公立はこだて未来大学 2021 年度 システム情報科学実習
グループ報告書

Future University Hakodate 2021 System Information Science Practice

Group Report

プロジェクト名

数学学習の探求-書くこと、共有すること-

Project Name

Exploring Mathematical Learning: Writing, Sharing

プロジェクト番号/Project No.

5-A

プロジェクトリーダ/Project Leader

福島拓希　Hiroki Fukushima

グループメンバ/Group Member

上井康斗　Kouto Uwai

餌取健太郎　Kentaro Etori

小泉岳流　Takeru Koizumi

永田丈弥　Jyoya Nagata

長谷川太洋　Taiyo Hasegawa

本間綺来　Kira Honma

三崎隼大　Hayato Misaki

指導教員

美馬義亮　寺井あすか　田中吉太郎

Advisor

Yoshiaki Mima　Asuka Terai　Yoshitaro Tanaka

提出日

2022 年 1 月 19 日

Date of Submission

January 19, 2022

概要

本プロジェクトのテーマは「数学学習の探究-書くこと、共有すること-」である。COVID-19 の影響で授業がオンライン化され、従来の対面授業のように数学の理解を深めることができなくなった。そのため、情報技術を用いることによって、オンライン上でも数学を深めることができる環境が必要であると考え、本プロジェクトの目的を「Web アプリを用いて、数学の理解を深めてもらう」と決めた。まず、数学の輪講を行い、数学を学ぶときに重要なことは何かを調査した。ただ問題を解くだけでなく、必要な記述や数式の意味についての吟味を行う必要があるということがわかった。そして、他者とディスカッションを行い、解きなおしを繰り返し行うことで第三者から見ても理解できる解答を作ることができた。よって、数学学習において「論理や記述を吟味するディスカッション」と「問題の解きなおし」が重要であるという仮説を立て、本プロジェクトの目標を「ディスカッションと解きなおしを重視した Web アプリを開発すること」とした。目標を達成するためシステムの開発を行った。システム名を数学の Math と、会話をするという意味の Talk を合わせて「マストク」と名付けた。次に「マストク」を使って数学の理解を深めてもらうことと、「マストク」の効果と問題点を発見するために、公立はこだて未来大学（以下、「本学」と記す）の 1 年生を対象に解析学 II の勉強会を行った。その結果、「マストク」を使いディスカッションを行うことで、気づきや学びを得ることができていた。また、勉強会の中で問題の解きなおしをすることで、ディスカッションで学んだことを解答に反映させることを促せた。しかし、「マストク」の問題点も浮き彫りとなった。その後、UI を改善し、解析学 II の授業内演習で本学の 1 年生に使ってもらった。その結果、「マストク」でディスカッションが殆ど行われていなかった。そのため、ディスカッションをより活発にするために工夫が必要だとわかった。

キーワード　解析学, ディスカッション, 解きなおし, Web アプリ

（※文責: 永田丈弥）

Abstract

The theme of this project is “Exploring Mathematics Learning: Writing and Sharing.” Due to the impact of COVID-19, classes have gone online, and it is no longer possible to deepen students’ understanding of mathematics as in traditional face-to-face classes. Therefore, we decided that we needed an environment where students could deepen their understanding of mathematics online through the use of information technology, and decided that the purpose of this project would be to “deepen their understanding of mathematics through the use of web applications”. First, we conducted a roundtable discussion on mathematics and investigated what is important when learning mathematics. We found out that it is not only about solving problems, but also about examining the necessary descriptions and meanings of mathematical expressions. By discussing the problems with others and repeatedly re-solving them, we were able to create solutions that were understandable to a third party. Therefore, we hypothesized that “discussion to examine logic and description” and “re-solving” are important in learning mathematics, and set the goal of this project as “to develop a web application that emphasizes discussion and re-solving”. To achieve this goal, we developed a system. We named the system “Masutoku,” a combination of “Math” and “Talk”, which means to talk. Next, we held a study session of “Analysis II” for first-year students of Future University Hakodate (hereafter referred to as “this university”) in order to have them deepen their understanding of mathematics using “Masutoku” and to discover the effects and problems of “Masutoku”. As a result, the students were able to notice and learn from the discussion using “Masutoku”. In addition, by re-solving problems during the study session, the students were encouraged to reflect what they learned in the discussion in their answers. However, it also brought to light some problems with “Masutoku”. After that, we improved the UI and had first-year students of the university use it in the class exercises of “Analysis II”. As a result, we found that very little discussion was taking place in “Mashtoku”. Therefore, we found that we needed to devise a way to make the discussion more active.

Keyword Analysis, Discussion, Repetition, Web application

（※文責: 永田丈弥）

目次

第 1 章　はじめに　1
1.1　背景 1
1.2　目的 2
1.3　2020 年度の内容 2

第 2 章　前期の活動　4
2.1　数学の輪講 4
2.1.1　輪講の目的 4
2.1.2　輪講で取り扱った内容 5
2.1.3　輪講から得られた気づき 5
2.1.4　仮説の決定 6
2.1.5　「MWUN」の概要 6
2.1.6　「MWUN」の分析結果と考察 7
2.1.7　「Google Jamboard」の概要 7
2.1.8　「Google Jamboard」の分析結果と考察 8
2.1.9　分析結果のまとめ 8
2.2　開発班の活動 9
2.2.1　新システムの機能案 9
2.3　システム班の活動 9
2.3.1　「MWUN」改善の経緯 10
2.4　中間発表会 11
2.4.1　中間発表会に向けた準備 11
2.4.2　中間発表会当日の状況 13
2.4.3　中間発表会の質疑応答 13
2.4.4　中間発表会評価シートの分析 15
2.4.5　中間発表会の反省 17
2.5　前期まとめと後期の展望 18

第 3 章　夏季休暇中の活動　19
3.1　開発班の活動 19
3.1.1　機能の作図 19
3.1.2　画面遷移の作図 20
3.1.3　勉強会の準備 21
3.2　システム班の活動 24
3.2.1　表示画面の作図 24
3.2.2　機能の実装 25

第 4 章　後期の活動　26

4.1 「マストク」の開発 26
4.1.1 「マストク」の概要 26
4.1.2 「マストク」の狙い 26
4.1.3 「マストク」の機能 27
4.1.4 「マストク」の設計 31
4.1.5 「マストク」の開発環境と開発方針 31
4.1.6 「マストク」のサイト構成と画面構成 31
4.1.7 「マストク」への機能実装 32
4.2 解析学 II 勉強会 38
4.2.1 勉強会の実施背景と目的 38
4.2.2 勉強会当日までに準備したもの 38
4.2.3 勉強会当日の実施内容 40
4.2.4 COVID-19 対策 42
4.2.5 検証内容 43
4.2.6 検証方法 45
4.2.7 結果 46
4.2.8 解析結果の考察 51
4.2.9 解析学 II 勉強会全体の考察 52
4.3 成果発表会 52
4.3.1 成果発表会に向けた準備 52
4.3.2 成果発表会当日の状況 54
4.3.3 成果発表会の質疑応答 54
4.3.4 成果発表会の評価シートの結果 55
4.3.5 成果発表会の考察 59
4.4 解析学 II 授業内演習 61
4.4.1 演習当日の実施内容 61
4.4.2 検証すること 61
4.4.3 分析結果 62
4.4.4 演習全体の考察と改善案 62

第 5 章 まとめ 64
5.1 活動まとめ 64
5.2 今後の展望 65
5.3 謝辞 66

第 6 章 プロジェクト内のインターワーキング 67
6.1 福島拓希 67
6.2 上井康斗 68
6.3 餌取健太郎 69
6.4 小泉岳流 70
6.5 永田丈弥 71
6.6 長谷川太洋 72
6.7 本間綺来 73

6.8 三崎隼大 75

付録 A 新規習得技術 77

付録 B 活用した講義 78

付録 C 相互評価 79

C.1 福島拓希による相互評価 79
C.2 上井康斗による相互評価 79
C.3 餌取健太郎による相互評価 80
C.4 小泉岳流による相互評価 81
C.5 永田丈弥による相互評価 81
C.6 長谷川太洋による相互評価 82
C.7 本間綺来による相互評価 82
C.8 三崎隼大による相互評価 83

参考文献 84

第 1 章　はじめに

本章では、本プロジェクトの背景と目的を述べる。

（※文責: 福島拓希）

1.1　背景

本プロジェクトのテーマは、「数学学習の探究 -書くこと、共有すること-」である。はじめに、数学学習について調査をするために輪講を行った。輪講を行った理由は、我々の数学の理解度と、数学を学ぶときにどのような問題点があるのかを把握するためである。そして、解答について質問をされたときに、ほとんどのプロジェクトメンバーが自信を持って回答できないことが多かった。そこで、プロジェクトメンバー同士で意見を出し合い、定義や記述が曖昧な部分について議論を行った。議論した内容を修正して作成した解答は、

- 前回作成した解答よりも記述が丁寧であった
- 第三者から見て理解できる解答であった
- 解答について質問されたとき、自信を持って答えることができた

このような経験から、

- 論理や記述を吟味するディスカッション
- 問題の解きなおし

を行うことによって数学への理解が深まったと考えた。

さらに、COVID-19 の影響で授業がオンライン化され、対面での活動が減った。2020 年度と 2021 年度は学習環境が類似しており、2020 年度の活動内容は 2021 年度の活動に有用であると考えた。2021 年度の活動を行うにあたって、2020 年度の活動を先行研究として参考にした。2020 年度の活動については、1.3 節で述べる。我々は、対面の活動が減ったことにより、数学の問題についてディスカッションを行う機会が減ったと考えた。そのため、オンライン上でも「論理や記述を吟味するディスカッション」や「問題の解きなおし」が行える環境が有用であると考えた。これは学生全体にも同様なことが言えるため、学生全体がオンライン上でも「論理や記述を吟味するディスカッション」や「問題の解きなおし」を可能にする取り組みを行うこととした。

（※文責: 福島拓希）

1.2 目的

前節で述べたように、COVID-19 の影響で授業がオンライン化され、従来の対面での活動のように数学の理解を深めることができなくなった。そのため、情報技術を用いることによって、オンライン上でも数学の深めることができる環境が必要であると考えた。

よって、本プロジェクトの目的は、「すべての学生に対し、Web アプリを用いて、数学の理解を深めてもらう」と決めた。

（※文責: 福島拓希）

1.3 2020 年度の内容

ここでは、2020 年度の活動について述べる。2020 年度は、学生全体の「書く」機会の増加を図るために「『書いて学習する』ことの重要さを理解してもらい、数学における記述の力を身に付けてもらう。そのための支援を行う。」をプロジェクトの目標とした。

2020 年度の前期での主な活動内容は、プロジェクトメンバーの数学に対する理解度の把握、知識の習得と COVID-19 の影響による大幅な学習環境の変化の把握である。具体的な活動は、「数学の輪講」「仮説の決定」「学習環境の把握」「アンケート作成」「中間発表会」である。数学の輪講によって、メンバー同士がその考えに至った道筋をお互いに理解することで、多面的なものの見方と思考力を養うことができる。また、複数人と協力することで問題解決能力の向上とコミュニケーションをとる中で問題自体への理解を深めることを数学の輪講の目的とした。

2020 年度のプロジェクトでは、数学の輪講の経験から、数学を理解するために書いて「伝えること」及び「書くこと」で知識を整理することが重要であると考えた。輪講を行う中で、オンラインの数学学習における 2 つ仮説を立てた。1 つは教科書を読む機会が減ったということである。もう 1 つは書く機会が減ったというものである。その中でも特に輪講から数学では書くということが重要であると考えた。このことから書くことに着手し、「数学の講義がオンラインになり、書く機会が減った」という仮説を立てた。

数学に的を絞った学習環境の調査と、仮説の立証、「書く」ということを支援する際に、有効的な支援策を考えるためのアンケート実施を計画した。前期では、アンケートの準備を行った。アンケート作成にあたって、質問する内容、質問の目的、質問することによって得られる恩恵を明確にする作業を行った。具体的に考えていくうえで、本学の 1 年生の数学授業の形態、例えば同期型なのか非同期型なのか、どのようなレポートの形式であるかなどの調査をする必要だと考えた。そこで、数学授業を担当されている教員にお願いして授業を実際に受講した。そうして得た内容をもとにアンケートの質問文を作った。

中間発表会では前期に行った活動についての発表がオンラインで行われ、発表技術と発表内容の評価を受けた。発表技術は、「スライドを適宜見せてくれたので、質問しやすい」「ポスターを画面に表示することで、内容をとらえやすくしているのが良い」などがあり、発表内容は、「実際に数学的帰納法を解いて得た課題から考察出来ていてよかった」「仮説の根拠が分かりやすかった」という評価を受けた。

後期の具体的な活動は、「アンケートの実施」「Web アプリの開発」「勉強会の実施」「最終成果発表会」である。

前期で作成したアンケートを本学の 1 年生全員に対して送付し、解析学 II の講義で学生に対してアンケートの説明を行った。105 件の結果が得られ、分析に「R」と「Google Form」の回答ページの下部にある回答の概要にプロットされたグラフを用いた。解析学 I について友人と相談した機会のあった回答者が多かった。相談に利用したサービスには「LINE」や「Twitter」などの SNS が多く、本学区の講義で広く使われている Zoom の利用は少なかった。一般的に、数学の理解度を高めるためには、書く機会が必要である。しかし、アンケートの結果では書くことが数学の理解度の相関について肯定する結果が出なかった。試験勉強において書くことと成績の相関は板書を書く頻度より大きく、無相関検定は 5 %水準で有意であった。書く機会についての結果から試験勉強において回答者が解析学 I において書くことを促すことが効果的であると考えられる。さらにビデオ通話ベースのサービスよりも SNS の需要が多い結果から、教科書の練習問題を解き、SNS に近い形のサービスを提供すると良いと考えられる。

アンケートの結果を踏まえて前期に行った輪講における書く機会に着目した。解析学 I、II の輪講では、輪講の準備を行うために書いた解答や聴衆に見せるためのノートを作ることは、数学の理解に対して効果的であったと感じていた。また、このことに加えて輪講では書いたものについてコミュニケーションをとったことも、数学の理解を促したと考えられる。これらのことから、アンケートで最も効果的あった教科書の練習問題を解き、輪講のようなコミュニケーションを促す Web アプリ、「MWUN(Mathmatical Writing for UNderstanding の頭文字をとった)」を作成した。

対面形式での勉強会開催は困難なため、「MWUN」の実証をするためにも、オンラインでの勉強会を企画した。開発した「MWUN」を通して手書きで書くことを促し、人に伝えるための書くことの重要さを意識してもらうことを目的として本学の 1 年生を対象に解析学 II 勉強会を開催した。その結果、「MWUN」を用いた数学の学習支援は学生にとって有用であったと考えられた。しかし、UI や機能についての問題点も挙げられた。この問題点は 2021 年度のシステムを作るうえで参考にした。

最終成果報告会では、1 年間を通して各プロジェクトの最終的な成果を発表する成果発表会がオンラインで行われた。前期と同様に、発表技術と発表内容について評価を受けた。発表技術では、「聞き取りやすかった」という意見が多くあったが、「話す間隔が長い」「噛んでいる」という意見があった。ポスターに関しては、「見やすい」「流れがわかりやすい」という意見が多かったが、「文章量が多い」「配色が暗い」という意見もあった。発表内容では、プロジェクト全体に関して、「書くことについての着眼点」「Web アプリの開発」「実験とその考察」といった一連の流れを評価する意見が多かった。成果発表会全体を通じて、発表技術、発表内容共に評価点が高かったので、客観的にも良い成果をあげることができたと考えた。

（※文責: 福島拓希）

第 2 章　前期の活動

本章では、前期に行った活動について述べる。前期の主な活動は、「数学の輪講」「仮説の決定」「既存システムの分析」「各班の活動」「中間発表会」である。それぞれの項目についての目的や活動、成果などの詳細と前期のまとめについて述べる。

（※文責: 三崎隼大）

2.1　数学の輪講

数学の輪講について、教員から提示された問題について輪講を行った。事前にそれぞれが解答してきて、2021 年 5 月 12 日から 2021 年 6 月 11 日のプロジェクト学習の 4 限に行った。輪講という形式を採用することにより、プロジェクトメンバーそれぞれの意見や考えを知ることができ、さまざまな見方と思考力を身に着けることができる。また、プロジェクトメンバーと協力することで問題自体への理解も深めることができる。

我々のプロジェクトは、「数学学習の探求」ということで、プロジェクトメンバー 1 人 1 人の数学についての考えを共有し、統一することを意識した。そして、それぞれの解答から、どうすれば誰にでも理解できる解答になるのかを考えた。本節では、数学の輪講を行った目的、内容、成果について述べる。

（※文責: 長谷川太洋）

2.1.1　輪講の目的

輪講は以下の 2 つを主な目的として行った。

- 数学を学ぶときに重要なことは何かを調査する
- どのようなシステムを開発するかを検討する

プロジェクトメンバーが実際に数学の問題を解き、理解を深めることで数学を学ぶときに重要なことを調査した。数学の理解を深めるためにはどうすれば良いのか、数学を学ぶときに何がおきているのか、などを挙げた。

また、我々は数学についての議論ができる既存のシステムを輪講の中で使用して、利便性の検討を行った。数学を学習する上で、便利な機能や不便な機能を挙げ、我々が開発する Web アプリの参考にすることとした。

（※文責: 餌取健太郎）

2.1.2 輪講で取り扱った内容

我々が取り扱った数学の問題は、「x に関する方程式 $ax = b$ を解く問題」と「二項間漸化式の一般項を求める問題」の 2 問である。

輪講は、まず初めにプロジェクトメンバー全員が各自で問題を解いた。そして、その解答についてわからないことを質問し、数式の意味などについての議論を行った。輪講は 3 人、または 4 人程度のグループにわかれて行った。プロジェクトメンバーだけでは解決することができない問題があった場合は TA や教員からの指導を仰いだ。その後、議論から学んだことをもとに、新たな解答の作り直しを行った。この議論と新たな解答の作り直しを繰り返し行い、プロジェクト内での解答を作り上げた。この輪講で実際に扱った問題を下に記す。

(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 を求めよ。
$a_{n+2} + n(n+2)a_n = 0 (n = 0, 1, 2, 3 \cdots), a_0 = 1, a_1 = 1$

輪講で実際に取り扱った問題

輪講の中で使用した既存のシステムは、2020 年度のプロジェクト学習の成果物である「MWUN」と「Google Jamboard」の 2 つの Web アプリである。この 2 つのシステムを選んだ理由は、解答の画像をアップロードすることができ、解答についての意見交換をすることができる機能があるためである。

解答の写真を撮った画像を、「MWUN」または、「Google Jamboard」に投稿し、プロジェクトメンバー全員がいつでも見ることができるようにした。「MWUN」を使用した際は「MWUN」のコメント機能を活用し、「Google Jamboard」を使用した際は「Google Jamboard」の付箋機能や書き込み機能を利用し、ディスカッションを行った。

（※文責: 三崎隼大）

2.1.3 輪講から得られた気づき

輪講では、定義を問われた場合や、細かく記述する場合に、解答をどのように書けば良いのか分からず、躓くことが多かった。また、帰納法における命題とは何か、帰納法のルールとは何かを問われたときに自信をもって答えることができていなかった。その経験から、数学学習は、ただ問題を解くだけでなく、必要な記述や、数式の意味についての吟味を行う必要があるということがわかった。そして、命題の意味や、ルールについて復習をすることができた。また、ディスカッションを行うことで自分の間違いに気づいたり、他の考え方や別解についても気づけた定義を理解できるようになった。加えて、解きなおしを重ねることで、第三者から見ても理解できる解答を作ることができた。

（※文責: 三崎隼大）

2.1.4　仮説の決定

本節では輪講の結果から我々が立てた研究仮説について述べる。

我々は、輪講を行った経験から、数学学習における 2 つの重要な要素を発見した。

１つは、論理や記述を吟味するディスカッションである。

ここで、本プロジェクトにおけるディスカッションとは、教え合いや議論をすることとして進めた。他の人とディスカッションを行ったことで、定義や記述を正しく理解できていないことに気づき、正しい解法や別解を導くことができた。また、自分の間違いや、わからなかった箇所について、他のプロジェクトメンバーや、TA、教員からの意見をもらうことで、解法について学ぶことができた。さらに、細かい記述の仕方に関しても、変数が重複して使用されていたため、変数の依存関係をはっきりさせ、問題の前提条件や言葉の表現を増やすよう意識するようになった。これにより、1 つ 1 つ式の意味や言葉の意味を考えるようになった。

もう 1 つは解きなおしである。せっかくディスカッションを行っても、そのまま放置してしまった場合、学んだことを忘れてしまったり、理解できていなかったりしており、理解は深まっていないことがわかった。そのため、ディスカッションで学んだことを、忘れないうちに書きだし、解答に反映させる必要があることがわかった。何度も解きなおしをして、訂正を行うことで、第三者から見ても理解できる解答を作ることができた。

よって我々は、輪講を行った経験から、定義や記述を吟味するディスカッションと問題の解きなおしが数学の学習において重要であると仮説を立てた。

数学の学習支援システムを開発するために、必要なシステムの機能を考察する開発班と、システムを作るシステム班の 2 班に分かれて作業を行った。開発班とシステム班の活動について、詳細は 2.2 節及び 2.3 節にて述べる。

（※文責: 三崎隼大）

2.1.5　「MWUN」の概要

「MWUN」は 2020 年度に開発された数学の学習支援システムである。1.3 節で述べた通り、2020 年度は「書いて学習する」ことを重視しており、「書くこと」を重視したシステムである。

ここで、本プロジェクトが数学の輪講を行った際に使った方法に準じて「MWUN」 の機能について説明する。まず、数学の問題とその解答を書いた画像を作成する。その画像を MWUN 上にアップロードすることで、自分の解答を他者と共有することができる。次に、ユーザーネーム (匿名) を入力し、解答に対するコメントを書くことで、意見交換をすることができる (図 2.1)。このコメントは 20 分経過すると消え、それ以降ユーザーはそれまで行った意見交換のコメントを見ることができなくなる。そうすることで、意見交換した内容のメモを取ることを促す仕組みであり、「書いて学習」することを促している。

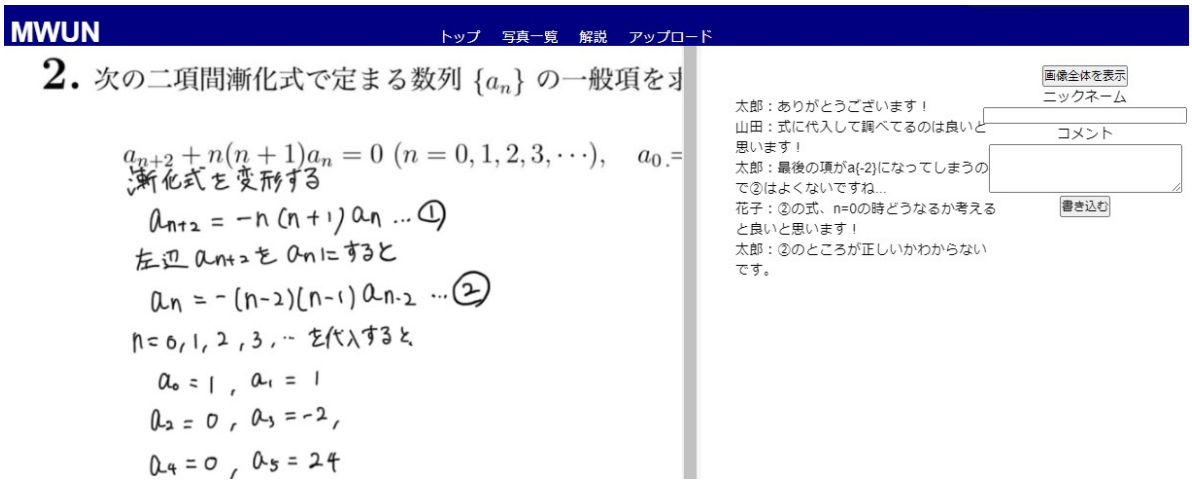


図 2.1 「MWUN」使用画面

（※文責: 餌取健太郎）

2.1.6 「MWUN」の分析結果と考察

「MWUN」を実際に使い、我々が感じたメリットとデメリットについて述べる。

メリットは、意見交換をする際にニックネーム (匿名) でコメントを書き込むことができ、個人が特定されないため、コメントをすることへの恐怖心が和らぎ意見が出やすいことである。また、自分の解答を他者と共有することができるため、他者が見ても理解できる解答作りを意識するよう促すことができていることである。そうすることで、数学における記述の力を身につけることができる。

デメリットは、コメントをする際にニックネームを毎回入力し直す必要があり、手間がかかることや、あるコメントに対して返信をしたいとき、どのコメントに対して返信をしているかわからず話し合いが上手く進まないことである。加えて、アップロードした画像の文字が小さい場合、解答が見づらいことである。

分析から、本プロジェクトが目指すシステムを開発する上で、3 つの機能が重要であると考えた。

- ユーザーネームを一度入力すると記憶されるよう、アカウント制にする
- アカウント制にした上で、コメントへの返信機能を追加し、意見交換しやすくする
- アップロードした画像の拡大縮小機能をつける

（※文責: 餌取健太郎）

2.1.7 「Google Jamboard」の概要

「Google Jamboard」は Google が提供するアプリケーションの 1 つであり、オンライン上で使えるホワイトボードのような機能を持つ。

ここで、本プロジェクトが数学の輪講を行った際に使った方法に準じて「Google Jamboard」機能について説明する。まず、解答を書いた画像を作成する。次に、画像をアップロードする。画像が小さい場合は、画像のサイズを調整できる。次に、付箋機能を使って文字を入力し、解答に対する意見を書き込むことができる。意見交換の際、必要があれば描画機能で線を引くことや、消すこ

とができる。上部の矢印ボタンでスライドを動かし、他の回答者の解答や意見を見ることができる。拡大縮小機能があり、文字が小さい場合、拡大をできる (図 2.2)。

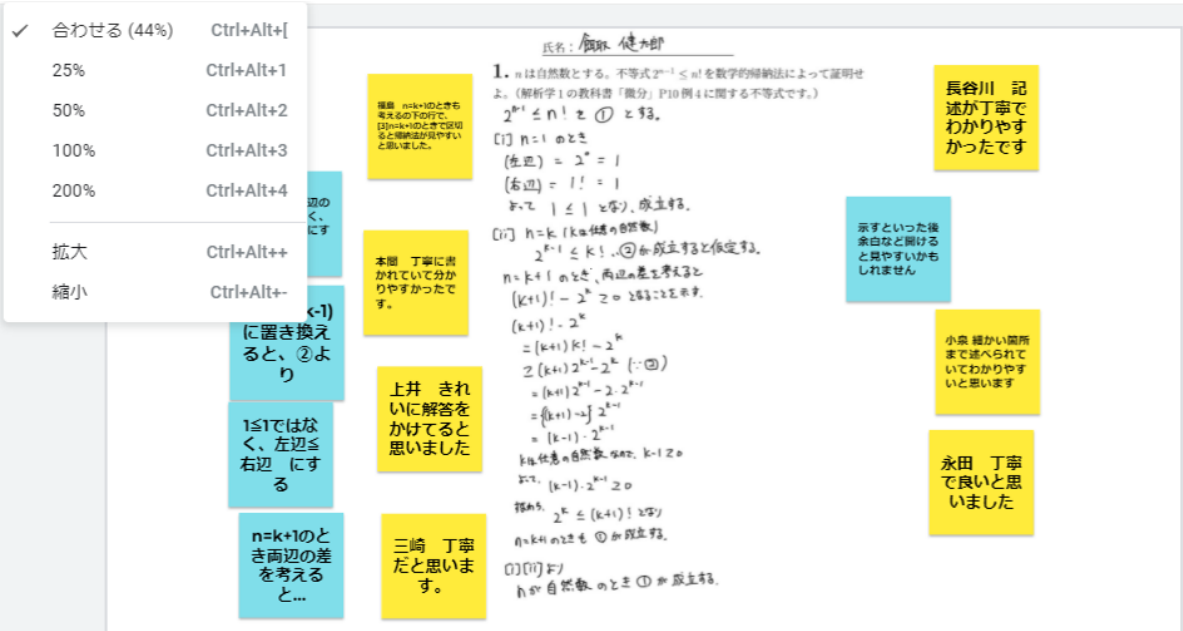


図 2.2　「Google Jamboard」の機能

（※文責: 餌取健太郎）

2.1.8　「Google Jamboard」の分析結果と考察

「Google Jamboard」を実際に使い、我々が感じたメリットとデメリットについて述べる。

メリットは、画像の拡大縮小機能があるので、画像の文字が小さい場合も解答が見やすくなることである。また、1 クリックで他者の解答を容易に見ることができ、自分の解答の間違いや足りない部分などを容易に発見できる。

