

拡張現実を用いた実空間の再現を行う 電子トリアージ訓練システムの提案

安藤禎晃^{†1} 萩野実咲^{†1} 岡田謙一^{†2}

近年、大規模災害時により多くの傷病者を選別するためにトリアージと呼ばれる手法が導入されている。同様に、災害が発生した際に迅速かつ的確な行動をとるために、トリアージ訓練の実施が必須となってきている。現在ではトリアージ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が、電子タグの機能を十分に生かした訓練方法はまだ確立されていない。また、既存の訓練では、シナリオが単純であり傷病者の容態の変化も考慮できていないために災害現場を再現できていない、事前準備に手間がかかるために頻繁に実施できないといった点が指摘されている。本研究では、AR マーカと単眼 HMD を用いることで動的な傷病者情報を表示し、災害現場を再現する電子トリアージ用模擬訓練システムを提案する。シナリオ作成を支援するアプリケーションを構築することで手間を削減し、単眼 HMD 上に時間的に変化する傷病者の状態をイラストと文章によって表示する。また、訓練結果を出力することで被験者の間で分析結果を共有させる。評価実験より、シナリオを迅速に作成でき様々な状況を再現した訓練を実施することが可能であることを確認した。これにより、より実践的な電子トリアージ訓練が可能になると期待する。

Proposal of Electronic Triage Training System Reproducing The True Space by Using Augmented Reality

YOSHIAKI ANDO^{†1} MISAKI HAGINO^{†1} KEN-ICHI OKADA^{†2}

1. はじめに

大規模な災害において、限られた医療資源を最大限活用してより多くの人命を救うため、現在ではトリアージと呼ばれる、治療の優先順位を決定する手法が導入されている。優先順位は傷病者の重症度や緊急度から決定され、紙製のタグを用いて提示される。しかし、混乱した現場では傷病者に取り付けた紙タグが紛失するなど情報の記録が難しく、急な症状変化にも迅速に対応できない。また、タグへの文字記入は両手が塞がるため、手を使った診断行為を妨げる要因にもなっている。そこで近年では、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が進められている[1][2]。紙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が目的である。我々は電子タグでセンシングした傷病者情報を、医療従事者が持つ携帯情報端末に提示するシステムの開発に従事してきた。加えて、ハンズフリー状態で治療優先度を迅速に決定するための音声入力機能や、単眼 HMD を用いて医療従事者にとって重要な急変情報や搬送情報を瞬時に把握することが可能な UI を構築した。電子化されたシステムを用いて実際の災害現場において迅速かつ的確な救命救急活動を行うためには、普段からそれら

のシステムを用いた訓練を重ねておくことが非常に重要となる。しかし、電子トリアージタグの機能を生かした訓練方法はまだ確立されていない。

本研究では、AR マーカと単眼 HMD を用いることで動的な傷病者情報を表示し、実空間を再現する電子トリアージ用訓練システムを提案する。まず災害を再現するためのシナリオ作成を容易にする専用アプリケーションを設計する。そして、作成したシナリオに従って生体情報を動的に変化させ、擬似的に生成した傷病者を実空間に重畳させる。医療従事者は単眼 HMD 上に現れる傷病者を診断しながらトリアージを実施し、治療優先度の決定を繰り返し行う。これにより、訓練シナリオ作成を容易に実施でき、傷病者の生体情報の変化を考慮することによって、災害現場を再現した電子トリアージ用模擬訓練を実施することが可能となる。以下、災害医療訓練の現状と問題点、関連研究を述べ、続いてその問題点を解決するための提案と実装、評価実験について述べる。最後に本研究のまとめとする。

2. 災害現場における救急救命活動

2.1 トリアージに基づく医療活動

可能な限り多くの傷病者を救命するために、1人あたり1分以内で傷病者をトリアージすることが最適とされており、日本においては START 法 (Simple Triage and Rapid Treatment) と呼ばれるアルゴリズムを用いて優先度の段階

