

公立はこだて未来大学 2018 年度 システム情報科学実習
グループ報告書

Future University Hakodate 2018 System Information Science Practice
Group Report

プロジェクト名

数理科学を学ぶ環境のデザイン

Project Name

Designing Learning Environment for Mathematical Science

プロジェクト番号/Project No.

4-A

プロジェクトリーダー/Project Leader

1016198 高橋 沙織 Saori Takahashi

グループメンバ/Group Member

1015127 長谷川 要 Kaname Hasegawa

1015245 栗山 健太 Kenta Kuriyama

1016032 豊田 和人 Kazuhito Toyota

1016046 佐藤 義哉 Yoshiya Sato

1016096 長内 将吾 Shogo Osanai

1016109 鉢呂 誠市 Seiichi Hachiro

1016119 神野 香菜子 Kanako Kamino

1016129 野辺 陽平 Yohei Nobe

1016173 岡澤 尚也 Naoya Okazawa

1016188 渡邊 健 Takeru Watanabe

1016198 高橋 沙織 Saori Takahashi

指導教員

美馬義亮 寺井あすか 田中吉太郎 富永敦子

Advisor

Yoshiaki Mima Asuka Terai Yoshitaro Tanaka Atsuko Tominaga

提出日

2019 年 1 月 16 日

Date of Submission

January 16, 2019

概要

公立はこだて未来大学（以下、本学と記す）において解析学は1年生の必修科目であり、2年生以降の数学科目の基礎知識となる科目である。しかし、本プロジェクトの中には、定義や定理をしっかりと理解せず、数学の問題の解答を覚えるだけの勉強法を行っているメンバーが多く見られた。これにより、配当は取得したが、数学の理論が身に付いていないという状況があった。そこで今年度我々は、「解析学Ⅰ、Ⅱ」を履修している本学の1年生に対して、情報技術を用いて解析学の学習支援を行うことを目標とした。数理科学の学習支援を行うプロジェクトは、2015年度から行われており、我々はこれまでの先輩方の活動を引き継ぎ、活動を行った。2017年度のプロジェクト活動の主な成果物として、『ModoLuca』という教科書に戻って勉強することを促すサービスが提案されている。2018年度のプロジェクトでは、昨年度とは違った視点から1年生を支援することを目標とし、本年度は証明問題に着目し支援することにした。証明問題とは、問題文であたえられている命題が正しいということを、様々な数学用語や、計算を用いて明らかにする問題である。そして、我々は情報技術を用いて1年生の学習を支援するために、数学の教材を作ることにした。そのために、我々は実際に解析学の問題を解き、数学の理論を身につけるため「プロジェクト内学習会」を行った。プロジェクト内学習会で証明問題を実際に解き、そこで我々は「言葉の定義を理解していない」、「証明の方針が立てられない」、「記述方法がわからない」という3点について十分な理解がなされていないことを発見した。この3点を改善していけば証明問題が解けるようになると考えた。さらに、我々の持つ学習上の問題が、本学の1年生にもあてはまるのではないかと考えた。この仮説の検証を行うため「解析学Ⅰ勉強会」を開催した。検証結果から1年生も我々と同様であるということがわかった。後期は1年生の証明問題の問題点を改善し、解けるようにするためのWebサービスを制作することを目標として活動した。この目標のもと、我々は学習支援用Webサービス『ならべま証』を作成した。『ならべま証』とは、証明問題に特化した学習用Webサービスである。そして、Webサービス『ならべま証』が証明問題の学習に役立つかを調べるため「解析学Ⅱ勉強会」を開催し検証を行った。勉強会で得た参加者の解答、アンケートの分析などのデータから、我々の制作したサービスは証明問題を解く能力を向上させるために有効であることを明らかにした。

キーワード 解析学, 1年生, 数学用語, 学習支援, 証明問題

(※文責: 長谷川要)

Abstract

Mathematical analysis is a compulsory course for first grade students at the Future University Hakodate (hereinafter referred to as “FUN”), and is a basic knowledge of mathematical subjects after the second grade. However, in this project, the following members were observed. Many members were conducting a study method that does not understand definitions and theorems firmly and only learns answers. Although this gotten the credit, there was a situation that the theory of mathematics was not acquired. Therefore, this fiscal year, we aimed to support environment the learning of the analysis by using information technology for first graders of FUN who are taking “Analysis I, II”. The projects to support mathematical science learning have been undertaken since 2015, and we took over the activities of our seniors and carried out activities. As the main deliverables in 2017, they invented a service to encourage studying back to the textbook ‘ModoLuca’. In the project of 2018, we aim to support first grade students from a different viewpoint from last year, and decided to focus on the field of certification problem this fiscal year. And we decided to make mathematics teaching skills to support first grade learning using information technology. For that purpose, we actually “study in the project” to solve the problems of analytics and to acquire mathematical theory. We actually solved the proof problem with study in the project, so we fully understood the three points “understand the definition of the word”, “establish a proof strategy”, “how to describe” I discovered that it was not. I thought that proof problems could be solved by improving these three points. Furthermore, I thought that our learning problems may apply to our first year students. In order to verify this hypothesis “Analysis II study group” was held. From the verification results, I found that the first year students are similar to ours. In the latter term, we worked on the goal of creating a Web service to improve and solve the problems of the first grade certification problem. And we created a Web service for learning support ‘Narabemasho’. And we held “Analysis II study group” to investigate whether the Web service ‘Narabemasho’ created by us was useful for learning the proof problem. From data such as participant’s answers obtained from study group, analysis of questionnaire, we clarified that the service we created is effective for improving the ability to solve the proof problem.

Keyword Analysis, First grade students, Mathematical terms, Learning support, proof problem

(※文責: 長谷川要)

目次

第 1 章	はじめに	1
1.1	背景	1
1.2	本プロジェクトの目的	2
1.3	過去の成果物	2
1.3.1	2015 年度の活動と成果	3
1.3.2	2016 年度の活動と成果	4
1.3.3	2017 年度の活動と成果	5
第 2 章	前期の活動	7
2.1	プロジェクト内学習会	7
2.1.1	プロジェクト内学習会の目的	7
2.1.2	実施内容	8
2.1.3	実際に扱った問題	8
2.1.4	実際の答案	10
2.1.5	数学の学習方法と問題点	11
2.1.6	苦手な人が多い証明問題	11
2.1.7	習得した能力と知識	11
2.1.8	考察	12
2.2	解析学 I 勉強会	12
2.2.1	開催の目的	13
2.2.2	開催に向けての準備	13
2.2.3	勉強会当日の実施内容	15
2.2.4	アンケートの結果	17
2.2.5	観察の結果	19
2.2.6	解答の分析結果	19
2.2.7	勉強会により判明したこと	19
2.3	中間発表会	20
2.3.1	発表に向けての準備	20
2.3.2	当日の状況	21
2.3.3	評価シートの分析結果	22
2.3.4	考察	23
2.4	前期のまとめ	24
2.4.1	プロジェクト内学習会	24
2.4.2	解析学 I 勉強会	25
2.4.3	アンケート結果	25
2.4.4	中間発表会	25
第 3 章	後期の活動	27

3.1	プロジェクト内学習会	27
3.1.1	学習会の目的	27
3.1.2	学習会で扱った問題	28
3.1.3	数学面で直面した疑問	28
3.1.4	プロジェクト内学習会の結果	33
3.2	サービスの基本方針	34
3.2.1	作成した Web サービスの狙い	34
3.2.2	問題の解決方法	35
3.2.3	Web サービスにした理由	35
3.2.4	システム班によるシステム設計と実装	36
3.2.5	数学班によるコンテンツの作成	39
3.2.6	Web サービス『ならべま証』のコンテンツ	39
3.3	解析学Ⅱ勉強会	45
3.3.1	勉強会の目的	46
3.3.2	勉強会に向けての準備	46
3.3.3	勉強会当日の実施内容	47
3.3.4	アンケートの結果と考察	48
3.3.5	勉強会での解答の結果と考察	53
3.3.6	勉強会での解答の様子について	54
3.3.7	解析学Ⅱ勉強会全体の考察	54
3.4	成果発表会	54
3.4.1	発表の内容	55
3.4.2	評価シートの分析結果	56
3.4.3	評価に対する考察	59
3.5	最終報告書の作成	59
第 4 章	まとめ	61
4.1	活動のまとめ	61
4.2	今後の展望	62
第 5 章	プロジェクト内のインターワーキング	65
5.1	長谷川要	65
5.2	栗山健太	66
5.3	豊田和人	68
5.4	佐藤義哉	69
5.5	長内将吾	70
5.6	鉢呂誠市	71
5.7	神野香菜子	72
5.8	野辺陽平	73
5.9	岡澤尚也	75
5.10	渡邊健	76
5.11	高橋沙織	77

付録 A	新規習得技術	79
付録 B	活用した講義	81
付録 C	相互評価	83
参考文献		91

第 1 章 はじめに

本報告書は、プロジェクト「数理科学を学ぶ環境のデザイン」のグループ報告書である。本プロジェクトは、「1年生の数学の学習環境を整備し、学習者を支援すること」を目的とする。活動を行うにあたって、初めに本プロジェクトの背景や目的を確認すべく、昨年度までの活動及び成果物の精査を行った。

本章では、本プロジェクトが活動を行う上での背景と目的および昨年度までのプロジェクトの具体的な成果を述べる。

(※文責: 豊田和人)

1.1 背景

本学では、情報系大学として数学科目を必修科目としている。しかし、アンケート調査を行ったところ、数学科目に対して苦手意識を持つ生徒が多く見られた。また、実際に数学科目が苦手であるという声をしばしば耳にする。まず、その原因について考えられることを2つ述べる。

1つ目に、入試制度の問題である。本学の入試制度は「AO（アドミッションズ・オフィス）入試」、「特別選抜（推薦）入試」、「一般選抜入試」の3つがある。いずれの入試制度にせよ「数学ⅡⅠ」が必須ではない。そのため、高校時に「数学Ⅲ」を履修していなくても大学に入学することが可能である。しかし、本学ではその「数学Ⅲ」の理解を前提とした数学を学ぶため、入学してから躓いてしまう生徒が出てきてしまう。このように、入試で「数学Ⅲ」が必須ではないが故に入学後に数学科目に対して苦手意識を持つ生徒が増加すると考える。

2つ目に、数学への理解度の問題である。本学の1年生は数学の必修科目として「線形代数学Ⅰ、Ⅱ」、「解析学Ⅰ、Ⅱ」、「数学総合演習Ⅰ、Ⅱ」、「情報数学」を履修する。また、2年生以降にはコースにより「応用数学Ⅰ、Ⅱ」、「確率・統計学」、「確率論」、「力学基礎」、「システム数学基礎」、「システムと微分方程式」などの科目を履修し、情報科学を学ぶために必要となる知識を学ぶ。2年生以降の数学科目は、学習者が1年生の数学科目の内容を十分に理解していることを前提としている。故に、1年生で学ぶ基礎の理解が不十分である場合、2年生以降での学習が困難になると考える。具体的には、以下のような事例があった。

- 単位さえ出れば良いので試験前に問題の解き方だけ覚えて、終わるとすぐに忘れてしまった。そのため2年生以降の授業に全くついていけない。
- 微分や積分の理解が不十分なため、偏微分や微分方程式を理解することができない。

すなわち、数学への理解が不十分であることによって、更に高度な数学を学ぶ際に苦手意識を持つ学生が増加すると考えられる。

これらの問題は、本プロジェクトメンバーに限らず、本学の学生全体に起こりうることである。そのため、本学の学生に対して数学への理解を深めるとともに、数理的思考を学んでもらえるような取り組みとして、まず1年生の数学学習環境を整備し、学習者を支援することが必要である。

(※文責: 豊田和人)

1.2 本プロジェクトの目的

本プロジェクトの目的は、「情報技術を用いて、数理科学を学べる環境を整備し、1年生の数学学習を支援すること」である。この目的を達成するには、前節で指摘した問題点を改善する必要がある。ただし、問題点の1点目に挙げた「入試制度について」は、我々学生のみで解決することは難しい。したがって2点目の「数学の理解度について」の解決を目指す。この目的のもとに活動を行う意義は、主に下記の2点が挙げられる。

まず1年生を対象とした理由は、前節の背景でも述べた通り1年生での学習が不十分なままであると2年生以降の学習が困難になるからである。また、1年生の段階で確実に知識を蓄積させることが、2年生以降の数学科目の土台作りになると考えたからである。また、「情報技術」を用いることの理由は2つある。

1つ目に、我々が2年間で学んだことを生かすためである。1年生では、講義「情報表現入門」、「プログラミング基礎」などで基本的な情報技術を習得した。また、2年生では、各コースに対応した情報技術を習得した。例えば、「情報処理演習」、「AIプログラミング」などが挙げられる。そこで、本プロジェクトにさまざまなコースのメンバーが集まったことにより、使用できる情報技術のレパートリーが増え、各々のメンバーが2年間で学んだことを十分に生かすことができると考えたからである。

2つ目に、本学は情報技術が受け入れられやすい環境にあるということである。本学の学生は多くの講義の中で情報技術を用いて学習を行っている。例えば、教育支援サービス「manaba」の使用、「VEP」、「情報表現入門」が挙げられる。このように、普段から情報技術に馴染みがあるため、本学の学生は情報技術の使用に抵抗感が少なくスムーズに操作できると考えられる。故に、本学において情報技術を学習手段として用いることは適当であると考えられる。

以上のことから我々は、「情報技術を用いて数理科学を学べる環境を整備し、1年生の数学学習を支援すること」をプロジェクトの目的とした。

(※文責: 豊田和人)

1.3 過去の成果物

本プロジェクトでは、数理科学自体の内容と学習理論について理解した上で、本学における数理科学の学びを支援する学習サービスの制作を目指す。このプロジェクトは2015年から始まっており、過去3年の成果がある。2015年度は『高校数学得意になりま表』と『ますますたでい2015』、2016年度は『ますますたでい2016』、2017年度は『ModoLuca』を作成した。本節では過去3年の成果について詳しく述べる。

(※文責: 栗山健太)

1.3.1 2015 年度の活動と成果

2015 年度のプロジェクト目標は、本学の 1 年生に対し、「教科書の理解を支援すること」、「勉強方法の改善を促すこと」、「数学学習に対するモチベーションを向上させること」の 3 点を支援する Web サイトを作成することであった。この 3 点を目標とした理由として、当時のメンバーが数学学習において、抱えている問題点は 1 年生も同様であると考えたからである。具体的な抱えている 2 つの問題点の詳細について述べる。

1 つ目は教科書を使用せず、過去の試験問題の解答パターンを暗記する学習方法である。これは解答を暗記するだけであり、問題が解けるように感じるだけであり、定義、定理を十分に理解できないと推測した。

2 つ目は、数学学習におけるモチベーションを保つことができないことである。学習を行っても、教科書の内容がわからずに諦めてしまうことや、理解するまで復習しようとしてもどこまで復習すればよいのかわからないことであった。

1 年生も同様の問題点を抱えているかを確認するために、1 年生の学習状況調査を行った。その結果から、大半の 1 年生が教科書を利用して学習を行っており、教科書の内容を理解するのが難しい時に高校の教科書を読むなどして過去を振り返り、復習し直していることがわかった。これらを学ぶために、主な成果物として、『高校数学得意になりま表』、『ますますたでい 2015』の 2 つを作成した。2 つの成果物の詳細について述べる。

『高校数学得意になりま表』は、数学復習早見表として、本学の数学の授業と高校数学の単元のつながりを一覧にしたものである。つまり、本学の数学科目において躓いた場合、高校数学のどの分野に戻り復習するとよいかを図として示したものである。これは、復習すべき分野が明確になることによって、闇雲に数学の問題を探しながら復習を行うよりも、学習に対するモチベーションを維持することができる。

『ますますたでい 2015』は、教科書を理解する手助けを促す Web サイトである。Web サイトにした理由として、本学の学生は全員ノートパソコンを所持していること、さらには 1 年次で e-learning を体験していることで操作に比較的慣れているためである。また、この Web サイトの目的は、数学の問題で分からない部分ができるようになることである。具体的には、ロピタルの定理を題材にして選択式・記述式で問題に答えさせるというものであった。そして『ますますたでい 2015』内の問題を解くために必要となる知識があるかを、チェックテストを用いて確認していた。『ますますたでい 2015』の機能として、正誤判定機能と掲示板を備えていた。掲示板は学習者が問題のわからない部分を質問するためのものである。これによって、学習同士が相互に教え合うことが可能となる。さらに、モチベーションの向上として、マスコットキャラクター『リムちゃん』を作成し、各問題を解き終わった後に『リムちゃん』を表示するようにした。

成果として 1 年生に『ますますたでい 2015』を使用してもらったところ、数学の学習方法に変化があった。複数人で相談を行いながら学習するようになったことや、教科書の理解を優先して学習するようになったことである。他にも、Web サイトのレイアウトに対しては良い反応を得られた。しかし機能面に関して、数式入力方法で分かりづらい点があった。またマスコットキャラクターの『リムちゃん』に関しては肯定的な意見が多くあり、学習者のモチベーションを向上させることに成功した。

これらの他にも本プロジェクトであることを示すためのロゴを作成した。このロゴは 2018 年度の我々のプロジェクトにも使われている。このロゴは数学の問題に対しても見方を変えることで答

えを導くことができるという意味が込められている。



図 1.1 ロゴ



図 1.2 リムちゃん

(※文責: 栗山健太)

1.3.2 2016 年度の活動と成果

2016 年度のプロジェクト目標は、本学の 1 年生に対して、「数学用語の意味を分かったつもりになることを回避する」ことを支援する Web サービスの作成である。当時のメンバーは、数学用語の意味は知っていると思っていたが、実際には十分理解していないことを発見した。数学用語の意味を十分理解していない理由として、教科書の正しい内容を確認せず、理解したつもりになっていたことが挙げられる。これが「分かったつもり」という状態である。当時のメンバーは 1 年生も同様の状態であると考え、調査を行った。調査方法として、1 年生を対象とした勉強会を開催した。その結果、1 年生は教科書を十分に読み込んでおらず、正確な内容を理解していないことがわかった。

2015 年度の成果物である、『ますますたでい 2015』は学習者が理解できていない箇所を把握することが可能な Web サイトであるが、学習者が「分かったつもり」になっているという場合に対応することができなかった。そこで「分かったつもり」を解決する成果物として『ますますたでい 2016』を作成した。

『ますますたでい 2016』は数学用語の理解を目的した学習支援サービスである。問題は 3 問あり、すべて不定形の極限の問題であり、ロピタルの定理を用いて解答する問題である。問題の順番として難易度が低い順になっている。問題はチェックテストと本問の 2 部構成になっている。チェックテストは本問の前提知識を問う 4 つの問題があり、チェックテストをすべて正解すると本問に挑戦できる。本問は、間違えると補足が表示されているチェックテストに戻り再確認することができ、必要な知識を増やしていく方式をとっている。

『ますますたでい 2016』の特徴的な機能の、「補足をあえて表示させる機能」、「横移動ボタン」、「GoToCurentPage ボタン」の 3 つの詳細を述べる。

「補足をあえて表示させる機能」は、チェックテストや本問が正解した場合にもその問題に対しての補足をすべて確認できるようになっている機能である。この機能を実装した理由は、補足には重要なことがたくさん含まれており、正解した人も参考になるからである。

「横移動ボタン」は、『ますますたでい 2016』内の各問題を移動するためのものである。自由に前の問題を見直すことができ、振り返って学習することができる。

「GoToCurentPage ボタン」は、横移動ボタンで、ページを遷移した場合でも、何回も横移動ボタンを押さずに、指定の箇所をクリックするだけで戻れることが可能な機能である。

前年度の『ますますたでい 2015』は、知識を問う際、出題形式が「はい」か「いいえ」の 2 択であった。2 択であったため、誤った解釈を検出できず、「分かったつもり」になっている場合に対応することができなかった。そこで『ますますたでい 2016』は、数学の用語・定理を正しく理解しているかを確認するために、それまでの知識を全て使うような問題を作成した。このことによって、数学用語の意味が「分かったつもり」の解消を行った。

(※文責: 栗山健太)

1.3.3 2017 年度の活動と成果

2017 年度のプロジェクト目標は、「2016 年度の活動によってあげられた問題点を解消し、本学の 1 年生に、より効果的に数学を学んでもらうための Web サービスの作成」を目標とした。この目標を設定する際に、2016 年度の成果物に対しての問題点がいくつか挙げられた。その中でも 2017 年度は特に 3 つの問題点が重要だと判断した。以下に 3 つの問題点の詳細と対策について述べる。

1 つ目の問題点は、2016 年度の成果物である『ますますたでい 2016』は使用する場所が限られるということである。『ますますたでい 2016』は、パソコンでを使用することを想定しており、さらに、使用は学内のみに限られていた。そこで、2017 年度はパソコンでもスマホでもアクセス可能な場所を問わずに使用できる Web サービスの作成を目指し、1 つ目の問題点の解消を図った。

2 つ目の問題点は、『ますますたでい 2016』は 1 人で使用することができないことである。『ますますたでい 2016』は、プロジェクトメンバーが使い方を補助する必要がある、ユーザーが 1 人で使用することができなかった。2017 年度は、1 人でも使用できる Web サービスの作成を目指した。これにより、自学自習に Web サービスを活用してもらうことができ、いつでもユーザーをサポートすることができる。

3 つ目の問題点は、『ますますたでい 2016』の問題数が少ないことである。『ますますたでい 2016』は、1 つの問題に対し、大量のチェックテストがあったため、問題の作成及び実装に時間がかかった。そこで 2017 年度は、Web サービスで使用する 1 つ 1 つの問題にかかる実装の手間や時間を減らすことを目指した。これにより、Web サービスで使用する問題数を増やし、数学の学習範囲における幅広い分野のサポートをすることができる。

以上 3 つの問題点の解消を目指し 2017 年度は活動を行った。活動の成果として、モバイル Web アプリ『ModoLuca』を作成した。モバイル Web アプリ『ModoLuca』とは、教科書の問題を解く際に手が止まってしまう箇所に対して、教科書のどこを読めば躓かないのかをチャット形式で学習者に教示するアプリである。

『ModoLuca』には主に 2 つのシステム的なメリットが存在する。それら 2 つのメリットとは「対話式での学習であること」、「モバイル対応であること」である。以下に、それぞれのメリットについての詳細を述べる。

1 つ目のシステム的メリットは、『ModoLuca』は対話形式で教科書読解の支援をすることである。『ModoLuca』は、学習者が理解できない部分を判断して、学ぶべき数学用語を提案してくれる。学習者は『ModoLuca』を使用し、わからないことがなくなるまで繰り返し数学用語を学習することで、教科書を戻って調べる学習方法の体験をすることができる。また、『ModoLuca』を使

用した対話式の学習方法は学習時に指導者を必要としないため、時間を選ばずに、1人で気軽に自学自習ができる。

2つ目のシステムのメリットは、『ModoLuca』はモバイル対応していることである。モバイル向けのアプリにすることで、ユーザーは使用する場所を選ばずに、手軽に学習ができる。また、『ModoLuca』は Web アプリであるため、登録すれば誰でも利用可能である。『ModoLuca』は Microsoft Azure のクラウドサーバーで管理しているため、サーバー利用で発生する費用は、使用した分のみである。これにより、『ModoLuca』は少ない利用者数でも低コストでの運用が可能になっている。

以上2つのシステム的なメリットにより、『ModoLuca』は、ユーザーに教科書を読むことを促進し、教科書を読むことを支援することに成功した。

最後に、『ModoLuca』を実際に本学1年生に使用してもらったことで得た、本学の1年生に対しての新たな問題点について述べる。

2017年度は、『ModoLuca』を作成し、1年生に使用してもらうことによって、「教科書を読むこと」を支援することに成功した。しかし、実際に『ModoLuca』を使ってもらうことで、教科書の読む箇所がわかっているにもかかわらず、そこに書いてある内容を理解できない1年生がいることが新たにわかった。また、『ModoLuca』を使用しても、「数学の問題の解答の記述方法がわからない」、「公式や定理をうまく使えない」などの問題点が新たな知見として挙げられた。

(※文責: 長谷川要)

第 2 章 前期の活動

本章では、前期の活動について記述する。前期では、本プロジェクトの目的を達成するために、我々の数理科学における知識の習得、1年生の数理科学における学習環境の現状把握、問題点の発見を主な活動とする。前期では、具体的な活動として「プロジェクト内学習会」、「解析学 I 勉強会」、「中間発表会」を行った。本章では、これらの活動の詳細と、前期の活動のまとめについて述べる。

(※文責: 鉢呂誠市)

2.1 プロジェクト内学習会

プロジェクト内学習会とは、我々が数学を学習するための活動である。プロジェクト内学習会は、我々が数学の問題を解き、解答の発表を行い、発表者以外のメンバーと教員からのレビューを受けながら学習するという方法で行った。また、この活動は2週間の期間で行った。使用した問題は、高校数学と解析学 I の範囲であった。

(※文責: 鉢呂誠市)

2.1.1 プロジェクト内学習会の目的

プロジェクト内学習会は3つの目的を達成するために行った。それら3つの目的とは、「我々の数学の学習方法の把握」、「我々の数学における理解に関する現状把握」、「1年生を支援する上で必要な知識の習得」である。以上3つの目的について述べる。

1つ目の目的「我々の数学の学習方法の把握」は、我々が自身で問題を解くことで、どのような教材や手法を用いて問題を解き、数学を学習しているのかを再確認することである。また、解答を発表しあうことで各々の数学の学習方法を共有することができる。数学の学習方法を再確認し、それらを他のメンバー、教員と共有することで、我々の数学の学習方法を把握する。

2つ目の目的「我々の数学における理解に関する現状把握」は、我々がどの程度数学を理解しているかを把握することである。我々は1年次の数理科学の科目を履修してから多くの月日が経っている。また、2年次にはコース配属があり、各コースで異なる科目を習得してきた。そのため、様々なコースのメンバーで結成された本プロジェクトは、プロジェクト内メンバー間で数学の理解に関して差がある。我々の数学の理解度を共有し、あわせてプロジェクトメンバーが持つ数学の苦手意識を発見する。

3つ目の目的「1年生を支援する上で必要な知識の習得」は、我々が教える側としての知識を定着させることである。我々は、1年次の数理科学の科目を取得しているため、学部3年生としての最低限の数学の知識がある。しかし、本プロジェクトの目的である、情報技術を用いて数理科学を学べる環境を整備し、1年生を支援するためには数学の知識が不足していた。そのため、プロジェ

クト内学習会を通して、数学の知識を習得し、これから1年生を支援できる体制を整えた。

(※文責: 長内将吾)

2.1.2 実施内容

本項ではプロジェクト内学習会の内容について説明する。プロジェクト内学習会は5月9日、11日、16日、18日、23日、25日の6回開催した。プロジェクト内学習会は15時から開催し、1回2時間程度行った。我々、全員で同じ数学の問題を解答した。問題は項2.1.3に記載する。解答時は以下の点に気を付けて解答した。

- わかりやすい解答にすること
- 疑問点を明記すること
- 教科書やインターネットなど使ったものを明記すること

次に2人1組のペアを5つ作り、ペアで課題の解答を教えあった。その後、発表者以外と教員に対してペアで解答の発表を行った。その後、解答の発表に対する疑問点や重要だと考えた点などを話しあった。

次にペアで解答の発表を行った方法について説明する。説明はスクリーンとホワイトボード、指し棒を使って行った。スクリーンに自分が解答した答案用紙を投影し、ホワイトボードには、説明するために必要な文章や、自分の答案用紙に足りない文章などを書いた。

