

2004年新潟県中越地震を地域素材として取り上げた
「地震の伝わり方」の授業実践

結城義則・藤林紀枝

Teaching on propagation processes of seismic waves,
using the 2004 Chuetsu Earthquake, Niigata Prefecture.

Yoshinori YUKI・Norie FUJIBAYASHI

新潟大学教育人間科学部附属教育実践総合センター研究紀要

教育実践総合研究

第6号 2007年 別刷

Bulletin of
Center for Educational Research and Practice
Faculty of Education and Human Sciences, Niigata University
No. 6 2007

2004年新潟県中越地震を地域素材として取り上げた 「地震の伝わり方」の授業実践

結城義則*・藤林紀枝**

Teaching on propagation processes of seismic waves,
using the 2004 Chuetsu Earthquake, Niigata Prefecture.

Yoshinori YUKI・Norie FUJIBAYASHI

* 新潟大学教育人間科学部附属長岡中学校, 長岡市学校町1丁目1-1, yuki@nagaoka.niigata-u.ac.jp

** 新潟大学教育人間科学部自然情報講座, 新潟市五十嵐2の町8050, fujib@ed.niigata-u.ac.jp

1. はじめに

科学的探求心と科学的なものの見方・考え方をはぐくむことは、科学技術教育の基本であり、小中学校の理数教育における現代的課題である。また、地球環境の危機を防ぐことが緊急的な課題となっている昨今においては、地域の自然環境、生活環境を保全する意識の高い人材の育成が必要である。地域と密接に結びついた自然素材を活用した理科の教育実践は、このような人材育成の観点からも重要であり、かつ生徒の科学的探求心を高揚させ、高い学習効果が期待される。

2004年新潟県中越地震は、2004年10月23日午後5時56分に川口町を震央として発生した。マグニチュード6.8の規模の大きな地震（最大震度7）で、しかもその後も大きな余震を伴った。余震の数は、2004年12月18日までに876回、そのうち震度5弱以上の地震が19回発生している（豊島他、2005）。長岡市はこの震央から15kmの距離に位置し、大きな被害を被った。しかし、この地震からはほぼ2年が経過し、生徒たちも地震を客観的にとらえられるようになってきている。そこで、長岡市や周辺地域に大きな被害をもたらした地震というものを、生徒自身を知ることは重要なことであると考えた。これらの

理由から、「変動する大地」の中の小单元「ゆれ動く大地」の教材として2004年新潟県中越地震（以下「中越地震」と呼ぶ）をとりあげた。

「変動する大地」の単元は、一般に観測・実験を通して科学的なものの見方・考え方を養うことが難しい単元であるが、小論では、附属長岡中学校の幼・小・中連携教育課程研究「創造的な知性を培う」の研究授業として行った授業の実践例を紹介する。

2. 「変動する大地」の単元と教育カリキュラム

中学校第1学年理科「変動する大地」の単元では、「ゆれ動く大地」、「火山の活動」、「地層のつくり」の小单元を学習する過程で、大地の活動の様子や身近な地形、地層、岩石などの観察を通して、地表に見られる様々な事物・現象を大地の変化と関連付ける見方や考え方を養う。

また、本単元は附属長岡中学校の幼・小・中連携教育課程研究「創造的な知性を培う」における科学教育カリキュラムの中学校D「地球と宇宙」に区分され、4つの柱のうちの「時間的・空間的な広がりについての概念」形成に位置づけられている（新潟大学教育人間科学部附属長岡中学校、2005）。4つ

の柱は、(1) 幼稚園の身近な自然の季節による変化への『親しみ』から、(2) 小学校第3学年「日なたと日かげ」における空間の把握、第5学年「流水の働き」「天気の変化」、第6学年「土地の作りと変化」を通して、時間的・空間的な広がりについての『概念』の獲得を目指す。そして、(4) 中学校第1学年「変動する大地」において、大地と時間・空間の関連についての『概念』、第2学年「天気とその変化」における気象現象が起こる仕組みと規則性についての『概念』、第3学年「地球と太陽系」における地球の自転・公転による相対的運動についての『概念』を形成することである。「創造的な知性を培う」ためには、これらの柱を構成する単元の学習過程において、「科学的な感性」¹⁾と「科学的なものの見方・考え方」²⁾をはぐくむ取り組みが必要とされる。

そこで、「変動する大地」の3つの小单元ごとに次のような目標を設定し、図1に示すような単元の追究過程を構想した。

- 「ゆれ動く大地」：中越地震の地震計の記録や過去の地震の資料などを基に、ゆれの大きさや伝わり方の規則性、地球内部の構造や動きとの関連を考える。
- 「火山の活動」：火山の形や活動の様子、火山噴出物の観察や記録をもとに、火山の形や噴火活動とマグマの粘性や火成岩の種類やでき方について知る。
- 「地層のつくり」：身近な露頭の観察を通して、地層の重なりや構成物、広がり等を手がかりにしながら過去の大地の様子や変動を知る。

これまでの「変動する大地」の学習過程においては、露頭の観察や堆積岩、火成岩、化石などの観察を中心とした学びが主体であり、探究していく価値を感じさせる実験はなかなか設定しにくかった。したがって、予想を立てて観察・実験していく教材を開発したり、単元における学習過程を工夫したりする必要がある。そこで今回、「ゆれ動く大地」の教材として生徒たちが実際に体験した中越地震のデータや手作りのモデルを活用し、地震波の伝わり方を追究させることを試みた。

3. 中越地震を地域素材として活用した小单元「ゆれ動く大地」における「学習過程」と教師の働きかけ

今回教育対象とする生徒たちは、これまでの学習を通じて、自然の事物・現象の性質や規則性について、提示された課題に取り組んで解決するだけでなく、疑問を抱き、理由付けのある予想をして解決する学びに意義や価値があることに気づき始めている。また、中には、自然の事物・現象について、根拠のある予想や条件設定を変えて、観察や検証実験を行い、性質や規則性を見いだそうとしている生徒もいる。

「ゆれ動く大地」の小单元では、「地震は、震源から遠くに徐々に伝わる」という既存の概念を「地震は、初期微動、主要動の2種類のゆれがあり、2種類の波によって徐々に伝わる」という新たな概念を形成していくことがねらいである(図2)。この小单元において、「科学的な感性」は、原理・法則を導き出す見通しとなり、「科学的なものの見方・考え方」は、実験したデータをもとに原理・法則を導き出す力としての役割を果たす。その「科学的な感性」「科学的なものの見方・考え方」を働かせるために働きかけ①～④を行う(図1)。働きかけ①<焦点化>として、地震計の記録を提示して、問題点を発見させ、「科学的な感性」を働かせる。ここで学習意欲の高揚を狙って、生徒たちが2004年11月に体験した中越地震のデータを活用する。次に、働きかけ②<視点の転換>として、生徒が実験の条件設定を構想する検証実験を設定して、「科学的な感性」「科学的なものの見方・考え方」を働かせる。そして、働きかけ③<協働>によって、班で検証した方法と結果を重ね合わせ、課題を解決していき、総合化された概念を形成する。最後に、働きかけ④<自己化>により、地震データの図式化・グラフ化を通して概念を再構成する。ここで、再び中越地震のデータを活用する。

より具体的な働きかけの内容は、次の(1)から(4)に示す。

(1) 働きかけ① <焦点化>

新潟県長岡市、上越市、そして震央から154.5 km離れた埼玉県久喜市における中越地震の地震計記録を「平成16年(2004年)新潟県中越地震調査報告」(気象庁, 2005)から抜粋・編集して、資料1に示すワークシートを作成した。これらの地震計の記録を比較し、そこから問題点を発見させて、単元の学びを方向付ける。そして、地震計の「ゆれの大きさ」「震央からの距離」「振動開始時刻」に違いがある

