

対面学生にも遠隔学生にも同等に演示実験を伝達 するハイブリッド型授業の新たな取組 －「文系のための物理学」における実践記録－

高橋 尚志 (教育学部教授)
笠 潤平 (教育学部教授)
青木 高明 (教育学部准教授)

1. はじめに － 開講の狙いと今の位置付け

「文系のための物理学」は、本学で開講される全学共通科目の一つ「物理学 D」の副題である。文字通り文系向けにデザインされた授業科目である。この科目の背景を少し振り返ると、本学に科目領域としていわゆるディシプリン科目を提供する集団が 2002 年に作られた頃にさかのぼる（早川ら、2003）。授業を担当するすべての教員（講師以上）はいずれかの科目領域に所属することとなり、それまでの物理学担当グループも授業科目を提供する責任集団として衣替えがなされた。またちょうどその頃は、いわゆる理科離れの議論があり、科学的リテラシーの重要性が叫ばれたときであった（風間、1999）。実際、文系の学生達はご多分に漏れず物理学をはじめ理系科目を敬遠する傾向が当時も見られた。そういった状況を何とかしたいという我々物理学の科目領域の考えから、市民教育の一環として物理科学のリテラシーを教育する文系限定科目「物理学 D」をスタートさせた。その後 2007 年に物理領域の他の授業科目の見直し再編を経て、著者の笠が主として担当し、後には 2 科目開講を目指して同じく著者の高橋が参加し継続的に開講している。

第 3 期中期目標期間の本学全学共通教育の改革においての一つの主眼は、本学が理系文系問題と呼んだ学びの偏りの傾向、それは文系の学生は学問基礎科目の中でも文系科目のみを履修し、理系学生は理系科目のみ履修する傾向であり、それを是正するところにある。要するに、「文系理系問わず幅広く学びなさい」（高橋、2017）ということであった。何を今更という感もあるが、その背景には旧教養部（本学では一般教育部）において履修の基準となっていた人文・社会・自然の諸科学を満遍なく履修するスタイルから、それらの履修単位数を減らしつつ文理融合型の主題科目の履修へと大きく舵を切ったことも影響している（早川ら、2003）。第 3 期中期目標の期間にはディシプリンを学ぶ学問基礎科目の履修に一定の制限を設けて、文系学生も理系科目を履修することを義務付けた。途端に文系学生達は彼らにとって「とても難しく敷居の高い理系科目」をいかに選ぶかが問題となるため、共通教育のメニューとして文系学生を明示的に受け入れる学問基礎科目の物理学 D のような科目の新設や既存科目の改変が求められたが、我々は上手く対応することができた。学生にとっても当物理学 D などは、同様の狙いを持つ化学 A などとともに良い選択肢となり得た。

2. コロナ禍のなかで

2020年度に、2人体制で2科目（各2単位）の実施にも耐えるように準備していたが、世界と我が国を襲った COVID-19 の拡大により、そもそも授業実施すら危ぶまれる状況となった。全学的には学生の学びを止めないという合い言葉を持って4月からの対応に当たった。詳しくは別報告（高橋ら、2021）をご覧頂きたいが、物理学 D も4月にオンライン授業の準備を急ぎ行い、5月の授業開始に照準を合わせて、実験中心の授業をビデオ撮りして、オンライン（オンデマンド）対応に変更していった。

当初平常時に予定していた内容は、演示や個別実験を中心にアクティブラーニングの手法を取り入れたものであった。概ね前半（第1クォーター期間）は力学中心にセンサー機器を使用したグループ実験に取り組み、後半（第2クォーター期間）では、音や光などの波動と電磁気の基礎をやはり演示実験をしながらグループでのディスカッションを多用する計画であった。完全オンライン配信となったため、上述の様に実験を全て録画し、LMS（Learning Management System: e-Learning 教材などを利用した授業をサポートするシステム）である Moodle（LMS にはいくつか種類があるが、本学では Moodle を導入している）にアップロードしておき、遠隔会議のためのツール Zoom を使用し授業を行った。これはこれで苦労話はあったものだが、ここでは省く。

