

不安定な通信環境での使用を考慮した 病院前救急情報共有システム

上東 亜佑稀¹・秋山 豊和²・西田 純二³・上善 恒雄⁴

¹非会員 大阪電気通信大学大学院 (〒 575-0063 大阪府四條畷市清滝 1130-70)

E-mail: mw19a003@oecu.jp

²非会員 京都産業大学大学院 (〒 603-8555 京都市京都市北区上賀茂本山)

E-mail: akiyama@cc.kyoto-su.ac.jp

³正会員 株式会社社会システム総合研究所 代表取締役 (〒 650-0011 神戸市中央区下山手通 5-7-15)

E-mail: nishida@jriss.jp

⁴非会員 大阪電気通信大学大学院 (〒 575-0063 大阪府四條畷市清滝 1130-70)

E-mail: jozen@osakac.ac.jp

開発途上国では、交通事故の際の病院前救急情報がデジタル化されておらず、救急活動の質の向上や病院側処置の事後分析が困難となっている。また搬送時に隊員が行った処置や搬送者の状態に関する情報が早期に病院と共有できていない。これらの課題に対応するには、開発途上国の不安定な通信環境下でも病院前救急情報を確実に記録し、病院側と共有するための情報システムが必要とされている。そのため運用を想定した地域の要求分析を行い、シンプルなインターフェースで通信回線切断時に入力されたデータの保持及び通信回線復帰時の即時データ同期機能を実現した。本稿では、筆者らが開発に参画した病院前救急情報共有システムの開発を事例として、不安定な通信状況下でのデータ損失を防ぐためのプロトタイプシステムについて述べる。さらにプロトタイプの運用結果から、Web アプリケーションで収集した実際の出動データとラオスで作成した電波強度マップを用いて本システムの実用性を評価する。

Key Words: 開発途上国, 病院前救急情報, オフライン Web アプリケーション

1. はじめに

日本をはじめとする先進国での交通事故件数、ならびに死傷者数が減少傾向を示していることに対して、開発途上国は交通事故による死傷者の増加が問題となっており、交通事故原因の分析および再発防止が求められている¹⁾。そのような開発途上国における交通事故削減を図るにあたり、どのような交通事故が発生しているかの詳細を把握することが極めて重要である。

しかし、開発途上国において、交通事故の情報、現場での処置内容といった病院前救急情報が記録されておらず、事故原因の究明や救急隊員による救急活動の質向上、病院側での処置の事後分析材料につながる情報提供が困難になっている。その中で、ラオスのような開発途上国には日本のように国営の救急隊は存在せず、ボランティアで構成された救急隊がいくつか存在するだけである。現在ラオスで活動している救急隊は、データ管理を活動記録用紙で行っているが、その活動記録用紙では全てを書き切ることが難しく、病院側で受け取った際に適切な処置を行ったかどうかの判断ができない。また、バイタルや傷病部位の確認など、トリアージに関わる処置が搬送時に行えるが、これらの情報が既存の活動記録用紙では、救急隊と病院間で早期

に共有できず、トリアージに要する時間の短縮につながっていない。また、現地での要求分析を行った結果、交通事故情報の整理、インターフェースの問題、プライバシー管理の問題などが挙げられた。以上のような課題を解決するため、著者らの研究グループでは、ラオスの救急隊の Vientiane Resucue²⁾と連携し、病院前救急の情報共有システムを構築するプロジェクトに参加し、病院前救急情報共有システムを構築している。

ラオスでは通信回線の品質は日本のように高くはなく、市街地であっても通信不安定になる箇所が多くあるが、本研究ではこのような地域においても、病院前救急情報を確実に記録しながら、できるだけ早い段階で病院側と共有することが課題となる。システム構築時には以下のような課題がある。

1. 不安定なラオスの通信環境を考慮したデータの記録と同期

ラオスでは通信回線品質は日本ほど高くないため、市街地でも圏外もしくはほとんど通信できない地点が多数存在する。このような市街地での移動体通信では、頻繁に発生する通信断を考慮したデータの記録が求められる。また、その上で、病院との早期の情報共有を実現する必要がある。

2. 病院前救急に適した入力項目の設計

これまでに用いられていた紙のインターフェースでは、全ての項目が同じ重要度で表記されており、緊急時にボランティア隊員の経験値等に依存せず、病院側が重要と考える項目を確実に記録することが困難である。

