多数傷病者事故における医療支援のための傷病者の位置・生体情報可視化システム

水本旭洋[†1] 今津眞也[†1] 小山由[†1]
隅田真由[†1] 玉井森彦[†1,†2] 安本慶一[†1,†2]

多数の傷病者が発生する災害や事故において，傷病者の治療の優先順位や容態を確認するために使われているトリアージタグは紙で作られており，傷病者の情報の把握に手間が掛かる．本研究では，トリアージタグを電子化した電子トリアージタグ (eTriage) を用いて傷病者の情報を取得し，医療従事者に視覚的に分かりやすく表示するシステムを設計・開発する．本システムは，（1）被災地の地図上に救護所およびその近辺に存在する傷病者，医療従事者の情報を表示する Web アプリケーション (広域把握モード)，（2）傷病者や医療従事者の詳細な位置・生体情報をパノラマ画像を基に作成した 3D マップ上に表示するアプリケーション (詳細把握モード)，（3）携帯端末を向けた方向に存在する傷病者の生体情報を実写映像に重ねて AR 表示する医療従事者用端末アプリケーション（個別把握モード）を提供する．

本稿では開発したシステムの構成や各モードの機能について述べる．

An Emergency Medical Support System for Visualizing Locations and Vital Signs of Patients in MCI

Teruhiro Mizumoto,[†1] Shinya Imazu,[†1]
Yoshi Koyama,[†1] Mayu Sumida,[†1] Morihiko Tamai[†1]
and Keiichi Yasumoto[†1]

The triage tag is used in Mass Casualty Incident (MCI) to check the priority of patients treatments and conditions. However, it is difficult to grasp a change in the patient's information since it is a paper tag. In this paper, we propose a system using electronic triage tag (Etriage) that allows emergency medical technicians to easily grasp patients locations and conditions through visualization. This system provides the following functions: (1) The web application which shows on a map an overview of multiple first-aid stations including the number of technicians and patients of each triage category (mode of grasping broad area); (2) 3D map application which shows detailed information of each first-aid station including the location, triage category, and vital signs of each patient on a 3D map created based on the environment mapping technique (mode of grasping detail); and (3) The application which shows vital information of patients using augmented reality (mode of grasping individual). We have developed a system with the above functions. In this paper, we describe the details of the proposed system and functions of each mode.

1. はじめに

多数の傷病者が発生する災害や事故において，傷病者の治療の優先順位や容態を確認するために，トリアージタグが用いられている．現在使われている紙のトリアージタグでは，直接確認しなければ傷病者の情報を得ることができない．これは，指示の遅れや不適切な傷病者の選択につながる．本研究では，トリアージタグを電子化した電子トリアージタグ (eTriage)[1)] を用いて，傷病者の情報を取得し，被災地の医療従事者に視覚的に分かりやすく表示するシステムを設計・開発する．

本システムは，医療従事者に指示を出す指揮所および現場の医療従事者に対する医療支援を行う．指揮所は，（1）複数の救護所における傷病者の人数や医療従事者の人数などの情報を把握し，必要な資源を割当てる，（2）急変した傷病者や次に治療や搬送する傷病者を把握し，現場の医療従事者に指示する，ことが必要である．また，現場の医療従事者は，（3）指示された傷病者が誰なのかを正確に把握する，（4）傷病者の急変を察知し，迅速に傷病者のもとに駆けつけ，容態変化を調べた上で適切な処置を行う，ことが必要である．本システムは，（1）のために，被災地の地図上に各救護所および近辺にいる傷病者・医療従事者の大まかな状況を表示する Web アプリケーション（広域把握モード），（2）のために，救護所近辺の傷病者の位置および容態を，パノラマ画像を基に作成した 3D マップ上に表示するアプリケーション（詳細把握モード），（3），（4）のために，携帯端末を向けた方向にいる傷病者の情報をカメラから取り込んだ実写映像に重ねて AR 表示する医療従事者用端末アプリケーション（個別把握モード）を提供する．

以降の節で提案システムの構成やそれぞれのモードが持つ機能について詳細を述べる．

†1 奈良先端科学技術大学院大学
Nara Institute of Science and Technology
†2 科学技術振興機構 CREST
Japan Science and Technology Agency CREST

