

被災地における DTN に基づいた情報収集・共有方式の提案

孫 為華^{†1,†4} 木谷 友哉^{†2,†4}
柴田 直樹^{†3,†4} 安本 慶一^{†1,†4}

大規模災害により、被災地の通信インフラが破壊された場合、災害情報の収集と共有が困難となり、救援活動に大きな支障をきたす。本稿では、インフラが機能しない災害現場において携帯端末を携えた救急隊員間で DTN (Delay Tolerant Network) に基づいた通信を行うことで災害情報を災害対策本部のサーバにできるだけ早く収集し共有する方法を提案する。提案手法では、救急隊員の行動モデルを考慮し、情報伝送効率を向上させる方法を検討する。

A Data Gathering and Sharing Proposal for Disaster Relief based on DTN

WEIHUA SUN,^{†1,†4} TOMOYA KITANI,^{†2,†4} NAOKI SHIBATA^{†3,†4}
and KEIICHI YASUMOTO^{†1,†4}

The information gathering and sharing are difficult in a disaster area where the communication infrastructures are destroyed due to the large-scale disaster. As a result, the rescue operation will be interfered. In this paper, we propose an efficient method for gathering disaster related information to a server at the headquarters in a disaster area, taking into account the mobility of rescue parties based on DTN (Delay tolerant Network).

1. はじめに

近年、大地震などによる大規模災害により、多数の傷病者が発生するとともに電話やネットワークなどの通信インフラが機能しなくなる事例が頻発している。インフラの復旧までには数日以上かかることが多く、その間は災害情報の収集と共有が困難となり、傷病者の救助活動に大きな支障をきたす^{1,2)}。災害現場での一時的な通信インフラとしてアドホックネットワークが注目されており、これまで、アドホックネットワークを用いた多数の研究結果が発表されている。しかし、アドホックネットワークは、ホップ数が増えることによるデータ到達率の低下や、広大な災害領域をカバーするために多数の中継ノードを必要とするなど、大規模災害時の通信インフラとして使用するには不都合な点も多い。一方で、近年 DTN (Delay Tolerant Network)³⁾⁻⁵⁾ 技術が注目を集めている。DTN では、ノード間のマルチホップ無線通信によるデータ伝搬とノード自体のモビリティによるデータの運搬を併用することで、ネットワークが分断する環境においてもデータ通信が可能であり、災害時通信インフラとして応用する研究も既に開始されている⁶⁾。しかし、DTN では、データが宛先ノードに到達する保証がなく、到達しても遅延時間が大きくなるため、緊急性の高い情報あるいは重要度の高

い情報の通信手段として使うのは難しい。

本稿では、インフラが機能しない大規模災害現場において一時的な通信インフラを提供する DTN 技術に基づいた新しい方式を検討する。提案方式の目標は、災害領域内を携帯端末を携えた救急隊員が救助活動を行いながら災害状況に関するデータ (地点ごとの災害現場の写真、傷病者の数、道路の状態など) の収集を行い、収集されたデータを、その重要度を考慮しつつ、最短かつ確実に災害探索本部に設置されたサーバにアップロードする手段を提供することである。

本目標を達成するため、本稿では、まず、災害現場における、(1) 災害データの取得時刻、種類、重要度、(2) 救急隊員の行動パターン、(3) 災害エリアで利用可能なデバイスおよび通信方法、をモデル化する。(3) に関して、災害領域外は通信インフラが機能している、すなわち、救急隊員は災害領域外に移動することで、自端末に収集した災害情報をサーバに送信できると仮定する。また、傷病者を一時的に収容する救護テントが災害領域内の複数箇所に設置され、各テントには救急隊員の端末と通信可能なストレージデバイスが設置されると仮定する。

次に、考案したモデルをもとに、救急隊員の集合、各隊員の移動パターン、救護テント (ストレージ) の集合、データの集合が与えられた時、データの重要度を考慮し、かつ、データアップロードまでの時間を最小化するような各端末のデータ転送スケジュールを求める問題を定式化する。

