

小学校における天体単元指導の工夫

お茶の水女子大学附属小学校

田 中 千 尋

- 1 天体単元に思うこと
 - 1-1 はじめに
 - 1-2 天体単元指導の難しさ
 - 1-3 科学教育の基本に立ち返る
- 2 高学年での恒星観察の実際
 - 2-1 恒星の見かけ上の動きに徹底的にこだわる
 - 2-2 東京でも「事実としてとらえられる」基準星（基準星座）
 - 2-3 児童の観察例と考察
- 3 中学年での月の観察の実際
 - 3-1 月の観察の魅力
 - 3-2 満月の模様は何に見える？
 - 3-3 学校での昼間の月の観察
 - 3-4 月と地上物の関係
- 4 低学年での月や星の観察の重要性
 - 4-1 科学へのあこがれ
 - 4-2 天体との初めての出会い
 - 4-3 観察は三日月から
 - 4-4 子どもの観察記録に学ぶもの
 - 4-5 天体を題材にしたアート作品
- 5 唯一の「さわれる宇宙」隕石
 - 5-1 2種類の隕石
 - 5-2 大切な隕石をどんどん触らせる

- 5-3 子どもたちの驚きと感想
- 5-4 隕石を削ってノートに貼る
- 6 天体観望会実施の模索
 - 6-1 夜の学校に来る「わくわく感」
 - 6-2 実施上の留意点
 - 6-3 従来为天体観望会
 - 6-4 参加者の多い観望会での画期的な方法
- 7 天体写真の撮影方法の研究
 - 7-1 教材性も芸術性も高い天体写真
 - 7-2 光害の激しい都会地での撮影
 - 7-3 彗星・流星・月食等の写真撮影
- 8 定点観測による天体の観察
 - 8-1 遠隔地のカメラを使った天体の動きの記録
 - 8-2 遠隔地のカメラをコントロールする方法
 - 8-3 遠隔地観測の応用
- 9 おわりに
- 10 参考文献・webページ等

*表記・内容についての説明

- ・本校では一般的な「理科」(教科名)を、「自然」と呼んでいる。子どもの学習実態に合わせて、本稿ではすべて「自然」と表記した。
- ・今般の教育関係の書籍・発表要項等には、主として英語由来のカタカナ語が氾濫している。「リテラシー」「スキル」などは好例で、書き手や読み手によって、解釈(日本語訳)が異なる場合が多く、私はその点を憂慮している。本稿においては、こうした用語は極力使用しないよう心がけた。
- ・学習主体者の呼称として、「児童」「子供(たち)」「子ども(たち)」など、いろいろな表現があるが、本稿では「子ども(たち)」に統一した。文中では「子」を使った箇所もある。
- ・本稿の内容、作品例などは、特に断らない限り、平成16年度から平成21年度の間実践されたものから使用した。
- ・本稿には実践例を多く引用している。指導者は断りが無い限り筆者本人であり、その呼称は「私」に統一した。尚、本稿に使用した写真(月・天体写真を含む)はすべて、当方(筆者)が撮影したものである。写真解説文には下線を付した。

1 天体単元に思うこと

1-1 はじめに

現行小学校指導要領には、いくつかの天文関連単元がある。これらの単元配列、特に中学校との接続関係にはいくつかの問題点があるが、この稿ではそのことに直接は触れず、指導要領の枠を超えて、小学生という学齢の子ども達に対する、天文教材の工夫・開発について、ここ数年の実践・研究をもとに述べたいと思う。

1-2 天体単元指導の難しさ

子どもは自分に近い存在のものから興味・関心を示し、それに関わろうとする。自分に一番近い存在は、もちろん「自分の体」である。そして校庭の花、虫、樹木といったものに親しんでいこう。一番遠い存在といえば、それは天体（宇宙）ということになる。

天体単元は指導が難しいとよく言われる。特に小学校においては、私自身も指導をしていて、そのことを強く感じることが多い。理由としては以下のことが考えられる。

① 生活との関連が薄いこと

簡単に言えば、子どもたちの生活と直接関わりがないものを扱うということである。太陽の動きを知らなくても、時計があれば生活はできる。特別な職業や趣味を除けば、月の動きや形の変化に気づかなくても、別に不自由はしない。星は美しいが、山の中で迷いもしない限り、知らなくても生きていける。といったところである。もともと自然という教科は、子どもたちの生活とは関係のない内容が、単元学習として突然入り込んでくることが多い。特に天体単元はその傾向が強い。

② 全体像（天球概念）がつかみにくい

宇宙という無限の広がりを持つ空間を、「天球」という仮装立体の概念としてとらえさせることは、小学生の子どもたちにはかなり難しい。透明半球などの教材の工夫はあるが、真の天球概念として理解させることは、非常に困難である。

③ 対象に実際に触ったり操作したりできない

最も近い天体である月でさえ、地球から30万kmも離れている。惑星、恒星に至っては、21世紀に至っても人類未到の地である。実際に操作したり、直接観察して「事実から学ぶ」ことが基本である自然の学習において、触ったり、目の前で見ることのできない天体という学習対象は、致命的ともいえる。

④ 変化が緩慢である

子どもたちは、希塩酸に金属が溶ける、鏡下でカリミョウバンの結晶が析出する、といった目の前で起きる急激な変化には、大きな関心を持ち、夢中で観察しようとする。しかし、天体の動きは非常に緩慢である。たとえば、恒星の日周運動一つをとっても、ほとんど固定しているほど動きがゆっくりである。月の形の変化も数日間、継続して観察しないと変化が実感しにくい。これも、小学生の天体学習を難しくしている理由である。

上；ジュラ紀のアンモナイトを研磨する2年生の子どもたち。特に低学年の子どもは、実際に触って操作できるものに、強く興味を持つ。実際に触れない天体に興味を持たせるには、工夫が必要である。

下；オリオン座の動き（日周運動）の連続写真。1時間たっても、視角度でわずか15度しか動かない。見た目には、ほとんど固定しているほどゆっくりである。
2000, 12, 31～2001, 1, 1の世紀をまたいだ写真。
北部スウェーデン北極圏で撮影。



⑤ 夜間の観察が多い

太陽や半月（上弦は午後，下弦は午前中）前後は、学校の授業の中でも観察が可能である。しかし三日月，満月，それに惑星や恒星（星座）は夜間にしか観察できない為，家庭学習に頼らざるを得ない。当然，家庭の事情や観望場所によって観察条件が異なり，このことが，観察結果（事実）をもとにした学習を困難にしている。

これらはどれも，子どもたちの学習形態を考えると，致命的とも思える。確かに高学年で天体単元を指導していると，一種の行き詰まりのようなものを感じることもある。自然学習の基本である「事実」（この場合観察結果）から学ばせることが，非常に難しいのである。教師自身がそう感じているのだから，子どもたちはもっと困っているにちがいない。事実，高学年の子どもたちは，宿題の星の観察に，ほぼ例外なく四苦八苦している。独自の工夫や，家庭の協力で成功する者もいるが，多くは挫折し，最悪の場合天体そのものに興味をなくしてしまう。

⑥ 天候に左右されやすい

これは天体単元に限らず，自然授業に共通している欠点と言える。特に天体単元は，月にせよ恒星（星座）にせよ，曇や雨では観望そのものが不可能になってしまう。たとえば三日月の観察は，一ヶ月に1回，1日しか機会がなく（注），その日の天候が悪いと，次の観察機会は約一ヶ月後になってしまう。これも単元指導計画を難しくしている原因と言える。

（注）；「三日月型の月」または「三日月と同じような動きをする月」の場合は「二日月」から「五日月」まで，数日間の観察期間が設定できる。

1-3 科学教育の基本に立ち返る

前述のような指導の難しさも手伝って，実際に小学校における天体関連単元は，観察結果から考えさせるといった正しい方法での指導はむしろまれで，写真資料，コンピュータソフト，ビデオといった，間接的な体験が，主たる学習材になっている傾向を感じる。これは「事実から学び考える」という，科学教育の基本に背くもので，私はそのことを強く憂慮している。もちろん，学習のまとめや確認のために，これらの資料を使うことはある。私も自ら撮影した天体写真を授業でよく使用する。しかし，これは本来補助的に使われるべき学習材であり，それで学習をさせた「ふり」をしてはいけないと思うのである。以下は，科学教育の基本に立ち返り，天体単元を，徹底的に観察結果から学習させることに主眼を置いた実践例である。

2 高学年での恒星観察の実際

2-1 恒星の見かけ上の動きに徹底的にこだわる

私は6年生の天体単元指導では、指導の重点を「日周運動による恒星の見かけの動き」一点に絞ることになっている。改訂前指導要領の小4と中3の内容のちょうど中間的な扱いである。小4では技量的に観察が難しく、中3では実際の観察が期待薄なこの部分を、小6の段階で徹底的に観察（事実）から理解させることで、天体単元の小中接続がかなり円滑になると考えたからだ。

期待される星の動き方の「捉え方」の基準は以下の通りである。番号には明確な序列がある。

- 基準① 星座の向きや見かけの高度（地平高度）が変化すること。
- 基準② 星座の形・大きさは変化しないこと
- 基準③ 個々の恒星の明るさは変化しないこと。

このうち①は大いに期待したい、というよりもすべての子どもたちに、事実（観察結果）からつかんでほしい事項である。

②は①に付随して、自然に気づくもので、全員とまではいなくても、多くの子どもに気づいてほしいことである。

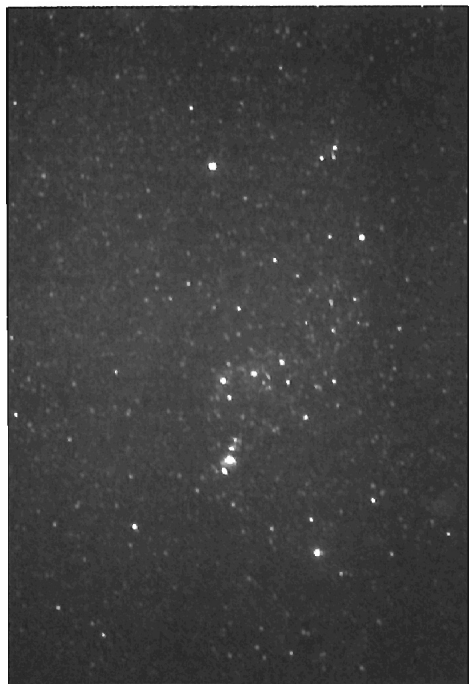
③は天候、観察地点（光害の程度）、個々の感じ方などの不確定要素が多く、子どもたちの観察結果から気づかせることは、ほとんど困難と言っている。

