

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 6月18日現在

機関番号：82645

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009～2011

課題番号：21500859

研究課題名（和文） 遠隔天体観察ツールを用いた「新学習指導要領」対応教材・カリキュラムの開発

研究課題名（英文） Development of "Astronomy" curriculum and tools utilizing remote observations under the new Course of Study

研究代表者

佐藤 毅彦 (TAKEHIKO SATOH)

独立行政法人宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・教授

研究者番号：10297632

研究成果の概要（和文）：実験・観察を重視する新学習指導要領理科「天体」分野の教育を現場レベルで向上させることを目的に、教材・カリキュラムの開発を行った。昼間に星空を見るためには、インターネットを経由した遠隔天体観察ツールを活用した。新設単元「月と太陽」における「満ち欠け」指導方法には特に力を入れ、学習教材 BaMoon を開発するとともに、視点共有のためのカメラ活用を考案し、教員研修会等で広める活動をした。

研究成果の概要（英文）：We have developed new tools and curriculum to improve the teaching of "Astronomy" subject at classes, under the new Course of Study that emphasizes experiments and observations. To enable real-time observations of night sky, remote observing tools over the internet are used. Major effort was taken for the new subject "The Moon and the Sun", especially the phase of the Moon. The teaching method, using a camera that gives a "shared view point" plus newly-developed BaMoon, was demonstrated at seminars for school teachers.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：科学教育

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学、科学教育

キーワード：カリキュラム、天体観察、教材、新学習指導要領、月バルーン、遠隔操作

1. 研究開始当初の背景

学力低下傾向の懸念を背景に、新学習指導要領（平成20年度公示）の算数や理科が21年度から部分実施され、24年度までに小中学校で完全実施される。新学習指導要領理科では観察・実験重視の姿勢が鮮明である。

- 小4：「三日月や満月の中から二つ」制限を除き「月は日によって形が変わって見える」とするなど、より科学的内

容を含む事象として指導するようになった。星座についても「二つ又は三つ」制限が除かれた。

- 小6：「月と太陽」の観察にもとづく「表面の様子の違い」についての学習が新たに設けられ、以前あった小4と中3の間のギャップを埋めている。
- 中3：太陽・恒星・惑星の観察に、月の観察（公転と見え方の関係）が加え

られている。
 観察体験を増やすことで科学的思考の育成を目指すとともに、観察・実験を年間として行うため単元配列にも柔軟な現場裁量が認められた。それは逆に、教育現場の責任増大を意味し、多方面から教育現場を支援することが緊急に必要である。

学校現場では、安全面をはじめとする障壁により、夜間の天体観察実施は簡単ではない。また「天体」分野を得意としない教員も、特に小学校では少なくない。そのような状況で子どもたちの観察機会を増やす有効な方法として、インターネットを通じた「遠隔観察」が挙げられる（時差を利用し地球の裏側の夜空を観察）。申請者らはこうした遠隔観察ツールの開発・活用に長年傾注してきた第一人者として、それらが新学習指導要領下で極めて強力なツールになると確信する。

2. 研究の目的

「天体の動き」に関する学習内容
 (星座カメラ+CANが活躍)

「天体の性質」に関する学習内容
 (インターネット天文台が活躍)

太陽の動きの観察。 小3：透明半球による観察 中3：南中高度の違いの観察 (地球の傾きと公転)	星座の季節ごとの 移り変わりの観察。 小4：星・冬の星座 中3：地球の公転	月の表面、太陽の表面の 様子の観察。 小6：表面の様子の違い 中3：太陽エネルギー
月の動き、星座の動きの観察。 小4：星の動き 小6：月・太陽の位置関係 中3：地球の自転、月の公転	星の明るさ、色 の観察(小4)。	惑星の表面、金星の 環状雲の観察(中3)。

世界各地の
CANからリアルタイムで
遠隔観察(実験の授業)

ガーナ天文台から、
リアルタイムで観察
できる月の凹凸や
木型(実験の前後)

