

訓練者の習熟度を考慮したトリアージ訓練システム

田山 友紀^{1,a)} 加藤 隆雅^{1,b)} 岡田 謙一^{2,c)}

概要：災害時には医療を行うための人的・物的資源が不足するため、トリアージを実施することで優先的に治療を行う傷病者を決定する。限りある医療資源を効率よく利用し多くの人命を救うため、近年トリアージ訓練の実施が必須となってきた。しかし、現状の訓練では各訓練者の習熟度を考慮して実施できず、非効率な訓練となる可能性がある。さらに、訓練者に合わせた難易度のシナリオの作成や評価が難しい。そこで我々は、訓練者の習熟度を考慮したトリアージ用災害訓練システムを提案する。訓練者の習熟度に応じて訓練シナリオを自動生成し、難易度に応じて訓練者の持つ端末に表示する情報を変化させる。そして、訓練の結果として訓練者の弱点や習熟度を可視化する。評価実験を行った結果、訓練者の弱点をカバーする訓練を実施でき、災害活動を迅速かつ正確に実施できるようになる効果が得られた。本システムを用いて効果的な訓練を行うことが可能となり、災害における救命活動の効率化につながると期待する。

キーワード：トリアージ, 訓練, 習熟度

Proposal of a Triage Training System Taking User Proficiency Into Consideration

YUKI TAYAMA^{1,a)} RYUGA KATO^{1,b)} KEN-ICHI OKADA^{2,c)}

1. はじめに

大規模な災害では多数の傷病者が発生し、地域全体の医療供給が著しく低下する。このような状況において、傷病者の症状に応じて治療の優先度を決定するトリアージが重要となる。トリアージが実施された後は医療救護施設への搬送、および搬送先の医療機関で適切な処置が行われる。

近年、災害時の救急救命活動を支援するためのシステムの研究開発が数多く進められている。これまでに傷病者の生体情報をリアルタイムに取得するシステム [1][2] や、傷病者の生体情報や位置を可視化するシステム [3] が開発されてきた。一方で、災害現場の活動を支援するシステムだけではなく、日常的な訓練を行うシステムも重要である。

災害時にトリアージを迅速かつ正確に実施するためには日頃訓練を行い、知識と技術を身につけておく必要があるからである。しかし、現在の訓練では一度に複数人の医療従事者が同じ環境で訓練を受けるため、各訓練者の習熟度を考慮した訓練を実施できていない。そのため、例えば訓練者の習熟度に沿わない難しい訓練を実施した場合、訓練者の正答率が下がりモチベーションが下がる可能性がある。さらに訓練者一人一人の習熟度に応じた難易度の訓練シナリオの作成は困難であるため、頻繁に訓練を実施することはできない。訓練者の訓練実施状況を評価し難易度の調整や結果のフィードバックを行うインストラクタを手配することも容易ではない。

このような背景から本研究では、訓練者の災害活動における習熟度を考慮したトリアージ訓練システムを構築した。まず、ビーコン端末を仮定の傷病者として使用し、ビーコン端末と訓練者の距離に応じて提示する傷病者の情報を変化させ、実際の災害現場の状況を再現する。そして、トリアージの実施や急変した傷病者への対応、搬送者の決定、

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 of Science and Technology, Keio University

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

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

c) okada@z2.keio.ac.jp

災害対策本部との情報共有といった災害活動における重要な要素に対する訓練者の習熟度に応じて訓練シナリオを自動生成する。また、訓練結果へのフィードバックとして訓練者の弱点や習熟度を可視化する。訓練者の習熟度に応じて訓練シナリオの難易度を変化させ、結果のフィードバックを行うことにより、訓練者一人でも効果的なトリアージ訓練を繰り返し行うことが可能となる。

