

東海大学における教養物理実験教育の改訂 —教科書の改訂と情報機器の調査—

藤城武彦, 滝内賢一, 喜多理王, 北林照幸, 新屋敷直木, 山口滋

〒 259-1292 平塚市北金目 4-1-1

東海大学 理学部物理学科

E-mail: fuji46@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

(2013 年 9 月 27 日受付; 2013 年 11 月 29 日受理)

Revision of the Culture Physics Experiment Education in Tokai University —Textbook Revision and Investigation of Information Device—

by

Takehiko T. FUJISHIRO, Kenichi TAKIUCHI, Rio KITA, Teruyuki KITABAYASHI,
Naoki SHINYASHIKI and Shigeru YAMAGUCHI

Department of Physics, School of Science, Tokai University

4-1-1 Kitakaname, Hiratsuka-shi, Kanagawa, 259-1292, Japan

E-mail: fuji46@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

(Received on Sept. 27, 2013; accepted on Nov. 29, 2013)

Abstract

The modern pedagogy for teaching experimental physics in Tokai University was researched and developed through the 1970s and 1980s. The current method of teaching experimental physics, under which many people have been educated, was formalized in 1986. The decades since then have yielded many improvements. This paper discusses a new tool and system for teaching experimental physics; the tool and system complement the complete revision of physics textbooks in 2012.

The textbooks were revised in consideration of conversion to electronic form in the near future and edited with an eye toward value in the classroom and support for numerous students, rather than for literary style. Support tools are being developed under the assumption that students will use them on mobile devices. Short films that are subtitled, entertaining and versatile serve an important role in the effective use of these tools. To test the conditions necessary for these tools to be effective and widely available on mobile

devices, an investigation was carried out with the help of instructors of experimental physics. The results indicate that 82% of students have a smart phone available to them. When the planned expansions are complete, an effective environment with support tools will be readily accessible for teaching and learning experimental physics.

1 はじめに

東海大学における物理学実験教育は1975年に発足した東海大学教養物理学実験運営連絡協議会によって組織的に研究・開発が行われ、80年代にかけての改定により近代的な物理学実験の教育システムの礎が築かれた[1]。この物理学実験の改定は、明確な指導目標の設定とともに目標を達成するためのテーマの開発、実験指導書の充実そして実験室の運営も含めた教育システムの確立を目指し行われた。この方針に沿って近代的な実験テーマの開発[2]が行われ、1980年の指導書[3]の出版をもって現行の物理学実験の原型が作られた。さらに1986年7月の12号館物理実験室の完成により、現行の多人数の物理学実験教育が確立された[4]。

現在まで引き継がれている物理学実験の指導目標は、①基礎的な物理現象の把握、②基本的な実験技術の修得、③実験に対する自主性と積極性を養うである。この目標を達成するためには学生の自主性を促すような教育[1]が必要であるが、90年代以降の学生の基礎学力の低下や多様化に伴う多人数教育の縮小、さらにはセメスター制の導入による時間的な制約などから徐々に教え込む教育へ推移していったというのが現状である。

近年ではレポート指導の明確化や導入実験の新設などのいろいろな取り組みがなされており、また担当教員による学生の自主性を促すような様々な努力が続けられているが、実験室としての有効な手立てが打ち出せないままであった。昨年、約30年ぶりに教科書の大幅な改訂をし、それを出発点として我々は新しい実験教育のシステムの構築をスタートさせた。

本論文は2010年11月に発足した東海大学物理学実験テキスト編集委員会による教科書の全面改訂に伴う新しい物理実験教育のツールおよびシステムの開発についての現状とその構想について論じたものである。次節以降、教科書の改訂、物理実験教育のツールおよびシステムの開発、それに伴う情報機器に関する調査について紹介する。

2 物理学実験の教科書の改訂

入試の多様化、全入時代の到来に伴う多様な学生の入学は大学の教育、特に基礎教育に大きな負担がかかる結果を招いており、この状況は当然ながら実験教育にも多くの困難をもたらしている。困難の主原因は、学力、学習歴の多様性はもちろんのこと実験に対するスキルや意欲などによりかなり差のある学生たちが同じクラスに混在しているところにある。現在の実験の授業は決められた時間内に一定の事柄をこなさなければならないため、学生の自主性を尊重しては授業が立ち行かなくなってしまう、教え込む授業にシフトをせざるを得ない状況が生じてしまう。実験の授業は学生と教員が測定についてもしくは物理現象について積極的に議論を交わす時間であるべきであるが、教えることに多くの時間をとられているのが現状である。したがって我々は、このような状況の中であっても学生の自主性を促すような教育が実現できるように教科書の改訂を行った。

物理学実験の教科書は先に述べたように1980年に出版され、2010年までの30年間に3回の小幅な改定を行ってきたが昨年、将来の電子化を念頭に大幅な改定を行った[5]。この改定のポイントは学生の自主性を促すような教育を実現するためにはどの様に改訂すればよいかということである。この目標



図 1: “モジュール化” の一例

を目指すために我々は学生にとって読みやすく実際に使いやすい内容に構成するという方針で改訂に臨んだ。

改訂された教科書は実験に対する基本的な知識を解説した「基礎編」と各実験テーマを解説した「テーマ編」からなり、この構成は改訂前の教科書の構成を踏襲した。基礎編に関しては長文の解説を避け、“モジュール化”することで必要な情報を取り出しやすくした。ここでいう“モジュール化”とはその事柄を表す図(スライド)とそれに付随する説明という形で各節を構成することである。図1に示したのはその一例であるが、各ページの左側半分に図を配置し、その内容を説明する文章を右側に付することで、図を見てそこに書かれている事柄を把握し文章によってその内容を知るといった学習の流れができる。長文の中から自分に必要な情報を見つけ出すことが苦手な学生にとっては、この“モジュール化”によって情報を積極的に探し出す動機づけができると期待される。さらにこの“モジュール化”は教科書の電子化に向けての試みの一つでもある。図2は教科書の付録DVD[5]に収録した基礎編の電子版の一例である。ページの上段に図、下段に文章をセットし、言わば“紙芝居”のようにページをめくる形式にすることによって教科書を単に電子データにするだけではない新しい形の電子化に向けての試みの一つとなっている。