2-2 東京でも「事実としてとらえられる」基準星（基準星座）

上記基準を踏まえて、観察対象は光害の激しい東京の夜空でも観察可能な、以下のいくつかの星座・恒星に絞って指導している。観察対象を絞ることで、共通の問題意識（研究意識）を持ちやすい。

●星座：オリオン座（南天）、カシオペア座（北天）、北斗七星（北天）

*「おおいぬ座」は東京では形がとりにくく、適していない。



●恒星・星団；シリウス（南天）、プレアデス星団（天頂）

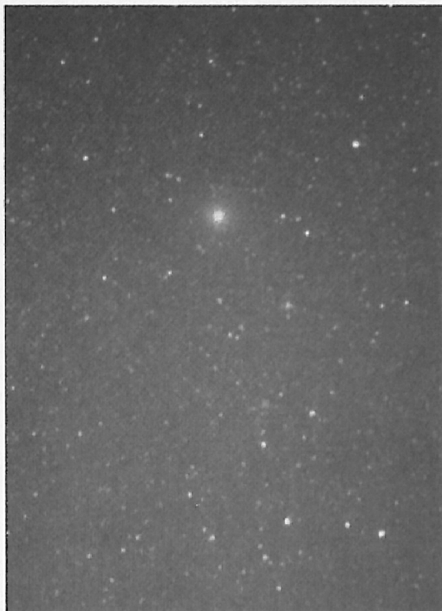
*「冬の大きな三角」は形とりやすいが、正三角形に近いので、「動き」や「向き」を観察するには、意外にも適していない。

本単元では、星の見えにくい東京の冬の夜空で、各研究所（注）に、星の動きを徹底的に観察させ、時間の経過とともに、確かに動いて見えるということ、事実をもとに理解させたい。

左：オリオン座全景。北天球の星座では唯一、2個の一等星を持ち、形もとりやすい。東・南中・西で星座の向き（傾き方）もはっきり変化するので、観察の好対象である。長野県川上村で撮影。

期待される観察方法としては、ノートや透明板への記録（地平高度、星座の位置や角度）が主であろうが、シリウスはデジタルカメラ・ビデオでの記録も可能である。固定した双眼鏡で1つの恒星をじっと観察するのも効果的である。

（注）私は子どもたちの実験観察の活動単位を、「班」とは呼ばず、「研究所」と呼んでいる。これは、子どもたちが学習の主体者であり、研究者の一員であるという意識を強く持たせ、意欲を継続させる為の工夫である。これは数年間実施して、一定の効果があつたと実感している。



左；おおいぬ座のシリウス。恒星では全天一の輝星で、薄曇りでも観察可能。空気が澄んで、上空の気流が強い晩には、ミラーボールのように、キラキラ色に変化して見えることもある。（長野県軽井沢町）



右上；春の星座

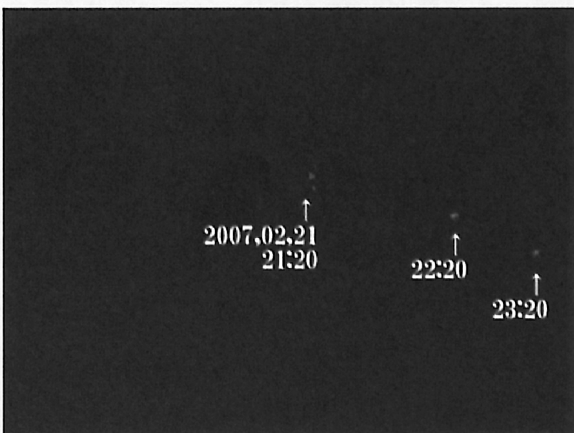
冬の星座の観察や写真撮影に夢中になっていると、いつの間にか春の星座が昇ってくることもある。写真にはおとめ座とスピカ、コップ座、からす座などが写っている。中央少し右のいびつな台形がからす座で、明るい星はないが、同じような明るさの星が目立つので、東京でもがんばれば見つけられる。

2-3 児童の観察例と考察

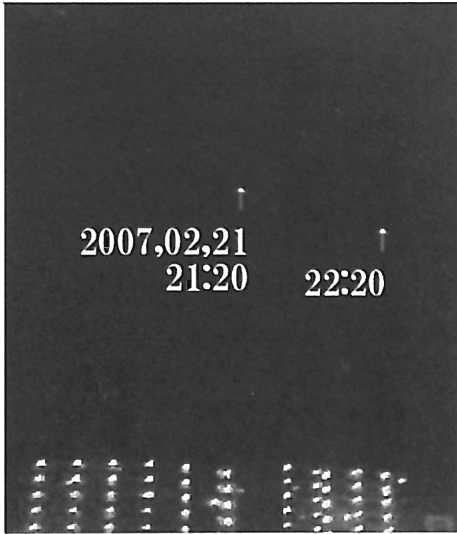
以下は、平成18年度の6年生の観察記録である。クラスを8つの研究所（班）に分け、「星（恒星や星座）が確かに動いて見える証拠をとらえる」ことを目的に、夜間家庭で行った観察の記録である。その解説と考察を記述したい。

観察記録例①（目黒区碑文谷）

- ・シリウス一星にしぼって携帯電話のカメラで写真撮影を試みている。
- ・観察者から見ての星の見かけの動きを、なるべく正確に知る為に、カメラを置く場所に印をつけたと説明していた。

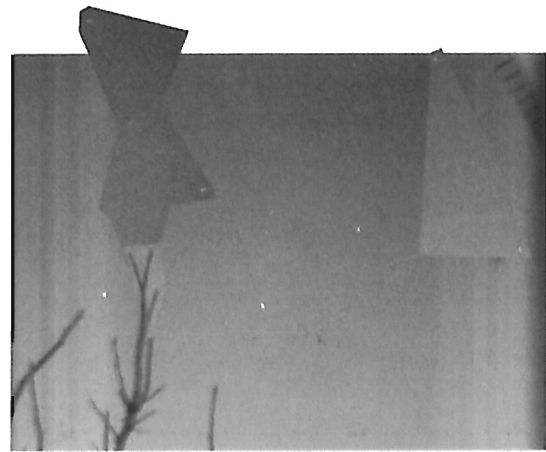
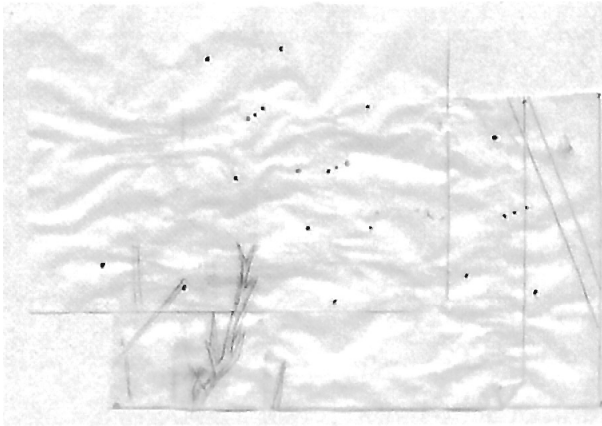


- ・時刻は私が画像に打ち込んだものである。
- ・カメラの固定が不完全なので、それぞれの星像はひどくぶれているが、それが星像に面積を持たせ、かえってわかりやすい。
- ・「動いて見えたこと」だけでなく、時間経過とともに、高度を落としていく様子もわかる。地上の風景が何も写っていないことが残念である。



観察記録例②（江東区亀戸）

- ・これも携帯電話のカメラで撮影。
- ・これはカメラの固定がいいので、星像は完全な点像だが、かえって見にくい。
- ・時刻は私が打ち込んだものである。
- ・地上の風景も写し込んでいるので、観察者と星との相対的な位置関係がわかりやすい。



観察記録例③（文京区本駒込）

- ・オリオン座全景とシリウスを観察対象にしている。
- ・デジカメで一定時間ごとに撮影し、それを印刷した連続写真（3枚）を持参した。
- ・左下の枯れ木を手がかりに、3枚の写真を薄い紙に写し取り、星座の動きと向きをまとめている。
- ・下の写真は、提出された写真をもとに、同じように枯れ木を基準に合成した画像である。
- ・都内の明るい夜空ながら、星座や恒星が明らかに動いて見えることが、非常によくわかる観察例。



左；観察記録④（新宿区西早稲田）

- ・コンパクトデジカメを「夜景モード」にして撮影したものである。
- ・オリオン座全景と惑星が1個写っている。
- ・家屋、電線といった位置の比較に適した地上物が写っているのは評価できる。
- ・時間の都合で、1枚しか撮影できなかったのですが、星座が動く様子がわからないのが残念である。
- ・しかし、東京でも、コンパクトデジカメのようなカメラで、星野写真（せいやしやしん）の撮影が可能だということがわかった。

右；観察記録⑤（江戸川区小岩）

- ・④と同じく、コンパクトデジカメを「夜景」モードにして撮影した例。
- ・オリオン座とシリウスが写っている。
- ・④と同じで、1枚しかないのですが、恒星の動きはわからない。
- ・しかし、地上の風景（向かい側マンションの屋上）が、画角と水平に写っているため、東の空にあるオリオン座の「向き」が正しく表現されている。



