

オピニオンダイナミクス理論による意見形成の解析

西山 大貴*

石井 晃*

1 研究背景

1.1 インターネットの普及とオンラインコミュニケーションの拡大

携帯電話端末およびオンラインコミュニケーションサービスの普及により、それまで ICT を使っていなかった層にもオンラインコミュニケーションが拡大した。このようにインターネットが一般に普及したことにより、いつでもどこでも多くの人がつながり、インターネットを利用する誰もが自らの意見を表明し、個人が社会を動かすことのできる情報発信力を持つようになった。

1.2 オンラインコミュニケーションの増加による課題

各個人の意見を表明し、それらを不特定多数の人々で共有しやすくなった一方で問題点も複数発生している。人間関係を友好に保つための同調行動の増加、多数派意見による偏った意見分布の形成や「物言わぬ多数派」、所謂「サイレントマジョリティ」現象の発生などである。このように情報量の増加、他人と過剰につながることによるコミュニケーション疲れも現代のコミュニケーション特有の現象である。

オンラインコミュニケーションの普及により、前述したように各個人の意見が社会全体の意見分布に与える影響が非常に大きくなっている。特にサイレントマジョリティの意見は社会全体の意見分布を一変させるポテンシャルを持つことから、マーケティングや政治の分野でも非常に重要視されている。また、オンラインだけでなく例えば、学校の教室におけるいじめ構造の解明においてもサイレントマジョリティの存在は大きな役割を持つと考えられる。

2 研究目的

本研究では、石井らの提案した意見の反発を含むオピニオンダイナミクス理論を用いて、同調現象や人間関係の悪化による精神的負荷の推移のシミュレーションを行う。また、意見を持っており、他人の意見にも影響されるが自らの意見は表明しない「サイレント」をオピニオンダイナミクスに導入し、より現実に近い状態での意見形成への影響を考察することを目的とする。

3 オピニオンダイナミクス理論

ピニオンダイナミクス理論は、社会全体の意見形成の過程を表すモデルとして、古くから研究されている [1]~[6]。中でも石井によって提案された社会の人々の意見の時間推移は以下のようにあらわされる [7]。

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

右辺の第 1 項は広告宣伝やマスメディアによる影響を表し、 $A(t)$ は時刻 t における情報量、 c_i は各々がメディアから受ける影響の度合いを表す係数である。関数 $f(I_i, I_j)$ は意見が一定以上離れた人の影響は受けず、無視することを表す関数である。これは自らの意見と近い人の意見や情報に影響を受けやすい「選択的接触」を表現したものと考えることができる。

$$f(I_i, I_j) = \frac{1}{1 + \exp(a(|I_i - I_j| - b))} \quad (2)$$

*鳥取大学 持続性社会創生科学研究科
〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南 4-101

I_i, I_j はそれぞれエージェント i, j の意見である．人が人に影響を与える際の係数は信頼・不信の係数 D_{ij}, D_{ji} とし、これらは独立である．エージェント i がエージェント j を信頼している場合は $D_{ij} > 0$ であり、信頼していない場合は $D_{ij} < 0$ である．これは通常、非対称行列であり $D_{ij} \neq D_{ji}$ である．また、 m は各個人の意思の強さである． m の値が大きくなればなるほど、他人の意見や外部メディアの影響を受けにくくなることを示す．

4 解析方法

4.1 同調の定義

オンライン上でのコミュニケーションに限らず、各々が意見を表明する場においてこのような同調圧力を感じた経験は誰しも持っているであろう．本研究で用いるオピニオンダイナミクスにおいては同調を以下表 1 のように定義する．

表 1: 本研究における同調の条件

判定条件	数式
1. 初期意見と逆意見	$I_{i,t} \times I_{i,0} < 0$
2. 他者との意見の差が 1.0 未満	$ I_{i,t} - I_{j,t} < 1.0$
3. 上記 2. を満たす人数が全体の 15 % 以上	-

各エージェントについて各ステップ毎に以上の条件に該当するかを判定する．条件 1 は同調の定義に基づいて定めた．この定義では各個人が初めに持っていた意見が周りとの関係性によって意見を変えてしまうことが同調の前提となる．同符号の意見で推移した場合は、例えば「ある事柄に対する賛成・反対」や「ある物の好き嫌い」などは変化せず、その度合いが増減することを表す．今回の研究では意見が変化したことを簡単に表すため、初期意見と逆意見になる場合を想定した．

