

超伝導重力計を用いた京都における重力の時間的変化の 精密観測 (1988 ~ 1997)

竹本修三*・東 敏博*・向井厚志**・福田洋一*・田中貴光*

*京都大学大学院理学研究科

**奈良産業大学法学部

要 旨

京都大学大学院理学研究科・理学部では、1988年3月に米国GWR Instruments社製のTT-70型超伝導重力計を2基導入し(8号機及び9号機)、京都大学北部構内にある理学4号館の地下観測室において、重力の時間的変化の精密観測を実施してきた。8号機は、1997年12月にインドネシアのバンドンに移設された。本稿では、1988~1997年の約10年間にわたって実施された京都における2基の超伝導重力計を用いた重力観測について述べる。

キーワード: 超伝導重力計, GGP, 地球中心核, 流体核共鳴効果, コア・アンダートーン

1. はじめに

高精度・高分解能の超伝導重力計の出現により、コア・アンダートーンなどの地球深部に起源をもつ微弱な信号を検出する可能性が開かれた。京都大学大学院理学研究科・理学部では、1988年3月に米国GWR Instruments社製のTT-70型超伝導重力計を2基導入し(8号機及び9号機)、京都大学北部構内にある理学4号館の地下室において、重力の時間的変化の精密観測を実施してきた。超伝導重力計のわが国における配置状況は、京都のほか、国立天文台・地球回転研究系(水沢)が江刺観測施設に、また、東大海洋研究所が松代地震観測所(気象庁)に設置して観測を続けているほか、国立極地研究所が、国内の超伝導重力計研究グループの支援を受けて、南極昭和基地に設置している。さらに、京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設が、火山噴火予知研究を目的として、阿蘇観測室に設置している。

上記の観測点を含めて、世界中で稼働している超

伝導重力計の数は20数基であり、その世界的な配置をみると、そのほとんどが北半球の中緯度地域(北緯30~50度)、すなわち、北アメリカ、西ヨーロッパおよび日本に集中している。1996年現在で、南半球にある観測点としては、南極大陸の昭和基地1カ所のみであった。

流体核に起因する信号は、核の扁平率に強く依存していることから、このような超伝導重力計の配置は、地球深部の構造とそのダイナミクスを研究する上で、問題であることが、かねてより、指摘されていた。そこで、わが国の超伝導重力計研究グループは、超伝導重力計観測網の世界的な空白域を埋めるために、平成8年度に発足した文部省科学研究費補助金・創成的基礎研究費「海半球ネットワーク:地球内部を覗く新しい目(代表者:深尾良夫)」の支援を得て、1996年度に超伝導重力計(1基)を新規に購入し、これを1997年1月にオーストラリアのキャンベラ郊外のマウントストロームロ観測所に設置した(Sato et al., 1997)。一方、京都大学大学院

理学研究科では、上記の創成的基礎研究費「海半球ネットワーク」に加えて、日産学術研究助成金「インドネシアの重力基準点における重力変化の精密観測（代表者：竹本修三）の支援を得て、京都大学が保有する2基の超伝導重力計のうちの1基（8号機）を、1997年12月にインドネシアのバンドン市に移設した。これにより、超伝導重力計観測網の赤道付近の空白域を埋めることができた。

本稿では、8号機がインドネシアに移設されるまでの1988～1997年の約10年間に実施された京都における2基の超伝導重力計を用いた重力の時間的変化の精密観測について述べる。

2. 超伝導重力計の構造

超伝導重力計は、従来からのスプリング型の重力計とは異なり、極低温下における超伝導磁気浮上の原理に基づく新しい方式の重力計である。超伝導重力計の構造は、Fig. 1に示されている。重力計センサー部は、超伝導コイルのほか、ニオブイウム製の中空の試験球（テスト・マス）と容量変化検出用の極板（プレート）とで構成されている。重力計センサー部を液体ヘリウムで満たされた容器（デュワー）のなかに浸し、超伝導コイルを流れる永久電流によってつくりだされる磁場のなかに超伝導体である試験球をおく。すると、マイスナー効果により、磁力線が試験球の内部に侵入せず、磁気反発力が生じる。この磁気反発力と試験球に働く重力とを釣り合わせることで、重力の測定を行うものである（Prothero and Goodkind, 1968; Goodkind, 1991）。実際の測定に際しては、重力の変化に伴って試験球の位置が上下に変化すると、その位置の変化量を、試験球の上下に取り付けられた極板間の容量変化の量として検出し、その変化量に比例した微小電流を超伝導コイルの下にある補助コイルに加えることにより、試験球の位置を元の位置に戻すというフィード・バック機構が働く。補助コイルに加える電流の変化が重力変化量に比例する。