また、今回対象としている救急隊は、全ての活動を寄付で賄っているため、全ての緊急車両にシステムを運用するための専用端末を配備し、運用することは難しい。これらを考慮した上で病院前救急情報共有システムを作成し、現地の救急隊において運用する。

本稿では、(1)の課題を解決するため、通信回線切断時に入力されたデータの保持及び通信回線復帰時の即時データ同期機能を実現する。また、(2)の課題を解決するため、救急隊ならびに病院側の担当者にヒアリングを行い、即時共有が求められる情報ならびに交通事故削減や病院前救護の質向上につながる情報の整理を行う。

本論文の構成は以下の通りである。

次章で、本研究で提案を行うシステムの概要について述べ、3章で関連研究、4章でシステムの要求分析について述べる。そして、5章で、具体的なシステムの実装、6章で運用評価実験の結果を述べ、最後に7章で結論と、今後の課題について述べる。

2. 提案システムの概要

(1) 現地の回線状況

図1はラオスで実際に計測した電波強度をもとに作成した電波強度マップである。電波の強さは、赤、オレンジ、黄色、緑、青、黒の順に電波が弱くなっており、青、黒では、ほとんど通信ができない状態である。ラオスの電波状況は図1のように市街地においても、通信ができない場所が存在し、郊外では通信できない区間が多数見受けられる。このような地域において、アプリケーションをそのまま運用してしまうと、サーバへのリクエストに失敗し、アプリケーションの動きが停止してしまうことが考えられる。また、通信ができない状態での入力での情報の損失が多発することが想定される。そのため、今回のアプリケーションではオフライン時での操作と、通信ができない状態での情報損失の防止のため、救命隊端末内に情報を保持し、通信回線復帰時にサーバにデータを同期するようなシステムにする必要がある。

(2) 病院前救急情報共有システム

交通事故の削減を目指すことにおいて、具体的な対策を行うには、交通事故の発生時刻や、交通事故の発

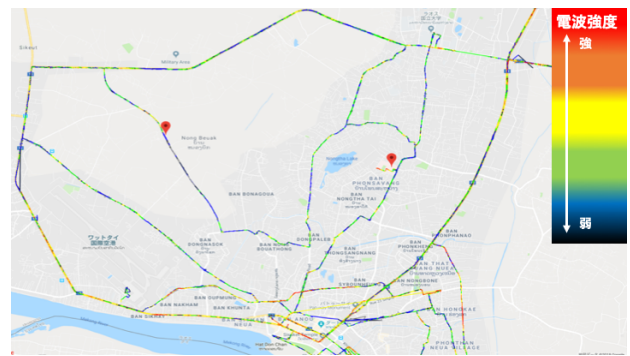


図-1 電波強度マップ

生場所、事故原因などの交通事故に関する情報の収集、分析は必要不可欠である。また、救急隊が運んだ傷病者に対して行われる病院での治療や、現場で救急隊が行う処置の質を上げるために、傷病者のバイタル、処置内容などの情報を記録及び共有を行うことも必要である。病院前救急情報共有システムの目的は、交通事故発生時の救急隊の活動を通して、交通事故状況の情報、傷病者の情報を収集し、病院での早期の対応準備を行い、病院前救護の質を向上させることを通じて、傷病者の救命率の向上、また、ラオスにおける交通事故の削減を目指すことである。

現在ラオスの救急隊は図2のような医療施設と救急隊が共同で作成した活動記録用紙に記録し医療施設と連携している。しかし、既存の活動記録用紙では、管理が難しく、再利用もされずに保管されているだけの状態になっている。そのため、本研究では活動記録で取得できるデータと同様のデータの取得、及び取得したデータを再利用可能なデータとして管理し、それらを分析可能なシステムを作成し、提案する。

(3) 病院前救急情報共有システムの実現方法

図3で病院前救急情報共有システムの処理の流れを示す。本研究では、運用する組織の経済状況を考慮する必要があるため、各車両毎に専用端末を用意することは実質不可能である。そのため、本システムを運用する上で、出勤メンバー個人の端末によって操作を行うことを考慮する必要がある。また出勤メンバーも事前に決まっていなかったため、それぞれの端末に対応したアプリケーションを開発するにはコストがかかる。このことから、病院前救急情報共有システムの実装方法として、Webアプリケーションを採用している。

