

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 26 日現在

機関番号：13101

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26630181

研究課題名(和文) セミアクティブ型救命救急位置検知システム(S&R-LBS)の開発

研究課題名(英文) Development of a Semi-active Location Based Search and Rescue System

研究代表者

牧野 秀夫(Makino, Hideo)

新潟大学・自然科学系・教授

研究者番号：80115071

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：救命救急における位置情報システムは、重篤な患者の状況や位置情報をいち早く伝達するために、消防、警察、自治体などとの様々な連携が必要である。そこで我々は、半自動型の測位サービスシステムを開発している。ここでは、救護所内での患者の位置や屋内外での移動状況を自動計測し、さらにWeb-GIS上での確認を目的としている。本研究の成果として、1)救護所内での振動解析装置による測位機能の確認と小型赤外線カメラを用いた人の弁別、2)可視光通信を用いた物体位置の把握、そして3)無線端末(BLE及びETC)による移動追跡とGIS表示を可能とした。

研究成果の概要(英文)：A proper Search and Rescue System must be able to communicate with various facilities and emergency services, such as the fire- and police departments, as well as divisions of city government, in order to coordinate several kinds of medical information, including the number and location of patients in need of critical care. For these situations, we developed a semi-active location based search and rescue system that allows us to monitor the individual patient's location in a first-aid station, and trace indoor-outdoor emergency transport using the Web-GIS (geographic information system). As a result, we confirmed 1) the ability to monitor patient- and staff movement, using vibration analysis and infrared camera images. 2) the data relating to Indoor positioning, using visible light communication, and 3) patient tracking using BLE and ETC radio terminals, as well as real-time display using GIS.

研究分野：情報機器工学

キーワード：救命救急 振動解析 赤外線画像 追跡 Web-GIS

1. 研究開始当初の背景

近年の自然災害増加に伴い、国内外における救命救急関連分野でも重篤な傷病者の情報を集約し早期治療に役立てる研究が進められてきた。しかしそれらは、傷病者が病院に搬送されてきた後の病院内での処理が大部分であり、大規模地震災害のような発災現場での応用は実現されていない。この理由としては、携帯電話回線などの途絶、装置そのものが大型で多数の傷病者に対応できない、あるいは得られた情報の共有手段が限定されているといった理由であった。そこで、本研究代表者の牧野は、新たに特定小電力無線を利用した低消費電力型トリアージ端末、衛星携帯電話による情報の送信、さらに Web-GIS を利用した広範囲な情報共有を可能とするシステムを開発し、実際の防災訓練においてその動作を確認してきた。さらにこのシステムの表示画面上に地域住民からの被災情報を同時に掲載する機能を追加した「住民参加型トリアージを可能とする救命救急 GIS 連携技術の研究開発」についても研究を進めてきた。

2. 研究の目的

災害現場において、重篤傷病者位置を自動送信するセミアクティブ型救命救急位置検知システム (S&R-LBS) の開発を最終目的とし、これに関連した独自技術の開発を中心に研究を進める。従来、中越地震(2004 年)、中越沖地震(2007 年)、及び東日本大震災(2011 年)での災害対応の経験から、災害現場における DMAT(救急医療チーム)支援システムを開発してきた。しかし、残念ながら真に発災現場で活躍できる IT 機器は極めて限られている。その主な原因は人的資源の不足である。すなわち、救援に向かう DMAT 数は限定されており、彼らが最優先で実施するトリアージ作業に追加して当該情報送信端末の操作や確認作業は非常に煩雑となる。これ

らは、過去 3 回、実際に参加した新潟県総合防災訓練においても体験された事実である。そこで、トリアージタグ取り付け後の重篤患者所在マップとその情報送信を自動で行うシステムを目標に、実用化に役立つ基盤技術を開発する。

