

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年6月23日現在

機関番号：13801

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K12755

研究課題名（和文）球形立体表示システムを用いた宇宙地球科学教育プログラムに関する研究

研究課題名（英文）Research on the Development of Earth &amp; Space Science Education Program Using Sphere Three Dimensional Display System

研究代表者

熊野 善介（Kumano, Yoshisuke）

静岡大学・教育学部・教授

研究者番号：90252155

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）：地球宇宙科学の進展に対応した地学教育において、これらのビックデータからの知見がほとんど活用されていないという課題がある。これまで、本研究ではダジック・アースを活用して科学教育研究を遂行してきた。本研究では静岡地域における学校教育、学校外教育において、深い学びの証拠を発見するため、多くの教育実践を展開してきた。

本研究では児童生徒が自身の課題の解決ためダジック・アースを活用して適切な学習文脈を見出すためデータの収集を行ってきた。PBL学習モデルは日本型STEM教育にとっても効果的な戦略であり、将来の日本におけるSTEM教育のために、ダジック・アースを活用できるよう実践を重ねた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ダジック・アースをどのように活用すると、人工衛星等からのデータを具体的に授業に活用できるのかについて展開してきた。これらは、新しい学習指導要領が推進している、「主体的な学び・対話的な学び・深い学び」に対応した、理系の展開事例といえる。

地球や宇宙の知見は今後さらに膨大になるが、これらに対応したコンテンツが今後も開発され続けるので、科学教育や理科教育において、どのように展開することが、児童生徒の深い学びに繋がるかの学習モデルを提供することには意義がある。ひいては、地球・宇宙科学の大切さや、ビックデータの解析に興味を持ち、自ら発見する学習活動の価値を見出すようになることが望まれる。

研究成果の概要（英文）：We are having huge kinds of data from the earth & space science technologies and we have been finding new knowledge, however, we have been having less learning materials for the science education. In this study we are developing science education researches using Dagik Earth. Dagik Earth can be identified as one of the most sophisticated learning materials that provide 21st century skills for STEM learning. In this study, we have been developing many practices for finding evidences of deep learnings around Shizuoka University area.

My co-researcher, Dr.Saito's team developed more than 170 contents for Dagik Earth in Japanese, English and Chinese and those contents are increasing every year. Our Shizuoka teams are collecting best practice contexts which each learners can use Dagik Earth for their own issues.

研究分野：科学教育学・理科教育学

キーワード：ダジック・アース 地球宇宙教育 STEM教育 21世紀型資質・能力 知識生成型学習 4次元認識 主体的な学び・対話的な学び・深い学び

## 1. 研究開始当初の背景

人工衛星を用いた、様々な地球・宇宙観測が展開され宇宙科学がますます発展していることは周知の通りである。ところが、これらの成果が学校教育、博物館等の教育施設に必ずしも届いていないという課題がある。例えば、地球の3次元の投影を用いた常設展示としては、日本科学未来館や、アメリカのNOAAが開発して、世界中の多くの博物館が購入した3Dシステムが存在している。しかし、これらは大変高価であり、学校教育に導入することは難しい。そこで、京都大学理学部の齋藤准教授を中心に安価で学校教育や子ども科学館に導入可能なシステムが開発された。

文部科学省の地球観測技術等調査研究委託事業による委託業務として、国立大学法人京都大学が文部科学省より受託した業務の再委託業務として、国立大学法人静岡大学が実施した平成21~23年度「地球立体表示装置と衛星データを用いた教育プログラムの開発」を展開し、さらに平成25年度から27年度に、「球形立体表示システムを用いた宇宙地球教育プログラムの発展的開発と実施」再委託を受諾し事業の展開を行ってきた。この事業展開の成果報告を複数、国内外で行ってきた。この6年間の委託事業の結果、日本全国および、アメリカ、インド、台湾、韓国、中国に次第に普及し、様々な教育現場で活用されるようになった。(熊野善介2008,2011,2014,2015)ところが、教育学的な研究はいまだ途上である。

