

# 同伴者追跡技術を援用した RTK-GNSS による車椅子ナビゲーション

韓 佳孝 鈴木 亮太 小林 貴訓

埼玉大学 理工学研究科

## 1. はじめに

近年、自動運転技術への期待の高まりと共に、自律移動ロボットのナビゲーションにも注目が集まっている。自律移動ロボットは、多様なセンサを利用して環境と自身の状態を認識し、目標地点まで自律的に移動することが求められる。屋外では、Global Navigation Satellite System (GNSS) が自己位置推定に有効であるが、GNSS だけでは主に遮蔽の問題で精度が不足し、小型のパーソナルモビリティへの適用が難しいことがある。そのため、GNSS に依存しない他のナビゲーション技術のとの併用が求められる。特に、GNSS と慣性ナビゲーションシステム (INS) が併用されることが多い。INS は物理法則に基づき、位置や速度情報だけでなく、姿勢や他の関連データも提供する。また他の手法として、レーザセンサを用いる手法は高精度な位置推定が可能であり、屋内環境では GNSS で起こっていた問題が発生しにくい。本研究では、GNSS と INS を組み合わせ、さらにレーザセンサを利用して、複雑な環境での車椅子ロボットの自律的なナビゲーションをめざす。

## 2. 提案手法

### 2.1 RTK-GNSS を用いた測位

本研究では、GNSS ナビゲーションシステムとして、RTK (リアルタイムキネマティクス) - GNSS を使用する。RTK-GNSS は複数の GNSS 衛星から信号を受信し、位置を特定すると共に、基地局の情報を援用することで、大気の影響などの衛星測位の誤差を計算できる。これらの誤差情報はネットワークを介して、リアルタイムでモバイル受信機に送信され、修正に用いられる。RTK-GNSS の位置特定能力は単独の GNSS センサよりも優れており、衛星の遮蔽が無ければセンチメートルレベルの精度があるため、小型のパーソナルモビリティのナビゲーションにおいて有用である。

### 2.2 RTK-GNSS を用いた車椅子ナビゲーション

文献[1]の手法に基づき、GNSS を用いてロボット車椅子をナビゲーションする。まず、目的地

RTK-GNSS based Navigation for Autonomous Wheelchair  
Incorporating Companion Tracking Techniques  
Jiaxiao Han, Ryota Suzuki, Yoshinori Kobayashi,  
Graduate School of Science and Engineering, Saitama University

の経度と緯度が与えられると、図 1 のように初期位置 (PreviousPos)、及び目的地までの距離  $a$  と方位角  $\alpha$  を得ることができる。

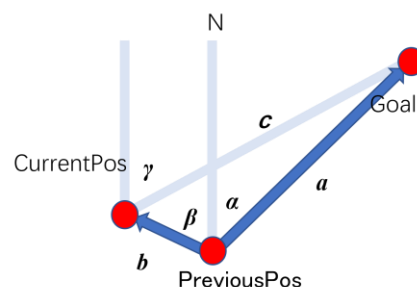


図1 移動計画

次に、ロボット車椅子が図 1 の現在位置 (CurrentPos) に移動すると、移動距離  $b$  及び、方位角  $\beta$  に加え、目的地までの距離  $c$  と方位角  $\gamma$  を得ることができる。これらの情報に基づいて、次の時刻でのロボット車椅子の移動量  $c$  とステアリング角度 ( $\beta + \gamma$ ) を計画する。これを目的地に到着するまで繰り返す。

ロボット車椅子の移動は、文献[1]のように PID 制御に基づく軌道追従制御アルゴリズムにより行う。特に重要となるステアリング制御の概要を図 2 に示す。 $\alpha$  は現在の車椅子の方位角であり、 $\beta$  は目的地の方位角である。 $\alpha - \beta = \gamma$  は必要な目標ステアリング角度であり、これを PID 制御の目標角度とする。

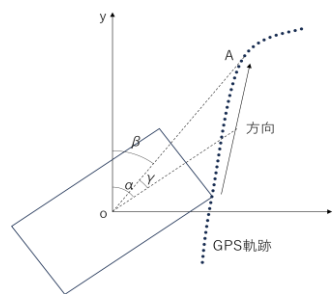


図2 ステアリング制御

### 2.3 IMU センサを用いた車椅子の向き調整

IMU は、加速度センサとジャイロスコープでロボット車椅子の加速度と姿勢を測定し、コンパスで車椅子の現在の方位角を計測できる。RTK-GNSS のみを用いた場合は、前方にある程度進むまでロボット車椅子の向きが分からないため、

