

# 立山室堂平および雪の大谷における 積雪構造の地中レーダ探査法による研究 (2007 年度調査)

泉 吉紀<sup>1)</sup>、酒井 英男<sup>1)</sup>、飯田 肇<sup>2)</sup>

## 1. はじめに

立山室堂平および雪の大谷における積雪構造を対象として、地中レーダ (Ground Penetrating Radar:GPR) 探査による研究を進めている。従来の積雪構造調査では、主にトレンチによる断面観察を行うが、そこから得られる情報は局所的で、面的な検討や期間変動を追うことは困難である。本研究では GPR 探査の特性を活かし、広範囲を非破壊で繰り返し調査をすることで、同一地点における積雪構造の期間変動を検討した。また、室堂平と雪の大谷を対象としての調査は、酒井ほか (2006) でも実施されており、積雪内部で複数の氷板層を検出するなど、その有用性が確認されている。本稿では、2007 (平成 19) 年度の室堂平、雪の大谷での積雪構造調査について報告する。

## 2. 探査目的と概要

山岳地での融雪期における広範囲の積雪構造とそ

の期間変動を探ることを目的としている。GPR 探査で、積雪深と含まれる氷板の数や厚さ等の内部構造を探ることは、気候変動の指標となる。室堂平は比較的地形の変化も少なく、純粋な積雪量を知ることができ、融雪過程の検討にも適している。雪の大谷は、風による吹きだまりの影響が大きく、地形の変化にも富んでいるため、室堂平と内部構造の対比や地形による積雪深の変化を捉えることを目的として調査を実施した。

図1に室堂平および雪の大谷における探査範囲を示している。室堂平での探査範囲は室堂ターミナルと室堂山荘の間に立山カルデラ砂防博物館が設置している積雪深計を基準に 150×150m の範囲を設定した。雪の大谷では立山自然保護センター裏から道路沿いに 700m 長の測線を対象に探査を実施した。

探査装置には、カナダ Sensors&Software 社製 Noggin plus を用いた。GPR 探査で使用するアンテナの周波数は 10MHz から数 GHz の範囲で、低周波では探査深度が深く、高周波では探査深度が浅い。また、

