

# 安価な GNSS 信号受信システムを用いた植生情報の面的推定

## Spatial estimation of vegetation using inexpensive GNSS signals reception system

○大丸弘朗\*・齊藤忠臣\*\*・門田直哉\*\*\*・小谷豪大\*・猪迫耕二\*\*  
○Hiroaki Daimaru\*, Tadaomi Saito\*\*, Naoya Kadota\*\*\*, Godai Kodani\*, Koji Inosako\*\*

### 1. はじめに

近年、スマート農業の普及により圃場スケールでの面的な植生モニタリングのニーズが高まっている。このような中、衛星からのマルチパス信号を用いて環境要素を推定する GNSS-IR が注目されている。従来の GNSS-IR の研究は高価な GNSS 受信システムを利用するが多く、広く普及させる上の課題である。そこで本研究では、自作の安価な信号受信システムを異なる作物の栽培された圃場に適用し、植生情報の面的推定の可能性を検討した。

### 2. 実験方法

**2.1 観測方法**：本研究では鳥取大学農学部付属フィールドサイエンスセンター内の圃場にて実験を行った(図 1)。GNSS 信号受信システムとして安価なアンテナ・受信機 (ANN-MB-00-00, ublox 社) とマイクロコンピュータ (Raspberry Pi 3 Model3 A+, ラズベリーパイ財団) を組み合わせたものを作製した。対象植物には被度と草高が異なるソバとヒマワリを用いた。アンテナの設置高さはヒマワリ圃場で 2m, ソバ圃場で 1.6m とし、9月 18 日～11月 11 日の期間にデータを収集した。週 2 回程度植物体のサンプリングを行い、新鮮重量 (FW) と乾物重量 (DW) を測定した。また、各圃場にカメラを設置し草高 ( $C_h$ ) を測定した。

### 2.2 解析方法

本研究では取得した GNSS データのうち GPS25 機の L2 信号を用いて解析を行った。解析にはオープンソフトウェアである gnssrefl を用いた。まず取得したデータから、マルチパスの影響が強い低仰角 (5-30 度) の SNR や、衛星仰角・方位角などのデータを抽出した。続いて、SNR を線形スケールに変換した上で、マルチパスの影響を明瞭化するために直接信号成分のトレンドを除去した。このトレンド除去後の SNR ( $SNR_r$ ) と仰角の波形関係に対し、周期性の解析手法である Lomb-Scargle-Periodogram を適応して卓越周波数 ( $f_m$ ) を導出した。そして導出した  $f_m$  と GNSS 信号の波長  $\lambda$  から解析期間中の有効反射体高さ  $H_r$  を算出した。算出された  $H_r$  のうちピークの不明瞭な  $f_m$  から得られたデータを除外した上で、式 (1) に代入し、線形最小二乗法を用いて  $SNR_r$  と衛星仰角  $E$  の関係を当てはめた。