条件 2 に関しては、同調して意見を変えたときは相手の意見に近づき、意見の度合いも大きく離れることはないという推測のもとに定めた．具体的にどのくらいの数値とするかの検証が必要だが、本研究では簡単のため意見の差が 1.0 未満として議論を進める．また、この値は具体的な実用データを扱う際にその内容によっても変化する物だと考えられる．

条件 3 について、少数意見への変更を同調と判定しないための条件である．同調を広義でとらえると、あるエージェント I_i が他のエージェント I_j の意見に合わせる行動をとったとき、たとえ I_j が 1 人であったとしても同調とすべきだが、本研究では、多数による同調圧力を主眼に置くため、この場合は省いた．また、1 対 1 の同調の場合、説得によって意見を変えたとも考えられ、その場合も本研究の趣旨とは合わないためでもある．

4.2 心理的負荷・サイレント行動の導入

次に、本研究で導入する「意見を投稿・表明しない人」(以下、サイレントとよぶ) について説明する．あるコミュニティの中のエージェントの意見の表明行動について、バランス理論 [8] をもとに考える．以下の図 1 において、A, B, C は各エージェントを示し、それらを結ぶ線に付された符号は、それぞれの関係性を示す．+ は信頼していることを示し、- の場合は不信を表す．また各エージェントと話題を結ぶ線に付した符号は、話題に対する意見を表す．バランス理論は、2 人と 1 つの話題との関係性を示すものなので、図 1 から 2 人のエージェントを取り出したものが図 2 である．

図 2 において、A, B の関係は良好である．しかし、話題に対する 2 人の意見は対立している．A, B, 話題の 3 者間の関係の積は負となり、バランス理論に基づく不安定な状態である．ここで、A の行動の選択肢は以下の 3 つである．

1. 意見を B に合わせる
2. 意見を貫く
3. 意見を表明しない

以上の行動のうち、選択肢 1 は関係性を重視するパターンでバランス理論で考えると最も合理的な選択である．しかし、自らの意見を変えるためこの選択を続ける場合、心理的負荷が高まると考えられる．

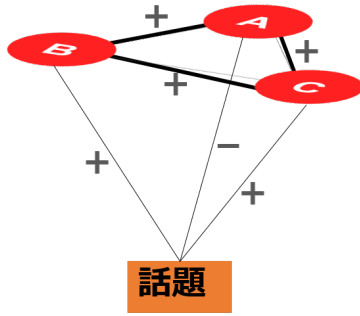


図 1: バランス理論の説明 1

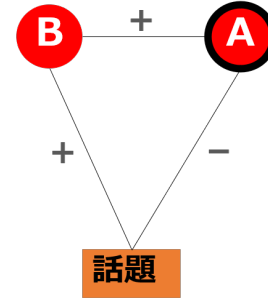


図 2: バランス理論の説明 2

選択肢 2 は自らの意見を大切にするパターンで選択としてはバランスが不安定なままであり、非合理的な行動である。この場合も心理的負荷は高まると考えられる。

最後に本研究で新たに導入する行動が選択肢 3 である。これは自らの意見を公表しないことで、関係性を崩さないという選択である。図 2 の A の場合、選択肢 3 の行動が最も心理的負荷は小さくなる。サイレントは他のエージェントには意見が見えないため影響を与えることはない。ただし自分自身は他のエージェントの意見に影響を受ける可能性はある。

実際のシミュレーションでは各エージェントに心理的負荷値を設定し、自分以外の全員と心理的負荷の計算を行った結果、負荷が高い状態となるたびにその値を +1 ずつ加算していく。本研究ではこの心理的負荷が一定値を超えた場合については 70 % の確率でサイレントの行動をとるとして進める。この場合、プログラム上ではサイレント以外の人の意見とその人に対する信頼度によって意見の変動は起きるが、それは他のどのエージェントからも見ることはできず影響を与えることはないものとする。ここで、サイレントで意見を公表していないが、実は多数派となっている集団をサイレントマジョリティと呼び、この集団が持つ社会に与える影響のポテンシャルは非常に高いと考えられている。本研究ではこのサイレントの集団がある瞬間から意見を表明した場合の全体の意見形成の過程についても考察する。

