

物理学実験の予習学習におけるビデオ教材の活用とその効果

森 嘉久・本山 智弘

岡山理科大学理学部基礎理学科

(2019年10月21日受付 2020年3月13日受理)

1. 緒言

初等教育および中等教育での教育は学習指導要領をもとに行われており、新学習指導要領が小学校では2020年度から、中学校においては2021年度から移行期間となる。その中で最も重視されているのが、生徒の主体的な学びであり、様々な学習方法が検討されている。中でも、コンピューターなどのデジタル機器、通信ネットワークを利用して教育、学習、研修などを行うe-learningや、学習者である生徒が能動的に学ぶアクティブラーニングなどの学習方法が注目されている。

本学基礎理学科の物理学実験においても、これまで学生が主体的に活動するような講義を目指し、以下のような授業改善を実施してきた。

- 実験の手順や要約を分かり易く記した補助教材の導入
- 学生自身が自分のレポートを自己評価する項目の明確化
- 実験器具の使用法を修得するための基礎実験の追加
- 大学院生のティーチング・アシスタント(TA)による実験実施前の口頭質問

しかし、予習学習の状況を確認してみると、テキストのプリントを丸写しただけの受講生が多く、実験に対する理解度が非常に浅い。予習が不十分なため、実験中は自分の予習ノートを全く参考にせず、補助資料に頼って実験を行うために、実験内容の理解が全く深まらない。

そこで本研究では、予習段階で実験に対

する理解を深めるためのe-learning教材を導入するとともに、それに対応したアクティブラーニングを行うことで、その学習効果を検証することにした。

2. 取り組み

2-1 物理学実験の位置付けと目的

まず初めに、本実験科目の位置付けを明らかにしておく。本学基礎理学科は、理学部に所属しながら、理数系の教員養成にも力を注いでおり、中学校教員免許状の数学と理科、高等学校教員免許状の数学と理科と情報が在学中にすべて取得できることを特徴としている学科である。そのため入学時の学生の9割程度が教員免許取得を希望している。中学校の理科教員免許を取得するには、物理、化学、生物、地学の基礎科目と基礎実験を全て受講することになるが、それらをパラレルに進行させると、基礎実験の開講年次が重なることで、受講生のレポート負担が急激に増えてしまう。その負担を少しでも軽減するため、物理学実験の開講年次を1年次に下げている。そのことは、受講生が物理学の基礎を十分に理解することなく基礎実験を受講することを意味するので、本実験科目の目的や目標をその習熟段階に応じて定めるとともに、評価視点や評価方法を適切に検討して、シラバスに明記する必要がある。本実験科目のシラバスには、講義目的を『力学、熱学、光学、量子物理の基礎実験を通じて、各種の装置の取扱いに慣れて、実験のセンスをつかむこと』としており、実験を通じて物理学を理解

することよりも、理系の初年次学生に求められるスキルであるデータ整理能力とその処理の方法(誤差論)に習熟することによってデータの持つ意味を考察し、要点をコンパクトにまとめたレポートを書く力を養うことを優先事項としている。この目的を受け、次の6項目を講義の達成目標として定めている。

- 1) 物理学実験に必要な測定器具を使用して、測定値が取得できる
- 2) レポート作成能力を身に付ける
- 3) 表計算ソフトを使用して、取得した実験データの計算処理ができる
- 4) レポート作成の誤差計算処理を通じて、測定の誤差について理解できる
- 5) 協働作業による実験やレポート作成を通じて、コミュニケーション能力を身に付ける
- 6) 予習学習による準備やレポート提出の締め切りなどが厳守できる

実際の実験は、原則2人1組の協働作業による実験となる。従って、一方の学生が実験内容を理解していないと、全く実験が進まないこともあるので、実験準備のための予習学習が非常に重要となってくる。

2-2 実験テキストと予習学習

物理学実験に関する良書は数多く出版されており、例えばその書籍²⁾を物理学実験の教科書として使用することも可能である。この書籍には、実験の原理から目的、方法、得られる実験データとその解析により得られる物理量の詳細が記載されており、物理学の基礎を理解している学生にとっては有用な実験教科書と思われるが、本科目の受講生のように物理学の基礎が十分修得できてない受講生が多いクラスの場合は、難易度が高いために効果的な教科書とは言い難い。そこで本実験科目では、実験器具の使用法や各実験テーマの目的、原理、実験方法

