特定小電力無線と衛星携帯電話を用いたトリアージ情報伝送システム

亀井　秀一[†]　伊藤　達哉[†]　今井　博英[††]　西森健太郎[†††]
高橋　昌[††††]　木下　秀則[††††]　牧野　秀夫[†††]

Triage Information Transmission System Using Specified Low Power Radio and Satellite Phones

Shuichi KAMEI[†], Tatsuya ITO[†], Hiroei IMAI[††], Kentaro NISHIMORI[†††], Masashi TAKAHASHI[††††], Hidenori KINOSHITA[††††], and Hideo MAKINO[†††]

あらまし　災害発生時，災害派遣医療チーム（以下，DMAT）は傷病者の緊急性と重症度によって，治療や搬送の優先順位を決定するトリアージを行う．しかし現状では，混乱状態の災害現場で，手作業で傷病者情報を集計・伝達しなければならず，傷病者の位置・人数・重症度の迅速かつ正確な把握が困難である．そこで筆者らは，トリアージ情報をインターネット上でリアルタイムに共有できる DMAT 支援情報システムの開発を進めている．本論文では，商用電源や一般通信網が途絶した災害現場から後方のサーバへトリアージ情報を送信するシステムについて述べる．具体的には，DMAT が活動する超急性期（おおむね 72 時間以内）に連続稼動でき，自立的に特定小電力無線によるアドホックネットワークを構成できるトリアージ情報送信専用機器を開発する．また，衛星携帯電話回線を用いてトリアージ情報をサーバへ送信するアプリケーションを開発し，その有効性を検証する．実験結果より，(1) 特定小電力無線による中継間隔 600 m 単位の通信，(2) 衛星携帯電話回線による後方エリアとの接続機能，(3) トリアージ情報の正確な送信・再送機能を確認した．

キーワード　災害医療，DMAT，トリアージ，特定小電力無線，衛星携帯電話

1. まえがき

近年我が国では，阪神・淡路大震災（1995）や新潟県中越地震（2004），新潟県中越沖地震（2007）などの自然災害により，多くの人的被害が発生している [1], [2]．更に，2011 年 3 月 11 日の東日本大震災の発生により，人々の防災意識は急速に高まっており今後の発生が懸念される東海沖地震に対しても，被害を最小限に抑える取組みが急務となっている．このような地震などの大規模災害・事故時には，傷病者が一度に多数発生するため，災害現場に派遣される医療機関には迅速かつ適切な傷病者の治療や，効率的な傷病者の搬送が求められる．その際，災害現場には，Disaster Medical Assistance Team（災害派遣医療チーム，以下 DMAT）と呼ばれる災害の超急性期から医療を提供する医療チームが派遣される [3]．そして災害現場では，その DMAT によってトリアージが行われる．トリアージとは，傷病者の緊急性と重症度によって，治療や搬送の優先順位を決定することである．トリアージの結果は紙製のトリアージタグに記録され，その結果に基づいて傷病者の治療順や搬送順，搬送先を決定する．

しかし現状では，様々な情報が錯綜し混乱状態の災害現場や病院で，手作業で傷病者情報を集計・伝達しなければならない．更に，血液や風雨によってトリアージタグが破損し，傷病者のトリアージ情報が消失する可能性がある．したがって，傷病者の位置・人数・重

† 新潟大学大学院自然科学研究科，新潟市
Graduate School of Science and Technology, Niigata University, 2–8050 Ikarashi, Nishi-ku, Niigata-shi, 950–2181 Japan
†† 新潟大学評価センター，新潟市
Evaluation Center, Niigata University, 2–8050 Ikarashi, Nishi-ku, Niigata-shi, 950–2181 Japan
††† 新潟大学工学部，新潟市
Faculty of Engineering, Niigata University, 2–8050 Ikarashi, Nishi-ku, Niigata-shi, 950–2181 Japan
†††† 新潟大学大学院医歯学総合研究科，新潟市
Graduate School of Medical and Dental Science, Niigata University, 1–757 Asahimachidori, Chuo-ku, Niigata-shi, 951–8510 Japan

ⓒ一般社団法人電子情報通信学会 2012

症度を迅速かつ正確に把握することが困難となる．こうした問題を解決するために，トリアージ情報を電子化し，災害時の医療活動の効率化を目指したシステムの研究が行われている．具体的には，紙製のトリアージタグに無線誘導タグ（FeliCa：[4]）を貼付し，病院などに設置した FeliCa リーダで読み取ることで，トリアージレベル別の傷病者の人数と位置（ゾーン）を把握するシステム [5] や，紙製のトリアージタグを用いず情報生体センサを傷病者に取り付け，医療従事者用にタッチパネル式の端末を用いるシステム [6] が開発されている．しかし，前者は主に二次トリアージを対象としており，災害現場や病院などでの傷病者一人ひとりの詳細な位置は把握できない．また，後者は傷病者に情報生体センサを取り付けたあとの後方への情報送信方法は考慮されていない．

そこで筆者らは，災害現場や病院などから傷病者のトリアージ情報（重症度・GPS 位置座標など）を後方のサーバへ送信し，更にサーバにおいて Geographic Information System（地理情報システム，以下 GIS）を用いた Web アプリケーションによりトリアージ情報をインターネット配信する「DMAT 支援情報システム “エアタグ”」の開発を進めている [7]～[9]．本システムでは，災害現場では DMAT が活動する超急性期（おおむね 72 時間以内）に連続稼動でき，自立的にアドホックネットワークを構成できる専用機器を新たに開発し，病院などではより機能性，保守性に優れた携帯電話やスマートフォンを使用する．そして，傷病者のトリアージ情報を地図上にリアルタイムに表示し，インターネットで配信する．

