

負傷者の状態をリアルタイムに監視する 電子トリアージ・タグの評価

今村 多一郎^{†1} 坂 主 圭 史^{†1,†3} 大 出 靖 将^{†2,†3}
稗 田 拓 路^{†1,†3} 岡 本 潤 也^{†1} 武 内 良 典^{†1,†3}
今 井 正 治^{†1,†3} 田 中 裕^{†2,†3} 東 野 輝 夫^{†1,†3}

多数の負傷者が同時に発生する災害現場での医療活動を支援するために、負傷者の生体情報を収集し、無線で負傷者の生体情報を PC に送信する、電子トリアージ・タグが提案されている。本稿では、災害現場で電子トリアージ・タグを使用した場合の効果について評価した実験を行った。実験の結果、災害現場で電子トリアージ・タグを用いることで、災害現場で死亡する負傷者を減らせる可能性があることがわかった。

Evaluation of Electronic Triage Tag to observe injured person's condition in Real Time

TAICHIRO IMAMURA,^{†1} KEISHI SAKANUSHI,^{†1,†3}
YASUMASA ODE,^{†2,†3} TAKUJI HIEDA,^{†1,†3}
JUNYA OKAMOTO,^{†1} YOSHINORI TAKEUCHI,^{†1,†3}
MASAHARU IMAI,^{†1,†3} HIROSHI TANAKA^{†2,†3}
and TERUO HIGASHINO^{†1,†3}

To support medical services in the disaster scene where a lot of injured persons occur at the same time, we have proposed the Electronic Triage Tag which collects vital signs of injured person and transmits them to PC by the wireless communication. In this paper, we evaluated the effect of the Electronic Triage Tag in disaster scene. Experimental result shows that it is possible to reduce preventable death at disaster scene by using Electronic Triage Tag.

1. はじめに

多数の負傷者が同時に発生する災害現場では、医師、看護師、救急救命士、救急隊員、医療機器などの医療資源が絶対的に不足する。このような災害現場では、多数の負傷者に対して「最大多数の負傷者に最善の医療」を施すために、治療や受入病院へ搬送する優先度を決定するトリアージを実施する。現在、災害現場では、トリアージ担当官が負傷者の脈拍、呼吸、意識などの生体情報から治療や搬送の優先度を決定し、紙製のトリアージ・タグ(図1)から不要な色を切り取って負傷者に装着することで、負傷者の治療と搬送の優先度を管理している。

紙製のトリアージ・タグは、トリアージを実施した時点での負傷者の状態を表しているが、負傷者の状態をリアルタイムに反映していないため、急に状態が変化して治療や搬送の優先度が高くなった負傷者がいたとしても、その様な負傷者を発見し対応することが難しい。また、紙製のトリアージ・タグは、夜間の屋外や停電中の地下施設(地下街や地下鉄など)のような暗所では視認することが難しく、負傷者の全体的な状況を把握しづらい。そこで、負傷者の状態をリアルタイムで監視し表示することで、暗所でも医療従事者が負傷者の全体的な状況を把握しやすくし、「最大多数の負傷者に最善の医療」を施すことを目指した、災害現場医療を支援する電子トリアージ・タグが提案されている^{1),2)}。

電子トリアージ・タグは、負傷者の状態を入力することで、負傷者の優先度を決定して電子トリアージ・タグに表示し、負傷者の状態が急に悪化した場合には、負傷者の状態、優先度、状態の悪化を表示する。また、電子トリアージ・タグは、負傷者の脈拍数、呼吸数、SpO₂(経皮的動脈血酸素飽和度: percutaneous arterial oxygen saturation)などの生体情報を収集し、無線で送信することで、災害現場の負傷者の状態を一元的にリアルタイムで監視する。これにより、災害現場で「避けられた死」を減らすことを目的としている。

本稿では、災害現場で電子トリアージ・タグを用いることで、暗所においても負傷者の全体的な状況を把握しやすくなること、状態が急変した負傷者を迅速に発見し対応することで、災害現場で死亡する負傷者を減らせる可能性があることを示す。

†1 大阪大学 大学院情報科学研究科

Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University

†2 順天堂大学医学部 救急災害医学

Department of Emergency and Critical Care Medicine, Juntendo University Urayasu Hospital

