

「地学実験及びコンピュータ処理」におけるカリキュラムの改善

東條文治・川上紳一

岐阜大学・教育学部・理科教育講座(地学)

Improvement in the curriculum on "Experimental study on
geosciences with computer processing" for students in science education

Bunji Tojo and Shin-ichi Kawakami

Faculty of Education, Gifu University, Gifu, 501-1193, Japan

要旨

中学校および高校理科教員免許の取得のために単位取得が義務づけられている教職科目「地学実験およびコンピュータ処理」におけるカリキュラムの改善を行った。カリキュラムの改善の背景は、学生が履修する教科専門の授業科目の削減と、学校現場における実践力のある教員を養成するという社会的なニーズがある。天文分野におけるテーマとして、コンピュータを用いた星座に関する演習と、その成果としての人工衛星の観測を導入した。また、重力測定のためのケータの可逆振り子を用いた実験では、実験データをまとめるまでに長い時間がかかり、学生の負担が大きかったが、ビデオカメラによる振動のようすの撮影によって、誤差を小さくし、結果として測定時間の節約につながった。

キーワード：地学実験，ケータの振り子，星座，人工衛星

keywords：experiment, Kater's pendulum, constellation, artificial satellites

1. はじめに

教員養成系大学の学校教育教員養成課程において中学・高校教員免許を取得する学生は、教職科目として、「地学実験及びコンピュータ処理」の単位取得が義務付けられている。この科目の内容については、同じ教職科目「地学概論」などの内容とも関連をもたせたいくつかのテーマについて、実験を行うことになっている。

岐阜大学では、これまで教科専門の授業科目が比較的多く開講されてきており、また地震学分野での地殻構造解析などの研究活動を授業内容に反映させた特色あるカリキュラムで、この科目の授業を行ってきた。すなわち、「地学実験およびコンピュータ処理」の授業内容は、地質学分野と地球物理学分野に分けられており、地球物理学分野のテーマとしては、地震計の原理、重力の測定、地磁気の水平分力の測定、天気図

の作成と湿度の測定であった。

平成17年度から新しいカリキュラムに改正され、教科専門の単位数は大きく削減され、かわって学校現場での指導力を高めるための教職科目が重視されるようになった。こうした変更のなかで「地学実験及びコンピュータ処理」で課してきた地震計の原理は内容が専門的であるため、新しい授業科目群に即した新たなテーマの導入など、カリキュラムの改善の必要性が生じた。また、岐阜大学教育学部では、中期目標として学生一人ずつノートパソコンをもたせ、学習管理システムAIMS-GIFUを有効に活用した授業実践へ向けて環境整備が進んでおり、こうした学習環境の変化に対応したコンピュータ処理の演習を導入するといった改善も必要となってきた。

今回導入する「人工衛星観測ナビゲータ」を活用した星座学習のコンピュータ演習と、実際

に星空のもとで明るい人工衛星を観察する実習については、AIMS-GIFUを用いて、演習で作成した画像や人工衛星観測結果を掲示板に投稿し、学習者の間で情報交換する取り組みを試みた。

一方、重力測定の実験では、これまでケーターの可逆振り子を用いた測定を課してきたが、実験に時間がかかるため、授業時間内に実験結果をまとめることが困難な状況にあった。学生が手ごたえを感じられる、学生のための授業にするためには、実験方法等の工夫が望まれていた。今回、ビデオカメラによる振動のようすの撮影を取り入れることで、測定精度が向上するだけでなく、実験データをまとめるための時間も大幅に節約できるようになったので報告する。

2. 授業の改善内容

2.1 「人工衛星観測ナビゲータ」を活用した星座学習のコンピュータ演習の導入

天文分野の学習において天体観測の実施は、天文学に関する基礎知識がきちんと身についているか確認できる良い機会である。どんなに高度な知識を持っていても、それらを実際に活用できなければ意味がない。このため、学生が目的意識を持って天体観測に取り組み、実践的な

