

インターネット望遠鏡を利用した太陽観察課題の提案[†]

上田 晴彦*・小野寺拓人・早川 圭弥

秋田大学教育文化学部

インターネット望遠鏡とは、インターネットを通して遠隔地に設置した無人の天体望遠鏡を操作し天体観察をおこなうシステムをいう。インターネット望遠鏡の最大の特徴は、自分のいる場所と遠隔地の間の時差を利用して昼間でも天体観察が出来ることである。ところが昼間観察できる太陽については、このインターネット望遠鏡の最大の特徴を生かせない。しかし1) 長時間の直接観察を避けることが出来る、2) 高価な機器を共有できる、の2つの理由により、太陽観察についてもインターネット望遠鏡は有用であると考えられる。そのため本論文では、インターネット望遠鏡を利用した太陽観察の課題を提案する。

キーワード：太陽観察，インターネット望遠鏡，天文教育

1. はじめに

太陽は私たち地球上の生命体にとってたったひとつのかけがえのない存在である。恒星というものを近くから観測する唯一の機会を与えてくれる天体として、研究対象の観点からも重要である。また以下に述べるような観点から、天文教育という面でも太陽は極めて重要な位置を占める。近年学校教育における理科の授業においては観察や実験を重視することが求められるようになったため、授業で実験・観察を毎回行う教員の割合が増加している¹⁾。しかし天文分野では、夜間観察を中心とした授業プランを通常のカリキュラムのなかで組み立てることが難しい。そのため昼間観察できる太陽は、天文分野における観察対象として重要である。太陽の持つ教育効果の別の側面は、日食という特異な現象が起こることである²⁾。マスメディアでも大きく取り上げられるうえ子供から大人まで観察を楽しめるという点で、日食が持つ教育効果は極めて大きい。特に皆既

日食や金環日食が起こるとなると、世間は大騒ぎになる。天文学には他のいかなる自然科学よりも心を豊かにさせる教育的効果があると信じるが、その中でも太陽は自然の不思議や面白さを体験させてくれるとても良い観察対象物なのである。

本論文では、インターネット望遠鏡を利用した太陽観察に関する課題の提案をおこなう。インターネット望遠鏡とは、インターネットを通して遠隔地に設置した無人の天体望遠鏡を操作し天体観察をおこなうシステムをいう^{3,4,5,6)}。インターネット望遠鏡の最大の特徴は、自分のいる場所と遠隔地の間の時差を利用して昼間でも天体観察が出来ることである。ところが太陽観察については、このインターネット望遠鏡の最大の特徴が生かせない。しかし以下の2つの観点からインターネット望遠鏡は太陽観察の手段として、重要な働きをすると考えられる。第1の観点として、太陽の観察には通常の星空観察と異なる危険が伴うことがある。仮に日食メガネなどを利用している場合でも、長時間太陽を直接観察するのは避けたほうがよい。教育現場における危険回避の観点から、長時間にわたって太陽観察をおこなう課題を設定することが難しい。そしてこのような課題を新たに設定する場合、インターネット望遠鏡は有用である。第2の観点として、太陽観察をおこな

2014年2月7日受理

[†]Proposal and Practice of the Educational Subject about Solar Observation Using the Internet Telescope
-Possibility of the Internet telescope as a tool of science communication-

*Haruhiko UEDA, Faculty of Education and Human Studies, Akita University

うための機器が高価なことである。後で述べるように太陽の観察を可視光でなくH α 線でおこなうと、プロミネンス等を詳細に観察できるという利点がある。しかしそのためには高価な太陽望遠鏡を所持していなければならないため、通常の学校現場で黒点以外の観察をおこなうことは難しい。一方インターネット経由でリモート観察する方法だと、高価な太陽望遠鏡を共有できるというメリットがある。