3. コロナ禍2年目の困難

2021年度は、大学の授業は感染症の状況の影響を受け、大きく変動することとなった。はじめ、可能な場合は対面の授業を実施し、同時に必要な学生にはオンライン配信を行うなどの配慮が求められることになった。さらに感染状況の推移によって基本的に対面になった期間もあり、その後感染拡大フェーズに入ったなら対面を取りやめることになったり、その逆ならば対面を中心にしたりと、アクロバティックな対応が必要であった。緊急事態宣言やまん延防止等重点措置の有無や期間が異なる隣県から県境を越えて通学する学生もおり、通学ができたりできなかったり条件も様々な中であつた。その対応として2020年度と同様の一斉の全学統一的な対応では最早立ちゆかず、対面の授業でも同時配信を取り入れる必要性が出て来た。一方我々物理の授業者としてはその場でなされる実験、その場でのグループでの議論は学びを深めるためには譲れない点である。よって、対面で参加する学生も遠隔にいる学生も、その場での実験も臨場感を以て見聞きもするし、グループワークもする、というスタイルの授業を工夫して実施した。前置きが長くなったが、以下はそのシステムの概要である。

4. 実験を多用したハイブリッド型の物理学授業

実験室で演示実験やグループ実験をしながら、グループワークもし、板書もするという授業を、しかも、対面と遠隔同時に行うものをイメージしていただきたい。それを実現する道具立ての概念図と実際の写真を図1に示す。

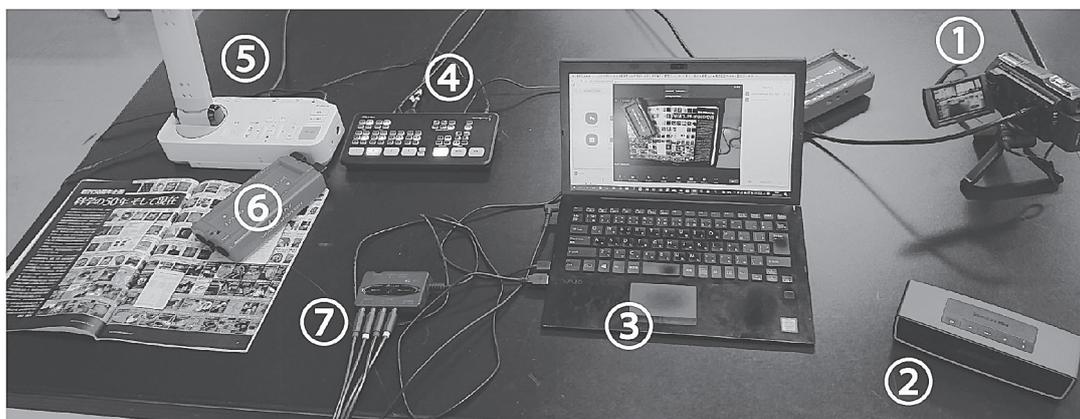
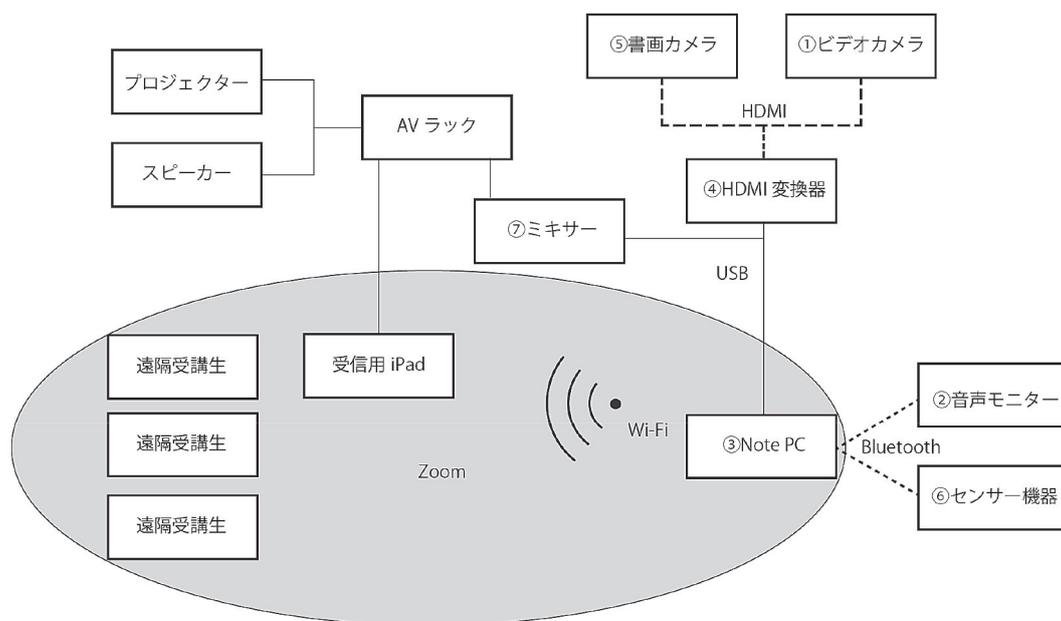


