

公立はこだて未来大学 2015 年度 システム情報科学実習
グループ報告書

Future University Hakodate 2015 System Information Science Practice
Group Report

プロジェクト名

未来大生のための数理科学学習環境の整備

Project Name

Improvement of Environment for Learning Mathematics at FUN

グループ名

グループ A (システム班)

Group Name

GroupA (System)

プロジェクト番号/**Project No.**

11-A

プロジェクトリーダー/**Project Leader**

1013019 福岡智貴 Motoki Fukuoka

グループリーダー/**Group Leader**

1013179 中原翼 Tsubasa Nakahara

グループメンバ/**Group Member**

1013019 福岡智貴 Motoki Fukuoka

1013188 渡邊悠一 Yuichi Watanabe

指導教員

美馬義亮 大塚裕子 香取勇一 高村博之

Advisor

Yoshiaki Mima Hiroko Otsuka Yuichi Katori Hiroyuki Takamura

提出日

2016 年 1 月 20 日

Date of Submission

January 20th, 2016

概要

本プロジェクトの目的は、未来大生（以下、本学生と記す）の数理科学学習環境を整備することである。1年次に数学系科目の講義について十分な理解を得ていないため、数理科目、特に解析学の講義についていけない学生が未来大には多くいることが、我々の経験から推測できた。この推測をもとに、本プロジェクトは解析学における学習支援を行うことによる、本学生の数理科学学習環境の整備を試みた。初めに、本学生における学習方法について考えた。1年生を対象に調査をしたところ、教科書を利用して学習しているが、教科書の章末問題とほぼ同じ内容である定期試験の問題を解くことができない学生が多いことに着目したことから、教科書を活用できていないことがわかった。その原因は、問題を解き進める上で用いる基礎単元の分解ができないこと、および分解してもその単元を復習できないことであると考えた。この2点の解決を未来大の1年生への学習支援のための課題と考えた。解決手段として、教科書に沿いながら初歩的な数学知識を確認できる学習支援 Web サイトの提案および開発を行った。また、これを補足するために「Web サイト併用勉強会」を企画、開催して1年生への学習支援とした。そしてここでのアンケート調査の結果、定期試験で役に立ったと回答した1年生が多数見られた。本報告書では、以上について記述する。

キーワード 解析学, 学習支援, 学習方法, 教科書, 学習支援 Web サイト, Web サイト併用勉強会

(※文責: 福岡智貴)

Abstract

The purpose of this project is to improve the environment for learning mathematics at Future University Hakodate(FUN). From our past experience about mathematics in freshmen, we thought that there were many current freshmen who don't understand analysis in the mathematical subject and aren't able to understand lectures. This project tried to improve the environment for learning mathematics, especially analysis. At first, we thought about learning method of FUN students. The result of a survey to freshmen, they study analysis with textbook. But, it was revealed that they weren't able to understand their textbook. Also, many students weren't able to solve examination-questions in spite of it included the same questions at the end of each chapter. We thought as follows. They can't make complex questions to unravel parts of mathematical units. And even if they were able to do this, weren't able to understand the contents of mathematical units. As the means to solve questions, we proposed and developed the learning support website that could confirm rudimentary mathematics knowledge with textbook. We designed a "website combination study session" which we held for freshmen. We held it for freshmen and assumed these learning support. Results of a survey of freshmen who took part in the study session, they responded it was helpful. This report describe the above.

Keyword analysis, learning support, learning method, textbook, learning support Web site, Web site combination study meeting

(※文責: 福岡智貴)

目次

第 1 章	本プロジェクトの背景	1
1.1	現状における問題	1
第 2 章	到達目標	2
2.1	本プロジェクトにおける目的	2
2.2	本グループの課題	2
第 3 章	課題解決	3
3.1	課題解決の手順	3
3.2	課題解決の詳細	3
3.2.1	課題設定	3
3.2.2	仮コンテンツの考案	4
3.2.3	現状調査と考察	4
3.2.4	設計と実装	6
3.2.5	評価と改善	9
第 4 章	課題解決の過程	12
4.1	各人の担当課題	12
4.1.1	福岡智貴	12
4.1.2	中原翼	12
4.1.3	渡邊悠一	12
第 5 章	成果とその評価	13
5.1	前期	13
5.1.1	プロトタイプ作成	13
5.1.2	プロトタイプ評価	14
5.2	後期	14
5.2.1	「ますますたでい」の説明	14
5.2.2	「ますますたでい」の機能	16
5.2.3	「ますますたでい」の評価	18
5.3	各人の担当課題の自己評価と反省	19
5.3.1	福岡智貴	19
5.3.2	中原翼	19
5.3.3	渡邊悠一	20
第 6 章	まとめ	21
6.1	まとめ	21
付録 A	相互評価	22

付録 B 新規習得技術	23
参考文献	24

第 1 章 本プロジェクトの背景

公立はこだて未来大学(以下、本学と記す)は1年次、情報科学や数学、プログラミングなど、情報技術に関する基礎を学び、2年次の学科・コース選択に備えるようなカリキュラムが用意されている。1年次に受講する数学関連の科目は次の通りである。

- 解析学 I,II
- 線形代数学 I,II
- 数学総合演習 I,II
- 情報数学

また、本学では自ら能動的に学ぶ学生を支援するための学習環境が整備されている。高校時に数学 III、数学 B を履修していない学生、もしくは理解不足、不安な学生のために数学 II、数学 III、数学 B を学習する特別講習が実施されている。他にも、学生の学びを支援することを目的とした学習支援組織「MetaLearningLab -メタ学習ラボ(以下、メタ学習ラボと記す)*1」がある。対応科目として、プログラミング・リテラシ・1年数学・複雑系数学・デザインであり、学生とチュータで学習・セッションや勉強会の開催・勉強方法のアドバイス等の活動を行っている。

1.1 現状における問題

本プロジェクトでは、本学生のための数理科学学習環境を整備する。そこで、本学学生の数理科学学習において、プロジェクトメンバーで現在の我々の抱える問題点についてそれぞれの見解を述べた。その結果、メンバーの多くが2年次以降で数学科目の内容、定義・定理を十分に理解していないことがわかった。一つの要因として1年次から授業科目の過去の試験問題(以下、過去問と記す)にのみ重点的に取り組み、問題の解答方法そのものを暗記する学習方法を行っていたのである。これは、いわば過去問の傾向に沿った問題が解けるようにみせかけるためだけの学習方法であり、授業科目の内容を理解しているとはいえない。数学は基礎から学習の積み重ねが必要となる教科であり、1年次の数学科目の内容を理解をしていないがゆえに、現在のような十全な理解ができていない状態に至っていると推測した。

そこで、本プロジェクトは、メンバーの多くが教科書の内容を理解していないかった「解析学」に焦点をあて、この問題を取組むこととした。

(※文責: 福岡智貴)

*1 本学内に設置されている、学生が学生の学びを支援し、学習の方法をともに考える場。

第 2 章 到達目標

2.1 本プロジェクトにおける目的

本プロジェクトは、本学の学習環境を整備することを目的とする。また、解析学を受講している本学の 1 年生を対象とし、解析学の学習支援環境の構築を目標とする。なお、以下の 3 点

