

資 料

光波式測量機械による造成地の土壌侵食の計測

坂西 研二・麓 多 門・岩間 秀矩・谷山 一郎・真弓 洋一*

Measurement of Soil Erosion in Reclaimed Land with Optical Land Surveyer

Kenji Banzai, Tamon Fumoto, Hidenori Iwama, Ichiro Taniyama and Hirokazu Mayumi*

National Institute of Agro-Environmental Sciences, Tsukuba, Ibaraki, 305 Japan

*Tohoku National Agricultural Experiment Station, Morioka, Iwate, 020-01 Japan

Key words: Optical Land Surveyer, land survey, soil erosion, deposition, contour line map

(Soil Phys. Cond. Plant Growth, Jpn., 71, 53-56, 1995)

1 はじめに

傾斜地に富み台風など豪雨に見舞われる我が国では、土壌侵食の防止は基本的に重要である。我が国農地における侵食問題の重要性を示す一例として、地力増進法における生産力可能性分級基準がある。この分級のⅢとⅣとは、正当な収量をあげ、また正当な土壌管理を行う上に、土壌的にみてかなり大きな制限あるいは阻害因子（表土の厚さ、表土の礫含量、土地の乾湿、自然肥沃度、養分の豊否、災害性、傾斜、侵食等々）があり、あるいはまた土壌悪化の危険性のかかなり大きい土である。このⅢまたはⅣに該当する事業指定地域は全国で37万ha、内約10万haにおいて侵食が問題であるとされている。

農地における土壌侵食を防止するため侵食発生の実態を把握し、発生機構を明らかにする必要があるが、従来侵食研究は傾斜枠（面積数10m²以下）や土壌トラップによる調査が主体であった。したがって、実際農地での侵食量は、これら小面積における調査から推定するとどまってきた。

実圃場における侵食量の正確な把握には、微地形変化量の測定が必要であるが、従来のレベル測量を中心とした測定では、作業後の計算を含め時間と人手を必要とした。誤差の大きさも機器の操作の習熟度に関係し、一般の使用者によるmm単位の測定は不可能であった。そこで、圃場規模で土壌侵食量および移動堆積量を正確に簡易に測定するために光波式測量機械を用いる手法の確立をはかった。

2. 装置の特徴

光波式測量機械は、単に距離と角度が測られるだけでなく、本体内部に計算機能を持ち、3次元座標に変換さ

農業環境技術研究所 〒305 つくば市観音台3-1-1

*東北農業試験場 〒020-01 盛岡市下厨川

キーワード：光波式測量機械、地形測量、侵食、堆積、等高線図

れた出力が可能である。測定値の精度（標準偏差）は、距離に関し $5\text{mm} + 2\text{ppm} \times D$ (D :測定距離), 角度に関し $4''$ である。筆者らの測定距離は、最大でも100m前後であり、上述の精度式により5.02mmの誤差が考えられる。

一測定の所要時間は約1分、一日約500点の標高と位置座標を最低2人で容易に、短時間に能率良く測量できる。これは従来の測量からすると一週間程度の作業にあたり、大幅な短縮が可能である。

3. 地形量の測量の手順

本機を用い、圃場の微地形を凡そ数m間隔のメッシュで位置座標 (x_i, y_i, z_i) を測定する。

その作業手順は以下の通りである。①図1の装置の直下から原点に向かう基準線を決める。高さ座標の補正と

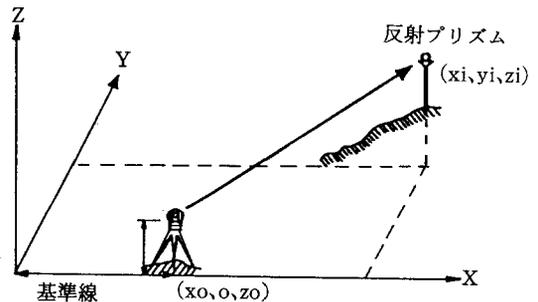


図-1 座標測量の模式図

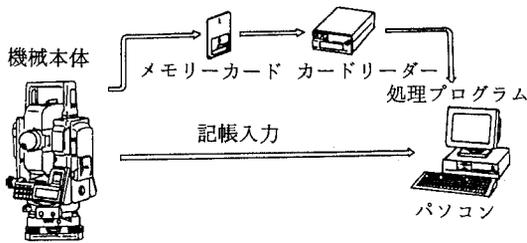


図-2 データ処理の構成

して本機械とプリズムの高さを入力する。

- ②反射プリズムを一定距離で移動させ、焦点を合わせる。
- ③座標データの記録は2通り、画面に表示された値を記帳する、表示なしにメモリーカードに記録する(図2)。
- ④データ処理では、図化した際見やすいように座標軸を回転させる等の前処理を行い、市販の地形プログラムにより等高線図を作成する。

