

遠隔操作による外国の天文台を活用した総合的な学習の研究

— 複数の外国にある天文台を利用して —

Awareness of Polytechnic College Students' about Effectiveness of
Learning Experiences of Senior High School

— In case of a Harbor Polytechnic College —

松本 榮次 (西宮市立上ヶ原南小学校)

松本 伸示 (兵庫教育大学)

天体を観察する学習は、昼における授業において星を実際に見ることができにくいため、取り組みにくい現状がある。しかし、地球の裏側のインターネット望遠鏡や星座カメラを遠隔操作することで、リアルタイム観察も可能となった。本研究では、インターネット望遠鏡や星座カメラを複数用意することで、天候不良によるリスクを回避し、天体観察ができる可能性を高くするとともに、複数のシステムを利用する学習の展開のありかたを考えた。実践の結果、複数のシステムを用意することで、天候不良によるリスクを少なくすることができることがわかった。また、複数のシステムを用いることで、同じ天体であっても見る地点によって、見え方のちがいのあることをわかりやすく実体験できることもわかった。加えて、自分たちの生活の場では見えない天体もあることを理解し、天体観察に対して興味関心を強くすることができることもわかってきた。

キーワード：遠隔操作 天文 インターネット望遠鏡 星座カメラ 総合的な学習

I 問題の所在

昼の授業において、リアルタイムに行う天体観察手段として、時差のある外国の天文台を遠隔操作する授業が試行されている。しかし、雨や曇りなどの天候不良のため予定していた学習を行うことができず、雨用プログラムを行う場合も多い。このように、外国の天文台を活用した天体観察も、自然を相手にしているため天候に左右されることが多く、学習を行う上で障害となっている。

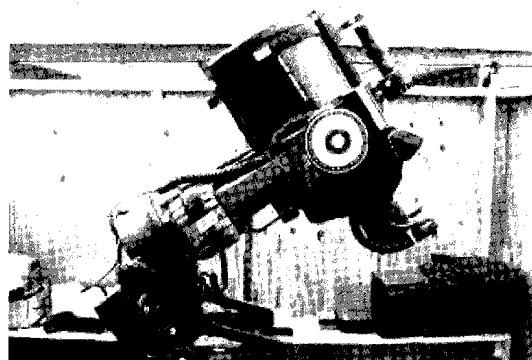
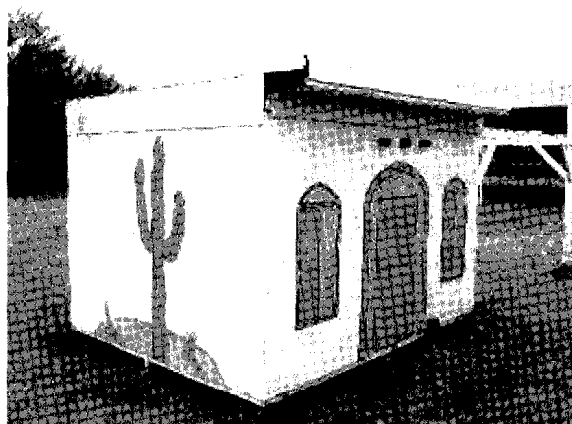
また天文台の設置してある地点によっても、見える天体がちがったり、同じ天体であっても見え方がちがったりしている。しかし、単一のシステムを利用している場合はその場で比較できないため、そのことに気づきにくい。

