会と小単位の社会で合意形成するための正の信頼係数の割合は異なることになる。

3.6.2 合意形成の指標・条件と接続率

前項の結果によると、完全ネットワークやランダムネットワークでの合意形成の閾値は信頼の係数の正の値の確率が 55% である。しかし、ランダムネットワーク上で接続率が非常に小さい場合はどうであろうか。

ここまで意見の分布を目視によっておおよその傾向の考察を行なっていたが、本項では合意形成するかしないかの判断基準の目安となる指標を出すために、新たに式(13)を導入した。 $t=0$ のときの意見分布の幅を W_0 、時刻 t の時の意見分布の幅を W とする。 $i \neq j$ である。

$$\frac{W}{W_0} = \frac{\sum_i \sum_j |I_j(t) - I_i(t)|}{\sum_i \sum_j |I_j(t=0) - I_i(t=0)|} \quad (13)$$

W/W_0 が 1 以下であれば合意形成に向かい、1 以上であれば発散に向かっているということになる。 W/W_0 が 0 に近づけば近づくほど合意していることになる。そのため、 W/W_0 の値が 1 を超えるか下回るかで、意見が発散するか収束するかが決まり、合意が形成へ向かう指標として $W/W_0=1$ とする。

式(13)は分母が時刻 0 つまり初期状態における意見分布の大きさを計算している。わかりやすくするために $N=3$ 人の場合を考えてみる。3 人の人物を a, b, c とし、それぞれの意見を I_a 、 I_b 、 I_c とする。すると a と b の意見の差は $|I_a - I_b|$ になり、すべての人々の組み合わせにおける意見の差の合計は $|I_a - I_b| + |I_b - I_c| + |I_c - I_a|$ と考えることができ、分母はこの量を計算している。正確には $|I_a - I_a| +$

$|I_a - I_b| + |I_a - I_c| + |I_b - I_a| + |I_b - I_b| + |I_b - I_c| + |I_c - I_a| + |I_c - I_b| + |I_c - I_c|$ であり、これは先程の3つの足し算の値のちょうど2倍になる。この「すべての組み合わせにおける意見の差の合計」をある時刻 t における「意見分布のばらつき具合」と定義した。分母が時刻 $t=0$ だったのに対し、分子はある時刻 t に変更したものとなる。例として $t=100$ だとすると、分子はその時刻におけるばらつき具合の量を計算している。つまり、 W/W_0 とすることで分子と分母のどちらの量が大きいか分かる。 $t=100$ と仮定し、 $W/W_0=0.8$ ならば初期状態におけるばらつきよりも $t=100$ の時のばらつきの方が小さいとなるので、これをもって「この系の意見分布は収束傾向にある」と言え、 $W/W_0=1.2$ ならば「発散傾向にある」といえる。

$N=1600$ で詳細に合意形成の閾値を式(13)を用いて計算で求めた例を図 3-14 に示す。この計算に使った式(13)においては第 7 章においても説明する。図 3-14 では人々の初期の意見分布の幅を δ とし、接続率を γ とする。今回は、4つのパターン全ての合意形成に向かう様子 ($W/W_0=1$ より小さい) を観測できる $t=10$ で行なった。

シミュレーションの条件は以下の通りである。

- a. 社会の規模 $N=1600$ 。
- b. 人間の人々の繋がりランダムネットワークで計算する。
- c. δ は 0.002 と 0.02 の 2 通りに設定する。
- d. γ は 1% と 30% の 2 通りに設定する。

シミュレーション結果を図 3-14 に示す。

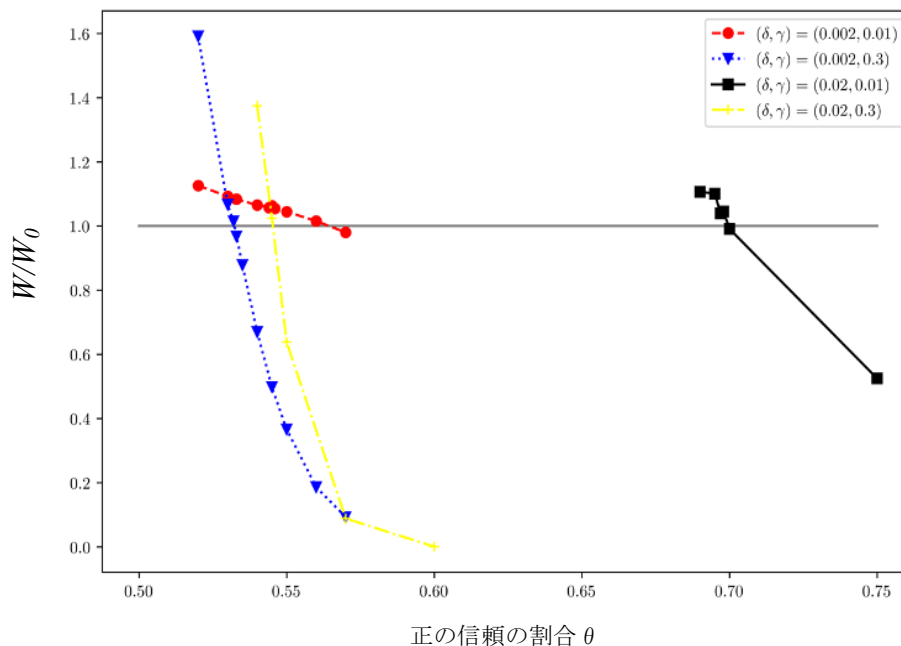


図 3-14 接続率と合意形成の条件の詳細な計算

赤と青：初期の意見分布の幅=0.002。赤が接続率 1%、青が接続率 30%。
 黒と黄色：初期の意見分布の幅=0.02。黒が接続率 1%、黄色が接続率 30%。
 図では、人々の初期の意見分布の幅= δ 、人々の接続率= γ と表記している。
 図の縦軸は W/W_0 、横軸は人々の正の信頼の割合 θ 。 $t=10$ の時の図である。

シミュレーションの評価、および考察は以下の通りである。①全体として信頼構造のうち正の信頼関係の割合が高いほど、意見が収束し合意形成しやすい。接続率が 1%と低く設定してある赤線と黒線は、合意形成が正の信頼の割合 55%よりも大きな数値でないと合意形成していない。接続率があまりに低いと合意形成の閾値は 55%から大きくずれる。②赤線と青線つまり初期の意見の意見分布の幅が小さい($\delta=0.002$)ときも、黄色線と黒線つまり初期の意見分布の幅が大きい($\delta=0.02$)ときも、ネットワークが緻密(緻密)であるほど(γ が高い)意見が収束しやすい。しかし、赤線と黒線(接続率 1%)、青線と黄色線(接続率 30%)を比較すると初期意見の幅が小さいほど意見が収束しやすい。

このことから、意見が収束し合意形成しやすい条件としては、①信頼構造のうち正の信頼関係の割合が高い。②ネットワークの接続率が高い。③初期の意見分布の幅が小さい。この 3 つのことが抽出できる。この中でも意見収束のしやすさが初期の意見分布の幅に関係している点は興味深い。このことは、極端な

意見をもつ二者による情報交換の結果かえって意見が反発しあう場合が多く発生し、それが結果として意見収束を妨害していると推測できる。

3.7 考察

石井・川畑 2020 [45] に示されるように、社会の人々の繋がりが完全ネットワークや接続率 30%のランダムネットワークにおいては、正の信頼の割合が 55%という値は、合意形成を形成するための大まかな目安となる閾値ということが確認できた。またこの結果は社会の合意形成のために 100%の人の信頼は必要ではなく 55%あれば十分であることを示している。これは社会における公共事業等、合意形成が必要な場においても重要な結論であろう。しかし、これはあくまでも今回の人々の接続率が 50%という条件の上になり立った結果である。人々の接続率が非常に低い場合、あるいは高い場合、信頼度の大小によってまた結果は変わるということがわかった。

スケールフリーネットワークは、ランダムネットワークに比べると明確な相転移点を示していない。スケールフリーネットワークではネットワーク内のハブとなる人物の役割が非常に重要であることがわかった。ハブとなる人物はカリスマと同様に意見分布のピークを形成する。つまり、ハブとなる人物は信頼度が一般の人々と同等であっても、そのネットワークの繋がりによって容易に、人々からの信頼度が高いカリスマのように自身の意見の周りに人々を集めることができる。ソーシャルネットワーク上のインフルエンサー達は人々の意見分布の中心に来る傾向があり、あたかもカリスマと同様な影響力を持つことでも傾向としては納得ができる。スケールフリーネットワークにおけるハブとなる人物は必ずしもカリスマのような信頼度や意志の強さはなくても意見分布の中心になる状態を得ることができ、その意味ではソーシャルネットワーク上の繋がり、社会における一種の力であると言える。また人々の繋がりが疎である場合、合意形成の閾値は上がり合意形成は難しくなることがわかった。つまり離島や田舎に比べて大都会ほど合意形成は難しくなるのであろう。

3.8 第3章のまとめ

本章では、基本的な合意形成の条件について調べた。一般的に合意とは意見の一致を指すが、本研究では意見の内容を取り扱っているものではなく、合意形成（収束）か不形成（発散）かの現象を扱い人々の意見の変遷と意見分布を観察し考察した。

まずランダムネットワークでの接続率を 50%に固定した検証を行った。ここでは、 D_{ij} の正の信頼の割合が 55%程度の閾値で相転移のような挙動を示すことが確認できた。これは完全ネットワークでの先行研究、石井・川畑[42, 45]にほぼ

一致する。このことは人々のつながりの 55%以上が信頼でき、不信が 45%以下であれば社会全体の意見が収束するというを示している。スケールフリーネットワークにおける検証ではこのような挙動は見られなかった。

更に、スケールフリーネットワークの検証では、多くの人々から信頼を得ている人物であるカリスマとスケールフリーネットワークのハブとなる人物、この特徴的な人物を設定して意見の動きを調べた。カリスマとハブとなる人物の周りに意見分布の鋭いピークが見られ、ハブとなる人物がカリスマと似たような役割を果たすことが示唆された。これは SNS 上のインフルエンサーが、あたかもカリスマと同じような影響力を持つことでも納得できる。

次にランダムネットワークの接続率と初期意見の分布を変化させて合意形成の形を検証した。意見が収束し合意形成しやすい条件は、接続率が高い、もしくは初期の意見分布の幅が小さいことがわかった。このことより、接続率においては社会の人々の 30%が接続可能であるような小規模な社会では合意形成が容易であること、逆に都会のように社会の人々が多く規模が大きい環境では接続率が低くなり、また初期意見の分布の幅も大きくなると考えられるため、合意形成は容易ではないということが導かれた。

第4章 メディア効果と、メディアの届かない人

4.1 はじめに

メディアが社会の人々に与える影響は、社会学や政治学、マーケティング科学の分野において非常に興味深く重要なテーマである。メディア効果は、情報の外的・動力的な観点で、人々に一度に大きな影響をもたらすと想定される。メディアと世論に関する研究は数多くあるが[31, 39, 48, 49]、オピニオンダイナミクスでのメディア効果に関する研究はほとんどない。オピニオンダイナミクスは人々の間の影響を考慮しながら社会における意見の動きを議論するものである。したがって、そこにメディアの影響を含めることは非常に自然なことだと言える。またメディアの影響の要素を取り入れたこのような研究は、SNS等を介した社会的意見の分析にも非常に有用である。特に、広告宣伝におけるマイクロターゲティング効果[50]について、このような理論を適用することは非常に有意義である。本章ではメディア効果の因子を含んでいるTrust-Distrust Modelを利用して、石井らによって提案されているヒット現象の数理モデル[51, 57]及びその先行研究[15]に倣ってマスメディアの効果[82, 83]を導入し、メディアの社会への影響をシミュレーションする。Trust-Distrust Model におけるより詳細なマスメディアの効果については、本章の前半に加えて、Fujii and Ishii[58]に詳しい。

本章前半ではメディアの影響による人々の意見の軌跡及び意見分布の偏りに、後半では意見の軌跡と合意形成の成否に注目する。メディアは社会的な意見の形成に大きな影響を与えると考えられ、場合によっては分裂分断現象のひとつの契機になると思われる。メディアが社会の人々に一様に働きかける場合だけでなく、意見を明確に持たない人にだけ働きかける場合も計算する。本章では意見を明確に持たない人を意見の弱い人と定義する。最近のロシアの例にみられるように、人々を特定の意見に誘導するメディア効果は顕著である。本章後半ではメディアにさえ接しない孤立した人々の意見の動きについても考える。

4.2 メディアの効果

4.2.1 一般的なメディア効果の確認

メディアの効果は、石井晃によるヒット現象の数理モデルにすでに含まれている[40, 51]。彼らの研究ではメディア効果をテレビの広告時間として導入しており、うまく機能しているようである。同様の考え方で、本章ではメディア効果を $c_A(t)$ として、第2章で示した下記の式(7)を使用する。実際のシミュレーシ

ョンでは、メディアからの情報（外部からの圧力）である $A(t)$ の数値を出しや
すいよう、単純化するために、人々の反応 $c_i=1$ としている。

$$\Delta I_i(t) = c_i A(t) \Delta t + \sum_{j=1}^N D_{ij} \Phi(I_i(t), I_j(t)) (I_j(t) - I_i(t)) \Delta t \quad (7)$$

一例として Trust-Distrust Model を用いて 300 人に対して計算した例を示
す。比較のためにまずメディアの効果がない場合のシミュレーションを行う。

シミュレーションの条件は以下の通りである。

- a. 社会の規模 $N=300$ 。
- b. ネットワークは接続率が 50% のランダムネットワークである。
- c. 300 人の互いの信頼係数 D_{ij} の値は、-1 から 1 の間の一様な乱数とする。
- e. 社会の人々の意見の初期値はランダムに -20 から +20 の間にあると設定する。

シミュレーション結果を図 4-1 に示す。

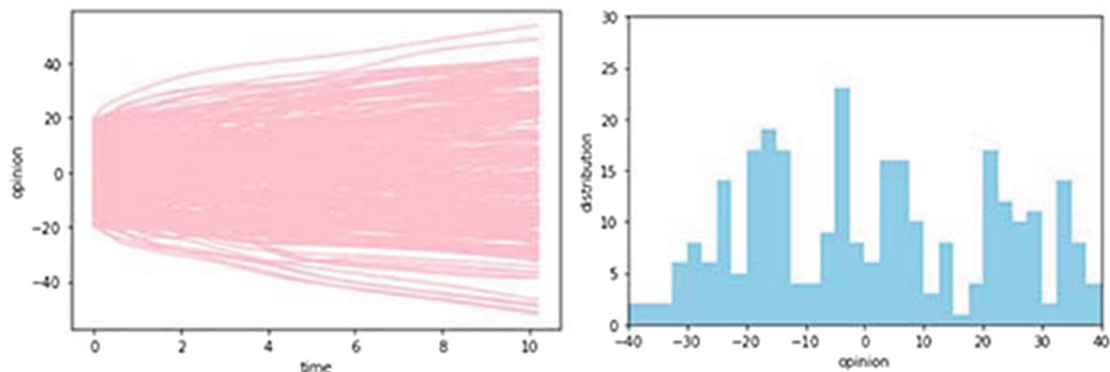


図 4-1 メディア効果が無い場合

左のグラフ：意見の軌跡。右のグラフ：計算終了時の意見の分布。

シミュレーションの評価は以下の通りである。

- ①意見の軌跡は、正と負に一様に分布している。
- ②全体としてはある種の均衡状態にあると言える。差が小さく均一な意見分布からスタートした計算では、ある程度広がる分布となっている。
- ③最終的な意見分布は均一ではなく、いくつかの小さいクラスターに分かれている。

次に、オピニオンダイナミクスに一定のメディア効果を適用する。図 4-2 は、
図 4-1 と同じ計算条件で、メディア効果 $A(t)$ がゼロではない場合の計算結果を
示している。ここでは、図 4-2 において、 $A(t)$ が 0.5、5 の場合を想定している。
シミュレーションの条件は以下の通りである。

a. メディア効果 $A(t)$ が 0.5、5 の場合を想定した。
 その他の条件は項 4.2.1 と同じである。
 シミュレーション結果を図 4-2 に示す。

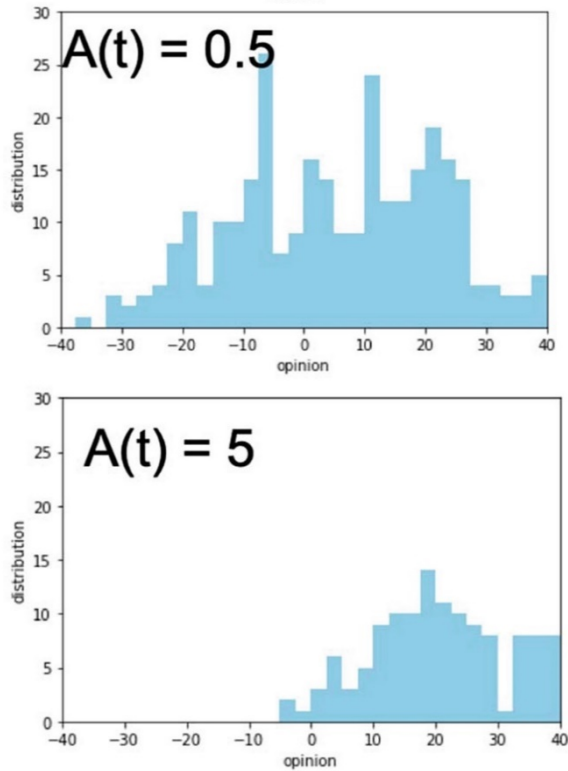


図 4-2 メディア効果を $A(t)=0.5$ 、 5.0 とした場合。図は計算終了時の意見の分布

シミュレーションの評価は以下の通りである。

- ① $A(t)=0$ である図 4-1 と $A(t)=0.5$ を比較すると、 $A(t)=0.5$ の場合の意見分布は、やや正の意見に偏っていることがわかる。
- ② $A(t)=5.0$ の場合、計算された意見分布は明らかに正の側に偏っている。
- ③ つまり、Trust-Distrust Model の理論[16]では、メディア効果が、メディアによって誘導された方向に社会の意見が偏るという現象を定性的に説明していると見ることができる。

4.2.2 正・負の意見とメディア効果

ここでは、正の意見を持つ人に正の方向に誘導するメディア効果と、負の意見を持つ人に負の方向に誘導するメディア効果について計算する。

シミュレーションの条件は以下の通りである。

- a. メディア効果 $A(t)$ が正の意見を持つ人には $A=+5$ とする。

b. メディア効果 $A(t)$ が負の意見を持つ人には $A=-5$ とする。
 その他の条件は項 4.2.1 と同じである。
 シミュレーション結果を図 4-3 に示す。

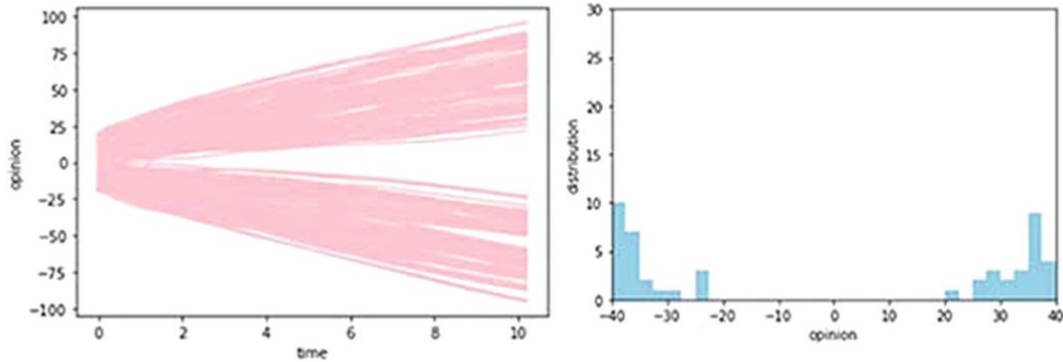


図 4-3 正の意見を持つ人と負の意見を持つ人へのメディア効果
 左のグラフ：意見の軌跡。右のグラフ：計算終了時の意見の分布

シミュレーションの評価は以下の通りである。

- ①このメディア効果によって正の意見を持つ人と負の意見を持つ人の意見が大きく分かれる。
- ②正の意見を持つ人はより正に、負の意見を持つ人はより負に誘導され、社会的な意見が分断されることが示されている。
- ③このような現象は政治的な対立だけでなく、大きなスポーツイベントでの人気チーム同士の対戦でも発生する。

4.3 意見の弱い人へのメディア効果

自身の意見を明確に持っている人は強い意見を持つ人とする。このような人にはメディアがいくら働きかけてもあまり影響しないだろう。しかし意見の弱い人はメディアに影響されると考えられる。すなわち意見の弱い人（強い意見を持たない人）に対してのみメディア効果が働く場合を考える。ある閾値 A_0 を設定して、 $-A_0$ 以上 A_0 以下の意見の弱い人へのみメディア効果が働くと仮定して計算する。この状況はマイクロターゲティングのごく単純なケースに相当する。図 4-4 に示すように、 $-A_0$ 以上 A_0 以下の範囲でのみ $A(t)=+5$ でメディア効果が働くとする。

$$A(t) = \begin{cases} 0 & (I_i(t) > A_0) \\ 5 & (A_0 > I_i(t) > -A_0) \\ 0 & (A_0 > I_i(t)) \end{cases} \quad (14)$$

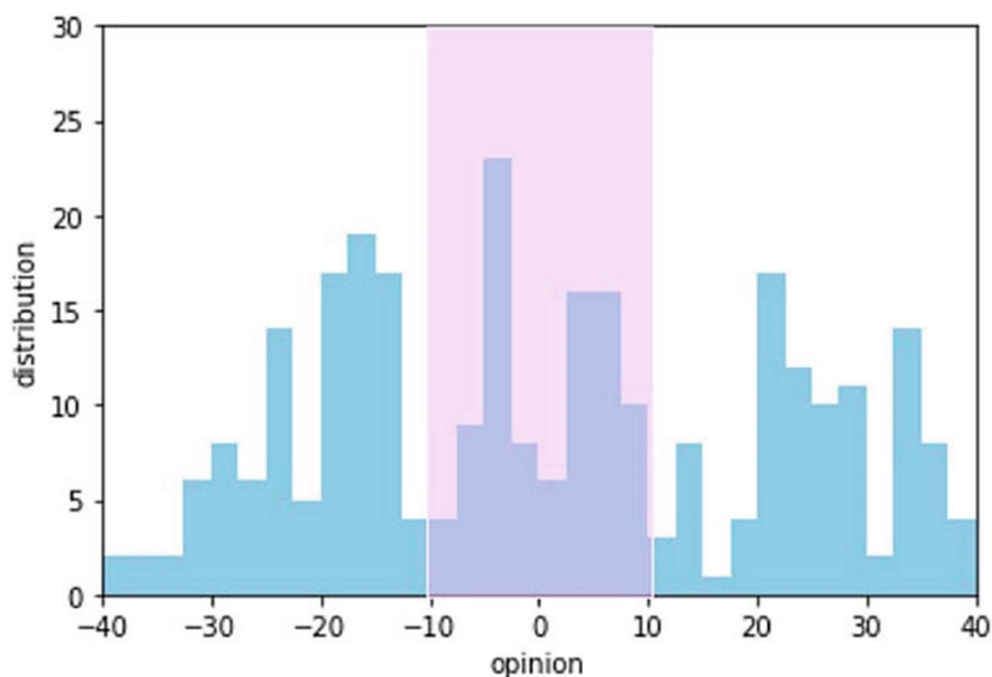


図 4-4 メディアの影響力は、意見が弱い人にだけ働くように設定されている。この図では、薄いピンク色の部分にいる意見が-10～+10 の人だけにメディアの影響力が及ぶようになっている。描かれている分布は図 4-1 と同じである。

4.3.1 意見の弱い人の範囲

次に、意見が弱い人の範囲 $-A_0 \sim +A_0$ の範囲を変化させて検証する。

シミュレーションの条件は以下の通りである。

- a. 意見が弱い人へのメディア効果 $A(t)$ を $A=+5$ とする。
 - b. 意見が弱い人の範囲 $-A_0 \sim +A_0$ とし、 A_0 は図 4-5 では 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 と設定する。
 - c. 意見が弱い人の範囲 $-A_0 \sim +A_0$ とし、 A_0 は図 4-6 では 10, 12, 15 と設定とする。
- その他の条件は項 4.2.1 と同じである。

シミュレーション結果を図 4-5、図 4-6 に示す。

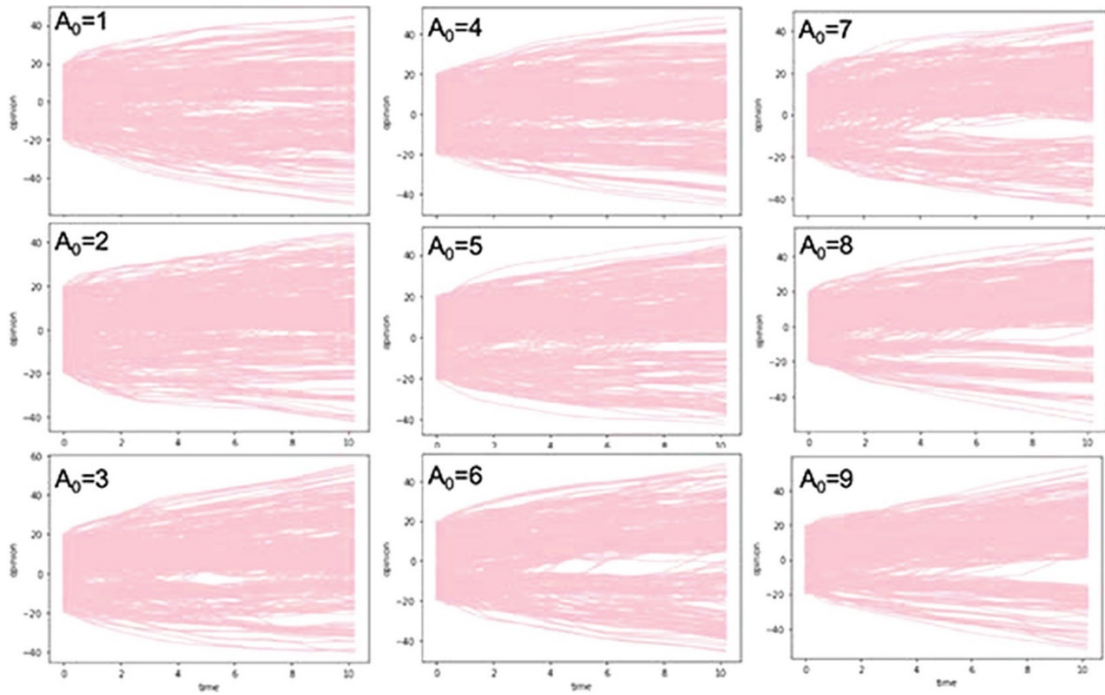


図 4-5 A_0 を 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 と設定

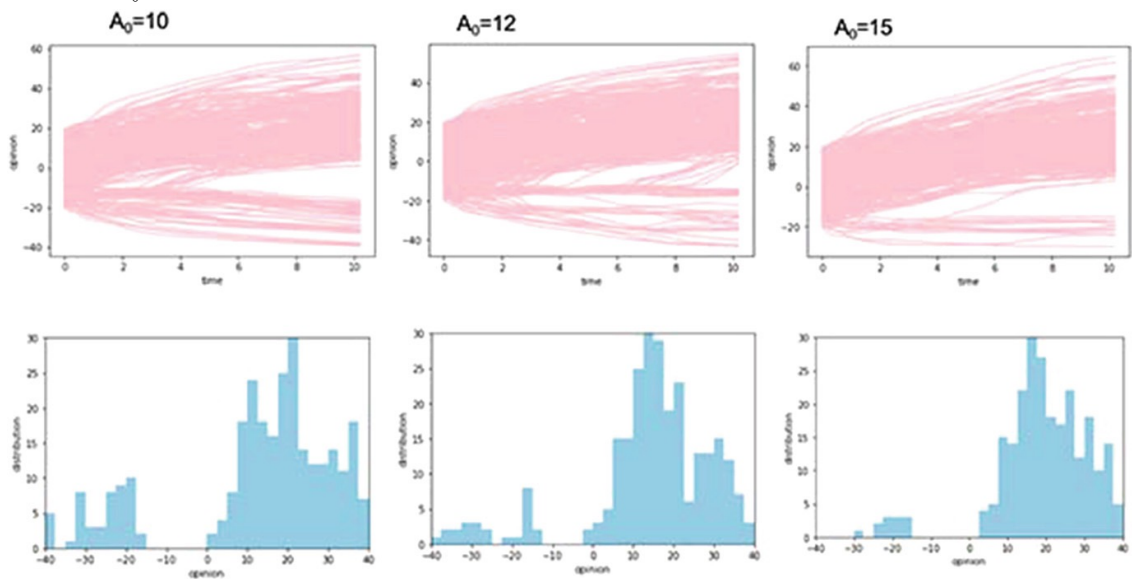


図 4-6 A_0 を 10, 12, 15 と設定

シミュレーションの評価は以下の通りである。

- ① A_0 の値が小さいとグラフからはメディアの効果が読み取りづらいが、 A_0 の値が大きくなるほど、意見の弱い範囲内の人々が正の意見に誘導されている。
- ② 特に $A_0=15$ の場合はほとんどの人が 10 以上の正の意見の方に行っている。

- ③ 人々のつながりは 50%のランダムネットワークのため、 $-A_0 \sim +A_0$ の範囲に入っていない人々もメディアの効果を受け、正の意見の方向に行っていることがわかる。
- ④ 図 4-5、図 4-6 の計算結果を見ると、 A_0 の値が大きくなればなるほど明確にメディア効果の影響が示された。

4.3.2 意見が弱い人へのメディア効果の強さ

次に、メディア効果の強さの変化について考える。

シミュレーションの条件は以下の通りである。

- a. 意見が弱い人へのメディア効果 $A(t)$ を $A=1, 5, 7, 10$ と設定する。
 - b. メディアの影響力は、意見が -10 から $+10$ の範囲にある人へのみに働くとする。
- その他の条件は項 4.2.1 と同じである。

シミュレーション結果を図 4-7 に示す。

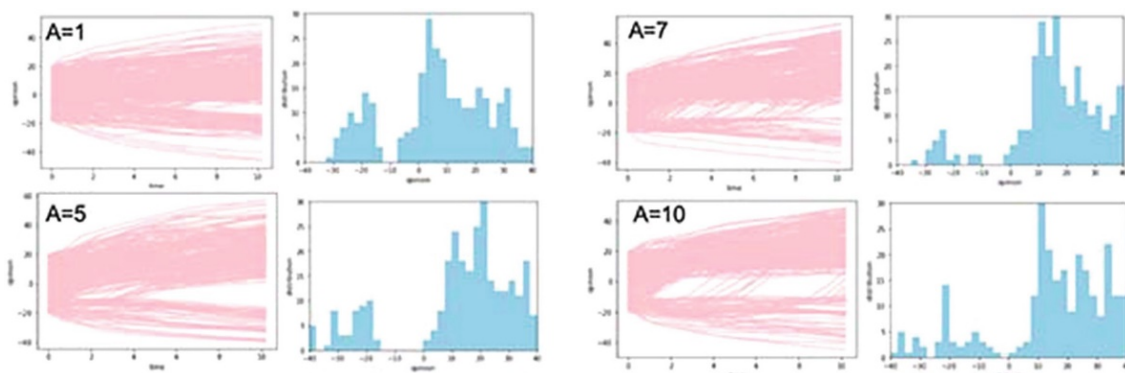


図 4-7 メディア効果の強さを变化させた場合

シミュレーションの評価は以下の通りである。

- ① 意見の弱い人はメディア効果の影響が強いほど、意見の分布は正の方向に偏る傾向があることがわかった。

4.3.3 ネットワークへの人々の接続率

次に、ランダムネットワークの人々の接続率を変化させながら計算を行う。

シミュレーションの条件は以下の通りである。

- a. 意見が弱い人へのメディア効果 $A(t)$ を $A=+5$ とする。
- b. メディアの影響力は、意見が -10 から $+10$ の範囲にある人へのみに働くとする。
- c. 人々の接続率は 50%、30%、20%、10%、5% と設定する。

