

地震計の仕組みを学ぶ理科教育用教材の開発

～科学実験教室での実践から～

Development of science educational material to learn the mechanics of seismograph

船田 智史

FUNADA Satoshi

I、はじめに

東日本大震災以降、学校安全に関する防災意識の向上のための取り組みが全国的に広がりをみせている¹⁾。文部科学省は、平成24年に学校安全の推進に関する計画も策定し、具体的な方策まで打ち出した²⁾。安全な学校の実現に向けた国レベルの組織的な取り組みが着実にすすみつつある。これらの取り組みに先立ち、平成20年に改訂された現行の学習指導要領では、防災教育に関する記述が充実された。特に理科教育の分野では、地震に関する記述において、前学習指導要領からの変更点が以下のように具体的に明示されている。

小学校では、小学6年において、「(4) 土地のつくりと変化」の単元の中で、「ウ 土地は、火山の噴火や地震によって変化すること」が選択から必修に変更されている。内容の取扱いでは、「大きな地震によって土地に地割れが生じたり、断層が現れたり、崖が崩れたりする。その結果、土地の様子が大きく変化することがある。ここでは、自然災害と関係付けながら、火山の活動や地震によって土地が変化した様子を観察したり、コンピュータ・シミュレーションや映像、図書などの資料を基に調べたりして、過去に起こった火山の活動や大きな地震によって土地が変化したことを推論するとともに、将来にも起こる可能性を考え、土地が変化することをとらえるようにする」とある³⁾。地震に対する興味・関心を高め、土地の変化を中心に災害との関連も含めながら、映像や資料を基に学習内容を深めていくスタイルが述べられている。

中学1年では、第2分野「(2) 大地の成り立ちと変化」の単元において、「ア 火山と地震 (イ)

地震の伝わり方と地球内部の働き」が新たに学習項目となっている。地震の体験や記録を基にその揺れの大きさや伝わり方の規則性に気付くとともに、地震の原因を地球内部の働きと関連付けてとらえ、地震に伴う土地の変化の様子を理解することがねらいとなっている⁴⁾。地震や火山活動についての過去の体験や知識、災害に対する防災や減災など、日常生活や社会との関連に触れながら学習するとよいとされている。また、ここで扱う事物・現象について再現することは困難な場合が多く、地震における具体的な資料や簡単な地震動のモデル実験、コンピュータ・シミュレーションなどを活用して地震及び関連する地学的な事物・現象についての基礎的な理解が得られるようにすると記載されている。具体的には、地震についての体験と地震計の記録や過去の大地震の資料などを基に、その揺れの大きさや伝わり方の規則性に気付かせたり、同一の地震について、震源からの距離の異なる場所に置かれた地震計で観測した記録を調べて、揺れの伝わる速さを推定させたり、地震の揺れがほぼ同心円状に伝わることをとらえさせたりする学習が想定される。つまり、小学校の学習とのつながりを考慮して、防災・減災の観点も踏まえた地震や火山活動の学習活動に対して、適切な資料や実験教材、生徒の実体験などを通じて理解を深めさせることが求められていると言えよう。

II、教材開発の経緯

地震関係の教育教材や授業で使える教具は他分野と比べてもかなり少ない。地震現象の空間スケール・時間スケールが一般的な生活感と比較してかなりかけ離れていることや、実験による再現

や確認が困難であることにより、地震そのものや地震によって発生する事象を実感する実験が容易に準備できない点とその要因であると考えられる。本研究では、①モデル教材を通しての実験やコンピュータ・シミュレーションによる体験学習、②地震の体験や記録を基にした生徒の主体的な学習活動の観点から、地震の揺れを測定する装置（地震計）の仕組みの学習に着目した。現在、日本各地に点在する地震計は、気象庁にそのデータが集約されるもので、約4200台以上あり、震度情報に活用されている⁵⁾。それにより、テレビなどのメディアにおいて、地震の発生を瞬時に速報することができる。近年、モバイル機器においてもネットワークを通じて、緊急地震速報を受け取ることができ、地震に対する認識や防災・減災に対する心構えが一般市民の中にもできつつある⁶⁾。しかし、地震計の存在については、研究機関や関係省庁以外では一般になじみがなく、地震計についての知識の習得は、初等・中等教育において、ほとんど皆無であると言ってよい。

本研究によって、普段、目に触れることのない地震計の内部の仕組みを可視化し、モデル教材（模型装置）として体験することで、物理的な原理や本質を効果的に学習できるかどうかを検討したい。そのために、簡単な操作によって理解できる体感的な地震計の関する実験教材を開発した。また、体験授業およびブース演示の中で、その開発教材を用いた活用実践を行った。

