

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 5 月 25 日現在

機関番号：82645

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01067

研究課題名(和文)無線技術で星空をお届け！新星座カメラWi-CANを操作して星空観察と国際交流

研究課題名(英文)Star watching with Wi-Fi technology! New constellation camera Wi-CAN for international communication

研究代表者

佐藤 毅彦 (Sato, Takehiko)

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・教授

研究者番号：10297632

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：昼間の授業中には見ることのできない星空をネットワーク経由で届ける機器i-CANを無線化し、それによる設置の柔軟性確保、さらにはそれを利用することで異なる国の児童・生徒が交流することを目指した研究を行った。ガーナのインターネット天文台、フロリダのi-CANを無線化し、台数をさらに増やすため市販の電動経緯台を採用した新ハードウェアWe-CANを製作した。日本の複数の小学校においてそれらを活用した授業、ガーナの高校において日本の子どもたちがガーナの夜空を学ぶ様子を伝えるレクチャーを実践し、単にネット経由で星空を見るにとどまらない体験を子どもたちへ与えた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

理科において重要な「実物観察」を天体分野学習でも可能にするという点でネットワーク経由の星空観察は便利であるが、本研究はそれをさらに確実にする(台数を増やし天候の影響などを受けにくくする)という点に意義がある。そして、自分たちの場所は昼間なのに夜の場所がある(そこからの星空を見ている)という実感に加え、そこにいる仲間を意識させることで「国際性を育成する」という点も次代に向けた基盤となる。こうしたネットツールへの親和力は、いま世界を揺るがせているコロナウイルスとそれ以降の社会においても必要不可欠なものはずであり、その意味でも本研究は次代を志向しているといえる。

研究成果の概要(英文)：We carried out research that aimed at providing school students “star watching” experience at day-time classes by utilizing the remote-operable equipment over the network. The hardware, i-CAN, has been upgraded to We-CAN which connects to the internet by means of today’s Wi-Fi technology (applied to Ghana Internet Observatory and i-CAN at the Rosemary Hill Observatory of University of Florida). A new motorized alt-azimuth mounting is used so manufacturing of We-CAN is far easier than before. These enables more We-CANs being hosted by schools with little difficulty. Not only “star watching”, but out school lectures, at elementary schools in Japan and at a high school in Ghana, gave students strong feeling of having “friends” over the network where We-CAN is hosted.

研究分野：惑星大気科学

キーワード：理科学習 天体分野 インターネット 無線技術 国際性 ネットツール コミュニケーション

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

昼間の授業中には見ることのできない星空をネットワーク経由で教室へ届け、リアルタイム観察を伴う理科「天体分野」学習を実現する。そのためのツール i-CAN は 2005 年に当時の技術で開発された。それから 10 年以上の間に、無線通信技術・超小型コンピュータなどのキーテクノロジーが飛躍的発展を遂げた。それらにより現代の教育課題に取り組み、さらに魅力的な学習を実現できるはずと考え、またこのツールを国際交流へ活用してこれからの時代に必要な国際性を育成することを着想した。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は大きく二つに分けられる。一つ目は、星座カメラ i-CAN を「手間がより少ない＝ホストフレンドリな」機材へ進化させることである。手間が少なければ、協力してくれるサイトが増える（永続的でなく一時的設置も現実解）。数が増えれば、「夜ではない」「天候が良くない」といった天体観察につきものの阻害条件が軽減される。これにより、対象（星空）を見ながら対象（星）のことを学ぶ、他の自然科学では当たり前のそうした実物体験機会を増大させるのがまず一つである。

二つ目は、日本各地の学校が「設置が簡単になった i-CAN（Wi-Fi enhanced i-CAN の意味で、Wi-CAN と呼ぶ）のホスト校になる」ということである。もちろん、自分たちの昼間の学習では自分たちがホストしている Wi-CAN を使って星空を観ることはできない（帰宅し、夜に観ることは可能である）。代わりにその星空を、海外の同年代の子どもたちへ提供し観てもらおうホストになるのである。「私たち（日本）の星空はこんなですよ。どうですか？」といった具合に交流することで、21 世紀を生き抜くキーである国際性を高められるはずだ。海外の交流先学校とお互いが相手の星空を見られるようにすれば、これは「天体分野の学習」という枠を完全に超越し、「星空を介した国際交流」として大きな可能性をもつと考えた。

### 3. 研究の方法

日本と海外の学校とで、(A)お互いの星空を見る、(B)その感想などをもってリアルタイム交流をする、(C)一緒にリアルタイムで星空を見る、この 3 項目を実現するために次のことを行う。(A)両者が相互にホスト（星空の提供元）となれるよう、各々に簡単に設置できるホストフレンドリな星座カメラ Wi-CAN（既存の星座カメラ i-CAN の発展形）を開発する。(A)(B)両活動を実施可能な相手方にハワイを選び、交流条件を整える。(C)両地点から同時に星空を見ることのできる時差の場所（本初子午線＝東経 0 度付近）に既存のインターネット天文台・星座カメラを維持し、それらと Wi-CAN を活用して「星空交流」を実施する。交流の様子は同時中継で日本国中へ広く発信し、教育効果の高いことと普及の可能性を示す。

