

機関番号：17101

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2010

課題番号：21700787

研究課題名（和文）

ボーダレスな理科・防災教育のための体感し学ぶ教育実践研究～地震動編～

研究課題名（英文）

Educational practice study of science and earthquake disaster prevention education with the experience of ground motion

研究代表者

山田 伸之 (YAMADA NOBUYUKI)

福岡教育大学・教育学部・准教授

研究者番号：80334522

研究成果の概要（和文）：本課題は、防災教育を主眼に教材・教育手段の開発検討と園・学校との連携による教育実践活動を行い、「理科・防災教育の充実」と「地域の安全・安心」を目指したものである。そのための研究として、「地震動記録を音楽にすること」と「地震の揺れを体感するための教具の製作と活用」についての検討を行い、防災教育を通じた一連の内容研究および実践事例から、今後の地震防災教育の充実化に道筋をつけることができた。

研究成果の概要（英文）：This study is an aim of the enhancement of disaster prevention education and science education by the development of teaching materials and the educational practice. In this study, "Expression of seismic ground motion record by the melody" and "Production and the profit use of the teaching tool for the experience of the shake of the earthquake" are examined. The route was able to be applied from a series of research to the enhancement of the earthquake disaster prevention education.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2010 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：工学地震学，理科・防災教育

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学，科学教育

キーワード：理科・防災教育，地震動，体感し学ぶ，教材開発

1. 研究開始当初の背景

2008 年度は、日本人の科学技術への功績が称えられた年であったが、反面、子どもたちの理科離れをはじめ、科学教育全般に関する知識や応用力の低下が危惧され続けてもいる。こうした状況打開のために、大学や研究機関による子どもたちへの最先端科学や技術への興味・関心を引き付ける努力が継続されている。また、最近では大被害をもたらす地震が日本国内外で発生しており、現在は、日本のどこにいても地震被害に遭う可能性があるというのが専門家の共通認識である。

こうした点から地震防災教育の充実化は重要であり、かつ緊急性も高い。その一つとして「地震動（地震の揺れ）」に対する基本的で正しい知識を身につけることが必要であると考えられる。

学校教育における「地震」に関する内容は、固有の特徴があり、取り扱う上での様々な難しさも存在する。地震動記録の波形一つをとっても、特に、地震の少ない地域では、子どもたちの実体験と結びつくことがないため、波形自体が一体何を表現しているのか分かっていないようである。さらに、地震分野固

有の特徴のために、現場教員の戸惑う声も耳にしている。また各種機関による科学啓蒙活動がなされているが、教育現場の実態にあっていない場合が散見されている。

こうした背景から、理科に限らず従来からの学問の枠組みを要しない、幅広い知見が必要な分野・内容を対象にしていることを表し、特に、防災については理科だけではない様々な分野・事象が関係してくることから「ボーダレスな」というタイトルを付している。本課題での地震分野における園児・児童を対象にした試みはそもそも稀であり、また、彼らにとって「理科」の枠組みは存在せず、彼らには、体験・体感をもって学ぶことが重要であり、かつ主要な方法であると考えられる。本課題は短期的にはその効果は現れにくく長期的な視点が必要であるが、単なる実験でない体感にうったえる学びを通じた子どもたちと教員、親への教育的効果とその波及効果が期待されると考えた。

2. 研究の目的

これまでの「地震動」に関する教材を見渡すと、地震動記録の時刻歴波形や地震波の伝播のアニメーションといった視覚への表現形式のものが大半である。また、科学館などには、揺れを体験できるコーナーも存在するが、多くは理科に対する知識が積みあがった段階以上の子どもが対象になっている。こうした点から、本課題では、「体感し学ぶ(知る)」ことに主眼を置き、「地震動」について学ぶための教材教具を作成し機会を提供することを手がけ、それを応用実践することで子どもたちに学びのきっかけを与えることを目指すものである。

本課題の特徴的な点は、教科理科の中の地学(地球)領域の中で比較して、岩石や地質・化石の分野のような現物があるわけでもなく、天文や気象の分野のように現象や様子が身近に見られるものでもない、という「地震」の分野の扱いにくさを改善しようとする試みでもあり、また、日常生活での経験が十分に期待できない内容で、敢えて「体感し学ぶ」を掲げたユニークな試みである。また、従来よりも対象年齢を下げた年少の子どもたちとその教員を主対象にしている点も特色であり、「親子で学ぶ」をきっかけにした地域社会までも取り込むことを見据えた防災教育の一つの形態を作りうるものであると考えられる。こうした研究から学校自らが地域の状況に応じた防災教育の実践を可能にし、震災経験の風化や防災意識の低下抑止にも役立ち、新たなコミュニティが形成されることが期待される。また、「地震」の内容に限らずボーダレスな境界・複合科学領域のような教育内容を扱う際の考え方のパイロット的役割を担うものと思われる。

