情報処理学会論文誌 Vol.53 No.1 450–459 (Jan. 2012)

START法を用いたトリアージ作業支援のための情報提示システムの提案

小嶋 洋明[1,a)] 高橋 祐樹[1] 岡田 謙一[2,3]

受付日 2011年5月2日, 採録日 2011年10月3日

概要：災害時の救命活動において，傷病者の重症度あるいは緊急度に応じて治療優先度を決定するトリアージが活用されている．現在，その治療優先度を示すものとして紙製のトリアージタグが利用されているが，災害現場ではタグが紛失するなど情報の記録が難しく，傷病者の症状変化に迅速に対応することができない．そこで，我々の研究プロジェクトでは電子トリアージシステムの研究開発に取り組んでいる．タグを電子化し無線センサネットワークを構築することで，傷病者情報をリアルタイムに管理することを可能にする．本論文では，災害現場における医療活動支援を目的としたトリアージ作業支援のための情報提示システムを提案する．治療優先度を決定するための入力インタフェースや，傷病者情報，搬送情報を分かりやすく提示するインタフェースを考案し実際にシステムを構築する．シナリオを設けたうえで被験者による模擬実験を行い本提案システムを評価した結果，従来のトリアージタグと比較して迅速かつ正確にトリアージできることを確認した．また，急変情報および搬送情報を検知する時間を大幅に短縮し，負担の少ない情報提示であることを示した．

キーワード：トリアージ，電子タグ，携帯情報端末，インタフェース

Information Presentation System for Supporting Triage with START Method

Hiroaki Kojima[1,a)] Yuki Takahashi[1] Ken-ichi Okada[2,3]

Received: May 2, 2011, Accepted: October 3, 2011

Abstract: Triage is used to decide the priority for treatment depending on the degree of severity and urgency of injured people in emergency medical services. The paper triage tag is used to give medical staff the priority. However, it is difficult to read and write information when the tag tear up and get dirty. In addition, medical staff can not deal with change in symptoms in real time. Our research group have developed an Electronic-Triage-System. The purpose is to monitor injured information by computerize the paper triage tag and constructing wireless networks. So we propose information presentation system for supporting triage at a disaster site and build it indeed. We design the input interface to decide the priority and the system which display a lot of information easily. By evaluation experiment using our proposal system, it enables to decide the priority promptly and accurately compared to the paper triage tag, thus can evaluate its effectiveness. Furthermore, we confirmed that our system is helpful for understanding important information easily.

Keywords: triage, electronic tag, mobile device, interface

[1] 慶應義塾大学大学院理工学研究科
Graduate School of Science and Technology, Keio University, Yokohama, Kanagawa 223–0061, Japan
[2] 慶應義塾大学理工学部
Faculty Science and Technology, Keio University, Yokohama, Kanagawa 223–0061, Japan
[3] 独立行政法人科学技術振興機構 CREST
Japan Sceience and Technology Agency, Chiyoda, Tokyo 102–0076, Japan
[a)] kojima@mos.ics.keio.ac.jp

© 2012 Information Processing Society of Japan

1. はじめに

大規模災害時に多数の傷病者が発生した場合，各傷病者の状態を判断し助かる可能性のある傷病者から優先的に治療が行われる．トリアージとは，START（Simple Triage And Rapid Treatment）法に基づき，傷病者の重症度あるいは緊急度に応じて治療優先度を決定することである [1], [2]．現在，その治療優先度を示すものとして紙製のトリアージタグが利用されているが，災害現場ではタグが紛失するなど情報の記録が難しく，傷病者の症状変化にも迅速に対応することができない．

そこで我々の研究プロジェクトでは，災害時の救命活動支援を目指した電子トリアージシステムの研究開発に取り組んでいる [4], [5]．トリアージタグを電子化し無線センサネットワークを構築することで，傷病者情報をリアルタイムに管理することを可能にする．我々は医療従事者が持つ情報端末に，電子タグで収集した情報を表示するシステムを構築した [9]．しかしながら，情報を表示するのみで治療優先度を決定するための入力機能が組み込まれておらず，また医療従事者にとって重要な急変情報や搬送情報が見えにくく，現場の状況を瞬時に把握することが難しいという問題点があった．

本論文では，START 法に基づき治療優先度を決定するための入力インタフェース，および傷病者情報や搬送情報を分かりやすく提示するインタフェースを考案し，実際にシステムを構築する．医療従事者は画面上に表示された START 法の診断フローチャートに従い，二択の質問に対し回答を入力していくことで，迅速かつ正確なトリアージが可能となる．その際，電子タグの受信信号強度を利用して傷病者を識別し，入力制限を設けることで傷病者の取り違いを防止する．また，医療従事者が容易に状況を把握することができるように，重要な情報はポップアップ形式で提示するシステムを実現する．救命活動を想定した評価実験を行い，その有用性を確認した．

2. 災害現場における救命活動

2.1 トリアージの現状

多数の傷病者がいる災害現場では，できるだけ多くの傷病者を救命するために START 法に基づきトリアージが行われる．START 法とは 1 人あたり 30 秒以内にトリアージすることを目的とした手法であり，**図 1** にその診断フローチャートを示す．歩行の可・不可，呼吸数，脈拍数，意識レベルの有無により以下に示す傷病者の治療優先度（高い順に赤，黄，緑，黒）を決定していく．

- 黒（Black Tag）カテゴリ 0
  死亡，救命に現況以上の救命資機材・人員を必要とし救命不可能なもの
- 赤（Red Tag）カテゴリ I
  生命に関わる重篤な状態で一刻も早い処置が必要で救命の可能性があるもの
- 黄（Yellow Tag）カテゴリ II
  今すぐに生命に関わる重篤な状態ではないが，早期に処置が必要なもの
- 緑（Green Tag）カテゴリー III
  専門医の処置を必要とせず，救急での搬送の必要がない軽症なもの

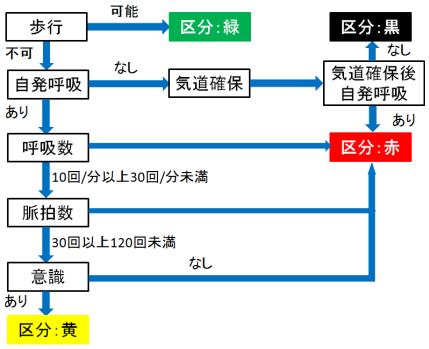


図 1 START 法の診断フローチャート
Fig. 1 Start method flow chart.

