

航空レーザ計測を活用した微地形解析

Micro-topographic Analysis by Airborne Laser Survey

向 山 栄 (むこうやま さかえ)

国際航業㈱ 技術開発部

1. 微地形解析の持つ意味

地形学において、微地形とは 10^2 m オーダーの広がりを持つ地表の起伏形態をいう¹⁾。これらは、独自の成因に対応する個別の地形種をなす（例えば小規模な斜面崩壊による崩落崖と崖錐など）が、同じ営力の繰返しによって形成される場合もある（自然堤防など）。一般に、規模の大きな地形の形成に要する時間は長い。発生頻度が小さい大きな営力が働く場合でも、小さな営力が繰返し働く場合でも同様である。一方、小規模な地形は短時間に形成されると考えられており、微地形はおよそ $10^0 \sim 10^3$ 年程度の形成時間のスケールをもつ。形成時間の最長は、通常の社会基盤施設の耐用年数から見ると長い。我が国で発生する大規模な自然災害の頻度としては普通である。したがって微地形の分布や性状を知るとは、大規模な自然災害や、安定した土地利用に対する激変に結びつくような自然の営力を理解することに役立つ。

我が国においては、人口の増加と経済発展と共に狭い国土の効率的な利用を進めた結果、より頻繁に地形改変の自然営力が働く領域に生活空間が進出した。その結果、比較的小規模ではあるが発生頻度の高い災害の影響を受けやすくなった。山岳地における道路の斜面災害や、山間の溪流における土石流災害、平地部での内水氾濫などがそれに当たる。このような比較的小規模の災害の履歴や発生要因は、微地形よりもさらに小規模な極微地形～超微地形とその成因を調べることによって理解できると考えられる。微小な地形を把握するには詳細な地形データが必要である。そのための有効な手段として期待できるのが、航空レーザ計測による地形測量である。航空レーザ計測で再現可能な地形は、数十 m～数 m より小さい規模であり、地形学上の極微地形～超微地形に相当する。

2. 微地形解析の手法

2.1 従来の微地形解析手法

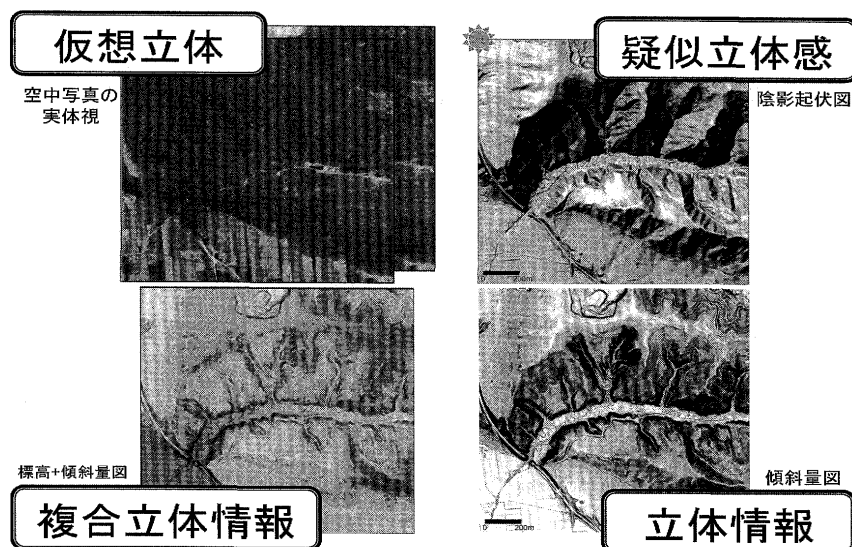
微小な地形を判読・計測する従来の手法には、地形図や空中写真を用いた地形判読がある。我が国では、1964年から国土の基本図を航空写真測量で作成した1/25 000地形図によって整備することとなり、1983年までにはほぼ国土の図面が完成している。1/25 000地形図からは、 10^1 m オーダー以上の規模を持つ微小な地形

を読み取ることができる。また、空中写真については、林野庁（1952年～）及び国土地理院（1960年～）による全国の1/8 000～1/20 000の空中写真の撮影が行われ、変化の激しい地域については現在まで経年的に再撮影が行われている。大縮尺空中写真の空間分解能は、1/25 000地形図よりも細かく、 10^1 m オーダー以下の地形の判読も可能である。しかし空中写真では、植生などによって、地形情報を精度良く認識できない領域も少なくない。航空レーザ計測の場合は、解像度が高いと同時に、各種のフィルタリング手法により植生の下地表と考えられる面を抽出し、裸地状態の地形を再現できることが多いのも利点である。

2.2 航空レーザ計測による地形モデルによる解析

航空レーザ計測は、我が国では2000年頃に実用化し、地形図作成や地形解析のための地形データ作成手法として用いられている。この計測手法は、航空機（標準対地高度：600～3 000 m 程度）から高周波数で照射する近赤外波長域のレーザビームの反射を受光して得られる高密度の点群標高データを用いて、詳細な地形モデルを作成するものである。レーザビームの地上反射点群の位置は、GPS と IMU によって決定した航空機＝レーザスキャナの位置と向きの情報、及び受光までの時間差から精密に算出される²⁾。原理的に、人工衛星などによるマイクロ波を用いたレーダ画像の3次元地形計測とは、異なる手法である。

