

一般講演 3

インターネットを使った「ライブ」天体観測

～ガーナ・インターネット天文台を中心に～

佐藤 毅彦（宇宙科学研究所）

“Live” Astronomical Observations over the Internet: Ghana Internet Observatory and Others

Takehiko Satoh (ISAS/JAXA)

Abstract

Our internet observatory in Ghana is celebrating the 15th anniversary since its installation. In 2017, the observatory received a significant renovation and the system is controlled with up-to-date technologies (Raspberry Pi 3 computer and 4G Wi-Fi internet connectivity). Although our project began 20 years ago, it seems that now is the time for such a project, being supported by technologies that were not available in 1998.

1. はじめに

1998 年、慶應義塾高等学校地学科の坪田幸政・松本直記の両教諭と筆者とで「インターネット天文台」プロジェクトはスタートした^{1,2)}。われわれを触発したシステムのひとつに、英国ブラッドフォード大学のロボティック望遠鏡（カナリア諸島のテネリフェ島で稼働）が挙げられる。同望遠鏡を含め、当時のロボティック望遠鏡の多くは「ユーザからリクエストを受け付けて天体を撮像し、その画像を後日にダウンロードする」スタイル、すなわち大型コンピュータにバッチジョブを流し後日に結果を手にするようなものであった。われわれの「インターネット天文台」プロジェクトのコンセプトはそれらとは異なり、あくまでもユーザがリアルタイムに操作し天体の姿を楽しむ、「パソコンを自分で使う」感覚のものを目指した。したがって、ロボティック望遠鏡は「ライブではない」が、われわれのものは「ライブであり」、それを区別する意味を込めて「インターネット天文台」という名称を与えたのである^{1,2)}。

この時期にこうした試みが可能となったのは、コンピュータ制御で天体を自動導入できる望遠鏡が比較的安価に入手できるようになったという背景が大きく、日本や世界の各地で同ような試みがなされている（<https://www.hosizora.miyakyo-u.ac.jp/telescope/>など）。

2. はじめは国内で、そして海外へ

申すまでもなくインターネット天文台の真骨頂は「時差を利用して、昼間の教室から、地球の裏側の夜空の天体観測を行う」こと³⁾ではあるが、一足飛びにそれを実現できるはずはない。われわれは Meade LX-200 望遠鏡（のちには、LX-200GPS 望遠鏡）、スライディングルーフ天体観測室、CCD カメラ（のちには SBIG STV）などの制御プロトコルを学び、全体を統合制御するプログラムを書く腕を徐々に上げていった。インターネット天文台第一号機は慶應義塾高等学校屋上（1999 年春、図 1）、第二号機は東京理科大



図 1：慶應義塾高等学校屋上に設置されたインターネット天文台一号機。アストロ光学製スライディングルーフ観測室を採用。

学野田キャンパス屋上に設置された（1999 年秋）。熊本大学教育学部屋上に設置された第三号機（2002 年秋）は、その一年後ガーナに設置された海外インターネット天文台初号機とほぼ同じハードウェア構成をもち、まさに海外へ足を踏み出すためのプロトタイプであった⁴⁾。

さて、なぜ設置場所にガーナを選んだのであろうか？日本の真裏は大西洋のど真ん中であるから、その東の陸地（ヨーロッパ、アフリカ）でも西の陸地（アメリカ大陸）のいずれでもよいといえる。アメリカならば、電源にせよ通信にせよインフラは整っており、設置も維持・運用もラクにゆくかも知れない。しかしアメリカに置かれた天文台は当然のことながら、同じタイムゾーンに暮らすアメリカ人にとって、上で述べたような真骨頂を発揮するものとなり得ない。一方、アフリカのガーナと米西海岸とでは 8 時間の時差があるから、アフリカの夜空を米西海岸の午後の授業で観察することが可能となる。それを楽しむことができる（潜在的）ユーザをより多く得られるという期待から、海外インターネット天文台初号機をガーナのテマ市にある高等学校屋上に設置することを決めたのである⁵⁾（2003 年 12 月に実現、図 2）。



図 2：テマ高校（ガーナ）屋上に設置された海外インターネット天文台。協栄産業製スライディングルーフ観測室を採用。

3. 苦勞の絶えなかった話

2003 年当時のインターネット天文台は、RealVideo によりライブ映像を放映していた。このエンコーディングは（当時の）CPU にはなかなか負荷が大きく、そのため「機器制御用」と「映像エンコーディング用」の 2 台の PC により天文台を動かしたのである。しかしこの構成は冗長系ではないから、どちらか一方がダウンすれば天文台として機能しなくなる、故障に弱いものであった。さらに、PC の温度上昇を防ぐためにファンを増設したものの、それが「湿度の高い」外気を PC ケース内へ導入することにより錆を進行させる、ということにも時間が経ってから気づかされた。極めつけは、スライディングルーフ開閉機構のトラブルである。

スライディングルーフの開閉はもちろん電動モータを用いるが、回路中に「開」や「閉」のための電流制御をするリミットスイッチが使われている。あるところか、そのリミットスイッチ内に大量の蟻が侵入し、接点が閉じなくなってしまったのである（図 3）。そのスイッチは「ルーフが開いているときに接点が閉じ、ルーフを閉じるための電流を通す」役目のものであったため、開いたルーフが閉じないトラブルに襲われた。現地（テマ高校）スタッフの迅速な対応（手動でルーフを閉じた）で事なきを得たものの、その状態で降雨に見舞われれば機器の故障は避けられない事態であった。

幸いにして、設置からほぼ 15 年、ガーナ・インターネット天文台はいまだに現役で稼働を続けている。それだけでなく、いくつかの点では大きな進歩を遂げているのである。

