

平成22年 5月14日現在

研究種目：基盤研究（B）
 研究期間： 2007～2009
 課題番号： 19360119
 研究課題名（和文） 5感センサネットワークによる被災建造物内 RT システムの開発
 研究課題名（英文） Development of five senses sensor network for RT rescue system
 研究代表者
 倉爪 亮 （KURAZUME RYO）
 九州大学・大学院システム情報科学研究所・教授
 研究者番号：70272672

研究成果の概要（和文）：

地震や爆発など大規模災害において、地下街、高層ビルなどの被災建造物内での要救助者の早期かつ確実な発見を目的とした、視覚、触覚、聴覚、存在感、予感を有する5感センサネットワークを開発した。中核をなすセンサポッドは、ネットワークカメラ、レーザレンジファインダ、マイクロホン、タグリーダ等を搭載し、ベイズネットワークを用いた計測情報の予測により予感を実現する。また複数移動体の追跡手法や3次元構造計測手法を開発した。

研究成果の概要（英文）：

We have developed a five senses sensor network for RT rescue system used in hazardous environment after an earthquake or explosion. The five senses sensor network consists of several sensor pods/robots equipped with a network camera, a laser range finder, a microphone, a RF-ID tag reader, etc. Bayesian network is utilized for realizing "anticipation". Multiple target tracking system and laser measurement system are also developed.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	4,800,000	1,440,000	6,240,000
2008年度	2,800,000	840,000	3,640,000
2009年度	1,700,000	510,000	2,210,000
年度			
年度			
総計	9,300,000	2,790,000	12,090,000

研究分野：ロボティクス

科研費の分科・細目：機械工学，知能機械学・機械システム

キーワード：センサ情報処理，知能ロボティクス，センサフュージョン

1. 研究開始当初の背景

我々は、大規模災害後の被災建造物内において、レスキュー隊員が移動ロボットを遠隔操縦し、要救助者を早期に発見する、被災建造物内救助 RT システムを開発している。こ

の救助 RT システムには、1. 被災建造物内を安定に長時間、自立走行できる移動機構、2. 遠隔地から安定して情報を送受信できる通信機構、3. 自己位置の正確な GIS マッピングを実現する位置同定機能、4. 要救助者

を見落としなく発見できるセンサシステムが必須である。このうち1～3は既に実証ロボットの開発を進めており、本研究では特に4を実現するセンサシステムを開発する。

遠隔地から移動ロボットを操縦し要救助者を捜索するには、ビデオカメラを搭載した複数ロボット群による分散ビデオサーベイランスが適している。一般に商店街などでの分散ビデオサーベイランスは、静止カメラを次々に切り替えて監視者のモニタに表示し、監視者が目視で異常を検出するものであるが、このシステムの問題点として以下の点が挙げられる。

- (1) 画像のみを用いた目視監視では、被災建造物内など非構造化環境では要救助者を見落としやすい。
- (2) カメラ画像を次々に切り替えて提示する方式は、不必要な情報が多く、監視者の負担が大きい。
- (3) 異常発見後に注視するなどセンシングがリアクティブ（場当たりの、対症療法的）であり、またカメラ間の連携がない。このため要救助者の僅かな動きなど、決定的な瞬間を見落とす可能性がある。

2. 研究の目的

本研究は、地震や爆発など大規模災害において、地下街、高層ビルなどの被災建造物内で要救助者を早期かつ確実に発見するための視覚、触覚、聴覚、存在感、さらに予感を有する5感センサポッドと、移動可能な5感センサロボット群を開発し、5感センサネットワークによる被災建造物内 RT (Robot Technology) システムを構築する。

3. 研究の方法

多様なセンサを搭載し、無線通信によるネットワーク化が可能な5感センサポッドを開発する。このセンサポッドは、ネットワークカメラ、レーザレンジファインダ、マイクロホン、RF-ID タグリーダ、IEEE 802.11 無線 LAN、制御用ボードコンピュータ、バッテリー、位置決め用コーナキューブを搭載したものである。

