

2023 年度 風工学研究拠点 共同研究成果報告書

研究分野：強風防災 or 室内環境 or 屋外環境 or 分野横断・異分野連携 or 新型コロナウイルス

研究期間：2023 年度

課題番号：23233002

研究課題名（和文）： 複数の GNSS を用いた中間階の変位応答測定精度および単独測位による測定可能性に関する研究

研究課題名（英文）： Accuracy Verification of Displacement measurement on middle floor and feasibility study of displacement measurement by single point positioning with GNSS(global navigation satellite system)

研究代表者：田淵 豪

交付決定額（当該年度）： 240000 円

※ページ数の制限はありません。

※成果等の説明に図表を使用していただいて構いません。（カラーも可）

※提出して頂いた成果報告書をホームページでの公開を予定しております。

1. 研究の目的

米国の“GPS”、ロシアの“GLONASS”、欧州の“Galileo”、中国の“BeiDou”、そして日本の“準天頂衛星システム”など、複数の衛星システムの利用及び10万円以下の安価な2周波対応受信機により、いつでも衛星測位が利用可能な環境が構築されてきている。

これまで、RTK測位方式を用いることで、次のことを検証している。

- ・ 2014 年度 風工学研究拠点の共同研究（課題名：衛星測位を利用した防災システムに関する研究）においても構造物の屋上に置かれた受信機により、周波数の低い挙動においても構造物の変形が観測できることを確認
- ・ 2021、2022 年度 同上共同研究（課題名：衛星測位による建築物の中間階の変位評価に関する研究）において、低価格受信機を用い、屋上のみならず、構造物の中間階においても衛星測位による位置推定（変形の計測）が可能であること、ならびに簡易振動台による単振幅の挙動には追従した変位計測が可能であることが確認。

ここで、これまでの測位方式は RTK 方式を用いており、基準局を設置する必要があり、屋上の基準局自体の評価については外部の基準局として国土地理院の電子基準点等を利用せざるを得なかった。

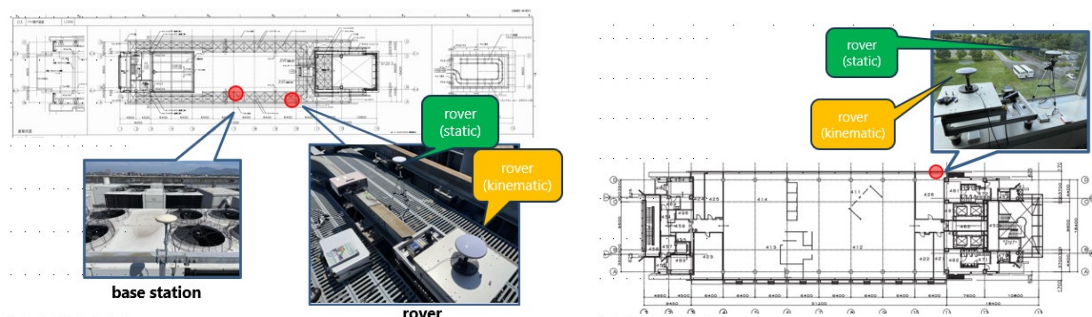
本研究では、RTK 方式による衛星測位による建築物の中間階変位応答の精度検証、及び基準局を用いない測位方式の実現性検討として、実用準天頂衛星によりサービスが開始されている単独測位による評価を行うことを目的とする。

2. 研究の方法

本検討では、筑波宇宙センター 総合開発推進棟（鉄骨造 10 階建て）の屋上及び4階に GNSS 用アンテナ及び受信機を設置し RTK 測位による位置推定精度、並びに CLAS (Centimeter Level Augmentation Service) による単独測位を検証した。

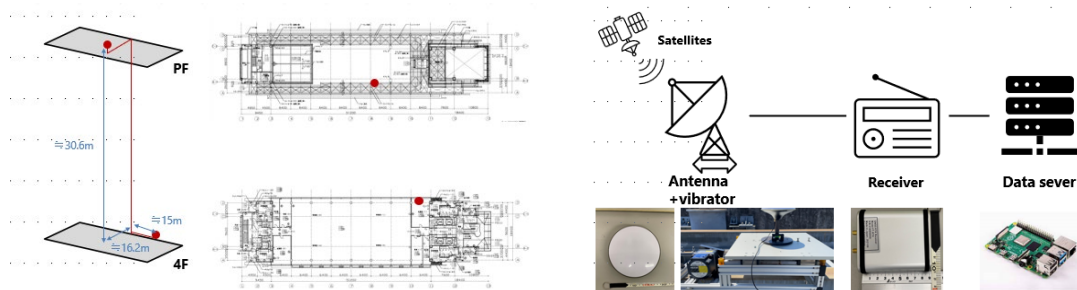
屋上のアンテナを基準局、4 階のアンテナを移動局として、軌道歴による測位精度の比較を行った。また、移動局のアンテナを起振器（振幅 3cm 程度の正弦波相当）に設置し、動的な変位に対する追従性能の確認を行った。