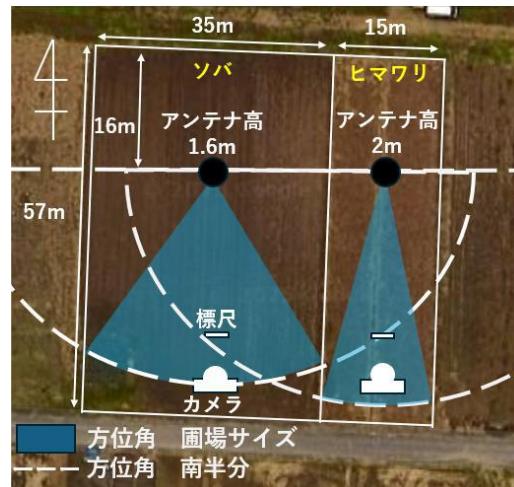


図 1 圃場概要  
Field layout

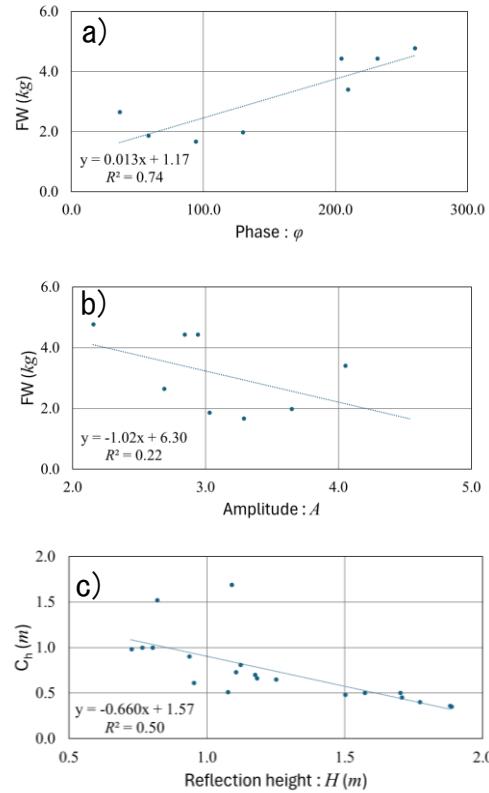
\*鳥取大学持続性社会創成科学研究科, Graduate School of Sustainability Science, Tottori Univ., \*\*鳥取大学農学部, Faculty of Agriculture, Tottori Univ., \*\*\*ゲルフ大学環境学科, School of Environmental Sciences, University of Guelph, キーワード : GPS, remote sensing, multipath

$$SNR_r = A \cos \left( \frac{4\pi H_r}{\lambda} \sin E + \varphi \right) \quad (1)$$

式 (1)において、 $A$ ,  $\varphi$  がフィッティングパラメータであり、 $A$  が振幅、 $\varphi$  は位相のずれである。 $A$ ,  $\varphi$  について、解析期間中の最小値や中央値を利用して基準化した上で日平均化した。また、解析期間中の  $H_r$  を固定せずにフィッティングパラメータとして式 (1) に当てはめた際に得られる値を反射体高さ ( $H$ ) とし、日平均化した。以上の解析により得られた  $A$ ,  $\varphi$  の日データと  $FW$ ,  $DW$ ,  $C_h$  を比較し、両者の関係を調べた。本研究では方位角を南半分および圃場サイズ (図 1) に限定した場合についても解析を行い、結果を比較した。

### 3. 結果と考察

図 2 に解析結果の一例として、解析範囲が圃場サイズである時のヒマワリの植生情報と  $\varphi$ ,  $A$ ,  $H$  の比較を示す。a)より  $FW$  と  $\varphi$  の間に高い正の相関が見られた。これは植物の水分量の増加に伴い  $\varphi$  も上昇したためと考えられる。b)より  $FW$  と  $A$  の間に弱い負の相関が見られた。振幅  $A$  は反射面の水分量の増加に伴い減少し得るが、粗度にも影響を受けるため a) の場合ほど高い相関を示さなかったと考える。c)より  $H$  は強い負の相関を示した。 $H$  はアンテナから反射点までの高さであり、草高の上昇により反射点が上昇したため  $C_h$  と負の相関を示したと考える。表 1 にヒマワリとソバの植生情報と  $\varphi$ ,  $A$ ,  $H$  の間の決定係数 ( $R^2$ ) を示す。ソバの  $DW$  は植物体の乾燥が十分でなかつたため記載していない。両作物において、 $FW$  と  $\varphi$  の間に相関が見られ、方位角を絞ると向上し高い値をとった。このことから  $\varphi$  を用いて  $FW$  を推定できる可能性が示唆された。また、 $FW - \varphi$  の相関は  $DW - \varphi$  の相関と比較して高い。このことから  $\varphi$  は植物の体組織よりも植物体内の水分量に影響を受けると考えられ、 $\varphi$  が植物の水ストレスの検知に活用できる可能性が示唆された。 $C_h - H$  はヒマワリでは高い  $R^2$  を取り、ソバでは低い  $R^2$  を取った。これは、今回ソバ・ヒマワリ共に密集されたが、ソバと比較してヒマワリの方が葉・茎が鬱閉しており、草高の位置での信号反射が明瞭であったためと考えられる。これにより、 $H$  を用いた  $C_h$  の推定は植物体の形状・密度等の影響を受けると考える。



**図 2 ヒマワリの植生情報と GNSS データの比較 (方位角 160-200)**  
 Relationship between GNSS outputs and vegetation information for sunflower (azimuth 160 - 200)

**表 1 ヒマワリとソバの植生情報と φ, A, H の間の決定係数**

$R^2$  values between GNSS outputs and vegetation information height

	方位角	φ		A		$C_h$
		FW	DW	FW	DW	
ソバ	0-360	0.59	-	0.46	-	0.32
	90-270	0.93	-	0.48	-	0.00
	135-225	0.91	-	0.47	-	0.27
ヒマワリ	0-360	0.09	0.00	0.58	0.53	0.59
	90-270	0.49	0.48	0.19	0.29	0.63
	160-200	0.74	0.33	0.22	0.31	0.50