

微分積分学におけるオンデマンド型授業の取り組み

ーよりよいオンライン授業の導入を目指してー

安田 貴徳・小野 舞子・大熊 一正・中川 重和・濱谷 義弘

岡山理科大学 教育推進機構 基盤教育センター

1. はじめに

大学のオンライン授業は 2020 年度春の新型コロナウイルス感染症対応で急速に広まった。実際、7月1日時点の調査では、全国の約6割の大学・高等専門学校でオンライン授業と対面授業が併用されている¹⁾。この状況を機にオンライン授業の長所が受け入れられ、新型コロナウイルスが収束した後も、オンライン授業が通常時の授業の選択肢の一つとなる可能性が高まっている。基盤教育センターの科学技術教育部門の数学・情報担当の教員グループ（以下、数学・情報チーム）でも、2020年度春の講義をオンライン授業で開講した。

数学・情報チームでは、(情報以外の) 数学として、微分積分学、線形代数学、及び統計学の科目を担当しており、それらは主に学部1年生を対象に開講されている。これらの科目は複数の学科に対し合同で開講され、さらに受講学生をいくつかのクラスに分割し、複数の教員で同一時間帯に開講する形式を取っている。同じ科目である場合、その複数のクラスに対しては、シラバスを統一し、同じ内容の講義を提供することになっている。

2020年度の春学期では微分積分学を開講した。4単位に相当する2コマが、春1学期と春2学期に1コマずつ開講された^{a)}。4月の時点で岡山理科大学では、春1学期の講義はすべてオンライン授業に限定されることが決定され、微分積分学もオンライン授業で行われることになった。そこでまず、開講前に同科目を担当する教員が集まり、どういった形式でオンライン授業を行うか話し合いが持たれた。結果として、オンデマンド型で春1学期と春2学期の講義を行うこととなった。オンライン授業は大きく分けてオンデマンド型授業とライブ配信型授業があり、(あるいは春1学期の場合、LMSによる講義資料と課題提出対応のみという選択肢もあったが、) どちらも一長一短がある中、微分積分学では比較的準備が大変であるオンデマンド型授業を選択したわけである。これが、初めての本格的なオンライン授業の導入であり、準備も大変ではあったが、途中で頓挫することはなく予定していたオンデマンド型授業を完遂することができた。試験が行えなかったことで学生の理解度が正確に把握できず、講義のやり方を評価することが難しいが、著者達は学生に独自の授業アンケートを取り、オンライン授業、特にオンデマンド型授業の効果について調査を行った。また、春1学期と春2学期で少しだけ講義のやり方を変更したので、その点も報告する。

^{a)} それぞれ、解析学Ⅰ、解析学Ⅱ(あるいは数学Ⅰ、数学Ⅱ)という科目名で開講されている。

本報告の構成であるが、第2章で一般的に言われるオンライン授業と対面授業のメリット・デメリット、および、オンデマンド型授業とライブ配信型授業のメリット・デメリットについてまとめている。第3章では、微分積分学で実際に行った講義の実施方法について説明する。第4章では、微分積分学の学習状況や講義の実施方法に関し、授業アンケートの結果をまとめ、考察する。第5章では、春2学期に新たに追加した要素に関し、アンケート結果をまとめ、考察する。第6章で本報告のまとめを述べる。

2. オンライン授業のメリット・デメリット

2-1 オンライン授業 vs. 対面授業

オンライン授業と対面授業にはそれぞれメリット・デメリットがある。表1はよく言われているものの一部(学生側・教員側両方の視点が混在している)を挙げたものである²⁾。

表1 オンライン授業と対面授業の比較

	オンライン授業	対面授業
メリット	<ul style="list-style-type: none"> ・通学時間・交通費がかからない ・自分の時間が増える ・自律的に勉強するようになる ・ペーパーレス ・どこからでも参加できる ・分からないことをすぐに調べることができる 	<ul style="list-style-type: none"> ・1つの場に集まることで、勉強しやすい雰囲気になる ・実習など体験型授業が行える ・テストを実施しやすい ・授業形態の選択肢が増える ・質問しやすい ・大学の施設などを使える
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> ・通信環境に左右される ・勉強するという雰囲気がない ・実習などの体験型授業ができない ・テストの実施が難しい ・学習状況の確認が難しい ・コミュニケーションの機会が減る ・課題が多くなる 	<ul style="list-style-type: none"> ・感染症の拡大リスクがある ・通学する必要がある ・通学の時間・交通費が必要 ・学習の時間が固定される

