

令和 6 年 6 月 19 日現在

機関番号：31502

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2023

課題番号：18K02986

研究課題名（和文）24時間観測可能なインターネット望遠鏡ネットワークの構築と探求型学習への活用

研究課題名（英文）Construction of 24-hour observable Internet telescope network and its utilization for inquiry-based learning

研究代表者

山本 裕樹（Yamamoto, Yuki）

東北公益文科大学・公私立大学の部局等・教授

研究者番号：20348816

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：インターネット望遠鏡とは、遠隔地に設置した無人の望遠鏡をインターネットを通じて操作し、天体観測を行うシステムである。本研究ではインターネット望遠鏡で24時間いつでも継続的に天体観測ができるネットワークを構築し、それを活かした探求型学習を行うことが目的である。そのために、望遠鏡をリモートで操作するための新システムを開発し、老朽化していたニューヨークのインターネット望遠鏡のリプレイスを行った。さらに高校の探求型学習においてインターネット望遠鏡を活用して指導した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

我々のインターネット望遠鏡は誰でも無料で使えるようにインターネット上で公開しており、インターネットが使える環境さえあれば世界中の誰でも望遠鏡を簡単に操作してリアルタイムで天体観測ができる。今回開発した新システムで多様な望遠鏡機器に対応できるようになったため、比較的容易にインターネット望遠鏡の設置場所を増やせると期待する。そして設置場所が増えることで24時間観測可能な体制が整えば、日中の授業や探求型学習の中でも手軽に天体観測ができるようになる。

研究成果の概要（英文）：The Internet telescope is a system in which unmanned telescopes installed in remote locations are operated via the Internet for astronomical observations. The purpose of this research is to construct a network of the Internet telescope that will allow continuous astronomical observations every time, and to utilize this network for inquiry-based learning. For this purpose, a new system was developed to remotely operate the telescopes and replace the aging Internet telescope installed in New York. In addition, the Internet telescope was used to teach in inquiry-based learning at the high school.

研究分野：物理学

キーワード：天文教育 インターネット望遠鏡 天体観測

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、高校で盛んに行われるようになってきた探求型学習において天文学をテーマとして取り上げた場合、天体観測が重要な役割を果たす。生徒自らが天体観測に取り組むことで主体性や判断力が培われることが期待される。しかし、学校で天体観測を行うには、望遠鏡を使いこなすためのスキル不足や観測時刻や天候に左右されるなど様々な課題がある。それらの課題の解決策の一つとしてインターネット望遠鏡が有効である。

インターネット望遠鏡とは、遠隔地に設置した無人の望遠鏡をインターネットを通じて操作し、天体観測を行うシステムである。我々のインターネット望遠鏡(<https://www.kitp.org/>)は誰でも無料で使えるようにインターネット上で公開しており、ユーザーはブラウザを通じて望遠鏡を簡単に操作してリアルタイムで天体観測ができる。世界中にインターネット望遠鏡の設置場所が増えるほど、天体観測における観測時刻や天候の課題は解決しやすくなる。

我々は2002年から五藤光学研究所と共同でこのシステムを開発しており、2004年から現在に至るまで五藤光学研究所(府中市)、慶應ニューヨーク学院(アメリカ・ニューヨーク)、ブレラ天文台(イタリア・メラーテ)、秋田大学(秋田市)、防衛大学校(横須賀市)、東海大学湘南キャンパス(平塚市)に設置して運用している。ただし、本研究開始時点では故障による休止中の場所が多く、常時稼働しているのは横須賀市とニューヨークの望遠鏡のみであった。

2. 研究の目的

インターネット望遠鏡で24時間いつでも継続的に精度の高い天体観測ができるネットワークを構築し、それを活かした探求型学習を行うのが本研究の目的である。

24時間天体観測可能な環境があれば、日中であっても日本だけでなく世界中のどこからでも天体観測が可能になる。日本にいたるだけでは観測できなかった地球の裏側で起こっている天文現象を生で観測できるようになったり、同一の天体を24時間連続して観測できるようになると期待される。

日本とイタリア・メラーテとアメリカ・ニューヨークのインターネット望遠鏡が使えば北半球の夜の領域をカバーでき、24時間天体観測可能なネットワークを構築できる。ニューヨークの望遠鏡は本研究開始時点ではまだ稼働していたが、老朽化とセキュリティのためにほどなく停止した。24時間精度の高い天体観測が可能なネットワークには、ニューヨークの望遠鏡の再稼働が不可欠であることから、本研究では、新たな望遠鏡システムを開発し、ニューヨークの望遠鏡のリプレースを行うこととした。

