

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名: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

2. 研究代表者名及び主たる研究参加者名(研究機関名・職名は研究参加期間終了時点):

研究代表者

東野 輝夫(大阪大学大学院情報科学研究科 教授)

主たる共同研究者

今井 正治(大阪大学大学院情報科学研究科 教授)

田中 裕(順天堂大学医学部附属順天堂浦安病院救急診療科 教授)

岡田 謙一(慶應義塾大学理工学部 教授)

西垣 正勝(静岡大学創造科学技術大学院 教授)

安本 慶一(奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科 教授)

3. 研究実施概要

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開発を実施した。具体的な研究内容は、以下に挙げられる。

- (1) トリアージのための身体センシング方式の考案・評価とセンシング機器の機能設計
- (2) 生体センシング機能を備えた電子トリアージタグの設計開発
- (3) トリアージ現場におけるアドホックネットワークの構築技術開発・実装
- (4) トリアージ現場地図の自動形成技術の開発・実装
- (5) 傷病者・医療従事者の位置を把握するための位置トレース技術の開発・実装
- (6) 医療者端末の設計開発・ならびにセンシング情報収集分析サーバの設計開発
- (7) 傷病者の分布・搬送状況の揭示等を行う統合的な救命救急医療支援システムの開発
- (8) 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

東野グループ(大阪大学)は本開発の中心となって研究グループ間の協調体制を構築し研究開発を推進した。救命救急医療を専門とする田中グループ(順天堂大学)の臨床現場の意見を反映して身体センシング方式を策定し、今井グループ(大阪大学)のハードウェア設計技術を活用して本システムの主要モジュールである電子トリアージタグを実現した。今井グループは人体通信技術による傷病者認識技術を同タグに取り入れるなど実験的かつ先進的な試みも行った。さらに東野グループが中心となり、災害現場地図の自動認識技術やトリアージを含む災害医療プロセスのシミュレーションシステムなど、災害医療支援システムの実現に欠かせない基礎技術を多く創出した。岡田グループ(慶應義塾大学)はスマートフォンを用いたトリアージ入力効率化を図るなど主に医療者端末の開発に従事し、合わせて医療者端末と電子トリアージタグを接続する堅牢な無線アドホックネットワーク技術を西垣グループ(静岡大学)らと協同して開発した。電子トリアージタグや医療者端末の位置推定技術は東野グループおよび西垣グループが連携しながら取り組み、いずれのグループも十分な技術的成果を上げた。安本グループ(奈良先端科学技術大学院大学)は傷病者や医療者の位置表示などシステムの可視化とインタフェースに組み込み、東野グループによる災害現場認識技術などにより得られる現場 3D モデルへのテクスチャマッピングによる臨場感あふれる現場表示や、タブレットを用いた傷病者 AR 認識システムなどを構築し、災害時医療を支援する新しい概念を実践した。

開発したシステムは、順天堂大学病院や市立堺病院の外来において運用実験を行った。順天堂大学病院においては、災害時救命訓練演習も実施し、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た。

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 4 件申請中である。あわせて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)に関する学術論文を多数発表するとともに国際会議などでの招待講演も行っている。

4. 事後評価結果

4-1. 研究の達成状況及び得られた研究成果(論文・口頭発表等の外部発表、特許の取得状況等を含む)

同プロジェクトは、地図推定技術、位置推定技術、位置推定方式、シミュレーション技術を始めとする多くの要素技術を開発し、それらを基に非常に完成度の高いトリアージシステムを構築し、実証実験を実施したことが高く評価される。特筆すべきは、小型電子トリアージタグの開発である。これは、傷病者のバイタルサイン(血中酸素濃度や脈拍)をセンシングし、アドホックネットワークを介してサーバに蓄積することで傷病者の容態を把握できる小型電子トリアージタグである。タグには位置推定機能や人体通信による傷病者認識機能、トリアージ判定支援機能など斬新で実用的なアイデアを多数採用した。その結果、その実用性や新規性の高さについて NHK 全国放送ならびに新聞各社で報道され、社会における必要性和関心の深さを証明したといえることができる。また、トリアージを行う際の傷病者の居場所の的確な把握を目的とした位置推定技術も、学術面、社会実装面両面において高い評価を受けている。トリアージ現場において傷病者の居場所を的確に把握するためには、多数の傷病者の位置や移動軌跡をできるだけ正確に推定できる位置推定技術を開発する必要がある。位置推定技術としては、位置基準点からの電波強度や同報時刻の到着時間差などを用いた三点測量に基づく手法などが開発されているが、多数の移動ノード(傷病者)や障害物などが存在する環境下では適用可能性に限界がある。このため従来手法に加えて、移動ノード(傷病者)が発信する電波の相互の受信状況やそれらの時間的な変化などに基づき、多数の移動ノード(傷病者)や障害物などが存在する環境下でもトリアージに十分な精度で傷病者の位置や移動履歴が推定できるような位置推定技術を開発した。

提案システムの開発と運用を行うための基盤技術としては、電子トリアージを行う上で必要なセンシング機器の選定や、電子トリアージに必要なセンシング精度の策定、搬送順の決定アルゴリズムの考案、センシング情報の時間変化を基にした黄タグ患者の赤タグ病状への移行の早期発見手法の考案などを計画・実現した。さらに、これまでの列車事故や地震などの状況をもとに、傷病者の発生状況やその時間的な病状の変化などを示すトリアージ現場での傷病者の典型的ないくつかの病状変化シナリオを策定し、そのシナリオに基づき電子トリアージを行った場合の救命率の改善効果をシミュレーションや実機実験により検証し、医療関係者の評価に基づき、システムの改善を行った。このように多くの要素技術を開発した上で、システム構築に向けて実証実験を重ねて成果をあげ、報道等を通じて社会に向けてアピールして点は、高く評価できる。

