

§1. 研究実施の概要

本研究では、地震や列車事故など短時間に多数の傷病者が発生する事故現場において、生体情報センサを介して傷病者の情報を迅速に収集すると共に、無線アドホックネットワークを用いて傷病者の位置や病状変化をリアルタイムで監視・収集し、救命活動を行う関係者にその情報を提示する救命救急医療支援システムを開発している。順天堂大学病院や堺市立病院の外来における同システムの運用実験を行うとともに、順天堂大学病院において災害時救命訓練演習を毎年実施し、データ収集、システムの課題改善ならびに有用性の実証を行っている。これらの成果はNHK 全国放送ならびに新聞各社で報道されており、関連特許を申請中である。のみならず、高度な救命救急医療支援システム実現のための要素技術(センシング技術、位置推定技術、アドホックネットワーク技術、状況把握技術、評価技術)開発を行い、関連する学術論文を多数発表するとともに関連する講演も行っている。これらを通し、高度な救命救急支援を実現することを最終目的とする。

§2. 研究実施体制

(1) 大阪大学東野グループ

① 研究分担グループ長: 東野 輝夫(大阪大学 大学院情報科学研究科 教授)

② 研究項目

- 生体センシング機能を備えた傷病者端末の設計開発
- アドホックネットワークの構築技術開発・実装
- 地図形成・表示技術の開発と実装
- 位置トレース技術の開発
- 評価システムの実装

(2) 大阪大学今井グループ

① 研究分担グループ長: 今井 正治(大阪大学 大学院情報科学研究科 教授)

② 研究項目

- 生体センシング機能を備えた傷病者端末の設計開発
- 医療者端末の設計開発

(3) 順天堂大学田中グループ

① 研究分担グループ長: 田中 裕 (順天堂大学 医学部附属浦安病院救急診療科 教授)

② 研究項目

- 生体センシング機能を備えた傷病者端末の設計開発
- 評価システムの実装

(4) 慶應義塾大学岡田グループ

① 研究分担グループ長: 岡田 謙一 (慶應義塾大学 理工学部 教授)

② 研究項目

- 生体センシング機能を備えた傷病者端末の設計開発
- 医療者端末の設計開発
- 搬送順決定アルゴリズムの開発

(5) 静岡大学水野グループ

① 研究分担グループ長: 水野 忠則 (静岡大学 創造科学技術大学院 教授)

② 研究項目

- アドホックネットワークの構築技術開発・実装
- 位置トレース技術の開発

(6) 奈良先端科学技術大学院大学 安本グループ

① 研究分担グループ長: 安本 慶一 (奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 准教授)

② 研究項目

- アドホックネットワークの構築技術開発・実装
- 地図形成・表示技術の開発と実装

§3. 研究実施内容

(文中に番号がある場合は(4-1)に対応する)

本研究開発では、列車事故やテロ、ビル災害など数百人以上の傷病者が短時間に発生するような状況を想定し、各傷病者に装着した脈拍センサや血流センサなどからのセンシング情報を収集すると共に、災害現場に臨時に敷設した無線ネットワークとの間にアドホックネットワークを構築することで、傷病者の位置や病状変化をリアルタイムで監視・収集・整理し、初期に救命活動を行う消防関係者や医療チームにその情報を図的に提示すると共に、一定のルールに基づき救命緊急度が高い(搬送優先度が高い)傷病者を提示できるような救命救急医療支援システムを構築することを研究目標とする。平成 22 年度は、電子トリアージタグ(傷病者端末)の高機能化、アドホックネットワークを通じたデータ収集プロトコルの設計開発、傷病者の位置及び災害現場状況の把握手法の開発と実装、高度な医療者端末と傷病者搬送計画システムの開発、評価システムの開発などを行い、救命救急医療支援システムの主要モジュール群を構築している。あわせて関連する要素技術を開発している。

