

電子トリアージを用いた災害訓練支援システム

小嶋 洋明^{†1} 栖関 邦明^{†2}
長橋 健太郎^{†2} 岡田 謙^{†1,†3}

大規模災害時に多数の傷病者が発生した場合、緊急度が高く助かる見込みのある傷病者を選別するトリアージと呼ばれる手法が災害時救命活動に導入されている。その際、迅速かつ的確な救命活動を行うには、普段から訓練を重ねておくことが重要である。そこで我々は、電子トリアージを用いた災害訓練支援システムを提案した。傷病者情報や搬送情報のシナリオ作成を支援し、また傷病者の生体情報を疑似的に発生させ、それを収集し監視することで、より実践的な災害訓練を行うことが可能となる。

Disaster Training Supporting System Based on Electronic Triage

HIROAKI KOJIMA,^{†1} KUNIAKI SUSEKI,^{†2}
KENTARO NAGAHASHI^{†2}
and KEN-ICHI OKADA^{†1,†3}

When there are a lot of injured people at a large-scale disaster, triage which is a way to categorize them who require immediate medical attention has been introduced to emergency aid procedures. At that time, to do prompt and accurate emergency treatment, it is very important for medical team to engage in disaster training. So, we proposed the system that supports the disaster training by using electronic triage. This system supports to make the scenario of injured people and transportation information. Electronic triage can generate pseudo biological information of injured people, by collecting and monitoring the data this system enable more higher and practical disaster training.

1. はじめに

大規模な災害が発生した場合、現有する医療資源に対して多数の傷病者が発生し、十分な診療のための医療機材と医師が相対的不足状況にあることが多い。そのような状況下において、限られた医療資源を有効に用いて最大限の効果が得られるような診療を行うためには、それぞれの傷病者の治療優先度を判断し助かる可能性のある傷病者を救命しなければならない。トリアージとは、その傷病者の重症度あるいは緊急度に応じて治療優先度を決定することである。近年ではJR 福知山線事故でも使用され、負傷者に対し迅速な治療ができたことと評価されている。しかしながら、日常生活の中で大規模な災害が発生することはそれほど高くないために、実際の災害現場での緊張感あるトリアージについて多くの医療関係者は経験不足となる。また現在の紙製のトリアージタグでは一度診断した後、急変などの動的に変化する傷病者の症状に対応できない、トリアージ結果の医療従事者間の意思疎通を取ることが難しいという問題点もある。それを補うためにも普段から大規模災害を想定した災害訓練を行うことが重要となる。そこで、近年トリアージの電子化により上記の問題点を克服しようとする動きが活発になってきている。¹⁾

そのような背景から、本研究では電子トリアージを用いた災害訓練支援システムを構築した。傷病者の状態に応じた生体情報を疑似的に発生させ、それを収集、監視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章では災害時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と現状のトリアージに関する問題点を述べる。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. 災害時におけるトリアージ活動

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、その重症度あるいは緊急度に応じて治療優先度を決定することである。その目的は、多数の傷病者に対して最大多数の生

^{†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

命を救い、最大多数の傷病者に最適な治療を尽くすことである。災害現場で然るべき傷病者を、然るべき場所へ、然るべき時間内に搬送できるよう、傷病者を重症度と緊急度に応じて以下に示すように選別し、治療優先度を決定する。²⁾ 搬送や救命処置の優先度は高い方から順に 1 → 2 → 3 → 0 である。

- 黒 (Black Tag) カテゴリー 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 (Red Tag) カテゴリー 1
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のあるもの。
- 黄 (Yellow Tag) カテゴリー 2
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 (Green Tag) カテゴリー 3
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。