以上を行うことにより、3つの効果が考えられる。

1. 数学を解答したときの疑問点を解決する
2. 数学の説明力を身に着ける
3. 曖昧にしていたことに気が付く

1つ目の「数学を解答したときの疑問点を解決する」は、1人で解いたときにわからなかった言葉や解き方などを話し合うことによって解決することである。

2つ目の「数学の説明力を身に着ける」は、数学を解くだけでなく、解答をわかりやすく伝えるためにどのような工夫が説明に必要なのかを学ぶことである。少人数のペアで解説を行うことによって伝わらなかった点をすぐに質問できる。よって大人数で解説を行うよりも効果がある。

3つ目の「曖昧にしていたことに気が付く」は、相手から質問されて答えられなかったことは知識が曖昧になっている。さらにその曖昧な知識を解決することによって問題を解くヒントになる場合があると考えた。

(※文責: 長内将吾)

2.1.3 実際に扱った問題

本項ではプロジェクト内学習会で実際に扱った問題を記載する。(共立出版 微分 改訂版 上見練太郎ら著より引用)

(1) x に関する方程式 $ax = b$ を解け。ただし、 a と b は定数とする。

(2)次の二項間漸化式で定まる数列 a_n の一般項を求めよ。

教科書 [1]p.23 練習問題 1.6

1. 極限を調べよ。

$$(1) \lim_{x \rightarrow 0 \pm 0} e^{1/x}$$

$$(2) \lim_{x \rightarrow 0} \frac{1}{1 + e^{1/x}}$$

$$(3) \lim_{x \rightarrow 0} \frac{e^{1/x} - 1}{e^{1/x} + 1}$$

2. 方程式 $\arccos \frac{1}{\sqrt{5}} = \arctan x$ をみたす x を求めよ。

3. つぎを示せ。

$$(1) \arctan x = \arcsin \frac{x}{\sqrt{1+x^2}}$$

$$(2) \arctan x + \arctan \frac{1}{x} = \frac{\pi}{2} \quad (x > 0)$$

教科書 [1]p.11, 12 練習問題 1.3

1. 極限值を求めよ。

$$(1) \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{2n}\right)^n$$

$$(2) \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{n-1}{n}\right)^n$$

2. 教科書 [1] の定理 1.2 と例 4 を用いて $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\sqrt[n]{n!}}{n} = \frac{1}{e}$ を示せ。

3. 数列 $\{a_n\}$ から $b_n = \frac{a_1 + a_2 + \cdots + a_n}{n} (n = 1, 2, 3, \dots)$ と定める。

(1) 数列 $\{a_n\}$ が有界列なら、 $\{b_n\}$ も有界列になることを示せ。

(2) 数列 $\{a_n\}$ が単調増加なら、 $\{b_n\}$ も単調増加になることを示せ。

4. (1) $\frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \cdots + \frac{1}{n^2} < \frac{1}{1 \cdot 2} + \frac{1}{2 \cdot 3} + \cdots + \frac{1}{(n-1) \cdot n}$ を示せ。

(2) 級数 $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2}$ の収束を示せ。

(※文責: 長内将吾)

2.1.4 実際の答案

この項ではプロジェクト内学習会の実際の答案と実際にあった疑問点などを記載する。

- 実際の解答

教科書 p.11, 12 練習問題 1.3

1. 極限值を求めよ。

$$\begin{aligned} (1) \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{2n}\right)^n \\ &= \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{2n}\right)^{2n + \frac{1}{2}} \\ &= e^{\frac{1}{2}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (2) \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{n-1}{n}\right)^n \\ &= \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{\frac{n}{n-1}}\right)^n \\ &= \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{\frac{n-1+1}{n-1}}\right)^n \\ &= \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{1 + \frac{1}{n-1}}\right)^n \\ &= \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{1 + \frac{1}{n-1}}\right)^{n-1} \left(\frac{n-1}{n}\right) \\ &= \frac{1}{e} \end{aligned}$$

- 実際にあった疑問点

$$e = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{n}\right)^n \text{ これが今回のカギ}$$

$$e = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{2n}\right)^{2n} \text{ だったらよいのに}$$

教科書に書いてある定義を読んでも使えない

(※文責: 長内将吾)

2.1.5 数学の学習方法と問題点

我々は数学学習時に、わからない問題に直面した場合に、まず略解を読み、理解する傾向があった。この学習方法の問題点は、問題を完全に理解できないまま、略解と自分が解き直した解答が一致していれば、その問題が解けたと思い込んでしまうことにある。プロジェクト内学習会では、我々はこの方法で問題を解き、解答を発表した。しかし、発表の際、問題やそれに関連した数学用語、概念などについて教員から多くの指摘を受けた。しかし、その指摘に答えられなかったことから、完全に理解していないことが判明した。例えば、我々は解答の発表の際、「逆関数」という数学用語の定義、定理を完全に理解しないまま解答に用いていた。その結果、教員から逆関数の定義、定理に関して詳細を問われ、答えられずに教科書を読み返し、逆関数の定義、定理について議論する場面があった。

(※文責: 長内将吾)

2.1.6 苦手な人が多い証明問題

プロジェクト内学習会を行った結果、我々は数学における証明問題が苦手であることがわかった。証明問題とは、問題文であたえられている命題が正しいということを、様々な数学用語や、計算を用いて明らかにする問題である。証明問題を解くためには、様々な能力と知識を必要とする。我々は特に、計算能力、論理的な思考能力、数学用語に関する知識が不足していたため、証明問題が苦手であった。

(※文責: 長内将吾)

2.1.7 習得した能力と知識

我々はプロジェクト内学習会を行なったことで、1年生を支援する上で主に3つの能力、知識を習得した。

1つ目は、数学用語に関する知識である。我々は、教員の指摘、問いに対して理解ができなかった数学用語を、教科書を読み返し、教科書の内容に関してわからないことに関して議論し、わかったことをメンバー間で共有することによって理解した。

2つ目は、正しい解答を書く能力である。我々は解答を発表した際、教員から解答の書き方、数学用語の使い方について多くの指摘を受けた。例えば、「任意の数」と「ある数」の違いについて問われ、言葉の意味について議論した。我々は発表者以外と教員から指摘を受け、正しい数学用語、数学記号の使い方を理解し、正しい解答を書く能力を身につけた。

3つ目は、数学の問題を解く上での方針を立てる能力である。数学の問題では最終的にどのような命題、数式を示すことができれば問題が解けるのかを問題を解き始める際に理解していると、問題が解きやすくなる。プロジェクト内学習会では、我々は解答を発表する際に、「まず何を示したいのか」という問いを教員から何度も受けた。我々はこの問いに向き合い、あらゆる問題で「まず何を示したいのか」を考えることで、数学の問題を解く上での方針を立てるよう意識するように

なった。

結果、我々はプロジェクト内学習会を通して、数学用語に関する知識、正しい解答を書く能力、問題を解く上での方針を立てる能力の3つの知識、能力を習得した。

(※文責: 長内将吾)

2.1.8 考察

プロジェクト内学習会の結果から、1年生にも我々の数学の学習方法における問題点や、苦手な分野が共通するのではないかと考えた。そこで我々はプロジェクト内学習会の結果を踏まえて、「1年生は証明問題が苦手である」という仮説を立てた。また、証明問題が苦手な理由を3つ考えた。

1つ目の理由は、数学用語の定義がわからないということである。例えば「数列 $\{a_n\}$ から $b_n = \frac{a_1+a_2+\dots+a_n}{n} (n = 1, 2, 3, \dots)$ と定める。 $\{a_n\}$ が有界列なら、 $\{b_n\}$ も有界列になることを示せ。」

という問題に対して、有界列の定義「 c, d を定数として $c \leq a_n \leq d (n = 1, 2, 3, \dots)$ 」を、数式で説明できない状態である。

2つ目の理由は、証明問題における方針が立てられないということである。例えば「数列 $\{a_n\}$ から $b_n = \frac{a_1+a_2+\dots+a_n}{n} (n = 1, 2, 3, \dots)$ と定める。 $\{a_n\}$ が有界列なら、 $\{b_n\}$ も有界列になることを示せ。」

という問題に対して、「 c, d を定数として $c \leq a_n \leq d$ ならば $c' \leq a_n \leq d' (n = 1, 2, 3, \dots)$ となる c' と d' が存在する」ことを示すという発想が出てこないということである。

3つ目の理由は、証明の記述の仕方がわからないということである。例えば「数列 $\{a_n\}$ から $b_n = \frac{a_1+a_2+\dots+a_n}{n} (n = 1, 2, 3, \dots)$ と定める。 $\{a_n\}$ が有界列なら、 $\{b_n\}$ も有界列になることを示せ。」

という問題に対して、方針がわかっているにもかかわらず、何を書けばいいのか、どのように書き始めればいいのかわからないということである。

(※文責: 長内将吾)

2.2 解析学 I 勉強会

解析学 I 勉強会（以下、本節では「勉強会」と記す）とは、解析学 I を履修している学生を対象に解析学 I の中間テスト対策として行った企画である。本節では、まず勉強会の目的を述べる。次に勉強会に向けての準備と勉強会当日の内容について述べる。また、勉強会当日に行ったアンケート、我々が参加者を観察し得たデータ、参加者の解答データの3つそれぞれの分析結果と考察を述べる。

(※文責: 鉢呂誠市)

2.2.1 開催の目的

本企画の目的はプロジェクト内学習会で立てた仮説の検証と1年生の現状把握の2つである。

1つ目はプロジェクト内学習会で立てた仮説の検証をすることである。その仮説とは、「1年生は証明問題が苦手である」という仮説である。さらに証明問題が苦手である理由として、「数学用語の定義がわからない」、「証明の方針が立てられない」、「証明の記述の仕方がわからない」が挙げられる。これらを苦手である理由として正しいか検証する。

2つ目の目的は、1年生の現状把握である。1年生の現状把握とは、1年生の学習方法、解き方を知ることである。本プロジェクトの目的である1年生の数学の学習環境を整備し、学習環境を支援するためには、1年生の数学学習における現状を把握し、学習環境における問題点を把握する必要がある。

(※文責: 鉢呂誠市)

2.2.2 開催に向けての準備

我々は、仮説の検証と現状把握を行うための手段として、アンケート、1年生が問題を解いている様子の観察、1年生が解いた問題の解答の3つを用いた。

そのために勉強会に向けて、「企画班」、「アンケート班」、「フライヤー班」、「メール班」、「広報班」、「数学班」に分かれて活動した。それぞれの班の内容について述べる。

企画班は、勉強会の企画書、タイムスケジュールの作成、物品準備など運営準備を行った。以下に当日のスケジュールを掲載する。(表 2.1)

表 2.1 解析学 I 勉強会タイムスケジュール

開始時間	終了時間	内容	備考
18:00	18:05	会場づくり	
18:05	18:10	出席確認	
18:10	18:20	導入 (企画概要の説明、お礼、自己紹介)	チューターから始める (名前コースなど)
18:20	18:25	アンケート、同意書	チューターが問題配布する
18:25	18:35	問題 1 出題	
18:35	18:45	問題 1 解説	
18:45	19:05	問題 2 出題	
19:05	19:20	問題 2 解説	
19:20	19:40	問題 3 出題	
19:40	19:55	問題 3 解説	
19:55	20:00	アンケート	

アンケート班は、勉強会参加登録フォームと1年生へのアンケートの2つを作成した。勉強会参加登録フォームは、勉強会参加者の人数を把握するため Google フォームを用いて作成した。

勉強会参加人数を把握することで、勉強会当日の配置図の作成に役立てた。また、勉強会参加登録フォームの登録内容に個人応募と団体応募の2つを用意した。これは、参加者が友人などと一緒に参加しやすいようにし、多くの参加者が集まるよう工夫した。アンケートも同様に Google フォームを用いて作成した。また、勉強会の前に行う事前アンケートと勉強会の後に行う事後アンケートの2つを用意した。アンケートの内容については項 2.2.4 で詳述する。

フライヤー班はフライヤーの作成を行った。以下に作成したフライヤーを掲載する(図 2.1)。我々は重要度の高いものから目に入るように工夫をした。フライヤーの重要度は以下の3つである。

1. キャッチコピー「急募。解析学の学習を変えたい人、45人。」
2. 日時、場所、内容、持ち物、備考
3. 具体的な対象者、申し込み QR コード

この順番で目に入るように工夫をした。具体的にはフォントサイズを重要度が高いもの程大きくした。キャッチコピーで興味を惹き、その後、解析学 I 勉強会の日時や場所など、企画として必要な情報を載せた。最後に「中間試験が不安な人」などの具体的な対象者、申し込み QR コードを載せた。申し込みが QR コードの読み込みでできるようにした理由は、スマートフォンで簡単にできるため、気軽に参加できると考えたからである。

図 2.1 フライヤー

メール班は、解析学 I の担当教員に対し、解析学 I の授業内告知をお願いするためのアポイントメントをとった。授業内告知の前に、あらかじめ授業の担当教員のもとに訪問し、勉強会の内容と授業内告知についての詳細を伝えた。また参加者を募るために参加応募メールの作成を行い、勉強会参加登録フォームの URL を添付した。また、勉強会参加予定者に事前アンケートの URL を添付したメールを送信した。

広報班は、解析学 I 履修者に対して解析学 I の授業内で告知を行った。また授業内告知を行った際に作成したフライヤーを 1 年生に配布した。

数学班は、勉強会で使用する数学の問題をプロジェクト内学習会で使用した問題から抜粋し、模範解答の作成を行った。仮説検証がしやすいよう証明問題を中心に抜粋した。模範解答の作成にあ

たって教員にレビューをもらい、正しい解答を作成した。また、使用する問題用紙と解答用紙の作成も行った。以下に使用した問題を記載する。(図 2.2)

解析学勉強会出題問題

学籍番号 クラス 名前

結果だけでなく、どのように考えたのかも書いてください。ただし、以下の定理、公式は既知とする。

i) $\lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{n}\right)^n$

ii) $a_n > 0$ とする。 $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{a_{n+1}}{a_n} = \alpha$ ならば $\lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{a_n} = \alpha$ が成り立つ。

問 1. 次の極限値を求めよ。

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{n-1}{n}\right)^n$$

問 2. $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\sqrt[n]{n!}}{n} = \frac{1}{e}$ を示せ。

問 3. 数列 $\{a_n\}$ から $b_n = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n}$ ($n = 1, 2, 3, \dots$)

と定める。

(1) $\{a_n\}$ が有界列なら、 $\{b_n\}$ も有界列になること

を示せ。

(2) $\{a_n\}$ が単調増加なら、 $\{b_n\}$ も単調増加になる

ことを示せ。

図 2.2 勉強会で使用した問題用紙

(※文責: 鉢呂誠市)

2.2.3 勉強会当日の実施内容

本項では、勉強会当日の実施内容について述べる。勉強会は問題演習形式で行った。勉強会は6月15日(金)に開催した。18時05分から勉強会の受付を開始し、58人の1年生が参加した。持ち物として、筆記用具、教科書、PCを持ってきてもらった。勉強会は1年生に1つの問題を解いてもらった後、我々が解説をする方式を3回繰り返した。また司会が1人、その他のメンバーが1年生に対して数学の問題を解説するチューターになった。本プロジェクトのTAには当日の様子の写真撮影(図2.3)、1年生の解答をスキャナでデータ化してもらった。1つのテーブルに1年生が6人座るスペースが必要なため、アトリエにあった机を2つ並べ広くなるようにした。また、チューターが解説をする際板書をするため、ホワイトボードを用意した。アトリエのスペースとホワイトボードの個数に限りがあるため、隣接するグループと共有し、片面ずつ使用した。配置図(図2.4)の白丸は参加者、黒丸はプロジェクトメンバーとなっている。



図 2.3 勉強会の様子

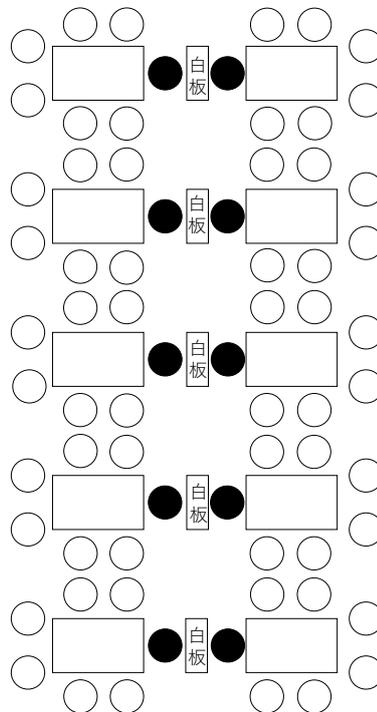


図 2.4 当日の配置図

また勉強会に際して勉強会前に、事前アンケートを行ってもらい、勉強会の最後に、事後アンケートを行った。事前アンケートは参加者へのメールで勉強会以前送信してあったため、事前アンケートを未回答者のみ当日に回答を行ってもらった。事後アンケートは参加者に、事後アンケートのQRコードを印刷した紙を配布し回答を行ってもらった。さらに我々は、当日の1年生の様子を観察した。観察項目は、仮説検証と関連付けた物を事前に決め、観察した結果を記録した。記録をするにあたり、観察項目を記載した用紙を準備し、観察を行った。項目の内容は以下の通りである。

- 問題の解答中の1年生の行動
- 同じテーブルで勉強している1年生同士の会話
- 何を使って調べているか
- 友達との会話内容

- 見た感じ詰まっている箇所

勉強会で1年生の解答をデータとして記録しておくため、1年生が問題を解き、チューターが解説をした後、その都度1年生の解答を回収しスキャンした。スキャン後の解答は1年生へ返却した。我々プロジェクトメンバーはチューターとして観察や解説を行っているため、1年生の解答のスキャンは本プロジェクトのTAにお願いした。

(※文責: 鉢呂誠市)

2.2.4 アンケートの結果

この節では、勉強会で実施した事前アンケートと事後アンケートの結果について述べる。事前アンケートでは56名、事後アンケートでは57名回答した。

- 事前アンケート

1. 高校で履修した数学科目を選択してください(複数回答可)
選択肢は、「数学Ⅰ」、「数学Ⅱ」、「数学Ⅲ」、「数学A」、「数学B」の5つである。「数学Ⅰ」と回答した人が56人、「数学Ⅱ」と回答した人が54人、「数学Ⅲ」と回答した人が37人、「数学A」と回答した人が52人、「数学B」と回答した人が52人であった。
2. 解析学の勉強をするとき、何を参考にしますか(複数回答可)
選択肢は「大学の教科書」、「高校の教科書」、「参考書」、「ノート(講義資料も含む)」、「インターネット」、「その他(自由記述)」の6つである。「大学の教科書」と回答した人が1番多く、48人だった。「高校の教科書」と回答した人は15人、「参考書」と回答した人は8人、「ノート(講義資料も含む)」と回答した人は35人、「インターネット」と回答した人が19人であった。
3. 解析学の教科書についてどう思いますか?
5段階で評価をもらった。「わかりやすい」と回答した人が1人、「少しわかりやすい」と回答した人は3人、「どちらでもない」と回答した人が16人、「少しわかりにくい」と回答した人が13人、「わかりにくい」と回答した人が23人であった。
4. 証明問題のどのような点が難しいと思いますか(複数回答可)
選択肢は「証明の方針の立て方」、「証明の記述の仕方」、「証明のための計算」、「解法が複数あるということ」、「その他(自由記述)」の5つである。「証明の方針の立て方」と回答した人が48人、「証明の記述の仕方」と回答した人が31人、「証明のための計算」と回答した人が17人、「解法が複数あるということ」と回答した人が13人であった。
5. 証明問題は好きですか嫌いですか
3段階で評価をもらった。「好き」と回答した人が4人、「普通」と回答した人が16人、「嫌い」と回答した人が36人であった。
6. 証明問題を解くのは得意ですか
3段階で評価をもらった。「得意」と回答した人が1人、「普通」と回答した人が16人、「嫌い」と回答した人が38人であった。
7. 「有界列」の定義を覚えて(理解して)いますか
4段階で評価をもらった。「(覚えていると)自身をもって言える」と回答した人が1

人、「言える」と回答した人が4人、「はっきりとは言えない」と回答した人が29人、「言えない」と回答した人が22人であった。

8. 「単調増加」の定義を覚えて（理解して）いますか

4段階で評価をもらった。「(覚えていると)自身をもって言える」と回答した人が7人、「言える」と回答した人が11人、「はっきりとは言えない」と回答した人が28人、「言えない」と回答した人が10人であった。

● 事後アンケート

1. どの広報活動を見て参加しましたか

選択肢は、「チラシを見た」と回答した人が24人、「メールを見た」と回答した人が23人、「友達に誘われたから」と回答した人が6人、「授業」と回答した人が7人、「先輩から聞いた」と回答した人が1人、「授業中の宣伝」と回答した人が1人であった。

2. これから解析学を勉強するときに、何を参考にしますか (複数回答可)

選択肢は「大学の教科書」、「高校の教科書」、「参考書」、「ノート (講義資料を含む)」、「インターネット」、「友人」、「人に聞く」、「メタ学習ラボ」の8つである。「大学の教科書」と回答した人が52人、「高校の教科書」と回答した人が19人、「参考書」と回答した人が13人、「ノート (講義資料を含む)」と回答した人が42人、「インターネット」と回答した人が21人、「友人」と回答した人が1人、「人に聞く」と回答した人が1人、「メタ学習ラボ」と回答した人が1人であった。

3. 言葉の定義がわかることで証明問題が解けるようになりましたか

4段階で評価をもらった。「なった」と回答した人が13人、「まあまあなった」と回答した人が10人、「はっきりとは言えない」と回答した人が28人、「言えない」と回答した人が10人であった。

4. 証明問題は好きですか嫌いですか

3段階で評価をもらった。「好き」と回答した人が7人、「普通」と回答した人が22人、「嫌い」と回答した人が28人であった。

5. 証明問題は得意ですか

3段階で評価をもらった。「得意」と回答した人が1人、「普通」と回答した人が15人、「嫌い」と回答した人が41人であった。

6. 数学の議論をする場合は定義が必要だと思いますか

「はい」と回答した人が55人、「いいえ」と回答した人が2人

7. 証明の方針を立てるのには何が必要だと思いますか (複数回答可)

選択肢は「定義の理解」、「反復練習」、「教科書の理解」、「直感」、「その他」、の5つである。「定義の理解」と回答した人が51人、「反復練習」と回答した人が42人、「教科書の理解」と回答した人が39人、「直感」と回答した人が27人、「その他」と回答した人が1人であった。

8. 今回の勉強会は役に立ちましたか

5段階で評価をもらった。「よかった」と回答した人が44人、「まあまあよかった」と回答した人が8人、「どちらでもない」と回答した人が3人、「あまりよくなかった」と回答した人が1人、「よくなかった」と回答した人が1人であった。

(※文責: 岡澤尚也)

2.2.5 観察の結果

次に我々が参加者を観察した結果について以下に述べる。

- 教科書をうまく使いこなせてない
- 教科書を読んでも理解できない
- 手が止まる人が多い
- 何をすればいいかわからない
- 「この定理って何だっけ」と友達と会話をしている。
- 白紙のまま手が止まっている

証明問題を解いている時の観察では、白紙のまま手が止まっていたり、わからないという声が特に多かった。

(※文責: 岡澤尚也)

2.2.6 解答の分析結果

解答の分析では、白紙の解答、言葉での説明がなく、ただ計算を進めただけの解答、論理的な説明文になっていない解答があった。しかし、解答の分析に関しては、解答を回収する前に解説を行ってしまったことで、参加者自身が解いた解答または解説を聞いて書いた解答わからなくなってしまった。そのため参加者自身が解いた解答を得ることが困難になってしまった。

(※文責: 岡澤尚也)

2.2.7 勉強会により判明したこと

本節で述べた結果を、仮説である「1年生は証明問題が苦手である」と、仮説の理由であると考えた「数学用語の定義がわからない」、「証明の方針が立てられない」、「証明の記述の仕方がわからない」の3つについて述べる。

1つ目に、「1年生は証明問題が苦手である」という仮説について述べる。アンケート結果では、証明問題が苦手と答えた参加者が69.1%である。観察結果では、証明問題を解いている際、手が止まる人が多い。解答分析では、白紙解答や完全解答できた参加者が少なかった。これらのことから1年生は証明問題が苦手であると考えられる。

2つ目に、苦手の理由である「数学用語の定義がわからない」について述べる。「『有界列』の定義を覚えて（理解して）いますか」というアンケートより、有界列の定義について覚えて（理解して）いるとはっきり言えない、言えないと答えた人を合わせると91.1%であった。また観察結果では、教科書をうまく使えない、教科書を読んでも理解できない人がいたことから、1年生は主観的にも客観的にも「数学用語の定義がわからない」と考えられる。

3つ目に、苦手の理由である「証明の方針が立てられない」について述べる。アンケート結果では、証明の方針の立て方が難しいと答えた参加者が85.7%である。観察結果では、解答中に手が

止まっている人がいた。解答結果から、白紙解答の人がいた。このことから、1年生は証明問題の「証明の方針が立てられない」と考えられる。

4つ目に、苦手の理由である「証明の記述の仕方がわからない」について述べる。アンケート結果では、証明の記述の仕方が難しいと答えた参加者が66.1%である。解答結果では、白紙解答や言葉がなく計算を進めただけの解答、論理的な説明文になっていない解答がある。このことから1年生は「証明の記述の仕方がわからない」と考えられる。

このような結果から、我々の抱えている問題点であった、証明問題が苦手であるということは1年生に対しても同様な問題点であることがわかり、今後これらの問題点を解決することができる学習支援を1年生に行う必要があると考えられる。

(※文責: 岡澤尚也)

2.3 中間発表会

中間発表会は、各プロジェクト間の交流を目的としている。また我々のプロジェクトの現状を率直に報告し、他のプロジェクトの状況を知ることにより、今後のプロジェクトの進行に役立てることが目的である。本節では、中間発表会について記述する。初めに中間発表会に向けて行った準備について、次に中間発表会当日の内容について、最後に中間発表会で聴衆に記入して頂いた評価シートの分析結果と考察を述べる。

(※文責: 佐藤義哉)

2.3.1 発表に向けての準備

中間発表会を行うにあたり、我々はどのような準備を行うべきか検討した。その結果、「スライド班」、「ポスター班」、「分析班」の3つの班に分かれ準備を行うことにした。

スライド班は、中間発表会で使用するスライドをパワーポイントを用いて作成した。これまでの活動を振り返り、大まかなアウトラインを考え、そのアウトラインを元にスライドを作成した。スライド作成の過程では、プロジェクトメンバー全員と教員でスライドのレビューを複数回に渡って行った。スライドのレビューを行う中で、以下の指摘を受けた。

- フォントがバラバラ
- 文字が多くて小さい
- それぞれの見出しでスライドを分けた方が良い
- 目的が漠然としている
- 検証結果はまとめた仮説と対比させた方が良い
- スライド間のつながりが薄い
- 構成、オチ、イントロダクション、スライド間の繋がりを考える
- セールスポイントを考えるべき
- アンケート結果を上手く使う

以上の指摘をもとに内容とデザイン面の向上を図った。ポスター班と連携して内容にずれが生じ

ないよう調整した。スライド作成は発表会当日の直前まで修正を行った。

ポスター班は、中間発表会で使用するポスターの内容やデザイン、英訳などを行った。ポスターは illustrator を用いて作成した。ポスター班もスライド班と同様、ポスターのレビューをプロジェクトメンバー全員と教員で繰り返し行った。ポスターのレビューを行う中で、以下の指摘を受けた。