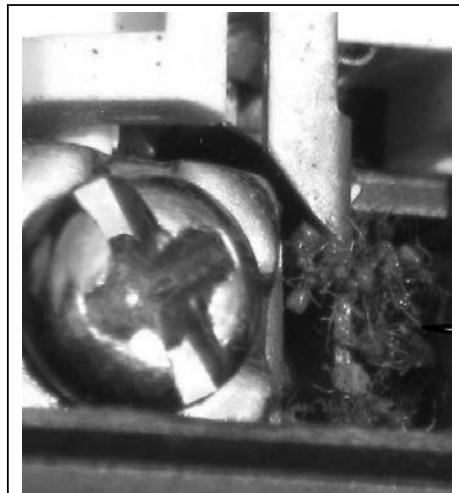
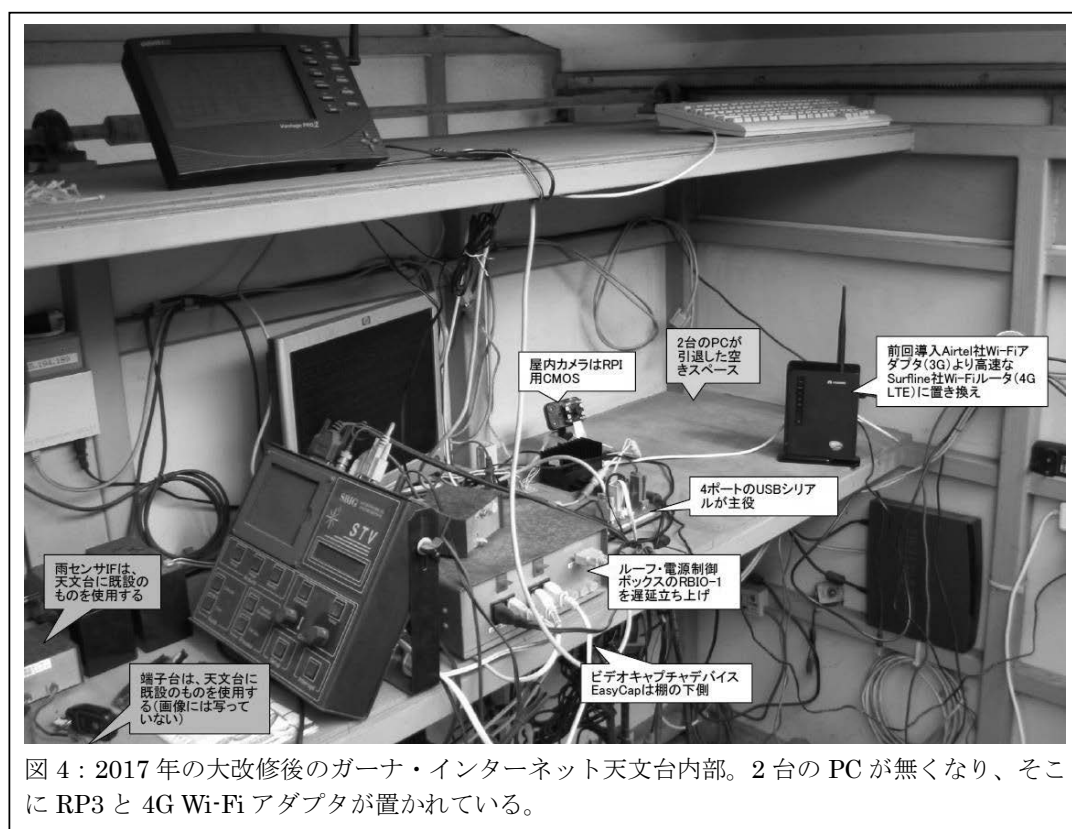


図 3：閉じなくなったルーフのリミットスイッチ内部。侵入した大量の蟻が接点動作不良を引き起こしていた。



4. 2017 年の大改修

14 年も経てば、PC の鉄フレームは錆び表面のプラスチックは黄ばみ、パフォーマンス的にも見劣りがするし、機器としての信頼性も低くなっていた。そこで、一大改修作業を敢行することとした。その核となったのは、Raspberry Pi 3 (RP3) である (図 4)。手のひらに載る極小サイズのコンピュータ (しかも超廉価) が、過去には 2 台の PC を要した仕事を完璧にこなすようになり、それだけでなく専用の CMOS カメラモジュールを使うことができ、GPIO ピンによるさまざまな制御もできるのは、驚くべきことである。インターネット天文台の機器制御にはシリアルポートが五つ必要である。すなわち、(1) ルーフ開閉と機器電源 ON/OFF、(2) 望遠鏡、(3) STV カメラ、(4) 気象観測装置、(5) UPS 電源装置、である。RP3 に「4 ポート・シリアル」と「1 ポート・シリアル」を USB 接続することで、これらとの通信を可能としている。

また、インターネットへの接続も大きく進化した。2003 年当時、固定 IP アドレスを割り振ってもらえる接続契約は極めて高額であった (年額約 100 万円の通信費)。それを 2017 年の改修では、4G 携帯電話回線を使った Wi-Fi によるインターネット接続で置き換えたのである。もちろん固定 IP アドレスは得られないが、天文台側からサーバへ向かい SSH トンネルを掘るようスクリプトを組むことで、動的 IP アドレスでも外部からの天文台操作を可能としたわけである (これは「時代が進んだ」というよりは、筆者の知識と技術が向上したことによる)。この変更は通信コストを大幅に下げ、いまや年額 1 万円ちょっと！という、まさに小遣いレベルとなっている。

大改修を受けたインターネット天文台からは、図 5 のような高いクオリティの惑星画像を得ることができる。口径 25cm のシュミットカセグレンではあるが、赤道直下のガーナでは惑星の地平高度が高く、大変に安定した惑星像をリアルタイムに楽しむことができるのである。

Temasco Internet Observatory (Meade LX200GPS/10" + SBIG STV), 06-07 May 2018

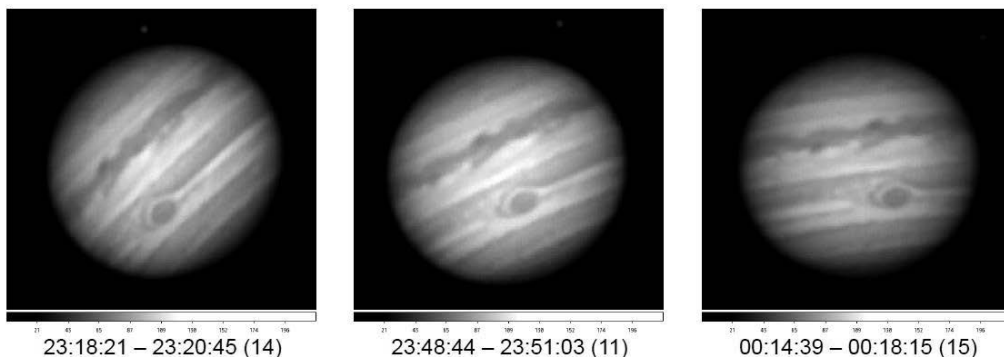


図 5：日本からガーナ天文台を遠隔操作し取得した木星画像。() 内の枚数を合成している。

5. おわりに

海外へ設置してから 15 年のインターネット天文台をこうして振り返ると、「実は今が旬なのでは」とすら思える。つまり、制御に使いやすいハードウェア (Raspberry Pi 3) の出現、通信環境の急速な進歩 (ガーナで 4G が使えるなど) に支えられ、今なら 2003 年当時よりもずっと手軽にインターネット天文台を始められるのではないか、ということである (情熱とスキルが不要、という意味ではない)。「古い革袋に新しい酒を入れる」ことで生まれ変わったガーナ・インターネット天文台が子どもたちの天体観察・学習の役に立ち (図 6)、さらには後続の参考になることを願っている。



図 6：兵庫県西宮市の松本栄次教諭による小学校授業の様子 (2018 年 7 月)。スクリーンに映っているのは、リアルタイムの土星画像 (ガーナ天文台) である。

参考文献

1. 「インターネット天文台の構築: その 1」(佐藤・坪田・松本), 1999, 天文月報 92(6), p.312-317.
2. 「インターネット天文台の構築: その 2」(佐藤・坪田・松本), 2000, 天文月報 93(6), p.313-318.
3. 「インターネット天文台の国際利用 ～真昼にリアルタイム天体観測～」(松本・坪田・佐藤), 2000, 慶應義塾高等学校紀要 第 30 号, p.31-36.
4. 「熊本インターネット天文台の構築」(佐藤・前田・大中・森本・高橋・児島・坪田・松本), 2002, 熊本大学教育学部紀要 第 51 号, p.1-7.
5. 「インターネット天文台の新展開」(佐藤・前田・坪田・松本・榊原・山崎), 2003, 天文月報 96(11), p.565-571.

