

ガーナ・インターネット天文台の構築と星座カメラ i-CAN プロジェクト

佐藤 毅彦・前田 健悟・松山 明道・山崎 良雄*・坪田 幸政†

戒崎 俊一‡・川井 和彦‡・奥野 光§・木村 薫§・阪本 成一**・松本 直記††

Construction of the Ghana Internet Observatory and
the Constellation-Camera Project “i-CAN”Takehiko Satoh, Kengo Maeda, Akimichi Matsuyama, Yoshio Yamazaki,
Yukimasa Tsubota, Toshikazu Ebisuzaki, Kazuhiko Kawai,
Hikaru Okuno, Kaoru Kimura, Seiichi Sakamoto, and Naoki Matsumoto

(Received October 3, 2005)

Abstract: After accumulating a good amount of experience with the 3 domestic Internet Observatories, the Project “ASOB-i” has gone further: we have successfully built our first oversea Internet Observatory in the Republic of Ghana in late 2003. With 9 hours of time difference between Ghana and Japan (Japan is ahead), we are now able to watch the night sky objects at classes in the daytime. It is found that students indeed appreciate watching the planets, the moon and so forth utilizing the Ghana Internet Observatory, although operating the observatory over the Internet seems to give us an unrealistic feeling. To make our system more suitable with the current curriculum in Japan, a new project called “i-CAN” has just started. The new project is to install number of remote-operable wide-field and high-sensitivity cameras at several locations around the world: 2 in the USA, 1 in Chile, and 1 in Kumamoto, Japan, for FY2005. The camera has an alt-azimuth mounting and is kept in a weather-proof container with a transparent dome for looking up the night sky. Interactiveness is again the key to attract school students while studying the subjects. We expect the project “i-CAN”, with its capability of observing constellations, complements the project “ASOB-i” and they altogether become a good example of happier collaboration of education and informational technology (IT) in the 21st century.

Key words : Internet, Science Education, Astronomy, Observatory, Curriculum

1. はじめに：インターネット天文台とは

「インターネット天文台」とは、完全無人の天文台をインターネット経由で子どもたち自身が遠隔操作し、見たい天体を自由にそしてリアルタイムに観察することのできる教育ツールである^{1),2)}。もっともこの単語は曖昧に扱われており、アマチュア向け天文雑誌の商品広告にも「インターネット天文台」をうたったものはある。そもそもインターネット上で望遠鏡を動かす

ということ自体は大望遠鏡レベルではさほど難しいことではなく、実際に公開天文台などにおいて試みられてもきた^{3),4),5),6)}。しかし、公開天文台は教育利用だけが目的ではないし、高価な大望遠鏡で事故を起こすわけにいかないからオペレータが介在し、時間的に著しく制約されるのが普通である。筆者らのグループでは、「小型望遠鏡を中心とした完全無人システムを、教育利用を主目的に設置」することで、「いつでも手軽に、見たい天体を自らの操作により見ることのできる」天文台を目指し

* 千葉大学・教育学部

† 桜美林大学・コア教育センター

‡ 理化学研究所・戒崎計算宇宙物理研究室

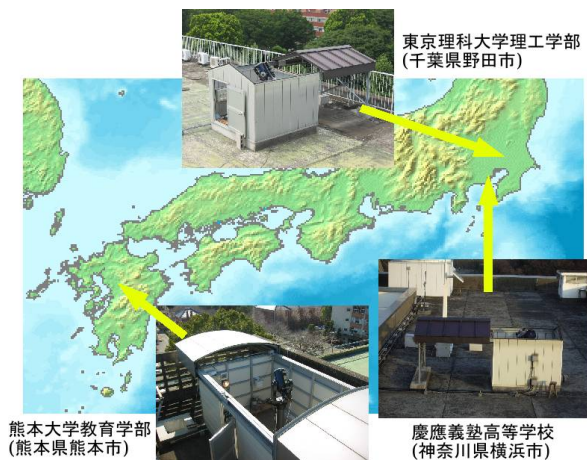
§ 日本科学技術振興財団・科学技術館事業部

** 自然科学研究機構・国立天文台 ALMA 推進室

†† 慶應義塾高等学校・地学教室

図1 (左): 国内のインターネット天文台設置サイト

図2 (右): インターネット天文台が大活躍した金星日面通過現象 (2004年6月, 千葉大学教育学部附属小学校にて)



てきた^{1),2)}.これを「(狭義の)インターネット天文台」と称しているのであり,本稿でもそのように扱うこととする.なお,プロジェクト名はAstronomical Observatory over the Internetを縮めてASOB-iと称している.「遊び心」を持ちながら,楽しく使い学んで欲しいとの願いをこめたものである.

上述した意味でのインターネット天文台1号機は,1999年春に慶應義塾高等学校(神奈川県横浜市)の校舎屋上に設置された.同じ年の秋に,東京理科大学理工学部(千葉県野田市)に2号機が設置されている^{1),2),7)}.これら2機は,首都圏のお互いに近い場所にあるため,例えば「一方は曇天だが,もう一方は晴天で観測ができる」という気象条件の違いから得られるありがたみは少ない.それでも,月が星を隠す星食現象においては,場所の違いが見え方,具体的には月縁への潜入時刻の違いを生じることをまざまざと示してくれた^{8),9)}.

