

GNSS-IR による土壌水分および植生の計測原理 Principle of GNSS-IR measurement of soil moisture and vegetation

○小林 大樹*, 青木 伸輔**, 佐藤 直人***, 登尾 浩助***
KOBAYASHI Daiki, AOKI Shinsuke, SATO Naoto, NOBORIO Kosuke

1. 背景と目的

作物の栽培管理や防災・減災の観点で土壌水分量、植生高さは重要な情報である。近年ではこれらの情報を広域かつ省労力で把握するために衛星観測技術の活用が進んでいる。その中でも測位衛星である GNSS(Global Navigation Satellite System)を用いた GNSS-IR(GNSS-Interferometric Reflectometry)は、同じくマイクロ波による SAR と比較して時間分解能に優れた観測技術である。これまで、GNSS-IR による土壌水分量の計測(Larson et al. 2010)、植生の計測(Chew et al. 2015)の報告がある。しかし、土壌表面を植生に覆われている環境下において土壌水分量と植生量のそれぞれを計測する方法は提案されていない。それぞれを個別に計測可能となれば、より正確に地表面の環境情報を把握することができる。そこで本研究では、土壌表面を植生に覆われている環境下において GNSS-IR を用いて土壌水分量と植生量を計測する方法を検討し、実験により原理確認をした。

2. 理論

GNSS レシーバで計測する SNR(Signal-Noise Ratio)の干渉波から、地表面の状態を把握する方法として式(1)が提案されている(Larson et al. 2010)。

$$SNR = A \cos\left(\frac{4\pi H}{\lambda} \sin E + \phi\right) \quad (1)$$

ここで、 A は振幅、 H は GNSS アンテナから有効反射面までの高さ(cm)、 λ は波長(L1 バンドでは 19.0 cm, L2 バンドでは 24.4 cm)、 E は GNSS の仰角(rad)、 ϕ は位相 (rad)である。時間領域のデータである式(1)の SNR を Lomb-Scargle アルゴリズムにより周波数解析することで、SNR の卓越周波数 f (Hz) が得られる。そして f は式(2)であるため、

$$f = \frac{2H}{\lambda} \quad (2)$$

SNR から H を求めることができる。既往研究(Chew et al. 2015; Larson et al. 2010)では電磁波経路を図 1 における W_1 と仮定し、1つの卓越周波数 f から H_p を求めることで、裸地であれば土壌水分量、植生があれば植生量を求めていた。

一方で本研究では電磁波は植生の中を

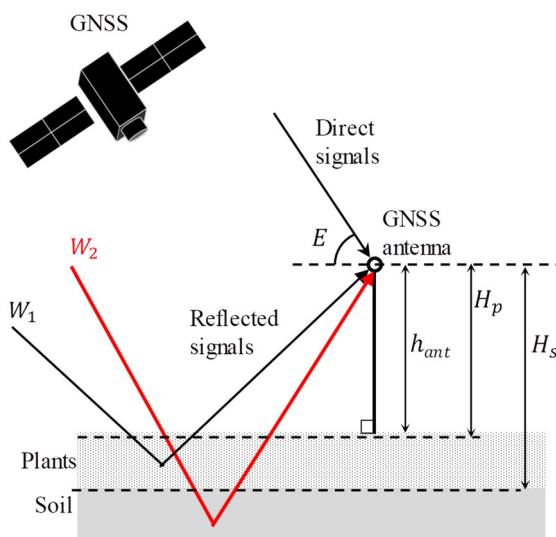


図 1 電磁波の経路とその反射高さ

Path of electromagnetic waves and their reflection height

*NTT アクセスサービスシステム研究所, NTT Access Network Service Systems Laboratories

香川大学農学部, Faculty of Agriculture, Kagawa University, *明治大学農学部, School of Agriculture, Meiji University
キーワード: 土壌水分計測, GNSS-IR, 植生, マイクロ波

透過し、土壌まで浸透した後に反射される経路 W_2 を仮定した。このとき、有効反射面は H_p と H_s の2つが存在するので、周波数解析により2つの卓越周波数 f が検知される。そして、それぞれの変化から土壌水分量、植生を計測できると仮説を立てた。

