

## 車載 Wi-Fi の利用を想定した災害時情報共有手法の検討

大西亮吉<sup>†1</sup> 松本真紀子<sup>†1</sup> 渡部聡彦<sup>†1</sup> 吉岡顕<sup>†1</sup>

大災害の発生によりセルラー網が損壊した状況を想定し、被災者のメッセージを車車間のすれ違い通信により伝搬する仕組みを考案した。車載機はスマートフォンなどのユーザ端末からの被災情報の登録や照会へ対応する。車載機同士が出会った際にはお互いの持つ被災情報を共有し、インターネットや情報サーバなどのアクセスポイントを発見した場合は、接続して被災情報をアップロードする。車載機の通信インタフェースは基地局や端末の機能を提供可能な Wi-Fi Direct を想定し、前述のスマートフォンやアクセスポイントとの接続、複数の車載機同士の接続を可能とする仕様を考案した。また安否確認など、宛先の所在の分からないメッセージが大量に発生することが想定されるため、宛先を指定するセッション指向のエンド間通信ではなく、セッションを不要としデータの複製に基づく方法で設計した。これには保有情報の Bloom Filter の共有により、相手の持たない情報を把握して情報共有を効率化する手法も含まれる。Android 機器 Nexus7 を車載機と見なして試作を行い、これらのアイデアが実現可能であることを確認した。また大都市通勤圏の災害を想定して本システムの実用性を評価するためのシミュレーション手法を考案し、簡単な仮説に基づく初期評価を行った。

## Information Sharing Using Vehicular Wi-Fi during Disaster

RYOKICHI ONISHI<sup>†1</sup> MAKIKO MATSUMOTO<sup>†1</sup>  
TOSHIHIKO WATANABE<sup>†1</sup> AKIRA YOSHIOKA<sup>†1</sup>

### 1. はじめに

#### 1.1 背景

先の東日本大震災ではセルラー網の本格的な復旧には1週間以上を要したことが判明し、災害発生直後の通信手段の確保が課題であることが分かった[1]。仙台市の事例[2]にも見られるように、安否確認を含む避難所での情報提供は張り紙による告知が中心であり、仙台市内だけで300箇所もある避難所の間を家族・知人を探して転々とする様子も見られた。

一方、自動車への Wi-Fi の搭載も進められている[3]。車載機がスマートフォンと繋がって、ナビゲーション機能の提供を受ける。あるいは車外のアクセスポイントと繋がって、車両の故障診断サービスや地図のアップデートサービスを受けるなど、多様なサービスの実現が期待できる。更に車載機間の通信が可能となれば、大災害などでセルラー網が利用不可能になった場合も、被災者間の情報共有のインフラとして活用されることも期待される。

#### 1.2 実現に向けたアプローチ

このようなインフラの実現には多くの課題が考えられるが、本論文では次の2つの課題に着目して解決を考える。

##### (1) 車載機と多様なデバイスとの無線接続

車載機—車載機、車載機—ユーザ端末、車載機—固定網アクセスポイントの接続をサポートする Wi-Fi の利用方法を検討する。Wi-Fi の接続形態には、基地局 (AP) と端末

(STA) 間をつなぐインフラストラクチャモードと、端末同士を1対1で接続するアドホックモードが存在する。アドホックモードは、スマートフォンや公衆アクセスポイントなどの一般的な機器では標準でサポートされないため、インフラストラクチャモードでの設計を考える。更に Wi-Fi Direct の機能により、車載機の Wi-Fi インタフェースは接続相手によって基地局や端末と動的に役割を変更することができるため、これを応用して車載機の前述の接続を実現する仕組みを新たに考案した。

##### (2) 宛先の所在が不明な膨大な数のメッセージの伝達

安否確認の場合、情報の伝達先の所在が不明であり、所在が分かっても情報を届けるタイミングで他所へ移動しているかもしれないといった状況が考えられる。従来のアドホック通信や途絶耐性ネットワーク (DTN) のようなセッション指向のエンド間通信の場合、これらの宛先ノードを探索して経路を構築し、移動などによりリンクが切断される場合には一旦情報を蓄積して、経路を再構築してから伝送を再開するといったことが行われる。しかし、サイズの小さいメッセージが膨大に発生することが予想でき、これら個々のセッションを構築・維持することは非効率であると考えられる。そこでデータ指向型と呼ばれる、セッションを不要とするデータの複製に基づく方法での設計を考える。これには保有情報の Bloom Filter の共有により、相手の持たない情報を把握して情報共有を効率化する手法も含まれる。

#### 1.3 本論文の構成

本論文では車載 Wi-Fi の利用を想定した災害時情報共有

<sup>†1</sup> (株)トヨタ IT 開発センター  
Toyota InfoTechnology Center Co., Ltd.

