

機関番号：55301
 研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2008～2010
 課題番号：20500769
 研究課題名（和文） インターネット天文台と計算機シミュレーションによる科学教育の新展開
 研究課題名（英文） New Development in Science Education using an Internet Astronomical Observatory and Computer Simulation
 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

研究成果の概要（和文）：

インターネット天文台はインターネット上のユーザがリモートでリアルタイムに観測できる装置である。その操作は Web ブラウザ上で行われる。我々は口径 35cm シュミットカセグレン式望遠鏡と冷却 CCD カメラを装備した「津山インターネット天文台」を構築した。また、天文教育のため、世界天文年 2009 より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 9 回開催した。計算機シミュレーションの活用も含めて、今後も継続して科学教育を行う。

研究成果の概要（英文）：

An "Internet Astronomical Observatory" is equipment that a user can operate remotely in real time using an Internet web browser. We have built the "Tsuyama Internet Astronomical Observatory", which is equipped with a 35cm diameter Schmidt-Cassegrain telescope and a cooling CCD camera. Since the International Year of Astronomy in 2009, we have held nine sessions of open lectures entitled "Astronomical Observation Meeting – You are a Future Galileo, too! –" for elementary and junior high school students. We intend to continue this type of science education that includes practical use of computer simulation.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,700,000	810,000	3,510,000
2009年度	600,000	180,000	780,000
2010年度	400,000	120,000	520,000
年度			
年度			
総計	3,700,000	1,110,000	4,810,000

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：インターネット、天文、シミュレーション

1. 研究開始当初の背景

研究代表者は平成 15～16 年度の科研費他により、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 太陽望遠鏡等の装備品からなるインターネット天文台を前任校である大島商船高等専門学校（山口県）の校舎屋上に構築

した。ネットワーク上の任意のクライアント PC のブラウザ上でこの天文台のスライドルーフ開閉、望遠鏡やカメラの制御を行うことができ、天文台は完全遠隔制御可能となっていた。制御プログラムについては、後述の熊本大学方式の流れを汲んでいるが、天文台はスライドルーフ観測室のサイズ、望遠鏡口径

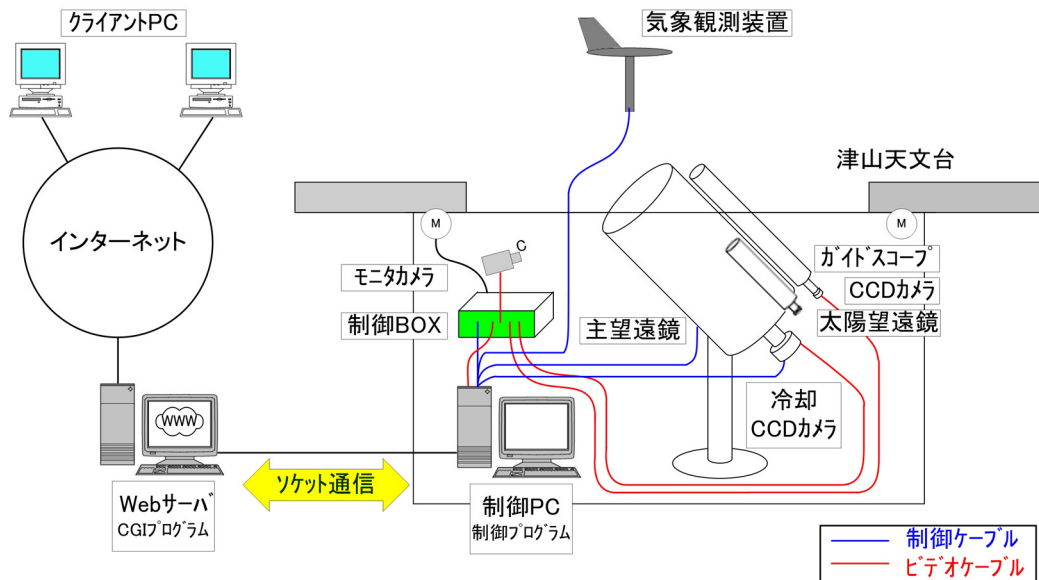


図1 津山インターネット天文台構成図

の相違点がある他に、ガイドスコープ用の口径 8cm 屈折望遠鏡のアイピースに接続した CCD カメラからの広角ガイド映像と主望遠鏡の冷却 CCD カメラからのビデオ映像を切り替えて観測する方式としていた。

