

## 短時間で製作できる地震計教材の考案

浦野幸子<sup>\*†</sup>・酒井慎一<sup>\*\*</sup>

### Simple Educational Kit of the Seismometer

Sachiko URANO<sup>\*†</sup> and Shin'ichi SAKAI<sup>\*\*</sup>

#### はじめに

学会の子供向け講習や研究所の一般公開等において、小学生から高校生を対象とした体験型講座（工作教室）を行うことがある。これらの講座は、ものづくりの達成感や、作ったものを通して科学に対する関心を持ってもらいたいとの意図から企画される。一方で数十分から数時間以内の短時間で、できるだけ多くの参加者に対応するには、講座の内容を工夫する必要がある。今回は特に地震学への関心を高めるため、題材として地震計を選び、地震計のしくみを学ぶことができる手作り教材を考えたので紹介する。

地震計は、振り子とおもりを使って地面のゆれを測る装置である。振り子に取り付けられたおもりは、地面の速い動きに対して不動点となるため、地面とおもりとの相対的な位置の変化を測ることで地面の動きを知ることができる。電磁式地震計はその検出部において、地面と不動点（おもり）間の相対速度を、電磁誘導現象を用いて電気信号として出力する。たとえば、コイルを地面に固定し、その中を振り子のおもりに見立てた磁石が動くと、コイルには誘導起電力が生ずる。この検出部を簡単に手に入るもので自ら製作し、自分たちで地面のゆれを測ることができるということが、振り子を含めた地震計全体のしくみの理解や地震現象そのものに対する関心につながると考えた。

2014 年度の地震研究所一般公開において工作教室「コイルと磁石で地震センサーをつくろう」を開催した。これはコイル内部の磁石の動きによりコイルに生じた電圧を増幅し LED を点滅させるものであった（図 1）。このような増幅回路を併用する構成の場合、コイルは 2~3 回巻いた

だけでもセンサーとして機能するため工作が容易な反面、増幅回路で乾電池を使用しているため、コイルで電気が発生しているということが伝わりにくいのではないかとこの危惧があった。そのため、電磁誘導現象のデモンストレーション用として、増幅回路不要のコイルセンサーを製作した。このセンサーは、コイル、磁石、LED のみの単純な構成であるが、コイルの製作に手動のコイル巻き機を使用して 30 分かかっており、工作教室内で製作するには適さない。そこで、手軽に工作できるよう工夫をし、更にセンサーのゆれをパソコンで表示することができる地震計を考案したので以下に報告する。

#### 回路の構成

改良にあたり、電源を使用しないことと、工作の容易さに加え、材料の入手も容易で安価であることに留意した。

誘導起電力はコイルの巻き数と磁石の強さに比例する。強い磁石は高価であり取扱いづらいため、入手しやすい磁石を用いると巻き数を増やす必要がある。コイル内に磁石

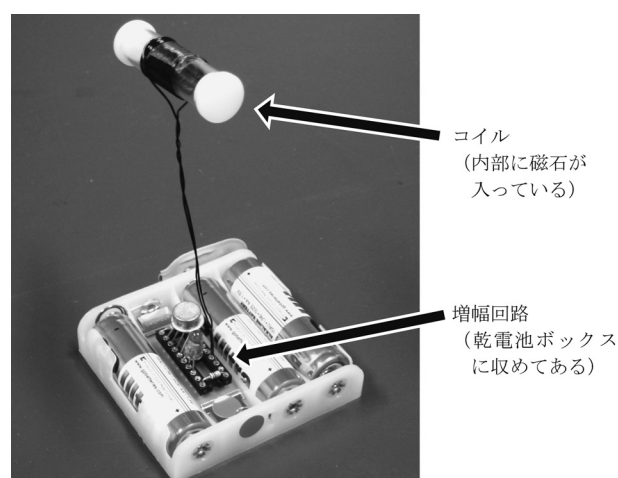


図 1. 今回製作した教材の元となった、増幅回路を併用した地震計教材

2015 年 9 月 30 日受付, 2016 年 1 月 13 日受理.