手法の提案を行う。まず2章で設計仕様を紹介する。3章でAndroid機器Nexus7を車載機と見なした試作を紹介する。4章で大都市通勤圏の災害を想定した、本システムの実用性を評価するためのシミュレーション手法を考案し、簡単な仮説に基づいた初期評価結果を紹介する。5章でまとめと今後の課題について述べる。

## 2. 設計仕様

設計した車載機のWi-Fiインタフェースの状態遷移を図1に示す。初期状態からWi-Fi Direct (Wi-Fi P2P Technical Specification)のGroup Owner選出機能により、車載機の集団の中から1台が基地局(AP)となり、残りの車両は端末(STA)となって、基地局と接続する。(基地局の機能を持つ車載機をリーダー、端末をメンバ、接続するリーダーとメンバの集団をグループと呼ぶ。)ユーザ端末はリーダーに接続して、ブラウザを利用してウェブベースのサービスを受けることができる。メンバは定期的にリーダーとの接続を解除して、固定網アクセスポイント(ネットAPと呼ぶ)を探索し、発見した場合は接続して保有情報をアップロードする。

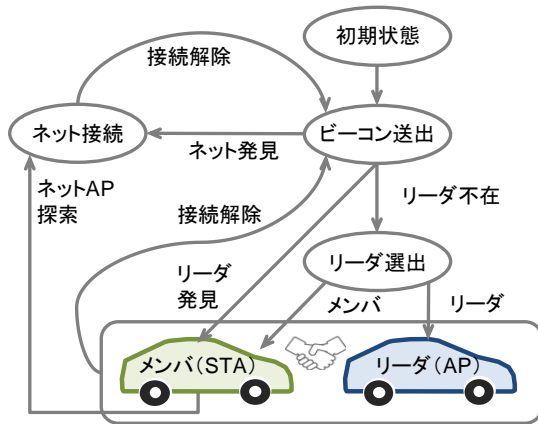


図1 車載Wi-Fiインタフェースの状態遷移

電波干渉を軽減するために、グループ内では図2のようなサイクルで管理されたメッセージ送信を行うよう設計する。リーダーは接続中のメンバを把握しており、それぞれの送信タイミングを決定し、各サイクルの初めにブロードキャストによって指示する。メンバはリーダーから指示された順でブロードキャストを行う。ブロードキャストには、グループに提供するメッセージ情報の他に、自身の保有する情報から生成したBloom Filterをサマリ情報として含む。これらのサマリ情報によって、他の車両が保有しないメッセージ情報が明らかになるため、それらを優先して送ることができる。この通信の効率化によって、素早く情報が拡散する効果が期待できる。

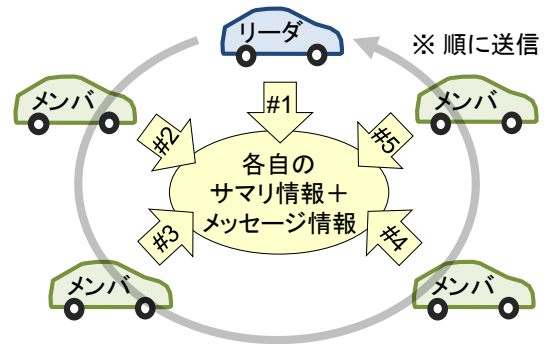


図2 サイクルで管理されたメッセージ送信

情報の削除については、単純にデータベースがあふれる際に生成の古いものから順に削除する仕様とした。情報を削除する場合は、Bloom Filterを再生成する必要がある。Bloom Filterの代わりに、Bloom Filterの各ビットをカウンタに変えて情報の削除に対応したCounting Filterを利用することも考えられる。計算資源と記憶資源のトレードオフの問題であり、本論文の検討対象外とする。また、どの車両も同一のメッセージを重複して持たない設計とする。

## 3. プロトタイプ試作

前章の設計に基づいて、図3のようなサービスを実現するプロトタイプシステムを試作した。車載機は保有するウェブサーバ、及びそのアプリケーションによって、災害マニュアルのような静的な情報提供、及び掲示板のような動的な情報共有の2種類のサービスを提供する。被災者はスマートフォンなどのユーザ端末をWi-Fiを介して車載機に接続し、予め用意されたドキュメントのダウンロードや、自身のメッセージの投稿、車載機が保有するメッセージの検索表示を行う。車載機は他の車載機、及び避難所のサーバやインターネットに繋がるアクセスポイントと接続して保有情報を伝達する。

また、政府や自治体、報道機関など信頼できる情報提供者向けに、アカウント認証を要するメッセージ投稿ページを用意する。アカウント情報は予め情報提供者に配布され、車載機内にも記録される。メッセージは署名付きで転送され、ユーザに対しては専用のページで提供される。これにより、信頼できる情報の拡散も実現する。全てのメッセージには登録された車両のIDや位置、タイムスタンプの情報などが属性として記録される。

