

# 半具体的視点移動を用いた小学校理科天体分野の 「観測型」学習の可能性

松本 榮次\*, 松本 伸示\*\*

(平成23年6月14日受付, 平成23年12月8日受理)

## A study of learning based on observation using semi-concrete viewpoint movement in astronomical field of the elementary school science

EIJI Matsumoto\*, SHINJI Matsumoto\*\*

Up to now the astronomical observation during school hours was considerably difficult. It was because we could not see any constellations in the school hours of daytime. Thanks to development of the constellation-camera “i-CAN” and internet telescopes, etc. we can observe astronomical phenomena in real time on the screen of a personal computer. In this study not only the observation with the constellation camera but the measurement was considered. We tried to make students measure orbits of stars using the constellation camera as semi-concrete viewpoint. As a result, it became clear that students could measure the separation angles of stars in astronomical images taken at different observing times and sites.

Key Words : Astronomical study, Constellation camera, Internet, Viewpoint movement

### 1. はじめに

小学校で行う星や月の観察に基づく学習は、取り組みにくい現状があった。昼間の授業時間内に天体を観察する学習が行いにくいからである。そのため、以前から天文分野の理解度が低い理由の1つとして、野外観察が十分行われていないことがあげられてきた<sup>(1)</sup>。また、天文事象に対する小学生の低い認識状態も報告されている<sup>(2)</sup>。しかし、現在では、星座カメラi-CANが開発され、パソコンの画面を通してではあるが、リアルタイムに星座の観察

を行うことが可能となった<sup>(3)</sup>。星座カメラi-CANとは、JAXA（宇宙航空研究開発機構）の佐藤毅彦をプロジェクトリーダーとして世界中に8個設置された星座観察用カメラである。星座を視認しやすく、約5等星まで見えるカラーカメラを用いている<sup>(4)</sup>。

星座カメラi-CANは、インターネットにより、遠隔操作を行い、リアルタイムの星座観察が可能である。表1は、星座カメラi-CANの設置地点である。星座カメラi-CANの実践としては、札幌市立福移中学校、福移小学校で行われた星座カメラi-CANプロジェクトによる実践（アメリカヤークス天文台を遠隔操作、アメリカの星空を散歩する）をはじめ数多くの実践がある<sup>(5)</sup>。『星座カメラi-CANを用いた観察型学習が子ども達に「星を見たい」という願いをもたせ、実際の観察行動に向かわせる力があることは明らかである』と星座カメラi-CANプロジェクトリーダー佐藤毅彦らは述べており、天文学習に対する児童の興味関心が増すことは明らかにされている<sup>(6)</sup>。このような学習は、見る視点を地球の夜である地点に移動してリアルタイムに見ることが可能となるので、視点移動を用いた学習となる。

視点移動能力は最も重要な空間認識能力の1つであるとされている<sup>(7)</sup>。松森は視点移動の機能的特質から、視

表1 星座カメラ i-CANの設置地点

設置した国	設置場所	協力機関
アメリカ	ウイスコンシン州	シカゴ大学ヤークス天文台
アメリカ	ニューメキシコ州	アパッチポイント天文台
アメリカ	フロリダ州	フロリダ大学天文台
アメリカ	ハワイ州	すばる天文台
チリ	ALMA山麓施設	国立天文台
日本	南阿蘇	ルナ天文台
スペイン	グラナダ	TEN望遠鏡グループ
スペイン	カナリフェ島	ブラッドフォード天文台

\* 兵庫教育大学大学院連合学校教育学研究科学生 (Doctoral program student of the Joint Graduate School in Science of School Education, Hyogo University of Teacher Education)

\*\* 兵庫教育大学 (Hyogo University of Teacher Education)

点移動の類型化を試みた。すなわち、観察する主体が動かずに観察対象が動いて行く受動的視点移動と観察する主体が動いて観察対象が動かない能動的視点移動に分けた。さらに実際に観察活動が行われる具体的視点移動と、頭の中でイメージする心的視点移動に分けることで4つに分類した<sup>(8)</sup>。森田らは、心的視点移動においては頭の中で視点を移動し、イメージすることが必要で、児童にとって難しいため、心的視点移動を支援する手だてとして、webコンテンツのシミュレーションによる仮想的視点移動をつけ加えた<sup>(9)</sup>。本研究では、図1のように仮想的視点移動の特性を持ちながら、具体的視点移動と心的視点移動を橋渡しするものとして、半具体的視点移動を用いる<sup>(10)</sup>。