デメリットは、描画機能がマウスやパッド操作では思ったように線が引けないことである。また、「MWUN」同様、返信機能がないので意見交換ができないことである。分析から 2 つの機能が重要であると考えた。

- 他者の解答を容易に見ることができるようにする
- 描画機能をマウスやパッド操作でも使えるようにする

（※文責: 餌取健太郎）

2.1.9　分析結果のまとめ

「MWUN」と「Google Jamboard」を本プロジェクトが目指すシステムを開発する上で重要だと考える機能とオンライン上で数学学習をする上での使い勝手という点で分析した結果、以下の機能を実装すべきだと考えた。

- ユーザーネームを一度入力すると記憶されるよう、アカウント制にする
- アカウント制にした上で、コメントへの返信機能を追加し、意見交換しやすくする

- アップロードした画像の拡大縮小機能をつける
- 他者の解答を容易に見ることができるようにする
- 描画機能をマウスやパッド操作でも使えるようにする

これらを参考に、ディスカッションを重視したシステムを作っていくこととした。

（※文責: 餌取健太郎）

2.2 開発班の活動

開発班の目的はディスカッションと解きなおしを重視した数学の学習支援システムを作るために、輪講を行った経験や既存のシステムの分析をもとに、我々が作るシステムにどのような機能を追加するべきなのかを決定することである。本節では前期に開発班で話し合った内容について述べる。

（※文責: 本間綺来）

2.2.1 新システムの機能案

輪講と既存のシステムの分析、そして、仮説と目標から我々はディスカッションと解きなおしを重視した機能を考案した。ディスカッションを重視した機能では、コメントをしやすいようにコメントの返信、通知、削除、リアクション機能が挙げられた。他にも、解答の画像を見やすくするために画像の拡大縮小、明るさ調整ができる機能が挙げられた。また、矢印や直線などの画像への書き込み機能、録画、録音するレコード機能なども挙げられた。解きなおしを重視した機能では、ただ解きなおしをアップロードするだけでなく、前回までの解答と比較しやすくする機能が挙げられた。他にも数学に特化したシステムとして、数式を入力できる機能が挙げられた。既存のシステムの分析より、アカウント制の実装案も挙げられた。また、これらの機能に優先順位を付け、優先的にシステムに追加する機能を決めた。

（※文責: 本間綺来）

2.3 システム班の活動

システム班は最終的に開発班が決定した機能を持つシステムを実際に作ることを目標とした。前期においては 2021 年度に新たなシステムを開発できるような知識や技術を身に付けることを目的とした。そのために、2020 年度のプロジェクト成果物である「MWUN」を再現、改善することを通して Web アプリに必要なプログラミング言語や Web アプリの仕組みを学んだ。本節では「MWUN」改善の経緯について述べる。

（※文責: 小泉岳流）

2.3.1 「MWUN」改善の経緯

「MWUN」のデメリットから、アカウント制の実装、画像の拡大縮小機能、明るさ設定、コメントの返信機能の実装を試みた。まず「MWUN」の HTML と CSS 部分の再現とアカウント制の実装から始めた。最初に「MWUN」のトップページにアクセスしたときにログイン画面を表示するようにした。(図 2.3)

図 2.3　ログイン画面

ユーザーネームを入力してログインすると、入力したユーザーネームをトップページに表示するようにした。(図 2.4)

図 2.4　トップページ

また、画像のアップロードの際にユーザーネームの入力を求められる箇所では、ユーザーネームを適用するようにした。2021 年 7 月 21 日の時点で、実装できているのはアカウント制の実装のみで他の機能はまだ実装できていなかった。他の機能を実装するためにはデータベースとサーバサイド言語を用いる必要があるので、サーバサイド言語を学びながら再現と他機能の実装を完了させることを後期開始までの課題とした。

（※文責: 小泉岳流）

2.4　中間発表会

中間発表会では、前期の活動内容をポスターとスライドにまとめて発表を行った。本節ではまず中間発表会に向けた準備の内容について述べる。次に中間発表会当日の状況、質疑応答、発表評価シートの分析を述べる。そして最後に結果をもとに行った考察を述べる。

（※文責: 本間綺来）

2.4.1　中間発表会に向けた準備

提出物の期限までの時間を有効に利用し取り組んだ。中間発表会に向けて準備物として、紹介文作成、スライド作成、動画作成、ポスター作成を行った。紹介文は長谷川、動画とスライド作成は餌取、三崎、小泉、本間、ポスターは永田、福島、上井が作成を行った。紹介文は、プロジェクトメンバーや先生、TA と繰り返し文章の見直し確認を行った。スライド作成は、プロジェクト時間内で共有、添削を行い、プロジェクト時間外で修正を繰り返し何度も行った。動画作成では、発表練習を時間内に行い、スライドの質が上がるにつれ、その動画の発表もより良くなり、仕上

げることができた。ポスターは、情報デザインコースのプロジェクトメンバーを中心に「Adobe Illustrator」を使い取り組んだ。また、スライドの内容と矛盾が起きないように作成した。

図 2.5　中間発表会で使用したポスター

（※文責: 本間綺来）

2.4.2 中間発表会当日の状況

2021 年 7 月 9 日金曜日に「Zoom」にて行われた。15 時からプロジェクト報告が公開開始された。16 時から質疑応答に入った。前半 15 分を 3 回、休憩をはさみ、後半 15 分を 3 回行った。中間発表会当日、前半発表後半発表の 2 班に分かれて、発表と評価を行った。班ごとに事前の時間や休み時間に集まり、発表の打ち合わせを行った。我々の発表は、まずポスターを共有して発表を行った。次に質疑応答を行った。デモ動画やスライドを共有し、質疑応答しやすい時間になるよう工夫した。発表中もこまめに裏で連絡を取り合いスムーズに進めるように行った。

（※文責: 本間綺来）

2.4.3 中間発表会の質疑応答

中間発表の質疑応答について、Q&A 方式で述べる。

- 「MWUN」のコメントは手書きで書き込むのものなのでしょうか、それとも「MWUN」上で書き込めるのものでしょうか？
  →「MWUN」上に書き込むものです。

- 同期的にテキストでディスカッションを促すのは難しいことだと思います。会話形式ではないのはなぜでしょうか？
  → COVID-19 のため、オンラインでやることを想定しています。

- 別解がある場合にどのようにアプローチしていくつもりでしょうか？
  →想定していませんでした。

- プロジェクトの一番の強みはなんですか？
  →ディスカッション、解きなおしを促すところに重点を置き、具体的には、解きなおしをさせてどこが変わったかなどを見比べてディスカッションを促すようにしていくことです。

- 今後開発するシステムは「MWUN」の進化版でしょうか、それとも新しいものなのでしょうか？
  →新しいものを開発する予定です。

- 数学用語の理解が難しいのではないでしょうか？
  →用語についてわからないところもディスカッションして欲しいと考えています。

- ディスカッションを促す具体的な手立てはどのようなものですか？
  →アンケートや勉強会などを踏まえて今後考えていく予定です。

- 「MWUN」を踏まえてシステムに新しく取り込む要素はどのようなことでしょうか？
  →ディスカッションと解きなおしを促せるようにすることです。

- 「Google Jamboard」を改善したものが最終版でしょうか？オリジナルな要素はなんでしょうか？
  →数学に特化して使いやすくし、ディスカッションや解きなおしを促せるようにできる要素です。

- 数式を入力したいときはどのように入力すればよいのでしょうか？
  →数式入力のための機能を追加予定ですが、優先度は低いです。

- 何度も解きなおしたとは、具体的にどのようなことを行ったのでしょうか？
  →定義が曖昧なところや説明が足りないところを補い、より丁寧な解答を目指して解答作成を行ったことです。

- 明るさ調整とは具体的にどのようなものでしょうか？
  →文字が見づらい場合があるので、画像の明るさを調整する機能です。

- Web アプリですか？それともスマホアプリでしょうか？
  →スマホアプリでは使いづらいため、Web アプリを想定しています。

- システム機能の中で重要度の高いものは何でしょうか？
  →ディスカッションでのコメント返信と、画像の拡大縮小です。

- システムを開発した後、そのシステムをどう評価しますか？
  →勉強会を実施し、参加者に実際にシステムを使用してもらう予定です。

- 「MWUN」のコメント返信機能について、コメントが 20 分で消えることと共存するのは矛盾ではないでしょうか？
  →例え 20 分でコメントが消えるとしても、どのコメントに返信しているかがわかりやすい方がいいと思ったからです。

- 定義を正確に理解するとありますが、覚えていないという場合もある？
  →はい。帰納法についての命題について理解できていないこともありました。

- 数学の公式などを忘れている人に対しての機能はありますか
  →ディスカッションの中で定義を教え合ったりしてもらう予定です。

- ユーザー対象の定義が大事だと思いますが、高校だけでは範囲が曖昧ではないでしょうか？
  →ありがとうございます。ユーザー対象を絞るか、タグ付け機能などを実装しようと思います。

- 解きなおしの機能はどのようなものを想定していますか？
  →解きなおし前後を比較できるように実装する予定です。

- 解けるように促すのですか？それとも、理解できるようにするのでしょうか？
  →理解をすれば解けるようになるため、「マストク」を使うことで理解できるように促します。

- 数学のやる気がない人に数学を促す機能などはありますか？
  →ある程度やる気のある人向けに作っているため、未定です。

（※文責: 小泉岳流）

2.4.4 中間発表会評価シートの分析

評価項目は、発表技術、発表内容の 2 点であった。2020 年度と同様に COVID-19 の影響で「Zoom」を使用したオンラインでの発表会のため、「Google Form」を利用した評価シートに記入をしてもらった。発表評価シートはこの 2 つの項目に対して、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。中間発表会当日では、学生と教員を含む 45 名 (学生 39 名、教員 6 名) の評価を集計した。発表技術についての平均は 7.36(回答数 $N = 45$、標準偏差 $SD = 1.40$)、発表内容についての平均は 7.40(回答数 $N = 45$、標準偏差 $SD = 1.66$) であった。発表技術の評価点数と人数のグラフ、発表内容の評価点数と人数のグラフを図 2.6、図 2.7 に載せる。また、自由記述で得られた解答の一部を以下に挙げる。

発表技術

良い点

- 動画の目次を最初に表示させるだけでなく、各内容が終わるごとに表示させていたため、スライドの進行度や、話していることの全体の中での位置づけがとらえやすかった
- 音声が聞き取りやすく、説明の途中に去年の成果物を実際に使っている短い動画が入っていたので理解しやすかったです
- スライドにも動画を埋め込んでいることで動きがあって分かりやすかった
- 実際にアプリがどのように動くか、動画を作成していてわかりやすいと思った
- 類似サービスをきちんと調査して実際の操作感を示しているため、共感を得られやすいと感じました

問題点・指摘

- ポスターの内容に合わせて発表しているのはいいと思ったが、途中で補足説明や少し膨らませた方がいいと感じました
- ポスターの色味が、少し見づらいように感じた
- 声が暗い印象だったので、もう少し明るめに話した方がいいと思いました
- 実際にアプリがどのように動くか、動画を作成していてわかりやすいと思った
- 無言の時間が多かったり、発表者の声が暗く、質問しづらい雰囲気だった
- 質問に対してあやふやな答えが見受けられた

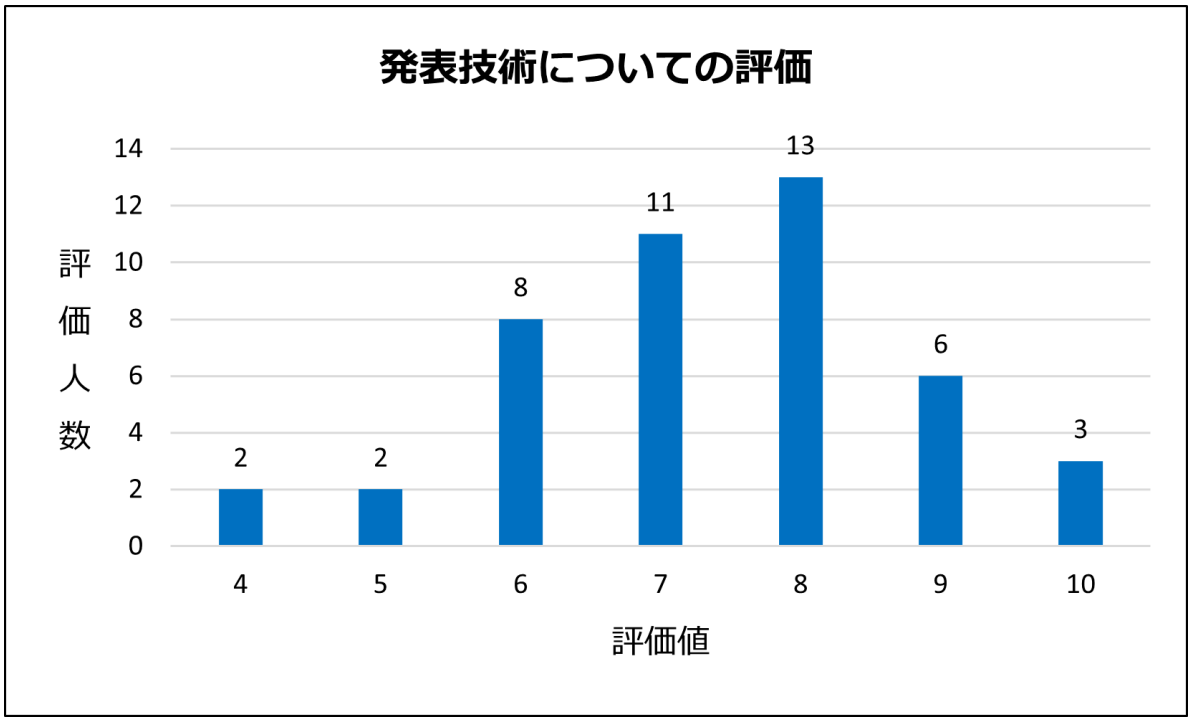


図 2.6　発表技術についての評価

発表内容

良い点

- 実際にシステムを使ってみた動画もあったので使い方がすぐわかりました
- 動画の中に、去年開発されたシステムについての詳しい解説があったのがよかった
- 仮説からしっかり説明しているのは良いところだと感じた
- 目的から今後の展望までの流れがわかりやすく、ツールについても理解しやすかったです
- どのような機能を追加するかを決めて、実際に取り掛かれているのが良いと感じた

問題点・指摘

- 「ディスカッションと解きなおしを促すシステムを作る」ということはわかりましたがポスターからだと実際にどんなものを作っていくのか全くイメージできなかったです
- システムの分析は、このシステムで数学を学ぶ上での本質的な課題を探したほうがいい
- 質問に対しての回答の内容が少し薄く感じたのでもう少し詳細な内容をいえるようになるともっと良くなると思います
- 具体的に何を実装するのかが曖昧だった
- 今後の内容が少し薄かったように感じました

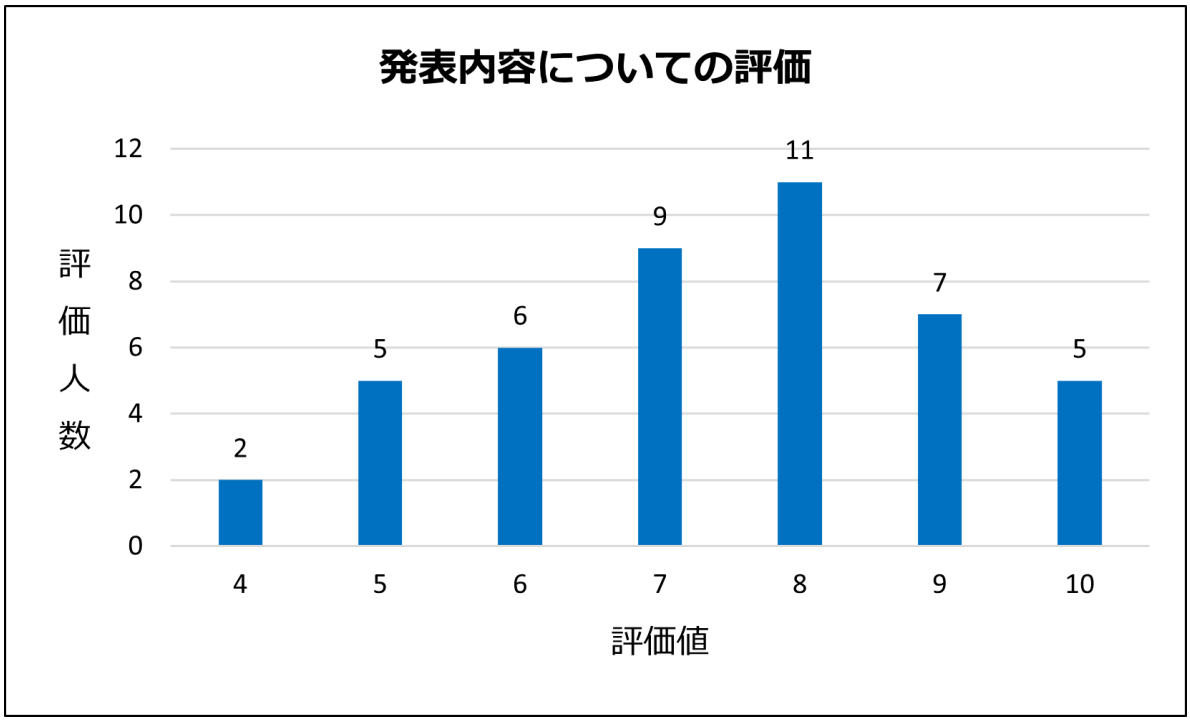


図 2.7　発表内容についての評価

（※文責: 本間綺来）

2.4.5　中間発表会の反省

事前に班ごとで集まることで、発表をスムーズに進めることができた。質疑応答の対策をすることができたため、多くの質問に回答することができた。質疑応答の余った時間で、スライドを共有することで時間を有効に使うことができた。発表技術の評価の平均は 7.36、発表内容の評価の平均は 7.40 と高い評価を得ることができた。しかし、具体的に考えていないことがあり、鋭い質問にうまく答えることができなかった。中間発表会後に個人の KPT 分析を行った。分析で出た意見を以下に挙げる。

個人の KPT 分析の結果

続けること (Keep)

- 見やすいようにポスターやスライドのデザイン調整を行うこと
- スライドがしっかり纏っていたこと
- 数学の輪講を繰り返すことで、良い目標ができたので、アイディア出しのときは、輪講を重ねること

問題だったこと (Problem)

- 今後、何をするか可視化できていないこと
- 具体的にシステム案を考えられていないこと
- 今後の計画が細かく定まっていないこと
- 具体的な細かい内容や部分を指摘されると決まってなかったりこたえれなかったこと

今後頑張ること (Try)

- 今後のスケジュールを作り、それに沿って進めていくこと
- 具体的なシステム案を考えること
- システム改善の優先度を考えること

中間発表会を通して、スケジュール管理をしっかりし、物事を具体的に考える必要があると考える。

（※文責: 本間綺来）

2.5 前期まとめと後期の展望

我々は数学を学ぶときに重要なことは何かを調査するために輪講を行った。数学学習は、ただ問題を解くだけでなく、必要な記述や数式の意味についての吟味を行う必要があるということがわかった。そして、輪講を通して他者とディスカッションを行い、解きなおしを繰り返し行うことで第三者から見ても理解できる解答を作ることができた。輪講の経験から、我々は「論理や記述を吟味するディスカッション」や「問題の解きなおし」が数学の学習において重要ではないかと考えた。

後期の展望としては、まず、システムのデザイン、画面遷移について考える。次に、開発環境と開発方針を考え、システムの機能を実装していく。そして「ディスカッション」と「解きなおし」を重視した Web アプリを開発する。最後にシステムを用いて勉強会を実施し、システムの効果と問題点などを検証することにした。

（※文責: 長谷川太洋）

第 3 章　夏季休暇中の活動

本章では夏季休暇中の活動について述べる。我々が作ったシステムを使用して解析学 II を学習してもらう、解析学 II 勉強会を予定していた。そのため、勉強会実施に向けての準備やシステム開発を夏季休暇中に進めておく必要があった。夏季休暇中もプロジェクトメンバー間での連絡を絶やさず、活動を行った。主な活動は、2.2.1 節で述べた新システムの機能についての「機能の作図」、「画面遷移の作図」、「勉強会の準備」、「表示画面の作図」、「機能の実装」である。それぞれの項目についての詳細を述べる。

（※文責: 餌取健太郎）

3.1　開発班の活動

開発班は新システムの機能の作図、画面遷移の作図、勉強会の準備を行った。作図に関して、開発班メンバー全員が各々描いてくると個々の感性の違いが出るため、意見の統一が難しい。そのため、作図は 1 つに対し 1 人が担当するものとした。1 人が描いてきたものを開発班全体で共有し、意見を出し合い、担当した開発班メンバーが修正をすることとした。

（※文責: 餌取健太郎）

3.1.1　機能の作図

前期に開発班が新システムの機能案について考えたがシステム班は話し合いに参加していないため、それぞれどのような機能なのか理解できていなかった。開発班が想定した機能のイメージをシステム班に伝えるため、機能の作図をした。例として解答を比較できる機能の画像を載せる (図 3.1)。システム班はその図を見てシステムの設計を行った。図はあくまで開発班が想定したものであり、システムの設計上、図の変更が必要な場合は開発班と相談し変更を行うこととした。

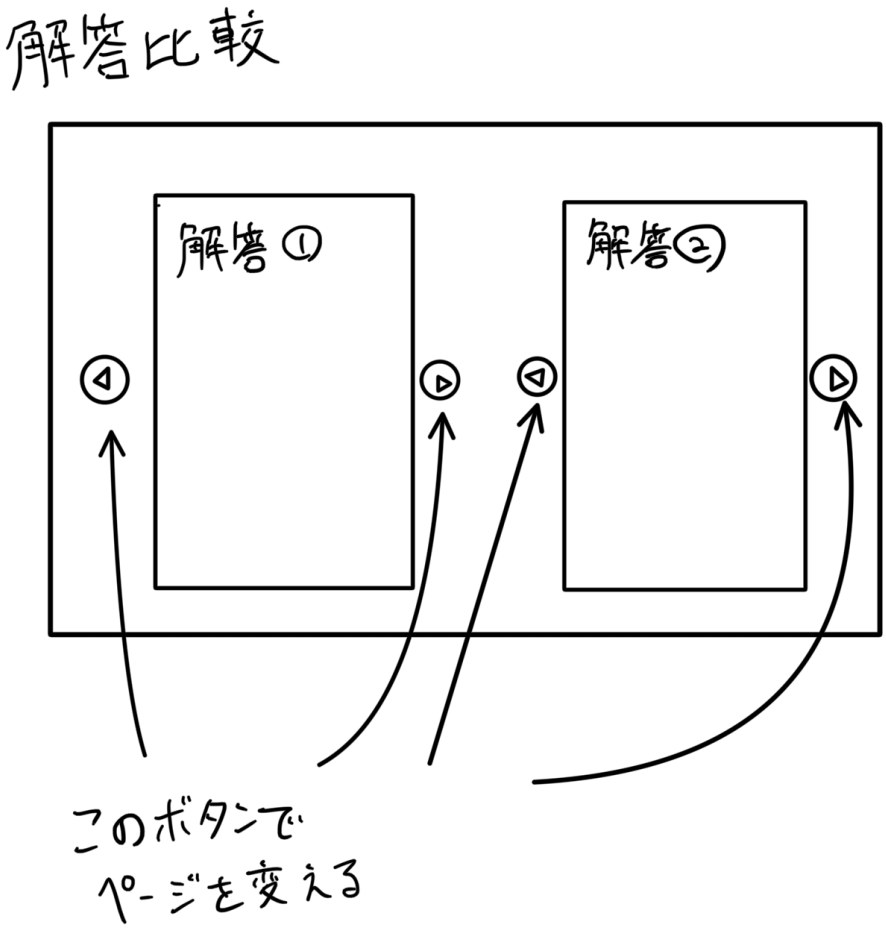


図 3.1　解答比較機能の図

（※文責: 餌取健太郎）

3.1.2　画面遷移の作図

機能案をシステムに組み込む際、機能が期待した効果を得られるようなシステムの画面遷移が必要だったため、システムの画面遷移図を描いた (図 3.2)。しかし、開発班はプログラム関係のことは把握できていないため、システム設計上難易度が高い場合や、不可能な場合があった。そのため、システム班はこの画面遷移図を設計の指標として扱った。変更がある場合は、開発班と相談し、変更を行うこととした。

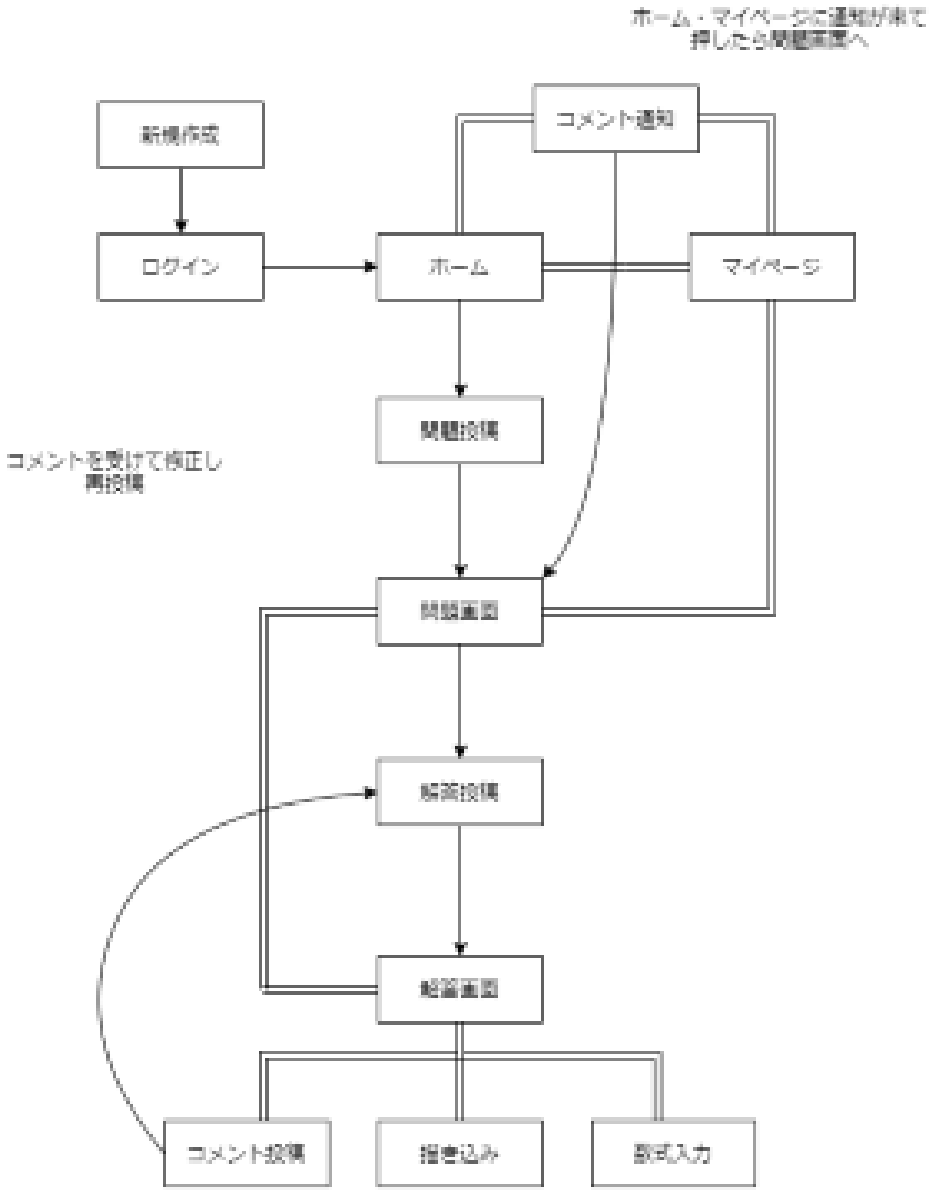


図 3.2　画面遷移図

（※文責: 餌取健太郎）

3.1.3　勉強会の準備

後期に実施予定の、勉強会の準備を行った。勉強会では、我々が作ったシステムを用いて数学の学習を行い、参加者の数学の理解を深めてもらうとともに、システムの検証を行うこととした。