(1) 高機能電子トリアージタグ(傷病者端末)の設計開発

血中酸素濃度、脈拍数、ならびに呼吸数のパラメータをリアルタイムにセンシングし、そのデータを隣接する傷病者端末を介してサーバに集約する電子トリアージタグを設計開発している(文献 3)。患者の重症度と導入コストに応じた利用ができるよう、全パラメータを測定可能な完全機能版タグ(図 1)と、呼吸数以外の測定機能を備えた小型軽量版タグ(図 2左)の2種類を開発している。加えて、電子トリアージタグに対し、START 法に基づいてトリアージを行う場合に必要の判定項目を表示するようにしている。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負傷者の状態を短時間で入力できる(図 2右)。さらに、治療や搬送の遅れを軽減することを目的とし、負傷者の脈拍数、呼吸数、



図 1：完全機能版タグ



図 2：小型軽量版タグ

SpO2 のいずれかが異常値に急変したことを検知すると、電子トリアージタグのLED色を変えて周囲の医療従事者へ急変を通知する機能を実現している。また、腕章型優先度表示器(図 3)を開発し、ワンタッチ装着、優先度の視認向上などを図るとともに、無線充電機能も組み込み、様々な機能向上を図っている。

また、トリアージ担当官の入力作業の更なる軽減を目的とし、人体通信を用いた情報入力システムのプロトタイプを開発した(図 4)。これにより、治療の優先順位などより詳細なデータの入力が確実に行えるようになると期待できる。



図 3：腕章型優先度表示器

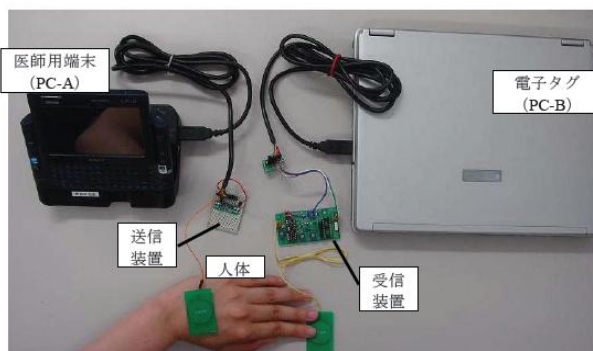


図 4：人体通信入力システムのプロトタイプ

(2) アドホックネットワークの構築技術開発と実装

開発している電子トリアージシステムは、多数の傷病者が発生した現場において、傷病者情報を周期的に収集するZigBeeネットワークを構成するが、トリアージされた傷病者の間で治療の優先順位が異なるため、危険度が高い傷病者に関する病状データほど緊急性および重要性が高く伝送の高信頼性を要する。これに対し、各ノードから災害対策本部までの伝送路の本数や種別（最短経路や相互干渉の少ない経路）に関する情報を収集し、データの優先度に応じて適切な経路とその多重度を決定することで信頼性やリアルタイム性を向上させる経路制御手法を設計した(文献 5, 13, 18)。計算機シミュレーションにより、既存の経路制御(図 5左)と同等の平均パケット到着率を実現しながら、プライオリティに応じた信頼性を達成できることを示している(図 5右)。