3. 研究の方法

本研究課題の第1段階では、得られた地震動記録を人間の感覚で感じることができる様々なものに置き換えることを試み、「地震」に関する教材としての幅を広げること(教材教具の開発)と、年少の子どもたちを対象にした地震・防災教育の導入・展開方法を模索することを行った。同時に「生きた教材」として活用する地震動データ収集のために、学校・園など子どもたちの生活圏での地震観測を並行させた。第2段階では、第1段階で考案したものの効果検証の場として、教育現場での実践活動を行い、実践結果を検証し、問題点の抽出と内容の改善を行うこととした。

(1) 「体感し学ぶ」地震分野の教具の開発

①聴覚：地震動記録を音に変換させる試みはすでになされているが、単に音の強弱が表現されているだけである。地震動記録には、震動の強弱に加え、継続時間や周期特性など様々な情報が入っており、それは地震ごとに、また、記録の得られた場所ごとに異なる。従って、それらを考慮し、ひと工夫加えてやることによって、地震ごとの場所ごとの旋律ができることになる。つまり、『大地が奏でるメロディ』ができることになる。これを「音を楽しむもの(音楽)」として提供することを目指す。これは、一つの地震でも場所によって揺れ方が違うことを示すことに有効であろうと考えた。

②触覚(体感)：「揺れを感じる」ための「揺れ」をマンパワーで再現するために、簡易教具を製作するとともに、揺らす人も揺れを体感している人も『揺れ』の実態を実感してもらうことを目指した。これは、実際に体験した地震動を再現することによって再認識させる効果と被害が起こる地震動について知るきっかけになると考えた。

(2) 教育実践と活用

第1段階でのアウトプット材料を用いて教育現場での実践を行った。特に、体感にうったえる材料②を中心に用いることとした。この実践活動は、その実態にあう方法・内容に修正してから実践に臨むこととし、いわゆるメインの本時に入る前の「しかけ」も必要であると考え、その際の実践計画を練ることとした。こうした一連の活動は、単なる実験でない体感にうったえる学びを通じた子どもたちと教員、親などへ教育的効果とその波及効果が期待されると考えた。

4. 研究成果

(1) ①地震動記録をメロディに

2005年福岡県北西沖の地震(M7.0)のK-NET 福岡天神(FKO006)で得られた地震動記録のメロディ化の試みについて記す。地震動の波形データの処理は、各成分の記録に対して、2.56s毎のタイムウィンドウを設定

し、そのウィンドウのずらし幅（タイムシフト幅）を1.0sとした。そして、ウィンドウ毎にフーリエスペクトルを計算し、その卓越周波数とピーク値を読み取った。ウィンドウ毎のスペクトルの「ピーク値」を『音の大小』に、その「卓越周波数」を『音の高低』を決める値に用いた。これらの概要について、Fig. 1に示す。図1には、対象とした地震動記録のうちの上下動成分の時刻歴波形と例とした1つのウィンドウでのフーリエスペクトルを記している。なお、この場合、タイムシフト幅と記録の長さからウィンドウ数は70個となった。

『音の大小』は、各ウィンドウでのフーリエ加速度スペクトルのピーク値の範囲として 0.05cm/s^2 から最大値(96.58cm/s^2)を等間隔で8段階に分け、無音を含む *ppp*(ピアニッシッシモ)から *fff*(フォルティッシッシモ)までを対応させた。この場合、 $0\sim 0.050\text{cm/s}^2$ は無音とし、例えば、 $0.05\sim 12.11\text{cm/s}^2$ は *ppp*に対応させた。

『音の高低』は、ウィンドウ毎にその卓越周波数に応じてそれぞれ1音ずつ当てることとした。データのウィンドウ幅や地震動記録のサンプリング間隔などの分解能を考慮し、ここでは、 $0.39\sim 9.77\text{Hz}$ を25分割し、その値に25種類の音階(2オクターブ分)を当てはめることとした。例えば、周波数 3.13Hz は、音階の「ラ」の音の値を対応させている。なお、音階「ラ」の音は、十二平均律で 440Hz の周波数だが、ここではこれとの数値的な対応関係はない。