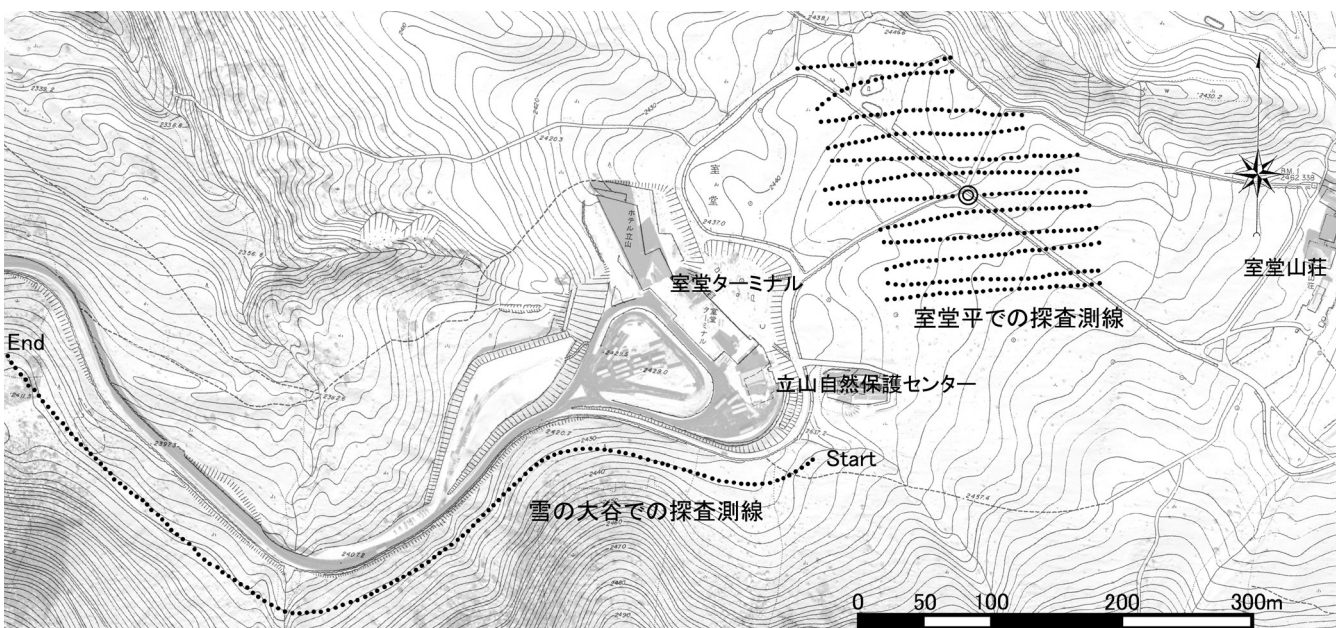


図1 室堂平、雪の大谷における探査範囲。○は基準位置を示している。

1) 富山大学, 2) 立山カルデラ砂防博物館

得られるデータの分解能は、高周波に比べ低周波では粗くなるため、対象とする構造や深度により使用するアンテナを選択する必要がある。室堂平では積雪深がおよそ8mのため500MHzのアンテナを、雪の大谷では積雪深がおよそ17mのため250MHzのアンテナを使用して調査を行った。

調査方法についても新たな改良を加えた。従来では、測線にメジャーを使用し、アンテナの牽引とGPR装置の操作を別々に行う必要があったが、それらを同時に行うことのできる積雪探査用の機材製作を行った(図2)。また、GPSを導入し、位置情報を取得しながら調査を行うことで、より広範囲を迅速に調査することが可能となった。



図2 探査風景を示している。

### 3. 堂平での探査結果と考察

室堂平では、2007(平成19)年5月20日、6月19日、7月7日に調査を行った。5月20日の調査では、トレンチ調査による断面観察も実施した。また、正確な積雪深を求めめるため基準点付近で、積雪内部でのレーダ波の伝搬速度を求めている。5月の調査時は0.187m/ns、6月は0.177m/ns、7月は0.166m/nsで、それぞれの測定結果に得られた伝搬速度を反映し、積雪深の推定を行った。

探査結果は、レーダ波の往復に要した伝搬時間と反射波の強度を記録して、測定順に並べた模擬的な断面図(GPR profile)による検討を行った。縦軸を伝搬時間(深度)、横軸を測線上の距離、反射強度を濃淡で表現してある。図3に5-7月の調査で得られた、同位置での代表的な探査断面を示す。5月の結果では、基準点付近での積雪深は7m、積雪表面から約2mの地点で氷板層と思われる反応が見られるが、近傍のトレンチにおいても同深度で氷板層が検出され、GPR探査の有用性が確認された。6月の結果では、基準点付近での積雪深は4m50cm、5月の調査で確認された氷板層が縮小している。7月の結果では、基準点付近での積雪深は2mであり、氷板層はほぼ消失している。積雪

