

報告

黒板に代わる ICT ツールの一考察

上田 哲史

徳島大学 大学院理工学研究部

要約：学生の数理的思考を促し、演繹・帰納を通じて一定の技術を体得させるには、板書に併せた講述が効果的と考えられる。一方でプロジェクタなどの視覚装置を用いて画像・図面などを提示する教育効果も極めて大きい。本稿ではこれらの折衷案として、ICT ツールを用いて手書きと視聴覚コンテンツ両方の提示を実現する、安価な一つの方法を提案する。遠隔講義や大人数講義での実使用を通して明らかになってきた可能性と問題点について述べる。

(キーワード：板書，ICT ツール，視覚コンテンツ，デジタル教材)

A Consideration of an ICT Tool for Chalk and Talk Lectures

Tetsushi Ueta

Graduate School of Science and Technology, Tokushima University

Abstract: Many teachers notice that it is important to represent abstract images, development of equations, and summaries on a blackboard in lectures for promotion of students' understanding. On the other hand, visual aids are also effective since figures and pictures encourage intuitive comprehension. We report new possibilities and problems with this tool through experience of operations in several lectures including remote lectures and massive classrooms.

(Keywords: ICT tool, visual aid, digital teaching material)

1 はじめに

大学教育において視覚情報の提示が効果的であることは論を俟たない。30 年ほど前は、黒板板書とともに写真や図面などの資料をオーバーヘッドプロジェクタで投影することにより、聴講学生の理解を促進していた。15 年ほど前からは液晶プロジェクタが安価になり、教育現場でも普及し始めた。PowerPoint などのプレゼンテーションツールを用いて講義資料を作成しておけば、教室ではそれを投影するだけで、板書の手間はなくなる。研究発表プレゼンテーションと授業が同じスタイルで行えるため、教員からは絶大な支持を受けた。慎重に資料を作っておけば、説明に集中でき、よって、学生の理解も進む講義構成となろう。

しかし、多くの教員が実際の講義を運営し始めてから気がつくように、研究会などの参加者・聴

講者と違い、学生は授業聴講を半ば義務としており、講義時間中一定して集中力を維持することが難しい。十分視認できる投影画面を提供するには部屋を暗めにしなければならないし、学生は、提示内容が複雑な図・画像であれば、ノートにスケッチすることを諦め、よって、パラパラマンガと口述は催眠術と化する。挙句、授業終了時に「今日の PowerPoint 資料をください」と要望される。

初等教育においても、板書とノート書き取りのそれぞれのスピードが大体同じであること、すなわち、板書を見て書き取ることが、口述説明と併せて理解を促す早道であり¹⁾、それは大学においても同様であると思われる。

一方、ウィキペディア「板書」の項²⁾では、次の説明がなされている：

“大学では、板書はほとんど行われない。講義は学生が受動的な姿勢で臨むものではなく、主体的に学習するためのヒントに過ぎないと考えられるためである。ただし、理系の講義では、図解が必要なため、文系の講義よりは板書が行われる。また、IT を駆使した授業を行う学校が現れてきているため、板書が行われることは全体的に減るとされている。大学で板書が行なわれないことは、当然視されていたが、現代ではわざわざ「大学では高校のように板書はしない。それが大学だからだ」と教えることもある。さらに、高等学校までと異なり出題範囲や重要事項として板書されても必ずしも定期試験に出題されるとは限らない。”

実際、教育学部における小中高教員養成のための板書方法に関する方法論³⁾はあっても、教員が大学で行う講義の板書⁴⁾についてはあまり議論されていない。

徳島大学では FD の一環として、新任教員に対する授業設計ワークショップが毎年開催され、そのメニューとして模擬授業が組まれており、教員個人の授業設計・実施ノウハウが参加者間で共有されている。近年、その模擬授業には板書を選択する教員が増えてきており、学生に知識を伝える手段として板書の重要性を感じている教員が多いことを物語っている⁵⁾。

理数系の授業では、数式やその展開、グラフなどが板書で展開されることが多い。板書をノートに書き写す際に、口述と相まって数式のもつ意味・解釈、展開のコツなどを適切な速度で咀嚼されることが、授業の主題の理解へとつながる^{*1}。