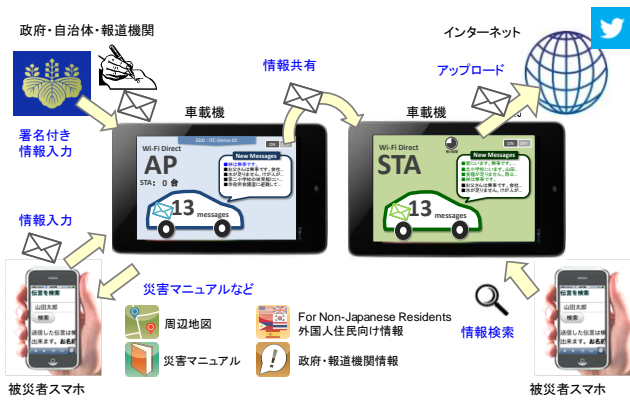


図3 試作した災害時情報共有サービス

プロトタイプシステムの構成を図4に示す。車載機がアクセスポイントを経由して接続する先にフィルタサーバを用意する。このサーバは重複してアップロードされる情報を整理する。サーバから車載機に宛ててサマリ情報を送信し、車載機からアップロードされる情報を効率化することも考えられる。またフィルタサーバがメッセージ情報の種類に応じて、様々な外部サイトへ振り分けて転送することも考えられる。

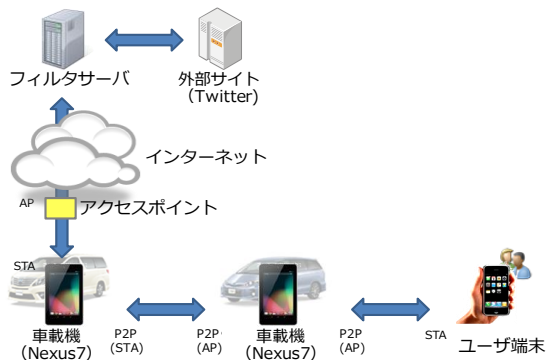


図4 プロトタイプシステムの構成

プロトタイプシステムにおける通信プロトコルの構成を図5に示す。車載機間の通信はUDP/IPとし、情報共有の達成度向上は上位レイヤのサマリ情報をベースとした機構で実現するものとする。

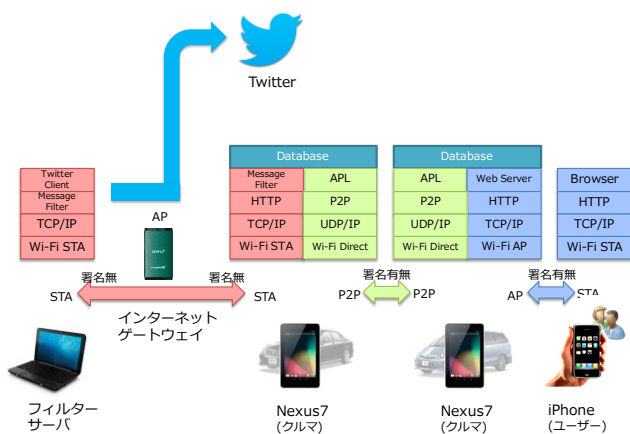


図5 プロトタイプシステムのネットワーク構成

最後にソフトウェアの構成を図6に示す。Nexus 7の制約により、CライブラリとJavaで設計されている。Wi-Fi Directの機能はAndroid frameworkにおいて利用し、その状態遷移はConnection Managerと呼ぶソフトウェアを新たに開発して実現する。またメッセージの取得・蓄積・伝送は、Message Managerと呼ぶソフトウェアを開発して実現する。Message Managerは、ユーザに対するwebサーバ(HTTPd)、車間通信を行うミドルウェア(EXCHGd)、フィルタサーバへ送信するミドルウェア(POSTd)の3つのデーモン機能とデータベースを含む。

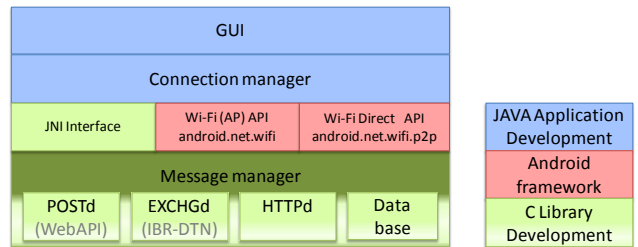


図6 プロトタイプシステムのソフトウェア構成

プロトタイプシステムは、DICOMO2013シンポジウムにおいて展示[4]し、本章冒頭で紹介した一連の機能が実現可能である様子を紹介している。



ユーザ端末 (iphone 4とGalaxy SII)