を4ページ程度に簡略化したテキストをpdf資料として配布している。しかしその簡易テキストですらしっかり予習をしてこない受講生がいると、実験が時間内に終了しないこともあるので、実験するためのポイントを写真とともにまとめた実験補助資料を作成した。この補助資料により実験の手際が良くなり、全ての実験が講義時間内に終了するようになったが、その補助資料だけを見て実験する学生は、実験の内容が十分理解できずに実験を終了してしまうため、今度はレポート作成で行き詰まってしまう。

実験の学習効果を向上させるには、実験前の予習学習をしっかりと行い、実験を通じてその学習内容を理解することが重要である。その上、時間内に講義を終了させることも必要なので、受講生は以下のプロセスを経てから実験を開始するようにしている。

- 1) 各自、実験ノートに予習学習をして、実験開始前にTAによるその予習内容の評価を受ける
- 2) 初めの15分間は同じ実験テーマの受講生(通常は2組4人だが、実験テーマによって2~5人)でグループディスカッションをして、実験内容をグループ内の受講生で情報共有する
- 3) TAによる実験テーマに関する口頭質問で理解度の評価を受けてから、補助資料を受け取って実験を開始する

上記のプロセスを経ることで、予習による習熟度が少しは向上したが、更に向上させるために実験解説用のビデオ教材を作成し、e-learningのシステムを通じて受講生に閲覧させることで、その予習効果を検証することにした。

2-3 ビデオ教材の導入

ビデオ教材の目的は、予習学習において実験器具の使い方や実験の方法、グラフの書き方、実験で測定する物理量の理解を深

めるための補助教材とすることである。ビデオ教材内では、実験の全てを説明するのではなく、重要事項のみを 10 分程度にまとめたもので、本学の LMS である momo Campus にそのビデオを掲載することで、受講生が自宅にいても様々な情報端末で自由に閲覧できるようにした。

ビデオの項目としては、ノギスの使い方、マイクロメーターの使い方、予習のやり方などの基礎的な項目と約 20 種類ある実験テーマそれぞれに対応した内容の解説ビデオを作成した。

このビデオ教材が予習学習に対して及ぼす効果を検証するため、2018 年度の秋 1 学期の受講生（45 名）にはビデオ教材を公開せず、秋 2 学期の受講生（44 名）に対してのみビデオ教材を公開して比較することにした。尚、本学のカリキュラムは 4 学期制に対応しており、本実験科目は、秋学期の秋 1 学期と秋 2 学期に、週 2 回開講で実施している。講義計画等の詳細については別の文献¹⁾を参考にさせていただきたい。

比較のためのアンケートは、基礎理学科で開発運用している課題回収・返却システムを活用し²⁾、そのアンケート項目は、

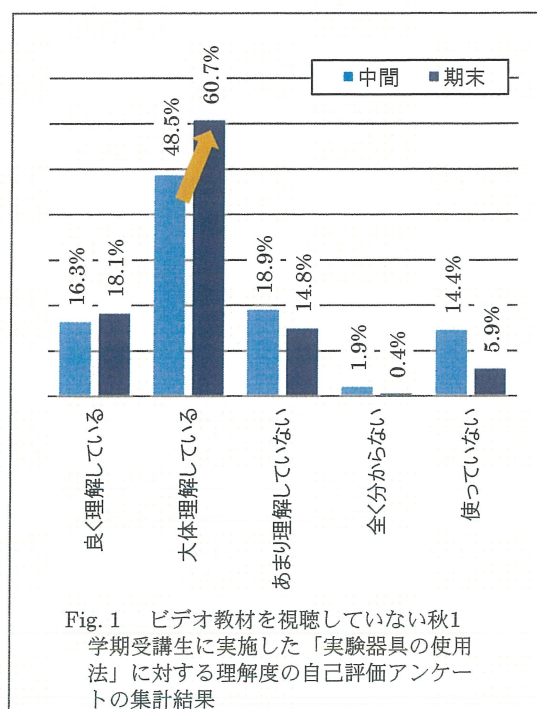
- 実験器具の使用方法
- 実験方法
- 求めるべき物理量
- グラフの書き方

に関する内容である。中間及び期末の段階で実施することで、各項目に対する理解度の形成的評価を確認するとともに、それらの項目をどの時点で理解したかを調査することで、予習におけるビデオ教材の効果も検証した。