†3 独立行政法人科学技術振興機構, CREST

Japan Science Technology and Agency, CREST

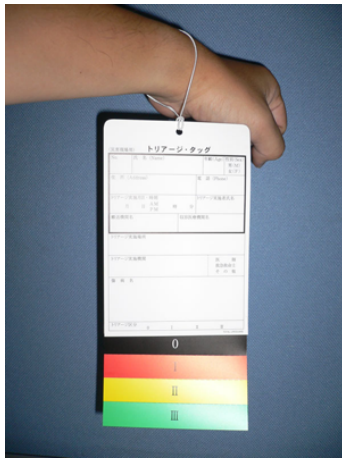


図1 紙製のトリアージ・タグ

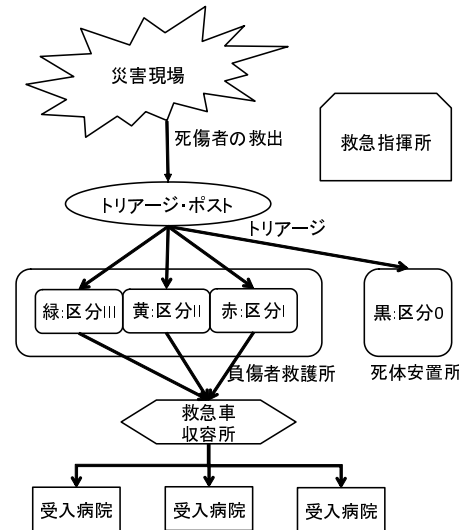


図2 災害現場での救命救急活動の概要

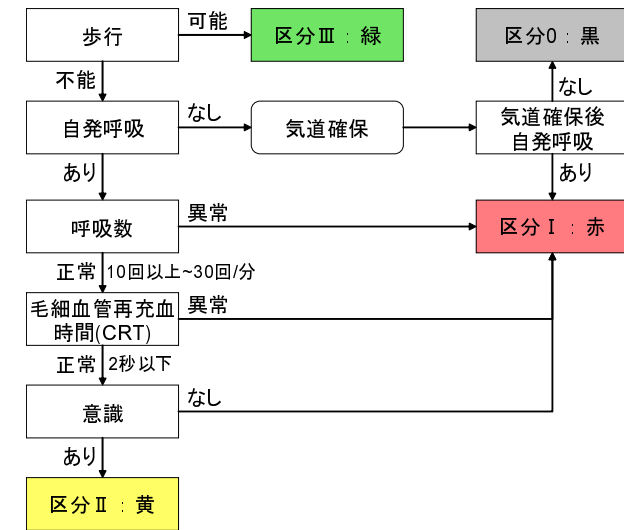


図3 START法

以下、第2章では紙製のトリアージ・タグの特徴と問題点について述べ、第3章では我々が提案している電子トリアージ・タグの特徴と機能について述べる。第4章では電子トリアージ・タグに実装した機能が災害現場で有効に機能することを実験した結果について述べる。第5章にまとめと今後の課題を述べる。

2. 紙製のトリアージ・タグ

本節では、紙製のトリアージ・タグを用いた災害現場での救命救急活動(図2)について述べる。

1995年に発生した阪神・淡路大震災の教訓をもとに、1996年からトリアージ・タグが標準化されている³⁾。紙製のトリアージ・タグ(図1)の下部には、黒、赤、黄、緑の切り取り式のタグが付いており、負傷者の治療や搬送の優先度に応じて、不要な色のタグを削除して、負傷者に装着することで、負傷者の治療や搬送の優先度を管理する。

被災した負傷者を災害現場から受入病院へ搬送するまでの救命救急活動の流れについて以下に述べる。

- (1) 負傷者を災害現場から救助し、トリアージ・ポストへ負傷者を運ぶ。

- (2) トリアージ・ポストでは運び込まれた負傷者に対して、図3に示すSTART(Simple Triage And Rapid Treatment)法に従ってトリアージし、負傷者を軽処置群(緑: 区分III)、非緊急治療群(黄: 区分II)、最優先治療群(赤: 区分I)、死亡及び不処置群(黒: 区分0)に区分し、紙製のトリアージ・タグから不要な色のタグを切り取って負傷者に装着し、負傷者の優先度の区分ごとに負傷者救護所または遺体安置所に收容する。
- (3) 負傷者救護所では、医療従事者が負傷者に対して応急的な処置を施すとともに、負傷者の状態の悪化に備え、経過を観察する。
- (4) 救急車収容所では、治療や搬送の優先度が高い区分の負傷者から順番に、救急車、ドクター・カー、ドクター・ヘリなどで負傷者を周辺の受入病院へ搬送する。

紙製のトリアージ・タグによる災害現場での医療活動として以下の点が指摘されている。問題点1 負傷者の状態を記録に時間がかかる。図1に示す紙製のトリアージ・タグには、負傷者の個人情報やトリアージ担当官に関する情報(氏名、年齢、性別、住所、電話、トリアージ実施日時、トリアージ実施者氏名、搬送機関名、收容医療機関名、傷病名など)を記入する箇所がある。負傷者の受入病院先の医師にとって、トリアージ・

