

GNSS-IR の周波数解析による水田環境の計測

Measurement of paddy field environment by frequency analysis of GNSS-IR

○鈴木 隆介*, 小林 大樹**, 登尾 浩助***

SUZUKI Ryusuke, KOBAYASHI Daiki, NOBORIO Kosuke

1. 背景と目的

衛星観測技術により省労力にデータを取得し、作物の生産管理へ活用することが期待されている。マルチスペクトル衛星による植生情報の計測、合成開口レーダによる土壌水分量の計測などの活用例がある。しかし、これらの観測衛星はある角度で撮影した画像データから地表面を撮影するため、地表面付近の深さ方向の情報を得ることは原理上難しい。一方で測位衛星 GNSS(Global Navigation Satellite Systems)による観測手法である GNSS-IR(GNSS- Interferometric Reflectometry)は仰角の変化情報を利用した方法であるため、深さ方向の情報が取得できる可能性がある。さらに、GNSS は複数の波長を用いて測位しているため、異なる波長を使用することで電磁波の浸透能の違いからも深さ方向の情報を取得できると考えられる。そこで、複数の波長を用いた GNSS-IR を水田に適用して、深さ方向の情報である植生と水位を計測することが可能か検証した。

2. 方法

東京農工大学農学部附属広域都市圏フィールドサイエンス教育研究センターの実験水田で実験を行い、2023年6月から8月を解析対象とした。GNSS アンテナ(Trimble GNSS Ti-V2 Choke Ring Antenna)を地表面から 305 cm に設置し(Fig.1), GNSS 受信機(Trimble Alloy)に接続した。観測周波数は L1, L2 を使用し、衛星は衛星番号(PRN)9 番の GPS を用いた。さらに水田の水位と植生高さを実測した。

GNSS の直接信号とマルチパス信号との干渉によって生じる SNR (Signal to Noise Ratio) の変動は式(1)で表される(Larson et al., 2010)。

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

ここで、 A は振幅、 H はアンテナから有効反射面までの高さ(cm)、 λ は波長(L1:19.0 cm, L2:24.4 cm)、 E は GNSS の仰角(rad)、 ϕ は位相(rad)である。さらに、SNR を Lomb-Scargle 法により周波数領域での強度を求めた。有効反射面(Effective reflecting surface)は植生高さ、水位の実測データを $f = 2H/\lambda$ に代入して実測値から計算される理論上のピーク周波数 f を求めた。植生高さはのピーク周波数は f_v 、水位は f_w で表した。

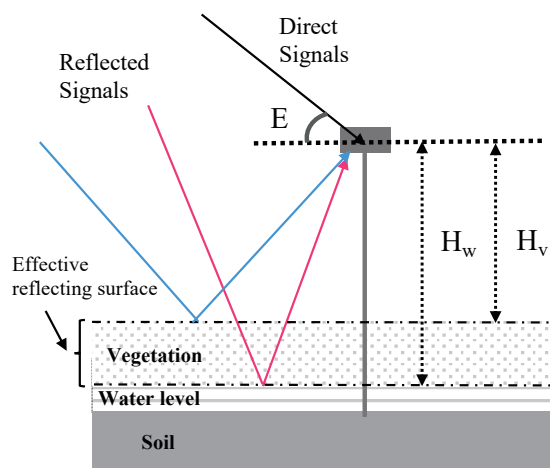


Fig.1 実験環境の模式図

Schematic diagram of the experiment environment

*明治大学大学院農学研究科, Graduate School of Agriculture, Meiji University

** NTT アクセスシステムサービス研究所 NTT Access Network Service Systems Laboratories

***明治大学農学部, School of Agriculture, Meiji University

キーワード: GNSS-IR, 植生, 周波数解析, マイクロ波

3.結果と考察

観測した期間から代表的な結果として 6/15 と 8/31 の水田の様子と L1, L2 における周波数解析結果を Fig.2 に示す. L1 は 6/15 では f_v に周波数ピークが存在し, f_w 付近に最も強い周波数ピークが確認された. その一方で L2 は 6/15 では f_v に周波数ピークが確認されなかった. また, 8/31 では L1 は f_v と f_w の間に複数の周波数ピークを確認したが, 理論上の f_w と周波数ピークに乖離があった. しかし, 8/31 では L2 は f_v と f_w の間に強い周波数ピークが確認されなかったものの, f_w と最も強い周波数ピークが一致していた.

