

原理の見える高感度地震計の製作と情報通信を活用した協同観測

学校名	宮城県鶯沢工業高等学校
所在地	〒989-5402 宮城県栗原市鶯沢南郷下新反田1の1
学級数	5
児童・生徒数	121名
職員数／会員数	39名
学校長	伊藤 芳春
研究代表者	伊藤 芳春
ホームページ アドレス	http://ugutech.myswan.ne.jp/



1. はじめに

本校は宮城県の北西部にある栗駒山の麓に位置し、昭和44年に宮城県として七校目の工業高校として開校し42年の歴史を持つ学校である。産業構造の変化や全国的な少子化の影響により生徒数が著しく減少し、平成21年度より生徒募集が停止となり、本年度末をもって閉校することとなった。学科改編により現在は機械科、電子科の二学科となり合計47名の生徒が学んでいる。本校の特色は高い技術を有することで、ここ数年では、ものづくりコンテスト県大会旋盤部門第一位、電気工事部門第三位（女子県内初入賞）、ロボットコンテスト第一位等の実績を残している。資格取得の指導にも力を入れ就職率の高さを誇っている。

実習設備も充実しており、機械加工や電子基板の製作も行うことができる。以前、夜空の明るさを測定する「夜空メーター」と名付けた測定装置を多数製作し、全国各地の希望者に配布し協同観測を実施した。

2. 研究の目的

学校には、一般的な気象観測のための温度計などはあるが、地震計はなく学校での揺れを記録することはできない。地震計を設置することで、地震波形を取得することができ、地震について関心を持たせることができると考え、具体的に次の三つを目的とした。

① 地震計の原理の図にできるだけ忠実な地震計を製作する。こうすることで地震計の原理が理解しやすく、地震計に活用されている振り子の原理や電磁誘導など教科書で学習し

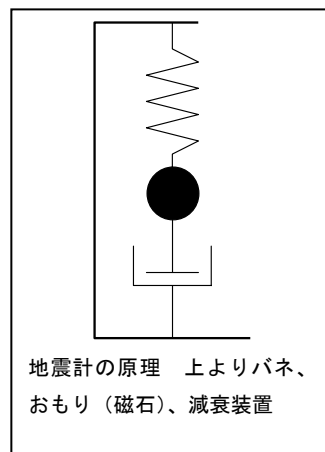
た知識が役立つことがわかり、日々の学習の励みにもなる。この地震計は構造が単純なため見るだけでなく、実際に触って地震計の動きを試すこともでき、ほんの少し触っただけで表示された波形が大きく振れ、つまり自分の行動に対し地震計が反応を返すことで興味が深まり、地震に関心を持たせることができる。

② 工業高校生に製作してもらうことで、電子回路の製作の実習とものづくりが多くの人役に立つことを体験させることができる。

③ 製作した地震計を主に県内の高等学校に配布し授業や部活動に活用してもらうことで、実際の地震のデータを記録し、3地点での観測データから震源決定などに活用する。

3. 研究の方法

地震計の原理の図に近い構造の地震計を設計し、増幅器の設計と電子部品の調達、計測のためのソフトの開発をする。増幅器の製作には電子科の生徒の実習とする。地震計の完成後は、各学校での測定となるため、地震計の設置、パーソナルコンピュータの各種プログラムのインストール用にマニュアルを作り配布する。



【地震計の原理】

地震計は図に示すように振り子の原理を利用している。ただし、振り子は一度振動するといつまでも振動するため揺れが収まってからは振動が続かないように減衰装置（ダンパー）が取り付けられている。実際の地震のときは、地面や地震計が動き、おもりは慣性の法則により静止している。振り子の周期より長い周期の揺れの場合はおもりも動いてしまうため記録できない。そのため、振り子の周期は長いほどよい。

地震の波形を電気信号として取り出すために、コイルと永久磁石を用いた。磁場の中でコイルが振動すると、その速度に比例した電流が発生することを電磁誘導として学習している。この場合の地震計は地振動の速度を出力する地震計（速度計）として機能する。

