

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 10 日現在

機関番号：62616

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23501027

研究課題名(和文)「ひので・あかつき」飛翔体観測データを用いた太陽・太陽系教育プログラムの開発

研究課題名(英文) Development of educational program about the sun and the solar system with spacecraft data of Hinode and Akatsuki

研究代表者

矢治 健太郎 (YAJI, Kentaro)

国立天文台・太陽観測所・専門研究職員

研究者番号：10399305

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円、(間接経費) 1,170,000円

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て、教育プログラムの開発を進めた。毎年7-8月と12月には、ひので衛星と高校・公開天文台・科学館と共同観測を実施した。参加した高校には追跡調査を実施し、「研究活動の注目点」などを調査した。金星探査機「あかつき」の観測データの教育活用について関係者と議論を行った。滋賀大学では児童・生徒の興味をひく太陽現象の調査結果をもとに、太陽観測データを用いて中学・高校で授業実践し、検証を行った。埼玉大学では、H線・Ca線・可視光による定常的な太陽観測を確立し、観測データは教育学部の教員養成系の講義に活用している。

研究成果の概要(英文)：We developed educational program with observational data by solar observation satellite "Hinode". Every summer and winter season, we had joint observations with high schools, public observatories and science museums. After that, we surveyed how participant schools use observational data. We discussed how to use the data educationally by Venus Orbiter "Akatsuki". Shiga Univ. investigated solar phenomena that students had interests, practiced at the schools and assessed. Saitama Univ. constructed solar continuous observation system and used in the lecture of department of education.

研究分野：総合領域

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：太陽 金星 太陽系 ひので あかつき X線 H 磁場

1. 研究開始当初の背景

- (1) 「ひので」は2006年9月に打ち上げられた太陽観測衛星である。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。太陽コロナの加熱機構・太陽磁場の生成機構を解明する目的で打ち上げられた。「ひので」は、いまなお観測を継続しており、2013年に迎える太陽活動極大期に向けて、重要な観測データの取得が期待される。
- (2) 「あかつき」は2010年6月に打ち上げられた金星探査機である。1 μ mカメラ、中間赤外カメラなど6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、金星大気の循環構造を階層的に観測し、超回転と呼ばれる金星大気の謎を解明することを目的としている。「あかつき」は同年12月に金星に到達しデータ取得を開始する予定だったが、残念ながら軌道投入に失敗し、2015年に金星周回軌道再投入を目指している。
- (3) 2008-2010年、科学研究費補助金・基盤研究(c)「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」を実施した。「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。
- (4) (3)において、2010年に、「ひので」の教育目的の観測提案を行い、「ひので」と高校・公開天文台・科学館と共同観測「ひので衛星といっしょに太陽を観測しよう」を実施した。この共同観測は太陽研究者から評価が高く、継続して行われることになった。
- (5) (4)の共同観測において、滋賀県や埼玉県の高校と連携できる素地ができた。さらに、滋賀大学教育学部及び埼玉大学教育学部の教員を研究分担者とするすることで、高校・大学と密着した教材開発・実践体制が整った。

2. 研究の目的

- 本研究の目的は、太陽観測衛星「ひので」と金星探査機「あかつき」の2機の飛翔体観測データを用いた太陽・太陽系教育プログラムを、教育学部所属の大学教員と中高等学校教員との共同研究の中で、構築・開発することである。具体的には以下の6つを目指した。
- (1) 「ひので」と「あかつき」のデータを用いた教育素材の開発
 - (2) 開発教育素材を用いた授業実践とその評価(学校教育現場との連携)
 - (3) 開発教材の普及活動(公開天文台・科学館も含めた教育機関)
 - (4) 教育目的の観測プロポザルの継続的提案
 - (5) 太陽・太陽系分野の総合的学習プログラムの構築
 - (6) 将来的な発展的課題の提案(次世代衛星・探査機データに向けた教材開発の提案)

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。
- (2) 2010年から2012年の7・8月及び12月に、共同観測「ひのでといっしょに太陽を観測しよう」を実施した。この共同観測には、中学校・高校、大学の教育学部、公開天文台、科学館等が参加している。また、観測結果がどのように活用されたか、追跡調査を行い、その評価を行った。
- (3) 立教大学理学部物理学科講義「宇宙地球系物理概論」にて、履修学生に対し、講義後太陽コロナの画像を解説するレポート課題を実施した。レポート内容の記述から講義内容の理解度を分析した。
- (4) (2)の共同観測で得られたデータをパッケージ化して実習教材を検討・開発した。

