

## i - Cart mini による ROS Navigation 運用 CIR-KIT B

徳安一, 河野隆人, 田中大揮, 山崎飛鳥, 山下優輝, 西田健

我々 CIR-KIT は, 九州工業大学工学部の学部生を中心としたロボット開発チームであり, 屋内外の移動を行う福祉ロボットの開発に取り組んでいる。

自律移動ロボットが人間の生活環境内で活動するにあたって必要とされる機能は安全性の確保を始めとして多くがあるが,

本稿で報告するロボット (KIT-C5) はその中でも最も基本的な機能と考えられる, 地図情報を元とした移動と障害物回避に焦点を当てて, チーム内の新人の技術習得を目的として開発を行ったものである。

### 1.概要

今回 KIT-C5 によって, 実施した走行実験は, オープンソース屋内外移動 ROS 内のパッケージの一つである ROS Navigation により小形ロボットプラットフォーム i-Cart mini を運用するというものである。完全に新規にシステムを構築することになったが, その構成要素は ROS と オープンソースハードウェアの範疇にあるため, 一定の一般性を有していると考えられる。その中で特に有用と思われるものについて, ここではレポートとしてまとめたいと思う。

### 2.ロボットの構成

#### 2.1 ハードウェア

i-Cart mini は筑波大学知能ロボット研究室 T-frog プロジェクトにより開発された屋内外用[1]の小形ロボットプラットフォームで,

これを用いることで最小構成の移動ロボットシステムを容易に構築することが出来る。

また, オープンソースハードウェアであることも大きな特徴で, T-frog プロジェクトのウェブサイトで図面・部品リストが公開されている。

図 2.1 に実際に競技会で運用した KIT-C5 の外観を示す。



図 2.1 : KIT-C5 外観図

i-Cart mini は 2 機のブラシレスモータにより駆動される独立二輪方式として設計されており, 公開されている通りに組めば全長 423.50 mm, 全幅 365.80 mm, 全高 157 mm である。

小型であることは運動性能の観点からは利点となるが, 安全性の観点からは歩行者がロボットの存在に気づけない可能性があることや,

非常停止スイッチの取り付け位置が低くなることが問題点として考えられた。

そのため本ロボットでは i-Cart mini を立っている人間が身を屈めず触れられる高さ (600 mm) まで延長し, そこに非常停止スイッチを設置することでこの問題を解決した。

また, 歩行者からの視認性を考えロボットを周囲の景色との対比から十分に目立つと考えられる赤色の外装で覆った。

## 2.1 ソフトウェア

i-Cart mini は, 二軸モータドライバ TF-2MD3-R6 と走行制御プログラム Yp-Spur を組み合わせて動作するように設計されている。  
[1]

Yp-Spur は i-Cart mini と同じく筑波大学知能ロボット研究室[2]により開発されている移動ロボット用の走行制御プラットフォームで, 各モータドライバへの指示値をロボットの移動方向という形に抽象化する。

また, Yp-Spur には ROS と自然に協調するための ROS パッケージ `yvspur_ros_bridge` が用意されている。

本ロボットでは上記の Yp-spur, `yvspur_ros_bridge` に加え, 自己位置推定に ROS の navigation パッケージを利用した。また, 測域センサ運用のために `urg_node` を運用した。

URG 運用に不可欠な LaserProc パッケージは, 開発当初は Kinetic Kame 向けにリリースされていなかったために, 代位手段を模索していたが, 10 月半ばにリリースがなされたので, これを使用して運用を行った。

## 2.2 センサ

主センサとして当初より機体前部に設けたマウントによって北洋電気製の測域センサ (以下 URG) UTM-30LX[3] を 1 基搭載して運用した。計画の上ではカメラ, 後方 URG, GPS 測位モジュール, 超音波センサなども検討したが, 開発期間の都合上, 今回の採用は見送って大会に臨んだ。

図 2.2 に URG の写真を示す。



図 2.2 : 使用した測域センサ UTM-30LX

## 2.3 駆動部

二軸モータドライバ TF-2MD3-R6 によってブラシレスモータを駆動するのに加えて, オドメトリを同時に取得する。ある程度の処理能力のあるマシンによって得た環境地図は, 単一のセンサによるものであっても十分な精度を有する。

これは, センサ類の数を省略して開発を進行するという決定の一因にもなっている。

## 2.4 筐体

構造を担う部分はミスミ製のアルミフレームとボルト留めで構成されている。運用において, 標準の構成要素に加えて, 同じくアルミフレームにより URG 搭載用の自作マウントを装備した。

図 2.4 にマウンタの写真を示す.

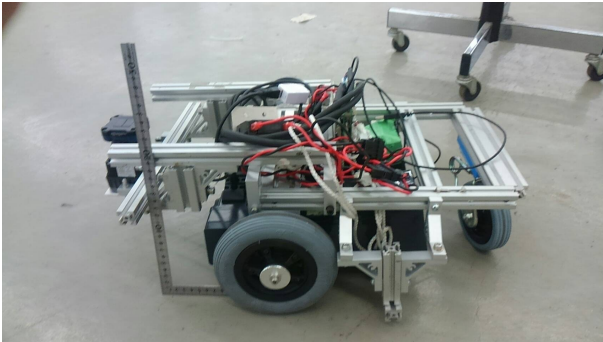


図 2.4 : KIT-C5 可動式測域センサマウンタ

これは, URG によって得られるデータが水平面方向にあることから, URG の高さ調整を可能とすること, また, 複数の高さにおける水平面でデータを取得できるようにしたいと考えたためであった.