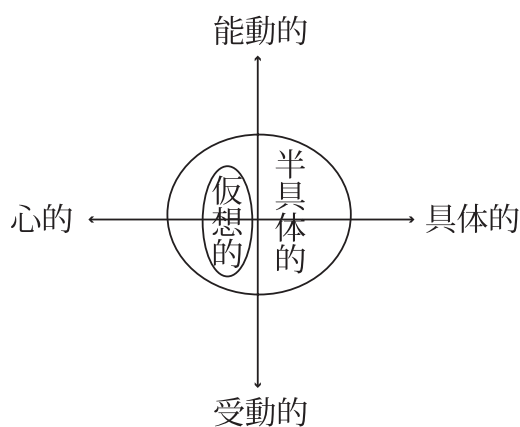


図1 視点移動の類型

星座カメラを活用した学習は、パソコンの画面を通して即時的に天体を観察することが可能であり、半具体的な視点移動を用いた観察となる。複数の星座カメラi-CANを切り替えて観察する場合は、半具体的かつ能動的視点移動、1つの星座カメラで動いて行く物体を観察する場合は半具体的かつ受動的視点移動となる。

このような、半具体的視点移動にもとづく天文分野の学習は、従来ビデオ等による受け身の学習から、主体的に観察する学習への変換が可能となってきたことを意味する。また、星座カメラi-CANの持つリアルタイム性などの特徴を生かすことで、観察のみならず、観測する学習に発展する可能性があるのではないかと考えた。従来、星の動きを測定する学習等は昼間の通常授業時間内でリアルタイムに行うことはできなかった。そこで、星座カメラi-CANを用いた授業実践を試行し、小学校における「観測型」学習の可能性について論じる。

\*星座カメラi-CANの特徴について

星座カメラi-CANは、インターネット望遠鏡の場合と違って、モータードライブによる天体の自動追尾を行っていない。すなわち、カメラは動かず、星を追いかける

ことはない。そのため、時間の経過によって星は動いているように見えるという特徴がある。また、世界各地に星座カメラi-CANが設置されており、同じ星座を違った地点から同時に観察するような学習も可能である<sup>(11)</sup>。

チリに設置された星座カメラi-CANを利用すれば、北半球からでは観察が難しい南十字座等の星座も観察することができる。それだけではなく、星座がわかりにくい場合、観察している画角とほぼ同じ画角のプラネタリウムを並べてみるができるので、児童・生徒だけでなく、教師が星座の認識が不十分であっても簡単に観察の確認ができる。

2. 研究の目的

本研究は、半具体的かつ能動的視点移動としての星座カメラを用いた「観測型」学習を試行し、その可能性について明らかにすることである。

3. 「観測型」試行授業実践1-①

兵庫県西宮市立U小学校の第4学年1クラス(31名)を対象に、授業実践を行った。

日時 2009年1月27日(火)午後1時40分～2時25分

場所 視聴覚教室

フロリダの星座カメラi-CANを用いて、オリオン座が時間とともに動くのを確認した後、北極星とカシオペア座がどのように動くのか観察した。

スクリーンに映し出されたカシオペア座の5つの星と北極星の位置に、児童が1つずつ丸いシールを貼った。ちょうど15分時間が経過したときに、再度カシオペア座にシールを貼っていった。本授業の前に算数で角度の勉強をしていたため、児童から北極星を中心に分度器で角度を測れば動いた角度がわかるという意見がでた。そこで、一人の児童が教師用分度器を使用して星が動いた角度をそれぞれ測った。カシオペア座の両端と真ん中の星

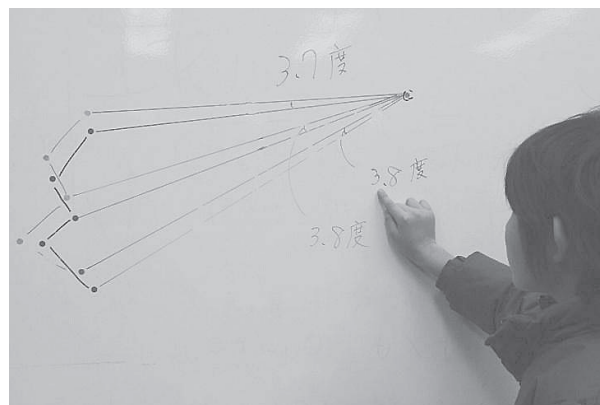


図2 北極星を中心として、カシオペア座が15分で動いた角度を測定する児童(フロリダ星座カメラi-CANの映像より)

