

動的なシナリオ変化を用いたトリアージ訓練システム

萩野 実咲^{1,a)} 田山 友紀^{1,b)} 岡田 謙^{2,c)}

概要：

現在、迅速かつ正確なトリアージを行うために、トリアージ訓練の実施が必須となっている。しかしながら、既存の訓練では容態の急変や医療従事者の処置による容態の変化が考慮されていない。また、災害対策本部との情報共有において、内容の不備や伝達機会を逃すといった問題が指摘されている。本研究では、災害現場の情報伝達システムと傷病者の容態の変化を再現することで、動的なシナリオ変化を用いたトリアージ訓練システムを提案する。疑似的に生成した傷病者の容態を動的に変化させ、シナリオに沿って発生する急変などのタスクに対する医療従事者の行動によってその後の容態を変化させる。加えて、医療従事者は音声によるメッセージ作成システムを用いて情報を伝達する。評価実験を行った結果、様々なシナリオを再現して医療従事者の適切な対応を促すことができ、それらの情報を正確に本部に伝達することができることを確認した。これにより、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。

Proposal of Triage Training System Using Dynamic Scenario Change

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

1. はじめに

大規模な災害時では、より多くの人命を救うために傷病者の重症度や緊急度をもとに治療の優先順位を決定するトリアージと呼ばれる手法が導入されている。また近年では、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。傷病者情報をリアルタイムに取得することが可能となり、単眼 HMD (Head Mounted Display) と音声入力を用いたトリアージ入力インタフェースや、傷病者情報を管理するシステムが開発されてきた。一方で、災害時にトリアージを効率よく実施するためには日常的に訓練を行う必要がある。訓練の目的は、治療優先度の決定や傷病者の搬送といった作業を経てトリアージに習熟することである。

しかしながら、訓練を行う際の費用や人的資源、準備に要する時間が問題として挙げられ、頻繁に訓練を行うことは困難である。さらに、現状の訓練で用いられる傷病者情報は静的な値であり、実際の現場で起こりうる容態の変化を考慮しておらず、災害現場に近い状態を再現できない。加えて、訓練が形式的にならないように、訓練者の行動結果から訓練シナリオを変化させる必要がある。トリアージのみならず、医療従事者は災害現場の情報を災害対策本部に伝達する役割もあり、訓練中に本部との情報共有を行うことで情報伝達手法に習熟することが望ましい。

本研究では、仮定の傷病者の生体情報を疑似生成することで、動的にシナリオを変化させるトリアージ訓練システムを構築する。さらに、医療従事者から本部への情報伝達を容易にし、それを用いた訓練を可能とする。訓練では、あらかじめ作成された訓練シナリオに沿ってタグ色ごとの傷病者の生体情報や急変状態を再現する。そして、シナリオに沿って発生する急変状態などのイベントに対する医療従事者の行動に応じて傷病者の容態が変化し、その後の訓練シナリオが変化していく。また、医療従事者は災害現

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

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

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

c) okada@z2.keio.jp

場の情報を本部に、音声によるメッセージ作成システムを用いて伝達する。本部は医療従事者からのメッセージにより、現場の情報およびトリアージ状況を把握出来る。

このように、医療従事者の行動および時間経過に応じて訓練シナリオを動的に変化させ、かつ医療従事者から本部への情報伝達を考慮することで、より実践的なトリアージ訓練を実施出来る。提案システムを用いて医療従事者がトリアージと情報伝達手法に習熟することにより、実際の災害現場で活躍する医療従事者の育成に貢献する。

以下、2章ではトリアージ訓練の関連研究および問題点を述べる。3章では、その問題点を解決するための提案を述べ、4章でそれに基づく実装について述べる。5章で評価実験について述べ、最後6章を本研究のまとめとする。

2. 関連研究

2.1 トリアージに基づく救命活動

多数の傷病者が発生した場合、現有する限られた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出来ない状況になる。日本では、最初に傷病者が運ばれるトリアージポストにて1次トリアージを行う方法として、START法 (Simple Triage and Rapid Treatment) 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 [1]。START法によって傷病者は治療優先度の高い順に、赤 → 黄 → 緑 → 黒の4つのカテゴリーに分類され、紙タグに必要な事項を記入し傷病者に取り付ける [2]。この時、不要な色の部分を切り取ることで傷病者の治療優先度の色を呈示する。

2.2 災害救助訓練の現状

2005年のJR福知山線脱線事故以来、救命活動におけるトリアージの概念が広く認識され始めた [3]。災害現場で迅速かつ正確にトリアージを実施するためには、日常的なトリアージ訓練の実施が不可欠になっている。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。そして、医療従事者が治療優先度を決めた後、傷病者を搬送するまでの活動を疑似体験する。例えば、富士市では医療従事者が情報の記録や傷病者役の治療を行い、トリアージの結果に応じて傷病者役を搬送する訓練を行っている [4]。また、実働訓練のみならず、災害現場や救護所に見立てたホワイトボード上で傷病者を表すマグネットを動かすことで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 (ETS) もある [5]。