なお、検証で使用した受信機は、ublox 社より販売されている 2 周波受信対応チップ＜F9 シリーズ＞、及び CLAS 受信モジュール＜D9C シリーズ＞とし、データ収録用 PC は Raspberry PI を用いた。



(a) 屋上における設置概要

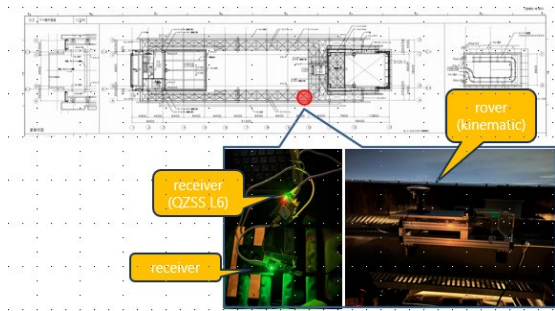
(b) 4 階における設置概要



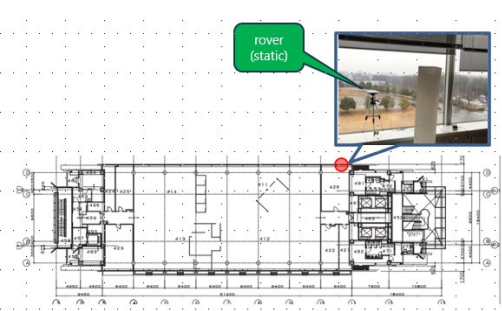
(c) 屋上と 4 階の位置関係の概要

(d) 受信機、データ収録用 PC 等の構成

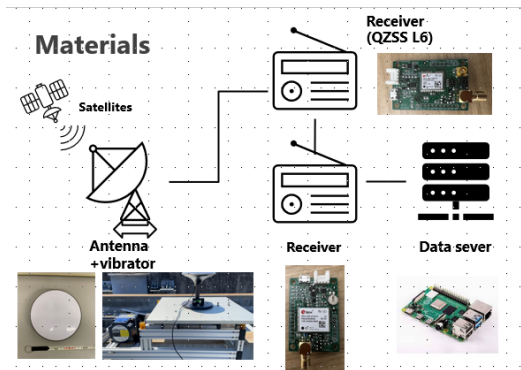
図 2-1. RTK 測位における構成



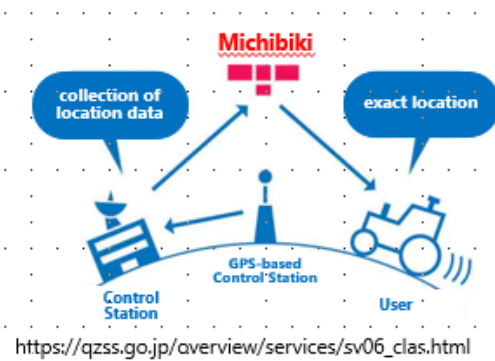
(a) 屋上における設置概要



(b) 4 階における設置概要



(c) 受信機、データ収録用 PC 等の構成



(d) CLAS の概要

図 2-2. 単独測位における構成

RTK 測位、単独測位の実験ケースは、以下の通り。

表 2-1. RTK 測位の実験ケース

rooftop floor			
case	base	rover	
		frequency	amplitude
PH_Case 1		0.5Hz	±3cm
PH_Case 2		1Hz	±3cm
PH_Case 3	fixed	1.5Hz	±cm
PH_Case 4		0.5Hz	±cm
PH_Case 5		1Hz	±cm
PH_Case 6		1.5Hz	±cm

4th floor			
case	base	rover	
		frequency	amplitude
4F_Case 1		0.5Hz	±3cm
4F_Case 2	fixed	1Hz	±3cm
4F_Case 3		fixed	--

表 2-2. 単独測位の実験ケース

rooftop floor			
case	base	rover	
		frequency	amplitude
PH_Case P1		fix	--
PH_Case P2		≈ 0.3Hz	±3cm

