

トリアージ支援システムの アーキテクチャの提案

加藤 隆雅^{1,a)} 泉田 健斗^{1,b)} 重野 寛^{2,c)} 岡田 謙一^{2,d)}

概要：大規模な災害では多数の傷病者が同時に発生し、地域全体の医療資源の供給能力が著しく低下する。そのような状況下では、トリアージが重要となる。近年、災害時の救命救急活動を支援するためのシステムの研究が数多く進められている。しかし、現在訓練では訓練システムを、現場では現場用システムを使うようになっているため、訓練効果を最大限に発揮できず現場で実際に活動する際にシステムの操作で戸惑ってしまう可能性がある。本研究では、トリアージ支援システムのアーキテクチャを提案する。ユーザが状況に応じて使用するモードを選択できるようにし、訓練と現場の両方で使う事を可能にした。さらにこのアーキテクチャに基づいてプロトタイプシステムを作成した。本システムを用いて評価を行ったところ、複数の場面で問題なく使用できる事を確認した。これにより、訓練で慣れたシステムを現場でもそのまま使用する事が可能となり、救命活動の支援につながると期待する。

Design of a triage support system architecture

RYUGA KATO^{1,a)} KENTO IZUMIDA^{1,b)} HIROSHI SHIGENO^{2,c)} KEN-ICHI OKADA^{2,d)}

1. はじめに

大規模な災害が発生した際、多くの死者や傷病者が発生し膨大な物的被害を被るため、社会インフラを安定させ医療や救護体制を整えることは非常に大事なことである。日本は数多くの自然災害に見舞われてきた歴史があり、その中でも特に多くの被害をもたらしたのは地震である。関東大震災をはじめ、阪神・淡路大震災や新潟県中越沖地震、さらに記憶に新しい東日本大震災などにより日本各地は甚大な被害を受けている。また自然災害にとどまらず JR 西日本の福知山線脱線事故のような人的ミスによる大事故や、秋葉原での無差別通り魔事件なども発生している。こうした災害や事件が発生した際には迅速に災害現場や医療現場の状況を把握し、医療従事者や医療資源を的確に分配する

ことが非常に重要となる。限りある医療資源を効率よく利用しより多くの人命を救うことを目的として、トリアージが実施されることが多い。トリアージは、傷病者の重症度や緊急性に応じて治療の優先度を決定しカテゴリ分けを行うことを指す。緊急な治療を必要としない軽症患者や中等症患者の治療は保留し、緊急の治療をしなければ命に関わる重症患者の治療を優先的に行う。トリアージを実施した後は、病院などの医療救護施設へ搬送され、搬送先で適切な処置を受けることとなる。

近年では、災害時の救急救命活動を支援するシステムの研究が盛んになってきている。実際の現場での活動を支援するため、傷病者情報をタブレットで一覧表示できるシステムや、傷病者の最適な搬送先を決定し搬送ルートを提示するシステムなどがある。また、現場活動の支援だけではなく、VR や AR などの技術を用いて仮想の災害現場を作り上げ、その中で訓練が可能となるシステムもある。日頃からトリアージや救急救命に関する訓練を行うことで、必要なスキルや知識を身につけることができる。しかし、現在は訓練用のシステムと現場活動用のシステムが別々に開

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

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

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

d) okada@z2.keio.ac.jp

発されており、訓練で使い慣れたシステムをそのまま現場に持ち込むことはできない。また、システムの使用方法があらかじめ定められており状況に応じて操作方法を変えることができないため、操作性にも課題があると考えられる。

このような背景から、トリアージ支援システムのアーキテクチャを提案する。まず、トリアージ実施にあたって最低限必要な機能を持つ基本システムを構築し、それを中心として全体のシステムを構築した。追加機能を自由に実装可能で、基本システムと組み合わせることでモード作成ができる。ユーザは活動内容に応じてモードを選択しシステムを使用できるため、様々な場面でシステムが使える。さらに、このアーキテクチャを用いたプロトタイプシステムを単眼ヘッドマウントディスプレイとタブレットを用いて実装した。デバイスを複数用いることで、タスクや状況に応じて使うデバイスを選択可能となる。

2. 災害現場における救命活動

2.1 トリアージとは

災害医療の最終的な目標は、最大多数の傷病者に対し最善の医療を提供する事であるが、災害発生時には医療資源を最大限に活用しても最善の医療を提供する事ができない状況が多く存在する。その際に、傷病者の重症度や緊急度から治療の優先度を決定する手法をトリアージと呼ぶ。災害時のトリアージは2段階あり、第1段階を1次トリアージ、第2段階を2次トリアージと呼ぶ。1次トリアージの目的は傷病者の大まかなカテゴリへのふるい分け、2次トリアージの目的は詳細な生理学的・解剖学的評価を行うことで同じカテゴリの傷病者の搬送・治療の優先順位を決定することである。日本では1次トリアージを行う方法として、START法(Simple Triage and Rapid Treatment)が普及している。START法では、呼吸数、脈拍数と意識の有無によって治療優先度を決定していく[1]。トリアージにおいて優先度を示す分類は4段階存在し、治療の優先度は高い方から順に、赤(I) 黄(II) 緑(III) 黒(0)である、トリアージによって決定した治療優先度は、トリアージタグと呼ばれる4色のマーカが付いた紙タグにより呈示される。紙タグを傷病者に取り付け不要な色の部分を切り取ることで傷病者の優先度の色を表す。