目標が後方にある場合には向きを変えるまでに時間がかかり、移動に時間がかかる。一方で、IMU を用いると発進する前に向きを把握し、方向転換を準備することができる。これにより、目標地点までのルートをより早く決定することができ、ナビゲーションに有利になる。

### 2.4 レーザセンサを用いたナビゲーション

本研究では、レーザセンサを用いて車椅子の同伴者を追跡し、車椅子のナビゲーションに利用する。レーザセンサは車椅子の背もたれ部分のフレームを延長して同伴者の肩の高さに水平に設置し、同伴者の身体的位置と向きを、パーティクルフィルタを用いて追跡する[2]。レーザセンサによって同伴者の肩の輪郭形状の一部が得られることから、これを楕円の輪郭形状の一部と近似し、身体的位置と向きを推定する(図3)。

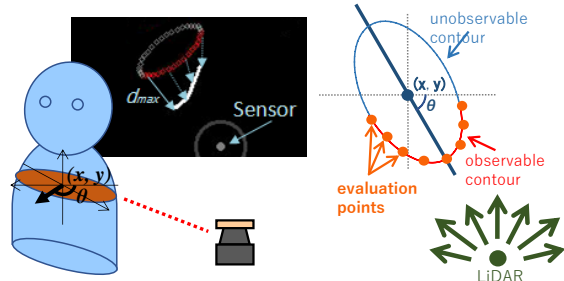


図3 同伴者の追跡

このようにして得られた、車椅子からの相対的な身体的位置に基づいてロボット車椅子の前進や停止、後進を行う。また、得られた身体の向きに応じて回転動作を行うことで、同伴者と横に並んで追従することができる(図4)。

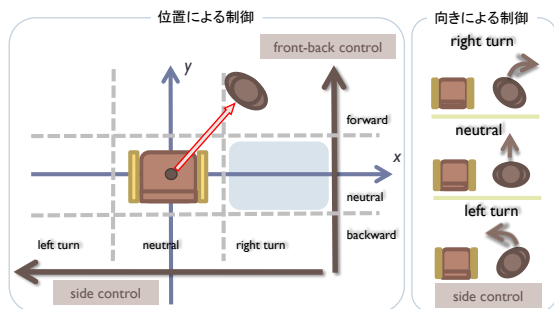


図4 車椅子の同伴者への追従

### 2.5 RTK-GNSS とレーザセンサの適応的利用

移動する前に、GNSS センサとレーザセンサの利用状況を確認する。GNSS を使用できる場合は、優先的に GNSS を使用する。GNSS 信号が信頼できない場合でも、レーザセンサによるナビゲーションが利用可能であれば、それを採用する。両方が動作しない場合は停止する。

具体的には、RTK-GNSS 運用中、車椅子が屋内などの遮蔽された環境を通る場合、GNSS による位置計測が正確に行われず、RTK 演算の結果の信頼度が低い float 状態となる。その場合は、レーザセンサを使用してナビゲーションを続ける。その間、GNSS 信号を継続的に確認しておく。遮蔽された環境を離れ、RTK-GNSS 信号が正常に復旧したことを検出したときは、再び RTK-GNSS ナビゲーションシステムを利用する。

### 3. 実験

大学構内で走行実験を行った。屋根があるエリアを含むルートを設定し、目的地と出発点は屋根の外側とした。開けた地形では GNSS 信号が良好だが、屋根の下では GNSS 信号が急速に劣化する。屋根から離れると、GNSS 信号の状態が復元される。実際のルートを図5に示す。実験の結果、ロボット車椅子は自動的に目的地に移動し、目的地に到着後、移動が停止することを確認した。



図5 実験ルート

(国土地理院空中写真をもとに作成)

### 4. おわりに

単体の GNSS ナビゲーションの制約に対処するため、RTK-GNSS、IMU、およびレーザセンサを組み合わせたナビゲーション手法を提案した。今後はレーザセンサを用いた自律移動システムとの統合を行ってゆく予定である。

### 参考文献

- [1] X. Desheng et al., "Trajectory Tracking Control of Wheeled Mobile Robots Based on RTK-GPS," ROBOT, vol.39(2), pp.221-229, 2017.
- [2] 小林ら, "同伴者の振舞いの観察に基づいて自動併走するロボット車椅子," 情報処理学会論文誌, vol.53, no.7, pp.1687-1697, 2012.