

天文台構築と天文教育活動

佐々井 祐二*

Construction of an Astronomical Observatory and Educational Activities of Astronomy

Yuji SASAI

In the International Year of Astronomy 2009, we built an astronomical observatory and started astronomy education. We have already held eleven sessions of open lectures entitled "Astronomical Observation Meeting - You are a Future Galileo, too! -" for elementary and junior high school students. An "Internet Astronomical Observatory" is equipment that a user can operate remotely in real time using an Internet web browser. We have constructed the "Tsuyama Internet Astronomical Observatory", which is equipped with a 35cm diameter Schmidt-Cassegrain telescope and a cooling CCD camera.

Key words : astronomy education, open lecture, internet astronomical observatory

1. 緒 言

世界天文年 2009¹⁾の目的は、ガリレオ・ガリレイによる天体望遠鏡を用いた初めての天体観測から 400 年目であることを記念し、世界中の人々に天文学と宇宙への関心を持ってもらうことであった。国内でも様々なイベントがあり、子供達に天文や宇宙への興味を喚起する非常に意味のある年であった。応用物理研究室では 2009 年 3 月に、口径 35cm シュミットカセグレン式望遠鏡と口径 4cm H α 太陽望遠鏡を装備するスライドルーフ天文台を構築し、5 年卒業研究において天体の測光・分光観測に関する天文学の教育的研究を行っている。そこで、卒業研究生の天文基礎教育も兼ねて、小中学生を対象とする天体観測会^{2), 3), 4)}を計画した。

本校は小中学生を対象とする公開講座を活発に開催している。しかし、天体観測会は通常の公開講座と違い、天候に左右され、思うほど簡単な講座ではない。また、教育講座とするためにも入念な事前準備が必要である。

2010 年 6 月に小惑星探査機「はやぶさ」が帰還し、我々に大きな感動を与えた。理科離れが叫ばれて久しいが、本研究では、天文・宇宙分野の教育により、小中学生や本校学生の自然科学に対する興味を喚起することも目的としている。

本研究では、本校管理・一般科目棟屋上に、ネットワーク経由で完全遠隔制御可能な天文台を構築し、教育・研究活動を行う「津山インターネット天文台プロジェクト」を進めている。インターネット天文台と言うと、近年の IT 社会では結構ありそうな気がするが、それはプロ用の大天文台や、動画や画像の受信のみ可能な天文台が大半である。また、専門業者に依頼すると完全遠隔制御システムの構築のための費用はハードウェア整備費と同額程度掛かるようである。そのため、予算の限られた教育現場の天文台においては、制御系の開発が必要となる。工夫をしながらなるべく安価に構築を行うことが、ひいては学生教育にも繋がるであろう。制御システム構築には、制御 PC からスライドルーフ、望遠鏡や冷却 CCD カメラへのシリアル制御技術、ネットワーク上のクライアント PC からの指令を制御 PC に中継するソケット通信技術などが必要である。制御 PC 上では、望遠鏡や冷却 CCD の制御コマンドを、Perl による CGI プログラムで操る必要がある。また、天文学の基礎知識も欠くことはできない。インターネット天文台とは「天体観測ロボット」⁵⁾のようなものである。

本稿では、天体観測会について、その活動内容と受講生アンケートの簡単なまとめについて報告する。また、津山インターネット天文台の開発状況についても報告する。

2. 公開講座「天体観測会」

2. 1 公開講座の目的

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 12.5cm 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ている。

2. 2 公開講座の年間スケジュール

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 35cm 望遠鏡で土星を見よう	月齢 14.8 予備日 5/20(金)
2	8/4(木) 18:15~20:45	夏休みスペシャル 手作り望遠鏡で月を見よう	月齢 4.3 予備日 8/5(金)
3	10/31(月) 18:45~20:15	接近した木星を見よう	月齢 4.3 予備日 11/2(水)
4	12/13(火) 17:45~20:15	宵の明星 金星を見よう	月齢 17.9 月球儀も作成 予備日 12/15(木)

