

オンデマンド数学科目「最適化の数理」の 実施報告と数学に対する意識調査

On-Demand Course 'Mathematical Optimization': Implementation and Student Attitude Survey

上江洲 弘明
UESU Hiroaki

コロナ禍を経て、学習スタイルの多様化や ICT 環境の整備が進む中で、従来の対面授業に加えて、時間や場所にとらわれない柔軟な学習形式としてオンデマンド授業への関心が高まりつつある。しかし、特に数学のような抽象性の高い分野においては、オンデマンド形式がどのように学生の理解や学習意欲に影響を与えるかについての実証的な研究はまだ限られている。オンデマンド授業のような自学自習スタイルの学習は、対面授業に比べて学習者の主体性や動機付けが重要となることから、科目設計においては学習者の実態や科目に対する意識を的確に把握することが求められている。

本稿では、2025 年度春学期開講のオンデマンド科目「最適化の数理」の実施状況を報告する。また、受講生全員を対象とした科目終了時に実施したアンケート調査によるデータを分析することで、学習者の数学に対する意識、学習動機、評価、および今後の科目への期待を総合的に明らかにする。

キーワード：オンデマンド授業、授業ニーズ、意識調査

In the wake of the COVID-19 pandemic, the diversification of learning styles and the advancement of ICT infrastructure have accelerated interest in on-demand learning formats that offer flexibility in time and location, alongside traditional face-to-face instruction. However, in highly abstract disciplines such as mathematics, empirical research on how on-demand formats affect students' understanding and motivation remains limited. Since self-directed learning is central to on-demand instruction, especially in contrast to face-to-face classes, it is essential to design courses based on a clear understanding of learners' actual conditions and their perceptions of the subject.

This paper reports on the implementation of the on-demand course "Mathematical Optimization," offered in the spring semester of 2025. It also presents an analysis of data collected through a post-course survey administered to all participants, aiming to comprehensively examine students' attitudes toward mathematics, learning motivation, course evaluation, and expectations for future offerings.

Keywords: On-Demand Class, Course Needs, Attitude Survey

1. 緒言

金沢工業大学（以下、本学）においては、教養教育の一環として、人文・社会科学から自然科学に至るまでの基礎的知識を文理横断的に修得することに加え、専門分野内外の科目を深く学ぶことを重視した「リベラルアーツ教育」が推進されている。これに伴い、自由選択科目 42 科目が「より広く」「より深く」学ぶことを目的とした「リベラルアーツ系科目」として体系的に配置されている¹⁾。本学における 42 科目のリベラルアーツ系科目の中には、筆者が担当する「数理特別科目（最適化の数理）（入学教育科目）」（以下、「最適化の数理」）が含まれている。本稿では、「最適化の数理」の概要を紹介するとともに、2025 年度に実施された授業の内容および運営に関する報告を行う。さらに、当該科目の受講生を対象として実施した数学に関する意識調査の結果について述べる。

2. オンデマンド数学科目「最適化の数理」の概要

「最適化の数理」は 2023 年度前学期（春学期）より、本学独自のシラバスシステム「e シラバス」よりオンデマンド科目として配置されている。

回数 日付	学習内容	授業の運営方法	学習課題（予習・復習・自己点検）	時間（分）※
第1回 通隔（オンデマンド）	○線形計画問題 科目「最適化の数理」はオンデマンド科目です。下のガイダンス資料を熟読の上、学習を進めてください。 【最適化の数理】ガイダンス資料.pdf 授業テキスト 【入学前教育2025】最適化の数理【シラバス配布】.pdf	○学習ガイダンス	復習：学習支援計画書を読み、学生の行動目標を確認する。 予習：シンプレックス法について予習し、疑問点をノートに書いておく。	復習：20 予習：60
			【最適化の数理】第1回講義.pdf 各回講義をpdf化して下の【レポート課題】に提出すること。 pdf化については参考資料を確認すること。 【各回】課題の取り組みと提出.pdf 【レポート課題】：【最適化の数理】第1回講義 【未提出】 【自己点検】：第1回 【未提出】	
第2回 通隔（オンデマンド）	○シンプレックス法 ○講義、演習の4段階 ×学習内容確認のための演習	○講義、演習の4段階 ×学習内容確認のための演習	復習：シンプレックス法について、学習内容を復習する。 予習：8変数のシンプレックス法について予習し、疑問点をノートに書いておく。	復習：60 予習：60
			【最適化の数理】第2回講義.pdf 【メディアサイト】：「最適化の数理」第2回 【レポート課題】：【最適化の数理】第2回講義 【未提出】 【自己点検】：第2回 【未提出】	

