

# 大規模災害時の安否確認システムと広域無線網利用可能エリアへのDTNに基づいたメッセージ中継法

小山 由<sup>1</sup> 水本 旭洋<sup>1</sup> 今津 眞也<sup>1</sup> 安本 慶一<sup>1,2</sup>

**概要:** 本稿では、大規模災害により3G通信が利用不可能になったエリアでの情報の収集および発信を可能にするため、Twitterにつぶやかれた安否情報をメッセージデータとして保持し、DTN (Disruption-Tolerant Networking) によるユーザ同士のすれ違い通信によって3G通信が利用可能なエリア (以後、通信可能エリア) までメッセージの中継を行うことを可能にするシステムを提案する。到達したメッセージはTwitterシステムに送信して被災地外のユーザにメッセージを閲覧可能にすると共にGoogle Person Finder等のインターネット上の災害データベースとも連携し、投稿されたメッセージを基に情報の自動登録、及び検索を可能にする。このシステムを実現する上での課題は、(1) 最短時間で安否情報を通信可能エリアへ配送すること、(2) 通信不可能エリアのどこかに存在する特定のユーザに、Twitterの返信メッセージを的確に、かつ最短で配送することである。これらの課題を解決するため、提案システムでは各ユーザ端末に通過地点と3G通信状況の履歴に加え、他のユーザ端末との遭遇履歴を記録させ、3G通信可能エリアおよび特定ユーザに最短時間で到達する経路表を構築し、すれ違い時に経路表を他のユーザと交換することで、経路表を更新していく。また、提案手法の性能評価を適切に行うためのシミュレーション方法について述べる。

## Safety Confirmation System with DTN-based Message Routing in 3G Disabled Areas Caused by Large-Scale Disaster

YOSHI KOYAMA<sup>1</sup> TERUHIRO MIZUMOTO<sup>1</sup> SHINYA IMAZU<sup>1</sup> KEICHI YASUMOTO<sup>1,2</sup>

**Abstract:** In this paper, we propose a message delivery system which can deliver Twitter messages on safety confirmation tweeted in 3G disabled area (caused by large-scale disaster) to the 3G available area by utilizing DTN (Disruption-Tolerant Networking). The messages reaching the 3G available area are sent to the Twitter system so that they can be read on the Internet. The system also cooperates with the disaster database such as Google Person Finder and registers the safety confirmation information in the Twitter messages with the database.

The goal of the system is (1) to deliver Twitter messages to 3G available area in as short time as possible, and (2) to deliver reply messages on Twitter to the original message sender who is somewhere in the 3G disabled area reliably and quickly. To realize this goal, in the proposed system, users record the movement history consisting of positions and 3G availability at the positions and the encounter history with other users in their mobile phones. The routing table is constructed based on the histories and it is updated by exchanging the table with other users when encountering. We also describe computer simulation scenarios to evaluate the performance of the proposed routing method.

### 1. はじめに

大災害が発生すると、基地局の故障や停波等によりセルラー通信 (以降、3G通信と呼ぶ) が利用不可になる可能

<sup>1</sup> 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科  
Nara Institute of Science and Technology  
<sup>2</sup> 科学技術振興機構 CREST  
Japan Science and Technology Agency CREST

性がある。通信インフラの断絶が生じると被災地内の情報収集が困難となり、災害規模の把握や対策の遅れにもつながる。また、安否情報は災害時に多くの人に必要とされる情報であり、出来るだけ早く収集することが望まれる。しかし通信が利用不可になると、早急な安否情報の収集は難しい。このことを防ぐためには、通信インフラが断絶した環境においても情報の収集、および発信が可能なシステムが必要である。通信インフラが利用不可能な場合の情報の伝達方法として DTN (Delay/Disruption Tolerant Network)[1] を用いたデータ中継手法がある。DTN に関する既存研究として、Yusuf ら [2] はノード同士の遭遇パターンを利用し、より目的地に近いユーザにメッセージを中継することで効率的な配送を実現する方法を提案している。また Theus ら [3] はソーシャルグラフを利用し、目的地との類似点やノードの媒介中心性等、様々な評価基準やコミュニティの抽出アルゴリズム等を用いて目的地へメッセージを配送するのに適した中継ノードを探す方法を提案している。これらの既存研究では、指定された目的地に到達するのに効率の良いルーティング手法を提案している。しかし本研究で対象とする大規模災害では、通信不可能エリアと可能エリアの間でメッセージを効率よく中継するルーティング手法の検討が必要となる。またこの時、安否情報は早急に、かつ確実に提供しなければならない情報であることから、最短時間で情報を通信可能エリアに到達させなければならない。本稿では、Twitter につぶやかれた安否情報をメッセージデータとして保持し、DTN によるユーザ同士のすれ違い通信によって通信可能エリアまでメッセージの配送を行うことを可能にするシステムを提案する。

