

地形計測における要求精度

高知工科大学 菊池 有起
高知工科大学大学院 野村 努
高木方隆

1.はじめに

現在地形の形状を用いた解析において、いろいろな精度の地形図が使われている。基本的に解析には、高い精度の地形図の利用が求められるが、その精度は地形に大きく依存すると考えられる。したがって地形計測の際には、事前に地形とそれに対応する要求精度を把握しておく必要がある。

ところで我々は、千葉大学で取り組んでいるモンゴルでの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、モンゴルの地形・土壌について計測をおこなっている。昨年は、GPSのキネマティック測量によって約30mの空間分解能にて地形データを取得する事ができた¹⁾。しかしながら、30mの分解能で地形を十分に表現できたか否かは、不明であった。そこで、今回は、数mオーダーでの空間分解能にて局所領域のデータを取得し、適切な空間分解能の検討を試みる。

2.研究の目的

本研究の目的は、まず高精度で高分解能の地形データを作成する。地形データとして、グリッド型のDEM (Digital Elevation Model)を採用した。このDEMの自己相関関数を検討することにより、適切な空間分解能の把握を行う。

対象地域として、昨年より研究を行っている、なだらかな丘陵地帯のモンゴルを取り上げる。また、比較の対象として、地形変化の激しい四国山地大豊町の地すべり地帯を取り上げた。

3.DEMの作成

3-1 モンゴルにおけるDEM

モンゴルの地形観測で、数mオーダーでのデータ取得を高速で実現するためには、デジタル写真測量やレーザースキャナの利用が求められる。ところがモンゴルの対象地域は、草原地帯のためデジタル写真測量においては、ステレオマッチングが極めて困難である。したがってレーザースキャナ等の利用が好ましい、ところがレーザースキャナは、高価であるため、今回は、レーザ距離計を流用して計測を行った。

地形計測の手法は、水平角と仰角を変えていきながらレーザを直接地面に当て、距離を計測して地形の形状を調べていく方法で行った(図-1)。安価なレーザ距離計は、距離しか計測できないので、1分の精度で自由に角度を設定し制御できる望遠鏡を使い(図-1)、地面の座標計測を行った。

使用したレーザ距離計は、最大500m程度の距離を計測することができる(表-1)。レーザの照射幅は、100mの距離において20cm×30cmの楕円になっている。

このレーザ測距儀の精度は、100mの距離で計測したときに10cm~15cmの誤差が生じる。

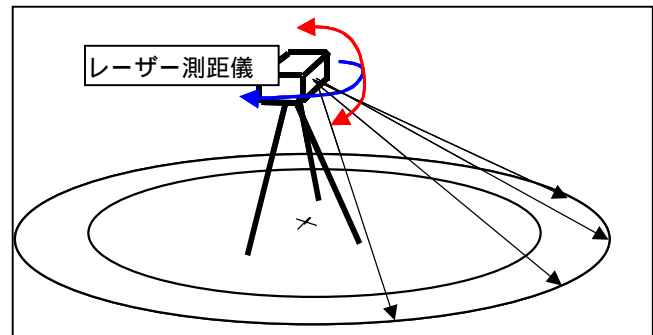


図 - 1 レーザ測距儀による地形計測手法



写真 - 1 レーザ測距儀

表 - 1 レーザー測距儀の仕様

| | |
|---------|-------------------|
| 最大測定距離 | 550m(プリズムなし) |
| 距離精度 | 10cm~15cm/100m |
| レーザー照射幅 | 20cm×30cmの楕円/100m |



写真 - 2 は、モンゴルの草原の地形写真である。モンゴルの草原は、草丈が高くないので、レーザー測距儀を用いて、地形データを取得するのに向いている。

写真 - 2 モンゴルの地形写真

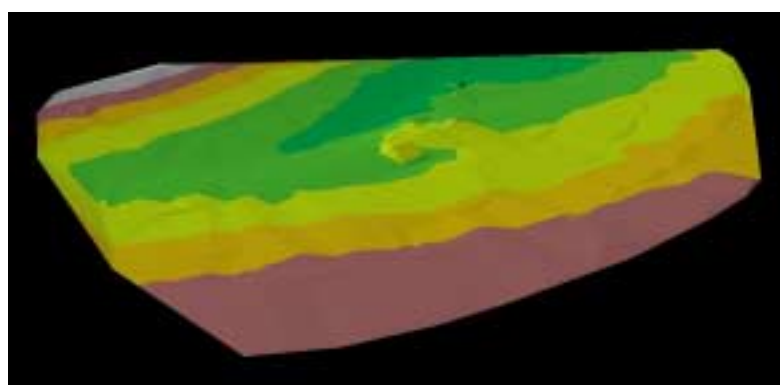


図 - 2 は、511 点のポイント標高データから作成したモンゴルの地形図である。ポイントの座標標高データをもとに TIN を作成し、その TIN から 1m の標高データのグリッドを作成した。面積は 8,155 m²であった。

