

人体通信を利用した電子トリアージタグへの情報入力: 評価実験

安倍 史江† 山本 匠†† 藤川 真樹† 加藤 康男†† 西垣 正勝††††

†静岡大学大学院情報学研究科, 〒432-8011 浜松市中区城北 3-5-1

††静岡大学創造科学技術大学院, 〒432-8011 浜松市中区城北 3-5-1

†††日本学術振興会特別研究員(DC1)

††††独立行政法人科学技術振興機構, CREST

‡総合警備保障株式会社

‡‡株式会社カイザーテクノロジー, 〒254-0075 神奈川県平塚市中原 1 丁目 17-2

あらまし 近年, 事故・災害現場で行われるトリアージを電子的に支援する電子トリアージシステムの開発が進められている。その中で, 医療スタッフが判断した優先順位を電子トリアージタグへ入力する方式の検討は重要な課題の1つである。なぜなら, 医療スタッフが足りず, 混乱が予想される事故・災害現場では, 医療スタッフの作業負荷, 劣悪な環境下での安定動作, などの要件を満たしたタグ入力方式が求められるからである。この要求に対し, 我々は, 電子トリアージタグとの情報伝達手段として人体通信を利用する方式を提案している。本稿では, 本方式のシステムの実装を行い, その有用性について評価実験を行った。

Data input to electronic triage tag using intra-body

communication: the experimental evaluation

Fumie Abe† Takumi Yamamoto††, †††

Masaki Fujikawa‡ Yasuo Kato‡‡ Masakatu Nishigaki††, ††††

†Graduate School of Informatics, Shizuoka University, 3-5-1, Johoku, Naka, Hamamatsu, Japan

††Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University 3-5-1, Johoku, Naka,
Hamamatsu, Japan

†††Research Fellow of the Japan Society for the Promotion of Science (DC1)

††††Japan Science Technology and Agency CREST

‡SOHGO SECURITY SERVICES Co.,Ltd.

‡‡KAISER TECHNOLOGY, Inc. ,1-17-2, Nakahara, Hiratsuka, Kanagawa 254-0075, Japan

Abstract An electronic triage system, which electronically supports medical triage conducted at accident or disaster sites, has been focused recently. One of the biggest issues in the electronic triage system is how to input data into electronic triage tags. In accident or disaster, medical staff shortage is expected and the areas must be in a mess and panic. Therefore it is strongly desired that the operations of the triage devices and tags are as simple as possible and the data transmission should be robust against stains (e.g., dirt or blood etc), which assures the availability of the electronic triage even in such a terrible circumstances. We have already proposed that using intra-body communication with tags could be an efficient way to satisfy the requirements. This paper tries to implement this system and conduct the experimental evaluation.

1 はじめに

近年、事故・災害現場で行われるトリアージが注目されている。トリアージとは、事故・災害現場で最善の救命効果を得るために、多数の傷病者の重症度(対応にかかる時間や手間)と緊急度、および、医療スタッフの人数や医療資源を考慮して、それぞれの傷病者に対する治療や搬送の優先順位を決めることである。

このトリアージが、2005年のJR福知山線脱線事故[1]や2008年の秋葉原無差別殺傷事件[2]で十分に機能せず問題となった。事故・災害現場において、傷病者が発見されにくい場所にいたため重病者の搬送が遅れる、多数の傷病者に対してトリアージを行うためトリアージタグへの記載が必須とされる重要な情報(通し番号・日時・医療スタッフ・優先順位;以下「タグ基本情報」と呼ぶ)が抜けているといったミスが発生した。

現在、これらの問題を解決するため、トリアージを電子的に支援する電子トリアージシステムの開発が始まっている[3]。電子トリアージシステムでは、傷病者の位置[4]やバイタルサインの監視、および、タグ基本情報の記録を電子的に行うことが可能であり、システムの確実性・効率性を飛躍的に高め、トリアージ全体の改善が達成されると期待される。ただし、傷病者に対するトリアージの優先順位の判定は難しい[5]ため、機械による自動判別するのではなく、人間の手で行う必要がある。

ここで必要となるのが、医療スタッフが判断した優先順位を電子トリアージタグへ入力する方式の検討である。特に医療スタッフが足りず、混乱が予想される事故・災害現場では、タグ入力にあたってトリアージ実施者に余分な作業が極力増えない、劣悪な環境(泥や血液で汚れている等)においても技術的に入力が不能とならない、タグが密集し混在する中でもターゲットとなるタグのみに正しく入力結果が伝達できる、タグに入力が伝わったことがトリアージ実施者に直感的に判る、などの要件を満たした入力方式が求められる。この要求に対し、我々は電子トリアージにおけるタグ情報入力に人体通信を用いる方式を提案し、その有効性について検討