提案システムを実現する上での課題は、(1) 通信不可能エリアから発せられた安否確認に関する Twitter メッセージを通信可能エリアにいかにか短時間に配送するか、また (2) Twitter システム上で返信されたメッセージを通信不可能エリアにいる元のメッセージの送信者にどのようにして届けるか、の 2 点である。(1) に関して、実際の大災害では、本稿で提案するルーティング手法の目的地となる通信可能エリアはフィールド内に散在しており、ユーザは移動を行う中で通信可能エリアの場所を知る。このことから、目的を達成するため本研究では、各ユーザは移動中通過した地点とそこでの 3G 通信状況の系列を記録し、自身がどれくらいの周期で 3G 通信可能エリアに到達するかを計算する。そして他ユーザとすれ違った際、互いに自身の通信可能エリアへの到達周期の情報を交換し、相手ユーザのほうがより早く通信可能エリアに到達する場合のみメッセージの中継を行う。また (2) において、Twitter による安否確認情報に関する双方向通信を実現するため、宛先ユーザ ID と、宛先ユーザへのメッセージ配送を行う際、次に中継すべきユーザ ID、またその場合の配送時間からなる経路表を用意し、それらの情報からより早く目的ユーザに配送出来る可

能性の高いユーザにメッセージを渡す。なお、上記のメッセージの中継において、ユーザ自身が通信可能エリアに到達する時間や宛先ユーザと遭遇する時間を考慮するだけでなく、他のユーザを介してマルチホップで宛先に送り届ける際の到達時間も考慮する。

提案システムの評価のため、大災害による通信インフラ壊滅を想定したシミュレーション環境を設計する。シミュレータとして Scenargie を用い、openstreetmap から任意の位置を示す地図を取得して用いることを予定している。シミュレーションでは、地図上で任意数のノードを出来るだけ実際の災害時に近いモビリティに基づいて移動させ、評価を行う予定である。

## 2. 関連研究

本研究で用いる DTN ルーティング手法に関連する既存研究には様々なものがある。Yusuf ら [2] は目的地に効率よくデータを到達させるため、ノード同士の遭遇パターンを利用している。災害が生じた際、被災地内には医者やボランティア、自衛隊等、同じ範囲を周期的に巡回する可能性の高いユーザが存在すると考えられることから、この研究ではこれを利用し、それらの巡回しているユーザのうち、移動パターンがより目的地に近いユーザにデータを中継する。また Theus ら [3] はソーシャルグラフを利用し、目的地との類似点や媒介中心性等の様々な評価基準やコミュニティの抽出アルゴリズム等を用いて目的地へデータを配送する可能性の高いノードを探す方法を提案している。Elizabeth ら [4] は、目的地ノードとの直接的、もしくは間接的な繋がりを基に、より目的地ノードに到達する可能性の高いノードにデータを中継することを提案している。この既存研究では、指定された目的地に到達する効率の良いルーティングプロトコルを考えている。

上記で述べた既存研究は、予め位置が分かっている目的地に対するメッセージ中継法を提案しているのに対し、本研究では通信不可能エリアの中に散在する通信可能エリアを目的地としてルーティングを行うことを想定しており、これらのエリアの場所は既知でなく、また離れた場所に複数散在しており、時間とともに変化する可能性がある。このことから、本研究で用いるルーティング手法は目的地情報を動的に収集しながら、効率よくメッセージを複数ある目的地のいずれかに中継することが求められる。