図 - 2 モンゴルの地形図

3 - 2 四国山地の DEM

四国山地の大豊の地形データは、ステレオマッチングの手法が利用できるので、デジタル写真測量を使って DEM を作成した²⁾。デジタル写真測量には、432 万画素の民生用のデジタルカメラと市販の写真測量用ソフトウェアを使用し大豊の地形の 3 次元地形モデルを作成した。

撮影は民生用デジタルカメラを使用し、キャリブレーションは市販写真測量用ソフトウェア同梱のキャリブレーションソフトで行った。カメラ情報は表 - 1 の通りである。発生しうる誤差は、最大で 4cm 位である。

表 - 2 カメラの仕様

| | |
|------------|-------------------|
| CCD総画素数 | 432万画素(2400×1800) |
| 焦点距離(広角設定) | 8.2979mm |
| CCDサイズ | 7.5239×5.6500mm |
| 中心点 | 3.8071×2.9107mm |

写真 - 3 は、高知県大豊町にある地すべり地防止区域の写真である。この地形は、農地で植林がほとんどない場所であり、GPS 及びトータルステーションでの計測も容易である。また、この地形を挟んで左右両方に丘が存在し、カメラの設置に適している。写真 - 3 は、本地すべり地の現況であり、破線は地すべり土塊と不動土塊の境を表しており、破線より下をモデリングした。



写真 - 3 大豊の地形写真

図 - 4 は、地すべり地の基準点、検証点、カメラ位置の位置図である。3 点のカメラ位置からそれぞれ撮影を行った。まず、基準点を用いて外部標定要素を求めた。次に、対応点を目視によって抽出し、3 次元地形モデルの作成を行った。



図 - 4 基準点、検証点、カメラ位置図

図 - 5 は、作成した大豊の 3 次元地形モデルである。基準点及び検証点は、4cm 程度の誤差で解析を行うことが出来た。しかし、場所によっては 10cm 程度の誤差を含む場所が存在する。

ステレオマッチングによって、1,116 点のポイント標高データを得ることができた。それをもとに、TIN を作成し、その TIN から 1m の標高データのグリッドを作成した。面積は 2,412 m²であった。



4. 自己相関関数を使った検討

自己相関は、データの中心から距離が変化する事によりどんな相関性があるのかを調べるものである。変化の激しい地形ならば、自己相関係数はすぐに少なくなり、変化の少ない地形ならば、自己相関係数は高い値を維持する。つまり自己相関を用いることにより地形の形状を解析することができる。大豊とモンゴルの DEM より自己相関係数を求めた (図 6、7)。