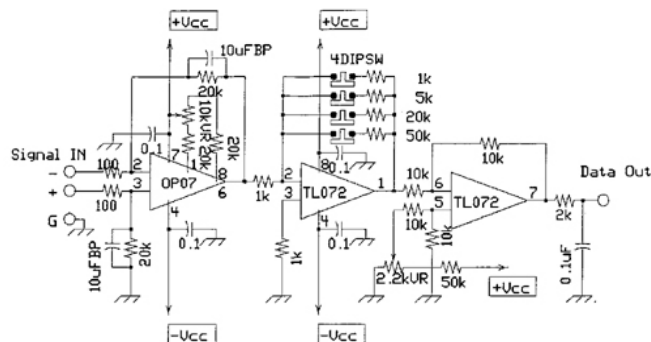
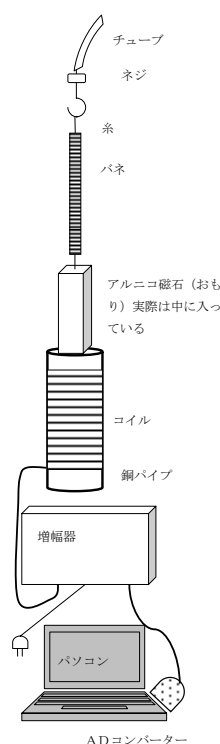
減衰装置には、コイルの内側に銅パイプを入れ、磁石の運動により銅パイプに生じる渦電流が磁石の運動を妨げるように働くことを利用している。

地震計の増幅器には参考文献の回路を参考に、現在入手できる電子部品で設計した。

地震計の原理を基に、具体的には上図に示す地震計を製作し、完成したものは写真の通りである。

地震の測定プログラムは、地震計の出力をデジタル変換し、ある一定以上の揺れを感知したときにデータを記録するようにした。Delphi2010により開発した。

記録したデータの表示や測定は、Excelで行うことにし、表計算ソフトの習熟の意欲にもつながるように配慮した。



実際に回路を製作する場合、回路自体を雑音対策のためコンパクトにすること、納めるケースにあわせること、製作しやすくするための部品配置を考慮することが大事であることも説明した。

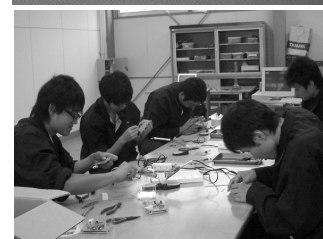
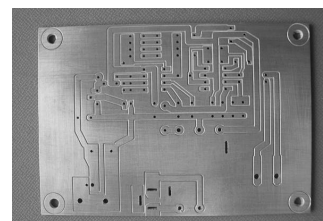
この回路図にはAD変換回路と電源回路が表示されていないがどちらも市販ユニットを組み込むことにした。電源回路はACアダプタからのDC12[v]をDC-DCコンバータによりOPアンプ用として±12[v]を得ている。

【回路基板】

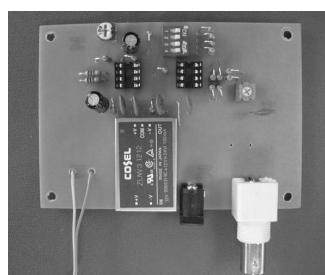
回路基板の大きさは納めるアクリルケースに合わせ、また信号の入出力端子や電源ソケットも同一方向になるよう配慮した。回路パターンはAutoCADで設計した。

プリント基板はミッツ社製の基板作製機により製作した。

製作はケガやヤケドに注意しながら、また近くの友達に危害を与えないように慎重に行った。



【回路製作した基板とケースの入出力部】



左図は完成した基板（ICは未装着）。右図はアクリルケースに収め完成。20台製作した。

「岩手・宮城内陸地震」で自身や友達の中に大きな被害を受けた人たちがいるので、この地震計が利用されて少しでも被害が少なくなつてほしいとの感想があった。その後、製作した地震計が地元2紙（河北新報、大崎タイムス）に掲載され、またNHK-TVで放映されるということになり反響の大きさに驚いたようである。

4. 研究の内容

地震計の製作について電子科3年の課題研究（3単位18時間）をあてることにした。製作を担当する電子工作班は男子生徒5名で、1年のときから工作実習のなかで電子回路の製作を経験していたのでとまどいはなかった。地震計の回路についてはブロックごとに説明を行った。地震検知回路は「電磁誘導作用」、増幅部分は「OPアンプ回路」、コンピュータへの出力回路は「AD変換回路」が使用されていることを説明した。生徒は授業や実習で学習した回路が応用されていかされていることに感心したようである。