気象条件の違いを利用できるようになったのは,2002年秋,熊本大学教育学部(熊本県熊本市)に3号機が設置されてからである¹⁰⁾.まだ不十分とはいえないながらも,「一方は晴れている」という条件の差により,教室での授業計画をあまり変えずに天文台利用をできるようになったのである.2004年6月に起きた「金星の日面通過現象」(日本では130年ぶりとなった)が良い例で,首都圏の2機と熊本大学の1機がフルに活躍し,全国的な悪天候の中を,小学生との授業や高校生の研究などに成果を挙げたのである¹¹⁾.

しかし,それでもなお不可能であったこと,「昼間の授業中に夜空の天体を観察する」には,海外インターネット天文台がどうしても必要であった¹²⁾.本稿では,初の海外設置となったガーナ・インターネット天文台およびその新展開である星座カメラiCANプロジェクトについて報告するとともに,理科教育における位置づけを論じる.

2. 初の海外インターネット天文台完成

少し考えれば思いつくように,天文台が完全無人かつインターネット経由で遠隔操作できるならば,それを海外に置き時差を利用して「昼間の授業中に夜空を見る」ことが可能ならばである.インターネット天文台の開発を始めた1998年当時からそのような夢はあった^{1),2)}ものの,しかしそれには高度に安定したシステムが求められるし,また設置のための費用もかさむ.日本国内の3機がそのための練習であったというのは誇張し過ぎであるにしても,その経験を通じてシステムの安定度を高めることができたのは,確かである.特に,熊本大学の3号機は,機器構成をはじめとして,海外インターネット天文台の前段階であることを明確に意識して開発した¹⁰⁾.

幸いにして,平成15~16年度科学研究費補助金基盤研究(B)海外学術調査を受けて,初の海外インターネット天文台を設置することができた.

2.1. ガーナへの設置が決まるまで

2002年の夏,熊本大学インターネット天文台の設置準備を進めながら筆者らは,次年度以降にはいよいよ海外インターネット天文台を設置したいと議論を重ねていた.その頃に知り合った榎原保志氏(信州大学・教育学部)による提案,「それならばガーナに設置しよう」という言葉がプロジェクトを大きく動かすことになったのである.氏は,JICA国際協力事業団(当時,現在は同機構に改組)が途上国で進める理数科教育改善プログラムSTM(Science, Technology and Mathematics)においてガーナ担当国内委員を務めており,ガーナから来日する研修教員を受け入れ指導するなどしていた¹³⁾.筆者自身は多くの日本人同様ガーナの正確な位置すら分からない状態であったが,それとても魅力的な仕事に思えたのである.

調べてみると,ガーナは西アフリカの国で,ちょうどグリニッジ子午線が走る場所であった(すなわち,日本からマイナス9

図3 (左): ガーナ共和国テマ市の位置。「地球のヘソ」ともいふべき位置である。

図4 (右): テマ高等学校の屋上に据え付けられるインターネット天文台のスライディンググループ (2003年12月)



時間の時差)。したがって、日本の午後3時頃には夜明けを迎えてしまうものの、午前中および午後の早い時間帯に授業で夜空を見ることができる。特に、日本の朝一番の授業ならば、ちょうどガーナの真夜中頃となるわけである。そして赤道に近く(首都のアクラで北緯5度ほど)、日本からは見ることのできない南天の星々も観察可能だ。植民地時代にはイギリス領であったため公用語は英語であり、第二外国語のできない筆者にとってはありがたい。そして「そこがアメリカではないから」という理由はここでは詳述しないが¹⁴⁾、こうした諸々が重なって「ガーナへ天文台を」という決意に至ったわけである。

2.2. ガーナ天文台、設置の実際

2003年4月になって科学研究費補助金採択の通知を受けたものの、さてそこからが難事業となった。何しろ行ったこともない国である。そこへ天文台一式を送り設置するなど、まったくの手探り状態であった。ガーナ現地では、STMプロジェクトの方々に本来の業務外の多大なご迷惑をおかけすることになってしまった。とりあえずは一度「下見」に行かねばならない。初めて訪れる土地で、初めて会う人々に我々のプロジェクトの意義・内容を説明し、了解してもらわねばならない。その上で、具体的な設置場所を決定し、そして設置工事を請け負ってくれる業者の選定など、本当にすべてこなせるのか不安を抱きつつ2003年8月、初めてガーナの土を踏んだ(佐藤・松本および榊原氏)。

日本の文部科学省に相当するのはガーナでは教育省(Ministry of Education)であり、その中にガーナ教育サービス(Ghana Education Service=GES)がある。教育に関する実務的なことはすべてGESが取り仕切っており、STMもGESとJICAの共同プロジェクトに位置づけられている。したがって、GESにおいて我々のプロジェクトを説明し理解を得るというのが、まず第一にし

