

地殻変動連続観測に用いるセンサ用アンプのキャリブレーションについて

小松 信太郎

京都大学防災研究所 技術室

1. はじめに

京都大学防災研究所付属地震予知研究センター宮崎観測所では、フィリピン海プレートの沈み込み地帯であり地震活動の活発な日向灘を研究標的として、観測坑道内（以下坑道内）で地殻変動連続観測を実施している。観測機器である伸縮計、及び水管傾斜計のセンサ部には、差動変圧器を使用し、出力されたデータは専用アンプで増幅して、データロガーで記録している。

坑道内は、湿度が非常に高く、電子機器の故障が頻繁に生じる。そのため、予備の専用アンプを用意し、故障が発生した場合はすぐに交換できるようにしている。専用アンプの交換後は、キャリブレーションにより、感度を決定しなければならない。しかし坑道内でキャリブレーションを行うと、その時間は観測が止まってしまう、データが欠測してしまう。また作業終了後に再びセンサ部の位置調整をしなければならない。そのため、事前に専用アンプのキャリブレーションを実施し、感度を決定することで、データの欠測時間を短縮でき、交換作業時の作業効率を短縮することができる。本稿では、専用アンプの使用前に実施するキャリブレーション、及び感度決定について報告する。

また地殻変動連続観測では、 10^{-8} ～ 10^{-10} の非常に小さなひずみ変化を計測しているため、温度変化が観測データに及ぼす影響を考慮しなければならない。そのため、温度変化の小さい坑道内で観測を実施している。キャリブレーションとは別に実験したセンサ部、及び専用アンプの温度変化の影響についても報告する。

2. キャリブレーション

観測機器のセンサ部には新光電気（株）社製の 1591-9D 形の差動変圧器を使用している。また専用アンプも同社の#1050 LVDT 用変位計カードを使用している（表 1）。測定誤差を小さくするため、キャリブレーション用に伸縮計センサ部を改良した実験用装置（図 1）を使用して測定した。専用アンプはプリアンプを有効にし、出力値を 5 倍に設定した。キャリブレーションの手順は次の通りである。

- ・実験用装置のマイクロメータで、差動変圧器の位置を動かし、出力値を読み取る。
 - ・マイクロメータで、 $\pm 0.04\text{mm}$ 移動する。
 - ・出力値の+方向と-方向（図 2）それぞれの場合を測定する。
 - ・+方向、-方向それぞれ 2 回測定する。
- ※プリアンプ 5 倍を有効にする

表 1 仕様の概要

差動変圧器 (1591-9D)		専用アンプ (#1050)	
直線範囲	$\pm 2.5\text{mm}$	感度	1mm/5Vdc
感度	0.294V/mm	ゼロ安定度 (アンプ単体)	$\pm 20\text{ppm} \cdot \text{FS}/^\circ\text{C}$ typ
励磁	5V 3kHz	スパン安定度 (アンプ単体)	$\pm 50\text{ppm}/^\circ\text{C}$

測定結果（図 2）から、センサ移動後の出力値の平均差を求め、センサ移動量の $\pm 0.04\text{mm}$ から感度を決定した。計算結果、使用した専用アンプの感度は、 $0.03994\text{mm}/\text{V}$ となった。専用アンプの仕様（表 1）では、差動変圧器を使用した場合の感度は $1\text{mm}/5\text{Vdc}$ となっているが、今回プリアンプを 5 倍にしているため使用上の感度は、 $1\text{mm}/25\text{Vdc}$ ($0.04\text{mm}/\text{Vdc}$) である。測定結果から求めた感度と仕様に記載された感度は、ほぼ一致しており、特定の出力値だけで変位差が大きくなることもなく、どの位置でも変位差がほぼ等しくなった。

3. 温度変化の影響

実験用装置（図 1）のセンサ部を任意の位置で固定し、 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 温度変化のある場所で実験を行った。温度変化に伴い、出力値が変化していることが分かる（図 3）。最大値における温度計数を求めると、 $-0.0177\text{V}/^{\circ}\text{C}$ となり、感度をかけると $-7.0 \times 10^{-4}\text{mm}/^{\circ}\text{C}$ になった。実験結果から求めた温度計数は、実験用装置の温度変化も含まれているため、アンプ単体の安定度（表 1）よりも大きな値になった。

