

電子トリアージ訓練用の傷病者情報の AR 表示手法

安藤 禎 晃^{†1} 小嶋 洋 明^{†2}
高橋 祐 樹^{†2} 岡田 謙 一^{†1,†3}

多数の傷病者が発生する大規模災害では、限られた医療資源で最大多数の傷病者を救命するために、重症度や緊急度によって治療および搬送優先度を決定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。その際、医療従事者が現場において適切な行動を行うためには日常的に訓練を重ねておく必要がある。しかし、現在の訓練では、傷病者役の人間を用意するために手間がかかってしまう、紙に記載された情報のみで判断するために現実感がない、傷病者の生体情報の変化が考慮されていない、といった問題点がある。そこで我々は、電子トリアージ訓練における傷病者情報の AR 表示手法を考案し、画像を用いて傷病名を判断する訓練システムを構築した。このことによって、傷病者役の人間を必要とせず、また動的に変化し、かつ視覚的に認識できる傷病者情報を再現することができ、より実践的な訓練が可能となる。

Method of Displaying Wound Person Information with Augmented Reality for Electronic Triage Training

YOSHIAKI ANDO,^{†1} HIROAKI KOJIMA,^{†2}
YUKI TAKAHASHI^{†2} and KEN-ICHI OKADA^{†1,†3}

^{†1} 慶應義塾大学理工学部

Faculty of Science and Technology, Keio University

^{†2} 慶應義塾大学大学院理工学研究科

Graduate School of Science and Technology, Keio University

^{†3} 独立行政法人 科学技術振興機構

JST CREST

1. はじめに

多数の傷病者が発生する大規模な災害時には、十分な治療を行うための医療資源が不足する場合が多い。このような状況において限りある資源を最大限に活用して最大多数の傷病者を救命するために、傷病者の重症度や緊急度に応じて治療および搬送優先度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。近年では、JR 福知山線の事故¹⁾ や秋葉原連続殺傷事件などでも使用され、認知度の上昇に伴いマニュアルの作成が行われている。しかし、大規模な災害は頻繁に起こるものではないため、現場においてトリアージを行う際に何から始めればよいのか、トリアージの手段として何を用いるのかといったことを経験しておくことが難しい。特に、現場での経験の浅い医療従事者にとっては致命的な問題となる。そのため、こうした状況を想定した訓練を平常時から行うことが重要になる。現在のトリアージ訓練では、医療従事者は症状や生体情報が記載された紙を見てどのタグ色に相当するかを決定し、各色のトリアージテントに搬送するまでの活動を行っている。しかし、紙に記載されたシナリオ情報を用いているために生体情報が変化しない点、健常者に怪我のメイクを行い傷病者の役とするために手間がかかる点が問題点として挙げられる。そこで、現在では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」のプロジェクト²⁾ の下、進められているトリアージの電子化を用いて、これらの問題点を解決しようとする動きがある。

このような背景から本研究では、電子トリアージ訓練用の傷病者情報の AR 表示手法を提案した。携帯情報端末のカメラによって傷病者情報を AR 表示することで、より実践的な災害訓練を行うことを目的としている。以下、2 章では災害現場におけるトリアージ活動について述べ、3 章ではトリアージ訓練の現状とその問題点を述べる。4 章では、その問題点を解決するための本研究の提案を述べ、5 章で提案システムの実装について述べる。そして最後 6 章を本研究のまとめとする。

2. 災害現場における救命活動

2.1 トリアージの概要

トリアージとは、災害時に多数の傷病者が発生した場合において、その怪我の重症度や緊急度から治療および搬送優先度を決定することである。その目的は限られた医療資源を最大限に活用して、より多くの救命活動を行うことである。傷病者が実際に選別されるカテゴリーは以下の通りである。最優先治療群 (I) → 待機的治療群 (II) → 軽症群 (III) → 死亡

群 (0) の順に優先度を決定する。³⁾

- [黒] 死亡群 (0)
死亡, もしくは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] 最優先治療群 (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] 待機治療群 (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] 軽症群 (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。