4th floor			
case	base	rover	
		frequency	amplitude
4F_Case P1		fix	--

3. 研究成果

RTK 測位、単独測位について、それぞれ以下の結果を得た。

【RTK 測位】

- ・ 屋上における消し置くについては、動的な変位も計測可能である
- ・ 中間階の計測において、衛星配置等の条件が整った場合には、動的な変位の計測が可能。
現状の設定では任意の時刻、場所において動的な変位を計測することは困難。

【単独測位】

- ・ 屋上においては、動的な変位を含め、cm 級の変位計測が可能な見込み
- ・ ただし、中間階の測定については、現在の設定では困難。

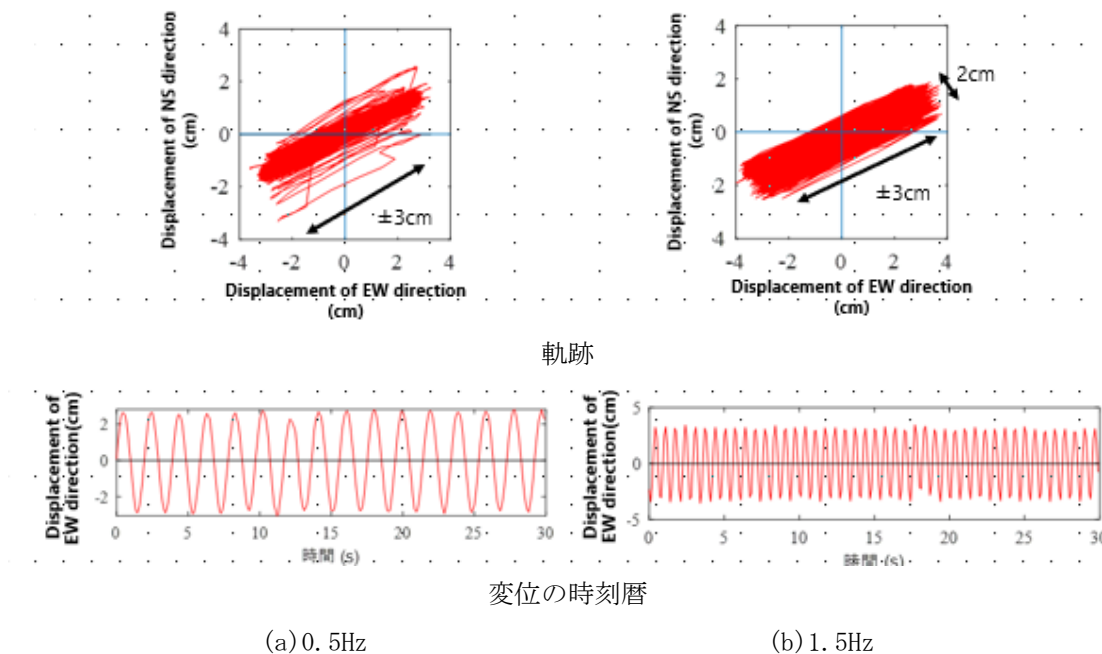


図 3-1. PH_Case1 / PH_case3 (RTK 測位における屋上の動的 (0.5Hz、1.5Hz) 変位)