質疑応答

Q：設置やランニングコストはどれくらいか？

A：ガーナ天文台設置の年には約 1 千万円の経費 (科研費) を使いました (機材、輸送費、渡航費のすべてを含む)。その後のランニングコストは通信費と旅費、若干のパーツ交換費用などですが、文中に書いたように通信費の割合は激減しています。

生涯学習施設支援 WG の活動まとめとこれから

福澄 孝博（北大院・工/札幌市青少年科学館）・生涯学習施設支援ワーキンググループ

A collection of the activities of “Lifelong learning center’s proper operation

Working Group” and its future.

Takahiro Fukuzumi (Hokkaido University/Sapporo Science center), Lifelong learning center’s proper operation Working Group

Abstract

Lifelong learning center’s proper operation Working Group is just facing the last year of its activity. The history of the Working Group and a summary of its results are presented. The future, especially after the Working Grope, is also discussed.

1. はじめに

天文教育普及研究会生涯学習施設支援ワーキンググループ(以下、当 WG)は 2014 年に設立され、「市民や子どもたちが、天文・宇宙を中心とした科学分野に親しみ学習活動を行う権利を守るため、生涯学習施設や科学教育センターが適切に運営されるよう支援することを目的」¹⁾として活動してきている。その成果は本会の機関誌である「天文教育」に連載され、これまでに計 12 報に上っている(2018 年 7 月号現在)。当 WG はまとめの年度(本会の事業年度は 7/1～6/30)に入り、この後、他団体との協同も視野に入れた新 WG への発展的解消を計画している。

そこで今回、改めて当 WG につき天文教育研究会でこれまでの活動を報告し、さらには新 WG での協同研究活動の構想を、日本公開天文台協会(以下、JAPOS)に設立された新 WG(公開天文台運営の健全化推進 WG)とのかかわりを中心に紹介したい：あくまで、未だ構想段階である。

2. これまでにやったことと、取り組みたかったことの①：台長会議前夜

JAPOS では「公開プログラムWG」「次世代型公開天文台検討WG」で現場担当者の運営ノウハウの充実、「台長会議」で経営・マネジメントの立場からの検討とその発展を目指して活動してきておられる。その内、本年 4 月に行われた第二回台長会議に当 WG から参加した²⁾ところ、のちにも紹介するように、その前後で当 WG の活動方針が大きく転回した。そこで、台長会議前夜とその後、に分けて、まずは当 WG の活動を概観したい。

それまでに完了した活動(進行中も含む)として、以下があげられる。①JPA 白書を分析し、先ずはこの 10 年に廃止・縮小になった施設のリストを作成②施設運営の在り方の変遷(指定管理者制度導入前夜～導入後)を総括し、文書に：但し未公開(公開準備中)③個別事例の取り纏め：廃止・休止になった施設のみならず、巧くいっているところの情報も。これらの内、①・③が**はじめに**でも触れた連載記事の元となっている。

ここでは、それらの中でも特に、以前も紹介したことだが、調査研究にあたって我われが苦労したこと・感じたことを今後の同様な活動をされる方のためにも、再確認しておこう。実際にデータ分析をしてみた経験から、①施設全体、ではなく天文設備のみが廃止されている場合、元もと何があったのかを調べられない②元データが作成された時点で廃止・休止していた施設は当然ながら載っていない③データとして、「地方の新聞」「議会だより」「Google などで検索したページ」なども集めるのが大切と分かってきた④そのような調査を進めている内にもどんどん情報が変わってしまう：例えば施設の一覧表の頭から調査していき、一通り終わった頃には頭の施設の

状況が変わってしまっていたりする、などを明記したい。調査の難しさ全体として、やっている間に次つぎデータが古くなる(全体的に)、有名どころではない施設の情報が得にくい、ことに特に苦労した。

それらの作業の中で我われが出した結論(方向転換)は、分析にこだわり過ぎず、『これこれの条件で調査したところこういう結果が出た』と示すので十分ではないか、と割り切る、だった。客観的統計データの1つとして現状で天教誌に報告(極端な話、例えば、存続中・母体変更・廃止・・・・の割合を示すだけでも可だろう)と。言葉を換えて言うとそれよりも注力すべき調査がある、即ちそれが「個別事案の資料収集」だった。いくつかの事案だけに絞っても良いからこちらは逆に、深く調査・収集を行うべきと判断した。その作業の中で明らかになった共通の特徴は、『議事録だと「あっさり」している。委員会の動画なども含めおさえないと全容がつかめない。』ということ。第29回天文教育研究会の『集録』³⁾に肉付けするイメージで情報収集するに加え、個別事例を他の事例と比べる際に比較を容易にするため、必要最小限の必要項目を取り決めよう、と話し合った。手分けして調査に当たるので、個々の情報間に一貫性が無くなることを恐れたのだ。一方で、逆の視点からとでも言おうか、当事者の方がたが我われに施設の変遷データを提供する事へのメリット感とは？と考え、襟を正し身を引き締めて調査にあたらなければ、と心を新たにした。

そんな中で、WGの活動期限も迫る折、今後最終年度で手掛けたいこととして、①廃止の後にその市町村が結局何に使ったか(場所・予算)の追跡調査②これまで集めたデータの公開、調査結果の公開③他団体との連携④解散後、の措置(情報収集窓口の設置をどう考えるか)、をWG会合を経て掲げた。このうち、③④の実現の一環で、上記「台長会議」への出席を計画した。

3. 取り組みたかったことの②：台長会議を受けて

JAPOSの台長会議に出席し、当初は上記のような活動を紹介し、周囲の情報(や新たなWGメンバー)を得られないか呼び掛けるつもりであった：我われ自身の情報収集としても、公開天文台の現状を知りたい、という思い。先方との事前打ち合わせを含めた交流の中で、協同で調査研究を行う必要性・有用性を議論して会議に臨んだ。しかし、実際には、公開天文台運営の置かれる状況はまさに危機的状況で、想像以上に「危惧されるもの」であった。当WGでこれまで主に調査されている科学館・プラネタリウムと比較しても、それが際立っていることが明らか(福澄自身、そんな弱小施設を運営し苦労した体験があるので、決して蔑んでいるわけではない)であり、早急な対策が必要との共通認識を得るに至った。

そこで、前節で取り上げた「今後最終年度で手掛けたいこと」を一部修正して、最終的には以下の方針とした。①現在のWGは、今年度を活動の最終年度とし、出来る範囲での情報発信②調査・研究を進めるためには、他団体との協同が肝要であることから、新たにより幅広く協力し合って活動するWGを立ち上げ③情報窓口の検討・設置(、宿題の遂行)は新WGに引継ぎ。こうして、当WGは正式に2018年度末[2019年6月]で活動を終了し『発展的解消』とすることになった。

