

沿岸地域を走行する鉄道利用者を対象とした 災害時避難支援システムの提案と構築

後藤龍之介^{†1} 塚田晃司^{†2}

概要：東日本大震災から、津波に対する防災意識が高まっている。被災した際、質の高い情報を迅速に提供することが課題のひとつとなっている。また、近年の技術の発達によりネットワークを用いることで迅速且つ正確な情報が入手しやすくなっている。更に、広大な範囲でネットワーク接続できることも大きな魅力である。しかし、列車などでは走行地域によってネットワークに接続しにくい場所などがあり、情報をうまく提供できない問題などがある。ここでは、沿線付近の列車の乗客にどのような避難情報をどのように提供するかを述べ、また避難システムの提案と構築を行う。

キーワード：列車，災害時，避難支援システム

Proposal and Implementation of disaster evacuation support system for passengers on the coast-wise rail route

RYUNOSUKE GOTO^{†1} KOJI TSUKADA^{†2}

Abstract: After the Great East Japan Earthquake, disaster prevention has been attracting attention for tsunami. When the disaster, to provide high quality information quickly becomes importance and necessity. Furthermore, rapid and accurate information by using the network has become easily available by the development of modern networking technologies. In addition, it is also a big advantage that we can be networked in a vast range. However, There are places where it is difficult to connect to the network in the train traveling areas, there are some problems that can not provide the information well. Therefore, we describe how to provide evacuation information to the passengers of the train along the coast-wise, also We had a building and proposed evacuation support system.

Keywords: train, disaster, evacuation support system

1. はじめに

東日本大震災における甚大な津波被害を受けて、海岸沿いの集落では津波避難体制の見直しが進められている。津波浸水が予想される地域に立地する工場、学校などでも、地震発生あるいは津波警報発表後の避難誘導や避難場所を念入りに検討する動きが加速している。実効的な津波避難体制の構築はさまざまな組織において防災上の重要課題として位置づけられ、多くの新しい試みが試されている。

鉄道分野も例外ではなく、東日本大震災以降、津波被害が予想される路線を管理する鉄道会社は避難体制の充実に取り組み始めている。

津波発生時における公共交通機関、とりわけ鉄道の津波対策に関する調査・研究として、西川他[1]の研究がある。鉄道乗車時における実践的津波訓練を通じて、鉄道からの避難上からの課題と避難体制のありかたについて検討している。

鉄道における津波避難には、いくつかの特別な事情が存

在する。まず、避難場所を特定できないことが挙げられる。列車は絶えず動いており、地震や津波に遭遇するのがどの位置になるのかは不確定である。避難場所や避難経路は地震が発生したときの列車の位置により変化するので、沿線に沿って連続的に検討しておかなければならない。そして、いざ地震が起きたときには、各列車の位置に最適な避難場所・避難経路を選択するという意思決定を誰かが下さなければならない。

次に避難経路の選択に多くの制限があることが挙げられる。線路が敷設されている場所は、駅や踏切などを除いて道路から隔離されている場合が多い。そのため、最寄の避難場所へ直接アクセスできる場合は少なく、まず線路の外へ出て、その後、避難場所へ移動するという2段階の避難を余儀なくなるケースが多い。また、旅客の中には遠方からの人が多く、土地勘を持たない人が集まっていることも特徴として挙げられる。旅客は見慣れない土地ではあらゆる情報に不足している。このため、最も混乱しやすい非常時には、分かりやすい情報で付近の避難情報を入手できることが必要である。

以上より、できるだけ多くの人が迅速に避難情報を得られるようなシステム作りが必要であると考えた。より多くの人に情報を行き渡らせるため、ネットワークを用いて情

^{†1} 和歌山大学システム工学研究科
Graduate School of Systems Engineering, Wakayama University
^{†2} 和歌山大学システム工学部
Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

