



実験・観察へのコンピュータ利用について(4)支援装置FITによる実験テーマの開拓と授業実践-電圧,温度機能を付加したFITの新モデル-

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 北海道教育大学僻地教育研究施設 公開日: 2010-04-11 キーワード: 作成者: 矢作, 裕, 高橋, 和幸 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.32150/00009692

実験・観察へのコンピューター利用について

(4) 支援装置FITによる実験テーマの開拓と授業実践 —電圧、温度機能を付加したFITのニューモデル—

矢作 裕 高橋 和幸
(北海道教育大学釧路校) (釧路市立北中学校)

On the Computer Techniques for Educational Experiments and Observations (4) A Simple Interface for School Experiments — On a New Model of "FIT" —

Hiroshi YAHAGI, Kazuyuki TAKAHASHI

目次

1. 研究のながれ
 2. 入力装置の機能の改善
 3. 新モデルの温度測定機能
 4. 授業への展開の方向
- おわりに

1. 研究のながれ

この表題によって研究を開始して4年目を迎える。(1)では、理科教育に於けるコンピューターの利用の可能性について論じ¹⁾、(2)では、学校に配備されているコンピューターを計測器として利用するための入力装置FITを設計、製作し、その意図や内容とともに、それをを用いた「音の高さと振動」の授業を中心に授業実践の報告^{2)~4)}をおこなった。そして(3)では、「水の温度上昇」をテーマにコンピューター室でおこなった授業の報告をし、あわせてテーマの可能性と世界規模で展開され始めたコンピューターネットワークによる通信の事情と、理科教育との関連について論じた⁵⁾。これらの一連の報告を通じて、主張し続けてきたことは、ひとことでいえば、「科学教育の実験については、コンピューターの基本的な機能に注目し、ハードウェアの急激な進展に左右されないような、基本的な利用に徹する。」ということにつきる。実際に「数カ月単位で新しい機

能のついたコンピューターが、市場にでまわる」といわれるほど、その進歩はいちじるしい。どの時点でも学校に配備されたコンピューターは、これまでに指摘してきたように、市場にでまわる装置に対して相対的に旧型化の道をたどる。このような事情は実際上さけられないことであるが、にもかかわらず「学校に配置されて現にあるコンピューター群は、その有効性を発揮しうる。」ということをも、具体的な授業の展開を通じて示そうとしている。このための中心となる装置がFITである。教育活動、たとえば科学教育では科学や技術の進展に応じて絶えず、新しいものを取りいれていくことが必要である。他方では、確立された安定な内容を基礎的、基本的なことがらを新鮮なかたちで取り上げることがもめられている。このようなときに、コンピューターの科学実験のための計測・表示のための装置としての可能性は、旧式のコンピューターであっても、可塑性という点だけとりあげても、固定的な従来型の装置と違ってその利用価値は、きわめて大きい。

2. 入力装置の機能の改善

(1)FITの機能

FITを入出力装置としての完成度を高めるために、この装置の開発の経過をふり返ってみる。FITの中心的機能は、デジタル集積回路による発振器

である。それは、当初の開発の直接的な目的が、「音と振動」の授業への利用を発端として開発されたからである。コンピューターによって、もっとも簡単に周波数測定機能を付与させるための装置として、まずF I Tがある周波数の音を作りだし、イヤホンに出力する。そしてその音程を調節して楽器のある音程との一致点を見だし、それをコンピューターに伝えるために、周波数を分周し時間の長さに変換する。さらに、コンピューターの機種に対する依存をさけるために、汎用性の高いマウス端子をF I Tの入力端子として利用する。このような方針のもとにF I Tの設計が行われた。発振器が、可変抵抗とコンデンサーによって動作していることから、原理的に抵抗と静電容量を周波数に変換する装置と同等である。抵抗のかわりに温度によって抵抗値が変化するサーミスタに変えれば、温度測定の機能が付与されることになる。また、本来的にF I Tは、抵抗-時間の変換装置である。したがって抵抗の測定が主たる機能とし備えられていて、その機能によって「音と振動」、「水の温度上昇」、「合成抵抗」をテーマとして利用することができた。そして、このときの抵抗の測定は、交流的におこなわれることから液体の電気電導度の測定に関連するテーマや、温度計測に関わる多くのテーマの展開の可能性についても既に指摘しているところである。