その他の条件は項 4.2.1 と同じである。

シミュレーション結果を図 4-8 に示す。

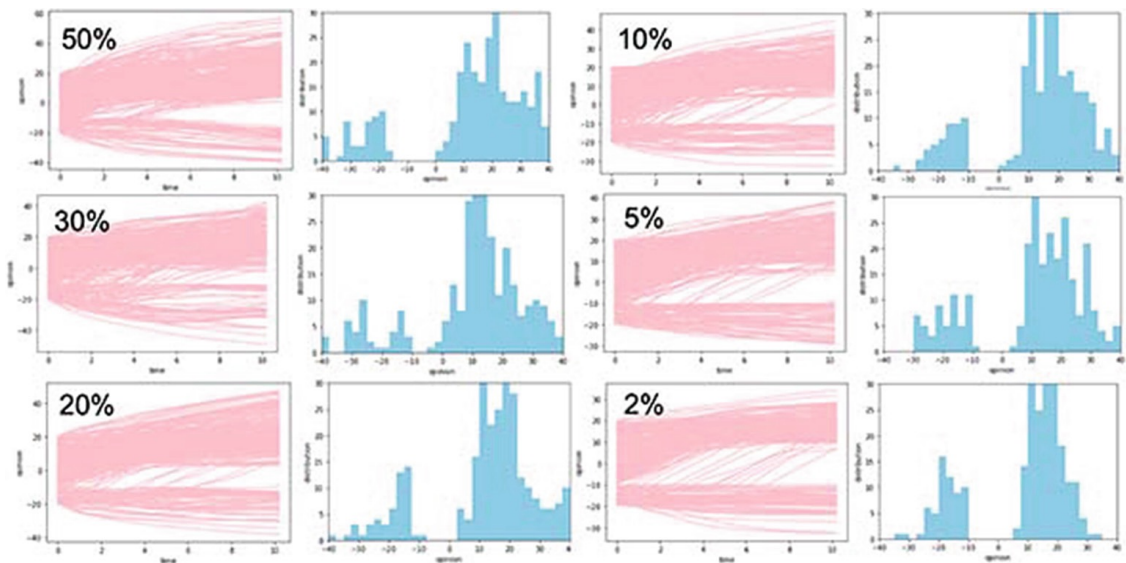


図 4-8 ランダムネットワークの人々の接続率を変化させた場合

シミュレーションの評価

- ①人々の間での接続率が 2% の場合、 $-10 \sim 10$ の分布が明らかに欠けている。
- ②接続率が高くなると $-10 \sim 10$ の範囲にも意見分布が及んでおり、他の人の意見に影響される効果が大きくなりメディア効果による影響が弱まると考えられる。

4.4 メディア効果による意見の収束

人々の意見が 1 つの特定の意見に収束することを計算する。ここでは、意見を欲しいところに収束させるメディア効果として以下のような関数を用いる。以下の関数は、全体の意見を I_0 に収束させる。

$$A(t) = -\tanh(\alpha(I_i(t) - I_0)) \quad (15)$$

4.4.1 意見を収束させるメディア効果

一例として、この関数を使い Trust-Distrust Model を用いて、 $N=300$ 人に対して計算した例を示す。

シミュレーションの条件は以下の通りである。

- a. メディアの影響の効果は (a) $A(t) = -\tanh(0.02(I_i(t) - I_0))$ 、
(b) $A(t) = -\tanh(0.2(I_i(t) - I_0))$ とし、 $I_0=0$ とした。
- b. ネットワークは接続率が 50% のランダムなネットワークである。
- c. 300 人の互いの信頼係数行列 D_{ij} の値は、 -1 から 1 の間の一様な乱数とする。
- d. 社会の人々の意見の初期値はランダムに -20 から $+20$ の間にあると設定する。

シミュレーション結果を図 4-9 に示す。

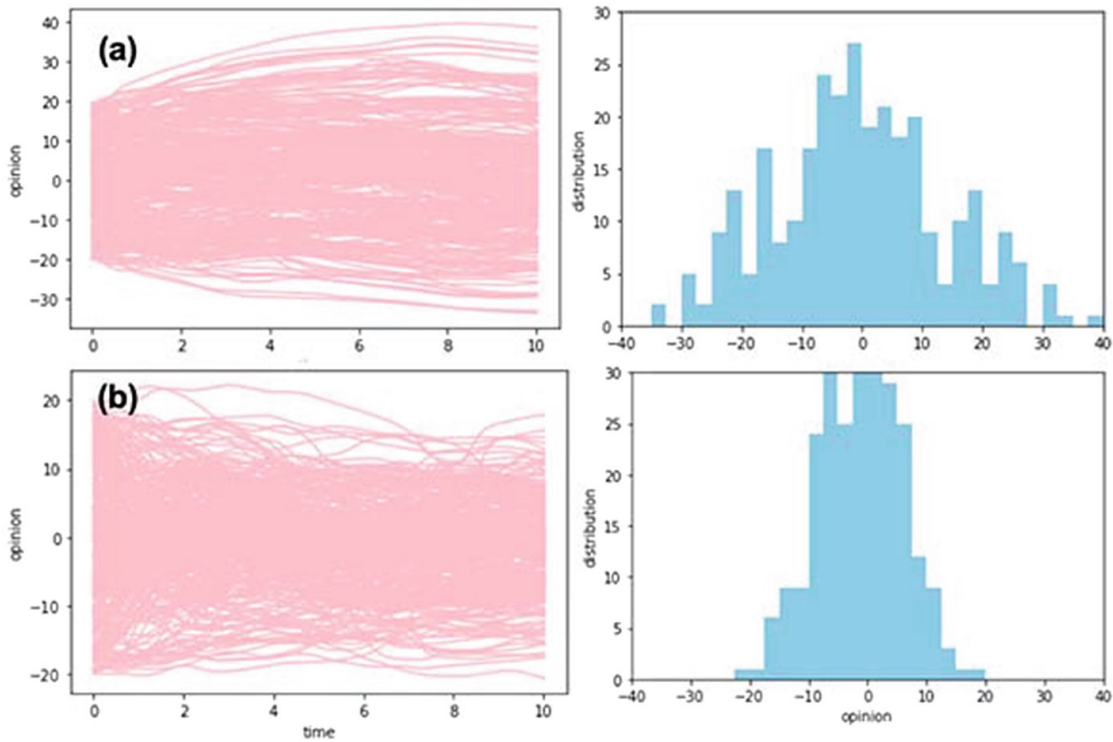


図 4-9 メディア効果を表す式(15)適用例。 α の値は(a)0.02, (b)0.2

シミュレーションの評価は以下の通りである。

- ① ここでは、意見の中央値はゼロを中心として分布するが、収束した意見分布の幅が α の値に依存していることがわかる。
- ② α の値が大きいほど、意見の幅が狭い傾向がみられた。

4.4.2 意見を収束させるメディア効果（意見分布の誘導）

前項の値を変えて、0, +10, -10の位置に意見の分布を誘導させる。

シミュレーションの条件は以下の通りである。

a. メディア効果の影響率は

$$(a) A(t) = -\tanh(0.2 (I_i(t)))$$

$$(b) A(t) = -\tanh(0.2 (I_i(t) - 10))$$

$$(c) A(t) = -\tanh(0.2 (I_i(t) + 10)) \text{ とした。}$$

その他の条件は 項 4.4.1 と同じである。

シミュレーション結果を図 4-10 に示す。

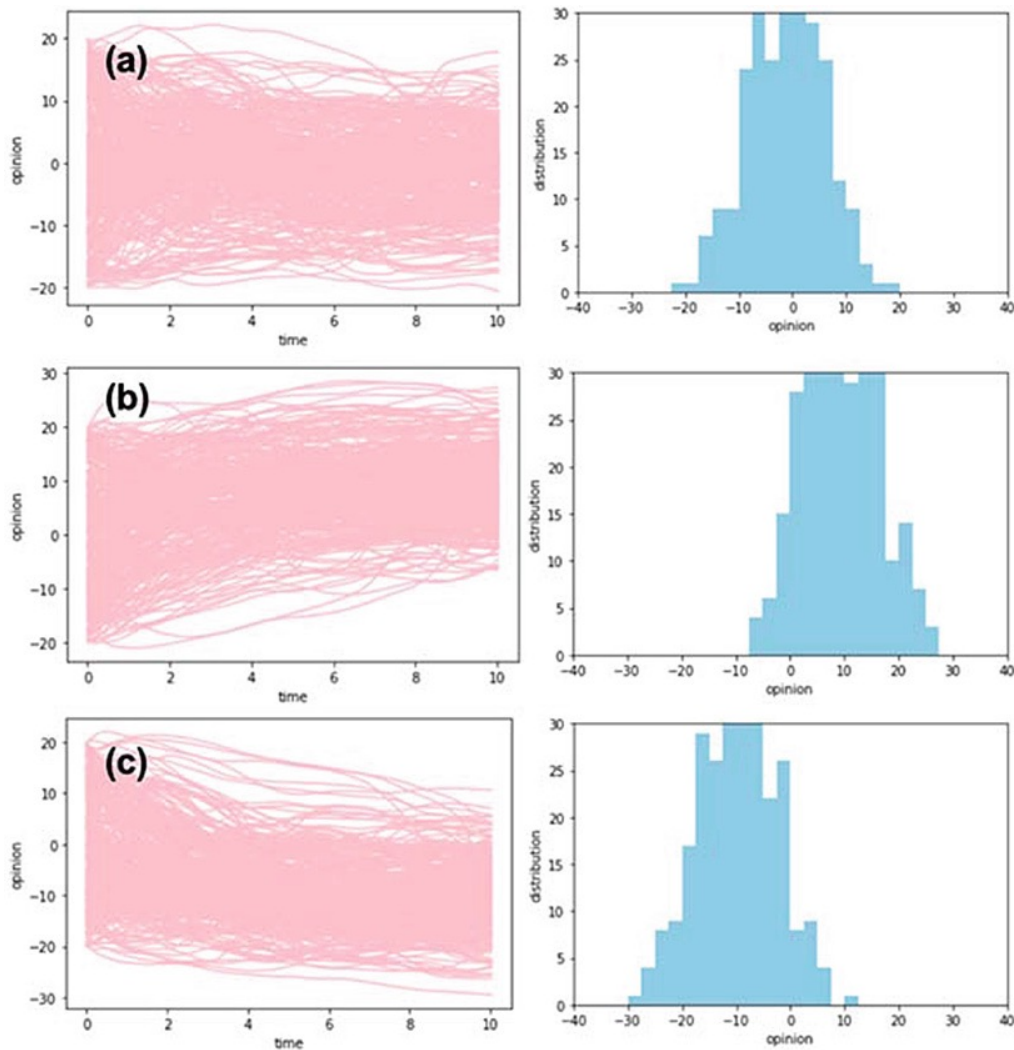


図4-10 0、+10、-10の位置に意見の分布を誘導させた例

シミュレーション結果の評価は以下の通りである。

①計算上は、メディアによって人々の意見は誘導されていることが表現できる。

4.5 考察 (I)

メディアの効果についてTrust-Distrust Modelを用いたシミュレーションを行った。図4-2は、一様に作用するメディアが人に与える影響をシミュレーションした結果である。この結果からメディアの効果が強ければ強いほど、社会の人々の意見はメディアによる効果で偏ったものになることがわかる。図4-3では、メディアの影響により正の意見を持つ人はより正に、負の意見を持つ人はより負に誘導され、社会的な意見が分断されることが示されている。強い意見を持たない人へののみメディア効果が働くというケースは社会学にとって非常に興味深い現象である。なぜならメディアは主にそのような弱い意見を持つ人々に向け

て利用されることが多いからである。図4-5、図4-6、図4-7、図4-8の計算では、弱い意見しか持たない人にだけメディアが作用する場合をシミュレーションしている。ある閾値 A_0 を設定し、 $-A_0$ 以上、 A_0 以下の弱い意見を持つ人へののみメディア効果が働くと仮定して計算してみた。図4-5と図4-6のケースでは閾値 A_0 への依存性を確認した。閾値が $A_0=1$ のように非常に小さい場合にはメディア効果は無視できるように見える。しかし、図4-7の $A_0=15$ のように大きな閾値の場合、人々の意見のほとんどが正の方向に移動し負の意見を持つ人々は非常に少なくなる。図4-8では、ランダムネットワークの人々の接続率への依存性を確認している。ノードが繋がる確率が低いと、人々のコミュニケーションが希薄になり他人の意見に影響されなくなる。したがって、図4-8で接続率が2%の場合、 $-A_0$ から A_0 までの意見分布だけがメディアに誘導されて正の意見に向かっていくことになる。しかし接続率が30%や50%であれば、負の意見を持っている人の意見の変動が、コミュニケーションの影響をより多く受けメディアの影響は小さいものになる。つまりメディア効果による影響が人と人との繋がりによって相対的に弱まることを意味している。

このように各人の特性に応じて、それぞれの係数 c_i に適切な値を設定すれば政治的なマイクロターゲティングのシミュレーションも再現できる。その意味でこの理論はマイクロターゲティングを進行させるため、もしくは防止するためのシミュレーションに用いることができる。ここで第2章でも触れたが、時刻 t におけるメディアからの情報(外部からの圧力)を $A(t)$ とし、人々の反応を係数 c_i で表している。 c_i は正でも負でもよいとしている。

図4-10では、人々の意見を望ましい意見に収束させるための計算を試みている。

現実の世界では、更に様々な影響が加わりこの関数通り人々を特定の意見に自由自在に全て収束させることは困難である。しかし本章で用いた理論の応用として人々を特定の意見に引き寄せる動きを計算することができる。

4.6 メディアの影響が届かない人

最近、テレビや新聞などの報道に接する事なく、ニュースなど世の中の情報をSNS等でしか得ない人々が少なくないと言われている[52, 53]。文献[52]によれば10代、20代という若い世代で20時以降のテレビ離れが見られ、文献[53]によれば若い世代の新聞離れも顕著である。個人の生活に影響を与えないようなニュースであれば、そのニュースを知らない人はさらに多くなると思われる。しかし一方でFacebook、LINE、Twitterなどのソーシャルネットワーキングサービス(SNS)は若い世代で主に利用されていて、それらSNSから情報を得る機会は少なくないと思われる[53]。したがって、ニュースを直接テレビや新聞などから得なくても、SNSでのやりとりで同じ情報を得る可能性は高いとも考えられる。他方

テレビや新聞あるいはSNSにも接しない、例えば家に閉じこもってゲームばかりしている若者だと全くニュースを知らない場合もあるだろうと思われる。このように外部との接触の機会が少ない人々が、他の人々との接触を通してどのように意見が変わっていくか、あるいは変わらないのかは社会全体の合意形成の成否にも大きく関係する。メディアに触れない人々の意見の動きはこれからの社会の分析にとって重要なテーマのひとつとなるであろう。本節では、信頼と不信が含まれメディアの影響を扱うことができるTrust-Distrust Modelを用いてメディアの影響を受けない人々の意見の推移を研究する。

4.6.1 信頼関係と合意形成

前章、項3.5.1ランダムネットワークによる合意形成では $N=300$ 人で計算している。図4-11、図4-12では社会全体の人数が増えた場合でも同じことがいえるのかを検証するため $N=1000$ 人で計算する。

シミュレーションの条件は以下の通りである。

- a. 社会の規模 $N=1000$ 。
- b. ランダムネットワークの接続率は20%、接続するかないかは乱数で決める。
- c. 信頼係数 D_{ij} は一様乱数で正の値なら $0 \sim +1$ 負の値なら $-1 \sim 0$ の範囲で設定した。
- d. 人々の信頼係数 D_{ij} の正の値の割合が60%~50%の場合の $t=10$ での意見分布シミュレーション結果を図4-11に示す。

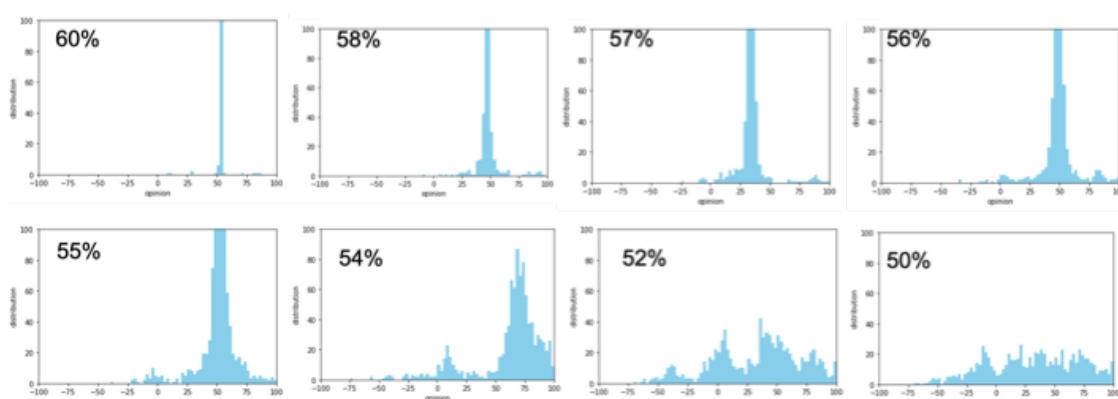


図4-11 D_{ij} の正の値が60%~50%の場合の意見分布、接続率20%

シミュレーション結果の評価は以下の通りである。

- ①正の信頼の割合が55%程度でピークは明らかになり、50%だと合意形成せずに意見の分布は拡散している。

- ②石井・川畑[45]の指摘するように55%くらいが境目であって、正の信頼の割合が55%より高いと社会の意見は合意形成に至る。
- ③逆に55%より低い割合だと、社会の意見は合意形成しないことが1000人の計算でも裏付けられた。
- ④ $N=1000$ の検証でも $N=300$ 結果と同様の結果であることが確認された。

4.6.2 信頼関係と接続率と合意形成

ランダムネットワークの接続率が1%の場合について1000人で計算する。このような接続率が小さいネットワークについては第3章で詳細に論じた。

シミュレーションの条件は以下の通りである。

- a. ランダムネットワークの接続率は1%とする。

その他の条件は 図 4-11 と同じである。

シミュレーション結果を図4-12に示す。

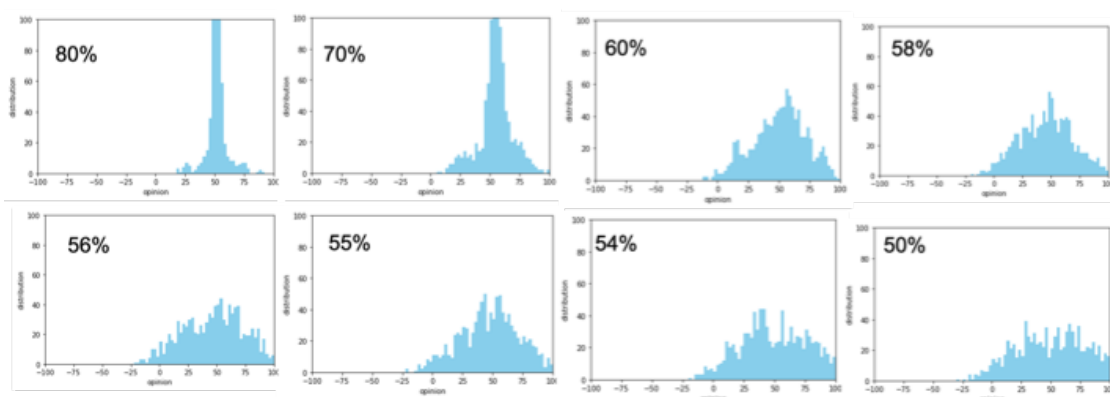


図4-12 D_{ij} の正の値の割合が80%~50%の場合の意見分布、接続率1%

シミュレーション結果の評価は以下の通りである。

- ①正の信頼の割合が70%以上で明らかにピークが見られる。
- ②ランダムネットワークの接続率が1%程度の低い確率であると、合意形成する閾値は55%ではなくもっと高い値となる。

4.6.3 メディアが全く届かない人（その1）

次にメディアが届かない人を含めた計算を行う。（その1）では人々の信頼係数 D_{ij} の正の値の割合を60%、つまり合意形成する条件としている。（その2）では人々の信頼係数 D_{ij} の正の値の割合を50%、つまり合意形成しない条件とし比較してみる。

まずここでは、社会全体の1割の人がメディアを全く見ないと設定する。ここで社会の人の数は1000人であるから、メディアが届かず影響を受けない人の数はランダムに選ばれた100人となる。メディアの強さは $A(t)=5.0$ である。メディアの強さ $A(t)$ にかかる係数 c_i が、メディアの影響を受ける人では $c_i=1$ 、影響を受けない人では $c_i=0$ と設定する。

図4-13に示したのはランダムネットワークの接続率0.5~30%の場合の人々の意見の軌跡の計算である。ピンクの線がメディアの影響を受けている人、青の線がメディアの影響が届かない人の意見の軌跡である。人々の信頼の係数 D_{ij} が正の値の割合を60%に設定しているのも、もし全員がメディアの影響を受けていたら、社会全体はメディアが指す方向で合意形成するはずの条件である。シミュレーション結果を図4-13に示す。

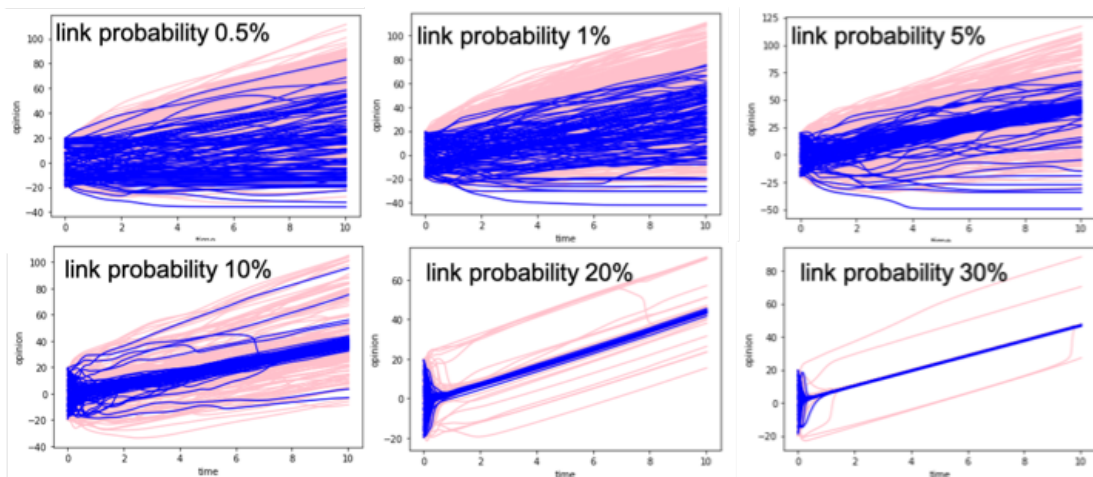


図4-13 ランダムネットワークの接続率0.5~30%の場合の意見分布の計算結果。人々の信頼係数 D_{ij} が正の値の割合が60%。社会の人の数1000人。メディアが届かない人の数100人。広告の強さ $A(t)=5$ 。ピンクの線がメディアの影響を受けている人、青の線がメディアの影響が届かない人の意見の軌跡。

シミュレーション結果の評価は以下の通りである。

- ①ランダムネットワークの接続率が20%以上だと、メディアの影響が届かない人も含めて合意形成していることがわかる。数人は合意形成に加わっていないが、これは乱数の設定であり得る事であり、社会全体が合意形成しないことにはならない。
- ②つまりこの計算結果は、たとえ1割の人々がメディアの影響を受けなくても、社会での人々の交流でメディアの影響を受けている人と同じ方向に合意形成することを意味する。

③合意形成の成否がランダムネットワークの接続の密度に依存しているのかは、0.5%、1%、5%の計算が示す。メディアの影響が届かない人々の一部が初期意見を変えず、合意形成に参加していないことからわかる。これらの計算例に見られるメディアの影響が届かない人々の行動は、いくらメディアが強く訴えてもそれは届かず、今までと行動を変えない。社会の他の人々とは行動が異なる人々が出てきてしまうことを意味する。

①から③の結果と第3章での議論を踏まえれば、上記の結果は大都会であればあるほどメディアの影響を受けない人は多いということになる。逆に小規模な社会であればどんなにメディアの情報を見ないようにしていても、密な近所付き合いで必ずメディアの情報は入ってくると想定できる。

4.6.4 メディアが全く届かない人（その2）

図4-14に示したのは、同じ計算を信頼係数 D_{ij} の正の割合を50%とした場合で行ったものである。この場合は信頼の係数 D_{ij} が正の値の確率が50%なので、図4-11、図4-12で見たように、明らかに社会全体は合意形成が厳しい場合である。

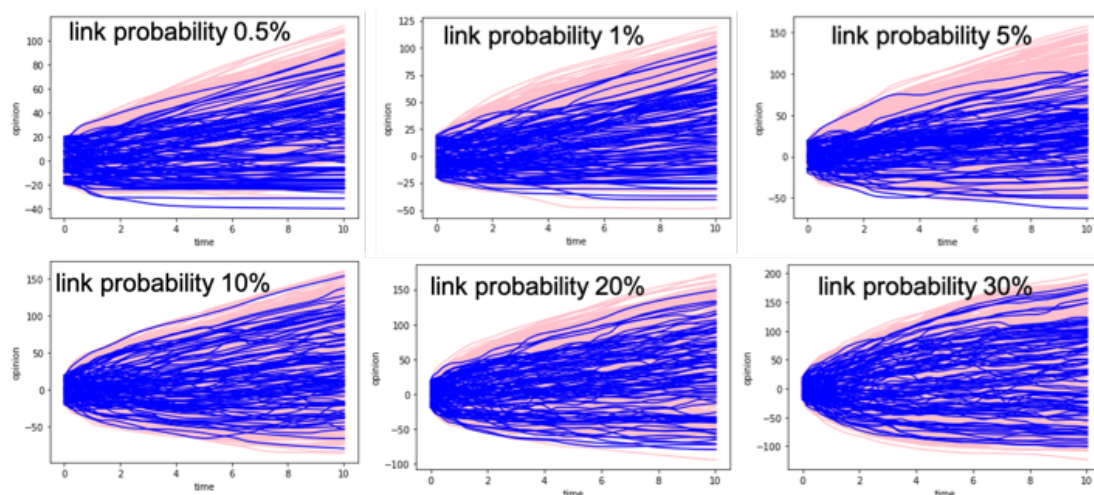


図4-14 ランダムネットワークの接続率0.5~30%の場合の意見分布の計算結果。人々の信頼の係数 D_{ij} が正の値の割合が50%。社会の人の数1000人。メディアが届かない人の数100人。広告の強さ $A(t)=5$ 。

図4-14の計算ではもちろん社会全体で合意形成していないが、それでもランダムネットワークの接続率が20%、30%の場合はメディアの影響が届かない人々も他のメディアの影響を受けている人々と同じように振る舞っていることがわかる。一方で、接続率が0.5%や1%の計算だと、意見の軌跡が比較的まっすぐな人が多いことより、メディアの影響を受けずに意見を変えない人々がいることがわかる。

以上の事から言えるのは、たとえメディアの影響が届かなくても、社会の人々の繋がりが密であれば、メディアの影響に触れている人々から多かれ少なかれプラスもしくはマイナスの影響を受けると言うことである。この人々の繋がりは実際の対面での会話以外に、SNSからの情報も含まれている。逆に、社会との繋がりが疎であれば、社会の影響や情報から取り残される人々が出るという事になる。

図4-15に示したのはメディアが届かない人々の初期分布が(a)+10~+20 (b)-10~-20の場合の意見の軌跡の計算結果である。ランダムネットワークの接続率50%で密な繋がりがあり、人々の信頼の係数 D_{ij} が正の値の割合が60%の場合なので合意形成が期待できる条件である。社会の人の数1000人。メディアが届かない人の数100人。メディアの影響 $A(t)=5$ である。

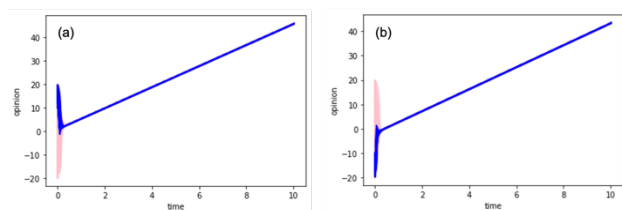


図4-15 メディアが届かない人々の初期分布が(a)+10~+20 (b)-10~-20の場合の意見の軌跡の計算結果。ランダムネットワークの接続率50%。人々の信頼の係数 D_{ij} が正の値の割合が60%。社会の人の数1000人。メディアが届かない人の数100人。メディアの影響 $A(t)=5$ 。

図4-15では、メディアの影響が届かない人々も含めて社会全体が合意形成している。つまり、接続率が50%ととても密な状況(1000人のうち500人は知り合い)なので、このような場合はたとえメディアの影響が届かなくても、実際は他の人々との交流を通してそれらの情報は十分に届くことがわかる。

4.7 考察 (II)

メディアの影響を受けていない人でも他人との繋がりがあると、その繋がりを通して間接的にメディアの影響を受ける。逆に考えると、テレビや新聞を見ないで世の中の情報から離れている人にいかにして訴えることができるかという問題も解決できるかもしれない。孤立したい人が世の中の雑音を断ちたいということであれば、完全に他人との繋がりが切らなければ自己の考えのみで物事を決め判断することは難しい。メディアの影響を受けない人がどのような人々と SNS など繋がっているかで、その人個人の情報量と社会への考え方も変わってしまう。もし孤立した人が誰とも一切繋がっていないならば、いくらテレビ

や新聞で 情報を流そうが危機を訴えようが、そういった人々のところへは情報は届いておらず、考え方や意識を変えることはできない事になる。本研究の計算からは、実際にそうなるだろうかという問いへの答えが見えてくる。

本研究では社会の人々の、それぞれの人と人との信頼関係がどの程度あるかどうかで社会全体が合意形成するかどうか分かることを確認した。またランダムネットワークで接続率 30%など、ある程度密なつながりのある社会だと人々の正の信頼の割合が 55%程度であることが合意形成の分かれ目となる。メディアの影響を受けない一部の人々が混じっている場合にメディアの影響を受けない一部の人々が合意形成に参加するかどうかについても、社会とのつながりの密度、つまり人々の接続率によるところが大きいことがわかった。

社会の人の数を 1000 人、人々の繋がりにはランダムネットワークで繋がっているとし、そのうちの 1 割、100 人がメディアの影響を受けないとした計算が図 4-13、図 4-14 である。このうち図 4-13 は、全員がメディアの影響を受ければ合意形成が期待できる条件、 D_{ij} の正の値の割合が 60%の場合の計算である。ここで注目したい結果は、繋がりが 20%、30%の場合はメディアの影響が届かない 1 割の人も含めて社会全体で合意形成していることである。この結果の意味するところは社会の人と人との繋がりが密であれば、メディアの情報に沿って人々の意見が動いていく方向に、メディアの影響が届かない人々の意見も動いていくということである。つまり、人と人の繋がりが密である社会ならメディアの影響の強弱を気にせずに社会は合意形成すると言える。図 4-14 は合意形成しない条件、信頼係数が正の値である割合が 50%の場合の計算である。したがって、メディアの影響が届かない人の有無にかかわらず合意形成しないのは当然である。しかし、それでもメディアの影響が届く人々(ピンクの線)と届かない人々(青の線)で意見の軌跡があまり変わらないのは、メディアの影響よりも人と人との交流による影響が支配的であることを示している。最後の図 4-15 は、ランダムネットワークの接続率が 50%と非常に密な接続の場合の計算である。信頼係数の正の割合 60%と、社会全体が合意形成すると期待できる条件の計算である。ここで注目すべきは、メディアの影響が届かない人も届く人とほぼ同様に合意形成に参加していることである。つまりここでも人と人の繋がりが密であれば、メディアの影響は限定的で人々の意見の動きを支配するのは他の人の意見からの影響であると言える。

4.8 第4章のまとめ

オピニオンダイナミクスは人々間での影響を考慮しながら社会における意見の動きを議論するものである。したがって、そこにメディアの影響を含めることは非常に自然なことだと言える。しかし現代は個人が最低でも一台は携帯電話

を持つ時代となった。携帯さえ持っていれば誰でもいくらでも人と繋がること
ができ、情報を得ることもできる。したがって、現代ではテレビや新聞などの今
までの主たる情報源だけではなく、YouTube や他人のブログ、そして SNS など
から情報を得ることが可能となり、情報を得る手段が過去とは大きく様変わり
している。その中で人々の意識や考え方は、特に SNS で繋がりのある人々から
の影響が大きくなっている。そこで、テレビや新聞などのメディアの影響が現代
社会ではどれほど支配的かを調べる 1 つの手段としてオピニオンダイナミクス
によるシミュレーションを行った。

本章前半では、メディアが社会に与える影響を Trust-Distrust Model に含ま
れているメディア効果を用いて検討した。メディアの影響が一元的に社会に及
んだ場合、人々の意見分布はメディアに誘導された方向に偏ることが示された。
弱い意見しか持っていない人にメディアの影響が及ぶとメディアが誘導する方
向に意見が誘導されることも示された。このことはマイクロターゲティングの
モデルとしての応用が考えられる。また、人と人とのつながりが強い場合にはメ
ディアと反対の意見を持つ人も、周りの人々の影響である程度メディアが誘導
する方向に誘導されることが示されている。さらに、人々の意見を意図した通り
の意見に収束させることが今回行ったモデルでは可能であることも示された。
本章前半で示したメディア効果のメカニズムの解明は、社会やメディアの研究
に役立つオピニオンダイナミクスの計算社会科学的手法を提供するものである。

本章後半ではメディアの影響が届かない人について考えた。最近、社会の中
ではテレビや新聞などの報道に接しないためにニュースなど世の中の情報を SNS
等でしか得ない人々が少なくないと思われ、特に若い世代に多いと言われてい
る。そのようなメディアに接しない人々も世の中の周囲の人から影響を受ける。
そのようなメディアからは影響を受けない人々が周囲の人々の影響をどこまで
受けて、どこまでメディアが示す方向に彼らの意見が動くのか Trust-Distrust
Model を用いて研究した。計算結果から、そうした人々も小規模の社会や狭いコ
ミュニティなど周囲の人々との繋がりが密であれば、メディアが示す方向に意
見が動くことがわかった。また、大都会のように人々の繋がりが疎であれば、メ
ディアの影響を受けずに意見を変えない人も多くなることがわかった。