新学習指導要領における「天体」分野観察事項と、遠隔操作ツールのカバー範囲

図に示すとおり、小中学校理科における「天体」分野の観察事項は、星座カメラ+インターネット天文台でカバーできる。時差を必要としない太陽観察は国内インターネット天文台(神奈川県横浜市)を用いた実施実績がある。新学習指導要領における観察事項の増加は、星座カメラやインターネット天文台利用のニーズを著しく増すと考えられる(特に小6「月と太陽の表面の様子」は、望遠鏡観察が必須)。インターネット天文台も星座カメラ(世界各地の7か所)もハードとしては完成の域にあるが、これまでそれを活用するソフト(教材・カリキュラム)は未整備であり、これらツールのポテンシャルを活かす教材と実践カリキュラム(単元の配列まで考慮した)の開発が急務といえる。本研究ではその開発を行うとともに、教員のための研修会等を通じて新しい指導法の普及に努める。

これまでの実証で特に重要な知見は、授業を受けた子どもたちが、デジタル化された星

空体験であったにもかかわらず、こんどは自分の目で本当の星空を見たいという思いを強めたことである。本研究により「遠隔天体観察ツール」活用の授業が広がることで、子どもたちが自発的な自然体験へと向かい、自然の魅力・理科の魅力に気づいてくれると期待される。それは「理科離れ」を減らし、科学技術立国のしっかりとした基盤作りにつながるはずである。

3. 研究の方法

新学習指導要領「算数(数学)・理科」の部分実施期間を重視し、新教材およびカリキュラムの開発を行う。23年度には小学校において新学習指導要領下での教育実践を展開、効果の検証を行う。同じ年度に、中学校においては部分実施しながら翌年度からの完全実施を前に、教材・カリキュラムの完成度を高める。したがって、本研究計画は平成21~23年度の3カ年を研究期間とする。

初年度は以下の計画で研究を実施する。

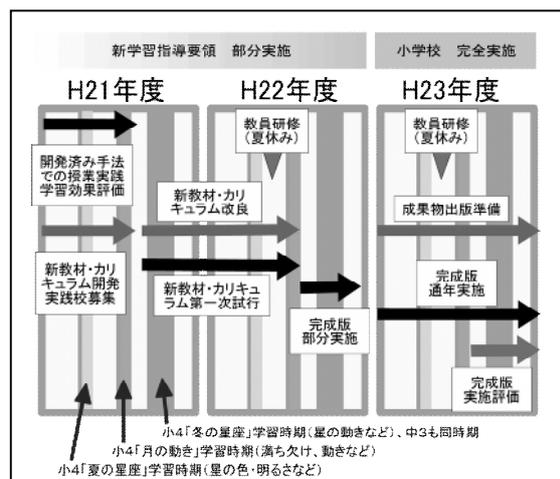
- ① 新学習指導要領移行期を踏まえた指導計画(小3, 4, 6および中3用)を年度前半に作成する。「遠隔天体観察ツール」開発段階で構成してきた手法を発展させることで効率よい開発を行う。
- ② 上で作成した指導計画・授業案を用い、協力校で授業実践を行い学習効果を評価する。

協力校1: 多摩市立南鶴牧小学校(東京都、担当: 福田章人副校長)

協力校2: 西宮市立上ヶ原南小学校(兵庫県、担当: 松本榮次教諭)

協力校3: 熊本市立龍田小学校(熊本県、担当: 丸山修教諭)

以上を、小4「月の動き」学習時期(9~10月)までに行う。



二年目は、新教材・カリキュラムの残り「三分の二」について試行と評価、それにもとづく改良を継続する。さらに夏休み時期には小中学校の教員を対象とした研修会を設け、こ

の新しい手法の普及をはかる。11月頃を目途に新教材・カリキュラムを完成・公開し、これを各地で実施できるようにする。

最終年度は、小学校における新学習指導要領完全実施の年であり、完成版の実施を続けながら、前年度と同様の教員研修を夏休みに開催する。さらに、この新教材・カリキュラムを成果物として出版する準備を進める。10月には新教材・カリキュラムの実施が1サイクル完了するので、そこで実施結果を評価し研究の総括を行う。

