1. はじめに
   1. シングルページwebアプリケーションの概要

シングルページWebアプリケーションは最近注目を集めているWebアプリケーションのアーキテクチャである。従来のwebアプリケーションはサーバーとの通信にhttpプロトコルを使用していた。そのため、画面の更新または再描画するためにはページを再読み込みする必要があった。しかし、シングルページwebアプリケーションはサーバーとの通信にwebsocketプロトコルを用いているため画面の再読み込み無しでページを更新できる。2つの規格の大きな違いは通信の方向性である。httpプロトコルはクライアントの要求に応えてサーバーデータを送信する「一方通行」な通信しかできない。一方、websocketプロトコルは双方向な通信が可能である。

httpプロトコルでも双方向通信を実現する技術は存在した。それはAsynchronous JavaScript and XML (AJAX) と呼ばれる技術で、数年前まではシングルページwebアプリケーション開発における重要な技術であった。しかし、httpプロトコルで双方向通信をすると大きな無駄が生じるため、近年ではwebsocketプロトコルを用いてシングルページwebアプリケーションを開発する事が多い。このようなシングルページアプリケーションは従来のものと比較すると、低負荷でサーバーとクライアントで通信可能である。

* 1. 授業評価アンケートの概要

授業評価アンケートとは、参加者が受講した講義をあらかじめ決められた評価軸を基に評価するアンケートのことである。これは社会科学における質問紙法の間隔尺度に分類される。質問紙法とは人間を情報源とするデータの収集法の一つであり，すべての質問を紙に記して回答者に読ませ回答者自身に回答してもらう質問方法であると高橋(1998)は述べている。また、間隔尺度とは，社会科学の質問紙調査では最もよく使われる尺度である．数値が順番（優劣）を表すだけでなく，数値間の差が意味を持つと高橋(1998)は述べている．例えば，宿・ホテル検索サイト大手の”じゃらん”や ECサイト大手の”amazon.co.jp”などの評判収集システムは間隔尺度を採用している．このようなサイトでは質問項目に対して1（もっとも悪い）から5（もっとも良い）の間の数値を選ばせる．このような1から5の間で数値を選ばせる間隔尺度は5段階評価とも呼ばれる．

アンケートを実施して結果を教員にフィードバックすることで、講義の改善点などを伝えることができる。それを今後の講義に活用することで、教員はより良い授業を展開することができる。

1.3 本研究で開発するアプリケーション

鹿児島工業高等専門学校では従来、マークシート方式の授業評価アンケートを採用していた。しかし、マークシート方式は多くの紙資源を消費するため経済的でない。一方、web上でアンケートを実施することで紙資源を消費せずにアンケートを実施できる。また、マークシート方式では回答用紙を機械にかけて読み込ませる作業などの制作者の労力を必要とする。一方、web上でアンケートを実施することで参加者からの回答は直接コンピュータに転送されるため製作者の労力も削減できる。さらに、web上でアンケートを実施することでユーザはインターネットに接続可能な環境下において、時間や場所にとらわれずにアンケートに回答できるという利便性を享受できる。  
　本研究の目的はシングルページwebアプリケーションとして授業評価アンケートを作成することである。シングルページwebアプリケーションとして，授業評価アンケートを作成することにより，経済性の向上，利便性の向上，製作者，ユーザ双方の労力の削減が期待できる。さらに、質問形式に適したユーザインターフェース，ユーザ体験の向上など，汎用性の高いシステムを構築できることが強みとなる。

1. ソフトウェアの開発

2.1　先行研究

　web上でアンケートを実施するフレームワークとしては，Google社の「Google フォーム」や有限会社ディアイピィの「DIPSurvey-Free」などがある．これらは，ユーザが簡単にwebアンケートを作成することを第一に考えたサービスである．そのため，アンケートは図2.1のようなGUIを用いて作成する．具体的には，あらかじめ用意されていたテンプレートから目的に合った物を選択し，それらを連結してパズル感覚でアンケートを作成していく．