対面授業は、様々な授業形態が選択できるメリットが非常に大きい、感染症のリスクが最も大きな弊害であろう。一方、オンライン授業は学習をより効果的・効率的にしてくれる側面がある。実習などの体験型授業やテストなどを対面授業で、それ以外をオンライン授業でやるなど、うまく両方の良いところが活かせるのが理想であろう。

2-2 オンデマンド型 vs. ライブ配信型

次に、オンライン授業の場合に限って、オンデマンド型授業とライブ配信型授業を比較する^{b)}。LMSのみを用いたオンライン授業については除外している。表2は、オンデマン

^{b)} ここで、オンデマンド型授業とは、用意された映像での授業を期間内に自由に視聴し、学習する形態を意味し、ライブ配信型授業とは、生放送の授業を視聴して学ぶ形態を意味する。こ

ド型授業, ライブ配信型授業のメリット・デメリットの一部を挙げたものである³⁾.

表2 オンデマンド型授業とライブ配信型授業の比較

	オンデマンド型授業	ライブ配信型授業
メリット	学生にとって <ul style="list-style-type: none"> ・自分のペースで受講できる ・好きな時間・場所で受講できる ・何度でも復習できる ・自律的に勉強する習慣ができる ・ネット環境の影響が少ない 教員にとって <ul style="list-style-type: none"> ・作成動画の再利用が可能 ・習熟度に応じた教材が用意できる ・出張などで休講にしくなくてもよい 	学生・教員両方にとって <ul style="list-style-type: none"> ・音声やチャットで意見交換が可能 ・対面授業に近い形での実施が可能 ・リアルタイムで質問返答が可能 ・臨機応変に学習内容を調整できる. 教員にとって <ul style="list-style-type: none"> ・学生の様子が確認できる ・撮影や編集などが必要な典型的なオンデマンド型授業と比べると手間が少ない
デメリット	学生にとって <ul style="list-style-type: none"> ・学習に自発性・計画性が必要 ・勉強意欲の確保・維持が難しい ・質問しづらい 教員にとって <ul style="list-style-type: none"> ・事前に映像を作成する必要がある ・時間的・労力的に大変 ・映像を作成する技術が必要 ・受講したかどうかの確認が必要 ・強制力がない 	学生・教員両方にとって <ul style="list-style-type: none"> ・リアルタイムで通信が行えるインターネット環境が必要 ・大量のデータを送受信できる環境が必要 ・時間を拘束する

オンライン授業を行うには、まず技術的な条件をクリアする必要がある。オンデマンド型授業では教員側に映像を作成する技術が必要であるし、ライブ配信型授業では受講者側のインターネット環境などの通信設備が必要となる。オンデマンド型が良いか、ライブ配信型が良いかは科目の特性にも依存する。何度も復習を要するような科目や、習熟度の異なる受講生がいる（例えば、高校で数学Ⅲを受けた学生と受けなかった学生が混ざっている）場合などはオンデマンド型授業が良いし、受講者との双方向のやり取りが必要な科目であればライブ配信型授業が良いことになる。このようなことを踏まえ、微分積分学のオンライン授業をどちらで行った方が良いか、考える必要があった。

3. 微分積分学の講義について

3-1 微分積分学で扱う内容

岡山理科大学の春1学期は、新型コロナウイルス感染症対応により講義開始時期が先延ばしされた。そのため、微分積分学の講義も本来のシラバス通りに進行することができなかった。但し、通常講義回（オリエンテーションや中間試験、期末試験、およびその解説

れらは他の呼称で呼ばれることもあるが、本報告書ではこれらの用語で統一する。

にあたる回以外の回)の講義内容はすべて網羅できるよう 11 回の講義構成で行われた。(教員によっては、オリエンテーション回などをさらに追加している。)春 2 学期の講義はほぼシラバス通り、15 回の講義構成で行われた。(シラバスから演習回が 1 つ減り、オリエンテーション回が増えた。)表 3 に示した講義構成(および、シラバスの講義構成)は、2019 年度から使用している教科書⁴⁾の内容に基づいて構成されている。

