

津波発生時に派遣医療チームを支援するための 避難先推定システム

川邊 頤裕^{*1} 泉 朋子^{*2} 仲谷 善雄^{*2}

The Refuge Place Forecast System for Supporting Disaster Medicine

Akihiro Kawabe^{*1}, Tomoko Izumi^{*2}, Yoshio Nakatani^{*2}

Abstract - In Tohoku-Pacific Ocean Earthquake, DMAT (Disaster Medical Assistance Team) could not rescue the victims efficiently with accurate location data because the local governments lost refuge place data and resident register due to damage caused by tsunami. In this paper, to support DMAT, a refuge forecast system based on the characteristic of disaster, landscape, and victims' psychology is proposed, which is work even if a local government can't have information about victims and refuge places. As an example, this system deals with tsunami. I showed effectiveness of this system by comparing the data of Tohoku-Pacific Ocean Earthquake and our forecast system.

Keywords: Forecast of Refuge Place, Disaster Medical Assistance Team, earthquake, local government

1. まえがき

我々が住む地球では様々な自然災害が起こっている。台風、洪水、噴火、地震など、人に被害をもたらすものばかりである。この中でも日本に大きな被害をもたらすのは地震である。日本は4つのプレートに囲まれているため地震が頻繁に発生しやすい。近年の統計より、年間M2.0以上の地震が約1万回発生している。日本は地震大国なのである[1]。

また、2011年3月11日に東北地方太平洋沖地震が発生し、死者15,000人以上という被害が出た。この地震はM9.0で、過去100年間に観測された地震の中で世界第4位の規模であった。

東北地方太平洋沖地震では大規模な津波により病院が被災したり、医療を担う機関が医師不足などの問題に陥った。このような事態を打破すべく、大規模災害や多傷病者が発生した事故などの現場に駆けつける、DMAT (Disaster Medical Assistance Team) が3月13日に現地入りした。しかし、津波により海や港から近い場所に建設されていた市町村役場が被災したため、被災者の避難場所や避難所の状況の把握ができず、さらに連絡手段も断絶し行政機能が完全に停止した。そのため、DMATは迅速に出動したものの、的確な情報に基づいた救援活動ができなかった[2]。また、今後30年以内に南海・東南海地震が発生する確率は60パーセントを超えと言われてる[3]。

これらのことから、地震などの災害時に被災者の身体

的・精神的被害を治療・軽減するための災害医療について、その効果を最大限に発揮するために、発災直後にどの施設にどのような属性の被災者が何人程度避難しているのか知る必要がある。

本研究では、自治体が被災状況や避難状況などの情報を収集・集約できないような状況にあっても、災害特性、地域特性、心理特性などの観点から避難先として考えられる施設を推定するシステムを提案する。

2. 研究動向

災害時には発災直後の情報のやり取りが非常に重要である。東北地方太平洋沖地震では被災者の位置情報、避難所情報などを把握すべき自治体が被災したので、DMATはどこで、誰が救援を要請しているのか、避難所にどのような被災者がいるのかが分からなかった。これらのことを解決するためには、避難者がいるであろう施設とその位置を把握しなければならない。もし被災者からの情報が入手できないのであれば、何らかの手段で推定する必要がある。東北地方太平洋沖地震ではこのような支援手段が提供されなかった。

これまでも避難先推定や位置推定に関する研究は行われてきた。以下に災害を考慮した位置推定についての研究を紹介する。

2009年に浅川らは、ユーザの位置情報を地図上に表示することで共有するシステムを提案した。携帯電話に内蔵しているカメラとGPS機能を用いて、それらの情報をGoogle Mapsに添付して連携させる。地図情報として共有することによって、情報を現実世界と関連づけ、実味を持った実態としての情報を交換できる環境が提案されている[4]。

また2007年に谷田らは電話網などが機能しなくなった被災地において、ICタグを用いた被災者の位置特定の

*1: 立命館大学大学院 情報理工学研究科

*2: 立命館大学 情報理工学部

*1: Graduate School of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

*2: College of Information Science and Engineering Ritsumeikan University.

