

## 両円偏波アンテナを用いた GNSS 反射法による表面特性推定

### Estimation of Surface Characteristics by GNSS-R Using a Dual-polarization Antenna

○坂倉央子 辻井利昭

大阪府立大学

Hiroko Sakakura, Toshiaki Tsujii

Osaka Prefecture University

**Abstract** GNSS reflectometry (GNSS-R) is the technique to determine the properties of the reflecting surface remotely by detecting GNSS signals after they have been reflected off the Earth's surface. In this research, the feasibility of obtaining surface characteristics from the power ratio of reflected left-hand (LH) signal over direct right-hand (RH) signal is investigated.

Key Words: GNSS reflectometry, Permittivity, Power reflectivity

#### 1. 研究背景・目的

GNSS (global navigation satellite system) の反射信号には、反射面での物理的特性に関する情報が含まれている。GNSS Reflectometry (GNSS-R / GNSS 反射法)は、これを利用してリモートセンシングの目的で広く使用されており、地上で反射した GNSS 信号を、地上/海上または航空機/小型衛星に搭載されたアンテナ・受信機を用いて測定する。衛星から送信された GNSS 信号は右旋円偏波 (RHCP) であり、反射されると主に左旋円偏波 (LHCP) に変化する。RHCP と LHCP の信号強度比は、反射面の特性と衛星の仰角に依存する。本研究では地上に設置した両円偏波アンテナを用いて直接波信号と反射波信号を取得し、その信号対雑音比 (SNR) の比から反射点での比誘電率を求めることにより、地表面の特性に関して実験的評価を行った。



図2 両円偏波アンテナ (天頂方向 (左) と天底方向 (右))

収集された中間周波数生データは、各衛星の SNR を得るために後処理されるが、反射波は直接波に比べてとても弱く、反射波を検出するために、本研究では 1ms のコヒーレント積分と 1000ms のノンコヒーレント積分を組み合わせた手法を採用した。

#### 2. GNSS 反射法実験

##### 2-1 実験方法

GNSS-R システムは、2つの両円偏波アンテナに接続された RF フロントエンドと、データ収集用の PC で構成されている (図1)。天頂方向のアンテナは RHCP 素子のみ使用し、直接波信号を測定し、天底方向のアンテナは LHCP 素子のみ使用し、反射波信号を測定した (図2)。



図1 実験のセットアップ

##### 2-2 実験結果と考察

直接波信号から図1のように受信機位置での衛星分布が得られた。反射係数および比誘電率を求める計算には高仰角の PRN5, PRN13, PRN15 衛星を使用した。図2~図4は各衛星の直接波・反射波信号の捕捉結果であり、横軸はサンプリング数、縦軸は相関電力 (ピークを1に正規化) を表している。

実験では 60 秒間のデータを取得したが、そのうち 40 秒時点での各衛星の仰角、直接波・反射波の SNR, その比から反射点での比誘電率を計算すると表1のような値となった。同様に前後 10 秒間についても 5 秒おきに計 5 時刻での比誘電率を計算すると図5のように推移することが分かり、平均を求めると表2のようになった。実験場所の地面はコンクリートであり、文献

値<sup>2</sup>から比誘電率は4程度と考えられるため、十分な一致は得られなかったものの大きな誤差は生じなかったことがわかる。

表 1. 衛星仰角/SNR/ $\epsilon$  (40s 時点)

衛星番号	<i>Elevation</i> (deg)	$\frac{SNR_{reflect\ peak}}{SNR_{direct\ peak}}$	比誘電率 $\epsilon$
PRN 15	65.5	0.0182	1.73
PRN 5	64.2	0.0589	2.70
PRN13	59.1	0.0409	2.28

表 2. 平均比誘電率 (5 時刻)

