

天文教育分野の免許状更新講習の実践と課題

講習「星とのコミュニケーション

— 子どもたちの天体に対する興味・関心に応えるために — を終えて

宮川 祐一

仁愛大学人間学部

Implementation and Issues of Astronomical Education : On a Teacher's License Renewal Course

“Communication with the Stars –Responding to Children’s Interest of the Stars–”

Yuichi MIYAGAWA

Faculty of Human Studies, Jin-ai University

教員免許状更新講習の一講習として、天文教育に係る講習を担当した。天文の分野は、子ども達の好奇心や興味をかき立てる分野である。しかし、中学校でその学びが終わり高校以降は全くその内容に触れていない場合や、学習があっても取り組み内容や経験不足が指摘されている領域であり、引いては教師の苦手意識にも繋がっていると言われている。この講習では、講義と実習を組み合わせ、天体に関する基礎的な知識の確認と野外において天体望遠鏡の組立や設置とそれらを使った星の観察を行った。この講習において実施した事前アンケートや事前課題、事前テストの結果からも知識や経験の不足が表れていた。しかし、星座早見盤や望遠鏡の使い方の実践・天体の観察などを通して、教師自身の経験から得られた天体の見方の変化（感動）を教育の現場で伝えることの自信へと繋がっていく道筋が得られた。特に、惑星表面の色や模様、土星の環の構造、月面の大小クレーター列などは天体望遠鏡の活用効果を高めて、夜間の天体観察にふさわしい対象となるので実習内容に加えておきたい。

キーワード：免許状更新講習 天文教育 天体観察実習 天体望遠鏡

1. はじめに

平成19年6月の改正教育職員免許法の成立により、平成21年4月1日から教員免許更新制が導入された。平成28年9月時点における平成28年度の免許状更新講習の認定一覧¹⁾によれば、認定大学等の数は、528となっている。なお、平成28年4月から免許状更新講習の内容が変わり、これまでの「必修領域」の内容及び時間数の見直し（12時間→6時間）と、学校種・免許種等に応じた「選択必修領域」の導入（6時間）となった。このうち選択領域（受講者が任意に選択して受講する領域）では、511の大学等で実施されており、講習の数は7589となっている。なお、必

修領域は807講習（昨年度は823）、選択必修領域は1751講習となっており、昨年度の選択領域は7845講習であった。

2. 講習内容の検討と確認

今回は、教員側の苦手意識も指摘されている天文分野の講習内容について検討し、「星とのコミュニケーション — 子どもたちの天体に対する興味・関心に応えるために —」と題した講習を実施することを決定した。

ところで、教員免許状更新講習の開設状況を更新講習検索サイトである「教員免許管理システム」で調べ

てみた²⁾。この検索サイトでは、講習概要等が掲載されており受講者の講習選択に有用な情報閲覧ができる。教科「理科」関連の開設状況をキーワード検索すると、図1に示すように、高校の理科の中で履修者の最も少ない地学分野が極めて少ないこと³⁾⁴⁾に則したような講習数の分布になっている。さらに、地学領域の用語を用いて検索した結果を図2に示す。