図1 e シラバス

オンデマンド授業とは「インターネット動画配信などにより教室授業の全てを代替する授業方式」であり、学生は「いつでも、どこでも、何度でも」受講することができるという利点がある。「最適化の数理」は先取り科目として入学の決まった高校生に向けて動画配信しており、1 年生後学期に学ぶ「線形代数」の基礎に触れることができるよう構築している。授業は出来るだけ高度な数学知識を排除し、数学に対し苦手意識がある学生でも無理なく取り組めるようにしている。また、各回の出欠席は提出されたレポートなどにて確認している。

科目の受講を希望する新入生に対しては入学後すぐにオリエンテーションを実施し、単位認定までの説明を行っている。受講希望者は全員が新入生であるため、e シラバスの操作に不慣れであることが予想される。にもかかわらず、事前にオリエンテーションを実施したことで、担当教員である筆者に届いた受講方法等に関する個別相談のメールは、わずか 5 件にとどまった。その 5 件の問い合わせ内容は、「課題を自己採点したほうがよいか」が 3 件、「テキストはどこで入手できるか」「課題をまとめて提出してよいか」であった。

2.1 各回コンテンツ

「最適化の数理」は春学期クォーター科目として配置されており、講義回数は全部で 7 回、各回の受講期間は 1 週間と設定している。講義はすべて e シラバス上で配信され、第 1 回から第 7 回に共通する

コンテンツは講義動画とレポート課題となっている。この2つの各回共通コンテンツについて詳細を述べる。

2.1.1 講義動画

講義動画は学内動画プラットフォーム「メディアサイト」で視聴できるほか、Google 動画サイト YouTube でも視聴できるようにしており²⁾、その再生イメージは図2の通りである。

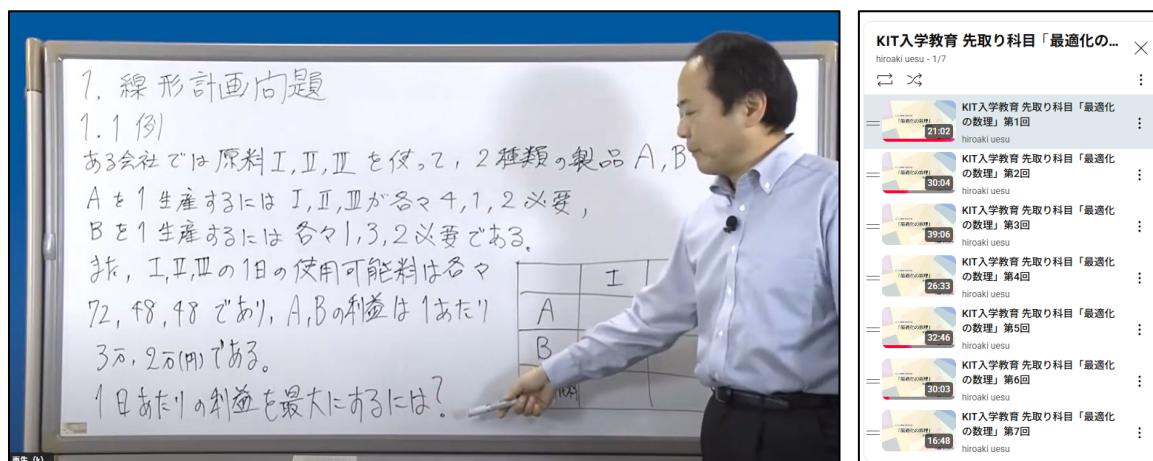


図2 講義動画

数理系科目であるため Microsoft PowerPoint のようなプレゼンテーションアプリは使用せず、ホワイトボードに手書きの計算過程をすべて見せる形で講義を進めている。これにより、教室で受講しているときと同じような時間感覚で視聴できる。また、動画視聴においてストレスとなる「ホワイトボードの文字を消す時間」や「ホワイトボードへの問題文の書き写しの時間」などはカットして動画を作成している。動画撮影は撮影専用の部屋で固定カメラ・固定ホワイトボードの環境で行われ、編集の秒数指定やタイトルなどの指定は筆者が行い、それを基にして情報処理サービスセンターAV 室のスタッフが動画編集を行った。動画はなるべく短いものを作成することを意識しており、最長でも第3回の39分である。

動画は全7本で構成され、1本が講義1回分に相当する。各回動画の内容および再生時間は表1の通りである。

表1 動画の再生時間

回数	動画の内容	再生時間
1	線形計画問題	21:02
2	シンプレックス法 (2 変数)	30:04
3	シンプレックス法 (3 変数)	39:06
4	行列の演算	26:33
5	連立 1 次方程式	32:46
6	掃き出し法によるシンプレックス法	30:03
7	総復習 (問題演習)	16:48

2.1.2 レポート課題

レポート課題は pdf による配布で、各回 10～20 分程度で解答できるような課題を用意している。pdf で配布されたレポート課題を印刷して解答を記入し、自己採点して撮影、その画像ファイル(pdf) をアップロードすることで課題提出となる。

