

光自動糖度計の作成と教材への応用

後藤善友

Development of Automatic Saccharimeter

Yoshitomo GOTO

1. 序 論

学校現場で「理科離れ」という現象が問題になっている。数々の原因が考えられるが、近年の報告では生徒の理科離れ現象が教員の理科離れそのものであるという調査もある¹⁾。つまり、教員の理科の資質が低下しているのである。一方で平成元年の学習指導要領の改訂に伴い、小・中学校の教育内容にコンピュータの利用が盛り込まれ、すでにほとんどの学校にコンピュータが設置されている。また、平成8年度の大分県小学校教員採用試験にもコンピュータ利用実技が実施された。以上の実態だけを考えても、これからの教員にはより多くの能力・資質が求められていることがわかる。

教員への要求が高まる中、それに合わせて教員養成機関での教育効果を高めていく必要がある。小・中学校に設置されたコンピュータを有効活用すると同時に教員の理科に対する資質の向上を目的としたとき、コンピュータの利用を幅広くとらえ、理科実験での装置制御・データ処理と組み合わせることは、有効な方法であると考えた。

さて平成元年の指導要領改訂で理科の教育内容の縮小がはかられたが、光や音を扱う領域においては慎重であったように思われる。しかし、光や音の波としての性質を、視覚や聴覚で

直接に知ることの出来る形に変換することは容易ではない。特に光は、音のように音源や空気などの振動によって波動性を直感的に感じることも出来ないため、それが波動であるという認識に立つことすら難しい。

光の場合、振動を感じる事が出来ないため「波動が持つ性質を光にも見いだすことによって、光もまた波動であると認識する」というのが一般的な教育方法となっている。したがって光の波動性を反映した、なるべく多くの現象を教材として扱う必要がある。

波動性を反映した現象として回折、干渉、偏波などがあげられる。回折や干渉は音にも光にも現れる現象であり、教材としてよく扱われるが、偏波という現象は縦波である音には現れないが、横波である光には現れる。これは偏光現象と呼ばれるが、光が横波ということを反映していることに加えて、日常的に多く見られる現象であることから、教材として適していると思われる。

教員養成系大学での光の実験において、コンピュータを利用することで、その波動性の認識を豊かにすることを目的として、ステッピングモーターを用いたスペクトロメーターを使い、大学生用の実験テーマである検糖計の改良、パソコンによる自動測定を行い、有効な結果を得たので報告する。

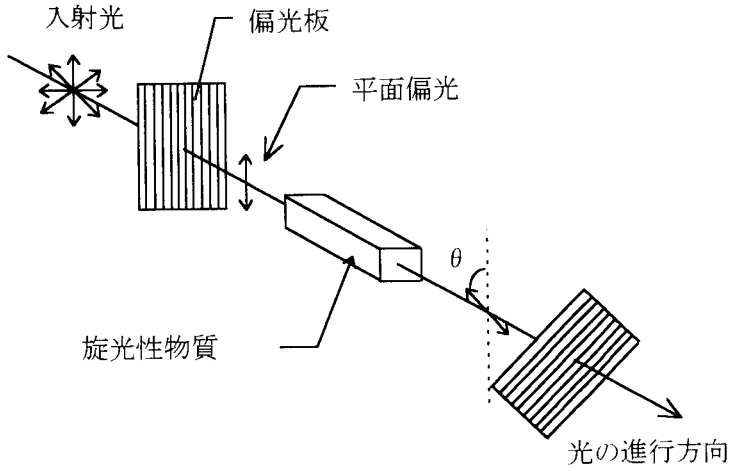


図1 回轉偏光現象

2. 原理及び装置

主軸に直角に切った水晶板または糖類の水溶液のような旋光性物質に平面偏光を入射すれば、透過後、その振動面が回轉する現象を回轉偏光という。(図1)そして、光源に向かって観測する場合、振動面の回轉方向が時計回りであれば、正または右旋性、反時計回りであれば、負または左旋性という。水晶には左旋性と右旋性のものがあり、蔗糖は右旋性である。

mgの溶質に蒸留水を注ぎ100mlの水溶液を作るとき、光源からの平面偏光に対する回轉角 θ° は、液柱の長さ1cmをdecimeterで表した数 $1/10$ および溶液の濃度 $m/100$ に比例し、

