

平成 26 年 5 月 23 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23360115

研究課題名(和文) 多次元環境地図の自動構築を行う群移動ロボットシステムの開発

研究課題名(英文) Development of automated multi-dimensional map construction system using multiple mobile robots

研究代表者

倉爪 亮 (Kurazume, Ryo)

九州大学・システム情報科学研究科(研究院・教授)

研究者番号：70272672

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,700,000円、(間接経費) 4,110,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では文化遺産のデジタルアーカイブ用に開発されたCPS-SLAM技術を、屋外型移動ロボットのための精緻な環境地図の作成に適用することで、完全に自動化されたロボットによるロボットのための多次元環境地図の生成システムを開発した。具体的には、協調的自己位置同定手法の自動化、3次元計測システムの高精度化、広範囲を走行するための台車の開発、観測計画の自動立案と誘導、環境の時間変化を含む多次元環境地図の構築法の5つの研究課題を設定し、群ロボットによるレーザスキャナを用いた多次元地図構築のための手法およびハードウェアの開発を行った。

研究成果の概要(英文)：In this research, we applied the CPS-SLAM (Cooperative Positioning System - Simultaneous Localization and Mapping) technology, which has been developed for digital archive of cultural heritages, for the construction of a precise map for an outdoor mobile robot, and developed a fully automated multi-dimensional map construction system for a robot by a robot. To develop the proposed system, we conducted the following research topics: 1) automatic planning of cooperative positioning system (CPS), 2) development of high precision measurement system, 3) development of mobile platform for long distance measurement, 4) automatic planning of laser measurement strategy, and 5) construction of multi-dimensional environmental map including dynamic change.

研究分野：工学

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：ロボティクス 環境モデリング 3次元計測 レーザ計測 群ロボット 環境情報構造化

## 1. 研究開始当初の背景

土木工事現場での現況確認、災害防止や復興のための地形図作成、あるいは現存する遺跡、歴史的建築物の記録と保存など、大型建築物や広域地形などの大規模対象物の3次元形状をありのまま高精度に計測する技術は、情報化施工や文化財デジタルアーカイブ、3D立体表示システムなど3次元処理・表示技術の発達とともに需要が高まっている。

大規模対象物の測定には通常、写真測量やリモートセンシング技術が利用されるが、上空からでは計測不可能な精緻な地図を得るには、計測システムを対象に接近させ多方向から計測する必要がある。これまでに大規模対象物を主に地上から計測するために、長距離測定可能な高性能レーザスキャナ(図1、図2)を用いて、一度に広範囲の3次元形状を計測するシステムが実用化されている。しかしこのような遠距離レーザスキャナは1台数千万円と非常に高価であり、また場所や方向を変えて複数回の計測を行った場合には、計測後に複数の距離データを1つの全体形状に統合する後処理が必要であり、これには専門的で高度な知識が要求された。



図1 ScanStation



図2 VMX-250

これに対し、価格が数十万円程度の安価な短距離レーザスキャナを用い、狭い領域の計測を多数回繰り返して、全体として大規模対象の3次元形状を得る方法(SLAM等)も考えられる。しかし計測回数を増やすと、多数の距離データの統合に専門的知識が必要となるだけではなく、部分データ間の相対位置を繰り返し推定することで誤差が次第に積算され、正確な形状データが獲得できないという問題があった。

一方、環境の詳細な3次元地図は、車いすロボットや警備・清掃ロボットなど日常生活環境で高齢者・障害者の自立支援や社会的役割を代行する生活支援ロボットにとっても必要不可欠な情報である。生活支援ロボットは、今後の市場拡大(3,733億円(2015年)→49,568億円(2035年)、NEDOロボット将来市場予測(平成22年4月))が見込まれる戦略的成長分野であるが、例えば車いすロボットが安全に屋外環境を移動するには、歩道の正確な位置や幅、走行の妨げとなる僅かな段差や路上に置かれた障害物、信号の周期的な変化、歩行者や自転車などの移動障害物など、時々刻々変化する環境を記録した、空間情報と時間情報を統合した多次元環境地図が必須である。

