

ネット情報の分極化が引き起こす社会の分断と対立の構造理解に向けて

Toward Understanding the Structure of Social Division and Conflict Caused by the Polarization of Network Information

会田 雅樹[†]
Masaki AIDA

橋爪 絢子[‡]
Ayako HASHIZUME

[†] 首都大学東京 システムデザイン学部
Faculty of Systems Design, Tokyo Metropolitan University

[‡] 法政大学 社会学部
Faculty of Social Sciences, Hosei University

1 はじめに

インターネット (以下, ネット) の普及によって社会の分断が進む「分極化」が懸念されている。ネット社会は距離や時間の制約に囚われない自由な情報交換の実現を目指しており、本来、人類の共通理解の促進に寄与することが期待されていた。しかし、ネット上での議論は意見の対立を煽る誹謗中傷のコメントが溢れ、人々は多様な情報が容易に手に入るにもかかわらず「自分の見たい情報しか見ない」というコミュニティの分断により、所謂エコーチェンバー現象が生じている。これまでの情報ネットワーク技術の研究は、悪意あるユーザからのサイバー攻撃を防ぎ、自由な情報交換が行える基盤を実現してきたが、それに伴う社会的な分極化を防ぐ仕組みの検討は不十分である。特に、偏った情報を信じた独善的な「正義感」に駆られた多数のユーザが、明確な悪意を持たないまま集団として引き起こす狂信的な行動は社会問題になっている。そのため、ネットを介したユーザの社会的行動とその心理に着目しながら、情報の分極化を起こしにくい適切な情報流通ネットワーク技術確立することが求められる。本発表は、その第一歩として、ネットを介したユーザダイナミクスの理論モデルをもとに、分極化が起こる仕組みのモデル化を議論する。

2 ユーザダイナミクスの振動モデル

オンラインソーシャルネットワーク (OSN) のユーザダイナミクスを記述するネットワークの振動モデルが提案されている [1]。このモデルの特徴は、ユーザの複雑な思考や振る舞いの完全な記述を目指すのではなく、ユーザ間の相互作用として出来る限り単純で普遍性を持つようなミニマルモデルを仮定し、そこから導かれるネットワーク上の波動方程式によってユーザダイナミクスを記述するモデルである。振動モデルは単純でありながら、以下のような利点を持つことが確認されている。

- 振動モデルから得られる振動エネルギーは、従来から知られているノード中心性 (次数中心性と媒介中心性) に共通の枠組みを与えるだけでなく、より複雑なネットの利用状況に対してもノード中心性の概念を拡張することが可能である。
- ネット炎上にみられるようなユーザダイナミクスの活性度が爆発的に発散する現象を記述可能である。
- 振動モデルは OSN の活性時に低周波の振動モードが顕在化することを予測するが、“2ちゃんねる”と

Google Trends に関する実データの分析で低周波モードの出現を確認している。

- 振動モデルはユーザダイナミクスを記述する解を与えるだけでなく、OSN の構造がユーザダイナミクスに与える影響の因果関係を追求することで、ユーザダイナミクスを表す基礎方程式が相対論的量子力学に現れるディラック方程式と形式的に同じになる。
- OSN の構造を表すラプラシアン行列の固有値によって、ユーザダイナミクスの構造を時間的及び空間的スケールで階層化して考えることができる。

ユーザダイナミクスの基礎方程式について、簡単にまとめると以下ようになる。まずユーザ数 n の OSN の構造を表す有向グラフ $G(V, E)$ のノード $i, j \in V$ について、有向リンク $(i \rightarrow j) \in E$ の重みを w_{ij} とし、隣接行列 $\mathbf{A} = [A_{ij}]_{1 \leq i, j \leq n}$ を

$$A_{ij} := \begin{cases} w_{ij}, & (i \rightarrow j) \in E \\ 0, & (i \rightarrow j) \notin E \end{cases} \quad (1)$$

