

# パーソナルデスクラボとICT活用による遠隔物理実験授業の実践報告

三野 弘文<sup>1)</sup>・飯田 亮<sup>2)</sup>・林 美恵子<sup>3)</sup>・小川 幸春<sup>4)</sup>・東崎 健一<sup>5)</sup>

<sup>1)</sup>千葉大学国際教養学部 <sup>2)</sup>千葉大学教育学部（科目等履修生）

<sup>3)</sup>千葉大学 普遍教育係 技術補佐員

<sup>4)</sup>千葉大学園芸学研究科 <sup>5)</sup>千葉大学名誉教授 千葉大学グランドフェロー

A practice of a distance physics experimental class using ICT tools  
and personal desk lab

Hirofumi Mino, Akira Iida, Mieko Hayashi, Yukiharu Ogawa,  
and Ken-ichi Tozaki

## 要旨

千葉大学では、2007年特色GPの支援を受け、個人体験型物理実験キット（パーソナルデスクラボ（PDL））を開発した。PDLは、学生が1人で机上において物理実験を行うことができる装置で、それを用いると、普通の講義室で講義を受けながら一斉に実験することが可能となる。PDLは、本学だけなく、国内外の大学、放送大学、高校での実験教育、中学・高校教員の研修等に多数活用されている。我々は、この実績のあるPDLとテレビ会議システムを併用することで西千葉キャンパスから遠隔地である松戸キャンパスに物理実験授業を提供できると考えて、4年間に渡り試行してきた。全国的に遠隔で実験授業が行われている例は殆どない中（国立大学ではおそらく初）、試行錯誤を重ね、2016年度はSkype、ポータブル電子黒板などのICT機器も導入することで、遠隔地でも十分な物理実験授業を行えるという成果を得た。その実践報告と今後の遠隔実験教育の課題について述べる。

## Abstract

A system of novel experimental apparatus named Personal Desk Lab (PDL) has been developed at Chiba University for use in experimental higher physics education<sup>[1]</sup>. PDL is portable and can be used by students individually on a classroom desk, with which experiment class can be conducted for many students at the same time in an ordinary classroom. Physics education with PDL is currently conducted in universities in and outside of Japan, the Open University and high schools. PDL is also used in the training for school teachers. We have tried for 4 years to conduct the remote experiment education in Chiba University from Nishi-Chiba campus to Matsudo campus by using

PDL and a TV conference system. Such an attempt is hard to find in elsewhere in the world. In 2016, the quality of remote education is improved by using the additional ICT equipment such as Skype and portable electric blackboard.

#### キーワード

パーソナルデスクラボ（PDL）、ICT、遠隔授業、物理実験

### 1. 序論

テレビ会議システムを使用した遠隔授業は多数の大学で実施されている。大学での遠隔授業は、複数のキャンパスを抱える大学で教員または学生の移動を必要としない授業が可能となり、またキャンパス間で同時に同じ講義を共有することも可能となるなど、大きな可能性をもっている。昨今、教員・スタッフの人員削減が進む中、大学の遠隔授業のニーズは今後もますます高まることが予想される。一方で、大学の教育は、より学生の能動的活動を取り入れたアクティブラーニングへの展開が望まれており、将来、遠隔授業においてもアクティブラーニングへの展開が望まれるであろう。

千葉大学では2011年にテレビ会議システムが導入され、これを利用した遠隔授業が行われてきてたが、実施はすべて一斉講義形式で教員→学生への一方向の提供であった。このような中、松戸キャンパスで1コマ開講されている物理学基礎実験について、物理を専門とする教員が松戸キャンパスに少ないことから、西千葉キャンパスの教員が松戸キャンパスの学生に遠隔で物理実験を提供することができないだろうかというニーズがあった。実験の授業は、学生自身の活動を主体とする内容でまさにアクティブラーニングそのものである。しかし、教員と学生が直接対面できないという制限を持つ遠隔授業においてこれを実現するには、次のような複数の課題があり、実現には至っていなかった。

〈課題1〉 一斉指導のほかに、「学生サイドの実験の進行状況の把握」「学生からの質問対応」「学生の実験結果への個別対応」など、教員↔学生の双方向のやり取りを実現するための通信システムが必要となる、