このような訓練の目的は、繰り返し行うことでトリアージの手法に習熟し、現場における様々な事態に対する迅速な処置を可能にすることである。しかし、訓練を行う際の費用や人的資源、準備に要する時間が問題として挙げられ、頻繁に訓練を行うことが困難である。ETSは大規模な災害を想定した訓練を頻繁に実施可能であるが、机上訓練で

あるという性質上、傷病者の容態変化を再現することは難しい。一方で、シリアスゲームと呼ばれる分野でも災害訓練を対象としたシステムが提案されている。VR (仮想現実) を用いたパソコン用の災害対応シミュレーション [6]、[7] や、巨大ディスプレイ上に仮定の傷病者や部屋を表示し、ジェスチャ動作を用いて救急活動の訓練を行うシステム [8] がある。また、複数の医者が一人の患者に対して処置を検討するテーブルトップディスプレイを用いた医療教育システム [9] もある。しかしながら、準備の手間やコストをかけず、実際の災害時のように身体を動かす実働型の訓練を実施するには不十分である。

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に従事してきた。音声入力を用いることで医療従事者にハンズフリー状態を提供し、迅速かつ容易に治療優先度の決定を可能にした [10]。また、AR マーカと単眼HMDを用いることで環境の構築を容易にし、動的な傷病者情報を表示することで災害現場を再現した [11]。

しかしながら、この訓練システムで生成される仮定の傷病者の生体情報は静的であり、それらの値を時間に沿って変化させることは実装されていなかった。実際の災害現場では、傷病者の生体情報は時間とともに変化し、それに伴って治療や搬送の優先度は常に変化する。また、医療従事者の行動によっても傷病者の容態が変わる。つまり、訓練においても、訓練者の行動や時間によって傷病者の生体情報や訓練シナリオを変化させる必要がある。

さらに、災害現場の医療従事者はトリアージのみに集中するのではなく、急変した傷病者や、新しく搬入された傷病者に対応する、現場から病院へ傷病者を搬送するなど、様々なタスクをこなす必要がある。加えて、災害現場では急変の有無や搬入された時間、搬送された時間などの情報を、現場から離れた場所に設置される災害対策本部へ正確に伝達しなければならない。そのため、現場の情報を、トリアージの実施などの様々なタスクと並行して本部に伝達することが可能なシステムを構築する必要がある。

3. 動的なシナリオ変化を用いたトリアージ訓練システム

2.3節で述べた問題点を解決するトリアージ訓練システムに必要な要件として、傷病者の生体情報および訓練シナリオが訓練者の行動や時間によって動的に変化すること、トリアージ以外の現場で発生するタスクを加え、現場と本部間のコミュニケーションを実現する伝達システムがあることの二つが挙げられる。

3.1 擬似的な傷病者情報の作成

傷病者の治療優先度は、呼吸数と脈拍数、SpO₂ 値から

決定するため、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、現状の訓練では健常者が傷病者の演技をしているため、取得した生体情報は正常な値となり、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。そのため、紙に書かれた外傷や変化しない静的な生体情報からマニュアル通りにトリアージを実施し搬送しているが、生体情報は常に変動し、時には症状の急変を示す役割を担う。そこで、傷病者役の健常者や紙から生体情報を取得するのではなく、AR マーカを用いて仮想の傷病者を作成し、擬似的な生体情報を動的に変化させる。このことにより、容態の急変など災害現場において発生しうる事態を考慮した訓練を実施することが可能となる。

3.2 訓練中の行動におけるシナリオの変化

医療従事者は、トリアージの実施に加え、急変の対応や新しく搬入された傷病者の確認、病院に搬送する傷病者の選択など、現場で発生するタスクに対して様々な行動を取る。そのため、訓練システムでもこれらのタスクを訓練者に課す必要がある。また、トリアージ後の傷病者の容態はこれらのタスクに対する医療従事者の行動によって変わることがほとんどである。例えば、容態が急変した傷病者の対応を後回しにした場合、本来ならば迅速な応急処置を施すことで容態が安定するにも関わらず、結果として容態を悪化させて救命の確率を下げってしまう。現状のトリアージ訓練はこのような訓練者の行動による傷病者の容態変化を考慮しておらず、訓練者は自分の行動が引き起こした結果を訓練中に実感できない。そこで、訓練前に急変対応限界時刻および搬送限界時刻を新たに設定することにより、急変や搬送等のタスクが発生してから経過時間と訓練者の行動によって、その後の傷病者の容態を変化させることが可能となる。つまり、訓練シナリオそのものを訓練中に動的に変化させることとなり、訓練者に自分の行動が傷病者に与える影響を実感させることができる。