力を身に付けることができる課題の提示を試みた。

目的意識を持って取り組める天体観測として人工衛星の観測を取り上げた。人工衛星を見つけることが課題として掲げられると観察者は、人工衛星を見つけるという確かな目的意識を持って星座の観察に臨む。また、見逃さないためには飛行経路付近の目印となる星の位置や星座などを調べる必用があり、方位や高度といった空間認識や正確な時刻に対しての意識も高くなる。そして、なによりも観測に成功したときに得られる感動がある。人工衛星の観測は、小中学校での星空観察学習で高い学習効果をあげつつある(川上, 2003; 川上ほか, 2003)。こうした星空観察学習の指導者の養成という観点でも有効な演習課題であるといえる。

(1) 星座の学習の実践状況

星座は全部で88個あるが、これをすべて覚える必要はなく、天体観測で実践的に役に立つものを中心に学習するだけでも、星空に対する方向感覚は格段に向上する。

今回課題として選んだ星座は、授業のおこなわれた春から夏にかけて観察することができる主要な星座8つである(北斗七星はおおくま座の一部であり、それ自体は星座ではないが小中学校の教科書に掲載されることが多いため取り上げた)。「人工衛星観測ナビゲータ」を利用し、

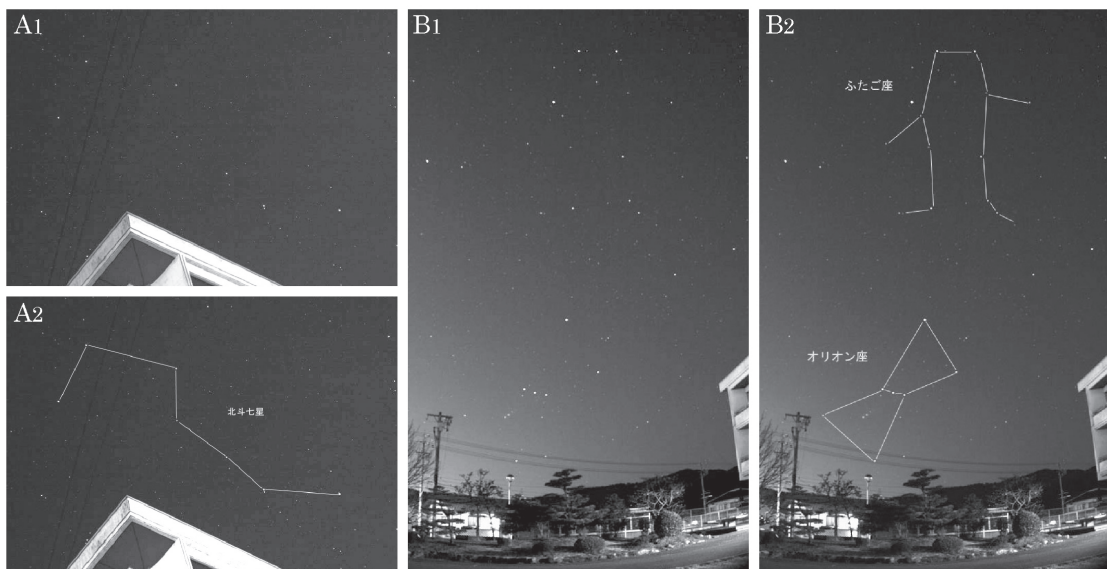


図1 学生が提出した星座演習結果。A：北斗七星，B：ふたご座とオリオン座

これらの星座を含む画像から星座を認定し、目印となる明るい星を線で結ぶ作業をさせた。

課題の画像は岐阜大学教育学部理科教育講座(地学)のホームページ「理科教材データベース」からダウンロードできる。学生は「人工衛星観測ナビゲータ」上の星図を利用し、課題画像にみられる明るい星を目印として星図での位置を特定し、星座を認定を行う。そして、各自画像ソフト上で星座の線作画する。この作業を行う際に、実際にカメラを向けた方位と同じ星の配置を画面に表示させると、確認がしやすいことに注意を促している。各自が作画した結果をファイルに保存し、AIMS-GIFUの掲示板に投稿させた。また、質問などがある場合にも、AIMS-GIFU内の掲示板を利用し教官とやりとりをすることができるようになっている。この課題については各学生が正確に星座の認定をすることができた(図1)。

