

## 総 合 討 論

座長 河野広（農土試）・長野間宏（農研センター）

座長 4人の演者よりスライド等を使って具体的な興味深い報告をいただいたが、総合討論にあたっては、①マイコンによる土壌物理計測手法 ②環境計測システム（面的立体的計測）の2点で行い、発表者相互間の討論も願いたい。

### マイコンによる土壌物理計測手法

長野間（農研センター） 粕淵氏が用いたマイコンは16ビットのプロセッサを使っていると思う。国産のマイコンも多く発売されており GPIB インターフェイスも持っているようだが、Y社の製品では組み込まれているプログラムが便利なのだろうか。出来るだけ安くして便利に計測したいのが研究者の希望であろう。また、実験室からはなれた現場で計測することについてご意見を願いたい。

粕淵（農技研） 私の使っている YHP 9826 は16ビットで300万円くらいするが、GPIB のついた8ビットのものなら20万円くらいで買える。メモリーも30Kバイトくらいもっている。私の今回は、20数Kバイトしか使っていないので、ふつうの安いものでも十分使用出来る。

便利なのはスキナーを使って温度を測るとき、メーカー提供のソフトプログラムがついていて、熱電対のタイプとチャンネル番号を指定すれば温度が出てくるようになっている。しかし、内容はそうむずかしくなく、メーカーのプログラムは長い、特定のものを測るには自作のごく短いものですむ。またプログラムもそう高くはないので、それをみながら若干修正して普通の計算機でも使えよう。また、どういうコマンドでどういう対応をするかは、測定機自身で決めてあり、その先の使いやすさがミソではあるが、この点はなくても困りはしない。

圃場での測定は、観測車を使って行いたいと考えているが、小型の発電機でも CPU は十分に動くとのことであり、電圧も周波数も大丈夫とのことである。

長谷川（農土試） 水分を測るとき、熱伝導率で量的に水分に変換するが、流れをおさえるときはポテンシャルを測る必要がある。熱電対で量的な水分を測るときは、センサーが小さいので短い間隔で測るが、ポテンシャルもそのレベルで測りたい。いいものがないだろうか。

粕淵 圧電センサーが売り出されているが、若干温度依存性があり、圧力を測っているのか温度を測っている

のかわからないということもあると聞いている。雨宮氏が詳しいのではないだろうか。

雨宮（東大農） ポテンシャルを測る手段はいくつかあるが、その中で連続して測れるものは、昔からあるテンシオメーターとか、サイクロメーターのようなものしかない。これらを工夫し、また長期使用に耐えるよう改良していくしかなかろう。人がついていないと機能回復しないという欠陥があり、それが解決されれば、テンシオメーターも、サイクロメーターもいい手段だ。そこでコンピューターに連続測定だけでなく、ダウンしたときの回復するロジックをもたせるようにできればよい。もちろん安定して誤差のないセンサーが出来ればよいのだが、多少悪くてもコンピューターの力を借りれば機能回復が出来よう。土壌環境計測は長期間であり、金と人手をかければ出来たが、CPU の力を借り、連続データが取れることを考えるなら、新しい時代も開けるのではないかと感じている。

座長 粕淵氏の話の中で、気象と地象、SPAC という話があったが、この点についての意見はどうでしょうか。

岩佐（農技研） 植物を扱っている立場からみて、地表の温度、水分変化の一番激しいところを植物は利用している。土壌だけのアプローチではなく、植物の方の流れとどうジョイントするかが重要であろう。

座長 三重のシンポジウムでは植物の生体情報の話もありましたが、他にはどうでしょうか。

須藤（茨大） 粕淵氏と谷脇氏が圃場レベルの仕事をしている。気象と地象について、気象は流れてくる空気の平均的な流れをとっているが、地象については平均化ができないから、どのようなモデルをつくるかが大切である。水についてはこれまでいろいろ議論してきたが熱については目をつぶっていた。地表の管理に際し、どのようなモデルを持っているのか。

粕淵 職場の土を扱う者で検討したことがある。裸地は扱いやすいが、植物が入った場合、根は土の中だが、葉はどうするかはむずかしい。太陽エネルギーが給源であり、植物を含めて対象とすべきであると考え。たとえば、熱帯のジャングルの土壌は非常にやせているが、生育はおう盛であり、養分の給源は植物の地上部にあり土に落ち分解し、すぐ吸収される。従って、土の肥沃度というより、植物を含めたトータルとして肥沃度（養分量）をとらえた方がよかろう。地球の界面科学というところがあるのではないだろうか。

谷脇（農研センター） 農業機械の分野で土を考える

と、土のごく表面が問題となる。土壌水分変化に伴い砕土されやすい状態のところがある。サンプルにした土は乾くと硬く、湿るとベトベトとなり時期を逸すると砕けなくなる。作物の初期生育に関係する砕土を考えるには表面 5~6 cm か 2~3 cm を対象として、今は仕事をしている。