II 問題の解消に向けて

天候不良のリスクを回避するため、今回は4つの天文台のシステムを用意した。

1. アメリカのアリゾナにある個人天文台

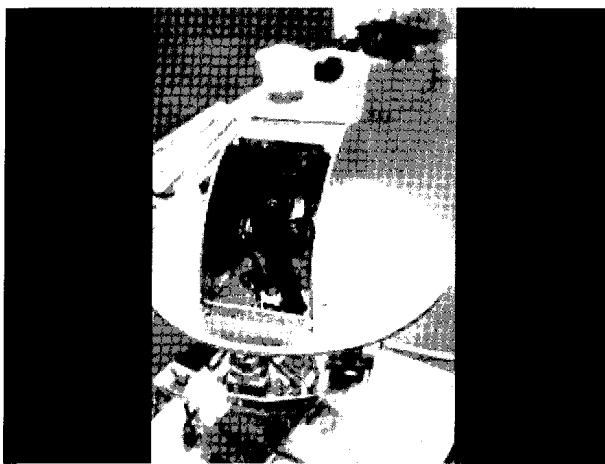
口径25cmシュミットカセグレン望遠鏡の天文台



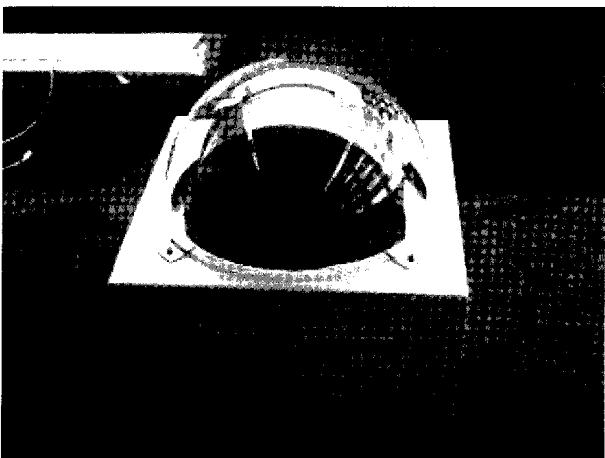
写真はFrank Pino氏提供

2. ガーナのテマ高校にあるインターネット天文台
口径25cmシュミットカセグレン望遠鏡
(アリゾナと同じ望遠鏡を使用)

3. アメリカのシカゴにあるヤーキス天文台のインターネット星座カメラi-CAN



アメリカに送られる直前、熊本大学にて撮影



(半球形のとうめいな箱におさまられている)

4. チリのALMA天文台山麓施設にあるインターネット星座カメラi-CAN
(ヤーキス天文台星座カメラと同じシステム)

III 研究の目的

本研究は、インターネット望遠鏡やインターネット星座カメラを複数用意することで、天候不良によるリスクを回避し、天体観察ができる可能性を高くするとともに、複数のシステムを利用する利点をあきらかにすることを目的とする。

IV 先行研究

インターネット望遠鏡を用いた学習としては、宮城教育大学が開発した実践がある。2001年12月4日東北大学付属病院院内学級、西多賀養護学校高等部で、アメリカのアリゾナ州にあるArnie Ronsner Enterprisesが管理運営しているインターネット望遠鏡システムを利用した実践がある。Yahooメッセージャーを用いて、カリフォルニア在住の望遠鏡所有者と英語の質問リストを用いながら、実際に天体の写真を遠隔操作して観察していた。その結果、インターネット望遠鏡は、病弱・肢体不自由の生徒の天体観察手段としても非常に有効であるという結果が出ている。

インターネット天文台の授業としては、4号機であるガーナ・インターネット天文台を活用した初めての実践が2003年12月15日天草の小学校で行われ、月や土星の輪を観察している。その後理科や総合など複数の授業が行われた。

インターネット星座カメラi-CANを用いた最初の授業としては、ヤーキス天文台の星座カメラを用いて2005年10月5日、札幌市立の中学校で行われた。また、同じ日に併設されている小学校でも「星空散歩」の授業が行われた。

V 開発したプログラム

テーマ「世界へ出かけて宇宙を見よう」

授業の展開(全6M<モジュール>、1Mは15分)
4年理科「空を見上げると」の発展総合として、3M45分の授業を2回「世界へ出かけて宇宙を見よう」を行った。

VII 研究の方法

1. 対象 公立小学校 4年1クラス30名
2. 実施 2006年2月20日11:45~12:30
2月24日11:45~12:30
開発したプログラムをもとに研究授業に取り組む。
3. 実践した授業をもとに考察する。

VI 実践した授業の準備と内容

望遠鏡や星座カメラの予約は、授業の約1ヶ月前から行った。アリゾナの望遠鏡については、ハワイ在住で以前ハワイの実践のときにお世話になった Ken Archer氏を通じて、アリゾナ在住の Frank Pino氏に予約の了解を得た。ガーナ天文台・ヤーキス星座カメラ・チリの星座カメラについては、管理運営されている熊本大学教育学部佐藤毅彦氏に了解をとって予約を入れていただいた。

また、それぞれの地点の星空については、プラネタリウムソフト「ステラナビゲーターVer7」を用いて調べた。

授業で撮影したい天体や見たい星座を決めるために、国立天文台のホームページにある画像や「ステラナビゲーターVer7」を用いた画像を用意した。

また、天候不良により、すべての天文台が使えないことも考えられるので、ヤーキス・チリ・南阿蘇の星座カメラ i-CANを利用して、西宮でパソコン画面をキャプチャーした画像（オリオン座や南十字星など）を用意した。そして、それらの画像を見やすいように、ホームページ作成ソフト（ホームページビルダー）を利用して、簡単なソフトを作成した。その中には、各地点と日本との時差を表示するとともに、授業時におけるそれぞれの地点の日時をわかりやすく示した。また、黒板には、世界地図をはって、どのシステムが世界のどこにあるのか簡単にわかるように大きく表示した。