の3つについて、動いた角度をはかると、 $3.7^\circ \cdot 3.8^\circ \cdot 3.8^\circ$  度となった。

図2は、その学習の様子である。

そこで、児童といっしょに、計算してみた。15分で約 $3.8^\circ$ 動いたので、60分では、その4倍の約 $15^\circ$ 動くことがわかった。1時間で $15^\circ$ なので、24倍してみると、ちょうど $360^\circ$ となった。

すなわち、星座は、24時間1日で一周し、ほぼ元の場所にもどって見えることを観測によって、示すことができた。

#### 4. 「観測型」試行授業実践1-②

試行授業実践1-①と同じ小学校4年生児童3クラス(93名)を対象に授業実践を行った。

日時 2009年2月22日(月)午後2時40分～3時20分

場所 視聴覚教室

試行授業実践1-①での観測結果を確認してから、複数の星座カメラによって、星の動きを確認できるかもしれないと知らせた。観測する日時が違うため、カシオペア座が見えず、北斗七星を用いることとした。複数の星座カメラi-CANを使用して、ほぼ同時に同じ北斗七星を見ることで、星座の位置が違って見えること、また星座カメラi-CANが設置された現地の時刻を知ることにより、時刻の違いによって星座の見え方が異なってくることを説明した。時間が経過することで、星座が動いていくことは、体験しているので、時刻の違う星座カメラi-CANによる観測によって、どの程度動いているのか、確認してみることにした。3つの星座カメラi-CANを児童が遠隔操作して、北極星と北斗七星の端にある2つの星に児童代表7人がシールをはっていった。ただ、今回は1つの星座カメラi-CANではなく、複数の星座カメラi-CANを利用したため、星座カメラi-CANを切り替えた場合、北極星の位置が貼ったシールからずれており、まずその位置合わせに時間がかかった。スクリーンに映し出すビデオプロ

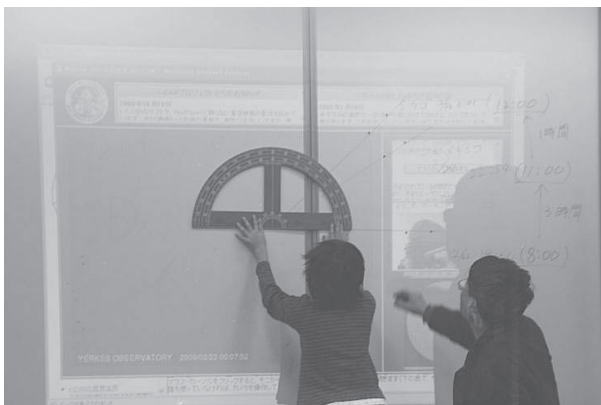


図3 3つの星座カメラi-CANによる北斗七星の画像のずれの角度を測定する児童

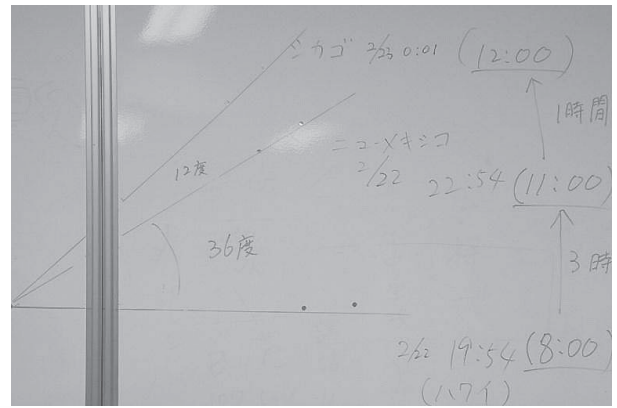


図4 3つの星座カメラi-CAN(ハワイ・ニューメキシコ・シカゴ)による北斗七星のひしゃくの部分2つの星と北極星(左端)

ジェクターの高さを微妙に調節したり、横に動かしたりして、北極星の位置合わせが必要であった。図3は、北極星からの角度のずれを測っている様子である。図4は、観測した後の様子である。