また、本研究では、前述の通り通信が不安定な状況での運用を目指すため、オフライン状況下においても動作可能な Progressive Web Application³⁾(以降、PWA と記す)での実装を行うため、Service Worker⁴⁾を利用している。

れ、ビジネスロジックとキャッシュ制御のライフサイクルフックを具体化する JavaScript ファイルで構成されている。バックグラウンド同期⁵⁾、データおよびアプリケーションのキャッシュメカニズム、ネットワーク要求の傍受などのタスクを処理するために使用される。

3. 関連研究

文献⁶⁾では Web アプリケーションのオフライン運用機構と、OpenFlow による経路選択・切替機構からなる、救命情報収集機構を提案している。ここでは、キャッシュを用いて、オフライン時の情報送信を可能にする。また、無線回線の接続状況や優先度の変化に応じた回線選択を行う。全回線切断時には、車載のサーバに情報を蓄積することで、情報損失を防いでいる。しかし、このシステムでは車載のサーバを必要とするため、コストがかかってしまう。そのため、本研究では、日常的に隊員が利用しているスマートフォンなどの端末での利用を可能とし、コストを抑えることが可能になっている。

文献⁷⁾では各自治体が災害情報システムを持つ環境を想定し、災害時のような劣悪な環境下において、迅速な災害情報の共有を可能にする、分散型災害情報共有システムを提案している。文献⁷⁾では、本研究と同様の Client-Server モデルの Web システムとして構築されている。都道府県レベルに設置される災害情報サーバをマスターサーバ、市町村レベルに設置されるサーバをスレーブサーバとし、地域の災害情報は、スレーブサーバに収集されその後、自動的にマスターサーバに収集される。物理的に通信インフラが破壊された場合、3G や無線 LAN などの無線通信装置を備える Mobile サーバが被災地を移動し、スレーブサーバとマスターサーバ間のハブとして働く。このシステムのデータの同期処理では、リアルタイムで同期を行うことができない。本研究では、PouchDB、CouchDB を利用した同期処理を Service Worker のを構築し、通信可能時にサーバにデータを同期する仕組みを開発した。

4. 病院前救急情報共有システム 要求分析

本章では、ラオスにおける病院前救急情報共有システムの運用上の課題について述べる。4.1 節では、病院救護の質の向上、4.2 節では、交通事故削減、4.3 節では、ユーザインターフェース、4.4 節では、プライバシー管理に着目して、システムに求められる要件について説明する

(1) 病院前救護の質向上

ラオスにおける病院前救護の課題として、データ管理の問題が挙げられる。現在ラオスの救急隊は図 2 のような医療施設と救急隊が共同で作成した活動記録用紙に記録し医療施設へ連携しているが、既存の活動記録用紙では、管理が難しく、再利用もされずに保管されているだけの状態になっている。活動記録用紙のデータを分析して活用することができれば、病院前救護の質の向上させるための具体的な行動として、以下のようなことが期待できる。

- 救急活動の質の向上・救急隊員教育
- 救急活動と病院との連携・診療の質の評価・比較
- 救急活動・診療手順の標準化（チェックリストとしての機能）

救急活動の質の向上・救急隊員教育では、具体的に頭部外傷が圧倒的に多いのであれば、頭部外傷トレーニングに注力するなどの行動が可能になる。救急活動と病院との連携では、病院前と病院間のタイムリーな情報共有、シームレスな連携により、救命率の向上が期待される。救急活動・診療手順の標準化（チェックリストとしての機能）が実現すれば、ラオスのように救急隊がボランティアで活動しているような現場においても救命行為の質の底上げが期待できる。

上記の項目を行うために、収集が必要なデータとして前述の記録用紙の項目を含む、以下のものが挙げられる。

- 日付、管理番号
- 搬送チーム情報
- 救急要請の項目
- 傷病者の情報
- 通報者の情報
- 搬送中の処置内容
- 搬送先の病院名
- 時刻の記録

搬送チーム情報では、どのステーションのチームがどの車両で出動したのかなどの情報が含まれる。救急要請の項目では、交通事故以外に、病気、出産、自殺、火事、暴行なども含まれる。傷病者の情報では、年齢、性別などの基本的な個人情報に加え、重症度や、血圧、心拍数などのバイタルサインも含まれる。時刻の記録では、出動時、現場着時、現場発時、病院着時の時間が含まれる。また、ラオスでは交通事故時などに警察が出動することは少なく、日本では警察が行うような、通報者の情報収集も救急隊が行うため、この項目も含める必要がある。以上のことからこれら情報を取得し、分析可能な状態で管理しておくことがシステム要件としてあげられる。