図7 DICOMO2013シンポジウムでの企業展示の様子

#### 4. 情報伝達特性のシミュレーション評価

東京などの大都市通勤圏におけるメッセージの展開性能をシミュレーションによって調べる。具体的には次のようなシナリオを想定する。大規模災害時に、避難所となった公共施設に住民が集まる。避難所には住民の所有車両や物資を運搬する車両も集まる。一部の車両は本論文で提案するシステムを保有する。避難所には据え置き型のデータベースサーバが存在し、住民や車両が発信する被災情報を記録して、住民からの照会に備える。尚、このサーバは受信のみで、車両への発信は行わない。住民の発信した情報が、提案システムによって出来るだけ早く、全ての避難所に行き渡ることを目標とする。これによって離れ離れになった

家族や友人がどこの避難所に避難しているのか、互いに確認できるようになる。避難所における車車間の情報共有において、相手の保有する情報を理解して伝達することの利点と限界を、以下の2つのモデルを比較することで調べる。

### (1) 単純モデル

自身の保有するメッセージからランダムに選択して送信。但し、一度送信したメッセージは一定期間選択しない。(再送を抑制する。)

### (2) 理想モデル

他の車両が保有していないメッセージの中からランダムに選択する。

Bloom Filter によって相手の保有情報の概要を把握した、通信の効率化のメリットは上記の2つのモデルの間に収まると考えられる。本論文のシミュレーションでは、この改善シロの大きさを測ることで Bloom Filter 導入の意義を調べ、Bloom Filter そのものの評価は今後の課題とする。

続いて、この評価を行うために考案したシミュレータについて説明する。避難所をノード、避難所間を結ぶ道路をリンクとする格子状のネットワーク構造を持ち、時系列のシミュレーションを行う。車両間のメッセージ送受信はノード内においてのみ実施する(ノード内通信)。そして車両が移動することでメッセージがノード間を移動する(ノード間移動)。1タイムステップでノード内通信とノード間移動を順に処理する。追跡したいのは車両ではなくメッセージであることから、メッセージを ID で管理して区別可能とする。一方で車両は区別せず、ノード内の存在数やノード間の移動量で表現する。

つまりノード内通信やノード間移動は、ノード内のメッセージ種類数や車両数をパラメータとして含む確率モデルによって計算される。この点が、従来筆者らが取り組んできた車両をネットワークノードとするシミュレーション[5]とは異なる。病原菌の感染シミュレーション[6]に近いが、メッセージは病原菌と異なり複数の品種が存在し、メッセージの種類数が多いほど感染のチャンスが低下する点を再現する仕組みを考案した。ノード内通信はノード内に閉じたモデルであり、ノード間の干渉はない。従って、計算時間の高速化のために、想定される全てのパタンの通信結果(感染数ヒストグラム)を予め計算し、時系列シミュレーション中ではその結果を参照した。これを事前シミュレーションと呼ぶ。これらのイメージを図8に示す。



図8 シミュレーションモデル

このようなシミュレーションモデルを踏まえて、規模を

次のように設定する。シミュレーションエリアを東京 23 区と近い 50km 四方の領域とする。ノードとなる避難所は 1km 間隔、合計 2,500 箇所を格子状に配置する。身近な小学校等の大型の公共施設へだいたい徒歩 10 分程度で到達できる感覚から、このような密度とした。時系列シミュレーションは 1 日 18 時間の活動とし、タイムステップを 5 分間隔とする。車両が 1km のノード間を移動する時間から、このような間隔とした。メッセージの発生量は、1 週間で 4500 万とする。東京 23 区の人口約 900 万人のうち、半数の人が 1 週間に 10 回発信する量として概算した。毎日 640 万のメッセージが避難所に等分されて、ポワソン分布で発生するものとする。1 タイムステップ 5 分間での、ある避難所でのメッセージ発生量がおよそ 12 となる。避難所には平均 200 台の車両が存在し、災害対応車両が 40% (80 台) の車両に普及しているものと仮定する。避難所は 2,500 箇所存在するため、全車両数は 50 万台、うち災害対応車両は 20 万台となる。普及率 40% は、新車販売率 7%、廃車率 6% で全ての新車に搭載した場合の 6 年後の普及率として 40% を算出した。(2015 年に搭載開始すれば、2020 年の東京オリンピックの時期となる。) 避難所から移動する車両の割合は日毎に増加する。開始時を 30% とし、日ごとに線形増加して 5 日後 75% で以後固定とする。車両の記憶容量は 300 万メッセージを保持できるものとする。1 メッセージ 300 バイトとすると、だいたい 1GB の記憶領域を利用するものと考えられる。各車両は同一のメッセージを重複して保有しない。

### 4.1 事前シミュレーション

指定された時間 (5 分) 内で各車両がブロードキャスト通信を繰り返し、避難所内に存在するメッセージ種類別のメッセージ個数の変化量を求める。車両はメッセージを重複して持たないため、避難所内に存在する同種のメッセージ個数の上限は、避難所内に存在する車両台数となる。ここで簡単のために、避難所内の全ての車両は互いに通信可能な範囲に存在すると仮定している。図9のような感染数ヒストグラムを求める。

