

## (5) 災害調査支援システムに用いる RTK 受信機の性能評価

桐山 魁<sup>1</sup>・大泉 拓也<sup>1</sup>・前田 裕太<sup>2</sup>・神田 絢子<sup>2</sup>・岡本 修<sup>3</sup>  
猿渡 雄二<sup>4</sup>・山野 亨<sup>4</sup>・河井 恵美<sup>4</sup>・荒木 義則<sup>4</sup>  
森安 貞夫<sup>5</sup>・高田 知典<sup>6</sup>

<sup>1</sup> 学生会員 茨城工業高等専門学校      <sup>2</sup> 非会員 茨城工業高等専門学校

<sup>3</sup> 茨城工業高等専門学校 (〒312-8508 茨城県ひたちなか市中根 866)  
E-mail:okamoto@ss.ibaraki-ct.ac.jp

<sup>4</sup> 中電技術コンサルタント(株) 先進技術センター (〒734-8510 広島県広島市南区出汐二丁目 3 番 30 号)  
E-mail:saruwata@cecnet.co.jp

<sup>5</sup> (株) 近計システム東京支社社会システム事業部 (〒116-0014 東京都荒川区東日暮里 6-60-10 日暮里駅前中央ビル)  
E-mail:moriyasu@kinkei.co.jp

<sup>6</sup> フェロー会員 高田技術コンサルタント (〒364-0014 埼玉県北本市二ツ家 2-237)  
E-mail:tomonori.takada@ceres.ocn.ne.jp

九州北部地方や中国地方では多大な人的被害を及ぼす豪雨が発生しており、特に山間部では豪雨に伴った土砂災害が起こっている。土砂災害発生時には、被害拡大を防ぐために迅速な土砂災害調査が必要である。そこで我々は、最新のマルチバンド受信機を使用することで、作業効率や調査員の安全性の向上を目指す災害調査支援システムを開発している。本稿では、実際に土砂災害調査が行われた広島県の災害復旧現場において、開発するシステムに使用する受信機の測位性能を評価する。劣悪環境下における定点測位精度の確認を目的とした堰堤における実験では、水平方向の測位結果のばらつきが 22mm (2DRMS) 以下であることを確認した。森林中の測位性能の確認を目的とした森林中における実験では、水平方向の測位結果のばらつきが 6.4m (2DRMS) 以下であることを確認した。

**Key Words:** RTK, disaster investigation, GNSS, low-cost

### 1. はじめに

住宅が建ち並ぶ山間部では、豪雨に伴う土砂崩れや浸水被害が発生する恐れがある。九州北部地方や中国地方では、平成 29 年 7 月九州北部豪雨や平成 30 年 7 月豪雨などの豪雨被害<sup>1)</sup>が多数起きており、豪雨に伴った土砂災害が発生している。土砂災害による被害拡大を阻止するためには、迅速な土砂災害調査が重要となる。災害調査では、構造物の破損状況を確認するため、変位等を測量したり、落石の危険がある巨石の変位を監視する等の作業がある。また、調査員への作業位置や安全確保のため、現在位置や移動経路を正確に把握する必要がある。そこで我々は、スマートフォン等の ICT 機器や UAV を活用することで、作業効率や調査員の安全性の向上を図る災害調査支援システム(以後、本システム)を開発する。現状の本システムは、位置情報の取得にスマートフォン内蔵の受信機を使用しており、災害

調査を行う森林や構造物の存在する環境では高感度受信機特有のマルチパスを起因とする数十メートル以上の測位値の飛びが発生する問題がある。この問題を解決するため、最新のローコストマルチバンド受信機を用いた RTK (Real Time Kinematic) 法<sup>2)</sup>を採用する。RTK 法は、自動運転<sup>3)</sup>やロボットの自律走行への応用<sup>4)</sup>が期待されている衛星測位法である。近年、コンシューマー向け受信機メーカーの市場参入により、数万円のマルチバンド受信機による RTK 法が可能となり、これまでのローコストシングルバンド受信機による RTK 法の活用範囲に比べ、多くの環境で精度数 cm で位置情報を得ることが期待される。我々は、平成 30 年 11 月 29 日に広島県広島市安佐南区八木地区の災害復旧現場において試行実験を行い、マルチバンド受信機はシングルバンド受信機に比べて、周囲に森林や構造物が存在する環境において高い Fix 率であることや、森林の中において測位点の飛びが見られず、調査員の移動経路を把

握できることを確認した<sup>5)</sup>。本稿では、実際に災害調査が行われた広島県広島市安佐南区八木地区の災害復旧現場の砂防堰堤と森林中において、マルチバンド受信機の測位結果のばらつき及び、マルチバンド受信機の測位結果とトータルステーションの測量結果のずれを確認する。これらの結果から、災害調査支援システムに用いるマルチバンド受信機の性能評価を行う。