このような入力装置を物理系の実験に利用するさいには、理想的には一個のF I Tで、全ての実験テーマをカバーできるものが望ましい。しかし、構造も機能も簡単なので、特徴あるタイプが数種類あって、そのなかから特定の機能のものを選択する方

法もあるであろう。このような観点から、これまでのF I Tの利用の形態を残しながら、電圧と温度測定に焦点をあてたものを試作し、その機能試験をおこなった。

(2)比較型電圧計

電圧の測定では、現在釧路校で基礎物理実験で使用している比較型電圧計⁹⁾が参考になる。ここでは、時計(ストップウォッチ)、ガラス棒温度計、そして、比較型電圧計を基本計器として、基礎物理学実験の全テーマが構成されている。これは電圧、抵抗、容量の測定機能や、実験用の電源を備えたコンパクトなもので、組み立てること自体が実験テーマとなっている簡素な装置である。この比較型電圧計は現時点で、コンピューターとの接続は考慮されていないが、図-1のように、表示が1個のLEDの点滅によっていること、基準電圧が5Vで動作している点から、コンピューターとの接続が容易である。F I Tのコンピューターとの接続と使用の簡易さと、比較型電圧計の多機能性を統合されれば、F I Tにとっても、この電圧計自身にも格段に有用性が高まるのは確実である。

(3)比較型電圧計の占める位置

a: 全員が実験できる

高校の物理や諸外国の大学の基礎実験でも、たとえば30人が一斉に等電位線を描いたり、容量の放電(半減期)の実験をすることなどは、たちまち費用、スペース、人などが問題となって実際上できないはずである。この〈装置〉によれば、高校生にも原理が理解された上で教室の全員が実験可能である。このほか、金属の抵抗の温度依存、コンデンサーの容量測定、コンデンサーによる電圧分割などこれまで、教科書に絵でしか示されていないような内容を自分で確かめることができる。このように高校物理と重なる内容を外部の電源なしに、定量的に実験できる。

b: 簡素な電圧計

数点の部品、9Vの電池からなる簡単な装置で半期の授業期間を越えて動作し続ける。組立てても、基準電圧を測定して、目盛りをつけなければ完成しない。大学の基礎実験では組立て、目盛りつけ、動作の解析、それ自身が実験のテーマとなっている。測定範囲の狭さ(0~5V)は、範囲外の測定を考えさせるうえでむしろ特徴である。1990年にボール紙上に組立てられた初期のものを含め数百台が実験に寄与し、半期ごとの改良やアイデアを加えて現