\*各星座カメラi-CANの視野の大きさは同じで、対角線 $70^\circ$ 程度、人間が空を見上げたとき、一目で星座を視認するのと同じくらいの広さの設定になっている。

地平線に対する角度も同じになるように設定されている。

#### 観測結果

##### ・ハワイ州の星座カメラi-CAN

現地時間2月22日19:54(およそ午後8時)

角度は $0^\circ$ (北極星からひしゃくの星までの角度を $0^\circ$ と設定した)

##### ・ニューメキシコ州(アパッチポイント)の星座カメラi-CAN

現地時間2月22日22:54(およそ午後11時)

ハワイから見た星からの角度は約 $36^\circ$

##### ・シカゴの星座カメラi-CAN

現地時間2月23日午前0時1分(2月23日およそ午前0時)

ニューメキシコから見た星からの角度は $12^\circ$ であった。

この結果、今回の観測では、約4時間で約 $48^\circ$ 動いており、1時間に約 $12^\circ$ 、星が動いていることが確認できた。

#### 5. 星座カメラi-CANを用いた試行授業実践1のまとめ

1つの星座カメラi-CANを用いた学習では、観測結果として、1時間に約 $15^\circ$ とほぼ正確に星の動く大きさを角度で測定することができている。それに対して、3つの星座カメラi-CANを用いた場合は、1時間に約 $12^\circ$ となり、誤差が約 $3^\circ$ あった。このことから、1つの星座カメラを用いて星の動きを測定する実践では、正確に観測させら

れることが示唆されたが、複数の星座カメラと時差を用いる実践は、誤差が生じることに留意する必要がある。ただし、この実践でも、1時間に12度、4時間に48度と時間に比例して星が動いていた。

## 6. 複数の星座カメラi-CANを用いた場合における誤差について

複数の星座カメラi-CANを用いた場合の誤差の原因について分析した。

### (1) 北極星の位置の違いによる誤差

星座カメラi-CANによって、北極星の位置がずれており、北極星の位置合わせに苦労した。しかも、ビデオプロジェクターの位置を動かすことで、位置合わせをしたため、斜めに投影することとなり、角度が小さくなったことが誤差の大きな原因になったと思われる。

### (2) 位置における誤差

星座カメラの設置された位置における誤差

ハワイ	西経155度北緯20度
アパッチポイント	西経106度北緯33度
シカゴ	西経 88度北緯42度

ハワイとアパッチポイントの経度の差は49度である。アパッチポイントとシカゴとの経度の差は、18度である。星座カメラi-CANが設置されている地点と、それぞれの地域の標準時の地点とは、経度の差だけ誤差が生じる。

### (3) 観察実験する時刻の違いによる誤差

観測は同時にすることはできず、観測している時刻が微妙にずれていることも誤差につながっている。5分から10分ずつの違いがあるため、計算すると、角度にして2度から4度程度の差が生じている。

### (4) 北極星も動くことによる誤差

北極星もきっちり北にあるのではなく、微妙に動いているため、角度を測る起点が動くことによる誤差が考えられる。ずれは、約0.6度なので、誤差は1度未満である。

このように複数の星座カメラi-CANを用いた場合誤差が生じた原因はさまざまなものが考えられる。正確な角度の測定はできなかったが、一定の大きさの角度で星が動いていくことは、示されたといえる。

### (5) 誤差の解消に向けて

今回は、ビデオプロジェクターを動かすことで、北極星の位置合わせをしようとしたが、投影する場合にできるだけ、ビデオプロジェクターからまっすぐの位置に北極星を設定することが誤差を小さくすることとなる。

また、ビデオプロジェクターを動かすのではなく、星座カメラi-CANを遠隔操作することで、できるだけ北極星の位置合わせを行ってれば、誤差を小さくすることができたと考えられる。

## 7. 児童の感想の例

ある児童は、「1時間で15度動いていることを、自分の目で見れたことが最も心に残りました。」と述べている。自分の目で確認できた、すなわち体験できたことが最も心に残っているのである。また、「星は、1日によって動くと思ったけれど、1時間や時間によって動くのを知ったら、思わずびっくりしたけど、きちんと心に残りました。」と述べている児童もいた。この児童の場合、星は1日経過すれば動くこと認識していたが、わずかな時間でも星が動いて見えるという認識に至り、星の動きを実感したのである。また、ある児童は、「ちがうところから星を見れるのが楽しかったです。」と述べており、視点を変えて同じ星座を見ることについて楽しく感じた児童がいたことは事実である。

