

氏 名	東 敏 博
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学位記番号	論 理 博 第 1268 号
学位授与の日付	平 成 7 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	A Study on Characteristics of Tidal Gravity Observations by Employing Superconducting Gravity Meters at Kyoto, Japan (京都における超伝導重力計を用いた地球潮汐観測の特性に関する 研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 中 川 一 郎 教 授 田 中 寅 夫 教 授 住 友 則 彦

### 論 文 内 容 の 要 旨

京都大学理学部においては、米国 GWR 社製の超伝導重力計 (モデル TT-70) 2 基が 1988 年 3 月に導入され、以来、それを用いて重力の時間的変化の連続観測が行なわれている。超伝導重力計は、超伝導磁場が安定であること、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であり、従来のスプリング型重力計に比べて感度が 2~3 桁高く、これにより nanogal ( $10^{-12}$  g) までの観測が可能とされている。しかしながら、超伝導重力計は、重力計定数の検定が容易にできないという欠点をもっている。超伝導重力計は、現在、20 余基が主として北半球の中緯度地帯で稼動しているが、同一場所において 2 基の超伝導重力計を用いた長期にわたる重力の時間的変化の同時連続観測は、これまで、ほとんど行なわれていない。

主論文では、京都に設置された 2 基の重力計によって得られた同時観測データを比較検討することにより、超伝導重力計の計器差を明らかにするとともに、超伝導重力計によって求められる潮汐パラメーターの精度が確かめられている。それによると、まず、観測データの長さに関しては、90 日以上観測データを用いれば、信頼できる安定した潮汐パラメーター ( $\delta$  ファクターは 0.001, 位相差は  $0.1^\circ$  の精度) が得られることを確かめている。つぎに、9 カ月間の観測データを用いて解析された場合は、地球潮汐の主要分潮 ( $O_1$ ,  $P_1$ ,  $K_1$ ,  $N_2$ ,  $M_2$  および  $S_2$  分潮) においては、2 基の重力計で得られた  $\delta$  ファクターは 0.001 以内で、位相差は  $0.03^\circ$  (約 7 秒) 以内でたがい一致することを確かめており、位相差に関する限り、超伝導重力計の計器差は認められないということを明らかにしている。また、30 日間の観測データを用いて解析された場合は、 $M_2$  および  $O_1$  分潮においては、潮汐パラメーターの変動 (揺らぎ) は、 $\delta$  ファクターでは 0.002 以内、位相差では  $0.2^\circ$  以内に収まっている。この事実に基づいて、従来のスプリング型重力計で得られている数%を超える潮汐パラメーターの変動は、計器感度の不安定さなどによる見かけの重力変化であった可能性を示唆している。これらの考察を通して、超伝導重力計のノイズ・レベルは、地球潮汐の日

周潮帯と半日周潮帯で約 0.1 microgal (すなわち, 100 nanogal), 1/3 日周潮帯で約 20 nanogal, 3~5 時間帯で数 nanogal であることを確認しており, 超伝導重力計を用いることによって, 1 microgal の重力変化を検出することが可能であるとの結論に達している。

申請者は, 停電による観測システムの停止, 地震による超伝導球の落下, 超伝導球の立ち上げ操作および液体ヘリウムの重力計への充填作業などが重力計に与える影響を調べているが, 超伝導重力計はこれらの擾乱に対してきわめて安定した重力計であることを確認している。

つぎに, 超伝導重力計で得られたより長期間の観測データを用いることにより, 従来のスプリング型重力計では検出することが困難であった地球物理的な現象の検出を試みている。超伝導重力計が設置されている京都は, 長周期潮汐の節線に近く, したがって, その振幅がきわめて小さいにもかかわらず, いくつかの長周期潮汐を検出している。また, 日周潮近傍に現われる流体核の共鳴効果および極運動に起因する重力変化も検出されており, 超伝導重力計が長期にわたって安定かつ高感度な重力計であることを確認している。

本研究をさらに推進する方策として, 申請者は, 絶対重力計を用いることによる重力計定数の検定の必要性と, 微小な重力変化を検出するためには都市ノイズの少ない安定した基盤上での観測の重要性を指摘している。

参考論文 9 篇は, いずれも, 本研究の基礎となっている。参考論文 1, 3, 4 および 6 では, 重力の時間的変化の観測について論じている。参考論文 2 と 5 では, 重力変化に対する気圧変動の影響を論じている。参考論文 7 では, 重力データおよび多種の観測データを組みあわせて西南日本におけるジオダイナミックスを論じている。参考論文 8 では, 1~8 時間周期帯における重力スペクトルの特徴について論じている。参考論文 9 では, 複数台の重力計によって得られた観測データから, 自由コア章動の共鳴パラメーターを推定している。

