

令和 5 年 6 月 2 日現在

機関番号：24405

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2022

課題番号：17K00428

研究課題名（和文）低コスト高精度測位処理サービスを用いたクラウド型モニタリングシステムの開発

研究課題名（英文）Development of Cloud-based Monitoring System using Low-cost Positioning Services

研究代表者

吉田 大介（YOSHIDA, Daisuke）

大阪公立大学・大学院情報学研究科・准教授

研究者番号：00555344

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、低コスト装置で構築可能なクラウド型モニタリングシステムについて研究開発をおこなった。研究では、低コストだが高精度の衛星測位データが得られる2周波型GNSS受信機（u-blox社製 ZED-F9P）をシステムに導入し、これを屋外のモニタリングで想定される実環境にて精度検証をおこない、十分な精度が得られることを確認した。開発したシステムは、現場のGNSS観測データをリアルタイムで送信するプロトタイプ開発と、観測データをもとに高精度の測位処理、データを可視化・蓄積するモニタリングシステムから構成される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発したシステムをベースに、他のモニタリングシステムへ低コストで容易かつ迅速に応用できるよう研究を進めた。具体的には、高価な装置（数百万円の多周波型GNSS受信機など）を用いるのではなく、数万円程度の費用で構築し運用できるシステムを、オープンソースソフトウェアとコンテナ型仮想化基盤を活用し、クラウド型のモニタリングシステムを構築した。

研究成果の概要（英文）：This study developed a cloud-based monitoring system that can be built with low-cost devices. The study introduced a two-frequency GNSS receiver that can obtain high-precision satellite positioning data at a low cost, and verified the accuracy in the actual environment expected for outdoor monitoring. The developed system consists of a prototype development that sends GNSS observation data from the site in real time, and a monitoring system that performs high-precision positioning processing based on the observation data and visualizes and stores the data.

研究分野：空間情報学

キーワード：全地球航法衛星システム（GNSS） 低コスト機器 オープンソース Webサービス モニタリング

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

近年、あらゆるモノがインターネットに接続し、センサを通じて取得した生データをクラウド上で解析することにより、機器の故障予測や農業の生産性向上など、実社会の様々な場面において活用事例が増えてきている。しかし、このようなセンシングデータに紐付けられる位置情報は、スマートデバイス等の簡易な測位手法により得られる位置情報のため、2~5m程度の精度が限界である。高精度の位置情報を取得するには、精密測量用（多周波型）の全地球航法衛星システム（GNSS）受信機（200~300万円）が必要となり、導入・維持に高額な費用が発生することが要因で、様々な場面への応用を妨げている。

### 2. 研究の目的

本研究では、高度な知識と技術が求められる高コストな高精度測位技術の低コスト化と、その技術の利用促進を目的とし、低コストのクラウド型モニタリングシステムの開発をおこなう。リアルタイム観測するクラウド型のモニタリングシステムを開発するため、本研究は低コストのGNSS測位処理を含む、ネットワーク接続型の低コスト観測用プロトタイプ装置を開発し、低コスト機器でどの程度の精度が得られるかを明らかにする。この研究開発により、従来はダムや橋梁などの大規模施設の監視システムに限られていた高コストな高精度モニタリングシステムを低コスト化し、多様な分野への応用を促進させることを目指す。

### 3. 研究の方法

本研究では、研究方法を大きく二つにわけ、研究を実施した。以下に詳細を述べる。

（1）GNSSの測位データを受信するクラウド型モニタリングシステムでは、①データ観測と、閾値を超える異常なデータを検知し通知する監視機能。②監視対象の時系列表示が可能な可視化機能。③観測データを蓄積・検索するデータベース(DB)機能について研究開発をおこなう。これらの機能の開発には、オープンソースのIoTプラットフォームのThingsBoardなどを活用し必要な機能の実装ならびに検証を進めた。

