

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 20 日現在

機関番号：55301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23501047

研究課題名(和文) 未来のガリレオ育成のための天文教育 インターネット天文台の活用

研究課題名(英文) Astronomy Education for the Training of Future Galileo -Towards the Use of Internet
Astronomical Observatory-

研究代表者

佐々井 祐二 (Sasai, Yuji)

津山工業高等専門学校・その他部局等・教授

研究者番号：40235239

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円、(間接経費) 1,260,000円

研究成果の概要(和文)：天文教育のため、小中学生を対象とする公開講座としての「天体観測会 君も未来のガリレオだ！」を17回開催した。これらの公開講座は望遠鏡操作係を担当する補助学生を教育した。補助学生はセイファート銀河や食連星の観測に取り組んだ。2012年3月、我々は校舎屋上に天体観測室を構築した。この観測室には赤道儀と口径35cm ACF鏡筒が装備されている。この赤道儀のジェミニ2システムはネットワーク上のPCのWebブラウザから制御することができる。また、我々はASCOMプラットフォームを用いる天体観測室の制御についても調査した。

研究成果の概要(英文)：We have held seventeen sessions of open lectures entitled "Astronomical Observation Meeting - You are a Future Galileo, too! -" for elementary and junior high school students. These open lectures educated assistant students who operated telescopes. The assistant students also worked on observation of eclipsing binaries and Seyfert galaxies. In March 2012, we constructed an astronomical observatory on the rooftop of our school building. This observatory is equipped with an equatorial mount and a 35cm diameter ACF (Advanced Coma-Free) telescope. The Gemini 2 system of this equatorial mount can be controlled by the Web browser of a PC on a network. We also investigated the control of our astronomical observatory using the ASCOM (ASTronomy Common Object Model) platform.

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：天文 公開講座 観測

1. 研究開始当初の背景

インターネット天文台

研究代表者は 2008～2010 年度の科学研究費他により、口径 35cm シュミットカセグレ式天体望遠鏡（経緯台式）と冷却 CCD カメラ、口径 4cm 太陽望遠鏡等の装備品からなる天文台（東天体観測室）を津山工業高等専門学校学校の校舎屋上に設置した。ネットワーク上の任意のクライアント PC のブラウザ上からこの天文台のスライドルーフ開閉、望遠鏡やカメラの遠隔制御を可能とした（図 1）。しかし、天体導入精度の向上と最近の冷却 CCD 等のカメラが使用できるよう近代化が課題である。

インターネット天文台（あるいはリモート天文台）の国内の状況を説明する。1995 年頃、和歌山県のみさと天文台（尾久土正己台長）にて天文台の撮影画像や動画をインターネットで配信が始まった。1998 年からは現 JAXA の佐藤毅彦教授によるインターネット天文台計画がスタートし、4 基の天文台が神奈川、千葉、熊本（大学）、ガーナに設置された。また、同教授により、一辺 30cm 程度のアルミケースに CCD カメラを入れ、遠隔地の星空を見せる星座カメラ i-CAN が米国ヤークス天文台等に設置され、精力的な活動をされている。また、2003 年より慶應義塾大学インターネット天文台プロジェクトがスタートし、口径 20cm 望遠鏡装備の天文台が東京都府中市、ニューヨークなどに設置された。しかし、世界的に見ても、完全遠隔制御可能な天文台はごく少数しか存在しない。最近、Windows Xp/Vista/7 のリモートデスクトップを利用する天文台も実現されているが、これは Windows XP/Vista/7 の安定性とインターネット回線の帯域幅を要求し、また、ブラウザからの遠隔制御には対応していない。



図 1 土星のストリーミング画面

天体観測会

2009 年は、イタリアの科学者ガリレオ・ガリレイが初めて望遠鏡を夜空に向け、宇宙への扉を開いた 1609 年から 400 年後の節目の年、世界天文年であり、未来を担う子供達に

天文への興味を喚起する絶好のタイミングであった。そこで、2009 年度より本校の口径 35cm シュミットカセグレ式望遠鏡や口径 4cm 太陽望遠鏡などを用いて、岡山県津山地域の子供達に天体観測の面白さを体験してもらうことを目的とした公開講座の「天体観測会—君も未来のガリレオだ！—」を開催しており、受講生から 100%に近い肯定的評価を得ている。

