



第 57 回土壌物理学会シンポジウム総合討論 土壌水分センサー技術情報の共有へ向けて

宮本英揮 (シンポジウム事務局)

Discussion at the 57th symposium on sharing information of soil moisture sensor technologies

Hideki MIYAMOTO

本稿では、3名の講師による講演 (Photo 1) の後に行われた総合討論 (座長: 西村 拓氏) の模様を、今後の学会活動の資料として掲載する。なお、討論の概略の記録を目的としたため、事務局の判断により、発言内容の一部を省略または要約させて頂いたことをご了承願いたい。

西村 (座長):

総合討論を始める。総合討論の座長は東京大学の西村が務める。個別のテクニカルな質疑応答の後に、全体討論を行うこととする。まず、三石氏の講演に対する質問を頂きたい。

辰野 (東京大学):

土壌水分センサーをアイネクスから購入する際、測定対象土壌に対するセンサーのキャリブレーションを依頼することは可能か。

三石 (アイネクス):

依頼があれば1点につき10万円として、5点を計50万円で引き受けている。ただし、得られた校正曲線の精度については保証しないことに依頼者が同意した場合に限る。

大家 (岡山県農林水産総合センター):

ECのみを測定できる土壌センサーを販売していないか。

三石 (アイネクス):

センサーの販売計画に関する情報交換会を Decagon 社と定期的実施してきたが、そうしたセンサーの話は出ていない。有望な市場であると Decagon 社が判断すれば、将来、開発する可能性はある。

齊藤 (鳥取大学):

センサーの影響領域の評価手法として、水中にセンサーを設置して行う既往の論文の方法を紹介したが、電磁波の影響領域は土壌の水分条件によって異なるため、水中における影響領域は土壌のそれよりも小さくなると考えられる。私の場合、土壌中に設置した状態で埋設箇所の周囲の土壌を徐々に削り取り、数値が変わるか否かに基づき影響領域を評価しているが、この方法でよいか。

三石 (アイネクス):

方法の是非については、今後の検討課題である。土壌中に埋設して利用するセンサーであるため、土壌を削りながら評価する方法がよいと、個人的には考えている。

西村 (座長):

MPS センサーについても、質問を頂きたい。

小島 (東京大学):

MPS センサーの出力に対するヒステリシスの影響はあるのか。

三石 (アイネクス):

ヒステリシスの影響については把握しておらず、検討中である。情報があれば、お寄せ頂きたい。

西村 (座長):

MPS センサーの出力が平衡に達するまでに、ある程度の時間を要すると考えられる。平衡到達時間は、どの程度であるか。

三石 (アイネクス):

浸潤過程では、センサーのディスク部に水分が速やかに浸潤するため、短時間で平衡に達すると考えている。水蒸気による水移動が卓越するような乾燥領域においては、評価方法も含め、検討中である。

西村 (座長):

次に、宮本さんの発表に対する質問を頂きたい。

齊藤 (鳥取大学):

TDT センサーの自作は可能か。

宮本 (佐賀大学):

時間領域反射法 (TDR) に用いるセンサーを自作した経験があれば、誰でも自作可能である。ただし、それを使用するためには、パルスジェネレータやオシロスコープなどの機器が別途必要になるため、自作するような状況は考えにくい。

渡辺 (三重大学):

TDT センサーを小さくすることは可能か。

宮本 (佐賀大学):

可能である。ただし、感知部が短くなると測定精度が低下するが、より高い EC 条件に適用できるというメリットも生まれる。測定精度の向上を図るなら、時間分解能の高いオシロスコープの使用や、より高い周波数成分を含む信号を印加するなどの工夫が必要である。



Photo 1 講演の様子。

小林 (森林総合研究所) :

TDT センサーはループ状の先端構造を持つため、土壌に挿入することができないが、感知部を半円 (円弧) 状にすれば挿入可能か。また、そうした事例はあるか。

宮本 (佐賀大学) :

