

<研究ノート>

## 測定装置とITを活用した実験観察学習の改善

高藤 清美\*

### Improvement of Experimental and Observational Methods in Science Education Using Measurement Equipment and Information Technology.

Kiyomi TAKATO \*

#### 1. 緒言

科学系の教科では実験や観察は主要でかつ重要な学習方法として位置付けられている。科学の学習において実験や観察が重要であるとされるのは、客観的に学習対象を捉えることが重要であるためである。実験や観察の結果を客観的に捉えるためには、測定という方法が有効である。測定以外にも、写真やビデオによる記録や、目視により得た情報を記録するなど、対象を客観的に捉えるための方法はある。しかし客観的なデータとして対象を捉えるためには、測定という方法が最も適している。

学校教育現場では、様々な実験観察学習が取り組まれているが、実験観察対象に適した測定をしながら学習を進めることはそれほど多く無い。原因としては、実験観察に適した測定装置が無い、学習者が測定装置を使うために必要なスキルを身に付けていない、などが考えられる。

コンピュータの発達やインターネットの拡

充に伴い、これらの技術（以下IT: Information Technology）を利用した学習方法の改善が試みられている。代表的な例としては、学習資源のWeb化<sup>1)</sup>、学習グループ内や学習グループ間の情報交換や情報のデータベース化などを支援するグループウェアの導入<sup>2,3)</sup>、学習過程や思考過程を振り返るための概念地図（コンセプトマップ）を電子化するためのソフトウェアの活用<sup>3,4)</sup>などが挙げられる。しかし、これらの方法やシステムでは、実験観察で得られる測定結果などの実験観察データを直接扱う方法に十分に対応していない例が多い。

筆者らは科学系の教科の中で使用することを目的とした小型測定装置の開発<sup>5,6)</sup>や各種センサーの開発<sup>7,8)</sup>をおこなってきた。本研究では、今までの研究で得られた知見をもとに、測定を重視した実験観察学習を、上で述べたITを活用した各種の科学系教科のための学習支援システムと連携して実施するための方策を考察した。ITを利用したシステムと連携するために、測定データも電子化する

\* 情報コミュニケーション学部情報メディア学科、Tsukuba Gakuin University

必要がある。実験観察の中で扱われている対象を測定する場合、測定データを直ちに電子化できる場合と、そうでない場合があるため、測定データを電子化する方法を幾つか用意する必要がある。一方、電子化した測定データを参照するためのインターフェースはある程度共通化することが可能であると考えている。

## 2. 測定を重視した実験観察学習とITの連携

### 2.1 システムとして必要な装置の検討

測定結果をITと連携するためには、測定結果の電子化が必要である。測定装置にコンピュータ用のインターフェースが有る場合と、無い場合では表1に示すように、手順に若干の差があるだけで、システムに必要な装置については大きな差が無いと考えられる。

実験観察に使用する測定装置や測定手段の他に、ネットワークに接続された測定装置からの測定データの取り込みや入力のためのパソコンと、データを保存するためのデータベースサーバ等があればシステム化が可能であると結論できる。なお、データベースは単に測定データを保存するだけでなく、測定データを共有し、学習者間で相互に活用するという目的を持っている。

### 2.2 電子化する測定データについての検討

実験観察で得られた測定データの記録のためには、単なる数値の記録だけでは十分ではない。一般的な実験観察等の記録と同様に、実験観察に関わる条件や測定データそのもの

他に、実験観察者氏名、日時、場所、天候等の外部条件、実験観察対象の写真、スケッチ、映像等の視覚情報、実験観察対象を実験観察者の目で観察した記録など多岐に渡るデータを記録すべきである。データの電子化の際に、これらのデータも同時に電子化するためには、パソコン等の情報機器が必要である。またこれらのデータを電子化するためのユーザーインターフェースの統一も考慮する必要がある。

## 3. コンピュータとの連携が可能な測定装置を用いた場合の測定データの電子化

### 3.1 一般的な状況について

コンピュータ用のインターフェースを持つ測定装置は、一般的に専用ソフトを用いて測定に関する各種のデータを電子化している。専用ソフトによるグラフの作成や測定データの分析などが可能な例も多い。多くの場合Excel等の表計算ソフトで処理できるように、CSV形式等を用いたファイルの出力機能を搭載しているので、この機能を利用することで、他のソフトでも測定データの活用が可能である。