3. 研究の方法

本研究の骨子は、1)ETC 型送受信機を用いた搬送追跡、2)照度変化を利用した移動検出、及び 3) 準天頂衛星時刻同期型振動センサによる物体の移動検出である。ここでは、外部からの各種のセンサ入力に応答する形で動作するセミアクティブ方式により、情報送信、超急性期の動作を保証するための性能確認、ならびに搬送情報の可視化を実現する。具体的には、実験機器組み上げ、位置推定アルゴリズムの検討と実装、さらに実験による空間マップの作成とシステム全体の評価である。ここで、1)と 2)については、それぞれ企業との共同研究により基本となるハードウェアは実現済みである。一方、3)の振動解析は、人間の動きに関しては初めての試みである。すなわち、医療従事者や医療機器の動き、装着する照度センサの出力との関係、あるいは振動の時系列的な空間マップの作成などを重点的に検討し、動き検出に関するデータを収集・解析する。

4. 研究成果

ここでは、中心となる研究成果 2 例について方法と結果を述べる(口頭発表文献、)。4-1 振動解析と赤外線カメラによる動き検出 1)構成：図 1 にシステム構成を示す。加速度センサ(以下、センサ TEAC,706)からの信号はセンサアンプ(TEAC,SA-25)で増幅・フィルタ処理(LPF:100Hz)される。さらに、A/D コンバータ(タートル工業、TUSB-0412ADSM-SZ)によりデジタル値に変換され、処理用 PC (HP, EliteBook 8530w)に取り込まれる。また、

ネットワークカメラ (Mobotix, Q24M-Secure D11)からの画像も同 PC に取込まれる。さらに、赤外線カメラ (FLIR Systems, FLIR ONE for Android, 波長域: 8~14 μm)も用意して計測環境の遠赤外線画像を記録する。

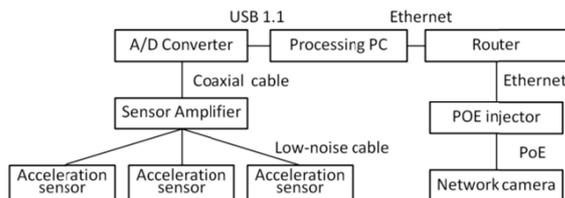


図1 振動解析システムの構成

2) 位置情報推定方法

動体の位置推定は、移動時に発生する振動が各センサへ到達する時間差 (TDOA) を利用し、三点測位の原理で求めることができる。具体的には図2に示す非線形連立方程式をニュートン法で解くことにより座標を推定する。振動の到達検知には変化点をリアルタイムに検出するアルゴリズム (ChangeFinder) を使用し、TDOA 算出には相関係数を用いる。

Propagation velocity: v

TDOA (between sensor1 and sensor2) : t_{12}

TDOA (between sensor1 and sensor3) : t_{13}

Distance of sensor 1 and the vibration source: r

$$\begin{aligned} (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 &= r^2 \\ (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 &= (r + t_{12}v)^2 \\ (x - x_3)^2 + (y - y_3)^2 &= (r + t_{13}v)^2 \end{aligned}$$

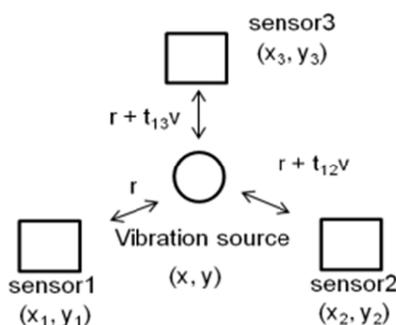


図2 位置推定方法

3) 実験方法

歩行動作に対し、前述の位置推定方法の精度を確認する。具体的には、センサの設置位置、着地地点 (以下、着地点) を格子状に設定し、1

歩分の着地に対して位置推定を行う。

次に、実験環境中にネットワークカメラを設置し、センサ設置範囲内を歩行する動体に対して画像を取得する。ここでは、センサ設置範囲内における着地を3回とし、座標推定結果がセンサ設置範囲内に収まった時点でトリガ信号を発生させ画像取得を行う。

