

BYOD を活用した授業支援システムの開発と評価

Development and evaluation of education support systems for BYOD classroom scenario

和田 康宏†
Yasuhiro Wada

大西 克実†
Katsumi Onishi

中野 秀男††
Hideo Nakano

概要：近年登場したタブレットやスマートフォンといったスマートデバイスは、コンピュータの操作技術などを行うこれまでの ICT 教育から、教科書の代替やコミュニケーションツールとしての役割を期待され、地方自治体や学校などでの導入・取組に関する報道も日々行われ、その功罪も含め非常に注目されている。スマートデバイス、特にスマートフォンなどは、生徒・学生が個人的に所有していることが多い。学生がすでに所有するデバイスを授業内で活用することを前提に、どのような形で授業支援に組み込めるかを、コンピュータ実習を用いた学習における実験を通し考察する。特に模倣学習を補助する支援システムを構築し、専門学校におけるプログラミング授業時間内で実験を行い、過去画面の提供などの新たな授業支援の有効性とスマートデバイスを教示デバイスとして用いることの可能性を追求してゆく。

キーワード：BYOD, 授業支援システム, スマートデバイス, 画面共有, HTML5

Keyword：BYOD, Class Support System, Smart Device, Screen sharing, HTML5

1 はじめに

スマートフォン・タブレットをはじめとするスマートデバイスはここ数年において劇的な速度で普及してきている。教育現場においてもこれらの機器の活用が重要視されるようになり、入学時にノート PC やタブレットなどを無償提供もしくは購入を必須とする学校は非常に多くなっている。コンピュータ関連技術を学ぶ大学・専門学校などでこの傾向は強く、購入を必須としていない学校でも、学生自身の判断により購入することは多い。また、携帯電話の代わりとしてスマートフォンを所有している率はより高く、学生のほぼすべてが何らかのデジタルデバイスを所有している状況は珍しくないものとなった。

スマートデバイスを教育に取り入れようとする研究はこれまでも多数行われており、様々な取組がなされている。その多くは、事前準備された情報教材をスマートデバイス等に事前に保存、もしくはネットワークを用いて配信し、受講時に主、または副テキスト的に用いる形態が多い。

本研究においては、事前に準備した教材ではなく、教員が実際に作業を行う画面をデバイスに転送するサブディスプレイとしての用途を中心とし、専門学校におけるコンピュータ操作を伴う技術習得を目的とした授業内での活用法を探る。また、入力操作を伴うプログラミング学習授業において、過去画面の提供による学習補助の有効性についても検証した。その際、使用するデバイスを学校管理備品として用意されたデバイスではなく、学生個人がそれぞれ所有するデバイスであることを前提としたうえで、「安価」に支援システムを構築するとともに、個人所有デバイスを教育現場に導入すること (BYOD : Bring your own device) に伴う留意点などを踏まえ検討を行った。

2 学校における情報教育と授業支援

政府は平成 13 年の e-Japan 戦略の重点計画として、「教育及び学習の振興並びに人材の育成」を挙げ、『学校における IT の普及が米国に比べ大幅に遅延』⁽¹⁾している現状から、『学校の IT 教育体制の強化と情報生涯教育の充実』⁽¹⁾を目標に教育現場への ICT 教育導入が推進されることとなった。平成 20 年には総務省により「フューチャースクール推進事業」として、小・中学校、特別支援学校においてデジタル教科書・教材、情報端末等を利用した指導法の開発などの実証実験が 2 年間にわたり行われた。また、文部科学省では平成 23 年から「学びのイノベーション事業」として ICT の教育への活用が模索されてきた。これら行政による取組は、一定の成果をもたらすものの、多額の予算が必要とされることと、多様な教育現場への適用の難しさがみられる。

2.1 ICT による教育の変化

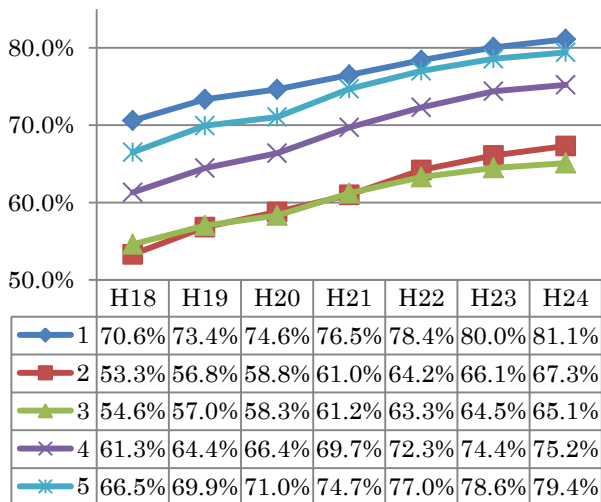
これまでも e-Learning をはじめとする情報機器を用いた教育方法は研究・実施されてきたが、授業内外での活用は個人が主体であった。これは、利用する生徒・学生個人の ICT 活用力が求められると共に、指導する教員にも高い ICT 活用力が求められていたためである。しかしながら、ここ数年においてはコンピュータ操作が一般教養と捉えられるようになり、校務においても必要となっていること、教育現場における ICT 機器が普及してきたことなどを要因として、教員による ICT を活用した教育が現場においても採用されつつある。これは文部科学省が小・中・高および特別養護学校に対して毎年調査している「教員の ICT 活用指導力」の調査結果 (図 2.1) においてみることができる。

† 大阪市立大学 創造都市研究科

Osaka City University

†† 帝塚山学院大学 ICT センター

Tezukayama Gakuin University



- 1 教材研究・指導の準備・評価などにICTを活用する能力
- 2 授業中にICTを活用して指導する能力
- 3 生徒のICT活用を指導する能力
- 4 情報モラルなどを指導する能力
- 5 校務にICTを活用する能力

図 2.1 高等学校における教員のICT活用指導力の変化
(文部科学省 学校における教育の情報化の実態等に関する調査⁽¹⁾より作成)

2.2 授業支援システム

平成15年度より、科目として「情報」が後期中等教育課程で新設されたことにより、情報教育、情報機器を用いた授業を経験している学生比率は非常に高いものとなっている。コンピュータ実習では、授業時1人1台の実習機が割り当てられ、生徒・学生が教員指導の下学習を行うこととなる。授業運営では、教員は様々な授業支援システムを活用することが求められる。実習授業で用いられる授業支援として、教員が操作するコンピュータ(教員機)の画面を何らかの方法で受講生に見せることが必要となる。既存の代表的な支援システムを表2-1および

表2-2に示す。

表 2-1 画面共有を行う授業支援システムの種類

プロジェクト



Epson 社製 プロジェクタ
約20~50万
(画像は同社サイトより)

【1台当たりの対応可能人数：全受講生】
教員画面をプロジェクタを用いてスクリーンに投影する。投影時はおおよそ80~100インチ相当とすることが多い。輝度が低い場合、教室全体を暗くしなければならない。また、投影面から距離がある場合、小さな文字などが見えにくくなるといった問題点もある。

センターディスプレイ (サブモニター)



大阪大学中之島センター
約15~30万×数台
(画像は同センターサイトより)

【1台当たりの対応可能人数：10名程度】

40~60インチ程度の大型の液晶/プラズマディスプレイを席半ばにも設置。前方に表示された映像を後方の受講生も近くのディスプレイで見ることができる。天吊りもしくはラック等により設置するが、設置場所および配線等設備整理が必要となり、また対応できる人数もある程度限られてしまう。

サブディスプレイ



分配器(2万+1.5万×8=約15万)+ディスプレイ(約2万×実習機40台÷2=40万)=約65万(+工事費)
※例:実習機40台として

【1台当たりの対応可能人数：2名程度】

実習機用ディスプレイ2機の間、教員機画面表示用の専用ディスプレイを配置する。機械的に信号が分岐されてくるため、遅延が無く、学生にとっては非常に近い位置で教員画面を確認することができる。ただし、2名につき1台程度となり、サブディスプレイの設置スペースと切替機や配線等、設備が必要となる。

表 2-2 画面共有を行う授業支援システムの種類

パソコン授業支援ソフト






Zetta リモコン倶楽部Z
約9万(含む5台ライセンス)+35台×1.3万=約55万※例:実習機40台として
(画像は同社サイトより)

【1台当たりの対応可能人数：全受講生】

実習機用ディスプレイ内に、ソフトウェアにより教員機の画面をウィンドウ表示させる。教員機と実習機がネットワークにつながっておればよく、機械的の設備は特に必要ない。完全にソフト的処理を行う場合、送信側となる教員機はある程度の処理性能が要求される。また、クライアント側にも専用のソフトウェアをインストールしておく必要がある。

