

## トリアージのための携帯情報端末用 インターフェースの提案

高橋 祐樹<sup>†1</sup> 小嶋 洋明<sup>†1</sup> 岡田 謙 <sup>†2,†3</sup>

多数の傷病者が同時に発生する大規模な災害では、より多くの傷病者へ最善の治療を行うために傷病者に対して治療や搬送の優先順位付けを行うトリアージが活用されている。この際、医療従事者は治療優先度を紙製のトリアージタグに記すことで情報を共有する。しかし、災害現場ではタグを紛失したり汚すことが多く正確な情報共有が困難であり、また一度記入をすると情報の更新ができないため傷病者の症状変化にも迅速に対応できない。そこで、我々の研究プロジェクトではタグを電子化することで傷病者情報をリアルタイムに管理するシステムを構築した。本研究では、災害現場における医療活動支援を目指し、治療優先度の入力インターフェースと傷病者情報や搬送情報をわかりやすく提示するインタフェースを設計する。評価実験より、従来のタグに比べて迅速かつ正確な優先度の入力と急変情報及び搬送情報の検知時間短縮を確認した。以上のことから救命活動を行う医療従事者の支援ができることを示した。

### Proposal of Mobile Device Interface for Triage

YUKI TAKAHASHI,<sup>†1</sup> HIROAKI KOJIMA<sup>†1</sup>  
and KEN-ICHI OKADA<sup>†2,†3</sup>

Triage has been utilized by way of ranking the priority for a number of injured people, when a large-scale disaster occurred and many of the people were injured. In triage, injured person information is shared by using the paper tag among medics. There are problems in triage, however, it is difficult to share the information accurately, since tags might be lost or get dirty in triage. In addition, medics can not share information in real time, because it is difficult to modify the tag after it has been once written. So our research group have developed an Electronic Triage System and propose mobile device interface for triage. We design the interface that enables to inputs priority promptly and recognize a lot of information easily. In the experiment, we show that priority was able to be decided promptly by using the proposal system. Furthermore, we confirmed that situation of the site can be detected for short time. As a result, we confirmed that our interface is helpful for medics in the disaster site.

### 1. はじめに

多数の傷病者が同時に発生する大規模な災害が発生した場合、より多くの傷病者へ最善の治療を行うために傷病者に対して治療や搬送の優先順位付けを行うことが重要である。そこで、トリアージと呼ばれる手法を導入し、START (Simple Triage And Rapid Treatment) 法に基づき傷病者の重症度あるいは緊急度に応じた治療優先度を決定する。<sup>1)</sup> 医療従事者は治療優先度を紙製のトリアージタグに記入することで傷病者情報を共有するが、災害現場ではタグを紛失したり汚してしまうため情報の共有が難しく、また一度タグに記入した情報を更新することができないため傷病者の症状変化にも迅速に対応できない。

そこで我々の研究プロジェクトは、トリアージタグを電子化し無線センサネットワークを構築することで傷病者情報をリアルタイムで確認できるようにした。<sup>2)</sup> そして、我々は医療従事者に携帯情報端末を持たせることでその情報をどこでも参照できるようにした。<sup>3)</sup> しかし、治療優先度の入力機能が無く、また医療従事者にとっての重要な情報を見落としやすいという問題点があった。

本論文では、START 法に基づく治療優先度を決定でき、傷病者情報や搬送情報をわかりやすく提示するトリアージのための携帯情報端末用インターフェースを提案する。医療従事者は二択の質問に答えるだけでトリアージができ、またその過程をフローチャートで提示する。さらに、電子タグの受信信号強度を利用して傷病者の取り違いを防止する。また、重要な情報はポップアップ形式で強調することで現場状況を把握しやすくする。最後に救命活動を想定した評価実験を行い、その有用性を確認した。