『一音の長さ』については、ウィンドウ幅と同じにするには難があるため、いくつかの試行錯誤を行った。ここでいう一音というのは、1つのウィンドウに1つの音符を充てている(ピアノでいえば、1回鍵盤を叩くことに相当する)ため、その音符の長さをどのようにするかということを意味する。以下では、それについての3パターンを記す。(a)1つのウィンドウに対し、4分音符1つを充てた。ただし、同じ音の大きさ・高さが連続したときは結合する(1つの音符で表す)こととした。例えば、*mp*(メゾピアノ)の「ラ」の音が連続した場合、4分音符2つではなく2分音符1つで表し、音符の結合を行う。(b)ウィンドウ毎の周期の違いを強調するため、卓越周波数に合わせて音の長さを変えた。先述した $0.39\sim 9.77\text{Hz}$ の周波数帯を7分割し、低い音ほど長い音符を、高い音ほど短い音符を充てた。例えば、 $\sim 0.39\text{Hz}$ には最長の2分音符を、 $\sim 9.77\text{Hz}$ には最短の3/2分音符を当てはめる。(c)揺れの強い部分をより強調するために、ウィンドウ毎のフーリエスペクトルのピーク値の大小によって音の長さを変えた。大きい音(揺れが大きい)ほど長い音符を、小さい音(揺れが小さい)ほど短い音符を充てる。な

お、この福岡県北西沖の地震の場合、揺れの強い部分はごく短時間であったので、他のパターンに比べ、見かけ上楽譜は短くなる。

以上の手順により、対象とした地震動記録をメロディ化することを試みた。ここでは一例として、図1のUD成分70.56s間のデータにより作成したものうち、1音の長さ決定法(b)による楽譜を図2に示す。図1の最大振幅部分は、図2の楽譜上のAに相当し、最も音が強く表現される部分となっている。また、初期微動継続時間に対応する区間においては、Fig. 2のAより手前の区間のように比較的弱い高音が多く見られ、P波の特徴である比較的周期の短い地震動が目立っている点が、楽譜上にも表れている。一方、楽譜のA印以降は、低い音が多くなり、S波以降に継続する表面波の特徴がおおむね表現できているといえる。記録全体のフーリエスペクトルと音階の頻度分布を図3に示す。この両者の形状傾向は似ており、当然のことながら周波数表現のものを音階分布という形でも表現することができているとも言える。

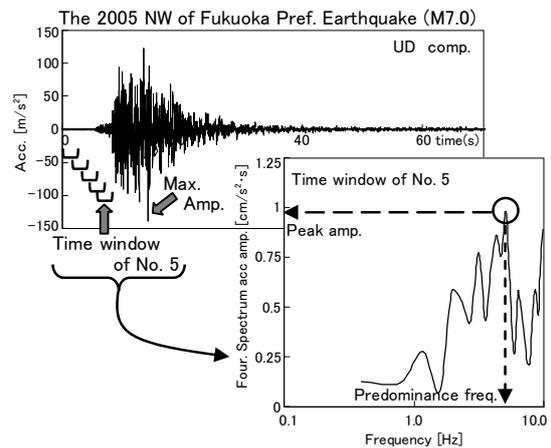


図1. 地震動記録をメロディにする手続きの概要。2005年福岡県北西沖の地震のK-NET 福岡天神(FKO006)で得られた上下動強震動記録に設定したタイムウィンドウ(左)とその区間のフーリエスペクトル(右)。



図2. 2005年福岡県北西沖の地震(M7.0)のK-NET 福岡天神(FKO006)で得られた地震動加速度記録のUD成分(約70s)をもとに作り出したメロディ。

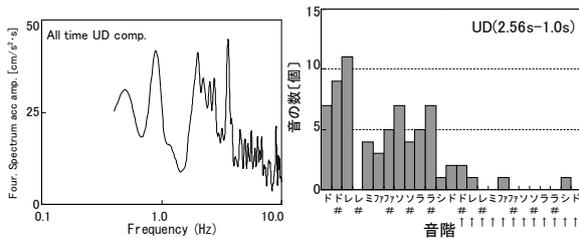


図3. 対象地震 70s 間のフーリエスペクトル (左) と音階の頻度 (右).