3. 結果と考察

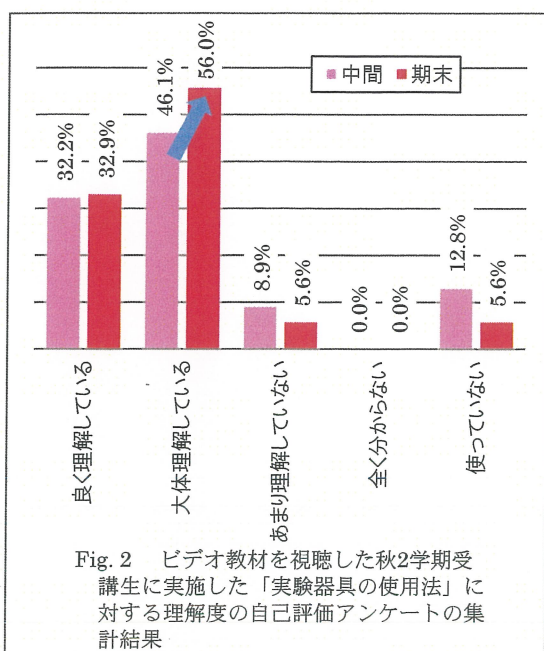
3-1 中間から期末への形成的評価

形成的評価をするために実施したアンケートで、ビデオ教材を視聴していない秋 1

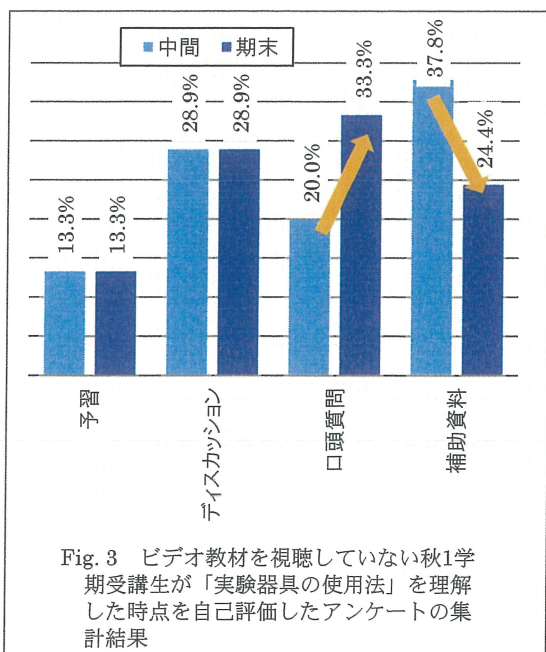


学期受講生に対する実験器具の使用法の理解度に対する自己評価のアンケート結果を Fig. 1 に示す。これより、中間および期末の双方において、大体理解していると回答した受講生の割合が最も大きくなり、その割合は中間では 48.5%、期末では約 10% 増加して 60.7% となった。また、良く理解していると回答した受講生の割合は、中間で 16.3%、期末においてもその割合は 18.1% と、ほとんど増加することにはなかった。双方を合わせて期末における実験器具の理解度は 78.8% で、残りの約 20% の受講生は、最後まで実験器具の使用法が理解出来ていない、あるいは全く理解していない状態で、「物理学実験に必要な測定器具を使用して、測定値が取得できる。」という講義目標が達成できなかったことになる。

一方、ビデオ教材を視聴した秋 2 学期受講生のアンケート結果を Fig. 2 に示す。秋 2 学期の受講生でも大体理解していると回答した学生の割合が一番大きく、その値も秋 1 学期とほぼ同等であった。また、中間から期末への増加量も 10% と同じで、期末に向けて実験器具の使用法に対する理解度



が向上する傾向がみられた。秋1学期と比較すると、よく理解していると回答した受講生の割合が多く、30%を超えている。また、全く分からないと回答した受講生はなく、あまり理解していないと回答した受講生は5.6%にとどまった。最初の段階から良く理解している受講生を増やすことが、最終的な講義目標を達成するためには重要であると考えられる。



3-2 実験器具の使用法を理解した時点

受講生の理解度を早い段階で向上させるためになすべきことを検討するため、実験器具の使用法を理解した時点を調査するアンケートを実施した。ビデオ教材を視聴していない秋1学期受講生の結果を Fig. 3 に示す。

予習段階で理解していると回答した受講生は13.3%で、その数値は学期末でも同じであった。中間と期末を比較すると、口頭質問での割合が大きく増加するとともに、補助資料の割合が減少している。これは、予習段階で理解している受講生の割合が小さいためにグループディスカッションが上手く進行せず、TAによる口頭質問の回数を重ねるごとに実験器具の使用法に対する理解度が向上したと考えられる。この結果は、グループディスカッションによるアクティブラーニングを実施する場合、そのグループ内に検討する内容を理解している学生がいないと上手く進行しないことを意味している。