### 2. 救命活動への電子機器の導入

START 法に基づいたトリアージでは、傷病者の治療優先度を黒、赤、黄、緑の4段階に分類し、診断結果を記入した紙製のタグを傷病者に装着する。しかし、この紙タグは紛失したり汚すことが多いため情報共有が難しく、また一度記入した情報は更新されることがない

<sup>†1</sup> 慶應義塾大学大学院 理工学研究科

Graduate School of Keio University

<sup>†2</sup> 慶應義塾大学 理工学部

Faculty Science and Technology, Keio University

<sup>†3</sup> 独立行政法人 科学技術振興機構 CREST

Japan Science and Technology Agency

ため傷病者の症状変化に対応できない。これらの問題は、約 300 枚のトリアージタグを消費した平成 17 年の JR 福知山線脱線事故<sup>4)</sup>でも浮き彫りとなった。トリアージ結果が共有できないことで医療チーム間の連携不足が生じ救命活動の効率を悪化させた。

そのため、近年電子機器を利用した救命活動支援の研究が行われている。MASCAL<sup>6)</sup>は、RFID により傷病者と医療従事者を追跡し、WIISARD<sup>8)</sup>ではアクティブ RFID を用いて傷病者の位置を把握する。CodeBlue<sup>7)</sup>プロジェクトでは、センサデバイスによるアドホックネットワークにより傷病者データを送受信する。また、各種センサを組み込んだ小型のデバイスにより心拍数などのバイタルサインをサーバに集約する研究もある。<sup>9)</sup>

我々のプロジェクトでも電子トリアージシステムの研究開発に取り組み、無線通信機能を備え、バイタルサインを測定する小型電子タグを開発した。<sup>2)</sup>電子タグがセンシングしたバイタルサインをサーバへ集約することで、各傷病者の容態をリアルタイムに把握できる。平成 21 年 9 月には医療従事者ととも 20 名程度の傷病者を想定した実証実験を行い、その有用性を確認した。また我々は、携帯情報端末を医療従事者に持たせ傷病者情報を提示するシステムを構築した。<sup>3)</sup>しかし、センサやネットワーク構築の研究はありながら、集めた情報を救命活動中の医療従事者へどう提示すべきかのインターフェースについては十分な研究がされていない。また、治療優先度の入力機能もまだ組み込まれていなかった。

### 3. トリアージのための携帯情報端末用インターフェース

我々は順天堂大学医学部救急診療科の医療従事者と議論をし、災害現場における救命活動中に必要な要件を以下の 3 項目に決定した。本研究では、これらの要件を満たしたインターフェースを提案する。

#### 3.1 治療優先度の入力

治療優先度の決定までに掛かる時間はより短くなる程望ましい。そのため、事前に訓練を重ねた医療従事者がトリアージを実施する。しかし、トリアージに習熟した医療従事者数に対して多数の傷病者が生じた場合、習熟度が低い医療従事者がトリアージを行うこともある。ところが、習熟度が低い医療従事者にとって混乱した状況下で迅速かつ正確な判断をすることは難しく、START 法による治療優先度の決め方を失念したり焦って間違える可能性が高い。

そこで本研究では、どの医療従事者でも簡単に操作することができるよう明快かつ簡潔なインターフェースを求める。二択の質問に回答するだけで治療優先度が決定でき、またその入力過程を START 法の診断フローチャートに沿って提示する。どのような過程を経て優

先度を決定したかを視覚的に示すことで、入力間違いを防止する。脳内で計算していたトリアージのアルゴリズムを携帯情報端末に可視化することで、迅速かつ正確なトリアージを可能にする。

#### 3.2 傷病者の取り違い防止

全ての傷病者は、はじめにトリアージポストと呼ばれるテントに搬送される。トリアージポストは、医療従事者が最初に傷病者の状態を診断する場所であり、ここで治療優先度を決定した後に各タグ色のテントに簡い分けをする。傷病者は必ずこの場所を経由することになる。しかし、トリアージポスト内は多数の傷病者が密集するため、誰を診断中であるのか常にきちんと識別し続けることが重要になる。もし傷病者を取り違えて診断結果を入力した場合、傷病者の命に関わるだけでなく現場にも大きな混乱を招く可能性がある。

