

災害地域による災害時コミュニケーション構造の相違

篠田 孝祐^{1,a)} 榊 剛史² 鳥海 不二夫² 栗原 聡³ 風間 一洋⁴ 野田 五十樹⁵

概要: ここ数年, Twitter をはじめとして, ソーシャルメディアを日常的に利用している人は多くなり, 先の震災でも一部ではあるが, 情報収集手段としてソーシャルメディアを活用した人たちがいる。これらコミュニケーションツールが, 災害時の情報伝播にてどのように使われたのかを知ることは, 将来起こりうる災害において情報技術を有効に活用するために重要である。既存研究では, 災害など社会的なイベントの取得にソーシャルメディアが有効であることはすでに議論されており, その際の情報伝播に関して様々な視点から議論されている。本研究では, 震災前後 2 週間程度の約 4 億の Twitter に投稿された Tweet データを対象に, ユーザの状況, 行動, コミュニケーション構造を全体ならびに地域単位で分析することで, ユーザのおかれた状況ごとにどのようなコミュニケーション状況であるかを分析する。それにより, 将来, 個々のユーザに適した情報を伝播するために必要な仕組みを提供するための基礎的知見を明かにする。

キーワード: ソーシャルメディア, 災害時情報伝播, 社会ネットワーク分析, ネットワーク中心性

A Difference of Local Communication Structure on the Crisis

Abstract: The Great East Japan Earthquake caused devastating damage to infrastructure and loss of life. Many people used social media to communicate and share information through the series of earthquake events and aftershocks. We analyzed over 300 million tweets and the Twitter network in Japan before and after the earthquake, which revealed the earthquake that occurred in the Twitter milieu itself. We performed analyses of two kinds. As a result, we suggest that the role of Twitter as a means to share information changed during the earthquake period.

Keywords: Social Media, Propagation of Information in Emergency, Social Network Analysis, Network Centrality

1. はじめに

従来, 災害時の主な情報伝達とは, 被害情報把握と救助活動を目的とした公的機関による情報収集, もしくは, マスメディアによる報道であった。被災者を含めた一般市民にとって, 情報取得の手段とは, マスメディアが中心であり, 個人的に関心がある情報を得る手段が限られていた。しかしながら, 近年, 携帯電話の普及やインターネット通信に日常化などにより, 先の大震災では, 一部の市民ではあるだろうが, ソーシャルメディアが活用されたことにより, 従来とは異なる災害時コミュニケーションの形がおぼ

ろげながら見えてきた。

本論文では, ソーシャルメディアの一つであり, 震災時に活用されたとされる [1]Twitter を対象として, Twitter 空間内における災害時のコミュニケーションダイナミクスを明らかにするために, 震災前後の Twitter 空間の状況や, ユーザーの活動地域情報をもととした地域状況によるユーザの投稿行動, そしてコミュニケーションから構成されるネットワーク構造の推移を俯瞰することで, ユーザがおかれた状況によるメディアとして Twitter の性質の違いを議論する。

まず, 2 節にて, 本研究が対象とする東日本大震災のときの社会的なイベントなど概要をのべ, そして, 利用した Twitter データの取得法, ならびに, 生成したコミュニケーションネットワークに関して説明する。続いて, 3 節では Twitter の統計的情報の時系列データをもとに災害時の

¹ 理化学研究所, RIKEN, wako, Saitama 351-0198, Japan

² 東京大学, The University of Tokyo

³ 大阪大学, Osaka University

⁴ 日本電信電話, NTT

⁵ 産業技術総合研究所, AIST

a) kosuke.shinoda@riken.jp

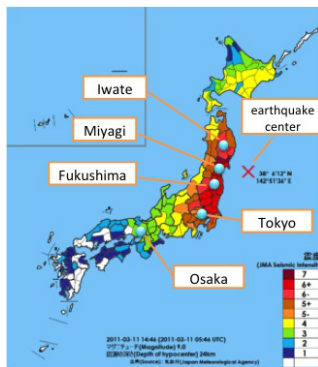


図 1 日本地図 (Wikipedia より)