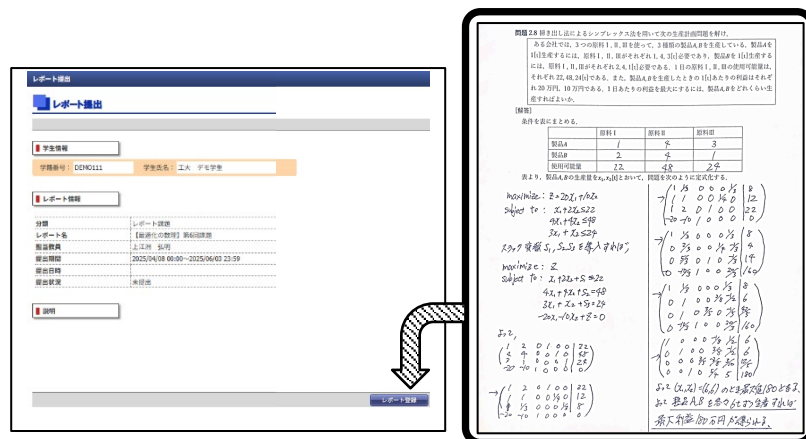


図3 レポート課題提出例（筆者自筆解答）

講義動画、レポート課題以外の他のコンテンツとしては、第4回の小テスト事前練習課題、第5回の小テスト、第7回の期末試験がある。この小テスト事前練習課題、小テストおよび期末試験はeシラバスの「クイズ小テスト機能」を用いて作成されている。クイズ小テスト機能は設問・解答方法・正解を設定すれば自動採点される仕組みとなっている。本科目での解答方法は「1行テキスト」による数値入力となっており、共通テストなどのマークシート式試験と同様、受講生は空欄に当てはまる数値を入力することで試験に解答する。以下、小テスト事前練習課題、小テスト、期末試験について述べる。

2.1.3 小テスト事前練習課題

解答入力形式に慣れさせることを目的として、事前練習課題を配置している。この事前練習課題は何度も受験可能で、入力ミスがなくなり満点が取れるまで繰り返し入力練習ができる。特に、数式や記号の入力においては、わずかな誤記（例えば、半角と全角の違いや、記号の入力間違い、不要なスペースなど）であってもシステム上では誤答として処理されてしまうため、正確な入力が求められる。また、本科目では、「事前練習課題において満点を取得していない受講生に対しては、『解答入力方法が分からなかった』という趣旨のクレームには対応しない」との方針を明示している。このルールの周知により、小テストおよび期末試験において、解答入力に関するクレームはほとんど見受けられなかった。実際に筆者のもとに寄せられた関連の問い合わせメールは2件のみであり、その内容はいずれも「二重四角で示された空欄に値を入力すべきか否か」というものであった。なお、事前練習課題の解答期間は第4回開始日 00:00 から第7回終了日 23:59 に設定しており、解答期間を過ぎると入力出来なくなる仕様となっている。

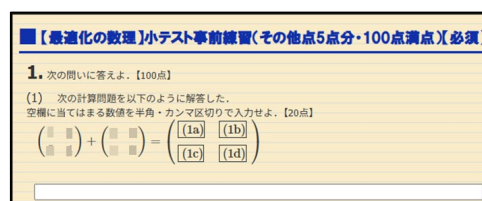


図4 小テスト事前練習課題

2.1.4 小テスト

小テスト事前練習課題と同様の形式でe シラバス上で実施する。解答期間は第5回開始日 00:00 から2 日後の 23:59 に終了するよう設定しており（解答時間は $24 \times 3 = 72$ 時間）、事前練習課題と同様、解答期間を過ぎると入力出来なくなる。採点についてはe シラバスの自動採点が行われ、解答終了日の翌日 00:00 に採点結果が開示される。また、問題はランダム出題を採用せず1 種類のみで構成している。

2.1.5 期末試験

小テスト事前練習課題と同様の形式でe シラバス上で実施する。解答期間は第7回開始日 00:00 から2 日後の 23:59 に終了するよう設定している。期末試験は大問3 つで構成されており、それぞれの大問に対し難易度同程度のものを3 種類用意し、そのうちの1 つをランダム出題している。これにより、期末試験の総パターンは $3 \times 3 \times 3 = 27$ パターンとなる。ランダム出題であることは受講生に公表しておらず、これにより受講生の不正行為をある程度防止できているのではないかと考える。採点についてはe シラバス上で自動採点が行われるが、採点結果は開示せず教員が受講生に対し個別に点数のみ開示する。これは来年度以降も試験問題を繰り返し使用していくため、正解データを受講生同士で共有させないためである。