2.2 救命救急活動の訓練とその現状

東日本大震災やJR福知山線脱線事故をきっかけに、災害時の救命救急活動におけるトリアージの概念が広く認知され、訓練が多くの自治体や病院で開催されるようになってきた。災害救護訓練は大きく分けて実働訓練と机上訓練の2種類があり、実働訓練では事前準備として傷病者役を演じるボランティアを集め、各症状の演技指導などを行う。医療従事者は傷病者役を診断し治療優先度を決定、そして傷病者を搬送し適切な処置を行う。こうした一連の活

動を行うことにより、トリアージの手法や搬送の仕方など災害時の適切な行動を把握し疑似体験することが可能である。また、机上訓練の代表例としてホワイトボードを災害現場や病院に見立て、傷病者や医療従事者などの医療資源を表すマグネットを移動させることで災害時の対応方法をシミュレーションするエマルゴ演習(ETS)[2]という手法もある。

これらの訓練は、繰り返し行いトリアージを含む災害時の救命救急活動の手法に習熟し、実際の現場でも迅速かつ適切な行動を可能にすることが目的である。しかし、実働訓練を実施するためには傷病者役の人員や訓練を行う場所、時間などの確保が必要であり、訓練を頻繁に実施する事は困難である。一方でETSのような机上訓練は、準備が簡単で頻繁に実施可能であるが、傷病者の容体変化や災害現場の再現が難しいといった問題点がある。

2.3 関連研究

現在、多くの医療機関において医療にICTが導入されてきているように、災害医療におけるトリアージもICTを利用したシステムが研究されている。ハーバード大学とボストン大学が行っているCodeBlueプロジェクトでは、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させ、災害時の医療活動に役立たせている[3]。また、効率よく生体情報などを通信するためのネットワークに関する研究[4]や、PDAなどの小型端末を利用して傷病者の情報収集を行い、医療活動の効率化を目指した研究[5]も行われている。国内でも、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[6]やに広範囲の情報共有を可能にすることを目的としたシステムの構築が行われている[7][8]。

現場での活動を支援するシステムだけでなく、訓練システムについても数多くの研究が行われている。Sherstyukらは仮想現実を用いて災害現場を再現し、その環境内で訓練を行うシステムを開発した[9]。他にも、Kinectを用いて訓練者のジェスチャを検知し、その検知結果に基づきパソコンの画面上に表示されるアバタを操作しながら災害時に医療活動について学習するシステムがある[10]。また、我々もこれまでに災害現場において迅速かつ確かな救命救急活動を行うための訓練システムについて研究をしており、生体情報の変化や訓練者の行動によってシナリオが変化するトリアージ訓練システムを提案した[11][12]。以上のように、現場での活動支援用と訓練用の大きく分けて二つのシステムが目的別に開発されている。

3. トリアージ支援システムのアーキテクチャの提案

3.1 アーキテクチャの方針

災害が起こった際に最大のパフォーマンスを発揮するた

めには、普段の訓練で使うシステムと同じシステムが現場で使えることが重要である。しかし現在は別々に開発されており、訓練と現場で共通して使えるシステムはない。また、訓練システムだけに注目しても目的別に研究がされており、その目的に応じたシステム構成となっていることが多い。例えば、実際の災害が起きた際に焦らないようにするため精神的な訓練も含む訓練システムでは、災害現場全体をVRで忠実に再現している。そしてVR環境での訓練を実現するために、訓練者はHMDを装着することとなる。一方で、トリアージ手法の習熟が目的のシステムでは傷病者のみを再現し、傷病者に関する情報（生体情報や外傷など）が詳しく提示される。また、それらの情報を最も見やすくするため、ハードウェアはタブレットトップインタフェースが採用されている。このように、訓練システムごとにソフトウェアはもちろんハードウェアも異なるものを準備しなければならない。目的別にシステムを構築する場合、開発効率が悪いだけでなく、ユーザにとってもシステムの使用方法に習熟する時間がその都度かかってしまう。よって、どのような場面や状況でも使えるシステムを構築する必要がある。さらにどのような人でも操作がしやすいシステムにすることで、普段の訓練および実際の現場での効果的な活用につながると考える。

3.2 機能の分類

活動内容や訓練内容によってシステムに要求される機能は異なる。例えば、一人で訓練したい場合は訓練用のシナリオを自動的に作成してくれる機能が、複数の医療従事者が同じ現場で活動するときはお互いに連携がとれるようメッセージを送る機能などが必要となる。一方で、トリアージ結果を入力する機能など、どのような状況でも必ず利用する機能もある。