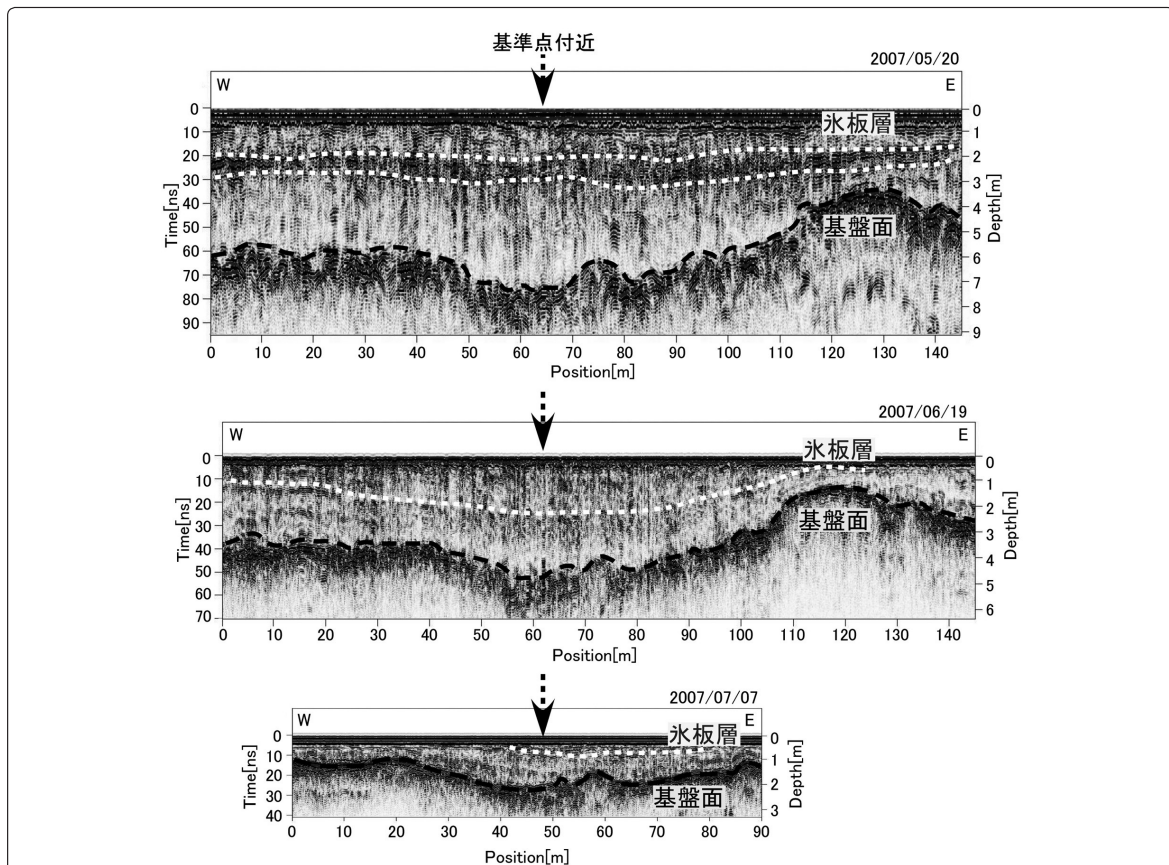


図3 室堂平における代表的な探査断面。上が5月、中が6月、下が7月の結果を示している。



層内部でレーダ波の伝搬速度が減少しており、融雪が進むにつれて内部に水が蓄積されていることを示している。また、探査断面から基盤面の反応が明瞭に確認でき、積雪深の推定が十分に可能であることから、積雪深分布図を作成した（図4）。広範囲の融雪進行状況が把握でき、基準点から北へ約50mの地点が最も積雪深が深く、位置の変動も少ないことが確認できる。

また、本調査により5月は356点、6月は303点、7月は206点で積雪深データを得たので、室堂平における平均積雪深を推定した。各月の積雪深は、5.3m、3.3m、1.6mと得られた。これは積雪深計の設置箇所を決める際にも、有益な情報となる。GPR探査での繰り返し調査により、広範囲の融雪進行の状況が把握できる。