研究代表者は、平成 18 年 4 月より岡山県にある津山工業高等専門学校に在職している。そこで、前任校での経験を基に「津山インターネット天文台」を構築し、教育面のみならず科学研究への貢献を目指したい。

リモート天文台（あるいはインターネット天文台）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、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。耐久性あるいは継続管理の問題からか、構築されたリモート天文台も数年で運転を止めているものもあるようである。最近、Windows Xp/Vista 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 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。

科学教育へ容易に活用できるバーチャル

リアリティ技術も発展してきた。実験では実現することが不可能な物理現象についても、計算機の性能向上につれて、シミュレーションにより探求していくことが可能となってきた。Java や Flash を用いたシミュレータや視覚化コンテンツ作成により、特色ある科学教育の実現を目指したい。また、天文台とシミュレーションプログラムの操作については、Web サーバへアクセスして行うという共通点があり、相乗効果が期待できる。

2. 研究の目的

2007 年には衛星「かぐや」も月周回を始めた。研究代表者は、高等専門学校や高等学校の物理系科目をより魅力的にするための方策として、宇宙・天文についての教育と Flash 等を用いた計算機シミュレーションによる物理現象の視覚化に注目している。本研究ではインターネット天文台の構築と教育への活用を主目的とする。また、構築される天文台を津山高専の学生のみならず地域の小中学生の公開講座「天体観測会」に利用し、未来のガリレオ達を育てたい。Web サイトからの情報発信という共通の利用形態のある計算機シミュレーションの技法による物理的概念の視覚化コンテンツについても取り組みを目指したい。

日本の昼間に、地球の裏側では夜となる。従って、理想を言えば熊本大学グループのようにガーナ等にインターネット天文台を構築するのがベストである。しかし、運用管理面や外国との相互利用まで考慮に入ると、IT 革新が加速する現代、日本国内にインターネット天文台を構築して、その効果的な活用方法を探ることも意味がある。また、インターネット天文台について、望遠鏡や撮影装置などの構成や制御方法についても、より良い

方法を探りたい。

3. 研究の方法

津山インターネット天文台の構築

天文台の基本設計、設置工事、観測機器調節、制御プログラム調整などに取り組む。校舎屋上に口径 35cm のリッチークレチアン式望遠鏡と口径 4cm 程度の太陽望遠鏡を設置し、冷却 CCD カメラ、自作する制御 BOX、制御用 PC を接続する。これらの機器を観測室に格納することが必要となるが、そのために不可欠な施設である観測室については本科研費と連動させる別種類の予算申請により実現を目指す。また、小型太陽望遠鏡と気象情報を知るウェザーモニターセンサについては現用品を使用する。

図 1 の天文台構成図を説明する。観測室の中には Linux を OS とする制御 PC を配置する。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する。これらの制御は作成する CGI プログラムも交えて行われる。また、取り込んだビデオ画像は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。

制御 PC に Web サーバ機能を持たせて外部に公開するのはセキュリティ上問題があるので、Web サーバを別に立ち上げる。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。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 サーバのみとする。

計算機シミュレーションによる物理現象の視覚化

最新の科学成果を背景として、研究代表者が手掛けているスーパーコンピュータを使用した格子ゲージ理論などの計算機シミュレーションあるいは手法を反映させた視覚化プログラムを作成することにより、特色ある科学教育の実現を目指したい。

4. 研究成果

本計画の主目的である「津山インターネット天文台」については、申請書記載の通り（直接経費での建物設置が不可のため）スライディングルーフ観測室は別予算で設置し、中に格納する装備品について科研費で用意した。ここで、主要装備品の口径 35cm 望遠鏡については、業界標準の制御コマンドを有している世界最大望遠鏡会社の当時の国内総代理店の事情で、シュミットカセグレン式望遠鏡の中古品が平成 21 年 3 月に納入された。性