実際の運用においては, 調整が煩雑に生ること, 取付強度的に問題があった. さらに, 重心と離れた点にセンサ類を搭載したことなどから振動が激しくデータに悪影響を及ぼすなど問題の多い構造となった.

## 2.5 コントローラ

一般的なラップトップを用いて ROS Kinetic Kame を運用した.

当初は旧式のラップトップを用いて運用していたが, URG による環境地図の取得中に, 著しい処理能力不足でシステムがダウンするおよび地図が正しく取れないという自体に陥り, 急遽これを改めた.

## 3.結果

制作中のユニットテストや実働試験では良好な結果を納めていたが, 当日になって様々な問題が発生した. それらをここに記す.

## 3.1 外装

当初の予定では, 駆動部のみに安全を考慮した強度のあるカバーを施し, 他の部分については極力省略していくことを構想していた.

また, 降雨時の対策として, 防雨版を施すことを予定していたが, 時間の都合で省略されていた.

被発見性と視認性の低さから現場での改修を行った. プラダンボール板により外装をかさ増しして, 開口部を閉塞した. センサ類, 駆動部などとの干渉は可能な限り避けるという方針になった.

当日こそ晴れたが, 試験日に雨の兆候が見られ, 急遽防雨シート(ビニールの切れ端)を取り付けた次第がある. 当初の予定では, 防雨版は標準で装備しておく予定だったが, 進捗の関係で叶わなかった.

## 3.2 走行特性

振動が激しかった. 石畳の上を走行する実験を欠いていたため, 当日まで問題にならなかった点である. 特に URG マウンタ取付など種々の改造においてトップヘビー・前重心という状況になっていたことが状況を悪化させた.

状況によっては, ピッチ方向に $\pm 5^\circ$ ほどブレが起こった. 揺動に従って, センサの返す値も激しく変動した. これについては, カウンターウェイトなどを配置してある程度まで対処可能である.





図 3.2 : KIT-C5 上で SLAM\_gmapping により生成された 大清水公園の環境地図

それにもかかわらず最終的なオドメトリ取得および地図作成は優秀な結果を出している。これは i-Cart mini 及び ROS Navigation を組み合わせた運用のポテンシャルを物語るものの一つであろう。

車体下部にバッテリーを搭載しているが、縁石や障害物を超える際にこれが引っかかって動けなくなる事態が頻発した。改造が必要だと認められる。

### 3.3 ソフトウェア

手動走行により予め用意した環境地図を用い、測域センサからの情報を元に ROS Navigation により経路選択を行う。それにより Publish されたトピックを USB シリアル通信によって二軸モータドライバ TF-2MD3-R6 に指令値として渡すことができる。

特段の致命的なバグはなかったはずではあるが、前日に用意したデータとの差異または地図作成時のノイズが自己位置推定を破綻させるケースが多々あった。

地図作成において、ところどころノイズと思われる点が地図内に発生、その点に治して回避動作をとっていると思われる動作が所々に見られた。

現場では、手動でノイズと思われる点に対して、画像編集ソフトによる訂正を加えた(白塗りをかけた)。

ノイズを低減するために機体及びセンサの振動を低減すること、ソフトウェア的なノイズ低減フィルタを設けるなどを設ける必要性などが認められる。

起動手順における自動化が徹底していなかったために、起動順序が煩雑となっていた。本走行における出走失敗は人的過失による操作ミスの可能性が高い。システム起動順序の自動化、簡易化が課題である。

### 3.4 開発体制について

KIT-C5 は主に九州工業大学 CIR-KIT 所属の学部生によって制作された。

開発期間は、準備期間まで含めるとおよそ三ヶ月程度である。

ROS について筆者らは非常に不慣れであったため、開発の進行途中に ROS の勉強をやり直す必要性が度々発生していた。しかし、同時に細部の実装については、センサドライバの開発工程をパッケージ導入という形で省略したうえで完了することが可能となったために、非常に開発を高速化できたという側面もある。

今後は、開発参加者について、早い時期から ROS の実用を勧めたい。

ROS を運用する中でこそ発見できたことが多々あった。

チュートリアル of 消化はもちろんのこと, 行いたいタスクとパッケージ構造をつなげて考えられるようになるには, 現場や現物での経験が必要になる. これらを次の開発メンバー育成からは進めていきたい。

## 5. 今後の課題

### 5.1 外装

FRP などの一体成型型かつ防雨性のあるもので実装する. また, 整備性及び強度についても大いに考慮する。

### 5.2 筐体

重心位置と全高とのバランスを考慮した作りにする. また, センサ搭載位置の安定性に考慮する。

### 5.3 センサ

複数搭載して, 安定性を向上する. また, GPS 測位センサなどの AMCL の 予備策となりうる手段を併用することで安定性を向上する。

### 5.4 開発体制

開発参加者の技量を向上する. また シミュレーションモデルの不在によりソフトウェアテストとハードウェアテストの独立化が図れなかった. これを改める。

## 6. 結論

ROS は強力な開発ツールであり, i-Cart mini は汎用性の高いロボッ

トプラットフォームである. これらの活用により, 極めて短期間に開発を終了, 出走へ至ることができた。

最後に, 今回の開発において, 多数の人々の協力により本走行に参加することができました. この場を借りてお礼申し上げます。

## 参考文献:

- [1] ロボットフレーム i-Cart mini  
[http://t-frog.com/products/icart\\_mini/](http://t-frog.com/products/icart_mini/)
- [2] 移動ロボット走行制御コマンド系および走行制御系,  
<http://www.roboken.iit.tsukuba.ac.jp/platform/wiki/>
- [3] HOKUYO UTM-30-LX  
<http://www.hokuyo-aut.co.jp/search/single.php?serial=146>