## 2. 研究の目的

申請者は現存する大規模な歴史的建築物

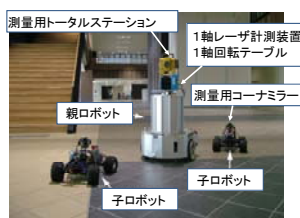


図3 計測ロボット群

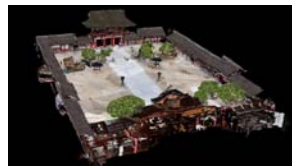


図4 太宰府天満宮

を計測し、見えや形状をデジタルデータとして永久保存する研究を行っている。その一環としてレーザ等を搭載した3台の移動ロボットが、大規模文化遺産の周囲を協調して移動し、カメラやレーザにより見えや形状を計測するシステムを開発した(図3)。またこれまでに太宰府天満宮など大規模文化遺産のデジタルモデルの作成に成功している(図4)[2]。本システムは、測量用トータルステーション、コーナミラー、レーザ、カメラを搭載した親子ロボット群を用い、各々が三角測量法によりそれぞれの位置を確定しつつ、搭載センサにより多視点から画像や形状データを取得するものである。本システムの最大の特徴は、我々が独自に開発した群ロボットによる協調的自己位置同定手法(Cooperative Positioning System, CPS、図5)を採用することで、建築物周囲の複数の計測位置を、GPSや慣性ユニット(IMU)などを用いる従来手法(図2)とは桁違いの高精度で同定できることである。この機能により、従来必須であったレーザ計測結果の統合処理など後処理にかかる手間をほぼ完全にゼロにすることに成功し、デジタルデータの高精度化と計測作業の迅速化、省力化を実現した。

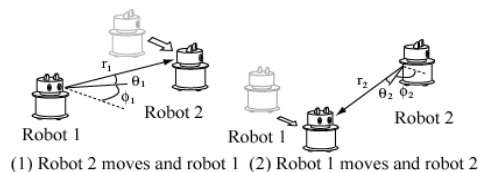


図5 協調的自己位置同定手法

本システムは文化遺産のデジタルアーカイブを主目的に開発されたものであるが、その適用範囲は広く、例えば土木建築分野で近年注目されている3次元施工管理システムにも適用可能である。現在、我々は科学技術振興機構の委託(A-STEP)により、上記手法を特にトンネル内の出来型計測に転用することで、慣性ユニットを利用した従来手法に比べて桁違いに高精度かつ信頼性の高いトンネル出来型管理システムを開発している。

本研究では文化遺産のデジタルアーカイブ用に開発されたCPS-SLAM技術を、屋外型移動ロボットのための精緻な環境地図の作成に適用することで、完全に自動化されたロボットによるロボットのための多次元環境地図の生成システムの開発を目的とする。

## 参考文献

- [1] 倉爪 亮他, 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-, 日本ロボット学会誌, Vol.25, No.8, pp.1234-1242, (2007.11)
- [2] Ryo Kurazume, et al., Laser-based Geometric Modeling using Cooperative Multiple Mobile Robots, in Proc. IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp.3200-3205, (2009.5)

## 3. 研究の方法

本研究の研究課題として、①協調的自己位置同定手法の自動化、②3次元計測システムの高精度化、③広範囲を走行するための台車の開発、④観測計画の自動立案と誘導、⑤環境の時間変化を含む多次元環境地図の構築法の5つを設定し、開発を行った。

## 4. 研究成果

①協調的自己位置同定手法の自動化

②3次元計測システムの高精度化

③広範囲を走行するための台車の開発

協調的自己位置同定手法の自動化のための赤外線ビーコンや、測量用トータルステーションのオートレベル機構、市販の電動車いすを改造した高速かつ長時間走行の可能な台車などを開発した(図6)。