図1 装置接続の概略図（上）と実際の写真（下）。実験机の上に乗っているのは、写真の右から①ビデオカメラ、②モニター用の Bluetooth 接続スピーカー、③ Note PC、④ HDMI スイッチャー（Blackmagic Design ライブプロダクションスイッチャー）、⑤書画カメラ、⑥ Bluetooth 接続力学台車、⑦音声用簡易ミキサー（BEHRINGER / UCA222）。その他に Zoom 受信およびプロジェクター投影用の iPad、そして実験室備え付けの AV ラック等がある。

一般にオンライン（同時配信）で行う演示実験の場合は、教員は実験をし、実験室にいる対面受講の学生はその場で実験の様子を観察し、遠隔参加の学生は Zoom 等で配信される映像を見ることになるが、ここで一工夫入れる。ポイントになるのは、図2のように、

対面の学生も Zoom 配信された映像を見るということである。ビデオカメラで撮った映像を手元の PC で Zoom に配信し、もう 1 台の PC (物理学 D では iPad を使用した) で受信し、その受信信号をプロジェクターに映している。図 2 の手前のだるま落としは実際の映像で、左奥に写っているのは、Zoom 配信された映像を受信し、それをプロジェクターに投影したものである。ごく近くにいる学生には直接見た方が良いが、いわゆる密な状態を避けるために実験室の奥の方 (実験装置から遠いところ) に着席している学生達には投影された映像の方がよく見える。この 1 年の間に大学の通信環境が大幅に改善されたため、リアルタイムでこのような送受信がストレス無くできるようになった。なお、この受信した信号を投影する方法は、遠隔配信の通信状況チェックを兼ねることにもなる。つまりプロジェクターの映像が乱れたり途切れたりすると、遠隔の学生にも同様の不具合が生じていることが想像できる。ひるがえって学生側の視点からは、実験室にいる者も自宅等にいる者も同じ映像を見るため、それなりの臨場感の共有をすることができる。



図 2 実験の様子とそれを送信し受信した信号を投影したスクリーン上の映像。ごくわずかのタイムラグはあるが、受講生によればどちらかに集中するので気になるものではない。

グループワークについては、実験室の学生はそのままグループ分けし、Zoom 参加の学生はいくつかの小部屋でグルーピングし議論のできるブレイクアウトルーム機能を使用し、決められた時間が経過した後に戻ってくる仕組みを利用した。戻った後には、考えを発表してもら場合にも対面遠隔の区別無く意見を披露できた。音響については、実験室の中では肉声が届くが遠隔配信にはマイクが必須である。授業者である教員はもちろんのこと、発表する者にもマイクを通じて発言してもら必要がある。