また、近年では実習授業外でもICT機器の活用が進んでおり、授業内での活用がなされている。一般に使用されている機器を表2-3に示す。

表 2-3 授業補助機器として使用される ICT 機器

電子黒板	
	<p>NEC 社製 PC 内蔵電子黒板 約 50 万 (画像は同社サイトより)</p> <p>PC と、タッチ操作やペン入力などが可能な大型表示装置を組み合わせ、従来の黒板・白板の代わりとしてインタラクティブな表示を可能にしたもの。表示装置には、大型液晶ディスプレイのほか、短焦点プロジェクタを用いたもの、通常のプロジェクタと組み合わせたものなどがある。</p>
ノート PC	
	<p>ASUS 社製ノート PC 約 5 万～ (画像は同社サイトより)</p> <p>持ち運び可能という利点を生かし、実習教室外においても PC 実習が可能となる。近年では低価格化も進んでおり、入学時に教科書等とともに購入物とする大学・専門学校などは多数ある。</p>
タブレット PC	
	<p>Lenovo 社製タブレット PC 約 7.5 万 (画像は同社サイトより)</p> <p>Android/iOS/Windows 等の OS を搭載したタッチ入力を主とした小型コンピュータ。インターネットへの接続、直接的な操作などを学習に活かす取り組みが各所で行われている。特に Android や iOS を採用したものは比較的安価であることから、学校によってはノート PC の代わりに入学時に購入させるところもある。</p>

ICT 教育において先進的な取り組みを行っている佐賀県武雄市では、2013 年までに市内のモデル校にタブレット PC を導入。積極的に授業や生徒の予習・復習を含めた学習に使用されている。2014 年春には市内全小学校に、2015 年春には全中学校に 1 人 1 台のタブレットを貸与する計画である。⁽⁴⁾ また、東京都荒川区においても区内全小中学校にタブレット PC の導入を検討している。⁽⁵⁾

このように、情報機器の導入は小中学校において整備が進むこととなり、今後高等教育機関に進学する学生は、これらの機器を活用した授業を受けてくることとなる。

授業支援を系統的にサポートするという面では、Web を用いた e-Learning を構築するためのプラットフォームが提供されている。無償で使用できるものでは、Moodle.org の Moodle (ムードル) などがある。オープンソースで開発されており、日本語を含む 75 か国語以上の言語に対応している。このようなソフトウェアを Web で展開することで、オンラインでの学習、課題の提出や小テスト、アンケートといった物の実施を行い、一括管理することが可能となる。

受講生はこのシステムにユーザ登録し、認証を受けることで授業用に開設された専用のサイト (コースと表現) に参加することが出来る。コース内では、フォーラムやメッセージ機能などを用いて教員もしくは学生同士のコミュニケーションを図ることや、課題の取得・提出、状況の確認といったことが可能となる。

Moodle もしくは独自の仕組みを用いて、学生の、もしくは教育課程の記録を残すラーニングポートフォリオ/ティーチングポートフォリオを構築する取り組みも行われている。これらを作成することで、PC もしくはスマートデバイス等から適時情報を参照し、学生にとっては自身のスキル・キャリアの確認を、教員・学校にとっては授業改善を計ることが可能となる。

2.3 電子教科書等電子媒体の授業活用

タブレットを導入した際の活用法の 1 つに教科書の電子データ化がある。単純な紙の電子化の例では、大型の専門書など 1 冊 1 冊に重量と大きさがあるものに対し、取り扱いの容易化を図ることが出来る。また、インタラクティブな学習が可能となるコンテンツなど様々なものが試行されており、学習効果が期待されている。

これまでの PC が対象となる教育支援コンテンツにおいては、教科書等発行を行う業者が専用のソフトウェアとコンテンツを用意し、教育現場ではそれを購入、インストールし用いる形であった。タブレットにおいてもこの状況はさほど変わっておらず、専用ソフトウェアと専用コンテンツが揃っていないと出来ない。

小・中学校、高等学校などでは、文部科学省の学習指導要綱と教科書検定により、それぞれの科目で執り行われる内容は、事前に、また将来性をもって判断する。また、同一教科書を採用する学校も複数にわたるため、これらのコンテンツを商業的に採算の取れるものとしてみる事が可能であるため、デジタル教科書・教育コンテンツ市場は成り立つものと考えられている。

それに対して、専門教育を行う大学や専門学校では、独自もしくは専門的な科目が多くなるため、先に述べたような大量採用によるコストダウンは期待できない。そのため、コンテンツは揃いにくくなる。また専門教育で使用する機材やソフトウェアの更新サイクルが短い場合、作成したコンテンツが陳腐化し、使用できなくなることも考えなければならない。

2.4 学生のスマートデバイス所有状況と授業支援システムの認知度調査

スマートデバイスの所有状況等の現状を知るため、コンピュータ専門学校の学生に対し実験に先立ちアンケート調査を行った。調査手法としては、プログラミングを学習する 1～3 年次学生に対し、選択式 (一部記入式) によるアンケートとした。

2.4.1 スマートデバイス及びノート PC の所有状況

アンケート結果より、スマートフォンは約8割と高い比率で所有していることが分かった。(図 2.2) これは、総務省が公開している「青少年のインターネット・リテラシー指標等」⁽⁷⁾における高校1年生相当への調査結果とほぼ同比率であった。また、タブレット型端末を2割の学生が所有しており、総務省データに比べ9.4pt高いことが分かった。これはコンピュータ系専門学校であること、情報機器の扱いに対する慣れや金銭面などからくるものと思われる。

ノート PC については6割弱の所有率となった。調査校においては、入学時にノート PC の購入を課していないが、プログラミング学習などを行うため、入学を機に購入する学生も多いことが高い比率の要因となっていると思われる。

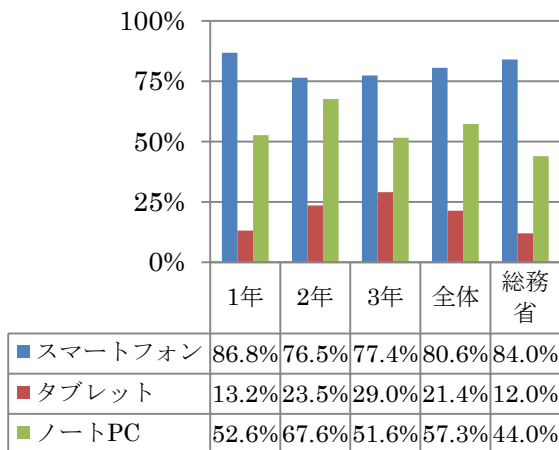


図 2.2 学生のデバイス所有状況

「総務省」は総務省データ H25 青少年のインターネット・リテラシー指標等（高校1年生相当への調査）の数値

2.4.2 使用経験のある授業支援システム

これまでの学習経験のなかで、使用したことのある授業支援システムについて尋ねた。(図 2.3) プロジェクタを用いた授業を受けた学生が全体では8割を超えており、一般的であるといえる。また、プロジェクタに加え、サブディスプレイや画面転送ソフトなども利用されていることがわかる。整備の進む電子黒板システムについては多いとは言えないが、タブレット PC については、年々増加傾向にあるといえる。

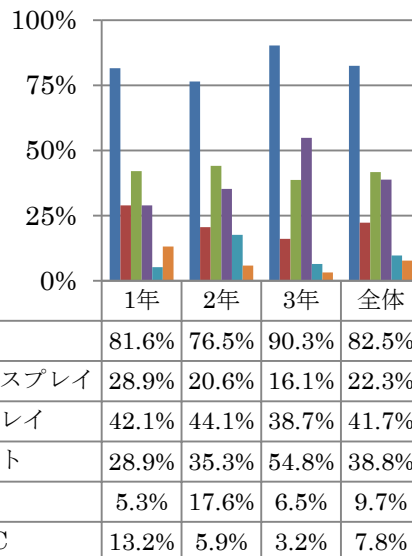


図 2.3 使用経験のある授業支援システム

2.5 プロジェクタを用いた授業における問題点

2.4.2 から、学生の多くはプロジェクタを用いた授業を経験してきたことが確認できた。

アンケートでは、プロジェクタを用いた授業での不満点を自由記入にて求めた。これを集計すると、概ね6通りの分類となる回答が得られた。回答の結果を表 2-4 に示す。

表 2-4 プロジェクタを用いた授業での不満点

意見分類		(n=56)
暗くて見えない	25名 (45%)	プロジェクタの輝度、もしくは教室の電灯の明るさにより見づらくなる
文字が小さい	24名 (43%)	投影できる文字が小さく、読めない 文字を大きくすると容量が非常に少なくなる
遠く/近くで見えない	16名 (29%)	後の席の場合、全体が小さく見づらい 前の席で近すぎて見にくい
一部が隠れて見えない	12名 (21%)	教員もしくは前に座る学生やPCによって視線が妨げられる
見る姿勢がつらい	6名 (11%)	席によっては斜め後ろにスクリーンがある
切り替えが早い	6名 (11%)	投影された内容がノートを取りきる前に、変わってしまう

プロジェクタの問題点としては、物理的な見づらさと、運用での問題が見受けられた。まず、投影する教室内の電灯が明るい、もしくはプロジェクタの輝度が不足または低下することにより、投影映像が暗く、見えないことがある。教室内の電灯を消す場合、部屋全体が暗くなることから、ノートの取りにくさや、実習室においては学生機のディスプレイ

プレイの明るさによる目の刺激による視力悪化などの懸念がもたれる。プロジェクタ機器側の輝度を上げる場合は機器の変更が必要となり、高輝度を出力可能なものは高価であることが多く、即時の対応は難しい。

表示される要素、文字等の大きさについては、ソフトウェア上でフォントサイズを大きくすることや拡大鏡といった補助ソフトウェア、プロジェクタのズーム機能を用いるなど、運用面での対応が可能であるが、これらを実施できているかどうかは授業を執り行う教員によるのが現状である。また、これらの機能を用いた場合、画面に投影される情報量は相対的に少なくなり、後述の画面切り替えの問題が発生する。