観察記録⑥（新宿区山吹町）

- ・デジタル一眼レフカメラを使った、長時間露光による、恒星日周運動の軌跡の写真である。
- ・オリオン座の7つの星（一等星・二等星）と、周囲の暗い星も写っている。
- ・父親がカメラに詳しく、指導してくれたと話していた。
- ・左の写真は単純に10分間露光したもの。恒星の動き、個々の恒星の明るさと色がよくわかる。
- ・右の写真は5分露光・5分露光停止・5分露光の計15分かけて撮ったものである。
- ・露光停止中は、レンズに布をかぶせたそうである。
- ・教科書に載っている写真を参考に挑戦したそうである。
- ・どちらの写真も、日周運動の証拠になるが、残念ながら、「恒星がどちらの方向に動いたのか」は表現されていない。
- ・これを確実に表現するには、2分露光・5分露光停止・5分露光とすれば良い。短い軌跡のほうが先、つまり恒星は左から右に動いて見えるとわかる。

観察記録⑦（北区王子）

- ・この例はユニークである。
- ・写真撮影と目視観察の2種類の方法で記録している。
- ・写真のほうは、アルデバランを使っている。ちょうど夕方直後に西の空に沈むので、観察に適していたと判断したという。

- ・ 3枚の連続写真を持参，これは，地上の風景を手がかりに，合成したものである。時刻は私が打ち込んだ。
- ・ 西の空の恒星の動きがよくわかる。
- ・ もう一つは，子ども自身が考えた，目視による観察方法である。
- ・ 対象は，最も明るいシリウスを選んでいる。
- ・ 風景と恒星の相対関係を記録するといった方法ではなく，星の方向（方位ではなく観察者から見た便宜上の角度）を記録していく方法である。
- ・ 「恒星が動いて見えることの証拠」という一点を重視し，方向だけに着眼して，あえて高度は無視して記録している。

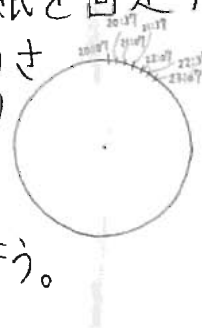


この他にも，窓ガラスに透明ラップを貼って，一定時間ごとに星座を写し取るといった，子どもらしい（涙ぐましい）方法のものが多数見られた。これらを見て感じたことは，子どもたちの発想の豊かさ，課題に対する探求心の旺盛さ，そして何よりも「事実から学ぼうとする」姿勢の強さである。



3月21日(水)に私は，北区王子でシリウスを観測した。

- 方法：①紙に円を書く。
 ②ペランダの手すりに紙を固定する。
 ③円の中心に1mのものを当て，垂直に立て，シリウスと重なったところに印をつける。
 ④それを，30分ごとに行う。



3 中学年での月の観察の実際

3-1 月の観察の魅力

太陽を観察することは，我々が想像している以上に，子どもたちにとって難しいことである。光球は非常に明るく，いくら「直接見るな」と指導しても，子どもたちはどうしても見てしまう。2秒も見つめれば，眼に何らかの悪影響がある。そもそも観察対象を「見るな」と指導するなんてことは，ほかの単元ではあり得ない。遮光板を与えて観察させたところで，立体感のない緑色の不気味な円盤が見えるだけで，太陽そのものには，子どもたちはあまり興味を持たない傾向がある。その点，月は観察対象としてすばらしい魅力を持っている。

① 肉眼で観察できる

太陽とちがいで、直視しても眼を痛めることはない。満月近くになって、等級があがると、望遠鏡での観察時のみ注意が必要だが、下弦～新月～上弦までは、高倍率の望遠鏡で観察しても、特に問題はない。

② 昼間や薄曇りでも観察できる場合がある

上弦の月なら午後の時間帯に、下弦の月なら午前中に観察できる。授業時間を使って、一斉に観察できることは、天体単元では貴重なことで、これも大きな魅力である。また、満月に近い月の場合、夜間、薄曇りでも位置や高度の観測は可能で、これも教材として優れている理由である。

③ 美しい

動きや形の変化云々という前に、とにかく月は美しい。三日月前後の夕方の月など、ずっと見とれてしまうくらい、すばらしい姿である。



ラップランドの森に昇る満月。科学教育において「瞬間の目撃者」になることは重要である。月が昇る瞬間もその一つ。

スウェーデン・ノルボッテン州・Porjus

Patricia Cowern (友人) 撮影

④ 形が変化する

およそ一ヶ月の周期で形が変化することも、継続観察への意欲づけとして、大きな魅力となる。1日ごとの変化はゆっくりであるが、何日も連続して観察するうちに形の変化に気づき、更には「予測」もできるようになる。天体の中で、小学生でも「変化の予測」が可能なのは、恐らく月だけであろう。内惑星である水星や金星も満ち欠けをするが、肉眼では観察できず、満ち欠けの速度も非常に緩慢なので、観察対象にはならない。

⑤ 地形を観察できる

満月では、地球から見て真正面から太陽光が当たっているため、月面の景観は平面的となるが、三日月や半月では、太陽光が斜めや横から当たるため、地形（特にクレーター）の観察が容易になる。玩具店で売っているような安価な双眼鏡でも、かなりはっきりとクレーターを見ることができ、昼間の月でも、望遠鏡でクレーターを確認することは可能である。



浅間山の噴煙に沈む三日月。これも劇的な瞬間である。旅行者がこのような場面に立ち会うことは難しい。

北軽井沢 デジタル一眼レフカメラを東京から遠隔操作して撮影

3-2 満月の模様は何に見える？



月を題材にした授業は、さまざまな展開が考えられ、その教材研究は実に楽しい。以下は過去の実践の中から、子どもたちの意欲向上に効果が実感できた、一つの工夫例である

月にも地形があり、地表の地質による太陽光の反射率のちがいで、模様が見える。「餅つきウサギ」「カニ」「女性の顔」など、古来からのいい伝えも多い。子どもたちの想像力は、もっと豊かである。

満月の模様は何に見えるか？満月前後に家庭学習として、実際の月を見て、その模様が何に見えるかを、実際に観察させておく。教室ではその発表会をするのである。用意するものは、満月の写真と液晶プロジェクター。月の写真は、できればいろいろな向きのもを用意できるといい。その写真を直接黒板に投影する。それにチョークで、見えた「形」を描かせるのである。下の写真のような、楽しい活動になる。

上；「私は亀に見えました。」

下；「ぼくは、たばこを吸うオジサンに見えました。」

最近では、スキャナー機能付きの液晶プロジェクター（注）も普及してきた。これは天体単元の授業には非常に役立つ。子どもたちの持ち寄った観察結果（ノートや写真）を、そのまま映写しながら、それをもとにみんなで考えることができる。

液晶プロジェクターと黒板を使った授業の応用としては、学校校庭やベランダから撮影した月の動画を早回しに投影し、その軌跡に一定時間ごとに磁石を置いていく、という方法もある。これは、子どもたちが家庭学習で観察したのと同じ日に撮影した映像でなければ意味がないし、授業展開の

最初にこれをやってしまったら、子どもたちが苦労して記録してきた観察結果の意味がなくなってしまう。

（注）プロジェクター上部のスキャナー部分に、写真や資料（立体物も可）を置くと、そのまま投影できるもの。

3-3 学校での昼間の月の観察

上弦でも下弦でも、半月前後の月は、昼間の観察が可能であり、学校の授業時間で扱うことが可能である。観察は目視の他、学校に天体望遠鏡があれば、是非か活用したい。

上；昼の月（上弦）上弦は午後に観察可能である。

空に溶け込んだような月を、みんなで探すのも、楽しい活動である

下；反射望遠鏡を使った、昼間の月の観察。必ず教師がそばにつくこと。特に誤って太陽に向けないように、十分注意する。

3-4 月と地上物の関係

月は「円盤」ではなく「球体」である。地球（観察者）・月（観察対象）・太陽（光源）の位置関係がどんどん変化することによって、満ち欠けを起こすわけだが、その実距離が、あまりにも大きい為、そのことを実感することができない。一般的な指導法としては、暗幕を引いて暗くした部屋で、自分を地球、ボールを月、光源を太陽に見立てて観察する、というものだろう。教科書にも載っているのですが、私も実践したことがある。しかし、この方法で子どもたちは、月の形と太陽光の関係を、しっかりと実感しているだろうか？

ベランダで大騒ぎになった、「2個の月事件」。
4年生のベランダからは、ビルの谷間に、東の空の一角と、月・水タンクが見える。

ある日の放課後、放課後遊びが終わった頃、10人以上の4年生の子どもたちが、教室のベランダで騒いでいる。（注）何かと思って行くと、意外なことを言い始めた。

「先生、月が2個出てるの。」

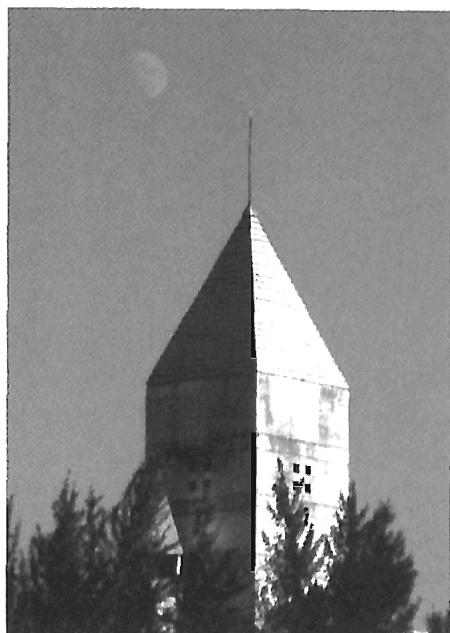
「はい？月は1個でしょ？ここは火星じゃないよ。」

「ううん、同じ形の月がね、2個見える。」

どうもいたずらっぽい言い方だ。私が来る前に、そういうことにしようとみんなで相談していたようだ。確かに東の低いところに月は見える。上弦（半月）よりも少し太った月である。私は最初、子どもたちが言っていることの意味が理解できず、首をかしげていた。一人の子が教えてくれた。

「ほら、見て見て、あそこのマンションの水のタンク。」





「あ～～、なるほど！」

私はすっかり感心してしまった。私はカメラでその「2つの月」を撮影し、翌日の授業で生かすことにした。その場に居合わせなかった子もいるので、このまたとない機会を、授業でもとりあげたかったのである。

