東京学芸大学リポジトリ
Tokyo Gakugei University Repository

「初心者でも扱える天体望遠鏡の操作マニュアル」の作成と教育実践

メタデータ	言語: Japanese
	出版者:
	公開日: 2020-11-12
	キーワード (Ja):
	キーワード (En):
	作成者: 川﨑,優太, 土橋,一仁, 矢野,満智子
	メールアドレス:
	所属:
URL	http://hdl.handle.net/2309/159755

東京学芸大学紀要　自然科学系　72: 37－51，2020

「初心者でも扱える天体望遠鏡の操作マニュアル」の作成と教育実践

川﨑　優太*1・土橋　一仁*1・矢野　満智子*2

宇宙地球科学分野

（2020年7月7日受理）

KAWASAKI, Y., DOBASHI, K. and YANO M.: Development of “Astronomical Telescope Operation Manual that even Beginners can Handle” and Educational Practice. Bull. Tokyo Gakugei Univ. Div. Nat. Sci., 72: 37–51. (2020)　ISSN 2434–9380

Abstract

We have developed an “Operational Manual of Astronomical Telescopes” that can be used easily even by beginners. Using the manual, we conducted hands-on training to assemble astronomical telescopes and to observe the Sun for 119 third year junior high school students in Tokyo. We also made a questionnaire survey for the students on their willingness to observe astronomical objects before and after the hands-on training. Based on the results of the questionnaire, we found that the practical lessons for the usage of the astronomical telescopes improve significantly the students’ interest in astronomy. Moreover, we found that many students feel it difficult to align the polar axis and to adjust the balance weight when assembling the astronomical telescopes, probably because they don’t understand the right ascension and declination axes well. Therefore, it is necessary to explain the equatorial coordinates more carefully to the students when teaching them how to use the telescopes.

Keywords: elementary school, junior high school, high school, astronomy education, astronomical telescope

Department of Astronomy and Earth Sciences, Tokyo Gakugei University, 4-1-1 Nukuikita-machi, Koganei-shi, Tokyo 184-8501, Japan

要旨： 本研究では，「初心者でも扱える天体望遠鏡の操作マニュアル」を作成した。また，作成したマニュアルを用いて，東京都内の中学3年生119人に対して天体望遠鏡の組み立てや太陽の観察に関する教育実践を行った。さらに，天体観察についての生徒の意欲に関するアンケート調査を，教育実践の前後に実施した。アンケートの結果から，天体望遠鏡を用いた授業を行うことで，生徒の天文分野に関する興味・関心が向上することがわかった。また，天体望遠鏡の組み立てを行う上で，「極軸合わせ」や「バランスの調整」を難しいと感じる生徒が多いことがわかった。これは，赤経軸・赤緯軸を十分に理解することが難しいためと考えられる。したがって，生徒に天体望遠鏡の操作法を教える際は，赤道座標の説明をより丁寧に行う必要があることがわかった。

＊1　東京学芸大学 広域自然科学講座 宇宙地球科学分野（184-8501　東京都小金井市貫井北町4-1-1）
＊2　東京都立武蔵高等学校・附属中学校（180-0022　東京都武蔵野市境4-13-28）

1．はじめに

3年に一度，OECD加盟国を中心に学習到達度調査が行われている。PISA（Programme for International Student Assessment）とも呼ばれるこの調査では，義務教育修了段階にあたる15歳の生徒に対して，義務教育段階で身につけてきた知識や技能を日常生活でどの程度活用できるかを測っている。日本は，「読解力」，「数学的リテラシー」，「科学的リテラシー」の3分野を，2000年から調査している。最新の調査結果であるPISA2018では，日本の生徒の「科学的リテラシー」の平均得点が，79ヵ国・地域の中で5位という高い水準であることがわかった（OECD 2019）。また，国際教育到達度評価学会が行っている国際数学・理科教育動向調査の最新の結果（TIMSS 2015）でも，小学校理科の平均得点は3位，中学校理科の平均得点は2位という高い水準であることがわかった（Michael et al. 2016）。日本の理科教育の水準が高い要因の1つとして，知識・技能の習得や思考力・判断力・表現力の育成を図ると同時に，これらの力を育むために観察・実験やレポート作成等の活動の充実を図っていることが考えられる（文部科学省 2008a，2008b）。2つの国際調査の結果から，理科教育を行う上で，観察・実験を行うことの重要性が伺える。

また，観察・実験の重要性は，知識・技能や思考力等の習得以外にもある。筆者の周りには，自然科学を専門とする大学院生や研究者が多い。彼らに，何がきっかけで自然科学に心を惹かれたかを尋ねると，学童期や青年期に体験した自然現象や科学実験，化石や天体などの観察などを挙げる人が多い。このことから，観察・実験は，自然科学に対する興味や関心を引き出す上で非常に重要な役割を果たしていると考えられる。

現行の学習指導要領（平成29・30年告示）では，天文学に関連する単元が6項目ある。それらの単元及び単元を学習する校種・学年は，以下に示す通りである（文部科学省 2017a，2017b，2018）。

- 太陽と地面の様子（小学校3年生）
- 月と星（小学校4年生）
- 月と太陽（小学校6年生）
- 天体の動きと地球の自転・公転（中学校3年生）
- 太陽系と恒星（中学校3年生）
- 地球の変遷（高等学校）

理科教育では観察・実験が重要であることから，上記の単元を学習する上で，天体望遠鏡を用いた観察が有用であると考えられる。しかし，平成22年に科学技術振興機構が行った調査では，大学や短期大学の小学校教員養成課程に所属している学生の「観察・実験等の指導に関する自信」について，芳しくない結果が得られている。この調査は，理科の観察・実験及び使用する機器類等の操作法を指導する自信に関するものである。「天体望遠鏡の扱い方」という調査項目で，「自信がある」，「やや自信がある」と回答した学生の割合は，理科選修の学生が3割程度，非理科選修の学生が1割程度であることがわかった（小倉ほか 2011）。天体望遠鏡の扱いに自信を持てない学生が多い理由の1つとして，天体望遠鏡を使う機会が少ないことが考えられる。教員養成大学である東京学芸大学（以後，本学）も例外ではない。本学では，天体望遠鏡の扱い方を1年次の「地学実験」で学習する。地学実験は，本学で理科を中心に学ぶ理科選修・理科専攻の学生（以後，理科生）の1年次の必修単位であり，2019年度は136人が受講した。これは，将来理科を教える可能性がある本学の1年生全体の2割程度である。また，理科生でも，地学実験以外で天体望遠鏡に触れる機会はほとんどない。そのため，大学卒業時には天体望遠鏡の操作方法を忘れている学生も多い。このような経験の少なさが，小中学校や高等学校で教職に就いたときに天体望遠鏡を扱う自信を持てない原因になっていると考えられる。

