

# ヒット現象の数理モデルから見た 社会現象の盛り上がりに関する考察

A study on the dynamics of social phenomena using mathematical model of hit phenomenon

石井晃<sup>1\*</sup> 小籾拓馬<sup>1</sup>、北尾明子<sup>1</sup>、鳥海不二夫<sup>2</sup>、榎剛史<sup>2,3</sup>

Chie HORI and Akitoshi MOGI

<sup>1</sup>鳥取大学工学部

<sup>1</sup>Department of Engineering, Tottori University

<sup>2</sup>東京大学工学部

<sup>2</sup>School of Engineering, The University of Tokyo

<sup>3</sup>ホットリンク

Hottolink Co.Ltd.

**Abstract:** A mathematical theory for social events is presented based on a former mathematical model for the hit phenomenon in entertainment as a stochastic process of interactions of human dynamics. The model uses only the time distribution of advertisement budget as an input, and word-of-mouth (WOM) represented by posts on social network systems is used as data to compare with the calculated results. The unit of time is a day. The calculations of intention of people in Japanese society for the scandal of cell of stimulus-triggered acquisition of pluripotency (also known as STAP) agree very well with the twitter posting distribution in time. We focused on users' interests to classify each tweet to clusters. We divide the tweets of the STAP cell scandal into several clusters due to the frequent communication to each other. We found that the time variation of the intentions are very different for each clusters. We present some calculation due to the model for the two typical clusters; ordinary people and academic people.

## 1 はじめに

ここ最近 10 年ほどの社会における大きな変化として、ブログ、Twitter、Facebook などに代表されるソーシャルメディアの普及によって、社会の人々一人一人が考えていること、関心を持っていることがソーシャルメディアへの書込という形で検索できるようになった。これは社会における人々一人一人の意見を代議員のよる代弁やアンケート、世論調査という形ではなく、生でアクセスできるという意味では人類が初体験しつつあるパラダイムシフトと言えよう。ヒット現象の数理モデルはそうしたソーシャルメディアの普及を背景にして考案され、2010 年に発表された、石井による社会物理学の理論[1,2]である。

この理論は提案された当初は映画興行に応用され、

\*連絡先：鳥取大学工学部応用数理工学科  
〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南 4-101  
E-mail: ishii@damp.tottori-u.ac.jp

日本での映画の日毎の観客動員数を数理モデルで説明できることが強調された。その後、オンライン音楽配信[3]、音楽コンサート[4-7]、演劇[7,8]、テレビドラマ[9,10]など多くのエンタテインメント分野へ応用され、江戸時代の歌舞伎役者の人気までこのヒット現象の数理モデルが応用されるようになった[11-13]。

しかし、ヒット現象の数理モデル自体は社会における人々の関心がどのように伝播し、収束していくかを数学的あるいは物理学的にモデル化した理論で、特に応用がエンタテインメント系に限定されるものではない。エンタテインメント系が応用しやすいのは、その話題の書込数が多い、という理由だけである。従って、大事件や不祥事などの社会的な出来事への人々の関心も、書込数が多ければ、物理学を用いて定量的に解析できる。東日本大震災の時の膨大な量の Twitter 投稿は研究者にも開放され、多くの分析が行われたのはよく知られている。

ここでは、そこまで大規模な災害でなくとも、社会が大きな関心を示すことについて、ヒット現象の数理モデルによる分析を行った結果を示す。扱う題材は STAP 細胞研究スキャンダル、佐村河内氏ゴーストライター事件、小学校 4 年生なりすまし、などの 2014 年を代表する社会的事件である。

## 2 ヒット現象の数理モデル

社会の人々の一人一人が興味・意欲の従う方程式をモデルとして示したのがヒット現象の数理モデルである [1, 2]。ヒット現象の数理モデルでは、ある話題に対する人々の関心・意欲を駆り立てる要因は、(a) 宣伝広告の影響、(b) 友人からの薦め、そして(c) 街中でのもっばらの噂話からの影響の 3 つがあると考える。直接友人から薦められることを「直接コミュニケーション」と呼び、それに対して街中でのもっばらの噂であるとか、ネット検索で目にとまった掲示板やブログ上のやりとりなどに影響されたものを「間接コミュニケーション」と呼ぼう。それらについて、購入意欲の時間的な変化を追う微分方程式を立てるという方法で数理モデル化をしていく。