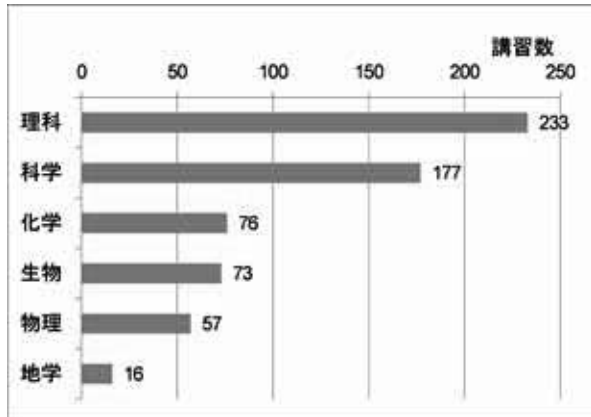


図1 科目に関するキーワード検索結果

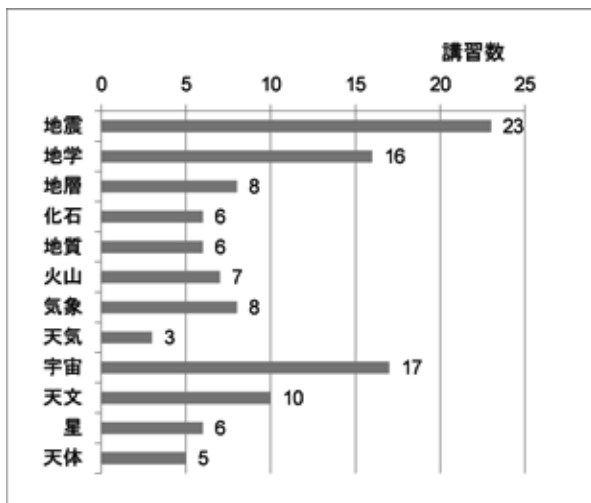


図2 地学領域のキーワード検索結果

このうち、「宇宙」、「天文」、「天体」、「星」の4つのキーワード検索結果からその重複分と「宇宙」の中に含まれる物理や科学技術主体の講習を除くと天文教育関連の対面講習数は21講習となった。さらに「地学」に含まれていた1講習を加えると22講習となる(22講習の中には、同一内容を複数回実施されるものもの含まれる)。

さらに、講習シラバスや検索サイトから確認できたものからその講習内容を調べると、講義主体の講習は

12件である。その他の10件は、望遠鏡の製作やその操作実習、あるいは天体シミュレーションソフトウェア操作などを採り入れた講習としており、天体望遠鏡実習に特化した講習⁵⁾(東京学芸大学)も行われている。実習を採り入れている理由としては、教える側の教員が学生時代に天文教育に接する機会が少なかったこと、よって天体望遠鏡の扱い方にも慣れていないことなどに起因する苦手意識の解消を狙ったもので、天文教育講習の要点と考えられる。

3. 講習の特徴・ねらい

仁愛大学では平成23年度から教員免許状更新講習を行っているが、子ども教育学科を持つ関係から幼稚園や保育園などを勤務先とする受講者が多い。このことも踏まえて、初等教育における天文分野の教育に対する困難さ⁵⁾⁶⁾を解消するために、講義と実習を組み合わせさせた内容とした。小学校4年生では、天文に関する単元「夏の星」、「月や星の動き」、「冬の星」、6年生では「太陽と月の形」がある。しかし、これらの学習には、①昼間は星が見えない②天候に左右される③教師の苦手意識という3つの問題が挙げられている⁶⁾。

すなわち天体を直接観察することや望遠鏡を操作するという体験を重視するために野外での実習を含めた。具体的には、星座早見盤の製作、望遠鏡の組立とその操作、天体観測などの実習を採り入れて、星の学習指導ができるようになることを目指している。

したがって、開催日時の決定は野外実習を行うための条件(月齢や惑星の出没時刻)等から、14時から21時過ぎという時間帯に実施することにした(講習日の平成28年8月5日は、日の入18時57分、薄明の終り20時34分、月齢2.6、月の入20時19分である)。

4. 講習内容

対象者は、主に小学校教諭(幼稚園教諭も可)とし、定員25人を募集し、6時間の講習とした。

一方、講習日当日の天候についての不安要素が残るため、野外での実習(日没以降)ができなかった場合の代替案としては、「室内において①望遠鏡の組立と設置②月・惑星観察の代行体験：壁面に小さな天体写