ユーザの振る舞いを考察し、4 節にて Twitter 空間内のコミュニケーションネットワークから構造的特徴量ならびにネットワーク中心性からそのダイナミクスを議論する。それらの議論を受けて、既存研究との比較を行うことで本研究の貢献を明かにする。

2. 東日本大震災の経過と対象データセット

本研究は、2011 年 3 月に発生した東日本大震災における前後の期間の Twitter 投稿データを分析の対象とする。本節では、震災の前後の期間の主な出来事などを述べ、続いて対象データの生成方法ならびにコミュニケーションネットワークの生成方法を説明する。

2.1 震災の経過

対象期間に発生した主な出来事の時系列を以下に記す。

3/9	未明	宮城沖で地震
11	14:46	東日本大震災
	16 時前	三陸沖沿岸に大津波到来
	18 時頃	首都圏の主な鉄道の運行停止決定
12	未明	福島原発一号機 水素爆発
16	未明	富士山麓での大規模な地震

本論文における分析では、上記の社会的出来事があったことを念頭に論じる。

2.2 Twitter データの収集

対象データは、2011/3/7 0:00 - 3/23 23:59 の期間を対象に日本語 Tweet を以下の手順で作成した。

- (1) 主に日本語で発言している 1.3 百万人のユーザ ID のリストを準備
- (2) 対象期間の Tweet を順次クロール

上記手順収集した約 3 億 Tweets を分析する。ただし、TwitterAPI の制限などから、対象とすべきすべての Tweet を収集できていない。なお、このデータをもとに、我々は統計量を示すにあたり、各データを一時間単位の総量として時系列データを作成し、それをさらに 2011 年 3 月 7 日の 0 時台を 1 とした割合の推移として時系列データを正規化している。

2.3 対象地域

先の震災では非常に広域での被害があり、地域ごとに被

表 1 各県における震災時の被災状況

県名	損害規模	人口	主な被害
岩手	甚大 (沿岸域)	小規模	津波被害
宮城	甚大 (沿岸域)	中規模	津波被害
福島	顕著 (沿岸域)	中規模	原発事故
東京	軽微	大規模	交通麻痺
大阪	なし	大規模	-

害が異なった。我々は、被災状況下によって Twitter の利用目的ならびにコミュニケーション行動に違いをもたらしたと考える。そこで、地域単位での分析も行う。本論文では、地域を県単位^{*1}をもって分類とみなす。その際、すべての県を対象として調査することは困難であるため、図 1 に示す 5 都府県を選択した。これら都府県は表 1 に示す特徴を持っているが、地震・津波により沿岸部の被害状況が甚大であった岩手・宮城両県と、震災による影響もあいながらその後の原発事故による被害が大きかった福島県、震災地域に比較的近い大都市を抱える東京都、その対比として遠方の大阪府である。

2.4 コミュニケーションネットワークの生成

Twitter 空間におけるコミュニケーション構造を分析するにあたり、ユーザの Tweet の中でも、Retweet と mention tweet に注目した。Retweet とは、別のユーザの発言を自分の全フォロワーに伝達するコミュニケーション手段であり、一種のブロードキャストの情報伝搬とみなせる。それに対して mention とは、特定のユーザを示す記法 “@ユーザ名” を含む投稿である reply と Retweet が含まれ対話的の情報伝搬とみなせる。

本論文では、データセットから、mention tweet を抽出し、ネットワークを生成した。具体的には、ユーザをノード、1 時間以内に mention tweet を行ったユーザ間に無向エッジを設けることでネットワークとした。さらに、構造的特徴量は、計算の都合から、最大連結成分のみを対象とした。だが、どの時点においても、単位時間あたりにコミュニケーションをとっているユーザの 9 割程度のユーザが最大連結成分に属しており、分析対象として十分であると考えられる。

3. 震災前後の Twitter の利用状況

本節では、震災前後の Twitter 投稿データの統計的情報から、社会的に印象ある出来事の発生状況におけるコミュニケーション行動を分析する。

3.1 Twitter 利用者の分析

図 2 は、Twitter 利用状況に関する時系列グラフである。Tweet 数・ユーザ数の、震災直後と 16 日未明に Tweet 数がスパイク状に突出し、震災後の 12 日に多少の減少がみ