本問題を効率よく解くためのアイデアとして、(1) 各救急隊員による災害状況データ収集と救護テントのストレージへのアップロード、(2) 救護テント

^{†1} 奈良先端科学技術大学院大学
Nara Institute of Science and Technology

^{†2} 静岡大学
Shizuoka University

^{†3} 滋賀大学
Shiga University

^{†4} 独立行政法人 科学技術振興機構, CREST
Japan Science and Technology Agency, CREST

間を移動する救急隊員によるストレージ間データ同期、(3) 救護テントから災害領域外へ移動する救急隊員による本部サーバへのデータアップロード、をタイムリに実行する方法を採用する。本稿では、以上のアイデアを起こりうる大災害の例に適用した際の効果をケーススタディとして述べる。

以降、2章で関連研究を述べた後、3章で大規模災害をモデル化し、災害状況データ収集問題を定式化する。4章では、本問題に対するケーススタディを与える。最後に、5章でまとめと今後の課題を述べる。

2. 関連研究

近年、Delay-Tolerant Network³⁾⁻⁵⁾に関する研究が盛んに行われている。文献7)では、DTNのルーティングにおいて解決すべき各種問題について検討を行っている。文献8)では、DTN向けの確率的ルーティングアルゴリズムを提案し、Epidemic Routingとの比較を行っている。文献9)では、DTNの各ノードが、それぞれが観測して得た情報のみを使用して効率よくルーティングを行う手法について提案している。文献10)では、DTNの各ノードが、空間上の特定の場所を訪れる頻度に関する事前知識がある場合に、それを活かして効率の良いルーティングを行う手法を提案している。文献11)では、DTNの各ノードに、衛星回線などを使用して単方向の通信が可能であるという仮定の下に、性能を向上させる手法について提案している。

これらDTNに関する既存の研究は、災害時の情報収集への適用可能性に言及しているが、本稿が対象とする具体的な適用方法、実現されるデータ転送性能や実用可能性について述べているものは存在しない。

3. 提案する問題の定式化

以下では、本研究の想定環境と問題設定について述べる。

3.1 想定する被災地の環境

大規模災害が起こった際、一般的に、地方自治体や消防署、自衛隊、医療従事者などが、救助隊を組織し、被災地域内を巡回して被災者の救出に努める。先述したように、本研究では被災地内で通信インフラが使えないことを想定している。ただし、被災地域の外でインフラが使用できると仮定する。そこで提案手法では、各救助隊員に小型の無線端末を携行させ、救助途中の被災情報を収集するとともに、アドホック無線通信により、近くに存在する別の救助隊員とデータを交換し、遠方にある災害対策本部に遅延耐性ネットワーク(DTN: Delay/Disruption Tolerant Networking)技術を使ってデータ配送を行う。図1に想定する環境の模式図を示す。

図1に示すように、被災地には、救助の拠点となる救護テントや、まだ救済されていない傷病者などが存在する。救助隊は被災地内を移動し、傷病者

を1次トリアージし救助したり、救護テントに搬送したりしながら、それらの傷病者の怪我の情報や、建物の倒壊や土砂崩れなどの周囲の地理的な情報を取得する。被災地域内には数カ所の救護テントが設置され、2次トリアージおよび応急医療行為が行われる。災害対策本部は、被災地の外の通信インフラが利用可能な場所に設置される。各救助隊の行動モデルについては後述する。移動の途中で被災地外に到達した救助隊員は、保持するデータを通信インフラを介して災害対策本部にデータを送信することが可能である。なお、ある救助隊員の移動途中において、そのアドホック通信可能領域内に別の救助隊員が入ったときは、お互いに保持するデータを交換することが可能である。ある救助隊員ができるだけ早く災害対策本部に伝達が必要な情報を持っているとき、その救助隊員の通信範囲内に、近いうちに被災地外に到達する別の救助隊員が存在するならば、そのデータを交換し託すことで、より早く本部へ伝達することが可能となる。

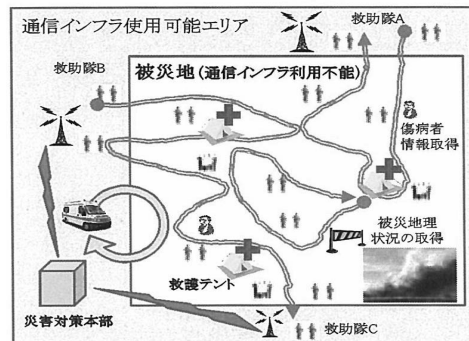


図1 被災地想定環境と救助隊の移動経路

3.2 被災情報についての仮定

ここでは、救助隊、救護テント、災害対策本部が必要とするデータをまとめる。

災害現場において、救助隊員の行える作業に限られるため、救助隊員により発見した被災者などのデータ入力、カメラやマイクなどを用いて容易に行えるようにする必要がある。そのため、本研究で対象とする情報は画像、音声、動画を中心として表現される比較的大きなデータとする。提案手法では以下の四つの被災情報を対象とする。