タグは災害現場での負傷者の状態を知ることができる重要な情報源であるため、災害現場でトリアージ・タグに負傷者の状態を記録することが求められている。しかし、短時間で多数の負傷者が発生する災害現場では、「一人の負傷者を30秒から1分でトリアージすること」とされており、負傷者の状態を記録する十分な時間がない。文献4)によると、JR 福知山線脱線事故で使用されたほとんどの紙製のトリアージ・タグは未記入であったことが報告されており、トリアージ・タグに筆記で負傷者の状態を記録することが、災害現場のトリアージ担当官に時間的な負担をかけている。

問題点2 暗所の災害現場での負傷者管理が難しい。負傷者救護所が確保出来ない場合や、負傷者を災害現場からすぐに移動することが困難な場合は、災害現場でトリアージを実施して、紙製のトリアージ・タグを装着することがある。紙製のトリアージ・タグは、負傷者の治療や搬送の優先度に対応する色を残して、不要な色のタグを切り取って負傷者に装着することで、負傷者の治療や搬送の優先度をわかりやすく示している。応援の医師や救急隊員が災害現場に到着したときに、どの優先度の負傷者がどこにいるのかを把握しやすい。しかし、夜間や停電中の地下施設(地下街や地下鉄など)のように光源に乏しい環境で災害が発生し、災害現場においてトリアージを実施した場合、紙製のトリアージ・タグでは、応援の医師や救急隊員がどの優先度の負傷者がどこにいるのかを把握するのは困難である。

問題点3 トリアージ後の負傷者の状態を表していない。紙製のトリアージ・タグは、トリアージを実施した時点での負傷者の治療や搬送の優先度を分かりやすく表しているが、現在の負傷者の状態や優先度を反映していない。そのため、トリアージ実施後に負傷者の状態が悪化しより優先度が高くなったとしても、負傷者の優先度が変更されないため、状態が悪化が発見されず、治療や搬送が後回しにされ、最悪の場合には、災害現場の負傷者救護所で死亡することも考えられる。特に身体を打ち付けている場合などは、急に血圧が低下してショック症状を引き起こし、緊急の処置が必要な状態になることがある。

問題点4 災害現場における全体的な負傷者の状況を一元的に管理出来ない。トリアージ担当官や負傷者救護所で治療に当たっている医療従事者が状態が悪化した負傷者を発見した場合は、その負傷者に関する状況が救急指揮所にトランシーバなどで報告され、救急指揮所からの指示で、状態が悪化した負傷者に医療資源を投入する。しかし、発見されなかった状態が悪化した負傷者に対しては対応が遅れ、最悪の場合には、災害現場の負傷者救護所で死亡することも考えられる。

これらの問題点に対して、災害現場での救命救急活動を円滑に行うシステムが提案されている⁵⁾⁻¹⁶⁾。文献5)-11)では、災害現場でトリアージするときに、負傷者の状態を電子ペンや情報端末から入力し、無線でサーバに送信するシステムを提案しているが、これらのシステムは、災害現場での負傷者の全体状況の把握には有効であるが、トリアージ後に起きる負傷者の状態の悪化、治療や搬送の優先度の変化は反映していない。文献12)-15)は、状態が悪化した負傷者を救急本部で発見できるが、負傷者に取り付ける電子システムには負傷者の状態を表示しないため、災害現場にいる医療従事者が状態が悪化した負傷者を発見することは難しい。文献16)は、紙製のトリアージ・タグの区分を表す色に蛍光塗料を用いることで視認性を向上させているが、夜間や停電中の地下街や地下鉄など、光源が乏しい環境下では紙製のトリアージ・タグと同程度の視認性しかない。

3. 電子トリアージ・タグについて

我々は、前節で挙げた問題点を解消するために、2種類の電子トリアージ・タグを提案している¹⁾²⁾。本節では2種の電子トリアージ・タグについて紹介し、災害現場で電子トリアージ・タグが使用された場合に期待される効果について述べる。

3.1 電子トリアージ・タグの構成

我々は電子トリアージ・タグとして e-Triage-Full¹⁾ と e-Triage-Light²⁾ の2種類を提案している。e-Triage-Full と e-Triage-Light の仕様を表1に示す。

図4に示す e-Triage-Full は、2個のプッシュ・スイッチ、8個のRGB LED、IEEE 802.15.4 無線モジュール、制御ユニットから構成される。制御ユニットには、USB ホスト、イーサネット、シリアルなどの入出力インターフェースを備え、様々な医療機器と接続することが可能である。図6のように生体センサを負傷者に装着し、鼻腔より呼吸数、指先から脈拍数と SpO₂(経皮的動脈血酸素飽和度: percutaneous arterial oxygen saturation) を測定する。