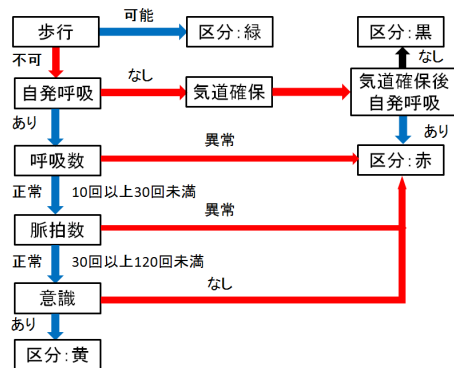


図 1 START 法の流れ図

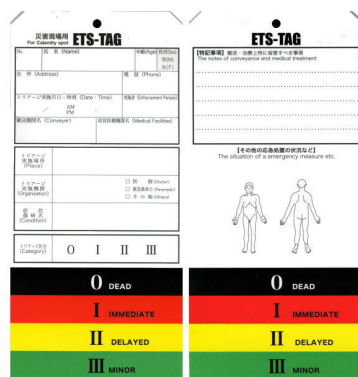


図 2 トリアージタグ

このトリアージを迅速かつ正確に行う方法として図 1 に示す START 法 (Simple Triage and Rapid Treatment) が採用されている。またこの方法を用いて傷病者を選別したことを明示するものとして図 2 に示すトリアージタグ³⁾ が使用されている。4 色のマーカー付きカードがあり、症状の重傷度や緊急度に応じた色までを切り取ってから傷病者に取り付けることで、その人がどのような状態にあるのかがわかる。

2.2 トリアージに基づく医療活動

災害が起きた場合、医療従事者はすぐに被災地へと駆けつけ、トリアージや医療活動の補助、後方支援などを行う。以下にトリアージに基づく具体的な医療活動の流れを示す。⁴⁾ 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、最も治療や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色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。

- (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
- (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、黄色は救急車などで第 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

2.3 実際のトリアージ活用例

2005 年に死者 107 名、負傷者 549 名が発生した JR 福知山線脱線事故では本格的なトリアージが実施された。⁵⁾ この事故の発生後、被災地ではすぐにトリアージポストが設置され、トリアージから搬送までを円滑に行うことができた。限られた資源の中でトリアージが正確かつ迅速に行われたことによって、緊急度の高い傷病者への早急な治療が可能となり、搬送においても傷病者が特定の病院に集中することはなかった。このような医療活動ができたのは、真っ先に現場へ駆けつけて救助に当たった近隣の人々のおかげでもあった。1995 年に発生した阪神・淡路大震災の教訓を生かし、地域住民が災害訓練に積極的に参加するようになり、災害時にどのような行動をすればいいかを理解していたことが功を奏した。

3. トリアージ訓練の現状

1995 年に発生した阪神・淡路大震災を教訓に、災害訓練は今や医療従事者だけでなく周辺地域の人達とともにやる機会が増えている。また、災害時救命医療におけるトリアージの概念も広く導入されてきており、トリアージ訓練が必ずといっていいほど行われるようになっている。現在のトリアージ訓練では、傷病者役の人が症例や生体情報を書かれた紙を持っており、医療従事者はその紙を見てどのトリアージタグ色に相当するかを決定し、各タ

グ色に相当するエアータンクに搬送するまでの活動を行っている。また、近年、机上で災害訓練をシミュレーションするエマルゴ演習というものがある。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、傷病者にみないた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に容易に理解できる利点がある。しかし、現状のトリアージ訓練にはまだいくつかの問題点がある。実際の災害現場では、傷病者の外傷や生体情報などの変化によって誰を優先するかは変わるのに対し、訓練では紙に書かれた外傷や変化することのない生体情報を見るだけで終わってしまうということ、また、紙製のトリアージタグであるがゆえに、一度診断したあとの傷病者の症状変化が把握できないということがある。そこで、近年世界各国で災害救急救命において利用できる RFID やセンサを利用したシステムの研究が進められている。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⁶⁾では、各種の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て災害時の医療活動に役立たせている。また限られた設備を利用し、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も行われている。⁷⁾⁸⁾⁹⁾

4. 提 案

トリアージとは、災害現場において限られた資源で最大多数の傷病者を救命することを目的として、傷病者の重症度や緊急度によって治療、搬送優先度を定めることである。災害現場での人的あるいは物的資源の状況や、傷病者の症状や生体情報の変化などに注意を払い、誰を優先して治療、搬送するかを瞬時に判断しなければならない。だが、日常生活の中で大規模な災害が発生する頻度は少なく、医療従事者が実際の災害現場でトリアージを行う経験は不足しがちである。そのため、いつ災害が発生しても、迅速かつ正確な判断やそれに基づく行動ができるように災害訓練を行う必要がある。災害訓練を行うにはまず災害進展時系列、対応活動、避難状況の設定シナリオを作成しなければならないが、このシナリオ作成には膨大な作業量が伴い、多くの時間がとられてしまう。また、訓練では紙に書かれている外傷や変化することのない生体情報を見て、マニュアル通りに処置をして搬送しているのが現状である。実際の災害現場では、傷病者の外傷や生体情報の変化によって治療優先度は変わるので、訓練においても生体情報は考慮して行うべきであると考えた。しかしながら、訓練では健康者が傷病者役を演じているため、仮に生体情報を得ても正常値しか得られない。そこで、私どもは災害訓練において重要な搬送情報と傷病者情報のシナリオを簡単に作成する GUI ツールを設計し、傷病者役の人に取り付けた無線センサネットワークデバイス

