

動的な傷病者情報を用いた災害医療訓練システムの提案

高橋 祐樹^{1,a)} 安藤 禎晃^{1,b)} 岡田 謙一^{2,3,c)}

概要：大規模災害時に多数の傷病者が発生した場合、緊急度が高く助かる見込みのある傷病者を選別するトリアージと呼ばれる手法が救命活動に導入されている。現在トリアージには紙製のタグを使用するが、そのタグを電子化してセンサネットワークを構築し、傷病者情報を収集する研究が行われている。そして、電子化したタグを用いて迅速かつ正確なトリアージを行うために、頻繁に繰り返し訓練を実施することが重要である。そこで、我々は電子トリアージ用の災害医療訓練システムを提案し、構築した。本システムは、訓練で使用する傷病者情報や搬送情報のシナリオ作成を支援し、実際に負傷した人を用意しなくても擬似的に動的な生体情報を生成して傷病者の状態を提示する。評価実験を行った結果、訓練のシナリオを迅速に作成でき、意図した状況を容易に再現可能な訓練を実施できることを確認した。これにより、電子トリアージのためのより実践的な災害医療訓練の実現が期待される。

キーワード：電子トリアージ、訓練システム、電子タグ、生体情報、インターフェース

Proposal of the Disaster-Relief Training System Using Dynamic Information of Injured Person

YUKI TAKAHASHI^{1,a)} AKIHIRO ANDO^{1,b)} KEN-ICHI OKADA^{2,3,c)}

1. はじめに

多数の傷病者が同時に発生する災害現場では、限られた医療資源を有効利用し最大限の効果を得る必要があるため、トリアージと呼ばれる各傷病者に治療優先度を付加させる手法が導入されている。各傷病者が負った怪我の重症度あるいは緊急度に応じて治療優先度が割り当て、トリアージタグに優先度を書き込むことで救命活動の効率化を図っている。しかし、このトリアージタグは紙製であるため、医

療従事者が各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り、また血液や泥などでタグが汚れたり破れたりすることで記入内容が読みにくくなることが多い。そのため、我々はトリアージタグを電子化することでそのような問題点を解決する研究を進めてきた。一方で、電子化されたトリアージタグを利用して実際の災害現場で迅速かつ確かな救命活動を行うために平常時から訓練を繰り返し行っておくことも求められる。しかし、電子トリアージタグの機能を十分に生かした災害訓練法はまだ確立されていない。

そこで本研究では、動的な傷病者情報を用いた災害医療訓練システムを提案する。従来の災害訓練は、訓練で用いる傷病者の情報や搬送情報のシナリオを作成するのに多くの時間を要する、傷病者役の人に生体情報や症例などの傷病者情報が記載された紙を持たせ医療従事者はその変化を

¹ 慶應義塾大学大学院 理工学研究科

Graduate School of Keio University

² 慶應義塾大学 理工学部

Faculty Science and Technology, Keio University

³ 独立行政法人 科学技術振興機構 CREST

Japan Science and Technology Agency

a) takahashi@mos.ics.keio.ac.jp

b) ando@mos.ics.keio.ac.jp

c) okada@mos.ics.keio.ac.jp

しない情報のみで処置・搬送をしている、訓練の準備に大きな手間を要するため頻りに訓練を実施できない、といった問題点を抱えている。本提案では、訓練シナリオの作成を支援する GUI ツールを提供し、また傷病者役の人の代わりに生体情報を疑似的に発生させて傷病者の状態をイラストと文章によって医療従事者が持つ情報端末上に提示することでこれらの問題を解消する。さらに、訓練結果をその後の医療活動に役立てるために訓練中の医療活動を可視化する。

2. 災害現場における救命活動

2.1 トリアージに基づく救命活動

できる限り多くの傷病者を救命するために、1人の傷病者に対し1分以内でトリアージを実施することが最適だとされている。日本では優先度を平等かつ迅速に決定するアルゴリズムとして START 法 (Simple Triage and Rapid Treatment) が採用され、図 1 に示したフローチャートの通りに優先度が決定される。START 法によって歩行の可否や呼吸数の異常を診断し、傷病者の優先度を以下の4つの色に分類する [1][2]。

- 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 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

トリアージ結果は紙製のトリアージタグにペンを用いて記入する。タグに傷病者の性別や年齢、トリアージ実施日時などの記述欄があり、決定された優先度に応じた色が最下部になるよう不要な色のマーカーを切り取った上でタグを傷病者の右腕に装着する。このタグを確認することで医療従事者は傷病者の状態を判断できる。

2.2 災害医療訓練の現状

阪神・淡路大震災を教訓に、医療従事者だけでなく周辺地域の住民と一緒に災害訓練に参加する機会が増加した。また、JR 福知山線脱線事故以降は、災害時救命医療におけるトリアージの概念が広く認知され、トリアージ訓練の実施が急増している。トリアージ訓練とは、症例や生体情報を書かれた紙を傷病者役の人が手で持った上で症状に応じた演技を行い、医療従事者がその演技や傷病者の状態が記載された紙を読みトリアージのタグ色を決め、タグ

