

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 22 日現在

機関番号：14301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2017

課題番号：16K12756

研究課題名(和文)石灯籠を用いた歴史地震研究の進展に基づく地震防災教育の設計

研究課題名(英文) Design of disaster education program using historical earthquakes and stone lanterns

研究代表者

加藤 護 (Kato, Mamoru)

京都大学・人間・環境学研究科・助教

研究者番号：70335230

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,000,000円

研究成果の概要(和文)：本課題では「石灯籠に昔の大地震のことを教えてもらおう」をテーマとした地震防災教育プログラムを設計すること試みた。歴史地震で被災したと考えられる石灯籠群を震災遺構として扱い、大きな地震の揺れについて学ぶ地震防災の教育プログラムで利用する可能性を追求した。本研究課題においていくつかのサイトにおいて歴史地震を経験したと考えられる石灯籠群を特定し、また過去の揺れを推定する困難を確認した。最近の被害地震でも石灯籠の被害が出ていることを確認し、歴史地震と近年の地震災害とをつなぐトークンとして石灯籠を用いる可能性を検討した。これらを利用した教育プログラムの骨子の設計を行った。

研究成果の概要(英文)：Large earthquakes topple stone lanterns, which occurred with historical as well as recent earthquakes. Damages of the stone which stand in the precinct of temples and shrines lanterns are thus the records of past ground motions. In this project, we aimed to develop a new disaster education program which aims to heighten awareness of earthquakes using the stone lanterns. We investigated several groups of stone lanterns which were damaged by historical earthquakes, and we also studied how stone lanterns were toppled by recent large earthquakes. From these results, we reconfirmed usefulness of stone lanterns in connecting our experiences and past anecdotes of ground shaking and in heightening the awareness of earthquake disaster. We have designed a framework for an education program which aims to remind participants how severe ground motions of past earthquakes.

研究分野：地震学

キーワード：防災教育 地震災害 歴史地震

1. 研究開始当初の背景

本研究計画では石灯籠を用いた歴史地震研究の可能性を再確認すること、および、その成果を用いた防災教育プログラムの可能性を探ること、の2点に取り組んだ。申請者は地震に関する情報伝達には大きなギャップがあると考えており、それが地震防災教育を行う際の障害の一つであると考えている。体験したことがない地震の揺れをイメージするのは難しい。このむつかしさはテレビなどで映像を共有する機会が増えても解消していない。この研究計画はその障害を低くする手だてを考える研究代表者の過去の一連の研究の経験から提案したものである。

地震は二義語である。これは日本語でもアメリカ英語でも同じである。その二義は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」であるが、これらは混同して使われることもある。地震の古語「なみふる」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。これは地震の科学が成立する以前から地震動の体験があったことを考えると自然である。日本は地震学発祥の地であるが、明治期には地震が断層運動であるということがまだ分かっておらず、言葉の使い分けがされていなかった。その後、この二義性は現在まで修正される機会がなく受け継がれている。その後地震学が輸入された各国でも同じような言葉遣いになっている。

社会では地震予知への関心は高い。これは新聞や雑誌の報道で地震予知・予測に関するものが多いことから分かる。しかし、これはあまり意識されないことであるが、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。いつ起こるかではなくどう揺れるかが被害の程度に大きな影響を与えることを意識することが地震防災の第一歩である。つまり、地面が揺れ、それに人や建物が反応するが、事前の準備を越える揺れになった場合、地震災害になるという災害発生の機序が共有されることが重要である(津波災害やさらには台風や大雨などの気象災害、地すべりなどの地盤災害についても同様なことが言えるであろう)。

このような背景から、地震の二義性を意識したうえで、「地震動」や「地震の揺れ」と呼ばれるものを取り上げる科学教材・防災教材を提案したいと研究代表者は考え続けている。