4.3 オピニオンダイナミクスにおけるサイレントの表現

ここでは、数理モデル上のサイレントの表現について説明する。鳥取大学の安部は人々のつながり、すなわちネットワークをオピニオンダイナミクスに導入した [9]。その数理モデルは以下の式 (3) で表される。

$$\frac{dI_i(t)}{dt} = A(t) + \sum_{j=1}^N D_{ij}(I_i(t) - I_j(t))f(I_i(t), I_j(t))L_{ij} \quad (3)$$

L_{ij} は n 人 \times n 人の 0 と 1 の行列であらわされ、有向ネットワークとして定義されている。エージェント i と j につながりがある場合、

$$L_{ij} = 1$$

つながりがない場合は、

$$L_{ij} = 0$$

と表わされている。 $L_{ij} = 0$ のとき、 j さんから与えられる i さんへの影響はないことになり、この場合 j さんがサイレントということになる。 $L_{ij} = 1$ のとき、サイレントではなく、他のエージェントに意見を表明すると表現できる。

本研究ではこれをサイレントの表現に利用した。文献 [9] では計算実行中はネットワークは一定としていたが、本研究ではバランス理論に基づき、各エージェントは 1 ステップごとにサイレント行動をとるか否かの判断を行うため、ネットワークは刻々と変化する。

サイレントは自分の意見が他人に影響を与えない存在として扱うため、一方的に自分から相手へのネットワークが絶たれた状態と考えることができる。

5 計算結果

5.1 サイレントの存在による意見形成への影響

サイレント行動の導入による意見形成の違いを見るため、従来のオピニオンダイナミクスとサイレント行動を入れたオピニオンダイナミクスで計算を行う。比較のため初期意見の分布及び各エージェント間の信頼度は同様のものを使用する。ここで初期意見の分布は $[-10, 10]$ で発生させた乱数、信頼度は $[-1, 1]$ の乱数、コミュニティの人数は $N = 100$ とした。初期状態の意見分布はともに図3の通り。式1を基に、それぞれサイレント有りとサイレント無しの計算を行った。積分区間は $[0, 10]$ 、ステップ数は 100 で刻み幅は 0.1 とした。

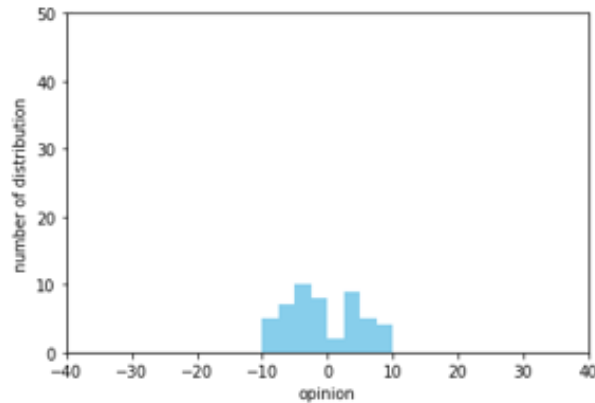


図 3: 初期状態の意見分布

図4, 図5はそれぞれサイレント行動をとるエージェントがいない場合, サイレント行動をとるエージェントを入れた場合の結果である。ともに 100 ステップ目の意見分布を表している。

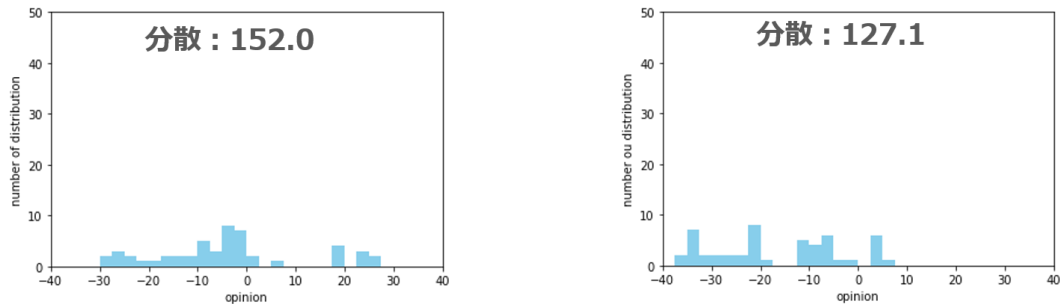


図 4: サイレント行動をとるエージェントがいない場合 図 5: サイレント行動をとるエージェントを入れた場合

さまざまな初期設定を乱数を用いて決定しており、当然のことながら初期値によって意見分布は変化する。サイレント導入前と導入後の傾向を比較するため、初期設定を変更してそれぞれ 10 回計算を行った。以下の表 2 に最終ステップの意見分布の分散を示す。