期末試験をオンラインで実施します。

試験ですので、解答期間を過ぎた場合、再受験・提出は認められません。

回線の不具合なども考慮して、時間には十分余裕をもって受験してください。

解答期間：2025年6月4日00：00～2025年6月6日23：59

【クイズ小テスト】：【最適化の数理】期末試験①（17点）【必須】 【未提出】

【クイズ小テスト】：【最適化の数理】期末試験②（14点）【必須】 【未提出】

【クイズ小テスト】：【最適化の数理】期末試験③（14点）【必須】 【未提出】

期末試験注意事項

◆①、②、③すべてに解答すること。

◆採点結果は点数のみ開示されます。詳細を知りたい人は個別にご連絡してください。

【メディアサイト】：「最適化の数理」第7回

【最適化の数理】期末試験③（14点）

3. 掃き出し法によるシンプレックス法で次の線形計画問題を解く。

空欄に当てはまる数値を半角・カンマ区切りで入力せよ。【14点】

maximize: z

subject to: $x + y \leq$

$x + y \leq$

$z =$ $x +$ y

$x \geq 0, y \geq 0$

【解答】

スラック変数 s_1, s_2 を用いて等式制約表現に書き換えると以下の方程式が得られる。【2点】

maximize: z

subject to: $x +$ $y + s_1 =$

$x + y + s_2 =$

$x -$ $y + z = 0$

$x, y, s_1, s_2 \geq 0$

図5 期末試験

3. 2025 年度春学期実施報告

2025 年春学期は受講者数が 294 名となり、昨年度と比べ 100 名ほど減少した（2024 年度 404 名、2023 年度 286 名）。受講者の学科分布は図 6 のようになる。

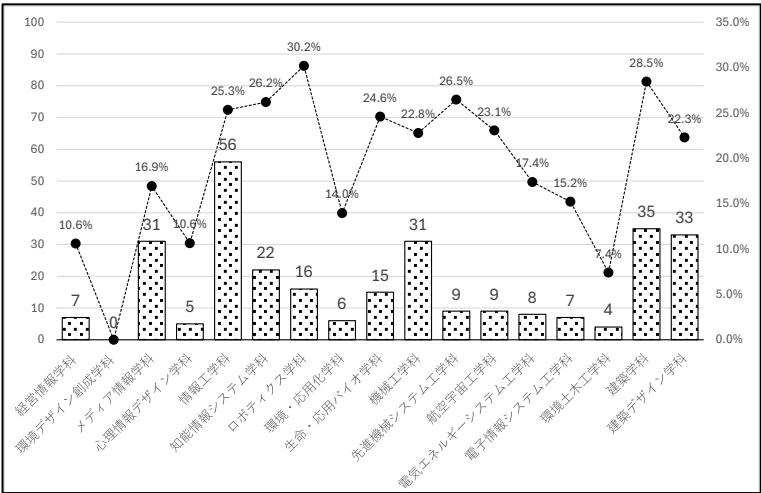


図6 受講者学科分布（人数・学科人数比）

棒グラフが受講人数、折れ線グラフが学科人数比を表し、例えば情報工学科（1年生全体は221人）は56人が受講し、その学科人数比は $56/221 = 0.253393 \dots = 25.3\%$ となっていることを示している。人数比をみればどの学科も満遍なく履修している傾向にあるので、リベラルアーツ教育の理念「専門分野内外の科目を深く学ぶことを重視」に合致しているのではないかと考える。

次に各回におけるレポート課題の提出状況を図7に示す。グラフから、第1回～第7回まで高い割合でレポート課題を提出していることが分かる。一般にオンデマンド授業においては、回を追うごとに学生の提出率が低下する傾向が報告されているが、本科目においてはそのような傾向は顕著には見られなかった。この結果の背景には、科目運営設計上のいくつかの要因が関係していると考えられる。本科目はクォーター科目であり、全7回という比較的少ない回数で構成されている点、各回の課題提出締切が個別に設定せず、第1回から第7回までのすべての課題に対して共通の提出期間を設けていた点などの影響があったのではないかと推察される。

また、図8に小テスト・期末試験受験状況を示す。グラフから、小テストから期末試験の間に離脱した受講生がほとんどいないことが分かる。図7と併せて考えれば、科目の受講意思がある学生は最後まできちんと取り組んでいる姿勢が読み取れる。