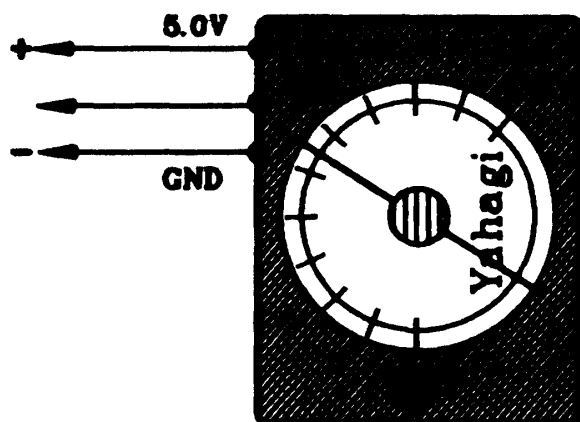


図-1 比較型電圧計の外観

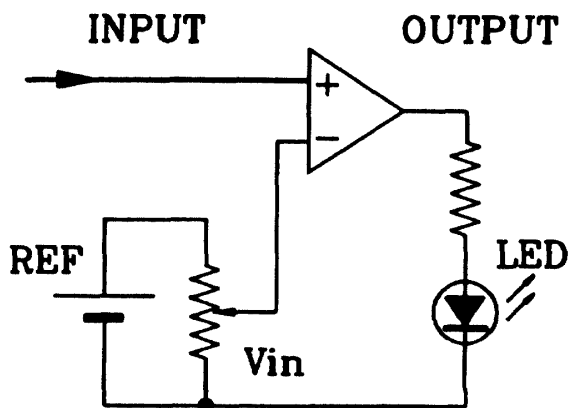


図-2 比較型電圧計の動作原理

在のような機能^{9)~10)}になっている。テーマもその種類を増し約30種類になっている⁹⁾。

c : 比較型電圧計の構造と特徴

図-2はこの電圧計の動作の原理をしめしたものである。一般にはキットから出発して組立をし、完成時は89mm, 69mm, 28mmの透明なケースに収まり、突起部(指示機構)を含めた厚みは35mmである。ケース内部にプリント基板を収めたあと、画びょうと紙クリップ製のダイヤルが、スイッチつきポリウムの軸に接着剤でとりつけられる。このあと目盛りがつけられ、さきの図-1のようなかたちで完成する。測定は附属のクリップで対象に接続したあと、ダイヤルを回転させる。内部ではダイヤルの回転に対応した電圧が発生し、それと入力電圧とが絶えず比較され、その結果は発光ダイオードのON/OFFで表示される。測定はこの境界(一致点)の目盛りを読み取ることになる。このとき、オペアンプはゲインいっぱいを使用しているので、機械的に一致点を決めることはできず、指示ランプはONかOFFに峻別され、測定操作はデジタル的で単純である。表-1に電圧計の機能の一覧がまとめられている。

表-1 比較型電圧計の機能一覧

測定機能：電圧・抵抗・容量
実験用機能：
極微小定電流源 (20nA)
実験用定電圧電源 (5.0V)
実験用可変電圧源 (0~5.0V)
特徴：比較測定, タイマー機能, 超高入力ライン
ピーダンス, 視差補正機能, 低消費電力

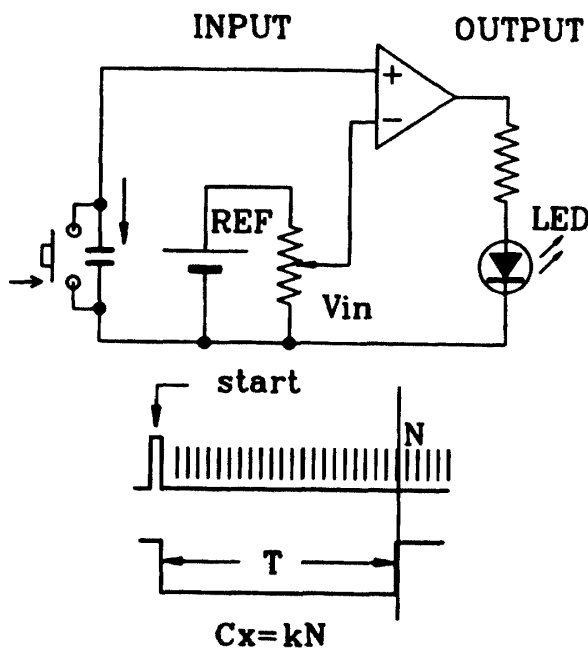


図-3 電圧-時間の変換回路

3. 新モデルの温度測定機能

(1)FIT-Iの機能

前項の比較型電圧の特徴ある機能を活かす方向で、電圧、温度の測定機能に注目して新しいFITの設計を試みた。これまでにのべたような経過から、この入力装置は、FITの性格は受け継ぐものの、内容的には一新されたものとなっている。ここでは、その愛称をFIT-Iとして、温度計機能の基本的な機能を中心に述べることにする。