## 3. Twitter に基づく安否確認システム

本章では、文献 [5] で提案した Twitter を用いた DTN ベースの安否確認システムの概要について述べる。

### 3.1 システムの目的

本研究では、大災害時に通信インフラが機能していない環境においても情報の交換を可能にするシステムを提案し

ており、災害発生後の状況を3フェーズ(第1フェーズ: 発災～混乱期, 第2フェーズ: 避難救援期, 第3フェーズ: 医療・保健活動期)に分類すると、主に第1フェーズから第2フェーズの間において使用されることを想定している。本研究ではこの間で必要とされる情報の中でも人々からまず最初に必要とされる安否情報に着目する。安否情報は被災地外の人々からだけでなく、被災地内で他の地域に親族や知人のいる人々からも必要とされる情報である。そのような人にとっては早急に、かつ確実に取得したい情報であるため、最短時間で通信不可能エリアにおける安否情報を通信可能エリアに向けて中継する必要がある。また本システムは災害時に使用することが目的であることから、人々が簡単に利用できるよう、近年普及しているスマートフォンに対応するアプリケーションとして開発する。

### 3.2 システム実現に向けて満たすべき要件

本システムにおいて解決すべき主な要件は、以下の通りである。

- (1) 手軽に利用できるユーザインタフェースの提供
- (2) 安否確認時に生じると予想される問題の解決
- (3) 通信不可能時に利用可能なメッセージ中継システムの実現

これらの要件について、要件(1)、(2)の解決法を3.3節で、要件(3)の解決法を3.4節で述べる。

### 3.3 要件を満たすための解決方法

#### 3.3.1 Twitterの利用

本システムでは、各ユーザが手軽に利用可能なシステムを実現するためTwitterを利用する。Twitterは近年普及しているSNSの1つであり、東日本大震災でも様々な形で広く利用され、地震に関する情報の交換を行う手段に利用された[6]。東日本大震災では地震が発生した際もところどころで通信可能なエリアが生き残っていたことがわかっており、メールの送受信が不可能な地域でもTwitterは利用できたという状況が生じ、安否情報や救助要請にも利用されていた。そのため、本研究ではこれらの散在する通信可能エリアを利用し、オフラインでも利用可能なTwitterクライアントを用意し、通信不可能エリアでつぶやかれたメッセージについてはバッファに保存して残しておくことが可能なシステムを実現する。

#### 3.3.2 ハッシュタグによる区別

本研究では安否情報の中継を効率よく行うために、Twitterのメッセージを安否情報のみに限定する。安否に関する情報とその他の情報とを区別するためにハッシュタグを利用する。この機能を利用することにより、安否に関する情報のみを集めることが容易になる(詳細は文献[5]参照)。

#### 3.3.3 写真貼付による本名の重複問題の解決

安否情報の確認における名前の重複問題を解決するた

め、安否情報に関するツイートに安否に関するユーザ本人の写真を添付することで個人の特定制を行う。Twitterにはツイートに写真を添付する手段として、TwitPicやフォト蔵等が提供されており、これらはTwitterに写真をつけて投稿すると各サイトへ一度画像が保存され、保存先のURLがツイートに記述されるという仕組みを取っている。そのためメールのように画像を直接添付して送る形式ではなく、連続して写真の添付ツイートが行われてもTwitterシステムに負荷がかかることはない。これを利用することで、名前の重複が生じた場合でも確実に該当者を見つけることが可能になる。

### 3.4 TwitterとDTNとの連結

提案システムの目的は、通信不可能エリアにおいてつぶやかれた安否情報をDTNを用いて通信可能エリアに配送し、Twitterシステム上に送信することと、Twitterにつぶやかれた安否情報ツイートをDTNを介して通信可能エリアのユーザに配送することである。この目的を実現するため、既存アプリケーションであるMONACを利用する。

#### 3.4.1 オフラインTwitterクライアントMONAC

MONACは、防災、災害発生時用の機能を持った東日本大震災への募金アプリの作成を行うことをコンセプトとして災害・復興支援のAndroidアプリを開発・公開するプロジェクトであるPayforwardingプロジェクト[7]の一環として開発されたアプリケーションである。MONACでは公衆網が利用不可能でインターネット接続できない場所であっても、端末同士がP2P型のすれちがい通信を行い、メッセージを端末間でバケツリレー方式で転送・共有することが可能である。MONACは定期的にメッセージをブロードキャストする機能(フラッディング)しか持たないため、本稿で提案するメッセージ中継手法を追加することで、短い時間でメッセージの伝達を実現する。

