

# 修士論文

数式を日本語として表現し質的な理解を高める

eラーニング教材の開発

社会文化科学教育部 博士前期課程 教授システム学専攻

223-G8809

新垣 知輝

主指導：喜多 敏博 教授

副指導：戸田 真志 教授

2024年1月

## 目次

要旨（日本語）	4
要旨（英語）	5

## 目次

要旨（日本語）	4
要旨（英語）	5
第1章 研究の背景	7
1.1 日本の少子化と大学のユニバーサル化	7
1.2 大学におけるリメディアル教育	9
1.3 A大学でのリメディアル教育の現状	10
1.4 本研究の目的	12
第2章 先行研究	13
2.1 学習動機づけとARCSモデル	13
2.2 自信の醸成のための質的理解	15
2.3 eラーニングにおける学習動機づけへの取り組み	16
2.4 ゲーミフィケーション	18
2.5 ゲーミフィケーションをリメディアル教育に用いた先行研究	20
2.6 ゲームニクス	21
第3章 リメディアル教育教材の開発	22
3.1 教材開発の方針	22
3.2 教材の作成	23
3.3 使用するゲーミフィケーションの要素とその実装について	37
3.4 プロトタイプの実装	42
3.5 eラーニングシステムとしての質評価	43
第4章 形成的評価と改善	46
4.1 内容領域専門家（SME）による形成的評価	46
4.2 本学学生による形成的評価	48

第5章 考察	63
5.1 形成的評価の結果についての考察	63
第6章 まとめ	65
6.1 今後の課題と展望	65
参考文献	66
謝辞	69
付録	70
付録A プラグイン (block_login_info) のプログラム	70
付録B 教材に使用した問題	76

## 要旨（日本語）

近年、大学のユニバーサル化とともに入学者の基礎学力の低下が叫ばれており、各大学においてリメディアル教育の取り組みが盛んに行われている。薬学部においてもリメディアル教育として数学や化学などを提供しているが、高校3年間の内容を数ヶ月で終える必要があるため、自主的な練習の場としてeラーニング教材が提供されることも多い。しかしながら、eラーニングでは自律性を有さない学習者に対して低い履修率となることが課題であり、継続して学習してもらうためには動機づけを高めることが必須となる。

そこで本研究では、学習意欲の低い学習者に対しては自己決定理論の観点より外的調整から行うのが有効と考え、ゲーム的な要素を学習に取り入れることで、学習者の学習意欲を向上させるような教材開発を行った。

教材の対象者は大学1年生とし、対象分野は、聞き取りの結果、苦手意識が強い指数及び対数分野とした。当該分野に対し課題分析図を作成し、これに基づき200題以上の演習問題を作成した。これらの問題をゲーミフィケーション要素である想起練習が行えるように配置し、課題分析図に合わせて問題のセットを作成した。この教材に対し、ゲーミフィケーション要素の完了実績の可視化及び達成度の可視化を加え、内発的動機づけの醸成を行えるよう設計した。

本教材について、専門家（SME）による形成的評価を受け、内容に誤りがないことを確認したのち、大学1年生5名に対し形成的評価を行った。その結果、学習を完遂した学生について、事前テストと事後テストを比較すると22点満点中、指数の平均点12点から203点、対数の平均点が11点から22点満点となり、教材の完遂によって学習効果があがっていることが確認できた。また、学習の履歴を解析したところ、1回の学習でいくつもの問題集を連続して解いているものが複数おり、ゲーミフィケーションの効果によって、1回学習を始めるとついやり続けたいことが示唆された。

その一方で、学習を完遂できていないものも2名おり、止まってしまったところについては改善の余地がある。内発的動機づけを大きく高めるところまで十分に至っておらず、自律性、有能性から内発的動機づけを高めるための方略に更なる改善が必要である。

## 要旨 (英語)

### Abstract

In recent years, as university enrollment has become more widespread, there has been a growing concern about the decline in the foundational academic skills of incoming students. In response, various universities have actively engaged in remedial education initiatives. This trend is also noticeable in pharmaceutical faculties, where remedial education in subjects such as mathematics and chemistry is offered. However, due to the need to cover the content of three years of high school education within a few months, e-learning materials are frequently provided as a platform for self-directed practice.

Nevertheless, one challenge faced in e-learning is the low enrollment rate among learners lacking self-regulation. To address this issue and ensure sustained engagement in learning, it becomes imperative to enhance motivation. In this study, we adopted a perspective grounded in self-determination theory, positing that utilizing extrinsic adjustments is effective for learners with low motivation. We developed instructional materials incorporating game-like elements to enhance the motivation of such learners.

The target audience for the instructional materials was first-year university students, specifically those struggling with exponentials and logarithms, as determined through listening assessments. Task analysis diagrams were created for these topics, and over 200 practice problems were generated based on these analyses. These problems were strategically arranged to incorporate gamification elements, allowing for recall practice. Visualization of the completion achievements of gamification elements and the visualization of proficiency levels were added to the instructional materials to foster intrinsic motivation.

The instructional material underwent formative evaluation by subject matter expert (SME), confirming its accuracy. Subsequently, formative assessments were conducted with five first-year university students. Results indicated that among students who completed the learning process, a comparison of pre-tests and post-tests revealed an increase in

proficiency. Specifically, the average scores for exponentials improved from 12 points to 20.3 out of 22, and for logarithms, the average score increased from 11 to the full 22 points. This confirmed that completing the instructional material led to enhanced learning outcomes. Furthermore, an analysis of learning histories revealed that several students engaged in consecutive problem-solving sessions during a single learning session, suggesting the motivational impact of gamification, as they were inclined to continue their learning. On the other hand, two students did not complete the learning process, indicating areas for improvement where progress halted. Internal motivation has not been sufficiently elevated to a significant extent, and additional enhancements are required in strategies to boost intrinsic motivation through autonomy and competence.

# 第1章 研究の背景

## 1. 1 日本の少子化と大学のユニバーサル化

現在、日本は少子高齢化の時代と言われている。このことは、文部科学省の調査<sup>1</sup>により明らかとなっており、図1-1が示すように近年においては平成4年の18歳人口205万人のピークに対し、令和元年では117万人へと減少している。高校等卒業者数も平成4年の181万人をピークとし、令和元年には106万人とピーク時から半数近くまで減少している。これに対し、大学の定数はほぼ変わっておらず、結果として大学入学者数は平成4年の54万人から63万人と増加しており、大学進学率は平成4年の29.8%から令和元年では53.7%にまで達しており、1973年にトロウが「トロウモデル」の中でユニバーサル段階として指摘している<sup>2</sup>ように、大学の質を大きく変容させることとなった<sup>3</sup>。

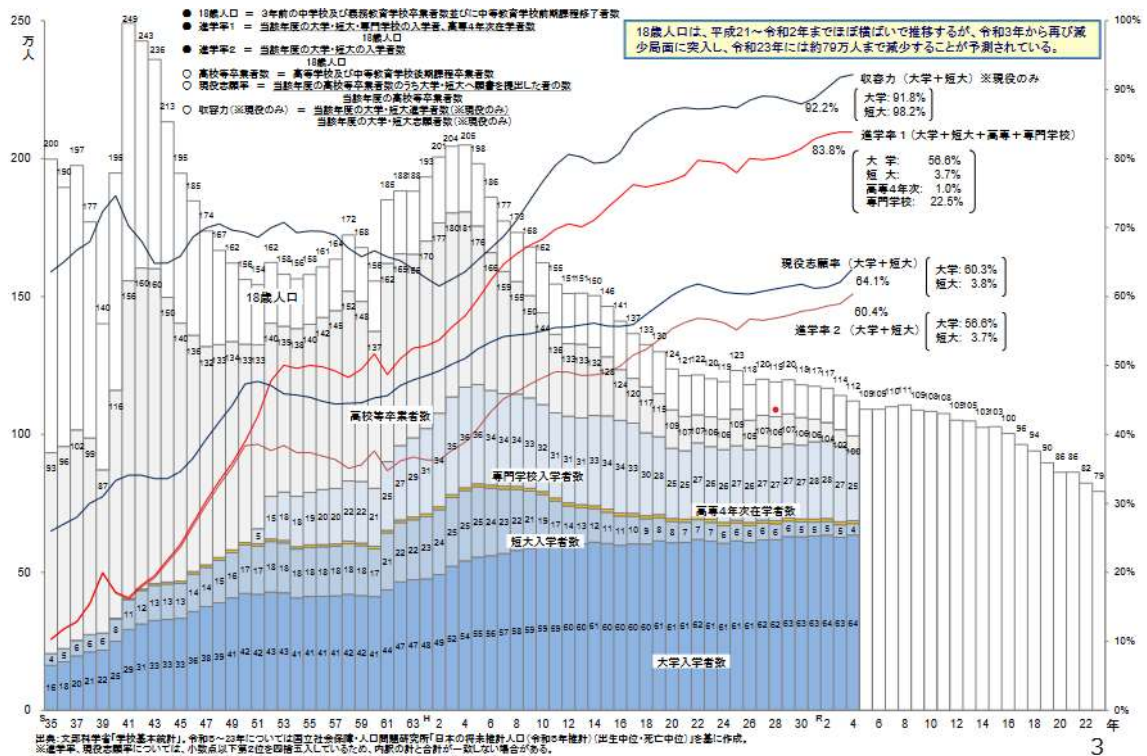


図1-1 文部科学省「18歳人口と高等教育機関への進学率等の推移」<sup>1</sup>

このような状況下、図1-2に示すように、私立大学を中心に多くの大学では定数割れを



起こしており<sup>4</sup>、定数を満たすため、従来であれば受け入れていなかった学生も受け入れている。この大学進学率の上昇による学生の学力の多様化は、大学生の学力低下という問題を引き起こすこととなった。実際、入学試験に合格して入学してきているにも関わらず、学力不足によって低学年ですぐに退学してしまうことは、大学側、入学した学生の双方にとって好ましいこととは言えず、学力不足の解消は大学の初年次教育における大きな課題となっている。