^{*1} なお、ユーザの活動地域の推定方法は、ユーザー自身が公開している主たる活動地域を示すプロパティを正しいものとして利用している。ただし、データセットに含まれる全てのユーザが位置情報プロパティを公開しているわけではないため、地域別データに関しては、一部ユーザのデータをもとに集計している。

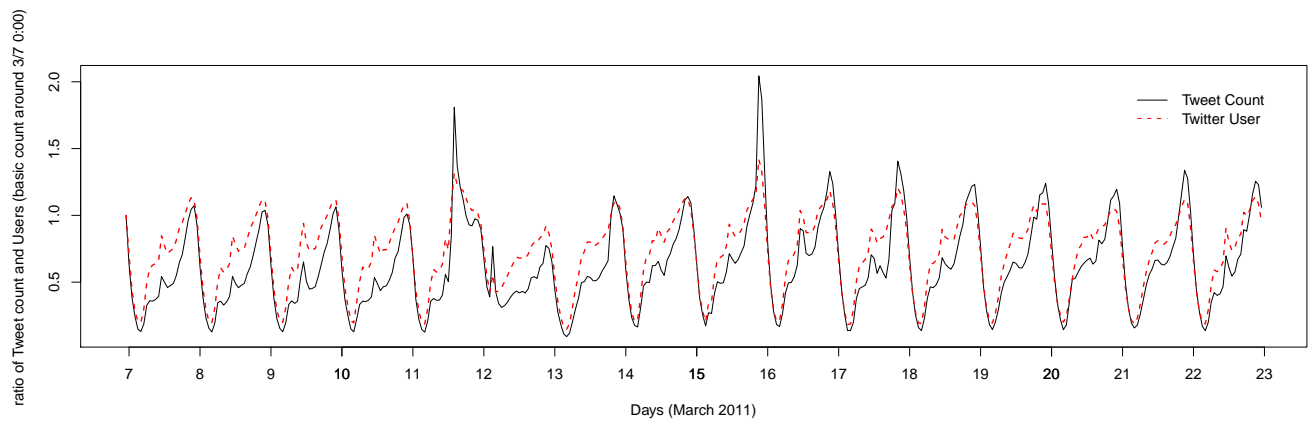


図 2 Tweet 数とユーザー数の推移

られる以外、24 時間変動は比較的類似している。スパイクとなった時間帯には大規模な地震があったことから、社会的関心の強さが Twitter への投稿行動を喚起したと考えられる。

対象期間の初めと終わりで、両数値とも多少増加しており、特に Tweet 数の方が増加割合が高い。両数値の増加は震災発生時を境に変化していることから地震によるものであり、そのなかでも後半は継続的な地震の発生や原発事故によるものと考えられる。ただし、震災発生後の Tweet 数・ユーザー数の減少や、その後一人当たりの Tweet 数の増加に疑問が残る。そこで、地域ごとに活用状況を分析する。

3.2 地域別の利用者の分析

対象都府県のユーザー数ならびに Tweet 数の時系列データの移動平均を図 3 に示す。両データとも、いわゆる被災地域の減少が顕著である。その一方で、東京・大阪では、震災直後、特にユーザー数が、他地域に比べて高い増加率を示している。さらに、Tweet 数では、スパイク状を示す箇所があるが、それを示す地域は異なっている。

