

東野 輝夫

大阪大学大学院情報科学研究科・教授

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

§ 1. 研究実施の概要

本研究では、多数の傷病者が短時間に発生する事故や災害などにおいて発生する傷病者に生体センサを保持する電子トリアージ・タグを装着してバイタルサインを取得すると共に、それらの情報を無線アドホックネットワークで収集することで傷病者の位置や病状変化を一括で監視する救命救急医療支援システムを構築する。平成 21 年度は、用途に応じた2種類の電子トリアージ・タグ(小型軽量版とフル機能版)の開発を行った。また ZigBee マルチホップ通信を用いたバイタルサイン収集モジュールやディスプレイへの一括表示システム、タッチパネル型医療者端末のプロトタイプも開発した。それらを連携させた電子トリアージシステムを用いて順天堂大学医学部附属浦安病院において演習を行い有効性を確認した。さらに、位置推定技術や地図推定技術、信頼性の高いアドホックネットワーク構築技術、症例判定支援アルゴリズムや搬送順決定支援アルゴリズムなどの要素技術も継続して開発している。また、救命救急支援システムの導入効果を定量的に評価するための計算機シミュレーション機構を開発した。今後はシステム基本機能の向上ならびに実装、屋内外で位置をシームレスに提供する機能や傷病者搬送管理など、高度な救命活動支援に必要な機能の検討ならびに実現を進めていく。

§ 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、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、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、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、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: (静岡大学、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、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)

(1) 電子トリアージ・タグの実現

呼吸、脈拍、血中酸素飽和濃度 (SpO₂) の測定が可能なフル機能版タグ(図1)と、脈拍、血中酸素飽和濃度 (SpO₂) の測定が可能な小型軽量版タグ(図2)の 2 種類の電子トリアージ・タグを実現した。これらは ZigBee 通信モジュールを内蔵し、設定した出力間隔でそれらのセンシングデータをネットワークに出力する。特に小型軽量版については、指先に挟み込むだけでよく、傷病者の装着負担を大幅に軽減することができる。また、一次トリアージの簡易入力機能もサポートしている。



図1: 電子トリアージ・タグ(フル機能版タグ)



図2: 電子トリアージ・タグ(小型軽量版タグ)

(2) 危険症状の通知機能を備えたバイタルサイン一括表示システム

傷病者のバイタルサインを ZigBee ネットワークで集約し、モニターに一括表示するシステムを構築した(図3)。ネットワークシステム設計には文献[1, 6]のセンサネットワーク設計支援技術を応用している。同システムではセンシングしたバイタルサインから危険な兆候を予見する簡易アルゴリズムを実装し、その発生を監視者に対しグラフィカルに警告できる。また、センシング開始時から現在にかけての詳細なバイタルサイン変化をリアルタイムでグラフ表示できる。

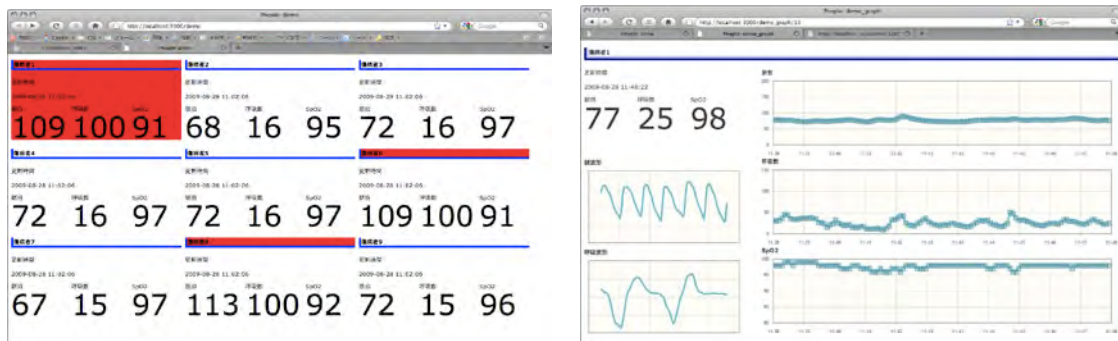


図3: バイタルサイン一括表示システム

(3) 医療者端末の開発

iPhone などのタッチパネル式小型情報端末を用いて、傷病者のバイタルサインをリアルタイムに取得できる医療者用端末のソフトウェアモジュールを開発した(図4)。緊急度が高いと判断された傷病者の情報が自動的に上位に現れるようにし、そのエントリをタッチすることで詳細なバイタルサインが表示される。このように、小型端末での傷病者情報の一覧性や可視性を高める工夫をしている(文献[3,7])。さらに、搬送済情報などを合わせて表示し、より高度な情報提供を行えるよう、現在も設計開発を継続している。