2. 研究の目的

惑星探査機「はやぶさ」が 2010 年に地球に帰還したことは我々に大きな感動をもたらした。研究代表者は世界天文年 2009 を契機として、小学生から高専生までの年齢層を中心とする「未来のガリレオ」の育成活動を行っている。本研究では、2009 年度に構築した天文台を利用し、天体観測会やインターネット経由での教育を積極的に行う。また、科学データも取得可能とするよう天文台の改良を図る。

地域小中学生に対しては、天体観測会により天文や科学に対する興味の涵養を図る。また、プロジェクトに参加する高専生については、公開講座補助学生を担当し小中学生を教えることにより、逆に自身の教育を受ける。さらに天体写真撮影だけでなく、天体の測光観測や分光観測を体験し、分析を行う。このような活動により、地域小中学生と高専生の天文や科学に対する興味を引き出すことで未来のガリレオ達を育成したい。

3. 研究の方法

2010 年度現在の東天体観測室の構成を説明する。観測室の中には Linux を OS とする制御 PC を配置している。制御 PC には望遠鏡と室内モニタカメラからの映像を切り換えながら取り込むビデオカードと望遠鏡、冷却 CCD カメラ、気象観測装置、制御 BOX を制御するためのインタフェースカードを増設している。これらの制御は CGI プログラムを交えて行われる。また、取り込んだビデオ画像は ffmpeg + ffserver によりストリーミングされ、WWW ブラウザからアクセスしたクライアントの Real Player 画面に表示される。冷却 CCD カメラは冷却して使用するデジタルカメラカメラのようなものであるが、冷却することでノイズを軽減し、長時間露光が可能となる。Web サーバと制御 PC の間は TCP/IP のソケット通信により、コマンド、データのやり取りを行う。

東天体観測室の整備作業としては、口径 35cm シュミットカセグレ式望遠鏡の換装がある。2010 年度現在の望遠鏡は光軸調整をしてもやや星像が曖昧だと感じていた。後継の新型 ACF 光学系の鏡筒に換装し、シャープな星像の観測ができるようにしたい。また、望遠鏡は追尾精度向上のため赤道儀方式とする。

実際は東天体観測室をそのままとし、導入

した ACF 鏡筒の赤道儀を格納するスライディンググループ観測室（西天体観測室）を構築する大掛かりなものとなった。しかし、東天体観測室に加え西天体観測室を整備できたことで、充実した天文教育を行うことが可能となった。

天体観測会については、地域に浸透してきて本校の人気講座となっている。年間4、5回の天体観測会を開催し、地域小中学生と保護者に対する天文教育を継続する。

望遠鏡操作係を担当する本校学生に対しては、「教えることで教えられる」という相互教育の効果がある。企画まで視野に入れて補助学生を担当させたい。また、岡山県井原市の美星天文台との連携も含めて、学生はセイファート銀河や食連星などの科学的データ取得により、測光解析や分光解析による教育的研究を行う。

4. 研究成果

4.1 天体観測会—君も未来のガリレオだ！—

世界天文年 2009 年より、地域の小中学生とその保護者を対象とする公開講座としての天体観測会を開催している。

天体観測会の目的としては、本校の口径 35cm 望遠鏡、口径 25cm 望遠鏡、口径 4cm 太陽望遠鏡などを用い、様々な天体の様子を観察する、また、簡単な望遠鏡を自作するなど、興味をもって楽しみながら天文の世界にふれることとした。

表 1 2011 年度スケジュール

| 回 | 開催日時 | 内容 | 備考 |
|---|-------------------------|--------------------------------|--|
| 1 | 5/18(水) 19:15～20:45 | 口径 35 cm 望遠鏡で土星を見よう | 月齢 14.8 参加者約 42 名(受講生 20 名含) 予備日 5/20(金) |
| 2 | 8/3(月) 18:15～20:45 | 手作り望遠鏡で月を見よう | 月齢 5.3 参加者約 40 名(受講生 24 名含) 予備日 8/5(金) |
| 3 | 9/30(金) 19:15～20:45 | 津山市河辺公民館「天体観測教室」木星と天王星、海王星を見よう | 月齢 2.7 参加者 20 名 |
| 4 | 10/31(月) 18:30～20:00 | 接近した木星を見よう | 月齢 4.3 参加者約 35 名(受講生 19 名含) 予備日 11/2(水) |
| 5 | 12/13(火) 17:45～20:15 | 宵の明星 金星を見よう | 月齢 17.9 参加者約 36 名(受講生 19 名含) 月球儀も作成 予備日 12/15(木) |

