

# 両円偏波アンテナを用いた GNSS 反射法による地表面特性推定と改善手法の検討

## Estimation of Earth Surface Characteristics by GNSS Reflectometry Using a Dual-Polarization Antenna and Investigation of Improvement Methods

北村章人 辻井利昭  
Akito Kitamura Toshiaki Tsujii

大阪公立大学大学院 工学研究科  
Graduate School of Engineering, Osaka Metropolitan University

### 1. 研究の背景・目的

GNSS 反射法とは地表面や海面から反射した GNSS 信号を計測するリモートセンシング手法である。GNSS 衛星をレーダ送信機として利用するため、高い可用性と観測の簡易性が利点として挙げられるが、地表に届くまでに GNSS 信号は減衰されてしまい、特に反射信号は直接信号と比べて非常に微弱である。そこで本研究では、両円偏波アンテナを用いて取得した微弱な直接信号と反射信号に対して非コヒーレント積算処理を行い、さらに反射信号をアンプにより増幅させ、その信号強度の比から反射点での電力反射率と比誘電率を求めた。地表面特性の計測実験を通して、この計測手法の有効性を明らかにするとともに、アンプ、非コヒーレント積算時間変更による信号増幅効果と推定精度の向上を検証することを本研究の目的とする。

### 2. 実験手法

本手法の有効性を検証するため、水面・コンクリート面・裸地・草地という地表面特性の異なる 4 地点で計測実験を行った。GNSS 衛星は右旋円偏波(RHCP)信号を送信するが、その信号が一度反射すると主に左旋円偏波(LHCP)信号へと変化する性質がある。本実験では直接信号と反射信号の両方を受信するため、RHCP 信号と LHCP 信号の両方に感度を持つ両円偏波アンテナを 2 つ用いた。一方を天頂方向に設置することで直接波を受信し、もう一方を天底方向に設置することで反射波を取得した(図 1)。取得した IF データは RF フロントエンドを通じて PC に保存、後処理により、各衛星の信号強度を得るために信号捕捉時に非コヒーレント積算処理を行った。なお、地表面特性推定に加えてアンプによる信号増幅効果及び非コヒーレント積算時間による信号増幅効果を調べるため、条件を 3 つに分け、信号処理を行った(表 1)。各地点において、反射信号にアンプを接続する場合としない場合(条件 A,B)の 2 パターンで 100s 間の計測実験を行い、5s おきの信号捕捉処理後、地表面特性推定を行った。非コヒーレント積算時間の変更(条件 C)は、条件 B の実験データに対して後処理で行った。最後に、条件ごとに求めた平均電力反射率及び平均比誘電率を文献値と比較し、信号増幅効果と推定精度を検証した。

表 1 実験条件

条件	アンプ	非コヒーレント積算時間
A	なし	100ms
B	あり	100ms
C	あり	200ms

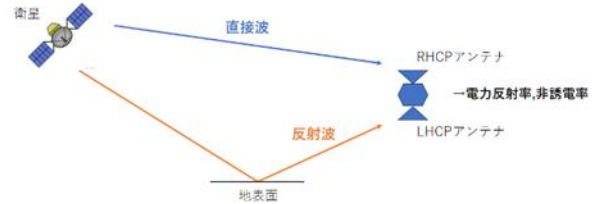


図 1 実験装置概略図

### 3. 実験結果と考察

4 地点で計測した実験結果をまとめると以下の表 2 のようになった。4 地点での電力反射率の実験結果と文献値と比較すると、大きく 2 つの問題点があった。1 つ目は、草地実験の条件 B, C において直接波の信号強度が弱く、有効な値を得られなかったことである。これには公立大内の電波環境が関係している可能性があり、調査する必要がある。2 つ目は、コンクリート面、裸地ではおおむね文献値に近い値が得られたものの、水面では値が大きく異なってしまったことである。これは実験器具または実験環境に問題があると考えられ、原因を究明する必要がある。また、コンクリート面、裸地で条件 C が最も文献値に近い値が得られたものの、全体を通して条件 A に対して条件 B, C での結果が大きく改善することはなかった。

表 2 実験結果と文献値[1] ( ) 内の比較

		水面	コンクリート面	裸地	草地
電力反射率	A	0.16	0.18	0.23	0.17
	B	0.16	0.18	0.32	
	C	0.16	0.19	0.27	
比誘電率	A	5.76(80)	6.96(5.24)	9.28(15)	6.83(15)
	B	5.86(80)	7.03(5.24)	17.6(15)	
	C	5.76(80)	6.95(5.24)	12.8(15)	

### 4. 今後の課題

まず、水面実験と草地実験で良好な結果が得られなかった原因を究明する。また、本研究で行った信号増幅だけでなく、実験環境の見直しや信号処理方法の変更を行い、より高い精度で推定できる手法を模索する必要がある。

#### 参考文献

- [1] “ITU-R: Effects of building materials and structures on radiowave propagation above about 100MHz, Recommendation ITU-R P.2040-2,” 2021.
- [2] 坂倉央子, 修士論文” 両円偏波アンテナを用いた GNSS 反射法による地表面特性推定”, 2022