COVID-19 の感染症禍などの下、リモートワークなどで生身の人と触れる機会
が大きく減りそのためかえって SNS 上での人々の繋がりが密になったと思われ
る。しかしこのような時であればあるほどメディアの届かない人々にも日々細
かな情報をきちんと伝えることが大切である。最近では新聞も取らずテレビも
持たず、携帯からの情報のみの若者が増えていると言われている。メディアにお
いても今まで通用してきた方法だけでは国民に正確な情報伝達をすることが難

しくなっていることを把握しておく必要がある。そのためのヒントが本研究の計算結果に見いだされると考えている。

第5章 孤立とその解消の道筋

5.1 はじめに

第2章から第4章ではオピニオンダイナミクス理論やTrust-Distrust Modelの概要と合意形成などの基本的な考え方について整理した。本章以降第6章、第7章はその前提の下で研究を進めている。本章では、様々な格差や誹謗中傷などを契機として、現代社会から取り残され孤立するなどの孤独の問題にTrust-Distrust Modelを適用する。NPO法人「あなたの居場所」理事長の大空幸星は「日本は孤独大国であり危機感を募らせている。」と強く主張し、内閣官房孤独・孤立対策担当室では、令和3年に初めて「人々のつながりに関する基礎調査」[105]を行うなど、政府も重い腰をあげ始めている。孤立・孤独に至る道筋や要因は様々であり、その形態や深刻度も様々であるが、本研究では意見の軌跡や意見分布において、他の人々の意見分布から隔絶（独立）している状態をその人の孤独・孤立と判断することとした。あくまで客観的な概念による社会の中での孤立である。そしてカリスマ性のある人物と社会全体から信頼されていない人物を通して検証・分析を行う。

第3章でも触れたが、カリスマ性のある人物（以降カリスマと表記）とは多くの人々から信頼を得ている人物であり、社会の人々への影響が大きい人物とする。カリスマは社会の全ての人から信頼されていると仮定し、社会の人々からの信頼係数 D_{ij} が正の値であるとする。逆に社会全体から信頼されていない人物は、社会の人々からの D_{ij} が負の値であると定義する[18, 20]。

本研究では人々の意見の変遷の軌跡と意見分布に焦点を当てて分析している。意見分布とは注目する社会的な集団での意見の集散の様子を示す。前述したが、孤立とは意見の軌跡や意見分布において、他の人々の意見分布から隔絶（独立）している状態とし、孤立の問題の解消とは他の人々の意見分布から隔絶（独立）せず、人々の意見と交錯している状態とした。そのため本章では意見分布の姿に注目する。ここでのオピニオン（意見）とは判断を求められる一つの事象に対する個人の反応である。その反応をマイナスからプラスの一軸上の数値としており、その数値を用いてモデル上のシミュレーションを行いその結果を評価している。孤立の評価基準は上記の通りである。

ここではカリスマが社会全体から不信感を持たれ孤立している人との関係において、現実の様々な状態に対応できるように仮説検証するために、孤立した人が複数いる場合を含めてその影響力や信頼関係、意思の強さなどがどのような影響を与えるかをいくつかのケースで検証する。

他の章では原則信頼係数 D_{ij} は $-1 \leq D_{ij} \leq +1$ の範囲としているが、この章の検証ではカリスマと信頼されていない人を強調するために $-10 \leq D_{ij} \leq +10$ としている。

このカリスマと信頼されていない人を考えるとき、信頼と不信の両方を扱うことのできる Trust-Distrust Model だからこそ検証できるといえる。

5.2 カリスマ性のある人物

まず、カリスマ（社会からの信頼係数 $D_{ij}=+10$ ）について考える。カリスマの意見が社会にどう影響を与えるかを評価する。第3章で導入定義したが、意思の強さ m とは他の人の意見に影響されにくさのパラメータとする。

シミュレーションの条件は以下の通りである。

- 社会の規模 $N=300$ 。
- カリスマへの社会からの信頼係数 $D_{ij}=+10$ とする。
- 社会の人々お互い間の信頼係数はランダムに $-1 \leq D_{ij} \leq 1$ とする。
- 人間のネットワークは完全ネットワークであると仮定した。
- カリスマの意志の強さ m はここでは $m=+15$ とする。

シミュレーション結果を図 5-1 に示す。

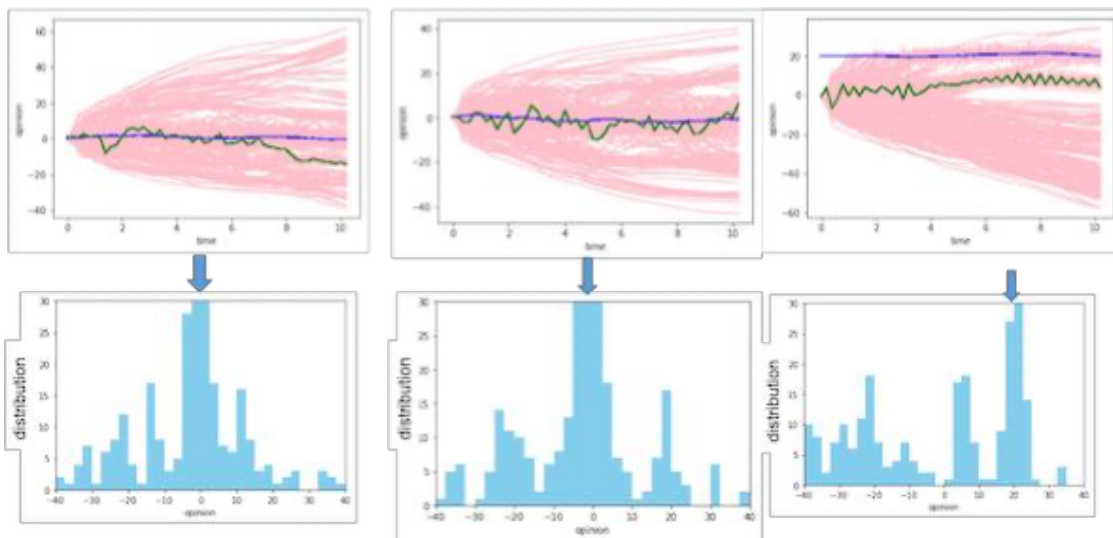


図 5-1 3回のシミュレーション結果

上のグラフ：意見の軌跡。カリスマ性のある人物を青線、普通の人を1人を緑線で示す。左と真ん中の図はカリスマの意見の初期値は0、1番右の図はカリスマ性のある人の意見の初期値20。

下のグラフ：計算終了時の意見の分布。矢印はカリスマの意見の位置を示す。

3回のシミュレーションの評価は以下の通りである。いずれのグラフでも、

- ① 上のグラフでは、カリスマは意志が強いため意見に大きな変化は見られず普通の人意見が近づく傾向がみられた。

② 下のグラフでは、カリスマは意見分布の図の通り多くの人を集めていることがわかる。

5.3 2人のカリスマ性のある人物

次に、2人のカリスマ性のある人物がいた場合について考える。社会の中にカリスマ性のある人は1人とは限らない。人々の意見を変える力が大きいカリスマ性のある人物が2人いた場合には、社会にどのような影響を与えどのような様相になるのかを評価してみる。

シミュレーションの条件は以下の通りである。

- a. 2人のカリスマのそれぞれへの社会からの信頼係数 $D_{ij}=+10$ とする。
- b. 社会の人々お互い間の信頼係数はランダムに $-1 \leq D_{ij} \leq +1$ とする。
- c. 一番左の図はカリスマの意見の初期値が-15 と+15、真ん中の図は-10 と+10、1番右の図は-5 と+5 設定した。

その他の条件は節 5.2 と同じである。

シミュレーション結果を図 5-2 に示す。

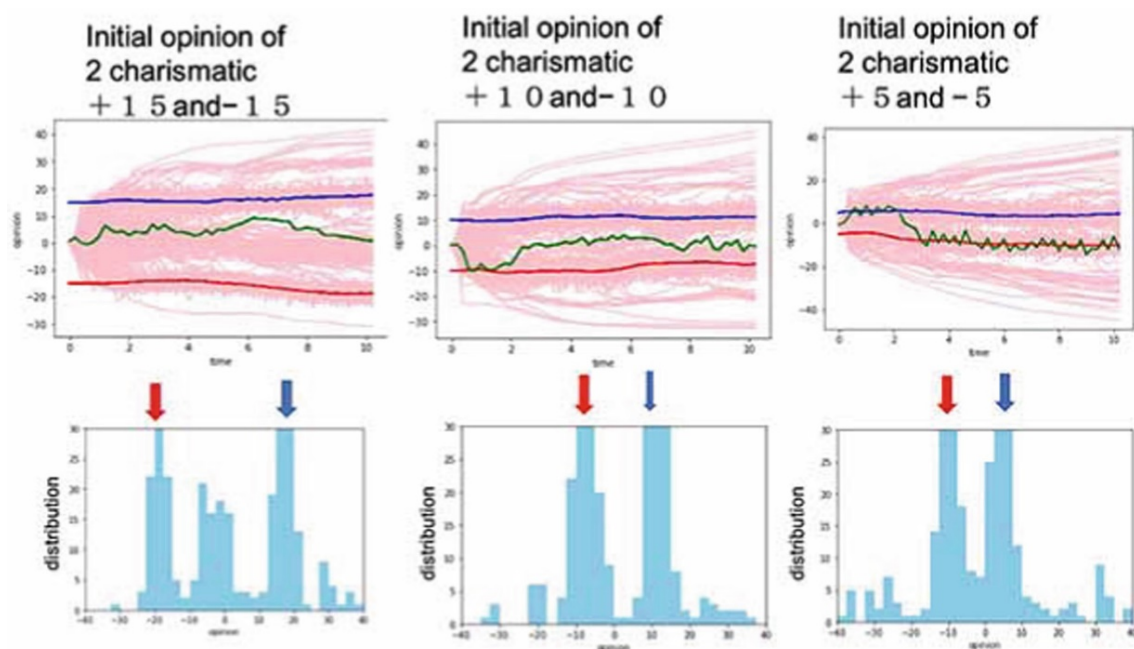


図 5-2 シミュレーション結果

上のグラフ：カリスマ性のある人物を青線と赤線、普通の人を一人を緑線で示す。

下のグラフ：計算終了時の意見分布。矢印は、カリスマ性のある人の意見の位置を示す。

一番左の図はカリスマ性のある人の意見の初期値が-15 と+15、真ん中の図は-10 と+10、1 番右の図は-5 と+5。

3 回のシミュレーションの評価は以下の通りである。

- ①いずれのグラフでも 2 人のカリスマに対応する 2 つのピークが見られた。
- ②左の図においては 2 人のカリスマに 2 つの異なる意見があり、2 人のカリスマの初期意見の差が大きい場合には、2 つのピークの中に中間的なクラスターが見られた。

5.4 社会全体から信頼されていない人

次に、社会全体から信頼されていない人について考える。まず基本的なところとして、信頼されていない人の意見が社会にどう影響を与えるかを評価する。

シミュレーションの条件は以下の通りである。

- a. 社会の規模 $N=300$ 。
- b. 社会全体から信頼されていない人の社会からの信頼係数 $D_{ij}=-10$ とする。
- c. 社会の人々お互い間の信頼係数はランダムに $-1 \leq D_{ij} \leq 1$ とする。
- d. 人間のネットワークは完全ネットワークであると仮定した。

シミュレーション結果を図 5-3 に示す。

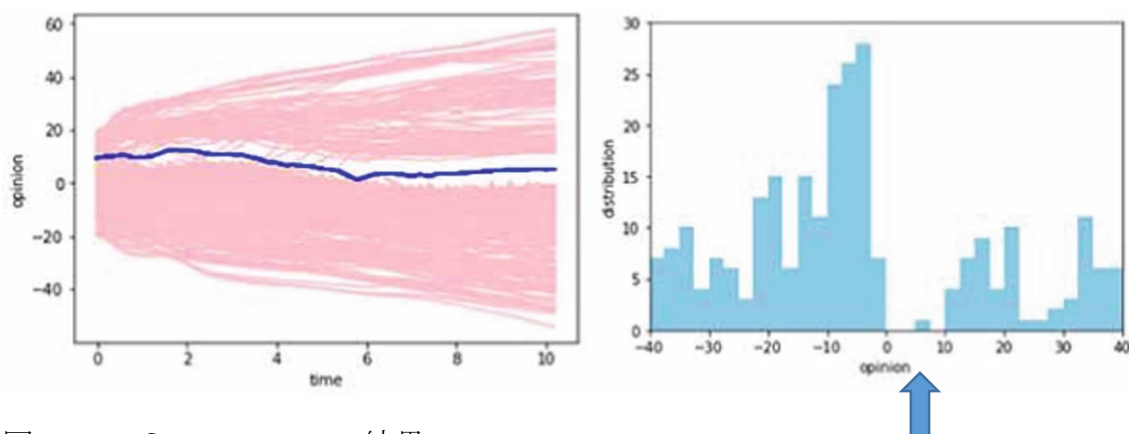


図 5-3 シミュレーション結果

左のグラフ：意見の軌跡。社会全体から信頼されていない人を青線で示す。
右のグラフ：計算終了時の意見の分布。矢印は、信頼されていない人の意見の位置を示す。

シミュレーションの評価は以下の通りである。

- ① 信頼されていない人は、左のグラフ（意見の軌跡）では社会みんなから避けられ孤立する傾向がみられた。
- ② 信頼されていない人は、意見分布上（右のグラフ）でも孤立していることがわかった。
- ③ Trust-Distrust Model を用いることで、信頼されていない人の孤立を計算でうまく表現できることがわかった。

5.5 1人のカリスマ的人物と1人の信頼されていない人物

1人のカリスマ的人物 ($D_{ij} = +10$) と1人の信頼されていない人物 ($D_{ij} = -10$) の共存の場合、各人物の意見及び相互の関係性が社会の人々にどのような影響を与えるかを評価する。本項 5.5.1~5.5.4 のシミュレーションの設定条件を図 5-4 に示す。

| シミュレーションの設定条件 | | | | ネットワーク | | 信頼係数 D_{ij} | | | | カリスマの強さ m |
|---------------|---------|---------|-------|--------|------|-----------------|---------------------|----------------------|--------------------|-------------|
| 項 No. | 項表題 | ケース No. | 社会の規模 | 完全 | ランダム | 社会 ↓ カリスマ | 社会 ↓ 人々との信頼係数 | ↓ カリスマ されていない人 | ↓ 信頼 されていない人 | |
| 5.5.1 | 相互の信頼係数 | 1 | 300 | ○ | | +10 | -1~+1 乱数 | +10 | -10 | 15 |
| 5.5.2 | | 2 | ↑ | ↑ | | ↑ | ↑ | ↑ | +10 | ↑ |
| 5.5.3 | | 3 | ↑ | ↑ | | ↑ | ↑ | -10 | ↑ | 1 |
| 5.5.4 | | 4 | ↑ | ↑ | | ↑ | ↑ | -10 | ↑ | 10 |

図 5-4 項 5.5.1~5.5.4 のシミュレーションの設定条件

5.5.1 相互の信頼係数（ケース1）

カリスマは信頼されていない人のことを信頼しているが、信頼されていない人はカリスマのことを信頼していないケース。

シミュレーションの条件は以下の通りである。

- a. カリスマへの信頼されていない人からの信頼係数 $D_{ij} = -10$ とする。
- b. 信頼されていない人へのカリスマからの信頼係数 $D_{ij} = +10$ とする。

その他の条件は節 5.2 同じである。

シミュレーション結果を図 5-5 に示す。

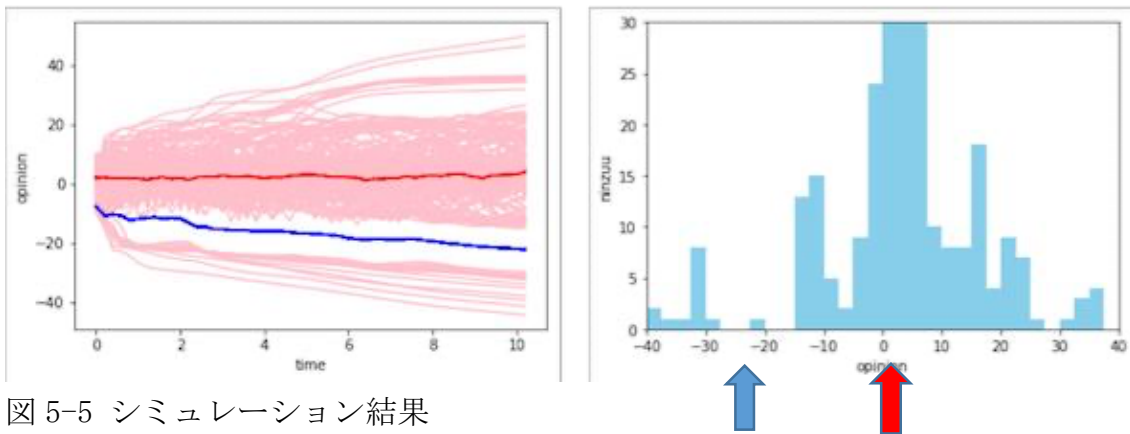


図 5-5 シミュレーション結果

左のグラフ：カリスマ的人物を赤線、信頼されていない人を青線で示す。

右のグラフ：矢印は、カリスマ的人物、信頼されていない人の意見の位置を示す。

シミュレーションの評価は以下の通りである。

- ①カリスマの意見の周りに社会の人々の意見が多く集まり、不信感を持たれている人はみんなから避けられ孤立する傾向がみられた。
- ②このことにより、カリスマからの信頼があっても信頼されていない人がカリスマを信頼していない場合お互いの意見は離れていき孤立が解消されないことがわかった。

なお、カリスマと信頼されていない人の双方がお互いを信頼していない場合についても同様な結果を得た。

5.5.2 相互の信頼係数（ケース2）

カリスマと信頼されていない人の両方がお互いを信頼しているケースを考える。

シミュレーションの条件は以下の通りである。

- a. カリスマへの信頼されていない人の信頼係数 $D_{ij} = +10$ とする。
- b. 信頼されていない人へのカリスマからの信頼係数 $D_{ij} = +10$ とする。

その他の条件は項 5.5.1 と同じである。

シミュレーション結果を図 5-6 に示す。

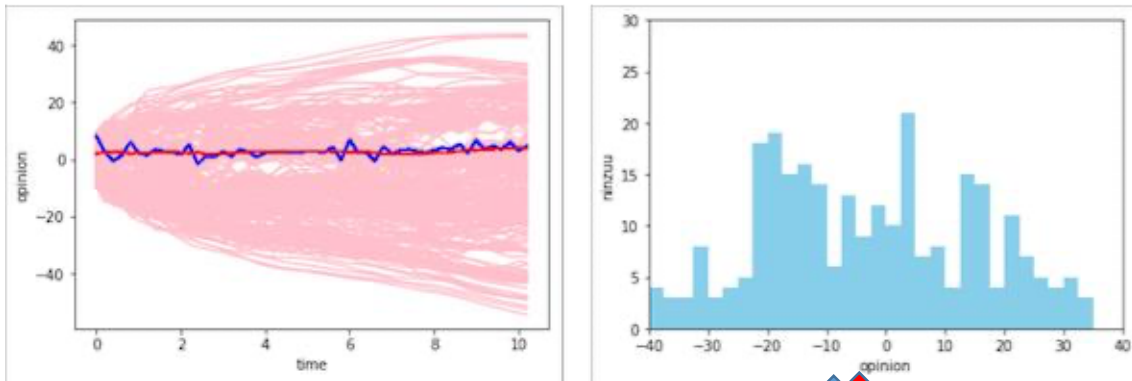


図 5-6 シミュレーション結果

左のグラフ：カリスマ的人物を赤線、信頼されていない人を青線で示す。
 右のグラフ：矢印はカリスマ的人物、信頼されていない人の意見の位置を示す。

シミュレーションの評価は以下の通りである。

- ①信頼されていない人が、カリスマに意見が近づいていくことがわかった。
- ②信頼されていない人の孤立感は解消されたように見えるが、信頼されていない人の影響で、意見分布においてカリスマの周りに鋭いピークを見つけることができなかった。
- ③したがって、カリスマへの社会の人々からの信頼が信頼されていない人の影響で低くなっていることを意味している。

5.5.3 相互の信頼係数 (ケース 3)

カリスマは信頼されていない人を信頼していないが、信頼されていない人はカリスマを信頼しているケース。またここでは、まずカリスマの意思を弱くした場合について検証する。

シミュレーションの条件は以下の通りである。

- a. カリスマへの信頼されていない人からの信頼係数 $D_{ij} = +10$ とする。
- b. 信頼されていない人へのカリスマからの信頼係数 $D_{ij} = -10$ とする。
- c. カリスマの意志の強さ m は $m=1$ とする。

その他の条件は項 5.5.1 と同じである。

シミュレーション結果を図 5-7 に示す。

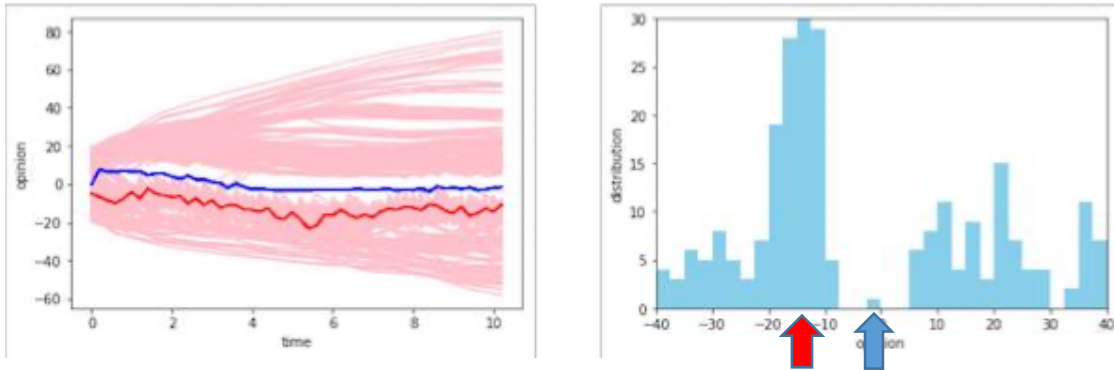


図 5-7 シミュレーション結果

左のグラフ：カリスマが赤線、信頼されていない人が青線で示す。

右のグラフ：矢印はカリスマと信頼されていない人の意見の位置を示す。

シミュレーションの評価は以下の通りである。

- ① カリスマの意志の強さ m を項 5.5.1 と項 5.5.2 より低く設定したので、信頼されていない人から逃げることができる。
- ② 信頼されていない人から逃げた結果カリスマの信頼性が失われず、意見分布ではカリスマの周りに多くの人々を集めていることがわかった。

5.5.4 相互の信頼係数 (ケース 4)

ケース 3 のカリスマの意志の強さ m を、 $m=10$ とし、強い意志のためカリスマは自分の意見を動かすことができないケース。

シミュレーションの条件は以下の通りである。

- a. カリスマへの信頼されていない人からの信頼係数 $D_{ij} = +10$ とする。
- b. 信頼されていない人へのカリスマからの信頼係数 $D_{ij} = -10$ とする。
- c. カリスマの意志の強さ m は $m=10$ とする。

その他の条件は項 5.5.1 と同じである。

シミュレーション結果を図 5-8 に示す。

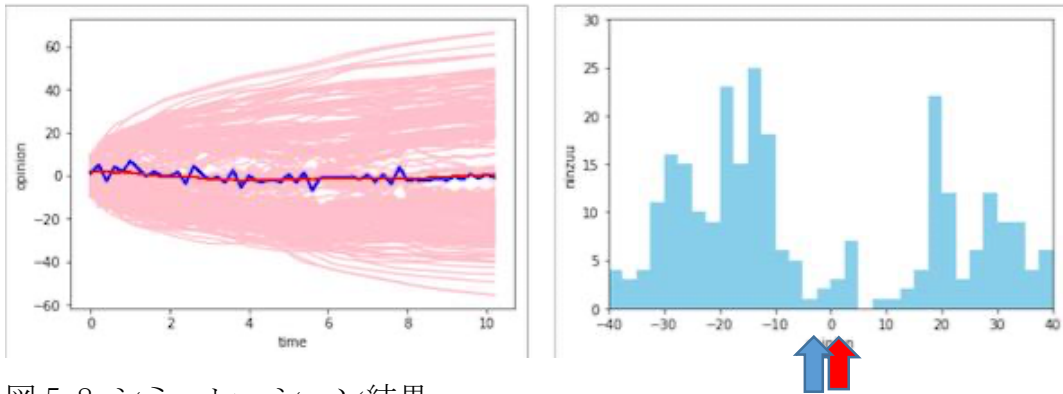


図 5-8 シミュレーション結果

左のグラフ：カリスマを赤線、信頼されていない人を青線で示す。

右のグラフ：矢印はカリスマ、信頼されていない人の意見の位置を示す。

シミュレーションの評価は以下の通りである。

- ① カリスマは自分の意志 m が強いため意見を動かすことができず、信頼されていない人から逃げることができない。
- ② 信頼されていない人の影響で、カリスマへの社会の人々の信頼感は失われることがわかった。

項 5.5.1 から項 5.5.4 によると、孤立した人はカリスマとの信頼関係により意見の軌跡は近づき、またカリスマへの社会からの信頼の高さも相まって孤立状態を解消できることが導かれた。また、カリスマの意思が強い場合には信頼されていない人から逃げられないために孤立が解消したように見える。しかし逆にカリスマへの社会からの信頼は弱くなっていくことが示された。

5.6 1人のカリスマ的人物と3人の信頼されていない人物

社会のある集団の中に孤立した人が1人だけとは限らない。孤立した人が複数いる場合に、1人のカリスマ性のある人物がどこまで孤立した人を救うことができるのか、社会の人々にどのような影響を与えることができるのかを見る。

ここでは、1人のカリスマ的人物と孤立した人が複数いる単位社会の例として、3人の信頼されていない人が共存の場合を考える。各人物の意見及び相互の関係が社会にどう影響を与えるか、Trust-Distrust Model にて評価する。また、今度は社会全体から信頼されていない3人への信頼度も変化させてみる。この問題にもいくつかのケースが考えられる。本項 5.6.1~5.6.6 のシミュレーションの設定条件を図 5-9 に示す。

| シミュレーションの設定条件 | | | | ネットワーク | | 信頼係数 D_{ij} | | | | |
|---------------|----------------------------|---------|-------|--------|------|-----------------|----------------------|------------------------|--------------------|-------------------------------|
| 項 No. | 項表題 | ケース No. | 社会の規模 | 完全 | ランダム | 社会 ↓ カリスマ | ↓ 社会 信頼されていない人 | ↓ カリスマ 信頼されていない人 | ↓ 信頼 されていない人 | な 3 人の 相互 信頼 されてい |
| 5.6.1 | 相互の信頼係数 (3人の信頼されていない人物) | 1 | 300 | ○ | | +10 | -10 | +10 | +10 | -1~+1 乱数 |
| 5.6.2 | | 2 | ↑ | ↑ | | ↑ | -3 | ↑ | ↑ | ↑ |
| 5.6.3 | | 3 | ↑ | ↑ | | ↑ | -1 | ↑ | ↑ | ↑ |
| 5.6.4 | | 4 | ↑ | ↑ | | ↑ | -10 | ↑ | -10 | +10 |
| 5.6.5 | | 5 | ↑ | ↑ | | ↑ | -1 | ↑ | ↑ | ↑ |
| 5.6.6 | | 6 | ↑ | ↑ | | ↑ | -10 | -10 | ↑ | ↑ |

図 5-9 項 5.6.1~5.6.6 のシミュレーションの設定条件

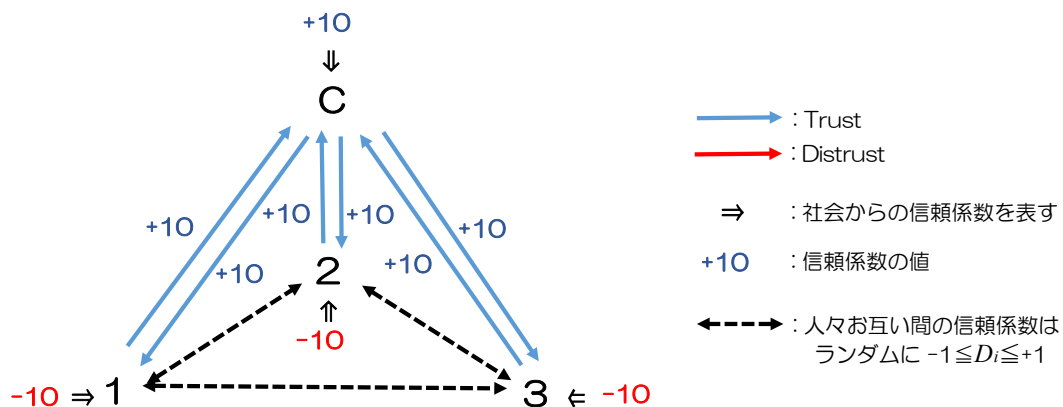
5.6.1 相互の信頼係数 (ケース 1)

カリスマ性のある人と 3 人の信頼されていない人物がお互いに強く信頼しているケースを示す。

シミュレーションの条件は以下の通りである。

- カリスマへの社会からの信頼係数 $D_{ij}=+10$ とする。
- 信頼されていない人への社会からの信頼係数 $D_{ij}=-10$ とする。
- カリスマへの信頼されていない人からの信頼係数 $D_{ij}=+10$ とする。
- 3 人の信頼されていない人へのカリスマからの信頼係数 $D_{ij} =+10$ とする。

ネットワークの形、社会の人数 N 等の条件は節 5.2 と同じである。



1人のカリスマと3人の信頼されていない人物の相互信頼係数模式図

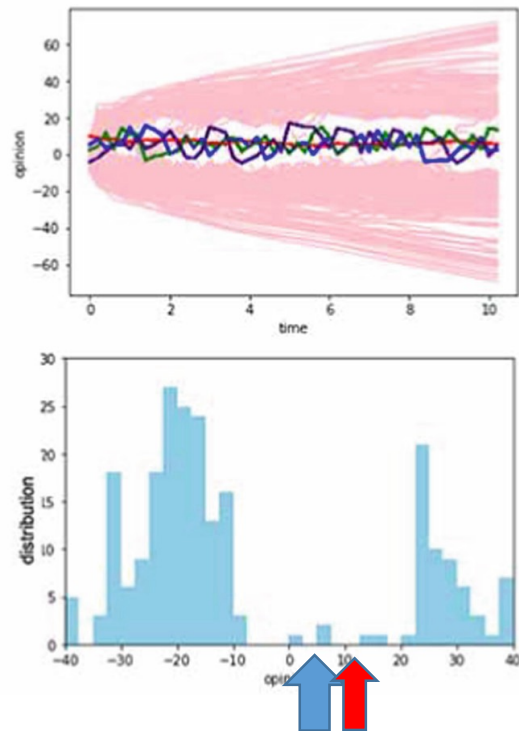


図 5-10 相互信頼係数模式図とシミュレーション結果

シミュレーション結果の

上のグラフ：カリスマ的人物を赤線、信頼されていない人を青・緑・藍で示す。

下のグラフ：矢印は、カリスマ的人物、信頼されていない人のクラスターの位置を示す。

シミュレーションの評価は以下の通りである。

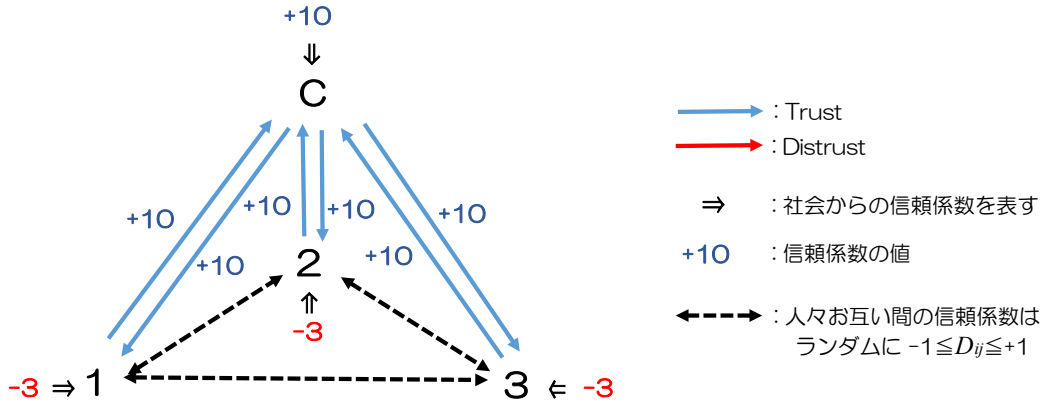
- ①カリスマ性のある人と 3 人の信頼されていない人との間に強い信頼関係があるため、4 人がクラスターを形成している。
- ②4 人のクラスターは社会の人から避けられている。クラスターの信頼値は、大体 4 人の全員に対する信頼値の合計になる。そのためクラスターが皆から避けられるのはごく自然なことだと考えられる。

5.6.2 相互の信頼関係（ケース 2）

ケース 1 よりも信頼されていない人 3 人への社会全体からの不信感を低くしたケースを示す。信頼されていない人 3 人への社会全体からの不信感の値を-3 とする。この場合、カリスマと 3 人の信頼されていない人の社会全体からの信頼係数の合計は+1 と正の値になる。

シミュレーションの条件は以下の通りである。

- a. カリスマへの社会からの信頼係数 $D_{ij} = +10$ とする。
 - b. 信頼されていない人の社会からの信頼係数 $D_{ij} = -3$ とする。
- その他の条件は項 5.6.1 と同じである。