にトリアージタグ色に応じた生体情報を擬似的に発生させ、それを収集・監視することで、急変した傷病者にもすぐに対応可能な災害訓練を行え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、災害発生時の医療従事者の活動の流れにおいてトリアージが行われてから、傷病者を医療機関へ搬送するまでの訓練を想定している。災害規模は秋葉原殺傷事件などの小・中規模のものを想定する。

4.2 訓練シナリオの作成

災害訓練を行うには、災害規模を予想し、その規模に応じた対応活動や非難状況などのシナリオを作成しなければならない。今回、本研究の想定環境で訓練を行うには傷病者情報と搬送情報のシナリオを作成する必要があるため、そのシナリオを設定する GUI ツールを提案する。

まず、傷病者情報では、年齢と性別、トリアージタグ色、傷病名、意識の有無、急変情報を設定する。年齢や性別、傷病者名、意識の有無は従来の災害訓練でも使用されており、これらの情報が書かれた紙を傷病者役の人に持たせ、医療従事者がそれを見て傷病者の状態を判断している。今回はそれにトリアージタグ色と急変情報を加えた。これらの情報を無線センサネットワークデバイスに格納したタグ色に応じた生体情報を擬似的に発生させることで、より実際の災害活動に近づけるためである。また、急変とはトリアージタグの色が黄色から赤色に変化する、または緑色から赤色に変化することと定義した。

続いて、搬送情報では訓練開始時から何分後に、何台の救急車あるいはヘリコプターが現場にきて、何人の傷病者が搬送可能なかを設定する。多数の傷病者が発生した場合、誰を優先して搬送すべきか判断が難しいときがある。そのため、このシナリオを設定することで、訓練時にどの傷病者を優先して搬送すべきかを定める状況を作り出すことを目的としている。

4.3 生体情報の生成

実際の災害現場では、傷病者の外傷や生体情報などの変化によって誰を優先して治療・搬送するかは変わってくる。しかしながら、災害訓練では紙に書かれた外傷や変化することのない生体情報を見て、マニュアル通りに処置をして搬送しているのが現状である。そこで、今回訓練においても生体情報を考慮した実践的な救命活動を行うべきであると考え、傷病者に装着した SunSPOT にトリアージタグ色に相当する生体情報をランダムに発生させることを提案した。SunSPOT とは、無線小型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有る Zigbee(IEEE 802.15.4 規格)を用いた、Java ベースのプログラマ

ブルデバイスである。本研究ではこの SunSPOT を電子トリアージとして利用する。

生体情報を発生させる際には、脈拍 150 回/分以下、呼吸 30 回/分以下に設定し、現実にはありえない値を排除した。また単位時間当たりにおける差分を、脈拍 20 回/分以下、呼吸 10 回/分以下にすることで、実際には起こりえない急激な変化を起こさないようにした。今回、トリアージタグ色に応じて疑似的に発生させる生体情報は以下の通りである。

- 黒 相当 脈拍:0, 呼吸:0
- 赤 相当
パターン 0 ⇒ 脈拍:20-150 の間 呼吸:10 未満あるいは 30 以上
(意識あり, またはなし)
パターン 1 ⇒ 脈拍:50 未満あるいは 120 以上 呼吸:1-50 の間
(意識あり, またはなし)
パターン 2 ⇒ 脈拍:20-150 の間 呼吸:1-50 の間 (意識なし)
- 黄・緑相当 脈拍:50-120 呼吸:10-30

なお、赤色相当の生体情報を発生させる場合においては 3 通りのパターンを用意した。意識がある場合 (パターン 0,1) とない場合 (パターン 0,1,2), 呼吸を制限する場合 (パターン 0) と、脈拍を制限する場合 (パターン 1) で分けた。これは、赤タグ傷病者を複数パターン用意することで、赤タグ傷病者の中で誰を優先して治療・搬送するのかその判断訓練を行うことを目的としている。