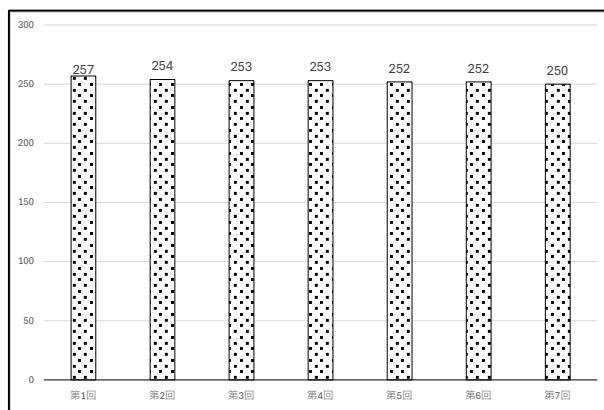


図7 レポート課題の提出状況（人数）

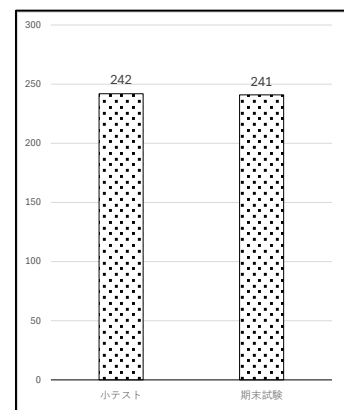


図8 小テスト・期末試験受験状況（人数）

また、2025年度の合格率については77.2%（227名）であり、成績分布はS：30.6%（90名）、A：25.9%（76名）、B：15.0%（44名）、C：5.8%（17名）、DまたはF：22.8%（67名）であった。

4. 2025年度春学期アンケート結果

「最適化の数理」受講生全員を対象に図9のようなアンケートを実施した。アンケートはeシラバスのアンケート機能を用いて実施・回収を行っており、回答期間は2025/06/04 00:00～2025/06/30 23:59としている。

■【最適化の数理】数学と本科目についてのアンケート

！！ アンケートに回答するときは、下の同意書を確認してから「氏名」を入力してください。 ！！

【最適化の数理】アンケート同意書

本アンケートは、授業改善と授業評価のために実施するもので、回答内容が成績に影響することはありません。

調査結果を学会等で研究成果として公表することがありますが、大学・個人が特定されることのないようにいたします。

調査へのご協力よろしくお願いいたします。

私は上記同意書の内容を十分理解した上で、アンケートに回答することに同意いたします。

氏名:

設問1

「数学」をどう思いますか？

☐ とても嫌い
☐ 少し嫌い
☐ ふつう
☐ 少し好き
☐ とても好き

図9 アンケート

受講者 294 人に対し 159 人の回答が得られ、回収率は 54.1%であった。アンケート内容は、科目に関する設問、数学に関する設問全 8 問で構成されており、各設問は表 2 の通りである。これらの設問は、筆者が他の大学で担当していたオンデマンド科目のアンケート設問³⁾とほぼ同様のものである。

表 2 アンケート設問内容

設問 1	「数学」をどう思いますか？
設問 2	「最適化の数理」を受講した理由は何ですか？（複数回答可）
設問 3	入学試験で「数学」を受験しましたか？
設問 4	高校数学ⅠAⅡBで挫折した単位がありますか？（複数回答可）
設問 5	設問 4 で高校数学ⅠAⅡBで挫折した単位について「その他」に回答した方は、具体的な単元名を入力してください。
設問 6	「最適化の数理」の難易度はどうでしたか？
設問 7	「最適化の数理」のビデオ動画はどうでしたか？
設問 8	「最適化の数理」のテキスト（pdf）はどうでしたか？

