

機関番号：32686

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20500763

研究課題名（和文） 太陽観測衛星「ひので」の観測データを中核とした  
太陽学習教材の開発と実践研究課題名（英文） Development and Practice of Solar Teaching Materials  
mainly with Solar Observation Satellite Hinode Data

研究代表者

矢治 健太郎 (YAJI KENTARO)

立教大学・理学部・特任准教授

研究者番号：10399305

研究成果の概要（和文）：太陽観測衛星「ひので」の観測データを中核とした太陽学習教材を開発し、中学校や高校・大学で実践を行った。授業後のアンケートやレポート課題を分析することで、この開発教材が太陽という天体の理解に有効であることがわかった。また、ひので衛星と高校・科学館・公開天文台との共同観測を実現した。観測した高校生たちは、ひのでのデータを使った研究発表を行い、ひのでの観測データに関心を持つきっかけとなった。

研究成果の概要（英文）：We developed teaching materials for learning the sun mainly by observational data of Solar Satellite "Hinode" and practiced them at junior high schools, a high school and a university. Analyzing questionnaire surveys and reports after lessons, it turned out that the teaching materials are effective in understanding the sun. High schools, a science museum, and a public observatory came true to co observe with Hinode. The high school students had the presentation of their research with Hinode data. That was a start to give them interests on Hinode Data.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	2,700,000	810,000	3,510,000

研究分野：太陽物理学、天文教育

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：自然科学教育(数学、理科、物理・化学・生物・地学、情報)、太陽物理、科学衛星、ひので、動画

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 2006年9月23日、宇宙航空研究開発機構(JAXA)により、太陽観測衛星「ひので」が打ち上げられた。「ひので」には、可視光・磁場望遠鏡(SOT)、X線望遠鏡(XRT)、極紫外線撮像観測装置(EIS)の3種類の観測装置が搭載されている。これらの観測装置を用いて、「ひので」は打ち上げ以来、太陽フレアやプロミネンスのダイナミックなふるまい、黒点

や粒状斑の微細構造など、めざましい観測成果をあげ、新たな太陽物理学研究の知見をわれわれに与えている。

(2) ひのでの観測データは、宇宙航空研究開発機構(JAXA)のデータベース DARTS(Data Archives and Transmission System)上で順次公開されており、研究者のみならず教育普及関係者にも使用が奨励されている。しかし、

その研究成果が学校教育・社会教育現場にまだまだ十分に還元・普及されているとは言えない。そこで、続々と公開されている「ひので」衛星のデータを活用して、太陽の最新観測成果を教育現場に紹介し、教育効果の高い太陽学習教材を開発・提供することが必要である。

(3) すでにすばる望遠鏡の観測データや天体画像については、FITS 画像利用ワーキンググループ (PAOFITS) が教材開発を進めてきた背景がある。ひのこに関しては、ひので打ち上げ当時から、PAONET ひのこでデータ活用ワーキンググループ (PAO ひのこ) が立ち上がり、公開天文台や科学館・プラネタリウムに勤務する教育関係者と太陽研究者が協力して、初期成果をまとめた DVD を制作したり、その他教育・アウトリーチのための素材の開発を行っている。

## 2. 研究の目的

(1) 太陽観測衛星「ひのこ」の観測データを中核とした太陽観測データを用いて、太陽研究の新しい知見を学校教育 や社会教育の現場に還元する。

(2) ひのこ衛星画像を含めた太陽観測データの学習教材化を行い、太陽の階層構造(コロナ・彩層・光球)、太陽フレアやプロミネンスに代表される太陽のダイナミックな活動現象、太陽の磁場構造、太陽の活動周期の理解につなげる。また、実際に開発した教材を教育現場で実践する。

(3) 開発教材を用いた授業実践のあと、事後アンケートなど実施し、ひのこの観測画像を用いた学習教材の教育効果を評価する。

(4) ひのこ衛星に、教育目的の観測提案(プロポザル)を行い、その観測を実施する。この観測により、中・高校生や公開天文台・科学館・プラネタリウム関係者がひのこの観測データに関心を持ち、彼ら自身で観測している太陽観測データをひのこの観測データと比較、さらに解析・研究する機会を与える。

