

主 題 研 究

理科におけるマルチメディアとネットワークを 活用した教材の開発に関する研究

科学産業教育室 関 向 正 俊

研究協力校
東和町立東和中学校

研究の概要

この研究は、理科において、従来時間的、空間的に観察、実験が困難と思われる事象について教材を開発し、理科の学習指導の改善に役立てようとするものである。

そのため、今年度は地学領域の地震の学習において、マルチメディア教材、地震シミュレーションソフト、そしてコンピュータと簡易センサーを用いたモデル実験装置の開発を行った。さらに、測定データをネットワークを介して共有する方法についても考察を加えながら、授業実践をとおしてその有効性を検討した。

その結果、生徒は開発した教材に対して有用感をもつとともに、実感を伴った理解を深めることができ、教材の有効性が確かめられた。

キーワード：理科 教材開発 マルチメディア インターネット
ネットワーク シミュレーション
実感を伴った理解

目 次

はじめに	1
教材の開発に関する基本的な考え	1
1 地学領域におけるマルチメディアとネットワークを活用した教材の必要性	1
2 時間的、空間的に観察、実験が困難な事象について、実感を伴った理解についての 基本的な考え方	1
3 基本構想図	2
基本構想に基づく教材の開発	4
1 画像及び動画を活用したマルチメディア教材	4
2 地震シミュレーション教材「東北地震Sim」	5
3 簡易振動センサーと振動分析ソフトを用いた地震モデル実験教材	7
4 測定データの共有とその活用を目的としたネットワークシステム	9
基本構想に基づく指導試案の作成	10
1 指導試案の概要	10
2 検証計画の概要	10
授業実践及び実践結果の分析と考察	11
1 授業実践の様子	11
2 実践結果の分析と考察	12
研究のまとめと今後の課題	15
1 研究のまとめ	15
2 今後の課題	15
おわりに	15
参考文献	15

はじめに

学習指導要領の改訂のポイントの中では、「自ら学び、自ら考える力を育成すること」が重視され、コンピュータや情報通信ネットワーク等の積極的な活用を図りながら、各教科での体験的な学習や問題解決的な学習の充実が求められています。

しかし、児童生徒一人一人に事象に対する問題意識をもたせたり、科学的な考え方を高めたりしていくためには、観察・実験を欠くことはできませんが、自然事象の中には、非常にゆっくりとした変化をするもの、観察に長時間を必要とするもの、空間的に離れた地点からのデータ収集を必要とするものなどがあり、授業では扱いにくい現状にあります。

このような状況を改善していくためには、ミクロの世界や時間を縮めて撮影したものをコンピュータのマルチメディア機能を活用して教材化したり、遠隔地の測定データをコンピュータ画面にリアルタイムに表示しデータベース化したりすることができるネットワークを活用した教材の開発が必要です。

そこで、この研究は、理科において時間的、空間的に従来は観察・実験が困難と思われた事象について、マルチメディアとネットワークを活用した教材を開発、提供することにより、理科の学習指導の改善に役立てようとするものです。

教材の開発に関する基本的な考え方

1 地学領域におけるマルチメディアとネットワークを活用した教材の必要性

小・中・高等学校の理科（地学）の学習においては、身の回りに起こっている様々な地学事象を直接観察、観測することが重要であり、その活動から地球内部の構造や特性を探究しようとする意欲や科学的な考え方などが育つと考えます。

しかし、地学領域の学習は、岩石標本などを教室に持ち込んだり地層の観察は野外で行うことができても、地震や火山の噴火など突発的な現象を学校の授業の中で扱うことは難しく、また、地層や地形の形成についても時間的、空間的なスケールが長大なため、断片的な観察だけではその規則性や特性をとらえることが難しいのが現状です。

そこで、いつ起こるかわからない突発的な地球規模の現象（地震）について、マルチメディア教材などを活用することにより、時間的、空間的スケールを縮め、より鮮明かつ詳細な疑似観察並びにモデル実験等が可能になり、児童生徒の興味・関心を高め、理解を深めることができると考えます。さらに、ネットワーク（インターネット、LAN）の活用をとおして、幅広く情報を収集比較することや、実験の結果を迅速に共有、集約することにより、事象の規則性についての認識が深まるものと考えます。

2 時間的、空間的に観察、実験が困難な事象について、実感を伴った理解についての基本的な考え方

(1) 時間的、空間的に観察、実験が困難な事象についてのとらえ方

自然事象には、動植物、土・水・空気、太陽や光、石や化石などの自然界にあるものの事物やそこに生起する現象があります¹⁾。それらの自然事象の中には、非常にゆっくりと変化するため始まりから終わりまで時間を要するもの、逆に瞬時に現れたり、起こったりして非常に短い時間で終了してし

まうもの、いつ起こるか予測困難なもの、さらには非常に広範囲で起こるためその全容を把握することが困難なものなどが含まれています。このような自然事象をまとめ、理科の学習において、時間的、空間的に観察、実験が困難と思われる事象とし研究を推進することとしました。

(2) 実感を伴った理解についての基本的な考え方

新理科教育用語辞典・増補版によると、理解 (understanding) とは、「一般に、ある対象について、その存在やそれがもっている性質、他のものとの関係などの意味を、自力または他の助けによって明らかにしていくことである。理科の場合は、例えば、温度計の使い方を理解するというのであれば、それが何を明らかにするものであるのか (存在の理由)、どうやって使うのか (他の物との関係)、どういう仕組みになっているのか (性質) などを明らかにしていくことである。」²⁾と記されています。また、文部省小学校課教科調査官角屋重樹氏 (初等教育資料 No, 691, 1998) は実感を伴った理解について「児童が納得しながら自然の事象を理解していくことである。このためには、学習内容を日常生活とより一層関連付けて、児童が経験や体験をもとに自然の事象を意味付けたり関係付けたりしながら理解していくことが必要となった。そこで、学習内容を日常生活と一層関連付けることとなっている。」³⁾と解説しています。それらを鑑みながら「実感を伴った理解を深める」ことについて次のように解釈し研究を推進することとしました。

「実感を伴った理解を深める」

学び得た知識が日常生活と深くかかわっていることを認識し、自ら生活のなかに積極的に応用していこうとする姿勢が見られたとき実感を伴った理解が深まったと解釈する。(関向)