基礎編におけるもう一つの特徴を挙げるならばレポートの実例を掲載したことである。学生の多くは大学に入学して初めて本格的な実験レポートを書くことになり、大変な負荷を感じることであろう。その負荷を軽減し、レポート作成のポイントを把握させる目的で“模倣”を推奨したのである。具体的にはレポート作成を目的としたテーマ「オームの法則」において、手書きのレポートの全文を掲載し、ポイントとなる部分に解説や注釈を挿入することで具体的にレポートの内容をイメージできるよう配慮した。その例を図3に示す。このレポートの例を“模倣”し、極端に言えば測定データの部分だけを自分たちのものに変えて書き写せばレポートを完成させることができる。このように模倣から入ることで実験レポートへの初期の負荷を緩和し、徐々に自分自身でレポートが書けるようになることを促すのである。

有効数字の意味

(ア) $x = 15.2\text{mm}$ (イ) $x = 15.20\text{mm}$
15.2 と 15.20 は意味が異なる
表示してある桁まで有効とみなす

(ア)は 1/10mm までの測定結果
(イ)は 1/100mm までの測定結果
(イ)は(ア)より10倍高い精度で測定された

(ア)(イ)を単なる数字として見た場合、いずれも長さ15.2mmあり、同じものと思われる。しかし、これらを実効数字として見た場合には、明らかに異なった意味を示している。すなわち、有効数字として見た場合、(ア)は1/10mmまでの測定結果を意味しているのに対し、(イ)は1/100mmまでの測定結果を意味している。したがって、(イ)は(ア)よりも**10倍高い精度で測定**された結果であることを意味する。

© 新編物理実験 東京大学物理教育システム構築委員会 2012

図 2: 基礎編の電子版の例

テーマ編では全般に見やすさを重視して簡潔な記述を心がけた。たとえば各テーマの原理・理論（解説）を必要最小限に限定することで最低限どんな事柄や知識が必要かということが伝わるように構成した。それを補足する原理・理論は各テーマ毎に付録として記載することで補った。付録の例を図 4 に示す。この付録もまた“モジュール化”の一つであり、教科書の電子化を行う際に有効であると考えている。これに対して、実験中もしくはレポートをまとめる際に実験内容を整理しやすいように「実験結果のまとめと考察」の項については充実を図った。必ず実行すべき項目に [必須]、レポートをさらに充実させるために必要な項目に [発展] と明記することによって最低限やらなければならない事柄を明確にするとともにどのように実験データを整理し、まとめて行けばいいのかを把握しやすい形に提示した。これによって教科書にしたがってデータをまとめ、整理すれば自然にレポートが作成できるような構成にした。

先にも触れたようにこの教科書には付録の DVD が添付されており、この中には教科書の全ページが PDF 形式の電子データとして収録されている。これによって PC やタブレット型端末にデータを移行すれば簡易ではあるが電子版の教科書として使用できる。また、基礎編のモジュール化した部分はこれとは別に PC 版、タブレット版（SP 版）として収録した。さらに、実験ツールの雛形として実験装置に関する 10 本、物理現象に関する 10 本の計 20 本のショートフィルム（実写映像の動画）も収録した。これについては次節で述べる。

3 物理実験教育のツールおよびシステムの開発

多様な学生に対して我々は、導入のテーマの新設や教科書の改訂等のハード面の改善に加え、視聴覚

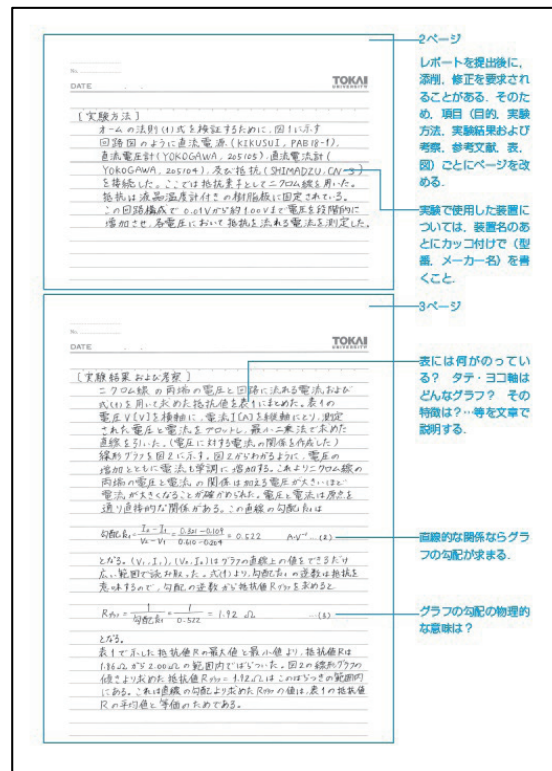


図 3: 実験レポートの例

機器を用いた説明と個別指導を丁寧に行うことで対応しているがそれにも限界がある。物理実験では現象や実験機器の説明を視聴覚教材等を交えて丁寧におこなったとしても実験は測定等の作業を伴うため、個人もしくはグループ毎の理解度や進度の違いが顕著になると一斉に行う説明では十分な効果が得られないと感じられることが多い。一方で学生に個別に説明を行うとしても、限られた時間内に限られたスタッフで対応するには限界があり、これを補うために視聴覚機器を各個人もしくはグループ毎に用意し運用することは財源面でも運用面でも難しい。

このような状況を改善するために我々は、新しい実験教育のツールおよびシステムの開発を先に述べた教科書の改訂を基にして進めている。これは、①学生が自分たちの理解度や進度に合わせて個別に学習できる、②スタッフ数の減少も可能になる、③特別な予算をほとんど必要としない、といった特徴を持つツールおよびシステムである。