## 論文審査の結果の要旨

重力の時間的変化の連続観測は, 長年にわたって, さまざまなスプリング型重力計を用いることによっ  
て行なわれてきたが, その精度は microgal ( $10^{-9}$  g) にとどまっていた。ところが, 近年になって, 極低温下における超伝導磁気浮上の原理 (マイスナー効果) を利用した超伝導重力計が開発されて感度が 2~3 桁高くなり, これが重力の時間的変化の連続観測に供されるようになって, 観測の精度は nanogal ( $10^{-12}$  g) に達するようになった。それゆえに, これまでは検出が困難であった自由コア章動や極運動による重力変化などの研究に超伝導重力計が利用されるようになってきた。しかしながら, この重力計は計器感度の検定が容易にできないという欠点をもっている。このために, 得られたシグナルに対する信頼性, すなわち, 真の重力変化と感度変化に伴う見かけの重力変化とを区別できないことが問題点として存在していた。

主論文では, まず, 同一場所に設置された 2 基の超伝導重力計によって得られた同時観測データを比較検討することにより, 超伝導重力計の計器差が明らかにされている。申請者が確認した 90 日以上の観測データを用いれば, 信頼できる安定した潮汐パラメーターを求めることができること, 9 カ月間の観測

データを用いて解析された場合は、地球潮汐の主要分潮においては、2基の重力計で得られた $\delta$ ファクターは0.001以内で、位相差は $0.03^\circ$ （約7秒）以内でたがいに一致していること、30日間の観測データを用いて解析された場合でも、 $M_2$ および $O_1$ 分潮に関する限り、 $\delta$ ファクターは0.002以内、位相差は $0.2^\circ$ 以内で安定していることは、今後、超伝導重力計を用いて重力の朝夕変化の研究をすすめる際に、信頼のおける解析結果を得ることに対して、利用するデータの長さに対する目安を与えたものである。また、申請者は、この研究を通して、従来のスプリング型重力計で得られている数%を超える潮汐パラメーターの変動（揺らぎ）は、計器感度の不安定さなどによる見かけの重力変化であった可能性が高いことを指摘しているが、重要な指摘である。

申請者は、重力計が設置されている場所が市街地の大学構内という条件のもとでの超伝導重力計による観測の特性を論じている。ここでは、停電による観測システムの停止や地震などによるさまざまな擾乱に対する超伝導重力計の振舞いを詳しく調べている。そして、超伝導重力計がこのような擾乱に対して高い安定性をもっていることを確認している。また、市街地における重力の時間的変化の観測において、どのレベルまでのシグナルならば検出できるかをも明らかにしている。これは、ノイズの大きい市街地における超伝導重力計による観測の可能性とその限界を明らかにしたものである。

また、申請者は、より長期間の観測データを用いることにより、都市ノイズの大きい場所での観測にもかかわらず、従来のスプリング型重力計では検出することが困難であった長周期潮汐、流体核の共鳴効果および極運動による重力変化の検出に成功している。

このように、申請者は、2基の超伝導重力計による重力の時間的変化の観測を通して、超伝導重力計の特性を論じている。従来、超伝導重力計による重力の時間的変化の研究は、もっぱら1基の重力計でなされていたが、同一場所に設置された2基の重力計を駆使してその観測精度や安定性などの特性を明らかにしたことは、この重力計がきわめて微小な重力変化の研究に供されるがゆえに、大きな意義がある。申請者は、超伝導重力計が地球潮汐の周期帯においてきわめて高精度かつ高安定な重力計であることを確認しており、また、都市ノイズの大きい大学構内での観測という条件のもとでの3年弱という短い期間に得られた観測データを利用して、日周潮近傍に現われる流体核の共鳴効果や極運動に起因する重力変化を検出していることは、評価に値する。しかし、本研究の真の成果は、さらに長期間にわたる観測データの蓄積を待つて得られることになろう。

参考論文9篇は、本研究の基礎または応用を論じたものであり、いずれも、申請者の活発な研究活動を示している。

よって、本論文は、博士（理学）の学位論文として価値があるものと認めた。

なお、平成7年1月12日に、主論文および参考論文に報告されている研究業績を中心とし、これに関連した研究分野について試問した結果、合格と認めた。