

## 研 究 報 告 書

### 「ロボットの視覚・触覚を用いた環境情報獲得手法の開発」

研究期間：平成20年10月～平成24年3月

研 究 者：大野 和則

#### 1、研究のねらい

3次元空間内の未知の物体をロボットが触って動かすことで分割、モデリングを行う方法の開発を行う。従来研究ではモデルベースの物体認識を用いることで、空間中から知識にある物体を見つけることができる。一方、実際の世界には電子化されていない情報がまだまだ多く、知識にない物体は障害物として認識され、ロボットが未知物体を認識・操作することができない。この問題を解決するため、空間の詳細な3次元計測を行い、そこから、未知の物体を触って動かすことで切り出し、切り出した物体の詳細な形状をモデリングする方法を開発する。

#### 2、研究成果

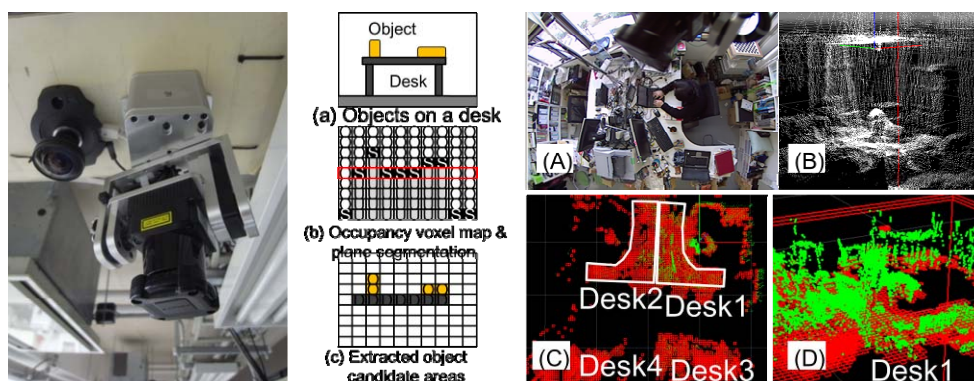
本研究の主な成果は下記の4つである。

##### (1)3次元点群計測と認識処理

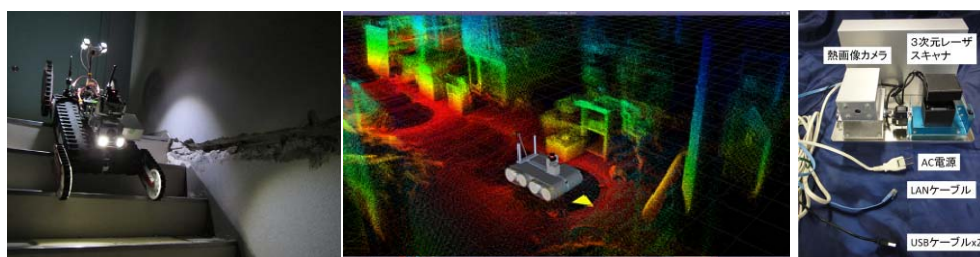
広範囲の密な3次元点群の計測が可能な独自のレティキュレートスキャン方式の3次元レーザスキャナを開発した。天井に取り付けられる軽量のセンサ(TKScanner)と、移動ロボットに搭載可能な防塵・防水のスキャナ(HDScanner)の2種類を開発した。図1に3次元レーザスキャナと3次元計測の成果を示す。

天井に TKScanner を取り付けて計測した3次元点群から、机のような大きな平面を検出し、平面上にある物体を検出する方法を開発した。占有度グリッドマップと平面検出を併用し物体の大きさを予測可能な方法を開発した【参考文献\*】。

HDScanner は災害現場の3次元計測を行うため2011年4月に Quince に搭載し移動計測が可能な状態に整備した。また、TKScanner の技術を応用して、日本原子力機構(JAEA)と共同開発したロボット操縦車両 TEAM NIPPON に搭載する小型3次元レーザスキャナを開発した【参考文献】。



(a) 3次元レーザスキャナを用いた机上の物体の発見



(b) 3次元レーザスキャナを搭載した移動ロボットによる被災建物の3次元計測

図1. 3次元レーザスキャナと移動ロボットによる空間の3次元計測

## (2) 押し動作をもちいた未知物体のモデリング

未知物体を触って動かすことで分割・モデリングを行う方法を開発している。距離センサとカメラ映像で発見した未知物体を押し動作により分割し、さらに押し動作で回転させることで全周囲のモデリングを行った。図2に押し動作を用いて構築した円柱物体の3次元モデルを示す。円柱や立方体などの物体を押し動作を通してモデリング可能なことを確認した【参考文献】