科学的な観測としては地震の揺れの結果は波形記録であり、世界中で公開され共有されている。特に被害がでるような地震の揺れの記録は強震記録と呼ばれる。しかし、その波形記録を見て揺れを頭の中で再現することは簡単ではない。強震波形記録の蓄積を地震防災に生かすことができれば、地震の揺れ

のイメージの共有化が可能になるだろうとの発想から、研究代表者は過去におもちゃのような実験装置で揺れを再現する教材を構想し、研究課題(挑戦的萌芽 24650527)を提案・遂行した。しかし、科学教育の道具として有効であっても、防災教育の道具としての有効性は限定的であるという現実を認識した。波形と揺れを頭の中でつなげることは容易ではないという認識はこの経験からさらに強くなった。

今研究課題はそこからの発想の転換である。揺れそのものの記録ではなく、地震によって揺れているもの、揺れたものを意識することで、地震の揺れの特徴を知ることができないかと着想した。また、自分の住む町で過去に起きた地震の揺れを扱うことで、地震の揺れに対する親近感を増すことができるのではないかと考えた。日本の歴史ある都市はほぼ必ず地震によって被害が生じたという歴史を持っている。自分の町の過去の災害を知る機会はないが、場所や地形が分かっている災害は、過去のものであっても想像しやすいだろうという発想である。

この考えの延長として石灯籠と歴史地震を組み合わせた地震防災教育の可能性を提案したいと研究代表者は考えた。

歴史地震の研究の主体は歴史学的な手法を用いた古文書の調査と地質学的な手法を用いた活断層の調査である。この他に実施例は少ないものの石灯籠を用いた歴史地震研究を試みられている。地震学的な観察事実として、震度5弱以上の強い揺れは墓石や石灯籠を倒壊させることがあると広く知られている。たとえば近年の例では1995年兵庫県南部地震の際に、淡路島で多くの倒壊被害が確認された。強震動地震学の知見から地表地震断層の近傍では断層に直交する方向に強く揺れることが予測されるが、実際に淡路島島内で石灯籠は揃ってこの方向に倒壊した。2007年中越沖地震や2007年能登半島沖地震などでも石灯籠の被害調査はされており、その原因となった地震動が議論されている。石灯籠に倒壊や破損などの被害がでることは古文書などの記述で確認されている。この現代の地震被害の観察を外挿すると「古い石灯籠の破損は過去の地震による倒壊・破損の痕跡ではないか?」と考えることが可能である。実際に、善光寺(長野)では1847年善光寺地震を経験した石灯籠には北西方向に破損を持つものが多いことを見出したという先行研究が存在する。この研究成果に刺激を受けた申請者らは京都市周辺の石灯籠群を調査し、石灯籠群が歴史地震を記憶している事例が複数あると知った。

過去の災害の経験や教訓を語り継ぐことは大変難しい。時間の経過とともに災害の記憶が薄れていくことは避けがたい。寺社に立つ石灯籠の中には地震を経験したものがある、地震で壊れて撤去された場所に新しく立ったものもある、と知ることは歴史地震をイ

メージするきっかけになるのではないだろうか、と着想した。

都市をその直下から襲う内陸型地震はその発生間隔がとても長い。これは1世代に約1回経験する海溝型地震との大きな違いである。自分の住む町が過去に経験した内陸地震について、その体験談を直接聞ける機会はほぼない。これが震災の記憶の伝承において大きなマイナスとなっている。

石灯笼に代表される石造構造物はこのマイナス点を補う可能性がある。と研究代表者は以前から考えており、本研究課題ではその着想を具体化するための第一歩に位置付けている。石灯笼が体験した地震の揺れをイメージすることがどうやったらできるのだろうか、という問いから本研究計画は始まった。