図2.1：Googleフォームのアンケート作成画面

2.2 作製したシステムと既存のシステムの差

本研究では先行研究で見られたWEBアンケート作成フレームワークを使用しない．なぜなら，インターフェースの種類やデータの集計方法に大きな制約があるからである．そこで，本研究ではxeeシステムを用いて授業評価アンケートを作成した．xeeシステムでは，Material UIを用いて自由にインターフェースを作ることができる．また，データの集計，配布方法もプログラミングを用いて自由に行うことができる．

2.2　XEEシステムについて

xeeシステムはシステム基幹部分と，その配下にある実験群から構成される．xeeシステム基幹部分はErlang VM上で動作するElixirという言語で書かれたwebアプリケーションの基盤であるPhoenix Frameworkを利用して設計されている．そして，実験群はFacebook社が開発したReact.jsとGoogle Material Designが提供しているUIパーツであるMaterial UI，基幹部分と連携するためのElixirで構成される．このシステムは<https://xee.jp>で公開されている。そのサイトのトップページを図2.2に示す。

図2.2：XEE.JPのトップページ

2.3　xeeシステムに使われた技術

　Xeeシステムは様々なweb技術を組み合わせて構築されている．本セクションではxeeシステムに使用されたweb技術を紹介する．

2.3.1　Erlang

Erlangは1987年ごろにスウェーデンの電話会社Ericssonで開発された関数型言語である．Erlangのランタイムシステムは，平行性，分散性，耐障害性をサポートしている．そのため今では，電気通信，銀行業務，電子商取引など広い分野のシステムに組み込まれている．

2.3.2　Elixir

ElixirはErlang VM上で動作する関数型言語である．これはErlangの使いづらさ（文字列処理が苦手）などを改変し，Ruby風に書けるようにした言語である．

2.3.3　Phoenix Framework

Phoenix FrameworkはElixirで書かれたwebフレームワークのことである．これはRailsやDjangoのようなフレームワークに影響を受けており，MVCパターンにのっとり開発をすることができる．

2.3.4　React

ReactはFacebook社が開発したJavaScriptライブラリである．これはwebアプリケーションのview部分を作ることに特化している．ReactはバーチャルDOMという概念を採用しており，JavaScriptでよりも高速に要素を描画することができる．

2.3.5　webpack

webpackはモダンなJavaScriptアプリケーションのモジュールビルダである．これは，複数のファイル依存関係を反映して一つのファイルにまとめる働きをする．

3. 授業評価アンケートの開発

3.1　作製した授業評価アンケートの概要

本研究で製作した授業評価アンケートは参加者と司会者の2種類の人が必用である．参加者とは授業を評価する参加者たちのことであり，３０～４５人ほどを想定している．また，司会者とはクラスごとに授業評価アンケートを行う人である．司会者は参加者の進行具合に合わせてアンケートシステムを操作する．参加者が評価を終えて，司会者がアンケートシステムを操作すると，データが自動で集計される．そして司会者が集計結果をcvs形式でダウンロードする ．

3.2　ファイル構成

今回作成した授業評価アンケートのファイル構成を以下に示す．このプログラムのルートディレクトリはcourse\_evaluation\_questionnaireである．