治療優先度が決定されると, 傷病者には図 1 に示すトリアージタグが取り付けられる。その際, タグの下部にある不要な色の部分を切り取ることでその傷病者がどの色に分類されたかを呈示することができる。また, 実際の災害現場においてトリアージは迅速かつ正確に行う必要があるため, 現在では図 2 に示す START 法 (Simple Triage and Rapid Treatment) が用いられている。これは, 最初に診断を行うトリアージポストにおいて行われる手法であり, 呼吸数, 脈拍数, SPO2 (血中酸素濃度), 意識の有無のみを判断し, 原則として治療も行わずに傷病者の選別のみを行う。

しかし, 傷病者の症状は時間とともに変化していくことが多い。また生理学的所見のみならず, 解剖学的所見, 受傷機転, 災害弱者といった情報によっても変化の可能性があるため, 1 次トリアージで決定されたタグ色に基づき搬送されたエアートtentにおいて, 上記の情報を加味した 2 次トリアージを行う。

2.2 トリアージ活動の流れ

災害が起きた場合, 医療従事者はすぐに災害現場へと駆けつけ, トリアージや医療活動の補助, 後方支援などを行う。トリアージに基づく具体的な医療活動の流れは以下に示す通りである。その際, トリアージポスト内での医療従事者によるタグ色の決定が傷病者の生命に大きく関わってくる。なぜなら, 最も治療および搬送優先度が高いのは赤タグ傷病者であるため, 赤タグ相当の症状にも関わらずトリアージポストで黄タグを装着されるようなことが起きると, 搬送順位が遅くなり治療が遅れる可能性が出てくるからである。そのため, 傷病者情報の取得およびトリアージは, 一度のみならず二度三度と繰り返し行って優先度を決定することが非常に重要となる。

- (1) トリアージポスト (トリアージを行うために用意されたエアートtent) に傷病者を搬送
- (2) 医療従事者がトリアージを行い, タグの色を決定したのち傷病者に装着



図 1 トリアージタグ

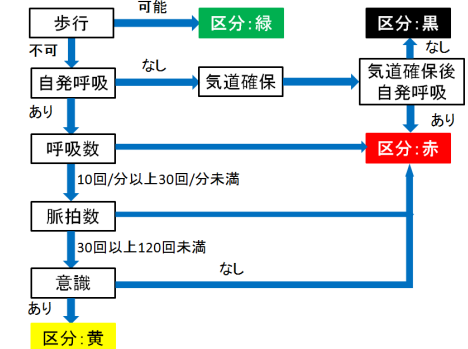


図 2 スタート法

- (3) 装着されているタグ色に相当するエアートtentに傷病者を搬送
- (4) それぞれのタグの色に応じて搬送する医療機関, 搬送する順番を決定
- (5) その決定に基づき医療機関に搬送 (赤タグはドクターヘリなどで第 3 次医療機関へ, 黄タグは救急車などで第 2 次医療機関へ)
- (6) 医療機関の入り口などで必要に応じて複数回トリアージを行う
- (7) 医療機関で適切な治療を受ける

3. トリアージ訓練の現状

近年, JR 福知山線の事故や秋葉原連続殺傷事件などを通して, 救命活動におけるトリアージという医療活動が広く認識されるようになってきている。同時にトリアージ訓練やマニュアルの作成も活発に行われている。現在のトリアージ訓練では, 傷病者役の人が症状や生体情報が記載された紙を所持し, 傷病者になりきるために外傷キットなどで扮装して演技指導を受けた後, 医療従事者はそれらを見ながらどの色のタグに当てはまるかを決定し, 搬送するまでを行う。マニュアルには, 傷病者役の人がどのタイミングでどういった演技を行い, 生体情報としてどのような値を医療従事者に伝えるかが記載されている。⁴⁾ また, 別の形式としては, 机上で災害訓練をシミュレーションするエマルゴ演習がある。⁵⁾ これは, 災害現

場、救護所、現場指揮所、病院、消防局司令室、対策本部等に見立てたホワイトボードを設置し、傷病者の代わりのマグネット付き絵札を動かしてゆくことで、災害医療の流れを視覚的かつ容易に理解できる訓練である。しかし、こうしたトリアージ訓練には問題点がいくつか存在している。第一に、傷病者役として多数の人間を必要とし、外傷キットの使用や演技指導などを行うことによる人件費がかさむ点がある。第二に、情報が紙に書かれた文字からのみ入ってくるために現実感のある訓練になりにくい点、第三に、実際の災害現場においては傷病者の容態は刻一刻と変化していくため、その都度優先度は変わっていくが、訓練では紙に記載された変化しない情報を見て判断する点がある。