グループ実験を行う場合は、当たり前だが、装置を手にしていない遠隔参加の学生は見学者となる。ただし、どのような作業が行われていてどういう結果が得られているのか、少なくともグループの参加者の視点で見てもらいたいので、撮影者がビデオカメラを持って移動し、学生が実験している様子をライブ中継した。この授業にはハイブリッド授業を謳っていたので Student Assistant (SA) が重点配置され、撮影はその SA に任せた。実

験の様子は、図3に示した。同じものをグループのメンバーが直に目にし、ほぼ同じ視点で遠隔の学生が視聴することになる。なお、オマケのような効果として、どう操作すれば良いかもしもじしていた別のグループのメンバーが、プロジェクターに投影された Zoom の映像を見ながら、「ああそっかあー」、と言って参考にしていたのは新たな発見であった。



図3 圧力センサー付きの力学台車（パスコ製スマートカート）を2台使って押し合いをさせ、作用反作用の法則をその場で実験して iPad 上で表示させている様子。これを Zoom で配信。

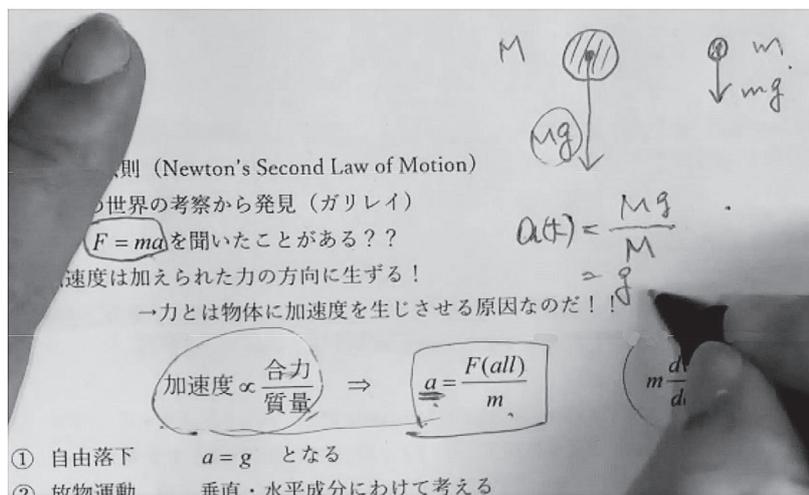


図4 板書代わりに講義メモ等に直接書き込んで、それを書画カメラに写して遠隔配信した。

板書については、PCに接続した書画カメラを用い、配布した講義メモに直接書き込んだ内容を投影および遠隔配信した。つつい、我々はきれいに書かれたプレゼンシートを作って、「ほらどうだ、すごいだろ」、と学生に提示しがちであるが、実はそのようなプロフェッショナルな匂いのするものは一瞬の感動はあるかも知れないが、右から左へささっと流れていってしまいがちである。あまり記憶にも残らず、従って教育効果という観点からは疑問符が付く。それよりは、多少下手でもオリジナルな手書きのものが残りやすいか

な、と感じている。これには賛否があろうが、実際目の前で何かしらの作業をしてみせる、何かしら作図もしてみせる、という効果を疑う方は少なからうと思う。それを、通常板書でやっているのを、書画カメラでやり、さらに同時に配信もしてしまうということだ。HDMI のスイッチャーを書画カメラに切り替え、容易に配信できる。図 4 はその一コマである。