~\xee\apps\course\_evaluation\_questionnaire

│ .babelrc

│ .gitignore

│ LICENSE

│ mix.exs

│ package.json

│ README.md

│ webpack.config.js

│ webpack.production.config.js

│

├─components

│ EvaluationAxis.js

│ Subjects.js

│

├─config

│ config.exs

│

├─host

│ actions.js

│ App.js

│ DownloadButton.js

│ index.js

│ PageButtons.js

│ reducer.js

│ saga.js

│

├─lib

│ │ allais\_paradox.ex

│ │

│ └─allais\_paradox

│ actions.ex

│ host.ex

│ main.ex

│ participant.ex

│

├─participant

│ actions.js

│ App.js

│ Description.js

│ EndQuestion.js

│ Evaluation.js

│ Experiment.js

│ Experiment1.js

│ Experiment2.js

│ index.js

│ Pages.js

│ reducer.js

│ Result.js

│ saga.js

│ Waiting.js

│

└─util

index.js

図3.1：授業評価アンケートのファイル構成

ルートディレクトリ直下には本プログラムの各種設定ファイルを置いている．これから，各フォルダの役割を示す．

・components

このフォルダにはhostとparticipantのファイルからアクセスする配列が格納されている．この配列の内容は「評価軸」と「教科名」である．

・config

　このフォルダにはサーバーサイドの設定ファイルが格納される．

・host

　このフォルダには司会者画面を構成するJavaScriptファイルが格納される．

・lib

　このフォルダにはサーバーサイドの挙動を示したElixirファイルが格納される．

・participant

　このフォルダには参加者画面を構成するJavaScriptファイルが格納される．

・util

　このフォルダには外部ライブラリを使用する際に記述しなければならない定型文を記述したファイルが格納される．

3.3　操作手順

本アプリケーションは司会者と参加者がインタラクティブにつながることで成り立っている．つまり，司会者がアプリケーションを操作したら，即座に参加者側の表示も変更される．同様に，参加者がアプリケーションを操作したら即座に司会者側の画面にも反映される．そのため，司会者画面と参加者画面を分けて説明することは難しい．そこで，本節では司会者画面と参加者画面を同時に説明する．

3.3.1　待機画面

はじめに，待機画面の説明を行う．司会者がアンケートを作成すると図3.2に示す待機画面に遷移する。ここで，司会者は参加者をシステムにログインさせる．参加者はXEEのトップページからアンケートにログインする．すると、図3.3に示す待機画面に移動する．すべての参加者がログインしたことを確認したら，司会者は「次へボタン」をクリックして説明画面に移動する．



図3.2：司会者の待機画面



図3.3：参加者の待機画面

3.3.2　説明画面

次に説明画面の説明を行う．参加者は図3.5に示す説明画面に自動で遷移する。ここで，参加者は授業評価アンケートの説明を読み，アンケートの回答方法を理解する．すべての参加者が説明を読み終えたことを確認したら，司会者は図3.4に示す「次へボタン」をクリックして「実験」画面に遷移する．



図3.4：司会者の説明画面



図3.5：参加者の説明画面

3.3.3　実験画面

次に，実験画面の説明を行う．ここで，参加者は複数の質問に回答する．質問は「学年学科の確認」と「授業評価アンケート」の２つに分類される．今回開発した授業評価アンケートでは，「楽しさ」「わかりやすさ」「テストの難しさ」の３つで授業を評価した．この評価はcourse\_evaluation\_questionnaire/components/EvaluationAxis.js内で静的に定義されている１次元配列のEvaluationAxisを編集することで変更可能である．この変更には，評価軸の追加も含まれる．EvaluationAxisに評価軸の要素を追加することで，自動的にアンケート画面に反映される．評価軸と同様に，質問する教科も外部ファイル内の１次配列から読み込まれている．質問される教科はcourse\_evaluation\_questionnaire/components/Subjects.js内で静的に定義されている．これも，評価軸と同様に，配列の要素を追加，削除，変更すると，それらがアンケート画面に反映される．

実験画面で参加者は，まず学年学科の確認を行う．その様子を図3.7に示す。これはラジオボタンを用いて実装されている．ここでは，回答ミスを予防するために学年と学科のそれぞれで１つ以上の項目は選択できないように設定している．学年学科を選択したら「次へ」ボタンをクリックする．すると，次の授業評価アンケート画面に遷移する．

授業評価アンケート画面は，図3.8のような外観になっている．この画面は評価される教科が上から順に並んでいる．参加者は，教科ごとのスライダーを動かし１～５の間で授業を評価する．全ての評価軸で授業を評価すると「内容確認画面」に遷移する．ここで「確定」ボタンをクリックすることで，この授業の評価を確定させる．この一連の評価を全ての教科で行うと図3.9に示すように、ページ最下部にある「NEXT」ボタンがクリック可能になる．NEXTボタンをクリックすると，自分が評価したデータがXEEシステムに送信され，アンケートが終了する．参加者全員が回答を済ましたことを確認したら、司会者は図3.6に示す「次へ」ボタンをクリックして結果画面に移動する。