- 「1」と「一」を統一させる
- 文章が多い
- 色をスライドとポスターで統一させる

以上の指摘をもとに内容とデザイン面の向上を図った。内容にずれが生じることが無いようスライド班と共有をしながら作業を進めた。スライドとの内容合わせのためにスライドの変更に合わせてポスターも変更した。

分析班は、勉強会で得られたデータをスライドや発表で使用するための分析を行った。分析する内容は「アンケート」、「1年生の言動の観察」、「1年生の答案用紙」の3種類である。そこで、分析班は「アンケートチーム」、「観察チーム」、「答案チーム」の3チームに分かれた。それぞれのチームは、前節で述べた「数学用語の定義」、「証明の方針の立て方」、「解答の記述の仕方」ができていのかについて分析を行った。これらについての分析結果を Excel で集計した。

アンケートチームは、アンケートの「証明問題が不得意か」、「有界列の定義を説明できると言えるか」、「証明問題の難しい点」という質問について分析した。

観察チームは、解析学 I 勉強会の観察結果から判明したことをもとに分析を行った。1年生の「(この問題で最初に)何をしたらよいかわからない」、「(問題の)わけがわからない」、「(記述のために)何を参考にすればよいかわからない」、「(証明の方針を示すための)式変形がわからない」という声、1年生の手が止まって動かない様子の2点に着目した。

答案チームは、解析学 I 勉強会にて1年生に解いてもらった問題の答案から分析を行った。分析の方法は、特徴的な解答の項目を挙げて、これらの項目に当てはまる人を数えていき、Excel で集計した。

(※文責: 佐藤義哉)

2.3.2 当日の状況

7月13日(金)、本学1階プレゼンテーションベイで発表を行った。中間発表会は前半3回、後半3回の計6回行い、6名で発表を行った。その際、聴衆に対して評価シートを配布し、記入してもらった。評価シートの項目は、発表技術と発表内容の2つであった。この2つの項目は1(非常に悪い)から10(非常に優秀)の10段階評価と、自由記述によるコメントを記入してもらった。当日は、学生と教員を含む68名の評価を受け、評価シートは項目ごとに記入がなされているものを有効票、記入がなされていないものを無効票とした。発表方法はスライドをプロジェクターでスクリーンに投影し、12分ほどの発表をした。その後、聴衆からの質問に回答をした。発表の際に、発表者以外のメンバーはサポートとして、評価シートの配布と回収、写真撮影を行った。それ以外のメンバーは他のプロジェクトの発表を聴き、評価した。



図 2.5 発表の様子

(※文責: 佐藤義哉)

2.3.3 評価シートの分析結果

これらを集計した結果、発表技術についての評価の平均は 7.40（有効回答数 $n = 62$ 、標準偏差 $SD = 1.59$ ）であり、発表内容についての評価の平均は 7.20（有効回答数 $n = 60$ 、標準偏差 $SD = 1.96$ ）であった。また、自由記述で得られた回答の一部を以下に挙げる。

- 発表技術

- 良い点

- * 声が聞き取りやすい
- * 声量が良かった
- * プレゼンがシンプルで要点もまとめられていた
- * スライドが見やすく理解しやすい
- * 堂々として、聴衆の方を見て発表ができていた
- * 指示棒やジェスチャーを用いた発表で良かった
- * 観客に話しかけるように発表できてよかった
- * 慣れない単語の説明をしてくれわかりやすかった

- 悪い点・指摘

- * もう少し声を張ってほしい
- * スライドに誤字があった
- * 文字が多くてスライドの内容が伝わらなかった
- * 活動や成果を正しく理解して話せると良い
- * スライドの色使いを工夫したほうが良い
- * 質問の回答が行き当たりばったり
- * 複数の人で発表したほうが良かったのでは
- * 原稿を読んでいる感があって伝わりにくい

- 発表内容

- 良い点

- * 仮説を立てて実際に勉強会を行い、言動などの点から結論を出すやり方は良かった

- * 身近な問題で良かった
- * 自分たちの大学を向上させる活動は良いと思った
- * 1年生が抱えているだろう問題を具体的に掘り下げて解決しようとしているところが良い
- * 発表内容の構成がわかりやすかった
- * 仮説を立てるまでのプロセスがわかりやすかった
- * 証明を対象にしたのは昨年とは違い良かった
- * 背景目的がクリアでわかりやすい
- * 良いプロジェクトの進め方、短期間で成果が出ているのは評価できる

－ 悪い点・指摘

- * 後期に作るシステムが何なのかわからない
- * 仮説の検証法が不明確
- * 背景・目的が薄い
- * 勉強会に参加した人だけでなく1年生全体にアンケートしたほうが良かったのでは
- * 方針を立てられない以前に何をすることが求められているかわかっていないと感じる
- * 証明問題をどのように理解してもらうのか
- * 理解度が異なる人でも学習環境を統一して良いのか
- * モチベーションを高めるような働きかけをする方向性もあるのでは
- * 具体的なシステムのイメージを示せるとよい

(※文責: 佐藤義哉)

2.3.4 考察

はじめに、中間発表会までの準備段階での反省点を述べる。準備段階で大きな問題となったのは、発表の際に用いるスライドの内容についてである。スライド間で話の繋がりがよくわからなかったり、話の内容が薄く抽象的なものが多かったことで教員や TA の方から何度も指摘を受けた。この経験から、発表スライドを作る際には、初めに一連のストーリーを考えアウトラインを作ること、データや例を挙げて具体化することの大切さを学んだ。他には、発表者とスライド作成者との間で内容の認識に齟齬をきたし、スライドの手直しが続き、完成が発表当日にまで及んでしまったという問題点がある。原因は手直しに取り掛かるのが遅くなったこと、時間がかかり過ぎてしまったことである。よってもう少し早い段階で共有、手直しをすべきだった。しかし、発表者とスライド作成者が一緒に作業しなかったことにより、発表者がスライドを客観的に評価することができたという良い点もある。

次に、発表評価シートに基づいて我々の活動を振り返る。発表評価シートによると、発表技術と発表内容の平均点はそれぞれ「7.4」、「7.2」であった。以下では、評価の詳細について述べる。

まず、我々の発表の高評価を受けた点について述べる。発表技術の評価では「プレゼンが見やすく理解しやすかった」という意見が挙がった。理由として、スライドを作る際に一連のストーリーを考えて作ったことにより、論理的に説明できたことが挙げられる。また、発表内容の評価では「発表内容の構成がわかりやすかった」という意見が挙がった。今後も、「証明問題が苦手である」

という問題点を軸に、論理的に学習者のサポート方法を考えていく必要がある。

次に、反省すべき点について述べる。発表技術に関しては「聞きづらい」「流れが悪い」という指摘が目立った。この指摘に関しては、自分の発表に自信を持てなかったり、話を展開する順序を把握し切れていなかったりなど、発表者の練習不足が原因として考えられる。練習不足になってしまった理由として、スライドの完成が発表当日にまで及んでしまったことが挙げられる。成果発表会では、早い段階で準備、共有、手直しを行い、発表練習の時間を十分に設ける必要がある。特に成果発表会に用いるスライドの作成では、「問題提起」→「論拠」→「論証」の流れを念頭に置く。また、発表内容に関しては「後期に作るシステムが何なのかわからない」という指摘が目立った。この指摘に関しては、長期的な計画を立てていなかったことが原因として考えられる。後期はシステム開発を行い、学習者をサポートする。しかしながら、具体的なシステムの内容や方法についてはプロジェクト内でも議論できていなかった。

また、他プロジェクトの発表を聴くことによる影響もあった。発表の回し方やスライドの書き方など、参考にできることが多くあった。また、他プロジェクトが積極的に活動していることがわかり、我々のモチベーションも向上した。

ここまで、準備段階での反省点と発表評価シートでの意見指摘を述べてきた。これらを踏まえ、我々の活動について継続すべき点と、反省すべき点を改めて整理し、後期の活動がより良いものとなるように考えていく必要があった。

(※文責: 豊田和人)

2.4 前期のまとめ

2.4.1 プロジェクト内学習会

プロジェクト内学習会では、3つの目的を達成するために行い、それら3つの目的とは、数学の問題を解く上での学習方法の把握、数学における理解に関する現状把握、1年生を支援する上で必要な知識の習得である。これら3つの目的を達成するために我々は、実際に解析学Iの教科書に掲載されている問題を解き、解いてきた解答の発表を行った。発表を行った際に、解答は導き出せているが、解答を導くまでに用いた数学用語や、定義・定理について教員から質問された際にしっかりと教員に受け答えすることができなかった。例を上げると我々は「逆関数」という数学用語の定義・定理を完全に理解しておらず、定義域や値域をしっかりと示さず使っていたことを指摘された。そこで我々はそれぞれの学習方法についての問題点についても考えた。そこで得られた問題点とは、略解を読み、導き出した解答と一致していれば問題を解けたと思い込んでしまう点であった。またプロジェクト内学習会で扱った問題のうち、我々は証明問題の分野が苦手であるということが判明した。その理由として、「数学用語の定義がわからない」、「証明の方針が立てられない」、「証明の記述の仕方がわからない」、以上3つの理由であると考えた。そこで、1年生は我々と同じ大学の学生であるので、1年生の苦手が我々の苦手と共通すると考え、「1年生は証明問題が苦手である」という仮説を立てた。

(※文責: 鉢呂誠市)

2.4.2 解析学 I 勉強会

そこで我々はプロジェクト内学習会で立てた仮説の検証を行うため、解析学 I 勉強会を企画した。開催に向けて我々は、「企画班」、「アンケート班」、「フライヤー班」、「メール班」、「広報班」、「数学班」に分かれて活動を行った。企画班は企画書、タイムスケジュールの作成、物品準備などを行った。アンケート班は、アンケート作成と参加登録フォームを作成した。フライヤー班は宣伝のためのフライヤー作成を行った。メール班は解析学の教員に授業内告知を行わせてもらうためのアポイントメントをとった。広報班は解析学 I 履修者に対して解析学 I の授業内で告知を行った。数学班は勉強会で使用する数学の問題をプロジェクト内学習会で使用した問題から抜粋と使用する問題の模範解答の作成を行った。各班それぞれ活動を行い、解析学 I 勉強会を開催した。勉強会は 1 年生に問題を解いてもらった後、我々が解説をする方式で行った。司会 1 人、そのほかのメンバーが 1 年生に対して数学の問題を解説するチューターになった。さらに勉強会の前と後にそれぞれ 1 回ずつアンケートをとった。また参加者の解答データを集め、さらに参加者が解答しているときの様子を観察した。これらの集めたデータをもとに、分析を行った。

(※文責: 鉢呂誠市)

2.4.3 アンケート結果

アンケート結果より、「証明問題が不得意」と回答した参加者が 69.1% いた。今回は「有界列の定義を覚えて（理解して）いるか」という数学用語の知識に関するアンケートをとったところ、「はっきり言えない」、「言えない」と答えた参加者が合計 91.1% いた。さらに「証明問題のどのような点が難しいと思いますか？（複数回答可）」という質問について、「証明の方針の立て方」と答えた参加者が 85.7% いた。また、「証明の記述の仕方」と答えた参加者は 66.1% いた。これらの結果から我々がプロジェクト内学習会で立てた、「1 年生は証明問題が苦手である」、という仮説が正しいことが証明された。また証明問題が苦手な理由としてあげた、「数学用語の定義が分からない」、「証明の方針が立てられない」、「証明の記述の仕方が分からない」という 3 つの理由も当てはまることが判明した。よって今後は、「1 年生は証明問題が苦手である」という問題点を改善するために活動を行っていくことにした。

(※文責: 鉢呂誠市)

2.4.4 中間発表会

中間発表会で、我々は「スライド班」、「ポスター班」、「分析班」の 3 つの班に分かれ準備を行った。スライド班は中間発表会で使用するスライドの作成を行った。ポスター班は中間発表会で使用するポスターを illustrator を用いて作成した。分析班は勉強会で得られたデータをスライドや発表で使用するための分析を行った。そして我々は中間発表会の場で前期に行った活動を発表した。発表内容は、最初にプロジェクトの目標を確認し、プロジェクト内学習会を行い仮説を立てた。そして仮説を検証するために解析学 I 勉強会を開催し、仮説が正しいことを証明した。そして後期の

Designing Learning Environment for Mathematical Science

活動の見通しといった順番の内容であった。発表はスライドを用いたプレゼンテーション、質疑応答の時間を含め 20 分であった。これを 1 人ずつ、計 6 人で 6 回発表を行った。そこで我々の発表に対する評価をもらった。受け取った評価を分析し、反省を行った。また他プロジェクトの発表を我々が聴きに行くことで、交流を行った。交流したことによって我々が行った活動の良かった点、至らなかった点がより鮮明にわかるようになった。

(※文責: 鉢呂誠市)

第 3 章 後期の活動

本章では、後期の活動について記述する。後期では、前期に提案された問題を、情報技術を用いて改善することを主な活動とする。前期に提案された問題を、情報技術を用いて改善するために行った、「プロジェクト内学習会」、「Web サービスの構築」、「解析学 II 勉強会」、「成果発表会」について述べる。最後に「最終報告書の作成」について述べる。

(※文責: 豊田和人)

3.1 プロジェクト内学習会

我々は後期の初めにプロジェクト内学習会を行った。プロジェクト内学習会は前期同様、各々が夏休み期間中に解いてきた解答を発表し、発表者以外のメンバーと教員からレビューを受けながら学習するという方法で行った。本節では後期のプロジェクト内学習会の目的、実際に扱った問題、数学面で直面した疑問、結果について述べる。

(※文責: 岡澤尚也)

3.1.1 学習会の目的

後期のプロジェクト内学習会の目的は、3つある。

1つ目は、我々の数学の理解に関する現状把握である。前期の活動より、「我々が苦手とする課題」は、「1年生が苦手とする課題」と共通していることが分かった。よって後期にもプロジェクト内学習会を行うことで、さらに多くの課題を把握できると考えた。

2つ目は、1年生の学習環境を支援する上で必要な数学の知識の習得である。前期では解析学 I のテスト範囲を集中的に学習していたため、解析学 II の範囲については、我々の知識が不足していた。しかし、解析学 II 勉強会では我々がチューターとして1年生に教える立場になる。よって解析学 II 勉強会で使用する問題に対して理解を深め、十分な数学の知識を習得しなければならない。解析学 II 勉強会に関しては 3.3 節で詳しく述べる。

3つ目は、Web サービスに導入するコンテンツ作成である。我々が、前期に見出した証明問題を苦手とする理由である、「数学用語の定義がわからない」、「証明の方針が立てられない」、「証明の記述の仕方がわからない」という3つを解決するために有効なコンテンツを選定するために行った。Web サービスに関しては 3.2 節の Web サービスの構築で詳しく述べる。

(※文責: 岡澤尚也)

3.1.2 学習会で扱った問題

解析学Ⅱの中間テストの範囲になっている教科書 [1]p42 ページ 2.2.5、49 ページ 2.3.2(1)、2.3.5、53 ページ 2.4.2 から抜粋した。また、 $\sin x$ の n 次導関数の証明とライプニッツの定理の証明も学習した。解析学Ⅱの中間テストの範囲から問題を抜粋したのは、作成した Web サービスの有用性を調べるために、解析学Ⅱ勉強会を開催することを想定していたためである。以下に問題を記載する。(共立出版 微分 改訂版 上見練太郎ら著より引用)

教科書 [1]p42 練習問題 2.2

5. つぎを確かめよ。

$$\frac{d^n}{dx^n}(e^x \sin x) = 2^{n/2} e^x \sin\left(x + \frac{n\pi}{4}\right)$$

教科書 [1]p49 練習問題 2.3

2. (1)不等式 $\log(1+x) \geq \frac{x}{1+x}$ ($x > -1$) を確かめよ。

(2) $a > 0$ とする。 $f(x) = \left(1 + \frac{a}{x}\right)^x$ は $x > 0$ で単調増加関数であることを示せ。

5. $x > 0$ のとき、 $e^x > 1 + x + \frac{x^2}{2}$ であることを証明せよ。

教科書 [1]p53 練習問題 2.4

2. $a, b, c > 0$ とし、 $\lim_{x \rightarrow 0} \left(\frac{a^x + b^x + c^x}{3}\right)^{\frac{3}{x}} = abc$ を示せ。

(※文責: 岡澤尚也)

3.1.3 数学面で直面した疑問

実際に数学の問題を解いた際に、我々が躓いた箇所や新しく得られた知識などについて記述する。

1. $\frac{d^n}{dx^n}(e^x \sin x) = 2^{n/2} e^x \sin\left(x + \frac{n\pi}{4}\right)$ を確かめよ。

上記の問題に対し、まずどのようにして証明するか考えが浮かばないというメンバーがいた。ま

た、数学的帰納法を用いて証明したメンバーに対して、なぜ数学的帰納法を用いるのか、そもそも数学的帰納法とは何なのか、という疑問が投げかけられた。数学的帰納法を考えるために、ドミノ倒しの例を考える。番号1のドミノが倒れたら、番号2のドミノは必ず倒れる。また、番号kのドミノが倒れたら、番号k+1のドミノも倒れる。これらのことを踏まえると、すべてのドミノについて同じことが言える。このように、出発点である命題が正しく、さらにある地点とその次の地点の命題が正しいと、全ての場合で成り立つことを証明する方法である。(図3.1参照)。そして数学的帰納法を用いる意義として、機械的な計算で証明できてしまうことが多く、また、自然数nが含まれている証明問題では非常に多く用いられるためである。

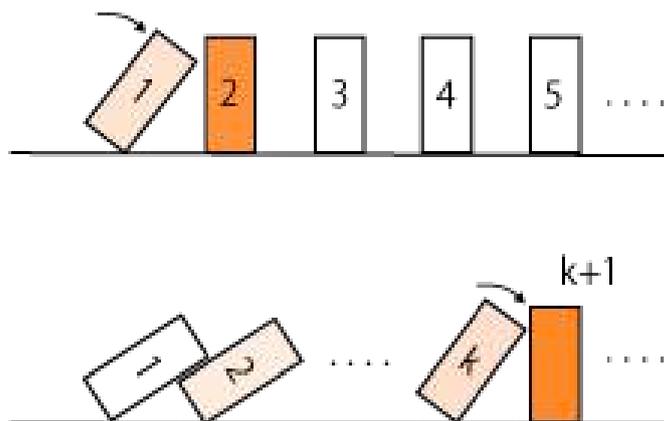


図 3.1 数学的帰納法のイメージ図

次に、模範解答から躰いた箇所をピックアップする。以下は模範解答である。

数学的帰納法を用いて証明する。

(i) $n = 1$ のとき

$$\begin{aligned}
 (\text{左辺}) &= \frac{d}{dx}(e^x \sin x) = e^x \sin x + e^x \cos x \\
 &= e^x(\sin x + \cos x) \\
 &= e^x \left\{ \sqrt{2} \sin\left(x + \frac{\pi}{4}\right) \right\} \quad \text{----- ①} \\
 &= 2^{1/2} e^x \sin\left(x + \frac{\pi}{4}\right)
 \end{aligned}$$

(右辺) $= 2^{1/2} e^x \sin\left(x + \frac{\pi}{4}\right)$
 以上より $n = 1$ のとき成立。

(ii) $n = k$ のとき

$\frac{d^k}{dx^k}(e^x \sin x) = 2^{k/2} e^x \sin\left(x + \frac{k\pi}{4}\right)$ が成立すると仮定する。
 $n = k + 1$ のとき

$$\begin{aligned}
 \frac{d^{k+1}}{dx^{k+1}}(e^x \sin x) &= \{2^{k/2} e^x \sin(x + \frac{k\pi}{4})\}' \quad \text{----- ②} \\
 &= 2^{k/2} \{e^x \sin(x + \frac{k\pi}{4}) + e^x \cos(x + \frac{k\pi}{4})\} \\
 &= 2^{k/2} e^x \{\sin(x + \frac{k\pi}{4}) + \cos(x + \frac{k\pi}{4})\} \\
 &= 2^{k/2} e^x \sqrt{2} \sin(x + \frac{k\pi}{4} + \frac{\pi}{4}) \\
 &= 2^{k/2} e^x 2^{1/2} \sin(x + \frac{k+1}{4} \pi) \\
 &= 2^{k+1/2} e^x \sin(x + \frac{k+1}{4} \pi)
 \end{aligned}$$

以上より $n = k + 1$ のときも成立。

(i)(ii) より、与式は任意の自然数で成立する。

①について、「数学 II」で学ぶ「三角関数の合成」を忘れていたメンバーがいた。

②について、 $\frac{d^{k+1}}{dx^{k+1}}$ を $\frac{d^k}{dx^k}$ を用いて示す方法 $((e^x \sin x)^{(k+1)} = \{(e^x \sin x)^{(k)}\}')$ が浮かばないメンバーがいた。

2. $a > 0$ とする。 $f(x) = \left(1 + \frac{a}{x}\right)^x$ は $x > 0$ で単調増加関数であることを示せ。

まず、単調増加関数であることを示すには、定義域内で $f'(x) \geq 0$ であることを示す必要がある。そのため、 $f(x)$ を微分しなくてはいけないが、この関数の微分の仕方がわからないメンバーがいた。ここでは対数微分法を用いる。対数微分法とは、両辺の対数をとって微分する方法である。しかし、対数には真数条件というものが存在し、真数が正である時のみ対数をとることができる。しかし、真数が正であることを確認せずに対数をとってしまうメンバーがいた。

3. $a, b, c > 0$ とし、 $\lim_{x \rightarrow 0} \left(\frac{a^x + b^x + c^x}{3}\right)^{\frac{3}{x}} = abc$ を示せ。

まず、「底にも指数にも x が含まれているので対数をとって考える」という考えが思い浮かばないメンバーがいた。ここで、ロピタルの定理を使うのだが、ロピタルの定理は不定形の場合のみ使うことができる。しかし、その確認をせずにロピタルの定理を使ってしまうメンバーがいた。また、底が自然対数の底 e ではない時の指数関数の微分を忘れていたメンバーがいた。

4. ライプニッツの定理を証明せよ。

まず、「ライプニッツの定理」を以下に示す。

関数 f と g が n 回微分可能ならば、積 fg も n 回微分可能で

$$\frac{d^n}{dx^n} f(x)g(x) = \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} f^{(n-k)}(x)g^{(k)}(x)$$

である。ただし、 $f^{(0)}(x) = f(x)$ 、 $g^{(0)}(x) = g(x)$ とする。

この定理は以下のように分割して 2 つを示す必要がある。

(I) 関数 f と g が n 回微分可能ならば、積 fg も n 回微分可能

(II)

$$\frac{d^n}{dx^n} f(x)g(x) = \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} f^{(n-k)}(x)g^{(k)}(x)$$

(Leibniz の公式)

ここで、(II) のライプニッツの公式のみを証明してしまったメンバーがいた。証明しながら仮定し、それをもう 1 つの証明に用いるという特殊な証明問題である。ライプニッツの定理の証明では、まとめて 2 つ証明するという特殊な証明問題があることを学んだ。また、途中計算で躓いてしまうメンバーも多くいた。

次に、模範解答から躓いた箇所をピックアップする。以下は模範解答である。

数学的帰納法を用いて証明する。

(i) $n = 1$ のとき

(I) について、 f と g が 1 回微分可能な時

$$\begin{aligned} (f(x)g(x))' &= \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h)g(x+h) - f(x)g(x)}{h} \quad \text{----- ①} \\ &= \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h)g(x+h) - f(x)g(x+h) + f(x)g(x+h) - f(x)g(x)}{h} \\ &= \lim_{h \rightarrow 0} \frac{(f(x+h) - f(x))g(x+h) + f(x)(g(x+h) - g(x))}{h} \\ &= \lim_{h \rightarrow 0} \left\{ \frac{f(x+h) - f(x)}{h} g(x+h) + f(x) \frac{g(x+h) - g(x)}{h} \right\} \\ &= f'(x)g(x) + f(x)g'(x) \end{aligned}$$

fg を導関数の定義を用いて変形した結果、 f と g の 1 回微分で表すことができたので、積 fg も 1 回微分可能である。

(II) について、

$$\begin{aligned} \text{(左辺)} &= (fg)' \\ &= f'g + fg' \\ \text{(右辺)} &= \sum_{k=0}^1 \binom{1}{k} f^{(1-k)} g^{(k)} \\ &= \binom{1}{0} f^{(1)} g^{(0)} + \binom{1}{1} f^{(0)} g^{(1)} \\ &= f'g + fg' \end{aligned}$$

以上より $n = 1$ のとき成立。

(ii) $n = t$ のとき

ライプニッツの定理

(I) 関数 f と g が t 回微分可能ならば、積 fg も t 回微分可能

$$(II)' (fg)^{(t)} = \sum_{k=0}^t \binom{t}{k} f^{(t-k)} g^{(k)}$$

を仮定する。

$n = t + 1$ のとき

ライプニッツの定理自体の仮定より、関数 f と g が $t + 1$ 回微分可能とする。

(I) について、積 fg も $t + 1$ 回微分可能であることを示す。

(II)' の右辺を変形すると、

$$\sum_{k=0}^t \binom{t}{k} f^{(t-k)} g^{(k)} = \binom{t}{0} f^{(t)} g^{(0)} + \binom{t}{1} f^{(t-1)} g^{(1)} + \binom{t}{2} f^{(t-2)} g^{(2)} + \dots + \binom{t}{t-1} f^{(1)} g^{(t-1)} + \binom{t}{t} f^{(0)} g^{(t)}$$

となり、 f と g は $t + 1$ 回微分可能なので、微分すると

$$\binom{t}{0} \{f^{(t+1)} g^{(0)} + f^{(t)} g^{(1)}\} + \binom{t}{1} \{f^{(t)} g^{(1)} + f^{(t-1)} g^{(2)}\} + \dots + \binom{t}{t-1} \{f^{(2)} g^{t-1} + f^{(1)} g^t\} + \binom{t}{t} \{f^{(1)} g^{(t)} + f^{(0)} g^{(t+1)}\}$$

となり、 f と g の $t + 1$ 次以下の導関数で表すことができたので

積 fg も $t + 1$ 回微分可能である。

(II) について、先の証明より積 fg は $t + 1$ 回微分可能であるから、(II)' の両辺を微分すると

$$\begin{aligned} (fg)^{(t+1)} &= \{(fg)^{(t)}\}' \\ &= \left\{ \sum_{k=0}^t \binom{t}{k} f^{(t-k)} g^{(k)} \right\}' \\ &= \sum_{k=0}^t \binom{t}{k} \{f^{(t-k+1)} g^{(k)} + f^{(t-k)} g^{(k+1)}\} \\ &= \sum_{k=0}^t \binom{t}{k} f^{(t-k+1)} g^{(k)} + \sum_{k=0}^t \binom{t}{k} f^{(t-k)} g^{(k+1)} \\ &= \sum_{k=0}^t \binom{t}{k} f^{(t-k+1)} g^{(k)} + \sum_{k=1}^{t+1} \binom{t}{k-1} f^{(t-k+1)} g^{(k)} \text{-----} \textcircled{2} \\ &= \binom{t}{0} f^{(t+1)} g + \sum_{k=1}^t \binom{t}{k} f^{(t-k+1)} g^{(k)} + \sum_{k=1}^t \binom{t}{k-1} f^{(t-k+1)} g^{(k)} + \binom{t}{t} f g^{(t+1)} \\ &= f^{(t+1)} g + \sum_{k=1}^t \left\{ \binom{t}{k} + \binom{t}{k-1} \right\} f^{(t-k+1)} g^{(k)} + f g^{(t+1)} \\ &= f^{(t+1)} g + \sum_{k=1}^t \binom{t+1}{k} f^{(t+1-k)} g^{(k)} + f g^{(t+1)} \text{-----} \textcircled{3} \\ &= \binom{t+1}{0} f^{(t+1)} g + \sum_{k=1}^t \binom{t+1}{k} f^{(t+1-k)} g^{(k)} + \binom{t+1}{t+1} f g^{(t+1)} \text{-----} \textcircled{4} \\ &= \sum_{k=0}^{t+1} \binom{t+1}{k} f^{(t+1-k)} g^{(k)} \end{aligned}$$