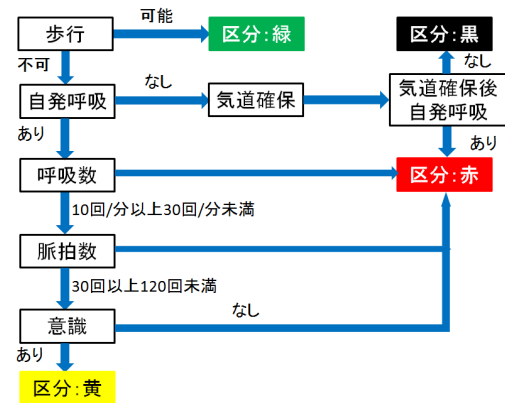


図 1 START 法のフローチャート

色を決定した後に各色のトリアージタグに傷病者を搬送するまでの活動を疑似体験することである。また、山梨大医学部は広域災害医療の情報共有を目指し Felica を用いた IT トリアージ訓練を実施している [3]。さらに、実地訓練ではなく机上で災害訓練を実施するものとして、災害現場や救護所などを見立てたホワイトボードに傷病者を表すマグネット付き絵札を貼付け救命活動の最適な人員配置をシミュレーションするエマルゴ演習などもある [4]。

2.3 電子トリアージにおける関連研究と問題点

近年、電子機器を小型化させ災害時の救急救命における RFID やセンサを利用したシステムの研究が進められている。米国では、アクティブ RFID を活用した傷病者の位置把握の実証実験が実施され、また各種センサを用いて傷病者の心拍などの情報を情報端末に送信して災害時の医療活動に役立たせる研究がある [5][6][7]。一方国内ではトリアージタグに RFID タグを埋め込み、救急隊の持つ入力端末にモバイルネットワーク機器を用いることで、傷病者情報の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ている [8]。また、我々は、START 法を用いたトリアージ作業支援用の情報提示システムを開発し、トリアージ結果を迅速に入力および共通させるシステムを構築している [9]。このように、救命救急活動を支援する研究は多くなされている。しかし、電子化した機器を用いた災害訓練を行うためのシステムは開発されていない。また、実際の災害現場では急変者が現れたり不足の事態が多発するが、既存の訓練では紙に書かれた変化をしない症状や生体情報を診断し、さらにマニュアル通りの処置をして搬送の疑似行為をするだけに留まっている。さらに、一度の訓練を行うためには大人数の医療従事者と傷病者役の人を集める必要があり非常に手間が掛かるため、頻りに訓練を実施できない原因となっている。傷病者役の人を不要とするエマルゴ演習でも、あくまで机上でのシミュレーションであるため臨場感が足りず、災害現場を再現できているとは言い難い。

3. 動的な傷病者情報を用いた災害医療訓練システムの提案

トリアージを行うための情報端末の操作に慣れ、災害現場に於いてトリアージ作業を潤滑に行うために日常的に訓練を経験して習熟することが重要である。より実践的な訓練を容易に実施できることが求められるため、災害現場に適切な治療優先度決定のための入出力機能を持つこと、災害現場を再現するための訓練用想定シナリオを迅速に作成できること、本物の傷病者から取得しているような生体情報と症例を擬似的に生成すること、訓練結果を参照してその後の医療活動に活用できること、以上の4つが災害訓練システムに求められる要件として挙げられる。

3.1 治療優先度決定のための入出力機能

混乱した災害現場ではSTART法による治療優先度の決め方を失念したり、焦って間違った診断をしてしまう事例が多々生じている。また、これからどの傷病者をトリアージすれば良いのか、この傷病者は前回どのような診断をされたのか、応援に駆け付けるべき場所はどこか、といった情報が錯綜し正確な情報が掴めず非効率な人員配置を生むことが多い。そのため、トリアージ結果を迅速かつ正確に入力できること、入力時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を容易に共有できること、以上の3つが治療優先度を決定するためのトリアージ実施時に求められる。その上で、訓練時には、仮想の傷病者が端末上に現れ、その情報を見ながらトリアージを実施できるようにする。災害時に仮想の傷病者情報が表示されることは絶対にあってはならないため、訓練開始の確認を承認し、且つ訓練シナリオを登録した場合のみに訓練モードに切り替わる。