超伝導重力計は、超伝導磁石が安定であること、極低温により測定機器を低雑音にできること、および、原理的にドリフトがないことなどによりきわめて高感度の重力計となっており、従来のスプリング型重力計に比べて2～3桁感度が高く、nanogal (10^{-12} G) の感度を有する。この型の重力計の出現により、地球深部に起源をもつ微弱な信号、例えば、流体の外核に取り囲まれた固体の内核の重力（浮力）を復元力とする長周期の振動（コア・アンダートーン）などを検出する可能性が開かれた。

ドリフトについては、メーカーの仕様書によれば、は年間数 μ gal程度ということであったが、京都における2基の超伝導重力計（8号機及び9号機）を用いた観測の結果では、設置当初のドリフトが年間100 μ galを超えていた。その後、ドリフトは次第に減少し、1994年以降は、8号機及び9号機について、それぞれ、20 μ gal/年及び30 μ gal/年程度である。

重力計センサー部を収納するデュワーは、寒剤である液体ヘリウムを約200リットル充填することができる構造になっている。デュワー内部にはヘリウム・レベル・メーターが設置されており、その出力によりヘリウムの残量を知ることができる。液体ヘリウムの消費量は、約0.4～0.35リットル/dayであり、コンプレッサーなどのトラブルがなければ、デュワーの完全充填により約1年半の連続観測が可能である。

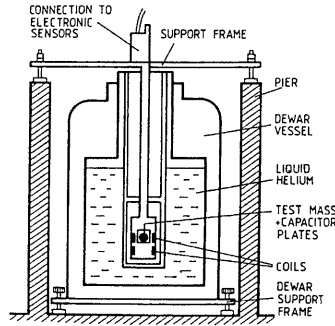


Fig. 1 GWR superconducting gravimeter

3. 京都における超伝導重力計観測

2基の超伝導重力計（Model TT-70: 8号機及び9号機）は、1988年3月に、京都大学理学部の理学4号館の地階にある測地学計測器試験室に設置された。この試験室には、重力基準点 Kyoto J7900があり、その位置は、Fig. 2に Kyoto J7900として示してある。導入当時の超伝導重力計は、吊下げ型の構造をしており、2基の重力計は2つのコンクリート基台に互いに90度向きを変えて設置され、重力計架設台はそれぞれの基台上に鉄筋コンクリートで固定された（Fig. 3）。当時は、超伝導重力計を支持する方法として、吊下げ型の方が地面振動のノイズの影響を受けにくいと考えられていたが、その後、ボトム・マウント型（床置き型）の方が安定性が高いということが実証され、京都の8号機及び9号機は、1995年12月にボトム・マウント型（床置き型）に改造された。