このシステムの最大の特徴は学生自身が所持するスマートフォンやタブレットなどのモバイル型端末による視聴覚コンテンツの利用を想定しているところにあり、この教材によって学生自身の理解度に合わせて個別に自主学習できる学習システムの構築をめざしている。すなわち、モバイル型端末で閲覧可能なツールを開発することで、実験中はもちろんのこと、いつでもどこでも手軽に閲覧が可能となり、自分たちに必要なツールを必要なときに必要なだけ活用できるようになる。これによって実験教育の目指す指導目標である自主性と積極性も養われると期待できる。このシステムが有効となるのはモバイル型端末の普及と直結しているため、2011 年度より学生のモバイル型端末の所有状況や意識についての調査を開始している。この調査については次節で述べることにする。

このシステムのソフト面、すなわちモバイル型端末で閲覧可能なツール（サポートツールと呼ぶこと

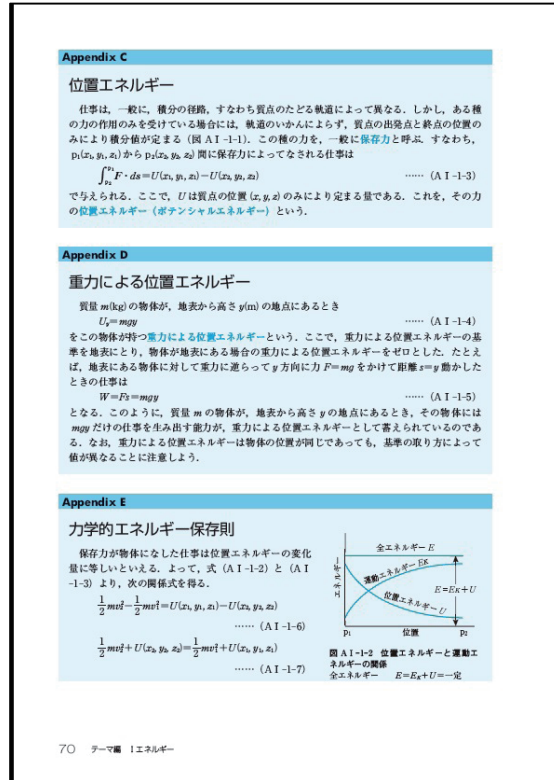


図 4: テーマ編の付録の例

にする)の開発であるが、学生が見る気になるような要素を備えている必要がある。その要素は①一つひとは短時間で閲覧できるショートフィルムであること、②音声による説明と字幕での説明の両方を備えていること、③一部に娯楽性があること、④多様な学生をサポートできるように多彩であること、などである。これらの要素をもつツール群は、①実験を行う前の予備知識としてのツール、②実験中に参照し方向性を見出したり、修正したりする際に役立つツール、③実験終了後のまとめやレポートの際のサポートツールの3編に集約し構成する。教科書の付録DVDに収録されている20本の試作品のサポートツールに加えて、新たなサポートツールの撮影と編集が現在進められており2015年春の完成を目指している。

このような多くのサポートツールからなるコンテンツを必要に応じて効率よく利用できるようにするためには、閲覧を助けるシステムが必要である。そのためにコンテンツと学習者とのインターフェイスとして電子化されたテキストを活用する。現在、書籍の電子化には様々な議論があるが、書籍を単に電子的な媒体に乗せるのではなく、書籍と内容は等価であるが全く異なる表現形式、すなわち映像等の電子的なコンテンツと読者(学習者)をつなぐインターフェイスとして開発することにより、新しい形の物理実験の教科書となる。このような電子化の方法は、実際の作業を伴う物理実験のような実験のテキスト類で初めて意味を持つようになると考えている。

この教科書の電子化の新しい方法の開発により、実験の進行、物理現象の理解や測定技術の習得をサポートし、自主性と積極性を養いつつ、多様な学生の実験教育を充実させることができると考えている。

4 情報機器に関する調査

2011 年度春セメスターから 2013 年度春セメスターに開講された科目「物理実験」において、各セメスターの履修希望者に対して「情報機器についてのアンケート」をおこなった。アンケートは主に選択方式であり、最後の 2 問は記述式である (図 5)。

問1	現在、何年生ですか？	1年 ○	2年 ○	3年 ○	4年以上 ○
問2	電子辞書は持っていますか？	はい ○	いいえ ○		
問3	関数電卓は持っていますか？	はい ○	いいえ ○		
問4	普通の携帯電話を持っていますか？(スマホ以外)	はい ○	いいえ ○		
問5	普通の携帯電話でインターネット(Webサイト)を閲覧しますか？	はい ○	いいえ ○		
問6	スマートフォン(スマホ)を持っていますか？	はい ○	いいえ ○		
問7	スマホのタイプはどのようなものですか？	iPhone ○	Android ○	わからない・その他 ○	
問8	スマホはInternet利用(Mail, Twitter, SNS)以外で、主にどんな用途に利用していますか？(複数可)	音楽・動画 ○	ゲーム ○	書籍・漫画 ○	その他 ○
問9	現在スマートフォンを所有している場合、購入した時期はだいたい、いつ頃ですか？	最近 ○	半年前 ○	1年前 ○	2年以上 ○
問10	重さ1kgくらいのモバイル用ノートPCまたはiPadなどのタブレット端末を持っていますか？	はい ○	いいえ ○		
問11	ノートPCなどで使えるPocketWiFiのような定額データ通信を契約していますか？(携帯スマホ以外)	はい ○	いいえ ○		
問12	現在、ノートPC、タブレット端末などのモバイル機器を所有している場合、購入した時期はいつ頃ですか？	最近 ○	半年前 ○	1年前 ○	2年以上 ○
問13	スマホまたはモバイル用ノートPC、iPadなどを持っていない場合、今後購入する予定はありますか？	はい ○	いいえ ○	すでに所有 ○	
問14	授業で使う教科書に電子データ、電子書籍版があれば、スマートフォンやモバイル用ノートPC、タブレット端末で、これから使いたいと思いますか？	はい ○	いいえ ○		
問15	今までに、教員が事前に用意した授業の電子データ(PDFやパワーポイントのスライドなど)を、予習用にまたは授業中にその電子データを自分のスマホ・ノートPC・タブレット端末で利用したことがありますか？	はい ○	いいえ ○		
問16	今までに、教員が事前に用意した授業の電子データ(PDFやパワーポイントのスライドなど)を、自分のスマホ・ノートPC・タブレット端末で授業中にその電子データを利用したことがあれば記入して下さい。	自由記述、複数回答可。(科目名、データの種類)			
問17	スマホ・タブレット端末を利用している人はどのようなアプリケーションをよく利用していますか、アプリ名を記入して下さい。(自由記述、複数回答可)				

