

東北大学永谷研のつくばチャレンジへの取り組み

-実環境の下で信頼できるクローラ型ロボットの動作実現を目指して-

○遠藤 大輔, 幸村 貴臣, 鈴木 大貴, 山内 元貴, 永谷 圭司

Our Development Activity for Tsukuba-Challenge

-To aim for realizing reliable tracked robots in our real world-

○Daisuke ENDO, Takaomi KOUMURA, Daiki SUZUKI, Genki YAMAUCHI, Keiji NAGATANI

Abstract: We had participated in past Tsukuba Challenge by crawler-type mobile robot. Because our research target is to realize practical crawler-type mobile robots in fields of exploration at rescue and volcanic scenes. Therefore, we will use a same type mobile robot for the challenge in 2014 aiming to extract and solve our problems. In this paper, the state of development of our robot for Tsukuba Challenge 2014 is described.

1. はじめに

東北大学永谷研究室では、「人々が暮らしている現実の世界でキチンと働く」移動ロボットの開発を目的とする「つくばチャレンジ 2014」において、屋外遊歩道での自律走行および、探索対象の発見の課題達成を目指し、現在開発を進めている。

筆者らのチームは、過去のつくばチャレンジへも参加してきたが、2013 年度大会においては、その高い不整地走破性能を生かす研究の一環として、クローラ型の移動機構を有するロボットを用いて臨んだ[1]。しかし、同大会の本走行では、全エリアを完走するという目標を達成できず、出走位置から 468m の地点で走行不能となり、不本意な結果となった。本年度は、昨年度のロボットをベースとしつつ、反省点を踏まえた新たな開発テーマ、具体的には、よりロバストな自己位置推定と自律階段昇降をテーマに取り組んでいる。

本稿では、我々のチームが開発中のロボット Marmelo、および同ロボットでつくばチャレンジ 2014 における全エリアの完走を達成するために、我々が行っている開発内容について記述する。

2. ロボットプラットフォーム : Marmelo

本節では、筆者らが開発中のロボットについて紹介する。

2.1 システム構成

本年度のつくばチャレンジで使用するロボットプラットフォーム Marmelo (Fig.1 右) は、昨年度と同様、災害探査用クローラ型移動ロボット Quince (Fig.1 左) を筐体のベースとした。Quince は、左右のメインクローラ



Fig.1 Quince/Marmelo

ラおよび、4つの独立駆動するサブクローラを有し、通常車輪型ロボットでは移動が困難な路面においても、安定した走行が可能である。

また、特徴的なセンサとして下記の1~3を搭載している。

- 1) 3次元距離計測デバイス
2次元レーザー距離計(北陽電機社, UTM-30LX)を、回転動作させることで、周辺の3次元距離情報を取得する。
- 2) GPS
全探索エリアにおけるロボットの位置計測のため、下記2種類の感度と精度の異なるGPSセンサを搭載し、信頼度に応じて使い分ける。
①Hemispher社, Crescent ssV 102
②u-blox社, LEA-6H
- 3) IMU
ロボットの自己位置推定の為、3軸加速度センサと3軸ジャイロセンサを内蔵する。
各センサの活用方法については第3節に記す。

