

縦挿し型送受信機を用いた 培養土中の体積含水率推定に関する検討

Study on Estimation of Volume Water Content in Culture Soil
using Handheld Sound Source and Sensors

白川 貴志、大平 武征、中川 裕、佐野 元昭、杉本 恒美

桐蔭横浜大学大学院工学研究科

(2015年3月20日 受理)

1. はじめに

地球温暖化などによる発展途上国における水不足問題、東日本大震災による安全な水資源に関する問題が表面化し、人類の水使用において大きな割合を占めている農業用水の利用効率について関心が高まっている。この問題を解決するためには、節水灌漑(点滴灌漑, 負圧差灌漑)による水分供給が最適に行われているかを判断する指標として植物根圏土壌の体積含水率把握が必要となる。しかしながら、既存の土壌含水率計測は電気抵抗センサによるピンポイント計測であるために、植物根圏、また広い畝の正確な体積含水率を求めるためには多くのセンサが必要となり実用的ではない。しかしながら、音響探査技術を応用すれば、少数のセンサを用いることで植物根圏の体積含水率推定を行うことが可能となる。いままで研究室では、砂、土壌において土中を水平方向、垂直方向を伝搬する音速値と土中水分分布の関係性を振動子及びレーザースキャンを用いた手法により実験的に確認してきた^{1,2)}。しかし、実際の圃場にお

いてレーザースキャンを用いた計測法は実用的ではない。そこで、今回は、可搬型の縦挿し送受信機を用いて植物栽培下における培養土中の伝搬音波を計測し、この音速値より培養土中の体積含水率推定を行った結果について報告する。

2. 地中縦挿し型送受信器について

実験構想図を Fig.1 に示す。植物根圏に点滴、もしくは地中灌水を行う状況を想定し、根圏を挟み込む形で地中縦挿し型送信器と受信器を設置、伝搬速度より根圏水分分布推定を行うというものである。

製作した地中縦挿し型送信器及び受信器の概観写真を Fig.2 に示す。送信器筐体中央ラインには5つの円形孔を開け、それぞれに小型超磁歪振動子(OPT Co. Ltd, GPC-1)が内蔵されている。素材には針葉樹材を用いている。それぞれの振動子先端部は、送信器表面の金属板に固定され同位相で振動する。受信器筐体は全長35 cm, 素材には広葉樹材を用いている。筐体中央部に円形孔が設けてあ

Takashi SHIRAKAWA, Takeyuki OHDAIRA, Yutaka NAKAGAWA, Motoaki SANO and Tsuneyoshi SUGIMOTO : Graduate school of engineering, Toin University of Yokohama, 1614 Kurogane-cho, Aoba-ku, Yokohama 225-8503, Japan. e-mail: t_shira7@yahoo.co.jp

り、加速度センサ (ONO SOKKI, NP-3110, 3412) を内蔵、振動膜としてはPPシートが木材表面に貼付してあり、加速度センサとシートとは接着されているが、筐体本体とは接触していない構造となっている。

3. 植物育成中の音波伝搬実験

3.1 実験セットアップ

40 × 70 × 50cm 水槽内部に吸音材を貼付し、2mm メッシュ篩にて粒度を揃えた培養土を均一含水比になる様に調整してから水槽内部に充填した。設定模式図を Fig.3、小松

菜育成開始時写真を Fig.4 に示す。Fig.3、4 における各送受信器は全長の半分程が地上に露出しているが、計測時は完全に地中に挿入している。Fig.5 に実験終了時における育成

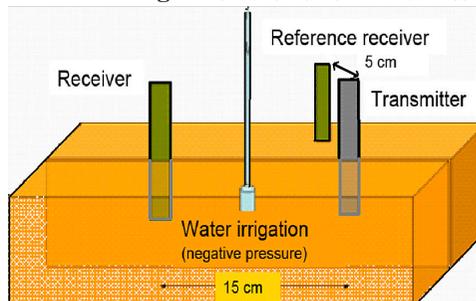


Fig.3 Basic setup for vibration propagation measurement.

