

第4世代超伝導重力計が日本に初登場， 苫小牧で計測開始

池田 博¹⁾・杉原光彦²⁾・名和一成³⁾・西 祐司²⁾

産総研が2014年からテキサス州ファンズワースで使用していた小型超伝導重力計 iGrav17 (iGrav はモデル名，17 はシリアル番号) は2015年2月に筑波大学研究基盤総合センター低温部門に搬入された (第1図)．4KタイプGM冷凍機を装備して液体ヘリウム再凝縮型となった第三世代超伝導重力計に対して，計測系と超伝導センサーが一体化されて，さらにコンパクト化された第四世代超伝導重力計の日本初登場だった．調整作業 (池田ほか，2015) のあと，2015年3月に北海道苫小牧 CCS テストサイトに設置された (第2図～第4図)．屋外観測点で簡易収納

庫 (エンクロージャ) 内に設置する方式はテキサスでの直近2か月の場合と同じである．苫小牧観測点は海岸から約50mという厳しい条件であるが，必要な対策を講じつつ連続観測を継続している (第5図～第9図)．

文献：

池田 博・森 稜太・杉原光彦・名和一成・西 祐司 (2015) 野外観測対応超伝導重力計の設置．2015年度春季低温工学・超伝導学会．



第1図 筑波大学研究基盤総合センター低温部門にあった第一世代超伝導重力計 TT-70 の200リットルのヘリウム容器 (左手前) の横に置かれた第四世代超伝導重力計 iGrav17 本体．iGrav 本体は16リットルのヘリウム容器の上に計測系が載っている．両者ともセンサー部分はヘリウム容器内にある．超伝導コイルの作る極めて安定な磁場で浮上した1インチのニオブ球の位置変化を検出することで重力の変化を測定する装置である．装置のセンサー部は液体ヘリウム温度 (4K) で使用しているため熱的ノイズの影響が無いことで，他の重力計に比べて3桁以上高い1 nGal (10^{-11}m/sec^2) の高感度の測定が可能である．



第2図

苫小牧の設置地点は海岸から約50m．(地理院地図 <http://maps.gsi.go.jp> に加筆)



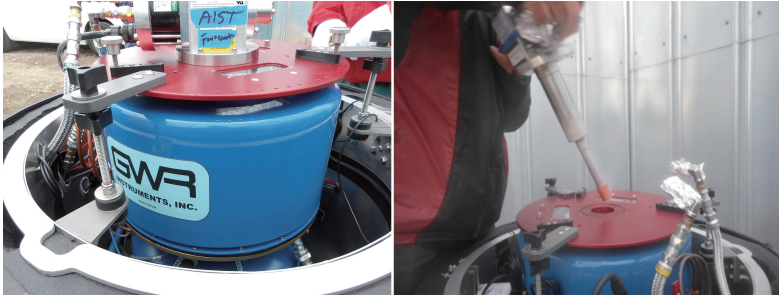
第3図 屋外観測点で簡易収納庫 (エンクロージャ) 内に設置する方式をとった．



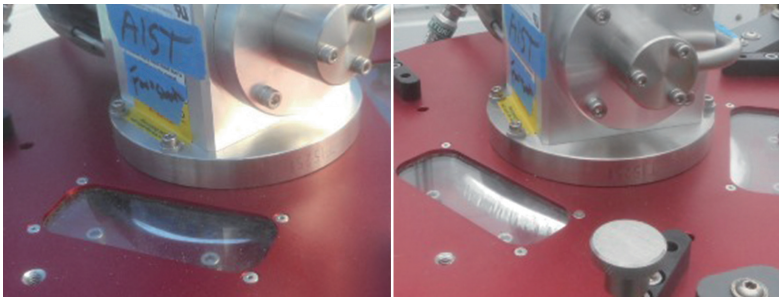
第4図

設置完了状態．海岸での強風の影響を緩和するために防風柵に囲われている．

1) 筑波大学 研究基盤総合センター低温部門 2) 産総研 地質調査総合センター地圏資源環境研究部門 3) 産総研 地質調査総合センター地質情報研究部門



第5図 (左) 4K冷凍機はエンクロージャの外壁で支えている。iGrav本体と冷凍機の間には隔膜(ダイヤフラム)が組み込まれ、冷凍機の振動が超伝導重力センサーに伝わらないように抑制している。(右) 冷凍機を取り出す。