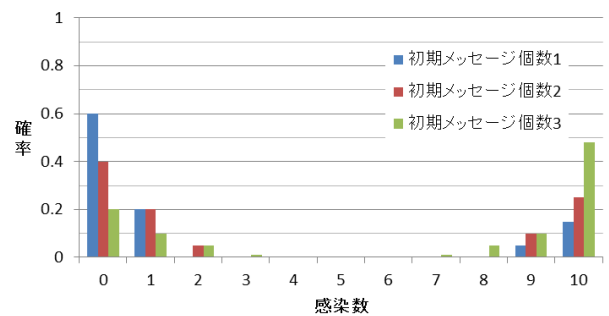


図9 感染数ヒストグラムの例

横軸はノード内通信結果としての感染数であり、縦軸はその発生確率となる。複数の系列が存在するが、これは最初に避難所に存在していたメッセージ個数(初期メッセー

ジ個数),つまりそのメッセージを持っていた車両台数も参照条件の一つとなっている. 図の例では,メッセージ個数の少ないものが消滅し,多いものが支配的になるようなイメージとなる. このような状況は各車両の保有するメッセージ量が飽和状態であるような場合に発生すると考えられる. 時系列シミュレーションからは4つのキー,車両台数,メッセージ種類数,総メッセージ数,初期メッセージ個数で感染数ヒストグラムを参照する. この参照キーの組合せの数だけ感染数ヒストグラムが用意されるが,自明なケースの除外や刻み幅の間の線形補完によってパターン数を抑える. 除外される自明なケースには,メッセージの感染が完了する場合,メッセージコピーがほとんど進まないケース,現実にあり得ないケースが含まれる.

事前シミュレーションの動作フローを図 10 に示す. 図中の A, B, C は紙面の都合上,それぞれのつながりを表す.

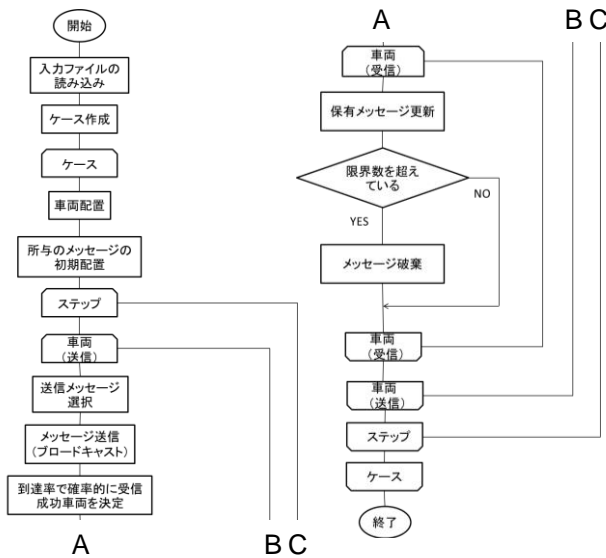


図 10 事前シミュレーションの動作フロー

事前シミュレーションでは新たなメッセージの発生はなく,車両台数も変化しない. また繰り返しの説明になるが,車両は同一のメッセージを複数持たない. 送信メッセージの選択方法について,前述の単純モデルと理想モデルの2方式をシミュレータ全体の設定で選択可能とする. メッセージ送信では無線通信の到達率の設定が可能であり,受信車両数を到達率で計算する. 車両の保有できるメッセージ数には上限があり,超過した場合は受信したタイミングの古いメッセージから破棄される.

#### 4.2 時系列シミュレーション

事前シミュレーションの結果を用いて,メッセージが拡散する様子を調べる. 特に次のような評価指標の時系列変化を調べる.

- 所定のメッセージに着目した伝播ヒートマップ
- システム全体の記憶限界に対する総メッセージ数の割合
- メッセージ種類数

#### ● 総メッセージ数

時系列シミュレーションの動作フローを図 11 に示す. 図中の D, E, F は紙面の都合上,それぞれのつながりを表す. シミュレーションは,タイムステップ毎にノード内通信とノード間移動を交互に繰り返す形で行われる. ノード内通信では各ノードでのメッセージ数の変化量を,メッセージの発生量や感染数ヒストグラムに基づいて決定する. メッセージの発生は,所定の単位時間当たりの発生量に従い,確率的に発生する(ポワソン発生). ノード間通信ではメッセージの隣接への移動量を決定する. ここで車両は個別に扱わず,数量として扱う. 移動する車両数は,所定の移動量に基づいて確率的に算出する. 但し,各ノードには必ず1台の車両が残るものとし,メッセージ発生を取りこぼしが無いものとする. 1タイムステップで移動する距離は隣接する1ノード分とする. 移動するメッセージは,ノード内の車両数と移動する車両数,当該メッセージを保有する車両数から確率的に選択される. ノードに到着した車両が保有するメッセージは,ノードのデータベースサーバに記録される. 尚,ネットワークの外周は閉じており,ネットワークの辺縁で車両もメッセージも消滅しないものとする.