そこで我々は，天体望遠鏡を用いた実験・観察を各学校段階で行いやすくするために，「初心者を対象とした天体望遠鏡の操作マニュアル」（以降，マニュアル）を作成した。本論文では，作成したマニュアルと，マニュアルを用いて行った教育実践について紹介する。

2．「初心者でも扱える天体望遠鏡の操作マニュアル」の作成

作成したマニュアルを，図1に示す。マニュアルでは，赤道儀式架台に搭載した口径8㎝の屈折式望遠鏡（ビクセン製）を例に取り，天体望遠鏡の組み立て方や天体の観察方法を説明している。まず，望遠鏡を扱う上での注意点について述べた上で望遠鏡の組み立て方について解説し，太陽や惑星などの天体の観察方法について紹介している。図1では，マニュアルはA4サイズの用紙7枚分に分割されているが，完成時には，折りたたんで持ち運べるA2サイズのリーフレット形式にまとめることができるようになっている。

Ⅰ．目標

・赤道儀式の天体望遠鏡の扱い方を習得しましょう。

・天体望遠鏡で，太陽の黒点，月のクレーター，土星のリングなどを観察しましょう。

Ⅱ．注意点

1．望遠鏡で太陽を直接見ないこと

望遠鏡で直接太陽を見ると失明します！
太陽を観察する場合は，投影法を用いましょう。また，小さな子供と一緒に太陽を観察する場合は，子供が不意にファインダーをのぞき込まないように注意しましょう。観察を中断する際は，望遠鏡を太陽が無い方向に向けておきましょう。

2．望遠鏡を大切に扱う

望遠鏡は精密機器です。雑に扱うと壊れてしまうので，大切に扱いましょう。特に壊しやすい部品はネジです。ネジの山と谷が正しく噛み合っていないのにネジを無理に回したり，ネジをきつく締めつけ過ぎたりして，壊してしまうことがあります。また，主鏡やファインダーのキャップを無くさないようにしましょう。観察中に使わないキャップやアイピースは，すぐに決めた場所にしまいましょう。

3．周辺環境に注意を払う

怪我をしたり，他の観測者に迷惑をかけないよう，注意しましょう。観測場所を決める際は，崖や川などの危険な場所は避けましょう。車や野生動物にも気をつけましょう。夜間に移動する際は，懐中電灯で足下を照らして怪我をしないようにしましょう。また，他の観測者がいる場合は，大声で話したりせず，懐中電灯などの光も必要最小限に留めましょう。

Ⅲ．望遠鏡の組み立て

ここでは，赤道儀式の屈折式天体望遠鏡（鏡筒：Vixen AP80Mf，架台：Vixen AP Advanced Polaris）を例に，組み立て方を説明します。

1．観測場所を決める

まずは観測する場所を決めましょう。観測に適した場所は，地面が平で近くに街灯などが無い場所です。また，道路脇などの危険な場所は避けましょう。

2．三脚と架台を設置する

観測場所が決まったら，三脚と架台を設置します。設置するときには，三脚の脚の長さを揃え，架台が水平になるようにしましょう。

3．鏡筒を取り付ける

鏡筒を取り付けましょう。取り付けるとき，鏡筒のみが外れている場合と，鏡筒と鏡筒バンドが一緒に外れている場合があります。それぞれの場合について，取り付け方を説明します。

⚠鏡筒を落とさないようにしましょう！

鏡筒バンド

●鏡筒のみが外れている場合

手順①：鏡筒バンドが鏡筒を下から支える姿勢（図の様な状態）にして，架台に固定されている下側の鏡筒バンドに鏡筒を乗せます。

手順②：上側の鏡筒バンドを鏡筒に被せ，ネジで鏡筒を固定します。

●鏡筒と鏡筒バンドが一緒に場合

手順①：右下図を参考に，鏡筒バンドのアタッチメントプレートを，プレートホルダーに乗せます。

手順②：ネジを回して鏡筒バンドを固定します。

・黒いネジの先端に，アタッチメントプレートの溝が当たるようにします。

・黒いネジを締めます。

・銀色のネジを締めます。

図1　作成したマニュアル

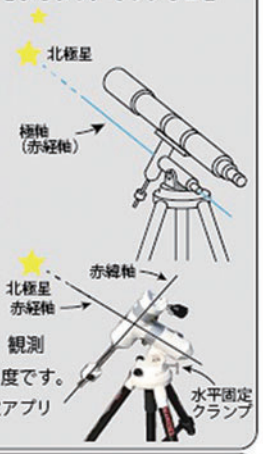
4．極軸を合わせる

天体望遠鏡の極軸（赤経軸）を地軸（地球の回転軸）に合わせましょう。そうすることで，天体の日周運動を簡単に追尾できます。

手順①：赤経軸を真北に向けます。

太陽の南中時にできる影を利用して地面に引いた南北の線や，方位磁針を使うと良いでしょう。方位磁針には，スマートフォンのコンパスアプリを用いても良いです。

⚠方位磁針は磁北を指すので注意しましょう。真北と磁北の成す角を偏角と言います。2020年2月6日現在，東京での偏角は約7度です。



手順②：水平固定クランプを回して，赤経軸と地面の成す角を，観測地点の緯度に合わせます。東京学芸大学の緯度は，北緯35.7度です。

架台に角度目盛が付いていないものは，スマートフォンの角度測定アプリや水平器を使うと良いでしょう。

5．バランスを調整する

鏡筒を取り付けたら，赤経軸回りと赤緯軸回りのバランスを調整しましょう。バランスが取れていないと，観測中に鏡筒が勝手に動くことがあります。観測をスムーズに行うことができないだけでなく，望遠鏡を壊したり，怪我をしたりします。

手順①：望遠鏡を右の図のような姿勢にしましょう。

手順②：赤経軸回りのバランスを取ります。

- 赤経軸用のクランプを緩めます。
- バランスウェイトの位置を右の図のAのように動かして，鏡筒とバランスウェイトが釣り合うようにします。
- 釣り合ったら，バランスウェイトのネジを締め，緩めたクランプも締めましょう。

手順③：赤緯軸回りのバランスを取ります。

⚠鏡筒を落とさないように手で押さえながら作業をしましょう。

⚠鏡筒バンドが完全に開くと鏡筒が落下する恐れがあるので，鏡筒バンドのネジは緩めるだけで外さないように注意しましょう。

- 赤緯軸用のクランプを緩めます。
- 鏡筒バンドのネジを少し緩め，鏡筒の位置を右上図のBの方向にスライドさせます。鏡筒を少し回しながら動かすとスライドさせやすいです。
- 鏡筒が赤緯軸回りに回転しないように，釣り合いを取ります。
- 釣り合ったら，鏡筒バンドのネジを締め，緩めたクランプも締めましょう。

