

## 土壌水分量と GPS 反射波の関係

### Relationship between soil water content and GPS reflective wave

○長沼菜摘\*・青木伸輔\*\*・井家上哲史\*\*\*・登尾浩助\*\*\*\*

○Natsumi Naganuma\*・Shinsuke Aoki\*\*・Tetsushi Ikegami\*\*\*・Kosuke Noborio\*\*\*\*

#### 1. 背景と目的

土壌水分量の推定は農業面において適切な灌漑量を決定する際に必要である。現在は土壌水分センサーを埋設して土壌水分量を測定している。この測定方法はセンサーを埋めたある特定の 1 地点のみの水分量を測るので、広範囲の測定を行うためには多くのセンサーが必要であり、多大な労力が必要となる。GPS の反射波とシミュレーションで得た土壌水分量には関係があること報告されている (Larson ら, 2008)。地球の周りには GPS 衛星が周遊しており、周遊している GPS 衛星から得た反射波と土壌水分量の関係を利用して、広範囲の土壌水分量の推定を行えることを示唆している。そこで本研究では GPS のマルチパス信号と土壌水分量との関係を明らかにすることを目的とした。

#### 2. 理論

GPS のデータには信号対雑音比 (以下、S/N 比) が存在する。S/N 比と反射波の関係を式 (1) に、直接波と反射波の概略図を Fig. 1 に示した (井家上, 2019 私信)。ここで、S/N は信号対雑音比、 $P_1$  は受信機雑音の電圧、 $P_2$  は直接波の電圧、 $P_3$  は反射波の電圧である。 $P_1$  は条件によらず常に一定と仮定できるので無視する。S/N 比から反射波を取り出すためには、人工衛星から GPS 受信機に直接届く直接波を計算する必要がある。

$$\frac{P_3}{P_1} = 10^{\left(\frac{S/N}{20}\right)} - \frac{P_2}{P_1} \quad (1)$$

#### 3. 実験方法

実験は 2019 年 3 月 1 日から 3 月 6 日まで、神奈川県内にある明治大学黒川農場 (35°36'33.8"N 139°27'11.8"E) で行った。GPS (FieldTRAX-GPS-4, 株式会社匠技術研究所) とデータロガー (Em50,

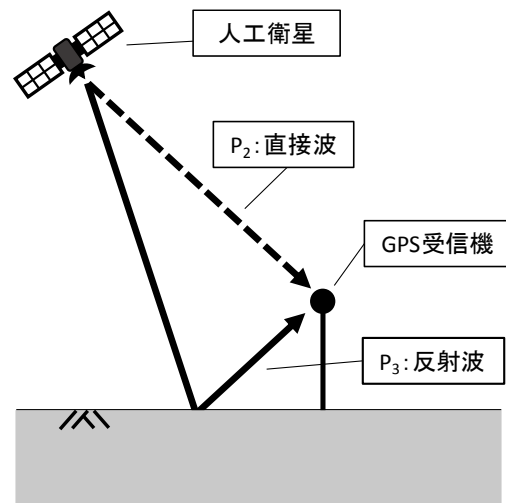


Fig. 1. 直接波と反射波の概略図. Schematic diagram of direct and reflected waves.

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

\*\*明治大学研究・知財戦略機構ガスハイドレード研究所 Gas Hydrate Research Laboratory, Meiji University

\*\*\*明治大学理工学部 School of Science and Technology, Meiji University

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

キーワード：土壌の物理化学的特性、水分移動、畑地灌漑

METER 社) に接続した土壌水分センサー (10HS, METER 社) を 2 本設置した。GPS 受信機は地表面から高さ 1.5 m のところに取り付け、土壌水分センサーは GPS 受信機から 1 m 離れたところに地表面から鉛直に挿入し、地表面から深さ 10 cm の平均体積含水率を測定した (Fig. 2)。衛星番号 7 番の GPS データを使用した (Fig. 3)。GPS データの S/N 比から反射波を抽出し、土壌水分センサーで測定した体積含水率と比較した。