表 2 2012 年度スケジュール

| 回 | 開催日時 | 内容 | 備考 |
|---|------|----|----|
| | | | |

| | | | |
|---|-------------------------|---------------------------|--|
| 1 | 5/25(金) 19:30～21:00 | 口径 35cm 望遠鏡で土星と火星を見よう | 月齢 4.1 参加者約 40 名(受講生 23 名含) 予備日 5/28(月) |
| 2 | 7/25(水) 18:30～21:00 | 夏休みスペシャル 手作り望遠鏡で月を見よう | 月齢 5.9 参加者 48 名(受講生 24 名含) 予備日 7/27(金) |
| 3 | 7/26(木) 19:30～21:00 | 津山市東苦田公民館「天体観測教室」夜の惑星を見よう | 月齢 7.3 参加者 30 名 |
| 4 | 8/24(木) 19:30～21:00 | 津山市河辺公民館「天体観測教室」 | 月齢 6.5 参加者 36 名 |
| 5 | 11/19(月) 19:00～20:30 | 口径 35cm 望遠鏡で木星を見よう | 月齢 5.2 参加者 38 名(受講生 17 名含) 予備日 11/21(水) |
| 6 | 12/17(月) 18:00～20:30 | 夏秋冬の星座を見よう | 月齢 3.8 参加者 33 名(受講生 15 名含) 月球儀も作成 予備日 12/19(水) |

表 3 2013 年度スケジュール

| 回 | 開催日時 | 内容 | 備考 |
|---|------------------------|----------------------------|---|
| 1 | 5/13(月) 19:30～21:00 | 口径 35cm 望遠鏡で木星と土星を見よう | 月齢 3.1 参加者 48 名(受講生 24 名含) 予備日 5/15(水) |
| 2 | 7/12(金) 19:45～21:15 | 津山市東苦田公民館「天体観測教室」金星と土星を見よう | 月齢 3.8 参加者 38 名 |
| 3 | 7/23(火) 18:30～21:00 | 夏休みスペシャル 手作り望遠鏡で月を見よう | 月齢 14.8 参加者 52 名(受講生 25 名含) 予備日 7/24(水) |
| 4 | 9/20(金) 19:00～20:30 | 津山市佐良山公民館「天体観測教室」お月見 | 月齢 14.6 参加者 39 名 |
| 5 | 11/8(金) 18:30～20:00 | 口径 35cm 望遠鏡で金星を見よう | 月齢 4.6 参加者 40 名(受講生 22 名含) 予備日 11/11(月) |
| 6 | 12/6(金) 18:00～20:30 | 夏秋冬の星座を見よう | 月齢 3.1 月球儀も作成 予備日 12/9(月) |

年間の興味深い天文現象を調べ、以下の点に留意して 2011 年度～2013 年度はそれぞれ表 1～表 3 のように開催日程を決めた。下線の日程が実施日である。

- (1) 対象は小学校 3 年生～中学校 3 年生
- (2) 基本的に無料講座とした。費用は組み立て望遠鏡キットの実費のみ
- (3) 観測可能な天体中に惑星と月があるか
- (4) 小中学校の夏休みの行事予定を考慮
- (5) 当日が雨天・曇天の可能性があるので、予備日を設ける

小学生の場合、保護者同伴を要請している。小学生の受講生に対し、保護者に加え兄弟も参加することが多く、実際は受講生定員の2倍程度が参加している。また、なるべく沢山の天体の観測をしてもらうために、受講生定員を20名としているが、少し多く25名程度抽選している。本校地域連携推進室は近郊小学校に講座案内を配布するだけでなく、新聞のイベント案内にも掲載している。

実施体制は、教員1名、補助学生（望遠鏡操作担当、双眼鏡担当）として3年自発的学習科目チャレンジゼミナル生を約10名、受付や案内、記録写真担当として地域社会連携推進室職員2名とした。教員は公開講座企画・準備と当日の星座解説・運営を行った。観測会は校舎管理棟屋上で行われるので、屋上手すりに耐久性のあるネットを張り巡らしている。

単なる観測会でなく簡単な天文学習も行うため、受講者には毎回学習資料を配付している。当日のスケジュールとしては、観測会のみの場合は1時間半の公開講座とし、最初に大講義室にて、今夜の見所説明、諸注意、ミニプラネタリウム上映の後、参加者は屋上に上がり各種望遠鏡で約1時間程度観測し、最後にアンケートを採り終了となる。ただし、工作を伴う場合は1時間追加して、2時間半の公開講座としている。

