

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25年5月31日現在

機関番号：62616

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22500905

研究課題名（和文）

新学習指導要領に基づく観察とVRを取り入れた小・中学校天文教材の開発と評価

研究課題名（英文） Development and evaluation of elementary and junior high school astronomy materials incorporating the VR and observation based on the new course of study

研究代表者

縣 秀彦（AGATA HIDEHIKO）

国立天文台 天文情報センター・准教授

研究者番号：30321582

研究成果の概要（和文）：小・中学校の天文単元で利用可能な新しい立体VR投映装置とARコンテンツ群、手作り小望遠鏡を用いた天体観察教材セット、さらに太陽観察用の複数の教材・教具の開発を行った。新しい学習指導要領で加わった小6と中3における月の学習等での活用が見込まれる。2012年5月21日の日食観察においては、本教具や観察の手引きが広く国内の小・中・高等学校等で利用され、児童・生徒の眼の障害の発生率を低く抑えることに寄与した。

研究成果の概要（英文）：We developed the available teaching materials and teaching tools in the astronomical unit of elementary and junior high school. Specifically, AR content group and the three-dimensional VR movie equipment investment, astronomical observation materials set with handmade small telescope, and teaching materials, teaching tools more than one observation of the Sun. In the eclipse observation of May 21, 2012, guidance of observation books and teaching aids are used in elementary, middle and high schools, such as domestic widely, contribute to suppressing the incidence of failure of the eyes of the children and students was.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
2012年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育学 教育学

キーワード：教育学、教育学、天文教育、観察・実験、望遠鏡、日食、バーチャルリアリティ、可視化

1. 研究開始当初の背景

新学習指導要領の2011年度以降の本格実施に向けて、2009年度より小学校、中学校では移行期カリキュラムが実施されてきた。多くの小学校では復活した小学校B区分の月

と太陽（6学年）の指導方法について、また中学校でも月に関してどのように指導するかの研究が始まっているが、戸惑う教師が多いものと推察される。旧学習指導要領においては、小学校、中学校とも月の満ち欠けにつ

いての学習は行われてこなかったからである。旧学習指導要領においては、小学4年で月を観察し位置を調べ、特徴と動きについて考えをもつことになっているが、その後5年間の天文学習のブランクがあることから、全く何も学習していないことを前提に月の学習を中学校で実施する必要がある。

新学習指導要領では6年生で月の観察が復活した。「月の輝いている側に太陽があること。また月の形の見え方は、太陽と月の位置関係によって変わること」が扱われるようになるが、あくまでも小学校では従来通り、地球からの視点による指導に留まり、視点を宇宙にずらして太陽、地球、月の相互関係と月の満ち欠けを理解するまでには至らない。ボールに光を当てて影の形から月の位相変化を類推する等のモデル実験に留まると推察される。研究代表者は観察+モデル実験を取り入れた学習+立体VR機器を使った教材等による補助によって、太陽系を鳥瞰する視点移動が小学校6年生でも標準的に可能かどうかを検討したいと考えた。

また、中学3年では、月の満ち欠けについては3つの天体の関係として観察課題を設定したうえでのカリキュラム構成を研究する必要性を感じていた。「月の観察を行い、その観察記録や資料に基づいて、月の公転と見え方を関連づけてとらえること」がその内容で、日食と月食にも触れることと新学習指導要領で定められている。本研究では、立体VR機器の活用と小型手作り望遠鏡による観察などによって、中学校3年に相応しい教材の開発を目指す。

2. 研究の目的

TIMSS2003によると、日本の中学2年の92%までが、丸い地球の中心に向かって重力が働いていることを理解している。このため、中3では太陽の回りを地球が公転していることも、地球の回りを月が公転していることも相互の重力によって生じている現象であることの定性的な理解は容易である。三球儀等の模型がない学校でも、教科書や図鑑でよく登場する俯瞰図を活用したり、数々の天文シミュレーションソフトウェアを普通教室でプロジェクターにて投影したり、パソコン教室で実習的に課題を与えて取り組ませたりという学習展開が可能である。

例えば、国立天文台で開発した「Mitaka」というソフトウェアを無料で配布している (<http://4d2u.nao.ac.jp/html/program/mitaka/>) が、すでに70万本も学校や家庭で利用されるようになってきている。このような立体視用バーチャルリアリティ (VR) 教具の具体的活用を検討することが本研究課題の目的の一つである。

小学校、中学校における太陽系の理解にお

ける単元では、その広がりを理解するため、各惑星までの距離と各惑星の大きさについて理解させるような立体VR機材の活用方法や小望遠鏡による観察・実験を取り入れた教材・教具を検討する。また、太陽系に閉じることなく、宇宙の歴史と宇宙の広がりや階層構造についても紹介できるような標準的な観察および立体VR教材を開発する。これは次々学習指導要領への反映を意識して研究開発するものである。

