

## 理科教材用天体写真の撮影に関する研究

### Study on the Astrophotography for Teaching Aids in Science Education

原 稔

HARA Minoru

理科教育において実験・観察はますます重視されているが、天文分野の観察は制約が多いため実施しにくい面があり、天体写真等の視聴覚教材が活用されている。初等・中等教育では市販教材の利用だけではなく、その地域で撮影された写真等を利用することは教育効果が大きいと考えられる。近年、デジタルカメラの進歩により天体写真の撮影が容易になり、初心者向け解説書も数多く出版されている。そこで、授業で使用する星空写真を撮影するための教員向けマニュアル作りをもくろみ、失敗例を含めて実際の撮影例を数多く掲載することにした。本稿では、そのうちのいくつかを紹介し、使用機材や撮影条件についての簡単な解説を加えた。

キーワード： 理科教育教材、天体写真、デジタルカメラ、撮影方法、撮影例

#### 1. はじめに

理科教育において実験・観察はますます重視されてきている。その中で天文分野の観察は、天候を始めとして多くの制約に縛られるため観察計画が立てにくい。多くの観察対象は夜間にしか見ることができない上、季節や時間帯にも左右されるので、ある天体の観察好期というのはかなり限定されることになる。そのため、天文分野の授業では必然的に視聴覚教材の利用が多くなる。優れた教材も市販されているが、初等教育ではその地域で撮影された写真等を使用すると児童・生徒が強い興味・関心を寄せ、大きな教育効果が期待できる。そこで、天体写真撮影に関しては初心者である教員用に、自分のクラスの授業で使用する星空写真を撮影するためのマニュアルを作成することを計画し、その参考例になる写真を数多く撮影することにした。

天体撮影に必要な機材に目を向けると、最近のデジタルカメラの進歩は目覚ましく、フィルムを使用していた銀塩写真の時代に比べると、天体写真の撮影ははるかに容易になった。これに伴い、この数年間に、デジタルカメラを使用した天体写真撮影に関する入門書が多数出版されているので、本研究の多くの場面で参考にした<sup>1) - 8)</sup>。まず、デジタルカメラが初心者にとってありが

たいのは、撮影直後に写り具合を確認できるため、失敗してもすぐに撮り直しが可能なことである。また、デジタルカメラの心臓部に当たる撮像素子は、画素数の飛躍的な増大とともに撮影感度も大幅に向上したため、比較的短い露出時間で暗い天体も高解像度で撮影できるようになった。このようにして撮影した天体写真は、コンピュータを利用した画像処理を駆使することによって、画像は一段と精彩になり、新たに多くの情報を与えてくれる<sup>6) - 8)</sup>。しかし、初心者用のマニュアルを作るという観点から、本稿では画像処理には触れないことにした。

## 2. 撮影準備

### 2.1 撮影用機材

#### 2.1.1 カメラ

コンパクト・デジタルカメラとして、キャノン製Power Shot S120型を使用した。主な仕様は、絞りF1.8-8.0、撮像素子は1/1.7型高感度CMOS、約1,280万画素、焦点距離5.2-26.0mm、ISO感度80-12800、シャッター速度250-1/2,500秒である。シャッターの開放時間を250秒まで選べることは、暗い被写体の撮影がほとんどを占める星空撮影には好都合である。撮影モードには星空モードがあり、星空夜景、星空軌跡、星空インターバル動画の3種から選択できる。このカメラをコリメート撮影に使用するときには、ビクセン製デジタルカメラ・クイックブラケットIIを利用して、望遠鏡の鏡筒に固定した。

デジタル一眼レフカメラとして、キャノン製EOS 60D型を使用した。撮像素子はAPS-C/22.3×14.9mm /CMOS、1,800万画素である。カメラレンズには、シグマ製ズームレンズ17-50mmF2.8を使用した。ISO感度100-12,800。シャッター速度は30-1/8,000秒でバルブ付きである。液晶モニターは可動式であるため、特に天頂付近の天体を撮影する場合でも無理な姿勢を強いられることなく、落ち着いてピント合わせや構図決めをすることができる。

#### 2.1.2 望遠鏡

望遠鏡は、タカハシ製作所製FS-60CB型の接眼ユニットにFC-76DC対物ユニットを接続し、FC-76DC型と同じ仕様にして使用した。対物レンズはフローライトの口径76mm、焦点距離570mm、口径比1:7.5である。ファインダーは同社製6倍30mm型を取り付けた。