2. 関連研究

2.1 災害におけるトリアージ

医療資源を最大限に活用しても全ての傷病者に最善の医療を提供できない状況が、災害時には訪れる。その際、傷病者の傷病の重症度や治療の緊急度から治療優先度を決定する手法をトリアージと呼ぶ。日本では、傷病者が発見された場所、もしくは最初に運ばれるトリアージポストにて行う1次トリアージの方法としてSTART法(Simple Triage and Rapid Treatment) [4]が広く普及しており、呼吸数・脈拍数・SpO₂(血中酸素濃度)値と意識の有無によって治療優先度を決定する。治療優先度の高い順に、赤(最優先治療群)→黄(待機治療群)→緑(保留群・軽症群)→黒(死亡群・非処置)の4つのカテゴリに分類される。そして、医療従事者は決定した治療優先度をトリアージタグと呼ばれる4色のマークがついた紙製のタグに反映する[5]。トリアージタグには傷病者の性別や年齢、トリアージ実施日時、担当者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クを切り取った上で傷病者の右腕に装着する。傷病者の症状は時間とともに変化していくことが多いため、トリアージは複数回行うことが望ましい。

2.2 トリアージ訓練

近年、災害時の救急救命活動におけるトリアージの概念が広く認知され、訓練の実施が必須となってきた。災害救助訓練は大きく分けて実働訓練と机上訓練の2種類がある。実働訓練では、症状や生体情報が書かれた紙を傷病者役の人が所持し、症状に応じた演技を行う。医療従事者はトリアージの実施や搬送などの活動を擬似体験する。最近、医療従事者数名でチームを組み訓練を行う、メディカルラリーと呼ばれるプレホスピタル技能競技会も実施され始めている[6]。机上訓練では、ホワイトボードやマグネットを使って災害時の適切な行動や人員配置を学ぶEmergo Train System (ETS)[7]と呼ばれる手法が広まりつつある。

訓練の目的は、繰り返し行うことで手法に習熟し、実際の災害での適切な処置を可能にすることである。実働訓練では本番さながらの作業を経験することが可能だが、コストが高く準備に時間がかかってしまう。一方で、ETSは机上シミュレーションであるため臨場感が足りず、傷病者の容態変化や災害現場を再現するのが難しいという問題点

がある。これらを解決すべく、VRを用いた訓練[8]やVRとHMDを利用する訓練[9]、Kinectを用いてアバタを操作しながら学習するシステム[10]などが研究されてきた。しかし、依然として準備の手間やコストの問題があり、さらに実際の災害時のように身体を動かして訓練することができない。

2.3 先行研究と問題点

これまで、我々はトリアージの電子化および訓練システムの開発を行ってきた。音声入力を用いることで医療従事者のハンズフリー状態を実現し、迅速かつ容易に治療優先度を決定することを可能にした。さらに、動的に傷病者情報に変化する訓練システムを、ARマークと単眼HMDを用いて実装した[11]。

先行研究ではWi-Fiカメラによるマーク検知を行っていたが、すべての環境に対するマーク検知の手法を実現できている訳ではない。例えば、カメラがマークを映すことが難しい状況となる夜の暗闇を想定した訓練は実施できない。加えて、1度に1つのマークしか検知できないことや、傷病者に近づく・遠のくといった距離を取得することが難しいため、実際の災害現場に近い状況を再現できていない。

さらに先行研究に限らず、従来の災害救助訓練の問題点として、訓練者それぞれの災害活動における習熟度を考慮した訓練を実施できていないこともあげられる。現状の訓練では訓練後に簡易的な反省会を訓練者全体で行っているが、それぞれの訓練者の行動に対する詳細な結果が十分に提示されていないことも問題点としてある。訓練者の弱点や、どこをどう間違えたのかといった情報をわかりやすく提示する必要がある。

3. 訓練者の習熟度を考慮したトリアージ訓練システム

先に述べた問題点を解決するためには、災害現場に近い状況を訓練環境において容易に構築できること、訓練者の習熟度に応じて訓練の難易度を変化させること、その難易度のシナリオを作成できること、訓練結果から自分の弱点を分析しその後の活動に活用できること、以上の4つが訓練システムに求められる要件となる。

3.1 訓練環境の構築

訓練を高頻度で実施するためには、訓練を行うための場所の確保やその場所への傷病者の配置といった訓練環境の構築を容易にできる必要がある。現状の訓練では、病棟を貸し切りにしたり体育館やグラウンドを使用して訓練場所を設けているが、訓練場所を用意する作業が「どこでもいつでも訓練を実施できる」というニーズへの大きな障害となってしまう。また、傷病者役の人の手配および演技指導の手間は、前述のような仮想傷病者としてのAR

