

令和 6 年 6 月 21 日現在

機関番号：34315

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K03173

研究課題名（和文）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

研究課題名（英文）Development of teaching materials for inquiry based learning using earthquakes as a keyword with an awareness of curriculum management

研究代表者

根本 泰雄（NEMOTO, Hiroo）

立命館大学・理工学部・教授

研究者番号：30301427

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,500,000円

研究成果の概要（和文）：地震をキーワードとする探究活動用の教材開発を目指し、科学的に未解明である地震に伴う地鳴り現象の解明に向けての教材開発を行った。高校生でも構築可能な観測システムを開発し、20Hz以上の帯域にて可聴域となるレベルの地鳴りを捉えることに成功し、その原因がP波到達に伴う地面のスピーカー効果による可能性が高いことを明らかにした。あわせて、高校生向けの探究活動の教材となり得ることも示した。

また、教科書分析を通して、カリキュラムマネジメントの視点から、防災・減災の内容において改良の余地があることも示した。さらに、理科教員養成上の課題として、ICTの活用力育成が必要となっている実態も明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高等学校学習指導要領（平成30年告示）の「理科」では、『科学的に探究』することがこれまで以上に強調されている。また、探究の過程を重視する「理数」科が新たに設けられた。さらに、「地理探究」などの新設も行われたことも考えれば、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。また、探究活動の指導を担える教員養成を目指す必要があることにもなるため、教員養成の改善に関する研究も大学教育、学校教育で求められているといえる。よって、本研究の成果を学校教育および教員養成に反映させられるのであれば、本研究の成果は社会的意義を持つといえる。

研究成果の概要（英文）：Aiming at the development of educational materials for IBL with earthquakes as a keyword, we developed educational materials to elucidate the scientifically unexplained phenomenon of Jinari (earthquake sounds accompanied by earthquakes). We developed Jinari recording system that can be constructed by upper secondary school students and succeeded in capturing the audible level of earthquake sounds, and clarified that the cause is likely to be the ground speaker effect associated with the arrival of P wave. It was also shown that the system could be used as a teaching material for IBL for upper secondary school students.

Through the analysis of textbooks, it was also shown that there is room for improvement in the context of disaster prevention and mitigation from the perspective of curriculum management. Furthermore, it was also clarified that, as an issue in the teacher-training course students to obtain a teacher's license of rika, it is necessary to cultivate the ability to use ICT.

研究分野：地震学，地震教育，地震防災・減災教育，地学教育，理科教育

キーワード：地震 JINARI（地震に伴う地鳴り） 理科 教材開発 探究（的）活動 教員養成 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

### 1. 研究開始当初の背景

現行の学習指導要領では、探究を深める未来の創り手を育てることやカリキュラム・マネジメントの確立が強調され、高等学校では新教科『理数』が設定された。しかしながら、小中高ともに、科学する醍醐味も味わえる未知の課題への探究活動に向けた教材の種類が十分であるとはいえない状況にあると受け止めていた。研究開始当初は、特に、地学領域と関係する内容にてこの傾向は顕著であると捉えた。そこで、各学校段階にて、“地震による地鳴り現象”など、答えがあらかじめ解らない学問的にも未解決な課題へ児童生徒が取り組める探究活動のための教材開発、教材提示を目指すこととした。加えて、「教科間、科目間での使用用語未整理問題」のうち、地学領域、地理領域での用語整理も通して、探究活動の指導のあり方も問うこと、「理科」教員養成における探究活動指導力育成に関わる課題を明らかにすることも目指した。

本研究開始時点までに得られていた成果と課題とは次の通りであった。

#### <成果>

- (1) 安価に（記録部となる PC を除くと、お年玉の金額（1～2 万円）程度で）、高校生でも地震と地震に伴う地鳴りを観測するための仕様を提案できた。
- (2) 安価に（記録部となる PC を除くと、お小遣い（数百円程度）で）、小学生でも手作りで作れる地震計を提案できた。
- (3) 手作り地震計を用い、小中学生が震度とマグニチュードとを考える実験を提案できた。

<PC を Raspberry Pi に置き換えることで、全体としても高校生のお年玉（数万円）程度の金額で観測システムを組むことができる可能性も見出していた。>

#### <課題>

- (1) 地震に伴う地鳴りが聞こえるメカニズムが未解明である。
- (2) 地震に伴う地鳴りが聞こえる地点の分布が未解明である。
- (3) 手作り地震計の校正方法が未解決である。
- (4) カリキュラム・マネジメントを考えた場合、用語問題が未解決である（例えば、根本、2017）。