- 1) 数学学習に対するモチベーションの向上
- 2) 教科書の理解への支援
- 3) 勉強方法の改善を促すこと

を本プロジェクトで掲げる学習環境の整備とする。

2.2 本グループの課題

本プロジェクトでは、解析学の学習支援環境を ICT 技術を利用しながら構築した。これらはコンテンツとしての Web サイト、メタ学習ラボへ誘導するシステム、勉強会から成る。これらのシステムを開発することに至った経緯として、以下の 2 点となっている。

- 1) 2.1 で述べた目的を達成するために解析学の教科書の理解への支援と、勉強方法の改善を促す Web サイトを開発した。また、このサイトの機能の一つに、現在ある学習環境の一つとして運営しているメタ学習ラボを多くの学生が利用することを目的として予約ページへ誘導するシステムを実装した。
- 2) 協同学習を行うことで、勉強することのモチベーションの維持・向上する（佐藤浩一 2014）ことを目的として、勉強会を企画し、実施した。[1]

また、主要なメディアを Web サイトにした理由は、本学の学生は全員ノートパソコンを所持していることや、1 年次の必修講義で e-learning をしていることで操作に慣れていることによる。本プロジェクトは、これらの開発、運営を行うことで本学生の学力向上を達成することを課題とした。本グループでは上記のうち、1) を開発することを課題とする。

（※文責: 福岡智貴）

第 3 章 課題解決

3.1 課題解決の手順

1. 課題設定
2. 仮コンテンツの考案
3. 現状調査と考察
 - 1 年生の学習状況調査
 - メタ学習ラボ調査
 - 調査結果の考察
4. 設計と実装
 - サイトに必要な機能の考案
 - 作成に必要な知識の習得
 - グループメンバーの作業環境の統一
 - プロトタイプ作成
 - プロトタイプ作成時の問題点と改善方法
 - 数学学習サイト「ますますたでい」作成
 - Web 上に公開するコンテンツの作成
5. 評価と改善
 - 勉強会における Web サイトの評価
 - 「ますますたでい」の改善

3.2 課題解決の詳細

3.2.1 課題設定

プロジェクトメンバーで解析学の学習方法を振り返った。我々は、教科書を理解せず過去問の解き方や解答をパターンとして覚える、という学習方法を取っていた。その結果、定義・定理の意味を正確に理解できていないのでこれらを応用することができず、2 年次以降の講義で躓いた経験をしていた。

また、学習におけるモチベーションを保つことができないという意見もあがった。学習を行っても、教科書の内容がわからずに諦めてしまったり、わかる段階まで復習しようとしても、どこまで復習すればいいのかわからない、という意見も出た。数学は基礎知識を基に知識を積み上げて行くので、知識が不十分な部分があると理解するのが困難になる。そのため、知識が不十分な単元まで振り返ろうとしても、復習すべき分野がわからずに学習をやめてしまったり、復習すべき範囲が膨大で諦めてしまう経験をしていた。

これらを踏まえ、本学生の学習における問題を「過去問を中心に問題の解き方のみを覚える学習方法」にあるとプロジェクトメンバーの経験から推定した。この問題を解決するためには (1) 教科書を中心に学習を行い、(2) 定義・定理を理解し、(3) 教科書の章末問題 (以下、章末問題とする) で実践する、という 3 点を押さえた学習方法をとることで改善することができるのではないかと考

えた。プロジェクトメンバーは教科書を用いずに学習していたので、教科書を中心に学習することで前述の問題を解決できると考え、このような学習を行えるよう支援するものを作成しようと決めた。また、モチベーションの維持に関しては、学習におけるモチベーションを「問題が解けた時に感じる達成感」と「問題を理解できた達成感」の2つによって維持できると考え、この2つをどのように与えるかを考えた。

3.2.2 仮コンテンツの考案

前述の問題を解決するために、本プロジェクトでは Web 上で数学を学習するための環境を整備することに決定した。これは、本学生はコンピュータを所持していること、本学内ではどこでもインターネットが利用できるように整備されていること、本学生は1、2年次に必修のオンライン学習科目である Virtual English Program があり、コンピュータの操作に慣れていると考えたからである。

Web 上に作成する学習環境として、プロジェクト内でどのようなコンテンツを作成するのか候補を考えた。その中の一つとして、数学の問題を解くことでユーザの苦手分野の分析を行い、可視化する数学カルテという案が上がった。数学カルテには苦手分野の他に、微分や積分のような単元ごとにユーザが解くことができるレベルを解析し、ユーザのレベルにあった問題を出題する機能を付加しようと考えた。

さらに、問題を解いていくとユーザが解くことができるレベルを上昇させる機能も考案した。これらの機能により、自分の苦手分野が明確になり、復習を行う必要がある分野が一目でわかるのでモチベーションを落とさずに復習を行うことができると考えた。また、ユーザのレベルが上昇することで、このカルテを使用する前と後でどのくらい問題を解けるようになったのかが目に見えるので、ユーザの自信につながると考えた。

その他、以下のような案が上がった。

- 問題の解説を動画で行う
- ゲームのように飽きずに学習を続けることができるもの
- 公式の確認や問題の解答ができるスマートフォン用アプリケーション
- 数 III の学習補助をすることができるスマートフォン用アプリケーション
- メタ学習ラボと連携して数学学習をサポートするもの

3.2.3 現状調査と考察

上記の予測が正しいかを調べるために、以下のような調査を行った。

1 年生の学習状況調査

本学1年生の学習状況の調査を兼ねた、EFGHクラスの解析学Iの前期中間試験対策勉強会を行い、12名の1年生が参加した。プロジェクトメンバーは参加者と一緒に過去問を解きながら1年生の学習状況を観察した。さらに、勉強会終了後に今回開催した勉強会の評価や、普段の学習状況を問うアンケートを実施した。

勉強会の様子を観察した結果、以下のような問題点が見られた。

- 高校数学の知識が身につけていない

Improvement of Environment for Learning Mathematics at FUN

高校数学の解説を行うと、問題が解けるようになる場面があった。ここから、高校数学の知識が身につけていないのではないか、という推測をした。

- 教科書を正確に読めていない

教科書に書いてある内容を説明することで、問題が解けるようになる人がいた。また、ノートを見直すことで問題が解けるようになる人がいた。ここから、教科書の内容を読み取ることができていないのではないか、と推測した。

- 問題は解けるが、何をあらわしているのかがわからない

計算はできるが、例えば「三角関数とはそもそも何なのか」など根本的なことを理解できていない人がいた。また、計算の過程で式変形がうまくできない人もいた。

- 定義・定理を理解していない

定義・定理を形だけで覚えていたので、使い方が分からない場面があった。また、どうしてその定義を使っているのか疑問に思っている人がいた。ここから、定義・定理の意味を理解できていないのではないか、と推測した。

- 問題文の意味を正確に理解できていない

例えば、問題文に「関数 $\log x$ や \sqrt{x} の $(0, \infty)$ での連続性を用いて」のような記述があっても、これをどのように用いればいいのかわからない人がいた。ここから、問題文の意味がわからずに問題に取り組んでいるのではないかと考えた。

