

RaspberryPi を用いた Web クリッカーの開発

吉富健一・朝倉一晃¹・妹尾息吹¹
(2017年10月4日受理)

Developing Web Clicker System to Support Classes Using Raspberry Pi

Kenichi Yoshidomi, Kazuaki Asakura¹ and Ibuki Senoo¹

Abstract: Recently, demand for clicker is increasing for the purpose of obtaining feedback in real time during class, and many products are sold for the improvement of class. In case of purchase of these existing products, there are many disadvantages such as the license fee is expensive or application versions are limited and so on. In this study, we developed a “Web Clicker System” to support classes using Raspberry Pi 3. The Raspberry Pi is a low-cost single-board computer that uses MicroSD cards as storage instead of expensive HDD or SSD. By using this web clicker, the cost of introduction can be reduced by using the iPad or tablet PC that already introduced at school. In addition, it is possible to gather information other than choice, such as free description by text and photographs.

Key words: Class support, Clicker, Raspberry Pi, Tablet

キーワード：授業支援, クリッカー, Raspberry Pi, タブレット

1. はじめに

授業の場面において、内容がきちんと生徒に伝わり、本当に理解されているか確認したい気持ちにかられることがある。少人数クラスの場合ならともかく、教室に数十人もの生徒がいる状態で、実際に口頭で確認してみたところで、正しく状況を把握できる可能性は非常に少ない。これには、例え理解できていなかったとしても、周囲や教師に遠慮してわかったふりをしてしまうケースや、逆に理解していたとしても、もし間違っていたら、と考えて曖昧に答えを濁してしまうケースなどが考えられる。

ここで簡単なクイズのようなものを授業の合間に挟み、どれくらいの割合で理解が進んでいるか生徒一人一人の状況を確認することができれば、得られた結果によってその後の進め方を変えることが可能となる。また、授業以外の場面においても、受講者・視聴者から試験・アンケートの回答をリアルタイムに取得し、

その結果をフィードバックとして表示したいというニーズが広く存在する。一般的にはそのような用途として“クリッカー”が用いられる。

クリッカーとは、授業中に教師からの発問に対し生徒が応答に用いるリモコン端末と、端末と無線で接続され、教師側のPCに情報を伝達するための無線レシーバから構成される一連の装置を指す。生徒が持っている端末には通常いくつかのボタンがついており、教師からの発問に対して、いずれかのボタンをクリックして回答を行うことで、教師用のPC上で集計した結果がリアルタイムに表示されるシステムとなっている。このクリッカーを用いることで、生徒の意見を引き出したり、一方向になりがちな講義を、双方向の参加型へと変えることができるため、授業応答システムあるいは生徒応答システムとも呼ばれる。特に海外では、大学等における大人数の講義において活用されており、一般企業における会議や一般向けの講演等での導入も行われている。

クリッカーを授業に導入することの生徒側のメリットとしては、これまで教師から生徒への一方向の知識

¹広島大学大学院教育学研究科博士課程前期

の伝達であった授業が、個々の生徒がそれぞれ自分できちんと考えるようになることで、授業への積極的な参加が促され、授業そのものが双方向性を持つようになることが挙げられる。さらに、授業そのものが楽しい雰囲気になる効果をもたらす (Roschelle, 2004)、周囲への匿名性が確保された中で回答を行うことができるので、自分は間違っているかもしれないという不安をあまり気にせず回答できる (Jackson, 2003)、周囲の回答状況を知ることができるので、自分だけの間違いではないことを確認できる、いわゆる不安を和らげる効果 (Bunce, 2006) 等が挙げられる。

教師側のメリットとしては、リアルタイムで生徒の理解度をチェックできる (Wood, 2004) が挙げられる。これにより理解が進んでいないと考えられる内容に関して、引き続きフォローを行うことで、生徒の理解の向上につなげることが可能であるとともに、授業の改善へとつながる可能性 (Jackson, 2003) が示されている。

