

つくばチャレンジ参加レポート

廣橋 義寛, 長谷川 友哉, 伊藤 栄祐 (群馬大学 情報工学科)
山崎 真夕 (群馬大学 機械システム工学科), 伊藤 伸洋 (群馬大学 電気電子工学科)
村上 祐太 (武蔵野美術大学 工芸工業デザイン学科)

1 はじめに

本稿は 2011 年 11 月に開催された実環境でのロボットつくばチャレンジ 2011 に出走したチーム学大馬群に関するものである。筆者らのチームは少数の学生のみで構成されているため、開発に充てられる費用も限られている。そこで、限られた予算の中で可能な限り長い距離を走ることが今年の本チームの目標とした。

2 自律制御ロボットの仕様

筆者らのチームは今年が初めての出場であるため、ロボットの機体から作った。既製品の電動車椅子などを利用する案もあったが、エンコーダー取り付けなどに難航すると考え、自作することにした。機体の写真を図 1 に示す。

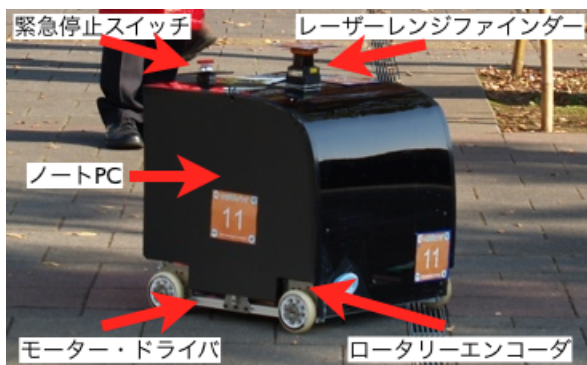


図 1 自律制御ロボットの外観

2.1 ハードウェア

ロボットのハードウェア構成を図 2 に示す。

ロボットは計 4 本の駆動輪を持ち、左右の駆動輪の速度差を利用して進行方向の変更を行えるようになっている。片側の前後の車輪はタイミングベルトを用いて同期され、実環境の段差によってタイヤが浮くような事態が生じても駆動輪が接地するようにしている。

モーターにはマブチ製の RS-555(84W) を用い、ロボットの駆動輪にはその摩擦係数の高さから、直径 100mm のローラースケートのものを用いた。

ロボットの電源はモーター駆動に伴う電圧降下のセン

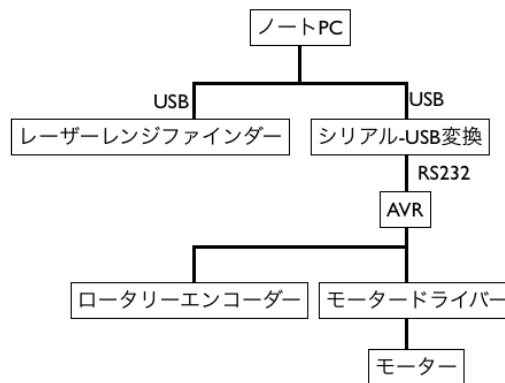


図 2 ハードウェア構成

サ系への影響を考慮して、モーター駆動用とそれ以外に分けた。モーター駆動用のバッテリーは、リチウムポリマー電池 (12V, 5Ah) を利用し、その他センサー系へのバッテリーは、鉛シールド電池 (12V, 12Ah) を利用した。

また、非常停止ボタンが押されると電磁リレーを用いた回路によって、モータードライバへの電源供給が絶たれるようになっている。

2.2 ソフトウェア

自律制御アルゴリズムは、予め用意した地図に、現在の周辺地図を重ねあわせながら自己位置を推定し、経由地を通過しながら走行するものとなっている。

地図作成には、走行コースでロボットを人間が操作して走行させ、ロボットが移動するごとに、レーザーレンジファインダーから得られる周辺の障害物までの距離を周辺地図として扱い、以前までの大域地図データと重ね合わせる。重ね合わせには、ロータリーエンコーダーから得られるロボットの移動距離と回転を元に周辺地図を移動して、大域地図に重ね合わせる。しかし、ロータリーエンコーダーから得られる情報は路面の段差などの外乱の蓄積から誤差が生まれるため、その補正を行う必要がある。補正には ICP (Iterative Closest Point) と呼ばれるアルゴリズムを利用している。ICP は二つの点群を与えると、その点群同士をパターンマッチし、点群同士の移動距離と回転を出力する。それら出力を周辺地図に適用し、大域地図に追加する。このとき、ロボットの自己位置も補正をかけ、その自己位置も自律制御時の走行ルートと