そこで、我々は傷病者に装着された電子タグに付随する固有の ID と受信信号強度を利用して、医療従事者と現在トリアージをしている傷病者の距離を測定する。医療従事者が持つ端末は、傷病者の電子タグが送信しているパケットを受け取った時の受信信号強度の値を取得し、その強度に基づき医療従事者がどの傷病者の近くにいるかを識別する。そして、トリアージを行おうとしている傷病者が医療従事者から大きく離れている場合には警告を出し入力制限を設ける。これにより、傷病者の取り違いを防止する。

#### 3.3 救命活動中の医療従事者に提示すべき情報

救命活動中の医療従事者に必要な情報は、傷病者情報、急変情報、搬送情報の 3 つである。傷病者情報とは、傷病者 ID、バイタルサイン、トリアージタグ色のことである。バイタルサインとは生体情報のことであり、呼吸数、脈拍数、血中酸素濃度 (SpO<sub>2</sub>) をまとめた総称である。次に急変情報とは、傷病者の容態悪化を示す情報であり、急変した傷病者に対しどれだけ早く応急処置できるかが重要なためいち早く検知する必要がある。搬送情報とは、救急車やドクターヘリが現場に到着する時刻や搬送可能人数のことであり、どの傷病者を搬送すべきかの判断や搬送の事前準備を行うためにいち早く受信する必要がある。

そして、これらの情報をより容易に把握することが可能なインターフェースを設計した。迅速な判断が各傷病者の命に関わるため、煩雑したものよりも簡素なインターフェースとする。また、傷病者情報の一覧から検知すべき情報を見つけやすくする機能を設ける。さらに、急変及び搬送情報の履歴を保存することで検知漏れや情報を失念しても再確認ができるようにする。

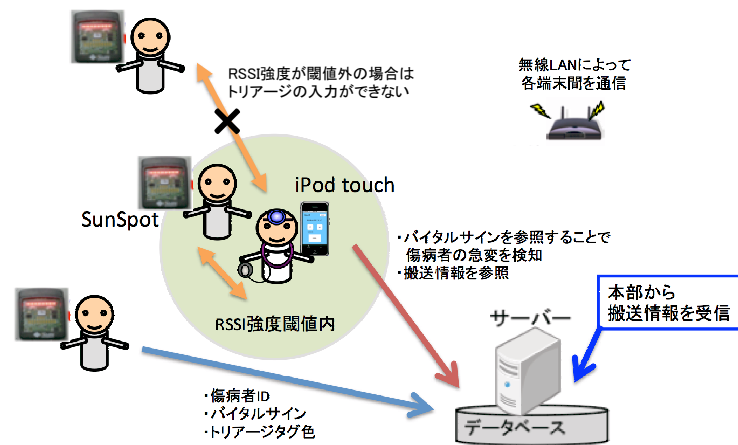


図 1 システム構成



図 2 治療優先度入力インターフェースと画面遷移の様子

#### 4. トリアージのための携帯情報端末用インターフェースの実装

##### 4.1 システム構成

本システムの全体構成を図 1 に示す。医療従事者が持つ携帯情報端末として iPod Touch、傷病者に取り付ける電子タグとして SunSPOT、各傷病者の情報を監視する情報管理サーバー、情報を格納するためのデータベースから構成されている。電子タグはセンシングしたバイタルサインを情報管理サーバーへ一定間隔で送信し、受信した情報はデータベースに格納される。医療従事者が持つ携帯情報端末はこのデータベースを参照することで傷病者情報を取得し、また電子タグから発生する RSSI(受信信号強度)を測定する。