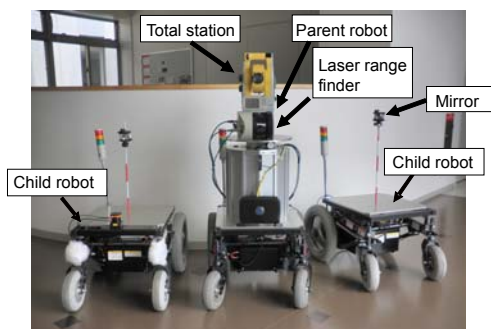


図6 構築した機械モデル

オートレベル機構や赤外線ビーコンを搭載した移動ロボットによる計測実験の結果、ロボットの位置同定精度が従来の0.3%程度から0.03~0.05%へ大幅に向上したことが確認された。また屋内廊下環境やトンネルやビル街などの屋外環境で3次元環境地図の作成実験を行い、開発システムにより従来型の設置式3次元レーザスキャナと同程度の3次元形状の計測精度が実現できることを確認した。

## ④観測計画の自動立案と誘導

広域な環境に対する最適な観測計画の立案手法を開発し、未観測領域に対して最も予想される観測領域が大きく、現在位置に近く移動効率が高く、かつロボット間の見通しが可能で協調的自己位置同定が実現可能である観測候補位置を自動的に選択するアルゴリズムを開発した。また屋外環境において、新たに

構築した屋外型移動ロボットを用いて3次元計測実験を行い、広域な3次元環境地図がレーザ搭載移動ロボット群により自動計測できることを確認した(図7,8)。



図7 自動計測実験の様子



図8 自動計測された3次元モデル



図9 レーザ搭載クアッドコプタ

さらに、広範囲を計測するための新たな観測ロボットとして地上走行型およびクアッドコプタ型移動ロボット(図9)を開発し、屋外広域環境において3次元環境地図の構築実験を行った。

## ⑤環境の時間変化を含む多次元環境地図

ロボットに搭載したRGB-Dカメラを用いて、3次元環境構造の時間変化をボクセルマッチングにより自動検出する手法を開発し、様々な環境情報にラベルを付加して地図データベースに登録するシステムを開発した(図10)。

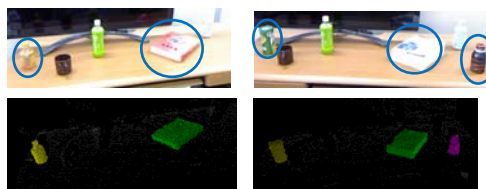


図10 自動検出された新規物体

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計9件)

- ①鄭 龍振, 倉爪 亮, 岩下 友美, 長谷川

勉, 大規模な3次元環境地図とRGB-Dカメラを用いた移動ロボットの広域位置同定, 日本ロボット学会誌, 査読有, 31-10, 2013, 896-906

②長谷川 勉, ピョユンソク, 田中 真英, 辻 徳生, 諸岡 健一, 倉爪 亮, 床上センシングシステムを用いた生活環境における移動物体の位置計測と居住者の行動推定, 日本ロボット学会誌, 査読有, 31-8, 2013, 769-779

③Oscar Martinez Mozos, Hitoshi Mizutani, Ryo Kurazume, Tsutomu Hasegawa, Categorization of Indoor Places by Combining Local Binary Pattern Histograms of Range and Reflectance Data from Laser Range Finders, Advanced Robotics, 査読有, 27-18, 2013, 1455-1464

④Ken Endou, Takafumi Ikenoya, Ryo Kurazume, Development of 3D scanning system using automatic guiding total station, Journal of Robotics and Mechatronics, 査読有, 24-6, 2012, 992-999

⑤Dong Xiang ZHANG, Ryo Kurazume, Yumi Iwashita, Tsutomu Hasegawa, Robust global localization using laser reflectivity, Journal of Robotics and Mechatronics, 査読有, 25-1, 2013, 38-52