複数の状況で使えるシステムを効率よく構築するには、機能を一括管理するのではなく、機能ごとにユーザが必ず利用するものとそうでないものに分類することが重要である。これを行うことにより、開発効率を上げることが可能となる。本提案では、どのような状況でも必要となる機能のまとまりを「基本システム」、状況に応じて必要となる機能を「追加機能」と呼ぶこととする。

3.3 モードの作成

様々な状況で使えるシステムにするには、それぞれの状況に合った追加機能が用意されている必要がある。しかし、実際の現場で活動中に訓練用のシナリオが表示されてしまったら活動の障害になってしまう可能性があり、逆に訓練をしたい時に訓練用シナリオが表示されなかったら訓練を実施できない。つまり、複数ある追加機能の中からその状況に適したものを利用するためには、各追加機能がどの状況に使うべきものなのかをユーザに明確に提示しな

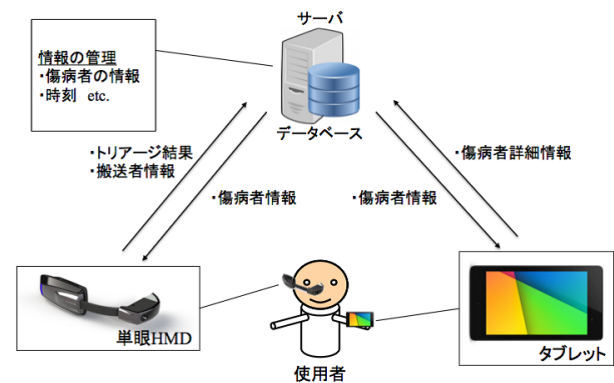


図1 基本システムの構成

ければならない。従って、状況ごとに必要となる追加機能をまとめる必要がある。本提案では、状況別にまとめた追加機能と基本システムを組み合わせたものを「モード」と呼ぶこととする。また、ユーザがモードを理解し、適したモードを選択しやすくする必要がある。機能ごとではなくモードをユーザに提示することにより、システムに不慣れた人が使用時に混乱することを防ぐことが可能となる。

3.4 ハードウェアとの連携

災害時の救急救命活動では、瓦礫を動かしたり傷病者のトリアージを実施したり、両手が必要となる作業が数多く存在する。また、現在モバイルデバイスの中でも広く使われているタブレットでは、タブレットを片手で持ち、もう一つの手でタッチ操作を行う必要があり、両手を使わなければならない。つまりトリアージなどの活動中には、タブレットのような両手を必要とするデバイスを利用することは困難である。手を必要とする作業中の利用には、HMDのように頭に装着し、片手もしくはハンズフリーで操作できるデバイスが適していると言える。一方で、画面が小さいHMDでは多くの情報を一度に表示しづらいため、傷病者の一覧表示などには不向きであり、画面が大きいデバイスの方が適している。よって、ハードウェアの特徴に一致した機能をそのハードウェアに備える必要がある。例えば、トリアージ結果入力の機能はハンズフリーで利用できるデバイスで実装し、傷病者の一覧表示を行う機能は大きな画面を持つデバイスに実装することで、そのハードウェアの強みを生かすことができる。状況に応じてデバイスを使い分けることで、作業を効率よく行えるようになる。

4. 実装

図1に基本システムの全体構成を示す。ユーザが所持するタブレット端末はGoogle社のNexus7 2013年モデル(Android 4.4.2)[13]であり、情報を出力するためのプログラムはJava, JavaScript, PHPにより開発されている。また、頭部にはVuzix社のVuzix M100スマートグラス[14]を装着し、情報を出力するためのプログラムはNexus7同

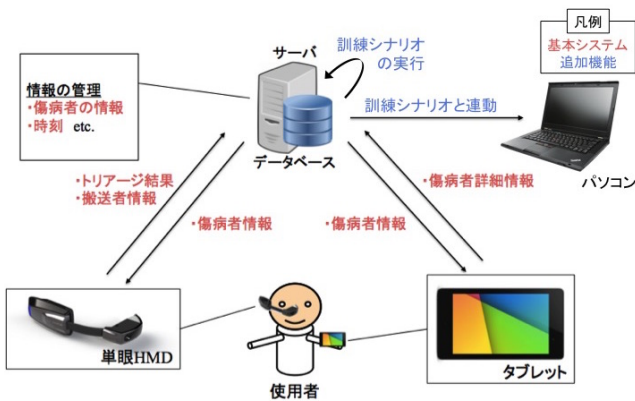


図 2 机上訓練モードの構成

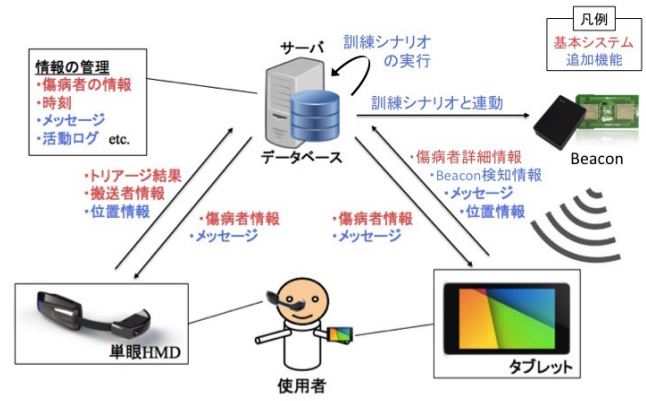


図 3 実働訓練モードの構成

様 Java, Javascript, PHP により開発されている。この M100 スマートグラスは単眼であるため、情報を見ると同時に周囲の状況を自身の目で確かめることができる。仮想の傷病者を再現するために用いる Beacon 端末は、Aplix 社の試作開発用 Beacon モジュール [15] を使用する。