なければならぬことであった。榊原氏がパイプの大役をこなし、STMの方々が事前に情報を入れておいて下さったおかげで、これは非常にスムーズであった。そして、具体的な設置場所としても、ガーナ国内で有数の条件を備えるテマ高等学校を紹介して下さったのである。先方の校長先生も事前に了解済みということであった(ガーナは、日本よりも上下のヒエラルキーが強いようである)。GES 総裁・副総裁との会談は、終始なごやかな雰囲気のうちに行なわれ、プロジェクトが大きく前進したことを感じ安堵を覚えた。余談であるが、GES 総裁・副総裁、そしてテマ高等学校の校長、いずれも女性であったのには驚かされた。

港町テマ市はガーナの海の玄関ともいえる場所であり、首都アクラの東約40km、グリニッジ子午線がその市内を走っている。したがって、地球の原点(グリニッジ子午線と赤道との交点)に最も近い陸地といえる。実際、そのように意図して作られた市らしい。事前の情報では、そのような場所ゆえ、電力供給(交流220~240V)なども比較的安定していること、教育に熱心な学校も多いとのことであった。

テマ高等学校への初訪問はGES訪問の数日後、確かにガーナ他の学校とは一線を画す立派な構えの学校であった。ガーナでは、例えば実験器具などがすべての学校に十分あるとはいえず、そのような学校では近隣のScience Resource Centerに指定されている学校を訪れ、実験等を行なうのだそうである。そして、テマ高等学校はそのScience Resource Centerの一つとのことであった。我々の訪問、そしてインターネット天文台プロジェクトは、校長先生、スタッフ、そして生徒らから暖かく迎え入れられた。インターネット天文台は、主校舎(3階建て)屋上に設置させて頂くことになった。ちょうど3階には「インターネット・カフェ」と名付けられた部屋があり、生徒はそこからネットサーフィンなどができるのである。とはいえ、外部への接続はサーバ役PCからモデムで電話回線経由という低速のものであり、

そこに動画配信を行なうインターネット天文台を同居させてもらうわけにはいかないようであった。それに、インターネット天文台は常時接続で固定 IP アドレスを有する必要がある。

したがって、GES、テマ高等学校の訪問がうまく進んだ後、当面の課題は「インターネット接続の確保」「天文台設置工事業者の選定」ということになった。

インターネット接続に関しては、何力所か当たってみたものの、最大手の Africa Online Ghana 以外に選択肢は残らなかった。校舎屋上にアンテナ塔を建て、そこに取り付けけた通信機で AFOL の基地局と無線で接続するものである。速度はわずか 64Kbps であるが常時接続であり、固定のグローバル IP アドレスも割り当てられるとのことで、最低ラインは満たしていると判断した。

建設工事業者は、JICA ガーナ事務所の方から耳よりの情報を頂くことができた。JICA で普段工事を依頼する信頼できる業者があって、社長は日本への留学経験がある（東京大学で建築の博士号を取得）とのこと。さっそくたずねてみると、我々のプロジェクトにも興味を示してくれ、数日のうちにテマ高等学校現地で打合せを行なうことができた。現場を見ながら、屋上の強度、天文台基礎施工法の検討など、あっという間に話が進んだ。こうして第一回のガーナ訪問は、日程延長することもなくすべてをクリアして帰国することができたのである。この成功を受けて、天文台資機材一式は 9 月、神戸港より海路をガーナへと向かった。

2.3. ガーナ天文台、設置を終えて

2003 年 11 月から 12 月にかけて、第二回のガーナ訪問（佐藤・松山）で天文台はぶじにテマ高等学校屋上に設置された。8 月の訪問で難題をクリアしたから、設置の実際は「敷かれたレール上を走る列車のようなもの」、そのはずであった。実際にはダイヤの乱れ（遅延）、脱線も含めて苦労の連続であったが、ここでは詳しくは触れない。帰路のロンドンで（そのときは英国航空を利用）空港ロビーの有料インターネット端末からアクセスし、機器が正しく反応するかを確かめたりしながら、期待

と不安が入り混じる中を 12 月 7 日に日本へ到着した。

12 月 9 日、ガーナ・インターネット天文台の初観測（ファーストライト）を行なった。そのときの不安感「本当に動くのだろうか」は、一生忘れられないであろう。PC 画面に映し出された天文台の内部、やがて屋根が開き、望遠鏡が動き、画面にはガーナの夜空に輝く月が姿を現わした。月・木星・土星を見て、ファーストライトはぶじに終了した。インターネット天文台プロジェクトを、その開始以来ともに推進してきた坪田・松本からはさっそくお祝いのメールが届いた。曰く、「ガーナの天文台を熊本から操作して横浜で見る。IT 時代ですね」と。まさにその通りであり、長年の夢が実現した瞬間であった。