この機能の核は、電圧一周期の変換回路である。温度測定は、温度-電圧一周期のように変換されてコンピューターに読みこまれる。一般には、0~5Vの電圧を、デジタル変換して読みこむ形式をとるのが通常であるが、マウス端子からの入力を考えるさいには、低速のシリアルデータに変換するなど複雑な回路になる。そこで、比較型電圧のコンデンサーの容量を時間に変換する方式をここに用いることにした。このようにして、この電圧計の特徴がますます発揮できることになる。電圧の測定ができれば、抵抗分割の方法によって抵抗測定は容易である。また容量の測定は、比較型電圧計で使用している測定方法をそのまま利用できる。図-3は電圧を時間の長さに変換する原理的な回路である。

a : 温度計の回路

表-2 試作温度センサーの種類

種類	電圧 [V]	N値	備考 (Q 2-4024 11Pin)
A	2.591	1114	TCONST-A $\phi = 5\text{mm}$ ガラス管
B	2.622	1129	TCONST-B $\phi = 5\text{mm}$ 接着剤なし
C	2.673	1150	TCONST-C $\phi = 5\text{mm}$ 接着剤充填
D	2.599	1118	TCONST-D.DTA $\phi = 6\text{mm}$ 接着剤なし
E	2.611	1122	TCONST.DTA $\phi = 6\text{mm}$ 接着剤充填

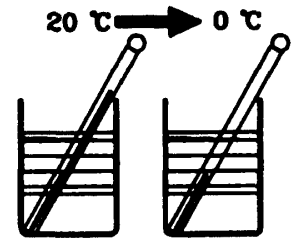


図-5 温度センサーの応答

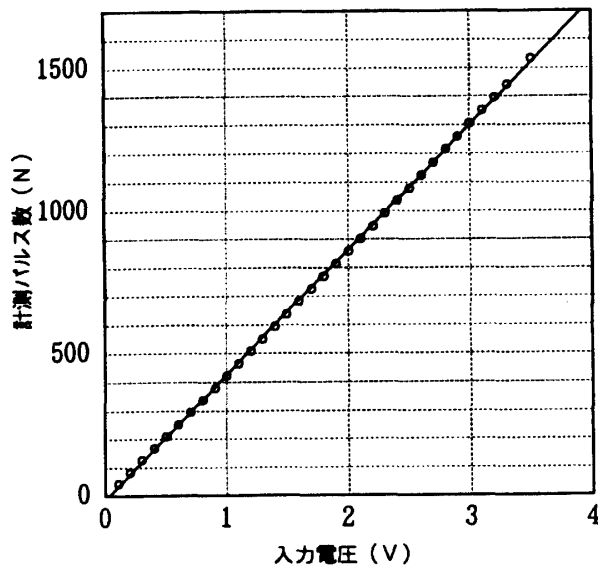


図-4 電圧-時間の変換特性

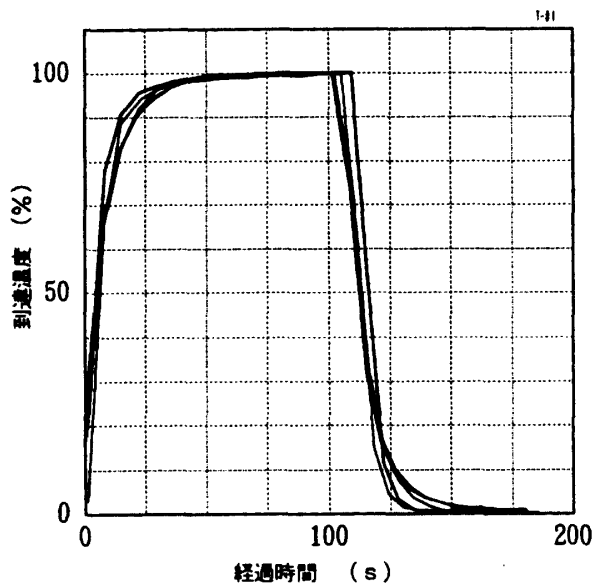


図-6 各種温度センサーの応答特性

温度測定は、抵抗測定の方法をそのまま利用して、これまでのF I Tのように、サーミスタを測温素子とすることもできる。できるだけ、入手しやすい、しかも一般的で、小型で扱いやすいという点からは、定電流を流したダイオードの順方向の電圧を測定する方法がある。この方法によれば、比較的簡単な回路で幅広い直線的な特性で温度測定が可能である。F I T-Iは基本が電圧測定機能であるから、電圧計としての用途も多いが、ここでは温度計の機能に限定して報告することにする。