ヒット現象の数理モデルによる社会の中の 1 人の人の興味・意欲の方程式は次のようになる。

$$\frac{dI_i(t)}{dt} = CA(t) + \sum_{j \neq i}^N D_{ij} I_j(t) + \sum_j \sum_k P_{ijk} I_j(t) I_k(t) \quad (1)$$

右辺の第一項が広告宣伝によって影響されて関心を持つ項、第二項が友人からの薦めで興味を持つ人の項(直接コミュニケーション)、そして第三項がうわさ話やブログなどに影響されて興味を持つ項(間接コミュニケーション項)である。

仮にこの式を  $N=2$ , つまり二人の人間について書き下してみると、2 人なので間接コミュニケーションがなくなり、外部からの影響も無いとすれば次のような式となる。

$$\frac{dI_1(t)}{dt} = -a_1 I_1(t) + D_{12} I_2(t)$$

$$\frac{dI_2(t)}{dt} = -a_2 I_2(t) + D_{21} I_1(t)$$

この式はストロガッツがロミオとジュリエットの間の恋愛を記述する方程式として導入したもの [14, 15] と一致する。つまり、このストロガッツによる恋愛の方程式は、ヒット現象の数理モデルに内包されている。

簡単化のために平均場近似を行う。

$$I = \frac{1}{N} \sum_j I_j(t) \quad (2)$$

これは  $N$  人の消費者がいずれもまったく同じ動きをするという事を意味し、社会を非常に単純化したことになる。この平均場近似を用いて、方程式は以下のように簡単化される(式変形の詳細は文献 [1, 2])。

$$\frac{dI(t)}{dt} = CA(t) + DI(t) + PI^2(t) \quad (3)$$

以下では、この式を用いて社会現象における人々の興味関心の盛り上がりや収束の計算を行っていく。

具体的な計算では、入力に右辺第一項の  $A(t)$  だけであり、これにエムデータ社より提供された、それぞれの話題に関する日毎の TV 露出秒数を入れる。(3) 式の  $C, D, P$  はパラメータとして、測定するそれぞれの話題に関する日毎のブログ投稿量、ツイート量に計算結果が合うように乱数を用い、モンテカルロ法の要領で数値を決めていく。

図 1 に示したのがヒット現象の数理モデルを用いた映画のヒット予測の例で、2011 年に封切られた「神様のカルテ」という映画についての計算と実測の比較である。実測はホットリンク社提供の日毎のブログ投稿量で、映画公開 4 日目までの実測データから計算でパラメータ  $C, D, P$  を決定し、5 日目以降はそれを用いて予測計算している。結果は実測とよく一致していて、ヒット現象の数理モデルが予測に使えることを示している。

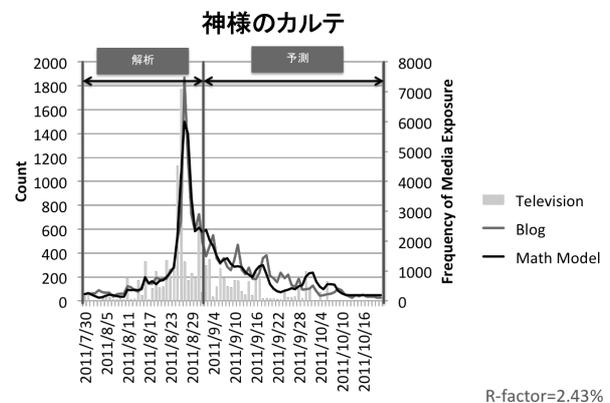


図 1 映画「神様のカルテ」の計算による予測と実測の比較。実測は日毎のブログ投稿量で、映画公開 4 日目までのデータから、5 日目以降を予測計算。

## 3 小 4 なりすまし事件

ここではまず、突然起きた出来事についてのブログやツイートで表れた人々の関心の推移の解析を行ってみよう。例として取り上げるのは、2014 年 12 月の衆議院総選挙の際にあった、大学生が小学校 4

年生になりすましてネットに投稿して、それがばれて、関心を持たれた「小4なりすまし」の話題である。この事件は大学生が小4になりすまして、ネット上で衆院解散についての批判をしたもので、子供に仮託して意見を言うのはどうか、と問題になった事件である。