1人のカリスマと3人の信頼されていない人物の相互信頼係数模式図

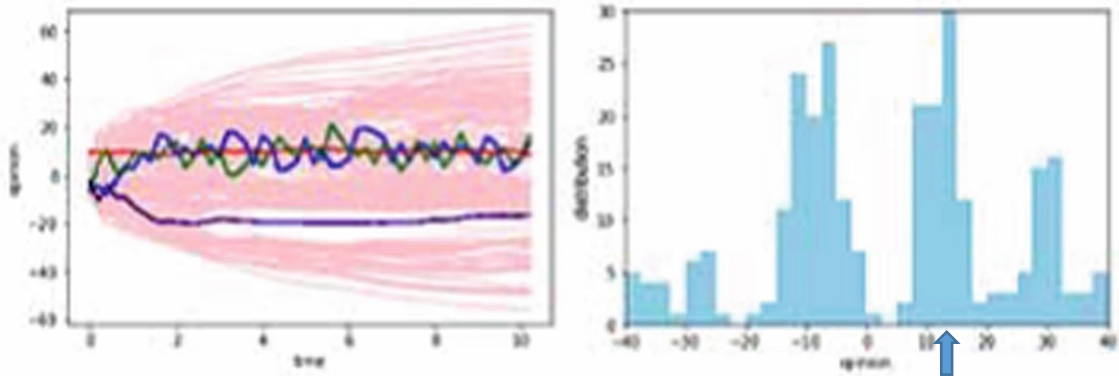


図 5-11 相互信頼係数模式図とシミュレーション結果

左のグラフ：カリスマを赤線、信頼されていない人を青・緑・藍で示す。
 右のグラフ：矢印はカリスマと信頼されていない人のクラスターの位置を示す。

シミュレーションの評価は以下の通りである。

- ① カリスマと2人の信頼されていない人のクラスターは、社会の人々からの信頼値の合計がプラス ($10 - 3 - 3 = 4$) になるため、意見の分布において多くの人を集めている。
- ② 藍の信頼されていない人は、カリスマの人と近くにいないため、みんなから避けられたままである。これはこの計算では藍がシミュレーションの初期にカリスマの人から離れてしまった事にあると考えられる。この事によって信

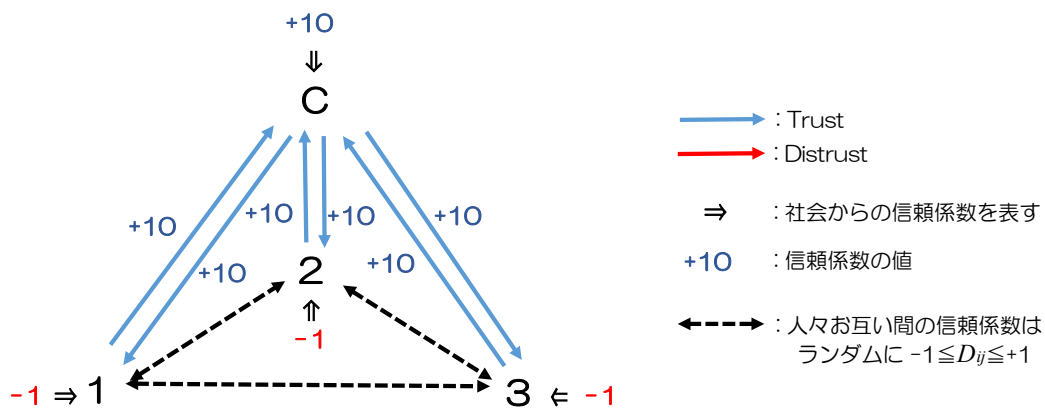
頼されていない人が同じ条件でも全員が必ず救われるとは限らないということを示している。

5.6.3 相互の信頼関係 (ケース3)

ケース2より更に信頼されていない人3人への社会全体からの不信感を低くした場合を示す。信頼されていない人3人への全員からの不信感の値を-1とする。

シミュレーションの条件は以下の通りである。

- カリスマへの社会からの信頼係数 $D_{ij}=+10$ とする。
 - 信頼されていない人の社会からの信頼係数 $D_{ij}=-1$ とする。
- その他の条件は項 5.6.1 と同じである。



1人のカリスマと3人の信頼されていない人物の相互信頼係数模式図

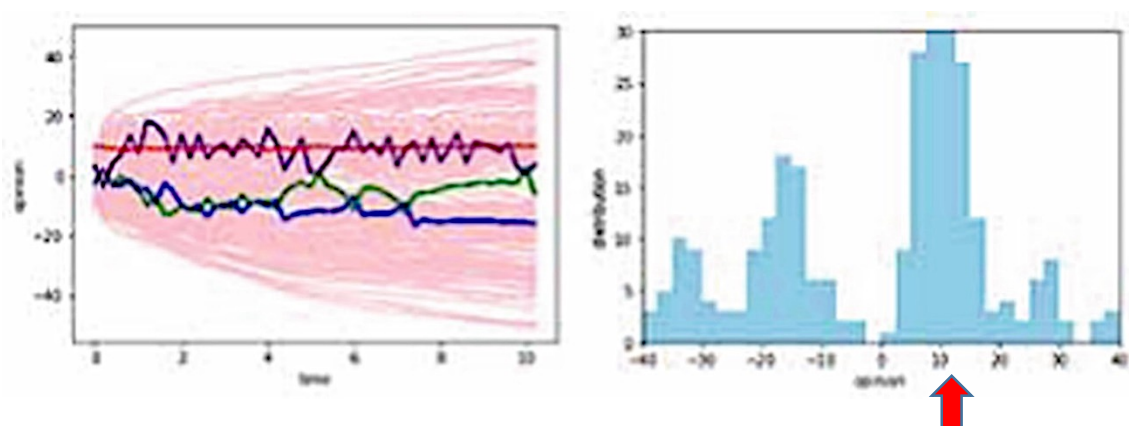


図 5-12 相互信頼係数模式図とシミュレーション結果

左のグラフ：カリスマを赤線、信頼されていない人物を青・緑・藍で示す。

右のグラフ：矢印はカリスマの意見の位置を示す。

シミュレーションの評価は以下の通りである。

①カリスマは、信頼されていない人の社会からの不信感が小さいため、カリスマとのクラスターにおいて信頼感は損なわれておらず、多くの人を集めていることがわかる。

②カリスマとは意見が離れた信頼されていない人も社会の人々からの不信感の値が小さいため、特に孤立はしていないことがわかった。

5.6.4 相互の信頼関係 (ケース4)

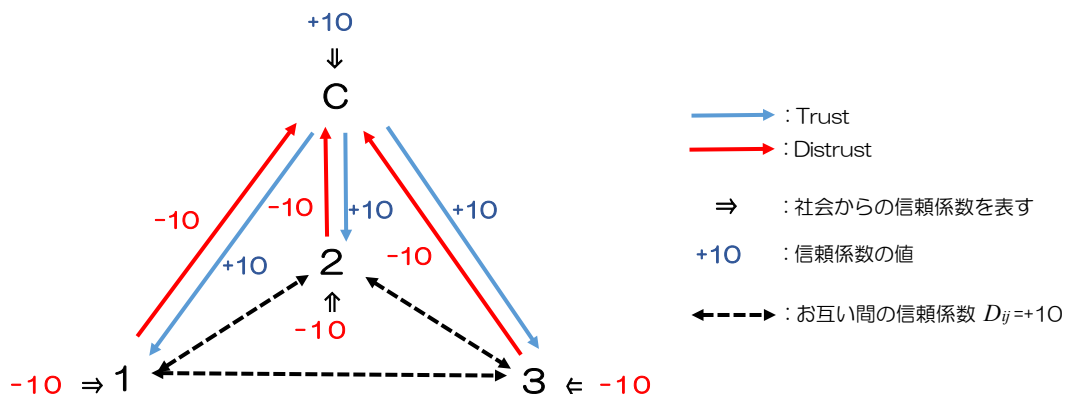
カリスマは信頼されていない人3人を信頼し、信頼されていない人3人がカリスマ人を信頼していないケース。

信頼されていない人3人への社会からの信頼係数 $D_{ij}=-10$ 、カリスマへの信頼されていない人3人の信頼係数 $D_{ij}=+10$ 。ここでは信頼されていない人3人相互の信頼係数を加え、3人の相互の信頼係数は $D_{ij}=+10$ とした。

シミュレーションの条件は以下の通りである。

- カリスマへの社会からの信頼係数 $D_{ij}=+10$ とする。
- 信頼されていない人の社会からの信頼係数 $D_{ij}=-10$ とする。
- カリスマへの信頼されていない人からの信頼係数 $D_{ij}=-10$ とする。
- 3人の信頼されていない人へのカリスマからの信頼係数 $D_{ij}=+10$ とする。
- 3人の信頼されていない人の相互の信頼係数 $D_{ij}=+10$ とする。

その他の条件ネットワーク環境や N の数、カリスマの意志 m は項 5.6.1 と同じである。



1人のカリスマと3人の信頼されていない人物の相互信頼係数模式図

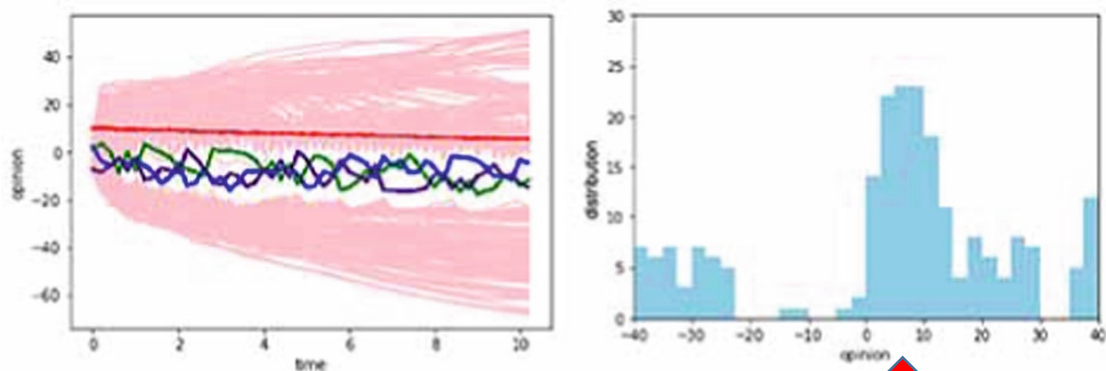


図 5-13 相互信頼係数モード図とシミュレーション結果

シミュレーション結果の

左のグラフ：カリスマを赤線、信頼されていない人を青・緑・藍で示す。

右のグラフ：矢印はカリスマの意見の位置を示す。

シミュレーションの評価は以下の通りである。

①カリスマが信頼されていない人を信頼していても、信頼されていない人がカリスマを信頼していないことと、信頼されていない人 3 人がお互い強くを信頼しているため、信頼されていない人 3 人のクラスターが独立して孤立している。

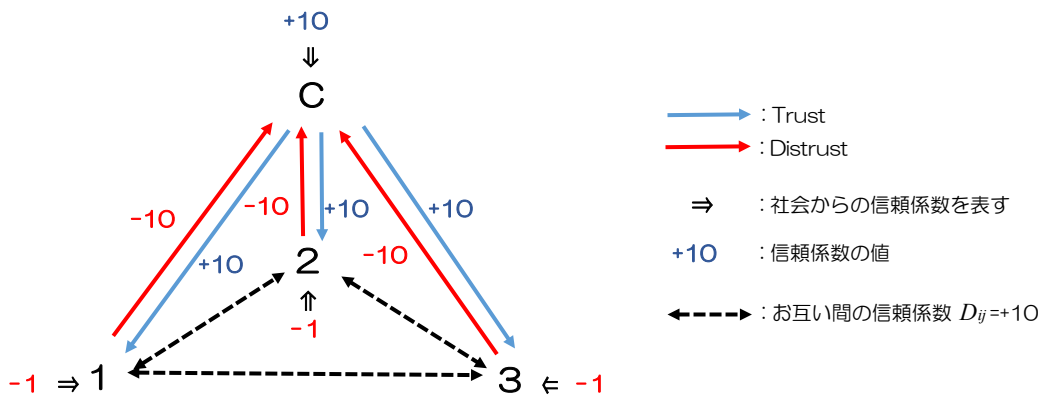
5.6.5 相互の信頼関係 (ケース 5)

ケース 4 よりも信頼されていない人 3 人への社会全体の不信の強さを低くしたケース。信頼されていない人 3 人からカリスマへの信頼係数 $D_{ij}=-10$ 、カリスマの信頼されていない人 3 人への信頼係数 $D_{ij}=+10$ 、信頼されていない人 3 人相互の信頼係数を $D_{ij}=+10$ とした。

シミュレーションの条件は以下の通りである。

- カリスマへの社会からの信頼係数 $D_{ij}=+10$ とする。
- 信頼されていない人の社会からの信頼係数 $D_{ij}=-1$ とする。
- カリスマへの信頼されていない人からの信頼係数 $D_{ij}=-10$ とする。
- 3 人の信頼されていない人へのカリスマ性のある人物からの信頼係数 $D_{ij}=+10$ とする。
- 3 人の信頼されていない人の相互の信頼係数 $D_{ij}=+10$ とする。

その他の条件は 5.6.4 と同じである。



1人のカリスマと3人の信頼されていない人物の相互信頼係数模式図

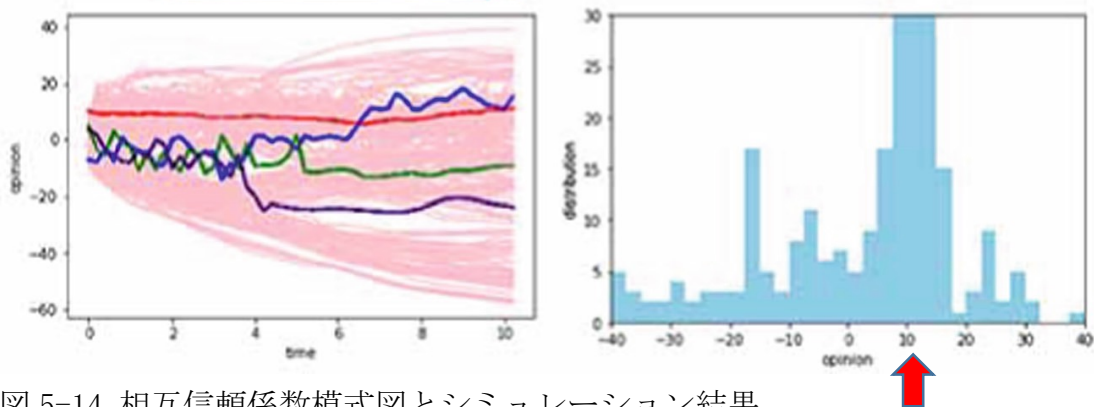


図 5-14 相互信頼係数模式図とシミュレーション結果

左のグラフ：カリスマを赤線、信頼されていない人を青・緑・藍で示す。

右のグラフ：矢印はカリスマの意見の位置を示す。

シミュレーションの評価は以下の通りである。

- ① 社会の人々からの信頼されていない人の信頼係数が $D_{ij}=-1$ と小さいため孤立していない。
- ② カリスマは意見分布の中で図 5-11 の場合より多くの人を集めている。これは信頼されていない人の社会からの不信感が低くなり、その3人を信頼しても社会から自分への信頼が低くなるのが防げたからであろう。

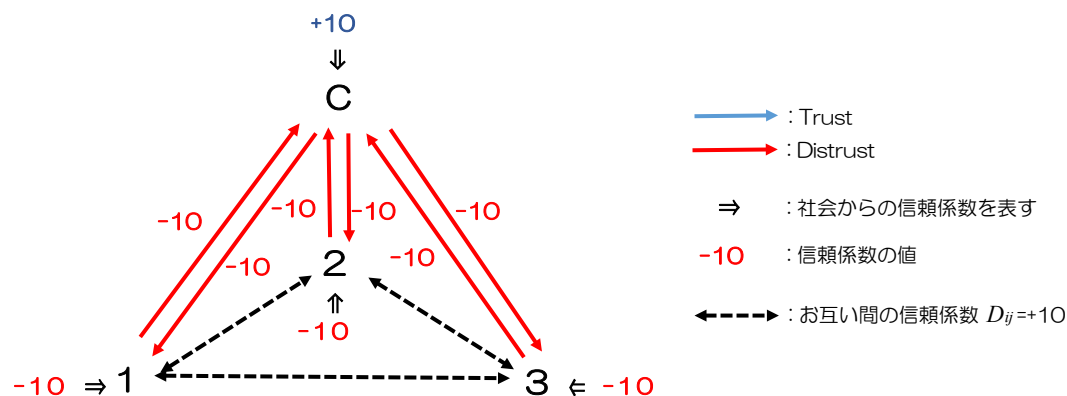
5.6.6 相互の信頼関係（ケース6）

信頼されていない人3人同士は信頼しているが、カリスマと信頼されていない人3人が不信の関係にあるケース。

シミュレーションの条件は以下の通りである。

- a. カリスマへの社会からの信頼係数 $D_{ij}=+10$ とする。
- b. 信頼されていない人への社会からの信頼係数 $D_{ij}=-10$ とする。

- c. カリスマへの信頼されていない人からの信頼係数 $D_{ij}=-10$ とする。
 - d. 3人の信頼されていない人へのカリスマからの信頼係数 $D_{ij}=-10$ とする。
 - e. 3人の信頼されていない人相互の信頼係数 $D_{ij}=+10$ とする。
- その他の条件は節 5.6.5 と同じである。



1人のカリスマと3人の信頼されていない人物の相互信頼係数模式図

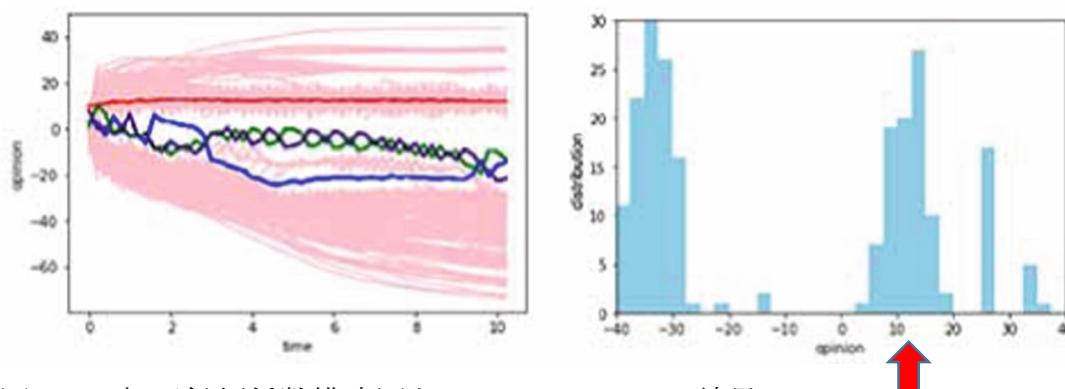


図 5-15 相互信頼係数模式図とシミュレーション結果

左のグラフ：カリスマを赤線、信頼されていない人を青・緑・藍で示す。
 右のグラフ：矢印はカリスマの意見の位置を示す。

シミュレーションの評価は以下の通りである。

- ① カリスマと信頼されていない人3人はお互いに避け合っている。
- ② 3人の信頼されていない人は誰からも避けられ3人でクラスターを形成し孤立している。
- ③ カリスマは意見分布の中で多くの人を集めている。
- ④ 信頼されていない人3人の初期意見の両側にいた人々は3人から避けるように分布しているため、最終的な意見分布では信頼されていない人3人のクラスター両側に、人々の意見のピークが2つ出来ている。

項 5.6.1 から項 5.6.6. の検証結果より、

- ① カリスマ性との関係において孤立を解消する条件としては、社会全体から信頼されていない人がカリスマを信頼している必要がある。
- ② 社会との信頼関係において、社会の人々からの不信感が低ければ孤立しない。
- ③ クラスタを形成した場合、そのクラスタの構成員の社会全体からの信頼係数の合計がそのクラスタの信頼係数のように働く。

5.7 考察

社会の人が条件によっては孤立するという問題に Trust-Distrust Model を適用した。本研究では人々の意見の軌跡や意見分布において他の人々の意見から孤立している状態をその人の孤独・孤立と判断することとした。孤立する理由は様々であるが、ここでは特に周囲の人から信頼されていない人の問題を考えた。これは現実だけでなく SNS 上の人間関係でも起こりうることであり、SNS 上で信頼を失い孤立してしまった人たちをいかに救うかも重要である。しかし社会の全ての人に声をかけ、信頼を回復することは容易ではない。ニュースなどのメディアで頻繁に指摘されているように、ネット上で表明される極端な意見の衝突は日常生活における社会的リスクの増大につながる。

ここでは孤立した人物について、カリスマ性のある人と社会全体から信頼されていない人を通してシミュレーションした。具体的にはカリスマと信頼されていない人への社会の人々からの信頼係数、相互の信頼関係、カリスマの意思の強さなどのパラメータを変化させてそれぞれの意見の軌跡や意見分布を調べることで、この設定においてどのような条件で孤立するか、孤立しないか考察を行った。

カリスマと孤立した 1 人の場合のシミュレーションの結果では孤立した人はカリスマとの信頼関係により意見の軌跡は近づき、またカリスマへの社会からの信頼の高さも相まって孤立状態を解消できることが導かれた。また、カリスマの意思が強い場合には信頼されていない人から逃げられないために孤立が解消したように見える。しかし逆にカリスマへの社会からの信頼は弱くなっていくことが示された。1 人のカリスマと信頼されていない人 3 人とのシミュレーションでは、第一に信頼されていない人への社会全体からの不信感が強い場合は孤立の解消は難しく、仮にカリスマと特定の集団(クラスタ)を形成しても解消していない。逆に社会全体からの不信感が弱ければ孤立しない。カリスマとその特定の集団(クラスタ)においても不信感の合計が弱くなれば孤立は解消する。このことはカリスマの人気を利用する前に、社会の人々からの自分への不信感を少しでも解消する努力をするということがそもそも必要であり有効であることを意味する。

もしカリスマの信頼度に依存して孤立からの脱却が可能であるとすれば、3章の議論で出てきたハブ的役割を持つ人もカリスマ的な人と同様な働きをすることより [41]、孤立した人は SNS などを通じてハブ的人物と積極的に関わりを持つことが大事ではと考える。それを通じてさらに不信感の解消につなげることが出来れば孤立解消への一つの可能性であるかもしれない。

5.8 第5章のまとめ

オピニオンダイナミクスのアプローチのうち、賛成か反対かを問う二項対立的なアプローチではなく、意見の推移を連続的に扱うアプローチでこの問題に取り組んだ。信頼と不信の両方を扱う Trust-Distrust Model を用いれば、シミュレーションにおけるカリスマ的人物の効果を計算することができ、また周囲の人々から信頼されていない人が社会的に孤立するという問題にも適用出来た。ここではカリスマ性のある人物と社会全体から信頼されていない人との関係という切り口でその意見の変遷と意見の分布をシミュレーションした。この切り口、信頼係数や意見の変遷分布のみで孤立の複雑な要因を分析できるとは言えないが、増々深刻化していると考えられる孤立・孤独の問題解消へのひとつのヒントは示せたと考えている。

序章やこの章のはじめにも触れたが孤立・孤独への道のりには様々な引き金があり、様々な要因が絡み合っていると考えられる。本研究ではその一部について示せたに過ぎない。オピニオンダイナミクスでは事象を数値化することで検証ができる。数値化するパラメータを工夫・拡大することでさらに詳細な分析に繋がれば、より現実的なフィードバックができるようになるだろう。また、ネット上で表明される様々な意見については、そのログを解析することで意見交換を分析することができ、意見交換により意見を形成していく過程を見ることが出来る。この事はまさにオピニオンダイナミクスと呼ばれる研究の得意分野と考える。ネット上のログの解析と本章で行った検証を組み合わせることも、今後の課題のひとつと考える。さらに付け加えるならば、本章考察で孤立した人の自助努力を中心に結論を述べたが、現実的にはそれだけでは解決は難しいと思われる。むしろ社会全体が格差や誹謗中傷などの諸問題に積極的に取り組んでいくことが必要であり、その為の社会物理学の研究でありたいと思う。

第6章 社会における分断現象

6.1 はじめに

現代社会では社会的な分断現象が深刻な問題となっている。古代においてはローマ帝国の分裂の例などが想起される。現代社会においてもイギリスのEU離脱の例や、アメリカの「ブラック・ライヴズ・マター」に代表される人種差別による社会の分断など社会の分裂や分断現象とされる例は少なくない。近年の例としては、アメリカのトランプ政権終盤のトランプ信奉者とその他の人々との分断、2020年に始まるCOVID-19などの感染症の拡大に対する楽観的な人々の行動と自粛警察的といった人々の行動などにみられる分裂など、社会分断の新たな要素が出てきている。社会の人々がなぜ分断されるのかは政治学だけでなく社会学でも大きな研究対象と言える。

社会の分断現象はいくつかの側面が複雑に絡み合っており、単純に一つの意見軸での意見の強さ同士の反発と考えることはできない。例えば人種問題による社会の分断現象では、分断の原因は主として人種の違いであって、保守かリベラルかという思想の違いや経済政策の考え方の違いではない。そこで本章では、立場の相違による社会の分裂ではなく、分裂した社会における人々の意見の動きの傾向と分断回避の可能性を研究する。人々間の信頼と不信の両方を扱うTrust-Distrust Modelを用い分断社会の社会的シミュレーションを実施する。この理論では信頼関係のある人と信頼関係のない人との関係を潜在的な関係として設定している。そのためたとえ最初二人の意見が似ていても、シミュレーション計算開始時に設定された潜在的な不信感により反発する。つまり時間の経過とともに意見が離れていくことを計算できる理論である [77]。

本研究では人々の意見の変遷と意見分布に焦点を当てて分析している。分断や分裂は意見の軌跡や意見分布において複数の集団間で意見が分かれ、且つ集団それぞれで合意形成している状態とした。したがって、分裂・分断への発展やその解消には集団間の意見の分裂や集団内の合意形成がなされていないことが重要である。そのため、この章では意見の反発や発散とそれぞれのグループの合意形成の成否に注目する。なお、合意形成とは社会の人々の意見がひとつないしは複数の大きな集団（クラスター）となって収束することと定義する。ここでのオピニオン（意見）とは判断を求められる一つの事象に対する外部刺激を含めた個人の反応をマイナスからプラスの一軸上の数値としており、その数値を用いてモデル上のシミュレーションを行いその結果を評価している。分断・分裂の評価基準は上記の通りである。

ここで、この理論に適用するヒューマンネットワークについて述べておきたい。第3章に述べたように、ネットワーク構造には完全ネットワーク、ランダム

ネットワーク、スケールフリーネットワークなどがあげられる。より現実世界に近いのはスケールフリーネットワークであるが、スケールフリーネットワークの場合は各人がネットワークのどこに位置しているかなどハブの存在が大きく影響するためハブの位置による個別性が強く、本研究では原則使用しないこととする。したがって、社会は原則ランダムネットワークであると仮定して研究を進める。

さて、社会が2つに分断されたとき、それぞれのグループ内やグループ間の信頼関係による合意の形成やその合意形成の形によっては、紛争の発生の有無が決まってくるのではということが予想される。紛争を招かないためにどのような意見分布が望ましいかを本章では議論する。以下、その観点の下に各設定を定めて検証していきたい。

6.2 分断社会の社会的シミュレーション

本項 6.2.1~6.2.4 のシミュレーションの設定条件を図 6-1 に示す。

| シミュレーションの設定条件 | | | | ネットワーク | | | | | |
|---------------|-------------|-----------|-----------|--------|------|--------|----------------------------------|--------------------|---------------------------|
| 項 No. | 項 表 題 | ケ ー ス No. | 社 会 の 規 模 | 完 全 | ランダム | メディア効果 | 相 互 社 会 の 人 々 と 信 頼 係 数 D_{ij} | 信 頼 の 割 合 θ | 接 続 率 |
| 6.2.1 | 二つの社会構造のモデル | 1 | 300 | ○ | | 無し | -1~+1乱数 | 100%、50% | |
| 6.2.2 | 完全ネットワーク | 2 | ↑ | ↑ | | ↑ | ↑ | 60%、50% | |
| 6.2.3 | 二つの社会構造のモデル | 1 | 300 | | ○ | 無し | -1~+1乱数 | 50% | 90%.50%.1% |
| 6.2.4 | ランダムネットワーク | 2 | ↑ | | ↑ | ↑ | ↑ | 60% | 90%.50%.30% 20%.10%.1% |

図 6-1 項 6.2.1~6.2.4 のシミュレーションの設定条件

6.2.1 二つの社会構造のモデル 完全ネットワーク (その1)

オピニオンダイナミクスの世界で社会構造のモデルはいくつか考えられる。ここでは、社会が一様な人間で構成されている場合ともう1つのモデルとして一定の人々が他者に対して本質的な不信感を持っている場合とし、以下ではそれについて考える。まずここでは、人々のネットワークは完全ネットワークとし、(その1)では人々の正の信頼の割合 θ が 100%と 50%の社会の検証をする。(その2)では人々の正の信頼の割合 θ が 60%と 50%の社会の検証をする。

シミュレーション条件の設定は下記の通りである。人数を 300 人と仮定する。メディア効果については $A(t)=0$ とし、メディアなしの状態とする。人的ネット

ワークは、ここでは完全ネットワークとする。300 人の間の相互の D_{ij} の値は、 $-1 \sim +1$ の間の乱数で決定される。図 6-2(a) と 6-2(b) は 100%信頼の社会、図 6-2(c) と図 6-2(d) は、人々の正の信頼の割合 θ が 50%の社会とする。

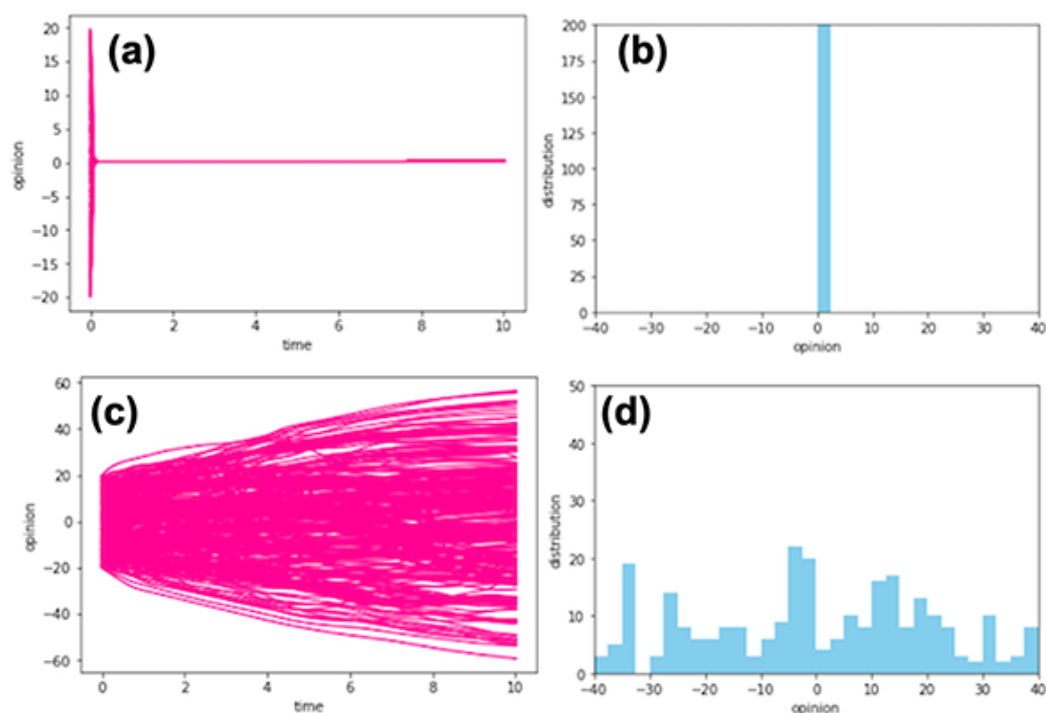


図 6-2 $N=300$ の場合の計算結果 (完全ネットワーク)
 (a) (c) は意見の軌跡、(b) (d) は意見の分布。

図 6-2 に見られるように、100%信頼の場合には、社会の人々の意見が一致している。これは、以前の Bounded Confidence Model [10-14, 21]でも同じ結果である。しかし、人々の正の信頼の割合が 50%の場合、社会全体の合意形成にはほど遠いものとなっている。人々の意見の軌跡は分散しており、意見の分布は集中していない。計算の出発点は一様な意見分布であるが、最終的な意見分布は全く均等には分散していない。計算された分布の中には、いくつかの小さい山、部分的な合意形成に近づく人々の集団 (クラスター) を見つけることができる。信頼度 100%と信頼度 50%では、意見分布の状況が大きく異なることがわかった。

6.2.2 二つの社会構造のモデル 完全ネットワーク (その2)

