

物理学学生実験におけるWebを利用した 予習用教材とその利用実践報告

*小島健一・**笠井聖二・***前原俊信

*広島大学大学院総合科学研究科, 〒739-8521 広島県東広島市鏡山1-7-1

**呉工業高等専門学校, 〒737-8506 広島県呉市阿賀南2-2-11

***広島大学大学院教育学研究科, 〒739-8524 広島県東広島市鏡山1-1-1

A Learning Material on the Web for the Preparation of Laboratory Works in Physics

*Kenichi Kojima, **Seiji Kasai and ***Toshinobu Maehara

*Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University

1-7-1 Kagamiyama, Higashi-Hiroshima, Hiroshima 739-8521 Japan

**Kure National College of Technology

2-2-11, Aka-minami, Kure, Hiroshima 737-8506 Japan

***Graduate School of Education, Hiroshima University

1-1-1 Kagamiyama, Higashi-Hiroshima, Hiroshima 739-8524 Japan

Abstract

Evaluation of a learning material on the Web for preparations of laboratory works developed previously is reported. It shows that contents of this material are effective as much as advises of teaching stuffs for laboratory works and the learning material provides homogeneous contents for students, in spite of contents of advises given by teaching stuffs depending on them.

1. はじめに

大学において同じ時間受講しても、実験科目と講義科目で取得できる単位数が異なることは良く知られている。この理由として、実験では講義時間外の予習・復習を必要としないことが挙げられている。しかし、授業時間内で実験内容を理解し、まとめのレポートまで作成することは困難である。このため、多くの場合、実験に関する教科書が作られ、予習に使うことや、実験中のさまざまな手順を示すことにより、学生の理解を助けて

きた。

広島大学総合科学部で行っている全学対象の物理学実験においても教科書¹⁾が作成され、予習や実験中の指針として活用されている。学生は教科書の指針を読みながら実験を進めるが、学生の理解を助けるため助教が配置されている。しかし、助教は平成21年度現在3名のみであり、十分とはいえないので、助教の役割を補うため、非常勤職員やTeaching Assistant (TA) (以下、助教、非常勤職員、TAをまとめて実験援助者と呼ぶ)が配置されている。

実験を始めるに当り、実験内容をつかみ、授業時間内でレポート作成までこなすことが、学生にとって不可能であることを、教員は経験的に分かっている。このため、予習を行い、予め実験の荒筋をつかんでおくことを目的として短い予習レポートを作成させている。しかし、機器の操作や機能について予習しても、初めて見る機器を前にして、実験を手際よく進めることは簡単なことではない。もちろん、実験援助者が助言等を行うのであるが、それでも、時間内に結果を得ることができず、実験の目的を十分に達成できず終わることもある。

そこで、受講する学生の予習を助けるため、実験機器の構造や操作をWeb上で説明した予習教材を作成するとともに、その評価を行い、有用性を確認した²⁾。しかし、教材を利用した学生数が限られていたので、今回は、評価へ参加してもらう学生をより多くするとともに、実験援助者による助言を受けたクラスとの比較調査も行ったのでその結果を報告する。

2. 使用した予習用Web教材

予習用Web教材²⁾（以下、予習教材と呼ぶ）が作成されている実験課題は「プリズムと回折格子」である。この課題では、光の分散関係を実験的に確かめるため、水銀の輝線スペクトルについて、波長を回折格子により決めるとともに、プリズムの最小フレ角から屈折率を求める。

実験機器として分光計のほか、回折格子、プリズムを用いる。教科書には、分光計の調節法のほか、回折格子と分光計を組み合わせ水銀の輝線スペクトルの波長を求める方法が説明されている。また、プリズムの屈折光から輝線の最小フレ角を求める手順も図を使いながら書かれている。しかし、教科書を見て予習レポートにまとめると、機器の調節には時間がかかり、実験の進行は遅れがちになる。学生にその理由を聞くと、教科書の図と実物とが異なることや、原理の理解不足などを原因として指摘していた。

予習教材では、実験で実際に用いている機器を写真で示すとともに、これらの機器で実験手順を

説明し、教科書の図だけでは分かりにくいところを補っている。また、実験でつまづきやすい事項は、あらかじめ注意を喚起している。教材の量としては、約20分程度で全体を理解できるようにすることを旨とした。教材全体として写真や説明が大部分であるが、最小フレの角を見出す箇所については、短い動画を用いている。

3. 教材の評価

教材の評価は、教材開発時と同じ手法で行った。詳しくは文献²⁾を参照していただきたい。ここでは、その要点を述べる。

セメスターのはじめに、受講生を、予習教材を見るグループと見ないグループとに分けておく。各グループは、実験を行うとともに同じアンケートに答える。実験時間と自立度という2つの視点でグループのアンケート結果を比較し、予習教材の評価を行う。