マーカの利用の場合には必要がなくなる。しかしその場合、1つずつしかマーカの検知ができず、複数の傷病者が現場にいるような感覚を得ることが難しい。さらに、実際の現場では傷病者に近づけば近づくほど得られる情報量は増える。例えば、傷病者が遠くにいる時は位置を認識することしかできないが、目の前にいる時には意識の有無や怪我の箇所といった外見の特徴を知ることができる。つまり傷病者との距離に応じて取得できる情報は変化する。

これらのことから、AR マーカのように実空間に傷病者を自由に配置でき、複数の傷病者を訓練者との距離に応じて検知可能な方法が必要となる。傷病者との距離に応じて訓練者に提示する情報を変化させることにより、実際の災害現場における医療従事者と傷病者の状況に近い環境を訓練者に提供可能となる。

3.2 習熟度に応じた難易度の変化

限られた時間の中で高い訓練効果を得るには、訓練者のレベルに応じた難易度の訓練を実施することが重要である。トリアージの理解度が不足している医療従事者に対して治療優先度決定の難しい傷病者が多数存在する訓練をいきなり実施しても、適切な判断ができず訓練成績は悪くなり、モチベーションも下がってしまう。反対に、トリアージに関する知識が十分にある医療従事者に難易度が低い訓練を実施しても、正答率は当然高く訓練としての意味をなさない。つまり、訓練者のレベルに応じて訓練の難易度を変えることが訓練効果を高めることにつながると言える。

よって、訓練者の習熟度に応じた難易度変化を訓練シナリオに取り入れることが必要である。難易度を変化させる方法としては、使用するシナリオの内容自体を変化させる、訓練者に対してヒントを出すあるいは制限時間を設ける、の2通りがある。難易度を訓練者のレベルに合わせて適切に変化させることで、質の高い訓練を容易に実施することが可能となる。

3.3 訓練シナリオの作成

習熟度に応じた難易度の変化を実現するためには、訓練の際に使用するシナリオを自動生成する必要がある。訓練シナリオには、傷病者を1人ずつトリアージし傷病者を医療機関へ搬送するまでを含む。1回の訓練において習熟すべき内容として以下の項目が挙げられる。

- トリアージの実施
災害現場にいる全ての傷病者を見つけ、各傷病者の治療優先度（赤・黄・緑・黒）を迅速かつ正確に判定することである。二次災害が発生して傷病者が増えたり新しく発見されたりした際は、それらの傷病者に対しても漏れなくトリアージを実施することが求められる。
- 急変者への対応
急変とは、治療優先度を黄や緑に決定した傷病者の症

状が急激に悪化し、赤相当の症状になることを指す。急変者が発生したら迅速にその傷病者の元に向かい応急処置を施す必要がある。

- 搬送者の決定
災害発生時には近隣の医療機関から救急車やドクターヘリが出勤する。搬送者の決定とは、救急車等が現場に到着した際にどの傷病者を搬送するか決定することである。各傷病者の状態を把握し、その時点で治療優先度が一番高い傷病者を搬送する必要がある。ただし、急変者が発生していた場合にはその傷病者を最優先に搬送しなければならない。
- 災害対策本部との情報共有
災害対策本部に必要な情報を伝達することも、活動を円滑に進める上で非常に大切なことである。現場の医療従事者が伝達すべき内容として現場の傷病者数、急変者、搬送に関する情報が挙げられる。

これらの要素を訓練できるように、災害現場に存在する傷病者数、各傷病者の生体情報の値や症状、急変者発生や搬送者決定などのイベントの発生時間・発生回数などを、訓練者の習熟レベルに合わせてシナリオを作成する必要がある。

3.4 訓練結果のフィードバック

訓練とは反復練習しながら知識を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意義を高めることができる。訓練者の災害活動における弱点やどこを間違えたのか、といった情報をわかりやすく提示するには訓練者の行動を把握する必要があり、一般的には訓練者以外の医療従事者やインストラクタが付き添わなければならない。

