

小・中・高等学校理科におけるコンピュータ を活用した教材の開発に関する研究

（第2報）

科学産業教育室 神 部 謙 二
稲 森 藤 夫
加 藤 直 樹
関 向 正 俊

研究協力校

石鳥谷町立新堀小学校
大迫町立大迫中学校
岩手県立不来方高等学校

研究協力員

岩手県立盛岡第三高等学校 城 守 寛
岩手県立不来方高等学校 三 浦 秀 明
岩手県立釜石南高等学校 小 池 彰

研究の概要

本研究は、小学校・中学校・高等学校理科において、観察・実験にコンピュータを活用した教材を開発して、理科の学習指導の改善に役立てようとするものである。

研究の完結年度である本年度は、合計27種類の教材を開発した後、授業実践を行った。

その結果、公式に対して有用感を実感できるようになったこと、観念的にしかとらえられなかった事象を実感をともなって理解できるようになったことなど、生徒の変容を確認できた。

このことから、本研究で開発した教材は、理科の学習指導において十分有効であることが確かめられた。

キーワード：理科 物理 化学 生物 天文 教材開発 マルチメディア
コンピュータ インターネット 小学校 中学校 高等学校

研究の目的

理科教育について新学習指導要領では、問題解決能力や科学的な自然観を養うことができるように、観察・実験が一層重視され、指導にあたっては、「情報の収集・検索」、「計測・制御」、「結果の集計・処理」において適宜コンピュータや情報通信ネットワークなどを積極的に活用することが求められています。

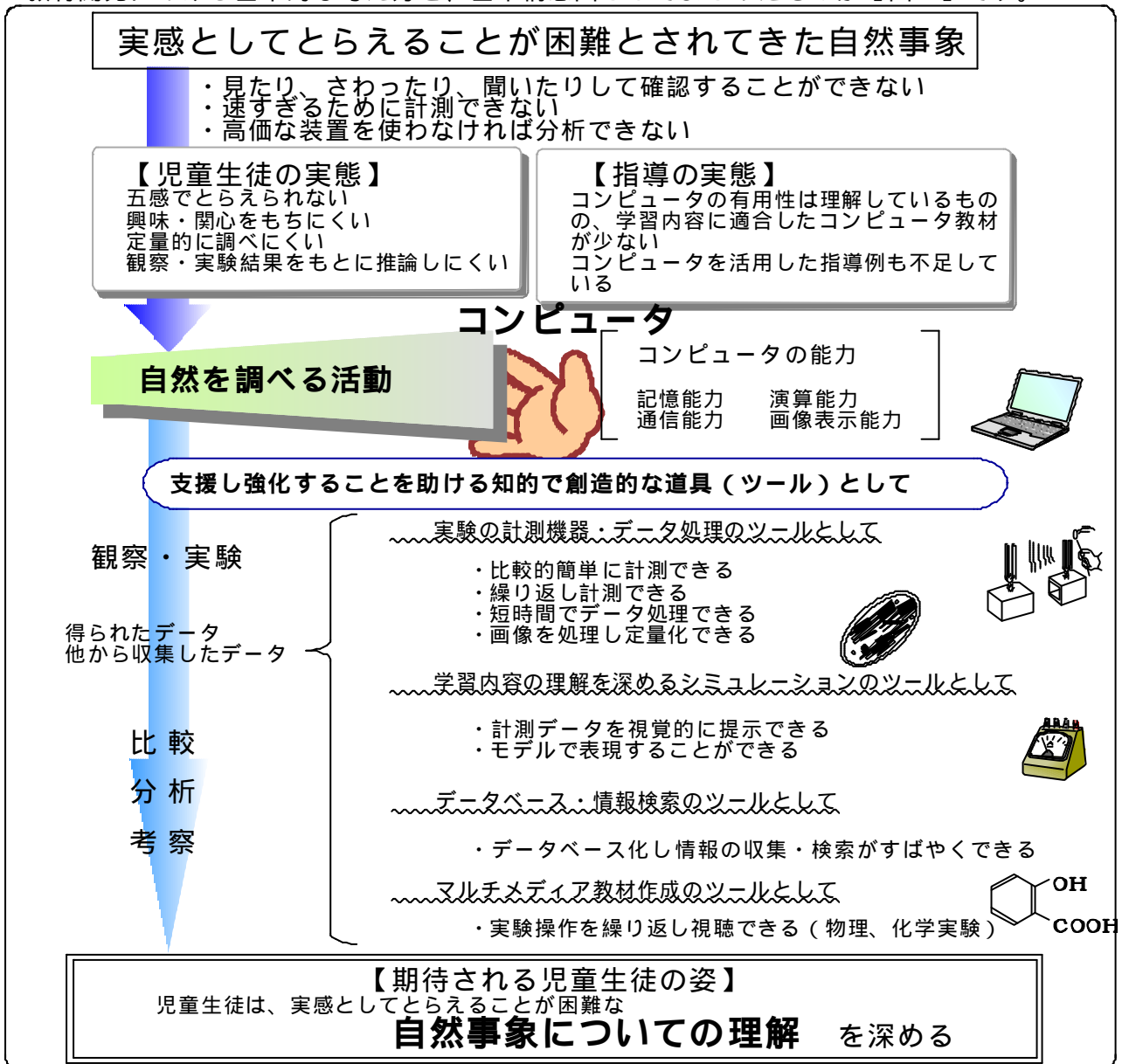
しかし、現在、多くの学校でコンピュータが配備されているにもかかわらず、コンピュータを活用した授業は、いまだ手探りの状況にあります。その理由としては、教師が求めている学習内容に関連したコンピュータ教材が少なく、またそれを生かした指導例も不足していることにあります。