図5に示す e-Triage-Light は、e-Triage-Full から呼吸数を計測するセンサとイーサネットを取り除くことで小型・軽量化した。e-Triage-Light は図7のように装着し、指先のセンサから脈拍数、SpO₂ を測定する。

e-Triage-Full と e-Triage-Light は、負傷者の状態に応じて使い分けることを想定している。e-Triage-Full は呼吸数を取得することやイーサネットの入出力インターフェースを用いて他の医療機器と接続することが可能であるため、生体状態をより詳細に観測しなければならないような重症の負傷者に e-Triage-Full を装着し、呼吸器系の監視が必要でない負傷者には、装着が容易な e-Triage-Light を装着する。

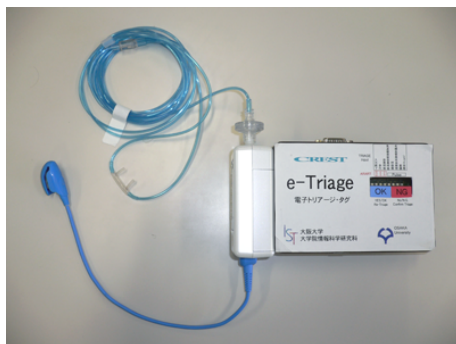


図 4 e-Triage-Full の外観



図 5 e-Triage-Light の外観



図 6 e-Triage-Full の使用例



図 7 e-Triage-Light の使用例

3.2 ボタンによる負傷者の状態の入力機能

電子トリアージ・タグには、図 3 に示す START 法に基づいてトリアージする場合に必要な判定項目が表示されている（図 8）。トリアージ担当官は負傷者を診察し、LED が白色に点灯した判定項目に対する負傷者の状態を YES/NO に対応するボタンを用いて入力する。2 択形式による入力を用いることにより、負傷者の状態を短時間で入力できる。図 8 は、START 法に基づいてトリアージを実施している途中の LED の点灯の様子を示している。脈拍数の判定項目で LED が白色に点灯しているのは、脈拍数についての入力を促しているためである。また、これまでに入力した判定項目に対応する LED について、入力した判定項目の内容が YES なら緑色に、NO なら赤色に点灯した状態で示されている。図 8 では、

表 1 電子トリアージ・タグの仕様

タグの種類	e-Triage-Full	e-Triage-Light
プロセッサ	ARM920T 108MHz	
メモリ	512KB RAM, 4MB Flash	
入力	押しボタン × 2	
出力	RGB LED × 8	
無線インタフェース	2.4GHz IEEE 802.15.4	
有線インタフェース	USB × 2, RS-232C × 1, Ether × 1	USB × 1
大きさ	8.0cm(W) × 15.0cm(L) × 5.0cm(D)	5.0cm(W) × 11.7cm(L) × 3.9cm(D)
重量	618g	123g

負傷者の状態について、歩行が不可、自発呼吸があり、呼吸数が正常値であることを示す。

START 法によるトリアージで、負傷者が歩行可能であれば負傷者の治療や搬送の優先度は区分 III（緑）となり、他のトリアージの判定項目に関する入力は行われない。電子トリアージ・タグには、START 法に従って負傷者の優先度の区分するために必要な負傷者の状態のみを入力する。

START 法では負傷者の循環器系の評価として CRT(毛細血管再充血時間: capillary refill time) を用いる。電子トリアージ・タグはセンサで負傷者の脈拍数が取得できるので、電子トリアージ・タグを使用してトリアージをする場合は、循環器系の評価として CRT の代わりに脈拍数を使用し、脈拍数が 30 以上 120 以下の場合は正常と判断する。

3.3 LED 表示による負傷者の状況把握機能

また停電時の地下施設や夜間などの暗所では、電子トリアージ・タグは LED で負傷者の優先度の区分を表示するため、発光しない紙製のトリアージ・タグに比べて負傷者の優先度の区分が視認しやすい。これらの機能により、医療従事者は電子トリアージ・タグの LED による優先度の区分の表示によって、災害現場に居る負傷者の優先度の区分の状況を把握しやすくなる。

3.4 LED 表示による負傷者の急変表示機能

電子トリアージ・タグは、センサから収集した負傷者の脈拍数、呼吸数、SpO₂ のいずれかが正常値から異常値に変化したこと（以下、急変という）を検知すると、電子トリアージ・タグの LED を負傷者の優先度の区分を示す色から青色に変え、負傷者の周囲の医療従事者へ負傷者の状態の急変を知らせる。電子トリアージ・タグによる急変表示機能により、医療従事者が急変した負傷者を的確に把握しやすくなり、治療や搬送の手遅れで死亡してしまう負傷者を減らすことができる。