本報告では、電子黒板⁶⁾などの専用装置が無い環境化における、一般的な ICT ツールのみを用いた効果的な板書・口述の実施手段について述べる。

2 提案

2.1 前提

教室は液晶プロジェクタが設置された部屋、最大 150 名程度収容する部屋を想定する。横幅 3m 以上のスクリーンには、接続したデバイスの画面が全面に投影される。大学などの教室では一般的な設備となっていると思われる。本報告では、これらの教室において、教員個人が事前準備などにコストを過大にかけることなく、板書に相当するリアルタイムな情報の表示し、また、理解を促進するデジタルコンテンツも都度提示により授業を実施することを前提とする。

スクリーンと黒板が同時に使える環境であれば、板書とデジタルコンテンツ提示が並列して行えるため、教育効果を上げるため一番適切であると考えられる。しかし、以下の場合ではスクリーンと黒板は同時には一方しか使えない。

1. スクリーンを下ろすと黒板を覆い隠す場合
2. 投射内容を視認しやすくするため、教壇や黒板付近は暗くする必要がある場合

特に後者については、まだまだ民生用液晶プロジェクタ (< 3,000 lm) は、スクリーンを十分な明るさで投影することは難しく、むしろ一般的な環境設定である。

さらに、スマートボードTM など、電子黒板⁶⁾⁷⁾は設備されていないものとする。電子ボードは大きくても 84 インチ (1,680 mm × 1,260 mm) 程度であり、150 名程度の受講生のいる教室においては不十分な大きさであるうえ、設備・運用のコストが極めて高く、一般的ではない。

そこで本報告では、これら前提に対し、スクリーンにタブレットの手書き内容を表示させることを提案する。アイディアとしてはタブレット PC など書いた内容をスクリーンに投影することである。

Carroll⁸⁾ は、上記 1 の場合において、PC とプロジェクタで 3 次元モデルの図版を直接黒板に投影し、投影画面に直接チョークで数式などを書き入れる試みを報告している。詳細な絵図面の提示と板書を同時に行うことの教育的効果が主張され

*1 一方で板書された内容を携帯電話のカメラで撮影する学生も増えており、別途検討すべき問題である。

ている。電子ボードと黒板（ホワイトボード）の併用についても検討されているが、プロジェクタの投影サイズが小さく、聴講上の問題点も挙げられている。

マス授業への本方法の適用には以下の付加的特徴がある。

1. 教員の筆記領域が黒板サイズからタブレットサイズとなり、機械的労力は軽減される。
2. 板面消す必要がなく、記述内容も記録として残る。
3. 必要であれば事前に録画することにより、スクリーンキャストのコンテンツを作成することができ、後に配信などを行ったり、反転授業用の講義資料とすることもできる。

以下では、筆者が実際の講義を通して利用したツールについて報告する。

2.2 ハードウェア

教員が授業準備、本番を通じて利用するハードウェアとして、iPad Pro および Apple Pencil を選ぶ。iPad からはアダプタによりプロジェクタに有線で接続する。当該アダプタには Lightning インタフェースが別途あるため、電源をここから供給でき、長時間の講義にも対応可能である。もしも教室に、無線 LAN および Apple TV が設備されていれば、AirPlay を用いることにより、iPad に何ら有線接続を行うことなく授業を実施できる。

2.3 ソフトウェア

黒板代わりという意味では、教員がデバイスで書いた内容そのものが投影されるだけでよいから、ソフトウェアはデバイスの解像度一杯の白紙を提供し、そこに任意のサイズのペンで記述できることが望ましい。

候補となるソフトウェアは有料・無料とも様々な製品があるが、筆者は Adobe Sketch（無料）を選んだ。バージョンは 4.0.2 を用いている。このアプリケーションは Pencil の筆圧・傾きを反映できるため、鉛筆やペンのリアルな描画ストローク・濃淡を得ることができる。ストロークは濃淡に関して和演算（ブレンド）されるため、塗り重