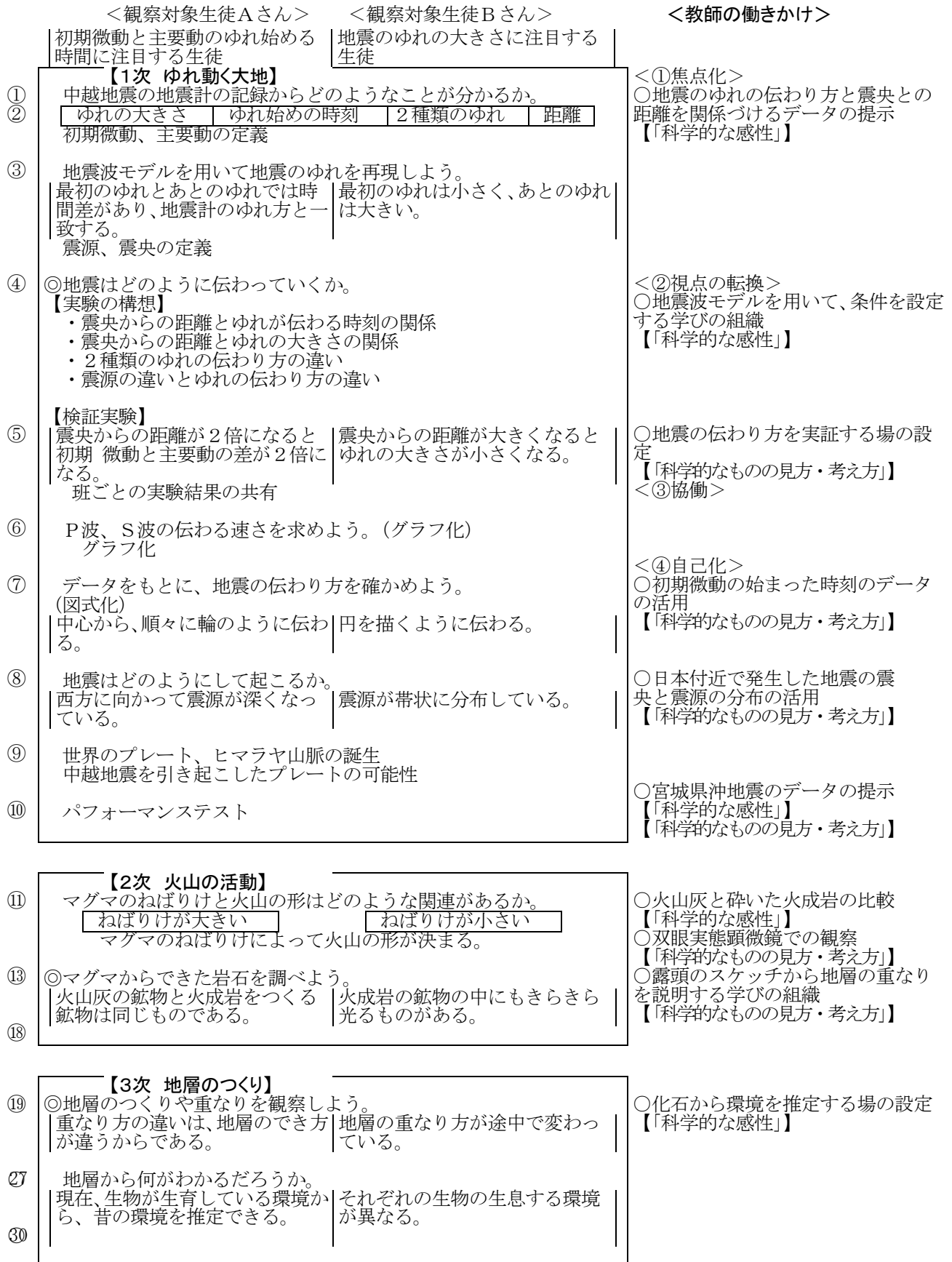


図1 「変動する大地」の追究構想図(全30時間)

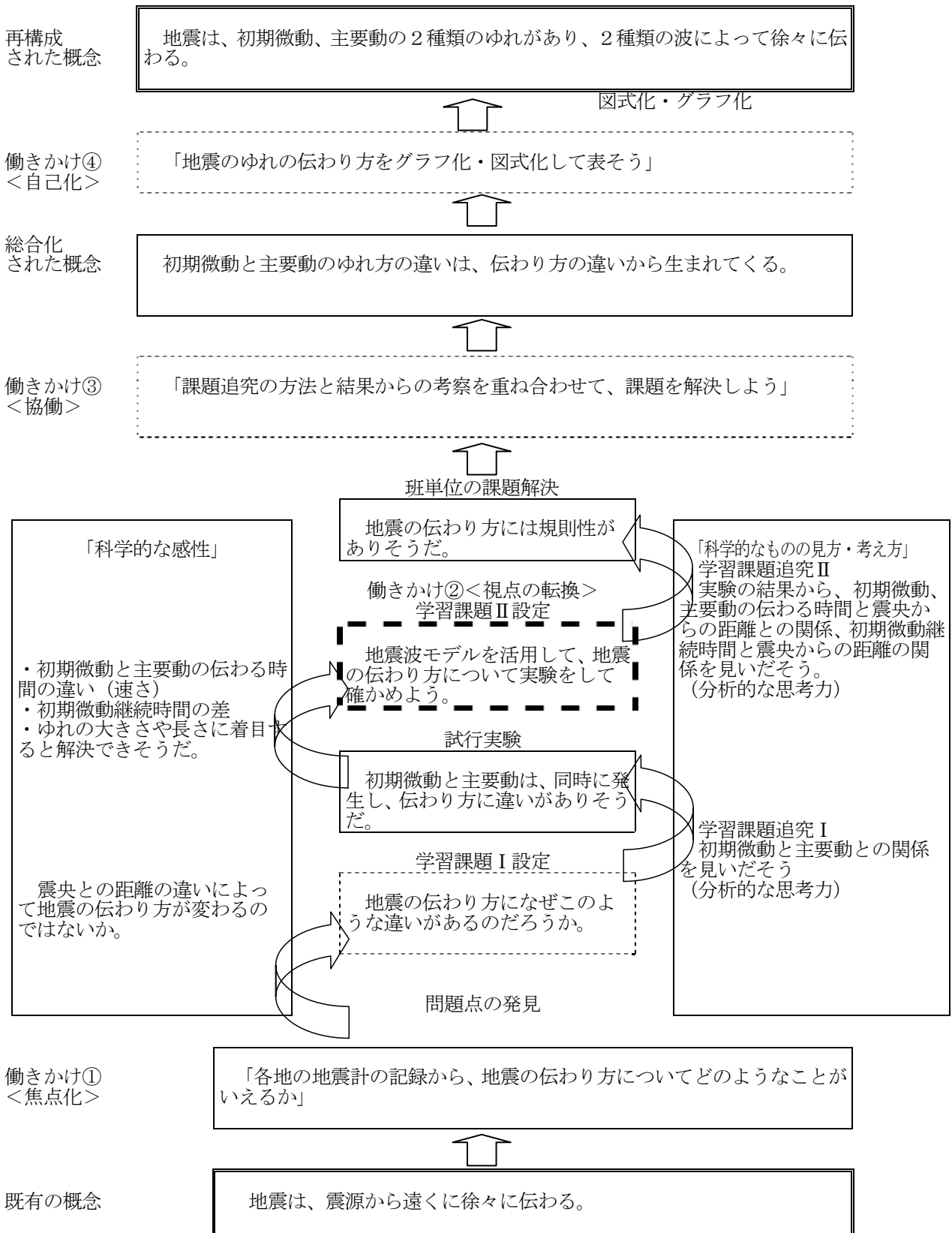


図2 小単元「ゆれ動く大地」において地震のゆれの伝わり方の新たな概念を形成する「学習過程」

ことに気づかせる。また、「地震の伝わり方を解明しよう」と継続した追究を可能にする課題を設定して、事物・現象を自分の問題としてとらえさせる。

(2) 働きかけ② <視点の転換>

初期微動と主要動のゆれ方や速さの違いをわかりやすくするために、ここでは村山ほか(1998)の「地震波モデル」を参考にして、長さ約2mの地震波観測装置(以下地震波モデルと呼ぶ)を10個製作した。「科学的な感性」を働かせるため、この地震波モデルを用いて次のアからオのような実験条件を生徒の発想を生かして設定させ、それらの検証実験を構想させる。そして「科学的なものの見方・考え方」を働かせるため、それぞれの構想をもとにした検証実験を行う。これらの働きかけによって、地震計の記録について見方を変えて検証していくことになる。

