

土壌センサーを用いたフィールドモニタリングの基礎と応用

溝口勝¹

¹ 東京大学大学院農学生命科学研究科, 〒113-8685 東京都文京区弥生 1-1-1

要旨

篤農家は複雑な土壌の状態を経験的に診断し、作物にとって最適な環境を作る技術を持っている。農業の素人はこうした技術を一朝一夕に習得できるものではない。しかしながら、適当な土壌センサーがあれば素人であっても経験に裏打ちされた篤農家の技術に近づくことができるかも知れない。そうした期待感が最近の ICT 農業ブームの背景にあると思われる。本発表では、土壌センサーの種類や特徴、それらを実際の圃場で利用するためのモニタリングシステムについて概説する。

キーワード 土壌センサー, 体積含水率, マトリックポテンシャル, フィールドモニタリング, 放射線

1. はじめに

最近、工学分野から農学分野への進出が盛んである。その多くは土壌を必要せず、人工的な環境調節が可能な植物工場を対象としている。その一方で、新しい ICT 技術を利用して露地野菜、果実、コメなど、自然環境下での農業生産に挑戦する農家や研究者も現れてきている。しかし、こうした挑戦者の前には常に「土壌」が立ちほだかっている。土壌は、物理的には土粒子・水・空気で構成され、そこに化学的には窒素・リン酸・カリなどの栄養分、生物学的には小動物・センチュウ・カビ・バクテリアなどの微生物が存在し、常にその状態を変化させている。しかも日射や温度、降雨などによって常に土壌環境は変化し、それがまた土壌中の物理・化学・生物学的な変化に影響を及ぼしている。

篤農家はこうした複雑な土壌の状態を経験的に診断し、作物にとって最適な環境を作る技術を持っている。農業の素人はこうした技術を一朝一夕に習得できるものではない。しかしながら、適当な土壌センサーがあれば素人であっても少なくとも土壌の物理的な環境の把握に関して、経験に裏打ちされた篤農家の技術に近づくことができるかも知れない。そうした期待感が最近の ICT 農業ブームの背景にあるように思われる。

そこで本発表では、土壌センサーの種類や特徴、それらを実際の圃場で利用するためのモニタリングシステムについて概説する。

2. 土壌センサー

土壌センサーは、土壌水分や温度などの土壌情報を電気信号に変換する装置である。通常、電気信号を記録するためのデータロガーと一緒に利用される。このうち農業分野で重要なセンサーは土壌水分センサーである。

(1) 体積含水率センサー

土壌水分は通常、体積含水率（土の体積当たりの水の体積パーセント）で表示される。最近の土壌水分センサーは、土粒子と水の誘電率の違いを利用した TDR 法や

ADR 法の原理に基づいて設計されていて、土壌にセンサーを挿入するだけで簡単に数値が得られる。しかし、この数値の解釈には注意が必要である。土壌を構成する土粒子の種類（砂や有機物の含有量）によって、また土の詰まり方（乾燥密度）によって値が異なるからである。土壌水分センサーは土粒子（固相）と水（液相）の誘電率の割合から水分量を換算しているため、微生物によって有機物量が分解され、肥料によって土壌溶液中のイオンの種類や濃度が変化するような場合には正しい値を示さない。したがって、農業の現場ではあくまでも一つの指標と考えるべきである。

(2) マトリックポテンシャル (MP) センサー

植物にとって重要なのは土壌中の絶対的な水分量ではなく、土壌中の水分を利用できるかどうかである。土壌は砂を多く含むか、粘土を多く含むかで、“水もち”が異なる。たとえば、砂質土壌では降雨や灌漑水がすぐにしみ込みすぐに抜ける。一方、粘土質土壌ではしみ込みが遅く排水が遅い。植物の根はこうした土壌から水分を吸収するが、その吸水のしやすさは体積含水率では表せない。植物に対する土壌水の利用のしやすさはマトリックポテンシャル（吸引圧、水分張力、テンションと呼ばれることもある）という指標 (kPa) で表す。イメージとしては注射器で土壌中から水分を吸い取るのに必要な吸引圧である。

一般的に使われる MP センサーは、セラミック管に水を入れたテンションメータである。封入された水の圧力を圧力センサーで測定することで土壌の MP を表示する。テンションメータは作物が必要とする、体積含水率では表示しきれない微妙な土壌水分の状態を検出できる利点がある。しかし、土壌水分とセラミック管内の水の平衡状態を前提としているので、急激な土壌水分の変化には追従できないこと、土壌が乾燥しすぎるとセラミック管内に空気が侵入し、センサー機能が低下するなどの欠点がある。この欠点を補うものとして最近さまざまな間隙をもつ既知のセラミックの体積含水率を誘電率法で求め MP に換算するセンサーも開発されている。

