

クローラ型移動ロボット Kenaf を使用した屋外自律走行システム

吉田 智章^{*}, 小柳 栄次^{*}, 入江 清[†], 原 祥堯[‡], 岡田 佳都[§], 永谷 圭司[§]

Autonomous Outdoor Navigation System Using Tracked Vehicle Type Mobile Robot "Kenaf"

Tomoaki Yoshida[¶], Eiji Koyanagi[¶], Kiyoshi Irie^{||}, Yoshitaka Hara^{**}, Yoshito Okada^{††},
Keiji Nagatani^{††}

Abstract— We developed an autonomous mobile robot system for long distance navigation on pedestrian. The robot is based on 6 DOF autonomous tracked vehicle “Kenaf”, equipped with GPS receiver and two laser range scanners. Utilizing these sensors, the robot recognizes its destination. In this paper, its system structure and implementation strategy is described.

1. はじめに

人間と同程度に小型の移動ロボットを人間と共存して実環境で運用する事を考えたとき, 人間であれば無意識に歩行可能な階段, スロープ等を移動する能力をロボットが備えることは重要である. 特に屋外においては段差や凹凸を避けて通る事は難しい. また, ロボットが基本的に遠隔操作で動くか自律で動くかに関わらず, 周囲に危険を及ぼさないように周辺環境を常に把握して危険を回避する事も重要である. 本研究では実環境での運用の一例としてつくば市の遊歩道を 1[km] 走行することを課題として設定し, 自律で目的地に向けて走行するための移動ロボットシステムを開発した. ベースとなる移動ロボットプラットフォームに 6 自由度クローラ型移動ロボット “Kenaf” を使用し高い不整地走行能力を備える. 本稿ではそのシステム構成と実際の長距離走行の実装方針について述べる. またその有効性を検証するため, 遠隔操作で対象環境内を移動させての走行システムとセンサの評価について述べる.

2. 戦略

2.1 目標タスク

茨城県つくば市の遊歩道, 北緯 36.07665[deg], 東経 140.1172[deg] 付近から南東に 1[km] を対象環境とし, この間を自律走行することを目標とする.

2.2 方針

屋外の遊歩道を移動するため, 大域的な意思決定に GPS を, 局所的な意思決定にレーザレンジスキャナ (以下測域センサ) を用いる.

一般に GPS による単独測位の誤差はおおよそ 10-30[m] であるため, 道幅 2-4[m] の環境において全面的に依拠して走行するのは困難である. そこで, GPS は大まかな進行方向および現在位置の認識に使用する.

GPS で決定した目標方位へはオドメトリと測域センサを併用して歩道の走行可能領域を判断しつつ, 走行する. コース全域にわたり, 木, 植え込み, 壁等が存在するため, これらとロボットとの距離を測域センサで測定することにより, 走行可能領域を判断する.

遊歩道 1[km] の区間は, 橋やいくつかの異なるパターンの並木や植え込みがあり, これらに対しての人やロボットが移動できる領域の位置関係は複数のパターンがあり一定ではない. そこでこれらいくつかのパターンの環境を認識, 走行するためのパラメータや例外規定をあらかじめ準備しておくことにした. これらのパラメータは, GPS とオドメトリによって大まかな自己位置を推定すること, および測域センサでランドマークを検出することによって順次切り替えて用いる.

3. システム構成

3.1 ハードウェア

システムのプラットフォームにはクローラ型移動ロボット “Kenaf” を利用する. “Kenaf” は “Hibiscus”¹⁾ をベースに, より安定した不整地走行性能を持たせたロボットで “Hibiscus” と同様に 4 つのサブクローラ用アームをもつ 6 自由度のクローラ型移動ロボットである. 電源はリチウムポリマー充電電池を 36[V] 4200[mAh] と 16[V] 4200[mAh] の 2 組搭載し, 連続 1 時間以上動作できる.

3.2 コントローラ

2 個のメインクローラと 4 個のサブクローラ用アームの駆動には 6 個のブラシレス DC モータを用い, これらの駆動に 3 個のモータコントローラを搭載する. それぞれのモータコントローラは SH2 を搭載し, CAN を

^{*}千葉工業大学

[†]株式会社 ACCESS

[‡]つくば知能ロボット研究会

[§]東北大学

[¶]Chiba Institute of Technology

^{||}ACCESS CO., LTD.