この教材を、実際に高校生を対象に実習を実施し、その評価を行った。

(5) 金星探査機「あかつき」の観測データの教育活用について関係者と議論を行った。2011年6月23日-27日は、「あかつき」「ひので」による太陽風の共同観測を行い、その解析を行った。

(6) 滋賀大学では、児童・生徒・学生の興味をひく現象等を調べるため、教育学部生、高校、中学校、小学校で「ひので」データを用いた講演等を行った。2012年5月22日は、太陽・太陽系分野の総合的学習の一環として可視光・H線の波長による金星日面通過の観察会を開催した。

(7) 埼玉大学では、H線・Ca線・可視光を用いて、「ひので」との同時地上観測及び定期的な太陽観測を行った。観測画像はホームページ上で公開し、教育学部の教員養成系の講義に活用している。また、高校教員と共同で高校物理・地学教材を目的とした太陽観測用可搬型小型分光器を開発した。

(8) 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・日本地球惑星連合大会年会・他の天文教育関連の研究会で、海外では太陽物理・天文教育の国際会議で発表し、現地で他の研究者と情報交換に務めた。

(9) 太陽望遠鏡ワークショップを開催し、今極大期の太陽活動や、太陽観測の手法及び観測データを使った教育実践に関する発表・情報交換を行った。

4. 研究成果

(1) 「ひので衛星といっしょに太陽を観測しよう」の実施とその評価。

毎年7-8月と12月に共同観測「ひので衛星といっしょに太陽を観測しよう」を実施した。15の学校・天文施設が参加し、主に活動領域(黒点)やプロミネンスの観測を行った。

いくつかの学校は共同観測結果を研究

発表した。研究テーマは「太陽の階層構造」や「黒点の磁場」など多岐にわたっている。

追跡調査の結果、ひのでのX線画像の活用が多いのに対し可視光画像が少ないことがわかった。またJAXAのデータベースを活用するのも限られていることがわかった。

(2) 立教大学理学部では、2011年と2012年に講義「宇宙地球系物理概論」にて、履修学生に対し、講義後に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課題を実施した。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。

(3) 秋田大学地学セミナーにおける高校生対象の画像解析実習

(1)の共同観測データをもとに「太陽自転周期を求める」「黒点の発達過程の追跡」「多波長観測による活動領域の比較」「太陽フレアの解析」などの実習課題を検討し、教材のパッケージ化を行った。

2013年1月27日、「秋田大学地学セミナー」において、高校生を対象に解析体験実習「君も今日から太陽研究者」を実施した。実習に参加した高校生は実習結果をその場で発表した。この実習を通して、高校生が太陽黒点や太陽フレアについて相互に理解を深めることができたことがわかった。

(4) 研究協力者の山村秀人(滋賀県立長浜北星高校)は、国立天文台の太陽活動データベースの白色光画像を用いて、離心率を導出する実習教材の開発と授業実践を行った。授業実践の結果、地球公転軌道の離心率を求めると同時に、ケプラーの第一法則の理解を深める教材であることを示した。

(5) 「あかつき」は残念ながら2010年12月に金星周回軌道に投入することはできなかったが、金星接近時に金星画像を各波長で取得することができた。この画像の教育活用と、加えて、2015年の軌道再投入後の教育活用の可能性について議論した。

(6) 滋賀大学では児童・生徒・学生の興味

のひく現象等を調べるため、教育学部生、滋賀大学附属中学校、京都府県内小学校2校に対して「ひので」データを用いた講演等を行った。2012年5月22日は、太陽・太陽系分野の総合的学習の一環として可視光・H線の波長による金星日面通過の観察会を開催した。観察会は教育学部生、教職員を対象とし、のべ100人以上の参加があった。また、京都府内高校2校に対して、太陽観測衛星「ひので」のデータを用いて講演を行った。

(7) 埼玉大学で太陽観測及びデータ活用

埼玉大学では、教育学部生を中心に、H線・Ca線・可視連続光波長を用いて「ひので」との同時地上観測及び定期的な太陽観測を行い、観測や画像処理の方法及び「ひので」データの取得や扱い方について習得した。

定常的な太陽観測体制も確立し、観測画像はホームページ上で公開している。

取得した太陽画像は、教育学部の教員養成系の講義に活用している。

(8) 埼玉大学では、埼玉県立高校教員と共同で高校物理・地学教材を目的とした太陽観測用可搬型小型分光器を開発した。この分光器によって、H線、他のスペクトル線によって、太陽画像が得られることを確認した。