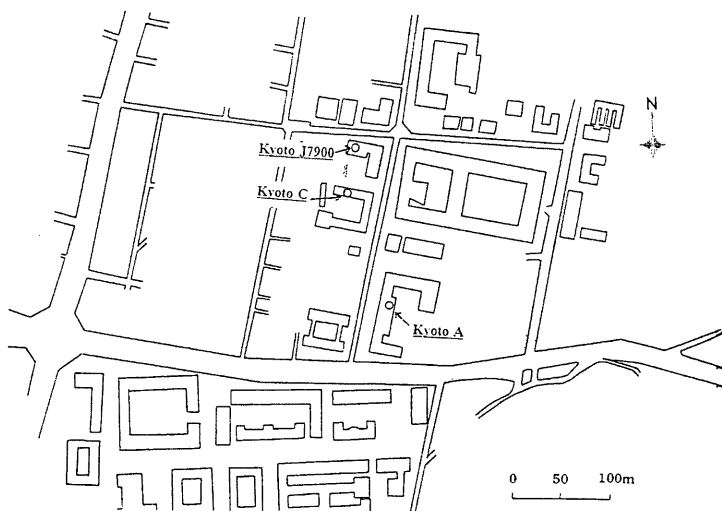


Fig.2 Gravity stations in Graduate School of Science, Kyoto University

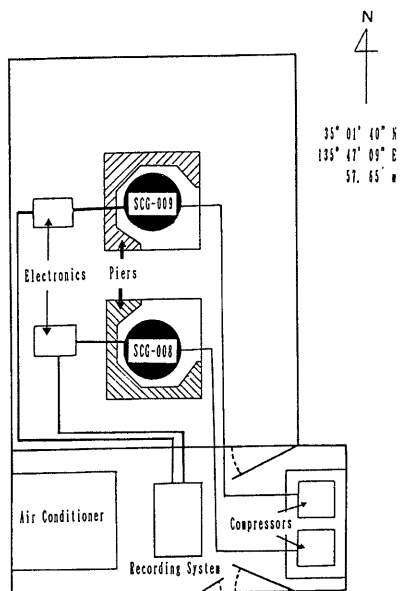


Fig.3 Arrangement of superconducting gravimeters in the observation room at Kyoto University

超伝導重力計の記録集録装置およびヘリウム冷却装置用のコンプレッサーは、試験室の前室に設置されており、これらによる振動や入室による擾乱などを極力抑えるようにされている。しかし、観測室のある場所は、市街地にあり、基盤岩の上に堆積層(沖積層、洪積層)が厚く堆積している。重力計が固定されているコンクリート・ブロックは、基盤岩上に直接置かれていないために、他の観測点に比べて、京都における観測結果は、さまざまな都市ノイズの影響、とりわけ、交通ノイズによる影響を大きく受けている。

設置された2基の重力計のうち、9号機については、設置直後に超伝導球の浮揚に問題が発生したため、直ちに米国に返送され、センサー部の修理がGWR社でなされた。そして1988年7月末に、修理を終えた9号機の再設置と8号機のセンサー部の交換が同時に実施された。このために、2基の超伝導重力計による重力の時間的変化の同時連続観測が始まったのは、1988年7月末であった。しかし、その後、ドリフトが予想以上に大きいこと、原因不明のオフセット(跳び)が多発することなどの問題が生じた。そこで、1989年10月に、重力計のセンサー部を修理するために、8号機の観測は中断され、GWR社で修理・改良が行なわれることとなった。1990年10月には、修理を終えた8号機のセンサー部が戻ってきて、2基の超伝導重力計を用いた同時連続観測が再開された。

しかしながら、1991年11月2日に発生した近地有感地震により、8号機の試験球(テスト・マス)にオフセットが生じてオーバー・レンジになり、8号機の記録が中断していたが、1994年に試験球の浮揚に成功し、それ以後、1997年12月に8号機がインドネシアに移設されるまで、同時連続観測が続けられた。この間、1995年12月に、吊下げ型からボトム・マウント型への改造が行われた。

従来、超伝導重力計からの出力は、重力計システムに附属している“TIDE”と“MODE”という2つのフィルターを通して得られてきた(GWR Instruments, 1985)。“TIDE”は、遮断周波数が約20mHz(周期約50秒)で-36dB/octaveの特性を有する低域通過フィルターであり、“MODE”は、約50秒~1時間の帯域通過フィルターである。これらのフィルターは、カリフォルニア大学によるIDA(International Deployment of Accelerometers) ネット・ワークで使用されているのと同一のものである(Agnew et al., 1976)。

1992年頃から国際測地学協会(IAG)の重力委員会(IGC:International Gravity Commission)が中心となり、IUGGのユニオンとしてすすめられている国際SEDI(Study of the Earth's Deep Interior)計画との連帯のもとに、超伝導重力計の国際観測ネットワークによる地球ダイナミクス研究計画(GGP:Global Geodynamic Project)が推進されてきたが、1997年7月に、超伝導重力計のデータ流通の拠点となるGGP国際データ・センターがブリュッセルにあるベルギー王立天文台・地球潮汐国際中央局(ICET)のなかに設置され、活動を開始した。今後、6年間にわたって、できるだけ統一した規格(出力フィルターの周波数特性、検定法、データフォーマットなど)で超伝導重力計観測データを収集し、地球自由振動、地球潮汐、地球の流体核や内核の運動、地球回転・地球大気や海洋の変動などによる重力変化の研究を推進しようというものである。わが国の超伝導重力計研究グループも、国内観測点のほか、インドネシア、オーストラリア、南極昭和基地を繋いだGGP-Japan Networkを国際的に展開し、GGPの一翼を担っている。ところで、GGP国際データ・センターに集められるデータは、サンプリング間隔を1秒とすることが推奨されているため、それに対応する新たなフィルターが必要となった。この要求を満たすために、GWR社が新たに開発したフィルター・ボード(GGP1)のスペックをTable 1に示す。