表 3 春学期の微分積分学の講義構成

春 1 学期	春 2 学期
第 1 回 関数の極限, 連続関数について説明する	第 1 回 オリエンテーション (講義の進め方)
第 2 回 導関数, 微分の基本公式について解説する	第 2 回 不定積分とその基本性質を説明する
第 3 回 合成関数の微分について説明する	第 3 回 置換積分について説明する
第 4 回 逆関数の微分, パラメータ表示の関数の微分について説明する	第 4 回 部分積分について説明する
第 5 回 三角関数の微分について説明する	第 5 回 有理関数の不定積分について説明する
第 6 回 逆三角関数の微分について説明する	第 6 回 三角関数の有理関数の積分について説明する
第 7 回 指数関数と対数関数の微分について説明する	第 7 回 定積分について説明する
第 8 回 平均値の定理と関数の増減について説明する	第 8 回 定積分の計算について説明する
第 9 回 ロピタルの定理について説明する	第 9 回 積分の応用 (面積・体積) について説明する
第 10 回 関数の凹凸について説明する	第 10 回 積分の応用 (曲線の長さ), 広義積分について説明する
第 11 回 テイラーの定理について説明する	第 11 回 総合演習 (レポート)
	第 12 回 変数分離形の微分方程式について説明する
	第 13 回 1 階線形微分方程式について説明する
	第 14 回 学習達成度確認演習 (レポート)
	第 15 回 まとめ・復習 (レポートの解説)

微分積分学の講義は高校数学の復習も兼ねている。逆三角関数や微分方程式など高校数学では扱わない内容も含んでいるが、それでも復習の割合が他の科目に比べて多い。しかし、それは高校数学で数学Ⅲを習熟している場合である。実は、受講学生には、数学Ⅲを高校で学んできた学生とそうでない学生が混在する。数学Ⅲを学んできていない学生にとっては、三角関数や指数関数・対数関数の微分、置換積分や部分積分など、この講義の多くの部分が初めて学習する内容となる。このように、学生の習熟度によって、講義で学習する量に実質的な差が生じている。このような場合、前章でも説明したように、学生自身で習熟度に合わせた学習をアレンジでき、かつ、復習が何度でもできるオンデマンド型授業が効果的であると考えられる。こういったことから、微分積分学の講義をオンデマンド型で行ったことは適切であったと考える。

3-2 春 1 学期, 春 2 学期の講義の共通点, 相違点

微分積分学の講義は、基本的に毎回問題を出し、その解答を写真に撮って、その画像ファイル(または、pdf ファイル)を提出してもらうというスタイルで行った。提出には、岡山理科大学の LMS である mylog の課題提出機能を利用した。提出後には、担当教員が添削を行い、mylog のフィードバック機能を利用し、コメントや再提出依頼などを行った。それから、基本的に毎回、その回で学習する内容に関する pdf 教材と VOD を作成した。pdf 教材は授業資料として mylog に掲載し、VOD に関しては youtube にアップロードし、

それを mylog のコンテンツ機能により閲覧できるようにした。これらが春1学期、春2学期通じて共通に行ったことである。ライブ配信型の講義は基本的には行わなかった。但し、教員によっては補足的な理由で何回かライブ配信型の講義を行っている。

一方、春1学期と春2学期でやり方を変えた部分もある。一つは、春2学期から毎回の講義（あるいは講義時間を含むある一定期間）で出席テストを行ったことである。出席テストは mylog のテスト機能を利用した。これは、オンデマンド型授業の弱点である勉強意欲の確保・維持の難しさや学習に対する強制力のなさ、メリハリのなさを打開する目的があった。もう一つは、春2学期から毎回の課題の問題数を減らし、その代わりに、総合演習課題・学習達成度確認演習課題という中間試験・期末試験に相当するような問題数が多い課題を課したことである。春1学期では毎回課題を提出させていたのに対し、春2学期では提出を2回分まとめて行うようにした。これは、課題添削の負担を減らす目的があった。