手法を提案し、その有効性をシミュレーションによって検証した[5]。ヘリコプターからアクティブ型 IC タグを散布し、固定された 3 点の IC タグと、位置が未知の被験者の IC タグとの間で電波による三辺測量の実施によって被災者の位置を特定する。

Google 社は、東北地方太平洋沖地震発生を受け、ユーザからの避難所情報を Google Maps 上に可視化する「Google Crisis Response 避難所システム」を構築した。これにより、被災後に被災者が何処にいるかなどの判断が可能になった[6]。

3. システム概要

前章で述べた研究より、被災者の位置推定や地図上に災害情報を表示することが有効であることが分かった。しかし、先行研究の多くは災害発生後に使用するものが多い。災害医療の現場では一刻を争うので、DMAT がより早く被災地に赴き救援を始める必要がある。また、東北地方太平洋沖地震のような津波による広域被害の場合、予想外の避難について対応できず、システムの即効性が期待できない。以上の点より本研究では、特別な機器の投入を前提とせず、被災地外部から利用可能な情報のみに基づいて支援し、即効性のあるシステム構築を行った。

3.1 提案の基本方針

本システムの提案の基本方針を以下に記す。基本方針は大きく分けて 3 つに分類される。

- ① 津波などでハード機器が被害を受けても外部からの支援ができる。

地震災害では被災地に設置されたハード機器が損傷する可能性は高い。そこで本システムでは被災地からの情報伝達はないものとする。実際にシステムを使用する際、津波などの被害を受けていない DMAT の災害対策本部が本システムを利用することにより、外部からの支援を可能とする。

- ② 地震の規模を入力し、津波による浸水場所や避難所等の情報を Google Maps に可視化する。

本システムに地震の規模を入力すると、予想津波の高さをもとに、高低差から被災者の位置情報を推定する。被災者は予想しない場所に避難することがあるので、津波の規模と高低差から「この避難所には津波の高さから人々はいないはずだ」、「ここは避難所ではないが、高低差から避難している人がいるかもしれない」などの予測をたて、Google Maps 上に可視化する。

- ③ 避難場所の予測結果を提供し、適材適所の活動を支援する。

DMAT の課題として、行政の被災により情報が伝達されなかったことが挙げられる。行政が被災しても外部からの支援ができる本システムを利用することにより、DMAT が効率的・効果的に活動できるようにする。予想される避難位置、避難先高度、避難先名称、避難先の最大収容人数、避難者総数などの情報を DMAT に提供することにより、災害医療におけるファーストエイドの効果を図る。

4. システム構成

この章では、第 3 章での提案内容をシステムとして実装する方法を述べる。本システムは大きく分けて MySQL によるデータベースの構築、Java によるデータベース情報の XML ファイル化、JavaScript による避難先情報の XML ファイルの読み込み、津波入力値による避難所の推定の 3 つで構成されている。災害対策本部が任意の地域を対象とし避難先を推定可能だが、必要なシステム機能を検討するために、対象地域を固定した。まず初めに対象地域、使用言語について述べ、全体構成を図に記した後、処理の詳細を記す。

4.1 推定対象地域

今回の推定対象地域として、東北地方太平洋沖地震で被災した地域の中で避難所の避難人数などの被害情報を詳細に公開している岩手県を推定対象地域とした。また、市町村ごとでの推定では、岩手県の中で一番津波高が高かった大船渡市を対象とし、避難先を推定した。

4.2 使用言語

実装は Windows パソコン上で行い、言語には、HTML、JavaScript、Java、XML を、データベース構築には MySQL、地図表示部分は Google Maps API version2 を使用した。

HTML は、防災対策本部が DMAT へ指示を出す際、地図を表示したほうが位置情報を把握できると考え Google Maps を表示するために HTML を用いた。また、市町村役場が津波で被害を受けたとしても、サーバに HTML ファイルをアップロードしておけば、ネット環境さえあればどのような場所においても本システムを利用することができる。