さらに、本研究では2011年5月21日の金環日食の際に利用可能な教材・教具について検討し、成果物を国内に広く配布することとした。

3. 研究の方法

- (1) 「モバイル4D2U」システム(立体VR)を用いた教材群(装置とコンテンツ)を作成する。
- (2) 「君もガリレオ」望遠鏡を用いた教材群(主にワークシート)を作成する。
- (3) 小・中学校で利用可能な安全な日食観察用具を開発し、日食2012年5月21日に全国で安全に観察可能な日食用の指導書や教材群を作成する。
- (4) 複数の小・中学校にて立体VRを用いた授業、望遠鏡による観察を用いた授業、金環日食・部分日食の観察授業等の実証実験授業を実施し、実証実験授業の結果を児童・生徒向けの聞き取り調査等と指導教諭向けの聞き取り調査等から総合的に評価し、教材をブラッシュアップするとともに指導にあたっての問題点を明確にする。
- (5) 完成した教材群を発表し広く学校利用に供する。
- (6) 次々回の学習指導要領改訂に向けて、小・中・高の天文単元のあり方を提言する。

4. 研究成果

(1) 立体VR機器の活用について

学校で利用可能なよう、安価で設定が容易なモバイル4D2Uシステムを試作した。これは従来、国立天文台4D2Uプロジェクトで試作してきた持ち運び可能な立体視投映システムも改良したもので、PC2台+プロジェクター2台による偏光立体視システムと、PC1台とプロジェクター1台によるシャッター方式によるものである。価格は両方とも製作実費として120万円程度であり、前者においては偏光を保存するスクリーンが高価であること、後者においては生徒一人一人に必要な専用メガネが高価であることが導入へのネックとなっている。このため、今後、プロジェクト方式ではなく、液晶またはプラズマ大型ディスプレイによる立体視システムが学校にも導入されるのではないかと予想される。本試作システムを用いて学校にて実証実験授業を計画したが、協力先との調整不

足で実現できなかった。一方、東京書籍の協力により、電子教科書でも活用できるよう、AR（オーグメンテッド・リアリティ、拡張現実感）技術により天文コンテンツを開発し、「AR で手にとるようにわかる 3D 宇宙大図鑑」という書籍にまとめて発表することが出来た。

(2) 小型手作り望遠鏡の活用について

「君もガリレオ！」望遠鏡を用いて学校で利用可能な日本語のワークシート群、全 13 種類をプロジェクトメンバーと作成した。月（15 倍用、35 倍用）、金星、火星、木星、土星、天の川、ペルセウス座流星群、アンドロメダ銀河（中学生用、小学生用）、アンドロメダ銀河とプレアデス星団、オリオン大星雲、プレアデス星団の各観察シートと事前、事後の学習の手引きである。すべて「君もガリレオ！」のウェブページより、PDF で自由にダウンロードして学校で利用できるようになっている。

<http://kimigali.jp/sheet.html>

国内においては、2012 年 5 月 25 日に宮城県石巻市の古川中学校において、国立天文台主催の「星・宇宙を身近に感じる特別授業」の一環として、君もガリレオの望遠鏡工作教室を実施した。

<http://www.hitachi-hitec.com/hitec-vision/casestudy/fukko/>

さらに、2013 年 1 月 29 日には、同様に山形県飯豊町の飯豊中学校で望遠鏡工作教室を実施し、中学校の授業において利用可能な教具であることを確認した。

さらに、本研究においては、英語版、インドネシア版、モンゴル語版、タイ語版も作成し各国で配布するとともに、政府開発支援ユネスコ活動の支援を受けて、2011 年 2-3 月にはインドネシアにて、バンドン工科大学ボスカ天文台の協力を得て、地元の小・中・高校の教師向けに指導者講習会を国立ジャカルタ第 38 高校、ジョグジャカルタ州立大学、マタラム大学、ロッコン・St. ニコラウス高校、GRAHA テクノロジーセンターの 5 箇所にて実施し 281 名が参加した。また、ワークショップ実施に先立ち、Web を整備し、新規「君もガリレオ！」ワークシート 7 種類の日本語、英語、インドネシア語版を制作した。2011 年 6~7 月にはモンゴルにて、モンゴル国立大学の協力の下、ウランバートル市、ミャンガド村、ホブド市、マンダルゴビ西方のゲル・キャンプ、マンダルゴビ市、ダランザドガド市などで講演会、望遠鏡工作ワークショップ、観望会等を実施し、全体で望遠鏡制作のワークショップに 289 名、観望会に 600 名近い参加があった。さらに、2012 年 11~12 月にはタイにて、タイ国立天文学研究所の協力の下、ウドン・タニ県、チェンマイ県、