図 8 電子トリアージ・タグの入出力部

トリアージを実施した後、電子トリアージ・タグがセンサ・ユニットを通じて負傷者の生体情報をリアルタイムに収集、監視するため、負傷者の生体情報に異常があった場合は、電子トリアージ・タグが即座に異常を検知し、付属の LED の表示色を青色に変更して周囲に急変が発生したことを知らせる。そのため、トリアージ実施時には優先度が低かった負傷者でも、状態が急変した場合に他の負傷者よりも優先して治療を受けやすくなり、急変した負傷者が治療を受けられずに死亡する事態を回避しやすくなる。

3.5 無線通信による負傷者の生体情報管理機能

電子トリアージ・タグは、センサから負傷者の脈拍数、呼吸数、 SpO_2 を 1 秒毎に収集し、収集した生体情報を無線通信機能を用いて PC に集約し、救急指揮所や負傷者救護所で医療従事者に提示することで、災害現場の全ての負傷者の状態を把握することができる。これにより、急変した負傷者が多い負傷者救護所に動的に医療資源を再配置することが可能になり、災害現場で死亡してしまう負傷者を減らすことができる。

急変した負傷者のいる救護所がトリアージ担当官のいる救護所と異なっていた場合、電子トリアージ・タグが負傷者の状態の急変を示していたとしても、異なる負傷者救護所にいる医療従事者は気づくことが出来ない。しかし、負傷者の生体情報や状態を一元的にリアル

タイムで監視することで、目の届かない負傷者救護所にいる負傷者の状態が急変しても早期に治療や搬送を行うことができ、負傷者救護所での死亡者を減らすことが出来る。

4. 電子トリアージ・タグの機能評価

本節では、文献¹⁾²⁾で提案した電子トリアージ・タグを、ボタンによる負傷者の状態の入力機能、LED 表示による負傷者の状況把握機能、LED 表示による負傷者の急変表示機能、無線機能による負傷者の生体情報管理機能について評価する。

4.1 ボタンによる負傷者の状態の入力機能

一人の負傷者をトリアージする場合に、トリアージ担当官が紙製のトリアージ・タグに負傷者の状態を筆記で記入し、負傷者の治療や搬送の優先度を決定する時間と、電子トリアージ・タグに負傷者の状態をボタンで入力し、優先度を決定する時間を比較する。

紙製のトリアージ・タグには、START 法による治療や搬送の優先度の決定に必要な項目に加え、負傷者に関する情報 (負傷者の住所、連絡先、トリアージ担当官の氏名、トリアージ実施時刻、負傷者の症状、負傷者の状態など) について、記入する欄がある。一方、電子トリアージ・タグは、START 法による治療や搬送の優先度の決定に必要な負傷者の状態しか入力できない。そこで我々は、電子トリアージ・タグと紙製のトリアージ・タグを併用し、電子トリアージ・タグには負傷者の生体情報と状態、治療や搬送の優先度を記録し、紙製のトリアージ・タグにはそれ以外の情報を記入する。したがって、電子トリアージ・タグと紙製のトリアージ・タグを併用したとしても、負傷者の住所、連絡先、トリアージ担当官の氏名の記録に要する時間は紙製のトリアージ・タグのみを使用した場合と変わらない。そこで、本実験では電子トリアージ・タグでの負傷者の状態の入力時間と紙製のトリアージ・タグでの負傷者の状態の記入時間を比較し、負傷者の状態を記録するという点においては、電子トリアージ・タグが紙製のトリアージ・タグより記録にかかる時間が短いことを示す。

実験では、あらかじめ負傷者の状態を定めた症例カードを用意し、トリアージ担当官役は症例カードの内容に従って受傷原因、歩行の可否、自発呼吸、呼吸数、CRT(脈拍数)などの負傷者の状態を読み、START 法に沿ったトリアージを行う

表 2 に、5 名のトリアージ担当官役が 10 症例に対しトリアージを行ったときの、負傷者の状態の記録に要した平均時間を示す。表 2 より、紙製のトリアージ・タグでは負傷者の状態を記録するのに 28.5 秒かかっていたが、電子トリアージ・タグでは 15.2 秒であり、電子トリアージ・タグによる入力は紙製のトリアージ・タグの入力に比べ入力時間を平

表 2 負傷者の状態の平均入力時間

紙製のトリアージ・タグ	電子トリアージ・タグ
28.5 秒	15.2 秒

表 3 負傷者の状況把握に要した時間

	紙製のタグ	電子トリアージ・タグ
医療従事者役 1	22 秒	17 秒
医療従事者役 2	17 秒	9 秒
医療従事者役 3	40 秒	19 秒
医療従事者役 4	52 秒	17 秒
医療従事者役 5	24 秒	11 秒
平均	31.0 秒	14.6 秒