4) 位置推定結果

図3に位置推定結果の平均値と標準偏差を示す。各着地点に対し10回推定を行い、平均誤差は22cm、誤検出は各着地点で平均1.7回であった。

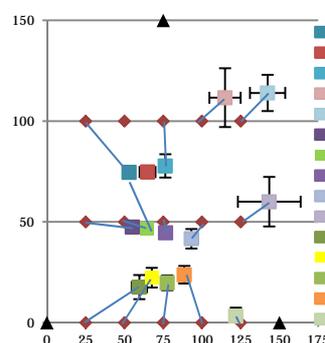
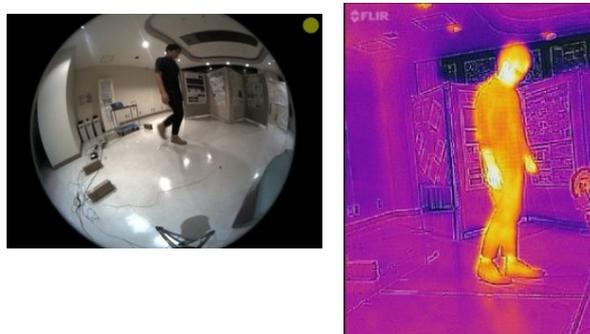


図3 位置推定結果

図4にカメラ画像取得結果を示す。(a)のネットワークカメラによる可視画像では3回の着地に対して平均3.0回自動計測が行われ、動体部分の撮影は平均2.0回であった。また、(b)の遠赤外線画像では、環境中における熱の分布が検出できることから人間と他の移動物体間の識別が容易となった。さらに、画像には温度情報が Exif (Exchangeable image file format)形式で付加されている。



(a) 可視光画像 (b) 赤外線画像

図4 撮影したカメラ画像

5) 位置推定のまとめ 災害現場救護所内の人の動態自動把握を目的に、加速度センサによる位置推定精度とカメラ画像取得用トリガ機能について基礎実験を行った。その結果、3個の加速度センサを用いた位置推定では、誤差は平均22cm程度であり、さらにカメラを連動させた動体撮影が行えることを確認した。また、同一環境で撮影した遠赤外線画像からは対象物体の温度情報が取得可能であり、今後、動体の判別や傷病者のバイタル情報取得の可能性を示した。

4-2 搬送状況把握のための Web-GIS

1) 構成 図5にシステムの全体構成を示す。システム全体は、トリアージ情報の取得、病院搬送の順で行われ、その際、患者に取り付けたRFID型トリアージタグの読み取り、救急車に取り付けたETC端末による移動軌跡の把握が時系列的に行われる。特に、救急車がETCゲートを通過する際に、患者情報を自動送信データベースに蓄積する技術は我々が初めて行った方式である。最終的に、これらの位置情報はGISに反映され、災害対策本部などで閲覧することができる。

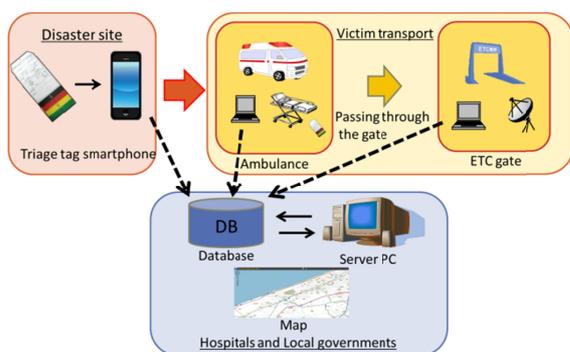


図5 搬送状況把握用 Web-GIS システム

2) 実験方法

実験では、システムの基本動作確認、データ転送、および Web-GIS 負荷試験を行った。

3) 実験結果

図6に Web-GIS 表示結果を示す。ここでは、

送信されたデータがサーバに保存され、さらに Web-GIS アプリケーションにより画面に表示されることを確認した。図7に同時データ転送実験(a)と負荷試験(b)の結果を示す。スループットを見ると転送結果が250件/sec以下では推定値に近い計測値となったが300件/sec以上を超えると推定値と計測値に差が生じ始め、500件/sec付近で値が飽和した。また、負荷試験では、アクセス件数が1000件/sec以下ではスループットが上昇した。1000件/secを超えるとスループットの値が230pv/sec付近で飽和した。