CSV形式等で保存された測定データをデータベース化するためには、測定データの変換と2.2で述べた様々な情報の入力が必要である。測定装置の専用ソフトには様々な情報を記録している場合が多いので、この情報をデータベースに入力すればよい。また専用ソフトに記録されていない情報は別に入力する必要があるので、この部分は入力手段を

表1 測定装置による測定データの電子化の手順の違い

測定装置のパソコン用インターフェース	データの電子化	電子化されたデータの保存
有り	パソコンによる自動読み込み	データベース等
無し	パソコンを用いて手入力	

用意する必要がある。

### 3.2 コンピュータ用インターフェースを有する小型測定装置を用いた例

筆者らが開発した小型測定装置<sup>5,6)</sup>(図1)

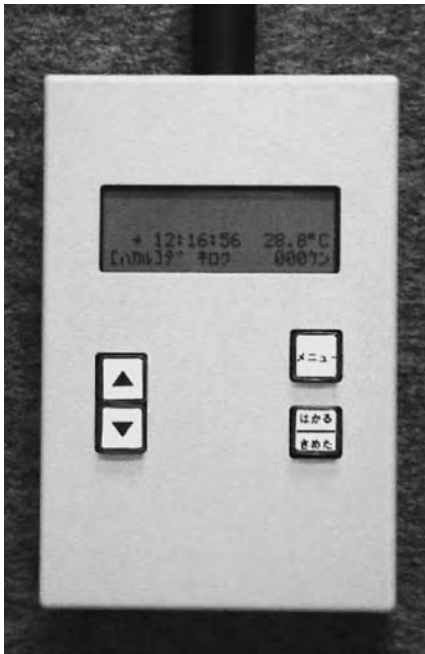


図1 小型測定装置の外観

による測定データの電子化の例を紹介する。

筆者らが開発した小型測定装置は、小学校中学年以上の学習者ならば使用することができることを目標に設計、試作をおこなった。小型測定装置の特徴は表2に示す。この小型測定装置はセンサー部分が交換可能で、センサー部分の交換時に校正無しで使用できる機構を内蔵しているため、様々な実験観察対象について様々な測定が可能であり、効果的に使用することができる。

表2 小型測定装置の機能・特徴

項目	機能
測定分解能	1024段階(10ビット)
データ記録件数	約1000件
記録データ	測定値と測定時刻
データ転送機能	RS-232C インターフェース
センサー	センサーユニット方式
その他の機能	時計機能、電池交換時期表示、電池交換時のデータの保持、等
連続使用可能時間	単3マンガン電池2本で7日間以上(センサーユニットにより異なる)
大きさ	(幅)90×(縦)135×(厚)35(mm)約220g(単3電池2本含む)



図2 小型測定装置による「ポットのお湯の温まり方・冷め方の実験」の測定データの電子化とExcelによる測定データの加工例

この小型測定装置と温度センサーを用いておこなった「ポットのお湯の温まり方・冷め方の実験」の測定結果を電子化し、Excel で処理した例を図 2 に示す。

### 3.3 コンピュータを用いて観測データを収集できる自動気象観測装置を用いた例

理科などの教科の中では、気象に関連する学習項目がかなり多い。そのために観測システムとして百葉箱、雨量計、風速風向計などが設置されている学校も多い。しかしこれらの観測装置を用いて、継続的に気象観測を実施している学校は非常に少ないのが現状である。これは気象庁によるアメダス網の整備とインターネットによる観測データの即時配布の実施や、校内に設置されている従来からある私設気象観測装置の維持管理や継続観測に掛ける労力が得られないなどの原因が考えられる。現在のアメダス網は、雨量で約17km 間隔、気温等では約21km 間隔に設置されているに過ぎない。また近年の気象状況は局所的に大きく変動する例が頻発している。したがって、現在でも学校等における気象観測の意義は十分にあると考えられる。