^{†1} 慶應義塾大学大学院理工学研究科
Graduate School of Science and Technology, Keio University

^{†2} 慶應義塾大学理工学部
Faculty Science and Technology, Keio University

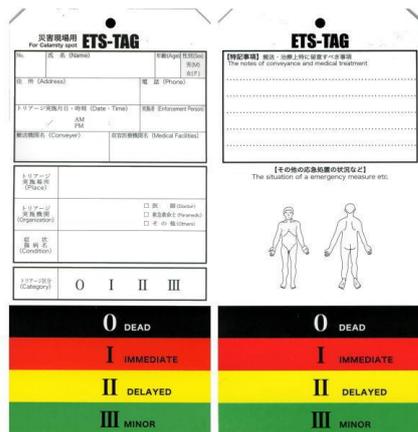


図 1 トリアージタグ

を決定している。START 法によって傷病者を優先度の高い方から赤→黄→緑→黒の順に分類し、図 1 に示すトリアージタグに記入する[3]。それぞれの優先度は、タグを取り付ける際に決定した色が最下部になるように不必要な色の部分を取り除くことによって示される。加えて、名前、年齢、血液型、搬送状況、所属、担当者などの情報が適当な場所に記入される。トリアージの目的は傷病者のふるい分けであるため、呼吸や脈拍、意識の有無にのみ着目し原則として止血や気道の確保といった応急処置以外の治療は行わない[4]。

2.2 トリアージの関連研究

近年、世界各国において災害救急救命のための RFID タグやセンサを用いたシステムが研究されている。ハーバード大学で行われている CodeBlue プロジェクトでは、時計型のセンサから得られたバイタルサインを、アドホックネットワークを通して情報端末に送信している[5]。TechSpecs プロジェクトでは、災害地域のための WIISARD と呼ばれる新しいタイプのネットワークが開発され、傷病者の位置を把握できるようになった[6]。また、国内においても、トリアージタグに RFID タグを埋め込むことで傷病者情報を自動的に収集するシステムを構築した[7]。加えて、得られたバイタルサインを携帯情報端末に表示する研究も行われている[8][9]。このような様々な研究を通して救命救急活動の支援は広く行われており、傷病者情報をリアルタイムで取得し、医療従事者に提示することが可能となった。また、情報を電子化したことで、トリアージの実施記録や過去の傷病者情報をさかのぼって確認することができるようになった。

2.3 現状における災害訓練とその問題点

1995 年に発生した阪神淡路大震災以降、医療従事者と周辺地域の住民が一緒になって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、災害時救急救

命医療におけるトリアージの概念が広く認識され、トリアージ訓練の実施が必須となってきている。トリアージ訓練とは、傷病者役の人が症例や生体情報が書かれた紙を手に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紙に書かれた情報からトリアージのタグ色を決定し、各色のトリアージテントに傷病者を搬送するまでの一連の活動を行うことである。愛知県西尾市民病院において行われた訓練では、トリアージの実施から各分類における処置や記録、搬送などを行った[10]。加えて、山梨大医学部での訓練では、広域災害医療の情報共有を目指して Felica を用いたトリアージシステム (TRACY) の実験を行った[11]。さらに、机上でシミュレーションを行う訓練であるエマルゴ演習も近年では実施されている[12]。これは、災害現場や救護所、災害対策本部や病院などに見立てたホワイトボードを用いて、傷病者や医療従事者に見立てたマグネットを動かすことで最適な人員配置を学ぶものである。

しかし、実際の災害現場では急変者の発生など不測の事態が多発するが、現状の訓練では生体情報は紙に書かれているため変化せず、マニュアル通りの処置をして擬似搬送するにとどまっている。また、訓練を 1 度実施するためには多くの医療従事者や傷病者役の人間が必要であり、加えて訓練に使用するシナリオの作成、機材の準備などに大きな手間がかかってしまうため、頻繁に訓練を実施することができない。エマルゴ演習は傷病者役の人間が不要なため手軽に実施可能であるが、机上シミュレーションであるために災害現場の再現が不十分であり緊張感が不足している。さらに、電子化した機器を生かした訓練システムは構築されていない。電子トリアージの導入によって生体情報をリアルタイムに取得することはできるようになったものの、訓練において本物のような生体情報を擬似的に提示するには至っていない。加えて、情報を確認、入力するためには医療従事者が携帯情報端末を片手に持っていることが前提である。そのため、両手がふさがってしまい並行して治療行為を行うことができず、迅速さが求められるトリアージでは大きなロスとなる。また、電子トリアージによって可能になったトリアージの実施記録や訓練時の行動履歴を生かすことができていない。