能調整の結果、平成 21 年 4 月より、その他の装備品と合わせて通常のアスタロットとして機能を始めた（図 2）。



図 2 津山天文台外観

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 2010 年度スケジュール

回	開催日時	内容	備考
1	5/29(金) 19:15~20:45	口径 35cm 望遠鏡で土星を見よう	月齢 4.6 予備日 6/1(月)
2	7/22(水) 10:00~12:00	太陽望遠鏡で日食を見よう	雨天・曇天の場合は講座内容に変更あり
3	8/3(月) 18:15~20:45	手作り望遠鏡で月を見よう	月齢 12.0 予備日 8/6(木)
4	11/13(金) 18:30~20:00	クジラ座のミラと木星を見よう	月齢 2.1 予備日 11/20(金)
5	1/25(月) 18:00~20:30	地球に接近した火星を見よう	月齢 9.8 月球儀も作成 予備日 1/29(金)

表 2 2011 年度スケジュール

回	開催日時	内容	備考
1	5/17(月) 19:15~20:45	口径 35cm 望遠鏡で金星、火星、土星を見よう	月齢 3.1 予備日 5/21(金)
2	7/23(金) 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 11.3 予備日 7/26(月)
3	10/12(火) 19:00~20:30	接近した木星と天王星を見よう	月齢 4.3 予備日 10/15(金)
4	12/21(火) 17:30~19:45	皆既月食をみれるかな？	月齢 15.4 月球儀も作成 予備日 12/24(金)

年間の興味深い天文現象を調べ、以下の点に留意して2009年度は表1、2010年度は表2のように開催日程を決めた。

- (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

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、受講生数を20名程度に絞っている。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倍もあった。また、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も一役買うこともできた。



図3 天体観測会の様子(2010年7月22日、部分日食)

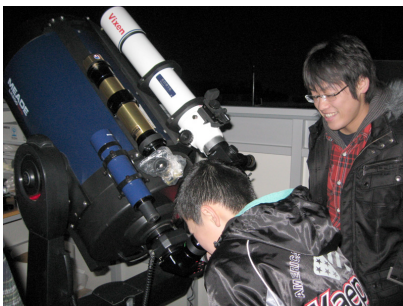


図4 天体観測会の様子(2011年1月29日、火星観測中)

実施体制は年度により異なるが、2010年度は教員1名、補助学生として望遠鏡操担当の5年卒業研究生3名、双眼鏡担当の3年生2名の合計6名の体制とした。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、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。

詳細に分析できた本校テクノセンターの2009年度のアンケートでは、計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1)を参照されたい。2010年度からは余りまとまったアンケート結果が得られていないが、2011年度第1回に新聞社が聞いた感想では「土星のくっきりとした輪や春の大三角形がよく見えた。初めて参加したけど、予想以上に星が見えて楽しかった(小5)」などの受講生の反応があった。天体観測会の様子を図3と図4に示す。

天体観測会は天候に左右され、思う以上に実施は大変である。しかし、参加者にも望遠鏡操作を体験してもらう操作型、また学習機能や雨天・曇天時の対策も充実させた天体観測会を目指し今後も活動を続けたい。

津山インターネット天文台

研究代表者は本科研費他により、口径35cm シュミットカセグレン式天体望遠鏡 Meade LX-200GPS (経緯台式) と冷却 CCD カメラ SBIG STV、口径4cm H α 太陽望遠鏡 CORONAD Solar MAX40 等の装備品からなる天文台を津山工業高等専門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 のブラウザ上でこの天文台のスライドルーフ開閉、望遠鏡やカメラの完全遠隔制御を可能としている。

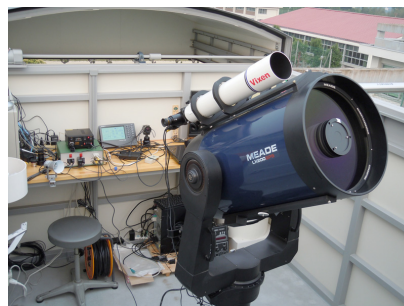


図5 観測室内部(棚上の黒いA/D変換器の下に制御BOXがある)