第6図 iGrav制御系トラブルにより過冷却になり負圧のためにダイヤフラムが見えない状態(左)。正常時は容器内の内圧によりダイヤフラムが膨らんで見える(右)。



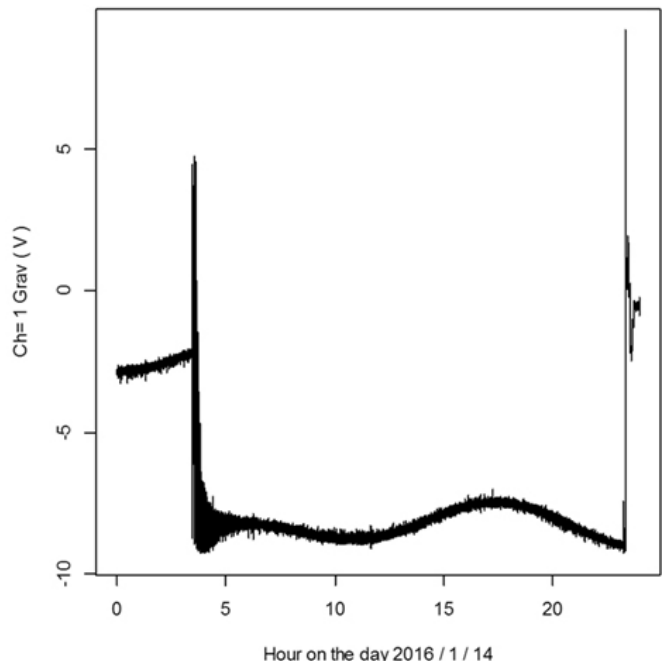
第7図 容器内底部に白い固体空気が存在する(左)とノイズレベルが大きくなる。4K冷凍機を取り出して容器内をヘリウムガスでクリーニングした。クリーニング後に、固体空気が消えて、底部がクリアになった(右)。



第8図 塩害腐食を受けた空調機。塩害腐食に強い素材の空調機と交換し、さらに外箱で覆った。

第9図 (→)

2016年1月14日北海道浦河沖でMn=6.7の地震があり観測地点では震度4であったと推測される。そのため超伝導重力計の重力値に-2Vから-8Vにステップが生じた。その後、図の右側に示すようにガード調整により0V付近に復旧した。震度の大きい地震時の対応が日本では必要になる。



IKEDA Hiroshi, SUGIHARA Mituhiko, NAWA Kazunari and NISHI Yuji (2016) A 4th generation of superconducting gravimeter, launched in Japan.