### 4. 研究成果

#### 2017 年度

本研究計画における国際交流の拠点であるガーナ・インターネット天文台の改修作業を実施した（2017 年 6 月）。天文台の制御にはデスクトップ型パソコンを使用していたが、2003 年の設置から長い年月が経ち、部品を交換しながら使い続けるのも困難で、しかも性能は最新・廉価な機器に劣る。そこでパソコンの代わりに、超小型コンピュータである Raspberry Pi 3（以下では RP3）を導入しての刷新作業を実施した（図 1）。加えて、インターネット環境についても Wi-Fi 化を行った（i-CAN を Wi-Fi 化するのに必要な技術）。インターネット天文台を外部から遠隔操作するため当初は固定 IP アドレスを提供するプロバイダに頼ったが、通信方法を工夫することで動的 IP アドレスでも同じことのできるようにしたのである（土星観測の授業活用例を図 2 に示す）。

既存 i-CAN を Wi-Fi 化するためのハードウェア開発を行った。調査の結果、SORACOM という通信事業者の提供する SIM（さまざまな IoT 機器への実装を想定している）は日本国内用、海外用



図 1：デスクトップ PC を RP3 に置き換え、インターネット接続は Wi-Fi 化した天文台制御系。



図 2：兵庫県西宮市の小学校授業でガーナ・インターネット天文台を活用（2018 年 7 月）。

の両方があり、地域カバレッジも十分に広そうであったため、これを試用した。米フロリダ大学ローズマリーヒル天文台へ出張し、同天文台に設置している i-CAN を Wi-Fi 化した。同天文台は夏季に雷雲が多く発生し、落雷のため大学キャンパスとの間の無線接続機器がしばしばダウンする。従来はその通信環境を利用して頂いていたが、Wi-Fi 化すれば自前の通信経路を確保でき、途切れることのない星空観察を提供できることを確認できた(図3、2018年1月に現地作業を実施)。この時点では「通信は速くはないが、つながる」レベルの実現であった。

次に、複数の Wi-CAN を組み立てるのに必要なハードウェアについて検討した。カメラのチルトパン機構は、従来はモーターや歯車などの個別部品を組み合わせて手工作していたもの(図3)で、精度・強度ともに不足がちであったし、製作の時間がかかり数を増やすのには不向きであった。この部分に SynScan と呼ばれる電動経緯台を用いる構成に変更したのである。おかげで、精度・強度が向上し、一台一台のできればえのばらつきが抑えられ、また輸送時の耐性・安全性も高いものにする事ができた(図4)。制御用に RP3 を採用し、図に示すように直径 25cm のベース(アルミ円盤)の上にすべてが配置されている。これらの改良により、Wi-CAN を箱ごと適地へ移動してゆき、そこで電源さえ供給すれば星空を提供できる準備が完了した。名称の Wi-CAN は We-CAN へと変更した。

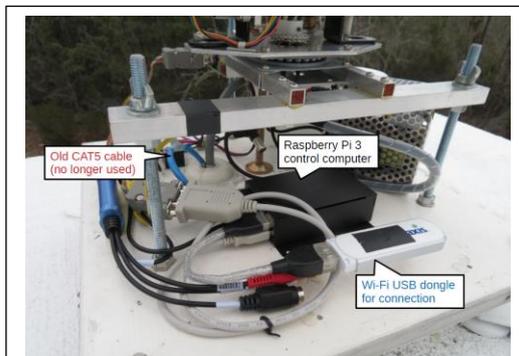


図3：フロリダ i-CAN の Wi-Fi 化。カメラのチルトパン機構は旧型のまま。



図4：新しいチルトパン機構。電動経緯台 SynScan を採用している。

### 2018 年度

米フロリダ大学ローズマリーヒル天文台 We-CAN の評価を継続し、通信速度向上のための対策を検討した。通信のためには PC へ Wi-Fi 通信機器を USB 接続するが、その機器の対応する通信バンドの種類が重要であることが分かってきた。米国の通信バンドと日本国内の通信バンドでは共通周波数があまり多くなく、日本で手配できる Wi-Fi 機器を組み込んだ We-CAN を米国で使うと「つながりにくい、またはつながっても速度が出にくい」のである。そこで米国の協力者を通じて米国通信バンド(表1)の Wi-Fi 機器を入手した(特定地域に特化した通信機器は輸出制限があるため)。2019年3月には、フロリダ We-CAN に実装した。