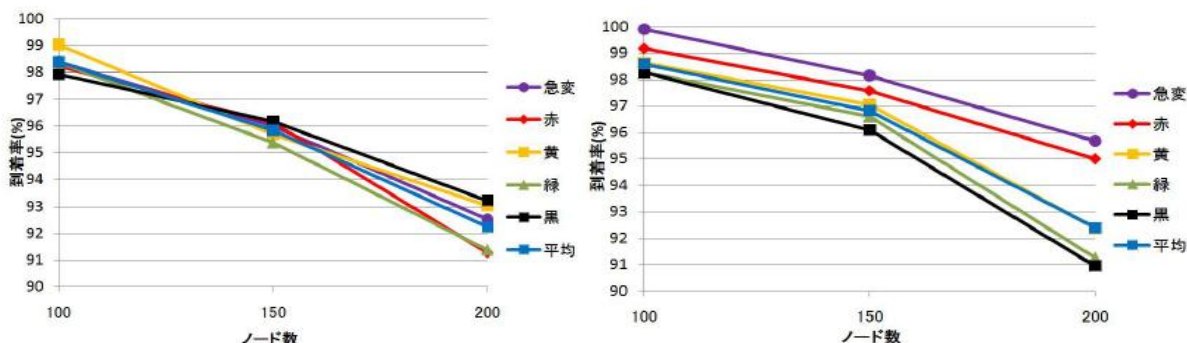


図 5：治療優先度ごとのパケット到着率（左：既存手法，右：提案手法）

また、無線アドホックネットワークを形成するノード(電子トリアージタグや医療者端末など)は一般的にバッテリーで駆動し、その駆動時間(ライフタイム)は制限されているが、マルチホップネットワークの場合、ノードごとの送信データ量に偏りがあるため、消費電力の不均衡が生じ、ネットワーク全体のライフタイムを短くしかねない。そこで、自律分散的にできるだけ多くのノードが通信可能な状態を維持できるようにクラスタリングを行う方式を提案し、シミュレーションによって性能を評価している(図 6)。

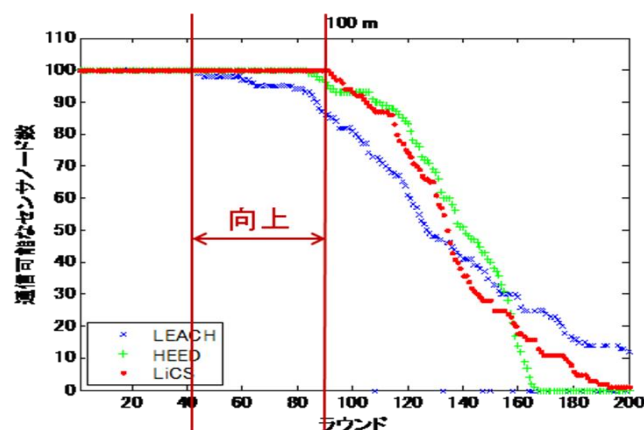


図 6：経過時間と通信可能ノード数

(3) トリアージ現場地図の形成技術の開発と実装

GPSを備えた医療者端末を保持する医療従事者がフィールド内を移動することにより機械的に取得できるGPS移動履歴や、医療者端末間のアドホック無線通信履歴を解析することで、現場における障害物の形状(障害物地図)を推定するアルゴリズムを開発している(文献6, 7)。これにより、工場内や大学内など、最新の詳細な電子地図がすぐには入手できない現場における見取り図の自動生成が可能となる。いくつかのフィールド実験を行った結果、90%前後の正答率を達成できることを示している。またAEDなど救命機器の所在を地図上に提示するシステムの研究開発も合わせて行っている(文献14)。