従って、訓練中のトリアージに要した時間や正答率、急変や搬送といったイベントへの対応時刻と所要時間、災害対策本部への情報伝達の内容といった訓練者の行動を記録し、提示することが重要となる。訓練後に時系列に沿った各傷病者の状態変化の様子や起こったイベントを確認し、自身の行動履歴と照らし合わせて適切な災害活動ができていたかを検討する必要がある。また、訓練結果を訓練後も管理することにより過去の自身の訓練結果と比較でき、どのように習熟度を高めてきたか、またはどのような部分が苦手なのか、といった訓練者の特徴や訓練過程の分析が可能となる。

4. 提案システムの実装

4.1 システム構成

図1に本システムの構成を示す。本システムによる訓練では、訓練者が訓練環境の構築から訓練終了後の振り返りまでを全て一人で行う。訓練者は訓練環境内に設置された

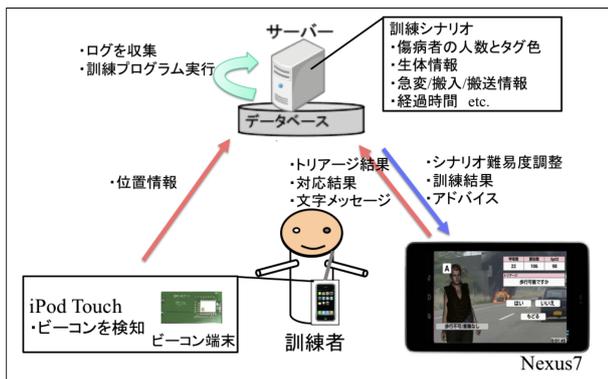


図 1 システム構成

ビーコン端末を検知するための iPod Touch を装着し、訓練を実施するタブレット端末 (Nexus7) を手に所持している。

まず訓練者の過去の訓練記録より習熟度が分析され、それに応じて傷病者の人数や治療優先度の色・呼吸数・脈拍数といった生体情報の値などを決定し、訓練シナリオとしてサーバ上のデータベースに自動生成される。次に、準備として傷病者の人数分のビーコン端末を訓練を実施する場所に設置し、実際の傷病者の代わりとする。

訓練を開始すると訓練者がビーコン端末に近づくことで、そのビーコンに対応した傷病者情報がタブレット端末に表示される。訓練者はこの傷病者情報を見ながら音声入力を用いてトリアージを実施する。本システムではトリアージや本部との情報共有の際の入力に音声入力を採用している。訓練を実施している途中で、傷病者の急変や搬送者を決定するなどのイベントが発生する。急変者が発生した場合は応急処置を行うが、本システムは仮想の傷病者を採用しているため急変した傷病者のビーコン端末の元で一定時間停止することを応急処置とする。また、救急車が到着して搬送者を決定しなければならない場合は傷病者の番号を入力することによってその傷病者を搬送したことになる。このように各イベントに対して適切な対応を行った後は、メッセージを作成し本部へ送信する。

訓練者のトリアージ入力結果、イベントの発生および対応の結果、送信メッセージなど訓練に関する記録は全てデータベースへと格納される。訓練終了後にこのデータベースから訓練結果やアドバイスなどを訓練者にフィードバックし、次の訓練を実施する際の難易度が決定される。

4.2 Beacon 端末を用いた災害現場の再現

実施する場所を選ばずいつでも訓練を実施できるように、自由な位置にビーコン端末を配置するだけで傷病者を表現できるようにした。準備としてはビーコン端末を傷病者の人数分用意して訓練環境に配置するだけである。

また、本システムではビーコン端末からの距離に応じてタブレット端末に表示される情報が変化するようにした。距離が 20cm 未満の時、トリアージおよび急変時の応急処置



図 2 ビーコン端末からの距離が 20cm 未満の場合

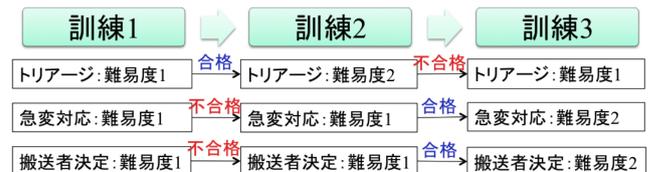


図 3 訓練の難易度変化の流れ

が可能な状態であり傷病者の画像・呼吸数・脈拍数・SpO2 値・傷病者の外見から判断できる情報を図 2 のように提示する。「トリアージを開始できます」という指示がされている傷病者に対して「トリアージ」と音声で入力することにより、治療優先度の決定を行うことが可能である。距離が 20cm 以上 3m 未満の場合、遠くから見渡している状態と認識され、傷病者の画像と外見から判断できる情報のみ (歩行不可/意識あり、など) を提示し、「傷病者に近づいてください」と表示される。距離が 3m 以上の場合、傷病者に関する情報は一切提示されず、画面には「傷病者を探してください」と表示される。

