

GPSを用いた積雪深観測アルゴリズム開発および検証

東北大学 学生会員 ○菊地 慶太
東北大学 正会員 風間 聡

1. はじめに

日本全土で積雪に覆われる地域は50%にも達し、積雪は観光、ウインタースポーツをはじめ様々な産業に大きな影響を与える。また、春先の融雪水も貴重な水資源として重宝される。一方、豪雪地帯では家屋倒壊、交通渋滞、雪崩など雪害が多く存在する。2006年には記録的な豪雪に見舞われ、死者・行方不明者は戦後2番目に多く151人、負傷者は2,100人を越えた¹⁾。このように、積雪は日本人の生活に密接に関わり、積雪を有効利用し、雪害の低減にはより正確な積雪深分布を知ることが重要である。

積雪深観測にはいくつかの方法がある。1つ目はスノーサーベイと呼ばれる方法で、雪尺を挿入し観測する²⁾。2つ目は超音波型の積雪深計での固定点観測である。これは、主に気象庁が気象観測に用いているが、山岳部には設置しておらず、主に標高の低い地点での気象観測所での観測となる。

測量技術の分野においてGPSは、急速に発展を遂げている。GPS測位はGPS衛星と受信機との距離をもとに位置を単独で観測するため、従来のように測点間の見通しを必要せず、天候にも左右されにくい。また初期作業以外ほぼ自動で測位が行えるのが利点である。

そこで、本研究ではそれらの利点を生かし、GPSを用いた積雪深観測から山岳域におけるより詳細な積雪分布特性を調査し、測定誤差の検討を行い、その有用性を検証することを目的とする。

2. 研究対象領域および期間

研究対象領域は、宮城県刈田郡蔵王町に位置するすみかわスノーパーク下から刈田岳頂上までとなる。北緯38°、東経140°で東向き斜面である。地表面標高は1420m~1700mであり、1420m~1550mまでは幅5mほどの林道が続き、そして、蔵王エコーラインを横切り、刈田岳の尾根となる。ここは、一帯に高さ1mほどの低木地帯、山頂付近に植生限界地帯が広がる。



図-1 研究対象領域

水平移動距離は2500mとなる。測位は2007/8/29、2008/1/29の計2回実施した。周辺図を図-1に示す。

3. 位置データ観測方法

測位には連続キネマティック測位を採用した。これは、干渉測位の1つであり、1基のGPS受信機により行うカーナビゲーションのような単独測位より高精度な測位が可能である。従来の方法では、測点ごとに一定時間停止して行わなければならないのに対し、この方法は、任意点を移動しながら一定時間間隔で測位できる。初期作業として、移動局の初期化を行うことで、受信局から半径最大10km程度までなら、観測者は特別な操作なしに±10cm程度の精度での測位が行うことができる。本研究では受信機を背負い、雪山をスノーボードにより滑走する形で測位を実施した。積雪深は、無積雪期の8/29の標高データと1/29の標高データの差から求めた。以下の図-2その概要を示す。

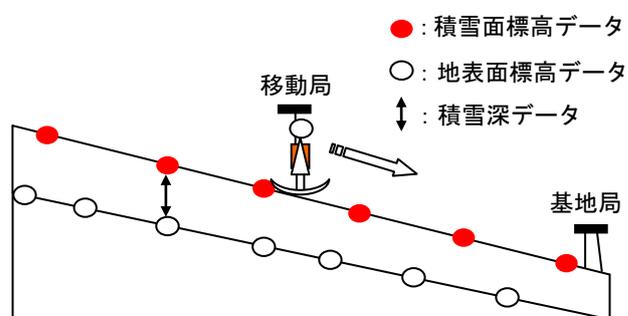


図-2 連続キネマティック測位

キーワード 積雪深観測, GPS, キネマティック測位

連絡先 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 06 TEL 022-795-7459

表-1 各方法による積雪深と雪尺測量との相対誤差

地表面標高(m)	1422	1438	1466	1548	1690
最近隣法(cm)	125(7.3)	133(40.1)	227(3.1)	218(-0.9)	161(-61.3)
2点幾何補間(cm)	103(23.3)	81(63.3)	203(13.6)	181(15.8)	169(69.7)
雪尺測量(cm)	135	223	235	216	100

※括弧内は雪尺を真値とした時の相対誤差(%)