次の関係を満たす。

$$\theta = \alpha \cdot \frac{l}{10} \cdot \frac{m}{100} \quad (1)$$

ここで α は旋光率(比旋光度)といい、溶質濃度1 [g/cm³]、長さ1 dmの液柱に対する回轉角である。そして水溶液の種類と温度、偏光の波長により定まる定数である。

したがって、旋光性物質が無ければ偏光板を互いに直角な位置に置けば最も暗くなる。もし旋光性物質が間にあれば、最も暗くなる位置を求めるためには偏光板を θ だけ回轉しなければならない。

実際に使用した測定装置の概略図を図2に示す。光源には赤色の半導体レーザー(波長約670nm)を使用し、高い分解能と輝度を得ている。赤色の半導体レーザーは、最近プレゼンテーション用のポインターなどにも利用されており、価格も数千円からと手頃であり、実験への使用も容易になってきた。偏光板にはカメラのレンズ用の直線偏光フィルタを使った。これも数千円で入手出来る。センサーにはCdSセル²を用いた。このセンサーは光の照度によって抵抗値が変化するもので、抵抗値変化を電圧に変換しアンプによって増幅する。そのアナログ電圧信号を8ビットのA-Dコンバータ(ADC0804)³によってデジタル信号に変換し、コンピュータへ8255Aを使用した汎用パラレルイ