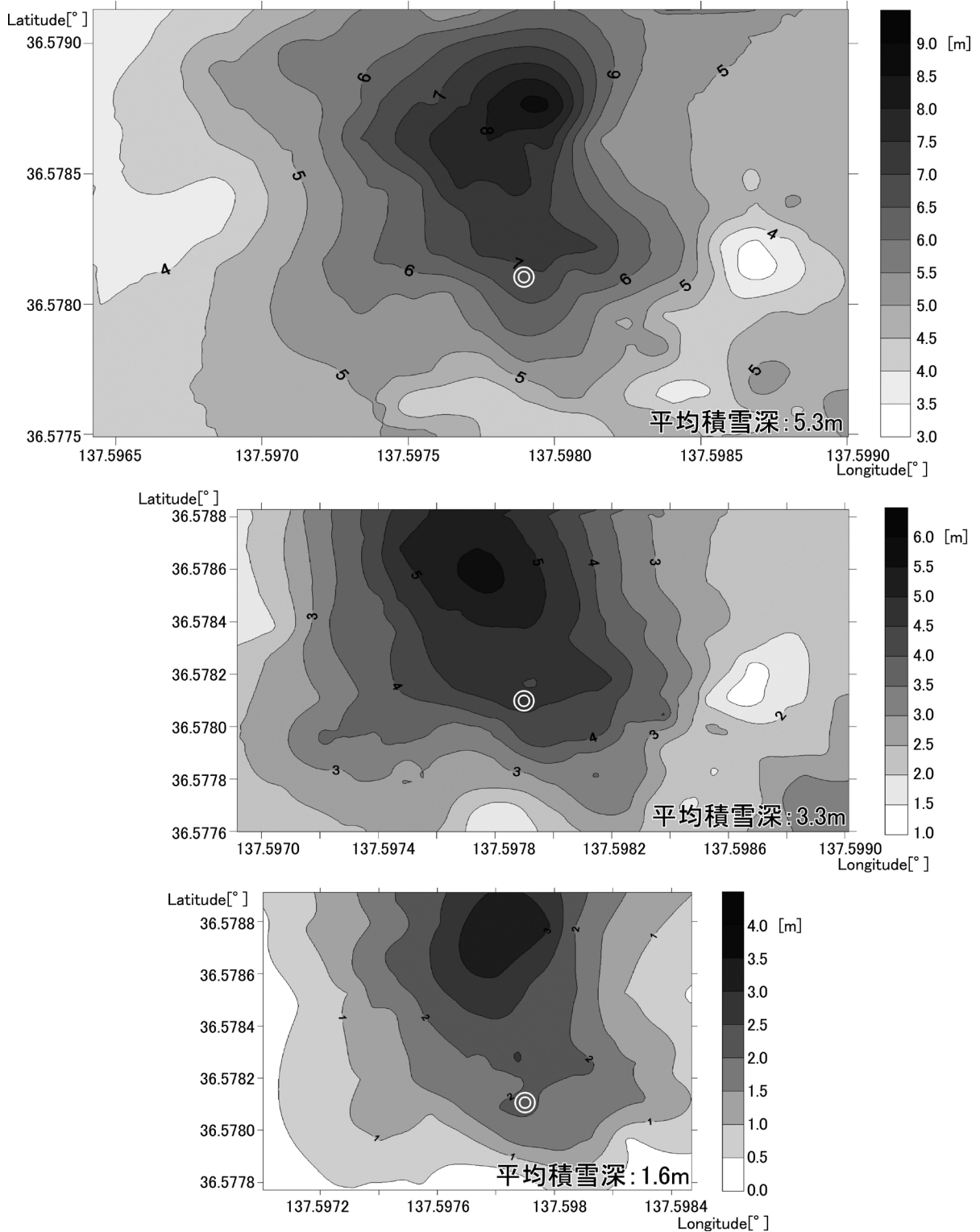


図4 室堂平における積雪深分布。  
 上が5月(平均積雪深5.3m)、中が6月(平均積雪深3.3m)、下が7月(平均積雪深1.6m)の結果を示している。

#### 4. 雪の大谷での探査結果と考察

雪の大谷では2007（平成19）年5月21日に調査を行った。調査方法は室堂平と同様にGPSにて位置情報を取得しながら探査を実施した。図5に、雪の大谷での探査断面を示す。地形図から測定点における基盤面の高度、GPSの測位データから積雪表面での高度を読みだし、地形補正の基準データとして探査断面に反映した。GPR探査で得られた基盤面の地形は、概ね地形図と一致している。積雪深が15m以上でもGPR探査による積雪構造解析が十分に利用可能である。また、雪の大谷では、場所により積雪深がばらつく傾向にあるが、室堂平に比べて吹きだまりや吹き払いの影響が大きいと推察される。特徴的な構造が見られた範囲をArea①～③として示す。