Ⅲ、実験教材の開発

地震計には、地面に対して垂直に振動する上下動を測定するものと、地面に平行に振動する水平動を測定するものと大きく2つに分けられる。実際の地震観測では、水平動の測定には東西方向と南北方向に地震計を2台置き、上下動と合わせて3成分の記録を同時に取るため、図1のような3台1セットとして設置されている。本研究では、地震計の仕組みを理解する上で重要な上下動と水平動における地震計のモデル（模型）を教材として扱う。

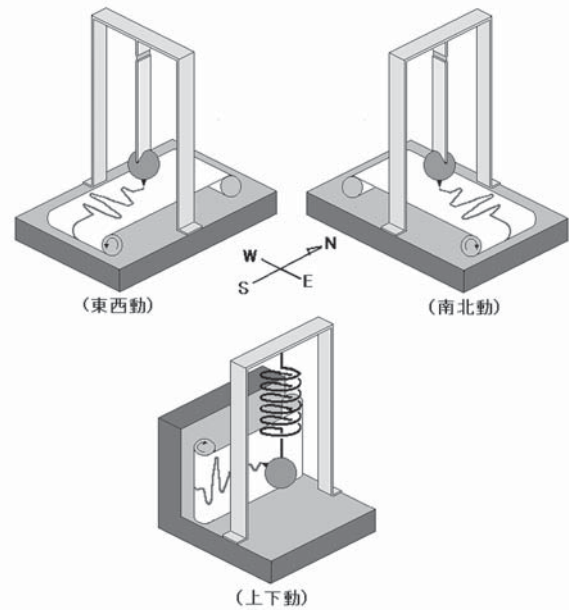


図1 3成分の地震観測（国立研究開発法人 防災科学技術研究所 研究地震の基礎知識とその観測より転載）

地震によって、地面に設置されている地震計が揺れている状態で、なぜ地震計が揺れの大きさを記録することができるであろうか？ その単純な疑問に答えるべく、地震の揺れによらない「不動点」の存在に注目し、不動点からみた地面の揺れを記録するという視点を可視化する。つまり、上下動でのバネや水平動での振り子を用いることで、不動点の原理の理解を深めることができる。これは、物理分野の「慣性の法則」を体感的に学習する教材としても利用することができ、地震計の仕組みを捉える上で重要な概念である。今回の実験教材の制作において、慣性の法則による現象の理解を深化させるための工夫を行った。また、一般的な電磁式地震計ではコイルと永久磁石を用い、それらの相対運動の中で発生するわずかな電流を利用して、地面の揺れを測定している。この電磁誘導の原理によって、地震の揺れの動きを電気信号に変換し、さらに揺れの大きさを視覚情報として認識できるように工夫した。そして、デジタル的に記録および情報処理を行うことで、遠隔地にデータを配信し、集積された情報が生活に有効活用されている事例にまで拡張できる教材として開発を行った。

1 実験器具と材料

実際の建造物をイメージするための実験箱を設定して、その箱の中に地震計のモデル教材を設置するようにした。上下動を測定する地震計ではバネの代わりに輪ゴムを使用し、水平動を測定する地震計のモデル教材では、タコ糸を用いた振り子を利用した。電磁誘導を起こさせる原因となる揺れは、参加者が手動で実験箱を上下もしくは、水平に運動させることで発生させる。上下動では輪ゴムに吊るした磁石を、水平動では振り子に吊るしたコイルを不動点のおもりとして設計を行った。そうすることで、電磁誘導の起因となるコイルと磁石の運動については、相対的關係にあることも理解できる教材になっている。

(1) 地震計のモデル教材（上下動）の材料

・コイル（直径2cm、長さ10cmの透明パイプの中央に4cm幅で0.2mmポリウレタン銅線を1000回巻いたもの（写真1）の両端に電子工作用のLEDを接続し、透明パイプに固定をする。

