

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年6月28日現在

機関番号：57403

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K14314

研究課題名(和文) 測位衛星の電波を利用して干潟の地形を広範囲に短時間で計測する手法の開発

研究課題名(英文) A Study on Survey of Tidal Flats in a wide range of time in a short time by GNSS-R

研究代表者

入江 博樹 (Irie, Hiroki)

熊本高等専門学校・建築社会デザイン工学科・教授

研究者番号：70249887

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：GPSなどの衛星からの電波は、円偏波を利用しており、通常は、右旋回の偏波面を持っている。受信用のアンテナも円偏波で右旋回に合わせて設計されている。電波が反射することで、偏波面が逆になることから(鏡像からの放射となるため、偏波面が逆になる)、左旋回のアンテナを利用することで、反射波受信することができる。本研究では、ドローンに搭載できるサイズの左旋回円偏波アンテナを用いて、地面から反射してくる電波を受信を確認した。アンテナ以外の装置をドローンに搭載しての実験までは至らなかった。装置を搭載して長時間飛行することを目的とした主翼付きのドローンの開発も並行して実施できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

干潟の環境を保つにはその状態を知ることが大事である。干潟の地形変化を記録する際の測量方法についてすると、従来の人が直接測量する方法では、地盤が緩いため作業に困難が伴い、レーザ測量や航空機測量では、広い範囲を計測が可能であるが、測量のコストと土地の利用価値が釣り合わないという欠点がある。そこで、ドローンなどの無人航空機を利用した測量に注目が集まっている。我々の研究チームでは、測位衛星システム(GNSS)の電波に注目し、その反射波の有無や強度により、反射面である干潟の土地被覆状況の推定をおこなうことを提案した。

研究成果の概要(英文)：A radio waves from satellites such as GPS utilize circular polarization, and usually have a polarization plane turning to the right. The antenna for reception is also designed in accordance with the right turn with circular polarization. By reflecting radio waves, the polarization plane is reversed (because the radiation is from the mirror image, the polarization plane is reversed), and by using the left turning antenna, it is possible to receive a reflected wave. In this study, we confirmed reception of radio waves reflected from the ground using a left-handed circularly polarized antenna of a size that can be mounted on a drone. It did not reach the experiment of mounting devices other than the antenna on the drone. Development of a winged drone with the aim of carrying the device and flying for a long time would be carried out also.

研究分野：空間情報工学

キーワード：GNSS-R GNSS 干潟 ドローン

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

干潟の地形の変化を計測することは、河川や海岸の人工構造物の影響を調べたり、沿岸の生物の生態系を調査したりするために有益な情報となる。しかし、干潟は軟弱な地盤であることから、従来の人が直接立ち入る測量方法では作業に困難が伴う。調査では比較的広範囲を測量することから、航空写真測量やレーザ測量などの方法も検討されてきたが、航空機や測量機材にかかるコストに対して、土地の利用価値が見合わないため、その頻度が少ないという欠点があった。

そこで、ドローンに搭載可能な装置を使って、比較的広範囲を短時間に計測できる方法として、GPS 衛星などの測位航法システム (GNSS) 衛星からの反射波を活用したパッシブレーダシステムとしての GNSS-R を提案した。

### 2. 研究の目的

GNSS-R とは、衛星からの電波が地面で反射した信号の強度の変化を利用して、土地被覆の状態を推定するというリモートセンシングの一種である。

干潟において、地面からの反射波が強くなる場所は、水がある場所で、潮が引いたところでは、電波の反射が弱くなる。反射した電波の強度を知ることによって、潮が引いて干潟の比較的乾いた場所か、水気のある場所かがわかる。図 1 のようにこれらの計測を潮位が変化するとに複数回実施すると、潮位が高い時間帯だけに電波強度が弱い場所は、高さが比較的高い場所場所であることがわかり、潮位が低い時だけ、電波強度が弱い場所は、比較的低い場所であることがわかる。いつも電波強度が強い場所については、干潮時にも潮が残る潮溜まりであることが推定される。図 2 のように計測装置をドローンに搭載して、干潟の上空から計測することで、反射点からの電波は距離が伸びることで、直接波と分離できることが期待できる。