## 8. 試行授業実践1の成果と問題点

1つの星座カメラi-CANを用いた場合は、ほぼ正確に角度を測定することが可能であることが示唆された。ただ、一度だけの実践では確証はない。また、リアルタイムによる観測のため、時間がかかってしまうという問題点も明らかになった。観測するために待機している時間が長くなるのである。2つのスクリーンを利用して、観察や観測を同時に行うことも1つの解決法になると考えられる。また、15分の測定をすることで、角度が小数になり、3.7度あるいは3.8度という中途半端な角度となった。角度が整数になる時間をあらかじめ設定することで、児童がより測定しやすくなると考えられる。

また、複数の星座カメラi-CANを用いた場合には、次々と観測することが可能であるが、誤差も生じることを覚悟しておかねばならない。ただ、今回の場合3地点の天候が良好であったため、観測を次々に行うことが可能であった。実際には、シミュレーションソフト等と違って、天候に左右されることもあるが、逆に観測できた場合には児童の喜びも大きく、「やったー！」という声も聞こえてきた。

## 9. 「観測型」試行授業実践2

試行授業実践1で洗い出した問題点について改良を加えて実施した。

兵庫県西宮市立U小学校の第4学年3クラス(74名)を対象に、授業実践を行った。

日時 2011年2月4日(金)午後1時55分～午後3:30  
場所 視聴覚室

児童は、夏に行った星座カメラi-CANを使った星の学習によって、星が動いて見えるということをすでに理解している。本学習のねらいは、星の動きを正確に測定し、時間の経過によって、星がどの程度動いて見えるのかを理解させることにある。

当日、ハワイの空が最も晴れており、ハワイの星座カメラi-CANを用いることとした。

カシオペア座と北極星にシールをはり、20分間にどれだけ星が動くのかを測定した。児童は夏の星の学習のときに、星が数分で動いて見えることを学習しており、北極星はほとんど動かないことも学んでいることから、児童にどうやったら、星がどの程度動いたのかわかるか、考えさせた。すると、二人の児童が手を挙げた。本実践においても算数で角度の学習をしたところであり、二人とも北極星から星までの角度を測ればよいという意見であった。そこで、前回と同じようにシールをはって、調べることにした。

図5は、スクリーンのカシオペア座にシールをはった後、約5分でシールからずれている星の様子をあらわし

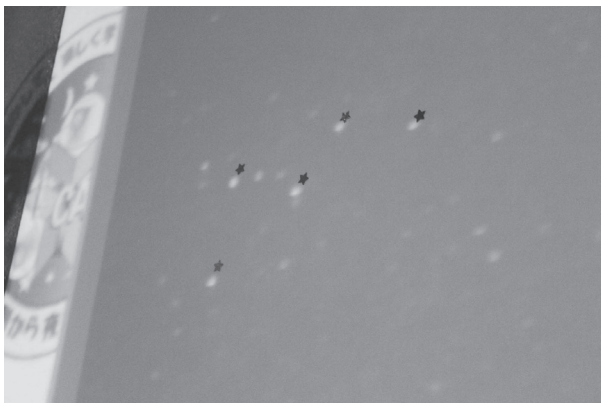


図5 黒い点に見えるシールから、約5分でずれるカシオペア座の様子



図6 シールをはった北極星（シールをはって約5分後の様子）

ている。

図6は、北極星に黒い星の形に見えるシールをはってから、約5分後の様子である。カシオペア座の場合と違って、北極星は、シールの位置からほとんどずれていないことがはっきりわかる。