b: 温度計の特性

中学校では温度の検出にガラス棒温度計を用いて、たとえば溶液を30秒毎に測定するなどのように用いている。そのためこの温度センサーは、ガラス棒温度計（いわゆるアルコール温度計）と同等の機能を持ち、コンピューター入力の可能なものを念頭において試作した。そしてこれまで、水のしかも特定の範囲の温度計として機能させていたものを一般の溶液で使用できるように保護管（ガラス）に封じることにした。表-2は試作したA-Eの5種類の温度計のセンサーの一覧である。増幅後の0°Cにおける電圧と、それに相当するパルス数によってそれぞれの特性を示している。外径5mm、6mmのガラス管にリード線をつけ、ダイオードを封じたものである。そのさいガラス管の外径5mmのもの3種、6mmもの2種類を準備した。それぞれの違いはガラス管内に接着剤を充填したか否かによるものである。これらの温度センサーを同一の試作回路に接続して図-5のように0°C~20°C~0°Cの水に浸してその応答を記録した。図-6は表-2のセンサーの示すN値（温度に相当）の時間応答をみたものである。このグラフに見られるように、ガラス管の径、接着剤の充填による違いはほとんどみられず、作成の容易さによって種類の選択をすればよいことがわかる。

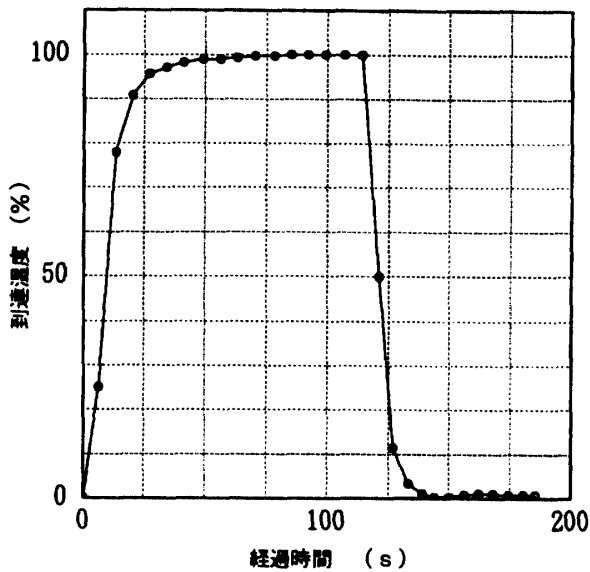


図-7 温度センサーの応答時間

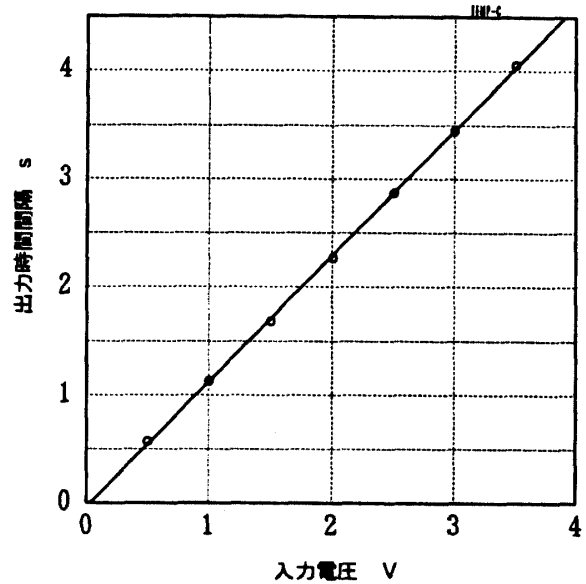
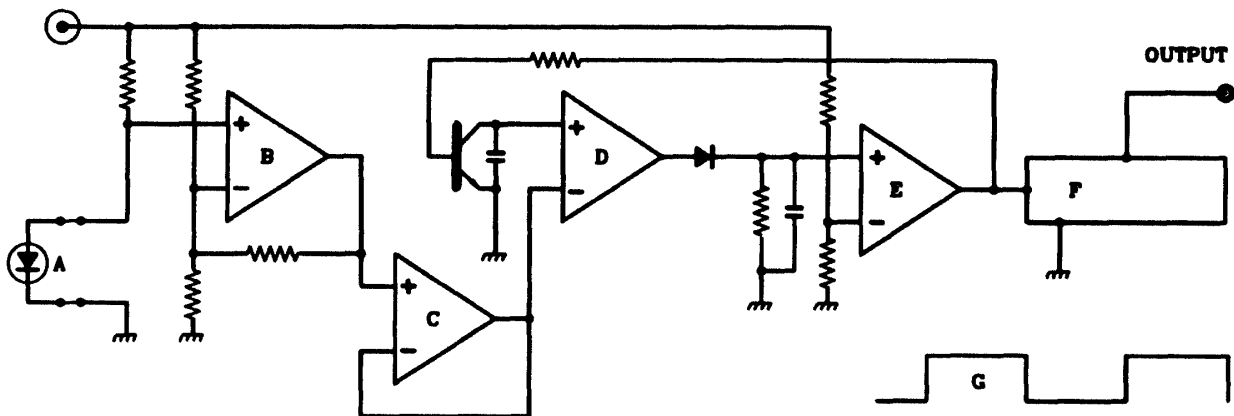