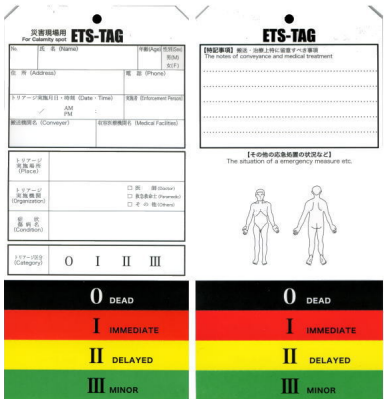


図 2 トリアージタグ
Fig. 2 Triage tag.

トリアージ結果は**図 2** に示す紙製のトリアージタグ [3] を利用する．傷病者の氏名や性別，トリアージ実施日時，実施者氏名などを記入したのちに，色分けされた部分をミシン目で切り取り傷病者の右腕に装着することで，医療従事者は各傷病者の治療優先度を見分けることができる．しかしながら，現状のトリアージではタグが紛失するなど情報の記録が難しく，傷病者の症状変化にも迅速に対応することができない．平成 17 年に起きた JR 福知山線脱線事故 [10], [11] では約 300 枚のトリアージタグが消費されたが，紛失したタグが多く傷病者情報の入手が非常に困難であった．また，医療チーム間での連絡も十分でなく，誰から情報を入手し指示を受ければよいのかが不明確であったという指摘がある．そのため，近年電子機器を利用した災害時の救命活動を支援するための研究が行われている．

© 2012 Information Processing Society of Japan

2.2 電子機器を利用した救命活動支援

Fry らの MASCAL [13] では，大規模災害が発生し多数の傷病者が病院に搬送された場合を想定し，迅速な対応ができるよう傷病者と医療従事者を追跡するために RFID を利用している．Lenert らの WIISARD [15] ではアクティブ RFID を活用した傷病者の位置把握の実証実験を行っている．Malan や Shnayder らの CodeBlue [14], [16] プロジェクトでは，災害救命現場においてセンサデバイスによるアドホックネットワークを構築し，傷病者に関するデータの送受信の実証実験を行っている．また，各種センサを組み込んだ小型のデバイスを傷病者に装着し，心拍数などのバイタルサインをサーバに集約する研究も行われている [17]．このように，RFID やセンサを利用し傷病者の位置やバイタルサインを集約する研究は数多くなされているが，集めた情報を医療従事者にどのように提示するか，そのユーザインタフェースについては十分に研究がなされていない．

一方国内でも情報技術を用いて医療活動を支援する研究が行われている．芦田ら [6] の研究では，トリアージタグにデジタルペンで記入すると筆跡が自動的に認識され，記入した情報が Bluetooth を通じてサーバに送信されることで傷病者情報を管理することができる．しかしながら，従来のトリアージタグと同様の使い方であるがゆえに記入に手間がかかる，迅速かつ正確な治療優先度の決定が難しい [7]．園田ら [12] の研究では，トリアージタグに RFID タグを埋め込み，傷病者の情報収集の自動化を目指した救急トリアージシステムを構築し，80 名程度の傷病者を想定した実証実験が行われた．その結果，傷病者の搬送時間と情報収集にかかる時間を短縮できることが確認された．しかしながら，RFID では時間とともに変化する傷病者のバイタルサインなどをリアルタイムに把握することが難しい．安倍ら [8] の研究では人体通信を利用している．トリアージ実施者が傷病者の電子タグに直接触れることにより，医療用端末から治療優先度などの情報を送信することができ，直接触れる際にゴム手袋など絶縁体がある場合でも通信することが可能な静電容量方式を採用している．しかしながら，情報入力する際に片方の手には医療用端末を所持し，もう一方の手は直接傷病者に触れていなければならないため，実施者の両手が塞がってしまい入力に手間がかかることが考えられる．

我々のプロジェクトでも災害時の救命活動支援を目指し電子トリアージシステムの研究開発に取り組んでいる [4], [5]．ZigBee による無線通信機能と傷病者のバイタルサインを測定するセンサを組み込んだ小型の電子タグを開発した．電子化したタグを傷病者へと装着し，センシングしたバイタルサインをサーバへと集約することで，各傷病者の容態をリアルタイムに把握することができる．平成 21 年 9 月に医療従事者とともに 20 人程度の傷病者を想定した実証実験を行い，その有効性を確認した．その中で，我々は電子タグにより収集した傷病者情報や搬送情報を情報端末の画面（480 × 720 pixel）に表示するためのユーザインタフェースを設計した [9]．しかしながら，すべての情報を画面に収まるよう表示したため，本当に必要な情報が小さくなってしまい，現場の状況を瞬時に把握することが難しいという問題点があった．実際に利用した医療従事者からも傷病者の急変情報や搬送情報の更新に気付きにくいという意見を受けた．また，傷病者情報を管理するために電子タグあるいはサーバにトリアージ結果を記録する必要があるが，治療優先度の決定を支援するための入力機能はまだ組み込まれていなかった．

3. トリアージ作業支援のための情報提示システム

トリアージタグの電子化により，傷病者情報をサーバへと集約し各傷病者の状態を一元管理することが可能となった．医療従事者が持つ情報端末にも同様の情報を表示することで，各傷病者への迅速な対応ができると考えられる．我々は順天堂大学医学部救急診療科協力のもと，災害現場において情報端末を利用した救命活動を行う場合を想定し，医療従事者にとって必要な情報は何かをまとめ検討を行った．その結果，トリアージを迅速かつ正確に行うことができる入力機能が必要であること，情報を入力する際に傷病者の取り違えが起きないようにすること，傷病者の急変情報や搬送情報など，現場の状況が迅速かつ容易に把握できること，以上の 3 つが求められる要件であることが分かった．