年間の興味深い天文現象を調べ、以下の点にも留意して表 1 のように今年度の開催日程を決めた。

- 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

2. 3 実施体制と実施方法

実施体制は年度により異なるが、2011 年度は教員 1 名、補助学生として望遠鏡操作・双眼鏡担当の 3 年チャレンジゼミ生 5 名と研究室 OB の専攻科生 1 名の合計 7 名の体制としている。教員は公開講座企画・準備と当日の説明・運営を行った。観測会は校舎管理棟屋上で行われるので、今までは念のため、屋上手すりにアニマルネットを張り巡らし、不測の事態に備えていた。現在は、屋上

手すりに耐久性のあるネットを張り巡らしている。図 1 に天文台の外観を示す。

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、受講生を 20 名程度に絞ってある。本校テクノセンター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。初年度は受講生集めに苦労もあったが、段々と天体観測会が地域に浸透してきたせいか、2011 年度第 1 回は定員に対する申込が 3 倍、第 2 回は 4 倍もあった。

2. 4 当日のスケジュール

表 2 当日のスケジュール

30 分間	開会、諸注意と見所説明、星座早見使用法説明、プラネタリウム上映(10 分程度)、屋上へ移動
55 分間	望遠鏡や双眼鏡、眼視により天体観測、大講義室に移動
5 分間	アンケート、閉会

単なる観測会でなく簡単な天文学習も行うため、受講生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表 2 のように、観測会のみ場合は 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。

2. 5 公開講座の実施内容

2011 年度に実施済みの公開講座について紹介する。

第 1 回 口径 35cm 望遠鏡で土星を見よう

5 月 18 日 (水) 19:15~20:45 無料
受講生 20 名+保護者他約 22 名

「今夜の見どころ」と「恒星と惑星」についての説



図 1 天文台外観



図 2 2011 年度公開講座の様子 ((a) は第 1 回, (b) は第 2 回)

明、短いプラネタリウム上映の後、参加者約 42 名は屋上に上がった。晴天に恵まれ、段々暮れていく空を見上げながら、北斗七星からたどって「春の大曲線」「春の大三角」「春のダイヤモンド」、さらに「ししの大がま」を確認した。

望遠鏡では、うしかい座アルクトゥールス、おおぐま座 2 重星ミザール、ヘルクレス座球状星団 M13、うみへび座木星状星雲 NGC3242 などを観測していったが、やはり一番人気は、輪が綺麗に見えるようになってきた土星だった。また、20 時 20 分過ぎには東の空から赤い月が昇って来る様子も観望できた。新聞社の取材も 2 社あり、地域版ではあるが新聞誌面にて本校の広報に一役買うこともできた。公開講座の様子を図 2(a)に示す。

第 2 回 手作り望遠鏡で月を見よう

8 月 4 日(木) 18:15~20:45
組み立て望遠鏡キット 1,900 円
受講生 23 名+保護者他約 17 名

諸注意とケプラー式望遠鏡の仕組み説明の後、受講生は木工ボンドを使用して組み立て望遠鏡の作成に取り組んだ。約 1 時間の熱心な作業の後、受講生全員がケプラー式とガリレオ式兼用の望遠鏡を完成させた。今夜の見所のプラネタリウム上映の後、19 時 45 分頃から、参加者約 40 名は晴天の屋上に登り、望遠鏡を月齢 4.3 の月に向けた。ピントが合った綺麗な月を見た後、横の土星観察にも成功した参加者もいた。また、本校の口径 35cm 望遠鏡などでヘルクレス座 球状星団 M13、こと座リング星雲 M57 など観望した。公開講座の様子を図 2(b)に示す。

2. 6 第 2 回のアンケート結果

2009 年度は本校テクノセンターのアンケートを詳細に分析でき、5 回の公開講座の肯定的な評価が 96%であった。詳細については参考文献 4) を参照されたい。ここでは、2011 年度第 2 回のアンケートを分析した。受講生 24 名に対し、回答数 27 である。保護者の回答も含んでいるようである。図 3

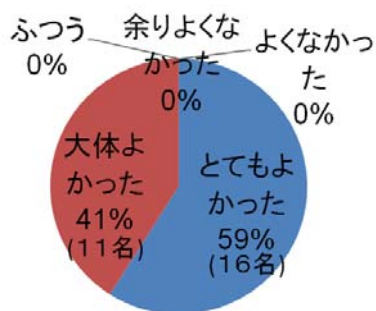


図 3 この公開講座を受けてよかったと思いましたが？

のように、肯定的評価が 100%であった。

また、以下のような感想が得られた。肯定的感想、要望、少し考えさせられる感想を含んでいる。

- ① 土星が月の隣にあるのがすごいと思った
- ② 今日作った望遠鏡で星は結構見れた
- ③ 望遠鏡がどういう仕組みで大きく見せるのかがよく分かった
- ④ 大人・成人向け講座もあったらいいな・・・
- ⑤ もっといろんな星を見たい
- ⑥ 望遠鏡づくりが少し難しかったです
- ⑦ もう少し時間が欲しい