これらの研究成果は PerCom、Pervasive、Infocom、MSWiM などの最難関国際会議での採択や Elsevier Pervasive and Mobile Computing、IEEE Transactions on Mobile Computing などの最難関国際論文誌に掲載されており、科学技術的なインパクトが大きい。特に、高く評価を受けたものとして、Shinichi Minamimoto、Sae Fujii、Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino (2010) Map Estimation Using GPS-equipped Mobile Wireless Nodes. Pervasive and Mobile Computing (Elsevier)、Vol. 6、No. 6、pp. 623-641 が挙げられる。同論文は災害現場地図を短時間で推定する技術を述べているが、この研究成果をまとめた論文が IEEE の Pervasive コンピューティング分野における最難関会議 PerCom2010(フルペーパー採択率 12%)に採択されており、本論文は同会議からの推薦論文(7編中1編)として執筆したものである。同論文はあわせて、第 27 回電気通信普及財団賞 テレコムシステム技術賞も受賞しており、更にこの技術に基づく論文が情報処理学会 50 周年記念論文賞を受賞するなど国内外で高い評価を得ている。また、社会実装という観点からは、野上 大樹、内山 彰、中田 康城、東野 輝夫(2011) “多人数参加型シミュレータによる電子トリアージシステムの有効性検討”、日本集団災害医学会誌、Vol.16、No.1、pp.8-18、2011 年 6 月が代表的な成果として挙げられる。本論文では災害医療支援システムのシミュレーション技術とシステムを開発した内容を明ら

かにし、更にそれを用いて医療従事者を対象とした演習を実施し、電子トリアージシステム導入時の救命率向上について議論している。日本集団災害医学会誌への掲載は災害医療に携わる多くの医療従事者に提案システムを強くアピールするものであり、その実用性の高さと独自性から医療関係者から好評を得ている。関連する特許も出願されている。チーム全体においても、論文誌での発表84件、受賞57件、国内で特許出願が合計4件出されており、十分な成果が得られている。

研究チームマネジメントに関しても、研究代表者は適確なリーダーシップとマネジメント能力により、4機関5研究グループによる体制全体を効果的にまとめたといえる。特に、情報科学の研究開発者らと医療関係者との共同研究であったため、相互の技術理解や知見伝達に特に留意した点が多く見受けられる。順天堂大学での定期的な災害時救命訓練演習には全グループで参加して、開発目標となるシステムの理解・意思・意識や課題の共有を積極的に図った。また、フェイスツーフェイスでのグループ間打ち合わせを東野グループが中心となって実施し、全体の進捗管理やシステム統合に不可欠な管理体制を構築した。更には、年1回程度のワークショップを開催し、成果発表と意見交換の場を構成することにより、スムーズな意思疎通を図った。これらの体制運営により、H19年10月の研究開始から3年程度で生体センシング機能を有する電子トリアージタグを開発することができ、救命救急医療支援システムのプロトタイプを構築するといった当初の計画がほぼ順調に達成され、その後タグの小型化・システムの高機能化にも注力することができ、多くの創意工夫を実現できた。

電子トリアージタグの運用実験に関しても、順天堂大学病院や市立堺病院の救急外来において実施し、多くの有用な知見を得ることができた。最終年度までに計画していた、関連病院でのトリアージ訓練でのシステムを用いた実証実験も演習形式で実現することができ、災害医療に従事する医師からの機能改善提案などを受けることができた。その結果、様々な機能を持つ電子トリアージタグ、災害現場地図生成技術や、救命救急外来でのトリアージ活用、トリアージシミュレーションシステムなど、研究開始当初における構想を上回る、分野融合により創出されたこれまでにない発想の具体化が実現したと考えられる。

4-2. 研究成果の科学技術や社会へのインパクト、戦略目標への貢献

当初の目標通り、災害時における救命緊急医療支援を行う人間情報センシング技術が開発された事等、科学的、技術的なインパクトは標準以上である。社会実装の面においては、システムを活用して救命救急外来での急変患者の早期発見への応用なども検討しているが、実用化に向けての展開においてももう少し具体的なイメージが必要である。しかし今後の展開については、基盤的研究が広く蓄積されており、位置情報技術やトリアージ訓練シミュレータ等開発された様々な要素技術は多くの社会実装の可能性を有している。例えば、電子トリアージタグの開発により蓄積された要素技術を元に、企業との連携により更なる小型化を実現した腕時計型電子トリアージタグなどの製品化が期待される。腕時計型などの小型化が実現されれば、介護施設や家庭など日常生活でのヘルスケア目的での普及が見込まれる。更には、通常時に健康管理機器として利用できるだけでなく、災害時には災害モードに切り替わり、電子トリアージタグとして利用可能な多目的型生体情報センシング機器としての活用も期待できる。

4-3. 総合的評価

研究開始当初より、電子トリアージシステムという目標設定が明確であり、そのシステム構築に向けて着実に成果を挙げることが出来た点は、非常に高く評価することができる。更に、災害現場等での問題点を学術的成果にとりまとめた点においても、社会的貢献度が高い。基盤技術開発実績、実証実験実績、論文数、論文受賞実績、関連する特許への申請、多人数の複数研究チームにより構成される研究体制マネジメント等、研究面における科学的、技術的インパクトについては標準を大きく上回る高い実績を生み出した。豊富な要素技術を効果的に活用した今後の社会実装への展開に期待したい。