⑥Oscar Martinez Mozos, Hitoshi Mizutani, Ryo Kurazume, Tsutomu Hasegawa, Categorization of Indoor Places Using the Kinect Sensor, Sensors, 査読有, 12-5, 2012, 6695-6711

⑦鄭 龍振, 岩下 友美, 倉爪 亮, CPS-SLAMの研究 -計測精度の向上とトンネル出来形計測システムの構築-, 日本ロボット学会誌, 査読有, 30-2, 2012, 180-187

⑧大石 修士, 倉爪 亮, 岩下 友美, 長谷川 勉, リフレクタンス画像とTrilateral filterを用いた距離画像の平滑化, 電気学会論文誌, 査読有, 32-2, 2012, 291-298

⑨Yukihiro Tobata, Ryo Kurazume, Yusuke Noda, Kai Lingemann, Yumi Iwashita, Tsutomu Hasegawa, Laser-based geometrical modeling of large-scale architectural structures using co-operative multiple robots, Autonomous Robot, 査読有, 32-1, 2012, 49-62, 10.3390/s120506695

[学会発表] (計49件)

①大島 漱一郎, 永倉 翔吾, 岩下 友美, 倉爪 亮, 群ロボットによる大規模環境のレーザ観測の自動計画, 第14回建設ロボットシンポジウム, 2014.8.28, 東京

②辻 徳生, 日下 和也, 長谷川 勉, 倉爪 亮, 諸岡 健一, 履物上加速度センサと床上レーザレンジファインダを用いた複数人物の追跡, 日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会 2014, 1P2-H01, 2014.5.25-29, 富山

③表 允哲, 永田 晃洋, 中島 洗平, 桑畑

舜也, 辻 徳生, 諸岡 健一, 倉爪 亮, 長谷川 勉, 分散センサを用いた室内状況推定に基づくサービス自動実行アーキテクチャ, 日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会 2014, 1P2-H02, 2014.5.25-29, 富山

④表 允哲, 辻 徳生, 橋口 優香, 永田 晃洋, 中島 洗平, 倉爪 亮, 長谷川 勉, 諸岡 健一, 情報構造化アーキテクチャの提案とサービスロボットのオンライン動作計画の実現, 第19回ロボティクスシンポジウム, pp. 624-630, 2014.3.14, 神戸

⑤中島 洗平, 長谷川 勉, 辻 徳生, 諸岡 健一, 倉爪 亮, ワゴンを利用した生活環境中の日用物品運搬システムの開発, 2M2-3, 第14回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 SI2013, 2M2-3, 2013.12.18-20, 神戸

⑥日下 和也, 表 允哲, 長谷川 勉, 辻 徳生, 倉爪 亮, 諸岡 健一, アクティブRFIDタグと床上レーザレンジファインダを用いた複数人物の追跡, 第14回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 SI2013, 2M3-2, 2013.12.18-20, 神戸

⑦Yoonseok Pyo, Tsutomu Hasegawa, Masahide Tanaka, Tokuo Tsuji, Ken'ichi Morooka and Ryo Kurazume, Measurement and Estimation of Indoor Human Behavior of Everyday Life Based on Floor Sensing with Minimal Invasion of Privacy, 2013 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO), pp. 2170-2176, Shenzhen, Dec. 12-14, 2013

⑧Shuji Oishi, Yongjin Jeong, Ryo Kurazume, Yumi Iwashita and Tsutomu Hasegawa, ND voxel localization using large-scale 3D environmental map and RGB-D camera, 2013 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO), pp. 538-545, Shenzhen, Dec. 12-14, 2013

⑨Ryo Kurazume, Real world informative robotics, The Korean Society of Automotive Engineers 2013 Annual Conference and Exhibition, 2013.11.20, Seoul