4. 等高線作図法

等高線図の作成において不規則に分布している測定データの処理として、このランダムな配置のまま三角形分割により等高線を描くこともできるが、ここでは一般的な格子データに変換する方法を用いることにした。この方法(塩野ら,1988)は、以下のような理論に基づいているが、既に市販のプログラムの中に組み込まれており、ここでは概要を述べるに留める。

[格子データへの変換]

長方形の領域を $N_x \times N_y$ の格子で区分し、最適な曲面($z=f(x,y)$)を形成する格子点の値 f_{ij} を計算する。具体的には、ある格子セル($x_i \leq x \leq x_{i+1}, y_j \leq y \leq y_{j+1}$)内部における $f(x,y)$ の値は、四隅の格子点の値($f_{ij}, f_{i+1,j}, f_{i,j+1}, f_{i+1,j+1}$)と次式のような線形補間で近似される。

$$f(x,y) = (1-\xi)(1-\eta)f_{ij} + (1-\xi)\eta f_{i,j+1} + \xi(1-\eta)f_{i+1,j} + \xi\eta f_{i+1,j+1} \quad (1)$$

$$\xi = (x-x_i)/\Delta x, \quad \eta = (y-y_j)/\Delta y$$

Δx と Δy は、 x 軸と y 軸方向の格子間隔である。

さらに、 N 個の地点(x_k, y_k) ($k=1, 2, \dots, N$)における測定値(標高) z_k を表す式($f(x_k, y_k) = z_k$)は、格子点の値 f_{ij} ($i=1, 2, \dots, N; j=1, 2, \dots, N$)を未知数とする次の連立1次方程式で示される。

$$(1-\xi_k)(1-\eta_k)f_{i(k)j(k)} + (1-\xi_k)\eta_k f_{i(k)j(k)+1} + \xi_k(1-\eta_k)f_{i(k)+1j(k)} + \xi_k\eta_k f_{i(k)+1j(k)+1} = z_k \quad (2)$$

一般的にデータ数に比較して格子数が多く、データの空白が生じている格子セルでは格子点の値 f_{ij} が(2)式の中に現れてこない。そのため、(2)式の連立方程式は不定であり、いいかえれば、連立方程式を満たす解 $f=(f_{11}, f_{12}, \dots, f_{ij}, \dots, f_{NN})$ は多数存在している。

次にそれらの連立1次方程式を満足する解の中で最も滑らかな曲面をもつものを選ぶという手順をとる。以後の計算法については、塩野ら(1988)を参照されたい。

5. 侵食量及び堆積量の推定

圃場内に生じた侵食量あるいは上砂堆積量を現在の地形測量データと前回あるいは造成時の地形図との比較により求めた。

すなわち、畑地造成時の図面からも格子点座標を作り、両者の格子データについて基準標高を決め、その上でできる土柱量(体積)を格子毎に計算するもので、各格子にできる土柱量の差によって侵食か堆積が決められる。さらに、各格子点の標高差を地形変化量として、前述の作図法で等高線図に示した。

6. 現地圃場への適用

調査圃場は、国営塩那台地農地開発事業によって、1984年造成された栃木県那須町の傾斜畑(百駄団地)とした。調査畑は改良山成り工法で造成され、褐色森林土造成相に分類される。面積は0.29~1.37ha、平均斜面長41~137m、傾斜は0.9~6.8度であり、表層の土性はSL、分散率は34%と受食性が高く、表層下部の土壤飽和透水係数は 10^{-5} cm/sと小さかった。作付けは1984年から行われ、開始当時はたばこを、85年からソバと小麦の輪作を行っている。

1984年~1991年まで調査したところ、百駄団地の沈砂池の大半は、造成から3年で6、7割が土砂で埋まってしまった。現在は、圃場周辺に設けられた承水路の縁に侵食土が堆積し、トラクター等の耕耘作業も加わり小さな堤ができていたため、圃場からの流出水の流込みが少なく、土砂の流入はほとんど見られない状況であった。