### 2. 研究の目的

本研究では、児童生徒が、すでに解明されている（答えが存在する）テーマよりも未解明な問題に取り組む探究活動を行うことが重要であると考え、地震をキーワードとする地学領域の内容を基盤として取り組むことを目指した。まず、学問的にも未解決な課題である“地震に伴う地鳴り現象”に着目し、探究活動としての教材化を行うことを目的とした。続けて、他の課題に対する教材化も目指した。さらに、指導を行う学校教員向けの手引きを作成することも目的とした。あわせて、児童生徒の探究活動の成果を大学等の研究者がバックアップできる体制を検討し、児童生徒と大学等の研究者とで学問的にも未解決な課題を解決していく体制のあり方を、「理科」教員養成に関わる課題も含め、明らかにすることも目指した。

### 3. 研究の方法

科学的に未解明な課題に取り組む探究活動教材開発のために取り組んできた地震に伴う地鳴りの観測は、2018 年度まで行ってきた観測と同様、東京大学地震研究所筑波地震観測所で行った。

2019 年度には、2017 年度から用いている開発した観測システムの改良を行い、観測を継続した。具体的には、一番大きな改良点は、獣害から観測システムを守る必要性が判明したため、観測システムで用いている同軸ケーブルの地中埋設化を行ったことがあげられる。改良後は 2023 年度まで獣害によるケーブル損傷は発生しなかった。この他に、マイクロホンの設置方法の改良を試みる計画であったが、COVID-19 の影響を受け、2020 年度以降へ見送ることを余儀なくされた。教材化に向けた研究では、高等学校 1・2 年生を対象として本観測システムで記録された地震による地鳴りの録音を聞いて貰い、その反応を確かめることができたが、高校生が容易に聞き分けられるようにするためには、マイクの設置方法を再検討する必要があることが判明した。このことも、マイクの設置方法を再検討する結果に繋がっている。

2020 年度は COVID-19 の拡大による緊急事態宣言が 2 回出された影響を受け、出張禁止命令やテレワークの要請が出されたため、特に前半 6 ヶ月は研究を進めることが適わなかった。そこで、リモートで観測データ等を確認する方法の検討を行い、SINET 広域データ収集基盤実証実験（現モバイル SINET 実証実験）へ参加するための準備を行った。一方、テレワークでも行える研究として、2020 年度から使用が開始された小学校「理科」教科書の分析を行った。分析結果を受け、探究的活動へ繋ぐための教材作成に向けた試行実験を行った。さらに、探究的活動、探究活動を指導することとなる教員を目指す教員養成段階での課題の検討も行うため、教員養成段階にて理科がどのように取り扱われているかの実態調査も開始した。

2021 年度は、引き続き COVID-19 の影響を受け、観測システムの改良を計画していたが行う

ことができなかった。また、使用させていただいている観測点での建屋解体工事に伴う観測システムの一時撤去要請が出たため、一時的に観測の中断を余儀なくされる事態も生じた。一方、20Hz以下の影響を探るため、JWAによるインフラサウンドのデータ公開を受け、20Hz以下の帯域をも含めた地震による地鳴り現象の解析にも取り組み始めた。さらに、SINET広域データ収集基盤実証実験へ参加を行い、リモートでのデータ収集を行う場合の課題発見に努めた。教科書分析は、2021年度から使用が開始された中学校「理科」教科書の分析を行った。分析結果を受け、自然災害、特に地震災害に関係する探究的活動へ繋ぐための教材作成に向けた試行を、教員向け研修の教材作成を通して行い、教員免許状更新講習にて実践を試みた。

2022年度は、出張が前年度より容易に行えるようになったことから、2019年度中に行う予定であった観測システムのマイクロホン設置方法の改良を行い、観測を継続した。一方、2022年度から高等学校（第1学年）での現行課程による授業が開始されたことを受け、高等学校「地学基礎」、「理数探究基礎」の教科書分析を行った。さらに、探究（的）活動を指導することとなる教員養成に関わる課題の抽出も行い、2022年度は教員養成機関での施設の現状視察を行った。予定では2022年度が本研究の最終年度となっていたが、COVID-19等の影響を受け計画より進捗が遅れていたことから、研究期間の延長を行った。

2023年度は、前年度の観測システムの改良の結果を受け、ようやく複数の地震に対して解析に耐える記録を得ることができるようになった。研究の進捗が予定よりCOVID-19の影響等で遅れていたが、得られたデータから、研究グループが開発した高校生でも構築可能な観測システムにて地震に伴う地鳴りの記録を取得できることを明らかにすることができた。教科書分析では、カリキュラムマネジメントの視点から行っていた「地理総合」との関係を取り上げ、地震災害、火山災害、大雨による災害に関する内容の分析を行った。さらに、探究（的）活動を指導することとなる教員養成に関わる課題の抽出も引き続き行い、大学生の自然体験の経験度合い、デジタルデータ取得に必要な知識・技術の実態を探った。