コリメート撮影には、トミーテック製BORG65望遠鏡を使用した。対物レンズは口径65mm、焦点距離450mmであり、口径比は1:6.9である。接眼部にはf25mmの接眼レンズを装着した。

自作の太陽投影板を利用する場合には、安価な望遠鏡工作キットのオルビス製スピカ型を使用した。対物レンズは口径40mmで焦点距離は420mmである。接眼レンズはf12.5mmを使用した。

#### 2.1.3 赤道儀

コンパクト赤道儀として、ビクセン製星空雲台ポラリエを使用し、ビクセン製ポラリエ・ミニポルタアダプターを介してビクセン製ミニポルタ経緯台に搭載した(写真3)。ポラリエには極軸望遠鏡は装着せず、北極星のぞき穴を利用しておおまかな極軸合わせを行った。ポラリエの回転

軸にスリック製自由雲台を取り付けてカメラを装着し、撮影時には星追尾モードで使用した。

望遠鏡を搭載する赤道儀にはビクセン製GP2型赤道儀を使用し、ビクセン製SXG-AL130型三脚に取り付けた。赤道儀の使い勝手をよくするために、ビクセン製赤経モーター、赤緯モーター、極軸望遠鏡を追加取り付けした。

#### 2・1・4 その他

電動フォーカサー： 望遠鏡のピント合わせをする際、手で合焦ハンドルを操作するとカメラの液晶モニター内の星像が揺れて合焦点が確認しにくい。そこで、合焦ハンドルを外し、代わりに国際光器製電動フォーカサーを取り付けて合焦点を確認しやすくした。

タイマーリモートスイッチ： カメラのシャッター速度よりも長時間の露出が必要な場合には、エツミ製タイマースイッチを使用して露出時間を設定した。

光害カット・フィルター： 市街地で長時間露出により星空写真を撮影する際、街灯など人工照明の影響で空全体が明るく写り、星像が見分けにくくなる。これは地表近くの大気中の微細な埃や希薄な霧などにより人工光が反射されるためである。これを防ぐために、夜間照明として広く使用されている水銀灯やナトリウム灯の光を吸収する IDAS 製薄膜干渉フィルター LPS-P2 型を、一眼レフカメラの撮像素子前面に IDAS 製 EOS-MFA アダプターを利用して取り付け<sup>9)</sup>。

ディフュージョン・フィルター： デジタルカメラでピントを正確に合わせると、どの星も非常にシャープに写るため等級による差が見分けにくくなり、写真上で目的の星座をたどることが難しくなる。そこで、必要な場合には、カメラレンズ前面にケンコー製ディフュージョン・フィルター、プロソフトン A・ワイド型 (77mm) を装着して、星像をわずかに滲ませて明るい星ほど大きく写るようにした。

この他、天頂付近の天体を望遠鏡視野に導入する際に、無理な姿勢をしなくて済む 90 度正立ファインダーとして GS 社製 8×50mm 型を使用した。また、手元を照明するために、赤色と白色の切り替えができるマゼラン製 LED ヘッドランプ Heddy-RW 型を使用した。夏期の蚊の被害を受けないようにするためには、革製の薄手手袋と頭部にかぶる農作業用防虫ネットが有用であった。

## 2・2 撮影方法

### 2・2・1 固定撮影

星空のもっとも簡単な撮影方法であり、必要なものは、写真 1 のようにカメラとそれを固定するための三脚だけである<sup>7)</sup>。シャッターを押す時のカメラの振動を防ぐには、レリーズやリモートスイッチを使うと良い。日周運動による天体の見かけの動きは、オリオン座などがある天の赤道付近が最も大きいため、露出時間が長くなると星は点ではなく軌跡として写ることになる。また、カメラレンズの焦点距離が長くなるにしたがい、星像が点と見なせる露出時間は次第に短くなる。ただし、月の撮影では、望遠鏡の接眼レンズにカメラのレンズを密着させて固定することにより、クレーターや海などの月の地形を拡大して撮影することができる (コリメート撮影、写真 2)。これは、月が星に比べて非常に明るいので、露出時間を大幅に短くすることができるからである。