図 1　紙のトリアージタグ
Fig. 1　Ordinary Paper-based Triage Tags

図 2　電子トリアージタグ（eTriage）
Fig. 2　Electronic Triage Tag

2. 関 連 研 究

多数の傷病者が発生する災害や事故において，傷病者の治療や搬送の優先順位を決定するトリアージが行われる．日本では，START 法[2] を用いて，傷病者を緑，黄，赤，黒という４色のカテゴリに分類し，治療や搬送を行っている．このトリアージの結果は，傷病者に紙のトリアージタグを取り付けることで，後から確認することができる．しかし，図 1 のような，現在の紙のトリアージタグでは，容態変化に迅速に対応できない，同カテゴリ内で優先順位を決定されていない，などの問題がある．

科学技術振興機構（JST）が実施する戦略的創造研究推進事業（CREST）の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において，トリアージタグを電子化する研究が行われている[1)3)]．このプロジェクトでは，図 2 のような電子トリアージタグ (eTriage) を開発している．この電子トリアージタグには，センサが組み込まれており，傷病者の呼吸数，脈拍，血中酸素濃度（Spo2）などをリアルタイムに取得できる．取得した情報は，無線通信機能により，外部へ送信することができ，サーバで一括管理することができる．

提案するシステムでは，この電子トリアージタグを用いて，データを取得し，指揮所や現場の医療従事者にわかりやすく傷病者の情報を表示することを目的とする．

3. 提案システム

提案するシステムの構成図を図 3 に示す．

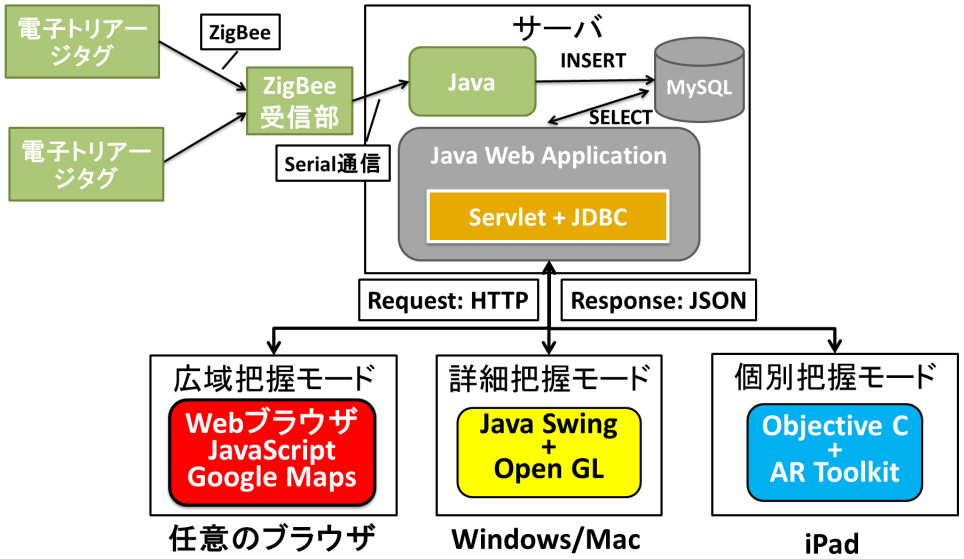

図 3　システム構成図
Fig. 3　System organization

サーバは，電子トリアージタグから傷病者の生体情報および位置情報などの各種情報を収集し，データベース（MySQL）に保持する．広域把握モード，詳細把握モード，個別把握モードなどの各アプリケーションは，サーバに HTTP アクセスを行い．傷病者の情報を JSON 形式で取得する．各アプリケーションは，取得した情報を基に表示を行う．

3.1 広域把握モード

広域把握モードは，傷病者の人数を把握し，救急車や医者の派遣指示を行う災害対策本部の指揮者を支援することを目的としている．そのため，災害現場全体の情報を把握できるように，Google Map 上に情報を表示する Web Geographic Information System(Web GIS) アプリケーションとして開発した．これにより，任意のブラウザで Web ページにアクセスするだけで簡単に利用できる．