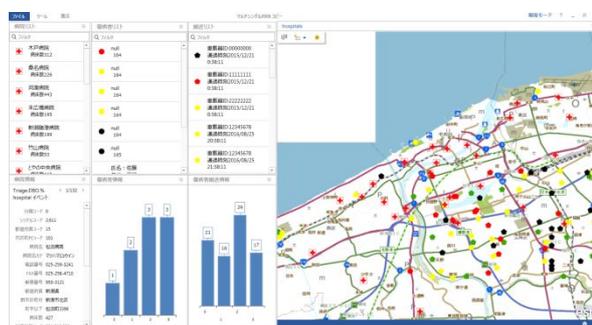
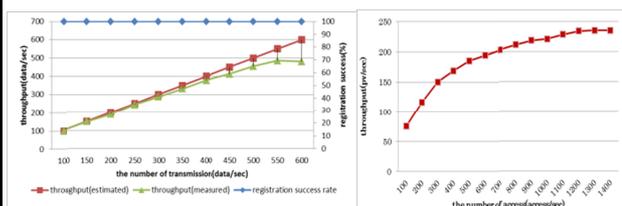


図6 Web-GIS 表示結果



(a)同時データ転送

(b)負荷試験

図7 動作シミュレーション結果

4) Web-GIS のまとめ

実験結果より、傷病者搬送状況のサーバへのデータ登録、GIS表示が可能であり、傷病者搬送状況把握システムに必要な一連の流れを確認した。シミュレーションにより、転送結果が250件/sec以下では遅延や損失がなく、データの同時転送が可能と推定される。また Web-GIS 負荷試験により、アクセス件数が1000件/secまでスループットは上昇し、その後230pv/sec付近で飽和することがわかった。この結果、一秒間に最大230リクエストで処理継続可能と考えられる。

以上をまとめると、災害現場におけるセミアクティブ型救命救急位置検知システム (S&R-LBS) の開発を目的に、動態把握並びに移動経路表示のための基盤技術を開発することができた。一方、従来は、個々の研究成果を自治体の防災訓練において確認してきたが、今回は要素技術開発を主眼としたため、全体システムへの組込みは今後の課題である。また、赤外線画像の動態識別への応用や Web-GIS による搬送状況の実時間把握は、救命救急支援に大きく役立つものであり、今後も研究を継続しその成果を公表していく予定である。

5. 主な発表論文等 〔雑誌論文〕(計3件)

Yohei Nakazawa, Hideo Makino,
Kentarō Nishimori, Daisuke Wakatsuki,
Makoto Kobayashi: High-Speed Fish-Eye
Lens-Equipped Camera Based Indoor
Positioning Using Visible Light
Communication, Proc. 2015
International Conference on Indoor
Positioning and Indoor Navigation, Vol. 7,
pp 1-4USB, 2015 査読有

牧野秀夫: 豪雪地域・地震災害等での QZSS
活用の試み, 日本航海学会誌
NAVIGATION, Vol.194, pp.19-22, 2015
招待論文 査読無

中澤陽平, 牧野秀夫, 西森健太郎, 若月大輔,
小林真, 駒形英樹: ナビゲーションを目的とした
可視光通信による屋内歩行者位置計測法, 電子
情報通信学会論文誌 D, J99-D, pp.165-177, 2015
査読有

〔学会発表〕(計15件)

佐々木衛, 中澤陽平, 西森健太郎, 牧野秀夫:
移動ロボット制御のための可視光通信を用いた
屋内測位方式, 平成 29 年電気学会全国大会,
4-269, 富山大学(2017 年 3 月 17 日) 富山県・
富山市

織田健吾, 中澤陽平, 牧野秀夫, 西森健太郎:
屋内測位のための魚眼カメラ多視点画像を用いた
照明器具位置推定方式, 第 26 回電気学会東京
支部新潟支所研究発表会, NGT-16-031, 長岡技
術科学大学(2016 年 11 月 12 日)新潟県・長岡市

五十嵐直央, 西森健太郎, 牧野秀夫: ETC を用いた
傷病者搬送状況把握のための Web-GIS, 第 26
回電気学会東京支部新潟支所研究発表会,

NGT-16-032, 長岡技術科学大学(2016 年 11 月 12
日) 新潟県・長岡市

中野亨, 牧野秀夫, 西森健太郎: 災害現場救護
所における加速度センサとカメラ画像を用いた
動態把握方式, 第 26 回電気学会東京支部新潟支
所研究発表会, NGT-16-033, 長岡技術科学大学
(2016 年 11 月 12 日) 新潟県・長岡市