また、勉強会後にアンケートを取り、集計を行った。その結果、図 3.1 のようになった。

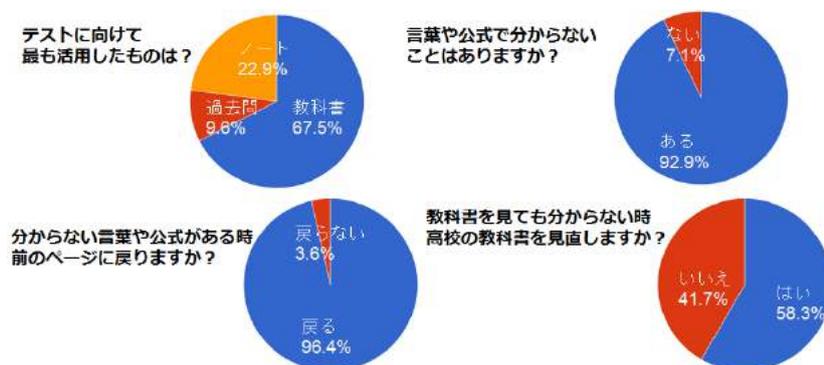


図 3.1 アンケート結果

この調査から、解析学を受講するうえで必要となる高校数学の知識が不足していることや、1年生は教科書を中心に学習していることがわかった。我々は、1年生も過去問を中心に学習を行っていると予想していたが、結果は教科書を中心に学習を行い、場合によっては高校数学の教科書の確認も行っていることがわかった。しかし、中間試験は教科書の章末問題と同等の問題が出題されているにもかかわらず、試験の点数には反映されていないこともわかった。

メタ学習ラボ調査

本学生の学習環境を整備するにあたり、メタ学習ラボの調査が必要だと考え、メタ学習ラボチューターへインタビューを行った。2015年6月19日に行い、4人のチューターへインタビューすることができた。

インタビューの結果、以下のことがわかった。

- 数学科目でメタ学習ラボを利用する生徒は少ない

- 数学科目について質問にくる生徒は数学が苦手な生徒が大半
- チューターは、問題の解き方を教えるために、教科書の定義・定理を教えている
- 問題に具体的な値を当てはめて考えることで、問題をイメージしやすくしている

さらに、チューターとの議論の中で“ペアプログラミング”^{*1}のように学生同士で教え合うことで、自分だけでは気が付かない知識不足な部分を見つけることができることや、基礎から確認を行うことが大切であることがわかった。

調査結果の考察

1年生の学習状況調査から、我々は「1年生は教科書の読み方がわからないのではないか」という仮説を立てた。そして、これを解決するためには(1)教科書から必要な知識を得ること、(2)解く問題を基礎的な单元まで分解して考えること、(3)複数人で指摘し合いながら学習を行うこと、これら3つが必要であると考えた。

3.2.4 設計と実装

サイトに必要な機能の考案

前述の考察を基に、Webサイトに必要となる機能をプロジェクト全体で再び考察した。教科書の章末問題を細かく分割し、解く上で必要になる知識をチェックテストとしてユーザーへ質問しながら知識の確認を行い、その後実際に章末問題を解き進める、という問題を解くための流れを考案した。解き方がわからない場合は、ヒントとして教科書のページ数を示したり、類似問題を出題したり、簡単な解説を提示するなど、必要となる知識を補いながら問題を解くことができるように設計した。また、場合によっては高校数学の確認すべき分野も表記するようにし高校数学まで振り返ることを促すようにした。これにより、復習すべき分野が明確になるので、振り返る分野を探しながら復習を行うより、学習に対するモチベーションを維持できると考えた。その他、ユーザー同士が問題の解き方を教え合える掲示板やヒントの内容をユーザーから投稿してもらい、改善できる機能が提案された。

掲示板は、問題の解き方がわからない場合に質問をすることができ、その問題を解いているユーザー間で教え合えるよう設置することにした。問題が解けない人は解けるようになり、元々解ける人は解説を行う中で、自分に足りない部分がないかを確認することができる。これは、メタ学習ラボ調査で明らかになった、「学生同士が教え合うことで、自分では気が付かない知識不足な部分を見つけることができる」ということを実践できる場である。

ヒントの内容を改善できる機能というのは、生徒同士の教え合うやりとりの中で、Webサイトに掲載されているヒントの内容よりもわかりやすい解説が行われていた場合、それをWebサイト上のヒントとして追加し、サイトのコンテンツを改善する機能である。

作成に必要な技術の習得

学習環境をWeb上で構築するにあたり、サーバ構築やセキュリティに関する知識が必要となる。Webサーバは一般的にApache HTTP Server(以下、Apacheと表記する)で構築するのが一般的である。そこでこれらの技術を習得するために、2015年6月3日から17日の間にプロジェクト学習履修者のために行われた「OSSを利用したWeb系システム開発スキル習得セミナー」に参加し

^{*1} 2人ペアになってプログラムを行うこと。お互いのコードを見ながら指摘し合うことで、質の高いプログラムを作成することを目指している。[2]

た。その中で、仮想環境上で Linux サーバの構築を行い、実際に操作を行いながら構築方法やセキュリティ、Apache などのオープンソースソフトウェアの利用方法を学んだ。また、学んだ内容をメンバーに共有するためにセミナーの内容をまとめた。これにより、作成したコンテンツを Web 上に公開するための技術を習得することができ、作成したものを Web 上に公開する上で役立った。

グループメンバーの作業環境の統一

グループメンバー全員に同じテキストエディタ “Sublime Text 3” を導入し、皆が同じ環境でコーディングを行えるように開発環境を統一した。これにより、デフォルトで使用する文字コードやインデント幅を統一し、エディタの機能であるコード補完を利用することで効率よく開発することができるようになった。

また、プロジェクト全体で利用する為に、プロジェクト利用のために貸与された Mac Book Pro や Mac mini のセットアップを行った。これらには、ポスター作製に用いる Illustrator や、サイトのレイアウトの考案のために用いる Fireworks などのインストールを行った。また、前述の開発環境も導入した。さらに、Mac mini は仮設サーバとして利用するために Apache の設定を行い、作成するコンテンツを公開するための準備を行った。

プロトタイプ作成

考案した機能を実際に Web 上で使用するために、本グループのメンバーは数学班が作成した問題を HTML で記述した。このプロトタイプでは、上記で考案した問題を解く流れのみを実装し、ユーザ同士が教え合える掲示板などの機能は後期に作成する予定とした。理由は、上記で考案したメイン機能である「問題を解くための流れ」を実際に体験してもらい、意見を受けたいと考えたからである。ユーザの入力やラジオボタンの正誤判定は、JavaScript を用いて実装した。また、数式を Web 上に表示するために、JavaScript ライブラリの一つである MathJax を使用した。これにより、数学の問題を $\text{T}_\text{E}\text{X}$ コマンドを用いて記述することができるようになった。

作成したプロトタイプは学内ネットワーク上の仮設サーバを構築し、学内 Web サービスとして公開した。仮設サーバには Mac mini を使用した。この時、サーバ機が節電モードになっていると一定時間操作を行わなければ自動でスリープモードに移行してしまい接続できなくなる、ということを実際にサーバを運用することで学んだ。

作成したプロトタイプは中間発表会でデモンストレーションを行い、聴衆者に実際に利用してもらった。その結果、

- サンプルシステムは見たところとても便利だと思う
- ヒントが出るのはよいと思った
- 順序立ててヒントとなる問題を出していくというのはいいと思う
- 気軽にできそう

