

令和元年6月25日現在

機関番号：32605

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2018

課題番号：15K12394

研究課題名(和文)科学的に未解明な課題から作るESDも視野に入れた超学際的な高校「理科」の教材開発

研究課題名(英文) Development of educational materials for RIKA from scientifically unresolved problems including with ESDs emphasis at upper secondary schools in Japan

研究代表者

根本 泰雄(NEMOTO, Hiroo)

桜美林大学・自然科学系・准教授

研究者番号：30301427

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,600,000円

研究成果の概要(和文)：科学的に未解明である地震に伴う地鳴り発生原因の解明、および解明に向けての教材開発を目的として、東京大学地震研究所筑波地震観測所に自作の観測機材を設置し、観測を行った。その結果、P波初動におおよそ0.03秒遅れて地鳴りの記録が開始され、30 Hzから40 Hz付近の帯域でスペクトルにピークを持つことが判明した。自作の観測機材はキッチン地球科学の精神に則って設計し、市販の安価な部品を用いたことから、高校生でも自作可能であることを示せた。今後の観測および解析から音源および地鳴り発生メカニズムを解明すること、およびより安価で簡便な観測機材を考案していくことが今後の課題である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高等学校等での複数の科目や教科等とを結び付ける、「理科」の各科目での探究活動や、科目「理科課題研究」でも活用できる、未解明の課題を題材として“観測データに基づき自然の現象に関する研究”を行う新しい教材を開発することを目標として本研究に着手した。研究期間中の平成30年には新高等学校学習指導要領が告示され、新たな科目として「理数探究」および「理数探究基礎」が設けられた。このことは、カリキュラム・マネジメントの理念と併せ、本研究の目指す方向が現在の学校教育で求められていることを示していると考えられる。よって、本研究の成果を学校教育に反映させられるのであれば、本研究は社会的意義を持つといえる。

研究成果の概要(英文)： The purpose of this study is to clarify how to course rumblings of the earth by earthquakes, and to develop educational materials for upper secondary school students who want to investigate of them. Firstly, we made a handmade observatory instrument considering a mind of kitchen earth science to observe ground motions, and rumblings of the earth due to it. In addition, we indicate possibility to make it by the students. Secondly, we had installed it and to have observed the signals at Tsukuba Seismic Observatory, ERI, the University of Tokyo since 2016. As a result, onset time of the rumblings recorded after around 0.03 sec. of onset time of P-wave in the time domain, and dominant frequencies of the rumblings were between 30 Hz and 40 Hz in the frequency domain for almost all earthquakes. We will need to continue the observation in order to acquire more data and to invent new educational materials how to make one having low costs. We think that these will be problems in the future.

研究分野：地震学 地震教育 地震防災・減災教育

キーワード：地震 地震に伴う地鳴り 理科 教材開発 高等学校 東京大学地震研究所筑波地震観測所 マイクロホンアレー観測

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

後期中等教育段階(高等学校等)にて、ESD, Future Earth の視点を踏まえた探究活動や「理科課題研究」等で活用できる超学際的な教材が不足していると感じていた。特に、Future Earth 構想などで示されているような超学際的な内容は乏しいと感じていた。そのため ESD や Future Earth 構想にも繋がる、高校生にも取り組める“観測データに基づき自然の現象に関する研究”を行う新しい教材の開発が喫緊の課題であると判断した。

本研究では、その第一段階として、“物理”領域での波の学習、波のエネルギーの学習、“地学”領域での地震の学習、関連して“災害安全”での学習や、地震波が伝播してくる岩石をミクロな視点でも眺めることを通して“化学”領域(結晶学、鉱物学等)での学習も視野に入れ、“地震”と“地震に伴う地鳴り”との関係を中心とした題材から教材開発を行うこととした。

“地震に伴う地鳴り”は古くから知られている現象ではあるが、その成因を含めて明らかになっていることは少ない。実際、“地震に伴う地鳴り”は、地震学的にもきちんと解明されている現象ではない。古くは、476 年中国山西・雁門崎城付近を震央とする地震での記録(安徽省地震局編、力武監修 杉沢 1979)などがあり、日本での研究としては Omori(1908) Hagiwara(1934)、佐藤(1949)、関谷(1967)、Minakami et al.(1969)などがあるが、地鳴りの発生源として諸説あるのが現状である。これらの課題が未解決である理由として、時刻精度や地震計、マイクロフォン等の性能により記録を精度良く収集できなかったことが挙げられるが、現在であれば、高校生でも扱える安価な(場合によっては手作りの)地震計やアンテナ、PC をデータロガーとして用いることで、観測を通して解明に向けたデータの収集を行うことが可能となっている。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、高等学校等での複数の科目や教科等とを結び付ける、理科の各科目での探究活動や、科目「理科課題研究」でも活用できる、未解明の課題を題材として“観測データに基づき自然の現象に関する研究”を行う新しい教材を開発することとした。