と同時に、一抹の不安も芽生えた。その、あまりの「実感のなさ」である。筆者自身は、当事者としてガーナ現地で天文台を設置してきた。だから、あれほど遠い土地に天文台が実在しており、日本と時差があることも理解している。にも関わらず、画面に映る天文台の様子や天体の姿を見ても、まったくといってよほど、自身で設置したガーナの天文台を操作し天体を見ているのだという実感を得られなかった。これまでになく経験に、「頭」では理解していても、「心」がついてこなかったのである。ましてや、現地で実物を見たことのない人にとって、空想の世界のできごとにしが見えないかも知れない。これを学校現場に持って行って大丈夫だろうか、小学生は目の前で起こっていることを理解してくれるだろうか、翌週に初の教育実践を控えてまた別の不安を抱えたのである。

2003 年 12 月 15、16 の両日、熊本県本渡市と天草郡の二つの小学校で、ガーナ・インターネット天文台を用いた初の教育実践を行なった。詳細は、松山¹⁵⁾に述べられている。結果として、我々の抱いた不安は杞憂であった。子どもたちは、画面に映る天体の姿、月のクレーターや土星の環を素直に喜んだのである。9 時間の時差のあるガーナ、その天文台を動かしているという事実が、どれほど理解されたかは不明である。しかし、それは（極論すれば）どうでもよいことであったかも知れない。天体について学ぶ授業の中で、天体の姿を楽しむことができた、そのことが重要なのであり理科学習として本質的なのである。



図 5： 熊本大学教育学部附属小学校における授業実践風景（2005 年 2 月 28 日）と、そのときに観測した土星および月の画像。このときの様子は、NHK 熊本にて紹介された。

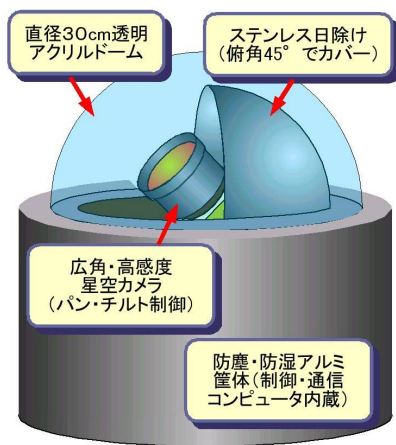
進歩の速いITの時代、今は Only one で珍しいインターネット天文台は、やがて One of them 「ありふれた装置」になってしまふことであろう。「新奇さ」だけが売り物であれば、そのとき価値を失ってしまうのは明白だ。しかし、そこから届けられる天体の姿が子どもたちを喜ばせるのであれば、いつまでもその価値を保ち続けるであろう。インターネット天文台にはいまのところ、そうした将来性があるように思われる。

3. 新展開：星座カメラ i-CAN プロジェクト

小学校・中学校の理科学習指導要領^{16),17)}を見ると、天体について学ぶ際に、対象の「望遠鏡による拡大映像」が活躍する場面は必ずしも多くない。小学校では月の姿を見たり（満ち欠けの理由は取り扱わないことになっている）、中学校では太陽系の構造において太陽黒点の観察、内惑星（金星）の満ち欠けを含め、惑星の表面の様子を見る程度である。これは、学校現場や家庭（天体観察は、自宅での宿題にされることも多い）における天体望遠鏡の普及度¹⁵⁾が配慮されているからであろう。むしろ、天体の日周運動や季節による星座の移り変わりなど、「部分を拡大する望遠鏡」よりは「空をぐるりと眺める広角カメラ」こそが利用しやすい学習内容になっている。

そうした背景にもとづき、インターネット天文台の新展開として、星座カメラ・プロジェクト（平成 17～18 年度）を計画し着手した。

3.1. 星座カメラ i-CAN の特徴



インターネット天文台がそうであったように、この星座カメラにおいても我々は、子どもたち自らが操作して「見たい星座を見る」自由度とインタラクティブ性を重視している。i-CAN という名称は、Interactive Camera Network を縮めたものであると同時に、「自分でできる (I can)」とかけ、またシステムの外観がカメラを収めた「缶」のようであることなどから、つけたものである（構想時には「缶」のようであった外観も、開発が進み出来上がったものは「箱」になった）。

i-CAN と、既存の星空カメラ・ネットワーク (CONCAM¹⁸⁾ と呼ばれる) との違いを表にまとめた。

	CONCAM	星座カメラ i-CAN
視野の広さ	全天 (魚眼)	対角 70° 広角
操作性	固定	ウェブ経由でのユーザー操作
映像	静止画 (定期的に更新される)	リアルタイム動画像
色	白黒	カラー

表 1

なお、この表に見る「違い」に基づき、我々は i-CAN を星空カメラではなく「星座カメラ」と呼んでいる。小さな違いはあるが、「星空」観察だと漠然と見上げる姿 (CONCAM のような固定カメラ) をイメージし、「星座」観察はより意志的な行為をイメージするからである。

すでに設置を完了したアメリカのシカゴ大学ヤーキス天文台 (ウィスコンシン州、木村が主導) の他に、平成 17 年度内には、フロリダ大学ローズマリー天文台 (今井が主導)、南米チリ ALMA 山麓施設 (阪本が主導) の海外 3 地点、そして日本国内では南阿蘇ルナ天文台 (佐藤が主導) に設置する。国内サイトが含まれている理由は、海外の子どもたちにも日本の夜空を見