参加者の対象と実施日の見積もり

対象は本学の 1 年生とし、実施日は 11 月中旬とした。その理由は、11 月中旬に 1 年生の必須科目、解析学 II の中間試験があり、その前に勉強会を実施することで、中間試験対策として参加者

を募ることができると考えたからである。

システムの検証方法

システムの使用前後でアンケートを取り、結果を比較することでシステムの有用性を検証する。また、参加者の解答用紙を回収し、学習効果があるのかを調べる。詳細については 4 章解析学 II 勉強会で述べる。

実施場所について

実施場所について 2 つの候補を挙げた。候補の内容は「対面、オンラインどっちからも参加可能」と「対面で集まった人だけで行う」であり、それぞれメリットとデメリットを挙げた。そして、プロジェクトメンバーにどちらが良いかのアンケートを行った。以下にアンケートの内容を示す。

Q: 勉強会の実施場所について、候補 1 と候補 2 どっちが良いか、理由も含めてお聞かせください。

【候補 1】対面、オンラインどっちからも参加可能

メリット

・人をばらけさせ、密を避ける。

・参加者 (サンプル数) が増える可能性がある。

デメリット

・人がばらけることで中途半端になりそう。

・オンラインだと、どの程度解けているかわからないからヒントを出しづらい。

【候補 2】対面で集まった人だけで行う型

メリット

・教えてもらいたい人は対面の方が集まる可能性がある。

・説明や相談を直接話せるのでやりやすい。参加者の様子が伝わりヒントもだしやすい。

デメリット

・登校する人が少ないので、参加者が少ない可能性がある。

・COVID-19 の影響で開催できない可能性がある。

結果は、候補 1 に賛成の意見が大多数だった。また、候補 2 を選んだ人も、参加者が多い場合や極端に参加者がばらけた場合でも、参加者をきちんと対応できるならば、候補 1 でも良いということになった。よって、実施場所は「対面、オンラインどちらからも参加可能」にすることに決まった。

勉強会の実施時間について

実施場所について 2 つの候補を挙げた。候補の内容は「2 問扱い、実施時間 120 分」と「1 問扱い、実施時間 90 分」であり、それぞれメリットとデメリットを挙げた。そして、プロジェクトメンバーにどちらが良いかのアンケートを行った。以下にアンケートの内容を示す。

Q: 勉強会の実施時間について、候補 1 と候補 2 どっちが良いか、理由も含めてお願いします。

【候補 1】2 問扱い、2 時間くらいかかる

メリット

・システムを 2 回使ってもらえる。

・参加者からしても、多く題数を勉強できる方が良い。

デメリット

・長いので、参加をためらいそう。

・輪講の時間を 10 分くらいしかとれない。

【候補 2】1 問扱い、90 分くらいに収める

メリット

・輪講時間を長めに設定することができ、ディスカッションの学習効果を検証できそう。

・90 分なので、参加しやすそう。

デメリット

・1 問しか扱えないので、参加者はあまり勉強できない。

・システムを 1 回しか使ってもらえない。

結果は、候補 2 に賛成の意見が大多数だった。しかし、教員から、勉強会を行うのであれば 2 問扱ってほしいと指摘を受けた。よって、勉強会はシステムの検証の場でもあるが、参加者の学びの場であることを再確認し、2 問扱うこととした。

勉強会で扱う問題の選定

解析学 II を担当されている田中吉太郎先生に、中間試験の予定範囲と 1 年生に対策してほしい分野を聞き、それをもとに勉強会で扱う問題の選定を行った。その結果、教科書に載っている解説が不十分だった「微分.p.53, 練習問題 2.4 の 4 番 (1)(2)」を使用することとした。

極値を求めよ。

(1) $f(x) = x^a \log x$　　(2) $f(x) = e^x - 1 - x - \dfrac{x^2}{2}$

勉強会で扱った問題

選定した問題の輪講

勉強会で扱う問題をプロジェクトメンバーが各々解き、輪講を行った。プロジェクトメンバー全員が集まれる日がなかったため、2 グループに分かれて行った。輪講の形式は既存のシステム (「Discord」,「Google Jamboard」) を使い、私たちが作るシステムを模して行った。自分たちが作ろうとしているシステムを使っている想定で行うことでシステムの問題点なども探ろうと試みた。輪講の実施方法は以下に示す。

1.「Google Jamboard」の新しいページを作成する。
2. 1 で作ったページに問題 (1) の解答を張る。
3.「Discord」で自分の名前が書かれたチャンネルに、わからなかった所や補足などがあれば書く。
4. 自分の解答に対するコメントを自分のユーザーネームの輪講チャンネルに書いてもらい、それに対する返信などコメント上で行う。実施時間 30 分。
5. 輪講と他の人の解答をみて、解き直しできそうか確認、できなさそうなら通話で話し合う。
6. 2 へ戻って問題 (2) をやる。
7. 輪講終了。各自解きなおしをしておく。

プロジェクトメンバーは以前にも輪講の経験があったため、スムーズにディスカッションを行うことができた。

（※文責: 餌取健太郎）

3.2　システム班の活動

システム班は、後期から 2021 年度のシステムの実装を始めるために夏季休業中に活動を行った。主にシステムのデザイン、状態遷移案、機能の実装を行なった。

（※文責: 永田丈弥）

3.2.1　表示画面の作図

開発班で作成した状態遷移案を参考に Adobe XD を使用して、表示画面の作図をした。作成した図は、システムに必要な機能や UI を明確にしている。必要な機能などを明確にすることで、システムの実装に役立てている。またデザイン案は、システム班内や開発班と意見の交換を繰り返し

作成した。

（※文責: 永田丈弥）

3.2.2 機能の実装

前期に引き続き、2020 年度の成果物の再現を行った。これはプログラミングの勉強も兼ねて開発を始めた。主に 2 つの機能の実装を行った。

1 つ目はコメント機能である。コメント機能は入力したコメントをデータベースに保存する、加えてデータベースからデータを取り出す必要がある。そのためデータベースを作成した。作成したデータベースのテーブルには、コメント固有の番号、グループの番号、問題名、コメント者のユーザーネーム、議論が行われている人のユーザーネームのデータが入っている。その後、保存と取り出す機能を実装した。

2 つ目は画像のアップロード機能である。アップロードした画像のデータを、データベースに保存する機能を実装した。

（※文責: 永田丈弥）

第 4 章　後期の活動

本章では、後期に行った活動について述べる。後期の主な活動は、「システムの開発」、「解析学 II 勉強会」、「成果発表会」、「解析学 II 授業内演習」である。それぞれの項目についての詳細を述べる。

（※文責: 餌取健太郎）

4.1　「マストク」の開発

2.1 節から、我々は「論理や記述を吟味するディスカッション」と「問題の解きなおし」を重視した Web アプリを作ることにした。

我々は、システム名を数学の Math と、対話するという意味の Talk を込めて「マストク」と名付けた。この節では開発した「マストク」の狙い、機能、概要、設計、開発環境と開発方針、サイト構成と画面構成、機能実装について紹介する。

（※文責: 福島拓希）

4.1.1　「マストク」の概要

「マストク」が Web アプリという形態をとった理由は、主に 4 つある。

1 つ目は、1.1 節の背景にも述べた通り、COVID-19 の影響により従来の対面授業のように数学の理解を深めることができないため、オンライン上でも数学を深めることができるシステムが重要だと考えたからである。

2 つ目は、パソコンの大画面で解答の画像を見ることができるからである。スマートフォンのアプリケーションでは、解答の画像を見る際に拡大しなくてはいけないため、解答の画像を見てディスカッションするには不便である。そのため、パソコン上で利用でき、開発難易度が比較的高くない Web アプリという形態をとった。

3 つ目は、手軽という点である。サーバ上でアプリケーションを起動させておけばユーザ側からインストールをする必要がなく手軽に利用できるのでユーザの増加につながると考えたためである。

4 つ目は、既存のシステムを参考にしたためである。今年度のシステムを設計する際に、数学の輪講で行った既存システムの分析結果を参考にする。

（※文責: 永田丈弥）

4.1.2　「マストク」の狙い

「マストク」の主な狙いは「論理や記述を吟味するディスカッション」と「問題の解きなおし」を促すことである。詳しい機能については後述するが、「マストク」には自分や他人の解答について

コメントする機能がある。わからなかったことや、他人の解答を見て疑問に思ったことをコメントすることで、気づきや学びに繋げることができる。さらに、得た気づきや学びを解答に反映させ、再度解答をアップロードすることでよりディスカッションを行うことができる。これらを行うことによって得られる利点が 3 つある。

- 問題点の発見
- 数学の知識の習得
- 習得した知識の定着

まず、問題点の発見について説明する。1 人で解答作成を行っていると、視野が狭くなり解答作成に詰まってしまったり、間違いに気づくことができない場合がある。このような問題点を改善するために、利用者が解答をアップロードし、自分の解答についてディスカッションを行ってもらう。問題を解いていて疑問に思ったことについてコメントをして、他の利用者の解答と違うところについてディスカッションを行うことにより、自分の解答の間違っている部分や足りなかった部分などの問題点の発見に繋がる。

次に、数学の知識の習得について説明する。正しい解答を作成するために、発見した間違った部分や足りなかった部分についてディスカッションを行う。挙がった問題点を改善して反映させた解答について、再度ディスカッションを行うことで正しい定義の使い方や記述の仕方を学ぶことができ、数学の知識の習得ができる。

最後に、習得した知識の定着について説明する。ディスカッションをし、数学の知識を習得しただけでは、すぐにその知識を忘れてしまう。そのようなことにならないよう、習得した知識を自分の解答に反映させ、解きなおしを行うことにより習得した知識の定着を促すことができる。

（※文責: 福島拓希）

4.1.3 「マストク」の機能

「マストク」は、「論理や記述を吟味するディスカッション」と「問題の解きなおし」を促すことを目的としている。これらを目的とした「マストク」の主要な機能が 5 つある。

- 問題画像をアップロードする機能
- ユーザが解答の画像をアップロードする機能
- 解答を比べたり問題を解く中でわからなかったことを投稿する機能
- 別のユーザと解答についてディスカッションする機能
- 同じ問題を解いた別のユーザの解答と比べることができる機能

これらの機能の詳細について述べる。

問題画像をアップロードする機能

問題画像をアップロードするには問題写真の一覧から問題を選択するページ (図 4.1) で問題画像の右にある「＋」ボタンから問題のアップロードページに移動し、問題のタイトルを入力して送信する。単元はログイン時に選択したものが自動で適用される。

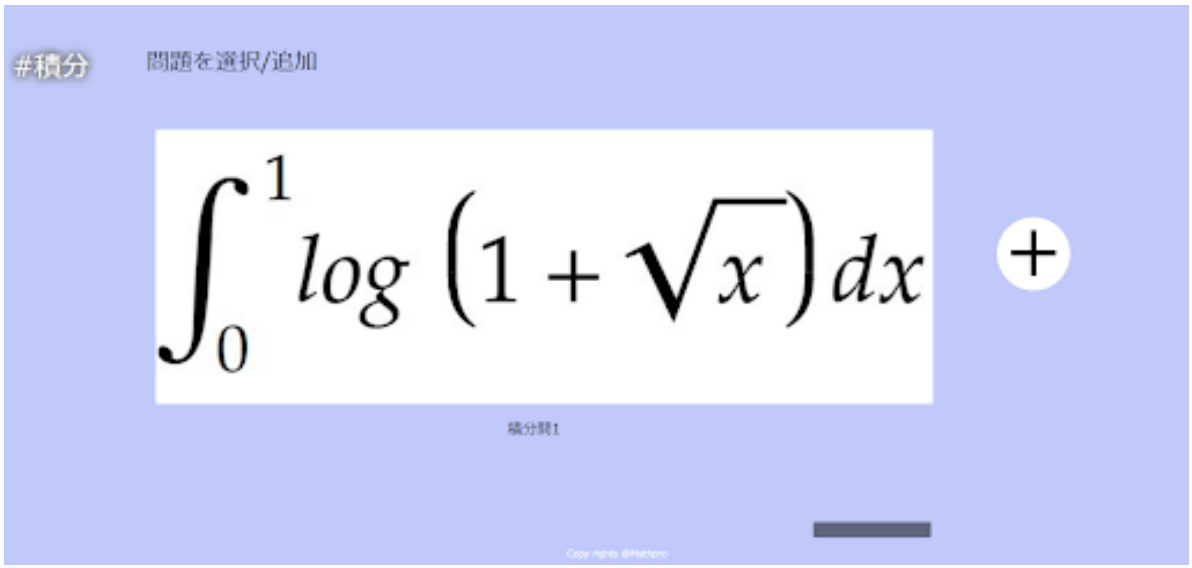


図 4.1　問題写真ページ

送信後、自動的にアップロードした画像のプレビューが数秒表示され、問題選択のページへ遷移する。ここで先ほどアップロードした問題画像が (図 4.1) の画面に追加されているので、問題画像下のバーをスクロールし、問題画像をクリックすることで解答画像を選択するページへ移動できる。この機能は、自分の議論したい問題が問題の一覧にない場合に使用する。

解答画像をアップロードする機能

解答画像をアップロードするには、解答のアップロード者を選択するページ (図 4.2) で問題画像下にある「解答を追加」ボタンから解答のアップロードページに移動し、画像を選択して送信する。

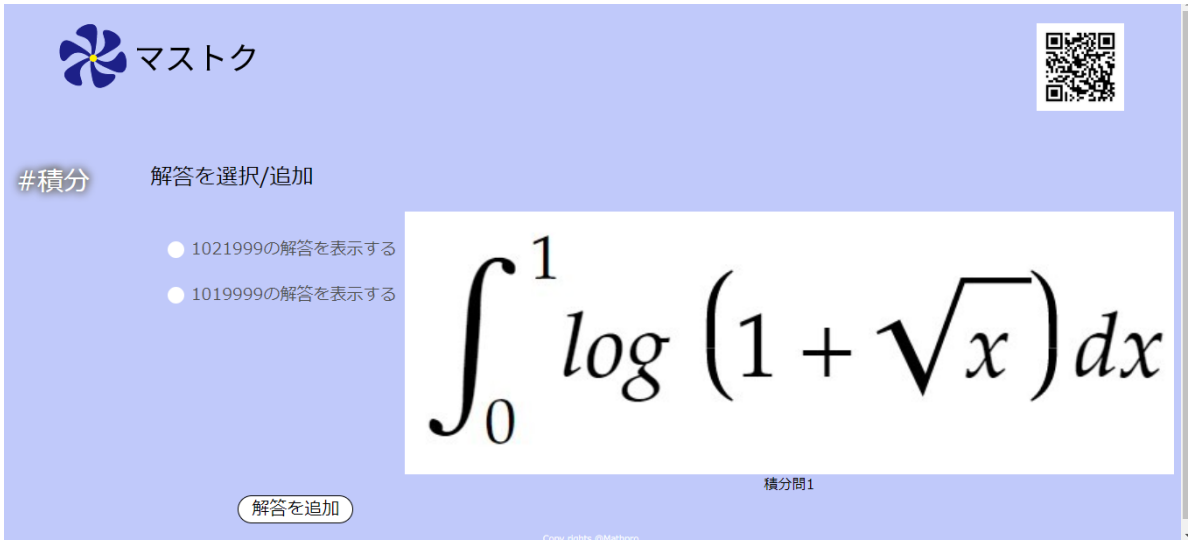


図 4.2　解答者一覧のページ

問題のアップロード時と同様に画像のプレビューが数秒表示され、問題写真選択のページへ遷移する。ここで問題を選択し、解答のアップロード者を選択するページに移動すると自分のユーザーネームの解答を表示するという項目が追加される。そこから解答とコメントを表示するページに移動できる。

わからなかったことを投稿する機能

解答とコメントの表示ページの上部 (図 4.3) ではわからなかったことを表示する機能とディスカッションをするためのコメント機能がある。左のわからなかったことを表示する機能は、問題を解いた中で発生した疑問点を入力し送信すると「〇〇のわからないところ」といった表示の下に、入力した疑問点が表示される。

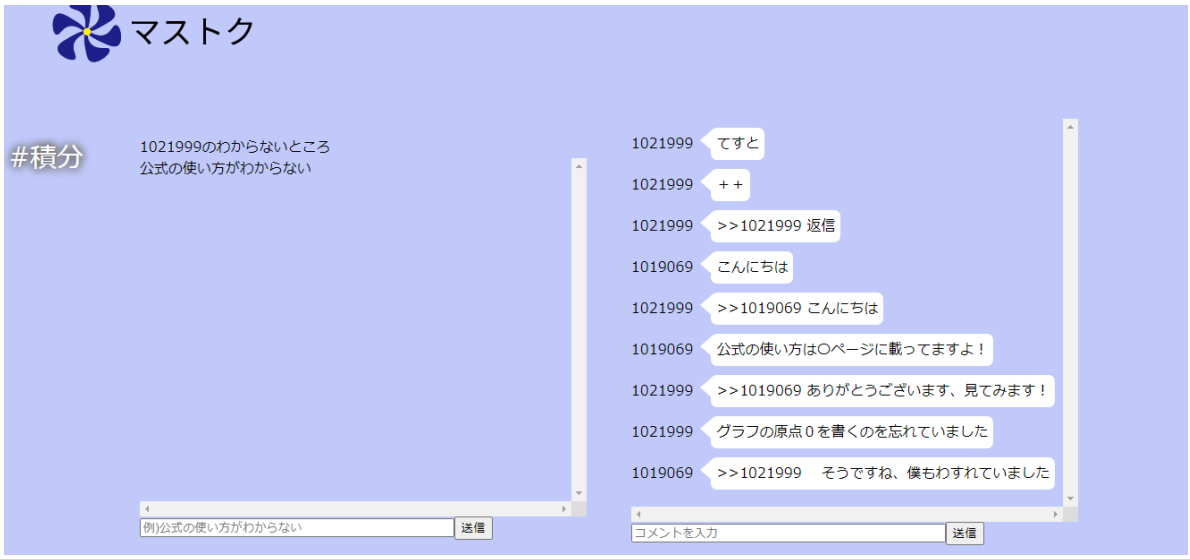


図 4.3　わからないところリストとコメント

ディスカッションする機能

コメント機能も同様にコメントを入力し送信することで、コメントが投稿される。投稿されたコメントのユーザーネームをクリックすることで、「>>」とクリックしたユーザーネームが入力される。入力されたコメントの後に、返信の内容についてのコメントを入力することで、コメントに対して返信することができる。最新のコメントが表示される場所まで自動でスクロールされる機能と他人からコメントが投稿されたときに自動で最新のコメントを表示する機能が実装されている。

別のユーザの解答と比べることができる機能

下部 (図 4.4) では自分の投稿した解答と先ほどの解答選択ページで表示されていた他人の解答の 2 つが表示され、他人の解答は下にある左右のボタンで別の解答に切り替えることができる。

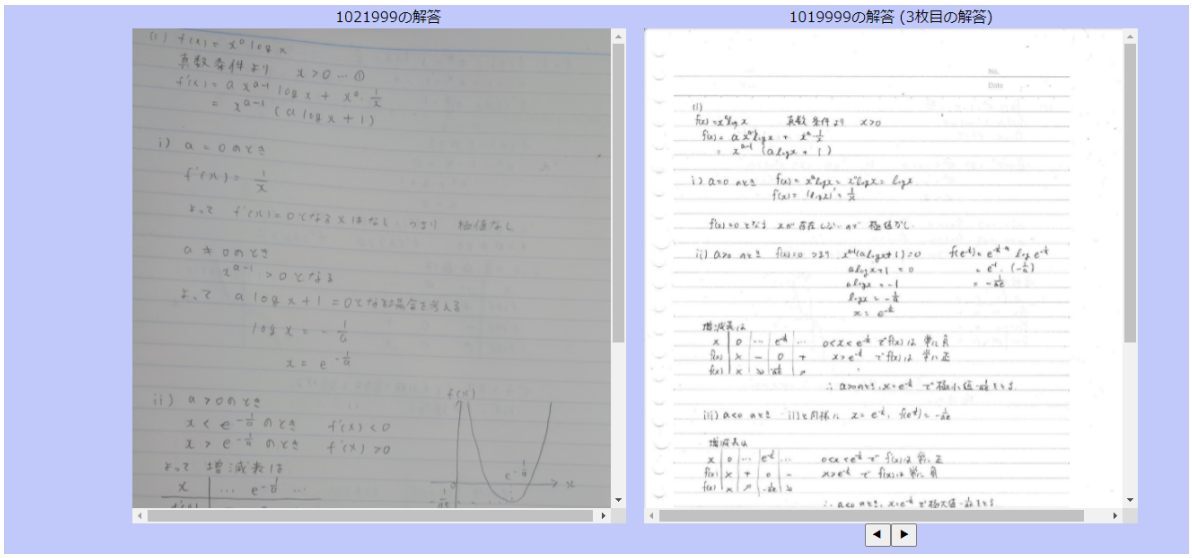


図 4.4　自分の解答と他人の解答

この機能を用いて自分と他人の解答を比較することができる。また解答画像の文字が小さいなどの理由で読むことが難しい場合、解答の画像をクリックすると 2 倍のサイズに拡大することができ、再度クリックするともとの大きさに戻すことができる。

アップロードした解答を比較する機能に関しては、自分の解答との記述の違いを知ることで、他のユーザの解法を参考にできる狙いがある。わからなかったことを投稿する機能に関しては、自分がわからなかったところを明確にし、ディスカッションの論点を作ることができる狙いがある。ディスカッションする機能や返信機能に関しては、自分の理解が曖昧な箇所や上記 2 つの狙いについて話し合うことで、問題点を発見し、より解答についての理解を深める狙いがある。

（※文責: 小泉岳流）

4.1.4 「マストク」の設計

我々は「マストク」の実装を行うシステム班と、機能を考える開発班に分かれて作業を行った。システム班では、もらった機能案を選び設計すること、デザイン、開発を行った。

初めに 機能案をもとに「マストク」に採用する機能を選別した。この段階で考えた機能案を以下の 6 つを挙げる。

１つ目は、画像アップロードする機能である。これは解答、問題を投稿するためである。

２つ目は、コメント機能で、他者とディスカッションするためである。

３つ目は、一つの問題を複数人で解き、ディスカッションをする輪講形式で行える機能である。

４つ目はコメント返信機能である。これは誰と会話しているのか明確にするためである。

５つ目は、解答の不明点を書き込む機能だ。これは不明点を明確にする、論点を作るための機能である。

６つ目はタグ付け機能である。これは問題を単元ごとで分類するためである。

以上を踏まえて作成を始めた。「マストク」のデザインについては、「Adobe XD」を用いて画面構成案、外面遷移案の作成を行った。システム班、開発班にフィードバックをもらい作成を始めた。

（※文責: 永田丈弥）

4.1.5 「マストク」の開発環境と開発方針

「マストク」の開発環境は、ターミナル上でファイルの作成や編集するためのテキストエディタである「emacs」と、ローカル PC とサーバ間で直感的にファイル管理ができる「WinSCP」のテキストエディタを用いた。これらのテキストエディタを用いて、Web アプリのページを構成する HTML と CSS、ページに機能を持たせられる JavaScript、サーバ側でプログラムを実行し、データを管理できる Ruby の編集を行った。また、CSS の変更の際にローカルでのテストを行うことができる Web インスペクターを用いて実装を進めた。これらの開発環境を用いたのは、新たな環境に慣れるまでに時間がかかってしまうため、システム班の班員それぞれが開発を始めたときに構築したものを使い続けたからである。

「マストク」の開発方針として、既にアカウント制や画像アップロード機能が実装されている前期で開発した 2020 年度のシステム改善のプロトタイプを基盤とした。現状不足している「論理や記述を吟味するディスカッション」と「問題の解きなおし」を促すための主要な機能を中心として必要な機能を追加していった。

（※文責: 小泉岳流）

4.1.6 「マストク」のサイト構成と画面構成

「マストク」のサイト構成 (図 4.5) は、

- ログインページ
- トップページ
- 問題写真アップロードページ
- 解答写真アップロードページ

- 問題写真ページ
- 解答者一覧ページ
- 解答写真ページ

である。また、

- 問題写真アップロードページ
- 解答写真投稿
- 問題写真ページ
- 解答者一覧ページ
- 解答写真ページ

ではサーバのデータベースアクセスを行っている。

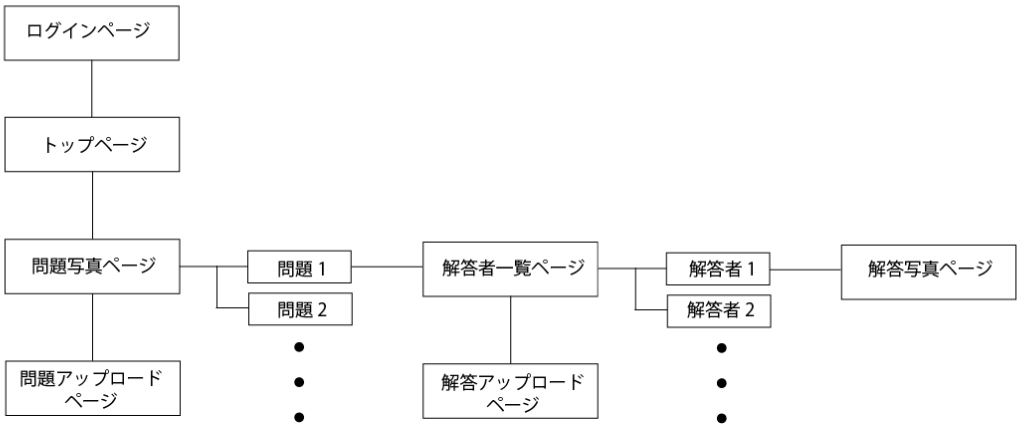


図 4.5　画面構成図

（※文責: 永田丈弥）

4.1.7　「マストク」への機能実装

ログイン機能

ログイン機能は HTML のテキストボックスにグループ名とユーザーネームを入力することで、HTML の id が値を保有する。その後 JavaScript で HTML の値を呼び出すことでローカルストレージに保存している。

問題・解答のアップロード機能

画像のアップロード機能はデータベースへ画像の情報を格納するための機能である。画像の情報はグループ名、問題名、ユーザーネーム、画像の名前である。画像をアップロードするページは 2 つある。問題をアップロードするためのページ q-upload.html(図 4.6) と解答をアップロードするためのページ upload.html(図 4.7) である。

図 4.6　q-upload.html

図 4.7　upload.html

それぞれ問題を選択するページの differential.html と、解答者を選択するページの namelist.html から移動することができる。画像のアップロードでは HTML のテキストボックスにグループ名、問題名、ユーザーネームを入力し jpeg、png、pdf のいずれかの画像を選択する。選択した内容を送信するとテキストボックスに入力した内容が JavaScript を経由し、データベースに保存するため Ruby のプログラムへとデータが送信される。この Ruby のプログラムではデータベースに保

存する前に画像ファイル名を変更している。画像ファイル名を送信された時点での時間を画像ファイル名にすることで複数の画像が同じ時点で送信されたときに同一のファイル名になることを防いでいる。また加えて、10 桁の乱数を生成し「乱数_送信した時間」といったファイル名が命名されるようになっている。またアップロードが完了するとアップロードされた画像が表示される。その 2 秒後に differential.html に遷移する。これらのテキストボックスに入力されていない項目があったときに送信ができないようにそれぞれの項目には required が設定されている。また解答のアップロードではグループ名、ユーザーネームはログイン時に入力した値をローカルストレージから JavaScript を用いて呼び出す。また、HTML のテキストボックスも自動入力されている。問題名は前ページの namelist.html から q-upload.html に移動したときに問題のタイトルをログイン機能と同じ方法でローカルストレージに保存している。問題名のテキストボックスに JavaScript を用いて自動入力する。これらの自動入力されたデータを変更ができないよう、readonly に設定している。問題の画像と解答の画像を区別するため、問題の画像はユーザーネームをデータベース上で「*」と設定している。(表 4.1)