#### 3.4.2 Twitterシステムへのメッセージ投稿・災害データベースへの自動登録及び検索

図1のようにして通信可能エリアに到達したTwitterメッセージは、ネットワーク上のTwitterシステムに送信し、被災地内から中継された安否情報をTwitter上で自由に閲覧可能にする。また、本システムではGoogle Person Finder等の災害データベースへの情報の自動登録も可能にする。災害データベースは東日本大震災においても広く活用され、多くの人が安否情報を求める人の名前や住所、特徴、写真やメッセージ等の登録や検索を行った。本研究ではこのような災害データベースとも連携し、Twitterに投稿された安否情報を基にして情報の自動登録、及び検索を可能にする。Twitterに書き込まれた各メッセージの中で求められている情報が登録なのか検索なのかの区別はハッシュタグによって行う。登録については必要に応じて入力フォーマットを用意し、それらに従ってユーザに投稿して

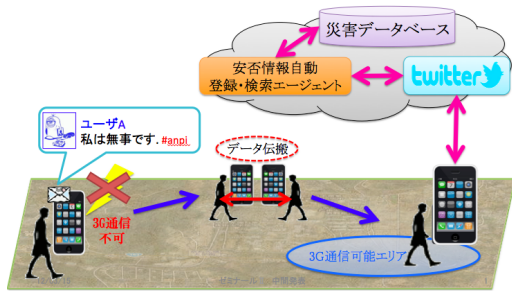


図 1 災害安否確認システムの概要

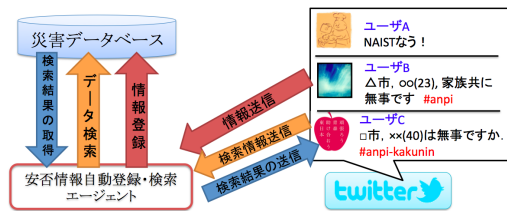


図 2 ハッシュタグによるメッセージの識別

もらう。これらの方法を示す概要図を図 2 に示す。このような方法を取ることで、Twitter に投稿された安否情報を効率よく通信可能エリアの人々に提供することが出来る。

#### 4. 通信不可能エリア・可能エリア間のメッセージ中継法

本稿で提案するルーティング手法の目的は、通信不可能エリア内でユーザが投稿した Twitter メッセージを最短時間で通信可能エリアに配送することと、通信可能エリアに到達した Twitter メッセージに対する返信を元のメッセージの送信者に適切に配送することである。このことを解決するためには、(1) より早く通信可能エリアに到達するユーザにメッセージの中継を行うことと、(2) 不可能エリアのどこかに存在する特定のユーザへの適切な配送を実現する必要がある。本研究では (1) のために各ユーザの移動履歴と遭遇履歴、また (2) のために遭遇履歴をもとに算出した各ユーザへの経路表を設定し、これらの問題を解決する。

以下に詳細を示す。

##### 4.1 想定環境

本稿で提案するシステムは大災害が発生し、被災地内の大部分の地域で通信機能に障害が発生している状況を想定している。具体的には以下の状況を想定している。

- 大災害が発生し、基地局の故障や停波等により 3G 通信の利用が困難である
- 被災地内の一部の地域では、3G 通信が利用可能なエリアが生き残っている
- 被災地内にはスマートフォン等の 3G 通信と WiFi 通信の両方が利用可能な携帯端末を保持している人々が複数人存在する

- 「ユーザ」とは、携帯端末を保持しており、通信不可能エリア内を移動し、通信可能エリアに到達する可能性がある人（被災者、救援者など）を指す
- ユーザは Twitter のアカウントを取得しており、各携帯端末に本システムをインストールしている
- 本システムは、大災害が発生したと同時にバックグラウンドで起動する
- 医者や自衛隊、ボランティア等、通信可能エリアと不可能エリアとを行き来するユーザが存在する