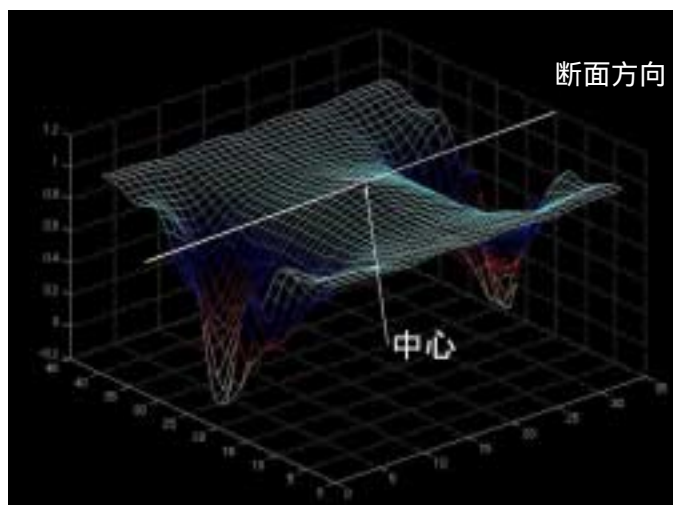


図 . 6 モンゴルの平地の自己相関係数グラフ

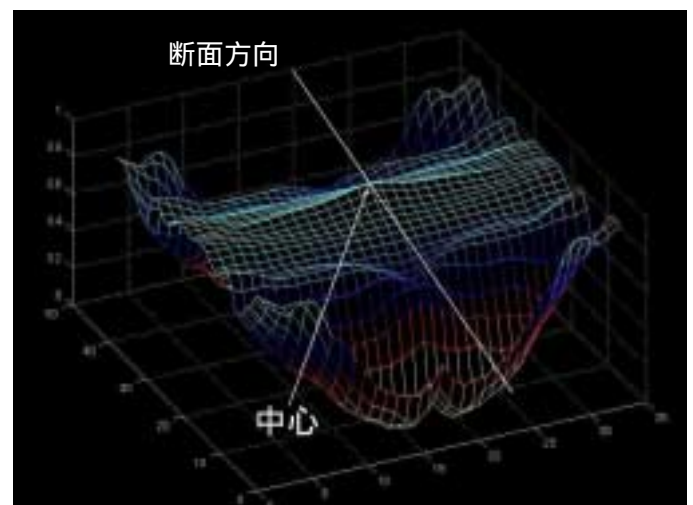


図 . 7 大豊の斜面の自己相関係数グラフ

図 - 8 は、モンゴルと大豊の自己相関関数の一断面の一部を 2 次元グラフで表したものである。図 - 6 と図 - 7 に描かれてある白線を軸に 2 次元にグラフを抜き出した物である。実線は、モンゴルの自己相関係数のグラフを示し、破線は、大豊の自己相関係数を示している (図 - 8)。表 - 3 は、各自己相関係数の値と、その距離を示したものである。

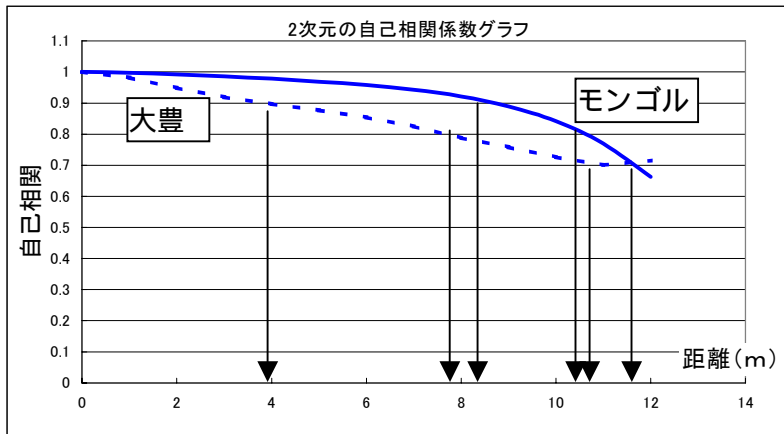


図 - 8 2次元の自己相関係数グラフ拡大図

表 - 3 自己相関と距離

| 自己相関 | 1 | 0.9 | 0.8 | 0.7 |
|------------|---|-----|------|------|
| 大豊 (m) | 0 | 4.0 | 7.7 | 10.9 |
| モンゴル (m) | 0 | 8.3 | 10.2 | 11.3 |

この表よりモンゴルの地形は、0.9の相関係数を得るために約 8.3mまでずらしてもよいと言える。また大豊の地形では、約 4.0mまでしかずらせない事が判る。

5. 考察

なだらかな地形のモンゴルより複雑な地形の大豊のほうが自己相関係数が低くなる事が判った。表 - 3 では、対象地域の中心からの距離で表されているため空間分解能に置き換えた場合、2 倍の距離で表す事ができる。よって同じ 0.9 という自己相関係数を得るためには、大豊の地形では約 8m、モンゴル地形では約 16 mの空間分解能でデータを取らないといけない。昨年の GPS による地形データでは、空間分解能が 30m くらいなので、細かな地形を表現しているとは、言い難い。

今回はなだらかな地形で 16m、複雑な地形で 8m という空間分解能が必要であると判った。しかしこれは、自己相関係数が 0.9 以上の細かな地形データが必要とされる場合の値である。今後は、自己相関係数の持つ意味を検討していく必要がある。特に段々畑などの単調な地形では、自己相関が高くなる傾向があるので、自己相関のみで要求精度を表すには、注意が必要である。

参考文献

- 1) 門田貴江、吉野敦雄、高木方隆；地形計測における測点数と精度の関係、写真測量学会平成 12 年度秋季学術講演会発表論文集、pp、247 - 250、2000
- 2) 野村努、高木方隆；デジタル写真測量による地すべり地の 3 次元移動追跡への適応可能性、写真測量学会平成 12 年度秋季学術講演会発表論文集、pp、287 - 290、2000
- 3) 氏原真代、田島伸浩、波田野浩、福田健一、福田覚；画像数学入門、東洋書店、pp、244 - 249、1995