- ア. 地震波モデルの震央の位置を変えて、初期微動、主要動の伝わる時間と震央との距離の関係を調べる。
- イ. 地震波モデルの震央の位置を変えて、初期微動継続時間と震央との距離の関係を調べる。
- ウ. 地震波モデルの震央の位置を変えて、ゆれの大きさの違いやゆれる時間を調べる。
- エ. 地震波モデルの震央の位置を変えて、ゆれが続く時間を調べる。
- オ. 地震波モデルを斜めに傾けて、震源の直上と斜めの地点でのゆれの違いを調べる。

(3) 働きかけ③ <協働>

各班の検証実験の結果を集約し、発表をもとにした協働により、「初期微動は、主要動の半分の時間で伝わる」「初期微動が続く時間は、震央からの距離が大きくなると大きくなる」「震央からの距離が2倍になると初期微動、主要動の伝わる時間が2倍になる」「震源からの角度が変わっても伝わり方に変化がない」ことを見いださせる。そして、地震のゆれ方と伝わり方のかかわりを実感させていく。

ここでの協働は、検証実験の結果だけにとどまらず、実験の構想、結果からの考察の過程を意見交流することによって、新たな概念の形成に向かう思考の共同基盤を形成していく。

(4) 働きかけ④ <自己化>

総合化して見いだした地震の伝わり方の規則性を基に、初期微動と主要動の振動始めの時刻と震央か

らの距離とをグラフ化し、P波、S波の速さを求め時間的な概念を形成する。そして、各地の初期微動の伝わり始めた時刻を図式化し、地震が同心円上に伝わっていく空間的な概念を形成する。これらの図式化・グラフ化により、「地震は初期微動、主要動の2種類のゆれがあり、2種類の波によって徐々に伝わる」という新たな概念を創りあげていく。ここで、中越地震の観測データ(気象庁、2005に基づく)から、東日本の39地点における初期微動と主要動が伝わった時刻と震央からの距離、そして震度を表にまとめて提示し、観測点を示した地図に震度分布とゆれの始まった時刻を記載させるワークシートを今回作成した(資料2、3)。また、初期微動と主要動の速さの違いを実感させるため、それらと震央からの距離の関係をグラフ化させることを試みる(資料4)。

以上のような「学習過程」は、自然を科学的に調べていく基本的な過程であるばかりでなく、生徒が主体となって科学的な思考力を伸ばす学びである。実験によって分析的な思考力を働かせ、地震の伝わり方を実証的に導き出す点において有効であると考えられる。

4. 「学習過程」におけるみとり

本小单元における「学習課題」の各段階のみとりは、図3に示す4回にわたって行った。

まず单元始めのみとり1では、既存の概念である「地震は震源から遠くに徐々に伝わる」についての知識と理解を確かめる。

みとり2は、新たな概念を形成させるための働きかけ①<焦点化>の過程で行った。ここで、今回新たに教材化した「中越地震」の地震計の記録(資料1:ワークシート②)を提示し、震央からの距離と初期微動継続時間との関係、振動開始時刻との関係、震央からの距離とゆれの大きさとの関係等に気づかせる。

みとり3は、働きかけ①によって発見した問題点から学習課題I「地震の伝わり方には震央からの距離による違いがあるのか」を設定し(図2、図3)、試行実験を行う。次に、視点の転換による学習課題II「地震波モデルを活用しての地震の伝わり方について、実験をして確かめる」の設定・実験(働きかけ②<視点の転換>)、班単位の課題解決(働きか

け②<協働>)を通して再構成された概念について、発表用パネルを班ごとに作成させてみるものである。

みとり4では、グラフ化、図式化(資料2~4のワークシート5-①、②、③)によって概念の自己化(働きかけ④)についてみる。

また、小単元末に「科学的な感性」「科学的なものの見方・考え方」のはぐくみのみとりの補完をねらったパフォーマンス評価を位置付け、実施する。このパフォーマンス評価は、技能面の習得を主なねらいとする現在のパフォーマンステストとは異なり、思考力・判断力をみとるための評価として導入したものである。まず、学習課題「地震の震央を求めなさい」を提示し、図式化することによって震央を求めさせるものである(図4)。ここでは、震央を求めるための見通しを問う「科学的な感性」と図式化から震央の位置を見いだしていく「科学的なものの見方・考え方」をみとる評価を行った。パフォーマンス評価は、表1に示すように評価基準をループ

リックと定義して、具体的に評価していった。

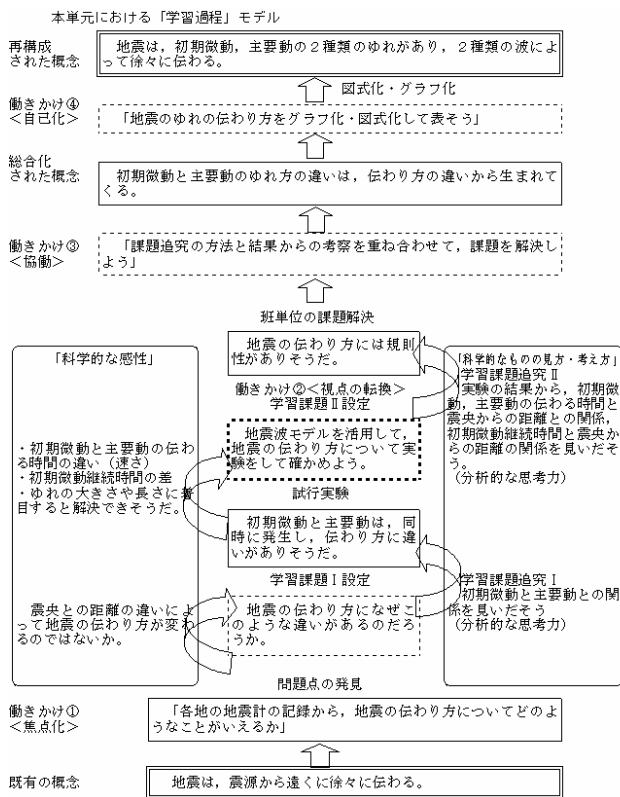
5. みとりの結果

今回構想した学習過程について、抽出した次の2人の生徒の学びの姿で示す(表2)。

抽出生Aさんについて

(分析的な思考力…地震のゆれの伝わり方の規則性を振動が徐々に伝わるととらえている生徒)

Aさんは、単元始めのみとり1から、「地震のゆれは、ゆれの中心から円を描くように振動が伝わる」ととらえている。課題設定後の実験計画立案の段階では、地震波モデルを傾けることによって震源からの伝わり方の違いを調べていこうとする「科学的な感性」の働きを期待する。課題追究の場面では、ゆれの大きさやゆれが伝わるまでの時間の違いを比較する「科学的なものの見方・考え方」を働かせて検証していく姿が期待される。



→パフォーマンス評価

「宮城県沖地震の伝わり方」

新たな概念の形成

地震の伝わり方についての知識・理解 (みとり4)

→ワークシート⑤-1, 2, 3 作図

地震の伝わり方についての知識・理解 (みとり3)

→ワークシート④ 他の班から学んだこと

技能・表現

→実験、発表の仕方、ワークシートのまとめ方

「科学的なものの見方・考え方」

→ワークシート④-2

検証実験からの考察

「科学的な感性」

→ワークシート③ 問題の共有

④-1 検証実験の構想

地震の伝わり方についての知識・理解

(みとり2)

→ワークシート② 問題の発見

地震の伝わり方についての知識・理解

(単元始めのみとり1)