通常、生徒が授業を受ける際に、記憶に残るのは最初の5分程度で、集中力の持続は20分が限度 (Burns, 1985) という報告がある。また、短期記憶の容量には限界があるため、どんなに頑張っても授業を行ったとしても、内容に関して生徒の記憶に残るのは20~25% (Burns, 1985) とも指摘されている。ここにクリッカーを導入し、授業中に適度な時間間隔で授業の内容に関わるクイズを実施する。その結果をプロジェクターで映し出しながら、正解を示したり、問題についての解説を加えながら授業を進めていくことで、生徒の集中力の欠如を防ぐとともに、記憶を定着させる効果があった (Hatch, 2005) という報告もある。

近年学校では、ICTの活用事例として電子黒板や、iPad・Android等のタブレット端末の導入が進みつつある。これらのICTデバイスは、通常、印刷された教科書では示すことのできない写真や動画など、様々なコンテンツ情報を提示することを目的として導入されていることが多い (図1)。

本研究では、これらタブレット端末を、情報の提示に使用するだけでなく、リアルタイムに生徒からの回答を得るためのデバイスとして用いることで、授業中の生徒の理解度の確認や、発表内容を速やかに収集・確認することを目的として、授業を支援するためのツールとしての“Webクリッカー”の開発を行った。

2. タブレット端末を用いた Web クリッカーの開発

授業中に、児童・生徒の意向や意見・理解度等を取り



図1. タブレットPCを用いた授業風景

リアルタイムに把握するツールとして注目されているクリッカーであるが、専用端末を用いる場合、誰がどのように回答したかを知るためには、端末IDと利用者とのリンクさせる必要があり、配布に少し手間がかかることが問題である。また、継続して学習経過を観察するためには、授業のたびに同じIDの端末を同じ利用者に使わせる必要がある。

さらに既製品の場合、設定や集計用のソフトウェアが専用のものとなるため、自分の使い方にあったカスタマイズ等がやりにくいことや、パワーポイントと連携を図るためには、利用できるOfficeのバージョンが固定されるなどの制約が発生する。また、生徒の人数分揃えるための端末の価格や、ソフトウェアのライセンス料が高額となるなど、導入にあたっては金銭的なハードルが高くなることがデメリットとして挙げられる。

この高価なクリッカーに代わり、学生の持つスマートフォンやタブレット等のモバイル端末を用い、教室内で情報共有するためのシステムは、Webクリッカーと呼ばれる。本研究で開発を行ったクリッカーは、学校に導入が進みつつあるiPadやAndroid等のタブレット端末を、クリッカーの端末代わりに利用する。本体となるRaspberry PiがWebサーバと無線LANアクセスポイントの役割を果たすため、端末側ではWi-Fiに接続し、普通にホームページを閲覧するのと同様の手順で本体となるRaspberry Piにアクセスすることで、webベースでデータのやりとりを行うシステムである。

市販のクリッカーでは、ボタンの数が限られているため、与えられた選択肢のみしか回答できない。これに対し、タブレット端末を利用すると、自由にテキストを入力したり、撮影した画像を登録したりできることがメリットとして挙げられる。

Webクリッカー本体のハードウェアとしては、安

価に購入可能な Raspberry Pi を用い、授業のパターンにあわせてソフトウェアを変更することで、様々な授業に対応できる仕組みとなっている。この度、開発を行ったソフトウェアは2種類で、ひとつめは、小・中学校などのグループワークとして、各班での活動状況や観察結果などを報告しあうような場面を想定している。ふたつめは、中・高等学校で一通りの内容を終えた後の復習の場面を想定している。ここでは教師の出す問題に対して、グループごとに答えさせ、各グループの成績をグラフ表示することで、生徒間のライバル心をちくちく刺激する仕様となっている。

特に学校現場において利用する場合には、インターネット等を利用せず、教室の中だけでネットワークを構築するローカル・ネットワーク環境とすることが望ましい。これは、学校現場では無線 LAN 等が整備されていないことに加え、生徒に貸与するタブレット端末が、自由にインターネットへのアクセスが行えた場合、予期せぬ URL へアクセスすることを防ぐ意味もある。