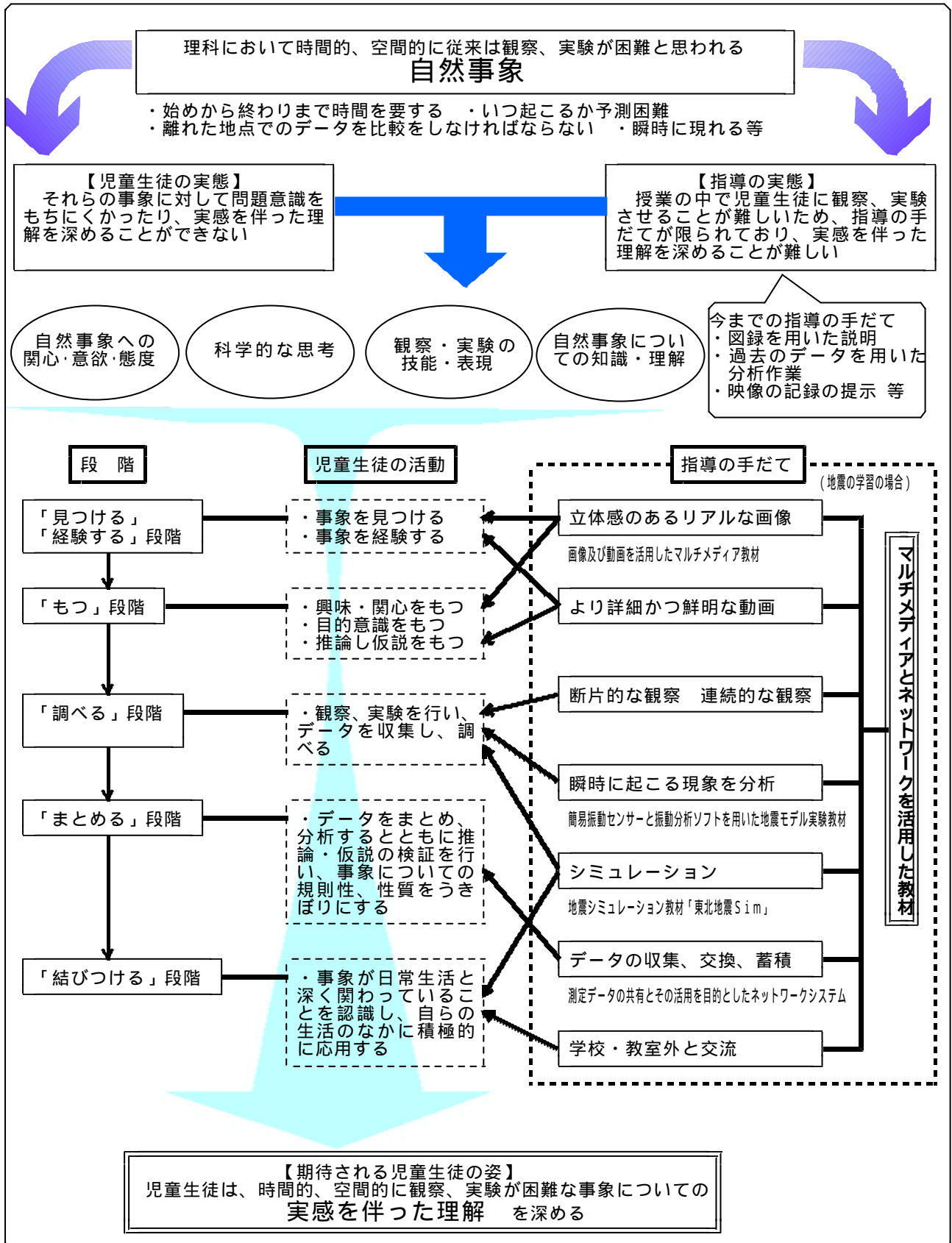
(3) 時間的、空間的に観察、実験が困難な事象と実感を伴った理解の関係

時間的、空間的に観察、実験が困難な事象について指導していく際、図録を用いた説明、過去のデータを用いた分析作業、VTRなどの記録映像の提示など指導の手だてが限られているのが現状です。そのため児童生徒はそれらの事象に対して興味・関心や問題意識をもちにくかったり、直接データを収集し調べることができなかつたりするため、事象についての規則性、性質を自ら浮き彫りにすることもできず、その事象が日常生活と深くかかわっていることを認識できずにいる場合が多いと考えます。その結果として児童生徒は時間的、空間的に観察、実験が困難と思われる事象についての実感を伴った理解を深めることができない現状にあると考えました。

そこで、新たな指導の手だてとしてマルチメディアとネットワークを活用した教材を開発し、用いることにより、児童生徒の「自然事象への関心・意欲・態度」、「科学的な思考」、「観察・実験の技能・表現」、「自然事象についての知識・理解」が各学習段階において徐々に高められ、実感を伴った理解が深まると考えました。

3 基本構想図

開発教材を活用して、児童生徒が時間的、空間的に観察、実験が困難な事象についての実感を伴った理解を深めるための基本構想図は以下【図1】のとおりです。



【図1】時間的、空間的に観察、実験が困難な事象についての実感を伴った理解を深めるための基本構想図

基本構想に基づく教材の開発

1 画像及び動画を活用したマルチメディア教材

(1) 作成のねらい

観察、実験が困難な事象である地震の学習において、その導入として動画や立体感のある画像を用いることにより、地震によって起こる災害や大地の変化に関心をもたせることが主なねらいです。

また、教室と気象庁などのサイトをインターネットで結び、刻々と蓄積される地震情報に触れさせることで、今後学習する内容が防災上重要な知識で、日常生活に大きく役立っていることを実感させるねらいもあります。【図2】は作成した教材のトップページです。



【図2】トップページ

(2) 作成にあたっての留意点

使用環境として、現在展開されているミレニアム・プロジェクト「教育の情報化」を念頭に置き、インターネット接続環境において1台のノートパソコンと表示用液晶プロジェクターを使うことを前提として作成しました。

(3) 教材の概要

この教材は「ホームページビルダー2001」で作成したものです。また、立体画像については撮り貯めておいた画像などをアナグリフ画像作成ソフト「Anaglyph Maker」（関谷隆司氏：フリーソフト）を用いて加工し作成しました。このソフトは、「ステレオeye.com」（<http://www.stereoeye.com/>）からダウンロードできます。【図3】は岐阜県の有名な濃尾地震による根尾谷断層（水鳥断層崖）で撮影してきた写真を加工したものです。



【図3】根尾谷断層立体画像

(4) 工夫した点

迫力のある画像や動画のみでなく、前述の立体画像を取り入れました。この立体画像はアナグリフ画像と呼ばれ、赤と青のセロファンを左右に貼り付けたメガネを通して立体的に見ることができるものです。【図4】は制作した立体視用の赤青のメガネです。平面的な画像を立



【図4】立体視用赤青メガネ

体視することにより、地形の特徴や日本列島直下の深さによる震源分布の違いなどを全員同時に大きな画面で確認することができます。また、ブラウザを利用し、インターネット 接続環境にあれば地震に関する最新情報が表示できるようにしました。さらに、導入時のみでなく、地震の学習全体を通してワンポイントで活用できるような画像や情報を盛り込んだことも工夫した点です。

2 地震シミュレーション教材「東北地震Sim」

(1) 開発のねらい

いつ発生するかわからない自然現象の一つである地震を、様々な条件の下でシミュレーションすることにより、地震波の伝わる規則性に気付かせることが主なねらいです。

(2) 開発にあたっての留意点

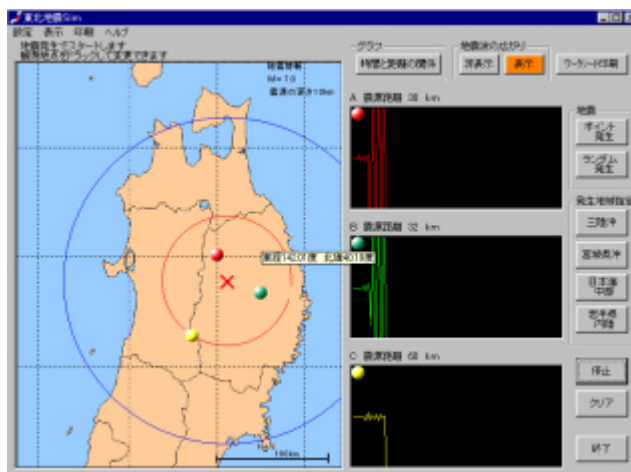
操作の単純化（マウスでの操作）を図ることにより、入力によるミスを少なくし、集中して学習に臨めるよう配慮しました。また、シミュレーションの内容を直感的にとらえられるようにするため、極力、画面上に表示される数値や文字の量を少なくし、グラフ等も織り交ぜながらビジュアルなものにするよう配慮しました。そして、シミュレーションの結果を見るだけでなく記録として残し、利用できるようにしました。

(3) 開発教材の概要

この地震シミュレーション教材「東北地震Sim」はMicrosoft Visual Basic 6.0で開発したものです。【図5】地震発生ボタンを押すことにより東北地方の地図上で地震を発生させることができます。地震波が広がる様子を視覚的に確認できるとともに、地図上の任意の観測地点A、B、Cをドラック移動させることにより、震源距離を変化させながら観測する地震波形を視覚的にとらえることができます。【図6】は開発したプログラムの一部です。