〈被災者情報〉

救助隊員が移動途中に見つけた、まだ救助されていない要救助者の位置および生体情報。

〈救護テント情報〉

救護テント周辺のトリアージポストの位置、一次処置所の位置、救護テントが設置されている位置や施設(被災地内の病院など)の情報、それぞれの収容者数、処置を受けている傷病者の生体情報、医療従事者数、医療資源などの情報。

〈被災地地形情報〉

建物の倒壊や土砂崩れなどの被災地の地理情報や、水道や電気が使ええる施設などの情報、食糧資源などの情報。

〈救助隊情報〉

救助隊の移動履歴、移動予定経路、医療従事者の編成（医師、その専門、看護師、消防士、それぞれの数など）、保持している資源などの情報。

被災者情報をもっとも時間的な制約が高く、できるだけ早く災害対策本部、または、近くの救護テントへ伝達されるべきである。

次に、被災地の救護拠点となる救護テントの情報は、被災者情報よりは優先度が低いが、災害対策本部および近隣の救護テントへ速やかに伝達されるべきである。

また、被災地地形情報は、主に二次災害の防止、および、今後の救護テントの設置や救助隊の派遣計画に利用される。この地形情報は、近くの救護テントなどでは特に有効であるが、遠くのテントでは不要であるため、近隣の救護テントおよび災害対策本部へ伝達されるべきである。

最後に、救助隊情報は、災害対策本部および被災地内の救護テント間で共有されるべきである。

3.3 通信機器に対する仮定

提案手法を実現するために、救助隊、救護テント、災害対策本部が備えるべき通信設備について述べる。

災害現場における情報交換は、トランシーバなどのアナログ無線通信機を用いてなされている。そのような通信では、非常時の電波の干渉を防ぐため、公共用デジタル波をほとんど使用せず、基本的にアナログ波を使用していること、異なる救助部隊で使用する周波数が異なるため、救助部隊間の直接通信が困難であることが問題である。このため、救助隊間でのデータの共有は災害対策本部を介して行う必要があり、また、同じ隊の隊員間でも無線通信機のみを用いた情報共有は困難である。

本研究では、各救助隊は十数名の隊員から構成され、各隊員は IEEE 802.11 などに準拠した無線通信機能を持つ端末を持つとし、アドホックモードとインフラモードを自動的に切替えて、近隣の救助隊、救護テント、通信インフラ（被災エリア外）と通信可能であるとする。また、3.2 節で述べたように、救助隊が持つ端末には情報を容易に入力できるカメラやマイクなどのインタフェースの他、位置情報が取得できる GPS 装置が装備されているものとする。

次に、各情報の伝達および共有を助けるため、各救護テントには無線基地局とストレージが装備され、近くを移動する救助隊員が保持するデータをアドホックに収集できるとする。また、近くの救助隊員に、救護テントで保持するデータを送信することも可能とする。

各救助隊員は、移動途中で被災地外の通信イン

フラ利用可能な場所を通過する場合は、保持するデータをインフラを介して災害対策本部へ送信できるとする。

以下に、救助隊、救護テント、災害対策本部が持つ設備をまとめる。

〔救助隊〕

カメラ、マイク、タッチパネルなどの煩雑な操作なしで入力可能な入力装置、および、GPS とアドホック通信可能な無線通信機能を持つ携帯情報端末。

〔救護テント〕

近くに存在する救助隊のデータを収集するための無線アクセスポイントとストレージ。

〔災害対策本部〕

通信インフラと接続された情報収容設備。

また、救助隊員が持つ端末と無線基地局の通信に関する設定は以下のように仮定する。

- 周波数 2.4 GHz (IEEE 802.11b)
- 通信半径 50~100 m
- 帯域幅 11 Mbps
- チャンネル 使用者全員が 1 チャンネルをシェア

先述したように、想定した災害環境で作成される情報は音声、画像、動画を中心に表現されるため、データ容量が大きいと考えられる。上記の無線通信の通信帯域はこういったデータに対し、決して十分であると言えないため、帯域負荷が大きい場合は、データの優先度などを考慮して送信するデータを選択する必要がある。