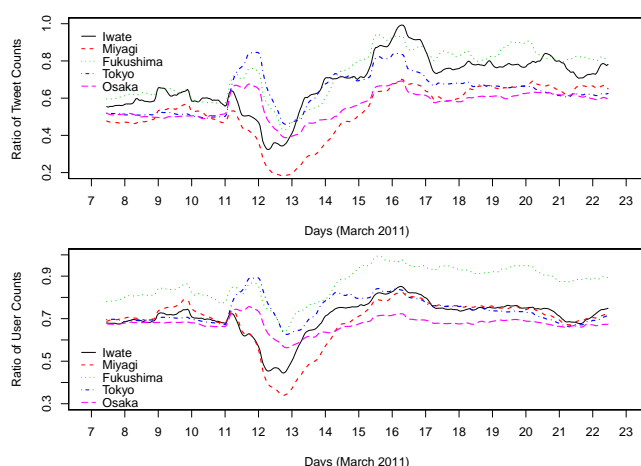


図 3 Tweet 数 (上) とユーザー数 (下) の移動平均

図 3 から、両数値の遷移の傾向は各地域類似しており、震災直後すべての地域が一時的な上昇後、地域により減少と増加の傾向に分かれ、その数日後変化が安定化している。そして、人的被害の少ない地域の東京は両数値が一定期間増加傾向であったのに対して、大阪は比較的早く日常的な

推移に戻るなど、異なる傾向を示している。特に顕著な傾向を示しているのが福島県である。対象期間の後半のユーザーの増加率の維持は目立つ。

3.3 考察

以上から、震災を契機としてユーザーの利用機会は増加したことから、ユーザーの関心と Twitter の利用は社会的な関心に大きさとなんらかの相関がある [2], [3]。つまり、Twitter において、社会的に印象ある出来事に関しては、ユーザー数はもちろん投稿数が極端に増加する。逆に、ユーザー数と頻度から、発生したイベントの関心と影響の強さが推定できる

そして、図 2 の Tweet 数のスパイクは、その大部分が地震など印象の大きい出来事が発生した時間帯である。これは、榊ら [4] らが示したように、地震が発生した場所により投稿行動に違いが現れるためであり、Twitter の利用状況から強く関心のもたれた出来事の強さや範囲が推測できる。特に、図 3 からは、東京と大阪の人の増加の推移からの地域的な関心の違いや、福島でのユーザー増加の継続状況から地域ごとの関心の強い出来事の発生の発見につながると考えられる。

その一方で、3 では、他の地域が関心の強さを示している時間帯に下降をたどる状況が観測されることから、地域ごとのインフラ等の被害の状況を推定出来るのではないかと考える。これらの情報を日常と比較することで、将来的に、地域単位の被害状況の推定や救援計画の立案、住民サービスに役立てられると考える。

4. 災害時コミュニケーションのダイナミクス

本節では、Twitter の情報メディアとしての特性を分析する。具体的には、Twitter 上での主なコミュニケーション手段の一つである Retweet と mention に注目することでユーザーのコミュニケーション状況を分析する。そして、Twitter 空間におけるコミュニケーションをネットワーク的視点から分析する。さらに、そのネットワークにおいて

地域ごとのユーザが、どのような役割を果たしているかを明らかにする。

4.1 Retweet, mention の状況

図 4, 5 は、対象とする県で活動するユーザの 1 時間あたりの Retweet, mention の投稿数の割合を時系列で示したものである。まず、共にすべての地域で震災の前後に増加傾向にあるが、震災直後は被災地域が明らかに減少している。

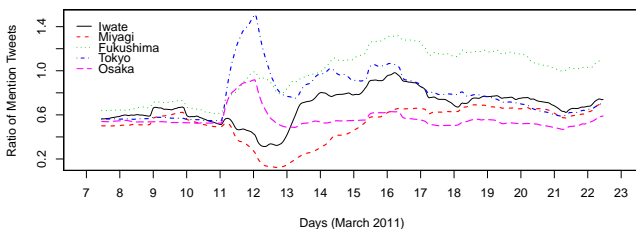


図 4 各県ごとの mention tweet 数の移動平均

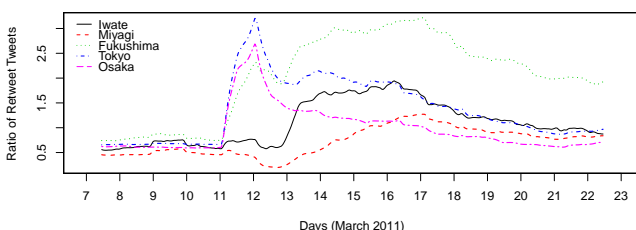


図 5 各県ごとの Retweet 数の移動平均

特に顕著なのは、東京・大阪と人的被害の少ない地域での震災直後の両数値が増加しており、比較的被害の大きかった福島でも岩手・宮城とは異なり直後からの増加とともにその後の高い割合を維持している。また、図 5 の震災直後は、東京が他地域と比べて高い値で推移している。そして、震災から数日後、福島が他県と比べて高い値での推移している。