#### 4. 研究成果

教材開発の基盤とすべく観測を行った地震に伴う地鳴りに関しては、本研究グループが開発した高校生でも構築可能な観測システムにて得られた記録から、P波到達に伴う地面のスピーカー効果により地鳴りが生じていることを明らかにすることができた（大竹ほか、2023；Ohtake et al., 投稿中）。ただし、東京大学地震研究所筑波地震観測所1点での観測結果からであり、全ての地震に伴う地鳴りのメカニズムが明らかになった訳ではない。このことから、地震に伴う地鳴り現象の解明は、高校生の探究活動のテーマとしての魅力は保持されたままである。

未解明であった地震に伴う地鳴りが聞こえる地点の分布に関しては、引き続き課題として残されたが、研究期間中に起こった能登群発地震や令和5年5月に発生した奥能登での地震（いわゆる令和5年奥能登地震）、令和6年能登半島地震に関係する資料収集や聞き込みにより、奥能登でも地震に伴う地鳴りが発生している可能性が高いことが判明した。これは、比較的大きな揺れに伴う地震が発生した場合に、アンケート調査を行うなどの方法にて分布をある程度は掴める可能性もあることを示すことができたといえる。また、Twitter（現在のX）のツイートを用いた分析も行い、地震に伴う地鳴りが発生する地域の候補を絞れる可能性も示すことができた（大竹、投稿中）。

手作り地震計の校正方法に関する課題に関しては未解決である。現状は、性能が分かっている地震計を用いたハドルテストと同様の方法で校正を行っているが、高校生でも行える校正方法を開発することは今後の課題として残された。

現行課程での、カリキュラムマネジメントの視点から眺めた教科書記述に関しては課題が存在することを明らかにすることができた。引き続き用いる用語に問題があること（根本、2022；Nemoto, 2022；Nemoto, Submitted）、教科間での整合性に問題があること（根本、2023（JpGU2023大会）；根本ほか、2023）等を明らかにした。探究（的）活動を担う教員を養成する段階に関する検討では、大学生となるまでの自然体験の少なさ（根本、2023（日本地学教育学会2023大会））、必要となるICTの活用力の育成が必要である現状（根本・山下、2024）を明らかにした。既存の教材から探究（的）活動へと繋げるための研究として、時間スケールの把握を目指すための教材の考察を行い、演示に用いる教材、生徒に自作してもらった教材の長短に関して明らかにした（Nemoto, 2024）。

COVID-19の影響により人的交流が予定通りに進められなかったことから、当初計画していた高校生との協働、学校間観測ネットワークの構築、地学や地理を専門としない教員向けのガイド本の類の作成へと歩を進めることができなかった。今後、多くの地点での地震に伴う地鳴り現象発生地点および各地点でのメカニズムの解明、高校間での観測ネットワークの構築、地学や地理を専門としない教員向けガイド本の類の作成が今後の課題として残された。

「5. 主な発表論文等」に記載していない投稿中他の論文

NEMOTO, Hiroo (Submitted): Earthquake disasters in earth science textbooks for upper secondary schools published in 2022: Contents and problems, Education of Earth Science special issue.

OHTAKE, K., NEMOTO, H, SEKINE, S, MATSUBAYASHI, H, and SAKAI, S, (Submitted): Observation