4. 位置データ処理

GPS 測位により得られた位置データは、地球中心を原点とし、東西方向を x, y, 地表面標高を z をした座標で表される。積雪深は測位日間の z 座標の差から求まるが、測位法の性質上、任意点を測位していくため、毎回全く同じ地点のデータを収集することは困難となる。そのため、測位日間で位置データ補間を行い、積雪深を求めることが必要となる。そこで、本研究においては、補間に最近隣法および2点幾何補間を用いた。最近隣法は、積雪面上の測位点から最も近い地表面標高上の点を抽出する補間方法である。2点幾何補間はある積雪面標高データに対し近傍の地表面標高データ 2点から相似則を用いて補間する。

5. 検証方法

位置を雪尺計測の際に GPS で確認し合わせながら対象領域の 5 地点を実際に計測し、それを真値として測位結果との比較を行った。また、誤差の検討では、姿勢変化の誤差検討として同経路を上下動のない台車に固定して測位したものと、観測者が背負い測位したものを比較した。

6. 結果および考察

最近隣法と2点幾何補間により算出した標高-積雪深グラフをそれぞれ、図-3, 4 に示す。なお線グラフが各補間により求めた積雪深のグラフ、点グラフが雪尺により計測した積雪深のグラフである。

まず、補間方法に注目する。表-1 から、雪尺測量に対する補間方法の相対誤差をみると、最近隣法の方が小さいことが分かる。相対誤差の観測地点の平均をとると最近隣法が約 2%, 2点幾何補間は約 37%となり最近隣法の方が 1/18 程度である。よって最近隣法の方が優れ、誤差自体も非常に小さいため、積雪観測技術として有効であると考えられる。2点幾何補間の特徴として仮の標高を用い、それを地表面標高全体で一定としたことが誤差拡大の原因であると考えられる。

最近隣法での誤差原因として考えられるのは、スノーボードで滑るため姿勢変化によるもの、測量機器自

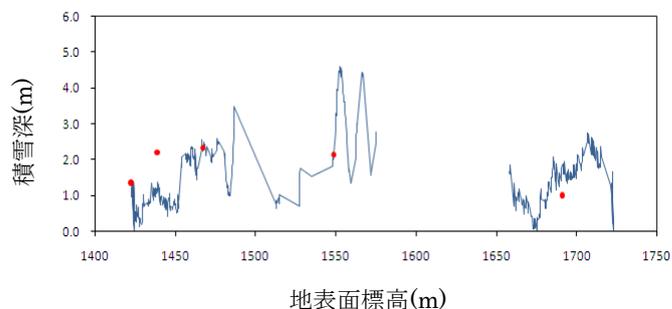


図-3 最近隣法と雪尺測量の比較

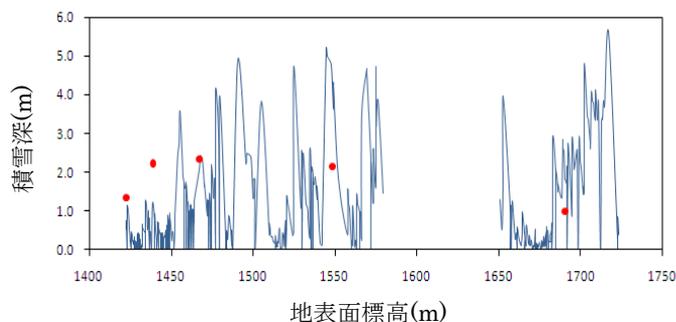


図-4 2点幾何補間と雪尺測量の比較

体の計測誤差である。姿勢変化の誤差は、積雪深 2m で $\pm 5\sim 6\%$ 、機械的な誤差は解析ソフトの計算結果から $\pm 5\sim 15\%$ となる。残りの誤差が、補間による誤差である。今回、最近傍点どうしを特別な補間なしに比較しているため、斜面方向のずれが生じ、最近傍点が、遠い場合には表-1 にあるように誤差が大きくなる場合がある。

7. 謝辞

本研究を進めるにあたり、環境省の地球環境研究総合推進費(S-4)、日本大学学術フロンティアプロジェクト第一、(株)ジオサーフ、(株)仙台測器社の助成を受けました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 内閣府：平成18年豪雪による被害状況等について第8報，
http://www.bousai.go.jp/kinkyu/2005yuki-higai/2005yuki-higai_8.pdf, 2006
- 2) (社)日本雪氷学会監修：雪と氷の事典，pp681-682, 2005