と、Web 上に学習環境を構築することや考案した機能に対して好意的な意見を得ることができた。しかし、

- 適当に作成した感じを受ける
- 数式をパソコンで打ち込んで解答することに少し不自由
- クリックする部分が多いので減らすことはできないか

という、Web サイトのレイアウトや操作面で改善を求める意見も得ることができた。プロトタイプ

作成は1週間でいったため、操作のしやすさやレイアウトなどをあまり考慮することができなかった。そこで、これらの意見を基に、レイアウトや操作手順などをもう一度考え直すことを考えた。

プロトタイプ作成時の問題点と改善方法

プロトタイプ作成時、いくつかの問題が発生した。1つ目は、1ページにつき1つのファイルを作成するという開発体制である。これは、ヘッダーやフッターのような全体に共通する部分もそれぞれのファイルに含まれているので、変更する際には、すべてのファイルを修正しなければならなかった。その作業時に、誤って意図しない部分を変更してしまいレイアウトが崩れてしまう、ということが発生した。2つ目は、ファイルの命名規則である。作成者によりファイルの命名規則が異なり、最新版のファイルがどれかわからなかったり、ファイルがどのページに当たるものなのかをファイル名から推測しにくい、という事態が発生した。

開発体制を改善するために、コンテンツマネジメントシステムの一つである WordPress を用いた。これは、Web ページに掲載するコンテンツの管理とサイトの運営を分離するために用いた。WordPress を用いたことにより、Web ページをパーツごとに分解して作成できるようになったので、全体に共通する部分の修正は1つのファイルを修正すれば全体に適用されるようになった。また、ユーザが解く問題を WordPress に記事として投稿できるので、コンテンツの管理が容易になった。

また、最新版のファイル共有に関しては Dropbox^{*2}を利用することで、常にファイルを共有することにより解決した。ファイルの命名規則に関する問題は、プロトタイプ作成時は1ページにつき1ファイルを作成していたが、作成する数学の問題の管理を WordPress で行うことでファイルを大量に作成する必要がなくなり、解決することができた。

数学学習サイト「ますますたでい」作成

1年生の学習状況調査やメタ学習ラボ調査の結果やプロトタイプに対する意見を踏まえ、数理科を学習できる Web サイト「ますますたでい」を作成した。トップページのスクリーンショットを図 3.2 に示す。プロトタイプで作成したデザインを刷新し、操作面でもクリックする回数が少なくなるように工夫した。例えば、プロトタイプではすべてのチェックテストを解答した後に各テストの解説が表示されていた。「ますますたでい」では、チェックテスト1問ごとに解説が表示されるように変更した。また、プロトタイプでは実装しなかった掲示板を実装した。実装に関して、JavaScript ライブラリの一つである jQuery を用いた。これにより、JavaScript の記述が簡潔になり、ブラウザごとの実装の違いも jQuery が吸収してくれた。その他、更新情報や勉強会の告知などに使用するお知らせページを「ますますたでい」内に作成した。詳しい機能に関しては、第5章成果とその評価で述べる。

^{*2} アメリカの Dropbox, Inc. が運営するオンラインストレージサービス。専用のフォルダにファイルを追加するとオンラインストレージ上に自動的に同期され、複数のコンピュータやスマートフォンで共有することができる。[3]



図 3.2 成果物「masumasutadei」

Web 上で学内に公開するコンテンツの作成

「masumasutadei」に掲載する問題の作成を行った。プロトタイプと同様に、数学班が作成した問題を HTML で実装した。その他、チェックテストや章末問題の表示切り替えのために jQuery を用いた。

一方、コンテンツ作成時、システム班メンバーの数学に対する学習が不足していたため、問題の不備を発見することができず、実装後に大幅な修正を行う場面があった。また、数学班との連携不足により作成の意図がくみ取れず、表示の切り替えなどの調整に大幅な時間を要した。さらに HTML/CSS、JavaScript を書けるメンバーが 2 人しかおらず、作成に時間がかかってしまった。この問題を解決するためには、本グループメンバーも数学を学ぶ必要があると考えている。詳しくは、第 6 章 まとめ で詳しく述べる。

3.2.5 評価と改善

勉強会における Web サイトの評価

作成した Web サイトの宣伝を兼ねた勉強会を 2015 年 11 月 6 日に開催した。今回の対象は、解析学 II を受講している 1 年生とした。Web サイトにある問題を、まずは紙面上で問題を解き、わ

Improvement of Environment for Learning Mathematics at FUN

からない場合は Web サイトを用いて解いてもらった。勉強会終了後に、勉強会や Web サイトに関するアンケートに答えてもらった。また、中間試験後に、勉強会や「ますますでい」を使用した学習をした結果を中間試験に生かすことができたかを問うアンケートを行った。

実際に使用してもらった結果、デバッグ不足により意図したとおりに表示されなかったり、Web 上のコンテンツに不備が見つかった。これらのミスをその場で修正した。また、数式の入力方法についての質問が相次ぎ、口頭で入力方法を指示した。

勉強会終了後のアンケートの結果、サイトの問題解説について解説内容が十分で、ヒントも親切だったと解答した生徒が 68%、サイトのレイアウトについてとても見やすい、やや見やすいサイトだったと解答した生徒が合わせて 91% だった。

その他、サイトの使いにくい点をあげてもらったところ、入力に関しての解答があり、使い方で躓かないような対策を行う必要があることがわかった。

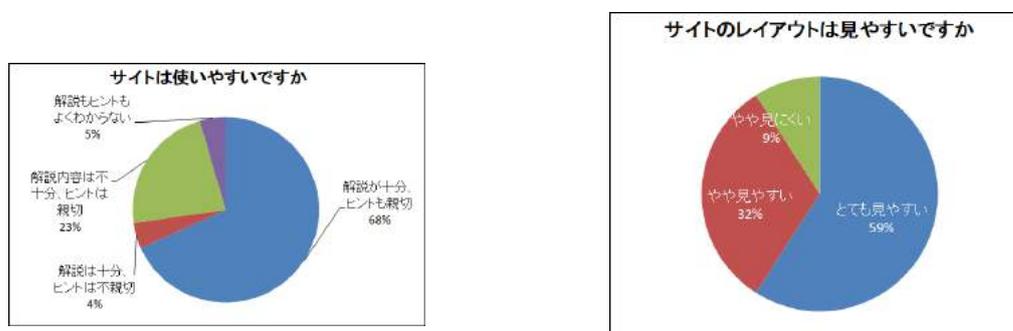


図 3.3 勉強会終了後のアンケート結果

後期中間試験後に行ったアンケートの結果、作成したサイトが中間試験の記述問題に役立ったと答えた生徒が 71%、勉強会後に学習に変化があったと答えた生徒が 57% であった。さらに、学習方法に変化があったと答えた生徒の中で、解法の暗記より教科書の理解を優先するようになったと答えた生徒が 50%、複数人で相談しながら学習するようになったと答えた生徒が 50% であった。