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、SunSPOT に事前に作成した傷病者情報のシナリオを格納しておき、傷病者役の人に装着をする。すると、SunSPOT が設定したトリアージタグ色に応じた生体情報を疑似的に発生させ、その情報をホスト PC へと送信する。それらの情報を受け取ったホスト PC では生体情報が一覧で表示され、どのような変化をしているのかを監視することで、各傷病者役の人の状態を把握することができる。

5.2 実装環境

本研究における実装環境はすべて Windows Vista 上で NetBeans 6.1 を用いている。シナリオ作成画面、生体情報の表示画面はプログラミング言語 Java における Swing を利用し、SunSPOT も Java で制御している。

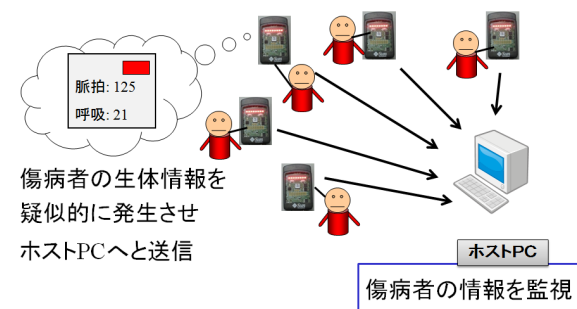


図 3 システムの全体像

5.3 傷病者・搬送情報設定画面

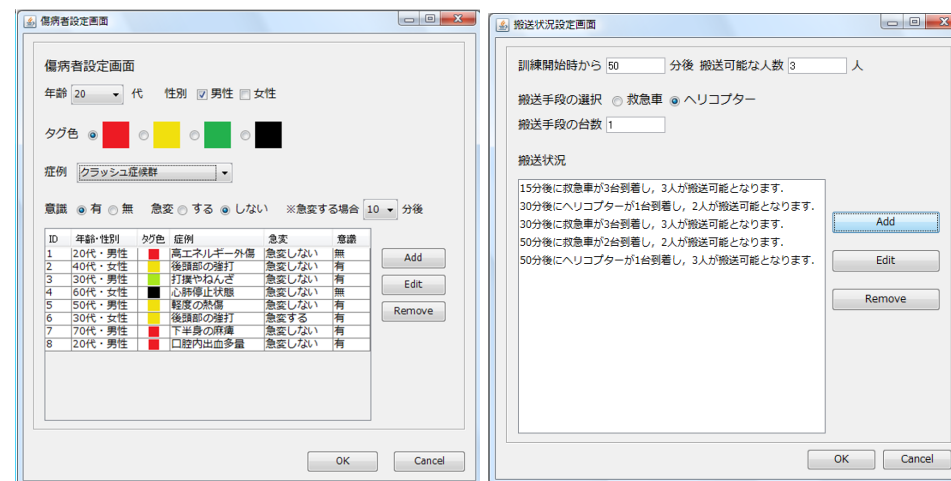


図 4 傷病者情報設定画面

図 5 搬送情報設定画面

図 4 に傷病者情報設定画面、図 5 に搬送情報設定画面を示す。傷病者情報設定画面では、まずはじめに、年齢と性別、トリアージタグ色を設定していく。次に、選択したトリアージタグ色に応じた傷病名が選択できるようになっている。たとえば、赤タグを選択した場合、

その選択肢には高エネルギー外傷、クラッシュ症候群、黄タグを選択した場合は、後頭部の強打、軽度の熱傷などがある。続いて、意識の有無、訓練の最中に急変するかどうか、急変する際には訓練開始から何分後なのかを決める。最後に画面右横にある Add ボタンを押すことでテーブルに追加されていく。続いて、搬送情報設定画面では、訓練開始時からの時間、何人の傷病者が搬送可能で、救急車あるいはヘリコプターが何台くるのかを設定する。順番に記入していき、最後に画面右横にある Add ボタンを押すと搬送シナリオが作成される。

