

# 大規模災害時における SNS による集合知に基づいた ネットワークの QoE 制御

丸 千尋<sup>1</sup> 榎 美紀<sup>2</sup> 中尾 彰宏<sup>3</sup> 山本 周<sup>3</sup> 山口 実靖<sup>4</sup> 小口 正人<sup>1</sup>

## QoE Control of Network using Collective Intelligence of SNS in Large-Scale Disasters

CHIIHIRO MARU<sup>1</sup> MIKI ENOKI<sup>2</sup> AKIHIRO NAKAO<sup>3</sup> SHU YAMAMOTO<sup>3</sup>  
SANEYASU YAMAGUCHI<sup>4</sup> MASATO OGUCHI<sup>1</sup>

### 1. はじめに

地震などの大規模災害が発生すると、基地局やネットワークの設備が損壊する可能性に加え、多数のユーザが同時にネットワークを利用することなどにより、通信障害が起こるといった問題が発生する。このような緊急時に、電話やメールなどの通信手段が利用可能であることは重要である。通常、ネットワークの状態はネットワーク機器を使つてのみ監視されている。しかし、東日本大震災が発生した際には、被害状況の把握に必要な故障および輻輳制御状態に関する情報が膨大になっており、ネットワーク機器からの情報のみでネットワーク全体の状態を迅速に把握することは困難であった [1]。

従来、ネットワークの状態を知るために、ネットワーク機器を用いて、ネットワーク内部から情報を取得する方法 [2] が採られてきた。本研究では、前述の問題を解決するために、ネットワーク機器を補完する、ネットワーク外部からの情報を利用する方法を提案する。

被災地住民に対する調査 [3][4] によると、東日本大震災の被災地では、電話やメールが使えないユーザが多い中、Social Networking Service (SNS) は使用可能で、震災直後に利用していたサービスとして SNS を挙げる人が多かった。SNS は多くのユーザから情報をリアルタイムに得ることができるという特徴がある。震災のような緊急時では、

ユーザがネットワークの状態に強い関心を寄せ、その情報を積極的に SNS を通して発信すると考えられる。従って、SNS を用いることで、通信障害が発生している地域や原因、ユーザへの影響の度合いなど、ネットワーク機器からの情報だけでは把握することができない情報を得ることができる。そのため、我々は SNS による集合知が、従来のネットワーク機器による監視の相互補完的な情報取得手段として最適であると考え、本研究では、最も広く使われている SNS の一つである、Twitter[5] による集合知に基づいたネットワーク制御を自動的/自律的に行うことを目的とする。このシステムは、緊急時に通信障害を自動的に検知するという点で、ネットワークマネージャを補佐する。

ここで、インターネットが使えない状況で Twitter が利用可能であるのかといった問題が生じる。しかし、例え無線 LAN が利用できなくても、3G ネットワークや LTE など、他のサービスが使える可能性がある。また、障害が発生していない地域にいる人が、通信障害に関する情報を発信すると考えられる。

本論文の貢献は以下の 2 つである。

- (1) SNS に基づくネットワーク障害検知システムの設計と試作を行うことで、SNS データの解析により、通信障害を高精度で検知し、効率的なエリア復旧のための地域ごとの優先度を決定できることを示した。
- (2) SNS に基づく障害検知をネットワーク制御に統合することで、SNS による集合知に基づき、ネットワーク制御を自動的/自律的に行えることを示した。

本論文の構成は以下の通りである。2 章で関連研究について述べ、3 章で提案システムの概要を紹介する。4 章で初期キーワードの決定、候補データ抽出処理について、それぞれ概要を説明する。そして、5 章で地名分類処理、6 章

<sup>1</sup> お茶の水女子大学  
Ochanomizu University, Bunkyo, Tokyo 112-8610, Japan  
<sup>2</sup> 日本アイ・ビー・エム (株) 東京基礎研究所  
IBM Research - Tokyo, Chuo, Tokyo, 135-8511, Japan  
<sup>3</sup> 東京大学  
University of Tokyo, Bunkyo, Tokyo, 113-8654, Japan  
<sup>4</sup> 工学院大学  
Kogakuin University, Shinjuku, Tokyo, 163-8677, Japan

で重要度の算出について説明する。7章で提案システムから取得した情報を用いたネットワーク制御システムの概要を説明する。最後に、8章で本稿をまとめる。

## 2. 関連研究

SNSでのデータを解析することで、地震や土砂災害や火災など、実世界で発生する出来事を検知する手法が数多く存在する[6][7][8][9][10][11][12][13][14]。榊ら[6]はTwitterのユーザをソーシャルセンサとすることで、地震を早期に発見し、発生場所を推測する手法を提案している。国土交通省国土技術政策総合研究所[7]は災害が発生する可能性のある地域の住民等のツイートに元を、土砂災害の予兆や発生早期把握を行っている。これらの研究は出来事の発生の有無に焦点を当てており、大きな出来事が発生した際により詳細な情報の抽出はなされていないため、大規模災害が原因で起こる通信障害を検出することを目標としている本研究とは異なる。また、Rudraら[11]は災害時に収集したツイートを複数のカテゴリに分類し、それぞれを要約する手法を提案している。この研究は状況認識に貢献する、地域ごとの状況や救援活動に関するツイートを抽出している点で本研究と類似している。Vargaら[12]は災害時にユーザが投稿した問題ツイートとそれに対応する答えのツイートを見つける手法を提案している。この研究は対処する必要のあるユーザの問題を検出している点で本研究と類似している。榊ら[13]はドライバが投稿したツイートの本文とツイートからの位置情報を用いて、ドライバ周辺の道路状況の収集を行っている。この研究は収集した道路交通情報をドライバに提示して利用している点で本研究と類似している。水野ら[14]は災害時に、ユーザによってなされた大量のツイートの本文と位置情報から、災害状況を検出するシステムを提案している。この研究は出来事の発生の有無だけでなく、その出来事によって引き起こされた二次的な被害についても検出し、管理者がその被害情報を利用している点で本研究と類似している。しかし、本研究は通信障害の検出に特化しており、検出された情報を用いたネットワーク制御の自動化を目的としているため、これらの研究とは異なる。