4.1 システム構成

3 章にも述べたように、各モードは基本システムと追加機能の組み合わせによって成り立つため、基本システムの機能呼び出す部分と追加機能呼び出す部分に分けた。基本システムの機能はあらかじめ定められているため、それぞれを直接呼び出す。一方で、どの追加機能呼び出すかはモードによって異なるため、まず追加機能リストを呼び出す。そしてこのリストでは、どのモードでどの機能呼び出すかをあらかじめ宣言しておく。このリストを用いることで、必要な追加機能を間接的に呼び出すことができ、モードごとにプログラムを作成し直す手間が省ける。

4.1.1 基本システム

まず、どのモードにも共通して組み込まれる基本システムについて述べる。基本システムはあらゆる場面において必要となる機能の塊を指す。トリアージ結果の入力、搬送情報の入力、傷病者情報の表示の 3 つの機能は必ず利用するため、その他の追加機能と区別することにした。

これらの機能をタブレットと単眼 HMD に振り分けて実装した。トリアージを実施する際や搬送者を決定する際、傷病者の状態確認に手を使う必要があるため、手で持たなくても情報を見ることができる単眼 HMD で結果を入力できるようにした。結果はデータベースへと保存される。さらに単眼 HMD で入力しなかった傷病者の詳細情報、例えば氏名や住所などの複雑な情報はタブレットから入力できるようにした。そしてデータベースですべての情報を管理し、必要な時にタブレットもしくは単眼 HMD から閲覧できる。傷病者の詳細情報の表示は、単眼 HMD のような小さな画面で行うと見辛く作業効率が悪いので、タブレットの大きな画面で利用できるようにした。しかし、目の前に

いる傷病者の情報を閲覧したい場合は瞬時に表示できる手法が必要なため、単眼 HMD でも簡易的に表示可能にした。

4.1.2 机上訓練モード

机上訓練モードではトリアージ手法の習熟を目的とするため、図 2 のように基本システムに訓練用シナリオの機能が加わるのみとなっている。訓練シナリオをデータベースにあらかじめ入力しておき、訓練時には仮想傷病者の情報をパソコンを用いて閲覧することができる。つまり机上訓練は、パソコン、タブレット、単眼 HMD の 3 点を用いて実施する。

4.1.3 現場モード

現場モードでは実際の現場での利用を想定し、基本システムに位置情報やメッセージ、活動ログの作成の機能を追加する。位置情報は単眼 HMD およびタブレットから一定間隔で取得し、サーバへ送信し現在地を常に更新する。そしてその現在地を利用し、ユーザがいつ・どこで・何をを行ったに関する活動ログを自動的に作成する。メッセージはタブレットから新規作成でき、受信したメッセージは単眼 HMD およびタブレットで見ることができる。

4.1.4 実働訓練モード

実働訓練モードでは、訓練環境内を歩き回り傷病者を探す訓練を可能とする。実際の現場での活動に近い訓練を実現するため、現場モードと同じ追加機能を組み込み、さらに訓練シナリオの機能を追加する。図 3 に実働訓練モードの構成を示す。1 つの Beacon 端末を仮想傷病者 1 人の情報と連動させ、Beacon を検知すると検知結果がタブレットの画面へ反映される。また、現場モード同様、他の訓練者とメッセージのやりとりが可能であり、活動ログが自動的に作成される。

4.2 使用イメージ

次に、本システムを使用する際の流れについて述べる。まず傷病者を発見したら、個人の識別用の ID として各傷病者に紙の QR コードを付与する。訓練中の場合は仮想傷病者を表す Beacon 端末に貼り付ける。ユーザはその QR



図 4 HMD メニュー画面

コードを読み取ってから傷病者に関する情報を入力することで、傷病者 ID との紐付けを行う。画面設計は、単眼 HMD とタブレット両方でモードごとに行うのではなく、すべてのモードで共通した画面デザインを採用した。これにより、モードを切り替えても戸惑うことなく使用することが可能である。

4.2.1 単眼 HMD の場合

ユーザがシステムにログインすると、モード選択画面が現れるので使用したいモードを選択する。ここで、実働訓練モードを選択すると図 4 のようなメニュー画面が表示される。実働訓練モードの場合は、トリアージ結果の入力、急変者発見の入力、搬送者の入力、傷病者の状態確認、メッセージ一覧の 5 つの選択肢が用意されている。