2.2 安全対策

つくばチャレンジが定める、ロボットの構成や機能

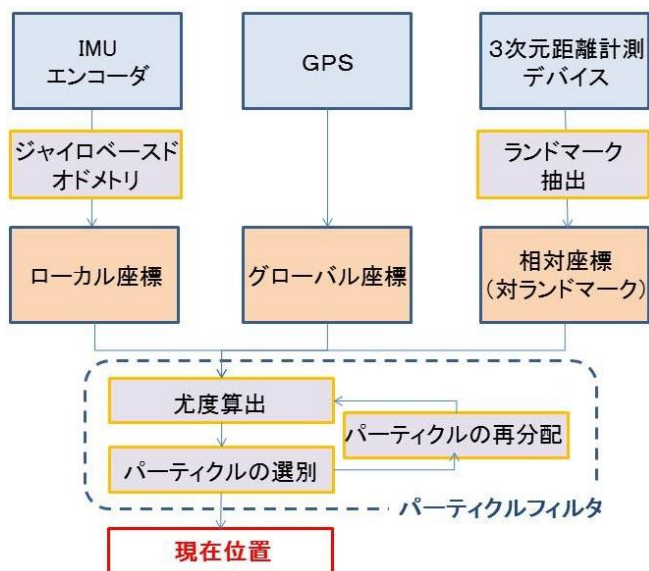


Fig.2 How to estimate robot's position and attitude

についての安全のための順守事項に則り、ロボットが市民に迷惑をかけた、危害を加えることがあってはならない。そのため、Marmeloでは、人間が誤って接触した際に危険を及ぼすおそれのある、回転駆動部の外部への露出を低減するため、いくつかのプロテクターを装着することとした。また、万が一の衝突の際に、人が負傷する可能性を極力回避するため、ロボットの外形上に存在する鋭利な角やエッジ部には、緩衝剤を装着することとした。

3. 動作戦略

本節では、つくばチャレンジの設定課題を達成するために取り組んでいる開発内容について記述する。

3.1 自己位置推定

クローラ型移動ロボットは、旋回動作時にクローラの進行方向に必ず滑りを伴うため、車輪型移動ロボットと比較し、オドメトリをベースとした自己位置推定が困難である。この問題に対し、本ロボットは、クローラの回転数情報に加え、ジャイロセンサの値を用いるジャイロベースオドメトリ[2]を用いることで、自己位置推定を逐次行うこととした。しかし、つくばチャレンジのような長距離走行においては、ジャイロベースオドメトリのみでは十分な推定精度を維持できない。そこで本年度は、GPSによって計測したグローバル位置座標の情報、および、3次元距離計測デバイスによって抽出したランドマークとの相対位置の情

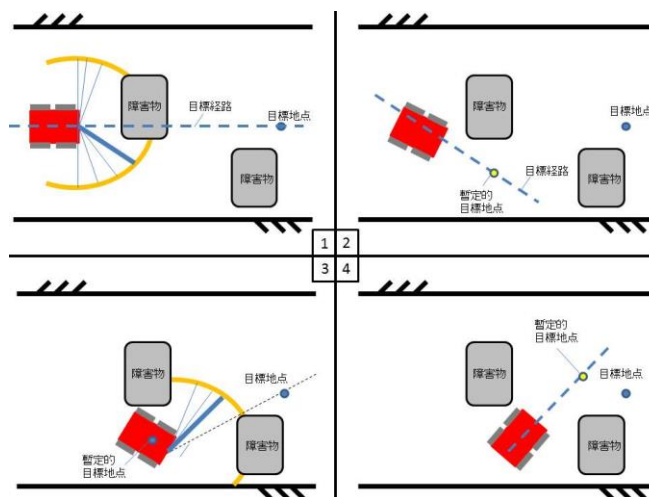


Fig.3 Local path plan

報を融合することで、恒常的な精度の確保を目指す。具体的には、各手法で計測（あるいは推定）される位置と姿勢の確率分布をパーティクルに見立て、尤度に応じた選別と分配を逐次行うパーティクルフィルタ[3]を用いたセンサフュージョンを実装する (Fig. 2)。

3.2 経路計画

全探索エリアの完走を目指し、経路計画として大域的経路計画と局所的経路計画とを組み合わせることとした。

3.2.1 大域的経路計画

事前の試走会にて、全コースを一周することで取得したGPSの位置情報を基に、ロボットがスタートからゴール到達までに辿るべき経路地点、およびその順番を定めたウェイポイントマップを作成する。本ウェイポイントマップを基に、現在の一つ前の経路地点から次の経路地点を結ぶ直線を目標経路として定める。次の経路地点へ到達後、その地点と次の経路地点とを結ぶ直線へ目標経路を更新する。以上の動作を繰り返すことでスタートからゴールへの完走を目指す。