第1時の授業について

2月20日（月）の授業では、チリとアリゾナは快晴であったが、ガーナは天候不良、ヤーキスはシステムの都合で使うことができなかった。パソコンとプロジェクター・スクリーンは2台ずつ用意しているので、左側のスクリーンでチリの星空を映しだし、右側のスクリーンでは、アリゾナの望遠鏡を遠隔操作することとした。

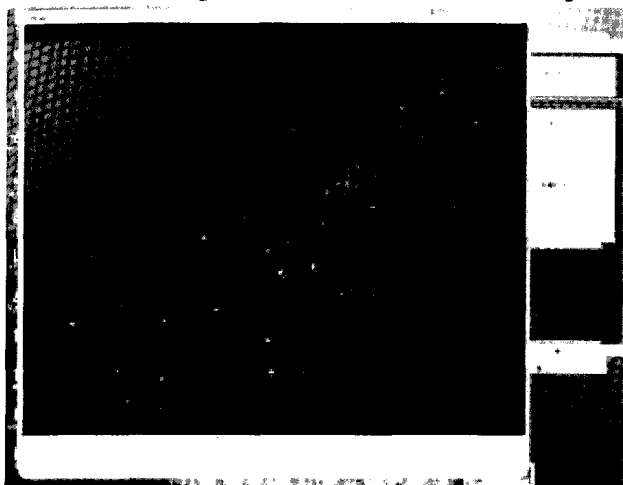
まず、最初に4年理科でならったオリオン座の復習を行った。次に地球の半分に太陽の光が当たっている絵を提示して、地球の裏側では、現在夜で星が見えることを理解させた。また、インターネットを通じ、地球の裏側のカメラを小学校のパソコンから操作し天体観察できることを知らせた。

最初のグループは、アリゾナの望遠鏡を用いて、オリオン座大星雲（M42）を選択し、撮影に入った。児童はM42と入力し、ボタンを2度押しだけ

であった。撮影の命令がアリゾナに届いてから、望遠鏡は天体を自動で導入し、撮影に切り替わる。しかし、露出時間は90秒に設定してあるので、撮影が完了するためには、およそ3分程度かかった。そこで、撮影命令のボタンを押してからは、左側のスクリーンを使って天体観察を行った。最初は、チリの星座カメラを使って、南十字星付近を観察した。さすがに南十字星付近の星空は見たことがないので、教師の方で、説明をした。南十字星や南十字星に似た形の星々（通称 にせ十字とよばれている）を確認すると共に、天の川もはっきりとわかった。また、雲のように見えるものに児童は不思議そうな顔をしていた。

雲のような天体が、じつは、大マゼラン星雲であると告げると児童はおどろいていた。確認のために、右側のスクリーンを使って、ステラナビゲーターでプラネタリウムを映しだし、見る地点をチリに設定した。すると、リアルタイムに見ている画像とほぼ同じ画像が映し出された。プラネタリウム上で、星座線や星座絵を出すことで、星座を確認していった。プラネタリウムとリアルタイムの画像を比べ合わせることで、確認は用意であった。また、観察の途中で、アリゾナから撮影した画像が送られてきた。児童は画像の美しさにおどろきながら、次の天体の撮影に入っていた。次のグループはアンドロメダ銀河（M31）を選択、撮影した。左側のスクリーンでは、星座カメラでオリオン座を導入していた。そこで、右側の撮影の待ち時間を生かして、雨天用に用意していたヤーキス天文台星座カメラでキャプチャーした画像を映し出し、比べた。児童は、はじめは気がつかなかったが、チリのリアルタイムのオリオン座が、北半球で見るオリオン座と反対でさかだちしていることに気がついた。このような観察を続けるうちに、6つのグループが全部写真撮影をおこなうことができた。

児童が初めて見た南十字星と天の川（星座カメラ）



（2006年2月24日児童がキャプチャーした画像）

（画面中央やや下付近に4つの南十字星が見える。その下には、ケンタウルス座の α 星と β 星がたてにならんでいる。南十字星の右上付近の星雲は、エータカリーナ星雲）