4. 学習状況や講義の実施方法に関する授業アンケートの結果と考察

4-1 学習状況に関する結果と考察

講義資料や VOD の公開日については教員によって多少の差があったので、通常の講義日に対応する日より1週間前に講義資料等を公開した場合の学習状況について結果をまとめる。本来、VOD はスケジュールに拘束されることなく、学生が決めたタイミングで視聴できるものであるが、講義資料や VOD を基にして課題を作成しているため、課題に取り組む前に講義資料と VOD を見るよう学生に指導した。課題に関しては、通常の講義日に対応する日から1週間後を提出期限としている。課題に取

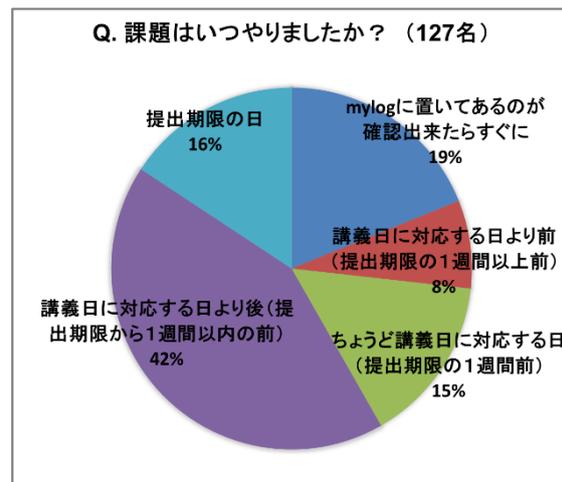


図1 課題に取り組んだタイミング

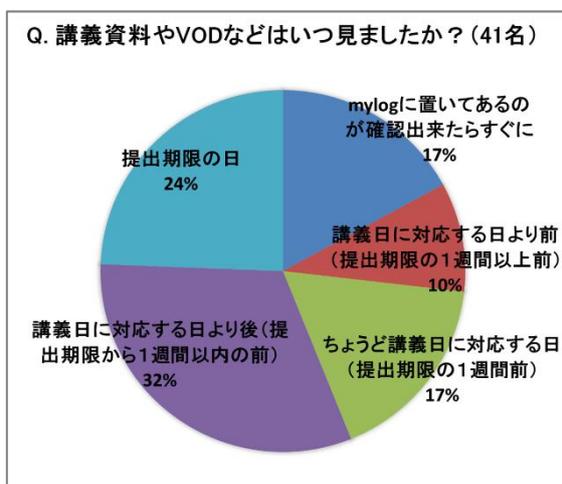


図2 講義資料等を見たタイミング

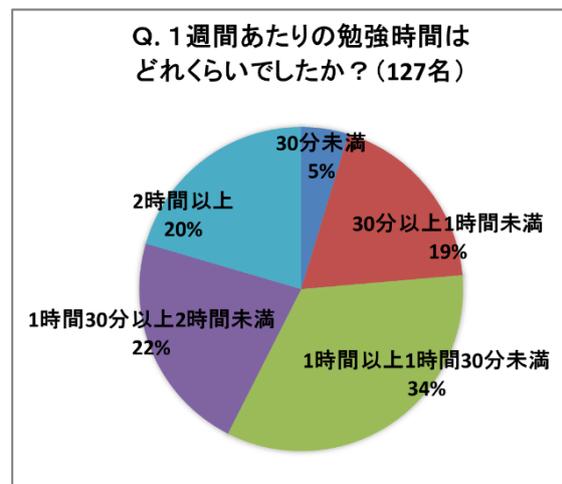


図3 1週間の学習時間

り組んだタイミングも講義資料等を見たタイミングも、最も多い答えは「講義日に対応する日より後」であった(図1, 図2)。これについては、予想通りの結果である。次いで、「mylogにおいてあるのが確認出来たらすぐに」と「提出期限の日」という両極端な答えが並んだ。ここがオンデマンド型の特徴の一つと考えられる。オンデマンド型に強制力がないため、学生の性格やモチベーションに大きく影響されやすい。また、講義資料等を見たタイミングが提出期限の日の学生が24%で、一方で、課題に取り組んだタイミングでは16%であることは興味深い。少なくとも8%の学生は、講義資料等を確認する前に課題に取り組んでいることになる。省エネルギーで課題を済ませてしまおうという考えであろうか。課題に取り組む前に他の資料に目を通してもらいたいのだが、オンデマンド型では強制力がない。