3.2 訓練シナリオの設定項目

訓練は、傷病者の人数や傷病例を変えて様々な状況の災害現場を再現して訓練を重ねる必要がある。そこで、傷病者情報と搬送情報を自由に変更可能にすることで訓練シナリオを多様化させる。傷病者情報とは、年齢、性別、血液型、生体情報、傷病名、意識の有無、急変の有無、トリアージタグ色である。災害現場では、「容態が安定している」と一度診断したもののその後に症状が急激に悪化する傷病者もいる。急変者を見逃す事態は必ず防がなければならない。その要求に答えるために人為的に急変を発生させる項目を用意する。尚、急変とは、トリアージタグの色が黄色から赤色、もしくは緑色から赤色に変化する症状へ遷移した場合と定義する。次に、搬送情報とは、訓練開始からの経過時間、現場に到着する救急車あるいはヘリコプターの台数、傷病者の搬送可能人数である。搬送情報を設けることで、どの傷病者を優先して搬送すべきかを定める状況を作り出

せる。同じトリアージタグ色に相当する傷病者が多数発生した場合、医療従事者はどの傷病者を第一に優先して搬送すべきかを判断しなければならない。搬送情報を多様化させることで、搬送順位の判断を行うための訓練を積み重ねることが可能となる。

3.3 生体情報の疑似生成

START法に基づくトリアージにおける生体情報とは、呼吸数、脈拍数、SpO₂(血中酸素濃度)の3つのことを示す。生体情報が優先度を決定するための主な判断要因となるため、訓練でも傷病者から生体情報を取得する必要がある。しかし、本当に負傷している人を訓練に参加させることは困難であり、また健康者から生体情報を取得してもその数値は正常であり異常を検知することを目的とする訓練には使用できない。そこで、現状の訓練では生体情報の異常値を紙に記し、その静的な異常値を見ながらトリアージを行っている。しかし、生体情報とは常に変化するものであり、時には症状の急変を示す役割を担う。そこで、我々は電子トリアージタグに疑似的に生体情報を生成させる機能を持たせ、常に変化を起こす動的な生体情報を再現する。

3.4 訓練結果の出力

訓練とは一定の基礎的な学習を反復練習しながら身に付けていくことであるが、闇雲に反復するのではなく、一回ごとに欠点を洗い出し改善点を意識しながら反復していくことで訓練の意義を高めることができる。そこで、訓練を行った医療従事者の所属情報、訓練中の情報端末の操作履歴、トリアージに要した時間および正答率の3点を記録する。訓練実施者の過去の訓練結果を個別に保存することで、自身がどのように習熟度を高めてきたかの確認に役立つ。また、訓練後には、時系列に沿った各傷病者の状態変化の様子を確認し、自身の行動履歴と照らし合わせて適切なトリアージ作業ができていたかを検討できる。

4. 提案システムの実装

4.1 システム構成

本システムの全体構成を図2に示す。はじめに、訓練時に使用する傷病者情報のシナリオを作成し、それを各電子タグに格納した後に傷病者が発生すると想定する場所に設置する。トリアージ結果が入力された電子タグは、各タグ色に応じたLEDライトを点灯することで優先度を呈示する。この電子タグはSunSPOTで構成されており、ZigBeeプロトコルを通して無線通信が可能である。また電子タグには固有IDが割り振られており、このIDを紐づけて各情報を管理することで傷病者の取り間違いを防止する。訓練中の電子タグは、シナリオで指定されたタグ色に応じた動的な生体情報を疑似的に生成し、情報管理サーバへと生体情報を一定間隔で送信し続ける。また、電子タグ上のAR

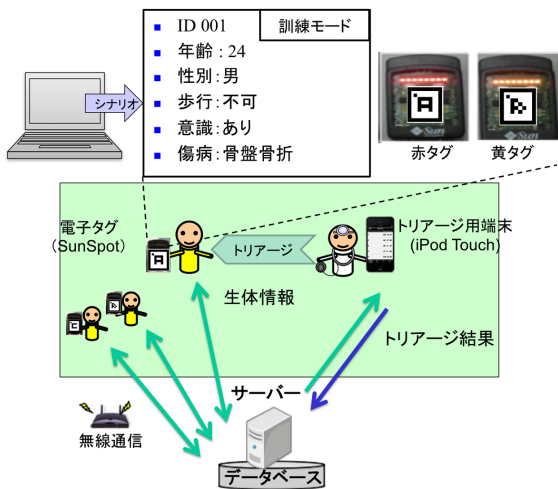


図 2 システム構成

マーカを医療従事者が持つ情報端末のカメラを用いて読み取ると、シナリオに登録された症状や傷病者の特徴を示す文章とイラストが表示される。医療従事者は、これらの傷病者情報を見ながらトリアージを行う。トリアージ結果を入力する情報端末とは我々が先行研究にて開発したものであり [10]、本訓練システムでも Apple 社の iPod Touch を使用する。