このような状況を改善していくためには、情報を収集・検索できるようにデータベース化したり、計測・制御する実験装置を開発したり、実験結果を集計・処理できるワークシートなどを教材として開発する必要があります。

そこで、この研究は、小・中・高等学校理科において学習内容に即したコンピュータ教材を開発することによって、理科の学習指導の改善に役立てようとするものです。

教材開発における基本的な考え方

教材開発における基本的な考え方を、基本構想図としてまとめたものが【図1】です。



【図1】基本構想図

研究結果の分析と考察

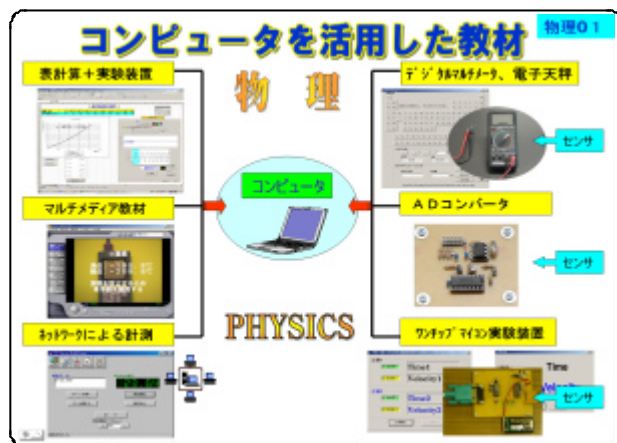
1 開発教材

基本構想に基づき、本研究で開発した教材の概要を【図2】と【図3】に示します。なお、開発にあたっては、ソフトや電子機器の製作のみならず、関連する実験機器の工夫・製作等も行いました。

また、発達段階を考慮した指導を工夫することにより活用可能と思われる校種を、開発教材名一覧の右端に併記しました。



【図2】開発教材の概要



【図3】物理開発教材の概要

開発教材名 一覧

センサーの出力をデジタルマルチメータを経由してコンピュータに取り込む計測装置(1ch、2ch)	中・高
ADコンバータ (MAX186, MAX187, ADC0834, 4052BP等を使用) の製作	中・高
ワンチップマイコン(PIC16F84)とコンピュータを使用した音と光に対する反応時間計測装置	中・高
ワンチップマイコン(PIC16F84)とコンピュータを使用した速度と周期計測装置	小・中・高
コンテッサマイクとコンピュータを使用した音速計測装置	中・高
酸素センサーを使用したヒトの呼吸による酸素消費量計測装置 (ExcelのVBAで作成)	中・高
酸素センサーを使用したブナ的光合成による酸素発生量計測装置 (ExcelのVBAで作成)	中・高
スキャナ、デジタルカメラのデータを使用した面積測定 (葉、建物、人体、アポガド) 数値)	中・高
ネットワークを使用した計測装置の改良	中・高
ネットワークを使用した情報共有ソフト	小・中・高
ネットワークを使用した模型自動車の制御	中・高
コンピュータを使用した電気振動計測装置 (コンデンサとコイルを使用)	高
「液体窒素の取り扱い」、「X線の正しい知識と実験」についてのマルチメディア教材	小・中・高
Windows版電子天秤及び平行電流が磁場から受ける力の計測装置	中・高
コリオリの力説明教材	高
Excelを用いた重力加速度計測教材	中・高
二酸化窒素の平衡移動の計測	高
シャルルの法則検証実験	高
薬品管理ソフト	小・中・高
化学実験動画集 (有機化学)	高
反応速度の分析にコンピュータを活用する教材	高
光合成色素の光学的性質における一連の開発教材 Part1	高
光合成色素の光学的性質における一連の開発教材 Part2	高
・ 補正、分光器の改良	
・ 褐藻植物ワカメの光合成色素の分析 (加減法 a と c)	
月の日周運動を理解させる映像資料教材	中・高
視差の少ない天体観察装置 (テレタイプ)	小・中・高
電流回路 (水流モデル) シミュレーション教材 「電流回路 Watcher Ver1.0」	中・高
心臓拍動観察教材 「心音 Watcher Ver1.0」	小・中・高

2 中学校理科における教材開発と授業実践

(1) 電流回路(水流モデル)シミュレーション教材「電流回路Watcher Ver1.0」

ア 開発のねらい

中学校理科1分野「電流」の指導における生徒のつまずきは次の3点に凝縮されると考えます。

回路図から実際の回路を組むことができない。

回路に電流計は直列に、電圧計は並列にそれぞれ挿入し、電流と電圧を測定することができない。(なぜ直列、並列に挿入するのか、その意味がわからない。または、教えていない。)

電流と電圧の違いがわからない。

このような状況を改善するためには、

実体配線図を示すことにより回路を実際に繰り返し組み立て、実際の回路と回路図との関連を理解させる。

電流と電圧の値を実際に測定するなかで計器の挿入方法を体得させ、電流と電圧の違いを感じ取らせる。

電流と電圧の違いを言葉や測定値をもとに説明するだけでなく、視覚的にとらえることのできる工夫を施しながら、その違いを明確に定義する。

ことが必要であると考え、教材の開発に取り組みました。

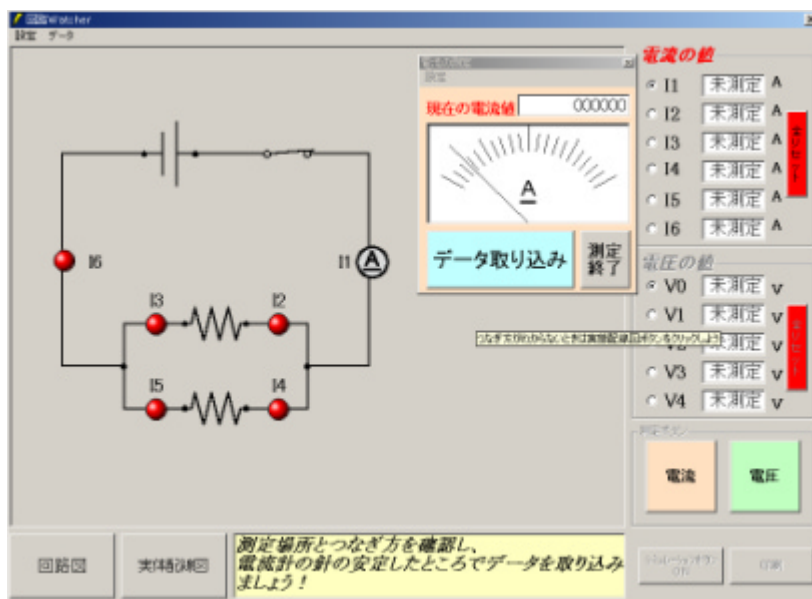
イ 開発教材の概要

この電流回路(水流モデル)シミュレーション教材「電流回路Watcher Ver1.0」はMicrosoft Visual Basic 6.0で開発しました(【図4】)。電流の強さと電圧の大きさを数値のみでなく視覚的にとらえさせる方法として「水流モデル」が最適であると考え、「水流モデル」のシミュレーション機能を盛り込みました。また、測定した値をコンピュータに取り込む手段として、デジタルマルチメータ(以下DMMと表記)を用い、DMMによって実際に測定された電流と電圧の値を利用し「水流モデル」に反映させることができるようにしました。(次頁【図7】参照)

もちろん、任意の電流と電圧の値を入力することにより様々な条件下における回路中での電流と電圧の違いを視覚的にとらえることも可能です。次頁【図5】は開発したプログラムの一部です。

ウ 工夫した点

- ・ DMMで取り込んだデータを数値とともにアナログ的に指針と目盛りで表示することにより、既習事項である電流計
- ・ 電圧計の読みとりが基本であることを意識させるようにしたこと。



【図4】電流回路Watcher計測画面

- ・回路図から実際の回路を組み立てられる際の手助けとなるよう、実体配線画像を必要に応じて表示できるようにしたこと(【図8】)。

エ 教材の活用方法

現時点で、RS232C経由でデータを取り込めるDMMを保有している学校は非常に少ないが、次のような活用方法が考えられます。

- ・1台のDMMを使って測定し「水流モデル」を液晶プロジェクタ等に出力すること。(教師演示向き)
- ・各班毎にアナログの電流計、電圧計で測定したデータを1台のコンピュータに入力させ「水流モデル」を出力(プリントアウト)すること。(生徒実験向き)
- ・任意のデータを入力し「水流モデル」を使って、回路の電流、電圧の変化を推察すること。