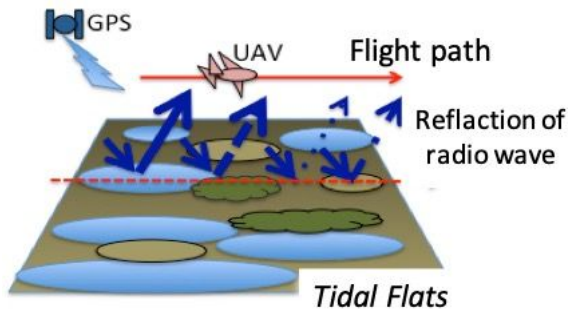


図 1 GNSS-R for tidal flats

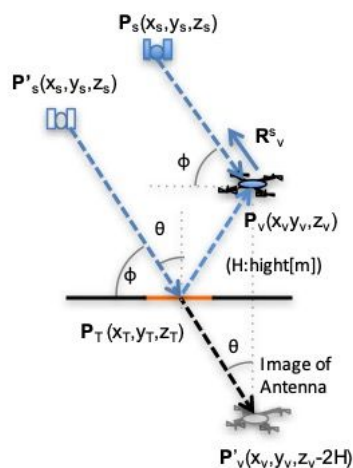


図 2 Multipath (Direct path and reflected path)

### 3. 研究の方法

提案する GNSS-R システム概要を図 3 に示す。自律制御無人飛行体(UAV) に 2 つの専用の GNSS 受信機を搭載する。UAV の上部と下部に搭載した 2 つの GNSS アンテナから構成される。UAV に受信機とアンテナなどを搭載するには、積載可能重量に収まるように配慮した。上側アンテナでは直接波を、下側アンテナでは反射波を受信する。受信された電波の擬似距離は、受信

機の SD カードに記録される。

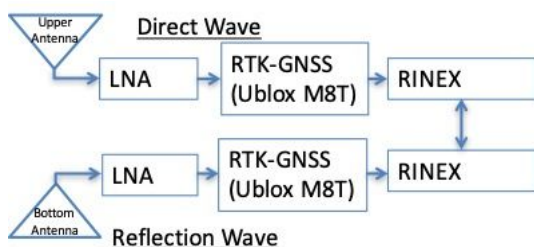


図 3 Receivers on the UAV

上部のアンテナは直接波を受信する。市販のパッチアンテナを利用した。下部アンテナは、円偏頗の左偏を用いた。これは、反射面で偏頗の回転方向が変わることを利用して、反射波を受信することにした。GPS のスードライト用の送信アンテナは左偏である。送信用のヘリカルアンテナを用いた。この送信アンテナの指向性を利用して、反射波を直接波から分離する。

上部のアンテナは直接波を受信する。市販のパッチアンテナを利用した。下部アンテナは、円偏頗の左偏を用いた。これは、反射面で偏頗の回転方向が変わることを利用して、反射波を受信することにした。GPS のスードライト用の送信アンテナは左偏である。送信用のヘリカルアンテナを用いた。この送信アンテナの指向性を利用して、反射波を直接波から分離する。

#### 4 . 研究成果

図 4 は、陸上の固定アンテナで GNSS-R の受信実験である。実験は 2017 年 2 月 14 日に国立高専熊本本校の八代キャンパスで実施した。05:20~05:50(GPST)の衛星星座を図 5 に示す。QZS は天頂付近にある。GPS 衛星の SV05 と QZS との SNR の変動を比較した。トップアンテナは、いずれの衛星も SNR の変動が少ない(図 6 と図 7)。しかし、下側アンテナの結果は、QZS は変動が少ないのに対して、GPS は変動が大きい(図 8 と図 9)。QZS が反射波の SNR の違いを利用した GNSS-R に向いていることが示唆された。