4.2 治療優先度入力インターフェース

迅速且つ正確にトリアージを実施できるインターフェースが必要である。まず、医療従事者が医療活動を行うテント内に収容されている傷病者の一覧が図 3 のように表示される。傷病者の ID、トリアージタグ色、脈拍数、呼吸数、SpO2 を並べ、それぞれの傷病者を比較しやすいように提示する。トリアージタグ色は 3 つの四角形で表し、一番右が現在のタグ色、一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なく過去の状態推移を見て診断することがあるため、この表示方法を採用した。また、情報量が過剰になると見間違いが増えるため、文字を大きく表示し適切な余白を設けている。ここで、タグ色が表示されていない傷病者がいることがわかる。これは、まだトリアージを終えていない傷病者を示す。そして、ID5 の傷病者のように青色で覆われている行の傷病者のみにトリアージ実施の許可を与える。傷病者の取り違いを防ぐために電子タグである SunSPOT からの受信信号強度を測定し、医療従事者とトリアージを実施しようとしている傷病者の距離が 20cm 以内近づいた場合のみにトリアージの実施が可能となる。電子タグ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トリアージ実施の予備実験を行った結果、20cm の範囲内であれば誤認識を確実に防げると確認した。

次に、青色の行をタップするとトリアージ入力画面に遷移する。入力画面の過程を図 4 に示す。トリアージの入力

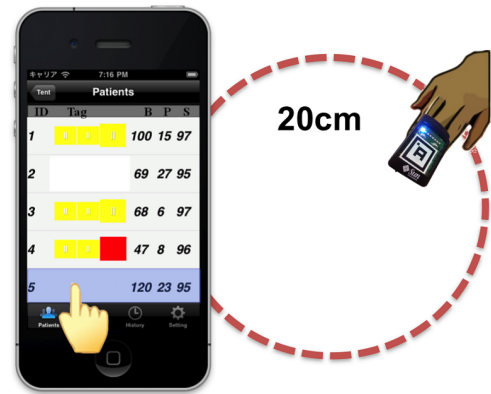


図 3 傷病者選択画面



図 4 トリアージ入力画面

は、START 法の診断フローチャートに従い二択の質問に答えるだけで優先度を決定できる。画面上部には電子タグが生成した生体情報、中央には質問を連想させるイラスト画像、画面下にはスタート法の診断フローチャートに沿った質問が表示される。歩行や自発呼吸などをイラストを用いて提示することで、質問内容の理解を容易にさせた。医療従事者は、質問に対して「はい」か「いいえ」の回答をするだけでトリアージを進めることができる。また、トリアージ実施中に急変情報を受信した場合は、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。図 7 右のように、急変情報は傷病者 ID と共にどの生体情報に異常が生じ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たせる。さらに、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は、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、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確認する。

4.3 訓練シナリオ作成インターフェース

訓練シナリオは、設定項目が複雑なため大きな画面を用いて入力することが望ましい。そのため、iPod Touchではなく、PC上で操作するGUIツールを設計した。図5に訓練シナリオ作成画面を示す。まず、各傷病者の氏名、年齢、性別、トリアージタグ色、歩行の可否、意識の有無、急変の有無、症例、呼吸数、脈拍数、SpO2の初期値を設定する。この時、選択したトリアージタグ色に応じて、歩行の可否、意識の有無、症例の候補が自動で変更され、それぞれのタグ色の症状として相応しくない選択肢は除外される。例えば赤タグを選択した場合、歩行は不可、意識は無し、症例の選択肢には高エネルギー外傷、クラッシュ症候群、出血性ショック、口腔内出血多量など、災害時に多く発症する赤タグ相当の症状が選択肢として現れる。このように、入力インターフェースを工夫することで、実際の災害現場には生じない不適切な症状を持つ傷病者が現れないようにしている。次に、“急変する”を選択した場合には、いつ急変するかの細かい設定を可能にする。訓練開始から何分後にどの傷病者の症状がどのように悪化するかを設定することで、急変者の発見という重要な訓練を様々な状況を作成して実施できる。また、傷病者ひとりあたりの設定を決めた後に、画面左下にある“追加”を押すと右側のテーブルにその情報が加わる。作成したい傷病者数分のデータをこのテーブルに登録していくことで、自由に災害によって発生する傷病者の人数を変更できる。既に作成した傷病者情報を編集あるいは削除したい場合は、該当する傷病者を選択したのち“編集”または“削除”を押す。そして、電子タグとして用いている各SunSPOTに割り当てられている固有の識別IDアドレスをコンボボックスの中から選択し送信ボタンを押すと、指定したアドレスのSunSPOTに選択した傷病者情報が送信される。送信された情報を受信したSunSPOTは白色のLEDを点灯し、シナリオの読み込み完了を呈示する。