図7は、シールからずれていくカシオペア座と、星の形のシールからずれない北極星（画面右下付近）の様子である。

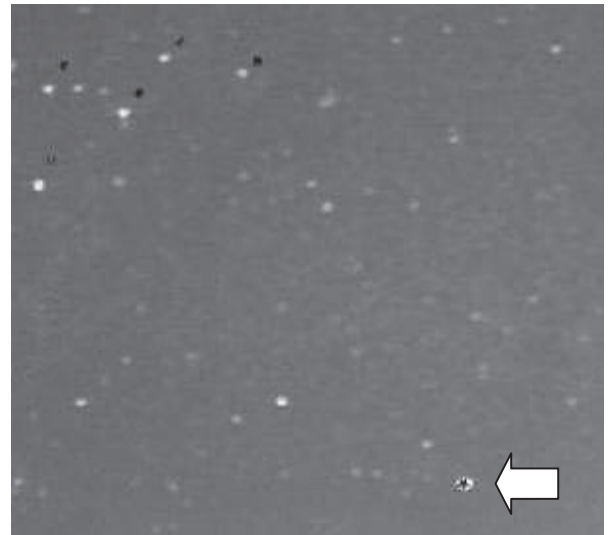


図7 カシオペア座と北極星（シールをはってから約16分後の様子である。）

図8は、20分間にカシオペア座の星が北極星を中心に、何度動いたか測定しているところである。

児童と教師3人で一緒に測定したところ、北極星からの角度は、約5度であった。すなわち、カシオペア座の一番下に見える星は20分で約5度動いていることがわかった。



図8 北極星を元にして、カシオペア座の1つの星が動いた角度を測る様子

図9は、ある児童のノートの一部である。児童は、観察・観測したカシオペア座の動きを記録した。20分で約5度動いていることがわかり、1時間では、約15度、星

が動くことがわかってきた。24時間では、ちょうど約360度（15度×24時間）になる。星は、およそ24時間（1日）で元の場所にもどって見えることが計算で求めることができた。

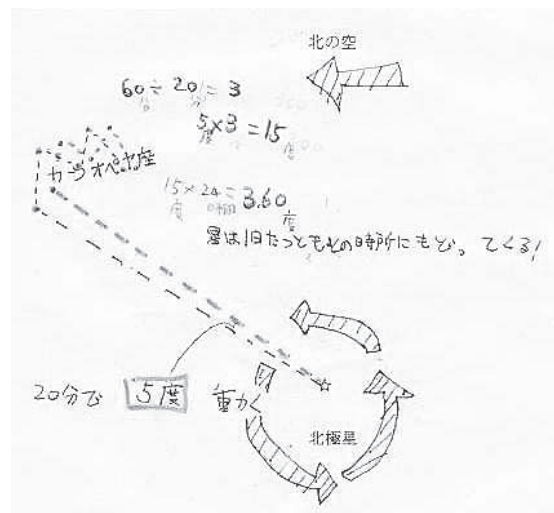


図9 児童ノート

前回の実践で、課題としてあげられていた20分間の待ち時間における学習として、2つめのスクリーンを利用した冬の冬の大三角とオリオン座の観察を行った。

児童らは、観察の記録をとるとともに、発展学習として、オリオン座にあるオリオン大星雲M42とウルトラマンで有名なM78星雲をインターネット望遠鏡(アメリカ・アリゾナ州)でリアルタイムに拡大して、観察した。その際インターネット望遠鏡の所有者フランク・ピノとスカイプを用いて、テレビ会議を行った。児童らはフランク氏に、質問し教師が翻訳して、テレビ会議を楽しんだ。

## 10. 試行授業実践2のまとめ

試行授業実践2では、試行授業実践1からおよそ2年が経過している。その間に問題点をあらいだし、改良を加えて授業を実施した。

15分の観測を20分にあらためたことで、北極星からの角度が、ちょうど5度となり児童にとって測りやすい角度となった。また、1つの星座カメラi-CANを使用することで、正確な星の動きの角度を測定することが可能であった。その上、2つのスクリーンを用意することで待ち時間を他の学習と並行して行うことができた。

## 11. 成果と課題

時間経過による星の見え方の学習では、3つの星座カメラi-CANを用いる場合には、誤差が生じるため「観測型」学習としては問題が多いことが明らかになった。しかし、1つの星座カメラi-CANを用いた場合は、比較的正確に観