すなわち、このフィルターは遮断周波数が61.5mHz、-160dB/decadeの特性をもったBessel型の低域通過フィルターであり、潮汐帯での位相遅れは、0.034°/cpdとTIDEフィルターのほぼ1/5になっており、従来

潮汐解析で問題になっていたTIDEフィルターの位相遅れの長期変動の問題が大幅に改善されている。わが国の超伝導重力計研究グループは、この新フィルターを各観測点に統一して導入することを決め、平成9年度文部省科学研究費補助金・基盤研究

(B)「超伝導重力計南北両半球ネットワークによる地球深部ダイナミクスの研究(代表者:竹本修三)」の経費で、江刺、松代、京都、阿蘇、バンドン、キャンベラおよび昭和基地の7カ所に統一したGGP1フィルターを配置した。

Table 1. GGP1 Filter

Filter type	: Bessel, 8 poles
Topology	: Sallen-Key unit gain
Intended sampling rate:	1 sample/sec.
Corner frequency(f -3dB):	61.5mHz(16.3sec.period)
Attenuation (ultimate):	-160dB/decade
Attenuation at f _w :	100.0dB attenuation at 0.5Hz
Phase Lag :	linear, 0.034 degrees/cpd
Time delay:	constant in pass band, 8.204 sec
Flat to within 1% of unit gain(±0.086dB)	below 0.01Hz(100sec.period)
Flat to within 4% of unit gain(±0.341dB)	below.02Hz(50sec.period)

京都における重力観測データの収録システムとして、以前は、デジタル・レコーダーを用いていたが、現在はパーソナル・コンピューターのハード・ディスクに重力データが書き込まれており、適宜MOディスクに吸い上げられている。なお、モニター用のペン・レコーダー記録は、現在も続けている。重力計データに加えて、大気圧および室温のデータも並行観測データとしてパーソナル・コンピューターに収録されているほか、最近、降雨量および地下水位の観測も開始された。

4. 絶対重力計を用いた超伝導重力計の感度検定

超伝導重力計は相対重力計の一種であり、重力計からの出力電圧を重力値に変換するためには、感度の検定が必要である。感度の検定方法としては、質量の大きい物質を近づける方法(万有引力の利用)や絶対重力計を用いる方法(重力の時間的変化の利用)などが考えられている(例えば、Hinderer et al., 1991)。

京都における超伝導重力計の感度は、重力計からの出力値(電圧)を、観測地点におけるδ-factorの値を1.20(M₂分潮)として求められた理論潮汐の値と比較することによって決定されていた(Higashi,

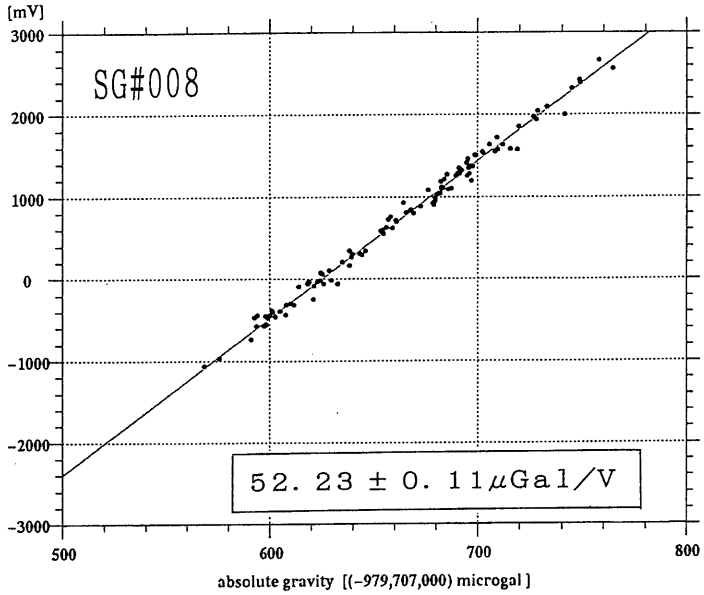


Fig. 4(a) Comparison of Absolute Gravimeter(Set Values) and Superconducting Gravimeter (#008)