また本センサポッドに搭載されたレーザレンジファインダおよびカメラにより、複数の人物を見落としなく追跡する手法を開発する。

さらに本研究では、高精度位置同定法である Cooperative Positioning System によりロボットの位置を高精度で同定し、同定された位置からレーザ計測を行い、被災建物内の3次元構造を取得するロボットシステムを構築する。

4. 研究成果

【概要】

(1) カメラ、レーザレンジファインダ等を搭載した5感センサポッドの開発および5感センサロボットの開発

開発した5感センサポッドは、300x300x500mmの12角形のアルミ製筐体に、IEEE デジタルカメラ (PointGrey, DragonFly2、第1次)、およびパンチルト型ネットワークカメラ (Canon, VB-C50i、第2次) (視覚)、2次元走査型レーザレンジファインダ (SICK, LMS-200) (触覚)、アクティブタグの電波信号を取得可能な読み取りプローブ (九州テン、TGS-T310) (存在感)、外部の音声を取得可能なマイクロホン (聴覚)、全方向コーナキューブ、CPU、バッテリー、無線通信装置を搭載した据え置き型情報収集端末である。また NEDO の委託事業で製作した被災建造物内救助 RT システムにマイクロホンやデジタルカメラを取り付け、5感センシング機能を付加したレスキューロボット3台を製作した。



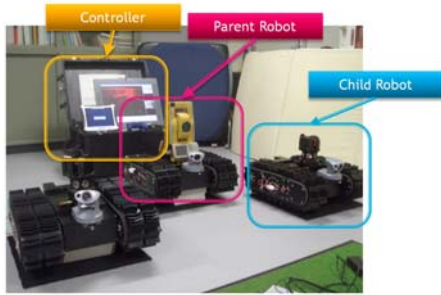
第1次センサポッド

第2次センサポッド

5感：視覚、触覚、聴覚、存在感、予感



センサによる5感の実現

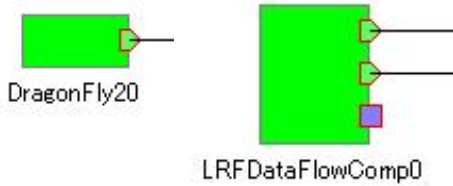


5感センサロボット

センサポッドに搭載したすべてのセンサは、ロボット制御の標準ミドルウェアであるOpenRTMを用いた制御システムにより、ホストコンピュータから集中的に制御される。

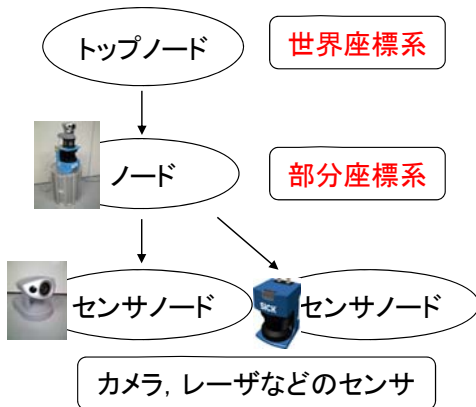


RT ミドルウェアを用いた制御システム

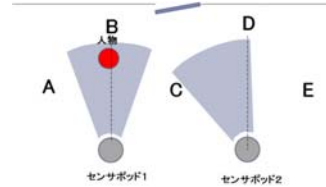
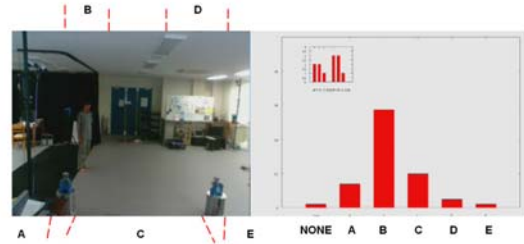


