

地形測量における測点数と精度の関係

高知工科大学 ○門田貴江
吉野敦雄
高木方隆

1. はじめに

地形測量は斜面崩壊、地すべり、土石流などの山地災害における地形の形状を把握する上で重要な役割を果たしている。最近の傾向としては GPS、レーザースキャナ等、精密な地形測量が可能となりつつある。

一般に地形測量において、対象地域が狭い範囲や地形の形状が簡単な場合は、比較的少ない測点数でもある程度の精度をもった地形図の作成が可能である。しかし対象地域が広範囲であったり地形が複雑であれば、それに対応して測点数も増やさなければならない。対象地域が広範囲でもその地形・形状に適した測点数が分かれば、効率の良い地形測量と、十分な精度を持った地形図の作成が可能となる。

本研究の目的は、GPS のキネマティック測量による地形測量の結果を基に、測点数と精度との関係を考察した。また従来のトータルステーションを用いた測量の有効性についても検討を行った。

2. 測点数と精度との関係

2.1 対象地域および測量データ

今回行った地形測量の対象地域は、モンゴルのマンダルゴビの草原で、観測範囲は約 2000m × 2000m である。測量データは GPS のキネマティック測量(以降キネマティック測量と呼ぶ)を用いて取得した位置情報データであり、測点数は 5487 点であった。取得方法は、時速 20~30km/h で移動しながら 5 秒間隔で測点を記録した。この移動速度で期待できる測点間の距離は、約 35m である。また、測点数より求まる平均測点間の距離は約 30m となる。

図 1 はキネマティック測量を用いた観測ルートを実線で表している。実際の観測においては、現地に目標物がなかったため、測点間の距離は、南北に約 35m、東西になると 20m~70m の範囲に及び、最大間隔は 112m となった。また測線が交差している部分も多数あった。図 2 はキネマティック測量によって得られた測点から、等高線間隔 1m の地形図を作成したものである。南側の斜面は比較的緩やかな地形をしているのに対し、北側斜面は傾斜が急で尾根や谷の多い複雑な地形である。

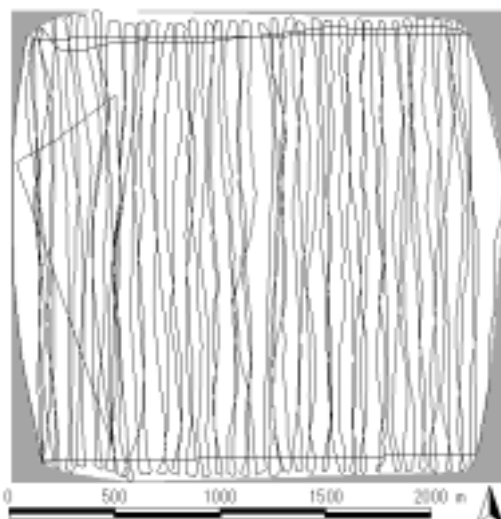


図 1 キネマティック測量による観測ルート

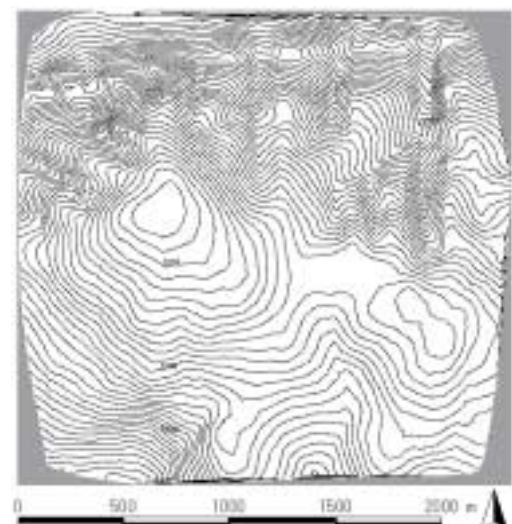


図 2 対象地域の等高線

2.2 解析方法

まず、全キネマティック測量データ 5487 点から最も確からしいと考えられる地形モデルを作成した。その後、測点を 1/2(2744 点)~1/32(153 点)と減らしたデータからも地形モデルを作成した。なお地形モデルは TIN を作成し、5mメッシュのグリッド型に変換した。精度の検証は、全観測データから作成したグリッドの値から、測点を減らしたグリッドの値を減算することで行った。ここでは-0.5m~0.5mの範囲であれば正解とし、正解率を求めた。

2.3 解析結果

図 3 はそれぞれの測点数での正解率を表したものである。測点数が 2744 点と 1372 点の場合、正解率は 90%以上であり、約 5%の落ち込みになっているが、686 点より少なくなると 10%以上ずつ落ち込んでいる。