3. Web クリッカーの仕様

大学では、学生のスマートフォン所持率は、ほぼ100%と考えてもよい状況にある。講義室でも無線 LAN が利用できる環境にあるため、大学で web クリッカーを利用したい場合には、特に通信の形態やネットワーク環境については問題とならず、アクセス先として web サーバ上にソフトウェアを準備すればよい。この場合、大学の講義室は広く、受講者数も小中高등학교とは比べものにならないくらい多いため、同時アクセスによる負荷が高まった状態でのパフォーマンスに注意する必要がある。

これに対して小中高等学校の学校現場では、基本的に携帯電話の類は持ち込みを禁止されている場合が多い。そのため、授業中にタブレットを貸し出し、そのアクセス先としての無線 LAN アクセスポイントと Web サーバを教室に持ち込んでローカル・ネットワークを構築するのが先に述べたように不用意にインターネットにアクセスすることを防ぐ意味でも、最も便利で安全と思われる。

3.1 Web クリッカーのハードウェア

上述したローカル・ネットワーク環境を教室内で利用するためには、容易に持ち運べて電源に接続するだけで済み、細かい設定が不要で簡単に利用可能なハードウェアを準備する必要がある。この際、必要なハードウェアは、アクセス先となるための Web サーバと、Wi-Fi を用いてタブレット端末と本体とを接続するための無線 LAN ルーターである。本研究において web

表 1. ハードウェアの検討

ハードウェア名称	メリット	デメリット
FlashAir	非常に小型でかつ安価である	システム設計を自由にできない
Raspberry Pi	小型で比較的安価である	ハードウェアの性能が低い
Intel ComputeStick	小型で比較的安価である	有線 LAN ポートがない
Intel NUC	ハードウェアの性能が高い	比較的高価である
自前のノート PC	余分な出費が不要	セキュリティ面が心配

クリッカーを開発する上で、検討を行った数種類のハードウェアについて、それぞれのメリットとデメリットを表1にまとめる。

当初、インテルの小型 PC フォームファクターである NUC (Next Unit of Computing) に Ubuntu Linux の server 版をインストールして開発を行った。無線 LAN 接続に伴う無用なトラブルを避け、安定して通信を行うために、無線 LAN ルーターと、本体との間は有線 LAN で接続を行うこととした。使用した NUC の CPU は Celeron N3050 (1.6GHz デュアルコア) で、性能的には全く申し分なかったものの、NUC 本体とあわせてメモリやハードディスク (または SSD) を別途購入する必要があり、調達費用に3万円以上かかることから教室での気軽な利用には向かないと判断し、6千円程度でより安価に購入できる Raspberry Pi を本体として用いる方式へ変更した。

3.2 RaspberryPi

RaspberryPi とは、ARM プロセッサを搭載したシングルボードコンピュータで、ハードディスクや SSD の代わりに、MicroSD カードを補助記憶装置として利用するのが特徴である。本稿執筆時にもっとも一般的で入手しやすかったのが、Raspberry Pi 3 Model B (以下、Raspberry Pi と略) と呼ばれる、ARM Cortex-A53 (1.2GHz クアッドコア) を CPU として用い、メインメモリ1GBで、USB 2.0×4, Ethernet, HDMI の端子を持つモデルである。ケースに入れた大きさが91×60 mm と、設置面積は、ほぼ名刺サイズとなる (図2)。

Raspberry Pi の歴史は浅く、2012年にラズベリーパイ財団より安価な教育用コンピューターとして開発されたのが始まりとされる。学校におけるコンピューター教育の促進を意図していることもあり、本体と MicroSD カードを合わせて6千円程度と PC としては比較的安価に入手することが可能である。ただし、元来、簡単なプログラムの学習や、センサーの制御目的

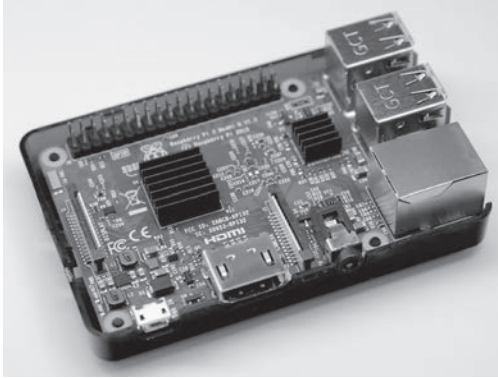


図2. Raspberry Pi 3 Model B
(ヒートシンク取付済み)