現在の天文台の構成は図1の通りである。観測室(図5)の中にはLinux(Fedora 11)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 を制御するためのシリアルインタフェースカードを増設している。制作した制御 BOX はリレーポート (共立電子 RBIO-1) と高出力リレーを内蔵したアルミボックスであり、ビデオ信号切替と機器の電源 ON/OFF を行う。これらの制御は Perl で書かれたスクリプトを交えて行われる。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。冷却 CCD カメラで撮影した RAW データと PNG データはメールの添付ファイルとして、登録してあるメールアドレスに送信される。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。



図 6 天文台トップページ



図 7 ルーフが開く様子

操作方法を簡単に説明する。天文台トップページ (図 6) では現在見えている天体を確

認できる。次にユーザ認証を経てルーフが開き (図 7) 操作画面 (図 8) に進む。メニューの中から例えば「太陽系」-「土星」を選択し、「Submit Job」ボタンをクリックすると、土星の赤経・赤緯を計算する。その後「Submit Job」ボタンをクリックすると、フォーク式架台と鏡筒が回転し「土星」が導入される。まず、低倍率のガイドスコープの CCD カメラで画面中央に位置を調整し、主望遠鏡の冷却 CCD 画面に切り替える。中国地方も梅雨に入り、薄雲の中ではあるが 6 月 3 日の「土星」の様子を図 9 に示す。

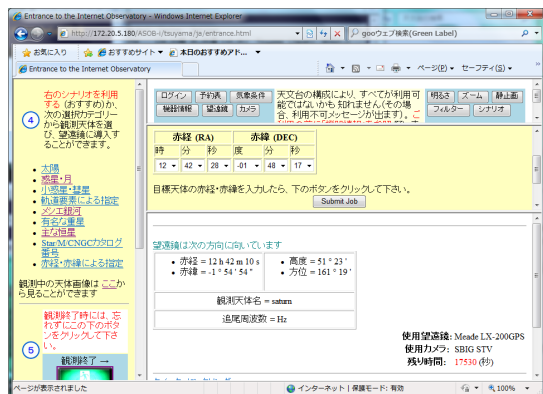


図 8 土星の選択・導入画面



図 9 土星のストリーミング画面

天文台トップページの現在の URL は <http://gpc180.center.tsuyama-ct.ac.jp/ASOB-i/>

である。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。

まずは津山高専 3 年チャレンジゼミナール生に津山インターネット天文台を利用してもらいながら、調整と公開を進めていく。なお、平成 23 年度からの次期科学研究費課題に研究内容が継続される。

主題であるインターネット天文台と天文教育に成果の大半があるが、計算法シミュレーションについては、スーパーコンピュータ

などを使用した中性子星などの高密度状態について格子ゲージ理論とランダム行列理論について、幾つかの成果を発表した。

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)

- ① Yuji Sasai、Gernot Akemann、Atsushi Nakamura、Tetsuya Takaish、Eigenvalue Distributions of the Dirac Operator at Finite Isospin Chemical Potential、PoS (Proceedings of Science) 電子版、査読有り、2008、LAT2008 記事番号 181、全 P.7
- ② 佐々井祐二、最上勲、津山インターネット天文台の構築—2009年2月の作業状況—、計測自動制御学会中国支部津山地区計測制御研究会平成20年度学術講演会講演論文集、査読なし、2009、pp. 9-10
- ③ 佐々井祐二、中村 純、高石哲弥、Gernot Akemann、アイソスピン化学ポテンシャルにおけるクォーク行列の固有値分布とランダム行列理論、素粒子論研究、査読なし、116巻6号、2009、pp. F. 119-F. 121
- 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」、査読有り、34号、2011、pp. 601-606

[学会発表] (計9件)

- ① 佐々井祐二、軽いクォーク質量におけるランダム行列理論と有限密度格子データの比較、日本物理学会第64回年次大会、2009年3月24日、立教大学
- ② 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、日本物理学会第65回年次大会、2010年3月23日、岡山大学
- ③ 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、天文教育普及研究会、2010年8月3日、三鷹産業プラザ
- ④ 佐々井祐二、最上 勲、津山高専「天体観測会—君も未来のガリレオだ!—」—小中学生向け天文啓蒙活動—、第16回高専シンポジウム in 米子、2011年1月22日、米子コンベンションセンタービッグシンプ

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