「トリアージ」を選択すると自動的にカメラへ切り替わり、傷病者に付与した QR コードを読み取るとトリアージ入力画面に遷移する。トリアージ実施後、該当するカテゴリを選択すると、QR コードの ID と自動的に紐付けされデータベースへ保存される。その後、もとのメニュー画面へと戻ることによってトリアージ情報の入力は完了となる。同様に、急変者を発見した後は画面に従って必要事項を入力していく。搬送者を決定しその結果を入力するには、「搬送者決定」を選択すると搬送者入力画面が表示される。現場にいるトリアージ済みの傷病者の ID がリストで表示されるので、該当者の ID を選択し、搬送者決定のボタンを選択する。また、「状態確認」を選択するとカメラに切り替わる。この時、QR コードを読み取るとその ID に紐付けされている傷病者に関する情報が表示される。「メッセージ」を選択すると、受信したメッセージ一覧を見ることが出来る。送信済みのメールの確認は、「送信 BOX へ」を選択することで可能となる。このように、単眼 HMD での入力や表示を必要最低限に抑えることで、短い時間で直感的に作業することができる。

4.2.2 タブレット端末の場合

単眼 HMD の時同様、ログイン後にはまず使用するモードをモード選択画面から選択する。実働訓練モードを選ぶと、図 5 のメニュー画面へ遷移する。メニューの 1 番上に表示されている「傷病者一覧」を選択すると図 6 のように



図 5 タブレットメニュー画面



図 6 傷病者情報一覧

一覧が表示される。この表は左から、傷病者 ID、カテゴリ、最新トリアージ時刻、トリアージ回数、発見時刻、急変時刻、搬送時刻となっている。カテゴリ欄はそのカテゴリに応じた色に塗られ、視覚的にわかりやすい仕様となっている。急変時刻が空欄の場合は急変履歴がないことを、搬送時刻が空欄の場合は搬送されておらずまだ現場にいることを表す。各傷病者についての詳細な情報を見たい場合は、傷病者 ID を選ぶことで、その傷病者に関する情報をまとめたものとその傷病者に対して行われた処置が時系列順に詳細に提示される。メニューの上から 2 番目の「傷病者詳細情報入力」では、住所や氏名などの詳しい情報を入力していく。各傷病者に関して最も重要なのは重症度カテゴリである点と、単眼 HMD で文字の入力を行うと時間がかかってしまう点を考慮し、氏名や住所などの情報はこのようにタブレットで入力することとした。入力したデータは、既に入力されている重症度カテゴリの情報と結びつけられる。また、メニューの上から 3 番目の「QR コードを読み取る」を選択すると自動的にカメラへ切り替わる。QR コードを読み取ると、その ID に対応した傷病者の情報が表示される。未登録の ID の場合は、エラー画面が表示される。

トリアージを実施するにあたって最も重要なのが START 法の実施だが、フローチャートを忘れてしまった場合はメ

ニューの「START 法参照」を選択することで確認することができる。この機能をタブレットに実装することによって、フローチャートを見ながら単眼 HMD で結果を入力する、といった並行作業が可能となる。さらに、「メッセージ」を選択すると自分と他のユーザのやりとりを確認することができる。受信したメッセージだけでなく、他のユーザ同士のやりとりも「全メッセージ」を選択すると見ることができる。最後に、メニューの 1 番下の「地図」では、現在地およびトリアージ済みの傷病者の位置を確認することができる。現在地を中心とした地図が表示され、現在地は白いマーカーで表される。周辺にトリアージ済みの傷病者がいる場合は、色付きマーカーの中にその傷病者の ID が表示される。マーカーの色は最後にトリアージした結果のカテゴリに対応している。傷病者のマーカーを選択すると、その傷病者の詳細情報の画面へ遷移する。

4.3 訓練シナリオの実行

4.3.1 机上訓練

机上訓練モードでは、パソコンの前に座ってトリアージ手法を学習する。パソコンには、仮想傷病者の画像と生体情報を同時に表示する。歩行可能な傷病者は立ち姿の画像が表示されるなど、画像は生体情報に一致したものが表示されるため、違和感なくトリアージを実施することができる。画面を見ながらトリアージを実施し、その結果を机上訓練モードに設定した単眼 HMD とタブレットから入力する。一人の傷病者をトリアージし終えたら、「次の傷病者へ」のボタンを押し、次の練習へとにかかる。

4.3.2 実働訓練

実働訓練モードでは、実際の現場と同様に歩き回りながらトリアージや急変者の対応、搬送者の決定に関する訓練を行う。訓練を実施する際は事前準備として、訓練シナリオをあらかじめ作成しデータベースに入力しておく。訓練シナリオには、どの傷病者がいつ急変するのか、いつ救急車が到着するのか、といった情報を含む。また、訓練環境内に Beacon 端末を仮想傷病者の人数分配置する。