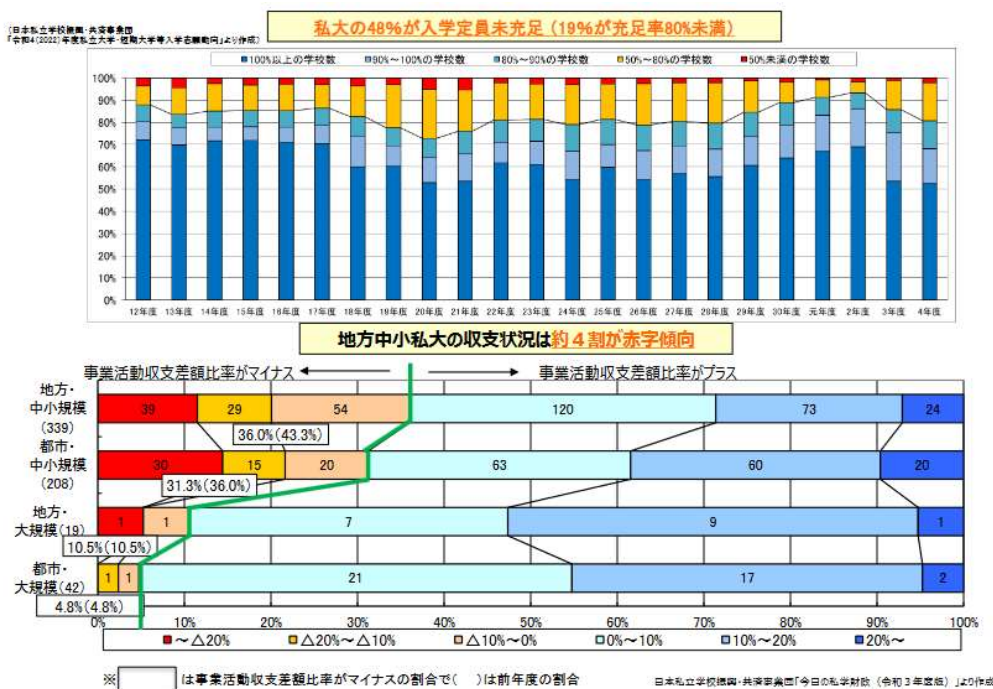


図1-2 私大の経営状況<sup>4</sup>

文部科学省 中央教育審議会ではこれを踏まえ、2004年の「我が国の高等教育の将来像（中間報告）」では、大学教育を受ける前提となる基礎的な知識等の教育について提言を行っている<sup>5</sup>。

## 1. 2 大学におけるリメディアル教育

このような状況の中、多くの大学で、新入生を対象にした初年次教育や学力不足を補うためのリメディアル教育が進められている。リメディアル教育とは、文部科学省<sup>4</sup>では補習教育と定義され、日本リメディアル教育学会<sup>6</sup>では、「リメディアル教育」＝「学習・学修支援」と定義されているように、前提知識が不足している学習者を支援するための教育として位置づけられている。実際に日本のリメディアル教育の例として、入学直後に学生の学習状況を的確に評価するためのプレースメントテスト、特定科目についての未履修組にたいして必要な補習等を行うための特別な学習支援クラス、オンライン教材や学習プラットフォームを使用して、学生が自宅で追加の学習を行うといったテクノロジーを活用した学習支援、高校までの学習との違いに戸惑い学習意欲を失った学生には自分の興味や適性に合った進路を見つけるためのカウンセリング、といったものが挙げられている<sup>7</sup>。<sup>8</sup>

このようにリメディアル教育では、主に学習の遅れや理解の不足を抱える生徒に対して、個別のサポートや追加の学習機会を提供する取り組みを行っており、一定の効果をあげている。その一方で、リメディアル教育の実施には課題も存在する。リメディアル教育はあくまでも大学教育をサポートすることが目的であり、本格的に正規のカリキュラムが進行する前に終わらせなければならないことから、1年生の最初の限られた時間で高校3年間の内容を終了させねばならず、十分なリソースや専門教育者の確保が難しい場合、通り一遍を詰め込むのみとならざるを得ず、効果的なリメディアル教育が提供は難しい状況になる。このような詰め込み型の教育では、高校時代に苦手意識を有している学生にとっては高校での学習以上に学習へのハードルが高く、一部の高い動機付けを有している者でしかついていくのが難しい。結果として、このような状況では大部分の学生は、教育の効果が十分に得られていないまま本カリキュラムに入り、学力不足が解消されないまま退学へとつながってしまう。このようにリメディアル教育は行われていても、どうすれば実際にそれを十分に機能させられるかという問題は多くの大学の共通する悩みとなっている。

### 1. 3 A大学でのリメディアル教育の現状

筆者が所属するA大学薬学部においても、高校の理科3科目（物理、化学、生物）未履修者および学力不振者に対して、リメディアル教育として薬学基礎物理、薬学基礎化学、薬学基礎生物の3科目が実施されている。各教科ともに正規のカリキュラムに従い、105分授業13回で行われている。各科目の到達目標は薬学教育モデル・コアカリキュラム（平成25年度改訂版）<sup>9</sup>に基づいて設定されており、高校数学の内容については薬学基礎物理の中に組み込まれている。図1-2に薬学基礎物理のシラバスの中で高校数学に関する部分を示す。数学分野には授業回数13回のうち6回が割り当てられているものの、高校数学全てを網羅するには不足しており、限られた回数の中で高校数学のうち薬学に特に必要となる部分のみを中心に講義が行われている。例えば、指数及び対数の授業は第4回講義の1コマで実施されており、学習者はこの1コマで指数及び対数の全ての内容を修得することとなる。このように時間的な制約が極めて厳しく、可能であれば数学を独立した科目として授業時間を確保することが望ましいが、薬学部のカリキュラムにおいて、既に1年時の履修単位数は40単位を超えており、これ以上の授業時間の増設は難しい。このような状況下、学習到達の評価は、講義における小テスト（課題）30%と期末試験70%で行われており、合格基準点（60点）で単位認定が行われる。本来であればそれぞれの分野において完全習得することが望まれているが、授業時間内のみで学習者に全ての分野の完全習得を要求するのは時間的制約の点から困難であることから、一部修得できていなくても平均して合格基準点に達していれば単位取得ができる状況となっている。このため、苦手な分野については苦手なまま、上位学年の学習にのぞんでいる学生が出てしまっているのが現状である。先に例で挙げた指数対数の分野では特にその傾向が強く、授業において指数対数の重要性等は十分理解して、やらなければならないという意識を強く有しており、授業時間以外での学習を望む声も多いものの、自主的に勉強を行ったり、授業時間外の学習支援室などに訪れるなどの具体的な行動に移す者は少なく、結果として十分に理解できないまま上位学年に進んでしまっている。リメディアル教育において、上位学年でも通用するよう、基盤的分野の完全習得をどのようにして達成すればよいのか、この点がひとつの大きな課題となっている。

授業科目名	薬学基礎物理	学年	1年	単位数	2単位
授業のテーマ	物理学は自然界で起きる現象を説明するための学問である。現象を調べて法則を見つけ、数式などを使って説明することができれば、起こりうる現象を予測することができるようになる。薬も人も物質からできているので、2つは物理法則に従った挙動をとる。従って、物理学がわかるようになれば、薬の人体への作用をよく理解できるようになる。				
授業の到達目標	<p>科学、医療に関連する英語の代表的な用語を列挙し、その内容を説明できる。</p> <p>自然科学各分野における基本的単位、数値、現象の英語表現を列記できる。</p> <p>科学、医療に関連する英語の代表的な用語、英語表現を列記できる。</p>				
授業の概要	物理学は、物理系薬学（物理化学、分析化学）を理解する上で必要となる。講義内容を理解し、基本的な問題を解くことにより、薬学を学ぶ上で必要な物理学・数学の基礎的な知識・技能や考え方を身につけていく。				
1回	<p>物理の基本概念</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・物理量を表す単位、特にSI単位系について理解する。基本単位を組み合わせた組立単位を理解する。</li> </ul>				
2回	<p>数値の扱いと有効数字</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・薬学では、大きな数や小さな数をひんばんに扱うが、SI接頭語や10のべき乗で表すことを理解する。</li> <li>・薬学で扱う測定値にはさまざまな誤差が含まれていることを理解し、測定値の精度を表す有効数字の概念を理解し、有効数字を含む値の計算ができる。</li> </ul>				
3回	<p>種々の関数とグラフ（比例・反比例、一次関数）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・比例および反比例、一次関数の関係を、式およびグラフを用いて説明できる。またそれを用いた計算ができる。</li> </ul>				
4回	<p>指数関数・対数関数</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・指数関数および対数関数を、式およびグラフを用いて説明できる。またそれを用いた計算ができる。</li> </ul>				
5回	<p>三角関数・微分</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・三角関数を、式およびグラフを用いて説明できる。</li> <li>・極限の基本概念を概説できる。導関数の基本概念を理解し、代表的な関数の微分ができる。またそれを用いた計算ができる。</li> </ul>				
6回	<p>積分</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・原始関数の基本概念を理解し、代表的な関数の不定積分および定積分ができる。またそれを用いた計算ができる。</li> </ul>				

表1-1 A大学薬学部における科目「薬学基礎物理」のシラバス（抜粋）

#### 1. 4 本研究の目的

前節までで述べたように、入学者の基礎学力の低下が叫ばれている中、各大学においてリメディアル教育の取り組みが盛んに行われており、A大学薬学部においてもリメディアル教育として物理・数学や化学、生物などを提供しているが、高校3年間の内容を数ヶ月で終える必要があるため、従来と同様の方法で教育を行っても、未履修者に対して教育の効果が十分に得られる前に時間切れを迎えてしまっている。また、定期試験で合格点を取った学生たちの間にも、指数対数分野においては丸暗記などでできるようになってはいるものの本当にできているかは自信がないとの声があがっていた。現行のカリキュラムはほぼ全て埋まっており、正規の授業時間を増やすことは困難であることから、この状況を解決するためには、授業時間外での学習が求められていて、学生側からのニーズも高い。しかしながら、自律的な学習が定着していない状況で単なる教材や問題演習を提供するのみでは、動機づけを維持することが難しく途中で挫折してしまい、最後までたどり着けないことが容易に予想できる。そこで本研究では、学習者の間で特に苦手としている指数対数分野に着目し、公式等の意味を数式という数学の言葉ではなく日本語で理解させることによってその中身を理解する、いわゆる質的な理解を通じて学習者の自信を高める教材を作成するとともに、学習の不足に対してそれを補うという行動に移せていない学習者に対し、行動に移すためのハードルを下げ効率的に学習できるeラーニングシステムを開発することを目指す。本システム及び教材によって学習を進めていくことでリメディアル教育を効果を高めることができれば、学力不足による退学者数の減少にもつながることが期待できる。

## 第2章 先行研究

### 2. 1 学習動機づけと ARCS モデル

元来、学ぶということは脳や体にはストレス（負荷）をかける行為であり、学ぼうという積極的な意思（モチベーション）を必要とする行為である。この学習に対する動機づけについては心理学の分野から様々な理論が提唱されており、その代表的なものとして、外部から与えられる報酬などによって動機づけが行われる外発的動機づけ理論と、自身の内側から湧き上がってくる興味や関心などの欲求によって動機づけがなされる内発的動機づけ理論がある。これらの理論をもとに1980年代にJ. M. Kellerが学習の意欲に関するモデル、ARCSモデルを構築した<sup>10</sup>。このモデルでは、学習意欲に関する理論を、注意（Attention）、関連性（Relevance）、自信（Confidence）、満足感（Satisfaction）の4つに分類し、この順に学習意欲を高めるよう授業設計することで、教育を魅力的にすることが可能となる。