アンケートには、実験内容をまとめた項目が実験の手順に従って並べてある。実験時間を調べるため、指定した項目については、終了した時刻を記入してもらう。また、各項目を自分自身で解決できたか問うことで、自立度を調べる。

3-1. 評価に参加するクラス

物理学実験は同じ実験課題を2人1組で、同時に4組が行う。各セメスターの第1週に受講者が確定するので、受講者を2人の組に分けると同時に、各組が取り組む実験課題と実験日とを割り振り、実験割り当て表を作成する。今回評価に参加してもらうクラスは、著者の一人が担当しており、受講者は43名である。そのうち40名がプリズムと回折格子の実験を行うよう割り当てられていた。

すでに報告しているように²⁾、プリズムと回折格子に関する予習教材を見たグループと見ないグループで、実験の進み具合や自立度をもとに教材の有用性を評価する。著者の一人が担当する授業と同じ時間に開講するクラスが2クラスあったので、担当教員に依頼し、これらのクラスを見ないグループとして、評価に参加してもらうこととした。これらのクラスでは、プリズムと回折格子の実験を担当する実験援助者1名がそれぞれ決まっ

ていたので、以下これらのグループを、実験援助者1および実験援助者2グループと呼ぶことにする。なお、プリズムと回折格子の実験課題を割り当てられていた受講者は、実験援助者1のグループが43名、実験援助者2のグループが30名である。

3-2. アンケートの実施

教材を見るグループと見ないグループのそれぞれに、予習教材の目的と予習の進め方について、実験を行う前の週に毎回説明を行った。まず、見るグループには、予習教材を見て予習レポートを書くこと、実験中は実験援助者の助言がないこと、しかし実験の進行が滞る場合は、助言を求めることができることなどである。一方、見ないグループは、他の実験と同じく、教科書を見て予習レポートを書くことや、実験援助者の助言があることなどである。なお、いずれのグループにもアンケートについては、話していない。

各グループは実験を別々の実験室で行うので、授業開始まもなく、それぞれの実験室に向き、各自にアンケートを配布し、内容について説明した。また、書かれている項目の実施状況に応じて、回答欄の1から3の番号を選ぶよう伝えた。

見たグループは、自分自身で解決できた場合、1. を、他の2人の組の助言で解決できた場合、2. を、実験援助者の助言を求めて解決できた場合、3. を選ぶ。

見ないグループは、1. や2. の選択については見たグループと同じであるが、3. を選ぶときは、普通の助言では解決できず、改めて実験援助者の説明を求めて解決できた場合に、選ぶよう伝えた。

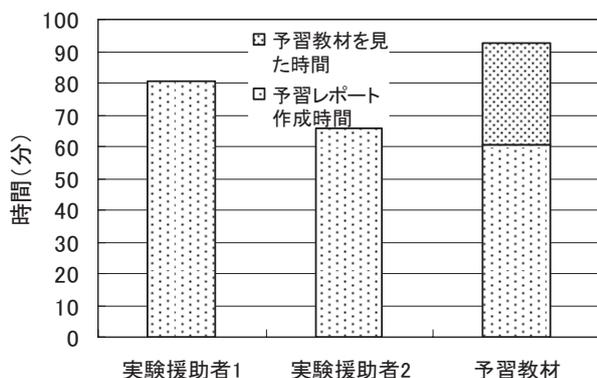


図1. グループ別の予習レポート作成時間と予習教材を見た時間

なお、見たグループには、予習教材の内容を印刷資料にして各組に渡し、資料を見ながら実験を進めるよう伝えた。

アンケートの回収は、実験援助者が行った。回答した人数は、見たグループが34名、見なかったグループのうち、実験援助者1のグループが39名、実験援助者2のグループが28名である。見たグループ34名について、予習教材サーバーに備わっているアクセスカウンタを使って、予習教材の使用状況を調べた。記録には、アクセスが短時間である場合や、アクセスした記録が残っていない場合も見られた。学生に予習教材の使用状況を尋ねた所、画面を見ながら予習するのではなく、画面を印刷して予習を行ったという回答であった。また、印刷した資料を見せてもらって予習を行ったという回答もあった。このような方法で予習を行ったのは、回答した34名中19名であった。計画では、アクセスした項目と実験実施状況との関連から、学生が困難を抱えている事項などを調べる予定であった。しかし、印刷資料などで予習を行うことが予想以上に多いため、アクセスした項目の解析は行わなかった。

