

学生による学生のための Web プログラミング教材の開発

A Development of Educational Materials of Web Programming by and for SIST Undergraduate Students

幸谷智紀*

Tomonori KOUYA

Abstract: Dynamic Web programming including various programming languages such as SQL, PHP, JavaScript, HTML and CSS, is too complex to be understood fully by standard undergraduate students in SIST. We therefore have been developing comprehensive educational materials in order to learn Web programming techniques to construct CRUD(Create, Read, Update, Delete) Web application, and then confirmed the effectiveness through real our “JY-OUHOU seminar 2” (seminar for junior undergraduate students) in 2016. In this paper, we describe these educational materials in details.

1. 初めに

我々は卒業研究を通じてオリジナルの Web プログラミングテキストを 2 年間かけて作り上げ、本年初めて実際に「情報セミナー 2」において使用してその効果を確認した。またその後、JavaScript, jQuery を利用したファイルの Drag&Drop アップロード UI を適用するためのテクニックの解説も追加し、7 章からなるテキストを Web 教材として完成させた。その内容は「Web アプリケーション開発入門」として高性能計算研究室（幸谷研究室）の Web サーバ上で公開されており、

<https://cs-tklab.na-inet.jp/phpdb/>

において閲覧することができるようになっている。本稿ではこの教材の狙いと内容について述べる。

本学における Web プログラミングに関係する講義科目としては、「マークアップ言語」や「Web プログラミング」が用意されている。また、意欲ある上位学生向けには PBL(Project Based Learning) 形式の「Web デザイン特別プログラム」も 1 年を通じて実施されている。しかし、前者の科目を受講したからと言って、Web ページデザインや動的ページ構築が全員できるようになる訳ではなく、多くの学生にとってはせいぜい「一度は触れた」程度の効果しかない。本科目に限らず、本学の場合、教員の努力の割には受講した学生の知識の定着率は非常に悪いと言わざるを得ない。GPA の高い学生を集めて毎週 2 回 3 コマずつ実施してきた後者の PBL でも、視覚的効果を担う HTML, CSS, JavaScript についてはかなりの習熟が見られるが、せいぜい PBL 11 回分しか使っていない PHP, SQL の理解度は、世間的には高いとは言えない。本学においては優秀とされる後者の学生に対してもかような有様であるので、本学の大多数の学生は実用的なレベルの動的 Web サイトを構築したこともなければ、その賭場口にもたどり着いていないというのが実態である。

従って、必ずしも人気が高いとは言えない本研究室に集う 3 年生の多くも同様で、一部例外的にプログラミング能力の高い学生が 1~2 名存在していれば良い方である。このような学生に対して現代の Web プログラマーの入り口に立つ程度のスキルを身に付けさせるには、相応の教材が必要となる。本教材はこのような実情の元に構築されたものである。

本稿では、まず Web プログラミング教材開発の経緯を述べ、教材の作成方針を論じる。次に、完成した教材の内容を詳細に解説する。最後にまとめと今後の展開について述べる。

2. 教材制作の履歴と作成方針

ここでは本資料制作の履歴、Web プログラミング環境についての考察、完成した Web プログラミング教材の方針について論じる。

2.1 教材制作の履歴

本教材の土台となったものは 2014 年度の卒業研究²⁾の制作物である。既存のテキスト⁹⁾¹³⁾や Web 資料⁵⁾から Web プログラミングを学んだ卒研生に対して、幸谷がおおよそその作成方針を示して構築されたものである。しかし、完成したものは Web サーバにアップロードされたものの、画像の剥落、解説不足等等、およそ大学のテキストとしてふさわしいレベルに到達していなかった。

そのため、2016 年度の卒業研究で再びこの題材に取り組んだ時には、まず不満足な出来の 2014 年度制作物の訂正作業から入る必要があった。またそれと並行して、その後の Web 開発環境の進化に従って内容を改変し、2016 年度後期に「情報セミナー 2」において実際に訂正・改変した教材を使用するに至った。更に使用しながら発見したミスや改変すべき事項を適宜修正し、2016 年度の卒業研究³⁾として一応区切りをつけた。本教材を使用した結果、市販のテキスト⁹⁾を使用した場合、統一的な Web アプリを書くためには 12 月初旬まで実施する必要があったものが、11 月末で全課程を終えることができた。また、修了者のうち Web 開発未経験の情報デザイン学科の卒研生も、JavaScript + PHP を用いた卒業研究に取り組むことができおり、一定の効果は上がっていると思われる。