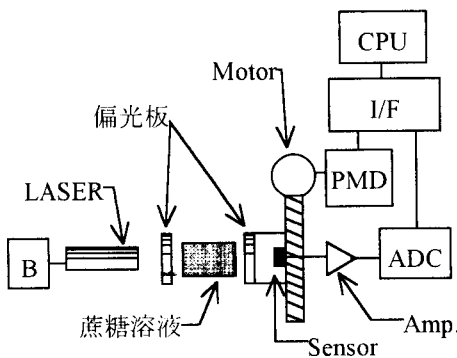


図2 自動制御測定装置

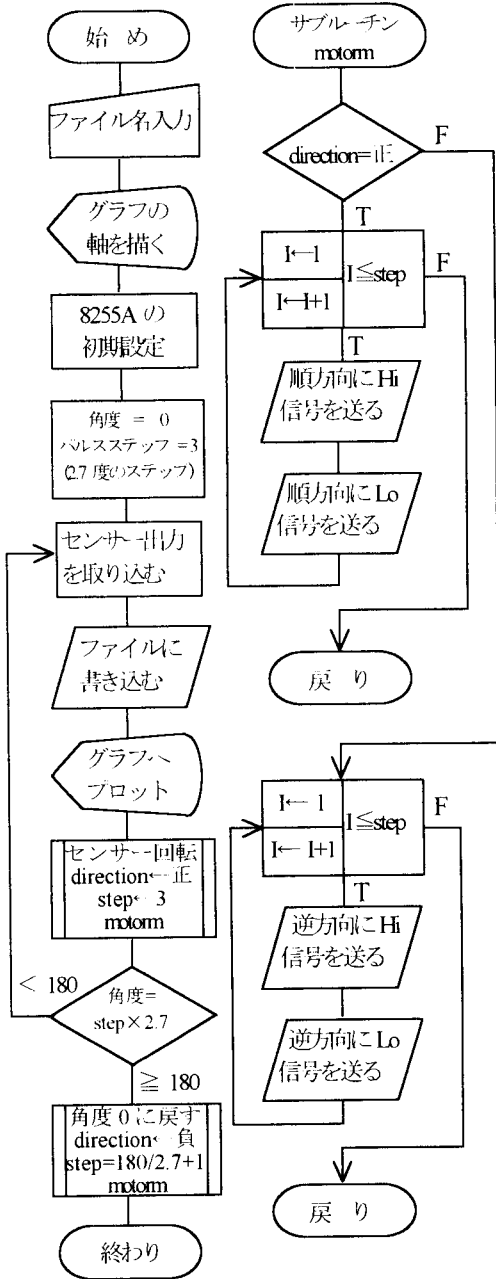


図3 フローチャート

インターフェイスボード⁴を介して転送するようにした。8255Aは汎用のプログラマブルI/Oインターフェイス素子であり、1つのチップで24本(24bit)のデータバスを持っている。パラレルインターフェイスボードはこの8255Aを

4つ使用してあり、96bitのI/Oポートを構成している。

センサーに近い方の偏光板はホイールギア上に固定されており、ステッピングモーターに接続されたウォームギアとの組み合わせにより、60分の1のギア比が与えられている。ステッピングモーターは、入力電圧6V、最大電流1.2Aでステップ角1.8度ものを使用した。ドライバーICはPMM8713を用いた⁵。このPMM8713は回転方向を1つのピンのHigh, Lowの状態によって決め、もう一つのピンにパルスを与えることにより必要パルス数だけモーターを回転することが出来る。またこのチップは1相・2相・1-2相励磁方式を選ぶことが出来るため、1-2相励起モードを使ってパルス角をハーフステップ(ここでは0.9度)に小さくして使用した。また、コンピュータからPMDへのデータ出力は、信号入力と同じ汎用パラレルインターフェイスボードで行った。

測定プログラムのフローチャートを図3に示す。適当な角度だけセンサーを回転し、そこで光の照度を測定し、横軸角度、縦軸照度データとして随時画面上にプロットしファイルに記入していくようにした。

3. 結果

実際に測定した結果を図4に示す。肉眼では見づらい光の強弱の変化が、はっきりと確認できることがわかる。さらに、蔗糖溶液の濃度によって、偏光板の垂直からのずれ角 θ が変化し