写真1. 固定撮影法



写真2. コンパクトカメラによるコリメート撮影  
カメラは市販のデジカメラアダプターで固定

### 2・2・2 追尾撮影

長時間露出の場合でも星を点像として写すときには、カメラを常に撮影したい星の方向に向けておくことができる赤道儀を使用する必要がある。モータードライブ赤道儀は、地球の回転軸（地軸）と平行な軸である極軸をモーターで1日1回転の速さで回転させているため、極軸上に設置したカメラを撮影前に目的の天体に合わせておけば、撮影中のカメラ視野内の星の位置関係は変わらないので、星を点像として写すことができる。広角レンズを使用して広い範囲の星空を撮影する場合には、極軸の多少のずれは許容されるため、北極星導入用の穴に北極星が見えるように赤道儀の方向を調整するだけの簡単な方法で済ますことができる。一方、赤道儀に望遠鏡を搭載して星空を撮影する際には、極軸望遠鏡を使用して、極軸をより正確に天の北極に合わせる必要があるため、極軸望遠鏡は必需品である。写真3のような最近話題のカメラ搭載用のコンパクト赤道儀では、北極星導入穴形式を採用した例が多く、写真4のような望遠鏡を搭載する赤道儀では極軸望遠鏡内臓の機種が多い。



写真3. 経緯台に取り付けたコンパクト赤道儀  
カメラは自由雲台を介して極軸上に固定



写真4. 赤道儀に搭載した望遠鏡とカメラ  
直焦点撮影の様子

### 3. 結果および考察

#### 3.1 コンパクト・デジタルカメラによる撮影

固定撮影による短時間露出の例として、おおぐま座の一部である北斗七星を写したものを写真5に示す。このカメラの場合、星空夜景モードを選択してシャッターボタンを押すだけで、このような写真を撮ることができる。ほとんどの星座は1枚の写真に入るので、小学校の星の集まりの授業や中学校の星座の授業に役立つ写真を容易に準備することができる。また、学校の建物や樹木など地域の特徴的な地上風景を入れることにより、学習に親しみを持たせることもできる。

星空軌跡モードでは、写真6に示すように撮影時間内の星の動きを軌跡として表示することができる。このモードでは、30秒間ずつの露出で設定時間内に写真を撮り続け、画像合成テクニックの一つである比較明合成をカメラの内部で自動的にしているようである<sup>6)</sup>。そのため、撮影時間(10-90分)が長くなっても写真の空の明るさが増すことはない。写真6では天の北極付近の軌跡は短く、北極から赤道方向へ離れるにしたがって軌跡が長く伸びていることは一目瞭然である。

星空インターバル動画モードでは、最近注目されているタイムラプス動画撮影のように<sup>8)</sup>、撮影時間(1-2時間)内の1分毎に連続撮影した写真を、カメラの内蔵ソフトで動画にすることができる。再生時には、2時間の現象を8秒間に縮めて表示できるので、地上の見慣れた風景を入れて撮影すると、実感をもって星々の動きを理解することができる。



写真5. 短時間露光の固定撮影

北斗七星 2014年5月27日 23:02

f5mm 絞り F1.8 露出 10秒 ISO800

キャノン Power Shot S120 星空夜景モード

撮影地・富山市



写真6. 北斗七星の10分間の軌跡

北斗七星 2014年5月27日 23:23

f5mm 絞り F1.8 露出 30秒 ISO200

撮影時間 10分間 キャノン Power Shot S10

星空軌跡モード 撮影地・富山市

次に、コンパクト・デジタルカメラを写真2のように望遠鏡の接眼レンズに密着させ、固定撮影で月のコリメート撮影をした例を示す。写真7は、トリミングなしの生の写真である。コリメート撮影では、天体望遠鏡を肉眼で覗いたように倒立像が得られる。月がやや滲んだように見えるのは、撮影当時、月の付近に薄い雲があったためである。写真8は、写真7の中央部を切り取って拡大し、180°回転した画像である。ややピントが甘いのが、比較的安価な望遠鏡とコンパクト・

デジタルカメラの組み合わせで、月のクレーターや海を大きく写し出すことができるので、月の満ち欠けの学習に役立てることができる。



写真 7. コリメート撮影による月齢 18.8 の月  
2014 年 6 月 16 日 23:54  
BORG65 f450mm 接眼レンズ f25mm  
キャノン Power Shot S120 f5mm 絞り F4  
露出 1/50 秒 ISO80 撮影地・富山市



写真 8. 月齢 18.8 の月の拡大写真  
2014 年 6 月 16 日 23:54  
写真 7 の画像の中央部を切り取り、  
180° 回転して拡大した画像

### 3・2 デジタル一眼レフカメラによる撮影

一眼レフカメラを使用すると、カメラレンズを交換したり、カメラレンズの代わりに望遠鏡の対物レンズを使用したり、各種のフィルターを活用したりと星空撮影の可能性を一段と上げることができる。

