

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 4 月 28 日現在

機関番号：14301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24650527

研究課題名(和文)「最強地震動を再現せよ」：体験型地震学教材の開発

研究課題名(英文)"Experience the strongest seismic ground motions": development of a learning tool

研究代表者

加藤 護 (Kato, Mamoru)

京都大学・人間・環境学研究所(研究院)・助教

研究者番号：70335230

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,800,000円

研究成果の概要(和文)：強い地震動の際に地面はどのように揺れるのかを疑似体験する防災教育教材を開発した。実際に観測された強震動波形を用いて加速度センサーを利用してその揺れがどのようなものであるのかを体を動かして実感する装置と地震波形からどのような情報が得られそれが地震災害の規模とどのように関連するかを解説する教材を併用して過去の地震動を追体験することを目指した。揺れの記録から起こり得る災害をイメージする際、歴史地震による被害の例を示すことが有効であるとの知見を得た。これを踏まえ京都市の歴史地震の被害、特に地震時の石灯笼の挙動を調査・整理した。

研究成果の概要(英文)：We developed an educational tool to learn ground shaking of large earthquakes. Using seismic waveforms recorded at past strong earthquakes and a small device which houses an acceleration sensor, this tool enables us to learn how the ground moved during large earthquakes. This experience, together with educational material on past earthquakes, would help us to learn how damages occurs during strong shaking and motivate us to raise awareness on earthquake disasters. We also investigate damages of stone lanterns at temples and shrines and statistics of weak ground motions in Japan. These results are used with our educational tool to help us image the possible disasters at future earthquakes.

研究分野：地震学

キーワード：防災教育 強震動

1. 研究開始当初の背景

地震は二義語である。地震波を出す波源としての「地震」(例えば、断層運動)と、わたしたちが感じる揺れとしての「地震」、これらがときには混同して使われている。地震の古語は「なみふる」であるが、これは「なみ」(地)が「ふる」(揺れる)という意味であり、後者の意味を持つ。

社会では地震予知への関心は高いが、事前予測の有無でわれわれが経験する揺れの大きさは変わらない。これを考えると地震予知への関心の高さが地震災害への備えに直結しているとは考えづらい。そこで「なみふる」つまり、今日では「地震動」や「地震の揺れ」と呼ばれるものを取り上げ、地震の揺れを実感することができる科学教材・防災教材を開発することを発想した。実際にどのように揺れるのかを知ること、防災行動につなげられるのではないかと常々考えていたことがその根底にある。

強震観測網の充実に伴い強震動波形の蓄積は進んでいる。中でも近年の被害地震では非常に大きな強震動を観測する例が増えている。そのようなとても大きな地震の揺れを本研究計画では「最強地震動」と呼ぶ。大きな地震動を経験することはまれであり、個人的な体験を得ることは難しい。そこでこれらの「最強地震動」を疑似体験することで強震動への関心を喚起できるのではないかと、また揺れと被害の関連についても学ぶことができるのではないかと、という発想に至った。大きく揺れた、長く揺れたという定性的な表現にとどまらず、実際にどのように大きくどのように長く揺れたのかを知ることが可能にする教材を提案し、地震時の揺れのイメージを明確に持つお手伝いをしたいと考えた。このイメージを持つことによって自らが経験する大地震に備えるという意識を持つことが可能になると考えられる。基礎的な科学データである地震波形を用いて防災教育の一端を担いたい、このような動機で本研究計画は提案された。

2. 研究の目的

被害が出るほど大きな地震のとき、わたしたちはどのように揺れるのだろうか？これを想像することは簡単ではない。報道で目にする被災地の映像は地震を経験したあとの結果であり、揺れている様子を目にする機会は少ない。本研究では、地震の揺れの大きさを実感できる、小型で取り回しのよい、安価な実験教材を開発することを目指した。

地震の揺れの科学的な記録は地震波形として得られる。近年の観測網の充実により世界で多くの強震動波形が得られている。この波形記録を用いることで強い揺れを疑似体験することができるだろう。地震学を学んでいれば波形の図を見て揺れの特徴を想像することが可能になるかもしれないが、広く教材として活用する目的を考えると波形を見

ることは揺れの疑似体験として成立するとは考えにくい。

本研究計画で開発を試みた教材は体を動かしつつ、過去に観測された特徴的な地震動波形を「真似」るものである。過去に災害を引き起こした地震の揺れがどのようなものであったかを体感して「最強地震動」の揺れのイメージを想起することを目指す。またその揺れを自分の生活の場で体験するとどのような状況が生じるのかを想像し能動的な地震対策を促すきっかけを得ることを可能にする教材である。ゲーム感覚で地震の揺れを体験することを可能にする教材を提供し、また同時に地震の揺れに関する知識を学ぶことができるプログラムを整理し、地震防災についても考える機会として提示したい、という目標を立てた。

地震波形は地震観測の基本データでありこれを扱い地震に関して考える営みが地震学である。過去の地震の揺れを追体験することはできないが地震波形を用いることでどのような揺れだったのかを知ることができる。地震波形が持つ情報について知ることは科学教育としての側面を持つと同時に防災教育としての性格を持つであろう。このような学びの体験を通して地震防災について考える機会を提供することを目指した。

3. 研究の方法

地震波形から実際の地震時の揺れを追体験する教材の開発を試みた。この教材は体を動かして地震時の地面の動きを実感する、その揺れについての特徴を学ぶの2つの要素からなる。研究代表者の周辺でボランティアを募り随時テストを行った。そこから得たフィードバックを教材開発に反映させた。