(2) 交通事故削減

ラオスでは、前述の通り、現在交通事故などの情報が管理されておらず、交通事故削減のための具体的な対策が取れていない。また前述の通り、交通事故時に警察の活動が期待できず、救急隊しか現場に出動しない。そのため、交通事故の情報収集も救急隊が行えるようにする必要がある。交通事故情報の収集、分析することができていれば、以下のようなことが期待できると考えられる。

- 交通事故の原因の把握（道路・車両・運転瑕疵・交通違反など）と重点対策
- 交通事故集中の時空間分布・原因の解析
- 事故多発地点対策、取り締まり、交通安全教育、車両対策などの対策への反映
- 都市計画・道路計画・交通工学への反映（交差点や線形など道路改良）

そのため、本システムでは以下のそれぞれの状況について情報を取得する必要がある。

- 事故種別
- 交通違反
- 事故発生現場
- 事故車両

事故種別では、単独事故や車両相互、車両対人が挙げられる。単独事故では転倒、道路構造物や駐車車両への衝突がある。また車両相互では、正面衝突や前方追突、右折時、左折時、追抜追越時がある。車両対人では、対面通行時や背面通行時、横断歩道が挙げられる。

交通違反の要因では、ヘルメットやシートベルトの装着の有無、飲酒などの一般的な交通違反や、違法薬物の使用なども挙げられる。事故発生現場では事故発生地点座標の他に道路状況も含まれる。事故車両の状況は主に破損箇所などが必要となる。

これらの項目のなかでも事故発生現場の状況を取得できれば、先に挙げた項目のどれに対しても効果的であるため最優先で取得すべき項目である。

(3) ユーザーインターフェース

本システムの使用時は緊迫した状況が想定される。そのような状況においても、ミスなく、意図している情報が入力できる必要がある。また、救急隊員の専門知識には大きく差があり、そのようなユーザーに対してもわかりやすいインターフェースである必要がある。そのため、専門性のある情報の入力に関しても、シンプルで直感的なユーザーインターフェースが求められる。そのため本研究では、実際に使用するユーザに対して、テスト運用を繰り返し行い救急医療現場において専門性の高い情報をシンプルで直感的なユーザーインターフェースについて慎重に検討を進めた。

(4) プライバシー管理上の課題

本システムでは、傷病者のバイタルや、事故時の状況などを写真データなどで取得するため、データを閲覧及び公開する権限を持つ人を制限するなど個人情報の取り扱いに注意を払う必要がある。ラオスでは日本のような、個人情報を守るような法律はないが、今後長期にわたり、現地で運用されるようなシステムであるためにはこの点に関しての考慮は、必要不可欠である。

5. システムの実装

本システムの目的は、交通事故発生時の救急隊の活動を通して、交通事故状況の情報、傷病者の情報を収集し、病院での早期の対応準備を行い、病院前救護の質を向上させることを通して、傷病者の救命率の向上、また、ラオスにおける交通事故の削減を目指すことである。本章では、現地で運用評価を行うために、システムの構築を行い、ラオスにおいて実際の出動時にシステムを利用しデータ同期可能か検証を行った。本プロトタイプでは Apache httpd 2.4, HTML5, JavaScript, ブラウザのデータベースである Indexed DB, サーバ側のデータベースとして CouchDB2.2, オフライン Web アプリケーションを構築するために Service Worker を用い、Google Chrome 76.0.3809.132 と Android7.1 上で動作確認した。

(1) 病院前救護の質向上

前述の通り、病院救護の質向上の際に必要なとされる情報数は非常に多い。これらの項目を、全て搬送完了時やステーション出発時に入力させるのは困難である。そのため本システムでは、情報を分割して入力させるようにした。また、入力に使用するユーザーインターフェースも後述の通りユーザに考慮した形で実装を行った。