まず、地図表示部分について述べる。地図表示部分に Google Maps API version2 を使用した理由は、XML ファイル読み込み関数である GDownloadUrl 関数や XML パーサーである GXml.parse ライブラリを用いるためである（これらのライブラリは Google Maps API version3 では提供されていない）。本システムでは避難所データを XML ファイルで作成し、XML ファイルを読み込むことで推定避難先マーカーを描画するためにこれらのライブラリを利用する。また、これらの API は全て JavaScript で定義されているため、XML ファイルの読み込み、マーカーの表示などの様々な機能は必然的に JavaScript で実装すること

になった。

次に、データベースについて述べる。データベース構築には MySQL を、データベースからの避難先情報を XML ファイル化するために Java を用いた。また、本システムは MySQL を用いてデータベースの内容を参照する必要があるため、JDBC ドライバというデータベース接続のための API が備わっている Java がデータベースを参照するのに適していた。出力結果は DOM に従い XML ファイル化することによって避難先情報を入手できる。システム全体のアーキテクチャを図 1 に示す。

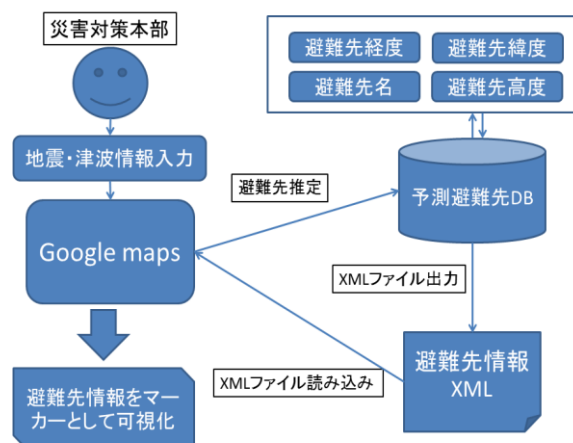


図 1 システムアーキテクチャ図

Fig.1 System architecture

4.3 システムの実行の流れ

本システムの流れを説明する。

- ① ユーザが震源を Google Maps 上でクリックする。クリックすると緯度と経度が表示され、震源に×印が表示される。
- ② ユーザが予想最大津波高を入力する。この際、住所を入力し、入力された住所に移動も可能。システムは入力された津波の高さの情報と震源の緯度、経度の情報をもとに、津波の襲来予想地域を推論する。また、データベースに登録されている避難先の高度と予想最大津波高との比較より、予想最大津波高より標高が高い避難先を候補地とする。
- ③ 津波の襲来予想地域、避難所データベースと連携して、予想される避難先における避難者数、避難者の属性を推論する。マーカーの表示は赤色がシステムによって予想される避難先、青色が行政の指定している避難所を示す。