2. 研究の目的

本研究計画では歴史災害を身近に感じる機会としての防災教育プログラムを提案することを目指した。小中高と日本史を学ぶ機会は多いがそこでは歴史災害を取り上げることがまれである。たとえば京都市が経験した前回の直下型地震は1830年文政京都地震であるが、この地震が広く京都市民に知られているとは言い難い。その理由には地震時に地表地震断層が出現せず、地震を思い出すきっかけとなる地形が存在しないことがあげられる。市民目線では過去の地震が「見えない」のである。どの地域でもそこに大きな被害歴史地震の揺れを経験したことが分かるモノを目にする機会は少ない。

報道など日本や世界の地震の映像を目にしてもそれは多くの場合揺れた後の様子である。地震前の様子を知っていればその差分から揺れの大きさを想像できるだろうか、その機会は多くない。自分たちの知っている街の大地震をどうすれば想像できるかを追求する一連の研究の上に本計画がある。

石灯笼を用いた歴史地震の進展を受け、本研究計画では「見える」震災遺構としての石灯笼を用い地震災害のイメージを励起するプログラムについて考察した。大きな地震の揺れを近い将来経験する可能性があるが、石灯笼というモノの地震体験を知ることによって揺れの大きさを想像することはできると考え、さらにそこからどの程度の揺れなのか、何が起きると思えばいいのか、事前に対策はできるだろうか、など地震防災に必要な発想を広げることが可能であると考えた。歴史地震を経験した石灯笼がその想像のきっかけとなるという狙いである。地震動あるいは地震の揺れを実感することができる機会の提供を目指した。

既に揺れ終わった状態から揺れを想像することはむづかしい。このむづかしさは地震の発生から長時間が経過した歴史地震を扱うときは増幅される。古文書を用いた歴史地震研究では、各時代の代表的な建築様式を理解したうえで、揺れの推定が行われている。

石灯笼のデザインは基本的に変わらず、またその建立も長い歴史を持つ。石灯笼が震災遺構であることを確認し、そこから揺れを想像する、さらに今後の揺れへの対応を考える、という一見遠回りではあるが着実なステップを可能にするにはどのような手段があるかを探ることを心掛けた。

研究代表者は過去の経験から、地震学の要素が濃くなるほど、地震防災教育の教材としては敬遠されると考えている。地震で揺れて倒れたり壊れたりした石灯笼は、地震学的手法で扱うことはできる。しかし、直接的に地震動の話につなげることよりも、起きていた揺れのイメージを持つこと、そのイメージを自分の環境に当てはめることを目指すほうがより有効な教材になると考えられる。一般に理科の要素が強いものは避けられることが多い。よって、あくまでも歴史という題材を扱い、歴史地震というエピソードを想起してもらうことを優先するという教材を提案するという方針を持った。

3. 研究の方法

本研究計画は石灯笼を用いた歴史地震研究を進展させ、手にすることができる情報量を精査しつつ増やすこと、地震を体験した石灯笼を題材とした地震防災教育プログラムを構築すること、の2本の柱を持っていた。前者は後者の教材の内容を充実させるために不可欠であり、後者は前者の成果を活用するものである。

テーマ1では主として石灯笼を用いた歴史地震研究の手法を精緻化するために、過去の地震被害と石灯笼群の現状を対比する考察を行った。地震直後の被害報告が残っている明治以降の被害地震の事例、先行研究がある善光寺の事例、京都市周辺の石灯笼群の事例を中心に、石灯笼群が過去の地震の情報をどのように記録しているかを精査・整理した。この背景には石灯笼を用いた歴史地震研究はまだ歴史が浅く、知見を積み重ねながら進んでいることがある。

地震は人や建物のみならず、石造構造物にも被害が出ることが知られている。代表的な石造構造物である墓石の被害の研究は大森房吉など明治時代の地震学研究者の観察に起源を持ち、現在でも土木工学の研究者により地震被害報告では必ず扱われる。これに対し石灯笼の被害の研究はややマイナーである。これは石灯笼の新造が少なく、石材を扱う業界の関心がやや低いなどがその理由の一つであるが、石灯笼のデザインやサイズには多様性があり、地震の揺れに対する応答を単純な系で近似するのが難しいという固有の問題にも起因する。

