

## Sentinel-1 衛星データと表層土壌水分量の関係 Relationship Between Sentinel-1 Satellite Data and Surface Soil Moisture Content

○篠原健吾\*, 福本昌人\*

Kengo Shinohara and Masato Fukumoto

### 1. はじめに

表層土壌水分量は、地表面の水収支・熱収支に大きく影響するパラメータであり、気候変動予測や灌漑排水等の分野で重要視されている。この情報を広域的に収集する手法として合成開口レーダ SAR による衛星リモートセンシングが注目されている。SAR は、マイクロ波を地表面に斜めに照射し、地表面で散乱して戻ってくる後方散乱波の強さ（後方散乱係数）を観測する。裸地の土壌面では、土壌の誘電率が水分量によって大きく変化するため、後方散乱係数は表層土壌水分量によって変化する。この原理に基づいて SAR データによる表層土壌水分量の推定がこれまでに多く試みられてきた。しかし、後方散乱係数は地表面の粗さやレーダ観測条件（波長、偏波、入射角）によっても変化するため、その推定は容易ではない。本研究では、欧州宇宙機関の Sentinel-1 衛星（A 機、B 機；回帰日数はどちらも 12 日）による SAR データ（C バンド；無償でダウンロード可能）に着目し、Sentinel-1 衛星データによる後方散乱係数と表層土壌水分量の関係を調べた。

### 2. 方法

調査は、農工研の構内（つくば市）にある火山灰土の畑圃場（88×90m）で 2021 年の 5 月 17 日～12 月 31 日に行った。圃場はロータリーで耕起し、調査期間中、裸地状態とした。圃場面は水平かつ滑らかである。ADR 土壌水分センサーを圃場中心の深さ 2.5cm に水平に設置し、表層 5cm の体積含水率を 10 分毎に計測した。

IW モードで観測されたレベル 1 GRD プロダクト（地上解像度 20m×22m）の VV 偏波と VH 偏波の Sentinel-1 衛星データを用いた。

VV 偏波とは、垂直偏波（V）で送信して後方散乱波の垂直偏波を受信するモードで、VH 偏波とは、垂直偏波で送信して後方散乱波の水平偏波（H）を受信するモードである。

Sentinel-1 衛星の軌道と観測エリアを図-1 に示す。調査地点は、A 機による 1 つの観測エリアと B 機による 2 つの観測（1, 2）エリアに位置している。A 機による観測は Descending 軌道（南向き）で行われ、観測時刻は 5:43、調査地点でのマイクロ波の入射角（ $\theta$ ）は 37°である。B 機による観測は Ascending 軌道（北向き）で行われ、観測 1 と観測 2 の観測時刻はそれぞれ 17:33、17:41、入射角はそれぞれ 32°、43°ある。まず、サーマルノイズ除去、スペックル低減処理等の前処理を行い、画素値が後方散乱係数（ $\sigma^0$ ）である VV 偏波と VH

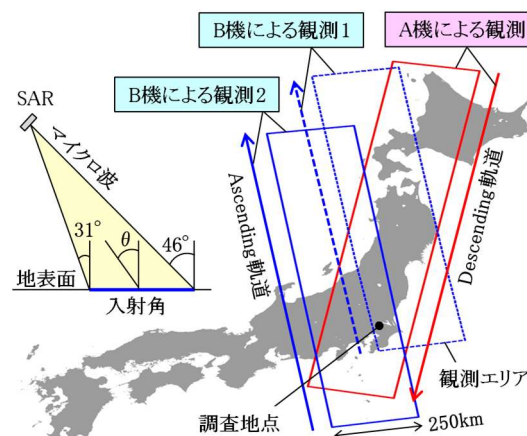


図-1 Sentinel-1 衛星の軌道と観測エリア  
Orbit and observation area of Sentinel-1 satellite

\*農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究部門 National Institute for Rural Engineering, NARO  
キーワード：リモートセンシング，SAR，マイクロ波，後方散乱係数，裸地