##### 4.2 治療優先度入力インターフェース

治療優先度を決定する入力画面と入力過程の様子を図 2 に示す。左から右に向けて画面遷移していき、ここでは治療優先度が赤タグに決定した様子を示している。トリアージを開始すると、フローチャートに沿って 2 択の質問が提示される。左の画面では、自発呼吸に関する質問が表示され、「YES」と答えたところ、中央の画面では次の質問で「呼吸数は 10 以上 29 以下?」と聞かれる。ここまでの質問に答えた結果、右の画面の通り治療優先度は赤タグであると決定される。このように、START 法のアルゴリズムに沿った 2 択の質問に答えていくだけで治療優先度を決定できるインタフェースとなっている。また、「YES」を選

択した場合は黒色、「NO」を選択した場合は赤色の線によって診断フローチャートが作成され、どのような診断過程を経てきたかを常に確認できる。間違えて回答した場合は画面右上の取り消しボタンを押すことで前の質問に戻る。タグ色が決定すると画面下にトリアージ完了と表示され、画面右上のボタンの次へを選択すると次の傷病者のトリアージ画面へと遷移する。

##### 4.3 RSSI による傷病者の取り違い防止

電子タグの役割を担う SunSPOT からは毎秒パケットを送信している。医療従事者が持つ携帯情報端末がこのパケットを受信し、その際の RSSI (受信信号強度)を測ることで傷病者と医療従事者のおおよその距離を測定できる。予備実験において傷病者を複数人隣接させた状態でトリアージを実施したところ、医療従事者が傷病者により接近してトリアージを行うことが誤認識を防ぐために重要であることを確認した。そこで、電子タグが装着されている傷病者の右腕から 20cm 以内となる RSSI を閾値とし、極接近しなければトリアージができないという制約を与えることで取り違いを確実に防ぐ。トリアージがはじまると、図 2 の左上に RSSI の閾値内の傷病者 ID が表示され、閾値を超えている場合は入力時に警告および入力制限を行う。



図3 傷病者に関する情報表示画面

#### 4.4 傷病者情報表示画面

傷病者に関する情報表示画面を図3に示す。尚、ここでは黄タグのテント内を表し、どのテントを閲覧しているかは各画面の右下のテントのアイコンで確認できる。3画面の内、左に示す傷病者一覧では、傷病者ID、トリアージタグ色、バイタルサイン、搬送優先度を表示する。トリアージタグ色は5つの四角形で示し、一番右が最新のタグ色であり、左に1つずれるごとに5分前、10分前の状態を表す。いま現在の状態だけではなく過去の状態推移を見て診断することもあるため、このような表示形式を採用している。搬送優先度は、脈拍数と呼吸数の一定時間あたりの変化率が高い傷病者ほど優先順位が上がる。次に中央の画面では、水色のボタンを押し容態の悪い傷病者順にソート表示した様子を示す。黄タグのテントにいながら状態が悪化し赤タグ相当となっている傷病者を上位に並び替えることで搬送すべき傷病者を決定する際に参照する。右の画面では、急変情報と搬送情報の履歴を表示する。この画面に切り替えることで、どの傷病者がいつ急変したのかあるいは搬送されたのかを確認でき、救命救急活動の効率を向上させる。

また、急変情報及び搬送情報は、救命活動に追われている医療従事者が気付きやすいように情報が入り次第ポップアップ形式で表示する。そのポップアップ表示の様子を図4に示す。急変情報では、どの傷病者にどのようなバイタルサインの異常が生じているかを表示し

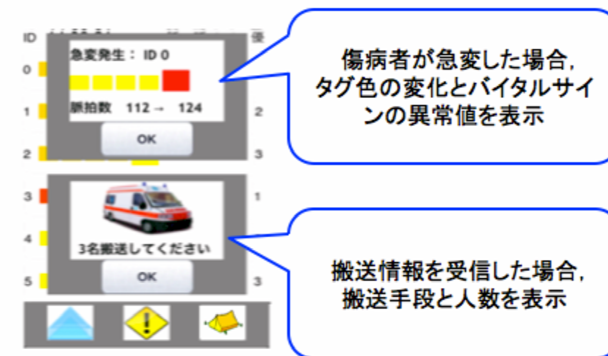


図4 急変情報及び搬送情報のポップアップ表示画面

診断を手助けする。搬送情報では、到着予定の搬送車両の種類と搬送可能人数を提示する。それぞれの通知に対してOKボタンを押すと、医療従事者がその情報を確認したかの情報をサーバに送信する。

