

論文

縦挿し型送受信機を用いた土壤中の伝搬速度計測 (V)

Propagation velocity in soil using Handheld Sound Source and Sensors (V)

白川 貴志*・大平 武征¹・中川 裕¹
佐野 元昭²・杉本 恒美¹

桐蔭横浜大学 医用工学部、大学院工学研究科

(2020年3月14日 受理)

I. 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壤の体積含水率把握が必要となる。しかしながら、既存の土壤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。

点滴灌漑や負圧差灌漑により植物根圏に給水が行われると体積含水率の変化が土壤中に生じる。この領域を挟みこむ様に縦挿し送信機と受信機とを土中に挿入し、土壤中で音波を伝搬させる。計測された伝搬時間より土壤中の体積含水率が推定され、植物体が要求する水量給水の調節を適切に行うことが可能となる。

以前の報告では植物育成中土壤の含水率変化と、複数の振動子、加速度センサにより構築した可搬型の縦挿し送受信機による土壤中を伝搬する音波との関係を報告した¹⁾。今回は畝状に複数の植物体を定植して自動点滴灌漑を行いながら、伝搬速度の日周、経日変化を測定した結果を報告する。

II. 地中縦挿し型送受信機について

実験構想図を図1に示す。植物根圏に点滴、

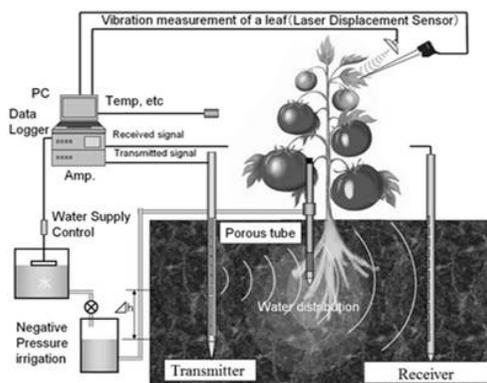


図1 実験構想図

* SHIRAKAWA Takashi: Researcher, Graduate School of Engineering, Toin University of Yokohama, 1614 Kurogane-cho, Aoba-ku, Yokohama 225-8503, Japan

¹ OHDAIRA Takeyuki and NAKAGAWA Yutaka: Researcher, SUGIMOTO Tsuneyoshi: Professor, Graduate School of Engineering, Toin University of Yokohama

² SANO Motoaki: Professor, Graduate School of Engineering; Faculty of Biomedical Engineering, Toin University of Yokohama

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機と受信機を設置、伝搬速度より根圏水分分布推定を行うものである。

製作した地中縦挿し型送信機及び受信機の概観写真を図2に示す。送信機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、送信機表面の金属板に固定され同位相で振動する。受信機筐体は全長 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。

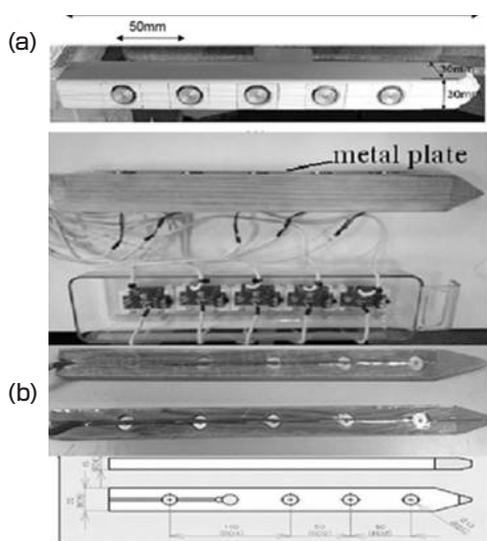


図2 縦挿し型送受信機
(a) transmitter (b) receiver

Ⅲ. 植物定植土壌における伝搬音速の計測

図3に示すように、水槽土壌に9株の小松菜を定植した。写真は実験終了時 (3/16) の



図3 土壌槽に定植した小松菜

成長した植物体となる。

図4に水槽上面図を示す。9株の小松菜は3株ずつ、上段、中段、下段と3つの畝を想定して、給水量に差を設けた。貯水タンクより一日一回定量 (17:30、60秒間、280 ml) が点滴給水される際に上段には十分な水量、中段には少量が給水され、下段には給水が行われない。水槽奥と手前には電気抵抗含水率センサが埋設してある。

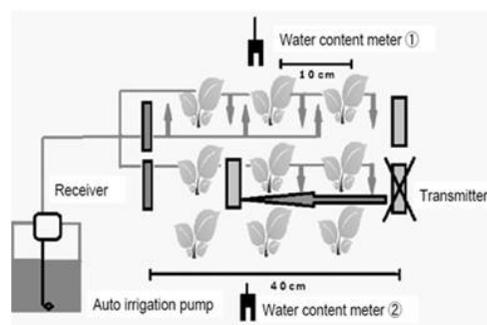


図4 水槽上面図

図5に、電気抵抗センサによる2週間の含水率変化を示す。畝上段付近、水槽奥の含水率センサでは、灌水開始日より急激な含水率上昇が見られる反面、植物の育成により大きく含水率が低下していく様子がわかる。これは図3に示した写真でも見て取れるように、十分な給水が行われた上段の畝ほど植物体が大きく成長し、土中の根圏も大きく成長する。(図6) その結果、給水を上回る速度での水槽土壌中水分消費を表している。