こうした試みは、他では見られないため、関心を持ってもらうきっかけには有効的で、地震動に関する話題づくりには、適したものであるといえる。なお、現段階では、さらに進化させ、2005年福岡県北西沖の地震の地震動が九州内を伝播していく様子をメロディ化し、合奏形式で表現させた音源も作成している。これらに関しては、近日中に公表する予定である。

(1) ②手作り震動台の作製—2009年版

震動台の作製にあたっては、次の4つの条件を設定した。(d)3次元での揺れを再現できる限り現実的な地震動の疑似体験ができるもの、(e)身近なものや廃材を使用して、低コストで作製できるもの、(f)持ち運びが可能ですぐに組み立てができ、かつ手間があまりかからないもの、(g)安全面に配慮したものとした。なお、「揺れ」そのものを発生させる動力源は人力を前提とした。類似した先行研究は複数あるが、ここではより安価に手作りして部屋の中をイメージしたものとした。

床面として1畳ほどの広さのエアーマットを採用し、その下に事務・作業用として使われる台車を複数台据えるもので、台車とエアーマットはトラック荷台用のゴムバンドで固定しているだけの非常にシンプルなものである。なお、このエアーマットには電動ポンプが付いており、スイッチひとつで、わずか1分で膨らませることができる。さらに、被験者の感想として、臨場感に欠ける、揺らす人が見えるので揺らすタイミングが分かる、揺れを示すものがないので揺れの程度が分かりにくい、という点を改善化させている。さらに、ここでは、起震車などの地震体験装置のように周りに家具などを設置してリアリティを出すことを目指した。家具は、棚や電灯などを被験者の安全性を考慮し、紙の素材や廃材で模型を作製し取り付けた。それによって、見た目は不恰好でも手作り感が出て、親しみやすさは出せるのではないかと考えられる。図4がその組み立てた際の写真である。棚とカーテンで揺らす人が見えないようにしているが、逆に、揺らす人が中の様子を把握できるように棚の高さを調整している。

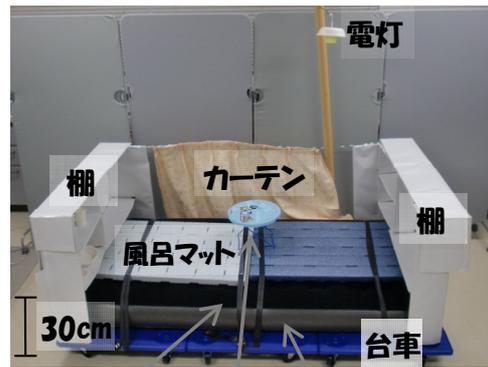


図4. 手作り震動台(2009年版)
ゴムバンド ちゃぶ台 エアーマット

製作した手作り震動台がどのような揺れ方をするのかを確認するために、台の上に地震計を据え、振動波形を収録した。それと同時に、揺れの大きさ(震度)を簡易的に示す家庭用地震計も震動台の上に置いて実験を行った。揺らし方は、観測される地震動を模擬するために、数秒間小さく揺らした後、急に大きく揺らした後、徐々に揺れを小さくしていった。家庭用地震計で震度4と表示された際の波形と、同程度の福岡天神で得られた地震動記録を図5に示す。いずれも加速度の上下動記録である。振幅の大きさや揺れの継続時間にいくらかの差が見られるが、人力で発生させた揺れも、小さい揺れ(P波)の後に大きな揺れ(S波)が続くという地震動の最大の特徴を表現できていることが分かる。揺らす人の訓練は必要であるが、予想以上に、本物の地震の揺れを模擬することができた。水平動についても同様であった。次に、作成した震動台に人を乗せて実験を行った。図6は人を乗せて揺らしている様子である。棚には紙皿や紙コップを置き、部屋に近い環境を再現することにした。揺らしたときの様子は、小さく揺らすと電灯がわずかに揺れ、大きく揺らすと電灯や棚が激しく揺れ、棚に乗っているものは大きく移動したり、転げ落ちたりした。なお、このときは、被験者にとっては不意打ちになるように揺らし、それなりのリアリティを出すことも可能であった。

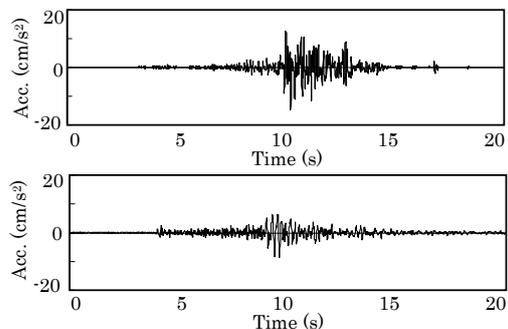


図5. 震動台での揺れ(上)と実際の地震動の記録(下).