報を配信することが有効である。そのため、車内に避難情報を蓄積したサーバを設置し、無線 LAN を用いて避難情報を提供するシステム作りを提案・構築を行った。

2. 関連サービス

JR きのくに線で実際に導入されている避難支援アプリ [3] を紹介する。このアプリでは紀勢線の和歌山～新宮間の JR きのくに線全域の地図が登録されている。JR きのくに線は紀伊半島の西岸沿いに線路が敷設されており、津波発生時に避難が必要となる場所も多い。こうしたことから JR 西日本は、和歌山県が 2013 年 3 月に発表した南海トラフ地震のハザードマップの浸水領域などを元に、浸水区間を想定した避難地図を作成していた。

しかし、乗務員から「地図を何枚も携帯しなければならない」「緊急時に必要な地図を探し出すのに時間がかかる」「夜間は明かりがないと地図が見えない」などといった意見が寄せられたことから、業務用のスマートフォンにインストールして使用する避難支援アプリを開発した。これが JR 西日本の津波避難支援アプリである。

避難支援アプリは、きのくに線沿線の地図をあらかじめ登録しておき、GPS 機能を用いて現在地と照合して使用する。

これにより乗務員は避難場所までの最短ルートを確認し、避難誘導を行うことができるようになる。迅速に避難ルートを確認でき、操作も簡単で夜間でも視認性が良いなどの利点もある。また電話回線を利用しないことから、回線が使用できない状態でも地図を表示できる。

しかし、このアプリを使用できるのは乗務員のみである。大地震がおき、津波襲来の危険がある場合には乗務員がマニュアルに従って乗客を安全な場所へ避難させるのが原則ではあるが、限られた人数の乗務員ですべての乗客を避難誘導させることは現実的ではない。

また、家族用の防災・安否確認アプリである「まもるゾウ [4]」というアプリも存在する。このアプリの目的は、災害時に家族がどこにいるのか、安否情報をお互いにアプリ内のツールを用いてコミュニケーションをとり、伝言版機能を使ってメッセージを家族同士で送りあい、位置を確かめることである。災害時に、このアプリに情報を入力することで家族のリアルタイムな状態を把握できるのが利点である。このアプリの機能は大きく分けて 3 つある。

1 つ目は、携帯端末の GPS 機能を利用して利用者の位置情報、安否を確認する機能である。自身が安全かどうかを入力しておく、利用者の家族が安否を確認を容易に行える。また、アプリの画面を表示した際に位置情報を取得するため、相手が今どこにいるのかといった位置情報も取得できる。2 つ目の機能は、現在地の周辺の避難所・病院の場所と標高を地図上で確認し、1 つを選んでその避難所までの徒歩経路を GoogleMap に表示する機能である。標高別

に色分けされた全国約 13 万件の避難所と約 5000 件の広域避難所のデータを収録しており、避難所の検索やルートの確認も行える。3 つ目の機能は利用者同士のメッセージの送受信機能である。メッセージが届くと、画面にメッセージが表示される。また、利用者のグループ全員にメッセージが届くため、個人毎に連絡を取る必要がない。

3. 提案手法

本章では、本研究で提案する、普段時の使用も考慮した災害時避難支援システムについての概要および特徴について述べる。

3.1 災害時での情報入手手段

この節では、本研究の提案手法が支援する対象となる、乗客が災害時での乗車時における情報入手手段について述べる。乗客が災害時で乗車時に情報を入手できる手段は主に図 1 で示される 2 つの手段が想定される。

図 1 で示される①は乗務員からの指示による情報入手である。これには、災害情報や列車の運行状況、また避難が必要となった場合は降車し、近くの避難所の提示が行われると想定される。しかし、乗務員からの一方的な情報提供となるため、乗務員次第で情報提供が遅れたりする場合も考えられる。また、JR 西日本の津波避難支援アプリも乗務員のみを対象としているため、乗客に地図などを提示できない問題などがある。

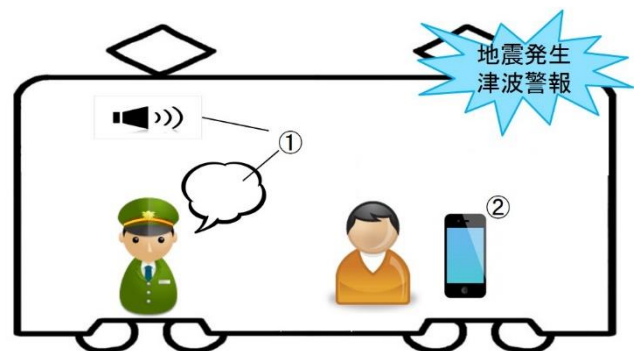


図 1 災害時における情報入手手段

Figure 1 Information available means in the event of a disaster.