3.3 災害現場と災害対策本部の情報共有

災害が発生した際に取るべき最も重要な行動の一つに情報共有がある。特に救命活動の実施情報や傷病者情報などは、災害現場内のみならず本部とも共有すべきである。そのため、提案システムを用いた訓練は、トリアージの実施と本部に情報を伝達するトリアージオフィサー役と、本部で現場の状況を把握し訓練記録を作成するインストラクタ役の二人一組で実施することにより、実際の災害に近い状態を再現できる。一つの災害現場におけるタグ色の決定権は、判断基準を一定にするため一人の医療従事者にゆだねられ、その人をトリアージオフィサーと呼ぶ。インストラクタ役は、トリアージオフィサー役が今どの傷病者に対してトリアージを行い、その結果何色と判断したのかといった行動を把握し、トリアージオフィサー役からの連絡に応

じて現場にタスクを与える。トリアージオフィサー役はトリアージを実施しながら、容態の急変や新しい傷病者の搬入、搬送者の決定といったタスクの行動結果をインストラクタ役に報告する必要がある。そのため、トリアージオフィサー役に対しては現場のトリアージを妨げない情報伝達システムが必要であり、訓練においてその伝達システムに習熟する必要がある。伝達に用いるシステムは、ハンズフリー状態を妨げず、かつ容易にメッセージを作成可能となるようなシステムが必要であることから、トリアージ結果入力と同様に単眼 HMD 上で簡単に操作が可能である音声入力を採用した。これらのことから、トリアージオフィサー役はトリアージの実施と本部へのメッセージ送信を容易に行うことができ、インストラクタ役はトリアージオフィサー役の行動をリアルタイムで把握可能となる。

3.4 災害対策本部における傷病者情報の管理

本部では、災害現場の状況や病院への搬送状況、トリアージの進行状況などを把握し、時と場合に応じた確かな災害対応を行う必要がある。また訓練時には、訓練中のトリアージ状況や様々なタスクの状況をまとめて、訓練終了後の反省に用いるための訓練記録を作成する。しかしながら、いつトリアージを開始したのか、トリアージの進行度はどのくらいなのか、といった災害現場における医療従事者の活動を把握し管理することや、収集した情報を現場の医療従事者へ正確に伝達し共有することは難しい。そこで、本部において災害現場の情報を管理し表示することで、情報の整理や伝達を支援する。訓練システムでは災害現場全体の情報として、訓練シナリオから読み取れる災害の規模や種別、傷病者の人数やその時点の生体情報を確認できるようにする。傷病者の情報としては、トリアージオフィサー役が治療優先度を決定した時刻、トリアージタグ色、そのタグ色に決定した理由、呼吸数、脈拍数、SpO2 値、急変や搬入、搬送に関する時刻を一覧で表示する。また、トリアージオフィサー役から受け取った災害現場の情報と、本部のインストラクタ役がトリアージオフィサー役に送信した情報を時系列順で表示する。結果として、ある傷病者が急変した際にトリアージオフィサー役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検討できる。

4. 提案システムの実装

3章で述べた訓練システムに必要な要件である、擬似的な傷病者情報の作成すること、訓練者の行動によって訓練中にシナリオを変化させること、現場と本部の正確かつ迅速な情報共有を可能にすること、本部で傷病者情報の管理を行えることの4点を踏まえた訓練システムを構築した。

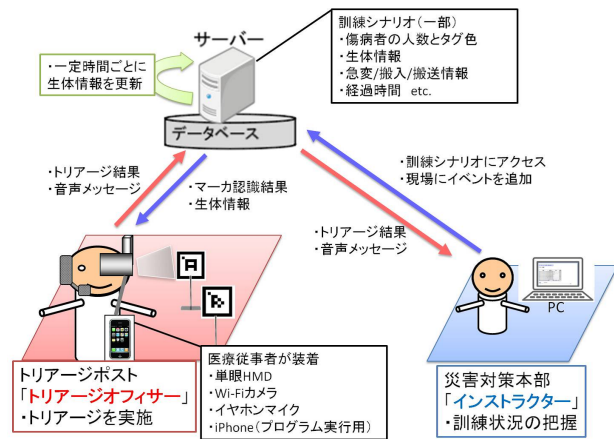


図 1 システム構成

4.1 システム構成

本システムは図 1 に示すように、トリアージオフィサーとインストラクタという二つの役割が存在する。トリアージオフィサー役は、現場でトリアージの実施と本部への情報伝達を行い、単眼 HMD、Wi-Fi カメラ、マイク、iPhone を装着する。インストラクタ役は、本部でトリアージ状況や傷病者の容態を把握し、伝達された情報から訓練記録の作成を行う。訓練を開始する際は、AR マーカを傷病者の代わりとして設置する。訓練中に、トリアージオフィサー役が Wi-Fi カメラを用いて仮想の傷病者である AR マーカを認識すると、そのマーカに対応した傷病者の生体情報が疑似的に生成され、単眼 HMD 上に表示される。トリアージオフィサー役は表示された情報から、音声入力を用いてトリアージを実施する。また、傷病者の急変や搬入、搬送のタスクが発生した際は、表示される指示に従って対応を行い、本部のインストラクタ役に音声入力を用いてそのタスクに関するメッセージを作成し、送信する。傷病者の生体情報はこれらのイベントに対するトリアージオフィサーの行動に応じて変化し、その後の訓練のシナリオもまた動的に変化する。インストラクタ役は、届いたメッセージを確認し、それに伴う新しいタスクを訓練に追加することで、災害現場で実際に起こりうる様々な事態を再現できる。