以上より $n = k + 1$ のときも成立。

(i)(ii) より、ライプニッツの定理は任意の自然数で成立する。

①について、「数学Ⅱ」で学ぶ導関数の定義を忘れていたメンバーがいた。また、導関数の定義を用いた式変形の方法が思い浮かばないメンバーもいた。

②について、式変形が理解できないメンバーがいた。以下に式変形を示す。

$$\begin{aligned} \sum_{k=0}^t \binom{t}{k} f^{(t-k)} g^{(k+1)} &= \binom{t}{0} f^{(t)} g^{(1)} + \binom{t}{1} f^{(t-1)} g^{(2)} + \dots + \binom{t}{t} f^{(0)} g^{(t+1)} \\ &= \sum_{k=1}^{t+1} \binom{t}{k-1} f^{(t-k+1)} g^{(k)} \end{aligned}$$

③、④について、二項係数の定義、性質を忘れていたメンバーがいた。以下に二項係数の定義、性質、③の式変形を示す。

二項係数の定義と性質は次の通りである。

- $\binom{n}{k} = {}_n C_k = \frac{n!}{k!(n-k)!}$
- $0! = 1$
- $\binom{n}{0} = \binom{n}{n} = 1$

③の式変形は次の通りである。

$$\begin{aligned} \binom{t}{k} + \binom{t}{k-1} &= \frac{t!}{k!(t-k)!} + \frac{t!}{(k-1)!(t-k+1)!} \\ &= \frac{(t-k+1) \cdot t!}{k!(t-k+1)!} + \frac{k \cdot t!}{k!(t-k+1)!} \\ &= \frac{\{(t+1)-k\} \cdot t! + k \cdot t!}{k!(t-k+1)!} \\ &= \frac{(t+1) \cdot t! - k \cdot t! + k \cdot t!}{k!(t-k+1)!} \\ &= \frac{(t+1)!}{k!(t+1-k)!} \\ &= \binom{t+1}{k} \end{aligned}$$

(※文責: 渡邊健)

3.1.4 プロジェクト内学習会の結果

後期のプロジェクト内学習会を行うことによって、我々全員が解析学Ⅱ勉強会で使用する予定である証明問題に対する理解を深めることができた。前期に見出した証明問題を苦手とする理由である、「数学用語の定義がわからない」、「証明の方針が立てられない」、「証明の記述の仕方がわから

ない」、この3つを意識しながらプロジェクト内学習会を行うことで、これらを解決するためのヒントを得ることができた。我々が苦手とする課題、Web サービスで使用するコンテンツについては、項 3.2.5 の数学班で詳しく述べる。

(※文責: 佐藤義哉)

3.2 サービスの基本方針

我々は1年生に証明問題を解く手助けをする Web サービスを作成した。証明の方針の立て方が分からない、証明問題の解答の記述方法が分からないなどといった「証明問題に苦手意識がある人」を対象とした。これらの苦手意識がある人のうち、特に解く際に手が付けられない、且つ証明問題の学習方法がわからない人を対象とする。この節では作成した Web サービスの狙いと前期に我々が挙げた問題点の解決方法、Web サービスについて説明する。

(※文責: 神野香菜子)

3.2.1 作成した Web サービスの狙い

Web サービスの狙いは3つある。

- 1人で学習ができる
- 証明問題の考え方を学ぶことができる
- 全くできない人にキッカケを与える

まず「1人で学習ができる」ことには自分のペースで学習ができるという利点がある。人それぞれ、文章を読む速度や、証明問題やその解説を理解する速度が違う。さらに解答の速度は人によって時間が大きく異なる。1人で学習をすることで自分のペースで学習ができることは、利点である。

次に「証明問題の考え方を学ぶことができる」とは証明問題における解答文章の記述の考え方が身につくという意味がある。項 2.2.4 より、証明問題が苦手な人は解答の方針立て、記述が特に苦手ということが明確になった。そのため証明問題を解くためには計算式よりも、方針を明確にしたうえで解答を記述する方法を学ぶことが大事である。よって我々はその考え方を理解してもらうことを狙いとした。

最後に「全くできない人にキッカケを与える」とは、問題に手が付けられない人に解くためのキッカケを与えることである。また、1度の学習で完全な解答を目指すわけではないということである。証明問題の学習は1度で大きな進捗を出すことは難しい。繰り返しの学習で解答の流れを理解してもらうことを狙いとしている。

(※文責: 神野香菜子)

3.2.2 問題の解決方法

次に前期に我々が問題提起した問題の解決方法を説明する。本学の1年生は証明問題が苦手な人が多い。その原因として我々は3つの問題を提起した。

- 数学用語の定義がわからない
- 証明の方針が立てられない
- 証明の記述の仕方がわからない

「数学用語がわからない」、「証明の方針が立てられない」という問題は選択問題形式にすることで解決を試みた。具体的には4択の中から正しいものを選ぶ問題とした。選択問題形式を採用した理由として、証明問題が苦手な人を対象としているので、「気軽に取り組んで欲しい」、「難易度を下げため」というものが挙げられる。記述問題形式では、数学用語や証明の方針は、問題の知識がないと答えることが難しい。しかし選択問題形式を採用することによって、知識がなくても選択肢のみを読んで答えることが可能になると考えた。

またこの3つの問題点を解決するためにはステップ形式が適当であると考え、以下の3つのステップに分けた。

- ステップ1 数学用語の定義
- ステップ2 証明問題の解答の方針
- ステップ3 証明記述の方法

(※文責: 神野香菜子)

3.2.3 Web サービスにした理由

最後に Web サービスにした理由を述べる。理由は3つある。

1つ目は、本学の生徒はパソコンを所持することが必須とされている。また Web サービスは、アプリなどをダウンロードする必要がなく、ブラウザ上ですべて完結させることができる。よって Web サービスはインターネット環境があれば、どんな場所でも利用できるというメリットがある。

2つ目は、Web サービスは「好きな時間に学習できる」、「繰り返し学習ができる」、「1つの画面の情報量が多い」などの特徴がある。時間を選んで行う必要がないため、Web サービスを利用する学習者に、負担が少ないというメリットがある。さらに何度も1から解き始めることが可能なので、手軽に反復学習を行うことができる。

3つ目は、本学で学んだ講義が活用できると考えたからである。本学では1年生の講義に「情報機器概論」といったものがある。これはコンピュータの情報処理や、インターネットの基礎知識を学ぶことができる講義である。この講義の中にマークアップ言語の HTML を学ぶ講義があり、学習者に提供するものを Web サービスにすると、講義で得た知識を活用できると考えたからである。

(※文責: 神野香菜子)

3.2.4 システム班によるシステム設計と実装

Web サービスの構築のため、数学班とシステム班に分かれて作業を行った。数学班は Web サービスに使用する問題、模範解答の作成を行った。システム班は Web サービスのデザインと開発を行った。この項ではシステム班によるシステム設計と実装について述べる。

まず出題形式を決定する作業から始めた。「数学用語の定義」、「証明問題の解答の方針」、「証明記述の方法」を Web サービスを通して学ぶことで、証明問題を解く手助けになるものを考える。これら 3 つの要素を満たすものとして解決していく Web サービスの開発を目指した。

Web サービスを 3 つのステップに分け、それぞれ問題を設定した。具体的には、ある証明問題を学ぶ際に、この証明問題で使用、もしくは理解していないといけない事項をステップ 1 「数学用語の定義」で学習する。その後、ステップ 2 「証明問題の解答の方針」で最終的に述べないといけないこと、それに至る考え方を学習する。最後に、ステップ 3 「証明記述の方法」で実際の解答を、バラバラになっている文章を並べ替えをすることによって、証明問題の解答の仕方を学習するといった流れである。

Web サービスを作るにあたって Web ページのデザインを紙に書き起こした。Web サービスの画面デザイン案を紙に書いて並べることで、問題文・選択肢の位置や、ページの遷移、全体のデザインの検討を行った。紙に書き出すことで、変更点や更新点を容易に編集することができた。またパソコン上ではないため、紙とペンさえあれば、手軽にデザイン案を作成することができた。

「数学用語の定義」を解答させる問題は、選択式の問題にした。また、「証明問題の解答の方針」も同じく、選択式の出題の仕方にした。選択式とは、4 択の中から正解の選択肢を 1 つ、もしくは複数個選択するというものである。選択肢には隠れた番号を 0,1,2,3 とつけておき、正誤を判定する。0 を選択した場合に正解とし、それ以外を選択した場合に不正解とした。それぞれの問題に対する正解のページと不正解のページを作成しておき、正誤によって、ページの遷移先を変えた。正解だった場合、次の問題に進むようにした。不正解だった場合、もう一度同じページに遷移させ、同じ問題を表示した。そのときに不正解だった選択項目を保存する機能をつけた。これによって不正解だった選択肢がわかり、解答を見直すことができる。これは Cookie を使用することによって対応を行った。(図 3.1)

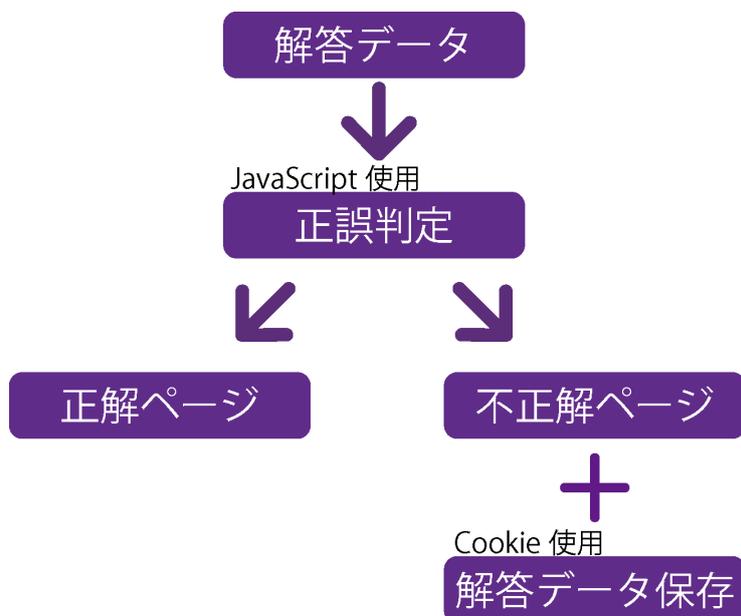


図 3.1 正誤判定プログラム

「証明記述の方法」では証明問題の解答を 1、2 文節ほどに区切り、文章を複数個に分けた。それらを並び替えさせることによって記述の方法を学ばせようと考えた。選択肢を並び替えさせるために、jQuery UI を使用した。jQuery UI とは JavaScript コードを容易に記述できるようにするために設計された JavaScript ライブラリである。

jQuery UI に内包されている sortable を使用することによって、HTML 要素の並び替えを行った。予め選択肢に隠れている数字を 2,4,5,1,3 など適当に割り振っておき、その選択肢を表示させた。使用者が並び替えを行って、隠れている数字が 1,2,3,4,5 であれば正解、それ以外を不正解とした。正しい順序が全くわからない人のため、不正解の場合、難易度を下げる機能を追加した。難易度が下がると、選択肢の数が少なくなる。よって並び替えることが容易となった。難易度は 3 段階まで下げることができる。

選択肢は枠で囲まれた文章をドラッグで並べ替えることができる。ドラッグ中の選択肢は半透明になり、選択中を分かりやすくした。またドラッグ後の場所を分かりやすくするために、選択肢と選択肢の間に空白をいれ、学習者にとってわかりやすさを重視した。

ステップ 3 にあたる「証明記述の方法」は、ステップ 1 の「数学用語の定義」とステップ 2 の「証明問題の解答の方針」で得た知識を使用して問題を解く。そのため、ステップ 1 とステップ 2 で学んだ内容を覚えていないといけない。そのため、ステップ 3 上にステップ 1 とステップ 2 で学んだことを表示させ、前のページに戻らなくても良いようにした。(図 3.2)

問題の表示

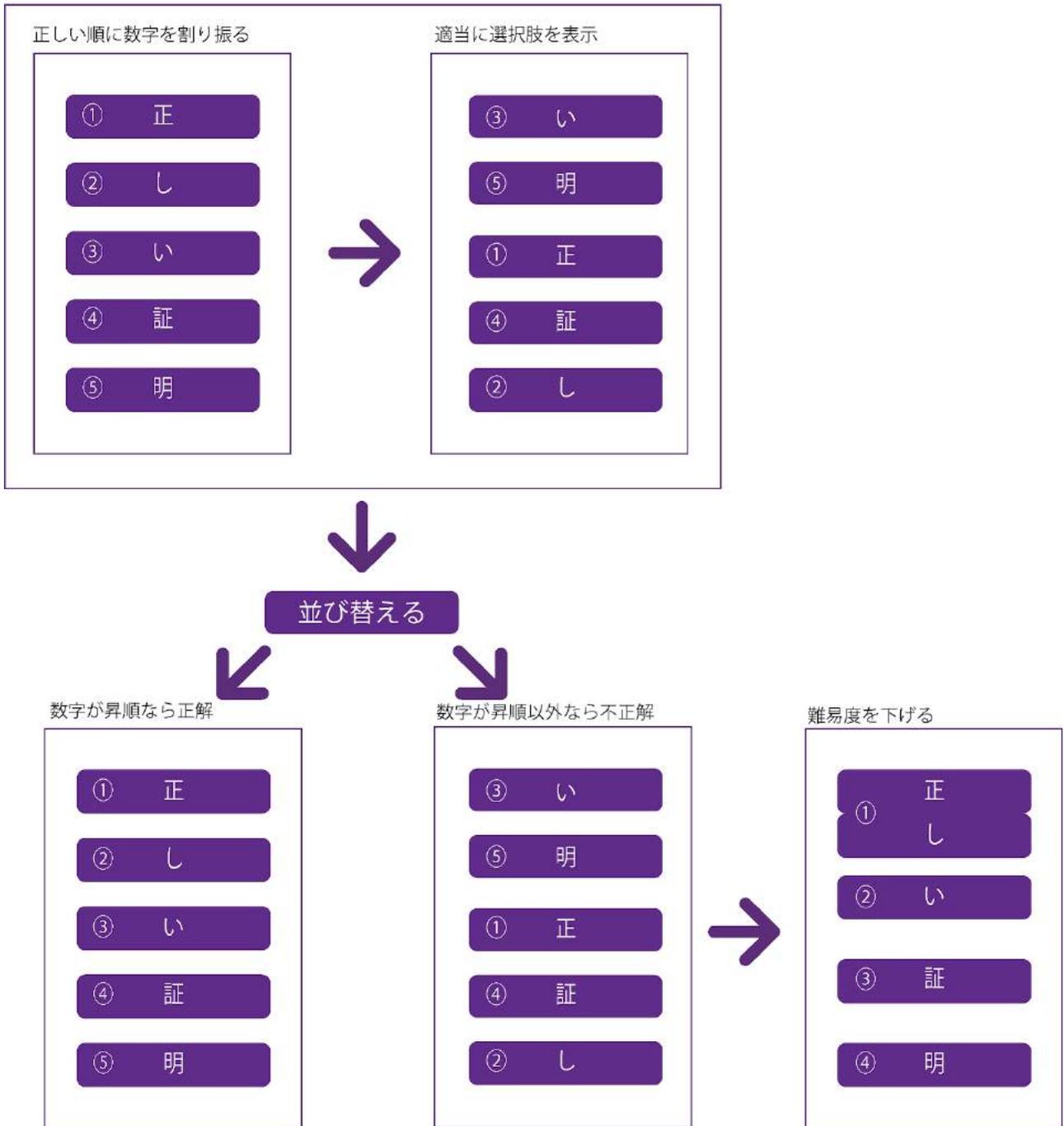


図 3.2 並び替えの難易度遷移

全体を通して、Web サービス上に数式を表示させるために、MathJax を使用した。MathJax とは JavaScript のライブラリ的一种であり、数式は TeX コマンドを使用することによって、表示させることができる。これによって学習者は普段見慣れた数式が表示されるので、何も考えず数式を見たり、使用したりすることができる。

(※文責: 栗山健太)

3.2.5 数学班によるコンテンツの作成

次に数学班によるコンテンツの作成について述べる。

数学班は佐藤、豊田、鉢呂、長谷川、渡邊の5名で構成され、Web サービスで使用するコンテンツ作成を行った。主な活動の流れは、問題として使用するための解答の作成、その作成した解答が数学的に正しいか教員に添削を依頼した。次に Web サービスで使用する問題の決定、Web サービスに合うように解答、解説、ヒントの作成を行った。本項は、それらの作成過程について説明する。

解答作成は項 3.1.1 で挙げられた問題を数学班の5名で分担をしてプロジェクト内学習会で得られたフィードバックを元にして解答作成を行った。そして、解答作成にあたって以下の作業を繰り返し行った。

- 作成した解答を班員でチェックを行い、改善点を挙げてもらう。
- 挙げられた改善点を踏まえて解答を作り直す。

この作業を繰り返し、改善点がなくなるまで行った。この一連の作業により、数学的に正しい解答を作成することを目指した。

更に数学班で作成した解答の添削を教員に依頼し、より良い解答を作成した。次に Web サービスで使用する問題を決定した。決定する際に、以下の2点に注意した。

- 使用者にとって適切な難易度になること
- 「数学用語の定義」、「証明問題の解答の方針」、「証明記述の方法」を考慮して問題を選ぶこと

1つ目「使用者にとって適切な難易度になること」は、解析学Ⅱ勉強会で使用するということを考え、解答時間の考慮、また苦手な人でも最後までやり切れるような難易度の問題を選択した。

2つ目「『数学用語の定義』、『証明問題の解答の方針』、『証明記述の方法』を考慮して問題を選ぶこと」は Web サービスを実装するにあたって解決すべき課題を満す問題を選ぶということである。証明を解いている際に、「数学用語を正しく理解していないと先に進めない問題」、「証明問題において重要な解法を用いる問題」など満足のいく Web サービスの実現が可能な数学の証明問題を選んだ。

最後に Web サービスに合うように問題、解答、解説、ヒントの作成を行った。これは、ステップ1の「数学用語の定義」とステップ2の「証明問題の解答の方針」に対応するものを4択の選択問題とした。ここでは間違いやすいポイントを探して、そこに気づいてもらうような選択肢を作成した。ステップ3の「証明問題の解答の記述方法」に対応する並び替え形式の問題に合うように問題、解答、解説、ヒントを作成した。ここでは、並び替えを想定し接続詞を意識して文章を区切った。

(※文責: 佐藤義哉)

3.2.6 Web サービス『ならべま証』のコンテンツ

本項では、我々が作成した Web サービス『ならべま証』について述べる。さらに、『ならべま証』の4つのポイントと機能について述べる。

『ならべま証』とは証明問題に特化した学習用 Web サービスの名称である。名前の由来は、証

明問題を並び替えを用いて学習していく Web サービスであるので、「並び替えましょう」という言葉と「証明問題」という言葉を組み合わせて作成したものである。

4つのポイントの具体案、決定理由を述べる。4つのポイントは以下に示す。

- 順序を追って理解すること
- 気軽に使ってもらえること
- 正しい知識が定着すること
- 論理的思考能力が向上すること

証明問題の考え方を学ぶためには記述方法を身につけることが大切である。また証明問題の解答の流れを理解する必要がある。この2つを身につけるためには前提知識として「数学用語の定義の理解」と「証明の方針立て」が必要となる。この前提知識がないと証明問題を解くことができない。したがって我々は「前提知識の理解」、「記述方法を身につける」の順番でサービスを構成し、流れを理解してもらうことにした。具体的にはステップ1,2,3を設定した。

- ステップ1 数学用語の定義の理解をする (図 3.3)
- ステップ2 証明の方針立てをする (図 3.4)
- ステップ3 記述方法を身につける (図 3.5)

我々はこの上記3ステップで Web サービスを構成した。このステップ分けをした Web サービスの構成が1つ目のポイントの「順序を追って理解すること」である。以下にステップ1,2,3の実際の問題を掲載する。

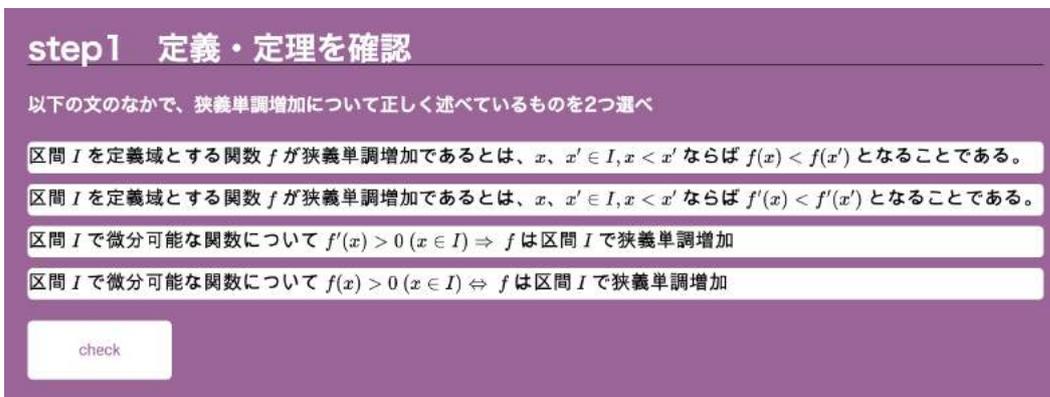


図 3.3 ステップ1画面

ステップ1は「数学用語の定義」を学ぶ段階である。問題文は「以下の文のなかで、狭義単調増加について正しく述べているものを2つ選べ」である。選択肢は下記の通りである。

- 区間 I を定義域とする関数 f が狭義単調増加であるとは、 $x, x' \in I, x < x'$ ならば $f(x) < f(x')$ となることである。
- 区間 I を定義域とする関数 f が狭義単調増加であるとは、 $x, x' \in I, x < x'$ ならば $f'(x) < f'(x')$ となることである。
- 区間 I で微分可能な関数について $f'(x) > 0 (x \in I) \Rightarrow f$ は区間 I で狭義単調増加
- 区間 I で微分可能な関数について $f(x) > 0 (x \in I) \Leftrightarrow f$ は区間 I で狭義単調増加

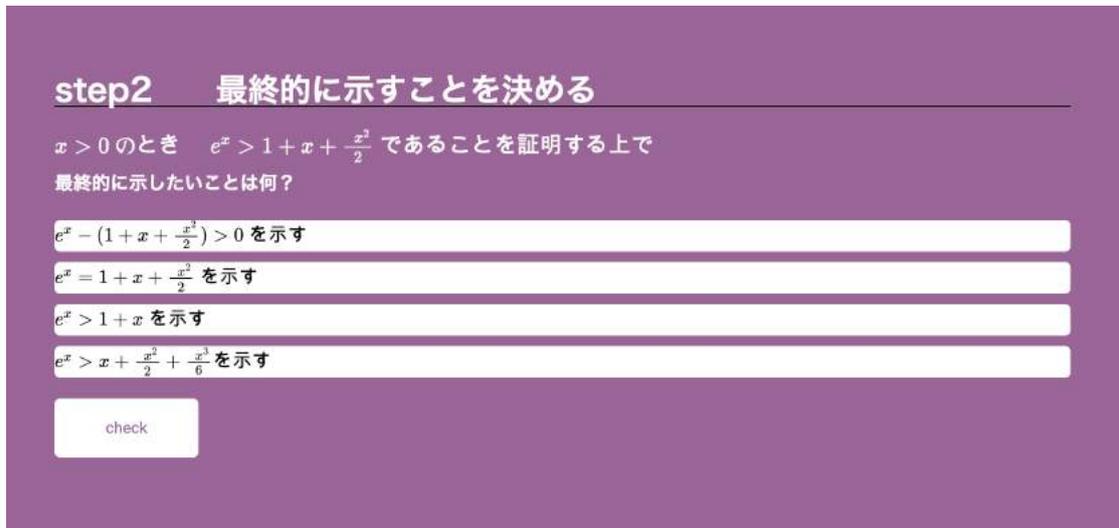


図 3.4 ステップ 2 画面

ステップ 2 は「証明問題の解答の方針」を学ぶ段階である。問題文は「($x > 0$ のとき $e^x > 1 + x + \frac{x^2}{2}$ であることを証明する上で) 最終的に示したいことは何？」である。選択肢は下記の通りである。

- $e^x - (1 + x + \frac{x^2}{2}) > 0$ を示す
- $e^x = 1 + x + \frac{x^2}{2}$ を示す
- $e^x > 1 + x$ を示す
- $e^x > x + \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{6}$ を示す

step3 証明を組み立てる

次の文を並び替えて、 $x > 0$ のとき、 $e^x > 1 + x + \frac{x^2}{2}$ であることを証明を完成させよ

任意の $x > 0$ の範囲で $f'(x)$ が 0 より大きいことを調べるため $\lim_{x \rightarrow 0} f'(x)$ について考える。
 $\lim_{x \rightarrow 0} f'(x) = 0$ であり、 $f'(x)$ は狭義単調増加であるから、
 任意の $x > 0$ の範囲において $f'(x) > 0$ となる。
 したがって、 $f(x)$ は任意の $x > 0$ の範囲において $f'(x) > 0$ より狭義単調増加である。

ここで $f(x)$ の増減について考えるため、 $f(x)$ の導関数について調べる。
 $f'(x) = e^x - (1 + x)$.