もし1m以内の誤差で90%以上の正解率を期待するならば、約 1000 点(南北約 70m間隔)の測点が必要であろう。

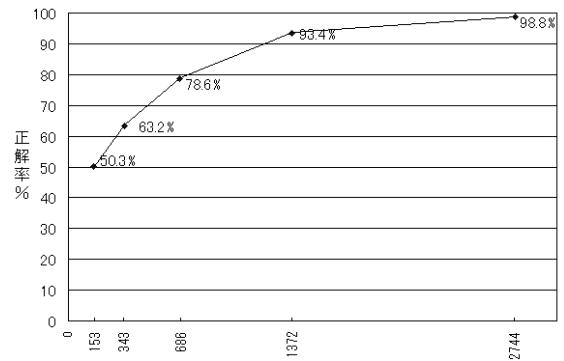


図 3 各測点における正解率

3. トータルステーションによる地形測量の有効性

地形測量を行うにあたり、GPSを使用する場合は最低4つ以上のGPS衛星を捕捉できる場所で、近くに電波障害のない条件でなければ使用できない。しかしトータルステーションを用いた場合は測量に時間を要するものの、上空の視界や状況に左右されない利点を持つ。そこでトータルステーションを用いた場合について測量結果の有効性を検証する。

3.1 対象地域および観測データ

対象地域はGPSにより取得された場所と同じ、モンゴルのマンダルゴビの対象地域である。

地形測量は、トータルステーションとプリズムを用いて 424 点を測量した。

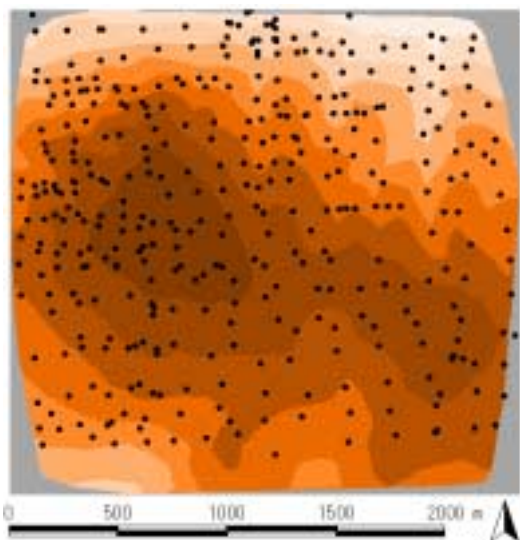


図 4 トータルステーションを用いた測点

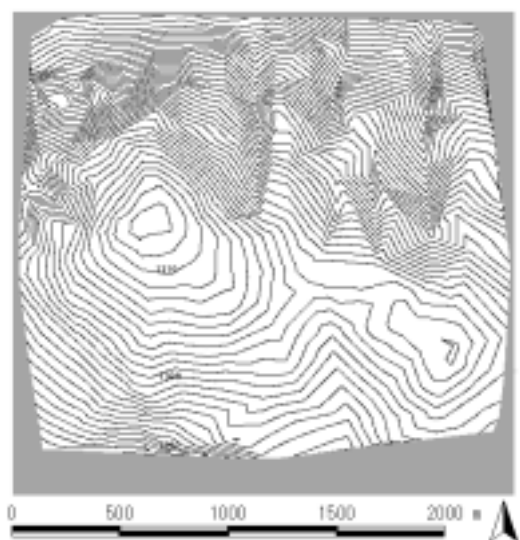


図 5 対象地域の等高線

図4はトータルステーションを用いた場合の測点である。図5は図4の測点から作成された対象地域における等高線間隔1mの地形図である。なお、この地形測量において閉合差は約4m発生した。

3.2 解析結果

先の方法と同じようにトータルステーションで測量した424の測点による地形モデルをキネマティック測量による地形モデルと比較した。

図3のグラフから、測点数が424であれば、63.2%~78.6%の間に正解率があるはずである。しかし解析の結果は、最も少ない測点数でのキネマティック測量の正解率より、トータルステーションの方が低く、46.8%であった。

次に誤差の空間分布について検討する。図6はキネマティック測量による地形モデルのうち、一番正解率の悪い153点の誤差の空間分布(1mコンター)である。図7はトータルステーションによる424点からなる地形モデルの誤差の空間分布(1mコンター)である。この二つの図中の白い部分は、-0.5m~0.5mの正解の範囲であり、色が濃くなるに従い誤差は拡大していく。

キネマティック測量による153点の地形モデルの誤差分布は、トータルステーションによる地形モデルの誤差分布に比べ、誤差の大きい範囲が多い(色の濃い部分)。また、トータルステーションの方は非常に大きい誤差は少ないが、2mの範囲の誤差が多くなっている。

