

# 自律移動ロボットのための実用ソフトウェア開発について —つくばチャレンジでの有効性検証—

## The activity of practical software development for PWS Robot -The evaluation of software availability at Tsukuba Challenge-

○石田 卓也 (富士ソフト(株))      八坂 敏久 (富士ソフト(株))  
岡村 公望 (富士ソフト(株))      正 大矢 晃久 (筑波大)

Takuya ISHIDA, FUJISOFT Inc.,  
Toshihisa YASAKA, FUJISOFT Inc.,  
Kimimochi OKAMURA, FUJISOFT Inc.,  
Akihisa OHYA, Univ. of Tsukuba

We are developing intelligent software modules for mobile robots in "Intelligent RT Software Project". RWRC("Tsukuba Challenge") is an ideal environment for evaluation of developed software in outdoor. This paper describes our challenge to RWRC and its result.

**Key Words:** Tsukuba Challenge (RWRC), mobile robot, position estimation

### 1. 緒言

現在、人間共存環境を含めた実環境で活動するロボットの需要はますます拡大が期待されている。筑波大学と富士ソフトは、経済産業省(平成20年度からはNEDO)からの委託事業である「次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト」において、サービス産業分野での移動知能基本モジュールを開発している[1]。本モジュール開発では、人や障害物が存在する複雑な実環境中で、ロボット自身の位置・姿勢を認識し、確実に目的地に到達するとともに、障害物や人に衝突することなくロボットが移動するための汎用的な機能を提供することを目的としている。

「つくばチャレンジ(Real World Robot Challenge (RWRC))」は、人々が生活している空間の中でロボットが確実に自律的に動き回って働くための技術を追求することを目的として、つくば市内の遊歩道の定められた約1kmの区間を自律的に走行することを課題としたチャレンジである[2]。つくばチャレンジは開発中のモジュールの評価環境として最適であるため、我々は開発モジュールを結合し完成体のロボットを製作しチャレンジに参加した。本稿では、開発したモジュールを利用していかに実環境に挑戦したかを報告する。

### 2. 走行戦略

走行の戦略としては、事前に走行するための経路を地図上で指定する地図ベース走行を基本とした。地図ベース走行ではロボットの自己位置の精度が重要となる。自己位置は、車輪のエンコーダ値を積算する自己位置推定機能により求め、外界センサにより取得した周辺環境の形状と、事前に取得しておいた環境地図とを比較することにより自己位置推定で求めた値を補正する自己位置補正機能の組み合わせによって同定することとした。

ここで自己位置補正機能では、事前に取得する環境地図と走行中に取得する周辺形状に差分が発生すると補正に誤りを生じる可能性があるため、ロボットの周囲をギャラリーや他の参加ロボットに囲まれ、周辺環境をスキャン出来なくなると自己位置の補正精度が低下してしまう。そこで、環境計測センサとして用いたLRFのスキャン面が水平ではなく斜め上方へ傾くようにLRFを設置することによりギャラリーや他の参加ロボットの頭越しに周辺形状を取得できるようにして、

自己位置補正機能の性能の安定を図った。

### 3. 搭載機能

#### 3.1 自己位置推定

自己位置推定機能とは、車輪のエンコーダ値を元に自己位置・姿勢を算出する機能である。しかしこの機能は路面状態の影響を受けやすく、自己位置の誤差は蓄積する。

左右の動輪に設置されたエンコーダから取得するエンコーダ値により単位時間におけるロボットの移動量を算出する「外界センサによるロボットの自己位置・姿勢トラッキングモジュール」と、単位時間におけるロボットの移動量を累積することにより自己位置を算出し、自己位置データを他のモジュールに提供する「自己位置管理モジュール」により本機能を実現した。

#### 3.2 自己位置補正

自己位置補正機能とは、走行中に外界センサにより取得した周辺形状と、事前に周辺形状を取得しておいた環境地図と比較して自己位置を算出し、自己位置推定により算出されている自己位置を補正する機能である。

環境地図を管理する「環境地図情報管理モジュール」、環境地図と外界センサにより取得した周辺形状を比較し自己位置を算出する「外界センサによるロボットの環境内絶対位置情報取得モジュール」、自己位置推定機能による自己位置と「外界センサによるロボットの環境内絶対位置情報取得モジュール」により算出した自己位置を融合する「自己位置管理モジュール」により本機能を実現した。

ここで、本来の我々が開発を進めているアーキテクチャでは、自己位置の融合には確率的に2つの値を融合する最尤推定機能を使用するが、今回は最尤推定処理がプロジェクトのスケジュールにて完成していなかったため、最尤推定処理は省き「外界センサによるロボットの環境内絶対位置情報取得モジュール」にて算出した自己位置をそのまま採用する処理とした。

#### 3.3 動作計画

動作計画機能とは、指定した走行経路を実現できるような走行指示と、その指示を発行すべき位置から構成される動作

計画を、管理・実行する機能である。今回、動作計画は走行開始前に固定で与えた。後述する障害物回避のため、並行する2本の経路を動作計画として予め準備した。

自己位置と指示発行位置を監視しタイミングを見計らい走行指示を実行する「動作計画管理モジュール」により本機能を実現した。

### 3.4 障害物回避

今回の障害物回避機能は、水平に設置した LRF のスキャンデータと動作計画を比較し、予定走行軌跡上に障害物を検出した場合に停止し、一定時間経っても障害物が解消されない場合に動作計画を切り替えて別の経路へ乗り換えるような機能とした。