⑩Hojung Jung, Ryo Kurazume, Yumi Iwashita, Scene Classification of Driving Environment using Laser Scanner, The Korean Society of Automotive Engineers 2013 Annual Conference and Exhibition, Seoul, 2013.11.21

⑪Yoonseok Pyo, Tokuo Tsuji, Shunya Kuwahata, Tsutomu Hasegawa, Ken'ichi Morooka, Ryo Kurazume, Informationally Structured Environment for Elderly Care House, Proc. The Ninth Joint Workshop on Machine Perception and Robotics (MPR13), K-0-02, Kyoto, 2013.10.31-11.1

⑫Hojung Jung, Ryo Kurazume, Yumi Iwashita, Outdoor Scene Classification Using Laser Scanner, Proc. The Ninth Joint Workshop on Machine Perception and Robotics (MPR13),

K-P-06, Kyoto, 2013. 10. 31-11. 1

⑬永田 晃洋, 長谷川 勉, 表 允哲, 辻 徳生, 諸岡 健一, 倉爪 亮, 生活支援のための環境分散センサ情報統合アーキテクチャ, 第 31 回日本ロボット学会学術講演会, 1I1-04, 2013. 9. 4, 東京

⑭岩下 友美, 高嶺 朝理, リュウ マイケル, 倉爪 亮, 犬視点映像からの動作認識, 第 31 回日本ロボット学会学術講演会, 1N3-05, 2013. 9. 4, 東京

⑮桑畑 舜也, 長谷川 勉, 諸岡 健一, 倉爪 亮, 辻 徳生, 情報構造化環境における家具上物品検出のための移動ロボットによる視覚記憶照合と変化検出, 第 31 回日本ロボット学会学術講演会, 3I1-04, 2013. 9. 6, 東京

⑯ Oscar Martinez Mozos, Tokuo Tsuji, Hyunuk Chae, Shunya Kuwahata, Tsutomu Hasegawa, Ken'ichi Morooka, Ryo Kurazume, The Intelligent Room for Elderly Care, The fifth International Workshop on the Interplay between Natural and Artificial Computation (IWINAC2013), June 10-14 2013, Mallorca Spain, 2013

⑰倉爪 亮, 池田 直広, 遠藤 健, 池野谷 尚史, 柳原 好孝, 三次元形状計測器の施工現場適用事例の紹介 -開発システムの適用事例と今後の課題-, 日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会 2013, 1A1-Q11, 2013. 5. 22~25, 筑波

⑱永倉 翔吾, 倉爪 亮, 岩下 友美, 長谷川 勉, 群ロボットによる 3 次元環境地図自動構築システムの開発 位置同定誤差の蓄積を低減する観測戦略, 日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会 2013, 1A2-H04, 2013. 5. 22~25, 筑波

⑲水谷 仁, マルティネス モズス オスカル, 大石 修士, 倉爪 亮, 岩下 友美, 長谷川 勉, 全周距離・反射率画像を用いたレーザスキャナによる空間種別の多数決識別, 日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会 2013, 2A1-J08, 2013. 5. 22~25, 筑波

⑳橋口 優香, 長谷川 勉, 表 允哲, 辻 徳生, 諸岡 健一, 倉爪 亮, パーソナル清掃ロボットによる室内落下日用品の収集, 日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会 2013, 2A2-Q08, 2013. 5. 22~25, 筑波

㉑大石 修士, 倉爪 亮, 岩下 友美, 長谷川 勉, 反射率画像を用いた VR モデルのカラー化と評価実験, 第 18 回ロボティクスシンポジウム講演予稿集, 2D1, pp. 231-238, 2013. 3. 14-15, 山形

㉒Yongjin Jeong, Ryo Kurazume, Yoonseok Pyo, Yumi Iwashita, Tsutomu Hasegawa, High-Precision Three-Dimensional Laser Measurement System by Cooperative Multiple Mobile Robots, 2012 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII2012), pp. 198-205, Fukuoka, 2012. 12. 16-18