シミュレーション条件の設定は $N=300$ とする。人々のつながりは完全ネットワークで、正の信頼の割合が 60%の場合と 50%の場合を検証する。

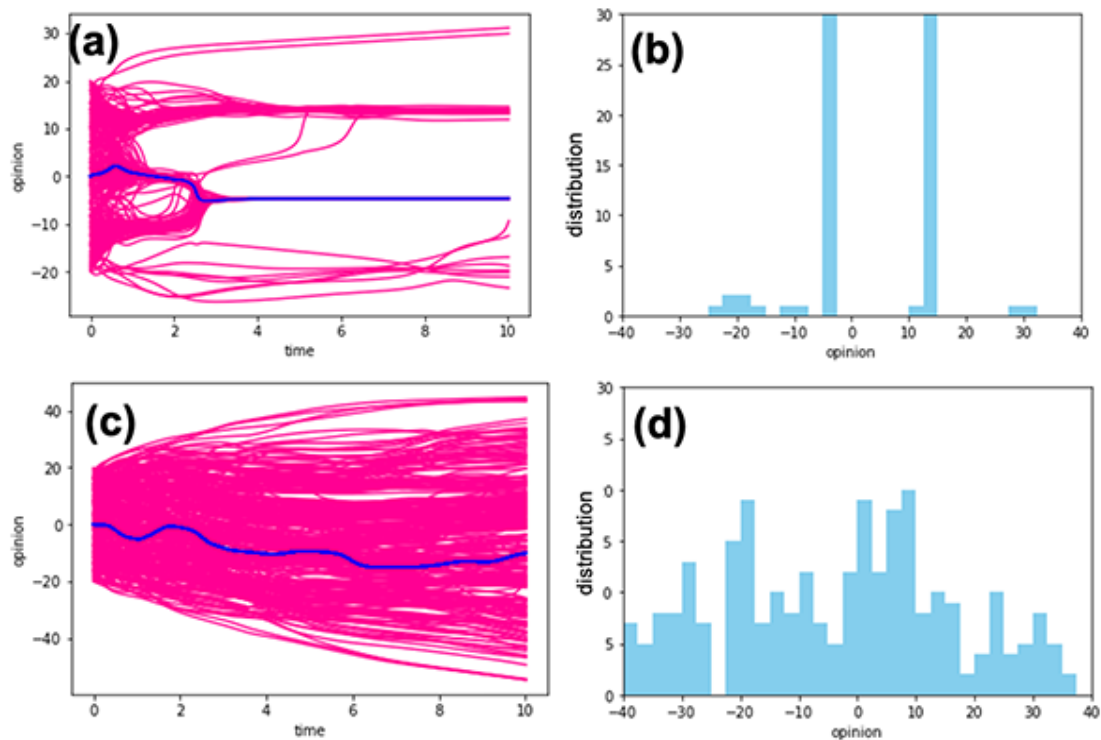


図 6-3 $N=300$ の場合の計算結果 (完全ネットワーク)

(a) (b)は正の信頼の割合が 60%、(c) (d)は 50%。(a) (c)の青線は $N=300$ のうちのランダムに選ばれた 1 人の意見の動き。

図 6-3 より、完全ネットワークにおいては正の信頼の割合が 50%と 60%では大きく異なる。正の信頼の割合が 60%の場合は合意形成しており、50%の場合は合意形成が期待できない。この計算結果から 50%と 60%の間に合意形成と合意の非形成の境界があることがわかる。この閾値問題のより詳細な計算は、第 3 章で議論した。

6.2.3 二つの社会構造のモデル ランダムネットワーク (その 1)

項 6.2.3 と項 6.2.4 では、より現実的なネットワーク構造であるランダムネットワーク [60] を適用する。(その 1) では人々の正の信頼の割合 θ が 50% の社会の検証をする。(その 2) では人々の正の信頼の割合 θ が 60% の社会の検証を行う。

シミュレーション条件の設定は、ランダムネットワークの接続率が 90%、50%、1% であり、300 人の中の相互の D_{ij} 値は $-1 \sim 1$ の間の乱数である。ここではまず、人々の正の信頼の割合は 50% に設定して検証を行う。

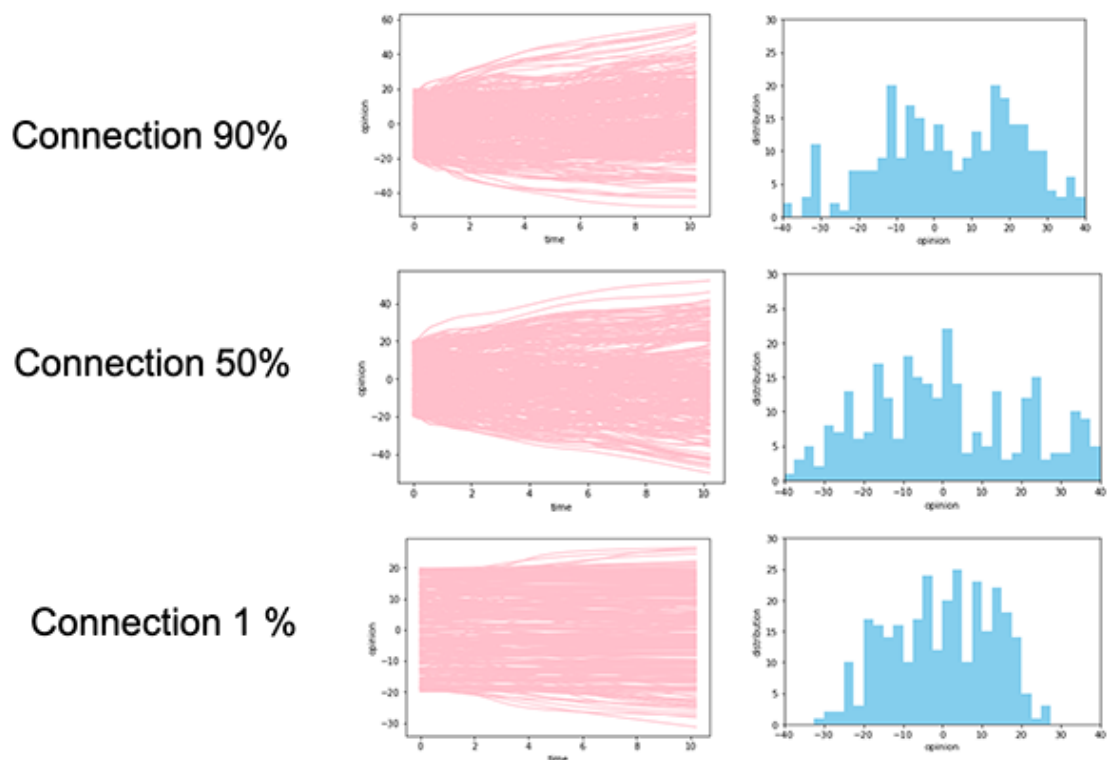


図 6-4 $N=300$ の場合の計算結果
90%、50%、1%接続のランダムネットワーク。正の信頼の割合は 50%。

図 6-4 より、人々の正の信頼の割合が 50%であり社会的な意思の同意、つまり合意形成が難しい条件なので、不信感による反発の影響で、人々の接続率の高い 90%の計算の方の分布が多少広いことがわかる。このことから、逆に、人々の正の信頼の割合が高ければ、接続率が高いほど合意形成に向かうことが推定される。

6.2.4 二つの社会構造のモデル ランダムネットワーク（その2）

シミュレーション条件の設定は、ランダムネットワークの接続率が 90%、50%、30%、20%、10%、1%の場合。300 人の中の相互の D_{ij} 値は-1~1 の間の乱数。人々の正の信頼の割合は 60%に設定する。

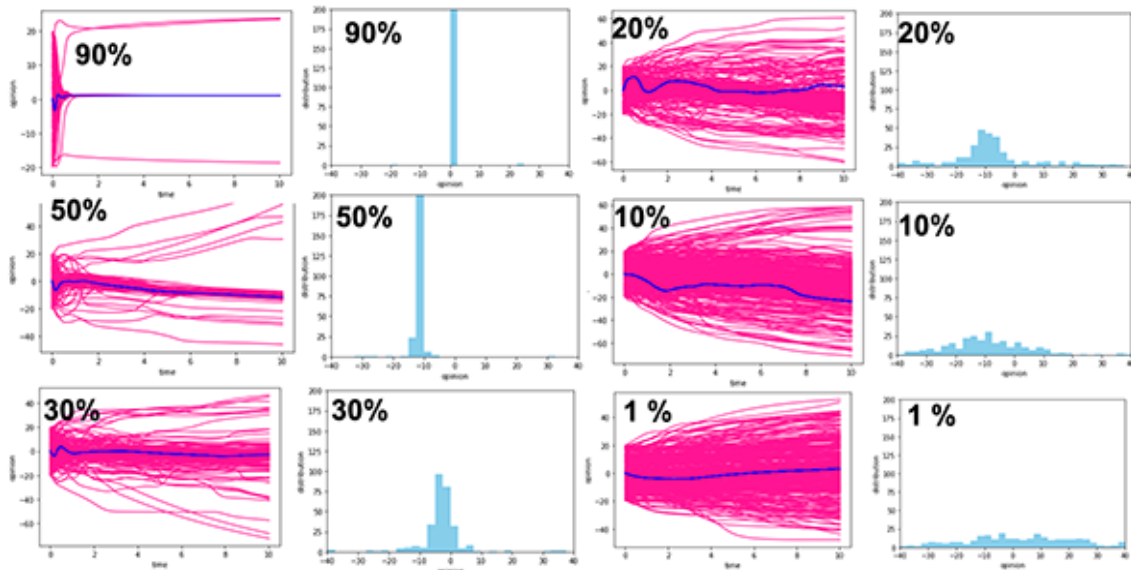


図 6-5 $N=300$ の場合の計算結果。

ランダムネットワークの接続率 90%, 50%, 30%, 20%, 10%, 1%、信頼係数 D_{ij} の正の信頼の割合が 60% で設定。青線は $N=300$ のうちのランダムに選ばれた 1 人の意見の動き。

計算結果を見ると、社会の人々の信頼係数 D_{ij} の正の信頼の割合が 60% である場合、社会の人々の接続率が 90% と 50% のときは合意形成をはっきり示している。接続率 30% の場合も合意形成を示している。接続率 20% の場合、合意形成は不完全である。接続率 10% と 1% の場合は合意形成が見られない。この結果から、人と人とのつながりが多いほど合意形成がしやすいことがわかる。この結果は、田中らが行った、SNS を利用しているかどうかで意見が分かれる度合いを測定した結果[59] と定性的に一致している。また、合意形成が期待できる正の信頼の割合 60% でも、人々の繋がりが薄すぎると合意形成できないことも示した。

6.3 分かれた社会

本項 6.3.1~6.3.3 のシミュレーションの設定条件を図 6-6 に示す。

| シミュレーションの設定条件 | | | | ネットワーク | | ピンクのグループ | | | 水色のグループ | | | 接続率 | |
|---------------|-------------------------|---------|-------|--------|------|----------|---------------------|--------|-----------------|---------|---------------------|---------|--------|
| 項 No. | 項 表 題 | ケース No. | 社会の規模 | 完全 | ランダム | グループの人数 | グループ内信頼係数の D_{ij} | 意見の初期値 | グループ間の D_{ij} | グループの人数 | グループ内信頼係数の D_{ij} | | 意見の初期値 |
| 6.3.1 | 二つに分かれる社会 (完全ネットワーク) | (a) (b) | 300 | ○ | | 150 | 0~+1 乱数 | 10~30 | -1~0 乱数 | 150 | 0~+1 乱数 | -30~-10 | |
| | | (c) (d) | ↑ | ↑ | | ↑ | -1~+1 乱数 | 0~60 | -1~+1 乱数 | ↑ | -1~+1 乱数 | 0~60 | |
| 6.3.2 | 分断された社会での合意形成 | 1 | 300 | | ○ | 150 | 0~+1 乱数 | 0~20 | -1~0 乱数 | 150 | 0~+1 乱数 | -20~0 | 30% |
| 6.3.3 | (ランダムネットワーク) | 2 | ↑ | | ↑ | ↑ | -1~+1 乱数 | 0~60 | -1~+1 乱数 | ↑ | -1~+1 乱数 | -60~0 | ↑ |

図 6-6 項 6.3.1~6.3.3 のシミュレーションの設定条件

6.3.1 二つに分かれる社会 完全ネットワーク

次に、社会シミュレーションとして意見が2つに分かれる社会を計算する。シミュレーション条件の設定は、正の意見を持つ人が150人、負の意見を持つ人が150人の場合を考える。初期意見は乱数を用いて10~30、-30~-10とする。図6-7の(a)と(b)では、信頼係数 D_{ij} は、正の意見を持つ人の間、また負の意見を持つ人の間それぞれで0から1の間の値で正の信頼係数 D_{ij} になるように乱数を用いて設定した。一方、正の意見の人と負の意見の人との間の信頼係数 D_{ij} は、0から-1の間の値で負の乱数になるように設定した。(c)と(d)では、すべての人の信頼係数 D_{ij} を、乱数を用いて-1から+1の間の値とした。

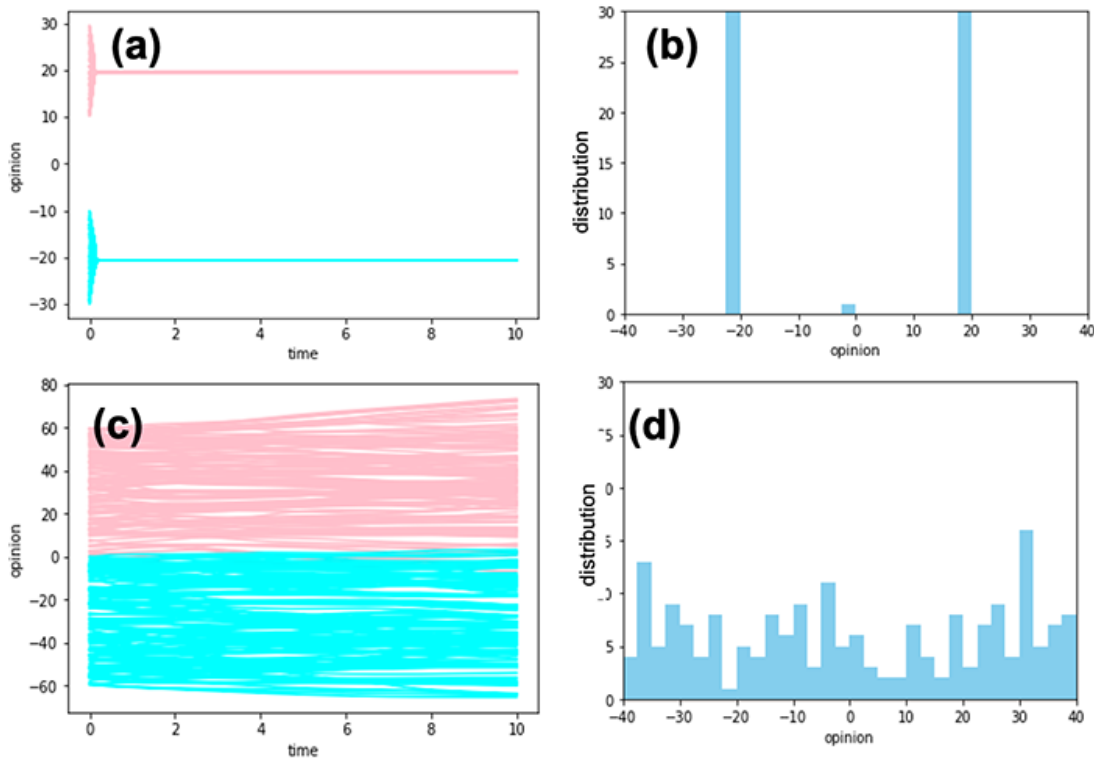


図6-7 $N=300$ の場合の計算結果。(完全ネットワーク)

正の意見を持つ人が150人、負の意見を持つ人が150人。(a)はピンクのグループと水色のグループはそれぞれのグループ内で正の信頼を持ち、それぞれのグループ間で負の信頼を持っている。(c)はすべての人の信頼係数 D_{ij} は乱数を用いて-1から1の間の値にした。

(a)、(b)では正の意見を持つ人と否定的な意見を持つ人の間でそれぞれ独立して合意に達している。したがって、この社会は2つの意見に分かれることになる。(c)、(d)は全ての人の信頼係数 D_{ij} を-1から+1の間に設定した結果である。計算結果は合意形成がなされていないことを示している。章頭で定義したように

この2つの結果は前者が社会的分断であり、後者が社会的分断ではないことを意味する。この結果を踏まえると社会的分断を防ぐためには同じ意見を持つ仲間がお互いを100%信頼することは好ましくないと考えられる。

6.3.2 分断された社会での合意形成 ランダムネットワーク (その1)

ここでは、二つに分断された社会で、合意形成の条件が満たされたときに何が起こるかを計算してみる。(ランダムネットワークその1)では、グループ内全員がお互いを信頼している場合とする。(ランダムネットワークその2)ではグループ内でも他のグループとの間でも信頼と不信が半々に混在している場合を検証する。

シミュレーション条件の設定は、社会をピンクのグループと水色のグループの2つに分ける。それぞれのグループにおいて乱数を用いて信頼係数 D_{ij} を0から1の間で正の値に設定する。ピンクの人と水色の人の間では信頼係数 D_{ij} は乱数を用いて-1から0の間の値で負になるように設定する。今度は完全ネットワークではなく、接続率30%のランダムネットワークで検証を行う。意見の初期値は初期値はピンクの人0~20と水色の人-20~0に設定する。

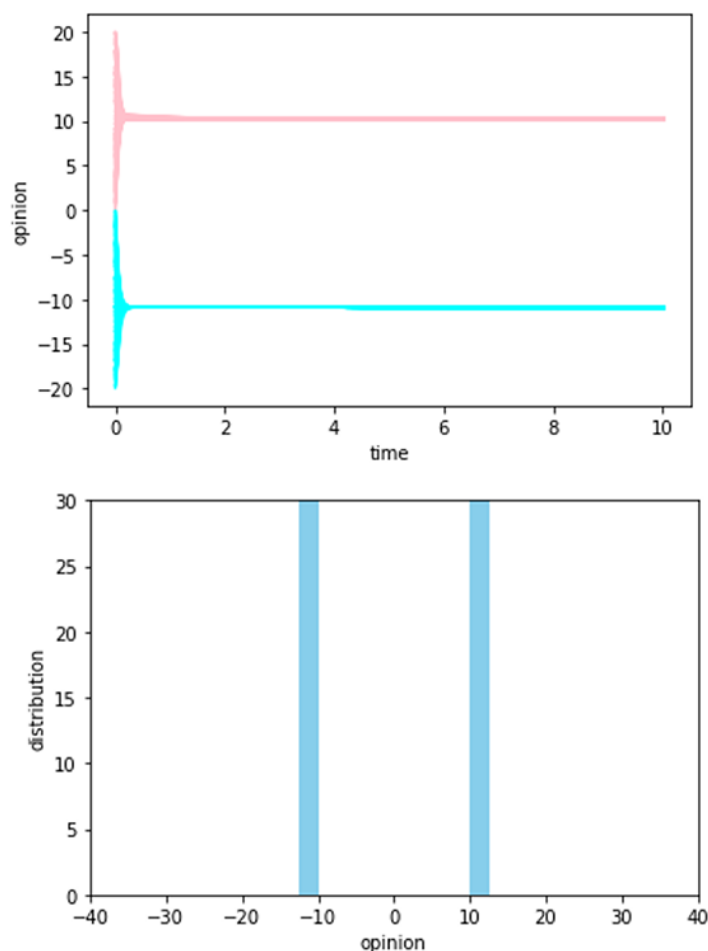


図 6-8 $N=300$ の場合の計算結果。接続率 0.3 のランダムネットワーク。上の図は人々の意見の軌跡、下の図は時刻 $t=10$ における意見の分布。

図 6-8 によると、各グループで合意形成が行われていることがわかる。ピンク色のグループと水色のグループはそれぞれ独立して合意に達している。したがって、この社会は 2 つの意見に分かれることになる。

6.3.3 分断された社会での合意形成 ランダムネットワーク (その 2)

次に、グループ内でも他のグループとの間でも信頼と不信が半々に混在しているケースを考える。

シミュレーション条件の設定はグループ内でも他のグループとの間でも、信頼と不信が半々に混在していると設定。そのため、全ての人の D_{ij} は $-1 \sim +1$ の間でランダムに設定する。

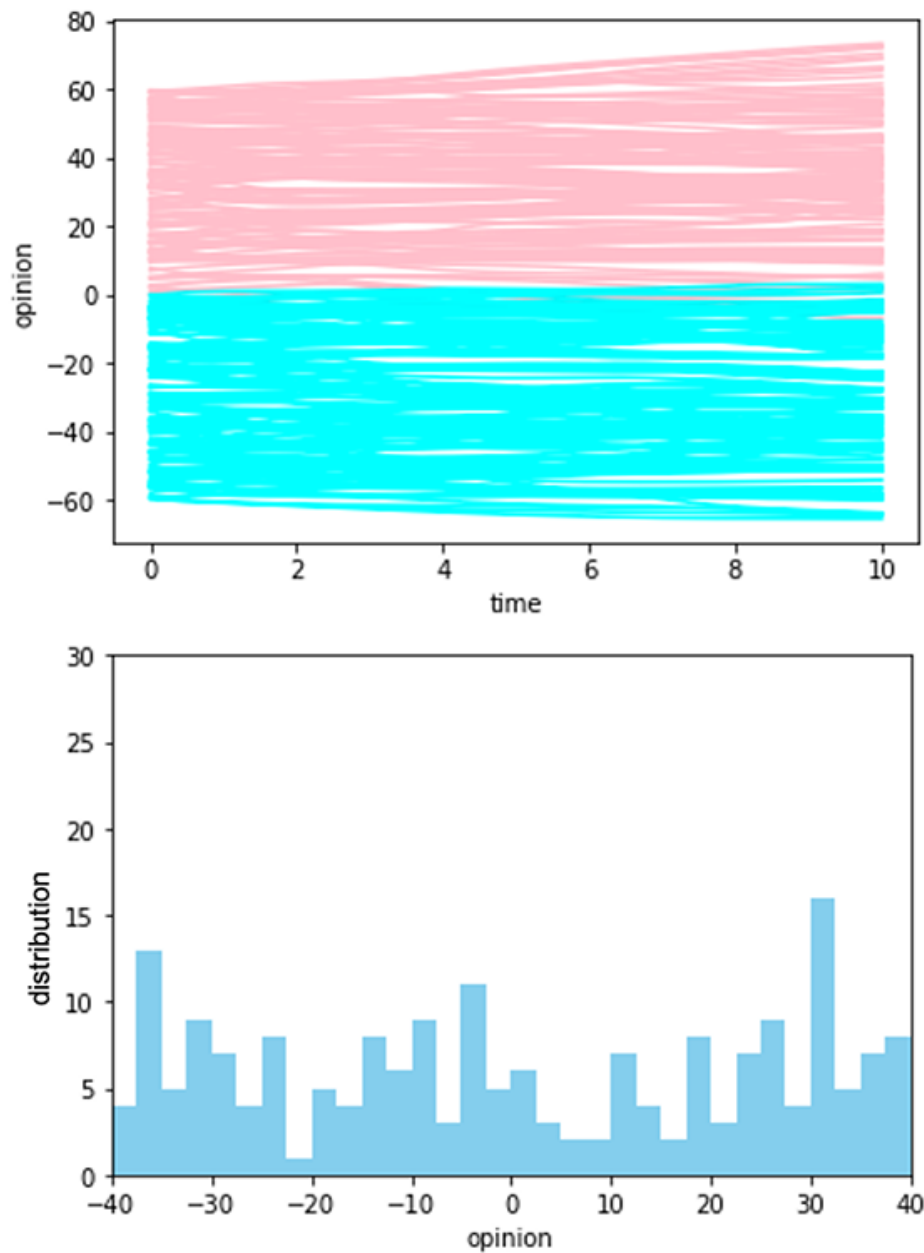


図 6-9 $N=300$ の場合の計算結果。接続率 0.3 のランダムネットワーク。全ての人の D_{ij} は $-1 \sim +1$ の間でランダムに設定。

図 6-9 のケースでは合意形成が行われていないことを示している。この結果は章頭で定義したように社会的分断ではないと言える。完全ネットワークとランダムネットワークそれぞれの検証を行ったが、どちらもほぼ同じ結果が得られた。

6.3.4 接続率による合意形成への影響

社会が相互に信頼できない 2 つのグループに分かれている場合に、ランダムネットワークで接続されている人の割合がどのような影響を与えるかを分析をした。人々のネットワークの接続率が低い場合はどうであるかを考察するためのシミュレーション条件は、社会がピンクのグループと水色のグループに分かれるように設定した。この計算ではピンクのグループと水色のグループでそれぞれ $D_{ij}=0\sim 1$ の正の乱数で指定した。ピンクのグループと水色のグループの間には $D_{ij}=-1\sim 0$ の負の信頼係数を設定しグループ同士は不信感を抱いて反発するように設定した。意見の初期値はピンクのグループも水色のグループも $-50\sim +50$ で共通である。ランダムネットワークの接続率は 90%、50%、10%、1% の設定とした。

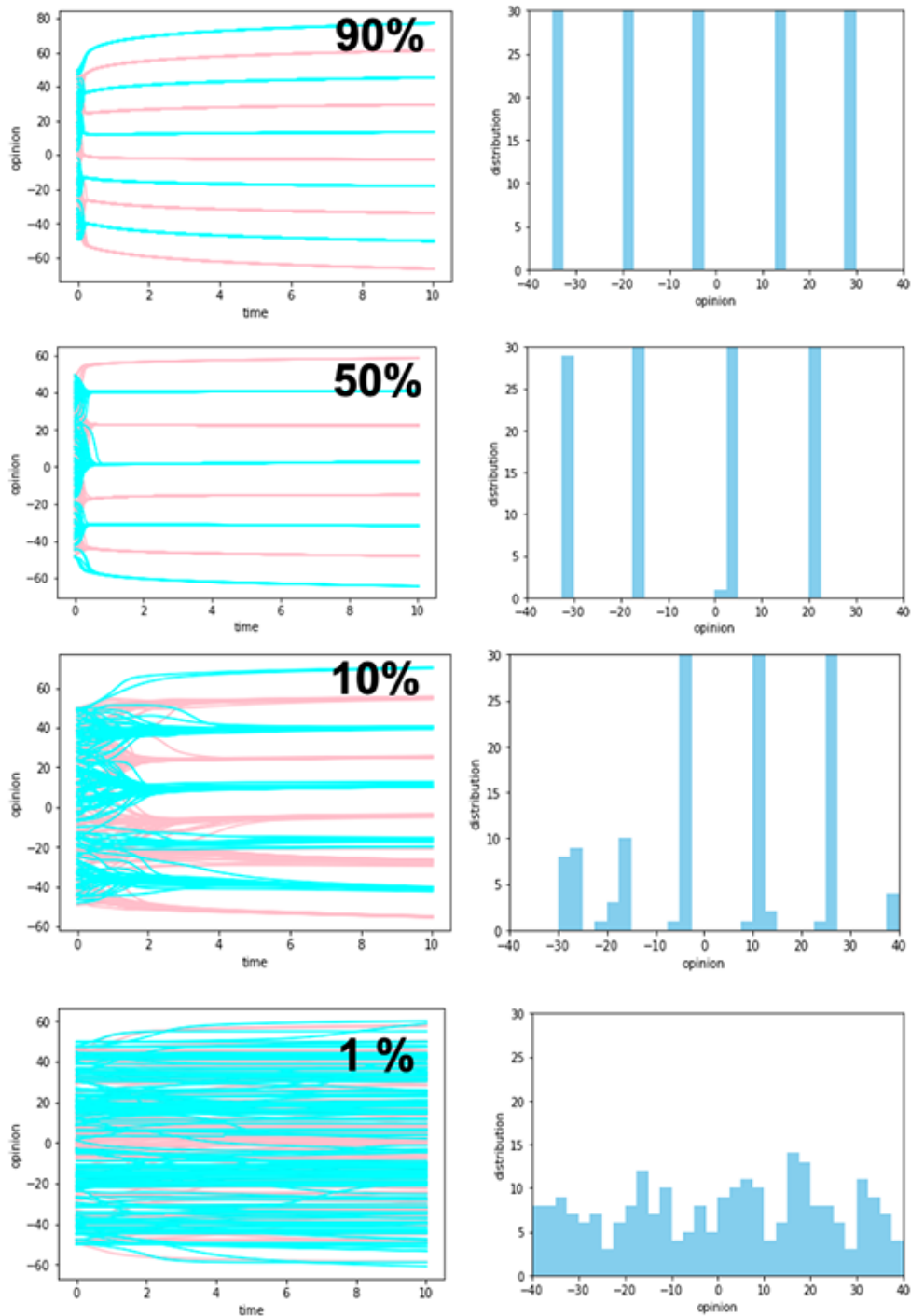


図6-10 $N=300$ の場合の計算結果。ランダムネットワークの接続率は90%, 50%, 10%, 1%の設定とした。

図6-10を見ると、たとえグループ内に信頼関係があったとしても、人々の接続率が1%と非常に低い場合は、意見分布を見る限り合意形成は行われない。しかし接続率が上がれば上がるほど、それぞれのグループ内の初期意見に近い人

同士で、複数の合意形成が早い段階で行われる。接続率が90%と非常に強い場合は、特に早い段階で複数の意見のグループができ、それぞれ合意形成していることがわかる。

6.3.5 グループ内の信頼関係の組み合わせ

ピンクのグループは信頼関係で結ばれているが、水色のグループは信頼と不信の組み合わせで設定されている場合とした。シミュレーション条件の設定は、社会をピンクのグループと水色のグループの2つに分け、ピンクのグループでは乱数を用いて信頼係数 D_{ij} を0~1の正の値に設定した。水色のグループでは信頼係数 D_{ij} は、乱数を用いて-1から1の間の値に設定した。ピンク色の人と水色の人の間では、信頼係数 D_{ij} は乱数を用いて用いて-1~0の間の値で負になるように設定した。

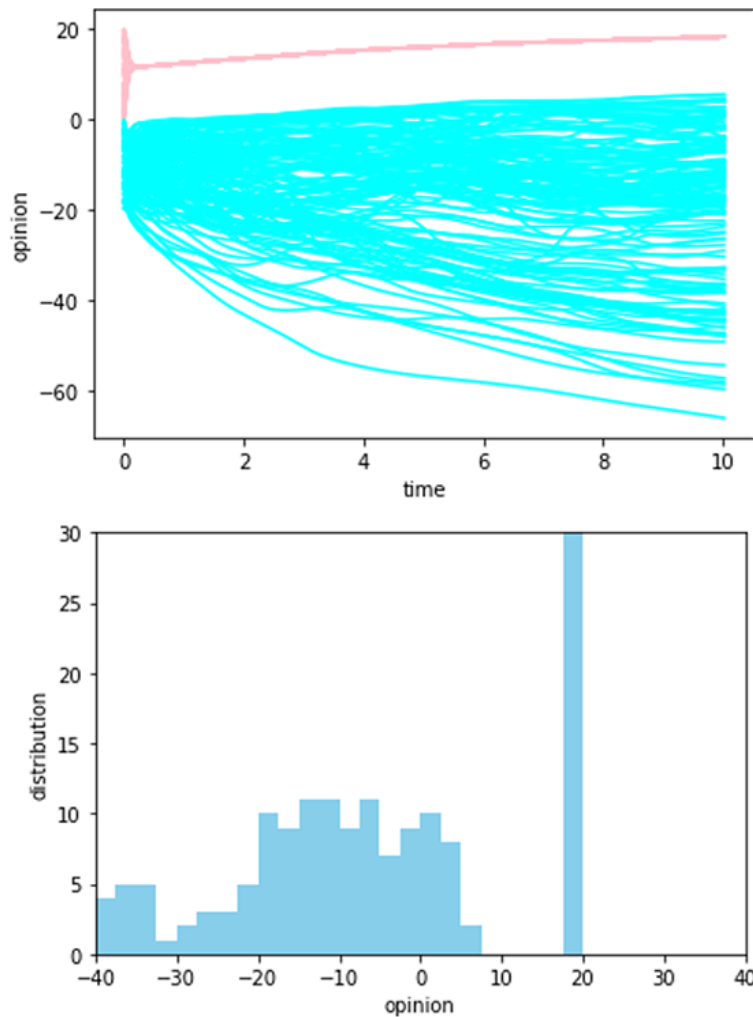


図 6-11 $N=300$ の場合の計算結果。 接続率 0.3 のランダムネットワーク。

ピンクのグループでは乱数を用いて信頼係数 D_{ij} を 0~1 の正の値に設定。水色のグループでは信頼係数 D_{ij} は、乱数を用いて-1 から 1 の間の値に設定。

図 6-11 を見ると、ピンクのグループは合意形成しているが、水色のグループは収束しておらず意見の分布が広いことがわかる。意見の分布が分かれているという意味では社会の意見は二分していると言えるが、図 6-8 のような明確な意見対立構造ではないと言える。

6.3.6 考察 (I)

本章ではまず $N=300$ に対して 100%信頼と 50%信頼の 2 種類の計算を行った。図 6-2 に示すように、100%信頼の場合には社会の人々の意見が一致している。しかし信頼度 50%、不信度 50%の場合計算された人々の意見の状況は、合意形成にはほど遠いものとなっている。人々の意見の軌跡は分散しており意見の分布は集中していない。ネットワーク全体において信頼度 100%と信頼度 50%では意見分布の状況が大きく異なることがわかった。図 6-3 では、完全ネットワークにおいて信頼度の割合が 50%と 60%では大きく異なることを示した。信頼度 60%の場合は合意形成し、信頼度 50%の場合は合意形成していない。この計算結果から、50%と 60%の間に合意形成と不形成の境界があることが示された。次にオピニオンダイナミクス理論における合意形成をランダムネットワークで検証した。図 6-4 で示すようにランダムネットワークの接続率が低ければ信頼度が 60%であっても合意形成しないことがわかった。図 6-4 ではランダムネットワーク上での様々な接続率に対する意見の軌跡と分布を検証した。人々の接続率が 90%と 50%の接続の場合は合意形成を示している。30%と 20%の接続の場合合意形成は不完全である。10%と 1%の接続の場合は合意形成が見られない。この結果人々の正の信頼が高い場合は、人と人とのつながりが強いほど合意形成しやすいことがわかる。