表 2: 最終ステップ (計算終了時) における意見分布の分散の比較

	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目	6 回目	7 回目	8 回目	9 回目	10 回目
サイレント無	230.3	204.5	130.0	209.1	193.8	209.5	225.0	241.3	207.7	244.4
サイレント有	148.6	157.7	155.6	149.9	136.3	190.6	146.4	176.9	146.1	231.4

サイレント有りの方が分散が小さい傾向にあり、コミュニティ全体として意見がまとまっていることが示唆される。サイレントではない人たちの意見に影響されやすくなっているものと推測される。

また、次の表3は、それぞれ同調した人数を示している。前述した同調の条件により判定し、100 ステップのうち1度でも同調判定された人数をカウントしている。

表 3: 同調した人数

	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目	6 回目	7 回目	8 回目	9 回目	10 回目
サイレント無	11	16	10	17	8	10	8	12	22	10
サイレント有	18	20	8	23	24	11	7	12	26	0

表 3 から、サイレントの有無によって同調の起きやすさに大きな差はないことが分かる。オピニオンダイナミクスの数理モデルの理論上、同調はお互いの意見の近さ、信頼度に依存する。意見が近い集団が多く、その集団の信頼度が大きければ大きいほど同調現象は多くなると推測される。しかし、初期意見を同一としても同調に差があることからサイレントの有無が影響を与えていることは明確である。

5.2 サイレントの人数を固定した場合

ここで、サイレントの人数が同調の人数に影響を与えていると考えたため、サイレントの人数を 0 % ~ 100 % で変化させ、影響の差を検証する。初期条件を変え、10 回計算を行った。各場合について同調した人数を表 4 に示す。ただし、コミュニティの人数を $N = 100$ 人として計算した。

表 4: サイレントの人数による同調した人数の比較

サイレントの人数 (人)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
同調した人数 (人) 1 回目	1	3	2	1	18	2	12	12	31	0
同調した人数 (人) 2 回目	2	5	21	39	12	14	29	11	16	0
同調した人数 (人) 3 回目	15	18	18	29	36	24	16	15	16	0
同調した人数 (人) 4 回目	13	17	10	14	22	33	31	13	26	0
同調した人数 (人) 5 回目	12	2	6	29	29	23	47	27	30	0
同調した人数 (人) 6 回目	5	3	3	7	4	15	24	17	17	0
同調した人数 (人) 7 回目	23	24	3	26	8	17	12	6	22	0
同調した人数 (人) 8 回目	33	31	6	11	2	8	21	23	14	0
同調した人数 (人) 9 回目	9	32	32	14	41	16	8	30	16	0
同調した人数 (人) 10 回目	14	19	1	21	6	27	8	8	10	0

サイレントの人数が 60 % を超えると、同調する人数が多くなることが読み取れる。コミュニティにおけるサイレントの割合が高くなると、数少ないサイレントではない人の意見にまともやすくなる。しかし、その過程では同調人数も多い傾向があり、収束した意見は同調によって形成された意見集団であることがわかる。このことは、意見の推移やある時刻における意見分布の結果で意見が収束しているように見えても、サイレントの割合によっては、多くの人はもともと異なる意見を持っており、正しい意見分布ではない可能性を示唆している。これはサイレントマイノリティの対義語でもあるノイジーマイノリティが表現されているともとらえられる。

5.3 サイレントマジョリティの影響

次に、多数派の集団が全員サイレントの行動をとった場合にどのような意見形成の過程をたどるかをシミュレーションする。設定として、+2 ~ +4 の初期意見をもつ集団が人間関係のバランスに関わらず $t = 0$ の段階からサイレントである状態を考える。他方の集団は -2 ~ -4 の初期意見を持ち、サイレントの行動はとらないものとする。サイレントとそうではない人の人数の比は 70 : 30 としている。前節と異なる点は、サイレントとなる人が初めから固定されていること、サイレントとそうではない人の意見が対立していることの 2 点である。このときの意見の推移と $t = 10$ における意見分布はそれぞれ、以下の図 10 と図 11 の通りである。