<sup>†</sup> urano@eri.u-tokyo.ac.jp

<sup>\*</sup> 東京大学地震研究所技術部技術開発室

<sup>\*\*</sup> 東京大学地震研究所観測開発基盤センター

<sup>\*</sup> Laboratory for Technical Service and Development, Technical Division, Earthquake Research Institute, the University of Tokyo.

<sup>\*\*</sup> Center for Geophysical Observation and Instrumentation, Earthquake Research Institute, the University of Tokyo.

を入れ、手で軽くふることでLEDが点灯するまでコイルを巻いていったところ約1500回巻く必要があった。そこで市販のコイルの利用を考えたが、LEDの点灯に必要な巻き数のものは高価である。また、手巻きであっても1500回巻きのコイルに必要な導線の価格は1000円程度かかるため、巻き数を減らす工夫をした。

コイルの巻き数を少なくした場合、すなわち発生する電圧が低い場合でもLEDを点灯させるため、LEDドライバーを使用することにした。これは乾電池1本でLEDを点灯させることに特化したIC(昇圧型スイッチングレギュレーターの一種)で、LEDを用いた懐中電灯等の製品に使用されている。LEDドライバーのひとつ、CHIP LINK SEMICONDUCTOR社製CL0117はデータシートによると外付け部品として47 $\mu$ Hのインダクターを使用することが推奨されている。しかし実際に試したところ、インダクターを接続した方がより低い入力電圧でLEDを点灯させることができるものの、インダクターを接続しない場合と比べてその差は0.1V程度であり、工作の容易さから外付けインダクターは使用しないこととした。LEDドライバーICを併用した場合、コイルは400回巻でもLEDを点灯させることができ、LEDドライバーICを使用しない場合と比べて4分の1程度の巻き数で済むことが分かった。必要なエナメル線は約20mで筆者が手で巻いたところ所要時間は約10分であった。

### パソコンによる波形の表示

更に発展学習として、このように製作した電磁誘導式センサーからの出力を波形として見られるようにした。工作教室参加者が自宅でも実験することを想定し、オシロスコープではなく、パソコンを使用することとした。一方がマイク端子、もう一方にみの虫クリップのついたケーブルで、手作りの電磁誘導式センサーをパソコンに接続した。

信号を表示するために、「音オシロ」というソフトウェアを使用した(北海道立教育研究所附属理科教育センター、参照2015)。また、木材に磁石を貼りつけた台を用意し、磁石同士の反発力でセンサーのコイル内部に磁石を保持させた。この状態でも磁石を動かすことで波形をパソコンに表示させることができたが、小さい振動でも見やすくするために、市販のオーディオアンプを使用した。

### 作成の手順

材料リストを表1に示す。本体の作り方は下記の手順による。まず、アクリルパイプ(外形 $\Phi$ 10mm)にポリウレタン線を巻きつける。この際、巻く部分にビニルテープを巻いておくとしべりにくい。また、工作用紙でつばを作っておくとコイルの形が整いやすい。巻き数はカウントせず、あるだけ巻いてもらう。巻き終えたら両端のポリウレタン皮膜を紙やすりで削り、LEDドライバーIC、および、LEDをよじって接続し、セロハンテープでコイルに固定する。次に、アクリルパイプの中に4枚重ねにしたネオジム磁石を入れ、円形のラベルシールを貼ったセロハンテープで両端をふさいで完成である。台は木片に磁石と同じ径の穴を彫り、磁石、アクリルパイプ(外形 $\Phi$ 15mm)を接着剤で貼り付けたものを予め用意しておいた。パソコンに接続するための配線は、モノラルオーディオケーブルとみの虫ケーブルをそれぞれ半分に切断し、切断した部分の被覆をむいておいたものを参加者に渡し、ケーブル同士をよじって接続し、製作してもらった。製作した教材の写真を図2、図3に示す。

2014年11月に行われた日本地震学会主催のイベント「親と子の防災教室」で、この教材を用いてみた。小学校高学年を対象としたが、エナメル線がからまってしまったり、パソコンでの表示がうまくいかなかったり等のトラブルが発生することを懸念し、保護者と一緒の参加として募集し

表 1. 材料リスト(価格は2014年12月当時、税込)