続いて、図6に搬送情報を設定するGUI画面を示す。図3の搬送情報設定画面では、災害発生時からの時間、搬

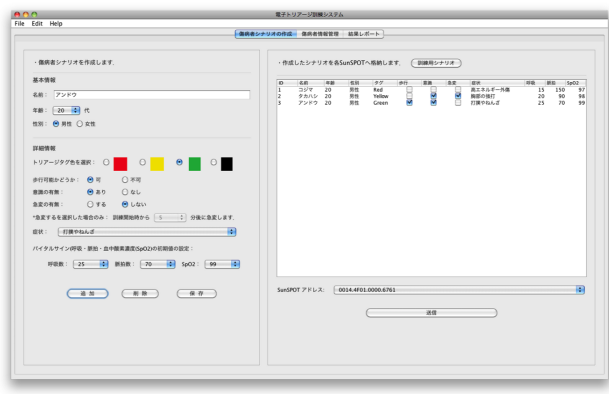


図5 傷病者シナリオ作成画面

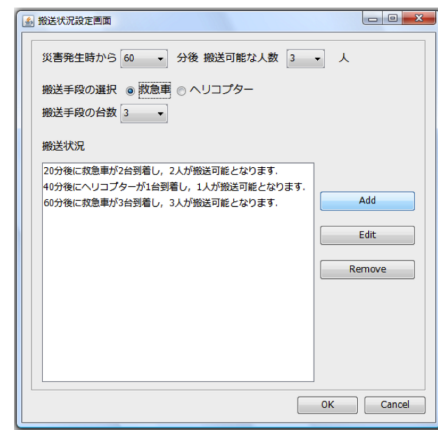


図6 搬送シナリオ作成画面

送手段、搬送手段の台数、搬送可能な人数を設定する。全ての項目を選択した後、右横にある“追加”を押すと、図3の搬送状況に示すような搬送情報のシナリオが加えることができる。作成した搬送情報は操作をしたい搬送情報の行を選択した後に“編集”または“削除”を押すことで編集あるいは削除ができる。

4.4 傷病者情報の提示

擬似的に生成される動的な生体情報と作成したシナリオに沿った症状は、訓練を受けている医療従事者に提示される。

まず、動的な生体情報は順天堂大学医学部の救命救急医師と議論をした結果、タグ色毎に生成する生体情報のパラメータを以下の通りに決定した。

- 黒タグ相当：脈拍:0, 呼吸:0, SpO2:0
- 赤タグ相当：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 ⇒ 脈拍:20-150 の間, 呼吸:10 未満あるいは 30 以上, SpO2:90-99 の間
 パターン 1 ⇒ 脈拍:50 未満あるいは 120 以上, 呼吸:10-50 の間, SpO2:90-99 の間
 パターン 2 ⇒ 脈拍:20-150 の間, 呼吸:10-50 の間, SpO2:90-99 の間
- 黄・緑タグ相当：脈拍:50-120, 呼吸:10-30, SpO2:95-99 の間

尚、呼吸数：50回/分以下、脈拍数：150回/分以下に設定し、現実にはありえない値を除外し、また単位時間当たりにおける差分を、呼吸数：10回/分以下、脈拍数：20回/分以下、SpO2：1%以下にすることで実際には起こりえない急激な変化を除外する。さらに、赤色相当の生体情報を発生させる場合は、3通りのパターンを用意して生体情報に差異を設け、複数の赤タグの傷病者の中から誰を優先して治療・搬送するか判断要素を生体情報によっても医療従事者に与える。

続いて、作成したシナリオに沿った症状をARマーカを

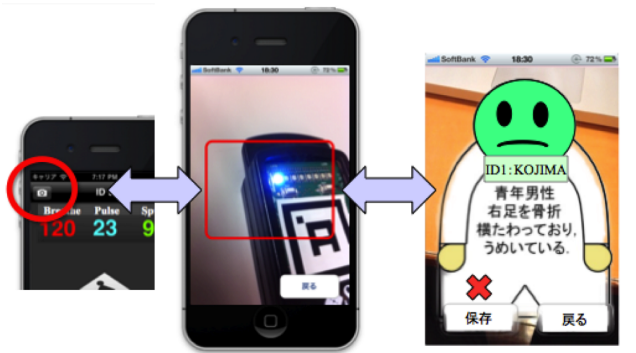


図 7 AR マーカを用いた傷病者情報の提示

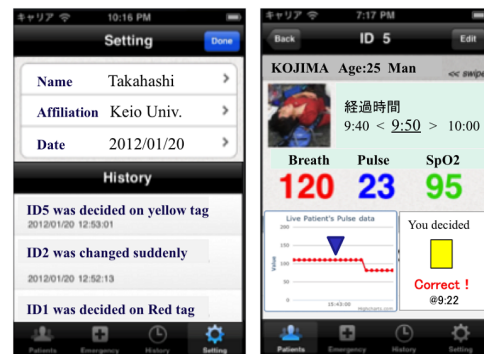


図 8 訓練過程の可視化画面

用いることで表現する。シナリオを用意することで実際の傷病者を訓練に参加させる必要がなくなったが、シナリオに沿った傷病者情報を紙に記載する等では訓練の臨場感に欠けることが多い。そのため、本システムでは電子タグに貼られている AR マーカを利用してシナリオを読み込み、シナリオに登録された情報を端末上に表示する。傷病者 ID とマーカが対応している情報を毎度取得することで、時系列に沿って変化しているシナリオの最も新しい情報を動的に得る。図 7 のようにトリアージ入力画面の左上にあるカメラマークをタッチすることでカメラビューが起動し、カメラビューに表示される赤い枠を AR マーカに合わせて傷病者の情報を読み込むことで傷病者の状態に応じたイラストと文章が提示される。