表 4.1　データベースのテーブル

データベース名 :image

例）

	写真番号	グループ名	ユーザーネーム	問題名	写真名
問題画像	1	1	*	問 1	2010129384_20221019.jpeg
解答画像	2	1	永田	問 1	2132421459_20221019.jpeg

問題写真ページ

differential.html(図 4.8) で投稿されている問題を表示している。問題の画像は、データベース内でユーザーネームが「*」として保存される。ここでユーザーネームが「*」の画像を探索する。そこで一致した問題の画像を表示する。表示されている問題の画像をクリックすると、データベースからクリックした画像の問題名を取得する。取得した問題名を JavaScript へ送信し、その後

JavaScript で Ruby へグループ名と問題名を送信する。Ruby のプログラム内で、問題名とグループ名が一致するデータを再び JavaScript へ送信し、JSON として保存している。JSON として保存することでデータの送信が容易になる。この JSON を HTML の内容を変更する Ruby へ送信する。

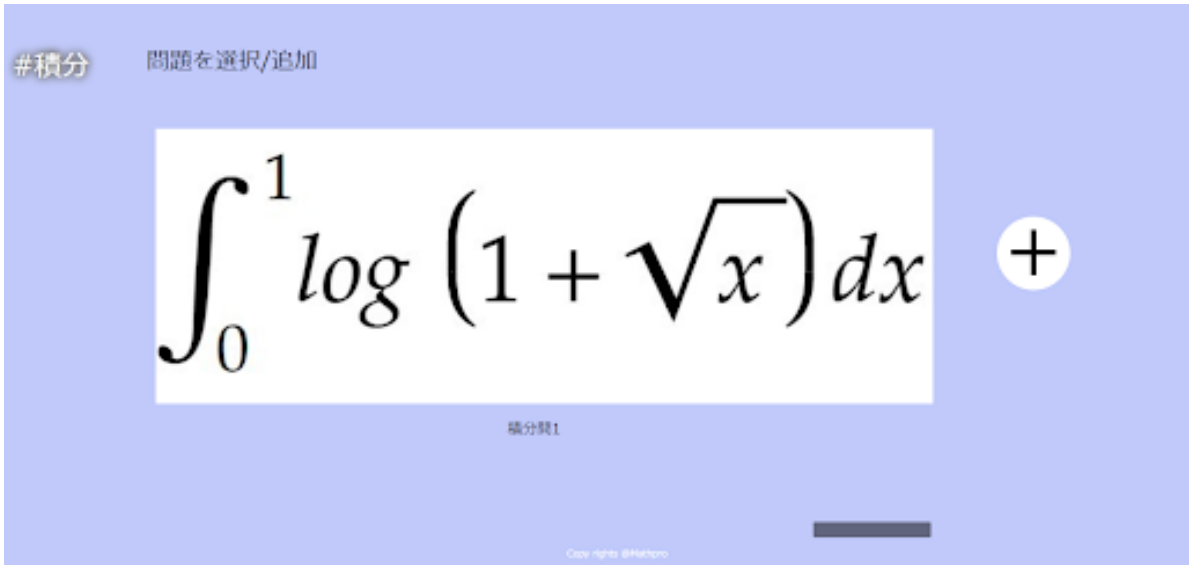


図 4.8　differential.html

解答者一覧ページ

namelist.html(図 4.9) ではグループ名と問題名が一致した参加者を表示している。namelist.html の右側ではデータベースに格納している問題名を利用し、問題の画像を表示している。議論したい解答者のユーザーネームをクリックすると、グループ名、問題名、解答者のユーザーネームのデータを取得して JavaScript へ送信している。この後は differential.html から namelist.html への画面遷移と同じ方法で discussion.html へ遷移している。

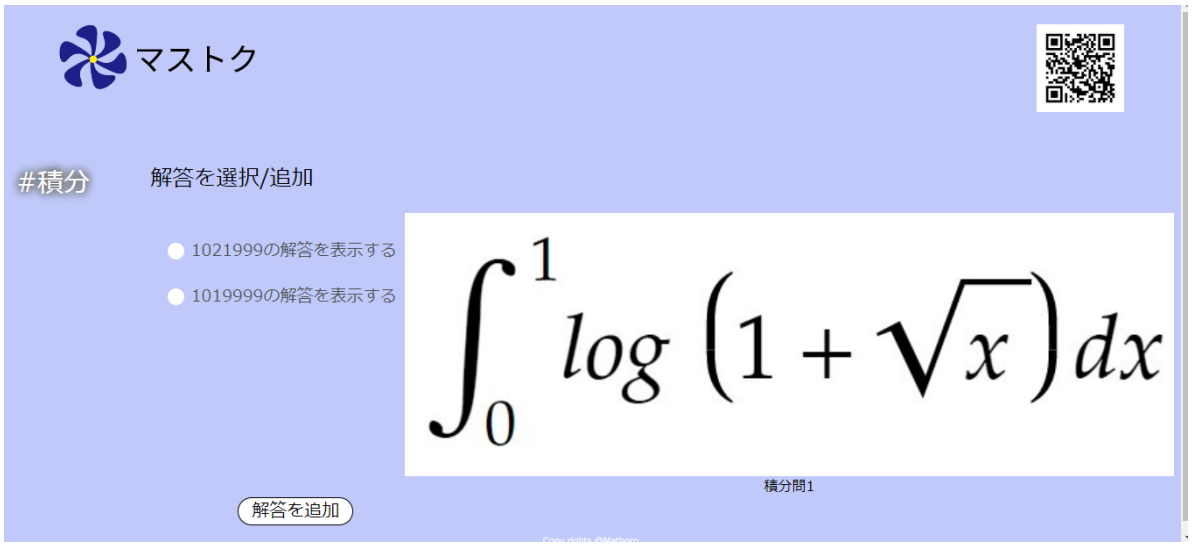


図 4.9　namelist.html

解答写真ページ・わからないところ機能

discussion.html(図 4.10) の左上に表示している解答者のわからないところを表示する機能は、前のページから変数を受け取っている。データベース内でグループ名、問題名、解答者のユーザーネームが一致するデータを呼び出し、解答者のわからないところを表示している。わからないところを記入する機能は、Ruby のコードを使用して HTML を生成し、テキストボックスを表示している。そのテキストボックスからわからないことを入力し、変数（変更した内容を表示するための HTML の id 名、解答者のユーザーネーム、グループ名、問題名、表示している画像の番号、わからないことの内容）を JavaScript へ送信している。JavaScript で受け取ってデータベースへ格納する Ruby のコードへ変数を送信している。Ruby のコード内でデータベースへ変数を保存した後に再び、変数を JavaScript へ送信している。JavaScript で受け取った変数を HTML の内容を変更する Ruby に送り、変数に対応する画面を表示している。

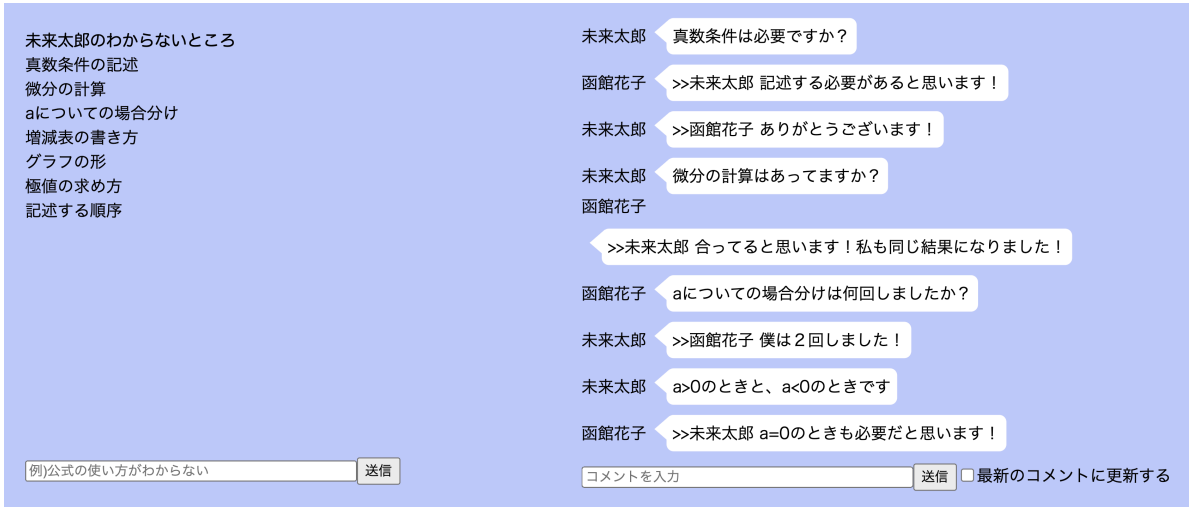


図 4.10　discussion.html 上部

解答写真ページ・コメント機能

discussion.html の右上に表示しているコメントを表示する機能は、前のページから変数を受け取っている。受け取った変数のグループ名、問題名、解答者のユーザーネームが一致するコメントをデータベースから呼び出し、一致したコメント内容を表示している。

discussion.html の右上に表示しているコメントを記入する機能は、HTML の id の内容を Ruby で変更することでテキストボックスを作成している。テキストボックスからコメントを入力する。HTML の入力をすることで変数（変更した内容を表示するための HTML の id 名、コメント投稿者のユーザーネーム、解答者のユーザーネーム、グループ名、問題名、表示している画像の番号、コメント内容）を JavaScript へ送信している。この後はわからないところを記入する機能と同じ実装方法である。

discussion.html の返信機能は表示されたコメントの中から返信したい人のコメントのユーザーネームをクリックすることで、データベースからコメント投稿者のユーザーネームを取得している。その後 HTML のテキストボックスの id 名とともに JavaScript の関数を呼び出している。関数内でテキストボックスの内容を「>>コメント投稿者のユーザーネーム」に変更している。

スクロール機能として discussion.html でのコメントの送信などで更新が行われたときにスクロールが初期位置に戻ると不便である。そのため、更新前のスクロール位置を JavaScript で取得し更新後に取得した位置に設定している。またこの機能を用いてコメントが常に最新のコメントを表示できるように常に一番下までスクロールされている。

discussion.html のコメントの自動更新機能は、他の人がコメントをしたときに自分のコメント一覧を自動で最新のコメントを表示する機能である。この機能は 1 度コメントを送信すると、データベースから送信された時点での最新のコメントの番号を取得している。その後 1 秒毎に取得した番号と最新の番号を比較し、番号が異なっていればコメントを更新するようにしている。

解答写真ページ・解答比較機能

discussion.html(図 4.11) の左下にある自分の解答表示機能は、わからないところを表示する機能やコメント表示機能と同様に前のページからグループ名、問題名、解答者のユーザーネームの変数を受け取り、それらと一致する画像をデータベースから表示している。解答画像をクリックすると 2 倍に拡大して表示することができる。もう一度クリックするともとのサイズに戻すことができる。

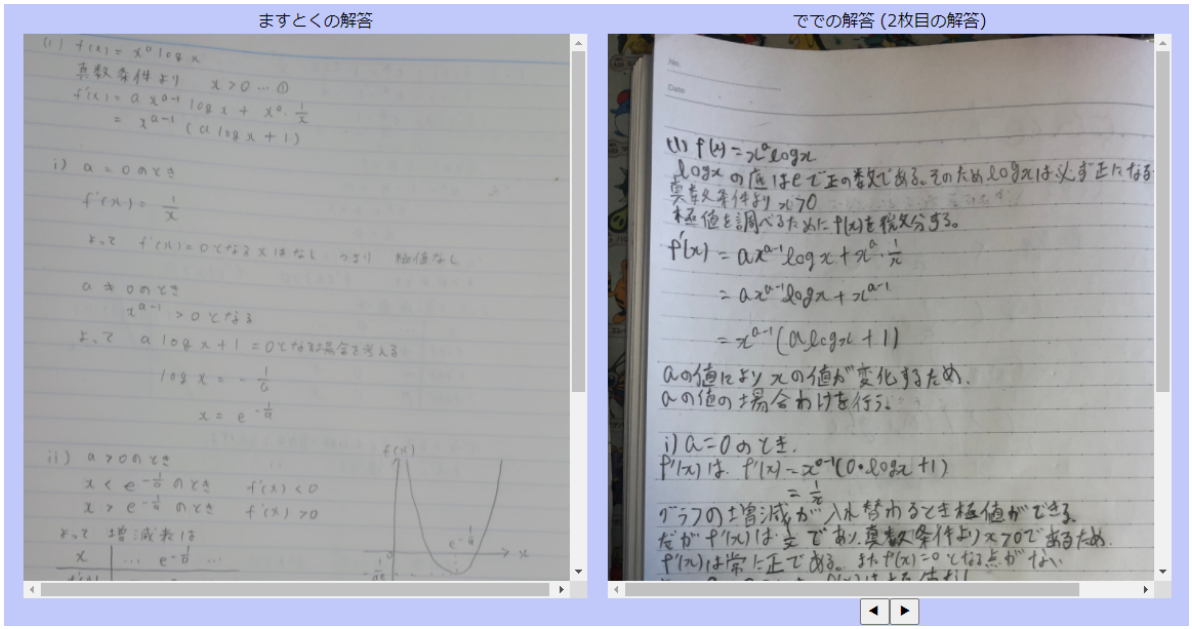


図 4.11　discussion.html 下部

discussion.html の右下にある他者の解答表示機能も同様に前のページから変数を受け取り、データベースから該当する画像を表示している。グループ名と問題名が同じ自分を含めたすべての解答を表示できるようにしている。discussion.html に移動したときは常に 0 番目の画像が他者の解答として表示される。他者の解答表示の下には矢印のボタンがあり、左向きのボタンを押すと配列の引数を-1 することで、ひとつ前の解答を表示している。右向きのボタンを押すと、配列の引数を +1 をすることでひとつ後の解答を表示している。現在の解答が何枚目の解答かは他者の解答表示の上にある「解答者のユーザーネーム」の解答（n 枚目の解答）の n から確認することができる。また、配列の要素数が最大のときに +1 をすると、0 に戻る。0 が-1 されたときは、要素数-1 になるように設定している。

（※文責: 永田丈弥）

4.2 解析学 II 勉強会

本節では、本学 1 年生を対象とした解析学 II 勉強会（以下、本節では「勉強会」と記す）について述べる。初めに、勉強会の実施背景について述べる。次に、この勉強会当日までに準備したもの、当日の実施内容、新型コロナウィルス対策について記述する。最後に、勉強会で行った検証やアンケートの分析・考察、勉強会全体の考察について述べる。

（※文責: 長谷川太洋）

4.2.1 勉強会の実施背景と目的

輪講の結果から、数学学習において、他者とディスカッションすることと、ディスカッションで学んだことを放置せずに、解きなおしを行い、ディスカッションで学んだことを書き起こすことが重要だと分かった。この結果をもとに、数学学習を支援するシステム「マストク」を開発してきた。そこで我々は、

- 「マストク」を使うことで、本学の 1 年生に数学の理解を深めてもらう
- 「マストク」の効果を調べる
- ディスカッションと解きなおしの重要さを理解してもらう

という 3 つの目的をもって勉強会を開催した。

（※文責: 三崎隼大）

4.2.2 勉強会当日までに準備したもの

プロジェクトメンバーを、システム開発を行うシステム班と、勉強会の企画を行う勉強会班に分け、勉強会までの準備を行った。具体的な準備として、

1. 勉強会で使用する書類やスケジュールの作成
2. 勉強会開催の告知に関わる連絡や書類の作成
3. 数学の理解を深められたか調べるためのアンケートと採点項目の作成
4. 勉強会で扱う問題の模範解答の作成
5. 勉強会のデモンストレーション

を行った。

勉強会で使用する書類やスケジュールの作成

勉強会で使用する書類やスケジュールの作成について、勉強会はどのようなスケジュールで進行するか、当日使うスライドの作成、当日のプロジェクトメンバーの役割、当日起こりうるトラブルの対策、1 年生からの質問への対策を行った。当日のプロジェクトメンバーの役割として、三崎が

司会進行、永田が質問への応答、福島が (1) の解答解説、餌取が (2) の解答解説、長谷川、上井、本間がチューター、小泉がシステムトラブルの対処を行った。

勉強会開催の告知に関わる連絡や書類の作成

勉強会開催の告知に関わる連絡や書類の作成について、COVID-19 の流行により当日、プロジェクトメンバーと参加者が対面で活動を行うには解析学 II 勉強会企画書をプロジェクト学習ワーキンググループに提出し、勉強会実施の許可を得る必要があった。そのため、勉強会実施の背景、目的、方法、COVID-19 の感染対策などを記述した企画書を作成した。また、1 年生への告知協力の依頼をするため、解析学 II の教員の方々にメールで連絡を取った。さらに、告知に使用する告知文、フライヤー、スライド、参加フォームの作成も行った。告知文、参加フォームは教員の方々に協力してもらい、「manaba」に掲載させてもらった。そして、2021 年 11 月 2 日火曜日の 1 限と 5 限の解析学 II の授業内で告知を行った。1 限の告知には上井、5 限の告知には三崎が参加をした。その後、2021 年 11 月 8 日月曜日に Web メールで 1 年生全体に告知を行った。

採点項目とアンケートの作成

まず、参加者の解答を採点するための採点項目を作成した。採点項目は、「マストク」使用前後の解答の変化を調べるために作成した。

次に、勉強会に参加した 1 年生へのアンケートを作成した。このアンケートは、1 年生の普段の数学学習について知るためと、勉強会の前後で 1 年生のディスカッションと解きなおしへの意識の変化を詳細にとらえるために行った。詳細は 4.2.5 節で述べる。

勉強会で扱う問題の模範解答の作成

勉強会で扱う問題の模範解答の作成について、勉強会で扱った問題の模範解答を作成した。模範解答は、輪講の経験を踏まえ、なぜこの数式を使うのかといった理由を詳細に書くことで、わかりやすい解答を意識した。また、教科書の内容に絡めて解答を書くことも意識した。模範解答を作成するにあたり、教員の方々や TA に何度も指導をしていただき作成を行った。模範解答は、TeX で執筆を行い、オンラインで参加した 1 年生には、pdf 形式で、対面で参加した 1 年生には、紙に印刷をして配布した。

勉強会のデモンストレーション

勉強会のデモンストレーションについて、勉強会前にデモンストレーションは 2 回行った。1 回目は、開発班が主催し、システム班メンバーを 1 年生の参加者役としてオンラインでデモンストレーションを行った。1 回目は主に、スライドの見やすさや、勉強会の進め方、時間配分について確かめた。システム班メンバーには、問題を解いてもらい、「マストク」を用いてディスカッションと解きなおしを行うという、実際の流れの通りに行動をとってもらった。しかし、実際の勉強会で使用した問題はシステム班も解いてきた問題のため、去年の勉強会で用いた (1) の問題を使用した。デモンストレーションで使用した問題は、下に記す。

n 次導関数 $f(x)$ を求めよ。

$$f(x) = \sin x \cos x$$

デモンストレーションで使用した問題

当初立てていたスケジュールは、開始の挨拶や流れの説明に 10 分、問題解答に 20 分、(1)、(2) のディスカッションにそれぞれ 15 分、(1)、(2) の解きなおしにそれぞれ 10 分、(1)、(2) の解説にそれぞれ 10 分であった。しかし、このデモンストレーションで、解きなおしの時間が足りないことがわかった。また、解答の回収する時間も必要であることがわかった。そこで、問題を参加者に事前に配布をし、勉強会前に解いてきてもらうこととした。これにより、問題解答の時間を (1)、(2) の解きなおしにそれぞれ 10 分ずつ増やし、解答回収の時間も含めることとした。また、オンライン上で質問が来たときのため、ブレイクアウトルームを作成したほうが良いことがわかった。

2 回目は、TA を 1 年生の参加者役として対面とオンラインでわかれてもらいデモンストレーションを行った。主に、1 回目の変更点の確認、1 回目では参加者役であったシステム班の役割の確認、チューターの動きの確認を行った。また、2 回目のデモンストレーション時点では、(2) の問題の模範解答が作成できていなかったため、(1) の問題についてのみディスカッションと解きなおし、解答解説を行った。今回のデモンストレーションでわかったことは、「マストク」説明の時間に、実際に参加者にも「マストク」を動かしてもらう方が参加者に使い方を理解してもらいやすいことがわかった。また、ディスカッションでは何を話したらよいか、解きなおしはどうしたらいいかについての説明を丁寧に行う必要があることがわかった。さらに、対面の参加者には近くに寄り、教えてあげるとよいことがわかった。2 回のデモンストレーションを通して、参加者役としてデモンストレーションを行ったシステム班メンバーと TA はある程度勉強会の流れや、システムの使い方について理解していたため予定通りに動いてもらえた。しかし、参加する 1 年生は流れや、システムについて何も知らないため、我々の想定した通りに参加者が行動しないことを考慮して勉強会に臨む必要があることがわかった。

（※文責: 三崎隼大）

4.2.3 勉強会当日の実施内容

まずは勉強会当日のプロジェクト活動について述べる。勉強会当日のプロジェクト活動では、2 回目のデモンストレーションで行うことができなかった、(2) の問題についての解答解説の練習と、模範解答の修正、会場の準備を行った。勉強会は、以下の日時、場所で実施した。

日時： 2021 年 11 月 12 日 金曜日 18 時 10 分から 20 時 00 分
場所： 本学 4 階の 484 教室または「Zoom」

対面で行った際は、本学から提示された、COVID-19 の対策を留意したうえで実施した。

当日参加した 1 年生は 14 人で、そのうち 4 人が対面、10 人がオンラインの参加であった。14

人には事前に問題を解いてきてもらい、勉強会前アンケートを送り、オンラインで参加する 1 年生には「Zoom」のリンクも送った。勉強会のタイムスケジュールは表 4.2 に載せる。

表 4.2　勉強会のタイムスケジュール

開始時間	終了時間	内容
18:10	18:20	開始の挨拶、流れの説明
18:20	18:30	システムの説明
18:30	18:45	ディスカッション (1)
18:45	19:05	解きなおし、解答回収 (1)
19:05	19:15	解説 (1)
19:15	19:30	ディスカッション (2)
19:30	19:50	解きなおし、解答回収 (2)
19:50	20:00	解説 (2)、アンケート記入

次に、勉強会中の我々の行動について述べる。まずは、勉強会の開始時間になり次第、参加者への挨拶及びスケジュールの説明を行った。その後、「マストク」の説明を行った。「マストク」の説明では、1 年生に実際にアカウント作成を行ってもらい、問題の投稿や、コメントの投稿を行ってもらうようにした。また、ディスカッションを行うコツとして、相手のわからなかったところを答えてあげる、相手の解答の良いところや疑問点を伝えるということを教えた。そして、説明が終わった後、ディスカッションを行うグループを発表し、事前に解いてきてもらった (1) の問題を「マストク」に投稿してもらった。1 グループ 3 人または 4 人とし、「マストク」上でディスカッションを行うため、グループは参加者を無作為に選んで作った。その後、(1) の問題に対してディスカッションを行ってもらった。ディスカッションでは、先述したコツの内容に加え、自身が解答を作成する際にわからなかったことや、不安な点などを話し合ってもらった。この際、ディスカッションが進んでいないグループを見つけ次第、チューターが疑問点や注意する点を投げかけたりして、話を切り出すようにした。その後、参加者全員に解きなおしを行ってもらい、その解きなおしを「マストク」へ投稿してもらった。解きなおしの共有は時間が足りないため行わなかった。全員の解きなおしの投稿が終わり次第、(1) の解答解説を行った。(2) も (1) と同じ流れで行った。(2) の解答解説が終わった後、参加者には勉強会後アンケートに答えてもらい、勉強会を終了した。

以上の内容で勉強会を開催した。図 4.12 に当日の様子を載せる。

図 4.12　チューターがディスカッションを促す様子

（※文責: 三崎隼大）

4.2.4　COVID-19 対策

プロジェクトメンバーが集団で残って作業するにあたって、大学から提示されている COVID-19 感染症対応マニュアルに則り感染症拡大防止策を徹底した。まずプロジェクトメンバー及び対面での 1 年生参加者は大学登校前の検温を義務付け、記録させた。その時点で体調の異変や体温が高い場合登校を自粛させるようにした。また、484 教室の定員数が 24 名であることを鑑みて、対面での 1 年生参加者を 12 名までに制限した。対面参加者の名簿を管理し、勉強会終了後も連絡を取れる状態にした。なおマスク着用も従来通り徹底した。次に大学で活動時は、従来の活動通りこまめな手指消毒や各自 2m 以上距離をとって活動すること、喚気もこまめに行うことなど 3 密をさけることを徹底した。また、学生のみで活動を行うため、20 時までの活動とした。万が一活動中に体調不良を訴えた者が出た場合、速やかに帰宅を促し、活動続行の可否を教員と検討することとした。

（※文責: 小泉岳流）

4.2.5 検証内容

解答の変化

まず、マストク内で行われたディスカッションの内容を調べた。そして、参加者の解答を回収し、「マストク」使用前後で解答がどのように変化が見られたのかをどうかを調べた。

解答の採点

回収した参加者の解答を、我々の用意した採点項目 (表 4.3、表 4.4) にしたがって採点を行った。採点項目は、問題 (1) と (2) それぞれの重要なポイントを挙げ、それらを採点項目とした。項目に当てはまるものは「正誤」の欄に“○”を記し、○の数 1 つを 1 点とし、加算した。

表 4.3　問題 (1) 採点項目

(1) 採点項目	正誤
導関数が正しいか	○
真数条件について考慮しているか	○
$a \neq 0$ と条件付けしてから a で割っているか	○
a の場合分けは正しいか	○
($a = 0$ のとき) グラフか式を書いて極値無しの根拠を示しているか	○
($a>0$, $a<0$ のとき) 増減表は正しいか	
($a>0$, $a<0$ のとき) 増減表の x の定義域も記述しているか	
($a>0$, $a<0$ のとき) 増減表において、極値の候補点以外の正負の根拠を示しているか	
($a>0$, $a<0$ のとき) 極値の座標の計算は正しいか	○
$a>0$ のグラフは正しいか	
$a<0$ のグラフは正しいか	
グラフの軸にラベルと原点 0 を書いているか	
極大値、極小値の、x の値を書いているか	
計	6

表 4.4　問題 (2) 採点項目

(2) 採点項目	正誤
導関数が正しいか	○
$x=0$ のとき、$f'(x)=0$ が示せているか	○
二次導関数が正しいか	○
$x=0$ のとき、$f''(x)=0$ が示せているか	○
増減表の $f''(x)$ の項目が正しいか	
$f''(x)$ の増減表において、極値の候補点以外の正負の根拠を示しているか	
$f''(x)$ のグラフは正しいか	
定理 2.9 の系 2 より、$f'(x)$ は $(-\infty,0]$ で狭義単調減少、$[0,\infty)$ で狭義単調増加となることを示しているか	
$f'(x)$ は $(-\infty,0]$ で狭義単調減少、$[0,\infty)$ で狭義単調増加となることを示しているか	
増減表の $f'(x)$ の項目は正しいか	
$f'(x)$ のグラフは正しいか	
増減表の $f(x)$ の項目は正しいか	
定理 2.9 の系 2 より、$f(x)$ は $(-\infty,0]$ で狭義単調減少、$[0,\infty)$ で狭義単調増加となることを示しているか	
$f(x)$ は R 上で連続だと示しているか	
$f(x)$ は $(-\infty,0]$ で狭義単調減少、$[0,\infty)$ で狭義単調増加となることを示しているか	
$f(x)$ のグラフが正しいか	
グラフの軸にラベルと原点 0 を書いているか	
三次導関数が正しいか	
(定理 2.13)$f'''(0)\neq 0$ だと示せているか	
極値無し	
計	4