このARCSモデルに基づいて、現状の指数対数のリメディアル教育を分析してみると、教員側からは、高校までに習った生命現象をもとに興味を引き（A）、薬剤師の業務に関連する例を挙げて必要性を訴えた（R）後、公式を使って簡単に計算できるところを見せて自信をもたせ（C）、定期試験でできていることを確認しているとのことであった。一方、学生側は、指数対数はただの数学ではなく身近な自然現象に関わっており（A）、実際の薬剤師業務に必要な知識となるので、学ばなければならないという気持ちはある（R）。ただ、実際に計算をして値を求め答えはあっていて、できていることは理解しているものの、公式を使っているだけなので、できているかどうかの実感が湧かないという意見があり、できそうだという自信（C）の部分に確信が持てず、「できそうであるけれど、これでいいのか」という曖昧な状態になっていることが伺えた。その結果、たとえ計算できるようになっていたとしても、できたという満足感が得にくい状態であると推測された（図2-1）。

これをもとに、本研究では自信（C）を醸成するための方略について検討を進めることとした。ARCSモデルによれば自信を構築するための方略として、1）成功への期待感（学習要求）、2）成功の機会、3）個人の責任（個人的なコントロール）が挙げられている。これらを醸成するための具体的な方略について、次節以降で検討を進めていく。






(教員)		(学生)
注意 (A): 細胞分裂等を題材にして興味を持たせる	OK 	ただの計算だけでなく、実際に使われていることが分かった
関連性(R): 薬学に関する話題を提供して必要性を訴える	OK 	指数対数はやらなければならない内容だと感じた
自信 (C): 公式等の計算のやり方を伝えて、演習を行う	NG 	計算して答えは出たけれども、あっているかどうか分からない 
満足感(S): できるようになったけど、危なっかしい		丸覚えして、なんとかあったけど、不安…

図 2 - 1 ARCS モデルによる現状分析

## 2. 2 自信の醸成のための質的理解

本研究で検討を行っている指数対数分野において、高校教科書などではまず最初に公式を取り上げ、次に公式を使った演習をすることでその使い方を修得するという流れになっており、A大学薬学部のリメディアル教育においても効率化のため同様の方法が踏襲されている。公式を中心とした演習は、計算により数値を求めることはできても、公式の意味といった内容に関する学習は置き去りになりやすい。薬学部において指数対数は計算の道具であるので、値さえ求められればそれで充分実用的ではあるが、中身が理解できないまま使っているのでは、求めた数値が合っているかどうかを直感的には判断できず、丸暗記に頼らざるを得なくなってしまうという危険性がある。その結果、自分自身でできるようになったという自信につながりにくいことが考えられる。このような、内容の理解の欠如、いわゆる質的理解がなされない学習の弊害は物理の概念を学習するときにも議論されており、「質的理解を欠いたままの状態に関係を定量的に捉えさせようとするのが、教育現場における公式の機械的な適用の一因になっている」との指摘もなされている<sup>11</sup>。このような質的理解の現状についての調査は物理分野の密度<sup>11</sup>や力学<sup>12</sup>を題材に行われており、質的理解の重要性が述べられている。数学の世界では数式という強力な言語によって定理や公式などの概念理解が完結することから、A大学における指数対数分野の学習でも数式が主に用いられている。この方式は、数学が得意なものには理解が容易くなる一方、数学が苦手な学習者にとって数式という言語が質的理解の障害となってしまう。これを踏まえ、本研究では数学の分野において、指数対数を数式という数学の言葉ではなく、日本語で理解できるように教材を作成することで、質的な理解を促し、内容を理解するようになれば、天下り的に公式を覚えるだけの学習から自らの理解をもって学習を進めることになり、ARCSモデルの個人の責任（個人的なコントロール）による自信の構築につながることが期待でき、指数対数の学習効果を高めることが可能であるという仮説を立て、指数対数への学習に質的理解の概念を取り入れることとした。



## 2. 3 eラーニングにおける学習動機づけの取り組み

近年、パソコンの普及やインターネットの発達とともに遠隔での学習が容易になり、日本でも2000年頃のeラーニング元年を皮切りに、様々なeラーニングシステムが誕生した。eラーニングのもつ、いつでも、どこでも学べる利点は、リメディアル教育の場でも、講義時間以外の自主的な練習の場として活用されることも多い。しかしながら、eラーニングでは自律性を有さない学習者に対して低い履修率となることが課題であり、継続して学習してもらうためには動機づけを高めることが必須となる<sup>13</sup>。

eラーニングにおける学習動機づけとして、報酬などの外発的動機づけに働きかけるのが即効性があり活用も容易である。例えば、履修率を高めるためeラーニングに積極的に取り組めるようLMSの機能を拡張した各種モジュールの開発が行われており、先行事例として、浅井らによって学習者に小テストの結果に対して称賛メッセージを表示する機能を有したMoodleモジュールがある<sup>14</sup>。ただ、このモジュールに関しては残念ながら小テストの再受験を促す効果は低く、報酬などを用いる場合には、それが学習者にとって価値があるものかどうかを検討する必要がある<sup>14</sup>。この他、過剰な報酬はアンダーマイニング効果<sup>15</sup>によって報酬のみでしか学習をしなくなってしまうという結果を生んでしまう。そのため、内発的な欲求を高める内発的動機づけの方が望ましいとされる。

内発的動機づけは自分自身の内から生まれるものであり、外部からの刺激によって生まれる外発的動機づけとは全くの別物であることから、外からコントロールすることは難しいと考えられていたが、Deciらによって1970年代に提唱された自己決定理論によれば、外発的動機づけと内発的動機づけは対立するものではなく、外発的動機づけは、外的調整（外部から利益・不利益を受けるからやる）、取り入的調整（やらないと恥ずかしいからやる）、同一化的調整（やることに価値があるからやる）を経て内発的動機づけへとつながっており、両者は連続的なものであるとされている。そして外発的動機づけから内発的動機づけに移行する因子として、自律性（自分で学習の進行状況をコントロールできている）、有能性（自分の能力を示せる）、関係性（助け合うなど他者との関係が築けている）があり、自己決定理論では、これらを醸成することで外発的動機づけを内発的動機づけへと深化できると述べている（図2-2）。この中の自律性はARCSモデルにおける自信の構築するための方略である個人の責任（個人的なコントロール）と内容が重なっていることから、自信の構築と内発的動機づけがつながっていることが示唆される。

つまり、eラーニングに対する内発的動機づけのために自律性を高めることは、自信の構築にもつながることから、本研究では内発的動機づけを高めるための要素を実装することを検討することとする。



図2-2 デシの自己決定理論

## 2.4 ゲームフィケーション

2.1節で、学ぶことは脳にストレスをかける行為であると述べたが、ゲームをプレイする行為もまた、ゴール（あるいは勝利）するためには課題を解決しなければならないストレスフルな行為である。それにも関わらず、古来よりゲームに多くの人が没入し、その時間を費やしていることから、このゲームがもつ人を引き付ける要素を学習に取り入れることで、学習行為を促進することが期待できる。このような考えは古くから存在し、1990年代のエデュテイメントや2000年代のシリアスゲーム、2010年代のゲームフィケーションなどがある<sup>16</sup>。

その中でゲームフィケーションは、C. M. Kappの定義によると「ゲーム的メカニクスや美学、ゲーム的思考を使って人々をひきつけ、行動を促し、学習を促進し、問題を解決すること」<sup>17</sup>となっており、コンテンツ内容を修正または変更することなく、コンテンツの中を学習者に突き進ませるためにゲーム要素を適用する構造的ゲームフィケーションと、ゲーム要素やゲームメカニクス、及びゲーム的思考を適用し、コンテンツ内をよりゲームらしくするための方法である内容のゲームフィケーションの2種類がある。図2-3にその概略を示すが、構造的ゲームフィケーションは行動主義とスキナーのオペラント条件づけの概念に基づいており、学習者が興味を持ち続け、コンテンツ内を進ませるためにポイントやバッジなどの報酬システムが組み込まれている。そして、内容のゲームフィケーションでは自己決定理論が論理的な基盤となっており、実装として、ストーリー、チャレンジ、好奇心、ミステリー、キャラクターなどのゲーム的要素を用いられることが多い。

### ◎構造的ゲームフィケーション

- ・コンテンツは変更せず、コンテンツ周辺の構造にゲーム要素を適用する方法
- ・ポイント、レベル、バッジ、リーダーボード（ランキング）
- ・外発的動機づけ

### ◎内容のゲームフィケーション

- ・ゲーム要素やゲームメカニクスを適用して、コンテンツをゲームらしくする方法
- ・チャレンジ、ストーリー、ミステリー、キャラクター
- ・内発的動機づけ、自己決定理論的原理

(Kapp, 2020)

図2-3 構造的ゲームフィケーションと内容のゲームフィケーション

本研究で開発する教材で自信を構築するにあたって、完全学習を通じて一歩ずつ進んでいく方が成功の機会に多くふれることになるため、構造的ゲーミフィケーションを活用したほうが望ましいと考えられる。ゲーミフィケーションの基本要素は3つが存在し、それは進捗感覚、自律性、そしてエンゲージメントである。まずは進捗感覚について、開発するeラーニングのシステムで完了度の実績と達成度の実績の両方の形で可視化すれば、現在位置が把握できゴールまでの距離が明確になる。これは自信の構築のための方略、成功への期待感（学習要求）を惹起することにつながる。また、エンゲージメントを高める方略のひとつとして想起練習がある。構造的ゲーミフィケーションの文脈においてはクイズあるいはテスト問題を用いることで想起を促すことができる。これを利用して日本語で理解した数式を想起する場として問題演習を活用すれば、学習したことが身についたことを確認しながら学習を進めることができる。身についているという実感は自己決定理論の有用性につながる上、自分のペースで進めることになるから自律性もカバーすることができる。これら原則を採用することで内発的動機づけの惹起と自信の構築を行う。

## 2.5 ゲームフィクションをリメディアル教育に用いた先行研究

ここでは、ゲームフィクションをリメディアル教育に用いた先行事例について取り上げる。

一つ目は、薬学初年次教育における取り組みは青江らが2020年に、化学の知識を「カルタ」として授業に取り入れた実践事例である。これは化学を題材とした「カルタ」というゲームを行うことで学習の定着を狙ったものだが、化学やゲームに興味がない受講者には効果が低かった点が指摘されている。

この他に、教育へゲームフィクションを応用した事例として、岸本らによるグループワークにゲームフィクション要素を導入した事例、及び藤本らにより科目授業に「クエスト」の要素を導入がある。これら取り組みにおいてゲームフィクション要素によってグループワークの学習効果が向上した結果が得られたが、遠隔教育のような一人で取り組むeラーニングに対しては未知数である。

以上より、対面におけるグループワークの授業において、確かにゲームフィクション要素が学習者の動機づけを高め、学習効果に良い影響を及ぼすことが示されてきているが、eラーニングのような一人で取り組む場合において、どのようなゲームフィクション要素が動機づけを高めるかまでは明らかとはなっていない。そこで本研究では、eラーニングの学習効果を高めるゲームフィクション要素について研究を進めることとした。