センサコンポーネント

また各センサから取得したレンジデータ、画像データなどの要救助者の情報は、確率的情報融合手法であるベイズネットワークにより情報統合され、信頼性の計算と監視者への選択的提示が実現される。



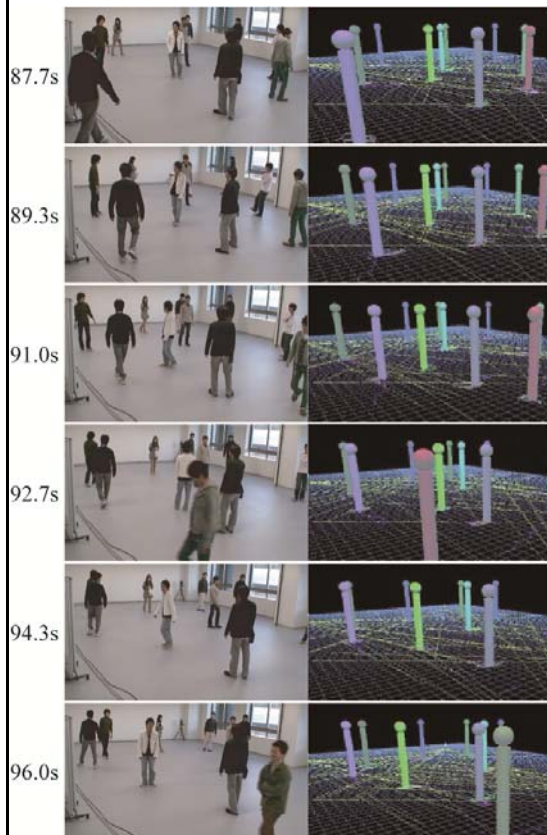
予感を実現するベイズネットワーク



ベイズネットによる予感の実現

(2) カメラ、レーザセンサを融合した複数移動体の同時追跡

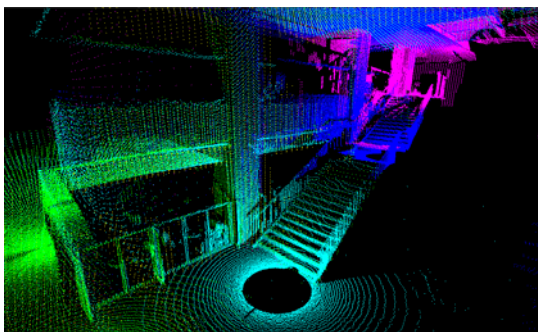
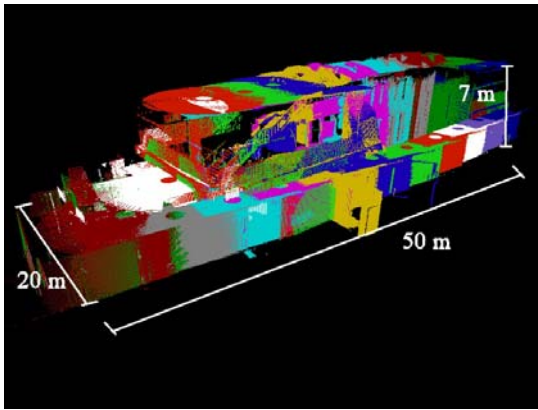
ベイズネットワーク以外の情報統合手法についても検討を行い、ノンパラメトリック情報融合手法である粗密型 SIR/MCMC パーティクルフィルタを開発した。これは2種類のパーティクルフィルタを融合したものである。また、これを用いてレーザレンジファインダとカメラを融合して室内を移動している複数の人間を同時追跡するシステムを構築した。実験の結果、単一のパーティクルフィルタで11人までの同時追跡に成功した。