（2）現場でリアルタイム観測しモニタリングシステムにGNSS観測データを送信するシステムの研究開発については、研究当初の計画では、低コストの1周波型GNSS受信機とオープンソースの測位処理エンジン goGPS([https://github.com/goGPS-Project/goGPS\\_MATLAB](https://github.com/goGPS-Project/goGPS_MATLAB))を活用し、高精度の測位結果からモニタリングに活用する計画としていた。しかしながら、goGPSの主要な開発が、オープンソースソフトウェアとしての公開を停止した点（厳密には、オープンソースとしての開発は完全に停止はしていないが、開発者が主に商用エンジンの開発に優先的に取り組むため、以前のような最新コードの公開は停止となった）や、従来、数百万円程度の高額な2周波型GNSS受信機が、1周波型GNSS受信機のコストに近い価格（数万円程度）で発売されたこともあり、本研究で計画していた研究開発を、低コスト2周波型GNSS受信機（u-blox社製ZED-F9P）をベースに変更した（図1）。モニタリング向けのプロトタイプ開発では、Raspberry Pi 4 Model Bをベースに、4Gの通信モジュール（CANDY Pi Lite+）にSIMを取り付け、現場のリアルタイムデータをサーバに送信できる仕組みをプロトタイプに実装した。

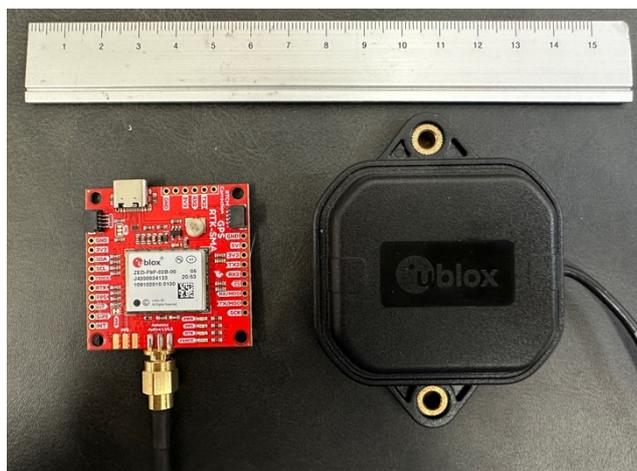


図1 u-blox 社製 ZED-F9P(左)と GNSS アンテナ(右)

#### 4. 研究成果

研究方法 (1) の成果として, Windows 10 の WSL2 (Ubuntu) で動作するコンテナ型仮想化基盤 Docker 上に, オープンソースの IoT プラットフォーム ThingsBoard を構築し, システムを構築した(ただし, 研究期間中はセキュリティの観点から, 学外向けの公開サーバではなく, アクセス制限している学内サーバで検証を進めた). Docker の活用やオープンソースベースのシステム開発により, 他の研究・開発者が同様のシステムを容易に構築可能であることを意識し, システムの開発や検証を進めた. また, ThingsBoard と並行し, モニタリングデータの時系列管理や表示機能, 異常が発生した際に通知する仕組みとして, オープンソースの監視システム (Zabbix) についても仮想マシンに導入し検証を進めた.

研究方法 (2) の成果については, 一般的に GNSS 受信機で高精度の測位処理を行うためには, 既知の地点に設置した GNSS 基準局の補正データを用いて RTK 測位処理が必要になる. 本研究の初期では, 日本テラサット株式会社の VRS (仮想基準点方式) を使用して検証を進めていたが, VRS の利用には運用コストが必要になる. そこで, 高精度測位処理のさらなる低コスト化を進めるため, 今回, ZED-F9P を活用し独自の GNSS 基準局を本学の建物屋上に設置した. 図 2 に校舎屋上に設置したアンテナ位置の全体図を, そして図 3 に, 図 2①の位置に設定した基準局用 GNSS アンテナの写真を示す. この基準局を用いた測位結果の精度検証では, VRS と同程度の測位精度を得られることを確認した.