として開発されているため、Ether ポートが Gigabit 対応ではないこと、USB ポートが USB 2.0 (転送速度の上限が480Mbps) までの対応なので、大きな負荷がかかる用途には不向きとされる。

Raspberry Pi で一般的に用いられる OS は、Linux ディストリビューションの一つである Debian をベースとして、Raspberry Pi のハードウェア向けに最適化された RASPBIAN と呼ばれる OS である。RASPBIAN には、用途別に2つのバージョンが存在する。一つは、マウスを使って通常のコンピューターのように GUI で操作できることから、主にデスクトップ用途として用いられる RASPBIAN JESSIE WITH PIXEL と呼ばれるバージョンである。もう一つは、主にサーバ用途として用いられ、マウスは用いずに CUI のみで操作を行う RASPBIAN JESSIE LITE と呼ばれるバージョンである。今回はディスプレイやマウス等を接続せず、本体のみが web サーバとして機能すればよいので後者を利用した。

RASPBIAN の基本的なセットアップ方法に関しては、インターネット上に丁寧な図入りの解説があるので割愛するが、他の PC を利用してダウンロードした RASPBIAN のイメージファイルを、MicroSD カードに書き込んだものを Raspberry Pi にセットする。ここでセットアップした MicroSD カードの中身を確認しようと、カードリーダー等で Windows PC や Mac に接続してもパーティションの情報をうまく認識することができないため、中身を確認することができない。これは MicroSD カードが、RASPBIAN を利用するために Linux で使われる ext4 と呼ばれるフォーマットで書き込まれているためである。この状態でも Linux のインストールされた PC からは、中身を参照することが可能である。

MicroSD カードに RASPBIAN をインストールで

きたら Raspberry Pi 本体に差し込み、セットアップのため、HDMI ケーブルでディスプレイと接続する。本体に電源スイッチは無いので、キーボードを接続した後で、マイクロ USB へと電源を接続するとシステムが起動する。

Raspberry Pi 3 の消費電力は、5V/2.5A と非常に大きく、かつマイクロ USB コネクタから電源供給を行う必要がある。通常、PC の USB 端子は0.5~0.8A 程度の電流しか供給することができないため、USB 用のアダプターを別途用意する必要がある。Raspberry Pi が無事に起動しない原因の大半は、電力不足とされる。無事に起動することを確認したら web サーバとして動作させるための Apache と、CGI を動作させるために必要な Perl モジュールを、ネットワーク経由でインストールを行い、適宜設定しておく。

iPad などのタブレット端末から Raspberry Pi 内に構築した web サーバにアクセスするためには、通常、図 3 a に示すように Wi-Fi 電波を飛ばすための無線 LAN ルーターが必要となる。当初の段階では、Raspberry Pi とは別に、ポータブル型の無線 LAN ルーターを準備して実験を行っていた。ポータブル型の無線 LAN ルーターに関しては、有線 LAN サービスをスマートフォンで利用できるような多くの製品が登場してきている。これらは通常の据え置き型のものに比べると、小型でかつ安価に購入できメリットがあるものの、機能や性能が限定されていることが多い。そのため特に同時接続数に関しては、必要とされる条件をクリアしているか購入時に確認する必要がある。また電源が AC アダプターではなく Raspberry Pi と同じくマイクロ USB コネクタとなっているモデルを購入すれば、2口の USB 用充電アダプターを用いることで電源コンセントの利用数を減らすことが可能である。

本研究では図 3 b に示すように、Raspberry Pi 自体を Wi-Fi のアクセスポイントとしても利用した。Raspberry Pi に搭載されている Wi-Fi デバイスは、AP モードに対応しており、hostapd と呼ばれるアク