(4) 傷病者の位置を把握する位置トレース技術の開発と実装

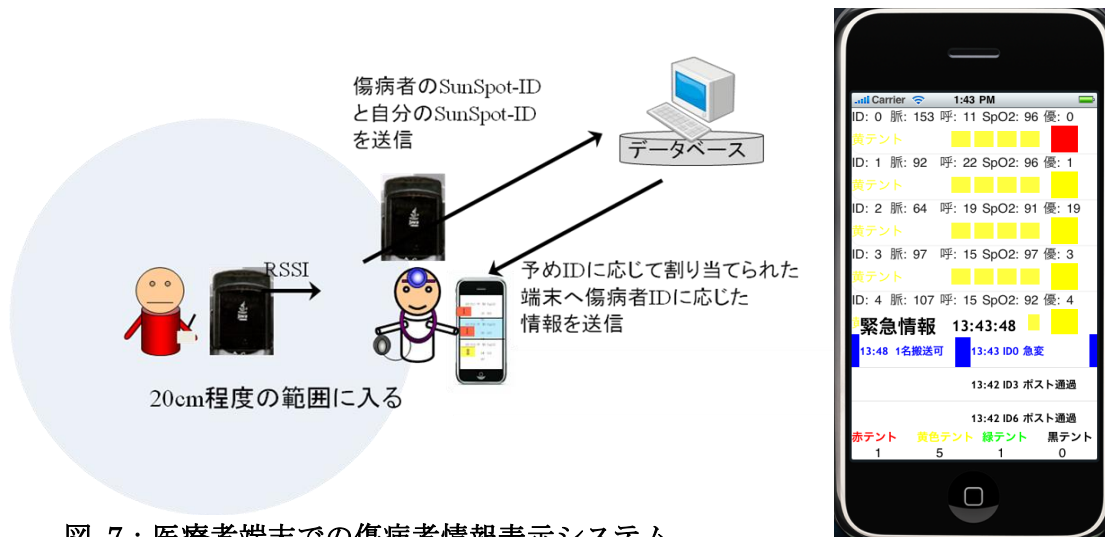
多数の傷病者が一時収容所(体育館など)の屋内環境に存在する状況で、傷病者の位置を高い精度で判定する位置推定技術を実現した。無線と超音波を併用した安価で高精度な測距デバイスをストレッチャや傷病者などに取り付け、移動していないと思われる端末のみを起点とした効果的な相対位置推定を行う方法を開発している(文献11, 20)。現実の人の移動と測距デバイスから得られたデータを用いた実験により、1m未満の誤差で位置推定が実現可能であることを示している。また、位置推定システムを電子トリアージタグで実現するため、RSSI方式の測距を利用した位置推定手法も開発している。広域な屋外環境を考慮し、電子トリアージタグ同士が直接通信できない領域ではマルチホップ通信を利用して測距を補完する。実機を用いた評価実験の結果、適切なレンジ設定のもとで、既存方式と比較して誤差を最大で6割程度削減できることがわかった。

(文献8).

また、医師端末に提示された傷病者の位置を元に医師がトリアージ現場でその傷病者を同定する場合、同時に示される周辺傷病者との位置関係を考慮して目的の傷病者を発見すると予想されるため、傷病者間の相対位置の精度が重要となる。これに対し、平面的グラフの概念を導入して相対位置誤差を定量化するメトリクスを提唱し、被験者による主観評価により、相対位置精度がこのメトリクスで表現できることを確認した(文献10)。さらに、医療者に傷病者までの経路を提示する方式の開発も行った(文献4)。またオブジェクトや傷病者を仮想空間内に直感的に3D表示する技術に関連した制御技術を開発している(文献15)。

(5) 医療者端末ならびにセンシング情報分析サーバの設計開発

電子トリアージシステムに接続して複数の傷病者情報、搬送情報などを携帯情報端末に提示し、さらに RSSI を利用することで距離に応じて傷病者端末の情報入力を制限できるシステムを設計開発した(文献12, 図7)。システムの評価では急変情報の検知ならびに搬送情報に関する実験を実施し、それらを検知する時間が大幅に短縮されたことを示している。



(6) 救命救急医療支援システムの開発

電子トリアージタグ、医療者端末、データ収集基地局、本部サーバなどを統合し、データと人員の一元管理を可能とする救命救急支援システムの開発を進めており(文献2, 3)、開発したシステムの一部を用いた演習実験も順天堂大学病院において行っている。生体情報、症状、医療統計を蓄積し、危険症状の自動判定に活用する症例データベースの実現に必要な基礎データの研究を実施し(文献1, 9, 17)、さらにそのようなデータベースを用いて救命率を向上させる傷病者搬送計画法を開発している(文献16)。同方式では、各傷病者から電子トリアージタグにより取得した最新の生体情報、医療統計から推定した生存率の時間変化、救急車による医療機関への搬送時間などから、傷病者の搬送完了時刻における平均予測生存率を最大化する傷病者の搬送順序を決定できる。シミュレーションにより、医療機関に搬送される傷病者数及び平均予測生存率を改善で