以上の流れより、本システムは避難先推定を開始する。実際のシステム画面を図に示す。

～災害医療を支援するための避難先推定システム～

地震が起きた場所を地図にクリックして下さい↓

緯度 39.40776207063442
経度 142.6300048828125

大船渡市大船渡町

入力された住所へ移動

予想最大津波 : 9

避難先推定

マーカーをクリア

避難所数: 96

指定避難場所 : 避難候補地



図 2 システム画面

Fig.2 System screen

4.4 推論のアルゴリズム

避難所データベースと連携して、予想される避難先における避難者数、避難者の属性を推論するアルゴリズムのフローチャートを下記に示し、アルゴリズムを説明する。

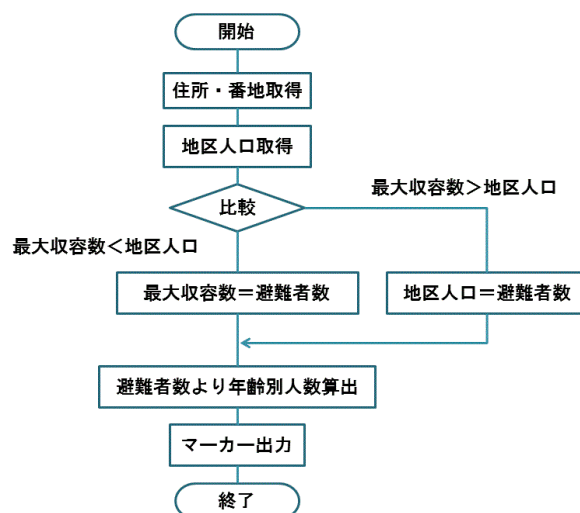


図 3 避難状況推定アルゴリズム

Fig.3 Algorithm

最初に、データベースから避難所の住所を求め、それによって避難者が住む地区と地区の人口を求める。津波の場合には、海に近い地域から内陸方向に避難するのが一般的であるので、避難者は避難所の直近の海側の地区と考える。次に避難先最大収容数と地区人口の比較より、避難先にどれ程の人がいるのかを推論する。最大収容人数は、市町村の指定避難所などで行政が最大収容数を公開している避難先についてはその値を使う。最大収容数が未公開だったり、予想外の避難先ということで最大収

容人数が把握できない場合、消防法[7]に規定された算出方法や Google Maps の航空写真やストリートビューを用いて収容人数を計算した。消防法に規定された算出方法では学校、集会場などの様々な施設ごとに計算が違ふ。例として大船渡地区公民館の収容可能人数の計算方法を記す。消防法に規定された集会場の収容可能人数は、従業員の数に下記の算定数の総合計を加えることによって求められる。

- 従業員の数
- 固定式椅子はその総数、長椅子はその長さ÷0.4メートル
- 立見席がある場合、その床面積÷0.2平方メートル
- その他の部分については、該当部分の底面積÷0.5平方メートル

今回は、従業員、椅子の総数などの詳細情報がなかったため全てその他扱いで収容可能人数を算出した。実際に大船渡地区公民館を計算すると、 $827 \div 0.5 = 1654$ (底面積÷0.5) となり、収容可能人数は 1654 人と判断できる。しかし、消防法による収容可能人数では、小学校などの階層が多い建物について計算に誤差が生じる。そのため、Google Maps による航空写真や、ストリートビューを用いて実際の建物の階層を判断し、先ほどの収容可能人数に階層数をかけることによって新たな収容可能人数を算出する。

地区人口については国勢調査による統計データ[8]を用いた。避難先最大収容数と地区人口の 2 つのデータの比較により避難者数を推定する。例えば、最大収容数が 400 人、地区人口が 200 人の場合、この避難先に地区人口全てが避難できると考え、避難者数は 200 人とする。最大収容数が 200 人、地区人口が 400 人の場合、地区人口が最大収容人数を大幅に上回るので予想避難者数は 200 人となる。また、上回った人数はその周りの避難先に避難していると考え、マーカーをクリックした際に吹き出し内に人数を出力するようにした。

予想避難者数算出後、性別や年齢などの属性別の人数算出を行う。今回は年齢に限定し、算出を行った。方法として 15 歳未満人口、15～64 歳人口、65 歳以上人口が大船渡市の統計データ[9]より分かるので、対象地域である大船渡市の人口総数から属性ごとの人口割合を算出し、予想避難者人数に年齢割合をかけることにより属性ごとの人数を計算した。

以上の方法により、予想避難者数を求めることができる。

実際に推論した避難先のマーカーをクリックした図を示す。



図 4 マーカをクリックした例

Fig.4 A example of information about refuge place

4.5 災害が発生したことがない地域に対する推論

今回は、東北地方太平洋沖地震によって被災した岩手県大船渡市を対象に推論を行った。しかし、地震はいつ、どこで発生するか完璧に予測することは出来ない。また、大きな災害に直面したことがない地域は誰がどこに避難するか誰にも分からない。そのような地域に対し、地震が発生する前からある程度誰がどこにいるかの予測をつけ、災害発生時の DMAT の動きを最適化することが必要である。以下に災害が発生したことがない地域に対する推論を説明する。

災害が発生したことがない地域に対し避難先を推定することは難しい。理由の一つとして、過去に誰がどこに逃げたかという統計データがないからである。そこで、本システムでは過去の予想外の避難のデータをもとに避難先を推定することにした。過去に避難した人がいるという事実は、避難先推定について人々が納得できる根拠になる。東北地方太平洋沖地震ではスキー場、寺、神社、高台にある民家、ショッピングセンターなどの予想外の場所に避難していることが避難先データより分かった。