現在の広域把握モードは，各救護所の医者や各カテゴリの傷病者の数，医者や傷病者の位置，モバイルルータの位置，を表示する機能を持つ．地図の縮尺が小さい場合は，図 4 のように各救護所の医者や各カテゴリの傷病者数を情報ウィンドウに表示する．地図の縮尺が大

きい場合は，図 5 のように傷病者のトリアージの色と詳細な位置を表示する．また，傷病者の位置推定に GPS 機能のついたモバイルルータをランドマークやアンカーノードとして使用する場合は，図 6 のようにモバイルルータの位置も表示できる．救急車に GPS を積み位置情報を取得できるようになると，同様の表示方法で，救急車の現在の位置や行先なども表示することが可能になる．また，GPS や位置推定では，実際の位置と誤差が生じる可能性があるため，広域把握モードには，位置情報を手動で調整する機能を実装した．

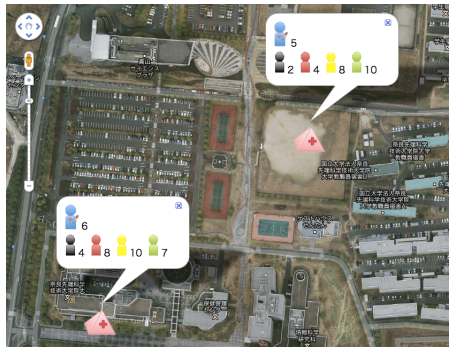

図 4　広域把握モードの表示例（縮尺：小）
Fig. 4　Triage Map mode (zoom:low)

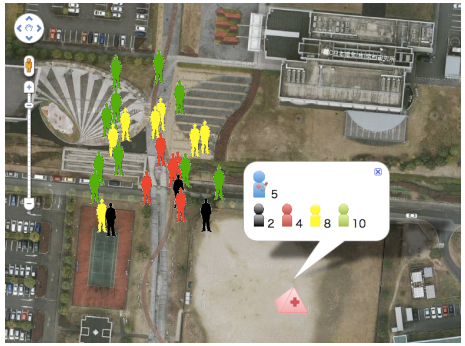

図 5　広域把握モードの表示例（縮尺：大）
Fig. 5　Triage Map mode (zoom:high)

3.2　詳細把握モード

詳細把握モードは，傷病者の急変や生体情報の変化を監視し，医療従事者へ指示を行う各救護所の指揮者を支援することを目的としている．詳細把握モードでは，各傷病者の詳細な位置情報や生体情報をリアルタイムにモニタリングする機能を持つ．傷病者の実際の位置を表示するために，簡易 3D バーチャル空間作成手法[4] を用いて，3D パノラマ画像を作成し，各傷病者の位置座標と対応させて，傷病者の 3D オブジェクトを表示する．これにより，指揮者が現場の状況を把握しやすくなり，医療従事者に的確な指示を行える．

詳細把握モードの動作例を図 7 に示す．左上部の 3D パノラマ画像画面には，傷病者や医療従事者の 3D オブジェクトを表示する．3D オブジェクトとして，傷病者は 4 色のトリアージカラーのいずれかで表示され，医療従事者は白色のオブジェクトで表示される．左下部の俯瞰画像画面では，各傷病者の位置情報を俯瞰画像上に表示する．また，3D パノラマ