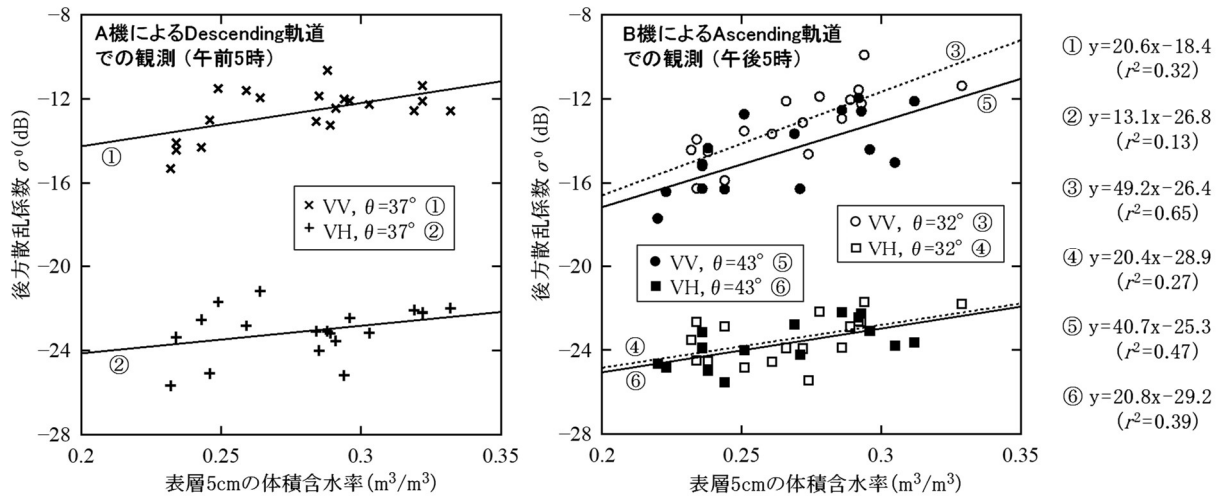


図-2 後方散乱係数 (Sentinel-1 衛星の SAR データ) と表層土壌水分量の関係  
Relationship between backscattering coefficient and surface soil moisture content

偏波の SAR 画像 (画素サイズ  $10m \times 10m$ ) を作成した. 次に, GIS ソフトを用いて各 SAR 画像に  $50m$  四方の矩形ポリゴン (水分観測地点がポリゴンの中心) を重ねてポリゴン内に位置する画素の画素値の平均を求めた. その  $\sigma^0$  の圃場平均と衛星観測時に得られた表層  $5cm$  の体積含水率の計測値との関係を調べた.

### 3. 結果と考察

$\sigma^0$  と表層  $5cm$  の土壌水分量の関係を 図-2 に示す. 軌道, 入射角とも同じ場合, VH 偏波より VV 偏波の方が直線回帰の決定係数 ( $r^2$ ) は大きかった. この結果は Şekertekin et al. (2018) の調査結果と符合していた. また, VV 偏波の

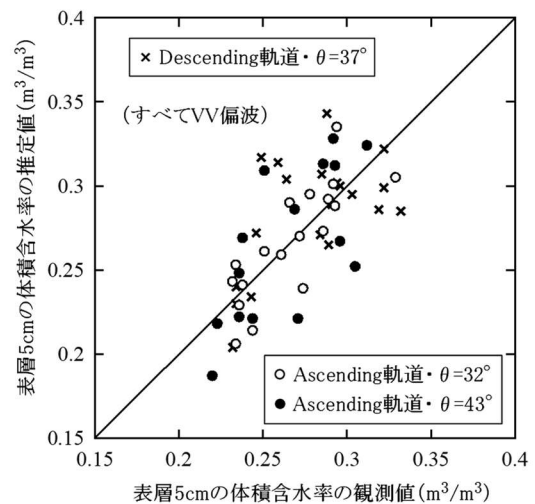


図-3 表層土壌水分量の推定結果  
Results of estimating surface soil moisture content

$r^2$  は, Ascending 軌道・ $\theta = 32^\circ$ , Ascending 軌道・ $\theta = 43^\circ$ , Descending 軌道・ $\theta = 37^\circ$  の順に大きく, それぞれ  $0.65$ ,  $0.47$ ,  $0.32$  であった. Descending 軌道での観測と Ascending 軌道での観測の主な違いは観測時刻 (それぞれ午前  $5$  時, 午後  $5$  時) である. 表層  $5cm$  の土壌水分量が同じ値であっても午前  $5$  時と午後  $5$  時では表層  $5cm$  内の鉛直方向の水分勾配は異なっており, このことが Descending 軌道の  $r^2$  の値が小さかったことに影響している可能性があるが, 詳細は不明である. 図-2 に示した VV 偏波の関係式 (①③⑤) を用いて  $\sigma^0$  の観測値から表層  $5cm$  の土壌水分量を推定し, 推定値と観測値を比較した. その結果を 図-3 に示す. 推定誤差 RMSE は, Ascending 軌道・ $\theta = 32^\circ$ , Descending 軌道・ $\theta = 37^\circ$ , Ascending 軌道・ $\theta = 43^\circ$  の順に小さく, それぞれ  $0.020m^3/m^3$ ,  $0.029m^3/m^3$ ,  $0.032m^3/m^3$  であった.

### 4. おわりに

今後は, SAR 画像を Sentinel-2 衛星データ (短波長赤外) による水田の排水性評価マップと比較し, Sentinel-1 衛星データの排水性評価への適用について検討する予定である.

#### 引用文献

Şekertekin A., Marangoz A. M., Abdikan S. (2018) : Soil moisture mapping using Sentinel-1A synthetic aperture radar data, International Journal of Environment and Geoinformatics, 5(2), 178-188.