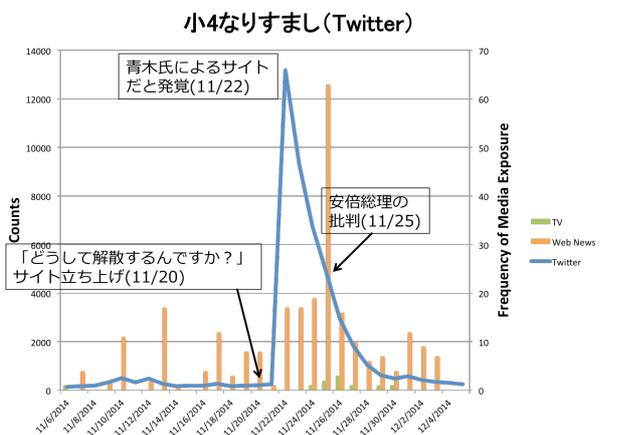


図2 小4なりすまし事件に関する日毎のTV報道の秒数(棒グラフ)とTwitter投稿数。

この事件に関する日毎のTV報道の秒数とTwitter投稿数は図2に示したとおりで、事件自体が比較的単純なものなので、ツイート数の推移も単純になりすましが明らかになった時点で立ち上がり、その後単純に減少している。

計算結果は図3に示したように、非常によく実測値と一致するものになっている。その計算結果の中身を(3)式の各項ごとに別けて示したのが図4である。図からは、最初に間接コミュニケーションが急激に立ち上がり、あとで直接コミュニケーションの方の割合が大きくなっていく様子が見て取れる。

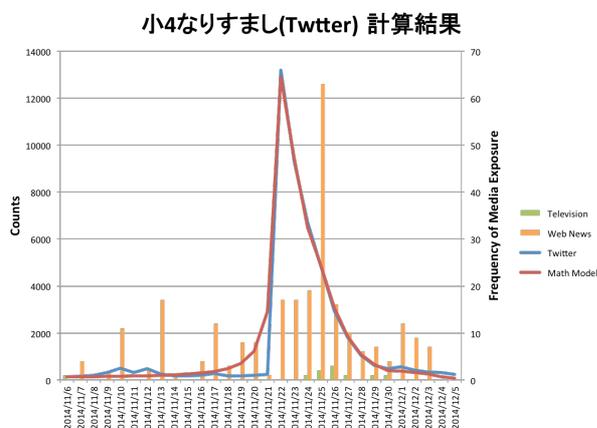


図3 小4なりすまし事件に関する日毎のTV報道の秒数(棒グラフ)、Twitter投稿数と計算結果。

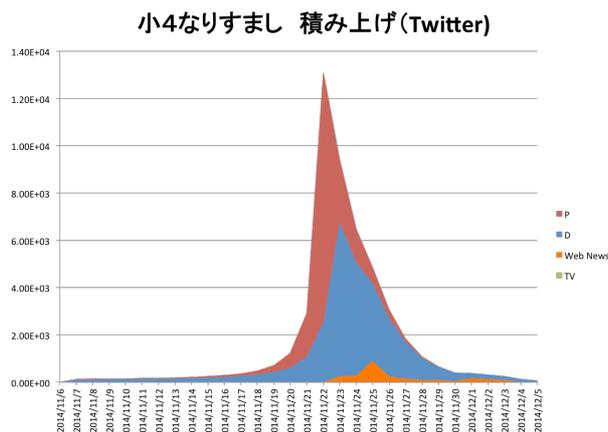


図4 小4なりすまし事件の計算結果を露出からの影響、直接コミュニケーション(D)、間接コミュニケーション(P)に分解した図。

#### 4 佐村河内氏ゴーストライター

次に図5に示したのが、聴覚障害がありながら「鬼武者」のゲーム音楽や「交響曲第1番《HIROSHIMA》」などを作曲した作曲家として知られていた佐村河内守氏が実は新垣隆氏に作曲をしてもらっていたというゴーストライター事件に関する日毎のTwitter投稿数とそれに対する計算結果である。図からわかるように、計算結果は実測とよく合っていると言える。細かい点で言えば、この計算では対象の全期間を通してC, D, Pを乱数から決めていて、全期間で同じ値になっている。従って、疑惑が発覚した時点よりも佐村河内氏が会見をした日で、人々の関心がより高くなっていることが、計算値と実測値のずれから見て取れる。