を行っている[6]。本稿では、人体通信を利用した電子トリアージタグへの情報入力システムを実装し、その有用性について評価実験を行った。

2 電子トリアージシステム

電子トリアージシステムでは、タグ基本情報の入力、傷病者の位置確認、容態変化の収集・監視が自動化され、トリアージの問題を解決できる。ただし、トリアージの優先順位の判定は、医療スタッフが本人の手で行うべき作業として残る。我々は電子タグに優先順位を入力する際の要件をまとめた[6]。

- a) 優先順位を入力するにあたって、医療スタッフに極力余分な動作が増えないようにする。
- b) 入力の確実性を保証する。
 - b-1: 技術的確実性
 - ・ 現場が屋外でも確実に入力できる
 - ・ 医療スタッフ端末や電子タグが風雨・泥・血液で汚れても支障がない
 - ・ 感染症予防のため手袋着用のまま電子タグに入力できる
 - ・ 電子タグが密集していても特定の電子タグのみに入力できる
 - b-2: 直感的確実性
 - ・ 電子タグ(傷病者)に優先順位が確かに入力されたという事実を、医療スタッフが直感的に理解できる

3 提案方式

我々は、2章に示した要件を全て満たす方式として、人体通信を利用したタグ情報入力方式を提案している[6]。人体通信とは、人体を通信路として信号を送る技術である。人体通信には、静電容量方式[7,8]を用いる。電子トリアージでは、医療スタッフ端末や電子タグが風雨や泥などで汚れる可能性が高く、また、医療スタッフは感染予防用の手袋(ゴム手袋)を着用していることを考えると、絶縁体がある場合でも通信できる静電容量方式が適していると考えられる。

また、医療スタッフがスタッフ端末に優先順位を入力するにあたっては、要件 a を考慮して、音声入力技術を用いることにする。音声入力によって装置への接触が極力避けられるので、音声入力の採用は要件 b-1 の感染症に対しても有用だと考えられる。さらに、タグ入力の完了を医療スタッフに音声によって通知することによって、要件 b-2 に対応する。

4 実装

人体通信を利用して医療スタッフ端末から電子タグへ情報を入力するシステムの実装を行った。システム構成図を図 1 に示す。

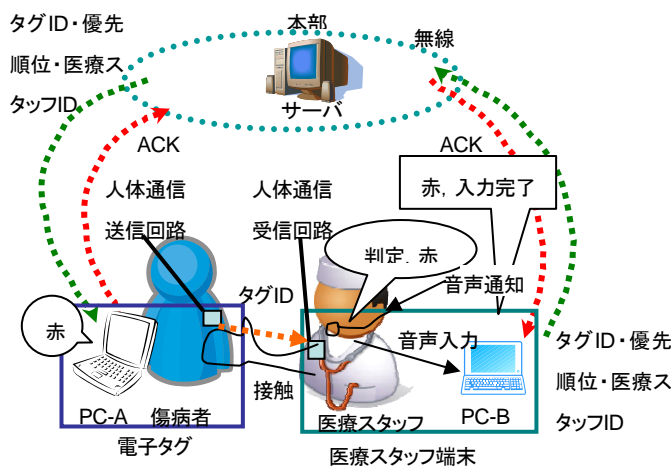


図 1: 人体通信方式システム構成図

今回はプロトタイプであるため、電子タグについては PC と人体通信送信回路によって実装した。電子タグの PC(PC-A)は TCP/IP 通信機能を有しており、本部のサーバと無線通信が可能である。医療スタッフ端末も同様に、PC と人体通信受信回路によって実装した。医療スタッフ端末の PC(PC-B)も TCP/IP 通信機能を有しており、本部のサーバと無線通信が可能である。

今回のシステムでは、優先順位のタグ入力の流れは以下のとおりである。①医療スタッフが傷病者の優先順位を診断する。その診断行為の中で、傷病者のトリアージタグのタグ ID が医療スタッフ端末に人体通信によって伝達される。②医療スタッフは、音声入力によって優先順位をスタッフ端末に通知する。③医療スタッフ端末は、タグ ID と優先順位をサーバに送信す

