

可搬型の軽量な電子投票システムの開発

鍋田 真一（城南静岡高等学校）

湯瀬 裕昭（静岡県立大学経営情報学部）

筆者らは、教育現場での利用を想定し、教室や会議室内などのクローズドな環境においても利用可能な電子投票システムを開発した。開発したシステムは、PHP が実行できる Web サーバ上で動作する軽量なシステムとなっており、大学の教授会で試験的に使用したり、シンポジウムにおいてデモンストレーションを行ったりした。教授会では、大学内に設置されたサーバ上でシステムを運用した。デモンストレーションでは、Windows パソコン上に XAMPP をインストールして運用した。開発した電子投票システムを教室などで使う際の利便性を向上するために、開発システムの Raspberry Pi Zero W 上での運用を試み、システムの改良も行った。Raspberry Pi Zero W を Web サーバ兼アクセスポイントとし、乾電池で動かすことで、可搬型のシステムにすることができた。これにより、事前にサーバを設置することや既存のネットワークを利用する必要がなくなり、Raspberry Pi Zero W を使ったシステムの電源を入れるだけで、直ぐに電子投票が行えるようになった。本論文では、Raspberry Pi Zero W 上での運用とそれに伴う電子投票システムの改良点などについて報告する。

キーワード：教育学習支援環境、電子投票、教員業務効率化、Raspberry Pi Zero W

1. はじめに

教育現場においては、様々な場面で投票行動が行われている。従来の投票は、紙ベースで行われているため、集計に時間がかかる。一方、教員の業務は多岐にわたり、その業務量は増大化し、長時間労働の実態が明らかになっている^[1]。そこで、筆者らは教育現場での利用を想定した電子投票システムの開発を行った^[2]。そして、試験的に大学内に設置されたサーバ上で運用し、実際に大学の教授会で利用した。また、Windows パソコン上で XAMPP^[3]を動かすことで開発システムを運用し、情報処理学会情報教育シンポジウム (SSS2018) においてデモンストレーションを行った^[2]。しかしながら、これらの方法では、サーバの設置や Windows パソコン上に自由にプログラムをインストールできる環境が必要である。そこで筆者らは、開発システムの Raspberry Pi Zero W^[4]上での運用を試みた。Raspberry Pi Zero W を Web サーバ兼アクセスポイントとすることで、新たなサーバの設置や既存のネットワークを

利用する必要がなくなり、どこでもシステムの利用が可能となる。本論文では、Raspberry Pi Zero W 上での運用とそれに伴う電子投票システムの改良点などについて報告する。

2. 開発した電子投票システムの概要

本章では、筆者らが開発した電子投票システムの概要について述べる。教育現場で利用できる電子投票システムの開発を目指し、投票者の人数としては、数名から数十名程度を想定し、教室や会議室などで同じ空間にいる人が投票に使えるシステムを構築した。

投票の匿名性を確保する方法として、重複のないランダムな投票用パスワードを生成させ、そのパスワードを投票者が他人に見られずに無作為に取り出すことにより、他者がパスワードと投票者との関係を紐づけられないようにする。管理者は投票用パスワードの発行数を管理し、投票者一人につき 1 つだけ投票用パスワードを渡し、投票の

際に投票パスワードが未使用であることを確認することで、二重投票ができないようにする。

また、投票用のアプリケーションプログラムを使わず、Web システムを用いた投票とした。そのため、Web ブラウザと無線 LAN へのアクセス機能さえ備わっていれば投票に利用する端末は問わない。図1に電子投票システムの全体イメージを示す。

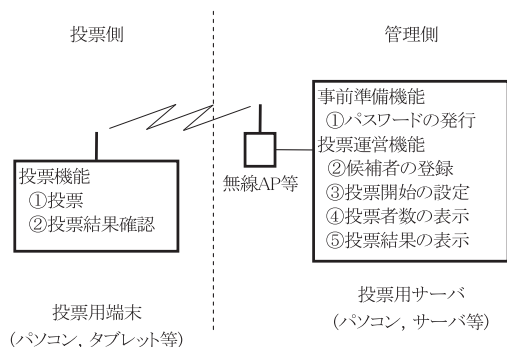


図1 電子投票システムの全体イメージ

3. 教授会での電子投票システムの試用

本研究で開発した電子投票システムは、投票内容を変えることにより様々な投票に使えるシステムとなっている。そこで、2018年4月12日の静岡県立大学経営情報学部の教授会で開発システムを実際に試用した。事前に、開発したシステムを学内のみからアクセスできる学内のLinuxサーバにインストールし、教授会のメンバーに各自のノートパソコンやタブレットなどを持参してもらい、教授会での各種委員や委員長の選出の投票に使用した。投票用のパソコンなどを持参しなかった教員については、隣の教員のパソコンを一時的に借りて、投票を行ってもらった。投票用IDについては、IDを差し込み印刷したものを名刺サイズに切断し、袋に入れて、見えない状態で教員に1枚ずつ引いてもらった。パスワードを差し込み印刷したカードの例を図2に示す。