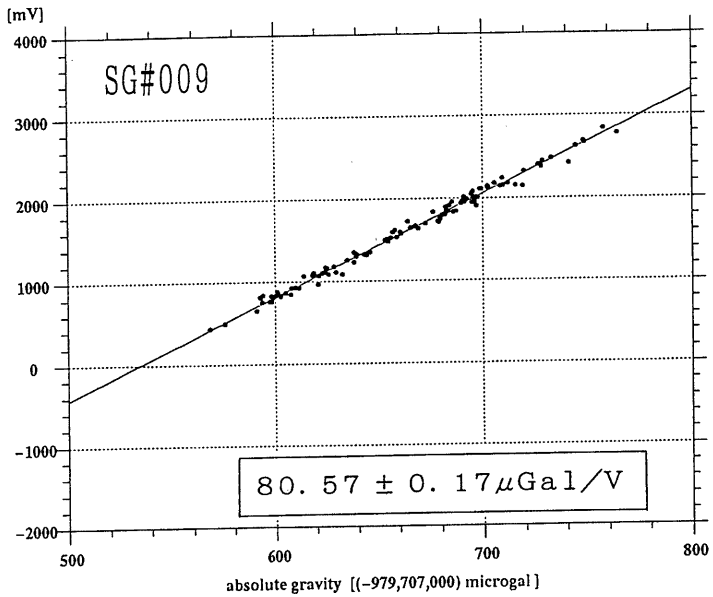


Fig. 4(b) Comparison of Absolute Gravimeter(Set Values) and Superconducting Gravimeter (#009)

1996)。この δ -factor の値は、かつて、同じ室内において、アスカニア重力計（モデルGs-15）217号機による観測によって求められた値である（Nakagawa et al., 1975）。感度の検定値として、8号機で $109.14 \mu\text{gal}/V$ 、9号機で $80.42 \mu\text{gal}/V$ がそれぞれ求められた。その後、8号機については、再設置後の検定値が $52.12 \mu\text{gal}/V$ と変更になった。

1995年10月に国土地理院の協力を得て、絶対重力計と超伝導重力計の比較観測を実施した。1995年10月13日から10月23日までの11日にわたって、国土地理院測地部により、重力基準点：Kyoto C (Fig. 1参照)において、絶対重力計FG 5#104を用いた重力の絶対測定が実施された（Murakami, et al., 1997, Takemoto et al., 1997）。測定は、15秒間隔で行われ、計160回の測定を1セット（40分間）とし、20分間の休止をはさみ、主に、地盤振動の小さな夜間に実施された。得られたデータ数は、合計14,211個である。このデータを測地学計測器試験室（Kyoto J7900）で得られた超伝導重力計（8号機及び9号機）の観測データと比較することにより、超伝導重力計の感度検定を行った。測地学計測器試験室は「Kyoto C」の重力基準点から約30m北方に離れている。

Fig. 4 に、絶対重力計のセット値とその時刻の超伝導重力計の観測値とを比較して示してある。その結果、

8号機： $52.23 \pm 0.11 \mu\text{gal}/V$ 、

9号機： $80.57 \pm 0.17 \mu\text{gal}/V$ 、

という値（暫定値）が得られた。これにより、先に、測地学計測器試験室における δ -factor の値を1.20 (M_2 大潮)として求められた超伝導重力計の感度が、ほぼ正しかったことが裏付けられた。

超伝導重力計を用いた観測から流体核およびマンツルの非弾性的な影響や海水変動による重力変化を調べるには、少なくとも、0.1%以上の精度を維持する必要がある。計器感度の長期安定性を調べるためにも、絶対重力計を用いた超伝導重力計の感度検定を定期的実施することが望ましい。

5. 解析および結果

京都において、2基の超伝導重力計の同時比較観測を実施した目的の1つは、超伝導重力計間の機械的な差を調べることにあった。Higashi (1996) は、2基の超伝導重力計のデータが同時に得られている期間について、潮汐解析用プログラム「BAYTAP-G」(Tamura et al., 1991)を適用し、地球潮汐の主要6分潮についての δ -factor の比、差および位相の