(4) 特徴

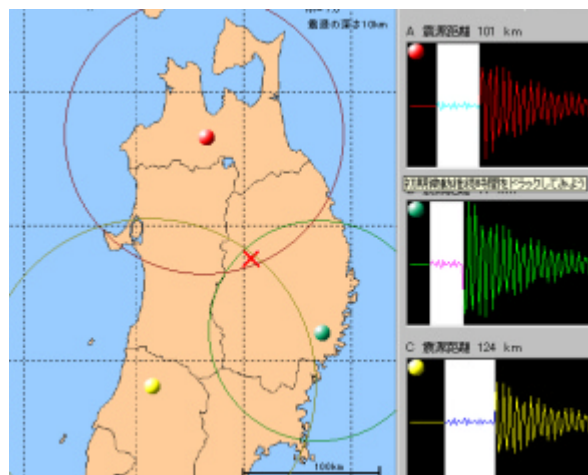
様々な条件下でのシミュレーションがビジュアルに現れるため、個に応じた学習形態において用いられるのはもちろんのこと、演示型の指導場面やグループ毎に課題を解決していく学習形態にも十分活用できることが特徴の一つです。また、初期微動部分をドラックすることにより観測地点から震源までの距離が推測できる機能を備えています。したがって、3観測地点の初期微動継続時間から震源を特定する高校地学の学習においても十分に活用できると考えます。【図7】



【図5】「東北地震Sim」画面

```
PrivateSubCommand1_Click()
    shinx=Int((750-(50)+1)*Rnd+(50))
    shiny=Int((950-(50)+1)*Rnd+(50))
    command9_Click
EndSub
PublicSubCommand2_Click()
    Timer1.Enabled=False
    Picture2.AutoRedraw=False
    Picture3.AutoRedraw=False
    Picture4.AutoRedraw=False
    Form2.Picture1.AutoRedraw=False
    Form5.Picture1.AutoRedraw=False
    Image1.Left=lx-10
    Image2.Left=mx-10
    Image5.Left=mx-10
    Picture2.ToolTipText="初期微動継続時間をドラックしてみよう"
    Picture3.ToolTipText="初期微動継続時間をドラックしてみよう"
    Picture4.ToolTipText="初期微動継続時間をドラックしてみよう"
EndSub
PrivateSubCommand3_Click()
    Form2.Show
EndSub
PrivateSubCommand4_Click()
    shinx=Int((780-(700)+1)*Rnd+(700))
    shiny=Int((850-(250)+1)*Rnd+(250))
    command9_Click
EndSub
PrivateSubCommand5_Click()
    shinx=Int((750-(700)+1)*Rnd+(700))
    shiny=Int((1000-(850)+1)*Rnd+(850))
    command9_Click
EndSub
PrivateSubCommand6_Click()
    shinx=Int((100-(10)+1)*Rnd+(10))
    shiny=Int((700-(400)+1)*Rnd+(400))
    command9_Click
EndSub
PrivateSubCommand7_Click()
    shinx=Int((550-(450)+1)*Rnd+(450))
    shiny=Int((750-(400)+1)*Rnd+(400))
    command9_Click
EndSub
PrivateSubCommand8_Click()
    Beep
    strMessage="プログラムを終了してよいですか？"
    strTitle="終了確認"
    intReturn=msgBox(strMessage,vbOKCancelOrvbQuestion,strTitle)
    IfintReturn=vbOKThen
        Form2.Cls
    End
End
```

【図6】プログラムの一部



【図7】震源の特定場面

(5) 工夫した点

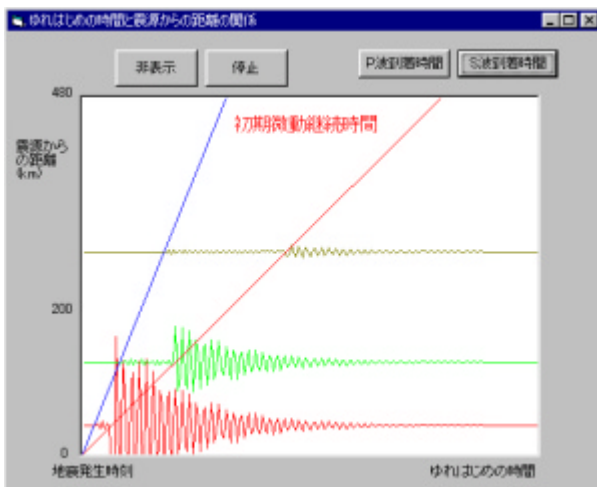
条件を変えることによって発生した地震のデータを白地図に出力し、それを使って震度分布の色塗りや等震時曲線を描くなどの学習活動ができるよう工夫しました。【図11】これにより、今まで「長野県西部地震」などのある特定のデータをもとに行っていた活動が、様々な条件の下で繰り返し、何度でもできるようになり、技能面での向上に役立つものと考えます。また、活動後のシートは評価に用いることも可能であり、ノートなどに貼り付け学習の記録として残すなどの利用方法も考えられます。

(6) 教材の活用方法

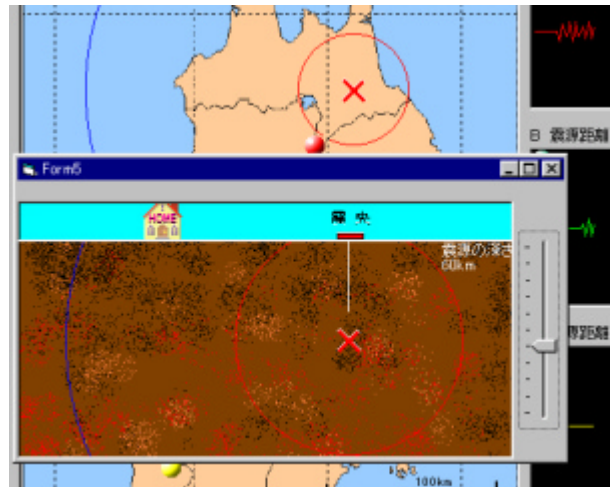
ア 規則性の発見や内容の理解を深める

「表示・非表示」や「設定可能な条件」の切り替えを組み合わせることにより以下の事項について規則性の発見や内容の理解を深めることができます。

<p>表示できるもの</p> <p>P波、S波の広がる様子・・・・・・・・・・地表面、地殻断面（非表示可能）</p> <p>A，B，C地点での観測地震波形・・・・・・・・・・（非表示不可）</p> <p>発生場所（震央）・・・・・・・・・・（非表示可能）</p> <p>固定観測地点データ・・・・・・・・31ヶ所の震度、P波到着時間【図-11】（非表示可能）</p> <p>初期微動継続時間と震源距離の関係のグラフ・・・【図-8】（非表示可能）</p>
<p>設定可能な条件</p> <p>発生場所（震央）・・・・・・・・ポイント指定、地域指定で発生、ランダムにも発生</p> <p>観測地点・・・・・・・・A，B，Cの3地点をドラックで自由に変更可能</p> <p>震源の深さ・・・・・・・・0km～100kmまで10kmきざみで設定可能【図-9】</p> <p>マグニチュード・・・・・・・・M6.0～M8.0まで0.5きざみで設定可能【図-10】</p>