ここで，システムの稼動環境としては，列車事故や土砂崩れなどの局地災害を想定する．また DMAT は本部より被災者が多いという情報のある地域に派遣され，別の地域には車両で移動することを前提とする．一方，通信装置の中継機部分については，実用性を重視して既に屋外にて実稼動しているものを使用し，新たに災害現場で特に必要とされる低消費電力トリアージ情報入力端末と被災地からの情報発信方式について開発することとする．

以下，本論文ではこのシステムにおいて，商用電源や一般通信網が途絶した災害現場から後方のサーバへトリアージ情報を送信するシステムの構築結果を述べる．具体的には，まず災害の超急性期に連続稼動できる特定小電力無線を用いたトリアージ情報送信専用機器を開発する．また，災害現場では，トリアージに要する時間は極力短くする必要があるため，基本的には傷病者特定に必要な番号とトリアージ結果及び位置情報をボタンを 1 回クリックするのみで送信可能とする．このため GPS 測位機能，RFID 読取り機能，及び 72 時間稼動など必要最小限の機能を含む端末を開発する．

次に，衛星携帯電話回線を用いてトリアージ情報をサーバへ送信するアプリケーションソフトウェア（以下，アプリケーション）を開発する．動作実験では，特定小電力無線部において，専用機器の通信距離を測定する．次にサーバへの情報送信部において，衛星携帯電話回線と開発したアプリケーションを用いたトリアージデータ送信実験及びデータ送信時間測定実験を行い，本システムの有効性を確認する．

本論文では，以下 **1.** でトリアージと DMAT について説明し，**2.** でシステム構成を詳述する．そして **3.** で実験について述べ，**4.** でそれに対する考察を行う．最後に **5.** でまとめと今後の課題を述べる．

1.1 トリアージ

大規模災害・事故発生時には，限られた人的・物的資源を最大限に活用して最大多数の傷病者に最善の医療を提供しなければならない．このような状況において，傷病の緊急性や重症度を迅速に判断して，救出，治療，搬送などの優先順位を決定する作業をトリアージという．DMAT は 1 人の傷病者に対しておおむね 30 秒以内にトリアージを行い [3]，トリアージ結果が記載された紙製のトリアージタグを傷病者の手首ないし足首などに取り付ける．タグの最下端を該当色となるようにちぎりとることで，傷病者を四つの色（赤・黄・緑・黒）で分類する．識別色の意味は，赤：迅速な救命処置を必要とする傷病者，黄：赤の後の外科的処置や救急処置が許容される傷病者，緑：赤及び黄の後の処置が許容され，軽微な処置で対応可能または処置不要の傷病者，黒：呼吸停止，心停止となっている．また，トリアージは 1 人の傷病者に対して複数回行われる．この作業は二次トリアージと呼ばれ，原則として一次トリアージの実施後更にトリアージに投入可能な医療資源がある場合に実施する．

1.2 DMAT（災害派遣医療チーム）

DMAT とは，災害・事故現場及び被災地域にいち早く出動し，災害の急性期から医療を提供する医療チームである．災害現場・被災地域内で迅速に救命治療を行うための専門的な訓練を受けた医師，看護師，業務調整員で構成され，傷病者のトリアージや応急治療，搬送をはじめ，災害拠点病院の支援や関係機関との連

携や調整などの活動をする．2010 年 12 月現在までに日本国内に 801 チーム，約 4986 人がメンバーとして登録されており，これまで新潟県中越沖地震や JR 福知山線脱線事故などで出動している [3].

2. 方　　法

2.1 システム全体構成

筆者らが開発を進めている「DMAT 支援情報システム “エアタグ”」のシステム全体構成を図 1 に示す．まず，本システムで使用するトリアージタグには一枚一枚にシール状の RFID（Radio frequency identification）である SONY 製 FeliCa Lite（以下，FeliCa）を貼付する．この様子を図 2 に示す．この貼付された FeliCa の固有番号（以下，IDm）を各端末で読み取ることにより，傷病者の個人識別を行う．以下，本システムで想定する三つの利用対象エリアの構成について述べる．

(1) 災害エリア

商用電源や一般通信網の途絶を想定し，特別に開発した通信機器（長野日本無線株式会社製）と衛星携帯電話回線を用いてトリアージ情報の伝送を行う．具体的にはまず，災害現場に出動した DMAT がトリアージ情報送信専用端末（以下，エアタグ）を用いて，傷病者のトリアージ情報を特定小電力無線で送信する．その情報は，災害現場に複数台設置される自立型中継機を介してアドホックネットワークにより基地局（親機）までリレー伝送される．ここで，中継機については不破らにより開発された装置を使用する [10]．基地局ではシリアル通信により情報を制御装置（NTT ドコモ，衛星 Fax アダプタ 01 及び小型パーソナルコンピュータ：Panasonic 製 CF-W7）に伝送する．制御装置ではトリアージ情報を解析し，トリアージ情報表示に必要な情報を選択して衛星携帯電話回線により HTTP 通信で後方エリアのサーバへ送信する．

(2) 病院エリア

携帯電話やスマートフォンを使用し，主に二次トリアージ情報を送信する．コメント，写真などの詳細な傷病者情報を HTTP 通信により後方エリアのサーバへ送信する [9]．ここでも，スマートフォンにより患者 ID の読込みが行われる．

(3) 後方エリア

災害エリアや病院エリアから送信されたトリアージ情報を管理・集計し，GIS により地図上に点や棒グラフでリアルタイムに表示する．防災訓練において使用した地図を図 3 に示す．ここでは，地図を拡大した (a) の場合には，個々の傷病者の位置が点で表示さ

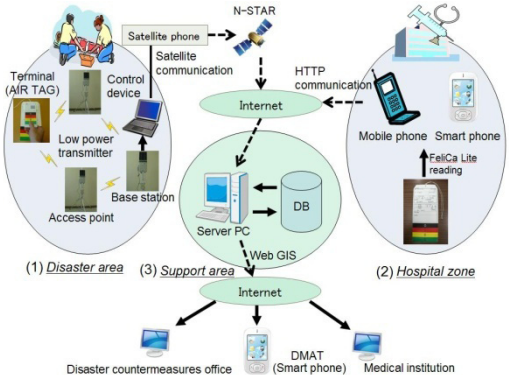


図 1　システム全体構成
Fig. 1　“Air Tag” system.