以上の使い方が選択できるように、【図6】のようにスタート画面を作成しました。

オ 活用上の留意点

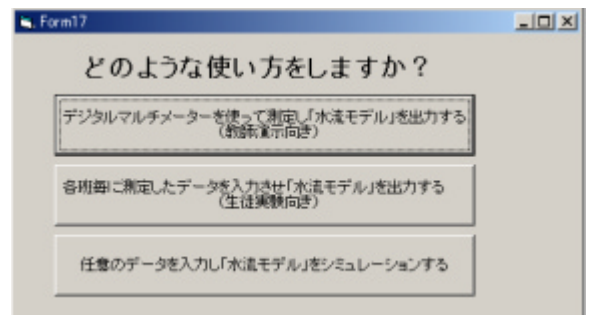
本教材はあくまでも直接目で見て確認することのできない自然事象の一つである電流を、測定結果をもとに水流モデルで表示することにより電流と電圧の違いを理解させるために開発したものです。したがって、DMMの使用は観察、実験を通して回路の作成の仕方や基本的な測定器具であるアナログの電流計や電圧計の使い方を学習した後のまとめの指導の際に用いることが望ましいと考えます。また、水流モデルは回路を流れる電流とそこに生じている電圧の違いをイメージさせるには適したモデルではあるものの、直列、並列に関係なく抵抗が多いほど電流が弱くなると誤ってとらえられやすい面もあり、このようなモデルの特性を十分考慮しながら指導にあたる必要があります。

```
PrivateSub Form_Load()
Picture1.Scale(-200,350)-(400,-100)
Picture1.DrawWidth = 2

xjiku(0, 0) = 0:xjiku(0, 1)=0:xjiku(0, 2)=0
xjiku(1, 0) = 200:xjiku(1, 1) = 0:xjiku(1, 2)=0

Label1.Caption = "x 軸傾斜角"
Label2.Caption = "y 軸傾斜角"
Label3.Caption = "z 軸回転角"
Command1.Caption = "回路図 回路図"
Command2.Caption = "3次元の落差"
Command3.Caption = "電圧"
Command4.Caption = "電流"
Command5.Caption = "終了"
Command6.Caption = "回路図座標データ読み込み"
Command8.Enabled=False
Command9.Caption = "入力データ一覧"
Command10.Caption = "流れる様子"
Slider2.Enabled=False
Command15.Enabled=False
Command16.Enabled=False
For i = 0 To 5
Label4(i).Width = 22
Label4(i).Height = 18
Label5(i).Width = 18
Label5(i).Height = 18
Next i
For i = 0 To 5
Option1(i).FontSize = 15
Option1(i).Caption = "I" & i + 1
Text4(i).Text = "未測定"
Text4(i).FontSize = 15
Text4(i).Alignment = 1
Text4(i).Locked=True
Next i
For i = 0 To 4
Option2(i).FontSize = 15
Option2(i).Caption = "V" & i + 1
Text5(i).Text = "未測定"
Text5(i).FontSize = 15
Text5(i).Alignment = 1
Text5(i).Locked=True
Next i
Frame1.Caption = "電流の値"
Frame2.Caption = "電圧の値"
Frame1.FontSize = 15
Frame2.FontSize = 15
Timer1.Enabled=False
```

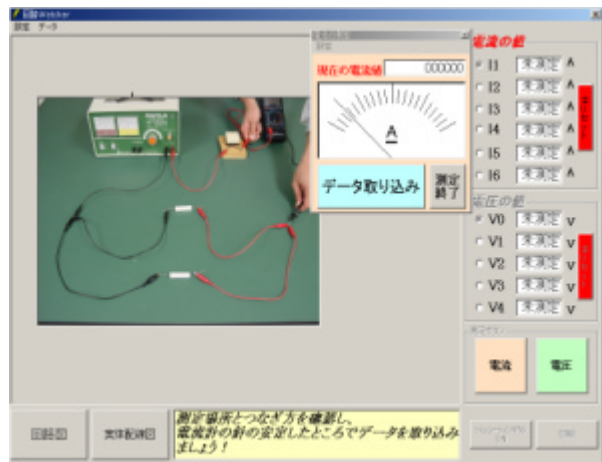
【図5】プログラムの一部



【図6】スタート画面



【図7】水流モデルの表示



【図8】実体配線画像

(2) 授業実践の様子

【図9】は並列回路の電流と電圧をDMMで測定し、コンピュータに取り込んでいる様子です。画面に表示される実体配線画像を参考にしながら回路を組み立てた後、画面の指示に従いDMMをセットし、DMMを聴診器のように扱いながら各測定点のデータを収集させました。

【図10】は測定後に表示される「水流モデル」を見て、自分の予想と比べている様子です。2点間の落差が電圧の大きさに相当し、水路のある点での太さがその点を流れる電流の強さに相当することに気付き、「なるほど!」とうなずく生徒の姿が数多く見られました。



【図9】測定場面



【図10】水流モデルを確認している場面

(3) 授業実践の分析と考察

ア 開発教材への有用感

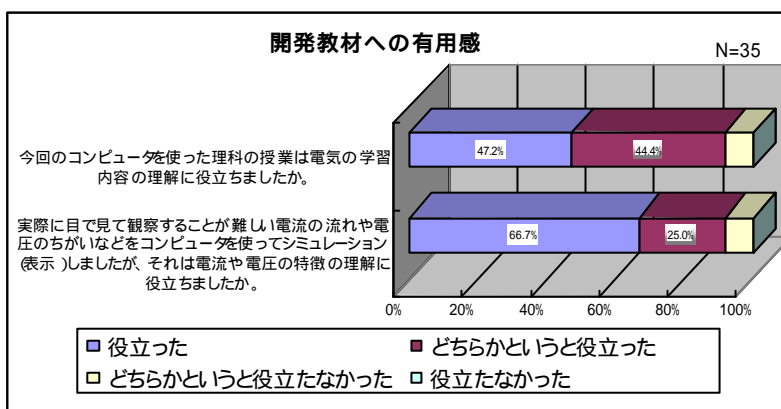
【図11】は開発教材への有用感について事後アンケート調査を実施した結果の一部です。本教材が電流と電圧の違いを理解するために役立ったと回答している生徒がいずれも90%を越えており、有用感を強く感じたことがうかがわれます。

また、その具体的な理由として「頭のなかでイメージするしかなかった電圧、電流の関係が目で見て理解できたから」や「電流がどんなふう流れているかなどがイメージでつかめるから」などをあげる生徒がいました。