4.2 コミュニケーションネットワークの特徴量

Twitter 空間におけるコミュニケーションの構造に着目して生成したコミュニケーションネットワークの構造的特徴量の変化を図 6 に示す。本研究で用いるネットワークの構造的特徴量 [5], [6] は、ノード数 N , エッジ数 E , クラスタリング係数 C , 平均最短パス長 L , 次数平均 D である。これらの指標は、主に、ノード数はその時間帯の利用者数、エッジ数は全体のコミュニケーション機会、クラスタリング係数はコミュニケーション密度、平均最短パス長は情報伝搬の広がりやすさ、次数平均はユーザあたりのコミュニケーション機会を示す。

なお、生成したコミュニケーションネットワークは、ノード・エッジのサイズに違いはあるが、クラスタリング係数は 0.09 程度、次数平均は 5 から 9, 平均パス長は 6 程度の構造的特徴量をもつネットワークであるが、その変化をみるため 3/7 0 時台の値を 1 とした割合の変化として図示した。

4.2.1 ネットワークの規模

ノード数の震災前の 24 時間変動は、図 2 と比較して Tweet 数の推移に比較的似ているが、ユーザ数の変動とは異なる。そして、11 日を境として一時的にノード数が若干増加しており、ノード増加率をエッジ増加率が上回る期間も所々観測され大規模な連結成分が形成されながらも、コミュニケーションネットワークの規模や構造が不規則に変動している。

4.2.2 コミュニケーションの傾向

クラスタリング係数の 24 時間変動は深夜から早朝に減少後、夜まで徐々に増加しながら深夜にピークを迎える。このことから、知人・フォロワー同士の会話は Twitter 空間が活性する深夜前に多く行われ、その低下に合わせてつながりが疎になったと考えられる。

図 6 では、震災直後と 16 日未明、クラスタリング係数は一度上昇してから減少している。日常の変動においてクラスタリング係数の減少が発生するのは Twitter 空間の活性度の低下時であったが、それに対して、この期間はノード・エッジ数の増加すると同時に平均次数・平均パス長の急な減少が確認できる。ただし、本研究で扱うネットワークは、ノード数が数万から数十万程度の規模であるため、クラスタリング係数は非常に小さな値になりやすい。そのため視覚的にも大きな変化はないが、それだけに値の減少の意味は大きく、ハブノードへのエッジの集中による異なるコミュニティ間の繋がりが生じたものと考えられる。

4.2.3 情報伝達性

図 6 において、震災前の平均パス長と平均次数の 24 時間変動は同じように推移していた。だが、震災翌日からそれぞれ異なる推移を見せている。震災前に比べ、次数平均が若干増加し、平均最短パス長が若干低下している。平均次数の増加と平均最短パス長の低下から、一人当たりのコミュニケーション機会を増やし情報が伝達しやすい構造となっていると解釈できる。

4.2.4 地域ごとの特徴量の変化

これまでの分析で、地域ごとに Twitter の利用法ならびに情報の流れに違いがあることを示した。そこから、Twitter 空間における地域によってユーザに立場の違いがあるのかを調べるために、ネットワークの中心性指標に着目する。ネットワーク中心性指標とは、ノードの重要性を評価する指標であり、何をもちょうとすることで様々な定義が存在するが、本論文では、次数中心性、近接中心性 [6], PageRank [7] の 3 つの指標を用いる。

まず、次数中心性と近接中心性は、地域ごとに有意な差はなかった。これは、前者が分布がベキとなる指標であるため、後者はネットワークの規模の大きすぎることにより分散が小さくなる指標であるためと考えられる。一方、PageRank は、図 7 のように、震災など社会的なイベントの発生により違いが生じている。