と定義する。また、ノード i の重み付き出次数を $d_i := \sum_{j \in \partial_i} w_{ij}$ とし、次数行列を $\mathbf{D} := \text{diag}(d_1, \dots, d_n)$ とする。ここで、 ∂_i はノード i の出リンクに関する隣接ノードの集合である。これらを用いて OSN を表す有向グラフのラプラシアン行列を $\mathbf{L} := \mathbf{D} - \mathbf{A}$ とする。

更に、隣接行列 \mathbf{A} 、次数行列 \mathbf{D} との対応関係が、

$$\mathbf{A} = \mathbf{H}^{(d)} \mathbf{H}^{(a)}, \quad \mathbf{D} = (\mathbf{H}^{(d)})^2 \quad (2)$$

となる行列 $\mathbf{H}^{(d)}$ と $\mathbf{H}^{(a)} = [\mathcal{H}_{ij}^{(a)}]_{1 \leq i, j \leq n}$ を以下のように定義する。

$$\mathbf{H}^{(d)} = \text{diag}(\sqrt{d_1}, \dots, \sqrt{d_n}) \quad (3)$$

$$\mathcal{H}_{ij}^{(a)} := \begin{cases} w_{ij}/\sqrt{d_i}, & (i \rightarrow j) \in E \\ 0, & (i \rightarrow j) \notin E \end{cases} \quad (4)$$

このとき、ユーザダイナミクスの基礎方程式は

$$i \frac{d}{dt} \hat{\mathbf{x}}(t) = \hat{\mathbf{H}} \hat{\mathbf{x}}(t) \quad (5)$$

と書ける。但し、 $\hat{\mathbf{H}}$ は $2n \times 2n$ の正方行列で、クロネッカー積 \otimes を用いて以下のように定義される。

$$\hat{\mathbf{H}} := \mathbf{H}^{(d)} \otimes \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} - \mathbf{H}^{(a)} \otimes \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ -1 & -1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

また、時刻 t におけるノード i の状態を $x_i(t)$ として n 次元状態ベクトル $\mathbf{x}(t) := {}^t(x_1(t), \dots, x_n(t))$ としたとき、 $\hat{\mathbf{x}}(t)$ は $2n$ 次元ベクトルで、 $n \times n$ の単位行列 \mathbf{I} に対して $(\mathbf{I} \otimes (1, 1)) \hat{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{x}(t)$ である。

以降では、振動モデルで記述されるユーザダイナミクスを出発点として、分極化の発生メカニズムを理解するためのモデル化の方針、及び理論モデルと現実の現象とを結びつけるための社会学・行動心理学的な調査・検討の方針について述べる。

3 分極化と自発的対称性の破れ

自発的対称性の破れとは、磁性体原子のスピンが特定の方向に揃うことで特定の向きに磁化 (自発磁化) が起こるように、本来システムが持っていた対称性が自発的に破れ、対称性が破れた状態が安定であるような状況が出現することをいう。これまで、社会システムの構造変化を自発的対称性の破れに結びつける喩え話 [2] は存在したが、自発的対称性の破れは量子論の枠組みの概念であるため、喩え話を超えた技術的レベルの概念として社会システムのモデルに取り入れることは困難であった。ユーザダイナミクスの振動モデルでは、前節で述べたようにユーザダイナミクスを表す基礎方程式として量子論的な枠組みと自然に結びつくので、自発的対称性の破れを自然にモデルに取り入れることができる。

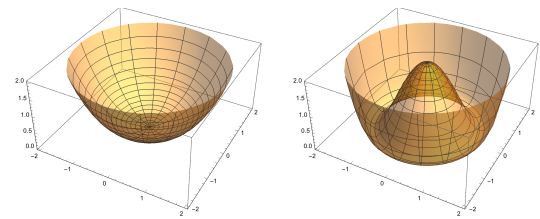
自発的対称性の破れを振動モデルに導入する方法は以下の通りである。振動モデルの基礎方程式 (5) に現れる特定の振動モード μ に対して自発的対称性の破れを導入すると、その振動モードに現れる二つの解を $\psi_\mu^+(t)$ と $\psi_\mu^-(t)$ としたとき、 $|\psi_\mu|^2 := |\psi_\mu^+|^2 + |\psi_\mu^-|^2$ に依存するポテンシャル関数 $V(|\psi_\mu|^2)$ として

$$V(|\psi_\mu|^2) = a|\psi_\mu|^2 + b|\psi_\mu|^4 + \text{const.} \quad (7)$$

を考えることで自発的対称性の破れを導入することができる。ここで、定数 $b > 0$ が与えられたとすると $a \geq 0$ ならポテンシャルの形状は図 1 (a) の様になり、 $a < 0$ なら図 1 (b) に示すワインボトルのパンツのような形状になり、メキシカンハット型ポテンシャルとも呼ばれる。