3.1 治療優先度決定のための入力機能

災害時の救命活動ではできるだけ多くの傷病者を救うために，1 人の傷病者に対し 30 秒以内に治療優先度を決定することが望まれる．そのため，トリアージは事前に訓練を受けた医療従事者が実施することになっており，傷病者の状態を確認するために何度も行われる．ただし多数の傷病者が発生した場合に限り，訓練を受けていないものがトリアージを実施する可能性もある．その場合には，現場に到着するまでに START 法による診断方法を覚える必要がある．ところが，混乱した災害現場において迅速かつ確実な判断が求められる状況下では，START 法による治療優先度の決め方を忘れてしまう，あるいは焦って間違った判定をしてしまうことが十分に考えられる．救命活動時における判断の誤差は傷病者の命に関わるため，より正確な判断を行う必要がある．

そこで本研究では，初めて触れる医療従事者でも簡単に操作することができるよう明快かつ簡潔なユーザインタフェースを実現し，迅速かつ正確に治療優先度を決定することが可能な入力機能を組み込んだ．我々は START 法の

© 2012 Information Processing Society of Japan

診断フローチャートに従い，二択による簡単な質問に対し答えを入力していくことでトリアージタグ色を決定できるようした．さらに，医療従事者がどのような判断を行ってきたかを視覚的に示し，どこで間違えたかを認識できるようにするため，質問に対する回答を入力していくたびに，診断フローチャートを画面上に表示することにした．これにより，従来まで頭の中で考えていたことを医療従事者情報端末に可視化することで，迅速かつ正確なトリアージを行うことができる．

3.2 傷病者の取り違い防止

災害現場にいる傷病者は，まずトリアージポストと呼ばれるテント内に搬送される．トリアージポストとは医療従事者がトリアージを実施する場所であり，傷病者は必ずこの場所を経由しなければならない．そこで医療従事者が情報端末を用いてトリアージを行う際に，複数いる傷病者を識別することが重要となる．傷病者を取り違えて間違った情報を入力したままの状態が続いた場合，傷病者の命に関わるだけではなく現場に大きな混乱を招く可能性があるため，傷病者の取り違いを防止することが必要不可欠である．現在，各傷病者および傷病者に装着された電子タグにはそれぞれ固有の ID が割り当てられており，取り違えないようにするためには各 ID を認識する必要がある．

その方法の 1 つとして 2.2 節で述べた人体通信技術がある．劣悪な環境（泥や血液で汚れているなど）においても技術的に入力が不能とならず，直接傷病者に接触するためタグが密集し混在する中でもターゲットとなる傷病者のみに正しく入力することができる．しかし，この技術を電子タグに導入するためには新規デバイスやそれに要するコストがかかってしまう．

そこで，我々は電子タグの受信信号強度を用いた近接性を利用することで傷病者を識別する．これにより新たなハードウェアを必要とせず低コストに抑えることができ，かつ電子タグによるセンサネットワークが構築されているので各傷病者の位置推定への応用が可能となる．医療従事者は自身が持つ電子タグを，トリアージ実施対象の傷病者に装着されている電子タグに近づける．医療従事者が保持する電子タグは，傷病者の電子タグが送信しているパケットを受け取ったときの受信信号強度の値をサーバへ送信する．サーバは各 ID 情報を保持していることから，受信した値の大きさにより医療従事者がどの傷病者の近くにいるのかを識別し，情報端末に分かるように提示する．医療従事者が傷病者の近くにいない場合は間違った情報入力が起きないように入力制限を設ける．これにより，医療従事者は傷病者の取り違いを防ぐことができ，確実な情報入力を行うことができる．

3.3 傷病者情報および搬送情報の提示

救命活動時の医療従事者に必要な情報は，傷病者情報，急変情報，搬送情報の 3 つである．傷病者情報は，傷病者 ID，バイタルサインおよびトリアージタグ色で構成される．トリアージを含む診断をする際に必要なバイタルサインは，呼吸数，脈拍数，血中酸素濃度（SpO_2）の 3 つである．急変情報とは，傷病者の容態が悪化した際の情報のことである．急変した傷病者に対しどれだけ早く応急処置できるかが救命の鍵となるため，急変情報を迅速に医療従事者に提示することが非常に重要となる．搬送情報とは，救急車やドクターヘリなどの現場に到着する時刻や搬送可能人数のことである．どの傷病者を搬送すべきかを判断する際や，搬送の準備をするためにはある程度の時間がかかることが多い．そのため，あらかじめ搬送情報を提示することで判断や準備をするための時間に余裕を持たせることができる．

我々はこれらの情報を複数の画面を利用して提示することにより，必要な情報をより容易に把握することが可能なユーザインタフェースの設計を行った．災害現場では医療従事者による瞬時の判断が各傷病者の命に関わるため，情報端末に提示する傷病者情報や急変情報，搬送情報の煩雑化を防ぎ，よりシンプルなユーザインタフェースを実現する．傷病者 1 人あたりの情報を可能な限り大きく表示することで容易に認識できるようにし，重要な急変情報や搬送情報はポップアップ形式で表示することで，視覚的にすぐ気付くことができるようにした．また，搬送すべき傷病者情報をすぐに把握するために，傷病者のバイタルサインの状態に応じて傷病者情報を降順に表示するためのソート機能を組み込んだ．これにより，複数の傷病者情報が情報端末に表示されている中で，すぐに状態の悪い傷病者を把握することができる．さらに，搬送先の医療機関などで必要な情報となることも考え，急変および搬送情報を記録することで，どの傷病者がいつ急変したのか，あるいは搬送されたかをすぐに知ることができる．