### 環境計測システム

**座長** このテーマは、衛星画像から飛行機の画像、地形情報、ガントリーなど、異なるスケールのものを含む。これらは土壌物理だけでなく土壌管理技術に接近するものとも考えられる。活発な議論を願いたい。

**多田 (筑波大)** いろいろなスケールの話が出ているが、各演者の頭に描くスケールについて広がり、深さ、高さはいかなるものか教えてほしい。

**粕淵** 上の方は空気だけでなく、植物の入ってくる層、下の方は温度変化のしない層 10 m くらいまで、縮めれば、水の流れる層 2 m くらいまで、広がりは一枚の圃場を考えたい。

**三浦 (岡山大)** 広がりは土性 (母材) が一様と考えられる範囲、農地開発を頭に描けば数 100 m~1 Km 程度まで、深さは重力により水が移動しない層までを考えている。

**深山 (北海道農試)** リモートセンシングでは地域計画、農村計画をたてるような、ある経済圏全体が対象のこともあり、又水田の圃区、耕区の土壌の物理性など圃場レベルのスケールを対象とする場合などさまざまである。スケールを考える場合、データの解像度すなわち地上での分解能も問題となる。航空機データの場合は飛行高度で異なるが実用的には 50 cm~1 m 以上である。現在のランドサットは一画素が 80 m だが今後 20 m くらいの解像度が期待されよう。

上下方向に関しては、私の場合は地表の分光反射状態を知り、それと地下の様子、また時間の流れとの関係など、いろいろなデータを重ね合わせて新情報を引き出すというような解析手法の開発が焦点になる。

**谷脇** 最近みた資料の中に、収穫農家が40万戸、1農家が 25 ha を管理するという考えがあったが、現状では上限は季節労働者を入れても 10 ha である。ガントリーシステムは、それにベイする規模にしなければならず、25 ha 程度を考えている。深さは、水田利用再編対策の営農排水を考えるのが深さ 30 cm 程度であるので、耕うん土層の 10~30 cm を対象としている。

**座長** 深山さんに伺うが、ランドサットのデータを入力する方法、経費、データ解析の方法、農林計算センターの利用、MSS チャーターの経費を教えてください。

**深山** ランドサットのデータの入手は日本、世界を問わず簡単である。現在は東京のリモートセンシング技術センター (RESTEC) に希望の月日、場所を申しこめば、検索システムが出来ており、購入手続をしてもらえる。費用は現在無償と有償の2システムがある。宇宙開発事業団で受信した日本国内のランドサットデータは利用プロジェクトがあり、これに加わってれば、年何シーンかは無償で提供される。有償の場合は、1シーンの CCT テープが 8 万円であり、画像データは 1 枚 5 千円くらいである。航空機のデータは航測会社に発注する。経費はコース、フィルムコマ数や、高度にもよるが赤外カラー写真なら 100~150 万円である。航空機の MSS はまだ発注したことがない。造船振興財団の研究プロジェクトに参加すれば無償でやってもらえる。航測会社にたのむと赤外カラーの数倍の価格となろう。

画像解析は LARSYS など既存のソフトを使う場合は、CPU タイムに比例して費用がかかり、最低でも 50~60 万円位となろう。最近ではミニコンをベースとした専用の画像解析システムの利用が盛んであり、経済的だといわれている。64 K バイト、16ビットの CPU と周辺機器 (磁気テープ装置、カラーのディスプレイ等) をつけ、自分でソフトをつくれれば100万円位でシステムは完成する。

このようなシステムを用いた経験では900ピクセル×1000ライン×4チャンネルの画像の判別分類で約4時間で終了した。

**座長** リモセンに関する各分野での利用についてはいかがでしょう。

**袴田 (公害研)** リモートセンシングでは自分と物体の間に大気や機械が入る。得られるデータも多く解析方法はそろっているが、対象物の調査はむずかしいのではないか。その対象物のグランドトゥルスデータのとり方の苦勞を聞かせてほしい。

**深山** おっしゃるとおり、グランドトゥルスは苦勞が多い。私自身も地上の調査を重要視してデータ収集を実施している。たとえば、航空機が飛ぶ日はできるだけ多くの人を動員して、水温や土壌の調査を多点で行う。自動計測をとり入れるのも有効である。また北海道農試内 (約 1000 ha) では、収量等いろいろな他分野のデータもあるので、協力を得てやっている。