一方、ビデオ教材を視聴した秋2学期受講生のアンケート結果を Fig. 4 に示すが、両学期を比較して大きく異なるのは、理解した時点が予習段階で既に30.2%あることである。また、中間と期末を比較すると、

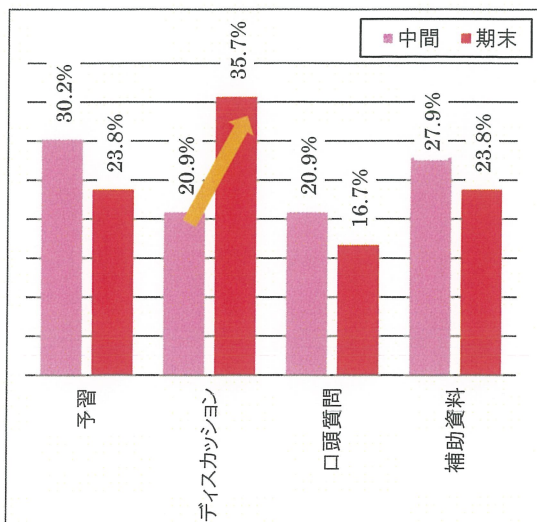


Fig. 4 ビデオ教材を視聴した秋2学期受講生が「実験器具の使用法」を理解した時点を自己評価したアンケートの集計結果

グループディスカッションの時点で、理解できた受講生が15%も向上している。これは、予習段階で30%程度の受講生が理解できていると、その学生を中心にして受講生同士のディスカッションが効果的に行われ、理解度が向上したものと考えられる。予習時点での高い理解度が、受講生のアクティブラーニングを向上させ、結果的にグループ全体の理解度を向上させることになる。

3-3 予習ビデオの効果

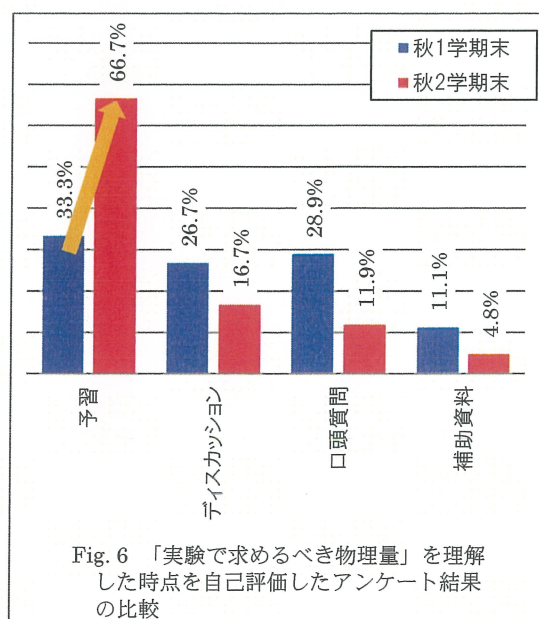
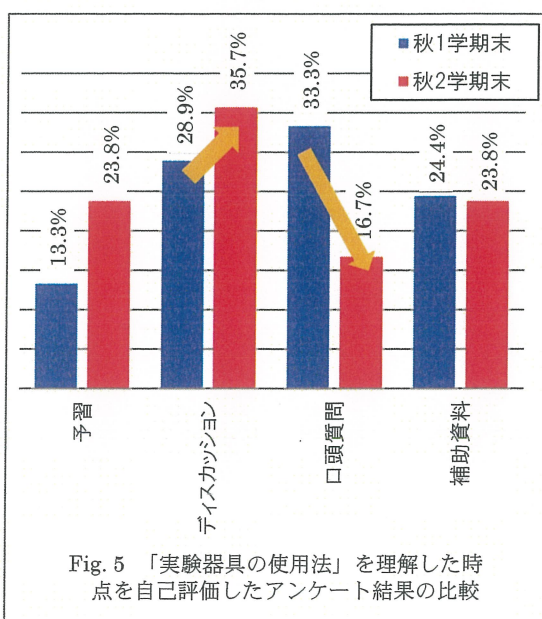
予習ビデオを導入することにより、実験器具の使用法の理解度が向上することが明らかとなった。他のアンケート項目である実験方法、求めるべき物理量、グラフの書き方に関しても同等の効果が期待される。秋1学期と秋2学期の学期末に受講生がどの時点で実験方法および実験で求めるべき物理量を理解したかを自己評価するアンケート結果をFig. 5とFig. 6にそれぞれ示す。