4.2 動的な傷病者情報の提示

優先度決定の際に重要となる、呼吸数、脈拍数、SpO2 値といった生体情報を疑似的に生成するため、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、各タグ色の値を表 1 のように決定した。この数値をもとに動的な変化を再現するに当たり、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排除した。また、それぞれに限界値を設定し、呼吸数は 50 回/分以下、脈拍数は 150 回/分以下とした。表 1 に示すように、赤タグ相当の生体情報を発生させる場合には三つの

表 1 タグ色ごとの生体情報

タグ色	意識	値		
		脈拍数	呼吸数	SpO2
赤	はい、いいえ (パターン I)	10 以下, 30 より上	50-180	90-99%
	はい、いいえ (パターン II)	1-50	50 以下, 120 より上	90-99%
	いいえ (Pattern III)	1-50	20-180	90-99%
黄	はい	10-30	50-120	90-99%
緑	はい	10-30	50-120	90-99%
黒	いいえ	0	0	0%

パターンがあり、意識がある場合とない場合、呼吸を制限する場合、脈拍を制限する場合で分けている。赤タグ傷病者を複数パターン用意することで、同じ赤タグの中でも誰を優先して治療・搬送すべきか訓練者に考えさせるためである。また、緑もしくは黄タグから赤タグに容態が変化した場合を急変と定義する。急変した傷病者に対して応急処置を行うことは、災害現場における重要な医療活動と位置付けられているため、訓練シナリオで設定された時間に急変者が発生するように傷病者の生体情報を動的に変化させる。急変者が発生すると単眼 HMD 上に通知が表示され、トリアージオフィサー役はその指示に従って対応を行う。

4.3 生体情報の変化による訓練シナリオの動的変化手法

4.2 節で説明したような傷病者の容態変化の再現に加え、急変時や搬送者決定時における訓練者の対応に応じて、訓練シナリオそのものを動的に変化させることで、訓練の再現性を高めることが可能となる。シナリオの動的な変化は、急変や搬送等のタスクが発生してからの経過時間と急変対応限界時刻、搬送対応限界時刻に依存した条件分岐により再現する。急変対応限界時刻および搬送限界時刻は訓練前に予め設定しておく。図 2 に訓練者の行動によるシナリオの変化例を示す。シナリオで設定した急変時刻を迎えると、傷病者の生体情報は赤タグ相当の値に遷移し、その後減少していく。この時、急変対応限界時刻 A が経過するまでに急変対応が行われた場合、容態は安定する。一方、A が経過するまでに急変対応が行われなかった場合、図 3 のように単眼 HMD の急変通知の表示が変化し、生体情報の値は継続して悪化する。逆に、急変対応が適切に行われた傷病者は、搬送までに猶予が生じたとして搬送限界時刻 B1 が B2 に更新される。搬送限界時刻 B2 までに搬送の対応が行われた場合、傷病者は病院に搬送されて適切な治療を受けたとして容態が回復する。しかしながら、B2 までに搬送の対応が行われなかった場合、急変対応が適切に行われたとしても搬送が間に合わなかったこととなり、容態が急激に悪化する。急変対応が適切に行われなかった傷病者の搬送限界時間は B1 のままとなり、B1 までに搬送出来なかった場合も同様に容態は急激に悪化する。このよう