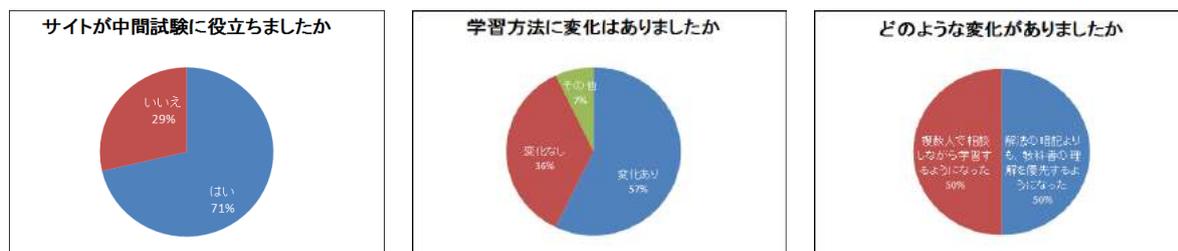


図 3.4 後期中間試験後のアンケート結果

「ますますでい」の改善

前述のように、サイトの使い方で躓かないように、サイトの使い方をまとめたページを作成した。このページでは、数式の入力方法や、掲示板の利用方法についてまとめた。例えば、数式の入力では $\sin x$ は「sin(x)」と入力するなど解答の入力方法や、前述の勉強会での質問内容を含んだ使い方についての解説を行った。掲示板に関しては、氏名とメールアドレスを記入してもらうことやメールアドレスは有効なものを入力することなどを記載した。また、3.2.4 第 5 項 数学学習サイ

Improvement of Environment for Learning Mathematics at FUN

ト「ますますたでい」作成 で述べたように、作成したサイトでは MathJax というライブラリを用いているので、 $\text{T}_\text{E}\text{X}$ コマンドで数式を記述することができる。そこで、掲示板で $\text{T}_\text{E}\text{X}$ コマンドで数式を書ける旨を記し、 $\text{T}_\text{E}\text{X}$ コマンドの参考となる Web サイトのリンクを記載した。

(※文責: 中原翼)

第 4 章 課題解決の過程

4.1 各人の担当課題

4.1.1 福岡智貴

- 5月 学習方法を振り返り、考察
- 6月 メタ学習ラボへインタビュー
- 7月 調査を結果の考察
- 8月 Web デザインの知識の学習
- 9月 新レイアウト考察
- 10月 Top ページのレイアウト作成
- 11月 勉強会、説明ページの内容考案
- 12月 説明ページの原案を作成

(※文責: 福岡智貴)

4.1.2 中原翼

- 5月 学習方法を振り返り、考察
- 6月 「OSS セミナー」に参加、作業環境の統一
- 7月 プロトタイプ作成、中間発表でデモンストレーションを担当
- 8月 サーバ構築
- 9月 新レイアウト考案
- 10月 新レイアウト実装、WordPress の導入・設定
- 11月 勉強会、掲示板の実装
- 12月 説明ページの作成、サイトの修正・改善

(※文責: 中原翼)

4.1.3 渡邊悠一

- 5月 学習方法を振り返り、考察
- 6月 勉強会、「OSS セミナー」に参加
- 7月 プロトタイプ作成、中間発表でデモンストレーションを担当
- 8月 プロトタイプのファイル整理
- 9月 新レイアウト考案
- 10月 新レイアウト実装、数学班からの問題作成
- 11月 勉強会、チェックテストの表示切替機能の実装、数学班からの問題作成
- 12月 説明ページの作成、サイトの修正・改善、数学班からの問題作成

(※文責: 渡邊悠一)

第5章 成果とその評価

5.1 前期

5.1.1 プロトタイプの作成

前期にプロトタイプを Web 上に実装し、学内ネットワーク上にある仮設サーバに置いた。以下にコンテンツを用いての章末問題を解く流れを記す。

1. メニューから問題を選択する
2. チェックテストを「わかる」か「わからない」の2択で解き、「チェックテスト完了」のボタンをクリック (図 5.1)
3. 「わからない」がクリックされているチェックテストの解説が表示される。そして、その解説を基にそのチェックテストを理解するための確認問題を解く (図 5.2)
4. すべてのチェックテストを確認が終わり次第、選択した問題を解く
5. 問題を解く手順を分け、その各段階に設問を設け解く (図 5.3)
6. 「わからない」をクリックした場合や入力形式の問題で不正解の時に解説が表示される。そして、チェックテストと同様にその問題を理解するための確認問題が出題される。
7. 最後の設問で1で選択した問題の解答を入力する。「正解」の表示により問題が解けたことを確認する。

図 5.1 チェックテスト

図 5.2 確認問題

図 5.3 問題を解く過程

入力形式の問題は解答を入力し、「解答チェック」ボタンをクリックすることで判定される。正解の場合はテキストボックスが青になり、不正解の場合は赤になる。

5.1.2 プロトタイプの評価

中間発表で得られたプロトタイプに対する評価を以下に示す。

- サンプルシステムは見たところとても便利だと思う
- ヒントが出るのはよいと思った
- 順序立ててヒントとなる問題を出していくというのはいいと思う
- 気軽にできそう
- デモのページがわかりにくい
- 数式をパソコンで打ち込んで解答することに少し不自由
- クリックする部分が多いので減らすことはできないか

以上のように問題を解く流れや、サイトのコンテンツに関しては好意的な意見を得られた。しかし、サイトのユーザインタフェースに対しての問題が多くあることがわかった。解答の入力方法などの問題を解くところとは関係のないところで躓いてしまう可能性があるため、これらの評価を基に利用者が使いやすいユーザインタフェースの実装を行う必要が明らかになった。

5.2 後期

5.2.1 「ますますたでい」の説明

後期は、前期に作成したプロトタイプに対する評価や調査結果を基に、数学学習サイト「ますますたでい」を作成した。前期に作成したプロトタイプでは解説が表示されるのがチェックテストの全ての問題を解いてからであったが、後期に作成したものでは、チェックテスト一問ごとに解説を行った。

システム班は数学班が作成したコンテンツを Web 上に実装した。作成したサイトのフッターには PR 班が担当している本プロジェクトの Twitter や Facebook へのリンクを配置した。サイト上部にあるメニューバーの「メタラボ」をクリックすると、メタ学習ラボの予約ページへ移動できる。また、「問題一覧」をクリックすることで、「微分」と「積分」のボタンが表示される。教科書ごとに「微分」と「積分」に問題が分かれており、それをクリックすることでそれぞれの問題一覧のページに移動できる (図 5.4)。問題一覧のページでは、各問題の下に、その問題の掲示板へのリンクがある。掲示板の詳細は 5.22 の「掲示板」で述べる。

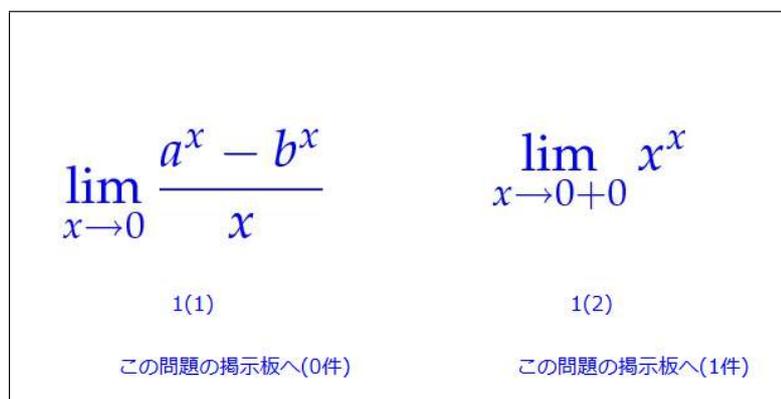


図 5.4 問題一覧

図 5.5 はチェックテストが3問、設問が3問の場合の問題を解く流れである。最初にチェックテストを行い、「わかる」「わからない」の2択で解く。「わかる」をクリックすると、次のチェックテストが表示される。「わからない」をクリックしたときは、解説が表示され、確認を問題解いてから次のチェックテストに進む。確認問題では入力形式や選択問題が出題される(図 5.6)。解答の入力方法に関する説明は 5.22 の「正誤判定機能」で述べる。確認問題がわからない場合は、掲示板でわからないところを質問する。「質問ページへ」をクリックすることで、掲示板のページへ移動する。