3-3. 実験時間

図1は各グループの予習レポート作成に要した時間の平均値と、予習教材を見た時間の平均値とである。予習レポート作成に要した時間の平均は、予習教材を見たグループで約63分、見なかったグループのうち、実験援助者1で約80分、実験援助者2で約65分となっている。また、予習教材を見た時間の平均値は約32分である。前回の調査²⁾でも、教材を見る平均時間は約30分となっていたので、20分程度で見ることを目指していたのに比べると長くなっている。20分程度にするためには、教材の中身を精選する必要がある。一方、レポート作成の平均時間は、前回では、見たグループが約90分、見ないグループが約60分となっていた。今回は見たグループが約60分、見なかったグループが約80分と約65分なので、レポート作成時間には幅があることが分かった。

図2は指定した角度読み取りが終了した平均時刻を指針にとって、実験の進行時間をグループごとに示したものである。予習教材を見たグループ

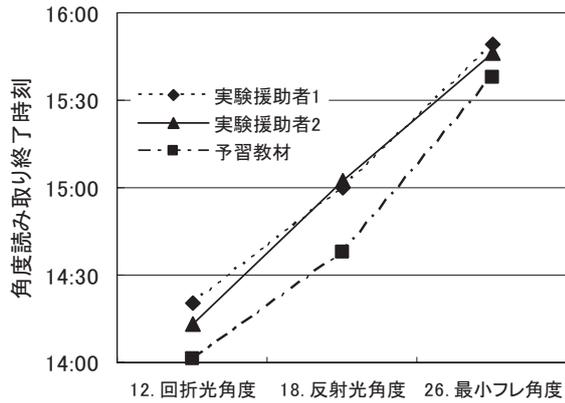


図2. 指定した角度の読み取り終了時刻. 角度の前の番号は項目番号

は決められた角度読み取り時刻が約10分から20分程度早くなっている. この事実は, 前回²⁾でも見られたが, 早くなった平均時間は前회가約20分で, 今回のほうが差は小さくなっている.

3-4. 自立度

図3は自立度と実験項目の関係を示したもので, 実験項目の前につけた番号は, 項目番号である. 自立度は, 回答者の人数に対して, 回答欄の番号1.を選んだ人数の割合で定義している. 自立度の値が大きければ, その項目を自分自身で解決できた割合が高くなる.

予習教材を見たグループの自立度を見ると, 分光計の調節に関する項目(番号5から9)では, 5

項目中4項目が0.8前後の値である. また, 波長の決定や(番号13), 屈折率の決定(番号27)が0.8前後の値に達している. 一方, 一次回折光の回折角読み取り(番号11)では, 0.4前後の低い値である.

実験援助者1のグループに関する自立度と実験項目との関係は, 予習教材を見たグループと同じような振る舞いを示している. しかし, 自立度の値は, 多くの場合, 実験援助者1のグループが大きい. 一方, 自立度が0.4前後の項目はなかった. 実験援助者2のグループは, 2項目だけが0.8前後の値である. 一方, 7項目は0.4前後の値であり, プリズムの設置(番号20)では, 0.2程度の値を示している.

自立度の比較から, 定性的ではあるが, 予習グループは実験援助者1のグループと同じような自立度を示す一方, 実験援助者2のグループと比べて自立度が高くなっている. 前回の調査²⁾と比べてみると, 前回も分光計の調節に関する項目はやはり自立度が高かった. 一方, 低い項目は異なっている. たとえば, 今回項目11の自立度は低かったが, 前回は0.8に近い値であった.