写真 9 には、ズームレンズの長焦点端を使用したカメラをコンパクト赤道儀に搭載して撮影したオリオン大星雲 M42 付近を示す。使用したコンパクト赤道儀には極軸望遠鏡は組み込まれていないが、写真 9 をコンピュータ画面上で 200%以上に拡大すると分かるように、肉眼では見えないような暗い星もしっかりと点像に近い状態で写っている。

写真 10 から写真 12 は、光害カット・フィルターとディフュージョン・フィルターの効果を試したものであり、フィルター以外の撮影条件は同じにしてある。ズームレンズの短焦点端に設定したカメラは、極軸望遠鏡で極軸合わせをした赤道儀に搭載した。撮影場所は富山市中心部から 2km ほど離れた住宅地で、街灯は道路脇に散在している程度であるが、空は市中心部の明るい人工照明の影響を受けている。画面左側の白い線は電線である。写真 10 はフィルターを使用しない場合であり、空はかなり明るく写り、1 等星さえも確認しにくい状態である。光害カット・フィルターを使用した写真 11 では、大気中の微粒子による水銀灯とナトリウム灯の反射光をフィルターが吸収しているため、空はかなり暗く写っている。しかし、星はどれもシャープな点像として写っているため、1 等星でさえも確認しにくい。一方、ディフュージョン・フィルターも併用した写真 12 では、空は暗いままで明るい星が大きい点像として写っているために確認しやすくなっただけでなく、暗い星も見えるようになっている。写真 12 の上部にはアルクトゥルス、下部には

左から土星、スピカ、火星が写っているのが容易に確認できる。このように、光害カット・フィルターとディフュージョン・フィルターを併用すると、市街地における人工光の影響が抑制され、星をより見やすく撮影できることが分かる。星空撮影に最も適した場所は、都市部から遠く離れた人工光の影響がない山間部の高地であるが、適当なフィルターを使えば遠出をする必要もなく、市街地の見慣れた風景を取り入れた星空写真の撮影が可能になり、理科の教材用写真を撮る上では好都合であることが明らかである。



写真 9. 追尾撮影によるオリオン座 M42  
2014年1月1日 23:41  
コンパクト赤道儀ポラリエ  
キャノン EOS60D f50mm 絞り F4.0  
露出2分 ISO400 フィルターなし  
撮影地・神奈川県秦野市



写真 10. 2014年6月の南の空(1)  
2014年6月1日 22:43 GP2 赤道儀  
キャノン EOS60D f17mm 絞り F4.0  
露出2分 ISO400 フィルターなし  
撮影地・富山市



写真 11. 2014年6月の南の空(2)  
2014年6月1日 22:12 GP2 赤道儀  
キャノン EOS60D f17mm 絞り F4.0  
露出2分 ISO400 光害カット・フィルター  
LPS-P2 撮影地・富山市



写真 12. 2014年6月の南の空(3)  
2014年6月1日 21:51 GP2 赤道儀  
キャノン EOS60D f17mm 絞り F4.0  
露出2分 ISO400 光害カット・フィルター  
LPS-P2 ディフュージョン・フィルター  
プロソフトン A 撮影地・富山市

写真 13 以降は、デジタル一眼レフカメラを使用して、赤道儀に搭載した望遠鏡で直焦点撮影し

た写真である。直焦点撮影では、望遠鏡の接眼レンズとカメラレンズは外し、望遠鏡の対物レンズをカメラの超望遠レンズとして使用することになり、正立像が得られる。

写真 13 と写真 14 には、約 1 日の間隔を置いて撮影した木星とその 4 大衛星の姿が写っている。暗い衛星の撮影を目的にしたために木星本体は露出オーバーになっているが、この 2 枚の写真から、天体の動きに関して二つのことを読み取ることができる。一つ目は、4 大衛星の位置が 1 日の間はかなり変化しているということである。ある日時における木星の衛星の位置は、毎年発行されている天文年鑑等を参照することによって、特定することができる<sup>10) 11)</sup>。写真撮影の日時から、写真 13 の衛星は左からカリスト、イオとガニメデの重なり、木星、エウロパであり、写真 14 は同じく左からカリスト、ガニメデ、木星、イオとエウロパの重なりであることが分かる。この 4 大衛星を発見したガリレオは、毎日の観測からこれらの小天体が木星の周りを回っていることを知り、地球以外の天体の周りを他の天体が回することは天動説では説明できないことから、地動説が正しいことを確信したといわれている<sup>12)</sup>。このような科学史上の重要な現象を、比較的簡単な道具で確認できることは、児童・生徒にとって興味深いことと考えられる。二つ目として、写真 13 では木星の左側に見えている明暗 2 個の恒星が、写真 14 では木星のほぼ下側に位置している。このことから、木星は 1 日でこの二つの恒星の右側から上側に向けて移動したことが分かる。そのため、この時期の木星は星座の間を西から東に向かって移動していたこと、すなわち順行していたことが分かる。これも天文年鑑等のデータから容易に確認することができる<sup>11)</sup>。