均で約 53%削減できることが確認できた。

4.2 LED 表示による負傷者の状況把握機能

電子トリアージ・タグの LED で負傷者の優先度の区分の色を表示することにより、紙製のトリアージ・タグによる優先度の区分の表示よりも見やすくなることを示し、災害医療現場において、LED による表示が、医療従事者が周囲の状況を知るための有効な手段となることを示す。

我々は停電中の地下施設内で発生した災害現場で一次トリアージを行った状況を想定して実験した。まず、外光の遮断された部屋に紙製のトリアージ・タグと電子トリアージ・タグを入り口から約 5m の距離に設置し、医療従事者役が、部屋の入り口からタグの示す優先度の区分を見て、災害現場の状況を的確に把握するまでの時間を評価した。

5 名の医療従事者役が 10 個の紙製のトリアージ・タグまたは電子トリアージ・タグを見て、各色の負傷者が何名いるかを把握するまでに要した時間の平均を表 3 に示す。実験の結果、電子トリアージ・タグの LED による表示は紙製のトリアージ・タグの表示に比べ、負傷者のトリアージ区分を認識するのにかかる時間が平均で約 47%短縮されたことが確認できた。このことから、電子トリアージ・タグの LED による表示は負傷者のトリアージ区分を認識しやすくさせ、すばやく負傷者の状況を把握できることが確認できた。

4.3 負傷者の急変表示機能

この実験では、電子トリアージ・タグが現場の医療従事者に対して負傷者の急変を知らせることで、医療従事者が急変した負傷者に気づきやすくし、急変した負傷者に早期に適切

な治療、搬送を行うことで、災害現場での負傷者の救命率が向上することを示す。

電子トリアージ・タグの急変表示機能と負傷者の救命率との関係性を評価するため、本実験では、負傷者は一通りトリアージが終了し、電子トリアージ・タグが装着された状態で優先度の区分ごとに負傷者救護所に運ばれている状況を想定する。時間の経過とともに負傷者の状態が悪化する症例を用意し、負傷者の状態の管理を紙製のトリアージ・タグで行った場合と電子トリアージ・タグで行った場合との負傷者の救命率を比較した。

災害現場では、同じ状態の負傷者でも医療従事者によって選択する処置内容や処置に要する時間が異なり、医療従事者の経験の有無が負傷者の救命率に大きく影響する。したがって、負傷者への処置内容、処置時間が医療従事者役によって異なると、医療従事者役の経験による救命率へ影響するため、電子トリアージ・タグの急変表示機能を正當に評価することが難しい。そこで本実験では、医療従事者が負傷者に対して行う処置内容や処置に要する時間をあらかじめ定め、被験者の経験による救命率への影響を排除する。

表 4 に、本実験で使用した負傷者の症例と医師の処置内容の一つを示す。表 4 の 1 行目は負傷者の年齢、性別、および受傷原因を表し、2 行目以降は時間の経過とともに変化する負傷者の状態と、その状態に対する処置内容と処置時間を示している。2 行目以降については、1 列目は時刻を表し、2 列目はその時刻における負傷者の治療や搬送の優先度の区分を示す。3 列目上段、中段は、負傷者の症状、状態、生体情報を示している。3 列目下段は、医療従事者が行う処置内容および処置時間を示している。表 4 は、10 分後に負傷者の状態が悪化し、優先度が区分 II(黄) から区分 I(赤) へと高くなり、その後 15 分後までに処置をし、30 分後までに受入病院へ搬送をしなければ死亡する、という症例を示している。また、開始から 10 分後の状態に対して必要な処置は気管挿管と輸液であり、処置時間が 3 分かかることを示している。実験時間を短縮するため、負傷者の状態の変化や処置に必要な時間は、実際に状態が変化する、または処置にかかる時間の 2 分の 1 から 3 分の 1 に短縮した。

本実験では、1 人の医療従事者役が負傷者の診察と処置を行うとともに、救急車で負傷者を受入病院へ搬送する。診察、処置をする負傷者の決定は医療従事者役が優先度の高い負傷者の中から 1 名を選択して行う。救急車は 3 分毎に 1 台到着し、医療従事者役が優先度の高い負傷者の中から 1 名を選択して受入病院へ搬送する。また、1 人の負傷者の診察には 30 秒かかるとし、診察中ならびに負傷者の処置中には他の負傷者の診察、処置、搬送は行えないとした。本実験では、使用する症例を 10 個用意し、トリアージ後の優先度の区分の内訳は、区分 III(緑) が 4 症例、区分 II(黄) が 4 症例、区分 I(赤) が 2 症例とした。これらの症例のうち、区分 III(緑) の 3 症例、区分 II(黄) の 3 症例が急変し、急変する症例と区分 I(赤)