差を比較しているが、その結果によれば、 δ -factor の比は、ほぼ1/1000のオーダーまで一致しており、その差は、0.001以内であった。また、位相については、ほぼ 0.03° 以内で一致していた。

高性能の超伝導重力計の開発により、地球深部ダイナミクスの研究の進展が期待されるが、地球表面における重力観測値には、大気・海洋・陸水を含め、地球上のあらゆる構成部分の状態変化によって生じる重力変化が重なっている。Fig. 5に、重力変化を生み出すさまざまな要因とそれらによる重力変化のおおよその振幅が示されている。地球深部からの微弱な信号を検出するためには、これらを分離する必要がある。

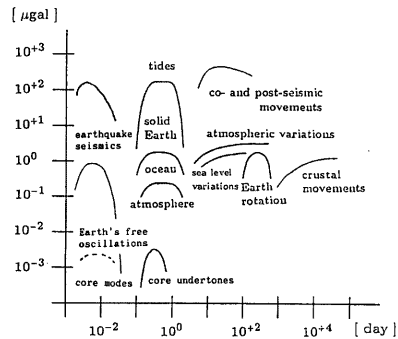


Fig.5 Gravity changes caused by various sources

非地震時の定常的な重力観測値には、数 $100 \mu\text{gal}$ に達する地球潮汐が含まれている。これを除くと大気変動による重力変化が顕著である。グローバルな大気変動は、それ自身の質量による引力と地球表面に対して荷重として働く効果を通じて、重力観測データに影響を及ぼす。Mukai et al. (1995a, 1995b) は、京都における地表面の気象観測データと気象庁の日本域客観気象データ (JANL) 及び全球客観気象データ (GANL) に数値積分法を適応して、グローバルな大気変動に伴う重力変化を見積もり、超伝導重力計の観測データと比較した。すなわち、京都から 10° 以内の範囲においては格子で分割された微小な大気セルごとに大気変動に伴う引力及び荷重効果を計算し、それらを重ね合わせるとともに、それと遠については、大気変動の全体的分布を球面調和関数で展開し、その展開係数を用いて大気変動による重力変化を見積もった。これらを合わせた重力変化の振幅は $10 \mu\text{gal}$ 程度となり、長周期側にパワーをもつ。推定誤差は $0.1 \mu\text{gal}$ のオーダーであった。この推定

値と京都における超伝導重力計の観測値とを比較した結果、大気質量に対する日本近海の荷重応答は、IB(Inverted Barometer)モデルとNIB(Non Inverted Barometer)モデルの中間と考えるのがよいことがわかった。

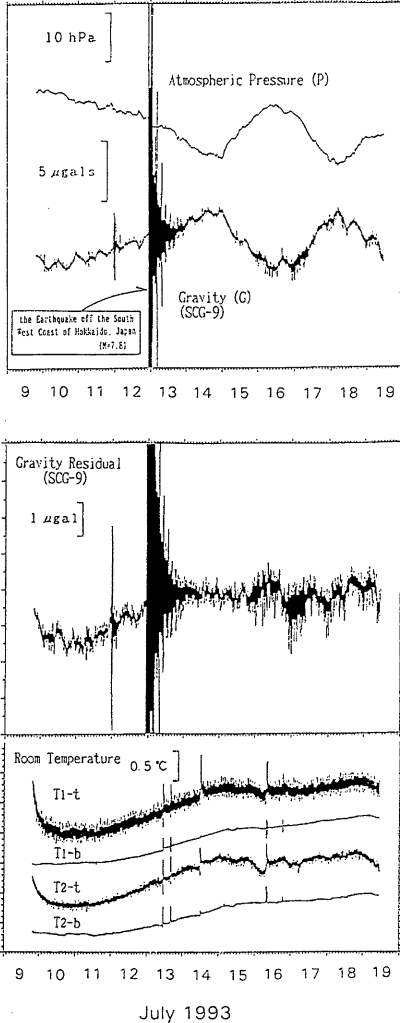


Fig.6 (upper) Comparison between the atmospheric pressure change and the gravity change after removal of tidal components (lower) Comparison between the ambient temperature change and the residual gravity change

つぎに、観測室の気温変化が 1μ galオーダーの重力変化を引き起こす例をFig.6に示す。図で、上側は、1993年7月12日の北海道南西沖地震(M=7.8)前後に9号機で得られた重力変化から地球潮汐成分を引き去ったものを気圧変化と比較して示してある。下側はさらに気圧変化の影響も引き去ったものを室温と比較したものである。 1° Cの室温変化が 1μ gal程度の重力変化を引き起こす可能性が考えられる。