以上が今年度試みたハイブリッド授業の概要である。このような授業を行う事によって学生達はどのように感じているのか、授業に集中できるのか、そしてどう学んでいるのか、とても気になる場所である。大学のルールでは、実験を行う授業については条件が許せば通学し対面で参加して良いことになっていた。大学からは、そして我々教員からは、無理して通学しないで欲しいとメッセージを出し続けたが、この授業についてはごく近隣の在住者も含めて、およそ半数の学生が対面授業に参加した。面白いのは、毎回参加することをことさら頑張りもせず、感染状況を見ながら対面で参加したり遠隔で参加したりという自由さを彼らは発揮していた。中には、新幹線を使ってこの授業だけのために毎週来学する者もあった。その理由を聞いたら、彼の所属学部ではほとんど座学のオンラインになってしまって、このような参加型のアクティブラーニングで実験もできる授業がとても新鮮で楽しみなのだとの返事であった。涙の出る思いである。別の学生からも対面であっても遠隔であってもほとんど違和感なくどちらにもスムーズに参加できたとの感想ももらった。少なくとも、当初狙ったことは実現できたと考えられる。

5. あらたな可能性—むすびにかえて

ここまで紹介した物理学 D のみならず、我々のチームは学部開設科目である「初等理科」という教員養成向けの授業の物理分野でも実験を中心にした授業を行っている。コロナ禍ではむしろこちらの授業の方が深刻な影響を受けた。感染予防対策をとると、通常使用する実験室ではとても受講生全員が入りきらないし、一方で実験の経験を積ませるためオンデマンドにはしたくない。そこで、別の空き実験室や教室を利用して、Zoom 回線で離れた部屋を結び双方向授業を行った。各部屋には教員や SA (TA や SA に別途予算が付いたのを利用した) などインストラクターが張り付き、受講生の実験補助に当たった。こちらでもグループワークを多用しており、映像は図 1 に示したシステムとほぼ同様で、それに加えて備え付けの AV ラックに別途持ち込んだ簡易ミキサー (図 1 下⑦) が活躍した。これを各教室に持ち込み追加で接続することで、AV ラックと PC 経由の Zoom 音声をミックスし、それぞれの教室マイクで話した内容が、すべての教室に配信できるようになった。わずか数千円のみキサーの効果は絶大であった。他にも値段の上では、HDMI のスイッチャーはピンからキリまであるが、1 万円から数万円台程度のものまでで十分我々の示した授業は可能である。物理実験の機器を除けば、他の機材はほぼ備え付けの標準的なものである。自然科学系の演習実験をされる方々や、積極的にアクティブラーニングを実

践されている方々におかれては是非トライしてみたいと思う。

一連の経験は、コロナ禍の緊急避難的な対応からスタートしたのであるが、我々はコロナ対応だけでない新たな可能性を見出すに至っている。種々様々な条件により一つところに集まって授業できずとも、空間を超えて対面で授業するのに近い効果が得られるやり方があるんだと実感している。しかも、放送大学やMOOCなどの流しっぱなしのものとは異なり、一定目の届く範囲の人数でかつ双方向性を持たせることができる大学本来の学びの姿がちゃんと位置付いているのではないかと、そういう自信を持ち始めている。もちろん、条件が許せば実験などはその場でやるのが基本でそれに勝るものは無いと思われるが、こういうオプションを持ちさらにブラッシュアップすることは今後の教育の在り方を考える上での良い材料であると考えている。

参考文献

- 早川茂・中谷博幸・村山聡・松井康浩・大野拓行・石井明・岡崎勝一郎（2003）「一般教育から教養教育そして全学共通教育へ」香川大学大学教育開発センター編『香川大学教養教育研究』第8号、1-47頁。
- 風間重雄（1999）国際的に見たわが国の科学技術リテラシーと理科・科学教育』『応用物理』68(3)、249-253頁。
- 高橋尚志（2017）「旧カリキュラムから新カリキュラムへ」香川大学大学教育基盤センター編『香川大学教育研究』第14号、1-5頁。
- 高橋尚志・寺尾徹・野村美加・高橋明郎・岡田徹太郎・石井知彦・宮崎英一（2021）「遠隔授業導入の経緯と大学教育基盤センターの対応」香川大学大学教育基盤センター編『香川大学教育研究』第18号、41-59頁。