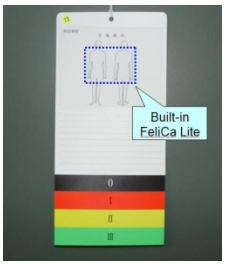
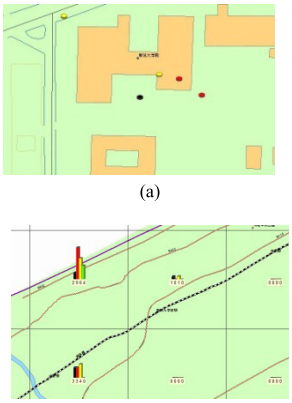


図 2　FeliCa Lite 内蔵トリアージタグ
Fig. 2　Triage tag with a built-in FeliCa Lite.



(a)

(b)

図 3　防災訓練の結果 (a) 患者ごとの位置表示，(b) 患者数の合計
Fig. 3　Results of disaster-prevention exercise. (a) Each patient’s location. (b) Total number of patients.

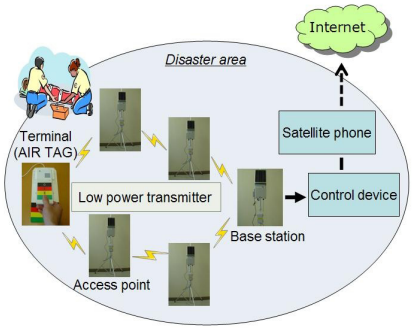
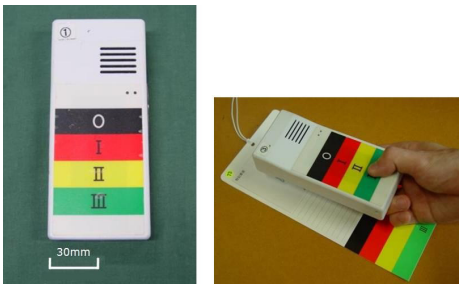


図 4　システム構成（特定小電力無線部）
Fig. 4　Specified low power radio system.



(a)　(b)

図 5　(a) 専用端末 “エアタグ”，(b) エアタグによる FeliCa 読取り
Fig. 5　(a) Special terminal “AIR TAG”. (b) FeliCa reading using AIR TAG.

れ，他の DMAT や搬送に向かう救急車のために直接現場の様子を表示する．また地図を縮小した (b) の場合には，地区ごとの傷病者数が棒グラフと数値で表現され，受け入れ側の病院や自治体の対策本部における全容把握に利用される．また，傷病者ごとのトリアージカラー，傷病者 ID，GPS による位置情報などの閲覧機能も用意されている．これらを Web アプリケーションによってインターネットで配信する．

以上のシステム構成によって，傷病者のリアルタイムなトリアージ状況をインターネットの地図上で共有し，災害時の医療効率化を目指す．以下，本論文の特徴である特定小電力無線部とサーバへのデータ送信部のシステム構成について説明する．

2.2　特定小電力無線部

災害現場では，商用電源や一般のインターネット，電話回線の使用が困難になる可能性が高い．そこで傷病者の情報伝送には，DMAT が活動する災害の急性期に連続稼動可能で，その場で自立的に通信網を確立でき，操作性に優れた機器が有効である．ここで，タブレット端末やスマートフォンなどの Wi-Fi 端末は，汎用性は高いが，通信距離や消費電力の面で懸念があり，災害時に連続稼動できるか不安が残る．そこでここでは，専用に開発した端末から特定小電力無線により，トリアージ情報の伝送を行う．特定小電力無線部のシステム構成を図 4 に示す．特定小電力無線部は，エアタグと通信距離を延長するための中継機，制御装置に情報を伝送する基地局で構成する．ここで，中継器部分については屋外環境において実際に試験運用されている装置を利用する [10]～[12]．中継器の基本仕様は周波数 429 MHz，出力 10 mA，帯域 8.5 kHz となっている．これらの機器は，災害の急性期に連続稼動可能であり，一般通信網が途絶した災害現場でも，自立的にアドホックネットワークを構成し，トリアージ情報の伝送が可能である．以下，本研究で開発した専用機器について詳述する．

2.2.1　専用端末 “エアタグ”

まず，本研究の特色である災害時の通信端末エアタグを図 5 (a) に示す．この装置は，極力消費電力を低減し，簡単な操作でトリアージ情報を送信するために以下の機能をもつ．

- トリアージ情報を最寄りの中継機，基地局に送信
- FeliCa IDm 読取り
- GPS 位置座標取得
- 単四電池 2 本で約 72 時間の稼動である．

具体的には，DMAT 隊員は 4 色（黒・赤・黄・緑）のトリアージ情報送信ボタンを長押しすることでトリアージ情報を送信する．この際，ブザー音と LED 点灯状況によって送信の成否を判別できる．またトリアージ情報送信時，トリアージタグに貼付された FeliCa に，エアタグの FeliCa リーダ部をかざすことによって，FeliCa IDm を読み取り傷病者の識別を行う（図 5 (b)）．ここで，エアタグが送信するトリアージ情報を表 1 に示す．更に，GPS の測定は，電源投入時と 5 分ごとの自動更新時及びトリアージ情報送信時に行う．また屋内においては，GPS 計測が不可能なためそれ以前の屋外 GPS データを使用する．装置の消費電力は，単 4 サイズの 2 次電池 2 本（800 mAh）に対し 3.3 V までの昇圧効率（85%）として約 495 mAh に対し GPS の 5 分ごとの間欠起動時の平均消費電流 3.1 mA より，159 h と試算した．

2.2.2　中　継　機

災害現場に複数台設置する中継機（図 6 (a)）の機能

表 1　エアタグ送信情報
Table 1　Transmit data by AIR TAG.