イ 生徒の感想から

- ・今回、電気の勉強をしてみて、コンピュータを使った授業だったからすごく早く理解することができました。とても楽しかったです。
- ・今回は自分で、なるほどと思ったのが多く感じられました。水流モデルもはじめは何でこうなるのかわからないと思っていたのに、説明を聞いてしくみがわかるともっと知りたいと思えるようになりました。
- ・コンピュータを使って電流の流れ方や電圧についてよくわかった。あと、並列や直列のつなぎ方がコンピュータに詳しくかいてあってわかりやすかった。
- ・電流と電圧のちがいがいまいち分からなかったけど、今回の学習でその違いが分かったのがよかった。電気は目に見えないものだけど、コンピュータを使って表示できたのですごくよかった。
- ・コンピュータを使ってやる実験は初めてだったのでとても楽しかった。あと、今までわからなかったことがこの学習のとき少し理解できたと思います。こんなに楽しく電流のことを学べると思っていなかったのでもいい体験になりました。

以上のことから、測定したデータを開発したコンピュータ教材を用いて水流モデルとして立体的に表示させることにより、生徒は電流と電圧の違いを視覚的にとらえ、その違いを実感をともなって理解できるようになったと考えます。



【図11】開発教材への有用感

3 高等学校物理における教材開発と授業実践

(1) 教材開発の目的

高等学校物理 B「運動と力」及び「エネルギー」では、速度、加速度、運動量、エネルギーなどを扱います。そのなかで、「速度」や単位時間あたりの速度の変化である「加速度」は、「運動量」や「力」を形成する要素となる最も重要かつ基本的な物理量といえます。しかし運動している物体の「速度」や「加速度」を高い精度で求めるには、非常に短い時間を正確に測定する必要があります。すなわち生徒が授業で学習したこれらの物理量や物理法則を、実験を通してさらに実感できるようにするには、時間を正確に測定する装置が必要不可欠です。あわせて生徒が目的をもって行動し、その目的を達成する経験が必要になります。目的をもって行動するとはすなわち「物理法則の検証」であり「物理法則の活用」に相当すると考えます。これらの目的が達成されたとき、生徒は成就感とともに物理法則をより身近で実感のあるものとしてとらえることができるようになります。

そこで本研究は、コンピュータ、ワンチップマイコン、コンピュータ関連機器などを用い、「物理法則の検証」及び「物理法則の活用」が可能となるコンピュータ教材を開発し、授業実践によりその有効性を検証することにしました。

なお事前調査の結果、クラスの8割以上の生徒がコンピュータの特性を生かした教材の必要性と、それらを活用した授業の実施を希望していることがわかりました。

(2) 教材開発の留意点

従来の実験装置を分析した結果、物理法則を検証する実験や物理法則を活用する実験を可能にするコンピュータ教材は次のような条件を備える必要があると考えます。

物理量を瞬時に表示できること	精度が高いこと
測定対象の運動を乱さないこと	操作が簡単であること
繰り返し試行できること	ネットワーク対応であること
プロジェクトで拡大表示ができること	応用・発展的な活用方法があること
種々の授業形態（個別、班別、演示）に対応できること	小学校、中学校、高等学校で活用できること

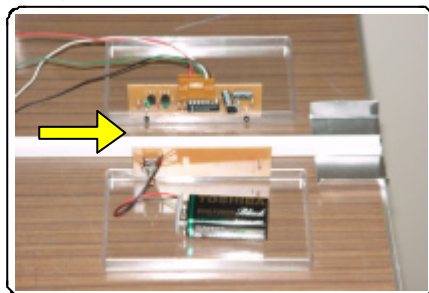
(3) 授業実践の分析と考察

ア 物理法則を活用する実験とコンピュータ教材

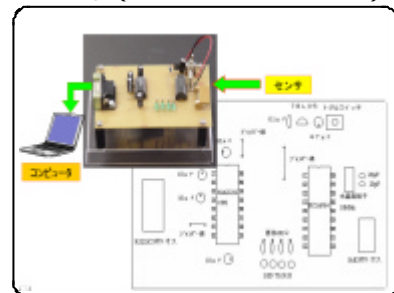
事前調査より明らかになったことは、授業において生徒たちが実験をとおして物理法則を活用する場面がほとんどなく、物理法則そのものが生きた知識として身に付いていないという状況でした。そこで、【図12】に示すように、斜面を下ってきた鋼球がテーブルの端で飛び出すときの速さを計測し、床面上どの位置にコップを置けば見事その中に鋼球が入るかを計算で求めさせる実験を行いました。この実験を効果的に実施するための装置として、コンピュータとセンサを活用した速度計を開発しました（【図14】）。これは、【図13】の装置でセンサ間を通過する鋼球を感知し、ワンチップマイコンで通過時間を求め、速さを計算した後、画面上に速さを表示する仕組みです。（次頁【図15】参照）