6年間かけて、様々な課題を解決してきたが、現場の教師の要望のもと、3次元の94のコンテンツができあがったが、これらの教育現場における評価や教育学的な研究は発展途上であり、特にどのような使用方略を導入することが、子どもたちの21世紀型の能力を開発できるかに関する実践研究が不足している。さらに、STEM教育の21世紀型の能力育成を導入することを目指したい。本研究はこれらのデータを蓄積、統合分析を重ね、全国の教師が活用する際に、本研究の成果をウェブを介して公開し、より優れた実践が全国で展開し、結果として将来の宇宙地球科学・宇宙開発に携わる人材を育成することに繋がることとなる。

## 2. 研究の目的

本研究は球形立体表示装置「ダジック・アース」及び開発されたプログラムを科学教育で活用方略を吟味し、特に21世紀型の科学リテラシー獲得・形成のためにどのような教育的な価値があるかを、理論と実践の両面において分析・解釈を行う。そして、これらの研究結果をもとに学校及び科学館等の場において「ダジック・アース」を用いた宇宙地球教育プログラムの使用方略を確立するとともに、幅広く実施する事で宇宙地球科学技術に関する知識と関心を涵養し、将来の宇宙地球科学・宇宙開発に携わる人材を育成する事を目的とする。

3次元半球スクリーンに、京都大学理科学部の齋藤研究室中心に6年間かけて協働開発した「ダジック・アース」プロジェクト用の約100種類の人工衛星からの様々なビックデータがあり、これまでも、多くの教育現場で活用されてきた。しかし、これらの実践は基本的には、現在の学習指導要領の文脈の中に取り入れ、子どもたちの宇宙科学や地球科学の理解の向上をめざした授業の創造が主な目標であった。

本研究では、これらのビックデータをもとに児童生徒自ら、疑問や課題を見出し、なんらかの規則性や新しい関係性を児童生徒自ら発見したり、ビックデータの解析をしたりすることを、主体的に能動的に行うことにより、創造性や思考力を育むだけでなく、イノベーションを起こす道筋を理解させ、21世紀型の能力の形成についてデータを収集し、実証的な分析を積み重ねることにより未来型の教材開発の活用方略を開発することは極めて斬新であるとともに、未来型の学習評価の観点についても同時に研究が展開された。わが国は急速に領域横断的な研究の促進をしているが、学校教育や学校外教育にそれらの視点が不足しており、出来上がった科学の学習から、どのように純粋科学が工学・農学・情報学・医学等と連携して、新しい技術が生み出されるのかを意図的に学習のプロセスに埋め込むことが、未来の科学技術の発展のために欠かせない要素である。そこで、本研究の斬新なアイデアとして、以下の点があげられる。

- (1) これまでの地球宇宙科学の領域におけるイノベーションがどのようなプロセスで展開されてきたかを活用授業のための事例として作成すること。特に、宇宙地球科学(理学系)と工学系・農学系・情報系・医学系との連動連携から生まれているイノベーションを探る。
- (2) 現在、日本や諸外国で起こっている、地球宇宙科学におけるさまざまなイノベーション研究を類型化し進捗状況を確認し、教材化を図る。このとき、ダジック・アースのコンテンツと対応させる。
- (3) 現在日本全国、海外でダジック・アースを活用している教育現場から、児童生徒が見つめることが可能な科学的発見に関して、コンペティション等を提案して収集する。これらに関しての自由研究を促す。特に、3次元の情報と2次元の情報分析の

どちらが、より科学的な思考を深められるかを分析する。

- (4) これらの児童生徒自らの発見を類型化し、小中高の理科の授業、総合的な学習、高等学校における課題研究と繋げるための、授業研究の展開モデルの作成と実践研究。

上記の(1)から(4)はこれまでダジック・アースプロジェクトにおいても、他の研究成果の調査をしてもほとんど研究がなされていない。

本研究内容により明らかになった結論は、現在、日本中で利用されている約 1000 以上の学校の先生方にHPを通して、多くの学校から更なる課題をいただけるだけでなく、理科や総合的な学習における日々の授業に活用してもらうこととなる。理科における宇宙地球科学領域は、他の物理系、生物系、化学系と比べても、教えることが苦手な理科教師も多いことから、本研究を進めることにより、多くの授業で宇宙地球領域の授業の展開がダイナミックとなり、児童生徒へのインパクトも大きくなると予想できる。