## 2. 災害調査支援システムの概要

我々は、土砂災害調査においてスマートフォンや UAV 等を使用し、作業効率や調査員の安全性の向上を図る災害調査支援システムを開発している。図-1 に本システムの概要を示す。本システムは、災害対策本部と地上調査班、UAV 調査班から構成される。地上調査班は、ウェアラブルカメラとスマートフォンのアプリケーションを用いて災害現場の調査を行い、調査結果を災害対策本部と共有する。UAV 調査班は、地上調査班の立ち入れない危険な場所を調査し、調査結果を災害対策本部と共有する。災害対策本部は、調査結果をもとに現場状況を把握し、調査班への指示や安否確認等を行う。また、本システムは GIS 機能を有しており、調査員の位置や現場の写真をクラウドサーバによって災害対策本部と共有する。しかし、開発中の本システムは、調査員の現在位置の把握をスマートフォン内蔵の受信機で行っており、高感度受信機特有のマルチパスを起因とする数十 m 以上の測位結果の飛びが発生する事がある。そこで、スマートフォン内蔵の受信機の代わりに最新の RTK 受信機を使用することで、高精度な測位結果を得ることができ、調査員の正確な位置の把握や構造物の点検の効率化が期待できる。

F9P（以後、マルチバンド受信機）と u-blox 社の NEO-M8T（以後、シングルバンド受信機）を使用した。表-1 に実験に使用した2つの受信機を示す。マルチバンド受信機は、RTK 測位では QZSS が未対応のため、測位計算に GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo を使用した。シングルバンド受信機は、

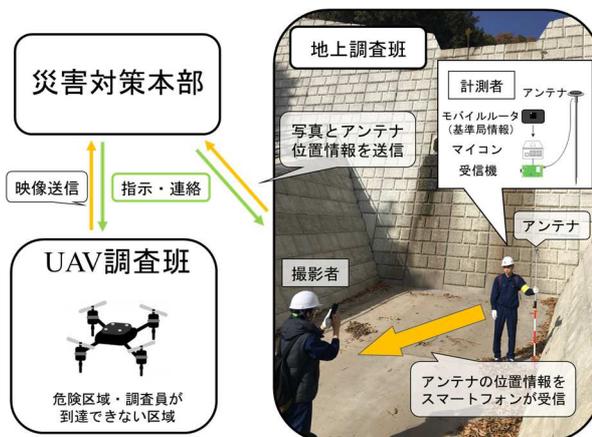


図-1 災害調査支援システムの概要



(a) マルチバンド受信機 (b) シングルバンド受信機 (c) アンテナ

図-2 受信機とアンテナの外観

## 3. 災害復旧現場における測位性能評価

### (1) 測位性能評価の概要

災害現場は、樹木や砂防堰堤などの上空を遮る障害物が存在するため、衛星測位にとって劣悪な観測環境である。本実験では、実際に災害調査が行われた広島県広島市安佐南区八木地区の災害復旧現場において、本システムに使用する受信機を用いて測位性能評価を行う。図-2 に実験に使用する受信機とアンテナの外観を示す。受信機は、u-blox 社 ZED-



図-3 基準局の設置状況と上空視界

表-1 実験で使用する受信機

機種	RTK Engine 搭載	使用衛星システム				寸法/質量
		GPS	GLONASS	BeiDou	Galileo	
マルチバンド受信機(F9P)	○	L1/L2	G1/G2	B1/B2	E1/E5b	57[mm]×55[mm]×18[mm]/約50[g]
シングルバンド受信機(M8T)	× (RTKLIB)	L1	—	B1	E1	57[mm]×55[mm]×18[mm]/約50[g]

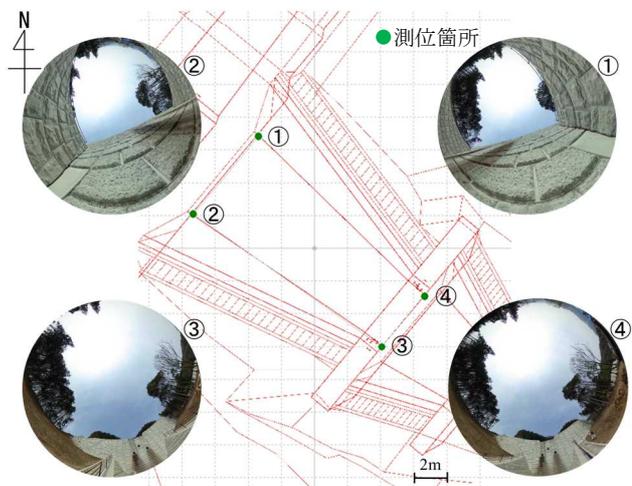
GLONASS と BeiDou の使用が排他的なため、GPS、BeiDou、Galileo を使用した。マルチバンド受信機は受信機内部で測位計算し、シングルバンド受信機はオープンソースプログラムパッケージの RTKLIB2.4.3b31 により後処理で測位計算した。図-3 に基準局の設置状況と上空視界を示す。基準局は、災害復旧現場からおおよそ 1km 離れた国土交通省中国地方整備局八木出張所の屋上に設置した。アンテナは基準局、移動局ともに、リッター社の TW3870GP (Tallysman 社の TW3870 に 10cm のグラウンドプレーンを付けたもの) を使用した。移動局は、アンテナを分配器を用いて 2 つの受信機に接続した。基準局は、マルチバンド受信機を使用し、モバイルルータの IP 通信によって補正データを移動局に送信した。