以上のことから社会における合意形成には人々にネットワークのつながりがあることが重要であることが確認できる。顔見知りの人との個人的なつながりだけでなく、街中、職場、趣味、SNS、テレビ番組の共有などでも人はつながる。これらのどれもが合意形成に影響すると考えられ、中世ヨーロッパでは教会のミサに参加するというつながりも重要だったことが推察できる。図 6-7 では完全ネットワークを用いて社会が分断されている場合と分断されない場合を検証している。また、図 6-8 で検証した接続率 30%のランダムなネットワークでは 2 つに分割された社会がそれぞれ同じ意見の人達で合意に達し、全体としては意見が 2 つの意見に分かれていることが確認できた。社会が 2 つに分かれそれぞれのグループ内で人々が強い信頼関係で繋がっている場合である。この場合妥

協の余地はなく両者の対立に発展する可能性がある。歴史的にはヨーロッパの宗教改革や、アメリカの南北戦争などが該当するのではと思われる。

社会が2つに分かれていても対立しない場合は図6-9である。ここでは社会がピンクと水色の2つのグループに分かれているが、グループ内とグループ間の信頼と不信の関係は半々であり、その場合どちらのグループも意見分布には明確なピークが見られず合意形成していない。つまり、それぞれが合意に達しないので紛争に発展しないと考えられる。

図6-10は、社会の中で分裂した2つのグループの合意形成における接続率依存性をランダムネットワーク上で示したものである。接続率が90%と50%の場合合意形成が見られるが、接続率が10%の場合は弱い合意形成となる。また、接続率1%の場合は合意形成が見られない。したがって、社会の人々の結びつきが弱いと合意形成が阻害されると言える。この事は第3章で述べた事と関連する。

図6-11では、1つのグループはグループ内で強い信頼関係を持っており、もう1つのグループはグループ内で信頼と不信が半々に混在している状況で設定した。この計算からピンクのグループは強い信頼関係があり合意が形成されているが、水色のグループは合意に至っていない。この場合、社会全体の意思決定は合意に達したピンクのグループのリーダーシップのもとに行われることが予想される。

双方の意見がそれぞれに一致して合意形成が得られた場合、ヨーロッパの宗教改革やアメリカの南北戦争のように双方の対立に発展する可能性がある。本章での計算からこのような合意形成に至るには密接なネットワークのつながりが必要であり、例えば都市の人々が集まる教会のミサや南北戦争での新聞などがその役割を果たしたと推測される。南北戦争では新聞を通じて人々の意志が統一されたとされ、間接的な世論形成が南部と北部それぞれの人々をつないだと思われる。

以上の議論より、それぞれのグループ内で意見の多様性があること、もしくはグループ内での人々のネットワークのつながりが希薄であることで当事者内での合意形成が阻害されれば意見が分かれた社会での対立の先鋭化を防げると言える。しかしながら現実的にはなかなかコントロールが難しい結論であると言える。

6.4 内集団と外集団

6.4.1 はじめに (II)

世界の歴史を振り返ると社会的な紛争が非常に多く発生している。社会的紛争の事例を検証することで、さらなる社会的危機を回避する方法を考察するこ

とができる。そこで、節 6.3 では 2 つのグループ間の対立のシミュレーションを行った。社会的アイデンティティ理論 [63, 64, 65] によれば、社会的紛争の原因は主に偏見と差別であり、どちらかといえばグループ間の拮抗から派生するものである [61, 62]。人は、誇り、関与、安定性、意味を感じるためにどの社会集団に属するかを決定する [63, 64, 65]。どのグループを支持するかを決める際には自分が属する社会グループを「内集団」として識別し、他のグループを「外集団」として区別し、多くの場合有害な方法や差別的な方法を用いる [66]。そして、内集団の集団員との一体感を強め、その問題を支持するようになる。このような自己分類とグループへの帰属は彼らのグループに関連する行動のための社会的認知スキーマ（規範、価値、信念）として働く。内集団に属しているという認識は物質的な対立や敵意がない場合でも集団間の偏見、民族中心主義、ステレオタイプ、差別を引き起こすのに十分である [62, 63]。アメリカの共和党と民主党の対立、さらにはトランプ信奉者とその他の人々との対立もこのカテゴリーに属すると思われる。社会的アイデンティティ理論はグループメンバーシップと自己カテゴライズがどのようにしてグループ間の偏見や差別を引き起こし、それらが最終的に社会的葛藤につながるのかを理解するための基盤として非常に重要である [62]。社会科学の研究者によって何千もの実証的研究が行われており、これらの研究のほとんどは実験的手法を採用している [61, 67, 68]。しかし、内集団と外集団はどのような条件の下で対立する集団間行動をより調和的な関係に変え、社会的紛争を回避することができるのか、未解決の問題が残っている [84, 85]。先行する実証研究では、内集団と外集団が調和的な関係を実現・維持することはほぼ不可能であるとされていた [61]。ここでは、オピニオンダイナミクス理論と社会シミュレーションがこの問いに答えるための適切な手法となる。Bounded Confidence Model 中の [10, 21, 69] に基づいて、内集団と外集団がどのようにして社会的調和を築き、社会的対立を回避できるかを提示することができる。オピニオンダイナミクス理論に基づいて社会的葛藤を説明するためのいくつかのモデルが開発されている [33, 70, 71, 72, 73]。特に、Javarone は 2 人の競争相手との間で人気のある合意形成を得るための最良の戦略を研究するために古典的な投票者モデルのバリエーションを確立した [73, 74, 75]。Trust-Distrust Model [16, 76] は 2 つの点で異なっている。まず、グループ間の次元とグループ内の次元に信頼と不信を設定している。第二に、Tajfel が最初に提唱した社会的アイデンティティ理論 [66] をキーとして参照している。社会的アイデンティティ理論は社会集団内の合意形成や集団間の対立の発生・緩和などを理解するのに役立つ。本研究では、Trust-Distrust Model [16, 76] を用いて、グループ間およびグループ内のオピニオンダイナミクスをシミュレーションする。このモデルは社会的紛争の実例を説明するのに適用できると認識

されており [77]、そこで本研究では社会的紛争の実例を検討するためのモデルを採用する。ここでは社会が内集団と外集団という相互認識を持つ二つのグループから成り立っていると仮定する。その二つのグループ間の対立の深刻さは、グループへの帰属意識とその他のグループへの区別に起因すると考えられる。そのため本項以降は、グループ内・グループ間の信頼系数等を変化させ検証を行う。

6.4.2 内集団と外集団における社会シミュレーション

ここでは社会シミュレーションを用いて社会の分断を確認する方法を説明する。シミュレーションに使用する人数は 300 人までとする。なお、500 人でも 1000 人でも同様の結果となることが確認されている。人口 300 人の社会を均等に分割し、1つの社会に 150 人のメンバーを持つ 2つのグループを作る。社会的アイデンティティ理論 [61, 62, 63, 66] で示唆されているようにグループ A はグループ B から見ると外集団であり、その逆もまた然りである。本研究では、あるグループのメンバーは、他のグループのメンバーを信頼することもあれば、信頼しないこともあると仮定する。図 6-12 は、計算における我々のモデルを模式的に示したものである。

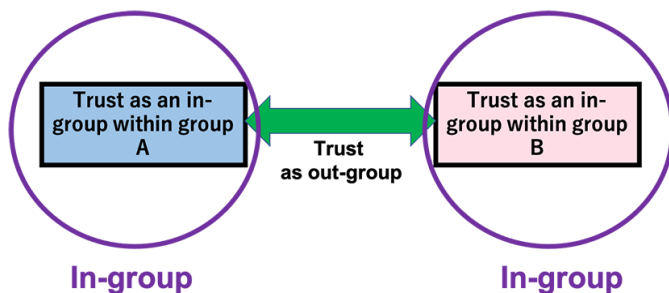


図 6-12 計算上の社会的分割のモデル

6.4.3 グループ間の信頼、グループ内の信頼

以下の 2 つの計算を次のセクションで行った。ランダムネットワークで接続率は 30%とする。N=300 とし A グループを半分の N=150、B グループを半分の N=150 とした。最初の計算 (図 6-13) ではグループ間の信頼度を 0 であると仮定し、グループ内の信頼は程度の差をつけて設定した。次の計算 (図 6-14) ではグループ内信頼を 55%に変更し、グループ間信頼をさまざまな程度に変更した。

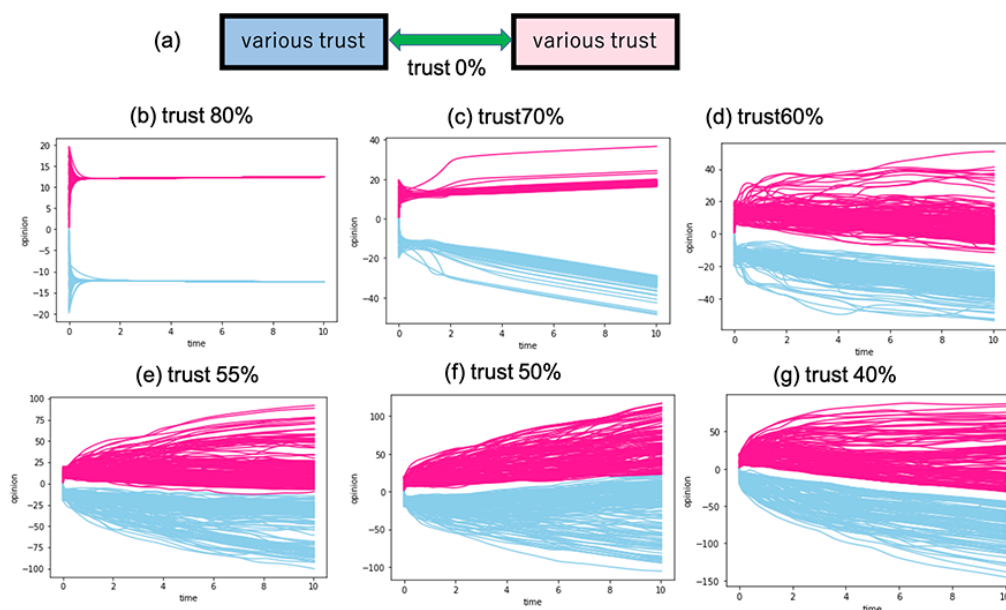


図 6-13 グループ A とグループ B の間にグループ間の信頼がない場合の計算。グループ間の信頼をゼロとし、グループ内の信頼は程度の差をつけて設定。(a)はこのモデルの模式図。(b)～(g)は様々なグループ内信頼関係に対応する。図中の赤い線はグループAの意見の軌跡、青い線はグループBの意見の軌跡を示す。例えば、図6-13(b)の80%の信頼は、AとBのグループ内信頼度(D_{ij})の正の値が80%であることを意味する。

図 6-13 では A と B のグループ間信頼度を 0%とし、グループ内信頼度を様々に変化させている。先行研究では図 6-13(b)、図 6-13(c)に示すように、2つのグループがグループ内合意に達することができるが示されている[17, 18]。図 6-13(d)、図 6-13(e)、図 6-13(f)、図 6-13(g)のケースではグループ内合意の形成すら確認できない。グループ間の信頼度が 0 に設定されているためグループ内の意見が発散してしまうのである。さらに、これらのケースでは 2 つのグループがグループ間の合意形成に達することはなかった。

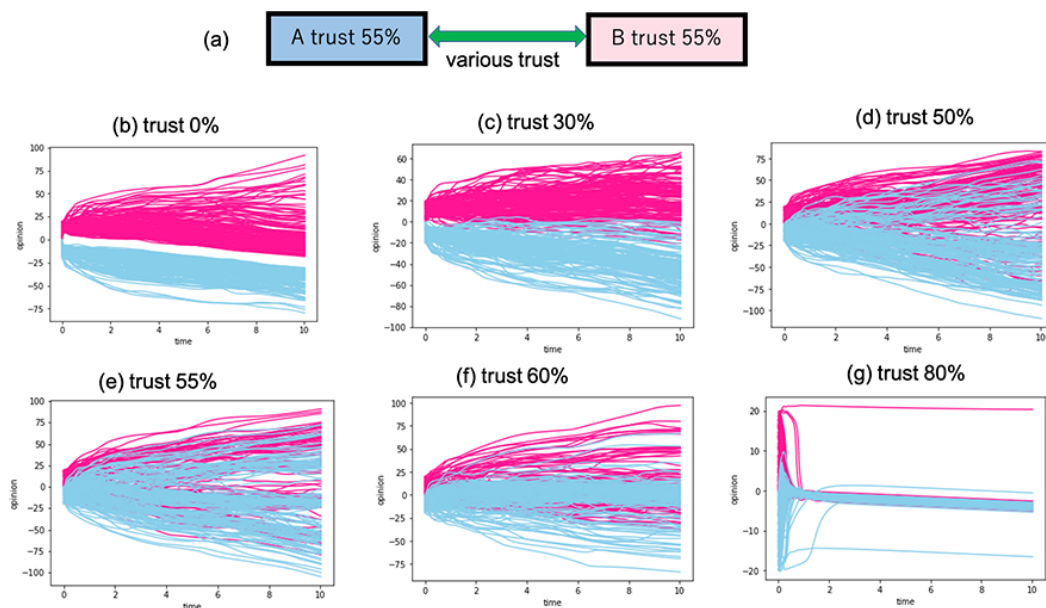


図 6-14 グループ A とグループ B の間のグループ間信頼関係の様々な計算。グループ内信頼度を 55% に設定。(a) はモデルの概略図。(b) ~ (g) は、グループ A とグループ B の間の様々なグループ間信頼度 (D_{ij}) に対応する結果。赤い線はグループ A の意見の軌跡、青い線はグループ B の意見の軌跡を表している。

図 6-14 ではグループ内信頼度を 55% に設定した。そして、グループ間の信頼度を様々に変化させた。図 6-14 (b) ではグループ間の合意形成が得られていない。しかし、図 6-14 (c)、図 6-14 (d)、図 6-14 (e)、図 6-14 (f) ではグループ間信頼度が高いため、グループ A と B のグループ間意見が重なっている。この結果は 2 つのグループ間に深刻な対立がなかったことを示している。合意形成はグループ間の信頼度が 80% と高い場合に起こる (図 6-14 (g))。

以上の二つの計算結果より、グループ間の信頼係数が低ければそれぞれ意見は二分する。更に、グループ内の信頼係数が高ければグループ内で合意形成が進み、その結果として、内集団と外集団の間で意見が対立し、紛争の可能性が高まる。しかしながら、二つの集団間の信頼関係があり、もしくは各グループ内での信頼関係が希薄であれば合意形成はなされず紛争への発展への可能性は少なくなる。

6.4.4 サブグループの存在

次に、グループ内に相手のグループに信頼を抱いている人間がいるケースを調べた。グループ B のメンバー 50 人 (B-1) がグループ A に対してグループ間の信頼を抱いており、グループ A は同程度に B-1 を信頼していると仮定する。

図 6-15 では各グループ内信頼を 70%とし、図 6-16 では各グループ内信頼を 50%とした。B-1 からグループ A へのグループ間の信頼を様々な値で計算した。

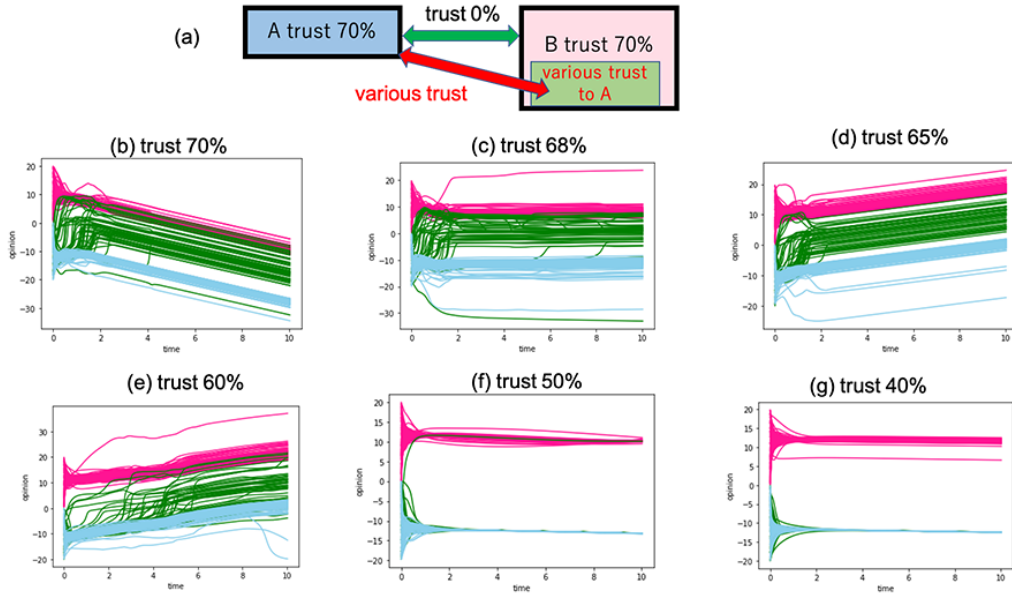


図 6-15 グループ A とグループ B それぞれのグループ内信頼が 70%。グループ B の 50 人 (B-1) はグループ A に対してグループ間信頼を持つ。B-1 とグループ A のグループ間の信頼度は 40, 50, 60, 65, 68, 70%に設定。(a) はこのモデルの概略図。(b)~(g) の赤色の線はグループ A の意見の軌跡、青色の線は B-1 サブグループを除くグループ B の意見の軌跡。緑の線は、B-1 の意見の軌跡。

図6-15の信頼度70%は、B-1とグループAの間のグループ間信頼(D_{ij})が 70%の正の値を持っていることを意味している。緑の線がB-1である。B-1のグループAに対するグループ間信頼度が50%より低い場合、グループAとグループBの両方がグループ内合意を形成する(図6-15(f)と図6-15(g))。しかし、図6-15(b)や図6-15(c)では、B-1の多数のメンバーがAグループと合意に達している。この場合、B-1がAグループに傾いているため、Bグループ内での合意形成(青線で描かれている)が妨げられる。

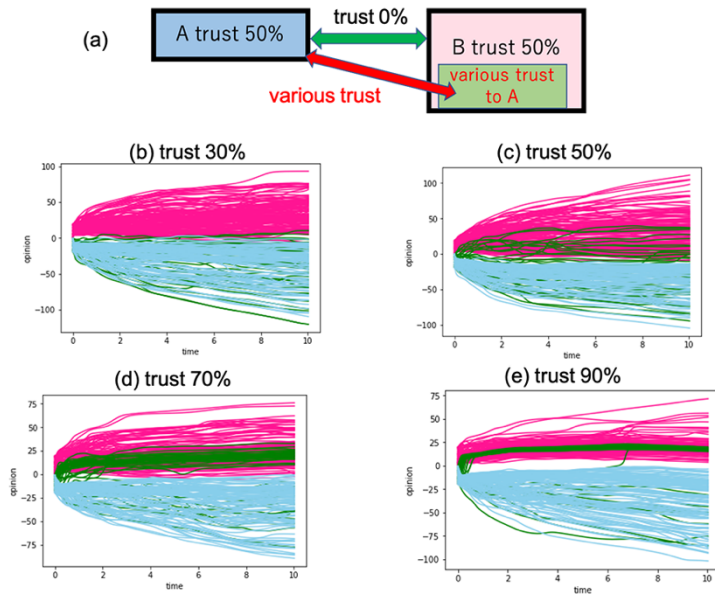


図 6-16 グループ A とグループ B それぞれのグループ内信頼度が 50%。B-1 とグループ A のグループ間の信頼度は 30, 50, 70, 90% に設定。赤線はグループ A の意見の軌跡、青線は B-1 サブグループを除くグループ B の意見の軌跡。緑の線は B-1 の意見の軌跡。

図 6-16 は、2 つのグループのグループ内信頼度が 50% であり、両者は合意を形成できていない。B グループ (B-1) の 50 人は、A グループに対してグループ間信頼を持つ。(b)-(e) では、B-1 とグループ A の間に様々なグループ間信頼が存在する。例えば、信頼 70% は、B-1 とグループ A の間に 70% の信頼 (D_{ij}) が存在することを意味する。B-1 のグループ間信頼度が 50% を超えると、B-1 グループは A グループと重なり始める。図 6-16(e) では、B-1 のメンバーは A グループと意見が収束し始めている。この意見の収束は、グループ A とグループ B-1 の間に高いグループ間信頼関係があるからである。このときの意見分布を図 6-17 に示す。

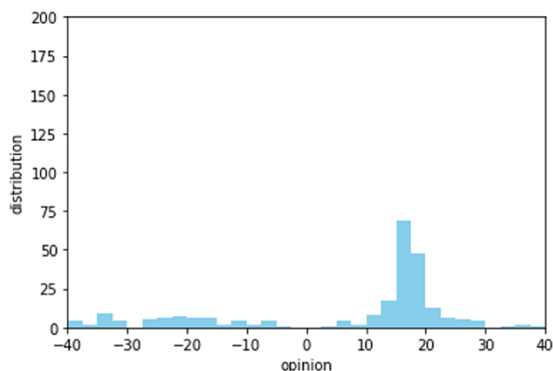


図6-17 図6-16(e) で示したケースの時刻 $(t)=10$ における意見分布。

6.4.5 考察 (II)

本項ではオピニオンダイナミクスによるシミュレーションを適用して、2つのグループ間の対立を評価した。社会の分裂が決定的になるのは内集団が外集団に対して不信感を抱く場合である。内集団と外集団の双方が信頼と不信の両方を持ち合わせている場合には社会的分裂は決定的ではない。図6-13のシミュレーションによると2つのグループがメンバーを100%信頼している場合グループ内の意見は収束する。しかし、図6-13に示すようにグループ内の信頼度が低くなるとグループ内の意見は発散する。図6-14では、グループ内の信頼度を55%にしている。また、グループ間意見がほぼ重なった。図6-15ではグループ内の信頼度が70%でグループ間の信頼度が50%と低い場合、2つのグループの意見は二極化する。さらに、グループ内信頼度を70%に固定した上で、グループ内メンバーの3分の1(B-1)が他グループ(Aグループ)を様々な値で信頼する場合を計算してみた(図6-15)。例えば、グループ内メンバーの3分の1、つまりB-1が60%以上の信頼度で他グループを信頼すると、Bグループの意見は発散し、B-1グループの意見はAの意見に近づく(図6-15(b)、図6-15(c)、図6-15(d)、図6-15(e))。一方、B-1が外集団を50%以下の信頼度で信頼している場合、B群の意見は収束しAの意見に近づくことはない(図6-15(f)、図6-13(g))。図6-14では、2つのグループのグループ内信頼度を50%に固定している。B-1からAへのグループへのグループ間信頼度が大きくなるにつれて、B-1グループの意見がAの意見に交錯し収束し始める。今回の研究では社会の分裂において、まだ今回使用したモデルの設定での実現方法しか検証していないため、この論文の結果がどれほど代表的なものであるかはまだ不明である。本研究の次のステップとして調査する予定である。そのため、本研究の次のステップとしての研究では、メディアの届かない人がいる場合などの複数のモデルの検証を行う予定である。岡野と石井による論文[82, 83]メディアの影響が届かない人のオピニオンダイナミクスの検証や、その他の関連論文[55]を読んでいたきたい。最後に、オピニオンダイナミクス理論を用いたシミュレーションによるグループ間対立研究の後、現実世界の例をどのように説明すればよいのであろうか。アメリカでは共和党と民主党という二つの政治グループの間で対立が生じている。社会的アイデンティティの観点から見ると党派性は他のグループメンバーシップと同様に機能する。アメリカの有権者は自分が共和党か民主党のどちらの党员であるかを考える際に、それぞれの党员がどのような人たちであるかというイメージを思い浮かべ、そのイメージと自分の自己イメージとの一貫性を評価するのである[62]。2つの政党は深刻な分裂状態にあり、それぞれの政党はこの20年間でかつてないほど結束力を強めている。政治的イデオロギ

一については言うに及ばず現在では共和党と民主党はライフスタイルまで異なっている[78, 79]。彼らはお互いに結婚せず、乗っている車も食べているものも好んで見ているテレビ番組も違う。つまり、党内議員はすべての面で同じ党に所属する人を信頼しているのである。しかも相手の党员との間には信頼関係を築こうともしない。このような状況下では図 6-13 (b) に示すように両党の党内信頼度は非常に高くなると思われ、党内での結束力が高まり、相手の党により強く拮抗するようになる。現在共和党と民主党は多くの問題で対立しており、例えば銃規制、同性婚、中絶、移民、人種平等、健康保険、マリファナの合法化、陰謀論の信奉などがその例である[80]。寒さ (0)、中立 (50)、暖かさ (100) の温度計で見ると共和党の親和性は常に 70 から 75 の範囲に収まっている。対照的に、対立する党派間の親和性は 1970 年代の 48 から今日では 20 にまで激減している[81]。このように共和党員と民主党員は相手の党に対する憎しみのためにいろいろな問題について合意することができない。この状況は図 6-11 (b) と (c) に示した私たちのシミュレーションと同様である。このような政党間の敵対関係を乗り越え社会的危機に陥らないためにはどうすればよいのだろうか。実現の可能性は限りなく低い図 6-13 に見られるように当事者内の信頼度が 55% まで下がると 2 つの当事者は合意に達することができない。しかし、党内信頼度が 55% より低く党間信頼度が 50% より高い場合には党間合意が達成される (図 6-14)。政党間の対立を解消して合意に至るためには両党が党内で意見の相違を生み出し、政党間の信頼を高める方法をなんとかして模索する必要があると言える。

6.5 第6章のまとめ

現在でも社会的な分断・分裂現象は深刻な問題のひとつである。社会の分断現象はいくつかの側面が複雑に絡み合っており、単純に一つの意見軸での反発と考えることはできないが、本研究では意見の変遷や意見分布において、複数の集団間で意見が分かれ、且つ集団それぞれで合意形成している状態を分裂・分断とすると定義した。人々間の信頼と不信の両方を扱う Trust-Distrust Model を用い分断社会の社会的シミュレーションを実施した。この理論では信頼関係のある人と信頼関係のない人との関係を潜在的な関係として設定している。そのためたとえ最初二人の意見が似ていても、シミュレーション計算開始時に設定された潜在的な不信感により反発する。つまり時間の経過とともに意見が離れていくことを計算できる理論である[77]。分断・分裂現象の直近の例は、COVID-19 などの感染症の拡大に対する楽観的な人々の行動と自粛警察的といった人々の行動などにみられる分断、今般の元首相の国葬に向けた世論を二分した論争、アメリカの共和党と民主党の対立、さらにはトランプ信奉者とその他の人々との分断などがすぐに思いつく。それぞれ様々な環境や要因が絡み合っていると

考えられ、単純なシミュレーションでは一つの側面しか見ていないというそしりは免れないと考えられる。その上で今回は二つに分かれた社会と「内集団」と「外集団」2つのグループ間の対立を評価した。結論は本文及び考察を参照いただきたいが、どちらの場合も同一グループ内の信頼関係が強い場合や人々の繋がりが強い場合は対立がさらに先鋭化し、社会的紛争・分断に発展する可能性が高い。社会の意見構成に多様性があれば、また繋がりが強すぎないほど対立への発展性が阻害されることなどが導かれた。これは一つの側面の知見・ヒントとして意義があるものとするが、この結論は現実的にはなかなか実現の可能性が低いのも認めざるを得ない。

前述の国葬に対する論争や感染症の拡大に対する人々の反応などはメディアなどによる世論の形成やソーシャルネットワーク上でのコミュニケーションなどが深く関わっていると考えられる。今回の研究と併せて第4章や第7章の研究とも関連してくるものと思われ、今後コミュニケーションの基盤の中心となると思われるソーシャルネットワークサービスを含めて、もう少し視野を拡げてみていく必要があるものとする。社会的アイデンティティ理論がいうグループ間の拮抗から生まれる偏見と差別[61, 62]に凝り固まった人々にも救いの道筋が見いだされるかもしれない。今後、様々なケースの分析、計算コストが許容する限りさらに大規模な事例研究にも繋がればと考えている。

7章 多層ネットワークへの拡張

7.1 多層ネットワークのオピニオンダイナミクス

本論文では、人々の合意形成の条件、孤立の問題、メディアの影響などについて Trust-Distrust Model を用いて調べて来たが、まだまだ拡張性があると考えている。ここではその一例として、多層ネットワークのオピニオンダイナミクス理論の可能性について述べる。

オピニオンダイナミクスの研究は、様々な意見、創造性、行動などの相互作用を予測することができる。その中でも、何が原因で人々の意見の分布が収束したり発散したりするのかを明らかにすることは、中心的な課題の一つである。この課題は個人間の相互作用構造に依存するため、ネットワークを考慮した繊細な議論が必要である。これまでの研究では、ネットワークにおけるオピニオンダイナミクスの収束に関する考察[86]、様々なネットワークに意志の強い人が存在する場合の収束の問題[87]、様々なネットワークにおけるシャノン情報量を用いたオピニオン・クラスターの特徴付け[88]などが行われている。Baumgaertnerら(2018)[89]は、空間的なオピニオン・イオン・ダイナミクス・モデルにおいて、ホモフィリー、ポラライゼーション、デッドロックに対する相互作用構造の効果を理論的に分析している。彼らは、偏りとデッドロックを減少させ、コンセンサスの速度を促進するテレフォニング効果を示している。ただし、2次元の格子ネットワークのみを扱っており、さらにネットワークを拡張する必要がある。Perra and Rocha(2019)[90]は、スモールワールドやスケールフリーなど、より複雑なネットワークにおける意見のダイナミクスをシミュレーションで分析し、フィルタリングがエコーチェンバーを強化することを示している。しかし、あまりにも複雑なネットワークは厳密な分析ができない可能性が高く、そのようなネットワークを網羅的に分析した研究はない。

オピニオンダイナミクスのモデルに基づくシミュレーションでの意見の収束を考える際には、ネットワーク構造だけでなく、個人間の影響力の度合いも重要な要素となる。典型的なオピニオンダイナミクスの研究では、個人間の信頼関係は常に正であると考えられているが、現実の社会のコミュニケーションに関しては説得力に欠ける。この点に着目した先行研究では、個人間のネガティブな関係、つまり相手を信頼していない関係に対処するために、Trust-Distrust Model の応用を提案している[54, 91]。「Trust-Distrust Model」というモデル名が最初に示されたのは、岡野・石井(2021)[92]である。これまでの Trust-Distrust Model を用いた研究では、個人間の影響度の収束への影響を分析する扉を開いたが、様々な相互作用構造に対する分析はまだほぼ未開拓である。

一般に社会では人々は多くの繋がりを持っている。住んでいる場所の近所の人々や、仕事仲間との繋がり、あるいは学生時代の繋がりなど、様々な繋がりがある。普段の生活や仕事と別に宗教活動によるネットワークもあるであろう。さらに今世紀に入ってからは、インターネット上でのソーシャルメディアによる繋がりも重要な役割を果たすようになってきた。こうした様々な繋がり、ネットワーク科学でも話題にされている。そのように社会の人々は、それぞれ単一のネットワークに所属しているわけではない。19世紀以前なら住んでいる場所と仕事をしている場所は同一というのが多かったかもしれないが、それでも人々が所属するネットワークは単一ではなく、いくつかのネットワークに所属している。特にソーシャルメディアによる繋がりが発達した現代では、地域のネットワークとソーシャルメディアネットワークと、多くの人は2つ以上のネットワークに所属しているだろう。図7-1に示したのは、そうした多層ネットワーク構造の模式的なイラストである。それぞれの人が住んでいる場所に地理的に制約された隣人ネットワーク以外に、多くの人々は職域のネットワークに参加していて、仕事などで日常的にそのネットワークの中で動いている。イメージとしては図7-1のようになると仮説する。

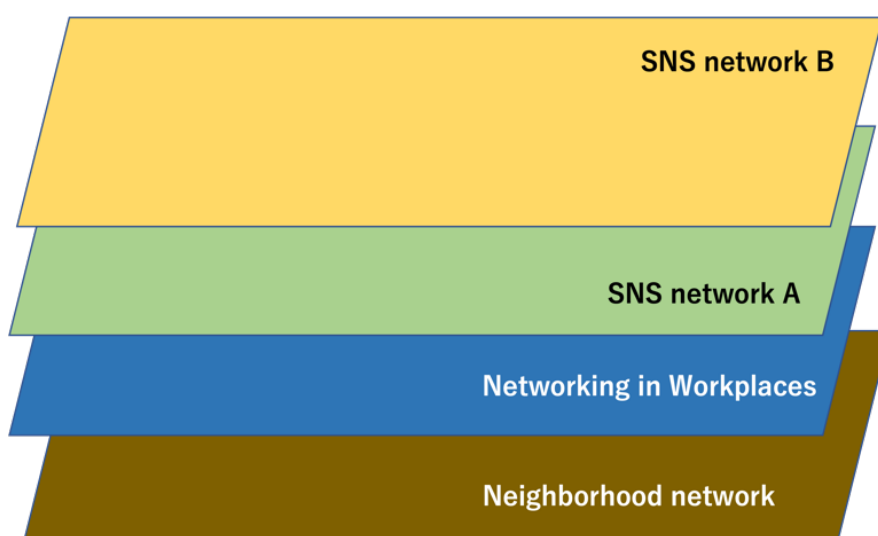


図7-1 人間社会のマルチネットワークの模式図

それに加えて、Facebook、Twitterなどのソーシャルメディアネットワークが社会全体を覆い、多くの人々が参加している。ただし、ここで多くの人々が様々なネットワークに参加しているという記述は重要である。参加するのは多くの人であって、全ての人ではない。図7-1もそうしたことを含んでいて、それぞれのネットワークに全員が加わっているわけではない。