る。④サーバは、当該 ID のタグに優先順位を送信する。⑤タグは、自分の優先順位の色を点灯させる。同時に、サーバに ACK を返送する。⑥サーバは、医療スタッフ端末に ACK を返送する。⑦医療スタッフ端末は、タグへの優先順位入力完了したことを音声によって医療スタッフに知らせる。

なお、現時点では医療スタッフ端末における一部の機能の実装が終了していないため、実験補助者がそれを手動で操作するようになっている。この部分に関しては今後実装を行う予定である。

4.1 実装環境

今回の装置は以下のとおりである。人体通信回路は、カイザーテクノロジーの人体通信モジュール Wirelesswire を採用した。

電子タグ

- ・人体通信送信回路：Wirelesswire KTA-01D_CP8
- ・電子タグ用アプリケーション(PC-A)

医療スタッフ端末

- ・人体通信受信回路 Wirelesswire KOR-09_CP8BT
- ・医療スタッフ端末用アプリケーション(PC-B)

実装環境は以下のとおりである。

- ・アプリケーション開発言語：C# (VisualStudio2008)
- ・OS: Microsoft Windows XP
- ・人体通信速度 (Baud Rate) : 1200 Baud

4.2 実装の流れ

実装全体の流れを示す。

1. 機器の接続・通信確保

サーバ・電子タグ(PC-A 及び人体通信送信回路)・医療スタッフ端末(PC-B 及び人体通信受信回路)の電源を入れる。さらに、サーバと PC-A 及び PC-B 間を接続しておく。

2. 医療スタッフ側の準備

医療スタッフは、医療スタッフ端末を装着する。医療スタッフ端末が配布された時点で即座に、医療スタッフ用アプリケーションに医療スタッフ名を入力しておく。

3. トリアージ開始

医療スタッフは、傷病者を発見したら「トリアージ開始」と発声する。発声によって、医療スタッフ端末のアプリケーションは電子タグ ID の受信を開始する。

4. 電子タグ ID の読み取り

医療スタッフが傷病者に触れることで、傷病者の装着している電子タグから電子タグの ID が、人体を経由し医療スタッフの装着している医療スタッフ端末に送られる。タグ ID の受信によって、医療スタッフ端末のアプリケーションは電子タグの優先順位の入力が可能な状態となる。

5. トリアージ

医療スタッフは、START 法[9]を用い傷病者の優先順位を決定する。

6. トリアージの判定

医療スタッフは、「判定○」と発声(○は手順 5 で決定した優先順位の色)することによって、優先順位の情報医療スタッフ端末に入力する。

7. 電子タグへの判定結果の入力

医療スタッフ端末のアプリケーションは、手順 2 で入力されている医療スタッフ名、手順 4 で受信した電子タグの ID、手順 6 で入力された優先順位を、無線通信によって本部のサーバ経由で電子タグに送る。電子タグは受信した優先順位に合わせ、自分の色を点灯させるとともに、無線通信によって本部のサーバ経由で医療スタッフ端末に ACK を返す。

8. 判定結果入力完了

ACK が医療スタッフ端末に届くと、端末のアプリケーションは「○入力完了」と音声(○はタグに入力した優先順位)で医療スタッフにフィードバックを返す。これと同時に、医療端末は休止状態に入り、手順 3 の状態に戻る。

5 評価実験

評価実験として、提案方式である人体通信方式と RFID(μ チップ[10])を利用した μ チップ方式の比較を行う。被験者には各方式の実験後に、①タグの ID 読み取りの簡便性に関するアンケート、および、②ID 読み取りのフィードバック(μ チップ方式は音による受信確認音となり、人体通信方式は LED による受信確認光が光る)に関するアンケートで 5 段階の評価をもらい、各方式の MOS 評価[11]と 2 方式を比較する DMOS 評価[11]を行う。また、③実験に要した時間についても比較する。時間は、医療スタッフが「トリアージ開始」と発声した時刻から、医療スタッフ端末に ACK が到着する時刻までを傷病者 1 名分に要した時間とする。以上により、人体通信方式の有用性を確認する。

5.1 μ チップを利用したシステム

μ チップ方式では、セコニックのハンディー型 ミューチップリーダー ステップアップキット (R001M-KIT)を用いて実装を行った。

装置は次のとおりである。

電子タグ

- ・ ミューチップシールタグ
- ・ 電子タグ用アプリケーション(PC-A)

医療スタッフ端末

- ・ ハンディー型ミューチップリーダー
- ・ 医療スタッフ端末用アプリケーション(PC-B)