このように、仮想の傷病者であるビーコン端末との距離に応じて提示する情報を変化させることにより、実際の災害現場での様子を再現することが可能となる。

4.3 訓練の難易度変化と提示手法

4.3.1 難易度変化

訓練では、3.3 節で説明したトリアージの実施・急変者への対応・搬送者の決定・災害対策本部との情報共有について学習する。本システムではトリアージの実施・急変者への対応・搬送者の決定の 3 つの要素に対して、それぞれ 3 段階の難易度変化を実装した。災害対策本部との情報共有に関してはそれぞれの要素内に含めている。

訓練者が初めて本システムを使用する場合は図 3 の訓練 1 のように全ての難易度が 1 の状態となる。難易度は 1 から 3 の 3 段階であり、1 が一番低く、3 が一番高い。そして、各要素ごとに合格と不合格の基準を定め、合格基準を満たすことができれば次の訓練時に難易度が 1 つあがる仕組みになっている。合格基準を満たすことができなければ難易度は変化せず、不合格の場合は 1 つ下がる。それぞれの要素に対し、設定された全てを条件をクリアすることが



図 6 1 回の訓練が終わった際の結果

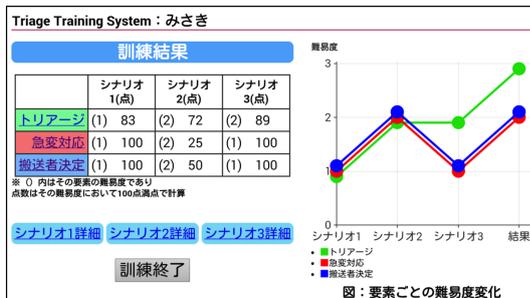


図 7 全体の訓練結果



図 8 各訓練の詳細結果



図 9 搬送者決定の詳細な結果

めることができる。図 6 は 1 回の訓練が終わった際の結果の出力画面例である。画面上部に訓練者の名前、その下に各要素の注意点と難易度の変化を表示している。本システムでは 3 回の訓練シナリオを 1 セットとしているため、訓練と訓練の間はこのような簡単な振り返りのみに留めた。注意点と難易度の変化を訓練者に提示することにより、訓練者に弱点を把握させ意識的な訓練を促すことが可能である。

3 回の訓練が終わった後には図 7 のように全体の訓練結果を提示する。表にはそれぞれの訓練における各要素の点

数を表示している。右側には難易度が訓練間でどのように変化したのかをグラフで表しており、最終的に訓練者がどの程度習熟できたかを知ることができる。左下の「シナリオ 2 詳細」を選択すると図 8 のように 2 回目の訓練の詳細画面に遷移する。この画面では、各傷病者に対してどのようなイベントがいつ起こったのかや、訓練者がトリアージを実施し終わった時刻とその結果を表示している。発見とは訓練の途中に災害現場内に新しく追加された時刻を、搬送とはその傷病者を搬送者として決定した時刻を、急変とはその傷病者が急変した時刻を表す。また、図 7 の表内の「トリアージ」や「急変対応」、「搬送者決定」といった各要素ごとに詳細結果を見ることもできる。例えば「搬送者決定」を選択すると、図 9 のような画面が表示される。搬送した傷病者、救急車が到着して搬送が可能になった時刻、訓練者が搬送者を決定した時刻、それが正しかったか、本部への情報共有の内容とそれが正しかったか、がわかる。このように、訓練による上達度と訓練者の課題を可視化することにより、訓練の意義を高めることができる。