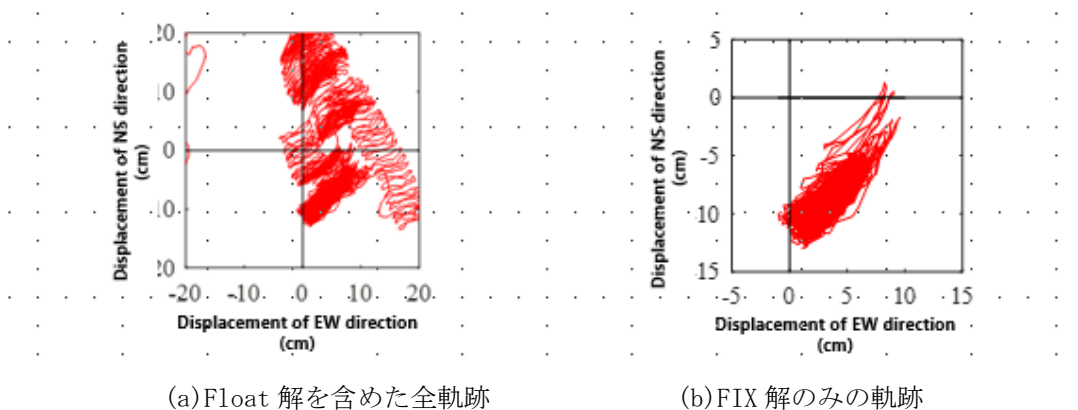


図 3-2. 4F_Case1

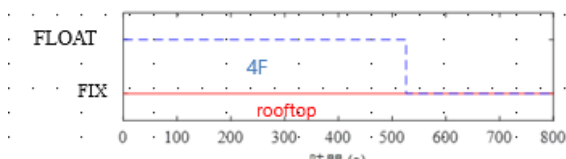
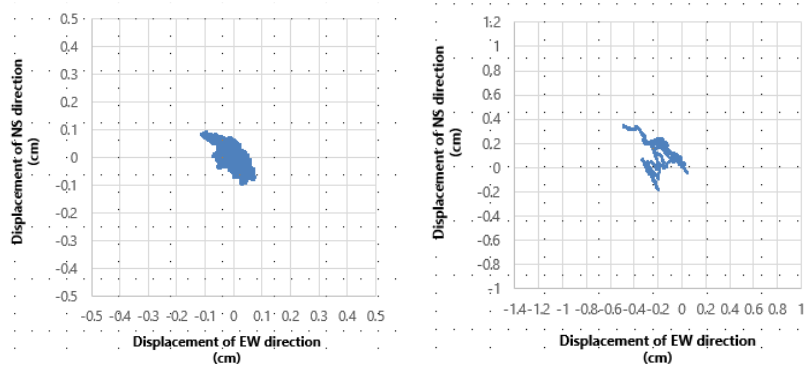


図 3-3. 屋上と中間階における FIX 解の比較



(a) PH_Case P2 : 屋上の軌跡

(b) 4F_Case P2 : 中間階の軌跡

図 3-4. CALS による静的位置の計測

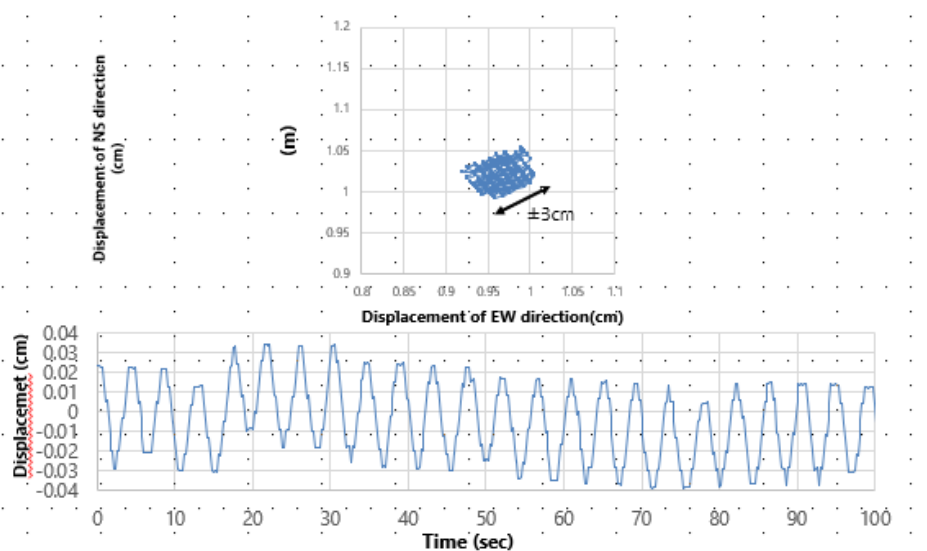


図 3-5. PH_Case P2 : CLAS による動的変位の計測 (CLAS による屋上の動的変位の計測)

4. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者には下線)

〔雑誌論文〕(計 件)

- 1.
- 2.

〔学会発表〕(計 件)

- 1.
- 2.

〔図書〕(計 件)

- 1.
- 2.

〔その他，産業財産権，ホームページ等〕

- 1.
- 2.

5. 研究組織

(1) 研究代表者

田 渕 豪 (国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構)

(2) 研究分担者

1. 吉田 昭仁 (東京工芸大学)
2. 落合 海斗 (東京工芸大学)

6. 要約 (Abstract, 英文)

Research Theme

Representative Researcher (Affiliation)

Summary・Figures

Satellite positioning can be used anytime and anywhere by using multiple satellite systems such as "GPS" in the United States, "GLONASS" in Russia, "Galileo" in Europe, "BeiDou" in China, and "QZSS" in Japan. In addition, due to the expansion of the use of satellite positioning technology, inexpensive dual-frequency compatible receivers of 100,000 yen or less are now on sale. An environment is in place where anyone can use displacement measurement with mm to cm accuracy at any time.

In this study, we demonstrate displacement measurement on the middle floor of a building using two satellite positioning methods, respectively called RTK positioning and single positioning.

As a result, RTK positioning was able to measure the dynamic displacement of middle floors under certain conditions, but single positioning was not able to measure it yet.