Area①では基盤面の地形に積雪深が依存しておらず、風による影響を強く受けたと考えられる。Area②は、地図の谷部に相当する。氷板上部に反射の強い領域があり、融雪水が流れたことを示す反応と考えられる。さらに基盤面付近でレーダ波の減衰が見られるが、これは融雪水の溜まりによる影響と考えられ、基盤面の地形により含水量が異なっていることを示唆している。Area③は、雪の大谷で最も積雪深の深い範囲である。室堂平で確認された氷板層と同時期に形成されたと思われる氷板層が確認できた。また、Area①の結果と比較すると氷板層間の雪の厚みに明確な差があり、これも風の影響を受けArea①は吹きだまりと吹き払い、Area③は吹きだまりにより堆積した雪の厚みに変化が現れたと考えている。

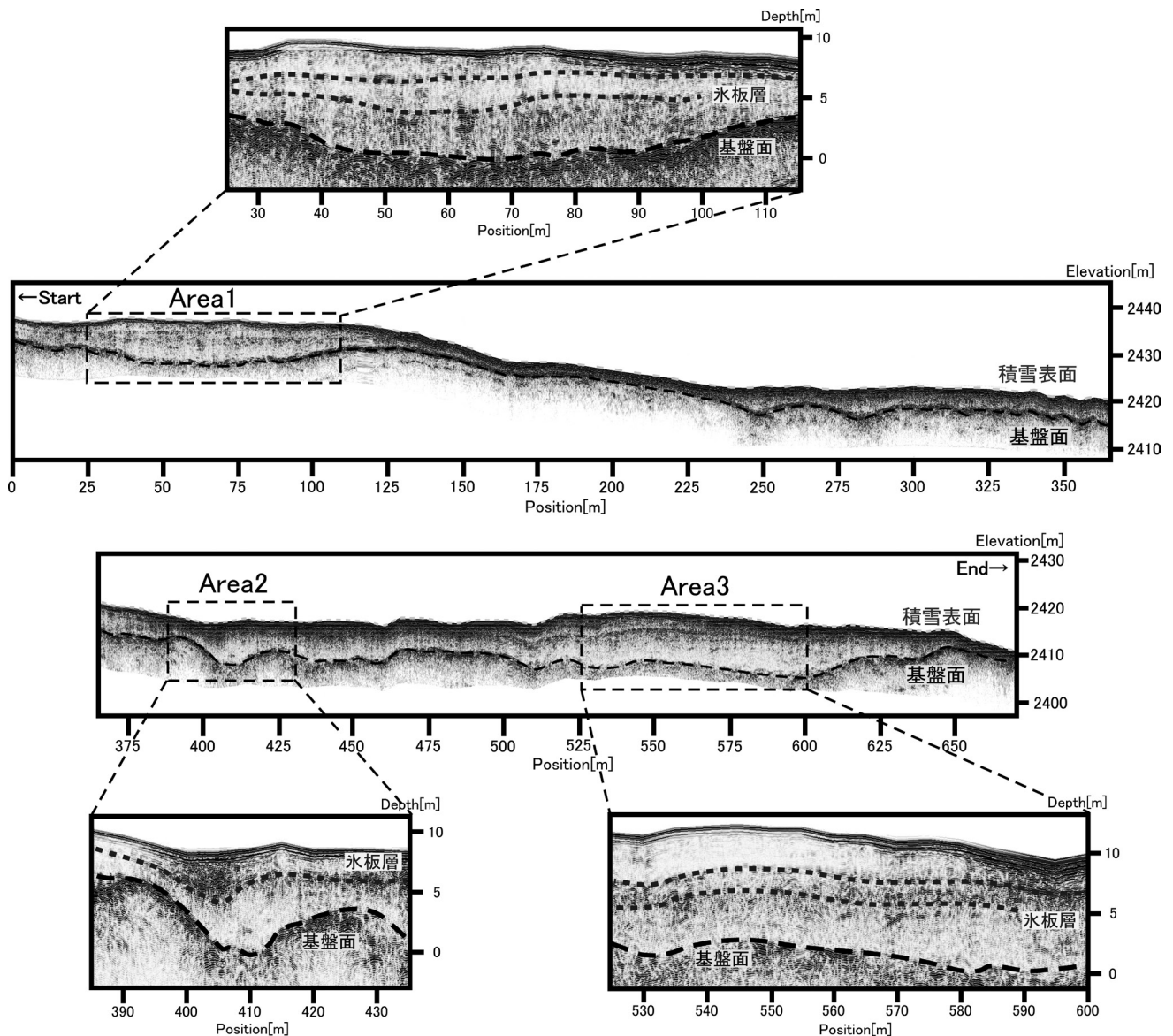


図5 雪の大谷における探査断面。上がArea①、中が全体の断面図、下がArea②と③の結果を示している。



## 5. まとめ

室堂平における調査では、融雪期における積雪構造の期間変動を捉えることができた。同様のデータを蓄積することにより、融雪課程の推定や積雪構造研究に利用することができる。また、広範囲のフィールドを対象として、積雪構造解析および積雪深を求めることができたことは、積雪水量を算出する上でも有意義な成果といえる。今後も、GPR探査による非破壊での連続調査を継続的に実施し、高山積雪の例となる室堂平での融雪過程を、高精度で探る計画である。また、水みちや氷板等の積雪構造を想定した室内実験から、レーダ波の反射パターンを検証し、フィールドでの結果の解釈に反映させたいと考えている。

