

大型多線式 TDR プローブによる面的土壌水分計測 Measurement of Soil Water Content Using a Multi-Wire TDR Probe

○永野一輝* 長 裕幸* 児玉大輔* 田川堅太** 藤巻晴行***
Kazuki Nagano Hiroyuki Cho Daisuke Kodama Kenta Tagawa Haruyuki Fujimaki

1. はじめに

リモートセンシングによる広域スケールの表層土壌水分観測では、観測面内に設置した複数の土壌水分センサーの測定値の平均値を、衛星データの校正に用いる場合が多い。しかし、平均値を観測面代表値として扱うことの是非については、これまでに繰り返し議論されてきたところである。そこで本研究では、伊藤ら(2009)が開発した多線式プローブを改良した大型多線式 TDR プローブを試作し、蒸発過程における面的土壌水分計測への有効性を検討した。

2. 実験方法

多線式プローブは、隣接する TDR プローブがアース用ロッドを共用することで、サンプリング体積内の体積含水率 θ を隙間なく測定する仕組みとなっている。本研究では、0.96 m の感知部長(ロッド長 1.0m, ロッド間隔 0.1 m, 直径 5 mm)を有する 3 組の TDR プローブを水平に配した大型多線式プローブを自作した。電場シミュレーションから推定される同一プローブの鉛直方向の影響範囲は、上下 0.05 m 程度であった。

縦 0.81 m, 横 1.10 m, 高さ 0.20 m の木箱に、 $EC=0.10\text{Sm}^{-1}$ の NaCl 溶液を溜め、砂を高さ 0.10 m まで塩分の均一化のため攪拌しながら沈降充填した。充填過程で、多線式プローブを深さ 0.05 m に水平に埋設した。また、Campbell Scientific 社(CS 社)の SDM50 型マルチプレクサーを介して TDR100 ケーブルテスター(CS 社)に接続した CS640 型小型プローブ(ロッド長 0.075m, 間隔 0.006 m, 直径 0.0016 m, CS 社)を 3ヶ所の深さ 0.01, 0.03, 0.05, 0.07, 0.09 m に計 15 本ずつ埋設した。

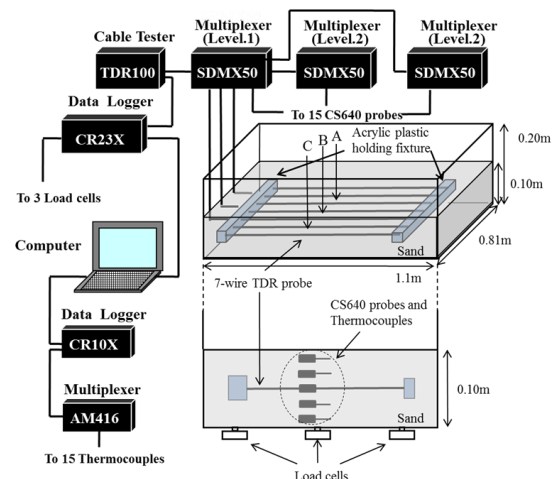


Fig. 1 実験の模式図.
Schematic diagram of experiment.

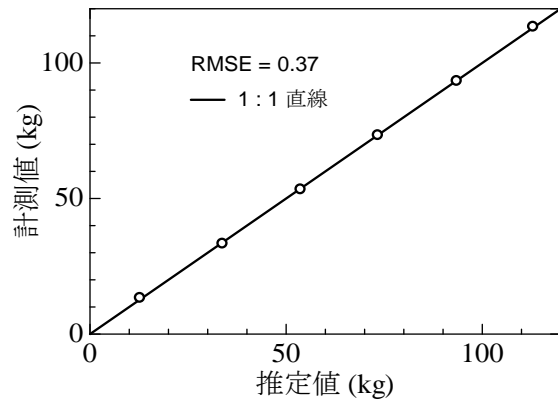


Fig. 2 ロードセルの推定値 (kg) と電子天秤による計測値 (kg) の比較
Comparison of load cell and electronic balance content (θ).