表1 講習内容

14:00～14:10(10分)	オリエンテーション(事前アンケート)
14:10～15:00(50分)	講義「地球と月太陽の動き」
15:00～15:30(30分)	教材製作(星座早見盤、観測用赤色ライトの準備)
15:30～15:40(10分)	休憩
15:40～17:10(90分)	講義「望遠鏡の仕組み選び方法活用まとめと試験」
17:10～18:00(50分)	夕食、グラウンドに移動
18:00～19:00(60分)	演習「望遠鏡の組立と設置(日没前に完了)」
19:00～20:00(60分)	演習「月と惑星の観察(望遠鏡の操作、デジカメでの撮影と教材化)」
20:00～20:10(10分)	休憩
20:10～20:40(30分)	演習「夏の星座の観察」
20:40～21:10(30分)	機材の後片付け、修了アンケートなど

真、またはパソコンで惑星動画を再生させて、それらを天体望遠鏡で導入することで、望遠鏡の操作および天体写真の撮影練習ができる。また、星空の観察の代用としては、シミュレーションソフトによるスクリーン投影で模擬体験をする。」ことなどを計画した。

5. 講習用機材の準備について

申込者には、準備物として天体望遠鏡(所属学校の備品等)、双眼鏡、デジタルカメラ、カメラ用三脚などの持参を伝えたが、事前アンケートの結果などから望遠鏡・双眼鏡は数台しか集まらないことが判明したため、レンタル望遠鏡(8cm屈折)3台を加えた。よって、望遠鏡は合計7台(最小は5cm屈折、最大は28cmシュミットカセグレン)、口径8cmの双眼鏡も用意した。

6. 講習内容と今後の課題について

25人から申し込みがあったが、都合により3人が取り下げたため、22人の出席であった。勤務校の種別は小学校4人、特別支援学校1人、幼稚園・こども園・保育園等17人であった。事前課題、事前アンケート、事前テスト、評価試験等から浮かび上がった課題等を併せて記す。

なお、当日の講習は、屋内講義についてはほぼ計画通り進行できたが、野外演習時間帯の始めには、南～東の空が曇っていて、南天の惑星や夏の星座観察には

支障があった(待ち時間の有効利用に問題点を残した)。

6.1 事前アンケート・事前課題から(資料1)

事前アンケートでは、機材持参の可否の他に、日の出・日の入り現象の観察経験、惑星や夏の大三角やさそり座などが見つけられるかどうか尋ねたが、わからないという回答が多かったため、天体を見つけるための簡単な図を付けた事前課題を送付した。

事前課題として、「日の出」と「日の入」の方角(7月～8月初旬)観察確認を求めたが、北寄りの方角を正答として期待したが、真東や真西(さらには南寄り)の方角の回答も見受けられた。夏季の日の出の時刻は04時台と早く、観察依頼には無理があったことも窺えた。逆に日没の観察は容易であったことから、その正答である西北西は6人から得られたが、観察できなかった回答も6人からあった。方角の誤りについては、「日の出は東、日の入りは西」と言ったようなかなり甘い認識しか持っていないことが考えられ、天体観測の際に基準となる方角の認識にも影響していることが予測される結果であった。実生活においては、夏季の朝夕には北玄関に日差しがあることや、職場である学校等の北側の窓にも夏季には朝日や夕日の光が入ることなどの経験を想起できるような解説が望ましかった。

また、惑星(火星・土星)の位置確認は7人ができていたが、「観察できなかった」という回答も多く見受けられた。

6.2 事前テスト(資料2)

北天の星の動きについては、正答者は14人(64%)、恒星日に関する問題では正答者は0人(22人中の14人が24時間と回答)であった。実際の星空観察の経験の少なさや関連知識の不確かさが現れる結果となった。また、小学4年生での学習内容ではあるが、月の位置や位相の変化に関する問題においても、誤った認識をしている例が見受けられ、実際に撮影した写真の提示や、シミュレーションソフト等を利用した説明が必要であった。

6.3 事後テスト(資料3)

事前テストと同様の恒星日に関する問題では、正答者は18人(82%)に向上したが、事前テストから少し捻った問題として「南半球での南天の星の動き(向き)」を問うと正答は10人であった。原因としては、講義時間の不足が考えられ、地球儀や天球儀、さらにはシミュレーションソフト等を利用した丁寧な解説が必要であることが分かった。