9号機による長期間の観測データから日周潮近傍に現われる流体核共鳴効果や極運動による重力変化も検出されている。1恒星日付近に固有周期をもつ自由コア章動による日周潮汐における共鳴現象(流体核共鳴)を見るために、Fig.7は、地球潮汐の日周

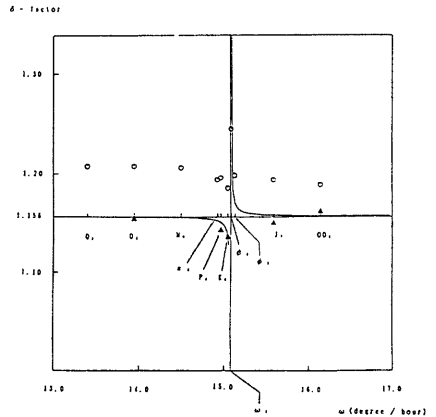


Fig.7 Frequency dependence of δ -factor in diurnal tidal band

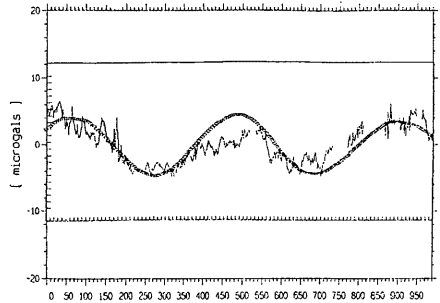


Fig.8 Gravity residuals after removal of the quadratic trend and the large irregular changes from original data(solid line) and theoretically estimated gravity changes at Kyoto induced by the polar motion(circles)

潮帯の δ -factor の周波数依存性を示したものである。○印が各分潮に対して観測から求められた δ -factor の値、▲印は、○印から海洋潮汐の荷重影響を引き去ったもの、実線は Wahr (1985) のモデルによる理論値である。

Fig. 8は、9号機による長期間の観測データから、ドリフト、潮汐成分、気圧変化の影響などを差し引いたものと、京都で予測される極運動に伴う重力変化量を比較して示したものである。

6. 今後の展望

国際的にも国内的にも超伝導重力計ネットワークが整備され、データ流通の体制も整いつつあるいま、超伝導重力計を用いた地球内部の研究は飛躍的な発展が期待できる。

従来、地球深部における粘弾性などの物理特性の構造は、地震波の解析から解明されてきた。しかし、地球の物理特性は、周期依存性をもつと考えられており、1時間以下の周期帯に属する地震波からでは、短周期側における物理特性のみが明らかにされるにすぎない。それに対して、超伝導重力計は、数分から数年にわたる広帯域の重力シグナルを高精度で検出することができるため、地球深部の物理特性が幅広い周期にわたって解明されることとなり、その周期依存性を明らかにすることができる。このように、超伝導重力計は、地球深部に対して、新しい観測可能性を拓けつつある。また、固体地球と地球流体とのカップリングに関して、まだ研究が進んでいない周期帯に地震と潮汐にかけての周期帯がある。今後の研究から、今まで知られていなかった周期の重力変化が見つかる可能性がある。

謝 辞

京都における2基の超伝導重力計を用いた観測・研究の礎を築いて下さった中川一郎名誉教授に深甚な感謝をささげます。本研究の一部は、平成9年度文部省科学研究費補助金・創成的基礎研究費「海半球ネットワーク：地球内部を覗く新しい目（代表者：深尾良夫）；第3班システム開発（代表者：浜野洋三）(09NP1101)」平成9年度文部省科学研究費補助金・基盤研究（B）「超伝導重力計南北両半球ネットワークによる地球深部ダイナミクスの研究（代表者：竹本修三）(09440158)」および、日産学術研究助成金「インドネシアの重力基準点における重力変化の精密観測（代表者：竹本修三）を用いて行ったものであることを付記いたします。