3. 津山インターネット天文台プロジェクト

3. 1 インターネット天文台とは

我々は「インターネット天文台」とは「観測の開始から終了までを、インターネット経由のユーザがリアルタイムに遠隔操作できる設備」だと考えている。しかし、「インターネット天文台」と呼ばれているものには、「(1) 天体望遠鏡から CCD カメラ等で撮像した画像（動画）をインターネット経由で不特定多数のクライアントに配信するタイプ」が大半であり、「(2) 天体望遠鏡や天文台ルーフのコントロールまでインターネット経由で行い、オペレーターに加えて、その他のクライアントも天体画像（動画）の配信を受けることができるタイプ」の天文台は少ない。

完全遠隔制御方式である(2)のタイプの天文台としては、現在 JAXA 所属の佐藤毅彦教授のグループが慶應高校、東京理科大学、熊本大学⁶⁾、海外のガーナに構築したインターネット天文台がある。2003 年 12 月に完成したガーナ天文台⁷⁾を利用すると、ガーナの夜空を日本の昼間の教室で観察することができる。「地球の裏側から夜空を教室へ！」が実現できるわけである。

佐藤グループのインターネット天文台のホームページでは、グループの 4 箇所の天文台の中から、晴れている場所の天文台を選択し使用することができる。これら天文台では口径 20cm~25cm のシュミットカセグレン式望遠鏡 Meade LX-200GPS が装備されており、望遠鏡操作には予約が必要である。また、この熊本大学方式の天文台ではスライドルーフの開閉を伴い、終了の際には望遠鏡がホームポジションに収まっているか、スライドルーフが完全に閉じているか、応答信号だけでなくモニタカメラで監視を行っている。現在利用できるものはガーナ天文台のみのものである。また、同グループはアクリルドームを載せた一辺 30cm のアルミ立方体に CCD カメラを格納する「星座カメ

ラ i-CAN」を世界的に展開している。

高度なルーフ制御を伴わずメンテナンスフリーを実現しているものとして、2003 年から始まった慶應義塾大学インターネット望遠鏡プロジェクトがある (図 4)．ガラスピラミッドを載せたスチールボックスに、口径 20cm と 6cm の天体望遠鏡と広角カメラを格納している．将来的にゲストアカウントも用意されるらしい．プロジェクトでは、東京都府中市とニューヨークに 2 台の望遠鏡を設置している．



図 4 慶應義塾大学インターネット望遠鏡 (サイトより引用)

3. 2 天文台整備

本研究では 2008～2010 年度の科学研究費、2008 年度本校重点整備費他により、口径 35cm シュミットカセグレン式天体望遠鏡 (経緯台式) と冷却 CCD カメラ、口径 4cm H α 太陽望遠鏡等の装備品からなる天文台を津山工業高等専門学校校舎屋上に設置した。

天体観測用スライドルーフ観測室は協栄産業製 SR23DA であり、そのサイズは縦 2m×横 3m×高さ 1.8m (ルーフオープン時 1.4m)、重量約 0.8 トンである。また、ルーフ電動開閉対応である。2008 年 12 月 22 日、校舎屋上にコンクリート基礎工事を行った。また、観測室をクレーンにて屋上に吊り上げ (図 5 (a))、仮置きした。コンクリート基礎が固まった 2009 年 1 月 13 日、観測室を基礎の上にアンカーボルトで固定した (図 5 (b))。2 月 9 日には電源と LAN を金属管で配線する工事を行い、ルーフが電動開閉するようになった。主望遠鏡については、国内総代理店に事情があり遅れたが、当初の目的のため中古品を 3 月 19 日に納入、設置した (図 5 (c))。