8 つの設問のうち、本科目に関する設問は設問 6,7,8 の 3 問である。これらの設問に対する回答をまとめたものが図 10 である。

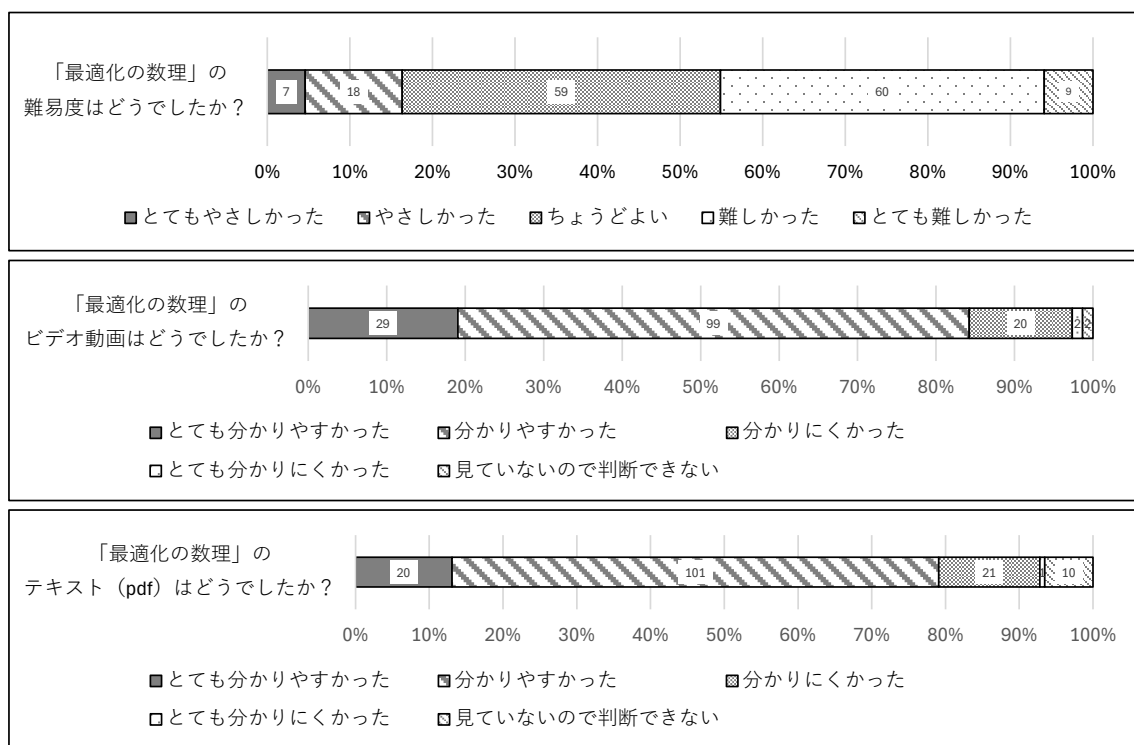


図 10 設問 6, 7, 8 のアンケート結果

この結果から、およそ半数の学生が内容について難しいと感じていたことが明らかとなった。一方で、動画教材およびテキスト資料（pdf）に対しては、概ね肯定的な評価が得られており、提供コンテンツが学生の理解促進に寄与したと考えられる。本科目は、大学入学直前および入学時の段階において、学生にやや高度な内容に触れさせることを目的の一つと設計しており、今回の結果はその教育的意図が一定の成果を上げたことを示唆している。

また、教科「数学」に対する意識、履修履歴や挫折単元に関する設問として設問 1,3,4 を配置した。その回答をまとめたものが図 11 である。

このアンケート結果から、数学に対する受講生の意識には顕著なばらつきが見られた。全体の約半数が数学に対して好意的な印象を持っている一方で、約 25%の学生が「嫌い」と回答しており、理系大学生でありながら数学に対する苦手意識や抵抗感が存在していることが示唆される。また、受講者の過半数が大学入試において数学を選択科目として受験しており、基礎的な学力を備えている学生が多いと推察される。