この体験・授業を通じて、子どもたちは、月の形と太陽光の関係について、ある程度実感できたように思う。大切なことは、実際の月と太陽の位置関係から考えたことで、水タンクという球形の地上物との比較が、理解を助けたのだと思う。一見わかりやすい、「ボールと人工光源での実験」よりも、はるかに「事実から学ぶ」、良い体験だと思う。

今回は球形の水タンクという、非常にわかりやすい地上物があって幸運であった。しかしそういうものが観察地にあるとは限らない。しかし、左写真のような場面でも、働きかけ一つで、月の形と太陽光の関係に気づくきっかけにはなるだろう。

(注) ベランダは避難通路で、通常は立ち入りを禁止している。しかし、掃除や月の観察の場合は許可することもある。

4 低学年での月や星の観察の重要性

4-1 科学へのあこがれ

2年生の子どもたちと自然（本校では「理科」をこう呼んでいる）の授業をしていると、7・8歳の子どもたちというのは、身の回りではじめて起きる現象や、はじめて見る対象に強い興味を示し、ちょっとしたきっかけを与えれば、あとはどんどん自分でのめり込んでいく姿をよく見る。対象に対して、見て、近づいて、触って、その感動をさまざまな方法で表現しようとする。いわば、からだまるごと好奇心のかたまりといった存在のようにも思える。この子どもたちを見ていると「科学へのあこがれ」を強く抱いていると感じる。

残念なことに、年齢が上がるに従って、この「科学へのあこがれ」は徐々に薄れていく。実物に触れる前に、実際に見る前に、知識のほうが先行してしまうことも一つの原因かも知れない。自然を教える教師の大切な仕事は、さまざまな「科学の扉」の存在を教え、それを少しだけ開いてあげることだと思う。それは高学年ではすでに遅く、「科学へのあこがれ」を強く抱いている、低学年のうちにすべきことだと、最近強く感じている。

4-2 天体とのはじめての出会い

私は、難しい天体の動きや、天球概念を無視して、好奇心旺盛な低学年のうちに、天体の存在を意識し、自分から関わろうとする体験が大切だと思うに至った。子どもたちにとって（というよりは人類にとって）、最も身近な天体は「太陽」と「月」だろう。しかし太陽は危険である。2年生の子どもたちに太陽を直接観察させると、どんなに注意しても必ず目を痛める者がいる。その点「月」は、2年生にとってもあらゆる点で優れた観察対象である。

- ・地球に一番近い天体である。
- ・肉眼で観察できる。特別な観測機器や、遮光板も不要である。
- ・毎日形が変わって、子どもでも変化が実感できる。
- ・夜間だけでなく、半月前後は昼間（上弦は午後、下弦は午前中）でも観察できる。
- ・100円ショップのオペラグラス程度でも、月の地形（クレーター）が鮮明に見える。

2年生の子どもでも、もちろん月の存在は知っているし、「いろいろな形がある」ことも経験から知っている。しかし、継続して観察したことはないし、その規則性にも気づいていない。このことが好都合

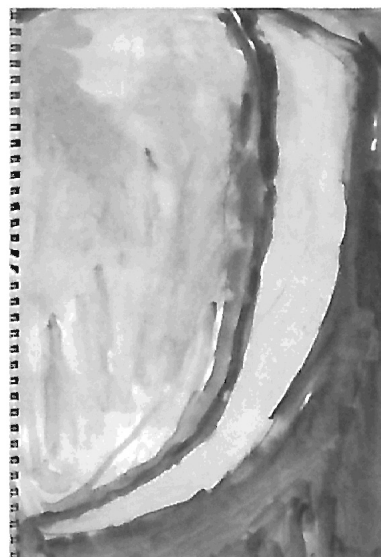
なのだ。月について詳しくは知らない。だからこそ、少し扉を開けてあげれば、あとは自分でどんどん入って行く。

「あ～、月ってきれいだなあ」「今日はどんな形のが出るかなあ」「はやくお月さんみたいなあ」
これが大切なのだと思う。

4-3 観察は三日月から

私は、2年生に最初に観察させる月は「三日月」が最適と思っている。理由は…

- ・子どもに月の絵を描かせると「三日月」の絵を描く。子どもが持っている月のイメージ（図式）に一致している。不思議なことに形も向き（左欠け）も実際の月と合っている。無意識に記憶しているのだろう。
- ・夕方の西の空に見えてすぐに沈んでしまう。観察時間帯が、低学年の子どもの生活に無理がなく、家の人と一緒に観察できる。
- ・三日月は美しい。ただ美しいだけでなく、斜めから太陽光が当たっているので、安価な双眼鏡でも月の地形（クレーター）がよく見える。
- ・肉眼でも地球照（地球に反射した太陽光が、月の暗部をわずかに光らせる現象）がよく観察できる。「不思議」を実感させるには十分な現象である。
- ・三日月の翌日から形が変化し、三日月～半月～満月まで、興味が持続しやすい。



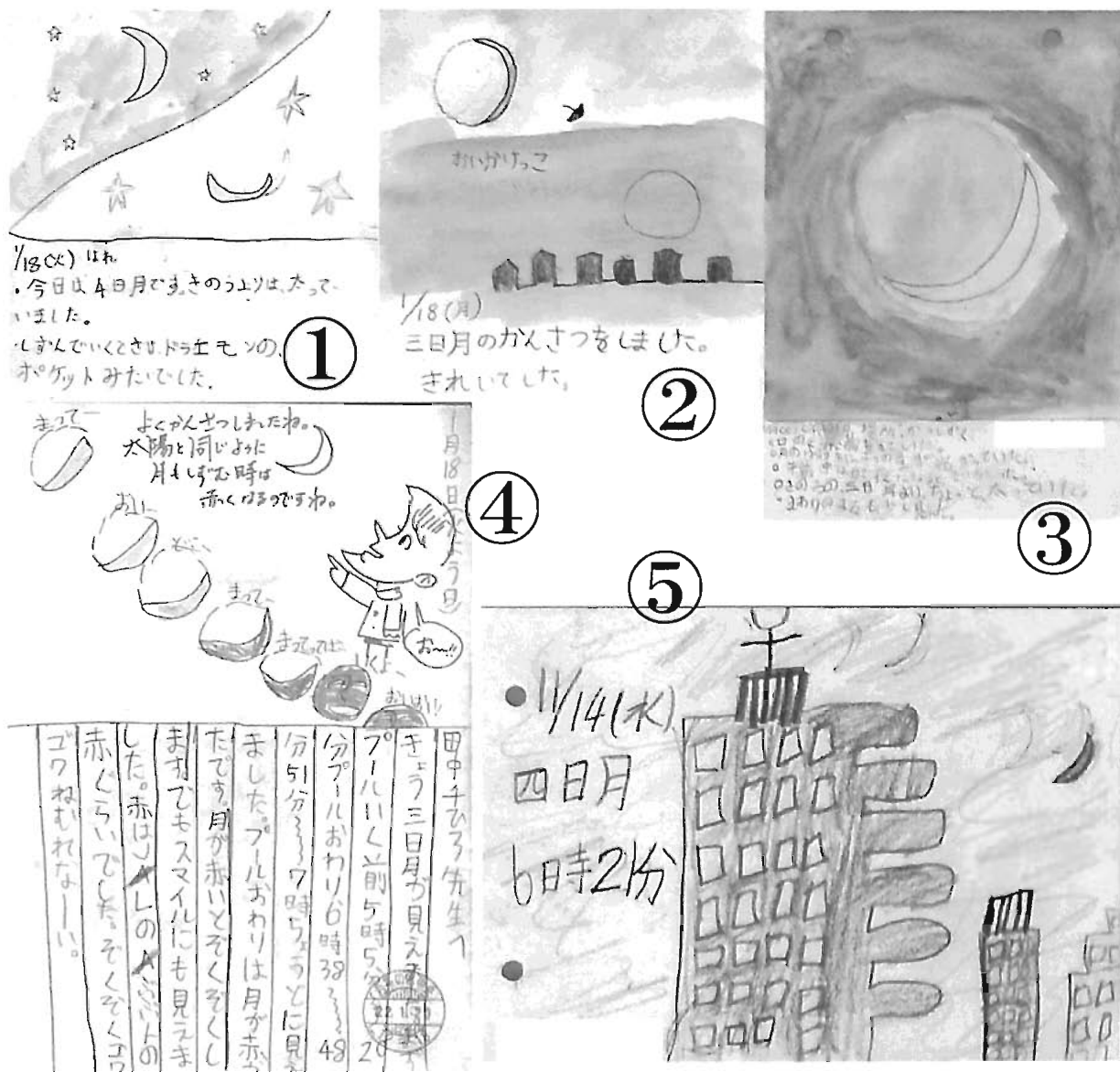
三日月と地球照。暗部もわずかに光って見える。これは三日月～五日月でよく観察され、東京でも肉眼で観察可能な現象。よく見ると、明暗境界付近の地形が、月を、よくイラストにある「横顔」に見せている。



教師は月齢表や新聞の暦欄を見て、三日月（月齢3に近い月）の日を見逃してはいけない。季節はいつでもいいのだが、東京なら空気が澄んで天気もいい秋（9～11月）がいいだろう。三日月は夕方の西の空低く見え、太陽を追いかけるように、日没3～4時間で沈んでいく。実は昼間も空高く上っているのだが、細い月なので、太陽光が邪魔して見いだすのは困難である。夕方、薄暗くなってくると、南西の空に幻のように現れ、徐々に姿をはっきりとさせる。これも「三日月さがし」の面白さである。「三日月」をみつけた時間を記録させ、「誰が最初に発見したか」競わせるのも、観察を夢中にさせる方法の一つである。もちろん、その日の夕方は、教師も「三日月さがし」に熱中しなければいけない。