システムを利用する際、発生しうる地震に対し避難先をデータベースに登録しなければならない。登録したい施設について名称、名前等を入力すると検索して表示することができる。検索により出現したマーカーをクリックすると登録したい避難先名、緯度、経度が分かるので避難先を新たに登録可能である。

図 5 は、災害を受けていない地域の予想外の避難先を登録したいときに行う、検索の例である。

このようにして、災害が起こっていない地域も過去の予想外の避難先を避難先として登録することにより、システムを利用する際、「以前の地震ではこのような避難先に避難していたな」などの根拠を得て DMAT は適材適所の救援を行うことができる。



図 5 追加したい避難先を検索した例

Figure5 A example of adding a refuge place example

5. 評価

本システムに関して滋賀県の湖南広域行政組合、京都市消防局の防災専門家にヒヤリングを行い、実際に現地に赴いた DMAT の方の困ったこと、必要だったものなどの意見を聞くことによってシステムの課題点を浮き彫りにした。以下にシステムの良かった点、改善点を述べた後現地で困ったことをまとめる。

5.1 本システムの良い点

本システムの良い点について以下のようなコメントが得られた。

- ① 地震発生直後は、何も情報がない状態なので、このようなシステムにより避難先の情報や被災者の位置情報がわかるのが良い。
- ② 避難所の人数推定のアルゴリズムは、正確な人口データや、避難先情報が得られれば有効だと思われる。
- ③ 避難先を推定することにより、様々な応用に利用できる可能性がある。(避難物資をどこに届けられたいかなど)

5.2 本システムの改善点

評価の際に挙げられた本システムの改善点について以下のような指摘を受けた。

- ① 津波警報の変化に伴う予想最大津波高の変化に対応してシステムが時々刻々と推論をする必要がある。
- ② 被災した地域に救助に行く際、津波による被害で道路や街並みが変わっているため、地図で見ても避難先等の位置が分からない可能性がある。
- ③ 時期、地域、時間帯により推論結果が変わるので、それらの要素を含めた推論が必要である。

- ④ 福祉施設、介護施設によっては避難先への移動や誘導に時間がかかるという点において推論通りの結果が得られない可能性がある。
- ⑤ 市町村人口だけでなく、観光地では観光客も避難の対象となるため、観光客を考慮した避難先人数推定が必要である。
- ⑥ 避難先データベースを作成する際、市町村人口や収容場所などの情報の精度を上げないことには DMAT が信頼性を持って救助できないのではという懸念がある。
- ⑦ 地震発生直後には役に立つが、2 日目以降には避難所に留まりつづける人々と、家族を探したり、家の様子を確認する人々の移動を考慮した避難先推定も必要になる。
- ⑧ 避難先の情報として、現時点のシステムでは避難者数を表示しているだけなので、要救助者、負傷者の人数や割合が表示されるとなお良い。
- ⑨ 推論はできるが、避難者の誘導などもシステムで取り扱えるとなお良い。

5.3 東北地方太平洋沖地震での困ったこと・必要だったもの

東北地方太平洋沖地震では、今までの地震や規模、地震特性が違ったため、広範囲に大規模な被害が出た。未曾有の災害ということで、今までの地震と比べ困ったことや必要だったものをまとめることにより、今後発生しうる南海・東南海地震に向けて課題を抽出し、対策を検討して、被害を最小外に抑える必要がある。以下に、本システムの評価とは関係がないが、湖南広域行政組合の消防士が実際に東北地方太平洋沖地震で体験した困ったこと・必要だったものをまとめる。