3.4 救助隊の行動モデルとデータの伝送

本研究では、各救助隊員に配備した無線 LAN 機器のアドホック通信機能によって、アドホックネットワークを構築し、これを介して救助隊員間、救助隊間、救助隊と救護テントの基地局間で大容量データの共有を行う。一般的なモバイルアドホックネットワーク (MANET) と比較して、通信可能な端末台数が少なく、ネットワークの分断が頻繁に起こるため、DTN で使われるストアアンドフォワード、キャリアアンドフォワードと呼ばれる、受信したデータを長期間保持し、地理的な移動先でまたそのデータを配布すると言う手法を採用する。データを持つ救助隊員は、このようなネットワーク上において、マルチホップ無線通信を使ってあるいは物理的に災害エリア外に移動してデータを本部に伝送する。

以下では救助隊行動モデルについて述べる。想定される救助隊の行動は以下の 3 種類に大別されるとする。

- [主に救護テントを中心にある半径の区域内で活動する隊]:
災害現場で負傷者を助け出す作業を実行する隊と考えられる。
- [主に一定時間間隔で複数の救護テント間を移動する隊]:
隣接救護拠点から応援要請を受けて、応援に向く隊と考えられる。

- [主に定期的に災害対策本部（もしくは通信インフラ利用可能エリア）と救護テント間を往復する隊]: 災害対策本部から救護テントに資材を運ぶ運輸隊と考えられる。

災害現場において、それぞれの救助スポットでは、複数の救助隊は統率のある指揮の下で行動すると考えられるため、各救助隊は自身の移動予定経路は既知と考えて差し支えない。そのため、例えば、早急に本部に送信しないといけない情報を持っている救助隊は、自隊よりも早くに本部と通信可能になる別隊が通信エリアに入った場合は、その隊へ情報を送信することで、より早く本部への情報伝達が可能になると考えられる。

各救助隊は、移動途中に救助されていない被災者や新しい被災地理情報を見つけたときは、所持している端末を使用して情報を入力しデータを発生させる。他の隊が自隊の通信可能エリアに入ったときは、お互いの保持するデータ交換をアドホック通信で行う。各救助隊は、救護テントの基地局の通信エリアに自隊が入ったときは、それと通信し、自隊が保持するデータを救護テントのストレージに送信・蓄積する。また、必要に応じて救護テントから別のデータを受信する。各救助隊が、本部との通信が可能な被災地外のエリアに入ったときには、通信インフラを用いて、保持するデータをすべて本部に伝達する。すなわち、救助隊は最後に必ず本部との通信可能エリアに到達する。

3.5 問題設定と定式化

本研究における問題を以下のように定式化する。
 入力

- 救助隊員の集合 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$
- 救助隊の移動経路: 任意の救助隊員 $u \in U$ の時刻 t における位置 $pos(u, t)$
- 救護テント（アクセスポイント+ストレージ）の集合 $R = \{r_1, r_2, \dots, r_m\}$: 救護テント $r \in R$ は位置情報 $pos(r)$ を属性として持つ
- データ発生イベントの集合 $E = \{e_1, e_2, \dots, e_h\}$: データ発生イベント $e \in E$ は 5 項組 (u, t, s, p, D) で表され、任意の救助隊員 u が時刻 t （このときの場所は $pos(u, t)$ ）で得られるにサイズ s 、優先度 p ($s, p \in \mathbb{N}$)、宛先 $D \in 2^{R \cup \{BS\}}$ (BS は本部) のデータを発生させることを意味する。
- 救助隊員、救護テントの無線通信可能範囲 L 、および一度に交換できるデータサイズ W

目的 任意のデータ発生イベント $e_i = (u_i, t_i, s_i, p_i, D_i)$ において、そのデータが目的地 $d_j \in D_i$ に伝達完了した時刻を t'_{ij} としたとき、下記のコスト関数を最小化する。

$$\text{Minimize} : \sum_{e_i \in E} \sum_{d_j \in D_i} p_i \times (t'_{ij} - t_i)$$