(2) 人工衛星の観測

人工衛星の観測は、学生それぞれが都合のよい日時を選んで観測を行うことにした。観測に先立って、岐阜大学教育学部理科教育講座(地学)のホームページにアクセスして「人工衛星観測ナビゲータ」を起動し、その日にやってくる



図2 学生が撮影した北斗七星の横を通過する国際宇宙ステーション (ISS)。

る人工衛星の種類、飛行経路、飛行時間を検索し、見つけやすそうなものを選んで観測した。人工衛星を観測するためには野外で星空の観察することが必要だが、このとき授業時間に行った演習が役立つものと期待された。人工衛星の観測結果をレポートしたAIMS-GIFU内の掲示板をみると、見つけやすい星や星座を確認し、人工衛星を見つけようとほとんど全員の学生が取り組んだことが読み取れた。

人工衛星の観測に成功し、撮影した人工衛星の画像をAIMS-GIFUの掲示板に投稿した学生もいる(図2)。しかし、結果的にみると、一部の学生を除いて人工衛星を確認できたという観測結果は乏しかった。これは「人工衛星観測ナビゲータ」に明るさの情報がなかったため、暗い人工衛星を見つけようとしたことが最大の原因であった。

2.2 ケーターの可逆振り子を用いた重力加速度の測定法の改良

重力加速度の絶対測定は装置の改善によってより精度の高いものになってきた歴史がある。振り子を用いて重力加速度を測定する原理は古くから知られており、18世紀末には重力加速度はボルダの単振り子によって測定されるのが一般的となった。その後、精度を上げるため剛体振り子が用いられるようになり、19世紀に入ってからケーターの可逆振り子が使用されるようになった。現在は測地学的にはケーターの可逆振り子による重力測定は行われていないが、科学的な位置づけもあって、大学の地学実験のテーマとして広く取り入れられている。

ケーターの可逆振り子は、2つの支点を持った剛体振り子を用いた重力測定法である。この振り子のそれぞれの支点での振動周期が等しくなるようにおもりの位置を調節する。最終的に周期が一致したときの周期と2つの支点の距離から重力加速度を求めることができる。ケーターの可逆振り子による重力加速度の測定の原理についてはさまざまな解説書がある(例えば、佐々木ほか, 1962; 鈴木・瀬戸, 1974)。