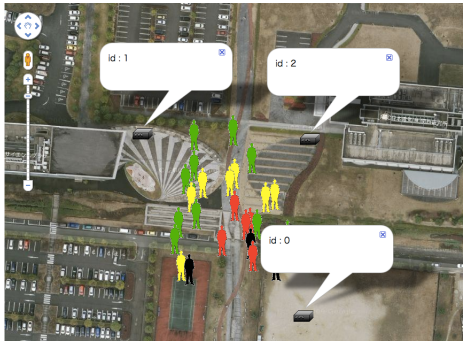

図 6　モバイルルータの位置表示
Fig. 6　Triage Map mode with location of Mobile Router

画像画面で表示するカメラの視点も，俯瞰画像画面で切り替えることができる．視野の表示も行っており，3D パノラマ画像画面で拡大・縮小した場合，対応した視野角を表示することができる．右上部の傷病者リスト画面では，電子トリアージタグから取得した傷病者の生体情報や医療従事者が入力した傷病者の情報をリスト表示する．3D パノラマ画像画面で，特定の傷病者の位置へカメラを向けたい場合は，リストの「カメラを向ける」機能を用いることで，すぐにカメラを向けることができる．また，リスト上で特定の傷病者を選択すると，3D パノラマ画像画面上の 3D オブジェクトが点滅し，選択されている傷病者と対応する 3D オブジェクトを確認できる．右下部のイベント表示画面には，イベントが発生した時間と内容が表示される．例えば，傷病者が急変した場合には，急変が発生した時刻と急変した傷病者の ID が表示される．また，傷病者リスト画面と同様に「カメラを向ける」機能を用いることで，急変が発生した傷病者へすぐにカメラを向けることができる．

3.3　個別把握モード

3.1–3.2 節で述べたように，広域把握モードおよび詳細把握モードを用いることで傷病者の情報を大まかに取得できる．しかし，上記のシステムの場合，GPS を利用して位置情報を取得するため，マップ上と実際の傷病者の位置を比較すると数mの誤差が生じてしまい，医療従事者が傷病者を取り違えてしまうといった医療事故が起こる危険性がある．一方で，各傷病者の様態を一人ずつ直接確認することは，医療従事者の負担が大きい上に急変した傷病者の容態を把握することが困難である．

これより本節では，医療従事者による各傷病者の詳細な情報確認と急変傷病者の発見を目

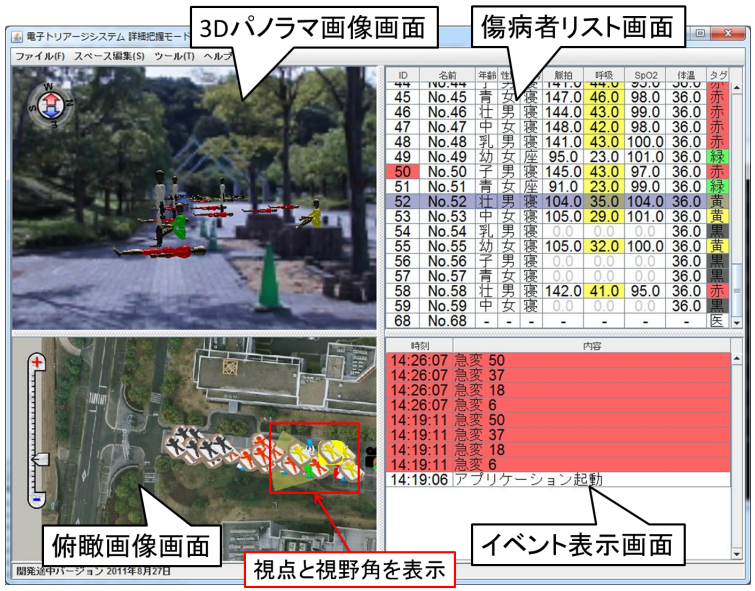

図 7　詳細把握モード
Fig. 7　3D Map mode

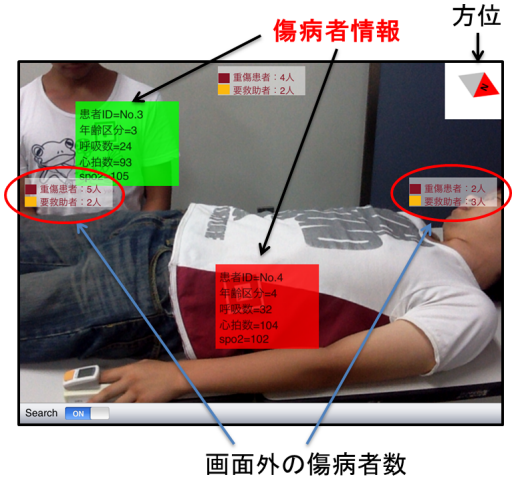

図 8　AR を用いた傷病者表示
Fig. 8　Indication of Patients Informations using AR

的とした医療従事者用端末アプリケーションについて述べる．本システムは傷病者情報の表示精度の向上および視認性向上を図るため，実環境に傷病者情報を重ね合わせる拡張現実技術 (以下，AR) を用いる．以下の図 8 に 2 名の傷病者情報を確認するシステムの使用例を示す．