(9) 2012年3月24日に「太陽望遠鏡ワークショップ2012」、2014年3月9日「太陽望遠鏡ワークショップ2014」を実施した。それぞれ約40名、70名が参加者した。特に、後者では、最新の太陽画像の処事情報を知るとともに、公開天文台や天文愛好家が取得している太陽画像を集約するシステムについて議論を行った。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計8件)

山村秀人, 時政典孝, 洞口俊博, 五島正光, 原正, 畠浩二, 矢治健太郎, 古荘玲子, 金光理, 太陽活動データベース画像を利用して地球公転軌道の離心率を導出す

る実習教材の開発と実践, 地学教育, 査読有, 2014, p123-138

Takeshi Imamura, Munetoshi Tokumaru, Hiroaki Isobe, Daikou Shiota, Hiroki Ando Mayu Miyamoto, Tomoaki Toda, Bernd Häusler, Martin Pätzold, Alexander Nabatov Ayumi Asai, Kentaro Yaji, Manabu Yamada, Masato Nakamura, Outflow structure of the quiet Sun corona probed by spacecraft radio scintillations in strong scattering, The Astrophysical Journal, 査読有, 2014,

787,117, DOI:10.1088/0004-6374/788/2/117

矢治健太郎、サウジアラビア天文探訪記、天文月報、査読なし、106、2013、p151-156
http://www.asj.or.jp/geppou/archive_close/2013_106_02/106_151.pdf

矢治健太郎、ひのでといっしょに太陽を見よう 高校生たちとの共同観測、天文月報、査読なし、2013、106、p503-511

http://www.asj.or.jp/geppou/archive_close/2013_106_07/106_503.pdf

Jun Takahashi, Yumiko Oasa, and et al., Phase Variation of Earthshine Polarization Spectra, Publications of the Astronomical Society of Japan, 査読有, 65, 2013, p38-46

DOI:10.1093/pasj/65.2.38

Tsuyoshi Terai, Yumiko Oasa, et al., Time-series photometry of Earth flyby asteroid 2012 DA14, 査読有, Astronomy & Astrophysics, 559, 2013, p106-109

DOI:10.1051/0004-6361/201322158

矢治健太郎、太陽観測衛星「ひので」からわかったこと、Rikatan(理科の探検)、査読なし、687、2011、p26-31

大山真満、太陽の基礎知識、Rikatan(理科の探検)、査読なし、687、2011、p4-9

〔学会発表〕(計21件)

ひので衛星といっしょに太陽を観測し

よう！ 中高生との共同観測キャンペーン
、矢治健太郎、日本地球惑星連合大会 2014、
2014年4月29日、パシフィコ横浜(神奈川県)

Kentaro Yaji, Hinode Education and
Outreach Activities in Recent Years and in
Future, Hinode7 Science Meeting, 2013年
11月12日-15日、日本・高山(岐阜県)

Kentaro Yaji, Communicating Solar
Observations among Amateurs, Educators,
Professionals and the Public,
Communicating Astronomy with the Public
2013, 2013年10月17日、ポーランド・ワル
シャワ

大朝由美子、他、光・赤外線天文学大学
間連携による短期滞在実習プログラムの実
施、日本天文学会秋季年会、2013年3月19
日-22日、国際基督教大学(東京都)

Ohyama, M and Itonori, S., Science
education in teacher training program,
KIFEE 国際シンポジウム, 2014年3月16日-19
日、同志社大学(京都府)

矢治健太郎、川村教一、大山真満、大朝
由美子、君も今日から太陽研究者！ - ひので
衛星データを使って解析体験実習 -、日本天
文学会秋季年会、2013年3月21日、埼玉大
学(埼玉県)

大朝由美子、ほか埼玉大学教育学部天文
学研究室一同、埼玉大学望遠鏡を用いた星空
観望会の報告、日本天文学会春季年会、2013
年3月21日、埼玉大学(埼玉県)

寺居剛、大朝由美子、他、小惑星 2012 DA14
地球大接近時の連続測光観測、2013年3月
20日-23日、埼玉大学(埼玉県)

高橋 隼、大朝由美子、他、地球照観測
から得られた地球の偏光分光特性、2013年3
月20日-23日、埼玉大学(埼玉県)

矢治健太郎、ひので衛星が見た太陽の最
新像 - 太陽と地球の意外な関係 -、埼玉県
高等学校理化研究会地学研究大会、2012年
12月10日、埼玉県立川越高校(埼玉県)

山村秀人、矢治健太郎、PAOFITS ワーキ
ンググループ、他、太陽活動データベース画
像を利用した地球軌道離心率教材の開発と
実践、日本天文学会秋季年会、2012年9月
19-21日、大分大学(大分県)