4. 当WGの解散までとその後

以下、具体的活動方針を示す。公開・保存の手順として、①インターネットでの調査報告・事例取りまとめの公開：これについては天教のサイト内に『恒久的に』置ける②別途、紙ベースでの発表も：i)天教誌[エクセルファイル・個別事例(数回連載)] ii)その他あちらこちらで出版[中身全体でなくカタログ的で良いから(例：研究発表すれば集録に載るし検索にも掛かる・その他天文月報やJAAAの機関誌などにも?)]の二本立てを考えた。あわせて、『我われが情報収集活動を続けていれば、何かあった時に「あそこに報告しておこう」と思ってもらえるのでは?』という狙いもあり、まずは情報発信に注力しようとしている。より具体的には①休館・廃止などの『リストだけで良いから』定期的、恒久的にチェック&管理②そういった『リスト』とは別に、施設の存廃情報を書き込んでもらうブログを用意：なりそうだな、はともかくとして「なりまし

た」を広く一般の方から書き込んでもらう、ということだ。いずれにしても、天文教育普及研究会がハブとなって取りまとめる(活動する)ことが肝要であろう！

一方で、JAPOS の方には、今年度新たに「公開天文台運営の健全化推進 WG(呼びかけ人：平塚市博物館 塚田健さん)」が設置された。福澄もそのメンバーである WG の設立申込書からその趣旨を引用すると、「本会でも様々な視点で施設の運営を阻害する要因・うまく運営を展開する方策等の調査研究が行われている。しかし、『設置者・管理者』の立場からのものは希薄であったと否めない。そこで、新 WG を設立し、他団体とも共に活動しつつこれに当たる。(福澄による概要再まとめ)」だ。これとの協同調査研究は勿論のこと、さらには他の団体との協同の道模筋索しつつ、3 で述べた新 WG(「社会教育施設について皆で考えるWG」とでもいった名前になるだろうか)へと引き継いでいきたい。

最後に、今年度会員全体集会で報告した 2018 年度活動方針を再掲し、本稿の結びとする。今後とも、当 WG 活動へのご理解・ご協力、および、“来るべき新 WG へ、も含め、”ご参加をお待ちし、お願い申し上げます。

○生涯学習施設運営について調査研究および天文教育誌での報告連載記事の発表

○施設運営状況についての情報収集窓口整備(とっかかりをつける)

○日本公開天文台協会等他団体との協同の道模筋索。

○これまでの活動をまとめ上げ、報告書を作成し、活動終了

⇒天教誌連載とは別に、(簡便でもよいので)(宿題の回答も含めた)小冊子を作りたい

参考文献

- 1) <https://tenkyo.net/category/wg/>
- 2) 齋藤正晴ら (2018)「社会教育施設について考える (WG 報告) ～第 10 回：公開天文台協会台長会議報告～」, 天文教育, **30(4)**: 42.
- 3) 福澄孝博 (2015)「社会教育施設の現状分析とこれから ～我々には何ができるか～」, 第 29 回天文教育研究会集録: 43. (ネット版: https://tenkyo.net/kaiho/syuroku/29th_pdf/29th-03.pdf)

質疑応答

Q:「生々しい※」データの取り扱い・保存と公開についてどう考えるか。インタビューに慣れた方との共同作業は如何？ (玉澤春史さん)

※福澄註：講演の中では発言を控えた、台長会議での現場報告

A: インタビュー慣れた方と一緒に、というのは思っていなかった。助言有難うございます。生々しい内容についても、議事録では残っている。例え発表者が OK と言って下さっても、他の施設も含め、影響がるかも、と心配し、我々の判断で公開していないものもある。今後、何らかの形できちんと残しはするが、公開するかどうかは、判断による。

Q: インタビューの際、出来たきっかけを聞かれていますか？ふるさと創生資金でいっぱい出来たとよく言うが、実は元データ無かったりする。余剰金で出来たものはそれが尽きれば無くなるのは当たり前で、押さえるべきではないか。 (同上)

A: 聞いているところもある。具体的には記事を依頼して出来上がった原稿を元に、ここはもっと詳しく知りたい、などと追加インタビューする、というのが殆ど。そのようなやり取りの中でも、調査項目として意識するよう考慮します。

助言(但し、会員全体集会の中で：ここに合わせて記録する)：何らかのタイミングで指定管理者制度についてまとめて欲しい(まとめるべき)。 (大西浩次さん)

A: 既にまとめかかっているし、その功罪も含め是非分析したい。

宇宙を実感する -工作教材と Mitaka の組み合わせによる天文教室プログラム-

波田野 聡美 (国立天文台)

Feel the Universe! -Astronomy Education Program using a craft work & “Mitaka”- Satomi Hatano (National Astronomical Observatory of Japan)

Abstract

We have held “Astronomy classes for Kids” at summer vacation every year. I will introduce the Astronomy education program using Mitaka & craft works developed for this classroom.

1. はじめに

国立天文台では、毎年夏休みの時期に、近隣の小中学生向けの天文教室、「夏休みジュニア天文教室」(<http://prc.nao.ac.jp/fukyu/junior/>) (写真1)を開催している。天文学者によるミニレクチャーと工作や実習を組み合わせたイベントで、子供たちに天文学や宇宙に親しんでもらう目的で開催している。定員は一回につき 50 人だが、例年、数倍の競争率となり人気を博している。近年は、2~3 日間開催し、毎日テーマを替えているが、このうち、毎年一つは新しいテーマを設定し、国立天文台の各プロジェクトと協力して、工作やワークブックなど、子供たちが手を動かして体験できる教材を開発している。また、この教材と国立天文台 4D2U プロジェクトが提供している、四次元デジタル宇宙ビューワーMitaka を一緒に使うことで、より、理解度が高まるように様々な工夫を行っている。本稿では、こうした工作等の教材と Mitaka を組み合わせた教育プログラムについて紹介する。



写真1 教室の様子

2. 工作・体験教材

以下にこれまでに開発した、工作・体験教材を列記する。

①北斗七星立体星図 (2016 年製作、2017 年より市販キット化) (写真2)



写真2 北斗七星立体星図

細い竹串 (ぎんなん串) と蓄光ビーズを使い、「北斗七星」の空間配置を正確に再現したもの。星の位置は、当日の講演も行った、JASMIN 検討室の矢野太平助教から提供を受けた (Data: Hipparcos catalogue 改訂版)。黒い箱に入っており、穴から覗くことで地球から見た北斗七星の形をリアルに確認することができる。また、箱を開けて様々な方向からみることで、宇宙からの視点も確認する。この工作の後、Mitaka を使って北斗七星が宇宙の様々な角度から見て、これを工作物と見比べることで、星の立体分布を実感としてとらえることができる。なお、Mitaka は、デフォルトでは北斗七星のみを描画することができないため、この工作用の特別データセッ

トが、Mitaka 配布サイトにて公開されている。

また、キットは、(株) ホニャプランにアイデアを提供し、現在では、だれでも購入できるキットとして市販されている。

②電波塗り絵 (2017 年製作) (写真 3)