(a) 実験環境 (東から西へ向かって撮影)

### (2) 堰堤における測位精度評価

本実験では砂防堰堤において、本システムに使用するマルチバンド受信機の測位精度を確認する。実験は平成 31 年 3 月 29 日の午前 10 時 (以後、JST) から行った。図-4 に堰堤における実験の環境を示す。堰堤上流側の 2 点は壁に囲われており、上空が 7 割程度覆われている。実験では、4 点の測位箇所それぞれ測量ポールの気泡管を見ながらアンテナを整準し、45 秒間静止する。図-5 に堰堤における実験の水平方向の測位結果を示す。上空が 1/4 しか開けていない環境において Fix 解が得られ、測位結果のばらつきは、それぞれ 0.016m, 0.022m, 0.009m, 0.010m (2DRMS) であった。測位結果とトータルステーションの測量結果を比較した結果は、それぞれ 0.013m, 0.044m, 0.019m, 0.025m であった。



(b) 測位箇所と上空視界

図-4 堰堤における実験の環境

### (3) 森林中における測位性能評価

本実験では、森林中において、本システムに使用するマルチバンド受信機の測位性能を確認する。実験は平成 31 年 3 月 29 日の正午から行った。図-6 に森林中における実験の環境と実験経路を示す。実験経路は森林中を含む決められたコースを 1 周するもので、経路上に 4 台の三脚を設置した。4 台設置した三脚のうち 3 台は森林の中に設置しており、周囲に胸高直径が約 20~30cm の樹木が存在し、衛星測位にとって厳しい環境である。実験では、スタート地点で三脚に据えて Fix 解に収束させ、森林中を移動し、三脚にアンテナを据え 45 秒間測位する。図-7 に森林中における水平方向の測位結果を示す。シングルバンド受信機の測位結果では、数十 m 以上の測位点の飛びが見られた。マルチバンド受信機の測位結果は、Fix 解が 9.1%、Float 解が 88.4%、DGPS が 2.5% であった。また、測位結果が 5m 程度飛んでいるミス Fix が疑われる測位点があり、その後の静止地点の測位結果も 5m 程度オフセットした測位結果となった。図-8 に測位結果の拡大図を示す。測位結果のばらつきは、それぞれ 0.165m, 0.219m, 0.178m, 0.641m (2DRMS) であった。マ

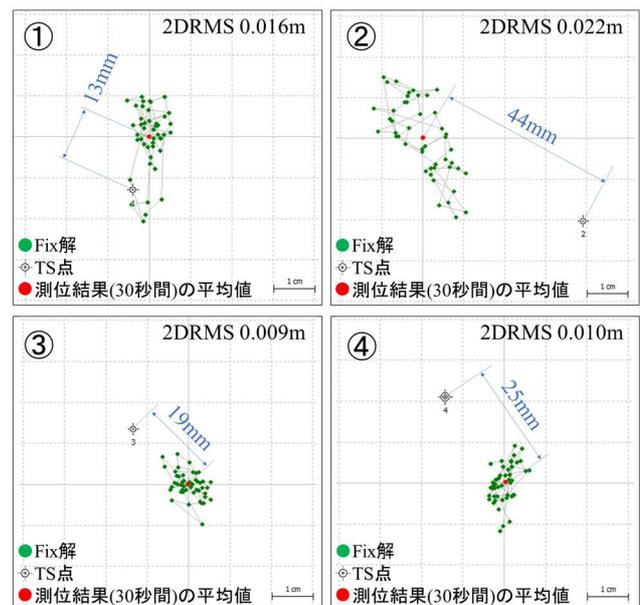


図-5 堰堤における実験の測位結果



図-6 森林中における実験の環境と実験経路  
(東から西へ向かって撮影)