左：夕方の南西の空に、徐々に姿を現す三日月。まだ、半分空にとけ込んでいる。

4-4 子どもの観察記録に学ぶもの



子どもたちが絵と文章で書いた観察記録（フィールドノート）を見ると、驚くことばかりである。「子どもたちが月を見て驚いた」ことに「教師が驚く」番ということになる。経験豊富な大人には、百人百様の自然観があるが、それは子どもたちが持つ「新鮮な自然観」にはまったくかなわないことがわかる。以下は2年生の観察記録の一例である。まだまだ奥が深い。

- ① 上空の三日月と沈む位置の三日月で、向きがちがうことに気づいている。「ドラえもののポケット」という表現が2年生らしい。
- ② 沈む三日月の観察記録。「(太陽と) おいかけっこ」という表現が、とても子どもらしい。
- ③ 「地球照」に気づいた子どもの観察記録。地球照部分の色を忠実に表現しようとしている。
- ④ 「絵だより」(絵日記)に残された記録。月没時に色が変わることに気づいている。
- ⑤ 地上物(ビル)を描いている間に、月が動いてしまい、何度も消して描きなおしている。この子にとっては相当な驚きだっただろう。そのことに私も驚いた。

4-5 天体を題材にしたアート作品

私は、2年生の自然観察記録は、すべて「フィールドノート(野帳)」にさせている。フィールドノー

トとは、画用紙を4分の1に切ったものに、2つ穴をあけ、厚紙の表紙をつけてリングで綴じた、簡単なものである。画用紙には、あらかじめ特に何も印刷はしていない。月の観察も、そのフィールドノートにさせている。

高学年でもフィールドノートは使うが、高学年が純粋な「観察記録」であるのに対し、2年生のフィールドノートは「描きたい」「表現したい」という気持ちを強く感じる。私は「三日月はきれいだったなあ」という思いを、もっとみんなで共有して楽しむには、スケールの大きな表現方法のほうが良いと思った。そこで、「三日月の街」という作品制作を試みた。



用意するものは、青画用紙（人数分）、黒画用紙半分（人数分）、チョーク（多数）である。チョークは、他学年の教員にもお願いして、短くなったものを大量に集めておいた。個々の子どもが用意するものは、はさみとのりだけである。

まず、青画用紙に、黒画用紙を切り抜いて作った街や森や山のシルエットを貼る。そしてチョークで月や星、それに街の灯火を描いていくのである。パステル画では、あらかじめ色のついた画用紙に描くことはよくある手法だが、ほとんどの子どもたちにははじめての体験のようで、夢中になって制作に取り組んでいた。できあがった作品は横に長くつなげて、大作「三日月の街」が完成した。

個々の作品を横に長くつなげて、大作「三日月の街」が完成。満月、27日月、半月もある。中にはサンタクロースが飛んでいる絵も。2年生らしい作品である。

5 唯一の「さわれる宇宙」隕石

5-1 2種類の隕石

最も近い天体である月でさえ、地球から30万km。とても授業で触ることはできない。しかし唯一、教室で触れることのできる宇宙がある。それが「隕石」である。隕石の中には、太陽系創世時から宇宙空間を漂っているものもある。つまり地球を含む惑星の材料になったものもあるわけで、地球に落ちてきた破片は、いわば46億年前の我々人間の「先祖」ということになる。

私は、子どもの手のひらに乗るサイズの隕石を2個所有している。一つは、有名なアリゾナ隕石孔をつくったとされる「キャニオン・ダイアブロ隕石」（写真上）で、カナダの博物館で購入したもの。これは落下時の状態（地表との衝撃後の状態）や、大気との摩擦で生じた焼成跡も残る標本である。

もう一つは、1947年にロシア（旧ソビエト）のシベリアに落下した「シホタ・アリン隕石」（写真下）で、こちらは、隕石専門のオークションで落札したものである。大きな隕石塊から切り取った200g



ほどのもので、切断面を酸で研磨し、内部の美しい結晶構造（ウィドマン・ステッテン構造）が観察できる、貴重な標本である。

5-2 大切な隕石をどんどん触らせる

私は鉱物・岩石・化石の標本を、個人的に多く所有しているが、この種の収集家は専用の棚を買い込み、大切に保管（または陳列）して、そう簡単には人には触らせないのが普通である。しかし私は貴重な標本を、どんどん子どもたちに触らせている。標本棚の中に大切にしまっている標本は、「存在しない」のに等しい、私はそう考えている。「これは本物の、星のかけらなんだよ。」と説明して、その感触や光沢、冷たさ、それに何ともいえない重量感（注）を感じさせる為には、実際に子どもの手のひらに乗せてあげることが一番効果的である。しかも、私はその後、隕石を教卓の文鎮としてそのまま置いてある。もちろん休み時間には多くの子どもたちが触りに来て、感触や重量感を楽しんでいる。46億年も宇宙を漂っていた鉱物である。数百人の子どもの手に触れられたぐらいで、簡単に減るものではない。

（注）市場に出回っている隕石のほとんどは、「鉄隕石（隕鉄）」と呼ばれるもので、通常はFeとNiの合金である（わずかにCoも含む）。このため比重は8前後と通常の岩石の3倍近くにもなり、大きさの割に非常に重く感じる。

5-3 子どもたちの驚きと感想

隕石を博物館（注）で見たことがある子どもは多いが、実物に触ったことがある者は稀である。授業で隕石に触れさせることを告げると、それだけで教室は大騒ぎになる。私は机間をまわり、一人ひとりの手のひらに隕石をのせてあげるようにしている。子どもたちの感想（驚きの声、つぶやき、ノートの感想など）には次のようなものがある。

「超重い！地球の石とぜんぜんちがう！」

「冷たい！ずっと宇宙に浮かんでいたから？」（ぜんぜんちがいますけどね。落下時に灼熱したし）
「ヒカヒカたねー。スアレスみたいなにせいい。」

「もうぼくは手を洗わない。宇宙を触った手だから。」

中にはこんなことを言う子どももいる。

「先生、こんなに大切なものを、みんなに触らせていいんですか？もったいなくないですか？」

私はこんな答え方をした。

「大切な標本だからこそ、棚の中にしまっておいては意味がない。みんなに触ってもらえらうほど、この隕石はどんどん価値があがる。先生はそう思います。」

質問した子はびっくりしたような顔をしていた。

（注）我が国最大の隕石コレクションは国立科学博物館である。研究用の保管標本も膨大だが、館内に常設展示されている隕石標本の量と質には、まさに驚かされる。しかし残念ながら（当然ながら）触ることはできない。展示物の一部は模造品（レプリカ）である。

5-4 隕石を削ってノートに貼る

子どもたちは石が好きである。校庭の砂（注）の中から、小さな水晶を見つけては、大喜びしている。3歳の幼児でも石をあげると、ほぼ例外なく喜ぶ。飴と石とどちらがいいか聞くと、石を選ぶほどである。石に対する所有欲も半端ではない。隕石を見せて触れさせれば、当然それを自分のものにしたくなるのが子どもである。実は以前、教卓に置いておいた隕石の端っこをうまいこと欠いて、こっそり持ち帰った子がいた。私はこれを見て、何とか全員に隕石を「所有」させたいと思った。

Fe-Ni合金である鉄隕石は、そう簡単に切断し細切れにできるものではないし、学年人数分の隕石片を用意するには、大量の隕石が必要になる。そこで、私は、ヤスリで隕石を削って、その粉末を分け与えることにした。あらかじめけずったものを与えたのでは意味がない。一人ひとり目の前で削り、薬包紙に包んで渡すことにした。しかし、固い隕鉄はヤスリでもそう簡単に削れるものではない。苦戦して、結局1クラス40人分を配るのに1時間かかった。でもその効果は期待以上のものがあつた。もらった「隕

石末」をノートにセロテープで貼ったある女兒のノート。

「このノートは、もうふつうのノートではありません。宇宙がはつてあります。宝物になりました。」

(注) 本校の校庭の砂は、「グリーンサンド」に培養土を混ぜて芝生化に適した土壌にしたもので、緑泥片岩を主成分するものである。時々小粒の水晶や雲母の結晶も見られ、子どもたちは校庭で「鉱物採集」を楽しんでいる。

6 天体観望会実施の模索

6-1 夜の学校に来る「わくわく感」

天体の観察、特に恒星（星座）の観望は夜間に実施してこそ、本当の価値がある。毎晩、学校で観察できればいいのだが、なかなかそうもいかない。しかし、年間に一回ぐらいは、夜間の天体観望会を実施したいものである。子どもたちにとって、普段見ることのない夜の学校に来るだけでも、かなりわくわくする体験である。しかもそこで、望遠鏡を使って星を見ることができるとなれば、その楽しみは何よりも大きいだろうし、その後の学習への意欲も増す体験になるだろう。



6-2 実施上の留意点

夜間に学校で観望会を行うわけだから、最も大切なことは、安全への配慮である。私は以下のような点に留意して実施している。

① 事前の準備

学年主任、管理職への許可をとり、会議にも実施案を提案し、了解を得る。本校の場合、守衛所や大学本部にも、届け出ておく。



② 保護者への説明

必ず、保護者と一緒に登校すること、原則として校舎内には入れないこと、近隣への騒音防止、観望会の目的などを、学年通信などで周知しておく。

③ 教員間の協力

観望会当日は、複数の教員（できれば5人ぐらい）で協力して実施したい。観望とは直接関係ない、安全やマナーの指導をする要員を必ず確保したい。できれば管理職にも参加してもらおう。



④ 実施可否の連絡

主として天候が原因で中止する場合、連絡が間に合わないことがある。私の場合、携帯電話でも見られる簡単なwebページを準備し、実施2時間前ぐらいに更新し、来校予定保護者に確認してもらうようにしている。

⑤ 実施日をよく検討する

薄曇りで恒星が見えなくても、月なら観望可能な場合が多い。観望会実施時間帯（18時～20時頃）に月が見えている日が望ましい。具体的には、月齢3（三日月）～15（満月）が良い。望遠鏡で月を観望する場合は、満月よりも、横から太陽光が当たっている、三日月や半月のほうが適している。月面の地形（クレーターなど）が、より立体的に見えるからである。（左写真）