ソクララー県、チャチューンサオ県、ナコンラーチャーシーマー県で講演会、望遠鏡工作ワークショップ、観望会等を実施し、400 名を超える教師および教育学部大学生が参加し、さらに 5 カ所のワークショップ会場の合計で約 100 名の大学等のスタッフが支援のために参加した。

この 3 年間の国内、インドネシア、モンゴル、タイにおける「君もガリレオ！」プロジェクトの実施より、日本の中学校理科における標準的な教材化に向けては、口径 5 cm 程度の安価な新しい望遠鏡と安価で丈夫な三脚の製造・開発が不可欠であることが判明した。そこで、現在は国内の学校における標準利用を目指し、新しい「君もガリレオ！」望遠鏡+三脚セットの開発に着手している。

(3) 日食観察の推進と教材の開発について

日食観察用の観察用具の開発においては、安全でかつすべての児童・生徒に配布可能な価格帯の観察素材の開発を試みた。さらに、2012 年 5 月 21 日の金環日食の安全な観察の普及作業として、パンフレット「日食を安全に観察しよう」(A4、4 ページカラー)を 10 万部制作し、全国の小・中・高等学校への情報提供、注意喚起として独立行政法人科学技術振興機構科学コミュニケーション推進本部と共同で「サイエンスウィンドウ」誌 2012 年春号(4 月初旬発行)に上記パンフレット、安全な観察方法を説明した DVD 作品、および組立式太陽観察安全グラスを全国のすべての小・中・高等学校に配布した。

また、日本天文協議会 2012 金環日食日本委員会に協力し、学校向け資料「2012 年 5 月 21 日(月)日食を安全に観察するために」

http://www.solar2012.jp/hazard/safety_for_school_201202.pdf

の制作に協力した。

日食観察におけるリスクについて検討し、論文にまとめた。現在の学習指導要領・理科では、太陽の観察が小学校 4 年、中学校 3 年、高等学校の地学基礎、地学などで実施されている。さらに日常生活でも太陽を直視してしまう危険があるので、国として日食網膜症の危険を認知し、日食グラスをはじめとする太陽観察用具の安全基準を策定し、工業製品としての規格を明確にすることをこの論文では提案した。

英国の工業規格(BSi)には、太陽観察用の遮光板に関する規格があり、欧州全域でも CE がこの規格に準拠している。これに対し、日本工業規格(JIS)には太陽観察用の遮光板の規格はない。このため、日本では波長毎の透過率として、Chou(1981)が定められた可視光領域(380nm から 780nm)で透過率 0.003%以下、近赤外線領域(780nm から 1400nm)で透過率 0.5%以下という目安を、太

陽観察用の遮光板の安全基準として製造業者が独自に判断している場合が多い。日食グラスを太陽観察用の工業製品として流通する上では、グラス部分で用いられる遮光版の波長透過率のみならず、遮光板の平行度・屈折力等の光学的性質のほか、遮光板やフレーム部分の耐久性、安全性なども考慮に入れて工業規格を確立すべきである。また、ブルーライトが日食網膜症の主たる原因であるため、近赤外線領域の透過率はChou (1981)の目安より大きめでよいと考えられる。

本研究の調査より、今回の日食では日本において推定2千万人が日食を観察したと結論づけた。なお、金環日食を目撃した人は1千万人前後と推測される。報道によると当日は日食観察に関わる目立った事故やアクシデントは無かった。また、日本眼科学会が眼に障害を生じ眼科医を受診した人の数を調査したが、過去の日食時に比べ日食網膜症の発症率は低かった。

(4) 天文単元のカリキュラムについて

小・中学校における天文単元の学習内容を増やすことは難しく、高等学校における履修との連続性を強化する必要がある。高校における理科学科の履修状況は、2011年度現在、物理科目の履修者が全国でおよそ3割、地学科目の履修者が1割以下と低い。2012年度実施の高等学校学習指導要領においては、「科学と人間生活」ほか物・化・生・地の4分野においても基礎2単位科目と4単位科目とが置かれている。しかし、生きる力として十分な学力維持が、この単位数で可能か早期検証が必要であろう。

さらに、全国の地学教員は平均年齢が50歳代後半となっており、地学を置いている都道府県においても、次回の学習指導要領改訂時には、多くの教員が退職している可能性が高い。このため、地学教育を高校で維持できるかが疑問である。高校全体での時間数配分を考慮すると、4科目理科のすべての必修は困難であり、次期学習指導要領改訂に合わせ、必修の共通理科科目または、科目内での必修項目の設定等の現実的な学習指導課程の構築が急務となっている。次期学習指導要領改訂時における全員必修の天文・宇宙分野を含む理科科目設置に関して検討する必要があると思われる。