訓練を開始するには、タブレットのメニュー画面から「傷病者を探す」を選択する。すると、図 7 のような画面へと遷移する。この画面例では、8 つの Beacon 端末を検知しているため 8 人の仮想傷病者が表示されている。傷病者の画像はタブレットと Beacon 端末の距離に応じて大きさが変わり、遠ければ小さく、近ければ大きく表示される。各 Beacon 端末は 1 人の仮想傷病者情報と紐付けられているため、ある Beacon に近づくと特定の傷病者の画像が大きくなっていく。そしてトリアージ可能な距離にまで近づくと「トリアージ可能」と表示され、その傷病者を選択すると傷病者の画像と生体情報が提示される。この情報を用いてトリアージを実施し、実働訓練モードに設定した単眼 HMD とタブレットを用いて結果を入力する。訓練中



図 7 仮想傷病者が表示されている様子

は、歩き回りながら Beacon 端末を探していく。歩いている最中には、あらかじめ作成した訓練シナリオをもとに救急車到着や急変者発生といったイベントが発生する。救急車が到着した際には、既にトリアージを実施した傷病者の中から優先順位の高い順に搬送していく。どの傷病者がまだ現場にいるかを忘れてしまった場合は、傷病者一覧をタブレットで見ながら単眼 HMD で搬送すべき傷病者の ID を入力する。また、急変者が発生した際はその傷病者の画像の上に「容体急変中」という通知が表示されるので、再びその傷病者のもとへ行き処置を行う必要がある。すべての Beacon 端末を発見し、かつ訓練シナリオで設定したイベントが終了したら、訓練終了となる。

5. 評価実験

提案に基づいて実装したプロトタイプシステムの有用性を検証した。具体的には、様々な場面で問題なく使えるかと操作性の 2 点に着目し評価を行った。

5.1 実験概要

大学生・大学院生 20 名を被験者とした。この 20 名を提案手法を利用するグループと従来手法を利用するグループの 2 つに分けた (各グループ 10 名ずつ)。提案手法グループでは本研究で実装したプロトタイプシステムを、従来手法グループでは紙のトリアージタグを用いて実験を実施した。

まず被験者は、トリアージや急変者への対応方法、搬送者の決定方法に関して勉強し、トリアージ手法習熟のため机上訓練を行った。提案手法グループは単眼 HMD を頭に装着してタブレットを所持し、両デバイスを机上訓練モードにする。従来手法グループには紙タグとペンを渡す。両グループともパソコンの前に座って訓練を実施する。パソコンには仮想傷病者の生体情報が表示されるので、それをもとにトリアージを行う。合計 6 名分のトリアージを実施し、その結果は、提案手法グループは単眼 HMD を用いてシステムに入力し、従来手法グループは紙タグに記入していった。すべての傷病者が終わった後に答え合わせを行

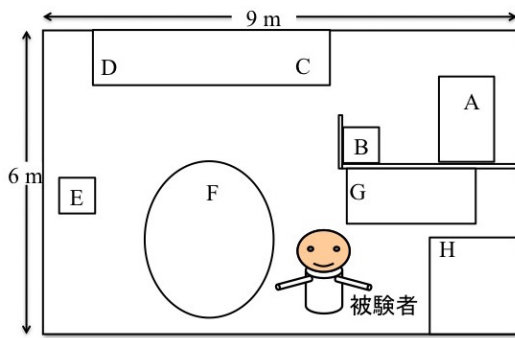


図 8 評価実験部屋

い、どこで間違いをしたのかを確認する。

机上訓練が終了した後に、実働訓練を行ってもらった。提案手法グループは単眼 HMD を頭に装着しタブレットを所持し、両デバイスを実働訓練モードにする。また、QR コードが印刷された用紙を 8 枚持ち歩いてもらう。従来手法グループには紙タグとペンを渡す。実験部屋は図 8 に示す見取り図のようにになっている。アルファベットは Beacon 端末が配置されている場所を、楕円や長方形は机を、細長い長方形は仕切り壁を示す。Beacon 端末は、実験者が見取り図通りに全被験者に同じく配置する。被験者は実験部屋を歩き回り、仮想傷病者を探し出し順次トリアージを実施していく。急変者を発見した場合はその傷病者の元へ行き再トリアージを実施する。また、救急車が到着した場合は搬送者を決定する。救急車到着に関しては、提案手法グループでは災害対策本部より救急車到着の旨のメッセージが到着し、従来手法グループでは実験者が災害対策本部に扮し救急車到着の旨を伝達する。また、従来手法グループでは搬送者決定の際はその傷病者の紙タグに搬送時刻を記入する。全 8 名の仮想傷病者を発見しすべてのイベントが終了したら、報告書に記入を行う（全体に関する報告書は 1 枚、各傷病者に関する報告書は 8 枚）。提案手法グループはシステムに入力したデータを参照しながら、従来手法グループは自身が記入した紙タグを参照しながら行う。

生体情報の違いによる所要時間や正答率の差を防ぐため、実験では仮想傷病者の生体情報はあらかじめ固定値を入力し、訓練中に変動しないようにした。傷病者は、赤 3 名、黄 3 名、緑 1 名、黒 1 名の合計 8 名とした。急変者は、黄の中から 1 名と緑の 1 名、合計 2 名とした。救急車は 3 回到着することとし、イベントはすべての被験者で同じ順序で発生させた。