主望遠鏡としてはミード社製の口径 35cm LX-200GPS を使用している。LX-200GPS は天体の自動導入・自動追尾が容易で、業界標準の制御コマンド系を有している。また、8cm 屈折式望遠鏡を同架しており、これはガイドスコープとしての利用の他に、視直径の大きい太陽・月を観察するために利用される。また、昼間の太陽面観察のために口径 4cm H α 太陽望遠鏡も同架されている。通常天文台として利用可能になったので、2009 年度

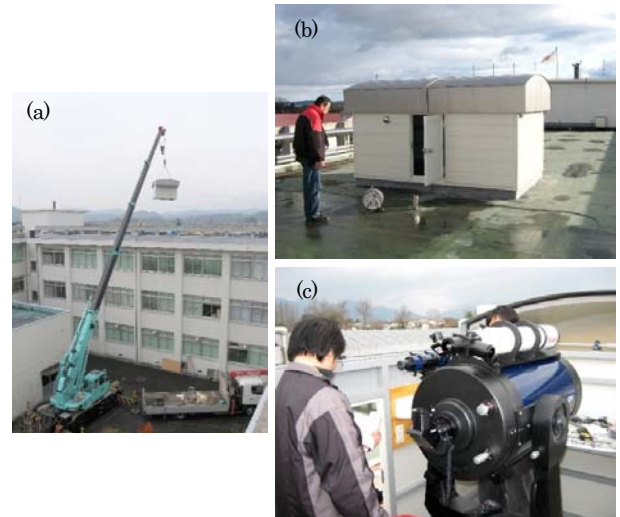


図 5 天文台設置工事 (a) スライドルーフ吊上 (b) 屋上設置 (c) 望遠鏡据付)

から、5 年卒業研究生や 3 年チャレンジゼミ生を補助学生として、天体観測会を開催している。

3. 3 インターネット天文台機能構築

図 6 の天文台構成図⁸⁾を説明する。電動スライドルーフの中には Linux を OS (Fedora) とする制御 PC がある。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 (ViewCast 製) 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 4 ポートシリアルカード (IBSJapan 製) を増設している。取り込んだビデオ画像是 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。

自作制御 BOX には共立電子製リレーボード RBIO-1 と高出力リレーが内蔵されており、スライドルーフ制御や装置の電源制御、ビデオ信号の切り換えを行う。天体を視野中央に導入するためには視野の広い (低倍率の) ガイドスコープを利用する。ガイドスコープに天体を導入した後、視野の狭い (高倍率の) 望遠鏡で、天体を視野中央に導入する。現在、切替機能によりビデオ信号をモニタカメラ、ガイドスコープと主望遠鏡のどれか一つと切り替えて、動画を配信するようになっている。また、準備中の星座カメラも増設する予定である。

主望遠鏡の撮像装置として、SBIG 社製冷却 CCD カメラ STV を使用する。CCD チップを電子冷却することで、長時間露光が可能であり、画像是常時ビデオ出力される。この冷却 CCD カメラは、夜モードでは口径 35cm シュミットカセグレン式望遠鏡に接続し、昼モードでは口径 4cm 太陽望遠鏡に接続し使用される。冷却 CCD カメラで撮影した RAW 画像と PNG 画像はメールの添付ファイルと