従来、ネットワーク制御はネットワーク機器から取得した情報を用いて行われてきた[2]。ITU-T Focus Group on Disaster Relief Systems[2]は緊急時に、ワイヤレスセンサネットワークを利用した監視システムを用いて、ネットワーク障害を検知し、警告レベルを超えた際にネットワーク管理者にその旨を自動的に通知する。一方、本研究ではSNSによる集合知を用いたネットワーク制御を行うという点で新規性がある。ユーザにとってネットワークがどのような状態であるかを従来の手法で正確に掴む事は難しいが、本研究の提案手法でこれを補完することが可能である。Qiu[15]らはモバイルネットワーク機能に問題があった場

合、ユーザはサービスセンタに電話するよりも早くTwitterにその問題を投稿することを示した。これは通信障害を検知する際に、Twitterを利用することが有用であることを示している。竹下ら[16][17][18]はネットワークの故障状況を把握するために、Twitter上に投稿されたネットワークの問題に言及したツイートを利用している点で本研究と動機が似ている。しかし、竹下らは大規模災害を対象としておらず、平常時における障害検知を行う所までに留まっている点で、抽出した情報を基にネットワーク制御を行うシステムを構築した本研究とは異なる。更に、竹下らは通信障害以外にも様々な種類のネットワーク障害を同時に検出しているため、ユーザへの影響の度合いなど、通信障害に関するより詳細な情報を検出している本研究とは異なる。

## 3. 提案システムの概要

本研究では、以下のネットワーク障害検知システムを提案する。提案システムの概要を図1に示す。

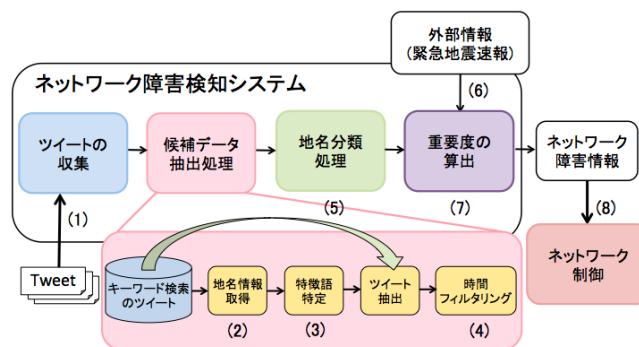


図1 ネットワーク障害検知システム

図中(1)~(8)の動作は以下の通りである。

- (1) ブートストラップ法を用いた障害表現抽出によって、通信障害に関する初期キーワードを決定し、そのキーワードを含むツイートを取得する。
- (2) (1)で取得したツイートを、同じ地名名詞が含まれるツイートごとにまとめる。
- (3) (2)の地名名詞ごとにまとめたツイートの中から特徴語を特定し、地名名詞を含まず特徴語を含むツイートを、(1)のツイートの中から抽出して加える。
- (4) 関係のないツイートを排除するために、ツイートされた時刻を考慮し、時間フィルタリングを行う。
- (5) 候補データ抽出処理によって抽出されたツイートに出現する地名を、「その地名で通信障害が発生しているのか」、「その他の場合であるのか」に分類する。
- (6) 緊急地震速報からの情報を解析し、地震の発生時刻や震源地やマグニチュードを取得する。
- (7) 効率的なエリア復旧のための地域ごとの重要度を算出する。
- (8) 提案システムから取得したネットワーク負荷に関する

情報を基に、ネットワーク制御を行う。

この障害検知は通信障害を即座に検知できることが重要であるので、ネットワーク障害検知システムのリアルタイム処理を行う。リアルタイム化にあたり、キーワード検索で取得したツイートのサンプリング間隔を1分とし、現在のツイートから60分遡った時刻までのツイートを障害検知対象のツイートとして扱う。このシステムにより得られた候補地ごとにまとめた障害情報が、出力データとして出力され、解析結果は1分以内に更新される。

このシステムを用いることで、ユーザによるネットワークの状態に関する詳細な情報を獲得できる。本研究ではこの情報に基づき、7章で述べる自動化されたネットワーク制御システムを構築する。

#### 4. データ抽出の詳細

本章では、提案システムの一部である、初期キーワードの決定、候補データ抽出処理について概要を説明し、評価実験を行う。

提案システムは大規模災害を対象としているため、本稿では、東日本大震災時のツイートコーパスを利用する。コーパスの詳細を表1に、コーパスに含まれるツイートの例を表2に示す。

表1 東日本大震災時のツイートコーパスの詳細

発生日	2011/03/11
ツイート数	8,815,519

表2 コーパスに含まれるツイートの例

- ・地震だ。結構揺れた。
- ・宮城県北部で震度7
- ・青森八戸津波注意してください！
- ・コンビニで食料調達しに行ったけど、ほとんど物がありません。
- ・ばあちゃんの安否が心配である。
- ・山手線は、地震の影響で、運転を見合わせています。
- ・盛岡市内は完全に停電しています。信号もついていません。
- ・岩手の母に電話が繋がらない。

このコーパスは通信障害に関するツイート以外に、様々な種類のツイートを含んでいることがわかる。

##### 4.1 初期キーワードの決定

提案システムのキーワード検索で設定する初期キーワードを決定するために、ブートストラップ法を用いた障害表現抽出を行う [19]。ブートストラップ法を用いた障害表現抽出の流れを図2に示す。

