

令和 4 年 6 月 20 日現在

機関番号：53203

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2021

課題番号：17K01312

研究課題名（和文）高精度位置情報による3D防災情報モデルの開発実証

研究課題名（英文）Development of a 3D disaster prevention information model based on high-precision location information

研究代表者

小熊 博（Oguma, Hiroshi）

富山高等専門学校・電子情報工学科・教授

研究者番号：40621909

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：オープンデータを活用し水害ハザード情報のビジュアル化ならびに土砂災害情報等のシステム付加を行った。さらに気象庁から提供される気象警報と連動させたハザードマップ活用支援システムを開発した。

また、GPSとBeiDouのマルチGNSSシステムを対象に低天空率環境下において可視衛星数と位置捕捉精度との関係について実験的に検証を行った。位置捕捉精度は可視衛星数ごとに、A：可視衛星数の影響が非常に大きい領域、B：可視衛星数の影響がマルチパスの影響よりも大きいか同等である領域、C：可視衛星数よりもマルチパスの影響が大きい3つの領域があることがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ハザードマップ活用支援システムの開発とともに、GPSとBeiDouのマルチGNSSシステムを対象に、低天空率環境下での可視衛星数と位置捕捉精度との関係について実験的に検証を行った。位置捕捉精度は可視衛星数ごとに、マルチパスと可視衛星数との関係から、3つの領域があることを明らかにした。この成果はGNSSシステムの位置情報の活用のための仰角マスクおよびSNR設計を行う上で極めて重要な設計指針である。

研究成果の概要（英文）：We have developed a system to support the use of hazard maps in conjunction with weather warnings provided by the Japan Meteorological Agency, as well as the visualization of flood hazard information and the addition of landslide disaster information to the system by utilizing open data.

In addition, we experimentally verified the relationship between the number of visible satellites and position-acquisition accuracy under low sky coverage for the GPS and BeiDou multi-GNSS systems. It was found that for each number of visible satellites, there are three regions of position acquisition accuracy: A: the influence of the number of visible satellites is very large, B: the influence of the number of visible satellites is larger or equal to the influence of multipath, and C: the influence of multipath is larger than the number of visible satellites.

研究分野：無線通信ネットワーク

キーワード：ハザードマップ GNSS マルチパス 天空率 RTK

### 1. 研究開始当初の背景

近年、東日本大震災、熊本地震、西日本豪雨などの大規模な自然災害が発生しており、災害に対する危機意識は非常に高まっている。災害発生時の減災手段の一つとして地方自治体から提供されているハザードマップの確認が推奨されているものの、十分に周知されていないため活用されているとは言い難い。また、日本版 GPS である準天頂衛星や中国の BeiDou (BTS) などの測位衛星の打ち上げが進んでいる。さらに、GPS と BeiDou のマルチ GNSS システムに加え RTK (Real Time Kinematic) 測位等もあり、マルチパスが位置捕捉精度に与える影響についての劣化度合いなどを定量的に表すことが求められている。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は以下の 2 点である。

(1)ハザードマップ活用支援システムを開発し、激甚化する自然災害に対し防災・減災に貢献する。

(2)ハザードマップ活用支援システムの主要な技術の 1 つである GNSS (Global Navigation Satellite System) から取得する位置情報を対象に打ち上げが進む BeiDou (BDS) に着目し、GPS と BeiDou のマルチ GNSS システムを対象にマルチパスが位置捕捉精度に与える影響について実験的に検証する。さらに、種々の天空率環境下における RTK 測位の可用性の評価と単独測位との位置捕捉精度の関係を明らかにする。

### 3. 研究の方法

(1)ハザードマップ活用支援システムの構成

図 1 にハザードマップ活用支援システムの概略図を示す。ハザード情報と位置情報を紐づけしてデータベースに登録し、携帯端末からサーバへ位置情報を送信することでその地点でのハザード情報を取得する。データベースには浸水想定区域、土砂災害危険区域、河川、避難施設のデータを登録する。これらのデータは国土地理院が公開しているオープンデータを形式変換して用いる。また、データベースは MySQL を使用し、ユーザが携帯端末の web ブラウザからデータベースにアクセスできるように作成・管理は phpMyAdmin で行う。