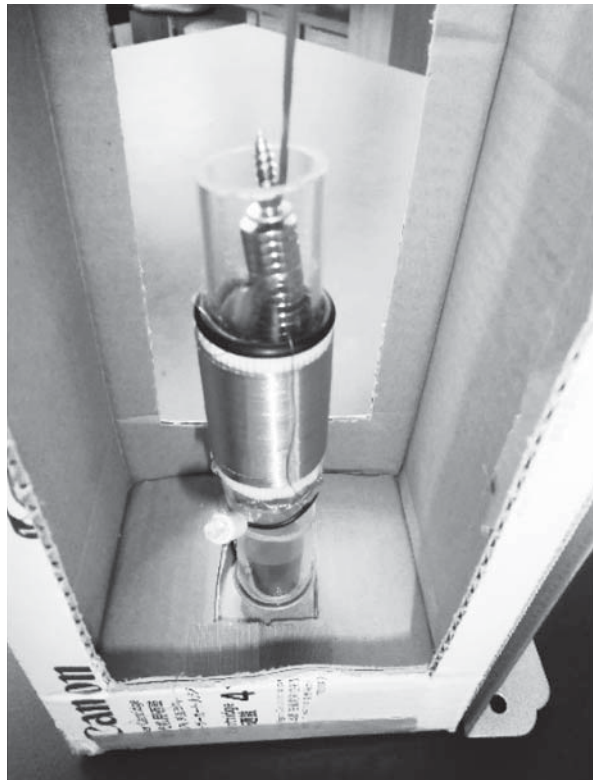


写真1 コイルに接続したLEDと輪ゴムでぶら下げた磁石

・強力磁石（100円ショップのネオジウム磁石を

10個連結して使用）の先端に鉄ネジをつけ、輪ゴムをくくりつけて、実験箱の天井にクリップで取り付ける。磁石自体は、コイルの巻いた筒の中に入れて、筒の中央付近で、ちょうどぶら下がるように輪ゴムの長さを調整する。

・実験箱は、レーザープリンタ用のトナーを収納していた空き箱の壁をくりぬいて使用した。上下運動を行いやすくするために、実験箱をスポンジ2個の上に置く。（写真2）

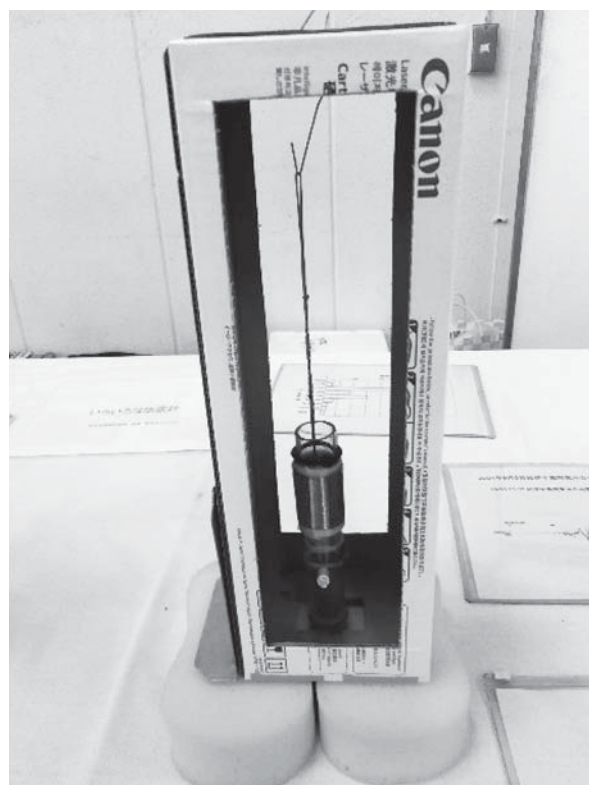


写真2 上下動の教材モデル（実験箱の上部を手で押さえながら上下に揺らす）

(2) 地震計の教材モデル（水平動）の材料

・強力磁石（直径38mmマグネットバー）を実験箱の左右の壁に固定する。

・コイル（直径4cmのトイレトペーパーの芯を、長さ6cmに切り、中央に4cm幅で0.2mmポリウレタン銅線を1000回巻いたもの（写真3）の両端に電子工作用のLEDを接続し、実験箱の背面中央にLEDを設置する。コイルは、マグネットバーに通し、糸で振り子のように吊るして、実験箱の天井に取り付ける。おもりのコイルがマグネットバーに接触せずにスムーズに動けるように振り子の糸の長さを調整する。（写真4）