ケーターの可逆振り子には、2つの支点O,

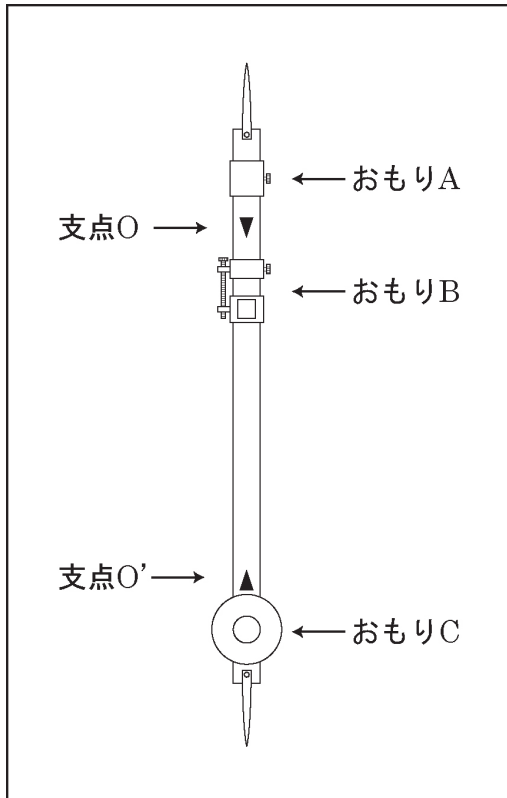


図3 ケーターの可逆振り子

O' と、3つの可動おもりA, B, Cがついている(図3)。支点Oを使って振動させるときは正位置と呼び、支点 O' を使って振動させるときは逆位置と呼ぶ。正位置と逆位置での振動の周期が一致するようにおもりの位置をC, A, Bの順で決めてゆく。これは大きなオーダーで周期を絞り込むのにおもりCの位置の移動を使い、さらに精度を上げるためにおもりAとおもりBによって周期の微調整をおこなうためである。

(1) 測定の作業手順における問題点

ケーターの可逆振り子による測定でネックとなるのは、振動周期の計測である。振動周期の計測データの精度が悪くと、データから得られる正位置と逆位置での振動周期が等しくなる場所がある。この場合、もう一度測定をやり直すことになり、非常に時間がかかってしまう。このような実験の時間の超過が学生の負担にならないように改善が必要とされていた。特に、おもりAの可動範囲によって変化する振動周期が小さ

いため、おもりAの測定で高い精度が必要とされていた。

振動周期の測定で精度を押し下げている原因と考えられるのは周期の測定方法である。振動周期は学生がストップウォッチを使用して測定しているが、押すタイミングのずれによって測定値が影響を受けやすい。計測者自身でも、“今回の測定は止めるのが遅かった”というようなずれの自覚を持つことがある。そういった誤差を減らすために、100回の振動にかかる合計時間(約3分20秒)を計測し、1回の振動周期を算出しているが、まだ十分とはいえない状況である。

こうした状況の改善には、いくつか方法が考えられる。まず、計測する振動回数を増やすことである。1回の振動周期を求めるところで、ストップウォッチの操作によるずれは振動回数で割られることになるので、振動回数を増やせばずれの影響は小さくなる。しかし振動回数が増えると、ひとつの測定に時間がかかるため、再測定がなくても実験時間が増えてしまい、これ以上増やすことは現実的でない。

ほかの方法としては、光センサーを使用した自動的な振動周期の計測装置の使用である。他大学ではそうした装置で実験を行わせている事例があるが、高価である。

そこで今回、ビデオカメラによる測定を考えついた。ビデオカメラでストップウォッチと振り子を一緒に撮影し、スロー再生を使用して、計測開始時と100回目に振り子が基準線を通る時刻を正確に読むことによって、振動周期を測定するのである。この方法ならば、ストップウォッチ操作のような測定者の反射運動によるずれの影響はないと考えられる。また、ビデオカメラはすでに教室にあるので、費用もかからなくてすむメリットがあった。

(2) ビデオ撮影の導入による効果

今回は効果を見るために、従来のストップウォッチによる計測の補助的な方法としてビデオカメラを使用した。学生はストップウォッチで振動周期を計測し、計測データがばらつき、データの信頼性が低いと判断した場合に、ビデオ撮影

した映像から振動周期を測定させ、データを比較させた。

図4にデータ例を示すが、ストップウォッチで測定したものとビデオの映像から判断した周期のデータには大きな差が生じた。それぞれのデータの最小二乗直線に対するデータの平均誤差は正位置が 7.8×10^{-2} から 2.4×10^{-2} 、逆位置で 4.9×10^{-2} から 1.8×10^{-2} へ向上している。正位置と逆位置で同じ周期になるおもりの位置も1cm程度違う。このずれは決して小さいものではない。真の交点がおもりの稼動範囲の両端に近い場合このようなずれによってデータから導かれる交点の値がおもりの稼動範囲を超えてしまうことは十分ありうる。