航空レーザ計測の最大の利点は、直接計測された計測点群が、面的に高密度に分布することである。地上での計測点分布密度は、数10 cm～2 m 四方ごとに1点程度であり、高解像度の3次元地形モデルが構築できる。この地形モデルは、1/1 000～1/2 500地形図に対応するスケールであり、従来の航空測量地形図の等高線図法では描画できなかった数 m～十数 m より小規模な極～超地形も再現できる。またすべて数値データ化に適合することも大きな利点で、数値標高モデル作成が迅速かつ容易にでき、様々な地形量を演算し数値地形解析が行える。さらにラスター型のグリッドモデルは画像化が容易であり、立体情報を人間の視覚に馴染みやすく画像化できる。そのため、空中写真では実現不可能な、情報の強調や均一化を施した地形画像による立体認識と「デジタル地形判読」も現実的になった（図—1）。また画像処理と数値地形解析とを組み合わせた数値地形画像解析も行われている。



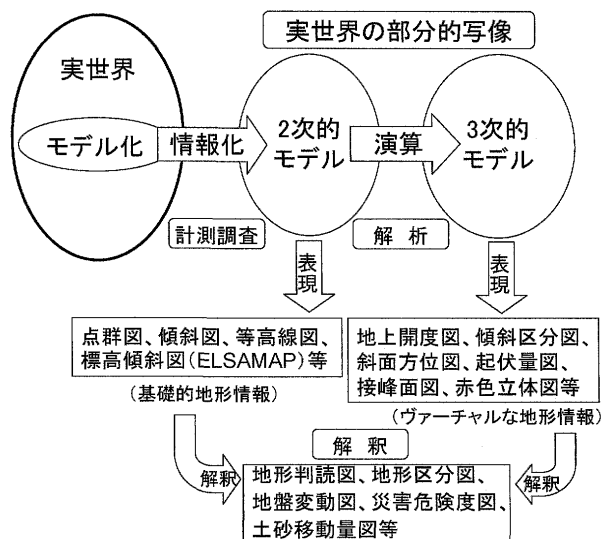
図—1 地形判読を行うための各種の地形画像と立体認識方法の違い レーザ計測による高密度な点群データから作成した地形モデルを画像化することにより、極微地形～超微地形が把握できるが、立体認識の方法はそれぞれの画像によって異なる。

3. 微地形解析にあたっての留意点

航空レーザ計測による地形データから再現した地形は、実地形がそのまま縮小された模型のように認識され、また数値地形データから作成した地形画像はあたかも写真のように使われていて、それは一般的には有益である。しかし、それらはあくまで地形モデルから作成されていることに注意する必要がある。この地形モデルは、従来の地形図や空中写真と比較すると、計測密度の高さが実地形との乖離を縮めてはいるが、実世界のありのままの縮小版というわけではない。図—2は、現実世界における地形の計測情報から地形モデルを作成し、さらに様々な解析を施してそれらを表現し、最終的に目的に合わせた成果図として出力する過程を模式的に現したものである。この過程で、地形情報は実世界から離れてバーチャルなモデルとなる。点群計測は実世界を対象とし、その結果は実世界の一部を切り出したものである。しかし表面モデルを作成しさらにグリッド化処理を施した2次の地形モデルは、実世界とは異なる。例えば、不定形三角形網で計測点間をつないだTINモデルでは、実世界と共有する点は計測点である三角形の頂点のみである。さらにTINモデルから作成したグリッドモデルは、直交格子点の位置にあたるTINモデルの網の目部分の標高値からなり、もはや実世界と共有する点を基本的には持たない。またグリッド作成には、TINモデル以外にも様々なアルゴリズムが使用される。したがってグリッドモデルの情報と現実世界を照合しようとする際には、モデル作成手法の確認が必要な場合がある。

4. ま と め

高解像度数値標高データから作成された地形モデルは、航空写真判読と違って植被などを取り去った裸地状態で



図—2 地形のモデル化と地形解析の概念図

微地形判読ができる利点がある。しかし、グリッドモデル上で表現された微地形は、厳密には実世界のものではないので、細部について現地情報との照合を行う場合には、モデルとしての再現性の限界を考慮しなければならない。それでも、航空レーザ計測による高密度かつ無作為な点群計測データの実世界を再現する性能は、これまでの測量手法に比べて格段に高い、ということに意義があり、今後の微地形判読が容易になるとともに、成果の品質向上が期待できる。

参 考 文 献

- 1) 鈴木隆介：建設技術者のための地形図読図入門 第1巻 読図の基礎，古今書院，p. 129, 1997.
- 2) 日本測量調査技術協会編：図解航空レーザ計測，日本測量調査技術協会，208p., 2008.

(原稿受理 2011.6.29)