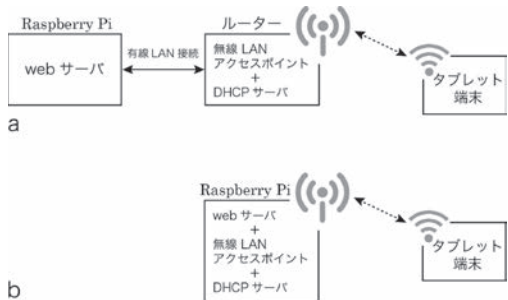


図3. システムの概略図

セスポイントデーモンを導入することで、アクセスポイントとしても動作させることが可能である。そのため、複数台の端末からアクセスできるよう、DHCPサーバ (isc-dhcp-server) の導入を行い、無線 LAN ルーターを別途準備せずに、Raspberry Pi 単体で web クリッカーとして動作させることが可能となった。Raspberry Pi の Wi-Fi デバイスで利用可能なのは、11n の 2.4GHz である。Raspberry Pi 本体をアクセスポイントとしての利用に関しては、無線で接続可能な端末数は 20 台程度までしか動作を確認していない。端末の台数がより増えた場合などは、やはりそれなりのスループットを備えた無線 LAN ルーターを準備する必要がある。

4. ソフトウェア

本研究で開発を行った Web クリッカーは、ハードウェアとしてハイパワーとはいいがたく、無線 LAN の回線速度も限られる Raspberry Pi を、web サーバ兼無線 LAN ルーターとして用いている。そのため、画面のボタン等の表示として画像等を用いず、通常のホームページにあるようなテキストリンクを、CSS (Cascading Style Sheets) と呼ばれるウェブページのスタイルを指定するための言語を用いて、マウスの無いタブレット端末でも容易に選択しやすいデザインとしつつ、パケットの量を節約している。

生徒側での反応が教師側の端末に伝わるなど、双方向性を持たせたシステムとなっているものの、基本はホームページを閲覧するのと同様の仕組みを利用している。そのため、提示するコンテンツを授業に応じて変更することで、授業パターンに応じて変更することが可能である。また利用する端末の OS やブラウザの種類やバージョン等にも特に影響されず、無線 LAN の機能を持ったノート PC 等からでも利用が可能である。

特にこの度、開発を行ったコンテンツは 2 種類あるが、いずれにおいても、どのグループがどのような回答を行ったか教員側が把握しやすいよう、それぞれの



図 4. 生徒側端末に表示される最初の画面

グループに固有の ID を振り当てる仕様としている。回答を修正する場合や、別の回答に移る場合でも、継続的にその ID を保持する仕様としてある。そのため、いずれのコンテンツにおいても、図 4 に示すように、自分たちのグループを選択した後に、回答を開始するようになっている。

4.1 小・中学校などのグループワーク向け

パターン 1 は、小・中学校におけるグループワークで、各グループの活動状況や観察結果などを報告しあうような場面を想定している。図 5 に示すように、生徒側の端末画面からは、教師から板書やパワーポイント等により提示された問題に対して、A～E の選択肢ないしは、その他として自由記述を行うことができる。また、実験・観察などの場面においては、必要に応じてタブレット端末を利用して撮影した画像や動画を登録 (アップロード) することが可能である。ここで入力された回答はテキスト形式で、登録された画像や動画は、拡張子を変更した形で Raspberry Pi 内の MicroSD カードに保存される。

これに対し、教員用の画面では図 6 に示すような様々な操作を行うことが可能である。



図 5. 生徒側の画面表示例

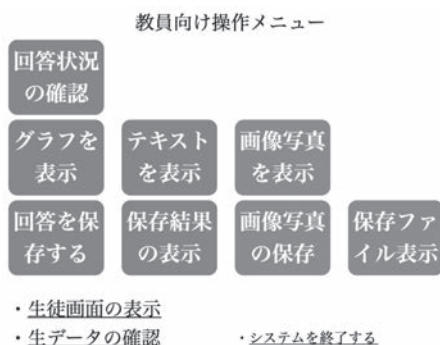


図 6. 教員用端末の画面表示例

まず上段の「回答状況の確認」から、図7に示すように、どのグループが回答済みで、どのグループが未回答なのかを一覧表示することができる。この確認画面は、いちいち更新ボタンを押さなくても、10秒間隔で自動的にページが更新される。