【図8】初期微動継続時間と震源距離の関係



【図9】震源の深さの設定

規則性の発見や内容の理解を深められると考えられる事項

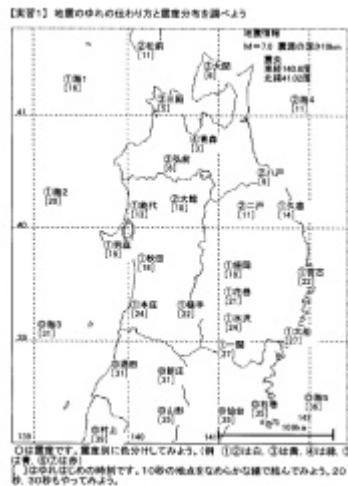
- 地震発生と同時に2種類の波が発生すること
 - 2種類の波は速さが異なること
 - 2種類の波の到達と観測地点で観測する地震波形の関係
 - 初期微動継続時間の意味
 - 初期微動継続時間と震源距離との関係
 - 震源距離とゆれの大きさの関係
 - 震源の深さとゆれの大きさの関係
 - マグニチュードとゆれの大きさの関係
 - 震源の特定方法
- (震源を推定するのに初期微動継続時間が用いられていること)



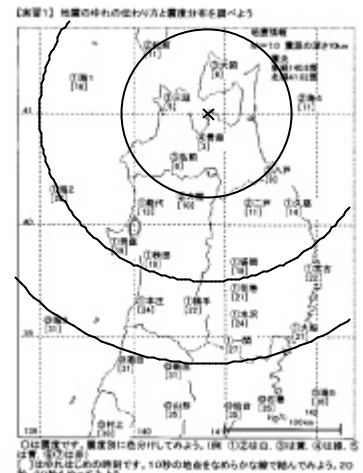
【図10】M設定

イ 出力した学習シートとその利用例

【図11】は震央東経140.8度、北緯41.02度、震源の深さ10 km、 $M = 7.0$ の条件で発生させた結果をプリンタ出力したものです。これを用いて震度別に各観測地点を色塗りさせるとともに、P波到着時間をもとに等発震時曲線を描かせると【図12】のようになります。これらのシートを評価するとともに、学習の記録としてノートに残します。



【図11】出力した学習シート



【図12】作業後のシート

ウ 活用上の留意点

本シミュレーションはあくまでも地震という現象を実際に観察、観測すべきところを時間的、空間的に観測が困難なため、それを補う目的で開発したものです。よってシミュレーションのみをコンピュータの画面で見せることのないよう、例えば波動実験装置や地震計【図13】など波の伝わる仕組みや、それをとらえる機器を直接ふれさせるなどして地震のイメージをふくらませてやる配慮が必要と考えます。



【図13】地震計の観察

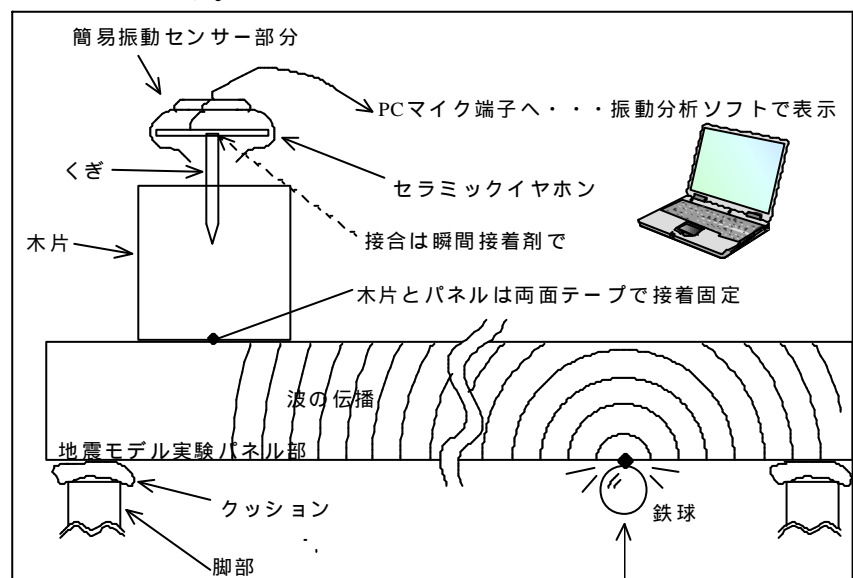
3 簡易振動センサーと振動分析ソフトを用いた地震モデル実験教材

(1) 開発のねらい

モデル実験装置を用いて擬似的に地震を発生させ観察、観測することにより地震波にも同様の規則性があることに気付かせることが主なねらいです。

(2) 開発にあたっての留意点

開発にあたって留意した点は身近な材料を用いて制作できること、手軽に計測できること、の2点です。については従来、シリアルポートを利用した計測の場合、A-Dコンバータ等が必要となり、その製作や入手が面倒でした。今回はそれを用いることなく手軽に計測できる装置にするよう配慮しました。



【図14】実験装置のしくみ

(3) 開発教材の概要【図15】【図16】

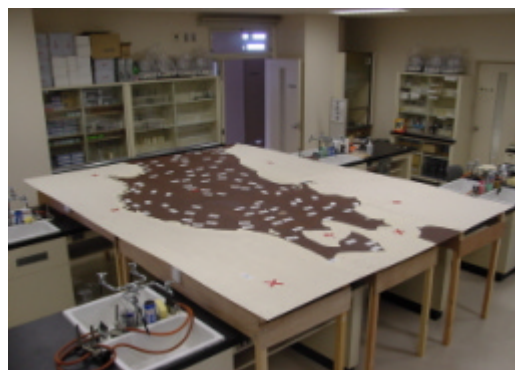
地震（振動）をモデル実験装置を用いて擬似的に発生させます。そして、新たに開発した簡易振動センサーで波の伝播をとらえ、コンピュータで分析しその規則性を見つけさせようとするものです。【図14】

一般に空気中を伝播する波は音として知られています。空気中を伝播する音は体積波（Body Wave）のうちの疎密波であり縦波ともよばれます。同様に地球内部を伝播する様々な地震波のうち、最も早く伝播する波をP波（Primary Wave）といい、この波も疎密波（縦波）です。音は空気中のみではなく、液体や固体中でも伝播します。振動は気体中や液体中では疎密波としてのみ伝播しますが、固体中では剪断波（横波）や表面波としても伝播します。この剪断波（横波）は疎密波（縦波）に比べ伝播速度が小さく、遅れて到達する特徴をもっています。地震発生と共に初期微動（P波）に比べ遅れてやってくる主要動（S波）はこの剪断波（横波）です。身近な物体（固体）に物をぶつけたりした場合、瞬間的な衝撃により疎密波と剪断波が同時に発生すると考えられます。当然、伝播速度に違いがあるため衝撃を加えた位置（震源）からの距離に応じて二つの異なる波の到達する時間に差が生じるはずであり、その差は空間的、時間的スケールこそ小さくなるものの、地震が発生した場合に観測される初期微動継続時間と全く同じ意味をもつと考えられます。

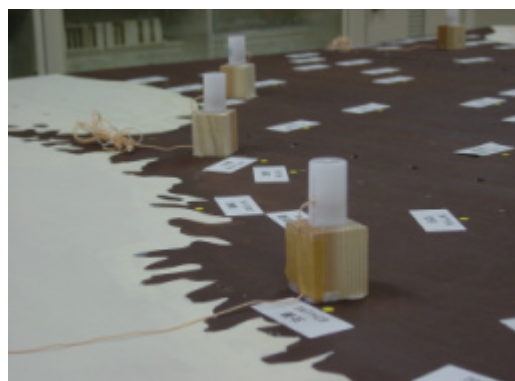
時間的、空間的にスケールが小さくなるとともにその現象が瞬時に終了するため、それを観測するためには微弱な振動をとらえるセンサーとそれを分析、表示するソフトが必要となります。そこで本研究では、圧電効果を利用した電気機器であるセラミックイヤホン（昔はクリスタルイヤホン）を用いた簡易振動センサーと、1/10000秒まで測定可能な振動分析ソフトを考案、開発し、地震モデル実験パネルと組み合わせました。このセンサーと開発ソフトを用いることにより従来のA-Dコンバータ等を用いシリアルポートを利用した計測の場合と比べマイク端子にプラグを差し込むだけで手軽に計測できるようになりました。地震モデル実験装置として振動センサーとコンピュータによる分析ソフトを組み合わせたものは、全国的にも例がなく、本教材は今後、新学習指導要領の実施に伴い拡充していくであろう探究的学習にも十分に活用できるものと考えます。