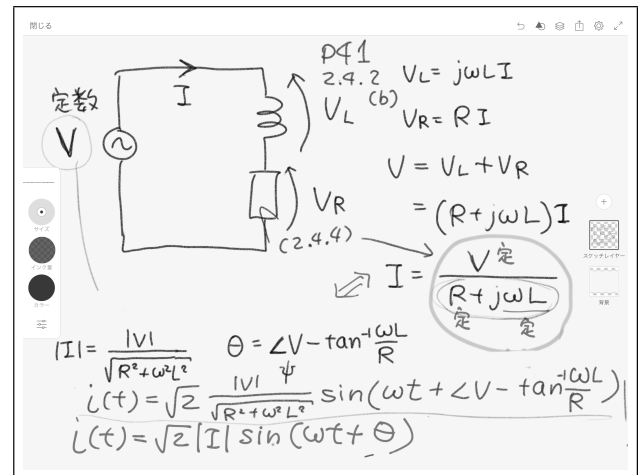


図 1 Sketch での手書き例

ね、マーキングが行える。やや描画にレイテンシ（遅れ）を感じるものの、講述には問題はない。また、レイヤーを定義できるため、画像コンテンツ、PDF などをあらかじめレイヤーにレイアウトしておき、講義ではそれにマーキング、加筆などを行うことができるため、Carroll⁸⁾らが意図した使い方も可能となる。なお、受講者がノートに取り切れなくならないように、十分提示時間を確保するか、必要最小限のコンテンツ提示にとどめておく必要がある。図 1 は使用例であり、ブラシ、レイヤー、メニューなどは表示されているが、右上のアイコンを押すと隠すことができ、投影領域はコンテンツの表示のために最大限使える。

2.4 講義の事前準備

全てを手書きで行うつもりであれば、事前準備は何ら必要がない。図版や写真を示す必要があれば、あらかじめ Sketch キャンバスにそれらを埋め込んでおく必要があろう。Sketch は画像専用のレイヤーがあり、Adobe Creative Cloud の Creative Cloud Files というフォルダを通じて、任意の図版・画像を配置できる。PDF なども直接配置できるので（著作権などの問題をクリアできるのであれば）スキャンした教科書や論文などを例示、マーキングしながら講述することができ、効率的となる。図 2 は、ある教科書の一節を紹介しながら、式などの説明をしている様子を示している。

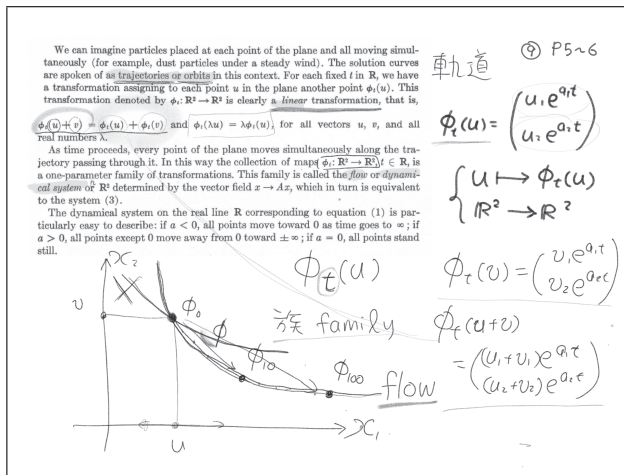


図 2 あらかじめ貼られた PDF コンテンツに、授業中に手書きを加えていく。

3 事例

3.1 遠隔講義

教員本人を映すことに意義が無い場合は、プロジェクトに入力すべきデータおよび音声を適切にネットワークで配送することにより、本提案の枠組みはそのまま遠隔授業に適用することができる。

林ら⁵⁾は 2002 年時点で、黒板（ホワイトボード）板書による遠隔講義における諸問題を検討しているが、手書きおよび口述をリアルに伝えることが目的に置かれている。本報告で用いる技術では、特にネットワークや機器の性能に左右されることなく、教員の板書および口述内容は十分な品質で伝送できうる。

毎年 5 月～7 月に毎週土曜、筆者を含む数名の教員で協力し、力学系に関する遠隔講義を、徳島大学蔵本キャンパスと常三島キャンパス、ならびに香川大学林キャンパスの三拠点で実施している。聴講者は毎年約 30 名である。中継装置は Polycom 多地点接続装置を使用し、各拠点から各々 Polycom システムを用いて接続している。ある教員は HD クオリティ書画カメラを用いて、微分方程式の式展開などを提示している。別の教員は PowerPoint スライドショーをそのまま流し込み、ペンもしくは蛍光ペンマーカーを用いて説明を行っている。