そのような観点を大切にするためにも、本研究の成果はできるだけ分かりやすく、他の教科の免許を持っている先生方にも活用可能な活用例示することが求められている。このような過程を経て本研究の成果の卓越的な内容として、児童生徒がさらに将来の宇宙開発や地球科学の進歩を願い、自然科学の進歩が、様々な他の領域すなわち、工学系、農学系、情報系、医学系との連携・連動により成り立っていることを、具体的に理解できるようになる。さらには、未来の仕事の対象としても認識できるようになることに繋がっていくといえる。

### 3. 研究の方法

本研究は宇宙・地球科学イノベーションを活発化するためのSTEM教育の事例研究と位置付けられる。特に、ダジック・アースを活用した理科授業、自由研究、課題研究が日本全国で展開されることが意図されている。そのために、1年目は、宇宙・地球イノベーションの過去と現在のデータ収集とダジック・アースの活用の方略を探った。2年目は、日本全国、海外でダジック・アースを活用している教育現場から、児童生徒が見つかることが可能な科学的発見に関して、コンペティション等を提案して収集し、これらを累計し、分析し、授業計画、自由研究、課題研究の事例を開発した。3年目は1,2年目の成果を京都大学のウェブで発表し、全国の学校で展開してもらい、成果の分析し、報告書をまとめた。

本研究は3年間の継続研究とする。

平成28年度については、以下の(1)と(2)を中心に展開した。(3)についても予備的に展開した。熊野研究室(静岡大学)と齊藤研究室(京都大学)が、最初の研究検討会を7月に行った。その後、日本国内外の実態をウェブ及び現地で調査した。12月または1月に成果の報告会と2年目に向けた研究計画の会議を行った。それぞれ、修士課程、博士課程の院生が積極的に関わるようにした。NASAやNOAAを中心とした宇宙・地球イノベーションを展開している研究所を訪問し、児童生徒用宇宙地球関係のSTEMプログラムの調査を行った。

(ミネソタ大学STEM教育センター、アイオワ大学、および同地域の科学館、インドネシアバンドンの天文台やインドネシア国立教育大学に普及と協働研究を提案した)

(1) これまでの(過去から現在まで)地球宇宙科学の領域におけるイノベーションがどのようなプロセスで展開されてきたかを活用授業のための事例として作成した。特に、宇宙地球科学(理学系)と工学系・農学系・情報系・医学系との連動連携から生まれている宇宙および地球イノベーションを探った。更に、人工衛星の開発、H2ロケット等の開発、宇宙と地球の交信の方略、エネルギーの獲得の方略、宇宙ステーションの開発、月や火星等での研究室のデザイン等、ダジック・アースを中心にしながらも周辺の科学技術の連携・連動を展開した。

(1)においては、主に、現在までのNASAが積極的に展開しているSTEM教育の実践事例を調査し、ダジック・アースをどのように活用できるか展開した。また、京都大学と連動しながら、日本のJAXAや科学未来館等の宇宙地球科学分野の教育部門で展開している事例を調査し、ダジック・アースの活用の方略を調査し、比較検討を行った。これらは、具体的な授業実践を意図して分析が展開された。

(2) 現在から未来にむけて、日本や諸外国で起こっている、地球宇宙科学におけるさまざまな宇宙および地球イノベーション研究を類型化し進捗状況を確認し、教材化を図った。このとき、ダジック・アースのコンテンツと対応させ、応用や活用として様々なイノベーションを扱った。さらに、(2)においても未来に向けた、さまざまな宇宙・地球にかかわるイノベーションを確認し、NASA、NOAA、JAXA等が展開している未来に向けたイノベーションコンテンツを児童生徒向けにどのように開発しているかを調査した。これらと、ダジック・アースを連動させられる内容を精査し、児童生徒むけの授業コンテンツを開発した。