送信項目	バイト数［byte］
電文種別（色）	2
親機 ID	4
中継機 ID	4
パケット番号	2
端末 ID	4
端末パケット番号	2
端末受信電界強度	2
FeliCa ID	32
トリアージ情報送信時刻	6
緯度	9
経度	10
南 or 北	1
西 or 東	1
GPS 測位状態	1
海抜高度	7
その他の情報	11
合計	98

(a)　(b)

図 6　(a) 中継機，(b) 基地局（親機）
Fig. 6　(a) Access point, (b) Base station.

を以下に示す [10].

- エアタグ，隣接中継機，基地局とアドホックネットワークを構成（特定小電力無線の通信プロトコル ARIB STD-T67 に準拠）
- トリアージ情報を基地局までリレー伝送し，通信距離を延長（最大 5 台）
- 充電可能な太陽電池または単三電池 3 本で約 72 時間稼動が可能.
- 定期的に中継機保守情報を基地局に送信

2.2.3　基地局（親機）

基地局（図 6 (b)）は，上述の中継機を今回の実験用に改造したものであり制御装置と有線で接続されており，エアタグや中継機から受信したトリアージ情報をシリアル通信で制御装置へ伝送する．また，再送方式は応答信号 ACK 受信をもとに，中継機と基地局間再送回数 = 7（全 8 回送信），子機と中継機間再送回数 = 1（全 2 回送信）とする．

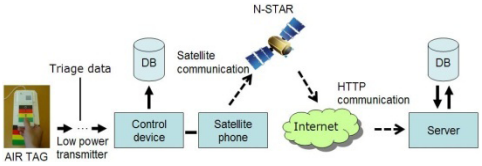


図 7　システム構成（サーバへのデータ送信部）
Fig. 7　Transmit triage data to server.

2.3　サーバへのデータ送信部

災害時は，通常のインターネットや電話回線が使用できない可能性が高い．そこで本研究では，一般通信網が途絶した災害時にも使用できる衛星携帯電話回線を用いてサーバへトリアージ情報を送信する．具体的には，制御装置まで伝送されたトリアージ情報を，トリアージデータ送受信アプリケーションにより後方のサーバへ HTTP 送信する．次にトリアージデータは各 IDm を主キーとして記録され，時刻順にソートされる．そのため，最新データが表示に反映される．

トリアージデータ送信部のシステム構成を図 7 に示す．送信方式は前述の制御装置での DHCP 機能を用いているため，通常の無線 LAN 環境や携帯電話が利用できる場所であれば，衛星携帯電話回線を切り換えてそのまま利用できる．実際の実験においても，本来の衛星携帯電話回線に依存しないエアタグ端末の通信試験などでは無線 LAN を使用した．以下，本研究で開発したアプリケーションついて述べる．

［トリアージデータ送受信アプリケーション］

本研究では，制御装置に伝送されたトリアージ情報を受信し，衛星携帯電話回線でサーバへ送信するアプリケーションを開発する．また，可搬型の衛星携帯電話を用いる際，衛星携帯電話本体前方の障害物や，アンテナ方向のずれによって回線が切断する可能性がある．そこで，回線切断時にアプリケーションで受信した情報を回線確立後に再送する方式を実現する．ここで，トリアージデータ送受信アプリケーション（図 8）の主な機能を以下に示す．

- トリアージデータの受信，受信結果の表示
- トリアージデータのサーバへの HTTP 送信・再送
- サーバへの送信結果，送信時刻の表示
- サーバへの未送信データの表示
- 中継機保守情報の表示

具体的なトリアージデータ送受信アルゴリズム（フローチャート）を図 9 に示す．まず，制御装置でトリアージデータを受信すると，このデータをサーバへの

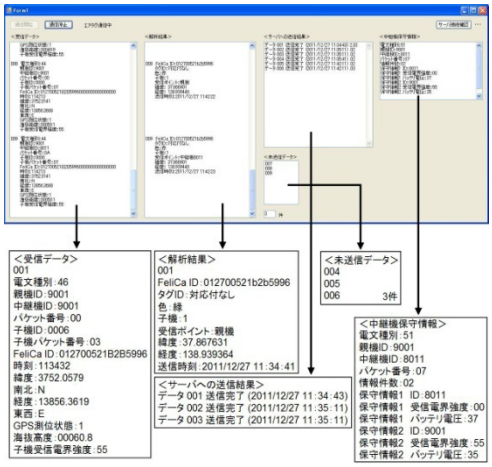


図 8 トリアージデータ送受信アプリケーション
Fig. 8 Triage data sending/receiving application.

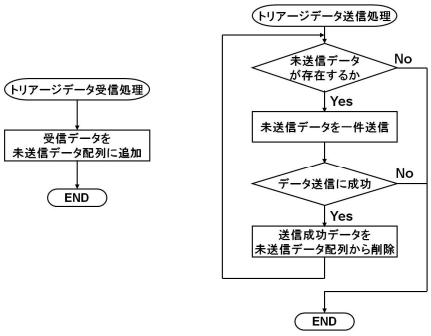


図 9 トリアージデータ送受信アルゴリズム
Fig. 9 Triage data sending/receiving algorithm.