⑥ 天候悪化時の対応

後述するように、例えば、コンピュータとそれに接続可能なプロジェクターを用意しておき、あらかじめ撮影しておいた星の写真などを映写できるようにしておく。これでわざわざ夜間に登校してきたことも無駄足でなくなる。

⑦ 教室の授業での配慮

家庭の事情などで、観望会に参加できない子どももいる。観望会での観察成果を授業で前面に出すのは、よく考えてすべきである。参加できなかった子の為に、観望会での様子を写真やビデオで撮り、授業で見せるのも、方法の一つである。

6-3 従来の天体観望会

夜間に学校に来ることや、近隣の住民への配慮といった、学校側の問題は別として、ここでは指導の技術的な事項について考えてみたい。学校の校庭や屋上でもできそうな観望会の方法としては、次のようなものが考えられる

① 目視による観察

これは月の動きや、目立つ星座や夏の天三角の観察には十分だろう。一斉に指導しながら、みんなで同じ対象を観察できるという点でも、目視は天体観望の基本だと思う。恒星や惑星の目視により捕捉、星座の説明には、大型の懐中電灯が便利である。夜空に向けると、サーチライトのように天空の一定範囲を指し示すことができる。私の場合、光量を得る為に、懐中電灯の規格よりも一つ下の豆電球をつけて使っている。

② 双眼鏡やオペラグラスによる観察



これは月面の模様や恒星の色、いるか座のような小さな星座、それに比較的明るい星雲や星団の観察には適している。双眼鏡は視野が広いので、目標天体を捕捉しやすいという利点はある。しかし、多くの児童に一斉に指導するのがむずかしく、うまくやらないと「先生、どこどこ？」の嵐になり、観望会の運営が困難になる。

③ 天体望遠鏡（経緯台）による観察（写真左）

経緯台というのは文字通り、観測者から見て方位と高度で目標天体を捕捉する、三脚の上についた微動装置のことである。経緯台の利点は設置が短時間で済み、目標天体が建物の影にかくれた場合など、すぐに望遠鏡を移動できることだ。また、見かけの高度と方位で天体を捕捉するので、一回の観望会でいくつもの天体を見せたい場合にも好都合である。欠点は、天体の日周運動の為に、常に手動で追尾をする必要があることである。望遠鏡の焦点距離や接眼レンズの倍率にもよるが、数人に一回は微調整をして、目標天

体を視野中央に移動させる必要があり、参加人数の多い観望会では非常に時間がかかり、その為に指導が不十分になりがちである。

④ 天体望遠鏡（赤道儀）による観察

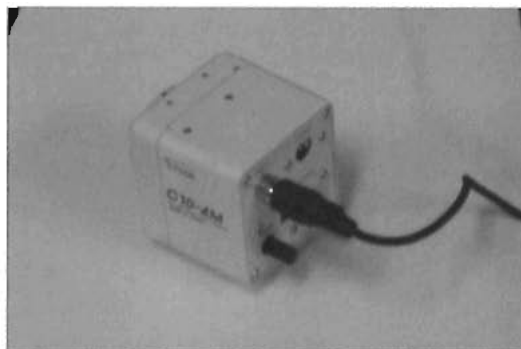
赤道儀というのは、観測者と北極星（正確には天の北極）を結んだ理論上の直線（極軸）を中心に、日周運動と同じ速さで回る（恒星時駆動という）モーターを備えた装置である。赤道儀の利点は、何といても日周運動を自動的に追尾してくれるので、どんなに参加人数が多くても、微調整の必要がないことだ。しかし、この赤道儀にも欠点はたくさんある。まずは設置がむずかしいこと。付属の極軸望遠鏡（極望）で北極星をさがし、日付と時間で天の北極からの角度を割り出し、極軸を正しく合わせる。そもそも、北極星そのものが見えなければ設置自体が不可能である。この作業には非常に時間がかかるので、一回設置したら簡単には動かさない。また、何かの拍子に三脚が動いてしまっても終わりである。観望会ではこうしたアクシデントは頻繁で、赤道儀はあまり適していない



6-4 参加者の多い観望会での画期的な方法

参加人数が多くても、望遠鏡を使って、更に一斉に観望できる方法はないかと思い、考えついたのが CCDとビデオプロジェクターを利用した観望法である。これは天体望遠鏡の接眼レンズの代わりに、CCDカメラ（天体望遠鏡専用）を取り付け、ビデオ出力をして観望する方法である。出力機器はビデオ入力端子がついていれば何でも良く、ブラウン管や液晶モニターにも写せるが、私はビデオプロジェクターにつないで、校舎の屋外壁面に投影する方法をとっている。

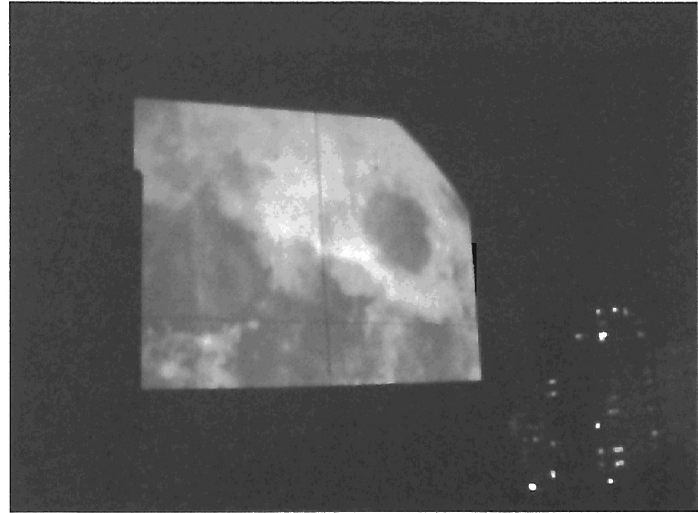
これが思いの外の大迫力で、月のクレーターや細かい地形はもとより、土星の輪、木星の衛星、火星の南極環、星雲や星団まで写すことができる。校舎の壁面は計算上300インチスクリーンに相当するので、火星もサッカーボールよりも大きく投影できる。月に至ってはまるで周回軌道上の宇宙船から見ているような錯覚に陥るほどの迫力である。また、投影された天体は正像なので、日周運動も見た目のまま実感できる利点もある。



上；天体望遠鏡専用のCCDカメラ（ビクセン製）。明るさ、コントラストの調整が直接可能で、観望対象によって微調整ができる

下；液晶プロジェクター。最近では教育現場にも相当に普及したこの視聴覚機器が、天体観望会で大活躍する。





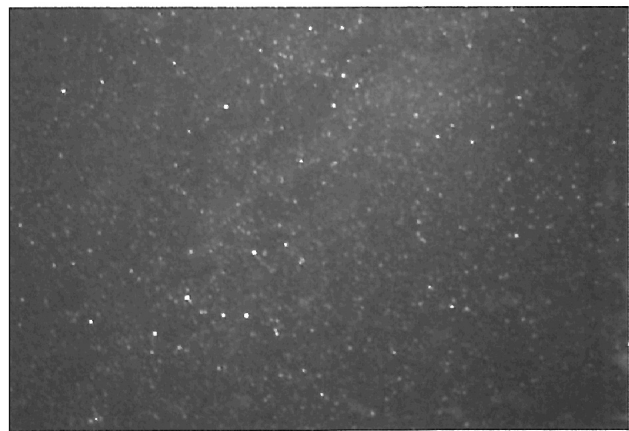
上；校舎壁面に投影した月面。300インチの大画面で、まるで宇宙船から月面を見下ろすような迫力ある演出。
左；観望会の様子。この日は親子・兄弟あわせて200人以上の参加があったが、この方法だと大きな混乱はなかった。

7 天体写真の撮影方法の研究

7-1 教材性も芸術性も高い天体写真

教科書や資料集に載っている天体写真は、その筋のプロが撮ったものが多い。確かに美しく、教材性も高いものが多い。しかし、私は自分の授業で使う天体写真は、子どもたちが撮影したものか、自分で撮影したものと決めている。

天体写真というと、専門的な機材と、高い技術が必要と思われがちであるが、決してそんなことはない。確かに、下の写真のように、恒星を鋭い点像に撮影したり、天の川のような微光星も写したかったら、日周運動を自動追尾する「赤道儀」が必要である。赤道儀は、使用前に、架台に付属している「極軸望遠鏡（極望）」の視野に北極星を導入し、極軸（日周運動の仮想の中心軸）を正確に合わせなければいけない。これには訓練も必要である。



左；いるか座。小さな菱形としっぽで、いるかの形をとれる。小さな星座だが、美しい。赤道儀使用の追尾撮影。右；天の川とカシオペア座。赤道儀は準備も調整も難しいが、肉眼では到底見えない、微光星や銀河（天の川）まで撮影できる。

赤道儀は天体写真撮影の為に特化された機材であるが、普通の三脚とカメラだてでも、教材性に芸術性を兼ね備えた、美しい天体写真は撮影可能である。かつて天体写真といえば銀塩写真（注1）の独断場だったが、最近はデジタルカメラでの撮影が当たり前になった。広角レンズが装着可能なデジタル一眼レフが最適だが、最近はコンパクトなデジカメでも、長時間露光機能や、ノイズリダクション機能（注2）が搭載されているので、びっくりするほど美しい天体写真が撮れる。



左；針葉樹の森に昇るオリオン座。地上の森をシルエットにすると、情景的で美しい天体写真になる。教材性と芸術性を兼ねあわせた作品。

富士山一合目・天神峠

右；富士山と冬の星座。月のある晩に撮影すると、地上の風景も美しく写し込める。三脚とカメラだけでも、この程度の写真は撮影可能である。

山梨県・鳴沢村

撮影には、必ず三脚が必要である。撮影時に一番注意しなければならないことは、シャッターボタンを押す時の、カメラの振動である。これは写真の善し悪しに大きな影響がある。レリーズ（注3）があれば一番いいのだが、通常コンパクトカメラには使用できない。これを回避する方法の一つとして以下の手順がある。

