

高精度 GPS による積雪深観測アルゴリズムの開発と検証

東北大学 学生会員 ○菊地 慶太
東北大学 正会員 風間 聡
東北大学 フェロー 沢本 正樹

1. はじめに

日本で冬季に積雪に覆われる地域は国土のおよそ半分にも達する。冬季の積雪は、ウィンタースポーツや観光業に深く関係し、また、春先の融雪水は農業用水、工業用水などの貴重な水資源となる。その一方で、豪雪地帯では、家屋の倒壊、交通渋滞、雪崩などの雪害が毎年生じる。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人を超えた¹⁾。このように、積雪は日本人の生活に密接に関わり、より正確な積雪深分布を知ることが重要である。

積雪深観測は、いくつかの方法がある。ひとつはスノーサーベイと呼ばれる方法で実際に雪に測深棒を挿入し観測する²⁾。2つ目はレーダー型の積雪深計での固定点観測である。これは、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。

GPSは、新たな測位技術として急速に発展を遂げている。GPSを用いた測位で従来の測量と異なるのは、測点間の見通しを必要としないことである。また、電波を利用するため、天候にほとんど左右されないさらに、初期作業を除けば、ほぼ自動的に測位が行えるという操作性の利点もある。そこで、本研究では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・期間

研究対象領域は、宮城県刈田郡蔵王町にある宮城蔵王スキー場入り口から刈田岳頂上までである。図-1にその周辺図を示す。北緯 38°，東経 140° に位置し、太平洋側に位置する。対象地表面標高は 1420m~1700m であり、1420m~1550m までは幅 5m ほどの林道が続き、両側は高さ 5m ほどの木々で覆われている。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。斜面全体としては東向きの斜面である。水平測位



図-1 研究対象領域

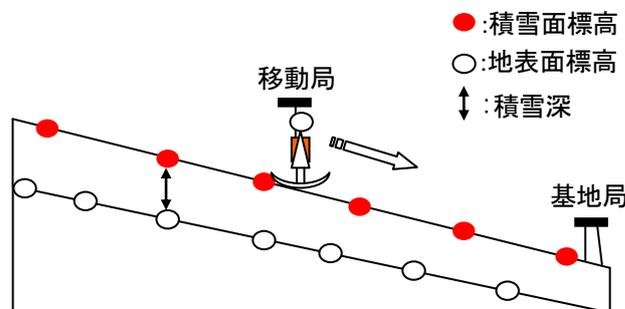


図-2 連続キネマティック測位

距離は約 2500m である。

測位は 2007/8/29, 2008/1/29 の計 2 回実施した。8/29 は無積雪状態での観測であり、これが地表面標高データとなり、1/29 は積雪面標高となる。位置データの補正に電子基準点を用いた。

3. GPS 測位

測位には図-2 に示す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。本研究では動局を背負い、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。

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)	81.9(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. 位置データ補間

GPS 測位により得られた位置データは、 x , y , z 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. GPS 測位の検証

GPS 測位の検証では、雪尺を用いて対象領域の5地点を実際に計測した。それを真値として測位結果との比較を行った。誤差の検討では、姿勢変化の誤差検討として同経路を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。

5. 結果と考察

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-2.34%、2点幾何補間は37.14%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。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、測量機器自体の

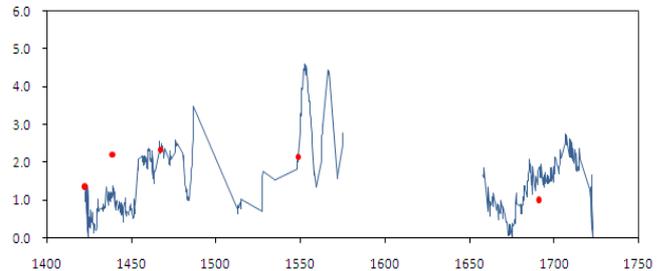


図-3 最近隣法と雪尺測量の比較

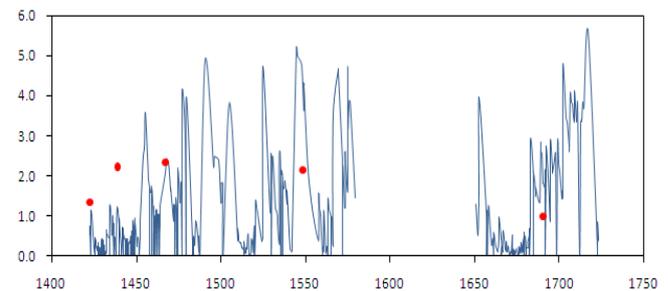


図-4 2点幾何補間と雪尺測量の比較

計測誤差である。姿勢変化の誤差は、積雪深 2m で $\pm 5.5\%$ 、機械的な誤差は解析ソフトの結果から $\pm 5\% \sim \pm 15\%$ 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。

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