→ワークシート①

図3 みとり構想図

1 課題提示

(1) 実験によって、課題が解決できる、または、解決の方向へ導く内容である。

(2) 既存の概念を活用できる内容である。

2 生徒が構想した解決方法の立案

(1) 見通しをもった予想を立てる。

(2) 課題を解決する具体的な方法を明記する。

3 実験と考察

(1) 実験を行い、結果を導き出す。

(2) 結果から考えられることを図式化、モデル化して説明する。

図4 パフォーマンス評価の基本的骨子と評価用紙

宮城県沖地震のデータを提示し、図式化することによって震央を求めさせるものである。震央を求めるための見通しを問う「科学的な感性」と図式化から震央の位置を見いだしていく「科学的なものの方・考え方」をみとる評価である。

表1 「変動する大地」のルーブリック（高浦他，2006）と評価基準

| 段階 | 自然事象への関心・意欲・態度 | 「科学的な感性」 | 「科学的なものの方・考え方」 | 観察・実験の技能・表現 | 自然事象への知識・理解 |
|----|---|---|--|--|-------------------------------|
| A | 大地の変動の仕組みやその成因について興味・関心を持ち、積極的に観察・実験に取り組んで明らかにしようとする。 | 大地の変動の仕組みやその成因について、予想を立てて十分な見通しをもつ。 <input checked="" type="checkbox"/> 震央は、ゆれ初めの時刻を結んだ同心円の中心であることを記述することができる。 | 地層およびこれを構成する堆積岩の観察や火山と火山の成因、構成物である火成岩、地震とその成因など、それらを大地の大きな変動と関係付けて考える。 <input checked="" type="checkbox"/> ゆれ始めの時刻結んだ作図ができており、震央を表示することができる。 | 野外観察の基本的な仕方を習得し、その結果や自分の考えを的確にまとめたり発表したりする。 | 大地の変動の仕組みやその成因について十分理解している。 |
| B | 大地の変動の仕組みやその成因について興味・関心を持ち、観察・実験に取り組む。 | 大地の変動の仕組みやその成因について、実験の予想を立てられるが、見通しは不十分である。 <input checked="" type="checkbox"/> 震央は、円を描いた中心であることを記述することができる。 | 地層およびこれを構成する堆積岩の観察や火山と火山の成因、構成物である火成岩、地震とその成因など、それらを大地の大きな変動と自分なりに関係付けて考える。 <input checked="" type="checkbox"/> ゆれ始めの時刻を結んだ作図に一部誤りがあるが、震央を表示することができる。 | 野外観察の基本的な仕方を習得し、その結果や自分の考えをまとめたり発表したりする。 | 大地の変動の仕組みやその成因についてある程度理解している。 |
| C | 大地の変動の仕組みやその成因について興味・関心をもたず、観察・実験への取組も人任せである。 | 大地の変動の仕組みやその成因について、実験の予想が思いつきであり、見通しをもつためには援助が必要である。 <input type="checkbox"/> 震央の求め方について記述することができない。 | 地層およびこれを構成する堆積岩の観察や火山と火山の成因、構成物である火成岩、地震とその成因など、それらと大地の大きな変動との関係付けが不十分である。 <input type="checkbox"/> 震央は表示することができるが、作図が誤っている。 | 野外観察の基本的な仕方が不十分であり、その結果や自分の考えをまとめられなかったり発表できなかつたりする。 | 大地の変動の仕組みやその成因についての理解が不十分である。 |

抽出生Bさんについて

(分析的な思考力…地震のゆれの伝わり方の規則性を地震波の伝わり方ととらえている生徒)

Bさんは、単元始めのみとり1から、「地震のゆれは震源から地震波によって伝わる」ととらえている。課題設定後の実験計画立案の段階では、地震波モデルの震央からの距離を変えた時の初期微動継続時間の違いを調べていこうとする「科学的な感性」の働きを期待する。課題追究の場面では、震央からの距離と初期微動継続時間の関係を見いだしていく「科学的なものの見方・考え方」を働かせて、検証していく姿が期待される。

(1) 「科学的な感性」について

生徒たちが経験したばかりの中越地震を教材として提示したことにより、生徒たちは身近な問題として課題をとらえることができたようである。Aさん、Bさんともに、震央に近いほうがゆれは大きいこと、震央に近いほうが早くゆれること、地震の波形には共通性があることに気づいている。Bさんは、さらに「地震のゆれはだんだん大きくなってまた小さくなる」こと、「震央に近い方が初期微動継続時間は短い」ことに気づいている(表2)。

また、<視点の転換>のために「地震波モデルを活用して、地震の伝わり方について実験して確かめよう」という課題を提示し、予想と解決方法を考えさせた結果、Aさんは、「⑤震源からの伝わり方の違いがあるか」という学習課題を解決するために、地震波モデルを水平にした時と、斜めにした時という条件を設定した。また、ゆれの大きさと速さの違いに着目して「伝わり方の違いを実証できる」と見通しをもって実験に取り組んだ。大きさと速さの測定方法については記述がないが、検証実験の中で初期微動、主要動がゆれ始める時間について比較しており、学習課題設定の時点から働いた「科学的な感性」は、検証実験の中でも継続して働いていた。

Bさんは、「②震央から遠いと初期微動継続時間が長くなるのはなぜか」という学習課題を解決するために、地震波モデルの端からゆらした時とおもり11個目(半分の距離)からゆらした時の初期微動継続時間の違いに着目することによって、「時間の長さの違いを実証できる」と見通しをもって実験に取り組んだ(表2)。このような目的にあった実験操作は、「科学的な感性」を十分働かせている姿と考えられよう。

(2) 「科学的なものの見方・考え方」について

Aさんは、地震波モデルを水平にした時と斜めにした時とでは違いがないことを計測し、モデルの距離が変わらないことと結びつけて考えた。そして、地表では、震源から斜めにゆれが伝わる時には、直上(震央)に伝わる時と比較すると距離が変わるので、斜めにすると地震が伝わるまでの時間が長くなることまで図示した。これらの活動から、「科学的なものの見方・考え方」が十分働いたと考えられる(表3)。

Bさんは、震央からの距離を半分に変えると、初期微動継続時間も約4秒に対して約2秒と1/2倍になることを導きだした。さらに、震央からの距離を2倍にすると初期微動継続時間が約4秒の2倍の約8秒になることを導きだした。そして、震央からの距離と初期微動継続時間は比例関係であることを見いだした。これらの活動から、「科学的なものの見方・考え方」が十分働いたと考えられる(表3)。

(3) <自己化>における概念の再構成について

中越地震の観測データを図式化、グラフ化させた結果、Aさん、Bさんともにゆれが震源から遠くに徐々に伝わっていく様子を正確に表現した(図5)。また、初期微動、主要動それぞれの伝わる時刻と震央からの距離は比例することに気づいており、Bさんは、初期微動は主要動の1/2倍の速さで伝わることを見いだしている(図6)。

このようなみとりの結果から、地震には初期微動、主要動の2種類のゆれがあり、2種類の波によって徐々に伝わるという新たな概念は再構成されたと評価できよう。

(4) パフォーマンス評価の結果

以上のような「地震の伝わり方」の学習過程で「科学的な感性」がはぐくまれたかどうかについては、Aさんは、「同じ時刻でゆれた場所を曲線で結び」「中心の位置」「そこが震央」という記述から、「科学的な感性」がAの段階の位置にいると考える(表4)。Bさんは、「ゆれ始めた時刻が同じ位置を線で円状に結び」「円の中心が震央」という記述から、「科学的な感性」がAの段階の位置にいると考える(表4)。学級全体としては7割近くの生徒がAの段階の位置に至った。