【図12】水平投射の応用実験画面



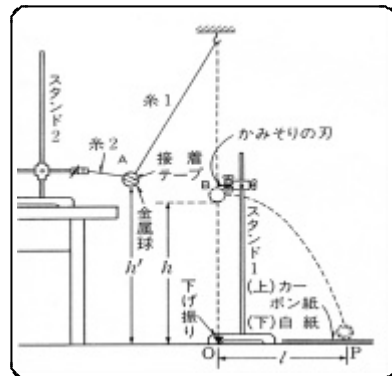
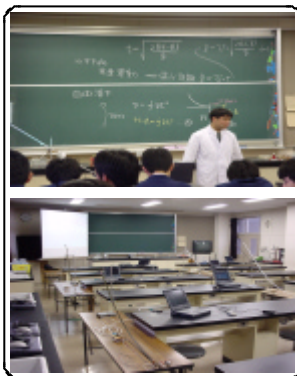
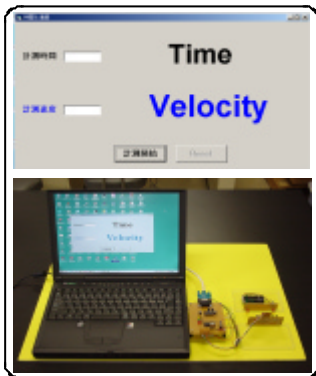
【図13】センサ部



【図14】速度計本体

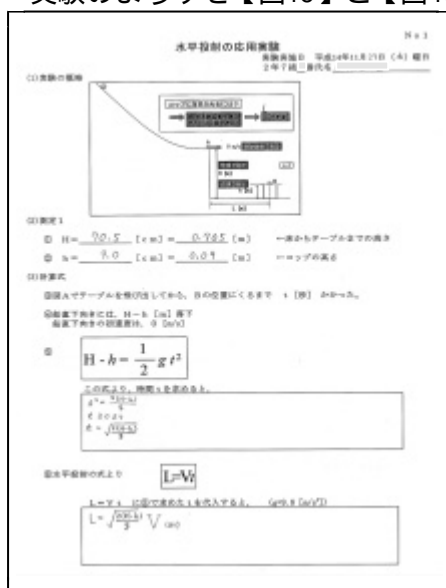
クラスを8班に分け、各班ごとに物理実験室の机上にコンピュータ及び実験装置を、次頁【図16】のように配置し、授業を行いました。

応用例として、
【図17】のかみせりの刃の位置にセンサをセットし、力学的エネルギー保存則を検証する実験、仕事とエネルギーの実験、2チャンネルにする



【図15】表示画面 【図16】授業風景と機器 【図17】応用例（探究活動）
保存則の検証実験、さらには音や光に対する反応時間計測実験などをあげることができます。

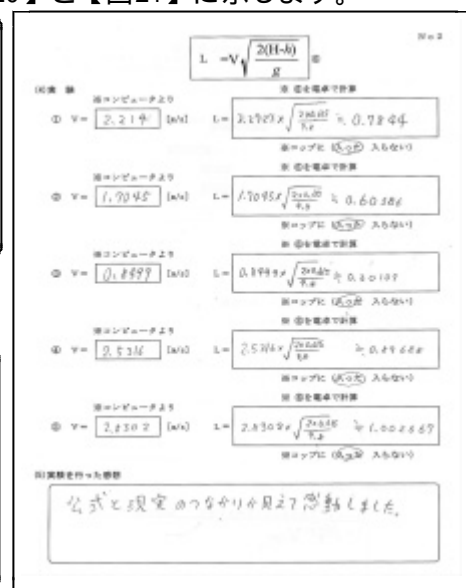
実験のようすを【図18】と【図19】に、ワークシートを【図20】と【図21】に示します。



【図18】速度の測定



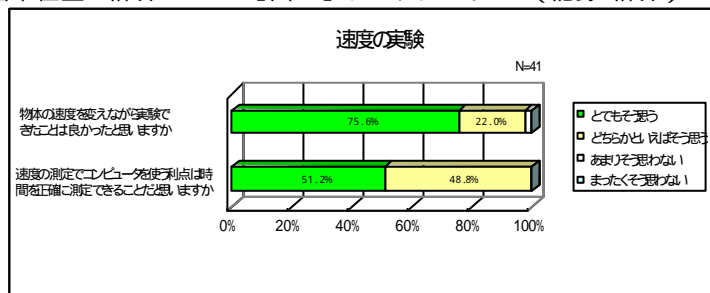
【図19】落下位置の計算



【図21】ワークシートNo2（記録・計算）

(ア) 実験に対する生徒の評価

【図22】より、生徒は、測定対象の運動を乱さずに正確な速度を瞬時に表示できる装置を活用することで、実験における重要な物理量を繰り返し測定することができ、物理法則や公式を活用する実験を主体的に進めたことがうかがえます。



(イ) 生徒の感想から

【図22】実験に対する生徒の評価

- ・公式と現実のつながりが見えて感動しました。
- ・物理の教科書に書いていることは本当なんだなと思った。もっと実験を取り入れて欲しい。
- ・おもしろかった。物理はちゃんと説明できるんだなと思った。
- ・おもしろかった。すごく物理を勉強した気がした。またやってみたい。
- ・こういう実験はわかりやすく、また式があっているということがわかった。
- ・公式を使用し計算することによって、物の動きについて色々な予想をたてることができるということがしっかりと理解できた。