図 5: 情報機器についてのアンケート

物理実験は理学部・工学部・情報理工学部などの理工系の 1 年次および 2 年次の学生を対象として開講されている科目である。アンケート回収数 (表 1) をみて分かれるとおり、春セメスターと秋セメスターとの違いで 1 年次と 2 年次の受講学生数が大きく変わっている。アンケートを実施した日は授業第一回目であり、春セメスターの場合 1 年次生は初めての大学授業を受ける週である。

表 1: アンケート回収数

年度	1 学年	2 学年	3,4 学年	合計
2011 年度春セメスター	262 人	192 人	25 人	479 人
2011 年度秋セメスター	530 人	66 人	7 人	603 人
2012 年度春セメスター	360 人	267 人	29 人	656 人
2012 年度秋セメスター	555 人	3 人	6 人	564 人
2013 年度春セメスター	283 人	205 人	28 人	516 人

ここでは1年次の学生を対象を限定してアンケート集計結果を見てみる。図6から図18の縦軸はアンケート年度とセメスターを表し、Sは春セメスター、Aは秋セメスターを表す。横軸棒グラフは集計数全体の割合を表し、その数値は実際のアンケート回答数を表している。

問2は電子辞書の所有率を尋ねているが、約75%の学生が所有している結果となった。この問2の結果(図6)は年度やセメスターによらずほぼ一定の割合に落ち着いていて、電子辞書の保有率の高さを表している。

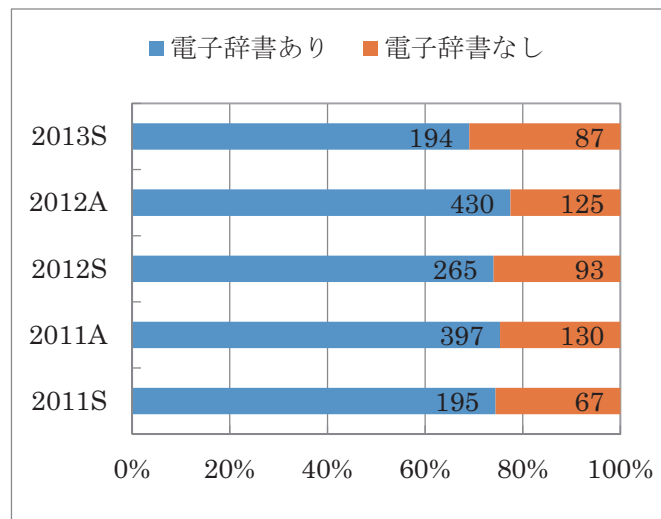


図 6: 電子辞書の所有率 (問 2)

図7は関数電卓の所有結果を表している。春セメスターか秋セメスターかによって結果が異なっており、春セメスターは初回時の授業にアンケートを実施しているため、まだ関数電卓を購入するよう授業で言われていない学生が多くいるものと思われる。このアンケート実施後に関数電卓は物理実験のデータ処理のため必要であろうから学生は購入するものと思われる。秋セメスターでの関数電卓所有率は約90%に達している。

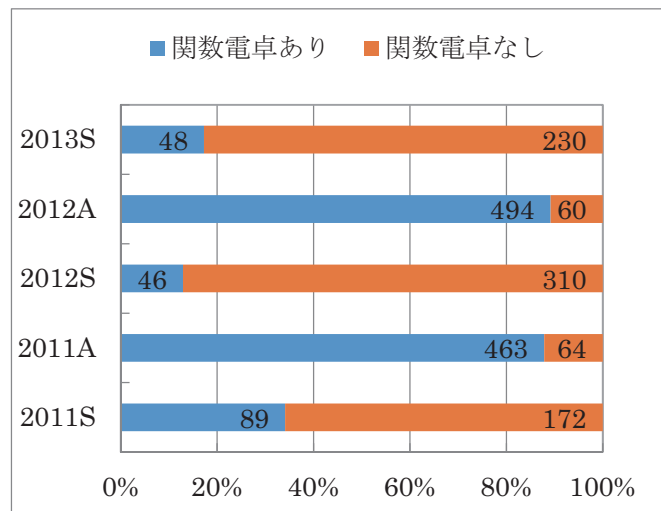


図 7: 関数電卓の所有率 (問 3)

図 8 はスマートフォンをのぞく携帯電話（フューチャーホンいわゆるガラパゴス携帯）の所有率を各セメスター毎に集計した結果である。2011 年度春セメスターからセメスター毎に 2013 年春セメスターまでの所有率は約 80%から 30%まで減少している。この結果と同様な傾向が問 5 の結果 (図 9)「スマートフォンを除く携帯電話からの Web サイト閲覧率」に現れている。2011 年度春セメスターから 2013 年度春セメスターまで各セメスター毎に減少している。