イラストは、歩行不可の場合には座っていたり横たわっているものが表示される。文章では、意識がない場合には、呼びかけに応じない、静かにしているなど複数の文章表現を行う。また、イラストが時間の経過と共に変化するように、急変した傷病者は悪化した症状に応じて提示の仕方が変化する。尚、傷病者の状態はカメラを傷病者に向けている間のみしか取得できない。その理由は、本訓練ではカメラをタグに向ける作業を直接傷病者に触れて診断している作業と見做しているためである。トリアージは傷病者に接近して診断を行うため、一度カメラを向け状態を確認した後に傷病者から遠く離れてトリアージを実施できてしまう状況は不適切と判断した。

4.5 訓練過程の可視化

訓練後に、自身がどのような行動をしたかを振り返ることで訓練の意義を高めることができる。図 8 左は、訓練者の所属情報登録画面である。訓練者が誰であるかを登録し訓練結果を個々に保存しておくことで、何度目の訓練か、また前回の訓練でトリアージに要した時間と正答率を確認できる。次に、訓練中の情報端末操作および活動の履歴を時系列に沿って出力する。図 8 右のように、各傷病者の状態遷移を確認でき、指定した時間のテント内の状況を再表示できる。また呼吸数、脈拍数、SpO2 の数値がそれぞれ

グラフによって表示される。これらの情報を基に、ある傷病者が急変した際に自身は何をしていたのか、他の急変者を見逃していなかったか、トリアージ結果は間違えていなかったか等を確認できる。また、各傷病者を何色のタグに決定したかとその正否および所要時間を確認することもできる。転倒して頭部を強打したなど、どのような経緯で現在の症状に至ったのかを記された詳細情報と照らし合わせることで、どうして診断を誤ったのか、どうして入力に多くの時間を費やしてしまったか等の考察ができる。

5. 評価実験

5.1 シナリオ作成 GUI ツールの有用性

5.1.1 実験概要

訓練の実施に於いて事前準備が大きな手間となる。そこで、本提案システムのシナリオ作成 GUI ツールが使いやすいかどうかのインターフェースの有効性を評価した。被験者は、提示された傷病者の情報を見てシナリオを作成した。被験者は学生 15 名である。尚、シナリオ作成時に以下の条件を与え、非現実的な傷病者情報を含まない訓練に最適なシナリオ設定を作成させた。

- 15 人分の傷病者情報を作成：トリアージタグ色別人数は、黒タグを 1 人、赤タグを 6 人、黄タグを 5 人、緑タグを 3 人とする。
- 歩行の可否：緑タグの傷病者のみ”可”を選択できる。
- 意識の有無：黄・緑タグの傷病者のみ”有り”を選択できる。
- 急変情報の設定：黄・緑タグの傷病者のみ”する”を選択できる。急変する人数は黄タグの傷病者 1 人とし、急変する時間を災害発生から 5 分後とする。

5.1.2 実験結果と考察

傷病者情報 15 人分のシナリオを生成するために要する平均時間は 655.7 秒であり、傷病者ひとりあたりの作成に要する時間は 43.7 秒であった。医療に関する知識がない学生が傷病者情報のシナリオを作成しても迅速な入力できたといえる。また、訓練に相応しいシナリオを医療知識に乏しい者でも作成できたことを実証した点が評価され

る。シナリオ作成者が医療知識を持たない場合、どのような症状を持つ傷病者を作成すれば良いか判断が出来ず、非現実的な症状を持つ傷病者情報を作成してしまう可能性があるが、本提案の GUI ツールを使うことでそのような事態を防げる。

次に、標準偏差は 103.47 であると結果を得られた。標準偏差が大きくなった要因として、入力ミスがないかの確認作業に費やす時間が被験者によって大きく異なっていたことが考えられる。しかし、確認に多くの時間を費やしても 1 分以内で 1 人分の傷病者情報入力が可能であり、連続して傷病者情報を次々と作成できているため、迅速なシナリオ作成ができたといえる。これは、訓練中に急遽傷病者を追加したり、傷病者の情報を入力し直しても、即座に反映できることを示す。紙に記載した傷病者の情報では新たに傷病者を加えることや情報の書き換えが困難であったため、その問題点を改善出来たといえる。