- ① 被災地ではメール、電話等の連絡手段がなかったため、防災無線に頼るしかなかった。防災無線は、湖南広域行政組合の中で使える周波数帯、県内で共通に使える周波数帯、全国で共通に使える周波数帯の 3 種類に分かれており、連絡をスムーズに行えなかった。
- ② 3 月 11 日の夜 8 時に、目的地の指示がないままに、とりあえず東に向かうようにという指示で、消防車で出発した。交通情報が分からない、距離感がないので燃料補給場所の判断が難しいなど、被災地にたどりつくことさえも困難だった。
- ③ 目的地がわからなかったため、防寒の用意もなかった。食料も持参していなかった。大阪府の消防の場合には、隊員を貸切バスで送り込み、食料は日本通運に輸送を委託した。不案内の道を交替で運転する隊員の精神的・肉体的疲労を考えると、よい方法だと思われる。
- ④ 大規模な津波被害だったため、近隣の県だけでは救

助にあたる隊員が少なかった。また、東日本の地震に西日本の救助隊が現地入りしたことは異例の事態だった。

5.4 今後の課題

湖南広域行政組合および京都市消防局による評価の結果、災害医療の現場について早期の救援をする際、どのような属性の避難者がどこに何人いるかを推論することが消防の観点から有用であることがわかった。さらに、現場で救援をする際は正確な情報が必要なので、市町村役場の住民データをもとに推論することが必要である。しかし、近隣の市町村役場が連携してデータを交換する仕組みがない、住民データのバックアップをとっていない役場が多いなどの問題は、今後本システムを実用化するにあたり解決しなければならない運用上の課題である。

システムの課題として、消防からのニーズが大きかったのはリアルタイム性である。予測に基づいて避難所を訪問できた場合には、避難者の実数や属性を確認できる。また、訪問先で聞いた噂などから、システムが予測していない避難先が判明する場合がある。したがって、本システムのデータを実態に合わせて修正し、隊員がより正確な情報を参照できるようにする改善が考えられる。また、土地勘のない隊員は津波によって変形した土地では位置を理解するのが難しいため、被災後と被災前の写真の比較や GPS を用いた位置取得の機能が必要である。

6. あとがき

本システムでは、避難者が避難しているであろう避難先施設をシステムが推定し、その情報をもとに DMAT が救援活動を効果的に行えるようにする方法を提案した。東北地方太平洋沖地震のような津波による大規模災害で、市町村役場の被災によりだれがどこに逃げているという情報がなかったために、DMAT が効率的・効果的に活動できなかったという問題を解決することを目的としている。消防関係者からの評価では、人命救助における避難先推定の重要性を再確認することができた。その一方で課題も多く残っている。今後は、推定する避難先についてより信頼性を高める手法を研究課題とし、減災情報システムの一端を担うシステムとしていきたい。

7. 参考文献

- [1] 岡田義光：日本の地震地図、pp.7-9、東京書籍、2004
- [2] 読売新聞 特別縮刷版 東日本大震災 1 か月の記録、読売新聞社、pp.64-65、2011
- [3] 地震調査研究推進対策本部：地震による被害軽減を目指して
入手先 <http://www.jishin.go.jp/main/p_hyoka02L.htm> (2012 年 1 月 4 日現在)
- [4] 浅川健太，平野研人，塚田哲也，林慰彦，因雄亮，大宮康弘，濱井龍明，村上仁己：災害時における安

全安心情報の収集・表示システムについて GPS 機能を用いた携帯電話の応用，映像情報メディア学会技術報告，ITE Technical Report，Vol.33，No.11，pp.123-126，(2009).

- [5] 谷田則幸，大東正虎：IC タグを活用した被災者の位置特定手法の考察と効果の検証，関西大学「経済論集」，第 57 巻，第 1 号，pp.1-18，(2007).
- [6] Google：Google Crisis Response 避難所システム，東日本大震災 - 避難所情報，
入手先 <<http://shelter-info.appspot.com/maps>> (参照 2012-01-26).
- [7] 総務省：法令データ提供システム，消防法施行規則，
入手先<<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S36/S36F04301000006.html>> (参照 2012-01-29).
総務省：統計局ホームページ，平成 22 年国勢調査，
入手先 <<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/Csvdl.do?sinfid=000012665871>> (参照 2012-01-30) .
- [8] 総務省：東日本大震災関連情報，東日本太平洋岸地域のデータ及び被災関係データ，
入手先 <<http://www.stat.go.jp/info/shinsai/zuhyou/data0329.xls>> (参照 2012-07-11).