

電動車椅子をベースとした自立移動ロボットの開発

○ 出村公成, 山澤貴史, 島野広之, 山内啓右 (金沢工業大学)

1. はじめに

本稿では, 金沢工業大学 demura.net チームが開発した「けんせいちゃん2号機」の詳細について述べる.

筆者らのチームは昨年からつくばチャレンジに参加している. 昨年はトライアル完走を目指したが, 自作したプラットフォームの信頼性が低く駆動系のトラブルのため走行距離が 3m であった.

2年目となる今年度は目標を本走行の完走とした. 今年度のコースは, つくば中央公園内を一周する約 1km の経路であり, 上空が樹木で覆われている区間があるため GPS だけに依存したシステムでは完走が困難である. 従って, 完走するためには, ロボットの信頼性とロバストな自己位置推定が必要であると考えた.

信頼性の高いロボットを開発するためにプラットフォームとして, 電動車椅子 (ヤマハ発動機, JW アクティブ) を採用した. この車椅子は, 昨年度完走したヤマハ発動機チームのロボット JW-Future のプラットフォームであり, 剛性が高く, 信頼性も非常に高い[1].

次に, ロバストな自己位置推定のために高精度な GPS と高感度な GPS の2種類を組み合わせて, 上空の開けた場所や遮蔽物のある場所などの環境の変化に応じて使い分ける. また, レーザレンジファインダ (LRF), 光ファイバージャイロ (FOG), 電子コンパスなど多種類のセンサを搭載し, これらマルチモーダルなセンサをパーティクルフィルタにより統合することでロバストな自己位置推定を実現し完走を目指した.

2. システム構成

2.1 ハードウェア構成

ロボットの概観とハードウェア構成図を Fig.1, Fig2 に, 仕様を Table.1 に示す. まず, 電動車椅子の改造について述べる. ベースとなる電動車椅子は自走用操作部のジョイスティックを動かすことで, ポテンショメータの値を変化させて指令電圧値を送っている. その代わりに外部からアナログ信号(0~5V)を自走操作部内の端子に入力することにより制御が可能である. アナログ信号を発生するために iXs Research 社の超小型 USB 接続モータコントローラ imcs01 を採用した. 採用した理由は, 小型なので自走操作部の内部に搭載が可能である. さらに, Linux (Ubuntu 9.04)で使用するためのドライバも提供されているからである. 緊急停止スイッチを自走操作部に配線しシステムの電源を落とすことにより車椅子を停止させている.



Fig.1 Kensei-Chan II

Table.1 Specification of Kensei-Chan II

Size (L×W×H)	1075×650×1490 [mm]
Weight	60 [kg]
Max Speed	4 [km/h]

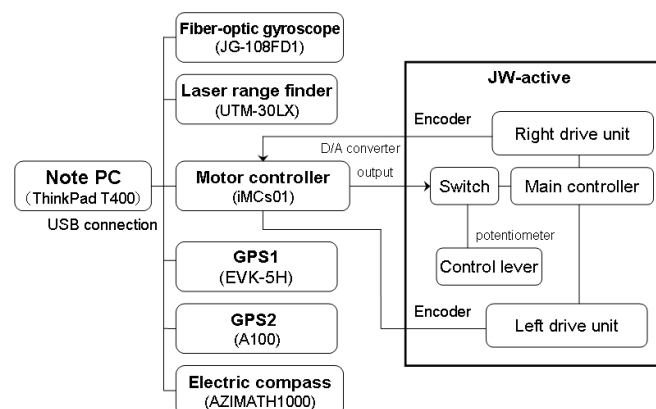


Fig.2 Hardware Architecture

また, 電動車椅子の駆動ユニットに搭載されているエンコーダのパルスをもータコントローラに入力し, カウンタ機能を用いることでパルス数を数え, その情報を USB 経由でノート PC (Lenovo 社, ThinkPad T400) へ送信し, ノート PC により速度制御とデッドレコニングを行っている. さらに, PC とセンサの電源としてディープサイクルバッテリー (Brite Star 社, SMF 27MS-730, 12V, 105Ah)を搭載した.

外界センサは, GPS×2, LRF×1, 電子コンパス×1 を搭載している. GPS には U-blox 社の EVK-5H と Hemisphere 社の A100 を使用した. EVK-5H は A100 に比べて受信感度に優れており, 街路樹の下など GPS の受信が比較的困難だと思われる場所でも使用可能である. 対して A100 は測定精度で EVK-5H より優れてお

り、上空の開けた場所では安定して使用できる。これらの GPS を場所によって使い分けることで、よりロボスタにロボットの絶対位置座標を取得することを期待した。なお、EVK-5H の測定精度を向上させるために外部アンテナとしてニコン・トリンブル社の Bullet を搭載した。障害物回避並びに走行可能箇所検出のためにレーザーキャナ（北陽電機、UTM-30LX）を使用している。また、ロボットの方角を取得するために電子コンパス（KVH 社、AZIMATH 1000）を使用している。