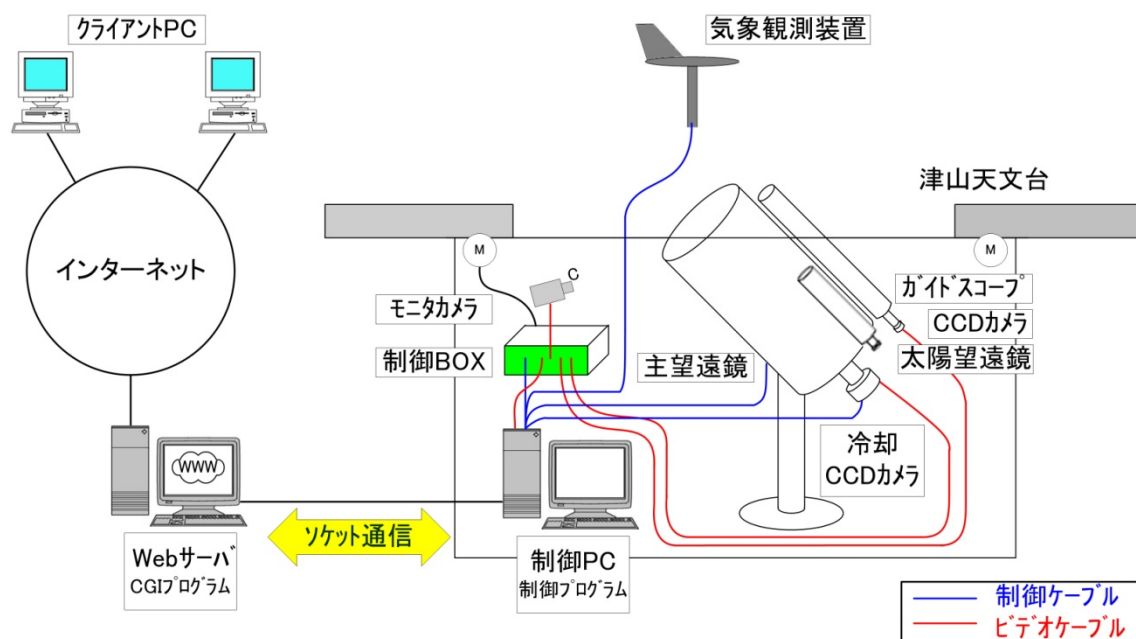


図 6 津山インターネット天文台構成図

して、登録してあるメールアドレスに送信される。

インターネット経由で天文台を遠隔制御する際、雨天や強風の中で、スライドルーフを開けてしまうと天文台を危険に晒すことになる。そのため気象情報を知るウェザーモニターセンサ Davis Vantage Pro2 を設置している。

制御 PC に Web サーバ機能を持たせて外部に公開しても良いのだが、セキュリティを考慮して、Web サーバ (CentOS) を別に立ち上げている。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っている。従って、インターネット上のクライアント PC がアクセスできるのは Web サーバのみとなっている。

ここで肝心の制御プログラムについては、佐藤グループが天文学会で配布した根幹プログラム (RedHat 用) をベースとし、現在の機器 (Fedora と CentOS) で利用できるよう変更を加えている。

3. 4 天文台操作方法

津山インターネット天文台の操作方法について概略を説明する。ここでは、例として土星観察を紹介する。

(1) 「津山インターネット天文台」へアクセス

ネットワーク上の PC のブラウザから、天文台トップページ (図 7)

URL : <http://gpc180.center.tsuyama-ct.ac.jp/ASOB-i/> へアクセスする。ただし、この URL は校内限定ページなので、今後変更される。また、「いま見えている天体」の全天画像をクリックすると、AstroArts 社の安喰修氏作成 Xplns により、現在の天体の様子を表示する。



図 7 天文台トップページ

(2) ユーザ認証

「お名前」と「パスワード」を入力し、ユーザ認証を行う。認証後は「開けゴマ!」ボタンをクリックすると、望遠鏡、CCD カメラ、照明に電源が入り、ルーフが開く (図 8(a))。

(3) 土星選択

選択カテゴリの「惑星・月」を選択し、「惑星と月の選択画面」を表示する。その中で「土星」を選択し、「Submit Job」ボタンをクリック、さらに赤経・赤緯を確認の後、「Submit Job」ボタンを再度クリックする (図 8(b))。最初、望遠鏡は北のホームポジションを向いているが、土星を自動導入するためその向きを変えていく。この時、その様子をクライアント PC の Real Player でモニタリングできる。

(4) 土星観察

望遠鏡が土星の方向を向くと、まず、ガイドス

コープで撮像された CCD カメラのビデオ映像が Real Player に表示される (図 8 (c)). 土星が Real Player 画面中央に来るように、操作画面上で望遠鏡の微動を行う。次に、「シナリオ」中で「主望遠鏡へ切替」を選択すると、主望遠鏡の冷却 CCD カメラのビデオ映像が Real Player に表示される。操作画面上で冷却 CCD カメラのフォーカスと明るさの調整をして、「ズーム」から「ズーム望遠」を選択すると、拡大された土星を観察することができる。また、「静止画」を選択すると、冷却 CCD カメラにより天体の精緻な RAW 画像を撮像することができる。