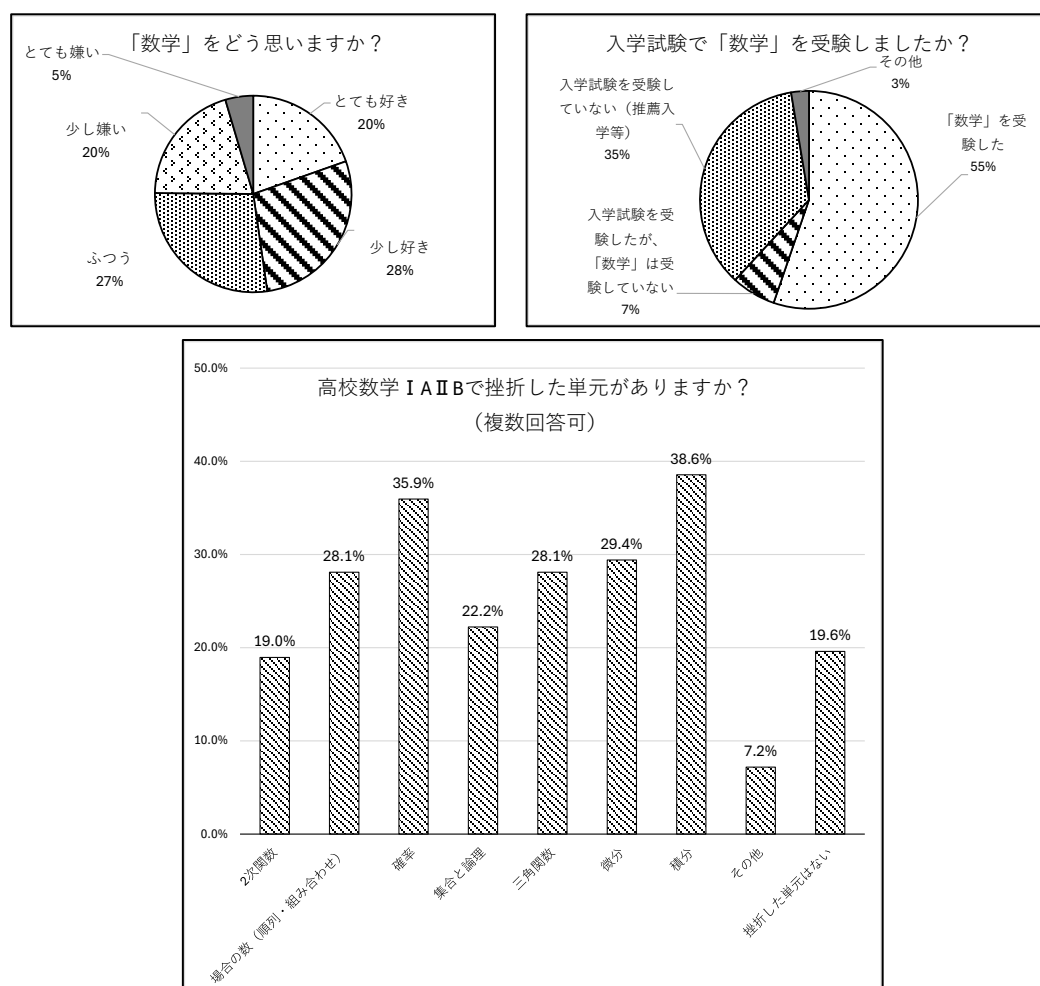


図 11 設問 1,3,4 のアンケート結果

さらに、「数学において挫折を経験した単元」として最も多く挙げられたのは「積分」であり、次いで「確率」が多かった。積分に関しては、通常は高校 2 年生の 2 学期以降に導入されるため、学習時期が比較的遅く、十分な定着が困難であった可能性がある。また、積分の理解には微分の知識が前提となるため、微分計算に対する不習熟が積分の理解を妨げた要因としても考えられる。一方、確率に関しては、具体的な事象から一般的な法則や数理的構造へと抽象化する過程の困難さが原因であった可能性がある。確率は、サイコロやカードといった具体的な題材を用いながらも、数式や記号を用いて抽象的な枠組みに置き換えて理解することが求められる。このような思考の転換が、学習のつまづきにつながったのではないかと考えられる。

5. 2025 年度 KIT 入学教育の YouTube 動画分析

2025 年度の KIT 入学教育として配信した YouTube 動画分析を報告する。「最適化の数理」は KIT 入学教育と完全連携しており、同一の動画・同一のテキストで入学前の 2 月～3 月に自学自習できるように設計している。本節では 2025/02/01～2025/06/06 の期間において、YouTube アナリティクスで得られたデータを紹介する。ただし、「最適化の数理」の動画は YouTube 上で「公開設定」としており、本科目受講者のみの視聴データではないため、各数値は参考程度に考える必要がある。ここで「公開設定」とは、動画 URL を知らない視聴者にも検索結果や関連動画として表示される設定である。

各回動画の視聴回数、平均視聴時間と平均視聴時間率（視聴者維持率平均）のグラフを図 12、図 13 に示す。動画視聴回数については、第 1 回が 1502 回と 1 番多く、回が進むにつれて視聴回数が減少していることが分かる。第 6 回が 685 回と第 5 回に比べ若干増加しているのは、動画内容が「掃き出し法によるシンプレックス法」となっており、科目の総まとめのような内容であるためだと考えられる。また、平均視聴時間と平均視聴時間率については第 2 回がともに一番高く、内容が「連立 1 次方程式の解法（加減法と掃き出し法の比較）」と若干理解に時間のかかる動画であったためであることが考えられる。また、平均視聴時間と平均視聴時間率は回を追うごとに減少もしくは増加傾向にあるわけではなく、回によって増減している。これは視聴者が自分にとって必要な情報を獲得しようとしている姿勢の現れではないかと考える。平均視聴時間率（視聴者維持率平均）は YouTube では 40%前後であると良いコンテンツとされているが、「最適化の数理」動画の中では一番高いもので第 2 回の 33.6%であった。この数値は 40%前後であるとはいえないが、それでも第 2 回動画が多くの視聴者にとって有益であったであろうことは、平均視聴時間の長さからも伺える。