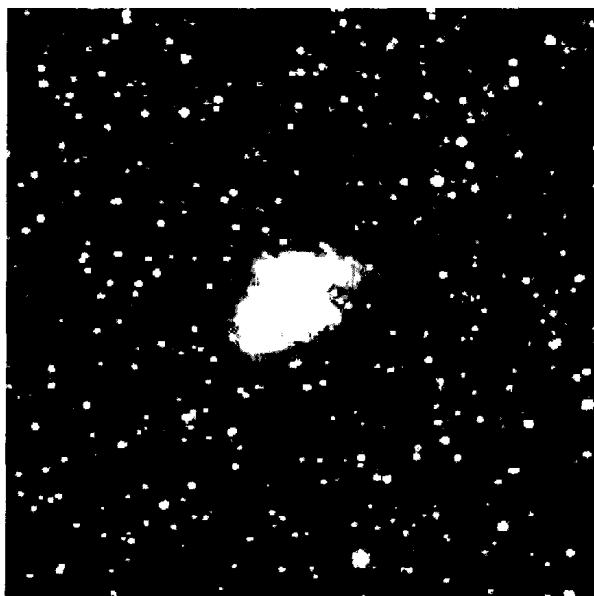
アリゾナの望遠鏡を児童が遠隔操作して撮影した写真（4枚）

（2006年2月20日）

ミードLX200-25

冷却CCDカメラ SBIG ST237A

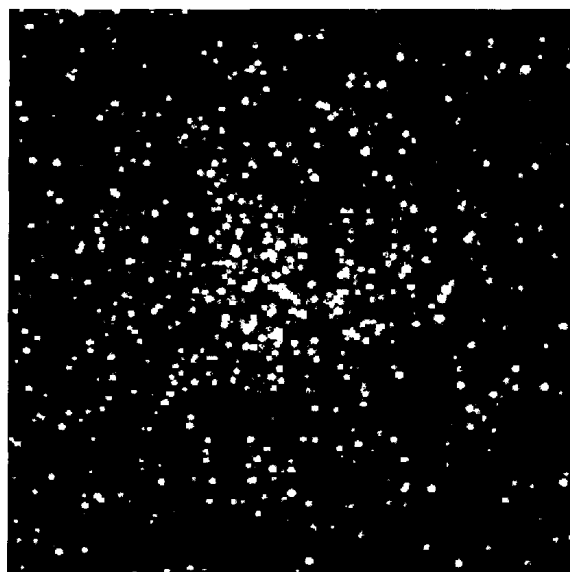
露出 各90秒



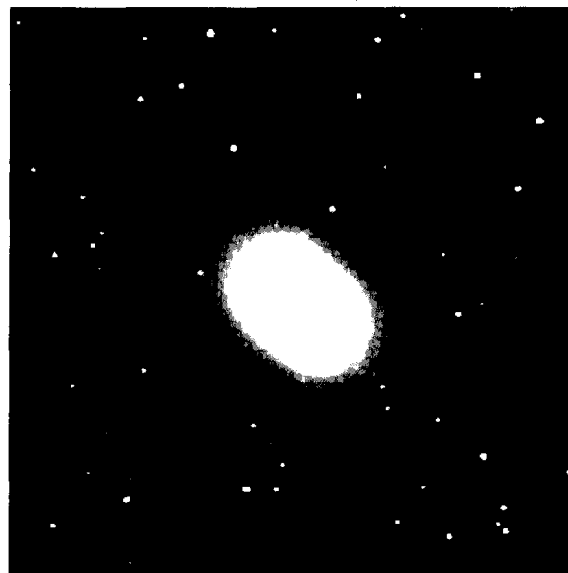
かに星雲（M1）おうし座



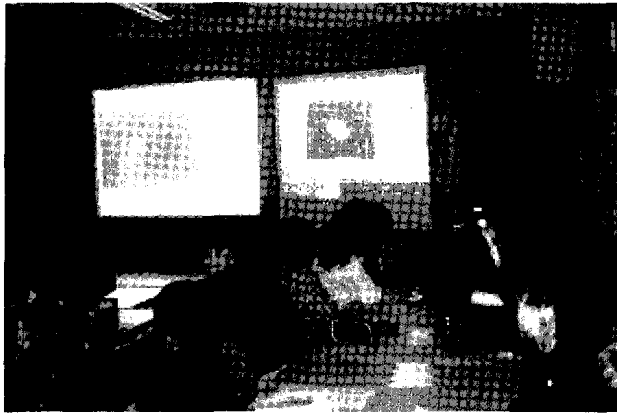
ウルトラマンの星（M78）オリオン座



星のちらばり（散開星団M37）おうし座



アンドロメダ銀河（M31）アンドロメダ座



左 南十字星と 右 撮影したアンドロメダ銀河

第2時の授業について

2月24日（金）の授業では、ヤーキスとチリが快晴だった。アリゾナは、20日の予備日となっていたため使用せず、ガーナはシステムの都合で使えなかった。

そこで、左スクリーンにヤーキス天文台星座カメラ、右スクリーンにチリの星座カメラを使って星空を映し出し、天体観察をすることとした。

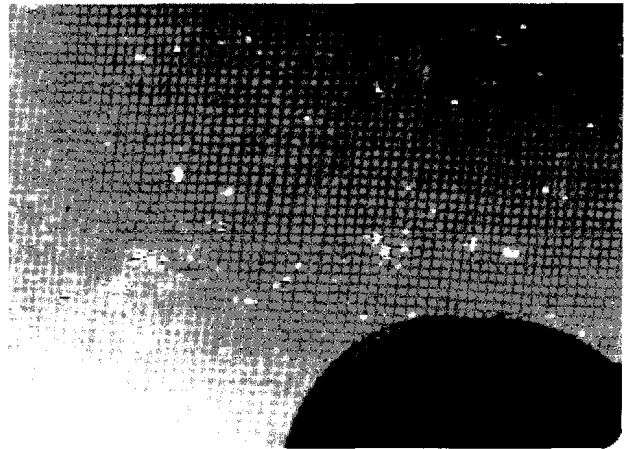
まず、復習をかねて児童は、オリオン座を映し出した。20日では、写真とリアルタイムの画像だったが、同じオリオン座を北半球（北アメリカ）と南半球（南アメリカ）からリアルタイムにながめることができた。

