

衛星画像による草原での土壌観測の可能性

高知工科大学 吉野敦雄
高知工科大学 門田貴江
高知工科大学 高木方隆

1. はじめに

リモートセンシングによる土壌の観測は、マイクロ波や短波長赤外を利用した光学センサを用いて行われている。マイクロ波は、通常土壌水分の計測に用いられており、短波長赤外は地質調査などに用いられている。しかし、土粒子の粒度、地表面の土壌水分量など、土壌の状態が分光反射特性にどのような影響を及ぼしているのか、解明されていない部分が多い。特に衛星画像においては、土地被覆の状態、大気の状態が一定でないため、解析は困難である。

したがって、現地の土壌の状態を観測し、衛星画像と比較することは極めて重要である。そこで我々は、千葉大学においてモンゴルで進められている植生リモートセンシングに関するプロジェクトに参加し、土壌観測を行った。モンゴルは、土地被覆の状態がほぼ均一であり、高晴天率という条件から、リモートセンシングによる地表面の被覆状態を観測するのに適しているためである。

2. 目的

最終的には、リモートセンシングによる土壌観測を目指す。まず衛星画像に影響を及ぼす土壌水分、地形、太陽高度、土粒子粒度等を考慮する必要がある。今回は、これらの項目について現地の状態を把握し、衛星画像と比較する。したがって、観測データから、土壌水分、地形の影響を考慮し、衛星画像から土壌観測が可能かどうか検討を行う。

観測サイトは、モンゴル国マンダル・ゴビ内に約 2km × 2km 区画を対象地域として設けた。

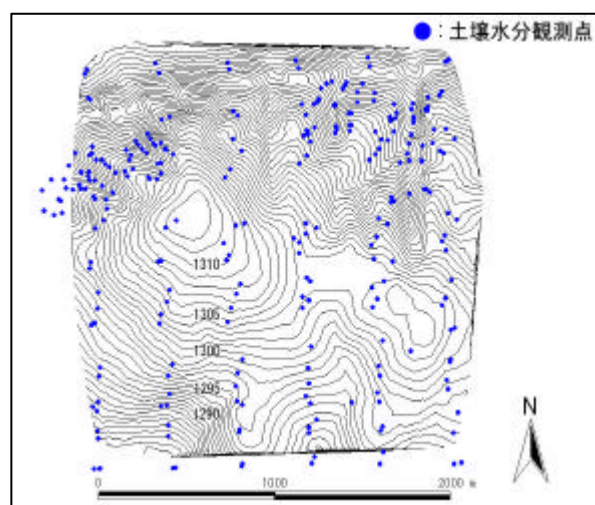
3. 現地観測結果

3.1 地形観測

地形観測では、GPS を用いたキネマティック測量（干渉測位）を行い、5487 点の測点を取得した。これらのデータより、地形モデル(DEM)を作成した。なお地形モデルの形式は TIN とした¹⁾(図 - 1 : TIN より作成したコンター)。

3.2 土壌水分観測

土壌水分観測は、Eijkelkamp 製の FDR 土壌水分計を使用した。この器機は、地中に差し込む 4 本のプローブから、100MHz の高周波の電磁波を発生し、土壌水分の電気抵抗と反射波形を分析する事で、1m³あたりの体積含水率を計測することができる。今回の観測では、地表面より 3~5cm の深さを対象地域の任意の地点で行った。なお、地形測量により求めた傾斜角度、傾斜方位との比較を行うため、地形変化の認められる丘と谷を細かく観測した(図 - 1 : 土壌水分観測点)。



(図 - 1) GPS による地形測量の結果(コンター) 及び土壌水分観測点

3.3 土壌水分吸引力観測

土壌水分吸引力観測は大起理化工業社製の自記式テンシオメータ（電流出力式）を利用した。この器機は地中に埋めた陶器製の管から微量の水が土中に吸収され、土壌の吸引力が測定できる。

