

物理基礎教育におけるアクティブ・ラーニングの試み

佐藤実*1

Email: minoru@tokai-u.jp

*1: 東海大学理学部基礎教育研究室

◎Key Words アクティブ・ラーニング, 概念理解, 物理教育研究

1. 概要

東海大学理学部では、理学部の学生が所属する各学科⁽¹⁾で学ぶ領域に限定することなく、自然科学の幅広い知見を獲得することを目的とした科目「e-科学」を、選択科目として開講している。「e-科学」には3科目あり、数学を扱う「e-科学 A」、物理学を扱う「e-科学 B」、化学を扱う「e-科学 C」に分かれている。それぞれの科目は、高校程度から大学初年次程度の内容を扱っている。そのため、原則的には、数学を専攻する学科は「e-科学 B」か「e-科学 C」を、物理学を専攻する学科は「e-科学 A」か「e-科学 C」を、化学を専攻する学科は「e-科学 A」か「e-科学 B」を履修することが可能との指導をしている。

「e-科学」3科目は、2014年3月に理学部棟として竣工した湘南キャンパス18号館の教室「サイエンス・フォーラム」において実施されている。「サイエンス・フォーラム」は、アクティブ・ラーニングに対応することを目的し、プランの設計や設備などの導入から検討された。

物理学を扱う「e-科学 B」では、主にニュートン力学概念の修得を目的として、学生の能動的学修を指向し、ICTを取り入れた教授法を実施している。概念を理解し、修得することを目的としているため、計算が必要な練習問題を解くことよりも、学生同士のグループ・ディスカッションに重きを置いている。

本稿では、まずアクティブ・ラーニング指向の教室「サイエンス・フォーラム」を紹介し、ニュートン力学概念の獲得を目指す「e-科学 B」の内容と授業の進め方について概観する。さらに、「e-科学 B」におけるアクティブ・ラーニングの効果を評価し、最後に今後について展望する。

2. アクティブ・ラーニング指向の教室

「サイエンス・フォーラム」は、アクティブ・ラーニングにも対応できる教室を実現するため、導入する設備や什器の選定などから行われた。選定にあたっては、既存の教室で実施していたアクティブ・ラーニングでの問題や不満を解消することを目指した。

「e-科学」の前身は CAI 科目であり、授業は PC 教室で実施されていた。カリキュラム変更の際に、時代と学生の変化に対応するため CAI 科目から「e-科学」に名称を変更するとともに、PC に限らない柔軟な ICT 利用と、アクティブ・ラーニングの導入を決めた。し

かし、教室は、従来から使用していた PC 教室を使わざるを得ず、ディスカッションやグループ・ワークに支障をきたしていた。

そこで、理学部棟の建設に合わせて、PC 教室ではなく、アクティブ・ラーニング指向の教室をつくることを検討した。設備や什器の選定は、PC 教室での経験から、必要最小限のものから導入し、機能的に不足する場合や授業で不満を感じる場合は、その部分をあとから更新していく方針とした。

その結果、理学部棟竣工時には、新規に天井吊プロジェクター3台とその投影用スクリーン3枚、超短焦点プロジェクター付きホワイトボード3台、赤外線ワイヤレスマイク2系統、イーゼル型ホワイトボード5台、iPad 60台、教室内 Wi-Fi を導入し、既存のタッチディスプレイを追加した。また、什器として、新規にキャスター付きの机と椅子を56セット導入した。

3台の天井吊プロジェクターには、スイッチャーを介して、同じ映像も、それぞれ異なる映像も、出力することができる。映像の入力は、アナログ RGB (D-sub 15pin) とデジタル (HDMI) に対応し、デジタル入力には Apple TV を2系統接続してある。また、投影用スクリーンは、ロールスクリーンのスクリーン部分だけを壁に吊り下げることで低コスト化した。

赤外線ワイヤレスマイクは、ハンドマイク2本と首かけ型マイク1台で、2系統のうち1系統はハンドマイクと首かけ型マイクの排他的利用とした。

イーゼル型ホワイトボードは、ディスカッションやグループ・ワークでの使用を想定した。キャスターが付いているので教室の中を移動でき、グループの周辺に運んで使うことができる。

iPad は、授業内での情報の閲覧、共有、検索のために、PC の代替として導入した。教室内の管理カートに収納してあり、授業などで必要な学生には、その場で貸し出す。管理カートには充電機能が備わっており、必要に応じて Mac を使って iOS の管理や更新することもできる。

教室内 Wi-Fi は、iPad や Apple TV の接続に用いる。教室の外には学内 Wi-Fi のアクセスポイントもあり、教室内でも受信可能だが、教室内に閉じたネットワークを構築するために、教室専用の Wi-Fi を設置した。SSID のステルス化とパスワードで、60台の iPad をはじめ教室内の機器類からはアクセスできるが、外部からはアクセスできないようにしている。学生のスマー

トホンなどは、学内 Wi-Fi を使ってインターネットに接続することかできる。

キャスター付きの机や椅子は、アクティブ・ラーニング教室では採用されることが多いと思われる。多様な授業形態に対応できるように、天板や座面を折りたたむことでスタッキングできるものを導入した。

