

都道府県名	機関番号	ページ
岩手	3	5

## コンピュータを活用した「地震のゆれ」についての 理解を深める教材の開発

- 地震シミュレーション教材「東北地震Sim」と  
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 -

岩手県立総合教育センター  
研修主事 関向 正俊

### 1 はじめに

小・中・高等学校理科の地学領域の学習においては、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る。

しかし、地学領域の学習の中で、地震などの突発的な現象を学校の授業の中で直接観察、観測することは難しい。そこで、地震についてのコンピュータによるマルチメディア教材を活用することにより、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、今回の教材の開発に取り組んだ。

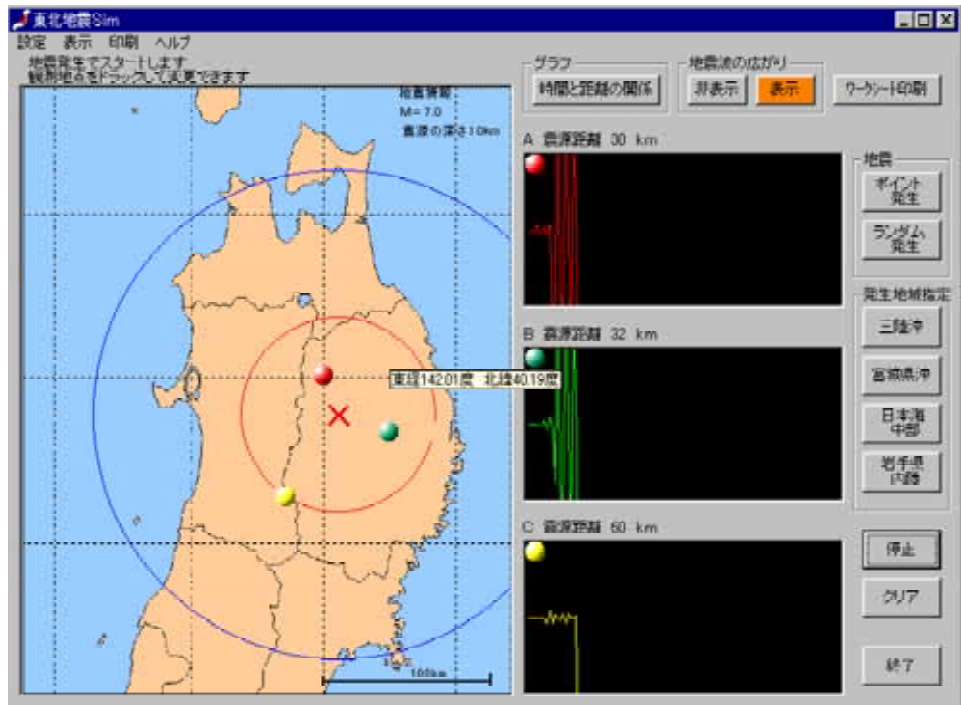
### 2 地震シミュレーション教材「東北地震Sim」

#### (1) 開発のねらい

いつ発生するかわからない自然事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ある。

#### (2) 開発にあたっての留意点

操作の単純化（マウスのみの操作）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た。



【図1】「東北地震Sim」画面

都道府県名	機関番号	ページ
岩手	3	6

(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で開発したものである【図1】。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、地震波が広がる様子を視覚的に確認できる。また、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もできる。【図2】は開発したプログラムの一部である。

(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ある。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る。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る【図3】。

(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発震時曲線を描くなどの学習活動ができるよう工夫した【図7】。これにより、今まで「長野県西部地震」などの限られたデータをもとに行っていた活動が、様々な条件下で繰り返し、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られる。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し利用することも考えられる。