そうした形状のセンサーを見た事はない。原理的には可能である。

小林 (森林総合研究所) :

感知部と土壌との間の隙間が測定値に影響を及ぼすというのは、従来の TDR と同じであるか。

宮本 (佐賀大学) :

1 mm でも隙間が形成されると、TDT による測定値にも、それが決定的な影響を及ぼすと考えられる。

小島 (東京大学) :

成層土や亀裂が形成された土壌のように、部分的に誘電率が異なる状況における TDT 波形はどのようになるか。

宮本 (佐賀大学) :

TDT 波形の立上り部の右方に、誘電率の急変点で生じた反射波を表す凹凸が認められるはずである。立上り部を解析の対象とする TDT では、それらの存在が誘電率の測定に及ぼす影響は認められず、感知部周辺の平均の誘電率が出力される。

飯山 (宇都宮大学) :

極端に EC が高い条件では、体積含水率を測定できないとのことだが、これは高水分条件における TDT の計測感度が低下することを意味するのか。

宮本 (佐賀大学) :

高 EC・高水分条件において水分測定ができなかった理由は、信号の減衰にあるため、誘電率測定に基づく体積含水率の計測感度の議論と区別する必要がある。そのうえで、一般論を言えば、高水分条件ほど信号の各周波数成分の減衰量は大きくなるため、TDT 波形の立ち上り点が検出し辛くなることによって、測定精度が低下する可能性はある。

西村 (座長) :

次に、井上さんの発表に対する質問を頂きたい。

千葉 (宮城大学) :

テンシオメータの欠点を詳しく教えて欲しい。

井上 (鳥取大学) :

ポテンシャルを間接的に測定するセンサーが発売され

ているが、直接測定法としてテンシオメータに勝るものはない。ポーラスカップと圧力センサーを組み合わせる場合、圧力センサーの応答時間は 1 ~ 2 秒であるが、ポーラスカップを介した通水機構によって、テンシオメータの応答時間はセンサーのそれより長くなるため、用途をよく考える必要がある。測定できるポテンシャルに上限があること、また減圧や温度変化に伴う気泡の発生・膨張・収縮による影響が認められることも欠点である。

西村 (座長) :

個別の質疑応答はここまでとし、次に複数の演者に関する事項について討議したい。今回のシンポジウムで紹介された MPS センサーや誘電率水分センサーを使用する際には、出力値と体積含水率との関係を表す校正曲線を得る必要がある。この校正にまつわる問題について、3 者に質問をしたい。

小島 (東京大学) :

校正済みのセンサーを野外で長期間利用した後、他の類似場所に埋設しなおす際に、改めて校正を行う必要があるか否かを知りたい。物理的なセンサーの劣化により、校正当初の曲線が使用できなくなることはあるか。

三石 (アイネクス) :

Decagon 社製のセンサーについては、抜き差しの前で数値が変化するのはなぜかという問い合わせを受けたことがある。Decagon 社に問い合わせたが、明確な回答はない。原因はセンサーにあるのか、それともデータロガーの制御にあるのか不明である。

井上 (鳥取大学) :

計測に影響を及ぼし得る原因として、同じ土壌でも、センサーと土壌との接触や、土壌の乾燥密度の影響の 2 つが挙げられる。特に、高水分の砂では、振動などに伴う液状化により乾燥密度が変化し得るため、注意を要する。こうした問題を解決するために、土壌ではなく、均質な液体を用いて校正を行う事例があるが、その方法の賛否が分かれる。個人的には影響領域の実験では、含水比 6% の鳥取砂丘砂を均一に充填し、丁寧に計測を行うことを行っている。

中国の野外測定において経験したことがだが、突然数値が大きく変動し、再び元に戻ることがあった。電気的な問題が疑われるが、ユーザーとしてその原因は分からないため、異常な動作が認められた期間については、欠測として扱った。何度も、土に抜き差しするとセンサーが壊れたという話は、身近なところでも起きている。