以上の理由により、本論文ではインターネット望遠鏡を利用した太陽観察に関する課題を提案する。過去のインターネット望遠鏡の教育利用については、時差を利用して夜間観察を昼間に行うことを前提とした教育課題の開発に重点が置かれてきた⁷⁾。しかし本論文では、インターネット望遠鏡を昼間行う太陽観察に利用するという、新しい提案をおこなう。さらに今回提案するのは、中学生・高校生が課外活動で取り組めるものを想定した。

2. インターネット望遠鏡を利用した太陽観察課題の提案

2.1. 中学校・高等学校における太陽学習

インターネット望遠鏡を利用した太陽観察に関する課題の提案を行うまえに、中学校・高等学校でどの程度太陽に関する学習がおこなわれているかを概観しておく。中学生であるが、現行の学習指導要領理科によると⁸⁾、3年生で「地球と宇宙」という単元を学習する。実際に教科書を見ると、この単元の最初の話題となる「身近な天体」として太陽及び月に関する特徴、日食・月食の仕組みに関する記述がある。太陽については投影板を天体望遠鏡に取り付け、黒点観察させる事例が記載されている。次に高校生であるが、現行の学習指導要領⁹⁾で設定されている地学基礎の教科書を見ると、「太陽と恒星」の単元において太陽の特徴が詳しく述べられている。また観察事例として中学校と同様の投影板を用いた黒点観察から太陽の自転を調べる事例のほか、簡易分光器で太陽スペクトルを観察する事例も挙げられている。

以上の中学校・高等学校における教科書の内容を見ると、太陽についてはそれぞれのレベルに応じた学習課題が設定されていることがわかる。また観察事例も、中学校・高等学校が所有できる機器を用いた範囲でおこなえるものが挙げられている。プロミネンスの観察は学習指導要領解説に例示されてい

いが、それはプロミネンスの観察には太陽望遠鏡が必要であり、通常の学校現場では実施不可能という理由によるのであろう。先にも述べたように、H α 線で太陽表面の観察をおこなうと、観察の面白さが可視光のみの場合に比べて広がる。そこで本論文ではインターネット経由で太陽望遠鏡を操作しプロミネンスの観察をすることを、インターネット望遠鏡を利用した太陽観察に関する中学校・高等学校の課外活動用の課題として提案する。

プロミネンスを対象とするもっとも簡単な教育課題は、その形を観察することであろう。プロミネンスは様々な形をしており、それを観察するだけでも飽きないことは事実である。しかしある瞬間の太陽の姿を観察しているだけでは、インターネット望遠鏡を利用するメリットを十分に生かしているとはいえない。先にも述べたように、インターネット望遠鏡を利用すると、太陽観察を長時間にわたり安全かつ容易に行えるというメリットがある。この長所を生かすため、プロミネンスを一定時間にわたって観察し続け、その時間変化を調べることを中高生用の課外活動用の教育課題として提案する。一般に天体現象は長時間にわたりきわめてゆっくり変化するものが多く、動的な現象を感じさせる課題が少なくなりがちである。そのため半日程度の測定で動的な変化を検証できるプロミネンス観察は、興味深いと考えられる。なおここで提案するものはそれほど難しくないので、高校生はもちろん中学生の課外活動においても取り組みやすい課題である。

2.2. 太陽観察に関する教育課題の提案

ここでは今回提案したプロミネンスの観察を、慶應義塾大学インターネット望遠鏡を利用しておこなった実施例を示す。慶應義塾大学インターネット望遠鏡は、2003年に始まったプロジェクトにより構築された¹⁰⁾。現時点では東京都府中市・慶應義塾大学ニューヨーク学院・メラーテのブレラ天文台メラーテ観測所・秋田大学に設置されているが、今回は昼間の観察であるので秋田大学のインターネット望遠鏡を使用した。ただし慶應義塾大学インターネット望遠鏡の仕様は通常では夜間利用することを前提としているため、太陽観察を実行するにはハードウェア及びソフトウェアの仕様を一部変更する必要がある。ハードウェアの変更として、図1のようにサブスコープ望遠鏡の代わりに小型の太陽望遠鏡CORONAD（口径40mm・焦点距離400mm・口径