佐々木和志, 中澤匠, 若月大輔, 小林真, 西森
健太郎, 牧野秀夫: 視覚障害者屋内歩行案内の
ための BLE ビーコン弁別特性, 第 26 回電気学
会東京支部新潟支所研究発表会, NGT-16-034,
長岡技術科学大学(2016 年 11 月 12 日) 新潟県・
長岡市

野田祥平, 中村浩之, 中澤陽平, 牧野秀夫, 西
森健太郎: 可視光通信による絶対位置推定法を
用いた移動ロボット制御方式の検討, 電気学会
次世代産業システム研究会, IIS-16-110, pp.
5-10, 東京海洋大学(2016 年 10 月 27 日)東京
都・港区

中澤陽平, 駒形英樹, 若月大輔, 小林真, 西森
健太郎, 牧野秀夫: タブレット端末による可視光
信号の周波数検出方法 2016 年電子情報通信学
会ソサイエティ大会, A-18-14, 北海道大学(2016
年 9 月 21 日) 北海道・札幌市

梅田優樹, 磯西優太, 大森豪, 縄田厚, 鳴海賢
太郎, 西森健太郎, 牧野秀夫: タブレット端末と
Web-GIS による膝関節症リハビリ支援装置-筋力
データ収集とネットワーク転送-
2016 年電子情報通信学会ソサイエティ大会, A
-19-2, 北海道大学(2016 年 9 月 21 日) 北海道・
札幌市

磯西優太, 梅田優樹, 大森豪, 縄田厚, 鳴海賢
太郎, 西森健太郎, 牧野秀夫:
タブレット端末と Web-GIS による膝関節症リハ
ビリ支援装置-リハビリデータ処理方法の検討-
2016 年電子情報通信学会ソサイエティ大会,
A-19-2, 北海道大学(2016 年 9 月 21 日) 北海道・
札幌市

佐々木和志, 中澤匠, 若月大輔, 小林真, 西森
健太郎, 牧野秀夫: 視覚障害者歩行案内のための
BLE ビーコン指向特性の改善 信学技報, vol.
115, no. 491, WIT2015-88, pp.107-112, つく
ば技術大学(2016 年 3 月 5 日). 茨城県・つく
ば市

中村 浩之, 中澤 陽平, 牧野 秀夫, 西森 健太
郎: 可視光通信を用いた移動ロボットの制御方
式に関する基礎研究 平成 27 年度(第 25 回)電
気学会東京支部新潟支所研究発表会,
NGT-15-019, 長岡技術科学大学(2015 年 10 月 31
日)(発表学生が研究奨励賞受賞)新潟県・長岡
市

荒井 南美, 西森 健太郎, 牧野 秀夫, 大森 豪:
タブレット端末と Web-GIS を用いた変形性膝関節症リハビリ支援システムの開発, 第 35 回日本生体医工学会甲信越支部大会, 発表抄録集, 演題番号 11, 長岡技術科学大学(2015 年 10 月 3 日)
新潟県・長岡市

佐々木和志, 中野亨, 若月大輔, 小林真, 西森健太郎, 牧野秀夫: 視覚障害者歩行案内のための BLE ビーコン基本特性 信学技報, vol. 115, no. 100, WIT2015-28, pp. 157-162, 新潟大学 (2015 年 6 月 19 日). 新潟県・新潟市

牧野秀夫: 豪雪・地震災害等での QZSS 活用に関する基礎研究, 測位航法学会大会論文集, 東京海洋大学, (2015 年 4 月 24 日) 東京都・港区

大友圭介, 今井博英, 高橋昌, 西森健太郎, 牧野秀夫: RFID を用いた傷病者情報送信に関する基礎研究-920MHzRFID タグによる自動検出- 2014 年電子情報通信学会信越支部大会 ,CD-ROM, 9B-2, 信州大学(2014 年 10 月 4 日) 長野県・長野市

〔その他〕

ホームページ等(準備中)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

牧野 秀夫 (MAKINO, HIDEO)
新潟大学・自然科学系・教授
研究者番号: 80115071