次に座席位置による問題がある。投影面に遠いもしくは近すぎる場合、スクリーン全体を適度な大きさでとらえることが難しい。特に遠い場合は投影された情報の細部を視認できないなどの問題がある。さらに、投影面との間に機材もしくは他学生が居る場合、それらが視界を遮ることとなる。

また、教室配置がスクール型であればよいが、コの字型などであった場合は、振り返って確認する必要がある。(図 2.4) このような場合、視線移動が大きくなり、特にプログラム実習などの入力が多い授業では、スムーズな進行の妨げになってしまう。

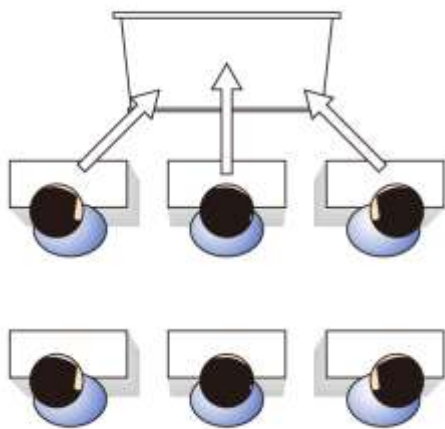


図 2.4 座席によるスクリーンの確認時姿勢の違い

運用面では、限られた時間内に授業進行をしなければならぬため、投影画面が次々と切替えられてゆく事が挙げられた。スライドなどによる授業であれば、表示を戻すことは容易であるが、一連の操作を教える場合、手順そのものをやり直す必要がある。

3 専門学校における授業支援システムの提案

コンピュータ系専門学校において、プログラミング学習をはじめとするコンピュータ操作を伴う実習型授業は非常に重要視されるものである。ここでは、特に入力操作が多いプログラミング科目における授業に対する支援について考える。

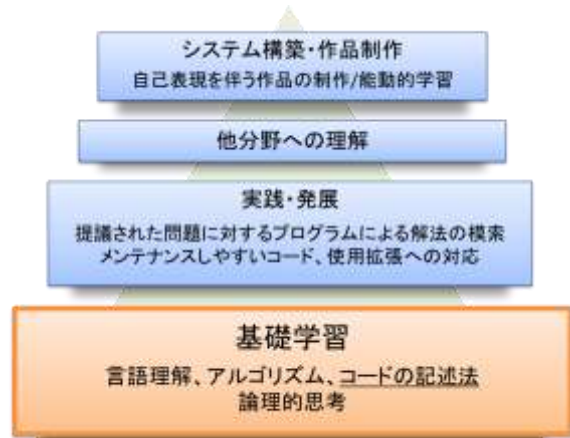


図 3.1 プログラミング教育課程の例

入学した学生は、コンピュータプログラミングの基礎としてC言語等のプログラミング言語をその文法から学習する。その際に指導教員は、実際にコンピュータを操作し、プログラム統合開発環境によるプロジェクトの作成方法から、コーディング、ビルドといった一連の流れを実演する。特にプログラムコードの記述については、「.」（ドット）と「,」（カンマ）の違いなど、プログラミングでは多用されるよく似た記号の使いわけに注意する必要があり、受講生が意味理解に至るまでは模倣学習を繰り返す必要がある。このように、受講生は基礎学習部では教員操作を模倣し、自身でも体験することで操作法や記述パターンを学習し、構文やプログラミング手法の学習へとつなげてゆく事となる。この操作を補助するため、教員はプロジェクタを用いて自らの操作画面を投影表示し、授業進行を行う形をとっている。

現在のコンピュータは画像解像度の向上により、ディスプレイには大量の情報を表示できるようになった。専門的技術を必要とするソフトウェアでは1画面に表示される項目や操作工程が増え、それぞれを順序だてて体験させる必要がある。一方で、プロジェクタで投影可能な情報量はその仕組み上、さほど上がっておらず、投影された画面が受講生から離れている面にあるため、識別可能な文字の大きさがある程度確保する必要があることは、2.5の「プロジェクタを用いた授業における問題点」にて挙げられたとおりである。操作上必要となる情報量が増加したにもかかわらず、認識させられる情報量は増えておらず、自身の作業画面との頻繁な視線移動が加わることで、結果として画面情報の見落としや取りこぼしにより、操作手順をおえない受講生が発生する原因の1つとなっている。

この状態では、受講生は映し出された情報を真似することに囚われ、受動的な学習となることが懸念される。学生主体のより深い学び（アクティブラーニング）とするためには、それぞれの操作が受講生個々人の進捗に合わせて提

示され、自ら学習内容に対する試行を繰り返す段階へ引き上げる手段を提示しなければならない。

3.1 画面共有システム

先の問題に対しての解決法として、視線移動の大幅な移動を伴わない画面の共有法が考えられる。教室中央等に配置されたプロジェクタ以外に、学生が作業時に参照するための教示画面表示ができれば、負担の軽減をはかることができると考えられる。これは、サブディスプレイや授業支援ソフトウェアパッケージにより実現されている。

プロジェクタによる説明は学生の注意を惹き、一般的な解説を行うには有用なものであるが、サブディスプレイや授業支援ソフトウェアパッケージと共に導入するとなると、実習設備の費用がかさむこととなる。これらのサービスを、無償活用可能なものを組み合わせて実現可能であれば、導入の壁を極力下げることができ、学生への教育サービス向上につなげることができる。

3.2 過去画面の提供

画面共有システムによって、「今」の状況を共有することはできるが、反復学習に必要となる「これまで」の状況は得ることができない。そのため、個別の質問等で以前の画面が必要になった場合、受講生の側で実演するか、全体が見るプロジェクタ等の画面で、手戻りした状態を表示させる必要がある。後者の場合、他の学生が「今」の状態を見て作業しているところを「これまで」の画面に切り替える必要があり、他の学生にとっては待ち状態が発生することになる。(図 3.2)



図 3.2 現在画面のみの場合のデメリット

このため、受講生が各自の手元で現在画面を参照する機能に、過去の画面を参照する機能を加える。これにより、受講生は見過ぎたり再度確認したりしたいといったときに、それぞれで過去の画面を呼び出し、見ることが可能となる。また、指導する教員も全体表示の画面はそのままに、かつ、受講生機においても本来の操作手順を最初からやり直すといったことをせずに過去画面を参照しつつ対応することができる。(図 3.3)



図 3.3 過去画面提供による効果

3.3 先行研究・事例

Google 社のサービスである Google Hangout は、ドキュメントの共有や Web カメラを用いた Web チャット、プラグインをインストールすることにより画面の共有機能といった様々なコミュニケーション機能を使用することができる。同時サービス数は 10 アカウント程度までであるが、動画配信機能であるオンエア機能との併用で、作業内容を動画として Youtube へ Upload することも可能となっている。(図 3.4) ライブ配信後の録画映像を再受信する機能であるため、記録・再受信までの時間は分単位で必要となるが、これにより、過去へ遡り手順を確認するといったことが可能である。



画面共有



Youtube による過去動画表示

図 3.4 Google Hangouts

教育面での活用として、同社では、これらの機能を用い専門家による個人レッスンを受講できるサービス「Helpouts」を展開している。このサービスは基本的には 1 対 1 であり、講師は同社による一連の審査を通過した者のみとなっており、品質を保持している。



図 3.5 Helpouts

Google Hangouts は参加者全員が Google アカウントの所有と各設定を行っている必要がある。また、デバイスの小型ディスプレイで確認することを考えると、表示が小さいままであり、視認がしにくい。記録された動画は初期設定で一般公開されてしまうため、学生の個人情報等を含む学内情報が写りこんだ場合などの対応がとりにくいというデメリットも含む。また、これらの情報は外部に記録される事も注意すべき点である。3G/LTE 等の高速回線による安定的な外部への接続環境も必須となるが、公衆回線を用いた場合の通信費が学生負担となってしまう。よって、Wi-Fi 等による安全な外部との通信環境の整備が求められる。

また、青山学院大学の伊藤氏の取組み⁽⁸⁾では、プログラミング学習におけるスマートフォンの活用として、教示デバイスの可能性が提案されている。提示されたシステムでは、事前準備された授業素材を HTML5 などの標準化された技術を用いつつ、受講生デバイスに表示させる。それにより、授業で用いる教示デバイスとしての役割を持たせている。

この場合、共有される素材は事前準備された授業コンテンツであるため、操作手順を教示する場合にはそれらのほぼすべての過程を事前に資料化する必要がある。

また、学習するソフトウェアのバージョン変化などにより画面構成が変化した場合、作り直しを迫られる。授業コンテンツの配信は非常に効果的であるが、資料となるコンテンツが準備されづらいことが問題点であると考えられる。