オリオン座はきれいな長方形の形をしているので、本当にさかだちしているのかどうかの確認方法について話し合った。その結果、オリオン座の三つ星ではなく、小三つ星（オリオン大星雲等）の位置によってさかだちしているかどうか見分けることを確認した。そして、念のため、北半球では左上にあるベテルギウスが、南半球では右下側にくることや、リゲルの位置も反対にあることを確認することができた。また、星座カメラはカラーであり、星の色がはっきりとわかる場合もあるので、ベテルギウスの色を比べたところ、赤色によっても確認できた。それだけでなく、いっしょに映し出されている冬の冬の大三角の位置によっても、反対は確認できた。画面上最もよく光っている星がシリウスであり、シリウスの位置はどちらの画面でも児童にとってもっともわかりやすかったからである。

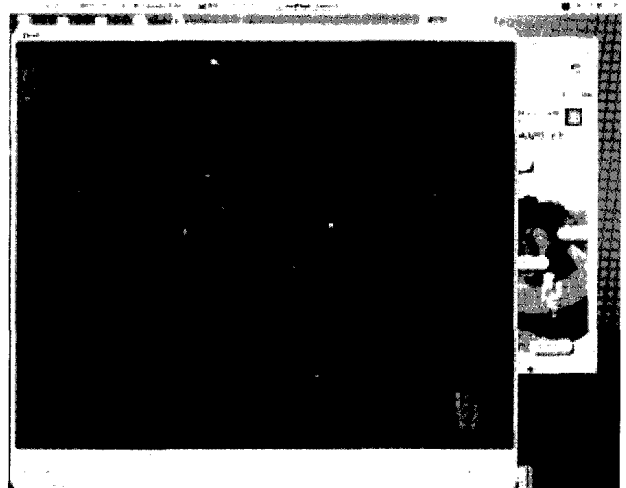
そのあと、児童はふたご座やおうし座を導入していった。ふたご座も反対を向いていることがわかり、またおうし座の目印であるVの形をさがしていった。その結果、オリオン座の3つ星を延長したところに

アルデバランとVの字を発見した。さかだちしている画像でも、児童はおうし座を見つけることができた。

また、ヤーキス天文台の星座カメラでは、流れ星のようなものがあらわれた。1秒おきにながれていくので流れ星と感じたようだ。しかし、これは流れ星ではなく、飛行機が飛んでいたようである。星座カメラ i-CAN は1秒間光をためて表示する動画なので、飛行機も流れ星のように見えたのである。ところが、この飛行機の動いていく様子があつたため、児童にとっては、リアル感がでてきて、この動いていく様子に全員がくぎづけとなった。静止画のように見える星空も、動いていく物体があると臨場感が高まった。また、薄雲のようなものが動いていく場合もあり、星が見えにくくなる反面、リアル感も高めた。星の色もときどき変わったように見え、またたいている感じであった。