よって任意の $x > 0$ のとき $e^x > 1 + x + \frac{x^2}{2}$ となること が示された。

さらに任意の $x > 0$ の範囲で $f(x)$ が 0 より大きいことを調べるため $\lim_{x \rightarrow 0} f(x)$ について考える。
 $\lim_{x \rightarrow 0} f(x) = 0$ であり、 $f(x)$ は狭義単調増加であるから、
 任意の $x > 0$ の範囲において $f(x) > 0$ となる。

大小関係を示すために両辺の差をとって考えていく。
 $f(x) = e^x - (1 + x + \frac{x^2}{2})$ とおく。
 よって方針は $f(x) > 0$ を示せば良いとなる。

$f'(x)$ が狭義単調増加であることを示す。
 ここで $f'(x)$ の増減について考えるため、 $f'(x)$ の導関数について調べる。
 $(f'(x))' = e^x - 1$.
 任意の $x > 0$ の範囲において $(f'(x))' = e^x - 1 > 0$ となるので、
 $f'(x))' > 0$ となる。
 $(f'(x))' > 0$ より、 $f'(x)$ は任意の $x > 0$ の範囲において狭義単調増加である。

$f(x) = e^x - (1 + x + \frac{x^2}{2})$ であるから
 $f(x) > 0$ より
 $e^x - (1 + x + \frac{x^2}{2}) > 0$.
 移行して $e^x > 1 + x + \frac{x^2}{2}$.

step1のおさらい

狭義単調増加とは

定義
 区間 I を定義域とする関数 f が狭義単調増加であるとは、 $x, x' \in I, x < x'$ ならば $f(x) < f(x')$ となることである。

定理
 区間 I で微分可能な関数について $f'(x) > 0 (x \in I) \Rightarrow f$ は区間 I で狭義単調増加

step2のおさらい

$x > 0$ のとき $e^x > 1 + x + \frac{x^2}{2}$ であることを証明するにおいて
 最終的に示したいことは

$e^x - (1 + x + \frac{x^2}{2}) > 0$ を示す

check

図 3.5 ステップ 3 画面

ステップ 3 は「証明記述の方法」を学ぶ段階である。問題文は「(次の文を並び替えて、 $x > 0$ のとき、 $e^x > 1 + x + \frac{x^2}{2}$ であることを証明を完成させよ)」である。選択肢は下記の通りである。

- $f(x) = e^x - (1 + x + \frac{x^2}{2})$ とおく。
- $f(x) = e^x - (1 + x + x^2/2)$ であるから $x > 0$ において $e^x - (1 + x + x^2/2) > 0$ 、すなわち $e^x > 1 + x + x^2/2$

- $(f'(x))' > 0$ により、 $f'(x)$ は $x > 0$ の範囲において狭義単調増加である。
- ここで $f(x)$ について考えるために $f(x)$ の導関数を考える。 $f'(x) = e^x - (1 + x)$
- さらに $f'(x)$ について考えるために $f'(x)$ の導関数を考える。 $(f'(x))' = e^x - 1$
- $\lim_{x \rightarrow 0} f(x) = 0$ であるから、 $x > 0$ の範囲において $f(x) > 0$ となる。
- $\lim_{x \rightarrow 0} f'(x) = 0$ であるから、 $x > 0$ の範囲において $f'(x) > 0$ となる。
- $x > 0$ の範囲において $(f'(x))' = e^x - 1 > 0$ となるので、 $(f'(x))' > 0$ となる。
- したがって、 $f(x)$ は $x > 0$ の範囲において狭義単調増加である。
- よって $x > 0$ のとき $e^x > 1 + x + x^2/2$ となることが示された

次に Web サービスで使用する問題の出題形式について説明する。出題形式には選択問題や正誤問題、記述問題、並び替え問題、穴埋め問題、組み合わせ問題、プルダウン問題などがある。我々は出題形式をステップ1とステップ2は選択問題、ステップ3では並び替え問題に決定した。選択問題は4択から1つまたは2つ選ぶ複数選択問題にした。決定の理由は証明問題が苦手な人を対象としているため「気軽に組み込んで欲しいから」、また「難易度を下げするため」である。この選択問題が2つ目のポイント「気軽に使ってもらえること」である。(図3.6)

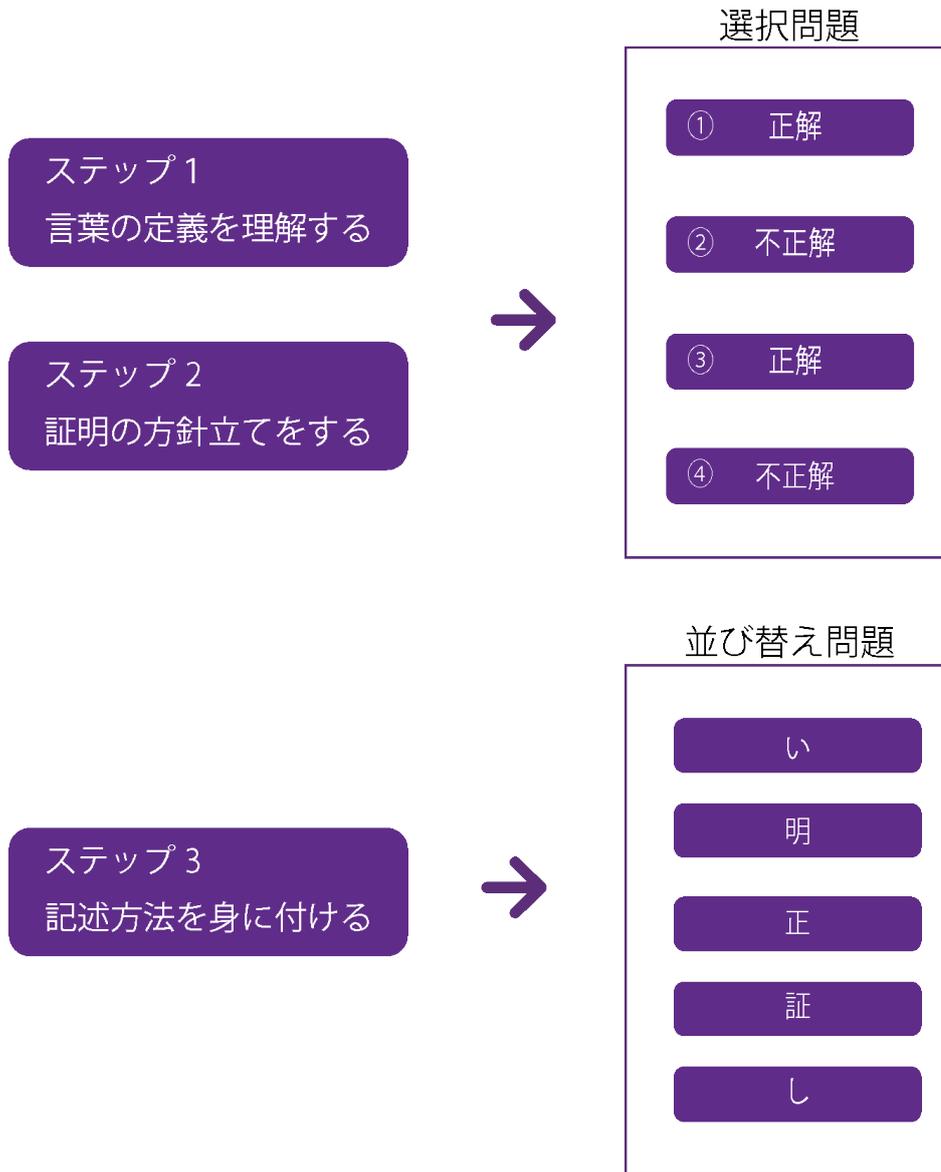


図 3.6 Web サービスの出題形式

しかし選択問題には理解不足のまま正解してしまう可能性がある。そこで設問の最後に解答、解説を表示した。そうすることで正しい知識を理解し、理解不足の状態では次のステップに進むことを防ぎ、同じ問題を解いた時に完全に理解して解答することができるからである。この解答、解説の表示することが3つ目のポイントの「正しい知識が定着すること」である。

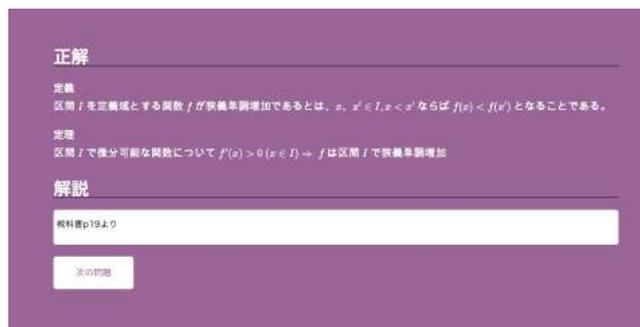


図 3.7 ステップ 1 正解後の解説画面



図 3.8 ステップ 2 正解後の解説画面

並び替え問題にした理由は文と文の繋がりを意識してもらいたいためである。そこで並び替え問題の効果などについて調べることにした。前期の中間発表会にて本学大場みち子教授からジグソーテキストの研究を行っていること、ジグソーテキストが我々が作成している Web サービスのヒントになる可能性があることを伺った。プロジェクトメンバーの中の 3 人が同教授を訪問しジグソーテキストについて説明を受けた。山口 [3] によるとジグソーテキストとは文の並び替え作文を課題とし編集操作を記録するテスト・アプリケーションである。PC などの電子媒体を使って操作する。並び替えはマウス操作のドラック、ドロップで行う。また並び替えたときの操作、かかった時間を記録し、保存する。

実際に我々がジグソーテキストの問題を体験した。我々はジグソーテキストから並び替えは文と文の繋がりを意識でき論理的思考能力向上につながると思った。この並び替えによる効果が 4 つ目のポイントの「論理的思考能力が向上すること」である。

(※文責: 神野香菜子)

3.3 解析学 II 勉強会

本節では、我々が作成した Web サービスの有効性を検証するために本学 1 年生を対象として行った解析学 II 勉強会 (以下、本節では「勉強会」と記す) について述べる。始めに、勉強会の目的について述べる。次に、この勉強会を行うにあたっての準備状況と当日の実施内容について記述する。最後にこの勉強会から得られたアンケート、本学 1 年生の解答、本学 1 年生の観察の結果と考察について述べる。

(※文責: 長谷川要)

3.3.1 勉強会の目的

解析学Ⅱ勉強会とは、解析学Ⅱを履修している証明問題を苦手としている人を対象とした勉強会である。勉強会の目的は、本学の1年生が、我々の作成したWebサービス『ならべま証』を使用することによって、本学1年生の証明問題の学習支援ができるのかを検証することである。

(※文責: 長谷川要)

3.3.2 勉強会に向けての準備

勉強会に向け、我々は前期と同じく、「企画班」、「数学班」、「アンケート班」、「フライヤー班」、「メール班」に分かれそれぞれ準備を進めた。それぞれの班が行った活動について述べる。

企画班は、勉強会における企画書の作成、メンバーの担当の割り当て、タイムスケジュールの作成を行った。

数学班は、勉強会で使用する数学の問題をプロジェクト内学習会で使用した問題の中から抜粋を行った。また、解答の作成を行う際には、教員の方々からの添削を何度もしてもらい、そのたびに修正を行った。

アンケート班は、勉強会参加登録フォームの作成を行った。勉強会参加登録フォームは、Googleフォームを用いて行い、参加者の人数を把握できるようにした。また、1年生へのアンケートの作成も行った。このアンケートでは、システムを使用せずに問題を解いた場合とシステムを使用後での1年生の変化をより詳細に知ることができるようにアンケート項目を考え、作成した。

フライヤー班は、勉強会に参加してもらうため、1年生に向けたフライヤーの作成を行った。フライヤーには、申し込みQRコードを載せることで、簡単に参加できるようにした。また、色合いなどのデザイン面の工夫も行った。図3.9にフライヤーを載せる。

メール班は、解析学Ⅱの担当教員に対して、解析学Ⅱ勉強会の告知を授業内に行うためのアポイントメントを教員の方々を取った。そして、参加応募のメールの作成も行った。参加応募のメールには、参加者が多く集まるよう勉強会参加登録フォームのURLを添付した。また、勉強会参加予定者を対象に事前アンケートのURLを添付したメールを送った。



私たちのシステムを使ってみませんか？

証明問題対策 **解析学Ⅱ 証明問題勉強会**

定員 40名
先着順になります

11月13日(火) 18:10 ~ 20:00

場所: 494 & 495 教室
対象: 本学1年生
※証明問題に手が付けられなくて悩んでいる方を対象とします

内容 証明問題の解答の進め方を学ぶ

【主催/講師】 「数理科学を学ぶ環境のデザイン」プロジェクトメンバー
【目的】 「証明問題でなにをすればよいのかわからない」などの不安の解消、軽減
【詳細】 私たちが作成したシステムを使って証明問題の理解を支援する
不等式の証明などの問題を扱う
試験範囲の内容も含むため試験勉強にもつながる可能性あり
【持ち物】 パソコン/ノート/教科書/筆記用具
【お申込み】 <http://qq4q.biz/N68b>
※プロジェクト学習で写真・アンケートのデータを使用
締め切り 11/7(水)

お問い合わせ: b1016198@fun.ac.jp 代表: 高橋沙織

図 3.9 解析学Ⅱ勉強会のフライヤー

(※文責: 長谷川要)

3.3.3 勉強会当日の実施内容

解析学Ⅱ勉強会は11月13日(火)、18時10分から20時まで実施した。教室は本学4階の484室、495室の2部屋を利用した。個人で応募した参加者23名を484室に集め、複数人で応募した参加者25名を495室に集めた。当日の参加者は合計48名であった。勉強会当日の実施内容を以下に述べる。

まず、参加者が教室に集まり次第、我々は参加者に事前アンケートの説明を行い、参加者にWeb上で事前アンケートに答えてもらった。参加者全員の事前アンケートの回答が完了した後、我々は参加者に勉強会の趣旨を説明し、勉強会の主催者である我々の自己紹介を行なった。自己紹介が終わった後、参加者に解析学Ⅱの問題用紙を配布し、システムを使わずに、参加者が普段問題を解いている時と同じ手法で問題を解いてもらった。参加者が問題を解き終わった後、我々は参加者に『ならべま証』の使用方法について説明を行い、参加者に実際に『ならべま証』を使用し、証明問題を学習してもらった。参加者に『ならべま証』を使用した学習を行ってもらった後、我々は自己紹介の後に解いてもらった問題の問題用紙、答案用紙を参加者に配布し、もう一度同じ問題を解いてもらった。参加者に問題を解いてもらった後、我々は参加者が解答した問題の解説を行なった。最後に、参加者に事前アンケートと同じ手法でWeb上で事後アンケートに答えてもらった。

我々は、以上の内容で解析学Ⅱ勉強会を開催した。以下に、解析学Ⅱ勉強会のタイムスケジュールと当日の様子を掲載する。

表 3.1 解析学Ⅱ勉強会タイムスケジュール

開始時間	終了時間	内容	詳細
18:10	18:15	開始の挨拶, 問題用紙配布、事前アンケート回答	趣旨説明、参加者はアンケート回答
18:15	18:35	問題解答	参加者は問題を解く
18:35	18:40	解答用紙の回収	参加者からの解答用紙の回収
18:40	18:50	『ならべま証』の説明	『ならべま証』の使い方を説明
18:50	19:15	『ならべま証』の使用	参加者は『ならべま証』を使用
19:05	19:35	問題配布、問題解答	問題用紙の配布、参加者は問題を解く
19:35	19:40	解答用紙の回収	参加者から解答用紙の回収
19:40	19:50	解説	プロジェクトメンバーが配布した問題の解答解説
19:50	19:55	事後アンケート解答	参加者はアンケート回答
19:55	20:00	終了の挨拶	まとめの挨拶、質問等のあれば



図 3.10 解析学Ⅱ勉強会当日の様子

(※文責: 長谷川要)

3.3.4 アンケートの結果と考察

本節では、まず勉強会で実施した事前アンケートと事後アンケートの結果について記述し、最後に得られた結果から考察について述べる。なお、事後アンケートの内容は『ならべま証』についての質問である。

まず、結果について述べる。

- 事前アンケート

1. 解析学Ⅱ勉強会に参加しようと思った理由は何ですか (複数選択可)

選択肢は「証明問題が苦手だから」、「証明問題対策の勉強会だから」、「テスト勉強のため」、「解析学が好きだから」、「解析学が嫌いだから」、「その他（自由記述）」の6つである。「テスト勉強のため」と回答した人が1番多く、38人で全体の84.4%であった。そのほか「証明問題が苦手だから」と答えた人は33人で全体の73.3%、「証明問題対策の勉強会だから」と答えた人は24人で全体の53.3%であった。また「証明問題が苦手だから」と「証明問題対策の勉強会だから」のどちらも回答した人は20人で全体の44.4%であった。

2. 数学に関して当てはまるものを選択してください(複数選択可)

選択肢は「証明問題に限らず数学全般が苦手」、「解析学がわからない」、「解析学が得意」、「高校数学まではわかる」、「大学数学からわからない」、「その他（自由記述）」の6つである。「解析学がわからない」と回答した人が1番多く、31人で全体の68.9%であった。「証明問題に限らず数学全般が苦手」と回答した人は23人で全体の51.1%であった。

3. 証明問題について当てはまるものを選択してください(複数選択可)

選択肢は「計算問題より証明問題が得意」、「計算問題より証明問題が苦手」、「計算問題と証明問題のどちらも同じくらい苦手」、「計算問題と証明問題のどちらも同じくらい得意」、「計算問題と証明問題のどちらも苦手でも得意でもない」の5つである。「計算問題より証明問題が苦手」と回答した人が1番多く、26人で全体の57.8%であった。次に「計算問題と証明問題がどちらも同じくらい苦手」と回答した人が2番目に多く、14人で全体の31.1%であった。「計算問題と証明問題のどちらも苦手でも得意でもない」と回答した人が8人で全体の17.8%であり、「計算問題より証明問題が得意」、「計算問題と証明問題のどちらも同じくらい得意」と回答した人はいなかった。

4. 普段、証明問題を解くうえで難しいと思う点はどこですか(複数選択可)

選択肢は「言葉の定義、定理」、「最終的に示したいこと」、「記述の仕方」、「計算」、「文章の組み立て方」、「その他（自由記述）」の6つである。「記述の仕方」と回答した人が35人で全体の77.8%、「言葉の定義、定理」と回答した人が30人で全体の66.7%、「文章の組み立て方」と回答した人が28人で全体の62.2%であった。また、自由記述で「何を言えば良いのか/何をすれば良いのか」と回答した人が1人いた。

5. 普段、証明問題を解くうえで言葉の定義、定理を意識していますか

5段階で評価をもらった。「してる」と回答した人が9人、「多少してる」と回答した人が23人、「どちらでもない」と回答した人が4人、「あまりしてない」と回答した人が6人、「してない」と回答した人が3人であった。

6. 普段、証明問題を解くときに最初に何を考えますか

選択肢は「式変形する」、「わからない単語を調べる」、「最終的に示すことを考える」、「その他（自由記述）」の4つである。「最終的に示すことを考える」と回答した人が27人で全体の60.0%、「式変形をする」と回答した人が12人で全体の26.7%、「分からない単語を調べる」と回答した人が5人で全体の11.1%であった。また、自由記述で「何を述べるか」と回答した人が1人いた。

● 事後アンケート

1. 使ってみた感想を教えてください

5段階で評価をもらった。「よかった」と回答した人が18人、「多少よかった」と回答した人が21人、「どちらでもない」と回答した人が4人、「あまりよくなかった」と

回答した人が5人、「よくなかった」と回答した人はいなかった。また「よかった」と「多少よかった」を合わせると39人で全体の81.3%であった。

2. 前項の回答の理由を教えてください

前項の質問の「よかった」、「多少よかった」、「どちらでもない」、「あまりよくない」と回答した人の意見を記述する。

－「よかった」、「多少よかった」と回答した人の意見

- * 並び替えで証明の流れを意識できた
- * 解答、解説の段取りがスムーズだった
- * 証明の手順がわかった
- * 証明の仕方を選択形式で選べたから
- * 証明の過程がわかりやすく感じた

－「どちらでもない」、「あまりよくなかった」と回答した人の意見

- * 長文だと読みづらかった
- * 並べ替えの問題がわかりにくかった

3. 以下の項目で良いと思った点を選択してください (複数選択可)

選択肢は「定義・定理を確認できる点」、「証明問題の示したいことを確認できる点」、「証明の文章と正しい順序になるよう並び替えができる点」、「文と文のつながりを意識できる点」、「実際に計算を行わなくても取り組める点」、「その他(自由記述)」の6つである。「定義・定理を確認できる点」と回答した人が1番多い37人で全体の77.1%であった。また「証明の文章を正しい順序になるよう並び替えができる点」などその他の項目の回答人数もあまりばらつきがなく、それぞれ20人前後の人が回答した。

4. 前項の回答を選んだ理由を教えてください

以下に回答を記載する。

- － 単純な計算よりも、手順を学ぶことが大事だから
- － 証明の順番がわからなかったのでやりやすかったです
- － 問題と使う定義・定理が関連付けられるから
- － 今までと異なった勉強で新鮮だった
- － 証明中に定義・定理が曖昧になるときがあるから
- － 定理などを確認した後に証明の筋立てに取り組めること

5. 『ならべま証』の問題点、改善点をお答えください

大きく3つの指摘があった。以下に意見を記載する。

- － 計算部分がないことについての意見
 - * 自分で書く部分が欲しい
 - * 少し、計算など自分でやるところも織り交ぜるといいかもしれない
- － 問題についての意見
 - * もっと難しい問題を取り扱ってもいいと思う
 - * 問題数が少ない点
- － 並び替え・使用感についての意見
 - * 細かい点まで見なくても解けてしまう
 - * あまり深く考えなくても文のつながりで分かってしまう
 - * 短文ずつ分けてたら良いのかも
 - * 文字の空間が狭くてみにくかった

6. 『ならべま証』は使いやすいと思いましたが
5段階で評価をしてもらった。「思った」と回答した人が18人、「多少思った」と回答した人が21人、「どちらでもない」と回答した人が7人、「あまり思わない」と回答した人が2人、「思わない」と回答した人はいなかった。
7. 『ならべま証』は証明問題を勉強する手助けになると思えますか
5段階で評価をしてもらった。「思う」と回答した人が24人、「多少思う」と回答した人が18人、「どちらでもない」と回答した人が4人、「あまり思わない」と回答した人が1人、「思わない」と回答した人は1人だった。
8. 前項の回答を選んだ理由を教えてください
良い点や問題点など多くの意見があった。前項の質問の「思う」、「多少思う」と「どちらでもない」、「あまり思わない」、「思わない」と回答した人に分けて意見を以下に記載する。
- － 証明問題を勉強する手助けになると「思う」、「多少思う」と回答した人の意見
 - * 証明の順序がわかるから
 - * どこから示せばいいのかと定義を知れるのはいいと思った
 - * 証明の仕方がわかるようになる
 - * やるべきことが明確で証明問題も並び替えなので手に取りやすかった
 - * 流れと必要な定義を確認して類題に臨めるため
 - * 実力をつけるにはほど遠いが、形式を覚えるのにはもってこいだとは思いますが
 - － 証明問題を勉強する手助けになると「どちらでもない」、「あまり思わない」、「思わない」と回答した人の意見
 - * 質問できるわけでもなく良く分からなかった
 - * 並べ替えで解けるため、細かい部分までは確認しなくなる
 - * マウスを動かすだけなので、あまり記憶に残らない
9. ステップ3で証明の文章を正しい順序になるよう並び替えることを行ってみてどうでしたか
5段階で評価をしてもらった。「よかった」と回答した人が14人、「多少よかった」と回答した人が23人、「どちらでもない」と回答した人が6人、「あまりよくなかった」と回答した人が5人、「よくなかった」と回答した人はいなかった。
10. 前項の回答を選んだ理由を教えてください
良い点や問題点など多くの意見があった。前項の質問の「よかった」、「多少よかった」、「どちらでもない」「あまりよくなかった」、「よくなかった」と回答した人に分けて意見を以下に記載する。
- － 並び替えを行ってみて「よかった」、「多少よかった」と回答した人の意見
 - * しっかり読まないといけない所と、予め型が決まっているので手に取りやすかった ただ、解き方が一通りだったのでたくさんあると思うので別解が欲しかった
 - * しっかり読むことで内容も分かった
 - * 1からだとなかなか難しいけど並び替えだとやりやすかったから
 - * 文章を組み立てることが苦手でもやりやすいから
 - * 証明する順番を知ることができたから
 - － 並び替えを行ってみて「どちらでもない」、「あまりよくなかった」、「よくなかった」

と回答した人の意見

- * 理解してないため、適当に当てはめるみたいなのができてしまう
- * 読みづらさを感じた
- * 文頭と文末を読むだけで、計算式を理解していないのに正解してしまったから
- * 並べ替えのみで解けるので証明の立て方は確認できたが、細かい部分は確認しにくかった

11. ステップ3を行うことは模範解答や教科書の記述を繰り返し読むことと異なることが起こりましたか。あてはまることがあったら選択してください（複数選択可）

選択肢は「より深く考えた」、「文と文の論理のつながりが意識できるようになった」、「1つの文を時間をかけて読んだ」、「似ている文があったが、それらの意味がわかった」、「似ている文があり、意味の違いがわからなかった」、「その他（自由記述）」の6つである。「文と文の論理のつながりが意識できるようになった」と回答した人が25人で全体の53.2%だった。他にも「より深く考えた」と回答した人が16人、「1つの文を時間をかけて読んだ」と回答した人が13人、「似ている文があったが、それらの意味がわかった」と回答した人が12人であった。また「似ている文があり、意味の違いがわからなかった」と回答した人が5人いた。

12. 『ならべま証』を使用することで証明の文章の組み立て方の理解が深まりましたか

選択肢は「深まった」、「多少深まった」、「どちらでもない」、「あまり深まらなかった」、「深まらなかった」、「証明の組み立て方がまだわからない」の6つである。「深まった」と回答した人が17人、「多少深まった」と回答した人が24人、「どちらでもない」と回答した人が4人、「あまり深まらなかった」と回答した人が2人、「深まらなかった」と回答した人はいなかった。また「証明の組み立て方がまだわからない」と回答した人は1人であった。

13. 『ならべま証』を使用した時やその後証明問題を解いたとき、最終的に示したいことを意識しましたか？

選択肢は「意識した」、「多少意識した」、「どちらでもない」、「あまり意識してない」、「意識していない」、「意識しなければならぬと思うがどう考えればよいかわからない」の6つである。「意識した」と回答した人が21人、「多少意識した」と回答した人が17人、「どちらでもない」と回答した人が5人、「あまり意識してない」と回答した人が3人、「意識してない」と回答した人はいなかった。また「意識しなければならぬと思うがどう考えればよいかわからない」と回答した人は2人だった。

14. 今後証明問題を解くうえで最終的に示すことを意識していこうと思いますか

5段階で評価をしてもらった。「思う」と回答した人が34人、「多少思う」と回答した人が11人、「どちらでもない」と回答した人が3人、「あまり思わない」「思わない」と回答した人はいなかった。

15. 前項の回答を選んだ理由を教えてください

以下に意見を記載する。

- 最終的に示したいことがわからないと問題を解き進めていけなくなるから
- 今回最終的に示すことを見つけることで証明問題がやりやすくなったから
- まずそうしないと証明が始まらないと思うから
- 最終的な形がわからないと証明できないため
- 最初の問題で最初にどうすればいいかわからなくなってしまったから

次に考察について述べる。まず、事前アンケートについて述べる。「解析学Ⅱ勉強会に参加しようと思った理由は何ですか」という質問に対し、「証明問題が苦手だから」や「証明問題対策の勉強会だから」と答えた人が多いことから証明問題が苦手な1年生が集まったと考えられる。次に、「普段、証明問題を解くときに最初に何を考えますか」という質問では「最終的に示すことを考える」と回答した人が多く、「普段、証明問題を解くうえで難しいと思う点はどこですか」という質問では「記述の仕方」や「文章の組み立て方」と回答した人が多かった。これより、参加者は最終的に示したいことを考えるが、示すまでの記述が難しいということが考えられる。次に事後アンケートについて述べる。「使ってみた感想を教えてください」という質問では「よかった」と「多少よかった」を合わせて39人で全体の81.3%が回答しており、『ならべま証』に対して良い評価が得られたと考えられる。「並び替えて証明の流れを意識できた」「証明の手順がわかった」「証明の過程がわかりやすく感じた」などの意見からも証明問題の順序がよ流れが掴めたと考えられる。「使用することで証明の文章の組み立て方の理解が深まりましたか?」という質問では「深まった」「多少深まった」と回答した人がとても多く、『ならべま証』を使うことで証明問題を解く上での記述方法を学ぶことができると考えられる。改善点として、「自分で計算できる何か欲しい」、「問題数が少ない」といった意見があった。

(※文責: 高橋沙織)