キネマティック測量による5487点の測点から作成された等高線(図2)を見ると、北側の地形が複雑であり、それに伴って誤差分布も北側の方が多くなっている。また逆に北側に比べてなだらかな南側の地形では、あまり際立った誤差は出ていない。

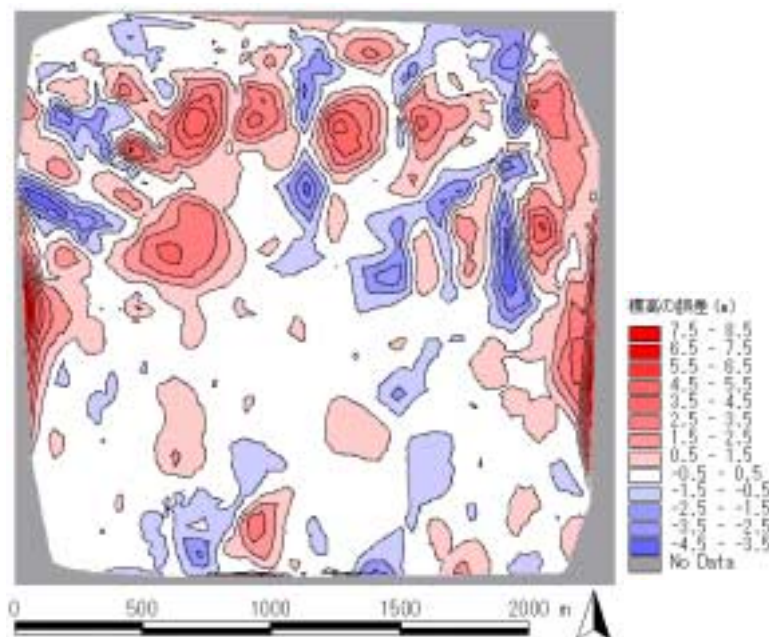


図6 キネマティック測量による153点の誤差の空間分布

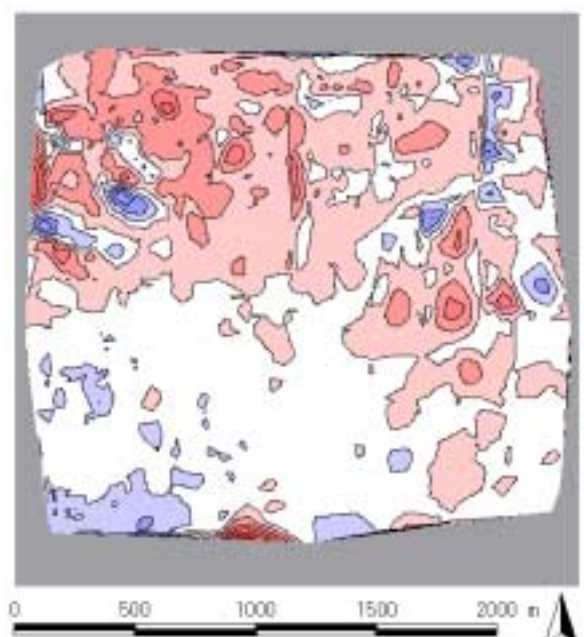


図7 トータルステーションによる誤差の空間分布

4. 考察

図 6、7 より北側の地形において、キネマティック測量による 153 点の地形モデルに大きな誤差が発生した原因は、測点数を無作為に減らしたために、複雑な地形における測点数が著しく減少したことである。逆にトータルステーションを用いて計測した場合は、尾根や谷等の特徴点をつかんで測点を設けたため、著しい大きさの誤差があまり出なかった。つまり地形の特徴を把握して測点の位置を決めることは極めて重要なことが分かる。

本研究では精度の指標として、標高誤差 1m 以内を正解とした。正解率を 90% と設定した結果、ランダムに測点を配置させた場合、1000 点以上 (約 70m 間隔) の測点が必要であることが解った。これにより、対象地域の地形変化を考慮して測点を設置した場合は、1000 点以下の測点でも地形測量は可能となることが推測される。

ただし、この正解率における必要測点数は今回の対象地域だけにあてはまることであり、様々な地形によって変わってくる。今後は種々の地形も着目し、それぞれの測点数と精度についても検証していきたい。

5. 参考文献

- 1) 村井俊治, 「空間情報工学」, 社団法人日本測量学会, 1999
- 2) 村井俊治, 「GIS ワークブック」, 社会法人日本測量学会, 1998
- 3) 高阪宏行・岡部篤行, 「GIS ソースブック」, 古今書店, 1996
- 4) Masataka TAKAGI, Department of Infrastructure Systems Engineering Kochi University of Technology
“Relationship between Spatial Resolution and Terrain Feature in DEM Accuracy”, 2000