

手押し移動台車によるデータ収集

千葉工業大学 fuRo アウトドア部 II
入江 清, 原 祥亮, 吉田 智章, 友納 正裕

1. はじめに

チーム「千葉工業大学 fuRo アウトドア部 II」は、昨年よりつくばチャレンジ第二ステージに参加している。昨年はロボット「Mair 2」を新たに開発し [1] [2], 本年 (2016 年) も引き続きこのロボットを用いて参加する計画であった。ところが、諸事情により開発リソースが不足し、本年の新しい安全基準を満たす改造を行うことが難しくなり、自律走行は断念することとなった。しかし、つくばチャレンジは市街環境データ収集の貴重な機会であるため、実験走行会には参加し、手押し台車を用いてデータ収集を行った。

本稿では我々が開発したデータ収集用移動台車システムとデータ収集実験の結果について報告する。

2. データ収集台車システム

つくばチャレンジで動力による走行を行う場合は、定められた安全基準を満たす必要があるため、人力で移動できる台車にセンサを搭載してデータを収集することとした。ここでは台車ハードウェアおよびデータ収集ソフトウェアについて述べる。

2.1 台車の概要

今回データ収集に用いた台車の概要を図 1 に示す。このデータ収集用移動台車は、電動車椅子 (ヤマハ JW アクティブ) を改造して各種センサを搭載し、アカデミックパック [3] を通してコンピュータから制御可能にしたものである。我々はこの台車をこれまでに千葉県習志野市の市街環境でデータ収集に用いてきたが [4] [5], 今回新たにカメラ (Grasshopper3) を 1 台追加し、ノート PC を交換した。

通常は電動で走行させるが、今回はクラッチレバーを「手動」に切替え、手押しで使用した。台車についての更なる詳細は文献 [6] を参照されたい。

2.2 搭載するセンサ

我々のデータ収集の目的は移動ロボットに関する様々な研究である。テーマとしては例えば地図構築、自己位置推定、物体認識、経路計画、センサの外部校正などがある。これらの想定テーマを鑑み、下記のセンサを搭載した。

レーザースキャナ

レーザースキャナは主要な外界センサであり、多様な目的で使用する。また、使用した台車は人力走行の場合はオドメトリを取得することができないため、スキャンマッチング等によりオドメトリを代替する目的で使用することも想定している。

地図構築や自己位置推定の目的では広い視野を持つ方が有利であるため、Velodyne HDL-32e を搭載した。HDL-32e は全周囲の視野を有するが、カメラ台との干渉のため後方の一部視野が遮られている。

カメラ

カメラは色やテクスチャ情報を得ることができ、またレーザースキャナでは観測できない遠景の情報も得

Specification

| | |
|-----------------------|----------------------|
| Size: | W60, L120, H134[cm] |
| Chassis: | Yamaha JW-Active |
| Low-level controller: | Yamaha Academic Pack |
| Main omputer: | Lenovo ThinkPad P50 |
| 3D laser scanner: | Velodyne HDL-32E |
| Omni camera: | PGR Ladybug3 |
| Forward camera: | PGR Grasshopper3 |
| Gyro: | KVH DSP-3000 |
| GPS: | Novatel OEM615 |



図 1 センサデータ収集に用いた移動台車の概要。

ることができるため、レーザースキャナを補完する重要なセンサである。

レーザースキャナに対応して全周囲を測定できる Point Grey Research (PGR) 社の Ladybug3 を搭載する。Ladybug3 は 6 台のカメラを備えるが、他のセンサとの干渉のため、後方および上方を向くカメラは使用していない。Ladybug の各カメラは広角であるため、物体を高解像度で捉えるには不向きである。そのため、障害物や信号機の認識に必要な情報を補う目的で、前方向きにもう一台のカメラ PGR Grasshopper3 (GS3-PGE-60S6C-C) を搭載した。レンズには KOWA LM6HC (水平画角 96.8 度) を使用している。

ジャイロ

ロボットの移動量推定の精度を高めるため、光ファイバジャイロ KVH DSP-3000 を搭載する。ジャイロ内部で積算した方位に地球の自転の影響を補正して台車のヨー方位を推定する。

GPS

自己位置推定や地図構築の真値として、GPS のデータを収集する。受信機には Novatel OEM615 を、アンテナは 2 周波対応のものを搭載し、インターネット経由で補正データを受信することにより VRS 方式により RTK 測位を行う。

2.3 データ収集ソフトウェア

データ収集のためのソフトウェアとして Windows PC 用に開発したアプリケーション「WheelChairLogger」を使用した。図 2 にその GUI を示す。この GUI によって、オペレータは多数のセンサのうちどれを取得するか、どの選択や各センサからデータが正常に取得できているかどうかの状態を確認することができる。「WheelChairLogger」は単一プロセスのアプリケーションであり、センサ毎にスレッドを生成しデータの取得およびファイ

表 1 実験走行会におけるデータ収集の結果

| | | 正常に取得できたセンサデータ | | | | | 備考 |
|------------------|------|----------------|-----|-----|-----|------|--|
| | | HDL | LB3 | GH3 | GPS | Gyro | |
| 2016 年 10 月 15 日 | 1 回目 | | ✓ | | ✓ | ✓ | Thunderbolt3-Ethernet 変換器が認識されず ノート PC バッテリー切れで中断 (BiVi 手前) |
| | 2 回目 | | | | | | |
| 2016 年 11 月 4 日 | 1 回目 | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | 前方カメラは使用せず |
| | 2 回目 | | | | | | センサ認識不良のため 2 回の中断と再開を含む |
| | 3 回目 | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | 前方カメラデータは大部分が欠損 (設定ミス) |
| | 4 回目 | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | 前方カメラデータは大部分が欠損 (設定ミス) |
| 2016 年 11 月 5 日 | 1 回目 | ✓ | ✓ | | | ✓ | GPS データ一部欠損 (USB ハブ認識不良) |
| | 2 回目 | | | | | | PC がクラッシュで中断 (スタート後約 50m) |
| | 3 回目 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |
| | 4 回目 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |
| | 5 回目 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |
| | 6 回目 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |

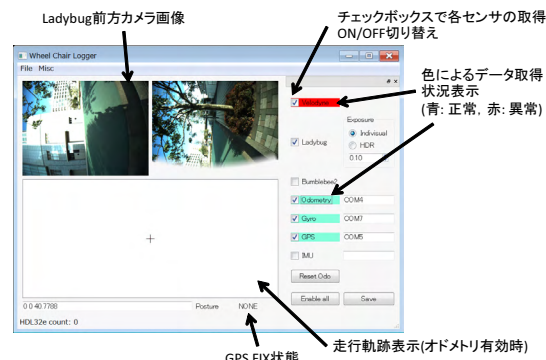


図 2 データ収集ソフトウェアの GUI.

ルへの記録を行う。ただし今回は Grasshopper3 と Ladybug のデータ取得を同一プロセスに共存させることができなかったため¹, Grasshopper3 の画像は PGR 社のキャプチャツールである FlyCap2 を別途起動して記録することとした。将来課題として、センサ毎にプロセスを分けるように設計変更を検討している。

3. 実験走行会でのデータ収集

2016 年 10 月 15 日, 11 月 4 日, 11 月 5 日の 3 回の実験走行会で合計 12 回のデータ収集を行った (失敗含む)。各回とも, つくばチャレンジの課題コースに従って台車を押し歩いてデータを収集した。表 1 にその結果を示す。様々な不具合が発生したため, センサの接続方法やセンサデータ収集プログラムの設定を変更するなどの対処を随時行った。最終的には安定してデータが収集できるようになり, 結局 “無傷” のデータはコース 4 周分が得られた。

4. おわりに

本稿では人力でのデータ収集システムの解説とデータ収集の結果について述べた。今後は収集したデータを用いて様々な実験を行う予定である。具体的には既存の市街地図を用いた自己位置推定 [5], Velodyne - カメラ間の外部校正 [7], カメラとレーザースキャナを組み合わせた SLAM [8] などが挙げられる。

参考文献

¹Ladybug SDK は古いバージョンの FlyCapture 共有ライブラリを内包するため, Grasshopper3 のデータ収集のために最近の FlyCapture SDK を用いると共有ライブラリのバージョン競合が発生する。

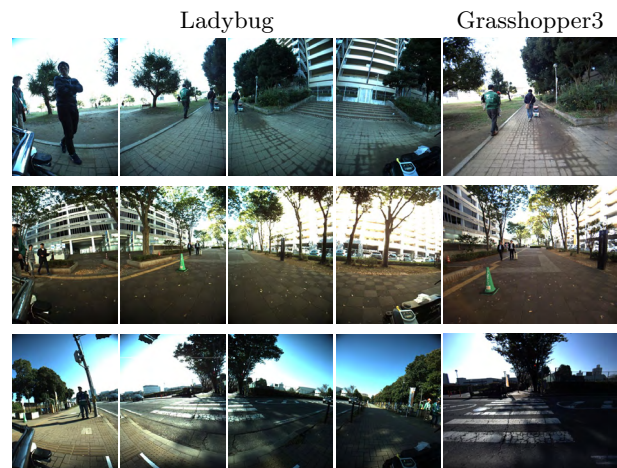


図 3 収集した画像の例 (11 月 5 日の 4 回目の走行より)

- [1] 原 祥亮, 大島章, 入江清, 吉田智章, 友納正裕. 電動車両モータコントローラの ROS 対応と自律走行に向けたシステム設計. 第 16 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 (SI2015) 1K2-5, 2015.
- [2] 原祥亮, 大島章, 入江清, 吉田智章, 友納正裕. 電動車椅子の車体とモータコントローラを用いた ROS の枠組みでの移動ロボットの開発. つくばチャレンジ 2015 参加レポート, 2015.
- [3] 藤本勝治, 齊藤友也, 藤田晴康, 田端伸章, 田中哲朗, 藤本猛志, 高間和志. 研究用途としての電動車いすシステムの開発. 第 11 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 (SI2010) 2A1-2, 2010.
- [4] 入江清, 杉山将, 友納正裕. 二次元市街地図を用いた初めて訪れる場所における自己位置推定 - 二乗損失相互情報量による手法 -. 第 20 回 ロボティクスシンポジウム, pp. 157-164, 2015.
- [5] K. Irie, M. Sugiyama, and M. Tomono. Dependence maximization localization: a novel approach to 2d street-map-based robot localization. *Advanced Robotics*, Vol. 30, No. 22, pp. 1431-1445, 2016.
- [6] 入江清, 友納正裕. 屋外環境における 3D センサデータ収集用移動台車の開発. 第 30 回 日本ロボット学会学術講演会 1B2-8, 2012.
- [7] K. Irie, M. Sugiyama, and M. Tomono. Targetless camera-lidar extrinsic calibration using a bagged dependence estimator. In *2015 IEEE International Conference on Automation Science and Engineering (CASE)*, pp. 1340-1347, 2016.
- [8] 友納正裕. 3d レーザースキャナと単眼カメラを用いたリアルタイム 6 自由度 slam. 第 21 回 ロボティクスシンポジウム, pp. 184-190, 2016.