参 考 文 献

- Agnew, D. C., Berger, J., Buland, R., Farrell W. and Gilbert F. (1976): International Deployment of Accelerometers: A Network for Very Long Period Seismology, EOS Trans. AGU, 57, pp.180-188.
- Goodkind, J.M. (1991): The Superconducting Gravimeters Principles of Operation, Current Performance and Future Prospects, Proc. Workshop "Non Tidal Gravity Changes", Sept. 5-7, 1990, Luxembourg, pp.81-90.
- GWR Instruments (1985): Superconducting Gravity Meters Model TT-70 Operating Manual, 182p.
- Higashi, T. (1996): A Study on Characteristics of Tidal Gravity Observations by Employing Superconducting Gravity Meters at Kyoto, Japan, Memoirs of the Faculty of Science, Kyoto Univ., Series of Physics, Astrophysics, Geophysics and Chemistry, Vol. 39, No.3, pp.313-348.
- Hinderer, J., Florsch, N., Makinen, J., Legros H. and Faller, J. E. (1991): On the calibration of a Superconducting Gravimeter Using Absolute Gravity Measurements, Geophy. J. Int., 106, pp. 491-497.
- Mukai, A., Higashi, T., Takemoto, S., Naito I., and Nakagawa I. (1995a): Atmospheric Effects on Gravity Observations within the Diurnal Band, J. Geod. Soc. Japan, Vol. 41, pp.365-378.
- Mukai, A., Higashi, T., Takemoto, S., Nakagawa, I. and Naito, I. (1995b): Accurate Estimation of Atmospheric Effects on Gravity Observations Made with a Superconducting Gravity Meter at Kyoto, Phys. Earth Planet. Inter. Vol. 91, pp. 149-159,
- Murakami, Msk., Nitta, K., Yamamoto, H., Matsuo, K., Machida, M., Yamaguchi, K., Murakami, Mkt., Doi K. and Ishihara M. (1997): Absolute Gravity Measurements Using FG5 at Kyoto Fundamental Gravity Station: Kyoto C, Japan, IAG Symposia Vol. 117, Gravity, Geoid, and Marine Geodesy, Tokyo, September 30 -October 5, 1996, Springer, pp. 63-68.
- Nakagawa, I., Satomura, M., Ozeki, M. and Tsukamoto H. (1975): Tidal Change of Gravity by Means of an Askania Gravimeter at Kyoto, Japan, J. Geod. Soc. Japan, 21, pp.6-15.
- Prothero, W. A. and Goodkind, J. M. (1968): A Superconducting Gravimeter Rev. Scientific

- Instr., 39, pp.1257-1262.
- Sato T., McQueen, H., Murphy, B., Lumbeck, K., Hamano, Y., Asari, K., Tamura, Y., and Ooe M (1997) : On the observations of gravity tides and Earth's free oscillations with superconducting gravimeter CT#031 at Mt. Stromlo, Australia, Proceedings of the 13th Int. Sympo. on Earth Tides, Brussels, (in press)
- Takemoto, S., Higashi, T., Mukai, A., Nose, H., Murakami, M., Nitta, K., Yamamoto, H., Onoue, K., Fukuyama, Y., Yamaguchi, K., Matsuo, K., Machida, M. (1997): Effects of Ground Vibrations on Absolute Gravity Measurements in Kyoto, IAG Symposia Vol. 117, Gravity, Geoid, and Marine Geodesy, Tokyo, September 30 -October 5, 1996, Springer, 69-74.
- Tamura, Y., Sato, T., Ooe, M. and Ishiguro M. (1991) : A Procedure for Tidal Analysis with a Bayesian Information Criterion, Geophys. J. Int., 104, pp. 507-516.
- Wahr, J. M. (1985): Deformation Induced by Polar Motion, J. Geophys. Res. 90, pp. 9363-9368.

Precise Observation of Gravity Changes with Superconducting Gravimeters in Kyoto (1988 - 1997)

Shuzo TAKEMOTO *, Toshihiro HIGASHI *, Atsushi MUKAI **, Yoichi FUKUDA *
and Takamitsu TANAKA *

* Graduate School of Science, Kyoto University

** Faculty of Law, Nara Sangyo University

Synopsis

Precise observation of gravity changes with two GWR Superconducting Gravimeters(#008 and #009) has been carried out in the underground room at the Graduate School of Science, Kyoto University during the period from 1988 to 1997. Observational results, some of which are related to fluid core resonance and polar motion, are reported.

Keywords: Superconducting Gravimeter, GGP, Earth's Core, Fluid Core Resonance, Core-undertone