〈課題2〉 〈課題1〉を実現するため、機器トラブルに対して十分に対応できる人員・設備を整える必要がある、

〈課題3〉 受講生約30～40人が同じ教室で実験が行えるよう、実験装置が持ち運べるくらいの小型である必要がある、

このような中、これとは別に、千葉大学では2007年文部科学省の特色GPの支援を受けて、普通の教室で一斉に物理実験を行うことのできる個人体験型物理実験キット（パーソナルデスクラボ（PDL））の開発がなされた〔1, 2〕。これ以来、学内の普遍教育の物理学基礎実験は同じ教室で一斉に実験ができるようになり、高校や国内外の大学、放送大学への活用も行われるようになった〔3, 4, 5〕。われわれは、このPDLを使うことにより

上記〈課題3〉がクリアされるとの見通しを得て、物理学基礎実験の遠隔授業への適用に取り組み始めた。2013年度の松戸キャンパスでの物理学基礎実験から試験的に導入し、今年度は〈課題1〉〈課題2〉に対応するため、テレビ会議システムに加え、Skype、ポータブル電子黒板などのICT機器を併用し、これらに熟知するスタッフが現地に同行するという形で実施した。以下、これらの取り組みを報告する。

## 2. 遠隔物理実験授業におけるシステム構成

遠隔物理実験授業を西千葉キャンパスから松戸キャンパスに試験的に提供するために、以下の機器を使用した。テレビ会議システム（西千葉キャンパス・総合校舎2号館 SONY社製 PCS-XG100、松戸キャンパス・エキスパート演習室 Polycom社製VSX7000s 各機器には授業風景撮影用カメラ、モニター、プロジェクター、スクリーン、マイク（無線もあり）を含む）、ポータブル電子黒板（KEEPAD社製 eBeam）、クリッカー（KEEPAD社製 Turning Point）、書画カメラ、ノートパソコン数台（Webカメラ付き、Skype及びポータブル電子黒板の使用のため、西千葉、松戸各1台、松戸では更にクリッカー使用に1台）、PDL実験キット（等電位線測定用機器、松戸キャンパスに事前に運搬）。図1に、機器の配置や構成、通信に関する概略図を示す。

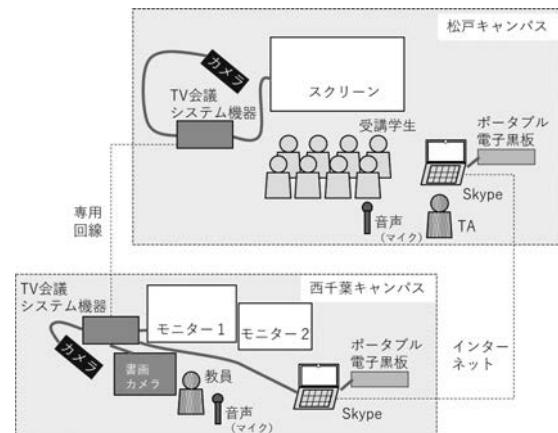


図1 遠隔授業システム機器の配置と構成

## 3. 遠隔物理実験授業の実施状況

PDL実験キットとテキストを人数分（予備含む）、事前に松戸キャンパスに学内便で届けた上で、授業を提供する当日に、テレビ会議システムを用いて西千葉から実験の指導を行った。図1に示すように、テレビ会議システムでは、双方の教室にカメラが設置されており、カメラの映像をスクリーンやモニターで観察し、互いの部屋の状況を確認した。音声はマイクで話す声を互いにやり取りでき、音声と映像の相互通信は問題なく行えた。授業提供側の西千葉キャンパスからカメラの映像、パソコンの画面、書画カメラの映像を必要に応じて選択し、松戸キャンパスのスクリーンに投影した。西千葉キャンパスでは、松戸キャンパスの様子を見るモニターと、松戸キャンパスに送っている映像を見るモニターを準備した。実験に関して現地で受講学生のサポートができるティーチングアシスタント（TA）を配備した。現地対応が必要な作業に関しては、西千葉キャンパスから松戸キャンパスに音声でTAに指示し、質問の受付なども行える体制とした。ただし、TAにはあ