3. 実験方法

実験は茨城県つくば市(36.12786° N, 140.09118° E)の裸地で行い、計測期間は地表面に植生がある2022年7月とした(図2)。実験対象区間の21m×21mの中にGNSSレシーバ(Trimble Alloy)とGNSSアンテナ(Trimble GNSS Ti-V2 Choke Ring antenna)を地表面から180cmの高さ設置してSNRを計測した。GNSSの観測バンドはL1、L2の2つを使用し、衛星は衛星番号(PRN)13番のGPSを用いた。

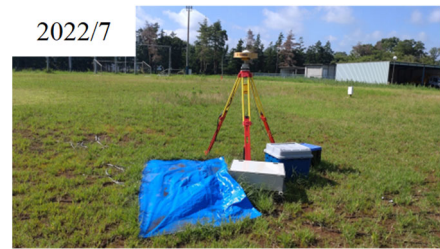


図2 実験地の写真

Photographs of the experimental site

4. 結果と考察

図3に2022年7月26日のSNRを周波数解析した結果をL1、L2バンドごとに示す。 f_{ant} はそれぞれの観測バンドにおける地表面からアンテナの高さを H として計算された f である。L1においては f_{ant} を挟んで二つの有効反射面高さが確認された一方で、L2においては f_{ant} において強い反射のある有効反射面高さが存在し、さらに f_{ant} より深い位置で他の有効反射面高さが確認された。これは、L2のほうが波長は長いために電磁波の浸透能が高く、電磁波が植生を含む地中へ深く浸透してから反射されたためと考えられる。

SNRの周波数解析により仮説の通り、植生地において複数の有効反射面高さを捉えることができた。本原理を基にして、土壌水分量と植生の定量的な検証により信号処理の手法確立を進めていく。

参考文献

Chew, C.C., Small, E.E., Larson, K.M., & Zavorotny, V.U. (2015). Vegetation Sensing Using GPS-Interferometric Reflectometry: Theoretical Effects of Canopy Parameters on Signal-to-Noise Ratio Data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 53, 2755-2764

Larson, K.M., Braun, J.J., Small, E.E., Zavorotny, V.U., Gutmann, E.D., & Bilich, A.L. (2010). GPS Multipath and Its Relation to Near-Surface Soil Moisture Content. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 3, 91-99

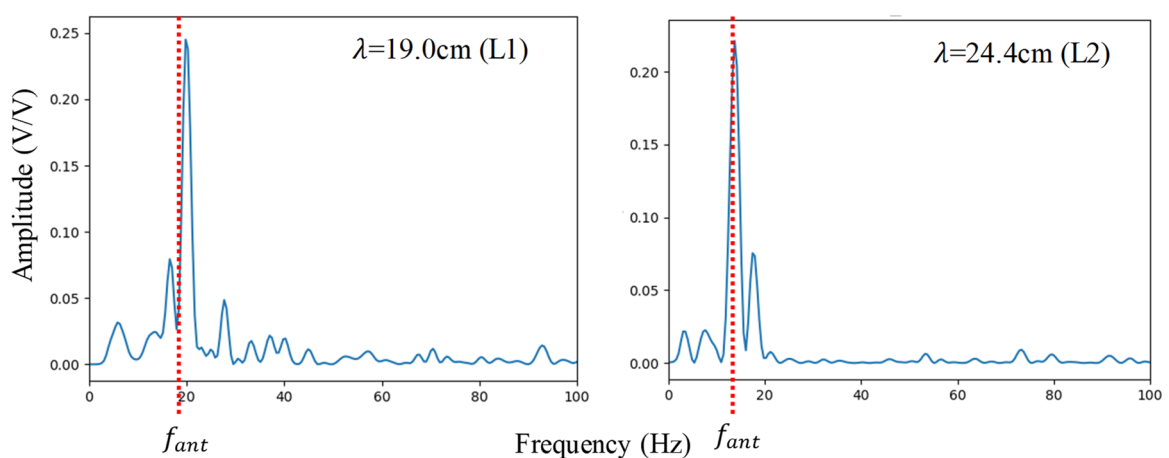


図3 2つの観測バンドにおけるSNRの周波数解析結果

Results of frequency analysis of SNR in two observation bands