しかしながら、それでも完成した教材には多くの細かい問題点が残っており、卒業研究終了後の 2 月中旬~下旬にかけて幸谷が全面的に HTML のレベルから書き直し作業を行った。その結果、ようやく「日本人が違和感をそれほど感じないレベル」にまで解説全体をブラッシュアップできた。

従って、本教材はおおよそ幸谷のポリシーに基づくものであり、最終形についても幸谷が全面的に責任を持っている。しかし、題材として作られた個々の HTML, PHP ソースコードは、JavaScript の後半の部分を除いて殆ど卒研生が自主的に作り上げていったものである。結果として、自身の 3 年生の「情

2017 年 3 月 3 日 (金) 受理

*総合情報学部コンピュータシステム学科

報セミナー2」受講時の記憶に基づいて作られた教材になっていることから、「1年前の自分にやさしいレベル」に収まっており、「学生による学生のための」Webプログラミング教材であると言える。

2.2 Webプログラミング環境についての考察と選択

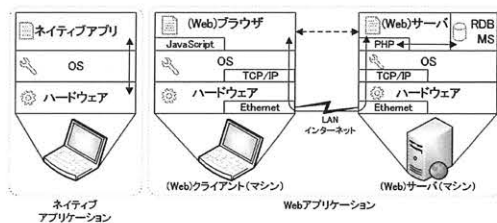


Fig. 1: ネイティブアプリケーションと Web アプリケーションのソフトウェア階層

1990年代後半に訪れた Web 勃興期の「ホームページブーム」の時代とは異なり、現在の Web アプリケーションは (Web) ブラウザと Web サーバの間で HTML ファイルのやり取りを行えば済むというものではない。Web サーバ側には PHP, Java, JavaScript, C#, Visual Basic.NET などの動的 Web ページを構築するための言語を駆使したページが介在し、バックエンドに控える RDB (Relational DataBase) システム等とデータのやり取りを行うことが当たり前になっている。ブラウザ側でも JavaScript を介して Ajax を利用した複雑な機構を備えたインターフェースを提供することが一般的なものとなっている。これを図解したものが Fig.1 である。

Hoar ら¹⁰⁾ は、現在の Web 開発は前述した各種言語を自在に組み合わせつつサイト構築を行う必要があり、魑魅魍魎を描きつつ調和の取れた絵画作品に仕上がっているボッシュ「快樂の園」のようだと言っている。社会的な要請が高まる一方で、学生にも教員にもハードルの高いテーマであり、世界的には大学における総合的な Web 開発コースは縮小傾向にある。現に、Hoar らが出版したコーステキスト¹¹⁾ は 1024 ページの大著であり、O'Reilly から出版されている Robbin Nixon の包括的な Web 開発テキスト¹³⁾ は 2012 年の第 2 版では 556 ページだったものが、2014 年の第 4 版では jQuery の解説も加えて 780 ページに増加している。従って、Web 開発を行うための知識の効率的な習得のためには、現在の開発環境を適切に取捨選択しつつ、必要最小限の知識から出発し、最短距離で徐々にハードルを上げていくタイプのコンパクトな教材が不可欠である。

そこで、2017 年現在の Web 開発環境を考えると、HTML5 や CSS を静的な Web ページ構築に使用し、Web サーバ側には HTML に埋め込んで利用できる PHP⁵⁾ を、RDB サーバにはフリーで利用できる CS (Client-Server) 型の MySQL 互換のものを使用するのがスタンダードとしては妥当と判断している。その理由としては、WordPress¹⁶⁾ や Moodle¹⁷⁾ を筆頭に有力な CMS (Contents Management System) が PHP + MySQL ベースで提供されていること、それに伴って PHP や MySQL 互換の MariaDB⁴⁾ が現在も活発にバージョンアップされているということがあげられる。

これらのソフトウェアに加え、Web サーバとしては現段階で世界 No.1 のシェアを誇る Apache⁸⁾ を同梱した XAMPP for Windows⁶⁾ が Web アプリケーション開発環境の中ではポピュ