## 2.5 ゲームニクス

ゲームニクスとは提唱者のサイトウ氏によると、1) マニュアルを読まなくても誰でも操作が覚えられてプレーできてしまう、2) いつの間にか攻略法を見つけ、クリアできてしまう、3) 長時間にわたり夢中になってしまう、という3つを実現するための方法論である<sup>18</sup>。それを実現するための原則として、原則1：直感的で快適なインターフェース、原則2：マニュアル不要のユーザビリティ、原則3：ハマる演出、原則4：段階的な学習効果、原則5：仮想世界と現実世界のリンクがある。この中の原則3-D 「意欲を持続させる仕掛け」の中にある”全体像と現状を提示する”と”達成率を表示する”は、ゲーミフィケーションの”進捗の可視化”と合致している。また、原則4-A 「目標設定」はさらに直近目標、中間目標、最終目標と分かれており、課題分析図を用いてこれら目標を設定することで、成功の機会を多く与え、自信の構築につなげることができる。最後に原則3-C 「発見する喜び」は、ゲーミフィケーションの想起演習と組み合わせることで、より強い自信の構築につながる。つまり、単に与えられた公式を使って解くのではなく、問題文から発見したヒントから想起された知識を使って解くことで、自分の力で解いたという実感をもって先に進むことができる。自分の力で解き進めることはまさに、個人の責任（個人的なコントロール）と合致していることから、自信の構築につながることを期待できる。このようにゲーミフィケーションやゲームニクスの要素を取り入れることで、ARCSモデルにおける自信を醸成するためのより具体的な方略を構築することができた。

## 第3章 リメディアル教育教材の開発

### 3.1 教材開発の方針

A 大学薬学部のリメディアル教育においては、学習時間の制限から教師側も特に大事である内容を精査し、その重要性を授業の中で積極的に伝えることで、ARCSモデルの注意(A)を満たし、学習者もそれによって、積極的にやらなければならないという気持ちを抱いていることから、ARCSモデルの関連性(R)も充足している様子が教師と学生からの聞き取り調査で浮かび上がってきた。であるならば、やらなければならないと理解しつつ行動に移せない原因として、学習それ自体に対するハードルの高さが考えられる。つまり、やればできるというARCSモデルの自信(C)を補うことが、問題解決の糸口になると考えた。しかし単に教材や問題を提供するだけでは、苦手な経験、意識を有する学生にとってはやりたくないものとして捉えられ、学習の阻害になってしまうことから、ゲーミフィケーションの理論に基づいて、やりたくなるような仕組みを組み込むことで学習効果を増大させるを試みることにした。

また、対数においては、その意味を理解できている学生が極めて少なく、高校の教科書などでは天下一式に暗記させられた公式を当てはめていくだけで、それが正解かどうか自分で納得できないのも、指数対数分野を苦手とする一因となっている。指数や対数の意味を日本語として理解することで、公式の意味を理解することができれば、自分の計算が正しいかどうかを自信をもって答えることができ、ARCSモデルのCの部分の醸成につながると考えた。

以上のことから、本研究では初学者が理解しにくい指数及び対数を対象分野とし、その数学的概念を日本語として理解できる教材を作成し、ゲーミフィケーションの理論をもとに学習のハードルを下げることによって、苦手意識を有する学習者にも効果のある教育が提供できると考え、教材開発を行うことにした。

### 3. 2 教材の作成

#### 3. 2. 1 課題分析図の作成

指数及び対数に関する教材を作成するにあたり、メーカーの3つの質問に基づき、そのゴールとそこに至る方略を明確にするために、指数と対数それぞれについて、高校の数学の教科書である「高等学校 数学Ⅱ」（数研出版）を底本として、課題分析図を作成した。その図を以下の図3-1と図3-2に示す。

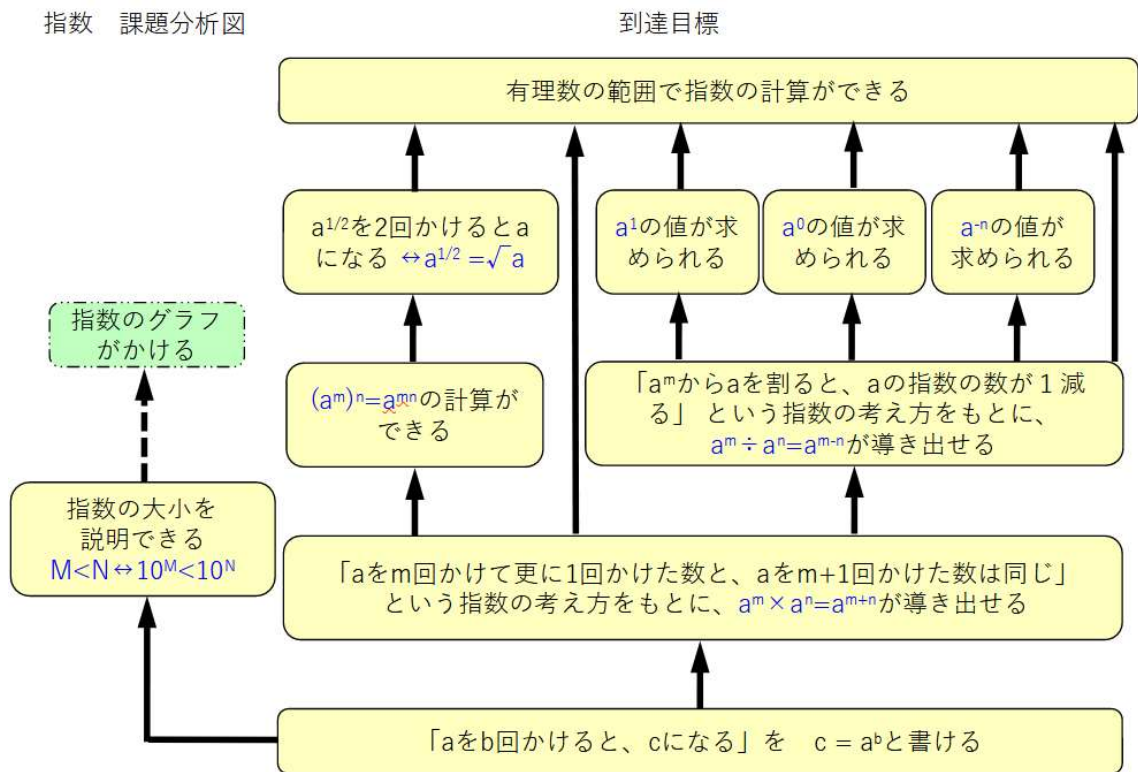


図3-1 指数部分の課題分析図



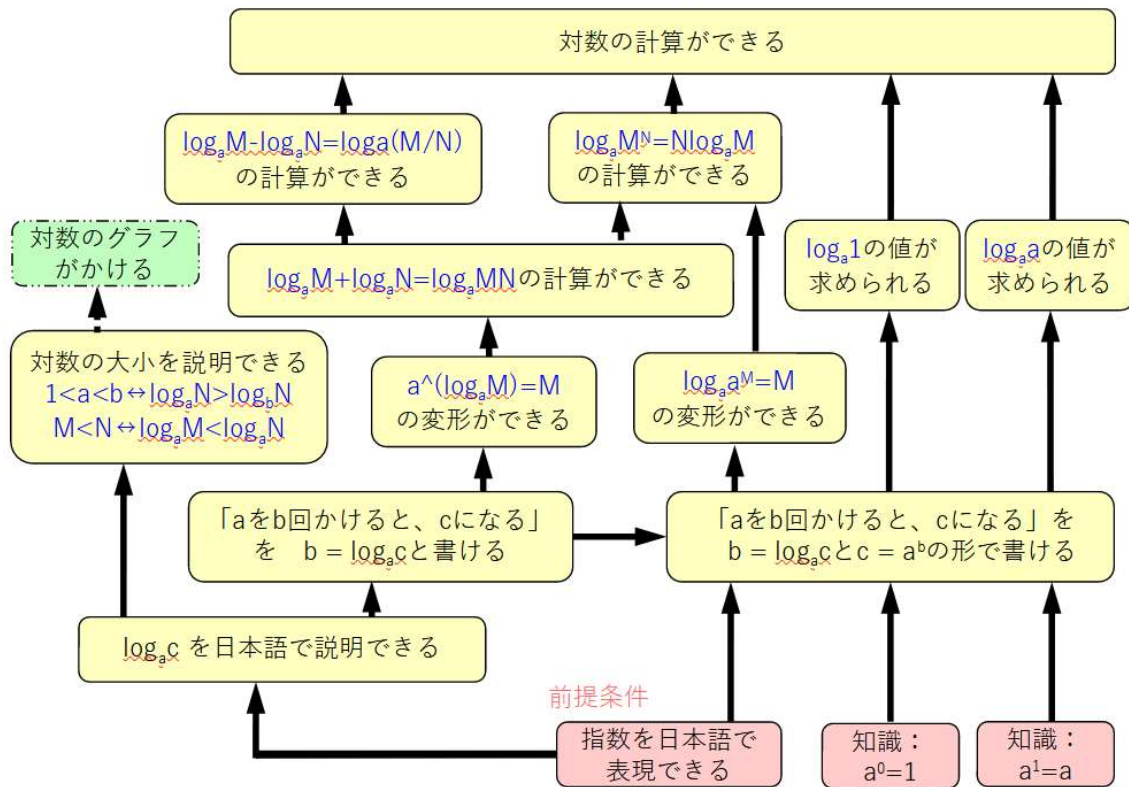


図3-2 対数部分の課題分析図

### 3. 2. 2 事前及び事後テストの作成

以上の課題分析図より、課題の関係が明らかとなったので、それを測定するための事前テスト及び事後テストの作成を行った。前提テストについては、今回は大学入学レベルを有していることから前提条件は満たしていると判断し、作成は行わなかった。出題内容については、前節の課題分析図をもとに最上位の目標に到達できているかを確認できるよう、途中の目標に関する問題も含めたて作問した。事前テストの問題形式は、LMSの使用法は習熟していない時期に行うため、LMSによる解答に困難が予想されたため、学習者の利便性を考え筆記試験の形式とした（図3-3、図3-4）。事後テストについては、LMS内でいつでも取り組みができるようにするため、LMSに合わせた形に一部問題の形式を変えたが難易度は変わらないように配慮を行った（図3-5、3-6）。問題の内容が適切か否かの最終的な確認は内容領域専門家に行ってもらったこととした。

指数 事前テスト

問1 次の値を計算せよ。

- (1)  $7^0 =$
- (2)  $2^{-2} =$
- (3)  $0.1^{-3} =$

問2 次の値を計算せよ。

- (1)  $5^4 \times 5^{-2} =$
- (2)  $3^2 \div 3^6 =$
- (3)  $10^{-5} \div 10^{-6} =$
- (4)  $(2^{-3})^2 =$