アンケート

アンケートでは、以下 3 つの項目についての検証を行う。

- 1 年生の普段の数学学習について
- ディスカッションと解きなおしの必要性についての意識の変化

これらの項目に合うアンケートを考えた。

実施したアンケートの質問内容は、

- 質問 1「大学に入ってから、友人と数学のディスカッションをした事がどれくらいありますか？」

- 質問 2「数学学習においてディスカッションは必要だと思いますか？」
- 質問 3「数学学習において解きなおしは必要だと思いますか?」

の 3 つである。勉強会前後でアンケートをとり、これらの質問について答えてもらった。

（※文責: 上井康斗）

4.2.6 検証方法

解答の変化

「マストク」内で行われたディスカッションの内容を記録し、どのグループでどのようなディスカッションが行われていたのかを調べた。そして、プロジェクトメンバーが回収した解答を読み、記述の増減や変化しているところを探した。

解答の採点

勉強会で扱った問題の採点項目を作成し、オンラインでの 8 人の参加者を対象に解きなおし前と解きなおし後の解答を採点し、比較を行うことにした。対面の参加者は解きなおしの時間に我々がわからないところを説明したため対象外とした。また、採点項目は、それぞれの問題の理解度を確認するために作成した。上記と同様に分析は「Excel」と「R」を用いた。まず、オンラインでの勉強会参加者の解きなおし前と解きなおし後の解答を回収した。次に、回収した解答を採点項目に則り採点した。その後、上記と同様に解きなおし前と解きなおし後の点数より「R」を用いて t 検定を行った。この場合、自由度 8-1 の t 分布に従い、有意水準を 5% に設定し、棄却域は t<-2.365、2.365<t として検定を行った。t は検定統計量である。

アンケート

質問 1 は、アンケートの結果を「Excel」にまとめて検証を行った。

質問 2、質問 3 は事前アンケートと事後アンケートでの比較を行うために両方の回答をした 11 人の勉強会参加者に統一して分析を行うことにした。分析対象は事前と事後で同様な質問をした 2 つに絞った。分析は統計計算するために「Excel」と「R」を用いた。「Google Form」から得られた結果の事前データと事後データを「Excel」にまとめて整理を行った。そこから「R」を用いてアンケートの回答者を無作為に抽出した標本データとして検定することを考えた。母集団の母数について仮説を立てて、それが棄却するかどうかを統計的に母集団の平均に関しての差の検定を行った。

2 つの標本は同じ対象の回答者で対応のあるデータとして考えることができる。そのため、「R」の対応のある t 検定を用いた。今回の場合、対応のある t 検定とは、事前データから事後データを引いた差の 1 標本で検定を行うことである。以下ではその差を「点数の変化」と呼ぶことにした。帰無仮説は、点数の変化の母平均は 0 である、対立仮説は、点数の変化の母平均は 0 ではないとして考えた。自由度 11-1 の t 分布に従い、有意水準を 5% に設定し、検定統計量を t とすると棄却域は t<-2.228、2.228<t として検定を行った。

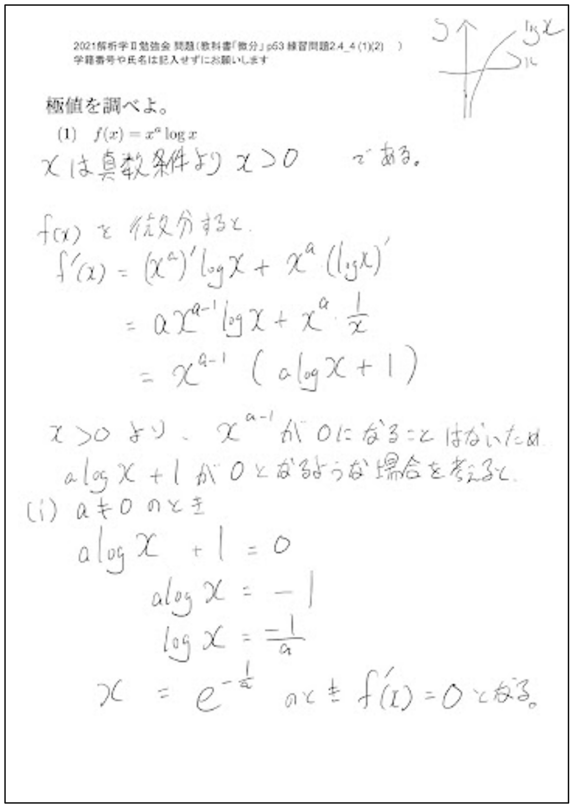
（※文責: 本間綺来）

4.2.7　結果

ディスカッションの内容と解答の変化

以下は、問題 (1) について、あるグループでの参加者 A と参加者 B のディスカッションの内容と、勉強会前後の参加者 A の解答である。

A: $f'(x)$ の a が符号によって場合分けが必要ですかね。
B: もう一度解くとき a の正負で場合分けをしてみてください。
B: $a = 0$ のときはどうなりますか？
A: $f'(x)$ が 0 にならないので極値なしですかね。
A: 増減表を書くようにしつつ場合分けするようにします。



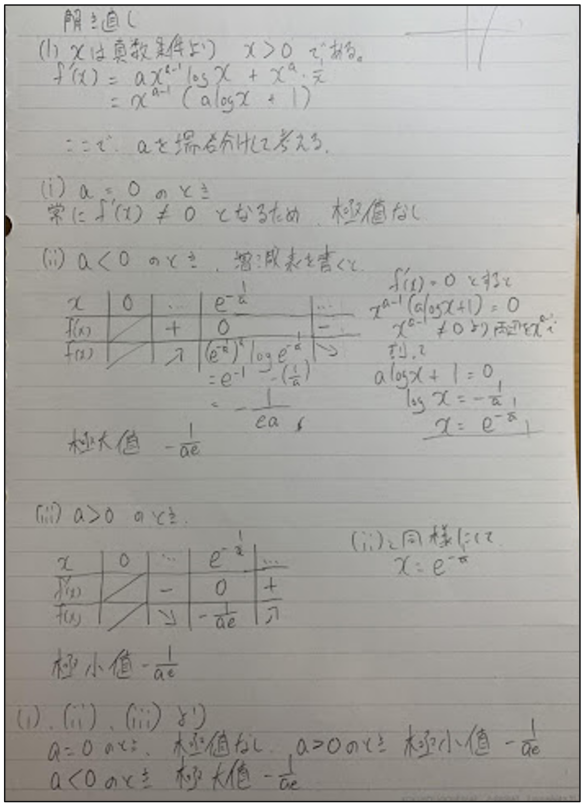


図 4.13　左図: 問題 (1) の勉強会前の解答例　右図: 問題 (1) の解きなおし後の解答例

このグループのディスカッションでは、定数 a の場合分けについて議論されていた。A さんの解き直し前後の解答を比較すると、解きなおし後の解答で、ディスカッションした定数 a についての場合分けの記述が増えていた。

同様に、問題 (2) について、あるグループでの参加者 C と参加者 D のディスカッションの内容と、勉強会前後の参加者 C の解答である。

C: 2 階微分している方はどうして 2 階微分しようと思ったんでしょうか?
C: 自分は 2 階微分という考えに至らなかったので教えていただきたいです。
D: $f'(x)$ の概要はそれで正しいでしょうか？
D: 2 階微分をするとグラフの形がわかりやすくなります。

C: なるほどです。

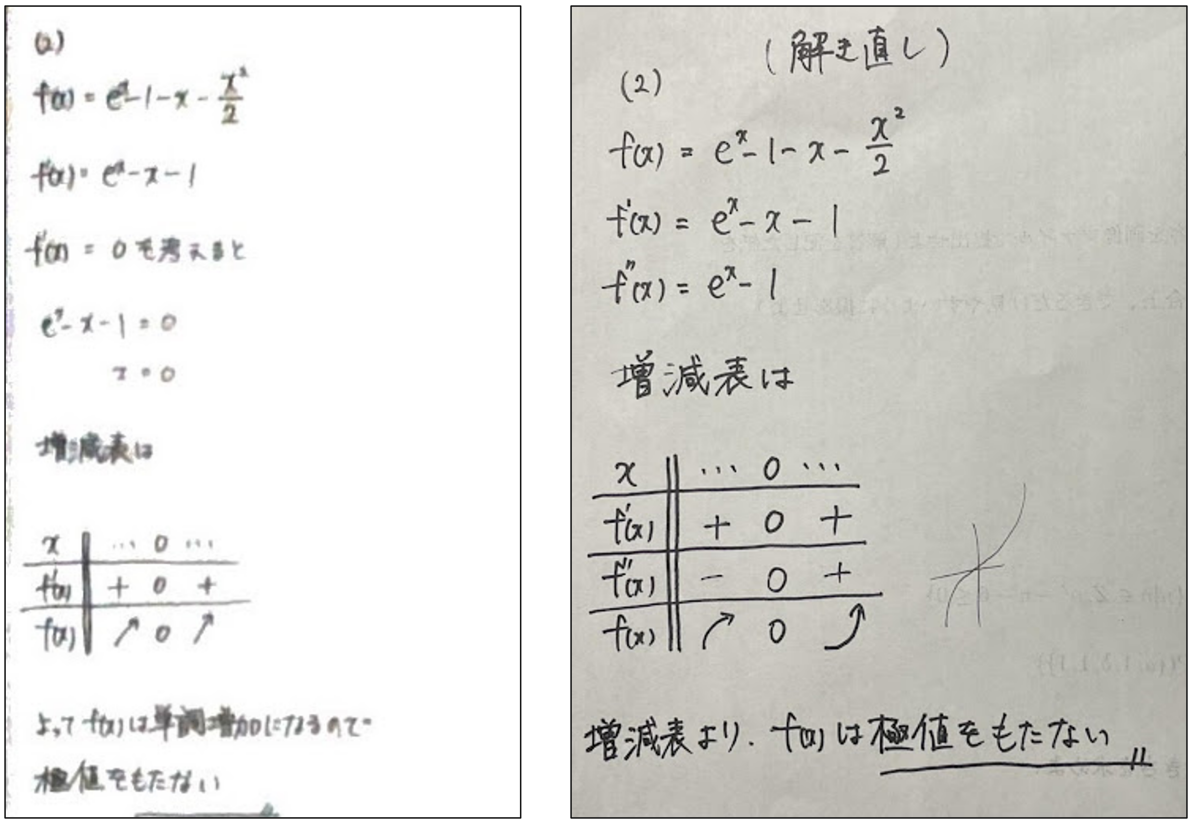


図 4.14　左図: 問題 (2) の勉強会前の解答例　右図: 問題 (2) の解きなおし後の解答例

このグループのディスカッションでは、2 階微分について議論されていた。C さんの解き直し前後の解答を比較すると、解きなおし後の解答で、ディスカッションした 2 階微分が記述され、増減表を正しく書くことができていた。

以上より、「マストク」を使いディスカッションを行うことで、気づきや学びを得ることができており、正しい解答に近づいていた。

解答採点の結果

勉強会で使用した問題 (1) のオンライン参加者の解きなおし前後の解答を採点項目に則り採点した。

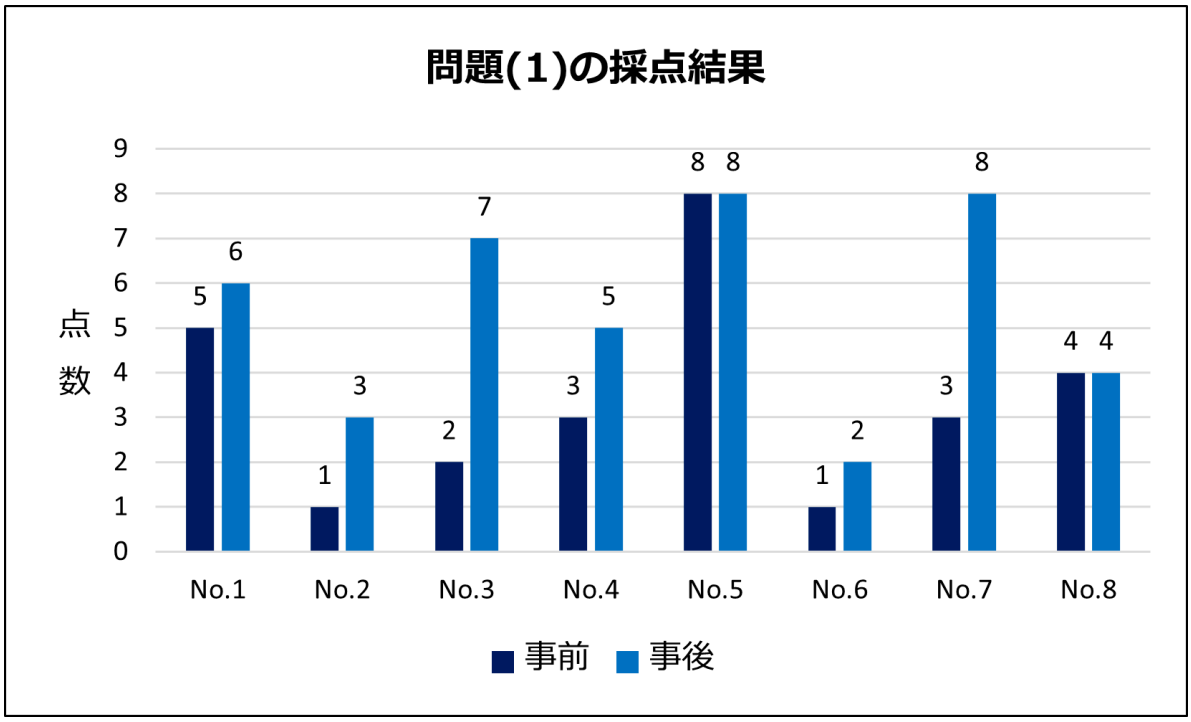


図 4.15　問題 (1) に対する分布

結果は図 4.15 のように、点数に変化がなかった人が 2 人、1 点上がった人が 2 人、2 点上がった人が 2 人、5 点上がった人が 2 人であった。横軸の No.1 から No.8 はオンライン参加者 8 名のことである。検定を行った結果、検定統計量 t が $t(7)$ =-2.83 棄却域 t<-2.365、2.365<t に入るため帰無仮説は棄却された。

同様に問題 (2) の解きなおし前後の解答を採点項目に則り採点した。

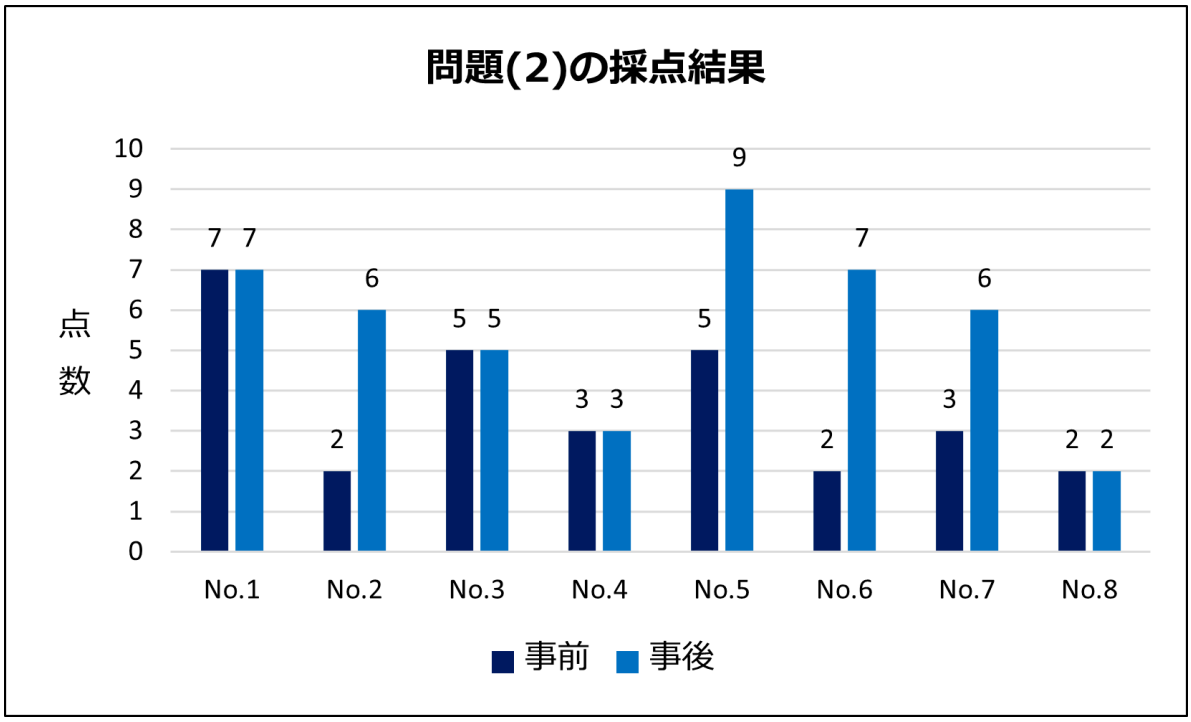


図 4.16　問題 (2) に対する分布

結果は図 4.16 のように、点数に変化がなかった人が 4 人、3 点上がった人が 1 人、4 点上がった人が 2 人、5 点上がった人が 1 人であった。検定を行った結果、検定統計量 t が $t(7) = -2.57$ となり棄却域 t<-2.365、2.365<t に入るため帰無仮説は棄却された。

以上より、勉強会の中で解きなおしを行うことで、学んだことを解答に反映させることを促せていた。

アンケートの結果

質問 1「大学に入ってから、友人と数学のディスカッションをした事がどれくらいありますか？」に対して選択肢は「頻繁にする」「普段からする」「したことがあまりない」「したことがない」の 4 つである。「頻繁にする」と答えたのが全体で 0%、「普段からする」が 9.1%、「したことがあまりない」が 63.6%、「したことがない」が 27.3% であった。

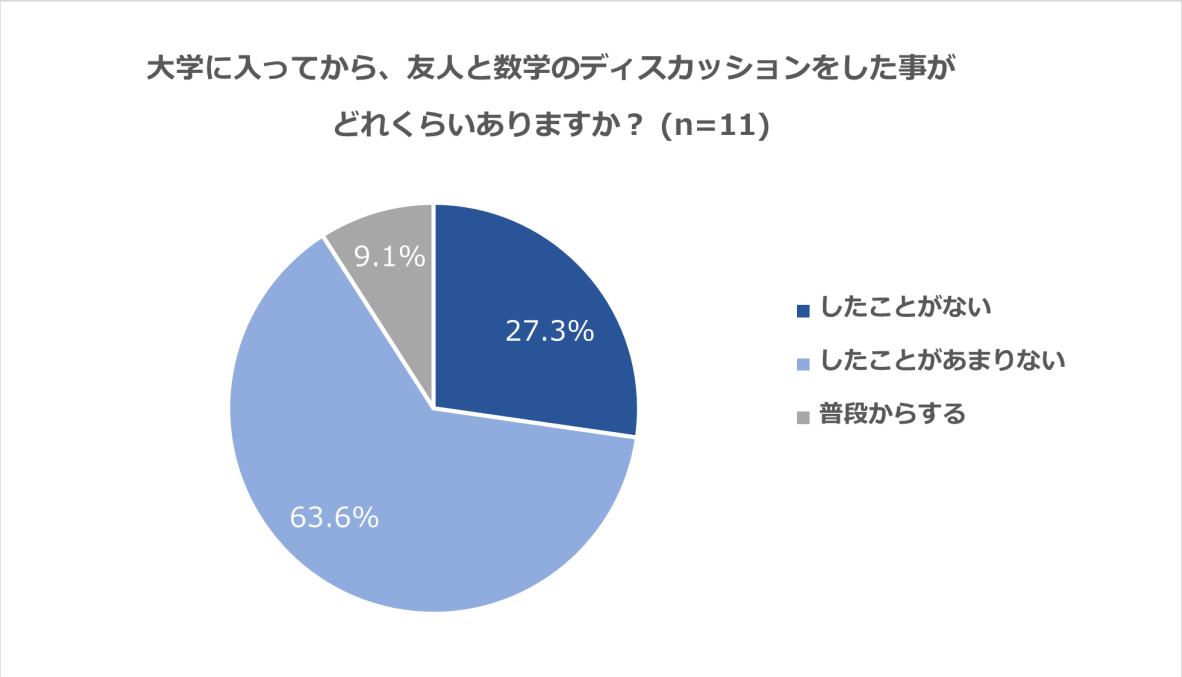


図 4.17　質問 1 に対する分布

質問 2「数学学習においてディスカッションは必要だと思いますか？」に対して選択肢は 4 段階評価で 1 が「全く必要だと思わない」、2 が「必要だと思わない」、3 が「やや必要だと思う」、4 が「必要だと思う」である。

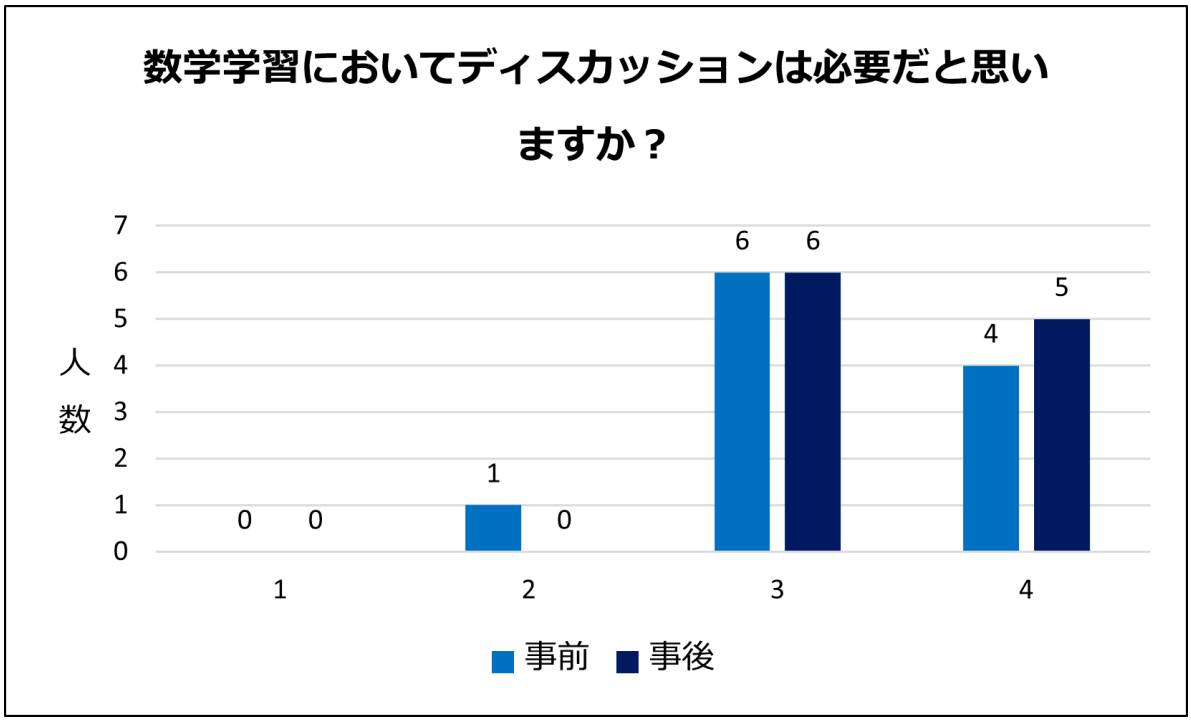


図 4.18　質問 2 に対する分布

結果は図 4.18 のように、事前アンケートでは、「2」と答えた人が 1 人、「3」が 6 人、「4」が 4 人であった。事後アンケートでは、「3」と答えた人が 6 人、「4」が 5 人であった。また、事前の平均が 3.27、事後の平均が 3.45 であった。検定を行った結果、検定統計量 t が $t(10)$=-1.00 となり棄却域 t<-2.228、2.228<t に入らないため帰無仮説は棄却されなかった。

質問 3「数学学習において解きなおしは必要だと思いますか?」に対して選択肢は 4 段階評価で質問 1 の尺度と同様である。

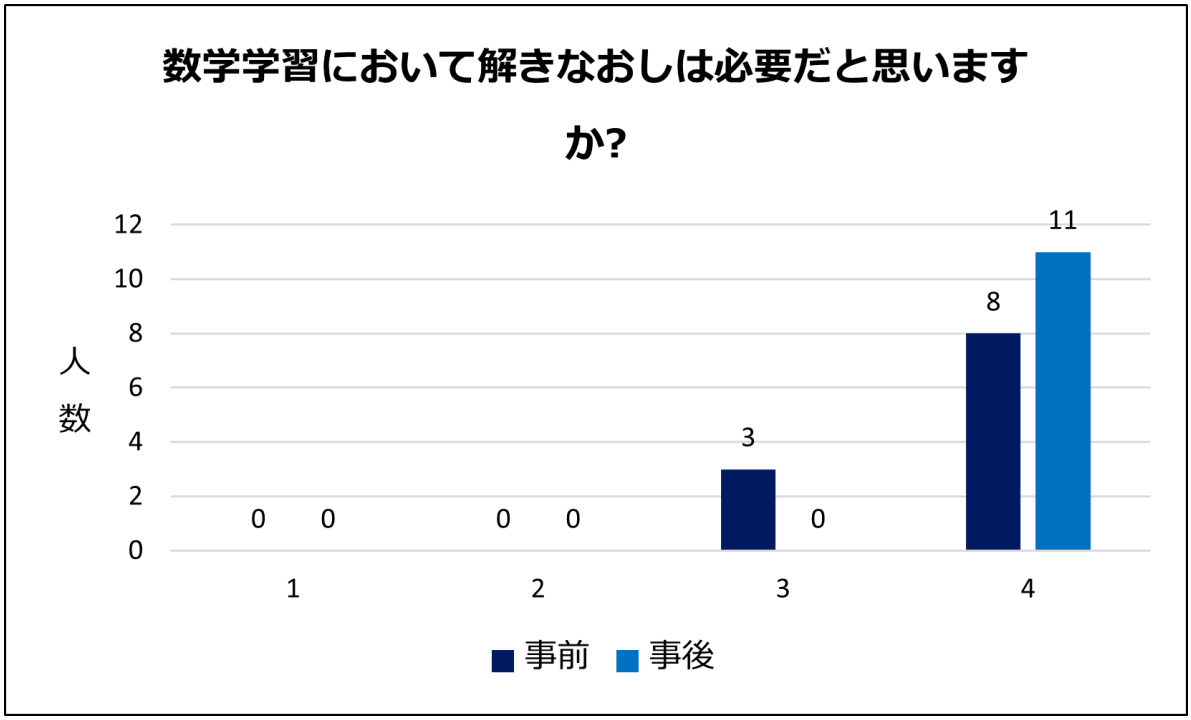


図 4.19　質問 3 に対する分布

結果は図 4.18 のように、事前アンケートでは、「3」と答えた人が 3 人、「4」が 8 人であった。事後アンケートでは、「4」と答えた人が 11 人と全員であった。また、事前の平均が 3.73、事後の平均が 4.00 であった。検定を行った結果、検定統計量 t が t(10)=-1.94 となり棄却域 t<-2.228、2.228<t に入らないため帰無仮説は棄却されなかった。

（※文責: 本間綺来）

4.2.8 解析結果の考察

解答の変化

「マストク」でディスカッションをしたり、他者の解答と見比べることで間違いに気づいたり、わからなかったところがわかるようになり、正しい解答に近づいたと考えられる。

解答の採点

問題 (1) と (2) 両方とも、「マストク」で学んだことを解きなおしで書き出すことで、正しい解答に近づき、得点が高くなったと考えられる。

アンケート

質問 1「大学に入ってから、友人と数学のディスカッションをした事がどれくらいありますか？」について、結果から被験者は勉強会前からディスカッションの必要性を感じていたとわかった。よって、勉強会前からディスカッションの必要性を感じているものの、普段からディスカッションを行っている人は少ないことがわかった。それは、普段ディスカッションを行う機会がそもそもないからだと考えた。

質問 2「数学学習においてディスカッションは必要だと思いますか？」のアンケートについて、t 検定で有意差がなかった要因を考える。一つ目は事前の平均が 3.27、事後の平均が 3.45 と、どちらも上限の 4 に近い値を取っていたため、差が見られなかったのではないかと考えられた。二つ目は、事後の値 - 事前の値が 0(変わらない) の被験者や負の値 (不要だと思う) 被験者がいることと、ディスカッションが活発になっていないグループがあったことから、システムでディスカッションを活発にできなかったのではないかと考えられた。よって、ディスカッションがより活発になるための工夫を施す必要があると考えた。