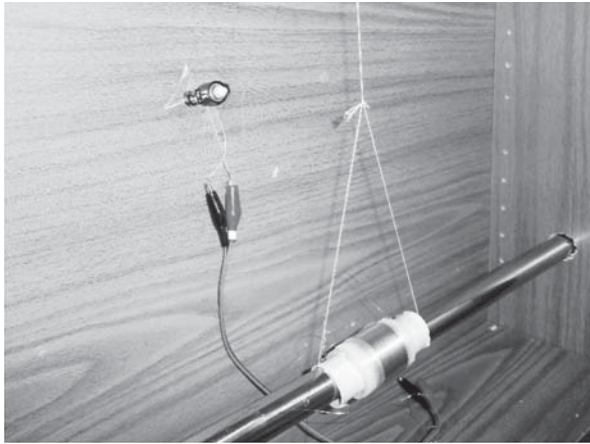


写真3 実験箱に固定したマグネットバーと振り子のおもりとなるコイルにつながれたLED

・実験箱は、小物を収納する家具を利用した。左右の運動を行いやすくするために、実験箱には車輪のコマをつけレールの上を動かすように工夫をした。



写真4 水平動の教材モデル（横の取っ手を持って動かすことでコマのついた実験箱が左右に動く）

2 実験結果と考察

上下動のモデル教材では、実験箱の上部を手で持ち、スポンジをクッションとして、1秒間に約2回の割合で上下に揺らすことで実験を行う。輪

ゴムに吊るされた磁石は、慣性により不動点としてほぼ静止し、実験箱に固定されたコイル自体が上下に動くことがわかる。水平動のモデル教材では、実験箱のサイドにある取っ手を持ち、レールに沿って、1秒間に約2回の割合で左右に振動させる。糸で吊るされたコイルは、その慣性によって不動点としてほぼ静止し、箱に固定された磁石自体が左右に動くことがわかる。どちらのモデル教材においても、磁石とコイルの相対的な運動によって、誘導電流が流れてLEDが光る。手動で実験箱を動かすとLEDが点灯することで、地震の揺れが電気信号に変換される地震計の仕組みの理解の促進につながる。

IV、実験教材を用いた実践事例

本教材を利用した2件の実践事例についてその詳細を述べる。1件目は、高大連携企画による立命館大学のキャンパスツアーにおける体験講座において、モデル教材の活用効果を検証した。2件目は、青少年のための科学の祭典という科学イベントにおける、このモデル教材を含んだ教材を用いての演示実験の実践事例である。

1 体験授業型での実践事例の実施概要

(1) 行事名：立命館大学理系学部キャンパスツアー

(2) 対象生徒：私立中学3年生

(1回目25人・2回目26人)

(3) 実施時期：2014年6月上旬

13時00分～14時50分（50分×2回）

(4) 実施内容：立命館大学工学部生物地球科学実験室にて、地震をテーマにした講義と実習の授業をクローズド形式で展開する。

(5) 授業の概略

前半は、立命館大学工学部の川方裕則教授による地震に関する講義と床の上に置いた地震計の波形を観る体験を実施した。後半は、筆者による地震計のモデル教材による実演を行った。（写真5）

(6) アンケート結果と分析（回答数51人（100%））

体験授業終了後に、以下のアンケートを実施した。

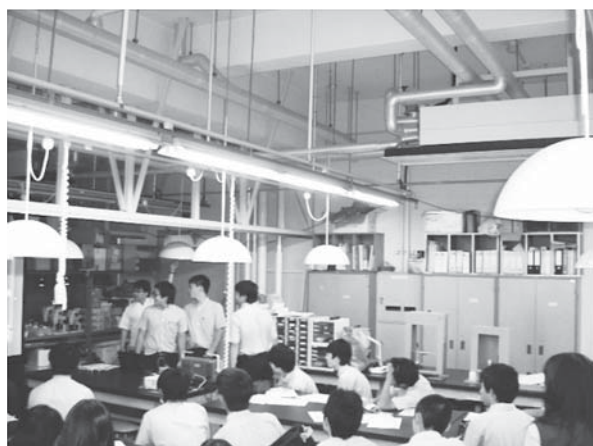


写真5 中学3年生の体験授業の様子
（右奥に見えるのが地震計のモデル教材）

●理科の科目は好きですか？

- ①好き（15人・29.4%）
- ②どちらかといえば好き（10人・19.6%）
- ③どちらかといえばきらい（14人・27.5%）
- ④きらい（4人・7.8%）
- ⑤どちらでもない（8人・15.7%）

●理科は得意ですか？

- ①得意（5人・9.8%）
- ②どちらかといえば得意（18人・35.3%）
- ③どちらかといえば得意ではない
（8人・15.7%）
- ④得意ではない（9人・17.6%）
- ⑤どちらでもない（11人・21.6%）

上の2点における回答では、今回の調査対象の生徒たちの興味・関心や得手・不得手の傾向が、特に理科系に偏っていないことが見てとれる。

●振り子の性質を知っていましたか？

- ①はい（32人・62.7%）
- ②いいえ（17人・33.3%）
- ③わからない（2人・3.9%）

●慣性の性質を知っていましたか？

- ①はい（4人・7.8%）
- ②いいえ（44人・86.3%）
- ③わからない（3人・5.9%）

●電磁誘導の性質を知っていましたか？

- ①はい（45人・88.2%）
- ②いいえ（4人・7.8%）
- ③わからない（2人・3.9%）

上の3点における回答では、振り子の一般的な

性質については、小学校で学んでいるものの、その定着が低い生徒がいることを示唆している。また、慣性の法則については、高等学校での学習内容によるものであり、調査対象の中学3年生ではその知識や概念は未習得の状態であることが言える。一方で、電磁誘導の性質について、この学校では体験授業の前に学習した内容であっただけに、知識の定着はかなり高いものであると言える。