3. 災害時救急救命訓練の電子化の要件

現在では戦略的創造推進事業 CREST において、トリアージの電子化が行われており、各傷病者の症状や生体情報の変化をリアルタイムに取得することが可能になった[1][2]。しかし、こうしたセンサを用いて情報を取得した場合においても、端末を所持し、トリアージ結果を入力するためには医療従事者の両手が塞がってしまう。このことは並行して行うべき治療行為の妨げとなっており、迅速さが求められるトリアージにおいて大きな時間のロスとなる。

そこで、我々はトリアージの入力や傷病者情報の閲覧の際にハンズフリー状態を提供することで、並行して治療行為を行うことができ、トリアージの時間短縮につながると考える。

また、開発したシステムを災害時に有効に活用するためには日常的な訓練が必要である。災害訓練においては、災害の種類や規模、傷病者の個人情報などのシナリオを作成する必要があるが、現状では大きな手間がかかっている。さらに、実際の災害現場において生体情報は時間とともに変化していくため、それらを考慮することが重要であるが、健常者から取得しているために値が静的である。また、訓練の実施状況を共有することも不十分である。そのため、電子トリアージ訓練システムではこれらの点を考慮することが必要である。

3.1 ハンズフリー状態の提供

トリアージの際、医療従事者は傷病者の生体情報を確認しながらトリアージタグに記入を行う。また、原則として治療は行わないものの、気道の確保や止血行為、意識の有無の確認などの応急処置のみ実施する。しかし、タグへの記入を行う際には両手が塞がってしまうために、応急処置を並行して行うことができず、結果として迅速さが必要となるトリアージの進行を妨げていた。そこで、トリアージ結果の入力の際にハンズフリー状態を提供し、その状態のまま入力が可能な機能を持たせることで、トリアージ結果の入力と応急処置を並行して行うことが可能となり、トリアージの時間短縮につながる。

3.2 傷病者情報の時間的変化

トリアージにおいて START 法の際に用いられる生体情報とは、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、訓練においても傷病者から生体情報を取得する必要がある。しかし、実際に訓練を行う際には健常者に傷病者の演技をしてもらっているにすぎず、取得した生体情報は正常な値になってしまうために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、疑似的に生体情報を生成させ、常に変化を起こす動的な生体情報を再現することがトリアージ訓練において重要となる。

3.3 訓練実施状況の共有

訓練の意義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にあるが、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

いくことが習熟度の上昇につながる。しかし、現在の訓練において用いられているホワイトボードでは、記入の仕方が書き手にしか分からない場合が多く、訓練後の振り返りに用いることが困難であった。また、訓練は複数人で行った場合により効果的であると言われている。その際には、訓練後に行動記録を振り返るだけでなく、訓練途中にも今誰がどの傷病者のトリアージを行っているのかといった状況を互いに把握することが重要である。そうすることで、訓練における行動履歴を把握することができ、トリアージのミスなどに対する細かい分析が可能になる。

3.4 災害シナリオの作成項目

訓練シナリオにおいて重要な点は、いかに実際の現場に近い情報を再現できるかどうかである。訓練において災害現場を再現するためには、擬似的な傷病者情報だけでなく、災害の規模や傷病者の人数、搬送される時間などを細かく設定する必要がある。作成するシナリオは METHANE と呼ばれる概念に基づいて構成される[13]。METHANE とは災害状態を表す上で重要な情報となる項目の頭文字を並べたものであり、以下の7つの項目に該当する情報をそれぞれ変更することによって、トリアージ訓練を多様化させることが可能となる。なお、本システムにおいて各項目に設ける内容および選択肢は過去の災害報告書に基づいて設定した。

1. Major incident : 災害の規模
 - 小規模災害 : 1-10人
 - 中規模災害 : 11-30人
 - 大規模災害 : 31人以上
2. Exact location : 発生場所
 - 道路・交差点、繁華街、大型ショッピングモール、集合住宅、鉄道・駅、飛行場、学校、オフィス、工場、遊園地、競技場
3. Type of incident : 災害種別
 - 自然災害 : 火災、有毒ガス、台風、洪水、崖崩れ、地滑り、落雷、地震、津波、火山噴火
 - 人為災害 : 交通事故、列車事故、墜落事故、武力攻撃、テロ、化学薬品流出、原子力事故
4. Hazard : 2次災害を起こす危険要因の有無
5. Access : 到達経路
6. Number of casualties : 傷病者数
 - 氏名
 - 年齢 : 10代-80代、80歳以上
 - 性別
 - トリアージタグ色 : 黒、赤、黄、緑
 - 歩行の可否 : 可or不可
 - 意識の有無 : 有りor無し
 - 急変情報 : するorしない
 - 症例名 : 高エネルギー外傷、クラッシュ症候群など