次に、1週間当たりの勉強時間についてである(図3)。1時間以上1時間30分未満が最も多い答えであった。例年と比べると少し少ないように感じるが、今年度は他の科目も課題が多かったであろうことを考えると妥当な結果とも思える。2時間以上の学生が20%いたので、オンデマンド型でも学習意欲を十分発揮できると考えている。一方、学習時間が1時間未満の学生に対し、どのように学習時間を増やす対策をするかはオンデマンド型の大きな課題である。強制力のある対策が必要かもしれない。

4-2 講義の実施方法に関する結果と考察

今回のオンデマンド型の形態でやる気が起きたかどうかを尋ね、結果は図4のようになった。まず、最もやる気が起きたタイミングは課題に取り組むときであった。オンデマンド型の場合、課題はかなり効果的であり、できるだけ短いスパンで課題を課したほうが良いように思われる。演習問題も効果があったが、提出の義務がない分、課題とは結果に開きがあったと考えられる。次に対面授業の場合との比較である。対面授業と同じようにやる気が起きたという学生も少なからずいた。しかし、対面授業と同じくらいやる気が起きたという学生に比べて、対面授業よりやる気が落ちたと感じる学生の方が多かった。結果に1.75倍ほどの差があったが、これはやり方次第では、対面授業と同じ程度のやる気までにはできるのではないかと感じた。すぐに考えられる対策としては、ライブ配信型との併用がある。

次にライブ配信型との比較である。結果は図5のようになった。オンデマンド型のみ、オンデマンド型とライブ配信型の併用、ライブ配信型のみでは、いずれで講義を受

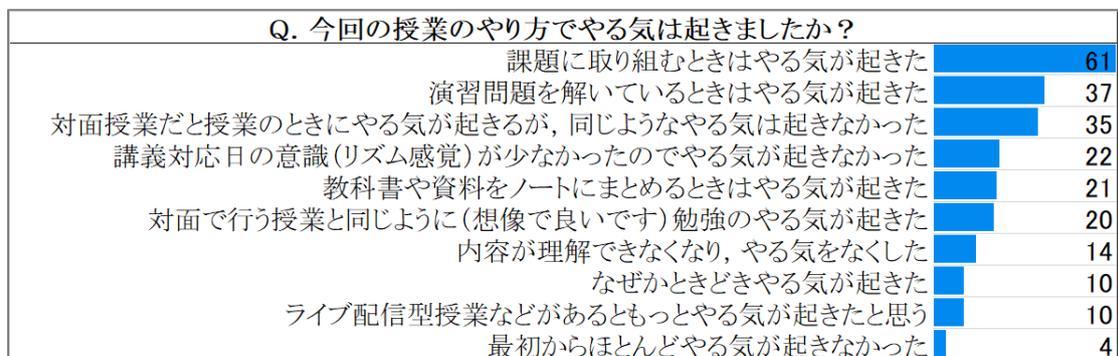


図4 オンデマンド型での学習意欲(複数回答可)

Q. ライブ配信型の授業と比較してどうでしたか？	
資料配布, VODで十分なので, 今回のようにライブ配信型授業なしでよかった	67
課題や演習問題の解答のためのライブ配信ならあった方がよい	20
資料配布, VODに加えて, ライブ配信型授業があった方が良かった	18
質問とその解答のためのライブ配信ならあった方がよい	17
ライブ配信型授業はあった方がよいが, 朝早いのは嫌だ	10
資料配布, VODではなく, ライブ配信型中心の方が良かった	9

図5 ライブ配信型との比較 (複数回答可)

Q. 質問のしやすさはどうでしたか？	
面と向かっての質問の方がやりやすい	46
むしろ, メールやmylogのほうが質問しやすい	34
メールやmylogでは質問しづらい	31
メールやmylogでも質問のしやすさは対面の時とあまり変わらない	27
zoomなどで質問用の時間があった方がよい	4

図6 質問のしやすさ (複数回答可)

けたかったかという質問に対しては, オンデマンド型のみが圧倒的に多かった. 微分積分学の講義はオンデマンド型を選んで正解であったようである. オンデマンド授業が単に楽であったからという理由が含まれている可能性は十分にあるが, 微分積分学の講義が, 高校数学までの復習の割合が高い科目であるということも大きく影響していると考えている. このような場合は, 自分のペースで学習できることを重要視したほうが良いと思われる. また, 課題や演習問題の解答などをライブ配信型で説明すると, 学生自身が分からなかった点を重点的に視聴できるため効果があると思われる.