未送信データとして配列に追加する．ここで本アプリケーションでは，t 秒ごとにデータの送信処理を行うように設定する．送信処理において，未送信データが存在すればデータを送信し，送信に成功したデータを未送信データ配列から削除する．データ送信に失敗した場合は，制御装置–サーバ間の通信環境が整っていないとみなし，いったんデータの送信を止め，t 秒後に再び送信処理を行う．以上のように，一定時間（t 秒）ごとに送信処理を行うことで，未送信データの送信・再送を実施し，サーバへのトリアージ情報の伝送を実現する．また，本アプリケーションは，サーバは Visual Basic 2008 を用いて開発し，Windows7 上で動作する．Data Base は SQL Server 2008 R2 を使用する．

3. 実　　験

本システムの有効性を検証するために動作実験を行う．具体的には，一般通信網が途絶した災害現場で，本システムにより十分な通信距離を確保できるか，また，衛星携帯電話回線を用いてトリアージ情報をサーバへ適切に送信できるか確認するために，以下の 3 種類の実験を行う．

(a) 特定小電力無線部における専用機器の通信距離測定実験（基地局–エアタグ，基地局–中継機間）

(b) 開発したトリアージデータ送受信アプリケーションを用いたサーバへのデータ送信実験

(c) 衛星携帯電話回線使用時の制御装置からサーバへのデータ送信時間測定実験

なお，当該伝送システムを災害現場で設置する場合の構築時間については，列車事故や土砂崩れなどの局地災害で，ある程度地域が限定される場合には，「何時何分をもってトリアージの開始」とコントロールできることからおおむね 30 分を目安とする．更に，実際の中山間地における震災発生地点での実験を実施し，DMAT の徒歩での行動範囲を考慮して 600 m までを通信範囲と設定する．同時に，DMAT が車で移動可能な場合には，可搬型衛星携帯電話に加え，車載型衛星携帯電話による通信も実施する．

以降，(a)，(b)，(c) のそれぞれの実験について述べる．

3.1 通信距離測定実験

基地局–エアタグ間，基地局–中継機間の通信距離を測定し，本システムの通信範囲を把握する．

3.1.1 実 験 方 法

通信距離は GPS 位置座標を用いて計測する．約 10〜50 m ごとにトリアージ情報の送信を行い，送信成功率を算出することで，その地点が通信可能であるか確認する．

(1) 基地局–エアタグ間

基地局とエアタグ間の通信距離 A を測定する（図 10 (a)）．

＜環境：1 回目＞
日時：2011/12/02（金） 9:30〜12:30
場所：国道 402 号線（新潟市西区五十嵐浜付近）
基地局アンテナ高さ：2 m
＜環境：2 回目＞
日時：2011/12/14（水） 11:30〜12:10
場所：新潟大学西門前道路
基地局アンテナ高さ：3 m

(2) 基地局–中継機間

基地局と中継機間の通信距離 B を測定する

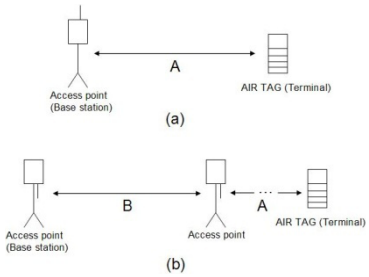


図 10　(a) 基地局とエアタグ間の通信距離 A，(b) 基地局と中継機間の通信距離 B

Fig. 10　(a) Transmission distance A (Base station to AIR TAG). (b) Transmission distance B (Base station to Access point).

表 2　通信距離 A 測定結果 1

Table 2　Transmission distance A-1.

距離 A(m)	250	230	200	170	140
成功(回)	7	6	6	9	10
失敗(回)	3	4	4	1	0
成功率(%)	70	60	60	90	100

表 3　通信距離 A 測定結果 2

Table 3　Transmission distance A-2.

距離 A(m)	270	240	200	190	180	160	150
成功(回)	0	6	8	5	10	10	10
失敗(回)	10	4	2	5	0	0	0
成功率(%)	0	60	80	50	100	100	100

(図 10 (b))．

＜環境＞

日時：2011/12/02（金）　9:30～12:30

場所：国道 402 号線（新潟市西区五十嵐浜付近）

基地局・中継機アンテナ高さ：2 m

3.1.2　実 験 結 果

(1)　基地局–エアタグ間

基地局–エアタグ間の距離 A (m) における，通信の成功・失敗回数及び成功率を表 2 に示す．

＜ 1 回目：国道 402 号線＞

それぞれの地点で 10 回のデータ送信を行った結果，A = 140 (m) の地点で送信成功率は 100%であった．

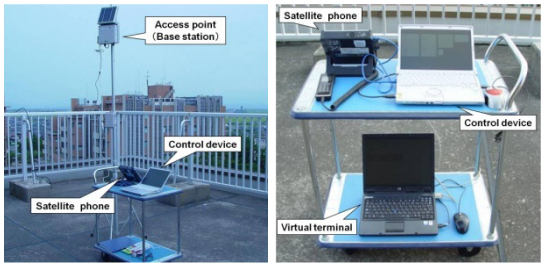
＜ 2 回目：新潟大学西門前道路＞

それぞれの地点で 10 回のデータ送信を行った結果，A = 180，160，150 (m) の地点で送信成功率は 100%であった（表 3）．

表 4　通信距離 B 測定結果

Table 4　Transmission distance B.