筆者は線形代数を担当しているが、2014、2015 年度は Adobe Photoshop を描画アプリケーション

として、できるだけ広いキャンバスを投影することを試みた。Wacom Intuos Pro(large) をタブレットとして、図や式を手書きした。ペンの入力応答などは申し分無いが、描き込む手元デバイスと描画画面が別になっており、講述しながらの手作業には困難を感じた。

そこで 2016 年度は第 2.2、2.3 節で示した入力デバイスとアプリケーションを用いた。Apple TV により iPad の画面をリアルタイムキャプチャし、Polycom 7000HDX に入力した。しかしながら、リアル HD 1080p (1,920×1,080) はサポートされておらず、720p (1,280×720) にダウンサンプリングされた画像しか入力・伝送できなかった。受信側では HD 画面の上下左右に黒いマージンが現れるため、何らかの方法で射影領域を拡大する必要があった。

3.2 講義の録画

iPad から Lightning インタフェースを経由しホストコンピュータに USB 入力するとき、ホスト側で QuickTime Player を起動し、入力デバイスとして iPad を選択すれば、iPad から拾う音声とともに手書きの工程が映像コンテンツとして録画できる。ファイル形式は QuickTime movie 形式となる。したがって、その映像コンテンツを放映・放送することによって講義に代えることが可能である。よって、教員が不在であっても休講することなく授業を実施することができる。長時間講義の一発撮りは難しいと思われるので、複数回に録画を分け、iMovie など動画編集アプリケーションで編集・統合することが合理的である。統合後に mov ファイルに書き出せば、QuickTime Player だけでそのファイルの映像・音声再生できる。

3.3 大人数講義

2016 年度前期までの工学部知能情報工学科の講義「電気回路及び演習」は、70 名ほどの学生に対し口述・板書によって実施されていた。2016 年度後期の理工学部情報光システム工学コースの同講義は、カリキュラム変更のため履修登録者が 130 名を越えた。教室としては理工学部 K 棟 6F 創成学習スタジオ (最大 315 名収容) が割当てら



図 3 電気回路及び演習の授業の様子。最後方からのスクリーンを臨む。右前方にホワイトボードがある。

れている。当該教室は階段教室ではなく、フラットな空間であり、また、上下黒板もなく、ホワイトボードが3脚設備されているのみである。教室後方に着座した学生からは、最前方のホワイトボードの文字は視認が困難である。

そこで第 2.2, 2.3 節のハードウェアとアプリケーションを用いて講義することとした。電気回路の内容では、簡単な回路ダイアグラム、単純な波形、数式が主な視覚提示情報となるため、画像・映像コンテンツをあらかじめ用意することはほとんど行わず、全て手書きにて実施した。

iPad からの出力は当初 Lightning ↔ HDMI アダプタを使用した。同期が取れない現象が発生した。よって、Lightning ↔ VGA アダプタを用いてプロジェクタに入力した。プロジェクタは Panasonic PT-D6000S であり、解像度は XGA (1,024×768) である。DLP であるものの 6500 lm の明るい投射が行える。ただし、XGA 以上の高解像度の入力に対しては XGA への変換がかかる。

Sketch でリアル XGA のキャンバスで描画するとジャギーが目立つので、リアルモード (2,732×2,048) のキャンバスでそのまま描画し、アナログ的に変換されるままとした。およそ 4m × 3m のスクリーン前面に投射され、最後方からの視認も問題ない。