比 F10) 及び小型 CCD カメラ WAT-100 (超高感度 38 万画素モノクロ CCD カメラ) を取り付け、太陽観望ができるようにした。ソフトウェアの変更としては、通常は日没時から日の出時の間のみ利用できる設定となっているのだが、日の出時から日没時の昼間に利用し観察をおこなえるよう逆設定にした。これらの変更を行ったうえで、2012 年 9 月上旬から下旬にかけて太陽観察を繰り返し実施した。

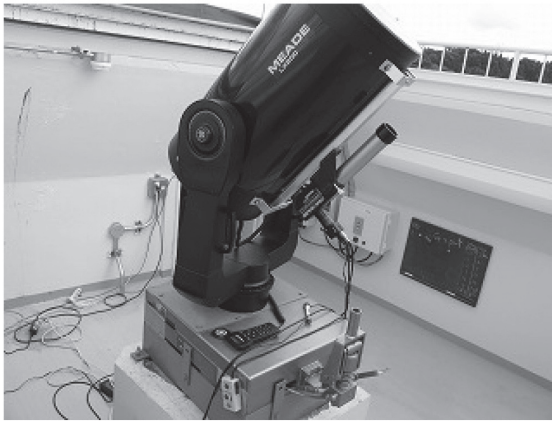


図 1 太陽望遠鏡を取り付けたインターネット望遠鏡

ここでは 2012 年 9 月 14 日に行ったプロミネンス観察の実施事例を報告する。この日は一部雲が出ていたものの観察時間中は概ね快晴であり、午前 9 時ごろから午後 3 時 30 分までの間、太陽を観察できた。ここでは特に午前中の観察結果について、その概要を示す。

まず手元のパソコンから慶應義塾大学インターネット望遠鏡 (秋田) にアクセスし、太陽望遠鏡に太陽を導入した。図 2 はその時の太陽の様子である。太陽望遠鏡の視野角がちょうど太陽全体をとらえるようになっていたのでわかりにくいですが、太陽の縁の所々に突起物が出ている。これがプロミネンスであり、先にも述べたように H α 線のみを通す太陽望遠鏡でしか観察できない。(図 2 の矢印部分参照)

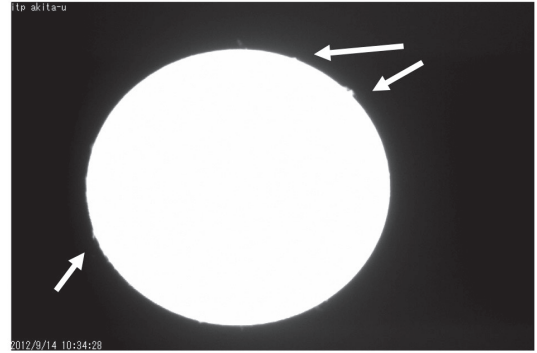


図 2 インターネット望遠鏡で撮像した彩層の様子 (2012 年 9 月 14 日 10 時 34 分 28 秒撮影)

先の提案に従いプロミネンスを午前 9 時 22 分から 11 時 22 分までの 2 時間にわたって観察し、その時間変化を調べた事例を報告する。時間変化を追いかけるために、観察した太陽画像を 3 分ごとに自動的に取り込む設定にし、それぞれについて拡大してプロミネンスの様子を確認した。なお後で述べるように、本課題においては Windows に付属している「ペイント」を利用して解析を行う。Windows 7 以降のペイントのデフォルトの画像形式は png 形式であるので、ここでも png 形式で画像の取り込みをおこなった。このような観察を行うと、時には突発的な現象が起こっていることも分かる。たとえば図 3 の 3 枚の写真は 3 分間隔で撮影されたものであるが、急な変化が太陽表面付近で起こっている様子がわかる (撮影日は 9 月 14 日で、撮影時間は左から順に 10 時 37 分 28 秒、10 時 40 分 28 秒、10 時 43 分 28 秒)。このような突発的な現象を見つけるのも、とても興味深いことである。