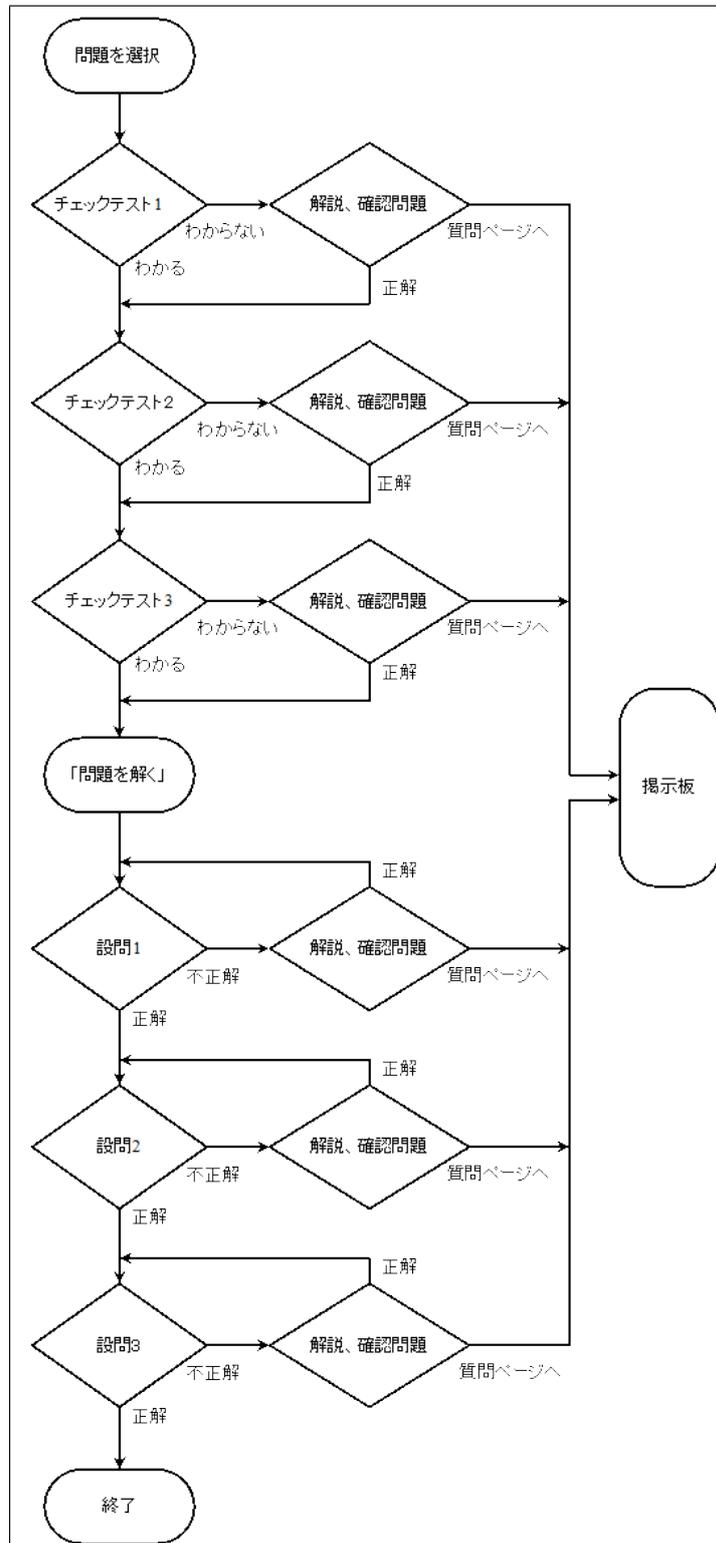


図 5.5 問題を解く流れ

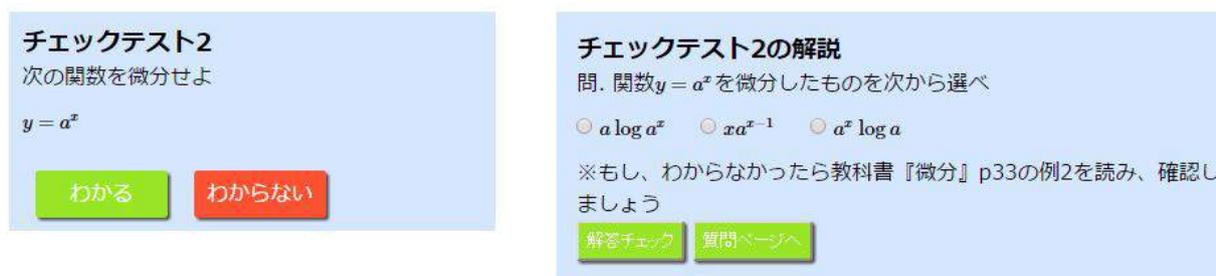


図 5.6 チェックテストと解説

チェックテストが全て解き終わったら、「問題を解く」をクリックし、章末問題を解く。設問では正解だった場合、次の設問が表示される。不正解だった場合、解説が表示され、確認問題を解く。チェックテストでは確認問題を解くと次の問題が表示されるが、設問では、確認問題を解いた後に、再度設問を解く流れとなる。

すべての設問が解き終わると図 5.7 の画面が表示される。これで選択した問題が解けたことになる。その画面で Twitter や Facebook に投稿ができ、解いた問題を他の人と共有できる。学内ネットワーク上にサーバを設置したため、このサイトは学内でのみアクセスができる。推奨ブラウザは「Internet Explorer」、「Firefox」、「Google Chrome」の最新版である。以下は作成したサイトの URL である。

URL: <http://math.fun.ac.jp> (大学内のみ有効)



図 5.7 最後の画面

5.2.2 「ますますたでい」の機能

本プロジェクトでは、教科書の章末問題を分割し、その問題を解くために必要な知識の確認を行い章末問題を解き進める流れを考案した。そして、そのために必要な機能を考え、数学学習サイト「ますますたでい」に実装した。また、このサイトで学習する際に、学習者が使いやすいようにするための機能も実装した。その機能の詳細を以下で述べる。

正誤判定機能

この機能は、入力された解答が正解か不正解かの判定を行う。これは入力形式や選択形式の問題で、正解のときの達成感によるモチベーションの維持のために実装した。入力形式の問題では、入力された解答が正解の場合、入力ボックスが青、不正解の場合は赤となる。(図 5.8) 入力は「半角