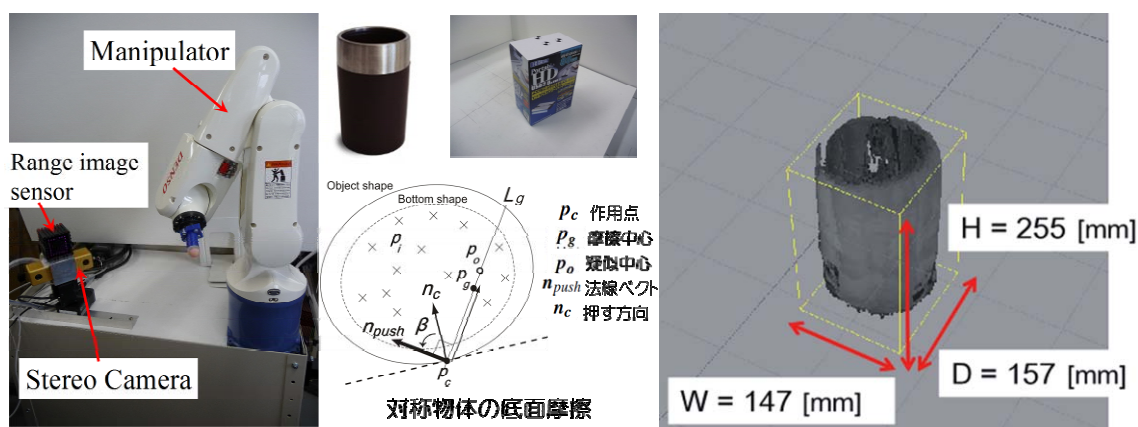


図2. 押し動作を用いた未知物体のモデリング

## (3) 透明物体の認識

透明な物体を発見する方法を開発した。カメラとレーザを併用した方法を新たに提案した。レーザ光が透明物体を通過する際に反射光強度が減少するという現象を利用し、ペットボトルやカップなどを発見する方法を開発した。カラーカメラから得られるハイライトスポットの情報を利用して、透明物体が存在する領域を特定し、反射強度の映像からグラブカットを用いて透明な物体を抽出した。

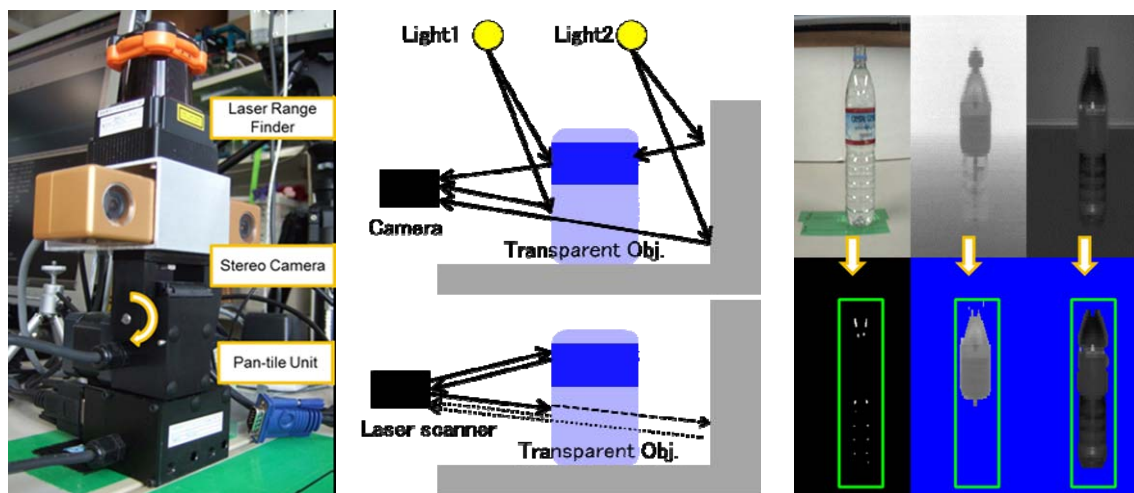


図3. カメラとレーザ距離計を用いた透明物体の検出

#### (4) 移動台車の整備と高精度位置推定

レーザ光を反射するマーカとオドメトリを融合した高精度な位置・姿勢を推定する方法を開発。図4に示す移動ロボットを用いて研究室内で実証試験を行った。

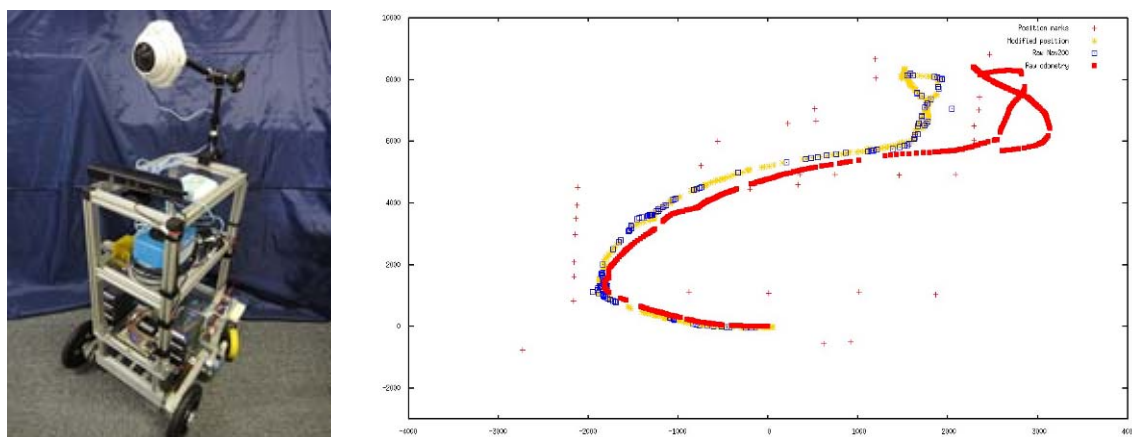


図4. 移動ロボットと高精度位置推定手法の開発  
(赤:オドメトリで推定した位置,黄:融合後の位置)