図2 電子投票用パスワード用紙の例

教授会で電子投票システムを使っている様子を図3に示す。



図3 教授会での電子投票システム利用

例年、4月の教授会は委員選出の投票などで時間がかかるが、このシステムの利用により、手作業による投票集計の時間が不要となり、スムーズに会議を進めることができた。持参した端末を使った電子投票システムの利用については、特に問題なく進めることができた。他者のパソコンを借りての投票にも問題がなかった。1年前の2017年4月の教授会に比べ、今回の教授会にかかった時間は1時間45分短かった。1年前と議事の内容や数などが同じでないため、厳密には比較できないが、1年前の手作業による投票に比べて電子投票システムを使った投票により、教授会の時間短縮を図れたことが確認できた。4月以降の毎月の教授会でも電子投票ができるよう準備しているが、電子投票が必要な案件が発生していない。

4. シンポジウムでの電子投票システムの試用

2018年8月20日に開催された情報処理学会情報教育シンポジウム（SSS2018）のデモ・ポスターセッションにおいて、開発した電子投票システムのデモンストレーションを行った^[2]。デモンストレーションでは、Windows パソコン上にXAMPPをインストールし、システムの運用を図った。デモ用に用意したタブレット端末などを、システムが動作しているパソコンと同じネットワークに接続し、見学者に実際に投票を体験してもらった。図4は実際にシンポジウムにおいてデモンストレーションしている様子である。



図4 シンポジウムでのデモンストレーション

5. 可搬型の電子投票システムへの改良

5.1 可搬化の検討と概要

教授会での試用の結果、開発したシステムが有用であることが明らかとなったが、一方で学校現場では、教員が自由に利用できるサーバが学内に設置されていないことも想定される。例えば、初等中等教育現場では、学校を対象とした情報セキュリティポリシーを策定している教育委員会は、策定中も含め64.1%であり、学校現場、特に初等中等教育における情報セキュリティ対策は十分とは言えない^[5]。その中で、教職員もパソコンやモバイル端末に無断でソフトウェアを導入することの禁止や、責任者の許可なくパソコンやモバイル端末をネットワークに接続することの禁止が文部科学省による情報セキュリティ対策基準の例文に示

されている^[5]。そのため、インターネット上に電子投票用のサーバを設置した場合、学内からそのサーバにアクセスできない可能性がある。また、学内へのサーバ設置も困難である。

そこで筆者らは、このような状況を鑑み、教室などに電子投票システムを持ち込んで直ぐに使えるようにするため、Raspberry Pi Zero Wを利用してシステムを可搬型の専用システムにすることにした。Raspberry PiはOSとしてデフォルトでDebian系のLinuxが用意されている^[4]。そして65×30×5mmと小型でありながら無線LANとBluetoothのモジュールを備えている^[6]。日本における販売代理店における実売価格も1,000円程度^{[6][7]}であり、予算的にも導入が簡単である。また、ストレージとしてmicroSDカードを利用しているため、Raspberry Pi Zero W自体が壊れてもシステムの移行は容易である。

そして、筆者らはRaspberry Pi Zero Wを、システムを運用する筐体としてだけではなく、アクセスポイント化することを試みた。それにより、既存の学内のネットワークを利用することなく、本システム用のアクセスポイントに接続することで、ローカルネットワークとして、さらにクラウドな環境で本システムを利用することができる。改良した可搬型システムの構成を図5に示す。

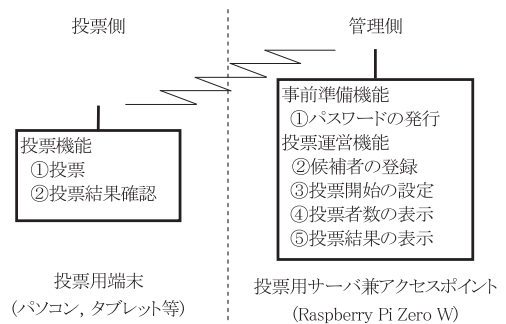


図5 可搬型システムの構成

実際のRaspberry Pi Zero W上でのシステムの動作環境は表1の通りである。

表1 システムの動作環境

筐体	Raspberry Pi Zero W Rev 1.1
OS	Raspbian Stretch Lite Nov. 2018
PHP	PHP 7.0.30
Web サーバ	Apache 2.4.25
AP ソフト	hostapd 2.4
DHCP	dnsmasq 2.76

システムを利用するユーザは、端末を本アクセスポイントに接続することで、自動でDHCPによりローカルIPアドレスが割り当てられる。そして、端末のブラウザからシステムにアクセスすることで投票が可能となる。アクセスポイントとして動作している状況を投票用端末側から確認した状況を図6に示す。



図6 アクセスポイントとして動作している状況

アクセスポイントはパスワード保護等をしないことで接続を容易にしている。投票者、管理者以外の望まない者がアクセスしたとしてもインターネットとの接続はできず、また、投票するためのパスワードが与えられていないため、他の正規投票者の投票行動や投票結果への影響はない。

そして、Raspberry Pi Zero WはUSB micro

B端子から電源が供給されるシングルボードコンピュータである。アルカリ単3電池2本から電源を供給し、本システムの運用時に利用される電力を測った。システム運用時の筐体及び電源の外観を図7に示す。