ラーであるということから、教材の前提としてはこの XAMPP 環境を想定している。本研究室が運用している外部 Web サーバ (<https://cs-tklab.na-inet.jp/>) においても標準的な PHP, MySQL, Apache を使用しており、卒業研究において制作した Web アプリケーションをそのままの形で外部公開できるようになっている。

Web プログラミング環境としては、XAMPP 以外にも、Windows Server を土台とした SQLserver + C#, JavaServlet 等があるが、今のところ XAMPP で出来ないことができる、という事例が見当たらないため、今後もこの Web プログラミング環境を使っていく予定である。

なお、XAMPP を利用した「情報セミナー 2」と卒業研究をここ数年に渡って続けてきたおかげか、本研究室の 4 年生が Web プログラミングテクニックを生かした就職を行う事例がちらほらみられるようになっている。

2.3 教材の作成方針

以上の方針に基づいて作成した教材は、後々改変しやすいように、そして、広報宣伝用に公開することを前提に、全て静的 Web ページとしてファイル化してある。教材の内容が HTML5 に基づいて構築されていることから、全てのページも HTML5 でタグ手打ちで作成した。加えて、現在の Web 閲覧環境は PC よりスマートフォンが圧倒的に多いことから、様々な画面サイズに柔軟に対応できる Responsive デザインであることが望ましい。そのため、静的 Web ページに相応しい Responsive フレームワークとして、Twitter の開発チームが作り上げた Bootstrap⁷⁾ を利用することとし、卒研生が作り上げたオリジナルページ¹⁾ の精神を生かしたデザインになるよう、全てのページを Bootstrap でラッピングして Responsive 化した。以下、Bootstrap フレームワークを用いて構築した教材作成の方針について述べる。

HTML ファイルの Coding style の共通化 Bootstrap は様々なクラスが用意されており、これらを使いこなすことで整ったデザインのページを作り上げることができる。半面、機能が多すぎるので、全てを使いこなすことが難しい。従って、理解した上で使えそうなところをつまみ食いしながら利用していくことになり、本教材もそのようになっている。従って、現在の HTML ファイルが Bootstrap 的に正しいものかどうかは確信が持っていない。しかし、PC、タブレット、スマートフォンの環境下でブラウザ上の見栄えをチェックしながら構築しているので、大きなミスがない限りこのまま利用していこうと考えている。

本文にあたる body 部分の HTML 構成を Fig.2 の左図に示す。

各ページは本文のヘッダとフッタを “container-fluid” クラスの div タグでくくり、ページの上下に前ページ、次ページ、トップページへのリンクを設け、教材を学習していく順番を明確化してある。

本文については、解説文を p タグでくくり、Web 文書としては珍しく、デフォルトで段落開始時の一字下げを行うようにした。卒論執筆時においても Web の悪文書に馴染んでしまった学生が Word 文書でも字下げを行わないため、本教材に親しんだ後は「一字下げがないと気持ちが悪い」と思わせる効果を狙ったものである。

HTML, JavaScript, PHP のソースコードは “well” クラスの div タグで囲み、実行結果・ブラウザのキャプチャ画面のビットマップとは区別しやすいように塗りつぶしてある。またソースコードは全てビットマップ化し、コピー (Copy & Paste) す

るだけで事足りる間の抜けたに実習ならないよう、「手打ちしながらプログラミング言語のキーワードを覚える」ように心がけた。

Responsive 化 前述したように、本教材ではソースコードをビットマップ化しているため、実行画面のキャプチャ画像と同様に、ソースコード部分も画像用の Responsive 化を行う必要がある。Bootstrap にはそのための “img-responsive” クラスが用意されているので、全ての img タグにこれを適用して Fig.2 右図に示すように Responsive 化してある。

結果として、スマートフォンのように狭い画面で閲覧した時にはソースコードの字が縮小され読みづらくなる。そこで、画像は全て元サイズのファイルにリンクを貼り、読みづらい時には画像をクリックして単独で取り出し、拡大して楽に読めるように措置した。セミナーの際には、教材の当該ページをプロジェクトで投影しながら解説するが、その際にもソースコードだけを単独で取り出すことができるので、この工夫は重宝すると思われる。

3. Web プログラミング教材の詳細

最終的に完成した 2017 年 3 月現在のページ構成を以下に示す。現段階では全 7 章構成で、HTML の基礎から jQuery を使った Ajax の解説まで行っている。

