

特集

圭表儀による観測研究の成果を史跡の保護に生かす ～会津藩校日新館天文台跡と丘中学校科学部天文班の活動～

宮下和久（塩尻市立丘中学校）

1. はじめに

福島県の会津藩校日新館天文台跡が初の日本天文遺産に登録された。この天文台で江戸時代に観測に使われていた圭表儀を復元させる活動が、同遺跡の保護推進プロジェクトの人々により始められている。丘中学校科学部では過去6年間の圭表儀による観測の経験を活かし、製作や観測の仕方、データの活用等の情報を、イベントでの発表や研究物などを通して伝えることにより、同プロジェクトを支援してきた。その一連の活動を通しての生徒たちが得た「学び」について発表する。

2. 圭表儀とは

圭表儀は江戸時代頃まで、中国や日本などで曆づくりのための観測に用いられた器具である。地面に垂直に立てた柱（表）と、その影の長さを測る水平版（圭）よりなる。改暦時にはこれを使って太陽の南中高度の変化を継続的に観測して、当時の暦の元期とされた冬至の日時を正確に求めていた。

3. 活動の経緯

3.1 日新館天文台跡保護推進プロジェクトによる圭表儀復元の計画

会津若松市にある会津藩校日新館の天文台跡は、日本に唯一残された江戸時代の観測施設であり、その価値を広く知らしめ、後世に伝えるために、日本天文遺産への登録を目指して保護推進プロジェクト（以下プロジェクトと略記）が同市の薄謙一氏を中心に立ち上げられた。その活動の過程で、天文台が描かれた古文書が見つかり、そこに圭表儀と思われる器具の姿が遠景ではあるが描かれていた。

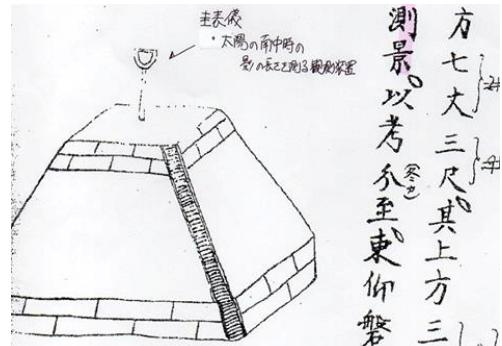


図1 圭表儀が描かれた 日新館志巻之二

遺跡の価値を伝えるのに好適と考えた薄氏らは、圭表儀の復元を行いたいと希望したが、圭表儀の観測目的や観測法、作り方などについての情報が少なかったことから、圭表儀に詳しい人を求めて大学や博物館などに問い合わせをしていた。その中で見つけたのが、丘中学校科学部の活動であった。

3.2 天文班による圭表儀の作製と観測

丘中学校科学部天文班の生徒たちは、2013年からこれまで、太陽の影の位置を測る装置を工夫して製作し、一日の影の動きや太陽の南中高度の観測を継続して行ってきた。その中で2015年には均時差の観測から地球の公転速度が変化していること（ケプラーの第二法則）を独自に見つけ出した。また、その補助観測のために2014年に自作した圭表儀は、独自の仕組みや工夫を持ち、高い精度での観測が可能で、その観測結果から地球の軌道の離心率を精度よく求めることに成功していた（2017年）。

3.3 プロジェクトからの依頼を受けて

保護推進プロジェクトの薄氏より、情報提供依頼のメールが科学部顧問である筆者に届いたのは 2017 年が明けたばかりの頃であった。薄氏のメールに書かれていた質問事項は次の 3 つである。

- 1) 圭表儀による観測の目的は何か。
- 2) どのように観測するのか。
- 3) どのような仕組みでどのように作ればよいのか。

これを受けて科学部の生徒たちは、自分たちの活動を元に、次のように回答をまとめた。

- 1) は、当時の暦の基準点である冬至の日時を求めるため。2) は、景符を使って鮮明にするなどの日ごろの観測の手順そのものである。しかし、古文書の絵から想像されるような大型の圭表儀では、小型圭表儀よりも製作や観測は格段に難しくなると考えられた。まず日新館の圭表儀のサイズを知る必要があった。