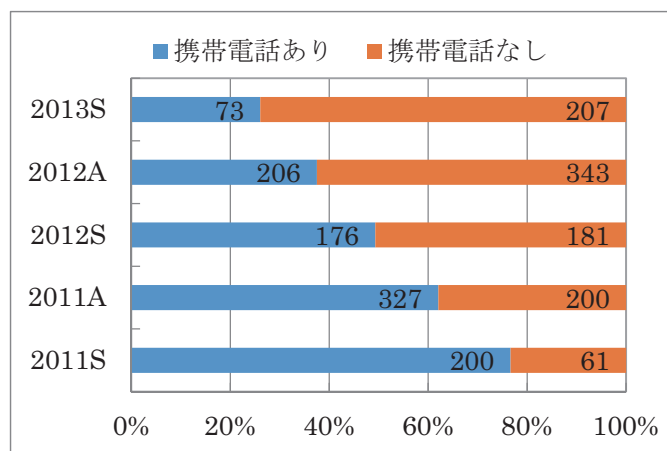


図 8: スマートフォンを除く携帯電話の所有率 (問 4)

問 4 の質問と関連して問 6 の結果 (図 10) はスマートフォンの所有率を表している。図 8 とは逆に 2011 年春セメスターから 2013 年春セメスターまでセメスター毎に増加していることが分かる。2011 年春セメスターでは約 20%のスマートフォン所有率が 2013 年春セメスターでは 82%に達している。表 2 にこのアンケートを実施した時期前後のスマートフォンの発売に関する主だった出来事を示してみる。

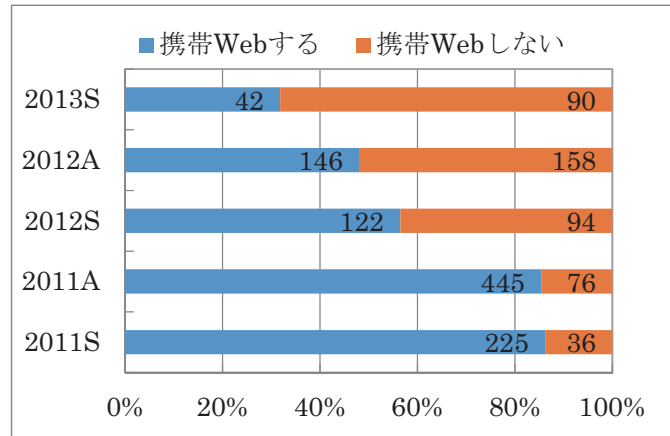


図 9: スマートフォンを除く携帯電話からの Web サイト閲覧率

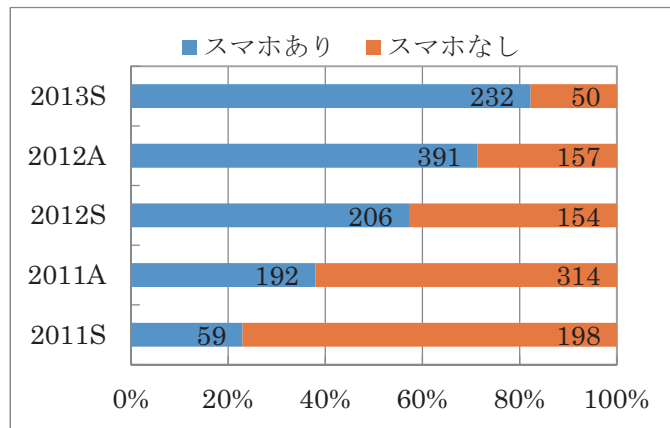


図 10: スマートフォンの所有率

表 2: 主だったスマートフォン発売に関する出来事

2008 年 7 月	iPhone3G ソフトバンクから発売
2010 年 6 月	iPhone4 ソフトバンクから発売
2010 年 10 月	Android 2.2 Garaxy S スマートフォン docomo から発売
2010 年 11 月	Android 2.1 IS03 スマートフォン au から発売
2011 年 10 月	iPhone4s au から発売
2012 年 夏	docomo から発売される新機種がほとんどスマートフォンになる。
2013 年 9 月	docomo から iPhone5s が発売

2010 年から 2012 年に渡った時期が、携帯電話がスマートフォン新機種導入の過渡期であるといえる。特にこの時期スマートフォンの発売が遅れていた au が初めは Android を主体に、その後 Apple 社製 iPhone を販売するようになりスマートフォン普及は加速し始めた。この時期から 2 年間のうちにはほぼ携帯電話を購入・機種変更する人はスマートフォンを選択するであろう（携帯電話会社は主に 2 年単位の契約条件を付けている）。

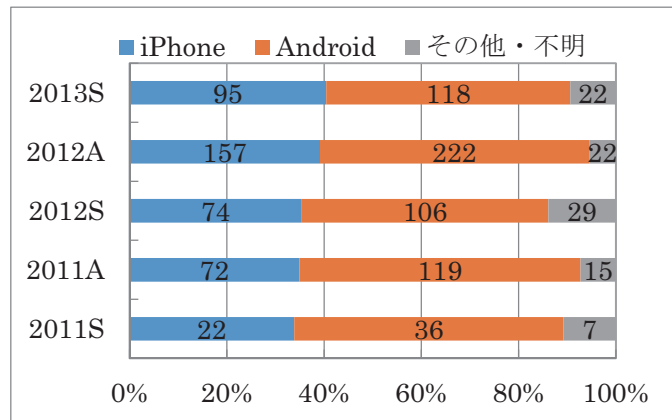


図 11: スマートフォン所有者の機種別比率

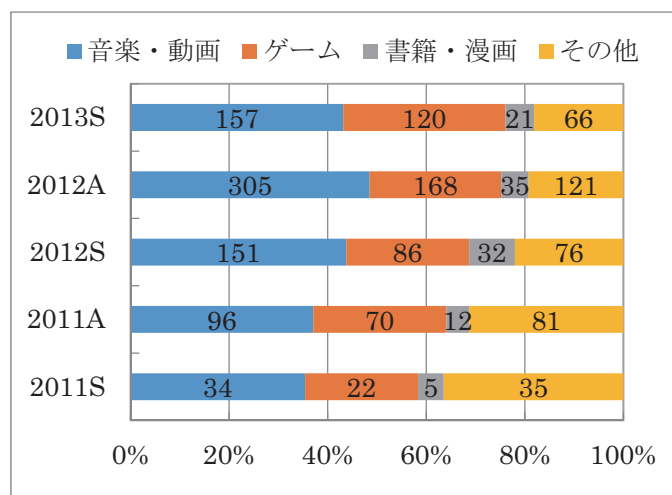


図 12: 利用しているアプリ種別

問 7 の結果 (図 11) はスマートフォン所有者の機種別比率を表している。おおむね時期に関係なく Apple 製 iPhone が 35% で Android スマートフォンが 60% である。約 5% のその他・不明のほとんどはスマートフォンが「Android OS」を内蔵した製品だと意識していない人のアンケートの結果だと推測される。知名度は iPhone (iOS) が高く、開発メーカーの多くが OS として Android モデルのスマートフォンを発売していたので開発メーカーのブランド名の方がアンケート対象者に認識されていたと思われる。