ア 簡易震動センサー部分【図17】

セラミックイヤホンの振動板部分を木片に打ち込んだ釘の頭の部分に直接瞬間接着剤で固定したものです。これにより、パネル内部を伝わってきた振動を電気信号と



【図15】実験装置全景



【図16】センサーを設置したところ

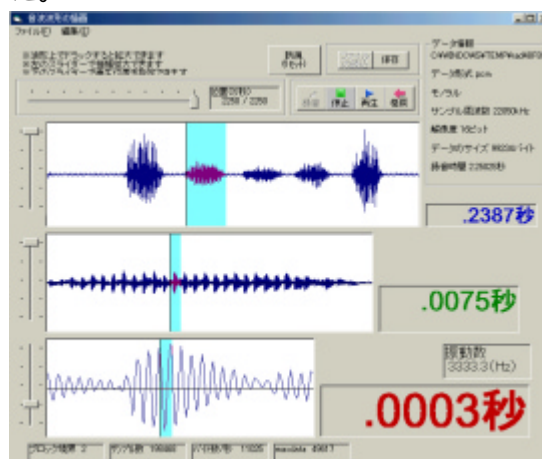


【図17】簡易振動センサー

してコンピュータに取り込むことが可能となりました。また、センサーに空気中を伝わる振動が作用しないようにフィルムケースを利用してカバーをかけました。

イ 振動分析ソフト【図18】

振動分析ソフト「音波見聞録」はMicrosoft Visual Basic6.0で開発を行いました。波形分析用のソフトはフリーウェアとして数多く出回っているものの、とらえた波形の一部分の時間を1/10000秒まで測定できるものがありませんでした。今回開発した計測ソフトは中学生でも簡単に扱えるよう数値入力をいっさい必要とせず、クリックとドラックのみで操作できるように配慮しました。



【図18】振動分析ソフト

ウ 地震モデル実験パネル

パネル部分は、加えた衝撃が波として伝わっていく媒体です。したがって、媒体の材質、および厚さ等により伝播していく条件が異なってきます。一つ一つ実験を積み重ね、身近で入手しやすい材料の中から、伝播速度が比較的小さく、異なる波の伝播速度の差がなるべく大きく、振動が減衰しにくく、広い面積を有し、安価で加工しやすいもの、という条件を満たすものとして当初、発砲ポリスチレン等も考えましたが、結局4mm厚のベニヤ板を選定し、接合、使用することとしました。



【図19】衝撃を加える

エ 振動発生手段【図19】

パネル部分に振動を発生させるために衝撃を加える方法として、どこでも手に入り質量が同一の鉄球（パチンコ玉）を用い、パネル下部から手でぶつける方法を選択しました。

オ その他の工夫した点

実験パネル部分は地表面をイメージし易いよう、東北地方の地図を水性塗料で描き、主要観測地点を表示しました。【図15】

4 測定データの共有とその活用を目的としたネットワークシステム

このネットワークシステムには本研究と同名の平成12年度理科教育室主題研究の中で開発されたイントラネットを使用したクライアントとサーバーソフトを用いました。このシステムの特徴としてイントラネット上にある各班のデータをサーバーに順次送ることにより、多くの観測データをまとめグラフにできる点があげられます。このシステムはExcelVBAによってつくられているためOffice2000がインストールされていることが必要となりますが、LANケーブル、もしくは無線LANで各コンピュータをつなぐことにより動作可能となります。



【図20】クライアント画面

基本構想に基づく指導試案の作成

1 指導試案の概要

(1) 指導目標

時間的、空間的に観察、実験が困難な事象（地震）において、開発した教材を活用することにより生徒の実感を伴った理解を深める。

(2) 指導計画への位置づけ

単元「大地の変化」における「ゆれ動く大地」の学習で行う。

(3) 指導の展開

時	学習内容	学習活動	主な教材
1	・異なる波の発見	<ul style="list-style-type: none"> 地震のゆれと被害を知る 波動実験装置によるゆれの実験 2つの波の速さの違いをストップウォッチで測定し、コンピュータに入力する 2つの波の特徴について確認する 	<ul style="list-style-type: none"> 動画を活用したマルチメディア教材 波動実験装置 ネットワークコンピュータ
2	・地震のゆれと伝わり方	<ul style="list-style-type: none"> 地震に関する名称を知る 地震計の観察 震度とゆれの度合いを調べる 震度別に色塗りをする 等発震時曲線を描く 震央を推定する マグニチュードと震度の関係について調べる 	<ul style="list-style-type: none"> 地震計 開発地震シミュレーションソフト
3	・初期微動継続時間と震源距離との関係	<ul style="list-style-type: none"> 初期微動継続時間と震源距離との関係をモデル実験装置を用いて調べる 初期微動継続時間と震源距離との関係を確認する 実際の地震のデータと比較する 日常生活に役立つことを考える 	<ul style="list-style-type: none"> 簡易振動センサーと分析ソフトを用いた地震モデル実験装置 ネットワークコンピュータ 動画を活用したマルチメディア教材

2 検証計画の概要

指導試案に基づいた授業実践により、開発した教材を活用したことによる仮説の有効性を確かめるために【表1】の計画に基づいて検証を進めることとしました。

【表1】 検証計画の概要

検証項目	検証内容	検証方法
1 時間的、空間的に観察、実験が困難な事象についての実感を伴った理解	<ul style="list-style-type: none"> 自然事象（地震）への興味・関心 自然事象（地震）についての知識・理解 学び得た知識が日常生活と深く関わっていることの認識 日常生活へ応用しようとする姿勢 	事後テスト 感想文 事前・事後調査 感想文
2 開発教材への有用感	<ul style="list-style-type: none"> シミュレーションソフトに対する有用感 地震モデル実験装置に対する有用感 測定データの共有システムに対する有用感 コンピュータ（マルチメディアとネットワークを活用した教材）を使った理科の授業に対する有用感 	事後調査 感想文

授業実践及び実践結果の分析と考察

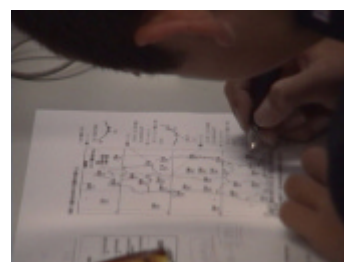
1 授業実践の様子

【図21】は2時間目「地震のゆれと伝わり方」において地震シミュレーション教材「東北地震Sim」を用い学習している様子です。簡単な操作で地震波の広がりゆれの大きさがリアルタイムに表示されることから、条件を変えながら、意欲的に何度もシミュレーションを行っていました。観測地点を動かしていくうちに初期微動継続時間と震源距離の関係性を直感的にとらえられる生徒も数多く見られました。