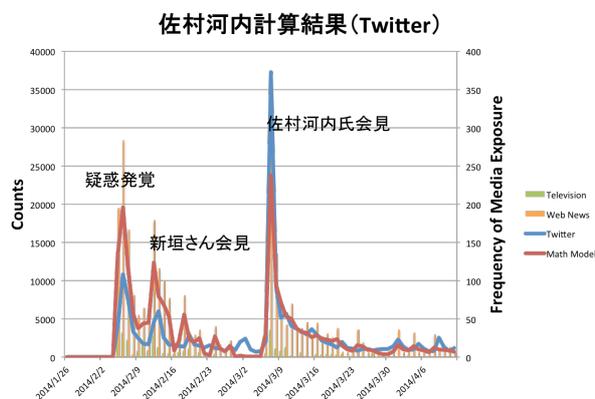


図5 佐村河内氏ゴーストライター事件に関する日毎のTV報道の秒数(棒グラフ)、Twitter投稿数と数理モデルによる計算結果。

## 5 STAP 細胞研究スキャンダル

### 5.1 STAP 細胞事件の概要

STAP 細胞事件とは、2014 年 1 月 28 日に理化学研究所発生・再生科学総合研究センター(CDB)が華々しい記者会見をして発表した iPS 細胞を越えると期待された研究成果に発表直後から次々に疑義がネット上で出され、理研も調査委員会を設置し、最終的に 2014 年 12 月 26 日の桂調査委員会報告で、捏造と断定された事件である。研究成果は Nature の 2 本の論文[16,17]になっていたのが当初は信用されていたが、その論文の図に疑義が出たのが研究発表記者会見から 1 週間もしないうちであった。

### 5.2 全ツイートによる分析

まず、全ツイートの分析を示す。これは最初の記者会見直前の 1 月 24 日から 8 月 10 日までの、「小保方」という単語を含むツイートについての毎日のツイート数で、これをこの間の TV 報道の秒数から数理モデル(3)式で解析したのが、図 6 である。この図 6 に示した計算は、1 月 24 日から 8 月 10 日までの全期間でパラメータ C,D,P を乱数を用いて実測と合うように最適化したもので、この結果は、C,D,P それぞれについて 1 つの数値で全期間をかなりいい精度で実測を計算で再現していると言える[18]。

計算と比べて実測は小保方さん記者会見で多く、笹井教授の会見では少ないので、会見の学術レベルと関係ないところで注目を浴びるか浴びないかが決まっていることを示していると言える。

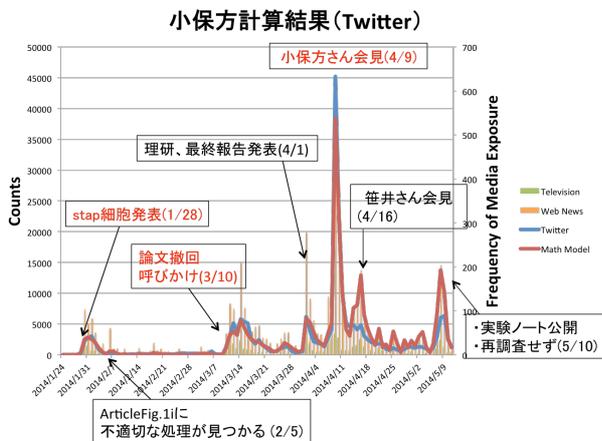


図 6 STAP 細胞事件に関し「小保方」を含む毎日の TV 報道の秒数 (棒グラフ)、Twitter 投稿数と数理モデルによる計算結果。

### 5.3 クラスタに分割

次に、ツイート自然言語処理を用いて、発言内容の分析とリツイートのネットワーク関係から、クラスターに分類した[19]。その結果、77 くらいクラスターが抽出されたが、俳優若山騎一郎氏に関連するツイートなど、STAP 細胞事件の評価についてはほぼ意味の無いクラスターを含め、重要とは思えないクラスターも数多く存在した。そこで、本論文では投稿数で上位 3 つである、以下のクラスターについて分析を行った。

- (0) STAP 細胞に関連するネタを扱ったツイート群
- (1) STAP 細胞事件に興味を持つ研究者による解説ツイート群
- (2) STAP 細胞研究を反原発などのイデオロギーと結びつけた内容のツイート群

分析期間は 1 月 29 日から 4 月末までである。3 月 10 日の若山氏による論文撤回の呼びかけ、4 月 9 日の小保方さん会見、4 月 16 日の笹井教授会見で 4 期間に区切って別々に C,D,P を求めている。