歴史地震による被害を扱う場合、工学的に取り扱いが容易ではあるが人工的な改変が多いこと墓石よりも、工学的な取り扱いがやや難であるが、人工的な改変の回数が少ないと考えられる石灯笼を扱うことが有利であ

る。石灯籠の被害と歴史地震をより確実につなげるために、古文書等に寺社の石灯籠の被害が記載されている事例を選び、その被害の痕跡が現在まで残っているかを確認する、という作業を複数のサイトで行った。

テーマ2では地震防災教育プログラムの骨子確立を目指した。京都大学の学生を中心に大震度の揺れに関するイメージがどのように共有されているかを調査した。気象庁が発表している「気象庁震度階級関連解説表」では震度5強の揺れで「棚にある食器類や書棚の本で、落ちるものが多くなる。テレビが台から落ちることもある。固定していない家具が倒れることもある」と解説されているが「棚」「書棚」「テレビ」「家具」などは大きさや重さが各家庭で全く異なる。他方、社寺の境内にある石灯籠は同じような意匠、同じようなサイズであることが多い。小型石造物である石灯籠が倒れる程度の揺れは石灯籠を見ることで想像可能とする方策を考察した。

本研究課題の実施中に2016年熊本地震と一連の活動が起きた。この際、熊本市を中心に石灯籠の被害が出ていることが報道された。このような場合は周囲の建物などの被災状況と石灯籠の被災を同一サイトで確認することができる。研究計画立案時には想像していなかったことではあるが、現地調査で得られた情報をフィードして教育プログラムに組み込むことを検討した。

両テーマを通じて、歴史地震について分かっていることをどのように提示するか、京都市内のさまざまな場所にある石灯籠が震災遺構であるということを知ることができるかを考察した。京都市は内陸地震のリスクを抱えた大都市であるのみならず、修学旅行の目的地としても知られている。また国内外からの観光客も多い。有名な観光地で地震についても学ぶという可能性は地震防災教育を実施する上でも魅力的である。

本研究計画には『石灯籠×歴史地震』という題材を地震防災教育で扱う際のメリット・デメリットを把握する狙いだがその中心にある。

4. 研究成果

1つめの柱である石灯籠を用いた歴史地震研究の精緻化について得られた主な成果は以下の通りである。長野善光寺の石灯籠群の被害を調査し、先行研究の結果と一致しないことを確認した。この差異について考察し、またこれら石灯籠群が被害を受けた経緯について考察した。長野善光寺の石灯籠群が1847年善光寺地震の被害を受けた震災遺構であることは確認できるが、その強震動の特徴（揺れの向きや特徴的な周期など）を抽出することが難しいことと結論した。京都市周辺のいくつかのサイトにおける石灯籠群についても同様に過去の大地震と石灯籠数の減少（これは大破した石灯籠が撤去された結

果と類推される）との対応関係があることを再確認したが、強震動の特徴を抽出することが難しいことも同時に確認した。これらは被災後の修復により被災状況が上書きされることで説明される。

調査を行ったサイトの中には、情報が十分得られない地点もあった。石灯籠の数が多し寺社は限られていることがその主因であるが、これらの調査データをどのように活用すれば良いか、については今後も検討を加えなければならない。

近年の強震動と石灯籠の被害の関係を知るために、2014年長野県北部の地震、2016年熊本地震について発災直後の被害状況とその後の片付け、復興の経過を観察した。長野善光寺では被災状況の一部は数日で上書きされることを確認し、また復興の速度が早くないことも確認した。長野善光寺ではその近隣で強震動波形記録が得られている。これを用いて、石灯籠の被害を強震動で説明することに成功した。このような直接的な被害要因の解釈は本研究課題による成果が初めてであると認識している。