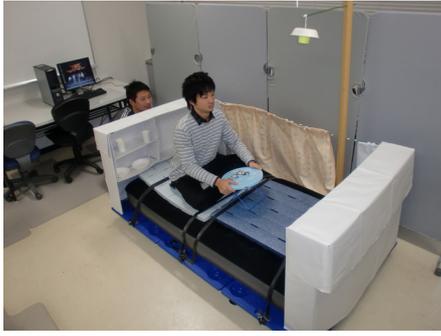


図 6. 人を乗せて揺らす様子.

(2) 教育現場での活用実践について

2010年1月には、福岡県芦屋町立山鹿小学校の避難訓練の際の防災教育の一環として児童の前で、製作した振動台の活用を試みた。この段階では、子どもたちを乗せることはせず、大学生を乗せて見せることを行った。問題点や反省点は散見されたが、揺れに驚いている様子を見せることが行えた。

追補(1) ①手作り震動台の作製－2010年版

2009年度版での振動台を元に、機能や安全面で向上させる改良を行った。特に、低床化がなされたことや振動台の揺れの制御が可能になったことで、安全性が大きく向上した。また、振動台の折りたたみや連結が可能であり、持ち運びがしやすく、台面積を調節できるものとなり、活用の範囲が広がった。図7中の白い台部分がこれに該当する。ここでは、棚などの室内物は据え付けていないが、紙製の棚や仕切りをオプションとして設置することもできる。

追補(2) ②教育現場での活用実践について

改良させた振動台 2010年版を保育園での避難訓練で活用し、園児向けの地震防災教具および実践手法の開拓模索を行った(図7)。この訓練実践には、怖がったり泣いたりする園児は一人もおらず、自ら進んで参加する子どもたちの姿が見られた。図7は、揺れを感じたら身を守る姿勢を取っている場面である。その際には、1歳児までもが参加しており、過去の例を見ても最小年齢の参加者といえ、特筆すべき点であろう。



図 7.
宗像市ひかり幼稚園での改良
2010年版振動台の活用。

本研究課題にあたり、実践活動の部分が手薄になったともいえるが、こうした防災教育を通じた分野・科目の境界を越えた内容の実践例を踏まえ、改善点の抽出をし、教育的効果を高めるための効果検証を行い、教具開発および手法模索と実践のサイクルを繰り返す、さらなる防災教育の拡充を行っていく。一連の内容については、研究成果として順次公表し、改善化の糧とするとともに次の研究へ繋げていきたい。なお、追補とした箇所については、現在未発表であるため、概略のみを示したが、順次詳細を含め公表を行いたい。

本研究課題を遂行するにあたり様々な園・学校機関関係者の協力およびコメントを頂きました。また、福岡市中央区天神で得られた地震動記録は、(独)防災科学技術研究所のK-NETによるものです。関係者各位に対して、記して感謝いたします。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

- ①山田伸之, 地震動記録をメロディに～地震防災教育の充実化と地震動記録の教育的活用のために～, 第13回日本地震工学シンポジウム論文集, CD-ROM PS2-Fri-53, 2010, 査読無。

〔学会発表〕(計4件)

- ①山田伸之, 「子どもたちとともに地震防災を考える～学校教育と防災教育～」, 第15回震災対策技術展関連講演会: 歴史・地域・ひとをつなぐ～災害教訓の伝承と新たな防災対策～, 2011年2月3日, 横浜。
- ②山田伸之, 災害から身を守る教育に資する教材づくり～地震の揺れを体感できる手作り震動台の作製と活用実践へ向けて～, 日本安全教育学会第11回宮城大会, 2010年9月19日, 仙台。
- ③山田伸之・南 侑希, 大地の奏でるメロディ作り～地震動記録の教育的活用のために～, 日本地球惑星科学連合2010年大会, 2010年5月23日, 千葉。
- ④山田伸之・南 侑希, 大地の奏でるメロディ作りの模索～地震動記録の教育的活用のために～, 日本地震学会2009年度秋季大会, 2009年10月22日, 京都。

※現在、教材開発に関連する成果報告として学術誌へ数編執筆中である。また、別途教育系および防災関連の学会への発表報告予定である。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山田 伸之 (YAMADA NOBUYUKI)
福岡教育大学・教育学部・准教授
研究者番号: 80334522