図-9 入力電圧と時間間隔の関係



A: 温度センサー B: 温度相当電圧の増幅 C: バッファー D, E: 電圧-パルス変換
F: 分周回路 G: 分周後の出力波形

図-8 FIT-1の基本回路図

c: ガラス棒温度計との比較

ガラス棒温度計をセンサーと同じように20℃の水に浸しておき、0℃の水に差しかえたとき10℃に達するのに要する時間を測定すると、平均6.0秒であった。一方試作した温度センサーの、相当する時間を図-7から読みとればほぼ6秒である。この結果から、試作温度センサーの液中の温度応答は、ほぼガラス棒温度計と同様とみなすことができる。

図-8は電圧-時間間隔の変換回路、温度-電圧変換回路を含む回路図である。オペアンプ4個が集積された一般的なものを使用して、電圧測定、時間

間隔への変換、温度センサーの増幅が1個の素子によっておこなわれている。この回路図の電圧測定の範囲は0~5Vを対象としている。一方ダイオードの直接的な出力は、1mAの電流で約0.6Vで-2.5mV/℃であるから、増幅して電圧出力することになる。図-9は、数秒毎の測定を想定したこの回路による入力電圧-出力時間間隔の特性を示したものである。また図-10は測定温度範囲を-5~100℃に設定してその測定を記録したものである。

図-11は、読みだし用のプログラムである。初期のノート型のコンピューターを利用しているため

に、マウス端子はない。しかしこれまでと同様、2 値の時間間隔をプリンタ端子を利用してプログラムの処理速度を利用して時間に換算された物理量を読みとる方式である。

4. 授業への展開の方向

a : コンピューター利用可能なテーマ

中学校の教科書から、コンピューターを実験機器・計測器として直接的に利用可能なものを一覧すると表-3 のようになる。もちろん、FIT の使用を想定してのことである。このなかで、*印のものは、すでに通常の授業にとりあげられている。一見、種類としては少ないように見えるが、それぞれのテーマは、コンピューターの特徴を活かして、授業者の意図や環境によって変化をつけて利用される。また、現時点では周辺の装置が準備されていないために、その方途は開かれていないが化学や地学、生物の多くの領域で主要な実験装置として利用しうる。