予定走行軌跡上の障害物を検出する「予定走行軌跡上の障害物検出モジュール」により本機能を実現した。

### 3.5 走行制御

走行制御機能とは、指定した軌跡の追従、指定した姿勢への回転、停止などを実現するような、ロボットの目標速度・目標角速度を算出する機能である。

自己位置と走行指示から目標速度・角速度を算出する「走行制御モジュール」により本機能を実現した。

## 4. システム構成

### 4.1 ハードウェア構成

#### 4.1.1 台車

台車は、図1に示す移動ロボット研究所製の「TUFs」を使用した。表1に TUFs の仕様を示す。

#### 4.1.2 センサ構成

内界センサとしてエンコーダを左右の動輪に設置した。外界センサとして、前方の柱の上に2台、前方下部に1台の LRF(北陽電機製 TOP-URG UTM-30-LX)を設置した。LRF の役割としては、上部の2台を自己位置補正用、下部の1台を障害物回避用として利用した。



Fig.1 TUFs

Table 1 Specifications of the TUFs

外形寸法	W75cm × L100cm × H150cm
総重量	24kg 内バッテリー分 8kg
最大走行速度	3.8km/h
巡航予定速度	1.8km/h
異常動作時の対応	非常停止スイッチによる走行系電源遮断
動力源	DC モータ×2 合計出力:120W
操舵方法	二輪独立駆動
車輪直径	動輪 20cm キャスタ 14cm
走行 UNIT OS/CPU	SH2 (OS:なし)
統括 UNIT PC	ノート PC (OS: Linux)

### 4.2 ソフトウェア構成

ソフトウェアは図2のように構成した。3章で記載した各モジュールはノート PC 上で動作させた。エンコーダ値の読み取り、DC モータの制御は、SH2 にて処理した。

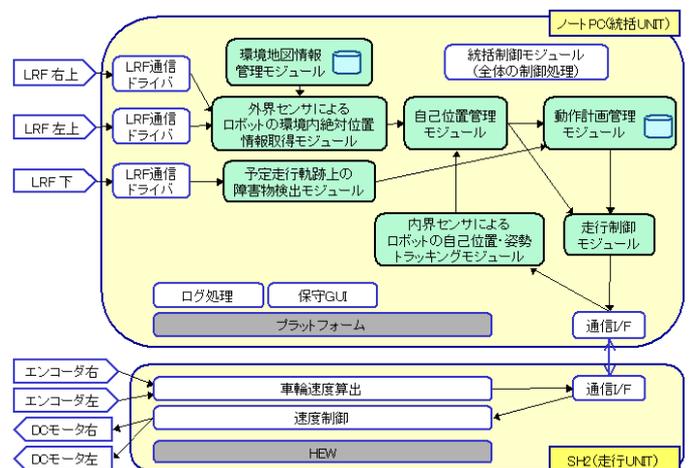


Fig.2 Software Architecture

## 5. 走行結果

### 5.1 試走会

試走会では、環境地図のデータ取得と走行経路の調整を行い、本番を想定した試走も行った。トライアル前日の試走会では、ギャラリーと他の出場ロボットが少ない状況ではあったが2回の完走を果たした。

### 5.2 トライアル

1回目の走行にて、5分51秒で規定の100mを走破し、トライアル通過となった。自己位置は安定して同定できていた。

### 5.3 本走行

スタート直後にコースアウトし、0.5mでリタイアとなった。コースアウト原因を解析したところ、スタート合図以前の自己位置補正機能が異常な自己位置を出力しており、実際にはコースの中央にロボットは配置されていたが、スタート合図時点で自己位置がコース外であると認識していた。そのため、スタート直後にコース中央に戻ろうと大きく旋回してしまいコースアウトとなった。

自己位置補正機能が異常な自己位置を出力した原因としては、事前に用意した参照とする環境地図上に存在しない物を LRF にて取得していたために、自己位置算出結果が実際にロボットが配置された場所と異なった情報となっていた。搭載した自己位置補正機能は、外界センサによる自己位置推定結果をそのまま自己位置として採用する方式であったため、外界センサによる自己位置推定が異常値を出力した場合に、自己位置が異常となってしまう構成となっていた。

## 6. おわりに

屋外でのロボット走行可能な実環境が提供されるつくばチャレンジにて、開発中のモジュールの有効性検証を行った。トライアル・本走行のみならず数回の試走会にて有効な評価を実施できた。トライアル前日の試走会にて完走を果たし、本走行のコースアウトもソフトウェア統合上の問題であったことから、開発中のモジュールの有効性が確認できたと考えている。

今回のロボットに使用したソフトウェアの開発スタンスとしては、開発済みのモジュールを統合するという進め方であった。そのため基本的な要素機能の開発は不要となり開発期間を抑えることが出来た。また、モジュールの機能が分割されているため、機能を段階的にロボットに導入し、統合試験を実施することが出来た。以上のことから、開発したソフトウェアのモジュール性が確認できた。また、今回使用した台車は本番の約 2 ヶ月前に完成したものであり、それまでの試走会では他の台車を使用して試験を実施していた。本番に使用した台車へのソフトウェアの乗せ換えは台車固有のパラメータを変更するだけで済んだことから、開発モジュールの再利用性も確認できた。

今後は今回のチャレンジで得た知見を元に、各モジュールのロバスト性の向上を図るとともに、再利用性の高いモジュールの提供を目指している。

## 文 献

- [1] 油田信一, 大矢晃久, 吉田光治, 岡村公望: "移動ロボット用基本知能のモジュール化 一次世代ロボット知能化技術開発プロジェクトにおける取り組み", 第 26 回日本ロボット学会学術講演会, 1F3-01, 2008.
- [2] 油田信一, "つくばチャレンジ趣旨と課題", SI2007, 3C1-1, 2007.