電波の強度によって色分けしていくことで、電波で撮影された画像と同じ形が浮かび上がり、古典的な電波観測を追体験する。目に見えない光であることから、理解がしづらい電波観測について知ってもらうため、この塗り絵を含むワークブック形式で進行した。講演と電波図の元データ作成は、チリ観測所の平松正顕助教が担当した。

電波塗り絵は、三鷹・星と宇宙の日のチリ観測所ブースでも使われ、好評であった。

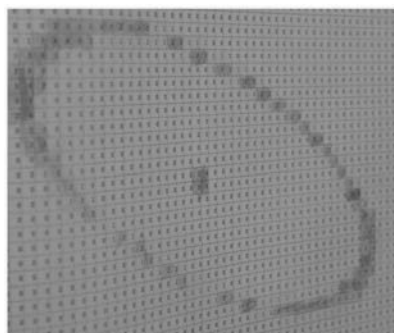


写真 3 電波塗り絵

③オリンポス山立体地図 (2018 年製作) (写真 4)

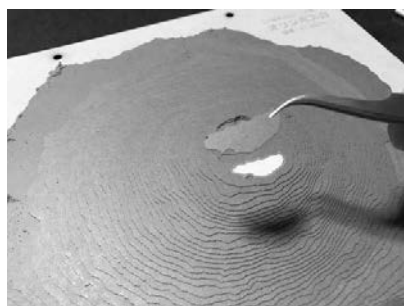


写真 4 オリンポス山立体地図

マーズグローバルサーベイヤーのレーザー高度計 (MOLA) のデータをもとに、等高線で切り抜いた紙を貼り重ねることで、立体的な地図が作れるキットを開発した。RISE 月惑星探査検討室、野田寛大助教の協力により、3 次元の ASCII データを入手し、波田野が QGIS (地理空間情報システム) を使用して等高線を作成、これをやまづみ工房に提供して製品化を行った。講演は、同じく RISE の荒木博志助教が行い、オリンポス山キットの解説リーフレットにも、「火星の地形について」というタイトルで、解説文を掲載している。

④ペーパークラフト (2018 年製作) (写真 5,6,7)

上の③と同様のデータから作成された火星全球画像 (DEM…高度データを持った tiff ファイル、USGS アメリカ地質研究所が公開) と、パイキングの画像を使った火星全球画像を使って、ペーパークラフトを作成した。ノリなしで、丸く美しい火星を再現できる。

ペーパークラフト形状への変換は、4D2U プロジェクト、中山弘敬研究員に依頼し、ノリなし成型のためのカスタマイズとテクスチャの加工を波田野が行った。ジュニア天文教室では、作成は行わず希望者に配布のみ行なった。現在は、このほかに折り紙で作成するタイプと、地球を作成し、国立天文台のギャラリーページで公開している。

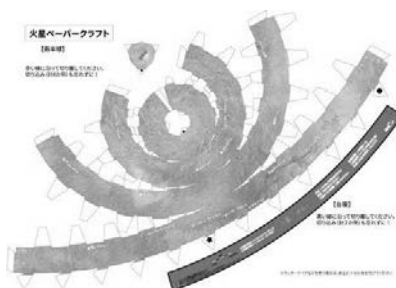


写真 5 南半球側の例

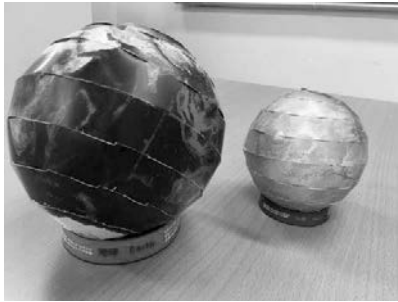


写真 5 地球と火星のペーパークラフト



写真 6 折り紙タイプ

3. Mitaka の利用

さて、こうした教材は、実際に手を動かすことで、実体験として印象づける効果が高い。しかしながら、小さく宇宙を切り取った工作キットや塗り絵だけで終わるのはでなく、Mitaka を組み合わせて使用することで、その外に広がる宇宙を視覚的にイメージさせることができ、より宇宙の全体像がつかみやすい。

例えば、北斗七星立体星図の場合は、箱を開けてみた北斗七星（宇宙人の視点）を Mitaka で実際に再現して見比べることができ、さらに Mitaka で、より宇宙の広い範囲を見ることで、地球から見る星々がそれぞれ様々な距離にある、ということを視覚的に理解できる。（写真



写真 7 Mitaka で再現した地球外視点の北斗七星

7) 火星については、Mitaka で火星に行き、オリンポス山に降り立ったり、他の地形を見てみることができ、また、太陽系の外に広がる宇宙の階層構造を見ることで、教科書の中ではイメージしにくい、宇宙の中での地球の存在を容易に認識できる。

この他にも Mitaka は、様々な状況で活用できると可能性を持っているので、ぜひご利用いただきたい。

4. おわりに

こうした教材については、国立天文台天文情報センターウェブサイトで、教材・グッズページの公開を予定している。また、立体星図キットについては、アンケート形式の、教材の効果測定を企画しており、協力してくださる団体には、進行表とプレゼンテーションファイルを公開したいと考えている。

質疑応答

Q：オリンポス山のように高さを重ねるのではなく、逆に（クレーターなど）穴のような地形を再現するのは可能か？（寺菌淳也）

A：可能だと思う。実際、やまつみ工房さんでは、青ヶ島なども制作されている。

Q：やまつみの台紙に各地方の大きさを示したものを用意してもらうと子供たちが組み立てるときに自分らの住んでいるところと比べられて、わーこんなに大きいんだ、と実感できていいと思う。（福澄孝博）

A：今回は富士山を比較対象とした。ご意見に感謝し、今後の参考とする。

リフレッシュ理科教室のための透過機能付き

星座早見盤型プラネタリウムの開発

鈴木恒則（元東海大学・NPOアクティブ）、遠藤順一（東海大学）

田中良一（NPOアクティブ）、藤城武彦（東海大学）

Development of the Planisphere type Planetarium and the Transparent type for the Refresh Science Classroom

T. Suzuki (Tokai Univ., NPO Active), J. Endoh (Tokai Univ.),
R. Tanaka (NPO Active) and T. Fujishiro (Tokai Univ.)

Abstract

It held the workshop of Planisphere type planetarium using a chip type LED for the elementary school students. The purpose is to make they like science and to learn the creative ideas of the create the planetarium from Planisphere. We obtained the good results that they used the Planisphere type planetarium many time at the home

1. はじめに

子供達にとって宇宙や天文の工作実験教室には人気があり、理科や科学に対する好奇心や探求心を持たせるためには適した1分野である。著者らはアクロマート4cmの屈折望遠鏡の手作り教室を開催し、大変盛況であった[1]。宮崎大学の遠藤宏美による学校教育での「理科好き」を伸ばす子どもの性格・行動特性調査[2]では、理科好きになるためには「好奇心旺盛・行動的」な資質がより関係しており、それを学校や家庭で伸ばすサポートが必要であると提案している。本テーマの星座早見盤型プラネタリウムは、小学校4年生を対象に星座を身近に感じて興味を持つようにリフレッシュ理科教室[3]で取り上げた。