生徒が物理法則を実感をもって理解するという事は知的に楽しいことであり、科学的自然観を育成する上で非常に重要な要素であると考えます。

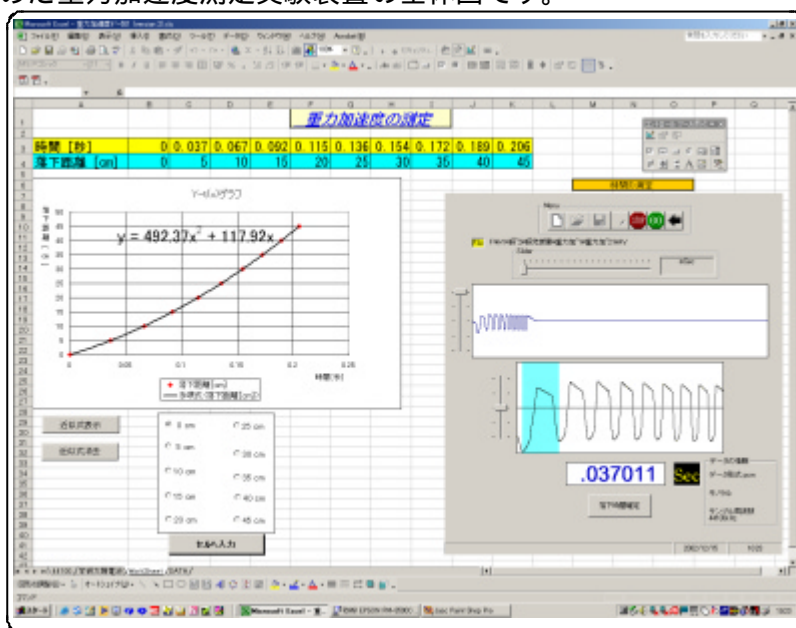
イ 物理法則を検証する実験とコンピュータ教材

ここで開発した教材は、物理 Bの「運動と力」及び「エネルギー」の分野のみならず、「波動」や「電場と電流」の分野における探究活動にも応用できるものです。まず、電圧の変化及びマウス操作で簡単に時間間隔を測定できるソフトを【図23】のように作成した後、これをコンポーネント化し、【図25】のようにExcelの画面に貼り付けます。コンポーネント化することにより、実験の目的に柔軟に対応できる教材の開発が可能となり、その応用範囲は大きく広がります。重力加速度を測定する場合は、光電池と豆電球を向かい合わせておき、その間で幅2cmのアルミホイル10枚をそれぞれ3cm間隔に貼り付けた透明定規を落下させます。すると豆電球の光が遮られたり透過したりする部分が交互に繰り返されるので、光電池の電圧が変化し、その変化がコンピュータ画面上に表示されます。この表示部分から落下に要した時間を測定し、落下距離と落下時間の関係をグラフ化した後、近似曲線から重力加速度を求めます。Excelのみで重力加速度を求めることができるように工夫しました。

なお【図24】は、センサ部分を含めた重力加速度測定実験装置の全体図です。



【図23】 波形表示ソフト

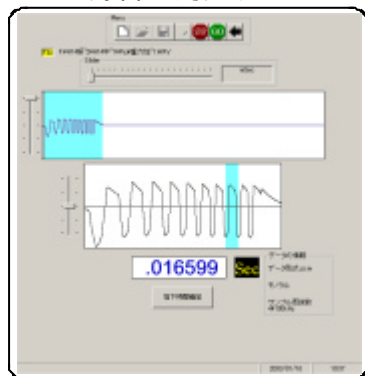


【図25】 重力加速度測定ソフト

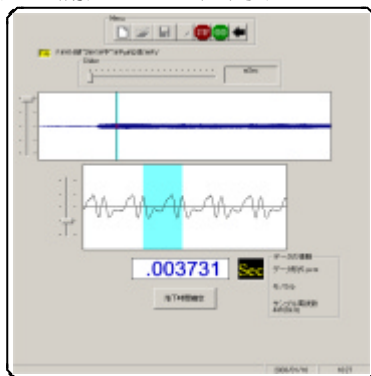


【図24】 重力加速度測定実験装置

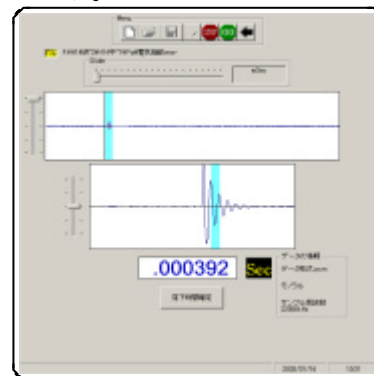
前述したとおり、このコンポーネントの応用範囲は極めて広く、重力加速度の分析（【図26】）の他に、音声の分析（【図27】）、電気振動の分析（【図28】）、コンデンサの放電曲線の分析、さらにはステレオ録音に対応することで、音速の測定などに応用することができます。



【図26】 重力加速度の分析



【図27】 音声(い)の分析



【図28】 電気振動の分析

さらに、このコンポーネントは、Internet Explorer、PowerPoint、Access(いずれもMicrosoft社製)などに貼り付けが可能であり、教材を開発する上で非常に便利です。

【図29】は物理実験室の机上に配置した重力加速度測定実験装置とコンピュータです。また【図30】は、測定データをワークシートに記入している様子です。なお実験結果は印刷し、【図31】のように生徒に配布したワークシートに貼り付けました。