3.4 関連技術

画面共有を行うシステムとしては、授業支援システムとして提供されているもの以外にもいくつかの実現方法がある。その一例を表 3-1 および表 3-2 に示す。

表 3-1 画面共有を可能とする技術の一例

リモートデスクトップ (Windows)	
	Windows OS において、PC をリモートで GUI 操作するための標準的なソフトウェア。画面を提供するサーバ機能は、企業向けである Professional Edition 以上で利用できる。画面共有ではなく、操作を提供することが主であるため、複数クライアントが表示目的に接続することは考慮されていない。また、接続クライアントは基本的には Windows OS 専用であるが、サードパーティまたはフリーソフトウェアとして、iOS や Android から接続可能なものが提供されている。
VNC	
	Virtual Network Computing. RFB(Remote Frame Buffer) Protocol を採用したリモート操作用のソフトウェアである。表示専用の Read-only モードを備えており、複数のクライアントが同時に接続し画面提供を受けることもできる。Windows のほか、Linux, iOS といった様々な OS で実装されたソフトウェアが提供されている。
TeamViewer	
リモートデスクトップや VNC ではファイアウォールや NAT を用いた環境では外部との利用ができない。Team Viewer ではインターネット上に接続を仲介するサーバ機能が提供されており、画面提供元の PC とクライアントは、それぞれが仲介サーバへ接続することで通信を確保する。また、SSL でトンネリングされることで、セキュリティも考慮されている。複数人での共同作業サポートを念頭に置いているため、画面共有のほかメッセージやファイルのやり取りなども可能となっている。	

表 3-2 画面共有を可能とする技術の一例

Google Hangouts	
	Web ブラウザを用いて、メッセージやファイル、画面共有などの機能を提供する。ブラウザ以外に特にソフトウェアが不要な点などから利便性は高い。使用する際は、画面提供側、受信側共に Google のアカウントでログインしている必要がある。Google 社の Web サービスの 1 つであるため、インターネット接続環境が必ず必要となる。また、画面共有を行った場合、その画面は動画としてストリーミングされ、拡大表示などはできないが、同社の動画投稿サービスである Youtube 上に保存することが可能であり、共有画面を過去に遡って確認することが可能となる。
WebRTC	
Web Real-Time Communication。Google Hangouts のような、ブラウザのみでのコミュニケーションを可能とする技術。IETF により関連プロトコルが、W3C により API の標準化がすすめられている。従来専用ソフトウェアが必要であったボイスチャットやビデオチャット、ファイル共有といった操作がブラウザのみで実現可能となる。2013 年末現在はドラフト段階であり、一部 Web ブラウザ (Google 社の Chrome、Mozilla Foundation の Firefox) においてのみ試験的に実装されている。	

これらの技術は、基本的に 1 対 1 もしくは 2 ~ 10 名程度での利用が対象であり、所有する PC 画面をリモートで操作することが念頭に置かれているものが多い。また、多くは現在の画面をリアルタイムに表示することはできるが、過去の画面を表示することはできない。

Google 社の Google Hangouts のような企業サービスに依存した場合、サービスが突然終了する可能性もある。その場合、授業運営に係る機能の代替手段を見つけることは非常に難しいといえる。外部のサービスではなく、クライアント同士の通信により実現可能な技術として WebRTC の策定が進んでいる。現状では一部のブラウザのみが実験的に実装しているにとどまっている段階である。

4 画面共有の有効性の確認

3 章で示した案についての有効性を確認するため、システムのプロトタイプを作成し、調査校にて実際に授業で使用、検証を行う。

4.1 支援ソフトウェアの開発

画面共有と過去画面の提供を行うため、支援ソフトウェアの開発を行った。開発に当たっては、安価に実装が可能である必要があるため、オープン系のライブラリ・ソフトウェアの組み合わせを選択した。

開発環境としては、開発を容易にするため、教員機となるサーバ側の対象 OS を Windows7 とし、開発言語は C# 言語および C/C++ 言語を用いた。C# 言語により C 言語向けに開発されている DLL 化されたライブラリの利用が容易になる。それが難しい場合は、機能呼び出す DLL を C/C++ 言語で作成し、これを呼び出すようにした。

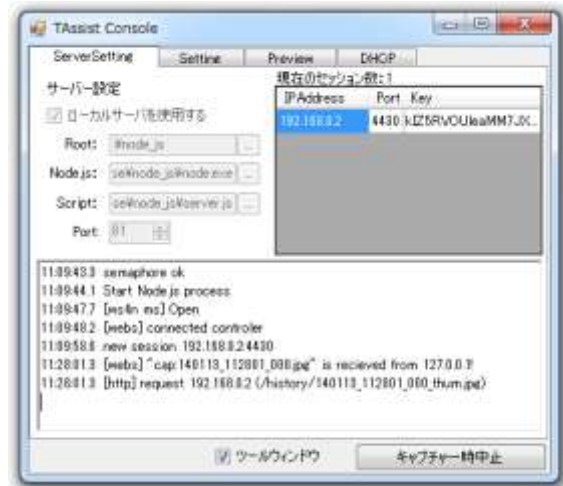


図 4.1 支援ソフトウェアメイン画面

また、授業進行中にキャプチャ状態の確認・停止等の操作をできるように、コンパクトなツールバーを用意した。ただし、通常の進行時には表示を抑えたいため、マウスオーバーされていない時には透過させ表示を阻害しないようにした。(図 4.2)



図 4.2 ツールウィンドウ (右: マウスオーバー時)

クライアント側では、表示デバイスの多様性に対応するため HTML5 + JavaScript を採用し、メジャーな JavaScript ライブラリである JQuery を用いた。これにより、対応する Web ブラウザさえあれば OS 等を選ばない構造をとることができる。

教員指定の画面のほか、学生側が現在の画面を残しておきたい場合もブラウザ上のアイコンをクリックすることにより保持できるようにした。(図 4.6 上部ボタン)

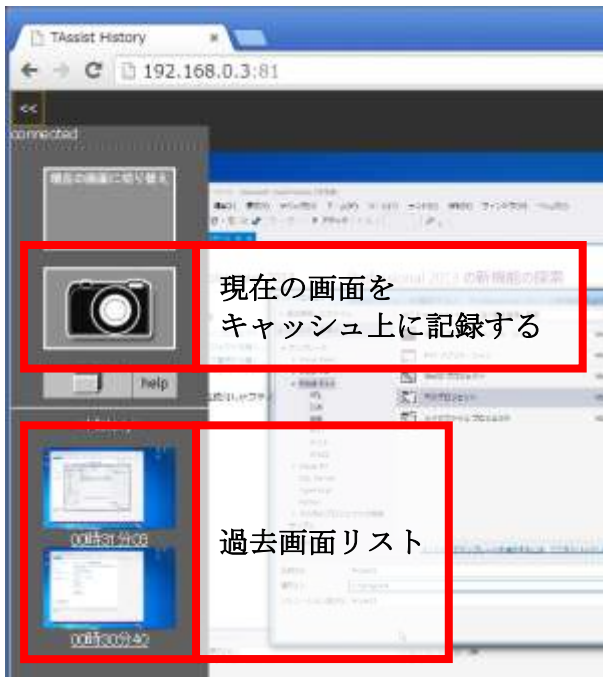


図 4.6 過去画面提供機能

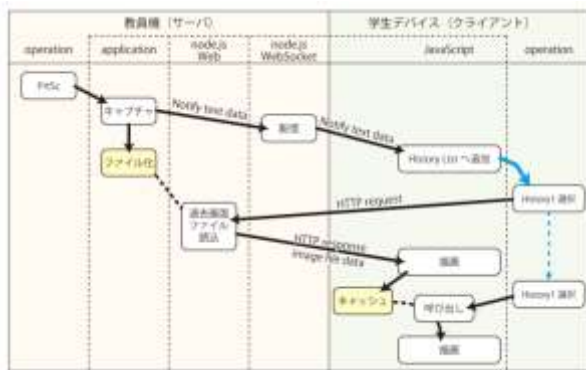


図 4.7 過去画面提供機能処理の流れ

また、補助的機能として、現在取得されている過去画面情報をブラウザ上で ZIP 形式に圧縮し、クライアントのファイルシステム上に保存可能な機能を付与した。

サーバである教員機が任意のタイミングで取得したキャプチャ画像のほか、学生が自身でキャッシュ上に記録したものを含む全画像を JPEG ファイル形式にし、ZIP 形式で保存することができる。JavaScript で ZIP 形式への圧縮は、JSZip.js を用いた。これにより、オフライン状態での復習に対応可能となる。



図 4.8 zip でダウンロードされた画像ファイル群

4.1.3 スマートデバイスを用いた画面共有

今回のシステムではクライアント側は Web ブラウザを採用するため、基本的には PC 用に開発したものがそのまま使用できると考えてよい。ただし、WebSocket による push 通信は、Ajax などとは異なり新しい技術であるため、対応するブラウザが必要となる。また、WebSocket については RFC に至るまでに複数の異なる実装があるため、注意が必要となる。node.js で対応する WebSocket は、HyBi-7 から HyBi-16 (RFC6455) までとなる。そのため、ブラウザ側においてもこれらをサポートしている必要がある。

WebSocket のブラウザ対応は比較的最近ではあるが、メジャーなすべてのブラウザで確認された。Android については、標準ブラウザが 4.4 以降での対応となっているが、Chrome や Opera といった他のメジャーブラウザではすでに対応している。よって、これらのブラウザを搭載しているデバイスであれば、使用することができる。(図 4.9)(図 4.10)



図 4.9 Windows PC での表示例



図 4.10 スマートフォンでの表示例

構造的な面では、スマートデバイスにはマウスやキーボードが基本的に取り付けられていない。そのため、マウス・キーボードを想定した操作が行えない。そこで、スマートデバイス特有のタッチ操作により画面移動や拡大縮小など