今回の観測では、傾斜の中腹を観測点とし、経時変化を追跡した。地表面、深さ 30cm、深さ 60cm にテンシオメータを設置し観測した。観測期間は 2000 年 8 月 7 日から 18 日までの 11 日間とした。

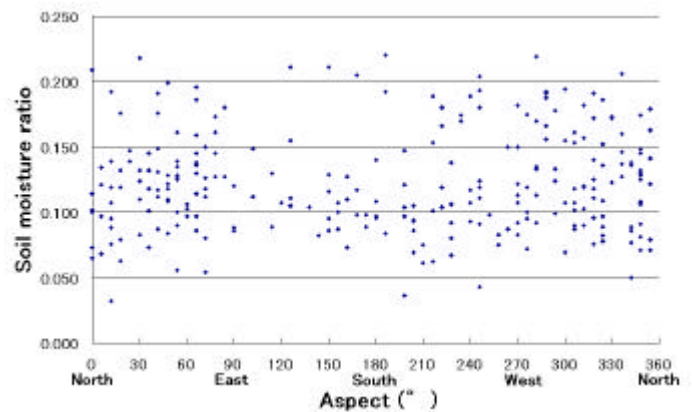
3.4 粒度観測

粒度観測は 0.075mm ~ 80mm までのふるいを用いた。供試土は、土壌水分量を観測した丘と谷、その中腹からの 6 箇所と、その他の地表面を任意に 3 箇所選び採取した。

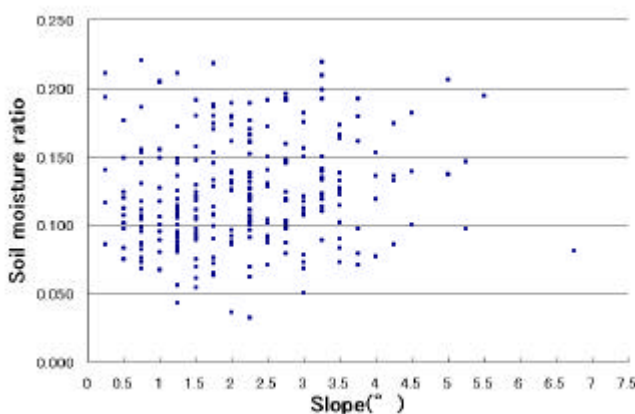
また、全ての観測点において、地表面をデジタルカメラで撮影した。今後、画像解析により、大雑把な粒度を推定できると考えている。

3.5 土壌水分観測と地形との関係

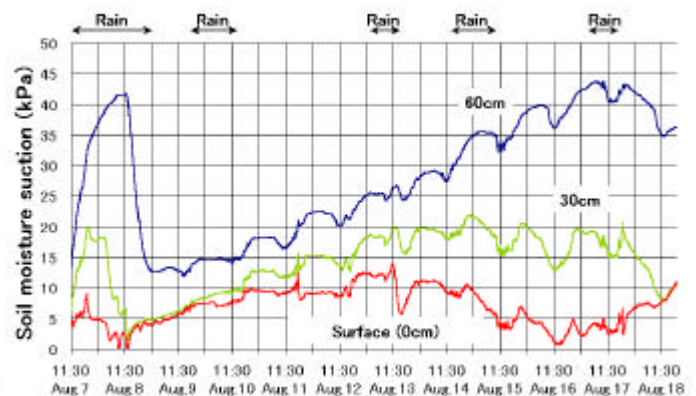
DEM から求めた傾斜方位及び傾斜角度と土壌水分を比較した結果、明確な特徴を見出せなかった（図 - 2, 3）。この事は降雨直後の観測においても同様であった。よって、対象地域は凹凸があるものの、緩やかな傾斜面で形成されているため、土壌水分は傾斜角度や傾斜方位といった地形要素に依存しないと考えられる。11 日間の土壌水分吸引力の経時変化を見ると（図 - 4）、殆どの日で正午が最も値が低い。土壌水分がその時間帯に地表面に上昇する様子を伺うことができた²⁾。よって、土壌水分は地形よりむしろ太陽高度に影響されると考えられる。