世界でいちばん海に近い超伝導重力計で 海面変動をみる

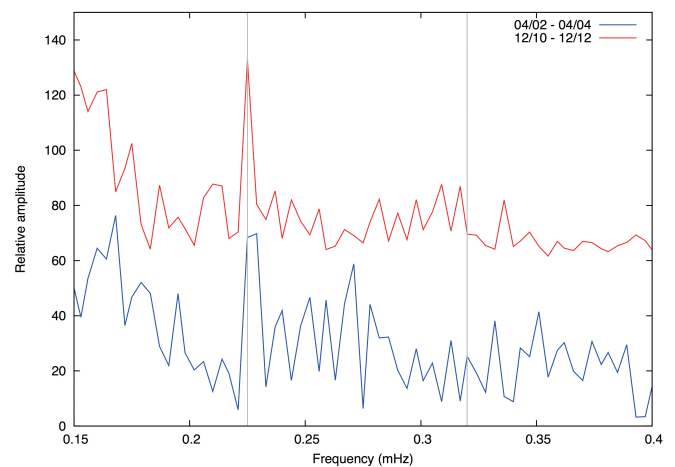
名和一成¹⁾・杉原光彦²⁾・池田 博³⁾

超伝導重力計を海岸近くに設置した時、海面変動を起源とする振動が検出できることがある。例えば、筆者の一人(名和)は、南極・昭和基地に設置された超伝導重力計のデータ解析から昭和基地があるオングル島周辺のリュツォ・ホルム湾のセイシュ(副振動)起源の地面振動を見出した(Nawa *et al.*, 2003)。その振動は海水の引力や荷重による地面の変形によるものと解釈される(Nawa *et al.*, 2007)。私たちは2015年3月に北海道の苫小牧で観測を開始した超伝導重力計(池田ほか, 2016; 杉原ほか, 2016: 本特集号)のデータを解析し、海面変動起源の信号の抽出を試みた。その結果、低気圧通過時には周期74分の海面変動に対応した信号を検出することができた。潮位変化とそれに伴う重力応答の観測は、地下モニタリングにおけるノイズの低減とともに、観測点周辺の地下構造/物性を知る基礎データを得る観点からも重要である。

Loading and Gravitational Effects of the 2004 Indian Ocean Tsunami at Syowa Station, Antarctica. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 97 (1A), S271-S278.

杉原光彦・西 祐司・名和一成・宮川歩夢・石戸恒雄・相馬宣和(2016) 高感度重力モニタリングのための超伝導重力計の導入. *GSJ地質ニュース*, 5, 72-75.

和田耕造・梅沢信敏・小谷野喜二・桑原伸司(1988) 苫小牧海域における長周期波特性について. 第35回海岸工学講演会論文集, 247-251.



第1図 苫小牧の超伝導重力計データのスペクトル。2015年4月と12月に取得したサンプリング間隔1秒で3日長の重力計データから計算した。凡例の日付は計算に用いたデータの期間を示す。灰色の縦線は、苫小牧西港周辺の潮位観測で古くから知られている陸棚起源のセイシュ(例えば、和田ほか, 1988)に対応する周波数(左側: 周波数0.225 mHz, 周期74分)と苫小牧西港起源のセイシュの基本周波数(右側, 周波数0.32 mHz, 周期52分)を示している。

文献:

池田 博・杉原光彦・名和一成・西 祐司(2016) 第4世代超伝導重力計が日本に初登場、苫小牧で計測開始. *GSJ地質ニュース*, 5, 67-68.

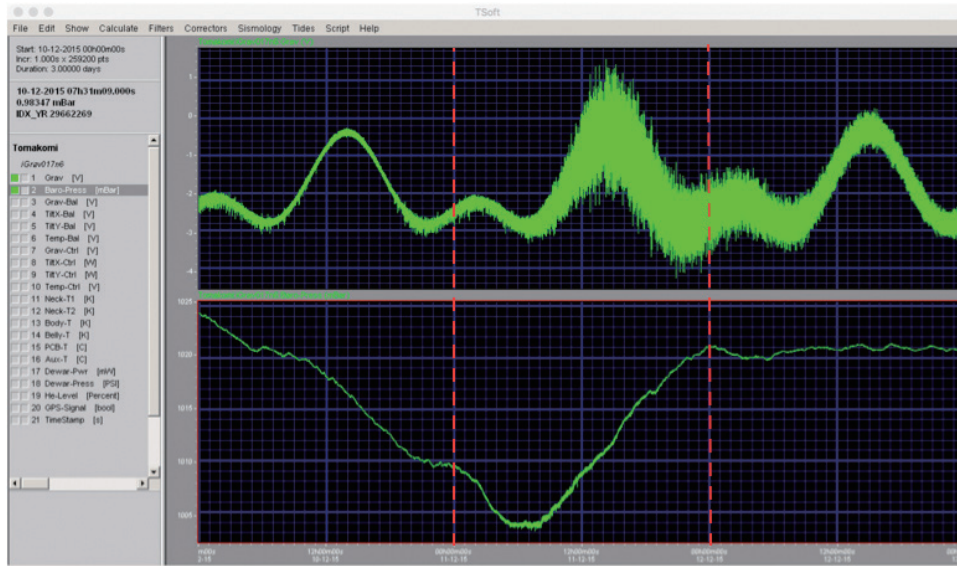
Nawa, K., Suda, N., Aoki, S., Shibuya, K., Sato, T. and Fukao, Y. (2003) Sea level variation in seismic normal mode band observed with on-ice GPS and on-land SG at Syowa Station, Antarctica. *Geophys. Res. Lett.*, 30 (7), 1402. doi:10.1029/2003GL016919.