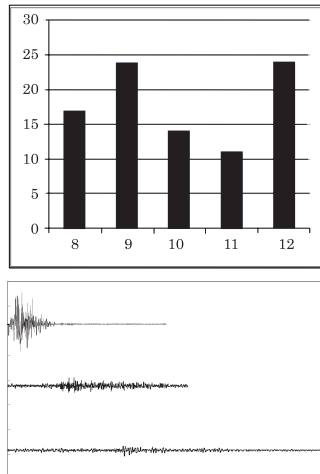
5. 研究の経過

5月に開催された宮城県高等学校理科研究会地学部会において、地震協同観測の提案を行い、協同観測校を募ったところ何校からか反応があった。6月には地震学会のメーリングリスト「なみふる」に高等学校教員向けに地震協同観測の提案を行ったが、残念ながら反応はなかった。原因としては、協同観測のため地域を東北と関東の一部に限定したことやパーソナルコンピュータにパラレルポートが必要なことで対応できなかったためと思われる。

6月からセンサー、アンプの製作を開始し、9月に完成した。10月より希望する学校に配布を開始した。同月に宮城県高等学校理科研究会地学部会秋季総会があり、地震計について研究発表したところ更に希望校が増えた。

製作した地震計が、2010年8月から2011年2月までに記録した地震の数は図の通りである。

岩ヶ崎高で観測した地震波の例として典型的な三つを示す。上より、2010年8月29日10時16分、震源宮城県北部 M3.9、9月1日16時33分、震源宮城県沖 M4.9、12月10日1時21分、震源三陸沖 M5.3である。震源情報は気象協会HPを参考とした。図の下の1目盛りは1秒である。



6. 研究の成果と今後の課題

本研究の成果として、地震計を20台製作し、希望する高等学校に配布することができた。地震計はパーソナルコンピュータを除く、センサー、増幅器、ADコンバーター、電源、ケーブルより構成され、センサー部分は微弱な揺れを電気信号に換える部分であり、大きな揺れに対しては、破損しやすいが、原理が見える地震計にしたことで単純で壊れにくい構造になっている。

安価に多数製作するため、性能に対し最も安価なADコンバータにしたところ在庫がなくなり一ランク下の製品に換えざるを得なくなった。更にこのコンバータはパラレルポートに接続するため最新のパーソナルコンピュータにはUSBしかないため接続できる機種が限られてしまった。

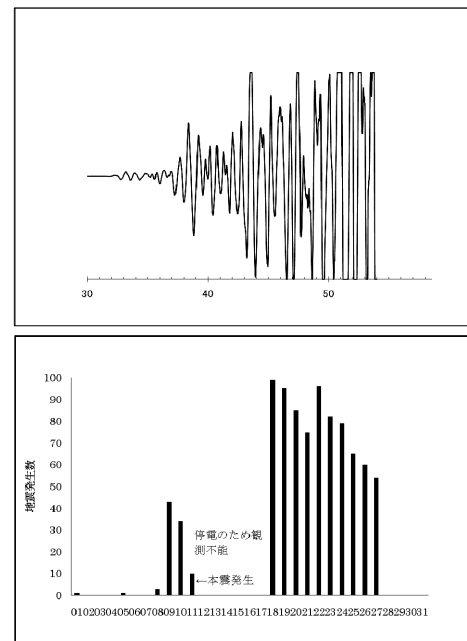
協同観測については、観測が軌道に乗りつつある学校が増え、複数箇所でも揺れを同時に記録することができつつある。教科書に例示されるような三カ所の観測地点に囲まれるような震源は実はほとんどない。内陸部の地震は極めて少なく、しかもマグニチュードが小さいためである。

校内に地震計を設置すると生徒や職員の地震に対する関心は大きくなるのは事実であり、継続して観測しデータを蓄積していきたいと思っている。

7. おわりに

この研究をまとめている1月は、地震の発生が少なくなっている。地震は自然現象なので多いときも少ないときもある。備えだけはきちんとしておきたい。

その後、2011年3月11日14時47分に発生した東日本大震災の地震も記録することができた。直後に停電となったため最初の部分のみ示す。余震が如何に多いかを示すため、3月の日ごとの地震数を示す。



製作した地震計を活用して地震に関心を持つ生徒を増やしたい。

参考文献

岡本義雄、フィルムケースで地震計をつくってみよう、日本地震学会広報誌「なみふる」第2号、1997年7月