●あなたは地震計の仕組みについて

- ①よくわかった（15人・29.4%）
- ②まあまあわかった（32人・62.7%）
- ③あまりわからなかった（4人・7.8%）
- ④よくわからなかった（0人・0%）

●地震計の仕組みの説明で分かった点について、記述してください。（自由記述）

- ・電磁誘導で地震が測定できること（16人）
- ・揺れを電気信号に変換すること（8人）
- ・振り子の運動（2人）
- ・振動を起こすと、波形になるところ（2人）
- ・地震速報（1人）
- ・動いていない点から動いているものを見ること（1人）

●地震計の仕組みの説明で分かりにくかった点について、記述してください。（自由記述）

- ・話がむつかしかった（2人）
- ・電磁誘導で地震が測定できること（1人）
- ・大学の授業のようであった（1人）

●この体験講座で、興味を持った点を1つ挙げてください。（自由記述）

- ・地震計の仕組み（12人）*
- ・地震計に電磁誘導の原理が使われていたこと（11人）*
- ・振り子の揺れ方に興味を持った（5人）*
- ・プレート運動（4人）
- ・慣性の法則（3人）*
- ・床を揺らすだけで、その床の振動をオシロスコープでみるのができたこと（3人）*
- ・地震波のスピード（2人）
- ・地震の頻度（1人）
- ・マグニチュードと震度のちがいがい（1人）
- ・緊急地震速報（1人）
- ・地震が起きたときの対処方法（1人）

上の4点における回答で、地震計の仕組みの理解について「よくわかった」・「まあまあわかった」を合わせて、92.2%の回答を得た。今回の体験授業によって、モデル教材を活用した地震計の仕組みについての理解の深まりが実感できたと言える。また地震計の仕組みの説明でわかった点については、「地震の揺れから電磁誘導によって電気信号に変換される仕組み」の部分に全体のほぼ半数24人の生徒が回答をしている。興味を持った点についても同様な項目で23人が回答をしている。この体験授業が、ちょうど理科の分野における「電磁誘導」の学習後であったために、理解度や興味・関心の深さを引き出したと言える。体験授業全体の中では、生徒が自ら体感した項目や実験の様子を観察する項目（*の項目）に興味が多く見られた（回答数44人中34人）。

2 科学実験ブースでの実践事例の実施概要

- (1) 行事名：青少年のための科学の祭典全国大会
- (2) 実践概要 ブース演示によるオープン形式の実践で、来場者は複数あるブースの中から自分の興味あるブースに直接各々が立ち寄り、そのブース担当者から体験の指導を受ける。
- (3) 日時：2015年7月25日（土）、26日（日）
9時30分～16時30分
- (4) 会場名：科学技術館（東京都千代田区）
- (5) 参加者数：

25日	小学生以下	中学生高校生	成人 (大学生を含む)
男	45人	43人	37人
女	23人	21人	26人

26日	小学生以下	中学生高校生	成人 (大学生を含む)
男	30人	40人	24人
女	10人	11人	27人

（入場者数は、25日6,020名、26日7,165名
合計13,185名）

(6) 科学実験ブースでの演示シナリオ

長机3台に、ブースに向かって左から順に説明する実験機材を置き、参加者が解説を受けながら、理解を深めていくスタイルをとった（写真6）。

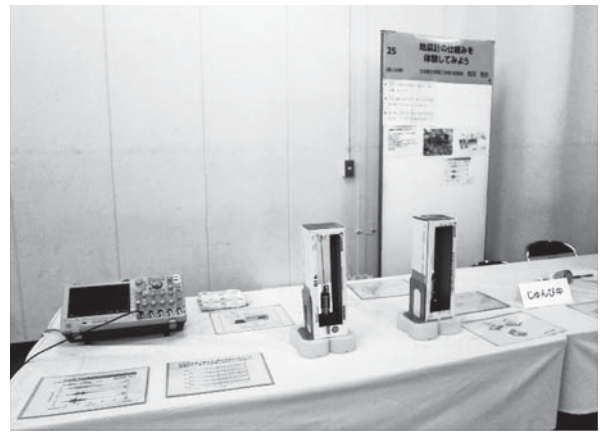


写真6 本ブースの外観（上が左半分・下が右半分）

以下、1) から12) まだが今回、実践した解説ストーリー（学びの流れ）である。

- 1) 地震の波形の1例（写真7）を提示し、この地震の揺れの波形がどのようにして記録されたのか？を問題提起をする。地震の揺れを測定する装置が地震計と言われるものであることを確認し、地震の揺れの波形をイメージをしてもらう。