	材料名	寸法、仕様、型番など	数量	価格
本体	アクリルパイプ	外径 $\Phi$ 10mm, 内径 $\Phi$ 7mm, 長さ60mm	1本	21円
	ネオジム磁石	$\Phi$ 6mm, 2400~2800mT	4個	54円
	ポリウレタン線	$\Phi$ 0.3mm, 長さ20m	1巻	215円
	LEDドライバーIC	CL0117(CHIP LINK SEMICONDUCTOR社製)	1個	25円
	LED		1個	19円
台	木片	30mm立方くらい	1個	12円
	ネオジム磁石	$\Phi$ 6mm, 2400~2800mT	1個	14円
	アクリルパイプ	外径 $\Phi$ 15mm, 内径 $\Phi$ 11mm, 長さ15mm	1本	8円
パソコンとの接続	モノラルオーディオケーブル		半分	80円
	みのむしケーブル		1本分	74円
	オーディオアンプ		1台	108円
その他	工作用紙	20mm $\times$ 20mm	2枚	
	ラベルシール	直径8mm	2枚	
	セロハンテープ, 接着剤		適宜	
	合計			630円

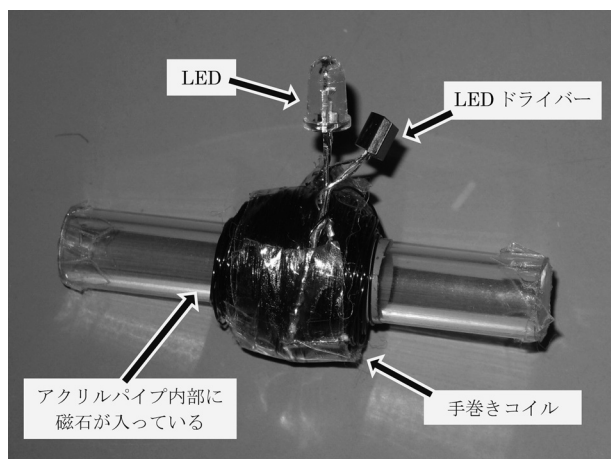


図 2. 今回製作した教材（本体）

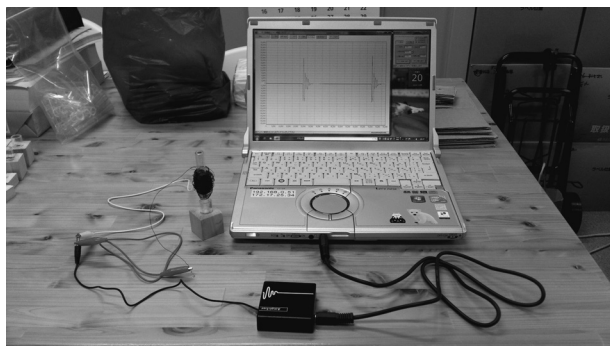


図 3. パソコンとつないで波形を表示

た。しかし、実際に集まった子供たちは、作業が丁寧で要領がよく、先に完成させて親たちの作業の手伝いをしていた。子供たちだけでも十分に可能な作業であったと思われる。

作成したゆれの検知装置は、磁石を埋め込んだ木片の台座上に置くことで、簡単に地震計になる。逆向きの磁力の働きでアクリルパイプ内の磁石が浮遊し、その振動によってコイルに生じる誘導起電力を測定するのであるが、小さい振動ではこの電力は微弱なため、増幅するアンプが必要である。100 円ショップで購入できるような、モノラルアンプでも十分な機能を発揮する。ただし、信号の入力には、最近のパソコンにはあまり装備されていないマイク端子が必要であることが欠点である。今回、使用した表示ソフトはネット上にフリーで存在しているもので、誰にでも簡単に手に入れられるし、インストールも簡単である。しかし、静止画面であるため、リアルタイムに地面が揺れているということを実感しにくい。その一方で、ゆれの波形が静止画面に保存されるため、じっくり見ることができ、揺れの周波数の違いや振幅の変化等の観察には都合が良い。動画も保存できる表示ソフトもあるが、高価になってしまった