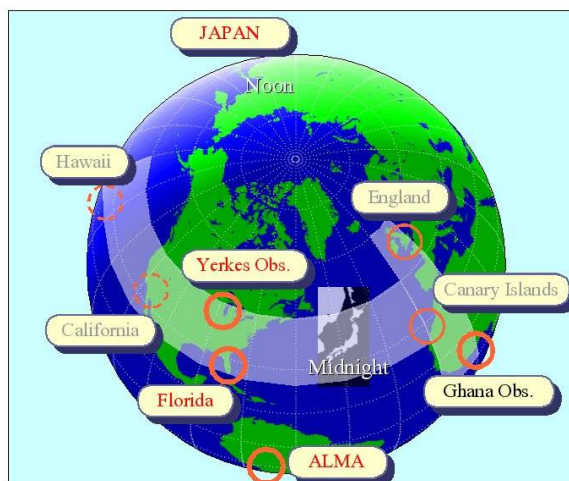


図 6：星座カメラ i-CAN 構想時の外観 (左)。この「缶」のような外観が、名称の理由ともなっていた。右は、世界各地の i-CAN 設置予定サイト。日本から見て真夜中をはさんで、配置されていることが分かる。

せてあげたいからである（海外に間借りをする我々の賃貸料ともいえるし、当然の責務であるともいえる）。同じシステムを、日本からは海外サイトを、海外からは日本サイトを操作して星空を楽しむ体験を共有することで、天文教育を通じた国際交流へと発展する可能性をも持たせてある。

3.2. i-CAN のハードウェア

システム全体は、いわゆる「チルトとパン機構を備えたウェブカメラ」に他ならない。しかし、星空を映し出すほどの高感度であること、限られたネットワーク帯域幅で使えること、さらに星空シミュレーション・ソフトから操作できるなど独自の操作体系（後述）に合わせる必要もあって、独自仕様のカメラ・システムを自作している。

心臓部であるカメラは Mintron 製 MTV-63V1N という 1/3 インチ CCD ビデオカメラである。このカメラは、最大 128 フレームを積算することで感度を高め（スターライト・モード）、カラーのビデオカメラでありながら天の川まで映し出す実力を持つ。128 フレームを積算すると、動画というよりは 2 秒に一度更新されるパラパラ漫画のようなイメージであるが、夜空はそもそも動きに乏しいので、これでも十分実用になるのである。このカメラに、焦点距離 3.8mm 口径比 F0.8 という明るい広角レンズ（ビデオ信号レベルを参照した自動絞り機構付き）を組み合わせて用いる。

チルトとパン機構は、市販されているアングル類と、本学中央工場で加工して頂いたアルミ板などを組み合わせて製作した。日本サーボ製のステッピングモーターを垂直・水平両軸に用い、協歯歯車製のスプロケット&ラダーチェーンを介して動力を伝達している。角度の秒といった高精度が求められるならば決して採らない手法であるが、星座カメラは画角が 70 度（対角

線）にも達する広視野なので、これくらいで十分機能するのである。ステッピングモーターに欠かせないコントローラーとしては、X、Y の二軸についてモーターをコントロールし、かつ PC からシリアル回線経由のコマンドを受け付けるという、大変に都合の良いコントローラー（浅草ギ研製）を見つけて使用している。制御 PC は、底面がわずか 170mm×176mm、高さ 90mm という省スペース PC（E-Let's 製）に Linux をインストールしたものである。カメラ、モーターコントローラー、制御 PC とともに DC12V で動作するため、外部の直流安定化電源から DC12V を供給することとした。

カメラ、チルト・パン機構、制御 PC を含むすべてはアルミ製のケース（アストロ光学製）に収められる。ケース上面にはアクリル製の透明半球が載り、星座の観測はここを通して行なわれるわけである。日中は、カメラのチルトと連動するシャッターが全閉となり、マイクロスイッチによりカメラ電源がオフにされる。強い光が高感度カメラにダメージを与えることを防ぐようになっているわけだ。要するにこのケース全体が一つの「全天候型天文台」となっているため、設置はこの全体を観測に適した屋外に置き（脚の固定は必要）、屋内ユニットと結線（上述の DC12V 線とネットワークケーブル）するだけでよい。屋内ユニットは、直流安定化電源装置とネットワークハブなどである。

3.3. i-CAN のソフトウェア

星座カメラ i-CAN は、そのコア・テクノロジーがインターネット天文台と同一であるため、これまでインターネット天文台制御に用いてきた制御ソフトに小改良を加えるだけで、利用することができる。しかし、我々は今回、これまでとは少し異なるアプローチをとろうと考えた。