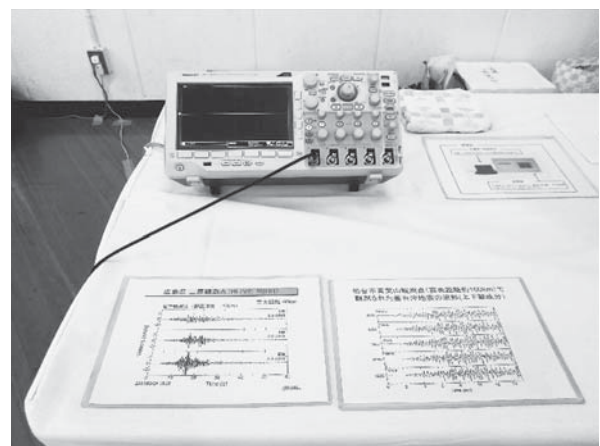


写真7 問題提起をする地震の波形とオシロスコープ

2) USA 製の Sercel Inc. (旧 Markproducts Inc.) L-22D で屈折法構造探査等において多用される上下動 0.5 秒計 (1 成分) の実物の地震計 (写真 8) を床の上に置き、そこから 30cm 程度離れた床面を、参加者がその場でジャンプをする。



写真 8 実物の地震計 (L-22D)

3) 参加者がジャンプをしたことによる床面の揺れを地震計が感知し、オシロスコープに出力された波形を観察させる。参加者が震源となって、地震を起こす体験をし、その波形を視覚で確認することで、地震の波形と同じ形が再現できることを説明する。

4) ジャンプしたことで、床の地面が上下に振動したと考えられると説明する。地震計が①地面の揺れをどのように検知し、②どのような過程によって、電気信号として出力されるのかの理解を促すことを趣旨としていることを告げる。

5) 実物の地震計の内部をこの場で見るできないので、その代わりに単純化したモデル教材を用いることを説明する。

6) 建造物に見立てた箱を上下に揺らすことで、箱の中にある輪ゴムに吊るしたネオジム磁石が不動点となり、箱に固定したコイルが上下に動いてコイルにつないだ LED が点滅することを実験する。ここで、揺れているのが磁石なのか？コイルなのか？を問い、バネの固有振動よりも早く揺らすと、バネに吊るしたおもりがほぼ静止していることを確認する。LED が点くことで、ネオジム磁石がコイルの中で相対的に運動することによる誘導電流が発生したことがわかり、力学的な揺れ

が電気信号に変換されたことを解説する。電磁誘導については、コイルの中を磁石が行き来させることで LED が光るライト (写真 9) を用いて説明をする。

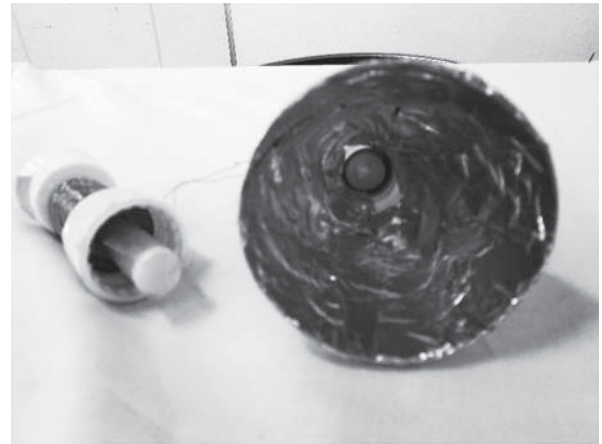


写真 9 電磁誘導で LED が光るライトの教材

7) 地面とともに揺れる地震計が、なぜ地震の揺れを記録できるのか？を問い、地面全体が揺れている中で、地震の波形を描くためには、地面が揺れていてもじっと止まっているモノ、つまり「不動点」が必要であることを気付かせる。

8) 次に、地震で起こる水平動について、地震計の仕組みを説明するモデル教材を用いて再現実験をする。このモデル教材では、ネオジム磁石からなるマグネットバーを実験箱に固定し、箱の天井から吊るしたコイルを振り子のおもりとして、マグネットバーをコイルが左右に移動できるようにしたものであることを解説する。振り子のおもりは不動点として静止し、実験箱に固定したマグネットバーが水平に動くことで電磁誘導が起き、コイルにつなげた LED が光ることで確認をする。

9) 不動点の存在については、30cm 程度のたこ糸におもりをつけた振り子を使い、手に持ったたこ糸を素早く左右に振ってもおもりが動かないことで示す。振り子のもつ固有振動数よりも早い周期で振らすことで、おもりは静止することを説明する。

10) 上下動、水平動の両実験装置を用いて、電磁誘導によって誘導電流が生じることを示した上で、電気信号により地震の波形を表現することができることを実験で確かめる。上下動の地震計のモデル教材を再度使い、コイルの両端を音声用の