実装環境は次のとおりである。

- ・ アプリケーション開発言語：C# (VisualStudio2008)
- ・ OS: Microsoft Windows XP

実験の流れは 5.2 節とほぼ同様であるが、以下の手順が多少異なる。

2'. 医療スタッフ側の準備

医療スタッフは、医療スタッフ端末を装着する。(リーダーは肩掛けホルダーに収納されているものとする。)

4'. 電子タグの ID の読み取り

医療スタッフが、装備しているリーダーを傷病

者の装着しているミューチップシールタグにかざすことで、電子タグの ID を読み取ることができる。読み取るとリーダからピッと音がする。

5.2 実験環境

比較実験では、4 章で述べた人体通信方式と 5.1 節で述べた μ チップ方式を用いて行う。トライアージの環境としては、今回は第二トライアージを想定し、医療スタッフは医療スタッフ端末を、傷病者は電子タグをすでに装着している状態で実験を行う。システム利用が想定される医療スタッフは、トライアージの初期導入教育を受けているものと仮定する。そのため、被験者にはあらかじめ各方式の練習を十分行なってもらった。ただし、START 法の手順については実験を実施した部屋のホワイトボードに掲示した。

被験者の内、医療スタッフ役は 10 名である。実験における順序効果を考慮し、この 10 名を 2 グループに分けて実験を進める。A グループは先に人体通信方式の実験、その後 μ チップ方式の実験を行う。B グループは逆の順序で実験を行う。医療スタッフ役の被験者は各自、方式毎に 10 名分の傷病者のトライアージを行う。傷病者役の被験者は 1 名であり、順番に 10 名分の傷病者の役を演じる。START 法で異なる優先順位となるように予め用意した 10 名分の傷病度合いのシナリオボードを用意した。

医療スタッフ役の被験者は、START 法に沿って傷病者の優先順位を決定する。その際、医療スタッフ役の被験者は優先順位の判定に必要な質問(例「呼吸数はいくつですか?」)を傷病者役の被験者に尋ねる。傷病者役は、医療スタッフ役に尋ねられた質問に対し、シナリオボードを見ながら返答(例「20 回/分です」)する。被験者役は、傷病者役からの返答を自身が実際に診断した測定値とみなして優先順位の判定を行う。

5.3 実験結果

紙面の都合で実験結果の詳細は割愛し、グ

ループ毎(A グループ: 人体通信方式後 μ チップ方式, B グループ: μ チップ方式後人体通信方式)のアンケート結果(MOS 評価・DMOS 評価)の平均を表 1 に示す。MOS 評価では、MOS 値が高いほど良い結果となる。DMOS 評価では、5 に近いほど人体通信方式が、1 に近いほど μ チップ方式の方が良い結果となる。MOS 評価の結果から、人体通信方式(動作: 5.0, フィードバック: 4.2)は簡便で、 μ チップ方式は ID 読み取り動作(2.2)が煩雑であることがわかった。また、DMOS 評価の結果から、ID 読み取り動作(A: 5.0, B: 4.8)は人体通信方式の方が簡便だといえる。一方、フィードバック(A: 1.8, B: 1.8)は、 μ チップ方式が良い結果を示した。これは音声によるフィードバックが有効であることを示す。結果、提案方式は有用だと考えられる。

表 1: アンケート結果

MOS 評価		
ID 読み取りに関する	動作	フィードバック
人体通信方式(Aグループ)	5.0	4.2
μ チップ方式(Bグループ)	2.2	4.8
DMOS 評価		
ID 読み取りに関する	動作	フィードバック
Aグループ	5.0	1.8
Bグループ	4.8	1.8

また、実験に要した時間のグラフを図 2 に示し、時間差(μ チップ方式にかかった時間ー人体通信方式にかかった時間)のグラフを図 3 に示す。全体的に μ チップ方式に要した時間よりも人体通信方式に要した時間の方が約 5 秒間短い(図 3)ことから、人体通信方式の方が効率良いことがわかった。