## 3. 研究の方法

(1) 本研究をすすめるにあたって、研究代表者・連携研究者・研究協力者間で十分に議論し、達成すべき全体計画と各々が進めるべき分担内容を決定した。また必要に応じて、研究内容に関する議論を行っている。その中には、1. (3) で触れた PAOFITS や PAO ひのこの定期的な研究打ち合わせも含まれている。

(2) 太陽のコロナや黒点といった太陽の基本的な構造や現象を理解する上で有効な

太陽画像をひのこのデータベースから選択し、以下の教材開発を行った。

① X 線・H $\alpha$ ・白色光の太陽画像を用いて、各画像を比較するワークシートを作成した。このワークシートを用いて、「異なった波長(光)で見た太陽」や「太陽の階層構造」を理解することを目的とする。

② ひのこで観測した、X 線コロナ・可視光黒点の高精細画像データを使った実習教材を開発した。FITS 形式(天文データの汎用フォーマット)の観測画像データを、パソコン上で天体画像解析ソフト「Makalii」を用いて閲覧し、画像データの扱い方や画像の数値が持つ意味などを学習できるようにした。

③ 研究協力者の時政典孝(兵庫県立西はりま天文台公園)は、ひのこの可視光・磁場望遠鏡(SOT)の観測データを用いて、プロミネンス物質の落下速度を求める教材開発を行った。ここでは、学術論文文化されたプロミネンスのデータを用いて教材開発を行った。

④ ひのこ X 線望遠鏡(XRT)で観測した太陽コロナの全面画像を用いたワークシートを作成し、このワークシートを使って、太陽に関する講義内容を理解する教材を開発した。

⑤ 研究協力者の山村秀人(当時、滋賀県立愛知高等学校)、時政典孝(兵庫県立西はりま天文台公園)は、ひのこ可視光・磁場望遠鏡(SOT)の観測データを用いて、黒点・粒状斑の温度を求める実習教材の開発を行なった。温度の導出方法については、連携研究者の下条圭美(国立天文台)がチェックして、その方法が妥当であることを確認した。

(3) (2)で開発した教材を用いて、実際に教育現場での授業実践を行った。

① 豊島区立巢鴨北中学校で、(2)①のワークシートを用いて、太陽をテーマとした授業を行った。X 線・H $\alpha$ ・白色光の太陽画像を比較し、その違いをワークシートに記入した。異なった波長(光)で見た太陽像の違いや、コロナ・彩層・光球などの太陽の階層構造を理解・学習した。

② 2010 年 8 月、豊島区立千登世橋中学校で、2 回にわたり、太陽をテーマにした授業を行った。1 回目では屋外での太陽観察とひのこ衛星の観測成果の紹介し、2 回目は、パソコン教室で、(2)②の実習教材を実施した。授業後にこの実習教材に関するアンケートを実施し、理解度・感想などを調査し、分析を行った。

③ 西はりま天文台公園にて、兵庫県の高中生が(2)③の教材を用いて、プロミネンス物質の落下速度を求めて、その法則性について考察した。

④ 2009年と2010年に立教大学理学部物理学の講義「太陽地球系物理概論」にて、履修学生に対し、講義後に(2)④のワークシートを用いて、太陽コロナの画像を解説するレポートを実施した。実施後、ワークシートの記述から講義内容の理解度を分析した。

(4) 2009年1月に、太陽教材ミニワークショップを実施し、研究代表者・連携研究者・研究協力者を中心に約10名が参加した。下条圭美(国立天文台)がひのでのデータについてレビューを行い、川村教夫(当時、香川県立丸亀高校)が、SOHO衛星のデータを用いた教材開発のレビューを行った。その他の参加者からも、太陽関係の科学的観測データを用いた教材開発・教育実践に関する発表・報告を行い、互いの情報交換に務めた。また、このワークショップの集録を作成した。