(6) 教材の活用方法

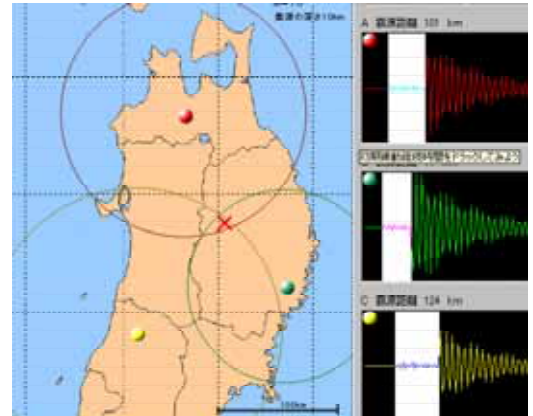
ア 規則性の発見や内容の理解を深める

「表示・非表示」や「設定可能な条件」を組み合わせることで以下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ることを考える。

表示できるもの
P波、S波の広がる様子・・・地表面、地殻断面（非表示可能）
A, B, C地点での観測地震波形・・・（非表示不可）
発生場所（震央）・・・（非表示可能）
固定観測地点データ・・・31ヶ所の震度、P波到着時間【図7】（非表示可能）
初期微動継続時間と震源距離の関係のグラフ・・・【図4】（非表示可能）
設定可能な条件
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
観測地点・・・A, B, Cの3地点をドラックで自由に変更可能
震源の深さ・・・0km～100kmまで10kmきざみで設定可能【図5】
マグニチュード・・・M6.0～M8.0まで0.5きざみで設定可能【図6】

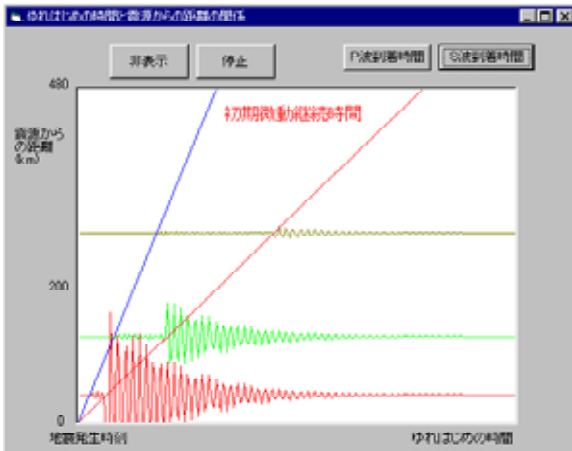
```
Private Sub Command1_Click()
    shinx = Int((750 - (50) + 1) * Rnd + (50))
    shiny = Int((950 - (50) + 1) * Rnd + (50))
    command9_Click
End Sub
Public Sub Command2_Click()
    Timer1.Enabled = False
    Picture2.AutoRedraw = False
    Picture3.AutoRedraw = False
    Picture4.AutoRedraw = False
    Form2.Picture1.AutoRedraw = False
    Form5.Picture1.AutoRedraw = False
    Image1.Left = lx - 10
    Image2.Left = mx - 10
    Image5.Left = nx - 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"
End Sub
Private Sub Command3_Click()
    Form2.Show
End Sub
Private Sub Command4_Click()
    '三陸沖
    shinx = Int((780 - (700) + 1) * Rnd + (700))
    shiny = Int((850 - (250) + 1) * Rnd + (250))
    command9_Click
End Sub
Private Sub Command5_Click()
    '宮城県沖
    shinx = Int((750 - (700) + 1) * Rnd + (700))
    shiny = Int((1000 - (850) + 1) * Rnd + (850))
    command9_Click
End Sub
Private Sub Command6_Click()
    '日本海中部
    shinx = Int((100 - (10) + 1) * Rnd + (10))
    shiny = Int((700 - (400) + 1) * Rnd + (400))
    command9_Click
End Sub
Private Sub Command7_Click()
    '岩手県内陸
    shinx = Int((550 - (450) + 1) * Rnd + (450))
    shiny = Int((750 - (400) + 1) * Rnd + (400))
    command9_Click
End Sub
Private Sub Command8_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, vbOKCancel Or vbQuestion, strTitle)
    If intReturn = vbOK Then
        Form2.Cls
    End
End
```