中段に配置されたボタンを選択することで、A～Eの選択肢に関して、回答の傾向を“グラフ表示”する機能、その他として自由記述された内容を“一覧表示”する機能、登録された画像や動画を“一覧表示”する機能などを利用可能である。

グラフ表示機能は、テキスト形式で保存されているMicroSDカード上のデータから、選択肢の回答に該当する部分を読み込み、Javascriptのライブラリの一つであるCanvasJSを用いて、図8に示すように棒線グラフとして描画を行うことで、回答の傾向を把握できるようになっている。

自由記述の一覧表示画面では、回答したグループ数や、それぞれの文量により、画面に表示する文字の大きさを変更できるよう、jQueryのプラグインであるjQuery Text Resizerを利用して表示を行う仕組みとなっている。jQueryとは、ウェブブラウザ用のJavaScriptコードを、より容易に記述できるようにするために設計された軽量なJavaScriptライブラリである。これを利用することで「文字の大きさ」ボタン

各班の回答状況

(このページは10秒ごとに更新されます)

1班 回答済み	2班 回答済み	3班 回答済み	4班 未回答!	5班 回答済み
6班 回答済み	7班 未回答!	8班 回答済み	9班 回答済み	10班 回答済み
11班 回答済み	12班 回答済み	13班 回答済み	14班 回答済み	15班 回答済み

[グラフを表示する](#)
[テキストを表示する](#)
[メインメニューに戻る](#)

図7. 回答状況を確認する画面

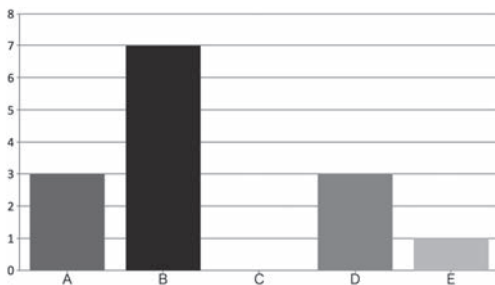


図8. 回答結果のグラフ表示例

をクリックし、ページ内のフォントサイズを通常～3倍の大きさまで変更できる。

画像の一覧表示に関しては、画像の縦位置と横位置を自動で補正し、縦で撮影した写真は縦に表示する仕様となっている。これは、スマートフォンやタブレットで写真を撮影する際に、ほとんどの人が、被写体に合わせて特に意識せずに、横向きに撮影したり縦向きに撮影したりする傾向への対策である。

撮影した方向が縦であれ横であれ、撮影したタブレット内のライブラリとして閲覧する際には、画像は自動で向きが補正されて表示される。ところが一旦サーバに登録してwebページとして閲覧する際には、全てが横向きに表示されてしまう。これは、スマートフォンやタブレットで写真を撮影した際のカメラの向きに関しては、撮影したカメラの機種や撮影条件を画像に埋め込むためのEXIF (Exchangeable image file format) 中のOrientation情報として保存される仕様となっていることに起因する。

タブレットで表示する場合には、EXIF情報を元に画像の向きを正しく表示させているものの、webブラウザは種類にもよるが、表示する画像のOrientation情報をチェックしない。そのため写真を表示すると、縦位置で撮影したのも全て横向きに表示されてしまう。これに対応するため、画像を一覧表示する際には、全ファイルのOrientation情報を読み込み、図9に示すように、撮影時のカメラの向きに合わせて画像を表示する仕組みとなっている。

登録されたデータは、下段に配置したボタンを利用して、バックアップを行ったり、次の質問へと移ることができるようになっている。このバックアップファイルは、バックアップを行った際の日時をファイル名として保存される。後からデータを参照したい場合に

各班の提出状況

(このページは10秒ごとに更新されます)