図 1 で示される②は乗客自身が自らの通信端末を用いて情報を取得する方法である。通信端末で取得する情報はリアルタイムな情報も取得でき、また情報量も多量であることから最も情報取得に適している。しかし、通信端末で情報を取得するにはネットワークとの通信を行わなければならない。災害時には、大規模な災害になればなるほどネットワークはアクセスが集中し、輻輳が生じると考えられる。

このような状態でネットワークから情報を取得するのは困難である。

そこで、図 1 で示した①、②の状況に左右されずに通信端末を用いて避難情報を取得できるシステムを提案する。

3.2 提案システム

提案システムでは、問題となっている災害時でも乗客の情報の入手手段が制限なく取得できるように考えた。図 2 に概要を示す。

まず、ネットワークの輻輳を回避するために列車内に専用のサーバ、GPS、無線 LAN を設置する。車内サーバにはあらかじめ配布する情報を蓄積しておく。配布する情報については以降で詳しく述べる。

また、利用場面に応じて配布する情報を選択し、GPS で取得した位置情報からその位置に適した情報を配布する。使用する GPS は携帯端末付属の GPS ではなく、車内に設置するサーバに小型 GPS を取り付けた。この車内サーバに GPS を備え付けることにより、携帯端末の電力消費を抑えることが目的である。

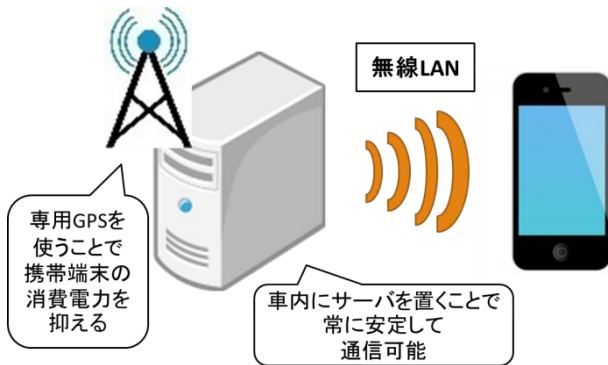


図 2 提案システムの概要図

Figure 2 Schematic of the proposed system

以上より、この車内サーバを用いることによってネットワークが輻輳し、データ通信が行えない状態でも安定して乗客が使用する通信端末へ情報を配信することが可能である。また、災害時のみの使用では操作が分からない、どこにアクセスすれば情報が手に入られるか分からないといった問題があると考えたため、提案システムでは平常時と災害時の 2 種類の使用状況を提案する。

(1) 平常時での利用

平常時での利用では、車内のサーバが配布するデータは観光情報・イベント情報である。平常時での利用ではネットワークに接続できない状況は少ないが、車内にサーバを置き情報を配布するには利点がある。図 3 を用いて説明する。

まず、無線 LAN を使用していることから、通信にかか

るコストが抑えられるという点にある。データ通信では動画などのコンテンツを取得する際に、多くのコストを消費する。しかし、無線 LAN を用いることでこれらのコンテンツを低コストで提供することができる。

次に、ネットワークから取得する情報よりも詳しい情報を配布することができる利点が挙げられる。ネットワークから取得できる情報は膨大ではあるが、手間がかかる場合も多い。車内サーバでは対象者が乗客、とりわけ旅客が提案システムを利用することが想定されることから、あらかじめデータを洗練することが可能である。このことから、サーバが配布する情報とデータ通信などから取得する情報の差別化を図り、提案システムの利用頻度の向上を狙う。



図 3 平常時での提案システム利用の利点概要図

Figure 3 Schematic diagram of the proposed system available at the time of normal.