ユーザが携帯端末からサーバにアクセスすると最初に位置情報の使用許可を求める。許可を得られた場合、端末の位置情報を取得しサーバへ送信する。サーバでは送信された位置情報を中心とした 200m 又は 1km 四方の範囲から各ハザード情報を SQL クエリによりデータベースから抽出し、ユーザの端末に表示させる。

このとき、Web 地図ライブラリの Leaflet により得た位置情報を中心とした国土地理院の標準地図及び QGIS により作成した浸水想定区域ハザードマップをタイル化した「浸水域ハザードマップ」レイヤーを表示させる。現在位置および避難所にマーカーを表示し、タップやクリックで詳細が見られるようにした。

(2) マルチパスの評価方法

マルチパス環境での測定結果とオープンスカイでマルチパスの影響が無く、同等な天空率の環境での結果を比較する。比較した際の位置捕捉精度の差がマルチパスの影響と考えることができる。よって、この手法によりマルチパスの影響の定量化を図る。前述の手法においてはマルチパスの影響の無い疑似環境を作り出す必要がある。そこで、仰角マスク

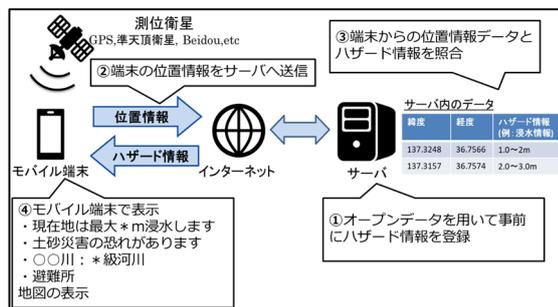


図 1 ハザードマップ活用支援システムの構成



図 2 フィールド実験

に着目し、オープンスカイな天空率 95.3%で仰角マスクを設定することで疑似環境を作り出す。本稿では、天空率 39.0%における評価を行うため仰角マスクを変数として扱う。実験は富山高等専門学校射水キャンパスにてオープンスカイな環境と障害物に囲まれた環境を 2 地点の合計 3 地点で行った。測位地点の天空率はそれぞれ 95.3%, 76.5%, 39.0%である。測定対象は GPS および BeiDou とする。測定結果から単位時間当たりの位置捕捉精度を算出し、可視衛星数を統計的に解析する。これらと測位可能時間率から RTK 測位の可用性の評価と位置捕捉精度の比較を行う。各地点で取得した NMEA (National Marine Electronics Association) ファイルを解析し、1 秒ごとに出力される緯度・経度・高度の情報から単位時間当たりの位置捕捉精度の算出を行った。

#### 4. 研究成果

##### (1) ハザードマップ活用支援システムのフィールド実験

フィールド実験として神通川河川敷で上記システムを実行した結果を図 2 に示す。実行した地点において洪水時に最大 2.0m 浸水すること、土砂災害の危険があること、周囲の避難施設、河川について表示が行われ、構築したシステムが正しく動作していることが確認できる。

以上のようにオープンデータを用いて位置情報を利用したハザードマップ活用支援システムの構築を行った。携帯端末からサーバへ位置情報を送信することでその地点でのハザード情報とハザードマップを取得するシステムを設計し、その動作を携帯端末にて確認した。

##### (2) マルチパスが位置捕捉精度に与える影響

天空率 39.0%における測位精度のまとめを示す。GPS の位置捕捉精度は 3.5m、可視衛星数は 7.3 基。GPS/BeiDou は 3.0m、9.5 基である。GPS/BeiDou の方が、約 0.5m 位置捕捉精度が高く、約 2 基可視衛星数が多い。また、位置捕捉精度に占めるマルチパスの影響は、GPS で 56%、GPS/BeiDou で 60%となっている。GPS に比べ、可視衛星数の多い GPS/BeiDou がよりマルチパスの影響を受けており、可視衛星数とマルチパスはトレードオフの関係にあると言える。しかし、GPS/BeiDou は 9.5 基と十分な可視衛星数を確保することができている。従って、マルチパスを含む衛星を減少させることで位置捕捉精度の向上が期待できる。