- 第 0 章 はじめに
- 第 1 章 静的 Web ページの基礎
- 第 2 章 PHP
- 第 3 章 リレーショナルデータベース (RDB) の基礎
- 第 4 章 PHP + データベースのシステム作成
- 第 5 章 Web アプリケーションシステムの制作
- 第 6 章 JavaScript

完成した Web プログラミング教材のトップページを Fig.3 に示す。

以下、各章の内容について簡単に解説する。

第 0 章 はじめに 本章は、Fig.1 を示しつつ、Web アプリケーションの概要を解説する。本学の学生は抽象的思考が著しく苦手であるため、このような概念図を要所要所に示すことで、具体的なイメージとしてシステムを理解し、自分でも説明できるようになることが期待できる（大概裏切られるが）。

この部分は「情報セミナー 2」の最初に幸谷が解説を行い、次回以降の受講生自身による解説と指導に備えるため、XAMPP for Windows の簡単な解説とインストール作業についても触れている。

過去に幸谷が行った講義では、Linux サーバのホームディレクトリに直接 Web ページを記述させる形式を取ったことがある。しかし、「情報セミナー 2」及び卒業研究では、受講生が自分の Note PC を使っていていつでもどこでも開発ができる環境を持っている必要があり、今のところ Windows + XAMPP という選択が better であると考えている。

第 1 章 静的 Web ページの基礎 本章では、静的な Web ページを作るための HTML, CSS, フォームの解説を行う。HTML は大体知っているが、CSS やフォームについてはよく理解していない学生が多いので、ここで復習も兼ねて下記の内容を順次解説し、基礎を固める。

HTML

CSS

フォーム

練習問題

最後の練習問題ではアンケートフォームを作る。以降の章で、このフォームと連携する PHP スクリプトを作り上げていく。

第 2 章 PHP PHP スクリプトの基礎をここで学ぶ。本学総合情報学部の学生は例外なく C プログラミングの基礎は学んでいるため、標準的な学生であれば、文法的にはよく似ている PHP プログラミングの基本の習得にそれほど時間はかからない。それよりは、PHP が Web サーバ側で実行されるという概念的な理解と、フォームの入力を受け取る流れの理解に時間がかかるようである。

Apache の起動

PHP の基礎

フォーム入力の受け取り

ファイルメニューとチェックボックスの受け取り

PHP によるフォームの生成

if 文の使い方

セッション

練習問題

PHP は、現在利用されている Version 5 以降は完全なオブジェクト指向言語となっており、標準的な関数・クラスに限っても膨大な機能を備えているため、全て学ぶことは現実的ではない。ここではフォームの入出力と、今後必要となるログインチェックのために利用するセッション機能、フォームやセッションで利用される固定名の配列、必要最小限の制御文の事例紹介に留めている。それ以外の機能については、必要に応じて PHP の公式マニュアル⁵⁾へのリンクを貼り、解説と具体例を読み取ることで自主的な学習の役に立つように配慮している。最後の練習問題では、本章の解説が理解できているかどうかを確認するため、第 1 章の練習問題で作成したフォームからの入力データの受け取りを行う PHP スクリプトを作成する。

第 3 章 リレーショナルデータベース (RDB) の基礎 MySQL サーバとのデータのやり取りを行うため、ここでは CRUD を可能とする最小限の RDB の知識と SQL 命令を解説する。

データベースについて

新規データベースの作成

テーブルの作成:CREATE

データ型の説明

データの挿入・変更・消去・検索

練習問題

データベースを扱う講義は本学にいくつかあるが、単位を取得した学生が本研究室に配属されることはあまりない。そのため、RDB に関する知識は皆無であるという前提の元、集合論に基づく理論的な解説をしている余裕はないため、正規化については全く触れず、データベースとテーブルの作り方、

```

<body>
<div class="container-fluid">
  <!-- pager -->
  <a href="#">< 前の節へ </a> <a href="#"> ↑ ホームへ </a> <a href="#"> 次の節へ </a>
  </div>
<hr>
<div class="container">
  ... 本文 ...
</div>
<hr>
<div class="container-fluid">
  <!-- pager -->
  <a href="#">< 前の節へ </a> <a href="#"> ↑ ホームへ </a> <a href="#"> 次の節へ </a>
  </div>
<!-- copyright -->
  著作権者表示
</div>
</body>

```



Fig. 2: 解説ページ Body タグ構成 (左) と画面幅に応じた Responsive 表示例 (右)

データ型, CREATE, INSERT, UPDATE, DELETE, SELECT の単純な使い方のみ解説する. 練習問題では第 2 章のアンケートフォームの入力を格納するデータベースとテーブルを作成する.