##### 4.2 移動履歴の設定

各ユーザはエリア内を移動する中で、一定時間毎に「その時の時刻」、「その場所の通信状況」、「これまでの可能エリアへの到達回数」、「アプリケーション起動時からの累計時間」の情報を移動履歴として記録し、保持する。移動履歴の例を表 1 に示す。表では時刻  $t_0$  にアプリケーションが起動され、それ以後は周期  $P$  で履歴を取得する場合を示している。この時、各時刻における通信状況については、ユーザがいる場所が通信可能エリアであれば“true”，不可能エリアであれば“false”と表記している。

##### 4.3 遭遇履歴の設定

あるユーザ  $u$  が他のユーザ  $v$  と遭遇した際、「Twitter ID 情報」、「遭遇回数」、「最新遭遇時刻」、「通信可能エリアへの平均到達周期」の情報をユーザに関する遭遇履歴として取得し、保持する。遭遇履歴の例を表 2 に示す。この時、相手ユーザ  $v$  の可能エリアへの平均到達周期  $P_{com_v}$  は 4.2 節で定義した移動履歴の情報を用いて求めることが出来る。表 1 において、アプリケーション起動後からの累計時間を  $T_{move}$ 、 $v$  の通信可能エリア到達回数を  $C_{com_v}$  と置く

$$P_{com_v} = \frac{T_{move}}{C_{com_v}}$$

として計算することが出来る。

表 1 移動履歴の例

時刻	通信状況	可能エリア到達回数	累計時間 (h)
$t_0$	false	0	0
$t_0 + P$	false	0	$P$
$t_0 + 2P$	true	1	$2P$
$t_0 + 3P$	true	2	$3P$
$t_0 + 4P$	false	2	$4P$

表 2 遭遇履歴の例

ユーザ ID	遭遇回数	最新遭遇時刻	平均到達周期 (h)
A	-	-	2
B	3	11:30	6
C	20	9:00	1.5
D	12	13:00	8

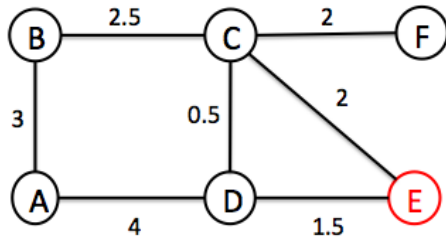


図 3 ユーザ同士の遭遇関係の例

#### 4.4 経路表の設定

経路表は、他ユーザとすれ違った際に 4.3 節で定めた遭遇履歴を基に作成し、宛先ユーザに到達するまでにかかる最短時間を保持する。例として、図 3 のような遭遇関係がある場合にユーザ A が保持する経路表を表 3 に示す。この時、宛先ユーザへユーザ A が直接遭遇したことがあり、その遭遇時間間隔が他のユーザを介して配送するよりも短い場合、次ホップは「-」と表す。また、他ユーザを 1 人以上経由して配送出来る場合は、その中で最も宛先ユーザへの配送時間が短い経由先のユーザ ID を次ホップとする。また、ルートが複数存在する場合には、より早く到達する経路のみを保存する。例えばユーザ A からユーザ E への配送経路を考えた場合、複数存在するルートの中で、B → C → E が最短時間経路であることから、A の経路表において、宛先 E への次ホップノードを B とする。この時、配送時間には各経路間の中継にかかる時間の総和を記録する。

経路表は他ユーザとすれ違う度に更新する。例を図 4 に示す。図において、 $T_{encount}$  は配送時間を示す。図のような経路表を持つユーザ A, B がすれ違った際、赤枠で示した情報のように、ユーザ C を宛先ノードとした場合、ユーザ A が保持している情報よりもユーザ B が保持している情報のほうがより早くユーザ C へ配送することが出来るようであれば、情報の更新を行う（この場合、ユーザ A の経路表の宛先 C への次ホップが B に、配送時間が 4 時間に更新される）。また、青枠のように、保持していない情報については情報を追加する（この場合、B の経路表に宛先 D のエントリが追加され、次ホップユーザ A、配送時間 7 が記録される）。このような形で他ユーザとすれ違う度に経路表を交換し、最新情報に更新する。