動的な傷病者情報の取得に関しては、近年世界各国で進められている、災害救急救命において利用できる RFID センサを利用したシステムの研究が挙げられる。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、各種のセンサを用いて傷病者の心拍などの情報を端末に発信させ、災害時の医療活動に役立たせている。⁶⁾ また、限られた範囲、設備の中でよりよい通信のためのネットワークに関しても研究されている。⁷⁾⁸⁾

4. 提 案

トリアージにおいては、限られた医療資源を最大限活用して最大多数の傷病者を救命していかなければならない。しかし、日常的に大規模な災害が起こることは少なく、医療従事者はトリアージの経験が不足しがちである。そのため、事前に災害を想定した訓練を行っておくことが重要になる。災害訓練を行うに当たってまず必要になるものが、災害の規模や傷病者の人数および情報を設定した訓練シナリオである。現在の訓練では紙に書かれたシナリオをもとに行っているが、これらの情報は変化することがないために実際の現場とは違ったものになってしまう点、現場では文字で示される情報よりも画像としてとらえる情報の方が多いという点が指摘されている。また、訓練の際は傷病者役の人はシナリオが記載された紙を持っている、外傷キットを用いて扮装した上で演技指導を行い、トリアージの際の質問に答えるなどの行動をとる。しかし、この点に関しても、傷病者役の人はあくまで健常者であるため、トリアージの際の臨場感に欠ける、準備のために手間がかかってしまうなどの問題点もある。そこで、本研究では傷病者役の人間を擬似的に生成するための AR マーカーを用意し、そこから情報を読み取ることで、傷病者役の人間を必要とせず、かつ文字情報だけでなく画像情報を用いたトリアージ訓練ができるシステムを構築した。

4.1 想定環境

今回提案するシステムでは、災害発生時に傷病者が各トリアージテントに運ばれ、解剖学

的所見、受傷機転、災害弱者の情報を踏まえて治療および搬送優先度を判断する 2 次トリアージを想定している。災害規模は JR 福知山線の事故などの中規模のものを想定する。

4.2 訓練におけるカメラおよび AR マーカーの使用

トリアージ訓練は、日常的に何度も行うことで習熟度を高めることを目的としている。そのため、手間をかけず簡単に実施できる必要がある。そこで、これらを実現するために携帯情報端末のカメラ機能および AR マーカーを用いることを提案する。AR マーカーを認識して、現実空間の好きなところに傷病者および症状の画像を重畳することで、より視覚的な情報を得ることができる。また、傷病者役の人物を用意する必要がなくなり、容易に訓練を行うことができる。加えて、認識の際に取得した AR マーカーの番号を傷病者の ID と連携させ、従来は紙に記載されていたシナリオ情報を画面上に表示させる。これにより、シナリオ情報を変更することで動的な情報提示が可能となる。シナリオに関してはいくつかのモデルケースを用意し、先行研究にて開発されているシナリオ作成ツールを用いて設定が可能である。⁹⁾

4.3 生体情報の発生

作成するシナリオ内の情報において変化が伴うものは、呼吸数、脈拍数、SPO2 の値である。これらの 3 つの生体情報においては、呼吸:30 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ている。また、単位時間あたりにおける差分を、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ている。赤、黄、緑、黒相当に対する生体情報は以下の通りである。なお、赤色相当の生体情報を発生させる場合には 3 通りあり、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ている。

- 黒相当
呼吸:0 脈拍:0 SPO2:0
- 赤相当
パターン 0 ⇒ 呼吸:10 未満, 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 1 ⇒ 呼吸:1-50 の間 脈拍:50 未満, 120 以上 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:20-150 の間 SPO2:90-99%(意識なし)
- 黄・緑相当
呼吸:10-30 脈拍:50-120 SPO2:95-99%