また、太陽日・恒星日と月を取り混ぜた問題や、それらの見かけ上の大きさの変化に関する回答結果からも、説明の補強が必要なことが分かった。

6.4 野外演習

天体望遠鏡の組立、設置、ファインダーの調整を行ったが、一連の準備作業は、お互いの理解不足部分を補うかたちの和やかな雰囲気で行進することができた。

日没前に設置が完了したため、西空では太陽・月・木星を肉眼・双眼鏡・望遠鏡にて確認、観察することができた。南の空は当初雲があったが、徐々に晴れ間が出てきて明るい星から少しずつ識別できるようになっていった。各種の望遠鏡による火星・土星の見え方の違いなどの観察やデジカメによる写真撮影(コリメート方式)を行うことができた。写真撮影の場合には三脚利用が望ましかったが、ほとんどの参加者が手持ち撮影であり手振れ等の不安要素もあるが、撮影に要する時間は少なく済んだ。一方、専用アダプターやカメラマウントを準備することもできたが、安定した画像を得られる反面、撮影にかかる時間が長くなる欠点もあるため、今後の検討課題としたい。



写真1 望遠鏡設置作業の様子

また、全天快晴という星空が得られなかったこともあり、予定していた全天の星座確認はできなかった。製作した星座早見盤の使用法に戸惑いもあったようで、実際の夜空との対比についての補足説明も行った。

6.5 事後アンケート

実際の夜空を見るという実習については、全員が「たいへん有益であった」と回答しているが、天体望遠鏡の操作に関しては、「難しい」という回答が60%ほどを占めており、如何に解消していくかが今後の課題である。今回はすべて形式の異なる機種となったため操作方法が同一でなく、一斉操作という訳にはいかなかった点が難しさの印象を強めたかも知れない。しかし、教育現場に導入されている望遠鏡は、製造元や機種も様々なことを考えるといろいろな形式のもので体験することにも意義がある。一方、望遠鏡や双眼鏡の機材の必要性に関しては、全員が肯定的であった。

また、少人数講習であったため「望遠鏡を覗く時間が十分にとれた」という感想や、「実際に望遠鏡を使って自分の目で惑星を見るという体験は初めてだった」「書物などの写真を見る場合と違って、実際に自分の眼で見ると大変感動した。」という感想も複数あって、天体観察の楽しさと興味を深めることにも繋がったことを記していた。

一方、天体望遠鏡で惑星表面の模様を確認するには、学校備品として標準的な口径8cmでは有効最高倍率や解像力の点から少し力不足であり、観測条件が少し悪い場合であっても表面の確認が可能となるような中口径の望遠鏡の必要性も改めて体感できたと思われる。

また、暗い夜空で星座の位置関係の一つ一つ確認していくことができると理想的だが、現地会場については「周りが明るい」「実習環境が余り良くないのでは?」という意見も寄せられており、全天快晴が得られない場合の問題点と合わせて、今後の対応が必要な事項となった。

7. おわりに

今回の講義3時間と実習3時間(合計6時間)という講習時間は、内容理解を深めるには少し無理があったが、他の講習との兼ね合いや受講者の便を考え

ると安易に延長はできない。しかし、講習に野外実習を含めたことによって、教員の意識に変化を促すことができ、教育現場に還元する道筋にも繋がることから内容の妥当性を確認できたと思う。

さらに、今度とも野外実習を含めた講習の場合には、月齢（観察対象としては、小さい月齢が望ましい）を考慮して開催日を計画することと、晴天以外の代替策を準備しておくことが肝要である。全国のア文教育をその内容とする免許状更新講習のほとんどが昼間の開催となっており、夜間の実習を取り入れた講習は琉球大学（2講習）と本学の計3講習のみである。しかし、運営上、時間的な制約も生じるが、可能な限り組み込むことが望ましいことは明らかである。