5. 評価実験

訓練者の習熟度に応じて難易度が変化する本システムが、トリアージを含む災害活動のスキルに習熟する上で有用であるかを検証することを目的に評価実験を行った。

5.1 実験方法

本実験は、大学生・大学院生 18 名を被験者とした。被験者は、まずトリアージや急変者への対応など災害活動に必要な知識について勉強し、さらにシステムの使い方について練習した。その後、テストシナリオ 1 をシステムを用いて実施し、そして、本システムを用いた訓練を 3 回実施した。最後に、テストシナリオ 2 をシステムを用いて実施し、テストシナリオ 1 と 2 の結果を比較した。被験者の慣れを防止するために、テストシナリオ 1 と 2 は全く同じではなく、同程度の難易度のシナリオを用いた。本システムを用いてこのテストシナリオを実施したが、トリアージのヒントや本部への情報伝達のタイミングを指示するといった訓練システムとしての機能はなかった。一方、訓練では被験者のレベルに応じてそれぞれ難易度の異なるシナリオを使用した。ただ、各シナリオの災害の規模は同じにするために、訓練中に追加される傷病者も含めて全傷病者数は 9 名で固定した。各傷病者のトリアージの色の割合、急変者数と急変する時間、搬送者を決定する回数と救急車が到着する時間、訓練中に傷病者が追加される回数とその人数は、被験者のレベルと訓練の実施状況に応じて変化した。

訓練では、仮想の傷病者 (A から I の 9 人) に対応したビーコン端末が図 10 に示す見取り図のように災害現場に見立てて配置した。被験者は各ビーコン端末に近づくことでその傷病者の情報を得た。しかし、その傷病者が訓練の

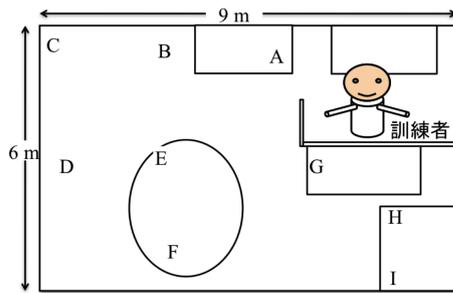


図 10 訓練環境における傷病者の配置

表 1 トリアージに関する結果

	テストシナリオ 1	テストシナリオ 2
1人当たりの所要時間	15.9 ± 4.1 sec	8.7 ± 1.4 sec
正答率	75 ± 15 %	93 ± 5 %

途中に追加されるように設定してある場合は、追加される時間になるまで傷病者の情報はタブレット端末に表示されない。なお、被験者が各傷病者の位置を覚えてしまうことを防止するため、今回の実験では1回のシナリオが終了する度に実験者がビーコン端末の位置をランダムに入れ替えた。

訓練を開始後、訓練者は設置されたビーコン端末に接近し、各傷病者に対してトリアージを実施した。トリアージを実施する順序は指定されておらず、被験者は訓練環境内を自由に歩き回り、傷病者9名の治療優先度を決定していった。また、訓練中には傷病者の急変・追加・搬送者の決定といったイベントが発生し、その際には難易度に応じた通知がタブレット上に表示された。全員のトリアージが完了し、かつシナリオに設定された全てのイベントが発生した時点で訓練終了となった。この手順をテストシナリオを含めて5回実施した。テストシナリオ1と2の場合、そのシナリオが終了した後に結果を被験者に提示することはしなかったが、訓練シナリオでは被験者の訓練結果を提示した。

評価項目としては、各イベントに要した時間、各イベントの正解率、そして訓練に関するアンケート調査を用いた。

5.2 実験結果と考察

まず、表1に被験者が1人当たりのトリアージに要した平均時間とその正答率を示す。所要時間・正答率共に成績は向上しており、被験者は与えられた傷病者の生体情報から迅速かつ正確に治療優先度を判断できるようになったと言える。START法で見分けるのが難しい「脈拍数と呼吸数が正常値で意識がある黄色」の傷病者と「脈拍数と呼吸数が正常値で意識がない赤色」の傷病者を間違える被験者が多かったことから、テストシナリオ2でも正答率が100%に届かなかったと考えられる。また、上記の結果は各被験者が1人当たりのトリアージに要した時間を平均したもののだが、各被験者のテストシナリオ1(訓練実施前)とテ