の処理を、操作系ライブラリである QuoJS を用いて実装した。これらの操作は、スマートデバイスに慣れ親しんでいる世代にとっては直感的であり、わかりやすい操作となっている。(図 4.11)

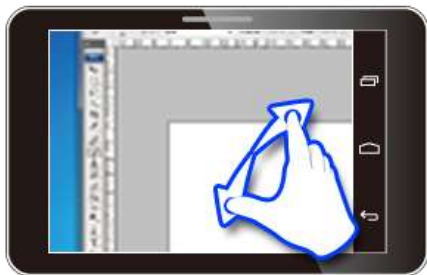


図 4.11 スマートデバイス特有の動作

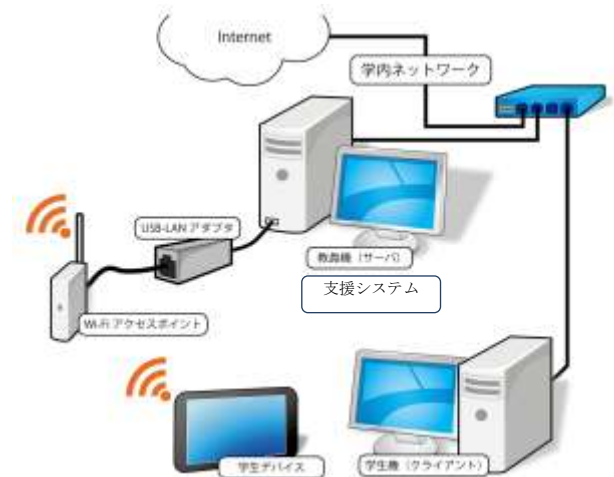


図 4.12 Wi-Fi アクセスポイントの構成

4.2 実験

4.1において作成したプロトタイプソフトウェアを用いて、有効性を確認する。本論文においては、1. PCディスプレイを用いた画面共有、2. スマートデバイスを用いた画面共有、3. 過去画面情報の提供の3つの検証を行う。対象授業科目としては、普段プロジェクトを用いプログラミング実習を行う科目である、1年次後期科目「C言語Ⅱ」および「2Dゲームプログラミング基礎」、3年次後期科目「3Dゲームプログラミング応用」とした。

1. については校内LANを用いて受講生(約40名)ほぼ全員に対して行った。あらかじめサーバURLへの接続ショートカットファイルを校内LANの共有フォルダ上に用意しておき、そこから起動することでページへのアクセスができるようにしておいた。

2. については、校内LANとは別に家庭用のWi-Fiアクセスポイントを用意した。その際、3台をあらかじめ設定済みのAndroidタブレットとし、4台の学生所有デバイス(スマートフォン)を用いた計7台を使用した。なお、Wi-Fiアクセスポイントは、校内LANと分離するため、PCにUSB-LANアダプタを接続し別ネットワークを構築した。(図4.12)これにより、Wi-Fi接続した学生デバイスはサーバである教員機にはアクセスできるが、外部となる校内ネットワークやインターネットへの接続をさせないようにしている。なお、本実験においては、Wi-Fiアクセスポイントのセキュリティは無効にし、PC上でDHCPサーバ機能を用い、ローカル用IPアドレスの割り当てやネットワーク設定を簡略化した。

3. についてはそれぞれの状況で使用してもらうこととした。

4.3 実験結果と考察

実験後、学生に対しアンケートおよびヒアリング調査を実施した。

以下にアンケート結果を示す。

• アンケート結果

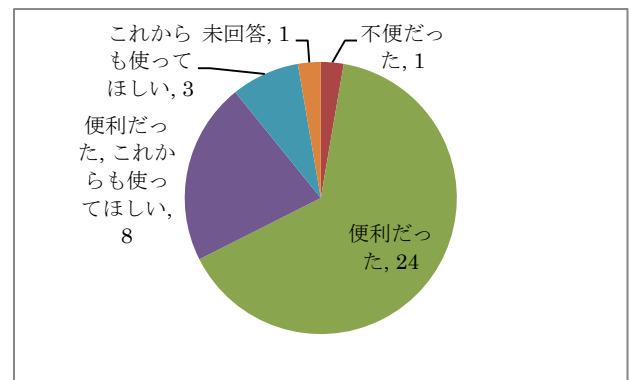


図 4.13 教員画面を手元で見る機能について

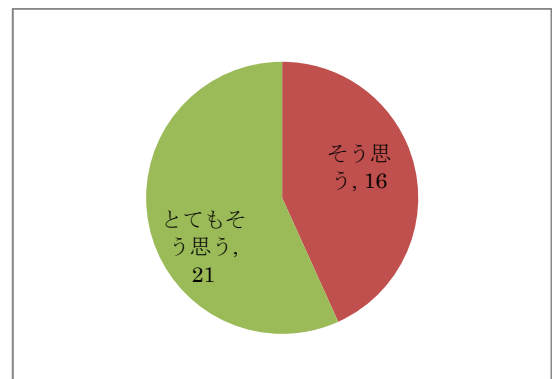


図 4.14 教員画面を手元で見る機能について：学習の手助け、学習の意欲や効率の向上に役立ったと思いますか

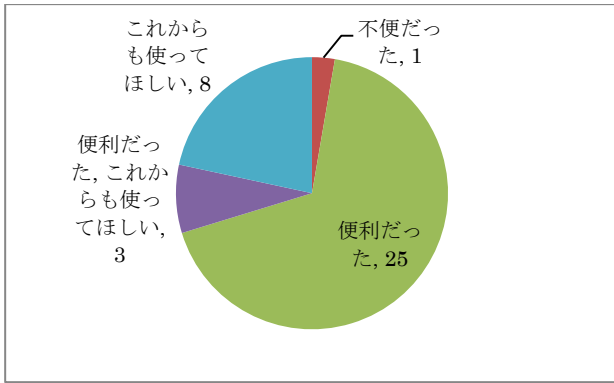


図 4.15 過去画面を参照する機能について

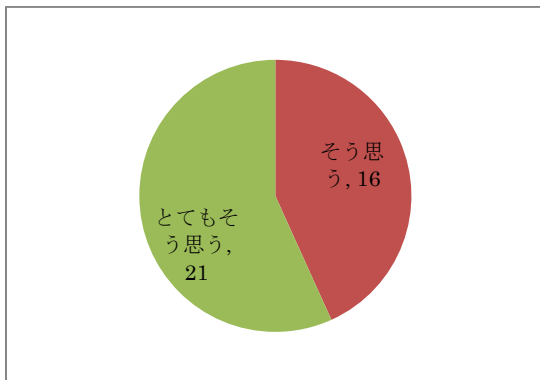


図 4.16 過去画面を参照する機能について: 学習の手助け, 学習の意欲や効率の向上に役立ったと思いますか

2.5 の表 2-4 で示したプロジェクタ授業での不満点について実験後のアンケートを取ったところ, 表 4-1 のような結果となった。

表 4-1 アンケート: 「プロジェクタの不満点は改善されましたか」

前回アンケートでの不満点	かなり改善された	改善された	少しはましになった	あまりかわらない	改善以上
暗くて見えない	1	6	3	0	64%
文字が小さい	0	8	4	0	67%
遠くて見えない	1	7	2	1	73%
一部が隠れて見えない	0	1	0	0	100%
見る姿勢がづらい	0	13	3	0	81%
切り替えが早い	0	5	5	1	45%

画面共有において, 自由記入で感想を求めたところ, 次のような意見が得られた。

- いちいち前をみなくても画面が見えるから嬉しい
- 画面を見る手間が省けるから, 首が楽になった。
- プログラムを見過ごした時の保険になる
- 見えやすくなった

- 人と重なって見えないときや, 自分の打ち間違っている部分を見つけるときにとても便利だった。
- 右側のスクリーンは画面が薄くて見難いので, 打ち間違いのほかに, 文字を読むのにも少し時間がかっていたので, とても楽になりました。
- 何度もプロジェクタを見なくてよくなったので, 首が痛くなりにくかったです。誤字の確認もしやすくなってよかったです。
- 目が悪いので, 手元で見られると間違えているとかなどが分かりやすい。
- 端の席だと前が見づらいので見やすかったところです
- 細かいところとかが見られるようになりました。スクリーンでよく見えなかったところとか。首が痛くなくなりました。
- 席の後ろでも文字が見えなくてプログラムを打ちにくいということが解消された
- 後ろにいる人も画面の内容が確認できる。個人的には, 前の画面が見にくくて困っていたところ, これのおかげで助かっています。
- いちいち前の文字を見なくて済んだ。授業に置いてかれずに済んだ。
- 前のスクリーンを見ながら写し書きするのはとても大変な作業で毎回首が痛くなっていましたがだいぶ楽になりました。また, 画面が大変見やすくなりタイピングミスがかなり減少しました。
- プロジェクターに映っているプログラムのソースコードが見やすくなった。
- 首が楽になった, 前の人の頭が邪魔でも大丈夫でした
- 打ちミスがなくなった。
- 前のスクリーンを見るより見えやすくなった
- スペルミスが少なくなりました。
- 目が見にくい人にはいい機能だと思う。
- 基本的に文字が小さい分, 画面をホワイトボードに写しても全然見えなかったもので, とてもありがたかった。
- 画面の細かい部分や見づらかった部分なども見やすくなり, 画面と黒板を行き来することもなくなったのでとても便利になりました。
- 正面のモニターだと自分の画面との比較が面倒な時があったが, 個人のモニターで表示できるので自分のソースコードとの比較が楽になり, エラーの原因がわかりやすくなった。
- 逐一スクリーンを見ずに, 目の前のモニターで進行内容の確認ができるので間違いが少なくなり, また首が痛くならずに済む