(2) 交通事故削減

前述の通り、交通事故削減の際に必要なとされる情報数は非常に多い。これだけの項目が羅列されていた場合、ユーザーが正しい項目を選択して入力を行うだけでも時間がかかってしまう。しかし、事故種別は、初めにどの事故なのかを選んで、その後に出す項目を選んだ事故に紐づく項目に制限することで、ユーザが目にする項目数を減らし、選択にかかる時間を短縮した。また、事故車両、および事故発生現場については、事故現場で事故車両を写真で保存する。そして写真撮影時に位置情報を取得することで、ユーザから入力を不要としている。

(3) ユーザインターフェース

本システムの入力インターフェースの構築にあたり、現地でテスト運用を繰り返し、インターフェースの調整を行った。

a) メニュー画面

2章(2)で述べたとおり本システムは図4のような4つの入力フェーズが想定される。そのため、本システ

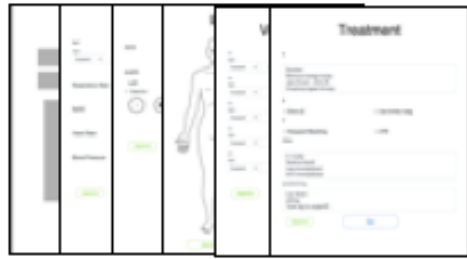


図-7 現場到着時のページ

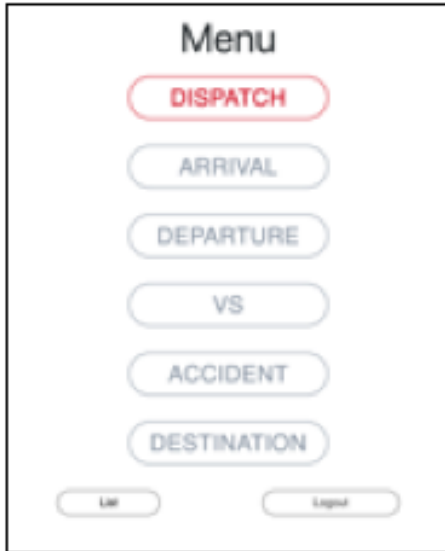


図-5 menu 画面



図-8 現場出発時のページ

ムでは、これらの4フェーズを意識した図5に示すユーザインターフェースを設計した。それぞれ、menu



図-6 出発時のページ

の DISPATCH を押すと図6に、ARRIVAL を押すと図7に、DEPARTURE を押すと図8に、DESTINATION を押すと図9に遷移する。また、前述の交通事故の情報については、ARRIVAL で、現場の写真を取めた後に詳細の事故情報を入力する。病院前救護の情報については、DEPARTURE の項目で、行き先の病院を入力後に入力する。

b) 傷病部位入力ページ

本システムでは、傷病者の傷病部位を入力する必要がある。しかし、本システムを使用するユーザは、経験の浅い学生ボランティアから、国際的に認められている資格を持った専門知識のある救急隊メンバーまで、様々なユーザがいる。そのため、傷病部位入力インターフェースもどんなユーザでも直感的に入力できる必要がある。従って、テキストでの入力を行うようなインターフェースではなく、図10のような、人の体を模した図を用意し、傷病部位と同じ箇所をタップし、入力

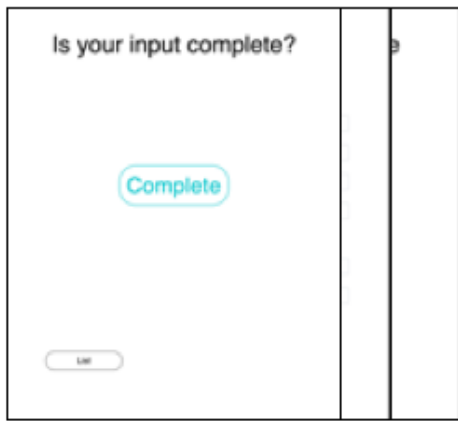


図-9 病院到着時のページ

できるようなインターフェースを実装した。本インターフェースでは体の部位パーツごとに分け、その部分をタップで色が変わるようにした。この分類は米国自動車医学振興協会（AAAM）の AIS Coding⁸⁾ に基付いた部位の分類に従って行った。また現地の病院との協議の結果、擦り傷など表層の怪我に関しては黄色で表現し、骨折や内臓破裂など重症なものは赤で表現することにした。この入力に関しては現地の救急隊でのトレーニング時に隊員に教育を行っていくことで、判断基準に関しても統一化を図っていく。これにより、病院側が傷病部位を判断するのに十分なだけの情報を、傷病箇所ではなく、傷病部位のレベルで判定で入力することができ、詳細な情報をシンプルに入力することが可能になった。