写真 13. 直焦点撮影による木星と衛星 (1)

2014 年 5 月 31 日 20 : 21 GP2 赤道儀  
タカハシ FC-76DC f570mm F7.5  
キャノン EOS60D 露出 20 秒 ISO400  
撮影地・富山市  
トリミングして少し拡大した画像



写真 14. 直焦点撮影による木星と衛星 (2)

2014 年 6 月 1 日 20 : 42 GP2 赤道儀  
タカハシ FC-76DC f570mm F7.5  
キャノン EOS60D 露出 20 秒 ISO400  
光害カット・フィルター-LPS-P2  
撮影地・富山市  
トリミングして少し拡大した画像

写真 15 は直焦点撮影による土星の写真である。ただし、記載した条件で撮った元の写真では、土星の環は全く確認できず、やや細長い白い点にしか見えない。元の写真を大幅に拡大したものが写真 15 であり、これほど強拡大しても土星の環をはっきり確認できるということは、カメラの



解像度がいかに優れているかということにほかならない。さらに鮮明な写真を得るためには、長焦点の望遠鏡を用いて同じ条件の写真をたくさん撮り、画像処理の平均化テクニックを利用する必要がある<sup>6)</sup>。どこの星空観望会においても、最も人気のあるのは土星だそうである。小型望遠鏡で小さな米粒のようにしか見えない土星に環があることを確認しただけでも、大学生が歓声を上げるくらいであるから、小中学生にもぜひ体験させたいものである。

写真 16 はプレアデス星団 M45 であり、和名を「すばる」という。ハワイにある日本最大の望遠鏡の名前にも使われており、清少納言のお気に入りの天体であったことでも有名である。ガリレオが 400 年ほど前に、現代から考えると非常に粗末な望遠鏡を覗きながら描いたスケッチと写真 16 を見比べると、彼のスケッチがいかに精密であったかがよく分かる<sup>1 2)</sup>。著者は勤務先の授業で、小型望遠鏡を使って月やプレアデス星団のスケッチをすることを大学生に課してきたが、どれもガリレオのスケッチには遠く及ばない。昨今の大学生は、スケッチよりもカメラ付きケータイでコリメート撮影することに熱心であり、著者としては、星空に興味を持ってくれるのであればそれも良しとしている。



写真 15. 直焦点撮影による土星  
2014 年 5 月 18 日 21 : 38 GP2 赤道儀  
タカハシ FC-76DC f570mm F7.5  
キャノン EOS60D 露出 1/20 秒 ISO400  
光害カット・フィルター-LPS-P2  
撮影地・富山市  
トリミングして大幅に拡大した画像



写真 16. 直焦点撮影によるプレアデス星団 M45  
2014 年 10 月 30 日 1 : 08 GP2 赤道儀  
タカハシ FC-76DC f570mm F7.5  
キャノン EOS60D 露出 60 秒 ISO400  
光害カット・フィルター-LPS-P2  
撮影地・富山市

写真 17 は、オリオン座の三ツ星の南側にあるオリオン大星雲 M42 である。記載した条件で撮影した生の写真であり、赤や青に光るガス雲は新しい星が生まれている領域として、なにかと話題が多いところである<sup>1 3)</sup>。写真 18 は、銀河系銀河の隣にある銀河として有名なアンドロメダ銀河 M31 である。微かに暗黒帯も確認できるが、ISO 感度を上げたり、露出時間を延ばしたりして、もうすこし鮮明な写真を得る必要がある。この銀河は、ハッブルが膨張宇宙に関する研究を始める切っ掛けになった銀河としても有名である<sup>1 4)</sup>。学生たちがこの銀河を双眼鏡や小型望遠鏡で観察しているとき、今見ている光は 230 万年前にあの銀河を出発してようやく地球に届いた光だと

説明しても、彼等の反応はあまり芳しくない。おそらく、教科書に掲載されている大望遠鏡で撮影した写真のように見えるものと期待していたのに、視野に見えるのは微かな雲の切れ端のようなものに過ぎず、非常に見劣りしたためであろう。