この植物育成土壌において、可搬型の縦挿

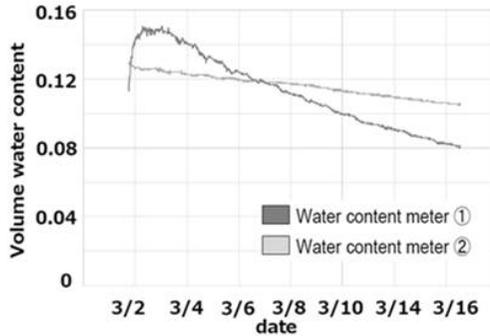


図5 含水率変化 (電気抵抗センサによる)



図6 収穫した小松菜 左: 畝下段 右: 畝上段

し送受信機による土壌中を伝搬する音波を測定した。自動計測の間隔は10分、伝搬周波数800 Hz、バースト5波、加算平均10回、計測期間は1週間に設定した。

図7に受信波形と送信波形の例を示す。

この自動計測結果の送信波形と受信波形の相関をとり、伝搬時間を算出した。図8に伝搬時間より求めた伝搬音速値の変化を示す。矢印は給水のタイミング (60秒、280 mL、毎日17:30)、18:00-翌6:00を夜間として表記している。一週間の水槽全体の含水率低下に伴う伝搬音速上昇、ならびに給水した後or夜間の音速上昇率が大きい (= 植物が水を吸水し、土壌含水率が低下している)、という日周変動も見て取れる。

IV. まとめ

植物育成中の土壌において含水率が徐々に

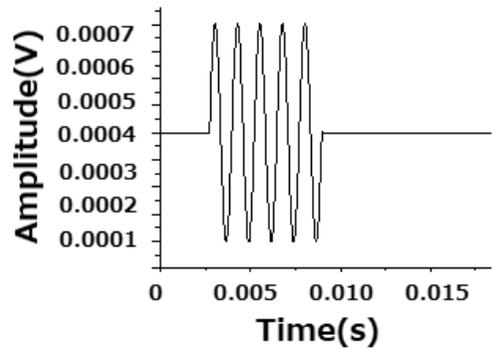
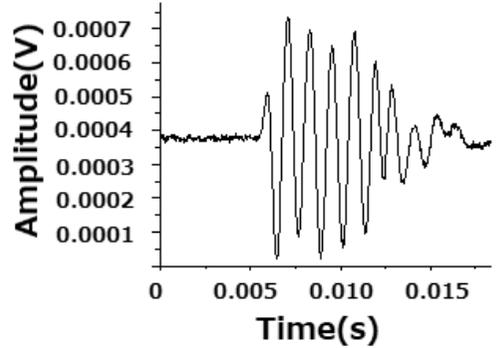


図7 受信波形 (上) 送信波形 (下)

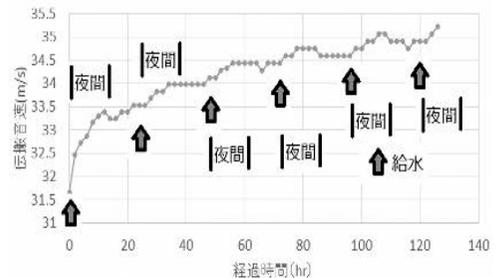


図8 相関を用いた伝搬音速値の変化

低下すると伝搬音速が徐々に上昇し、夜間に水分が植物体に吸収されると伝搬音速が急激に上昇するという今までの研究結果に沿った関係を把握することができた。

上記の関係性を利用できると、作製した土壌縦挿しセンサによって育成植物根圏土壌の伝搬音速値を計測することによって根圏全体としての土壌含水率を推測することで、植物の育成にとって適切な給水タイミングを把握できることとなる。

謝辞: 本研究は、JSPS 科研費 15K07681 の助成を受けて実施されたものである。

【参考文献】

- 1) 白川 他：縦挿し型送受信機を用いた土壌中の伝搬速度計測（Ⅳ），桐蔭論叢 40, pp.133-136, 2019.6
- 2) Tsuneyoshi Sugimoto, Yutaka Nakagawa, Takashi Shirakawa, Motoaki Sano, Motoyoshi Ohaba, and Sakae Shibusawa: Study on Water Distribution Imaging in the Sand Using Propagation Velocity of Sound with Scanning Laser Doppler Vibrometer, Jpn. J. Appl. Phys. 52, 07HC04, 2013.
- 3) 白川 他：縦挿し型送受信機を用いた土壌中の伝搬速度計測（Ⅲ），桐蔭論叢 38, pp.127-130, 2018.6