-バイタルサイン：呼吸数，脈拍数，SpO2

7. Emergency services：医療資源

-医療従事者数，搬送可能能力，医療品量

4. 拡張現実を用いた実空間の再現を行う電子トリアージ訓練システムの提案

3章で述べた訓練システムに必要な要件である，トリアージをハンズフリー状態で実施できること，時間的に変化する傷病者情報を擬似的に生成すること，訓練の実施状況を共有しその後の反省に生かすことができること，災害現場の再現に必要な情報を備えたシナリオを容易に作成できることの4点を踏まえた訓練システムを構築した。

4.1 システム構成

本システムの全体構成を図2に示す。本システムはトリアージオフィサーとインストラクターの2人1組で使用する。トリアージオフィサーとは，実際にトリアージを実施する者であり，本システムにおいては単眼HMD，Wi-Fiカメラ，マイク，携帯情報端末であるiPhoneを装着している。インストラクターとは，iPadを用いて災害シナリオや訓練環境の構築を行い，トリアージオフィサーの訓練過程を評価する者である。はじめに，インストラクターはシナリオ作成アプリケーションを用いて訓練時に使用する災害現場を再現するための訓練用災害シナリオを作成する。次に，傷病者の代わりに用いるARマーカを訓練実施場所内に設置する。トリアージオフィサーはWi-Fiカメラを用いて傷病者役のARマーカを認識すると，IDに対応した傷病者シナリオが読み込まれる。訓練中は，シナリオで指定されたタグ色に応じて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疑似的に生成し，情報管理サーバ上で生体情報を一定間隔で更新し続ける。マーカ認識時に，これらの傷病者情報を見ながら音声入力トリアージを行う。この際，常時ハンズフリー状態を提供でき，かつ容易な入力が可能である点から単眼HMDを用いた音声入力トリアージシステムを利用した[14]。トリアージによって決定した各傷病者のタグ色はHMD上に表示され，その後も優先度を確認することができる。マーカ認識結果もしくは訓練結果に応じて単眼HMD上に表示される画面は変更されるが，音声入力によってトリアージプログラムを実行しながら端末を操作することができ，訓練を進行できる。尚，インストラクターによるシナリオ作成情報，トリアージオフィサーの音声入力結果，トリアージプログラム実行結果，マーカ検知結果，単眼HMDへの出力結果は，ネットワークを通じて常時データベースへと格納している。このデータベースを使用することで，訓練結果の出力やリアルタイムでのシナリオ反映等が可能となる。