ただし目標経路を走行中、3次元距離計測デバイスにより、目標経路上に障害物を発見した場合、次節に示す局所的経路計画に基づき、次の経路地点の修正を逐次行う。

3.2.2 局所的経路計画

3次元距離計測デバイスより取得したロボット周囲の3次元マップを基に、ロボットが進入可能な方向を探索する。探索によって抽出された複数の候補となる方向の中で、それまでの目標経路に対する角度の変化

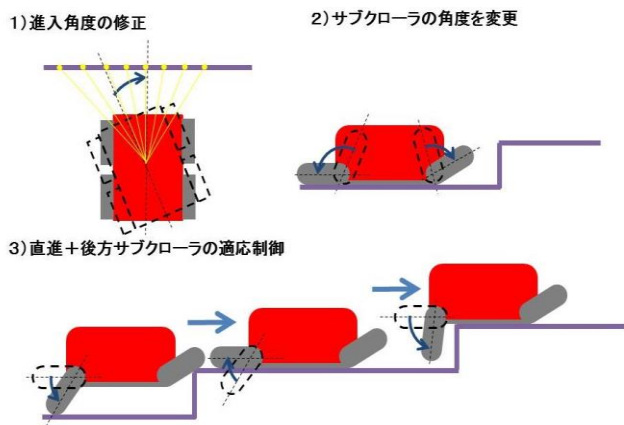


Fig.4 How to climb target stairs

が最小となる方向を選定し (Fig. 3-1, 3-3), その方向の直線上に, 障害物を回避するための暫定的な経由地点を定め, 新たな目標地点とする (Fig. 3-2, 3-4).

3.3 探索対象の検出

探索対象は人間であるが, 形状が一定ではないため, 人間の直接検出は非常に困難である. そこで我々は, ロボットに搭載した3次元距離計測デバイスを用いて, 探索対象の横におかれた看板を, テンプレート DEM マッチングにより検出する. ロボットは, 探索エリア内をウェイポイントマップに従って走行する. ロボットの走行中, 適合する物体を検出した場合, その手前まで移動し, 数秒間静止することで, 発見したことを提示する.

3.4 階段の走破

我々の研究グループでは, クローラ型ロボットの操作性改善のため, 不整地走行時のサブクローラ動作の自動化に関する研究開発を進めてきた. 本年度のつくばチャレンジにおいては, 大清水公園とつくばカピオとの間に階段が位置するので, この区間の自律走破を独自課題に設定した. この階段の自律走破は, 次に示す一連の動作により実現する (Fig.4).

1) 階段への進入角度の修正

3次元距離計測デバイスの取得データより, 階段とロボットとの方位角偏差を算出し, ロボットの進入角が垂直となるよう, 旋回動作を行う.

2) サブクローラの角度を変更

前方サブクローラを仰角 30° 程度, 後方サブクローラを水平の向きにそれぞれ動かす.

3) 直進+後方サブクローラの適応制御

ロボットを直進させる. 直進中のロボットのピッチ角を検出し, 後方サブクローラの角度を適応的に制御することでロボットのピッチ角を水平に保つ.

4. おわりに

本稿では「つくばチャレンジ 2014」における我々の研究グループの取り組みについて記した. 上述の開発アイテムを完成させ, 統合することで, 全ての設定課題の達成を実現する計画である.

参考文献

- [1] 幸村貴臣, 山内元貴, 都築遼平, 永谷圭司, “クローラ型移動ロボットを用いた東北大学永谷研のつくばチャレンジへの取り組み”, 第14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論文集, 1A4-6 (2013-12)
- [2] 岡田佳都, 永谷圭司, 吉田和哉, “複数センサの融合によるクローラ型ロボットの3次元自己位置推定”, 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会 ROBOMECH2008, 2P2-C18 (2008-06)
- [3] S. Thrum, W. Burgard, and D. Fox, 上田隆一 (訳), “確率ロボティクス”, 三美印刷株, 2007