体感型実験装置には2足歩行ロボットに用いられているタイプの加速度センサーを用い、ノートPCを用いてリアルタイムに3方向の加速度記録を表示させる。この記録と過去の地震動との比較を行うことで自分が動かした装置の挙動が過去の地震動とどのように似ているのかを知ることができる。使いやすい装置にするために小型の装置を持って動かすという設計にしたが、この際軽い小型装置では大きな加速度を出すことが容易である。このため使いやすさと現実感を両方考慮してやや重さを感じるような様式とした。

併用するソフト面の教材では地震波形からどのような特徴を抽出するのか、それが地震時の被害にどのようにつながるのかを実例を用いて説明するコンテンツを準備した。実例には海外の地震の例も含めた。揺れの大きさと被害の対応を考える際には揺れの周期を考えることが重要である。このような科学のことはと生活のことはをつなぐような説明の際にどのように伝えるとよいのかなどについても検討を行った。数回のテストで得られたフィードバックを参考に改良を重

ねた。

4. 研究成果

小型加速度センサーを用いた地震疑似体験のための実験装置のプロトタイプを作った。またこれと併用する強震動の知識を解説する教材を試作した。疑似体験装置は手に持った装置を動かして地震時の動きを真似てみるものでパソコン画面上に表示される過去の観測波形を真似ることを目的としている。公開されている強震動波形を自由に扱えるような汎用性を備えている。また任意の動きから震度を判定する機能も持つ。

研究計画遂行中に地震波形を扱った経験のない一般の方には、地震波形を見て自分の被災状況を予想するまでのステップが大きく、実感を持ちづらいということが分かった。学習効果が得られやすくするためにはこのギャップを狭めることが重要であるが、また遠くの町の災害よりは身近な場所の災害のほうが親近感がありイメージを醸成しやすいということも分かった。

これらを受けて京都市の歴史地震の事例を教材に組み込むことを試みた。歴史地震の波形は得られないが、揺れによって建物や石灯笼などが倒壊するという事例と、その背景にある地震動とを結び付けることで揺れに対する理解を深められるであろう。具体的には現存する石灯笼の建立年代分布や破損状況が歴史地震の影響を受けているとの考え方を検証した。京都市においては寺社で石灯笼を目にする機会が多い。石灯笼が倒壊・転倒して被害が出る程度の揺れが過去に起きていた、またその痕跡が残っているということを知ることで自分の住む町の過去の強震動について考えることを可能にすると考えた。たとえば1830年文政京都地震では北野天満宮の石灯笼群に被害が出たと古文書に記録されている。北野天満宮に現存する石灯笼の建立年代分布から1830年と1854年の数年後に石灯笼の建立が急増したと考えられ、被害とその後の再建の過程を示しているものと思われる。

他方大きな揺れに対して強い警戒心を持つ人は小さな揺れを経験する回数への関心も高いことが分かった。例えば京都市では有感地震を経験することは少ない。有感地震がまれな場所では小さな揺れであっても地震として大きな印象を与える。被害が出ない程度の揺れはどのような揺れでその頻度はどの程度かを示すことである目安を示すことができる。

震度は地震の揺れの大きさを表す指標のひとつであり全国の計測結果が発表されている。各観測点での震度回数は石本飯田の式に従う頻度分布をすることは知られていたが、本研究では最近の全国の震度データを整理し、体感震度時代と計測震度時代でその傾向に違いがないことを示した。

歴史地震の事例を組み込んだ教材にする

ことや自分が経験した過去の弱い地震動を再現する機会を提供することが地震の揺れを学ぶために重要であることをこの研究計画中に知見として得ることとなった。これを考慮した教材とする方向転換が必要であると考え、当初の教材の構想から大きく修正・改善することとなった。大きな揺れの疑似体験を強調することは必ずしも望ましい結果をもたらさないという点を認識したことは重要な成果であると言える。本研究計画の期間内に完成形の教材を提供することには至らなかったが、これはよりよい教材として完成するためには避け得なかった遅れであり、今後もこれまでに得た知見の上に立ったよりよい教材としての完成形を提示できるように研究開発を進めていく予定である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計2件)

1) Mamoru Kato, Revisiting the Ishimoto-lida Law for Strong Motion Seismograms: A Case Study at CEORCA Network, Japan, Bull. Seismol. Soc. Am., 査読有、104, 2014, 497-502, doi:10.1785/0120130097

2) Mamoru Kato, Frequency Distribution of Felt Earthquakes, Bull. Seismol. Soc. Am., 査読有、103, 2013, 606-610, doi:10.1785/0120120193.

[学会発表](計10件)

1) 加藤護、日岡惇、石灯笼に記録された1847年善光寺地震の地震動の再検討、日本地震学会、2014年11月26日、朱鷺メッセ(新潟コンベンションセンター)

2) Mamoru Kato, Frequency Distribution of JMA Seismic Intensity and Ishimoto-lida Law, Seismological Society of America 2014 Annual Meeting, 2014年5月2日、アンカレッジ市(アメリカ合衆国)

3) 加藤護、防災教育の機会としての京都への修学旅行を用いる試み(1)、日本地球惑星科学連合大会2013年大会、2013年5月19日、幕張メッセ(千葉県千葉市)

4) Mamoru Kato, Frequency Distribution of Seismic Intensity in Japan between 1950 and 2009, American Geophysical Union Fall Meeting, 2012年12月3日、サンフランシスコ市(アメリカ合衆国)

5) 日岡惇、加藤護、北野天満宮の石灯笼から京都の地震史を探る(序報)、日本地震学会、2012年10月18日、函館市民会館(北海道函館市)

[図書](計0件)

[産業財産権]

出願状況（計 0件）

取得状況（計 0件）

6. 研究組織

(1) 研究代表者

加藤 護 (Mamoru Kato)

京都大学・人間・環境学研究科・助教

研究者番号：70335230

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし