

大学天文分野実験実習における遠隔授業の試み

西村 昌能

京都教育大学 mnisimura@leto.eonet.ne.jp

キーワード：大学教育，天文分野，実験実習，遠隔授業，授業実践

(受付：2021年2月3日)

I. はじめに

本学では中学校・高等学校教諭一種免許状（理科）取得のために物化生地4領域で1年次学生を対象に基礎実験実習が開講され、毎年50名程度の受講生が理科・技術専攻の学生が中心となって受講している。著者は、2017年から後期開講の地学基礎実験（2単位）の3分野（気象地球物理、地質鉱物、天文）のうち天文分野を担当している。

さて、2020年度は新型コロナウイルス感染拡大にあたって、後期に対面授業が中止され、遠隔講義をすることとなり、それを受けて著者担当分の講義は2021年1月14日から完全に遠隔授業となった。

本報告において、オンラインで実施した天文分野の遠隔授業での実習を記録することで、初等中等教育で今後益々盛んになると予想できる遠隔授業への可能性について言及するものである。

II. 地学基礎実験天文分野の授業内容

天文分野は地学の中でも直接手に触れることの出来ない天体を対象とし、また、概念・思考方法の変更を学習者に要求する教科分野である点が特筆される。つまり、思考上の視点移動を経験させる、学習者にはたいへん理解しにくい分野だということである。この困難さは授業指導者にとっても、大学における教員志望学修者においても同様である。

そこで、上記の観点を念頭に5回10コマの講義を以下のように組み立てている。なお授業は基本的に概念・知識の習得の場としての「講義」と実践・活動の場としての「実験・実習」の二本立てで構成されている。また、受講者数は毎年50名程度であるので、月曜午後開講の講座と木曜午後開講の講座の2講座に分けられている。

一連の授業では地球から太陽までのスケール及び天球と天体の動きの理解をする二重構造を考えている（図1）。

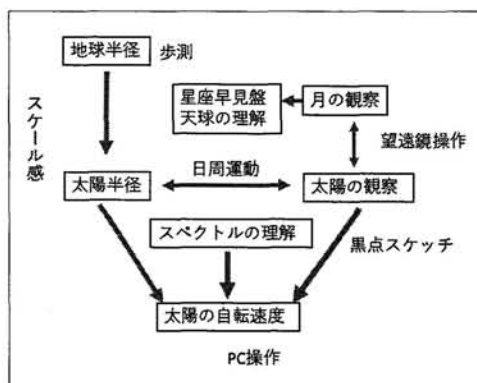


図1 地学基礎実験天文分野実験項目の構成

第 1 回 地球半径測定による地球の大きさの理解・星座早見盤作成による天球の理解 (高校・小学校・中学校の内容に対応)

地球半径は、エレストステネスの方法を用いた実習が高校の教育現場で実践されている(たとえば、西村 1999 ; 2006, 埼玉県高等学校理化研究会地学研究委員会, 2012)。

星座早見盤は大阪府高等学校地学教育研究会編地学実習帳(2004)をベースにし、授業期間中の 1 朔望月における天球での赤道座標とその時の月の位相を書き込ませることで月の位相と太陽との位置関係などを考えさせている。

第 2 回 太陽の視半径測定と太陽の実半径の推定 (中学校・高校の内容に対応)

太陽は昼間に観測できる天体であり、中学校理科、高校地学の実習教材として有効である。ただし、理科教員であろうとも、天体望遠鏡を自由に取り扱える指導者は限られている。また、太陽はその明るさが尋常ではないため、扱い方によっては、失明する危険もある。そこで、安全に配慮して太陽観測を行えるよう望遠鏡の組み立てからはじめて太陽の観測に習熟できるように、また黒点が出現していなくても実習ができることを目的の一つとして太陽の視半径を求める実習を行っている。

第 3 回 月の観測 (小学校・中学校の内容に対応)

月は夜遅くならなくても月齢 5 から 10 で秋ならば夕方 16 時には観察ができる。学習指導要領では月は小学校 4 年で月と星・月の形と位相の変化の項目、6 年で月と太陽・月の位置や形と太陽の位置の項目(文部科学省, 2017a), また、中学校 3 年で月や金星の運動と見え方という項目で重点的に扱われている(文部科学省, 2017b)。本学の実習では観測に適した月齢と授業日がうまくあうかどうか、また、曇天や雨天では観測できないという問題点があるので、授業日の入れ替えなど日程調整を行う他、観測できないときのために月のクレーターを数える実習を用意している。これは、月の海と陸ではクレーター密度の違いと両者の形成年代を利用して太陽系形成時の隕石落下の様子を推定し、惑星形成について考察するものである(西村, 1990)。

第 4 回 分光器の作成とスペクトルの観察 (高等学校の内容に対応)

高等学校学習指導要領解説理科編理数編(文部科学省, 2018)では、地学において「太陽スペクトルについては、連続スペクトル、輝線スペクトル、吸収線を扱う。例えば、直視分光器などを用いて、空、白熱電球、蛍光灯、スペクトル管などのスペクトルを観察し、吸収線の存在や、連続スペクトルと輝線スペクトルの違いなどに気付かせる。その際、吸収線や輝線の波長が原子やイオンなどによって決まっていることから、太陽のスペクトルの観察によって、太陽の構成元素を推定できることに気付かせることが考えられる。」とあり、高校生の教育に重要な実習課題となっている。

第 5 回 太陽の自転速度測定 (高等学校の内容に対応)

この授業は太陽の高分散スペクトルを、PC ソフトを用いて解析し、太陽の自転速度を求める実習で受講生は各自のコンピュータを利用することになる(西村, 2020)。学校現場でいえば理数探究学習に対応するものである。

Ⅲ. 遠隔授業での授業プロトコル

遠隔授業となった実験実習の項目は「太陽の視半径測定」「太陽の自転速度測定」「月のクレーターを調べよう」であった。「太陽の自転速度測定」は月曜講座と木曜講座の 2 回実施した。以下にその授業の手順を示す。

- 1) 京都教育大学教育支援システム (Live Campus) の通知連絡を用いて受講生に次回授の準備を連絡。図 2 にその文面を示した。図中にあるように、対面授業のために資料 (スペクトルデータ 2 件) を通知連絡に置き、予め、解析用ソフトウェア 1 件のダウンロードを行うよう指示。
- 2) 授業日の直前には Live Campus のレポート機能を利用して、受講生に講義について再度周知。その際、講義スライド (PDF) を配布。レポートの提出は Live Campus のレポート機能を利用。
- 3) 授業は、Google classroom の Meets を利用。
- 4) Meets では、講義スライドを共有して解説。その際、受講生全員に 1 コマで最低 2 回の質問の実施。ただし、音声で質問するよう指導したが、音声出力が出来ない受講生が複数名いたので、チャットでの質問も可能とした。なお、スライドの共有中はチャット画面が見えない不便がある。
- 5) 出席点呼は声かけをして音声で実施。
- 6) 講義と実習の間にネットを遮断して 15 分の休憩。
- 7) レポートでは、受講生が教員になったことを想定させ、生徒用のワークシートを作成することを心がけている。受講生自身のレポートもそのワークシートに記入したものを提出させる。

「地学基礎実験 b」クラス受講者のみなさん 講師の西村です。
本日も近畿 3 府県に緊急事態宣言が出させるようです。緊急事態宣言が発出されると遠隔授業になります。地学基礎実験は Google の Meets で実施します。
クラス コード siunpqo
Meets のリンク <https://meet.google.com/lookup/fsoosqehl6> です。
授業開始時間は通常の 12 時 50 分からです。
それまでに前回の連絡通知で、お願いした各自 PC へ資料 2 件のダウンロードと国立天文台マカリのダウンロードをしておいてください。
質問は mnisimura@leto.eonet.ne.jp をお願いします。
Meets の利用はこの講座で初めてなので、最初はうまくいかないかもしれませんが頑張りましょう。
以上、よろしくお願いします。

図 2 Live Campus の通知連絡機能を利用して指示した内容の例

Ⅳ. 遠隔実習について

遠隔授業で実習を扱ったのは、次の 3 つの課題であった。その内容を以下に示す。

(1) 太陽の視半径測定

この実習は対面授業時では数名で一台の赤道儀式屈折望遠鏡を組み立て、太陽投影板を

利用した太陽の視半径測定と黒点スケッチをする実習である（図3）。

遠隔実習では、当初スマートフォンでMeetsを使い、リアルタイムで投影板に映された太陽像を観察してもらう事を考えた。しかし、屋上でのkuewifiの受信状態を調べた結果、全く電波が通じていないことが判明し、望遠鏡の設置の仕方と太陽観測の諸注意、投影板に映された太陽像をビデオに撮影し、それらの映像をパワーポイントに貼り付けた。

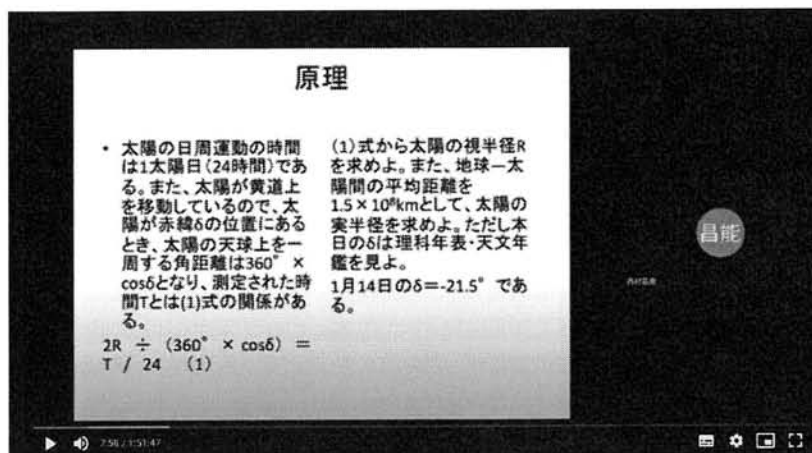


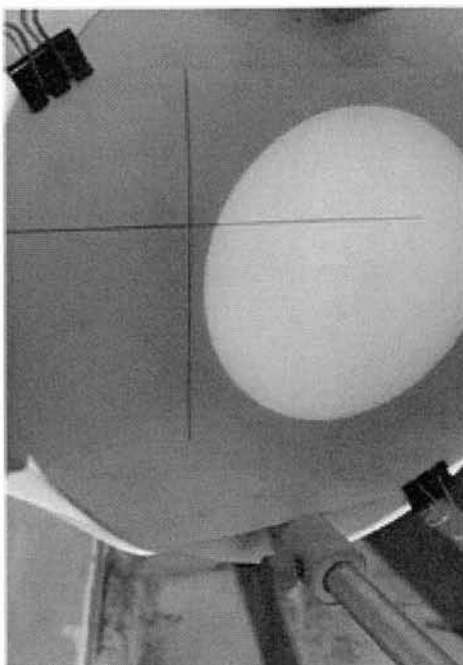
図3 Meetsで行った映像の一部:太陽の視半径測定実習の原理を紹介している。

太陽の視半径は、太陽がその直径分をどのくらいの時間で移動するかを測定して得る（柴田ほか，1989）。

投影板に映った太陽像のビデオを4本撮り、それを2回上映して太陽の移動時間を合計8回、各自の時計（スマートフォンのストップウォッチ機能）で測定させた（図4）。

測定結果を使った太陽視半径の値をチャット機能で報告し合い、各自の解析進度を確認められるようにした。細かな質問には逐一、音声もしくはチャットで答え、受講生を置き去りにしないように心がけた。

図4 太陽投影板に投影された太陽像と十字線
太陽の西端が十字線を横切った時刻から東端が抜けるまでの時刻差を測定して太陽の視直径を得る。



（2）月のクレーターを調べよう

通常では望遠鏡の扱いに習熟するための月の観察実習とする予定であったが、遠隔授業

では無理があると判断して雨天時に実施する月のクレーター数を計測する実習に切り替えた。月のスケッチ画像とワークシートはLive Campusに置き、予め紙に印刷することを推奨したが多くの受講生はモニター上でクレーター数を計測したようである。

(3) 太陽の自転速度測定

これは京都大学理学部附属花山天文台で取得した太陽の高分散スペクトル（分解能 50 万）を利用し、国立天文台提供の画像処理ソフト「マカリ」を用いて太陽赤道東西端のスペクトル線の視線速度のドップラー偏移量から太陽の自転速度を測定する実習である（図 5）。この実習は著者が高校教員時代に探究学習で行ったものがベースになっている（西村ほか, 2016）。講義ではパワーポイントを共有した。

一方、実習ではマカリの画面を共有し、操作を実演しながら指導を行った。なお、「マカリ」は無料で入手でき、様々な機能を持つので受講生にとって今後有用なソフトウェアになると思われる（鈴木・洞口, 2015）。

若干物理的な思考が必要であるので、作業などに苦手意識を持つ受講生がいた。

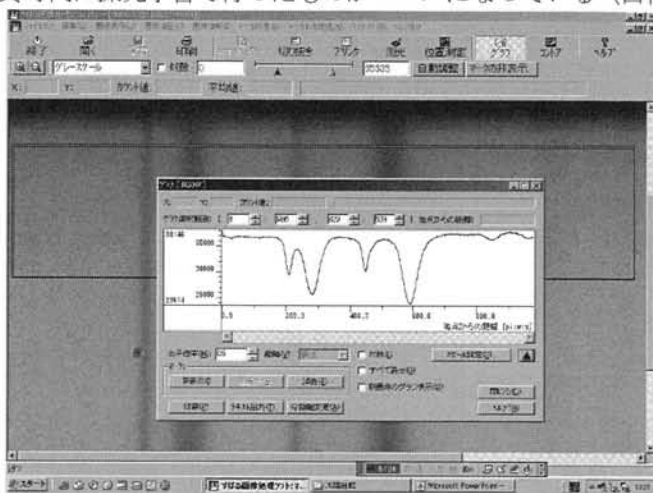


図5 マカリを用いて作成したスペクトルトレースを作成

V. 受講者の反応

授業の感想という形で受講者からの反応をみた。そのうち遠隔授業での実験についての感想を以下に抜き出した。受講生は高等学校でコロナ下での遠隔授業の経験を持たない。その上で、自らが将来遠隔授業をすることを考えた感想を書いていたものがあつた。それらを以下に示す。

(1) 太陽視半径測定

1) オンラインという形であつたが先生の準備してくださった動画やスライドを見て、太陽の測定の仕方を学ぶことができた。投影板に写る太陽の光は約2分で縦軸を横切ったことから、移動速度が思っていたよりも速く感じた。今回はオンラインという形であつたが、私が教師になった時にはこのような実演を踏まえた実験を行うことで生徒の興味も引け、わかりやすい授業になると感じた。

2) 今回は初のオンラインでGoogle Meetsを用いた授業展開となつたがチャット機能やマイク機能があつたことによっていつもの授業と同じレベル、もしくはそれ以上に皆が実験授業に参加できているように感じた。僕自身も挙手機能を通じて進捗を確認してもらえたことで理解せぬまま進むことを免れた点もあつた。コロナのような緊急事態でもオンラインでここまでの授業対応が出来るのならば問題なく教育が出来ると感じた。ライブ配信

を行いながら実験を行うというのはなかなか斬新で応用して取り入れることが出来ると思った。

3) 今回、計測と計算を行って自分が出した太陽の直径が実際の太陽に対して2万kmもずれたと思ったが実際には2%程度の差しかなく、驚きでした。太陽までは光速でも8分間かかるような距離にあって空に見える太陽はそこまで大きく見えているわけでもないのに望遠鏡とストップウォッチだけで、これほどに正確な値が出せることは驚きました。たいてい、誤差2万kmもあれば地球がほぼ2個入ってしまうなと思うと、たった2%のずれでそれほど大きいわけで太陽の大きさを実感させられました。自分たちが実際に望遠鏡を組み立てて実験を行っているわけではないですが、他のいくつかの講義のようにただただ課題がオンラインで配られる講義よりも非常に自分のものになっている実感がしました。

4) 今回の実験はオンラインによる授業が行われた。また授業の中で実験が行われて、結果や考察を行ったが、正直今回のような作業ができるとは全く思わなかった。オンライン授業自体はほぼ全く経験したことがなかったが、実験までもオンラインで行うことができたことに非常に驚いた。また、自分が将来教師になった時には今回のように、ビデオやスライドを用いた授業を行うことができると考え参考にすることができ、非常に貴重な機会であると感じた。今回の太陽の視半径の測定に関する実験では、太陽の動きを実際に目で追い、どのような動き方、移動速度を何度も観察し、データとして表にしたが、太陽の速さが思ったよりも速いように感じた。

5) 今回から授業がオンラインになってしまったが、正直やっぱり授業は対面が一番いいなと思った。スライドによる学習も分かりやすいが、今回のように定期的にあてられる機会がないと寝てしまったり、聞き逃してしまったりするので対面のほうが分かりやすくいいと考えた。また、教師の立場からしても子供たちの顔を見ながらの授業のほうがやっていて楽しいし、生徒の反応を確認する指標にすることができる。今回のコロナ騒動はオンライン授業になってしまったが、逆にオンライン授業ではどのような授業形成を行っていくことができるのかを参考にする機会になっている。この機会を逆に利用して自分の教師力を上げていける機会にしていきたいと思う。

(2) 月のクレーターを調べよう

1) オンラインで実験の作業するのは、めちゃくちゃ大変でしたが、理解できたので良かったです。月の満ち欠けとかはぼんやりと覚えているくらいだったので、復習出来て良かったです。

2) 特に、最後の2回の授業はオンラインという形になってしまったが、オンラインでも取り組める実験というものがあるということを知れたことは、これから教員となる私にとっては非常によい機会であった。この授業は、教員となった際に使える実験を主としていたので、どのような教材をどのような授業の形式で授業を進めていくか考えることができ、さらにこれから深く考えていきたいと感じた。今回は実験する立場であったが、教員となれば実験をさせる立場となるので工夫をして生徒が楽しめるような実験をさせてあげればよいと感じた。

3) オンラインで難しい環境だったがある程度理解できたので良かった。月の満ち欠けについてもしっかりと理解できたので教員としての能力が身についた気がしてうれしかった。

地学の天文分野に興味がわいてきたのでこれからも勉強し続けたい。

4) クレーターを数える際に、あまり自信もって数えることが出来なかったが、自分で求めた数で考察を最後までできたのがよかった。ただ正直、天体望遠鏡で月を見たかったという気持ちの方が強いので残念だった。

5) 最後の3回の実験を Google Meets を使ってオンラインで行ったことで、オンライン上で実験の授業を行うことについて考えることができた。オンライン上ですることによって難しいところもあるが、オンラインでやることでやりやすくなると感じたこともあった。実際に学校現場に行ったときに、今まで以上にオンラインで授業をやる力は求められると思うため、大学にいる段階から児童生徒目線プラス教師目線で、オンライン授業について考えていきたいと思った。

(3) 太陽の自転速度測定

1) 今回は初めてオンラインで実習をするということであったが、オンラインで実習をすることは難しいことであると感じた。特に、オンライン授業では一人で作業をすることが多くなってしまい、対面の場合なら分からない際には、周囲の人たちに聞きながら進めることもできるが、オンラインではそれができないため、分からない際に少し困ってしまう可能性があると感じた。ただ、今回の実習では西村先生の丁寧な指導や状況を把握しながらの進行により実習を無事に、さらに楽しく取り組むことができた。また、今回の実習はそれほど複雑なことをしなかったため、あまり困ることはなかったが、すべてを理解して進めようとする、どうしても理解できない部分などもあったので、そこは少し難しく感じた部分であった。さらに、ピクセル数が少しずれば値にもずれが生じることがあって、適切な値を出すことは難しいと感じた。これまで、太陽の自転速度や自転周期を測定するという実習は行なったことがなかったので、良い機会となった。また、今回は太陽大気のドップラー効果を利用して太陽の自転速度や自転周期を測定したが、機会があれば黒点やプロミネンスの動きから太陽の自転速度や自転周期を測定してみたいと感じた。

2) オンライン上で、算出をする授業は周りの人にすぐに聞けないことや、同時にやるのが簡単ではないため難しかった。しかし、オンライン上だったことであまり話さない人同士が聞き合いをしている場面も見られたため、一概にオンライン向きではない授業ではないと思った。教育現場でも ICT を使った授業が増えているため、このような授業はこれからますます増えていくと思われるが、配布する資料や教員側（または児童生徒側）のある一定の技能（パソコンを操作できる）が必要であるように感じた。また、そういった授業では教室上では言いにくい質問がしやすいことを強みに、子どもたちのできないをしっかりと教員がみることができるよう力が大切であると考えた。つまり、できない人を置いていかない授業をすることをオンライン授業では特に心掛けないといけないと思った。

3) 正直、オンライン授業途中から自分が何をしているのかわからない状況でした…。言われたように計算し、答えを出してという時間でした。そのためこのような拙いワークシートとなってしまいました。すいません。自分の理解の遅さが1番の原因であることは自分でも重々承知しております。次からはもっと集中し授業が受けられるようにします。

VI. 受講者の感想から得られる教訓

受講者の遠隔授業への感想は概ね私たちの取組に好意的であるものが多かった。中には授業について行けず、学習成果が十分でないと訴えるものがあつた。感想の主要部分をまとめると

1. 実験実習であっても遠隔授業で十分理解ができるものとなる。
2. 教員志望者として今後の遠隔授業についてたいへん参考になった。
3. 遠隔授業では仲間との相談が出来ず、理解がうまくいかない場面があつた。オンラインでの授業は難しいと感じる。
4. 遠隔授業で理解できず、指示されたまま作業したということで、深い学びになっていない受講生が存在する。
5. ネットではなく、実際に望遠鏡を操作して月・太陽を観察したいという実物教育を望む声がある。
6. 通常数名までのグループで行う対面授業での実験で行われるグループ内での相談が出来ない状態が実験実習の内容理解を妨げていることも事実であろう。遠隔授業における実験が主体的で対話的な深い学びになるように、グループ討論が遠隔授業でできる機能を活用するなど、工夫の余地はあると考えている。

VII. 指導者としての感想

指導する側としても、遠隔授業で実験実習を行うのは初めてであつた。他大学でのオンライン模擬授業やオンライン講義の経験から、受講者を常に意識し、声かけ、質問を行う事で理解の様子を把握することが大事であることを理解していた。実験実習では講義よりもこの点を重要とすべきであると考え、受講者が理解できる環境を整えるよう努めた。受講者も良く活動し、例年の対面でのレポートより優れたものが多かった。