この講習を通して、現職教師に対する天文教育の必要性を痛感するに至った。今後に向けて、天文分野の免許状更新講習の開講数が全国的に増加していくことも期待したい。

8. 補足

天体望遠鏡を大別すると、対物レンズを使う屈折式と凹面鏡を使う反射式があり、それらを収納した鏡筒に収められている。さらに、鏡筒を取り付けて動かすための架台部（経緯台式と赤道儀式がある）と三脚などの脚部から成り立っている。性能を決定する要素としては、暗い星の光を集めるためにその口径が最重要であり、倍率は性能を決定する要素ではない。

光学系の色収差やコマ収差などを低減するために工夫された特殊低分散レンズや補正レンズ、反射式では放物面鏡などを用いたものなどが製造販売されている。架台部は、赤道儀式が天体の追尾に適しているが、設置や操作にはある程度の習熟も必要である。

学校備品としての天体望遠鏡の選択基準としては、観測対象の天体と得られる像の見やすさ、使いやすさ、予算などがある。また、双眼鏡は肉眼と望遠鏡の両方を補助するという機能を持っているので揃えておきたい機材の一つと言える。

① 口径（有効径）

レンズ系においては対物レンズの直径、反射系においては主鏡の直径をいう。口径（有効径）が望遠鏡の性能（集光力・分解能）に大きく影響する。

② 倍率

肉眼で見た時の物体の大きさ（視角）と望遠鏡で覗いて見た時の大きさ（視角）の比である。対物レンズまたは主鏡の焦点距離÷接眼レンズの焦点距離で求めることができる。

③ 集光力

人間の眼と比べてどれだけ多くの光を集められるかを表す。 $\text{口径}^2 \div 7^2$ で求めることができる（例：口径80mmの場合は131倍、口径200mmでは816倍となる）。

④ 明るさ（口径比）

どれだけ明るい像を得られるかを表す。焦点距離÷有効径で求める。カメラのレンズではF値として知られているが、長焦点のものは高倍率を得やすいが、屈折系では鏡筒の長さが長くなり、操作性が低下する。

⑤ 有効倍率

倍率は、主鏡の焦点距離÷接眼レンズの焦点距離で求めることができるが、この式に因れば焦点距離の短い接眼レンズを使えば幾らでも高倍率にできることになるが、現実には口径によって解像度には限度があって、倍率を上げると像が暗くなりぼやけてしまう。口径（mm）の約1.5～2.5倍が有効最高倍率、口径（mm）÷7が有効最低倍率と言われている（例：口径80mmの場合は11倍～約160倍となる）。

⑥ 分解能

相接近した2点を識別する性能である。 $116 \div \text{口径}(\text{mm})$ で計算され、単位は角度（秒の単位）で表す。例えば、口径80mmの場合は1.45"（秒角）となり、一方、人間の眼は60"（秒角）とされている。

⑦ 天体の見かけ上の大きさ

小望遠鏡の対象となる太陽、月、惑星の見かけ上の大きさの変化は表2の通りである。太陽と月以外の天体は、その見かけ上の大きさが小さ過ぎるため、望遠鏡を用いて拡大する必要がある（例外として、大彗星と言われるような彗星は肉眼のみで確認ができる）。

表2 天体の見かけ上の直径 (2016年の例)

	太陽	満月	水星	金星	火星	木星	土星	
							本体	環長径
最小	31'28"	29.4'	4.7"	9.6"	3.6"	30.5"	15.0"	
最大	32'32"	33.5'	11.1"	57.7"	18.6"	44.4"	18.4"	41.6"