予習教材を見たグループで, 自立度が0.4程度は1項目のみであった. しかし, 他の項目の自立度が高いとは言えず, 開発担当者として満足でき

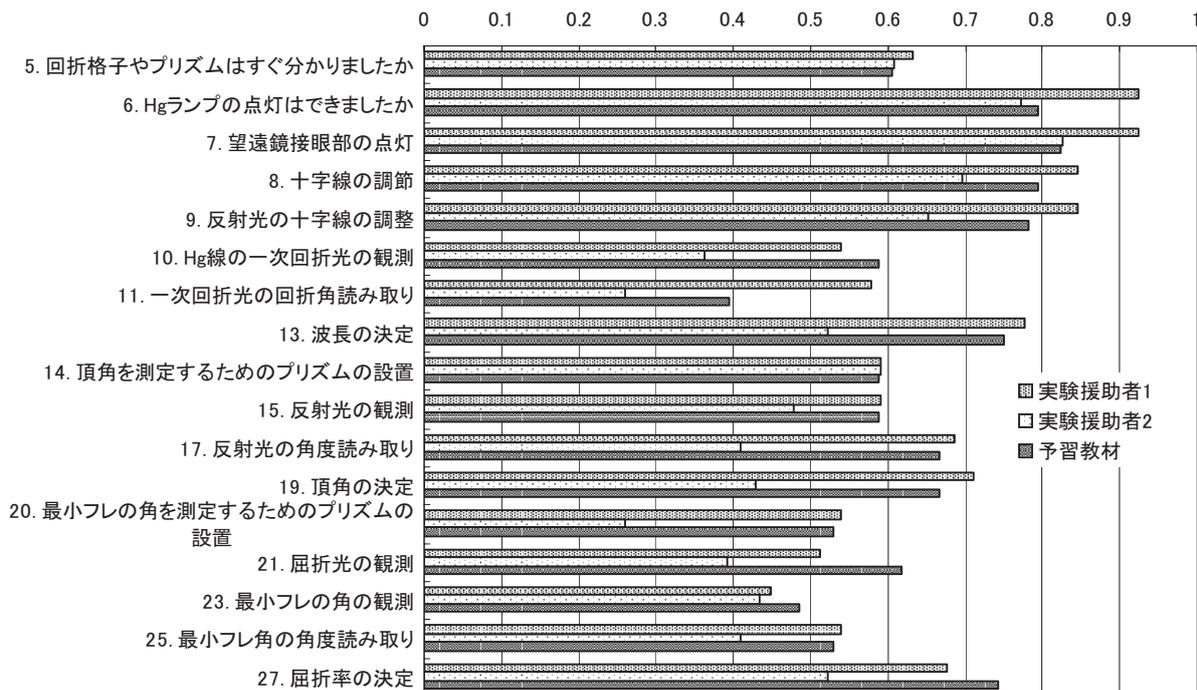


図3. 自立度と実験項目との関係. 実験項目の前の数字は項目番号である.

る結果ではない。しかし、実験援助者の助言を受けても似たような自立度の値が得られていることから、予習教材は実験援助者の助言と同じような効果や有用性を示していることが分かった。

4. 考察

実験進行時間の差について考えてみる。実験援助者は、この実験だけでなく、他の実験を行っている学生への助言も行っているため、この実験の進行具合を予想し、適当な時間に学生への助言をする。この実験における助言のキーポイントは、ほぼ決まっており、Hg線の一次回折光の観測（番号10）と最小フレ角を測定するためのプリズムの設置（番号20）に関連した内容である。たとえば、番号10、11の項目に対応して、回折光の観測法や角度読み取りなどを指導する。また、番号20から25の項目に対応して、プリズムの設置や屈折光の観測法について指導を行う。これらの助言や指導は、実験を速やかに行うため、図2に示されているHg線の回折光角度読み取り時刻（番号12）や最小フレ角読み取り時刻（番号26）に先立っていることが望ましい。

実験援助者に、番号10、20の項目に関連した助言を行った時刻の記入を依頼していたので、その時刻と、図2に示した番号12、26の項目を実行した平均時刻とを比較すると、実験期間中に実験援助者1が行った助言7回のうち、1回の時刻が図2の平均時刻より遅れていた。また、実験援助者2は、助言9回のうち、1回の時刻が平均時刻より遅れていた。これらの結果は、実験援助者の助言により、実験が速やかに進んだことを示唆しているが、助言の時間が実験の進行に影響を与えとも考えられる。つまり、学生が実験援助者の助言を待てば、

結果として進行を遅くする効果もある。図2に示したように、実験の進行が予習教材を見たグループに比べて遅れているのはこの効果によるものかもしれない。

実験の進行に影響する要因として、予習時間も考えられる。予習が不十分であれば、手順や注意すべき項目をその場で判断することになり、進行が遅くなるであろう。実際、実験援助者1と2のグループでは予習時間の平均で約15分の差がある。また、自立度を比較すると、実験援助者2のグループは自立度が低い場合が多い。しかし、図2に示すように、進行時間はほぼ同じで、予想と異なっている。

実験援助者には、助言を行った時刻だけでなく、回数と内容の記録も依頼しておいた。時間についてはすでに述べたが、1回の実験で行った助言の回数を比較すると、助言した平均の回数は、実験援助者1が2回、実験援助者2が4回であった。実験援助者2は細かく助言をして、進行が遅くならないようにしていると考えられる。一方、細かい助言は、学生の立場から見ると、自立度を下げることになる。実際、アンケートに現れているように、実験援助者2のグループは、予習時間が短いことや自立度が他のグループに比べて低い項目が多いにもかかわらず、実験の進行が遅くならなかったのは、実験援助者2の細かい指導によるものと思われる。

実験の進行から分かったことは、実験援助者の助言の時刻や回数・内容と実験の進行との関連が示唆されたことである。このことは、援助者によって実験の教育効果も影響を受けることを予想させる。一方、予習教材では、きめ細かさにはかけるが、ほぼ一定の教育成果が期待できる。

謝

この試行にあたり、広島大学総合科学部物理学系から、人的・財政的支援を受けました。深く感

辞

謝いたします。

参考文献

- 1) 宇田川・永井・星野 編：物理学基礎実験 第2版 (1999) 共立出版。
- 2) 小島・笠井・前原：応用物理教育, vol.33 (2009) 17-22.