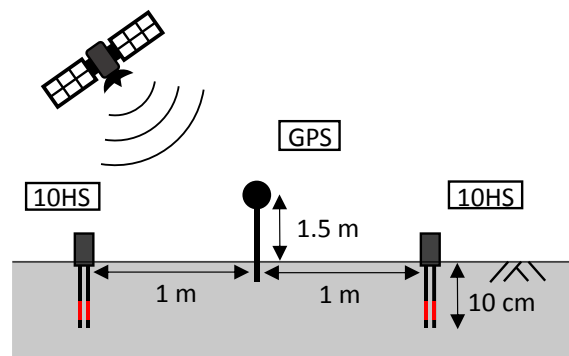


Fig. 2. 実験装置の配置図. Layout of experimental equipment.

### (1) 直接波の算出方法

2019 年 3 月 1 日の 14 時から 15 時 30 分の間に、GPS 受信機の高さを 0.5 m から 4.5 m まで 0.5 m 間隔で変化させた。高さに伴う S/N 比の変化から、 $P_2+P_3$  の最大値と最小値を求め、最大値と最小値を足して 2 で割った値を衛星番号 7 番の直接波の電圧とした。

### (2) 反射波の算出方法

2019 年 3 月 1 日から 6 日の期間の GPS の S/N 比のデータから  $P_2+P_3$  を算出し、式 (1) で求めた衛星番号 7 番の直接波の電圧を引いて算出した。

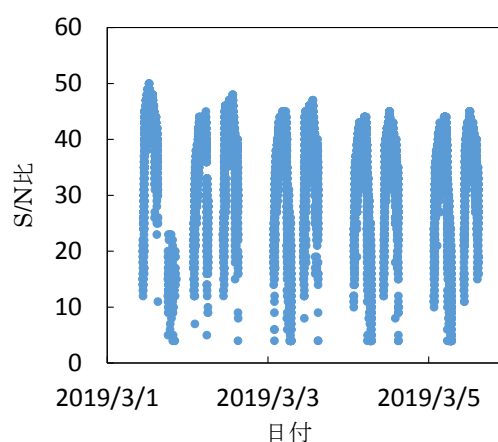


Fig. 3. 2019 年 3 月 1 日から 6 日の S/N 比の変化. Changes in S / N ratio between March 1 and March 6, 2019.

## 3. 結果と考察

反射波の電圧値と体積含水率の関係を Fig. 4 に示した。体積含水率が大きいほど、反射波の電圧値は小さくなった。土壤に含まれる水分量が多ければ多いほど、人工衛星から地表に到達した電波は地表面で吸収され、GPS 受信機に到達する反射波の電圧値が小さくなったと考えられる。

## 4. 参考文献

[1] Larson, K.M. et al. (2008): Using GPS multipath to measure soil moisture fluctuations: initial results. GPS Solutions 12(3), 173-177.

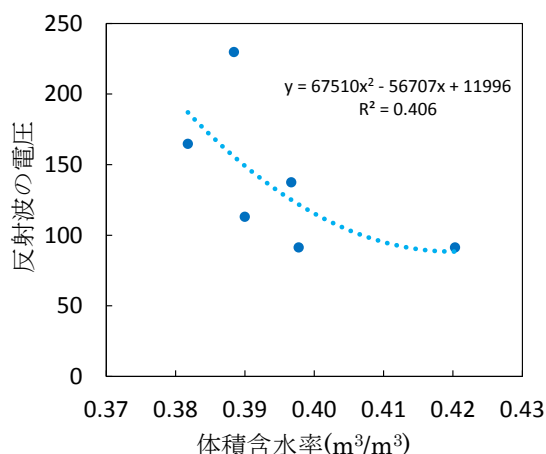


Fig. 4. 反射波の電圧値と体積含水率の関係. Relationship between voltage of reflected wave and volumetric water content.