また、表 1 にユーザビリティに関するアンケートの結果を示す。各項目に対して 5 が最も良い、1 が最も悪いとする 5 段階の評価付けを被験者が行った。

表 1 シナリオ作成に関するユーザビリティの評価

	5 段階評価
シナリオの作成を容易に行えたか	4.3
シナリオ作成に役立つと思ったか	4.2
選択肢を理解しやすかったか	3.9
タスクに集中できたか	4.3
疲労を感じ難いか	4.2

各項目において良い結果を得られ、ユーザビリティが優れていることが確認できた。以上のことから、シナリオ作成 GUI ツールの有用性を確認できたといえる。

5.2 START 法を用いた電子トリアージ訓練実施の有用性

5.2.1 実験概要

擬似的に生成した生体情報、及び AR マーカによる傷病者情報の提示を用いた電子トリアージ用訓練システムの有用性を評価する。まず、何らかの災害が起きて傷病者が 10 名発生したとする。その際、各タグ色の人数の振り分けは赤タグが 3 名、黄タグが 6 名、緑タグが 1 名、黒タグが 0 名とする。トリアージテント内を想定し、実験開始から 3 分経過後に 1 名傷病者が急変、その 1 分 30 秒後にもう 1 名、さらにその 1 分後に 1 名が急変するシナリオを用意した。各傷病者に対するトリアージに要する時間と正答率、また急変情報を検知してから対応するまでの時間を評価項目とする。訓練終了後に、携帯情報端末の操作性や傷病者情報の AR 表示に関する 5 段階評価のアンケートに答えてもらった。

実験環境の見取り図を図 9 に示す。図 9 はトリアージテ

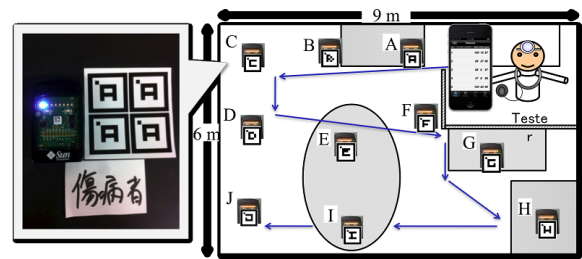


図 9 実験環境の見取り図

ント内を表し、A-J に割り振られた電子タグ (SunSPOT) は事前に作成された傷病者シナリオに沿って、生体情報を発生する。A-J は AR マーカと共に設置され、被験者は携帯情報端末でそのマーカを読み込むことで傷病者の状態を確認できる。この情報を元に、被験者は矢印に従った順序で、各傷病者の優先度をスタート法によって決定、つまりトリアージを実施する。これを本評価実験の基本タスクとする。被験者はこのシナリオ下に於いて 10 名のトリアージを実施するが、急変が生じた場合はその傷病者のもとへ駆け付け、症状の変化を確認する作業をしなければならない。本実験の被験者は、情報工学を専攻する大学生・大学院生の男女 15 名である。

5.2.2 実験結果と考察

AR マーカを読み取り傷病者情報を確認してからトリアージを実施し、タグ色を決定するまでに要した時間は傷病者一人当たり平均 39.8 秒であった。トリアージは 1 分以内で行うことが理想であるため、電子タグおよび情報端末を用いることで理想の所要時間でトリアージを実施できたことがわかる。これは、情報端末の入出力機能が有用であることも示している。また、急変検知時間に着目すると、急変情報を検知してから急変した傷病者を確認するまでに平均 13.2 秒を要した。情報端末を通して迅速な急変者対応ができていたことがわかると共に、訓練の意義を高めるために意図的に用意したシナリオ通りに被験者を訓練できていたことが確認できた。

また、訓練について定性評価を行ったところ表 2 の通りとなり、全ての項目に於いて最高評価に近い値を得られた。訓練を行うために擬似的に生成している傷病者の情報を AR マーカを用いて提示しているが、この点に関しても訓練に支障なく使用できている。また、訓練を受けた被験

表 2 電子トリアージ訓練実施に関するアンケート結果

	5 段階評価
スタート法の入力は容易だったか	4.8
AR マーカを通して情報を容易に取得できたか	4.3
急変情報を検知しやすかったか	5.0
現場の状況把握が容易だったか	4.4
タスクに集中できたか	5.0
疲労を感じやすいか	4.1
訓練として有意義だと感じたか	4.6

