

報告

ぐんま天文台子ども天文学校
「少年少女研究員」2004

太陽の観察～手作業で身につける科学の手法～

濱根寿彦, 倉林 勉 (県立ぐんま天文台)

群馬県立ぐんま天文台において、2004年11月から2005年2月まで、「太陽」をテーマに「少年少女研究員」活動を実施した。太陽黒点の位置をスケッチ等により記録して測定し、日毎の位置の変化から太陽の自転周期を求めた。得られた周期を文献値と比較し、自分たちが得た結果との違いを考察することによって、地球の公転を実感することをねらった。紙と鉛筆と電卓、そしてグループ討議によって進められた学習活動を報告する。

少年少女研究員とは

「少年少女研究員」は、2006年度の報告で述べたように[1]、小学校4年生から高校3年生までの子どもたちを対象に、自然現象の観察や観測から結果の考察に至るまでを一連の流れとして体験する活動である。そのねらいは、観察の観点の絞り方や観測データのとり方、その処理の仕方、考察や討論の進め方、結果の提示の仕方などの探究活動に必要な態度や手法を子どもたちが身につけ、この活動を終えた後も、自らの力でさまざまな探究活動を進められるようにすることにある。

2004年度のテーマとねらい

2004年度は「太陽黒点」に着目した。“黒点の動き”から太陽の自転に気づき、“見かけの自転周期”と“本当の自転周期”が違うことから地球の公転を実感することを目指した。目の前の現象を説明しようとする事によって、“知っていること”を実感を伴った本物の知識、すなわち“わかっていること”とすることが少年少女研究員事業での一貫したねらいである。

2004年度の活動

2004年度は、群馬県在住の小学生21名、中学生3名、高校生4名の計28名が参加し、計6回の活動を行った。実施日と実施内容は表1の通りである。

表1 実施日および実施内容

回	実施日	実施内容
第1回	11月20日(土)	オリエンテーション
第2回	12月18日(土)	望遠鏡操作実習
第3回	12月19日(日)	観測実習①
第4回	1月22日(土)	観測実習②
第5回	1月23日(日)	観測実習③
第6回	2月19日(土)	まとめ

各回午前10時から午後4時まで(初回のみ午後2時から)で、実施場所はすべてぐんま天文台である。

黒点観察は、現行指導要領では中学校で扱われる。紙と鉛筆と電卓を使ってこの“使い古された課題”に取り組んだ子どもたちが得た量的な成果は、日毎の黒点の位置とこれから導き出した太陽の自転周期のみであった。結果そのものに目新しいものは何もないし、最新技術やデジタルデータに触れることもない。天文学の最新の話や知識も出てこない。このような活動ではあるが、子どもたちが得

たものは少なくないと思われる。

以下、時系列に沿って実施内容を紹介する。

第1回：オリエンテーション

オリエンテーションのみ親子で参加する。テーマ、日程の説明を行い、続いて太陽の簡単な学習活動を行った。



図1 サムラート・ヤントラでの観察

学習には屋外モニュメント（図1, 2）と太陽展示コーナーを利用した。巨大日時計（サムラート・ヤントラ）の影が移動する様子を観察して太陽の規則的な動きを実感したり、ストーンサークルを使って日の入りの位置の季節変化を学んだり、太陽投影像で太陽表面を観察して黒点に注目したりして、太陽に関する興味・関心・探究意欲を引き出すことをねらった。



図2 ストーンサークルでの観察

第2回：望遠鏡操作実習

観察と観測に使う機材の操作講習と実習を行った。

始めに4人の高校生をリーダーとして子どもたちを4グループに分け、グループごとに簡単な自己紹介やゲームなどをして互いに打

ち解けあう雰囲気を作ってから、グループ単位で講習・実習に入った。

使用したのはドイツ式赤道儀に載せた10cm屈折式望遠鏡である。午前中は設置や操作の方法を講習し、慣れてきたところで、アイピースを取り替えたりファインダーの取付調整をしたりしながら、地上の風景などを自由に覗いた（図3）。

午後は太陽投影板を装着し、スケッチの仕方や東西線の取り方などを覚えながら、一人ずつ太陽面のスケッチを行った。小さな黒点がぼつりぼつりとあるだけで、どちらかといえば初めてのスケッチには不向きな太陽面であり、そのためか“個性的な”スケッチが揃った。