まず、東日本大震災時のツイートコーパスに対して初期シードを与え、初期シードを含むツイートを取得する。ツ

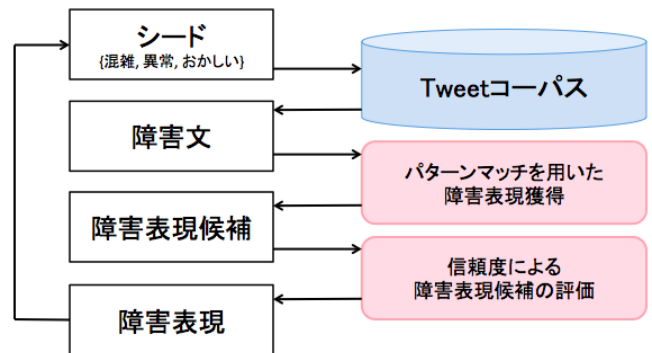


図2 ブートストラップ法を用いた障害表現抽出

ツイートコーパスのツイートは、電話という単語を含む。そして取得したツイートを障害文と定義する。本稿では、通信障害に関するツイートを取得するため、混雑、異常、おかしいという単語を初期シードに設定する。次に、パターンマッチを用いて障害表現候補を獲得する。これは、障害文の中から、動詞の未然形に打ち消しの助動詞か否定の助動詞が連続する組合せを、品詞のパターンマッチを用いて獲得する。組合せの例を以下に示す。

- (動詞の未然形) + ない
- (動詞の未然形) + ぬ
- (動詞の未然形) + ん
- (動詞の未然形) + ず

次に、ブートストラップ法では、一度適合率の低い結果が障害表現候補の出力の中にあると連鎖的に適合率が低下してしまうため、獲得した障害表現候補について信頼度のスコアリングを行う。障害表現候補 *candidate* の信頼度 *score* は、以下の式を用いて算出される。

$$score(candidate) = \sum_{s \in S} \frac{1}{distance(s)} \quad (1)$$

$S$  は障害表現候補 *candidate* が出現する障害文の集合、 $distance(s)$  は障害文での電話という単語と障害表現候補 *candidate* との距離である。この式は、障害文に多く出現し、電話という単語の近くに出現しやすい単語ほど、障害表現である可能性が高いという過程に基づく。そして、上位  $N\%$  のものを障害表現とする。このようにして得られた障害表現を、次のステップの新しいシードとしてツイートコーパスに与え、同じ作業を行う。この作業を一定回数繰り返して得られた障害表現を、提案システムの初期キーワードに設定する。

ここで、初期キーワード決定の実験を行う。  $N$  を1から10まで試した結果、今回は  $N$  を2.5に設定した。作業の繰り返し回数は5回とした。得られた全18個の障害表現のうち、人手で10単語を選択し、キーワード検索で設定する初期キーワードとした。初期キーワードの例を表3に示す。そして、東日本大震災時のツイートコーパスに対してこれらの初期キーワードでキーワード検索を行った結果、

37,204 ツイート取得することができた。

表 3 初期キーワードの例

繋がらない	つながらない	通じない	繋がらん	つながらん
使えない	繋がらず	繋がんない	出来ない	つながんない

## 4.2 候補データ抽出処理

本節では、候補データ抽出処理の概要について述べる。

### 4.2.1 キーワード検索

Twitter 社の Search API[20] を使って取得したツイートを、4.1 節で決定した、通信障害に関する初期キーワードを用いてキーワード検索を行う。キーワードは「電話 and 繋がらない」などとし、電話という単語が、通信障害に関する初期キーワードよりも前に出現するツイートを収集する。

### 4.2.2 地名抽出

キーワード検索で取得したツイートの本文とユーザのプロファイルと GEO タグを MeCab[21] を使ってそれぞれ品詞分解し、地名名詞を抽出する。GEO タグの緯度・経度は、Yahoo!社が提供する Yahoo!リバースジオコード API[22] を使って市区町村に変換する。そして地名名詞ごとに、キーワード検索で取得したツイートをまとめる。

### 4.2.3 特徴語抽出

地名名詞ごとにまとめたツイートだけでは、同じ障害について言及したツイートであるが地名名詞を含まないツイートを全て捨ててしまうことになる。そのため、地名名詞ごとにまとめたツイートの中に出現する特徴的な単語を抽出し、抽出した特徴語を含み地名名詞を含まないツイートを、キーワード検索で取得したツイートの中から加える。

### 4.2.4 時間フィルタリング

地名名詞ごとにまとめたツイートの中には、内容の異なるツイートが多く混じっている。そのため、ツイートされた時刻を考慮して関係のないツイートを排除することを考える。大規模災害が発生した際には、Twitter 上の複数のユーザが特定の時間に似たような内容のツイートをする [6]。本研究では、その点に着目して、ツイートを排除する時間の閾値を決定する。閾値を決定するために、通信障害に言及するツイート数の時間変化を調べ、一般化する。

2014 年 11 月 22 日に長野県北部で発生した地震の際の通信障害に言及するツイート数の時間変化を図 3 の緑の棒グラフ、累積度数の値を赤線に示す。

本研究ではサンプル数が少ないため、累積度数を考える。累積度数の時間変化を見ると、指数分布の累積分布関数に似た形になっている。この特徴は、2014 年に北海道、茨城で発生した地震の場合にも当てはまる。そのため、累積度数の時間変化それぞれを、指数分布の累積分布関数に