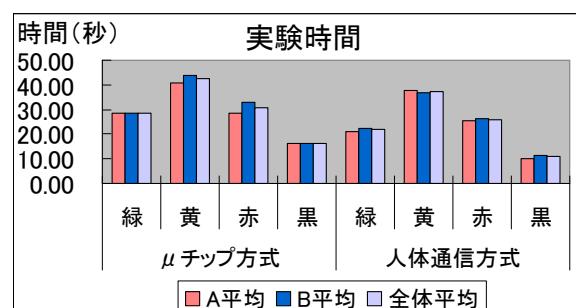


図 2: 実験時間

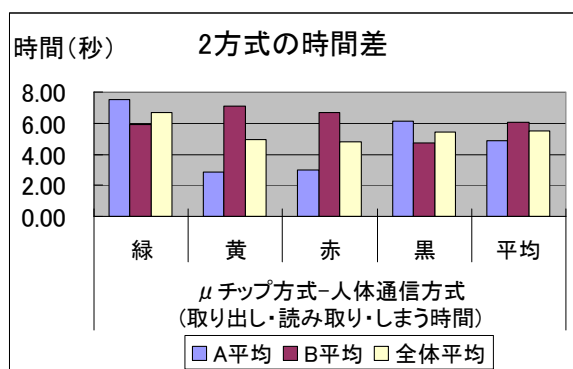


図 3:2 方式の時間差

6 まとめと今後の課題

本稿では、電子トリアージシステムにおいて、人体通信を利用して電子タグにトリアージ結果を入力する方式を実装した。さらに、 μ チップを利用した方式との比較実験を行い、提案方式の有用性の評価を行った。

トリアージにおいては、トリアージタグを付ける場所には決まりがある(右手首→左手首→右足首→左足首→首)。今後、人体通信を備えた電子トリアージタグが用いられるようになれば、医療スタッフ端末(人体通信回路を含む)を身につけていれば、タグが人体のどこに装着されていてもIDの読み取りが可能であるため、タグを装着場所を意識せずにトリアージに望むことが可能になると期待できる。

今回は、人体通信に加え、音声入力による医療スタッフ端末の操作を検討した。音声入力の採用は、端末の消費電力削減にも効果があると期待している。例えば、発声をトリガにアプリケーションを起動/終了させることで、消費電力を抑えることができる。

今後は、音声入力部及び消費電力を考慮したアプリケーションの実装を行っていく。また、システム実装後、評価実験を行う予定である。

謝辞

日本電信電話株式会社マイクロシステムインテグレーション研究所 品川満様、川野龍介様には、人体通信方式に関してご教授頂いた。静岡大学 萩川友宏准教授、東京都立産業技術

高専 吉沢昌純教授、株式会社三矢研究所 古澤健治様、大阪大学 坂主圭史助教には、本方式に関しての助言を頂いた。ここに深く謝意を表す。

参考文献

- [1] NHK, トリアージ 救命の優先順位, <http://www.nhk.or.jp/special/onair/070423.html>, (2010.8)
- [2] YOMIURI ONLINE, 秋葉原殺傷, 無線交錯で救命混乱…トリアージ搬送に課題, <http://www.yomiuri.co.jp/national/news/20081127-OYT1T00431.htm>, (2008.11)
- [3] 戦略的創造研究推進事業 CREST, 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, 平成 19 年度研究実施報告書, http://www.sen.jst.go.jp/result/result_h19/higashino/higashino001.pdf, (2010.8)
- [4] 藤井彩恵, 内山彰, 前田久美子, 梅津高朗, 山口弘純, 東野輝夫, ”少数の基準位置情報を移動無線端末間で補完する位置推定手法の提案と評価”, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.12, pp. 3977-3985 (2007.12)
- [5] 山本保博, 鶴飼卓, 国際災害研究会, トリアージ—その意義と実際, 荘道社 (1999.4)
- [6] 安倍史江, 西垣正勝, 人体通信による電子トリアージタグへの情報伝達の提案, 2009 年暗号と情報セキュリティシンポジウム 予稿概要集, CD-ROM(論文 No.4E2-1)pp353 (2009.1)
- [7] 日本電信電話株式会社, レッドタクトン, <http://www.redtacton.com/jp/index.html>
- [8] 加藤康男, 秋岡幸, 三林浩二, ユビキタス人体通信による脈拍計測, 電子情報通信学会技術研究報告, MVE2005-37, pp. 61-64 (2005.9)
- [9] トリアージ スタート法を学ぶ 第 14 回救急隊員シンポジウム講義資料, <http://ops.umin.ac.jp/ops/tech/060227start/image339.jpg>, (2010.8)
- [10] 日立製作所, μ -Chip, <http://www.hitachi.co.jp/Prod/mu-chip/jp/introduction/index.html#mc01>, (2010.8)
- [11] 音声品質評価法, <http://www.ntt.co.jp/qos/technology/sound/index.html>, (2010.8)