出力 各救助隊員のデータ交換プロトコル（各端末の各データに対する受信、送信のタイミング）

制約

- 全てのデータは必ず本部 (BS) に転送さ

表 1 想定災害例

災害	地震
時刻	2009年2月2日(月)午後3時
強度	マグニチュード7
場所	XX 県 YY 市役所を中心に半径 5km
詳細	都市直下型・深さ 20km

れる

- 各救助隊員は最後に必ず本部との通信可能エリアに到達する: 任意の救助隊員 u と十分大きな時刻 t_z において、 $pos(u, t_z) = pos(BS)$
- 任意の 2 ノード $u, u' \in \{U \cup R\}$ 間でのデータ交換は無線通信エリア内に入った時 ($|pos(u, t) - pos(u', t)| \leq L$) にのみ可能である
- 上記において一度の接触で交換できるデータサイズは W 以下である
- 救助隊員は自隊の移動経路は既知であるが、別の救助隊の移動経路はデータ交換することで初めて知ることができる

4. ケーススタディ

本章では、仮想の大規模災害を想定したケーススタディを通じ、提案手法を災害救援活動に応用する可能性について述べる。また、本章で用いるデータは、阪神・淡路大震災時の統計データ¹²⁾を模したものである。想定した状況は表 4 で表している。

4.1 震災の発生及び初期の対応

2009年2月2日午後3時、XX 県 YY 市市役所付近を中心に半径 5km の区域 (図 2) でマグニチュード 7 の直下型地震が発生した。地震によって、多数の家屋が全壊または半壊、ところどころで火事が発生した。地震発生直後から、各被災地地元消

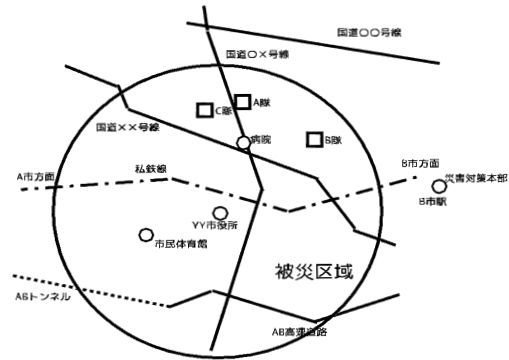


図 2 想定被災地地図

防本部に 119 番通報が殺到し、回線が飽和状態となり、通信指令や情報連絡体制が混乱したところもあった。通報は、救助を求めるもののほか、安否情報や地震の情報に関する問い合わせも多かった。火災情報は、しばらくたってから増加した。消防庁

においては、午後3時2分に気象庁から地震情報を受信し、直ちにXX県に対し、適切な対応と被害報告を行うように連絡し、情報収集を開始した。午後5時には、消防庁XX県北部地震災害対策本部（本部長：消防庁長官、図2のB市駅付近）を設置して対処した。

YY市震源地においては、地震による影響で、通信回線の途絶や電気設備の故障などによって、災害状況の把握は極めて困難になった。通信設備の故障や回線の輻輳などのため、一般加入電話、携帯電話はほとんど使用できなくなった。停電の影響で市全体の情報ネットワークシステムが停止となった。さらに、衛星通信ネットワークシステムも自家発電設備の冷却装置の障害のため、災害当日は使用不能になった。

4.2 提案手法を利用した被災現場情報収集

4.2.1 提案手法の適用概要

午後5時に災害対策本部がB市駅付近に設置されるとともに、防災ヘリコプターによる上空偵察で被災地域の大まかな状況を把握し、市役所、病院、市民体育館の三箇所で一次救護所の設置を判断した。午後8時までにこの三箇所への人員運輸と救護テント設置用物資のヘリコプター投下作業が完了し、一次救護所を立ち上げた。一次救護所では、負傷者に対する一次トリアージと応急措置を行う。これら一次救護所で、無線LANネットワークのアクセスポイントを設置し、救助人員の所持する無線端末間で自由に情報交換できる環境が整った。

各一次救護所でトリアージを担当する医療従事者（医者、看護婦）は負傷者に生体情報監視装置を装着し、負傷者の様子をヘッドマントビデオで自動録画する。生体情報監視装置は無線LANを介して一次救護所に設置してある監視コンピュータに秒刻みで負傷者の生体情報を送信する。これらの生体情報によって緊急度の高い負傷者に対して優先的に応急処理を行う。また、医療従事者のヘッドマントビデオで録画した患者の様子をアクセスポイントとセットにあるハードディスクに保存する。