3. 研究の方法

本研究の目的は以下の方法によって達成する。

(1) ニューヨークに設置するインターネット望遠鏡の構築

ニューヨークのインターネット望遠鏡は、慶應義塾ニューヨーク学院のカフェテリアの屋上に設置している。望遠鏡機器は天井がガラス張りの筐体の中に格納してあり、外の環境とは隔離された状態にある。筐体内に設置した望遠鏡を制御するための望遠鏡サーバーはOSがWindows 7で動作しており、そのサポートが切れることからセキュリティのために2019年12月に稼働を停止した。これを機に望遠鏡機器を最新のものにリプレースし、OSもLinuxに切り替えて望遠鏡操作のための新システムを開発する。

(2) ニューヨークのインターネット望遠鏡のリプレース

新たに構築した望遠鏡機器を慶應義塾ニューヨーク学院に輸送し、筐体内の機器とリプレースする。その後、日本からリモートでアラインメントを行って操作可能な状態にして一般公開する。

(3) 探求型学習への活用

山形県立鶴岡南高等学校などと連携し、探求型学習の授業でインターネット望遠鏡を活用する。

(4) 情報発信とアクティビティ活動

インターネット望遠鏡を広く知ってもらい利用してもらえるようにするため、様々な科学イベントに出展して操作体験や成果発表による宣伝を行う。

4. 研究成果

研究成果は以下の通りである。いずれも紀要、シンポジウム、国際会議で発表している。

(1) ニューヨークに設置するインターネット望遠鏡の構築

リプレースした機器の中ではカメラがすべてUSB接続になったため、望遠鏡サーバーに画像データをダイレクトに取り込めるようになったことが大きい。これによって画像のノイズを減らすことができる。

望遠鏡をリモートで操作するための新システムは INDI Library(<https://indilib.org/>)を使用して開発した[1]。INDI Library とは、様々な天体観測機器を共通のプロトコルで制御するためのオープンソースソフトウェアである。対応している天体観測機器が多いため、新システムはニューヨークに設置した機器だけでなく、他の機器への対応も容易である。さらに、動作が軽いためスペックの低い PC でも動作する。実際に秋田大学では Raspberry Pi を用いた小型のインターネット望遠鏡を設置することができた[2]。

(2) ニューヨークのインターネット望遠鏡のリプレイス

2020 年にニューヨークのインターネット望遠鏡のリプレイスを行う予定であったが、新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の拡大により 2023 年まで延期を余儀なくされた。リプレイスの作業に当たっては、日本からアメリカへ機器を輸送するときの安全保障貿易管理の問題、円安や物価高による費用の問題、現地に行ってからの問題があったが、なんとか無事作業を完了することができた[3]。



図 1 リプレイス後の望遠鏡機器 [3]

(3) 探求型学習への活用

SSH 採択校である山形県立鶴岡南高校でインターネット望遠鏡をテーマとした探求型学習のゼミの指導を毎年度担当した。2018 年から取り組んだテーマとしては、「食変光星の多色測光[4]」「小惑星の自転の観測」「プレートソルビング」「VR プラネタリウムの作成」であった。いずれもインターネット望遠鏡を活用したテーマである。ニューヨークの望遠鏡はリプレイスが大幅に遅れてしまったため、まだ探求型学習に活用することができていない。これは今後の課題である。

(4) 情報発信とアクティビティ活動

研究プロジェクトの情報はウェブページ(<https://www.kitp.org/>)を通じて随時発信している。天文教育におけるインターネット望遠鏡を使った授業の指導案などを共有するための「インターネット望遠鏡プロジェクト課題バンク」もウェブページで公開した。アクティビティ活動として、学都「仙台・宮城」サイエンス・デイ、青少年のための科学の祭典、ダ・ヴィンチ祭などの様々な科学イベントに出展し、インターネット望遠鏡の操作体験を行った。