図3 望遠鏡の使い方を覚える

第3回～第5回：観測実習

第3回は天候が下り坂だったため、午後に予定していた太陽表面のスケッチを午前中に繰り上げて行った。前日の体験で慣れており、どのグループも戸惑うことなくスケッチしていた。薄曇りでしかも小さな黒点しかなかったため細部までスケッチするには不向きな条件であったことを差し引いても、相変わらず“個性的”であった。つまり、見たままあるいは見えたと思ったままに描いたという意味では各人とも正確だったかもしれないが、像の忠実さあるいは正確さという観点から見ると首を傾げたくなるスケッチが少なくなかったのである。そこで、鏡筒先端に太陽観測フィルターを装着し減光して、特に黒点を拡大して眼視観察することにした。自分のスケッ

チと眼視拡大像を比較することによって、スケッチに正確さに欠ける部分があることに気づくことができた。

午後はスケッチをグループごとに比較し、同じ太陽を記録したはずなのに、黒点の形、大きさや位置などのばらつきが大きくて、記録としての信頼性に疑問が生じることを認識した。ここで、「観測」という言葉の意味内容を考えたところ、測るより以前に正確に記録されていることが重要であるということに思い至った。これにより、人間の感覚に頼らないで、写真などで記録することの意味が理解できたようである。そこで、一眼レフカメラの操作講習を行い、その後、シャッタースピードや絞りを変えて風景などを撮る撮影実習を行った。

第4回は大雪のため欠席者が多かった。観測ができなかったため、前回撮影した風景等の写真の撮影記録整理を行った。対象物それぞれについてシャッタースピードや絞りを変えて複数枚撮るよう指示した結果、適正露出でない写真が数多くあった。測定に値する信頼性の高い記録を取るには、条件を適切に判断して適正露出を工夫する必要があることを認識するに至った。また、シャッタースピードと絞りの両方を一度に変えてしまうと、どちらの変化が効いて露出が変わっているのかわからなくなることから、ある量に着目する場合、条件を変える時は一つの条件だけ変えるのが良いことにも気づいた。

この後、2日間のスケッチを重ねて太陽黒点の位置を比べ、黒点が移動していることを確かめた。しかし、位置を測ろうとするとスケッチの精度が悪いために正確に測れないこと、観測者によって測った移動量にばらつきが出るのが判明した。このことから、この種の観測にはスケッチは適さず、個人差が入りにくい正確な記録方法とばらつきの少ない

測定方法が必要なことを再認識できた。測定に適した正確な記録には写真が有効であることも再度実感した。

その後、あらかじめ天文台で記録した数日分の画像データを利用して、黒点の位置や形の変化の様子を観察し、どうしてそのような変化がみられるのかを考えた。一例を挙げると、太陽は自ら輝いておりいつでも丸く写ることから球体であろうこと、どの黒点も相対的な位置をほぼ保ちつつ同じ向きに移動しているように見えることを考察の出発点に置き、黒点は太陽表面にへばりついていて太陽が自転しているために移動するよう見えるのではないかという推論を展開できた。そして、この推論が正しければ、黒点の移動量を測って太陽の自転周期が求められるだろうという予想を立てることができた。



図4 グループで考える

第5回も天候不良で観測できず。前日利用した天文台の画像データから、太陽面経緯度図を用いて黒点の位置を測定した。使用した画像は5日分で、認識できる黒点すべてについて位置を測った。その後、黒点の移動量を一日当たりの緯度経度の変化として求め、求めた割合で太陽が回転しているとして太陽の自転周期を算出した。各自まちまちな周期が出てきたが、グループで平均化することによって、どのグループもほぼ27日前後の値になった。

第6回：まとめ

最終日も天候不良のため観測はあきらめ、
天文教育 2008年3月号

これまでの結果を考察することにした。そこで、理科年表に掲載されている太陽の自転周期がおよそ 25 日であることを示し、なぜ 2 日違うのかをグループ単位で考えさせた (図 4)。どのグループもなかなかうまく説明できる案が出てこなかったが、地球の公転が関係しているらしいことに高校生が気づいたグループが現れ、地球と太陽の相対的な動きを考慮することによって 2 日のずれを定量的に説明することができた。