問3 次の?の値を求めよ。

- (1)  $\sqrt{36} = 6^?$
- (2)  $\sqrt[3]{125} = 5^?$
- (3)  $\sqrt[5]{1/32} = 2^?$
- (4)  $\sqrt[4]{16/81} = ?$
- (5)  $(\sqrt[6]{25})^3 = ?$

問4 次の値を指数を使わず表せ。

- (1)  $5^{1/4} =$
- (2)  $8^{2/3} =$
- (3)  $6^{-1/3} =$
- (4)  $4^{-3/2} =$

問5 次の値を計算せよ。

- (1)  $2^{3/2} \times 8^{1/6} =$
- (2)  $27^{-1/2} \times 9^{2/3} =$

問6 次の数を大きい順に並べよ。

- (1)  $2^{-3}, 2^0, 2^4$
- (2)  $(1/3)^{-3}, (1/3)^0, (1/3)^4$
- (3)  $\sqrt[4]{8}, \sqrt[8]{32}, \sqrt[9]{128}$
- (4)  $(1/3)^{30}, (1/4)^{30}$

図3-3 事前テスト問題 (指数)

指数 事後テスト

問1 次の値を計算せよ。

- (1)  $7^0 =$
- (2)  $2^{-2} =$
- (3)  $0.1^{-3} =$

問2 次の値を計算し、整数（もしくは小数）で答えなさい。

- (1)  $5^4 \times 5^{-2} =$
- (2)  $3^2 \div 3^6 =$
- (3)  $10^{-5} \div 10^{-6} =$
- (4)  $(2^{-3})^2 =$

問3 次の値を計算し、整数（もしくは小数）で答えなさい。

- (1)  $\sqrt{36} =$
- (2)  $\sqrt[3]{125} =$
- (3)  $\sqrt[5]{1/32} =$
- (4)  $\sqrt[4]{81/64} =$
- (5)  $(\sqrt[6]{25})^3 =$

問4 次の値を計算し、整数（もしくは小数）で答えなさい。

- (1)  $16^{1/4} =$
- (2)  $8^{2/3} =$
- (3)  $100^{-1/2} =$
- (4)  $4^{-3/2} =$

問5 次の値を計算せよ。

- (1)  $2^{3/2} \times 8^{1/6} =$
- (2)  $27^{-1/2} \times 9^{3/4} =$

問6 数値が小さい順に並んでいるものを選びなさい。

- (1)  $2^{-3} < 2^4 < 2^0$ 、 $2^4 < 2^0 < 2^{-3}$ 、 $2^0 < 2^{-3} < 2^4$ 、 $2^{-3} < 2^0 < 2^4$
- (2)  $0.1^4 < 0.1^0 < 0.1^{-3}$ 、 $0.1^0 < 0.1^{-3} < 0.1^4$ 、 $0.1^{-3} < 0.1^4 < 0.1^0$ 、 $0.1^{-3} < 0.1^0 < 0.1^4$
- (3)  $\sqrt[4]{8} < \sqrt[9]{128} < \sqrt[8]{32}$ 、 $\sqrt[9]{128} < \sqrt[8]{32} < \sqrt[4]{8}$ 、 $\sqrt[4]{8} < \sqrt[8]{32} < \sqrt[9]{128}$ 、 $\sqrt[8]{32} < \sqrt[4]{8} < \sqrt[9]{128}$

問7 □に等号あるいは不等号を入れよ。

$$(1/3)^{30} \square (1/4)^{30}$$

図3-4 事後テスト問題（指数）

対数 事前テスト

問1 次の空欄に当てはまる数値を書きなさい。

- (1) 3を3回かけると、□になる。
- (2) 2を□回かけると、32になる。
- (3) 4を□回かけると、7になる。

問2 次の値を求めなさい。

- (1)  $\log_{10}1000$
- (2)  $\log_216$
- (3)  $\log_51$
- (4)  $\log_77$
- (5)  $\log_{10}0.001$
- (6)  $\log_93$

問3 次の計算をしなさい。

- (1)  $\log_64 + \log_69$
- (2)  $\log_280 - \log_25$
- (3)  $\log_39^{10}$

問4 次のうち、常用対数には○を、自然対数には△をつけなさい。

- (1)  $\log_210$
- (2)  $\log_{10}8$
- (3)  $\log_e23$
- (4)  $\log_5$
- (5)  $\log_61$
- (6)  $\ln10$

問5  $a = \log_2$ ,  $b = \log_3$ とすると、次の式の値を  $a, b$  で表せ。

- (1)  $\log_72$

問6 次の2つの数字の大小を不等号を用いて表しなさい。

- (1)  $2\log_57, 3\log_54$
- (2)  $\log_30.8, 0$

問7  $2^{30}$ は何桁か。ただし、 $\log_2=0.3$ とする。

\*問4は○、△が全てあっていたら、それぞれ1点

対数 事後テスト

問1 次の空欄に当てはまる数値を書きなさい。

- (1) 3を3回かけると、□になる。
- (2) 2を□回かけると、32になる。
- (3) 4を□回かけると、7になる。

問2 次の値を計算し、整数（もしくは小数）で答えなさい。

- (1)  $\log_{10}1000$
- (2)  $\log_216$
- (3)  $\log_51$
- (4)  $\log_77$
- (5)  $\log_{10}0.001$
- (6)  $\log_93$

問3 次の値を計算し、整数（もしくは小数）で答えなさい。

- (1)  $\log_64 + \log_69$
- (2)  $\log_280 - \log_25$
- (3)  $\log_39^{10}$

問4 常用対数に○を、それ以外には×をつけましょう。（\*完答のみ正解）

- (1)  $\log_210$
- (2)  $\log_{10}8$
- (3)  $\log_623$
- (4)  $\log_5$
- (5)  $\log_61$
- (6)  $\ln10$

問5 自然対数に○を、それ以外には×をつけましょう。（\*完答のみ正解）

- (1)  $\log_210$
- (2)  $\log_{10}8$
- (3)  $\log_623$
- (4)  $\log_5$
- (5)  $\log_61$
- (6)  $\ln10$

問6  $a = \log_2$ 、 $b = \log_3$ とするとき、次の式の値を  $a$ 、 $b$  で表せ。

- (1)  $\log_72$

問7 次の2つの数字の大小を不等号を用いて表しなさい。

- (1)  $2\log_57$ 、 $3\log_54$
- (2)  $\log_30.8$ 、 $0$

問8  $2^{30}$ は何桁か。ただし、 $\log_2=0.3$ とする。

### 3. 2. 3 指数及び対数の教材の章立ての作成

課題分析図の内容をもとに、図3-7の章立てのチェックリストに基づいて、それぞれの課題の学習に要する時間が10分以内になるように章立てを行った。

#### ★章立てのチェックリスト（全ての項目にNoが含まれないこと）

##### 内容

- |                          |               |
|--------------------------|---------------|
| ・章の内容が課題解析図に対応している。      | Yes / No / NA |
| ・章の学習目標が設定されている。         | Yes / No / NA |
| ・タイトルが親しみが湧きやすいようになっている。 | Yes / No / NA |

##### 配置（順番）

- |                                |               |
|--------------------------------|---------------|
| ・課題解決図の下位課題が全て終わった後に配置されている。   | Yes / No / NA |
| ・課題解決図の上位課題の後に配置されていない。        | Yes / No / NA |
| ・難しい内容で固まりすぎでない（緊張と弛緩のリズムに配慮）。 | Yes / No / NA |

##### 分量

- |                               |               |
|-------------------------------|---------------|
| ・1章の内容が少なくなりすぎでない（数問程度にならない）。 | Yes / No / NA |
|-------------------------------|---------------|

図3-7 章立てにおける基準のチェックリスト

検討を行った結果、それぞれの章のタイトル及び対応する課題、学習目標、おおよその作問数を表3-1と表3-2に示す。この結果より、指数及び対数のおおよその学習時間は2時間程度になると見積ることができた。

章番号	章のタイトル	課題分析図で対応する課題	到達目標	問題数
1	繰り返しの掛け算、指数	「a を b 回かけると、c になる」を $c = a^b$ と書ける	指数を正しく表記できるようになる。	10 題
2	指数を掛けてみよう	$a^m \times a^n = a^{m+n}$ が導き出せる	$a^m \times a^n$ が計算できる	10 題
3	指数を n 乗してみよう	$(a^m)^n = a^{mn}$ の計算ができる	$(a^m)^n$ が計算ができる	10 題
4	指数で割り算してみよう	$a^m \div a^n = a^{m-n}$ が導き出せる	$a^m \div a^n$ が計算できる	10 題
5	指数が 0 って何？	$a^1 = a$ 、 $a^0 = 1$ が求められる	$a^1$ が計算できる $a^0$ が計算できる	10 題
6	指数がマイナスになっちゃった！	$a^{-n}$ の値が求められる	指数が負の数のときでも計算 ができる	10 題
7	0.5 乗って、どう計算するの？	$a^{1/2}$ を 2 回かけると a になる $\leftrightarrow a^{1/2} = \sqrt{a}$	指数が分数（あるいは小数）のとき、累乗根で書ける	10 題
8	指数の大小	指数の大小を説明できる $M < N \leftrightarrow 10^M < 10^N$	$a > 1$ のとき、 $m < n$ ならば $a^m < a^n$ であることを説明できる	10 題
9	最終テスト	有理数の範囲で指数の計算ができる	第 1 章から第 8 章の問題が解ける	20 題

\*チェックリストにて全て Yes であることを確認済み

表 3 - 1 指数分野の章立て



章番号	章のタイトル	課題分析図で対応する課題	到達目標	問題数
1	対数：掛け算を繰り返した回数	$\log_a c$ を日本語で説明できる 「a を b 回かけると c になる」を $b = \log_a c$ と書ける 「a を b 回かけると c になる」を $b = \log_a c$ と $c = a^b$ で書ける	掛け算した回数を対数を使って答えられる $\log_a M$ は、1 を M にするのに a を掛けた回数であると説明できる	20 題
2	文章から指数や対数を作ってみよう	$a^{(\log_a M)} = M$ 、 $\log_a a^M = M$ の変形ができる	$a^{(\log_a M)} = M$ 、 $\log_a a^M = M$ の変形ができる	10 題
3	対数を足してみよう	$\log_a M + \log_a N = \log_a MN$ の計算ができる	対数の足し算 ( $\log_a M + \log_a N = \log_a MN$ ) ができる	10 題
4	対数が 0 になるのはどんなとき？	$\log_a 1 = 0$ 、 $\log_a a = 1$ が求められる	$\log_a M^n = n \log_a M$ の計算ができる	10 題
5	対数に数字を掛けてみよう	$\log_a a = 1$ 、 $\log_a 1 = 0$ を説明できる	$n \log_a M = \log_a M^n$ が計算できる	10 題
6	対数を引いてみよう	$\log_a M - \log_a N = \log_a (M/N)$ の計算ができる	対数の引き算 ( $\log_a M - \log_a N = \log_a (M/N)$ ) ができる	10 題
7	常用対数と自然対数	常用対数と自然対数が説明できる	常用対数と自然対数が説明できる	10 題
8	対数の大小	対数の大小を説明できる $1 < a < b \Leftrightarrow \log_a N > \log_b N$ $M < N \Leftrightarrow \log_a M < \log_a N$	$a > 1$ のとき、 $m < n$ ならば $\log_a m < \log_a n$ であることを説明できる	10 題
9	数字の大きさを見極めよう	大きい数の桁数が求められる	対数を用いて数字がおよそ何桁か求められる	10 題
10	最終テスト	対数の計算ができる	第 1 章から第 9 章の問題が解ける	20 題