5.2 実験結果

5.2.1 トリアージに関する結果

トリアージに関する結果を表 1 に示す。所要時間とは、提案手法グループでは仮想傷病者の生体情報の画面を開いてからトリアージ結果を入力し終わるまで、従来手法グループでは仮想傷病者の生体情報の画面を開いてから紙タ

表 1 トリアージに関する実験結果

	提案手法	従来手法
所要時間 (sec)	26.6±6.4%	32.8±4.0%
正答率 (%)	88.0±10.3%	88.5±9.4%

± の後の数字は標準偏差を表す

表 2 搬送者決定に関する実験結果

	提案手法	従来手法
所要時間 (sec)	35.7±6.6%	25.1±7.2%
正答率 (%)	100.0±0.0%	79.7±23.6%

± の後の数字は標準偏差を表す

グに記入し終わるまで、を指す。正答率は、傷病者を正しいカテゴリに分類できていたかを計測し算出した。

t 検定を行ったところ、所要時間には有意差が見られた ($p < 0.05$) が、これはデータの入力と紙タグの記入で差が生じたためだと考えられる。紙タグだと日時、実施者などを毎回記入しなければならなかったが、提案手法グループではこれらの情報は自動的に記録されるため入力不要であった。1 回目のトリアージでは時間がかかってしまった提案手法グループの被験者も、回を重ねるごとに入力が早くなっていった。一方で、正答率には有意差は見られなかった。これは、同じ内容の机上訓練を実施したため当然の結果であると言える。また、有意差がないことにより、システムを利用する際誤入力が発生しにくいことも証明された。

5.2.2 搬送者決定に関する結果

搬送者決定に関する結果を表 2 に示す。所要時間とは、提案手法グループでは災害対策本部から届いたメッセージを見てから決定した搬送者を入力し終わるまで、従来手法グループでは災害対策本部のスタッフから連絡を受けてから紙タグに記入し終わるまで、を指す。また、正答率は被験者が救急車到着時点において、トリアージ済みの傷病者の中で最優先で搬送すべき人を選択できていたかを計測し算出した。

t 検定を行ったところ、所要時間には有意差が見られ ($p < 0.01$)、正答率にも有意差が見られた ($p < 0.05$)。提案手法グループでは、傷病者の一覧表をタブレットで見てから搬送者を決定していたため、正答率が高くなったと考えられる。一方で、従来手法グループでは傷病者の一覧表がないため、傷病者にとりつけられた紙タグをそれぞれ確認してから決定するべきであった。しかし、実際に確認を行った人は少なく、ほとんどの被験者が記憶を頼りに決定していたため、正答率が低くなった。その結果、確認作業を行った提案手法グループは搬送者決定まで時間がかかってしまい、確認作業を怠った従来手法グループの方が時間が短くなった。

5.2.3 報告書の作成

報告書作成に関する結果を表 3 に示す。所要時間は報告書を書き終わるまでの時間を指し、正答率は記入すべき欄

図 9 記入済みタグの一例

表 3 報告書作成に関する実験結果

	提案手法	従来手法
所要時間 (sec)	391.5±71.2%	484.6±51.9%
正答率 (%)	100.0±0.0%	88.0±10.3%

± の後の数字は標準偏差を表す

がいくつか合っていたかをもとに算出した。t 検定を行ったところ、所要時間、正答率どちらにも有意差が見られた ($p < 0.01$)。システムが入力済みのデータを見やすく整理してくれるため、提案手法グループは紙に書き写すだけの作業であった。その結果、正答率は当然高く所要時間も短かった。一方で、従来手法グループはまず紙タグの整理から始めなければならなかった。そしてタグから情報を読み取り、報告書へ記入する必要があったため、時間がかかってしまった。また、タグへの記入漏れやタグの上書きによる情報の誤認、そもそも字が汚くて読めない、といった原因から正答率も低くなったと考えられる。図 9 に 2 名の被験者が実際に記入したタグの例を示す。左の例では、トリアージの際に時刻を間違えて記入してしまったため、斜線で消して書き直した跡が見られる。しかしこの被験者は報告書作成の際、この書き直しを急変時刻と勘違いし急変した傷病者であると間違えて記入した。また、右側の例を記入した被験者は、急変者発見時に急変時刻を記入忘れたため、報告書作成の際に回答できなかった。

5.2.4 アンケート結果

最後に、表 4 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。設問 2 に関しては「(できた) 0・1 (できなかった)」で回答してもらったため最も高い値は 1 となる。

全体として高評価を得られ、先に述べたトリアージや搬送者決定、報告書作成の結果から、操作にかかる時間や誤入力に関しても従来手法より優れていると言える。これらの結果を合わせると、操作性に問題はないと考えられる。また、自由記述のコメント欄には「操作方法がわかりやすいため、すぐシステムに慣れることができた」「記録を自動的にとってくれるので、トリアージに集中することができ