少なくともこのデータについては、振動周期の測定データのばらつきが、ストップウォッチの操作によるものであることがわかる。なお、ストップウォッチの計測では、すべての学生で周期のデータがばらつくわけではなく、ビデオによる認定とあまりかわらないデータもあった。

こうした測定を取り入れたところ、平成17年度の学生実験においては授業時間終了後まで実験を行わなければならないグループは大幅に減らすことができた。

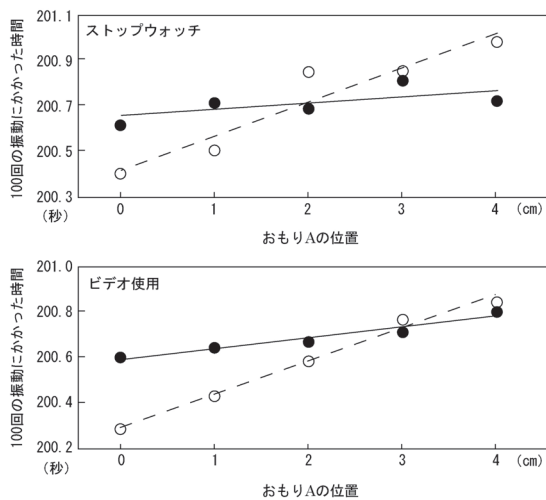


図4 計測データの例。白丸と破線は正位置，黒丸と実線は逆位置のデータ。

3. 考察

星座の演習では学生に星座の形をイメージさせるうえで、作画ソフトを使った作業は有効であった。人工衛星の観察を導入したことで、学生たちは星の観察を繰り返し行い、その結果をAIMS-GIFUの掲示板に投稿した。しかし、人工衛星の観測では一部の学生を除いて満足な観測はできなかった。これは明るさの情報が多かった暗い人工衛星を見つけようとしたことが原因であると考えられる。これについては、本田ほか(2006)の研究成果に基づいて、「人工衛星観測ナビゲータ」に明るさ(等級)の情報を掲載する準備ができた。

ケーターの可逆振り子の振動周期の測定については、従来のストップウォッチの操作による測定と平行してビデオカメラを使用した測定方法を導入した。ビデオ映像による判定からは、通常のストップウォッチによる計測よりも精度の高いデータを得ることができた。結果として再測定の機会が少なくなり、実験時間を節約することができた。ビデオカメラは1秒間に30フレームなので、映像からの読み取りを考えるとデジタルストップウォッチではなくクロノグラフを撮影した方が読み取り精度は向上する。ビデオカメラを使用した測定より精度を上げるとなると、光センサーなどを用いたより高額な装置に頼らざるを得ないだろう。

4. まとめ

「地学実験及びコンピュータ処理」の授業における2つのテーマについては、今回大幅な改善を行うことができた。とりわけ、人工衛星の明るさに関する課題もクリアできる見通しができた。

残る2つのテーマは地磁気の水平分力と気象分野の演習であるが、気象分野の内容については、平成17年度中に岐阜大学教育学部北にある自然観察園に気象観測ロボットとwebカメラが設置される見通しであり、今後、気象観測ロボットのデータを活用した課題を導入していきたいと考えている。

引用文献

- 川上紳一（2003）星座の中を移動する人工衛星を見つけよう！，科学，**73**，931-933.
- 川上紳一・三谷弘敏・長谷川司（2003）明るい人工衛星を観測しよう，楽しい理科授業，**35**，No.444（2003年8月号），52-53.
- 本田和靖・東條文治・川上紳一（2006）人工衛星の観測を取り入れた天文学習のための人工衛星の明るさの観測と光度予測，岐阜大学教育学部研究報告（自然科学），**30**，57-64.
- 佐々木忠義・橘高重義・永田正（1962）ケータの可逆振り子，物理学実験，内田老鶴圃，41-42.
- 鈴木弘道・瀬戸孝夫（1974）重力振子，測地学の概観，日本測地学会，140-143.