その他、運用上の問題点については、第 5 章を参照のこと。

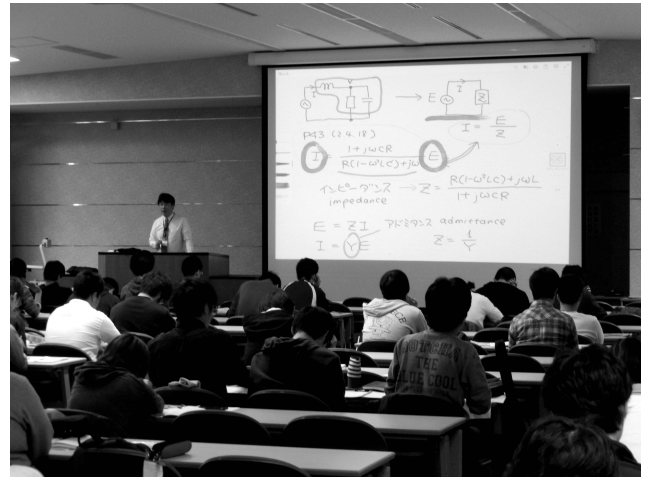


図 4 スクリーンの投射内容

4 他のソフトウェア

4.1 Doceri

SP Control 社の Doceri は、2011 年にリリースされた、まさに本報告の取組に対応するアプリケーションである。日本語対応はされていないためか、日本における教育への活用例は見当たらない。なお、Doceri は Windows プラットフォーム上でも動作する。

筆者も工学部知能情報工学科「電子回路」で、Doceri バージョン 2.1.13 を試用した。図 5 は、Doceri の教師側のインタフェースの様子である。なお、無料版では投影画面隅や出力 PDF にロゴが描き出される。

教師側 iPad 画面と、投影画面は分離されており、教師側には利用可能ツールがメニューなどに表示されるが、投影画面には描画部分のみ映る。このため教員のツール選択の様子などは隠蔽される。また、描いた図を部分選択し、copy & paste ができるため、同じ図を反復して用いたい場合は便利である。しかし、受講者が書き写す時間を考慮に入れなければならない。そのほか、写真などを提示する場合、フォトライブラリ経由の少ない手間です挿入できる。スタイラスに対する応答がよい、録画がアプリ単独で行える⁹⁾、などの特徴を有する。

iPad + Pencil で授業に試用してみると、Pencil の筆圧や傾き情報は反映されず、ストロークが Sketch ほどは滑らかに描けないことが分かる。また、他の指のタッチをセンスしてしまい、ノイズ

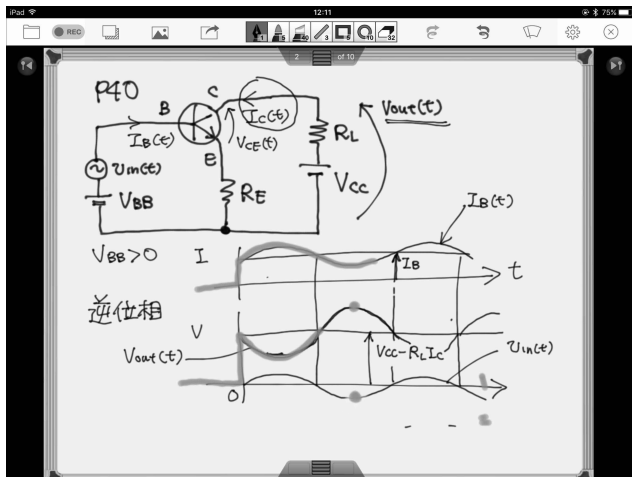


図 5 Doceri の教師側インタフェース

が描かれてしまう。これを防ぐためのリストガードは付いているが、板書しながらの制御は難しい。図 5 では右下の点群がそれらノイズになっている。なお、SP Control 社では GoodPoint スタイラスという手書き入力デバイスをリリースしており、これを用いると描画品質が改善されると言われている。したがって、iPad + Pencil に対する最適化は今後も行われない可能性がある。

投影画面は固定ホワイトボードそのものに見立てられており、教員側では表示の任意部分をピンチして拡大・修正できるが、受講側では拡大されず、ホワイトボードの代替ということに囚われ過ぎていとも思えるが、教育用に設計されている分、書き味の点を除いては電子ボードに必要な構成要素が備えられている。

4.2 Evernote

Evernote は Evernote 社のデジタルノートアプリケーションであり、iPadPro + Pencil の組み合わせでは、「手書きスケッチ」を選択することにより手書き内容を表示できる。Doceri と同様に Apple Pencil 以外のスタイラスでも入力が可能であるが、3D Touch に対応しているスタイラス、Pencil では筆圧がセンスされるため、Doceri よりリアルな筆致が可能となる。筆者はまだ授業には使用したことがないが、研究室ゼミでは Apple TV + フル HD テレビを用いてホワイトボード代わりに手軽に利用できた。