英数」とした。

問3
 対数を用いて、 x^x を変形すると、
 $x^x = e^{\boxed{B}} \log \boxed{C}$

\boxed{B} 、 \boxed{C} に当てはまるものを答えよう

\boxed{B} \boxed{C}

図 5.8 解答チェック

掲示板

掲示板は学習者が問題のわからないところを質問するためのものであり、学習者同士で教え合うことができるようにするために実装した。投稿フォームは、掲示板では常に左側に表示されており、問題を解いているときは、サイト上部にあるメニューバーの「質問」ボタンをクリックすることで表示される。図 5.9 が表示される投稿フォームである。投稿する時に氏名とメールアドレスが必要である。氏名は実名ではなくても構わないが、メールアドレスは有効であることを要求とした。これは不適切なコメントが投稿された場合に、誰が投稿したかを把握するためである。また、コメントで誤った内容を投稿していた場合や、内容を解説などに反映するときの確認のために使うためでもある。出題する部分と同様にコメントを投稿したり、問題中にある「質問ページへ」をクリックすることで、掲示板へ移動する。Web サイトに JavaScript のライブラリの一つである MathJax を実装しているため、コメント欄で TeX のコマンドが有効である。

掲示板へ投稿
 コメント内容は、掲示板へ投稿されます。
 どんどん質問しよう！

名前 (必須):

メール (必須):

コメント内容

名前、メールアドレスは必須項目です。
 メールアドレスは公開されません。

図 5.9 投稿フォーム

チェックテストの表示切替

これは、ボタンをクリックすることでチェックテストの表示を切替できる機能である。前期に作成したプロトタイプは、チェックテストを解き、設問に取り掛かった後はチェックテストを確認できなかった。設問のページでもチェックテストを確認できるようにするためにこの機能を実装し

た。チェックテストが解き終わり、設問が表示されると、「チェックテストを表示」というボタンが表示される。そのボタンをクリックすることで、チェックテストの表示を切り替えることができる。

スムーズスクロール機能

これは、次の問題が表示されるときに、問題がうまく画面内に表示されるように自動でスクロール移動する機能である。チェックテストや設問に正解すると次の問題が表示されるが、ブラウザの画面外であると表示されても気づきにくい。次の問題が表示される際に、利用者が分かりやすいようにするためにスムーズスクロール機能を実装した。

5.2.3 「ますますたでい」の評価

サイトの評価をしてもらうために勉強会に参加した 23 名にアンケート調査を行った。質問の内容は以下の通りである。

質問 1 サイトの使いやすさ/選択・解答時のボタンの位置や機能はどうでしたか

質問 2 サイトの使いやすさ/デザインはどうでしたか

結果は、図 5.10 となった。

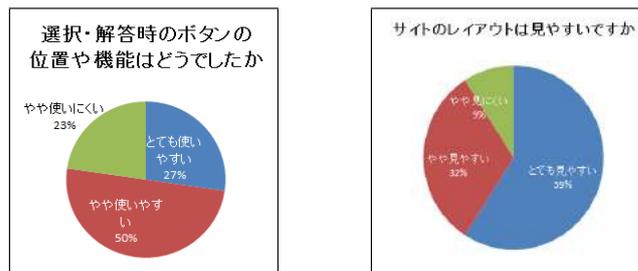


図 5.10 アンケート結果

質問 1 に対して、とても使いやすい、やや使いやすいという評価は合わせて 77% であった。このようにボタンの位置やサイトの機能に対してはよい評価が得られた。そして、質問 2 に対してはとても見やすい、やや見やすいという評価が合わせて 91% であった。サイトの機能と同様にサイトのデザインに関しても良い評価が得られた。しかし、機能面に関しては以下のようなコメントがあった。

- 回答の書き方をもう少し最初に説明してほしい
- 累乗の書き方や無限の書き方が分からないので、その説明が必要だと思いました

このように入力方法で戸惑ったという評価が得られた。これは勉強会までに入力方法の説明ページを作成することができずに口頭での説明となったからだと考えられる。また、勉強会後に入力方法を説明するために、「説明ページ」を作成した。しかし、利用者はこのサイトを使う前に、コマンドを覚えなければならない。説明文を必要としない GUI で数式を入力できる機能を実装することが今後の課題である。

「ますますたでい」のような未来大生向けの数学学習サイトが学外からも利用できる場合、自宅でも利用したいと思いますか」という質問に対して、自宅でも使いたいという意見が 86.4% であった。このサイトは学内サーバに置いたため、学外から閲覧することができない。また、教科書の問

題の著作権により、このサイトを学外へ公開するためには、ログイン機能などが必要になる。また、外部へ公開するために必要なサーバの設定が十分でないため、今回は学外へ公開することができなかった。今後はこのサイトを学外へ公開できるようにし、利用者が使いやすい解答入力方法を実装することが課題として挙げられる。

(※文責: 渡邊悠一)

5.3 各人の担当課題の自己評価と反省

5.3.1 福岡智貴

- 5月 現在の未来大生の学習環境にどのような問題点が存在するか仮説を立てどのように問題を解決するのかについて討論を行った。
- 6月 問題解決の仮説を検証すべくメタ学習ラボへ取材を行い、チューターの質問解答や意見を聞くことでシステムの表示に生かした。
- 7月 Adobe Illustrator の基本的な使い方を学び、中間発表のプレゼンテーションを行った。練習不足だったため、うまく言葉が出てこなかった。
- 8月 各班の進行状況の確認をグループリーダーごとに報告してもらい現段階を把握した。
- 9月 Web サイトのデザインのレイアウトについて提案した。
- 10月 現在の Web サイトのデザインの形になった。
- 11月 Web サイトの使用方法の文を作成した。
- 12月 最終発表で学生や教員に Web サイトの勧誘をし、ほとんどの利用者から高評価を得た。

(※文責: 福岡智貴)

5.3.2 中原翼

- 5月 未来大生の学習状況に関する問題を、プロジェクトメンバーの経験から推測した。その結果、過去問の解法をパターンのように暗記する学習方法を取っていると考えた。
- 6月 「OSS セミナー」に参加し、サーバの構築方法やセキュリティ対策、オープンソースソフトウェアの運用方法を、実際に仮想環境上で操作を行いながら学んだ。また、グループメンバー全員に同じエディタを導入し、開発環境の統一を行った。
- 7月 仮設サーバの構築を行なった。さらに、調査結果から「教科書を中心とした学習」が必要であることがわかり、この学習方法をプロトタイプとして HTML で記述し、公開した。プロトタイプ作成が、中間発表会の直前から開始したことにより、操作のしやすさやレイアウトなどを考慮することができなかった。もっと早目に作業に取り掛かるべきであった。
- 8月 常設サーバの構築を行った。OS や PHP、MySQL などのソフトウェアのインストールを行った。OS は CentOS を用いた。
- 9月 Web サイトのレイアウトを刷新するために、新レイアウトを考案した。
- 10月 コンテンツ管理を容易にするために、Web サーバに WordPress の導入を行った。(3.2.4 第5目 プロトタイプ作成時の問題点と改善方法を参照) また、他のメンバーが考案したレイアウトを HTML/CSS で実装した。当初の予定より、レイアウトの考案に時間がかかり遅れが出てしまった。また、数学学習サイト「ますますたでい」の作成を行った。(3.2.4 第6目

設計と実装 数学学習サイト「ますますたでい」作成 を参照)

11月 Web サイトを用いた勉強会に参加し、問題の不備や意図しない動作を修正する作業を行った。

12月 作成した Web サイトの使い方をまとめた「説明ページ」を作成した。その他、最終発表会や勉強会で得た意見を基に、サイトの修正・改善を行った。

(※文責: 中原翼)