<引用文献>

- [1] 山本裕樹, 東北公益文科大学総合研究論集 44, 89 (2023).
- [2] 上田晴彦, 山本裕樹, 戸田晃一, 高田淑子, 成田堅悦, 綿谷健佑, 秋田大学教育文化学部研究紀要 自然科学 79, 15 (2024).
- [3] 山本裕樹, 東北公益文科大学総合研究論集 46, 131 (2024).
- [4] 山本裕樹, 東北公益文科大学総合研究論集 37, 83 (2020).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 0件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 山本裕樹	4. 巻 46
2. 論文標題 ニューヨークのインターネット望遠鏡のリプレイスについて	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 東北公益文科大学総合研究論集	6. 最初と最後の頁 131-140
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 戸田晃一, 櫛田淳子, 松本榮次, 中西裕之, 上田晴彦, 山本裕樹	4. 巻 34
2. 論文標題 人生いろいろ, 望遠鏡もいろいろ - 6 -	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 富山県立大学紀要	6. 最初と最後の頁 7-10
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 上田晴彦, 山本 裕樹, 戸田晃一, 高田淑子, 成田堅悦, 綿谷健佑	4. 巻 79
2. 論文標題 INDI Library と Raspberry Pi を用いた小型インターネット望遠鏡の実現	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 秋田大学教育文化学部研究紀要 自然科学	6. 最初と最後の頁 15-19
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 戸田晃一, 山本裕樹	4. 巻 33
2. 論文標題 人生いろいろ, 望遠鏡もいろいろ - 5 -	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 富山県立大学紀要	6. 最初と最後の頁 7-11
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 山本裕樹	4. 巻 44
2. 論文標題 INDI Libraryを用いたインターネット望遠鏡のシステム開発	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 東北公益文科大学総合研究論集	6. 最初と最後の頁 89-98
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 戸田晃一, 山本裕樹	4. 巻 32
2. 論文標題 人生いろいろ, 望遠鏡もいろいろ -4-	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 富山県立大学紀要	6. 最初と最後の頁 6-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 山本 裕樹	4. 巻 37
2. 論文標題 インターネット望遠鏡を使った食変光星U Sgeの多色測光	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 東北公益文科大学総合研究論集	6. 最初と最後の頁 83-95
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 戸田 晃一, Luiz A.FERREIRA, 山本 裕樹	4. 巻 30
2. 論文標題 人生いろいろ, 望遠鏡もいろいろ - 3 -	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 富山県立大学紀要	6. 最初と最後の頁 8-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Yuki Yamamoto, Makoto Kasahara, Hiromichi Kobayashi, Junko Kushida, Eiji Matsumoto, Hiroyuki Nakanishi, Toru Ohba, Minoru Omote, Seiji Sakoda, Kouichi Toda, Haruhiko Ueda, Hiroshi Yoshida
2. 発表標題 Activities of Internet Telescope in Astronomical Education
3. 学会等名 2023 Asia-Pacific Regional IAU Meeting (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kouichi Toda
2. 発表標題 Activities of Internet Telescopes in Astronomical Education
3. 学会等名 International Conference on 2023 K-12 Astronomy Education (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山本裕樹
2. 発表標題 NY望遠鏡修理と山形県立鶴岡南高校における取り組み
3. 学会等名 第13回 インターネット望遠鏡プロジェクト・シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 戸田晃一
2. 発表標題 ダ・ヴィンチ祭/APRIM2023/K-12 Astronomy Education 参加報告
3. 学会等名 第13回 インターネット望遠鏡プロジェクト・シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山本裕樹
2. 発表標題 INDI Libraryを用いたインターネットのシステム開発
3. 学会等名 第12回 インターネット望遠鏡プロジェクト・シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 戸田晃一
2. 発表標題 インターネット望遠鏡システムのブラジルへの設置』および『青少年のための科学の祭典2022 名古屋大会』に関する報告
3. 学会等名 第12回 インターネット望遠鏡プロジェクト・シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山本裕樹
2. 発表標題 学都「仙台・宮城」サイエンス・デイ 2021の出展報告
3. 学会等名 第11回 インターネット望遠鏡プロジェクト・シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山本裕樹
2. 発表標題 山形県立鶴岡南高校の観測 - 食変光星の多色測光 -
3. 学会等名 第10回 インターネット望遠鏡プロジェクト・シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山本裕樹
2. 発表標題 山形県立鶴岡南高校の観測 視差を利用した月までの距離の測定
3. 学会等名 第8回インターネット望遠鏡プロジェクト・シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 戸田 晃一
2. 発表標題 『青少年のための科学の祭典2018全国大会』の出展報告
3. 学会等名 第8回インターネット望遠鏡プロジェクト・シンポジウム
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>インターネット望遠鏡プロジェクト https://www.kitp.org/ インターネット望遠鏡プロジェクト 課題バンク http://www.kitp.org/kadaibank/</p>

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	戸田 晃一 (Toda Kouichi) (20338198)	富山県立大学・工学部・教授 (23201)	

6. 研究組織（つづき）

	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	上田 晴彦 (Ueda Haruhiko) (70272028)	秋田大学・本部・理事 (11401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関