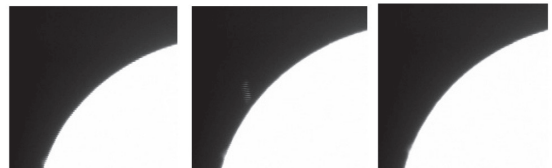


図 3 太陽の突発的な現象

本観察においては、先の提案に従いプロミネンスの時間変化に注目した。一般的に太陽の大きさに比べてプロミネンスの形状の時間変化はそれほど大きくないため、10 分程度の間隔であれば注目しているプロミネンスを各画像で同定し、その形状を観察す

ることは難しくはない。ただしプロミネンスの形状はさまざまであるので、ここでは長さに注目して調べることにした。特に中学生・高校生が課外活動で実施可能なように、先に述べたようにWindowsに標準的に付属している描画ソフト「ペイント」を利用して、簡易に測定する方法を紹介する。なおここで紹介しているペイントは、Windows 7 付属のバージョン6.1である。まずペイントを立ち上げ、太陽の静止画を開く。次に「グリッド線」をオンにし、図4のように画像全体をグリッド線で覆う。そしてプロミネンスの長さをグリッド単位で見ていくのである。この方法は極めて単純であるので、プロミネンスの長さを簡単に見積もることができる。

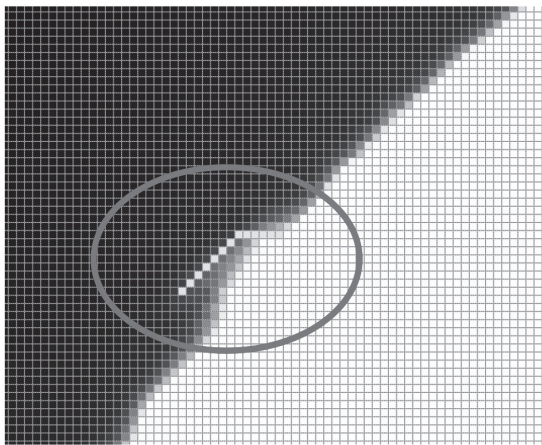


図4 グリッド単位でのプロミネンスの測定例

このようにして得られた5つのプロミネンスの長さの変化を、時系列グラフで表したのが図5である。この図では縦軸にプロミネンスの長さをグリッド単位で、横軸に撮像時刻（JST）をとり、主だったプロミネンス5個について、6～12分間隔で2時間にわたっての時間変化を描いている。時間間隔が一定でないのは、雲が太陽の一部にかかり正確な測定ができなかったためである。（見やすくするため、一部のデータについては線のスタイルを変えている。）一般にプロミネンスは1～2週間程度安定的に存在すると考えられている。しかしこのグラフを見ると、太陽の大きさに比べるとその動きは小さく安定していると言われるプロミネンスも、細かく見ていくと時々刻々見掛けの長さが変化していることがわかる。

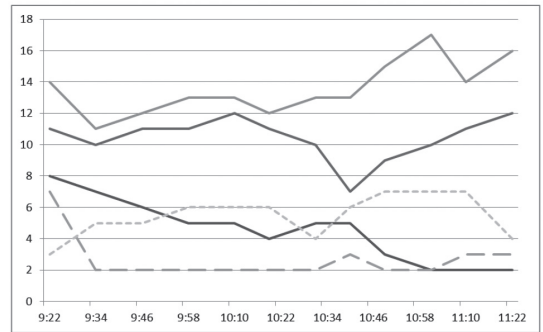


図5 プロミネンスの時間変化

3. まとめと今後の課題

本論文では、インターネット望遠鏡を利用した太陽教育についての提案をおこなった。インターネット望遠鏡の最大の長所は昼間に時差を利用して天体観察できるという点にある。しかし今回の提案から、この利点がなくてもインターネット望遠鏡は有用であることを示せたと考えている。太陽は月や惑星と並んで身近な天体であるが、インターネット望遠鏡を利用した観察事例はほとんどなかった。今回のプロミネンスの時系列解析の提案により、中高生でも簡単に取り組める課題が1例ではあるが示せた意義は大きいと思われる。