3.3.5 勉強会での解答の結果と考察

この節では、勉強会で得られた1年生の解答の結果について記述し、最後に、得られた結果から考察を述べる。

まず、結果について述べる。1回目の問題用紙の配布で証明問題を完全に解くことができた人は4人で全体の9%であったが、『ならべま証』を使用した後、証明問題を解くことができた人は18人で全体の38%と増加した。このほか、1回目の解答用紙の配布で証明問題の示したいことについてわかっていた人は22人で全体の46%であったが、『ならべま証』を使用した後、示したいことについてわかっていた人は36人で全体の75%に増加した。また、1回目の解答の際には、式だけで終わっている、記述が足りない、微分して終わっているという解答が目立った。『ならべま証』を使用した後の解答では、『ならべま証』で使用した問題の内容の記述をするなど、記述が増加したなど解答に変化があった一方、変化がない解答もあった。大きな変化として、1回目の解答用紙の配布で証明問題を解いた際には白紙だったが、『ならべま証』を使用した後での解答では、最初に示したいことの記述があり、その後も証明の流れに沿った記述があった。

次に考察を行う。『ならべま証』を使用した後の解答では、示したいことについての記述が増加した。これは、『ならべま証』で数学用語や証明問題で示すことの確認を行ったからだと考えられる。それにより、これまで、数学用語や証明問題で示すことを意識していなかった人が意識するようになり、より深く考えたからではないかと考えられる。また、1回目に証明問題を解いた際に白紙だった人が、『ならべま証』を使用した後では流れを掴んで問題を解くことができおり、証明問題を解く際に数学用語や証明問題で示すことを理解することができたと考えられる。『ならべま証』を使用することで記述が増えたという変化が見られた。これは並び替えを行うことで文章をよく読み、考えるようになったからだと考えられる。『ならべま証』を使用することで、論理的思考の向上が施されたと考えられる。だが、1回目で解けてしまっているため、『ならべま証』を使用した後でも解答に変化が見られないことがあった。また、『ならべま証』で使用した問題の内容を記

載してしまっているものが見られた。

(※文責: 野辺陽平)

3.3.6 勉強会での解答の様子について

この節では、勉強会で得られた1年生の観察の結果について記述し、最後に、得られた結果から考察を述べる。

まず、結果について述べる。1回目の解答用紙の配布で証明問題を解いている際、開始してすぐに手が止まっている人、教科書を見ている人、友達と相談している人が目立った。『ならべま証』を使用している際にはすぐ終わってしまう人と時間がかかってしまう人がいた。また、間違った箇所を教科書で確認する様子が見られた。『ならべま証』使用後の証明問題を解く際には、『ならべま証』を使用したときにスマートフォンやパソコンで記録した『ならべま証』の解答や解説の写真を参考にしながら証明問題を解く人が多く見受けられた。手の止まっている人はあまり見られなかった。

次に、考察について述べる。1回目の解答用紙の配布で証明問題を解いている際、開始すぐに手が止まる様子があったが、『ならべま証』使用後ではあまり見られなかった。この理由として、『ならべま証』を使用したことにより、数学用語の確認、証明問題で示すべきことを意識できたからであると考えられる。『ならべま証』を使用している際、すぐ終わってしまう人と時間がかかってしまう人がいたことから、難易度が適性ではなかったと言える。そのため調整や、解ける人への配慮も考えていかなければならない課題だと考える。

(※文責: 野辺陽平)

3.3.7 解析学Ⅱ勉強会全体の考察

『ならべま証』は順序立てて証明問題を学ぶことができ、証明問題の手順を理解することができる。並び替えにより文章の組み立て方の理解を深めることができたとの意見も多かった。また実際に証明問題を解いた際の解答が白紙だった人が『ならべま証』を使用することで、証明問題の示したいことを理解し証明問題の方針を立て、記述することができた。また、『ならべま証』を使用した後に証明問題を解いてもらうと、手が止まる人が減り、使用前より問題が解けている様子が見られた。以上のことより『ならべま証』は証明問題における学習の支援に有効だと考えられる。しかし、改善点も多くあげられた。改善策については節4.2に後述する。

(※文責: 野辺陽平)

3.4 成果発表会

成果発表会とは、プロジェクト内学習会において各プロジェクトが最終的な成果を発表する場である。12月7日(金)に本学の1階、3階を使用して開催された。我々は、本学1階プレゼンテーションベイで発表を行った。この節では、最初に成果発表会に向けて、どのように準備行ったのか

を述べる。次に、当日の様子について述べる。最後に、聴衆に記入して頂いた評価シートの分析と結果、考察について述べる。

(※文責: 野辺陽平)

3.4.1 発表の内容

我々は成果発表会に向けて、スライド班、ポスター班の2つに分かれて活動を行った。

スライド班は、成果発表会で使用するスライドをパワーポイントを用いて作成した。スライドの作成は、大まかなアウトラインを立て、プロジェクトメンバー全員と教員でスライドのレビューを複数回行うという流れで進めた。スライドのレビューを行う中で、以下の指摘を受けた。

- 言葉の意味がわかりにくい
- 数学という単語だけだと範囲が広すぎる
- 漢字の間違ひがある
- 説明する順番を変える
- 主語を追加する
- 同義の言葉の統一をする
- 強調したいことは何なのか考える
- 何を示すグラフなのかわかりやすくする
- 聴衆の視点誘導を考え、写真や図の配置を定める
- 検証結果がどこから得られたのかを明記する

以上の指摘をもとに内容とデザイン面の向上を図った。また、スライド班は成果発表会で発表も行うため、発表原稿の作成、発表練習を行った。発表練習は2人1組で行った。

ポスター班は、成果発表会で使用するポスターを illustrator を用いて作成した。ポスター班もスライド班同様、ポスターのレビューをプロジェクトメンバー全員と教員で繰り返し行い、デザイン面の向上を図った。前期のポスター作成を踏まえ、図解をより多く用い、活動内容を理解しやすいものにした。また、スライドとポスターの内容のずれが生じることが無いように注意し作成した。

12月7日(金)、本学1階プレゼンテーションベイで発表を行った。成果発表会では、前半と後半にメンバーを分けて、それぞれ2名で3回ずつ、計6回の発表を行った。その際に、聴衆に対して評価シートを配布し、記入してもらった。評価シートの項目は、発表技術と発表内容の2つであった。この2つの項目は1(非常に悪い)から10(非常に優秀)の10段階評価と、自由記述によるコメントを記入してもらった。当日は、学生と教員を含む63名の評価を受けた。評価シートは項目ごとに記入がなされているものを有効票、記入がなされていないものを無効票とした。発表はスライドや『ならべま証』のデモをプロジェクターでスクリーンに投影し、12分ほどの発表をした。その後、聴衆からの質問に回答をした。発表者以外は他プロジェクトの発表を聴き、評価した。



図 3.11 発表の様子

(※文責: 野辺陽平)

3.4.2 評価シートの分析結果

結果として、発表技術についての評価の平均は 8.31(有効回答数 $N=61$ 、標準偏差 $SD = 1.30$) であり、発表内容についての評価の平均は 8.10(有効回答数 $N=59$ 、標準偏差 $SD = 1.46$) であった。どちらも 8 点を超える評価を得た。発表技術の評価点数と人数のグラフ(図 3.8)、発表内容の評価点数と人数のグラフ(図 3.9)を以下に載せる。また、自由記述で得られた回答の一部を以下に挙げる。

- 発表技術

- 良い点

- * 声のボリューム、テンポがよく聞き取りやすい
- * デモが良かった
- * スライドの構成が良かった
- * 落ち着いて発表できていた
- * 指し棒を使っていてわかりやすかった
- * スライドが分かりやすかった

- 悪い点・指摘

- * デモの文字が小さい
- * スライドのメリハリがあるとよい
- * 教育系の引用がほしい
- * 全体的に文字多め
- * デモの解像度は調節するべき
- * 発表時間が少し長いように思えた
- * スライドに写真などのビジュアル的な要素が入っているとより理解が簡単になったかも

- 発表内容

－ 良い点

- * 過程を良く踏んでいた
- * システムは証明問題に苦手意識のある人にとって良いきっかけになると思った
- * 並び替えの発想は良かった
- * 証明問題にフォーカスしたシステムは便利そう
- * 証明問題の大まかな流れを理解できるのは良い
- * Web を使っているので手軽に使えるサービスだと思った
- * 新規性があったよかったです
- * 学習をさせる立場からの視点でどのような構成の学習法にするかを考え、効率的なものにしていることが結果からよくわかった
- * 具体的な回答を使って有効性を示すのは良かった

－ 悪い点・指摘

- * 他の媒体との比較がほしい
- * アンケートのみで「手助けになった」と結論付けるのは、強引かと思った
- * 評価実験の方法が分からなかった
- * 本当に教材として機能できているのか疑問
- * 教科書やテキストを読むときの意識の変化はあったのか
- * 最終的な目標が見えなかった
- * 「並び替え」と「説明する力」の関係を実験的に明らかにしておくとも良さそう
- * アンケートの質問内容がやや誘導的なもののように思えた
- * スマホ版もあるとより使いやすいと思う
- * 教科書や教え方との関連はあるのか
- * システム有りで支援するのが良いのか、最終的にシステム無しでもできるようにするのが良いのか、目指すものが分からなかった
- * このシステムで解けるようになったあと、何日か後にシステム無しでも解けるようになったか知りたい
- * これは自律のための支援になるのか

● Web サービス「ならべま証」について

－ 良い点

- * 段階的に問題を解くアプローチは良いと思う
- * レベルを変えられるのはおもしろい
- * ヒントや解説は理解を促すためにも良いと思う

－ 悪い点・指摘

- * 自分がいまだどれくらいやったのか見えない
- * 問題が本学1年生に対して難しすぎる気がする
- * ヒントの出し方が雑
- * 間違えやすい部分の分析が出せるとよい
- * 有効なのかもしれないが、反復練習の成果のように思える
- * 習熟度別に内容を変えられると良い
- * 画面のデザインの工夫が欲しかった
- * 「難易度を下げる」ことは難易度が下がったのではなく、ただ組み合わせの量が減っ

ただけでは

- * ゲーミフィケーション的なことができればもっと良さそう
- * 失敗すること前提のヒントではなく失敗する前にヒントがあってもよいと思う
- * ステップ1とステップ2の選択肢の中に「分からない」を加えたほうが勘での正解を防げて良いと思った

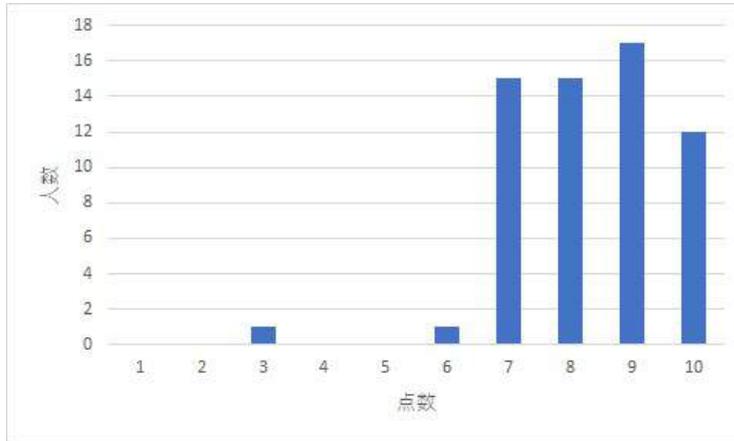


図 3.11 発表技術の評価点数と人数

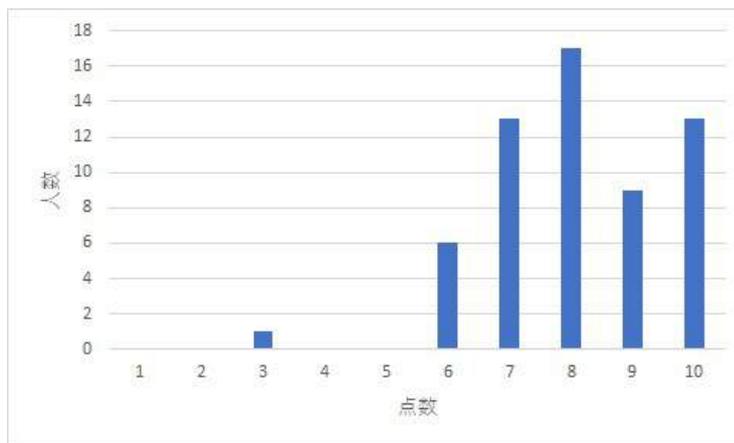


図 3.12 発表内容の評価点数と人数

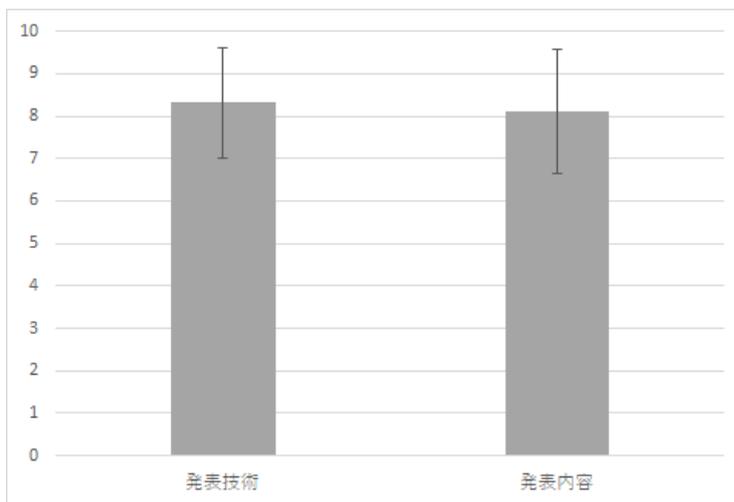


図 3.13 評価の平均と標準偏差

(※文責: 野辺陽平)

3.4.3 評価に対する考察

発表技術に関しては、発表者に対して好意的な意見が多く、スライドに関しては「見やすい」、「構成が良かった」などの意見が多かった。しかし、「デモの文字が小さい」、「スライドのメリハリがあるとよい」などの指摘を受けたため、スライドのデザイン面でさらなる工夫が必要だと考えられる。

発表内容に関しては、「証明問題に特化したシステムが良かった」という意見が多く寄せられたため、証明問題に注目したサービスを作るという点が評価された。また、証明問題に並び替えを採用したことに関して、「発想が良い」などの意見があり、新規性があり、非常に好印象であったと考えられる。しかし、「他の媒体との比較がほしい」という意見があったことから、既存の教材やシステムと比較した場合の『ならべま証』の独自性を伝えきれなかったと考えられる。また評価実験の方法についても、勉強会時に行ったアンケートのみとなってしまったため、「実験結果を裏付ける根拠が弱い」などの指摘を受けてしまった。そこで証明問題に対する意識の変化を比較するために解析学Ⅱ勉強会后、再び実験を行う必要があったと考えられる。

『ならべま証』に関しては、「段階的に問題を解くアプローチは良いと思う」など、ステップを踏むようなサービスにしたことが評価された。また、ヒントを表示する機能を実装したことも好印象であった。しかしながら疑問点や指摘を多く受けた。「問題が本学1年生に対して難しすぎる気がする」などの指摘があった通り、我々は難易度に関して考えなければならなかった。並び替える際に組み合わせの量を減らすことが難易度を下げられているのか検証を行う必要があったと考える。また習熟度別に問題内容を変えたり、ゲーム性を求める意見もあった。

以上が発表評価シートの意見、指摘である。成果発表会全体を通じて、評価点も高かったことから客観的にもよい成果を上げることができたと考えられる。しかし指摘を受け、改善点も多く挙げられたため、議論を行う必要があった。

(※文責: 野辺陽平)

3.5 最終報告書の作成

本節では、プロジェクト学習最終報告書の作成について行った活動について述べる。我々はプロジェクト学習最終報告書の作成において、章立ての検討、詳細化アウトラインの作成、文責の振り分け、本文の作成、報告書のレビューと訂正を行った。以下にそれぞれの活動についての詳細を述べる。

プロジェクト学習最終報告書を作成するにおいて、我々はまず章立ての検討を行った。章立ての検討をする際、我々が行ってきた活動を時系列でまとめ、各章の名前と、順番を検討し、決定した。

章立てを決定した後、我々は詳細化アウトラインを作成した。詳細化アウトラインとは、文章に含める内容を構造的に整理したものである。我々は表計算ソフトを用いて、詳細化アウトラインを

作成した。

詳細化アウトラインを作成した後、我々は各章、節ごとに文責を振り分け、最終報告書の本文を書いた。プロジェクト学習最終報告書はメンバー 1 人に対し、5 ページ書くことが条件にある。我々は、各メンバーが 5 ページ文章を書けるように、各章、節の文章の分量を予測し、文責を振り分けた。

最終報告書の本文を書き終わった後、我々は 2 人から 3 人のグループに分かれて、各章ごとに報告書のレビューと本文の訂正を行なった。レビューは教員とプロジェクト学習 TA にも協力してもらい、細かい言葉の使い方や、文章の構成、体裁について指摘を受けた。これらの指摘と、各プロジェクトメンバーからのレビューをもとに、我々は最終報告書の訂正を行い、最終報告書を完成させた。

(※文責: 長谷川要)

第4章 まとめ

本章では、プロジェクト学習における活動のまとめと今後の展望について述べる。

(※文責: 豊田和人)

4.1 活動のまとめ

前期では、プロジェクト内学習会、解析学I勉強会、中間発表会を行った。

プロジェクト内学習会の目的は、数学の問題を解く上で、学習方法の把握、数学の理解に関しての現状把握、1年生を支援する上での必要な知識の習得である。これらの目的を達成するために、1年生が取り組んでいる解析学の教科書に記載されている問題を解き、解答の発表を行い、発表者以外のメンバーと教員からレビューを受けながら学習するという方法で行った。そこで我々は学習方法についての問題点を挙げた。その問題点とは略解を読み、自ら解いた解答と一致した場合、理解していたと考えてしまうことである。解答が正しい場合においても教員からのレビューの時に、数学用語についての質問をされた際に答えられなかったことがあった。この問題点は、数学用語の意味を正しく理解しておらず、説明することができていない状態であったことが原因である。またプロジェクト内学習会で扱った問題のうち、我々は証明問題が苦手であるということを見出した。その理由として、以下の3つが挙げられた。

- 数学用語が理解できていない
- 証明の方針が立てられない
- 解答の記述の仕方が分からない

また、1年生は我々と同じ大学の学生であるので、1年生の苦手が我々の苦手と共通すると考え、「1年生は証明問題が苦手である」という仮説を立てた。

次に、プロジェクト内学習会で立てた仮説の検証を行うため、解析学I勉強会を開催した。また、1年生の数学学習の現状調査も行った。我々は参加者の解答、アンケートの分析、参加者が解答している様子の観察から、分析を行った。分析の結果から、1年生は証明問題が苦手であることがわかった。また、証明問題を解く際に苦手の理由とした、数学用語が理解できていない、証明の方針が立てられない、解答の記述の仕方が分からないことも我々と同様であることがわかった。この結果から、我々は1年生に対して証明問題に焦点を当てた学習支援をすることに決定した。

中間発表会では前期に行った我々の活動についての発表を行い、発表技術と発表内容の評価を受けた。発表技術は、「プレゼンが見やすく理解しやすかった」、「聞きづらい」、「流れが悪い」などがあり、発表内容は、「発表内容の構成がわかりやすかった」という評価を受けた。他プロジェクトの発表を聞く交流もあった。他のプロジェクトの発表を聞くことで今後の活動に参考になることがあった。

- 発表の際の話し方
- スライドのデザイン

- 発表する環境の空間デザイン

以上のことが参考となった。また、他のプロジェクト活動の進行状況を確認することで、モチベーションの向上にもつながった。

後期では、プロジェクト内学習会、Web サービスの構築、解析学Ⅱ勉強会、成果発表会を行った。

後期プロジェクト内学習会の目的は、数学の理解に関する現状把握、1年生の学習環境を支援する上で必要な数学知識の習得、Web サービスに導入するコンテンツ作成のためである。この学習会は、前期プロジェクト内学習会と同様に1年生が取り組んでいる解析学の教科書に記載されている問題を解き、解答の発表を行い、発表者以外のメンバーと教員からのレビューを受けながら学習する方法である。前期に見出した証明問題を苦手とする理由である「数学用語がわからない」、「証明の方針が立てられない」、「証明の記述の仕方がわからない」、この3つを意識しながらプロジェクト内学習会を行うことで、これらを解決するためのヒントを得ることができた。

証明問題が苦手な1年生に証明問題を解く手助けをするWeb サービスの作成を行った。証明問題を解く際に前提知識となる数学用語の確認と証明の方針立てを複数選択問題で行い、次に証明問題の解答の文章を並び替えて証明問題を解くWeb サービス『ならべま証』を構築した。

『ならべま証』が証明問題の解き方を学ぶことに有効であるかどうかの検証をするために、解析学Ⅱ勉強会を開催した。その結果、我々は『ならべま証』が証明問題の解き方を学ぶことに有効であることを明らかにした。

最後にプロジェクトにおいて各プロジェクトが最終的な成果を発表する成果発表会を行った。前期同様、発表技術と発表内容の評価を受けた。発表技術は、発表者に対して好意的な意見が多く、スライドに関しては「見やすい」、「構成が良かった」などの意見が多くあった。発表内容に関しては、「証明問題に特化したシステムが良かった」という意見が多く寄せられたため、証明問題に注目したサービスを作るという点が評価された。

(※文責: 豊田和人)

4.2 今後の展望

解析学Ⅱ勉強会で実際に『ならべま証』を参加者に使用してもらい、『ならべま証』に関する意見を参加者から貰うことで、様々な改善点が得られた。その結果より、我々は以下の内容の改善を検討している。

- 『ならべま証』の対象者の拡大
- ユーザ自身で手を動かして計算を行える機能の追加
- 設問の追加
- デザイン面の向上

1つ目に、『ならべま証』の対象者の拡大について述べる。我々は対象者を「証明問題が苦手な人」に絞ったWeb サービスを作成した。しかし我々は、1年生全体を支援したいという考えがあるため、「証明問題が得意な人」にも焦点を当て、より証明問題を解くための能力、知識を向上できるWeb サービスが必要だと考えた。例えば、必要な数学用語知識が多い問題を扱い、より数学用語の知識を向上させるWeb サービスである。

2つ目に、ユーザー自身で計算をするための機能の追加について述べる。我々は気軽に利用できることを重視し、また対象者を、証明問題を解くために必要な知識、能力が不足している人に絞ったため、『ならべま証』では途中計算をしないで証明問題を学ぶことができる。しかしアンケートの結果から、自身で計算を行いたいというユーザーの声があった。そのため、我々はこのアンケートの結果におけるユーザの希望を反映し、ユーザーが自身で計算を行い、計算能力を向上させる機能の追加が必要であると考えている。例えば、穴埋めでの解答方式を採用するなど、ユーザー自身が解いた答えを入力する形式の機能である。

3つ目に、設問の追加について述べる。解析学Ⅱ勉強会では、『ならべま証』に実装する問題を1問しか用意することができなかった。また、別解も実装することができず、1つの問題に対し1つの解き方しかなかった。証明問題の解き方は様々なので、多くの問題と解法を作成しコンテンツを増やすことが必要だと考えた。

4つ目に、デザイン面の向上について述べる。解析学Ⅱ勉強会にて1年生から長文のテキストが読みづらいというアンケートの結果を得た。我々は、このアンケート結果を受け、よりシステムの内容がわかりやすいデザインの検討をしている。例えば、システム内に用いている文字のフォントを変更する、文と文のスペースを増やすなど画面が見やすくなる改善が必要だと考えた。

今後の改善を行うとすれば、以上4つの内容が重要なものとなる。

(※文責: 長谷川要)

第5章 プロジェクト内のインターワーキング

本章ではプロジェクトメンバーが各自で内省したものを記述する。プロジェクトメンバーが割り当てられた課題を解決する際にどのように解決したのか、メンバーが連携して行った後期を中心とした作業の内容について書く。

(※文責: 豊田和人)

5.1 長谷川要

まず、夏休み中に出された課題の確認のために、プロジェクト内学習会を前期同様行った。夏休み中の課題では、メンバーごとに解く問題が違っていた。私は、夏休み中に行う課題を解く際に、自分がつまづいた部分や使った公式などをきちんと書くようにした。これにより、1年生の学習を支援するうえで、必要な数学的知識の確認や1年生も間違えるポイントの把握を行うことができた。そして、プロジェクト内学習会の解答の共有では、問題を解く際の重要な部分や1年生がつまづきそうな部分の確認を行った。この共有により、数学の問題を解くうえでの重要ポイントをまとめることができた。その後、ゼミ形式で発表を行ったところ、教員の方々や先輩方から多くの指摘やアドバイスを受けたことで、完全に理解し教えるということの難しさと自分たちの数学の用語の理解が不足しているということを知った。なので、再度メンバー同士で証明問題の解くにあたって必要な数学の用語の確認や解く手順の理解を深めていった。

次に、私たちは証明問題における学習を支援するシステムを作成するための活動を行った。私は、数学班としてシステムで使用する問題選びと解答作成を行った。問題を選ぶ際には、数学の用語や、証明までの流れや方針などを確認できるような問題を選抜した。また、解答の作成では、文章の構造が論理的に正しいかどうか、数学の用語を正しく使用できているかどうか、などに注意して作成を行った。作成後は、教員の方々に添削などをしてもらった。これにより、自分たちだけで解答を作る大変さや、文と文のつながりが大切であることの重要性を知ることができた。この活動から、数学をシステムに導入することの難しさを知った。また、私は、企画班としての活動もあった。企画班の活動では、企画書の作成を行った。企画書では、当日のスケジュールや、メンバーの作業振り分けなどをし、期日までに作業を終えることが出来ていないメンバーがいた際には、メンバー一人一人の作業の進捗などの確認をし、遅れている作業の手伝いをお互いにしながら対処していくことで予定通りに作業を終えることができた。

そして、私たちは本学の1年生を対象に解析学Ⅱ勉強会を実施し、証明問題の学習を支援するシステムの有効性を検証した。解析学Ⅱ勉強会では、最初に1年生にシステムを使用せずに問題を解いてもらった。その後、我々の作成したシステムを使用してもらい、再度問題を解かせた。当日の観察の結果から、システムを使用したことでシステム使用前よりも問題をよく解くこと出来るようになっていた。また、当初企画していた時間通りに進行出来なかったため、当日の動きを予測して計画することの大変さを知りました。解析学Ⅱ勉強会後に、勉強会によって得られたデータの分析を行った。私は、解答の分析を行い、システム使用前と使用後で答案にどのような違いが表れ

たのかなどを分析した。分析では、自分たちの予測していないような間違いや、システムに関する要望などがあったので、この結果からシステムをより良いものへと進化させていきたいと思う。

これまでのプロジェクト活動を通して、私は多くのことを学ぶことができた。一つ目は、個人として活動するのではなくグループとして活動することの難しさである。自分ひとりで作業を行っている時とは違い、ほかのメンバーの進捗の確認をし、遅れている作業の手伝いなどを行わなければならない部分もあった。これにより、チームワークを身に付けることができた。また、話し合いのときに一人一人が意見をもって話し合いに臨み、積極的に発言することで議論も円滑に進み、良い意見なども生まれるので必要であると思った。

二つ目は、数学を理解することの大変さを経験した。数学を理解するには多くの時間が必要になることを知った。また、理解しても教えられるようにはならないということも学んだ。これらは、プロジェクト内学習会や解析学 I・II 勉強会を行い、ゼミ形式の発表で教員から指摘されたことや実際に 1 年生に対して数学を教えたことで、今までの自分が行ってきた数学の学習方法や理解度は、足りないことを知ることが出来たので、今後の学習に活かせると思った。