表 4 用意した負傷者の一症例

負傷者 1: 60 才女性 (受傷要因: 転倒)									
時刻	優先度	症状							
		歩行	自発呼吸	気道確保後の呼吸	呼吸数	脈拍数	CRT	SpO ₂	意識
処置内容と処置時間					状態の変化				
0	黄	頭痛, 一過性の意識消失, 頭部から皮下血腫							
		不可	有	-	18	90	2	94	不穩
10	赤	意識レベル低下, 舌根が沈下							
		不可	弱	有	8	140	2	90	昏睡
		気管挿管と輸液: 3 分				15 分以内に処置しなければ死亡			
処置後	赤	不可	弱	有	8	140	2	94	昏睡
							30 分以内に搬送しなければ死亡		

表 5 紙製のトリアージ・タグのみを使用した場合の平均死亡者数

	死亡者数
医療従事者役 1	2 人
医療従事者役 2	3 人
医療従事者役 3	2 人
医療従事者役 4	2 人
平均死亡者数	2.3 人

の症例, 合計 8 症例については, 医療従事者が行う処置内容と処置時間を定めた。紙製のトリアージ・タグのみを用いて行う場合と, 電子トリアージ・タグと紙製のトリアージ・タグを併用して行う場合について, それぞれ 4 名, 5 名の医療従事者役が評価した。

表 5, 6 に, 実験の結果, 10 症例中で死亡した症例数を示す。実験の結果, 電子トリアージ・タグを併用した場合は, 併用しない場合に比べ 0.7 人死亡者が減少した。これは, 電子トリアージ・タグが負傷者の急変を知らせることで, 被験者がより早い段階で急変した負傷者に対応できたからである。これにより, 電子トリアージ・タグの急変表示機能が被験者の救助活動の効率を上げ, 負傷者の救命率の向上に繋がることを確認できた。

4.4 無線通信による負傷者の管理機能

電子トリアージ・タグは, 無線インターフェースとして IEEE 802.15.4 を持ち, 負傷者の生体情報や状態を無線で PC 送信することができる。本実験では, 電子トリアージ・タグから送信された負傷者の生体情報や状態を PC で受信し, 受信した情報を一覧で表示し,

表 6 紙製のトリアージ・タグと電子トリアージ・タグを併用した場合の平均死亡者数

	死亡者数
医療従事者役 1	1 人
医療従事者役 2	1 人
医療従事者役 3	2 人
医療従事者役 4	2 人
医療従事者役 5	2 人
平均死亡者数	1.6 人

表 7 電子トリアージ・タグで負傷者の情報を監視した場合の平均死亡者数

	死亡者数
医療従事者役 1	1 人
医療従事者役 2	3 人
医療従事者役 3	2 人
医療従事者役 4	1 人
医療従事者役 5	1 人
医療従事者役 6	0 人
医療従事者役 7	1 人
平均死亡者数	1.3 人

負傷者救護所や救急指揮所から医療関係者がそれらの情報を参照できる場合 (図 9) に, 急変した負傷者により適切に処置や搬送を行えるかを評価する。

表 7 は, 7 名の医療従事者役に対して, 4.3 の実験で用いた症例と医療従事者の処置内容, 処置時間を用いて, 実験した結果を示す。表 7 より, 電子トリアージ・タグと紙製のトリアージ・タグを併用した場合と比べて, 負傷者の情報を一元的に監視できることで平均で死亡者が 0.3 人減った。また, 表 7 より全ての負傷者を死亡させることなく受入病院に搬送させることができた事例もあった。このことから, 無線通信によって負傷者の生体情報や状態を一元的にリアルタイムで監視することで, 急変した負傷者への対応を的確に行うことができ, 救命率が向上することを確認した。

5. まとめと今後の課題

本稿では, 電子トリアージ・タグのボタンによる負傷者の状態入力機能, LED による負傷者の優先度表示機能, LED による負傷者の状態急変表示機能, 無線による負傷者の情報管理機能について評価した。実験の結果より, 紙製のトリアージ・タグと比べて短時間

