

新超伝導重力計(OSG#058)の設置

池田博¹、青山雄一²、早河秀章²、土井浩一郎²、津和佑子²、菅原安宏³、澁谷和雄²

¹筑波大学

²国立極地研究所

³国土地理院

New Superconducting Gravimeter (OSG#058) at Syowa Station, Antarctica

Hiroshi IKEDA¹, Yuichi AOYAMA², Hideaki HYAKAWA², Koichiro DOI (NIPR), Ikuko TSUWA²,

Yasuhiro SUGAWARA³ and Kazuo SHIBUYA²

¹ University of Tsukuba

² National Institute of Polar Research

³ Geospatial Information Authority of Japan

Continuous gravity measurement with a superconducting gravimeter (SG) has been conducted at Syowa Station, Antarctica since a first installation of SG TT-70#016 with a 10K cryocooler in 1993. The SG TT-70#016 had been replaced by a SG CT#043 with a 4K cryocooler in 2003 for reducing large staff's charges. However, the gravity data obtained from the SG CT#043 contained a large instrumental drift and cryocooler's noise. In addition, we were unable to maintain the cryocooler of SG CT#043 because of its manufacturer bankruptcy. Then, the SG CT#043 was renewed to a new SG OSG#058 with a 4K cryocooler (produced by Sumitomo Heavy Industries, Ltd.) during Dec. 2009 - Feb. 2010. After the renewal, no instrumental drift and very low noise property are obtained. The SG OSG#058 observed Earth's free oscillation excited by the 27 Feb. 2010 offshore Maule, Chile Earthquake for about 2 months.

1. はじめに

南極昭和基地では1993年から10KタイプGM冷凍機を装備した超伝導重力計(TT-70#016)による重力連続観測が開始された。2003年には4KタイプGM冷凍機を装備した液体ヘリウム再凝縮型の小型超伝導重力計(CT#043)に更新し、連続観測を継続している。これらの重力データは、様々な周期帯での地球の重力応答、ならびに地球自由振動の解析を通して地球の動的特性を調査に活用されてきた¹⁾。第51次南極地域観測隊(JARE51)夏隊により2009年12月末から、高精度・高安定特性を有する第3世代の超伝導重力計(OSG#058)を導入したので、日本から昭和基地までの輸送、昭和基地での更新作業、2月末に起きたチリ大地震の観測結果について報告する。

2. 新超伝導重力計の輸送

南南極昭和基地で超伝導重力計による精密重力連続観測を実現するための最初の関門は輸送である。昭和基地までの14,000kmに及ぶ距離を、超精密な超伝導センサーを液体ヘリウム温度で冷却するためのクライオスタット及び真空断熱槽にダメージを与えることなく輸送することが難しい。超伝導重力計は、Fig. 1に示す新観測船“しらせ”によって日本から暴風圏を経て、約1ヵ月半の航海で昭和基地に輸送される。今年は定着氷が厚く「最大氷厚4.3m」を突破しなければ昭和基地にたどり着くことが出来なかった。装置が昭和基地に到着時点で真空断熱槽に性能低下が生じないように梱包の段階で2重3重にも防振対策を行い、厳しい条件の輸送に対応した。幸い、今回は新“しらせ”の就航により暴風圏での揺れも例年の半分(最大片側19度)であった。さらに新型の大型ヘリコプターの導入により初めて後部ハッチからの荷物搬入が可能となり、定着氷から昭和基地まで超伝導重力計と液体ヘリウムを空輸することが出来た。

3. 新超伝導重力計の概要

OSG#058は小型の4KタイプGM冷凍機を装備し超伝導重力計で従来よりも小型化されている。また観測制御とデータ収録装置がユニットタイプに改善され、観測値の安定性向上のため温度コントロールされたボックスに収納されている。GPSや気圧計も装備しており、地球潮汐や気圧変動による重力応答を計算・除去した重力残差の表示も可能である。冷凍機の振動による擾乱防止用のダイアフラムとして、CT#043運用時に我々が提案したアルミ蒸着されたポリウレタン製のものが採用されている。従来のゴム製ダイアフラムでは除振についてはある程度効果はあるが、空気やヘリウムガスが透過し、固体空気が付着することで観測値に擾乱を与える問題があった

が、今回非常に薄い（70 μ m）アルミ蒸着ポリウレタンを採用によりこれらの問題が解決された。その結果、圧力制御された状態で固体空気の成長をさせることなく観測データにノイズの少ない長期連続観測が可能となった²⁾。



12,500ton,138 x 28 x 16m,179 crew, Members observe 80
Fig.1 The new icebreaker "Shirase".