6．ファインダーを合わせる

望遠鏡とファインダーが同じところを見るように，ファインダーを調整します。

【ファインダーとは？】

ファインダーとは，望遠鏡（主鏡）の横についている小型の望遠鏡のことです。主鏡よりも倍率が低く，視野が広いです。

【ファインダーを使う理由】

主鏡は倍率が高いので，見たい天体にすぐに望遠鏡を向けることは難しいです。低倍率のファインダーの中心を主鏡が見ているところに合わせておくと，天体をファインダーの中心に合わせるだけで主鏡の視野に天体を入れることができます。

手順①：主鏡とファインダーのキャップを全て外し，紛失しないように箱の中などにしまいます。

手順②：右の図のように，主鏡にアダプター2を取り付けた後，アイピースを取り付け，ネジで固定します。

アイピースには低倍率用のもの（焦点距離が20mmや40mm）を用いましょう。

手順③：右下図のように遠方の目標物（ここではクレーンの先端）に，主鏡のピントを合わせます。ピントの調節は，ピント調節用のつまみを回すことで行います。

目標物は，ビルの角などが良いです。

視野（見えている範囲）の微調整を行いたい時は，微動ハンドルを回すと良いです。

手順④：ファインダーの視野の中心（黒い十字線の中心）に主鏡で見ている目標物が来るように，ファインダー調節ネジを回します。

⚠ファインダーは，一度調節したら触らないようにしましょう。せっかく合わせたファインダーが狂ってしまいます。

図1　続き

Ⅳ．月，惑星，星などを観察する

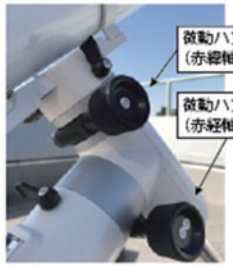
望遠鏡の設定が完了したら，月や惑星などを見てみましょう。

手順①：ファインダーの中心に，観察したい天体を導入します。

手順②：主鏡を覗き，主鏡の中心に観察したい天体が来るように微調整しましょう。

微調整を行う際には，微動ハンドルを用いると良いです。

月などの明るい天体を見る場合は，しぼりをつけて光量を減らしましょう。
必要に応じて，アイピースの倍率を変えましょう。



しぼり無し

しぼり有り

【観測の例】

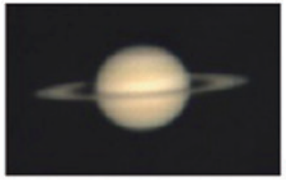
1．**月**

望遠鏡の倍率を変えることで，月の全体像やクレーターなどを見ることできます。

月

2．**惑星（金星，火星，木星，土星）**

金星の満ち欠けや，土星のリング，木星の４つの月（ガリレオ衛星）などを見ることができます。



土星

3．**星雲や星団**

プレアデス星団（すばる）やオリオン座大星雲を見ることができます。

プレアデス星団

Ⅴ．太陽を観察する

太陽の観察方法について説明します。太陽は望遠鏡を直接覗いて観察することができないので，太陽の像を太陽投影板（スクリーン）に投影して，その像を観察します。

1．ファインダーにキャップをつける

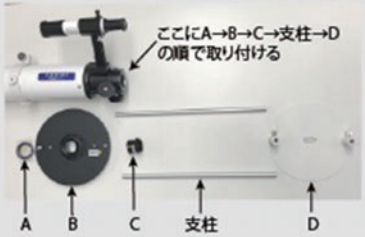
⚠ ファインダーに太陽光が入ると思わぬところに焦点を結び，加熱して危険なので，ファインダーにはキャップをつけましょう。

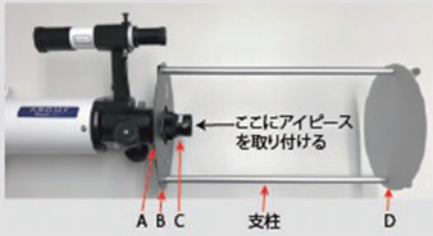
2．アイピース等を全て取り外す

アイピースとアダプター（１と２）を取り外し，右図のような状態にしましょう。取り外した部品は，すぐに決めた場所にしまい，無くさないようにしましょう。

3．太陽投影板を取り付ける

太陽投影板（たいようとうえいばん）を取り付けます。まず，下図を参考にして，太陽投影板用のリング (A) を取り付けます。次に，遮光板（しゃこうばん）(B)，アダプター (C)，支柱，太陽投影板 (D) の順で取り付け，最後に，アイピースをアダプター (C) に取り付けます。



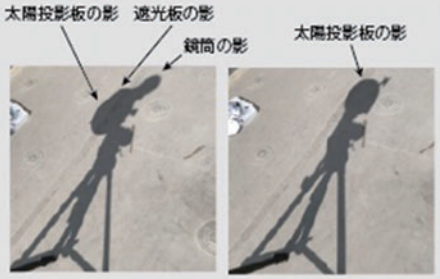


4．バランスを調整する

太陽投影板を取り付けると，バランスが崩れてしまいます。そのため，もう一度バランスを調整しましょう。調整方法はⅢ-５を参考にしてください。

5．太陽の像を投影する

太陽投影板に太陽の像を投影します。投影は，地面や遮光板 (B) に写る鏡筒の影を頼りに行います。鏡筒を動かして，鏡筒の影が一番短くなるようにすると，太陽の像が太陽投影板 (D) に映ります。微動ハンドルを用いて像の位置を調整しましょう。太陽の像の大きさは，太陽投影板 (D) のアイピースからの距離を変えることで調整できます。



写真の取り直り

図１　続き

図１　続き

３．教育実践

３．１　教育実践の概要

作成したマニュアルを評価するために，マニュアルを用いた教育実践を行った。教育実践は，2020年２月18日に，東京都武蔵野市にある都立武蔵高等学校附属中学校第３学年の１～３組（合計119人）を対象に行った。３つのクラスに対して，それぞれ50分の授業時間中に，校舎屋上のプールサイドで望遠鏡の組み立てを行い，太陽投影板に太陽の像を映して観察した。当日の天候は晴れであった。

３．２　事前アンケート

教育実践を行う前に，１～３組の生徒全員に対して事前アンケート（図２）を行った。事前アンケート実施日に欠席した生徒を除く107人から回答が得られた。事前アンケートでは，「過去に天体望遠鏡を扱った経験の有無」や「天体望遠鏡を用いて観察を行うことへの意欲」に関する３つの質問を選択式で回答させたほか，「天体望遠鏡を用いて観察をする上で不安なこと」や「天体望遠鏡を用いて観察したい天体」に関する３つの質問を記述式で回答させた。