$a \geq 0$ なら $|\psi_\mu| = 0$ が安定状態となるが、 $a < 0$ なら $|\psi_\mu| = \sqrt{|a|/2b}$ で安定状態となり、無数に存在する安定状態のうち何れかが自発的に選択される。これを自発的対称性の破れという。 $|\psi_\mu| \neq 0$ が安定状態となることで、その振動モードが質量を持つように振る舞うことになり、安定状態は基底状態であるにもかかわらず振動エネルギーが正となる。これは、分極化に伴ってユーザダイナミクスの活性度が増加したと解釈できる。

自発的対称性の破れが起こると、基底状態においてメキシカンハット型ポテンシャルの谷を動く自由度が生まれる。これは対称性が破れる前には存在しなかった新しい振動モードが現れることを意味し、南部・ゴールドストーンモードと呼ばれる。これは、分極化によって初めて現れるユーザダイナミクスであるので、コミュニティ内のエコーチャンバー現象、または分極化で分断されたコミュニティ間の対立のダイナミクスを表すと予想できる。



(a) 対称性が破れる前 (b) 対称性が破れた後
図 1 対称性が自発的に破れる前後のポテンシャル

4 社会学・行動心理学との接点

振動モデルに自発的対称性を組み合わせたモデルは、分極化が発生した後の現象の説明は可能だが、分極化が発生するに至るプロセスを記述することは難しい。そのため、何らかの客観的事実から得られる分極化の発生プロセスに関する知見をモデルに取り込む必要がある。本研究では、ネット人格やネット依存などのキーワードを軸に社会的または行動心理学的な調査を実施することにより、ネットを介したユーザの行動特性に関する知見を得て、その特性を式 (7) のポテンシャルとして分極化のモデルに取り入れることを目指している。

例えば以下のようなプロセスの詳細を知ることにより、分極化の構造理解を詳細化する可能性を検討中である。

- 分極化のきっかけを与えるのは、マスコミ情報のようなマクロレベルからの影響か、または個人同士の草の根的なミクロレベルのダイナミクスの影響かを調査する。それにより、自発的対称性の破れる振動モードのポテンシャル関数の形状パラメータに対して、マクロレベルまたはミクロレベルのどちらの振動モードの影響を反映させるかを明らかにする。
- 分極化が進むことで更に分極化を加速する現象をどう取り入れるかを調査する。それにより、自発的対称性の破れる振動モードのポテンシャル関数の形状パラメータに対して、分極化初期で分極化が加速するように変化し、分極化の完了が近づくとその速度が低下する仕組みを明らかにする。
- 自発的対称性の破れを実現するメキシカンハット型ポテンシャルのパラメータをどのように決めるか、また、自発的対称性の発生を左右する閾値はどのように決めるのが妥当かを明らかにする。

5 おわりに

本稿は、大きな社会問題であるネット情報の分極化の構造理解に向けた検討方針を示した。複雑な社会現象をできる限り単純化して扱うミニマルモデルをベースにしているが、現実の社会現象の特徴をどのように反映させるべきかがポイントで、社会学や行動心理学的なアプローチの活用法について引き続き検討が必要である。

謝辞 本研究は科研費基盤研究 (B) 17H01737 及び 19H04096 の支援を受けて実施した。

参考文献

- [1] 会田 雅樹, ネットワークダイナミクス入門, 森北出版, 2020.
- [2] 永井 俊哉, エントロピーの理論 (Kindle 版), Amazon Services International, Inc., 2019.