4. 研究成果

(1) 2009年度の成果

初年度には小学校第6学年の「月と太陽」単元を分析し、実験授業を展開した。単元全体の「流れ」については、千代田区立九段小学校(福田章人教諭)の協力を得て構成、それを実施するとともに千代田区理科部会の研究授業としても評価・意見して頂いた。

「月の満ち欠け」部分については、札幌市立新琴似緑小学校(割石隆浩教諭)、札幌市立新陽小学校(伊藤健太郎教諭)、熊本市立松尾西小学校(丸山修教諭)において、いくつかのバリエーションを試みた。その結果、次のことを見出した。

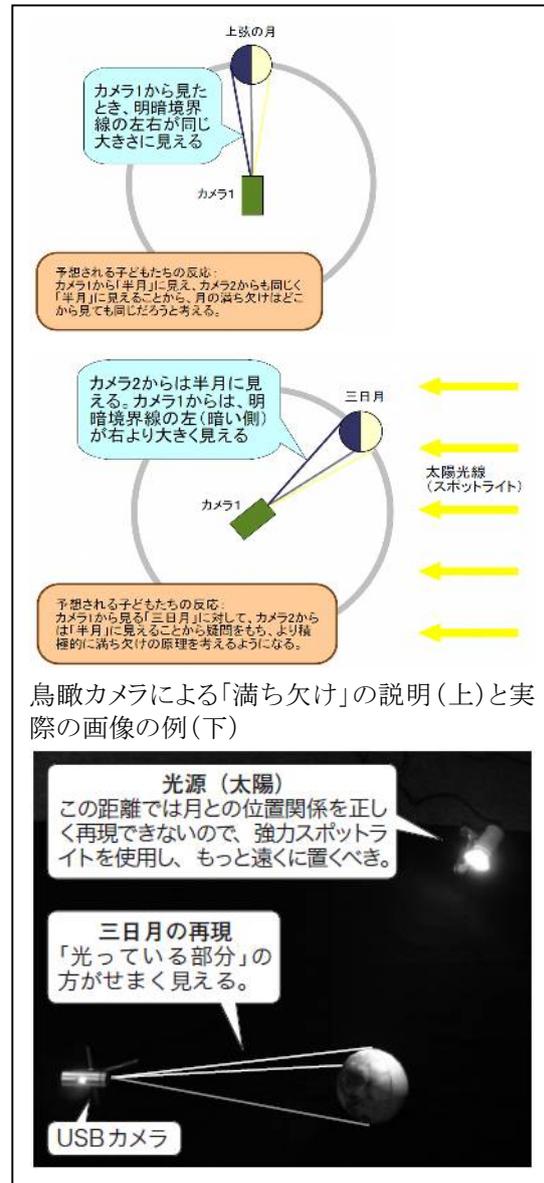
- 実際の月に近い表面模様をもたせたボールを「満ち欠け」実験に使用することで、児童が興味をもち実験に取り組む姿が見られた。またこのとき、ボールではなく、月模様を描いた円盤も提示し、「月が球形であることはどうしたら分かるか」という発展的課題にも取り組ませた。
- ボールに光を当てた「満ち欠け」観察は、観察者の位置によりその形が変わってしまう欠点がある。USBカメラから見たモデルをスクリーンに投影し「視点を共有」することで、クラス全員が同じものを同じように見ていることが保証され、理解が容易になることを確認した。



松尾西小学校における「月の満ち欠け」実験

- 天井に設置した第二のカメラからの鳥瞰図にも理解を助ける可能性があることが分かった。

これらの結果をまとめ、日本理科教育学会第60回全国大会(2010年8月、山梨県甲府市)において発表した。



鳥瞰カメラによる「満ち欠け」の説明(上)と実際の画像の例(下)