最後に、我々は連絡・共有の不足により、作業が中断してしまう場面が多くあった。これにより、教員の方々への連絡が遅れてしまう場合や、メンバー同士の助け合いが遅れてしまう場面があった。なので、どんなに小さな物事でも共有し、自分の作業の進捗を報告していくことで、作業を効率よく行うことが出来ると思った。

私はこの 1 年間のプロジェクトで学んだグループとして成果を出すことの難しさや教員やメンバーとの連絡の大切さなどのこれらのことを今後の活動や卒業研究などに活かしていきたいと考える。

(※文責: 長谷川要)

5.2 栗山健太

後期のプロジェクトは夏休みに行ったことの振り返ることから行った。後期に何かしらのシステムを作ることはすでにプロジェクト内において存在していた。そのため、夏休み期間中に C# を使用したシステムの作り方について学習していた。C# を選択した理由として、去年のプロジェクト「数学学習環境のデザインと実現」を C# を使用してシステムを作っていた部分があるからだ。結果的には、後期に作成したシステムは Web ベースのものであり、C# を使用しなかった。夏休み期間中に学んだことは無駄ではなかったが、プロジェクトに生かせなかった。これを防ぐためには、まず作成するものを考え、それを形にするためにはなにを使用すればよいのか、熟考してから行動に移すことがよいと考える。

プロジェクト内学習会では、数学の問題にそれぞれ担当を決め、解いてくるようにしていた。そのため、自分の担当ではない問題に対する把握が弱いと感じていた。またそれぞれの問題を解くうえで、自分の思ったことや考えたこと、つまづいたところをメモをとっていた。しかし、分量が少ないため、あまり活かすことができなかった。問題の答えを出すことが大切なのは無く、それに至るプロセスの方が大切であったと今更ながら感じた。この点は後期プロジェクト学習における大きな反省点であると思われる。

その後、実際にシステムを開発を行った。今年は数学学習支援の Web サービスを作成した。Web サービスは HTML, CSS, JavaScript を使用した。自分自身の JavaScript に対しての知識が

HTML や CSS と比べ少なかったもので、ほぼ手探りの状態からのスタートとなった。1つの機能を付け加えるたびに、ネット検索や本を駆使していた。1つの機能について、コードを完全に理解をせず追加していったので、コードが助長になってしまい、作業効率が落ちてしまった。また、システム面に関する作業をしていた人員が私おらず、メンバーと相談しながら作業をすることができなかつたため、提出期限が限り限りとなってしまった。

システムの出来に関しては、理想からほど遠い出来となっている。選択肢をランダムに表示する機能や今までやった問題の解答保存機能など、まだまだ付け足したい機能は多くあったが、締切の時間の都合上断念することになった。また Web サービスのデザインに関して、全て他の人に任せきりでレビューをする時間をとることができなかつた。1年生に Web サービスを使ってもらおう勉強会までに、色々な不具合や不備があった。そのため、1年生に使ってもらおうことがとても恥ずかしいことだと感じていた。より良い状態にするためには、JavaScript やデータベース、サーバーに関する知識が圧倒的に足りていなかったもので、まだまだ学ぶことは多い。1年生に Web サービスを使ってもらった結果、細かい不具合などが生じてきた。例えば、タブレットで一部機能が動作しないといった問題である。スマホとパソコンで、どちらを使ってもらおうのかはすでに考え、メンバー内でも議論していた。その結果、パソコンでの閲覧をもともと考えていた。しかし、タブレットを使って Web サービスを使う想定はしていなかつたため、不具合が残ったまま提供してしまった。完全な状態にするためにはこれまで以上の多くのテストが必要であると感じた。

1年生に使ってもらった後に、Web サービスを改善を行った。具体的に、About ページと Contact ページの追加である。About ページは Web サービスについての使い方を書き、Contact ページに問い合わせ情報を載せた。

システムを作る体制が整っていないと感じていた。特に仕事の割り振りがうまくいっていなかつたからだと考えている。Web の知識がメンバー同士で差があったため、ない人のケアをよく考えるべきだと感じた。私は Web に関しての知識が多少持っているが、完全に理解しているわけではない。そのため、教えることがうまくできず、メンバーをおぎなりにしてしまった節があった。Web サービス製作をを少ない人員で取り掛からなくてはならなかつた。このことから、何かを製作するときには作業に取り掛かる前に、作る手順や必要なものを考え、明確にしてから実行に移すべきだと考える。また、作ることが難しそうなら、その案を再考、もしくは捨てるといった選択肢もあるとよいと思われる。

プロジェクト全体を通して私の反省点として、連絡がうまくいっていなかつたことが挙げられる。LINE や Slack などのアプリケーションを使用した連絡自体が少なく、意思疎通を取ることが遅くなったり、できなかつたりしてしまった。どんなに小さなことでも、連絡をし、自分の置かれている状況を共有することが大切だと感じた。また、時間の使い方を考えてから作業をするべきだったと考える。時間を区切らないとだらだら作業してしまうことがあった。1週間でタスクを考えるのではなく、1日単位で考えるとよいと感じた。時間は有限である。その使い方をよく考えさせてくれたプロジェクトであった。

(※文責: 栗山健太)

5.3 豊田和人

まず、前期同様プロジェクト内で学習会を行なった。夏休みの間に出された課題を解くときに、採点者に自分の考えを伝えるような解答を心がけた。ゼミ形式で自分が発表するときは、誰もがつまづきそうなところはもちろんのこと、あらかじめ重要なポイントをある程度考えておき発表時に伝えることを意識した。しかし、やはり自分が「解ける」と「完全に理解して人に説明できる」ということは大きくかけ離れていることに気づいた。

次に「証明問題の学習を支援するシステム」を作成した。私は、数学班としてシステムを導入する問題の抜粋と解答作成を行なった。解答を作成する際に、論理的に正しいかや、理解してもらえ工夫を常に意識しながら作成した。また、よりわかりやすくするために gif を使って動画も作った。システム班と連携を取りながら解答の作成に挑むことができた。紙での数学とコンピュータでの数学はまた別の難しさがあることに気づいた。

その作成したシステムが有効かどうかの検証のため、1年生対象に解析学Ⅱ学習会を開いた。そこでも様々なことを学んだ。私は最後の全体での解説を任されたので、事前に問題をしっかり理解しておき、解説の練習もたくさん行なった。そのおかげで、1年生からわかりやすかったと感想をもらうことができた。また、自分の中では当たり前だと思っていたことも、ある人にとってはわからないことで、それを噛み砕いて説明することの大変さを学んだ。

のちに解析学Ⅱ勉強会で得たデータの分析を行った。私は1年生の解答の分析を行った。ただ解答を見るのではなく、システムが有効であるかどうかを判断するために2回の解答を何度も見比べて分析を行なった。変化を見つけるのが難しい解答があったり、成果発表会で使えるデータを探すことが難しかったりなど、大変な作業が多かったが、自分の気づかない間違い方を新たに知ることができ、システムへの応用へと繋げたいと考えた。

そのデータを用いて成果発表会を行った。私はスライド作成と発表者を任されたので、発表会の1週間前にはスライド第1弾を完成させた。レビューで様々な意見をもらい、第2弾、第3弾とスライドを作っていた。前期はスライドの完成が発表当日になって練習もままならなかったが、その反省を生かして、初めにベースを作りそこから手直しをすることによって余裕を持ってスライドを作ることができた。発表練習は結局前日だけになってしまったが、活動の流れを意識しながらスライドを作ったのでそこまで苦にはならなかった。それでも、満足いくまで練習することができないまま本番を迎えてしまった。本番では練習の少なさに気付かれないように流れをしっかりと掴んで大きい声で発表するように心がけた。周りの評価を聞くと良かったという意見が多かったので、結果的には良い発表をすることができた。成果発表会を通して練習やスケジューリングの大切さなど、多くのことを学んだ。

最後に、全体を通して思ったこと、考えたことを述べる。私は、数学の理解を深めるとともに数学で悩んでいる人たちを助けたいという思いの下、このプロジェクトを選んだ。プロジェクト学習を通して1年生の学習を支援することができた。結果的には1年生から勉強を教えて欲しいと声をかけてもらえることがあり、勉強するきっかけは少なからず与えることができた。今後は、更なる満足度の向上を目指したい。自分の数学の理解についても、今まで気づけなかった部分にたくさん気づかされたことで理解を深めることができた。またグループ活動を1年間続けてきて、話し合いをする際にはしっかり自分の意見を持った上で臨むということ、積極的に発言することは良いことであるが、人の意見にもしっかり耳を傾けることが重要であるということ、作業効率を上げるために長時間だらだらやるのではなく、スケジュールをしっかり立て、短期集中でしっかり作業と休

憩のメリハリをつけることを学んだ。これらの学んだことをこれからの卒業研究などに繋げていきたいと考える。

(※文責: 豊田和人)

5.4 佐藤義哉

私の主な後期の活動として、数学班のリーダーとして Web サービスで使用するコンテンツ作成と班活動のまとめを行った。ここでは、プロジェクト内学習会でやった数学の問題に対してもらったレビューを元に解答を作成、Web サービスに合うように解答、解説、ヒントの作成を行った。その際に、プロジェクトの時間中に行う作業を計画したり、役割分担をリーダーとして行った。しかし、プロジェクトの時間内で終わらなかった作業を宿題という形で割り振ったが、締め切りを深く考えず曖昧にしてしまったため、進捗があまり良くなかったり、全体に迷惑をかける形になってしまった。そこに関しては深く反省をしている。いろんなことはあったが、リーダーをあまり経験してこなかったのでプロジェクト学習でこういう経験を体験でき、将来この経験が生きると思うので良かったと思っている。

そして、このプロジェクトを行なってきて学んだことが3つある。

1つ目は人の気持ちを考えることである。これは1年生、メンバーに対して双方に言えることである。1年生に対しては、証明問題の Web サービスを構築していくうえで1年生がどのようにしたら使いやすくなるかとか、分かりやすく伝えられるかななどを1年生の立場に立って考えていた。しかし、こういうことを考える際に困難な点があった。それは、あくまでも私たちが考えているだけであって本当に1年生は私たちと考えていることは一緒なのかと、私たちの中での固定概念みたいなものがあり想像がしづらいということがあった。これらの考察は困難を極めたが、同じメンバーの数学が得意ではない人の意見を聞いて解決を目指した。なので、1年生に対してはこれらのことを考えた。メンバーに対しては、この1年間プロジェクト学習を行ってきて、正直プロジェクトメンバーはメンバー間での連携が上手ではない。実際に起こったこととして、あまり連絡もせず、情報が伝わらなかったので班同士での進捗がうまくかみ合わないことがあった。そんなことが起こるとそうなった原因となる人のせいになりがちである。私はそれは違うと考えた。周りのメンバーがその人に任せた責任もあるし、サポートする役目があるはずだと考える。それもせずに自分がやったことに満足をし、批判するのはおかしいと感じた。その人がどういう気持ち、状況に置かれているのかを考え、協調性をもって活動したほうが組織として成功すると感じた。なので、人の気持ちを考えることが大事だと思う。

学んだことの2つ目は組織内の行動についてである。私たちは証明問題の Web サービスを構築するのに班分担をしたが、期日が曖昧で作業をうまく進めることができなかったことが多くあった。期日がきちんと定まっているならば、その期日に向けてスケジュールを立て班員にうまく仕事を分担することができた。私は解答の作成や解説、ヒントも考えていたが期日がはっきりしていなかったのだからと進めてしまうことがあった。それは1つの班の進行が遅れてしまうと他の班にも影響してしまうことでもあった。班は分かれているが、班は組織として1つのピースみたいなもので1つでも欠けると完成しないように班は相互で連携しあっているのだから、周りのことを考えながら作業をしていかないと感じた。

学んだことの3つ目は数学についてである。このプロジェクトを理由の一つに忘れていた数学に

関する知識などをもう一度学ぶというのがあった。実際、プロジェクト内勉強会を行ってみると、教員に指摘されやほり忘れていたことが多くあった。でもこれは1年生に教えるために必要なことだと感じ、必死に勉強した。そうすると今までより数学の奥深くまで知ることができ、学ぶことができた。

最後にこのプロジェクトではいろんなことがあったが、決して無駄なことは1つもないと思う。大学でやったような活動、組織というのは社会に出てもたくさんあると思う。今までの成功や失敗が決して無駄にならないを願ってこれからの人生を過ごしていきたいと思う。

(※文責: 佐藤義哉)

5.5 長内将吾

後期はシステムの設計と制作、解析学Ⅱ勉強会を通じたシステムの検証、成果発表会が主な活動であった。システムの設計では、どうやったら数学における証明問題が解けるようになるのかを理解するために、プロジェクトメンバー内で勉強会を行った。プロジェクト内での勉強会はゼミ形式で行った。自分の解答を発表する際、自分がどのような数学用語を用いて、どのような経緯で解答に至ったのかを整理した。自分の解き方をまとめ、他のメンバーと共有、比較、評価をもらうことで、自分はどうやったら証明問題が解けるようになるのか理解することができ、システムの設計にとっても役に立った。また、前期に続きもう一度勉強会を行うことによって、前期よりもより数学における能力、知識を習得することができた。プロジェクト内学習会で学んだ学習方法における問題点の発見方法と、発見した問題の改善方法は、数学の学習だけでなく、これからの人生における様々な分野での学習の機会に生かすことができると思った。

具体的なシステムの制作の際には、自分は主にシステムの画面のデザインを担当し、HTML、CSSなどのコード書きながらシステムの制作に貢献した。システム画面のデザインを考えるときには、情報デザインコースで学んだことを生かしながら、どのようなデザインにすれば1年生がより解析学を理解してもらえるのかを考えて、自ら提案することに挑戦した。また、実際にコードを書く際には自分の知識不足を痛感した。もっと技術面に関しての勉強をするべきだったが、自分の時間の管理が甘く、勉強に割く時間を作ることができなかった。今後はこのようなことがないようもっと時間の管理する能力を磨き、積極的に新たな技術の習得に努めていきたいと思う。システム制作全体を通しては、時間の使い方を学ぶことができた。自分の今の能力をしっかりと把握し、どれくらいの時間で作業を完了することができるのかを考え、スケジュールを作る能力をシステム制作全体を通して身につけることができた。

システムの検証では、実際に1年生にシステムを使ってもらうために、1年生を対象に、解析学Ⅱ勉強会を企画、準備、開催した。勉強会のリハーサルでは、実際に1年生がどのような行動を取るのかを予測し、勉強会の進行を考えることが難しかった。例えば、実際にリハーサルしてみると、本学1年生は会場がどこなのか分からないのではないのか、資料はいつ回収するのが最も時間の効率がいいのかなど、多くの疑問や課題が浮かんだ。勉強会本番では、自分たちが作ったシステムを1年生が使っている光景を見て、達成感を感じた。また、実際の1年生の行動を観察し、システムはまだ改善する余地があることがわかった。例えば、コンテンツの難易度である。実際に本学1年生にシステムを使ってもらうと、コンテンツの難易度が優しかったのか、自分たちが想定していたよりもかなり早くシステム内の問題を解いていた。

成果発表会では、自分はポスター制作を担当した。ポスター制作は前期でも行っていたので、後期では前期のポスターよりもよりプロジェクトの活動内容がわかりやすくなるようなデザインに挑戦した。具体的には、システムの内容を図解したり、見出しの内容や大きさ、色などをこだわった。

プロジェクトの活動全体を通して、自分がどのような人物なのかを理解することができた。プロジェクトでの活動はグループワークがほとんどで、自分の意見や考えを整理、発信する機会が多く、それらを他のメンバーと比べる機会も多かった。また、本プロジェクトは様々なコースから構成されており、情報デザインコースの学生として自分はどのようにプロジェクトに貢献できるのかを他のプロジェクトメンバーと比較することで把握し、自分の強みや、足りない能力を把握することができた。これからは、プロジェクト活動で理解した自分の個性を生かして、残り少ない大学生活を有意義に過ごしていきたいと思う。

(※文責: 長内将吾)

5.6 鉢呂誠市

後期は、夏休みの課題の発表から行った。夏休みの課題の中に数学の証明問題を解いてくるものがあった。私はその証明問題を解く際に、前期のプロジェクト活動で発見した証明問題を解くのに重要な3つのポイントである、「言葉の定義を理解する」「証明の方針を定める」「記述方法を身に付ける」という点を意識して問題を解いた。またゼミ形式での発表の際にも上記の3つのポイントを意識して発表を行った。発表を行った際教員から様々な点を指摘してもらった。その時準備してきた説明だけでは自分の考えていたことが全ては伝わりきらなかった。また私が想定していたこと以外の点も指摘をもらった。このことから私が大事だと考えている点だけでは数学の知識は全然たりていないことがわかった。また教えるということの必要な知識量、難しさを痛感した。

また Web サービスの作成の際に、まず最初に実装する問題の解答の担当した。解答作成時は大前提として数学的ミスがないことはもちろんであり、今回は並び替え形式であったため解答をどこで区切るのがよいかを考えながら作成し、改めて教えることの難しさを感じた。

私は後期は作成したサービスの検証のために開催した勉強会や最終発表ではそれぞれ司会と発表者を担当した。勉強会の司会では原稿をつくり伝えなくてはいけないことを何度も確認し練習した。またその際に先生方から、様々な伝え方に関するアドバイスを頂いた。そしていざ当日にはあらかじめ設定していた通りに勉強会が進行させることができず、予測の甘さを痛感した。だがその場の対応で上手く時間などを調整することができ、さらに別会場ともしっかりと連絡をとり勉強会全体で会場ごとの差が生じないように動くことができた。最終発表での発表者としては発表をしっかりとやりきることができた。だが発表前に言われていたアドバイスの、早口にならないように、というアドバイスを反映させきれていなかったと思った。今回は10分ほどの発表時間だったが、それだけの時間を発表するには今回の練習時間では足りないということがわかったので今後の発表練習の際の基準にしていきたいと思う。

そして発表の際に使ったスライド作りに関して、作ったものを教員に何度も見てもらいフィードバックを得た。そこで指摘されたもの、改善案など様々な意見を頂いた。それらの意見からスライド作りに関して大きな勉強となった。これは今後活かしていきたいと思う。

またグループで仕事を行う際の難しさを、プロジェクト活動を行うことで痛感した。様々な人間が集まって行うプロジェクト学習では様々な考え方をみなが持っており、自分の考えが通用しな

いという状況に数多く遭遇した。こういった場面に遭遇した際自分の意見を客観的に見つめ、自分の考えが正しい、または効率がよいのかを判断することの大切さを学んだ。これは今後社会に出てから大切になる考えであると思う。さらにグループ作業では、責任者の重要性を感じた。責任者がしっかりしていなければ活動がうまくまわらないが、それは各々が責任者に活動を促すなどのアクションを起こすなどして活動を行っていく必要があることを学んだ。このようにグループ活動を行う時には、誰かひとりに全て任せ指示待ちになるのではなく、個人が積極的に動き、周りに働きかけていくことがとても重要であると感じた。この際にいかに、他人を傷つけることなく、発言するかなどを、プロジェクト学習では考えさせられた。その結果、他人を傷つけず、いい関係を築きながらプロジェクト活動を行うことは出来たと思う。しかし、その関係を築き上げるのと引き換えに、自らの時間を削ることなどが多くなり、仕事の負担が大きくなってしまった。これはもう少し割り切って活動を行う必要があったと思った。

今回のプロジェクト学習を通して、学んだことは数多くあるが、やはり一番大きかった点は最後に述べた、グループワークを行う上での人間関係についてである。プロジェクト学習は社会にでたときの予行練習とも捉えられるので、とてもいい経験になった。

(※文責: 鉢呂誠市)

5.7 神野香菜子

このプロジェクトでは「デザインの難しさ」、「発言の難しさ、大切さ」、「共有するために必要なこと」、「当たり前をなくす」の4点を学んだ。

まず1つ目「デザインの難しさ」について説明する。私は情報デザインコースに所属していることもあり、勉強会のポスターや発表会のスライド作成に多く関わってきた。その中でデザインの難しさを再確認した。空間の使い方や配色などについてはデザインコースの講義などで学んできた。しかし、実際にポスターなどを作っていくと、必要な情報がしっかり書かれているかなど肝心な内容に穴が多数あった。見る人にとってどのようなものであれば目を引き、さらに内容が伝わるのかということは何回も考えた。ポスターは文字が多すぎると読む気がなくなってしまうが「開催場所」や「日時」、「対象者」など最低限必要な情報は書かなければいけない。その最低限必要な情報は何かを見極めるのが本当に難しかった。スライド作成は文字ばかりでは見づらいので図解をするべきことをわかるがどのように図解をすると一瞬でわかるのか、などを考えた。また考える際に担当教員からのアドバイスを主に参考にした。情報デザインコースとして頼られる面があったからこそ講義では気が付けないことに気づくことができ、本当に勉強になった。

またプロジェクトで発言する難しさや大切さを学んだ。プロジェクトを始める前の私は話し合いの時は話を聞いているだけで黙っていることが多かった。黙っている理由としては気が付いたら話し合いについていってなかったり、自分の考えがわからなかったりしたからだ。しかし、私はプロジェクト中にノートをとることによって、その問題を解決しようと試みた。板書を写すのではなく、話し合いを自分なりにノートにまとめていた。すると、気が付いたら話し合いについていけない理由がわかった。それは話し合いの筋が通ってなくて、何を話しているのかという目標が途中で変わってしまっていたため、話し合いについていけないということが起きることがわかった。そこで私はついていけなかったり筋がずれたときには発言することにした。またこの気づきから何を話しているのかわからなくならないように、話し合いの議題を板書するなどして視覚化する

とよいことにも気が付けた。ノートをとることによって、自分の考えもわかるようになった。手を動かしてノートを取り、頭の中を整理すると、話を理解することができて、自然と自分の考えも浮かんできた。普段あまり発言しない人も板書をしている日は意見を発言出来ていたりする様子もあったことから、手を動かして書くことによる効果はあることを学んだ。

3つ目に班作業の時には共有するために必要なことを学んだ。システム班と数学班に分かれたときに「共有したつもり」で「共有できていない」ということが多数起きた。プロジェクトの最後に共有の時間を設けていたが「相手に伝える」ということを意識して共有すべき情報を話せていないことが多く、伝わっていないが「共有したつもり」になってしまうということが起きた。相手に何かを伝えなければいけないときは何も知らない人に伝える気持ちをもって話すことが大切である。そして話し終わった後には相手に伝わったのか、確認をとる必要がある。そして本当に重要なことは口頭だけでなく、議事録に書くことも大切である。議事録は全員が読んで理解できるように書き、そして全員が読むべきである。共有するために必要なことは「相手に伝えることを意識する」「議事録を書き、読む」という2つのことを学んだ。

4つ目に「当たり前をなくす」ということを学んだ。我々のプロジェクトでは当たり前ということで仲間割れが起きることが多々あった。当たり前だと思っていることでも確認することが大切である。誰かが当たり前だと思っていることも他の人には当たり前ではないかもしれない。確認を怠ることにより、同じ作業を2回やってしまったり、やるべきことを誰もやらないということが起きた。例として、責任者の例を挙げる。責任者を決めた時に、我々は具体的な仕事を決めなかった。責任者とは責任を取る人という固定概念のみを固め、責任を押し付けた。しかし、責任者の定義は人それぞれだと思う。責任者が全てをやると思っている人もいれば、指示を出す人と思っている人もいる。また他のメンバーが動いて、何かあった時に、修正などをする人だと思っている人もいる。様々な考えがあるにもかかわらず、責任者からの指示がないことを理由に誰も行動しなかった。そして責任者からの指示がなかったことを理由に責任者に責任を負わせた。これは正解ではないと考える。責任者からの指示がないなら指示を待つのではなく、指示を仰ぐべきだったとわたしは思う。もしかしたら指示ができない理由があるのかもしれない。どんな指示をしたらいいのかわからなくて悩んでいるのかもしれない。責任者が動けないなら周りが助けていかないといけないと思った。人任せにして、行動しなかった人に人を責める権利はないと思う。この責任者の例のように「当たり前」というものは人によって異なる。当たり前が一致していることをきちんと確認することが大切だ。

1年間を通してこのプロジェクトで学んだことを、プロジェクト活動外でも活かしていこうと考える。また今回学んだ4点は、私自身の興味でもあると考え、この興味を研究内容などに発展させていきたい。

(※文責: 神野香菜子)

5.8 野辺陽平

後期のプロジェクトの活動内容としては、主に、システムの設計・作成であった。まず、そのシステムに実装する数学の問題を理解、検討するためにプロジェクト内学習会を行い、作成したシステムを検証するために解析学Ⅱ勉強会を実施した。最後に、結果・成果を発表するために成果発表会が実施された。詳細について以下に記述する。

まず、後期も前期と同様プロジェクト内学習会から始まった。ここで前期と同じく、自分の解答が拙いことを実感させられた。前期で証明問題にフォーカスしたことにより、難度の高い証明問題もあって苦勞をした。教員から指摘、指導されながら証明問題について理解をしていった。また、後期は証明問題の学習を支援するシステムの作成が目標のため、自分たちが回答する際、躓いた箇所、分からなかった用語などを記録して、システムに実装する際に活かした。

次に、私たちは後期の目標であった、1年生の証明問題の学習を支援するシステムを作成するために、システム班と数学班に分かれて、それぞれシステム開発、システムで扱う問題作成を行った。システム班は、システムに実装する機能、デザインの検討を行った後、システムの作成を行った。私はシステム班の一員として活動をした。しかしながら、システムに疎く、プログラミングが苦手であったため、システムのプログラム作成はあまり行っていないが、担当教員の指導の下、サーバに作成したシステムを上げる作業を行った。ここで、システムを作成する難しさ、それに付随する作業の大変さを学んだ。数学班はプロジェクト内学習会で出た問題点などを考慮しながらシステムに実装する問題、解答などのコンテンツを作成した。

この作成したシステムが有効であるかどうかを検証するために、1年生を対象とした、解析学Ⅱ勉強会を実施した。私は主に広報班として、教員、学生に向けメールで告知をし、授業内での宣伝も行った。広報活動が終わり次第、アンケート班のサポートを行った。勉強会当日はチューターとして参加した。勉強会で、参加者にシステムを実際に使用してもらって得られたデータ、勉強会前後に実施したアンケート、勉強会当日の参加者の様子から、成果発表会に向けて分析を行った。アンケートからシステムを使用してよかったという感想も多かったが、要望の意見も多く、改めてシステム作りの大変さを理解した。発表会当日、後期は発表者ではなかったため、発表のサポートを行った。

最後に、このプロジェクト活動を通じて、学んだこと、考えたことを述べる。

まず、グループ活動の大変さを学んだ。10人を超える規模でのグループ活動は今回のプロジェクトが初めてであったため、非常に思うようにいかず、もどかしさを感じる事が多くあった。このような大人数での活動では情報共有をすることが大切であったと考えられた。しかし、我々は前期から情報共有が乏しかったと感じた。共有ができていなかったため各活動が遅くなってしまっていた。共有が上手く出来ていれば作業効率も上がり、成果としてもより良いものができたと考える。そのことから情報伝達し、共有することの大切さを感じた。

次に、計画の大切さを学んだ。自分はずっと計画をしないほうで、このプロジェクト全体も個人の活動もどちらも計画性のなさが露呈していた。その結果、前期は、中間報告書の提出が期限直前となり、後期も勉強会や成果発表会の直前まで作業をしていた。自分個人としても、同じように期限直前に完成させることがあったため、この大人数の活動だからこそ、足並みをそろえて、お互いの位置を確認しながら進むためにも計画を立て、その通りに動いていくことが必要であるとこの活動を通して学んだ。