そのための第一段階の研究として、“地震”と“地震に伴う地鳴り”との関係を題材とし、両者の関係を科学的に解明し、地震に伴う地鳴り発生のモデルを高校生の立場から構築することが可能となる教材の開発を行った。地震学的に、Omori(1908)や Hagiwara(1934)も観測地としたつくば市域にある東京大学地震研究所筑波地震観測所をメインのテストフィールドとし、地鳴りの周波数特性、地震動と地鳴りとの時間関係を明らかにし、preliminary な地鳴り発生モデルを構築することを目指した。同時に、高校生でも構成できる安価なシステムを構築して記録を収集し、時間領域での記録の取り扱いだけで、地鳴りと地震波形との関係から地鳴りのモデルの構築を試み、高校生向け新教材の開発を行った。

これらの観測を通して、音波(地鳴り)と地震動とを同時に記録する簡便で安価なシステムを構築し、観測に基づき音波源を探り、その成因の解明を通して“物理”の波の学習と“地学”の地震の学習とに関する教材のうち、キッチン地球科学の精神に則り、手作り観測機材を開発することを目指した。

### 3. 研究の方法

「2. 研究の目的」にも記した通り、観測は東京大学地震研究所筑波地震観測所で行った。

本研究 1 年目には、(1) 予備観測に向けた、安価な既製部品を組み合わせることによる観測機材の開発と試作機の構築 (2) 試作した観測機材の一つを用いて予備観測の実施 (3) 種々のマイクロフォンの性能確認試験の実施 (4) 教科書などの教材の分析を行った。

2 年目にはこの試作機による観測を通して記録の収集解析を行い、地震動と地鳴りとを精度よく記録できることを確かめた。

3 年目からは、開発を始めた地鳴りの音源を探ることも目的とする観測システムでの観測も開始した。新規の観測システムを開始した理由は、試作機による観測は東京大学地震研究所筑波地震観測所の建屋内での観測であったことから、建物が揺れることによって出された音を収録してしまう可能性を排除する観測を目指したことによる。

新観測システムは音センサーを屋外にてピラミッドアレーを組み設置した。全体として、建屋内への落雷侵入を防ぐ仕様とはするものの、外部に設置した音センサーの落雷による故障は諦めることで、予算内にて新観測システムの設置が可能となった。幸い、現時点までに落雷による損傷は受けていない。

教科書分析から、科学的に未解明の課題へ取り組むための課題抽出を行った。何が未解明であるのかを提示することは必要であることを示せたが、その方法は今後の課題となった。

### 4. 研究成果

観測から、以下のことが明らかとなった。

観測点では、P 波初動からおおよそ 0.03 秒遅れて“地鳴り”の記録が開始された。周波数領域で眺めると、30 Hz から 40 Hz 付近の帯域でスペクトルにピークを持つことが明らかとなった。このことから“地震に伴う地鳴り”は、地表面に P 波が到達し音波に変換して発生していると考えられるが、その物理的メカニズムの解明は今後の課題である。今後、P 波の到達に伴う震動によって周辺一帯にて音波が発生していることを観測データから示し、そのメカニズムを解明していくことが今後の課題である。

本研究での一連の観測システムの構築および観測を通して、高校生等の生徒でも観測システムの製作や観測が行えることを明らかにできたと考えている。生徒等による観測も試み、高校「理科」、「理数探究」、「理数探究基礎」の教材として完成度を上げていくことも本研究の今後の課題である。

幸い、2019年度から「カリキュラム・マネジメントを意識した地震をキーワードとする探究活動の教材開発（19K03173）」が採択されたことから、本研究で残された課題の解決に向けて観測を継続し、さらに観測点を増やし、観測データの蓄積を図り、高校との共同研究も開始していくことで、残された課題の解明を引き続き目指す意向である。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0件)

〔学会発表〕(計 4件)

関根秀太郎・根本泰雄・大竹和生・松林弘智・酒井慎一(2018):地震に伴う地鳴り現象の解明に向けて(その2),(公社)日本地震学会2018年度秋季大会講演予稿集,S10-02.

根本泰雄・赤澤隆士・荒木正之・林能成・福岡龍史・後藤浩之・酒井慎一(2018):「地震の教室(親子向け)」で用いている手作り地震計,(公社)日本地震学会2018年度秋季大会講演予稿集,S17-01.

松林弘智・関根秀太郎・大竹和生・根本泰雄(2017):地学・技術教育のための加速度地震計の製作,(公社)日本地震学会2017年度秋季大会講演予稿集,S18-03.

大竹和生・根本泰雄・関根秀太郎・松林弘智・酒井慎一(2016):地震に伴う地鳴り現象の解明に向けて—観測システムの開発—,(公社)日本地震学会2016年度秋季大会講演予稿集,S02-10.

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年:

国内外の別:

取得状況(計 0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1)研究分担者

研究分担者氏名:関根 秀太郎

ローマ字氏名:SEKINE Shutaro

所属研究機関名:公益財団法人 地震予知総合研究振興会

部局名:地震防災調査研究部

職名:主任研究員

研究者番号(8桁):90455254

(2)研究協力者

研究協力者氏名：酒井 慎一

ローマ字氏名：SAKAI Shinichi

研究協力者氏名：大竹 和生

ローマ字氏名：OHTAKE Kazuo

研究協力者氏名：松林 弘智

ローマ字氏名：MATSUBAYASHI Hirotooshi

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。