現行および新たな小学校の学習指導要領でも、小学4年生で星や星座の時間や季節変化を観察し、運行を学習している。具体的には、星座早見盤を理科室に用意したり、既設のプラネタリウム施設があれば、それを利用して天体の運行を学習している。

応用物理学会の関東地区ではチップ型LEDを用いた明るくコンパクトな星座早見盤型プラネタリウムを製作するテーマで2017・2018年度に理科教室を開催した。小・中学生が理科好きになることおよび既成の星座早見盤からプ

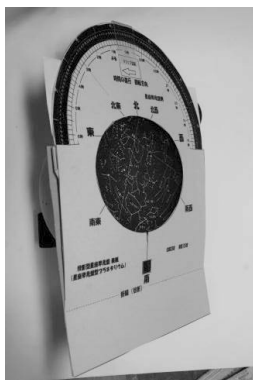


図1. 作成したコンパクトな星座早見盤型プラネタリウム

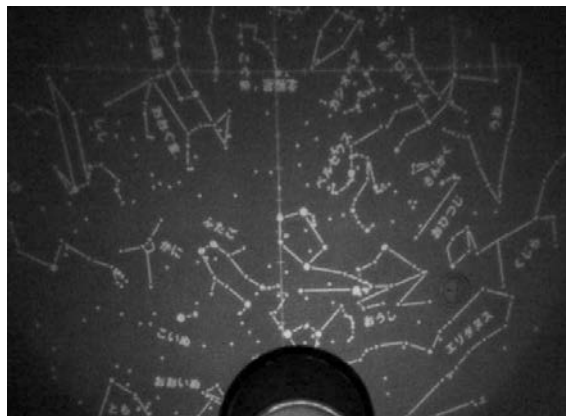


図2. 星座早見盤型プラネタリウムで映した星座

ラネタリウムを生み出すアイデア等を知って感じて貰うことを目的とした。この目的は、開発したプラネタリウムで星座を観察し学習すること、および画期的な星座早見盤型プラネタリウムを作るための柔軟な発想を学ぶことである。

2. リフレッシュ理科教室について

リフレッシュ理科教室は応用物理学会（会員 約 2 万人）が小・中学校の先生を対象に 1997 年度より実施しており、教育現場で利用できる具体的な理科実験や先端科学技術の話題を提供する支援事業である。子供たちが最初に接する小・中学校教育では理工系の高等教育を受けた先生は少なく、教育学部等で文科系の教育を受けた先生方が多くを占めている。応用物理学会では次世代の科学技術に関する人材教育のためには、小・中学生の先生方が理科や科学・技術に興味を持ち、子供たちに分かり易く接してもらう必要があると考えた。そのため、リフレッシュ理科教室として応用物理学会会員が小・中学校の先生と共に直接、理科実験テーマを開発したり指導を考えたりする時間を設け、それを子供たちに理科実験として指導できるように実施した。

応用物理学会の研究分野は、大変広範囲に渡っているものでリフレッシュ理科の守備範囲も広い。地域的には日本全体に広がり、全国 7 支部、1 分科会の 35 会場で実施している。経費は会員の寄付を含めた応用物理学会の公費で実施している。

関東地区では著者の鈴木が分科会幹事長であったとき、応用物理教育分科会が 2003 年度から担当して日本科学未来館で第 1 回関東地区リフレッシュ理科教室を実施した。昨年の 2017 年度は 5 会場で実施した。

開催場所と実施テーマの星座早見盤型プラネタリウム工作の参加人数を示す。

8 月 8 日	東海大学 湘南キャンパス	60 名+30 名（教員）
8 月 19 日	日本科学未来館	50 名
8 月 19 日	日本工業大学	30 名
8 月 22 日	千葉市科学館	30 名+20 名（教員）
12 月 9 日	福岡県 星のふるさと 星の文化会館	30 名
		合計約 200 名+50 名（教員）

他に、小学校 4 年生の出前授業では 250 名の参加があった。



図 3. 出来上がったプラネタリウムを机や天井に投影している。



図 4. 小中学校の先生への説明

3. 星座早見盤型プラネタリウムのシステム

星座早見盤型プラネタリウムは既成の星座早見盤とほぼ同じ機能を備えている。外観は図 1 に

示す様に非常にコンパクトで、子供でも手軽に持つことが出来、両手で操作可能である。

大きく異なるのは図 5B に示すように星や星座線が含まれている星図が透明な星図円盤に置き換えている点と、それを壁や天井に投影するために、図 5C に示してある後部にチップ型 LED による光源を設けている点である。この投影機能は、画期的で、紙に書かれている小さい星図が、壁や天井に拡大して描かれるため星々による星座として、博物館等で投影されるプラネタリウムと比較すると小さいが、子供たち自らが操作可能であることを考えると有益性が大変高い。

4-1. 透明な星図円盤について

星座早見盤型プラネタリウムの星のデーターは、NASA の Hipparcos Main Catalog からダウンロードして、独自に方位図法で作成した星図である。星座線と星座名は星空観察ガイド [2] を参考として記入した。白い星図原図を白黒反転して OHP 用原図とし、その反転星図から、レーザプリンターで OHP に複写して星座早見盤の星図とし使用した。詳細はワークショップ [4] と投稿予定である「天文教育」を参照されたい [5]。

4-2. プラネタリウムの表紙板

図 5A は本プラネタリウムの表紙で星座早見盤として利用する時間軸が周囲に印刷されている。同時に観測地の北緯 35 度と東経 135 度で計算した楕円形の観測窓が開けてある。さらに、表紙の裏側にはコの字の透明星図円盤用の回転機構が特殊な方法で取り付けられている。

4-3. チップ型 LED について

図 5C に示す用紙にはチップ型 LED の光源と電池ボックスを取り付けた紙製のハウジングが取り付けられている。ハウジングは安価な市販の紙製どんぶりを使用している。本体 5C の印刷紙の上部には投影するプラネタリウム用の時間軸が印刷されている。LED は発光部分が大変微小で点光源に近いチップ型の素子 (OSRAM 製の LUWG5GP) を 3V (単 3) の電池で駆動している。チップ型素子は LUW 5 GP で小型であるため市販変換基板 (AE-2-3UIB-DIP) にリード線と共にハンダ付けし、ハウジングの内部の中心に取り付けた。これら全部を組み上げると図 1 や図 6 の写真となる。

5. 実験工作内容

リフレッシュ理科教室や出前授業では実験工作時間を 90 分として、小学 4 年生以上を対象とし、実験工作をキット化して実施している。実験内容・工作内容は工作のみでなく、創造的な着想を含めたアイデアを強調した工作内容として組み立てている。例えば、OHP 星図円盤を紙製の補強用円帯に接着する場合、OHP 星図円盤の北極を補強用円帯の中心に簡単に設定できるような補助器具を使用している。他は省略するが、次の利用方法にも創造的な発想の内容を示した。