Kentaro Yaji, Hinode Education and
Outreach Activities in Recent Years and in
Future, XXV IAU General Assembly, 2012年
8月30日、中国・北京

Kentaro Yaji, Let 's Look at the Sun
with Hinode Together! - EPO Joint
Observations for High school Students -,
Hinode6 Science Meeting, 2012年8月14日
-17日、スコットランド・セントアンドリュ
ース(英国)

今村剛、矢治健太郎、他、金星探査機
「あかつき」による太陽コロナ電波シンチレ
ーション観測、日本地球惑星科学連合大会、
2012年5月20-25日、幕張メッセ(千葉県)

矢治健太郎、大山真満、大朝由美子、他、
ひので衛星と高校・公開天文台・科学館との
太陽共同観測データアーカイブの活用、日本
天文学会春季年会、2012年3月19日、龍谷
大学(京都府)

殿岡英顕、下条圭美、矢治健太郎、時政
典孝、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5年間の活動、日本天文学会春季年
会、2012年3月19日、龍谷大学(京都府)

坂江隆志、大朝由美子、花岡庸一郎、太
陽観測用小型分光器の製作と応用、日本天文
学会春季年会、2012年3月19日、龍谷大学(京
都府)

Takeshi Imamura, Hiroki Ando, Nanako
Mochizuki, Hiroaki Isobe, Ayumi Asai,
Kentaro Yaji, Yoshifumi Futaana, Mayu
Miyamoto, Zen-ichi Yamamoto, Tomoaki Toda,
Alexander Nabatov, Radio occultation
observation of the solar corona with Venus
explorer Akatsuki, AGU Fall Meeting 2011,

2011年12月5-9日, San Francisco, California, USA

池内伸圭、大山真満、田中憲治、三谷麻美、天体望遠鏡での天体観察に関する教育教材の開発、日本理科教育学会近畿支部大会、2011年11月26日、滋賀大学教育学部附属中学校(滋賀県)

Kentaro Yaji, Advanced Challenges for Communicating New Sun with Hinode Satellite, Communicating Astronomy with the Public 2011, 2011年10月12日、中国・北京

②① 大朝 由美子、教員養成の立場からの天文教育の実態と課題、天文教育普及研究会関東支部会、2011年6月19日、埼玉県立浦和高等学校(埼玉県)

[図書](計 4件)

大朝由美子、富田晃彦、富田良雄、仲野誠、成田直、福江純、室井恭子、恒星社厚生閣、天文宇宙検定3級公式教科書 2013-2014版、2013, 128

大朝由美子、沢武文、時政典孝、富田晃彦、富田良雄、福江純、松村雅文、室井恭子、吉富進、恒星社厚生閣、天文宇宙検定2級公式教科書 2013-2014年版、2013, 152

天文宇宙検定委員会(大朝由美子他)、恒星社厚生閣、天文宇宙検定1級公式問題集 2013-2014年版、2013, 118

柴田一成、大山真満、浅井歩、磯部洋明、ナノオプトニクス・エナジー出版、最新画像で見る太陽、2011、131

[その他]

「ひので衛星といっしょに太陽を観測しよう」
<http://hinode.nao.ac.jp/user/yaji/hinode/issho/>

「埼玉大学教育学部天文学教室・太陽観測のページ」

[http://www.astron.sci.edu.saitama-u.ac.](http://www.astron.sci.edu.saitama-u.ac.jp/sun.html)

[jp/sun.html](http://www.astron.sci.edu.saitama-u.ac.jp/sun.html)

科学ライブショー「ユニバース」

<http://universe.chimons.org/index-ja.html>

本研究で得られた太陽画像や観測結果を紹介

6. 研究組織

(1)研究代表者

矢治 健太郎 (YAJI, Kentaro)

国立天文台・太陽観測所・専門研究職員

研究者番号：10399305

(2)研究分担者

大山 政光 (OHYAMA, Masamitsu)

滋賀大学・教育学部・准教授

研究者番号：80332716

大朝 由美子 (OASA, Yumiko)

埼玉大学・教育学部・准教授

研究者番号：10397820

(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

勝川 行雄 (KATSUKAWA, Yukio)

国立天文台・ひので科学プロジェクト・助教

研究者番号：00399289

佐藤 毅彦 (SATO, Takehiko)

宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・太陽系科学研究系・教授

研究者番号：10297632

今村 剛 (IMAMURA, Takeshi)

宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・太陽系科学研究系・准教授

研究者番号：40311170

川村 教一 (KAWAMURA, Norikazu)

秋田大学・教育文化学部・准教授

研究者番号：80572768

(2012年度から連携研究者)