(5) ひので衛星と、高校や公開天文台・科学館の太陽観測と共同観測する観測提案(プロポザル)を行い、黒点・プロミネンスの共同観測を実施した。この共同観測によって、日頃太陽観測をしている高校生たちが、ひのでの観測データに関心を持ち、自分たちの太陽観測データと比較する。学校教員の教材開発や、公開天文台・科学館での展示の活用も目指す。この観測提案は「EPO campaign observation mainly for high school students(HOP173)」として採択された。観測期間は2010年9月1日から6日、12月14日から20日の2回である。共同観測の際には、各共同観測者に、観測対象・観測時間・観測方法などを連絡した。観測後は、ホームページ上で観測データを閲覧できるようにした。また、共同観測者にアンケートを実施、今回の共同観測に関する調査を行った。

(6) 以上の教材開発・教育実践の成果を、国内では日本天文学会年会・科学教育学会年会・他の天文教育関連の研究会で、海外では太陽物理・天文教育・科学教育関係の国際会議で発表を行い、現地で他の研究者と情報交換に務めた。

#### 4. 研究成果

##### (1) 多波長画像で見た太陽画像の比較

豊島区立巢鴨北中学校の理科で、(2)①のワークシートを用いて、太陽をテーマとした授業を行った。X線・H $\alpha$ ・白色光の太陽画像の比較を行い、その違いをワークシートで記入することで、異なった波長(光)で見た太陽像の違いや、コロナ・彩層・光球などの太陽の階層構造を理解・学習した。

(2) 豊島区立千登世橋中学校でのひので実習教材の実践

豊島区立千登世橋中学校で、ひのでの観測画像のデータを用いた理科授業の実践を行った。マカリという画像表示ソフトを用いて、黒点や太陽コロナの画像を解析する実習を行った。具体的には、画像データの扱い方や画像の数値が持つ意味などを学習した。事後アンケートでは、「実習はおもしろかった」という感想が半数以上を占めた反面、「実習が難しい」という感想が3分の1を占めた。また半数近くが、「観測データを見ることで太陽コロナや黒点を理解できた」と回答しており、総じて太陽を理解する上で効果的な実習だということがわかった。今後は、実習内容やワークシートの問題点を改善して、効果的な教材へと発展したい。

##### (3) プロミネンス物質の落下速度を求める

研究協力者の時政典孝(兵庫県立西はりま天文台公園)は、ひので衛星の可視光・磁場望遠鏡のプロミネンス画像から、プロミネンス物質の落下速度を求める教材を開発し、高校生に実践した。この解析結果は、日本天文学会春季年会のジュニアセッションで報告され、2009年1月にFITS画像教育利用ワークショップでも報告された。今後は、山村秀人(滋賀県立長浜北星高等学校)らの協力のもと、高校の授業の中で実践する予定である。

##### (4) 立教大学理学部での実践

2009年と2010年に立教大学理学部物理学の講義「太陽地球系物理概論」にて、履修学生に対し、講義後に(2)④のワークシートを用いて、ひのでの観測した太陽コロナの画像を解説するレポートを実施した。実施後、レポートの記述内容やキーワードを分析したところ、「コロナ」に触れた学生が83%、「磁場の構造」に触れた学生が40%と判明した。これらの数字は学生の講義の理解度を表していると考えられる。それに対しX線では観測されない「プロミネンス」に触れた学生が33%いたことから、講義内容が誤解して伝わっていることが考えられる。以上から、このような画像を使ったレポート課題は講義内容の理解や、われわれ自身の講義内容の確認でも有効であると考えられる。

##### (5) 黒点・粒状斑の温度測定

山村秀人(当時、滋賀県立愛知高等学校)、時政典孝(兵庫県立西はりま天文台公園)により、ひのでの可視光・磁場望遠鏡(SOT)のRGBの3種類のフィルターのデータを使って、粒状斑の温度測定の教材開発を行った。この教材開発には、粒状斑の具体的な温度を概算するまでに達成した。今後はいかに教材化するという作業に移行する。

山村は、矢治との共同研究により、国立天文台三鷹・太陽観測所の太陽の可視光データ

を用いて、黒点温度測定教材も開発し、授業実践を行っている。

(6)教育目的の観測提案(プロポザル)