第 4 章 PHP + データベースのシステム作成 本章で初めて RDB と Web サーバをブリッジする PHP スクリプトを作成する. 第 2 章, 第 3 章の解説を薄めにしたため, その内容だけを踏まえたごく基本的なデータの入出力方法, SQL 文の実行の仕方を学ぶ.

- PHP と MySQL のリンク
- SQL 文の実行
- データベース接続の共通化
- 練習問題

本章の練習問題では, アンケートの入力を第 3 章で作ったテーブルに格納する PHP スクリプトを作る. SELECT を使った集計方法については発展問題としており, 各自で考えるようにしてある.

市販の Web プログラミングのテキストが分厚いのは, HTML, CSS, PHP, MySQL の解説が手厚くなるからである. 参考資料としては良いとしても, 「情報セミナー 2」の限られた時間内で Web アプリケーションを作る知識を得るには, 必要最小限の内容に絞って解説を行う必要がある. そのため, 詳細な解説はリンクで外部リソースを示すに留め, ここに至るまでの解説は極力少なくしてある.

第 5 章 Web アプリケーションシステムの制作 本章が「情報セミナー 2」で学ぶ内容の集大成となる. ここで構築するのは, シンプルな講義支援システムで, 下記の機能を持つものである.

1. 個人を特定するためのログイン情報管理システム

2. 受講生が自分のレポート提出状況を確認するための個人別提出状況表示
3. 管理者を特定し, 教材の登録・削除, 受講生のレポート提出状況一覧を可能にする

この機能を持つ Web アプリケーションを構築するために, Fig.4 に示すように 10 の PHP スクリプトをくみ上げていく. それぞれの PHP スクリプトの役割を考慮して, アクセス制限を行う部分もある.

PHP スクリプトと HTML フォームからなる単純な機構だけ学習していても, このような複雑な機構を実現することはできない. 面倒でもこの程度のシステムをくみ上げることで, 実用レベルの Web アプリケーションを構築するスキルを得ることができる.

本章では, システムとデータベースの構造を解説した後, 下記の順にスクリプトを組んでいく.

- システムの構造
- データベース構造
- ログインシステム ... index.php
- ユーザー登録 (入力) ... entry.php
- ユーザー登録 (登録) ... check.php
- トップページとログインの継続 ... top_page.php
- ログアウト ... logout.php
- 教材管理システム ... learning.php
- 共通する機能をまとめる
- 教材の消去 ... delete.php
- 課題提出システム ... task.php
- 提出課題の内容変更 ... change.php
- 全体の提出内容の表示 ... submission.php
- システムの改良