これらの結果は, 波長が短い L1 は表面変化に敏感で浸透性が低い特性を持つために植生高さを捉えるのに有利であることを示した. 一方で, 波長が長い L2 は表面変化への感度が鈍いものの, 浸透性が高いために植生を透過して, その下の水位を正確に捉えたことを示した.

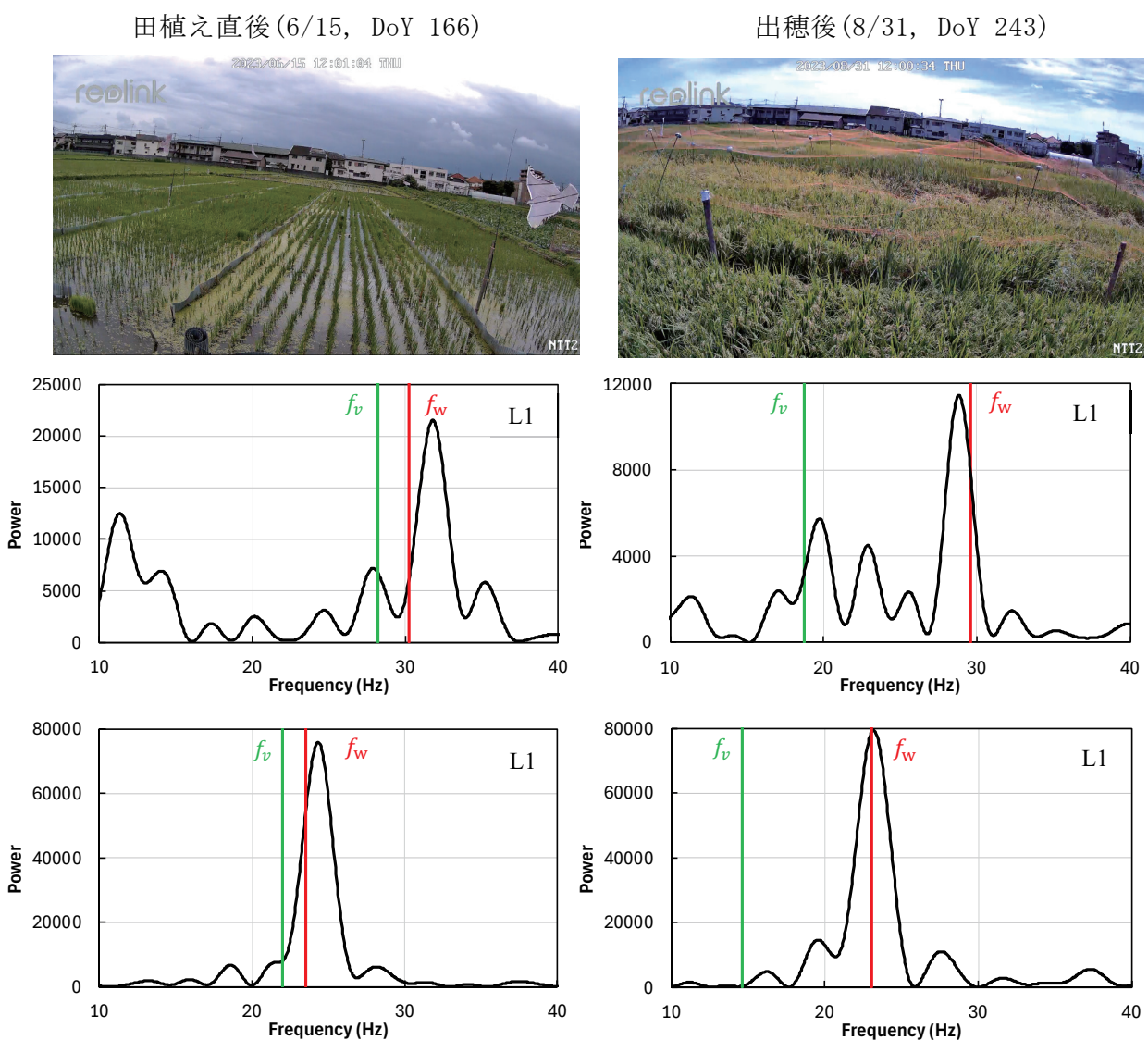


Fig.2 2 期間の水田の様子と L1・L2 における周波数解析結果

Conditions of rice paddies over two periods and frequency analysis results for L1 and L2