図7 システム運用筐体及び電源外観

図7で、黒色ケーブルでつながれた左側は単3電池2本を利用したモバイルバッテリーであり、右側はRaspberry Pi Zero W（ケース利用）である。

改良したシステムの消費電力を図8のように測定した。モバイルバッテリーとRaspberry Pi Zero Wの間に接続された装置は電力を計測する装置であり、測定結果は電圧が5V前後、電流が0.05Aで安定しており、非常に省電力でのシステム運用が可能であった。



図8 運用中の電力計測

5.2 可搬型システムへの変更に伴う改良

開発した電子投票システムを運用する筐体としてRaspberry Pi Zero Wを利用するため、新

可搬型の軽量な電子投票システムの開発

たに管理者機能として筐体のシャットダウンを Web 上から行えるようにシステムを改良した。図 9 は改良した新たな管理者画面である。



図 9 新たな管理者画面

図 9 の右下にあるボタンでシャットダウンを行うことができる。そして、図10, 11のように、シャットダウンボタンを押した際はシャットダウンを行うか否かの確認ダイアログが出るようになっている。



図10 シャットダウン確認ダイアログ



図11 シャットダウンキャンセル後

また、可搬型システムへ改良したことにより、より様々な用途に利用できる。例えば社会の授業における模擬投票や、その他の教科においてもクリッカーのように利用できる。そのため、パスワードの生成桁数は 5 桁で固定されていたが、2 桁以上で自由に設定できるように改良した。長さの短いパスワードであれば、その場でパスワードを手書きして配付することも、投票者のパスワード入力も容易となる。パスワードの生成に関する画面を図12から図14に示す。



図12 パスワードの長さ 2 で設定



図13 パスワードの長さ 2 で生成



図14 パスワードの長さ 2 で登録

パスワードの生成桁数を2桁以上とした理由は、数字の「1」や英小文字の「l」（エル）などの見間違いやすい文字はパスワードの文字として使わない^[2]ため、パスワードの生成に利用できる文字の種類は50文字にも満たず、投票者人数がパスワードに用いることができる文字の数以上になると対応できなくなるためである。図15の画面のようにパスワードの長さを1など、2未満の値に設定すると、図16のようにパスワードの長さを2文字以上に再設定するよう促す画面が表示される。



図15 パスワードの長さ1で設定



図16 パスワードの長さ警告

教育においても利用することで、さらなる教育現場への適用を図っていきたいと考えている。

参考文献

- [1] "教員勤務実態調査（平成28年度）（確定値）について".
http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/30/09/_icsFiles/afieldfile/2018/09/27/1409224_004_2.pdf, (参照 2018-11-24).
- [2] 湯瀬 裕昭：教育現場での利用を想定した電子投票システムの開発，情報教育シンポジウム論文集，2018(30)，pp.205-209(2018).
- [3] "XAMPP Installers and Downloads for Apache Friends".
<https://www.apachefriends.org/jp/index.html>, (参照 2018-12-01).
- [4] "Raspberry Pi - Teach, Learn, and Make with Raspberry Pi".
<https://www.raspberrypi.org/>, (参照 2018-11-24).
- [5] "教育情報セキュリティポリシーに関するガイドライン". http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/_icsFiles/afieldfile/2017/10/18/1397369.pdf, (参照 2018-11-24).
- [6] "Raspberry Pi Shop by KSY".
<https://raspberry-pi.ksyic.com/>, (参照 2018-11-24).
- [7] "Raspberry Pi Zero W - スイッチサイエンス".
<https://www.switch-science.com/catalog/3200/>, (参照 2018-11-24).

6. おわりに

本論文では、教育現場で利用することを考えて開発した電子投票システムの試用を踏まえた可搬型のシステムへの改良について述べた。今後も大学の教授会や講義などで使用しながら、開発システム及び運用方法の改良を行う。また、初等中等

Development of Light-Weight and Portable e-Voting System

Shinichi NABETA
Johnan Shizuoka High School

Hiroaki YUZE
University of Shizuoka

Abstract:

We developed the e-voting system assuming use in the closed environment like a classroom or conference room. Our system is the light-weight system which works on a web server running PHP. We used this system experimentally in the faculty council in the university and demonstrated in the symposium. In the faculty council, we operated this system on the server which was installed in the campus. And in the demonstration, we operated this system on XAMPP which was running on the Windows PC. In this study, we try to operate this system on Raspberry Pi Zero W to improve in a user-friendliness when using it in the classroom and we modify this system for operating on Raspberry Pi Zero W. We set up Raspberry Pi Zero W as a web server with wireless access point and built it to run on dry cell batteries. Because we made this system a portable type system in these ways, we are free from installing a server beforehand and using existing network. Then, all we need to do e-voting is turning on the power of Raspberry Pi Zero W. In this paper, we report our e-voting system which works on Raspberry Pi Zero W and improvement of this e-voting system.

Keyword: Educational Support System, e-Voting, Operational Efficiency, Raspberry Pi Zero W