2つめの柱である地震防災教育プログラムの設計について得られた主な成果は以下の通りである。石灯籠と歴史地震の関係を用いた地震防災プログラムを設計し、その試行を行った。石灯籠に被害が出るような大きな揺れの具体的なイメージを共有することが容易ではないこと、また揺れの大小の感覚が過去の自らの地震体験に影響されることなどを確認した。これらを受け、プログラムの修正を試みており、その完成形をテストする段階には至らなかった。

試験的なプログラムの実施においてはいくつかの問題点を見出すことができた。例えば、揺れに対する石灯籠の挙動は物理学的には振動に対する系の応答で説明できる。その際、石灯籠の大きさなどサイズによって応答は異なる。大学初歩程度の物理学のバックグラウンドを持っていればこのようなシステムを理解することは可能である。その一方で理科をあまり得意としないグループでは、揺れたから倒れたという一元的な理解に留まる例が見られた。多くの市民を対象とする場合、理科への親しみの差からその知識にばらつきがあることが想定される。物理の授業のような解説を行わずに、揺れと応答についてのイメージを共有することを可能にする手段を、本研究課題実施中には私たちは手にすることはできなかった。寺社への訪問回数によって石灯籠という語からイメージするものが異なっているという基本的な問題も認識した。

地震防災教育は誰を対象とするかによってカスタマイズすることが望ましいと一般的に考えられる。本研究計画では対象者を問わずに想定することができる共通の基盤を確立することを目指したが、試行数が限られることもあり、まだ修正が必要であると認識

している。

これらの研究成果から、本研究計画を遂行した2年間で、石灯笼と歴史地震の関係性を精査し地震防災教材に資する基礎をいささか固めることができたと判断できる。同時に教育のツールとして活用する上での問題点も発見することとなった。本研究計画で得た知見を有効な地震防災教育に転用するまでにはまだいくつかのステップが必要であるということを知った。本研究計画は教育プログラムの骨子を設計することをその目的としてものであるが、これを改善する策はあるという認識を強くしている。この認識は今後の研究遂行において重要であると考えている。

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 5件)

1) 加藤護・日岡惇、石灯笼の破損から歴史地震の強震動の特徴を推定することは可能か? - 長野善光寺における検討 -、地震 第2輯、査読有、69巻、2016、23-30.

<https://doi.org/10.4294/zisin.69.23>

2) 加藤護・岡本義雄、理科教育で用いられる距離に関する大森係数について、地震 第2輯、査読有、69巻、2016、35-39.

<https://doi.org/10.4294/zisin.69.35>

3) 加藤護、書評『海洋底地球科学』、地学雑誌、査読なし、125巻4号、N65-N67、2016.

4) 加藤護、2014年長野県北部の地震による長野善光寺の石灯笼の被害と強震動、地震 第2輯、査読有、70巻、2017、153-160.

<https://doi.org/10.4294/zisin.2017-1>

5) 加藤護、書評『絵でわかる地震の科学』、地学雑誌、査読なし、126巻3号、N41、2017.

〔学会発表〕(計 4件)

1) Kato, Mamoru, Historical earthquakes have altered age distributions of stone lanterns in temples and shrines in Japan、JpGU-AGU Joint Meeting 2017、幕張メッセ、2017年5月。

2) Kato, Mamoru, On Statistical Hypothesis Testing of Earthquake Precursory Phenomena、JpGU-AGU Joint Meeting 2017、幕張メッセ、2017年5月。

3) Kato, Mamoru and J. Hioka, What age distributions of stone lanterns tell about historical earthquakes?: case studies at three sites in Japan、IAG-IASPEI Joint Assembly 2017、神戸国際会議場、2017年7月-8月。

4) 加藤護、「シン・ゴジラ」における地震学の存在の軽さ：地震学の広報を考える、日本地震学会、かごしま県民交流センター、2017年10月。

〔図書〕(計 1件)

加藤護・他、日本地形学連合編、朝倉書店、地形の事典、2017、16項目

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

(4) 研究協力者

なし