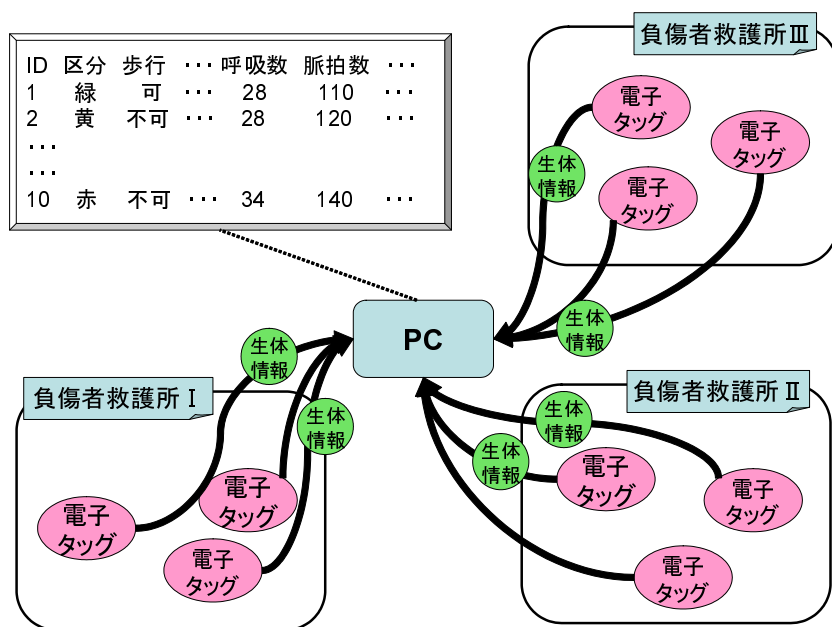


図9 電子トリアージ・タグによる負傷者の生体情報と状態の収集

で負傷者の状態を記録できること、容易に災害現場での負傷者の状況が把握できること、状態の急変者に早期に対応することで死亡者数を減らせることが確認出来た。

今後の課題としては、医療従事者の経験による影響を含めた死亡者数の評価や、収集した負傷者の情報から、医療従事者が負傷者への処置内容を決定する上で有益な情報の抽出方法やそれらの提示方法に関する検討があげられる。

謝辞 本研究を進めるに当たって、貴重なご意見を頂いた大阪大学の山口弘純准教授、廣森聡仁助教、内山彰特任助教に感謝する。

参考文献

1) 坂主 圭史, 岡本 潤也, 稗田 拓路, 今村 多一郎, 武内 良典, 北道 淳司, 今井 正治, “災害医療支援のための電子トリアージ・システム,” 組込みシステムシンポジウム 2009 論文集, Vol. 2009, No. 10, pp.147-152, 2009.

2) 坂主 圭史, 廣森 聡仁, 今村 多一郎, 岡本 潤也, 稗田 拓路, 武内 良典, 今井 正治, 北道 淳司, 東野 輝夫, “災害医療支援ネットワークのための軽症者用負傷者端末,” 電子情報通信学会 技術研究報告 (VLD2009-37), Vol 109, No. 201, pp.45-50, 2009.

3) 厚生省健康政策局指導課長通知 指第十五号, 2006年3月12日.

4) 丸川 征四郎 他, “経験から学ぶ大規模災害医療 -対応・活動・処置-,” 大阪, 永井書店, 2007.

5) 特許公開 2004 - 240797, “トリアージタグ管理システム,” 2004.

6) 登録実用新案第 3121007号, “トリアージ・タグ,” 2006.

7) 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, 第48巻, 第2号, pp.802-810, 2007.

8) 特許公開 2007 - 172010, “トリアージタグ使用による負傷者管理システム,” 2007.

9) 特許公開 2008 - 279032, “情報入力端末装置及び情報入力方法及び情報入力プログラム,” 2008.

10) 特許公開 2008 - 282218, “災害救護支援システムおよび災害救護支援方法,” 2008.

11) 特許公開 2008 - 305301, “情報処理装置, プログラム及びトリアージタグ,” 2008.

12) D. Malan, T. Fulford-Jones, M. Welsh, and S. Moulton, “CodeBlue: An Ad Hoc Sensor Network Infrastructure for Emergency Medical Care,” Proceedings of International Workshop on Wearable and Implantable Body Sensor Networks, pp.12-14, 2004.

13) V. Shnayder, B. Chen, K. Lorincz, T. R. F. Fulford-Jones, and M. Welsh, “Sensor Networks for Medical Care,” Technical report, Harvard University (2005).

14) T. Gao, T. Massey, L. Selavo, D. Crawford, B. Chen, K. Lorincz, V. Shnayder, L. Hauenstein, F. Dabiri, J. Jeng, A. Channugam, D. White, M. Sarrafzadeh, and B. 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.

15) T. Gao, C. Pesto, L. Selavo, Y. Chen, J. Ko, J. Lim, A. Terzis, A. Watt, J. Jeng, B. Chen, K. Lorincz, and M. Welsh, “Wireless Medical Sensor Networks in Emergency Response: Implementation and Pilot Results,” Proceedings of 2008 IEEE International Conference Technologies for Homeland Security, pp. 187-192, 2008.

16) 登録実用新案第 3053755号, “トリアージタグ,” 1998.