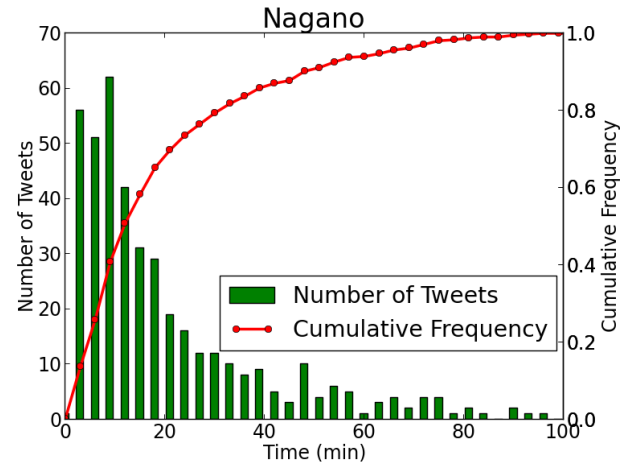


図 3 通信障害に言及するツイート数の時間変化

フィッティングする。指数分布の累積分布関数を以下に示す。

$$f(x) = 1 - e^{-\lambda x} \quad (2)$$

北海道、茨城、長野で発生した地震をフィッティングした結果を図 4 に示す。パラメータ  $\lambda$  はそれぞれ 0.07372231, 0.09200698, 0.0536034 とした。

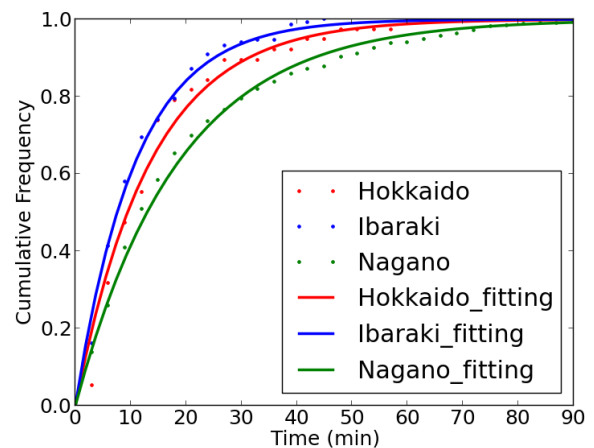


図 4 指数分布の累積分布関数にフィッティングした結果

図 4 より、どの場合も、累積度数の時間変化を指数分布の累積分布関数にフィッティングできることがわかる。指数分布であることから、閾値が 60 分で 8 割の事象を捉えることができるという結論が得られる。よって、障害検知のツイートを排除する時間の閾値を 60 分に設定する。

## 4.3 評価実験

本節では、候補データ抽出処理の評価を行う。

4.2.1 節のキーワード検索によって得られたツイートをを用いて、4.2.2, 4.2.3, 4.2.4 節の手法を試し、候補データを取得する。同時に、キーワード検索によって得られたツイー



トから、手作業で通信障害に関する正解のツイートを収集する。そして、候補データと正解のツイートの適合率、再現率、F 値を求める。

2014年に北海道、茨城、長野で地震が発生した際の3つのツイートコーパスを実験データとして用いる。これらのコーパスの詳細を表4に示す。この表のツイート数は、キーワード検索後のツイート数を表している。

表4 2014年に地震が発生した際のツイートコーパスの詳細

データセット	震源地	発生日	ツイート数
A	北海道	2014/07/08	184
B	茨城	2014/09/16	566
C	長野	2014/11/22	808

候補データ抽出処理の評価結果を表5に示す。この表より、再現率が適合率よりも低いことがわかる。これは、地震が発生して電話が繋がらないと、ユーザが非常に短いツイートを投稿する可能性があるためである。どのデータセットに関しても、F 値が85%付近という高い値を得ることができたため、候補データ抽出処理の有効性を示すことができた。

表5 候補データ抽出処理の評価結果

データセット	適合率 [%]	再現率 [%]	F 値 [%]
A	90.00	81.81	85.70
B	87.50	82.35	84.84
C	96.25	83.69	89.53

## 5. 地名分類処理

通信障害に関するツイートを抽出するために、4.2節で説明した候補データ抽出処理によって得られたツイートの内容を見ていく。提案システムが電話が繋がらないという障害を取得した際には、抽出された地名に電話が繋がらないのか、それとも、その地名から他の地域に電話が繋がらないのか、ということと同時に判定する必要がある。候補データ抽出処理によって抽出されたツイートの例を図5に示す。

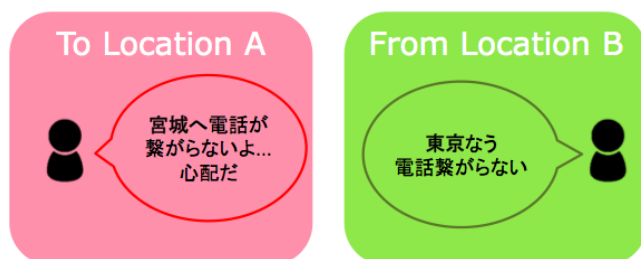


図5 候補データ抽出処理のツイートの例

左のツイートは、抽出された地名(宮城)に電話が繋が

らないことを示している。一方、右のツイートは、抽出された地名(東京)に電話が繋がらないのではなく、抽出された地名(東京)から他の地域に電話が繋がらないことを示している。よって左のツイートと右のツイートは異なる種類のツイートであり、分類される必要がある。

実際に障害が発生している場所は、Location A であると考えられるため、Location B ではなく Location A のツイートを取得する。これにより、通信障害が発生している場所に関する情報を含むツイートを抽出することができる。Location A のツイートを取得するために、機械学習を用いた手法を提案する。

### 5.1 機械学習

まず、候補データ抽出処理を行い、キーワード検索で取得したツイートを地名名詞ごとにまとめる。その後、地名名詞ごとに、ツイートを Location A のツイートかその他のツイートの分類する。分類を行うために、Support Vector Machine (SVM) を用いて分類器を作成する。分類器には、線形カーネルを用いた SVM-light[23] を使用する。機械学習による分類では、素性として、BoW (Bag of Words) を利用した場合とルールを追加した場合を考える。BoW はツイートに出現する単語の出現回数を素性として利用する。BoW を素性として利用する時は、全ての品詞を対象にした場合と、名詞、動詞、形容詞のみを対象にした場合の2通りを考える。また、ルールを素性として追加した時は、BoW の対象を名詞、動詞、形容詞のみにする。ルールは以下の通りである。