【図21】「東北地震Sim」での学習

【図22】はシミュレーションとして発生させた地震情報を出力した学習プリントを用いて、震度分布の色塗りと等発震時曲線を描く学習活動を行っている様子です。

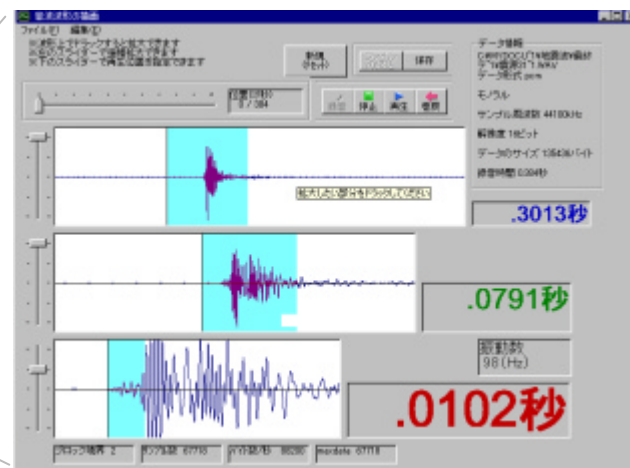


【図22】等発震時曲線を描く

【図23】は3時間目の「初期微動継続時間と震源距離の関係」を地震モデル実験装置を用いて調べている様子です。震央から自分の観測地点までの距離を測定した後、地震（衝撃）を加え、センサーでとらえた振動を分析しました。距離によって現れる波形が明らかに異なる



【図23】実験の様子



【図24】計測画面の一例

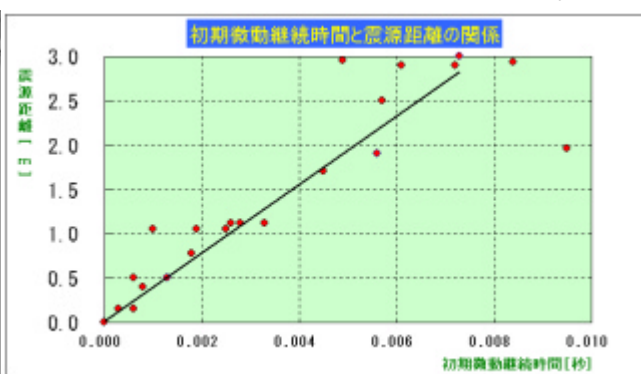
ことから、直感的に初期微動継続時間と震源距離の関係性に気付く生徒もかなりいたと思われます。

【図24】はその際のコンピュータの計測画面を示しています。そして【図25】は各班が計測したデータをまとめた時のコンピュータ画面です。それをグラフに表すと【図26】のようになります。計測、

初期微動継続時間と震源距離の一覧

班	1班		2班		3班		4班		5班		6班	
	震源距離 [m]	初期微動継続時間 [秒]	震源距離 [m]	初期微動継続時間 [秒]	震源距離 [m]	初期微動継続時間 [秒]	震源距離 [m]	初期微動継続時間 [秒]	震源距離 [m]	初期微動継続時間 [秒]	震源距離 [m]	初期微動継続時間 [秒]
1回目	1.3	0.0056	0.5	0.0004	1.1	0.0020	1.7	0.0045	0.8	0.0018	1.1	0.0011
2回目	0.5	0.0006	2.0	0.0064	1.1	0.0033	0.2	0.0003	1.1	0.0019	1.1	0.0011
3回目	0.5	0.0012	1.1	0.0028	2.9	0.0072	0.2	0.0006	1.1	0.0025	2.5	0.0052
4回目	3.0	0.0073	0.0	0.0	0.0	0.0001	2.9	0.0084	0.0	0.0	0.0	0.0000
5回目	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0000
6回目	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0000
7回目	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0000
8回目	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0000
9回目	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0000
10回目	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0000

【図25】計測したデータ画面



【図26】初期微動継続時間と震源距離の関係(実験より)

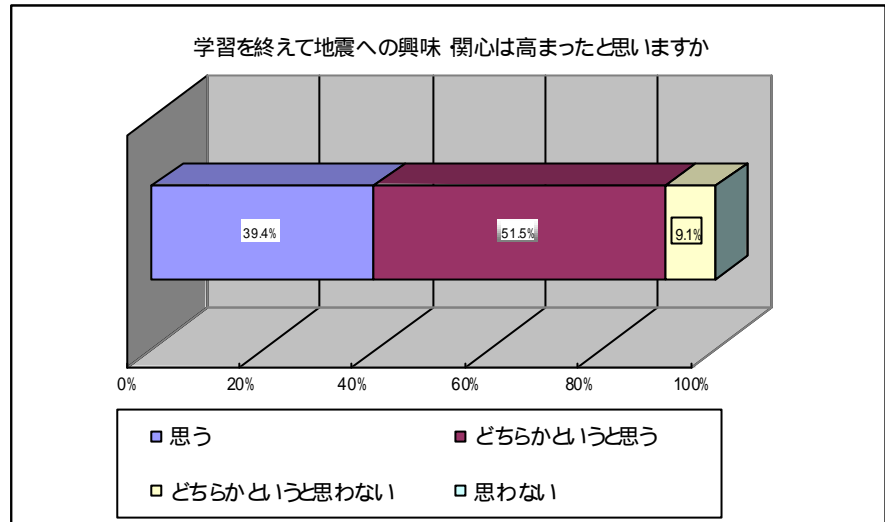
読みとりの誤差によりばらつきはあるものの、生徒がおおまかな傾向をつかむには十分なデータであったと考えます。

2 実践結果の分析と考察

(1) 時間的、空間的に観察、実験が困難な事象についての実感を伴った理解

ア 自然事象（地震）への興味・関心

「学習を終えて地震についての興味・関心は高まったと思いますか」の問いに対して、「思う」と「どちらかというと思う」の肯定的な回答をあわせて90%以上であった【図27】。このことから多くの生徒が授業をとおして地震に対する興味・関心を高めたことが伺われます。

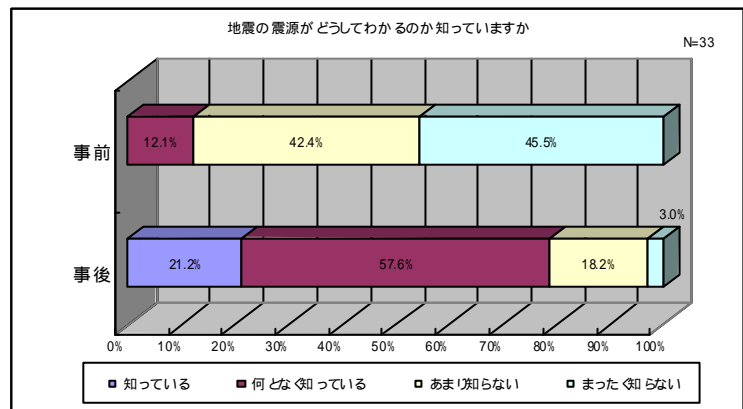


【図27】地震への興味関心 (注)事後調査は10月17日に実施

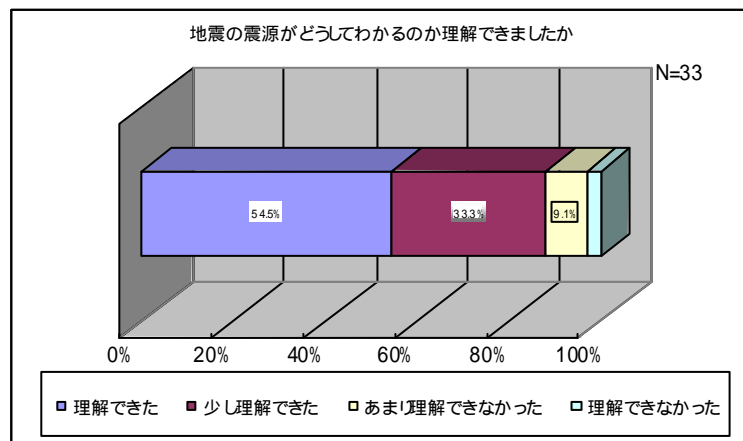
イ 自然事象についての知識・理解

「地震の震源がどうしてわかるのか知っていますか」という問いに事前調査の結果ではあまり知らない(42.4%)、まったく知らない(45.5%)をあわせると87.9%であったのに対して、事後調査ではそれが21.2%まで減り、知っている方が78.8%まで増えていました。