電話も無かった 19 世紀以前の社会では、隣人ネットワークと職域のネットワークの二重ネットワークがメインである。宗教活動によるネットワークもあるが、多くの国では隣人ネットワークと重複するであろう。21 世紀の現代では、これらにインターネット上のソーシャルメディアネットワークが加わった。しかも、ソーシャルメディアネットワークは 1 つではなく、Facebook や Twitter など複数存在する。それらが多層構造として社会を覆い、1 人 1 人はそれらのネットワークの複数に所属していると考えられる。

そこで本章では、そうした多層的に存在するネットワークに、それぞれの人が所属する場合について考える。社会シミュレーションの方法としては、人々の意見の分布の動向を表現するオピニオンダイナミクスを用いる。複数のネットワークに人々がそれぞれ所属し、人によって所属するネットワークに違いがある場合を想定し、人々の信頼と不信の両方を扱え多くの社会現象を表現しやすい Trust-Distrust Model を拡張した [106]。

7.2 複数のネットワークでの Trust-Distrust Model

ある社会に 2 つのネットワークがあるとす。2 つのネットワークのそれぞれの信頼の係数を D_{ij} と L_{ij} とする。例えば、 D_{ij} はソーシャルネットワークの信頼係数であり、 L_{ij} は近所のローカルネットワークの信頼係数である。そうすると、オピニオンダイナミクスの式は以下のように拡張できる。

$$\begin{aligned} \Delta I_i(t) = c_i A(t) \Delta t + \sum_{j=1}^N D_{ij} \Phi(I_i(t), I_j(t)) (I_j(t) - I_i(t)) \Delta t \\ + \sum_{j=1}^N L_{ij} \Phi(I_i(t), I_j(t)) (I_j(t) - I_i(t)) \Delta t \end{aligned} \quad (16)$$

ここで、右辺の第 3 項は、隣接するネットワークの信頼係数を意味する。上の式は次のような形で書くことができる。

$$\Delta I_i(t) = c_i A(t) \Delta t + \sum_{j=1}^N (D_{ij} + L_{ij}) \Phi(I_i(t), I_j(t)) (I_j(t) - I_i(t)) \Delta t \quad (17)$$

したがって、デュアルネットワーク効果は、ちょうど行列 D_{ij} と L_{ij} の和として表すことができる。複数のネットワーク上の Trust-Distrust Model オピニオンダイナミクス方程式は、同様に以下の形で書くことができる。

$$\Delta I_i(t) = c_i A(t) \Delta t + \sum_{\alpha} \sum_{j=1}^N D_{ij}^{(\alpha)} \Phi(I_i(t), I_j(t)) (I_j(t) - I_i(t)) \Delta t \quad (18)$$

ここで、 α は各ネットワークを意味する。

7.3 二層隣人ネットワーク（1次元）

7.3.1 二層隣人ネットワーク（1次元）のモデル

本節では社会全体のネットワーク、すなわちある接続率で繋がっているランダムネットワークと全ての人繋がっている隣人のネットワーク、すなわち完全ネットワークが共存する2重のネットワーク（1次元）がある場合の意見の合意（収束）を式(18)を用いて検証する。

まずシミュレーションの設定について説明する。社会全体は1000人のランダムネットワーク、30%の接続率であり、式(18)の信頼係数 D_{ij} の正の値の割合が55%であると仮定する。 D_{ij} の値は、正の値の場合は0から0.02、負の値の場合は-0.02から0の範囲とする。近年の研究[45, 55]では、社会的ネットワーク全体で信頼係数 D_{ij} が正である割合が55%以上であれば社会全体が合意形成となることが示されている。

隣人のネットワークは、各人が自分に近い $2n$ 人とつながっていると仮定する。つまり、1次元ネットワークの " i " 番目の人は、 $i-n$ 番目から $i+n$ 番目の $2n$ 人とつながっている完全ネットワークとする。ここでは、2, 4, 8, 16, 32, 64 の n を計算する。式(18)の隣人のネットワークの信頼係数 L_{ij} が正である確率の値をいろいろと選び、社会全体のネットワークでは55%というような特別な閾値があるかどうかを調べる。 L_{ij} の値の範囲は、正の値の場合は0.02~0、負の値の場合は0~-0.02とした。式(18)は、この社会全体のネットワークと隣人のネットワークの信頼のマトリックスを合計することで、数值的に計算される。計算の結果、 N 人の意見の軌跡の時間変化と意見の分布が出力される。図 7-2 に意見の軌跡のグラフを示す。ここで、 $t=0$ のときの意見分布の幅を W_0 、時刻 $t=10$ の定義する時の意見分布の幅を W とすると、本節では意見の広がり時間的変化である ΔW を問題とする。 ΔW は以下のように定義される。

$$\Delta W = W - W_0 \quad (19)$$

この定義から、 ΔW が負であれば社会の意見が収束し、正であれば意見が発散することがわかる。以下の計算では、初期意見分布の幅を $W_0=20$ とし、初期意見は+10から-10までの一様乱数で決定する。

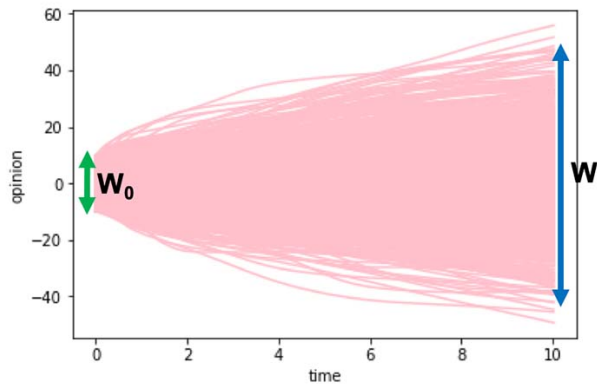


図 7-2 $t=0$ の時の意見の分布の幅を W_0 、 $t=10$ の時の意見分布の幅を W とする。

計算では、隣人のネットワークにおける信頼係数 L_{ij} の正の値の割合を変化させて、意見の分布の変化 ΔW を見る。もし ΔW が負の値であれば、合意形成されていると言えるだろう。図 7-3 は、信頼係数 L_{ij} の正の値の割合を $n=2, 4, 8, 16$ で変化させたときの意見分布の幅の変化を示したグラフである。前節で示したが、ここで隣人のネットワークは各人が自分に近い $2n$ 人とつながっていると仮定している。つまり、1次元ネットワークの " i " 番目の人は、 $i-n$ 番目から $i+n$ 番目の $2n$ 人とつながっているとす。図 7-3(a) は、隣人のネットワークのみの場合の結果、図 7-3(b) は、隣人同士のネットワークと社会全体のネットワークを組み合わせた場合の結果である。どちらの図も似ていて、社会全体のネットワークの影響はそれほど大きくない。どちらのグラフも、隣人のネットワークが小さい場合、信頼係数 L_{ij} の正の値の割合が増えるにつれて、意見の分布の幅がなだらかに小さくなっていく。しかし、図 7-3 (b) の 16 人の場合には、正の値の割合が 50% から 60% あたりで大きく合意形成に近づいている。図 7-3(a) (b) いずれも n の数が大きくなればなるほど L_{ij} の正の値の割合が小さくても合意形成していることがわかる。

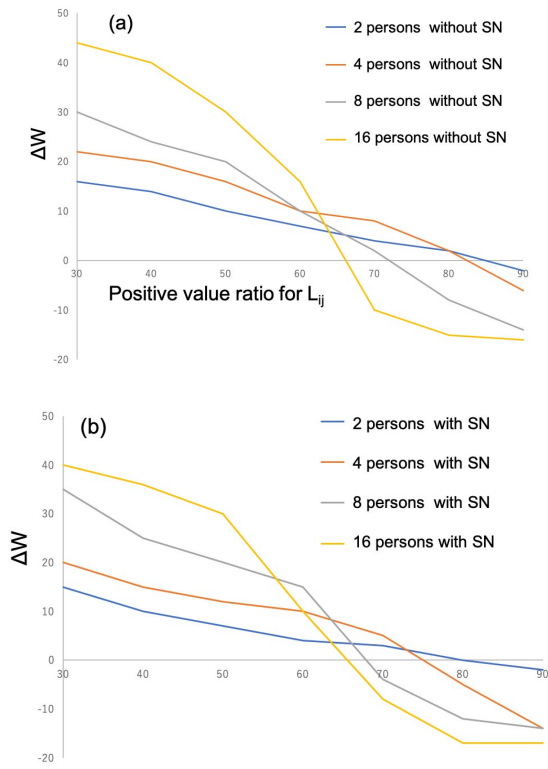


図 7-3 縦軸は ΔW の値。横軸は L_{ij} の正の値の割合。 $n = 2, 4, 8, 16$ の4つのケースでのシミュレーション結果。
 (a) $D_{ij}=0$ とする。(b) $|D_{ij}| \leq 0.02$ をランダムに設定し、 D_{ij} の正の割合を55%とした。

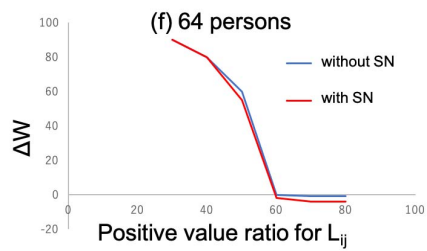
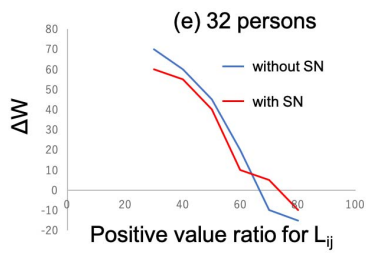
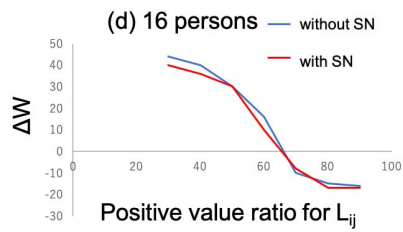
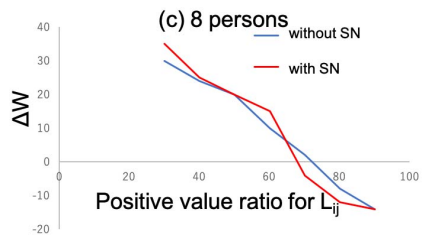
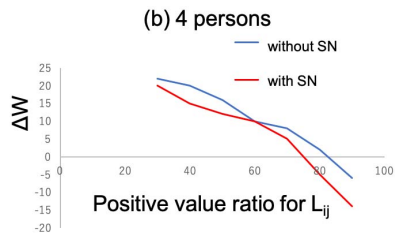
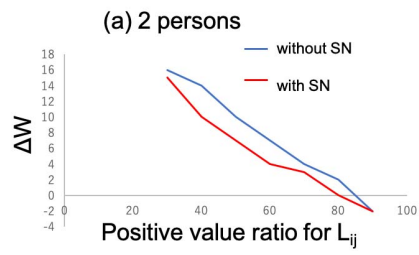


図 7-4 縦軸は ΔW の値, 横軸は L_{ij} の正の値の割合を表している。「SN」はソーシャルネットワーク(社会全体のネットワーク)を意味する。「SNなし」は $D_{ij}=0$ の場合、「SNあり」は $|D_{ij}| \leq 0.02$ をランダムに設定し D_{ij} の正の要素の割合を 55%に固定した場合である。各グラフでは 2 つのモデルを比較している。

図 7-4 では、隣人のネットワークを 2 人、4 人、8 人、16 人、32 人、64 人で構成した場合と、社会全体のネットワークを持たない場合と仮定した。 ΔW を比較している。各グラフの結果からもわかるように、隣人のネットワークだけの場合(青線)よりも、社会全体のネットワークを加えた(赤線)の方が、概ね下側にある傾向が見られた。つまり意見の分布の幅が小さい傾向が見られた。従って、影響が小さくても、社会全体のネットワークの存在が、隣人のネットワークに影響を与えていることがわかる。

7.3.2 二層ネットワークモデル(1次元)の考察

本節では、社会全体のネットワークと隣人のネットワークが共存する 2 重のネットワーク(1次元)がある場合の意見の収束条件を検証した。そのために、ネットワークの組み合わせを考慮し Trust-Distrust Model を拡張した式を適用した。社会全体は 1000 人とし、隣人のネットワークにおいては $n=2\sim 64$ までとして、異なるいくつかの隣人ネットワークにおける意見のダイナミクスを分析した。繋がる確率が 30%だとすると、平均的な人は 300 人と接触することになる。したがって隣人のネットワークが 2 人や 4 人など人数が少ない場合は、社会全体のネットワークの影響をより強く受けることになる。

項 7.3.1 ではまず、隣人のネットワークが単独でどのような性質を持っているのかを見るために、社会全体のネットワークがない状態で、隣人のネットワークだけの意見動態を計算した。これを図 7-3(a)に示した。図 7-3(a)では、 $n=2, 4, 8, 16$ 人の隣人がいるときに、信頼係数 L_{ij} の正の値の割合の変化によって、隣人のネットワークが合意形成しているかどうかを計算している。 ΔW が負のときに合意形成されるので、信頼係数 L_{ij} の正の値の割合が大きいときに合意形成されることがわかる。この計算では隣人のネットワークに接触している人の数が増えると合意が形成されやすくなることがわかる。次に、隣人ネットワークが同じ人数の場合、社会全体のネットワークの影響を受ける場合と受けない場合を比較した。図 7-4 は $n=2$ から 64 までのその計算結果を示している。いずれの場合も、社会全体のネットワークが強い方が、概ね下側で推移している。即ち意見の分布がやや狭くなり、合意が得られやすい傾向が見られた。この社会全体のネットワークが果たす役割は、バウムガートナーのテレフォニング効果[89]と

似ている部分がある。シミュレーションの結果、信頼関係の割合（本研究のモデルでは $D_{ij} > 0$ の割合に相当する）が多いほど収束が容易になることがわかった。

そして、社会全体のネットワークがある場合の効果についても分析した。社会全体のネットワークがある場合とない場合のシミュレーションを比較したところ、社会全体のネットワークの影響は個人間の意見の合意形成をわずかに促進することがわかった。

7.4 多層隣人ネットワーク（2次元正方格子）

7.4.1 多層隣人ネットワーク（2次元正方格子）のモデル

本節ではまず、人々の繋がりを2次元の地理的な繋がりとして把握するため、 N 人の人々の繋がりのネットワークを2次元正方格子で表す。図7-5に示したのが2次元正方格子モデルである。ここで中央の赤い丸の人に注目すると、その人と繋がる隣人は青い丸の人4人であるとする。これは2次元正方格子での第1近接格子点に相当する。つまり、すぐ隣に住んでいる隣人としか繋がりが無く、近くに見えても第1近接格子点でない人とは繋がっていないとする。これは2次元正方格子の場合、繋がりは4人ということになる。 N 人で構成される社会で4人としか繋がっていないければ、社会のほとんどの人とは繋がっていないことになる。本研究では、これを社会における隣人ネットワークのモデルと考える。式(17)で、 L_{ij} で表されるのがこの2次元正方格子での第1近接格子点で i が赤丸だとすれば、 L_{ij} は青の丸の4人だけが繋がっている j で、他の全てについては $L_{ij}=0$ である。

実際の近所の人々との生活では、この第1近接格子点だけでなく、第2近接格子点や第3近接格子点も繋がりがあろうと思うが、これらは単純な拡張となるため、ここでは単純化するために第1近接格子点だけを繋がりがあろうとする隣人と想定する。第2近接格子点、第3近接格子点を含めた拡張は理論上もプログラミング上も容易である。

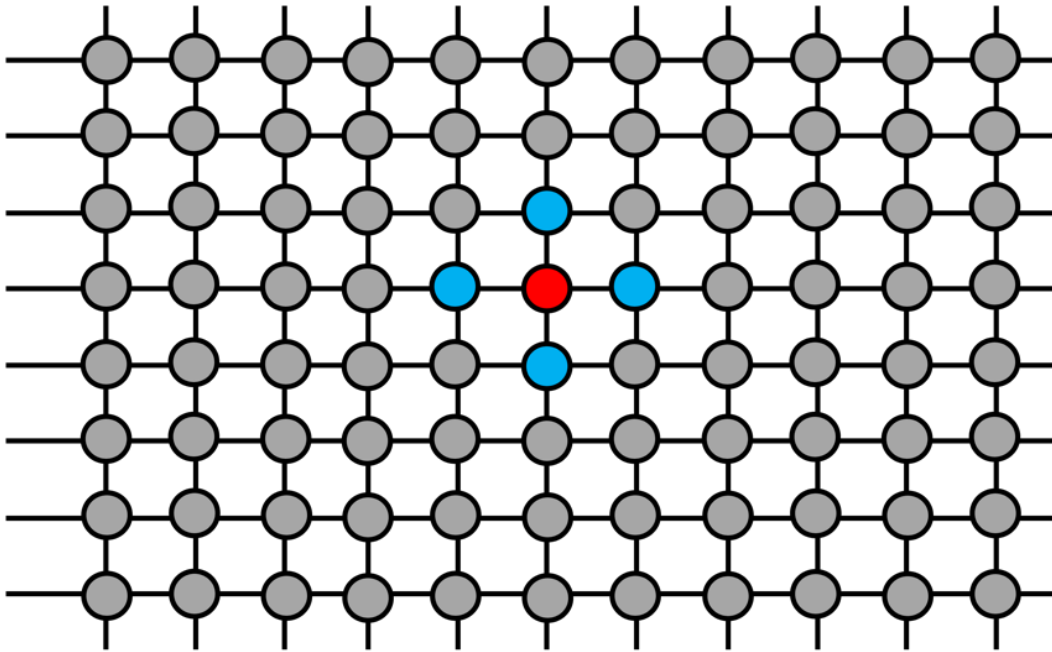


図 7-5 近隣ネットワークとしての 2 次元正方格子

一方、社会全体のネットワークとして、もう一つのネットワークを別に考える。このネットワークは Facebook、Twitter、Instagram などが想定できる。ここではそのうちのどのネットワークかを特定はせず、ただ社会の人々全員が所属しているネットワークと考えることにする。この社会全体のネットワークによる繋がりが完全ネットワークであれば、社会全体の人々全員をこの社会全体のネットワークの上では把握していて、繋がっていることになる。この繋がりのネットワークがランダムネットワークやスケールフリーネットワークなら、人々は繋がっているのは社会の全員とではなく、一部の人と繋がっていることになる。

ここでの計算では、社会全体のネットワークで繋がっている N 人の人々と、その中の一部の人が隣人ネットワークで繋がっている系を考える。 N 人は図 7-5 のように 2 次元正方格子として各ノード、つまり各人が並んでいるとする。以下の計算では $N=1600$ で、 40×40 の 2 次元正方格子として配列する。境界は周期的境界条件として、端は反対側の端と連続的に繋がっているとする。ちなみに、節 7.3 の 1 次元の時は、各人が連続的にではなく自分に近い $2n$ 人と繋がっていると仮定した。社会全体のネットワークは、この全員 1600 人が繋がっているとする。ただし、ランダムネットワークで接続率は 30% であるとする。図 7-6 上図のように 1600 人全員が一様な意見を持っているとする。

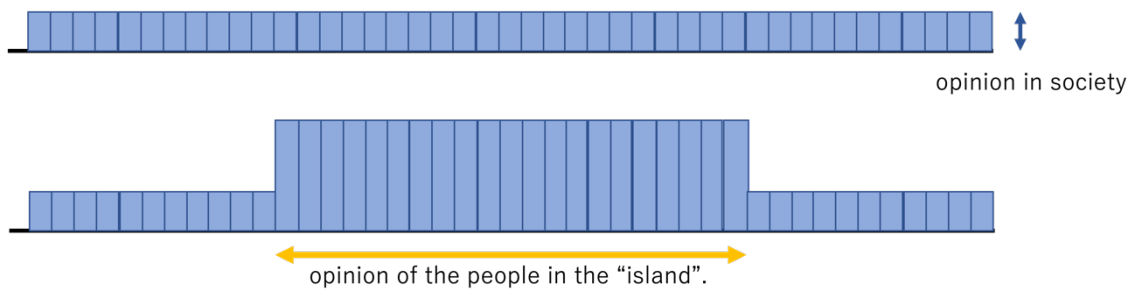


図 7-6 近隣ネットワークにおける意見の「島」のモデル

以下の計算では、 40×40 の 2 次元の世界の中に「島」と呼ばれる部分を設定し、この島の部分だけは、人々の意見 I_i の値が大きくなっていると設定する（図 7-6 下図）。またその島の部分だけが隣人ネットワークでも繋がっているとす。

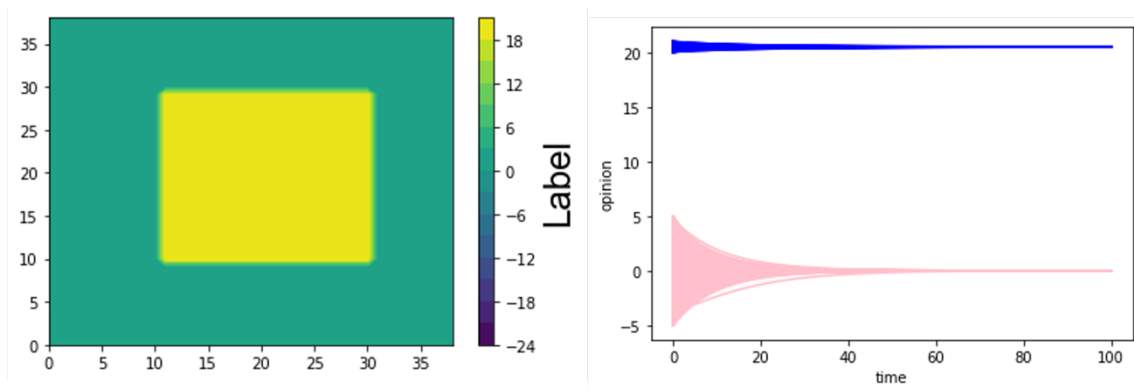


図 7-7 社会全体の中に島が 1 つ。社会全体は $40 \times 40 = 1600$ 人で、島は 20×20 の大きさである。

図 7-7 に示したのが、こうした島の計算の例であり、社会全体が $40 \times 40 = 1600$ 人で、島は 20×20 の大きさである。島の中の人々は隣人ネットワークで繋がっている。島の中の人々の意見は 20 で、島以外の人々の意見は 0 である。Trust-Distrust Model でオピニオンダイナミクス計算をした結果が図 7-7 の右で、島の中の人々と島の外の人々がそれぞれに合意形成する。

図 7-8 に示したのは、島の中の人々の隣人ネットワークの信頼度の係数 L_{ij} の値を変えて計算した例である。それぞれの図の左下は島の中の人と島の外の人とが相互作用している例、右上の島は島の中の人と外の人に影響を与えないように設定した例である。図でわかるように、島の中の人と外の人が影響を与えあうと、 L_{ij} が大きいほど、島の中の人と外の人意見が混ざり合い、島は無くなっていく。つまり、島内の人々の L_{ij} が高いが故に島外の人々の影響が島内の人々に徐々に浸透していくためと考えられる。

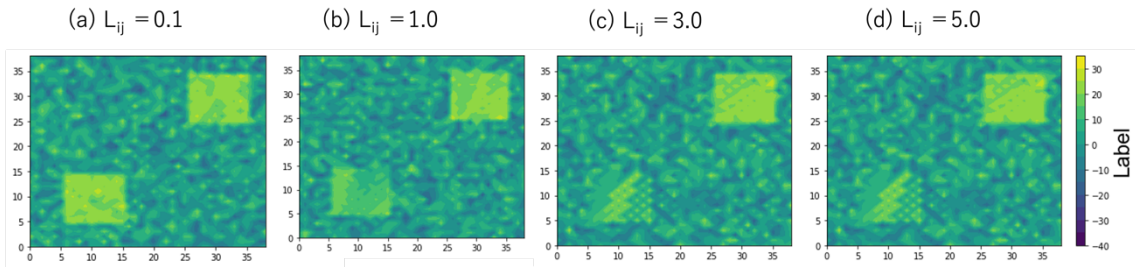


図 7-8 二つの近隣ネットワークの島を設定。それぞれの右上の島は島の外と中の相互作用がない。左下の島は島の中の人と外の人がお互いに相互作用がある。 L_{ij} の値を4種類設定した。

図 7-9 に示した図は島が消えていく理由である。図 7-9(b)にあるように、赤の人に注目すると、隣人ネットワークはすぐ隣のオレンジ色の人とだけ L_{ij} で影響を与え合う。赤の人が島の端にあると、図 7-9(c)のように島のすぐ外側の人と相互作用する。お互いに信頼関係があれば、合意形成として島の中の人と外の人意見はその中間の値でまとまるようになる。そのため、図 7-9(d), (e), (f)のように島は周囲の人々の意見の影響を受けて、島の高い意見は失われていく。

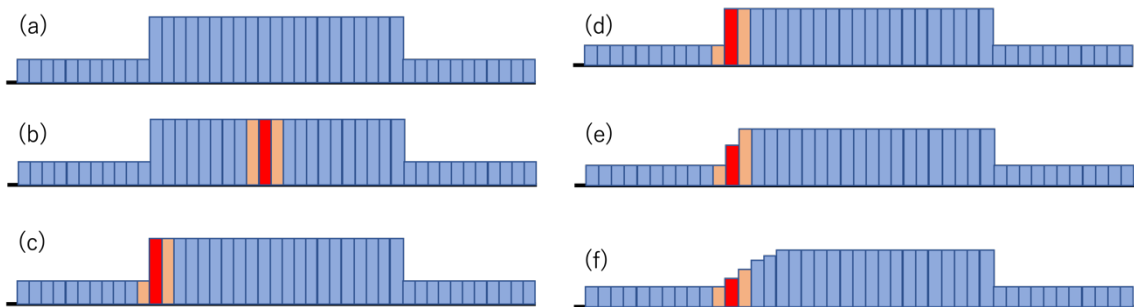


図 7-9 島が消滅する理由を模式的に示したもの。

図 7-8 の右上の島は、相互作用する赤い人が島の端の一行内側に限定した場合である。この場合は島の中の人と隣人ネットワークとして意見交換するのは島の端の人までに限定され、島の外の人と隣人ネットワークとしては意見交換しない。そのため、図 7-9 に示したようなメカニズムが働かず、島は保たれるということである。

このような島は、2次元正方格子モデルの中でいろいろと設定できる。図 7-10 に示したのはその2例で、いずれも島の外に相当する緑色の領域が2つに分けられていて、周期的境界条件であっても、2つの緑の領域は混じり合わず、別々の領域となる。

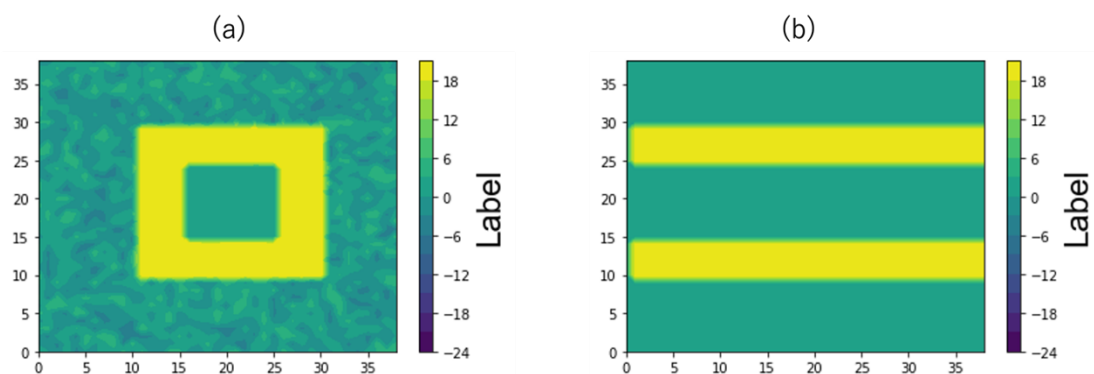


図 7-10 近隣ネットワークとグローバル・ソーシャル・ネットワークを用いたオピニオンダイナミクスの 2 つの計算モデル

7.4.2 多層隣人ネットワークモデル（2次元正方格子）の考察

社会の人々は普通、いくつかのネットワークに属し、ソーシャルメディアネットワークだけではないし、近所の人々による隣人ネットワークだけでも無い。本研究ではそうした複数のネットワークに人々が属している場合のオピニオンダイナミクスを、信頼と不信の両方を扱う Trust-Distrust Model の拡張として提案した。その 1 つの具体的な例として、ソーシャルメディアネットワークを社会全体を覆うグローバルなネットワーク、隣人ネットワークを 2 次元正方格子モデルで最近接の 4 人とだけ意見交換するネットワークとして設定し、この 2 つの両方に人々が所属するとしたモデルを提案した。

2 次元正方格子モデルは単純なモデルではあるが、地理的条件を反映させることもできるので、隣人ネットワークの例としてふさわしいと考えられる。図 7-8 からは隣人ネットワークによる人々がお互いに与える影響が社会全体のネットワークに比べてどれくらい強いかで、計算結果が異なることを示している。

本研究で提案したモデルは、今後コミュニティの大小、コミュニティが密か疎かの違いを解析するのにいいモデルであろうと考えられる。

7.5 第 7 章のまとめ

本章では信頼と不信の両方で人々が意見交換するオピニオンダイナミクスである Trust-Distrust Model を多層ネットワーク構造に拡張した。これによって社会の人々が隣人ネットワークやソーシャルメディアネットワークなど複数のネットワークに加わっている場合の意見分布の解析が容易となった。

ここでは、多層ネットワーク構造の一例として社会全体を覆うソーシャルメディアネットワークと 2 次元正方格子モデルで表現した隣人ネットワークによる二重ネットワークでの計算を行い、地理的条件での結びつきの有無などを表現できる社会シミュレーションのモデルを提示した。今後もさらにインターネ

ットなどを媒体としたコミュニケーション手段が老若男女、時空間的な制約を越えてさらに拡がり、それに伴い人々のネットワークの姿も形を変えて拡大していくことが確実と思われる。また地域のネットワークも様々な要因で変化していくと想定される。今回提示した多層ネットワークへのオピニオンダイナミクス理論の適用は今後増々その必要性が高まってくるものと考えられる。複雑化を増している社会の理解の一端を担えればと思い、これからの大きなテーマのひとつと考える。

第8章 考察

今世紀に入って増々複雑化する社会が包含する社会的な諸問題について、オピニオンダイナミクス的手法を適用した。様々な条件を設定したが、複雑な社会現象のほんの一部しか検証出来ていない。しかしながら喫緊の課題解決へのヒントや方向性の道筋を提示できたと考えている。

ここで本論で議論した重要な定義について再度触れておく。本研究では人々の意見の変遷と意見分布に焦点を当てて分析を行っており①合意形成とは、人々の意見が一つないしは複数の集団(クラスター)となって時間と共に収束することである。逆に合意形成をしていないのは、人々の意見が時間と共に収束せず発散した状態となることである。②孤立は、他の人々と意見交換をした結果、意見分布から独立している状態である。③分断や分裂は、複数の集団間で意見が分かれ、且つ集団それぞれで合意形成している状態とした。その他の定義については各項でそれぞれ表記した。

第1章では本論文の序論について述べた。第2章から第4章ではオピニオンダイナミクス理論の概要と基本的な考え方について整理した。第5章と第6章では本論文の主題である孤立・孤独、分裂・分断の問題について分析した。第7章は複雑化するネットワーク構造への拡張の可能性について触れた。各章それぞれについて述べる。第2章では本論文の理論について説明した。

第3章では、社会の人々が合意を形成する条件、形成できない条件について様々なネットワーク構造でシミュレーションを実施した。社会の人々の繋がりが完全ネットワークや接続率50%のランダムネットワークにおける信頼度55%という閾値を採用したモデルの計算と設定によれば、55%という閾値が合意を形成するための目安となり得る。つまり合意形成のために100%の人の信頼は必要ではなく55%あれば十分であることを示す。しかしスケールフリーネットワークは明確な相転移点を示さない。またハブとなる人物の役割が非常に重要でありカリスマと同様に意見分布のピークを形成し、あたかもカリスマ的人物のような存在になりやすいこともわかった。さらに人々の繋がりが疎である場合、合意形成の閾値は上がり合意形成は難しくなることがわかった。つまり社会の人々の30%が接続可能であるような小規模な社会では合意形成が容易であり、逆に都会のように人々が多い環境では接続率が低くなるため合意形成は容易ではないことがいえる。