国内ではほとんど製品化されていないようであるが、米国では安価な自動気象観測装置が複数のメーカーから製品化され販売されている。これらの装置の多くは、コンピュータとのインターフェースを持ち、簡単に気象観測システムや気象観測網を構築することができる機構が用意されている。これらの自動気象観測装置の中から、筆者らの研究<sup>3</sup>(pp.125-131))の一環で設置した米国 Davis 社の Vantage Pro Plus について紹介する。

Vantage Pro Plus の特徴を表 3 に、設置状況を図 3 に示す。測定ユニットは、簡単なポールに固定できるため、設置工事は容易である。また表示装置にオプションを追加することで、データログ機能とパソコンへの観測

表 3 Vantage Pro Plus の特徴

測定項目		気圧、相対湿度、降水量、日射量、紫外線強度、気温、風速、風向、室温、室内相対湿度
大きさ	主ユニット	330 (D)×230 (W)×510 (H) (mm)
	風向風速計	370 (D)×130 (W)×445 (H) (mm)
電源		バッテリーおよび太陽電池
データ転送		有線または無線
表示装置		測定値、日付時刻、月齢、簡易グラフ、簡易予報等の表示
PC 連携		専用ソフトによる測定値の読取やインターネットとの連携



図 3 Vantage Pro Plus  
左：測定ユニット、右：表示装置

表 4 気象観測項目の比較

観測項目	Vantage Pro Plus	気象台・測候所	アメダス
観測点数		約150	約1300 <sup>a)</sup>
気圧			×
相対湿度			×
降水量			
日照	(日射量)	(時間 <sup>b)</sup> )	(時間)
紫外線		×	×
気温			
風速			
風向			
積雪	×	c)	c)

a) 約450箇所は降水量のみを観測。

b) 日射量も観測。

c) 積雪のある地域を中心に観測。

データの転送機能を持たせることができる。

Vantage Pro Plus で観測可能な項目は表 4 に示すように多岐に渡り、アメダス網の観測項目を上回り、気象台や測候所の測定項目に匹敵する。

Vantage Pro Plus の観測データは、専用のソフトを使うことで、パソコン上に表示することができる。さらにホームページ用のデータの転送やメールでの観測データの転送ができるものもある。図 4 は米国 Ambient Weather 社の Virtual Weather Station の観測画面を示したものである。Virtual Weather Station は図 4 に見られるグラフデータや現在の観測データ、月齢などの気象情報をホームページで表示できる形式に加工し Web サーバーへ転送や、メールでのデータ転送(図 5)などが可能である。観測データをデータベース化する場合、数値形式のデータの方が扱いやすいので、図 5 のような形式の観測データを各観測地点からメールなどで送信し、データベースサーバー等で受信、加工し、データベース化すればよい。



図 4 専用ソフト(Virtual Weather Station)を用いた観測画面の例

#### 4. コンピュータとの連携ができない測定装置を用いた場合の測定データの電子化

寒暖計や温度計、パックテストの結果など、直ちにコンピュータと連携ができない測定装置や測定方法を用いた場合には、測定データをコンピュータに手で入力する必要がある。単なる実験観察データの場合には Excel などの汎用ソフトを使用してもよいが、学校の授業の中などで電子化する場合は、Excel を使用する場合でもマクロによる専用入力画面を用意するか、適当なソフトを開発し、用いた方がよいだろう。またネットワークを利用し、データベースサーバーに測定

```
From: *****@*****
To: *****@*****
Subject: VWS report(TGU-2)
```

E140.1N36.1(3050031)

```
-----
10/25/2005 13:30:20
Wind Dir: 20
Wind Spd: 0
Wind Gust: 0
Hum In: 41
Humidity: 41
Temp In: 24.7
Temp: 22.3
Barometer: 1014.44
Tot Rain: 585.72
EV: 1.68
UV: 2.5
Solar: 463
Wind Chill: 22.3
Heat lx In: 24.7
Heat Index: 21.3
Dew Point: 8.4
Barom SL: 1014.44
DailyRain: 0.00
HourRain: 0.00
RainRate: 0.000
Wind Run: 5
Deg Heat: 29.2
Deg Cool: 0.0
MonthRain: 166.12
DegHeat Mo: 1096.1
DegCool Mo: 0.0
WindRun Mo: 3732328
DegHeat Yr: 9868.3
DegCool Yr: 0.0
WindRun Yr: 1087141504
```