4.4 傷病者情報の表示項目

災害現場において、トリアージに必要とされる傷病者情報には、タグ色、傷病者の名前、年齢、性別、生体情報としては、呼吸数、脈拍数、SPO2、意識の有無、歩行の可否がある。これらは1次トリアージにおいて必要とされるが、2次トリアージにおいてはこれらに加えて、解剖学的所見、受傷機転、災害弱者の選別を踏まえて判断する必要がある。これらの具体的な項目を以下の表1に示す。

表1 2次トリアージ入力項目

	解剖学的所見		受傷機転	災害弱者
入力項目	開放性頭蓋骨陥没骨折 フレイルチェスト 開放性気胸 骨盤骨折 四肢切断 穿通性外傷 15%以上の熱傷	外頸静脈の著しい怒張 頸部または胸部の皮下気腫 腹部膨隆、腹壁緊張 両側大腿骨骨折 四肢麻痺 デグロービング損傷 顔面気道熱傷合併	体幹部の狭圧 高所墜落 有毒ガス発生 爆発 異常温度環境 汚染 (NBC) 1肢以上の狭圧 (4時間以上)	子供 妊婦 老人 病人
分類	[赤] 最優先治療群 (I)		[黄] 待機治療群 (II) 以上	

解剖学的所見においては、外頸静脈の怒張やデグロービング損傷など、特に重症度が高く、確実に赤 (最優先治療群) に分類される症状を選択していくこととなる。例え1次トリアージ結果において生体情報のみでは黄 (待機治療群) に相当していても、これらの症状は優先して治療を行う必要がある。そのため、これらの症状の画像とそうではない画像を用意し区別を可能にさせる。この症状の見極めが訓練の目的となる。受傷機転は、傷病者がどのようにしてその症状を負ったのかを示すものであり、2次トリアージにおいては、体幹部の狭圧や高所からの墜落など急変の可能性が高いものを見極める必要がある。最後に、妊婦であるか、歩行ができるかどうかといった災害弱者を選別していく。受傷機転や災害弱者の情報は視覚的情報のみでは判断が難しく、触診や問診を行って判断するため、これらの項目の判断のために質問項目を用意して必要な情報を選択していく。加えて、余分な文字情報を避けるために傷病者の性別や年齢層といった視覚的に即座に判断可能なものは画像で表示する。

4.5 質問項目の設定

質問項目としては、医療従事者が傷病者を一目見ただけでは判断しにくい情報、現場では触診や問診を行って判断する項目を設定する。具体的には、意識があるかどうかや体温が極端に下がっているかどうかといった生理学的項目によるものや、どのようにして怪我を負っ

たかといった受傷機転を問うもの、妊婦であるか、治療中の病気があるかといった災害弱者の選別に用いるもの、受傷部位はどこかといった傷病名の判断に用いるものを設定する。表2に用意した質問項目とその応答例を示す。選択式の質問項目を用意することで、医療従事者が質問し、傷病者がそれに応答するような、問診形式のシステムを提案する。

表2 質問項目とその応答例

分類	質問項目	応答例
生理学的項目	意識はありますか?	あります ...
	歩けますか?	歩けます 歩けません
	体温が下がっていますか?	非常に寒いです 平常です
解剖学的項目	怪我の箇所は?	右手です 両足です 顔です
	怪我をした範囲は広いですか?	肘から先です 下半身全体です
	怪我をした時の状況は?	右腕を瓦礫で圧迫されました 建物の2階から落ちました 爆発に巻き込まれました
災害弱者	現在治療している病気がありますか?	ありません 糖尿病を患っています
	妊娠していますか?	しています していません

5. 実装

5.1 システム構成

図3に本システムの全体構成を示す。まず、シナリオ作成ツールを用いて作成した情報をxmlファイルに格納しておき、対応するID番号のARマーカーをSunSPOTに装着する。SunSPOTとは、無線センサネットワークデバイスであり、短距離無線通信規格の一つであるZigbee (IEEE802.15.4規格) を用いたJavaベースのデバイスである。このSunSPOTを電子トリアージタグとして用いる。ARマーカーを端末のカメラで認識することでxmlファイルとの通信を開始し、ID番号から得た傷病者情報を文字および画像で医療従事者が持つ携帯情報端末に表示する。同時に、表示した質問項目を選択して応答を得ることで、表