この後、黒点の形が変化することからわかる太陽の性質の考察も行った。考察といっても、黒点がなぜ生じるかという類のものではなく、現象を見て気づいたことや気づいたことから推測できることをまとめ、太陽の概観を掴むことを主眼としたものである。

午後は、考察したことをグループ単位で発表した (図 5)。内容や程度に差があったものの、グループ討論を通して一人ひとりが考察を進めたためか、最後に職員が統一的な解説を行ったときには、それぞれの理解度に応じて、解説を受け止められたようである。



図 5 考察結果を発表する

最後に、職員による講義形式で、太陽は恒星の仲間であることや太陽の研究は恒星の研究の基礎にあることを学習して、今年度の少年少女研究員の終了とし、「望遠鏡使用資格証」と「修了証」を授与した。図 6 にここまでの事業の流れと所要時間を示しておく。

オリエンテーション

屋外学習 (屋外モニメント) [60 分]

太陽の一日の動きの規則性

日の入りの位置の季節変化

屋内学習 (太陽投影展示) [30 分]

太陽表面の観察

望遠鏡操作実習

望遠鏡操作講習・実習 [120 分]

太陽スケッチ [60 分]

観測実習

太陽スケッチ [50 分]

黒点眼視観察 [30 分]

スケッチ比べ [30 分]

「観測」の意味の考察

一眼レフカメラ操作講習・実習 [150 分]

撮影記録整理 [60 分]

記録取得には工夫が欠かせないこと

変化を見たり調べたりするときの着眼点

画像データの観察 [60 分]

複数日の太陽表面の観察と考察

太陽はどんな星か?

黒点の位置の測定と太陽自転周期の算出 [180 分]

測定誤差

確からしい値の出し方

まとめ

求めた自転周期と文献値の比較、考察 [180 分]

地球の公転の認識

発表 [40 分]

(※) 所要時間は休憩や機材運搬、道具の準備等に要する時間を除いた“正味の”学習活動時間である。

図 6 事業の流れと所要時間

探究活動に必要な手法と態度

この活動では、正確なはずの記録を使って黒点の位置を測定したのに、同じ黒点でも一人ひとりの測定値にばらつきがあった。このばらつきは、多くの子どもたちの得た結果の平均値を取ると小さくなり、得られた値の信頼性が上がることがわかった。このことが、理科年表の掲載値との差が自分たちの測定のまずさに由来するのではなく、本当に差があるのだという確信を呼び、測定値と文献値との違いが生じる原因を考察する活動に結びついた。そして、「地球は太陽の周りを公転している」という頭にあるだけの情報—知っていること—を、考察を通して生きた認識—わか

っていること一として獲得するに至った。

このような活動から子どもたちが得たであろう認識や態度は少なくない。

①知識は地道な泥臭い手仕事を経て得られるものであり、知識の確からしさはデータの正確さや考察の深さによって左右されること、②データの正確さは記録の正確さと読み取りの正確さに左右され、それぞれの正確さを改善するには細心の注意と工夫が要ること、③考察の深さは多様な視点と議論からもたらされること、④手持ちの情報を詳らかに公開し合って多人数で議論することにより、ひとりで探究するよりも内容豊かな知識がもたらされること等々である。

本物の体験

学習指導要領に長らく採用されてきた“使い古された課題”を、紙と鉛筆と電卓、それに望遠鏡と太陽観測に必要な少々の小道具という道具立て（図7）で取り扱った。測った量は太陽黒点の位置だけで、出した結論は太陽は自転していてその周期は地球から見て約27日ということだけである。



図7 道具立て

「太陽は自転していてその周期は約27日であるという“事実”を教えれば良いではないか。6日間も使うならもっと大事なことを教えられるだろう」という批判があるかもし

れない。最先端の画像や知識に直接触れて研究者がするのと同じ研究の流れを体験する方が良いのではないかという意見もあるかもしれない。

しかし、この少年少女研究員事業の目的は、知識体系の構築でもなければ研究者のすることの追体験によって学習の動機づけを行うことでもない。自ら探究活動を行うことができる力をつけることにある。そのためには、それなりの結果が得られるはずの整えられたデータを与えるのではなく、自らの手で、自ら準備した機材を操作し、すべての取得過程を振り返ることができるデータを手にする必要があるであった。そして、データ処理と解析に内在する問題、すなわち、記録の精度、測定時の読み取り精度や考慮すべき種々の観測条件を各自が明確に認識できるようにするためには、手作業でできることはすべて手作業で行う必要があった。手作業でやってこそ、知識抽出の地道な泥臭い過程が理解でき、のちのち自ら探究活動を行う力に結びつく「本物の体験」になると考えたのである。整えられたデータは、その形になるまでの泥臭い重要な思考過程や工夫を隠してしまう恐れがある。少なくとも、データ取得時の種々の条件や誤差をいかに考慮して処理するかという体験はできない。ここが知識構築過程の土台となる最も基礎的な部分であるにもかかわらず。