脈拍数や呼吸数，Spo2 (血中酸素濃度) といった各傷病者の生体情報は電子トリアージタグを通して，リアルタイムに DB サーバへ送信される．また，各傷病者にはそれぞれ固有のマーカが与えられており，各マーカは電子トリアージタグの患者 ID と同じ ID が割り振られている．医療従事者は，カメラ付きの携帯端末 (本デモでは iPad を使用) を用いて，カメラで認識したマーカ ID と同じ ID の傷病者の生体情報を DB サーバから参照することで，カメラ範囲中の各傷病者の詳細な生体情報をリアルタイムに把握できる．これにより，一度に複数の傷病者の生体情報を把握することができ，紙製のトリアージを直接確認する場合に比べ，医療従事者の負担を軽減できる．また，傷病者の容態が急変した場合には，傷病者の生体情報を示しているラベルの背景色が変化 (黒，赤，黄，緑のいずれか) するため，急変を一目で確認することが可能である．しかし，マーカでは携帯端末から半径約 3m 以内の傷病者情報しか表示できない．このような場合，詳細把握モードを用いることで画面外の傷病者情報を確認できるが，2 つのシステムを交互に繰り返し利用することは，医療従事者にとって煩わしいと考えられる．

これより，画面の 3 点に各方向に存在する傷病者数を表示することで，画面外の傷病者の情報についても大まかに把握可能になる．各方位の傷病者の人数や容態については電子トリアージタグから取得される経度，緯度および生体情報を参照し，画面上に反映される．患者の詳細な生体情報と各方位の傷病者情報の表示が重なってしまう場合には，画面左下の Search のスイッチを OFF にすることで，各方位の傷病者情報を非表示にすることができる．また，画面の右上の電子コンパスを参照することで，医療従事者は自身の向いている方位を確認することができ，詳細把握モードに対応した傷病者を容易に発見できる．

個別把握モードでは，上で述べた機能を用いて医療従事者による各傷病者の容態の確認，急変傷病者の発見を補助する．

4. おわりに

本稿では，医療従事者に，災害現場の情報を視覚的に分かりやすく表示する災害医療支援システムを提案した．提案システムは，災害現場を広域に表示し，傷病者の人数が把握できる広域把握モード，3D パノラマ画像を用いて傷病者の実際の位置やリアルタイムな生体情報を表示する詳細把握モード，傷病者の生体情報やトリアージカラーを AR 技術を用いて実環境に重ね合わせた個別把握モードを実装しており，本稿では実装した提案システムの構成や各モードの機能について述べた．

今後は防災訓練などで実証実験を行い，システムの有効性を検証する．実証実験では，それぞれのモードに対して，以下のような評価を行う予定である．

広域把握モード：災害対策本部が，傷病者の増加，医師の不足などをいかに迅速に把握し，適切に処置できたか．

詳細把握モード：救護所の指揮者が，重症者の存在や傷病者の急変をいかに効率よく把握できたか．

個別把握モード：急変が生じたときに，傷病者の発見・確認がいかに正確かつ短時間で行えたか．

参 考 文 献

1) 大阪大学東野研究室：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，，入手先⟨http://etriage.jp⟩（参照 2011-09-02）．
2) Benson, M., Koenig, K. and Shultz, C.: Disaster triage: START, then SAVE-a new method of dynamic triage for victims of a catastrophic earthquake, *Prehospital Disaster Med*, Vol.11, No.2, pp.117–124 (1996).
3) 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，情報処理学会論文誌，Vol.51, No.9, pp.1916–1929 (2010).
4) 瓦谷佳祐，松尾真也，脇坂洋祐，孫　為華，柴田直樹，安本慶一：実写写真を利用した簡易 3D バーチャル空間作成手法と災害医療支援への応用，情報処理学会マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集 (2011).