

授業内実習で使用するわかる自作 RTK-GNSS 装置の課題と改良の取り組み

長岡工業高等専門学校 非会員 ○土田 勝範, 正会員 川上 周司

1. はじめに

建設現場等で用いられる測量の一つに、RTK-GNSS(Real Time Kinematic - Global Navigation Satellite System)測量がある。RTK-GNSS とは、基準局からの補正情報と移動局の観測データの組み合わせと測位衛星が出す電波を用いることで三次元の位置を求める測位方法であり、衛星測位システム(GNSS)の誤差補正を行うことで誤差が数 cm となる高い精度を実現する高精度測位技術である。RTK-GNSS の測量機器は、測量業がスムーズに行えるように受信したデータや既知である測点のデータ等を利用し、平均網等の計算を行い求めた測量成果から帳票作成等を行えるようにシステム化されている。しかし、このような業務用システムは一般的には高価であり、高専等における実習で RTK-GNSS を用いた測量を行おうと考えると複数台の所有は難しく、個別班での深度の高い実習はほとんどできていないのが実情である。また RTK-GNSS の高精度測位技術は、ICT 施工においても重要な役割を担っており、3 次元設計データの作成やマシンガイダンス、マシンコントロールをはじめとする重機の制御にも利用されており、測点上での観測以外の使われ方も学ぶべき課題となっている。

近年、RTK-GNSS 対応の GNSS モジュールの低価格化が進んだことにより、このモジュールを利用した自作の RTK-GNSS 装置を用いて業務用の RTK-GNSS と同程度の精度を達成する報告がなされている¹⁾。このような安価な自作の RTK-GNSS 装置を用いれば測量実習においても複数台の装置を利用することが可能になると思われる。本報告では RTK-GNSS の試作機(以降、自作装置)を作成し、実際に授業内実習で使用することで課題の抽出を行い、より実習に適した試作機の利用方法や装置の改良を目的とした。

2. 実験方法

2.1 作成した移動局(初号機)

移動局は、GNSS 衛星の電波を受信するアンテナに JCA228E を、RTK-GNSS 対応の GNSS モジュールに ZED-F9P を、コンピュータに Raspberry Pi 4 を、モニターに Raspberry Pi 公式の LCD モニターを使用して作成を行った。また、上部の空きスペースに方位が分かるように方位磁針を取り付けた。



図 1 移動局(改良版)

2.2 改良した移動局(改良版)

移動局を用いて任意の測点に誘導する際に、方位磁針と画面を見ながら手動で方向を合わせる作業が発生し複雑な操作を要したため、方位磁針の代わりに地磁気センサーを用いる方法に改良した(図 1)。地磁気センサーの出力値は、マイコン(RP2040)を通じてコンピュータに送られ、コンピュータのモニター上で方向を自動で合わせるように改良した。

2.3 静止観測用移動局と移動観測用移動局の二種類に

地磁気よりも強い磁力を持つ場所での使用にも対応を要したため、移動局(改良版)を静止観測用移動局(方向を使わない)とし、新たに移動観測用移動局(方向の取得に GNSS アンテナを 2 個使う方法)を用意した(図 2)。



図 2 移動観測用移動局

2.4 実習方法について

測量実習において、RTK-GNSS 測位の精度確認が行う方法として以下の三つの実習を行った。まず、二点の測点に対し、移動局を点上に設置し座標を測定し、そこから二点間の距離を求める実習(以降、二点間距離)を行った。次に、指定した位置とのズレを知らせることで指定位置へ導く実習(以降、誘導)を行い、最後に記録したデータからオンライン地図上に移動軌跡を表示する実習(以降、オンライン地図)を行った。これらの高精度測位技術の体験を通じて学生には RTK-GNSS 測位の重要性を理解して頂いた。

3. 結果

3.1 実習により得られた課題

自作装置を用いて測量実習を行ったところ熱対策の課題に直面した。測量実習の時期が7月初旬～下旬で行っていたが、ここ数年の気温が著しく上昇し、気温が35℃を超える日も観測されるようになってきた。自作装置はGNSSアンテナの上空を遮るものが無いようにして使用するため、直射日光を避けて使用することは難しい。そのため、自作装置は気温以上の温度に晒され、屋外での使用を想定して作られていないコンピュータやモニターに問題が発生してしまった。コンピュータは熱暴走を防ぐために処理速度の低下が起こり、モニターは熱による白色化が発生した。安価な自作装置は炎天下での利用を想定しておらず、業務用のGNSS装置と比較しても直射日光の熱対策が極めて重要であることがわかった。



図3 静止観測用移動局

そこでGNSSアンテナからの電波を受信して処理を行う部分(以降、受信処理部)と処理が終わり得られた結果をモニターに表示する部分(以降、画面表示部)を切り離すことで、熱暴走や白色化が起き問題となった画面表示部を、直射日光を避けた日陰で利用できるようにすれば熱対策ができると考えた。受信処理部と画面表示部のデータ通信は無線化を行い、コンピュータもRaspberry Pi 4から現場用PC(TOUGHBOOK)に変更(図3)することでモニターも変更され、熱暴走や白色化を激減することができた。また、測点上への設置作業は、本体が軽量化されたことにより、今までよりも容易に行えるようになる利点もあった。欠点は現場PCを通じてしか動作状況が確認できないことであった。移動観測用移動局も受信処理部と画面表示部のデータ通信の無線化やデータ更新速度の変更(5Hz→2Hz)を行ったが、誘導はモニターを見ながら移動する必要があるため、モニターについては使用する直前まで日陰に置く等の対策しかできなかった。

3.2 改良した自作RTK-GNSS装置を用いた測量実習

静止観測用移動局を用いて二点間距離の計測を行う実習を行った。学生がその場で作った任意の測点を使用し、静止観測用移動局で得られた二カ所の位置から求めた距離と巻き尺で計測した距離とを比較を行った。結果は3mmの誤差であり、学生が使っても正しく計測することができた。さらに計測結果をオンライン地図に表示することで、観測場所が視覚的にもわかり理解が深まった。

移動観測用移動局を用いた誘導は、7月下旬の実施であったが、20分程度の実習であれば、熱暴走やモニターの白色化はみられなかった。実際の授業設計を考えても実習に耐えられるだけの装置が作成できたと考えられる。

3.3 一般参加者(学園祭)による自作装置の利用

移動観測用移動局の授業内実習以外の使用として、学園祭で「RTK-GNSSで地上絵を」の企画(<https://www.nagaoka-ct.ac.jp/75781/>)を行った。この企画では、地上絵作成前に簡単な説明を行い、移動観測用移動局を使用して地上絵の骨格となる位置に移動して点を作り、必要に応じて点と点を結ぶ線を引くことで地上絵を完成させていく形で行われている。



図4 地上絵の完成

4. まとめ

本研究により自作したRTK-GNSS装置を用いて測量実習を行い、課題の抽出や装置の改良を行った。安価な自作装置を作成することで複数班での実習が可能になり、より教育効果の高い実習が可能になると思われる。

5. 参考文献

- 1) 山中 蛍, 後藤 秀昭, 竹内 峻, 中田 高, 小型で廉価な簡易RTK-GNSS受信機の作成と地形研究への適用, 2020年度日本地理学会春季学術大会要項集, 2020.
- 2) 土田勝範, RTK-GNSS体験教材機の開発, 科学研究費(奨励研究), 2022, JP22H04228