4. 情報提示システムの実装

4.1 システム構成

図 3 に本システムの全体構成を示す．本システムは Java および Objective-C で記述され，Mac OS X/iOS4.0 上で動作を確認している．情報端末として iPod Touch，電子タグには生体センサを組み込んだ SunSPOT を使用し，各傷病者の情報を監視する情報管理サーバから構成される．各傷病者には電子タグが装着され，医療従事者は情報端末と電子タグを保持している．SunSPOT は ZigBee による無線通信機能が備わっており，各傷病者のセンシングしたバイタルサインを基地局へと一定間隔で送信し続ける．このとき，SunSPOT には LED が内蔵されているので 4 色のトリアージタグ色を表現することができる．情報管理サー

© 2012 Information Processing Society of Japan

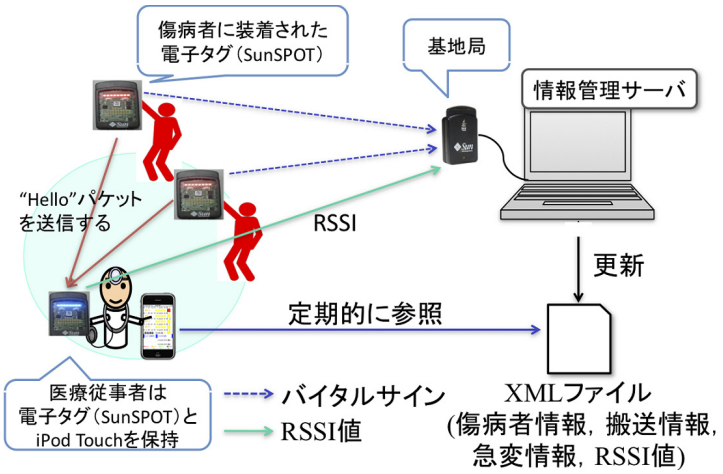


図 3 システム構成
Fig. 3 System architecture.

バでは基地局が受信した各傷病者の情報を一元管理することができ，情報はすべて XML 形式で作成し保存する．情報端末が無線 LAN を通じて XML ファイルを定期的（5 秒間隔）に参照することで，医療従事者は各傷病者の状態を閲覧することができる．医療従事者が傷病者の情報を閲覧するだけでなく入力を行う場合，傷病者を識別するために電子タグの受信信号強度（RSSI）を利用する．傷病者に装着されている電子タグは，医療従事者が保持する電子タグへとパケット（“Hello” メッセージ）をブロードキャストしている．傷病者および医療従事者が保持する電子タグが一定範囲内に近づくと，医療従事者の電子タグがパケットを受信した際の RSSI 値を情報管理サーバへと送信する．その値は XML ファイルに保存され，情報端末で参照した際に医療従事者は今どの傷病者の近くにいるかを認識することができる．

4.2 治療優先度入力インタフェース

START 法は治療優先度を決定するまでに多くのステップをふまなければならない．また，トリアージについて知識を十分に備えていない医療従事者が行う可能性を考慮し，各ステップを特定の順序で完了させる必要がある．そのため，ウィザードと称されるナビゲーション型のユーザインタフェースを取り入れた．その利点は，医療従事者が傷病者の容態判断の進捗状況を情報端末上で確認しながらトリアージを実施できることである．図 4 に治療優先度入力インタフェースを示す．一例として治療優先度が赤色タグに決定するまでの流れを示しており，青色の矢印は画面遷移の順番を表す．

はじめに，画面右上に表示されている開始ボタンを押すと，START 法の診断フローチャートに沿った最初の質問（「歩行可能ですか？」）が画面下に表示される．ユーザはその質問に対して，「YES」か「NO」で回答を入力していく．ここで「NO」を選択すると，フローチャートの次の

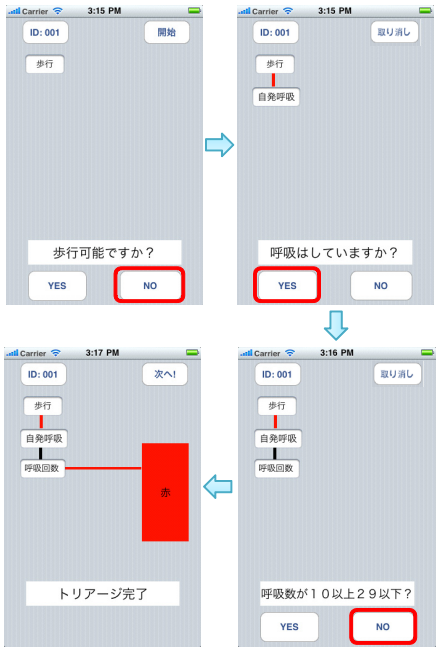


図 4 治療優先度決定のための入力インタフェース
Fig. 4 Input interface for deciding the priority.

段階（「自発呼吸」）が表示されると同時に，次の質問（「呼吸はしていますか？」）が表示される．このように，表示される質問に対して回答を入力していくことで，最終的に治療優先度であるトリアージタグ色を決定することができる．このとき，画面上には「YES」を選択した場合には黒色，「NO」を選択した場合には赤色で診断フローチャートの遷移を表示する．これにより，ユーザはどのような判断を下してきたのか知ることができる．途中間違えて回答した場合には，画面右上に表示されている取り消しボタンを押すことで 1 つ前の質問に戻ることができる．タグ色を決定した後，画面下にはトリアージ完了と表示されると同時に画面右上のボタンが次へと表示される．このボタンを押すことで次の傷病者のトリアージを実施することが可能と