- ① 構図を決定する。ピントは手動で∞に、絞りも手動で開放、シャッタースピードは30秒程度を試してみる。
- ② シャッターを押す前に、レンズ（またはカメラ全体）を黒い布で覆う。
- ③ 布で覆ったままの状態ではシャッターボタンを押す。
- ④ 露光状態（シャッターが開いた状態）になったら、素早く、振動のないように、布をはずす。
- ⑤ 秒読みして、露光終了2秒前ぐらいに、再度布で覆う。
- ⑥ 露光が自動的に終了したら、画像を確認する。

要は、黒い布をシャッター替わりにして、カメラのシャッターボタンには直接触れずに、撮影を開始終了するのである。この稿に掲載した天体写真（月を含む）は、ほとんどこの方法で撮影したものである。布の代わりに、黒く塗った「うちわ」でも代用できる。

（注1）銀塩写真；デジタルカメラが登場する以前の、フィルムを使った写真。フィルムの表面に銀の化合物を塗布してあるので、こう呼ばれている。

（注2）ノイズリダクション機能；デジタルカメラの感光部であるCCD（電荷結合素子）は、長時間露光をするとそれ自身が熱を持ち、画像が荒れるという悪い特性がある。冷却によって回避できるので、天体写真の専門家は「冷却CCD」というものを使うが、通常のデジカメでは、電子的にそれを回避する機能を有する。初期のデジカメはこれに非常に時間がかかったが、現在は処理速度が向上して、ほとんど瞬時に終了する。

（注3）レリーズ；一眼レフカメラのシャッターボタンや側面端子にとりつける、長さ20～30センチほ

どの押しボタン装置。これを取り付けると、シャッターボタンに触れずに撮影できるので、あらかじめ構図が決まっている被写体の撮影には便利である。しかし、レリーズを使っても、シャッター開閉時の振動は完全には回避できないので、「布」や「うちわ」をシャッター替わりにする方法は、必ず使ったほうがいい。

7-2 光害の激しい都会地での撮影

都会では星は見えにくい。多くの街灯や自動車の灯火で、空そのものが明るいことと、眼が慣れるのに適した、暗い観望地そのものが少ないことが原因である。これを「光害(こうがい)」と呼ぶ。私の住む東京は、世界屈指の「天体写真不適地」だろう。そもそも東京都内で天体写真を撮ろうなどとは、誰も思わないだろう。だからこそ撮るのである。子どもたちに、星の観察を宿題にする以上、教師も模範を示すべきである。



左；「屋敷森とハールボップ彗星」

都市部でも、ちょっと郊外まで行けば、ある程度の質の天体写真は撮影可能である。

埼玉県羽生市郊外

右；「サンシャイン60とハールボップ彗星」

東京のど真ん中でも、天体写真に挑戦する意義はある。子どもたちが、普段見慣れた風景の中にある天体の姿は、新鮮な印象を与える。

お茶の水女子大学構内

私の経験上、東京でも十分に天体写真の撮影は可能である。幸い、銀塩写真に比べて、デジタルカメラは比較的光害に強い。撮影直後に画像を確認できる強みもある。構図や撮影条件を工夫して、学校の校庭や屋上で天体写真撮影に挑戦するのも、教材研究の楽しみではないだろうか。

7-3 彗星・流星・月食等の写真撮影

天文年鑑や理科年表を見ると、その年に起きる多くの「天文現象」が載っている。星座の写真や月の写真は、毎年、いつでも撮影が可能だが、その日、その月にしか起きない現象は、できるだけ見逃さずに撮影しておきたいものである。それぞれの天体や現象の撮影には、特性があり、撮影にはコツが必要である。

① 彗星の撮影

ハレー彗星のように周期がはっきりしていて、撮影の準備も完璧にできる彗星は問題ない。しかし、多くの彗星は、文字通り「彗星のごとく」現れ、変幻自在に姿を変え、数ヶ月で太陽系の彼方に去ってしまう。いつ出現しても撮影できる準備が必要である。

彗星は太陽に近づかないと尾を曳かない。尾がはっきり見える頃には、すでに太陽に近いということで、それが撮影を難しくしている。太陽に近いということは、日没直後に見えてきて、そのまま沈んで

しまうか、日の出前に昇ってきて、短時間で太陽光に消されてしまうことになる。動きとしては三日月や金星（内惑星）に似ている。彗星が天球の北に寄ると、一晩中見えることもあるが、それは稀で、通常は日没後か日の出前の数時間しか見えない。必然的に対地高度も低いので、写真は地上の風景をうまく写し込んだものが多い。



百武彗星

九州の百武氏が発見したこの彗星は、当初の予想に反し、長大な尾と肉眼でも見える光度に「大化け」した。私は、約一週間、八ヶ岳の麓に陣取り、そこから通勤して、この世紀の彗星を撮影した。写真はまさに八ヶ岳の山稜に沈む寸前の彗星。

(長野県南牧村)



ヘールボップ彗星

百武彗星の直後に現れた、肉眼級の巨大彗星。ちょうど春休みだったので、カメラと赤道儀をかついで、晴れ間と好撮影地を求めて、北海道から静岡まで撮影旅行をした。写真は八甲田山の麓で撮影したもので、2本の尾がはっきり写っている。赤道儀を使ったので、地上の森がぶれている。

(青森県十和田市)

② 流星の撮影

流星は珍しい現象ではなく、空の暗い地域なら、特に明け方（夜明け前）には、東の空を中心に、ほぼ毎晩見ることができる。流星の正体は、微細な隕石や彗星の尾が残した物質なので、そういうものが多い地帯を地球が通過する時に、たくさん観測される。それが流星群で、毎年だいたい同じ時期に起きる。流星群は同じ時期に起きるだけでなく、ほぼ同じ星座の方向に頻発するので「〇〇座流星群」と、星座を冠した名称が多い。「しし座流星群」「双子座流星群」は有名である。省略して「しし群」というような言い方もする。

流星群は、時期（極大日）と天球上の飛ぶ場所（輻射点）がはっきりしているのもので、比較的撮影が楽である。ただしその日を逃すと、また1年待たなければいけない。流星群によっては何年（或いは何十年）に一度、大発生することがある。また「火球」と呼ばれる、時には満月にも匹敵する、極めて明るい流星が見られる場合もある。



しし座流星群の流星

この年は、しし群は大当たりの年で、天文ファンのみならず、一般の多くの人が流星観望に熱狂した。東京都内でもたくさん
の流星が見られた。写真は長時間露光中にとらえた2
個の流星である。同じ方向に飛んでいる。

2001年11月23日

富士山一合目天神峠



放射状に飛ぶ流星

流星群の特徴は、天球上の一点(輻射点)
から、放射状に流星が飛散することである。
カメラに広角レンズをつけて、その方角・
高度に向けて、長時間露光すれば、放射状
に飛ぶ流星群を撮影できる。写真では数個
の流星しか写っていないが、肉眼でははる
かに多くの流星が見え、宇宙に吸い込まれ
るような錯覚を感じた。

2001年11月23日

富士山一合目天神峠



爆発を伴う流星

しし群の流星の特徴は、爆発を伴う流星が
多いことである。また白黒製版ではわからな
いが、カラー写真では、左から緑・赤・白(爆
発部)と色変化しているのがわかる。貴電
気石(トルマリン)のようで、とても美しい。

2001年11月23日

富士山一合目天神峠



流星痕（りゅうせいこん）

特に明るい流星が飛んだあとには、流星痕と呼ばれるものが残ることがある。淡く発光する雲のようなもので、上層大気に攪拌されて、次第に消えてゆく。しし群は流星痕を多く伴うことでも有名である。

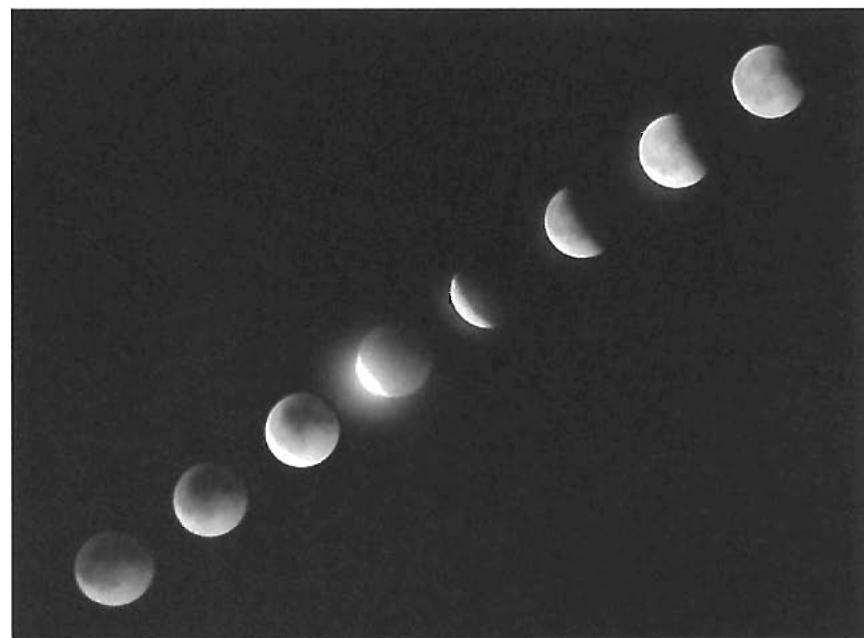
2001年11月23日

富士山一合目天神峠

③ 月食の撮影

地球上で起きる天文現象の中でも、ひときわ珍しく幻想的なのが、日食と月食だろう。実は地球上のトータルでは、日食のほうがずっと回数が多いのだが、日食は非常に限られた地域でしか観望できないのに対し、月食は一度起きれば、広い範囲で見られるので、一生の間に出会う確率は、月食のほうが多いことになる。

月食の撮影は、露出（絞りとシャッタースピード）がすべてである。天体写真の専門書などに、細かく書いてあるので、参考にするといいだろう。また、世紀の天体ショーを見逃さないように、子どもたちへの周知も忘れないようにしたい。