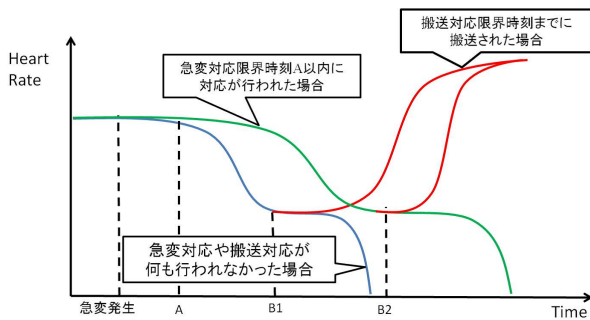


図 2 訓練者の行動によるシナリオ変化例

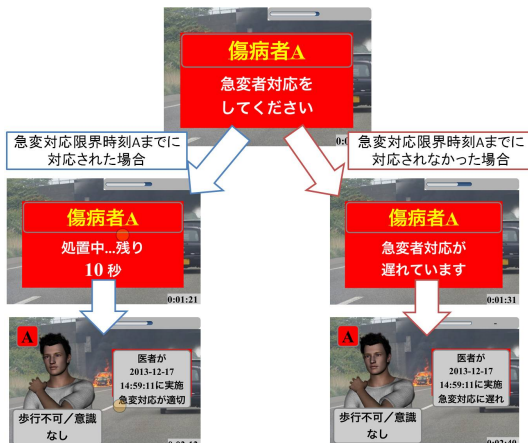


図 3 単眼 HMD に表示される急変通知

に、訓練者の対応とその結果から訓練シナリオを動的に変化させることで、訓練者に自身の行動が引き起こした結果を体験させることが可能である。

4.4 音声を用いたメッセージ作成システム

訓練中に急変や搬送といったイベントが発生した際、トリアージオフィサーはタスク対応後に本部にメッセージを作成する。実際に、災害現場の医療従事者が本部に伝達すべき事項として以下の3つがある。

- 急変情報
いつ急変したのか、対応を適切な時間内に行えたのかといった情報である。急変者の存在や対応の有無を知ることで、その傷病者の容態の変化を追いつつ現場に対して適切な指示を出すことが可能になる。
- 搬入情報
災害現場に存在する傷病者数に関する情報である。全体の傷病者数や増減を知ることで、災害の規模を把握し、適切な搬送先を決定することが可能になる。
- 搬送情報
どの傷病者をいつ搬送したのかといった情報である。これにより、病院到着時に適切な処置を行う手はずをあらかじめ整えることができる。

そこで、トリアージオフィサーのトリアージ実施を妨げずにこれらの情報を本部に伝達するために、選択式のメッ

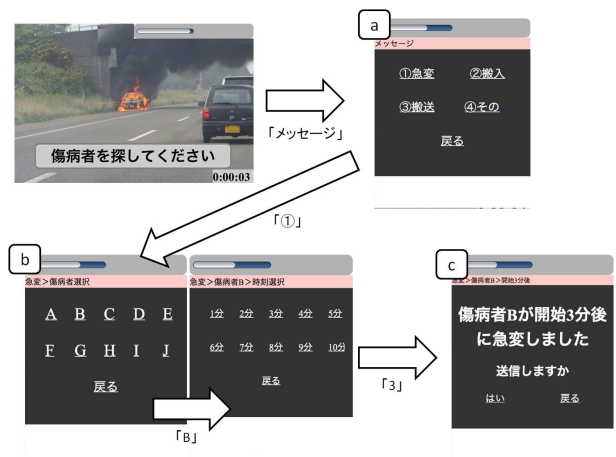


図 4 メッセージ作成の流れ

ッセージを作成することとした。図 4 にメッセージを作成する一連の流れを示す。初期画面時に、「メッセージ」と入力すると a の画面に遷移し、数字や選択項目自体を音声で入力していく。画面上部のピンク色の場所に表示されているのは今までにどのような項目を選んできたのかを示し、作成しているメッセージのイメージが湧きやすくなっている。入力を進めると、c の画面のようにメッセージが出来上がり、「はい」と入力することで本部に送信する。また、b および c の画面で「戻る」と入力すると、最初のメッセージ作成画面に戻る。このように、音声で番号やアルファベットを選択するだけでメッセージが完成するため、トリアージオフィサーはハンズフリー状態を維持したまま容易に本部と情報共有できる。

4.5 災害対策本部インタフェース

図 5 にインストラクタ役が用いる本部画面を示す。本部では訓練で使用している災害シナリオの詳細を METHANE [12] に沿って表示する。また、画面下部には訓練開始からの時間およびその時点で災害現場に存在する傷病者の生体情報の値を表示する。シナリオで設定されたタスクの発生時刻には、図 6 に示すように各傷病者の欄が変化する。同様に、急変者の発生時には対象となる傷病者の生体情報が赤く変化する。訓練中に新しい傷病者が現場に搬入された場合は、その傷病者の生体情報が一覧に追加される。また、トリアージオフィサー役からメッセージを受信した場合は、新着メッセージがあることを通知する。メッセージの内容は図 5 画面上部の「メッセージ記録」をクリックすることで確認できる。この図 7 下部には、急変者と搬送者を新たにシナリオに書き込むボタンがあり、訓練中の任意の時間に新たなタスクをシナリオに反映させることが可能である。また、図 8 に示すトリアージ実施状況確認画面では、各傷病者に対してトリアージを開始した時刻、終了した時刻、トリアージの所要時間といった情報を確認できる。この情報を元に、どういう順序で、どうト