らかじめ実験器具の使用方法や実験内容について事前指導を行った。以上のような取組を3年間実施し、その結果、以下のような課題・改善すべき点が浮き彫りとなった。

- ・機器の動作確認の事前チェックが必須であること、
- ・実験指導では全体の概要を示しながら実際の装置を使った説明を行うことが効果的だが、そのためには複数の映像を送れるシステムが必要であること、
- ・学生個々の実験結果への指導にはテレビ会議システムとは別に個別対応ができる機器が必要であること、
- ・教員側に学生たちの反応や様子がより臨場感のある映像・音声で伝わる仕組みが必要であること、
- ・さらには、リアルタイムで学生たちがこちらの指示・内容を理解できているかについての確認もできる仕組みがあると良いこと、などであった。

これらを踏まえ、機器の動作確認は前日と当日の30分前に2回行うこととし、2016年度からは更に双方にノートパソコンを導入し、Skype、ポータブル電子黒板による通信で個別対応をすること、また、クリッカーを用いて各学生の理解状況の把握する仕組みを試みた。以下に2016年に行った遠隔実験の詳しい実施状況を述べる。

### 3.1 教員→学生全体への講義提供【TV会議システム、書画カメラによる】

図2と図3に実際の講義の様子を示す。

西千葉キャンパス側の教員は、図2のように松戸キャンパスの学生の様子をモニターで見ながら、マイクで話しかける。送る映像は、説明に合わせ、教員の手元の書画カメラ映像やパソコン画面に切り替える。一方、学生たちは、図3のようにスクリーンや大型モニターに映った教員の姿または書画カメラによる実験装置映像を見ながら教員の説明を聞き、手元の実験装置を操作する。

### 3.2 教員↔各学生への個別指導【インターネット経由のノートパソコン、Skype、ポータブル電子黒板による】

学生が実験を進める段階に入ると、個々の実験結果に対して、随時の個別指導を行う必要がある。今回は、このような指導を、上記3.1とは別にインターネット



図2 西千葉キャンパスにおける授業提供の様子



図3 松戸キャンパスにおける受講の様子

ト接続のノートパソコンを用いて行った。まず、学生の実験結果をTAがWebカメラで撮影した後、その画像をポータブル電子黒板上にアップして双方のパソコン画面に映し出す。そして、教員が電子黒板上の実験結果に赤で書き込みをしながら、Skype（PCテレビ電話）で口頭指導するという形で行った（図4）。

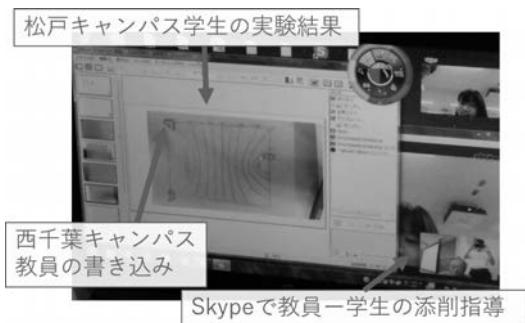


図4 Skype、ポータブル電子黒板使用の様子

### 3.3 教員←各学生の質問対応【クリッカーシステムによる】

学生側からの随時の質問については、クリッカーシステムを活用した。クリッカーは学生1人に1台専用のクリッカーと呼ばれるリモコンのような装置を配布し、学生がクリッカーを押すと教員側のPCモニターに押したクリッカー番号がそれとわかるように色が赤→緑というように表示されるシステムである。質問のある学生にクリッカーを押してもらい、現地TAがマイクを向けて質問してもらった。

### 3.4 レポートの提出と指導【Moodleによる】

レポートの提出と指導に関しては、Moodleを使用することで問題なく対応できることを確認した。

## 4. 遠隔物理実験についての考察

まず、得られた成果について箇条書きで示す。

- (1) TV会議システムにより、クリアな音声と書画カメラの映像を送信し、最大で30人全員の学生が実験結果を出すところまでの指導ができた。
- (2) 別回線の個別指導により、実験が早く終わった学生3人が添削を交えて個別指導を遠隔で受けられた。一方で、その後終わった学生たちは時間がなくて個別指導は受けられなかった。
- (3) 実験を終える学生が多くなると時間内では個別対応がしきれなくなるが、その際、学生の結果の良い例、悪い例など適宜ピックアップして、松戸キャンパスのスクリーンに投影し、全体に対して説明することで、各自で比較検討できる指導を行えた。
- (4) クリッカーにより、学生サイドからの質問をリアルタイムで把握できるようになり、実際の質問行動につながった。ただし、それなりの手間もかかった。
- (5) 実験を行った3時間の間は回線トラブルなどなく、途切れずにすんだ。
- (6) TA1人と補佐員でマイクやPCを学生に手渡した。ただし、質問はクリッカーではなく、すぐ横のTAが現地で対応することが多かった。