【図2】プログラムの一部

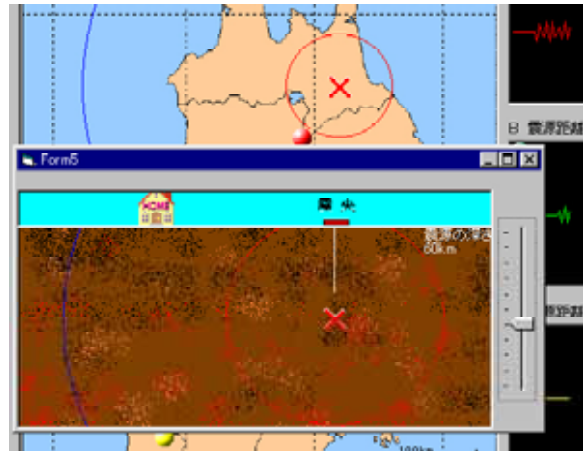


【図3】震源の特定場面

都道府県名	機関番号	ページ
岩手	3	7



【図4】初期微動継続時間と震源距離の関係



【図5】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)

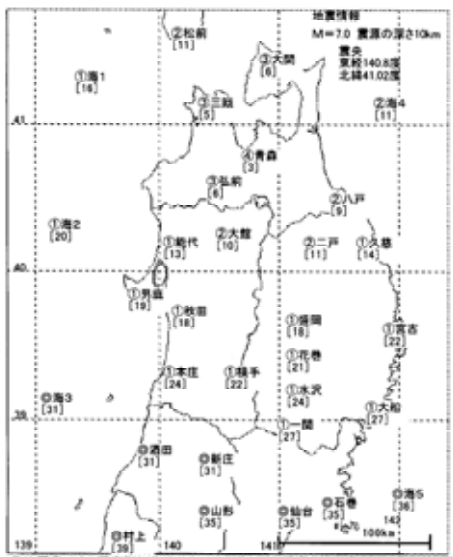


【図6】M設定

イ 出力した学習シートとその利用例

【図7】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ある。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8】のようになる。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利用することができる。

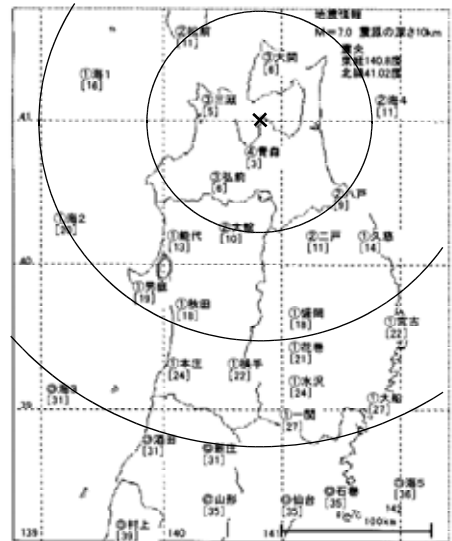
【実習1】地震のゆれの伝わり方と震度分布を調べよう



○は震度です。震度別に色分けしてみよう。(例 ①は白、②は黄、③は緑、④は青、⑤は赤)  
 [ ]はゆれはじめの時刻です。10秒の地点をなめらかな線で結んでみよう、20秒、30秒もやってみよう。

【図7】出力した学習シート

【実習1】地震のゆれの伝わり方と震度分布を調べよう



○は震度です。震度別に色分けしてみよう。(例 ①は白、②は黄、③は緑、④は青、⑤は赤)  
 [ ]はゆれはじめの時刻です。10秒の地点をなめらかな線で結んでみよう、20秒、30秒もやってみよう。