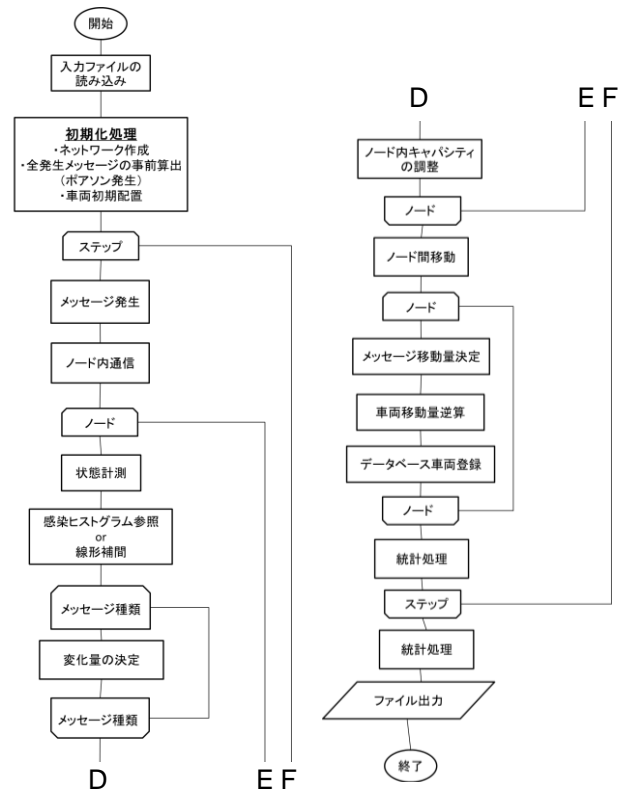


図 11 時系列シミュレーションの動作フロー



### 4.3 シミュレーションの設定項目と設定値

シミュレーションの設定項目と設定値はそれぞれ表 1、表 2 の通りとなる。

表 1 事前シミュレーションの設定項目と設定値

分類	項目	設定値	備考
基本条件	試行回数	500	
	計算対象時間	300[秒]	
送信	送信間隔	0.2[秒]	
	メッセージ送信数	20,200	スループットはそれぞれ240kbps、2.4Mbps相当。
車両	車両台数	40~120	
	メッセージ保有上限数	300万,600万	データ量はそれぞれ1GB、2GB相当。
	パケット到達率	80%	
まとめ	メッセージ種類数	20	
	シミュレーション時間	10	
	計算倍率	1/200	

表 2 時系列シミュレーションの設定項目と設定値

分類	項目	設定値	備考
基本条件	シミュレーション時間	3024	14日分 1日18時間、1ステップ5分
	ノード数(行数)	50	
ノード	ノード数(列数)	50	
	外周部幅	2	ノードの出入り用に、評価対象とならない外周部の厚さ
	初期車両配置数	80	避難所に200台、普及率40%
	初期移動割合	0.0014	30%
	移動割合最大値	0.0035	75%
	移動割合変化最終ステップ	1081	5日目以降は一定
	メッセージ	メッセージ発生量	640万/日
車両	メッセージ保有上限数	300万,600万	
	ノード内車両数上限	160	
まとめ	メッセージ種類数	20	
	シミュレーション時間	10	
	計算倍率	1/200	

事前シミュレーションによって作成された感染数ヒストグラムのパタン数は設定値によって異なる。一例として、メッセージの送信数 20、保有上限数 300 万の場合の参照キーの組合せを表 3 に示す。この場合 411,514 通りとなる。メッセージ種類数や総メッセージ数の刻みには幅があるが、結果を線形補完して使用するものとする。

表 3 参照キーの組合せ例

項目	設定内容			
送信数	20(=5)			
保有上限数	300万(=1)			
車両台数	40	N		120
メッセージ種類数	15,000	$\alpha \times 2^{\alpha 0}$		15,000
	30,000	$(\alpha=5^*750)$		30,000
	60,000	$\alpha \times 2^{\alpha 1}$		60,000
	⋮	⋮		⋮
	$15,000 \times 2^{\alpha 12}$ $3,000,000 \times 40$	$\alpha \times 2^{\alpha m}$ $L \times N$		$15,000 \times 2^{\alpha 14}$ $3,000,000 \times 120$
総メッセージ数	15,000	$\alpha \times 2^{\alpha 0}$	⋮	15,000
	30,000	$(\alpha=5^*750)$	⋮	30,000
	60,000	$\alpha \times 2^{\alpha 1}$	⋮	60,000
	⋮	⋮		⋮
	$15,000 \times 2^{\alpha 12}$ $3,000,000 \times 40$	$\alpha \times 2^{\alpha m}$ $L \times N$		$15,000 \times 2^{\alpha 14}$ $3,000,000 \times 120$
初期メッセージ個数	1	1		1
	2	2		2
	⋮	⋮		⋮
	40	N		120