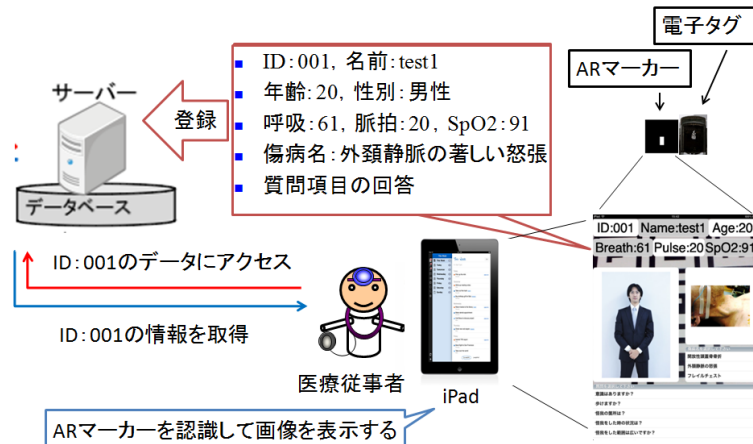


図3 システム概要

示画像とともに判断の一助とし、傷病名を決定する。決定後は実際にトリアージを行い選別するか、他の傷病者情報を診断に行くかを選択できる。シナリオ作成ツールおよびトリアージを行うツールは先行研究で用いられたものを改良し¹⁰⁾ 本研究における実装は、ARマーカーの認識および傷病者情報の表示部分となる。

5.2 傷病者情報の取得手法

携帯情報端末のカメラを起動してARマーカーを認識した際、事前に作成したシナリオのxmlファイルとの通信を開始する。次に、読み取ったARマーカーのID番号から、xmlファイル内の同じIDに登録されている情報を取得する。シナリオ内に登録されている情報は、ID番号、傷病者名、年齢、性別、呼吸数、脈拍数、SPO2の値、傷病名、それぞれの質問項目に対する応答である。訓練の際、医療従事者は傷病者の近くで診断を行う必要があるため、情報の取得はARマーカーを認識している間のみ可能とする。実際に医療従事者が傷病者と接する距離を考慮し、情報の取得範囲は約50cm以内とする。

5.3 生体情報の動的な変化

取得した傷病者情報の内、呼吸数、脈拍数、SPO2の値は作成したシナリオで設定されている通りの変化を行う。生体情報の変化は5秒ごとに行われており、通常は黒文字で表示されるが、傷病者の容態が急変した場合は赤文字で表示して医療従事者に知らせる。ここで、急変とは傷病者の生体情報が緑または黄相当の値から赤相当の値に変化することである。

5.4 傷病者情報の表示画面



図4 傷病者情報表示画面

シナリオ情報と通信を行い、傷病者情報を取得した後は、携帯情報端末の画面上にAR表示を行う。図4にその表示画面を示す。ARマーカーを認識した際、ARマーカーの位置に追従して情報が表示されると非常に見にくくなる。そのため、認識の間は画面内の情報の配置を固定する。配置の方法は画面全体を5つに分割して行う。傷病者の名前や年齢などの個人情報および呼吸数、脈拍数、SPO2の値などの生体情報は、画面上部に文字として表示する。また、画面中央左には傷病者の容姿を表示する。少年、青年、中年、老人の年齢層と、男女の性別によって表示する画像を変更し、視覚的に判断しやすいようになっている。画面中央右上には症状を画像で表したものを、画面中央右下にはその傷病名を選択するリストを表示する。症状の画像はシナリオに登録された傷病名から一致するものを決定し、表示する。傷病名のリストには表1に示した解剖学的所見に含まれるものを用意し、それ以外のはその他として一つにまとめて選択する。画面下部には取得した傷病者情報に対する質問項