距離 B(m)	500	550	600	650
成功(回)	9	7	8	7
失敗(回)	0	0	0	*
成功率(%)	100	100	100	*



(a)　(b)

図 11　実験装置 (a) 測定状況，(b) 衛星携帯電話と制御用 PC（上段），仮想端末（下段）

Fig. 11　Experiment equipment. (a) Experimental apparatus. (b) Satellite phone and control device (upper), Virtual terminal (lower).

(2)　基地局–中継機間

基地局–中継機間の距離 B (m) における，通信の成功・失敗回数及び成功率を表 4 に示す．

B = 400 (m) の地点で基地局と中継機の接続（データ送信成功）を確認し，そこから徐々に距離を伸ばして測定を行った．結果，B = 650 (m) 地点の送信 7 回目までは送信成功したが，8 回目以降は失敗した (*)．

3.2　サーバへのデータ送信実験

開発したアプリケーションのデータ送信方式の有効性を検証するために，エアタグの特定小電力無線，衛星携帯電話回線を用いてトリアージデータの送信を行い，サーバで正確に受信できるか確認する（図 11 (a)）．

3.2.1　実 験 方 法

(1)　エアタグにより 5 件のデータを送信

(2)　衛星携帯電話本体の前方に障害物（人間）を設置し，10 件のデータを送信

(3)　障害物を取り除き，更に 5 件のデータを送信

制御装置では，一定時間（本実験では 60 秒）ごとに受信したトリアージデータを衛星携帯電話回線でサーバへ送信する．なお本実験を 5 回繰り返し，合計 100 件のトリアージデータを送信する．

[環境]

日時：2011/7/27（水）　15:30～17:20

場所：新潟大学情報理工棟屋上
サーバへのデータ送信間隔：60 秒

3.2.2 実験結果

5 回の試行全てにおいて，サーバのデータベースに 20 件のトリアージデータが正しく受信された．具体的にはまず，方法 (1) の 5 件のデータのサーバへの送信に成功した．次に方法 (2) では，障害物の設置により衛星携帯電話の通信が不可能となり，10 件のデータのサーバへの送信に失敗した．このときの 10 件のデータは，サーバへの未送信データ（次回送信データ）として制御装置に保存された．最後に方法 (3) の障害物の除去により，衛星携帯電話の通信が可能となり，16 件目のデータ送信と同時に方法 (2) の 10 件のデータの送信にも成功した．つまり，一時的に送信失敗した 10 件のデータも含め，20 件全てのデータの送信に成功した．5 回の試行全てにおいて，同様の結果となったため，最終的には合計 100 件のトリアージデータの送信成功を確認した．

3.3 サーバへのデータ送信時間測定実験

プログラムで作成した，エアタグと同様のデータを大量に送信できる仮想端末アプリケーションを用いて，衛星携帯電話回線使用時の制御装置からサーバへのデータ送信時間を計測する（図 11 (b)）．

3.3.1 実験方法

(1) 仮想端末アプリケーションにより 100 件のデータを制御装置へ送信

(2) 制御装置からサーバへ送信する際，プログラム上のタイマーによりデータ 1 件当りのサーバへのデータ送信時間を計測

制御装置では，一定時間（本実験では 30 秒）ごとに受信したトリアージデータを衛星携帯電話回線でサーバへ送信する．なお本実験では，制御装置へのデータ送信間隔を 5，10 秒とし，それぞれ 1 回ずつ，合計 200 件のトリアージデータを送信する．

[環境]
日時：2011/12/23（金） 14:30～15:40
場所：新潟大学情報理工棟屋上
制御用装置へのデータ送信間隔：1 回目 10 秒
2 回目 5 秒
サーバへのデータ送信間隔：30 秒

3.3.2 実験結果

1 回目（送信間隔 10 秒），2 回目（送信間隔 5 秒）共に，それぞれ 100 件のトリアージデータの送信に成功した．具体的には，サーバのデータベースで合計 200 件のトリアージデータの受信が確認でき，1 件ごとのデータ送信時間の算出に成功した．具体的な送信時間を表 5 に示す．

なお本実験では，初回のデータ送信に特に時間を要する傾向があったため，それを除いた送信最大時間も求めた．

次に，過去に震災を経験した中山間地（新潟県長岡市山古志支所内外）での計測実験を行った（2012 年 4 月 27 日）．電源と一般の通信環境も途絶した環境を想定し，屋外に設置した発電装置と車載型衛星携帯電話により，特定小電力無線端末との接続を確認した．図 12 に測定機器構成と中継器設置状況を示す．特に

表 5 データ送信時間測定結果
Table 5 Sending data time.

	送信間隔 10 sec	送信間隔 5 sec
平均（sec）	2.15	1.98
最大値（sec）	12.98	9.64
初回送信を除いた最大値（sec）	3.31	3.73
最小値（sec）	1.72	1.72

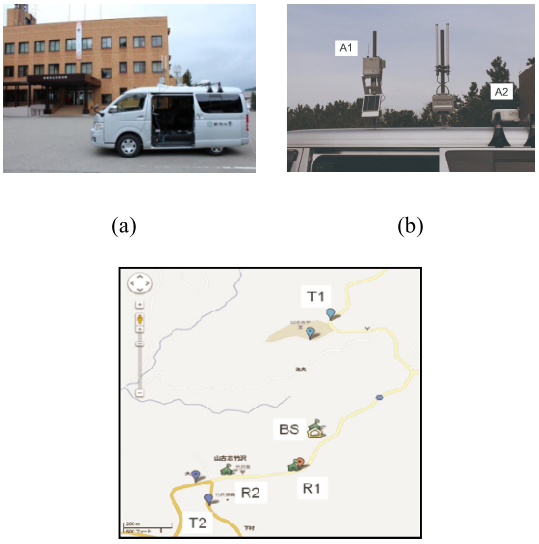


図 12 震災経験地区での実験 (a) 基地局のアンテナ配置，(b) 車上アンテナ配置，(c) 実験結果
Fig. 12 Results of experiment in post quake area. (a) Antennas arrangement at base station. (b) Antennas on base station vehicle. (c) Experimental results.