宮本 (佐賀大学) :

校正済みのセンサーの出力が、使用するたびに変わること、私も経験済みである。正しい手法で校正を行っていること、また物理的にセンサーが劣化していないという前提が保証されるなら、数値の変化の原因は、キャリブレーションの実施条件と測定環境との差異、すなわちセンサーと土壌との接触や乾燥密度の差異に因るものと考えられる。センサーを埋設する土壌の条件と同じ条件でキャリブレーションを行うことが重要である。

西村 (座長) :

3 者の意見について、コメントはないか。

諸泉 (岡山大学) :

砂丘砂のように比較的均質な土壌については、室内でキャリブレーションを行ったうえで現場に適用することも可能だと思うが、3 者の意見を聞くと、原位置でキャリブレーションを行うのが一番よいと感じる。この点について意見を聞きたい。

宮本（佐賀大学）：

原位置でキャリブレーションを行う選択肢もあるが、接触や乾燥密度の問題の影響を受けにくい測定手法を用いることで、キャリブレーションの問題を回避するのが得策であると考えている。測定に寄与する実質的な周波数が、できればGHz、最低でも数百MHzとなり得る既存のTDRや、Acclima社のTDTセンサーを用いれば、校正にまつわる多くの問題に悩まされることは、ほぼなくなるはずである。

井上（鳥取大学）：

様々な室内におけるキャリブレーション法があるが、原位置で測ることが重要であると考え。ただし、現場は不均一であるため、研究の目的は何か、それを明らかにするためにはどの程度の精度が必要であるかを明確にしたうえで、最適なセンサーを選択することである。大事なことは、センサーの影響領域、測定範囲と精度、塩や温度による影響などの情報である。

三石（アイネクス）：

Decagon社のセンサーを用いて、様々な土壌を対象にキャリブレーションを行った経験から言えば、Topp式やDecagon社の式は、そのまま適用できるとは限らないということである。誤差要因は多岐にわたるため、それを探求することに時間を割くよりも、自分でキャリブレーションを行うことをユーザーに勧めている。

西村（座長）：

センサーの校正曲線に関するパラメータのデータベースを作るべきではないかというコメントが、会場の複数の方から出ているが、この点についてコメント頂きたい。

宮本（佐賀大学）：

TDTセンサーは非常によく出来ているが、EC計測に問題があることは講演で述べたとおりである。この問題について、開発者に質問を繰り返して分かったことは、キャリブレーションの方法・測定領域に問題があるということである。製造・販売会社とユーザーが絶えず情報交換を行うことが重要である。そうして蓄積した情報を、少なくとも自社のものについては責任を持ってデータベース化したうえで公開して欲しいとユーザーとしては感じる。しかし、かなりのコストがかかると思うので、企業としてそれが可能なかどうかについて、三石さんにお聞きしたい。

三石（アイネクス）：

これまで反応はあまりなかったが、センサーのマニュアルに、私が行った豊浦砂、黒ボク土、関東ロームに対するキャリブレーションの情報をサービスとして提供している。料金をとってキャリブレーションを代行することは難しいが、サービスとして情報提供することは可能である。情報の是非を含め、情報交換は可能であるし、企業としてそれを望んでいる。

井上（鳥取大学）：

同一センサーだからといって、必ず全てのセンサーが同じ性質であるとは限らない。また、出荷前に塩分依存性や温度依存性の校正を行っているものもあるが、情報をきちんと公開している会社は少ない。売り手には、情報公開はもとより、センサー間のばらつきの小さい同一性能のセンサーを製造してもらいたいと、ユーザーとしては感じる。