- (1) ツイートに、人手で作成した人物辞書(例:母, 息子, 姉)の単語が出現する
- (2) ツイートに、(地名名詞) 方面, (地名名詞) へ, (地名名詞) に, のいずれかの正規表現が出現する

Location A のツイートがこれらのルールのいずれかを満たすことが多いため、我々はこれらのルールを選んだ。ルールのいずれかを満たしたツイートの例を表6に示す。

表6 抽出ルールを満たしたツイートの例

- (1) 「岩手の母に電話が繋がらない」
- (2) 「仙台に電話繋がらないよ」

### 5.2 評価実験

東日本大震災時のツイートコーパスから候補データ抽出処理によって抽出されたツイートを、トレーニングデータとして利用する。このデータは Location A のツイート1,764件と、その他のツイート858件から構成される。また、機械学習による分類の検定方法には、Leave-One-Out-Cross-Validation 法を用いる。表7に機械学習による分類の評価結果を示す。

表 7 機械学習による分類の評価結果

手法	適合率 [%]	再現率 [%]	F 値 [%]
BoW の対象が 全ての品詞	80.76	96.85	88.08
BoW の対象が 名詞, 動詞, 形容詞のみ	84.84	97.37	90.67
ルールを 素性として追加	86.06	98.62	91.91

BoW の対象を名詞, 動詞, 形容詞のみにした場合, 対象が全ての品詞である場合と比べて, F 値が高いことがわかる。これは, 対象を限定することで, 何度も出現しているが分類に影響のない単語を排除することができたためだと考えられる。更に, ルールを素性として追加することにより, F 値を向上させることができた。このことは, ルールを追加することが上手く作用していることを示している。以上より, 地名分類処理の有効性を示すことができた。

## 6. 地域ごとの重要度の算出

東日本大震災時には, ネットワークやシステム復旧の優先順位の判断など, 効率的なエリア復旧に向けた対応ができなかった [1]。そのため, 地域ごとの復旧の優先度を決定するために, 重要度を算出する。重要度を算出するために, 以下の 3 つの指標を用いる。

- (1) 通信障害のツイート数の割合
- (2) 震度
- (3) ツイート数の増加率

指標 (1) では, 5 章の結果を用いて, 地名ごとにまとめられたツイートのうち, その地名で通信障害が起きていることがわかるツイートの割合を取得する。指標 (2) では, 緊急地震速報などの外部情報を用いて, 抽出された地名の震度を推定する。指標 (3) では, 平常時のツイート数と比較して, 緊急時のツイート数の増加率を調べる。これらの指標を用いて, 地域ごとの復旧の優先度を決定する。重要度は以下のように算出される。

- (1) それぞれの指標ごとに, 抽出された地名の中で最も高い値を 1 に設定し, その値を基に, 他の地名の値を正規化する。
- (2) それぞれの地域ごとに, 正規化された 3 つの指標の値の平均を求める。

ここで, 東日本大震災時のツイート数の時間変化を図 6, 市区町村ごとの重要度の結果を図 8 に示す。図 8 において, ピンの色はピンが刺さっている地域での状況を表しており, 赤色のピンはその地域に電話が非常に繋がりにくい (重要度が非常に高い) ことを, 黄色のピンはその地域に電話が平常時よりも繋がりにくい (重要度が平常時よりも高い) ことを示している。