^{**}Tsukuba Intelligent Robot SIG

^{††}Tohoku University

経由して送られる指示に従って2つのモータを制御する。特にメインクローラ用モータのコントローラには、ヨー軸角速度計測用にジャイロを接続し、この計測値と2つのクローラの速度からのオドメトリ計算と、直線追従等といった走行制御を行う。

3個のモータコントローラを統括制御するのは、CANバスとCANUSBブリッジで接続された組み込みPCで、ここでロボットの意思決定を行う。組み込みPCはAMD GeodeLX800を搭載し、カスタマイズしたGentoo Linuxで動作する。

3.3 センサ

“Kenaf”には3軸加速度センサと1軸ジャイロが載っているが、屋外の歩道を自律走行するためにさらに測域センサURG-04LXを2台とGPS受信機を追加した。測域センサのうち一つは高さ50[cm]に下向き16[deg]に取り付け、前方約170[cm]の路面を監視する。もう一つは高さ20[cm]に水平に取り付け、周囲の生垣や壁、障害物を検出するのに用いる。どちらも統括制御PCにはUSBで接続し、1[sec]に10回測定する設定で用いる。

GPS受信機はu-bloxのチップセットが搭載のSBAS対応の物を用い、ロボットのもっとも高い位置、高さ約60[cm]に取り付けた。ロボットの統括制御PCにはUSBで接続し、1[sec]に1回測定する設定で使用する。

4. 評価

対象環境においてリモートコントロールによって約50[cm/sec]で走行させ走行性能とセンサの評価を行った(Fig.1)。また、走行中に取得できるGPSによる測位結果と測域センサの測定結果はすべて記録し走行後にオフラインで検討した。



Fig.1 Trial

連続で走行するとモータドライバの温度が上がってしまうため、およそ100[m]程度走行する毎にしばらく停止して冷却することを繰り返したが、約55[min]で

1[km]離れたゴールに到達した。この時バッテリーの残量は1/3程度残っており、この速度で走行する場合には十分に1[km]走行可能であることがわかった。

GPSについてはコース全域で7個から10個の衛星を使って測位できた。位置の誤差は、記録した位置をGoogleMapsの地図に重ねて確認したところ走行経路の法線方向に最大で15[m]誤差があった。経路沿い方向の誤差も同程度であると期待されるので、走行方法の切り替えのための大まかな現在位置認識には十分な精度だと考えられる。

測域センサについては最大でも数メートルおきに木、植え込み、壁、橋の手すりなどの存在を、少なくとも人がデータを見て十分に判別出来る程度に測定することができた。Fig.2に橋を走行中に記録した測域センサのデータを、ロボットのオドメトリを利用して3次元空間にプロットした図を示す(見やすさのために高さ5[cm]に満たない路面はプロットしていない)。この結果から、これらをランドマークとして認識することにより、コース全域に渡って走行可能領域を検出することができると考えられる。

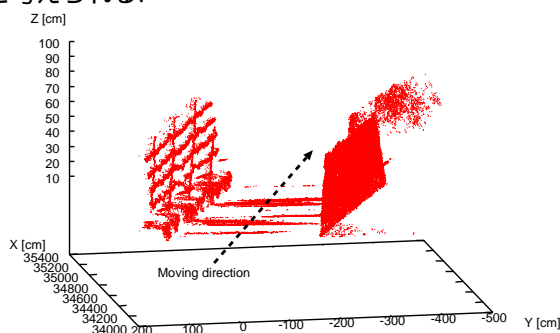


Fig.2 Log of range scanners(on the bridge)

5. まとめ

屋外の歩道を自律走行するための移動ロボットシステムについて述べた。リモートコントロールによる試験走行の結果により、本システムで歩道を1[km]自律走行する見通しが立ったと考える。

6. 謝辞

本研究はNEDOの支援を受けて千葉工業大学、東北大学、岡山大学、筑波大学、産業技術総合研究所、情報通信研究機構が開発した移動ロボットプラットフォーム、“Kenaf”を利用して行いました。ご協力いただいた各位に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 吉田 智章, 小柳 栄次:“前後に2対のサブクローラ用アームを持つ6自由度クローラ型移動ロボット“Hibiscus””, 第7回計測自動制御学会(SICE)システムインテグレーション部門講演会, 3A1-4, 2006.12