Nawa, K., Suda, N., Satake, K., Fujii, Y., Sato, T., Doi, K., Kanao, M. and Shibuya, K. (2007)

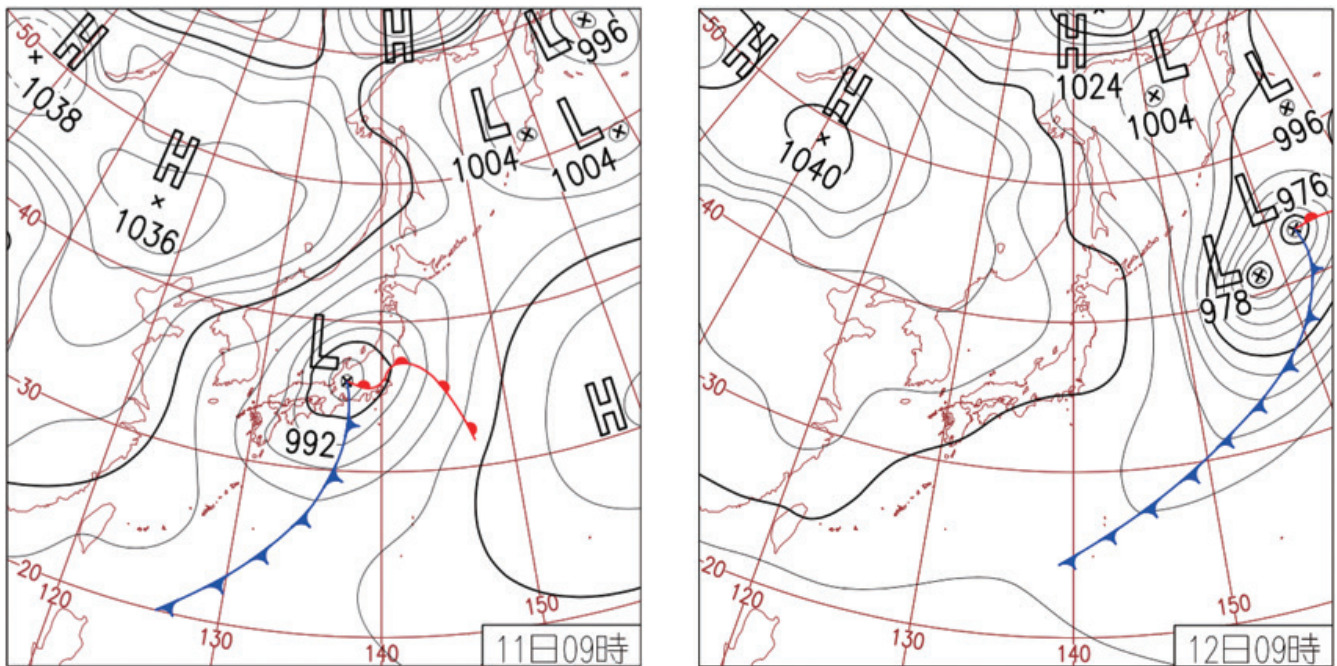


写真 苫小牧の超伝導重力計観測点周辺の状況(2015年11月9日, 日本時間12時頃撮影)。写真の左が南(太平洋)方向, 右が石油コンテナと苫小牧西港がある北方向を示す。挿入図は重力観測点から撮影したパノラマ写真を地面を中心に表示したもの(左)と空を中心に表示したもの(右)。