平常時での車内サーバが保持するデータを①～⑤に列挙する。

- ①観光情報名（観光名所の名前、施設の名前など）
- ②観光場所の緯度
- ③観光場所の軽度
- ④観光場所の概要・説明
- ⑤動画などのコンテンツ

①では、沿線付近の観光スポットの名称データが入る。沿線付近の観光スポット名を表示するために使用する。

観光情報場所を示す②緯度・③経度は、GPS の位置情報を元に列車が現在いる地点付近かどうかを判別するために用いる。また、地図表示をする際にも用いる。⑤は、その観光情報についてさらに詳しい Web ページや動画などがあった場合に使用する。

(2) 災害時での利用

災害時での利用では、車内のサーバが配布するデータは避難情報である。図 4 を用いて説明する。

災害時では、列車はどこで被災するか分からないため、前もって避難所の位置や避難場所までの道を調べるのは非常に困難である。提案システムでは、あらかじめ避難情報

をサーバにデータとして設定しておく。設定する情報を以下の①～③に列挙する。

- ①避難所の名称
- ②避難所の緯度
- ③避難所の経度

避難所の位置情報を示す①緯度・②経度は、被災した際、GPS から取得した位置情報からサーバの避難情報のデータを照合する際に用いる。避難所のデータを照合し最も近い避難所を取得した後、その避難所までの経路情報を表示する。また、これらの情報は見てすぐに分かるようにすべて地図上に反映する。



図 4 災害時での提案システムの概要図

Figure 4 Schematic diagram of the proposed system at the time of disaster.

3.3 提案システムの想定環境

この節では、本論分で提案するシステムの想定環境について述べる。まず、提案システムは GPS を利用するため、GPS が位置情報を取得できる地域であることが条件である。また、無線 LAN を使用するため、無線 LAN を使用できる通信端末であることが条件である。これらの想定環境を以下にまとめる。

- ①GPS が位置情報を取得するのが可能な地域であること。
- ②無線 LAN を使用できる通信端末であること。
- ③車内サーバと十分に通信が行える距離

提案システムの利用を想定しているユーザは列車を利用している乗客のみである。

3.4 提案システムの利用シーンの例

ここでは、提案システムを実際に利用する場面を考える。例として、大学のキャンパス付近の避難所およびイベント情報などを用意し、あらかじめサーバに入力しておく。提案システムを大学を訪れた人（入学希望者など）が利用したとする。利用者が「大学のキャンパス以外の周辺にどのような建物があり、どんなイベントが行われているのだからか」などの疑問を持った際、提案システムを用いると付近の情報を入手することができる。また、災害時に利用者が「どこに避難すればよいのか」などの場合でも、容易に情報を入手することが可能である。

この例のように、利用者は見慣れない土地ではあらゆる情報に不足していると考える。このときに容易な操作で付近のイベント情報・避難情報を入手できることが実現できる。

4. 実装・システム全体の構成

この節ではシステム全体の構成を述べる。図 5 にシステム全体の構成を示す。

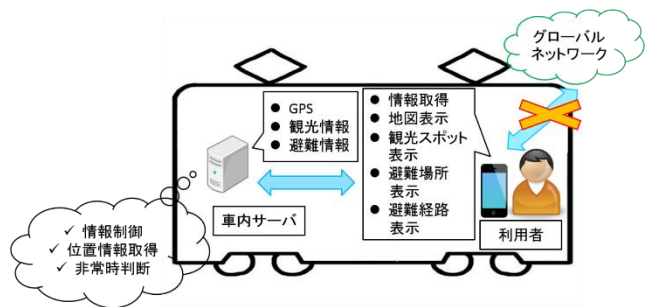


図 5 システム全体の構成

Figure 5 Configuration of the entire system.