© 2012 Information Processing Society of Japan

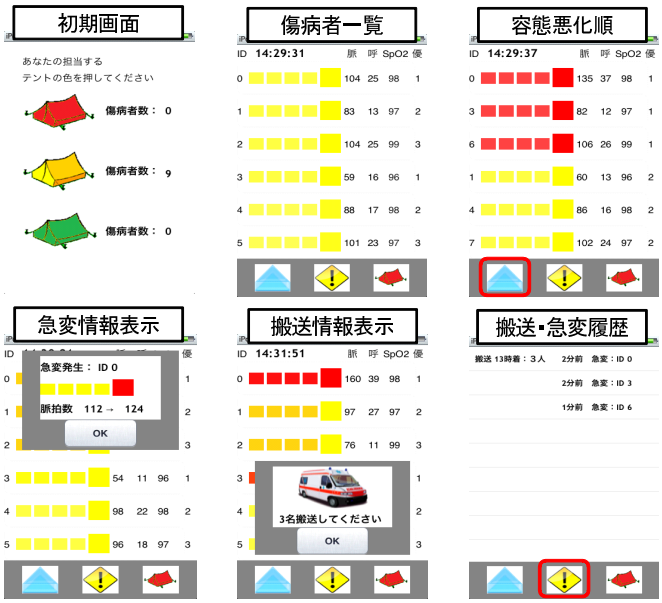


図 5 傷病者に関する情報提示画面
Fig. 5 Injured information screen.

なる．

4.3 電子タグの受信信号強度を利用した傷病者の取り違い防止

取り違いのない確実な傷病者情報の入力を実現するために SunSPOT の受信信号強度を用いた近接性を利用した．傷病者に装着された SunSPOT はバイタルサインとは別に毎秒パケット（“Hello” メッセージ）を送信し続ける．医療従事者が保持する SunSPOT がそのパケットを受信し，その際の RSSI を測ることで傷病者と医療従事者間の距離を測定することができる．本システムでは，両者の SunSPOT が 20 cm 以内に近づいた際の RSSI を閾値とした．SunSPOT を装着した傷病者役を複数人用意し，彼らを隣接させた状態で予備実験を行った結果，20 cm 以内であれば誤認識は防げると確認したからである．これにより，各傷病者に対してトリアージを行う際に，図 4 の画面左上に示すように識別された傷病者 ID が表示される．さらに，その範囲内でなければ入力できないようにすることで医療従事者による傷病者の取り違えを防ぐことが可能となる．

4.4 傷病者情報提示画面

図 5 に傷病者情報を提示する画面（傷病者一覧，急変・搬送情報など）を示す．現場に到着した医療従事者は初期画面を見ることで，各色のテントに何人の傷病者がいるのかを把握することができる．テントとは各トリアージ色に応じて建てられるものであり，各トリアージタグ色に相当する傷病者が必ず搬送される場所である．医療従事者は自分が担当する各色のテントをタッチすることで傷病者一覧に移る．本提案システムの適用可能範囲はこのテント内（大きくても縦 9 m × 横 6 m）を想定している．これは救急医療に携わる医療従事者とディスカッションで決めたことである．以降，黄色テント内にいる傷病者および医療従事者を想定しているが他色のテントでも同様である．

傷病者一覧では，傷病者 ID，トリアージタグ色，バイタルサイン，搬送優先度を表示する．従来の紙タグを利用した場合，傷病者の近くに行かなければその人の情報を得ることができなかったが，本提案システムでは電子タグにより収集した傷病者情報を情報端末でリアルタイムに確認することができる．工夫した点は，トリアージタグ色は 5 つの四角形で表現していることである．一番右が現在のタグ色を表し，1 つ左にずれるごとに 5 分前，10 分前と過去の状態を表す．医療従事者は傷病者の現在の状態だけではなく過去の状態推移を見て診断することもあるため，これにより容易に傷病者の容態を認識することができる．搬送優先度は，脈拍数，呼吸数の一定時間あたりの変化率により決定し，その変化率が高い傷病者ほど搬送優先度は高い．画面右下にあるテントボタンを押すことで初期画面に戻り，他のテント内にいる傷病者情報をすぐに閲覧することができる．

急変情報および搬送情報は，医療従事者に視覚的に気付かせるために各情報が入り次第ポップアップ形式で提示する．その様子を図 5 の急変情報表示および搬送情報表示に示す．急変情報は傷病者 ID とともにどのバイタルサインに異常が発生したかについても提示することで，医療従事者の迅速な治療判断に役立つことできる．搬送情報は，どの搬送車両が到着するのか認識できるよう搬送車両の画像を表示するとともに，何人の傷病者が搬送可能なのかも示すことで医療従事者は迅速に搬送準備にとりかかることが

© 2012 Information Processing Society of Japan

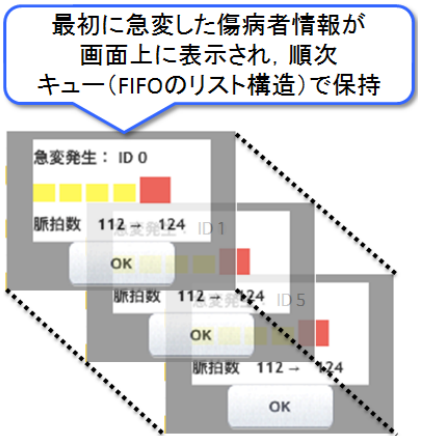


図 6 複数人が急変した場合の急変情報表示画面
Fig. 6 Multiple sudden change information screen.