西村（座長）：

ここで突然だが、データベースの運用について、取出さんに提案・コメントがあれば頂きたい。

取出（三重大学）：

校正方法については、研究レベルのものと実用レベルのものとは区別する必要があり、それらに関する莫大な知識・経験をどのように共有するかは学会としての問題である。学会誌を通して共有する方法が挙げられるが、こうした情報は論文・研究ノートにしにくいことも多く、その点に編集責任者としてのジレンマを感じる。そのため、当面は学会誌においては資料に分類したり、溝口先生が推進するWebシステムに掲載したりすることを検討している。

西村（座長）：

「学会の責任」という点で、何かコメントがあれば頂きたい。

大家（岡山県農林水産総合センター）：

現在、私は新しい技術の現場への普及を支援する職にある。ICT導入の中で、Decagon社の土壌水分センサーを現場にすすめているが、生産現場ではpFに関する情報が求められている。pFと体積含水率の関係について、事例集のようなものを検討して頂きたい。

西村（座長）：

センサーの話ではないが、現場では水分特性曲線のパラメータのデータベースを何らかの形で整理することはできないか。この点については、以前、土壌物理データベースを構築した経験のある溝口さんにコメントを頂きたい。

溝口（東京大学）：

最近、私はどちらかという情報屋になっている。その理由をお話したい。井上先生の対象としている土壌水分センサーのユーザーは、おそらく研究者であろう。一般社会における土壌水分センサーのユーザーは、農家やセンサーを使用したことのない人達である。その人達の目線で見れば、測定値の精度は必ずしも重要ではなく、相対的な水分量の増減が分かれば十分である。そうした視点で考えたり、議論したりする点が、これまでの学会には欠けていたように感じる。

センサーで測定した数値を補正したり、移動平均をとったりすることにより、「情報」にしていくことが重要である。情報の共有方法として2つの方法がある。第1は、学会が各種センサーの情報や水分特性曲線の情報を収集し、webサイトなどを通して社会に公開することである。第2の方法は、センサー販売会社が、単に海外のセンサーを販売するだけでなく、独自に取得した情報を足して販売することである。センサー会社にとっては、情報を付加価値として利用できるチャンスともいえる。それを考えて行動するのも良いのではないか。

水分特性曲線のデータベース化については、学会と企業のどちらがやってもいいが、個人的には学会がやれば良いと考える。学会のホームページには、土壌物理フォーラムというページがあり、そこで議論してデータを蓄積するのが1つのやり方であろう。

取出（三重大学）：

土壌物理学学会の会員数は減少の一途をたどっているが、土壌水分センサーは様々な分野の人に利用されており、センサー情報に関する情報を求めて、学会のホームページにアクセスしてくる人が多い。

溝口（東京大学）：

会員だけが、蓄積した情報にアクセスできるようにするのも、会員獲得の方法の一つである。

取出 (三重大学):

最終的にはそうした方法で会員獲得に繋げるべきである。ただし、今情報が求められているので、まずはここにいる皆さんが現場での簡便な測定法、水分特性曲線、水分センサー情報などを学会誌にできる限り投稿することが大切である。メーカー、代理店、学会との連携も必要である。

三石 (アイネクス):

企業の立場で言えば、土壌物理学会にはキャリブレーションの標準法を定めて欲しい。いろいろな人が異なる方法で実施しているのが現状である。基準を定めることが、水分特性曲線を含めた情報共有のために必要である。

井上 (鳥取大学):

海外には、火山灰土に関する情報がない。また、水分特性曲線を測定する際に、誘電率水分センサーを併設しておけば、水分特性曲線を介して誘電率から pF を推定することは原理的に可能である。テンシオメータに比べ、誘電率センサーを用いる方がはるかに管理は楽である。学会として取り組むべきである。

西村 (座長):

気候変動のプロジェクトでは、保水性や透水性を知りたいというニーズがあるが、現場の人が利用できるものが整っていないのが現状である。この問題をどうするかは学会の責任であり、学会長の決意次第であろう。追加の意見がなければ、これで総合討論を終わりにしたい。