5 受講者の反応

2017 年 2 月 10 日に、3.3 節に記述した科目「電気回路及び演習」受講者 120 名に対し、授業評価アンケートを実施した際、自由記述欄に授業内容とは別に、本ツールによる講義についての感想を記述するよう求めた。内訳は以下の通り（カッコ内は意見の数）：

1. キャンバスの切り替えが早いため、ノートが取れなくなる。(5)
2. 何処に字や図を書いているのかわかりにくかった(3)
3. 見やすかった(1)
4. 見にくかった(1)

10 人より意見を得ることができたが、大多数の学生は「感想なし」であった。ツールそのものを否定する意見も無かった反面、良い評価が取り立てて示されることもなかった。図 3 で示される通り、ホワイトボードでの板書はこの教室に関しては小さすぎることは明白であり、設備比較の対象にはなりえない。よって感想なしの意見は当該教室においては肯定的に捉えられる。

意見 1 は、教員（筆者）が口述しながら板書し、そのキャンバスが記述で満たされたら新規の白紙キャンバスに切り替える、という運用に対して指摘されているものである。これに対して、① 意識的に同一キャンバスを表示を長く表示させる、② 学生に書き取りを終えたかどうかを確認してから新キャンバスに切り替える、もしくは、③ 記述内容のうち、時間的に古い部分を消し、新しい情報を記述する、などの工夫で対応可能に思われる。この意見に関連し、授業後に板書内容の公開要求もあったが、これに応じると、恐らく学生はノートを取らなくなると思われる。

意見 2 は、口述において「この部分が…」などと説明をしている際に、キャンバス上の何処を指しているのか分からない、ということである。重要な記述内容については、緑色レーザーポインタで別途指示する、ないしは、筆の種類を変えてハイライト色でマーキングすることを行なったが、授業時間の大半は書きながらの説明になり、そのとき、キャンバスの何処に当該情報が（現在進行的

に) 表れているのか分かりにくくなる。ホワイトボードであれば明らかに教員の手先の位置に着目すればよいが、本ツールではデフォルトでは「現在位置」を示すマーカーなどは表示されないことも関係する。そこで Sketch において「設定」→「環境設定」→「インターフェース」→「タッチを表示」をオンにすることにより、Pencil のポイント位置にマーカーを出すことができる。リアルタイムの細かい筆記時にはやや目障りになるため当該授業では利用していなかったが、次期には使用を再検討する。

6 おわりに

iPad Pro と Apple Pencil による板書授業について述べた。タブレットを生徒・学生が活用する事例はあっても、本報告のような教員側の工夫に関する報告は少ない。本報告が、授業の板書、ライブ感に重きを置く教員に対して、講義方法のヒントになれば幸いである。

参考文献

- 1) 岩瀬, 川村: “子どもの力を引き出す板書・ノート指導のコツ”, ナツメ社 (2010).
- 2) 『ウィキペディア日本語版』 2016.
<http://ja.wikipedia.org/wiki/板書> 最終更新 2016 年 11 月 11 日 JST, 最終閲覧 2016 年 11 月 16 日 JST.
- 3) 福岡教育大学板書教育プロジェクト: “板書技法と手書き文字文化”, 木耳社 (2008).
- 4) 帯広畜産大学大学教育センター: “授業における板書・プレゼンテーションの留意点” (2003). 2016 年 11 月 15 日閲覧.
- 5) T. Hayashi, K. Watanabe, Y. Hayashida and H. Kodo: “Remote lecture based on instruction with blackboard using high-quality media systems”, Proc. of IEEE Intl. Conf. on Computers in Education, Vol. 2, pp. 858–859 (2002).
- 6) 比留間ほか: “電子黒板を基幹とした ICT 活用学習環境の構築”, 情報処理学会インタラク ション, A74, pp. 434–437 (2015).
- 7) 中川, 岡: “電子黒板とデジタル教科書を導入した授業実践報告”, 米子工業高等専門学校研究報告, 46, pp. 56–60 (2011).
- 8) D. R. Carroll: “Using technology to improve the traditional chalk and talk lecture”, Proc. of ASEE Midwest Section, Univ. Missouri (2006).
- 9) R. Abbasian and J. Sieben: “Creating math videos: Comparing platforms and software”, PRIMUS, 26, 2, pp. 168–177 (2016).