(2) 2010年度の成果

二年目は、小学校第6学年の「月と太陽」単元を中心に教科書の分析、教材の開発・実験授業を展開した。

「月の満ち欠け」について、初年度研究の結果、「実際の月に近い表面模様をもたせたモデルの使用」が児童を実験に引き込むことが判明したため、それを安価に実施できる「月バルーン BaMoon」の開発を行った。月面の模様はアマチュア天文家が望遠鏡で撮影した満月写真を用いた。手動ポンプを用いてほぼ球形にふくらませることができ耐久性も高い風船に月面模様を印刷することで、非



BaMoon に光を当て再現した「月の満ち欠け」

常に低廉に作る事ができました。これを多量に製作し、日本理科教育学会、科学教育研究協議会、教員研修会などで配布し各地で教育実践に役立て始めている。

教員研修会を通じ、初年度に効果を認めることのできた(1)USB カメラの活用、(2)第二のカメラからの鳥瞰視点の提示などを、有効な実験手法として提案している(東京都教職員研修センター、2010年7月；東京都小学校理科部会、同8月)。

(3) 2011年度の成果

最終年度は、教員研修会(鹿児島市教育委員会、2011年6月)での啓蒙を続けるとともに、「実際の観察」の研究を継続した。

学習指導要領によれば、月の満ち欠けは太陽との位置関係においてそれをとらえることとされている。つまり、太陽に近いほど細く見え、真反対に見えるときは満月である、そうした関係を理解させる必要がある。これは BaMoon を用いた室内実験でももちろんできるわけであるが、やはり空に見える太陽と月で「実体験」させたい。このときに必要となるのが、月の地平高度・方位角(太陽に相対的な)の測定である。



太陽と月の位置関係を測る

専門用語で「角距離」と呼ぶ量の測定を、小学校児童でも手軽にかつ楽しく行うことのできる手順は次のとおりである(太陽と月が同時に空に見える「上弦の月」頃を仮定して説明する)。

- A) 太陽を真正面にして立ち、左回りに一定のペースで回転する。
- B) 自分の影が真正面に見える向き=180°まで、「10 数えるとそこにくる」ようペースを調整する。回転するはやさも数えるペースも自分で調整すればよく、数回の練習でできるようになる。
- C) そして本番、太陽を真正面からはじめて「いち、に一、…」と数えながら、いくつのときに「月が真正面に見える」かを覚え、そのまま 10 まで回転。最後に自分の影が真正面に見えれば正しいペースで回転した証拠。
- D) これは角距離を 18° 単位で測っていることに相当する(角度換算は必須ではない)。結果が数値で出するためグループで平均をとるなどの操作もできる。
- E) 満月を過ぎて有明の月になったら、回転方向を逆(太陽真正面から右回り)として、そのことも記録する。

子どもたちに観察を実施させる際、見通しをもつことは大切だが、ときに先入観となり「都合のよい観察結果」を生むことがある。それを避け、観察結果を正しく記録することを達成するには、客観的な数値データを得ることが望ましい。上記の角距離測定は粗い測定ではあるが、結果を数値として得ることができるため、その目的にかなっていると考えられる。

また、インターネット天文台を利用することで月のクレータなどをリアルタイムに観察することができる。その映像を見ながら、

JAXAの佐藤教授 月や木星観察 児童らに講演 西宮・上ヶ原南小



インターネット天文台により月を観察(上ヶ原南小学校にて)

月は「球か？円板か？」という考えをもたせる授業も行った。さらに、世界各地の星座カメラを用いることで、月がどの星座の方向に見えるか、どのくらいの明るさであるか（月齢に対応する量）を調べることができる。

(4) まとめ

このように3年間の研究期間内に、「理科」新学習指導要領における「天体」分野の教育について、遠隔天体観察ツールを用いた指導方法改善の方向性を見出した。また、新設単元『月と太陽』の指導方法を、観察・実験の方法、教材を開発しながら確立してゆくことができた。2011年8月には、研究協力者の松本榮次教諭（兵庫県西宮市立上ヶ原南小学校）が、県の小学校理科夏季実験実技講習会において、「真っ昼間の天体観測 ～だれでも楽しめる天体観察会～」を開催。丸一日かけて、130名におよぶ参加教員を対象に、本研究で推進している遠隔天体観察ツール（主に星座カメラ）を用いた理科授業を軸に講習を行った。また2011年12月には、東京都府中市教育研究会の理科研究部が本研究により開発したBaMoonを用いた指導を研究授業に取り入れている。研究組織以外にも使われるようになったことは、本研究の成果が広まってゆく明るい兆しであると考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計1件）