図 5 災害対策本部画面



図 6 タスク発生時の本部画面



図 7 メッセージ履歴画面

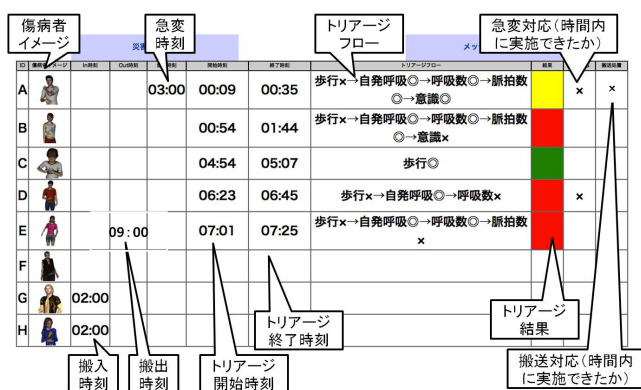


図 8 トリアージ実施状況確認画面

リアージ活動を行ってきたかを訓練中や訓練後に振り返ることが可能となる。

5. 評価実験

提案システムを用いた訓練を通して、(i) シナリオの動的変化、および (ii) 災害現場と本部の間の情報共有システムの二つの機能について評価した。これらの機能はお互い

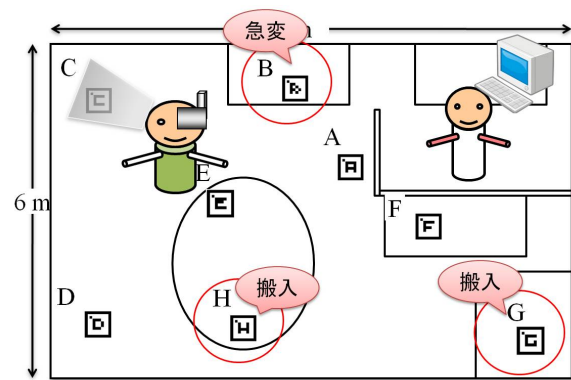


図 9 訓練環境における傷病者の配置とタスク

に独立しており、「(i) シナリオの動的変化あり / (ii) 現場と本部の間の情報共有システムあり」の訓練と「(i) シナリオの動的変化なし / (ii) 現場と本部の間の情報共有システムなし」の訓練を実施し比較を行った。訓練はトリアージオフィサー役とインストラクタ役の2人1組で、トリアージ実施から情報共有、訓練記録の作成を行った。被験者は大学生・大学院生10組20人を二つのグループにわけ、それぞれの訓練を実施した。

使用した訓練シナリオは、複数の自動車による交通事故であり、傷病者は赤タグが2人、黄タグが3人、緑タグが1人、黒タグが0人の計6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た。また、発生するタスクは以下の通りである。このうち、あらかじめ登録されているものは3分後の急変発生と5分後の傷病者搬入の2つであり、残りの3つのタスクに関してはインストラクタ役が追加するものとする。

- 3分後：急変者が1人発生 (黄1人)
→ インストラクタ役は開始7分後に1人搬送可能になるタスク1を追加
- 5分後：傷病者が2人新しく搬入 (赤1人, 黄1人)
→ インストラクタ役は開始9分後に傷病者が1人急変するタスク2を追加
- 7分後 (タスク1)：赤タグおよび急変者の中から搬送者を1人選択
- 9分後 (タスク2)：急変者が1人発生 (黄1人)
→ インストラクタ役は開始12分後に1人搬送可能になるタスク3を追加
- 12分後 (タスク3)：赤タグおよび急変者の中から搬送者を1人選択

トリアージオフィサー役は、図9に示すように、AからHのARマーカを順番に認識し、単眼HMD上の指示に従ってトリアージを実施する。その際に、傷病者の急変、搬入、搬送といったタスクの通知が単眼HMD上に表示されるため、以下のように対応を行う。

- 急変対応
急変した傷病者のARマーカを認識し、一定時間経過

で対応が終了する。その後、急変した傷病者の ID と時間を本部に報告する。

● 搬入対応

単眼 HMD 上の通知を確認後、搬入された傷病者の人数と時間を本部へ報告する。

● 搬送対応

赤タグまたは急変者の中から搬送する傷病者を選択する。選択の際には、急変した傷病者を優先する。AR マーカを再び認識することでその傷病者のタグ色や急変に関する情報を確認でき、その上で誰を搬送するかを決定し、音声入力を用いて登録する。その後、搬送者の ID と時間を本部に報告する。

インストラクタ役は、本部画面を用いてトリアージオフィサー役のトリアージ実施状況を随時確認する。トリアージオフィサー役からのメッセージを受信した際には、そのメッセージを確認する。また、イベントの発生時間になると指示された通りに新しいタスクを追加する。

訓練終了後に、インストラクタ役はトリアージ実施状況とトリアージオフィサー役からのメッセージ履歴を元に訓練記録の作成を行う。

5.1 シナリオの動的変化に関する評価

5.1.1 実験概要

実施した評価実験の内、シナリオの動的変化部分に関する評価について記述する。トリアージオフィサー役の行動によって訓練のシナリオそのものが動的に変化する提案システムと、傷病者の生体情報が変化しない従来の訓練システムについて比較検証を行った。