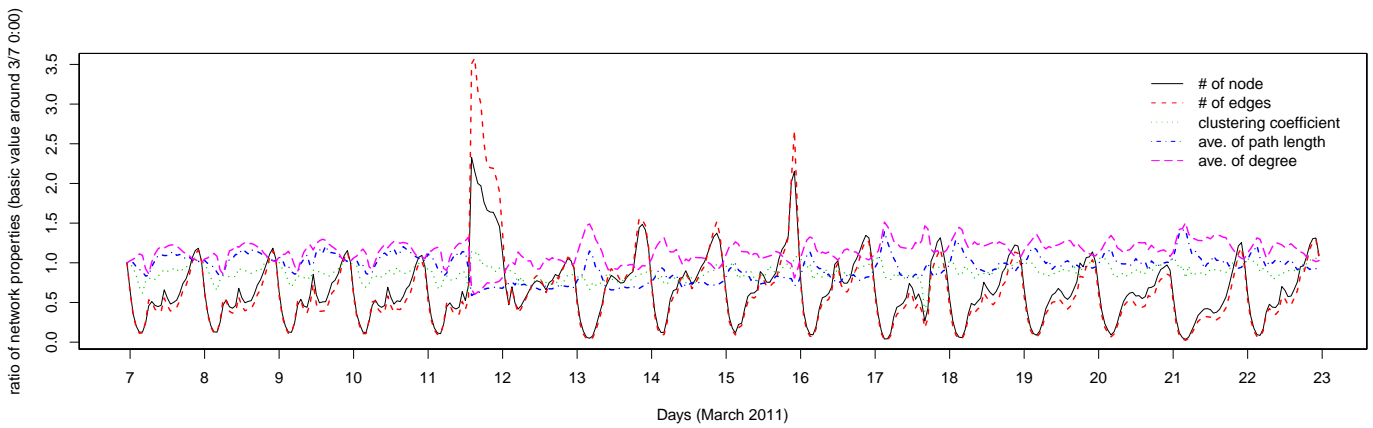


図 6 mention network の構造的特徴量の推移

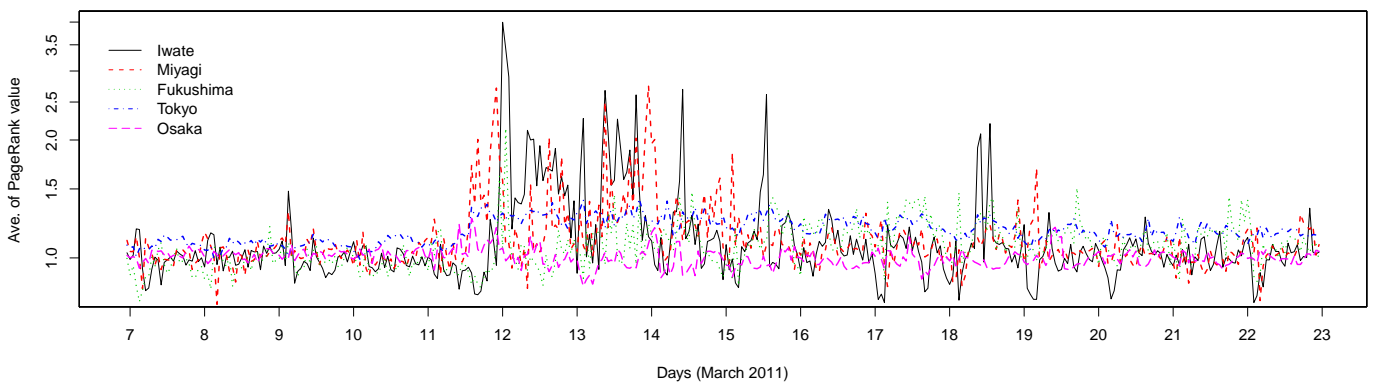


図 7 mention network における地域ごとの PageRank 平均の推移

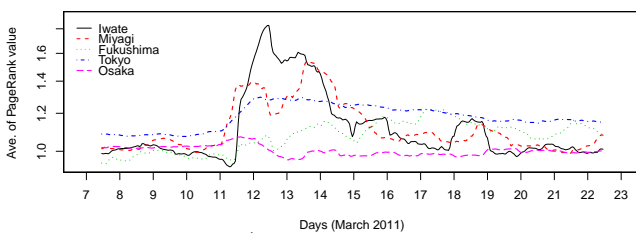


図 8 各県ごとの PageRank の移動平均

震災前の 24 時間変動を見ると PageRank は比較的安定しており、東京のみ他と比べて値が若干高い。これは、東京に在住のユーザ数などから、比較的構造の中心に近い位置に存在すると考えられる。同指標の全体の傾向として図 8 を示す、この図から、震災の発生後、宮城の値が上昇後岩手の値が上昇しているが、図 5 から、震源に近い宮城の情報から宮城が増加したあと、マスメディアなどの報道により被害状況が明確になった岩手の情報が情報源となったと推測される。そして、東京と大阪の推移に差があるが、図 2, 5 から、震源や原発問題の距離などから地域的な関心の差から情報源としての差が生じたものと考えられる。

4.3 考察

Twitter 空間では、昼間、コミュニケーションネットワークの参加者の推移が Tweet 数の推移に似ていることから、昼間は他のユーザとの会話ではなくメモ書きのような場所として Twitter を利用していたと考えられる。図 6 から、そのユーザ群が、震災から一定期間、コミュニケーションにを行い、さらに他の参加者の投稿機会を増加させたものと推測する。

そして、mention, Retweet というコミュニケーション行動と言える Tweet の投稿頻度を分析することで、図 4, 5 の震災直後の推移から、震源地から遠方の地域のユーザが情報の流通に関心を寄せていたと推測でき、数日後では、それが原発問題に移ったことで福島ユーザのつぶやきに関心が移ったのではないかと考えられる。