㉓田中 堅三, 倉爪 亮, 辻 徳生, 長谷川

勉, タウンマネジメントシステムによる地図情報と連携した物品取得サービスの実現, 第 13 回 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 1H4-8, 2012. 12. 18-20, 福岡

㉔大石 修士, 倉爪 亮, 岩下 友美, 長谷川 勉, リフレクタンス画像に基づく 3D モデルの彩色手法の開発, 第 13 回 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 3F2-2, 2012. 12. 18-20, 福岡

㉕Oscar Martinez Mozos, Hitoshi Mizutani, Ryo Kurazume, Tsutomu Hasegawa, Categorization of Indoor Places Using Camera and Depth Images, Proc. The Eighth Joint Workshop on Machine Perception and Robotics (MPR12), 0S5-4, Fukuoka, 2012. 10. 16-17

㉖Shuji Oishi, Yumi Iwashita, Ryo Kurazume, Color Mapping on 3D Model Using Laser Reflectivity, Proc. The Eighth Joint Workshop on Machine Perception and Robotics (MPR12), PS2-4, Fukuoka, 2012. 10. 16-17

㉗永倉 翔吾, 倉爪 亮, 岩下 友美, 長谷川 勉, ロボットの環境計測作業の自動計画手法, 第 30 回日本ロボット学会学術講演会, 1B2-3, 2012. 9. 17-20, 札幌

㉘水谷 仁, Oscar Martinez Mozos, 倉爪 亮, 岩下 友美, 長谷川 勉, レーザ距離画像と反射率画像を用いた屋内環境のカテゴリ識別, 第 30 回日本ロボット学会学術講演会, 3M1-4, 2012. 9. 17-20, 札幌

㉙水谷 仁, マルティネスモズス オスカル, 倉爪 亮, 岩下 友美, 長谷川 勉, RGB-D カメラを用いた屋内環境のカテゴリ識別, 画像の認識理解シンポジウム (MIRU2012), IS2-56, 2012. 8. 6~8, 福岡

㉚鄭 龍振, 大石 修士, 倉爪 亮, 岩下 友美, 長谷川 勉, 広域レーザ計測地図と RGB-D カメラを用いた移動ロボットの大域的 3 次元位置同定, 画像の認識理解シンポジウム (MIRU2012), IS2-77, 2012. 8. 6~8, 福岡

㉛大石 修士, 辻 徳生, 岩下 友美, 倉爪 亮, 長谷川 勉, レーザ反射強度を用いた 3 次元幾何モデルのカラリゼーション, 画像の認識理解シンポジウム (MIRU2012), IS3-75, 2012. 8. 6~8, 福岡

㉜石橋 正教, 鄭 龍振, 倉爪 亮, 清水 遠, 田中 洋一郎, 長瀬 雅之, 簡易測量用レーザスキャナの開発と屋外計測実験, 日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会 2012, 1A2-A08, 2012. 5. 27~29, 浜松

㉝田中 堅三, 辻 徳生, 倉爪 亮, 長谷川 勉, タウンマネジメントシステムによるサービスロボットのための地図情報管理, 日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会 2012, 1A1-R03, 2012. 5. 27~29, 浜松

㉞鄭 龍振, 大石 修士, 倉爪 亮, 長谷川 勉, RGB-D センサと 3 次元地図を用いた XOR ボックセルマッチングによる位置同定, 日

本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会 2012, 2A2-I10, 2012. 5. 27~29, 浜松

③⑤大石 修士, 倉爪 亮, 岩下 友美, 長谷川 勉, リフレクタンス画像とカラー画像の類似性に基づく3次元幾何モデルのカラリゼーション, 日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会 2012, 1A2-A09, 2012. 5. 27~29, 浜松