ひので衛星との高校・科学館・公開天文台との同時観測を行う観測提案を行い、9月と12月に実施した。この共同観測には、

- ・埼玉県立浦和西高等学校
- ・滋賀県立米原高等学校
- ・大阪府立岸和田高等学校
- ・川口市立科学館
- ・兵庫県立西はりま天文台公園

が参加した。共同観測した高校は、自身の黒点スケッチやH $\alpha$ 画像をひのでのX線画像と比較し、研究活動を行った。研究結果は、府・県内の研究発表会で発表している。事後アンケートの結果から、この共同観測は高校生たちの太陽観測へのモチベーションを高めるきっかけとなったことがわかった。この共同観測は海外からの関心も高く、注目されている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

- ① 矢治健太郎、時政典孝、下条圭美、殿岡英頭、太陽観測衛星ひのでのデータを活用した教育・アウトリーチ活動、日本科学教育学会論文集、査読なし、2009年、p393-394
- ② 矢治健太郎、時政典孝、鈴木大輔、中道晶香、下井倉ともみ、PAONET ひのでデータ活用ワーキンググループ、PAONET ひのでデータ活用ワーキンググループの活動、天文月報、査読有、Vol.101, No.10, 2008年、p565-575

[学会発表] (計18件)

- ① 矢治健太郎、ひので衛星と高校・公開天文台・科学館との太陽共同観測、日本天文学会春季年会、2011年3月16日、筑波大学
- ② 矢治健太郎、ひので衛星の教育目的の観測提案、FITS 画像教育利用ワークショップ、2011年1月10日、国立天文台三鷹
- ③ 矢治健太郎、時政典孝、下条圭美、殿岡英頭、中道晶香、下井倉ともみ、Teaching Material with Use of Hinode Data, Practice and Assessment, Hinode-4: 4th Hinode Science Meeting, 2010年10月11日-15日、イタリア・パレルモ

- ④ 矢治健太郎、PAONET ひのでデータ活用ワーキンググループ、ひのでデータを活用した学校教育現場での授業実践とその評価、日本天文学会秋季年会、2010年9月22日、金沢大学
- ⑤ 殿岡英頭、鈴木大輔、江越航、上玉利剛、鷹宏道、斎藤和幸、下井倉ともみ、下条圭美、竹内幹蔵、中道晶香、本間隆幸、時政典孝、矢治健太郎、DVD「太陽のなぞに迫る」上映キャンペーンの実施と結果、日本天文学会春季年会、2010年3月24日、広島大学
- ⑥ 矢治健太郎、時政典孝、下条圭美、殿岡英頭、中道晶香、鈴木大輔、Communicating Solar Satellite Hinode data to the Public、Communicating Astronomy with the Public 2010、2010年3月16日、南アフリカ・ケープタウン
- ⑦ 時政典孝、矢治健太郎、太陽観測衛星「ひので」のデータを学校教育へ活用する、FITS 画像教育利用ワークショップ、2010年1月10日、ハートピア安八
- ⑧ 矢治健太郎、時政典孝、下条圭美、殿岡英頭、鈴木大輔、下井倉ともみ、Education and Public Outreach Activities with Hinode Data、Hinode-3: 3rd Hinode Science Meeting, 2009年12月1日-4日、東京・一ツ橋記念ホール
- ⑨ 矢治健太郎、時政典孝、下条圭美、殿岡英頭、下井倉ともみ、中道晶香、鈴木大輔、鷹宏道、江越航、斎藤和幸、竹内幹蔵、PAONET ひのでデータ活用ワーキンググループ、New Style of Education and Public Outreach Activities with Hinode Satellite Data、2009 International Conference of East-Asian Science Education、2009年10月22日-23日、台湾・台北
- ⑩ 鈴木大輔、江越航、上玉利剛、鷹宏道、斎藤和幸、下井倉ともみ、下条圭美、殿岡英頭、竹内幹蔵、中道晶香、本間隆幸、時政典孝、矢治健太郎、太陽観測衛星ひので解説DVD「太陽のなぞに迫る」の制作と配布、日本天文学会秋季年会、2009年9月14日-16日、山口大学
- ⑪ 矢治健太郎、殿岡英頭、下条圭美、下井倉ともみ、中道晶香、時政典孝、斎藤和幸、鈴木大輔、鷹宏道、竹内幹蔵、本間隆幸、江越航、上玉利剛、太陽観測衛星