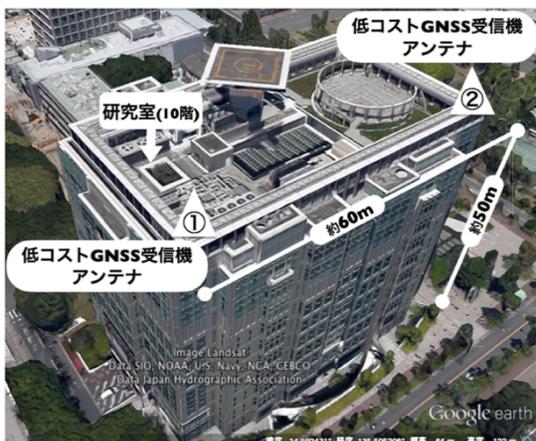


図2 観測用実験サイトでの機器の配置  
(△は GNSS アンテナの位置を示す)



図3 ①の位置に設置した基準局用 GNSS アンテナ  
(JAVAD GrAnt-G3T)

また、この基準局の GNSS の補正データを外部に公開するために、オープンソースの NTRIP キャスターソフトウェア (BKG NTRIP caster) を用いてキャスターサーバを構築した。これにより、外部ネットワークからでも、本学のキャスターサーバに接続することで、基準局の GNSS 補正データが取得できる (ただし、現在は運用を停止している)。一般的に、基準局から半径 10km 程度の範囲であれば FIX 解が得られ、高精度な測位処理が低コストで利用可能となる。

本研究では、構造物や土砂災害危険区域などを想定したモニタリングシステムのために、低コスト 2 周波型 GNSS 受信機 (u-blox 社製 ZED-F9P) を用いて、十分な測位精度が得られるかについて精度検証をおこなった。具体的には、山間部の地域 (谷地形のために空視界が限られている) において、Trimble 社製の多周波型 GNSS 受信機 (NetR9 ならびに R10) で得られる測位結果を基準とし、RTK 測位処理における低コスト 2 周波型 GNSS 受信機の測位結果の比較検証を実施した。実験地点は、大学の基準局から 10km 以上離れているため、補正データは日本テラサット株式会社の VRS を利用した。検証結果については、谷地形の空視界が限られている条件においても、十分な精度が得られていることを確認した (複数点の検証ポイントにおいて、3 次元で 1-3cm 程度の誤差)。

現場のモニタリングデータをサーバに送信するプロトタイプ開発では、図 4 に示す Raspberry Pi 4 Model B をベースとした観測データ送信用プロトタイプの開発をおこなった。このプロトタイプに、前述した低コスト 2 周波型 GNSS 受信機 (図 1) を接続し、現場で得られる GNSS 観測データをサーバに送信する。通信用には 4G の通信モジュール (CANDY Pi Lite+) にデータ通信 SIM を取り付け、データ送信の検証をおこなった。そして、このプロトタイプから受信する観測データをもとに、研究方法 (1) で構築した仮想サーバにおいてオープンソース測位エンジンの RTKLIB により測位処理をおこない、その結果をもとに、ThingsBoard でデータを可視化する (図 5)。

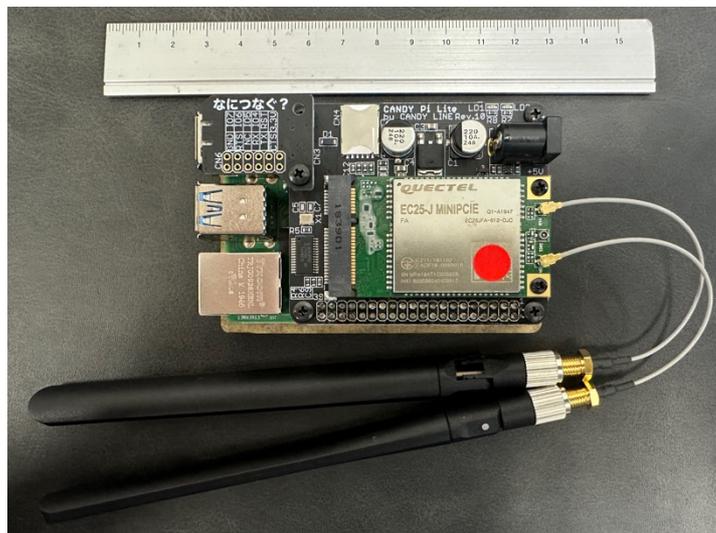


図 4 観測データ送信用プロトタイプの写真  
(Raspberry Pi 4 Model B に CANDY Pi Lite+ を搭載したもの)