註：金星の最大と火星の最小は2015年の値を用いた。また、内惑星(水星・金星)は最小や最大の時期の観測は難しい。外惑星は最大となる時期が観測の好機である。

例えば、月の見かけ上の大きさを30' (分角)、木星の見かけ上の大きさを40" (秒角)と仮定した時、望遠鏡で木星を肉眼で見た月と同じような大きさに見るための倍率は、次のように求めることができる。

$$\text{倍率} = (30' \times 60) \div 40'' = 45 \text{ (倍)}$$

火星や土星についても、同様に求めると100～120倍が必要なが分かる。しかし、口径に依存する要素である「明るさ」や「分解能」の方が倍率よりも重要な性能である。

付記

本稿は、天文教育研究会2016年会にて口頭発表を行った内容を加筆したものである。

引用文献

1. 文部科学省,「平成28年度免許状更新講習の認定一覧」
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/koushin/004/1365796.htm
2. 教員免許管理システム運営管理協議会,更新講習検索サイト「教員免許管理システム」,H28年度版
http://www.kyoin-menkyo.jp/menkyo-pubsys-web/pubuser/G010IIS_Search.jsp
3. 日本学術会議,提言「これからの高校理科教育のあり方」,2016.2.8
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-23-t224-1.pdf>
4. 松本直紀,「教科書採択数調査から見る地学履修率の変遷」,2014,第28回天文教育研究会集録
5. 下井倉ともみ,土橋一仁,秋里昂,「免許状更新講習を活用した教員対象の天体望遠鏡実習の効果」,2010年5月,地学教育第63巻第3号
6. 中山健二,「小学校理科担当教員を対象にした天文教育研修会の実践報告」,2014,第28回天文教育研究会集録
7. アストロアーツ,「自作星座早見」
<https://www.astroarts.co.jp/hoshinavi/magazine/planisphere/all.pdf>

8. アストロアーツ,「ステラナビゲータ Ver.9 (天文シミュレーションソフトウェア)」

※URLの参照は2016年8月末時点で行った。

参考文献

9. 亀谷光,「小学校と天文台の連携による単元まるごと学習の実践」,2014,第28回天文教育研究会集録
10. 加藤明良,「平成27年度用小学校理科教科書天文単元の分析」,2014,第28回天文教育研究会集録
11. JAXA宇宙教育センター教材,「月,惑星,星団,星雲を見よう! -小望遠鏡による天体観測-」
<http://edu.jaxa.jp/materialDB/detail/78848>
12. JAXA宇宙教育センター教材,「焦点距離を変えて,ガリレオ式望遠鏡,ケプラー式望遠鏡を作ろう! -めがね望遠鏡-」
<http://edu.jaxa.jp/materialDB/detail/78865>
13. 天文宇宙検定委員会,「天文宇宙検定公式テキスト2015～2016年版3級」,2015,恒星社厚生閣
14. 日本望遠鏡工業会,「双眼鏡,望遠鏡の基礎知識 技術編」
http://www.jtmas.jp/fun/knowledge/knowledge_tech.html
15. Vixen,「天体望遠鏡総合カタログ」,2016
16. 国立天文台,「理科年表2016」,丸善
17. 天文年鑑編集委員会,「天文年鑑2016年版」,誠文堂新光社
18. 宮川祐一,「天文教育に係る免許更新講習の実施報告 星とのコミュニケーション-子どもたちの天体に対する興味・関心に応えるために-を終えて」,2016,第30回天文教育研究会2016年天文普及研究会年會集録

※URLの参照は2016年8月末時点で行った。

資料 1. 事前(レポート)課題

1. 日の出の方角は？

- 結果 見る事ができなかった。
 ____月 ____日 頃に見た。

(その方角は↓)

| 東北東 | 東 | 東南東 |

2. 日の入の方角は？

- 結果 見る事ができなかった。
 ____月 ____日 頃に確認できた。

(その方角は↓)

| 西南西 | 西 | 西北西 |

3. 木星の観察

- 結果 見る事ができなかった。
 ____月 ____日 頃に確認できた。

4. 火星と土星

- 結果 見る事ができなかった。
 ____月 ____日 頃に確認できた。

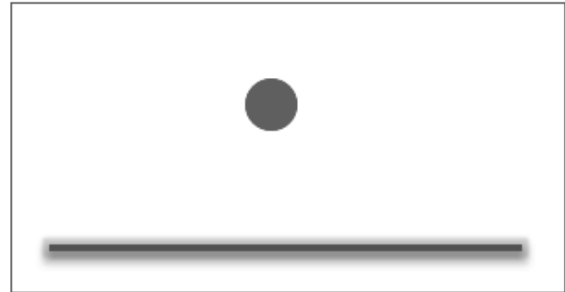
(どの辺りに見えましたか)