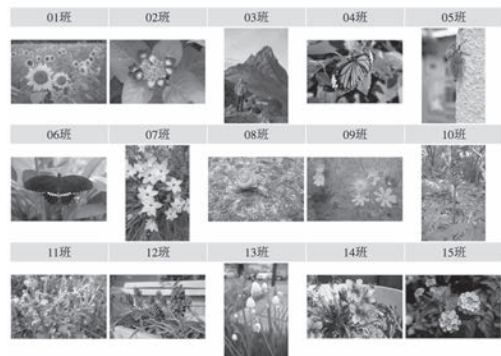


図9. 登録された画像の一覧表示例

は、下段に配置した“保存結果の表示”や、“保存ファイル表示”を選択する。授業終了後にPCのwebブラウザ等を用いてWi-Fi経由でRaspberry Piにアクセスし、ファイルを参照することや、PC内にダウンロードすることも可能である。

授業終了後のシャットダウンについて、前述したように、Raspberry Piには電源ボタンが存在しない。通常、Raspberry Piを利用する場合には、マウス操作あるいはコマンドラインによってシャットダウンを行う。ところが本研究では、モニターやキーボードを接続しない状態で動作させるため、OSを停止させることができない。テストの段階では、ACアダプターをコンセントから抜くことで、無理矢理終了を行っていたが、ところがOSとして動作しているRASPBIANの基本はLinuxシステムなので、絶えずファイルシステムにデータを読み書きしており、特に書き込みが中途半端な状態で突然電源が切れてしまうとMicroSDのデータの状態そのものが不安定となり、最悪の場合、MicroSDが読み込みできない状態になってしまう危険性がある。

Raspberry Piには“GPIO”という汎用の入力ピンがあり、プログラムからGPIOに接続されたボタンのON/OFFを読み取ることができる。そこで物理ボタンをケースに設置し、ボタンが押されたらシャットダウンコマンドを発行する例などがウェブ上では紹介されている。ところが物理的にボタンを設置してしまうと、授業中に何かのタイミングで誤って触れてしまうと中止する手段もなくシャットダウンされてしまう。

このような不幸を避けるため、本体を終了するには、通常使っている教師用の画面からソフトウェア的にシャットダウンを行う方法を用いた。授業終了時には図6の右下にある“システムを終了する”リンクをクリックすることで、シャットダウンコマンドをルート権限で発行するCGIが動作する仕組みとなっている。シャットダウンコマンドを発行しても、しばらくは電源供給を示すPWRランプの横にあるACTランプが点滅しており、ランプが点滅している間はMicroSDにアクセスしている状態を示している。OSの終了処理が終わり、ランプが消えるまで待つと電源ケーブルを抜くことができる。

4.2 中・高等学校などの復習向け

パターン2は、中・高等学校で一通りの内容を終えた後の復習の場面を想定している。ここでは教師の出す問題に対して、グループごとに答えさせ、各グループの成績をグラフ表示することで、生徒間のライバル心を刺激し、より学習内容への関与・関心を強める仕様となっている。

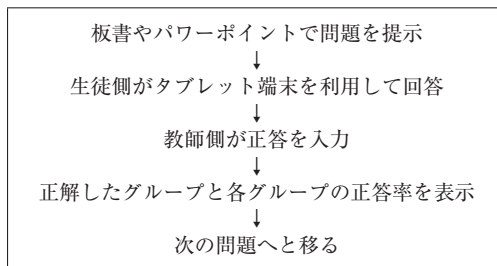


図10. 中・高校向けシステムのフローチャート

ここでは回答様式として、生徒側の端末画面は、青・赤・緑・黄色の4色を用いた選択肢から選ばせる方式を用いた。

近年では、地上デジタル放送の普及に伴い、デジタル放送の機能の一つである双方向機能を用いて、視聴者参加型の番組が多くつくられるようになってきた。代表的なものでは、年末に放映される紅白歌合戦は、生放送中に紅組・白組の勝敗を決める投票に視聴者が参加できるようになっている。投票を行うためには放送中に、テレビのリモコンにある4色のボタンを押すと、その回答がインターネットあるいは電話回線で送信される仕組みになっている。このため、PCの操作に詳しくない利用者にも馴染み深い方式であると考えた。

教員用画面には、回答が出そろったかどうかの確認画面と、正解を入力する画面、過去の回答結果を一覧表示する画面を表示することができる。これに対し、生徒側の画面には、回答用の4色ボタンが表示されている画面と、正解／不正解とこれまでの正答率をグラフ表示する画面が交互に表示される仕組みとなっている。