して保存しておく．これらを繰り返すことで，自律走行に必要な大域地図と，走行ルート of データを作成できる．

自律制御は，地図作成時の走行ルートの各座標を経由地として扱い，ロボットはその経由地を目指し移動する．移動時に利用するロボットの自己位置は，地図作成時と同様にロータリーエンコーダーから得た自己位置を，ICP を利用し補正する．ただし，自律制御時には地図作成時には存在しなかった，人のような走行上の障害物が想定されるため，障害物回避のアルゴリズムが必要となる．障害物回避にはポテンシャル法を用いた．ポテンシャル法は，周辺地図の点群がロボットに対して斥力を与えていると仮定し，ロボットの目的地を修正する手法である．これによってロボットは障害物の少ない方向へ移動することができる．

3 走行結果

トライアル 1 回目はスタート位置からおよそ 35m の位置で外灯に接触してしまった．原因追求のため，走行用マップデータを可視化したところ，回転角度にズレが含まれていたことがわかった．そこで，トライアル 2 回目に用いるマップデータは 1 回目のマップデータを人間が訂正したものをを用いることにした．

その結果トライアル 2 回目の走行では，50m の位置まで進むことができたが花壇に接触してしまった．これは，マップデータを人間が訂正しきれていなかった事が原因と考えている．

4 問題点

試走時にはロボットは障害物に衝突し，走行を断念することとなった．これには，ロボットが自己位置を見誤ったことと，障害物を回避することが出来ていないことが問題であったと見ている．

前者については，ロータリーエンコーダーからの自己位置の推定誤差を，レーザーレンジファインダーからの周辺地図データによって十分に補正できていないことが原因である．周辺地図のデータを元に ICP を行なっているが，地図作成時と自律制御時のデータが異なっているときに，その異なりを ICP の中で弾く際の判断に問題があるようである．また，ロータリーエンコーダーから得られる自己位置が，大きくズれることが想定されていなかったことも問題である．ICP で自己位置を補正する際に，ロータリーエンコーダーから得られる自己位置が大きくズれてしまった場合，期待されない補正が起きてしまう．特にその問題が多く起きたのは，視覚障害者向けの点字ブロックである．今回製作したロボットの車輪は直径 100mm 程度であるため，点字ブロック上で方向転換をした際に，車輪が引っかかってしまったり，それに影響されてもう一方の車輪が滑ってしまったりした．

後者については，レーザーレンジファインダーの取り

付け位置に問題があったようだ．前述したように障害物検知にはポテンシャル法を用いているが，当然ながらこれはレーザーレンジファインダーから得られる障害物までの距離にしか影響されない．つまり，レーザーレンジファインダーに捕捉されていない障害物は検知できておらず，レーザーレンジファインダーの設置位置よりも低い場所にある障害物に衝突することになってしまった．

5 改善策

まず ICP を行う際の，例外的なデータを弾く処理について改善しなければならないと考えている．現在の方法は，点群のパターンマッチを行う際には，ロボットの周辺地図の点群にそれぞれ最も近い点を，大域地図から取得し，それを対応点としている．この時，対応点が大きく離れているものを除外しているが，それだけの条件で選定すると，地図作成時と自律制御時で環境が大きく異なったときには，ほとんど手がかりが得られなくなってしまう．この改善策は検討中である．

そしてロータリーエンコーダーから得られる自己位置のずれについては，単純に車輪径を大きくすることと，前輪もしくは後輪を自由輪にすることで解決できると考えている．

障害物検知の問題については，このままではセンサー測定範囲外の障害物には対応できないことは明白なため，センサーを増やす必要がある．ただ，レーザーレンジファインダーは高額であるため，気軽に追加はできない．そこで，レーザーレンジファインダーは自己位置推定に重きを置いて利用し，障害物検知には超音波センサーなどの補助センサーを用いる方法が考えられる．もしくは別案として，いくらかのチームが行なっていたようにレーザーレンジファインダーを上下に振って 3 次元的に地図を作る方法がある．これは専用のハードウェアを作る必要があり，機械的精度も要求されるため容易には実現できない．そこで考えた方法として，レーザーレンジファインダーから照射されるレーザーの後方向の一部をミラーなどで前方下部に方向を変更させる方法である．これならば，後方向の情報が少々犠牲にはなるが，ミラーの取り付け位置と方向を合わせるだけで，前方下部の障害物については補足できるのではないかと，期待している．

6 最後に

今回，我々チームは初参加ということで，ロボットのハードウェア作成から，ソフトウェア作成まで，半年で一気に駆け抜けてきた．第一の目標とした実世界での自立走行と，それによる具体的な問題点の理解については達成したと考えている．これからは，また実世界で走行実験できる機会を期待し，問題点を踏まえた改善を継続していく予定である．