【図8】作業後のシート

都道府県名	機関番号	ページ
岩手	3	8

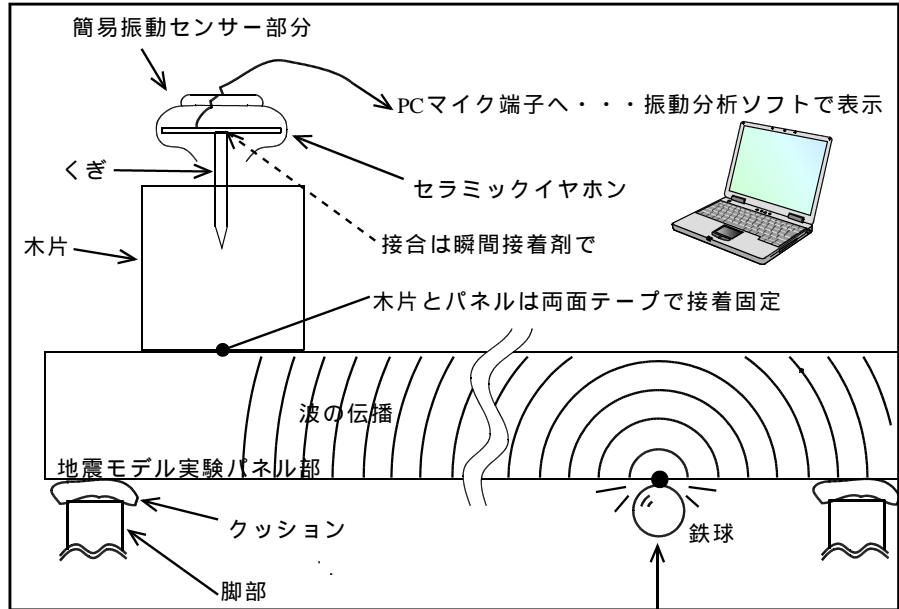
### 3 簡易振動センサーと振動分析ソフトを用いた地震モデル実験教材

#### (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ある。

#### (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点である。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あった。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た。



【図9】実験装置のしくみ

#### (3) 開発教材の概要【図10】【図11】

地震（振動）をモデル実験装置を用いて擬似的に発生させる。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ある【図9】。

一般に空気中を伝播する波は音として知られている。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る。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）である。音は空気中のみではなく、液体や固体中でも伝播する。振動は気体中や液体中では疎密波としてのみ伝播するが、固体中では剪断波（横波）や表面波としても伝播する。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る。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）である。身近な物体（固体）に物をぶついたりした場合、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る。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



【図10】実験装置全景



【図11】センサーを設置したところ

都道府県名	機関番号	ページ
岩手	3	9

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る。

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る。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った。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する。

#### ア 簡易振動センサー部分【図12】

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ある。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してコンピュータに取り込むことが可能となった。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た。



【図12】簡易振動センサー

#### イ 振動分析ソフト【図15】

振動分析ソフト「音波見聞録」はMicrosoft Visual Basic6.0で開発を行った。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なかった。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た。

#### 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ある。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くる。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、使用することとした。



【図13】衝撃を加える

#### エ 振動発生手段【図13】

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た【図10】。

#### (4) 授業実践の様子

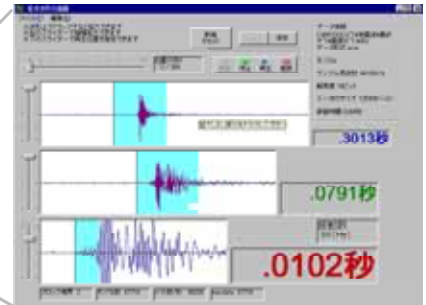
【図14】は「初期微動継続時間と震源距離の関係」を地震モデル実験装置を用いて調べている様子である。震央から自分の観測地点までの距離を測定した後、地震（衝撃）を加え、センサーでとらえた振動を分析した。距離によって現れる波形が明らかに異なることから、直感的に初期微動継続時間と震源距離の関係に気付く生徒もかなりいたと思われる。【図15】はその際のコンピュータの計測画面を示している。また【図16】は各班が計測したデ

都道府県名	機関番号	ページ
岩手	3	10

ータをまとめた際の画面である。それをグラフに表したものが【図17】である。計測、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る。