**座長** 個別質疑の中で木下さんから斜面上の凹凸だけでは単純すぎないかとの話がありました。何か補足の説明意見をお願いします。

**三浦** 木下さんのおっしゃる通りです。傾斜地をどのように扱ったかについてお話しします。傾斜地を歩くと尾根が乾き、谷が湿っており、また夜間には谷に冷気がたまっているのを肌で感じてきた。この地形による湿潤

状態の差異を地形の曲率により表現することを考えた。曲率は、土壌の物理性を介して土壌水分量に、また直接に土壌水分量に影響を及ぼすと考えられる。私は、私が原因と結果と考えている曲率と土壌水分量との関係をまず押さえることにした。今後、土層の厚さや土性などを扱っていききたい。測定してみると、粘質土が尾根に侵蝕されずに残っていたり、地形形成時の母岩が露出していたりかなり入り組んだ状況を示す。これらをどう扱うかも今後の課題である。

**須藤 木下氏へ少々反論したい。**土壌学の中で水田の水サイクルについていうと、養分は横移動していることも考えねばならない。しかし、土壌学は畑で生まれたものであり、畑では、タテ浸透を中心において土壌のプロファイルを作るのが根幹になっていると思う。しかし、水田では横方向のウェイトが高い。この視点がぬけていたのではないか。また地形の視点も同じで、日本のような複雑な地形での土地利用においては、横や斜めの移動があり、これまでの上下のプロファイルで考えてきた土壌学に、横方向の考えをとり入れるものとして、三浦氏の考え方はひとつのきっかけを与えていると思う。

**有光 (林試)** 林地の傾斜地の土を扱っている立場で、少々コメントしたい。土壌の生成要因として地形が影響しているのは当然と思う。ダイレクトにそれが影響していて、土壌水分や養分の環境が決ってくる。三浦氏のような解析のしかたもひとつの有力な手法である。我々の中にも地形の表現手法を検討している研究者もいる。曲率とは少々異なるが、凹地形凸地形平行斜面は地形図のコンターを見れば大体判別つく。ただ数量化できるのはけっこうだが、我々の方ではさらに、凸地形、平行斜面などの中を細くみる。細かなひだに応じて、微細な環境が異ってくる。凸地形でも粒径が異っている。そこでメッシュを細かく又は粗くして、このメッシュの粗さ又は細かさでどう表現が異なるか。また斜面の長さによる水供給の差もあるので、この点の表現も加味した表現を常日頃考えている。三浦さんの手法はある狭い地域での表現では有効であろう。その場合にも、地形の要因だけを比較するなら、他の条件は均一でなければいけない。たとえば母材量など、関東ロームでは尾根にはロームがのっており、谷は頁岩などということでは比較できない。他の条件が同一に出来る場所でしなければいけないだろう。

**塩沢 (山形大)** 凹凸、曲率の差による乾燥の度合の

要因として、三浦氏は土性、保水性、透水性の差と、水の移動の2点をあげていたが、風の当り方の違いなどは大きな要因とはならないのか。

**三浦** 傾斜地と平地の違いを2因子から説明したが、重力による水移動と日射量と共に、卓越風に対する露出度にも差があり、尾根は谷に比べて風が強くなる。この卓越風に対する露出度もまた曲率(凹凸)により評価できるものと考えられる。土壌水分量の分布は、降雨直後の重力による水移動(流出)の段階で大きかたが形成されるものと考えており、次の段階の乾燥化の過程でいてくる風の影響は比較的小さいものと考えている。

私の場合はメッシュ間隔を10mだと計算が大変だし、大きくすると実際の地形状況が表現できないので20mとした。土壌水分量の測定は100ccの円筒で行ったもので、対応メッシュ間隔との関係がよくわからない点である。リモートセンシングでの環境計測における適正なメッシュ間隔について知りたい。

**深山** 何を対象に何を測るのがメッシュ間隔を決めるポイントである。たとえば斜面の問題でも数mオーダーの詳細な起伏が問題なのか、あるいは100mオーダーでもよいものか、また土壌の物理性がどのくらいの距離的なオーダーで変るものなのかなど、対象の状態や解析の目的をはっきりさせることが必要である。リモセンデータでは地上分解能がメッシュ間隔に相当しよう。農業分野で利用する場合の、衛星データの地上分解能は何メートルが必要かと問われることがあるが、マクロ的な情報を求めること、又、水田の短辺が30mであることなどを考えれば30m、あるいは20m以下でない日本の農地では使いづらい。

**座長** 座長として今回のシンポジウムを簡単にまとめておきたい。

横井会長の開会挨拶の中で、わが国の土壌物理研究が独自の道を拓いてゆく時代にさしかかっている、という話を聞いた。今回の「土壌環境計測」はその意味で土壌物理研究の一つの新しい方向づけをしたものと言える。

各講演者の発表内容も、単なるミクロな土壌物理ではなく、広い空間内の物や状態の分布を対象とし、多量のデータを迅速に処理、解析する手法を導入したものであり、今回のテーマに十分応えてくれたものと評価できよう。

会場からも活発な討論をいただき、実り多い集会であったことをお礼申し上げます。