次に、今後の課題に向けた考察を以下に述べる。

2016年度は新たにSkype、ポータブル電子黒板などのICT機器を導入したので、西千葉からパソコン機器に詳しいTAと、物理実験技術補佐員の2名を松戸キャンパスに派遣した。松戸キャンパスでは、遠隔機器操作担当のTAと世話人スタッフの2名を加えて合計4名、西千葉では実験指導を担当する教員と、遠隔機器操作を担当する教員の2名体制とした。1つの実験授業でこれだけの人員を導入することは、人員削減が進む現状ではデメリットといえる。しかしながら遠隔通信システムの使用に関しては、4年間の本取組、その他学内の遠隔授業での経験から、不測のトラブルの発生がある割合で生じることがわかった。遠隔授業では通信機器のトラブル解決に時間がかかり過ぎると最悪授業が行えないという危険性もある。そういった意味では序論で遠隔授業の運営に必要な〈課題2〉として挙げたことに関連して、通信機器を専門的に扱えるスタッフは必須である。また、相互の教室間のスタッフのやり取りをTV会議システムの音声機能にのみ頼っていた場合、通信エラーの際には通話ができなくなる。その際に連絡を取り合う手段として内線電話の設置は不可欠である。

受講学生の状況を把握するために使用したクリッカーについては、松戸キャンパスのノートパソコンの小さな画面の応答をモニターで確認するのみで、西千葉キャンパスからの制御ができないという点を改善する必要がある。これに関してはKEEPAD社のRemotePollを使用することで松戸のデータを西千葉のパソコンで集計できる機能を使うことによる改善が見込まれる。

また、学生の状況を教員が把握できるよう、松戸キャンパスのカメラやクリッカーを使用したが、一部の学生が実験についていけていない状況や、或いはTAがその学生に対応していることに気づかず西千葉にいる教員が説明を進めてしまうことも何度か生じた。教員とTAの間で音声のやり取りを必要に応じてしっかりとやること、また事前に実験の手順など綿密に打ち合わせし、作業内容の詳細が書かれたレジュメを用意する、全体のタイムスケジュールを示すなどの対応を更に強化することが必要である。

今回の遠隔物理学基礎実験では、学生に対する授業アンケートは行なっていない。今後は、クリッカーを用いて授業中にリアルタイムで学生の理解度や感想を授業中に聞くといった形のアンケートの実施も授業改善に向けた有効策と考えられる。

## まとめ

PDLとICTを活用した遠隔物理基礎実験授業を西千葉キャンパスから松戸キャンパスに提供した。遠隔地に機器操作に詳しいTAと技術補佐員を派遣し、更に西千葉・松戸キャンパスそれぞれに遠隔機器操作ができるスタッフを用意することで、現地に教員が出向いて行うのと近い状況で実験授業を提供できることを示した。このような遠隔での物理実験を普及させていくためには、必要なスタッフ動員が多いことが課題である。このためには、

機器トラブルを如何に少なくし、操作を簡略化できるかが鍵となる。今後は、このような課題に取り組んでいきたい。

### 注

[1] This work was supported by “the Distinctive University Education Support Program (Good Practice [GP])”, Ministry of Education, Culture, Sports, Science & Technology, Japan (2007–2009).

### 参考文献

- 1 K. Sou, N. Ozaki, S. Matsuda and K. Tozaki : Proc. ICPE2006 (2008), p. 218
- 2 パーソナルデスクラボによる実験教育の展開 (<http://gp.pdl.chiba-u.jp/index.html>)
- 3 K. Sou, T. Kato, K. Oto, T. Sakurai, K. Yamamoto, E. Omosa and K. Tozaki : AIP Conf. Proc. 1263, 175 (2010)
- 4 日本物理学会 大学の物理教育2007 第13巻 第3号 p. 126 三門 正吾
- 5 パーソナルデスクラボ活用研修 千葉県総合教育センター (平成23年度から毎年実施)