

「ばらつき」の科学と技術

澁澤 栄*

「大本営」の亡霊

この小見出しは、北海道大学大学院農学研究科の松田従三先生が、農業機械学会誌（68巻5号，2006）に寄せた巻頭言のひとつの印象である。まったく同感である。

その冒頭に、2006年6月、ドイツで開催された約1ヶ月にわたるサッカーの世界カップを引き合いに出している。日本チームがあたかも予選通過できるかのように、にわかな「専門家」達がさまざまな作戦やシナリオを流布し、マスコミがそれをあおった。日本チームの実力不足を発言しようものなら、それこそ「非国民」あつかいされかねない。予選の最終戦で、明らかに実力差のあるブラジルチームに対しても、素直に健闘を祈るのでなく、根拠のない勝つための作戦ばかりをあおったのである。ブラジルに負けて予選が通過できないことが判明すると、今度は、敗北の「戦犯」探しがはじまった。テレビでの絶叫調煽動は、日本の戦争映画を思い出す。あとの顛末は読者もご存じだろう。

スポーツのみならず、政治の世界も経済の世界も、すべて勝ち馬に乗ることを煽動しているのがある。敗北の結果が明白になると、事実や根拠も吟味せず、公平な主張を黙殺した専門家やマスコミの責任は問わず、にわかに犯人捜しと個人攻撃が始まる。「劇場国家」と誰かが名付けたが、今の日本にはかつての「大本営」システムを彷彿させるものがある。

農業に目を移せば、国を挙げて推進した施設や技術が、時代の変化に見捨てられ、莫大な借金のみが残り、生産者を苦しめ続けている事例は少なくない。

大区画水田を造成したのはいいが、ほ場内のばらつきが激しく、収量が半減した事例がある。水田の造成と営農支援は別の行政組織が担当しているので、ときどき、互いに責任のなすりあいをする場面もある。ところで、生産力の低下した大区画水田は、生産者が回復しなければならないのだろうか。

家畜排泄物処理法や食品リサイクル法などの実施で、膨大な「堆肥」が全国で製造され続けているが、「利用者」が少ないので、うまく循環しないという。しかし、「利用者」のニーズや、施用すべき土壌の健康状態はほとんど吟味されないうまま、「循環」を妨害している「犯人」探しをしているようで仕方ない。

特に心配なのは、マスコミが「権威者」の名を借りて煽りたて、社会を危険な状態に押しやりながら、誰も責任をとらないという、伝統的な仕組みが脈々と活着していることである。そして、この風潮が、われわれの技術と科学の分野にも強く影響を与えているのではないかと危惧する。

平均と分散の世界

土壌を扱う場合は、平均と分散が特に重要な指標になる。どの空間スケールで観測しても、またどの時間スケールで観察しても、必ず本質的なばらつきが存在する。本誌で発言するのは釈迦に説

* 東京農工大学大学院共生科学技術研究院

法ではあるが、あえて言わせてもらえば、土壌とは、時間的にも空間的にも平均と分散の階層的な重ね合わせにより特徴づけられる小宇宙である。従って、土壌を扱う技術や科学では、これらの平均と分散に対する取り扱いが重要になり、その取り扱い方が技術水準や学問水準に影響を与える。

平均と分散の問題につき、私の未熟な体験を紹介しよう。

私は、かつて、低動力深耕ロータリ耕うん装置を開発し実用化した経験がある。その際、もっとも重要な技術情報は、切削・耕うんに必要な未耕地の「比動力」データであった。水田と畑地、そして粘性土から砂土にわたる多数の土壌条件と耕うん条件において、ほ場及び室内実験により比動力データ集を作成した。平均は設計動力、すなわちトラクタ動力を計算するのに役立ち、分散は作業条件（走行速度や耕深など）を指定するのに役立った。

その後、ロータリ耕うんにより形成される土塊の輪郭や亀裂の発達にフラクタル性を観測した。また粘性土の衝撃圧縮実験において、異なる時間スケールで同時に土壌の変形特性を計測すると、例えば、二つの異なる階層の瞬間弾性係数を同時に実測できることを証明した。さらに、土壌構造のフラクタル性は根系成長のフラクタル性と相関があり、根系のフラクタル分枝成長モデルを構成することができた。