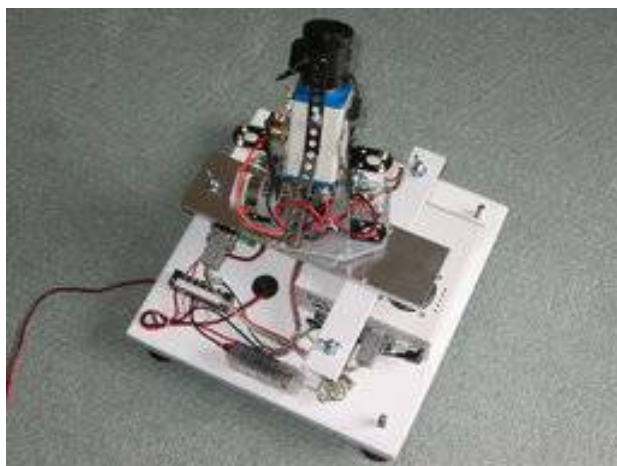


図7：完成した星座カメラ i-CAN の内部構造（左）と外観（右）。ステッピングモーター駆動によるカメラのチルト&パン機構、それらコントロールと映像エンコーディングを行う PC、すべてが一辺 35cm 余りの箱の中に収められている。外側の白色塗装は遮熱性を持つ塗料で、日中の内部温度上昇を軽減している。

それは、「できるだけ操作を簡単にする」ということである。インターネット天文台の制御インターフェイスには、ちょっと難しい部分をわざと残してあった。それは、子どもたちが操作をしたときの征服感・達成感といったものに配慮と期待をしたからであって、ボタン操作一つで何もかもが自動的に済むのでは「つまらない」と考えたからである^{1),2)}。一方で、そのようなインターフェイスの難しさが、例えば理科をあまり得意とされない学校の先生方をインターネット天文台利用から遠ざけていた、という側面のあることは否定し切れない¹⁴⁾。そこで、i-CAN に関しては、操作の簡単化を極限まで推し進めたいと考えている。これを利用した子どもたちから、「今度は月や惑星を大きくして見たい」という声が上がれば、それは先生をインターネット天文台の利用に踏み切らせる圧力になるであろうし、そうしたモチベーションがあれば、インターネット天文台の操作は決して難しいことではないのである。

さて、i-CAN の操作を簡単化する鍵として、星空シミュレーション・ソフト「ステラ・ナビゲータ」(アストロアーツ社)との連携を計画している。「高速天文シミュレーション」をオリジナルとし現在ではバージョン 7 に達したこのソフトは、日本語版として最も機能の充実した、そして最も普及している星空シミュレーション・ソフトである。学校現場への導入実績も数多い。このソフトとの連携とはすなわち、「ステラ・ナビゲータから星座カメラ i-CAN を操作できるようにする」ということなのである。

ステラ・ナビゲータでは、任意の観測地から任意の日時に見

える星空を PC 画面上に描画することができる。星座線・星座絵をオーバーレイしたり、星座の神話解説機能も備えている。そのようなシミュレーションと、現実の海外サイトからのリアルタイム星空映像を同時に提示することができれば、子どもたちの興味を引くことは間違いないと思う。さらに、「次には、こちらの星座を見てみよう」と星空シミュレーション画面でナビゲートし、星座カメラ i-CAN を動かすことで、初心者であっても自在に夜空を散策できるであろう。このインターフェイスは平成 18 年度に製作する予定である。それまでは、従来のインターネット天文台インターフェイスをアレンジしたものを使用する(図 8)。操作は「カメラの向きを変える」というだけなので、これでも十分に簡単とはいえる。

3.4. i-CAN プロジェクトの現状

星座カメラ i-CAN 第一号機は、米国ウィスコンシン州ヤーキス天文台(シカゴ大学)に設置された(2005 年 9 月)。完成した装置一式を現地へ送るとともに、筆者らの一人、木村が現地へ赴いた。設置作業に加え、Astronomy Resources Connecting School ワークショップで i-CAN の紹介をするともに、熊本大学屋上に仮設置された i-CAN (これは南阿蘇ルナ天文台に移設される)を用いての授業実践などを行った。

輸送における遅れや、輸送中の振動・衝撃により装置内部に(軽度の)損傷が生じるなど、ガーナ天文台設置時を思い出させるようなことはあったが、現地スタッフの献身的な協力を得