(3) 現在日本全国、海外でダジック・アースを活用している教育現場(仙台で行っているチーム)から、児童生徒が見つかることが可能な科学的発見に関して、コンペティシ

ョン等を提案して収集した。これらについての自由研究も促した。(1年目は予備的な調査とした。)

本研究の研究交流普及活動として国内は京都大学、宮城学院女子大学、並びに国際的な研究交流普及活動として、インドネシア国立教育大学と Nasa・NOAA・ミネソタ大学 STEM 教育センター・アイオワ大学それぞれに立地する博物館等を訪問した。

**平成 29 年度**は(3)と(4)を中心に展開した。熊野研究室(静岡大学)と齊藤研究室(京都大学)が、最初の検討戦略会議を7月に行った。そして、夏休みを中心に日本国内外の調査を行った。12月または1月に成果の報告会と2年目に向けた研究計画の会議を行った。それぞれ、修士課程、博士課程の院生が積極的に関わるようにした。新しいコンテンツの開発は本研究費では対応できないので、京都大学の齊藤チームには、科学者・開発者という立場での関わり方であった。さらに、児童生徒の課題発見とそれから始まる自由研究にウェブをとおして、科学者として助言指導を展開した。2年目も NASA や NOAA を中心とした宇宙・地球イノベーションを展開している研究所を訪問し、児童生徒用 STEM プログラムの調査ならびに意見交換を行った。

(3)現在日本全国、海外でダジック・アースを活用している教育現場から、児童生徒が見つけることが可能な科学的発見に関して、コンペティション等を提案して収集した。これらについての自由研究を促した。特に、3次元の情報と2次元の情報分析のどちらが、より科学的な思考を深められるかを分析した。

ともすると地球・宇宙イノベーションは、児童生徒がチャレンジする自由研究まで促すことは難しい面もあるが、ダジック・アースのコンテンツを活用することにより、子どもから疑問を見つけ、また、不思議な規則性を見出すことにより、自由研究が始められる。そのようなケースを、現在、ダジック・アースを展開している学校等から広く集めた。

(4)これらの児童生徒自らの発見を類型化し、小中高の理科の授業、総合的な学習、高等学校における課題研究と繋げるための、授業研究の展開モデルの作成と実践研究を行った。これらの自由研究や課題研究と宇宙・地球イノベーションにつながっていくことが確認できた。

平成 29 年度の共同研究交流先として、国内では京都大学と山形大学、海外はインドネシア国立教育大学と行った。

**平成 30 年度**は、(1)から(4)までの研究成果をもとに、児童生徒向け、科学館向けの理科授業や科学教室の実践を積み重ね、児童生徒の学習の振り返り(リフレクション)に関するデータを収集し、研究の発表を日本科学教育学会、理科教育学会等で行うとともに、報告書をまとめた。

特に、3次元の半球に映し出し、時間軸で自転できることにより、地球や他の惑星で自然科学的な現象が起きていることを実際に観測することが大切である。そして、様々な異なったデータについて年間を通して比較することにより、様々な発見が可能であることがわかった。それらを動かしているシステムやエネルギーフローについて、様々な思考を促すことにより、関係してくるさまざまな変数や循環、考えられるモデルの創成、必要な他のデータは何か、どのような専門家の支援が必要かなどについて、次第に見えてきた。さらには、これからの人類がかかえる、さまざまな課題の解決のために、ダジック・アースを教材化し、学校や科学館等に導入し、本研究で開発されたプログラムを実践することにより、どのような思考が必要なのかを理解するようになると思う。