### 3. 今後の展開

開発した各技術を統合し、レスキューロボット、福祉ロボットなどが実世界で未知物体を発見・把持するアプリケーションに応用する。

#### 4, 自己評価

さがけ研究では、透明な物を含む未知物体の計測、動きを用いた物体の分割とモデリング方法の研究開発に取り組んだ。開発期間を通して個々の要素技術を作ることができ、実験を通して課題も分かってきた。実世界の全ての情報を電子化するという目標は道半ばであり、今後もさがけで培った技術を基盤に目標の達成を目指す。

#### 5, 研究総括の見解

ロボットが能動的に実環境に働きかけてさまざまな情報を持つ 3 次元地図を獲得する手法の研究である。未知物体が存在する空間で、触覚と視覚情報とを用いて物体情報を獲得する知能の開発を行い、レスキューロボットや家庭用ロボットの実現を通じた貢献を期待していた。

途中、東日本大震災によるブランクや原発建屋調査への協力等、(後者は技術の社会応用という意味で好ましいことであるが本領域にとっては)研究進捗阻害要因もあったが、当初予定の課題をほぼ達成しており、今後、ロボットを通じた情報の獲得と知識の構築技術の開発に期待している。また、獲得する情報をネット上の情報と組み合わせる等、ロボットを通じた情報の獲得と知識の構築を掘り下げて欲しい。

実世界の全ての情報を電子化するという目標は道半ばであり、今後もこの目標の達成を目指して欲しい。

#### 6, 主な研究成果リスト

##### (1)論文(原著論文)発表

1. Kazunori Ohno, Peter Andersson, Zhong Lei, Eijiro, Takeuchi, Satoshi Tadokoro, "Multi-Object Recognition on the Basis of Vision and Manipulation," Proc. of 2010 IEEE/SICE International Symposium on System Integration, A1-4, 2010.
2. Kazunori Ohno, Satoshi Tadokoro, Keiji Nagatani, Eiji Koyanagi, Tomoaki Yoshida, "Trials of 3-D Map Construction Using the Tele-operated Tracked Vehicle Kenaf at Disaster City," Proc. IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp.2864-2870, 2010.
3. Kazunori Ohno, Shinji Kawatsuma, Eijiro Takeuchi, Kazuyuki Higashi, Satoshi Tadokoro and Takashi Okada, "Robotic Control Vehicle for Measuring Radiation in Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant," Proc. of IEEE International Workshop on Safety, Security, and Rescue Robotics (SSRR2011), pp. 38-43, 2011.
4. Zhong Lei, Kazunori OHNO, Masanobu Tsubota, Eijiro TAKEUCHI, Satoshi TADOKORO, "Transparent Object Detection Using Color Image and Laser Reflectance Image for Mobile Manipulator," 2011 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO2011)pp. 1-7, 2011.
5. Kazunori Ohno, Kurose Kensuke, Eijiro Takeuchi, Lei Zhong, Masanobu Tsubota and Satoshi Tadokoro, "Unknown Object Modeling on the Basis of Vision and Pushing



Manipulation,” 2011 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO2011), pp. 1942–1948 ,2011.

(2)特許出願

研究期間累積件数:0件

(3)その他の成果(主要な学会発表、受賞、著作物等)

1. 2011年11月 SSRR2011 Best paper finalist 受賞

(Kazunori Ohno, Shinji Kawatsuma, Eijiro Takeuchi, Kazuyuki Higashi, Satoshi Tadokoro and Takashi Okada, “Robotic Control Vehicle for Measuring Radiation in Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant,” Proc. of IEEE International Workshop on Safety, Security, and Rescue Robotics (SSRR2011), pp. 38–43, 2011 に対して)

2. 2011年12月 福島第一原発の Quince の活躍に対して東京電力から感謝状

3. 2012年1月 第7回競基弘賞特別賞を受賞(Quince 開発チーム千葉工業大学 小柳栄次教授、吉田智章研究員、西村健志氏、東北大学 田所諭教授、永谷圭司准教授、桐林星河氏、岡田佳都氏、大竹一樹氏、大野和則客員准教授、竹内栄二郎助教、東和幸氏、工学院大学 羽田靖史准教授に対して)

4. ロボティクス, 機械学会出版 3 章, 5 章分担, 2011 (ISBN 978-4-88898-208-5 C3053 ).

5. ロボットテクノロジー, 日本ロボット学会, レーザ距離計について分担執筆, 2011 (ISBN 978-4-274-21072-3).