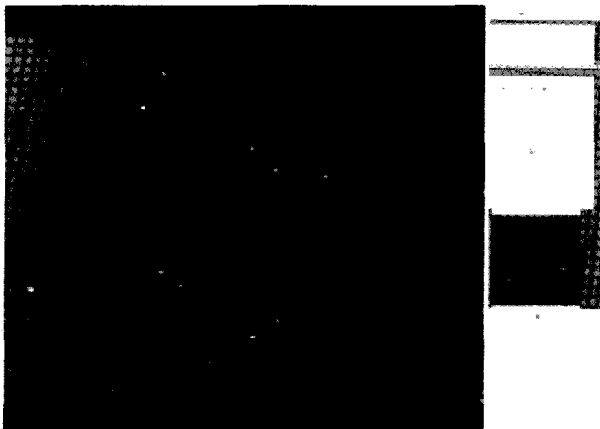


ヤーキスから見たオリオン座とおうし座すばる



チリから見たさかだちのオリオン座とシリウス

その後、児童は知っているおおぐま座とこぐま座を導入。



北斗七星と北極星

VIII 考察

2004年11月から2005年1月にかけて、ハワイの1つの望遠鏡を活用し、遠隔操作による天体観察を実施したことがある。そのときは、雨や曇りなどの天候不良によって、3回にわたって延期をせざるをえなかった。幸いにも最後の予備日に快晴に恵まれて、写真撮影を行うことができた。しかし、度重なる延期のために児童の学習への意識がそがれたことも事実である。また、教師の方も他の学習を準備したり、急に変更したりしなければならず、たいへんな面もあったといえる。ところが、今回は4つの天文台のシステムを準備することで、天候の良い地点のシステムを選択して、予定した2日の学習日の両方とも天体観察の学習をリアルタイムに行うことができた。2日とも予定した4つのシステムのうち2つずつを活用することができた。のべ8つのシステムのうち半分の4つを用いることができた。そのため、延期することなく、学習をすすめることができたといえる。

複数の天文台システムを用意することは、昼における天体観察授業にとって、天候不良による延期をさけることができやすくなり、有効であるといえる。

授業後行った児童のアンケート調査から考察する。

- 1 「授業の中で、最も心に残ったことは何ですか。その理由も書いてください。」

この質問に対し、最も多かったのは、オリオン座

や銀河など、天体の名前をあげているもので、18人であった。その中で一番多いのは、アンドロメダ銀河で6人の児童があげていた。

例 アンドロメダ銀河を見たことです。理由は、とてもきれいだったからです。あんなにきれいなものを見たのは初めてだったので、とても心に残りました。

そのほか、オリオン座5人、ウルトラマンの星(M78)2人、かに星雲(M1)2人、おうし座、ふた座の星の集まりM35、ぎょしゃ座の星の集まりM37、天の川各一人であった。

次に多いのは、星のきれいさであり、理由も含め、12人であった。

例 星を選んで、写真をとってみて、とった星が心に残っています。理由 その星がとてもきれいで、そのきれいさが心に残っているから。

このように、星のきれいさに感動していることがわかる。

星の写真をとれることが心に残ったと書いた児童が6人であった。

例 外国の星をパソコンで見れ、写真もとれることが心に残りました。理由は今まで外国の星をパソコンで見れることを知らなかったからです。

注目すべきことは、自分で見たいものが見れたことをあげている児童である。5人あり、自分で選んで星を見れたことを喜んでいる。

例 ふたご座の星の集まりが一番心に残りました。わたしの班がとった星でわたしがコンピューターを動かしたから一番心に残りました。

私が一番心に残っていることは、オリオン座です。理由はチリではさかさまだったからです。自分の見たいのがじっさいに見れて写真もとれたので心に残っています。

このように自分が見たい星を自分で操作して学習できることが児童にとっては、非常に印象がよいことがわかる。

今回1つのシステムではなく実際に2つのシステムを活用できたことで、1台のシステムに比べて約2倍の児童がパソコンを操作することができた。実際に操作する喜びを増すためにも複数システムの利用は有効である。

また、チリではオリオン座がさかさまに見えることをあげている子もいた。チリとヤークスの2つのシステムを比べることで、見え方のちがいがよくわかることを示している。

- 2 「授業の中で、はじめて知っておどろいたことがあれば書いてください。」

この質問に対しては、ウルトラマンの星 (M78) が、13人で最も多かった。北極星の見つけ方が6人、おうし座のさがし方が5人、見る位置によって、見える星がちがうことについて書いてあるものが、7人。