途中の「共通する機能をまとめる」では, セキュリティに考慮し, データベース接続処理を行う PHP インクルードファ

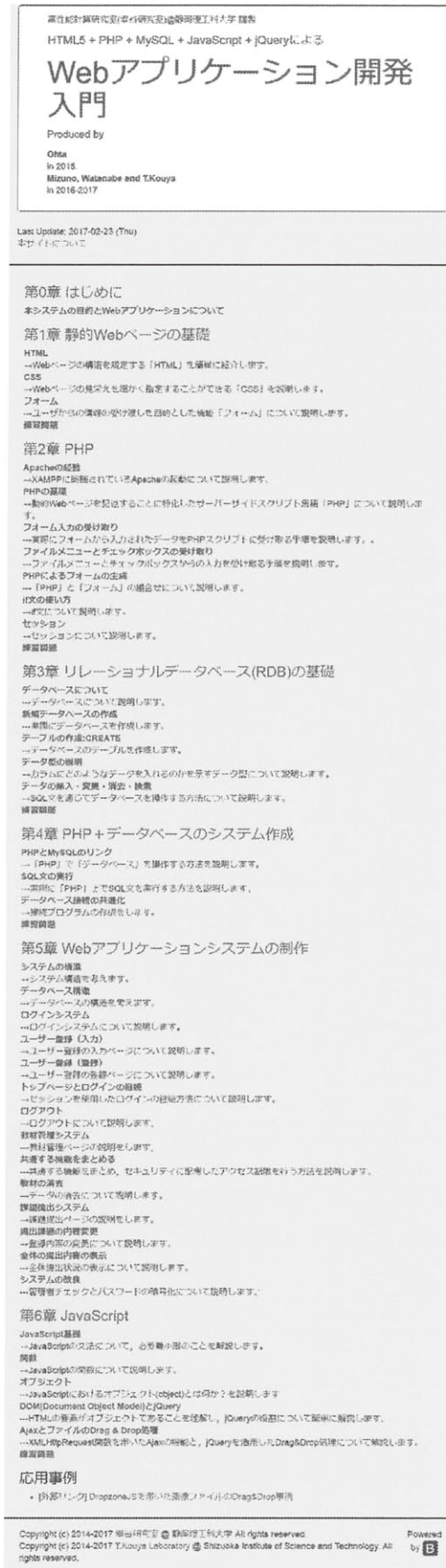


Fig. 3: 「Web アプリケーション開発入門」トップページ

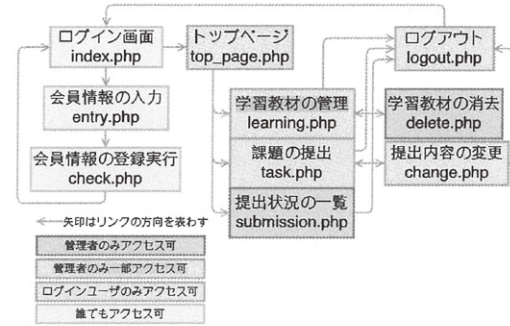


Fig. 4: 教材管理・レポート登録システムの PHP スクリプト構成

イルへの直接アクセスを禁止する措置について解説した。また、最後の「システムの改良」では、パスワードは PHP 5.5 以降に実装された PHP ファンクションを使って暗号化したものを利用するように変更し、管理者しかアクセスできない機能を実現する手法について解説している。このように、既にくみ上げた PHP スクリプトを変更しながら実装するようにすることで、具体的に不足する機能を付け加える作業を体験でき、自力でシステムの改良ができるようになることが期待される。

第 6 章 JavaScript 本研究室の「情報セミナー 2」では、第 5 章までの内容を学んだところで一旦終了し（9 月～11 月下旬）、残りの期間 1 か月程（12 月中旬～1 月中旬）かけて自分のプランに基づいて Web アプリケーションを作る「自由制作」を実施している。これにより、HTML, CSS, PHP, SQL についての理解を深めるとともに、どの程度の力量があるかを卒業研究に入る前に知ることができる。

本教材の第 5 章までを学ぶことで、卒業研究を実施するために最小限必要な知識はある程度習得できたとしても、実用的で見栄えのする Web アプリケーションを作るためには JavaScript の習得が欠かせない。Ajax の利用には不可欠であるし、近年標準的な JavaScript ライブラリのフレームワークである jQuery についての知識がなければ、グラフを描いたり、使いやすい UI を取り込んだり、JSON データの利用もままならない。この不足を補うために第 6 章を 2016 年度に追記した。

第 6 章では、現代的な Web アプリケーションを作るために必要な JavaScript についての最小限の事項を解説している。HTML を DOM ツリーとして理解する必要もあるため、Fig.5 のように、具体的な HTML の例を使って DOM ツリー化した図も使用して jQuery のセレクタの解説を行っている。また、XMLHttpRequest 関数や jQuery を用いた Ajax の使い方も具体例で示している。この部分についてはまだ解説が十分ではないため、今後充実させていく必要がある。

練習問題では、第 5 章で作った講義支援システムの使い勝手を良くするため、ファイルアップロード機能を Drag & Drop 操作で実現できるよう改良を行っている。

JavaScript 基礎

関数

オブジェクト

DOM(Document Object Model) と jQuery

Ajax とファイルの Drag & Drop 処理



Fig. 5: DOM の解説図: 元の HTML ファイル (左), タグのみ抽出 (中央), DOM ツリー (右)