(4) プライバシー管理上の課題

4章(4)で述べた通り本研究では、プライバシーの問題について考慮する必要がある。本研究で作成したアプリケーションからは一度入力プロセスを完了した自動データに関しては操作不可能にした。データを閲覧、編集を行う場合は、管理者のアカウントでしか操作ができない別のシステムからアクセスするようにした。しかし、ユーザのご入力の対応のため、入力プロセス完了前の場合は、入力データの上書きは可能になっている。

6. 評価

本システムの実用性を評価するにあたり、評価する項目として以下のものが挙げられる。

1. 必要なデータの同期ができていないか
2. 不安定な環境で本番運用可能か
3. 病院前救急に適した入力項目の設計ができていないか

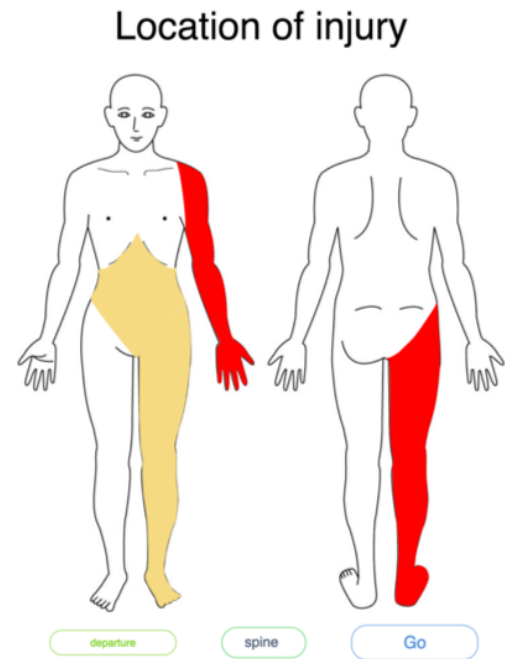


図-10 傷病部位入力ユーザーインターフェース

今回は1の項目について評価を行う。

(1) データ同期評価

5章(3)(a)で想定しているようなデータを取得し同期できているか評価する。評価に使用したデータは2019年7月の交通事故のデータを利用した。図11は、実際の事故発生時に取得できた走行ルートである。また、図12は、この走行ルート上の電波強度のマップである。図12が示すように、道中には多数の電波が繋がりにくいポイントが存在する。このようなルートを走行する場合、電波が繋がったポイントで、それまでの入力データを送信する必要がある。この事故のケースは、デー