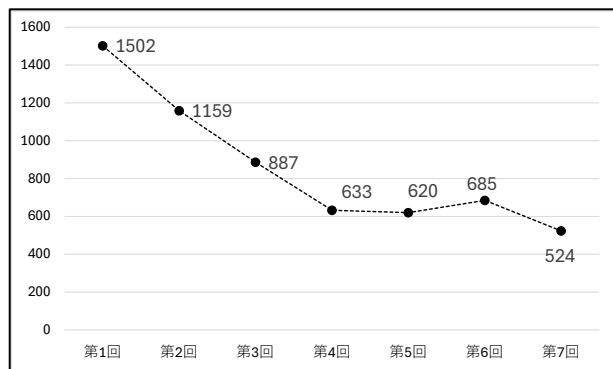


図 12 視聴回数

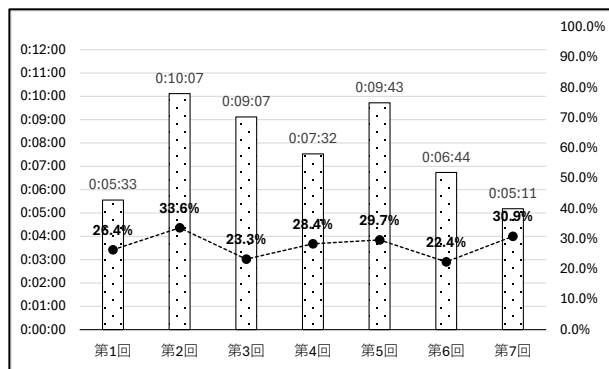


図 13 平均視聴時間と平均視聴時間率

また、YouTube の視聴者維持率のグラフが図 14 のように得られた。視聴者維持率とは、視聴者が動画をそれぞれのパートでどの程度視聴されているのかを割合で表したものである。YouTube 動画は長さによらず 100 パートに分割され、それぞれのパートで視聴者維持率が算出される。

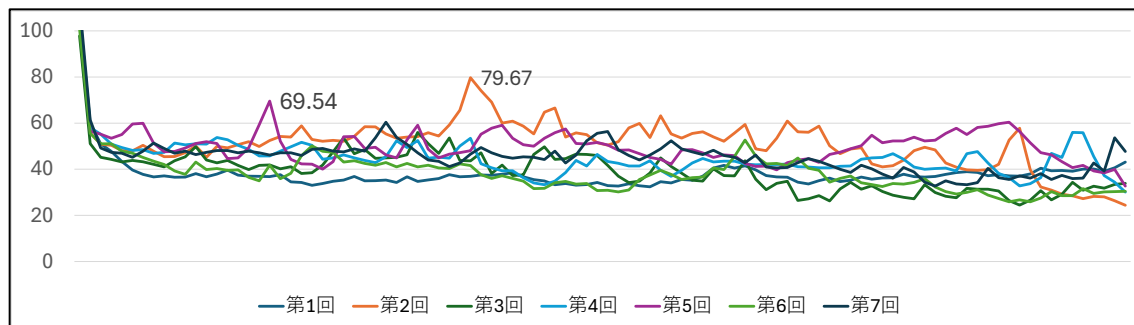


図 14 視聴者維持率 (2025/02/01～2025/06/06)

動画開始時を除いてもっとも高い値は第 2 回の 79.67%で、この再生位置の動画内容は「シンプレックス法の例題解説」であった。2 番目に高い値は第 5 回の 69.54%で、この再生位置の動画内容は「連立 1 次方程式の解法（加減法と掃き出し法の比較）」であった。どちらの内容も若干複雑で理解に時間を要する項目であり、視聴者が動画を活用しながら自分のペースで学習しているであろうことが推測される。

動画全体の傾向としては、グラフに凹凸はあるがどの動画もおおよそ 20%～60%の範囲内で推移していることが分かる。グラフの凹凸は、ある部分を繰り返し再生したり不要なパートをスキップしたりしていることを示しており、動画「最適化の数理」の視聴者維持率グラフの凹凸は視聴者が自分にとって必要な情報を獲得しようとしている姿勢の現れではないかと考える。

6. 結語

科目「最適化の数理」は開講から 3 年目を迎え、コンテンツの構成も徐々に成熟してきた。筆者はこれまで、「大学入学後に役立つ知識の習得」および「数学的思考力の育成」を目的として、受講生が主体的に学習へ取り組み、単位取得へとつながられるよう、教材設計に多様な工夫を施してきた。

本科目はオンデマンド形式による自学自習を基本としているため、受講生からの直接的なフィードバックを得る機会が限られており、最適なコンテンツの在り方については現在も試行錯誤が続いている。今後は、これまでの知見を踏まえつつ、教育効果のさらなる向上を目指したコンテンツパッケージの開発・提供に努めていきたい。

謝辞

科目「最適化の数理」の運営や動画作成にあたり、金沢工業大学副学長 青木隆先生、企画部企画広報室室長 下津竜之様、AV 室撮影スタッフ、動画編集スタッフの皆様に感謝いたします。

参考文献

- 1) 金沢工業大学・「CAMPUS GUIDE 2025 学部・大学院」・pp.173-174・(2025)
- 2) @hiroakiuesu6934・「KIT 入学教育 先取り科目「最適化の数理」」・
https://www.youtube.com/playlist?list=PLyPWq_sr8QTF284j6ggEHnHugqfr5yDYm・
(閲覧日 2025/6/1)
- 3) 佐々木, 上江洲, et al.・「早稲田大学における ICT を活用した数学の全学基盤教育 (7)」・数学教育学会 春季年会予稿集・pp.16-18・(2017)

[受付日 令和 7 年 (2025 年) 7 月 22 日, 採択日 令和 7 年 (2025 年) 10 月 31 日]



上江洲 弘明
准教授・博士 (学術)
基礎教育部
数理・データサイエンス・
AI 教育課程