表 3 ユーザ A の経路表の例

宛先ユーザ ID	次ホップ ID	配送時間 (h)
B	-	3
D	-	4
C	D	4.5
E	D	5.5
3G	-	2

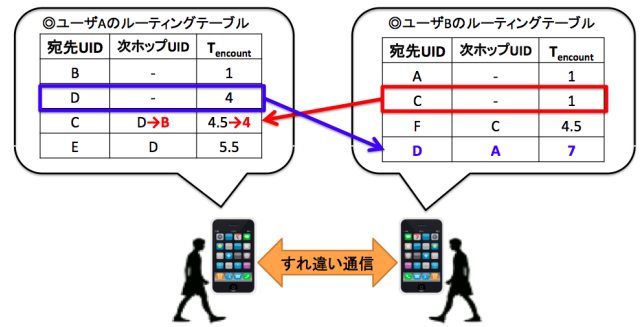


図 4 経路表の更新方法

#### 4.5 通信不可能エリアから可能エリアへのメッセージ中継

本節では、不可能エリア→可能エリアのメッセージ配送について述べる。不可能エリア→可能エリアについては、より早く通信可能エリアに到達するユーザにメッセージの中継を行う。提案手法を以下に示す。

##### 4.5.1 遭遇履歴を利用するメッセージ中継

不可能エリア→可能エリアでは主に遭遇履歴を利用する。他ユーザとすれ違った場合、ユーザは互いに以下の手順でメッセージ中継を行う。

- (1) ユーザ自身の移動履歴を基にして求めた通信可能エリアへの平均到達周期を交換する
- (2) 互いの経路表の情報を交換し、更新及び追加を行う
- (3) (1) で交換した平均到達周期を基に、相手ユーザのほうがより早く到達するようであればメッセージを中継する

(1) の時、各ユーザ  $u$  が他のユーザ  $v$  を介して配送を行った場合の可能エリア到達時間  $ETcom_u(v)$  は、ユーザ  $u$  と  $v$  の平均遭遇周期を  $EP(u, v)$ 、 $v$  の通信可能エリアへの平均到達周期を  $Tcom_v$  と置くと、各ユーザについて

$$ETcom_u(v) = EP(u, v) + Pcom_v$$

として表すことが出来る。このようにして求めた各ユーザ  $u$  の  $ETcom_u(v)$  の値のうち、最小の値  $ETcom_{min}$  と  $Tcom_u$  とを比較し、より小さいほうの値を相手ユーザに渡す。ただしこの時、ユーザ  $u$  と  $v$  との遭遇回数を  $EC(u, v)$  と置くと、災害発生から一定時間が経過した段階でユーザ  $v$  の通信可能エリアへの到達頻度  $\frac{Ccom_u}{Tmove}$  およびユーザとの遭遇頻度  $\frac{EC(u, v)}{Tmove}$  が予め定めたしきい値よりも低い場合は、到達する可能性が低いと見なし除外する。しきい値の設定については今後実施するシミュレーションにより、最適な値を経験的に設定する。また (2) の時、各ユーザは受け取った情報の中で保持していない情報については経路表に追加し、既に取得している情報については値を最新のものに更新する。このような方法をとることで、より早い通信可能エリアへのメッセージ配送を実現することが出来る。

しかし、メッセージ中継開始直後しばらくは遭遇履歴が空の状態が継続するため、遭遇の度にメッセージ中継（複製）を行う。ただし、同じメッセージが大量に複製されて

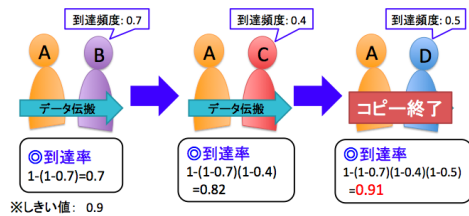


図 5 各ユーザの履歴を利用したユーザの選択方法

しまうことを防ぐため、フラッディングするメッセージ量は 4.5.2 節、および 4.5.3 節で述べる方法で制限する。

#### 4.5.2 期待値によるコピー抑制

メッセージの中継を行う際、同じメッセージをコピーし続けることでメッセージのコピーが大量に出回ることを防ぐため、4.5.1 節で定めた各ユーザの到達頻度を利用する。この値からメッセージの単位時間（1 時間）あたりの到達率を図 3 のように求め、予め設定したしきい値を越えた場合にコピーを終了する。例を図 5 に示す。図ではしきい値を 0.9 に設定し、メッセージのコピーを行い、中継メッセージの到達期待値が 0.9 を越えた時点でコピーを終了する。このようにすることで、同様のメッセージが大量にコピーされる状況が生じることを防ぐことができる。