目を表示する。質問項目を選択して得た情報から、医療従事者は傷病名を決定する。

5.5 傷病名の決定

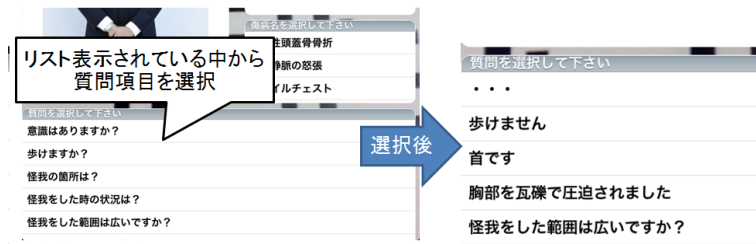


図 5 質問項目の選択

医療従事者は傷病名を判断する際、画面下部の質問項目を選択することにより得た情報を用いる。その際、表 2 に示した質問項目から傷病者の症状やシナリオに応じた応答を得る。質問項目はすべての項目を選択する必要はなく、医療従事者が必要と判断した項目のみを選択し、傷病名をリストから決定する。このことにより、解剖学的項目、受傷機転、災害弱者の 2 次トリアージに必要な情報を得ることができる。そこで、次に実際にトリアージの結果入力を行うか、繰り返し他の傷病者の情報を見るかを選択することができる画面をポップアップ表示する。この画面を図 5 に示す。トリアージを行うことを選択した場合、先行研究によって開発された 2 次トリアージにおける傷病者情報の表示画面に遷移し、実際にトリアージを行う。他の傷病者を見ることを選択した場合は、そのままカメラ画像に戻って他の AR マーカーの認識を行う。これらの画像および質問より得た情報により、実践的なトリアージの訓練が可能になる。

5.6 実装環境

本研究における実装環境は、すべて Mac OS X 上で行われており、JavaScript を用いて iOS の開発が可能な Titanium Studio 1.6.2 を用いている。使用端末は iOS4.3 の iPad2 64GB である。

6. まとめ

近年、災害現場において限られた医療資源を最大限活用し最大多数の傷病者を救命するための方法として、傷病者の緊急度や重症度によって治療優先度を決定するトリアージが行わ



図 6 傷病名決定画面

れている。しかし、こうした災害は日常的には起こらないため、トリアージの経験が不足しがちである。そのためトリアージの訓練を日常的に行っておく必要があるが、現在の訓練においては健康者が紙に書かれたシナリオを持っているために生体情報が変化せず実践的ではない、傷病者役の扮装を行うなどといったことを行っているために手間がかかってしまうといった点が挙げられる。加えて実際の災害現場においては症状を見て判断するといったことが重要になってくる。そこで本研究では、傷病者の生体情報や症状といったシナリオを取得することができる AR マーカーを用意し、医療従事者が持つ端末で読み取ることで視覚的に表示するシステムを構築した。傷病者の情報を視覚的に用意することでより実践的なトリアージ訓練の実施を可能にし、傷病者役の人の代わりに AR マーカーを用意することで、手間をかけずに訓練を行うことを可能にした。この訓練を行うことで医療従事者が実際の災害現場における正確なトリアージを行い、多くの傷病者の救命につながると期待する。

謝 辞

本研究の一部は独立行政法人科学技術振興機構 JST, CREST の支援により行われた。

参 考 文 献

- 1) 兵庫県災害医療センター「JR 福知山線列車事故」
<http://www.hemc.jp/disaster/support/fukuchiyama.html>
- 2) CREST 戦略的創造研究推進事業：先進的統合センシング技術「災害時救急救命支援を目指した人間情報センシングシステム」
<http://www.jst.go.jp/kisoken/crest/ryoiki/bunya02-1.html>
- 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（2008）
- 4) ”集団災害訓練＝プレホスピタルにおける本格的救急処置訓練とトリアージ＝”（オンライン）
<http://gioca.sakura.ne.jp/catherine/chunou/toriage.html>
- 5) 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/SOGOHOS/HP/hospital/hos_bousai_kunren/
- 6) David Malan, Thaddeus Fulford-Jones, Matt Welsh, and Steve Moulton, "Code-Blue: 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) 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.
- 8) Tia Gao, Tammara Massey, Leo Selavo, David Crawford, Bor-rong Chen, Konrad Lorincz, Victor Shnayder, 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.
- 9) 高橋祐樹，長橋健太郎，小嶋洋明，岡田謙一，”2次トリアージを用いた傷病者情報管理システムの提案”，第78回GN研究会，Vol.2011-GN-78 no.4，pp.1-8，2011年1月。
- 10) 小嶋洋明，長橋健太郎，岡田謙一，“電子トリアージタグを用いた災害医療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 DICOMO2010 シンポジウム，pp.691-698，2010年7月