「ひので」のデータを活用した教育・アウトリーチ活動、第53回宇宙科学技術連合講演会、2009年9月11日、京都大学

- ⑫ 矢治健太郎、時政典孝、下条圭美、殿岡英顕、太陽観測衛星ひのでのデータを活用した教育・アウトリーチ活動、日本科学教育学会、2009年8月25日、同志社女子大学
- ⑬ 山村秀人、荒川忠彦、矢治健太郎、PAOFITS ワーキンググループ、太陽FIT S画像による実習教材の開発と授業実践、日本天文学会春季年会、2009年3月24-27日、大阪府立大学
- ⑭ 矢治健太郎、時政典孝、下条圭美、殿岡英顕、下井倉ともみ、中道晶香、鈴木大輔、馬宏道、江越航、斉藤和幸、PAONET ひのでデータ活用ワーキンググループ、EPO Activities with Hinode、IAU シンポジウム The Role of Astronomy in Society and Culture、2009年1月19-23日、フランス・パリ
- ⑮ 下井倉ともみ、殿岡英顕、下条圭美、時政典孝、馬宏道、江越航、斉藤和幸、鈴木大輔、中道晶香、竹内幹蔵、本間隆幸、矢治健太郎、太陽観測衛星『ひので解説DVD』理解度活用度調査、日本天文学会秋季年会、2008年9月11日-13日、山口大学
- ⑯ 矢治健太郎、太陽観測衛星ひので画像を利用した学校教材、第17回天網の会、2008年9月5日、東京経済大学
- ⑰ 矢治健太郎、PAONET ひのでデータ活用ワーキンググループ、DVD『ひのでが見た太陽』の制作とその理解度・活用度の調査、第22回天文教育研究会、2008年8月12日、東海大学不知火研修センター
- ⑱ 矢治健太郎、時政典孝、殿岡英顕、下井倉ともみ、PAONET ひのでデータ活用ワーキンググループ、Hinode EPO Activities Collaborating with Astronomical Educators、The 10th Asian Pacific Regional IAU meetings、2008年8月6日、中国・昆明

〔図書〕(計1件)

- ① 矢治健太郎、PHP 研究所、太陽と地球の不思議がわかる本、2009年、208ページ

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.rikkyo.ac.jp/web/yaji/solar/>

DVD

「ひのでが見た太陽 Version2」

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

矢治 健太郎 (YAJI KENTARO)  
立教大学理学部・特任准教授  
研究者番号：10399305

### (2) 研究分担者

なし

### (3) 連携研究者

下条 圭美 (SHIMOJO MASUMI)  
国立天文台ひので科学プロジェクト・助教  
研究者番号：00332164

大山真満 (OHYAMA MASAMITSU)  
滋賀大学教育学部・准教授  
研究者番号：80332716  
(H20年度から連携研究者)

中道晶香 (NAKAMICHI AKIKA)  
京都産業大学・研究員  
研究者番号：30356125  
(H20年度から連携研究者)

下井倉ともみ (SHIMOIKURA TOMOMI)  
東京学芸大学教育学部・研究員  
研究者番号：30569760  
(H21年度から連携研究者)

### (4) 研究協力者

殿岡英顕 (TONOOKA HIDEAKI)  
国立天文台・特定技術職員

時政典孝 (TOKIMASA NORITAKA)  
兵庫県立西はりま天文台公園・係長

鈴木大輔 (SUZUKI DAISUKE)  
川口市立科学館・主事

木村かおる (KIMURA KAORU)  
科学技術館

原正 (HARA TADASHI)  
埼玉県立豊岡高等学校・教諭

五島正光(GOSHIMA MASAMITSU)  
巢鴨中学高等学校・教諭

松本直記(MATSUMOTO NAOKI)  
慶応技術高等学校・教諭

山村秀人(YAMAMURA HIDEHITO)  
滋賀県立長浜北星高等学校・教諭

稲津貴広(INATSU TAKAHIRO)  
東京都豊島区立千登世橋中学校・教諭

坂江隆志(SAKAE TAKASHI)  
埼玉県立浦和西高等学校・教諭

坂本大介(SAKAMOTO DAISUKE)  
滋賀県立米原高等学校・教諭

寺戸真(TERADO SHIN)  
大阪府立岸和田高等学校・教諭

山田晃平(YAMADA KOUHEI)  
大阪府立岸和田高等学校・生徒