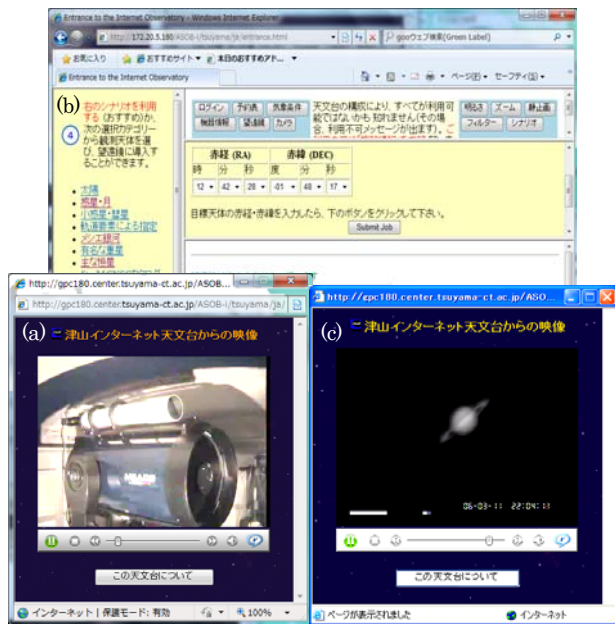


図 8 操作例 ((a)ルーフオープン, (b)土星導入操作, (c)土星ビデオ映像)

(5) 観測終了

観測が終了したら、操作画面左側の「観測終了」ボタンをクリックする。まず、望遠鏡がホームポジションへ向きの移動を開始する。室内照明が点灯し、Real Player 上には室内の様子が表示される。望遠鏡はスリープモードへ移行し、冷却 CCD カメラの電源が OFF となり、ルーフが閉じていく。室内照明が消灯、ビデオ配信が停止、それぞれの機器の電源状態を表示して、終了となる。

4. 結 言

本稿では応用物理研究室が取り組んでいる公開講座「天体観測会」、津山インターネット天文台プ

ロジェクトについて紹介した。天体観測会については、殆どが肯定的評価であり、成功しているといえる。天候に左右される天体観測会について、予備日設定は現状通りで良いが、天文講座や裏メニューの蓄積が必要だと考える。また、参加者が望遠鏡を操作できる「体験型観測会」も目指し、未来のガリレオ達の育成活動をさらに発展させていきたい。ブラウザからコントロールできる津山インターネット天文台を構築した。現在の天体導入精度は 20 分角程度である。面積の小さい CCD カメラのチップ面 (1/3 インチ) に対して天体を導入するためには、主望遠鏡では 6 分角程度、副望遠鏡では 38 分角程度に天体を導入する必要がある。現在、天体導入精度の調整中であり、早期の外部公開と教育における活用を図りたい。

なお、本取組は科学研究費補助金 (20500769) と 2009-2010 年度マツダ財団科学技術振興関係事業助成、2008 年度本校重点整備事業費を受けて行ったものであり、ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 世界天文年 2009 サイト, <http://www.astronomy2009.jp/>
- 2) 佐々井祐二: 津山高専「天体観測会—君も未来のガリレオだ!—」の紹介, 第 24 回天文教育研究会集録 (2010) 166-169
- 3) 佐々井祐二: 未来のガリレオ育成のための天文教育活動, 平成 23 年度 全国高専教育フォーラム 教育研究活動発表概要集 (2011) 349-350
- 4) 佐々井祐二, 最上勲: 公開講座「天体観測会—君も未来のガリレオだ!—」—教員と学生が取り組む小中学生向け天文啓蒙活動について—, 論文集「高専教育」, 第 34 号 (2011) 601-606
- 5) 佐々井祐二, 辻啓介: 大島インターネット天文台の構築, 論文集「高専教育」第 29 号 (2006) 719-724
- 6) 佐藤毅彦, 前田健悟, 大中敦, 松本康裕, 高橋庸哉, 児島紘, 坪田幸政, 松本直記: 熊本大学インターネット天文台の構築—その新機軸—, 熊本大学教育学部紀要, 自然科学第 51 号 (2002) 1-7
- 7) 佐藤毅彦, 前田健悟, 坪田幸政, 松本直記, 榎原保志, 山崎良雄: 地球の裏側から夜空を教室へ!, 天文月報, 第 96 巻第 11 号 (2003) 565-571
- 8) 佐々井祐二, 最上勲: 津山インターネット天文台実現へ向けて, 日本物理学会講演概要集第 65 巻第 1 号第 2 分冊 (2010) 430