今回の取組で工夫した点を以下に列挙する。

1. 実験実習内容は前時にある程度予告しておく。
2. Live Campus を効果的に利用し、通知連絡機能とレポート機能を用いて予め画像データ、導入ソフトの URL、講義スライドを配布しておく。レポートの回収は Live Campus のレポート機能を利用する。ワードやエクセルなどの電子データで提出した課題は受講者が今後利用できる教育資産の一つになると考えている。
3. 対面授業と同様に受講者が教員になる前提で、学生としてだけでなく、教員としてこの実験実習をどう見るか、どう扱うかを常に意識するよう指導する。そのために、レポートでは、教材のワークシートを作成させ、自分が教員になった時にどのように指導すれば良いかを考えさせる。
4. 実験実習の操作、内容についての質問を各回受講生全員に 2 回以上するように努力する。得られた結果はチャット機能で発表させ、情報を交流し、指導者から評価と必要なら改善策を受講者と共に考える。この作業は全ての受講生に公開されているので、作業が遅れていたり、うまくいかなかったりしていた受講生には理解を進める効果があつた。
5. 録画機能を利用することで理解不足者や欠席者への補充に利用する。

VIII. まとめ

新型コロナウイルスの感染拡大によって、地学基礎実験天文分野の実験実習を遠隔でおこなった。この報告で受講者への指導手順について紹介した。遠隔授業でも指導者と受講者が意見を交わし、対面での実験実習と変わらない教育効果をあげることができることが示された。ただし、受講生がつまずくと仲間との交流がないため、理解が十分に出来なかったと訴えるものがある。遠隔授業でも少数のグループ会議を考察時などに設定する必要があると考える。

文献

- 大阪府高等学校地学教育研究会 2004. 星座早見を作ろう. 大阪府高等学校地学教育研究会編・地学実習帳, p5.
- 埼玉県高等学校理化研究会 2012. 埼玉県高等学校理化研究会 地学研究員会編「歩いて測る地球の大きさ」埼玉から地学・地球惑星科学実習帳, p2.
- 柴田一成・沢 武文・横尾武夫 1989. 小型望遠鏡による眼視観測. (横尾武夫編 現代天文学実験) 宇宙を見る I<初級編>. 恒星社厚生閣, p25.
- 鈴木文二・洞口俊博編 2015. あなたもできるデジカメ天文学 “マカリ”パーフェクト・マニュアル. 恒星社厚生閣, 132pp.
- 西村昌能 1990. 月のクレーターを調べて見よう. 平成 2 年全国地学教育研究大会 日本地学教育 44 回全国大会大阪大会, p109.
- 西村昌能 1999. 古代ギリシア人の地球観 -地球半径は誰が最初に測ったのか-. 第 13 回天文教育研究会 1999 年天文教育普及研究会集録, 天文教育普及研究会, p38.
- 西村昌能 2006. こんな授業やってます【6】文系でも天体物理学? 文系にも天体物理学!, 天文教育, 18 (4), 8-12.
- 西村昌能 2020. マカリを利用した太陽の自転速度測定実習. 令和元年度天体画像を使った天文教育指導者ワークショップ集録, p29.
- 西村昌能・黒河宏企・石井貴子 2016. 花山天文台で行った生徒実習から【2】差動回転の検出. 天文教育, 28 (5), 8-13.
- 文部科学省 2017a. 小学校学習指導要領 (平成 29 年告示). p101, p109.
https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2019/03/18/1387017_005_1.pdf および
小学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説 理科編 p59, p92.
https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2019/03/18/1387017_005_1.pdf
- 文部科学省 2017b. 中学校学習指導要領 (平成 29 年告示). p93.
https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2018/05/07/1384661_5_4.pdf および
中学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説 理科編. p104 (月), p107 (太陽).
https://www.mext.go.jp/content/20201203-mxt_kyoiku01-100002608_5.pdf
- 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. p176.
https://www.mext.go.jp/content/1407073_06_1_2.pdf