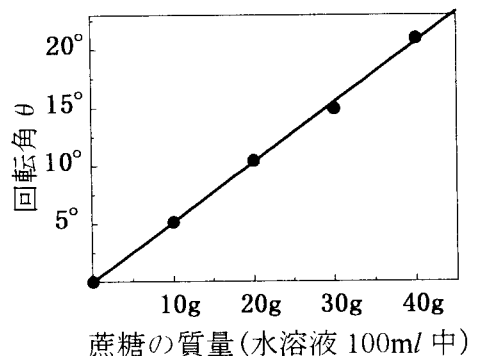


図4 糖度-旋光角依存性

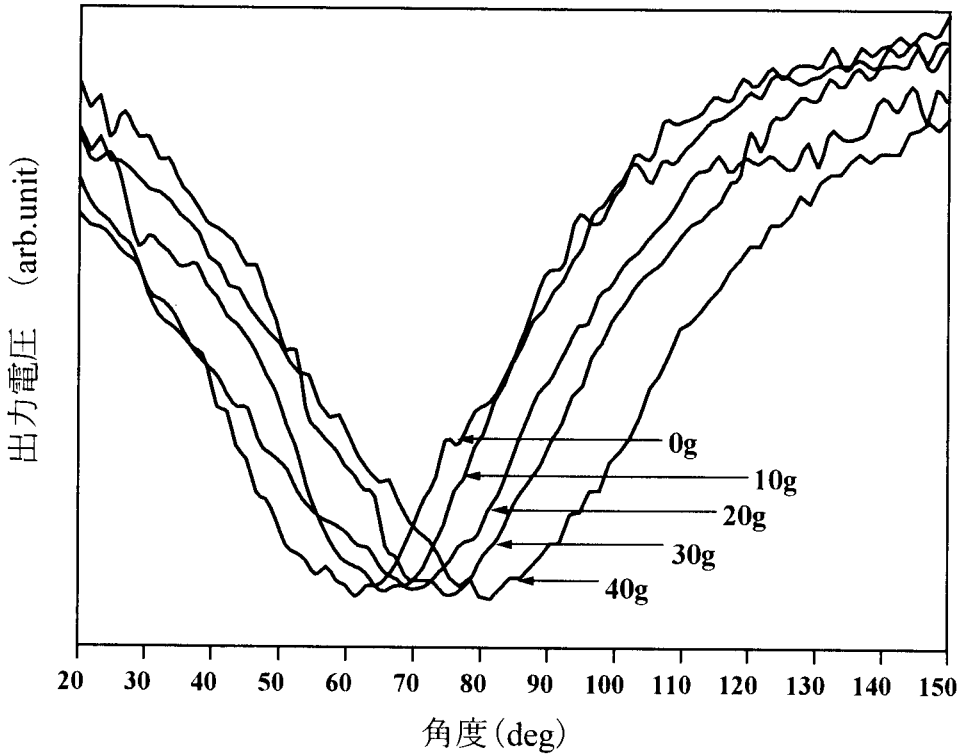


図5 照度-角度曲線の糖度依存性

ていることも容易に確認できる。これらの結果から、水溶液中の蔗糖の濃度とずれ角 θ の関係をグラフにプロットしたものが図5であるが、式(1)で示されているように、 θ が溶質の濃度に比例していることがよくわかる。

4. 考 察

光の照度を数値化し実験を自動化することにより、再現性や精度については、ある程度の向上を果たせた。対象が学生実験であることを考えれば、ほぼ満足な結果だといえる。しかし、次のような改良等を加えることで、教材としてさらに効果の高いものになると考えられる。

1 外部からの光を遮断するため、実験装置を暗箱に入れて測定を行っているため、測定の様子を見ることが出来ない。これを見ることが出来るようにする。

2 実験方法や注意事項などの参照をコン

ピュータ上で実現するためのソフトウェアを準備する。

特に1は今のところ大きな問題だが、センサー部分の改良で対応が可能であろうし、例えば暗室などで実験を行うことで、そのままでも測定の様子は確認することが出来る。2については、実験の目的や原理、実験方法などの対話形式による学習だけでなく、シミュレーションや計算の過程等の提示が可能であることを考えれば、コンピュータ上で学習ソフトを実現することは十分に意義のあることである。

偏光は日常のいたる所で見られる現象である(水面や空、液晶画面などの反射光)。偏光板をいろいろな場所に向けて回してみることで、誰でも簡単に見つけることが出来る。実験装置の改良の一方で、このような日常体験を実験の中に組み込むことも、教材の効果をより高める手だてとなるだろう。

[謝辞]

本論文において、装置作成に用いた電子部品・機材・コンピュータ等は全て大分大学教育学部物理学科の好意により使用させていただいたものです。この場を借りてお礼申し上げます。

[註]

- 1 参考文献1ではアンケート調査をもとに、学生と教員それぞれの好きな教科と嫌いな教科の間には相関があることや、教員自身の理科離れの実態等が報告されている。
- 2 参考文献2に詳しい。
- 3 アナログ-デジタル変換用のIC。参考文献3に詳しい。
- 4 ここでは、コンピュータの拡張スロットに差し込むタイプのインターフェイスボードを作成。参考文

献4に詳しい。

- 5 ステッピングモーターを駆動するための信号を出力するICのことをドライバーICと呼ぶ。参考文献5に詳しい。

[参考文献]

- 1 例えば、軸丸勇士他：第101回日本物理学会九州支部例会予稿集(1995) 106
- 2 松下正：『メカトロ・センサー活用ハンドブック』CQ出版社(1988)
- 3 佐藤清忠：『パソコンインターフェース考』CQ出版社(1984)
- 4 岸本英一：『PC9801と拡張インターフェースのすべて』トランジスタ技術別冊No.3CQ出版社(1987)
- 5 真壁國昭：『ステッピング・モーターの制御回路設計』CQ出版社(1987)