例 オリオン座はアメリカから見たのとチリから見たのが逆だということを知りました。

チリから見る冬の大三角・オリオン座とアメリカから見る冬の大三角・オリオン座はさかさまということを知っておどろきました。星は国によって、見る方向がちがうのがびっくりしました。

複数のシステムを比べることでの効果ははっきりでている。

南十字とにせ十字があるのをはじめて知りました。星にMというのが知りませんでした。ウルトラマンの星 (M78)があったということを知りました。

注目すべきことは、星の観察方法について書いている子がいることである。

例 星を見たいときはだれでも海外の星をうつす所に予約すればだれでも星を見れることをはじめて知っておどろいた。

また、飛行機が流れ星のように流れていったことをあげている児童もいた。静止画のように見える星の映像の中で、飛行機が動いていく様子は印象深かったと思われる。

- 3 「授業をうけて、自分がやってみたいことは何ですか。」

この質問に対して、最も多かったのは、自分の目で星を見てみたいが、12人。

例 自分でアメリカの望遠鏡を動かしているんな星を見たいです。その中で一番見たいのはおうし座です。とてもおもしろそうでわくわくします。本当に自分の目で外国のきれいな星空を見てみたいと思います。星を目のまま目で見てみたいです。この世で地球以外で生き物が住んでいる星をさがしたいです。

次に多いのは、星を調べてみたいという意見で9人であった。

例 もっともっと星のことが知りたくなってきたので、ホームページや図鑑で調べたいと思います。その調べたのを発表にしたいです。また、実際に外国に行って星を見つけ、それだけでなく第三者に教えるぐらいになりたいというのもでてきた。

星を見るためにいろいろな国に行って、もっとくわしくまだみんなが知らない星などを見つけに行きたいです。今度は自分がいろんな国に行ってみるに星の勉強を教えられようになりたいと思いました。

星の写真をとってみたいが、5人。

例 今、自分が一番やってみたいことは自分のせいざのさそりざをi-CANで写真をとってみたいです。ぼうえんきょうを使って自分で自由自在に使って写真をとりたいたいです。

注目すべきは、創造的なことができたことである。星座を一人で観察してみたい。夜に星を見て、ちがうオリジナルの星座を作りたい。自分の目で見ること、そして、新たに星座をうみだしたいと述べている。

- 4 「その他の感想があれば書いてください。」

これに対し天候に恵まれて、星空観察ができたことをあげているものが6人であった。

例 わたしは雨のふってないときに見えてよかったと思った。日本とくらべて星がいっぱい見えた。それがびっくりした。

また大きな疑問をもった児童もある。

例 うちゅうはどうやってできたのか？そしてわたしたちもこのうちゅうの星でくらしていると考えるとすごくふしぎです。もっといろんな星座をしらべてみたいです。

学習して、わかってきたことがふえたことを書いている児童もあった。

例 ぼくは星の名前や星座の名前はすごくいっぱいあるんだなと思いました。星の勉強で知らないことがいっぱいあったけど勉強をしてちょっとずつわかっていきました。

リアルタイムの画像とはいえ、パソコンをとおしでの画像なので、児童にとってどのように感じるのか注目すべき点については、次のような感想がある。

アンドロメダやいろんなほんものの星を見れてよかったです。

この児童にとっては、ほんものと感じている点は

大きいと考える。

天の川やオリオン座が見れてとてもうれしかったです。望遠鏡から見た実際の星空とプラネタリウムを見てみるとやっぱり実際の星空の方が動くし、プラネタリウムより星がきれいでした。

ここでは、プラネタリウムよりもリアルタイムの画像の方がよいという感想である。

星の勉強はとてもおもしろいからまた来年もやりたい。

興味が増していることがわかる。

IX まとめ

- 1 複数のシステムを用意することで、昼におけるリアルタイムの天体観察授業を行いやすくなった。
- 2 カメラのある地点によって、天体の見え方がちがうことを実体験することができた。とくに、北半球から見る場合と南半球から見る場合では、天体がさかさまに見えることをわかりやすく理解することができた。
- 3 複数のはなれた地域から見ることで、地点によって見える天体と見えない天体があることも実体験できた。

X 問題点と留意点

- 1 県や市でインターネットに規制をかけている場合があり、実際に授業で使うシステムの環境で、遠隔操作が行えるかどうか事前に調べる必要がある。
- 2 アリゾナのインターネット望遠鏡では、ガーナのようにすべてを全自動で動かせるわけではないので、アメリカの方で望遠鏡が動くように用意してもらった必要がある。
- 3 アリゾナで撮影した画像はJ P E Gだけでなく、フィツ形式の画像もあり、より発展的な学習にも使えるのではないかな。
- 4 インターネットテレビ会議システムなどを活用することで、撮影中の望遠鏡を映し出したり、望