#### 4.5.3 TTL の利用

4.5.1 節で述べたように、本研究では遭遇履歴を用いて効率の良いメッセージ配送の実現を提案する。しかし、必ずしも各ユーザが移動履歴で予想した通りに移動するとは限らず、すれ違い通信を繰り返すと一定時間内に通信可能エリアに到達しないメッセージが出てくると考えられる。このような場合、メッセージを保持し続けることで各ノードのバッファがメッセージで満たされ、最終的にそれ以上メッセージを受け取ることが出来なくなる可能性がある。このようなことを防ぐため、本研究では各メッセージに TTL (Time To Live) を設定し、メッセージを受け取ってからある一定の時間を越えたと、該当するメッセージを削除するように指定する。TTL は既存研究でも用いられており、Anindya ら [8] はメッセージそれぞれに TTL を持たせ、中継すべきメッセージの選択に利用している。このように設定しておくことで、メッセージが一部で停滞し続ける状況を防ぐことができる。

### 4.6 通信可能エリアから不可能エリアへのメッセージ中継

本節では、可能エリア→不可能エリアについて述べる。可能エリア→不可能エリアでは、不可能エリアのどこかに存在する特定のユーザへ適切な配送を実現する。

#### 4.6.1 経路表によるメッセージ中継

可能エリア→不可能エリアでは経路表を利用する。経路表には過去に遭遇したユーザの情報が集められており、可能エリア→不可能エリアではこの情報を利用し、特定の

ユーザに配送するにはどのユーザに中継すれば良いかを決定する。例として、ユーザ  $u$  が宛先  $w$  への返信メッセージを保持していると仮定する。この時、 $u$  がユーザ  $v$  とすれ違った場合、 $u$  は以下を行う。

- (1)  $v$  の経路表を受け取り、自身の経路表を更新
- (2)  $u$  または  $v$  の経路表に宛先  $w$  へのエントリが存在し、もし  $v$  の経路表の経路がより早く  $w$  に到達する場合、メッセージを  $v$  に中継し、そうでない場合は中継せず  $u$  が保持
- (3)  $u$ 、 $v$  のどちらの経路表にも存在しない時はメッセージを  $v$  に中継

このような方法を取ることで、効率よく特定のユーザへのメッセージ配送を実現できる。

しかし、中継されたユーザの中には特定のユーザと遭遇せず、メッセージが結果として配送されない可能性もあるので、メッセージが長期的に保持され続けてしまうという問題が生じる。この問題については 4.5.3 節で述べたように各メッセージに時間に関する TTL を設定し、メッセージを長期的に保持し続けることを防ぐ。また、状況によっては通信可能エリアで返信メッセージを受け取ったユーザの経路表が空である場合が考えられるため、その場合は 4.5 節で述べた方法と同様に、遭遇の度にメッセージの複製を行う。

## 5. シミュレーションによる評価

本章では、今後行う予定であるシミュレーションの概要について記述する。

シミュレーションでは上記で記述したルーティングの評価を行う。本研究で提案する、移動履歴を用いたルーティングプロトコルでは、より最短時間で通信可能エリアへ配送することを目的としているため、それらをシミュレーションにより評価する。以下に詳細を記述する。

### 5.1 Scenargie

本研究では、シミュレータとして Scenargie[9] を用いる。Scenargie とはモデリングとシミュレーションのフレームワークであり、大規模かつ複雑なシステムを対象に、並列分散事象シミュレーション技術やマルチエージェントシミュレーション (MAS) 技術、地理情報システム (GIS) 技術などの多彩な最新技術を用いることにより、現実的なシナリオを想定したエンド・エンド間のシステム性能を評価出来る。Scenargie ではノードごとのモビリティや通信状況、移動スピードを自由に変更できる他、openstreetmap[10] から取得した地図情報が出来るため、より現実世界に近い環境状態でシミュレーションを行うことが出来る。本研究では Scenargie を用いてルーティング手法についてシミュレーションを行い、通信可能エリアへのメッセージ配送率や到達時間に対する評価を行う。