1991年9月の降雨時における表面流出の発生と侵食状況を調査したが、ソバの開花時期でもあり、草丈も伸び、土壌の被覆率もよく、顕著な表面流出や侵食は見られなかった。

周辺を含めた調査圃場の全体図は、図3に示す通り、全体で11の圃場に分割される。その内、5で示したのが図4であり、4m間隔のメッシュで600~500点の座標測量を行った。

□ 畑 ■ 林地 ▨ 盛土法面 ▩ 切土法面 ■ 沈砂地

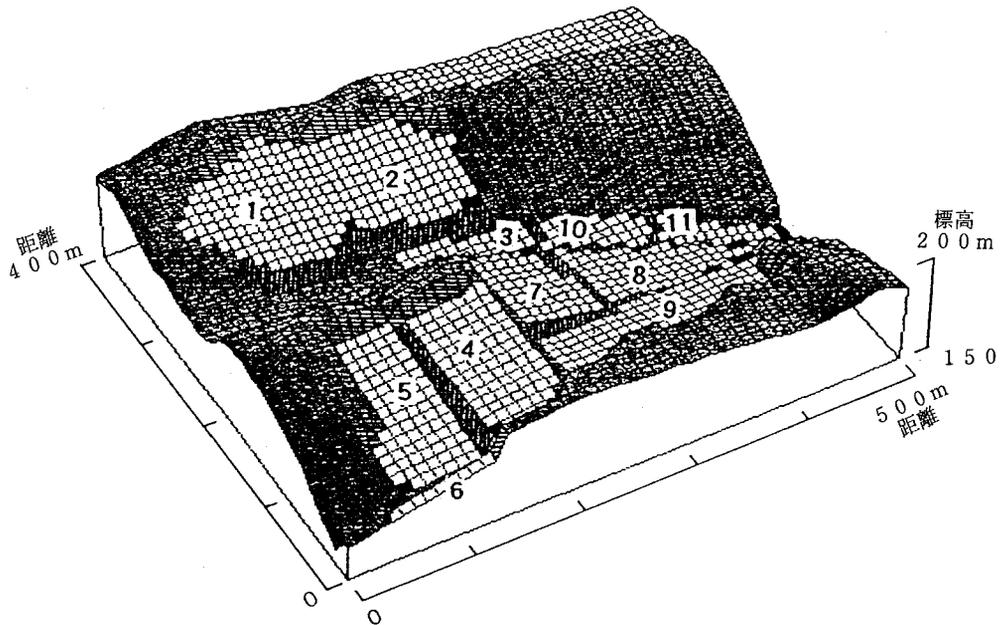


図-3 塩那台地農地開発百駄団地現況図

7. 適用結果

土砂の侵食移動は、一般に降雨による流出に伴って起こる。圃場や承水路の管理の良い圃場であれば、そこを通過した侵食土砂は沈砂池で堆積することになる。したがって、沈砂池内の土砂の堆積変化を測定すれば、侵食土砂の測定は可能である。しかし、前述したように沈砂池や承水路の管理が十分でなく、土砂は末端の沈砂池まで届かず、圃場内の下部に堆積したと推定された。

測量した圃場について等高線図を作成したが、その中の一つを図4～6で示した。矩形圃場（造成後8年）の測量したポイントは577点（図4）であり、それら座標値は前述の等高線作図法を用いて41×41の格子点座標に変換された。造成時の格子点座標についても同様に作成し、両者を等高線で比較した（図5）。

造成時の値を基準として、各格子点の標高差を求め、侵食であれば負で示し、土砂の堆積があれば正の値で示した（図6）。

圃場での侵食は表面を流れる雨水と同様に等高線に対し垂直に移動が見られ、流された土壌は下流部で多く堆積していた。結果、侵食は斜面中央部と中流部で見られる。上流部でも土砂の堆積が見られるが、圃場外からの土壌