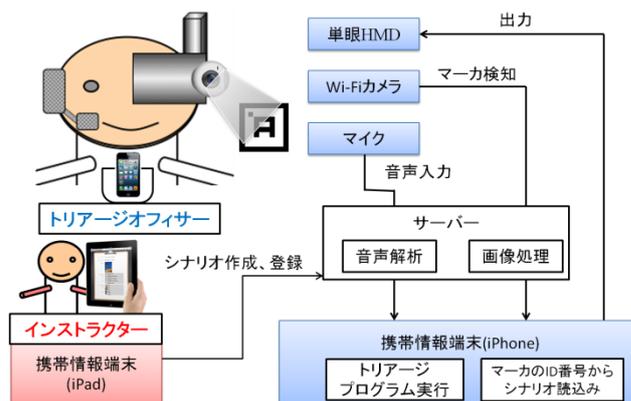


図2 システム構成

4.2 災害シナリオ作成インタフェース

訓練シナリオは，設定項目が煩雑なため大きな画面を用いて入力することが望ましい。加えて，持ち運びが可能である点を考慮しiPad上で操作するアプリケーションを設計した。3.4節で述べたMETHANEに沿って選択項目を選んでいくインタフェースである。図3はT：災害種別を選択している様子を示している。図左上から順に，シナリオ完成までの進行状況，過去のフローであるM：災害規模とE：災害発生場所の決定済み事項，現フローであるT：災害種別での設定指示，T：災害種別における選択肢群となる。さらに，選択中の選択肢：火災には選択済みを表すために背景の色が変わり，図右には次のフローに進むためのボタンが現れている。このように，シナリオを作成する画面は非常に簡易的なデザイン設計，かつ煩雑なシナリオ作成を各フローに分けて順々に設定していくことで簡素化し，1つの画面上で操作しなければいけない作業を1つに限定することで操作間違いを防止させようと勤めた。次に，METHANEの概念の内，N：傷病者数のみ時系列の設定を行う。MからEまでのシナリオ作成を終えると，図4のようなN：傷病者の一覧が表示される。ここでは，画面の一番左を訓練開始0分とし，右に列移動するごとに経過時刻が1分ずつ進んでいく。さらに，傷病者IDが記されたラベルには各傷病者が該当するタグ色が充てられている。このラベルは自由に任意の時間列に移動することが可能であり，移動を繰り返すことによってシナリオの時系列を作成していく。さらに，ラベル右部にある▼マークをタップすると各傷病者の詳細情報閲覧と急変設定を行うことができる。この時系列の作業を終えると，災害シナリオは完成となる。シナリオはデータベースに保存され，いつでも模擬訓練に適用することが可能となる。

4.3 拡張現実を用いた実空間の再現

「いつでもどこでも」を実現するために，実空間の自由な位置にARマーカを配置するだけで傷病者を出現できるようにする。準備はマーカを印刷し配置するだけであり，



図 3 シナリオ作成アプリケーションによる作成画面

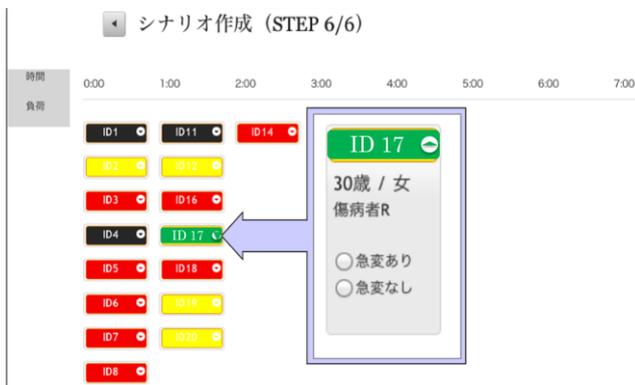


図 4 シナリオ作成アプリケーションによる時系列設定

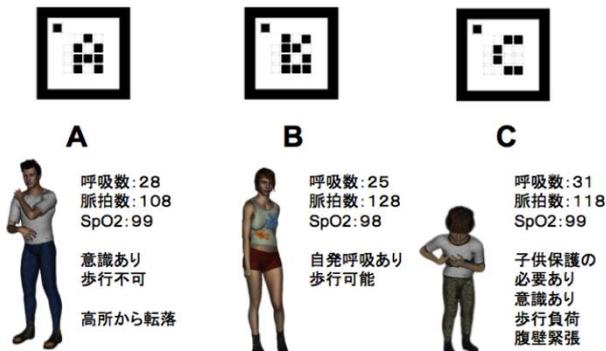


図 5 各 AR マーカに応じた ID のシナリオ例



図 6 マーカとの距離が反映されている様子

簡単な作業だけで実現できる。マーカを認識すると、図 5 のように各 ID に応じた傷病者のシナリオが読みこまれる。その際、マーカの向きおよびマーカとの距離に応じて、傷病者情報の提示に変化が生じる。トリアージは、目を見ながら対面で行う、背後からの問いかけには応じないといったように、傷病者に正面から向き合って相対することが重要である。そのため、認識する際のマーカの向きを考慮することで、対面状態や側面状態を再現した。また、図 6 はマーカとの距離が反映されている様子である。トリアージは傷病者に接近して行うものであり、離れた場所からは大

まかな状態しか確認できない。そのため、マーカから 1m 以内にいないければトリアージを実施できないものとし、距離に応じて以下のように傷病者情報を提示する。

- ・マーカが 1 つおよび 1m 以内に接近
トリアージ可、傷病者情報をすべて提示
- ・マーカが複数もしくは 1m 以上はなれている
トリアージ不可、傷病者情報の一部提示
遠くから見渡している状態であり、診断は不可
- ・マーカが視野外
トリアージ不可、傷病者情報閲覧不可

4.4 生体情報の擬似生成

トリアージによる優先度決定の際、呼吸数、脈拍数、SpO2の生体情報が重要な判断要素となる。これらを動的に発生させるため、順天堂大学医学部の救急救命医師とのディスカッションのもと、各タグ色の値を以下のように決定した。