表2 <焦点化>と<視点の転換>における抽出生の「科学的な感性」の働き

| 学習過程、教師の働きかけ | Aさんの学び | Bさんの学び |
|---|---|--|
| <p>【焦点化】 ・震央からの距離が異なる3地点における地震計の記録の提示。 ・発問「地震計の記録からどのようなことがわかるか」</p> | <p>・震源地に近い方が震度が大きい。 ・近い方からゆれる。 ・地震計の形が似ている。 ・その位置から円状に広がってゆれる。</p> | <p>・震央に近い方がゆれが大きい。 ・震央に近い方がゆれが早く来る。 ・ゆれはだんだん大きくなり、一番大きくなったら、だんだん小さくなる。 ・震央に近い方が初期微動が短い。</p> |
| <p>【視点の転換】 ・学習課題Ⅱ「地震波モデルを活用して、地震の伝わり方について実験をして確かめよう」の提示</p> <p>「なぜそうなるか」予想を立てさせた上で、「どのような方法で解決していくか」その方法を考えさせた。</p> <p style="text-align: center;"><実験計画></p> | <p><課題> ⑤震源からの伝わり方の違い</p> <p><予想> ・震源からの伝わり方には違いがあり、縦にゆれたり、横にゆれたりすると思う。</p> | <p><課題> ②震央から遠いと初期微動継続時間が長い</p> <p><予想> ・大きなゆれが伝わるまでに時間がかかる。 ・震源からの距離を半分にする→初期微動継続時間が半分になる。</p> <p style="text-align: center;"><実験計画></p> |
| | | |
| <p>ゆれの伝わり方の大きさ速さのどちらに注目するか助言をした。</p> <p>距離を2倍にすると初期微動継続時間はどうなるか。どのような装置にすればよいか。</p> | <p>地震波モデルの角度を変えて、地震のゆれの大きさと伝わる速さのどちらとも違いがあるか調べた。</p> | <p>地震波モデルの端からゆらした時と11個目(半分の距離)からゆらした時の初期微動継続時間を5回測定し、平均値を算出した。</p> <p>初期微動継続時間は2倍になるだろうと予想した。他の班のモデルとつなげると距離が2倍の条件ができると思った。</p> |

また、「科学的なものの見方・考え方」については、Aさんは、初期微動の始まった時刻を結び、同心円状に地震が伝わる様子を描いた。そして、同心円の中心を×で記載した。さらに、震央の場所、方角、距離についても特定した。このことから「科学的なものの見方・考え方」は、Aの段階の位置にいると考える。なお、方角の南南東は誤りであるが、テストに方位が記されていないため、上を北と考えた

からと考えられる(表4)。Bさんは、ゆれ始めた時刻を10秒ごとに結び、同心円の中心を×で記載した。さらに、震央の場所、方角、距離についても特定し、正確である。「科学的なものの見方・考え方」は、かなり高いAの段階の位置にいると考える(表4)。学級全体としては、5割を超える生徒がAの位置に至った。

表3 <視点の転換>における抽出生の「科学的なものの見方・考え方」の動き

| 学習過程、教師の働きかけ | Aさんの学び | Bさんの学び |
|--|--|--|
| <p>【視点の転換】</p> <ul style="list-style-type: none"> 学習課題を解決するために構想した検証実験を行わせ、実験結果からの考察を導きださせた。 <p>・各班の実験結果と考察をホワイトボード(発表用パネル)に書かせた。</p> |   <ul style="list-style-type: none"> 地震波モデルを斜めにしても水平にしても伝わる速さはほとんど同じ。 モデルでは距離が同じだからである。 実際には斜めにした方が、距離が長いので伝わるまでの時間が長くなる。 |   <ul style="list-style-type: none"> 震央から遠いと初期微動継続時間が長い。 震央からの距離と初期微動継続時間は、比例関係。 |

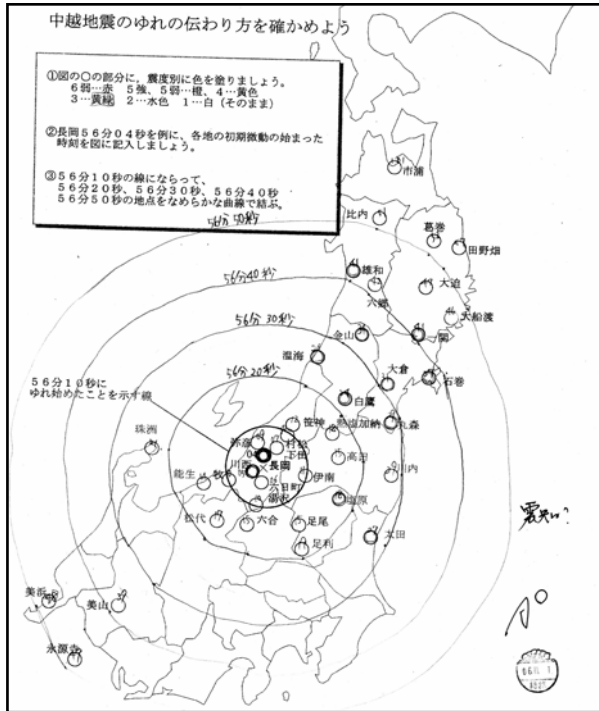


図5 Bさんの図式化の結果

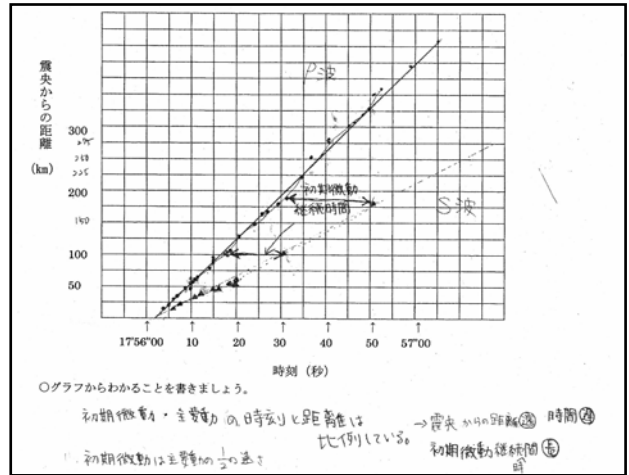
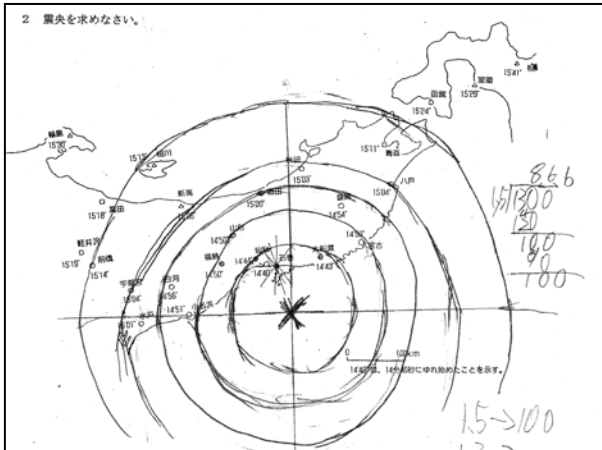
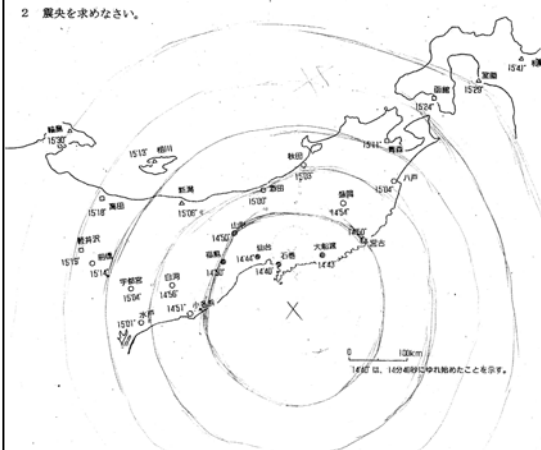