マルチバンド受信機の測位結果とトータルステーションの測量結果を比較した結果は、それぞれ 1.273m, 0.646m, 5.046m, 4.228m であった。

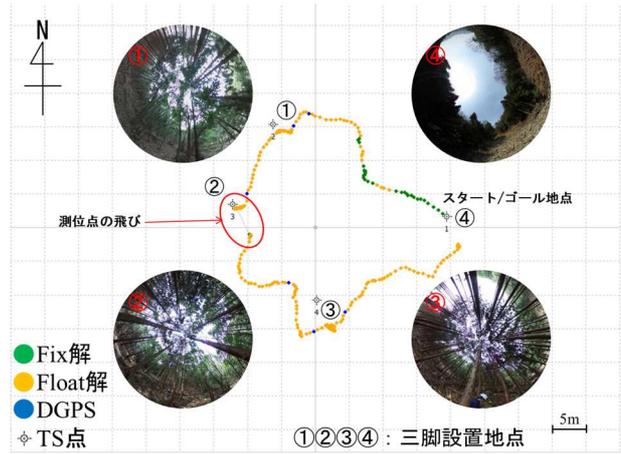
#### 4. まとめ

本稿では、最新のマルチバンド受信機の測位性能を確認した。堰堤における測位精度評価では、上空が 1/4 しか開けていない環境でも測位結果のばらつきが 22mm 以下、トータルステーションの測量結果と比較した結果が 44mm 以下であることを確認した。また、森林中における測位性能評価では、シングルバンド受信機の測位結果に数十 m 以上の測位点の飛びが見られた。同じ環境において、マルチバンド受信機の測位結果のばらつきが 6.4m 以下、トータルステーションの測量結果と比較した結果が 5.1m 以下であることを確認した。

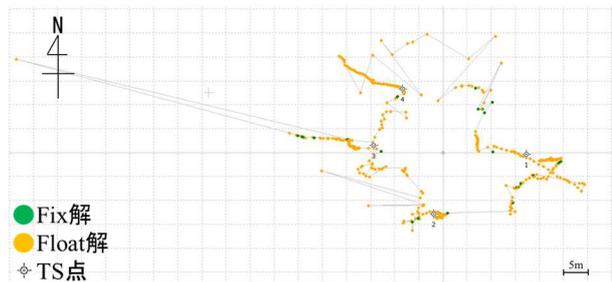
**謝辞：**災害復旧現場における試行実験では、基準局の設置場所や土砂災害現場フィールドの提供等、国土交通省中国地方整備局および太田川河川事務所にご協力を頂きました。

#### 参考文献

- 1) 気象庁：気象庁が名称を定めた気象・地震・火山現象一覧，  
<[https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/meishou/meishou\\_ichiran.html](https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/meishou/meishou_ichiran.html)>，（入手 2019.6.17）。
- 2) 高須知二，久保信明，安田明生：RTK-GPS 用プログラムライブラリ RTKLIB の開発・評価及び運用，GPS/GNSS Symposium 2007 text, pp. 213-218, 日本航法学会，2007。
- 3) 千葉史隆，佐田達典，石坂哲宏：RTK 測位を用いた自動車の走行挙動取得に関する基礎的検討，土木学会論文集 F3, 68 巻，2 号，pp. II\_37-II\_42, 2012。
- 4) 青柳尋斗，前田裕太，岡本修，小林新雄：ローコスト RTK-GNSS 測位の有用性の実証評価，第 18 回システムインテグレーション部門講演会 (SI2017)，



(a) マルチバンド受信機の測位結果と上空視界



(b) シングルバンド受信機の測位結果  
図-7 森林中における実験の測位結果

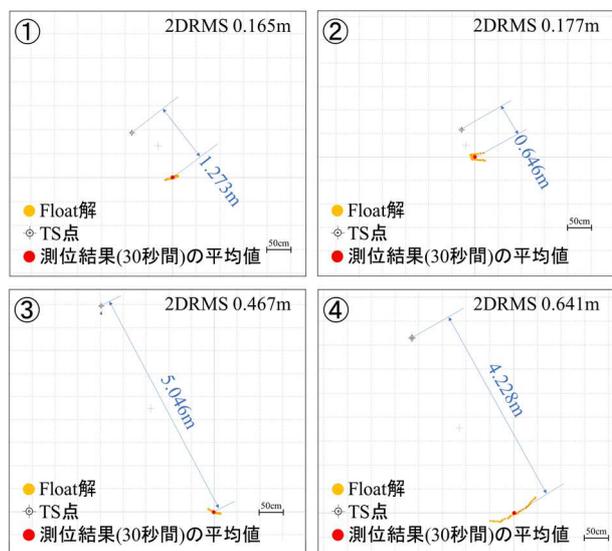


図-8 マルチバンド受信機の測位結果

- 1F3\_05, 2017.
- 5) 大泉拓也，河井恵美，猿渡雄二他：災害調査での RTK 受信機利用に向けた性能評価，第 30 回応用測量論文集，2019。