写真 17. 直焦点撮影・オリオン大星雲 M42  
2014年10月30日1:18 GP2赤道儀  
タカハシFC-76DC f570mm F7.5  
キャノンEOS60D 露出3分 ISO400  
光害カット・フィルターLPS-P2  
撮影地・富山市



写真 18. 直焦点撮影・アンドロメダ銀河 M31  
2014年10月30日0:53 GP2赤道儀  
タカハシFC-76DC f570mm F7.5  
キャノンEOS60D 露出10分 ISO400  
光害カット・フィルターLPS-P2  
撮影地・富山市

### 3・3 自作器具の利用

写真19は、安価な組み立てキットの望遠鏡に自作の太陽投影板を取り付けて、日食観察をしているところである。この方法はガリレオの著書にも記載されていて<sup>12)</sup>、失明の危険性もなく、多人数で同時に観察できる優れた方法である。市販の太陽投影板は立派にできているが高価である。写真の投影板は、白紙を画鋸で張り付けた木製板を細い木製角棒と荷造り紐で鏡筒に固定しただけであるが、日食時以外にも黒点の観察に活躍している。天体観察の器具・装置というと金属製で精密加工したものを思い浮かべるが、現在も木製の三脚やドブソニアン経緯台キットが市販されている。このような木製あるいはプラスチック製材料を利用した安価な教材は、子どもたちが作りながらその構造と機能を理解できるという点で意義があり、理科におけるものづくりの観点から今後も引き続き残して行ってもらいたいものである。



写真19. 自作太陽投影板による日食観察  
2012年5月21日6:58 撮影地・富山市

#### 4. おわりに

デジタルカメラの急速な進歩によって、初心者も少しの練習を積むことにより、初等・中等教育に役立つ理科教材用星空写真を撮影できる時代になってきた。理想的な星空写真は、高感度の撮像素子とF値の明るいレンズを使って、人工光の影響が少ない人里離れた山奥で撮影されるのに対して、ごく普通のコンパクト・デジタルカメラとそれほど高価ではない望遠鏡やコンパクト赤道儀を利用しても、児童・生徒に馴染み深い風景を入れた星景写真が撮影可能であることは大変意義深いことである。さらに、タイマースイッチを巧妙に利用して撮影した多数の星空の静止画像を利用して、長時間の自然現象を短時間に縮めて表示できる動画等は、手軽に作製できるこれからの教材として大いに期待される。

#### 謝辞

本研究の一部は、平成25年度富山第一銀行奨学財団の助成を受けたことを付記し、ここに謝意を表します。

(平成26年度富山第一銀行奨学財団研究助成セミナー「研究成果発表会」(平成26年7月11日、富山国際会議場)において一部を発表)

#### 参考文献

- 1) 中西昭雄, デジタルカメラによる天体写真の写し方, 誠文堂新光社(2010)
- 2) 谷川正夫, 誰でも写せる星の写真, 地人書館(2011)
- 3) 沼澤茂美, デジタルカメラによる星座写真の写し方, 誠文堂新光社(2011)
- 4) 牛山俊男, デジタルカメラによる星空の撮り方, 誠文堂新光社(2013)
- 5) 榎本 司, デジタルカメラによる月の撮影テクニック, 誠文堂新光社(2013)
- 6) 西条善弘, 天体写真のレタッチテクニック, 誠文堂新光社(2013)
- 7) 谷川正夫, 驚きの星空撮影法ーデジタル一眼と三脚だけでここまで写るー, 地人書館(2014)
- 8) 竹本宗一郎, タイムラプス動画撮影テクニック, 誠文堂新光社(2014)
- 9) <http://www.ica.to/space/optical-filter/LPS-P2/LPS-P2.htm> (2015年2月)
- 10) 藤井 旭, 星空ガイド 2014, 誠文堂新光社(2013)
- 11) 天文年鑑編集委員会編, 天文年鑑 2014, 誠文堂新光社, p.132-145(2013)
- 12) ガリレオ・ガリレイ, 星界の報告 (岩波文庫 33-906-5), 岩波書店 (山田慶児, 谷 泰 訳), (1976)
- 13) オデール, C. R., オリオン星雲ー星が生まれるところー, 恒星社厚生閣 (土井ひとみ訳, 土井隆雄監修), (2011)
- 14) ハッブル, E., 銀河の世界 (岩波文庫 33-941-1), 岩波書店 (戎崎俊一訳), (1999)