6. 透過型星座早見盤として使用

既成の紙製星図を用いた星座早見盤は、暗い夜空では星座早見盤として使用するには赤いライト

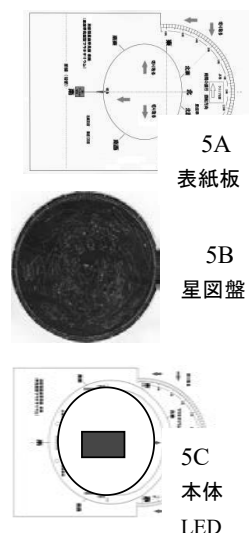


図 5. プラネタリウムの主要印刷材料



図 6. 星座早見盤型プラネタリウム

で照らす方法や蛍光塗料で星座や星座線を塗る方法等が利用されている。

開発された星座早見盤プラネタリウムを星座早見盤として利用すると、透明な星図円盤を使用しているため、夜空で利用できる透過型の星座早見盤となる。透明な星図円盤を前後逆に挿入して、さらに LED と星座盤の間に赤いフィルター用紙として赤い紙を半円形に切って挿入する。図 8 のように LED を点灯すると星や星座が赤く見える。また、夜空で星座円盤を見ると、ルーペで見るとより見易くなり、画期的な透過型星座早見盤となる。

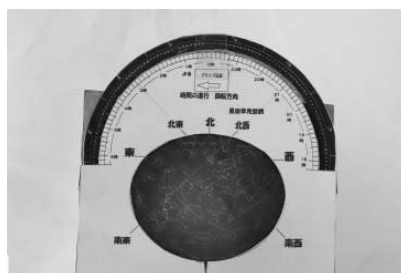


図 8. 暗い夜空でも使用できる透過型星座早見盤。地平窓の中に星座が赤く見えている

7. まとめ

出前授業は 3 校で実施した。問「家庭でこの星座早見盤を何回使用したか」のアンケート結果では、「10 回以上家庭で見た」との選択肢について、6 週間後の調査結果では、1 週間後より 30%ほど上昇していた。作成した星座早見盤型プラネタリウムが実験授業が終了後も家庭で継続的に使用していることを示している。コンパクトで視覚的なこの教具は子供たちに繰り返して使用して学習されており、次の段階（観察や興味づけ）へのきっかけとなりうると思われる。LED を利用し、OHP を利用する方法を他の教具にも利用すると教育効果も上がると考えられる。

参考文献

- [1] 鈴木恒則 他 屈折望遠鏡のための光軸修正用アイピースと架台の開発 2014 応用物理学会春季学術講演会 予稿集 18a-PA-10
- [2] 遠藤宏美 「小学生白書 Web 版」
<https://www.gakken.co.jp/kyouikusuouken/whitepaper/201207/chapter3/05.html>
- [3] 鈴木恒則 他 第 15 回関東地区「リフレッシュ理科教室」説明書
- [4] 遠藤順一 他 ワークショップ 透過機能付き星座早見盤プラネタリウムの工作と出前授業 本収録集
- [5] 遠藤順一 他 現在作成中につき未公開 天文教育

質疑応答

- Q リフレッシュ理科教室とはどのような教室ですか。
- A 応用物理学会が実施している科学技術に関する人材育成のために全国展開しているイベントです。子供たちを最初に教育する小・中学校の先生方に科学技術の情報を提供する企画です。
- Q LED の入手方法は
- A 製品は OSRA 製の素子 LUWG5GP で秋葉原の秋月電子通商で購入できます。
- Q 今年（2018 年度）の出前授業はありましたか。
- A 200 名（4 年生）の出前授業で 6 クラス（90 分×6 回）が可能かとの問い合わせがありました。実施側が 1 名のみで、またの機会とした。このように依頼してくる小学校の先生は理系出身が多く、文系出身の先生はどうもこの分野をスルーしている感じがします（私見）。

連絡先 星座早見盤型プラネタリウムホームページ <https://t2suzuki.jimdo.com/>
鈴木恒則 t2suzuki@chive.ocn.ne.jp 遠藤順一 ej67321@tsc.u-tokai.ac.jp

Stories of Tomorrow : STEAM 教育の小大連携

富田 晃彦 (和歌山大学教育学部)

久保 文人 (和歌山大学教育学部附属小学校)

前田 昌志 (三重大学教育学部附属小学校)

Stories of Tomorrow:

Elementary School-University Collaboration in STEAM Education

Akihiko Tomita (Faculty of Education, Wakayama University)

Fumihito Kubo (Attached Elementary School, Faculty of Education, Wakayama University)

Masashi Maeda (Attached Elementary School, Faculty of Education, Mie University)

Abstract

The project of Stories of Tomorrow is the multi-disciplinary STEAM (science-technology-engineering-art-mathematics) and ICT-using education program for elementary school. The project consists of story-telling and developing e-book on the trip to Mars and living on Mars, and aims at developing children's skills of collaborative work and positive attitude to science. Though the first result will come out in half a year, two elementary schools in Japan participate in this European Commission-supported international project and have started the project using the period of synthesis and other classes.

1. はじめに

理科という科目は多くの子どもたちの心を引きつけつつも、同時に、多くの子どもたちに苦手意識を持たれているという難しい問題について、世界中の学校の先生方が取り組んでいる。ヨーロッパの先生方は、小学校から中学校に上がる際、子どもたちの理科への意欲そして社会との関連性の意識が急低下することに危機感を持ち、理科だけにとらわれない、分野横断でコンピューターを駆使した教育実践プロジェクト Stories of Tomorrow を、欧州委員会からの資金援助も受けて 2017 年度から始めている。ヨーロッパの 5 カ国、ポルトガル、フランス、ドイツ、ギリシャ、フィンランドからそれぞれ数校ずつが参加し、2018 年度からは日本からも参加することになった。国立天文台から tenkyo メーリング・リストを通じて呼びかけがあり、国立天文台が取りまとめて和歌山大学及び三重大学の教育学部附属小学校の 2 校が参加することになった。

2. Stories of Tomorrow の活用によってできること

Stories of Tomorrow は、火星への旅と移住という仮想的な課題をもとにしている¹⁾。マルチメディアを駆使し、火星への旅と移住という冒険ものの絵本を作り、その科学性、技術性、芸術性を互いに評価し合うのが具体的な実践課題である。火星への旅ということで理科の内容が占めるものが大きい。物語作成、また、持続可能な共同体の検討、食糧調達、人間関係づくり、パソコン上で居住のための設計、飛翔体設計などを考えることで、表現、食住、共同体、建設の内容が多く取り入れられ、家庭、保健体育、社会、国語、図工、算数、音楽、英語、道徳に関係し、国際理解、情報教育やプログラミング教育にも資することもねらっている。

新しい学習指導要領では「何を学ぶか」に加え、「主体的、対話的、深い」学び（どのように学ぶか）を通し、それぞれの教科の見方・考え方を駆使して、「何ができるようになるか」（でき

ることをどう使うか、そして、どのように社会・世界と関わるか) という力の養成を目指そうとしている。さらに、「外国語教育の充実」「コンピューター等を活用した学習活動の充実」「プログラミング的思考の育成」「現代的諸課題への対応：持続可能な開発のための取組、自然災害などに関する内容の充実」「教育課程外の学校教育活動と教育課程との関連性の充実」を目指そうとしている。Stories of Tomorrow が目指していること Stories of Tomorrow によってできることは、新しい学習指導要領で小学校が取り組もうとしている内容の充実に活用することができる。もちろん、新時代の新課題というより、時代を越えて大切にしてくれている課題解決の能力と共同作業の能力、そして自然を多面的に理解する力を培うことが目標である。