過去画面提供機能について自由記入で感想を求めたところ, 次のような意見が得られた。

- History で画面を保存してくれることによって先生の画面が切り替わっても見られるからよかった。
- エラーが起きた時, どこを間違っているのか確認がし易くてよかったと思います。
- 見逃したところを後で確認できる
- 打ち忘れたときに, 過去画面を見て打てるので便利。
- ちょっと見逃してしまったときなどに便利でした

- 授業で抜け落ちたところが容易に見直せるようになったので、いちいち教師を呼ぶ必要性が少なくなった。
- 授業に遅れてわからなくなっても、見直せる。
- 前のスクリーンは見やすいように拡大するためすぐに見えなくなってしまう。とても便利な機能だと思いました。
- 見逃したり、もう一度見たい時に見られるから便利です。
- 見逃しても大丈夫でした。
- 休んだ時の遅れを取り戻せる。
- 画面が切り替わった時に前のプログラムが見れなかったところが見れるようになって便利になった。たまにおそくなったりするときに確認することができて便利でした。
- 授業に遅れた時に振り返ったり、自分が気付かないエラーが残っていた時に見直せるので、エラー修正で役に立った。
- あとで分からないところや、間違った構文の修正内容を見直すことができる点。

スマートデバイスでの画面共有についてはヒアリング調査により意見を求めた。

- 説明時はプロジェクタを見るが、入力・作成操作をする場合は、手元で見れた方がプロジェクタで見るとよりいい。
- 直感的に操作できるので良い。
- 小さな PC 画面なら画面が狭くならないのでいい。
- 広い画面がある PC であれば、PC 画面上で見た方がよい
- 実習室だけではなく、普通の教室でも使えそう。
- タップする時に別のボタンを押してしまいそうだった。

● 実験のまとめと考察

アンケートおよびヒアリング結果からは、プロジェクタ投影を用いた授業と画面共有機能を組み合わせることで学習の手助けや意欲・効率の向上につながると感じた学生が多く効果的であったといえる。

特にプログラムなどに不慣れな段階で多くの記号を交えた入力などを行わなければならない場合や、その中から間違いなどを探し出さなければならない場合など、投影された画面と自身の入力結果とを比較する際に効果的であると答えた学生が多かった。

授業進行時の途中経過などを追わせる際に、これまでプロジェクタのみで表示していた内容を手元で見られるようになることで、説明時はプロジェクタ、入力作業時は画面共有された手元の表示装置と、切り分けを行えたことが大きいと考えられる。また、入力作業時にも視線を大きく変化させる必要性がなくなり、どこに何を入力しているのかを見失うといったことも少なくなっていた。

過去画面においても見過ごしてしまったり、間違い部分が既に切り替わった画面にあった場合などに特に効果を発揮していた。また、やむを得ず遅れてきた学生や、進度が遅く再度説明が必要となる学生についても机間巡視の際に

過去画面を参照しつつ説明することで、短時間でフォローすることが出来るようになり、効率的に指導可能であった。

スマートデバイスを用いた実験では、家庭用 Wi-Fi アクセスポイントを用いたため、同時接続数が充分確保できない問題があった。また、実習室で行った場合は、学生側に十分な大きさのディスプレイがある場合はデバイスの使用はバッテリーの問題など別の懸念が強く抵抗感があった。対して、ディスプレイが小さい、または使用するソフトウェアが占有しており、共有画面を表示するスペースが確保できない場合や、そもそも学生側に PC が無い講義用教室などでは、使用したいという意見が得られた。

また、スマートデバイスは近年高解像度化されており、多くの情報を表示できるようになったが、7インチや10インチのものが多く、相対的にボタンなどの操作する部分が小さくなる。UI 設計時はそのことを十分に配慮する必要があることも確認された。

今回のプログラムでは、画面取得を2～4秒程度に1回の頻度で行った。1対少数の有線接続ネットワーク下であれば、1秒間に数十回の画面更新は可能であるが、30～40台に対して、また、無線ネットワーク下のスマートデバイスへの提供ではネットワーク配信部がボトルネックとなる。そのため、コンピュータ実習の中でも比較的更新頻度の低い状態でも可能なプログラミング実習やスライドでのプレゼンなどには有用性が見られた。

逆に高い更新頻度の求められる動画やゲームプログラミング実習におけるゲームプレイ画面の表示などには、更新が断続的な状態となるため、不向きであるといえる。

今後、プログラムから送出される情報の最適化やネットワークの高効率化、機器の高性能化により改善は可能ではあるが、現時点では向き・不向きがあり、授業運用に応じて選択する必要がある。

● 他分野教員による使用とヒアリング結果

本システムはプログラミング授業など、画面変化が比較的少ない科目を想定し開発を進めた。しかし、コンピュータ教育においてはグラフィックを用いたクリエイティブな科目もあり、これらの科目は画面情報を視覚的に伝えることはより重要となる。

そこで、本システムを当初想定とは異なるグラフィック分野の教員に試用してもらいヒアリングを行った。その結果、プロジェクタの補助として使いやすいとの意見を得ることが出来た。

グラフィックの作成では、その制作過程や技術を学生に例示する必要性から、ゲームプログラムの実行画面の提示と同様、滑らかな画面転送が必須であると考えていた。しかしながら、実際に必要となる部分は複雑化する UI (ユーザインタフェース) に対し、適切に指示できることであり、滑らかな画面提供の優先度は低いことが分かった。

GUI が一般化した現在、その機能がアイコンのみで表現されていることも多く、グラフィック分野のソフトウェアは顕著な例であるといえる。過去画面提供と併用することで、学生は学習段階での UI 操作などを順に追うことが出来、高度な技能の習得へつなげることが出来る。

また、実習室のような環境外で教員などがスライドなどプレゼンテーションソフトウェアを使用して授業する機会は多く、特別なソフトウェアを導入することなく画面配信可能な本ソフトウェアの有用性が期待された。

5 BYOD を適用する際留意すべき点

本研究において見えた学生の私的デバイス利用 (BYOD) を学校環境において活用する場合、留意すべき点を以下に述べる。

5.1 学校における学生デバイスの活用

・ バッテリー駆動時間に係る問題

デジタルデバイスを利用するにあたり、バッテリーの問題は常に気を配る必要がある。特に学生デバイスとしてスマートフォンなどを用いる場合は特に注意する必要がある。

事前アンケートにおいて「授業で自分のデバイスを使いたいかな」を聞いたところ、回答数 105 のうち 42% にあたる 43 名が「使いたくない」または「あまり使いたくない」と回答した。(図 5.1) 「使いたくない」「あまり使いたくない」と答えた理由を聞いたところ、その半数からバッテリー残量に関する不安が挙げられた。

ノート PC などでは授業時間外、放課後などの利用はあるもののそれ以外の利用は少ない。また、利用する場所はある程度限られており電源が確保できる場合も多い。それに比べてスマートフォンなどは自由な場所で利用することが可能な反面、使用する場所での電源の確保が可能である場合は少ない。

登下校時等には、学生が情報ツール・ゲーム等娯楽用具として利用しており、また、重要な連絡手段となっていることから、帰宅時までバッテリーを持たせたいという気持ちが非常に強いことが分かった。

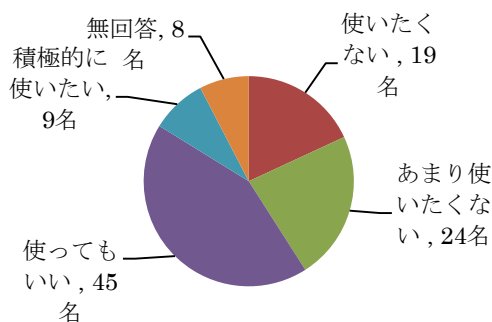


図 5.1 アンケート「授業で自分のデバイスを使いたいですか」

今回の実験では、タブレットを満充電状態にし、90 分間の授業時間中常に接続・画面更新が行われるよう設定した。その結果、用意した 3 台の使用後のバッテリー残量は、75%、86%、71% となった。平均 22%/コマとすると、4 コマ授業時では 90% 程度のバッテリー消費が見込まれ、バッテリーをほぼ使い切る計算となる。そのため、学生への利用を促す場合は、設備としてスマートデバイス用の充電設備を整える必要がある。

・ セキュリティに係る問題

接続されるデバイスが高機能化するにつれ、セキュリティに対する懸念が増す。

本研究において実験の際は、図 4.12 で示した構成をとることで、学内ネットワークと学生デバイスがアクセスするネットワークとを分離した。これにより、デバイスは教員機へのアクセスはできるが学内ネットワークへの直接的