なお今回は中高生が課外活動として簡単に取り組めることを重視して、プロミネンス解析をより多面的におこなう方法については突っ込んだ議論をしなかった。例えばプロミネンスの見かけの長さの変化だけではなく、面積の変化等も合わせて解析することは大切であろう。また2枚の画像を重ね合わせ差分を取ることで、太陽全体にわたるプロミネンスの変化を素早く読み取ることも可能である。より高度な課題としては、「ひので」などの太陽観測用衛星からのデータを合わせて解析することで、プロミネンスの変化が見かけのものかそれとも本当のものかを判断することがある。また時間的に安定している太陽面を取り除き、動的な動きをするプロミネンスのみを残すようなプログラムを作成することも考えられる。観察結果の解析を自動化することはプロの天文学者のレベルに近づくため、中学生に対する課題としては不適當であろう。しかし簡易なプログラム言語を利用することで、場合によっては高校生用の課題として可能かもしれない。これらについては、引き続きその可能性を考えていきたい。

謝 辞

本研究のために様々な便宜を図ってくれた慶應義塾大学インターネット望遠鏡のメンバー及び秋田大学関係者に感謝します。特に慶應義塾大学名誉教授の表實氏，東北公益文科大学の山本祐樹氏，防衛大学校の迫田誠治氏，秋田大学の成田堅悦氏の協力・助言は有益でした。また本研究の実践事例の実施に際して協力をしてくれた秋田大学教育文化学部4年次の渋江昂氏にも感謝致します。

参考文献

- 1) 科学技術振興機構 理数学習支援センター，平成22年度 小学校理科教育実態調査報告書 http://rikashien.jst.go.jp/elementary/cpse_report_015A.pdf
- 2) 矢治健太郎，2009，『太陽と地球の不思議がわかる本』，PHP 研究所
- 3) 尾久土正己，1999，『インターネット天文台』岩波書店
- 4) 佐藤毅彦・前田健悟・松本直記・坪田幸政，2001，「インターネット天文台と理科教育」，熊本大学教育学部紀要，50，17-22.
- 5) 高田淑子・中堤康友・池田尚人・長島康雄・伊藤芳春・林 美香・吉田和剛・松下真人・斉藤正晴，2003，「宮城教育大学インターネット天文台の活用事例」，天文月報，96，572-578.
- 6) 上田晴彦・成田堅悦・亀谷 光・毛利春治・林信太郎・早坂 匡，2008，「秋田大学におけるインターネット天文台の構築」，秋田大学教育文化学部紀要 自然科学第51集，pp.49-55.
- 7) 山本裕樹・表 實，2008，インターネット望遠鏡の応用--衛星の観測による木星と土星の

質量の測定，慶應義塾大学日吉紀要 自然科学(44)，59-80.

- 8) 文部科学省，2008，『中学校学習指導要領』，大蔵省印刷局
- 9) 文部科学省，2009，『高等学校学習指導要領』，大蔵省印刷局
- 10) 表 實・山本裕樹，2009，インターネット望遠鏡の魅力：何時でも・何処でも・誰でも・天体観測，物理教育 57(2)，119-122.

Abstract

Internet telescope is a system that performs astronomical observation by using unmanned telescopes installed in a remote place through the Internet. The greatest feature of the Internet telescope is that night sky observation is possible in daytime by using the time lag between two places. As observation of the sun is performed in daytime, this greatest feature is meaningless. However, there still remain two reasons of the validity of the Internet telescope about solar observation; 1) one can observe the sun safely for a long time, 2) one can share expensive equipment about the solar observation. In this paper, we propose the educational subject about observation of the sun using the Internet telescope.

Key Words : Solar observation, Internet Telescope, Astronomical Education

(Received February 7, 2014)