図 12 (b) は左端 A1 が特定小電力無線用アンテナ及び本体，右端 A2 が外部との接続用衛星携帯電話アンテナ（NTT ドコモ，衛星船舶車載アンテナ 01）である．

実験結果より，基地局（BS）から端末（T1）までの直線距離（BS-T1 間）で 540 m の通信，並びに見通し距離が 200 m 程度の道路上を 2 台の中継器により 650 m 通信する動作を確認した（BS-R1-R2-T2）．

4. 考　　察

災害発生時のトリアージシステムについては，沼田ら，園田ら，木山らによりそれぞれ FeliCa タグ，RFID タグ及び指先型端末などの方法が提案されている [5], [13], [14]．

しかしながら，電源と一般通信網が途絶した災害現場からの情報送信方法及び具体的な送信端末は実現されていない．更に最終的にそれらの位置情報を Web-GIS を通じて DMAT 隊員，基幹病院，災害対策本部が共有できる一連の仕組みは含まれていない．そこで筆者らは，こうした現場からトリアージ情報を実時間で送信するための専用端末並びにその情報の送信方法について検討した．以下実験結果について考察する．

4.1 通信距離測定実験

基地局–エアタグ間の通信距離測定では，2 回の実験結果より，140～180 m 以内で確実に通信が成功することを確認できた．2 回の実験における通信距離の誤差は，海岸通りでは金属製防砂壁があったことや，車両の通行，アンテナの向き・高さなどの様々な実験環境の違いに起因すると考える．また，基地局–中継機間の通信距離測定では，650 m 地点までの通信を確認できた．以上より，エアタグと複数の中継機を組合せることで，通常の無線 LAN などでは通信が困難な km 単位の伝送が可能である．また，本システムで使用する中継機は既に塩尻市で地域見守りシステムとして実用化されていることからも，その有効性・信頼性は高い [10]～[12]．

4.2 サーバへのデータ送信実験

特定小電力無線・衛星携帯電話回線により，合計 100 件のトリアージデータを正確にサーバへ伝送できたことから，本システムを用いることで，一般通信網の途絶が予想される災害現場でも傷病者のトリアージ情報の伝送が可能となった．更に，衛星携帯電話回線の通信不良など，制御装置とサーバ間の通信が確立しない環境下でも，制御装置に伝送されたトリアージデータは失われず，後の再送が可能であることを確認した．本システムの情報伝送の信頼性を確認できたため，サーバにおいてトリアージ情報が消失せず，災害医療情報の効率的な利用が可能になる．以上の結果より，商用電源や一般通信網が途絶した災害現場において本システムを用いることにより，トリアージ状況の迅速な把握が可能となる．

4.3 サーバへのデータ送信時間測定実験

まず初回のデータ送信開始時には，制御装置–サーバ間の回線確立に時間を要すると考える．また 2 回両方の実験において，トリアージデータ 1 件当りのサーバへの送信時間の平均は約 2 秒であった．ここで，災害現場でエアタグ 1 台を装備した DMAT が，実際のトリアージや端末操作，次の傷病者への移動などを 1 分で行うと想定する．このとき，DMAT 1 チーム当りで，制御装置に 1 分ごとに 1 件のデータが到着することとなる．実験結果より，データ 1 件当りのサーバへの送信時間は約 2 秒であるので，今回の実験環境では，1 分間で 30 件のデータをサーバへ送信することが可能である．したがって，今回想定した半径 600 m（ホップ数 2）の災害現場において本システムを 1 ユニットとして各地で複数用意することで，実際の災害時の利用が期待できる．

5. む　す　び

災害時のトリアージ情報をインターネット上で共有できる「DMAT 支援情報システム “エアタグ”」の開発を行った．特に本研究では，商用電源や一般通信網が途絶した災害現場におけるトリアージ情報伝送システムを構築した．具体的には，以下の 2 点を行った．

(1) トリアージ情報送信専用機器や特定小電力無線を用いた災害現場における情報伝送システムの構築

(2) 衛星携帯電話回線を用いて，トリアージ情報をサーバへ送信するアプリケーションの開発

更に実験において，特定小電力無線部では，中継間隔 600 m 単位の通信が可能であることを確認した．また，衛星携帯電話回線と開発したアプリケーションを用いて 100 件のトリアージデータのサーバへ送信を確認した．更に衛星携帯電話回線使用時の，データ送信時間はデータ 1 件当り約 2 秒であることを確認した．これらより，本システムは実際の災害時にも十分応用可能であると考える．

今後の課題として，様々な環境下での専用機器の通信距離測定や中継機の最適配置方法の検討などがある．

また今後，衛星車載アンテナを備えた車両を基地局とした特定小電力無線環境及び Wi-Fi 環境を構築することで，より有効なシステムが実現できると考える．

謝辞　本研究で用いた装置の開発に御協力頂きました長野日本無線株式会社：土屋裕氏，平野圭蔵氏に深く感謝致します．また，平成 22 年度新潟県三魚沼地域災害時医療訓練に御協力頂きました関係者各位に厚くお礼申し上げます．なお本研究の一部は，新潟県中越大震災復興基金及び総務省戦略的情報通信研究開発推進制度（SCOPE）の支援によるものである．

文　　献

[1] 兵庫県，“阪神・淡路大震災の復旧・復興の状況について（平成 23 年 12 月版），” 兵庫県/阪神・淡路大震災の復旧・復興の状況について，http://web.pref.hyogo.jp/wd33/documents/fukkyu-fukko2012-12.pdf, 参照 Jan. 2012.