- ・黒タグ相当 呼吸：0 脈拍：0 SpO2：0
- ・赤タグ相当

パターン1⇒呼吸：10未満あるいは30以上、脈拍：20-150の間、SpO2：90-99%（意識あり、またはなし）

パターン2⇒呼吸：1-50の間、脈拍：50未満あるいは120以上、SpO2：90-99%（意識あり、またはなし）

パターン3⇒呼吸：1-50の間、脈拍：20-150の間、SpO2：90-99%（意識なし）

- ・黄・緑タグ相当 呼吸：10-30、脈拍：50-120、SpO2：95-99%

また、これらの生体情報においては、呼吸：50回/分以下、脈拍：150回/分以下、SpO2：100%以下に設定し、現実にはありえない値を排除した。さらに、単位時間あたりの差分を、呼吸：10回/分以下、脈拍：20回/分以下、SpO2：1%以下に設定することで、実際には起こりえない急激な変化を排除した。赤タグ相当の生体情報を発生させる場合は、意識がある場合とない場合、呼吸を制限する場合と脈拍を制限する場合で分けた。なお、緑もしくは黄タグ相当から赤タグ相当に値が変化した場合を急変と定義する。

4.5 訓練実施状況の可視化

訓練を有意義なものとするには、訓練後に自身の行動を振り返ることが重要である。図7はiPadに表示されるインストラクター役の訓練過程の表示画面である。各傷病者がいつ搬入、搬出されたのか、いつトリアージを開始、終了したのか、トリアージの所要時間と正否はどうだったかといった情報を確認できる。この情報をもとに、タグ色を決定したフローや、ミスの原因を振り返ることができる。また、訓練中にもリアルタイムで情報は更新されていくため、トリアージオフィサーがどうトリアージを進めているのかを常時把握することが可能である。図7に示す画面上部左はトリアージオフィサーが今見ているHMDの画面であり、シナリオ情報をインストラクターも確認することができる。図7に示す画面上部右には、急変者、搬入者、搬出者を新たにシナリオに書き込むためのボタンがあり、訓練実施中においてもシナリオを追加、変更することが可能である。

5. 評価実験

提案システムの有用性を評価するために、シナリオ作成アプリケーションに関する評価、および単眼HMDを用いた模擬訓練実施に関する評価を行った。



図7 インストラクター役への訓練状況の監視画面

シナリオNO: 01

- 規模: 小規模災害
- 地方都市のバイパスにて車2台による交通事故
- 傷病者数: 9名
- 事故車両から出火あり
- 8月10日 午前8時05分発生 天気: 晴れ
- 赤タグの割合: 3(赤3名, 黄5名, 緑1名, 黒0名)
- 急変者: 2名(7分, 10分)
- 搬入: 5分に3名
- 搬出: 10分に2名



図8 訓練に用いた災害シナリオの一例

5.1 シナリオ作成に関する評価実験

訓練で想定する傷病者情報を含めた災害状況を再現するためのシナリオを、誰でも同じように作成できるかを検証する。シナリオ作成の煩雑さが本アプリケーションによって解消できるかを確認することで有用性を評価する。被験者は、図8に示すような実際に発生した事故例に基づいたシナリオを5つ作成する。被験者は学生12名である。

実験結果のうち、シナリオ作成に要した平均時間は1つあたり106secであった。煩雑な災害状況を再現するために、多様な状況設定や時間軸に沿った動的な設定変化をシナリオに組み込む必要があったが、本アプリケーションによってシナリオ1つあたり2分以内での作成が可能になった。

表 1 ユーザビリティに関するアンケート結果

入力内容を選びやすかったか	4.5
操作方法を理解しやすかったか	4.1
入力画面は見やすかったか	4.1
操作に戸惑いにくかったか	3.6
操作に疲労を感じにくかったか	4.0

また、標準偏差については 21sec であり、これはシナリオ作成に要する時間のばらつきが小さいことを示している。つまり、作成するユーザや再現する災害状況の差異がシナリオ作成に影響を与えないことが分かった。さらに、シナリオ作成アプリケーションのユーザビリティに関してのアンケートを行った結果を表 1 に示す。評価は、各項目において 5 が最もよい、1 が最も悪いとする。アンケート結果より、すべての項目で非常に高い結果を得られた。これらのことから、シナリオ作成アプリケーションの有用性を確認した。