以上のような設備で1年間運用した結果、問題や不満がいくつか挙げられた。まず、超短焦点プロジェクター付きホワイトボードが有線による接続だったため、あまり使用されることがなかったが、学生からは天井吊プロジェクターに出力している映像をこちらにも出して欲しいという要望が出た。また、イーゼル型ホワイトボードは人気が高く、5台では不足する場面が多く見られた。さらに、iPad の操作などで授業中に両手を空けるため首かけ型マイクを使用しているのだが、マイクの感度が悪く、使い物にならなかった。

そこで、2014 年度末に、無線対応プレゼンテーション用機器を新規に導入し、イーゼル型ホワイトボードとヘッドセットを追加した。無線対応プレゼンテーション用機器は、送信機を新規に導入した PC (Windows 8) に、受信機を3台の超短焦点プロジェクター付きホワイトボードそれぞれに設置した。これにより、天井吊プロジェクターと同じ映像を出力できるようになったほか、iPad から直接それぞれの超短焦点プロジェクター付きホワイトボードに映像を送ることもできるようになった。ヘッドセットは首かけ型マイクに接続するもので、使用感は良好である。

3. 力学概念とアクティブ・ラーニング

物理教育研究の知見によれば、講義形式の物理学の授業を受けた学生の概念把握は、世界的に共通してあまりよくない⁽²⁾。概念の把握を進めるには、アクティブ・ラーニングが有効であるといわれている。

そこで「e-科学B」では、ニュートン力学概念を理解することを重視し、グループ・ディスカッションを主体としたアクティブ・ラーニングを行った。また、Bluetooth 接続の超音波距離センサー・加速度センサー、力センサーや iPad のカメラによる撮影・画像解析など、ICT を用いた演示実験を取り入れた。

「e-科学B」は、毎回、A4 一枚(裏表で2ページ)の「課題シート」を学生に配布し、これを基に4人組のグループでディスカッションしながら進めていく。学生は、まず課題シートに沿って各自、概念図を描いたり、演示実験で取ったデータのグラフを描いたりし、その後、グループ内で課題シートに書いた内容についてメンバーを説得することが求められる。グループ内のほかのメンバーに説得された場合は、課題シートの内容を書き換える。最後に**まとめ**として、「今日の授業で大事だと思うこと」と「今日の授業ですっきりしなかったこと」を課題シートに書く。この当日の授業を振り返る時間が、アクティブ・ラーニングを効果的に実施する上で重要といわれている。

4. アクティブ・ラーニングの効果

2014 年度の春学期と秋学期に実施された「e-科学B」について、アクティブ・ラーニングがニュートン力学

概念の把握に与えた効果を知るため、調査を行った。有効対象者数は、春学期が7、秋学期が15だった。

ニュートン力学概念調査には、FCI⁽⁹⁾が用いられた。FCI は、回答に数式を必要としない30問の5肢選択問題からなり、被験者はすべての設問に回答するよう求められる。FCI を採用した理由は、ニュートン力学概念調査によく使われていること、調査時間が30分間と短く被験者の負担が少ないことである。

FCI は、プレ・ポストテスト法で実施され、規格化ゲインによって授業の効果を測ることが多い。規格化ゲインは、プレテストに対するポストテストのクラス全体の平均正答率の変化を、プレテスト後の伸び代に応じて規格化した量で、回答者集団の異なる授業の効果を比較することか可能である。今回の調査においても、結果の評価は規格化ゲインで行った。

2014 年度春学期の規格化ゲインは0.13、秋学期は0.06 だった。これは、伝統的な講義形式の授業(教員からの一方的な教授による授業)での規格化ゲインと同程度である。つまり、この調査結果からはアクティブ・ラーニングによる効果はなかったことになる。

しかし、学期末の授業アンケートなどによると、学生の授業に対する満足度は高く、肯定的な評価が大部分を占めた。また、個別に学生にインタビューをすると、こんなに頭を使った授業はこれまでなかった、などのコメントが多かった。

これらを勘案すると、アクティブ・ラーニングにより学生の学習態度は高まったものの、ニュートン力学概念の獲得までには至らなかったものと推察することができる。

5. まとめと展望

アクティブ・ラーニングにも対応できる教室を実現することを目標に、過去の実績に基づき必要最小限の設備導入から始め、機能的に不足する場合や授業で不満を感じる場合はその部分をあとから更新していく方針で、1年間、教室を運用した。この方法は、授業者が使用を想定する以上の設備は導入されないため、比較的低コストで効果的に教室を整備できる。ただし、今回は、授業者が少人数で限定的だったことが良好な結果となった要因だった可能性がある。

また、学生のグループ・ディスカッションを中心としたアクティブ・ラーニングによりニュートン力学概念の獲得を目指す授業を試みたが、力学概念テストの結果は思わしくなかった。一方、学生の学習態度は高まったように思われた。アクティブ・ラーニングを進める上で、学生の学習態度は重要と思われる。学習態度の高まりがなければ、概念理解に到達することは難しい。たとえば自己効力感を測定するなどして、学習態度の高まりを評価することで学生の概念理解の準備ができていないかを判断ができるか検討を進めたい。

参考文献および注

- (1) 数学科、物理学科、化学科、情報数理学科の4学科。
- (2) E.Redish: "Teaching Physics with the Physics Suite" Wiley (2003).
- (3) D. Hestenes, *et al. Phys.Teach.* **30** (1992) 141-158.