第4章では、メディアが社会に与える影響やメディアの影響が届かない人について、メディア効果の因子を含んでいるTrust-Distrust Modelを用いて検討した。メディア効果の強さにより人々の意見は偏り、誘導される。特に強い意見を持たない人にその効果は顕著である。メディアは主にそのような弱い意見を持

つ人々に向けて働きかけており、弱い意見を持つ人々へのメディア効果は社会学にとって非常に興味深い現象である。今回の検証結果はマイクロターゲティングのモデルとして応用できる。また、社会の人々の接続率とメディアの効果についても調べ、人と人との繋がりが強まるほどメディア効果の影響度が弱まることを確認した。本章で示したオピニオンダイナミクスの理論に基づくメディア効果のメカニズムの解明は、社会やメディアの研究に役立つ社会物理学的手法を提供するものである。人々が社会の中でどのような方法で繋がりを持っているかは、現代では携帯電話やSNSなど様々な手段が存在するがその中でも人々の意識や考え方は、特に SNS で繋がりのある人々からの影響が大きくなっている。テレビや新聞などのメディアの影響を受けない人についても他人との繋がりがあれば、その繋がりを通して間接的にメディアの影響を受ける。つまり小規模の社会や狭いコミュニティなど周囲の人々との繋がりが密であれば影響を受け、大都会のように繋がりが疎であれば、影響を受けずに社会から孤立する可能性があることがわかった。

第5章では、孤立・孤独の問題について、カリスマ的な人、周囲の人から信頼されず孤立する人の問題を考えた。カリスマ性のある人物は社会から信頼されていることから、その人物の意見に人々の意見が近づく傾向がみられた。孤立する人の問題は現実の社会の中だけでなく、SNS 上の人間関係でも起こりうることである。いかに孤立を解消できるか、そしてそのことにより社会リスクの低減ができるかが本研究のテーマとなる。シミュレーションによると孤立した人はカリスマ的な人気を持つ人への信頼感を持つことで孤立から救われ、そのことによりカリスマ性のある人への社会からの信頼は弱くなる。孤立した人がカリスマ性のある人を信頼できない場合は、カリスマ性のある人の人気によって孤立を解消することはできなかった。また孤立した人は社会からの不信感を減らすことでも孤立を解消できることがわかった。これより孤立の解消のためにはカリスマ的な人気のある人の人気を利用することもできるが、それより前に社会からの不信感を少しでも減らす努力をするということが大切であると言える。しかしながら孤立した人の自助努力だけでなく、現実的にはむしろ社会全体が格差や誹謗中傷などの諸問題に積極的に取り組んでいくことが必要ではないかと特に付け加えておきたい。ネット空間上においても様々な意見交換と意見の形成過程をシミュレーションすることは、まさにオピニオンダイナミクスと呼ばれる研究の得意分野と考える。この結果から大きな社会問題となりつつある孤立・孤独の問題へのひとつのヒントを提示できたと考えている。

第6章では、もう一つの社会問題である分裂・分断について、ふたつに分かれた社会と「内集団」と「外集団」という2つのグループ間の対立を通して考えた。2つに分割された社会でも人々の信頼度の大小や繋がりにある接続率の大小

により合意形成するかしないかが分かれる。すなわち 2 つに分割された社会がそれぞれ対立した意見で合意に達した場合、社会が 2 つに分断される。その場合妥協の余地はなく両者の対立に発展する可能性が大きくなる。反対に、グループ内とグループ間の信頼関係が弱い場合もしくはグループ内の繋がりが希薄な場合は、どちらのグループも合意形成に至ることができず紛争に発展しないことがわかった。これは社会での紛争を防ぐためのヒントになると言える。

「内集団」と「外集団」においてもグループ内信頼度、グループ間信頼度の大小により意見の収束・発散が分かれる。グループ間でも合意形成できる可能性はあるが、現在のアメリカ合衆国の共和党・民主党の例のように相手の党（外集団）に対し、自身の属する党内（内集団）の結束力が高まって拮抗するようになる場合もある。現在、共和党と民主党は多くの問題で対立しており、共和党员と民主党員は相手の党に対する憎しみのために、いろいろな問題について合意することができない。実現は相当厳しいと思われるが、今回の分析結果を踏まえると、この政党間の対立を解消するためには、両党が党内で意見の相違を生み出し、政党間の信頼を高める方法を模索する必要がある。今後この党派対立の実例を検証することで、さらなる社会的危機を回避するための方法への示唆を得られる可能性がある。社会の意見構成に多様性があれば、また繋がりが強すぎないほど対立への発展性が阻害されると言える。さらに付け加えるのであれば、都会であればあるほど人々の繋がりが希薄となり対立の先鋭化の可能性は減ると予想されるが、今般の元首相の国葬に向けては社会を二分した論争に発展した。もちろんメディアの影響も大きいですが、新たなコミュニケーション手段として中心的になりつつあるソーシャルネットサービス、いわゆる SNS が人々の繋がりの促進に大きな役割を果たしたのではと考えている。社会の分裂・分断の理解には SNS を含めた検証が不可欠になっていることを示唆していると考えている。

第7章では、社会全体のネットワークと隣人のネットワークが共存するなど、多層なネットワークの意見のダイナミクスを考察した。ここでは隣人のネットワークに接触している人の数が増えると信頼係数 L_{ij} の正の値の割合が急激に増加し、合意が形成されやすくなることがわかった。また社会全体のネットワークがあると意見の分布がやや狭くなり、合意が得られやすくなることもわかった。社会の人々は普通いくつかのネットワークに属している。本研究ではそうした複数のネットワークに人々が属している場合のオピニオンダイナミクスを、信頼と不信の両方を扱う Trust-Distrust Model の拡張として提案した。その1つの具体的な例としてソーシャルメディアネットワークを社会全体を覆うグローバルなネットワーク、隣人ネットワークを2次元正方格子モデルで最近接の4人とだけ意見交換するネットワークとして設定し、この両方に人々が所属するとしたモデルを提案した。隣人ネットワークによる人々がお互いに与える影響が

社会全体のネットワークに比べてどれくらい強いかで、計算結果が異なることを示している。小さいコミュニティなら隣人ネットワークの方が圧倒的に強い。しかし人口の多い大都会に暮らし周囲と交流しない人の隣人ネットワークは極めて弱く、社会全体のネットワークが主になるであろう。本研究で提案したモデルはこうしたコミュニティの大小、コミュニティが密か疎かの違いを解析するのにいいモデルであろうと考えられる。多様化する現代社会での複雑化したネットワークでの今後の活用が期待できる。

第9章 結論

本研究では Trust-Distrust Model の拡張性を生かして、刻々と様相が変化する現代社会にオピニオンダイナミクスを展開し、顕在化する社会的諸問題、特に大きな問題となっている孤独の問題と分断の問題に適用することを目指した。研究の成果は各章及び第8章考察に述べた通りであるが、その中でも本研究での新たな試みや重要だと思ふことについて以下にまとめる。

1つ目は、人々の合意形成の閾値となる55%ルールの検証と、その55%の値はネットワークの疎密に大きく依存することを発見したことである。合意形成の条件について石井・川畑 2020 [45] での完全ネットワークから、ランダムネットワークとスケールフリーネットワークへ拡張、また接続率を1%など小さい値にした場合も検証した(石井・与村・岡野 2020 [55])。どちらも新しい試みである。

2つ目に、合意形成の条件が明らかになったことで、社会の分裂にも本研究から新しい知見が得られた。分裂して2つに分かれた社会の人々がそれぞれ合意形成しやすい条件にあると、社会は2つの意見に分かれ、分裂の可能性が高まる。しかしそれぞれのグループが合意形成しにくい条件であれば、社会の分裂は回避できるという知見が得られた。つまり社会全般でもそれぞれの意見のグループでも合意形成しにくい方が社会の分裂の危険を回避できるという、ある意味ではこれまでの政治学の常識とは違う結果(石井・岡野・西川 2021 [54])である。

3つ目に、社会から信頼されていない人の孤立の解消へ向けての新しい知見が得られた。すなわち社会的に支持されている人の人気に頼って救われる場合もあるが、それよりまず第一に大切なことは、孤立した本人が自ら社会からの信頼を回復する努力が必要だということである。

4つ目に、メディアの影響をオピニオンダイナミクスで初めて扱ったことも本研究の意義である。そしてメディアの効果が意見の弱い人に顕著に現れること、メディアから切り離された人にも社会とのつながりを通して効果が波及することがわかった。

5つ目に、新たな Trust-Distrust Model の拡張として、複数のネットワークを考慮した多層ネットワークを提案したことである。隣人ネットワークに社会全体のネットワークの二重構造を調べ、隣人ネットワーク単独の場合より社会全体のネットワークがあると、意見の分布がやや狭くなり合意が得られやすくなることがわかった。複雑化するネットワークでのさらなる活用が期待できる。

今回の研究は応用の基本となり得る検証を行った。本研究をステップアップしたものとして社会シミュレーションの条件や要素を変えることによって、よ

り具体的な検証結果を得ることができる。そして社会の問題解決に活かせるものとなると考えている。その点で本研究の延長線上に位置する今後の研究テーマについて触れておきたい。ひとつは、より現実に近いスケールフリーネットワークの分析である。特にハブとなる人物の役割が興味深いと考えている。これはネットワーク上の孤立の解消にも大きく関わって来るものと考えている。次に、メディアによるマイクロターゲティング効果についてもさらに分析を進めてみたい。社会の意見・世論醸成への影響など、分裂・分断現象への入り口になっている可能性も考えられる。しかし最も急がれるのは、社会のコミュニケーション手段の主力となりつつある、ソーシャルネットワークサービスへのオピニオンダイナミクスへの適用である。直接的な繋がりが希薄になっている現状では社会全体を覆うネットワークの分析は重要である。第4章のメディアの効果や第7章の多層ネットワークの研究はその意味でもさらに進めていく必要があると考える。さらにSNS上での炎上や仲間はずれ、それに伴う孤立の問題、インフルエンサーの役割などの解明も、意見の変遷を追跡できるオピニオンダイナミクスの得意分野と言える。

本研究で顕在化する社会の分裂や分断現象、孤独の問題、また急速に変化するコミュニケーション手段等の変化による諸問題解決への社会的なアプローチの手段として、オピニオンダイナミクスの理論である Trust-Distrust Model が有効であると検証できた。また Trust-Distrust Model の拡張性の可能性についても確認ができたと考えている。今後さらなる拡張の可能性と社会諸問題解決のためへの解析も期待できる。学問としての社会物理学は世の中の現象の理解の手段としての理論的成熟度、認知度がまだまだ低いと考える。今回 Trust-Distrust Model を一部の社会現象に適用したが、ほんの一部分でしかなく、今後の大学などでの検証や研究を通して実社会への活用を図り、更なる成熟と認知がなされることが望まれる。

社会の動きを人々の意見の変遷を通じて分析するのがオピニオンダイナミクス理論であり、この新しい分野に向けた今後の研究が複雑化する社会の理解に資することを願ってこの論文の締めとしたい。

参考文献

- [1] Claudio Castellano, Santo Fortunato and Vittorio Loreto: Statistical physics of social dynamics, *Reviews of Modern Physics* 81, 591/646 (2009)
- [2] Sîrbu A., Loreto V., Servedio V.D.P., Tria F.: Opinion Dynamics: Models, Extensions and External Effects. In: Loreto V. et al. (eds) *Participatory Sensing, Opinions and Collective Awareness. Understanding Complex Systems*. Springer, Cham, 42 pp. (2017)
- [3] Galam S: Real space renormalization group and totalitarian paradox of majority rule voting, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 285, 15 66–76 (2000)
- [4] Sznajd–Weron and J. Sznajd: *Int. J. Mod. Phys.:* Opinion evolution in closed community. In: *International Journal of Modern Physics C* 11, pp1157–1165 (2000)
- [5] Sznajd–Weron, M. Tabiszewski, and A. M. Timpanaro, A.: Phase transition in the Sznajd model with independence. *Europhys. Lett.* 96(4), 1–6 (2011)
- [6] Galam S: Application of statistical physics to politics, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 274, 1999, Pages 132–139
- [7] Galam: “Rational group decision making: A random field Ising model at $T=0$ ”, *physica A* 238, p.66 (1997)
- [8] Galam S: Are referendums a mechanism to turn our prejudices into rational choices? An unfortunate answer from sociophysics, Chapter 19 of *The Routledge Handbook to Referendums and Direct Democracy* edited by Laurence Morel and Matt Qvortrup, (Taylor & Francis, London, 2017)
- [9] Galam, S: The Trump phenomenon: An explanation from sociophysics, *Int. J. Mod. Phys.B31* (2017) 1742015
- [10] Gérard Weisbuch, Guillaume Deffuant, Frédéric Amblard and Jean–Pierre Nadal: Meet, Discuss and Segregate, *Complexity* 7(3), 55–63 (2002)
- [11] Hegselmann R and U Krause: Opinion Dynamics and Bounded Confidence Models, Analysis, and Simulation, *Journal of Artificial Society and Social Simulation* (2002).5,3. p.1–33
- [12] Wander Jager and Frédéric Amblard: Uniformity, Bipolarization and Pluriformity Captured as Generic Stylized Behavior with an Agent–Based Simulation Model of Attitude Change, *Computational and Mathematical Organization Theory* 10 295–303 (2004)
- [13] Wander Jager and Frédéric Amblard: Multiple attitude dynamics in large populations, In: the Agent 2005 Conference on Generative Social Processes, Models and Mechanisms, October13–15, 2005 at The University of Chicago.
- [14] Evaguenii Kurmyshev, Héctor A. Juárez, Ricardo A. González–Silva: Dynamics of bounded confidence opinion in heterogeneous social networks: Concord against partial antagonism, *Physica A*390 2945–2955 (2011)

- [15] A Ishii and Y Kawahata: Opinion Dynamics Theory for Analysis of Consensus Formation and Division of Opinion on the Internet, In: Proceedings of The 22nd Asia Pacific Symposium on Intelligent and Evolutionary Systems (IES2018), 71–76 (2018); arXiv:1812.11845 [physics.soc-ph]
- [16] Ishii A.: Opinion Dynamics Theory Considering Trust and Suspicion in Human Relations. In: Morais D., Carreras A., de Almeida A., Vetschera R. (eds) Group Decision and Negotiation: Behavior, Models, and Support. GDN 2019. Lecture Notes in Business Information Processing 351, 193–204 Springer, Cham (2019)
- [17] Akira Ishii and Yasuko Kawahata: Opinion dynamics theory considering interpersonal relationship of trust and distrust and media effects, In: The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence 33 JSAI2019 2F3-OS-5a-05 (2019)
- [18] N Okano and A Ishii: Isolated, untrusted people in society and charismatic person using opinion dynamics, In: Proceedings of ABCSS2019 in Web Intelligence 2019, 1–6 (2019)
- [19] A Ishii and Y Kawahata: New Opinion dynamics theory considering interpersonal relationship of both trust and distrust, In: Proceedings of ABCSS2019 in Web Intelligence 2019, 43–50 (2019)
- [20] N Okano and A Ishii: Sociophysics approach of simulation of charismatic person and distrusted people in society using opinion dynamics, In: Proceedings of the 23rd Asia-Pacific Symposium on Intelligent and Evolutionary Systems 238–252 (Springer, 2019)
- [21] Deffuant, G., Neau, D., Amblard, F., Weisbuch, G.: Mixing beliefs among interacting agents. *Adv. Complex Syst.* 3, 87–98 (2000)
- [22] French, J.R.P.: A formal theory of social power. *Psychol. Rev.* 63, 181–194 (1956)
- [23] Harary, F.: A criterion for unanimity in French theory of social power. In: Cartwright, D. (ed.) *Studies in Social Power*. Institute for Social Research, Ann Arbor (1959)
- [24] Abelson, R.P.: Mathematical models of the distribution of attitudes under controversy. In: Frederiksen, N., Gulliksen, H. (eds.) *Contributions to Mathematical Psychology*. Holt, Rinehart, and Winston, New York (1964)
- [25] De Groot, M.H.: Reaching a consensus. *J. Amer. Statist. Assoc.* 69, 118–121 (1974)
- [26] Lehrer, K.: Social consensus and rational agnology. *Synthese* 31, 141–160 (1975)
- [27] Chatterjee, S.: Reaching a consensus: some limit theorems. *Proc. Int. Statist. Inst.* pp. 159–164 (1975)
- [28] Tanimoto, K., Kita, H., Mitukuni, A.: Opinion choice model in public meeting by using evolutionary game theory, *infrastructure planning review*, vol. 18, no. 1, p. 8995 (2001)
- [29] Takács, K., Flache, A. and Mas, M. (2016). Discrepancy and disliking do not induce negative opinion shifts. *PLoS ONE*, 11(6), e0157948
- [30] Wood, T. and Porter, E. (2019). The elusive backfire effect: Mass attitudes' steadfast factual adherence. *Political Behavior*, 41(1), 135–163

- [31] Salzarulo, L. (2006). A continuous opinion dynamics model based on the principle of meta-contrast. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 9(1), 13
- [32] Flache, A. (2018). About renegades and outgroup haters: Modeling the link between social influence and intergroup attitudes. *Advances in Complex Systems*, 21(06n07), 1850017
- [33] Alina Șîrbu, Vittorio Loreto, Vito D.P. Servedio, Francesca Tria, *J Stat Phys* (2013) 151:218–237, Opinion Dynamics with Disagreement and Modulated Information
- [34] Acemoglu, D., Como, G.: Opinion fluctuations and disagreement in social networks. Massachusetts Institute of Technology Department of Economics Working Paper Series (2010)
- [35] Hong, H., Strogatz, S.: Conformists and contrarians in a Kuramoto model with identical natural frequencies. *Phys. Rev. E* 84(4), 1–6 (2011)
- [36] Kondrat, G., Sznajd-Weron, K.: Spontaneous reorientations in a model of opinion dynamics with anticonformists. *Int. J. Mod. Phys. C* 21, 559– 566 (2010)
- [37] Nyczka, P., Sznajd-Weron, K., Cislo, J.: Phase transitions in the q-voter model with two types of stochastic driving. *Phys. Rev. E* 86(1), 011105 (2012)
- [38] Radillo-Díaz, A., Pérez, L.A., del Castillo-Mussot, M.: Axelrod models of social influence with cultural repulsion. *Phys. Rev. E* 80(6), 1–6 (2009)
- [39] Vaz Martins, T., Pineda, M., Toral, R.: Mass media and repulsive interactions in continuous-opinion dynamics. *Europhys. Lett.* 91(4), 48003 (2010)
- [40] Ishii, A., Arakaki, H., Matsuda, N., Umemura, S., Urushidani, T., Yamagata, N., Yoshida, N.: The ‘hit’ phenomenon: a mathematical model of human dynamics interactions as a stochastic process. *New J. Phys.* 14, 063018 (2012)
- [41] Okano, N., Ishii, A.: Isolated, untrusted people in society and charismatic person using opinion dynamics. In: *Proceedings of the IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence*, 14-17 October 2019, Thessaloniki, Greece (2019)
- [42] Ishii, A., Kawahata, Y.: Phase transition like behavior in consensus building using new opinion dynamics theory including both trust and distrust into human relationships to be published
- [43] Ishii A. and Kawahata Y.: Opinion Dynamics Theory for Analysis of Consensus Formation and Division of Opinion on the Internet. In: *Proceedings of the 22nd Asia Pacific Symposium on Intelligent and Evolutionary Systems*, 71–76 (2018). arXiv:1812.11845 [physics.soc-ph]
- [44] Ishii A and N Okano: Sociophysics approach of simulation of mass media effects in society using new opinion. In: *Advances in Intelligent Systems and Computing as the Proceedings of IntelliSys2020*, in press
- [45] Ishii A and Y Kawahata: Theory of opinion distribution in human relations where trust and distrust mixed. In: I. Czarnowski et al. (eds.), *Intelligent Decision Technologies, Smart Innovation, Systems and Technologies* 193 (2020) 471–478

- [46] A.-L. Barabási and R. Albert: Emergence of scaling in random network. *Science* 286 509–512 (1999)
- [47] R. Albert and A.-L. Barabási (2002). "Statistical mechanics of complex networks". *Reviews of Modern Physics*. 74 (1): 47–49. arXiv:cond-mat/0106096. doi:10.1103/RevModPhys.74.47.
- [48] Baum, M.B., Potter, P.B.K.: The relationships between mass media, public opinion, and foreign policy: toward a theoretical synthesis. *Annu. Rev. Polit. Sci.* 11, 39–65 (2008)
- [49] McCombs, M.: *Setting the Agenda: Mass Media and Public Opinion*. John Wiley & Sons, New York (2018)
- [50] Barbu, O.: Advertising, microtargeting and social media. *Procedia – Soc. Behav. Sci.* 163, 44–49 (2014)
- [51] Ishii, A., Kawahata, Y.: Sociophysics analysis of the dynamics of peoples' interests in society. *Front. Phys.* (2018) <https://doi.org/10.3389/fphy.2018.00089>
- [52] 橋本良明, 情報通信政策研究 1(2) (2018) 1–14
- [53] 総務省平成 30 年版情報通信白書
- [54] Ishii A, Okano N and Nishikawa M (2021) Social Simulation of Intergroup Conflicts Using a New Model of Opinion Dynamics. *Front. Phys.* 9:640925. doi: 10.3389/fphy.2021.640925
- [55] Akira Ishii, Ippei Yomura, Nozomi Okano, Opinion Dynamics Including both Trust and Distrust in Human Relation for Various Network Structure, The Proceeding of TAAI 2020, in press
- [56] Pawel Sobkowicz, Michael Kaschesky and Guillaume Bouchard, "Opinion mining in social media: Modeling, simulating, and forecasting political opinions in the web" *Government Information Quarterly* 29, 470–479 (2012)
- [57] A.Ishii, H.Arakaki, N.Matsuda, S.Umemura, T.Urushidani, N.Yamagata and N.Yoshida; The 'hit' phenomenon: a mathematical model of human dynamics interactions as a stochastic process, *New Journal of Physics* 14 (2012) 063018 (22pp)
- [58] Makoto Fujii and Akira Ishii, "The simulation of diffusion of innovations using new opinion dynamics", The 2020 IEEE/WIC/ACM International Joint Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology, in press
- [59] T Tanaka, 2019, "Does the Internet cause Polarization? Panel survey in Japan", Keio-IES Discussion Paper Series, No. 12129 (2019)
- [60] Erdős, P. and Rényi, A. On Random Graphs. I. *Publicationes Mathematicae*. 6 290–297 (1959)
- [61] Hogg, M. Social Identity Theory. In: Mckeown, S, Haji, R, Ferguson, N editors. *Understanding Peace and Conflict Through Social Identity Theory: Contemporary Global Perspectives*. Switzerland: Springer (2016). p. 3–17.
- [62] Kalin, M, Sambanis, N. How to Think About Identity Theory. *Annual Review of Political Science*. (2018). 21, 1. p. 239–257. doi.org/10.1146/annurev-polisci-042016-024408.

- [63] Korte, R F. A Review of Social Identity Theory with Implications for Training and Development. *Journal of European Industrial Training*. (2007). 31, 3. p. 166–180. doi.org/10.1108/03090590710739250.
- [64] Berelson, B, Lazarsfeld, P, McPhee, W. *Voting: A Study of Opinion Formation in a Presidential Campaign*. Chicago: The University of Chicago Press (1954).
- [65] Achen, C, Bartels, L. *Democracy for Realists: Why Elections Do Not Produce Responsive Government*. Princeton: Princeton University Press (2016).
- [66] Tajfel, H, Turner, J. An Integrative Theory of Inter-Group Conflict. In: Austin, W, Worchel, S editors. *The Social Psychology of Inter-Group Relations*. CA: Brooks/Cole (1979). p. 33–47.
- [67] Jetten, J, McAuliffe, B J, Hornsey, M J, Hogg, M A. Differentiation Between and Within Groups: The Influence of Individualist and Collectivist Group Norms. *European Journal of Social Psychology*. (2006). 36, 6. p. 825–843. doi.org/10.1002/ejsp.322.
- [68] Abrams, D, Hogg, M. Social Identity and Self-Categorization. In: Dovidio, J, Hewstone, M, Glick, P, Esses, V editors. *The SAGE Handbook of Prejudice, Stereotyping and Discrimination*. London: Sage (2010). p. 179–193.
- [69] Hegselmann, R, Krause, U. Opinion Dynamics and Bounded Confidence Models, Analysis, and Simulation. *Journal of Artificial Society and Social Simulation*. (2002). 5, 3. p. 1–33.
- [70] Douven, I. Simulating Peer Disagreements. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*. (2010). 41, 2. p. 148–157. doi.org/10.1016/j.shpsa.2010.03.010.
- [71] Jarman, M, Nowak, A, Borkowski, W, Serfass, D, Wong, A, Vallacher, R. The Critical Few: Anticonformists at the Chrossroads of Minority Opinion Survival and Collapse. *Journal of Artificial Science and Social Simulation*. (2015). 18: 1. p. 6.
- [72] Galam, S, Javarone, M A. Modeling Radicalization Phenomena in Heterogeneous Populations. *PLOS ONE*. (2016). 11, 5. p. e0155407. doi.org/10.1371/journal.pone.0155407.
- [73] Javarone, M A. Network Strategies in Election Campaigns. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*. (2014). 2014, 8. p. 08013.
- [74] Javarone, M A. Social Influences in Opinion Dynamics: The Role of Conformity. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*. (2014). 414. p. 19–30. doi.org/10.1016/j.physa.2014.07.018.
- [75] Javarone, M, Squartini, T. Conformism-Driven Phases of Opinion Formation on Heterogeneous Networks: The q-Voter Model Case. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*. (2015). p. 10002.
- [76] Ishii, A. Opinion Dynamics Theory Considering Trust and Suspicion in Human Relations. In: Morais, D, Carreras, A, de Almeida, A, Vetschera, R editors. *Group Decision and Negotiation: Behavior, Models, and Support*. 19th International Conference, GDN 2019, Proceedings. Springer (2019).

- [77] Ishii, A, Okano, N. Social Simulation of a Divided Society Using Opinion Dynamics. Proceedings of the 2020 IEEE/WIC/ACM International Joint Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology (2021)
- [78] Frank, T. What's the Matter with Kansas? How Conservatives Won the Heart of America. New York: Metropolitan Books (2007)
- [79] Hetherington, M, Weiler, J. Prius or Pickup? How the Answers to Four Simple Questions Explain America's Great Divide. New York: Houghton Mifflin (2018)
- [80] Pew Research Center. Political Polarization in the American Public: How Increasing Ideological Uniformity and Partisan Antipathy Affect Politics, Compromise and Everyday Life (2014). <https://www.pewresearch.org/politics/2014/06/12/political-polarization-in-the-american-public/>.
- [81] Finkel, E J, Bail, C A, Cikara, M, Ditto, P H, Iyengar, S, Klar, S, Mason, L, Mcgrath, M C, Nyhan, B, Rand, D G, Skitka, L J, Tucker, J A, Van Bavel, J J, Wang, C S, Druckman, J N. Political Sectarianism in America. *Science*. (2020). 370, 6516. p. 533–536.
- [82] Okano, N and A. Ishii, Simulation by opinion dynamics of the movement of opinions of people in society who are not influenced by the mass media, The proceedings of the annual meeting of computational social science Japan (in Japanese)
- [83] Okano, N and A. Ishii, Simulation by opinion dynamics of the movement of opinions of people in society who are not influenced by the mass media, to be published in English.
- [84] Bernard R. Berelson, Paul F. Lazarsfeld, and William N. McPhee (1954) *Voting: A Study of Opinion Formation in a Presidential Campaign*. Chicago: The University of Chicago Press.
- [85] Henri Tajfel and John C. Turner (1979) An integrative theory of inter-group conflict. in W. G. Austin and S. Worchel (eds.) *The social psychology of inter-group relations*, Monterey, CA: Brooks/Cole, pp. 33–47.
- [86] Tung Mai, Ioannis Panageas, Vijay V. Vazirani. *Opinion Dynamics in Networks: Convergence, Stability and Lack of Explosion*. arXiv:1607.03881 (2016)
- [87] Javad Ghaderi, R. Srikant. Opinion dynamics in social networks with stubborn agents: Equilibrium and convergence rate. *Automatica* 50(12),(2014)
- [88] Wenchenhan, YueeFeng, XiaolanQian, QihuiYang, ChangweiHuang. Clusters and the entropy in opinion dynamics on complex networks. *Physica A* 559(1), 125033 (2020)
- [89] Bert O. Baumgaertner, Peter A. Fetros, Stephen M. Krone, and Rebecca C. Tyson, Spatial opinion dynamics and the effects of two types of mixing, *Phys. Rev. E* 98, 022310 (2018)
- [90] Perra, N and Rocha, L.E., Modelling opinion dynamics in the age of algorithmic personalisation, *Sci Rep* 9, 7261 (2019)

- [91] Akira Ishii and Nozomi Okano, Sociophysics Approach of Simulation of Mass Media Effects in Society Using New Opinion Dynamics, Intelligent Systems and Applications (Proceedings of the 2020 Intelligent Systems Conference (IntelliSys) Volume 3) p.13-28, (Springer, 2021)
- [92] Okano, N. and Ishii, A., Opinion dynamics on a dual network of neighbor relations and society as a whole using the Trust-Distrust model, in Springer Nature – Book Series: Transactions on Computational Science & Computational Intelligence (The 23rd International Conference on Artificial Intelligence (ICAI'21) in press (2023)
- [93] Asch, S.E.: Effects of group pressure upon the modification and distortion of judgments. In: Groups, Leadership and Men; Research in Human Relations, pp. 177-190. Carnegie Press, Oxford (1951)
- [94] Wang, S.W., Huang, C.Y., Sun, C.T.: Modeling self-perception agents in an opinion dynamics propagation society. *Simulation* 90(3), 238-248 (2014)
- [95] Huang, C.-Y., Wen, T.-H.: A novel private attitude and public opinion dynamics model for simulating pluralistic ignorance and minority influence. *J. Artif. Soc. Soc. Simul.* 17(3), 8 (2014)
- [96] Ye, M., Qin, Y., Govaert, A., Anderson, B.D., Cao, M.: An influence network model to study discrepancies in expressed and private opinions. *Automatica* 107(7), 371-381 (2019)
- [97] León-Medina, F.J., Tena-Sánchez, J.M., Miguel, F.J.: Fakers becoming believers: how opinion dynamics are shaped by preference falsification, impression management and coherence heuristics. *Qual. Quant.* (2019) <https://doi.org/10.1007/s11135-019-00909-2>
- [98] Ishii, A., Arakaki, H., Matsuda, N., Umemura, S., Urushidani, T., Yamagata, N., Yoshida, N.: The 'hit' phenomenon: a mathematical model of human dynamics interactions as a stochastic process. *New J. Phys.* 14, 063018 (2012)
- [99] M. Granovetter. :Threshold models of collective behavior, :The American journal of Sociology, 83, pp.1420-1443(1978)
- [100] P. Clifford and A. Sudbury.: A model for spatial conflict, : Biometrika, 60, pp.581-588,(1973)
- [101] R. Holley and T. Liggett, :Ergodic theorems for weakly interacting infinite system and the voter model, :The Annals of Probability, 3, pp. 643-663(1975)
- [102] Galam S.: Spontaneous coalition forming. Why some are stable? In: Bandini S., Chopard B., Tomassini M. (eds.) Cellular Automata. ACRI 2002. Lecture Notes in Computer Science, vol 2493. Springer, Berlin (2002)
- [103] Sociophysics: A new approach of sociological collective behaviour. I. mean-behaviour description of a strike S Galam, Y Gefen, Y Shapir *Journal of Mathematical Sociology* 9 (1), 1-13(1982)
- [104] 石田光規, "ネットワークと階層性", 日本労働研究雑誌 (2018)
- [105] 内閣官房孤独・孤立対策担当室, "人々のつながりに関する基礎調査(令和 3 年)調査結果概要", (2022)

[106] Isamu Okada, Nozomi Okano and Ishii Akira, :Spatial opinion dynamics incorporating both positive and negative influence in small-world networks, *Frontiers in Physics* (2022)
<https://doi.org//10.3389/fphy.2022.953184>

謝辞

一昨年までご指導いただいた石井晃教授には、本研究を全般にわたって指導していただき深謝いたします。私が首都大学東京の修士から鳥取大学の博士後期課程に移ったのは 2017 年石井晃教授が立教大学の川畑泰子助教と Trust-Distrust Model の研究を始めた年に相当し、その後の Trust-Distrust Model の発展に私も関わられた幸運に感謝します。急遽、指導教授として引き継いでいただいた古川勝教授、及びアドバイス頂いたデジタルハリウッド大学の松本英博教授には、突然にも関わらず懇切丁寧なご指導をいただきここまでくることができました。併せて深く感謝いたします。また、立正大学の山本仁志教授には社会シミュレーションにおける信頼係数の設定についてご指導いただいたこと、津田塾大学の西川賢教授には Trust-Distrust Model の政治学への応用について指導していただいたこと、創価大学の岡田勇准教授には多層ネットワークについての共同研究でお世話になったことを深く感謝いたします。立教大学の川畑泰子助教は同年輩ということもあり、同じ研究室の先輩後輩のように親しく接していただき、本研究の遂行について励ましていただいたことを深く感謝いたします。そして、石井研究室の学生院生の皆様にも様々な面で助けていただいた事を深く感謝いたします。残念ながら一昨年末に石井晃教授は急逝され、深くご冥福をお祈り申し上げると共に、改めて今までのご指導に深謝の意を表します。