図6 Bさんのグラフ化の結果

表4 2人の抽出生のパフォーマンステストの結果

| Aさんの学び | Bさんの学び |
|---|---|
| <p>課題：下の図で表された地震の震央を求めなさい。</p> | |
| <p>1 震央を求めるにはどうしたらよいか。説明しなさい。(「科学的な感性」)</p> <p>同じ時刻でゆれた場所を曲線で結び、それが円になったらその中心の位置を出す。そこが震央である。</p> | <p>ゆれ始めた時刻が同じ位置を線で円状に結び、その円の中心が震央。</p> |
| <p>2 震央を求めなさい。(「科学的なものの見方・考え方」)</p>  | <p>2 震央を求めなさい。</p>  |
| <p>3 震央はどこですか。 石巻から南南東にあって、約90km離れている海の上。</p> | <p>石巻から約100km東の地点。</p> |

6 成果と課題

(1) 成果として

① 「ゆれ動く大地」の「学習過程」と働きかけの有効性

本小單元では、「地震は、震源から遠くに徐々に伝わる」という既存の概念から「地震は、初期微動、主要動の2種類のゆれがあり、2種類の波によって徐々に伝わる」という新たな概念を形成していくことがねらいである。今回の学習過程を通して、Aさんの「地震のゆれは、ゆれの中心から円を描くように振動が伝わる」という概念は、「地震が最初に発生した所で同時にP波とS波が発生する」「P波の速さは、S波の2倍」という概念へ、Bさんの「地震のゆれは震源から地震波によって伝わる」という概念は、「同時に波が立ち、P波（初期微動）が先に伝わり、S波（主要動）が後から伝わる」という、ねらいとする概念へ変化していった。

今回計画した学習過程の中で、4つの教師による働きかけを設定し、「科学的な感性」と「科学的なものの方・考え方」をはぐくむよう試みたが、これらは新たな概念を形成する上で有効であったといえる。

② 生徒が構想する検証実験の意義

理科においては、生徒が構想する検証実験を単元内に設定することによって、科学的思考の要素であ

る「科学的な感性」「科学的なものの方・考え方」を働かせ、新たな概念を形成することができると考えている。

本小單元では、地震波モデルという共通の実験器具を用いて生徒の発想した条件設定による検証実験を構想させた。「科学的な感性」は、ワークシートや授業中における発言、行動より、条件設定をする中で最も大きく働くことがわかった。一方、「科学的なものの方・考え方」は、生徒が構想する検証実験の結果から考察をすることによって十分働かせることができたと考えられる。このことは、生徒の自己評価（表5）の結果、「実験の方法を考えたり、考えた計画にしたがって実験を進めたりすることができたか」という問いに「かなりできた」と「だいたいできた」と答えた生徒が97%に達し、また「班の実験の結果より、学習課題は解決できたか」という問いに対して「かなりできた」と答えた生徒が69%に達し、残りの全員が「だいたいできた」と答えていることから支持される。したがって、今回の検証実験において生徒たちは「科学的な感性」「科学的なものの方・考え方」を働かせることが十分にできたとみとることができる。

また今回、一斉の発表という形態ではなく、各班が出店方式で検証実験の方法を実演する場を設けて互いの考えを交わすことによって、協働の場が成立していた（写真1、2）。

表5 検証実験における「科学的な感性」「科学的なものの方・考え方」の生徒の自己評価

| 評価の観点 | A | B | C | D |
|---|----|----|---|---|
| 実験の方法を考えたり、考えた計画にしたがって（修正したり）実験を進めたりできたか。（「科学的な感性」） | 33 | 64 | 3 | 0 |
| 班の実験の結果より、学習課題は解決できたか。（「科学的なものの方・考え方」） | 69 | 31 | 0 | 0 |

A…かなりできた、B…だいたいできた、C…あまりできなかった、D…できなかった（%）



写真1 Aさんの協働



写真2 Bさんの協働

③ 地域素材として中越地震を用いた授業内容について

今回、単元の導入として、生徒が体験をした中越地震のデータを活用した。中越地震は、地域素材でもあり、即時性のある事象を活用したことによって、導入時点より、生徒の学ぶ意欲の高揚が見られた。

地震波形の記録は、観測地点によってゆれ幅のスケールが異なる。そのため、上越市のゆれの大きさが相対的に小さく、埼玉県久喜市のものが相対的に大きく表現されてしまうといった問題がある。しかし、初期微動および主要動の開始時刻、初期微動継続時間の長さの変化は、今回作成したワークシート（資料 1）上に明瞭に示せた。それにより、生徒たちが初期微動と主要動の2つの存在を身近な素材で認識できたことは、みとり2の結果からも明らかである。そして、これが探求の動機づけとなり、また、地震波を観察できる自作モデルや類型化された検証実験によって、全ての班が、地震の伝わり方の規則性を見いだしていった。そして、最後に再び中越地震のデータを活用したワークシートで新たな概念の自己化を働きかけたことで、「導入」にたいする「帰結」という一連の流れを作ることができたと考える。

地域素材として中越地震を用いた教材を作成し活用したことは、生徒の学習意欲を高め、成功であったといえよう。

④ 複数の評価方法による妥当性の向上

小単元末に「科学的な感性」「科学的なものの見方・考え方」をみとるパフォーマンス評価を実施した。検証実験のワークシート、自己評価、パフォーマンス評価など、複数の方法によって評価することにより、単元における「科学的な感性」「科学的なものの見方・考え方」の評価の妥当性を高めることができた。

(2) 課題として

① 精度の高い検証実験の実施

検証実験に見通しをもたせたために、数回の実験結果の中から、予想とかけ離れた実験結果を使わずに、予想に近い実験結果を採用している班があった（写真3）。「①震央からはなれるとゆれが小さくなる」という課題に取り組んだ7班は、距離を変えていくと0.2cmずつゆれが小さくなることを複数回行った実験結果から採用した。しかし、1回目に測定した実験結果の方が、距離とゆれの大きさが2乗に反比例するという規則性があり、精度の高いデ

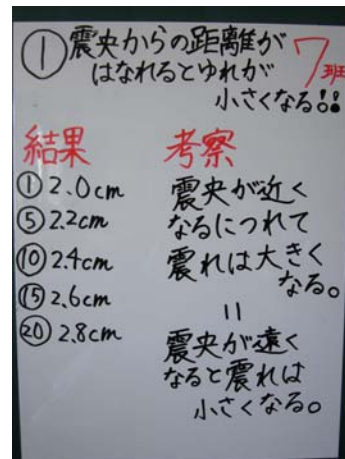


写真3
ゆれについて
の実験結果の
例

ータであった。見通しをもつことは大切であると評価しながらも、実験結果を十分尊重できるように、実験の精度を高める指導が必要である。

② パフォーマンス評価の信頼性の向上

単元始めに設定したルーブリックは、パフォーマンス評価を実施した生徒の実態と合わずに書き換えることになった。このようなルーブリックの見直しと複数の評価者による評価をしていき、パフォーマンス評価の信頼性を高めていきたい。

<注および引用・参考文献>

- 1) 「科学的な感性」…自然の事物・現象に対する規則性・法則性などの価値を感じとり、分析的な探究に必要な見通しをもつ力
- 2) 「科学的なものの見方・考え方」… 実証的、論理的に探究して、自然の事物・現象の性質や規則性を見いだす力

堀 哲夫, 2004, 学びの意味を育てる理科の教育評価, 東洋館出版社, p156.

気象庁, 2005, 平成16年(2004年)新潟県中越地震調査報告, 気象庁技術報告, 第127号, 気象庁, p90-93, p129-133.

文部科学省, 2006, 小学校理科・中学校理科・高等学校理科指導資料 PISA2003(科学的リテラシー)及びTIMSS2003(理科)結果の分析と指導改善の方向, 東洋館出版社, p9, 37-38.

村山勉・渡辺国宏・栢森耕太郎・小川義実, 1998, 中学校第2分野ゆれ動く大地—地震—編, 理科指導資料集, 15~21集, 新潟県地区理科教育センター研究協議会, p192-203.

新潟大学教育人間科学部附属長岡中学校, 2005, 創造的な知性を培う(第3年次研究会紀要), 156p.