しかし、事前と比べて、事後の平均値は上がっていたため、ディスカッションの重要さを少し理解してもらえたのではないかと推察する。　質問 3「数学学習において解きなおしは必要だと思いますか?」のアンケートについて、t 検定で有意差がなかったのは質問 2 と同様に、事前の平均が 3.73 で上限の 4 に近い値、事後の平均が 4.00 と全員が上限の値を取っていたため、差が見られなかったのではないかと考えられた。

しかし、事前と比べて、事後の平均値は上がっていたため、解きなおしの重要さを少し理解してもらえたのではないかと推察する。

（※文責: 上井康斗）

4.2.9　解析学 II 勉強会全体の考察

解析学 II 勉強会全体の考察を行う。検証結果より、「マストク」を使った勉強会の中で、ディスカッションを行うことで参加者は、気づきや学びを得ることができていた。また、勉強会の中で問題の解きなおしをすることで、学んだことを解答に反映させることを促せていた。しかし、マストクに関する多くの問題点も浮き彫りとなった。ディスカッションを活発に行えていないグループがあったり、UI 面の改善余地もあった。今後の展望として、解析学 II の授業内演習で「マストク」を使用してもらう機会があるため、そこで多くの学生に使用してもらうことで、「マストク」の有用性と問題点をより深く検証することが必要であると考えた。検証と改善を繰り返し行い、「マストク」を使う人が、数学の理解を深めてもらえるようなシステムを目指していく必要があると考えた。

（※文責: 上井康斗）

4.3　成果発表会

プロジェクト学習の成果発表会は、各プロジェクト間の交流が目的となる。この節ではまず成果発表会に向けた準備の内容について示す。次に成果発表会当日の状況を示し、質疑応答、発表評価シートの結果を示す。そして最後に結果をもとに行った考察を示す。

（※文責: 長谷川太洋）

4.3.1　成果発表会に向けた準備

成果発表会当日は、前半発表後半発表の 2 班に分かれて、発表と評価を行った。成果発表会に向けた準備物として、紹介文作成、スライド作成、ポスター作成を行った。長谷川が紹介文作成、餌取、上井、三崎、小泉、本間がスライド作成、永田、福島がポスター作成を行った。まず、それぞれの班で矛盾や食い違いが発生しないように、全体のプロジェクトのストーリーを立ててから作成に取り掛かった。紹介文作成は、学生間で推敲をしたものを教員に確認してもらうという作業を繰り返し行った。スライド作成では、中間発表会の反省を生かしデザインを重視した。また、システム紹介ではスライドだけではなく動画を使って、わかりやすく説明をした。ポスター作成では、中間発表会と同様に情報デザインコースのプロジェクトメンバーを中心に「Adobe Illustrator」を使用し、デザインを重視した。

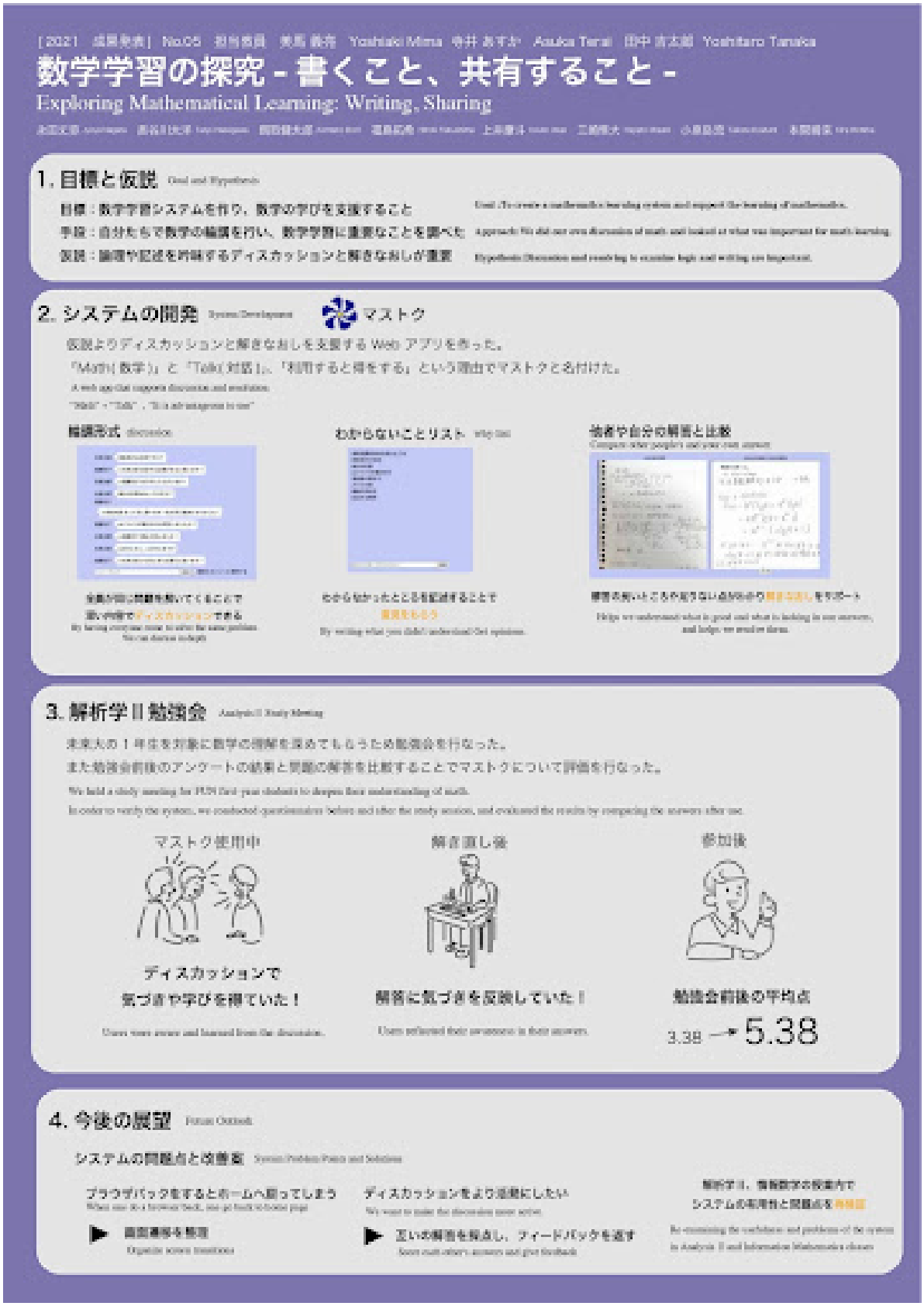


図 4.20　成果発表会で使用したポスター

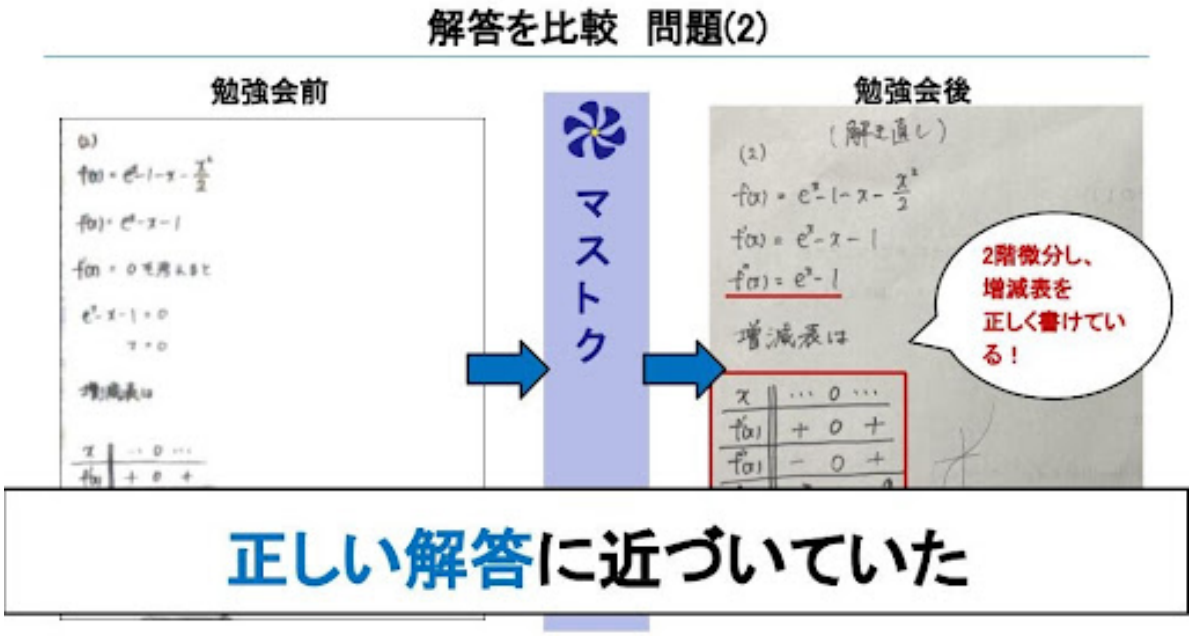


図 4.21　成果発表会で使用したスライドの一部

（※文責: 長谷川太洋）

4.3.2　成果発表会当日の状況

2021 年 12 月 10 日金曜日に「Zoom」にて行った。今回はしっかりとした発表・質問に対応できるように、3 限の時間から集まり打ち合わせを行った。15 時からプロジェクト報告が公開開始された。16 時から質疑応答に入った。前半 15 分を 3 回、休憩をはさみ、後半 15 分を 3 回行った。発表は、中間発表同様、ポスターを見せながら軽くプロジェクト紹介をし、質疑応答に移った。質問が来ない場合には、実際に「マストク」を使う様子を見せた。来た質問や意見などはすべてメモをとり、今後の「マストク」開発に生かせるようにした。成果発表会後には、反省点をまとめ、TA や教員から講評を得た。

（※文責: 長谷川太洋）

4.3.3　成果発表会の質疑応答

- 勉強会の解きなおし前と解きなおし後に関して、同じ問題の平均点でしょうか？
  →話した内容を解答に反映できているかを調査するため、問題は変えませんでした。

- 勉強会に関して、対象とした 1 年生の学習レベルはバラバラでしょうか？
  →勉強を目的としていたため、バラバラです。

- 輪講形式とはなんでしょうか？
  →複数人で同じ問題を解き、そして話し合うことです。

- 「マストク」に関して、ディスカッションをテキストで行うのはなぜでしょうか？

→履歴が残るという利点があるためです。

- わからない人同志でのディスカッションはできるのでしょうか？
  →わからない人同士でも、人によってわからない部分やわかる部分があるので、それらを共有しあい、そこからどこを学べば良いのかを知ることができます。

- 「マストク」ではなく教室でもいいのではないでしょうか？
  →ディスカッションがテキストに残ることを利点と考えています。教室内より、匿名のほうがディスカッションが活発に行われると考えました。

- アンケートについて、ディスカッションと解きなおしの必要性があまり伸びなかった理由はどのような理由がある？
  → t 検定の有意差がなかった要因を考えると、1 つ目は、どちらも勉強会前から上限の 4 に近い値を取っていたため、差が見られなかったのではないかと考えられます。2 つ目は、コメント内容のログを見るとディスカッションが活発になっていないグループがあったため、システムでディスカッションを活発にできなかったのではないかと考えられます。

- 「マストク」は数学のみに使えるものなのでしょうか？どのように数学に特化しているのでしょうか？ディスカッションや解き直しは他の教科にも言えます。
  →数学のみに使えるものを想定しています。特化するため、数式を入力できる機能などを実装予定です。

- 「マストク」の質問とディスカッションの画面が似ていてどっちがどっちか慣れるまでわかりにくいように感じたのですが、使用者からアプリに関してのフィードバックは何かありましたか？
  →画面には質問とディスカッションがわかりやすいようになっているため、わかりづらい等の意見はありませんでした。

（※文責: 長谷川太洋）

4.3.4 成果発表会の評価シートの結果

成果発表会を行った際に、評価アンケートを行うサイトを用意し、記入してもらった。評価アンケートの項目は、発表技術についてと発表内容についての 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 37 名の評価を受けた。

発表評価シートの結果として、発表技術についての評価の平均は 7.78（有効回答数 $N = 37$、標準偏差 $SD = 1.36$）であり、発表内容についての評価の平均は 7.43（有効回答数 $N = 37$、標準偏差 $SD = 1.26$）であった。発表技術の評価点数と人数のグラフ、発表内容の評価点数と人数のグラフを図 4.22、図 4.23 に載せる。また、自由記述で得られた解答を以下に挙げる。

発表技術

良い点

- 実演画面を用いて、作ったものができることを示していた
- 実際の動作をみせてくれるのはとてもわかりやすかった
- グループ内で考えていることがある程度わかった
- 声の大きさや速さもとてもわかりやすかった
- 話すスピードも聞き取りやすく、スライドの内容も比較的わかりやすかった
- 質疑応答のあまり時間に、製作物の実演を行い、最初にも説明があったため、かなりテンポが良く空白の時間が少なかった
- どういう効果が見られるかとかがイラストがあることでわかりやすかった
- 最初にプロジェクトの概要を説明しているのがよかった
- 質疑応答に入りやすい流れになっていた
- ポスターは見やすくまとまっており、詳細な内容は動画内で説明されていたためわかりやすかった
- 手を挙げてもらった人から順に当てていっていたのが良かった
- 各質問に対して、明確に回答をすることができていた
- どんな活動をしたかについてはよく理解できした

問題点・指摘

- 最初の説明が少し長いように感じた
- 想定外の質問であったと思うので、少し大変そうな場面が見受けられた
- 発表に自信を感じられなかった
- 科目が限定されていることについての根拠は議論されているべきであったがなぜディスカッションに注目したか理由を説明するともっと良かった
- 使い方に関しては、もう少しスムーズに話出来るようにしておくと良いと思った
- 沈黙の時間が多少長いと感じたのでその間に説明など盛り込んだ方がよいと思った
- ポスターに情報を追加するのは難しかったかもしれないが、平均点の増加だけでなく採点についても書かれているとわかりやすかったと思った
- 動画の声の調子はもう少し上げても良いかと思った
- 想定問答をしておくなど，もう少し質問対策をしておくとよかったと思う
- 勉強会の映像など、実際の活動の様子があるとよりよくなるかなと感じた

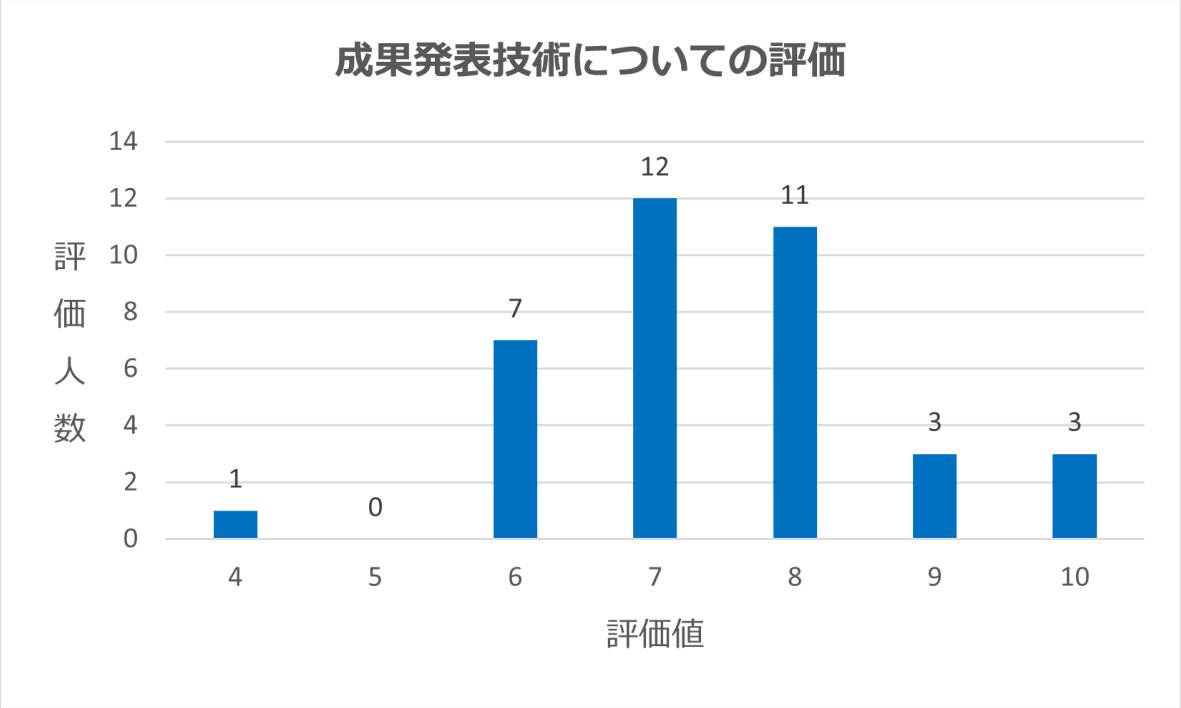


図 4.22　発表技術についての評価

発表内容

良い点

- 疑問に思った点も次のスライドで適切な説明をしていて納得のできる発表だった
- システムが良く作られていて、実際に使ってみたいと思った
- 議論に関する改善点が指摘されていたがテーマと作成物のいいところがよく発表できていた
- 明確に t 検定で効果が出ているということがあってよかった
- 質問対応する姿勢も正確で、とてもよかった
- 数学のわからない箇所を「共有する」のに適したアプリであると感じた
- わからない所を共有するために使うチャット機能が良いものだと思った
- プロジェクトでどのようなことをしてきたかという流れがわかりやすく、内容を理解しやすかった
- 実際にスコアが上がっているので効果は見受けられると思った
- 他者と共に学ぶと良いことがわかった
- 研究仮説をたてその後アイデアに落とし込み、検証まで行っているので聞いていて有用性がありそうなプロダクトだなと感じた
- 目標に沿った活動をしていて、実際の発表でもその結果が伝わるものだったと思うので良かった
- 質疑応答が落ち着いたタイミングで「マストク」の実演を行うことでアプリ利用に対するイメージがしやすくなった

問題点・指摘

- 実際のやりとりをみた限りだが、ディスカッションというよりも、ピアラーニングに近いように思った

- 目標や計画などがどうなっていたのかが細く見えてこなかったのでちょっとわからない部分があった
- これから更にどのように発展するのかがわからなかった
- 数学の「本質的な理解」にも適したモノであると面白いと感じた
- もう少し UI を見やすくすればより良くなるのではないかと思った
- 数学学習を促進するアプリということで、他の教科と差別化された機能を大澤先生からたずねられた時に答えられなかったところに、話し合い・分析不足がみられたと思う
- 動画で紹介されていた機能は、学習全般で役立ちそうだと思った
- 動画やポスターについてなのですが，ディスカッションが有効だとするデータがもう少し欲しいと感じた
- プロジェクトの範囲で行うのは難しい部分もあると思うが、得意な人たちを集めた場合と苦手な人たちを集めた場合、混ぜた場合の３条件でディスカッションの内容の差であったり、平均点の増減の差を調べられるとより多くのことが分かるように思った
- いくつかのサイトを参考にしていたと思うが、それらからいいところを持ってくるだけでなく自分たちのものにしかない機能やいいところをもっと推していけると良いなと思う
- サイトの UI 的には不十分な点が多くあったが、やりたいことがつたわったのでより楽しくなるような発展を期待している
- アプリを使用した実験に関して、参加するユーザについての考慮が足りていなかったように見えた
- フィードバックに対応していないように見えた
- 勉強をする前とした後の点数を比較しているが、どんな方法で勉強してもだいたい点数は上がるので、「マストク」の有効性の検証としてはあまり説得力のない実験になってしまったな、という印象である
- 対照実験として一人で同時間勉強した人たちと比べるなどすればよかったと思う（対照群と実験群で t 検定すれば意味のある t 検定になってくる）
- アプリのメリットをもう少し聞きたかった
- アプリのデザインが使いにくそうだと思った

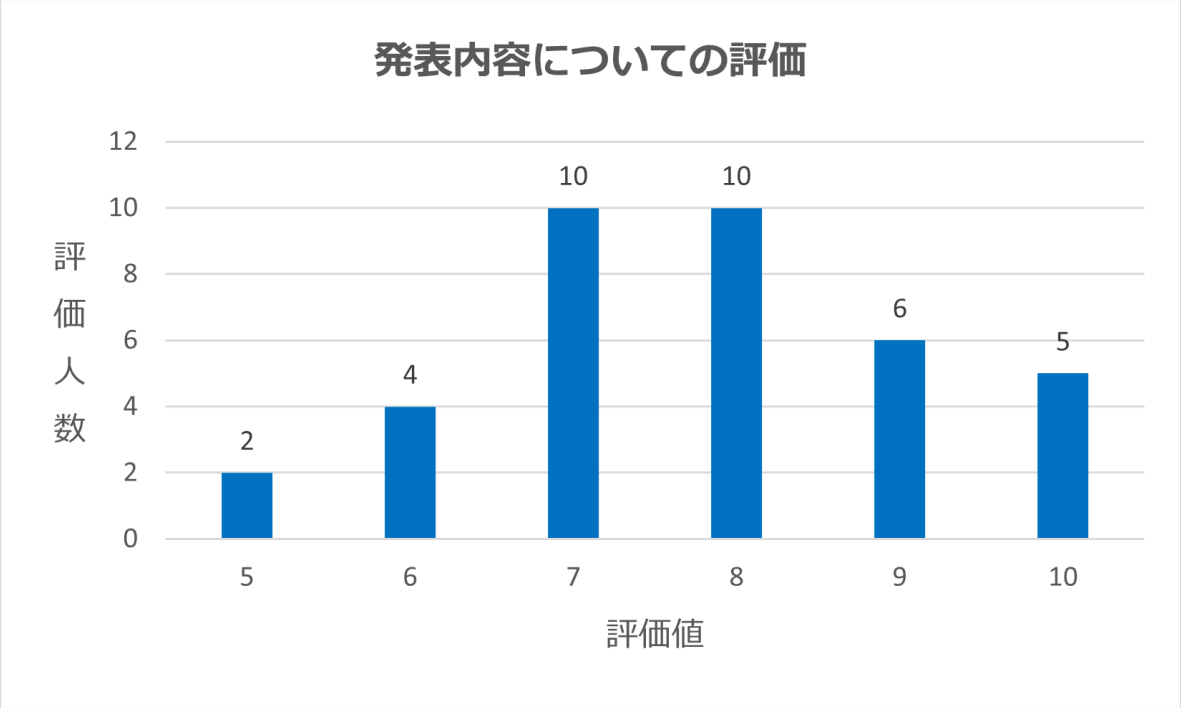


図 4.23　発表内容についての評価

（※文責: 上井康斗）

4.3.5　成果発表会の考察

成果発表会当日に事前に対面で集まることによって、質疑応答時間についてのミーティングをしっかりと行うことができた。そのため万全の状態で成果発表会に臨むことができた。多くの質問に対して、自信を持って回答ができた。また、厳しい質問に対しても、プロジェクトメンバー同士がフォローし合うことができた。質疑応答の時間に余った時間をシステムの実演や、スライドを使った説明を行うことによって、有効に時間を使うことができていた。成果発表会後、発表会についてプロジェクト内と個人で KPT 分析を行った。KPT 分析は、続けること（Keep）と問題だったこと（Problem）と今後張ること（Try）の 3 つである。KPT 分析で出た意見を以下に挙げていく。

プロジェクト内 KPT 分析

続けること (Keep)

- 発表形式でシステムの実演をしたり、スライドの内容についてこだわれたりしたこと
- 早いうちから活動できていてデモやバージョンをたくさん作れて改良できたこと
- スライドのデザインを重視したこと

問題だったこと (Problem)

- 自分たちのたてた目標の設定の仕方や、システムをより数学に特化させるにはどうしたらいいのか、班ごとに分かれて活動していたため、あまり連携が取れていなかったこと
- 内容を締め切り間近まえ修正したため、ポスターの内容が吟味できなかったこと

- 後半質疑応答グループで、誰が質疑応答のメモを取るか決めていなかったこと

今後張ること (Try)

- よりユーザに寄り添ったシステムにしていくこと
- もっと深い目標の設定を行うこと
- 班の枠を超えて活動すること、ストーリー作りを全員で、もっと時間をかけて行うこと

成果発表会の KPT 分析を通して、班を超えて今まで以上に連携をとり、プロジェクトやシステムをどうしていくのかもう一度全員で確認する必要があると考える。そしてプロジェクト全体でマストクの在り方についてまとめることが必要だと考える。それを全員が認識し、今後の活動に活かしていきたい。

個人の KPT 分析の結果

続けること (Keep)

- 中間発表と比べて紹介文だけでなくスライド班にも関われたこと
- プロジェクトメンバー間とのコミュニケーションをとれたこと
- システムの改良に専念できたこと、積極的に学ぶ姿勢をとれたこと
- 時間を有効的につかえたこと

問題だったこと (Problem)

- 担当していたところの確認が撮れていない感じがしたこと
- タスクの割り振りや、スケジュールの管理、全体の把握がうまくできていなかったこと
- 班のメンバーに頼りすぎてしまうところがあったこと
- 全体にシステムがどう改善されたかを伝えるのが疎かだったこと
- 積極的に行動できなかったこと
- 一人で作業しすぎたこと
- 当日の質問対策にあまりかかわれなかったこと
- いい回答をできなかったこと

今後頑張ること (Try)

- 進捗を毎回確認しながら作業すること
- プロジェクトメンバーにもっと広く手を伸ばすこと
- 積極的に行動すること
- システムを改善したときに、実演をしてプロジェクトメンバーに伝えること
- 他の人も巻き込んで作業すること
- 準備や役割分担をきっちりすること
- 回答に自信を持てるようにすること

個人の KPT 分析を通して、個人 1 人 1 人が責任を持ち、問題点を改善できるようにする。そして積極的に活動していくことが重要だと考える。プロジェクトメンバー全員で意見を合わせ協力し、より良いになるように努力していく。成果発表会で得た評価やコメント、質疑などに対応でき

るように「マストク」を具体的に改善していくことが必要だと考える。

（※文責: 上井康斗）

4.4 解析学 II 授業内演習

本節では、解析学 II 授業内演習（以下、本節では「演習」と記す）について述べる。初めに、当日の実施内容について述べる。次に、演習での検証方法と結果について記述する。最後に演習の様子やアンケートから得られた意見より、考察と改善案について述べる。

（※文責: 長谷川太洋）

4.4.1 演習当日の実施内容

2021 年 12 月 21 日火曜日 1 限「Zoom」上で、田中吉太郎先生の解析学 II の後半時間をもらい、演習参加者に「マストク」を使ってもらった。先生に用意してもらった問題を 1 年生が解き、「マストク」をグループ内でディスカッションをしてもらうという形をとった。

まず、解析学 II の授業が始まり次第、参加者の中から無作為に 2〜3 人を選び、それを 1 グループとし、全 18 グループに分けた。9 時 50 分頃から挨拶及びスケジュール説明をし、1 年生に問題を解いてもらった。次に、事前アンケートに答えてもらい、「Zoom」にグループ分けを示したエクセルファイルを送った。その後、各々のグループ番号を確認してもらい、「マストク」の説明を行った。今回は、解析学 II 勉強会とは違い、初めに使い方、ディスカッションの行い方、コツを教え、その後、「マストク」に解答をアップロードしてもらった。参加者には、学籍番号をユーザーネームとして設定し、グループ内でディスカッションを行ってもらった。ディスカッション時間 10 分が終わり次第、解きなおしをし、最後に事後アンケートに答えてもらった。システム説明の時間など予め計画をしていたが、臨機応変に対応をした。当日のプロジェクトメンバーの役割として、上井がシステム説明、長谷川が「Zoom」の画面操作、永田がシステム管理と質問対応、餌取、福島がディスカッションのグループ編成とサポートを行った。

（※文責: 長谷川太洋）

4.4.2 検証すること

今回は、授業内で「マストク」を使用するということで実際の現場で使うことでどのような事が起こるのかの検証を行った。また、アンケートにてシステムの UI 面に関しての検証も行った。「マストク」の総合的な使用感、機能ごと・コメント機能・回答比較機能の使用感に関して 7 段階評価のアンケートを取った。また、自由記述欄にて「マストク」の感想を書いてもらった。