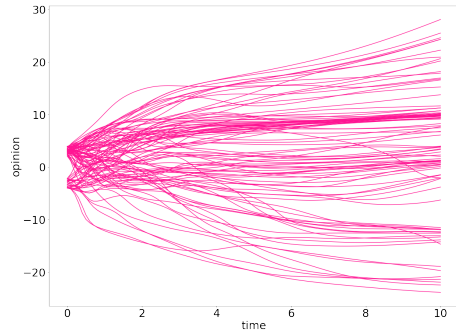


図 6: 多数派の集団がサイレントだった場合の意見の推移 (1 例目)

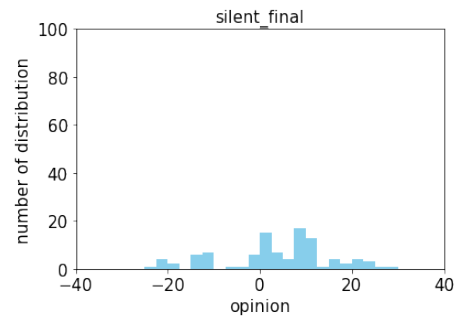


図 7: 多数派の集団がサイレントだった場合の意見分布 ($t = 10$)(1 例目)

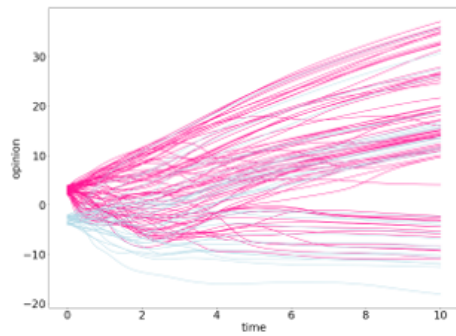


図 8: 多数派の集団がサイレントだった場合の意見の推移 (2 例目)

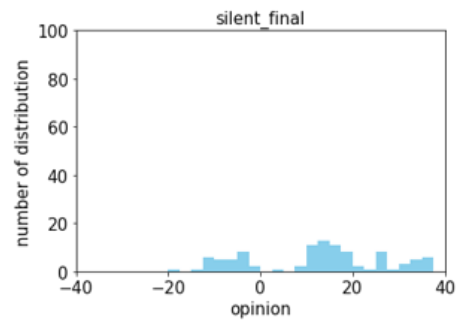


図 9: 多数派の集団がサイレントだった場合の意見分布 ($t = 10$)(2 例目)

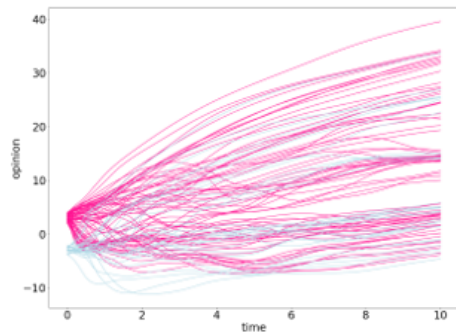


図 10: 多数派の集団がサイレントだった場合の意見の推移 (3 例目)

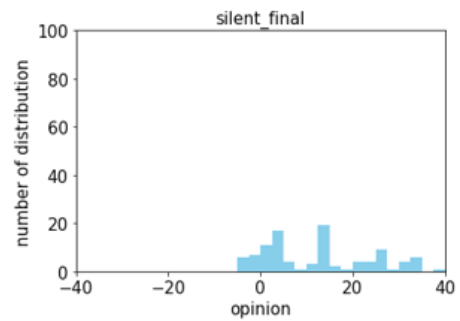


図 11: 多数派の集団がサイレントだった場合の意見分布 ($t = 10$)(3 例目)