3.2 節で触れた緯度・経度などの位置情報の設定を車内サーバを使って管理する。通信端末で、車内サーバに無線 LAN でアクセスすると、サーバに接続した GPS が位置情報を取得し、その位置情報の緯度・経度に近似したデータを車内サーバから取得する。その取得したデータを通信端末へと配信する。

平常時には、取得したデータは文字情報か地図情報のどちらでも表示を選べる。文字情報であれば、通信端末に付近の観光情報・コンテンツを文字で表示する。また、地図情報であれば車内サーバで取得した緯度・経度を元に地図上で観光情報の場所を示す。

災害時には GPS から取得した位置データと、車内サーバで取得した最も近い避難所まで場所と経路情報を地図上で示す。

これらの機能を Android のアプリとして実装した。実装したアプリの表示を図 6,7 で示す。

図 6 は平常時の地図の表示例である。車内サーバから得た緯度・経度を用いて地図上にマーカー及び吹き出しを表示させる。マーカーで表示される部分は自分の位置を表す。吹き出しにはその位置の名称が表示される。また、より詳しいコンテンツが存在する場合、ハイパーリンク表記をすることによって直接そのコンテンツにアクセスできる機能を実装した。

図 7 は災害時の表示例である。GPS の位置情報から自分の現在いる場所を緑のマーカーで、目的地である避難所の場所を赤のマーカーで表示し、またその経路情報を表示する機能を実装した。



図 6 平常時の表示例

Figure 6 A screen shot at the time of normal.



図 7 災害時の表示例

Figure 7 A screenshot at the time of disaster.

5. 実験・考察

本章では、開発したアプリケーションの動作確認や比較評価・性能比較の結果を詳しく述べ、それらの結果に対する考察を行う。

5.1 性能評価

開発したアプリケーションを Android 端末にインストールし、実際に動作を行えるかを検証した。動作検証は視界の開けた見通しの良い場所と視界があまり開けていない見通しの悪い場所で行った。画面に地図が表示されるかどうかで動作の成否を行った。動作確認の結果、GPS が位置情報を受信しやすいところでは動作検証が行えたが、GPS が位置情報を受信しにくい場所では動作検証がうまくいかない場合があることが分かった。

また、本研究の提案システムが表示するまでにかかる時間を計測した。計測を行う場所は比較的周りに建物が少なく、GPS が情報を取得しやすい 3 か所の場所で計測を行った。それぞれの場所に対し、試行回数を 40 回行った。

見通しの良い場所でのそれぞれ表示までにかかった平均時間はそれぞれ 12.6 秒、13.2 秒、12.8 秒であった。これらの結果から、本研究の提案システムが画面を表示にかかる時間は約 13 秒であることが分かった。

5.2 比較評価

本研究の提案システムと JR 西日本の津波対策アプリと他のアプリケーション等の避難情報支援システムとの機能比較を行った。比較表と他のシステムとの機能において、各項目に対してそれぞれの意味を以下に示す。

表 1 比較評価

Table 1 Comparative evaluation.

	提案システム	JR 西日本 津波避難 アプリ	防災アプリ まもるゾウ
対象者	乗客	乗務員	一般利用者
オフライン 機能	○	○	×
平常時の 使用	○	×	○
平常時の 情報	観光情報	-	メッセージ
通信方法	無線 LAN HTTP 通信	なし	HTTP 通信

① 対象者：システムの対象者が誰であることを示す。

- ② オフライン機能：各システムにおいて、災害時にオフラインで表示できるかを示す。
- ③ 平常時の使用：各システムにおいて、平常時に利用できるかを示す。
- ④ 平常時の情報：各システムにおいて、平常時にどのような情報を配信するかを示す。
- ⑤ 通信方法：各システムにおいて、どのような通信方法を用いるかを示す。

表1より本提案システムやスマートフォン専用アプリ「まもるゾウ」はオフラインで地図や避難情報を表示できるため、被災によるネットワークの輻輳などの通信障害の影響を受けにくいことが分かる。また、対象者以外ではJR西日本津波避難アプリと類似していること機能があることが分かる。他のシステムと違う点にやはり車内に専用サーバを設置し、オンライン・オフライン時でも安定して情報を提供できる点であると言える。提案システムでは、あらかじめデータを保持しておき必要な情報を提供することが可能である。また、災害時ではデータ通信などのネットワークの状況に左右されることなく情報を配信できる。

5.3 考察

提案システムでは目的としている機能を実装することができ、実験により動作を確認することができた。また、他のシステムと比較することによって、平常時には利用者には有用な情報を、災害時には必要な避難情報を提供できることが分かった。よって、「沿岸地域を走行する鉄道利用者向け災害避難支援」を行うシステムを提案・評価できたと考えた。