ほ場スケールの場合を検討するため、開発したリアルタイム土壌センサーを用い、1メートル観測間隔で約1,000箇所のデータを収集してみた。含水比と有機物含量を対象にして、サンプルサイズとクリーニング誤差の関係を計算したところ、サンプルサイズ150~200で誤差が最小になった。ほ場平均の推定では、ばらつきの分布特性にも依存するが、10%以内の推定精度がほしい場合は少なくともサンプルサイズ5以上、多くの計算機実験例では15以上が必要になる。ほ場内のばらつきを記録するためには、グリッド内の代表値を得るのに、内部に5点以上の独立した観測地点が必要であり、かつクリーニングによるほ場マップを作成する場合は、そのようなグリッドを150ばかり用意する必要がある。

一方で、驚いたことがある。土壌分析と称して、ほ場の3箇所ないし4箇所の土壌を採集して一つの容器内で混合し、分析結果を一つ出してほ場平均と主張している人々がいるのである。分散を伴わない平均などあり得ないことなのだが、かなり広く通用しているようである。この実態を理解するには、別の文脈を用意する必要がある。

わずかな経験だが、土壌を相手にした場合、このような平均と分散につき合わねばならないことを痛感した。

「たこつぼ」と「文脈」

土壌物理学に属すると思われるテキストを開いてみると、土壌の分類あたりから始まり、物質定数などのデータ一覧が紹介され、物質移動やレオロジーに関する理論紹介が続く。偏微分方程式が現れ、線形の場合は美しい指数解が示され、室内実験結果にほぼ一致することが紹介されている。いくつかの優れた練習問題も紹介されているので、きっと「土壌物理学」はひとつのパラダイムを形成しているのだと思う。三重大学の成岡先生が「土壌物理学は未完成」とご指摘されたが、私は、完成度の高い分野の一つではないかと感ずる。

例えば、土壌の分類がしっかりしており、分析方法などが統一され、物質定数のデータも比較的揃っている。土壌物理学に関する知的訓練もテキストを通じてある程度はできる。関連基礎分野として、地盤工学や土質力学あるいは土壌学などの知の体系が存在している。

しかし時々困ることは、判断あるいは意志決定に関する問題に直面したときである。農家が施肥

設計や排水対策あるいは作業計画を立てるとき、観測した土壌データのみを頼りには判断できない場合が大半である。データの収集、その解釈である情報の構成、そして判断の文脈を形成して、意志決定の論理を採用する。これが意志決定の際の知的作業である。特に意志決定は文脈依存性が高いので、どのような文脈を構成するかは重要な仕事になる。

例えば、「環境保全と収益性を同時に実現する」ための文脈で意志決定する場合は、収量を最大化する文脈とは異なる結論がでてくる。土壌データや収量データなどを集めては場 GIS を構成すれば、自動的に最適な処方箋が提供できるような、誤った風潮が広まっているので注意する必要がある。意志決定は文脈構成の問題であり、自然観や科学革命論で話題になったパラダイム転換などと同じ土俵の上の議論なのである。

このような作業の中で、土壌物理学の果たす部分はいかほどのものか。少なくとも文脈構成は、土壌物理学を超えた世界で行われるものと思われる。

改めて、土壌物理学は、土壌という多様性と多義性をもつ冗長な対象に、物理という「たこつぼ」の論理を適用しようとして、豊富な学術的成果を蓄積してきたことと思う。しかし、ここら辺で、多義的で冗長な「土壌」をそのまま受け入れる「物理学」もあり得るのではないだろうか、思いの方向を変えてみてはいかがであろうか。その場合、論理ではなくカタチや印象が主役になるのかもしれない。土壌を対象にした新しい世界が切り取られるかもしれない。きっと皆さんの中には、このような研究成果をお持ちの方がいるのだと感じている。

私は、「たこつぼ」の一つである農業機械学の中で、「農業機械学は学問か」と、しばらくの間、問い続けたことがある。しかし「たこつぼ」の中の精緻化とあわせて、「たこつぼ」が意味を持つ「文脈」の構成も同時に扱われないといけないのが、農業技術分野の特徴ではないかと思い始めている。拙著「精密農業」（朝倉書店）では、「たこつぼ」と「文脈」の関係を議論してみたので、ご一読いただければ幸いである。

人々を煽動するのではなく、確かな事実と根拠をもとに、複数の文脈があることを共有できる科学と技術の世界でありたいものである。それには、格差拡大と身分の不安定化を進める研究組織のあり方にも言及しなければならないだろう。

最後に、とりとめもない拙文で巻頭言の空間を乱したこと、お許し願いたい。