

# やや本格的な教材用地震計の製作

Semi-Professional Style Seismometers for Educational Use

岡本 義雄

Yoshio OKAMOTO

大阪教育大学

Osaka Kyoiku University

e-mail: yossi@cc.osaka-kyoiku.ac.jp

概要：アルミ材など非鉄金属を主体として、やや本格的な教材用地震計を製作した。ネオジム磁石と自作コイルで電磁センサを構成した。信号は Arduino Uno を用いて PC に取り込み、自作ソフトで波形表示と記録を行う。遠地地震用に回路定数を調整し、海外の地震などの観測にも用いることができる。

キーワード： 地学教材, 地震計, ネオジム磁石, Arduino, PC

## 1. はじめに

最近開発した簡易型地震計センサ (岡本, 2015) の比較対照用に、やや本格的な教材用として用いる地震計を製作したので報告する。この地震計のプロトタイプは岡本 (1990) に遡る。今回センサ部について強力なアルニコ円形磁石を用いて磁気回路の形も変更、振り子主部と筐体はアルミ材に変更した。また記録系には最近イタリアで開発され、計測研究分野でのブレイクスルーと言える電子回路基板 Arduino Uno を用いて全体をリニューアルしてみた。図1は全体の構成図を示す。

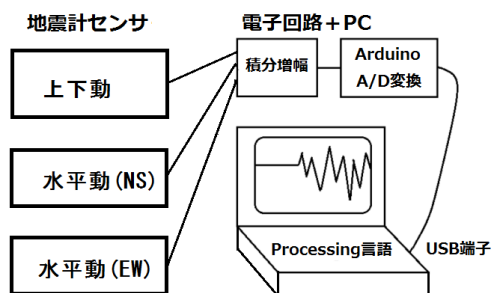


図1. 製作した地震計のシステム図

## 2. 地震計センサ部の製作

地震計は3成分 (上下動1台, 水平動2台) で1セットを構成する。

### <電磁センサ>

オーディオ用スピーカーを解体したプロトタイプとは異なる形式に改良した。強力かつ安価な円形ネオジム磁石 ( $\phi 2\text{cm}$ , 5mm厚を2個重ね) を用いた。図2にセンサ部の写真を示す。ネオジム磁石2個+隅金2個でU字型の磁気回路を構成。この磁極の間にアクリル板とパイプで製作したボビンにウレタン線を巻いたコイルが入り、震動による信号を生じ

させる。コイルは初期には手動ドリルで、あとでは卓上旋盤を用いて $\phi 0.26\text{mm}$ のウレタン線を約4000回程度巻いた。このコイルの上下 (あるいは左右) にU字型磁気回路を2個組み合わせることで、コイルと磁石の相対位置の変化による感度の変動をおさえるように工夫している。さらに地震計として重要な振子の制動 (ダンピング) は、コイルに巻いたアルミ板 (右写真参照) に流れるうず電流と、アンプの入力抵抗の電磁制動の2本立てにしている。



図2. 電磁センサ部の写真 (上下動)

### <振り子>

上下動はラコステ吊り、水平動はスウィングゲート型を踏襲した。図3に振り子の構造を示す。錘は真鍮丸棒から切り出して旋盤加工。アルミアングル, アルミ厚板などを部材に用いた。

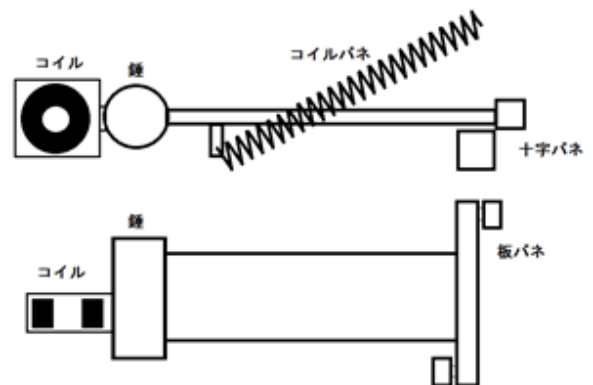


図3. 振り子の構造 (上: 上下動, 下: 水平動)