遠鏡が動く音をきいたりすることで、より臨場感をもって学習に取り組めるようにすることもできるのではないかな。

- 5 星座カメラ i-CAN は写真撮影が行えないため、記録にのこすには、リアルプレイヤーをたちあげ、写したい大きさに変換してから、画面のキャプチャー機能を用いる必要があり、児童に説明するには慣れが必要である。
- 6 星座カメラは、予約が入っていなければ、だれでも使用可能なので、学習時間以外での自主学习等にも使いやすくなっている。児童の自由学習への発展が望まれる。

謝辞：

本研究を行うにあたり、アメリカハワイ在住のKen Archer氏を通じて、アリゾナ在住のFrank Pino氏にインターネット望遠鏡を提供していただきました。ガーナ・インターネット天文台や2つの星座カメラにつきましては、インターネット天文台・星座カメラ i-CAN プロジェクトリーダー熊本大学教育学部の佐藤毅彦氏にお世話になりました。また、授業については、西宮市立小松小学校東野裕子教諭にご協力いただきました。心より感謝申し上げます。

参考・引用文献

- 1) 佐藤毅彦 坪田幸政 松本直記 インターネット天文台の構築：その2. 良い物は作らない天文月報（日本天文学会発行）第93巻第6号 313-318 (2000)
- 2) 尾久土正己 『インターネット天文台』岩波書店 (1999)
- 3) 高田淑子・中堤康友・長島康夫・松下真人・伊藤芳春 「教室で行う宇宙の実験-2：インターネット望遠鏡システムの構築とその教育現場での活用」宮城教育大学紀要第36巻 83-89 (2002)
- 4) 山本博 『児童の宇宙観をふまえた天文教育のありかた-小学校理科の天文領域における概念形成を通して-』兵庫教育大学大学院修士論文 (1998)
- 5) 岡野邦彦 『冷却CCDカメラによる天体撮影テクニック』誠文堂新光社 (2002)

- 6) 竹浦史朗「インターネットを利用した星空中継」
美星天文台 教育利用の手引き 27 (2003)
- 7) 松本榮次 『外国の天文台を活用した天文を題材とする総合的な学習の研究』兵庫教育大学大学院修士論文 (2006)
- 8) 川村晶 「ネットを使って望遠鏡を操れ！リモート・テレスコープの神髄」
月刊「星ナビ」2004年3月号 アstroアーツ 110-115 (2004)
- 9) 松本榮次 「ハワイの望遠鏡を遠隔操作 授業で昼間の天体観察」
月刊「星ナビ」2005年4月号 アstroアーツ 91 (2005)
- 10) <http://rika.educ.kumamoto-u.ac.jp/i-CAN/>
ようこそ, 星座カメラi-CANプロジェクトへ!
- 11) <http://www.starstation.jp/>
スターステーション
- 12) <http://www.ironwoodobservatory.com/>
Ironwood天文台
- 13) <http://www.iolc.org/>
Ironwood天文台とLearning Center
- 14) <http://educkrk21.educ.kumamoto-u.ac.jp/ASOB-i/>
ようこそインターネット天文台へ (IT時代の理科学習ツール)
- 15) <http://www.hosizora.miyakyo-u.ac.jp/>
星空観察ネットの広場

Integrated Studies Research Using Remote Controlled Observatories in Multiple Foreign Countries

Uegaharaminami Elementary School, Nishinomiya

Eiji MATSUMOTO

Hyogo University of Teacher Education

Shinji MATSUMOTO

Classes involving observations of celestial bodies are a challenge to conduct during the daytime since it is difficult to actually observe the stars. However, real-time observation of stars can now be carried out using internet telescopes and remote-controlled constellation cameras on the other side of the globe. This research investigates the use of multiple internet telescopes and constellation cameras to avoid the risk of unfavorable weather, to increase the possibilities of astronomical observation, and also to consider the development of lessons using multiple systems. The practical application of multiple systems resulted in the reduction of risk of unfavorable weather. Also, observing the same celestial body from multiple points of view facilitated the understanding that the object can look different depending on the location of observation. Additionally, the students understood that some celestial bodies are not visible from where they live on earth, indicating that such activities can strengthen the students' interest in astronomical observation.

Keywords: Remote control, astronomical, internet telescope, constellation camera, integrated studies