

令和 6 年 6 月 20 日現在

機関番号： 51601
研究種目： 奨励研究
研究期間： 2023 ~ 2023
課題番号： 23H05149
研究課題名 準天頂衛星「みちびき」を活用した自動運転教材用測位システムの試作

研究代表者

谷地 藍 (Yachidate, Ai)

福島工業高等専門学校・その他部局等・技術職員

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 480,000 円

研究成果の概要：本研究は、準天頂人工衛星“みちびき”から送信されるCLAS信号（補正信号）を利用し、自動運転化技術に必要なセンチメートル級の自己位置推定を、教育機関でも導入できるよう安価に実現することを目的とする。
現在センチメートル級の測量方法として一般化しているRTK-GNSS(RG)測位と、みちびきによる単独測位の比較を行い、両者とも自動運転に必要な「車線の判別」が可能な精度が得られた。また、各測位方法を教育機関で利用する際の利点・欠点も明らかにした。自動運転の技術検証用に3輪の小型車両を試作し、自動走行させることに成功した。測位システムの導入を10万円程度の費用で実現することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

少子高齢化が急速に進む現代社会において、交通インフラ・物流における人手不足は深刻さを増し、過疎地域での交通弱者や高齢者ドライバー事故など、様々な社会問題が山積している。これらの問題を解決するために自動運転化技術に取り組む技術者を早急に育成する必要がある。
本研究結果から、これまで技術的な難易度や、費用の面から導入が難しかった教育機関で広く利用できる自動運転教材用の測位システムを試作することができた。本システムを使用して、より多くの学生に自動運転化技術を体感してもらうことで、将来的な技術者人口を増やし、国や地域の実情に合わせた多種多様の自動運転インフラ整備の一翼を担う活動を行っていく所存である。

研究分野： 電気工学

キーワード： 準天頂人工衛星みちびき センチメートル級測位 自動運転化学習教材

1. 研究の目的

本研究では、準天頂人工衛星“みちびき”から送信される CLAS 信号（補正信号）を擬似的に再現し、自動運転化技術に必要なセンチメートル級の自己位置推定を、教育機関でも導入できるよう安価に実現することを目的とする。現在測量方法として一般化している RTK-GNSS (RG) 測位を援用し、同時にこの RG 測位により得られる位置データをみちびきが発する CLAS 信号タイプの信号へ変換することにより、あたかもみちびきのシステムによる測位を利用した自動運転のように体感される教習用の自動運転教材を製作する。

2. 研究成果

(1) 研究計画の修正

研究計画申請時、人工衛星みちびきの信号を受信するためのアンテナやモジュールが非常に高価であったため、比較的安価な RG 測位用の機材を用い、みちびきの測位環境を再現し、シミュレーション環境を構築する計画だった。申請から採択、研究開始までの期間中に、RG 測位機材と同程度の費用で導入できるみちびき測位用機材が市場に流通し始めたため、教育機関で実用できるか（導入難易度・測位精度）の検証も同時に実施した。

(2) 導入機材

①RTK-GNSS 測位

RTK-GNSS 測位では、u-blox 社製の 2 周波 RTK モジュール ZED-F9P を使用したシステム開発用ボード F9PX1（ジオセンス社製）を 2 台（基準局用と移動局用）導入した。

②みちびき（L6 バンド：補正信号受信）単独測位

人工衛星みちびきを利用した単独測位では、同じく u-blox 社製の みちびき CLAS L6 受信用モジュール NEO-D9C を使用したシステム開発用ボード D9CX1（ジオセンス社製）を導入した。RG 測位で使用した F9PX1 と組み合わせて計測することで、L6 バンドで補正された現在位置を取得できる。受信基板は屋外で使用することを想定し、基板保護のため 3D プリンターとレーザー加工機を用いて外装ケースを製作した（図 1 参照）。

③衛星信号受信用アンテナ

世界各国が運用している GNSS 衛星の周波数帯とみちびき（QZSS）衛星の周波数帯に対応したアンテナ選定した。基準局用に、比較的大型で受信感度が高い JCA228B（JC Antenna 社製）、移動局用に小型軽量の BT-345AJ（BEITIAN 社製）を導入した。

④受信信号解析・サーバー用 PC

受信した信号を解析し、RG 測量の際に基準局の測位データを移動局に送信するためのサーバー構築用としてノート PC を導入した。信号解析用のソフトウェアは受信モジュールの開発元である u-blox 社から提供されている u-center を使用した。