## 5. 評価実験

### 5.1 治療優先度決定に関する実験

#### 5.1.1 実験概要

治療優先度入力インターフェースの有用性を確かめるために、携帯情報端末と従来の紙タグを比較し、迅速かつ正確にトリアージを行えるかを比較した。被験者はSTART法に基づいたトリアージを実施し、治療優先度の決定に掛かる所要時間と正答率、習熟度を測定をした。この際、計25名の傷病者が発生する災害を想定し、内訳は赤、黄タグの傷病者が10名ずつ、緑タグが4名、黒タグを1名とした。被験者は、全傷病者のトリアージを連続で行う。紙タグでは脳内で治療優先度を計算するため、被験者は予めSTART法を学習してもらった後に評価実験を行った。また、携帯情報端末のユーザビリティについて5段階評価のアンケートを行った。被験者は、情報工学を専攻する大学生・大学院生の男女10名である。

#### 5.1.2 実験結果と考察

実験結果を表1に示す。傷病者25名の治療優先度の決定に掛かる所要時間は、紙タグが192.5秒、提案システムである携帯情報端末が170.2秒であった。このことから、携帯情報

表 1 治療優先度決定に関する実験結果

	時間 (秒)	正答率	使いやすさ	疲れにくさ
紙タグ	192.5	0.93	3.0	3.3
携帯情報端末	170.2	1	5.0	4.7

表 2 習熟度に関する実験結果

	黄タグ		赤タグ	
	1人目 (秒)	10人目 (秒)	1人目 (秒)	10人目 (秒)
紙タグ	14.0	5.2	9.8	5.4
携帯情報端末	6.7	4.5	5.9	4.6

端末は所要時間の短縮を達成でき、また t 検定を行ったところ有意水準 5%未満で有意差があると判定された。次に正答率に着目しても携帯情報端末は紙タグに比べて正答率が向上している。また最低評価 1、最高評価 5 とするユーザビリティに関するアンケート結果を示した表 1 から、携帯情報端末がより高い評価を得ていることがわかる。以上のことから、携帯情報端末に START 法の診断フローチャートを表示したことで視覚的なトリアージ作業が可能となり作業効率が向上したといえる。

続いて、実験中に被験者がトリアージにどれだけ慣れたかについての習熟度に注目する。表 2 は、黄、赤タグの傷病者において最初の 1 人目と最後の 10 人目の治療優先度を決定するまでに掛かる時間を表している。尚、この時、最初の 1 人目と最後の 10 人目に掛かる時間の差は小さい方が望ましい。差が大きい場合は実際にトリアージの経験をして慣れなければ迅速な対処ができないことを示し、はじめてトリアージをする者にとって不適切な手法となる。そこで、両者に着目すると、黄、赤タグの両方において携帯情報端末が良い結果を出している。つまり、携帯情報端末は操作に慣れる必要がなく、トリアージに習熟していない医療従事者にとっても迅速に治療優先度を決定できる手段であることが確認できた。

## 5.2 急変情報・搬送情報に関する実験

### 5.2.1 実験概要

携帯情報端末を用いることで救命活動の作業を効率良く行えるかを検証した。黄色テントで救命活動を行う医療従事者を想定し、テント内に黄タグ相当の症状を持つ傷病者が 9 名収容されている状況とした。そして、実験開始から 6 分が経過すると 1 分間隔で 3 名の傷病者が急変し、9 分経過時に搬送情報を受信し 3 名が搬送可能となるシナリオを作成した。傷病者が突如急変したり、傷病者をテントに収容しても搬送車両が到着すればすぐに運び出