(図 - 2) 土壌水分比と傾斜方位との関係



(図 - 3) 土壌水分比と傾斜角度との関係



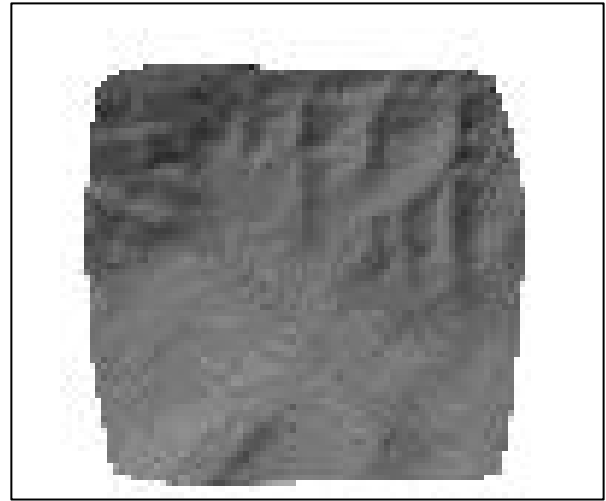
(図 - 4) 土壌水分吸引力の経時変化

4. 衛星画像と現地観測結果との比較

土壌水分観測結果より、地形が異なっても対象地域では、同一時刻であれば土壌水分が一定であるとみなすことができた。したがって、土壌の粒度やその構成物質が、衛星画像に及ぼす影響を把握するため、衛星画像から地形の影響を除去し、観測データと比較する。

4.1 シェーディング画像の作成

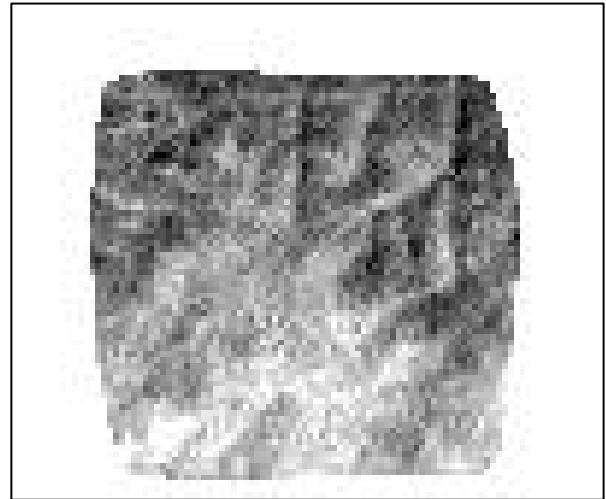
DEMは、Landsat 7 と同様の30メートルの地上分解能で、グリッド型に変換した。その画像から、ランベルトの余弦則を用いてシェーディング画像を作成した³⁾。厳密には、表面の反射率や大気の光学的厚さについてのパラメータが必要であるが、ここでは後に統計的な処理を施すため、それらを無視して計算し、光源の方向ベクトルと地表に対する法線ベクトルの余弦の値を直接利用した(図-5)。



(図-5) 対象地域のシェーディング画像

4.2 衛星画像の精密幾何補正

現地では地上基準点の取得が困難である。したがって、システム補正済みの画像を利用した。さらに衛星画像を精密幾何補正するため、シェーディング画像との相関を求めた。衛星画像を縦横にシフトさせ、シェーディング画像との相関が最も高い位置を求めた。なお、その際にはシェーディング画像と相関の高い Band 7 (図-6) を用いた。



(図-6) Landsat 7 -ETM Band 7 の画像

4.3 地形の影響を除去した画像の作成

シェーディングによって求められた地形データを利用し、衛星画像から地形の影響を除去するために、この二つのデータの相関関係を把握する。(図-7)はシェーディングと Band 7 の散布図である。回帰分析により、回帰直線の傾きと切片を求めた。

$$X = A \times S + B \text{ ----- (1)}$$

X : Landsat 7 -ETM Band 7 の予測値

A : 2.6038

B : -136.9935

S : シェーディングの値

相関係数 : 0.7358

衛星画像の各画素に変換係数を乗ずる事でシェーディングと衛星画像の相関は無くす事ができる。変換係数 C_{ij} は衛星画像の最大予測値 X_{max} と各シェーディングの値に対応する衛星画像の予測値の比で表す事ができる。