③⑥ DongXiang Zhang, Ryo Kurazume, Yumi Iwashita, Tsutomu Hasegawa, Robot localization under perceptual aliasing conditions based on laser reflectivity using particle filter, 2011 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII2011), 2011.12.20, Kyoto, Japan

③⑦ DongXiang Zhang, Ryo Kurazume, Yumi Iwashita, Tsutomu Hasegawa, Appearance and map-based global localization using laser reflectivity, 2011 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO), 2011.12.7, Phuket, Thailand

③⑧ Shuji Oishi, Ryo Kurazume, Yumi Iwashita, Tsutomu Hasegawa, Denoising of Range Images using a Trilateral Filter and Belief Propagation, 2011 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2011), 2011.9.25, San Francisco, USA

③⑨ Ryo Kurazume, Yumi Iwashita, Koji Murakami, and Tsutomu Hasegawa, Introduction to the Robot Town Project and 3-D Co-operative Geometrical Modeling Using Multiple Robots, 15th International Symposium on Robotics Research (ISRR 2011) (招待講演), 2011.8.28, Flagstaff, USA

④⑩水谷 仁, マルティネス モゾスオスカル, 倉爪 亮, 岩下 友美, 長谷川 勉, RGB-D カメラを用いた屋内環境のカテゴリ識別, 第17回ロボティクスシンポジウム講演予稿集, 2012.3.15, 山口

④⑪ Shuji Oishi, Ryo Kurazume, Yumi Iwashita, and Tsutomu Hasegawa, Development of Denoising Techniques Using Reflectivity, ENSEEIHT- Kyushu University Workshop on Data Mining, and Media Processing (EKDM 2011), 2011.12.24, Toulouse, France

④⑫ Shuji Oishi, Ryo Kurazume, Yumi Iwashita, Tsutomu Hasegawa, Surface Smoothing using a Trilateral filter, The Seventh Joint Workshop on Machine Perception and Robotics (MPR11), 2011.10.14, Beijing, China

④⑬ Oscar Martinez Mozos, Ryo Kurazume, Tsutomu Hasegawa, People Detection in Everyday Environments Using Multi-Layered 2D Range Data, The Seventh Joint Workshop on Machine Perception and Robotics (MPR11), 2011.10.14, Beijing, China

④⑭マルティネス モゾスオスカル, 水谷 仁, 蔡 現旭, 倉爪 亮, 距離画像を用いた空間のカテゴリ識別, 第29回日本ロボット学会学術講演会, 2011.9.7, 東京

④⑮大石 修士, 倉爪 亮, 岩下 友美, 長谷川 勉, レーザリフレクタンスを援用した3次元幾何モデルの彩色, 第29回日本ロボット学会学術講演会, 2011.9.7, 東京

④⑯鄭 龍振, 倉爪 亮, 岩下 友美, 長谷川 勉, 群ロボットによる大規模構造物レーザ計測システム, 第29回日本ロボット学会学術講演会, 2011.9.7, (東京)

④⑰鄭 龍振, 石橋 正教, 倉爪 亮, 岩下 友美, 長谷川 勉, 4台のKinectを搭載した全方向計測ロボットによる環境計測, 第29回日本ロボット学会学術講演会, 2011.9.7, 東京

④⑱大石 修士, 倉爪 亮, 岩下 友美, 長谷川 勉, レーザ反射強度を用いた距離画像の平滑化, 画像の認識理解シンポジウム (MIRU2011), 2011.7.22, 石川

④⑲大石 修士, 倉爪 亮, 岩下 友美, 長谷川 勉, リフレクタンス画像を用いた距離画像の欠損修復, 日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会, 2011.5.28, 岡山

〔図書〕 (計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://robotics.ait.kyushu-u.ac.jp/~kurazume/research-j.php?content=cv#c06>

## 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  
名誉教授

研究者番号 : 00243890

諸岡 健一 (MOROOKA Ken' ichi)

九州大学・大学院システム情報科学研究院  
准教授

研究者番号 : 80323806

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