皆既月食の連続写真

赤銅色の皆既状態から回復する時、周縁部が輝き、とても美しい。

2007年8月28日

北軽井沢

8 定点観測による天体の観察

東京でも教材として使える天体写真は撮影可能である、ということはすでに述べた。しかし、私はそれだけでは満足せず、空が暗く、星が美しい遠隔地にカメラを置いて天体の動きを観察する方法を試してきた。ここではその方法をいくつか紹介する。

8-1 遠隔地のカメラを使った天体の動きの記録



考案の発端は、2004年8月の浅間山噴火であった。北軽井沢に私が設置したネットワークカメラ（パナソニック製）が、噴火の瞬間を何度もとらえ、教材として活用できたのである。ネットワークカメラというのは、インターネットにつなげて、遠隔地からコントロール可能なカメラのことである。1000km離れた場所に設置しても、ズーム、上下動、左右動などが、まるで手元にあるようにコントロールできる。もちろん、ローカルのLAN内でも使用可能である。



上；北軽井沢の観測小屋天窓に設置した、ネットワークカメラ（パナソニック製）。東京から、ズーム、左右動、上下動、露出その他のコントロールが可能。窓霜や露付防止に、窓下にヒーターがついている。左側のケーブルは、LANと電源。

下；ネットワークカメラがとらえた、浅間山噴火の瞬間。動画の中の1コマを抽出。こうした画像は、現地に置いたカメラによる、定点観測だからこそ得られる、貴重なものである。



当初、浅間山の観測の為に設置したものなのだが、これに月や明るい恒星も写ることがわかってきた。カメラは動画やインターバル撮影もできる機能があり、画像は東京からでもダウンロード可能なので、生の教材として大いに活用できることがわかった。

しかし、ネットワークカメラは解像度が低く（横640ピクセル）、高精細な写真は得られない。そこで私は友人の技術者と協力して、デジタル一眼レフカメラを遠隔操作して、さまざまな観察対象を東京から撮影する方法を模索している。左写真はネットワークカメラがとらえた三日月である。

8-2 遠隔地のカメラをコントロールする方法

遠隔地のデジタル一眼レフカメラをコントロールするには、高度な知識と専用ソフトの教種の組み合わせが必要で、一般的ではない。ここでは、ネットワークカメラの方法について述べたい。パナソニック製のネットワークカメラ（写真右）は、もともと遠隔操作することを主体に設計されているので、ネットワークやルーターに関する基本的な知識があれば、比較的簡単に設置・設定ができる。

重要なことは、は以下の数点である。

- ・カメラにIPアドレス、DNSなどを付与する。(専用ソフトで可能)
- ・設置場所のルーターを設定し、カメラのアドレス変換が可能のようにし、外部からのアクセスを可能にする。
- ・カメラ本体にサーバーが内蔵されているので、各種設定は、webページ上で行う。

ここまで設定できれば、教室のコンピュータで、遠隔地のカメラを操作して、自然の様子を手にとるように観察ができる。



8-3 遠隔地観測の応用

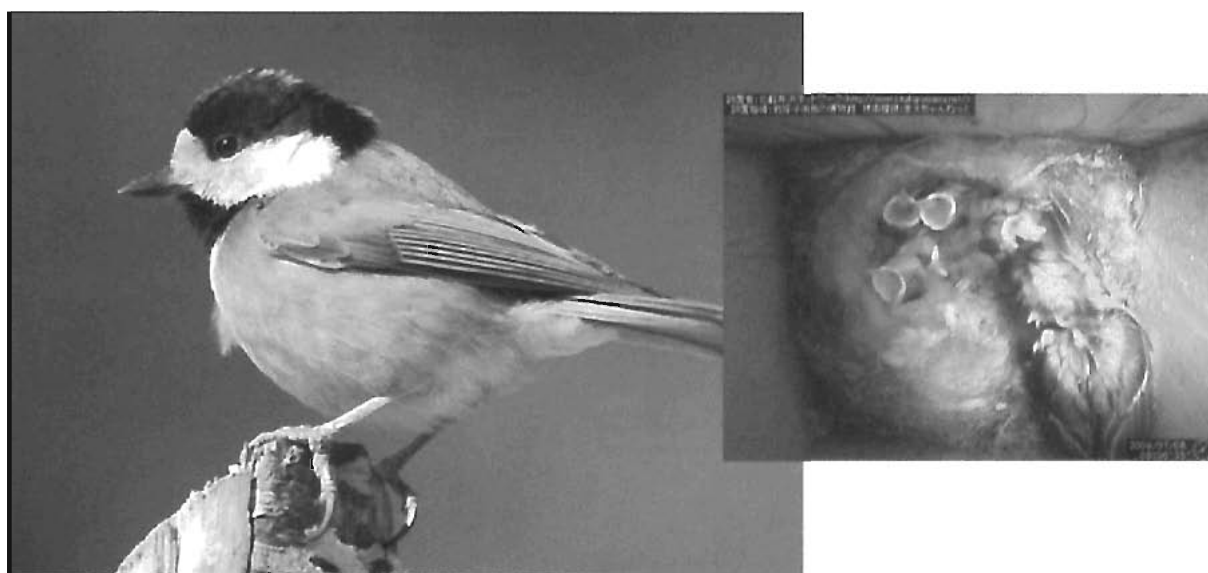


ネットワークカメラを使った定点観測、デジタル一眼レフカメラを使った観測は、遠隔地のさまざまな自然の様子をとらえることができる。ここではそのいくつかを紹介したい。野生動物のカメラ設置には、生態に影響がないよう、専門家の指導をいただいた。

野鳥自動撮影カメラ

デジタル一眼レフカメラと、動体感知用のカメラを組み合わせ構成している。東京からカメラのすべての機能を調整可能である。撮影画像はただちに転送され、教室で見られる。(北怪井沢)

野鳥がとまり木にのると、2秒後に自動的にシャッターが切れるようになっている。これによって、高精細な野鳥写真を得られるようになった。大きな画像で見ると、羽毛の1本1本まで確認できる。ネットワークカメラの画像とは比較にならない、高解像度の画像である。



野鳥巣箱観察カメラ (右上)

巣箱内天井に設置したCCDカメラで、遠隔観測を試みた。ヤマガラ、シジュウカラの巣づくりから抱卵、子育て、巣立ちまでを詳細に記録できた。(北怪井沢)



地上の生き物カメラ (左)

地上すれすれに設置したカメラで、夜行性の野生動物の生態を記録。動物の目線で撮影。キツネ・タヌキ・ハクビシン・アライグマ（写真）など、驚くべき動物たちが記録されていた。

(北條井沢)

フクロウ巣箱カメラ (右)

特注のフクロウ用の大型巣箱の天井に、赤外線カメラを設置し、営巣の様子を観察。抱卵、孵化、給餌、巣立ちまでの詳細を記録できた。中でも、親鳥が与える餌を丸飲みする様子は、圧巻であった。約2ヶ月後に、2羽のヒナが巣立ちした。教室に「フクロウミニ博物館」を設置して、写真や動画を見られるようにした。

(北條井沢)





オーロラ自動撮影カメラ（上）

北部スウェーデンのラップランド、北極圏の寒村の駅舎に設置したカメラ。デジタル一眼レフ3台、ネットワークカメラ1台、高感度CCDカメラ1台の構成。すべてのカメラは、日本からコントロール可能。2005年に設置し、5年間、すばらしいオーロラ画像、動画を転送し続けている。オーロラ以外にも、真夜中の太陽（白夜）、ダイヤモンドダスト、夜行雲、幻日（大気光学現象の一種）など、北極圏特有の現象もとらえている。

（ヨックモック郡・Porjus村・Porjus駅駅舎）

9 おわりに

さまざまな実践を通じて、子ども達は宇宙や天体を身近に感じ、手で触ることができなくても、なんとか事実をつかみ、そこから学ぶことの大切さを学んでくれたと思う。そこから出発点で、あとは子どもたちが自身が探究してゆくものであろう。教師の仕事はその扉を開け、最初の一步を踏み出させることだと思う。

天体単元の指導法の工夫について、自分なりに工夫し、教材開発、写真撮影の方法などを模索してきた。天体単元は指導が難しく、敬遠されがちな分野である。この分野を研究課題にしている、小学校教師も、非常に少ないのが現状である。今後も高学年・中学年・低学年とも、子どもたちが意欲を持ち続けられるような、教材開発、授業の展開方法を模索していきたいと思う。

それらは、できれば、誰も思いつかないようなものがある。一つの例として、「シリウスの光で発電する」という夢がある。シリウスは、望遠鏡で見ると、眼底が痛くなるほど強い光を地球に送り続けている。CCDカメラが捉えることができるのだから、たぶん発電も可能だろう。できるだけ大口径の望遠鏡凸でシリウスの光を集め、その焦点に光電池を置けば、たぶん微弱な電流が発生するだろう。太陽系の外からのエネルギーを実感できる活動にはならないだろうか？

自然を指導する教師には、ただしい科学の知識、実験観察の技能を伝えることが主な仕事である。しかし、常にロマンを持ち続けなければいけないと思う。天体単元は、宇宙のロマンを伝えられる、唯一の単元だと思う。これからもいろいろなことに挑戦し続けたい。

10 参考文献・webページ等

文献

- ・「理科年表」 国立天文台編
- ・「新標準星図」 中野 繁著 地人書館
- ・「天文年鑑」 誠文堂新光社
- ・「天文観測年表」 地人書館
- ・「教師のための天文学」 北村 正利監修 尾形 斉著 恒星社
- ・「星座ガイドブック 春夏編, 秋冬編」 藤井 旭著 誠文堂新光社
- ・「空の色と光の図鑑」 斎藤文一著, 武田康男写真 草思社
- ・本校過去の公開研究会要項 児童教育研究会

webページ

- ・北軽井沢ネットワーク (筆者運営, 定点カメラの画像, アーカイブの閲覧可能)
<http://www.kitakaruzawa.net/>
- ・ヨックモックの自然 (筆者他運営, オーロラ生中継の画像, アーカイブ閲覧可能)
<http://jokkmokk.jp/>
- ・天空博物館
<http://www.asahi-net.or.jp/~cgly-aytk/ao/index.html>