複数対象の同時追跡実験

(3) レーザセンサと5感センサロボットによる3次元環境情報取得システム

(1)で開発した5感センサロボットは、測量用高精度位置検出センサと環境測定用レーザ計測装置を搭載した親ロボットと、コナキューブを搭載した複数の子ロボットからなる。本システムは、測量用高精度位置検出センサを用いて高精度な位置同定を実現しつつ、親ロボットに搭載した環境測定用レーザ計測装置により災害現場の3次元環境地図を獲得することができる。本システムを用いて、広範囲の3次元環境情報を高精度で計測する実験を行い、システムの有効性を確認した。



獲得した建物内3次元モデル

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計5件)

1. Multi-Part People Detection Using 2D Range Data, International Journal of Social Robotics, Oscar Martinez Mozos, Ryo Kurazume, Tsutomu Hasegawa, Vol. 2, No. 1, pp. 31-40, (2010. 3), 査読有
2. SIR/MCMC パーティクルフィルタを用いた分散カメラとレーザによる複数移動体の同時追跡, 倉爪 亮, 山田 弘幸, 曾我部 光司, 村上 剛司, 岩下 友美, 長谷川 勉, 日本ロボット学会誌, Vol. 27, No. 1, pp. 65-76, (2010. 1), 査読有
3. 逆投影と幾何拘束を用いた 2D/3D 位置合わせ, 椛島 佑樹, 原 健二, 倉爪 亮, 岩下 友美, 諸岡 健一, 内田 誠一, 長谷川 勉, 電子情報通信学会論文誌, D, Vol. J91-D, No. 5, pp. 1380-1392, (2008. 5), 査読有
4. CPS-SLAMの研究-大規模建造物の高精度3次元幾何形状レーザ計測システム-, 倉爪 亮, 戸畑 享大, 村上 剛司, 長谷川 勉, 日本ロボット学会誌, Vol. 25, No. 8, pp. 1234-1242, (2007. 11), 査読有
5. 並列 Fast Level Set Method による移動体の高速な3次元形状復元, 岩下 友美, 倉爪 亮, 原 健二, 内田 誠一, 諸岡 健一, 長谷川 勉, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J90-D, No. 8, pp. 1888-1899, (2007. 8), 査読有

〔学会発表〕(計33件)

1. Model-based motion tracking system using distributed network cameras, Yumi Iwashita, Ryo Kurazume, Takamitsu Mori, Masaki Saito and Tsutomu Hasegawa, in Proc. IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. Wed9. 1, Anchorage, May 3-8, 2010.
2. HELIOS Carrier: Tail-like Mechanism and Control Algorithm for Stable Motion in Unknown Environments, Michele Guarnieri, Paulo Debenest, Takao Inoh, Kensuke Takita, Hiroshi Masuda, Ryo Kurazume, Eduardo F. Fukushima, Shigeo Hirose, in Proc. IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 1851-1856, Kobe, May 12-17, 2009.
3. Laser-based Geometric Modeling using Cooperative Multiple Mobile Robots, Ryo Kurazume, Yusuke Noda, Yukihiro Tobata, Kai Lingemann, Yumi Iwashita, Tsutomu Hasegawa, in Proc. IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 3200-3205, Kobe, May 12-17, 2009.
4. A Structured Environment with Sensor Networks for Intelligent Robots, Kouji