このことは、図 6 のクラスタリング係数の減少からも、特定のユーザの Tweet が Retweet されたことで、情報源とみなされた特定のユーザへのエッジが集中したものと考え、その地域が東京であり、福島などであったのではないだろうか。これらから、Twitter が、ユーザの状況などにより、コミュニケーションにもブロードキャスト的な情報伝搬と、対話的な情報伝搬が適宜使い分けられていたことを示す。それは、逆に、その地域の状況の推定に活用できることも示唆する。

さらに、福島に関しては、図 8 のデータも含めると、決して高い増加率ではないが、他の被災地より高い値をもっているから、原発問題の情報源としても期待をもたれていたと考えられる。また、震災後、情報が伝達しやすい構造となっているという解釈から、膨大な Retweet などによりハブノードが形成されることで、ブロードキャスト的な情報伝搬が増えたと考えられる。実際、平時のハブノードは著名人が中心であったのが、震災後には“@NHK_PR”, “@FDMA_JAPAN”, “@earthquake_jp” などの災害情報の情報源となりうるユーザが、平時の数倍のエッジを集めていた。震災後、ブロードキャストされる情報源に質的な変化が生じている可能性が考えられる。

図7のPageRankの変動より、PageRankとは一般的にはWebにおけるサイトへのユーザの滞在確率を示す指標であることから、対象ネットワークにおいては、数値の上昇は情報源となるユーザがその地域に多くいたものと推測される。さらに、普段のコミュニケーション構造から、地勢的にも東京が構造の中心にあるのは必然であるが、図8から、コミュニケーションに流通する話題によって、特定の地域のTweetに関心が寄せられることがわかる。このように、ネットワーク指標からも、利用者の関心、振る舞いを推定することはでき、Twitterのユーザが、対話的コミュニケーションからブロードキャスト的コミュニケーションへと利用方法が変化していることが分かる。