- ① 佐藤毅彦・丸山修・岩崎泰久. 楽しく深まる、小6「月の満ち欠け」観察と実験. 理科教室, 通巻676号, 54-55, 2011. (査読なし)

〔学会発表〕（計4件）

- ① 熊野善介、イルマン・アンワリ、小永井俊樹. 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と実践分析（その2）. 日本地学教育学会第65回全国大会鹿児島大会, 2011年10月9日, 58-59.
- ② 佐藤毅彦・石井雅幸・熊野善介・五島政二・木村かおる・松本榮次. 小中学校「天文分野」教育支援プロジェクト. 日本理科教育学会第61回全国大会, 2011年8月21日（島根県松江市）.
- ③ 熊野善介、萱野貴広、イルマン・アンワリ. 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と実践分析（その1）. 日本地学教育学会第64回全国大会鹿児島大会, 2010年8月21日, 86-87.
- ④ 佐藤毅彦・石井雅幸・福田章人・丸山修・岩崎泰久・木村かおる. 小6理科「太陽

と月」単元指導の工夫. 日本理科教育学会第60回全国大会, 2010年8月8日（山梨県甲府市）.

〔その他〕

本研究で開発した教材が（株）ナリカより製品化されたもの：

http://www.rika.com/product/prod_detail1.php?catalog_no=H45-1323

本研究のホームページ：

<http://melos.ted.isas.jaxa.jp/rika/>

取り組みが取り上げられた雑誌・新聞記事：

- ① 宮っ子（兵庫県西宮市地域情報誌）, 2012年3,4月号, 上ヶ原版, p.3.
- ② 冬の夜空を観察しよう（実践者：松本榮次）. 実践事例アイデア集 小学校/特別支援学校編（日本教育工学会）, vol. 20, 74-75, 2012.
- ③ 神戸新聞, 2011年11月15日, 地域ニュース, 27面.
- ④ JAXA 佐藤教授の理科授業：天体をどう教えるか（上）小6『月と太陽』. 内外教育, 2011年7月29日号, 6-7.
- ⑤ JAXA 佐藤教授の理科授業：天体をどう教えるか（上）小4『月と星』. 内外教育, 2011年7月26日号, 6-7.
- ⑥ JAXA 佐藤毅彦教授に聞く：予定調和の実験に理科嫌いの芽. 内外教育, 2011年7月26日号, 2-3.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐藤 毅彦 (TAKEHIKO SATOH)

独立行政法人宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・教授

研究者番号：10297632

(2) 研究分担者

熊野 善介 (YOSHISUKE KUMANO)

静岡大学・教育学部・教授

研究者番号：90252155

石井 雅幸 (MASAYUKI ISHII)

大妻女子大学・家政学部・准教授

研究者番号：50453494

(3) 連携研究者

五島 政一 (MASAKAZU GOTO)

国立教育政策研究所・教育研・研究員

研究者番号：40311138

坪田 幸政 (YUKIMASA TSUBOTA)

桜美林大学・コア教育センター・教授

研究者番号：70406859

(4) 研究協力者

松本 榮次 (EIJI MATSUMOTO)

兵庫県西宮市立上ヶ原南小学校・教諭

福田 章人 (AKITO FUKUDA)

東京都多摩市立南鶴牧小学校・副校長

丸山 修 (OSAMU MARUYAMA)

熊本県熊本市立龍田小学校・教諭

岩崎 泰久 (YASUHISA IWASAKI)

東京都千代田区立富士見小学校・教諭

木村 かおる (KAORU KIMURA)

財団法人科学技術振興財団科学技術館・主任