者は、トリアージ作業の一連の流れを体験でき、そこに意義を感じられていることが評価される。再現性が低い訓練では理解を深められず、意義が低くなるが多々ある。また、再現性を高めるために大規模な訓練を実施しようと試みると、準備に手間が掛かり実施できる頻度が下がってしまう。そのため、一定の再現性を持ち、頻繁に訓練を実施できる手軽さを持つ訓練を実施できることが最も良い。本訓練は、その立ち位置を有するものであったといえ、今後の電子トリアージ訓練に大きな貢献を果たすと期待される。しかしながら、AR表示についてはカメラを向けている際に若干のちらつきが生じるという意見も得られた。ちらつきに困惑し端末の操作に戸惑った被験者も存在し、このような本来のトリアージ実施に関与しない点で訓練を妨害させる事象を取り除いて行く必要性が浮き彫りにもなった。尚、この問題点は同じマークを4つにして電子タグに貼付けることでカメラの認識率を向上できた。このような、訓練実施の有用性をより高める改善点を、本評価実験から得ることもできた。

以上の結果から、ARマークを通して傷病者の状態を提示すること、擬似的に動的な生体情報を生成していること、急変情報など意図的に用意したシナリオ通りに訓練を行えること、の3点を確認でき、START法を用いた電子トリアージ訓練実施の有用性を確認できたといえる。

6. おわりに

近年、多数の傷病者が同時に発生する災害現場ではトリアージを活用している。そして、優先度を提示する紙製のトリアージタグには多くの問題点があるため、トリアージタグを電子化し利便性を向上する研究を進めてきた。しかし、電子化されたトリアージタグを開発しても、実際の災害現場で迅速かつ的確な救命活動を行うためには平常時から訓練を何度も行っておくことが重要である。この時、電子トリアージタグの機能を十分に生かした災害訓練法はまだ確立されていないため、我々はここに着目した。

本研究では、動的な傷病者情報を用いた電子トリアージ用訓練システムを提案した。訓練シナリオの作成を支援するGUIツールを用意し、また傷病者役の人の代わりに生体情報を疑似的に発生させて傷病者の状態をイラストと文章によって医療従事者が持つ情報端末上に提示した。さらに、訓練結果をその後の医療活動に役立てるために訓練中の医療活動を分析した結果を出力した。評価実験を行ったところ、これまで訓練のための事前準備として大きな負担となっていた訓練シナリオを容易に作成でき、傷病者役の人を用意せずに疑似的に生成した動的な傷病者情報を提示させることでSTART法を用いた電子トリアージ訓練実施が有用であることを確認した。以上のことから、より実践的な災害訓練を頻繁に実施することが可能となり、よい良い災害医療活動の実現に貢献できると期待される。

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附属浦安病院救急診療科から協力を得て行われた。

参考文献

- [1] 独立行政法人国立病院機構 災害医療センター DMAT, "日本DMA T活動要領", <http://www.dmat.jp/>.
- [2] 高橋章子: 救急看護師・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).
- [3] 沼田宗純, 秦康範, 大原美保, 目黒公郎, "Felicaを用いたトリアージシステムの開発と山梨大学医学部附属病院における検証", 生産研究 vol62, pp.643-642, 2010.
- [4] 三重県立総合医療センター「エマルゴ・トレーニングシステム TM を用いた演習の実施」
http://www.pref.mie.lg.jp/SOGOHOSS/HP/hospital/ho_s_bousai_kunren/
- [5] Gao, Tia, Tammara Massey, Will Bishop, Daniel Bernstein, Leo Selavo, Alex Alm, David White, and Majid Sarrafzadeh, "Integration of Triage and Biomedical Devices for Continuous, Real-Time, Automated Patient Monitoring". 3rd IEEE-EMBS International Summer School and Symposium on Medical Devices and Biosensors (ISSS-MDBS 2006). Boston, MA. September 2006.
- [6] David Malan, Thaddeus Fulford-Jones, Matt Welsh, and Steve Moulton, "CodeBlue: An Ad Hoc Sensor Network Infrastructure for Emergency Medical Care" in Proceedings of International Workshop on Wearable and Implantable Body Sensor Networks, 2004, pp.203-216
- [7] Tia Gao, Tammara Massey, Leo Selavo, David Crawford, Bor-rong Chen, Konrad Lorincz, Victor Shnyder, Logan Hauenstein, Foad Dabiri, James Jeng, Arjun Chanmugam, David White, Majid Sarrafzadeh, Fellow, IEEE, and Matt Welsh. "The Advanced Health and Disaster Aid Network: A Light-Weight Wireless Medical System for Triage". IEEE TRANSACTIONS ON BIOMEDICAL CIRCUITS AND SYSTEMS, VOL. 1, NO. 3, SEPTEMBER 2007.
- [8] 園田 章人, 井上 創造, "救急活動における個人情報の効率よい利用について", 電子情報通信学会 第18回データ工学ワークショップ, 2007.
- [9] 戦略的創造推進事業 CREST 先進的統合センシング技術領域 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の詳細,
<http://www.jst.go.jp/kisoken/crest/ryoiki/bunya02-1.html>
- [10] 小嶋洋明, 高橋祐樹, 岡田謙一, "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", 情報処理学会論文誌, Vol.53, No.1, pp.450-459, 2012年1月.