図 3 に実環境での各可視衛星数における位置捕捉精度を示す。一般に、可視衛星数が多くなるほど、位置捕捉精度は向上する。GPS は、可視衛星数が増加すると、位置捕捉精度は向上している。さらに、2つの領域がある。A の領域は、グラフの傾きが大きく、マルチパスに比べて可視衛星数の影響を大きく受ける領域である。B の領域はグラフの傾きはそれほど大きくない。よって、可視衛星数の影響は、マルチパスの影響よりも大きい同程度である。一方で、GPS/BeiDou には C の領域が存在し、可視衛星数が増加すると位置捕捉精度が低下する。よって、可視衛星数よりもマルチパスの影響を大きく受ける領域がある。これは、マルチ GNSS で可視衛星数が多いがゆえの領域と言える。GPS と GPS/BeiDou の衛星測位システムでのマルチパスが位置捕捉精度に与える影響の定量化と位置捕捉精度低下の要因についての解析を行った。GPS は 2.0m 精度が低下し、位置捕捉精度のうち 56%を占めた。GPS/BeiDou は 1.8m 精度が低下し、60%を占めた。以上より、可視衛星数とマルチパスはトレードオフの関係にある

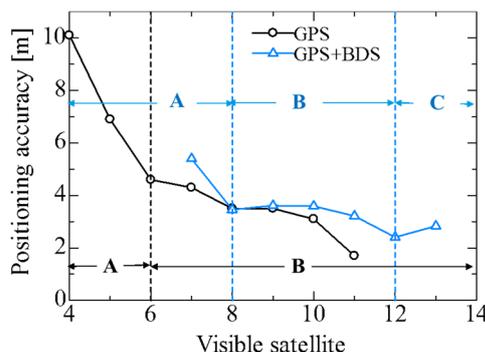


図 3 各可視衛星数における位置捕捉精度

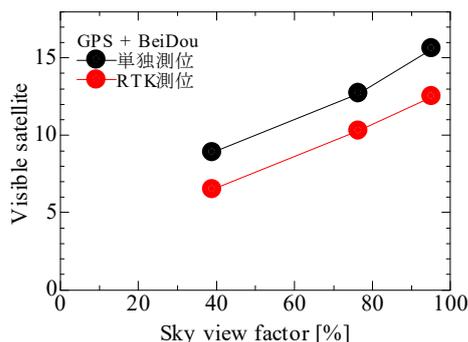


図 4 各測位地点における可視衛星数の中央値(RTK と単独測位)

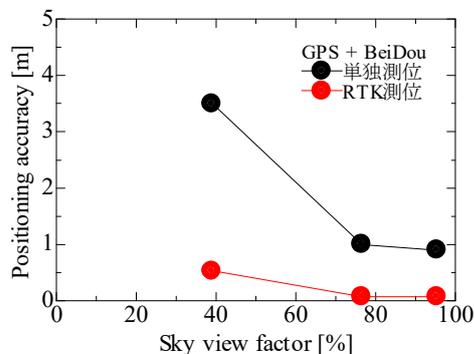


図 5 各測位地点における測位精度の中央値 (RTK と単独測位)

ことがわかった。さらに、位置捕捉精度低下の要因は可視衛星数ごとに3つに分けられるという結果を得られた。

単独測位と RTK 測位について評価した結果を以下に示す。図 4 に各測位地点における可視衛星数の中央値をプロットしたグラフを示す。単独測位では天空率の高い方から順に 15.6 基, 12.7 基, 8.9 基となっており, RTK 測位では 12.5 基, 10.3 基, 6.5 基となっている。GPS と BeiDou を併用した RTK 測位では最低 5 基の衛星が必要になるが, この結果から今回設定したマスク設定では天空率 39.0%以上であれば必要最低数の可視衛星を確保できることが分かる。図 5 に各測位地点における RTK 測位と単独測位の位置捕捉精度の中央値をプロットしたグラフを示す。単独測位における位置捕捉精度の中央値は天空率が高い方から順に 0.9m, 1.0m, 3.5m となっている。RTK 測位では 0.07m, 0.07m, 0.53m となっており, 3 地点で 1m 以下の位置捕捉精度を確保できていることが分かる。これらの結果から, 天空率が 39.0%以上であれば RTK 測位を使用することができ, 単独測位より高い精度で位置情報を取得できることが分かった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3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 H.Oguma, R. Kawai, T. Asai, S. Kameda, M. Motoyoshi, N. Suematsu	4. 巻 11
2. 論文標題 System Implementation of Synchronized SS-CDMA for QZSS Safely Confirmation System	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 2020 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC)	6. 最初と最後の頁 1,4
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/ICTC49870.2020.9289560	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 -