時系列シミュレーションの結果、ノード内車両数の発生率は図 12 のグラフの通りとなる。従って、計算量削減のために車両数 40~120 台のパタンを求め、40 台以下のケースでは 40 台、120 台以上のケースでは 120 台の結果を使用す

るものとする。

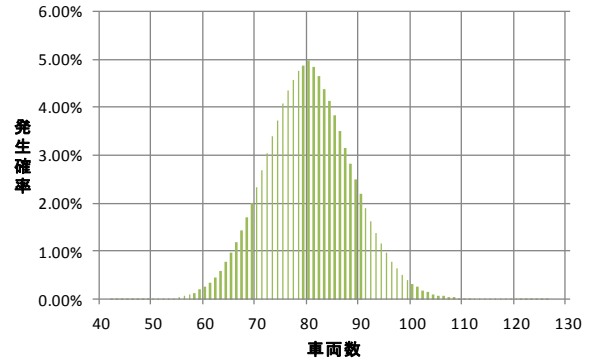


図 12 ノード内車両数の発生率

更に事前シミュレーション、時系列シミュレーションそれぞれにおいて、メッセージ種類数やシミュレーション時間をある程度まとめて取り扱うことで高速化することも検討した。誤差の定量評価は後日改めて報告する。今回はメッセージ種類数を 20 個、シミュレーション時間の 10 タイムステップをそれぞれまとめて扱うこととする。これにより事前シミュレーションの計算速度は約 1,000 倍増加し、時系列シミュレーションはメモリ 16GB で計算不能だったものが現実的な時間で結果を求めることができるようになった。

### 4.4 シミュレーション結果

座標(26, 26)、タイムステップ 32 で発生したメッセージ ID5047 がノードに初めて到達した時刻を、図 13 のようにヒートマップで示す。通信量の増加、及び効率化によって拡散速度が増加する様子や、記憶容量の増加によって拡散範囲が拡大する様子が確認できる。

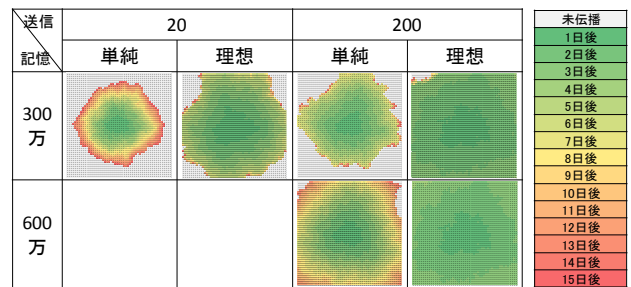


図 13 メッセージ ID5047 の伝播の時間推移

続いて、シミュレーションエリアに存在する総メッセージ数の時間変化は図 14 で示す。実線は理想モデル、点線は単純モデルの推移を表す。50x50 のシミュレーションエリアに加えて、2 マス分の外周部のノードもカウントしたため、実際には 52x52 のシミュレーションエリアで行った結果となった。車両やメッセージ数もその分増加している。どの状態においても理想モデルは単純モデルの倍以上の速さで情報が拡散することが分かり、通信効率化の改善余地が十分存在することが分かる。しかし、図 13 のマップと併せて考えると、車両の記憶容量が飽和した状況でメッセージの伝播が止まる様子が分かる。これは古いメッセージが

破棄された結果と考えられる。記憶容量を増加することにより拡散範囲が拡大するが線形増加に留まるため、継続的に拡散範囲を拡大するためには、記憶の効率化が必要であるとされる。

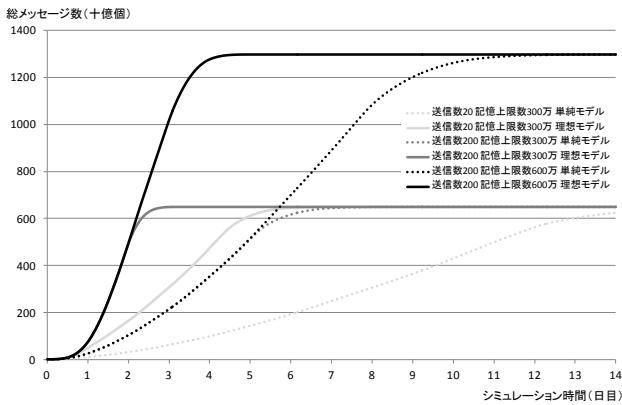


図 14 総メッセージ数の時間推移

最後に図 13 の結果の内、送信数 200、記憶上限数 300 万、単純モデルの伝播マップを同じ縮尺の地図に重ね合わせたイメージを図 15 に示す。新宿発のメッセージが約 1 週間で多摩川・外環道を越え、1 時間程度の通勤圏に浸透していく様子が確認できる。もちろん地図を重ね合わせただけで、道路などの地図の要素を一切考慮していない結果ではあるが、本論文の冒頭で述べた発災後 1 週間の通信断絶期間で本システムが有効に機能する可能性、及びその程度を確認する初期の目的を達成できたと考えられる。