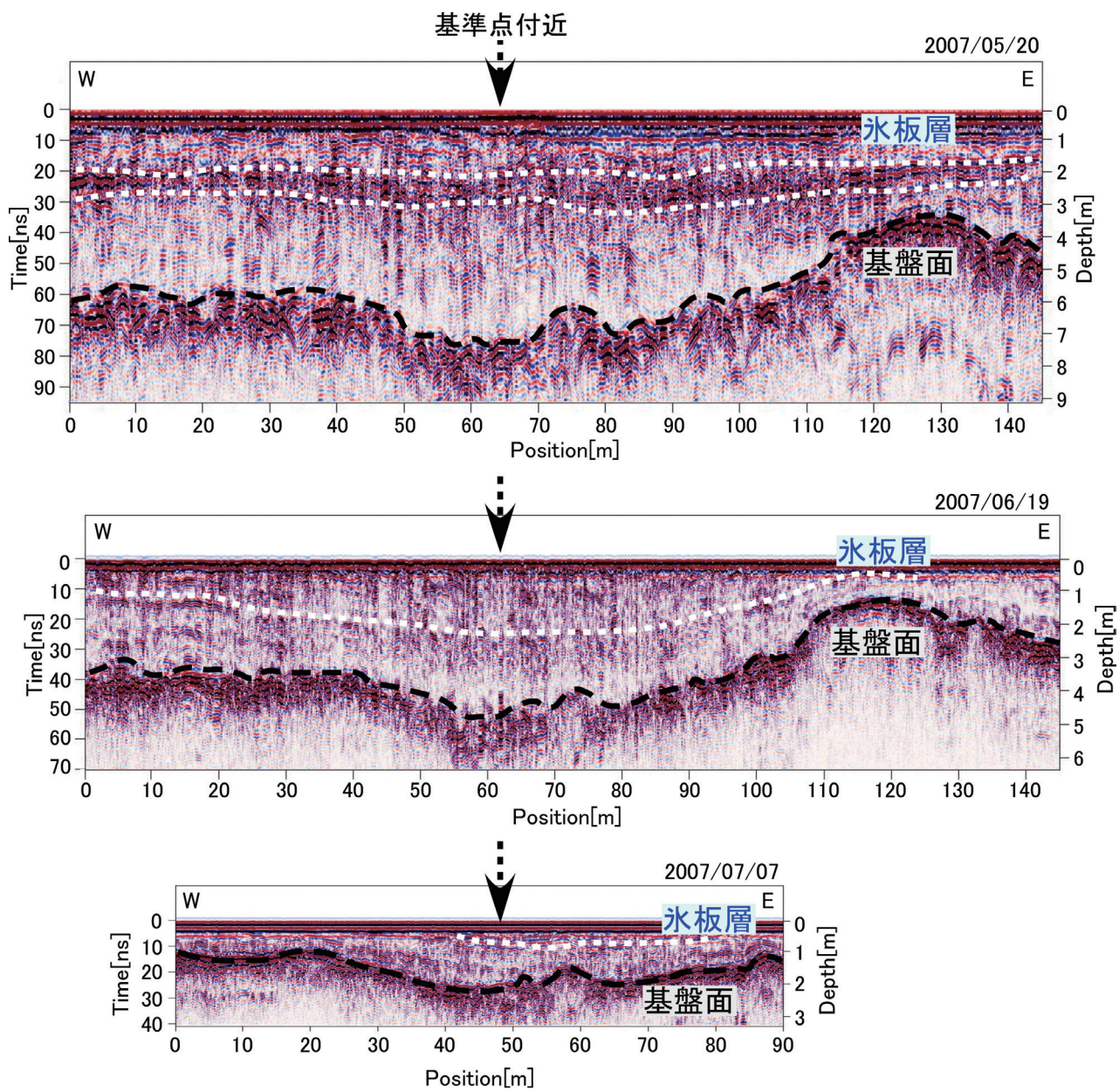
雪の大谷における調査では、GPSでの位置情報を探査結果に反映したことにより、正確な積雪深の検討が可能になった。正確な位置情報を得ることで、データの信頼度も高まる。また、広範囲に渡り浅部から深部までの構造を検討した結果、吹きだまりや谷の部分で、レーダ波の減衰が激しい部分が確認され、融雪水の溜まりを示唆する反応と考えている。今後、調査範囲を広げて積雪内部構造のデータを蓄積し、吹きだまりの形成過程も明らかにしたい。また、GPR探査による広範囲での非破壊調査を新たな情報源として、積雪災害の防止に繋がる成果が期待できる。