きることを示している。

(7) 救命救急医療支援システムのシミュレーションによる機能検証および性能評価

電子トリアージタグを用い、医療関係者が参加する災害時医療訓練はシステムの有効性確認や課題発見に適している。しかし、プロトタイプ段階でそのような実地試験を行うことは関係者の収集や機材の関係から容易でない。また、傷病事例に応じたデータを実機で発生させることは困難であり、電子トリアージシステムの様々な事例や利用環境を想定した訓練シナリオ生成支援が望まれる。これに対し、電子トリアージシステムから様々な症例に対応する疑似バイタルサインパターンを実機から生成させることのできるバイタルサインジェネレータ(図 8)およびそのモニタを開発し、評価実験を実施してその有効性を確認した(文献19)。実験では、シナリオの生成にかかる時間を測定し、入力や選択のしやすさ、シナリオ生成のしやすさ等についてのアンケートをあわせて行なった結果、5分程度で20名分の傷病者情報(バイタルサイン)を生成できた。

ID	年齢	性別	タグ色	症例	急変	意識
1	10代	男性	赤	急性硬膜下血腫	急変しない	有
2	40代	女性	赤	口腔内出血多量	急変しない	無
3	20代	男性	赤	出血性ショック	急変しない	有
4	80代	男性	赤	急性硬膜下血腫	急変しない	無
5	60代	女性	赤	心タンポナーデ	急変しない	有
6	20代	男性	黄	全身の熱傷	急変する	有
7	50代	男性	黄	下顎骨骨折	急変しない	有
8	70代	男性	黄	胸部の挫打	急変しない	有
9	10代	女性	黄	後頭部の挫打	急変する	有
10	30代	男性	黄	大腿骨開放骨折	急変しない	有
11	10代	男性	黄	軽度の熱傷	急変しない	有
12	50代	女性	黄	打撲やねんざ	急変しない	有

図 8：バイタルサインジェネレータ

§4. 成果発表等

(4-1) 原著論文発表

●論文詳細情報

1. Inoue Y, Ikegawa H., Ukai I., Yoshiya K., Sumi Y., Ogura H., Kuwagata Y., Tanaka H., Shimazu T. and Sugimoto H., Spontaneous occlusion of splenic and renal pseudoaneurysm after blunt abdominal trauma: A case report and literature review, Journal of Emergency Medicine, Vol. 38, No. 3, pp. 17-23, April 2010. (DOI:10.1016/j.jemermed.2007.07.023)

2. 岡本 健, 大出 靖将, 李 哲成, 井上 貴昭, 松田 繁, 山田 至康, 田中 裕, 野田 五十樹, 災害医療情報を統合した地理情報システムの有用性, 日本集団災害医学会誌, Vol. 15, No. 1, pp. 34-41, 2010 年 6 月.
3. 木山 昇, 楠田 純子, 藤井 彩恵, 内山 彰, 廣森 聡仁, 梅津 高朗, 中村 嘉隆, 大出 靖将, 田中 裕, 山口 弘純, 東野 輝夫, 災害時救急救命支援に向けた電子トリアージシステムの設計開発, 情報処理学会論文誌, Vol.51, No.9, pp.1916-1929, 2010 年 9 月.
4. Hikaru Kobayashi, Hiromitsu Tomozawa, Hiroki Tamura, Hiroshi Shigeno and Ken-ichi Okada, Proposal of Walkable Path Discovery Technique in the Triage Spot, Proceedings of the 13th International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS-2010), pp.14-21, September 14-16, 2010. (DOI:10.1109/NBIS.2010.57)
5. Hiroki Tamura, Hikaru Kobayashi, Hiroshi Shigeno and Ken-ichi Okada, Examination of Selection for Relay Nodes Adapted to Priority of Transportation in Triage Network, Proceedings of the 5th International Conference on Broadband and Wireless Computing, Communication and Applications (BWCCA2010), pp.142-148, November, 2010. (DOI:10.1109/BWCCA.2010.62)
6. Shinichi Minamimoto, Sae Fujii, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino, Map Estimation using GPS-equipped Mobile Wireless Nodes, Pervasive and Mobile Computing, Vol.6, No.6, pp.623-641, Elsevier, December 2010. (DOI:10.1016/j.pmcj.2010.06.001)
7. 南本 真一, 藤井 彩恵, 山口 弘純, 東野 輝夫, 移動無線端末の位置情報と通信情報を用いた災害現場地図の自動生成, 情報処理学会論文誌, Vol.51, No.12, pp.2169-2183, 2010 年 12 月 (情報処理学会創立 50 周年記念論文).
8. Tomoya Takenaka, Zafer Sahinoglu, Ghulam Bhatti, Jinyun Zhang, Hiroshi Mineno and Tadanori Mizuno, Multi-hop Localization Using Mobility (MLM) in Mixed LOS/NLOS Environments, Proceedings of the IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM2010), Miami, FL, USA, December 2010.
9. Sumi, Y., Woehrle, T., Chen, Y., Yao, Y., Li, A. and Junger, W.G.: Adrenergic Receptor Activation Involves ATP Release and Feedback through Purinergic Receptors, American Journal of Physiology Cell Physiology, Vol. 299, No. 5, pp. 1118-1126, 2010.
10. 木山 昇, 内山 彰, 山口 弘純, 東野 輝夫, ノード群の相対位置関係に基づく位置推定アルゴリズムの評価手法, 情報処理学会論文誌, Vol.52, No.1, pp. 209-219, 2011 年 1 月.
11. 樋口 雄大, 藤井 彩恵, 山口 弘純, 東野 輝夫, 断続的に移動する無線端末群の位置推定, 情報処理学会論文誌, Vol. 52, No. 1, pp. 197-208, 2011 年 1 月.