アンケートの結果を，質問毎に図３～図６にまとめる。記述式の質問（Q３，Q５，Q６）では，１人の生徒が複数の回答をしている場合があるため，回答数と生徒数は必ずしも一致していない。以下では，事後アンケートの質問と区別するために，事前アンケートの問題番号は，番号の前に「前」という文字を付けて表す。例えば，事前アンケートのQ１は「前Q１」である。

まず，過去に天体望遠鏡を扱った経験について質問した前Q１及び前Q２の結果を図３に示す。回答した生徒107人の半数以上が，過去に天体望遠鏡を用いて観察を行った経験があることがわかった。一方，自らの手で天体望遠鏡を組み立てて操作し，天体の観察を行った経験のある生徒は全体の約17％（18人）にとどまり，多くの生徒は，組み立て・操作経験が無いことがわかった。

次に，自らの手で天体望遠鏡を組み立てて操作し，その上で天体観察を行うことへの意欲について質問し

た前Q４の結果を，図４に示す。この結果から，全体の約70％（74人）の生徒が「A：そう思う」，「B：ややそう思う」と回答しており，自ら天体望遠鏡を扱うことに対して意欲的な生徒が多いことがわかった。また，前Q２で組み立て・操作経験が１回以上あると回答した生徒（18人）のうち，前Q４で「A：そう思う」または「B：ややそう思う」と回答した生徒は17人，「C：どちらとも言えない」と回答した生徒は１人であった。このことから，過去に組み立て・操作経験のある生徒は，より意欲的であることがわかった。

このアンケートは，「初心者にも分かりやすい天体望遠鏡の組み立てマニュアル」を制作するための参考にさせていただくものです。得られたアンケート結果は，学術論文等で公表する場合がありますが，皆さんの個人情報の取り扱いには十分注意いたしますので，ぜひご協力をお願いいたします。　アンケート責任者：東京学芸大学教職大学院１年　川﨑優太

天体望遠鏡に関する事前アンケート

クラス＿＿＿　出席番号＿＿＿　名前＿＿＿＿＿＿＿＿

Q１．今まで，天体望遠鏡で月などの天体を見たことは何回ありますか？
（科学館などでの観望会を含む）

A）０回　B）１回　C）２～３回　D）それ以上

Q２．自分で天体望遠鏡を組み立てて操作し，天体を観察したことは何回ありますか？

A）０回　B）１回　C）２～３回　D）それ以上

Q３．Q２でＡ以外に印をした人に聞きます。
その時，難しいと感じたこと，何か困ったことなどはありましたか？

Q４．自分で天体望遠鏡を組み立てて操作し，天体を観察したいと思いますか？

A）そう思う　B）ややそう思う　C）どちらとも言えない　D）あまり思わない　E）思わない

Q５．自分で天体望遠鏡を組み立てて操作する上で，心配なことはありますか？

Q６．天体望遠鏡を用いて，観察してみたい天体はありますか？
例）太陽，木星，月のクレーター

アンケートは以上です。ありがとうございました。

図２　事前アンケート

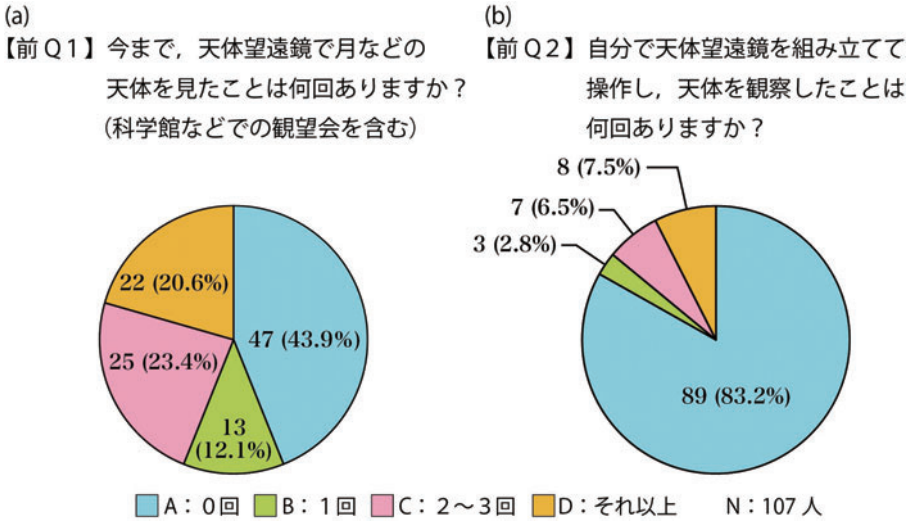


図3　(a) 事前アンケートのQ1の結果，(b) 事前アンケートのQ2の結果

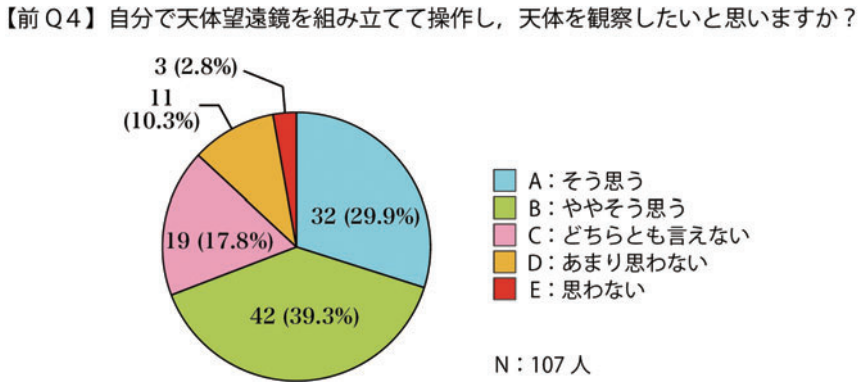


図4　事前アンケートのQ4の結果

天体望遠鏡の組み立てや操作を行う上で，苦労したことや心配なことについて質問した前Q3と前Q5の結果を，図5に示す。前Q3では，組み立て・操作経験が1回以上ある生徒（前Q2でA以外を選択した生徒）のみに対して，組み立てや操作をする際に苦労したことについて質問した。前Q5では，生徒全員に対して，自ら天体望遠鏡の組み立てや操作を行う上で心配なことについて質問した。前Q3の結果からは，過去に組み立て・操作経験がある生徒の多くが，「主鏡の視野に天体を導入すること」や「天体望遠鏡の組み立てや操作」に苦労したことがわかった。また，「組み立てや操作」に分類した8人の回答のう