できる．このとき，上図右に示すように画面左下にある水色のボタンを押すことで，容態の悪い傷病者順に提示することでより迅速に搬送すべき傷病者を決定することができる．両情報とも確認ボタン（OK ボタン）を押すことで，医療従事者がその情報を確認したかどうかサーバに情報が送信される．さらに，画面の下部中央のボタンを押すことで，図 5 の搬送・急変履歴に示すように急変情報および搬送情報の履歴を参照することができる．これにより，どの傷病者がいつ急変したのかあるいは搬送されたのかをすぐに把握することが可能となる．

加えて，実運用上は多数の傷病者がいて同時多発的に容態が急変したり，入り乱れて輸送可能になったりする可能性も考えられる．多数の傷病者が同時に急変した場合には，**図 6** に示すように最初に急変した傷病者のポップアップ情報が一番上に表示され順次その情報の下に隠れる形となる．情報端末の画面は（480×720 pixel）と小さいため，複数ある急変情報は画面には見えないようにキューイングされており，医療従事者は一番上の情報の確認ボタン（OK ボタン）を押すことで次の傷病者の急変情報を見ることができる．このとき，医療従事者のうち誰か 1 人でも急変情報に気付き確認ボタンを押すと，情報端末に表示されていたその情報に関するポップアップ表示は消え履歴に情報が追加される仕組みである．複数の搬送情報が入った場合も同様である．

5. 評価実験

5.1 治療優先度決定に関する実験

5.1.1 実験概要

治療優先度を決定するための入力インタフェースの評価を行った．本評価実験の目的は，提案システムを利用することで従来の紙タグと比べ迅速かつ正確にトリアージ作業を行えるかどうか，その有用性を評価することである．傷病者が 25 人発生した場合を想定し，その割合はトリアージタグが赤色・黄色相当の傷病者が 10 人ずつ，緑色相当が

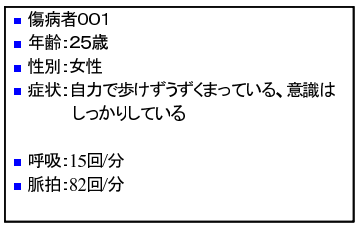


図 7 傷病者情報が記載された紙
Fig. 7 An injured information example.

表 1 治療優先度決定に関する実験結果
Table 1 Result about the decision of priority.

	時間（秒）	正答率	使いやすさ	疲れにくさ
紙タグ	192.5	0.93	3	3.3
提案システム	170.2	1	5	4.7

4 人，黒色相当が 1 人とした．被験者は START 法に基づき，**図 7** に示すような傷病者情報を見ながら 25 人分の治療優先度を決定していく．従来の紙製のトリアージタグと情報端末を用いた場合を比較し，治療優先度を決定するまでにかかった時間とその正答率，習熟度について測定をした．情報端末を利用した場合には，ユーザビリティに関する簡単なアンケート調査を実施し，五段階評価で答えてもらった．紙タグを用いるということは被験者が空で治療優先度を決定することと同等であるため，被験者には十分に時間をかけて START 法を学習してもらった後に評価実験を行った．これは実際にトリアージを行う際に利用する紙タグには印刷されたチャートは存在せず，トリアージ実施者が空で判断しているからである．そのため，本評価実験では空で判断する場合（紙タグ）と提案システムを用いた場合（治療優先度入力インタフェース）を比較した．本実験は，情報工学を専攻する大学生・大学院生の男女 10 名によって行われた．測定結果に偏りがでないようにするため 2 人 1 組で行い，1 人は紙タグから始め，もう 1 人は提案システムから始めて実験を行った．

5.1.2 実験結果と考察

治療優先度決定に関する実験結果を**表 1** に示す．傷病者 25 人分の治療優先度を決定するまでにかかった時間は，紙タグの場合は 192.5 秒，提案システムを用いた場合は 170.2 秒となった．この結果から本提案システムを使用することで約 22 秒ほど時間を短縮できたことが分かる．これらの値に対し t 検定を行った結果，有意水準 5%未満で有意差があると判定された．また，正答率に着目すると，紙タグの場合は正答率が低下しているが，提案システムを用いた場合は間違いがないことが分かる．このことから，情報端末の画面上に START 法の診断フローチャートを提示することで，視覚的にトリアージ作業を行うことの有用性が確認できる．また，被験者には使いやすさや疲れにくさといったユーザビリティに関するアンケートに 5 段階評価で

© 2012 Information Processing Society of Japan

表 2 習熟度に関する実験結果
Table 2 Result about the proficiency level of START method.

	黄色タグ（1 人目→ 10 人目）	赤色タグ（1 人目→ 10 人目）
紙タグ	14 秒→ 5.2 秒	9.8 秒→ 5.4 秒
提案システム	6.7 秒→ 4.5 秒	5.9 秒→ 4.6 秒

答えてもらった．評価は 1 が低く，5 が高い結果を示す．表 1 の結果を見ると，提案システムの方がより高評価を得ていることから，トリアージ作業に対する高い適性がうかがえる．

続いて，習熟度に関する結果を**表 2** に示す．表 2 は，黄色タグ・赤色タグそれぞれの場合において，最初の 1 人目と最後の 10 人目の傷病者例の治療優先度を決定するまでにかかった時間を表している．紙タグの場合，黄色タグでは 8.8 秒，赤色タグでは 4.4 秒時間が短縮していることからも，最初の 1 人目は時間がかかっているが，次第に慣れてくるとより迅速に判断できていることが分かる．これは，紙タグを利用したトリアージ判断に慣れている人と慣れていない人では大きな差が生じるといえる．しかし，提案システムでは，1 人目と 10 人目の判断にかかる時間の差が黄色タグでは 2.2 秒，赤色タグでは 1.3 秒ほどであまり大きな差がないことが分かる．このことから，提案システムは操作に慣れる必要なく，初めて利用する人でも迅速に治療優先度を決定することができるため，トリアージ作業を行うのに有効であるといえる．

5.2 急変情報・搬送情報に関する実験

5.2.1 実験概要

災害救命現場での一連の作業が提案システムを用いることで効率的かどうか検証するための評価実験を行った．実験環境は黄色テント内を想定し，黄色相当の傷病者が 9 人いるとした．実験開始から 6 分経過後，1 分間隔で 3 人の傷病者が急変し，9 分経過時に搬送情報が入り 3 人が搬送可能となるというシナリオに沿って実験を行った．提案システムを用いた場合と従来研究である旧端末を用いた場合を比較し，急変した傷病者に気付くまでの時間と搬送情報が入ってからどの傷病者を搬送すべきか決定するまでにかかる時間を評価項目とする．