図 5 Virtual Weather Station からメール機能により送信された観測データの例

データを収集する場合には、Excel や新規ソフトを開発して用いる以外に、ホームページのフォーム機能を用いることも可能である。

2.2 で述べたような様々な実験観察情報をデータベースサーバーに収集することを想定すると、ホームページのフォーム機能を用いて入力インターフェースを作成した方が、汎用性が高まり、より有効であると考えられる。

## 5. 測定データのデータベース化と測定データの参照

### 5.1 測定データのデータベース化

Web での公開を前提として、測定データをデータベース化するためには、Web サーバーと連動するデータベースサーバーを用意する必要がある。サーバーマシンは特別なハードウェアを用意する必要は無く、安価なサーバー向けのパソコンで十分である。OS としては Windows Server や Linux を搭載すればよい。Web サーバーは Apache か Windows Server の場合にはマイクロソフト社の IIS を選択することも可能である。データベースサーバーは、Web サーバーとして Apache を選択した場合は MySQL または PostgreSQL を選択することになる。IIS の場合には、一般的に、内蔵されている SQL エンジンを使用するか、マイクロソフト社 SQL サーバーを選択する。これらの Web サーバーやデータベースサーバーソフトは、SQL サーバー以外は無償で入手できる。

何れの組み合わせでもデータベースの設計をどのようにするかが、測定データの保存性や利用時の利便性を大きく変えるので、データベース設計はこのシステムの勘所といえる。

### 5.2 データベースからの測定データの参照

データベースに保存してある測定データの

参照は、Web を通しておこなうことになる。測定データの参照方法としては、2.2 で述べた観察実験における数値データ以外の部分については、基本的に、そのまま参照することが多いと思われる。数値化されたデータについては、数値そのものを参照する場合と、グラフ化して参照する場合がある。グラフ化して表示する方法は様々な手法が考えられるが、W3C ( World Wide Web Consortium ) が策定した SVG ( Scalable Vector Graphics ) を用いる方法が現在の標準的な手法である。

## 6. 結言

本研究では、実験観察学習における実験観察対象の測定に焦点を絞り、測定データを有効に活用し、より科学的な実験観察学習を可能にするための方策について検討した。部分部分については知見が蓄積されつつあるので、今後はこれらの知見を元にシステムとして構築して行きたいと考えている。

## 付 記

本研究の一部は文部科学省科学研究費補助金 ( 課題番号 : 16300256 ) の補助を受けている。

### 参考文献

- 1) 教育情報ナショナルセンター ( NICER : National Information Center for Educational Resources ) ホームページ ( <http://www.nicer.go.jp/> ) を始め、様々なサイトが公開されている。
- 2) 余田義彦編著、" 生きる力を育てるデジタルポートフォリオ 学習と評価 "、高陵社書店、( 2001 )。
- 3) 木村捨雄・東原義訓編著、" IT・新世紀型理科系教育の挑戦 確かな学力を育てる IT の先進的な教育利用 "、東洋館出版社、( 2004 )。
- 4) 稲垣成哲・舟生日出男・山口悦司、" 再構成型

- コンセプトマップ作成ソフトウェアの開発と評価”、科学教育研究、25、304-315、(2001)。
- 5) 高藤清美・余田義彦、“環境教育用携帯型データログ「ハンズオン・センサ」の開発”、パーソナルコンピュータユーザ利用技術協会論文誌、10、53-59、(2000)。
- 6) 高藤清美・余田義彦、“環境学習用携帯測定装置の開発”、東京家政学院筑波女子大学紀要、8、115-125、(2004)。
- 7) K. Takato・Y. Kaburagi・Y. Kurimura・S. Tokita・T. Noguchi・M. Kaneko, “Film Device to Visualize UV Irradiation”, J. Photochem. Photobiol., 163, 271-276 (2004).
- 8) K. Takato・N. Gokan・M. Kaneko, “Effect of Humidity on Photoluminescence from Ru(bpy)<sub>3</sub><sup>2+</sup> Incorporated into a Polysaccharide Solid Film and its Application to Optical Humidity Sensor”, J. Photochem. Photobiol., 169, 109-114 (2005).