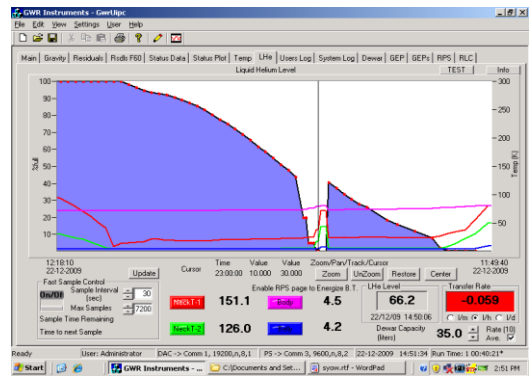


Fig.2 Liquid helium transfer monitor.

4. 昭和基地での立ち上げと観測でデータ

JARE51により2009年12月18日、観測機器、液体ヘリウムがしらせから昭和基地に空輸され、また細心の注意を払ってヘリポートから重力計室に運搬された。直ちに立ち上げ作業を実施した。最初に断熱真空槽の真空引きを2日間行い最終真空度は 2.5×10^{-5} Torr に達した。次に液体窒素による予冷を行い1晩経過してセンサー部が液体窒素温度 77Kになったことを確認してから液体窒素の追い出しを行った。液体窒素追い出し後、日本から持ち込んだ60リットルヘリウム容器から OSG#058 のクライオスタットに、ヘリウム液面が100%に達するまで液体ヘリウムのトランスファーを行った (Fig.2)。その後、傾斜調整、超伝導球のレベテーションを順に行い、12月24日には潮汐信号の観測を確認した。最終調整を数日間行って、2010年1月7日より定常連続観測を開始した。インテル衛星回線を介して、日本から Web カメラによる OSG#058 の観測状態の確認、観測データの取得が可能となった。Fig.3に最終的な OSG#058 の全体配置図を示す。

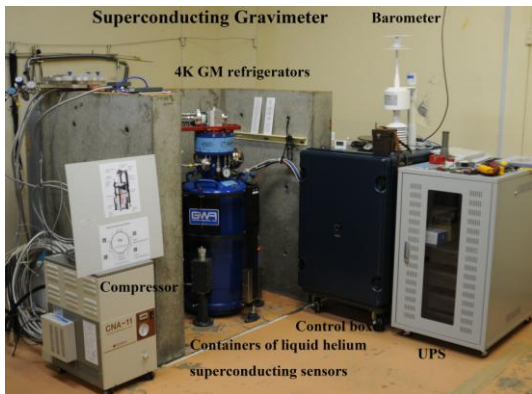


Fig.3 The new superconducting gravimeter in gravimeter room.

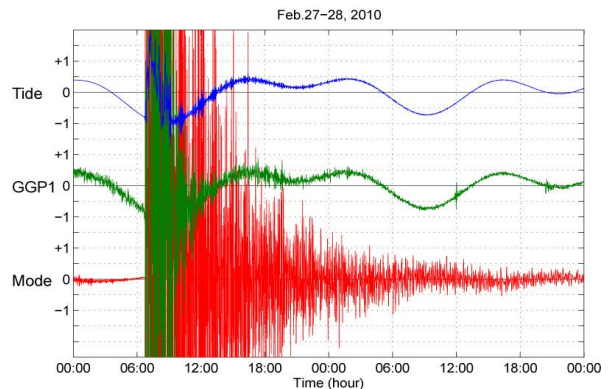


Fig.4 The large earthquake in Chili (Mn=8.8)

1月7日以降、順調に観測が継続されていた状態で、2010年2月27日にチリ大地震が発生した。OSG#058でも大きな揺れを観測した(Fig.4)。その後も大地震で励起された地球自由振動モード ${}_0S_0$ (地球半径方向に均一に伸縮するモード) は地震発生から65日目、装置のノイズレベル (0.2 μ Gal/rHz) に達する5月4日まで観測することが出来た。これにより地球上の重力を測定して地球内部の動きや地球自由振動の測定により地球の動的特性解明の手掛かりになると期待されている。

5. まとめ

小型 4K-GM 冷凍機を装備した新超伝導重力計 (SG-058) の南極昭和基地への設置について報告した。今後の長期的な観測結果と監視システムの性能向上により担当隊員の負担が大幅に軽減されることを期待している。最後に新超伝導重力計の更新作業では JARE51 ならびに JARE50 隊員の方々のご協力に深く感謝する。

References

- 1) K.Nawa, N.Suda, Y.Fukao, T.Sato, Y.Aoyama, and K.Shibuya(1998), Earth, Planet and Space Vol.50, pp3-8.
- 2) H.Ikeda et al; TEION KOGAKU 39 (2004) 348-353