

南極構造探査用ペネトレータ地震計の開発

Development of the Antarctic Penetrator for explosive seismic surveys

松島 健[1], 渋谷 和雄[2], 金尾 政紀[2], 戸田 茂[3], SEAL 計画ジオトランセクトグループ 金尾 政紀

Takeshi Matsushima[1], Kazuo Shibuya[2], Masaki Kanao[2], Shigeru Toda[3], SEAL Geotransect Group Masaki Kanao

[1] 九大・地震火山センター, [2] 極地研, [3] 愛教大・地学

[1] SEVO, Kyushu Univ., [2] NIPR, [3] Earth Sci., AUE

南極ペネトレータとは、南極氷床上のクレバス帯等の地上から到達困難な地域に上空から投下し、地震を観測したのち、データを上空から送信回収するシステムである。

1989年から開発がはじめられ、JARE43での「東南極リソスフェアの構造と進化研究計画（SEAL計画）」における人工地震探査での使用に向けて開発は最終段階を迎えている。

今年度はヘリコプターからの投下実験を実施した。

その結果いくつかの不具合が発見されたが、2001年4月下旬の立山における実験時にはこれらの問題がすべてクリアされる予定である。9月に国内での最終投下実験を実施し、12月の本観測に備える。

南極ペネトレータとは、南極氷床上のクレバス帯等の地上から到達困難な地域に上空から投下し、地震を観測したのち、データを上空から送信回収するシステムである。

南極ペネトレータは1989年から文部省科学研究補助金の交付を受けて開発がはじめられ、これまでに数多くの開発試験を実施してきたが、JARE43での「東南極リソスフェアの構造と進化研究計画（SEAL計画）」における人工地震探査での使用に向けて開発は最終段階を迎えている。

JARE41で行われたペネトレータ展開実験において、輸送振動による内部破損、シーリング不足による雪の吹き込み、記録容量不足、オペレーションソフトの未成熟等が指摘されたが、今年度はこれらの問題にたいして改良を加えるとともに、ヘリコプターからの投下実験を実施した。

姿勢制御

南極ペネトレータは、メカニカルな機構を単純化するため、また1本あたりの製造単価を下げるために、地震計の姿勢を一定に保つためのジンバル機構を搭載していない。このため着地時のペネトレータの傾きを極力小さくする必要がある。傾きは ± 4 度以内が理想であり、 ± 8 度以上になると、大振幅の振動の記録に支障がでる。また、ペネトレータが深く氷中に潜り込むと、データ回収時の無線リンクに問題が生じる。

空力的な安定を得るためには、尾翼を大きくすることが必要であるが、ヘリ内に設置されたシュータから投下するためには、ペネトレータの最大径を250mm以内に抑える必要がある。そこで、ミニチュア実験を含む投下実験から、ペネトレータ本体より一回り大きな円筒状の尾翼をペネトレータ後部に装着する方法を取るのが最も効果的であると判断できた。

また、投下時のヘリの対地速度が入射角に影響を与えることが判明した。極力ホバリング状態で投下できるように、GPSを使用する等の対策が必要である。

ペネトレータの着地後の貫入深度や姿勢については、頭部の形状や重さを変えて実験を行ったが、南極の氷床と同様な地表状態の投下場所を日本国内で見つけるのは難しいと言える。したがって、実際のみずほ高原での観測の直前にS16付近において投下実験を実施して、最終的な頭部形状を決める必要がある。

無線リンク

ペネトレータ内部に記録した波形データを上空のヘリから回収するためには、無線リンクが安定して確立されることが不可欠である。現在のところ、1.2GHz帯出力10mWの無線を用いているが、安定してデータを回収するためにはペネトレータの上空100mにまで接近する必要がある。しかし、実際の運用ではさらに遠距離からの通信が必要と考えられることから、消費電力も考慮しながらも無線出力を100mWに増加させる。また効率のよいアンテナの形状や取り付け方法にも考慮する必要がある。

また、現在の実効情報速度ではデータ回収のために20分以上もヘリの上空待機が必要であるが、これは非現実的である。このため、無線回線速度の増加、オペレーションソフトの効率化等を考慮して5分間程度で必要なデータを回収できるように検討中である。

時計時刻精度

地震観測では時刻精度が最も重要であることは言うまでもない。本来なら各記録エリアごとにGPS時計等を使って時刻較正するのが望ましいが、南極における本実験では、外気温変化が十分小さく、温度による時計ドリフトが無視できることから、ペネトレータ投下時とデータ回収時に上空のヘリから時刻較正する方式を採用した。

記憶容量

当初は 200Hz サンプリング 90 秒記録で 4 エリアのみの観測であったが、記憶容量を増加することにより、100Hz サンプリング 60 秒記録で 48 エリア記録可能にする。2 エリア/日とスケジューリング設定することにより 24 日分の記録が可能となる。

オペレーションソフトウェア

本ペネトレータは、開発開始時期が早かったため、操作・設定ソフトウェアは NEC 製 PC9801 シリーズ上の N88BASIC で作成されている。しかし、現在この型の PC を新たに入手することは不可能であり、Windows ベースのオペレーションソフトウェアに改良中である。

対衝撃性

ペネトレータが着地時にうける衝撃力は、その投下高度、頭部の形状、地表の硬度によって大きく異なるが、JARE43 時の南極観測では 1000-5000G 程度と想定されている。これまでの実験でペネトレータ内部の基盤がはずれたり、コネクタが壊れる事象が何度か発生している。予想外の衝撃にも耐えるように、内部の完全ポッティング等の対策を取る必要がある。

今後の実験

2001 年 4 月下旬の立山における実験時にはこれらの問題がすべてクリアされる予定である。9 月に国内での最終投下実験を実施し、12 月の本観測に備える。