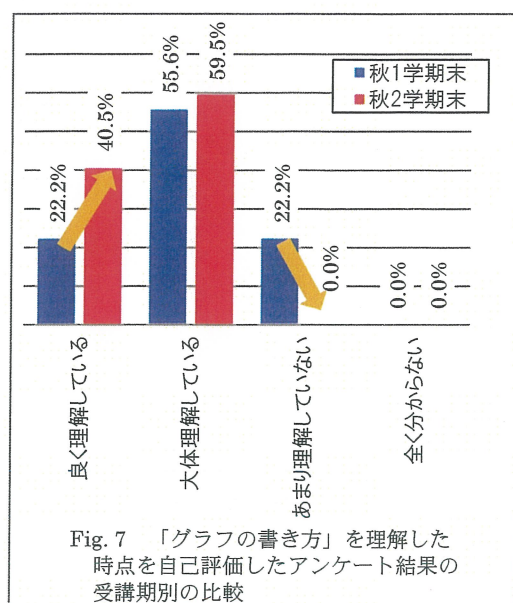
Fig. 5において、秋1学期はTAとの口頭質問の段階で理解した受講生の割合が一番大きいのにに対し、秋2学期ではグループディスカッションの時点で理解した受講生

の割合が一番大きい。この要因としては、実験器具の使用法を理解した時点の結果と同様に、予習段階で理解している受講生の割合が大きいことで、グループディスカッションが効果的に実施されたと考えられる。その結果、TAの口頭質問を待たずに実験方法を自分達で理解することができた。

Fig. 6の実験で求めるべき物理量を理解した時点の比較においては、その傾向が更に強くなり、秋2学期には66.7%の受講生が予習段階で理解しているため、実験がスムーズに進行すると期待される。

レポート作成において実験データをグラフとしてまとめることは重要であるが、そのためには、実験データの表作成、測定精度、有効数字、最小二乗法、誤差計算、エラーバーなどの理解が必要となる。そのためグラフの書き方を理解することは、実験全体を理解することに通ずる。グラフの書き方の理解度を自己評価したアンケート結果をFig. 7に示し、予習学習の効果を検討した。その結果を比較すると、秋2学期の方が良く理解していると回答した受講生の割合が、22.2%から40.5%まで増加してい





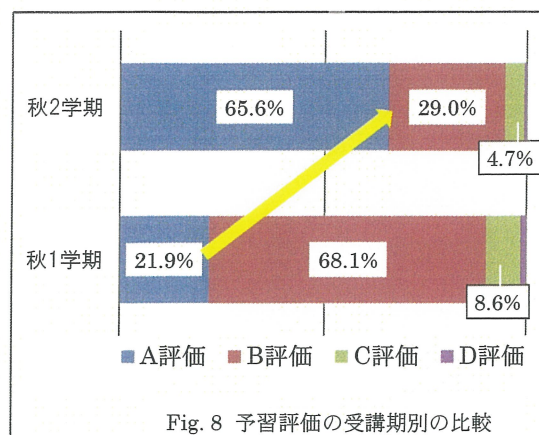
る。その上、あまり理解していないと回答する受講生がいない結果となった。この違いに関しても、ビデオ教材を導入した結果、予習学習が充実したためと考えられる。

3-4 予習準備とその評価

受講生は講義が始まるまでに、実験ノートに、実験の目的や原理、実験方法をまとめる予習をすることになっており、TAがその予習状況を実験開始前にチェックしている。しかしながらこの予習学習の形骸化が課題となっている。その課題が予習ビデオ導入によりどのように改善されるかを調べるために、予習学習の評価を次の4段階に分け、秋1学期と秋2学期で比較することにした。

- 評価 A：基準の予習内容に自分で調べた内容が追記されている。
- 評価 B：基準の予習内容が記載されている
- 評価 C：基準の予習内容が十分に記載されていない
- 評価 D：予習学習ができていない