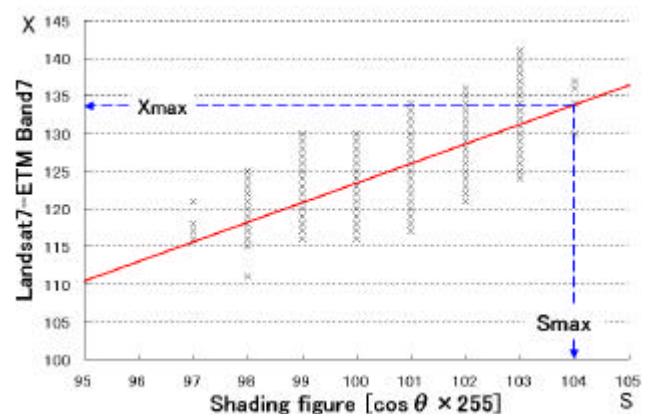
$$Y_{ij} = C_{ij} \times X_{ij} \text{ ----- (2)}$$

$$C_{ij} = X_{max} / (Gain \times S_{ij} + Offset) \text{ ----- (3)}$$

Y_{ij} : i 列 j 行の変換後の値

C_{ij} : i 列 j 行の変換係数

X_{ij} : i 列 j 行の衛星画像の値



(図-7) 衛星画像とシェーディングの比較

S_{max} : シェーディング画像の Max 値

X_{max} : S_{max} 値の衛星画像の最大予測値

S_{ij} : i 列 j 行のシェーディングの値

式(2)に従い、地形の影響を除去した衛星画像を作成した(図-8)。

4.4 地形の影響を除去した衛星画像と現地の状況

作成された地形の影響を除去した画像（図 - 8）は、南及び北西は明るく、大きく反射していた。それ以外の部分は、暗い状況であった。また、地形の影響が大きかった範囲においても画像の明暗が分かれたため、この画像は、土壌の影響を反映していると期待できる。

粒度分析結果とデジタルカメラで撮影した地表面の画像と比較したが、現在までに大きな特徴は掴みきれていない。



（図 - 8）地形の影響を除去した Band7 画像

5. 考察

現地観測結果より、傾斜 $0 \sim 6^\circ$ の対象地域では地形と土壌水分の関係は少ない事が確認された。よって対象地域では、地形における土壌水分の影響は無視できると判断された。

したがって、地形の影響を除去し、土壌観測に適した衛星画像を簡単に作成することができた。しかし、作成された画像模様が、何らかのノイズによるものか、土壌自体に有意な差があるのか確認できなかった。

今後は、土壌自身の分光反射データを取得し、植生などのノイズの影響を除去していく必要がある。さらにデジタルカメラによる観測データからも画像と現地の状態との比較に利用していく必要がある。

6. 謝辞

本研究は、千葉大学環境リモートセンシング研究センターの本多嘉明先生、梶原康司先生より、モンゴル観測への参加や、衛星データの御提供など多大なご協力を戴きました。ここに記して感謝の意を表します。

- 引用文献 -

- 1) 門田貴江, 吉野敦雄, 高木方隆: 地形測量における測点数と精度の関係, 平成 12 年度日本写真測量学会秋期学術講演会発表論文集, pp. 247 ~ 250 (2000)
- 2) 吉野敦雄, 高木方隆, 村上雅博: 植生リモートセンシングにおけるモンゴル草原の土壌観測, 第 10 回日本沙漠学会講演要旨集, pp. 45 ~ 46 (1999)
- 3) 動体計測学会: イメージセンシング, 社団法人日本測量協会, pp. 83 (1997)