図 6 より, 地震発生直後, どの地域もツイート数が急激

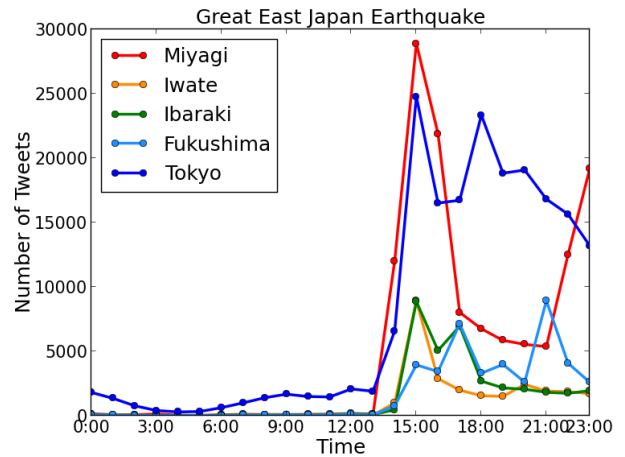


図 6 東日本大震災時のツイート数の時間変化

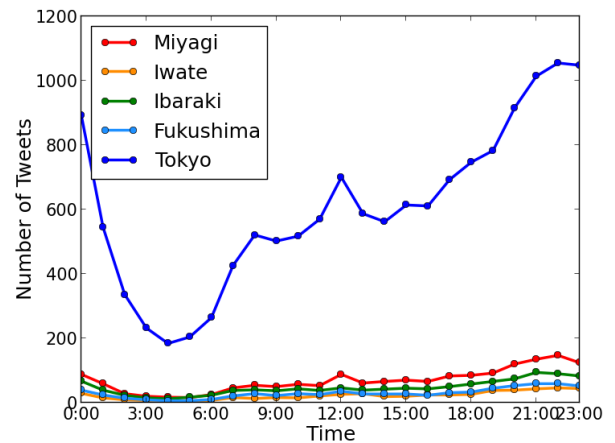


図 7 平常時のツイート数の時間変化

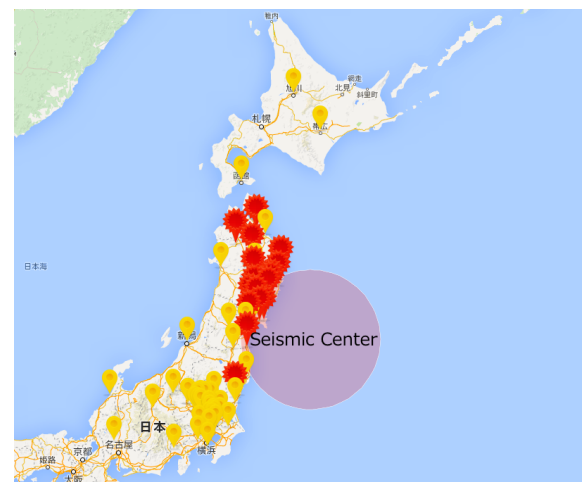


図 8 東日本大震災時の市区町村ごとの重要度の結果

に増えていることがわかる。その中でも, 地震の震源地である宮城のツイート数が多いことがわかる。また, 東京のツイート数も同じように多いことがわかる。しかし, 東京は日本の首都であるため, 他の地域に比べ, 平常時もツイート数が多い。平常時のツイート数の時間変化を図 7 に

示す。従って、図6のツイート数から、地域ごとの復旧の優先度を決定することはできない。

一方、図8を見ると、東京都内の市区町村の重要度が他の地域よりも低いことがわかる。また、東京と異なり、宮城や岩手など被害が大きかった地域の市区町村は、重要度が非常に高いと判定された。また、震度の大きさだけでは発見することのできなかった、重要度が高い地域を見つけることができた。例えば、赤いピンが刺さっている青森県内の市区町村では、表8のようなツイートが得られた。従って、3つの指標を用いて重要度を算出することで、緊急時でも地域ごとの復旧の優先度を決定することができる。

表8 青森県内の市区町村のツイートの例

- ・八戸の実家に電話が繋がらない…。
- ・八戸大丈夫かな…おばあちゃん八戸なのに；電話繋がらないし…
- ・八戸大丈夫かぁー！？誰も電話繋がらない！！
- ・八戸の義父母宅には電話が繋がらないという。。。。
- ・青森県十和田市の両親に電話はいまだに繋がらない
- ・八戸と三沢の叔父叔母が激しく心配…。連絡ないし電話繋がらない

## 7. SNS 解析に基づく ネットワーク制御システム

提案システムから抽出されたユーザによるネットワークの状態に関する情報を基に、トラフィックの最適化を自動的/自律的に行うネットワーク制御システムを構築する。本研究では、経路制御を行うために、FLARE[24] と呼ばれるネットワークシステムを利用する。そして、FLARE によるネットワーク制御システムを、広域テストベッドネットワークである Japan Gigabit Network eXtreme (JGN-X) [25] 上に実装する。

### 7.1 DPN/FLARE

近年、プログラミングによって自由にネットワークを制御する技術である Software Defined Network (SDN) が注目されている。OpenFlow[26] は SDN を実現する技術の1つである。OpenFlow の概要を図9に示す。

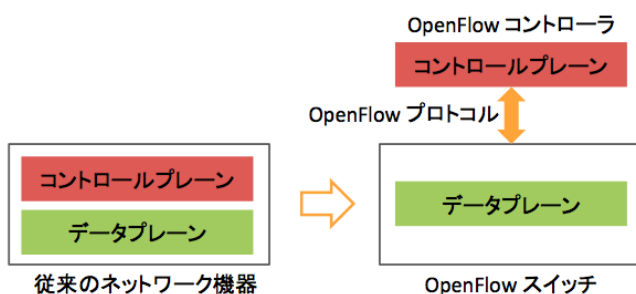


図9 OpenFlow の概要

ネットワーク上でデータを適切に送るためには、ネットワーク制御を行うコントロールプレーンと、コントロール

プレーンの制御に従ってパケットを転送するデータプレーンが必要である。従来、これらはネットワーク機器ごとに組み込まれており、ユーザが機能を拡張することはできなかった。しかし OpenFlow では、これらが分離され、コントロールプレーンがプログラム可能になった。これにより、ユーザは、ハードウェアに直接アクセスすることなく、自らプログラムを組んで自由にネットワークトラフィックを制御することができる。

図9の OpenFlow コントローラは、プログラム可能なソフトウェアを動作させ、経路制御を集中管理する。OpenFlow スイッチは、OpenFlow コントローラから制御され、指示に従ってパケットの転送を行う。OpenFlow プロトコルは、コントロールプレーンとデータプレーンを結ぶインタフェースである。

一方、コントロールプレーンのみならずデータプレーンもプログラム可能である、SDN を発展させた Deeply Programmable Network (DPN) が提唱されている。FLARE は DPN を実現した技術の1つである。OpenFlow がネットワーク層までのデータを扱うのに対し、FLARE はアプリケーション層までのデータを扱うことができる。これによりデータプレーンまでプログラムによる制御の対象となり、トラフィックからアプリケーションを識別すれば、アプリケーションの種類に基づく制御を行うことが可能となる。本研究では SNS 情報に基づいた高度で柔軟なネットワーク制御を目指しているため、アプリケーション層のデータまで制御に用いることができる FLARE は最適なプラットフォームであると言える。

本研究では、動的なネットワーク制御を行うために、FLARE を導入する。ただし今回の実験では FLARE のプログラミング環境の上に OpenFlow を実装しており、これによってネットワーク層までの制御を実現した。今後は、ネットワーク層だけでなく、アプリケーション層まで含めた制御に発展させ、SNS データから抽出した情報に基づきアプリケーションの内容を利用した更に高度で柔軟なネットワーク制御が行えるシステムの構築を目指している。

### 7.2 JGN-X

JGN-X とは、情報通信研究機構 (NICT) [27] が運用している大規模な研究開発用テストベッドネットワークの名称である。このテストベッドを用いることで、新世代ネットワーク技術を実利用に近い環境で実装することができる。JGN-X 上には国内 25 か所と海外 5 か所にアクセスポイントが設置されており、これにより国内外の広域ネットワークが構築される。FLARE スイッチは、JGN-X 上の国内 8 か所に設置されている。本研究ではその一部を用いて実験を行う。