高浦勝義・松尾知明・山森光陽, 2006, ルーブリックを活用した授業づくりと評価②中学校編, 教育開発研究所, p219.

豊島剛志・小林健太ほか, 2005, 新潟県中越地震における地震断層と地表変状の構造地質学的調査, 新潟大学中越地震新潟大学調査団「新潟県連続災害の検証と復興への視点」-2004.7.13 水害と中越地震の総合的検証-, 新潟大学, p21-31.

気象庁ホームページ 強震波形平成16年(2004)新潟県中越地震

(http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/kyoshin/jishin/041023_niigata/1756/nigata_main.htm)

(平成19年3月20日受理)

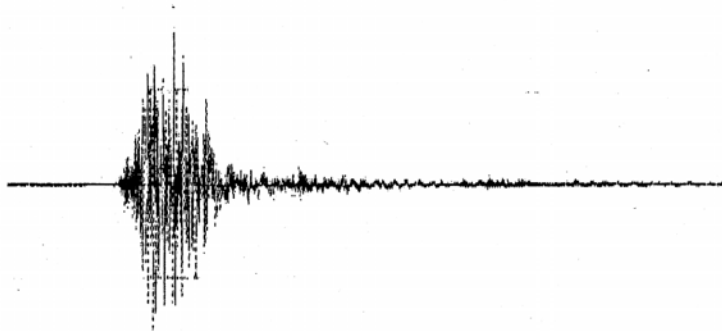
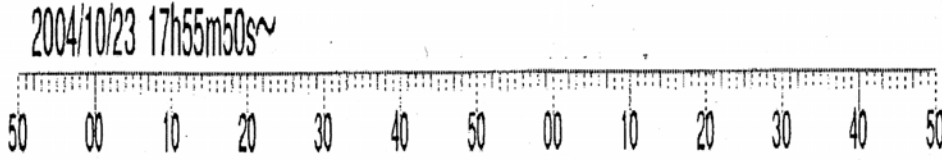
【資料1 地震計の記録】

ワークシート②

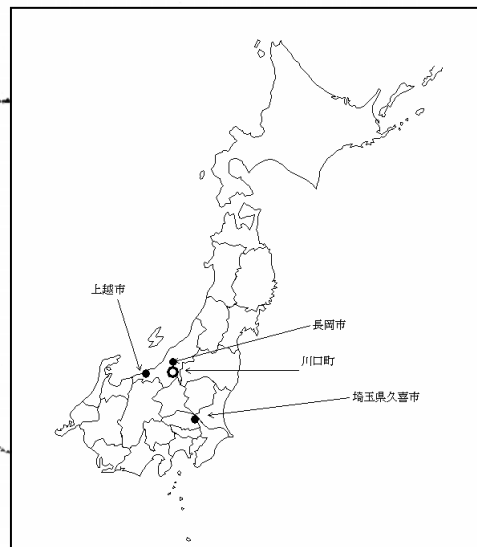
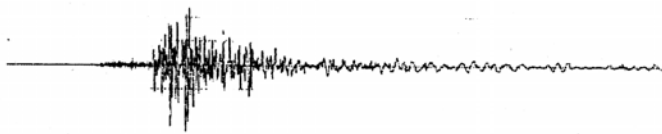
地震計の記録

1年1組 番 氏名 ()

新潟県長岡市 (震央からの距離16.2km)



新潟県上越市 (震央からの距離58.6km)



埼玉県久喜市 (震央からの距離154.5km)



○上の3地点の地震計の記録からどのようなことがわかるか。

•

•

•

•

•

【資料2 各地の初期微動振動開始時刻と震度の大きさ】

ワークシート⑤-1

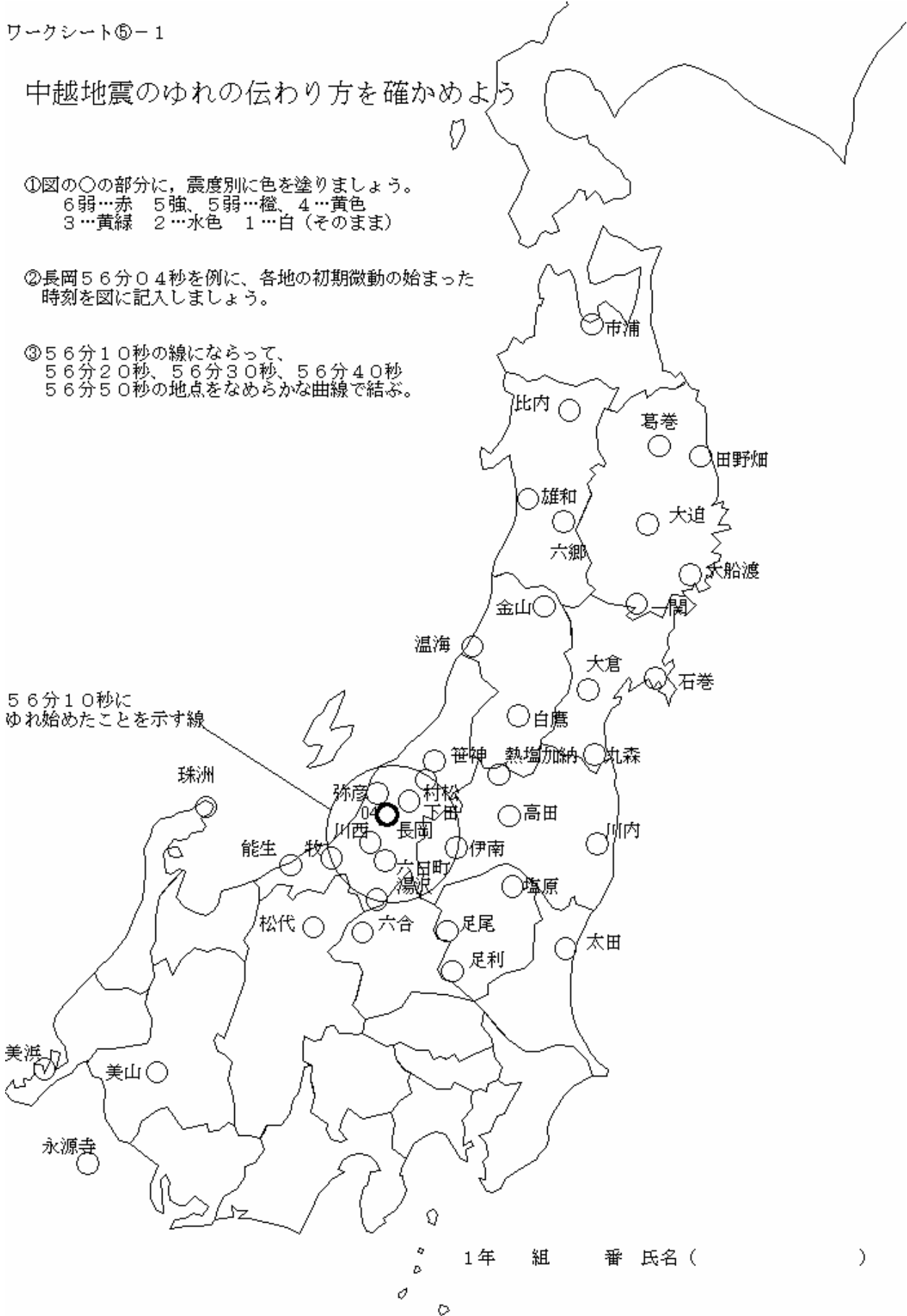
中越地震のゆれの伝わり方確かめよう

①図の○の部分に、震度別に色を塗りましょう。
 6弱…赤 5強、5弱…橙、4…黄色
 3…黄緑 2…水色 1…白（そのまま）

②長岡56分04秒を例に、各地の初期微動の始まった時刻を図に記入しましょう。

③56分10秒の線にならって、
 56分20秒、56分30秒、56分40秒
 56分50秒の地点をなめらかな曲線で結ぶ。

56分10秒に
ゆれ始めたことを示す線



1年組 番氏名 ()

