

絶対重力計 FG5 による自動連続観測の研究（第 5 年次）

実施期間 平成 15 年度～平成 19 年度
測地部物理測地課 檜山 洋平 本田 昌樹

1. はじめに

国土地理院が所有する Micro-g LaCoste 社製絶対重力計 FG5（以下、「FG5」という。）は $10^{-8}[\text{m/s}^2]$ の精度を有しており、地殻変動、地下水位変化、海洋潮汐、海水位変動などに伴う微小な重力変化を検出することにより、地震・火山活動の調査や地球内部ダイナミクスの解明などに貢献できると期待される。

詳細な重力の時間変化の検出には連続観測が不可欠である。しかし、現在国土地理院が所有する FG5 では遠隔操作による自動運転が完全には実現できていないため、器械の操作やデータの回収を現地に赴き行わなければならない。そのため、重力の時間変化の検出は、数日間の観測を一定期間空けて繰り返す、いわゆる繰り返し観測として行っている。

本研究は、遠隔操作による FG5 の自動運転とデータの回収をつくば～御前崎間において行い、リアルタイムで重力の時間変化を監視するものである。

2. 研究内容

平成 18 年度までの本研究において、つくば～御前崎間の試験的な遠隔操作による FG5 の自動運転とデータの回収を行ってきた。

当初遠隔操作を実施した FG5 は 104 号機のみであった。そこで、201 号機、203 号機の 2 台についても遠隔操作が可能のように改造を加え、FG5 を交互に入れ替えて観測を行うことにより、長期にわたる連続観測にも対応できるよう整備を行ってきたところである。

一方、FG5 は導入から 10 年以上が経過し、老朽化の影響と思われるトラブルが相次いで発生している。近年特に目立つトラブルは、落下槽で自由落下後の試験落体をうまく受け取れずに観測が停止するというものである。これに対処するため、試験落体を上下させるベルトの張力を調整することがあるが、調整後に自然にベルトの張力が緩んだり、逆にきつくなったりしてしまい、解決できないことが多発した。平成 18 年度の御前崎における 104 号機の自動連続観測の際や、今年度つくばねにおける FG5 の比較観測を実施した後、メンテナンスから戻って間もない 201 号機と、立て続けに同様なトラブルに見舞われている。試験落体をうまく受け取れないと FG5 は自動的に観測を停止し、スタンバイモードに切り替わる。これを解除するには現地ボタンを押さなければならないが、一旦この症状が現れると、観測を再開しても数セットの間に再び観測が停止する可能性が高い。このトラブルは自動連続観測の実施に大きな支障となっている。

したがって、今年度は老朽化した FG5 の落下槽およびルビジウム時計を新規に調達し、次年度自動連続観測の準備を行うとともに、長期的な連続観測を行う場合の観測条件について検討を行った。

3. 得られた成果

①落下槽の調達

FG5 一式を新規に調達することが理想的であるが、これには約 7,000 万円と高額な費用が発生するため、現実的には困難である。そこで、今年度は予備の落下槽を新規に 1 台調達することを検討した。

近年の FG5 のトラブルの中でも最も多いのが落下槽に係るものである。落下槽には試験落体を上下さ

せるためのモーター、ベルト、カート等多くの可動部分があるために、トラブルも多いと考えられる。これまで重力係では落下槽に不具合が発生した場合、応急処置的に3台の落下槽を相互に交換して観測を実施してきた。落下槽のみの購入をメーカーに問い合わせたところ、購入は可能であり、現在国土地理院で所有する3台とも互換性を確保することも可能ということが確認できた。また、落下槽は1台ごとに精密な電子回路で構成されたコントローラで調整されなければならないため、落下槽とコントローラとあわせて購入することとした。今回予備の落下槽を調達したことで、仮に落下槽が3台とも故障したとしても、地理院内における調整でFG5を組み立てることが可能になり、全く観測ができないという最悪の事態を避けられることになる。

②ルビジウム時計の改良

FG5は周波数標準としてルビジウム時計を使用しており、この周波数の変化は重力値に直接影響を与える。したがって、周波数の安定したルビジウム時計が求められるが、現状のFG5内蔵のルビジウム時計は、各種電源が一極に集まり発熱量も大きいパワーサプライ内に格納されており、ルビジウム時計の発熱量も大きいことを考えると好ましい状態ではなかった。平成18年度に外付けルビジウム時計を1台購入し、このルビジウム時計が問題なく使用できることを確認できた。そこで、今年度は全てのFG5に搭載するため外付けのルビジウム時計を新たに2台購入した。今年度購入したルビジウム時計は、周波数の安定化のためGPSの信号でルビジウムの周波数を校正することを検討し、GPSを搭載することが可能なモデルを採用した。今年度は予算の関係で対応できなかったが、次年度はGPSを利用したルビジウム時計の改造を実施したい。

③観測条件の検討

FG5は真空中で試験落体を自由落下させ、落下した距離と落下に要した時間から、1回の落下ごとに重力値を求める。しかし、落下回数が多くなると、試験落体を支えるタングステンボールが落下時の衝撃で徐々に摩耗し、試験落体が傾斜するため、重力値に系統的な誤差を与えてしまう。タングステンボールの交換は、米国のメーカーに返送して実施しなければならない。メーカーによれば、タングステンボールの耐久性は概ね20万回である。国土地理院の標準的な絶対重力観測は、1セット60分であり、40分間に15秒間隔で160回落下させ、20分休止する方法で行っている。この観測方法では52日間で落下回数が20万回に達する。自動連続観測を年間稼働させるためには、休止時間を増やすなど適切な観測方法の検討が必要である。平成14年度に御前崎における試験的な観測は、1セット60分、25分間に15秒間隔で100回落下させ、35分休止する方法で行っていた。このときは平成14年9月下旬から平成15年3月の間に、2か月程度の休止期間を含むものの、比較的安定した観測が実施されており、この観測条件が1つの参考となるかもしれない。

4. 結論

今年度は、FG5の老朽化の影響と見られるトラブルへ対処するため、FG5の落下槽およびルビジウム時計を新規に調達し、次年度自動連続観測を実施するための準備と適切な観測条件の検討を行った。長期間の連続観測を実施した場合は落下回数が非常に多くなるので、落下槽のトラブルを回避するためにいかに効率的な観測条件の設定を行うかが重要となる。次年度は、実際にデータを取得することにより適切な観測条件の検証を行うとともに、御前崎における重力変化をより詳細に調査し、リアルタイムの監視につなげていきたい。