表 2 急変者への対応に関する結果

	テストシナリオ 1	テストシナリオ 2
1人当たりの所要時間	37.0 ± 7.8 sec	28.1 ± 6.0 sec

表 3 搬送者の決定に関する結果

	テストシナリオ 1	テストシナリオ 2
1人当たりの所要時間	33.1 ± 12.1 sec	16.5 ± 4.1 sec
正答率	50 ± 24 %	92 ± 19 %

表 4 本部との情報共有に関する結果

テストシナリオ 1	テストシナリオ 2
3.7 ± 1.9 回	6.5 ± 1.3 回

※全8回

ストシナリオ2(訓練実施後)の1人当たりの所要時間に関してウェルチのt検定を行ったところ、有意水準5%で18人中12人に有意差が見られた。

次に、表2に急変者への対応に要した時間を示す。急変者への対応に関する所要時間とは、傷病者が急変してから被験者がその傷病者の元へ行き応急処置を施すまでの時間である。この所要時間は、訓練を実施したことによってテストシナリオ2の方が平均8.9秒短くなり、有意水準1%で有意差が見られた。訓練では急変者への対応に制限時間が設けられているため、被験者自身がどうすれば急変者への対応を迅速に実施できるかを考え、どの傷病者が急変しそうか、どの傷病者がどこにいるかということをつまみながら無意識に覚えるようになっていた。そのため、急変者が発生したときに素早くその傷病者の元に駆けつけられるようになり、所要時間が短縮したと考えられる。

表3に搬送者を決定する際に要した時間とその正答率を示す。どちらも有意水準1%で有意差が見られた。所要時間とは、救急車が現場に到着してから搬送者を決定するまでに要した時間であり、テストシナリオ2ではテストシナリオ1より短縮された。さらに正答率も上昇した。テストシナリオ2では、急変した傷病者や各傷病者の位置やトリアージの色を被験者が覚えており、頭の中で搬送者を決定してからその傷病者の近くへ行き搬送者として正しいかを確認していた。しかしながら、テストシナリオ1では被験者の近くにいる傷病者から1人ずつタブレット端末で確認する被験者や、確認せずに当てずっぽうで答えたり、そもそも搬送の優先順位を誤って覚えていた被験者がいたことにより、所要時間と正答率に差が見られたと考えられる。

表4に本部への情報共有回数を示す。有意水準1%で有意差が見られた。テストシナリオ1ではイベントが立て続けに発生したとき、イベントの対応に必死になり情報共有を忘れてしまう被験者が多かった。しかしながら、訓練ではイベントに対する情報共有を行わないと難易度が2や3には上がらないため、被験者は意識的に情報共有を行うようになり、テストシナリオ2では8回中平均6.5回情報共有を実施できた。また、共有した情報の内容については、

表 5 提案システムに関するアンケート結果

難易度の変化を感じたか	3.7 ± 1.3
訓練の難易度は自分に合っていると感じたか	4.2 ± 0.9
シナリオ間のフィードバックは役立ったか	4.0 ± 0.8
自分の得意不得意を把握できたか	4.6 ± 0.6
災害活動に関するスキルは伸びたと思うか	4.6 ± 0.6
訓練のインタフェースはわかりやすかったか	4.6 ± 1.0
ビーコン端末を用いた傷病者の提示は わかりやすかったか	4.6 ± 1.0
訓練として有意義だと感じたか	4.9 ± 1.1

テストシナリオ 1 と 2 共に間違いは極めて少なかった。

最後に、表 5 にアンケート結果を示す。アンケートは 5 段階で評価しており、5 を最高評価、1 を最低評価としている。アンケート結果は全ての項目で高い評価であり、その中でも災害活動における自身の得意不得意を把握することや、訓練のインタフェースに関して特に高い評価を得られた。本システムを用いることで、訓練において被験者の特に不得意な要素に関して適切な難易度で訓練を実施することが可能であった。これにより、ただ闇雲に訓練するのではなく、不得意な要素を得意に変えるという明確な目標が被験者に示されたため、訓練の効果が高まったと考えられる。

以上の実験結果から、本システムを用いて訓練者の習熟度に応じた難易度の訓練を被験者に提供することにより、トリアージを含む災害活動のスキルに習熟する上で有用であることが示された。