火星と土星を書き加えてください

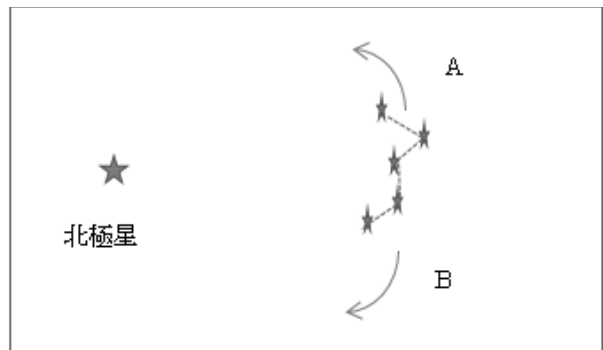


資料 2. 事前テスト問題

1. 秋分の日这个时候に、西の水平線に太陽が沈みかけています。太陽はどの方向に動きますか 矢印を書き入れてください。



2. 北東の空に「カシオペア座」が見えています。時間の経過とともに、どちらの方向に動いていきますか。Aの向きですか、Bの向きですか。



3. 北の空では、図のように星が円を描くように動きます。ちょうど1回転(360°)するために必要な時間は何時間何分ですか。

いずれかに○

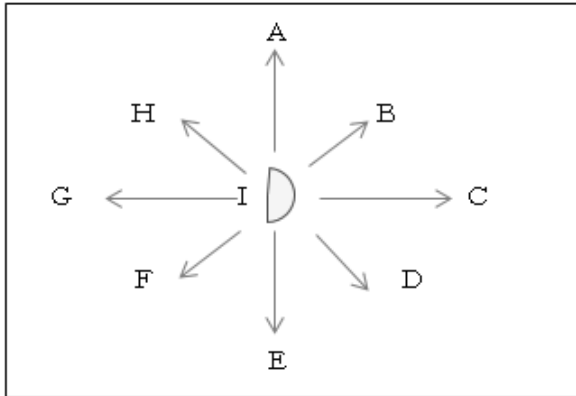


(およそ・正確に) ____時間 ____分である



4. 秋分の日このころの夕方 18 時に真南の空に半月（上弦の月）が見えていました。

翌日の同時刻 18 時に、月はどの方向に変化した位置に見えますか。また、その形はどのように見えますか。



翌日の月は _____ の位置に見える
 (同じ位置であるなら、I と教えてください)
 翌日の形は？



2. 夜空の恒星が前日と同じ位置に見えるために必要な時間は？

約 _____ 時間 _____ 分後になる。

3. 太陽と月と恒星について、前日と同じ位置に見えるために必要な時間は、どれが最も短く、どれが長いですか。() 内から 1 つ選ぶ

最も長い時間は (太陽・月・恒星)

最も短い時間は (太陽・月・恒星)

4. 地球から見る太陽と月の見かけの大きさは、地球との距離変化により、常に一定ではありません。(その実例として、金環日食や皆既日食が起こることも判ります。)

太陽か月のどちらかを選んでください

両者の見かけの大きさの変化を比較すると、最も大きく見えるのは (太陽・月) であり、また、最も小さく見えるのは (太陽・月) である。

記述式の問題については省略した。

資料 3. 事後テスト問題

1. 南半球（たとえばオーストラリア）で、南の空に見える南十字星は時間とともに、どちらの方向に動いていきますか。矢印を書き入れてください。