3. ゲームエンジン UNITY を活用した Stories of Tomorrow プラットフォーム

Stories of Tomorrow の電子絵本作成において、強力なツールが用意されている。ゲームエンジン UNITY を活用した作業用ウェブサイトが開発されている (図 1; このプロジェクトでは、プラットフォームと呼んでいる)。アニメーション機能がある紙芝居といえば PowerPoint を思い浮かべるだろうが、音声、映像、動画の機能が強く、また、拡張現実 (AR) との親和性も高く、新時代的技術への児童の興味を喚起するだろう。

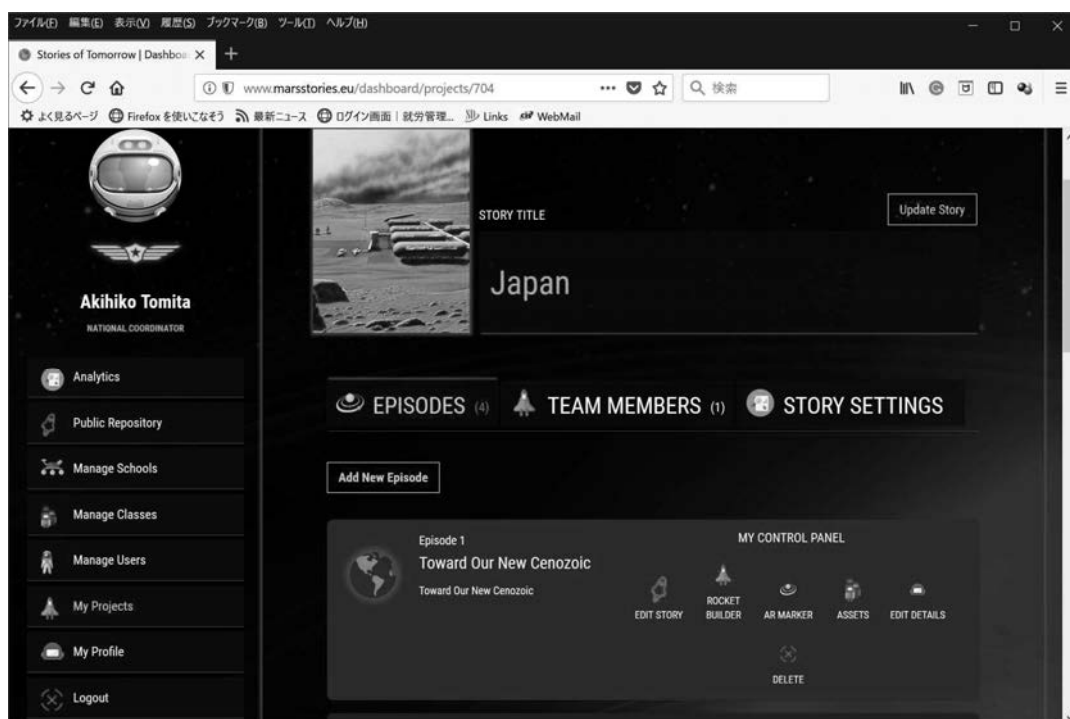


図 1 Stories of Tomorrow のプラットフォームの画面例 (日本語表記も可能)

電子絵本は、8 項目の観点に沿って教師が評価をする。科学的内容や知識 (20%)、物語の筋 (10%)、芸術性や創造性 (10%)、物語の独創性 (10%)、作業の協働 (10%)、発表の際の効果的な伝え方 (10%)、課題解決の内容の取り込み (20%)、火星への旅と移住というテーマとの関連性 (10%) である。なお、この国際共同プロジェクトでは各国の言語や文化の尊重もよく意識されており、それぞれの母語で電子絵本を作成することになっている。

4. Stories of Tomorrow 実践の体制

実践参加の 2 校では、班の活動を通して電子絵本を作成していくこと、そこに向けて、総合的な学習の時間で、さまざまな調べ学習、工作、創作を共同で取り組んでいくこと、さまざまな教科で身につけた知識、そして見方・考え方を総動員し、総合的な学習の時間を活用して進めることを行っていくことにしている。これは 2018 年度後期から本格化する予定である。和歌山大学教育学部附属小学校では 6 年生の 1 クラスで、三重大学教育学部附属小学校では 3 年生の 1 クラスで実践する予定である。Stories of Tomorrow は小学校高学年を念頭に置いて開発されたプログラムではあるが、三重大学教育学部附属小学校では小学校 3 年生において、どのようにこのプログラミングが活用できるのか、ということも課題にしている。富田は Stories of Tomorrow の本部との連絡を取る日本窓口として、また、実践参加の 2 校での計算機をはじめとした種々の環境についての調査や相談にあたることを分担することになっている。現段階では試験的要素が高いが、Stories of Tomorrow の日本での実施に効果があったのかどうかよく検証して、その内容を広く活用してもらえる成果発表を目指す。なお、ヨーロッパ 5 カ国で先行している学校との先生どうしの交流および研修会として、夏の学校が開かれている²⁾。実践に参加している日本の先生方にとって、国際交流そのものを教育実践力向上に直接つなげる重要な機会となっている。

児童は実践の前に、事前知識テスト、協働での課題解決への態度についての意識調査、科学への興味・関心についての意識調査の 3 種類のアンケートに答え、1 年間の実践の後、事後知識テスト、そして同じく、協働での課題解決への態度についての意識調査、科学への興味・関心についての意識調査の 3 種類のアンケートに答えることになっている。そして、その変化を見ることにしている。また、この創作活動全体の時間のうち、パソコンでの作業がどのくらいだったか、そのうち Stories of Tomorrow のプラットフォームでの作業がどのくらいだったか、その際に使った写真や動画などの電子資料がどのくらいの量だったか、また、互いのコメント数がどのくらいだったかの統計を取り、その資料も勘案しながら、この ICT 活用実践が、科学についての知識向上、協働での課題解決への肯定的態度、科学への興味・関心についての肯定的態度につながったのかを検証することになっている。この検証の結果が出るのは、今から半年後以降になる。うまくいかなかった、という結果も出す用意を持ちながら、研究としてこの実践を進めている。

参考文献

- 1) Stories of Tomorrow ウェブサイト：<http://www.storiesoftomorrow.eu/>
- 2) Stories of Tomorrow 夏の学校ウェブサイト：<http://stories.ea.gr/>

質疑応答

Q：ギリシャでの夏の学校では、各国の小学生の電子絵本の紹介の中で、それぞれのお国柄は出ていましたか？（矢治健太郎さん）

A：お国柄というより、どの国であっても先生らしい子どもへの視線というものがある、ということを感じました。先生方は電子絵本のできそのものよりも、小学生の活動を楽しく紹介されていました。一方、この実践は ICT 活用の物語創作という授業の教育効果を定量的に見るという研究の面があるので、研究データを取りまとめる立場の方はデータの均一性や完全性などに注意が行っていました。