内界センサはロボットの姿勢を取得するために FOG（日本航空電子工業、JG-108FD1）を使用した。

2.2 ソフトウェア構成

ノート PC の OS は Linux の Ubuntu9.04 を採用している。ソフトウェア構成は Fig.3 に示すように、複数のスレッドで構成されており、各スレッドのデータは Global data を介してやり取りする黑板モデルを採用したシンプルなシステムである。

Fog, Gps, Laser, Compass スレッドは対応する各センサからのデータを取得している。Control スレッドは、モータコントローラや機体制御に関する処理を行っており、制御電圧出力や、エンコーダのパルスカウント、デッドレコニングを実行している。Navigation スレッドはポテンシャル法により経路計画の決定並びに障害物回避を行う。自己位置推定は、デッドレコニングや各センサにより取得された自己位置、姿勢のデータをパーティクルフィルタで統合することで行う。

最後に Gui スレッドは Qt による GUI アプリケーションであり、Fig.4 に示すようにロボットの様々な情報を視覚的に表示することができる。地図上に GPS、デッドレコニング、パーティクルの位置をリアルタイムに表示可能、ログの記録、再生機能、マウスによる経路点の設定が行える利便性の高いシステムである。

3. 走行結果

トライアルでは完走したが、本走行では 145m の結果に終わった。試走会時の GPS データを解析したところ時間により 1m から 2m 程度の位置誤差があったため、トライアルは姿勢に FOG の値を用いたデッドレコニングだけで走行した。このデッドレコニングは正確であり、トライアル前日の試走会、トライアル、本走行とほとんど同じ(誤差 50cm 程度)経路を走行できた。

本走行では区間が長いのでデッドレコニングだけでは走行できないと考え、トライアルゴール地点からパーティクルフィルタによる GPS の情報と統合した自己位置に切り替えた。しかし、パーティクルの初期化にバグがあり自己位置が大きくずれ、ロボットが灌木に衝突しリタイヤとなった。

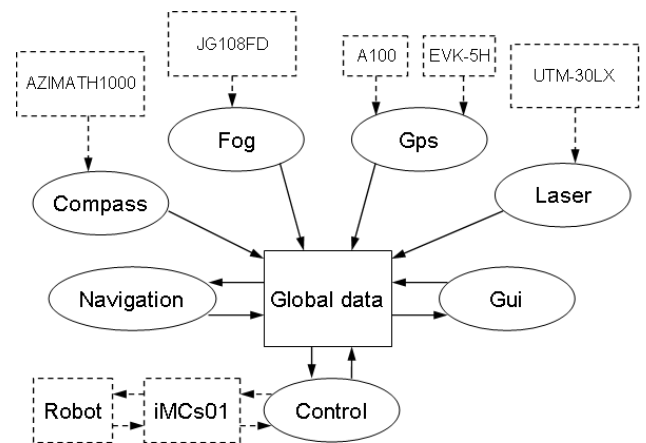


Fig.3 Software Architecture

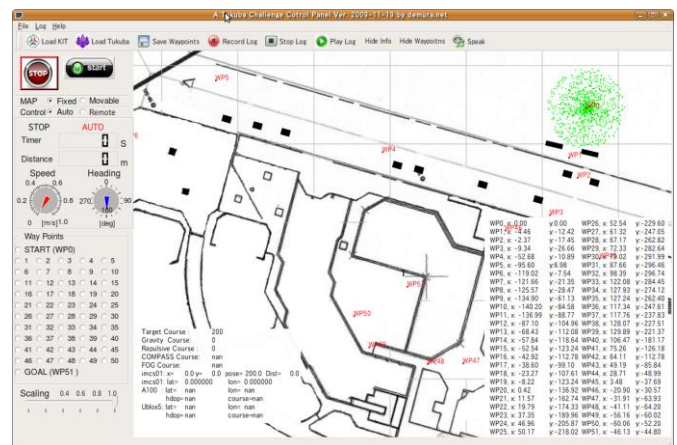


Fig.4 Graphic User Interface

未完走の原因は工程管理の甘さとマンパワー不足と考えている。当初の計画では 8 月の試走会までには GPS の情報を使い自律走行を実現する予定であったが、自律走行が可能になったのが 10 月末であった。そのため、完走に不可欠なステレオカメラや LRF による自己位置推定のプログラムを開発しテストする時間がなくなった。さらに、11 月はトライアル直前の試走会しか参加できず、降雨もあり開発したプログラムを十分に試すことができなかつた。学生メンバは院生 1 名と学部 4 年生 2 名であったが、課題の難易度が年々高くなっており、院生が 3 名程度必要と考える。

4. おわりに

本論文では電動車椅子をベースに開発したけんせいちゃん 2 号機について述べた。市販の電動車椅子を改造することにより、信頼性の高い機体を比較的短期間で開発することができた。

参考文献

[1] つくばチャレンジへの挑戦（数少ない企業チームとして）、第 9 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 SI2008, 1 I3_2 (2008)