尚、基準の予習内容とは、実験の目的、原理、実験方法が簡潔にまとめられているものと



定義している。

秋1学期と秋2学期の比較を Fig. 8 に示す。秋1学期ではB評価を受けた受講生の割合が68.1%と最も大きく、次いでA評価の割合が21.9%であった。また、C評価やD評価を受けた受講生が10%もいた。それに対して秋2学期では、A評価を受けた受講生の割合が65.6%と最も大きく、次いでB評価が29.0%であった。C評価やD評価の学生の割合は5.4%であった。

秋1学期ではテキストのプリントのみでの予習学習であったため、実験についての理解を深めることが困難で、最低限の予習にとどまったと考えられる。一方、秋2学期ではビデオ教材が導入され、実験についての理解が深まったことで、実験についてさらに自分なりに調べて追記するようになったと考えられる。

ビデオ教材の導入は受講生の実験に対する理解度を向上させ、予習学習の改善にもつながったと考えられる。

3-5 物理学実験の講義評価

物理学実験では、中間及び期末において講義に関する感想と要望などを調査して、授業改善に努めている。その中で、予習ビデオに関する評価結果を Fig. 9 に示す。アンケート結果では81%の受講生が参考になったと回答している。ことから、導入したビデオ教材は予習学習にとって非常に有用

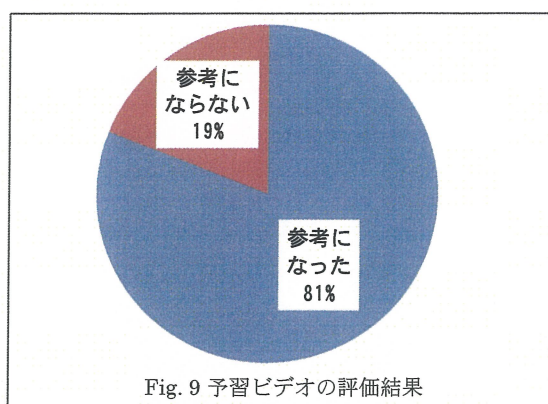


Fig. 9 予習ビデオの評価結果

であったと考えられる。

秋 1 学期のアンケート自由記述欄には、

- 補助資料を見やすくしてほしい
- テキストの内容が実際の実験と異なっているの、修正してほしい
- テキストと補助資料の内容を、一致させてほしい

など、実験テキストや補助資料に関する要望が多く記載されていた。

一方、ビデオ教材を活用した秋 2 学期アンケートの自由記述欄には、

- ビデオの内容がもう少し詳しい方が分かり易い
- ビデオをどのデバイスでも閲覧できるようにしてほしい
- ビデオが分かり易く、予習の時点から実験の方法が理解できたのが良かった
- ビデオを見て、効率的に実験ができたなど、ビデオに関する感想や要望が多く記載されるようになり、受講生が予想以上にビデオを活用していることが分かった。

4. 結論と今後の課題

予習時のビデオ教材の導入により、実験器具の理解度が上がり、予習時に実験を理解できた受講生の割合が明らかに増加した。これにより、実験器具の使い方や読み方に関する質問や実験に対しての質問が減り、主体的に受講生が実験に取り組むようにな

った。ビデオ教材の評判も良く、アンケートの自由記述欄にも、ビデオ教材の継続と内容の質向上を希望する記述が見受けられた。予習学習用にビデオ教材を e-learning システムとして導入することは、予習学習が効果的に実施されるだけでなく、その後の実験やレポート作成においても、講義目標を達成するために良い影響を与えることが立証された。

今回は、2018 年度 1 年次生の秋 1 学期と秋 2 学期で比較した。秋 1 学期と秋 2 学期の受講生は同じ学年であるため、秋 1 学期の受講生が実験した内容やレポート内容などが、秋 2 学期の受講生に伝わる可能性がある。従って今回の分析結果が、ビデオ教材視聴の有無の違いだけを見ているとは限らないので、より高い精度で「ビデオ教材の視聴の有無」の効果を実証するためには、次年度の秋 1 学期の受講生にも同じビデオ教材を視聴させ、同様のアンケート調査をして、比較検討する必要がある。

参考文献

- 1) 森嘉久：レポート評価における、チェックシートとルーブリック評価、物理教育、67 巻、2 号、pp. 117-121 (2019)
- 2) 奥田毅監修：基礎教養 物理実験、内田老鶴園 (1997)
- 3) 伊代野淳・森嘉久・齋藤達昭・山口一裕・長渕裕・古里武士：フィードバック可能な手書き学習課題の提出・返却システム、岡山理科大学 教育実践研究、1 巻、pp.73-81 (2017)