(5) まとめ

本研究においては、①小・中学校の天文単元で利用可能な新しい立体VR投映装置とARコンテンツ、②手作り小望遠鏡を用いた天体観察教材セット、さらに③太陽観察用の複数の教材・教具の開発という3項目において、一定の成果を挙げることは出来た。しかし、開発した教具・教材の教室における実証実験

授業の実施とその成果の評価が不十分であったことを反省しなければならない。また、本研究で目標としてきた国内すべての小学校、中学校で標準的な教材・教具としての利用を完備できたのは、今回開発した太陽観察用安全グラスのみに留まった。さらに今後も継続して調査・研究を推進していく所存である。本研究の大きな成果として、2012年5月21日の日食においては、特に小・中学生での眼の障害の発生率を低く抑えることに、本研究は少なからず寄与できたことを挙げておきたい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

- ① 懸秀彦、金環日食(2012年5月21日)への取り組みとその成果についての考察、日本サイエンスコミュニケーション協会誌、査読有、Vol.1 No.1、2012、68-75、<https://www.sciencecommunication.jp/>

〔学会発表〕(計7件)

- ① 懸秀彦、次期学習指導要領における高校での必修理科科目設置に関する基礎研究、日本天文学会春季年会、2013年3月20-23日、埼玉大学(埼玉県)
- ② 懸秀彦、金環日食観察への対応は適切であったか?—リスク・コミュニケーション面からの一検証—、日本天文学会秋季年会、2012年9月22日、大分大学(大分県)
- ③ Agata, H., Report of “You are Galileo!” telescope workshop, CAP2011、2011年10月10-14日、北京(中国)
- ④ 懸秀彦、高田裕行、永井智哉、伊東昌市、西野洋平、川村晶、2012年金環日食におけるブルーライト障害への対応についての検討、日本天文学会秋季年会、2011年9月19日、鹿児島大学(鹿児島県)
- ⑤ 懸秀彦、関口和寛、石川直美、石崎昌春、小宮山浩子、高田裕行、平井明、吉田二美、川村晶、室井恭子、Hakim L. Malasan、Tsolmon Renchin 他、インドネシアとモンゴルにおける「君もガリレオ！」実施とその評価、日本天文学会秋季年会、2011年9月19-22日、鹿児島大学(鹿児島県)
- ⑥ Agata, H., “You are Galileo!” telescope workshop in Indonesia, APRIM2011、2011年7月25-29日、チェンマイ(タイ)
- ⑦ 懸秀彦、室井恭子、石川直美、平井明、高田裕行、関口和寛、伊東昌市、永井智哉、林満、三上真世、浮田信治、佐藤亜紀子、Hakim Malsan、観察とVRを取り入れた小・中学校用標準天文教材・教具の開発とその評価 I、日本天文学会春季年会、2011年3月17日、筑波大学(茨城県)

〔図書〕（計10件）

- ① 縣秀彦、河出書房新社、星の王子さまの天文ノート、2013、128
- ② 縣秀彦、誠文堂新光社、月と太陽ってどんな星?: もっとも身近で不思議な星を科学しよう、2013、94
- ③ 縣秀彦、東京書籍、ARで手にとるようにわかる3D宇宙大図鑑、2012、136
- ④ 縣秀彦、ビジュアル雑学図鑑③地球のトリセツ、グラフィック社、2012、128
- ⑤ 縣秀彦他、二見書房、日食が観測できる本、2012、60
- ⑥ 縣秀彦、学研教育出版、星と宇宙がわかる本①④、2012、各48
- ⑦ 縣秀彦、PHP研究所、宇宙の不思議がわかる事典、2011、64
- ⑧ 縣秀彦、グラフィック社、ビジュアル雑学図鑑①宇宙のはかり方、2011、128
- ⑨ 縣秀彦、PHP研究所、生命のみなもと 太陽の大研究、2010、80
- ⑩ 縣秀彦他、丸善、理科年表シリーズマイファーストサイエンス「よくわかる宇宙と地球のすがた」、2010、26-33、66-73

〔その他〕

ホームページ等

4D2Uプロジェクト

<http://4d2u.nao.ac.jp/>

君もガリレオ!プロジェクト

<http://kimigali.jp/>

金環日食への取り組みとその成果

[http://www.nao.ac.jp/releaselist/archiv
e/20120919-aneclipse/](http://www.nao.ac.jp/releaselist/archiv
e/20120919-aneclipse/)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

縣 秀彦 (AGATA HIDEHIKO)

国立天文台・天文情報センター・准教授

研究者番号：30321582

(2) 研究分担者

該当なし

(3) 連携研究者

該当なし