5. 関連研究

Twitterをはじめとしたソーシャルメディアが災害時のコミュニケーションメディアとしてどのような役割を果たしているのかを分析した既存研究は存在する。Viewegら[8]は、北米でおきた自然災害における情報のブロードキャストに着目し、それらの情報から正しい情報の把握が可能かを検討している。そして、Heverinら[2]は、シアトル近郊でおきた事件を題材として、情報の拡散状況に着目し分析している。Mendozaら[3]やStarbirdら[9]は、Retweetによる非常時の情報拡散状況を分析しており、情報の確からしさによる伝達時間の違いを明らかにしている。この様に、ソーシャルメディアの活用法としては、個人々がアップした情報が拡散するプロセスを全体的な視点から理解することで、情報の取得ならびに情報把握手段としての活用が主である。本研究では、先の大震災のような広域災害において、地域・被災状況におけるコミュニケーション状況を分析した。地域単位での情報流通の分析としては、宮部ら[10]は、東日本大震災を対象として地域間のRetweetの関係を分析し、被災地から遠方の地域への情報の流れを明らかにしている。この知見は、本論文の4.1節ならびに2.3節における、遠方から被災地の情報のRetweetなどによる情報伝達の考察と重なる。そして、本研究では、ネットワーク分析というマクロなアプローチから、同様の調査の可能性を議論した。

6. まとめ

本論文では、2011年3月の大震災の前後の期間にTwitterに投稿されたTweet群を対象に、被災状況の異なる地域ごとのTwitterの活用方法ならびにコミュニケーション構造を分析した。対象期間において、特に災害時には、災害の被害が広範囲に及び、さらに原発事故が発生したことにより、地域による情報へのニーズが異なったことで、Twitterの活用状況ならびにコミュニケーションの構造などに、地域による違いが生じていたことが確認できた。またTwitter空間におけるコミュニケーションも、発生した社会的象

によってブロードキャスト的なのか対話的なのかの違いが生じており、Twitterには、両者を状況に応じて適応できる機能を有しているものと考えられる。

今後、コミュニケーションネットワーク構造の変化も組み合わせることで、よりデマの早期検知や拡散防止はもちろぬ、利用者の状況や、ニーズに応じた情報伝搬構造を、より適切に構築することが可能となると考える。

参考文献

- [1] 情報支援プロボノ・プラットフォーム. 東日本大震災 情報行動調査報告書. 株式会社インプレスホールディングス, 2011.
- [2] Thomas Heverin and Lisl Zach. Microblogging for Crisis Communication: Examination of Twitter Use in Response to a 2009 Violent Crisis in Seattle-Tacoma, Washington Area. In *Proceedings of the 7th International IS-CRAM Conference*, Seattle, Washington, 2010.
- [3] Marcelo Mendoza, Barbara Poblete, and Carlos Castillo. Twitter under crisis: can we trust what we RT? In *Proceedings of the First Workshop on Social Media Analytics - SOMA '10*, pages 71-79, New York, New York, USA, July 2010. ACM Press.
- [4] Takeshi Sakaki, Makoto Okazaki, and Yutaka Matsuo. Earthquake shakes Twitter users: real-time event detection by social sensors. *Proceedings of the 19th international conference on World wide web*, pages 851-860, 2010.
- [5] D.J. Watts and S.H. Strogatz. Collective dynamics of 'small-world' networks. *Nature*, 393(6684):409-10, 1998.
- [6] Mark E. J. Newman. The structure and function of complex networks. *SIAM Review*, 45:167-256, 2003.
- [7] Lawrence Page, Sergey Brin, Rajeev Motwani, and Terry Winograd. The pagerank citation ranking: Bringing order to the web. *Stanford Digital Library Technologies Project*, pages 1-17, 1998.
- [8] Sarah Vieweg, Amanda L. Hughes, Kate Starbird, and Leysia Palen. Microblogging during two natural hazards events: what twitter may contribute to situational awareness. In *Proceedings of the 28th international conference on Human factors in computing systems, CHI '10*, pages 1079-1088, New York, NY, USA, 2010. ACM.
- [9] Kate Starbird and Leysia Palen. (how) will the revolution be retweeted?: information diffusion and the 2011 egyptian uprising. In *Proceedings of the ACM 2012 conference on Computer Supported Cooperative Work, CSCW '12*, pages 7-16, New York, NY, USA, 2012. ACM.
- [10] 真衣 宮部, 英治 荒牧, and 麻子 三浦. 東日本大震災におけるTwitterの利用傾向の分析. In 第148回マルチメディア通信と分散処理・第81回グループウェアとネットワークサービス・第53回電子化知的財産・社会基盤 合同研究発表会, 2011.