表 4 アンケート結果

項目	平均値
机上訓練でシステムに慣れる事ができた	5.0
実働訓練で机上訓練と同じように作業ができた	1.0
実際の現場でもシステムは問題なく扱えそうか	4.4
単眼 HMD とタブレットは使いやすかったか	4.1
報告書作成は簡単だったか	4.9

た」「傷病者の一覧表示があるので、災害の全体像がつかみやすかった」「机上訓練の時と使うシステムが同じであったため、実働訓練でも問題なく扱えた」のような意見も挙げられていた。以上の結果から、提案アーキテクチャに基づいたシステムは、複数の状況で共通して利用できる操作性の高いシステムであることが示せた。

6. おわりに

災害時には、現有する医療資源に対して多数の傷病者が発生しその地域全体の医療供給が著しく低下し制限された状態になってしまう。救急救命活動の一環として、緊急な治療を必要としない軽症患者や中等症患者の治療を保留し、緊急の治療をしなければ命に関わる重症患者を選別して優先的に治療をする「トリアージ」を実施することで、限られた医療資源を有効活用し最大多数の傷病者に医療活動を行うことが可能となる。近年では、災害時の救命活動支援を目指したトリアージシステムの研究開発が進められている。傷病者の命を救うためには、迅速かつ的確な判断と行動をすることが医療従事者に求められるため、平日頃から災害を想定した訓練を行うことが非常に重要である。しかし、現状では訓練をより効果的に実施するため、災害現場を忠実に再現する技術を多く取り込むなど、実際の現場で使うシステムとは掛け離れた形態になっていることが多い。訓練用システムと現場用のシステムが別々に開発されているため、訓練で慣れたシステムを現場で使うことができず訓練効果を最大限に発揮できない恐れがある。さらに、どのような状況においてもあらゆる人が操作がしやすいシステムにしなければ、救急救命活動の妨げになってしまう可能性がある。

本研究では、現場と訓練で共通して使えるトリアージ支援システムのアーキテクチャを提案し、アーキテクチャに基づいたプロトタイプシステムを構築した。状況に応じた利用を支援するため複数のモードを設け、それぞれのモードにはその状況で必要となる機能を含めた。ユーザは単眼ヘッドマウントディスプレイを頭に装着し、タブレットを所持し作業を行っていく。複数のデバイスを用いることで、タスクによってデバイスを使い分けることができる。プロトタイプシステムを用いて机上訓練と実働訓練を実施し、評価を行った。従来手法である紙のトリアージタグ使用時に比べて、トリアージの実施や搬送者の決定などに関して迅速かつ正確に作業を行うことができることが示せた。ま

た、机上訓練で学習したシステムの利用方法をそのまま実働訓練に応用することができ、操作性に関しても問題がないことを確認した。以上のことから、本提案のアーキテクチャを用いたシステムは、操作性が高く複数の場面で利用することが可能であると言える。本システムを使用して訓練を重ね、実際の現場でも使うことで、災害における救急救命活動の効率化につながると期待する。

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] Emergo Train System : Emergo Train System (ETS)(online), 入手先 (<http://www.emergotrain.com/>) (2016.04.01).
- [3] David Malan, Thaddeus Fulford-Jones, Matt Welsh, and Steve Moulton, “CodeBlue: An Ad Hoc Sensor Network Infrastructure for Emergency Medical Care,” International Workshop on Wearable and Implantable Body Sensor Networks, pp.203-216, 2004.
- [4] Leo Selavo-MattWelsh Majid Sarrafzadeh Tia Gao, Tamara Massey, “Participatory user centered design techniques for a large scale ad-hoc health information system,” Proceedings of the 1st ACM SIGMOBILE international workshop on Systems and networking support for healthcare and assisted living environments, pp.43-48, 2007.
- [5] Yuann-Meei Tzengb I-Ching Houc Yiing-Yiing Sangb Polun Changa, Yueh- Shuang Hsub, “Development and pilot evaluation of user acceptance of advanced mass-gathering emergency medical services pda support systems,” Proceedings of the 11th World Congress On Medical Informatics, 2004.
- [6] 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, No.2, pp.802-810, 2007.
- [7] 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.
- [8] 日経デジタルヘルス : FileMaker と iPad mini による トリアージシステムの有用性は? 昭和大学病院が防災訓練で災害トリアージ情報共有システムを検証 (online), 入手先 (<http://techon.nikkeibp.co.jp/article/FEATURE/20140912/376304/?ST=ndh>) (2016.04.01).
- [9] 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.
- [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] 安藤禎晃, 萩野実咲, 岡田謙一, “生体情報の変化に対応したトリアージ訓練システムの提案”, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J97-D, No.5, pp.904-913, 2014.
- [12] 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.
- [13] Asus : Nexus 7(online), 入手先 (https://www.asus.com/jp/Tablets/Nexus_7_2013/) (2016.04.01).
- [14] Vuzix : M100 Smart Glasses(online), 入手先 (<https://www.vuzix.com/Products/M100-Smart-Glasses>) (2016.04.01).
- [15] アプリックス社 (online), 入手先 (<http://www.aplix.co.jp/>) (2016.04.01).