5.3.3 渡邊悠一

5月 プロジェクトメンバーの経験を基に未来大生の学習状況に関する問題を考察した。その結果、メンバーの多くが解答方法を覚えるだけのパターン学習を行っていることがわかった。

6月 解析学を受講する1年生の学習状況を調査するために勉強会を開催し、チューターとして参加した。そこで解析学の学習に対するアンケートを行い、その結果から解析学の学習における問題点を考察した。「OSS セミナー」に参加し、Web システムの開発・運用を想定したサーバーの構築方法やセキュリティ対策を演習を通して学んだ。

7月 考案したプロトタイプを作成し、学内ネットワーク上に設置した仮設サーバで公開した。プロトタイプはレイアウトが暫定的なものであり、一度に多くの数式を表示させるには時間がかかるなど多くの修正すべき箇所があるため、今後の活動で修正する必要であった。中間発表では、プロトタイプのデモを担当した。

8月 プロトタイプのファイル名や変数を作業をしやすいように統一など前期に行った活動を整理した。後期の活動に向けて、JavaScript やサーブレットなどを学習した。

9月 レイアウトを刷新するために、新しいレイアウトを考案した。

10月 考案した問題ページの新レイアウトを実装した。数学班が作成したコンテンツを Web 上に実装した。JavaScript の記述を簡潔にするために jQuery を用いた。スムーズスクロール機能などの機能を実装した。

11月 数学班が作成したコンテンツを Web 上に実装した。Web サイトを併用した勉強会を開催し、サイトのエラーや問題の不備の対処を担当した。デバッグ不足のため、エラーや間違いがあった。この修正は勉強会の時間内に直せたが、このようなことがないようにするために勉強会までもっと多くの時間をデバッグに費やす必要があった。勉強会でのサイトの評価を基にチェックテストの表示切替機能の実装などを行った。

12月 数学班が作成したコンテンツを Web 上に実装した。最終発表で得た評価を基にサイトの修正・改善を行った。作成した Web サイトの使い方や問題を解く流れをまとめた「説明ページ」を作成した。

(※文責: 渡邊悠一)

第 6 章 まとめ

6.1 まとめ

本プロジェクトは、未来大生のための数理学習環境の整備を目的とした。本学の数理学習環境における問題点を、プロジェクトメンバーの経験から推測した。その結果、我々は過去問の解答方法をパターンで覚えるだけの学習を行い、教科書の内容を理解していないと推測した。この考察を基に、1年生の解析学の学習方法を調査した結果、定期試験に向けて教科書を中心に学習を行っており、教科書を見てもわからない時は高校の数学の教科書まで見直していることがわかった。しかし、高校分野まで振り返っているにも関わらず、中間試験の結果には反映されていないことがわかった。これらの問題点から、問題を基礎的な項目まで分解する能力と、問題に必要な知識を教科書から得る能力の習得を促すことが必要であると考えた。そこで、本グループは解析学の教科書に掲載されている章末問題を用いて、教科書を理解できる学習方法を促す Web サイトの構築を目標とした。

本グループは、数学学習サイト「ますますたでい」を作成した。実装した機能は (1) 正誤判定機能、(2) 掲示板、(3) チェックテストの表示切替、(4) スムーススクロール機能の 4 つである。また、この Web サイトの作成を通じて、CSS や JavaScript などのクライアントサイドでの知識や技術を習得することが出来た。そして、このサイトを学内に公開するためにサーバの構築を行い、サーバサイドの知識や技術も習得することができた。

本グループは、問題作成にあたった数学班から問題を受け取り、実装する工程を担っていた。しかし、数学班が意図するものと、システム班の理解との間に齟齬が生じ、作業に時間がかかった。また、問題の実装時に、数学の学習不足のため、間違いを指摘できないことも作業に時間がかかった原因であった。システム班はシステム関係の学習のみを行っていたためこのような状況になったと考えられる。数学班が Web コンテンツの作成もできる環境の整備や、システム班も数学を学習し、間違いを指摘できるようにするなどの対処が必要であった。また、解答の入力方法では $\frac{1}{2}$ を表現するためには $1/2$ と入力しなければならず、一般のデータより入力が複雑になる。そのため、Web サイトに入力方法の説明ページを設け、説明文を記載した。しかし、Web サイトを使用する前に利用者はそのページを閲覧し、入力方法を覚えなければならない。利用者が問題を解くところは関係のないところで躓かないようにするためにも数式入力パネルを使用するなど、説明文を必要としない GUI での入力方法を実装することが望ましい。

今後の展望は、利用者が使いやすい解答の入力方法の確立、数学班が問題作成を容易に行えるように問題作成環境を改善することである。

(※文責: 渡邊悠一)

付録 A 相互評価

[福岡による相互評価]

中原 システム班のリーダーとして作業状況をしっかりと飲み込んでおり、率先して開発を行った。メンバーが作業していることについて、完成するまで知らされなかったことが度々あったため、報告をしてほしかった。

渡邊 グループ内での課題を一つ一つ取り組み、システム開発を最後まで集中して取り組んでいた。また、数学班と常に連携し開発したため、グループ外での情報共有の支障を来すことが起こらなかった。

(※文責: 福岡智貴)

[中原による相互評価]

福岡 Web サイト作成において、レイアウトの原案を作成してくれた。しかし、実装のための技術が乏しく作業を任せることができなかった。わからない部分を質問することは大事だが、基本事項に関しては自分から積極的に学習を行うべきだと思う。また、作業の進捗状況をグループメンバーだけでなくプロジェクトメンバー全体がわかるように伝えるようにすべきだと思う。

渡邊 前期から引き続き、クライアントサイドの実装をほぼ1人で行ってくれた。プロジェクト学習の中でできることが増えているように感じた。今後もこの調子で様々な技術を身に付けて行ってほしい。

(※文責: 中原翼)

[渡邊による相互評価]

福岡 自分の課題を最後までやろうとするのは大切だが、出来そうにないときや作業に遅れが出たときは、周りに助けを求めることも必要だと思う。また、作業の進捗状況が分かりにくかったので、他の人が作業の状況を把握できるようにするためにも定期的に進捗報告を行うべきだったと思う。

中原 グループリーダーとして作業に必要な知識の学習を行っていた。作業で困ったときは、相談に乗ってもらいとても助かった。システム班のリーダーとしてとても頼りになった。

(※文責: 渡邊悠一)

付録 B 新規習得技術

- HTML/CSS
Web サイトを作成するにあたり、Web ページに載せる情報を記載するために学んだ。
- JavaScript、jQuery
Web サイトの正誤判定機能の実装や、表示切り替えなどを行うために学んだ。
- WordPress
Web サイトのコンテンツを管理するために学んだ。
- PHP
WordPress では提供されていない機能を実装するために学んだ。
- データベース
WordPress で管理しているデータベースの構造を調べるために学んだ。
- Apache
Web サイトを公開するためのサーバを構築するために学んだ。

(※文責: 中原翼)

参考文献

- [1] 佐藤浩一, 『学習支援のツボ認知心理学者が教室で考えたこと』, 北大路書房, 2014.
- [2] ローリー・ウィリアムズ, ロバート・ケスラー著, テクノロジックアート訳 『ペアプログラミング: エンジニアとしての指南書』 (ピアソンエデュケーション, 2003)
- [3] 「Dropbox について」 <https://www.dropbox.com/tour/1> (参照日 2016-1-16)