問 8 の結果 (図 12) であるがこれはスマートフォン所有者が利用しているアプリ種別を複数選択で記入してもらったものである。4 項目の複数回答なので、どのアンケート時期でも具体的な選択肢「音楽・動画」、「ゲーム」で 70% を占めている。ここで特に示されている結果はスマートフォンでは「書籍・漫画」を見ている比率が極めて少ないということである。スマートフォンの画面サイズは主に 4～5 インチであり、メールや文字メッセージサービス (LINE, Twitter など) では見やすい大きさではあるが、長い文章や書籍は見づらい傾向にあると思われる。

問 9 の結果 (図 13) はスマートフォンの購入時期についてのアンケート結果である。「最近購入」と「半年前に購入」をセメスターごとに時期をふまえて結果を見ると、アンケート対象の 1 年次生は多くが

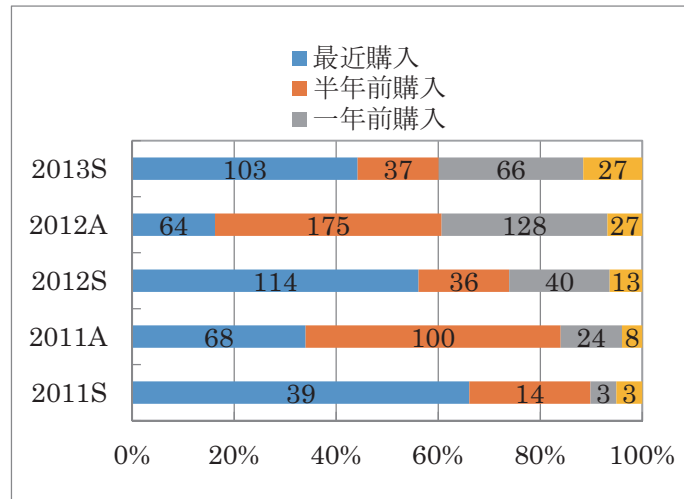


図 13: スマートフォンの購入時期

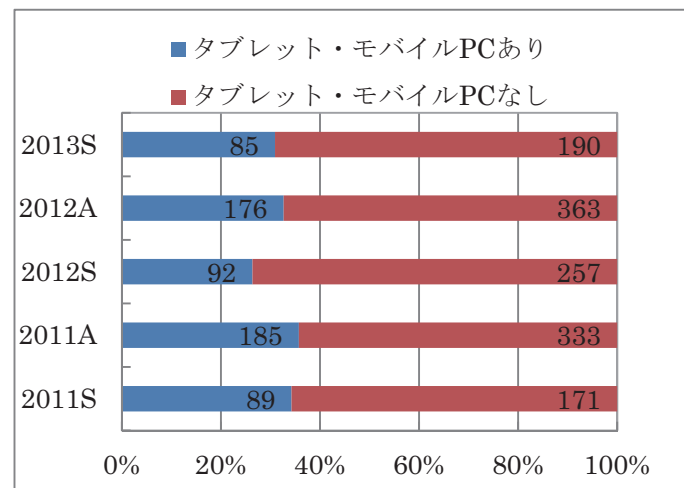


図 14: モバイルノート PC の所有率

大学入学時期にスマートフォンを購入していることがわかる。2012 年秋 semester、2013 年春 semester に関しては「1 年前に購入」と答えた比率が増加している。やはり 2011 年、2012 年に多くの人がスマートフォンを買ったもしくは買い換えたということが分かる結果である。

問 10 の結果 (図 14) は iPad などのタブレット端末や持ち運びできるモバイルノート PC を持っているかどうかを聞いたもので、アンケート時期に依らず所有率は約 30% 前後で一定の値をとっている。

問 11 の結果 (図 15) は問 10 のタブレット端末・モバイルノート PC で「ポケット WiFi」, 「WiMAX」のような定額データ通信を利用しているかを尋ねたものである。この結果もアンケート時期に依らずタブレット端末・モバイルノート PC の所有者中、利用率は約 25% 前後で一定の値を取っている。

問 12 の結果 (図 16) はタブレット端末・モバイルノート PC の購入時期を尋ねた結果で、約 60% の所有者が大学入学時期に購入しているのがわかる。この傾向はアンケート時期に依っていない。ただし 2011 年度春に対して 2012 年、2013 年は 1 年前に購入・2 年前に購入の比率が若干多くなっている傾向が見られる。