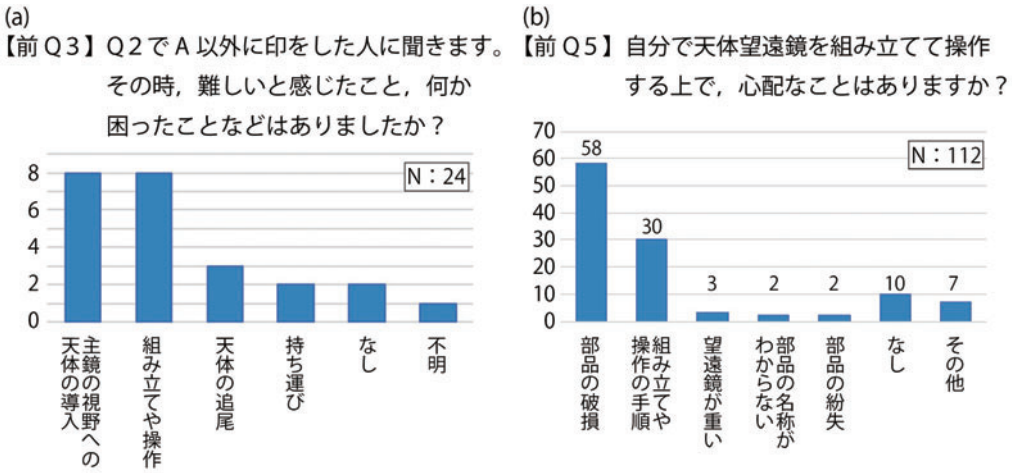


図5　(a) 事前アンケートのQ3の結果，(b) 事前アンケートのQ5の結果

ち，５人がピントの調整に苦労したことを挙げた。前Q５の結果からは，部品の破損を危惧する回答が半数以上を占めることがわかった。危惧する理由として，「天体望遠鏡が高価なものであるから」という回答が６つあった。天体望遠鏡は日常的にはあまり使わない比較的高価なものであるため，破損させてしまうことに不安を感じていると考えられる。

最後に，天体望遠鏡を用いて観察してみたい天体について質問した前Q６の結果を，図６に示す。この結果から，月や土星，太陽を観察したい生徒が多いことがわかった。また，この質問では様々な回答が得られた。例としては，ベテルギウスや星雲，国際宇宙ステーション（ISS）などがあった。

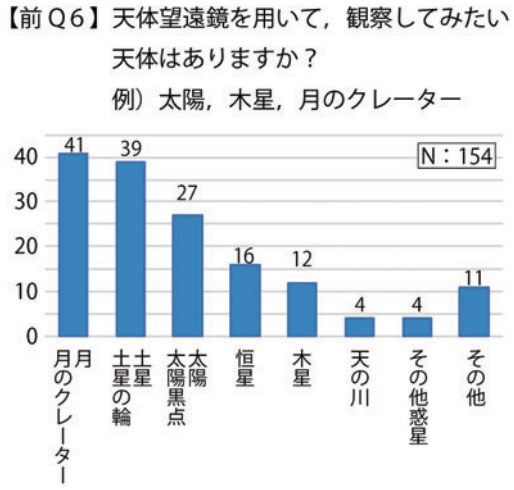


図６　事前アンケートのQ６の結果

３．３　実践の内容と生徒の様子

教育実践は，約40人のクラス毎に生徒を８班に分けて天体望遠鏡の組み立てを行わせた。指導者（川﨑・土橋・矢野）は各班を巡回し，組み立てにつまずいている班があれば，適宜指導を行った。実践の具体的な流れを表１に示す。また，実践の様子を図７に示す。各班とも，班員同士が協力しつつ，積極的に天体望遠鏡を組み立てていた。しかし，組み立て中につまずいている班も多く，特に「極軸合わせ」，「バランスの調整」，「ファインダーの調整」には苦労しているようだった。授業時間内にファインダーの調整まで完了した班は，３クラスとも８班中１～２班にとどまった。これらの班に対しては，太陽投影板を取り付けさせ，太陽の観察まで行わせた。また，ファインダーの調整まで完了しなかった班に対しては，授業時間の都合上，太陽投影板の取り付けを完了した班の所に集合させ，一緒に太陽の観察を行わせた。

表１　教育実践の内容

	指示・指導内容
準備 （5分）	望遠鏡を扱う際の注意点を説明する。 ● 主鏡及びファインダーを覗いて，太陽を見ない。 ● 慎重に扱う。 ● グリースがついた手で望遠鏡を触らない。 （グリースが手についた場合は，直ちに石鹸で手を洗う。） ● プールに落ちないようにする。
展開 （42分）	● 生徒を８つの班（１班：４～５人）に分ける。 ● 各班に１台ずつ望遠鏡を与える。 【指示】 班のメンバーで協力して天体望遠鏡を組み立ててください。早めに完成した班は，太陽投影板の取り付け及び太陽の観察を行ってください。 望遠鏡を組み立てさせる。 ● 組み立てが遅れている班があれば，こちらから声を掛け，組み立て方を教える。 ● 早めに組み立てが完了した班に対しては，太陽の観察を行わせる。 （授業時間内に太陽投影板の取り付けを行うのが難しい場合は，教員が取り付けを行う。） ● 授業終了の10分前までに，最低でも１台の望遠鏡に太陽投影板を取り付ける。 ● 時間内に望遠鏡の組み立てが完了しなかった班は，組み立て作業を中断させ，太陽投影板を取り付けた望遠鏡を用いて太陽の観察を行わせる。
片付け （3分）	望遠鏡を片付けさせる。 ● アイピース・アダプター・太陽投影板等を取り外し，ケースにしまう。 ● 架台から鏡筒を取り外す。