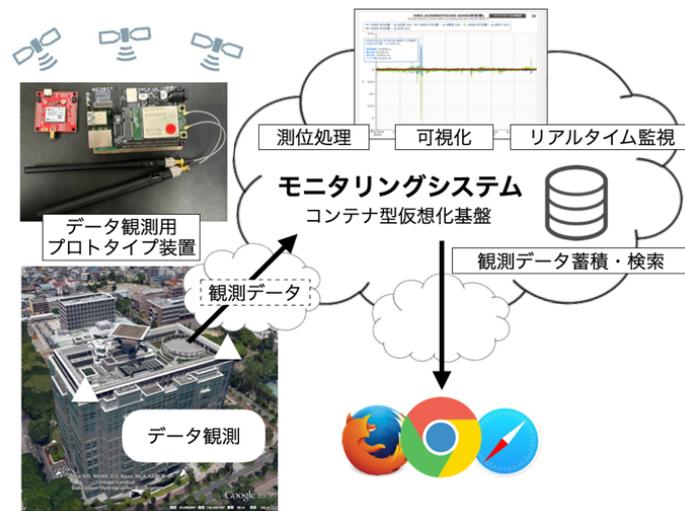


図5 モニタリングシステムの概要

本研究では、オープンソースソフトウェアと低コスト装置（GNSS や Raspberry Pi 等）で構築可能なクラウド型モニタリングシステムについて研究開発をおこなった。本研究では研究期間中に、新型コロナウイルス感染症の拡大に伴う緊急事態宣言など、研究活動が大きく制限されたことや、本研究の中心となる測位処理ソフトウェア（goGPS）の開発停止など、想定外の要因が多数重なり、想定していた研究を十分に達成することができなかった。科研費プロジェクトとしては今年度で一旦終了するが、GNSS によるモニタリングシステムについては、別研究においても継続して研究を続け、研究成果を広く公開していきたい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Yu W., Song X., Raghavan V., Yoshida D., Ebara H.	4. 巻 13 ( 4 )
2. 論文標題 Post-Disaster Road Traversability Mapping Based on GPS Track Sharing and Map-Matching	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 International Journal of Geoinformatics	6. 最初と最後の頁 13-23
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 4件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 バンダラニロシャン, 田端秀行, 植田允教, 吉田大介, ラガワンベンカテッシュ**
2. 発表標題 準リアルタイム水質観測のためのフリーオープンソースプラットフォームの開発
3. 学会等名 第32回日本情報地質学会講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田大介
2. 発表標題 ドローンを活用した構造物の計測とデータ活用
3. 学会等名 センサー/DX 技術展2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田大介
2. 発表標題 岸和田城3次元データ計測実験
3. 学会等名 測位技術振興会 第2回研究発表講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉田大介
2. 発表標題 ドローンをめぐる現状と 防災・減災やインフラ維持管理などにおける応用
3. 学会等名 大阪国際サイエンスクラブ 第 6 回若手学識者との異分野交流会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉田大介
2. 発表標題 オープンソースARアプリの開発とCIMにおける活用
3. 学会等名 一般社団法人buildingSMART Japan 土木委員会 技術普及小委員会 BIM/CIM 講演会 2019（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉田大介
2. 発表標題 自治体と連携した防災やインフラ点検等におけるドローンの活用
3. 学会等名 大阪市立大学 第6回 地域連携発表会～地域と大学 協働から見える可能性～（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉田大介
2. 発表標題 自治体と連携した防災やインフラ点検におけるドローンの活用
3. 学会等名 東京大学CSISシンポジウム2018 ドローンを利用したフィールドサイエンス最前線（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Bandara N., Raghavan V., Yoshida D., Fenoy G.
2. 発表標題 Mobile Data Collection with Human and Sensor Inputs
3. 学会等名 FOSS4G Europe 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

goGPS Project <a href="http://www.gogps-project.org/">http://www.gogps-project.org/</a> goGPS (Java版) Project <a href="https://github.com/goGPS-Project/goGPS_Java">https://github.com/goGPS-Project/goGPS_Java</a>
--

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------