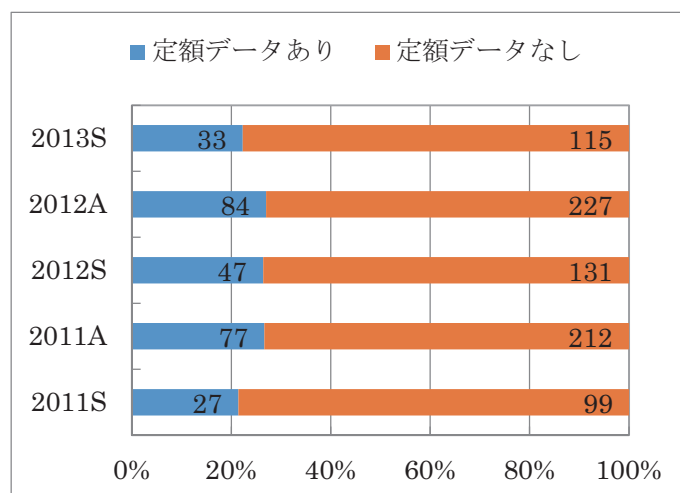


図 15: 定額データ通信を利用率

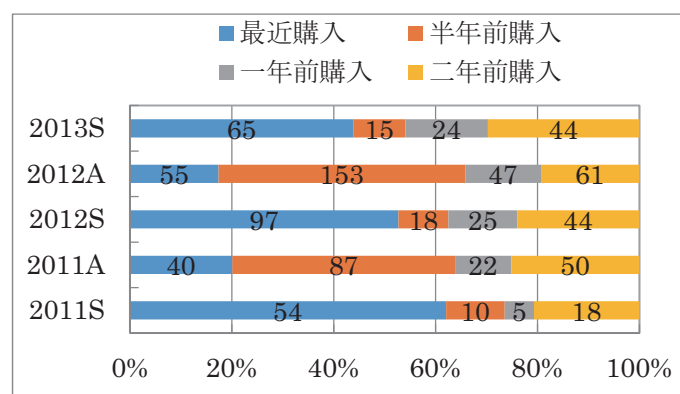


図 16: タブレット端末・モバイルノート PC の購入時期

問 14 の結果 (図 17) について、「授業で使う教科書に電子データ版があればスマートフォン・タブレット端末・モバイルノート PC で利用したいか」を尋ねたものである。結果を見るとほぼ 65% の回答者が利用したいと答えている。この比率はアンケート時期によらずほぼ一定の値を取っている。

問 15 の結果 (図 18) は「今までに授業の電子データを予習用または授業中に自分のスマートフォン・モバイルノート PC・タブレット端末で利用したことがありますか」という設問の結果である。春semester 時期の集計では 1 年次生の高校時代での利用経験だけに対し、秋 semester 時期の集計では大学の春 semester 時での授業経験も含まれる。集計時期について主だった特徴はつかめない。

問 16 と問 17 の自由記述、複数回答欄ではほとんどのアンケート結果が空白であった。記入されていた内容であるが、問 16 「今までに、教員が事前に用意した授業の電子データを自分のスマホ・ノート PC・タブレット端末で授業中に利用したことがありますか」については少数であり、学科ごとの特定の科目名が記載されていた。データ形式については PDF、パワーポイントファイルと記入しており、その他はなかった。一方で問 17 「スマホ・タブレット端末でどのようなアプリケーションをよく利用していますか」の記入に関しては問 8 の質問のその他に関する項目に対応した内容であり、具体的なアプリ名が記入されていた。特に多かったアプリ名は先にも登場した文字メッセージアプリ LINE、Twitter、つぎに SNS の Facebook である。多くはこういった友人とのコミュニケーションツールアプリを記載し

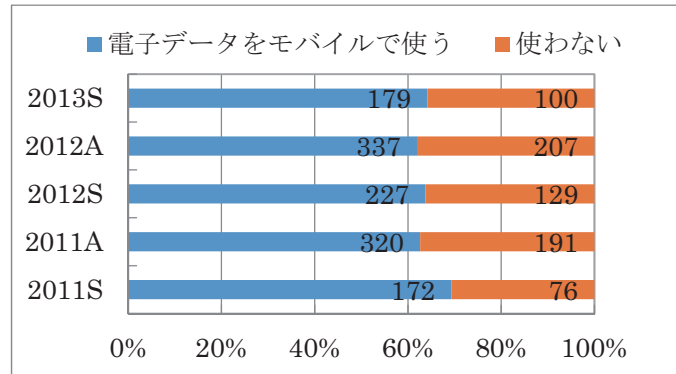


図 17: 電子版の教科書を使いたいのか

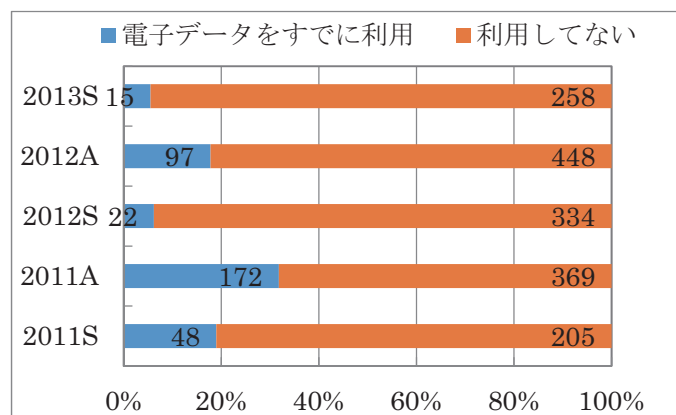


図 18: 電子データを利用したことがあるか

であったが、そのほかのアプリとしては乗換案内、地図アプリ、天気アプリといった生活に便利なアプリであった。

アンケート結果を総合してみると、一般生活に密着している携帯電話がスマートフォンとなり通話が一機能へと変化すると、それに伴い学生の携帯電話もスマートフォンへと種類が変更していることがわかった。スマートフォンを購入する時期もまたセメスター毎に早くなっている。スマートフォンへと変化したことにより音楽、特に動画の閲覧がストレスなくおこなえて、スマートフォンでおこなうゲームも十分に一般に認知されてきた。

一方アンケートからは時間を経ても変化しない項目もあることがわかった。電子辞書は十分行き渡りほとんどの学生が持っている。スマートフォンの種類においても我々は iPhone が人気で年ごとに増加するかと予想したが、学生から見れば、やりたいこと（音楽、動画 YouTube、ゲーム、LINE など）ができれば iPhone だろうが Android だろうがあまり関係ないということである。