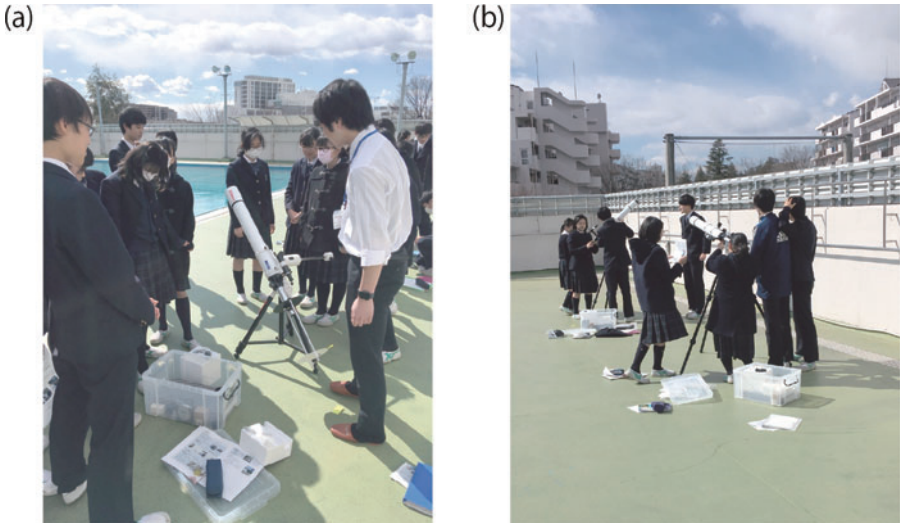


図７　教育実践中の（a）太陽の観察時と，（b）望遠鏡の組み立て時の様子

３．４　事後アンケート

教育実践終了後に，事後アンケートを行った（図８）。教育実践当日に欠席した生徒を除く105名から回答が得られた。事後アンケートでは，「天体望遠鏡を用いた観察への意欲」に関する質問を選択式で回答させたほか，「天体望遠鏡の組み立てや操作を行う上で難しく感じたこと」や「マニュアルを見ていて分かりにくかった部分」に関する質問について，記述式で回答させた。また，生徒が「教育実践を通して一番大切だと感じた部分」について，オリジナルのマニュアルを作成させた。

得られた回答を，図９～図13にまとめる。記述式の質問では，事前アンケートと同様に，１人の生徒が複数の回答をしている場合があるため，回答数と生徒数は一致していない。事前アンケートの質問と区別するために，事後アンケートの問題番号は，番号の前に「後」という文字を付けて表す。例えば，事後アンケートのＱ１は，後Ｑ１である。

図９は，自ら天体望遠鏡を取り扱う意欲について質問した後Ｑ１の回答である。この結果から，約82％（86人）の生徒が「Ａ：そう思う」，「Ｂ：ややそう思う」と回答しており，教育実践前より，自ら天体望遠鏡を扱うことに対して意欲的な生徒が増えたことがわかった。

自ら天体望遠鏡を扱う意欲（前Ｑ４と後Ｑ１）について，教育実践前後での変化を比較した結果を，図10に示す。この図の横軸は前Ｑ４の回答であり，縦軸は同一の生徒の後Ｑ１の回答である。図中の数字は，回答者数である。例えば，図10の左上の23という数字は，前Ｑ４で「Ａ：そう思う」と回答した生徒のうち，後Ｑ１で「Ａ：そう思う」と回答した生徒が23人いることを表している。この結果からも，自ら天体望遠鏡を扱うことに対して意欲的な生徒が増えたことがわかる。特に，前Ｑ４で「Ｃ：どちらとも言えない」，「Ｄ：あまりそう思わない」と回答した生徒の意欲が向上していることがわかる。

天体望遠鏡の組み立てや操作を行う上で難しく感じたことについて質問した後Ｑ２の結果を，図11に示す。最も多い回答は，「天体望遠鏡の組み立て時にどこを操作すれば良いかわからない」であった。その理由として，「天体望遠鏡の部品が多いから」ということを挙げた者が多かった。特に，ネジやクランプの多さに困惑している生徒が多いようである。この他に，「極軸を合わせる」，「バランスの調整」，「用語が難しい」などを挙げた者も多い。

最後に，生徒に作成させたマニュアルについてまとめる。生徒には，「教育実践を通して一番大切だと感じた部分」について，Ａ４用紙１枚にまとめさせた。生徒がまとめた内容とその内訳を，図12に示す。この結果から，「バランスの調整」，「極軸合わせ」をまとめた生徒が多いことがわかった。作成させたマニュアルの例を，図13に示す。

このアンケートは，「初心者にも分かりやすい天体望遠鏡の組み立てマニュアル」を制作するための参考にさせていただくものです。得られたアンケート結果は，学術論文等で公表する場合がありますが，皆さんの個人情報の取り扱いには十分注意いたしますので，ぜひご協力をお願いいたします。
アンケート責任者：東京学芸大学教職大学院　1年　川﨑優太

天体望遠鏡に関する事後アンケートと宿題

クラス＿＿＿　出席番号＿＿＿　名前＿＿＿＿＿＿＿＿

● **アンケート**

Q1．授業を受けて，自分で天体望遠鏡を組み立てて操作し，天体を観察したくなりましたか？

A）そう思う　B）ややそう思う　C）どちらとも言えない　D）あまり思わない　E）思わない

Q2．天体望遠鏡を組み立てて操作する上で，難しいと感じた部分はありましたか？

Q3．マニュアルを見ていて分かりにくいと感じた部分があれば。教えてください

● **宿題**

天体望遠鏡の授業を通して一番大切だと思った部分を，この紙の裏面にまとめてください。図や色ペンなどを使っても構いません。裏面に収まらなかった場合は，他の紙に追加で書いても良いです。