12. 長橋 健太郎, 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.52, No.1, pp. 33-43, 2011 年 1 月.
13. 小林 ひかる, 田村 寛樹, 友澤 弘充, 重野 寛, 岡田 謙一, パケット重要性に応じたパス多重度可変ルーティング, 情報処理学会論文誌, Vol.52, No.1, pp. 165-174, 2011 年 1 月.
14. Sakai, T., Iwami, T., Kitamura, T., Nishiyama, C., Kawamura, T., Kajino, K., Tanaka, H., Marukawa, S., Tasaki, O., Shiozaki, T., Ogura, H., Kuwagata, Y. and Shimazu, T., Effectiveness of the New Mobile AED Map to Find and Retrieve an AED: A Randomized Controlled Trial, Resuscitation, Vol. 82, No. 1, pp. 69-73, January 2011.
15. 清川皓太, 山本眞也, 柴田直樹, 安本慶一, 伊藤 実, 3D 仮想空間を用いた情報家電のためのリモコンフレームワーク, 情報処理学会論文誌, Vol. 52, No. 2, pp. 596-609, 2011 年 2 月.
16. Teruhiro Mizumoto, Weihua Sun, Keiichi Yasumoto and Minoru Ito, A Transportation Scheduling Method for Patients in an MCI using an Electronic Triage Tag, Proceedings of the 3rd International Conference on eHealth, Telemedicine, and Social Medicine (eTELEMED 2011), pp. 156-163, February 2011.
17. Inoue, Y., Tanaka, H., Sumi, Y., Woehrle, T., Chen, Y., Hirsh, M.I. and Junger, W.G., A3 Adenosine Receptor Inhibition Improves the Efficacy of Hypertonic Saline Resuscitation, Shock, Vol. 35, No. 2, pp. 178-183, February 2011.
18. Hiroki Tamura, Hikaru Kobayashi, Hiromitsu Tomozawa and Hiroshi Shigeno, Variant Path Multiplicity Routing Algorithm Adapted to Importance of Data, Proceedings of the 25th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA-2011), March 2011.
19. Hiroaki KOJIMA, Kentaro Nagahashi and Ken-ichi Okada, Proposal of the Disaster-Relief Training System Using the Electronic Triage Tag, Proceedings of the 25th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA-2011), pp. 256-263, March 2011.
20. Takamasa Higuchi, Sae Fujii, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino, An Efficient Localization Algorithm Focusing on Stop-and-Go Behavior of Mobile Nodes, Proceedings of the 9th Annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom2011), pp. 205-212, March 2011.

(4-2) 知財出願

- ①平成22年度特許出願件数(国内 0 件)
- ②CREST 研究期間累積件数(国内 2 件)