1. 著者名 Ren SHINOZAKI ; Hiroshi OGUMA ; Suguru KAMEDA ; Noriharu SUEMATSU	4. 巻 11
2. 論文標題 Experimental Analysis of Positioning Accuracy of GPS/BeiDou on Elevation Mask	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 2019 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC)	6. 最初と最後の頁 433-437
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/ICTC46691.2019.8939723	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 -

1. 著者名 S. Tatsuguchi; Y. Oshima; H. Oguma; S. Kameda; N. Suematsu	4. 巻 7
2. 論文標題 Influence of multi path on positioning accuracy in a low sky view factor environment	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Information and Communication Technology Convergence (ICTC), 2017 International Conference on	6. 最初と最後の頁 264 ~ 267
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/ICTC.2017.8190983	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15件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 小熊博, 篠崎蓮, 亀田卓, 末松憲治
2. 発表標題 低天空率環境下におけるGNSSの位置捕捉精度の実験的解析
3. 学会等名 電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 島田拓海, 小熊博
2. 発表標題 QZSSロケーション・ショートメッセージSS-CDMA通信システム - BeiDouを用いた衛星信号受信誤差の評価 -
3. 学会等名 2020年度電気・情報関係学会北陸支部連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 駒井孝紀, 小泉敦, 小熊博
2. 発表標題 水害・土砂災害用ハザードマップ活用支援システムの構築
3. 学会等名 電気・情報関係学会北陸支部連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤田壮, 篠崎蓮, 小熊博, 亀田卓, 末松憲治
2. 発表標題 GPS/BeiDou RTK測位の位置捕捉精度のSNRマスク依存性
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 駒井孝紀, 小泉敦, 小熊博
2. 発表標題 気象警報と連動したハザードマップ活用支援システム
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 辰口尚, 竹脇壮志, 小熊博
2. 発表標題 オープンデータを用いたハザードマップ活用支援システムの構築
3. 学会等名 日本災害情報学会学年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 駒井孝紀, 篠崎蓮, 辰口尚, 小熊博
2. 発表標題 GNSS測位における仰角マスクの設定法の検討
3. 学会等名 電気関係学会北陸支部連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 篠崎蓮, 辰口尚, 小熊博, 山形文啓, 亀田卓, 末松憲治
2. 発表標題 マルチパスのGNSS位置捕捉精度に与える影響
3. 学会等名 電子情報通信学会大会ソサイエティ大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 篠崎蓮, 辰口尚, 小熊博, 山形文啓, 亀田卓, 末松憲治
2. 発表標題 GPS/BeiDouにおけるマルチパスが位置捕捉精度に与える影響
3. 学会等名 電子情報通信学会大会総合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 辰口尚, 篠崎蓮, 小熊博
2. 発表標題 種々の天空率環境下におけるRTK測位の位置捕捉精度
3. 学会等名 電子情報通信学会大会総合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 篠崎蓮, 辰口尚, 小熊博
2. 発表標題 北陸地区におけるGPS/BeiDouの位置捕捉精度
3. 学会等名 電気関係学会北陸支部連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 竹脇壮志, 小泉敦, 小熊博
2. 発表標題 オープンデータによるハザードマップ作成の検討
3. 学会等名 電気関係学会北陸支部連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 辰口尚, 小熊博
2. 発表標題 キネマティック法を用いたGPS/BeiDouの位置捕捉精度
3. 学会等名 電気関係学会北陸支部連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 篠崎 蓮, 辰口 尚, 小熊 博, 山形文啓, 亀田 卓, 末松憲治
2. 発表標題 種々の天空率条件下のGPS/BeiDou の位置捕捉精度
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小野貴博, 秋元浩平, 亀田 卓, 末松憲治
2. 発表標題 位置情報を用いた異種無線融合システムのネットワーク選択手法：マルチユーザトラヒックリレーによる遅延伝送時間短縮効果の評価
3. 学会等名 電子情報通信学会RCS研究会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
研究分担者	亀田 卓  (KAMEDA SUGURU)  (10343039)	広島大学・ナノデバイス・バイオ融合科学研究所・教授   (15401)	

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
---------	---------