5.1.2 実験結果

表 2 に急変および搬送対応の際にトリアージオフィサー役が要した平均時間を示す。提案システムは従来手法に比べて、単眼 HMD 上に表示される急変および搬送通知が、トリアージオフィサー役に対して迅速な行動を促すことができたと言える。また、表 3 にトリアージオフィサー役が選択した搬送者における急変者の割合を示す。提案システムでは訓練者が行った急変対応の結果、傷病者の容態がどう変化したかを単眼 HMD に表示される通知や傷病者情報から知ることができ、急変者を従来手法に比べて適切に選択できた。従来手法では急変対応による容態の変化を確認することができないため、誰が急変したかを失念してしまい、結果として適切な搬送者を選択できなかった。また、1 回目よりも 2 回目の搬送決定の方が急変者を選択した割合が少ない。トリアージを実施した傷病者が多くなればなるほど、急変者を常に把握しておくことは困難となるため、より判断に戸惑うものと考えられる。

提案システムのトリアージオフィサー役を実施したアンケートは表 4 の結果となった。アンケートは 5 段階で、5 を最高評価、1 を最低評価としている。この結果より、シナ

表 2 急変、搬送対応に要した平均時間

	提案システム	従来手法
急変対応に要した平均時間 (sec)	12.06	15.10
搬送決定に要した平均時間 (sec)	19.12	21.71

表 3 選択した搬送者における急変者の割合

	1 回目	2 回目
提案システム (%)	80	100
従来手法 (%)	40	0

表 4 シナリオの動的変化に関するアンケート結果

単眼 HMD 上の通知は見やすいか	3.8
タスクの発生はトリアージの実施に影響を与えたか	3.6
急変対応や搬送者決定は容易であったか	4.2

リオの変化によって発生させたタスクは容易に対応可能であることが分かる。訓練を実施する際、トリアージオフィサー役はトリアージの実施のみに集中するのではなく、それらのタスクに対してトリアージとは別に対応を行う必要性に迫られることで、適切な対応を学習できる。

5.2 現場と本部とのコミュニケーションに関する評価

5.2.1 実験概要

実施した評価実験の内、現場と本部とのコミュニケーションに関する評価について記述する。提案システム（本部への連絡および記録は音声を用いたメッセージ作成システム）と、従来手法（本部への連絡および記録は電話とホワイトボード）を比較検証した。提案システムでは、トリアージオフィサー役は音声を用いてメッセージを作成、送信し、インストラクタ役は本部画面でそのメッセージを確認する。従来手法では、トリアージオフィサー役は電話を使用し、インストラクタ役は電話の内容をホワイトボードに記入する。メッセージ作成および記録に要した時間と、インストラクタ役が作成した訓練記録とシナリオ情報を比較した際の正解項目数（全 10 ヶ所）を比較した。

5.2.2 実験結果

表 5 に実験結果を示す。情報伝達に要した時間に有意差はなく（有意水準 5%）、提案システムは従来手法とほぼ同じ速度で伝達可能であることが分かった。訓練記録の正解項目数では、提案システムの方が優位な結果となった。

提案システムでは、音声による作成に戸惑って伝達に時間がかかった場合があったものの、伝達内容としては「誰が」「いつ」「どのような」といった必要最低限の情報のみにとどまっているため、伝達漏れは見られず、訓練記録作成の際にインストラクタ役が戸惑うこともなかった。また、メッセージ作成に関しても訓練序盤のものよりも後半のものは時間の短縮が見られた。そのため、メッセージ作成システムへの慣れによってさらに向上するものと考えられる。一方、従来手法の方では、災害現場のトリアージオフィサー役によって伝達内容に違いが生じており、情報が

表 5 情報伝達システムに関する結果

	提案システム	従来手法
情報伝達に要した平均時間 (sec)	28.23	26.78
訓練記録の正解項目数 (10ヶ所中)	8.8	4.8

表 6 情報伝達システムに関するアンケート結果

	質問	評価
トリアージ オフィサー	メッセージの作成は容易であったか	4.0
	作成インターフェースは分かりやすかったか	4.0
	本部への連絡機会を逃さず認識できたか	4.4
インスト ラクタ	トリアージ実施状況を把握しやすいか	4.8
	現場で起こったタスクを容易に把握できたか	4.6
	提案システムによる訓練は実施しやすかったか	4.1
	メッセージ履歴は訓練記録の作成に貢献したか	4.8

一部欠けている場合が存在した。また、内容を聞き直したり書き直すことも多く、結果として訓練記録を作成する際に情報が読み取りにくくなるといったことがあった。提案システムでは、トリアージオフィサー役がタスクを正確に把握した上で過不足なくインストラクタ役に情報を伝達できており、本部において災害現場の状況を正確に把握することが可能であるといえる。