サイレント行動がない場合の意見の推移と意見の分布は以下の図 12 と図 13 の通り。

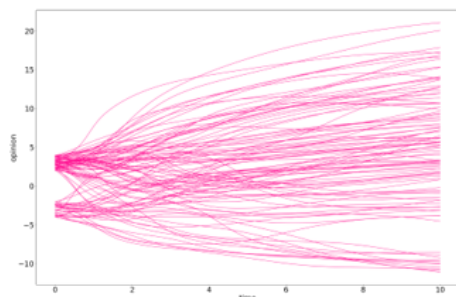


図 12: サイレントがいなかった場合の意見の推移

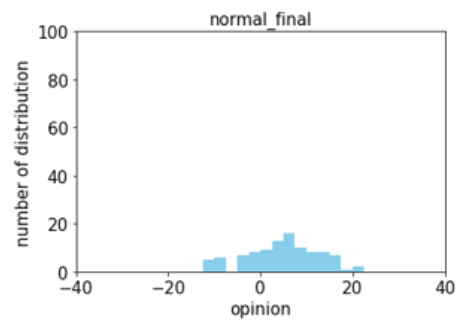


図 13: サイレントがいなかった場合の意見分布 ($t = 10$)

サイレントがいない場合に比べて、意見集団が分かれる傾向にあることが読み取れる。意見分布としてはサイレントではない集団の意見に偏ると予想していたが、サイレントの有無に関わらず多数派の意見にまとまっていく結果となった。しかしこの多数派はサイレントのため、この結果は大多数の意見に偏ったというよりも、周りからの信頼度が高く、サイレントではない人が偶然 + 側の意見に推移しそれに多くの人が追随したと考えられる。

6 総括

6.1 結論

本研究では、同調現象・サイレント行動を軸にコミュニティ全体の意見分布に与える影響をオピニオンダイナミクス理論に基づいた計算によって解析を試みた。その結果、サイレントの存在によって全体の意見形成の時間推移に大きく影響を与えることが示唆された。特にコミュニティ全体のうちサイレントが高い割合で存在する場合は、同調する人数が高い傾向にあり、本来の意見分布とは異なる可能性があることを示せた。しかしながら、研究開始時に目標としていた同調とサイレント行動の導入によるサイレントマジョリティの発生は実現できなかった。初期意見値やサイレントの人数など各パラメータを調整することでサイレントマジョリティを数理モデル上で仮想的に表現し、その影響を検証することはできた。

6.2 今後の展望

本研究では、乱数を用いた各パラメータの設定と数理モデル上でのシミュレーションにとどまった。オンラインコミュニケーションツールや議事録などのデータを活用しパラメータを設定することで、より現実社会における意見形成を表現できると考えられる。

本研究の結果から、サイレントが全体の意見分布に与える影響が大きいことが示せた。本研究では同調は心理的負荷が増加するマイナスのものとして捉えた。しかし、うまく利用することもできる。例えば、多数のいじめ反対派のサイレントの信頼度を調整し、途中で意見を表明させることで同調により、全体の意見推移に影響を与えるというようなことである。どのタイミングで発言させるか、コミュニティ全体の意見分布がどのようになるのかをシミュレーションすることで、いじめだけでなく、インターネット上の炎上など各種の問題にも応用できるものと考えられる。

参考文献

- [1] French JRP. *A formal theory of social power.*, Psychological Review 63, pp181-194, 1956
- [2] Harary F. *A criterion for unanimity in French's theory of social power*, In Cartwright D (Ed.), *Studies in Social Power*. Institute for Social Research, Ann Arbor, 1959
- [3] Abelson, RP. *Mathematical models of the distribution of attitudes under controversy*, In Frederiksen, N and Gulliksen H (Eds.), *Contributions to Mathematical Psychology*, New York, NY: Holt, Rinehart, and Winston, 1964
- [4] Morris H. Degroot. *Reaching a consensus*, Journal of the American Statistical Association Vol.69, pp.118-121, 1974
- [5] Lehrer K. *Social consensus and rational agnology*, Synthese 31, pp.141-160, 1975
- [6] Chatterjee S. *Reaching a consensus: Some limit theorems*, Proc. Int. Statist. Inst. 159-164, 1975
- [7] Akira Ishii, Yasuko Kawahata. *Opinion dynamics theory considering interpersonal relationship of trust and distrust and media*, The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019
- [8] Heider, F. *The Psychology of Interpersonal Relations*, Wiley, 1958
- [9] 安部 大河 「ネットワーク構造を入れたオピニオンダイナミクスによる情報の伝搬」, 卒業論文, 2020