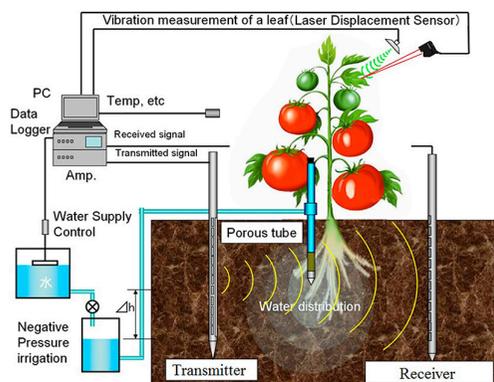


Fig.1 Overview image.



Fig.4 Planted Komatsuna. (*Brassica rapa* var. *perviridis*)

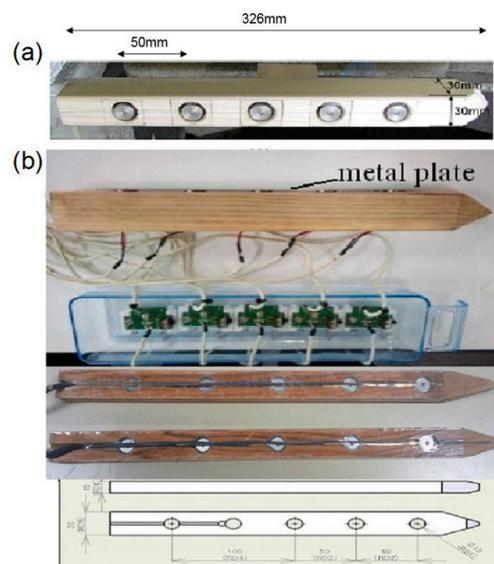


Fig.2 (a) Handheld transmitter, (b) Handheld receiver.



Fig.5 Grown root in culture soil.

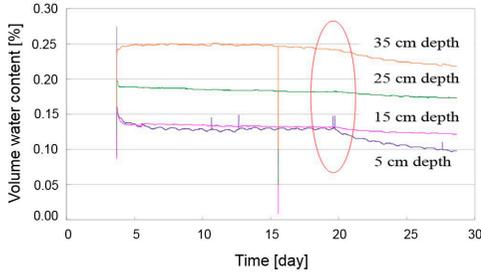


Fig.6 Volume water content change measured by electrical resistance soil-moisture meter.

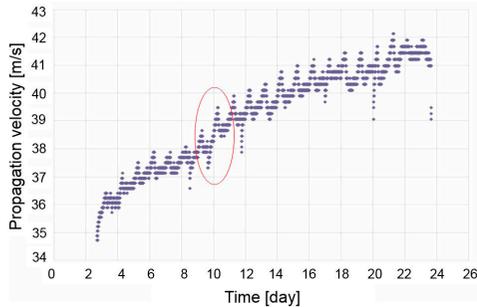


Fig.7 Transition of propagation velocity.

後小松菜の地上部及び地下根圏写真を示す。
 蛍光ランプの照射時間を am6:00-24:00 までの 18 時間、基本給水は行わず育成しながら水槽内部深度 15cm を伝搬する音波、含水率、土壤圧力を計測した。

3.2 実験結果

Fig.6 に電気抵抗水分センサにより計測した水槽内部含水率の経日変化を示す。20 日目以降減少が見られるのは、19 日目午後には地表面を覆っていたプラスチックラップを除去した影響で地表面からの蒸発が増えたためであると考えられる。また、一番地表面に近い深度 5cm のセンサはランプの on/off に応じた日周変動も示している。

Fig.7 に深度 15cm、伝搬距離 15cm を伝搬する周波数 500Hz、5 波の波形を 5 分毎に自動計測を行ったものを示す。300-700Hz のバンドパスフィルター処理を施した後、振源直前に設置したリファレンス加速度センサと相関をとって音速値を算出した。図より土壤含