3.4 圭表儀のサイズ

生徒たちは、古文書に描かれた図から「表」と呼ばれる縦の柱の高さを割り出すことにした。描かれた天文「台」の高さを基準として生徒たちが比例配分で求めた結果、約 2.4m（八尺）という値が得られた。「八尺」は日本で古来より使われてきた圭表儀の標準サイズである。概略図ともいいくべき古文書の図ではあるが、おそらく何倍にも誇張されて描かれてはいないであろうと考えられた。またスコップの柄のような伝統的な姿も、「八尺」を裏付けていると考えられた。

3.5 八尺の圭表儀をつくる

丘中学校科学部では表の高さ 60cm（二尺）の圭表儀で観測を続けてきた。これは 2013 年に生徒たちがアイデアを出し合いながら作った日時計型圭表儀ともいえる装置の特徴を引き継いだ構造を持ち、小望遠鏡を用いて太

陽の視直径を測るために作られたものである。表と圭の部分は、渋川春海の作とされる小型の圭表儀の図を参考にしており、表と圭が一体構造となっていた。その 4 倍もの大きさの圭表儀を、どのように作り、設置し、使ったのか、については、自分たちの経験から説明することはできなかった。大きな圭表儀を作れば、精度は高くなると期待されたこともあり、生徒の中に八尺の圭表儀づくりに挑戦してみたいという気持ちが高まった。

3.6 組み立て・分解を可能にする設計

圭表儀づくりは、それまで日時計型圭表儀で南中時刻を求める観測を続けていた A 生を中心に、班員総がかりで進められた。高さ 2.4m 長さ 4.3m の圭表儀を収める場所はなく、いくつかのパーツに分けて作製し、使用するたびに組み立てることにした。設計の段階で A 生は「長さ 1.8m の板材で作ったパーツを組み立てて 4.3m の圭にする」という難間に取り組んだ。悩んだ末に A 生が描いたのは、箱型構造の内側の角に 4 本の角材を取り付け、それをガイドにして次の「箱」を繰ぐ、というアイデアスケッチであった。早速試作してみたところ、角材をヤスリがけすると滑るように組み立てられることがわかり、試作品をそのまま完成品とすることができたほど優れた仕組みだった。この構造は家具の箪笥などを重ねる部分で使われている技術であるが、A 生は独自にこの仕組みにたどり着いたのである。



図 2 圭の部品の接合部

これにより、生徒たちが工夫して作製してきた小型圭表儀の構造をそのまま応用することが可能となり、いくつものパーツを正確につくる、という苦労を経ながらも、約4か月をかけて八尺の圭表儀は完成した。

3.7 圭表儀による観測

完成した圭表儀を使って早速観測が行われた。運搬と組み立ては4~5人の生徒で行うが、習熟するにつれて5分以内で組み立てることができるようになった。圭の水平は、科学部で伝統的に用いられてきたペットボトルを用いた連通管式の水準器を用いて行なう。また、組み立てにより毎回「梁」と呼ばれる棒の位置が圭に対して「ずれる」可能性があることから、毎回の観測後に下げ振りを使って調べることにした。重錘を降ろす生徒と、その揺れを止めながら位置を記録する生徒の息が合っていなければならない。これらの観測をとおして班員のチームワークが高まった

ことも、八尺の圭表儀を用いての観測の大きな成果であった。

丘中科学部の観測法は、必要に応じて生徒がアイデアを出し、積み上げてきたものである。後に、寛政暦書を読む機会があったので比較してみると、観測全体の流れがほぼ同じであることが分かった。



図3 横梁の真下の点を求める

「自分たちの実際の観測を元に江戸時代の観測をその手法まで含めて検証・復元する。」というのが、2016年からの新たなテーマであったが、それについての見通しやヒントも八尺の圭表儀の活動から掴むことができた。これについては稿を改めて報告する予定である。

3.8 観測結果

天文班では、上記(2)項で述べたように、地球の公転を離心円と仮定し、与えられた離心率から公転速度を一定とした場合の黄経や、太陽の赤緯を求める式を作った(2016年)。この式を用いて求めた離心率を更に検証するために、圭表儀の観測が続けられてきていたのである。過去5年間の圭表儀の観測結果から式の計算結果を引き算して得た残差を図4に示す。小型の圭表儀の観測では値のばらつきが大きかったが、改良がなされ、八尺の圭表儀が登場するに及んで、波型をした系統的な「ずれ」が浮かび上がってきた。これは公転速度が一定ではないことの証拠であるとして、生徒たちはその研究結果をジュニアセッションで発表した(2018年、2019年[1])。