- Murakami, Tsutomu Hasegawa, Ryo Kurazume and Yoshihiko Kimuro, Proc. of IEEE Int. Conf. on Sensors, pp. 705-708, Lecce, Italy, Oct. 2008
5. Target Tracking Using SIR and MCMC Particle Filters by Multiple Cameras and Laser Range Finders, Ryo Kurazume, Hiroyuki Yamada, Kouji Murakami, Yumi Iwashita, and Tsutomu Hasegawa, 2008 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 3838-3844, Nice, Sep. 2008
6. Fast 3D Reconstruction of Human Shape and Motion Tracking by Parallel Fast Level Set Method, Yumi Iwashita, Ryo Kurazume, Kenji Hara, Seiichi Uchida, Ken'ichi Morooka, and Tsutomu Hasegawa, in Proc. IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 980-986, Pasadena, April 2008.
7. Robust 2D-3D alignment based on geometrical consistency, Yumi Iwashita, Kenji Hara, Yuuki Kabashima, Ryo Kurazume, Tsutomu Hasegawa, The 6th International Conference on 3-D Digital Imaging and Modeling (3DIM2007), Montreal, August 2007.
8. 3D laser measurement system for large scale architectures using multiple mobile robots, Ryo Kurazume, Yukihiro Tobata, Yumi Iwashita, Tsutomu Hasegawa, The 6th International Conference on 3-D Digital Imaging and Modeling (3DIM2007), Montreal, August 2007.
9. Koji Sokabe, Ryo Kurazume, Hiroyuki Yamada, Kouji Murakami, Yumi Iwashita, and Tsutomu Hasegawa, Tracking Pedestrians by Color Histograms and Range Data, Proc. 5th Joint Workshop on Machine Perception and Robotics (MPR2009), MPR2009-ps1-9, Kyoto, (2009 10)
10. Yusuke Noda, Ryo Kurazume, Yumi Iwashita, and Tsutomu Hasegawa, Laser-based Modeling of Cultural Heritage Using Cooperative Multiple Robots, Proc. 5th Joint Workshop on Machine Perception and Robotics (MPR2009), MPR2009-ps2-4, Kyoto, (2009 10)
11. 曾我部光司, 倉爪亮, 長谷川勉, カラーヒストグラムを用いたレーザー・カメラによる複数移動体追跡, 日本ロボット学会第 27 回学術講演会, 1R3-03, 横浜, 2009.9
12. 齊藤暢記, 倉爪亮, 岩下友美, 村上剛司, 長谷川勉, 分散カメラシステムによる実時間人間動作計測, 平成 21 年度第 62 回電気関連学会九州支部連合大会, 09-2P-11, 福岡, 2009.9
13. 末次孝明, 倉爪亮, 岩下友美, 多様なセンサを統合処理する 5 感センサポッドの開発, 平成 21 年度第 62 回電気関連学会九州支部連合大会, 09-2P-10, 福岡, 2009.9
14. 野田裕介, 倉爪亮, 岩下友美, 長谷川勉, レーザ・カメラ搭載群ロボットによる天守府天満宮の幾何光学計測, 画像の認識理解シンポジウム (MIRU2009), IS3-34, 松江, 2009.7
15. 野田 裕介, 倉爪亮, 岩下友美, 長谷川勉, 移動ロボット群を用いた大規模文化遺産の幾何・光学モデリング, 日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会, 1A1-E06, 福岡, (2009.5)
17. 岩下友美, 倉爪亮, 歩行画像からの時空間ボリュームを用いた個人識別, 第 14 回ロボティクスシンポジア, 1C4, 登別, 2009.3.16
18. 野田 裕介, 倉爪亮, 岩下友美, 長谷川勉, 移動ロボット群を用いた大規模文化遺産のデジタルアーカイブ, 第 14 回ロボティクスシンポジア, 3C3, 登別, 2009.3.16
19. 倉爪亮, 機械を賢くする方法・ロボットを賢くする方法, 日本機械学会 IIP 部門 (知能・情報・精密機器部門), 福岡, 2008.11.10.
20. Ryo Kurazume, Kouji Murakami, Yumi Iwashita and Tsutomu Hasegawa, Target Tracking Using Particle Filters by Multiple Sensor Pods, Proc. 4th Joint Workshop on Machine Perception and Robotics (PKMPR2008), Beijing, (2008 11)
21. 戸畑享大, 倉爪亮, 村上剛司, 長谷川勉, 群ロボットによる 3 次元環境計測と地図生成, 第 13 回ロボティクスシンポジア講演会予稿集, pp.159-165, 香川, (2008.3).
22. 山田弘幸, 倉爪亮, 村上剛司, 長谷川勉, SIR/MCMC パーティクルフィルタを用いたカメラとレーザーレンジファインダによる複数移動体の同時追跡, 第 13 回ロボティクスシンポジア講演会予稿集, pp.252-258, 香川, (2008.3). (日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門 2009 年度ロボメック表彰)
23. 森 敬充, 倉爪亮, 長谷川勉, 村上剛司, 分散ビジョンシステムを用いたモデルベースドモーショントラッキング, 第 13 回ロボティクスシンポジア講演会予稿集, 香川, pp.238-245, (2008.3).
24. 倉爪亮, 戸畑享大, 岩下友美, 村上剛司, 長谷川勉, 群移動ロボットによる広域 3 次元レーザー計測システムの開発, 三次元映像のフォーラム, 福岡, (2008.3)
25. 倉爪亮, 戸畑享大, 村上剛司, 長谷川勉, 群ロボットによる CPS-SLAM と大規模構造物の幾何モデリング, (社)精密工学会画像応用技術専門委員会講演予稿集, 岐阜, (2008.1)
26. Yukihiro Tobata, Ryo Kurazume, and