災害現場で負傷者の探索・救出を担当する消防・救助隊員は、十数名を一小隊とし、各救護所に10数隊ずつを配置する。救助小隊は救護所より決められた範囲（救助エリア）で負傷者の救出作業を行う。救助隊員はカメラ、マイク、タッチパネル式キーボードを備えた携帯情報端末を利用して救助エリアの様子を記録する。携帯情報端末が隊員間で自動的にアドホックモードでデータを同期し、負傷者を救護所に運ぶ際、運んだ隊員の端末により、小隊全体のデータを救護所ハードディスクに自動的に伝送する。これにより、報告に費した時間の節約や、報告漏れの防止に有効と考えられる。

4.2.2 提案手法による情報収集例

各救助隊の移動スケジュールを表2に表す。翌日午前2時に各救助小隊が被災地域に進入し、それぞれの救助エリアで作業を開始した。午前3時20分に、病院北側1kmのところ、A小隊が倒壊した

アパートから十数名の生存者を発見し、至急トランシーバで本部に対し応援を要請しようとしたが、回線輻輳のため接続できなかった。そこで、隊員1名が救出した負傷者を救助隊用車で救護所である病院に搬送した（表2(a)）。救護所に着いた時、隊員の携帯端末に格納されている救急エリアのデータ（<被災者情報>というタグが付いている）がアクセスポイントのストレージに自動的に保存され、一定期間内に付近の救助小隊にブロードキャストされた（表2(b)）。この期間内に救護所に戻った救助小隊が、被災者情報を受信し（表2(c)）、A小隊の救助エリアに応援しに行ったため、生存者全員を救出することができた。また、各小隊の今後の行動予定が救護所のアクセスポイントに記録されるため、他の救助エリアの妨げにならないように、A小隊の救助エリアに応援隊の過剰派遣をしない。

午前5時40分に、病院東側1.5km（B隊担当、表2(d)）と北西1km（C隊担当、表2(e)）のところで、倒壊家屋に埋もれた負傷者が同時に発見された。しかし、病院救護所に所属する救助小隊の半分以上はすでにA小隊の応援に行ったため、人手不足の状況に陥った。この時、市役所救護所から病院に重傷患者を搬送する救急車が到達し、これにより、病院救護所と市役所救護所間のデータが同期された（表2(g)）。病院救護所の担当者がそのデータから、市役所救護所ではこれから点滴薬品が必要と判断し、あらかじめ病院の点滴薬品を救急車に積んだ。救急車が物資を積んで市役所救護所に帰着すると、病院救護所で人手不足の状況を知らせ（表2(h)）、午前6時半までに、市役所救護所から4つの小隊が応援して来たため、病院救護所の人手不足が解決された（表2(i)）。

また、午前6時に市役所救護所に対し、災害対策本部から物資を運輸する車両が到達し、市役所救護所に集約されている病院と市民体育館救護所のデータをまとめて受信し（表2(j)）、他の被災地域に向かっている途中にインフラ携帯電話網の使える地域で本部に対しデータを転送した。本部は受信した被災地域のデータ中必要な情報をインターネットで公開し、震災当日の深夜から日本各地からオンライン安否確認が可能となった（表2(k)）。これによって、震災地域の電話網の使用量が少なくなり震災地域の通信インフラが回復し、情報収集と伝達が早くなり、災害救助作業がより円滑に行えるようになった。

提案手法を用いなければ、5時20分にA小隊が生存者を発見しても、本部に連絡がとれない場合、応援隊の到達が大幅に遅れるだろう。そのせいで死者数が増える可能性も排除できない。救護所で人手を分けて各小隊に応援するよう連絡するとしても、過剰に応援小隊がA小隊の救助エリアに行く可能性があり、他所の救助作業に支障が出るだろう。また、市役所救護所で必要な薬品があらかじめ補充されないため、それによって助けられなかった負傷者が出たかもしれない。さらに、救護

表 2 救助活動のスケジュール

	3 時	4 時	5 時	6 時
A 隊 (病院隊)	(a) 被災者発見, 病院に送信	救出作業	救出作業	救出作業
B 隊 (病院隊)	B 隊エリア	B 隊エリア	(d) 被災者発見, 病院に送信	救出作業
C 隊 (病院隊)	C 隊エリア	C 隊エリア	(e) 被災者発見, 病院に送信	救出作業
その他病院隊	各自エリア	(c) 病院で A 隊情報受信	A 隊応援	A 隊応援
病院救護所	(b) A 隊よりデータ受信		(f) B,C 隊よりデータ受信	
市役所救急車		病院に向く	(g) 病院に搬送, データ受信	市役所に帰還
市役所救護所				(h) 病院データ取得, 薬品到着
市役所隊	各自エリア	各自エリア	各自エリア	(i) 市役所で病院情報受信, 応援に向く
本部運輸車				(j) 市役所に到達, 情報受信
災害対策本部				(k) 帰着の運輸車よりデータ受信