図3.6：司会者の実験画面



図3.7：参加者の学年学科確認画面



図3.8：参加者のアンケート画面(未回答)



図3.9：参加者のアンケート画面(回答済み)

3.3.4　結果画面

最後に，結果画面の説明をする．ここはアンケートの結果を通知する画面である。参加者側には図3.11に示すような終了画面が表示される．一方で，司会者画面では，図3.10に示すダウンロードボタンをクリックすることで全参加者のアンケート結果をcsv形式で保存することが出来る．

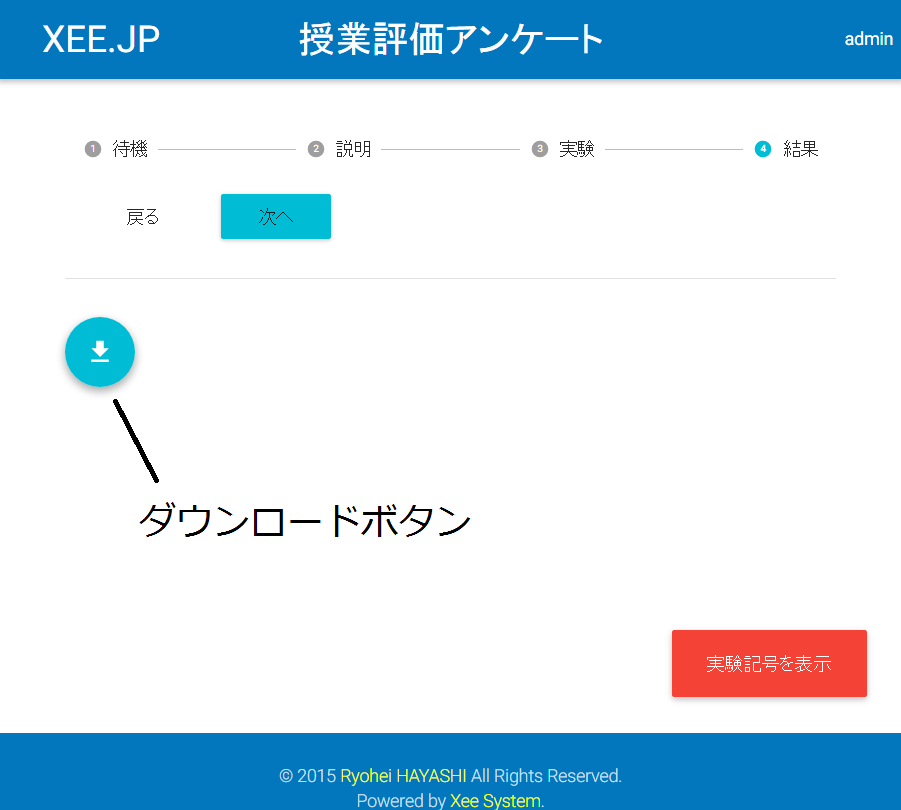


図3.10：司会者の結果画面



図3.11：参加者の終了画面

4. 考察

本節では５段階評価の不正確性について述べ，それに変わる集団の意見集約方法について考察する．溝（2016）は５段階評価システムから得られる調査結果は，合理的かどうかを判断できない．なぜなら，５段階評価システムは個人の回答において評価対象の推移性を保証していないからであると述べている．推移性とは，全ての選択肢において順位付け可能なことである．Sen（1970）は推移性を満たさない選択は全ての選択肢が最適となり得るから，合理的な選択であるか否かを判断しがたいと述べている．つまり，５段階評価システムから得られた回答は合理的な選択であるか不明である．