今回のプロジェクト学習で学んだこれらのことを、後に行う研究や将来、大人数で行う活動などがあつた場合につなげていきたい。

(※文責: 野辺陽平)

5.9 岡澤尚也

この1年間を通して学んだことが4つある。

学んだことの1つ目は、グループワークの難しさである。我々は10人以上のメンバーで活動を行った。そこで、仕事の期限を守らないことや、情報共有が行われないことがあった。私は、仕事を早く終わらせることができず、期限が過ぎてしまうことが多く、周りのメンバーに大変迷惑をかけた。しかし、可能な限り、自身の仕事が終わった際には、積極的にほかのメンバーの作業を手伝うことや疑問に思ったことはほかのメンバーに早めに意見をもらいに行き、役立てた。私自身、期限を意識して作業を早く取り掛かることが必要であった。これは、プロジェクトメンバーの多くに言えることであり、全体の意識改革を行うべきであった。また情報共有に関して、全体に共有すべきことがなされていなかった。共有方法として、LINEやslackなどのツールを使用したけど、ほとんど活用されなかった。また、プロジェクト内で発言したことも、きちんと情報を残しておらず、あとからメンバー間で情報にずれ起こった。私は、全体に情報をきちんと伝えることの重要性があまり理解してなかった。私自身、ほとんどのメンバーと個人的に情報共有のやり取りを行っていたため、勝手に全員が情報を共有していると錯覚してしまっていた。全体に情報の共有をきちんと行うことで、情報のずれによる無駄な作業がなくなり、円滑にグループワークが進んでいくと。今後は、仕事の期限を守ることを徹底し、必要な情報を全体に逐一報告することをしていきたい。

学んだことの2つ目は、数学の学習法についてである。今までは、解答が合っているか間違っているかばかりを考え、その結果、解答の暗記などに頼ってしまっていた。また、学習方法について、問題を解いていてわからない場合、解答や略解をすぐに読み、定義、定理の使い方を理解したと考えるてしまっていた。しかしプロジェクト内学習会を行ったことで、定義、定理を正しく説明できないことがわかり、教科書を読み、定義、定理を正しく理解、使うことができるようになることが必要だと学んだ。またなぜ問題が解けないのかを考えることにより、いくつかの学習における問題点を見つけることができた。特に証明問題に対しては、定義や定理の重要性、証明問題における方針、証明問題の記述法など、1つずつ分からなかったことを解決することにより、どういった流れで解けば良いのかわかるようになった。それにより、自身の数学力の向上にとても役立った。数学は考えることがとても重要であり、学習において多くの時間を要することがわかった。今後、定義、定理を正しく理解し、正しい使い方することを心掛けていきたい。

学んだこと3つ目は、作業の効率化についてである。多くのメンバーが、プロジェクトの時間外にも多くの活動をした。このことによりグループ間の仲の良さを深めることができたと思う。アンケート班の活動として周りに意見を求めながら作成を行うことができたが、何度も根本的にシステムの良いところやどういった効果が期待できるのかをシステム作成後に考えることにより、とても難しく多くの時間を費やした。また、時間外に作業を行うメンバーが固定されてしまい、ほかのメンバーの分まで作業を行ってしまった。仕事の分担をうまく行い、どのメンバーも仕事の分量に差が出ないようにしたい。このことから、曖昧な部分をなくすこと、仕事の分担をうまく行うことにより、作業効率を上げられると考えた。

学んだことの4つ目は、人に情報を伝えることについてである。私は、中間発表会で発表用スライドを作成する際、どのような順序に物事を書くことで、1番伝えたいことが伝わるのかを考えた。また教員やメンバーに構成についての多くの意見を頂き、何度もスライドを修正し、改善を行った。また、発表会で発表者として、大きな声で、ゆっくりと発表することを心掛けたが、上手に発

表を行うことはできなかった。原因として、練習時間を少ない時間しか確保できなかったことである。今後、今回の経験を活かし、発表を行う際には、練習時間を多く確保し、自信をもって堂々と発表を行っていききたい。

最後に今回のプロジェクト活動では、考え方の多様性や、どうすればグループワークが成り立つのか、私自身の良い点、悪い点をととも考える良い機会となった。また、考え方に固執せず、多くの意見を取り入れて、今後のグループワークや人との関わり方に役立てて行きたいと思う。

(※文責: 岡澤尚也)

5.10 渡邊健

私はプロジェクト学習を通して学んだことが2つある。

一つ目は人に伝えることの難しさである。後期のプロジェクト学習ではまず、プロジェクト内学習会があった。プロジェクト内学習会ではゼミ形式で自分が周りの人に伝える必要がある。実際に証明問題を解いてきて理解したつもりになっていても、いざ口頭で説明するとなるとうまく伝えることができなかった。私は解析学勉強会で一年生に証明問題の解説を行った。証明問題の解説を行うにあたって、正しい解答を田中先生と相談しながら作成した。証明問題の解答作成することがギリギリになってしまったせいも考えられるが、一年生に必要最低限の解説はできたが、プラスで解説しようと思っていたことをうまく伝えることはできなかった。また、前期のプロジェクト学習では人前で意見を出すということがあまりできていなかったのも後期のプロジェクト学習ではできる限り意見を出そうとした。後期のプロジェクト学習では前期のプロジェクト学習よりも意見を出すことはできたが、今振り返るとまだまだ足りなかったと実感している。このプロジェクト学習で人に伝えることの難しさを経験することができた経験を生かして、どのように伝えたら伝わりやすいのか、伝えたい相手は誰なのか、相手の立場になり考えて伝えられるようになりたい。

二つ目は情報共有の大切さである。夏休みに課題として出されていたことが二つある。数学に関する本を読み内容をまとめてくると証明問題を解いてくるとだ。しかし、メンバー内でちゃんと共有していなかったせいでほとんどの人がやってこなかった。夏休みの課題のみに限らず、毎回のプロジェクト学習の記録として書いている議事録は一週間以上更新されないことが多々あった。以前のプロジェクトで何をしたら振り返るためのものが振り返りたいときに振り返れないのはあまりいいことではない。報告書では一か月もの時間があったのにもかかわらず、メンバー内で連絡さえ取りあっていれば分担して作業できたはずだが怠ったせいでほかの班にまで迷惑をかけた。このようなことはこれからは避けたい。このプロジェクト学習で情報共有することの大切さを学ぶことができた。些細なことでもこまめに連絡を取り合うことでよりスムーズにものごとをすすめることができるだろう。だから、些細なことでもこまめに連絡を取り合えるようにしたい。

以上二つのことをプロジェクト学習で学ぶことができた。このことを今後のさまざまな活動に生かしていきたい。

(※文責: 渡邊健)

5.11 高橋沙織

私はプロジェクト活動でリーダーとして活動をした。この活動を通して行ったこと、またその成果や反省点について述べる。

1つ目にスケジュールリングについてである。ある1つのイベントに向けて逆算しスケジュールを立てることを行った。これにより、いつ頃までに何を行うのかを全体で把握することができた。反省点として、スケジュール立てが出来てもそこまでのタスクの振り分けまで行えていない事があった。この事により作業がうまく進まず、スケジュールの遅れやタスクの偏りが出てしまった。

2つ目にプロジェクトの進め方についてである。毎週2回のプロジェクト活動を行うにあたり、どのように進めるかを考えて行うように努めた。全体スケジュールのもと、その日に行うことを考え具体的にどのように活動を行うか検討した。これにより、毎週のプロジェクト活動を円滑に進める事ができ、計画通りで無駄のない活動を行う事ができた。だが、毎回行う事ができず、プロジェクト活動内容を共有が遅れたり出来なかったときがあり、時間を無駄にってしまう事があった。

3つ目にグループワークについてである。私達はイベントを行うごとにグループに分かれて作業をしてきた。私は、各グループが円滑の活動を進められるよう努めた。しかし、うまくいくことはあまりなく反省点が多くなってしまった。反省点として、各グループリーダーへタスクの振り分けをしても、リーダーからメンバーに伝わらなかつたり遅れてしまう事があった。これは私からリーダーへの伝達が良くなかつたと考える。活動のスケジュールリングが甘かつたりしていたがゆえ、タスク振り分けを行なっても期日が明確ではなくうまく行う事ができなかつた。他の反省点として、メンバー全員での共有がうまく行えていなかつた事があった。これは、リーダーと話したことを全体で共有していなかつたり、私自身が勝手に決めて共有がなかつた事が原因と考えられる。

最後に、私は計画・共有・連絡がうまくできていなかつたため、プロジェクト活動をうまく進める事ができなかつた。今よりももっとリーダーとしての自覚を持ち、この3つをこなすことにより良いプロジェクト活動を行う事ができただろう。メンバーの協力も不可欠だが、まずはリーダーが仕事をこなして全体を円滑に進めていく事が重要だと考える。私もきちんと身につけていきたい。

(※文責: 高橋沙織)

付録 A 新規習得技術

Adobe Illustrator

解析学 I 勉強会の告知フライヤー、中間発表用ポスターを作成するために用いた。

TeX

解析学 I 勉強会の問題用紙、発表評価シート、グループ報告書などを作成するために用いた。

(※文責: 野辺陽平)

付録 B 活用した講義

解析学 I、II

プロジェクト内学習会で数学の問題を解く際や、解析学勉強会にて問題や模範解答を作成する際に用いた。

科学技術リテラシ

報告書を記述する際のアウトラインや文章の作成に用いた。

情報デザイン I

フライヤーやポスター等のグラフィックデザインをする際に用いた。

(※文責: 野辺陽平)

付録 C 相互評価

長谷川要による相互評価

- 栗山 システムの作成方法や内容をしっかりと考えていた。また、最後まで頑張っていてシステムの作成や訂正を行っていた。
- 豊田 宿題をきちんと行っており、ほかのメンバーにも教えたりしていたので、とても頼りになりました。
- 佐藤 数学班のリーダーとして、ほかのメンバーをまとめたり、積極的に議論していました。
- 長内 最終発表のポスター制作を中心に頑張っていました。自分の意見を持ち、期限までに仕事をしっかりと終わらせていました。
- 鉢呂 数学の解答作成や発表者としてよく頑張っていました。また、議論中に話がまとまらない時などに、まとめてくれていました。
- 神野 成果発表のスライド作成や発表を頑張っていました。また、意見などをよく発言しており、積極的議論に参加していました。
- 野辺 勉強会のアンケートの作成や結果をまとめる作業を期限内にしっかりと行うことが出来ていた。
- 岡澤 システム政策や発表者としての役割をしっかりと行っていました。
- 渡邊 数学班として解答制作のときに、積極的に意見を出したりしていました。
- 高橋 リーダーとして、進行や意見をまとえたりなどよく活動していました。

(※文責: 長谷川要)

栗山健太による相互評価

- 長谷川 企画に関してのスケジュールを作ってくれた。与えられた仕事をこなしていました。しかしながら、プロジェクトとあまり深く関わりが少なかったと思います。私自身もコミュニケーションを密に取りたいと思いました。
- 豊田 数学の知識が豊富。締切までにやるべきことをやっており、とても優秀である。他のメンバーを牽引していくことができ、頼りにしていました。Web サービスの機能の提案をしてくれて、ありがとうございます。
- 佐藤 数学班のリーダーをしていました。数学班ででた意見をまとめて説明してくれました。伝えるのがうまく、わかりやすい説明を行ってくれて助かりました。
- 長内 Web ページのデザインを引き受けてくれた。Web サービスやポスター作りでは素晴らしい活躍をしてくれた。やるべきことをなんだかんだ言いながら、期日までにやり遂げる人でありとても頼りにしていました。
- 鉢呂 よくプロジェクトメンバーのことを見ている人であり、細かな気遣いなどができる。よく鋭い指摘をし、プロジェクトを導いてくれていた。またコミュニケーションを活発に行なって意思疎通がしっかりできており話しやすい人でありました。
- 神野 とても明るいムードメーカー的な存在。プロジェクトメンバーの誰とでも同じように接す

ることができ、コミュニケーションを円滑に図ることができる。手書きのメモを取っており、自身が思ったことなどをまとめて整理できている。

野 辺 サーバー関連の仕事をすべて任せていました。大場先生にジグソーテキストについて聞きに行ったり、美馬先生にサーバーのことを教わってくれました。時間内に終わらせるという意思が強く、見習いたいと思いました。

岡 澤 仕事を嫌な顔をせず引き受け、プロジェクトを支えてくれました。スライドの発表練習をとて熱心にしており、時間が少ないながらもがんばってくれました。

渡 邊 みながいづらいことを振り切って、鋭い指摘をすることができる。ただ発言をが少ないと思われる点が多々あるかもしれません。私では考えつかないことを考えていたりしたので、もっと意見を表に出すことができると良かったと思います。

高 橋 我がプロジェクトのリーダー。リーダーとして司会を行ったり、メールで連絡したり頑張ってくれました。やる気がでないときもあったかもしれませんが、そういった素振りを出さないようにしており、尊敬しております。

(※文責: 栗山健太)

豊田和人による相互評価

長谷川 勉強会の企画をしてくれました。与えられた仕事をしっかりやってくれました。

栗 山 非常に大変なシステム製作を中心になって最後まで行ってくれました。

佐 藤 数学班として一緒に数学の解答を考えると、リーダーとして積極的に話をまとめてくれました。

長 内 最終発表のポスター製作を中心に行ってくれました。常に自分の意見を持っている人でした。

鉢 呂 数学の解答作成や成果発表の発表者を一緒にやってくれました。論理的思考能力に長けていると思いました。

神 野 一緒に発表をしましたが、原稿を考えてくれたりスライドの案を考えてくれたりなど非常に協力してくれてよかったです。

野 辺 常に自分の意見を持って発信していました。システム製作でサーバについて勉強してくれました。

岡 澤 システム製作や発表者としてやるべきことをしっかりやってくれました。

渡 邊 与えられた仕事をしっかりこなしてくれました。数学班として解答作成時に意見を出してくれました。

高 橋 リーダーとして毎回司会や意見の共有を頑張ってくれたと思います。

(※文責: 豊田和人)

佐藤義哉による相互評価

長谷川 数学班で与えた仕事をきっちりやってくれたり、勉強会の企画をやってくれた。

栗 山 WEB サービスに関するこちら子らの要望に応じて、実現してくれてありがたかった。

豊 田 何事にも早めの行動でタスクを円滑にやろうとしてました。

- 長内 最終報告会でのポスター作成ではほとんど任せっきりになってしまったが決められた期日までに仕上げてくださいと頼もしい存在でした。
- 鉢呂 数学の解答作成ではいろんな意見を言ってくれて一緒に作業がやりやすかった。
- 神野 仕事を常に探したり、時間を見つけては仕事を直ぐに終わらせようとする姿勢が良かった。
- 野辺 タスクが滞っているときに声をかけたり、自分から仕事を探そうとする姿勢が良かった。
- 岡澤 いろんな仕事を引き受けてくれたり、プロジェクトをより良くするために考えてくれたのはありがたかった。
- 渡邊 急な仕事も引き受けてくれて最後までやりこなしてくれた。
- 高橋 違う班の情報を伝えてくれたりして、タスクを行う上で重要な存在となっていた。

(※文責: 佐藤義哉)

長内将吾による相互評価

- 長谷川 勉強会の企画と数学班での作業を両立してくれていた。
- 栗山 WEB サービスに関するシステムを構築してくれた。最後までシステムの改善に勤めてくれた。
- 豊田 数学班として数学のより正確な解答の作成に務めてくれた。成果発表でのスライド作りにも発表会直前までスライドの改善、発表練習を頑張っていた。
- 佐藤 数学班のリーダーとしての仕事を全うしてくれた。成果発表会のポスター作りではポスターの英訳をすぐにしてくれた。全ての作業において仕事が早い。
- 鉢呂 他のメンバーの意見を素早く理解することに長けており、議論をスムーズに進めていくことに一役買っていると思う。
- 神野 議論、作業の内容に関して事細かに記録をとっており、全ての活動に関して一貫性があった。
- 野辺 システム制作において、サーバー面での作業を頑張ってくれた。自分の意見をしっかりと持ちながら他のメンバーの意見もしっかりと尊重してくれた。
- 岡澤 成果発表会での発表練習を発表会直前まで頑張っていた。どんな活動に対しても真面目に取り組んでくれた。
- 渡邊 与えられた仕事を正確にこなす能力に長けている。
- 高橋 リーダーとして最低限の仕事はこなしていた。

(※文責: 長内将吾)

鉢呂誠市による相互評価

- 長谷川 勉強会の企画をしてくれた。作業の現状をよく伝えてくれた。
- 栗山 システムに関することを勉強して、完成まで作ってくれた。また人柄からいい空気をよく作り出してくれていた。
- 豊田 勉強会での解説や、最終発表などの人前での発表を準備の段階から入念に行ってくれた。また意見も的確なものも多く会議でも頼りになった。
- 佐藤 数学班のリーダーとして数学班をしっかりと導いてくれた。また時間がぎりぎりのタスク

もししっかりとこなしていた。

長内 最終発表のポスターや、システムのデザインなど、ほかの人では務まらないを積極的に行ってくれた。

神野 タスクが終わったら、すぐに新しいタスクに取り掛かろうと、常に仕事に積極的であると思った。

野辺 サーバーの知識を0から勉強して、システムの完成に貢献してくれた。自分の考えをしっかりと持っていると感じた。

岡澤 まわりのひとがやりたがらないタスクでも快く引き受けてくれた。また意見もたくさんだしてくれて非常に助かった。

渡邊 与えられたタスクをいやがることなくひきうけて、しっかりとこなしてくれた。

高橋 リーダーとして毎回のプロジェクトの司会をしっかりと務めていた。またその他にもリーダーのをこなしていた。

(※文責: 鉢呂誠市)

神野香菜子による相互評価

長谷川 勉強会の企画を中心になって指示をしていた。

栗山 システムの作成方法から勉強し、システムづくりを最後の最後まで頑張っていた。

豊田 数学面で頼りになる。宿題を必ずやってきて、みんなに危機感を与えてくれた。スライドをほとんど作ってくれた。

佐藤 数学班として解答作成などで活躍していた。仕事がなくなるとほかの仕事も手伝っていた。

長内 自分の意見を持っている。やる気が入ってから仕事が早い。

鉢呂 論理的に考え、リーダーと作業効率の良い進め方を話し合っていた。

野辺 勉強会のアンケート作成から結果の集計までをやっていた。

岡澤 話し合いが滞った時に場を和ませている人。みんなが気が付かない疑問に気づく。

渡邊 仕事を探して人手不足のところを助けていた。勉強会では解説を頑張っていた。

高橋 毎回やることを考え、司会をしてくれた。違う班同士の間で共有や連携をし、意識のずれが生じないように動いていた。

(※文責: 神野香菜子)

野辺陽平による相互評価

長谷川 数学班としてきちんと仕事をこなし、勉強会では企画に携わり、勉強会を良いものにするために奔走してくれた。

栗山 システム完成に大きく貢献してくれた。自分でシステムに関しての勉強し、大変だったシステムをほぼ1人で最後まで作成してくれた。

豊田 全体を通して頼りになった。数学班としてグループを引っ張り、仕事もこなしてくれた。発表会でもスライドを作り、当日の発表も頑張っていた。

佐藤 数学班のリーダーとして、グループメンバーをまとめ、勉強会で使う問題、解答の作成を

行ってくれた。成果発表でもポスター班として頑張っていた。

長内 システム班としてシステムについての話し合いに積極的で、また、システム作成の際はデザイン面を受け持ち、ほぼ1人で作成した。成果発表でもポスターの作成を頑張ってくれた。

鉢呂 数学班として、問題、解答の作成に奔走し、また発言も多く、プロジェクトを進めるうえで必要な意見を常に出してくれていた。

神野 勉強会ではフライヤーを一人で作成してくれた。議論の際は、メモをしっかりと取っており、発言も多くしていた。成果発表の際も発表を頑張ってくれた。

岡澤 システム班として、今何をやればいいのかを良く考えて行動していた。勉強会では、アンケート作り、分析に携わり、成果発表でも発表を頑張ってくれた。

渡邊 数学班として、勉強会に向けて、問題、解答の作成を頑張っていた。きっちり仕事をこなしていて、話し合いでもしっかりと意見を出してくれた。

高橋 リーダーとして毎プロジェクト奔走していました。先生とプロジェクトメンバーのつなぎ役として頑張っていた。

(※文責: 野辺陽平)

岡澤尚也による相互評価

長谷川 数学班として作業をしっかりと行ってくれた。意見を的確に発言し、グループ活動を円滑に進めてくれた。企画班では素早く活動を行い、担当の振り分けやタイムスケジュールなど、企画書など不備なく丁寧に行ってくれた。

栗山 システム開発をわからないことも多かったのにもかかわらず遅くまで残り、頑張って完成させてくれた。人柄が良く、周りのメンバーと協力的で積極的にコミュニケーションをとり、とても話しやすく相談にもすぐに乗って意見をくれた。

豊田 数学の解説を時間がないのにも関わらず頑張ってくれた。スライド班ではすぐに仕事に取りかかり一人でほとんどを完成させてくれた。手を抜かずに周りのメンバーとも情報共有などの確に行い、とても優秀な方でこのプロジェクトに居てくれて本当に助かった。

佐藤 数学班リーダーとして班をまとめ、的確に指示を出していた。システム班とも協力し、どんな問題が良いかや同様に勉強会を行うかなどよく考えてくれた。自分の意見をしっかりと持っていて、周りに流されずに責任を持って活動してくれた。

長内 web ページのデザインやポスター制作を一人で長い時間かけて頑張って作成してくれた。どんなシステムの機能が良いなどの話し合いにも積極的に発言してくれた。とても面白い人でプロジェクト時間外には周りを笑わせて楽しい空気を作ってくれた。

鉢呂 数学班では解答の作成など時間をかけて頑張ってくれた。積極的に他の班とコミュニケーションをとり、遅くまで活動してくれた。話し合いにも積極的に参加していた。周りの意見を尊重しながら自分の意見を発言するのでスムーズに話し合いが進んだ。

神野 勉強会のフライヤーを期間内に良いものを作ってくれた。web ページのデザインやスライドなど積極的に発言やコミュニケーションをとり、活動を活発にしてくれた。

野辺 どのように勉強会を開催するかを考えたり、メール班として迅速に活動し、仕事を的確に行ってくれた。困ったことがあった時に相談に乗ってくれて、とても有り難かった。

渡邊 数学班として解答作成や解析学勉強会では解説を丁寧に行っていた。他の班の活動を手

伝えてくれた。連絡をするとすぐに返信が返ってくるので相談しやすかった。

高橋 プロジェクトリーダーとして班ごとの活動を全て把握し、今後の予定や必要の提出物など細かい作業を全員に伝達してくれた。責任感が強く、悩むことも多かったと思うが精一杯頑張っていて活動してくれた。

(※文責: 岡澤尚也)

渡邊健による相互評価

長谷川 勉強会の企画を頑張ってくれました。また、頼まれたらしっかりとタスクをこなしてくれる人でした。

栗山 あまり知識がないにもかかわらず、勉強し、webサービスの作成をすることを頑張ってくれました。

豊田 同じ数学班としてとても頼もしかったです。成果発表でスライドと発表を頑張ってくれました。また、行動力がすごい人でした。

佐藤 数学班のリーダーとして責任を持って頑張ってくれました。また、成果発表のポスターを頑張ってくれました。

長内 成果発表のポスターを中心となって頑張ってくれました。また、自分の考えをまわりの人に表現できる人でした。

鉢呂 成果発表のスライドと発表を頑張ってくれました。また、頭の回転が速く、今何をすべきなのか常に考えられる人でした。

神野 成果発表のスライドと発表を頑張ってくれました。また、みんなのために協力してくれる人でした。

野辺 webサービスのサーバについて頑張ってくれました。また、自分の考えをまわりの人に表現できる人でした。

岡澤 成果発表のスライドと発表を頑張ってくれました。また、人の嫌がることを快く引き受けてくれる人でした。

高橋 プロジェクトリーダーとして、司会や各班の情報共有のパイプとなってくれました。また、責任感が強い人でした。

(※文責: 渡邊健)

高橋沙織による相互評価

長谷川 私が勉強会の企画の仕事を雑に振ってしまってもしっかりとこなしてくれたのでとても助かりました。また、仕事をこなすのが素早いので企画は上手くいきました。ありがとうございます。

栗山 嫌だ言いつつもしっかり考え、発言し、プロジェクト全体に大きな影響を与えてくれました。きちんと意見を持っているので話し合い時にはよく意見を求めてしまいました。また、自分の持っている知識と調べたり教えてもらったものでWebサービスを制作し完成する事ができました。優秀だと思います。

豊田 いつもの的確な意見をくれるのでプロジェクトの方向性があまりブレずに活動できたと思

ます。また、持ち前の数学力や的を得た意見のおかげで勉強会と成果発表会は乗り越えられました。成果発表会にプレゼンは本当に良かったです。

佐藤 自分の担当の仕事でなくても気づいたら行ってくれたり、しっかり周りとの連携を取り活動を行ってくれました。おかげで数学班は上手くまとまり活動できたと思います。また責任感が強く、きちんと仕事をこなしてくれていました。ゆえ、少しばかり頼り過ぎてしまったことは私自身の反省ですが、プロジェクトにいい影響を与えてくれました。

長内 とてもいい意見を持っているので、話し合いの場で意見を求めてしまう人の1人です。また、デザインに関しては知識や意見の吸収がよくポスターも版を重ねるたびいいものになっていきました。持ち前のユーモアでプロジェクトを楽しく進められ楽しいものでした。

鉢呂 物事を論理的に考えられる人なので、物事を決める場には必要不可欠の存在です。また、細かいことにも気づいたり、頭の回転が良いので私の代わりに全体を進めてほしいなと思いました。

神野 話し合い時の意見を求める人ナンバーワンでした。きちんと自分の考えを持ち、その意見を踏まえて更に行動をしてくれていたのが助かりました。細かいことに気づいてくれたりしたので勉強会や成果発表会の運営・片付けは上手く進みました。また、自分から率先してみんなとコミュニケーションを取ることで他の人の意見が出るという事があったのでとても大事な存在です。

野辺 自分の意見をしっかり持っていて、間違ってることや改善点などきちんと述べてくれるのでプロジェクトが良い方向に進みながら活動する事ができました。他のメンバーに比べて責任感が強く、仕事を任せてもしっかりとこなしてくれたのでとても助かりました。またきちんと皆を引っ張っていく事ができていたのでとても貴重な存在です。

岡澤 色々な仕事をこなし、たくさんのことを行ってくれました。話し合いの場でもきちんと意見を述べ、意図を考え勉強会のアンケートを作成・分析し、成果発表会でもスライド班として活動・発表をし、とても活躍してくれました。また、周りをうまく巻き込んで作業をするので、彼のおかげで皆協力し合いながら活動が行えたのではと思います。

渡邊 自分の仕事をきちんとこなす事ができる人です。勉強会では1年生に対して解説も、忙しいながらも準備をしてしっかりと行ってくれました。また、意見をきちんと持っているので、発言はあまり多くはありませんでしたが皆に影響を与えながらも活動を行なってくれていたと思います。

(※文責: 高橋沙織)

参考文献

- [1] 上見 練太郎, 勝股 脩, 加藤 重雄, 久保田 幸次, 神保 秀一, 山口 佳三. (2015), 微分 改訂版, 共立出版.
- [2] 山口 琢, (2016), 文章を構成する過程を測定するジグソー・テキストの開発, 研究報告コンピュータと教育 (CE), 5, pp1-5.