### 5.4 クラスタごとの特徴

上で分類した 3 つのクラスターについて数理モデルで分析し、その特徴を見てみよう。以下の計算では、

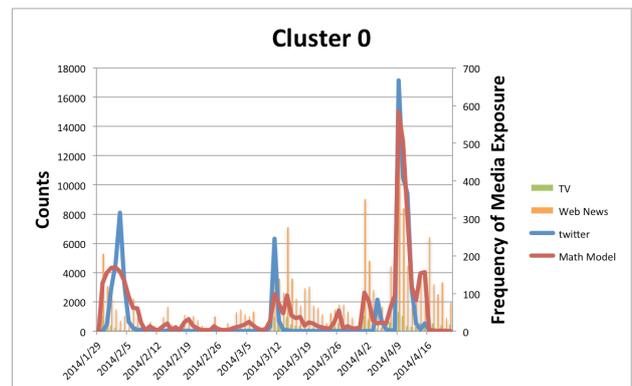


図 7 STAP 細胞に関連するネタを扱ったツイート群の Twitter 投稿数と数理モデルによる計算結果。棒グラフは STAP 細胞報道の日毎の TV 報道の秒数 (棒グラフ)。

まず最初に STAP 細胞に関連するネタを扱ったツイート群である。図 7 に結果を示す。このツイート群は図 6 に掲げたツイート全体の投稿数に近い推移である。最初のピークは STAP 細胞記者会見ではなく、疑惑が発覚したあたりである。途中ツイートが

少なくなるが、理研の会見があるあたりからかなり活発にツイートされている。小保方さんの記者会見（高いピーク）に比べ、笹井教授の会見はほとんど無視されている。

次に STAP 細胞事件に興味を持つ研究者による解説ツイート群についての分析結果が図 8 である。このツイート群の特徴は、最初（この図 8 では左端の初日）の STAP 細胞発表のあたりは、あまり活発ではない。疑義が出され始めたあたりもそれほどツイートは無いが、疑義に関する理研の最初記者会見からはかなり注目して活発に発言している。小保方さんの記者会見も高い注目だが、その直後の笹井教授の会見にもかなり注目してツイートしているのもこのツイート群の特徴である。

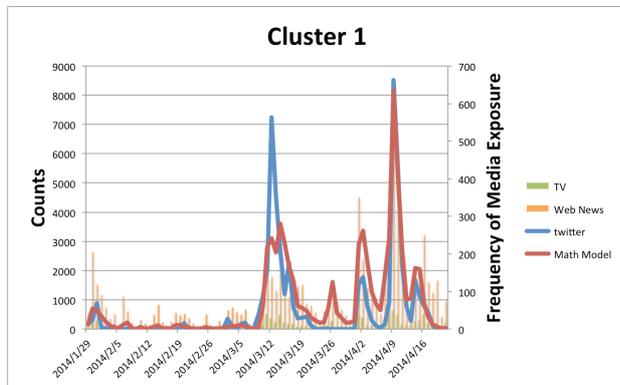


図 8 STAP 細胞事件に興味を持つ研究者による解説ツイート群の Twitter 投稿数と数理モデルによる計算結果。棒グラフは STAP 細胞報道の日毎の TV 報道の秒数（棒グラフ）。

3 番目に、STAP 細胞研究を反原発などのイデオロギーと結びつけた内容のツイート群の解析結果を図 9 に掲げる。このツイート群は、STAP 細胞問題について発言しつつも、反原発などそれぞれの主張したいイデオロギーに結びつけて発言しているのが大きな特徴である。

上 2 つのツイート群と比べ、このツイート群の実測は STAP 細胞研究成果発表の記者会見から疑惑発覚とネット上での追究（とそれの報道）には一切関心が無いのが特徴である。この群れのツイートはかなりの数になるのだが、そのほとんどが疑惑に関する理研の最初の記者会見（3 月 10 日）と小保方さんの会見（4 月 9 日）の時に集中している。STAP 細胞の発表自体と徐々に疑惑が深くなっていく辺り（2 月初め～3 月上旬）でまったく関心を示していないという点で、このツイート群に属するツイートの発信者の人々は、発言はしても STAP 細胞疑惑自体へのこだわりはない、と言えるだろう。