このことを統計的に確かめるために，ボルダルールを利用した多元的評価システムの開発（溝，2016）で収集されたデータを再集計した．そのデータとは溝（2016）が2016年１０月３１～１１月１日にかけて鹿児島工業高等専門学校３年生５クラス（合計１６９名）を対象に行った５段階評価システムと多元的評価システムの比較実験のデータである．この論文では，多元的評価システムは評価対象と評価軸にボルダルールを適用して点数算出を行っていた．しかし，これでは真の序列を再現できなかった．そこで，評価軸の重み付けにボルダルールではなく，被験者がAグループとBグループに何倍差があったかという質問で得られた整数を使用した．すると，真の序列を再現することに成功した．

これは，２つのことを示唆している．

１つ目は，５段階評価よりもボルダルールのほうが個人の意見を正確に集約可能な点である．なぜなら，ボルダルールは全ての比較対象を順位付けて比較したためである．順位付け可能であるということは推移性を満たしているということである．推移性を満たしていない５段階評価に比べて，推移性を満たしているボルダルールを用いたほうが合理的な回答を期待できる．

２つ目は，その状況に適したスコアリングルールを採用することで結果をより良いものに導ける点である．

スコアリングルールとは，1位に点，2位に点，3位に点のように選択肢に得点（スコア）を付けて，その総点和で総合順位を決める集約ルールのことである．なお，選択肢の数をmとすれば

が成り立つものとする（坂井，2013）．

溝（２０１６）では評価軸のポイント計算においてボルダルールを適用した．その結果，正しい序列は得られなかった．一方，本説で再集計する際には被験者がAグループとBグループの間に感じた点数差を用いたスコアリングルールを適用した．その結果，正しい序列を得ることができた．これは，ボルダルールが要素間の距離を考慮しないために発生したと考えられる．ボルダルールでは，最下位から順に１点，２点，３点と得点を付与していき１位には評価対象数だけの得点が与えられる．つまり，評価対象の序列の要素間にそれぞれ異なる距離が設定されていても，それらを無視してしまうということである．例えば，A,B,Cという選手がマラソンで競っているとしよう．AとBはほぼ同着でゴールし１位がAで２位がBであった．一方Cはトップ争いから脱落し，かなり遅れてゴールした．この場合，１位と２位にほとんど差がなく，２位と３位には大きな差がある．それにもかかわらず，ボルダルールで集計すると，Aが３点，Bが２点，Cが１点である．この場合，AとBにはほとんど点数差がなく，BとCには大きな差があると考えるのが自然である．このように，５段階評価よりもボルダルールが優れているからと言って，常にボルダルールを適用すればいいとは限らない．評価対象の特性に合わせて，最適な評価システムを採用することが重要である．そうすることで，より正確に人々の意見を集約することが出来る．

本節をまとめると，以下の２つに集約される．

５段階評価システムは推移性を満たしていないため，回答者からの合理的な回答を期待できない．

５段階評価システムよりもボルダルールのほうが回答者からの合理的な回答を期待できる．しかし，ボルダルールも万能ではない．質問対象の性質に合ったスコアリングルールを適用することが重要である．

5. まとめ

本研究ではシングルページwebアプリケーションとして授業評価アンケートを作成した。その結果、紙資源を消費せずに授業評価アンケートを実施することができた。また、web上でアンケートを実施することで質問内容に適したユーザインターフェースを実装することができた。しかし、結果の集計を自動化することはできなかった。そのため、今後は結果の集計を自動化する機能を実装していきたい。

6. 参考文献

[1]Xeeシステムについて　<https://xee.jp/about>

[2]社会選択理論への招待　坂井豊貴 著 2013年 日本評論社 発行

[3]人間科学 研究法ハンドブック　高橋純一、渡辺文夫、大渕憲一 編著　1998年　株式会社ナカニシヤ出版

溝、2016

Borda, J. C.: Memoire sur les elections au scrutin, Histoire de l’Academie Royal des Sciences, pp. 657664, 1781.

Sen, K. A.: Collective choice and social welfare, Oliver and Boyd, 1970

<http://www.geocities.jp/m_hiroi/func/abcerl01.html>

7. 謝辞

本研究を行うにあたり，指導教員の岸田一也教授から，丁寧かつ熱心なご指導を賜りました，ここに感謝の意を表します．