3. フィールドモニタリング

圃場の土壌環境計測では土壌センサーとデータロガーを組み合わせたシステムが使われる。遠隔地にこのシステムを設置した場合、この稼働状況を確認できると便利である。これは、現地に設置したデータロガーや Web カメラを一時的にインターネットに接続するだけで実現できる。著者はこれをフィールドモニタリングシステム (FMS; Field Monitoring System) と名付け、それに必要な要素技術を開発してきた¹⁾。

(1) フィールドルータ(FR)

FR は現地データをインターネット経由でサーバに転送する機器である。こうした機器にはフィールドサーバがある²⁾が、FR はリアルタイム性を多少犠牲にして日単位でデータにアクセスするのが特徴である。

FR はタイマーにより 1 日に 30 分だけ電源が ON になるため、6 W 程度の太陽パネルで稼動する。電源が ON になると、Web カメラの現地画像と各データロガーのデータがインターネット経由でサーバに送信される。日本国内ならほとんどの地域で FR を利用できる。海外であれば、対象とする地域で GSM/3G の携帯電話が使えることを確認した上でその国内の SIM カードを USB モデムに挿入するだけで FR を利用できる。

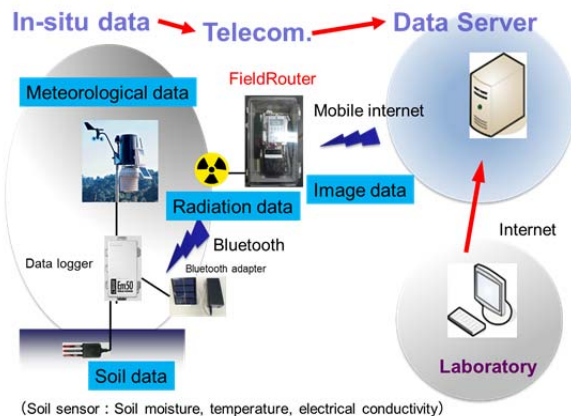


Fig.1 Field Monitoring System (FMS)

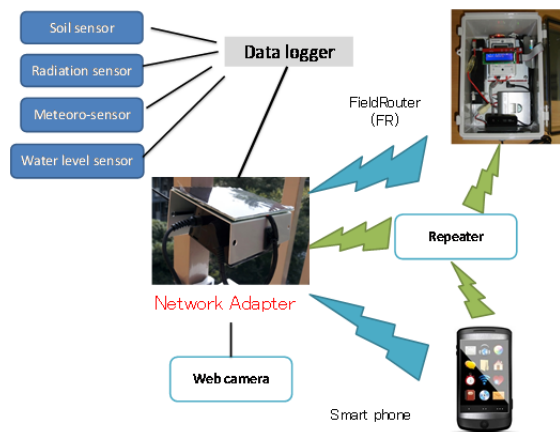


Fig.2 Network Adaptor Bluetooth (NABT)

(2) ネットワークアダプタ Bluetooth (NABT)

NABT は、シリアル通信ポートを持つデータロガーに Bluetooth 通信機能を付加する機器である。この装置も 2 W 程度の太陽パネルで稼動する。NABT はシリアル接続可能な全てのデータロガーや Web カメラに対応する。最近普及している Android 携帯アプリからデータを取得することも可能である。フィールドでは中継器 (repeater) を用いることで数百 m まで接続距離を延長できる。

(3) データサーバ(DS)

FR で転送された現場データはデータサーバ(DS)に保存される。したがって、ユーザは Web のポータルサイトから DS にアクセスするだけで、遠隔地のデータにアクセスでき、FR やデータロガーの電池の消耗具合などを確認できる。

4. 福島県飯舘村で放射線モニタリング

2011 年 3 月の東電原発事故により飯舘村は放射性セシウムで汚染され、現在も全村民が避難生活を強いられている。一刻も早い帰村のためには土壌を含む農地の環境モニタリングが必要である。そこで、私たちは土壌中に埋設可能な土壌放射線センサーを独自に開発し、これを Web カメラや気象計・土壌水分センサーと一緒に FMS に接続することにより、現地の空間線量や土壌放射線量の変化を監視している。



Fig.3 Radiation monitoring in Iitate Village, Fukushima

5. おわりに

土壌センサーを用いたフィールドモニタリングは新しい ICT 農業の切り札になる可能性がある。この企画セッションでは、土壌センサー開発者とフィールドモニタリングを実践している研究者を迎え、未来の土壌センシングの方向性について議論したい。

謝辞: 本研究の一部は、RECCA(代表 二宮正士)、GRENE(代表 溝口勝)によって得られた研究成果に基づく。

参考・引用文献

- 1) 溝口勝 (2012) : フィールドモニタリングシステム, 水士知, 80(9),50
- 2) 平藤 雅之 : フィールドサーバとは, <http://model.job.affrc.go.jp/FieldServer/default.htm>