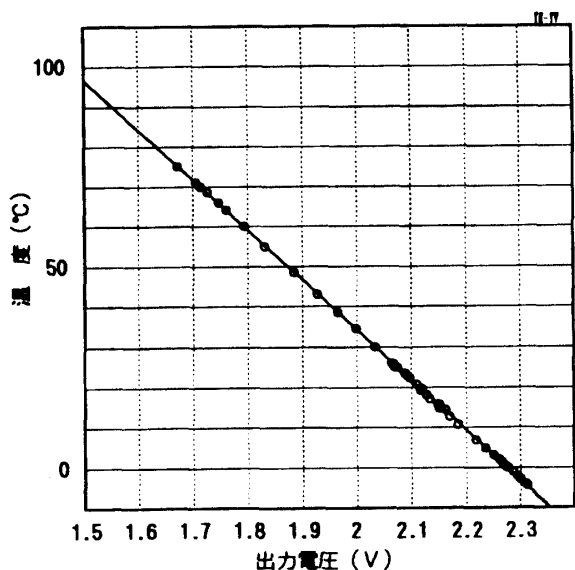


図-10 出力電圧と温度との関係

```

100 CLS: ' TEMP.BAS
110 IF INP(&H42)=252 THEN GOTO 110
120 IF INP(&H42)=248 THEN N=N+1
130 IF INP(&H42)=248 THEN GOTO 120
140 LOCATE 10,10:PRINT N:N=0:GOTO 11
    
```

図-11 よみだし用プログラム

b : 周辺 (支援) 装置について

どのような実験でも、その実験の周辺に、それを援助する装置が必要である。たとえば水の温度上昇の特徴を示そうとする実験ならば、温度計、時計、断熱容器、ヒーター、電源装置、かきまぜ棒などを必要とする。教科書に例示されているような装置が多くの場合学校の理科室に備えられているはずである。それらはこれまでに、工夫や改善が繰り返されてもはや改良の余地がないほどの究極的な装置になっているものもあれば、旧態依然というものも多い。教育では、つねに道具がそれで十分か、また内容の展開のしかたが、そのままではよいかなど方法の検討をし続けなければ退歩する。とくに、コンピューター利用という大きな方法の転換をするときには、

表-3 FIT の利用可能な単元

<p>1 学年</p> <p>*物質の状態変化 使用物質：水、アルコール+水 内容：状態が変化するときの温度</p> <p>*熱と温度 使用物質：ナフタレン、パラジクロロベンゼン 内容：物質の温度変化</p> <p>*音の伝わりかた 使用機器：楽器、弦など音のでるもの 内容：音の大きさと高さ</p>
<p>2 学年</p> <p>*電流と電圧 使用物質：ニクロム線、銅 内容：電流の流れにくさ (電気抵抗) つなぎ方と電気抵抗 (直列つなぎ、並列つなぎ) 使用機器：メータ式電圧計、メータ式電流計 物質の種類と電気抵抗</p>
<p>3 学年</p> <p>物体の運動 内容：運動の表しかた (運動の記録、等速直線運動、落下運動、斜面上の運動) 使用機器：打点タイマー 酸・アルカリの反応 内容：中和とイオン (中和反応)</p>

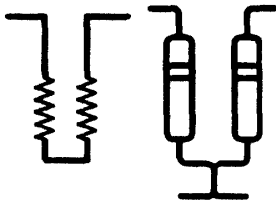


図-12 抵抗によるマイクロヒーター

単に記録機能が付加された温度計という取り扱いから、周辺機器の見なおしをする必要がある。

さきの例ではマイクロヒーターと名付けた簡単な装置が開発された。図-12がそれである。2本の抵抗をよじって接続しただけのものであるが、かきまぜ棒にとりつけたりできる。これは、水の温度上昇の実験専用のヒーターで、従来のいわば標準となっているニクロム線のものにかえて、1/4ワット型の通常の電子部品の抵抗を使用したものである。水を温める実験をするためには10ワット程度の電力が要るから、空気中で使用すればたちまち焼け上げてしまう。しかし、水没させて使用するかぎり、至極安定的に動作する。発泡スチロールから浮かせてとりつけることができる、抵抗値を自由に選べるなどのほか、端子は半田づけできてリード線の接続も容易である。このように、水の量、ヒーターに流す電流を変化させるなど実験の方法をかえれば、水温の上昇速度も異なってくる。記録機能が付与されることで、それが目的ではないが実験の時間を短縮することも可能である。

このように、教育実験といえども、新しい創造がいたるところに必要とされることは、もっと意識されてよいことである。

おわりに

コンピューターの進歩とその普及は、前回の報告とこの報告との1年の間にもマルチメディアなどをめぐって、さまざまな話題をまき起こしながら過ぎてきた。その変化の方向は(1)操作の簡易化、(2)メモリーの巨大化(扱う情報量の増大)、(3)高速化、(4)通信機能の強化などである。精細な写真を印刷したり、それを遠距離に送ろうとすれば、どうしても(2)と(3)が強く要求される。動画や音声を送るとなれば、通信機能とあいまって、一層の高速化がせまられることになり、確実に「通信機能をもつテレビ」の方向をたどっている。コンピューターは、風

