

# 身近なものを用いた地震計の製作

## 大森係数の測定

### Making a Seismometer with Daily Materials Measuring the Omori Coefficient

#### Abstract

We built a seismometer and found out the Omori distance coefficient. An earthquake (magnitude 5.9) in the northwestern part of Chiba prefecture was recorded. From these data, we calculated the velocity of P-wave (6.9 km/s) and S-wave (4.0 km/s), S-P time (51 s), and Omori coefficient (9.4 km/s). We'd like to improve our seismometer as an omnidirectional.

#### 1. はじめに

近年、南海トラフ地震の発生がますます危惧されている。そんな中、地震計やその記録から震源距離を求める大森公式に興味を持った。そこで身近なもので地震計を自作し、そのデータから大森公式の係数を求めることを目標にした。地震計はすでに製作に関する記事（岡本，2015）があったので、これを参考にした。

#### 2. 研究方法

##### (1) 地震計の製作

##### ① センサー部の製作（振り子とコイル部分）

- L字金具を2枚重ねてナットとボルトで止める。
- ネオジウム磁石を2つずつN極とS極が向かい合うように貼る。
- アクリル板2枚のアクリル円筒、ポリウレタン銅線を用いてコイル部分を製作する。  
(コイルは3000回巻き)

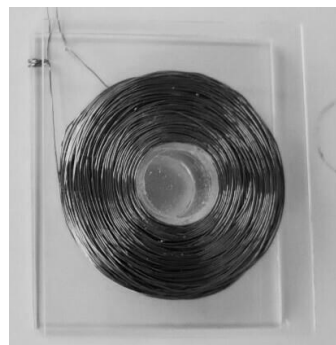
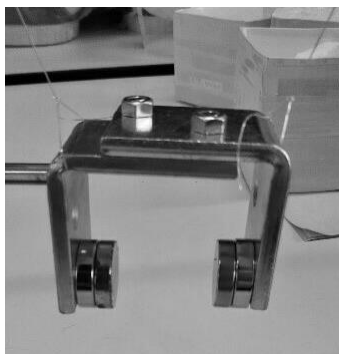


図1 製作した振り子(左)とコイル部分(右)

## ②回路製作

- ブレッドボードに OP アンプ LM358N、電解コンデンサ( $100\mu\text{F}\times 1$ 、無極性  $10\mu\text{F}\times 1$ )、セラミックコンデンサ( $0.1\mu\text{F}\times 3$ )、抵抗( $1\text{k}\Omega\times 2$ 、 $10\text{k}\Omega\times 2$ 、 $100\text{k}\Omega\times 3$ )などを差し込む。
- Arduino UNO というマイコンと回路を接続する。

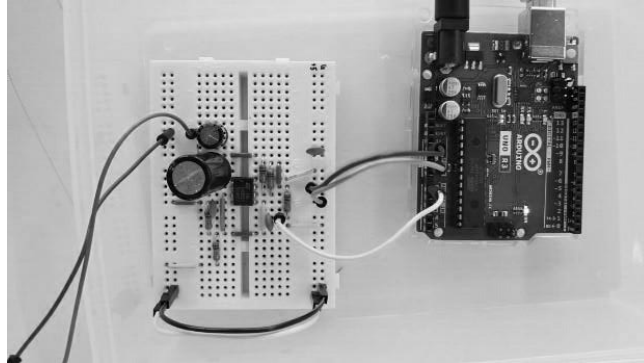


図 2 製作した回路(左:ブレッドボード 右:Arduino UNO)

## ③ソフトウェア・ハードウェア設定

回路と繋ぐ PC には、Arduino IDE や Processing というプログラミング言語を使用し、観測を行う。

### (2)地震の観測

- 本校屋上の天文ドームにて実施する。
- 約 1 週間ごとに、得られた PC 上の波形の解析や、実際の地震との比較を行う。

### (3)地震波の解析

- 約 1 週間ごとにパソコンの画面上の波形の解析をする。
- 10 分ごとに保存されたデータを目視で確認し、大きな波が突然現れるところを見つける。  
見つけた波と実際の地震の時間(気象庁 | 震源リスト (jma. go. jp))と比較して、地震かどうかを確かめる。

### (4)数値の計算 (P 波、S 波の速度、大森係数の算出)

#### ①数値データの取得

- 震源の深さ…(気象庁 | 震源リスト (jma. go. jp))から取得する。
- 震央距離… 2 地点間計算サイト (<https://keisan.casio.jp/exec/system/1257670779>)を用い、学校と震源地の緯度・経度から求める。
- 震源距離…震源の深さと震央距離から三平方の定理を用いて求める。
- 初期微動継続時間(以下、P-S 時間)…Excel で作成した地震波形のグラフから、P 波と S 波の到着時刻を推定する。その P 波と S 波の到着時刻の差をサンプリング周波数(1 秒間にとるデータの個数)100Hz で割り、求める。

### (5)P 波、S 波の速度、大森係数の算出

- ①ファイルに保存された地震波形の数値データを Excel に入力する。

- ②その数値データを折れ線グラフにして、地震の波形のグラフを作成する。  
この際、グラフの縦軸に A/D 変換数値(ファイルに保存される地震波形の数値データ)、横軸に秒数をとる。(サンプリング周波数 100Hz で観測を行っていたため、もともとの秒数をサンプリング周波数で割ったものを秒数としてグラフに表記した。)
- ③Excel の折れ線グラフの、P 波と S 波の到着推定時刻の差から P-S 時間を求める。
- ④PC 上の波形における推測した地震発生時刻と実際の地震発生時刻の差と震源距離から P 波の速度を求める。
- ⑤大森公式を用いて、震源距離と P 波の速度、P-S 時間から、S 波の速度を求める。
- ⑥大森公式を用いて、P 波と S 波の速度から大森係数を求める。