アンケートについては「この公開講座があることを何で知りましたか」等8個の質問項目があるが、肝心の満足度「この公開講座を受けて良かったと思えましたか」の項目は毎年96%程度の肯定的評価が得られており、天体観測会開催の意義が感じられる。天体観測会の様子を図2と図3に示す。



図2 天体観測会の様子（2011年10月31日）



図3 天体観測会の様子（2012年11月21日）

4.2 西天体観測室

2012年3月に、口径35cm ACF鏡筒を大型赤道儀に同架させた西天体観測室（図4）を本校の校舎屋上に構築し、3年チャレンジゼミ生と共に、校内外向けの天体観測会や測光観測など様々な天文教育研究活動を行っている。

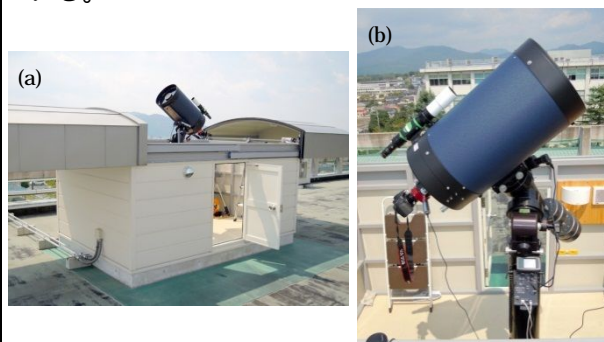


図4 西天体観測室((a)外観 (b)口径35cm鏡筒と赤道儀、メインコントロールパネル、ハンドコントローラ)

西天体観測室赤道儀の制御系であるジェミニ2システムは、Windows PC上のプラネタリウムソフトに対応しているが、Webブラウザからはハンドコントローラよりも詳細な制御を行うことができる。また、最近は天文機器ドライバの統合パッケージとして、Windows用ではオープンソースのASCOMプラットフォームがあり、その活用の広がり期待されている。ここでは、ジェミニ2システムとASCOMプラットフォームについての調査を報告する。

鏡筒は米国Meade社の口径35cm ACFのLX200ACF-35、赤道儀は米国Losmandy社のHGM TITANである。TITAN赤道儀はピリオディックエラー ± 5 秒角以内、最大搭載重量約45kg（撮影用鏡筒搭載時）の性能を有している。

赤道儀コントローラとしては、同社のジェミニ2（Gemini 2）システムを使用する。ジェミニ2は初めてタッチパネルを採用した赤道儀コントローラであり、操作性に優れる。

大きな特徴としてモデルと極軸修正機能PAC（Polar Axis Correct）がある。モデルはデータベース座標と望遠鏡が指向する天球座標との正確なシンクロナイズを実現するためのパラメータであり、複数の基準星を導入することにより構築される。Meade LX200だと2スターアライメントであるが、ジェミニ2ではドイツ式赤道儀のコーンエラーを考慮し、子午線を挟んだ東半球と西半球で別々にモデルを構築する。基準星1個までで赤経・赤緯軸の座標エラーの補正、5個までで極軸エラーの補正、9個までで赤経赤緯両軸の非垂直パラメータを加えて補正、10個以上で鏡筒やカウンターウェイトのたわみまで補正する。モデル情報は保存・読み出しが可能のため、自動導入とフリーストップが両立する。

4.2.1 ASCOMとは

ASCOM (Astronomy Common Object Model) とは、ベンダーに依存しないプラグアンドプレイ制御を指向する天文ソフト開発者や天文機器製造業者のグループが主導している標準規格である。ASCOM に準拠する事で、機器の違いによる実装上の問題をある程度吸収することができる。そのために、Windows に ASCOM Ver.6 をインストールするが、内蔵デバイスドライバの不足があれば、さらに ASCOM 対応デバイスドライバをインストールする。

4.2.2 ASCOMインストール

西天体観測室の Windows 7 の制御 PC に ASCOM をセットアップした。ASCOM については、ASCOM 標準規格のホームページより、最新版「ASCOMPlatform 6SP2.exe」をダウンロードの上、インストールする。赤道儀コントローラについては、ASCOM 標準規格、あるいは Gemini 2 Mount Controller のホームページから圧縮ファイル「GeminiTelescope Installer_1.0.51.0.zip」をダウンロードし、解凍の上、インストールする。