なアクセスはできないようにした。ただし、実習室に置かれる教員機はセキュリティ対策が十分になされていることは少ないと考えられ、踏み台として学内ネットワークへのアクセスが可能になる懸念がある。これは学生が意図的に行う場合もあるが、近年ではスマートデバイス向けのマルウェアも爆発的に増えてきており、持ち主である学生が気づかぬままマルウェアによる不正アクセスが起り得る。そのため、学生機が接続する Wi-Fi 環境と教員機はネットワーク的に分離されていることが望ましい。その場合、画面等を送出する部分 (支援システム本体) と学生デバイスとの通信を担当する部分 (node.js) とを分離した構成が考えられる。(図 5.2)

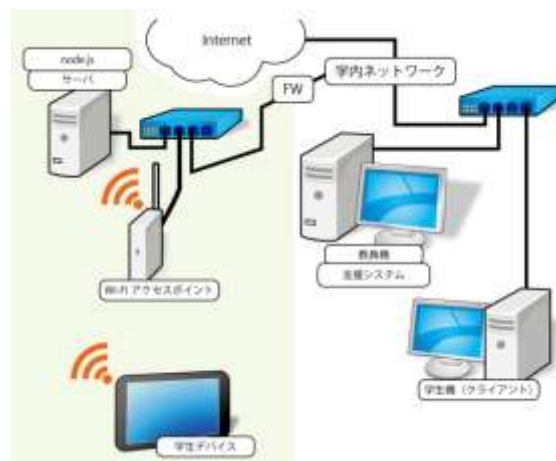


図 5.2 分離構成

また、学生デバイスに MDM (Mobile Device Management) を導入することでネットワークアクセスをソフトウェア上で制限することができる。MDM はスマートデバイス等に対し情報セキュリティ面から管理を行うことを目的とした機能群である。OS 側に導入されている非エージェント型と常駐アプリの追加導入が必要となるエージェント型が存在しており、BYOD を推進する企業等では導入されている。適用ルール作成には専門知識が必要であり、また、エージェント型のソリューションはライセンス料の問題もあることから即時導入は難しいが、管理されないデバイスを用いるには検討しなければならない。

5.2 入学時に教材として購入したものと BYOD の違い

・ 購入について

小・中学校においてもタブレット型のスマートデバイスを導入する動きは多く、備品としての高額の予算確保がニュースに上がることもあるが、公立・私立ともに導入費用の保護者負担等が問題となっている。⁽¹³⁾ 高等学校においては、佐賀県では参考書等と同じ扱いとして、私物としての購入を求めている。授業運営に必要とする機能を持った端末価格が自治体の補助 (負担) がありつつも 5 万円程度の自己負担となる。

対して、コンピュータを用いた学習を行う大学・専門学校では、早い段階から入学時に一定の機能水準以上のノート PC 等の購入を求めているところが多い。これは限られた学校スペースにおける PC の配置や年々変わる PC のスペックなどを考慮したものであるが、学校側の管理負担が軽減

されるとともに、学生が自身のPCを持つことで自宅学習等にも対応できるという利点がある。

このような状況の中で、調査校学生にタブレット等の授業進行に係る機材の購入と管理についてアンケートを取ったところ、図 5.3 のような結果となった。

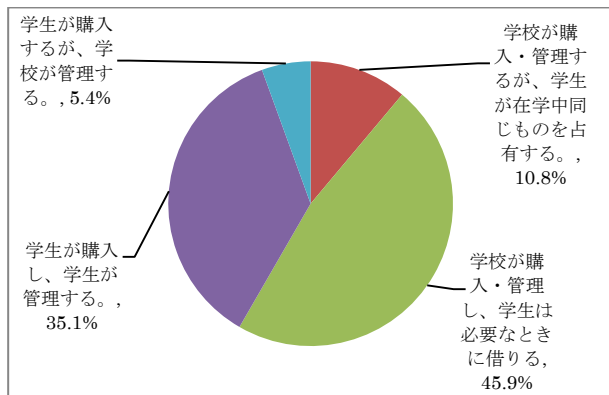


図 5.3 タブレット等の購入と管理について

学校側が備品として購入するべきと答えた学生が、全体の 56.7% におよぶ形となった。その理由としては、金額を意識しての解答が目立った。学費を奨学金や学生自身が自費で支払っていることも多く、一括での導入に関しての抵抗感が高いものが感じられた。

それに対して、スマートフォンの所有率は図 2.2 に示した通り高い比率を示しており、「授業で必要なため購入するもの」と「自身が欲しいので購入するもの」の違いを示すこととなった。

• 授業運営時のデバイス確保について

一斉購入しているもしくは備品等で保有している場合、受講学生に対してはすべてに同様の授業を展開することが可能である。それに対し、学生デバイスを用いる場合、まず所有の有無がある。そのため、所有していない学生に対してどのように対応するかを事前に考慮しておく必要がある。たとえば備品として小数のデバイスを確保しておき、必要時に限り非所有者等に貸し出すといった対処法は有用であると考えられる。また、機種等が異なることが前提となり、使用する機能には実行不可能なものもあり、十分考慮しなければならない。

機材の学生同士の貸し借りや、備品の貸し出しなどにおいても、特別なソフトウェアが必要となっている場合、授業内で使用する際に有効に機能しない。標準化された機能を用いる場合、これらの点を一定レベルで解決することが可能である。

5.3 授業時間内使用における留意すべき点

• 外部の情報へのアクセス

スマートデバイスはインターネットを利用した情報収集や共有を利用することができる。より発展的な情報教育には、有意義な機能として積極的に授業に取り入れる研究が行われている。その際利用される環境の多くは Wi-Fi などを用い、校内 LAN を経由したインターネットへの接続となっている。そのため、授業時間内に不必要もしくは不適當と思われる情報については、インターネットへ接続する段

階でファイアウォールを用いてブロッキングすることで対応可能となる。

これを学生デバイスとした場合、多くはスマートフォンを用いる形になる。一部のタブレットも含め、これらの機器は 3G/LTE などの公衆回線を用いることができる。公衆回線を用いた場合、学校側が用意したファイアウォールを経由する必要はなく、様々な情報にアクセス可能となる。

• 多機能性への注意

スマートデバイスには様々なアプリケーション(アプリ)をインストールすることができる。辞典や情報検索などの授業にも有用なアプリばかりではなく、ゲームなども多い。これらを授業時間内に起動し遊ぶという行為は、現在の教育現場においても問題となっており、積極的に学生デバイスの授業導入を行う際にはより大きな問題となり得る。

ペン入力可能なゲーム機「ニンテンドーDS」を学習のため、市内4中学校に導入した京都府八幡市では、機器の入力精度のほか、運用面として充電・保管の手間、また、児童が持参したソフトで遊ぶといったことが起き、授業運営を阻害する要因となるなどしたため、使用されなくなったことが報道された。⁽¹³⁾

授業用途として導入された機器であってもこのような問題が発生しており、非常に多くの機能を持つスマートデバイスを授業運営に用いる場合は、生徒・学生がどのようなアプリを起動し、使用しているかを注意していく必要がある。

• デバイス管理と教育

先述のゲーム機と異なる点としては、スマートデバイスには購入後に管理システムを導入することが可能である点が挙げられる。前述の MDM は、現在企業対象のソリューションが大半を占めるが、教育支援システムの中にはスマートデバイスに対応したものもあり、これらの制御を行うことで不適当な操作を抑制することが可能となる。

授業時間内のこれら不必要・不適當とされる操作について系統的に抑制することは可能であると考えるが、個人所有物にどの程度の制限を課すことができるかは慎重に検討していく必要がある。

MDM をはじめとしたシステム面での対応は、新たな技術・機器の登場により変化してゆく。また、今後社会の中で BYOD の可能性が上がることも考慮すると、生徒・学生の情報リテラシー向上が最も効果的かつ必要性が高いことには変わりがない。

6 課題と可能性

本研究において残された課題と、応用することで実現できる可能性を以下に述べる。

6.1 残された課題

スマートデバイスをネットワークに接続するためには、無線 LAN 接続環境が必須となる。本研究においては家庭用の無線 Wi-Fi アクセスポイントを用いたため、接続台数が 5～8 台程度に限られてしまい、安定的な接続が維持できなかった。近年では 50 台程度の接続台数を許容する比較的安価な企業用無線 LAN アクセスポイント(図 6.1)も登場しており、これらを用いることで 1 教室分をフォローできると考えられる。ただし、複数の教室で用いた場合、もしくは大規模教室で複数台併用して用いた場合などでは電波が混信する可能性もあるが、今後スマートデバイスによる接続の要求が増えるにつれ、これらの技術的問題は解決されると思われる。



図 6.1 Wi-Fi 機器 50 台接続に対応したアクセスポイント
(YAMAHA 社 WLX302 実売価格：約 5 万円)

システムについてはブラウザを主体としたため、5.1, 5.3 で挙げたような授業時間内の不適当な使用についての抑制が不十分となる。現在普及しているスマートデバイスでは、同時に複数の無線・公衆ネットワークへ接続する機能はほぼないため、無線 LAN の接続先として用意したネットワークに接続している限りは外部サイトに接続することはできない。しかしながら、クライアントデバイス側で 3G/LTE 回線へ接続し直した場合はこの限りではなく、自由にアクセスすることが可能となってしまうこととなる。そのため適切な形での MDM などの導入の検討が必要となる。