【図29】実験装置及び機器の配置



【図30】測定場面

No. 5

3 データ収集と重力加速度を求める実験

(1) 表にまとめる
透明アクリル定規（アルミテープを9分間隔つたもの）が5cm落下する時間、10cm落下する時間、・・・45cm落下する時間をコンピュータから求め、次の空欄に記入しなさい。

① 時間 [秒]	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
落下距離 [cm]	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45

② 時間 [秒]	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
落下距離 [cm]	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45

(2) 手順
① グラフの式を $y = ax + b$ を利用して求めます。
② ①の式と、授業で学習した式 $y = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$ を比較して g を求めます。

(3) 実験の感想

すごくいい体験ができました。
物理の実験をやりよかったです。

【図31】ワークシートの一部

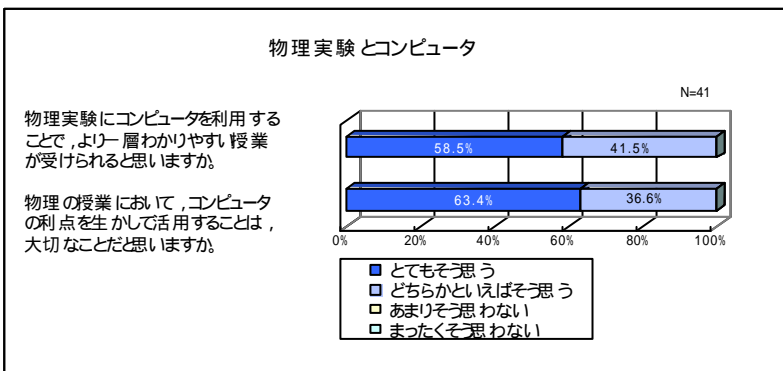
(ア) 生徒の感想から

- ・実験にパソコンを使うことで、内容が分かり易く、興味をもてた。重力加速度の意味や、実験のやりかたがよく分かった。
- ・重力加速度を調べる実験のときに光を使うということを知った。細かい測定や計算にパソコンはとても役に立つ物のように思えた実験だった。
- ・重力加速度など今まで習ってきたけど実感がわかなかった。でも今回の実験で重力加速度が本当に存在することがわかった。これからの物理が今までより楽しくなりそうな気がした。

公式に対して有用感を実感できるようになったことや、観念的にしかとらえられなかった現象を実感をともなって理解できるようになったことなど、生徒が変容する様子が確認できました。

(4) 物理実験とコンピュータ活用

コンピュータを理科の目標達成を支援するための道具としてとらえ、各種電子機器、実験装置（自作を含む）と組み合わせたコンピュータ教材を16種類開発することができました。また、なにを、どのように、どういう環境のもとで実験するのかを記したワークシートと併用することで、効果的な授業展開が可能になると考えます（【図32】）。



【図32】物理実験とコンピュータに関するアンケート（一部）

研究のまとめと今後の課題

1 研究のまとめ

本研究は、小学校・中学校・高等学校理科において、観察・実験にコンピュータを活用した教材を開発して、理科の学習指導の改善に役立てようとするものです。

2年次にわたる研究の成果として、次の2点があげられます。

コンピュータを活用した学習指導の進め方についての基本的な考え方と、コンピュータを活用した教材の開発に関する基本構想をまとめることができたこと。

各種センサを用いて物理量をリアルタイムに求めることができる教材や理論値を求めることができる教材、光学的手法を用いて科学的に分析できる教材、実感としてとらえることが難しい自然現象を視覚的に表現できるシミュレーションソフトなど、合計27種類の教材を開発することができたこと。

研究の完結年度である今年度は、研究協力校と連携をとりながら、開発教材を用いた授業実践を行いました。授業実践における成果は次の3点です。

測定したデータを、開発したコンピュータ教材を用いて表示させることにより、生徒は電流と電圧のちがいを視覚的にとらえることが可能となり、そのちがいを実感をともなって理解できるようになったこと。

生徒が、物体の運動を乱さずに瞬間的な速さを測定できるような、物理法則の活用を目的としたコンピュータ教材を用いることにより、生徒による主体的な物体の運動の予測と確認実験が可能になり、生徒は、物理法則や公式の有用性を実感をともなって理解できるようになったこと。

生徒が、物体の落下運動から求めたデータをもとに重力加速度を求めることができるような、物理法則の検証を目的としたコンピュータ教材を用いることにより、生徒は、今まで観念的にしかとらえられなかった運動と力の関係を実感をともなって理解できるようになったこと。

このように、開発した教材を用いた授業実践により、生徒が変容する様子を確認することができました。

以上のことから、本研究で開発した教材は、理科の学習指導において十分有効であることが確かめられました。

2 今後の課題

今後は、本研究で開発した教材に改良を加え、教材としての質及び量をより一層充実させるとともに、開発した教材を各種研修講座で有効に活用し、理科の学習指導の改善に役立てていきたいと考えます。

【主な参考文献】

- 高桑純、「TLCを用いた光合成色素の分離」、北海道理科教育センター研究紀要第11号、1999年、p69-73
- 畑 正好・稲森藤夫・金子康宣・関向正俊、「平成12年度教育研究」、岩手県立総合教育センター、2001年、p147-162
- 神部謙二・稲森藤夫・加藤直樹・関向正俊、「平成13年度教育研究」、岩手県立総合教育センター、2002年、p141-158