また直接生活に密着していない機器、タブレット端末やモバイルノート PC、定額データ契約機器の所有率も変わってはいない。自分の家と大学に PC がそれぞれあるので PC をわざわざ持ち歩く必要はほとんどないというわけである。

同じ原因なのかは不明だが教科書の電子データをスマートフォンやタブレット端末で利用したい割合も年を経てスマートフォンの所有率が上がっても変化していない。学生の 3 人に 2 人（約 65 %）が利用したいと考えている訳であるが、まだ利用する機会は少ない。このことから教員が自分の担当科目の

教材を電子データ化し積極的に公開すれば、学生は自分のスマートフォンを使って閲覧できるようになると考えられる。ただ懸念があるとすれば現在の状況ではスマートフォンでの書籍の閲覧（漫画でさえも）は、音楽、動画、ゲームの利用に比べて圧倒的に少ないというアンケート結果がでていることである。

5 おわりに

我々は2010年より物理学実験教育の改訂に着手し、2012年に教科書の全面改定を行った。今後はサポートツールの開発を進め、同時に教科書の更なる改訂を計画している。その間には議論を深め研究を重ねなければならない数々の問題があるが、ここでは以下の2つの問題について議論したいと思う。

1つ目はスマートフォンの活用についてである。複数人で共有される事が多いコンピューターと異なり、所有者のみが利用する携帯電話から発達したスマートフォンは極々パーソナルな機器である。学生がスマートフォンを使う使い方を見ても空き時間にゲームをし、仲間と交流するため文字チャットソフト（LINE, Twitter など）を使い文字やイラスト、写真で友人とのつながりを保つ。この学生がもつスマートフォンを理系教科科目や物理実験などの授業に活用できないかどうかを考える。

学校の授業はおおむね教員からの一方的な説明を受ける形式でおこなわれているが、授業改善に意欲的な教員はアクティブラーニング・学生同士の話し合いを授業の時間内に設けたり、コミュニケーションを主眼として授業をおこなう教員も見受けられる。知識や計算技能の習得を主な目的としている理系教科科目の場合、学生との議論に授業時間の多くを割り当てることができないのが東海大学における現状である。現在、プレゼンテーションソフトで作成した電子データの資料を授業で利用している教員が増えている。このような資料の作成・公開をおこないスマートフォンで閲覧することは学生にとって多大なメリットがある。一方デメリットも発生していることも認識しなければならない。「すでに電子データがあり、手元に保存していること」は学生の学習に対する意識次第で効果が大きく変化する。今までも紙媒体で授業の資料は配布されていたが、電子データの場合は内容が直接見えないので紙より「よい効果」と「悪い効果」の差が大きくなると考えられる。

2つ目は反転授業についてである。「Webを利用したオンライン学習」は以前から注目され、LMSなどコンテンツと学習システムの研究がおこなわれている。MOOCは社会的に認知され始めた学習システムとして普及が加速している。現在は「Webを利用したオンライン学習」自体の内容が充実しはじめ、学習者が効果的に学べる学習法や教育システムの運営法が次の研究課題となっている。「Webを利用したオンライン学習」においてはWebだけで完結させる学習ではなく、授業クラスでの対面学習とWebサイトの教育教材学習を相互に組み合わせたBlended learningが注目されはじめ、その一手法としてFlip teaching（反転授業）というものがある[6]。

反転授業（flip teaching）は近年注目されている教授法であり、日本では近畿大学付属高校が積極的に実践報告をWebサイトに上げている[7]。flip teachingを分かりやすくいえば、家庭でおこなう問題演習（宿題）と学校でおこなう教師による授業内容の説明を、それをおこなう場所をひっくり返した教授法である。この仕組みは物理実験に視聴覚教材を付加し様々な場所での自己学習を促して実験をおこなう、我々の考える「今後の実験資料のIT機器を用いた視聴覚教材・ツール開発」と考え方が一致しているように思われる。

自宅または通学中に今日大学でおこなう実験の動画をみて予習をおこなう。実験の時間は実験室でしかできない作業をおこない、疑問点やわからない点を実験指導者とディスカッションする時間にする。これは大変有効な時間の使い方だと思われる。我々が目指す物理実験の授業時間は今とは違った密度の濃いものとなるであろう。ただし気をつけるべき重要な点は、実験には危険な作業や高価な機器の取り扱いが伴うので、実際の授業中に改めて、そのことをきちんと説明し注意喚起しなければならないこと

である。

最後に東海大学の物理学実験教育を長年にわたり開発・研究されてきた鶴岡靖彦東海大学名誉教授をはじめとする東海大学教養物理学実験運営連絡協議会の諸先生方にあらためて敬意を表するとともに、この場を借りて感謝するしだいである。また、東海大学理学部物理学科教職員をはじめとする多くの方々から暖かい激励、ご協力をいただき、我々の数々の至らなさをおわびするとともに感謝の意を表するしだいである。

参考文献

- [1] 鶴岡靖彦, 他 東海大学教育工学研究所報告, 9 号 (1981) 99
- [2] 鶴岡靖彦 パリティ Vol.13 (1998) 74, 丸善
- [3] 中村誠太郎監修 東海大学物理学実験連絡協議会編 「物理学実験」東海大学出版会, 1980
- [4] 鶴岡靖彦 日本物理学会誌, Vol.45 (1990) 108
- [5] 東海大学物理学実験テキスト編集委員会編「新編物理学実験」東海大学出版会, 2012
- [6] The Khan Academy and the Day-Night Flipped Classroom. Biochemistry and Molecular Biology Education. Vol.40, Issue 5, 2012, The flip: Turning a classroom upside down. The Washington Post. http://www.washingtonpost.com/local/education/the-flip-turning-a-classroom-upside-down/2012/06/03/gJQAYk55BV_story.html (2013 - 9 - 25 参照), オンラインとリアル空間の連携が学習を豊かなものにする.WORKSIGHT. <http://www.worksight.jp/issues/251.html> (2013 - 9 - 25 参照)
- [7] 反転授業研究会. <http://blog.goo.ne.jp/kindai-hanten>