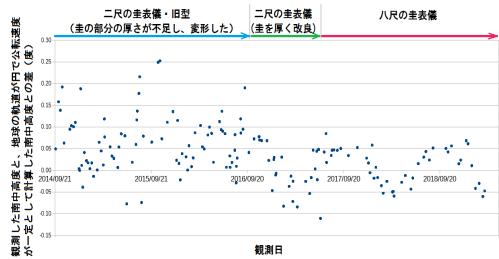


図4 公転速度一定と考えた計算値と観測値との差 [1]

3.9 会津若松での発表

八尺の圭表儀が完成し、観測も順調に始まったところで、その情報をどのように伝えたらしいかを薄氏に相談したところ、「日新館天文台跡保護のためのイベント(ふくしま星と宇宙の博覧会、2017年7月23日)を開催するので、そこで発表してほしい。」との要請を受けた。丘中学校の同窓会から補助をいただき、発表に出かけることになった。45分という、中学生にとってはたいへん長い発表時間を割り当てていただいたが、それは生徒たちにとって圭表儀の製作にも勝る難題だった。顧問からの提案で、歴代の先輩たちが作ったプレゼンソフトのスライドを印刷し、順序良

く整理して並べ、そこに発表文を考えて付箋に書いて貼り、それをつなげて文章をまとめていった。またそれを、項目ごとに分担を決めて発表することになった。このようにして準備を整え、「貴重な天文遺産を保護し、未来に残したい」という目標を確認しあって、会津若松に出かけた。

大勢の地元の方をお迎えしての発表だったが、生徒たちが「自分の言葉」を使って丁寧に発表したことや、組み立ての実演も見ていただいたことから、訪れた人に大変好評で、生徒たちも達成感を持つことができた。この時のようにすを国立天文台の渡部潤一先生が「月刊星ナビ」[2]や長野県の地方情報誌「地域文化」[3]で紹介してくださった。

発表の後、生徒たちは日新館天文台跡も見学した。そして、一部が削られてしまっているようすに驚き、遺跡保護の厳しさや難しさという「現実」に向き合うことになった。



図 5 発表の中で圭表儀を組み立てる天文班の生徒たち

4. 活動を通して生徒たちが得たもの

この一連の活動を通して、生徒たちは様々なことを学ぶことができた。一つは、設計・製作・発表文づくりなど、目標に向けて地道に粘り強く努力することで、成果や達成感を得たことであり、そのいくつかは上記の文中にて述べたとおりである。それらの活動の経験に立って遺跡を見学した生徒たちの感想は、

次のようなものであった。

「住宅のすぐそばに目立たずひっそりと建っていた。登ってみると、当時ここで観測をしていた人の気持ちがわかるようだった。唯一残っている江戸時代の日本の天文台が、誰にも気に留められない感じで、このままだとおそらくなくなってしまうのではないかと悲しく感じた。(3年女子)」

「今は三分の一しか残っていないが、そこで観測をしていたと思うと、この遺跡が『まだ生きている』と感じられた。(2年男子)」

この活動を通して生徒たちは、自分たちの「考える」「作る」「観測する」活動を通して、単に話を聞いたり見学をしたり、ということだけでは得られない、遺跡に残されているであろう「人の営みと思い」を感じると、という、より深い学習をすることができたと考えられる。貴重な学習の機会を与えてくださった日新館天文台跡保護推進プロジェクトの皆さんに感謝申し上げる。

最後に、会津若松での発表で天文班班長が語った結びの言葉をもって、本稿のまとめに代える。

「この圭表儀には、私たち丘中学校科学部の歩みの全てがつまっています。日新館天文台の圭表儀にも、会津藩の人たちのいろいろな思いが込められていたにちがいありません。圭表儀が無事復元されることをお祈りしながら、私たちの発表を終わらせていただきます。ご清聴ありがとうございました。」

文 献

- [1] 安慶名琉ら(2018), 長田琉斗ら(2019), 日本国天文学会ジュニアセッション予稿集
- [2] 月刊星ナビ, 2017年9月号, アストロアーツ
- [3] 地域文化 125号, p20-23, 2018, 八十二文化財団