\*チェックリストにて全て Yes であることを確認済み

表 3 - 2 対数分野の章立て

### 3. 2. 4 指数及び対数の作問

作問に関しては以下の図3-8チェックリストをもとに作問を行った。問題に関してはゲーミフィケーション要素としての「想起練習」を含むように、問題の中に解答を推理できるような文言を取り入れるとともに、類題を取り入れることで前後の問題からも解答が推理できるよう作問時に配慮を行った。

★問題のチェックリスト（全ての項目にNoが含まれないこと）

内容	
・いずれかの学習目標に関連性がある内容である。	Yes / No / NA
・問題の中に解答の手がかりが含まれている。	Yes / No / NA
・後の問題の手がかりになる内容を含んでいる。	Yes / No / NA
分量・難易度	
・1問1分以内で解けるようになっている。	Yes / No / NA
形式	
・指数、対数の小さい文字が読みにくい。	Yes / No / NA
・選択肢の数は原則6個以内とし、無暗に多くなっていない。	Yes / No / NA
・選択肢で意図なく誤認を誘発させるものは含まない。	Yes / No / NA

図3-8 問題作成基準チェックリスト

全ての問題の内容は第7章に示すが、指数で85問、対数で117問、計202題を作成した。全問題、問題のチェックリストにて内容の確認を行った。

### 3. 2. 5 指数及び対数の章立てに基づく問題集の作成

前節で作成した問題を章立てに合わせ、前後の問題の関連により「想起練習」が惹起されるように問題のセットを問題集として作成し、核問題を以下の図3-9の基準に合うように配置した。

★問題集のチェックリスト（全ての項目にNoが含まれないこと）

内容

・最後までやり遂げると学習目標に到達できるようになっている。 Yes / No / NA

・その章の学習目標に無関係な問題は含まれていない。 Yes / No / NA

配置（順番）

・以前の章の内容の復習も含まれている Yes / No / NA

・前の問題がヒントになるような順番になっている。 Yes / No / NA

・次の問題のヒントになるような順番になっている。 Yes / No / NA

分量

・1回の分量が10題程度（5分以内）になっている。 Yes / No / NA

図3-9 問題集作成基準チェックリスト

その結果、各章ごとの問題は表3-3、表3-4のように配分されることとなった。

章	問題集	問題数
第1章 繰り返しの掛け算、指数	指数の書き方を覚えよう	6題
第2章 指数を掛けてみよう	指数の掛け算の考え方	5題
第3章 指数をn乗してみよう	指数のn乗の計算	6題
第4章 指数で割り算してみよう	指数の割り算の考え方を理解しよう	6題
第5章 指数が0って何？	指数の1乗を考えてみよう	4題
	1乗の計算をしてみよう	4題
	指数の0乗を考えてみよう	5題
	0乗の計算をしてみよう	3題
第6章 指数がマイナスになっちゃった！	負の指数を求めてみよう	8題
第7章 0.5乗って、どう計算するの？	指数が分数のときの考え方	8題
第8章 指数の大小	どっちが大きいでしょう	8題
最終テスト		22問
		計85問

表3-3 指数の章立て及び問題集中の問題数

章	問題集	問題数
第1章 対数：掛け算を繰り返した回数	何回掛けたか数えてみよう	6題
	何回掛けたか対数で表してみよう	6題
第2章 文章から指数や対数を作ってみよう	対数と指数の計算（1）	11題
	対数と指数の計算（2）	10題
第3章 対数を足してみよう	対数の足し算	8題
第4章 対数が0になるのはどんなとき？	対数の1と0	9題
第5章 対数に数字を掛けてみよう	対数に指数？	6題
第6章 対数を引いてみよう	対数の引き算	9題
第7章 常用対数と自然対数	常用対数と自然対数	9題
第8章 対数の大小	どっちが大きいでしょう？	10題
第9章 数字の大きさを見極めよう	数字の大きさを見極めよう	8題
	大きな数字を常用対数に直して桁数を見破ろう	7題
最終テスト		18問
		計117問

表3-4 対数の章立て及び問題集中の問題数

以上のような手順を踏んで教材を作成し、それぞれの問題を Moodle に登録することで、教材を完成させた。

### 3.3 使用するゲーミフィケーションの要素とその実装について

既に、課題分析図等を用いて、ゲーミフィケーション要素である「最終目標・中間目標・直近目標」の仕組みを取り入れ、スムーズに学習が進められるよう設計を行ったが、さらに学習を続けていけるよう、以下のゲーミフィケーション要素を Moodle に実装し、学習システムとしての魅力の向上を行った。

#### 3.3.1 進捗状況の可視化

遠隔教育における動機づけとして、自分がどれだけ進んだのかが明確であれば、ゴールまでの残りの距離をつかみやすく、最後までやり遂げる動機づけとなりうる。そこで、自分の進捗状況が明らかとなるよう、Moodle のプラグインとして、Moodle plugins directory より Tiles format ( [https://moodle.org/plugins/format\\_tiles](https://moodle.org/plugins/format_tiles) ) をダウンロードして用いることとした ( 図 3-10 )。これにより、全体の進捗だけでなく、各章の進捗状況が視覚化され、問題演習を進めることによって円グラフが伸びていくことから、ARCS モデルの S の要素 ( 充足感 ) を満たすことが期待される。



図 3-10 Tiles format 実装画面

### 3. 3. 2 学習による成長を自身で実感できる仕組み

前節により問題演習の進捗状況の可視化を行ったが、ただ問題演習を行っただけでは、自分がどれだけできるようになったかのイメージが湧きにくいことから、徒労感により学習を放棄してしまう危険性もある。そこで自分がどれだけできたのかに対するを視覚化するために、自分が正解した問題数をランキング形式で表示されるようにすることとした。

ランキング



ポジション	フルネーム	評点
1	oP 03	104.0
2	oP 05	97.4
3	oP 04	30.0

図 3-11 Ranking block 実装画面

ランキングの表示には Moodle のプラグインとして、Moodle plugins directory より Ranking block ( [https://moodle.org/plugins/block\\_ranking](https://moodle.org/plugins/block_ranking) ) が公開されていたので、これをダウンロードして用いることとした。このランキングでは自分が解いた問題数が評点として表示され、これによってランキングが行われる ( 図 3-11 ) 。正解数を増やすためには学習を進める方法以外にも、繰り返し同じ問題を解く方法もあるため、学習を進めるだけでなく、再度の問題の解きなおしを促すことにもつながり、解けなかった問題が解けるようになることで学習に対する満足度を高めることにもつながる。また、他者の状況が見えることで、お互い励ましあうきっかけとなるため、デシの自己決定理論における「関係性」の醸成も期待される。

### 3. 3. 3 毎日のログインを誘導する仕組み

いつでもアクセス可能であり、学習ペースは自ら決めることができることがメリットであるが、逆を返せば自分でアクセスする習慣がないと、先延ばしにしていつまでたっても学習に取り掛からないことにもつながる。そこで、毎日の学習をサポートする方略として連続してログインすることを称賛したり、あるいは連続してログインした日数を記録し表示し、それを失いたくない気持ち呼び起こすことで、毎日のアクセスを促すことができる。今回の学習は早ければ数日で終了してしまうため、Moodle plugins directory より Login message ( [https://moodle.org/plugins/block\\_login\\_info](https://moodle.org/plugins/block_login_info) ) をベースにして一部改良を加えた。Login message は php 言語で書かれており、2つの主要なプログラム (block\_login\_info.php、login\_info\_lib.php) で構成されている。もともとのプログラムでは、24時間以内、1週間以内、1か月以下の3つのパターンでメッセージが変化するが、毎日アクセスしていたとしても、そのアクセスする時間によって1日以上空きがある (毎日アクセスしていない) と判定されてしまう。そこで修正プログラムでは、36時間以内、2日以内、3日以内、4日以内、5日以内、6日以内で別のメッセージが出るようにし、間隔があかないように促した。また、ウィンドウに登場するキャラクターが女性をモチーフにしたものであり (図3-12)、性差による効果の違いがある恐れがあったため、男女差によって受け入れやすさが変わらないように、フリー素材の中から猫をモチーフにしたキャラクターを採用し、これに画像を変えた (図3-13)。これらの修正を行ったプログラムは付録に掲載する。



図3-12 オリジナル画像



図3-13 猫のイラスト



これを moodle にプラグインとしてインストールすることで、ログインした際に画面上に猫のキャラクターがログイン状況に応じて異なるメッセージを表示される（図3-14）。毎日のアクセスしていた時に限り称賛のメッセージが表示されるので、これによって毎日のアクセスを促す。



図3-14 連続ログイン画面

### 3. 3. 4 自分で法則性を発見させる仕組み

各問題にはゲーミフィケーション要素の一つとしての「想起練習」が行えるように、問題文に解答を推理させるような要素を入れたり、前の問題の内容から推察できるような仕組みを取り入れた（図3-15）。これにより、他人から公式を与えられて解くのではなく、自分の手によって見つけた法則性を使って解くことになり、自分の手で見つけた法則によって正解することができれば、自分で立てた仮説の正しさを立証することになり、学習の自信へとつながる。

<p>次の空欄に当てはまるものを答えなさい。</p> <p>1から3にするには、3を1回かける。</p> <p>1から9にするには、3を2回かける。</p> <p>1から27にするには、3を□回かける。</p>	<p>次の空欄に当てはまるものを答えなさい。</p> <p>1から5にするには、3を<math>\log_3 5</math>回かける。</p> <p>1から9にするには、3を<math>\log_3 9</math>回かける。</p> <p>1から18にするには、3を□回かける。</p> <p>1から21にするには、3を<math>\log_3 21</math>回かける。</p>
---	---




図3-15 自分で法則性を発見させるための問題例

### 3.4 プロトタイプの作成

初期状態の Moodle に様々なプラグインを実装することで、前節で挙げたゲーミフィケーション要素を組み込みこんだ LMS を完成させた。その画面遷移の様子を図 3-16 に示す。まずログインし、学習コースを選択すると、メイン画面に遷移し、ここで Tiles format によって進捗状況、Ranking Block によって問題正解数を確認することができる。本システムでは、このメイン画面から演習へと進んでいくが、順を追って進めてもよし、最終テストを含む好きな演習に挑戦することができ、学習者の自律性を損なわないように設計した。各演習を終えると再度メイン画面に戻ってきて、次の演習を選ぶことができる。最終テストを終了することで学習は完了となる。



図 3-16 画面推移の様子

以下に e ラーニングシステムへのアクセス方法と ID、パスワードを示す。

URI : <https://shingakitomoteru.com/moodle/login/index.php>

ID : kumadai0001      パスワード : Kumadai00!