宇宙・地球イノベーションを支える人材育成は、児童・生徒の段階でダジック・アースを導入した教育、自由研究、課題研究で展開することにより、各段の広がりが得られる。

平成 30 年度の共同研究交流先として、国内では京都大学と岩手大学、海外はタイ国カセサート大学と行った。

#### 4. 研究成果

**平成 28 年度**は宇宙・地球科学イノベーションを活発化するための STEM 教育の事例研究と位置付けられる。そのために、1年目は、宇宙・地球イノベーションの過去と現在のデータ収集とダジック・アースの活用の方略を探った。

(1)平成 28 年度の5月に、新しくオープンした、「ふじの国地球環境史ミュージアム」にダジック・アースの1セットを貸与し、静岡大学の大学院生を中心にインフォーマルな科学教室での協働での授業開発を提案し受け入れていただいた。(2)7月に藤枝市教育委員会との連動で生涯学習センターにて、インフォーマルな科学教室として、学部3年生の演習の一環として、ダジック・アースをより深い学びが起ころうような授業モデルの開発をともに考え、実践することができた。(3)8月に静岡大学にて、牧之原市の小学校5,6年生に同様の STEM 教育としての、探究学習を組み立て、実践することができた。(4)アジアの国々から集まった、各国の科学カリキュラム開発者、科学教育研究者に STEM 教育教材としてのダジック・アースの活用方略について示し、21世紀型の資質・能力を高める教材として、高い評価を受けた。(5)静岡県教育委員会との連携プロジェクトとして、約20名の高校生に対して、ダジック・アースを

活用した探究学習を試み、高校生がどのようなグループでの探究学習ができるかについて、検証的な実践研究ができた。(6) インドネシアのバンドンにある SEAMEO での理数の教員研修、ならびにインドネシア国立教育大学での大学院での研修の一部として、日本からの STEM 教育教材として、ダジック・アースの紹介事例を述べることができ、さまざまな評価を得ることができた。

**平成 29 年度は**、ダジック・アースを活用した理科授業、自由研究、課題研究が日本全国で展開されることが意図されている。そのために、2 年目は、日本全国、海外でダジック・アースを活用している教育現場から、児童生徒が見つめることが可能な科学的発見に関して、コンペティション等を提案して収集する予定であった。7 月 23 日と 24 日は京都大学理学部の齊藤博士とダジック・アースのチームの研究会を東京で開催でき多くの関係者と研究交流ができた。そして、7 月 16 日に藤枝市の小学校 5,6 年生対象の学校外での科学教室、さらに、8 月 3 日に約 25 名の牧之原市の小学校 5,6 年生を対象に、ダジック・アースを用いた知識生成型の科学教室を展開した。さらに、ふじの国地球環境史ミュージアムならびに、附属静岡中学校の探究の時間に博士課程の院生による、ダジック・アースの授業モデルが展開できた。11 月 2 日には、宮城女子学院大学の研究協力者と議論を行うことができた。11 月 5 日には、御殿場市にて科学の祭典のブースとして、ダジック・アースを出典し、延べ 300 人以上の方々にダジック・アースを活用した学びについてのモデルを体験していただいた。これらの 1,2 年目の成果を 2018 年 8 月 16 日に日本地学教育学会で発表し、さらに、3 月 9 日に京都市立青少年科学センターで開催された、ダジック・アースの研究会にて発表を行った。

研究計画にある、2 年目は、日本全国、海外でダジック・アースを活用している教育現場から、児童生徒が見つめることが可能な科学的発見に関して、コンペティション等を提案して収集するところまでは至らなかったが、年会を通して、ダジック・アースを用いた地球・宇宙教育は展開できた。京都大学、静岡大学等、多くのダジック・アースの協力研究チームによる研究会が年に 2 回、ほぼ毎年行われるようになった。多くの学校における理科教師による実践の積み上げ、日本中の科学館での実践と教育研究開発が展開されるようになってきた。日本語、英語、中国語できていることから、海外における知名度も高くなりつつある。7 月 16 日に藤枝市の 5,6 年生対象の学校外での科学教室では、理科教育学演習において、学生とともに開発した、ダジック・アースを用いた知識生成型の克を展開した。さらに、8 月 3 日に約 25 名の牧之原市の小学校 5,6 年生を対象に、ダジック・アースを用いた知識生成型の科学教室を展開したが、3 次元と 4 次元的な動きに対して多くの疑問がだされ、児童なりの発見が得られた。さらに、ふじの国地球環境史ミュージアムならびに、附属静岡中学校の探究の時間に博士課程の院生による、ダジック・アースの新たな授業モデルが開発・展開された。11 月 2 日には、宮城女子学院大学の研究協力者と大学の講義への多彩な活用方略について議論を行うことができた。11 月 5 日には、御殿場市にて科学の祭典のブースとして、ダジック・アースを出典し、延べ 300 人以上の方々にダジック・アースを活用した学びについての学習モデルを体験していただいた。