*佐賀大学農学部 Faculty of Agriculture, Saga Univ., **鹿児島大学大学院連合農学研究科 The United Graduate School of Agricultural Sciences, Kagoshima Univ., ***鳥取大学乾燥地研究センター Arid Land Research Center, Tottori Univ. キーワード: 面的土壌水分量, 大型多線式 TDR プローブ

また、蒸発量を求めるために、容器の底に定格容量 1kN の小型圧縮型ロードセル (KYOWA 社) を 3 つ設置した。地下水面が地表面と等しくなるように余剰水を排水後、2 台の扇風機で砂表面に送風し、砂中の水分の蒸発をうながした。CR10X, CR23X 2 台のデータロガー (CS 社) を利用して、蒸発過程における砂の比誘電率 (ϵ)、ロードセルの計測値である電圧をそれぞれ 15 分間隔で測定した。測定した ϵ 値は、多線式プローブの場合は別途求めたキャリブレーション式に、小型プローブの場合は Topp 式にそれぞれ代入し、体積含水率 (θ) を求めた。また、ロードセルで測定した電圧を、別途求めたキャリブレーション式に代入し、容器の重量変化から蒸発量を求めた。

3. 結果と考察

Fig.2 ロードセルによる推定値 (kg) と電子天秤による計測値 (kg) を比較すると、ロードセルの推定値は 1:1 線上にほとんど分布し RMSE は 0.37 であった。

Fig.3 多線式プローブで測定した面的土壌水分量 (θ_{LT}) と、小型プローブで測定した 3ヶ所のそれぞれ 5 深度計 15 点の θ 値の平均値 (θ_{ST}) を比較すると、両者はよく一致し、差は最大で $0.015\text{m}^3\text{m}^{-3}$ であった。また、ロードセルの

測定値から得た容器全体の重量変化より、容器全表面からの時間的な蒸発量を得る事ができるので、その値から容器内土壌水分量 (θ_{GT}) を求めた。 θ_{LT} と θ_{GT} の時間的な変化は、同様の減少傾向を示したが、0~60 時間では、 θ_{LT} の値が大きく、差は最大で $0.05\text{m}^3\text{m}^{-3}$ であった。これは、表層から 0.07, 0.09 m の地点では、約 50 時間 $0.40\text{m}^3\text{m}^{-3}$ 以上の高水分状態を保っていたことが小型プローブの計測結果 (**Fig.4**) から確認されており、多線式プローブと小型プローブを用いた計測では、高水分領域の影響を強く受け、その結果、容器の減少重量から求めた θ_{GT} 値との差が生じたと考えられる。

4. おわりに

本実験から、多線式プローブで測定した面的土壌水分量 (θ_{LT}) は、小型プローブで測定した 3ヶ所のそれぞれ 5 深度計 15 点の θ 値の平均値 (θ_{ST}) とはよく一致することが確認されたが、容器内土壌水分量 (θ_{GT}) に関しては差が生じた。この差の原因は、高水分領域の影響など考えることができるが、本実験では完全には解決することができなかった。

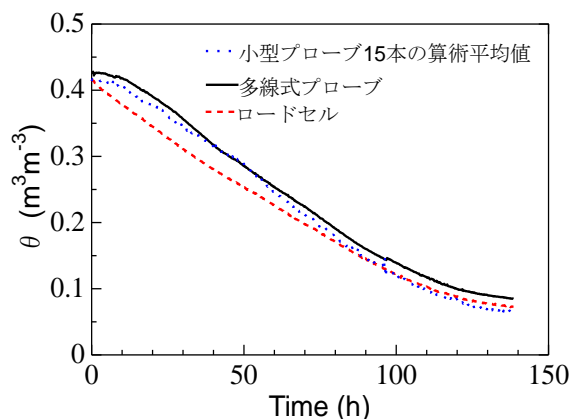


Fig. 3 体積含水率 (θ) の経時変化。
Profile of volumetric water content (θ).

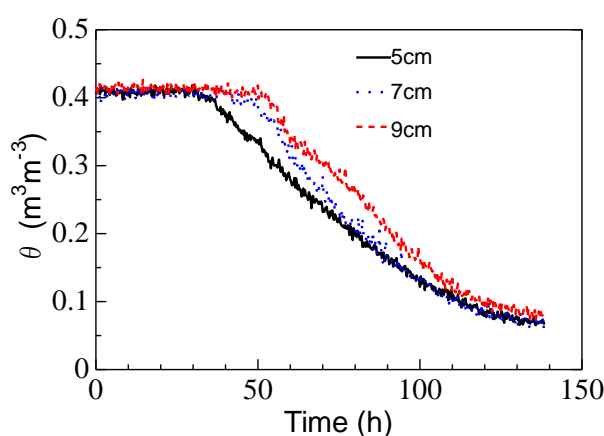


Fig. 4 深さ 0.05, 0.07, 0.09m の体積含水率 (θ) の経時変化。
Changes in volumetric water content (θ) at 0.05, 0.07, 0.09-deep.