5.4 生体情報一覧表示画面

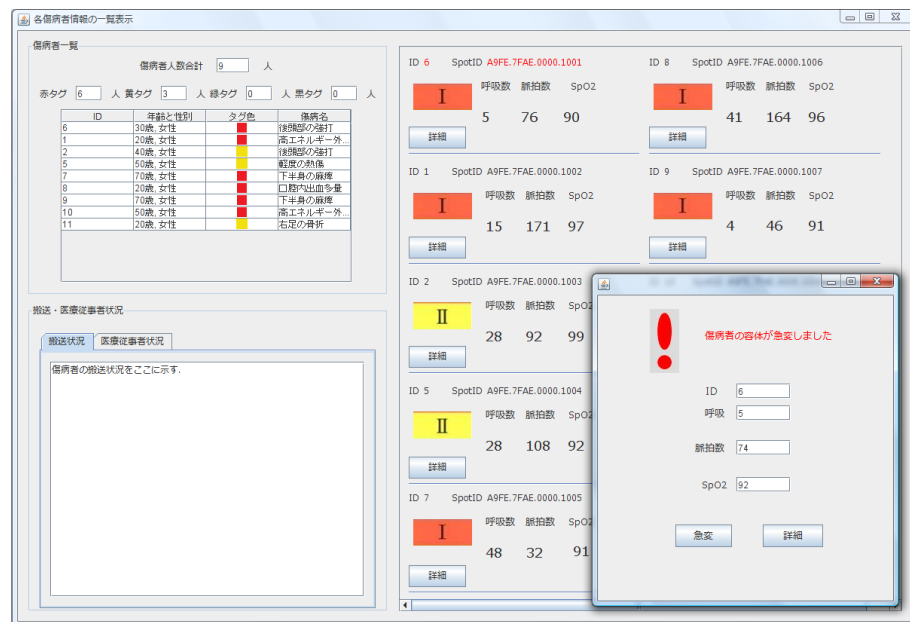


図 6 生体情報一覧表示画面

図 6 に各傷病者に取り付けた SunSpot から送信された生体情報を表示する画面を示す。左上に、全体の傷病者が何人いるのか、トリアージタグ色別に何人いるのか、その人数を示している。その下には、どのような傷病者がいるかを ID 別に表示している。左下には搬送状況が表示されており、何時にどの傷病者が搬送されたかがわかるようになっている。右側

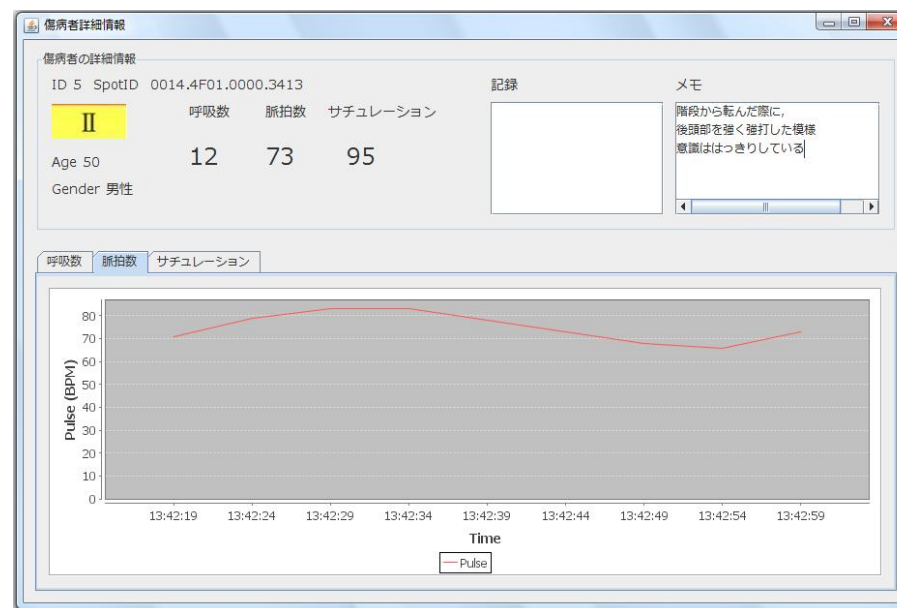


図 7 詳細情報表示画面

には傷病者の ID 別にトリアージタグ色と生体情報、それぞれ呼吸数、脈拍数、SpO2(血中酸素濃度)の順に表示されている。これにより、従来の紙タグでは実現できなかった各傷病者の生体情報を監視することができる。また、事前に傷病者情報画面で設定した急変時間になると、図 6 右下に示すような警告画面が表示され、傷病者の ID と SunSPOT の ID が赤色に表示される。

また、図 6 にある詳細ボタンを押すと、図 7 に示す詳細情報画面が表示される。傷病者の年齢、性別、トリアージタグ色、呼吸数、脈拍数、SpO2 は同じように表示されるが、ここではさらにその下に呼吸数、脈拍数、SpO2 の数値がそれぞれグラフ化して表示される。グラフ化して表示することにより、傷病者の現在の状態だけでなくそれ以前の生体情報の動きの変化を見ることができ、医療従事者に詳しい傷病者の状態を知らせることが可能となる。また、右上にあるメモ欄の個所には、どのような経緯で現在の症状に至ったのかを記入できるようになっている。たとえば、階段を下りている最中に地震が起きて、転げ落ちてしまい頭部を強打したなど、病院での治療の際に必要な情報を記入・保持しておくことができる。