フォーカサーとして、西天体観測室では、MoonLite Telescope Accessories の MoonLite CS Focuser を導入している。USB ポートの COM ポート化にはやや作業が必要である。カメラドライバについて、ASCOM 用のドライバを提供するメーカーもあるが、デジタル一眼レフカメラ (DSLR) と冷却 CCD カメラの代表的なメーカーでは、特に ASCOM 用のドライバは提供していない。そのため、カメラコントロール用のソフトウェアには商用のものが多い。他に、ドームコントローラ、フィルターホイール、視野回転装置等については、天文専用であるので、ASCOM に対応している装置が多い。

4.2.3 ASCOM利用例

デスクトップ上の「ASCOM Diagnostics」アイコンをダブルクリックして、各種デバイスの設定をしても構わないが、ここでは、数種のデバイスを立ち上げ、月面を撮影する手順を紹介する。

(1) 赤道儀 (ジェミニ 2): 赤道儀のジェミニ 2 システムの電源を投入後、デスクトップ上の「Gemini Telescope」アイコンをダブルクリックして表示される「Gemini」ウィンドウ (図 5) 下部の「Connect」ボタンをクリックし、ジェミニ 2 との通信を開始する。「Setup」ボタンをクリックし、プルダウンメニューの中から「Advanced Gemini Settings ...」を選択すると、現在のジェミニ 2 システムの設定が読み出されているのが分かる。

「Func」ボタンをクリックし、「Object and Coordinates ...」を選択すると「Object RA and DEC Coordinates」が表示され、「Catalogs ...」ボタンをクリックすると表示される「Bright Star List」から「Vega a Lyr」を選択し、右にある「Go To」ボタンをクリックすると、この座ベガに向けて鏡筒が移動する。

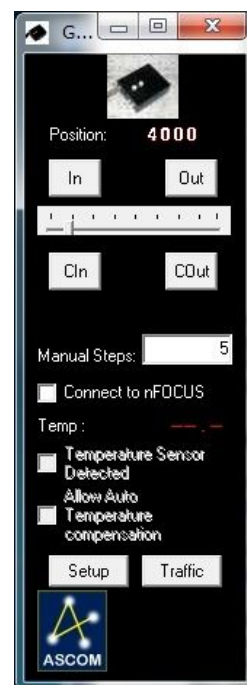


図 5 ジェミニ 2 ASCOM ドライバ画面

図 6 nFOCUS ASCOM ドライバ画面

(2) フォーカサー (nFOCUS): デスクトップ上の「GCUSB_nFOCUS」アイコンをダブルクリックすると表示される「GCUSB_nFOCUS」ウィンドウ (図 6) で、「Connect to nFOCUS」にチェックを入れると通信が始まる。ライブビュー画面で確認しながら、「In」と「Out」ボタンにより、フォーカスを調整する。

(3) カメラ (Canon 60D): デスクトップ上の「EOS Utility」ボタンをダブルクリックして、「EOS Utility」を起動させると、図 7 (a) のコントロール画面が表示される。ここで「ライブビュー」を選択するとフォーカス合わせが簡単である。「EOS Utility」で ISO、シャッタースピード等を調整して、撮影ボタンをクリックすると図 7 (b) のように撮影画像の月

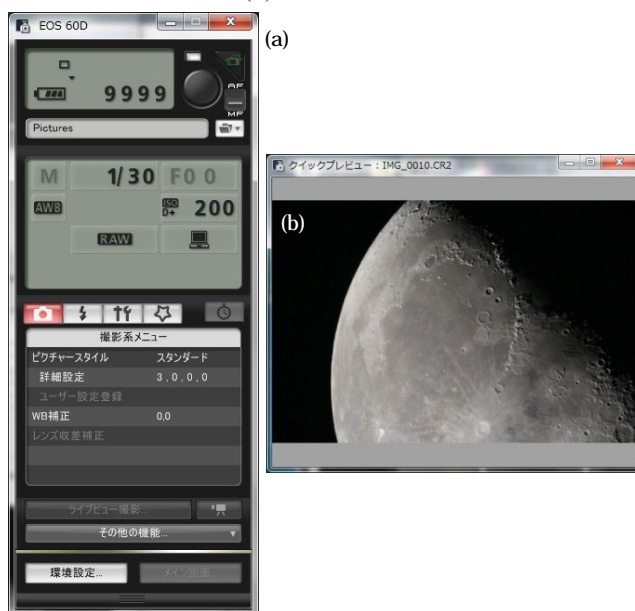


図 7 EOS Utility 画面 (a) コントローラ、(b) クイックビュー)