[2] 新潟県，新潟県：中越大震災，中越沖地震に関する情報，http://www.pref.niigata.lg.jp/bosai/chuetsu_daishinsai_oki.html 参照 Jan. 2012.

[3] 一般社団法人日本集団災害医学会，DMAT 標準テキスト，日本集団災害医学会 DMAT テキスト編集委員会（編），へるす出版，東京，2011.

[4] ソニー株式会社，Sony Japan | FeliCa ホームページ，http://www.sony.co.jp/Products/felica/，参照 Jan. 2012.

[5] 沼田宗純，秦　康範，大原美保，目黒公郎，“広域災害医療情報を共有するための IT トリアージシステム（TRACY）の開発，” 土木学会論文集 F5（土木技術者実践），vol.67, no.1, pp.67–77, April 2011.

[6] 長橋健太郎，栖関邦明，小嶋洋明，岡田謙一，“電子トリアージのための医療従事者情報端末の提案，” 情処学論，vol.52, no.1, pp.33–43, Jan. 2011.

[7] 高橋　昌，木下秀則，湯川高志，今井博英，牧野秀夫，“空飛ぶトリアージタグ「エアタグ」システム，” 新潟県医師会報，no.737, pp.2–9, Aug. 2011.

[8] 亀井秀一，伊藤達哉，畑中将輝，今井博英，高橋　昌，木下秀則，土屋　裕，平野圭蔵，牧野秀夫，“災害現場における衛星携帯電話を用いたトリアージ情報送信・再送システム，” 2011 信学ソ大（通信），B-19-40, Sept. 2011.

[9] 伊藤達哉，畑中将輝，亀井秀一，今井博英，小林二朗，高橋昌，木下秀則，牧野秀夫，“RFID 対応型携帯電話・スマートフォンを用いた DMAT 情報伝送方式，” 2011 信学ソ大（通信），B-19-41, Sept. 2011.

[10] 中西一貴，堀尾伸治，金井洪紀，新村正明，國宗永佳，本山栄樹，不破　泰，“無線 Ad-Hoc ネットワークを用いた地域見守りシステムの現状と今後の計画，” 信学技報，CS2009-19, June 2009.

[11] 中西一貴，堀尾伸治，新村正明，國宗永佳，本山栄樹，不破泰，“無線 Ad-Hoc ネットワークを用いた地域見守りシステムの開発と評価，” 信学技報，CS2008-27, Oct. 2008.

[12] 塩尻市，地域児童見守りシステム/塩尻市公式ホームページ，http://www.city.shiojiri.nagano.jp/kosodate/kosodate/mimamorisystem/index.html，参照 Jan. 2012.

[13] 園田章人，井上創造，岡賢一郎，藤崎伸一郎，“RFID を利用した救急トリアージシステムの実証実験，” 情処学論，vol.48, no.2, pp.802–810, Feb. 2007.

[14] 木山　昇，楠田純子，藤井彩恵，内山　彰，廣森聡仁，梅津高朗，中村嘉隆，大出靖将，田中　裕，山口弘純，東野輝夫，“災害時救急救命支援に向けた電子トリアージシステムの設計開発，” 情処学論，vol.51, no.9, pp.1916–1929, Sept. 2010.

（平成 24 年 2 月 1 日受付，6 月 4 日再受付）

亀井　秀一　（学生員）

2010 新潟大・工卒．2012 同大大学院修士課程在学中．現在，医療支援システムの研究に従事．

伊藤　達哉　（学生員）

2010 新潟大・工卒．2012 同大大学院修士課程在学中．現在，医療支援システムの研究に従事．

今井　博英　（正員）

1993 新潟大・工卒．1995 同大大学院修士課程了．1998 同大学院博士課程了．博士（工学）．現在，新潟大学評価センター准教授．

西森健太郎　（正員：シニア会員）

平 6 名工大・工・電気情報卒．平 8 同大大学院修士課程了．同年日本電信電話（株）入社．以来，主として移動通信基地局用アダプティブアンテナ，MIMO ハードウェア構成及び屋外・屋内測定評価技術，コグニティブ無線における干渉回避技術に関する研究に従事．平 18 デンマーク国オールボー大学客員研究員．平 21 新潟大・工・准教授．博士（工学）．平 12 年度本会学術奨励賞．平 14 IEEE AP-S Japan Chapter Young Engineer Award．平 20 本会ソフトウェア無線研究会最優秀論文賞．平 23 年度本会論文賞受賞．IEEE 会員．

高橋　　昌

1988 新潟大・医卒．1994 同大大学院了．新潟大学医学部助手．国立循環器病センター心臓血管外科．2012 新潟大学准教授．同大復興科学研究所協力教員．新潟大学統括 DMAT．医博．外科専門医．日本胸部外科学会正会員（認定医）ほか．

木下　秀則

1991 新潟大・医卒．1998 同大大学院了．2004 新潟大学医歯学総合病院集中治療部助手．2009 同講師．新潟大学 DMAT 隊員．日本麻酔科学会正会員（指導医），日本救急医学会正会員（認定医），日本集中治療医学会正会員（認定医）ほか．医博．

牧野　秀夫　（正員）

新潟大・工卒．1978 同大大学院修士課程了．同年情報工学科勤務．助教授．1995，教授．工博（北海道大学）．現在，福祉・医療情報機器の研究に従事．日本生体医工学会，電気学会，情報処理学会，地理情報システム学会，日本医療情報学会，測位航法学会，日本不整脈学会，IEEE 各会員．