例）極軸を北極星に向ける部分が一番大切だと思った場合，大切だと思った理由や極軸を北極星に向ける方法，その時の注意事項を，絵や文字でまとめてください。

アンケートは以上です。ありがとうございました。

図8　事後アンケート

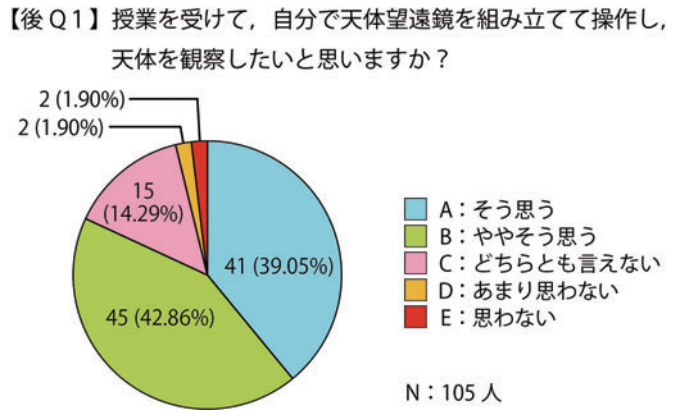


図9　事後アンケートのQ1の結果

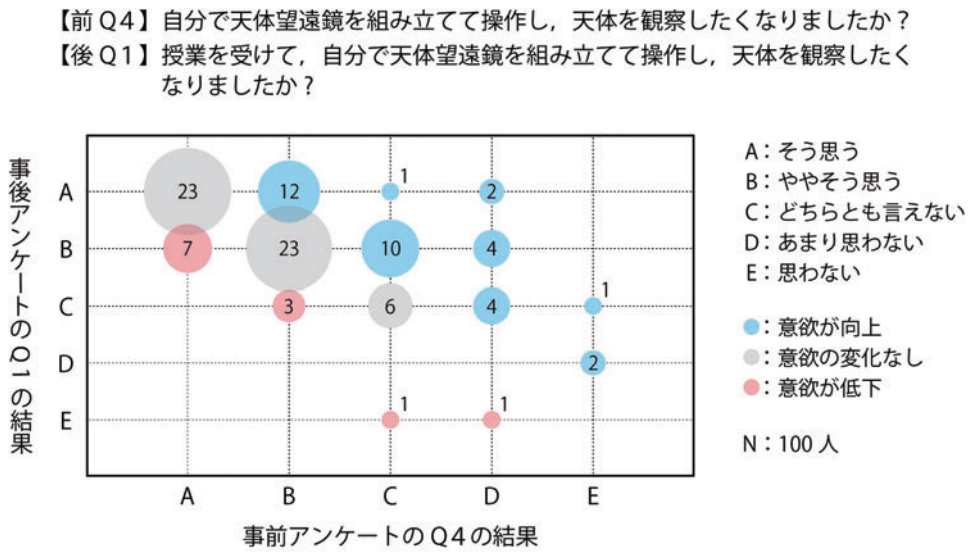


図10　事前アンケートのQ4と，事後アンケートのQ1の回答の比較

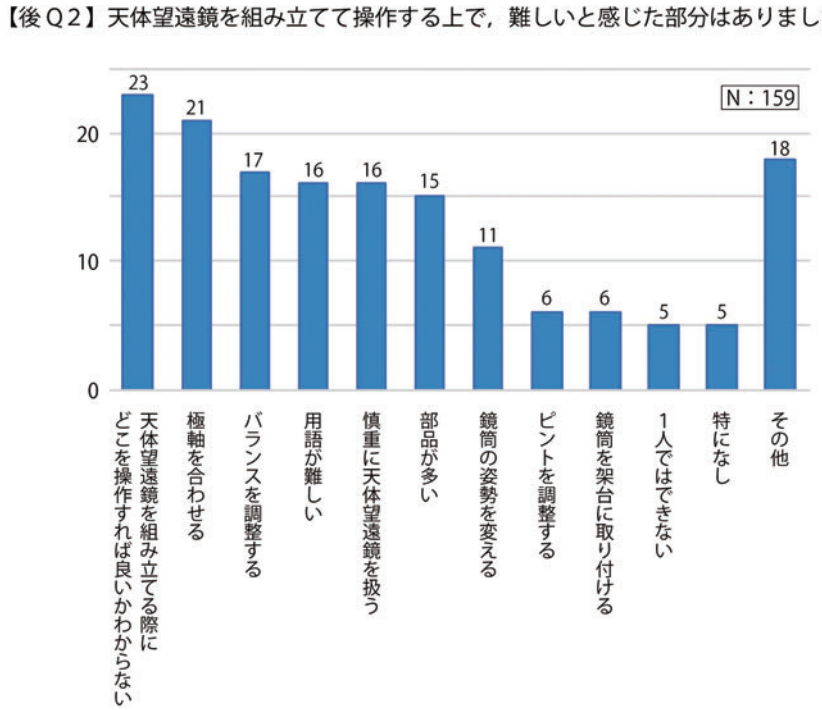


図11　事後アンケートのQ2の結果

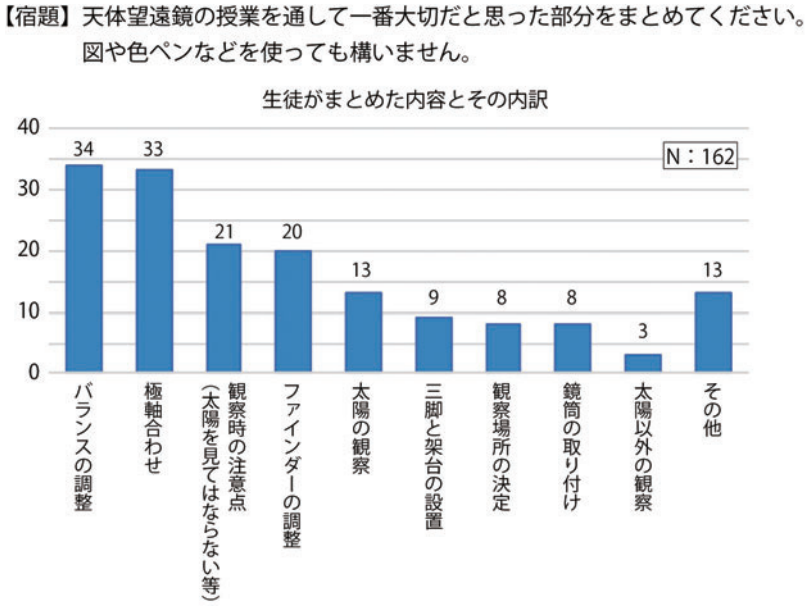


図12　宿題の回答内容とその内訳

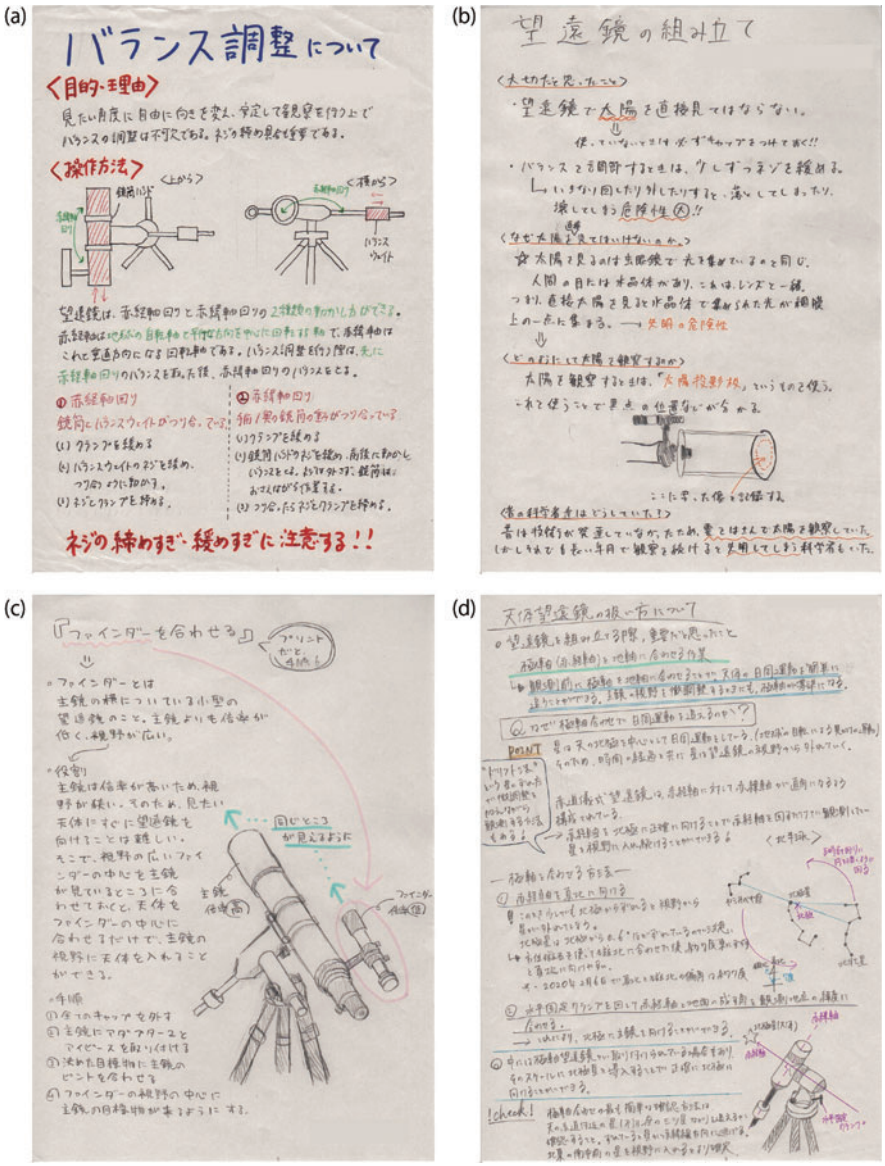


図13 宿題の回答例　(a) バランスの調整を説明している例，(b) 太陽の観察を説明している例，
(c) ファインダーの調整を説明している例，(d) 極軸合わせを説明している例

４．考察

４．１　天体望遠鏡を用いた授業を行う意義

図10より，教育実践後は，自ら天体望遠鏡を取り扱う意欲が向上していることがわかる。このことから，少なくとも今回の教育実践では，天文分野に関する生徒の興味・関心を引き出すことができたと考えられる。しかし，今回の教育実践は１つの学校の特定の生徒を対象とした限定的なものである。生徒の興味・関心の変化を調べるためには，より多くの生徒に対して教育実践及びアンケート調査を行う必要がある。

４．２　作成したマニュアルの改善点

後Q２の結果から，「極軸合わせ」や「バランスの調整」の説明を改良する必要があるほか，部品の説明を増やす必要があることがわかった。

まず，「極軸合わせ」及び「バランスの調整」の改善点についてまとめる。この２つの操作を難しいと感じる生徒が多い理由は，赤経軸・赤緯軸の理解が難しかったためと考えられる。教育実践及びアンケート結果から，「極軸合わせ」や「バランスの調整」について，以下のことに苦労している生徒が多いことがわかった。

A）極軸合わせ
- 赤経軸・赤緯軸が，架台のどこに対応しているのかわからない。
- どちらの軸を極軸に合わせれば良いかわからない。

B）バランスの調整
- 軸に対して，鏡筒がどのように動くかわからない。

これらはいずれも，赤経軸・赤緯軸の理解不足によるものである。そのため，２軸の説明をより多くマニュアルに取り入れる必要がある。それぞれの軸周りに鏡筒を動かしている様子を写真でまとめることが有効であろう。しかし，動きを伴う説明を文章や図で伝えるには限界があるので，動画を取り入れたマニュアルの作成を視野に入れる必要がある。

次に，部品の説明を増やす改善点についてまとめる。事後アンケートから，天体望遠鏡には部品が多く，組み立ての際に混乱する生徒が多いことがわかった。特に，赤経軸と赤緯軸のクランプは同じ形をしているため，組み立て時に混乱を招くと考えられる。マニュアルでは，図14のように写真で説明をしている。しかし，生徒は写真と実際の天体望遠鏡を照らし合わせることができていなかった。そのため，より広い範囲を写した写真を使用してクランプの位置を説明する必要がある。また，天体望遠鏡全体を写した写真に部品の名称を示すことも有効であると考えられる。