### 3.5 eラーニングシステムとしての質評価

これが遠隔教育として一定の質を保っているか、チェックリストを用いて確認を行った。まず、教材の入口と出口の確認に表3-5に示すチェックリストを用い、学習目標及び学習対象者について検討したところ、全ての項目で合格していることを確認できた。

着目点			チェックポイント	評価	根拠
目的 (出口)	学習目標	設定	学習対象者が解決したい課題を目標にしているか	OK	ADDIEモデル"A" メーガーの三つの質問
			目標は測定可能な形で表現されている	OK	メーガーの三つの質問
			目標はガニエの学習成果の5分類に当てはめて分類されている	OK	ガニエの学習成果の5分類
	フィジビリティ	目標を達成できたかをチェックするテストが実装されているか	OK	メーガーの三つの質問 ガニエ9教授事象"学習の成果を評価" カークパトリックの4段階評価Lv2	
対象者 (入口)	ターゲット	開発者のターゲットユーザー設定	対象となる学習者の属性は特定できているか	OK	ADDIEモデル"A"
			想定する学習者の人数の上限は何人か (〇人～無制限)	10名程度	サーバ資源などの決定のため
			対象となる学習者について調査・分析を行い、学習者のニーズを把握しているか	OK	ADDIEモデル"A"
			学習に必要な前提条件が洗い出されているか	OK	ADDIEモデル"A"
			学習者は学習に対して、肯定的な態度か否定的な態度か (否定的) 1～5 (肯定的)	2~4	最適モデルにおけるインスタクショナルデザインp90
			学習者はeラーニングシステムの操作を容易に行えるだけのスキルを有しているか。	OK	レイヤーモデル (鈴木, 2006) レベル-1
	受講要件	事前取得単位	学習に必要な条件がユーザーにはっきりとわかるように示されているか。	OK	
		アセスメントツール	学習開始以前にユーザーの予備知識をアセスメントするツールが用意されているか	OK	前提テスト
			学習が必要な人だけが受講するしくみになっているか	OK	事前テスト

表3-5 遠隔教育の品質 チェックリスト①

次に、学習内容について表3-6にあるチェックリストを用いて確認を行った。本研究においてLTI規格やSCORM規格は用いていないのでここはNA(評価不能)とした。また、学習者との相互作用については教員とのやりとりを想定して判定を行った。それ以外の項目については合格であり、全体として学習内容には問題がないと判定した。

着目点			チェックポイント	評価	根拠	
学習内容	全体像	コースの位置づけ	他のコースとの関係が明示されているか	OK	eラーニング活用ガイド p91 (ラーニングデザイナー)	
			関係は図示されているか、説明文によるものか	OK	eラーニング活用ガイド p91 (ラーニングデザイナー)	
		自己管理学習	自分で履修状況を確認できるか	OK	成人学習	
			学習者自身で学習計画を立案することができるか	OK	成人学習	
	各コンテンツ	導入	学習者にとって興味をもつイントロになっているか	OK	ガニュエ9教授事象"注意の獲得" ARCS動機づけモデル"A"	
			何ができるようになるのか学習者に示されているか	OK	ガニュエ9教授事象"目標を知らせる" ARCS動機づけモデル"B"	
			前提となる知識が示されていて、少し頑張ればできそうだと感じられるか	OK	ガニュエ9教授事象"前提知識" ARCS動機づけモデル"C"	
		所要時間	開始前に所要時間をユーザーがイメージできるか	OK	成人学習	
			機能	情報提示を行っているか	OK	NGなら後半のチェックリストはNA
				相互作用の機能を有しているか	OK	NGなら後半のチェックリストはNA
		外部リソースを活用するか		OK	NGなら後半のチェックリストはNA	
		情報提示	どのような手段で相互作用を行うのか (テキスト/音声/動画)	テキスト	ガニュエ9教授事象"新しい事項の提示"	
			提示された情報について学び方・使い方などの指示があるか	OK	ガニュエ9教授事象"学習の指針"	
			練習する機会があるか	OK	ガニュエ9教授事象"練習の機会"	
			フィードバックを受ける機会があるか	OK	ガニュエ9教授事象"フィードバック"	
		相互作用	学習内容についての質問を受け付ける場は用意されているか	OK	eラーニング活用ガイド p91 (チューター)	
			通信環境が整っているか	OK	レイヤーモデル (鈴木, 2006) レベル1	
			学習内容で困ったときにサポートを求める連絡先はあるか	OK	レイヤーモデル (鈴木, 2006) レベル1 文献2 : p91 (チューター)	
			相互作用はどのように行うか (同期/非同期)	非同期		
			どのような手段で相互作用を行うのか (チャット/音声/動画)	メール		
	外部リソース接続	学習観点から見て必要かつ合理的な方法になっているか	OK	レイヤーモデル (鈴木, 2006) レベル0		
		リンク切れを起こしていないか	OK	レイヤーモデル (鈴木, 2006) レベル1		
		信用のおける情報源か	OK	レイヤーモデル (鈴木, 2006) レベル0		
		著作権などを侵害していないか	OK	レイヤーモデル (鈴木, 2006) レベル0		
		外部での学習記録を管理できるか (LTI規格等)	NA			
		学習観点から見て必要か	OK	レイヤーモデル (鈴木, 2006) レベル0		
	全般	コンテンツの学習内容は目標と矛盾していないか	OK	eラーニング活用ガイド p91 (ラーニングデザイナー)		
SCORMコンテンツとして開発を行っているか。		NA	eラーニング活用ガイド p91 (SCORM技術者)			
コンテンツが効果的、効果的になるように設計されているか		OK	eラーニング活用ガイド p91 (コンテンツクリエイター)			

表3-5 遠隔教育の品質 チェックリスト②

最後に、利用環境及び全般について表3-6にあるチェックリストを用いて確認を行った。FAQについては運用前で質問事項自体がないためNGと評価したが、それ以外のすべての項目に合格しており、本LMSにおいてその教育の品質は担保できていると判断した。

着目点		チェックポイント	評価	根拠	
利用環境	システム要件	履修に必要なシステム要件	ハードウェア要件、ソフトウェア要件は決められているか	OK	レイヤーモデル（鈴木, 2006）レベル-1
			システム要件は適切に表示されているか	OK	レイヤーモデル（鈴木, 2006）レベル-1
		システム要件の適切性	学習観点からみてシステム要件は合理的か	OK	レイヤーモデル（鈴木, 2006）レベル-1
			学習に寄与しない不必要な技術は使われていないか	OK	レイヤーモデル（鈴木, 2006）レベル-1
			時代遅れの技術は使われていないか	OK	レイヤーモデル（鈴木, 2006）レベル-1
			ユーザーは学習に必要なハードウェアを持っている若しくは入手可能であるか	OK	レイヤーモデル（鈴木, 2006）レベル-1
			何らかのダウンロードは必要か。その場合、ダウンロードの必要性やダウンロード先は明瞭に示されているか	OK	レイヤーモデル（鈴木, 2006）レベル-1
			システムをセットアップ・利用する際のユーザーマニュアルは存在するか。	OK	レイヤーモデル（鈴木, 2006）レベル-1
			ユーザーはセットアップを容易に行うことができるか	OK	レイヤーモデル（鈴木, 2006）レベル-1
			ユーザーとの間でデータ通信を遅延なく行えるか	OK	レイヤーモデル（鈴木, 2006）レベル-1
	UI（ユーザーインターフェース）は使いやすいか	OK	レイヤーモデル（鈴木, 2006）レベル-1		
		学習記録は安全に管理されているか	OK	個人情報保護	
	テクニカルサポート	サポートセンター	システムでトラブルが生じた時にサポートを求める連絡先はあるか	OK	レイヤーモデル（鈴木, 2006）レベル-1 情報システム管理者の観点から
		FAQ	FAQは用意されているか	NG	レイヤーモデル（鈴木, 2006）レベル-1
		全般	これらのサポート体制は適切か	OK	レイヤーモデル（鈴木, 2006）レベル-1
全般	実施前	特性評価	eラーニング以外の方法を検討した上でeラーニングを採用したか。	OK	
	LMS	学習履歴	管理者が学習者の学習履歴を解析する機能を有しているか	OK	最適モデルにおけるインストラクショナルデザイン
		レポート管理	学習者からのファイルの提出を受け付けられるか。また提出されたファイルを管理するしくみがあるか	NA	最適モデルにおけるインストラクショナルデザイン
		成績管理	学習者の成績を管理する機能を有しているか	OK	最適モデルにおけるインストラクショナルデザイン
	フィードバック	評価	学習終了時に、学習内容が満足であったか、改善点はないか、学習者から調査を行っている	OK	ガニエ9教授事象"保持と転移" p110
			学習終了後、学習者が学習内容を活用できる場が用意されているか	OK	ガニエ9教授事象"保持と転移"
			学習終了後、学習者の行動に変化があったか調査を行える体制になっている	OK	カークパトリックの4段階評価 Lv3
		フィードバック	学習によって、組織の目標が達成できたかを測定する手段を用意している	OK	カークパトリックの4段階評価 Lv4
			上記調査によって判明した課題を解決するための体制を有している	OK	ADDIEモデルのフィードバック
	その他	学習サポート体制	継続的に、eラーニングよりも優れた学習方法がないか検討しているか	OK	ADDIEモデルのフィードバック
		学習の継続について、相談する場が設けられているか	OK	eラーニング活用ガイド p91（チューター） 成人学習	

表3-5 遠隔教育の品質 チェックリスト③

以上のことから、本eラーニングシステムは遠隔教育の品質を満たしていると判断することができた。

## 第4章 形成的評価と改善

### 4.1 内容領域専門家（SME）による形成的評価

完成した教材に対し内容的な誤りが含まれていないか、内容領域専門家（SME）に確認をお願いした。内容領域専門家として、本学1年生に薬学基礎物理にて指数対数を教えている教員という条件で選別を行った。確認内容については図4-1に示す内容領域専門家用チェックシートに示した内容を確認してもらい、確認のチェックシートに記載してもらうことで記録を取った。チェックシートに含まれない部分ではインタビューで自由意見を述べてもらった。また、完成した問題及び、教える順序に問題がないかについては、課題分析図を提示し確認してもらった。チェックシートの結果を図4-1に示す。不適切と言える内容は無く、問題として成立している旨のコメントを頂いた。また課題分析図をもとに教える順序などについて意見交換を行ったところ、教える順序については特に問題は無いとの意見を頂いた。

チェック項目：

教材の構造について

- |                              |     |
|------------------------------|-----|
| (1) 教材の区切った場所は適切であったか。       | Yes |
| (2) 学習順序は適切であったか。            | Yes |
| (3) 一度にあまりにも多くのことを教えていなかったか。 | Yes |