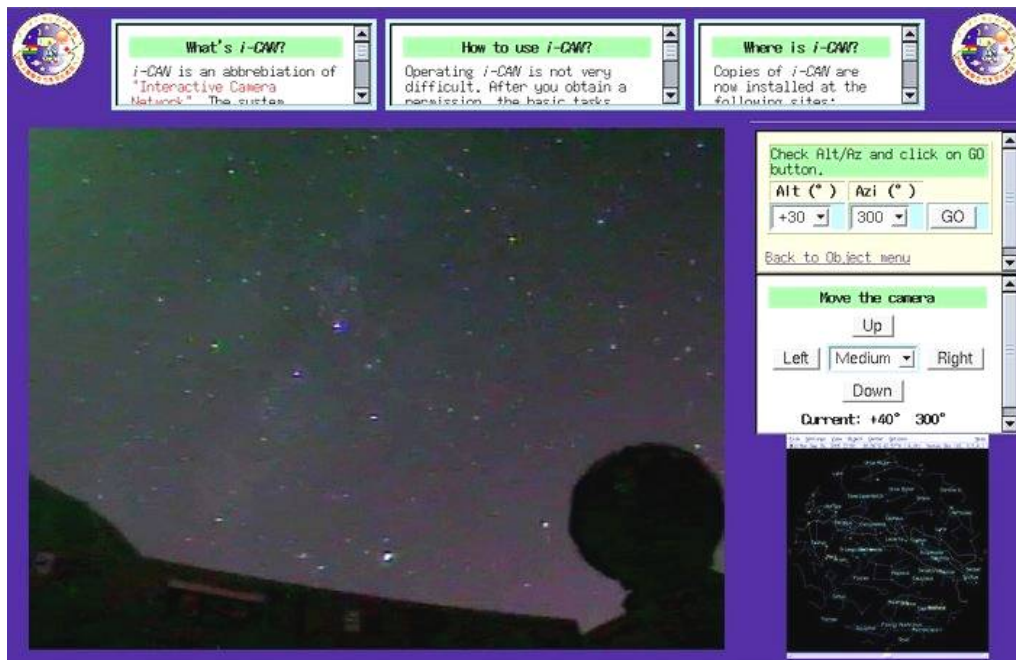


図 8 : ヤーキス天文台に設置された星座カメラ i-CAN から見た夜空。西の空に沈みかけたはくちょう座、こと座、それらの間の天の川が見えている。右下の丸い影は、建物屋上にある天球を模した飾り。

て、ぶじに稼働を開始した。本稿執筆時点では(スケジュールはされているものの)このヤーキス天文台 i-CAN を用いた教育実践は未実施である。まだ、研究室を含む一部で映像を見ただけであるが、地球の裏側から届けられるリアルタイム星空はなかなか感動的である。カメラも期待通りのパフォーマンスを示し、すでに西に傾いた夏の天の川をうつすらと見せてくれるのである。これを授業に用いた場合の子どもたちの反応については、機会を改めて報告する。

ヤーキス天文台に続いては、2005年10月下旬に南米チリのアタカマ、ALMA と呼ばれる電波天文台の山麓施設への設置が予定されている。それと時期を同じくして、国内サイトである南阿蘇ルナ天文台への設置、そしてフロリダ大学ローズマリー天文台への設置が続く。平成18年度にスペイン領カナリア諸島へ設置するため英国ブラッドフォード大学の研究者らとの議論も、着々と進められている。

先生と子どもたちが、時間の経つのも忘れて夜空を観察する授業、それを昼間にできるようにするというのが、インターネット天文台そしてそれを継承するプロジェクト i-CAN の目指す学習の姿である。

4. むすびに: IT と教育との出会い

星座カメラ i-CAN は、対象を拡大して見ることこそできないものの、冒頭で述べた「いつでも手軽に、見たい天体を自らの操作により見ることのできる」を満たしているゆえ、やはりインターネット天文台である。既存のインターネット天文台と i-CAN とは相補的な存在であるといえよう。ここでは両者をインターネット天文台と総称し、その教育との関わりについて論じたい。

理科の学習指導要領ではその目標に、実験や観察を重視し、それら体験を通じて自然を愛する心情を育むことをうたっている^{16), 17)}。にも関わらず、こと天体に関する授業では、実際の観測は滅多に行なわれず、子どもたちが本来持っている月・星・惑星などに対する興味をむしろ損なってゆく結果となっているのが現状だ¹⁵⁾。教育行政も、これはある程度やむなしと捉えているように見受けられる。確かに、学校現場における望遠鏡など観察器具は十分でないようだし、指導する教員の天文知識も十全とはいえない。また、観察会を実施する上で特に安全の確保の難しさ、天候や光害といった障壁の存在、これらが相俟って天体観察の機会を持ちにくくしていることは、理解できる¹⁹⁾。インターネット天文台は、疑似体験ながらそれを補うツールとして有効なものであるといえる。

とはいえ、ツールが完成すればすぐにそれを活用した教育ができる(普及する)というわけにはゆかないであろう。現場の先生方は、「星を見せないで行う星の授業」になじんでいて、「星を見ながら授業をできる」などとは想像すらしていないようだからである。手紙によるコミュニケーションしか知らない

世界に、突然、電話が発明されたようなものともいえる。インターネット天文台が教育現場に定着するまでは、もうしばらく試行錯誤の時間が続きそうである。松山ら(本紀要)²⁰⁾は、そうした「手探り状態」を少しでも早く解消するための、指針を提案している。

時間の経過とともに、本プロジェクトが社会へ与える影響としては、学習指導要領を「変える」ことが考えられよう。インターネット天文台の登場以前は、実際の観測を行なうのでなければ、過去に撮られた天体画像などを活用する以外にあり得なかった。しかし、それらの画像は既に「死んでいる」のであり、決して感動を呼び起こす類のものではない。リアルタイム性、そしてインタラクティブ性があるこそ、子どもたちが主体的に活動し学習がいきいきとするのであり、インターネット天文台にはその力がある^{15), 21)}。このようなツールの存在が社会的に認知され、そして学習指導要領においても「利用を推奨」されるようになって欲しい、と我々は願っている。