衛星番号	平均比誘電率 $\bar{\epsilon}$
PRN 15	1.7
PRN 5	3.4
PRN 13	2.3

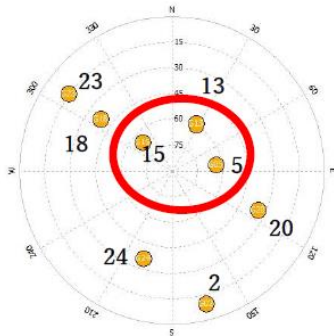


図 1 GPS 衛星のスカイプロット

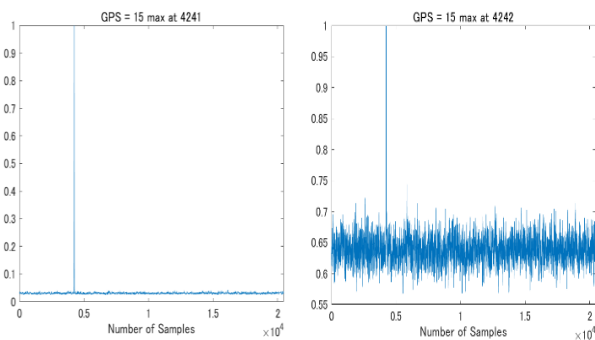


図 2 直接波 (左) と反射波 (右) の信号捕捉  
1000ms 積算結果 (PRN15,T=40 s)

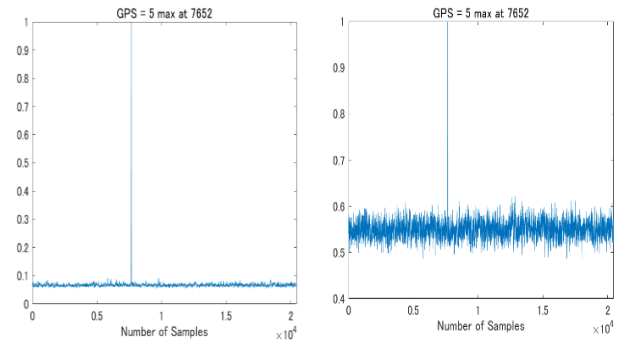


図 3 直接波 (左) と反射波 (右) の信号捕捉  
1000ms 積算結果 (PRN5,T=40 s)

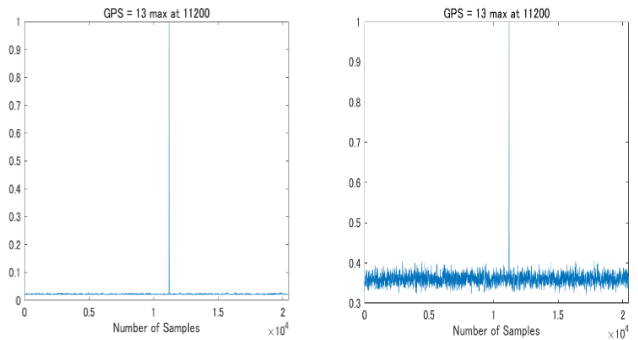


図 4 直接波 (左) と反射波 (右) の信号捕捉  
1000ms 積算結果 (PRN13,T=40 s)

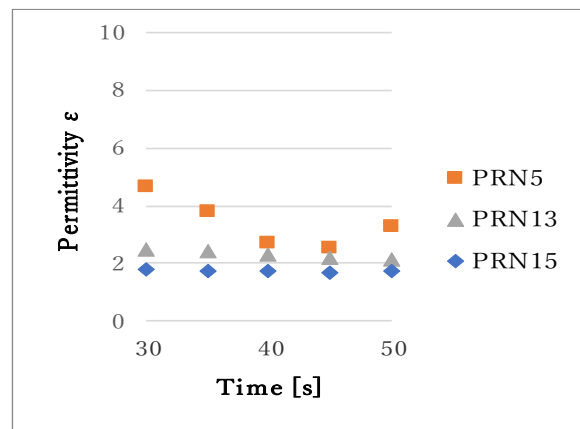


図 5 比誘電率の推移

### 3. まとめ

本研究では、GNSS 反射法について GPS 信号の直接波受信と反射波受信の両方を、それぞれ天頂方向両円偏波アンテナの右旋円偏波 (RHCP) 成分と天底方向両円偏波アンテナ左旋円偏波 (LHCP) 成分を用いて測定した。RHCP の直接波 SNR (信号対雑音比) に対する LHCP の反射波 SNR から反射点での比誘電率を求めることにより、測定場所のコンクリート面の特性に関して実験的評価を行った。

今後は、土壌や水面等を観測対象として本研究で確認できた手順で実験および解析を行うことで更なる検証を行う。

参考文献

- [1] Yan Jia, et al. "Estimation of Surface Characteristics Using GNSS LH-Reflected Signals: Land Versus Water", IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN APPLIED EARTH OBSERVATIONS AND REMOTE SENSING, VOL. 9, NO. 10, OCTOBER 2016
- [2] Rameez UR Rahman Lighari, et al. "Analysis of GPS Reflected Signals Based on SNR Measurements: Land Versus Water", European Conference on Antennas and Propagation, April 2018