次に, 質問のしやすさである. 結果は図6のようになった. やはり, 対面の方が質問しやすいようである. ただ, メールや mylog だと質問しやすいという学生数と質問しづらいという学生数が拮抗している点は興味深い. オンデマンド型と対面授業 (あるいはライブ配信型) の併用が効果的であると考えている.

最後に講義の満足度である (図7). 不満がある学生がほとんどいなかった. 多少, 付度があるかもしれないが, 作成した資料や VOD には一定の満足度があったものと理解している. また, 微分積分学の講義にオンデマンド型が合っていたと考えている.

5. 課題の課し方と出席テストに関する授業アンケートの結果と考察

春2学期のみ実施した総合演習課題と学習達成度確認演習課題に取り組んだタイミングは図8, 図9のようになった. 図1と比べると, 提出期限の日に課題に取り組んだ割合が高くなっている. 重い課題になるほど, 課題に取り組むモチベーションが下がってしまうためだと考えられる. 課題添削の回数が減ったことにより教員の負担は春1学期より軽くなったが, 春1学期のように課題を均等に分散させた方が学生にとっては効果的かもしれない. 課題の課し方

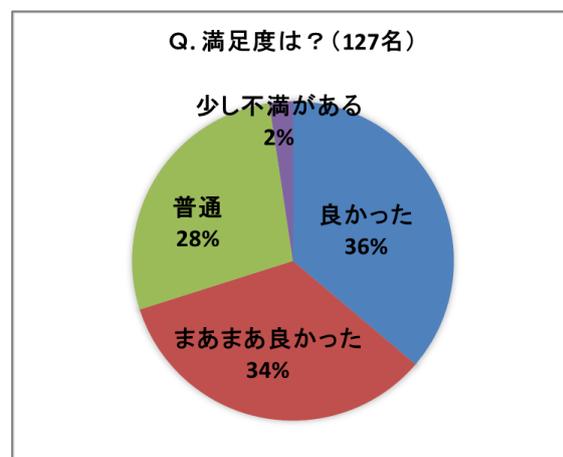


図7 満足度

については教員の負担も含めてより良い方法を開発する必要がある。

春2学期のみ実施した出席テストに対するアンケート結果が図10である。出席テストは mylog のテスト機能を用いたが、特に難しい問題を課したわけではなく、単純な回答(出席の選択肢を選ぶなど)を返答するだけであった。それがかえって回答を忘れそうになる原因になったようである。また、今回の出席テストは、勉強意欲の確保・維持の難しさや学習に対する強制力のなさ、メリハリのなさを打開する目的で導入したが、あまり効果はなかったようである。簡単でも数学の問題を解かせて、それを回答することで出席テストとした方が効果的であったかもしれない。

6. まとめ

オンライン授業で講義を行う場合、オンデマンド型にするか、ライブ配信型にするかは科目の特性に依存するところが大きい。微分積分学の講義は次のような特徴を持っていた。

- ・ 高校数学にない新しい内容も学習するが、高校数学までの復習も兼ねている。
- ・ 高校数学の習熟度が異なる学生が受講している。

このような特徴を持つ場合、オンデマンド型が非常に効果的であると言える。オンデマンド型は、自分のペースで学習することが可能であり、何度も復習したい場合に向いているため、上のような特徴を持つ微分積分学の講義と相性が良い。一方で、学習意欲の発揚が難しかったり、質問しづらかったり、学習度合や学習理解度を確認することが難しかったりといったオンデマンド型の問題点を解決する必要はある。そのために、課題や LMS のテスト機能をうまく活用したり、ライブ配信型授業や対面授業と併用したりといった解決法が考えられる。