【資料3 各地の初期微動・主要動振動開始時刻，震央からの距離，震度の大きさデータ】

ワークシート⑤-2 (データ)

| | 観測点名 | 初期微動の伝わった時刻 | 主要動の伝わった時刻 | 震央からの距離 | 震度 |
|----|-------|-------------|------------|---------|----|
| 1 | 長岡 | 17"56'04 | 17"56'06 | 15.1 | 6弱 |
| 2 | 川西 | 17"56'05 | 17"56'08 | 17.2 | 6弱 |
| 3 | 六日町 | 17"56'06 | 17"56'11 | 28.9 | 5強 |
| 4 | 下田 | 17"56'07 | 17"56'12 | 35.8 | 5弱 |
| 5 | 牧 | 17"56'10 | 17"56'17 | 49.5 | 5弱 |
| 6 | 弥彦 | 17"56'09 | 17"56'17 | 49.7 | 5弱 |
| 7 | 湯沢 | 17"56'10 | 17"56'20 | 53.9 | 4 |
| 8 | 村松 | 17"56'10 | 17"56'19 | 54.1 | 4 |
| 9 | 伊南 | 17"56'11 | 17"56'20 | 59.4 | 4 |
| 10 | 笹神 | 17"56'12 | | 70.7 | 4 |
| 11 | 能生 | 17"56'14 | | 79.3 | 4 |
| 12 | 群馬六合 | 17"56'15 | | 83.3 | 4 |
| 13 | 会津高田 | 17"56'15 | | 85.6 | 4 |
| 14 | 足尾 | 17"56'15 | | 90.2 | 4 |
| 15 | 栃木塩原 | 17"56'18 | | 99.8 | 3 |
| 16 | 松代 | 17"56'17 | 17"56'31 | 101.8 | 4 |
| 17 | 熱塩加納 | 17"56'18 | | 102.1 | 4 |
| 18 | 足利 | 17"56'19 | | 109.1 | 4 |
| 19 | 珠洲 | 17"56'21 | | 134.8 | 4 |
| 20 | 山形白鷹 | 17"56'24 | | 147.6 | 3 |
| 21 | 山形温海 | 17"56'26 | | 162.6 | 3 |
| 22 | 常陸太田 | 17"56'27 | | 169 | 3 |
| 23 | 福島川内 | 17"56'29 | 17"56'51 | 178.8 | 4 |
| 24 | 宮城丸森 | 17"56'29 | | 181.5 | 3 |
| 25 | 仙台大倉 | 17"56'31 | | 198 | 3 |
| 26 | 山形金山 | 17"56'34 | | 223 | 3 |
| 27 | 石巻大迫 | 17"56'37 | | 253.5 | 3 |
| 28 | 岐阜美山 | 17"56'39 | | 261.4 | 2 |
| 29 | 秋田雄和 | 17"56'41 | | 275.8 | 3 |
| 30 | 一関舞川 | 17"56'41 | | 276.6 | 3 |
| 31 | 秋田六郷 | 17"56'42 | | 280.1 | 2 |
| 32 | 大船渡猪川 | 17"56'46 | | 315.6 | 2 |
| 33 | 岩手大迫 | 17"56'47 | | 321.7 | 1 |
| 34 | 福井美浜 | 17"56'48 | | 324.3 | 1 |
| 35 | 滋賀永源寺 | 17"56'49 | | 326.8 | 1 |
| 36 | 秋田比内 | 17"56'51 | | 356.6 | 1 |
| 37 | 岩手葛巻 | 17"56'53 | | 367.9 | 1 |
| 38 | 岩手田野畑 | 17"56'57 | | 393 | 1 |
| 39 | 青森市浦 | 17"57'01 | | 439 | 1 |

【資料4 初期微動、主要動振動開始時刻のグラフ化】

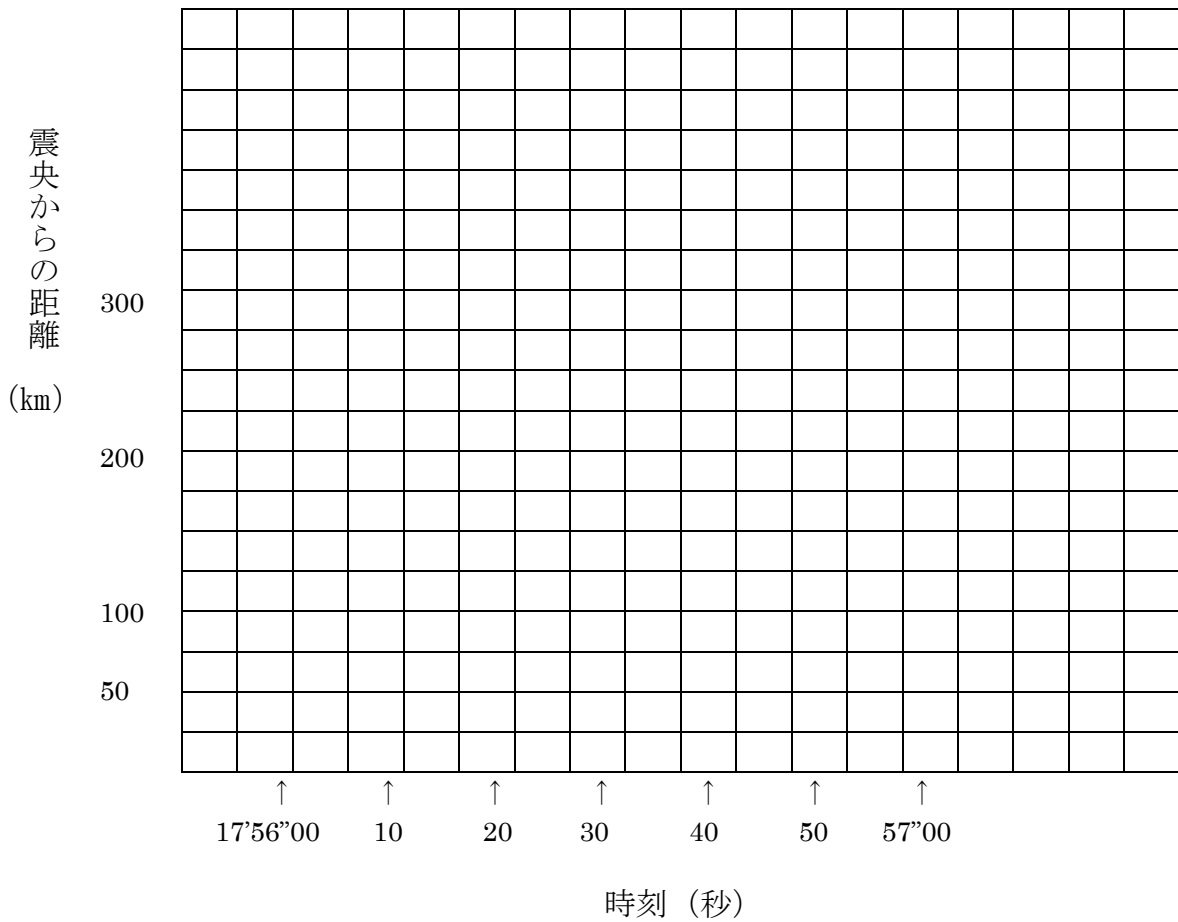
ワークシート⑤-3

中越地震のゆれの伝わり方をグラフで表そう

1年 組 番 氏名 ()

<手順>

- ①長岡の初期微動，主要動が伝わった時刻を例に，各地の初期微動，主要動が伝わった時刻を記入しましょう。(初期微動を●，主要動を▲で表しましょう。)
- ②初期微動，主要動の伝わる時刻をそれぞれ線で結びましょう。
(初期微動は _____，主要動は _____ で表しましょう。)



○グラフからわかることを書きましょう。

○地震が発生した時刻は

| | | |
|---|---|---|
| 時 | 分 | 秒 |
|---|---|---|

○地震はどのようにして伝わるか説明しなさい。