**平成 30 年度は**宇宙・地球科学イノベーションを活発化するための STEM 教育の事例研究と位置付けられる。特に、ダジック・アースを活用した理科授業、自由研究、課題研究が日本全国で展開されることが意図されている。3 年目も、ダジック・アースを活用した、児童生徒向けの活動を展開することができた。7 月 22 日から 7 月 27 日にブラジルのキャンピナスで開催された、国際地球科学教育学会にて本研究の発表を行うことができた。また、7 月 30 日に約 25 名の牧之原市の小学校 5,6 年生を対象に、ダジック・アースを用いた知識生成型の科学教室を展開した。さらに、ふじの国地球環境史ミュージアムにおいて、複数の実践を重ねた。12 月 23 日には、静岡 STEM アカデミーの STAGE1.5 の児童生徒を対象にダジック・アースを用いた知識生成型の科学教室を展開した。さらに、12 月 23 日と 24 日に、京都大学のセミナーハウスにて「ダジック・アース」研究会を開催し、多くの関係者とともに研究の交流をし、また、研究の発表も行うことができた。研究の成果としては、ブラジルの地球科学教育国際会議で本研究内容のまとめとしての研究発表ができ、多くの国々の地球科学教育の研究者に提示することができた。ダジック・アースの関係者のおかげで、日本全国に使用者の拡大があり、さらなる研究の場が熟してきたことがあげられる。従って、研究期間終了後も引き続き研究を展開していくための研究費の獲得が必須である。また、NPO などの開発と教育の組織づくりも必要であることが議論された。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 6 件)

- (1) Yoshisuke Kumano (2019). STEM Education in Japan, Workshop on STEM Education; SEAMEO Regional Centre for QITEP in Mathematics, Yogyakarta, Indonesia, 18-22 February 2019 supported by MEXT, Japan.(Part of my lecture was on Dagik Earth) (invited intensive workshop and lectures)
- (2) 熊野善介・竹林知大(2018). ダジック・アースと STEM 教育改革, 第 6 回ダジック・アース研究会、京都大学理学研究科セミナーハウス、12 月 25 - 27 日.
- (3) Yoshisuke Kumano (2018), Practical Implementation and Results of Earth Science STEM Using Dagik Earth With Satellite Data, 8th Quadrennial Conference of International Geoscience Education Organization ( ISEO ) , Campinas, Brazil, PAP023554, Oral Session 06, July 23.
- (4) 熊野善介(2017). 地球・宇宙科学教育の要請に関する日米比較 - 21 世紀型資質・能力を育成するダジック・アースや SOS の使用方略の比較を通して -, 日本地学教育学会第 71 回全国大会兵庫大会講演. 平成 28 年 9 月 17 日、神戸大学.
- (5) Yoshisuke Kumano (2017). Theory and Practices of STEM Education for Indonesia, SEAMEO-QITEP Indonesian Government, sponsored by MEXT, Bandung, Indonesia. Feb. 6 to Feb. 10. (Invited Speech)
- (6) Yoshisuke Kumano, Tomoki Saito and Jin-Ichi Okumura (2016). STEM Activities using Dagik Earth: Development of STEM Space Education”, Workshop, 10:30-11:40, Saturday 22 October, The 3rd International Science, Mathematics and Technology Education Conference (ISMTEC), The Ambassador Hotel, Bangkok, Thailand.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<https://www.dagik.net/>

## 6 . 研究組織

### (1)研究分担者

研究分担者氏名：斎藤 昭則

ローマ字氏名：Saito Akinori

所属研究機関名：京都大学

部局名：大学院理学研究科 地球惑星科学専攻 地球物理学教室

職名：准教授

研究者番号(8桁): 10311739

### (2)研究協力者

研究協力者氏名：板橋夏樹

ローマ字氏名：Itahashi Natsuki

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。