変わりな機械ではあるが、まさしく道具である。かつて、電話が極めて特殊な道具として登場したように、また、自動車がその前を人が歩いて露ばらりする後を走ったり、運転者は現代ならばパイロットのような特殊な技能者の地位が与えられたりしたように、コンピューターもまた特殊な分野で、特殊な人の操作する道具として登場した。しかし、やがてこの道具もまた電話や自動車が現在ある姿以上に普及した状態に移行していくであろう。現に時計や電卓のようにコンピューターとして意識されない形態のコンピューターが無数に普及している。現在でも電気、特に電池を使う装置でコンピューターと無縁の装置はむしろ稀といってよいであろう。すなわち、コンピューターはやがて「意識されない道具」となっていく筈である。このようなコンピューターの源流をたどれば、トランジスターや、レーザーや、光ファイバーに行き着く。コンピューターの道具としての特徴をしめす教育内容が必要であるが、それはコンピューターの内部構造を示すことではない。実験装置として利用することも、コンピューターの教育である。テレビが極めて影響力の大きい情報源であることはいうまでもないが、コンピューターの通信機能が世界の通信網を經由して、映像が双方向、個人レベルで、テレビの機能を凌駕する方向にある。情報の重要性は、それが人間の行動を変化させることにある。そのために情報を大量に処理、加工し、情報操作をも含んで、瞬時に、全世界に行き交うことになれば、確実に社会を変えていく。もちろん学校での影響は視聴覚機材のレベルとは比較にならない影響力を持つにいたるのは明かである。このような通信手段の進歩によって、知的生産の結実を享受することができるに違いないが、これはいわば知的生産物の消費行動である。学校こそは知的生産の場でなければならない。

この論文では、コンピューターと名がついていれば、どのような古い型のものであっても、実験機器として有用なものとなり得るとの考えのもとで、その利用の手段としてFITについて述べ、新しい型の予備的な実験結果を紹介した。この簡単な道具を教科書の実験の内容にあわせて、授業を展開しようとするのはそう単純ではない。新しい実験装置を工夫しようとして失敗を繰り返すことに相当する作業と時間を必要とする。コンピューターにかけるべき内容を生産することになる。

この論文の実験内容に関する部分(1)～(3), (4)bについては矢作が, (4)aについては高橋が担当した。目下, 市内の中学校の協力を得てF I T-Iの温度計に関して実用化試験を計画中である。

文献・参考資料

- (1) 矢作 裕, 実験・観察へのコンピューター利用について(1), 僻地教育研究, No.47, 1993.3, pp133-140.
- (2) 矢作 裕・酒井源樹・高橋和幸・大崎治樹・五十里一路, 実験・観察へのコンピューター利用について(2), 僻地教育研究, No.48, 1994.2, pp.65-75.
- (3) 高橋和幸, コンピューターを使った課題選択学習, 北中学校研究授業資料 1993.7
- (4) 大崎治樹, 第40回全国中学校理科教育研究会東京大会研究発表資料 1993.8
- (5) 矢作 裕・酒井源樹・高橋和幸・細川文良, 実験・観察へのコンピューター利用について(3), 僻地教育研究, No.48, 1995.2, pp.63-70.
- (6) 矢作 裕 あたらしい基礎物理学実験の試み物理教育研究(日本物理学会北海道支部) No.21, 23-27, 1993
- (7) 矢作 裕 物理系の理科実験教材の開発ーコンピュータ型組立電圧計についてー僻地教育研究 No.45, 27-35, 1991.3
- (8) 矢作 裕 「釧路と凍土」釧路叢書第31巻(釧路市) 222-226, 1995
- (9) 生涯学習叢書Ⅳ「教育系大学における生涯学習と大学開放」北海道教育大学旭川校 205-210, 1995