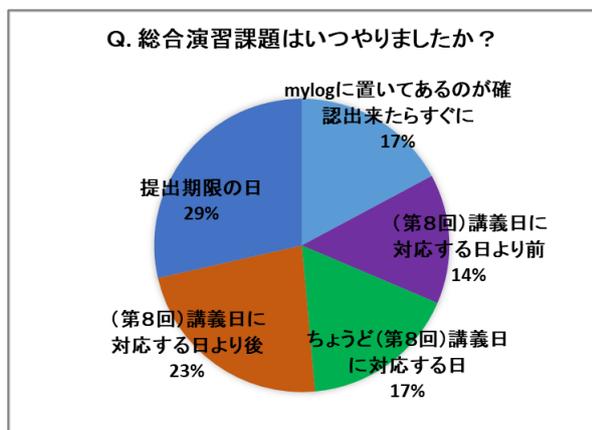


図8 総合演習課題に取り組んだタイミング

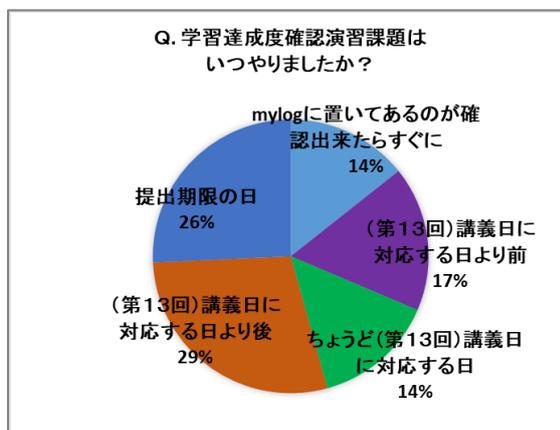


図9 学習達成度確認演習課題に取り組んだタイミング

Q. 出席テストはどうでしたか？

忘れそうになる(あるいは忘れる)ことが度々あった	20
毎回忘れそうになることもなく回答できた	9
出席テストを受けることで、講義の日であることを意識できた	7
出席テストに答えることで、その回の講義内容(のタイトル)を認識できた	5
テストに答えるのが億劫で、あとまわしにしがちだった	2
出席テストを受けると学習意欲が(少しでも)わいた	0

図10 出席テストに関する意見(複数回答可)

今回の報告は、あくまで学生アンケートのみに基づいているため、オンデマンド型授業が学生にとって学習しやすいものかという点について主に議論した。学生が学習しやすいと感じることは当然大切ではあるが、学習効果があるかどうかも重要な視点である。学習効果を確認する客観的な方法を開発する必要がある。そういった意味では、同科目の過去の実施記録と比較することが自然であるが、本格的なオンライン授業の導入自体、今回が初めてであったことから、それが難しかった。今後、オンライン授業が定着していくのであれば、試行錯誤を繰り返しながら、よりよいオンライン授業の在り方を追求していきたい。また、今回は、VODの質に関しては言及しなかった。当然、これはオンデマンド型授業の質に関わってくることであり、VODの質の追及は今後の課題といえる。

謝辞 この報告の一部は、JSPS 科研費 16K01138 の助成を受けたものです。

参考文献

- 1) 新型コロナウイルス感染症の状況を踏まえた大学等の授業の実施状況
https://www.mext.go.jp/content/20200717-mxt_kouhou01-000004520_2.pdf
- 2) ITmedia News, 社会と IT : 大学オンライン講義、対面式より人気 「私語がない」「自分のペースで学べる」 東洋大が調査, <https://www.itmedia.co.jp/news/articles/2010/14/news179.html>
- 3) 高木 直二 : オンデマンド授業流通フォーラムによる新たな教育への取り組み, メディア教育研究 第 2 巻 第 1 号, Journal of Multimedia Aided Education Research 2005, Vol. 2, No. 1, 29~42
- 4) 中川 重和 ・ 荒木 圭典 ・ 安田 貴徳 ・ 大熊 一正 ・ 濱谷 義弘 : 専門基礎科目 微分積分, 培風館, 2018
- 5) 三苫 博・原田 芳巳・山崎 由花・内田 康太郎・五十嵐 涼子・大滝 純司 : 対面授業は、オンデマンド型授業より優れているのか?, 医学教育 2020, Vol. 51, No. 3, 266~267