図4:医療者端末

(4) 現場状況表示システムの開発

災害現場およびその付近の地図に災害現場写真や救護テントなどをオーバーレイ表示するモジュールならびに救護所内のベッド配置などを表示するモジュールを開発した(図5)。同モジュールでは、MySQL サーバを利用したバイタルサインや位置情報の管理を行い、地図情報システムと位置推定技術を組み合わせることにより、傷病者や医療関係者の現場活動状況(位置)を表示させることができる。これにより、現場指揮者の現場状況把握を可能とし、効率的な救護活動に役立てることができる。

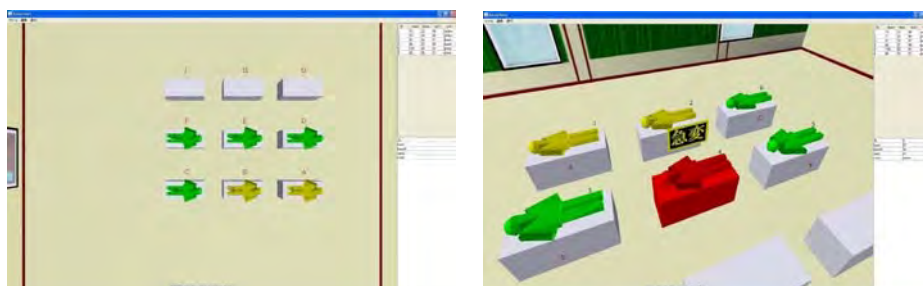


図5:現場状況表示システム

(5) 位置推定技術・地図推定技術の開発

傷病者に装着した電子トリアージ・タグ間の通信情報と、いくつかの位置基準局の情報を用いて、傷病者の位置を推定するための位置推定アルゴリズムの設計開発を行った(文献[5])。開発したアルゴリズムでは、電子トリアージ・タグや医療者端末に相当する無線移動端末が過去の移動軌跡を保持し、近隣の端末間でその軌跡情報を無線アドホック通信で送受信してそれら移動軌跡間の整合性がとれるように軌跡を修正していくことで、推定位置精度を徐々に向上させる。無線到達距離が約 5mの小型無線端末 40 台が 30m×50mのフィールド内に設置された 16 の基準局を

利用して位置推定を行うシミュレーション実験においては、推定位置誤差を平均で1m未満(最悪3.4m)にできることがわかっている。これは救護所外に自力で移動してしまう緑タグの傷病者の行動をトラッキングするなど、開発するシステムが想定している用途には十分な精度といえる。現在、救護所内でもなるべく少ない位置基準局で高精度な推定(ストレッチャの位置関係など)を実現する手法を検討するとともに、電子トリアージ・タグへのアルゴリズム実装を進めている。

また、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も開発した(文献[8])。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。図6左のような大阪大学キャンパス内の建物を含む150m×190mの領域を対象とし、15人程度が領域を移動するシナリオでシミュレーション実験を行った結果、図6右のように正答率が85%以上の地図を6分間程度の履歴から生成することができた。

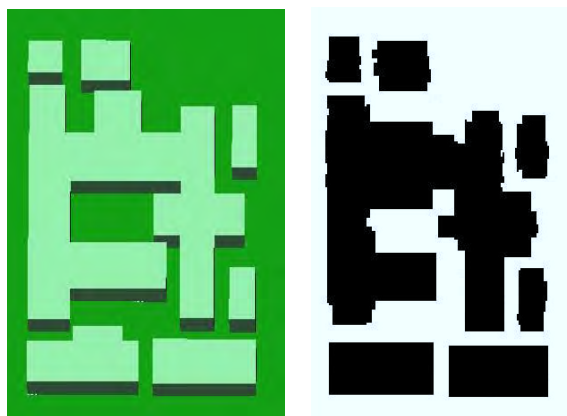


図6: 実験領域(左図)と推定結果(右図)

(6) 順天堂大学医学部附属浦安病院救急診療科での急変患者分析および電子トリアージ演習

開発した電子トリアージシステムの救急外来への応用可能性を調査するため、救急外来患者の急変症例の実態調査を行い、どのような症例に電子トリアージ・タグを装着するのが効果的かを調査した。1年間に救急外来を独歩受診した患者の中から入院となった患者を抽出し、受診時の主訴、バイタルサイン、現病歴、臨床診断などを診療録から検討した。分析の結果、年齢50歳以上、主訴が胸痛、呼吸苦、意識障害、嘔気、めまい、頭痛、腹痛など、電子トリアージシステムを適用すべき患者や症例のいくつかが判明した。今後は蓄積したデータを用い、症例判定アルゴリズムの高度化を図る。また、2009年9月には電子トリアージシステムを用いたシミュレーション演習を行い、医療関係者の意見を聴取し、現在のシステム開発に反映している。