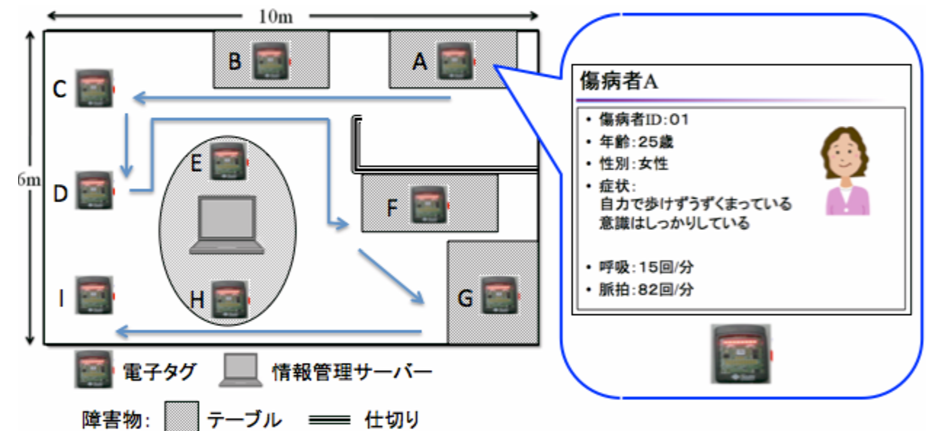


図 5 実験環境の見取り図

さなければならぬ実際の災害現場の状況をこのシナリオによって再現する。

実験環境として、縦 6m、横 10m のテント内を想定した部屋を用意した。実際のテント内には医療機器や傷病者がいるため医療従事者は移動をする際に回り道をするなど自由に身動きを取れない。そのため、障害物として仕切りやテーブルを配置した。その見取り図を図 5 に示す。A-I に割り振られた SunSPOT はタグ色を示す黄色の LED を発光し、且つ黄タグ相当のバイタルサインを擬似的に生成し情報管理サーバーへ傷病者情報を一定間隔で送信している。また、傷病者情報はサーバーだけでなく状態を記載した紙を SunSPOT と共に設置しておく。傷病者の症状が急変すると LED が黄色から赤色に変化する。また、部屋の中央に設置した情報管理サーバーは、傷病者情報、急変情報、搬送情報を一元管理している。

この環境下で、携帯情報端末がある場合とない場合で救命活動に差異が生じるかを比較し、急変した傷病者に気付くまでの時間と搬送情報を受信してからどの傷病者を搬送すべきか決定するまでに掛かる時間を評価項目とした。被験者は図 5 中に示された矢印に従い、紙に記載された傷病者情報を読み取りながら A-I を順番に診断していく。診断とは傷病者情報をトリアージタグに入力もしくは記入することとし、これが本評価実験の基本タスクである。尚、被験者にはいつどの傷病者が急変するのか、搬送情報をいつ受信するかを知らせず、情報管理サーバー、携帯情報端末、電子タグの LED の色のいずれかを見ることで現場状況を確認しながらタスクを進めていく。一部には障害物が存在するが、基本タスクを行い

表 3 急変情報及び搬送情報に関する評価結果

	急変傷病者の検知時間 (秒)	搬送決定時間 (秒)
携帯情報端末なし	82.5	86.7
携帯情報端末あり	3.5	12.2

ながらテント内を見渡すことでも電子タグを確認可能である。急変した傷病者を検知した場合は該当する傷病者に割り振られた英文字を、搬送情報を受信した場合には搬送すべき傷病者を決定した上でその英文字を口頭で伝えてもらった。被験者は情報工学を専攻する大学生・大学院生の男女 20 名である。