測できることがわかってきた。すなわち、半具体的視点移動を用いた「観測型」学習は可能であることが明らかになった。ところが、観測を行うには時間がかかりかかる。今回の実践では、1回目15分、2回目20分と時間を長くすることでできるだけ、角度を測りやすく、わかりやすくするように工夫した。しかし、2回目の5度という角度でさえ、測定するには小さい角度であったといえる。そのため、カシオペア座の形が北極星を中心として回転していることに気付かず、回転移動ではなく平行移動として認識した児童も数人いたことは事実である。この問題点を解消するためには、長時間にわたって、観測を続けることが必要である。星座カメラi-CANの場合は、ゲストとしての使用であれば約15分間占有することが可能である。しかし、ゲストでは15分しか使えないので、この学習を行う場合には、予約を入れて児童が学習するのに可能な時間、例えば、午前9時から午後3時までの6時間観測してみると、1日24時間の約4分の1の時間となる。従来はパソコン教室等でしかパソコンが使えなかったが、最近教室からもインターネットに接続できるようになってきている。そこで、理科の温度調べのように1時間おきに星座カメラによって教室で測定することもできるだろう。それだけではなく、星座カメラi-CANは見ている画像をキャプチャーできるので、見ている画面を1時間おきに記録にとり、それを印刷すれば、児童一人一人が、自分で角度を測り、観測をまとめていく学習が可能となる。6時間は角度にすると、90度となるので、360度の4分の1となり、平行移動ではなく、北極星を中心とした回転移動であることがはっきりするだろう。

今回の実践では、児童の認識実態については、詳細な分析を行うことができなかった。今後児童の認識実態をさらに分析する手立てを検討していきたい。

## 12. おわりに

理科の学習にとって、実験や観察を通して、課題意識を持ったり、自然現象の原理に気づいたりしていくという課程は、たいへん重要である。従来、天文分野の学習は教科書や資料等に依存している部分が多く、「観察」を欠いていた。例えば、今回の学習のような場合、星が1時間に動いている様子を早回ししているビデオを提示していた。しかし、星座カメラi-CANやインターネット望遠鏡を活用することで、天文分野においても「観察」を基本とする理科本来の学習スタイルが可能となってきた。しかも、「観察」のみならず、半具体的視点移動を用いることにより、「観測型」学習も、可能であることが明らかになった。こうした「新しい学習法」が、児童の認知面においても有効に作用するかについては、今後も研究を継続し実践を重ねていく必要がある。

## －付 記－

本研究は、日本教科教育学会第35回全国大会において発表したものを再分析し、再度実践したものを含めて加筆・修正したものである。星座カメラi-CANを開発されたプロジェクトの皆さんとインターネット望遠鏡を提供していただいたフランク・ピノ氏に深くお礼を申し上げる。

## －引用・参考文献等－

- (1) 加藤賢一「小・中学校における天動説と地動説」『地学教育』, 41(3), pp.93-97, 1988
- (2) 縣 秀彦「理科教育崩壊—小学校における天文教育の現状と課題—」『天文月報』 97(12), pp.726-736, 2004
- (3) 佐藤毅彦・前田健悟・松山明道・山崎良雄・坪田幸政・戎崎俊一・川井和彦・奥野光・木村薫・阪本成一・松本直記「ガーナインターネット天文台の構築と星座カメラi-CANプロジェクト」『熊本大学教育学部紀要』, 54, pp.1-9, 2005
- (4) 松本榮次, 松本伸示「カラーカメラを用いた天体観察学習の研究—インターネット望遠鏡や星座カメラi-CAN等を利用して—」『理科教育学研究』, 50, pp.149-158, 2009
- (5) 「ようこそ, 星座カメラi-CANプロジェクトへ! i-CANの教育利用」  
<http://melos.ted.isas.jaxa.jp/i-CAN/jpn/index.html>  
(閲覧日: 2011年4月16日)
- (6) 佐藤毅彦, 前田健吾, 松山明道「星座カメラi-CANを用いた小学校理科天体分野の「観察型」授業」『理科の教育』 2月号, pp.56-57, 2007
- (7) 岡田大爾「児童・生徒の天文分野における空間認識に関する研究—1985年当時の視点移動能力について—」『地学教育』, 62(3), pp.79-88, 2009
- (8) 松森靖夫「児童・生徒の空間認識に関する考察(Ⅲ)—視点移動の類型化について—」『日本理科教育学会研究紀要』, 24(2), pp.27-35, 1982
- (9) 森田裕介, 尾上亜衣子「視点移動能力の育成を支援するWB Lコンテンツの開発: 地球と月の相対運動」『長崎大学紀要』, 41, pp.29-35, 2003
- (10) 松本榮次, 松本伸示「星の動きの認識に関する研究—半具体的視点移動としての星座カメラの可能性—」『理科教育学研究』, 52, pp.57-64, 2011
- (11) 松本榮次, 松本伸示「複数の星座カメラを活用した視点移動に関する研究」『日本総合学習学会誌』, 11, pp.24-31, 2008