当初計画では国際交流の拠点と考えていたハワイが、国立天文台側の広報普及スタッフ削減に伴い i-CAN をホストできなくなった。そこで、国際交流を「日本 + 米国 + ガーナ」で行う計画に変更することとした。この三地点は、地球の経度でほぼ 120 度おきに位置しており、リレー的観測やさまざまな見え方の違いなどをお互いに観測し、それにもとづく交流が可能と考えられるからである。2018年8月にはサンフランシスコの California Academy of Science、11月にはガーナの Tema Secondary School を訪れ、どのような国際交流が可能かなどの意見交換を行った。ガーナの学校ではさっそく(それまではなかった)天文クラブが結成され、このプロジェクトに参加し活動する機運が高められた(図5)。2018年7月には兵庫県西宮市の小学校でガーナ・インターネット天文台を遠隔操作しての授業が行われた(図2、松本栄次教諭による)。子

表1：米国の主な通信周波数・バンド

周波数	バンド	通信事業者
850 MHz	5	AT&T
1.7GHz/2.1GHz	4	AT&T, T-Mobile, Verizon
1.9GHz	2	AT&T, T-Mobile, Verizon



図5：テマ高校に結成された天文部生徒らと望遠鏡を操作し、青空に浮かぶ月を観察(2018年11月)

もたちはガーナからインターネット経由で送られてくる土星の画像に驚くとともに、その向こう側にいる仲間（天文部の生徒）のことを強く意識することができた。

2018年10月に、島根県邑南町で「星空の授業」が開催された（科学研究費補助金研究16K01030、代表者：石井雅幸による活動）。この中で、フロリダ We-CAN の提供する星空も活用され、学習に参加した子どもたちにこの星空がどのように届けられているかを伝えることができた。

### 2019年度

2019年6月にガーナを訪れインターネット天文台のメンテナンス作業を行うとともに、天文部生徒らへレクチャーを行った（図6）。レクチャーでは、日本の子どもたちがその理科学習に、どのようにインターネット天文台を活用しているか（図2）を伝えた。また自分たちの探究活動としてインターネット経由の天体観察をいかに行うか、探究テーマの見つけ方などを指導し、さまざまな質疑応答を通して生徒らの国際交流への関心や天文探究活動への意欲を高めた。

2019年7月には、スペイン（グラナダ南方のアンダルシア地方）に設置してあるi-CANのメンテナンスも行った。設置エリアは山間部であるということと、通信事業者等に関する情報が事前入手できなかったため、Wi-Fi化は見送ることとした。通常メンテナンス作業と通信事業者情報の収集を行った。このサイトは民間宿泊施設に併設されていて、ネットワーク環境は安定している。Wi-Fi化が急がれるサイトでもないため、必要に応じて将来Wi-Fi化を行うという位置づけである。

2019年9月に島根県隠岐町を訪れ、同町の都万小学校で星の授業を行った（図7）。離島の子どもたちにとって海外は極めて遠く、そこからの星空をインターネット経由で観ることができるというのは（当然ながら）大きな驚きである。それに加えて、その星空を提供する海外サイト、そこにいる自分たちと同じような学習者を意識する、非常に稀な体験を与えることができた。

本研究全体を通じて、従来は「インターネット経由で星空を観る・学ぶ」という理科学習にとどまっていたものを、「向こう側にいる人々に思いを馳せる」こと（国際性）を強く意識して研究を進めてきたし、生徒や児童にはそれが伝わったと考える。実際にWe-CANをホストしたり、リアルタイムにネットで交流するのは次のフェーズの活動になるであろう。研究が終わりを迎えようとした2020年2月からこの報告書を執筆している現在まで、世の中は新型コロナウイルスCOVID-19の影響で直接の人的交流がしにくい状況となっている。逆に言えばそのおかげで、ネットを通じた交流はより一般的な広がりを見せており、本研究が志向しているものがさらに認知を受けるように思われる。アフターコロナ（with コロナと呼ぶべきか）に、その時代・背景にふさわしい「次なるフェーズ」の研究へとつなげてゆきたい。



図6：天文部生徒らへのレクチャー（上）と質疑応答（下）（2019年6月）



図7：都万小学校におけるi-CANを使い、国際性を意識した授業を実践（2019年9月）

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 佐藤 毅彦
2. 発表標題 インターネットを使った「ライブ」天体観測
3. 学会等名 第32回天文教育研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤 毅彦
2. 発表標題 超小型衛星を支える廉価・小型電子部品とインターネット天文台
3. 学会等名 第7回小型衛星の科学教育利用を考える会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤 毅彦
2. 発表標題 ガーナ・インターネット天文台 その16年
3. 学会等名 武蔵野大学 宇宙教育セミナー（招待講演）
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

[ その他 ]

星座カメラ i-CAN ウェブページ  
<http://melos.ted.isas.jaxa.jp/i-CAN/>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	松本 一郎  (Matsumoto Ichiro)  (30335541)	島根大学・学術研究院教育学系・教授   (15201)	
研究 分担者	上田 晴彦  (Ueda Haruhiko)  (70272028)	秋田大学・教育文化学部・教授   (11401)	
研究 分担者	林 左絵子  (Hayashi Saeko)  (90183912)	国立天文台・TMTプロジェクト・准教授   (62616)	
連携 研究者	石井 雅幸  (Ishii Masayuki)  (50453494)	大妻女子大学・家政学部・教授   (32604)	