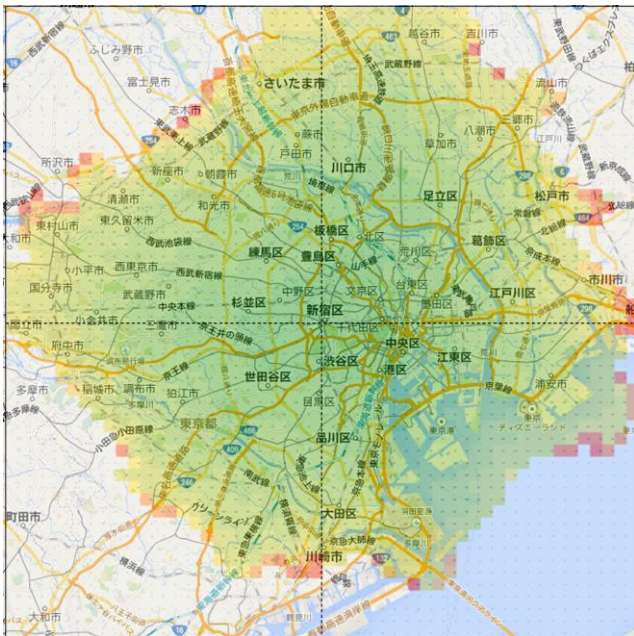


図 15 伝播マップを同尺の地図に重ね合わせた様子

## 5. まとめと今後の課題

大災害の発生によりセルラー網が損壊した状況を想定し、被災者のメッセージを車車間のすれ違い通信により伝搬する仕組みを考案した。Wi-Fi Direct の機能により、車載

機の Wi-Fi インタフェースは接続相手によって基地局や端末と動的に役割を変更することできるため、これを応用して車載機と多様なデバイスの接続を実現した。また宛先の所在が不明な膨大な数のメッセージを伝達するために、セッションの構築・維持を必要とするエンド間通信ではなく、データの複製に基づいたアーキテクチャを採用し、大量のメッセージの中から他者の持たない情報を類推して効率よく情報共有を行うために Bloom Filter の機能も導入した。これらの仕様に基づいて、Android 機器 Nexus7 を車載機と見なした試作を行い、実現可能であることを確認した。

また大都市通勤圏規模の評価を可能とするシミュレーション手法を考案し、実行通信速度 3Mbps、記憶容量 1GB 相当のスペックを備えた車載システムが単純な方法で情報共有を行う場合、都心 1 時間通勤圏の避難所へ 1 週間以内に情報を伝達できる可能性を確認した。また相手の保有しない情報が分かる理想的な情報共有モデルについても調べ、通信内容の効率化による伝達速度の改善余地も確認できた。

今後の課題として、記憶内容の効率化による伝達範囲の拡大、Bloom Filter による情報共有効率化の評価、道路や交通流などの交通動態の考慮などが考えられる。また災害時のみに稼働するシステムではなく、M2M やモノのインターネットなど平時から稼働するシステムの枠組みで検討することが求められる。

## 参考文献

- 1) 大規模災害等緊急事態における通信確保の在り方 最終取りまとめ参考資料, 総務省 (2011), 入手先  
([http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000141086.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000141086.pdf)).
- 2) 今井建彦: 災害に強い ICT 情報政策の課題と展望, 第 8 回先導的研究開発委員会ワークショップ, 先導的研究開発委員会 (2014), 入手先 ([http://jsps-crisis.net/report/PDF\\_%EF%BC%A11.pdf](http://jsps-crisis.net/report/PDF_%EF%BC%A11.pdf)).
- 3) トヨタ, KDDI, Wi-Fi を活用した次世代テレマティクス向けアクセスネットワーク構築に向けた協業について合意, トヨタ自動車 (2012), 入手先  
([http://www2.toyota.co.jp/news/12/01/nt12\\_0110.html](http://www2.toyota.co.jp/news/12/01/nt12_0110.html)).
- 4) 大西亮吉, 松本真紀子, 渡部聡彦, 吉岡顕: 車載 Wi-Fi の利用を想定した災害時伝言サービス (企業展示), 情報処理学会シンポジウム論文集, Vol.2013, pp.2167 (2013).
- 5) 大西亮吉, 吉岡顕: 車車間通信による交通情報共有手法のシミュレーション評価, 情報処理学会シンポジウム論文集, Vol.2012, pp.510-515 (2012).
- 6) 合原一幸, 大日康史, 前田博志: 世界初の“通勤・通学の満員電車を考慮した新型インフルエンザ感染大規模解析用システム”を開発, 東京大学生産技術研究所第 57 回定例記者会見, 東京大学 (2006), 入手先  
(<http://www.iis.u-tokyo.ac.jp/topics/2006/060111.pdf>).