Cluster 2

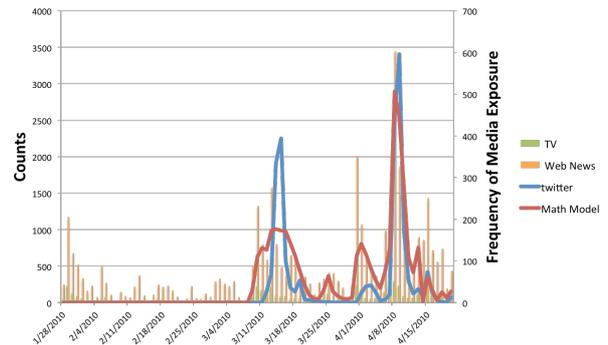


図 9 STAP 細胞研究を反原発などのイデオロギーと結びつけた内容のツイート群の Twitter 投稿数と数理モデルによる計算結果。棒グラフは STAP 細胞報道の日毎の TV 報道の秒数（棒グラフ）。

## 6 考察

最後にこの 3 つのツイート群の、4 期間での直接コミュニケーションの強さ  $D$  と間接コミュニケーションの強さ  $P$  の推移を見てみよう。4 期間とは以下の 4 期間で、ある。

- ・ 1 月 28 日～3 月 9 日
- ・ 3 月 10 日～4 月 8 日
- ・ 4 月 9 日～4 月 15 日
- ・ 4 月 16 日～4 月末

図 10、11、12 にそれぞれ、「STAP 細胞に関連するネタを扱ったツイート群」、「STAP 細胞事件に興味を持つ研究者による解説ツイート」、「STAP 細胞研究を反原発などのイデオロギーと結びつけた内容のツイート群」についての 4 期間での直接コミュニケーションの強さ  $D$  と間接コミュニケーションの強さ  $P$  の推移を示す。

図 10 と図 11 から共通して見えていることは、最初は間接コミュニケーションの強さ  $P$  が大きく、それが記者会見後に直接コミュニケーションの強さ  $D$  が大きい状況に変わる、ということである。直接コミュニケーションが直接的に知り合いからコメントをもらってそれに影響する事を意味しているから、ツイッターで言えば関心のあるツイートについてコメントを付け、さらにその返信を発言でもらうようなやりとりと相当するである。それに対して間接コミュニケーションは知らない人のツイートがリツイートや再ツイートで自分のタイムラインに表れて、それに関心を引かれて発言したような事に相当する。