## 5.2 想定環境

シミュレーションを行う際に設定する想定環境を以下に示す。

- ある地方都市を震源として大地震が発生
- 住民はそれぞれ、市で指定している避難所へ避難
- 基地局の故障や停電により、3G 通信利用不可能エリアが大部分で発生
- 部分的に通信可能なエリアが存在

本研究で行う予定であるシミュレーションでは、東日本大震災が生じた際に通信不可能エリアの中に通信可能エリアが散在していたという状況から、通信不可能エリア内にランダムに通信可能エリアを配置し、それらの状況の中でのメッセージ到達率、到達時間を評価する予定である。

## 5.3 シミュレーションにおけるシナリオ

上記で述べた想定環境の中で、本研究で行う予定であるシナリオを以下に示す。

- 被災地内を行き来するユーザが存在する（ボランティア、自衛隊、医者、避難者等）
- 被災地内と被災地外を行き来するユーザが存在する（ボランティア、給水車、自衛隊等）
- 被災地内のユーザはスマートフォン等の携帯端末を保持しており、Twitter アカウントを保持している。
- 各ユーザが持つ携帯端末では、最大 1Gbyte 分のデータの保持が可能
- 各ユーザは携帯端末に本システムをダウンロードしている
- 不可能エリアに存在するユーザはいつか必ず通信可能エリアに到達する
- 本アプリケーションは、大災害が発生したと同時に動作開始する

以上のようなシナリオでシミュレーションを行う。ノード数は任意の数に設定し、ノード間ですれ違い通信を行う。上記のシナリオのもと、メッセージ到達率、到達時間に関して提案手法を epidemic routing と比較する予定である。

## 6. おわりに

本稿では、大災害時に人々が必要とする安否情報に着目し、通信インフラの断絶したエリアにおいて安否情報の中継を可能にするため、通信不可能エリアと可能エリア間のメッセージ中継法について述べた。今後はシミュレーション実験を行うことによって評価を行う予定である。本稿で提案したルーティング手法をシミュレーションで評価する際には、如何に災害時の人々のモビリティをうまく再現できるかということが重要であると言える。災害時は災害規模によっては避難所に行かず、自宅で生活をしている人々も存在すると考えられることや、災害発生後の道路の状況から想定外の道を通るユーザが現れる可能性もある。これ

らをどのようにシミュレーション上で表現するかについても、今後検討する予定である。

また、本研究では最終目標として、アンドロイド携帯で使用可能なアプリケーションとして作成し、実際に使用することで実験、および評価を行うことを計画している。

## 参考文献

- [1] Fall, K.: A delay-tolerant network architecture for challenged internets, *SIGCOMM 2003* (2003).
- [2] Uddin, M. Y. S., Ahmadi, H., Abdelzaher, T. and Kravets, R.: A Low-energy, Multi-copy Inter-contact Routing Protocol for Disaster Response Networks, *SECON 2009* (2009).
- [3] Hossmann, T., Spyropoulos, T. and Legendre, F.: Know Thy Neighbor: Towards Optimal Mapping of Contacts to Social Graphs for DTN Routing, *IEEE INFOCOM 2009* (2011).
- [4] Daly, E. M. and Haahr, M.: Social network analysis for routing in disconnected delay-tolerant MANETs, *MobiHoc 2007* (2007).
- [5] 小山由, 水本旭洋, 今津真也, 安本慶一: 災害データベース・Twitter と連携する DTN ベース災害安否確認システムの提案, *DPS Workshop 2011* (2011).
- [6] 宮部真衣, 荒牧英治, 三浦麻子: 東日本大震災における Twitter の利用傾向の分析, 情報処理学会研究報告 (2011).
- [7] Payforwarding プロジェクト, <http://code.google.com/p/payforwarding/>.
- [8] Prodhon, A. T., Das, R., Kabir, H. and Shoja, G. C.: TTL based routing in opportunistic networks, *Journal of Network and Computer Applications* (2011).
- [9] Space-Time Engineering, <http://www.spacetime-eng.com/jp/index.html>.
- [10] OpenStreetMap Japan, <http://openstreetmap.jp/>.