その先にある具体的な作業の例としては、記録として優れていると思われる画像から太陽黒点の位置座標を直接読み取る作業があった。この作業で、子どもたちは誰もが同じ測定値を得られるわけではないことに戸惑っていた。しかし、測定に使う太陽面経緯度図の目盛り刻みやその精度、あてがい方、黒点の選び方などで差が生じることに思い至ると、戸惑いが解消され、どうすれば測定精度を上げられるかを考える姿勢が生まれた。各自が測定した値を一覧にまとめ、明らかにずれが

大きいものを取り除き、平均値を取るという方法で太陽黒点の移動量の確からしい値を出し、これを用いて太陽の自転周期を出した。文献値との差が明らかになったとき、筋道立てて導いた自分たちの測定値がおかしいのではなく、何か理由があるはずだという確信を持ってその原因を探求する態度が見られた。そして、単に情報として持っていたにすぎない知識—地球の公転—に思い至り、これを利用してうまく説明できないかと考えを巡らせ、算出した太陽自転周期と文献値との差を定性的ではなく定量的に説明できたとき、子どもたちは、「自分たちがどこからどのように宇宙を観測しているか」を認識し、「本当に地球が太陽の周りを回っているのだ」と実感できたようである。

教科書の片隅にあるささやかな“事実”を確かめる活動ではあったが、得られた果実は一生のものである。今後どのような科学的知識—時には抽象的な描像—に触れようとも、その背後にある活動を想像し、自分の日常生活に溶け込んだ知識として吸収する可能性を広げることができたのではないかと思う。

学校や他施設ではできないのか？

このような学習を学校その他の施設で行うことはできないのだろうか。

図 6 に示したように、黒点の位置を測り、太陽の自転周期を出すまでの活動時間は、正味 3 時間ほどである。含まれる内容は、天文台で用意した画像の配布と説明、太陽面経緯度図が必要なことの説明とその使い方、測定作業、計算である。文献値を提示して算出値との違いが生じる理由の考察には、正味 3 時間ほどかけた。観測実習を省くと、約 6 時間＝360 分が必要だったことになる。時数にして 9 時間ほどであろうか。

この活動は天候に恵まれず、用意した画像を使わざるを得なかった。結果から言えば、

測定に限れば、少々の小道具以外は特別な準備をする必要がないので、同様の活動を学校でも他施設でも行うことができるだろう。

おわりに

自然に関する体系的な知識や現代の自然観、宇宙観を身につけることは大切ではある。しかし、一つの課題をじっくりと探究し、幾つもの過程を経て一つの知識を手にする「知識の抽出体験」を抜きにして体系的な知識を教えられても、“日常感覚としての自然観”を得られるようには思えない。

すべての知識の抽出過程を一つ一つ追体験するのは不可能である。できることは、一つか二つ、“ありふれた課題”で良いから手を抜かず知識抽出の過程を追体験し、その体験をもって、種々の知識の背後にある地道な泥臭い人間の知的作業を感じ取ることである。この感覚の有無によって、その後の知識体系の構築や、氾濫する情報や知識の確からしさを見分ける能力の鍛錬に大きな差が生じるであろう。

追体験から得られる思考態度や感覚は、何物にも代え難いものではないだろうか。

本事業は倉林を主担当として、瀨根、登坂一彦（現所属：群馬県利根教育事務所）が実施の補助に入った。基本的な構想は倉林による。本稿に記述した子どもたちの様子は、著者らが現場で肌で感じた感触であり、客観評価に基づくものではないことをご承知おき願いたい。また、年齢に幅を持たせたグループでの共同作業の様子については、紙面の都合で記述を省いたことをお断りしておく。

参考文献

[1] 瀨根寿彦他、2007、天文教育 88 号、p.51

瀨根寿彦