5.2 HMD を用いた訓練実施に関する評価実験

5.2.1 実験概要

訓練環境を容易に構築でき、HMDを装着した状態で災害シナリオに沿って模擬訓練をスムーズに実施できるかを検証する。被験者はトリアージオフィサー役とインストラクター役の2人1組となり、訓練準備から急変者の発生や搬送、トリアージの実施（以下、イベントと呼ぶ）を行い、終了後には事後考察を行う。想定環境は、自動車による交通事故が発生し、傷病者が7人存在しているものとする。各タグ色的人数は、赤タグが2人、黄タグが3人、緑タグが2人、黒タグが0人である。これは実際に順天堂大学医学部浦安病院で行われたトリアージ訓練のレポートを参考にしている。訓練開始前にインストラクター役は、あらかじめ用意されたシナリオに沿って図9の通りにARマーカを配置し、訓練環境を構築する（イベントA-1）。訓練を開始すると、トリアージオフィサー役はHMDに装着されたWi-Fiカメラを用いてARマーカを順番に認識し、その際に画面上に表示された傷病者および傷病者情報を見ながら音声入力を用いてトリアージを行う（イベントB-1）。また、訓練の最中にインストラクター役は監視に用いているiPadを操作して下記に記したイベントを時系列順に発生させ、トリアージオフィサー役はそれらのイベントが通知されるたびにトリアージを中断して対応を行う。

・3分経過後：赤タグ1人、黄タグ1人を搬入する（イベントA-2）

搬入者を確認、承諾する（イベントB-2）

・6分経過後：急変者が発生する（イベントA-3）

急変者のもとへ行き、対応を行う（イベントB-3）

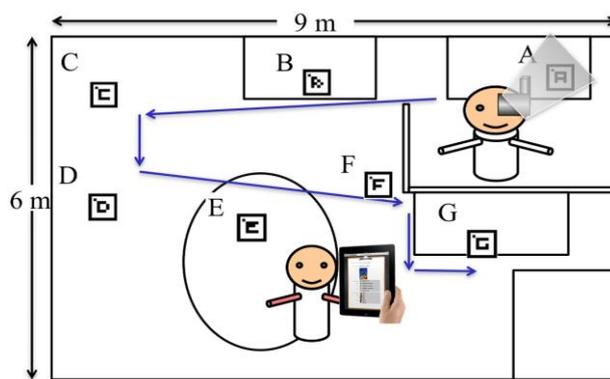


図 9 実験環境の見取り図

表 2 インストラクター役のイベントごとの平均時間

(A-1) マーカの配置に要した時間	75.2sec
(A-2) 搬入者追加シナリオを作成し、マーカを配置するまでの時間	18.4sec
(A-3) 急変者発生シナリオの作成時間	7.6sec
(A-4) 搬出者追加シナリオの作成時間	9.3sec

表 3 トリアージオフィサー役のイベントごとの平均時間

(B-1) 1人あたりのトリアージ実施時間	32.6sec
(B-2) 搬入者通知を確認するまでの時間	8.4sec
(B-3) 急変者発生通知を確認し、処置を開始するまでの時間	47.1sec
(B-4) 搬出者決定要請の通知を確認し、搬出者を決定するまでの時間	73.3sec

・9分経過後：搬出が可能となる（イベントA-4）

赤タグ傷病者から搬出者2人を決める（イベントB-4）
訓練終了後には、インストラクター役は所要時間と正答率をトリアージオフィサー役に伝え、2人で意見の交換を行う。本実験の被験者は学生10組20名である。

5.2.2 結果

表2にインストラクター役がイベントごとに要した平均時間を、表3にトリアージオフィサー役がイベントごとに要した平均時間を示す。まず、インストラクター役は、それぞれのイベントに要した時間が非常に短いことが結果から分かる。おおよそ1分程度で訓練環境の構築が可能であり、訓練中にシナリオを変更する場合にも20秒以内で対応可能である。一方、トリアージオフィサー役がタグ色を決定するまでの時間は1人あたり平均32.6秒であった。トリアージは1人あたり30-60秒以内で行うことが理想とされているので、有用な結果だといえる。次に、イベントB-2,3,4に着目すると、シナリオに沿って発生したイベントに対して、通知では10秒以内、搬出者の決定などに関しても2