6. おわりに

災害はある日突然発生するものであり、医療従事者が実際の現場でトリアージや傷病者の搬送といった災害活動を日頃から実践する機会は少ない。そのため、頻繁に災害を想定した訓練を行うことが非常に重要であるが、現状の訓練では一度に複数人の医療従事者が同じ環境で訓練を受けるため、各訓練者の習熟度を考慮した訓練を実施できておらず、訓練者によっては難易度が高すぎてモチベーションが下がる可能性や、同一の難易度のため訓練への慣れが生じ非効率となる可能性がある。また、訓練者の習熟度に応じた難易度の訓練シナリオを 1 人分ずつ作成することは困難であり、頻繁に訓練を実施することはできない。さらに、訓練の内容を評価して難易度の調整や結果の振り返りを一緒に行うインストラクタを訓練の度に毎回手配することは難しく、コストもかかってしまう。

本研究では、訓練者の災害活動における習熟度を考慮し訓練の難易度が変化するトリアージ用災害訓練システムを構築した。ビーコン端末を仮想の傷病者として使用しそのビーコン端末と訓練者との距離に応じて提示する傷病者の情報を変化させた。また、訓練者の習熟度に応じて訓練シナリオを自動生成し、難易度に応じて訓練者の持つタ

レット端末に表示する情報を変化させることにより、災害活動の重要な要素に対する難易度の変化を再現した。そして、訓練の結果として訓練者の弱点や習熟度を可視化することにより、訓練の意義を高めようとした。評価実験を行ったところ、訓練を実施することでトリアージの実施や急変者への対応などに関して迅速かつ正確に実施できるようになる効果があることを示せた。また、訓練結果から訓練者自身が弱点を把握することができ、その弱点をカバーする訓練を実施できたことを確認した。以上のことから、本システムを用いて訓練者の習熟度を考慮した難易度の訓練を被験者に提供することにより、より効果的かつ実践的なトリアージ訓練を行うことが可能となる。

参考文献

- [1] 東野研究室, “先進的統合センシング技術 -先進的電子トリアージシステムの開発-” <http://www.higashi.ist.osaka-u.ac.jp/research/e-triage-j.html>
- [2] D. Rodriguez, S. Heuer, B. Weber., “Towards automatic sensor-based triage for individual remote monitoring during mass casualty incidents,” 2014 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine, pp.544-551, November 2014.
- [3] T. Mizumoto, S. Imazu, W. Sun, N.i Shibata, and K. Yasumoto, “Emergency Medical Support System for Visualizing Locations and Vital Signs of Patients in Mass Casualty Incident,” Second International Workshop on Pervasive Networks for Emergency Management 2012, pp.740-745, March 2012.
- [4] 独立行政法人国立病院機構災害医療センター DMAT, “日本 DMAT 活動要領” <http://www.dmat.jp/>
- [5] Critical Illness and Trauma Foundation, Inc., “The Triage Tag” <http://citmt.org/Start/tag.htm>
- [6] 日本外傷学会総会・学術集会ジョイント企画, “TRAUMA メディカルラリー 2014” http://www.procomu.jp/jast2014/medical_rally.html
- [7] Emergo Train System <http://www.emergotrain.com/>
- [8] A. Sherstyuk, D. Vincent, J. Jin Hwa Lui, K. K. Connolly, K. L. Wang, S. M. Saiki, T. P. Caudell, “Design and Development of a Pose-Based Command Language for Triage Training in Virtual Reality,” IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI '07), March 2007.
- [9] D. S. Vincent, A. Sherstyuk, L. Burgess, K. K. Connolly, “Teaching Mass Casualty Triage Skills Using Immersive Three-dimensional Virtual Reality,” Academic Emergency Medicine, Vol.15, No.11, pp.1160-1165, August 2008.
- [10] G. Bartoli, A. D. Bimbo, M. Faconti, A. Ferracani, V. Marini, D. Pezzatini, L. Seidenari, F. Zilleruelo, “Emergency Medicine Training with Gesture Driven Interactive 3D Simulations,” ACM workshop on User eExperience in e-learning and Augmented Technologies in Education (UXeLATE 2012), pp.25-30, October 2012.
- [11] 萩野実咲, 田山友紀, 岡田謙一, “動的シナリオによるトリアージ訓練システムの提案”, 情報処理学会論文誌, Vol.56, No.2, pp.534-542, 2015 年 2 月.