### <振り子支点部>

アルミアングルとアルミ角材で構成し、板バネは磷青銅薄版(0.1mm厚)を切って用いた。上下動は十字バネ、水平動は通常の板バネで力の向きが引っ張り力になるよう設計している。

### <上下動の吊りバネ>

ピアノ線のバネ(φ1.6mm 巻径20mm)を15cm程度の長さに切断して使用。初期長が短く振り子の周期を伸ばすのには好都合であるが、逆に気温の変化に敏感で長さが変化するため、常に振り子の位置調整が必要となる(後述)。

### <筐体>

底板、柱部分などもアルミ厚板、アルミアングルを用いた。全体を組み立て後、アクリル板を切断して接着したケースに入れた。ケースは風の影響を防ぐため必須である。図4に全体写真を示す。



図4. 地震計全体写真(一番手前が上下動)

### 3. 電子回路と信号処理ソフトウェア

速度比例の電磁式センサ信号を教材に適するように変位に変換するために積分増幅回路を通す(回路等は紙面の都合で省略)。積分回路の定数は試行錯誤の上、下限を60秒とした。長周期(海外など遠地の地震)の感度が増大したが、その分アンプの調整はクリティカルになりノイズ除去や設計に時間を要した。アンプからのアナログ信号は次にArduino基板で10ビットAD変換され、USB端子からPCに入力される。信号処理ソフトウェアとして、ArduinoIDEとProcessing言語(いずれもフリーソフト)を使用する。OSを選ばないために様々な機器で使用が可能。

ArduinoIDEでArduino基板からの信号のシリアルUSB入力を行い、Processing言語で3成分のリアルタイム波形表示とデータ保存(画像と数値)を行う。サンプリングは100Hzで10分間の画像と数値データ

の3ch分を逐次PCのHDDに保存する。保存に伴う欠測時間は1秒以内と高速である。観測用PCには廃棄処分されたWindowsXPノート機にLinuxMint17をOSとしてインストールし直して用いている。

### 4. 地震計の設置

大学の研究室(大阪府柏原市の山上キャンパス内、建物の3階部分、3成分:上下動+水平動2成分)と自宅(大阪狭山市の住宅地、1個建て木造住宅の2階、上下動のみ)の2ヶ所に設置して試験観測を行っている。水平動は傾斜に敏感で、設置に手間を要するが、一旦設置されるとメンテの必要は少ない。それに比して上下動は、前述したように室温変化の影響を受けやすく、必要に応じて振り子上面に置いた振り子位置調整用の錘を動かして、振り子の水平(センサー位置)を調整する必要が生じる。

### 5. 観測記録波形例

観測記録例として今年4月に発生したネパールの地震のあとの最大余震波形を示す。

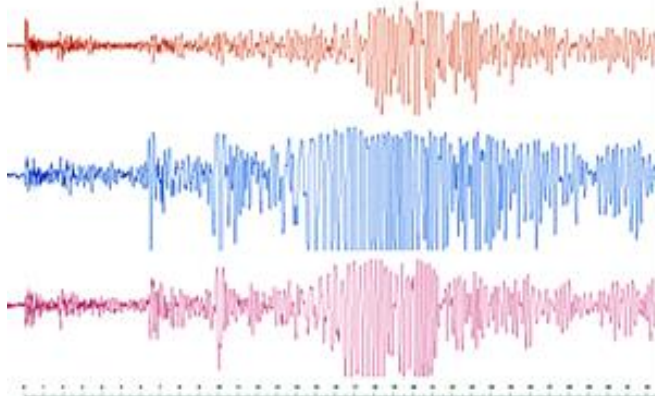


図5. Nepalの地震(M7.8)の余震2015年5月12日M7.3, 大阪府柏原市(上から上下, 北北西-南南東, 東北東-西南西成分)。P, S相のほか、PP, SS相とそれに遅れて表面波の分散などがきれいに記録されている。時間尺は分。

### <文献と謝辞>

岡本義雄(1990):高感度地震計システムの製作と活用, 東レ理科教育賞授賞作品集21, 54-57  
 岡本義雄(2015):教室でできる地学実験「ANB地震計を作ろう」, 日本地震学会広報紙「なみふる102号」, 4-5  
 開発に科研費基盤(C)No. 25350200を使用した。