### 5.2.2 実験結果と考察

急変情報及び搬送情報に関する実験結果を表 3 に示す。急変した傷病者の検知時間に着目すると、携帯情報端末がある場合に大幅な時間短縮をしていることがわかる。画面上に急変情報がポップアップ表示されるため、基本タスクを行っていても即座に気付くことができたといえる。端末がない場合、傷病者を診断しながら他の傷病者の容態変化にも気を配る必要があり、さらに情報管理サーバーまで傷病者情報を確認しに行く必要があり、検知に多くの時間を費やす事になった。情報管理サーバーから通知が行われても、作業を中断し通知内容を確認しに行く手間が掛かるため、手元で通知が行われる携帯情報端末の有用性がより高いといえた。次に搬送決定時間に着目しても、携帯情報端末がある場合に大幅に時間を短縮できている。急変情報と同様にポップアップ表示が効果的に通知できていることに加え、容態の悪い傷病者をソート表示できたことで搬送すべき傷病者を迅速に決定できたためといえる。端末がない場合は情報管理サーバーで搬送情報を確認した後どの傷病者を搬送すべきか A-I の傷病者の容態を判断する必要があり多くの時間を費やす事になった。

以上の実験結果から、携帯情報端末は急変情報及び搬送情報の検知時間を短縮し、迅速に急変した傷病者を発見でき、且つ搬送すべき傷病者の決定支援も可能になった点から救命活動を効果的に支援できたことが確認できた。

## 6. おわりに

紙製のトリアージタグを用いた救命活動は、傷病者情報を常に把握することが困難であり効率が悪いためであった。我々の研究プロジェクトは、傷病者情報を一元管理し救命活動を支援するための電子トリアージシステムの研究開発に取り組んでいる。本論文では、電子トリアージによる治療優先度を決定するための入力機能及び電子タグにより収集した傷病者情

報と搬送情報などの提示手法を提案した。評価実験では、提案システムの有用性とその効果を検証した。そして、従来の紙タグに比べて迅速かつ正確な治療優先度の決定ができ、急変情報及び搬送情報の検知時間を大幅に短縮したことから携帯情報端末の有用性を確認した。これらより、災害現場における救命活動中に必要な要件を満たしているという医療従事者からの見解を得られた。今後は被験者を医療従事者とした訓練を行う予定であり、災害時の救命活動において医療従事者によるトリアージ作業の効率化に向けて研究に取り組んで行く。

**謝辞** この研究の一部は独立行政法人科学技術振興機構 (JST) の戦略的創造研究推進事業 (CREST) の支援により行われた。また、本研究は順天堂大学医学部附属浦安病院救急診療科から協力を得て行われた。

## 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) 東野輝夫：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 (オンライン), 入手先([http://www.sen.jst.go.jp/result/result\\_h19/higashino/higashino002.pdf](http://www.sen.jst.go.jp/result/result_h19/higashino/higashino002.pdf)) (2008).
- 3) 長橋健太郎, 栖閑邦明, 小嶋洋明, 岡田謙一：電子トリアージのための医療従事者情報端末の提案, 情報処理学会論文誌, Vol.51, No.1, pp.33-43, (参照 2011-01).
- 4) 兵庫県 福知山線列車事故検証委員会：J R 福知山線列車事故検証報告書 (オンライン), 入手先(<http://web.pref.hyogo.jp/contents/000007823.pdf>) (2006-1).
- 5) 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, pp. 802-810 (2007).
- 6) Emory A. Fry, Leslie A. Lenert : MASCAL: RFID Tracking of Patients, Staff and Equipment to Enhance Hospital Response to Mass Casualty Events, AMIA 2005 Symposium Proceedings pp.261-265.
- 7) V. Shnayder, B. Chen, K. Lorincz, T. R.F.Fulford-Jones, and M. Welsh : Sensor Networks for Medical Care. Harvard University Technical report, (2005).
- 8) Leslie A. Lenert, Theodore C. Chan, David Kirsh, David Kirsh : Wireless Internet Information System for Medical Response in Disasters, available from (<http://collab.nlm.nih.gov/webcastsandvideos/siirsv/ucsdsummaryreport.pdf>).
- 9) 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).