さらに「震源がどうしてわかるのか理解できましたか」という事後の問いに対しては88.8%の生徒が理解についてプラスの反応を示していました。それを裏付けるように事後に行ったテストでは、地震波形の中の初期微動継続時間を示す問い[評価テスト問題3-(3)]においては全体の正答率が97.1%(1人だけが誤答)でした。また、この単元の学習の大きなポイントである初期微動継続時間と震源距離との関係の理解を問う問題[評価テスト問題3-(4)]においては、全体の正答率が79.4%でし



【図28】震源の推定方法について



【図29】震源の推定方法の理解

た。この数字は大地の変化の学習を終えたばかりの中学校3年生に同様の問題を解かせた時の資料と比べた場合、それを10ポイント以上上回っているものでした。この問題は震源距離の異なる三つの地点で記録した地震波形をもとに震源から最も遠い地点を答えるものです。これを解くには、少なくとも次にあげる事項を理解していなければならないと考えます。つまり、この問題に対する正答が得

地震計でとらえられる初期微動と主要動はどのような特徴をもつのか理解している	
初期微動と主要動はそれぞれP波、S波によるゆれであることを理解している	
P波とS波の速さは違うことを理解している	
震源と観測地点の位置関係が空間的広がりをもって理解している	(空間的広がり)の把握) 震源距離
P波とS波が観測地点まで到着する時間に差が生じることを理解している	(時間的広がり)の把握) 初期微動継続時間

られたということは指導の手だてをとおして時間的、空間的に観察、実験が困難な自然事象について理解を深め、その時間的、空間的な広がり(スケールの大きさ)を生徒が把握した可能性が高いと考えられます。

ウ 学び得た知識が日常生活と深くかかわっていることの認識

学び得た知識が日常生活と深くかかわっていることの認識の変容状況について事前と事後のアンケートの回答を²検定で表したのが【表2】です。設問24では有意差は認められませんでした。この原因としては事前の段階で設問24における肯定的な回答がほとんどであったためです。つまり、地震に関しては以前からその知識の必要性を強く感じていたということになります。しかしながら、設問1において有意差が認められたということは、この地震の学習をとおして、学び得た(地震に関する)知識が日常生活と関連付けられていることをまさに実感した一つの証拠と見ることができると考えます。

【表2】 学び得た知識が日常生活と深くかかわっていることの認識の変容 N=33

設問	調査内容	事前 \ 事後		+	-	合計	² の値
		+	-				
1	理科の学習(時間)で学んだ知識は生活していく上で必要な知識だと思いますか	+		26	0	26	4.17
		-		6	1	7	
		合計			32	1	
24	地震についての知識を深めることは普段生活していく上で必要だと思いますか	+		31	0	31	-
		-		1	1	2	
		合計			32	1	

注1) 事前調査は10月9日、事後調査は10月17日に実施した。

注2) 調査は、ア、イ、ウ、エの四肢選択で行い、アとイをプラス反応とし、アをイより強い反応、ウとエをマイナス反応とし、エをウより強い反応とした。

注3) ² 検定で用いた式は、次のとおりである。

$$^2 = \frac{(b - c)^2}{b + c} \quad \text{ただし、} b + c = 10 \text{ のとき、} = \frac{(|b^2 - c| - 1)}{b + c}$$

a, b, c, dは下記の表に対応する

事前 \ 事後	+	-	合計
+	a	c	a + c
-	b	d	b + d
合計	a + b	c + d	N

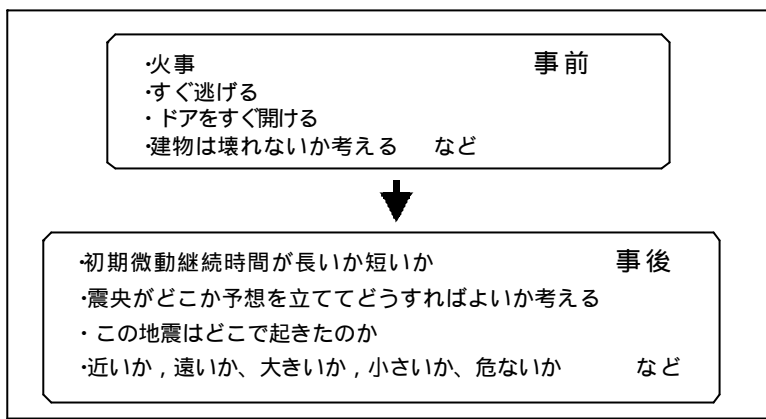
注4) は有意水準5%で有意差のあることを示す。

エ 日常生活へ応用しようとする姿勢

「地震が起きると何を考えますか。」

という記述式の問いに対して事前では33名中32名の生徒が「事前」のように災害に対しての不安や避難について記述していました。

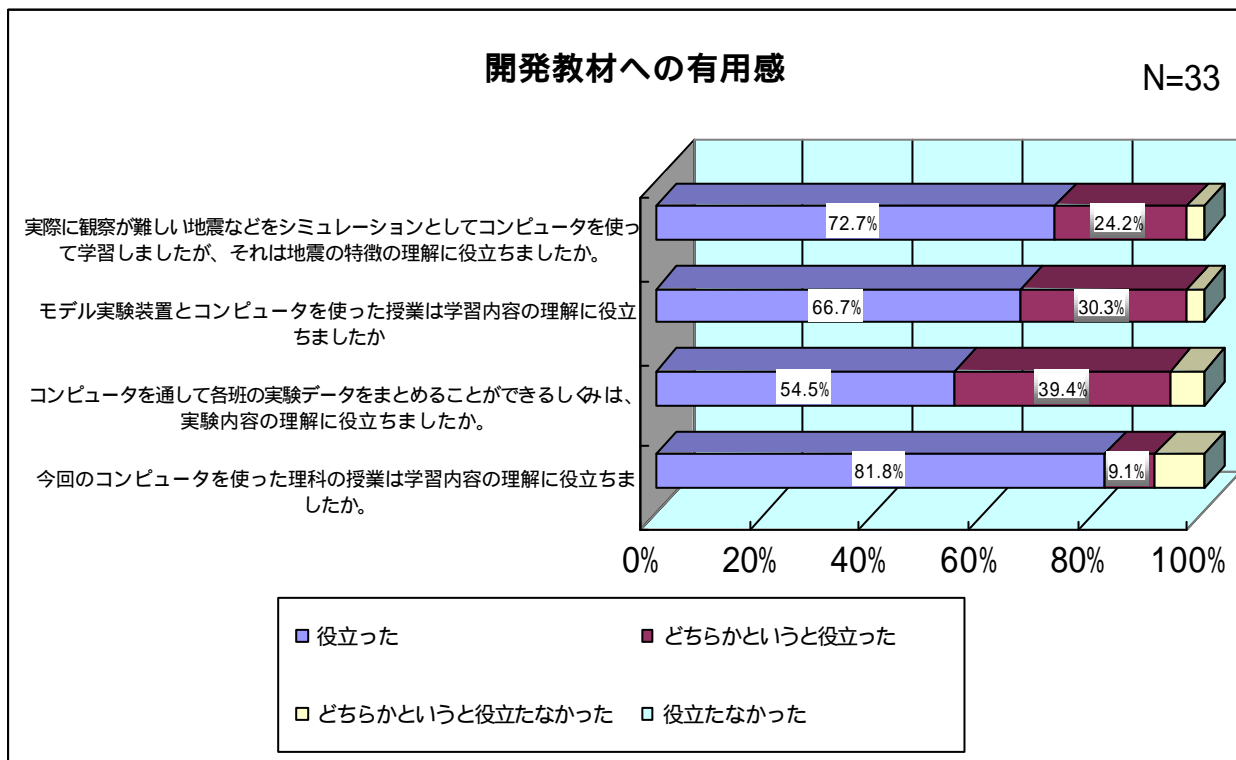
それに対し事後では約半数の14名の生徒が「事後」のように学び得た知識を実際の場面で活用していこうとする記述に変わっていました。