また、送信する際にはサーバからの push 送信を行っているが、すべてのクライアントデバイスでそれらを問題なく受信し、描画処理できているかはチェックしていない。そのため、受信側の処理性能が低いなどの理由により、画面更新に時間のかかるクライアントが現れることになる。クライアントの負荷に応じた配信を行う制御が必要となる。クライアント側の処理状況を報告させ、node.js で受信した際に負荷状態に応じて配信頻度や、範囲、送出する画像データ自体を変化させるなどといった手法が考えられる。

画面の更新頻度では、多数のデバイスを受け入れる必要があることを前提に更なる向上が求められる。現状では数 fps (Frames Per Second : 1 秒あたりの画面更新回数) にとどまっており、滑らかな画面とは言えない状態である。授業によってはより滑らかな画面転送が求められるものもあ

る。取得後の送信、デバイスによる受信、デコードといった各部分での最適化や、性能向上が求められる。

小型デバイスを用いる関係上、デバイスの大きさに応じた UI に対する考慮も必要となる。ブラウザによる表示では、画面上に URL や操作アイコンなどを表示する部分が残りを、画面領域を消費する。この動作は完全に使用するブラウザ側に依存する。ブラウザによる文書の解析・レンダリングは標準規格への準拠が進められているが、外枠となるアプリの統一的な動作には及んでいない。全画面を効率的に使うためには特定ブラウザにのみ対応するか、web ブラウジング機能を有する専用アプリを用いるなどが必要となる。

6.2 今後の可能性

本研究において開発したシステムは、画面共有および過去画面提供を主体としたものである。WebSocket による HTTP 通信と常時双方向通信可能な特性を用いることで、高度なパソコン授業支援ソフトウェア等で提供されている機能を安価な構成のまま提供できた。

ネットワーク構成を 5.1 で述べたように、操作をする支援システム部とデータ提供をコントロールする node.js とで分けることで、柔軟なネットワーク構成を構築することも可能となる。例えば、node.js を外部サーバに用意することで、学内ネットワークのファイアウォール内で保護された PC と公衆ネットワークに接続された学生デバイスといった形態もとることができる。また、PHP などを実行可能な高機能サーバに node.js が受け持つ機能を実装することで、e-Learning システムなどとの統合、併用などが可能となる。

通信として HTTP をサポートすることは、現在 Web 技術の発展により様々な情報がブラウザ上で表現可能になっていることと合わせることで、多様な可能性が考えられる。たとえば PowerPoint に代表されるプレゼンテーションのスライドファイルを Web サーバ上に配置、JavaScript によるビューアを利用することで、受講生はそれらを授業の際、簡単に手で確認することが可能となる。また、常時双方向通信により、教員側から受講生への能動的な資料配布なども可能となる。

授業参加を促す方法として用いられることもあるクリッカーといった用途も考えられる。教員側から一斉に問題を配信し、それに対して画面上のボタンを押すことで受講生の解答を容易に得ることができる。この仕組みを画面共有と組み合わせることで、より参加型の授業を展開できることが予想される。

これら従来であればコンピュータ実習室や専用を用意したタブレットなどを用いていた学習形態を、学生が個々で所有するスマートフォンをはじめとする機器を用いることで、指導用 PC のみが用意されているだけの教室などでも運用がしやすくなり、ICT を用いた参加型の学習なども組み立てることができるのではないかと考えられる。

7 おわりに

ICT教育が盛んに取り上げられる中、教示する内容は専門化・多様化している。学習環境は、新たな設備や技術、教育内容が現れるたびに検討し改善してゆかねばならない。

プロジェクトやサブディスプレイを用いた教示はこれまでも利用されてきたが、単に表示するのではなく、より多くの情報を、表示領域的に、また時間的にとらえ活用し、学生の操作技術向上や理解の補助を行うことで、能動的な学習を行う段階へと引き上げる基礎づくりを整えてゆくことが必要となる。手元での画面共有は表示領域の、過去画面は時間的な情報の提供を可能としており、実験を通じて受講する際の負担を軽減することができることが確認できた。タブレットなどスマートデバイスを用いた学習では、電子教科書をはじめとして事前に用意されたコンテンツが必要となるものが多いが、時間内に生成される授業コンテンツを振り返り学習への応用も含めて用いることが平常的に行えることは、事前準備されるコンテンツの生成にも大いに役立つものである。

システム面では、サーバ側に、画像変換としてBitMiracle.LibJpeg.NETを、システム本体とサーバの通信にWebSocket4Net、配信サーバとしてnode.jsを利用した。クライアント側では、HTML5を基本とし、jQuery、QuoJS、JSZipを利用した。これらはそれぞれ無償で利用できるライブラリ群・ソフトウェアであり、これにより、システムを無償で比較的容易に構築することができた。システムとして現在普及している様々なデバイスに対応するためには、標準化されている資源を有効に利用する必要がある。今回用いたライブラリやソフトウェアは、各部で仕様が標準化されているものに対して準拠、もしくは準拠が進んでいるものであり、今後さらなる利用が見込まれるものである。

現時点で高度なデバイスが、技術の発展により、さらに高性能化しつつも安価に提供されてくることを考慮すると、学生所有のデバイスを用いることは教育現場においても身近に考えるべきことである。残された課題も、技術的な面においては機器の普及・使用によって解決される可能性は高く、今後は様々な利用・活用方法はもとより、授業内外での運用面について考慮することがより必要となってくると考えられる。

本研究により、学生の学習支援が改善され、より社会が求める技術・技能を効率よく習得し活用できるよう、指導の手助けになることを望む。

謝辞

本論文は筆者が大阪市立大学大学院 創造都市研究科 都市情報学専攻 修士課程に在籍中の研究成果をまとめたものです。本研究に関しては、同専攻 大西克実准教授には指導教官として細部に至るまで御指導御鞭撻を頂き、心より感謝いたします。また、帝塚山学院大学 中野秀男特任教授には本実験に関する技術を取り巻く様々な事例を御教授いただき深謝いたします。

大阪市立大学大学院創造都市研究科 都市情報学専攻 Venkatesh RAGHAVAN 教授、米澤剛准教授並びに吉田大介准教授には、日頃より暖かい御指導を戴きました。また、本研究に関し御助言を頂くとともに御指導いただき、深く感謝いたします。

最後に、本研究の遂行に際し御助言・御助力頂いた皆様に深く感謝いたします。

引用文献

- (1) 首相官邸 T戦略本部 e-Japan 重点計画概要 <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/010329gaiou.html> (2013.12.28)
- (2) 総務省 フューチャースクール推進事業 http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/kyouuiku_joho-ka/future_school.html (2013.12.28)
- (3) 文部科学省 未来を拓く学び・学校創造戦略 http://www.mext.go.jp/a_menu/hyouka/kekka/1297364.htm (2013.12.28)
- (4) ICT教育ニュース「1人1台タブレット」「反転授業」ICT利活用教育推進へ準備着々／武雄市教委 <http://ict-enews.net/zoomin/06takeo/> (2013.12.28)
- (5) ReseMom 荒川区が全小中学校にタブレットPC導入、37.5億円で提案募集 <http://resemom.jp/article/2013/12/25/16499.html> (2013.12.28)
- (6) 文部科学省 学校における教育の情報化の実態等に関する調査結果 http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/1287351.htm (2013.12.26)
- (7) 総務省 「平成25年度 青少年のインターネット・リテラシー指標等」の公表 http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban08_02000120.html (2013.12.26)
- (8) Google helpouts <https://helpouts.google.com/> (2014.1.4)
- (9) 伊藤一成：スマートフォン、タッチタブレットを活用した教育の情報化 http://www.ua-book.or.jp/eiseitsushin/22/22_3.html (2014.1.4)
- (10) node.js <http://nodejs.org/> (2013.12.28)
- (11) WebSocket4Net <http://websocket4net.codeplex.com/> (2013.12.28)
- (12) RFC 6455 (WebSocket protocol) <http://tools.ietf.org/html/rfc6455> (2014.1.2)
- (13) 読売新聞 「授業用タブレット端末は備品？…費用負担で論議」 <http://www.yomiuri.co.jp/net/news0/national/20131231-OYT1T00237.htm?from=ylist> (2014.1.4)
- (14) Can I use... Compatibility tables for support of HTML5, CSS3, SVG and more in desktop and mobile browsers.Web Sockets <http://caniuse.com/#search=websocket> (2014.1.2)

- (15) 京都新聞 DS, 600台眠る 英語学習用・八幡の
4 中学導入
<http://www.kyoto-np.co.jp/education/article/20131228000045> (2013.12.28)

参考文献

- (1) 渡部 琢也, 近藤 城史, 田淵 哲明 (2013) "短期大学生におけるスマートフォンの使用状況に関する意識調査" 名古屋経営短期大学紀要 第 54 号, 33-44
- (2) 佐伯 修一郎 (2012) "教育の質の向上を図るこれからの ICT 活用の在り方"
福岡市教育センター 平成 24 年度研究紀要 第 910 号
- (3) 島袋 舞子, 安里 肇, 兼宗 進 (2013) "プログラミングの講義支援を目的とした e ラーニングシステムの構築" 情報処理学会研究報告 Vol.2013-CE-119 No.4
- (4) 伊藤 稔 (2013) "HTML5 とスマートフォンによる情報理論教育 e-Learning システムの開発" 跡見学園女子大学文学部紀要 第 48 号