実験環境の見取り図を**図 8** に示す．図 8 は黄色テント内を表し，A-I に割り振られた SunSPOT は黄色タグ相当の傷病者の状態を表している．A-I の傷病者情報は**図 9** に示すように紙に記載され，黄色に点灯した SunSPOT の横に置かれている．このとき，傷病者に近い状態を再現するために，SunSPOT にはシナリオに応じてバイタルサイン（呼吸数，脈拍数，血中酸素濃度（以下 SpO_2））を以下のように発生させて実験を行った．これらの値は，実際に救命救急に携わる医師の方とのディスカッションを通して医師の経験上から得られたものである．

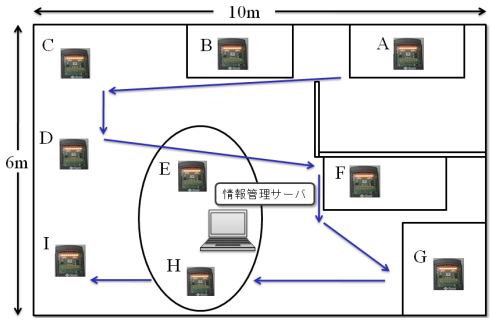


図 8 実験環境の見取り図
Fig. 8 Floor plan of experiment environment.

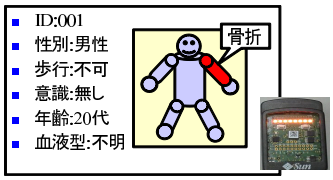


図 9 傷病者情報例
Fig. 9 Injured information example.

- 黒タグ呼吸数：0，脈拍数：0，SpO_2：0
- 赤タグ（意識あり：パターン 0，1，意識なし：パターン 0，1，2）
  パターン 0　呼吸数：10 未満 or 30 以上，脈拍数：20–180，SpO_2：90–99%
  パターン 1　呼吸数：1–50，脈拍数：30 or 120 以上，SpO_2：90–99%
  パターン 2　呼吸数：1–50，脈拍数：20–180，SpO_2：90–99%
- 黄タグ呼吸数：10–30，脈拍数：50–180，SpO_2：90–99%
- 緑タグ呼吸数：10–30，脈拍数：50–180，SpO_2：90–99%

傷病者が急変した際は，バイタルサインの値を赤色相当に変化させると同時に LED を黄色から赤色に変化させることで，赤色タグ相当の傷病者を状態を表すことにする．情報管理サーバが図 8 中央に設置されており，傷病者情報や搬送情報を一元管理している．急変情報や搬送情報は情報管理サーバに提示され，情報端末にも提示される．被験者は図 8 中に示された矢印に従い，図 9 に示すような傷病者情報を見ながら A-I を順番に診断していく．診断とは図 9 に示された情報を別に用意された紙に記入することとし，これを本評価実験の基本タスクとする．

© 2012 Information Processing Society of Japan

表 3 提案システムと従来研究との比較
Table 3 Result about the proposal system and the previous system.

	急変傷病者の検知時間（秒）	搬送者決定までの時間（秒）
提案システム	3.5	12.2
従来研究（旧端末）	28.6	37.5

被験者にはいつどの傷病者が急変するのか，搬送情報がいつ入るのか分からない状況で基本タスクを行ってもらう．基本タスクを行っている間に情報端末の画面上に急変情報・搬送情報が提示されるため，その情報に気付き次第すぐに急変した傷病者，搬送すべき傷病者を探してもらった．急変した傷病者を発見した場合にはその傷病者に割り振られた英文字を，搬送情報に気付いた場合には搬送すべき傷病者を決定しその英文字を伝えてもらった．本実験は情報工学を専攻する大学生・大学院生の男女 20 人に行ってもらった．

5.2.2 実験結果と考察

急変情報および搬送情報に関する実験結果を**表 3** に示す．急変傷病者の検知時間に着目すると，旧端末の場合は 28.6 秒であるのに対し，提案システム場合は 3.5 秒と大幅に検知時間が短縮されていることが分かる．旧端末では画面右下に青色で小さく文字列が表示されるのに対し，提案システムでは急変情報をポップアップ形式で提示することで，タスクを行っている間にも視覚的に気付かせることができたといえる．また，旧端末では周囲の光の影響により青色の文字が見えにくく，どの傷病者が急変したのかを瞬時に把握することができなかったという意見に対し，提案システムでは，白地に黒文字というシンプルな形式であり，かつ画面半分に提示されるので見やすいという意見が得られた．以上のことから，提案システムの，急変情報および急変した傷病者を迅速に把握することに関する有効性を確認することができた．

続いて，搬送者決定までの時間に着目すると，旧端末の場合は 37.5 秒であるのに対し，提案システムの場合は 12.2 秒と急変情報と同様に時間が短縮されていることが分かる．旧端末では急変情報と同様に今度は画面左下に青色で文字列が表示されるのみであった．そのため，被験者が自ら容態の悪い傷病者を探さなければならず，その分の手間がかかったことが考えられる．それに対し，提案システムでは急変情報と同様にポップアップ形式にすることで視覚的に気付かせることに加え，容態の悪い傷病者情報から順に表示するように並べ替えを行うことで，搬送すべき傷病者を迅速に決定できたことが分かる．

以上の実験結果から，提案システムは急変情報および搬送情報に気付く時間を短縮し，迅速に急変した傷病者を発見することができ搬送すべき傷病者も決定できるという面で効果的であるといえる．

6. おわりに

従来の紙製のトリアージタグを用いた災害医療活動では，傷病者の症状変化をリアルタイムに把握することが困難であった．我々の研究プロジェクトでは，傷病者情報を一括監視し，災害時の救命活動を支援するための電子トリアージシステムの研究開発に取り組んでいる．