図 4 Field of Experiments

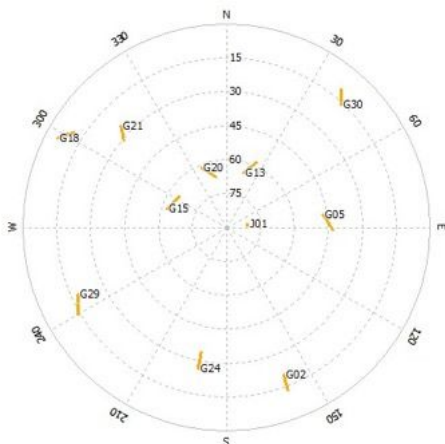


図 5 Skyplot of GPS and QZS

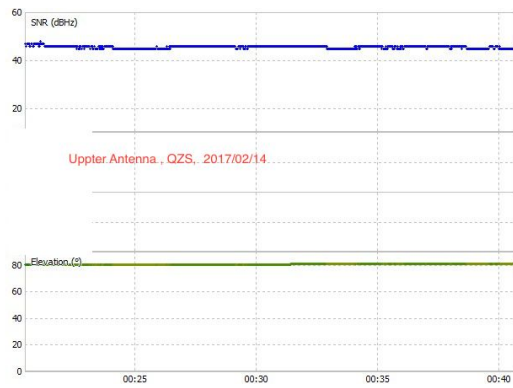


図6 SNR and Elevation (Top, QZS01)

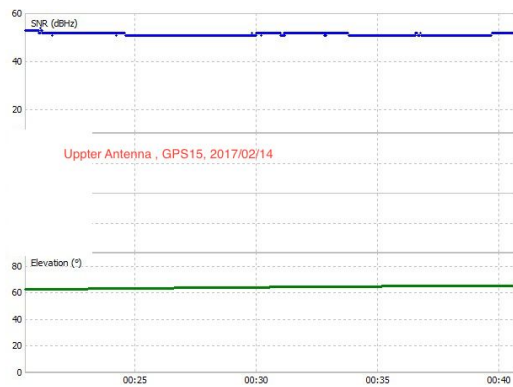


図7 SNR and Elevation (Top, GPS15)

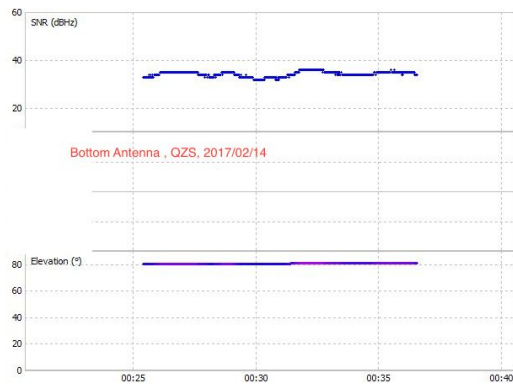


図8 SNR and Elevation (Bottom, QZS01)

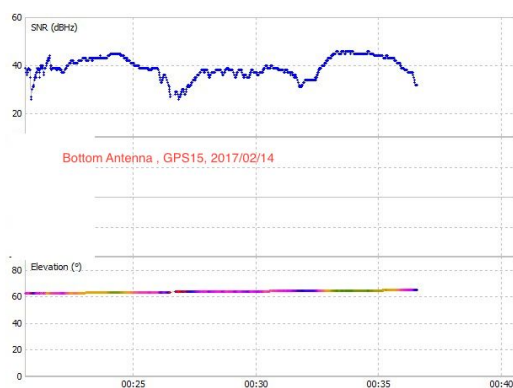


図9 SNR and Elevation (Bottom, GPS15)

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 2 件)

- (1) Hiroki Irie, Yuki YOSHINO, Kiyoteru HAYAM, Yuji KAMIKUBO, Osamu OKAMOTO, Kazuyoshi TAKAHASHI, A Study on Survey of Tidal Flats by GNSS-R using High Elevation QZSS, Proceedings of the ION Pacific PNT 2017 Conference, ION PNT 2017, Honolulu, Hawaii, May 1-4, pp,960-964,2017
- (2) 葉山清輝, 入江博樹, “省電力・長距離飛行が可能な開閉可能なカイト翼を有するドローン”, イノベーションジャパン 2018 出展, 東京ビッグサイト, 2018 年 8 月 30 日-8 月 31 日.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 1 件)

(1)名称:垂直離着陸機

発明者:葉山清輝、入江博樹

権利者:独立行政法人 国立高等専門学校機構

種類:特許出願

番号:特願 2017 - 168957

出願年:2017(平成 29 年)

国内外の別:

取得状況(計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等, <https://kumamoto-nct.ac.jp/gyouseki/2000008.html/>

## 6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名:葉山清輝

ローマ字氏名:(HAYAMA Kiyoteru)

所属研究機関名:熊本高等専門学校

部局名:情報通信エレクトロニクス工学科

職名:教授

研究者番号(8桁):00238148

(2)研究協力者

研究協力者氏名:芳野裕樹

ローマ字氏名:YOSHINO yuki

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。