1) 産総研 地質調査総合センター地質情報研究部門 2) 産総研 地質調査総合センター地圏資源環境研究部門 3) 筑波大学 研究基盤総合センター低温部門



第2図 重力計収録システムの標準フォーマットデータが扱える解析ソフトウェア Tsoft の表示画面のスナップショット。2015年12月10日0時から12月13日0時（それぞれ世界時）まで3日間の苫小牧の超伝導重力計で得た重力変化（上段）と気圧変化（下段）の記録を表示。第3図に示した地上天気図の時刻を示す赤線を加筆。



第3図 2015年12月11日9時と12月12日9時（それぞれ日本時間で、世界時の同日0時に対応）の「日々の天気図」（気象庁ホームページより）。気圧（第2図下段）が下がっている期間中、北海道の観測点の太平洋側を低気圧が通過したことがわかる。セイシュは気象擾乱などによって顕著に励起されることが知られており、第1図にスペクトルを示した4月3日前後も北海道周辺の低気圧の通過時期に対応している。

NAWA Kazunari, SUGIHARA Mituhiko and IKEDA Hiroshi (2016) Sea level variation observed with an iGrav SG at Tomakomai, Hokkaido, Japan.

フェリーからの風景, 苦小牧と本州最東端の鯨ヶ崎

杉原光彦¹⁾・山口 靖²⁾

苦小牧市は北海道を代表する港湾都市です。本州各地との間にフェリーが運航しています。大洗を夕方に出る便は翌日昼過ぎに苦小牧に入港します。左側には樽前火山を背景にした苦小牧市街が見えます。右側には石油化学コンビナートがあり、その一角にCO₂地中貯留圧入井のリグも見えました。重力モニタリング観測点は、圧入井の外海側にあります。

苦小牧を深夜に出発すると夜明けには三陸海岸沖を航行しています。宮古沖を過ぎると本州最東端の地、鯨ヶ崎が見えてきます。この付近を境に、三陸海岸の北部は海岸段丘が発達しています。20万分の1地質図「盛岡」によれば、鯨ヶ崎は原地山層です。原地山層は、前期白亜紀の火山活動を示す地層です。層序は、溶岩、凝灰岩を主体として、ところどころに砂岩や泥岩を挟み、下部から上部に

向かって次第にフェルシックになるようです（山口ほか、1979）。この前期白亜紀の火成活動を示す地層は、北は北海道の樺戸山地から苦小牧沖・三陸沿岸を経て、福島の新通まで南北に細長く分布していて、一部は空中磁気図にも明瞭な磁気異常として現れています（大澤ほか、2002）。

文献：

大澤正博・中西 敏・棚橋 学・小田 浩（2002）三陸～日高沖前弧堆積盆の地質構造・構造発達史とガス鉱床ポテンシャル。石油技術協会誌, 67, 38-51.

山口 靖・津島春秋・北村 信（1979）北上山地“田老帯”および“岩泉帯”南部の地質構造発達史。東北大理地質古生物研報, no. 80, 99-117.

吉田 尚・大沢 穠・片田正人（1984）20万分の1地質図「盛岡」。地質調査所。



第1図 苦小牧港から本州各地への航路。（地理院地図 <http://maps.gsi.go.jp> に加筆）



第2図 苦小牧西港の西側の風景。樽前火山を背景にして苦小牧港が広がる。



第3図 苦小牧西港の東側の風景。石油コンビナートの一角にCO₂地中貯留圧入井がある。2015年6月までは掘削リグがあった。圧入井と外海の間重力観測点がある。



第4図

本州最東端の鯨ヶ崎の眺め。（上図）宮古沖をすぎて本州最東端の鯨ヶ崎が見えてきた。（中図）海岸段丘に建てられた鯨ヶ崎灯台。（下図）鯨ヶ崎沖を過ぎて重茂半島全体が見える。

SUGIHARA Mituhiko and YAMAGUCHI Yasushi (2016) View of ferry boat, Tomakomai and Todogasaki, the easternmost tip of the main island of Japan.

1) 産総研 地質調査総合センター地圏資源環境研究部門 2) 名古屋大学環境学研究所