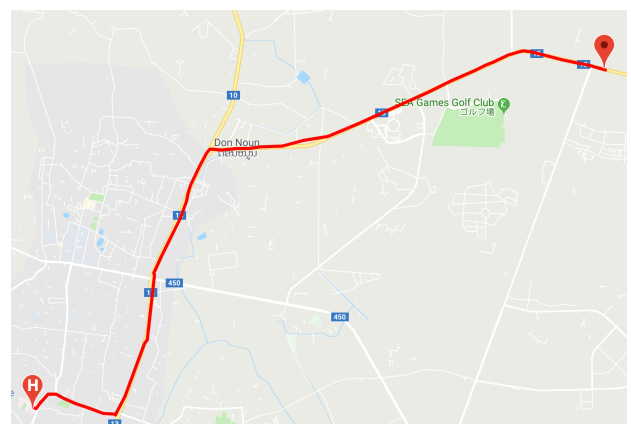


図-11 事故発生時の走行ルート

タの同期が実際に確認できたものである。図13は実際

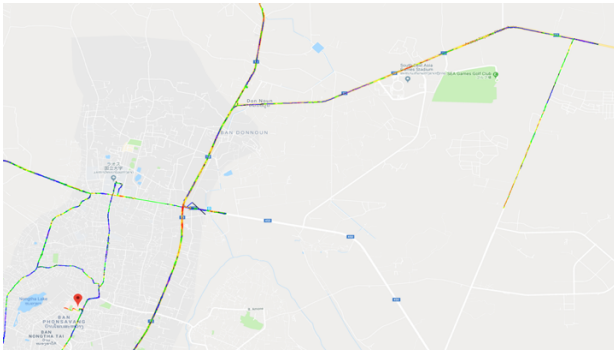


図-12 事故発生時の走行ルートの電波強度マップ

の走行ルート上で、サーバと通信が行われた地点をマッピングしたものである。この図の地点のどれかでデータの同期が行われたと考えられる。



図-13 搬送時にサーバと通信が確認できたポイント

7. まとめと今後の課題

本研究では、ラオスの救急隊の課題の洗い出し、病院前救急に適した入力インターフェースの設計を行った。また、ラオスの通信回線状況において、素早くデータ同期可能なオフライン Web アプリケーションの設計及び、実装を行い、現地でのテスト運用により不安定な通信経路でのデータの同期ができていないかの評価を行った。

一方で、不安定な環境での本番運用においては、病院で患者受け入れ体制を整えるため、データの同期がなるべく早いこと、モバイル端末で、連続で救急活動を行うため電力消費を抑えることが求められる。そのため、データの同期に関しては、今後、同期を行った地点と時間を記録し、その同期性能についてより詳細に評価する必要がある。電力消費については、Service Worker の同期イベントでの電力消費および同期イベントでの通信量が大きく影響することが考えられる。今

後は、通信量を抑えるためにデータ圧縮等も検討し、その評価に取り組む。次に病院前救急に適した入力項目の設計についてだが、現在のユーザインターフェースは救急隊と医師及び看護師と共に協議を重ねた上で実装を行ったものだが、このユーザインターフェースが病院前救急情報を記録するのに適したインターフェースかの評価が行っていない。そのため、現地救急隊のテスト運用を進めてアンケートなどで定量的に今回設計したユーザインターフェースを評価したい。今後はこれらの課題について、研究開発を進めていきたいと考えている。

謝辞： 本研究の調査や本稿の執筆にあたり、現地調査を含めシステムの検証に多大なる協力をいただきました。Vientiane Rescue の隊員の皆様に心より感謝をいたします。

参考文献

- 1) 国際協力機構：アルメック VPI：プロジェクト研究「開発途上国における交通安全への取り組み」ファイナルレポート。-2016.6.
- 2) Vientiane Rescue : <https://vientianerescue.org>
- 3) Bjørn-Hansen, A., Majchrzak, T. A., & Grønli, T. M : *Progressive Web Apps: The Possible Web-native Unifier for Mobile Development*. In *WEBIST* (pp. 344-351). 2017, April.
- 4) Gaunt, M : *Service Workers: an introduction*. 2016.
- 5) Archibald, J : *Instant loading: Building offline-first progressive web apps*. 2016.
- 6) 堂ノ脇 梓, 多嶋 早紀, 嶋津 恵子, 福井 良太郎, 重野 寛 : 不安定なネットワークを想定した救命情報共有システムのためのオフライン運用機構, 情報処理学会第 77 回全国大会 2015 年.
- 7) 佐々木 豊, 柴田 義孝, 橋本 浩二 : 通信途絶環境を考慮した分散型災害情報共有システム. 第 74 回全国大会講演論文集, 2012(1), 123-124.
- 8) AIS Clarification Documents : https://www.aaam.org/wp-content/uploads/2017/02/2012-2013CombinedClarificationDoc_051214-rmb.pdf

(2019. 10. 4 受付)

Pre-hospital rescue information sharing system considering unstable communication environment

Ayuki JOTO, Toyokazu AKIYAMA, Junji NISHIDA and Tsuneo JOZEN

In Laos, pre-hospital emergency information at the time of a traffic accident has not been digitized. Because of that, it is difficult to improve the quality of emergency activities and post-analysis of hospital-side procedures. In addition, some information about a treatment and people's condition by EMS cannot be shared with the hospital at an early stage. In order to solve these issues, an information system is needed to ensure that pre-hospital emergency information is recorded and shared with the hospital side even in an unstable communication environment like developing countries. In this study, we developed a pre-hospital emergency information sharing system. a feature of this system is data was stored in the client database under unstable network conditions in order to prevent data loss and synchronizes with the database on the server side under stable. This section describes how to design and implement this system. Furthermore, we operated this system as a prototype once in Laos. So we evaluate the practicality of this system by using the actual dispatch data collected on the prototype and the radio wave intensity heat map created in there