の流入も少なくない。

この圃場の現在及び造成時の各格子の体積計算（土柱法）から、侵食と堆積の差し引き量は、堆積が大きく345m³であった。

しかしながら、造成農地の標高が設計通りの値になっているとは限らないことから、両者（設計値、測定値）のデータには精度上の差があることを付加しておきたい。

8. 測定における留意点

①造成後の地形の変化は、侵食でなく土の圧密沈下等によることもあるので、土壌断面の調査や土壌物理試験を行い、総合的判断する必要がある。

②圃場の測量では、土壌が安定している時期を選ぶのが望ましい。もし、耕起直後であれば、土壌が膨軟となるため、測点では踏み固めて元の標高に戻す必要がある。

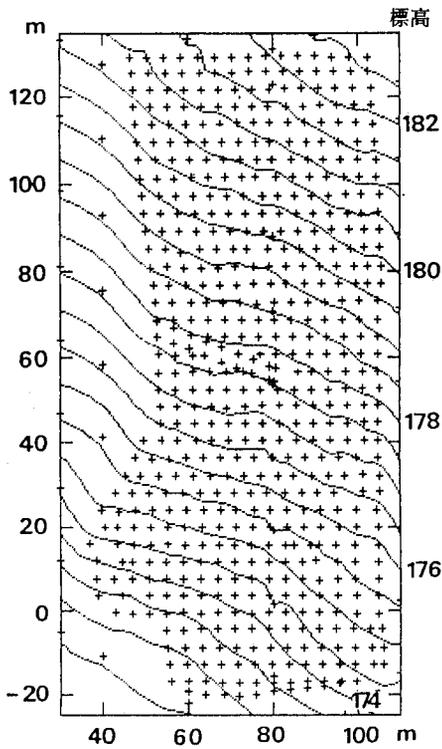


図-4 測定点 (577点) と等高線

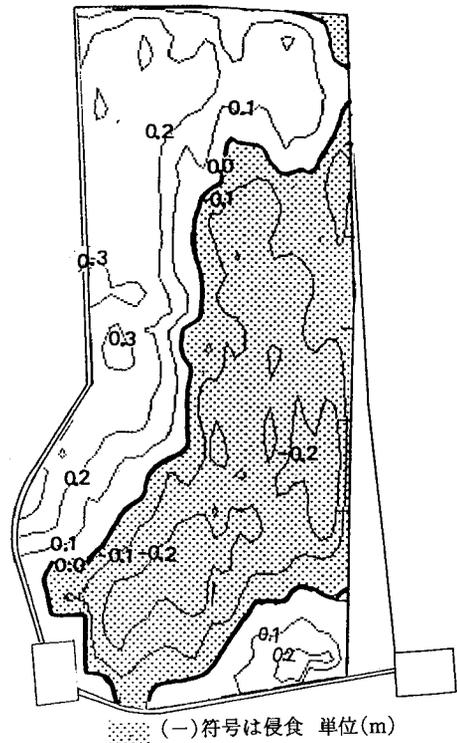


図-6 土砂の侵食と堆積状況

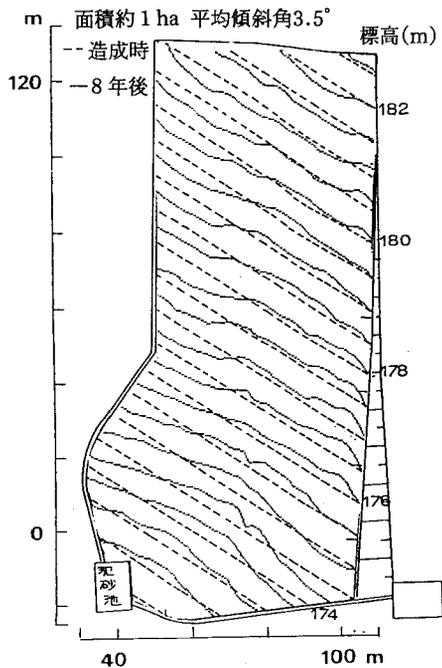


図-5 造成時と現在の等高線

9. おわりに

本装置を用いたメッシュ測量による調査は、長期間じわじわと表土が薄くなっていくような侵食・移動量の推定に適している。今後、この手法を用いて圃場規模での土壌侵食の実態把握、保全対策の評価ならびに傾斜枠規模での侵食理論の圃場規模への展開を図り、また土壌調査等と結合させ、土壌劣化の評価手法としても展開していくつもりである。

引用文献

塩野清治他(1988):BASICによるコンターマップII応用編,82-87,共立出版,東京

(受稿年月日 1994年5月16日)