5. まとめ

限られた授業時間を使って、効率的に学習を進めるためには、まず教員側の努力として、話法や板書、メディア機器の使用やプリントの配布など、さまざまな手法を駆使して授業を魅力あるものにする努力が求められる。この授業改善の一環として、クリッカーを用いることで、どこまで理解が進んでいるか、逐一確認を行うことで、理解が進んでいないと考えられる内容について、フォローを行うことで、生徒の理解の向上につなげることが可能となる。

そこまで努力したとしても、やはり生徒側の集中力には限界がある。そこでクリッカーを用いて、適度な間隔で問題を提示し、回答を得るように授業を区切ることで、結果をプロジェクターで映し出しながら、正

解を示したり、問題についての解説をしたりしながら授業を進めていくことで、授業内容の復習を兼ねながら生徒側の集中力の欠如を防ぎ、授業への積極的な参加を生徒に促すことができるようになることが指摘されている。

授業に双方向性を持たせるためには、クリッカーが効果的とされる。ところが比較的高価な専用の装置であるため、購入に躊躇したり、せっかく購入したものの利用する際に煩雑な手間が必要であったり、利用するために逆に授業の表現に様々な制限が課せられてしまったりするのは本末転倒である。

本研究では、授業へのクリッカー導入を進める目的で、学校現場に導入が進みつつある iPad 等のタブレット端末を、クリッカーの端末代わりに利用し授業を支援するためのツールとしての“Web クリッカー”の開発を行った。

ここではタブレット端末を、写真や動画等情報の提示に使用するだけでなく、生徒からのリアルタイムな反応を得るためのデバイスとして用いることが特徴である。そのためタブレット端末と無線で通信を行い、情報を集約するための本体として、比較的安価に購入可能な Raspberry Pi をサーバ兼無線 LAN ルーターとして用いることとした。この本体がタブレット端末と直接 Wi-Fi 接続を行うことで、web ベースでデータのやりとりを行う仕様となっている。これにより無線 LAN が整備されていない学校現場においても、本体をコンセントにさし、電源を供給するだけで、自動で起動し教室内だけに限定されたローカル・ネットワーク環境を構築することができる。

学校現場に既存のタブレット端末をクリッカーの端末代わりに用いることで、専用の機器を購入する必要がなくなることに加え、ボタンの数が限られているため、与えられた選択肢のみしか回答できない市販のクリッカーと異なり、文章による自由記述や、自分たちで撮影した写真を登録することが可能になった。これにより、小・中学校などの実験・観察などの場面におけるグループワークのように、各グループでの活動状

況や観察結果などを報告しあうような場面において活用できるようになるとともに、観察結果等を保存することができるようになった。

【謝辞】

本研究は JSPS 科研費 JP17H01980 の助成を受けたものです。また本稿の執筆や Web クリッカーの動作テストにあたっては、広島大学教育学部自然系コースの学生たちに大変お世話になった。お世話になった皆様方に心より御礼を申し上げます。

【引用文献】

- Bunce, D. M., Van den Plas, J. R., and Havanki, K. L. (2006), “Comparing the Effectiveness on Student Achievement of a Student Response System versus Online WebCT Quizzes,” *J. Chem. Educ.* 83(3), 488-493
- Burns, R. A. (1985), “*Information Impact and Factors Affecting Recall*,” Presented at Annual National Conference on Teaching Excellence and Conference of Administrators, Austin, TX, May 22-25, 1985.
- Hatch, J., and Jensen, M. (2005), “Manna from Heaven or “Clickers” from Hell: Experiences with an Electronic Response System,” *J. Coll. Sci. Teach.* 34(7), 36-39
- Jackson, M. H. and Trees, A. R. (2003), “*Clicker Implementation and Assessment*,” comm.colorado.edu/mjackson/clickerreport.htm
- Roschelle, J., Penuel, B., and Abrahamson, L. (2004), “The networked classroom,” *Educ. Leadership* 61(5), 50-54
- Wood, W. B. (2004), “*Clickers: A Teaching Gimmick that Works*,” *Dev. Cell* 7(6), 796-798