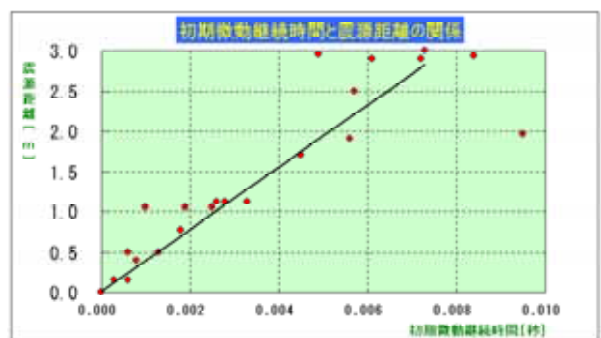
【図14】実験の様子



【図15】計測画面の一例

観測点	震源距離 [km]	初期微動継続時間 [秒]	震源距離 [km]	初期微動継続時間 [秒]	震源距離 [km]	初期微動継続時間 [秒]	震源距離 [km]	初期微動継続時間 [秒]	震源距離 [km]	初期微動継続時間 [秒]
1 観測点	1.1	0.054	1.1	0.054	1.1	0.054	1.1	0.054	1.1	0.054
2 観測点	1.5	0.068	1.5	0.068	1.5	0.068	1.5	0.068	1.5	0.068
3 観測点	1.5	0.071	1.5	0.071	1.5	0.071	1.5	0.071	1.5	0.071
4 観測点	1.5	0.071	1.5	0.071	1.5	0.071	1.5	0.071	1.5	0.071
5 観測点	1.5	0.071	1.5	0.071	1.5	0.071	1.5	0.071	1.5	0.071
6 観測点	1.5	0.071	1.5	0.071	1.5	0.071	1.5	0.071	1.5	0.071
7 観測点	1.5	0.071	1.5	0.071	1.5	0.071	1.5	0.071	1.5	0.071
8 観測点	1.5	0.071	1.5	0.071	1.5	0.071	1.5	0.071	1.5	0.071
9 観測点	1.5	0.071	1.5	0.071	1.5	0.071	1.5	0.071	1.5	0.071
10 観測点	1.5	0.071	1.5	0.071	1.5	0.071	1.5	0.071	1.5	0.071

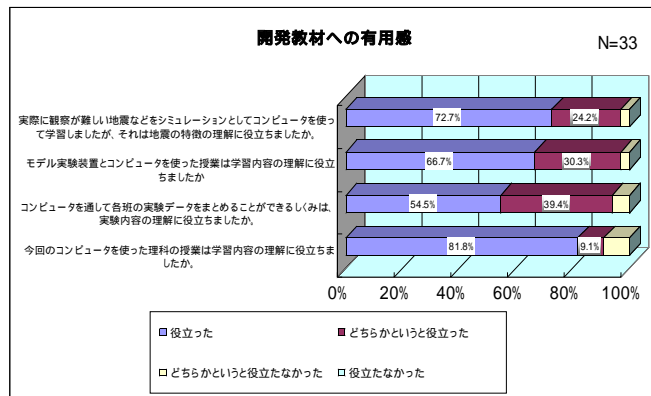
【図16】計測したデータ画面



【図17】モデル実験から得られた初期微動継続時間と震源距離の関係

## 5 開発教材への有用感

授業実践後、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。【図18】はその結果である。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%を越えていた。また、今回の実践で同時に用い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多くみられた。



【図18】開発教材への有用感

## 6 おわりに

今回の実践の結果から、開発した教材の有効性は確かめられた。しかし、地震モデル実験教材に関しては、装置が大きいなどまだまだ問題がある。今後さらに装置の改良を行い、汎用性の高い教材にしていくことが必要であると考えます。

### 【参考文献】

- 1) 互野恭治, 「VisualBasicでエンジョイプログラミング」, CQ出版, 1998年
- 2) 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
- 3) 松田猛, 「VisualBasic6.0 300の技」, 技術評論社, 2000年
- 4) 河西朝雄, 「VisualBasic6.0 上級編」, 技術評論社, 1999年
- 5) 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
- 6) 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
- 7) 中村健太郎, 「図解雑学 音のしくみ」, ナツメ社, 2000年
- 8) 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