それを踏まえると、最初、間接コミュニケーションをから疑惑に関心をもち、やがて会見である程度納得して直接コミュニケーションに移行すると思わ

れ、図4と同じパターンである。

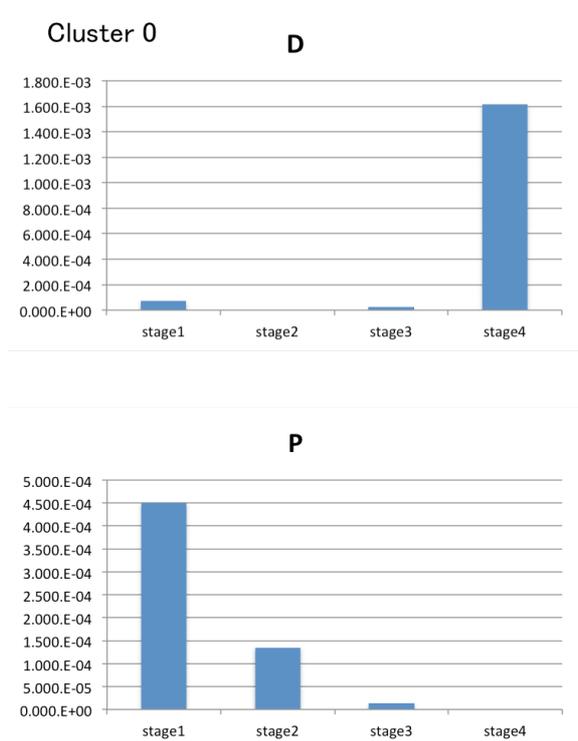


図10 STAP細胞に関連するネタを扱ったツイート群の解析から求めた、4期間での直接コミュニケーションの強さDと間接コミュニケーションの強さP

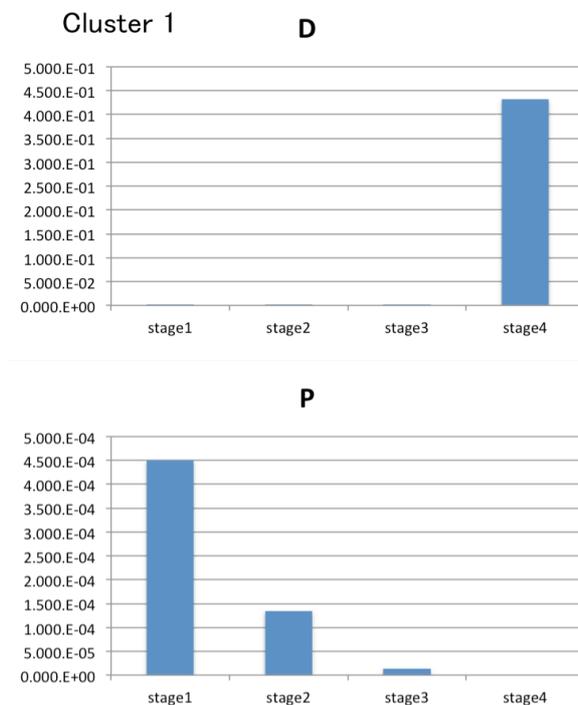


図11 STAP細胞事件に興味を持つ研究者による解説ツイート群の解析から求めた、4期間での直接コミュニケーションの強さDと間接コミュニケーションの強さP

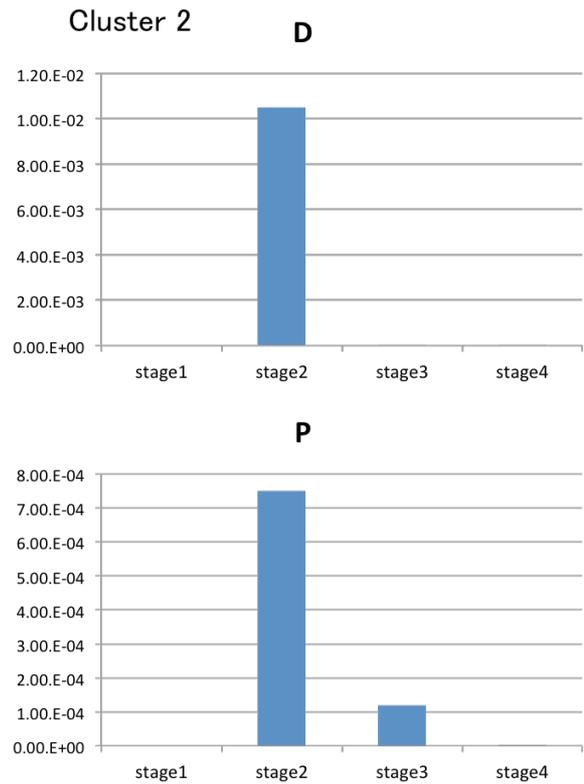


図12 STAP細胞研究を反原発などのイデオロギーと結びつけた内容のツイート群の解析から求めた、4期間での直接コミュニケーションの強さDと間接コミュニケーションの強さP

これに対して、STAP細胞研究を反原発などのイデオロギーと結びつけた内容のツイート群の場合、疑惑に関する理研の最初の記者会見(3月10日)以降の期間だけ発言があり、直接コミュニケーションと間接コミュニケーションはその記者会見直後の期間に同時に高い値を示している。図4, 図10, 図11がいずれも最初に間接コミュニケーションが高く、やがて直接コミュニケーションが高くなるパターンで似ていることから、この図12のこのツイート群の様子は不自然である。このツイート群の人々はSTAP細胞研究に関する疑義自体に関して、考えを巡らしている様子が見られないと言えるだろう。むしろ、ツイート数が多い話題だから関連してツイートしたと考える方が、この不自然な結果を説明できるのではないだろうか。

## 7 むすび

これまで主にエンタテインメント系のコンテンツの解析に用いてきたヒット現象の数理モデルで、社

会的に関心を持たれる話題の解析にも応用できることを示した。具体的には「小4なりすまし事件」「佐村河内守ゴーストライター事件」「STAP 細胞研究スキャンダル」の3つを扱い、いずれもヒット現象の数理モデルで実測のツイート数の日毎の推移をほぼ説明できる計算結果を得ることができた。STAP 細胞事件に関しては自然言語処理とツイートのネットワーク解析からツイート群に分け、そのうちのツイート数上位3つのツイート群についてヒット現象の数理モデルで分析し、それぞれの特徴を導いた。また、話題が盛り上がる場合にヒット現象の数理モデルで言う間接コミュニケーションが高い値を示し、次いで直接コミュニケーションが高くなるパターンが見られた。