め、今回のような一般向けのイベントには、このような簡単なもので十分ではないかと思われる。

参加者は 3 組 8 名で、作業時間は簡単な講義を含めて約 1 時間であった。

### 作業時間の短縮

製作過程の中で、コイルを巻く工程は費やす時間が最も長く、また、導線がからまってしまふ、切れてしまうといったトラブルが起きやすい。これを省くことができれば工作が格段に容易になると考えられる。前述のように空芯のコイルは高価である。一方、電子回路用のコイル（チョークコイル）は安価で入手も容易であるが、磁性体のコアに巻きつけられていて空芯のものがいないため使用できないと当初は考えていた。しかし、コイルの内側で磁石を動かさなくても、コイルの近傍で磁石を動かせば電磁誘導による起電力が得られるのではないかと考え、試してみた。100 mH のチョークコイルをアクリルパイプの外側に取り付け、LED ドライバーを併用した状態でパイプの中の磁石を手で振って動かしたところ LED が点灯することを確認した。また、若干高価で、かつ、外形が大きい LED ドライバーが内蔵された LED を使用することで、更に工作を容易にすることができる。試作の写真を図 4 に示す。

この構成で使用する電子回路用のコイルは、空芯のコイルと異なり磁性体のコアをもつため、アクリルパイプを挟んで磁石がコイルにくっついてしまう。そのため、手で振った時に磁石がコイルから外れるようアクリルパイプを厚くしたり、磁石におもりをつけたりといった工夫が必要である。また、このセンサーは磁石の反発力でコイル内部の磁石を浮かせることができないため、前述の手巻きコイルのように台にとりつけてパソコンで波形をみるといった使い方ができないことが欠点である。しかし大人数に短時間で対応する必要がある工作教室では有用と考えている。

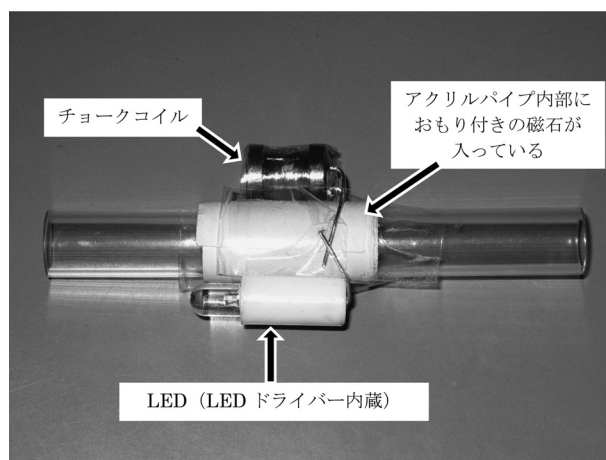


図 4. 電子回路用コイル（チョークコイル）を使用した試作品

## ま と め

地震計のしくみを学ぶことができる教材を考え、学会の子供向け講習参加者に製作してもらった。参加者たちは、電池が無くても LED が光ることで誘導起電力の発生に気づき、単純な仕組みで地震のゆれが測られていることに驚いていた。報道等で知らされている震度は、もっと高級な装置で測定されているものだと思っていたようである。確かに、地震観測点は地震計そのものだけでなく、それを伝送するための機器、安定して稼働させるための機器、それらを納める局舎、設置工事そして電力線や通信回線等さまざまなものが必要であるが、その基本となるゆれを感知する部分は、このような簡単な仕組みでできているということを実感してもらえたと思う。ただし、このゆれの観察自体を地球科学の探求心や防災対策の促進につなげていくには、次のステップの講義を開催するなどして、継続した教

室が必要であろう。

尚、LED ドライバーを使用せずコイルの誘導起電力のみで LED を点灯させるものは電磁誘導の教材としてはポピュラーで、中学校の先生が自作していたり、5000 円程度で市販されていたりもするが、これと同等のものを工作教室の参加者が手軽に製作できるよう工夫した。このような工作教室は定期的に行われるため、随時改良、発案していきたい。

**謝 辞：**査読者の新谷昌人准教授、および、飯高隆准教授には、本稿を改善するうえで有益なご指摘を頂きました。深く感謝いたします。

## 文 献

北海道立理科教育センター, コンピュータオシロスコープソフトウェア「音オシロ」, <http://www.ricen.hokkaido-c.ed.jp/212but-suri-b/oscillo/oscillo.html> (参照 2015-8-21)。