(2) 開発教材への有用感

開発教材への有用感についても同様に事後アンケート調査を実施しました。【図30】はその結果です。特に、地震のシミュレーション教材と地震モデル実験装置について肯定的な回答をした生徒は95%を越えていました。測定データの共有システムについても90%以上の生徒が有用感を感じていました。その具体的理由として「自分たちの班だけのデータでなく、他の班のデータも詳しくわかったから」や「コンピュータだと正確に求めることができるし、いっきにみんなのデータが見れるので一つに集中して取り組める」などをあげる生徒がいました。

今回のコンピュータを使った理科の授業に対しては全体の80%以上がはっきり「役立った」と回答しており、以下の感想の記述などからも有用感を強く感じたことが読みとれます。



【図30】 開発教材への有用感

(3) 生徒の感想から

- ・パソコンを使っただけの勉強がよく理解できた。(他17人)
- ・今回のコンピュータを使った地震の実験は普段勉強できないようなことを勉強できたので、よかったです。地震のことがよくわかりました。僕は理科があまり好きではありませんが、この勉強で少し好きになったと思います。
- ・地震についてのことがコンピュータを使ったりしてよくわかった。楽しくかんたんにおぼえることができたのでよかったです。こんど地震がおきたときは、しょきびどうけいぞく時間をはかって、どこらへんでじしんがおきたのかのたいいははかってみたい。
- ・私の知らなかったことが次々にあって、「震央と震源」いろいろたくさんその他もあって自分でも分かったので理解できてよかったです。地震のことが分かって楽しかったです。学習してよかったです。
- ・コンピュータを使って、とても楽しく勉強できた。これなら100点(90点以上)楽々とれる。今度は、実験の準備を自分たちでやればおもしろそう。地震が起こったとき、役立てたい。
- ・地震がどこで起きて、広がり方はどんな感じなのかなどをシミュレーションソフトであそこまでちゃんと表示させると思わなかったのでビックリした。
- ・コンピュータで、地震の映像などがみれた。実験が、すごく、おもしろかった。テストは、嫌だったけど、勉強がけっこう楽しかった。
- ・初期微動継続時間をはかるのがよくわからなかった。どこからどこまでなのかっていうのがよくわかりませんでした。でもすごい装置でした。

研究のまとめと今後の課題

1 研究のまとめ

この研究は、小学校、中学校、高等学校理科において、従来時間的、空間的に観察、実験が困難と思われる事象について、マルチメディアとネットワークを活用した教材を開発、提供することにより、理科の学習指導の改善に役立てようとするものです。

そのため、今年度は地学領域の地震の学習において、画像及び動画を活用したマルチメディア教材の開発、地震シミュレーションソフトの開発、そしてコンピュータと簡易センサーを用いたモデル実験装置の開発を行いました。さらに、実験等で得られた測定データをネットワークを介して共有し、活用する方法についても考察を加えながら、授業実践をとおしてその有効性を検討しました。

その結果、生徒は開発した教材に対して有用感をもつとともに、時間的、空間的に観察、実験が困難な事象について実感を伴った理解を深めることができ、教材の有効性が確かめられました。

2 今後の課題

今回の実践の結果から、大きな効果が期待される測定データの共有とその活用を目的としたネットワークシステムの開発をさらに進め、汎用性の高い教材にしていくことが必要であると思われます。また、今後は、他の分野における教材を開発し、その有効性をさらに確かめていく必要があります。

おわりに

この研究を進めるにあたり、多大なご協力を頂いた、東和町立東和中学校の校長先生をはじめ、各先生方、そして、授業実践にご協力頂いた生徒のみなさんに心から厚く御礼申し上げます。

【参考文献】

- 1) 竹村重和・秋山幹夫,「理科重要用語300の基礎知識」,明治図書,1999年,pp.19
- 2) 代表井口尚之編,「新理科教育用語辞典・増補版」,初教出版,1991年,pp.230

- 3) 角屋重樹,「解説 小学校教育の改善の方向 理科」『初等教育資料』,平成10年9月号(No.691), 1998年,pp.26-27
- 4) 文部省,「小学校学習指導要領解説 理科編」,東洋館出版社,1999年
- 5) 文部省,「中学校学習指導要領解説 理科編」,大日本図書,1999年
- 6) 日本理科教育学会編,「理科教育学講座2 発達と科学概念形成」,東洋館出版社,1992年
- 7) 日本理科教育学会編,「キーワードから探るこれからの理科教育」,東洋館出版社,1998年,
- 8) 森本信也・稲垣成哲編著,「理科における授業研究の進め方」,東洋館出版社,1999年
- 10) 互野恭治,「VisualBasicでエンジョイプログラミング」,CQ出版,1998年
- 11) 川口輝久,「かんたんプログラミングVisualBasic6 基礎編」,技術評論社,1999年
- 12) 松田猛,「VisualBasic6.0 300の技」,技術評論社,2000年
- 13) 河西朝雄,「VisualBasic6.0 初級編」,技術評論社,1999年
- 14) 河西朝雄,「VisualBasic6.0 中級編」,技術評論社,1999年
- 15) 河西朝雄,「VisualBasic6.0 上級編」,技術評論社,1999年
- 16) 井上俊宏,「VisualBasic6.0 の応用50例」,ソフトバンクパブリッシング,2000年
- 17) 安藤雅孝・角田史雄・早川由紀夫・平原和朗・藤田至則,「地学団体研究会編 新版地学教育講座 地震と火山」,東海大学出版会,1996年
- 18) 中村健太郎,「図解雑学 音のしくみ」,ナツメ社,2000年
- 19) 大島修,「アナグリフ画像の地学教材への応用の試み」『平成13年度全国理科教育センター研究協議会並びに研究発表会地学部会(第39回)研究発表資料』,2001年,pp15-18
- 20) 国立天文台編,「理科年表」,丸善株式会社,2000年
- 21) 中学校理科教育実践講座刊行会,「SCIRE中学校理科教育実践講座 第10巻 地殻の変化」,ニチブン,1995年
- 22) 畑正好・稲森藤夫・金子康宣・関向正俊,「理科におけるマルチメディアとネットワークを活用した教材の開発に関する研究(第2報)」『岩手県立総合教育センター 平成12年度 教育研究156』,岩手県立総合教育センター,2001年

【参考URL】

- 23) stereoeye.com 立体写真「<http://www.stereoeye.com/>」
- 24) 防災気象情報サービス(地震情報)「<http://tenki.jp/quake.html>」
- 25) 気象庁(気象、地震、火山、海洋などの豆知識)
「<http://www.kishou.go.jp/know/whitep/2-1.html>」
- 26) 防災科学技術研究所「<http://www.bosai.go.jp/>」
- 27) 地震被害0をめざして「<http://contest.thinkquest.gr.jp/tqj2000/30295/top.html>」
- 28) 長岡工業高等専門学校電子制御工学科梅田研究室
「<http://www.nagaoka-ct.ac.jp/ec/mes1/index.html>」
- 29) 静岡大学工学部塩川研究室「<http://www.sys.eng.shizuoka.ac.jp/~shiokawa/>」
- 30) 地震学入門「<http://www3.justnet.ne.jp/~m-nasuno/>」