一方で、こうしたデジタルツールならではの「危うさ」があることも、我々は認識している。濱田²¹⁾が報告しているように、インターネット天文台の利用後に「自分の目で見ると、ビデオで見る方がよい」と考える子どもが増えるという傾向もあり、これには十分注意を払いたい。疑似体験は疑似体験としての好ましい印象を与え、そして次には「自分の目でも見てみたい」と思うようになって欲しいわけである。そのためには、疑似体験と実体験のバランスのとれたカリキュラムが必要であり²²⁾、我々のグループではその開発にも着手している。デジタルツールが子どもたちと自然との橋渡しをする、それが21世紀の教育ツールとして正しいあり方であろうし、科学技術、特にITと教育との幸福な出会いのはずである。インターネット天文台をそのように育ててゆきたいと思うのである。

謝辞: ガーナにインターネット天文台を設置するにあたっては、榊原保志氏・JICA/STM プロジェクトの方々、多大なるご協力を頂きました。ガーナ・インターネット天文台の設置と教育実践は、平成15~16年度科学研究費補助金基盤研究(B)海外学術調査を受けて行われました。星座カメラ i-CAN プロジェクトは、平成17~18年度科学研究費補助金特定領域研究「新世紀型理数科系教育の展開研究」公募研究により進められています。

参考文献

- 1) 佐藤・坪田・松本: インターネット天文台の構築, その1 ~安く 早く 簡単に~, 天文月報 92(6), 312-317, 1999.

- 2) 佐藤・坪田・松本：インターネット天文台の構築，その2 ～良い物は作らない～，天文月報 93(6), 313-318, 2000.
- 3) 曾我・尾久土・豊増・田中・田中・坂元・矢動丸・原田・今木・牧野・渡辺：インタラクティブ・リモート望遠鏡システムの構築とドイツでの時差を利用した授業実験，教育システム情報学会誌 18(3), 4, 2001.
- 4) 澁谷英紀：天文教育への一つの試み（TIE 紹介），天文月報 90(4), 174-181, 1997.
- 5) 木村かおる：北の丸望遠鏡を用いた天文教育活動，天文月報 96(11), 579-584, 2003.
- 6) 衣笠・河北・倉林・田口：ぐんま天文台におけるリモート望遠鏡，天文月報 96(11), 585-591, 2003.
- 7) 佐藤毅彦：理大インターネット天文，SUT Bulletin 17(4), 64-65, 2000.
- 8) 佐藤毅彦：理大インターネット天文台の活躍 ～星食現象のライブ中継～，SUT Bulletin 17(10), 70-71, 2000.
- 9) 佐藤・坪田・松本：遠くから望遠鏡を操る，スカイウォッチャー 18(6), 38-41, 2000.
- 10) 佐藤・前田・大中・森本・高橋・児島・坪田・松本：熊大インターネット天文台 ～その新機軸～，熊本大学教育学部紀要 51, 1-7, 2002.
- 11) 高橋・山崎・佐藤：金星日面経過の観察による体験学習の実践，日本科学教育学会第 28 回年会（2004 年 8 月，千葉）.
- 12) 松本・坪田・佐藤：インターネット天文台の国際利用～真昼に天体観測～，慶應義塾高等学校紀要 30, 31-36, 2000.
- 13) ガーナ共和国小中学校理数科教育改善計画プロジェクト報告書（信州大学），2003.
- 14) 佐藤・前田・坪田・松本・榊原・山崎：インターネット天文台の新展開～地球の裏側から夜空を教室へ！～，天文月報 96(11), 565-571, 2003.
- 15) 松山明道：様々な学習段階におけるインターネット天文台の効果，熊本大学教育学部卒業論文，2004.
- 16) 文部科学省：「小学校学習指導要領」（大蔵省印刷局），1998.
- 17) 文部科学省：「中学校学習指導要領」（ぎょうせい），1998.
- 18) <http://nightskylive.net/>
- 19) 横山俊一・李野和広・香室昭圓：天体教材の指導に関する一考察，福井大学教育学部紀要（社会科学），38, 1988.
- 20) 松山・佐藤・濱田・前田・インターネット天文台チーム：インターネット天文台を中心にした小学校理科「地球と宇宙」教育実践，熊本大学教育学部紀要（本巻），2005.
- 21) 濱田夕架：天文分野の学習と日常行動との関連～児童の関心や意欲の変遷～，熊本大学教育学部卒業論文，2005.
- 22) 縣・戎崎・五島・松本・千頭・畠中・松浦・川井：科学教育活動 Hands-On Universe の日本での実践とその評価～インターネットを用いた学びの共同体の一例として～，日本教育工学会雑誌 26(3), 181-191, 2002.

インターネット天文台ホームページは

<http://rika.educ.kumamoto-u.ac.jp/ASOB-i/>