図7: 救急外来における電子トリアージシステム

(7) システム有用性評価

大阪大学の研究グループが開発しているネットワークシミュレータに、災害現場での被災者や医療従事者の行動を再現する行動モデルと、救護所や災害による通行不能領域などの地理特性を再現する環境モデルを構築した。これを用いて、災害現場での救命救急活動のシナリオを設計し、電子トリアージシステムによる情報管理が医療従事者の行動や傷病者の搬送順にどのような影響を与えるかを計算機シミュレーションにより検証した(文献[2,4])。その結果、システムを導入した際には医療従事者間の情報共有によりカテゴリIII(危険症状)の傷病者が優先的に搬送されることがわかった。今後はより多くのシナリオに対するシステムの有効性を評価していく。

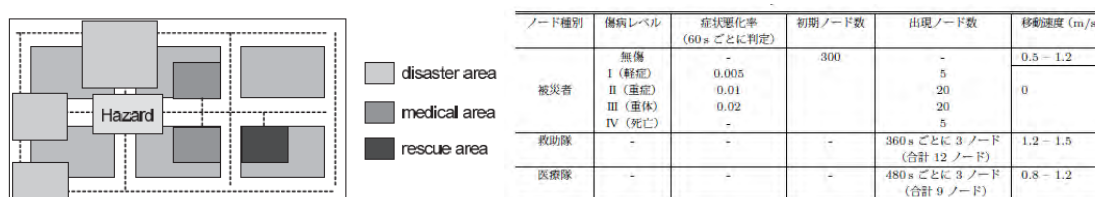


図8:シミュレーションシナリオの一部

§ 4. 成果発表等

(4-1) 原著論文発表

●論文詳細情報

1. Hiromitsu Tomozawa, Kiyoshi Oguchi, Hiroshi Shigeno, Kenichi Okada, Message Sending Method Using Patients' Priority for Medical Sensor Network, Proceedings of the 9th IEEE International Conference on Distributed Computing Systems Workshops (ICDCS2009 Workshops), pp.194-200, June 2009
2. Keisuke Nakata, Kumiko Maeda, Takaaki Umedu, Akihito Hiromori, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino, Modeling and Evaluation of Rescue Operations using Mobile Communication Devices, Proceedings of the 23rd ACM/IEEE/SCS Workshop on Principles of Advanced and Distributed Simulation, pp. 64-71, June 2009
3. Kentaro Nagahashi, Kuniaki Suseki and Kenichi Okada, Proposal of Injured Person Information Input Terminal using Triage System at a Casualty Scene, Proceedings of the 5th International Conference on Collaboration Technologies 2009 (CollabTech2009), pp.90-95, August 2009
4. 中田 圭佑, 前田 久美子, 梅津 高朗, 廣森 聡仁, 山口 弘純, 東野 輝夫, 災害現場の被災者や救援者の行動記述とそれを用いたネットワークシミュレーション環境の提案, 情報処理学会論文誌, Vol. 50, No. 9, pp. 2327-2339, 2009年9月
5. Sae Fujii, Takashi Nomura, Takaaki Umedu, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino,

Real-time Trajectory Estimation in Mobile Ad Hoc Networks, Proceedings of the 12th ACM International Conference on Modeling, Analysis and Simulation of Wireless and Mobile Systems (ACM MSWiM2009), pp. 163-172, Oct. 2009

6. 森 駿介, 梅津 高朗, 廣森 聡仁, 山口 弘純, 東野 輝夫, ワイヤレスセンサネットワークの設計開発支援環境 D-sense, 情報処理学会論文誌, Vol. 50, No. 10, pp. 2556-2567, 2009年10月
7. 栖関 邦明, 杉山 阿葵, 長橋 健太郎, 岡田 謙一, 治療優先度を付加した自動トリアージシステムの提案, 情報処理学会論文誌, Vol. 51, No. 1, pp. 2-13, 2010年1月
8. Shinichi Minamimoto, Sae Fujii, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino, Local Map Generation using Position and Communication History of Mobile Nodes, Proceedings of the 8th Annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom 2010), pp. 2-10, Mar. 2010

(4-2) 知財出願

- ① 平成21年度特許出願件数(国内 2件)
- ② CREST 研究期間累積件数(国内 2件)

(4-3) その他

1. NHK ニュース おはよう日本 平成21年9月9日 「最先端の電子タグトリアージの実験・研究」
2. 共同通信社「電子タグでトリアージ実証実験 容体変化も自動で把握」, 平成21年9月7日
3. 救急医療ジャーナル, Topics:「傷病者の位置情報や病態の変化を一括して把握できる電子トリアージシステムの実証実験を実施」, No.99, p.84, 2009年10月
4. 独立行政法人 科学技術振興機構ウェブページ, Contents News:「電子トリアージ・システムの実証実験を実施! 救命救急現場での実用化を目指す。」, 2009年10月
5. 独立行政法人 科学技術振興機構 JST News, 「日本型の救命救急支援システムに求められる技術とは何か:高度化するトリアージ」, Vol. 6, No. 9, 2009年12月