ミニジャックを通して、パソコンのマイク端子に接続をしておく。パソコンには、音声信号を波形にするプログラム⁷⁾を実行させておき、テーブルを参加者が手で叩いて揺れを起こして実験をする。その揺れで起こる電気信号を、音声信号としてパソコンで波形表示することで、モデル教材でも実物の地震計の波形を再現できたことを確認する（写真10）。

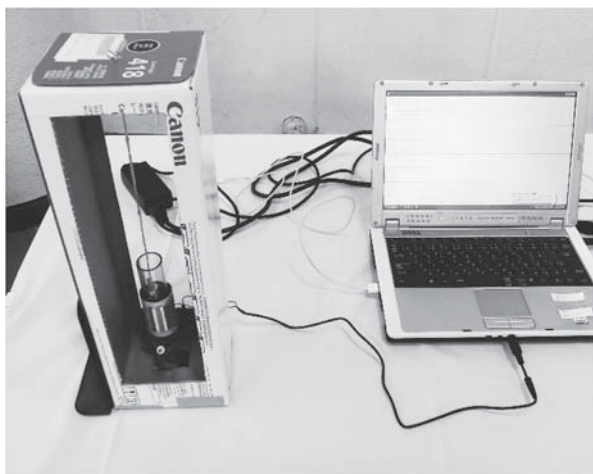


写真10 上下動の教材モデルと音声端子でつないだパソコン

11) 地震の揺れをパソコンに表示できるという実験を体験することで、①情報通信ネットワークによって、検知した地震波の情報を集中管理することもできること、②その情報を「緊急地震速報」として素早くを発信することで、防災・減災に役立てようという試みにつなげることができることの2点を解説する。つまり、①地震波の伝わる速度（数 km/秒程度）と情報を伝えるために使われている情報通信ネットワークの電気信号の伝達速度（ほぼ光の速度（約 30 万 km/秒））との差を利用すれば、地震が発生した場所の近くの地震計で地震波を検知し、その情報を電気信号で気象庁に伝え、遠隔地には地震波が伝わってくる前に再び電気信号を使って揺れの予想を伝えることができること、②気象庁（220 か所の地震計）と国立研究開発法人防災科学技術研究所の高感度地震観測網（約 800 か所の地震計）の協力によって「緊急地震速報」のネットワークシステムが実用化され、2007年10月からはテレビやラジオによる情報提供を含め、広く一般に提供されるようになって

たこと⁸⁾を説明し、社会生活に結びつく科学技術の活用事例として話題にする。

12) 最近のタブレット PC やウェアラブル情報端末に内蔵されている加速度センサーを利用することで、これらの端末自身が地震計となるアプリやソフトウェアを紹介する（写真11）。



写真11 ipad を 3 軸方向の地震計として使える無料アプリ (i地震)⁹⁾

V 今後の課題

今回、1件目の体験講座において、地震計の仕組みを理解するモデル教材としての効果が、アンケートの結果より明らかになった。しかし、今回の調査対象が中学3年生であった。今後は、学校教育での「変動する大地（地震）」での単元を履修する中学1年生を対象にした検証を試みる必要がある。2件目のブース演示の結果、モデル教材の活用がその周辺の実験教具と組み合わせさせた教材として展開できることがわかった。ブース演示において、アンケートによる評価を得ることはできなかったが、参加者と会話型学習を進めていく上で、いくつかの課題が浮き彫りになった。特に、大人の参加者から受けたいくつかの質問について紹介する。

1 P波・S波と縦揺れ・横揺れの誤認識について

中等教育の学習項目にある地震波のP波、S波と地震における地面の縦揺れ、横揺れとの関係について、参加者の誤認識による質問があった。このモデル教材の説明時には、上下動・水平動という地面に対する揺れの方向による表現方法を用いた。その際、P波（縦波）＝「縦揺れ」・S波（横

波) = 「横揺れ」といった異なる概念を同一視している参加者について、一般的な用語と専門的な学習用語との意味づけの相違の説明を行った。

2 地震の波形における測定値の物理量について

地震の揺れに対して、その波形の縦軸（測定値）物理量についての質問を受けた。今回のブース演示のシナリオでは、地震動の何を記録するのかによって、地震計を分類することを深く言及していなかった。教育的観点からしてもこの指摘は重要であり、測定値の物理量を加味してシナリオを以下の視点で修正するべく課題を得た。振り子の不動点の解説の際に、おもりに直接ペン先をつけて記録するタイプの機械式地震計を「変位型地震計」として紹介する。電磁誘導によって出力される電気信号は、磁束の時間変化による誘導起電力から起因しているため、今回制作した電磁式のモデル教材では、「速度型地震計」として紹介する。ipadなどのタブレットには、電磁式の加速度センサーが内蔵されており、その電気信号を記録する「加速度型地震計」として紹介する。