### 7.3 実験環境

本研究では、図 10 に示すネットワーク構成で実験を行う。FLARE Central は、FLARE 管理用のサーバである。このサーバ上に、コントロールプレーンのコントローラを置く。コントローラで 4 台の FLARE スイッチを制御し、経路制御を行う。

我々は、ネットワーク障害検知システムを FLARE Central 上に実装する。そして、FLARE Central 上で、ソーシャルデータの獲得と解析を行い、解析結果に基づいてコントローラが FLARE スイッチそれぞれに制御指示を与える。

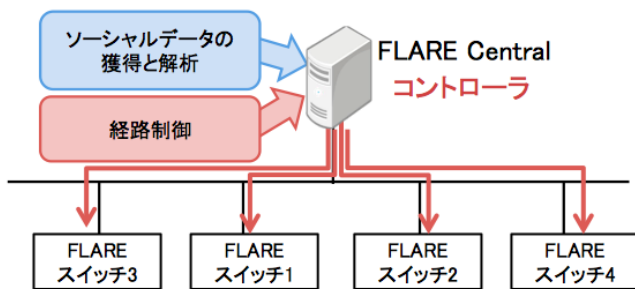
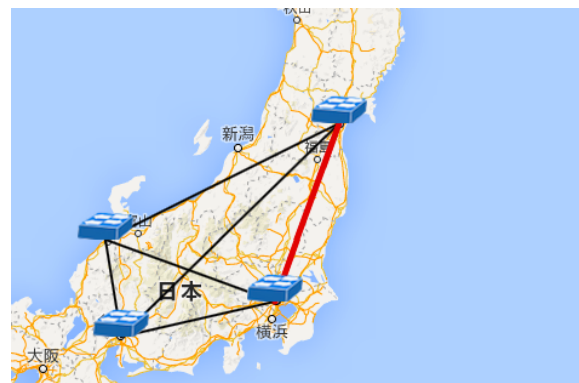


図 10 FLARE ネットワーク構成

### 7.4 SNS の情報に基づく経路制御

本節では、ネットワーク制御システムの実行例を示す。実験条件として、東日本大震災時のログデータを再生し、経路制御を行うプログラムを JGN-X 上で検証する。図 10 の FLARE によるネットワーク制御システムを図 11 のように JGN-X 上に実装する。そして、ネットワーク障害検知システムから検出された地域ごとの情報をトリガとして、経路制御を行う制御プログラムを実行する。具体的には、FLARE スイッチ間の経路のコスト値を、6 章で算出された重要度の値を基に 1 分間隔で更新する。最初、全ての経路のコスト値は共通のデフォルト値に設定されている。そして、ダイクストラ法を用いて最も小さいコスト値を持つ最適経路が検索され、その経路が実際の通信経路に設定される。東日本大震災時のデータに基づく経路制御の実行例を図 11 に示す。

赤線は 2 点間の実際の通信経路を示している。地震発生後、ネットワーク障害検知システムは、電話が繋がりにくい地点を検出しており、図 11(a) の赤線の通信経路は、この地点の近くを通っているため、輻輳していると考えられる。そのため、この経路のコスト値が大きくなり、候補となる経路の中で、図 11(b) の赤線の経路のコスト値が最小と判断される。そして、図 11(a) から図 11(b) のように、経路が切り替わった。これにより、提案システムを利用した自動的な経路制御を実現できたことがわかる。



(a) 地震発生前



(b) 地震発生後

図 11 経路制御の結果

## 8. まとめと今後の課題

本論文では、SNS による集合知に基づいたネットワーク制御を自動的/自律的に行う手法を提案した。

まず、SNS に基づくネットワーク障害検知システムの設計と試作を行った。従来、ネットワークの状況を知るために、ネットワーク機器を用いた監視を行ってきたが、東日本大震災が発生した際には、被害状況の把握に必要な情報が膨大であったため、ネットワーク全体の状況を把握することができなかった。そこで、東日本大震災時のデータを用いて提案システムの評価を行うと、電話が繋がらないといった通信障害を高精度で検知し、障害の発生場所と電話の接続の可否を正確に抽出することができた。また、震災時に、復旧の優先順位の判断など、効率的なエリア復旧に向けた対応ができなかったという問題を解決するために、地域ごとの重要度の算出を行った。その結果、宮城や岩手など、被害が実際に大きい地域の順位が高くなることが確認できた。これにより、この結果を用いることで、緊急時でも復旧のための優先順位を決定することが可能であることを示せた。

次に、SNS に基づく障害検知をネットワーク制御に統合した。つまり、提案システムから抽出されたユーザによるネットワークの状態に関する情報を用いたネットワーク制御システムを構築した。本研究では、経路制御を行うため、



FLARE というネットワークシステムを導入し、FLARE Central 上に提案システムを実装した。更に本研究では、広域ネットワークテストベッドを用い、このテストベッド上に FLARE によるネットワーク制御システムを実装し、経路制御を行う制御プログラムを実行した。その結果、提案システムは算出した重要度を用いて、他の地域から電話が繋がりにくくなっている地点を検出し、その地点の近くを通る通信経路を別の最適経路に自動的に切り替えることがわかった。これにより、提案システムを利用した自動的な経路制御を実現することができた。

今後は、SNS 解析では、ユーザ側の状況をより詳細に把握して制御に繋げる情報抽出を目指す。これが実現したら、ネットワーク制御では、本稿で示したネットワーク層までの制御だけでなく、アプリケーション層まで含めた制御に発展させたい。これにより、より高度なネットワーク制御が行えると考えられる。

## 謝辞

本研究は一部、総務省戦略的情報通信研究開発推進事業 (SCOPE) 先進的通信アプリケーション開発推進型研究開発および科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業 (CREST) によるものである。