表 4 模擬訓練実施に関するアンケート結果

トリアージ オフィサー 役	傷病者情報提示が分かりやすいか	4.3
	HMDによる傷病者情報の 理解が容易か	3.7
	音声認識は容易か	3.1
	イベントの通知確認が容易か	4.6
	結果報告から改善点を 理解できたか	4.1
	疲労を感じにくかったか	3.5
インストラ クター役	トリアージ実施状況を 把握しやすいか	4.3
	シナリオ変更が容易か	4.5
	自身も訓練に参加していると 感じたか	4.0
	トリアージオフィサー役の 改善点を見つけやすいか	4.2
	本システムを用いた訓練は 実施しやすいそうか	4.1
	疲労を感じにくかったか	4.6

分以内に行動を完了しており、トリアージ中に発生する多様な状況に対して素早く対応することが可能であることを示している。さらに、表4に模擬訓練実施に関するアンケート結果を示す。評価は、各項目において5が最もよい、1が最も悪いとする。アンケート結果より、トリアージオフィサー役およびインストラクター役の2人ともにすべての項目で高い評価を得られ、本システムの訓練の有用性を示せたといえる。

6. おわりに

災害時の救急救命活動の効率化は、被害を最小限に抑えるためには非常に重要である。医療資源が不足する状態においては、傷病者の緊急度や重症度に応じてトリアージを行い、早期に治療を必要とする重症患者から順に適切な治療を行うことがより多くの人命を救うことにつながる。しかし、優先度は災害の種類や傷病者の数、傷病者の容態などによって異なる。そのような状況下で適切な判断をするためには、日常的に訓練を行う必要がある。近年では、トリアージの電子化により傷病者情報のリアルタイムな収集が可能となったが、システムを用いた訓練方法は確立されていない。本研究では、拡張現実を用いて実空間の再現を行う電子トリアージ用訓練システムを構築した。災害を再現するためのシナリオ作成を容易にするアプリケーションを設計し、作成したシナリオに従って動的な生体情報を擬似的に生成する傷病者情報を実空間に重畳させた。医療従事者は単眼 HMD 上に表示される傷病者を見ながらトリア

ージ訓練を繰り返し行うことができる。また、訓練を指導するインストラクター役に訓練結果をリアルタイムで共有することによって、訓練の意義を高めようとした。本システムを用いてシナリオ作成および訓練実施に関する実験を行ったところ、シナリオ作成の煩雑さの解消と多様なシナリオに沿った効果的な訓練が実施可能であることを確認した。これらのことから、高頻度でより災害現場を再現した電子トリアージ訓練を行うことが可能となり、トリアージの習熟に役立つことが期待される。

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) における戦略的創造研究推進事業 (CREST) の支援により行われた。

参考文献

- 1) 独立行政法人 科学技術振興機構：先進的統合センシング技術 <http://www.sen.jst.go.jp/>
- 2) 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年9月.
- 3) 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 (2007).
- 4) 大阪府医師会 救急・災害医療部. 災害時における医療施設の行動基準 (第1版). <http://portal.osaka-bousai.net/>.
- 5) D.Malan, T.Fulfordjones, M.Welshand S.Moulton: Codeblue: An ad hoc sensor network infrastructure for emergency medical care, International Workshop on Wearable and Implantable Body sensor Networks 2004, 203-216.
- 6) L.A, Lenert, D.A.Palmer, T.C.Chan and R.Rao: An intelligent 802.11 triage tag for medical response to disasters, AMIA Symposium Proceedings, 2005, 440-444.
- 7) 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年.
- 8) Tio Gao and David White: A Next Generation Electronic Triage to Aid Mass Casualty Emergency Medical Response, AMIA Symposium Proceedings, 2006.
- 9) 小嶋洋明, 高橋祐樹, 岡田謙一: STRAT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.
- 10) 愛知県西尾市民病院「トリアージ訓練報告」(2008) <http://www.city.nishio.aichi.jp/hospital/intro/pdf/toriage01.pdf>
- 11) 沼田宗純, 秦康範, 大原美保, 目黒公郎: 広域災害医療を共有するための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, 2011年5月.
- 12) エマルゴ・トレーニングシステム tmを用いた演習の実施 (2011). <http://www.pref.mie.lg.jp/SOGOHOS/HP/hospital/hosbousaikunren/>.
- 13) 橋本市災害医療フォーラム http://www.hashimoto-hsp.jp/cgi-local/case.cgi?f=201101_01
- 14) 萩野実咲, 高橋祐樹, 安藤禎晃, 岡田謙一: 音声入力を用いた電子トリアージ用情報伝達システム, 第86回GN研究会, Vol.2013-GN-86, No.23, pp.1-6, 2013年1月.