また、提案システムに関して5段階(5を最高評価, 1を最低評価)のアンケート調査を行ったところ、表6に示すように高い評価を得られた。特に、インストラクタ役は実施状況を把握しやすく、伝達された内容から容易に訓練記録を作成できた。

6. まとめ

トリアージを実際の災害現場で効率良く実施するためには、日常的に災害を想定したトリアージ訓練を行うことが非常に重要である。しかし、現状の訓練において実際の傷病者を参加させることは困難であり、その結果用いられている傷病者の生体情報は静的な値である。そのため、急変者の発生などの実際の現場において起こりうる容態の変化や、トリアージオフィサーの対応によって容態が改善される、もしくは悪化してしまうといった状況の変化を考慮しておらず、訓練者の対応がマニュアル通りの形式的なものにとどまってしまう。また、トリアージオフィサーは、災害現場の傷病者情報や災害情報を正確かつ迅速に本部に伝達する必要がある。訓練においても、本部への情報伝達を考慮した訓練を実施する必要があるが、現状の伝達手法では情報共有を怠ってしまうことがある。さらに、情報伝達を忘れずに行った場合であっても、内容に不備がある、情報の記録にミスが生じるといった問題点がある。

本研究では仮想の傷病者の生体情報を疑似生成することによって、動的なシナリオ変化を用いたトリアージ訓練システムを構築する。その際に現場から本部への情報伝達を可能にした。トリアージ訓練を実施する際、あらかじめ作成されたシナリオに沿って疑似的に生成された傷病者の容

態を動的に変化させる。さらに、シナリオに沿って発生する急変などのタスクに対する訓練者の行動結果をシナリオにリアルタイムに反映する。加えて、トリアージオフィサー役は現場の情報を情報伝達システムを用いて本部に伝達でき、現場と本部の情報共有を可能にした。本システムを用いて訓練を実施し、シナリオの動的変化および情報伝達システムに関する実験を行ったところ、様々なシナリオにおいて訓練者の適切な対応を促すことができ、それらの情報を正確に本部に伝達できることを確認した。以上より、時間経過および訓練者の行動に応じてシナリオを動的に変化させ、かつ現場と本部の情報伝達を考慮することで、より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] 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.
- [2] “The Triage Tag,” Critical Illness and Trauma Foundation, Inc., (<http://citmt.org/Start/tag.htm>).
- [3] 高松純平, 岸正司, 伊東岳, “JR 福知山線脱線事故後の関西労災病院における災害対策への取り組み”, 日本集団災害医学会誌, vol. 13, no. 1, pp. 8-14, 2008.
- [4] “Triage Training,” Fuji City, (http://www.city.fuji.shizuoka.jp/hp/page000034100/hp_g000034098.htm).
- [5] 松浦治人, 中田康城, “現実的実戦的な机上演習が災害対応力を高める! - エマルゴ・トレーニング・システムを用いた演習経験後の小規模消防本部の取り組み, 複数傷病者事案の検証を通して”, 日本集団災害医学会誌, vol. 17, no. 3, pp. 459-465, 2012.
- [6] Kizakevich, P., Furberg, R., Hubal, R., Frank, G., “Virtual Reality Simulation for Multicasualty Triage Training,” Interservice/Industry Training, Simulation, and Education Conference (I/ITSEC), pp. 1-8, 2006.
- [7] Rui, Y., Bin, C., Fengru, H., Yu, F., “Using Collaborative Virtual Geographic Environment for Fire Disaster Simulation and Virtual Fire Training,” Geoinformatics (GEOINFORMATICS), 2012 20th, International Conference, pp. 1-4, 2012.
- [8] Bartoli, G., Bimbo, A.D., Faconti, M., Ferracani, A., Marini, V., Pezzatini, D., Seidenari, L., Zilleruelo, F., Emergency Medicine Training with Gesture Driven Interactive 3D Simulations. Proceedings of the 2012 ACM workshop on User experience in e-learning and augmented technologies in education (UXeLATE 2012), pp. 25-30, 2012.
- [9] Zadow, U.V., Buron, S., Harms, T., Behringer, F., Sastmann, K., Dachsel, R., “SimMed: combining simulation and interactive tabletops for medical education,” In Proc. CHI 2013, ACM Press, pp. 1469-1478, 2013.
- [10] Hagino, M., Ando, Y., Okada, K., “Disaster Relief Training System Using Electronic Triage with Voice Input,” International Workshop on Informatics (IWIN2013), pp. 81-88, 2013.
- [11] 安藤禎晃, 萩野実咲, 岡田謙一, “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”, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2013) シンポジウム, pp. 1945-1952, 2013.
- [12] “MAJOR INCIDENT MANAGEMENT SYSTEM,” Emergency Medicine Society of South Africa, (<http://emssa.org.za/documents/em003.pdf>)