（※文責: 長谷川太洋）

4.4.3 分析結果

参加人数は 53 人であった。その結果、「マストク」でディスカッションを行っていたのは 18 グループ中、3 グループで、総コメント数も約 15 件ほどだった。つまり、「マストク」でディスカッションが殆ど行われていなかった。「マストク」内を見ると、班のメンバーが 1 人しかいなかったグループ、コメントを全くしていないグループ、1 人がコメントをしても返信がきていないグループが多くあった。よって、アンケートで行った検証のデータは信憑性が低いため使用できない結果となった。ただし、自由記述欄で寄せられた「マストク」へ意見は使用し、ディスカッションが活発に行われなかった要因を次節で考察する。

（※文責: 餌取健太郎）

4.4.4 演習全体の考察と改善案

「マストク」内の様子やユーザーから寄せられた意見をもとに、ディスカッションを活発にできなかった問題点を考察し、改善案について述べる。

演習の実施方法の問題点

- 匿名で行わなかった
- ディスカッションを行う時間が短かった
- 「マストク」の使用準備や使用方法の説明が不十分だった
- グループ人数が少なかった
- 班のメンバー不足やディスカッションを積極的に行う人がいないグループがあった
- わからない人同士だとディスカッションが活発になりにくい

UX の推察

- ディスカッションすることへの怖さがあった
- ディスカッションする必要性を感じられなかった
- 他者の解答を見ただけで満足した

以上より、ディスカッションを活発にできなかった原因は主に 3 つだと考えられる。

1. ディスカッションを活発にするためのファシリテーションが不足していた
2. ユーザーはディスカッションすることへの抵抗感を感じていた
3. ユーザーはディスカッションすることの必要性を感じられなかった

これらの原因を改善するための、改善案を 5 つ述べる。

チューターの用意

1 つ目はチューターを用意することである。今回の演習では解析学 II 勉強会のように、チューターを準備する時間がなく、ディスカッションを生徒だけに任せてしまったため、活発にならなかったと考えた。そのため、ディスカッションが始まるきっかけを作ったり、答えにたどり着かな

い程度のヒントを教えたりするチューターを付けると良いと考えた。また、我々が前期に行った数学の輪講を思い出すと、指名して話しを振ったり、積極的に進める司会の存在が重要だった。そのため、チューターが司会役としてディスカッションを活発にすると良いと考えた。

グループ人数の増加

2 つ目は、1 グループの人数を増やすことである。今回は 1 グループ 2〜3 人で行ったが、1 グループ 10 人程で行うことで、発言することに抵抗がある人を減らせるのではないかと考えた。

ユーザーネームを匿名に設定

3 つ目は、ユーザーネームを匿名で設定することである。今回の演習では収集したデータ (ディスカッションの内容、アンケートの内容、回収した解答用紙) を解析するためにどのデータが誰のものであるかを知る必要があったため、ユーザーネームを学籍番号で行ったが、学籍番号だと個人を特定できてしまい、ユーザーはディスカッションをすることに対して恐怖心があったと考えた。そのため、事前にニックネームを考えてもらい、事前アンケートで誰がどのニックネームで参加しているかを主催者だけが把握できる形にする。そうすることで、ディスカッションをすることへの恐怖心を少しでも和らげることが必要だ。

ディスカッションすることの重要さを感じさせる

4 つ目は、ディスカッションすることは重要だと感じさせることだ。学生はディスカッションをすることのメリットを知らず、重要だと感じてもらえていないため、ディスカッションが活発にならなかったのではないかと考えた。よって、マストク使用前にディスカッションを行うメリットも伝えることが良いと考えた。メリットとして例を挙げると、ディスカッションの中でなぜこの解法で解いたのか、この定理はどのような意味でどんな場面で使われるのか、などを議論することで数学を深く理解することができる。そうすることで、類似問題や応用問題を解くことができる可能性が上がる。

タイムスケジュールの変更

我々が前期に行った数学の輪講を思い出すと、長い期間を費やし、長時間のディスカッションを行うことで数学の理解が深まっていった。また、ディスカッションも 1 度ではなく、何度もディスカッションと解きなおしを繰り返すことで理解が深まった。よって、まず、10〜15 分のディスカッションでは足りないのではないかと考えた。さらに、輪講の形式にも変更が必要だ。問題を解き、他者と解答を共有し、共有をもとに解きなおしを行った後のディスカッションが最重要ではないかと考えた。そのため、問題を解いた直後のディスカッションに時間を使うのではなく、解きなおし後のディスカッションの時間を多く取るべきではないかと考えた。

（※文責: 餌取健太郎）

第 5 章　まとめ

5.1　活動まとめ

本プロジェクトの目的を「Web アプリを用いて、数学の理解を深めてもらう」こととし、活動を行った。

前期では、数学の輪講、各班での活動、中間発表会に取り組んだ。

数学の輪講では、数学を学ぶときに重要なことは何かを調査することと、どのようなシステムを開発するかを検討するために行った。

まず、数学を学ぶときに重要なことは何かを調査するために、プロジェクトメンバー同士で意見を出し合い、言葉の定義や記述が曖昧な部分について議論を行った。その結果、ただ問題を解くだけでなく、必要な記述や数式の意味についての吟味を行う必要があるということがわかった。そして、輪講を通して他者とディスカッションを行い、解きなおしを繰り返し行うことで第三者から見ても理解できる解答を作ることができた。

この輪講から、数学学習において「論理や記述を吟味するディスカッション」と「問題の解きなおし」が重要であるという仮説を立て、ディスカッションと解きなおしを重視した Web アプリを開発することとした。

次に、どのようなシステムを開発するか検討するため、既存のシステムの分析を行った。既存システムは、2020 年度のプロジェクトの成果物である「MWUN」と「Google Jamboard」を輪講で使用し行った。この 2 つのシステムを選んだ理由は、解答の画像をアップロードすることができ、解答についての意見交換をすることができる機能があるため、今年のシステムを作る上で参考になると考えたからである。それぞれの分析から、

「MWUN」

- ユーザーネームを一度入力すると記憶されるよう、アカウント制にする
- コメントへの返信機能を追加し、意見交換しやすくする
- アップロードした画像の拡大縮小機能、明るさ設定をつける

「Google Jamboard」

- 他者の解答を容易に見ることができるようにする
- 描画機能をマウスやパッド操作でも使えるようにする

という機能が重要であることがわかった。

中間発表会では、活動内容を動画でまとめ、「Zoom」で質疑応答を行うという形になった。発表技術に関しては、説明動画がありわかりやすかった、目次によりスライドが見やすかったといった解答があった。一方で、補足説明を入れた方がいい、声が暗いといった意見があった。発表内容に関しては、どのような機能を追加するかを決めて、実際に取り掛かれているのが良いといった回答があった。一方で、質問に対しての回答の内容が薄く感じた、今後の内容が少し薄かったといった回答があった。

後期では、「マストク」の開発、解析学 II 勉強会、成果発表会、解析学 II 授業内演習に取り組んだ。

「マストク」の開発では、「論理や記述を吟味するディスカッション」と「問題の解きなおし」を重視した Web アプリの開発を目標とした。「マストク」を使用することにより、問題点の発見、数学の知識の習得、習得した知識の定着の 3 つの利点があると考えた。

解析学 II 勉強会では、

- 「マストク」を使うことで、本学の 1 年生に数学の理解を深めてもらう
- 「マストク」の効果を調べる
- ディスカッションと解きなおしの重要性を理解してもらう

ことを目的とした。結果、「マストク」を使いディスカッションを行うことで、気づきや学びを得ることができていた。また、勉強会の中で問題の解きなおしをすることで、ディスカッションで学んだことを解答に反映させることを促せた。しかし、「マストク」の問題点も浮き彫りとなった。今後は問題点の修正と、多くの学生に使用してもらい、「マストク」の有用性と問題点をさらに検証することが必要であることがわかった。

次に、プロジェクトの最終成果を発表する成果発表会を行った。発表技術に関してはプロジェクトの概要を説明しているのがよかった、テンポが良く空白の時間が少なかったといった回答があった。一方で、想定外の質問に苦戦している場面が見受けられた、発表に自信を感じられなかったといった回答があった。発表内容に関してはプロジェクトの流れがわかりやすかった、目的に沿った活動をしていたといった回答があった。一方で、データがもう少し欲しい、「マストク」の UI に不十分な点が多くあったといった回答があった。

解析学 II 授業内演習では、先述した通り、多くの学生に使用してもらうことを目的とした。結果は、「マストク」でディスカッションが殆ど行われていなかった。原因としては、ファシリテーション不足、匿名ではないことによるディスカッションすることへの抵抗感、ディスカッションの必要性を感じてもらえなかったことが考えられる。改善案としては、チューターの用意、グループ人数の増加、ユーザーネームを匿名に設定、ディスカッションすることの必要性を感じさせる、タイムスケジュールの変更などを挙げた。

（※文責: 長谷川太洋）

5.2 今後の展望

解析学 II 勉強会や授業内演習で実際に「マストク」を利用して貰い、様々な評価や意見を貰うことで、表面化した問題点とその改善案を考えた。

まず、問題点はディスカッションを活発に行えていないグループがあったことだ。原因として、分からない人同士だとディスカッションが活発になりにくいことやディスカッションを積極的に行う人がいないグループがあったことが挙げられた。その改善案はお互いの解答を採点して、それぞれの解答にフィードバックを返すことができる機能を追加することだ。この機能を追加することで、フィードバックを話題にしてディスカッションを円滑にすることができると考えた。

次に、解きなおしで発生した疑問をディスカッションすることができないという意見があった。原因として、時間の都合上でディスカッションと解きなおしの一連の流れを十分に行えないことが挙げられた。改善案は、解きなおしで発生した疑問点を解消できるような時間配分を想定すること

だ。

さらに、同一のユーザーネームを用いることができるのでなりすましが発生するのではないかという意見があった。原因として、同じユーザーネームを複数人で使うことを想定していなかったことが挙げられた。改善案は、直近で使われたユーザーネームと同じものでログインするときに、そのユーザーネームは使用されているといった警告文を表示することだ。

以上の問題点を改善し、今後「マストク」を快適に利用し、数学の理解を深めてもらえるようなシステムを目指す。

（※文責: 小泉岳流）

5.3 謝辞

本プロジェクトを遂行するにあたり、香取勇一先生、田中吉太郎先生、鈴木恵二先生には、解析学 II の勉強会、及び、解析学 II の授業内演習にて検証に協力していただき深く感謝いたします。

（※文責: 福島拓希）

第 6 章　プロジェクト内のインターワーキング

6.1　福島拓希

私はこの 1 年、プロジェクトの活動を通して多くのことを学んできた。ここでは、プロジェクトを選んだ理由、プロジェクトを通して学んだことと、その成果について述べる。

はじめに、私が本プロジェクトを選んだ理由は 2 つある。1 つ目は、中学生の頃から数学の新しい分野や、学んだ分野の応用など、数学を学ぶことに意欲的だった。数学を学習するために、どのように問題にアプローチをしたら良いのか考えることが多かった。このような経験から、本格的に数学学習の研究をしたいと考えた。2 つ目は、数学を教えることに興味があったからである。高校生の頃、周りの友人に比べて数学の理解ができていたため、友人に教える機会が多々あった。その時、数学を他人に説明するときに、どのようにすれば相手に理解してもらえるか考えた。このような経験から、どのような学習が数学の理解を深めることができるか興味があった。そこで、「数学学習の探究-書くこと、共有すること-」というテーマが自分の興味のあることに合致したため、本プロジェクトを選んだ。

次に、私はこの 1 年、プロジェクト活動のリーダーとして過ごした。プロジェクトリーダーとして主に学んだことはプロジェクトの進行である。プロジェクト活動を有意義に、効率良く進行するにはどうのようにしたら良いか考えながら活動してきた。プロジェクト活動での当日のタイムスケジュール、プロジェクト活動の司会、提出物の期限、プロジェクトメンバーのタスクの管理をしてきた。タイムスケジュールを作成する際に、自分 1 人での視点で考えたタイムスケジュールでは、プロジェクトメンバーが必要としていることを汲み取ることができず、有意義な活動ができないときがあった。そのため、タイムスケジュールを作成する際には、プロジェクトメンバーに活動内容を相談し、プロジェクトメンバー全員が有意義に活動できるように活動内容を調節した。プロジェクト内で議論をする際に、意見が出ず議論が難航してしまい、沈黙の時間ができてしまうことがあった。議論できる場面で、沈黙の時間が続いてしまうのは時間の浪費であるため、プロジェクトメンバーを指名し、考えていることを発表してもらったり、早めに議論を打ち切り他のことに時間を回すなどをして、時間を有意義に使えるようにした。提出物の責任者をプロジェクトメンバーに一任してもらい、責任者となったメンバーに状況を確認することによって、自分のタスクが分担されプロジェクト全体の提出物の確認が円滑に行えるようにした。各班のリーダーとコミュニケーションをとり、各班の活動状況や全体に共有すべきことの確認、プロジェクトメンバーのタスクの状況確認をすることで、プロジェクト全体を把握することができた。このような経験から、タスクを割り振り、全体を把握することでプロジェクトを有意義に効率良く進行できることを学んだ。

プロジェクトの活動でシステム班として活動を行った。システム班は、開発班から機能案をもらい、成果物であるマストクの作成を行った。私は、開発経験が全くない状態でシステムの開発を行った。はじめは、何から手をつけて良いのかわからず、作業が難航することがあった。計画を立てず開発を進めていくと、段取りが悪く大幅な調節をすることになってしまう。効率良く開発を進めていくために、イメージを上げることにした。システムのデザイン、機能、ページ遷移などを、書き上げることにより明確な目標ができ、迷うことなく開発を進めることができた。私は、マストクを開発するにあたって、主にデザインを担当した。HTML と CSS を用いて、マストクの UI を

考えた。私は HTML と CSS の使用経験はほぼなく、HTML と CSS の勉強を行いつつ、マストクの開発を行った。初めは、エラーの対処や思い通りにならないとシステム班のメンバーや教員、TA に相談し助けてもらうことが多かった。しかし、開発を進めていくと、HTML と CSS の扱いに慣れて自分 1 人で対処できるようになり、要望もすぐに反映できるようになった。開発をしていると自分で考えて良いと思うデザインでも、開発班のメンバーに使ってもらいフィードバックをもらうと、使いにくいということがあった。このような経験から、開発に携わっていないメンバーに使用してもらいフィードバックをもらうことや、ユーザーの立場や目線に寄り添ってデザインを考えることが重要だと学んだ。更に最終成果発表会ではポスター作成を行った。活動内容を伝えるために行ったことを文字で書き上げるだけでは伝わりにくく、読み手も疲れてしまう。そのために内容を簡潔にまとめ、イラストや画像を用いて内容を伝える技術を学んだ。

プロジェクトの活動は、集団という点、研究という点、開発という点で、経験できてよかったと感じられること多くあった。4 年生での研究や就職先でのプロジェクトなどの、今後の自分の活動に活かしていきたい。

（※文責: 福島拓希）

6.2 上井康斗

私はこのプロジェクト活動を通した印象に残った経験、それを通して思ったこと、感じたことについて述べる。

まず数学の輪講を行ったことについて述べる。自分自身の解析学の理解については、１年時授業を受ける程度は、ある程度ついていけると思っていた。本プロジェクトに入り、再び解析学について勉強する機会ができた。私は微分の教科書の問題に家で、一人で取り組んだ。予想以上に、問題を解く計算が難しいと感じた。最初はただ、一人ひとりが問題を解いてき、画像を共有して解答を発表するのみだった。途中から、各々の解答にどうしたらいいかという意見を持ち始め、より良い解答つくりにこだわり始めた。同じ問題をここで繰り返し行って解いた。また、問題が同じでも、解法や記述の仕方が人それぞれで違うことに気づいた。数学の難しいところで、いくつも解法が出てくることがある。COVID-19 でもあり、オンラインで数学についてディスカッションを行った経験を経て、もっと議論しやすいシステムが欲しいとみんな感じるようになっていったと思った。解析学を受ける生徒は、自分たち以上に問題に取り組むことが難しいと思っていると考えた。利用する人が使いやすいものが大切だと思った。

メンバーでディスカッションをした経験や、何度も解きなおしを行ったことからそれらが大切だと考えた。また、自分たちの数学の理解の足りなさにも実感した。輪講を行ったことで、数学の難しさを全員で感じたと思う。私たちは数学を支援するシステムを開発するにあたって、重要なポイントを利用する立場として親身になってメンバーでじっくりと考えた。利用者側になって、システムがどうあるべきかどうしたらいいかをじっくりと考えるとよりよいシステムになると考えた。自分は開発班になってシステムのことを考えた。

我々は実際に「マストク」を用いて、解析学 II 勉強会と授業内演習の 2 度勉強会を行った。まず解析学 II 勉強会はチューターを行い、システム内での議論を促すために、「マストク」内でチャットを行った。1 グループ３人としたため、グループメンバーが足りないところが当日発生したことや、議論が全く進まないグループがあったのも事実であった。対面参加者とオンライン参加者両方いたため、対面参加者にばかり気がいってしまって、「マストク」上での議論が中途半端になって

しまった可能性もあると思った。勉強会前の準備では全く想定できておらず、もっと実際に起きることを想定する力が必要であったと思った。もしもの時のことを考えて計画する必要があると考える。また採点とアンケート解析を行ったが、なかなか自分たちの思うような結果にはならなかった。それもそこまで考え確認できていなかったからだとかんがえる。システムを使い、アンケートを行う参加者の身のことを深く考えることが、不足していたと感じた。次に授業内演習で、解析学の授業の時間をお借りしたとき自分は、司会を行った。システムの説明や全体の進行を行った。勉強会の司会をするにあたって、時間やスケジュール管理の難しさを感じた。限られた時間しかなくどうしても輪講をするとなると時間がかかってしまうということに気が付いた。そして、「マストク」使用にあたって、オンライン授業であり、オンライン上でシステムを使ってもらうため、利用者の表情や進度がわからなく、もう少し親身になって気に掛ける必要があったと思った。これは、1 回目から反省で思っていたことで、改善できてなかったのが自分の力不足なところだと感じた。これらをより改善できていれば、アンケートの結果もより数をきちんと得られたと考える。当日のタイムスケジュール案など任せてしまうところがあったので、時間がないなりの想定を行って取り組むべきだったと思う。

また、中間発表会と成果発表会のアンケート結果についてまとめた。評価アンケートの項目は、発表技術についてと発表内容についての 2 つであった。この 2 つの項目は 10 段階評価と、自由記述によるコメントを記入するものであった。2 つの評価値のグラフを作成し、平均と標準偏差を出した。発表については高い値を取ることができていたと思う。グループ全体に発表へのいいコメントが来ていたのも事実であったが、もう一度自分たちの目標などについて考えさせられるようなコメントも来ていた。当日やコメントの様子から、発表会に見に来てくれた多くの人が、「マストク」について興味を持っていると感じた。自分たちの理想的なシステムの形に近づけていけるように努力していくことが大切である。班のメンバーの出した意見やまとまった意見、決まったことをきちんと何度も確認して、納得いくまで考えることが必要になってくると考える。

（※文責: 上井康斗）

6.3 餌取健太郎

私は、本プロジェクトを通して、今までの人生で一番成長できた期間だと感じている。通常の学校生活のほとんどが、先生の授業を説明し、学生はそれを聞いて学ぶ、といった一方通行な学習形態だ。しかし、プロジェクト学習は、学生が主体的に学び、それを応用する場面が数多くあった。そのため、得た知識や経験を自分のものに吸収することができた。本プロジェクトで学んだことや反省点を次に述べる。

まず、プロジェクト全体の活動について述べる。私は ICT を用いて学習支援をしたいと考えていた。本プロジェクトは数学の学習支援システムを作る活動を行っているということで参加を決意した。また、私自身数学が苦手なため、数学を苦手とするユーザーの気持ちやニーズを理解でき、活動に貢献できると考えていた。しかし、メンバー間で行った数学の輪講、勉強会、数学の授業での実践を通して、ユーザーが求める機能が数学の学習支援に繋がるというわけではないことを学んだ。ユーザーは楽に答えを知りたいと考えるが、数学の理解を深めるためには、「なぜ」「どうして」「どのように」と、深く考える必要があった。深く考える場として、私たちが開発したシステム、「マストク」は良いシステムだと自負している。しかし、ユーザーのニーズとは反しているため、「マストク」を使ってもらえないという問題点があり、「マストク」の学習効果の検証をするこ

とができなかった。プロジェクト活動の終盤にこの問題点に気づくことができたが、私はユーザーのニーズを理解していたはずなのに、この問題点に早く気づけなかったことが私の反省点である。プロジェクト活動に打ち込むほど、客観的な視点を失っていたため、このような事態になったと考えられた。そのため、今後は客観的視点を忘れずに活動を行うことを心掛ける。

次に、プロジェクト内の私の活動について述べる。私は開発班のリーダーとして約半年間、「マストク」の機能や、勉強会の実施などの活動を行った。自分を含めたった 5 人のグループだったが、とても大変だった。その反面学ぶことも多かった。例えば、メンバー間の意見交換と意見集約、役割分担とその統制など、1 人では経験できない学びがあった。しかし、メンバーから私への改善点として、1 人でタスクを抱え込みすぎていると指摘を受けた。よって、今後は、もっとメンバーを巻きこみながら作業をしていくことを心掛ける。

他にも、プロジェクトを通して成長できたと感じた場面がいくつもあった。自分の成長のため、今後もプロジェクト学習のような活動へ積極的に参加していきたい。

（※文責: 餌取健太郎）

6.4 小泉岳流

私は本プロジェクトを通じて様々な発見や学びをすることができた。ここでは私がプロジェクト活動で経験したことについて述べる。

前期の活動において深くかかわった数学の輪講、システム班での活動について述べる。数学の輪講は、プロジェクトメンバー全員でそれぞれのメンバーがどの程度数学を理解しているかの確認と学習してきた範囲の復習という目的で行われた。私は数学が苦手だったので解答作成では教科書やウェブサイトを活用して知識を確認しながら取り組んだ。実際にそれぞれ解答を作成し、共有したことで自分の理解が曖昧だった範囲を改めて確認でき、メンバー全体が深く理解できていなかった範囲を表面化することができた。また輪講では昨年のプロジェクト成果物システム「MWUN」や「Google Jamboard」を使用した。使っていく中で最低限必要な機能や使っていて不便な機能をなどを発見することができ、今後プロジェクトで開発するシステムに必要な機能を考えることができた。システム班での活動では、始めに今後開発するシステムに必要な Web アプリの概要やどのようなプログラミング言語を学習すればよいのかを学んだ。Web アプリはブラウザ上で使うことができるアプリケーションであり、フロントエンドには HTML や CSS、JavaScript で開発され、サーバサイドには PHP や Python、Ruby などで開発されていることを知った。「MWUN」では PHP で開発されていたが、システム班内で検証を進めた結果、サーバサイドでは Ruby で開発することに決めた。次に Web サービスの構成を学ぶために、輪講で発見した「MWUN」の不便な点の改善に取り組んだ。改善を通して HTML や CSS の構造や JavaScript の使い方、システム班メンバーでは対処できないエラーに遭遇した際は教授や TA に質問することでプログラミングにおける伝わりやすい質問の仕方を学ぶことができた。また細部まで確認することでどういう仕組みで実装されているのかといった原理まで把握することができた。前期終了までに「MWUN」の改善を終えることができなかったため、夏休み中も改善に取り組んだ。私は主にアップロード機能の実装を取り組んだ。「MWUN」では PHP で書かれていたが、今年度は Ruby を使うと決めていたので、同じような機能を Ruby で一から実装し直す作業となった。初めて Ruby で本格的な実装をしたので仕様に慣れることができず、2 週間ほどエラーを直す作業が続いた。その甲斐あってか実装が完了したときには十分な知識を身に付けることができた。

後期の活動として主にシステム班として行った「マストク」の開発について述べる。私は「マストク」の開発の中で主に JavaScript や Ruby、データベースを用いた様々な機能の実装に取り組んだ。解析学の勉強会を目標としてプロトタイプの開発を行った。「マストク」は前期で開発した「MWUN」の改善を基盤としていたが、新たに必要とされた機能は一からの開発となった。しかし、前期で必要な知識をある程度身に付けていたので一定の進捗を進めることができた。開発する中でひとりでは実装方針が行き詰ったときには、システム班のメンバーにヘルプを求めることで別の視点からのアイデアや知識で解決することができた。勉強会後はアンケートからの意見を参考にし、不便であると意見があった点の改善に取り組んだ。そのために必要な機能にプロトタイプ開発で断念した機能もあったが、再考を重ねたことやメンバー内で話し合ったことで無理のない実装方針を立てて、実際に実装することができた。これはプロトタイプ開発までを通してプログラミング言語やシステムの理解がより深くなったから達成できたと考える。

最後にプロジェクト全体について述べる。プロジェクト活動を通してシステム開発の楽しさを学ぶことができた。授業内でプログラミングをすることはあったが、目的を持ってシステムを開発したことがなかったので、「マストク」を開発したことが大きな自信に繋がった。また、今までは Web アプリの開発にあまり関心がなかったが、「マストク」の開発を通して Web アプリの開発に興味を持つことができた。もし、Web アプリを開発する機会があれば、開発に挑戦し、今回以上に良いものを開発したいと考えた。さらに、実装方針について話し合ったことで自分にはない考え方を取り入れることができた。取り入れた考え方から新たな考えを生み出すことができ、より知識を広げる機会になった。活動を通して得られた経験や学びを 4 年生での卒業研究や就職後といった今後の活動にも活用していきたい。

（※文責: 小泉岳流）

6.5 永田丈弥

私は 1 年間のプロジェクト学習を通して多くのことを経験し学んだ。私が取り組んだことは大きく分けて三つある。一つはシステム班のリーダーを務めたことだ。システムの状況を確認してメンバーに仕事の分担を行った。状況を理解するため自分の担当とは違う箇所も積極的に聞くようにした。そしてメンバーに適した実装の担当を決めて振り分けていた。メンバーの進捗を確認するために連絡を頻繁に取った。時間外での活動に積極的に参加した。またメンバーに理解してもらい、作成してもらうために、システムのデザインや状態遷移を作成し共有した。二つめはプログラミングである。JavaScript や Ruby,HTML,CSS を使い実装を行った。主にデザイン面や画面遷移機能、コメント機能を取り組んだ。デザイン面では画像の配置やホバーリアクションなどの機能を作成した。画面遷移機能、コメント機能ではデータベースを使った機能に多く取り組んだ。そのためデータベースの設計にも多く携わった。三つめはポスターなどの成果発表会の提出物である。前期後期ともにポスターの作成を行った。メンバーとポスターに載せる情報をまとめたり、配置を考えた。またスライドのデザイン面も意見などを出したりした。これらのことにより学んだことも多くある。まずは共同作業をする中でのコミュニケーションが学べたと思う。自分一人で考えて、決めるのではなくて、意見を交換することがプロジェクトにとって良い方向に進めることを学んだ。そのため自分の意見を共有することが増えた。加えて相手の意見を尊重することも増えた。特にシステム班で機能の実装を頼むときには、相手の状況を工夫して考えることが大事だと学んだ。また自分が理解していることを理解してもらうために、伝え方を意識して行った。自分が伝えたいことを一

度整理してから伝えると良いと知った。特に開発班と情報を交換するときには、伝え方を工夫した。開発班が要求した機能が実装できない場合などは、代替え案などを提案した。共同制作の難しさを感じたが、これらのことは成長につながった。またシステムの開発を行ったことでプログラミングの知識も身についた。今までは授業で学んだ程度だったので、今まで使用したことのないプログラミング言語の勉強ができたことはとても良い経験になった。そして一つのことをやり遂げたことで自信もついた。プロジェクトでシステム開発する前までは、プログラミングの授業ではついていくのが精一杯だった。ただシステム開発を経験した後、プログラミングのことを教えるなどの知識を身につけられた。授業内ではシステムの開発、ポスターの作成を行うことでデザインについて意識することも増えた。どのようにすればシステムを使う人、ポスターを見る人に自分の考えていることが伝えられるか工夫した。これもとても良い経験になった。そしてシステム開発、ポスター作成もプロジェクトの時間外で行うことがほとんどだった。そのためスケジュールの管理をする機会が多かった。他の教科がある中で期限までに成果物を完成させることは大変であった。ただその中で成果物を完成できたのでスケジュールを管理する能力もついたと考える。