のプレビュー画面が表示される。

ASCOM 対応の画像解析・天文台操作統合ソフト MaxIM DL や AstroArt などを利用すると、ベンダー依存性と機種依存性を排除することができ、各種一眼レフカメラや冷却 CCD カメラについても同一の操作手順が実現できる。

4.3 教育的天文研究

岡山県にある美星天文台の 101cm 望遠鏡公募観測では、採択された課題に対して 22 時から翌朝 4 時まで 101cm 望遠鏡を占有使用することができる。以前より活用していたが、2013 年度は 3 年チャレンジゼミ学生と共に短周期食連星の測光観測を行った。さらに、意欲的な学生が日本天文学会ジュニアセッション発表を希望したので、データ整約、データ解析と考察、発表「短周期食連星の測光観測と光度曲線の作成」の指導を行った。

食変光星としてはペルセウス座アルゴルが有名であり、2.867 日の周期で 2.12 等級から 3.39 等級の範囲で変光する。今回は一晩で 1 周期の変光が起こる短周期型の V1191 Cyg と V0523 Cas を撮影し、光度曲線から周期を求め、食連星の大小関係とお互いの距離を調べることを目標とした。

内容をまとめ、2014 年 3 月 22 日に 3 年チャレンジゼミ生 1 名が日本天文学会ジュニアセッションにて発表し、活発な質疑応答を行った(図 8)。また、2014 年 1 月 24 日、3 年チャレンジゼミ生 5 名が美星天文台口径 101cm 望遠鏡を使用し、おおぐま座の北斗七星のそばにある銀河 M82 において発見されたばかりの超新星 SN2014J の撮影に成功した。図 9 の円内の天体が SN2014J である。



図 8 日本天文学会ジュニアセッション発表(2013 年 3 月 22 日)

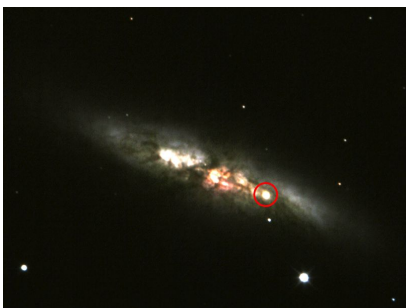


図 9 おおぐま座超新星 SN2014J 撮影(円内、2014 年 1 月 24 日)

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 4 件)

佐々井祐二、天文台構築と天文教育活動、津山工業高等専門学校紀要、第 53 号、査読なし、2012、pp.59-64

佐々井祐二、大規模部分日食と金星日面通過観察会～中国地方のある高専の活動記録～、天文教育、Vol.24、No.4、査読なし、2012、pp.21-22

佐々井祐二、新天体観測室の構築とすばる望遠鏡の利用法、津山工業高等専門学校紀要、第 54 号、査読なし、2013、pp.71-76

佐々井祐二、ジェミニ 2 システムと ASCOM プラットフォーム、津山工業高等専門学校紀要、第 55 号、査読なし、2014、pp.63-67

[学会発表](計 4 件)

佐々井祐二、2011 年度天文教育活動とインターネット天文台、計測自動制御学会中国支部津山地区計測制御研究会、2012 年 2 月 4 日、津山圏域雇用労働センター

佐々井祐二、高専からの「すばる望遠鏡」の教育的利用についての要望、第 8 回最新の天文学の普及をめざすワークショップ - 世界最先端を突き進む『すばる望遠鏡』 -、2012 年 9 月 11 日、自然科学研究機構国立天文台

佐々井祐二、津山高専における小中学生向け天体観測会 - 君も未来のガリレオだ! -、日本天文学会 2013 春季年会、2013 年 3 月 20 日、埼玉大学

佐々井祐二、津山高専の天文教育施設と装備 - Losmandy ジェミニ 2 システムについて -、第 27 回天文教育研究会、2013 年 8 月 20 日、山口教育会館

6. 研究組織

(1)研究代表者

佐々井 祐二 (SASAI YUJI)

独立行政法人国立高等専門学校機構

津山工業高等専門学校・専門学科共通

科目・教授

研究者番号：40235239