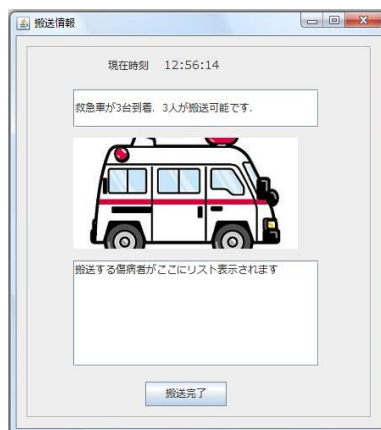


図 8 搬送情報表示画面

5.5 搬送情報表示画面

訓練開始から設定した時間が経つと、図 8 に示す画面がホスト PC に表示される。どの傷病者を搬送するかを決めたのち、傷病者に装着している SunSpot 上のボタンを押すと、その傷病者の ID とトリアージタグ色がその画面のリストに表示される。傷病者役の人を搬送できる準備が整ったことを確認したのち搬送完了ボタンを押すと、図 6 の左下にある搬送情報に搬送された時間と傷病者の ID が追加され搬送完了となる。

6. ま と め

近年、傷病者が多数発生する大規模な災害現場において、緊急に治療を必要としない軽症患者や中等症患者の治療を一次的に遅らせて、緊急度が高く助かる見込みのある傷病者を優先して治療、搬送するトリアージが行われている。優先度の高い傷病者への迅速な治療を可能にすることで、より多くの傷病者を救うことが目的である。しかし、日常において大規模災害が起きる頻度は少ないため、実際の災害現場でのトリアージを経験している医療従事者は少ない。また、現在の紙製のトリアージタグでは急変するなど常に化する傷病者の情報を手に入れることが難しく、搬送に関しても、優先度の高い多数の赤タグ傷病者が発生した場合、医療従事者がその搬送順を決められないといった課題もある。そのため、いざというときに迅速かつ正確な救命活動ができるように普段から災害を想定した訓練をしておくことが重要となる。そこで本研究では、傷病者の状態に応じて生体情報を疑似的に

発生させる SunSPOT を傷病者に装着し、それから送信された情報を収集、監視することで、常に化する傷病者の状態を考慮することができる訓練支援システムを構築した。従来の紙タグでは実現できなかった傷病者の生体情報を考慮することで、より高度で実践的な訓練を行うことができる。本研究により実際の災害現場でも医療従事者が迅速な行動で傷病者を救命できることを期待する。

謝 辞

本研究の一部は JST, CREST の支援により行われました。

参 考 文 献

- 1) CREST 戦略的創造推進事業：先進的統合センシング技術”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” <http://www.jst.go.jp/kisoken/crest/ryoiki/bunya02-1.html>
- 2) 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).
- 3) 環境と安全をサポート 有限会社 岩本商事 ”トリアージタグセット” <http://www.ganpon.com/SHOP/D-288.html>
- 4) 大田宗夫：災害医療-救急医・救急看護師・救急救命士のための災害マニュアル, メディカ出版 (2007).
- 5) 兵庫県災害医療センター, ”JR 福知山線列車事故における現地医療活動について”, <http://www.hemc.jp/>
- 6) D. Malan, T. FulfordJones, M. Welsh, and S. Moulton, “Codeblue: 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) T. Gao, T.Massey, L.Selavo, D.Crawford, B. rong Chen, K.Lorincz, V.Shnayder, L.Hauenstein, F.Dabiri, J.Jeng, A.Chanmugam, D.White, M.Sarrafzadeh, and M.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, pp. 203-216, 2007.
- 8) V. Shnayder, B. Chen, K. Lorincz, T. R.F.Fulford-Jones, and M. Welsh, Sensor Networks for Medical Care. Harvard University Technical report, 2005.
- 9) L. A. Lenert, D. A. Palmer, T. C. Chan, and R. Rao, “An intelligent 802.11 triage tag for medical response to disasters,” in Proceedings of American Medical Informatics Association 2005 Symposium, 2005, pp. 440-444.