of *jinari* (earthquake-induced sound) on the mountainside of Mt. Tsukuba in Japan, EPS.  
大竹和生 (投稿中) : Twitter のツイートを用いて地鳴りの聞こえる地域の候補を求める, 験震時報.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 根本泰雄・山下芳樹	4. 巻 11
2. 論文標題 「理科」教員養成時の情報通信技術の活用力育成に向けての課題 - デジタルデータの取得・活用の視点から -	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 立命館教職教育研究	6. 最初と最後の頁 63-67
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 根本泰雄	4. 巻 132
2. 論文標題 教員サマースクール開催報告 妖怪の足音ききくらべ - 地震計をもって境港と熔岩の島をあるく -	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 なみふる	6. 最初と最後の頁 8-8
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 関根秀太郎	4. 巻 73
2. 論文標題 「新・強震観測の最新情報」(第12回)地震予知総合研究振興会による強震観測	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 地震第2輯	6. 最初と最後の頁 NL.4.12-NL.4.14
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 山本政一郎・根本泰雄	4. 巻 2月号
2. 論文標題 「適切に“論理的思考力”を問えているかへの懸念(その2) - 生徒の探求活動を指導する上で留意すべき事 -」	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 理科教室	6. 最初と最後の頁 76-81
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計17件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 NEMOTO, Hiroo
2. 発表標題 Understanding time scales: which teaching materials do students find easier to understand? - Cosmic (Geologic) Ticker Tape, Cosmic (Geologic) Calendar, and Cosmic (Geologic) historical film in case of undergraduate students -
3. 学会等名 The 37th International Geological Congress abstract (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 根本泰雄
2. 発表標題 学校の「理科」で“まなぶ”震災の内容から考えよう
3. 学会等名 (公社)日本地球惑星科学連合2023年大会 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 根本泰雄
2. 発表標題 中高「理科」教免取得を目指す学生の日の出・日の入り観察経験の実態
3. 学会等名 日本地学教育学会第77回全国大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 根本泰雄・村山良之・田口康博・山本隆太・高橋 裕・林 信太郎
2. 発表標題 JpGU2023年大会パブリックセッション「あなたは自然災害から生き残れますか？学校での学びで！」から得た災害安全教育への期待と要望
3. 学会等名 日本安全教育学会奈良大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大竹和生・根本泰雄・関根秀太郎・松林弘智・酒井慎一
2. 発表標題 地震に伴う地鳴り現象の解明に向けて(その3) - 可聴となる地鳴り記録の解析結果 -
3. 学会等名 (公社)日本地震学会2023年度秋季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 根本泰雄・荒井賢一・伊東明彦・加納靖之・桑野 修・佐藤明子・朱里泰治・山野 誠・南島正重・吾妻 崇・道家涼介
2. 発表標題 教員サマースクール2023 in 丹那&神奈川県西部地域 開催の意義
3. 学会等名 (公社)日本地震学会2023年度秋季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 関根秀太郎
2. 発表標題 地震波レイトレーシングプログラムにおける並列化の試み
3. 学会等名 (公社)日本地震学会2023年度秋季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 根本泰雄・荒井賢一・伊東明彦・加納靖之・山野 誠・南島正重・向吉秀樹・林 広樹・香川敬生
2. 発表標題 教員サマースクール2022 in 境港&大根島 開催の意義
3. 学会等名 (公社)日本地震学会2022年度秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 関根秀太郎
2. 発表標題 震源位置とマグニチュードから推定する簡易的震度分布構造作成への試み
3. 学会等名 (公社)日本地震学会2022年度秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 根本泰雄
2. 発表標題 現行(令和3年度)版中学校「理科」教科書での「地震・地震災害」の扱いと課題
3. 学会等名 (公社)日本地球惑星科学連合2022年大会(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 NEMOTO, Hiroo
2. 発表標題 Earthquake and its disaster in earth science textbooks for upper secondary school published in 2022: Contents and problems
3. 学会等名 GeoSciEd IX(国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 根本泰雄
2. 発表標題 現行(令和4年)版高等学校「地学基礎」教科書での「地震・地震災害」の扱いと課題
3. 学会等名 日本地学教育学会第76回全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 根本泰雄
2. 発表標題 教員養成段階での理科・地学の学びの実態 - 小学校教諭二種免許状取得の場合 -
3. 学会等名 ( 公社 ) 日本地球惑星科学連合2021年大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 根本泰雄
2. 発表標題 平成29(2017)年改定学習指導要領での小中学校「理科」における地震, 地震防災・減災の取扱い
3. 学会等名 ( 公社 ) 日本地震学会2021年度秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 関根秀太郎・平田 直
2. 発表標題 2020年7月2日に落ちた火球の落下経路推定
3. 学会等名 ( 公社 ) 日本地震学会2020年度秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 根本泰雄
2. 発表標題 地学・地理領域での学校教育と学術研究との協同を目指して
3. 学会等名 ( 公社 ) 日本地球惑星科学連合 ( JpGU ) - AGU Joint Meeting 2020 ( 招待講演 ) ( 国際学会 )
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 YAMANO, M., ARAI, K., ITO, A., KANO, M., KUWANO, O., MINAMISHIMA, M., MISAWA, A., NEMOTO, H., SATO, A., and YAMADA, N.
2. 発表標題 Activities of the Committee for School Education, Seismological Society of Japan: Communicating with educators
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	酒井 慎一 (SAKAI Shin'ichi) (00251455)	東京大学・大学院情報学環・学際情報学府・教授  (12601)	
研究分担者	関根 秀太郎 (SEKINE Shutaro) (90455254)	公益財団法人地震予知総合研究振興会・地震防災調査研究部・主任研究員  (82669)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	大竹 和生 (OHTAKE Kazuo)		
研究協力者	松林 弘智 (MATSUBAYASHI Hirotooshi)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------