## 謝辞

TV 報道露出データは (株) エムデータ提供によるものである。

## 参考文献

- [1] 吉田就彦, 石井晃, 新垣久史「大ヒットの方程式」ディスカヴァートゥエンティワン 2010.
- [2] A Ishii, H Arakaki, N Matsuda, T Matsumoto, S Umemura, T Urushidani, N Yamagata and N Yoshida, New Journal of Physics 14 (2012) 063018 (22pp)
- [3] A Ishii, H Koguchi and K Uchiyama, "Mathematical Model of Hit Phenomena as a theory for human interaction in the society" the Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering series volume 0126 (2013) p.159-164 Eds. by K.Glass et al. (Springer)
- [4] Y.Kawahata, E.Genda and A.Ishii, Revenue Prediction of music concerts Using the Mathematical Model of Hit Phenomena, the proceedings of the 2013 International Conference on Biometrics and Kansei Engineering (ICBAKE2013) 208-213
- [5] Y.Kawahata, E.Genda and A.Ishii, "Analysis music concerts adopting the mathematical model of hit phenomena" Computer Science and Information Technology (2013) 43-51
- [6] Y.Kawahata, E.Genda and A.Ishii, "Analysis of Local Concerts Using Facebook Adapting the Mathematical Model of Hit Phenomena" Advances in Intelligent Systems and Computing 273 (2014) 53-59
- [7] 川畑泰子博士論文 (九州大学芸術工学府 2015)
- [8] Y Kawahata, E.Genda and A.Ishii, "Predict Facebook impressions adopting a mathematical model of the hit phenomenon" International Journal of Information Technology, Modeling and Computing 02 (2014) 63-68
- [9] A.Ishii, K.Furuta, T.Oka, H.Koguchi and K.Uchiyama, Mathematical model of hit phenomena as a theory for collective motion of human mind in societies, in IOS press Ebook: Intelligent Decision Technologies Frontiers in Artificial Intelligence and Applications 255 (2013) 267 - 276
- [10] A Ishii, S Ota, T Tanimura, A Kitao, H Arakaki, K Uchiyama and H Koguchi, "Mathematical Theory for Hit Phenomena as a tool to analyze social phenomena using social networks", Proceedings of AAMAS2014, (ACM Digital Library, New York 2014)
- [11] Y.Kawahata, E.Genda and A.Ishii, Possibility of analysis of "Big Data" of Kabuki play in 19th century using the mathematical model of hit phenomena, the proceedings of ACE2013 in Springer LNCS series, Lecture Note in Computer Science 8253 (2013) pp 656-659
- [12] Y.Kawahata, E.Genda H Koguchi, K.Uchiyama and A.Ishii, "Analysis of Mathematical Model of Hit Phenomena Stage Actors of Japan" International Journal of Affective Engineering 13 (2014) 89-94
- [13] 川畑泰子, 源田 悦夫, 石井晃, 「江戸後期の出版物の性質を考慮した三代目歌川豊国の活動傾向の分析-ヒット現象の数理モデルを用いて」 Proceedings of ASIAGRAPH 2013 in Bali,21-25,2014.04.
- [14] S. Strogatz, Mathematics Magazine 61 (1988) 35
- [15] S. Strogatz, Nonlinear Dynamics and Chaos, (Perseus Books, Cambridge MA, 1994) 138
- [16] Obokata H, Wakayama T, Sasai Y, Kojima K, Vacanti MP, Niwa H, Yamato M, Vacanti CA, 2014a ``Stimulus-triggered fate conversion of somatic cells into pluripotency'', Nature 505 (2014) 641
- [17] Obokata H, Sasai Y, Niwa H, Kadota M, Andrabi M, Takata N, Tokoro M, Terashita Y, Yonemura S, Vacanti CA, Wakayama T, 2014b ``Bidirectional developmental potential in reprogrammed cells with acquired pluripotency'', Nature 505 (2014) 676
- [18] Akira Ishii, Takuma Koyabu, Koki Uchiyama, and Tsukasa Usui, "Mathematical theory for social phenomena to analyze popularity of social incidents quantitatively using social networks", Proceeding in Adaptation, Learning and Optimization Volume 2 (2015) pp 389-402 ISI Proceedings by Springer-Verlag.
- [19] 鳥海不二夫, 榊剛史, 「STAP 問題に対するソーシャルメディアにおける反応の分析」 WebDB Forum 2014