本論文では，トリアージによる治療優先度を決定するための入力機能および電子タグにより収集した傷病者情報，搬送情報などを分かりやすく表示する情報提示システムを構築した．本提案システムの有用性とその効果を検証するための評価実験を行ったところ，従来の紙タグに比べ治療優先度を決定する時間を短縮し，かつ正確なトリアージができることを確認した．また，従来研究である旧端末と比較して急変情報および搬送情報を検知する時間を大幅に短縮したことで，ユーザが容易に認識できる情報提示が可能であることを示し，その有効性を確認した．今後医療従事者を交え本提案システムを利用した訓練を行う予定である．災害時の救命活動時において医療従事者によるトリアージ作業の効率化が期待される．

今後の展望としては，電子タグや情報端末を相当数準備しておくことのコストやスケーラビリティについて議論していきたい．現在，病院の救命救急現場，あるいは救急車内における日常業務において利用することで緊急時にも迅速な対応が可能になると考え，日々の救急医療における運用の仕方を検討している．電子タグは AED の設置場所や救急車内に充電して保管することを考えており，万が一故障や紛失した場合にはどのように対応すべきか，タグを電子化するうえで発生する課題についてもきちんと解決していく．

謝辞 この研究の一部は独立行政法人科学技術振興機構（JST）の戦略的創造研究推進事業（CREST）の支援により行われた．また，本研究は順天堂大学医学部付属浦安病院救急診療料から協力を得て行われた．

参考文献

[1] 高橋章子：救急看護士・救急救命士のためのトリアージ—プレホスピタルから ER，災害まで，メディカ出版 (2008).
[2] 大田宗夫： 災害医療—救急医・救急看護士・救急救命士のための災害マニュアル，メディカ出版 (2007).
[3] 環境と安全をサポート有限会社岩本商事：トリアージタグセット（オンライン），入手先 ⟨http://www.ganpon.com/SHOP/D-288.html⟩ (2006).

© 2012 Information Processing Society of Japan

[4] 東野輝夫：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（オンライン）(2008)，入手先 ⟨http://www.sen.jst.go.jp/result/result_h19/higashino/higashino002.pdf⟩.
[5] 木山 昇，楠田純子，内山 彰，廣森高朗，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，マルチメディア，分散，協調とモバイル（DICOMO2009）シンポジウム論文集，pp.1837–1848 (2009).
[6] 芦田 廣，竹島茂人，脇坂 仁，植木哲司，山本哲浩，唐澤憲治，稲葉哲也，辻 晃一，小村隆史：デジタルペンを用いたトリアージタグ入力システム—自衛隊中央病院での大量傷病者受け入れ訓練での試用報告，日本集団災害医学会誌，Vol.13, No.1, pp.56–60 (2008).
[7] 山本保博，鵜飼 卓，国際災害研究会：トリアージ—その意義と実際，荘道社 (1999).
[8] 安倍史江，山本 匠，西垣正勝：人体通信による電子トリアージタグへの情報伝達：システムの実装，マルチメディア，分散，協調とモバイル（DICOMO2009）シンポジウム論文集，pp.1849–1854 (2009).
[9] 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，情報処理学会論文誌，Vol.52, No.1, pp.33–43 (2011).
[10] 兵庫県災害医療センター：JR 福知山線列車事故における現地医療活動について（オンライン）(2006-01-16)，入手先 ⟨http://www.hemc.jp/pdf/jrfukuchi.pdf⟩.
[11] 兵庫県福知山線列車事故検証委員会：JR 福知山線列車事故検証報告書（オンライン）(2006-01)，入手先 ⟨http://web.pref.hyogo.jp/contents/000007823.pdf⟩.
[12] 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，情報処理学会論文誌，Vol.48, pp.802–810 (2007).
[13] Fry, E.A. and Lenert, L.A.: MASCAL: RFID Tracking of Patients, Staff and Equipment to Enhance Hospital Response to Mass Casualty Events, *Proc. AMIA 2005 Symposium*, pp.261–265 (2005).
[14] Shnayder, V., Chen, B., Lorincz, K., Fulford-Jones, T.R.F. and Welsh, M.: Sensor Networks for Medical Care, Harvard University Technical Report (2005).
[15] Lenert, L.A., Chan, T.C. and Kirsh, D.: Wireless Internet Information System for Medical Response in Disasters, available from ⟨http://collab.nlm.nih.gov/webcastsandvideos/siirsv/ucsdsummaryreport.pdf⟩.
[16] Malan, D., FulfordJones, T., Welsh, M. and Moulton, S.: Codeblue: An ad hoc sensor network infrastructure for emergency medical care, *International Workshop on Wearable and Implantable Body Sensor Networks*, pp.203–216 (2004).
[17] Gao, T., Massey, T., Selavo, L., Crawford, D., rong Chen, B., Lorincz, K., Shnayder, V., Hauenstein, L., Dabiri, F., Jeng, J., Chanmugam, A., White, D., Sarrafzadeh, M. and Welsh, M.: The advanced health and disaster aid net- work: A light-weight wireless medical system for triage, *IEEE Trans. Biomedical Circuits and Systems*, Vol.1, No.3, pp.203–216 (2007).



小嶋 洋明 （学生会員）

2010 年慶應義塾大学理工学部情報工学科卒業．現在，同大学院理工学研究科修士課程在学中．グループワーク支援の研究に従事．



高橋 裕樹 （学生会員）

2011 年慶應義塾大学理工学部情報工学科卒業．現在，同大学院理工学研究科修士課程在学中．グループワーク支援の研究に従事．



岡田 謙一 （フェロー）

慶應義塾大学理工学部情報工学科主任教授，工学博士．専門は，CSCW，グループウェア，CHI．学会誌編集主査，論文誌編集主査，GN 研究会主査，日本 VR 学会理事等を歴任．現在，情報処理学会理事，電子情報通信学会 HB/KB 幹事長．本学会論文賞（1996, 2001, 2008 年），本学会 40 周年記念論文賞，IEEE SAINT'04，ICAT'07 最優秀論文賞等を受賞．情報処理学会フェロー，IEEE，ACM，電子情報通信学会，人工知能学会各会員．

© 2012 Information Processing Society of Japan