## 参考文献

- [1] 香川康介, 久野友也, 田村宏直, 高田 久, 古谷雅典, 南方伸哉, "大規模災害時におけるオペレーションシステムの信頼性向上", NTT DOCOMO テクニカル・ジャーナル, vol.20, no.4, pp.26-36, 2013.
- [2] ITU-T Forcus Group on Disaster Relief Systems, "Monitoring systems for outside plant facilities", ITU-T Recommendations, no.L.81, pp.1-10, 2009.
- [3] 総務省 総合通信基盤局 電気通信技術システム課, "東日本大震災発生後の通信状況に関するアンケート", [http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000136157.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000136157.pdf)
- [4] A. Acar, and Y. Muraki, "Twitter for Crisis Communication: Lessons Learned from Japan's Tsunami Disaster," International Journal of Web Based Communities, vol.7, no.3, pp.392-402, 2011.
- [5] "Twitter", <http://twitter.com/>
- [6] T. Sakaki, M. Okazaki, and Y. Matsuo. "Earthquake shakes Twitter users: real-time event detection by social sensors." Proceedings of the 19th International Conference on World Wide Web, pp.851-860, 2010.
- [7] 国土交通省 国土技術政策総合研究所, "ソーシャルメディア情報分析による土砂災害の予兆・発生情報検知に向けた取り組み", [https://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/senmon\\_bunka/bousai/dai5/siryou5.pdf](https://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/senmon_bunka/bousai/dai5/siryou5.pdf), 2014.
- [8] 斎藤翔太, 伊川洋平, 鈴木秀幸. "Twitter を用いた災害情報の早期発見 (言語理解とコミュニケーション)." 電子情報通信学会技術研究報告 信学技報, vol.114, no.81, pp.7-12, 2014.
- [9] Y. Qu, C. Huang, P. Zhang, and J. Zhang, "Microblogging after a Major Disaster in China: a Case Study of the 2010 Yushu Earthquake," Proceedings of the ACM 2011 Conference on Computer Supported Cooperative Work, pp.25-34, 2011.
- [10] S. Verma, S. Vieweg, W. Corvey, L. Palen, J. Martin, M. Palmer, A. Schram, and K. Anderson, "Natural Language Processing to the Rescue?: Extracting "Situational Awareness" Tweets During Mass Emergency," ICWSM, 2011.
- [11] K. Rudra, S. Ghosh, N. Ganguly, P. Goyal, and S. Ghosh, "Extracting Situational Information from Microblogs during Disaster Events: a Classification-Summarization Approach," Proceedings of the 24th ACM International Conference on Information and Knowledge Management, pp.583-592, 2015.
- [12] I. Varga, M. Sano, K. Torisawa, C. Hashimoto, K. Ohtake, T. Kawai, J. Oh, and S. Saeger, "Aid is Out There: Looking for Help from Tweets during a Large Scale Disaster," ACL, pp.1619-1629, 2013.
- [13] 榎 剛史, 柳原 正, 那和一成, 松尾 豊, "Twitter を用いた道路交通情報の抽出" 電子情報通信学会論文誌 D, vol.J98-D, no.6, pp.1019-1032, 2015.
- [14] 水野淳太, 後藤 淳, 大竹清敬, 川田拓也, 鳥澤健太郎, クロエツェー ジュリアン, 田中正弘, 橋本 力, 奥村明俊, "対災害情報分析システム DISAANA 及びその質問応答モードの性能評価.", 情報処理学会 コンシューマ・デバイス&システム, vol.2015-CDS-14, no.14, pp.1-13, 2015.
- [15] T. Qiu, J. Feng, Z. Ge, J. Wang, J. Xu, and J. Yates, "Listen to me if you can: tracking user experience of mobile network on social media.", Proceedings of the 10th ACM SIGCOMM Conference on Internet Measurement, pp.288-293, 2010.
- [16] 竹下 恵, 横田将裕, 西松 研, 長谷川治久, "SNS データを用いた NW 故障情報の抽出法." 電子情報通信学会 2012 ソサイエティ大会, B-7-35, 2012.
- [17] 竹下 恵, 横田将裕, 西松 研, 長谷川治久, "SNS データを用いた NW 故障情報の抽出法の評価." 電子情報通信学会 2013 総合大会, B-7-44, 2013.
- [18] K. Takeshita, M. Yokota, and K. Nishimatsu, "Early Network Failure Detection System by Analyzing Twitter Data," IFIP/IEEE International Symposium on, pp.279-286, 2015.
- [19] 栗原光平, 嶋田和孝, "ブートストラップ法を用いた Twitter からの不具合文抽出." 言語処理学会第 21 回年次大会, pp.341-344, 2015.
- [20] "Twitter Serch API", <https://dev.twitter.com/rest/public/search>
- [21] "MeCab", <http://mecab.sourceforge.net/>
- [22] "Yahoo!リバースジオコード API", <http://developer.yahoo.co.jp/webapi/map/openlocalplatform/v1/reversegeocoder.html>
- [23] T. Joachims, "Making Large Scale SVM Learning Practical," 1999.
- [24] A. Nakao, "Software-Defined Data Plane Enhancing SDN and NFV.", Special Section on Quality of Diversifying Communication Networks and Services, IE-ICE Transactions on Communications, vol.E98-B, no.1, pp.12-19, 2015.
- [25] "New Generation Network Testbed JGN-X," <http://www.jgn.nict.go.jp/english/info/network.html>
- [26] N. McKeown, T. Anderson, H. Balakrishnan, G. Parulkar, L. Peterson, J. Leford, S. Shenker, and J. Turner, "OpenFlow: enabling innovation in campus networks." ACM SIGCOMM Computer Communication Review, vol.38, no.2, pp.69-74, 2008.
- [27] "NICT," <http://www.nict.go.jp/>