（※文責: 永田丈弥）

6.6 長谷川太洋

私はプロジェクト活動を通して様々なことを学んだ。ここでは、プロジェクト活動で学んだことや心境の変化などについて述べる。

本プロジェクトを選んだ理由として、数学が好きであったためである。高校から数学に苦手意識を持つようになったが、元は数学が好きであり、数学に関するプロジェクトであれば、また数学に興味を持つきっかけになるのではないかと考えた。

まず、前期の活動で我々は数学の輪講を行った。数学の輪講では言葉の定義について深く議論し、どう書けば正しく相手に伝わるのかを吟味した。ここではより正確な解答作りを意識し、どれだけ今までの自分の解答が考えがまとまっておらずあやふやな解答作りをしていたということに気づかされた。次に、プロジェクト内でシステム班と開発班に分かれ、私は開発班になった。開発班では、輪講を行った経験や既存システムの分析を元にし、システムに必要なことを考えた。私は開発班の活動で、物事の順序決め、自分の意見に自信を持つことや相手の意見を尊重することの大切さを学んだ。開発班では、最初に何から始めていいのかが分からず、やることを書き出してから物事の順番を考えた。決めなければいけないことの期限決めや、システムに必要な機能の優先順位など、色々なことの順番を確かめプロジェクトに取り組んだ。実際にスケジュール通りに進むことは少なかったが、指針を立てておくことの重要さを学べた。また、取り組む中で他人と意見がぶつかることが多々あった。その時には、すぐに多数決に走るのではなく話し合いをし、出来るだけ皆が納得できるよう努力をした。自分の意見に自信を持ち話し合いをすることで、相手に納得してもらえたり、また、相手の意見を尊重することで自分の中で納得がいくようになったと感じる。中間発表準備では、主に紹介文作成を担当した。ここでは、プロジェクトの内容を的確にまとめ、読み手に分かりやすく伝えるという技術が求められた。まずは、メンバー間で推敲したものを先生、TA に確認してもらい、それを更に修正するというサイクルを何度も繰り返し行った。最初、自分一人では上手な文章を書くことが出来なかったが、メンバー、先生、TA の助けにより、よりよい紹介文を作る事が出来たと感じた。

後期の活動では、勉強会のアンケート作りを担当した。検証したい事柄を考えてから質問作成を

行った。ここでは、先述した数学の輪講と同様に言葉の定義について考え、誰が見ても同じ意味にみえるようなアンケート作りを行い、正しい言葉の選び方を学ぶことが出来た。また、解答項目が奇数個より偶数個の方が真ん中の普通を選ばないため傾向を掴みやすいなど、アンケート作りの技術的なことも学ぶことが出来た。勉強会当日では、チューターを担当し、勉強会参加者のディスカッションの手助けをした。グループメンバーが揃っていない、解答をアップロードするところが間違っている等のトラブルが多々発生していたが、事前に準備していたヒントを教えるなどして、ディスカッションの手助けが出来るようにサポートをした。鋭い質問をする参加者には少し手こずり、もっと問題について理解を深めるべきだったと反省している。成果発表会では、中間発表会同様、紹介文作成とスライドに入れるシステムの説明動画の作成を担当した。紹介文作成では、300文字程度という条件の中でプロジェクトの内容と結果についてをまとめた。今回は、他のメンバーが忙しいということがあり、あまり意見をもらうことが出来なかったが進捗の共有を欠かさず行った。システムの説明動画では、「マストク」の魅力が伝わるよう努力をした。アドバイスをもらい何度も撮りなおしをし、テロップを入れる、画質・音質にこだわるなどをした。

最後に、全体を通して数学の奥深さ、グループワーク・集団で活動することの面白さを学ぶことが出来た。今まで私は、他人と活動することがあまり好きではなかったが、プロジェクト活動を通して他人と意見交換をすることや一つの目標に向かうことの楽しさを感じた。様々なことを経験し学んできたが、これが自分の中で一番の成長だと感じる。メンバーからのフィードバックでは、もっと意見を出していいと意見があったので、今後は積極的に活動に参加していきたい。

（※文責: 長谷川太洋）

6.7　本間綺来

私はこの１年間のプロジェクト活動を通して様々なことを学ぶことができ、良い経験を得ることができた。私が実際に得られた経験や反省点を述べる。

本プロジェクトを選んだ理由は、高校生の頃から数学が得意であったが、大学２年生から少しづつ数学に苦手意識を持ち始め、数学を学ぶ上でどのような勉強方法が有効的であるか知りたいと考えたからである。

次に前期の活動について述べる。前期では、数学の輪講、開発班での活動、中間発表の準備を行った。数学の輪講では、すでに学習したことがある場合分けの問題と数学的帰納法の問題を扱ったが、問題を解いていくことで、定義や記述が曖昧な部分があったり、命題の立て方や証明方法を詳しく理解できていなかったことが判明した。また、ただ問題を解くのではなく、誰が見ても理解できるような解答を作ることを心がけること、分かったつもりで終わるのではなく、きちんと説明できるまで理解することが大切だと知ることができた。輪講を繰り返し行うことで、曖昧だった部分が理解できるようになったり、数学的帰納法の理解を深めることができ、輪講の大切さを知ることができた。また、輪講で行ったディスカッションや解きなおしにより、自分の解答の間違いに気づけたり、より良い解答にすることができた。輪講での反省は、自分の解答に自信を持てず、自分の意見をあまり主張することができなかったことである。開発班での活動では、数学の輪講を行った経験や既存のシステムの分析より、私たちが作るシステムにはどのような機能が必要かを議論した。システムの機能を考えるうえで、どのような視点から考える必要があるのか、どのような機能があればユーザーが使用してくれるかを考えた。また、数学に特化したシステムにするのにはどのような機能が必要か、ディスカッションしてくれるような機能はどのようなものかを考えた。議

論では、自分の意見にしっかりとした根拠を持つこと、相手の意見を尊重することの大切さを理解することができた。一通り機能を考えた後、それぞれの機能に優先順位を付け、どの機能がより重要なのかを決めた。優先順位を付ける上で、最低限どの機能があればシステムとして機能するかを考えた。また、考えた機能をシステム班にわかりやすく伝えるために、それぞれの機能を図にして表した。中間発表の準備で私は、スライド班の責任者を担当した。スライド作成では、班内でスライドの担当場所を決め、話し合いながら作成を行った。そこから添削、修正を繰り返すことでより良いスライドにすることができた。スライドの作成では、見やすいスライドの作り方、スケジュールを立てて、行動する大切さを学ぶことができた。また、責任者として班をまとめること、スケジュールを立てたり、スケジュール通りに動くことの難しさを知ることができた。反省点は、スライドを作成してから原稿を考えてしまったため、大幅に修正が必要になってしまったことである。

次に、後期の活動について述べる。後期では、勉強会、成果発表会の準備を行った。勉強会の準備では、実際に勉強会で扱う問題の解答を作成した。解答作成では、輪講を繰り返し行うことで、解答の質を高め、誰が見ても理解できるような解答を作成した。また、勉強会参加者の解きなおし前後の解答を採点し比較するため、採点項目を作成した。採点項目は、それぞれの問題の重要な部分や別解を意識して作成した。勉強会当日では、チューターとして、システム内でのディスカッションに参加したり、参加者のサポートを行った。参加者のサポートでは、解きなおしの時間に参加者の分からいところの説明を行った。また、勉強会終了後に、参加者の解きなおし前後の解答を比較し、分析を行った。分析では、解答の採点基準に則り、採点を行った。採点を行うだけではなく、具体的に解答がどのように変わったかも調べた。また、t 検定を行ったため、t 検定の復習を行い理解を深めた。勉強会当日の反省として、対面参加者のサポートに時間がかかりすぎてしまい、システム内でのディスカッションに参加する時間が少なくなってしまったこと、解きなおしの時間が少なく、最後まで解けなかった参加者が居たことである。また、参加者にはグループごとに分かれてシステム内でディスカッションを行ってもらったが、グループによってはディスカッションがされなかったことも反省点である。成果発表の準備では、スライド作成、質疑応答対策、分析結果のまとめを行った。スライド作成では、中間発表の反省を生かし、スライドを作成する前に原稿を作成した。質疑応答では、スライドやポスターでは詳しく説明できなかったところを意識して質問と回答を考えた。分析結果のまとめでは、勉強会参加者の解きなおし前後の解答の比較結果をまとめたり、ディスカッションをすることで、気づきや学びがあり、正しい解答に近づいていたことを示した。

最後にプロジェクト全体について述べる。本プロジェクトを通して、スケジュールをしっかり立てて行動することの大切さ、タスクが偏らないように分担して作業をすること、メンバー間での添削の大切さを学ぶことができた。また、より良いスライドの作成方法、発表方法、報告書の書き方、課題設定方法、課題解決方法を知ることができた。その他にも、グループ活動を通して、メンバーと協力して課題に取り組むこと、自分の意見を主張したり、メンバーの意見をしっかり尊重すること、グループ内で議論することの大切さを知ることができた。メンバーからのフィードバックで、もっと自分の意見を主張したり、積極的に行動した方が良いとの意見があったので、今後は自分の意見をしっかり主張し、積極的に行動できるよう意識する。そして、本プロジェクトで得られた経験をこれからの卒業研究に生かしていきたい。

（※文責: 本間綺来）

6.8 三崎隼大

この 1 年間のプロジェクト学習を通して多くのことを学び、経験した。ここでは私がプロジェクト学習で経験したこと、行った成果について述べる。

はじめに数学の学習について述べる。

私はこのプロジェクトを行うまで、数学が得意であると思っていた。本学の数学科目においても解析学と情報数学は A、線形代数学は S を取得していた。そのため、このプロジェクト学習も苦戦することなくやり遂げられるだろうと思っていた。しかし、実際にプロジェクト学習が始まり、輪講を行った結果、場合分けの意味や、言葉の意味、数式の証明の必要性などについて答えることができなかった。その後のディスカッションでも、命題とは何かを理解しておらず、数学的帰納法という証明方法の考え方を根本的に理解していなかった。このことから、私は、数学の学習において、表面的な内容の理解しかしておらず、深い内容の理解まで至っていなかったことに気づいた。この輪講で学んだことは、数学的帰納法の分野だけではなく、数学の学習全体で自分は公式を理解できているか、言葉が示している意味を理解しているか、証明の方法を理解できているかを考えさせられた。

続いてプロジェクトの活動全体で経験したことについて述べる。

前期では、開発班のメンバーとして、我々の作るシステムに必要な機能について考えた。この機能を考えることについて、最初は実装する機能を考えるとき、輪講で学んだことや、何が数学の学習において重要かを考えずに進めていた。そのため、機能実装の方針が定まらず、ただ案を出すだけだった。そこで、教員や、TA からの指摘を受け、輪講で学んだことは、システムの開発にも生かせることがわかった。また、システムの機能はただ考えるだけではなく、何を売りの機能にするか、何が数学の学習を行う上で大切かを考えるのが必要であるということがわかった。

中間発表会の準備では、プロジェクト紹介用の動画で使用するスライドの作成および、動画内の発表を行った。スライドの作成では、当初はスライドの背景や文字フォントの見やすさなどは特に意識していなかった。また、1 ページに書くべき文字数や配置なども意識せずに書いていた。しかし、スライドは、見ている人が一目見て説明がわかるように書かなければいけないため、1 ページの情報量は極力抑える必要があることがわかった。そのため、周りから指摘をしてもらったり、自ら客観的にスライドを見つめなおしたりして、新たに作り直した。新たに作り直すときは、見ている人たちにわかりやすいように意識し、適切なスライド枚数、スライドに書く文字数、フォントの大きさ、色など細かい要素まで気を付けスライドを作成した。動画内の発表は、特に修正を行うことはなく、ゆっくりとはっきりしゃべり聞き取りやすく発表することを意識した。

後期では、勉強会班のメンバーとして勉強会の企画、運営を行った。私は勉強会の準備では主に、勉強会当日のスケジュール、スライド作成、模範解答作成を行った。

最初にスケジュールの作成について述べる。勉強会のスケジュールは、当初 90 分という時間で進める予定だった。長々と勉強会が行われ、参加者の集中がきれるのを防ぐためである。しかし、システム班のメンバーを相手に、オンライン上でデモを行った結果、一番重要なディスカッションと解きなおしの時間が足りなかった。このことから、限られた時間の中で勉強会参加者がディスカッションや解きなおしの時間に不自由しないようを調整する必要があることを学んだ。

続いてスライド作成について述べる。スライド作成は、中間発表会のスライド作りで学んだことを生かし作成した。1 年生の参加者が今何をすべきか、次に何をするのかを分かるように作成した。また、スライドと一緒にタイマーを用いることで残り時間をわかりやすくできることを学んだ。

模範解答の作成では TeX を使用した。TeX の使用は初めてであったため、教員の方々や TA に教えていただきながら作成した。主に数式や、増減表の書き方について教えていただいた。

勉強会当日は、司会進行を行った。勉強会は、オンラインと対面の両方で行ったため、オンラインのみ、対面のみに意識を集中しないよう進めるようにした。また、オンライン、対面両方に声が聞こえるように、マイクを用いた。そして、参加者が何をするべきかわかるように進行することを意識した。対面における司会進行は、参加者や、参加者の様子を確認しているメンバーとコミュニケーションをとり、参加者の進み具合を常に把握しながら進める必要があることを学んだ。

成果発表会の準備では、スライド作りの責任者としてスライド作りに臨んだ。メンバーの作業が偏らないように意識し、中間発表会や勉強会のスライド作りで学んだことを生かしてスライドを作った。手が空いているメンバーは、他の行うべき作業に回し、スライド班以外のメンバーとも連絡を取りながら作業を行った。また、スライド作りのほかに、プロジェクト紹介文の作成も途中から行った。当初プロジェクト紹介文の作成を行っていた長谷川が途中体調を崩したため、プロジェクト紹介文の作成も行った。周りのメンバーの助けを得ながら無事作成することができた。

これから先、就職してもチームの活動を行うであろう。今後はこのプロジェクトで学んだことを忘れずに、卒業研究や、就職活動に生かしていきたいと思う。

（※文責: 三崎隼大）

付録 A　新規習得技術

　Adobe Illustrator
中間発表用ポスターを作成するために用いた。

　アンケート解析のための統計学
解析学 II 勉強会で行ったアンケートの解析のために用いた

　サーバーサイドプログラミング
システム開発のために用いた。

　クライアントサイドプログラミング
システム開発のために用いた。

（※文責: 三崎隼大）

付録 B　活用した講義

解析学 II
「マストク」の試用をする際に用いた。

（※文責: 三崎隼大）

付録 C　相互評価

C.1　福島拓希による相互評価

上井康斗　発表会の評価シートを分析し、結果をまとめてくれたため、プロジェクトの問題点が明確になり、プロジェクトをより良い方向に進めることができた。他人の意見に同調することが多く、自分の意見を発言していることが少なく感じた。

餌取健太郎　開発班内での活動以外にも、プロジェクト全体がどうあるべきかを、しっかり考えてくれており多くの意見や提案をしてくれた。勉強会や発表会などの準備を積極的にしてくれており、プロジェクト活動を円滑に進める手助けをしてくれた。開発班とシステム班での意見交換が上手くできていない部分があった。

小泉岳流　夏期休暇中やプロジェクト時間外でプログラミングを勉強していた。マストクの実装難易度の高い機能を担当し、多くの機能を実装してくれた。プロジェクトでの輪講や議論では、積極的に意見を発言することが少なく感じた。

永田丈弥　ポスター、スライド、マストクなどのデザインを積極的に考案し、設計してくれた。自分の意見をしっかりと持っており、発言も積極的にしてくれた。しかし、自分の意見に自信があるが故に、他人の意見に柔軟に対応できていない場面があった。

長谷川太洋　客観的にものを見ることができるため、発表会や報告書に対して的確な意見を出してくれた。そのため、より良い発表や報告書の作成できた。しかし、良い意見を持っているにも関わらず、意見を発言することに自信がないように見えた。

本間綺来　解析学 II 勉強会や解析学 II 授業内演習でのアンケート結果を T 検定を用いて分析し、問題点を上げてくれた。プロジェクト全体で問題点の確認、改善をすることができた。プロジェクト活動で、積極的に自分の意見を発言することが少なく感じた。

三崎隼大　プロジェクトでの輪講や議論で積極的に自分の意見を発言していたため、輪講や議論が有意義なものになった。勉強会では司会、報告書では責任者を頼まれてくれてプロジェクトシーダーとして助かった。何事も自分で解決しようとしていたため、人に助けを求めることが少ないように感じた。

（※文責: 福島拓希）

C.2　上井康斗による相互評価

福島拓希　プロジェクトリーダーとして積極的に行動をしたり計画を立てていたりするところが見られ、いろいろな場面で頼ることができた。メンバーとも親身になって相談してくれていた。

餌取健太郎　プロジェクトの本質的なところを考えてくれ、意見をしっかり持っていた。頼り過ぎたところがあるので、ほかのメンバーにも頼れるところは頼ってもよかったと思う。

小泉岳流　システム開発をコツコツとやってくれて、マストクをより良いものにしてくれたと思う。積極的にコミュニケーションをとるともっと良いものにできると思う。

永田丈弥　システム開発やポスターのデザインなど強みを活かして活動できていたと思う。

困ったところがあればほかの人に頼る場面も見られたので良かったと思う。
長谷川太洋　自分でする仕事をきっちりと自分で決めてこなしていた。困ったときに頼ることができた。つまった時などにも他の人に聞きに行けていていいと思った。
本間綺来　勉強会の解答作りや、分析などに力を取り組んでくれていた。状況に必要な行動をしっかりとわかっていたと思った。意見があるときは、積極的に言えるといいと思った。
三崎隼大　後期に行った勉強会や発表会では司会的な位置に立って、行動してくれていた。自分なりの意見をきっちり持てていると思った。

（※文責: 上井康斗）

C.3　餌取健太郎による相互評価

福島拓希　福島君の臨機応変に対応する力は、勉強会や成果発表会の本番で大活躍で、プロジェクトリーダーとして頼りになりました。プロジェクトリーダーが本番に強いので、メンバーとしてもやりやすかったです。本番以外の準備も、もう少し積極的に行うと良いと思います。
上井康斗　与えたタスクを丁寧にやり遂げてくれ、タスクについて不足があったときには質問や意見も出してくれたので、安心してタスクを渡すことができました。特に勉強会アンケートの作成の際はとても頼りになりました。なので、もっと積極的にタスクを取りに行く姿勢を身に付けると良いと思います。
小泉岳流　システムのプログラミングを頑張ってくれ、積極的により良いシステムにしようという姿勢が見受けられた。開発班が提案した機能の実装に、真摯に対応してくれた。しかし、小泉君が何をしているのかわからず、声をかけられることもなかったので、グループ活動としてもっとコミュニケーションをとると良いと思います。
永田丈弥　システム名、ロゴ、パワーポイントの図案のセンスがとても良かった。成果発表会のパワーポイント作りの際は相談相手として頼りになりました。システム班のリーダーとして、システムのプログラミングだけでなく、開発班にシステムを使ってもらう機会の企画などを積極的に行うと良いと思います。
長谷川太洋　器用でどんなタスクを割り振ってもしっかり対応できており、とても頼りになりましたまた、的を得た良い意見を言ってくれたので、プロジェクトの軌道修正ができました。良い意見を持っているので、もっとたくさん意見を出して良いと思います。そうすることでプロジェクトの話し合い活発になったと思う。
本間綺来　論理的思考を持っており、数学の解答作りなどの相談相手として頼りがいがありました。なので、疑問点やおかしな点に気づいたとき、黙ったり、無理に納得しようとせず、意見を出してみると良いと思います。そうすることで、早い段階から軌道修正をすることができプロジェクトが脱線せずに済むと思います。
三崎隼大　原稿読み上げや tex での解答作成など、皆がやりたがらない仕事をやってくれていました。特に原稿の読み上げは上手だと思います。しかし、詰めが甘い部分があったので、もっとよくするにはどうすれば良いか考える姿勢を身に付けると良いと思います。そうすることで、自分のタスクも減らすことができると思います。

（※文責: 餌取健太郎）

C.4　小泉岳流による相互評価

福島拓希　プロジェクト全体のリーダーとして、積極的にメンバーの音頭を取って支えてくれた。また、プロジェクト全体に対する意見も矢面に立ち、率先して受け止めていた。スケジュール作成やタスク管理などのタスクが偏りがあったので、渡せるタスクは任せても良いと思った。
上井康斗　縁の下の力持ちとして表面化しない様々なタスクをこなしていた。また、対面ではユーモアで雰囲気を和らげていた。主張があまり多くなかったのでもっと積極的に発言すると良いと思った。
餌取健太郎　全体のストーリーの作成や要所での責任者としてプロジェクトを積極的に進めていた。成果発表会でのスライドや勉強会の企画では特に先導して引っ張ってくれていた。常に多くのタスクを抱えていたように見えたのでもっと班員に分配できれば良いと思った。
永田丈弥　システム班のリーダーとして、それぞれの役割の分配やシステムのデザイン案で引っ張ってくれた。システムの実装では、自分とは別の視点から考えてくれたのでとても頼りになった。互いにシステムをより把握するために情報交換を増やすと良いと思った。
長谷川太洋　成果発表会や勉強会などで様々なタスクを器用にこなしていた。また、良い意見が多く、鋭い意見もあったので再確認する機会を作ってくれた。気になることがあればもっと積極的に発言すると良いと思った。
本間綺来　数学の輪講の解答作りで誰よりも丁寧な答案を作成していて、理解するうえでとても参考になった。情報数学の勉強会打ち合わせでは良い意見をあげてくれた。よりよくするための意見を考えてくれていたので、もっと発信すると良いと思った。
三崎隼大　スライド作成や勉強会の司会、報告書の責任者など責任が重いタスクでも率先してこなしていた。プロジェクト内で進行するときに口調が投げやりになっているように思えたのでもっと丁寧に進められると良いと思った。

（※文責: 小泉岳流）

C.5　永田丈弥による相互評価

福島拓希　プロジェクトのリーダーとして、スケジュールの管理や、毎回の司会進行を行っていた。とても助けられた。メンバーを頼りに仕事を分担していることは良いと思った。ただタスクの偏りが生まれているように思えた。システム利用者を中心とした設計についての議論があるとなお良いと思った。
上井康斗　対面での活動が増えてからはプロジェクトを明るくしてくれたように思う。積極的に発言が増えるとなお良いと思った。
餌取健太郎　プロジェクトのストーリー作成などを積極的に行なっていた。勉強会の企画や、目標の設定など助けられる部分が多かった。機能案を別々で提案してくれたことはシステムの実装面ではとてもやりやすかった。ただ、両班 UX についての意識が足りなかったと思う。時間に限りはあったが、機能が必要な理由についての議論があるとなお良いと思った。
小泉岳流　システムの実装では積極的に行動してくれた。とても頼りにしていた。特に前半

は無茶な要望が多く、任せきりにしてしまった。新しく取り入れる機能がある場合積極的に行動してくれた。連絡や情報交換が増えるとなお良いと思った。
長谷川太洋　ポスターや報告書の英語の文章を書いている際、多く指摘していた。紹介文を作成するなどプロジェクトに貢献していたと思う。
本間綺来　数学の解答をよく手本にしていた。とても助けられた。開発班としても貢献していたと思う。
三崎隼大　成果発表や tex の作成では中心に活動してくれた。特に報告書作成では助けられた。とても難しい状況ではあったが、報告書の作成のスケジュールを入念に行うとなお良いと思った。

（※文責: 永田丈弥）

C.6　長谷川太洋による相互評価

福島拓希　プロジェクトリーダーとして、司会進行や情報の共有などを積極的に図ろうとしていた。同時に、スケジュール管理も行ってくれていたが思い通りに進むことが少なかったので、もう少しゆとりをもったスケジュールを建てると良いと思った。
上井康斗　自分から仕事を探し、積極的にプロジェクトに貢献していた。しかし、開発班で話し合いをしているときなどで、反応が少ないと思った。
餌取健太郎　いろいろなところに神経を使っており、頼りがいのあるリーダーだった。その反面、一人で抱え込みすぎるところがあると思った。
小泉岳流　システム紹介動画のため「マストク」の一部変更を頼んだ時、素早く対応してくれ非常に助かった。システム班のことは余りよく分からなかったので、もう少し情報共有の量を増やすと良いと思った。
永田丈弥　「マストク」、ポスター、スライド等でデザインに気を使い、良いものを作ってくれた。システム班のことは余りよく分からなかったので、もう少し情報共有の量を増やすと良いと思った。
本間綺来　解答作りやアンケート分析など数学的な面で非常に助った。よく考えている人だと感じたので、今まで以上に発言してくれるともっとよくプロジェクトが回るのではないかと思った。
三崎隼大　積極的に意見を発信し、難しいタスクもこなしてた。少し言い方がきついところがあると思った。

（※文責: 長谷川太洋）

C.7　本間綺来による相互評価

福島拓希　リーダーとしてプロジェクトをまとめてくれたり、メンバーの役割分担をしてくれたり、とても頼りになった。しかし、タスクに偏りがあると思った。
上井康斗　自分の仕事をきちんとこなしてくれたり、より良い意見を出してくれました。もう少し積極的に行動した方が良いと思います。
餌取健太郎　解析方法やストーリー、スライドをしっかり考えてくれたり、メンバーの役割

分担をしてくれたり、グループをまとめてくれました。１人でタスクを抱えすぎるところがあったと思います。

小泉岳流　本プロジェクトでの重要なシステムの構築に貢献してくれた。システム班の情報をもう少し共有した方が良いと思った。

永田丈弥　積極的に意見を主張してくれたり、ポスターのデザインを考えてくれた。プロジェクトの共有の時間に、システム班の活動についてもう少し詳しく共有した方が良いと思った。

長谷川太洋　積極的に自分の仕事をこなしたり、良い意見を主張してくれた。気になることがあれば積極的に意見を主張しても良いと思った。

三崎隼大　スライド作成や Tex での解答作成など難しい作業をしてくれたり、積極的に行動してくれました。どのような作業をしているのかもう少し共有すると良いと思います。

（※文責: 本間綺来）

C.8　三崎隼大による相互評価

福島拓希　プロジェクトのリーダーとして、スケジュールの管理や、毎回の司会進行を行ってくれた。初めての経験だっただろうがリーダーとして頑張ってくれた。しかし、行動が後手後手に回ることが多かったように見えた。

上井康斗　成果発表会の紹介動画のしゃべりを務めてくれてとても助かった。その他、縁の下の力持ちのような活躍をしてくれた。しかし、引っ込み思案なのか、自分から行動してほしいところがあった。

餌取健太郎　勉強会企画、勉強会後の解析、成果発表会のスライド作り等中心になってくれてプロジェクトを積極的に進めてくれた。しかし、頑張りすぎて一人で仕事を抱え込む点はよろしくないのでみんなを頼るべきだった。

小泉岳流　システム面の中心人物として活動してくれた。こちらが少し無茶な要求をしても承諾してくれてとても助かった。しかし、開発班側からは、なにをやっているのかがわからなかったため、もう少し情報共有するべきだった。

永田丈弥　システム班のリーダーとしてシステム班のメンバーを引っ張ってくれていた。システムづくりは初めてであっただろうがよいシステムを作ってくれた。　しかし、共有の時間で開発班の我々にもう少し詳しい共有をしてほしかった。

長谷川太洋　積極的に作業に取り組んでくれたり意見を出してくれた。また、与えられた仕事はきちんととりくんでくれた。しかし、体調が悪かった時、無理をして、成果発表会当日まで風邪を治せず体調不良のまま当日になってしまったのはよくないと思った。

本間綺来　輪講をおこなったとき、よい解答を書いてくれた。数学面で力となってくれた。また、自分に与えられた仕事は完璧にこなしてくれた。しかし、言われたことしかやらない節があったのでもう少し自分から行動してほしかった。

（※文責: 三崎隼大）

参考文献

[1] 上見練太郎, 勝俣脩, 加藤重雄, 久保田幸次, 神保秀一, 山口佳三, 微分, 共立出版, (2019), p53, 練習問題 2.4, 4 番, (1)(2).