しかし、動作実験では実際に提案システムを用いて実験を行ったが、GPSの情報取得が正常に行えなければ必要な情報が表示されない場面があった。このことから、GPSのデータが取得できないときでも表示を行える必要がある。また、表示時間に時間がかかるため、これを改善する必要があることが分かった。

また本研究では利用シーンに限られるため、利用者の利用状況・意見を得ることができなかった。今後の課題として、利用者が実際に本研究の提案システムに対する利用状況・意見が必要である。

6. おわりに

6.1 まとめ

本研究では、沿岸地域を走行する鉄道の津波避難対策やまたそれに対する課題を述べた。地域を絶えず移動する鉄道での被災した際、利用者である乗客に正確な情報をどうやって配信し、またどのような方法を用いて情報を配信す

る方法を提案し、またその提案システムの構築を行った。また、提案システムを実際に動作させ、他のシステムと比較することにより提案システムの有用性・有効性を示した。

しかし、利用者に使用してもらう機会がなく実際に使用した時の使い勝手などが分からないという課題が残った。今後は、避難訓練時などに提案システムを導入し、実際に使用していただいたうえで意見・感想などを取り入れ改善を行うことが目標である。

6.2 今後の課題

本研究の今後の課題として、まず位置情報が正しく取得できなければ情報を配信できないことが挙げられる。本研究の提案システムでは正確な位置情報が取得できなければ情報を配信できない。そこで、以前取得した最新の位置情報のデータを保持しておき、正しい位置情報が取得できない場合でも保持しておいたデータを使用すれば、情報を配信できると考えられる。

次に、車内から避難所へ移動時、車内サーバと通信が行えない問題があげられる。本研究の提案システムでは、車内サーバと十分に通信を行える距離で行ってきたため今回はこの問題について触れる必要はなかった。しかし、実際の使用を考えた場合、避難時中も地図の表示を行う必要がある。これを解決する為に避難情報をキャッシュデータとして携帯に保存するなどの対策を考える必要がある。

また、今回は実際の利用者の意見がなかったため、本当に必要な情報を配信できているかなどを確かめることができなかった。この点を改善することによって、新しい観点を入手することができ、また違った課題が得られる可能性がある。

参考文献

- 1)西川一弘, 照本清峰：鉄道乗車時における実践的津波避難訓練の効果と課題 —高校生防災スクールと連携したJRきのくに線津波対処訓練の事例をもとに— (2014)
- 2)「山手線トレインネット」が無料 Wi-Fiをやめた理由 入手先(<http://www.jreast-app.jp/>) (2014)
- 3)JR 西日本, 乗務員向け避難支援アプリを開発...きのくに線の津波対策 入手先 (<http://response.jp/article/2013/07/24/202843.html>) (2013)
- 4)スマートフォン用防災アプリ「まもるゾウ」 入手先(http://www.axseed.co.jp/?page_id=2665) (2014)
- 5) 震災時帰宅支援マップ 首都圏 - 帰宅支援地図アプリ 入手先(<http://mapple-on.jp/products/kitaku>) (2014)
- 6)MapFun(マップファン) 入手先 (<http://www.mapfan.com/>) (2014)
- 7)災害対策～全国避難所ナビ～ 入手先

(<http://isana.net/products/saigai/>) (2014)

8)防災情報 全国避難所ガイド 入手先

(<https://play.google.com/store/apps/details?id=jp.hinanjyo.guide&hl=ja>) (2013)

9)伊藤可久, 小川克彦: つぶやき電車: 鉄道利用者のための情報交換メディア 情処学会 HCI 研究会 (2010)

10)林能成: 鉄道における津波避難誘導標識の研究 — 紀伊半島を周遊する JR 線の事例から — 社会安全学研究, 第3号, pp117-125, 関西大学社会安全学部(2013)

11)濱村 朱里ほか: あかりマップ: 日常利用可能なオフライン対応型 災害時避難支援システム日本災害情報学会 (2013)