4. 結果と今後の展望

温度変化に対する実験結果より、センサ、及びアンプの出力値は温度変化の影響を大きく受けることが確かめられた。温度変化の影響を考慮するためには坑道内での温度計測が不可欠である。また仮に 0.1°C 温度が変化した場合、求めた温度計数からセンサの出力値が $-7.0 \times 10^{-5}\text{mm}$ 変化したことになる。この値をひずみに変換すると 10^{-9} 程度となる。実際の計測データからは、これが地殻変動によるひずみ変化なのか、或いは温度変化による変化なのか判断することはできない。そのため、出力値に含まれる温度変化の影響を 10^{-10} の精度で補正するには分解能が 0.01°C 以上の精密な温度計測が必要である。

今後の課題は、実際に温度変化の少ない観測坑道においてどの程度温度変化が出力値に影響するのか、検証することである。微小な温度変化を捉えるために、より分解能の高い（ 0.01°C 以上）温度計で計測する必要がある。

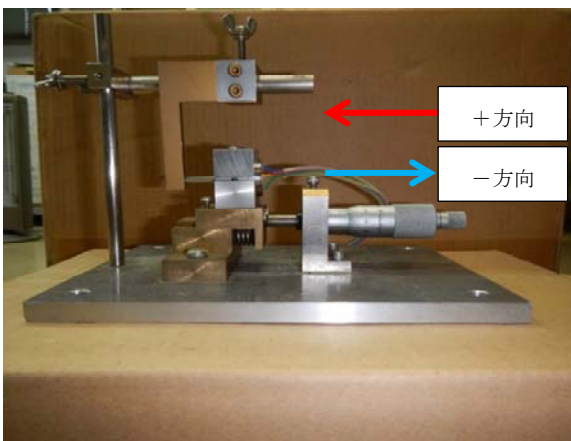


図 1 実験用装置

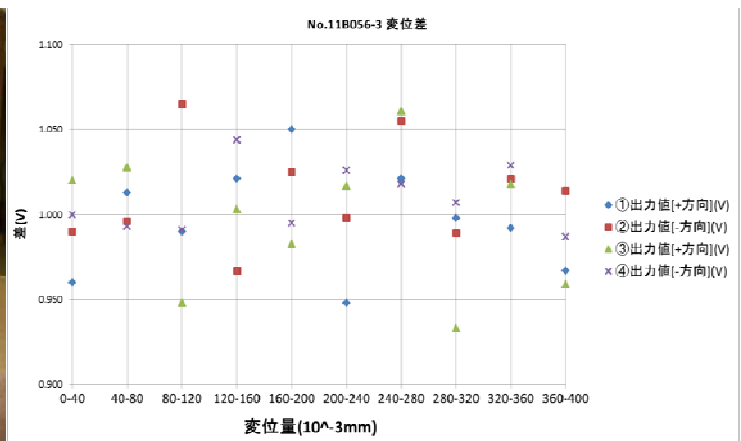


図 2 キャリブレーションで得られた値

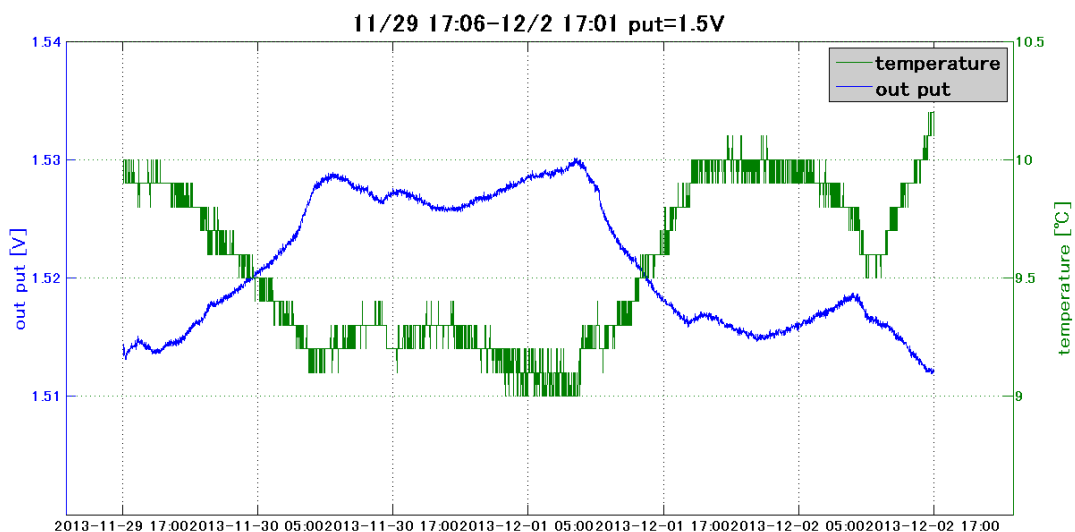


図 3 温度変化による影響