図14　マニュアル上でのクランプの説明写真

５．まとめ

本研究で得られた結果を，以下にまとめる。

① 「初心者でも扱える天体望遠鏡の操作マニュアル」を作成した。マニュアルでは，天体観測を行う際の注意点や天体望遠鏡の組み立て方，天体の観察方法をまとめている。

② 都立武蔵高等学校附属中学校の第３学年の生徒を対象に，作成したマニュアルを用いて教育実践を行った。また，実践の前後にアンケート調査を実施した。アンケートの結果から，天体望遠鏡を授業に用いることで，天文分野に関する生徒の興味・関心を高めることができた。

③ 教育実践中の生徒の様子や事後アンケートの結果から，「極軸合わせ」や「バランスの調整」に苦労する生徒が多いことがわかった。これは，生徒が天体望遠鏡の扱いに不慣れなことや，赤経軸・赤緯軸などの用語の理解が難しいためと考えられる。そのため，マニュアルでは，それぞれの軸が架台のどこに対応しているかわかる写真や，それぞれの軸周りに鏡筒を動かしている写真を取り入れる必要がある。また，天体望遠鏡の全体を写した写真に部品などの名称を示した図を取り入れることも有効であると考えられる。

④ 教育実践中の生徒の様子や事後アンケートの結果から，紙媒体のマニュアルでは鏡筒の動かし方などを伝える上で限界があると感じた。今後，マニュアルの改良を図る上で，動画マニュアルの作成を視野に入れる必要がある。

謝辞

本研究では，都立武蔵高等学校附属中学校の第３学年の生徒を対象に教育実践を行った。教育実践にご協力いただいた同校の教職員の方々，生徒の皆さんに感謝致します。また，教育実践という貴重な機会を斡旋して下さった東京学芸大学の中西史先生に感謝致します。

引用文献

Michael O. Martin, Ina V.S. Mullis, Pierre Foy & Martin Hooper (2016), TIMSS 2015 International Results in Science, Retrieved from Boston College

OECD (2019), PISA 2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do, PISA, OECD Publishing, Paris, p.114

小倉康，佐藤明子，山家真二，花上和己，小澤隆行，渡辺伶子，松本誠，鈴木絵里子（2011），「理科を教える小学校教員の養成に関する調査報告書」，独立行政法人　科学技術振興機構　理科教育支援センター，p.101

文部科学省（2008a），「小学校学習指導要領解説　理科編」，大日本図書，p.2

文部科学省（2008b），「中学校学習指導要領解説　理科編」，大日本図書，p.2

文部科学省（2017a），「小学校学習指導要領（平成29年 告示）解説　理科編」，大日本図書，pp.42-44，pp.59-60，pp.92-93

文部科学省（2017b），「中学校学習指導要領（平成29年 告示）解説　理科編」，大日本図書，pp.104-108

文部科学省（2018），「高等学校学習指導要領（平成30年 告示）解説　理科編　理数編」，大日本図書，pp.174-179