練習問題

時間的に「情報セミナー2」で触れることはできない章であるが、本年度に本教材の旧バージョン¹⁾を使った際には、初級者には適しているが上級者には退屈な内容であるという意見も出てきたため、少し背伸びして高度な事例を本章に設けた。願わくば、このような上級者は第5章までさっさと終わらせて第6章まで自主的に学び、更にUIを高度化したWebアプリケーションを自由制作や卒業研究で構築できるようになってもらいたいものである。

4. まとめと今後の展開

以上、2年間に渡って構築してきたWeb教材「Webアプリケーション開発入門」成立の背景、作成方針、内容について縷々説明を行った。内容的に不満なところは多々残っており、全体的に手直したとはいえ、記述の不正確なところ、用語の不統一などがまだ目に付くところがある。しかし、PHPもVersion7が登場し、MySQLもMariaDB⁴⁾に置き換わりつつ2017年2月にVersion10.2.4が出ており、これらの最新の開発ツールをまとめたXAMPP for Windowsもこまめにアップデートされていることから、当面は本教材の内容を大幅に変更する必要はなく、今後も「情報セミナー2」を通じて目に付くところ、古くなったところを小修正しつつブラッシュアップしていきたいと考えている。

今後の展開としては、次の4点が挙げられる。

1. 本教材の「応用事例」としてTips集を積み上げ、卒業研究時における躰きのフォローをできるようにしていきたい。
2. セキュリティを考慮した統一的なログインシステムを共有化し、卒業研究で制作された優秀なWebアプリケーションを動的展示していくと共に、本教材にその内容をフィードバックさせていきたい。
3. Web開発環境の延長線上に存在しているネイティブアプリケーションフレームワークを作り上げていきたい。代表的なものとしては、IoT開発に使用されるRaspberry PI等の安価なPCボードで利用できるnode.js¹⁴⁾や、node.js環境下でスマートフォンのネイティブアプリケーションが構築できるApache Cordova¹⁵⁾が挙げられる。これらの開発に資する教材を開発していきたい。
4. Deep Learningに適した使いやすいWebシステムを構築したい。既にNVIDIA DIGITS¹⁸⁾や、一部にWebUIを持つTensorFlow¹⁹⁾が存在するが、ユーザーに適した

カスタムWebページへのニーズは今後増えることはあれ、減ることはないと思われる。卒業研究を通じて実用的なDeep Learning込みのWebシステムを構築するノウハウを蓄積していく所存である。

謝辞

本教材開発に携わった歴代の卒研生と、有益な助言を頂いた読者に感謝する。

参考文献

- 1) Web教材「Webアプリケーション開発入門」(旧バージョン), <https://cs-tklab.na-inet.jp/~tkouya/semi/2016/phpdb/>
- 2) 太田裕之, 「PHPとMySQLによるアプリケーション開発のための教材作成」, 2014年度静岡理科大学卒業論文。
- 3) 水野祐昭, 「3年生情報セミナーで用いるWEBプログラミング教材」, 2016年度静岡理科大学卒業論文。
- 4) MariaDB, <https://mariadb.org/>
- 5) PHP, <http://php.net/>
- 6) XAMPP for Windows, <https://www.apachefriends.org/>
- 7) Bootstrap3 公式サイト, <http://getbootstrap.com/>
- 8) Apache Foundation, Apache, <https://www.apache.org/>
- 9) たにぐちまこと, よくわかるPHPの教科書5.5ver対応, ソフトバンク。
- 10) Ricardo Hoar & Randy Connolly, The Garden of Earthly Delights: Constructing and Revising a Web Development Textbook, Web Education WWW 2016.
- 11) Ricardo Hoar & Randy Connolly, Fundamentals of Web Development, PEASON, 2015.
- 12) W3C Web Education Community Group, <https://www.w3.org/community/webed/>
- 13) Rovin Nixon, "Learning PHP, MySQL, JavaScript" 4th ed., O'Reilly.
- 14) node.js, <https://nodejs.org/>
- 15) Apache Cordova, <https://cordova.apache.org/>
- 16) WordPress, <https://wordpress.org/>
- 17) Moodle, <https://moodle.org/>
- 18) NVIDIA DIGITS, <https://developer.nvidia.com/digits>
- 19) Google TensorFlow, <https://www.tensorflow.org/>