Tsutomu Hasegawa, Study on CPS SLAM, Proc. The Third Joint Workshop on Machine Perception and Robotics, CD-ROM, 滋賀, (2007.11). (Best Poster Session Award)

27. 山田弘幸, 倉爪亮, 村上剛司, 長谷川勉, SIR/MCMC パーティクルフィルタを用いたカメラ・レーザセンサによる移動体追跡, 第25回日本ロボット学会学術講演会講演予稿集, 千葉, (2007.9)

28. 森敬充, 倉爪亮, 村上剛司, 長谷川勉, 複数カメラによるリアルタイム・モデルベースドモーショントラッキング, 第25回日本ロボット学会学術講演会講演予稿集, 千葉, (2007.9)

29. 戸畑享大, 倉爪亮, 村上剛司, 長谷川勉, 群ロボットを用いた大規模3次元環境計測システム, 第25回日本ロボット学会学術講演会講演予稿集, 千葉, (2007.9)

30. 戸畑享大, 倉爪亮, 村上剛司, 長谷川勉, 移動ロボット群による大規模建造物の3次元レーザ計測システムの開発, 画像の認識理解シンポジウム (MIRU2007), OS-A9-01, 広島, (2007.7)

31. 山田弘幸, 倉爪亮, 村上剛司, 長谷川勉, SIR/MCMC パーティクルフィルタを用いた複数カメラとレーザレンジファインダによる移動体のトラッキング, 画像の認識理解シンポジウム (MIRU2007), IS-5-19, 広島, (2007.7)

32. 森敬充, 倉爪亮, 長谷川勉, 村上剛司, 複数カメラによるリアルタイム・モデルベースドモーショントラッキング, 日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会, 2P1-D05, 長野, (2007.5)

33. 戸畑享大, 倉爪亮, 山田 弘幸, 村上剛司, 長谷川勉, CPS SLAM の研究 第2報 CPS とレーザ計測による屋内3次元地図の自動構築実験, 日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会, 2P1-G04, 長野, (2007.5)

[その他]

ホームページ等

<http://fortune.ait.kyushu-u.ac.jp/~kura-zume/index-j.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

倉爪 亮 (KURAZUME RYO)

九州大学・大学院システム情報科学研究
院・教授

研究者番号 : 70272672

(2) 研究分担者

長谷川 勉 (HASEGAWA TSUTOMU)

九州大学・大学院システム情報科学研究
院・教授

研究者番号 : 00243890

村上 剛司 (MURAKAMI KOUJI)

九州大学・大学院システム情報科学研究
院・助教

研究者番号 : 80380682

内田 誠一 (UCHIDA SEIICHI)

九州大学・大学院システム情報科学研究
院・教授

研究者番号 : 70315125

岩下 友美 (IWASHITA YUMI)

九州大学・大学院システム情報科学研究
院・助教

研究者番号 : 70467877