3 長周期型の地震計の仕組みについて

水平動の揺れにおいて、振り子の固有振動以下の周期の地震でないと、おもりが不動点にならない。よって、長い周期の地震においては、振り子の長さを長くしなければ記録できないという短所がある。モデル教材では、振り子の長さが約30cmに設定しており、1秒の周期（約25cm）より短周期型の揺れにしか対応していない。長周期型の地震計では、非常に大きなサイズになってしまうのではないかと質問を受けた。実物の地震計では、ほぼ鉛直な固定軸を回転軸とし、振り子の振動面を垂直からほぼ水平に近いものにするので、周期を長くすることのできる水平振り子が用いられており、コンパクトに設計されている。よって、この水平振り子によるモデル教材の開発が今後の課題としてあげられる。

VI おわりに

本研究では、実験や考察を通して生徒の興味・関心を喚起し、かつ日常生活や社会との関わりの

中で、防災や減災に対する意識の高揚を目指した教材として開発した。特に、地震計の仕組みについて、上下動・水平動の2つのモデル教材を制作した。今回の中学3年生対象の「地震」をテーマにした体験授業では、学校での既習事項である電磁誘導の原理を利用した視点と未習事項である慣性の法則を物理現象の観察から発見する視点の融合によって、地震計の仕組みに対する理解の深まりを目的とした。キャンパスツアーでの体験授業とは言え、体験的教具のもつ印象的な効果により、参加生徒に一定の理解があったといえる。さらに、その地震計のモデル教材を、実物の地震計やタブレットなどの端末も利用した教材の一部として位置づけて、ブース演示における教育実践を行った。特に、地面を揺らす体験を通じて地震の揺れを表現することや、簡易な装置や器具を使った実験だけから理解できる内容に限定することによって、参加者の反応はよかった。とても楽しく何度も繰り返し体験・実験をしている小学生・中学生の様子が印象的であった。地震という地球規模の大きなスケールでの事象を、その場で体感できることは参加者にとって新鮮な驚きであり、新たな発見であったといえる。たとえば、実物の地震計を床におき、参加者がジャンプをしてその波形をオシロスコープで観察する実験において、ジャンプの仕方の変化に対して波形の様子の違いを比較しようとする参加者が多く見受けられた。体感的学習形態の場合、ジャンプするという行為に対して、その波形の様子が1対1対応するとき、大きいジャンプや小さいジャンプの比較、複数人での同時ジャンプ、地震計から離れた場所でのジャンプなど、震源の規模と揺れの間接的な関係を自ら体感して学ぼうとする参加者の意欲と興味・関心から誘起された試行の発想が見られた。モデル教材を用いても同様の学習思考が可能であり、問題を見出して観察する活動や実験を計画する学習活動、観察・実験の結果を分析し考察する学校教育の学習活動への適用が十分可能である。一方で、大人の方からの質問が多く、今後の課題として有用な考察を得ることができた。波形と震度との関係の表現方法や地震計のより精密な解説など、初等・中等教育において、それぞれの発達段階における物理現

象としての理解も含めて、学習の体系化を進めていくことが必要であると推察される。

今後は、学校の理科教育の効果的な授業教材として、科学技術が日常生活や社会を豊かにしていることや安全性の向上に役立っていることの理解が深化していけるように、本研究によって開発した教材が活用されることを期待したい。そのためには、地震計のモデル教材を含めた教材を、地震の単元における学校教育教材として位置づけ、当該学年においてもその有効性を検証していきたい。

謝辞

本研究の遂行にあたり、立命館大学理工学部物理科学科の川方裕則教授には、貴重なご助言をいただきました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 文部科学省 平成23年度東日本大震災における学校などの対応などに関する調査報告書
- 2) 文部科学省 学校安全の推進に関する計画（平成24年4月27日）
- 3) 文部科学省 平成20年 小学校学習指導要領 理科編
- 4) 文部科学省 平成20年 中学校学習指導要領 理科編
- 5) 気象庁 震度計と震度観測体制 <http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/shindo-kansoku/index1.html>（平成21年10月）
- 6) 気象庁 緊急地震速報の効果的な利活用に向けたとりまとめ報告 概要版（平成20年3月）
- 7) 関西地震観測研究協議会の地震防災教育ワーキンググループのサイト「じしんのゆれ？」から GraphicDemo.jar をダウンロード、または、中学校1年生第1分野「音」の単元でよく使われるフリーソフトウェア「オシロくん for Windows 2.0」も可能。
- 8) 気象庁 緊急地震速報のしくみ <http://www.data.jma.go.jp/svd/eev/data/nc/shikumi/shikumi.html>（平成25年4月）
- 9) 提供会社 URL：白山工業株式会社
<http://www.hakusan.co.jp/LABO/i-jishin/>