(3) 測位方法・結果の検証

①RTK-GNSS 測位

測位場所は、福島高専構内とし、基準局を電気電子システム工学科棟の屋上に設置した（図 2 参照）。RG 測位では、基準局からの補正信号を移動局に送信する必要があるため、基準局の真下に位置する実験室内に WiFi ルーターを設置し、サーバー用 PC と移動局用 PC を無線接続した。測位範囲は、WiFi に安定して接続できる実験室の周辺とし、測位を実施した。基準局の座標はスタティック測位法により、24 時間測位した結果から求めて設定した。

RG 測位は、理論上センチメートル級（3, 4cm 程度）の精度が出せるとのことだったが、静的測位を実施した結果、今回の測位環境では概ね 30cm 程度の誤差となった。測位精度の改善策として、基準局の座標を電子基準点のデータを用いてより正確に求めることや、移動局のアンテナをさらに感度高いアンテナに変更することが考えられるが、自動運転学習用教材に用いるために必要な「車線の判別」に利用するには十分な精度が得られた。

②みちびき（L6 バンド：補正信号受信）単独測位

みちびきによる単独測位は RG 測位と可能な限り同じ条件とし、測位範囲も同等とした。RG 測位の基準局として使用したアンテナを、みちびきの単独測位用として利用した。静的測位実験の結果、概ね 50cm 以内の誤差に収まり、RG 測位よりは誤差が大きくなったものの、こちらも自動



図 1 衛星信号受信基板



図 2 設置した基準局

運転学習教材に十分利用可能な精度であることが確認できた。また、動的測位（アンテナを手に持ち実際に移動しながら測位）を行ったところ、図3に示す結果が得られた。図3は、動的測位により記録した座標の時間変化を、GoogleMap上に描画した様子を示している。車1台分の通路（幅約5m）を往復した際に、①行きと帰りで道の右側・左側を移動した様子や、②遮蔽物の下（渡り廊下の屋根）を通過したときの座標、③半円形のベンチを通過したときの座標が精度良く記録できている。これらの結果から、今回検証した安価な受信モジュール・アンテナを使用したみちびきによる単独測位でも、自動運転学習教材に必要な精度が得られることが確認できた。



図3 動的測位による移動座標の記録

(4) 教習用自動運転教材の試作

これまでの実験結果から、みちびきによる単独測位を自動運転学習教材の走行ルート算出に利用できる精度があることが分かったため、教材のベースとなる車両の製作に着手した。試験用に製作する初めての車両であることから、できるだけシンプルな構造とした。図4に製作した車両を示す。車両構造はインホイールモーターによる2輪駆動方式で、キャスターで支持する3輪車型とし、アルミフレーム用いて構成した。制御はRaspberry PiにインストールしたROS(Robot Operating System)で行い、みちびき受信モジュールとI2C通信で接続した。インホイールモーターはArduino Unoから、CAN-BUS通信(オリジナル製作のシールド)で制御し、Raspberry PiとArduino UnoはUSBケーブルで接続(シリアル通信)した。図5に実際の走行の様子を示す。現状、車両の現在位置から指定した座標まで直線移動させることができ、目的地までの座標を詳細に入力することで、自動走行させることに成功した。



図4 開発した車両



図5 試験走行時の様子

(5) 総括と今後の展開

本研究では、RG測位とみちびきによる単独測位を教育機関に導入する上での難易度を検証し、実際に開発した車両で試験を実施した。どちらの測位方法でも、自動運転に必要な十分な精度が得られることが分かった。導入費用については両者ともに1セット約10万円であるが、サーバーや無線通信環境を必要としないみちびきによる単独測位の方が難易度は低く導入に向いている。これから様々な低価格製品が市場に出回ることも予想される。一方、より精度が求められる場合にはRG測位が依然有利であり、これまで様々な分野で利用されてきた実績から、信頼度や情報量が多いため、状況に応じて使い分けることも必要である。今後の展開として、自動運転教材用の車両にLiDARやステレオカメラを搭載し、通行できる座標をあらかじめ設定することで、遠く離れた目的地まで自動走行可能な機能を持たせ、教育現場で有効活用していく予定である。

主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 谷地 館藍
2. 発表標題 ROSを用いた自動運転化技術における初学者向け実習教材試作と評価
3. 学会等名 電気学会 基礎・材料・共通部門大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

研究組織（研究協力者）

氏名	ローマ字氏名
----	--------