

絶対重力計 FG5 による自動連続観測の研究（第 3 年次）

実施期間 平成 15 年度～
測地部物理測地課 平岡 喜文 本田 昌樹

1. はじめに

国土地理院が所有する絶対重力計 FG5（以下 FG5）は $10^{-8}[\text{m/s}^2]$ の精度を有しており、地殻変動、地下水水位変化、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ができ、地震・火山活動調査や地球内部ダイナミクスなどの解明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 のシステムでは遠隔操作ができないため、観測スケジュールの入力やデータの回収を作業員が現地に赴き行っている。そのため重力の時間変化の検出は、つくば以外では長期にわたる連続観測を行うことができず、一回が数日間にわたる観測を一定期間空けて繰り返す、いわゆる繰り返し観測で行っている。本研究は FG5 に改造を加え、つくば及び御前崎において遠隔操作による自動運転とデータの回収実験を行い、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

遠隔操作を行えるよう FG5 に改造を加えるとともに、リアルタイム監視システムを構築する。平成 17 年度は、FG5（201 号機、203 号機）の制御 PC を遠隔操作が行えるよう改造を加え、国土地理院が所有する 3 台すべての FG5 で遠隔操作が行えるよう整備した。また、遠隔操作による連続観測を行った場合の FG5 のハード的な問題点の調査を行った。

3. 得られた成果

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重力値を求める。試験落体はカートの中に納められ、止まった状態では 3 個のタングステンボールを支点にしてカートに釣られている。このタングステンボールは落下時の衝撃で徐々に摩耗し、摩耗が進むと試験落体が釣られた状態で傾くようになる。傾いたまま試験落体を落下させると重力値に系統的な誤差を与えてしまうので、タングステンボールがある程度摩耗したら交換する必要がある。タングステンボールの交換には特殊な工具が必要で、交換するには落下槽を米国のメーカーに送り返さなければならない。メーカーの話によると、タングステンボールはおよそ 20 万落下ごとに交換する必要がある。観測では 1 日に 2,400 回程度落下させるので、3 ヶ月ごとに交換しなければならないことになる。長期にわたる連続観測を行うには、複数台の FG5 を準備しておかなければならない。今年度までに 3 台の FG5 すべてを遠隔操作が行えるよう整備したことで、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が可能となった。

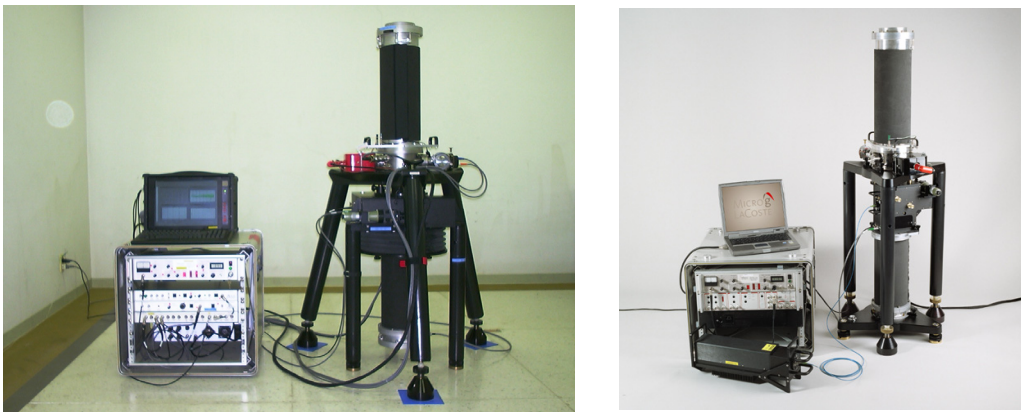
今回、FG5 に導入した遠隔操作が可能なシステムは、コントロールユニットに接続された制御用 PC を、AT&T ケンブリッジ研究所で開発された VNC ソフトウェアを使用して制御するもので、観測の開始・停止、観測スケジュールの設定や観測データの転送が可能である。しかし、このシステムはレーザーやスーパースプリングの調整、さらに本体の姿勢の調整までは制御できない。

現在、FG5 に搭載されているヨウ素安定化 HeNe レーザーからは 7 つの波長の光が発せられ、発せら

れる光の識別は、あらかじめ読み取っておいたレーザー出力の一次微分の値をもとに制御用 PC で判断されている。レーザー出力の一次微分の値は時間的に大きく変わるものではないが、少なくとも 1 ヶ月に 1 度は点検が必要である。近年、FG5 に搭載可能となったオフセットロックヨウ素安定化 HeNe レーザーは、完全な自動操作が可能である。このレーザーを導入すれば、レーザーの問題は一定解決される。

長期にわたる設置の間には FG5 本体が傾斜することが予想される。FG5 本体が傾斜すると重力値に系統的な誤差を与えてしまうので、現在のシステムでは定期的に点検し調整しなければならない。最新のコントロールユニットでは、FG5 本体に取り付けられた傾斜センサーから傾斜量を読み取り、補正を加える仕組みになっている。また、このコントロールユニットは、スーパースプリングの球位置の調整が自動またはリモートで行える。最新のコントロールユニットを導入すれば、FG5 本体の姿勢の問題、スーパースプリングの制御の問題とも解決される。

参考までに、現在、国土地理院が所有する FG5 と最新の FG5 のシステムを写真－1 に示す。



写真－1 FG5 のシステムの比較

左が現在、国土地理院が所有する FG5 のシステム、右が最新の FG5 のシステム（ただし、レーザーは旧型を使用）。

4. まとめ

平成 17 年度は、国土地理院が所有する 3 台の FG5 すべてに、制御 PC を遠隔操作が行えるよう改造を加えた。現在の落下方式の FG5 では部品の摩耗が避けられず、一定期間ごとに消耗部品を交換しなければならないことから、長期にわたる連続観測を行う場合には、複数台の FG5 を準備して一定期間ごとに交代させていかなければならない。3 台の FG5 を交互に入れ替えて観測を行えば、長期にわたる連続観測が可能となった。

現在のシステムでは少なくとも 1 ヶ月に 1 回は、レーザーや FG5 本体の傾斜の点検のため現地に赴く必要がある。最新のコントロールユニットは、スーパースプリングの球位置の調整が完全に自動化され、また、FG5 本体の傾斜の影響を補正することが可能である。また、近年、FG5 に搭載可能となったオフセットロックヨウ素安定化 HeNe レーザーは、完全な自動操作が可能である。現在のシステムに最新のコントロールユニットとオフセットロックヨウ素安定化 HeNe レーザーを導入すれば、現地へ赴く回数は大きく削減されると期待される。