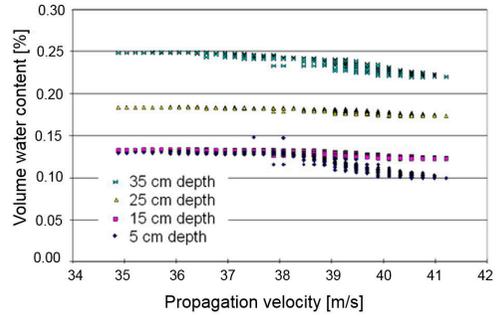


Fig.8 Relation between propagation velocity and volume water content.

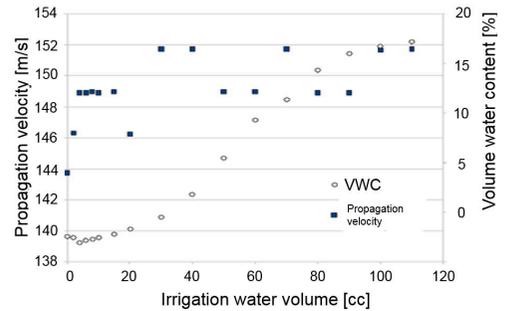


Fig.9 Irrigation water volume vs propagation velocity and volume water content in fine sand.

水比の減少に伴い伝搬音速値の上昇、特に急激な蒸発が生じた 20 日目には対応した音速値の上昇が確認された。

3.3 音速値変化の考察

Fig.8 に各深度毎 (15cm、25cm、35cm) の土槽内部の含水率と伝搬音速の変化の関係図を示す。図より伝搬音速値と含水比には負の相関があることがわかる³⁾。これに対して、Fig.9 に示すように砂槽においては正の相関があることが確認されている。

この培養土と砂における伝搬音速と含水比の関係性の逆転現象は、土質により最大乾燥密度と最適含水比曲線のピークが異なることに由来すると考えられる。現象を把握するために、最大乾燥密度と最適含水比曲線の例を Fig.10 に示す。一般的に土壌は含水比の上昇により、半固体状の領域、弾性体的な領域、塑性体的な領域、半粘性流体的な領域の順に

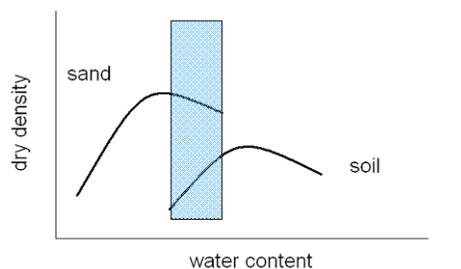


Fig.10 Dry density /water content curve.
(<http://www.it-landtext.com/27shimekatame.htm>)

変移する。土壌は塑性体的な領域にて最大乾燥密度が最大値を示すことが多いが、粒径の揃った砂では半固体状の領域にて高い最大乾燥密度を示すことがある。したがって、Fig.10 のハッチング部で示すような領域で計測が行われていたとすると、培養土と砂において、伝搬音速と含水比の関係性が逆転することがありうるということがわかる。

4. まとめ

可搬型の縦挿し送受信機により、植物根圏における簡易含水比推定の可能性が示された。植物根が存在する状況下においても計測は正常に行われる事が確認された為、実際の圃場を想定し、土壌状態の差異に応じた含水比計測手法を今後検討する。

謝辞

本研究は JST CREST の助成を受けて行われた。

【参考文献】

- 1) T. Sugimoto, Y. Nakagawa, Takshi Shirakawa, M. Sano, M. Ohaba and S. Shibusawa: AIP Conf. Proc. 1433 (2012) 59
- 2) T.Sugimoto and T.Abe: Jpn. J. Appl. Phys. 50 (2011) 07HC18
- 3) Z. Lu and J. M. Sabatier: Soil Science Society of America Journal. 73 (2009) 1614.