## 参考文献

- 酒井英男・浦康宏・中埜貴元・岸田徹・飯田肇・室井克則（2006）：富山県立山地域における雪氷の構造の地中レーダ探査法による研究 - 内蔵助雪溪での調査を中心として -、立山カルデラ研究紀要第7号、23-30.
- 中埜貴元・酒井英男・飯田肇（2007）：内蔵助雪溪における地中レーダ探査報告（2005年調査）、立山カルデラ研究紀要第8号、5-10.
- 酒井英男・D.Goodman・田中謙次（1999）：考古学および雪氷学における地中レーダ探査法、地質ニュース、vol.537、16-23.
- 酒井英男・中埜貴元・野村成宏・堀井雅恵・澤田豊明・飯田肇・國香正稔（2002）：立山カルデラ内のどじょう池の地中レーダ探査、立山カルデラ研究紀要、第3号、立山カルデラ砂防博物館、15-24.

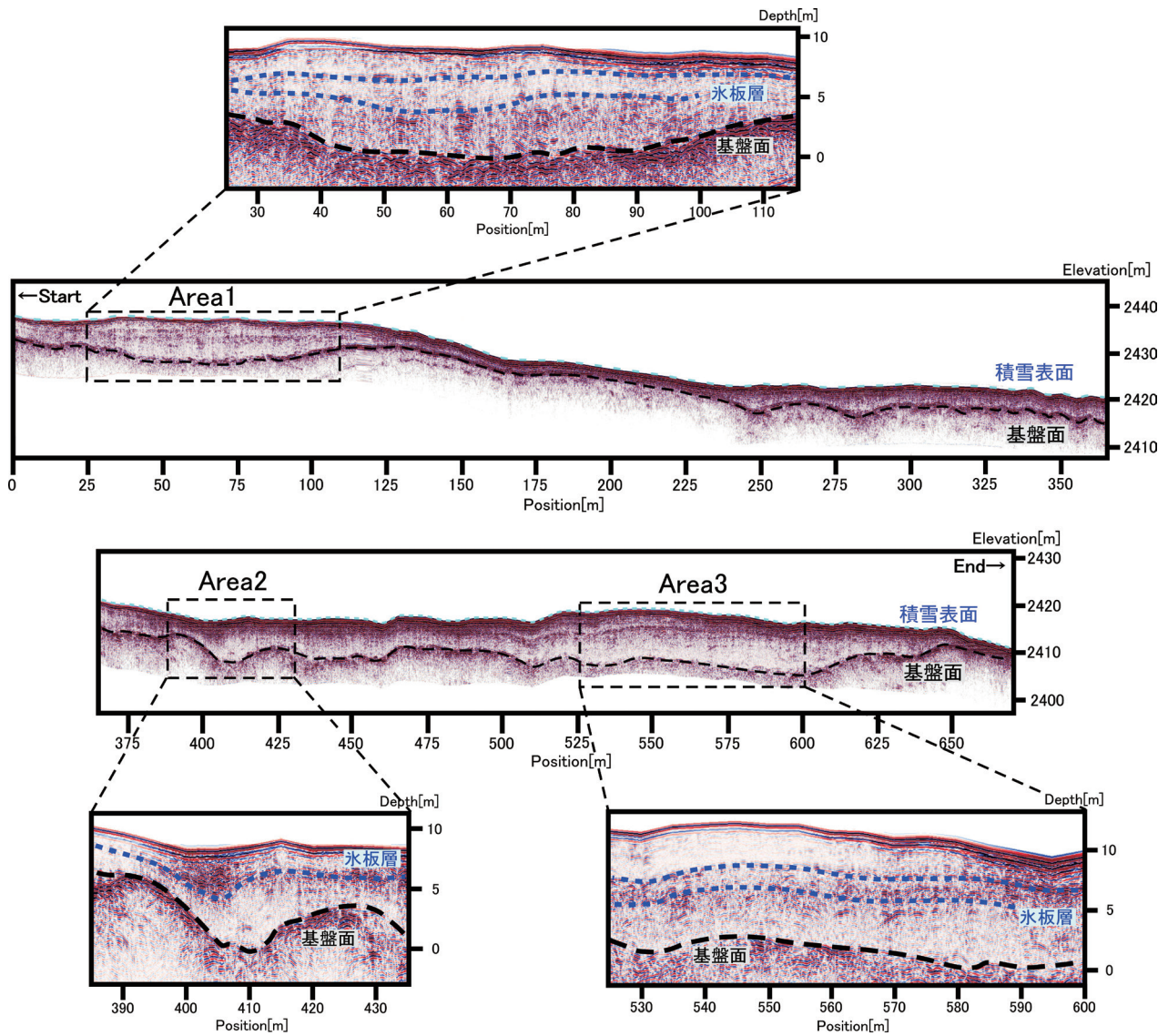
### 【要 旨】

立山室堂平および雪の大谷において地中レーダ探査による調査を実施した。室堂平では、繰り返し調査を行うことにより、融雪期の積雪構造の変動を捉えることができた。さらに、積雪深分布に着目し、GPR探査による新たな情報の獲得にも力を入れた。雪の大谷では、従来よりも広範囲の測線を設定することで、吹きだまりや吹き払いに影響を受けたと見られる積雪深のばらつき、積雪内部の氷板層の形状など興味深い結果が得られた。今後はフィールド調査と合わせ、GPR探査の有用性を高めるための実験も進めていく予定である。



<口絵1> 図3 室堂平における代表的な探査断面。上が5月、中が6月、下が7月の結果を示している。





<口絵 2 > 図5 雪の大谷における探査断面。上がArea①、中が全体の断面図、下がArea②と③の結果を示している。