### 3. 実験結果

2021 年 10 月 7 日 22 時 41 分 23 秒に千葉県北西部で発生した深さ 75km、M5.9 の地震を観測することができ、大森係数を求めることができた。

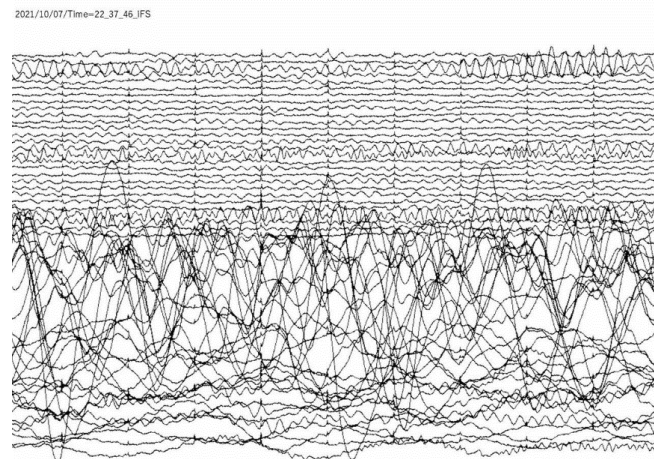
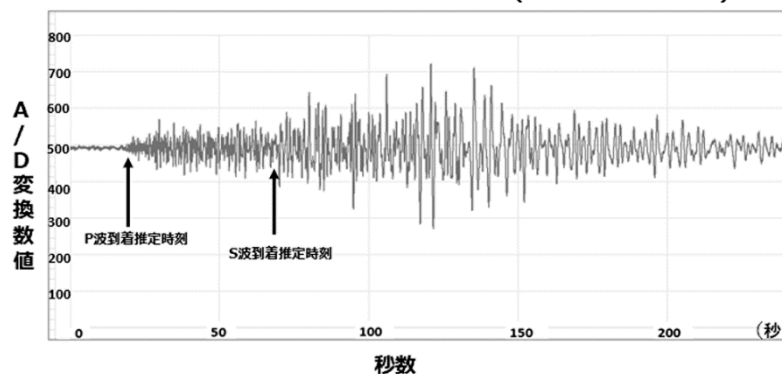


図 3 千葉県北西部地震波形 (PC 上)

グラフ 1 千葉県北西部地震波形(Excelにて編集)



<計測値>

- ・ P 波の速度 6.9km/s
- ・ S 波の速度 4.0km/s
- ・ 初期微動継続時間 51s

- ・大森係数 9.4km/s (以上の計測値から大森係数を求めた。)

#### 〈S波の到着推定時刻の根拠〉

S波が到着したと考えられる点からは、波の間隔が、S波が到着するまでの波の間隔よりも広いため、グラフ1上の点をS波到着時刻と推定した。

#### 4. 考察

南北方向の揺れは計測することができたが、東西方向の揺れにはノイズが入ってしまい、計測することができなかった。

考えられるノイズの要因としては、アンプの接触不良、アンプの倍率の上げすぎ、電車による振動、風による振り子の振動などが考えられる。

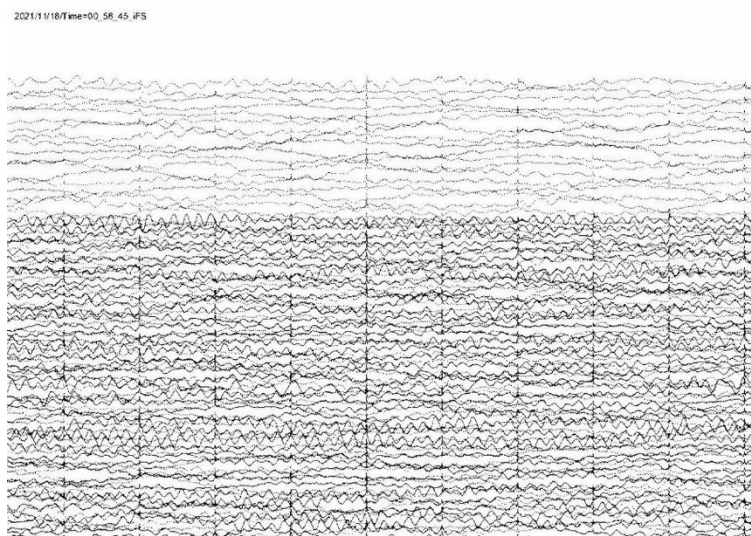


図4 波形上のノイズ

大森係数については、教科書の値よりも大きい値になってしまった。そこで、この点に関して研究を指導していただいた岡本先生に伺った。すると、大森係数は教科書の値よりも大きい値になるということを地震の専門家と論文で、すでに示している(加藤・岡本, 2016)ということが分かった。そのため、教科書の値は将来書き換わり、今回得られた大森係数は信頼性の高い数値だと分かった。

#### 5. 今後の課題

東西方向の地震計を改良し、より多くの地震での大森係数の測定を行う。

#### 6. 参考文献

- ・強震動の基礎：I-3.3.2 (bosai.go.jp) 防災科学技術研究所 (2021年12月11日参照)
- ・教室でできる地学実験「ANB地震計を作ろう！その1,2,3」 岡本義雄 日本地震学会広報紙「なみふる」 2015、2016 No.102~104 4-5, 5-6, 6-7
- ・「理科教育で用いられる距離に関する大森係数について」 加藤護・岡本義雄 2016 地震 第2輯 69, 35-39