所間での情報共有が遅く、相互応援が困難となり、救助活動全体の効率が低下する可能性がある。そのほか、過去の事例から、災害発生後、情報不足によりマスコミや被災者家族対応が最も混乱が生じやすいが、提案手法を用いればオンラインで被災地域・被災者情報を社会に対し、もっと迅速かつ的確に公表できるようになるだろう。

5. おわりに

本稿では、インフラが機能しない大規模災害現場において一時的な通信インフラを提供する DTN 技術に基づいた新しい方式を検討した。提案方式の目標は、災害領域内を携帯端末を携えた救急隊員が救助活動を行いながら、その行動を妨げずに災害状況に関するデータの収集を行い、効率的に災害探索本部に設置されたサーバにアップロードする手段を提供することである。今後は提案手法の性能を計算機シミュレーションを用いて検証する予定である。

謝 辞

本研究は、科学技術振興機構、CREST の先進的統合センシング技術プロジェクト「災害時救命救急支援を目指した人間情報センシングシステム (研究代表者: 大阪大学東野輝夫教授)」の一環として進められている。ここに記して謝意を表す。

参 考 文 献

- 1) 大友: “プレホスピタル MOOK シリーズ 4 多数傷病者対応,” 永井書店, ISBN 978-4-8159-1791-3 C3047, 2007 年第一版。
- 2) 小栗: “MIMMS 大事故災害への医療対応 現場活動と医療支援 イギリス発, 世界標準一第 2 版,” 永井書店, ISBN 978-4-8159-1720-3 C3047, 2007 年第 3 刷。
- 3) Fall, K. : “A Delay Tolerant Network Architecture for Challenged Internets,” Proceedings of the 2003 conference on Applications, technologies, architectures, and protocols for computer communications, pp.27-34 (2003).
- 4) Pelusi, L., Passarella, A. and Conti, M. : “Opportunistic Networking: Data Forwarding in Disconnected Mobile Ad Hoc Networks,” IEEE Communications Magazine, Vol. 44, No. 11, pp. 134-141 (2006).
- 5) Crowcroft, J., Yoneki, E., Hui, P. and Henderson, T. : “Promoting tolerance for delay tolerant network research,” SIGCOMM Comput. Commun. Rev., Vol. 38,

No. 5, pp. 63-68 (2008).

- 6) Nikolay, L., Shengsang, C. and Zhang, H. : “Opportunistic Medical Data Delivery in Challenged Environments,” <http://www.nikolaylaptev.com/> .
- 7) Jain, S., Fall, K. and Patra, R. : “Routing in a delay tolerant network,” Proceedings of the 2004 conference on Applications, technologies, architectures, and protocols for computer communications (SIGCOMM '04), pp.145-158 (2004).
- 8) Lindgren, A., Doria, A. and Schelén, O. : “Probabilistic Routing in Intermittently Connected Networks,” Service Assurance with Partial and Intermittent Resources, pp. 239-254 (2004).
- 9) Jones, E.P.C., Li, L. and Ward, P.A.S. : “Practical routing in delay-tolerant networks,” Proceeding of the 2005 ACM SIGCOMM workshop on Delay-tolerant networking (WDTN '05), pp. 237-243 (2005).
- 10) Leguay, J., Friedman, T. and Conan, V. : “Evaluating Mobility Pattern Space Routing for DTNs,” Proceedings of the 25th IEEE International Conference on Computer Communications (INFOCOM), pp.1-10 (2006).
- 11) Kutscher, D., Greifenberg, J. and Loos, K. : “Scalable DTN Distribution over Uni-Directional Links,” Proceedings of the 2007 conference on Applications, technologies, architectures, and protocols for computer communications (SIGCOMM '07) (2007).
- 12) FDMA 総務省消防庁: “阪神・淡路大震災関連情報データベース,” <http://sinsai.fdma.go.jp/search/> .