演習問題について

- |                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| (1) この分野の問題として <b>不適切な</b> ものがあったか。 | No |
| (2) 問題に誤りや <b>ひっかけ</b> のようなものがあったか。 | No |
| (3) 難易度は適切であったか。                    |    |

\* 目安として、対数指数を学んだことがない学習者でも1題30秒以下で解ける程度

・ 高すぎる ・ やや高い ・ **ちょうどよい** ・ やや低い ・ 低すぎる

最終問題について

- |                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| (1) 目標に到達できたかを確認できるものであったか。         | Yes |
| (2) 演習問題には <b>含まれていない</b> 内容があったか。  | No  |
| (3) 問題に誤りや <b>ひっかけ</b> のようなものがあったか。 | No  |

図4-1 内容領域専門家用チェックシート及び解答

インタビューにて自由回答をいただいたところ、問題文にある「ある数」という表現は誤りではないものの抽象的すぎるので、Xという文字にした方が望ましいとのコメントを頂いた。また、日本語で説明するよりも数式などを使った方が短くて簡便なので学生に伝わりやすいのではないかという意見があった。それ以外の指摘として、対数の大小関係のところについては底が1より大きいか否かで不等号の向きが変わるので、そこは明確にした方がよいとのことだった。

事前および事後テストの内容についても確認を取ってもらったが、この内容であれば全てを網羅できているので特に問題は無いとのことであった。

その他、授業時間では細胞分裂といった題材を使って、指数対数による概数（桁数）の計算を行わせているが、具体的な計算方法までは十分に時間が取れていないので、このような補うための教材は有効であるとの意見を頂いた。

インタビューを受け、指摘をいただいたXという文字表現、日本語を使わず公式で説明した方が良いのではないかという意見については、このままとし、学習者からの見解をもとに判断することとした。対数の大小関係については、薬学部ではほとんど常用対数と自然対数しか使わないことから、これらのみの演習とし、底の数が1より小さい場合については割愛することとした。



## 4.2 本学学生による形成的評価

A大学の「人を対象とする研究倫理審査」の承認を得た後、12月に薬学部1年生の中から希望者を募ったところ、5名の1年生が参加希望を表明した。参加希望者には都合がつく時間に来てもらい、個別にガイダンスを行った。研究内容の説明および同意を得た後に、参加者本人にしか分からないようにランダムでPC01からPC05までのID（整理番号）を付与して個人情報の匿名化を行った。以降、参加者のことはPC01～PC05と呼称する。

### 4.2.1 参加者の教材使用前の動機づけの状況について

まず初めに、動機づけに関するアンケートに答えてもらい、学習者の現在の動機づけの状況について調査を行った。アンケートの内容を図4-2に示す。外的調整（Q2-1、Q2-5、Q2-9）、取り入れ的調整（Q2-2、Q2-6、Q2-10）、同一化的調整（Q2-3、Q2-7、Q2-11）、内発的動機づけ（Q2-4、Q2-8、Q2-12）について3問ずつ計12問の設問があり、それぞれ、あてはまる：5～あてはまらない：1の5段階評価にて回答を行ってもらった。アンケートを回収後、各要素ごとに集計し15点満点でそれぞれの動機づけの強さについて評価を行った。

アンケートの結果を図4-3に示す。それぞれの質問において3が中間を表していることから、集計した後の値が9より大きければ、比較的その要素は動機づけが高く、9未満であれば動機づけが低いものと考えられる。内発的動機づけが高いのはPC01、PC02、PC05の3名だが、PC01は取り入れ的調整、同一化的調整、内発的動機づけの3要素が高い一方、PC02およびPC05に関しては内発的動機づけのみ高く、取り入れ的調整、同一化的調整、外的調整は低いことが明らかとなった。PC03やPC04に関しては、PC03は同一化的調整が高く、PC04は外的調整や取り入れ的調整が高い傾向があることが明らかとなった。動機づけに関しては大小様々なタイプの学生が希望してくれているので、形成的評価を十分行うことは可能であると考えられる。

教材使用前アンケート

- Q1 あなたの整理番号を記入してください。
- Q2 あなたの学習状況について5段階でお答えください。
- Q2-1 勉強をしないとまわりがうるさいから勉強する。
- Q2-2 勉強で友達に負けたくないから勉強する。
- Q2-3 将来の成功につながるから勉強する。
- Q2-4 問題を解くことが面白いから勉強する。
- Q2-5 成績が下がると怒られるから勉強する。
- Q2-6 勉強することは大切なことだから勉強する。
- Q2-7 勉強ができないと惨めな気持ちになるから勉強する。
- Q2-8 自分が勉強したいと思うから勉強する。
- Q2-9 友達にバカにされたくないから勉強する。
- Q2-10 勉強するのは規則のようなものだから勉強する。
- Q2-11 勉強するということは大切なことだから勉強する。
- Q2-12 難しいことに挑戦することが楽しいから勉強する。

以上です。ありがとうございました。

図4-2 動機づけに関するアンケート

	PC01	PC02	PC03	PC04	PC05
外的調整	3	5	7	12	3
取り入れ的調整	11	8	9	11	9
同一化的調整	11	9	10	8	9
内発的動機づけ	14	12	8	6	14

図4-3 事前アンケート結果 (15点満点)

#### 4.2.2 参加者の教材使用前の学力について

続いて、事前テストとして図3-Xと図3-Xにある指数と対数の問題を筆記にてそれぞれ22問ずつ解いてもらったところ、それぞれ、図4-4、図4-5に示す結果になった。

指数			PC01	PC02	PC03	PC04	PC05
問1	(1)	Q1	×	○	○	○	○
	(2)	Q2	○	○	○	○	○
	(3)	Q3	×	○	×	○	○
問2	(1)	Q4	×	○	○	○	○
	(2)	Q5	×	○	○	○	○
	(3)	Q6	○	○	○	○	○
	(4)	Q7	○	○	○	○	○
問3	(1)	Q8	×	×	×	×	○
	(2)	Q9	○	×	×	×	○
	(3)	Q10	×	×	×	×	○
	(4)	Q11	○	×	○	○	○
	(5)	Q12	×	×	×	○	×
問4	(1)	Q13	×	×	×	×	○
	(2)	Q14	×	×	○	×	×
	(3)	Q15	×	×	×	×	○
	(4)	Q16	×	×	○	×	×
問5	(1)	Q17	×	×	○	○	○
	(2)	Q18	×	×	×	×	×
問6	(1)	Q19	×	○	×	○	○
	(2)	Q20	×	○	○	○	○
	(3)	Q21	×	×	×	○	○
	(4)	Q22	○	○	○	○	○
得点			6	10	12	14	18
時間 (分:秒)			15:19	15:08	15:00	15:00	15:00

図4-4 事前テスト（指数）の結果

対数			PC01	PC02	PC03	PC04	PC05
問1	(1)	Q1	○	○	○	○	○
	(2)	Q2	○	○	○	○	○
	(3)	Q3	×	×	○	×	×
問2	(1)	Q4	○	○	○	○	○

	(2)	Q5	○	○	○	○	○
	(3)	Q6	○	×	×	○	○
	(4)	Q7	○	×	○	○	○
	(5)	Q8	○	×	○	○	○
	(6)	Q9	○	×	×	○	○
問3	(1)	Q10	×	×	○	○	×
	(2)	Q11	×	×	○	○	×
	(3)	Q12	○	×	○	○	○
問4	(1)	Q13	×	×	×	×	×
	(2)	Q14	○	×	×	○	○
	(3)	Q15	×	○	○	○	×
	(4)	Q16	×	×	×	×	○
	(5)	Q17	×	×	×	×	×
	(6)	Q18	×	×	×	○	×
問5	(1)	Q19	×	×	×	○	○
問6	(1)	Q20	×	○	×	×	×
	(2)	Q21	×	×	○	×	×
問7	(1)	Q22	×	×	×	×	×
得点			10	6	12	15	12
時間 (分：秒)			09:59	06:16	14:55	14:19	14:47

図4-5 事前テスト（対数）の結果

事前テストにおいて皆満点は取れていないことから、PC01 から PC05 の 5 名とも教材使用の適格者であると判断できた。この 5 名に形成的評価をお願いすることとし、全員に e ラーニングシステムへのログイン方法を伝え、最初の問題集で操作方法の確認を行い、一通りの操作法について習熟してもらった後、学習に取り掛かってもらった。

#### 4.2.3 各参加者の学習状況について

各参加者について学習日時をアクセス回数から解析したところ、PC01については、図4-6に示す通り、学習初日に指数の演習問題をすべて終わらせ、対数分野についても、11日目、12日目で全てを終わらせて最終テスト（事後テスト）まで行っていた。PC02は図4-7に示す通り、10日目に学習を行い、指数分野のおよそ3分の1を終わらせていたものの、その後の取り組みは限定的であり、大きな進捗は見られなかった。PC03は図4-8より、指数分野を1日目、3日目、5日目、6日目、9日目に行い演習問題を終わらせ、対数分野を8日目、9日目で行っていた。その後、期間は空いたものの、29日目、30日目で指数及び対数の残りすべてと事後テストを完了させていた。PC04は1日目、3日目、6日目、9日目に指数の学習を行い、ほぼ半分を終わらせていた。その後22日に一気に取り掛かって全ての学習を終わらせていたことが図4-9より明らかとなった。最後にPC05は図4-10に示す通り、1日目、その後、5日目、6日目に学習を行い、指数の演習問題の半数を終わらせていた。その後、26日目に指数の残りの部分に取り掛かっていた。この結果から、学習者はまとめて学習する傾向があり、学習する日は散発的になっていることから、連続ログインについて改善する必要があることが伺えた。

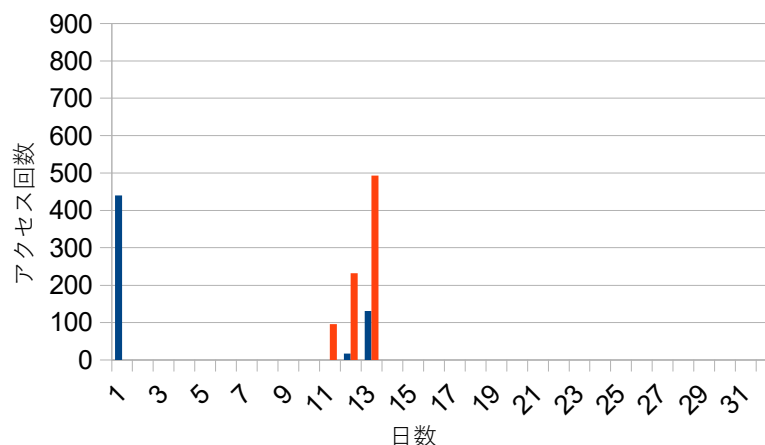


図4-6 PC01のeラーニングシステムへのアクセス状況

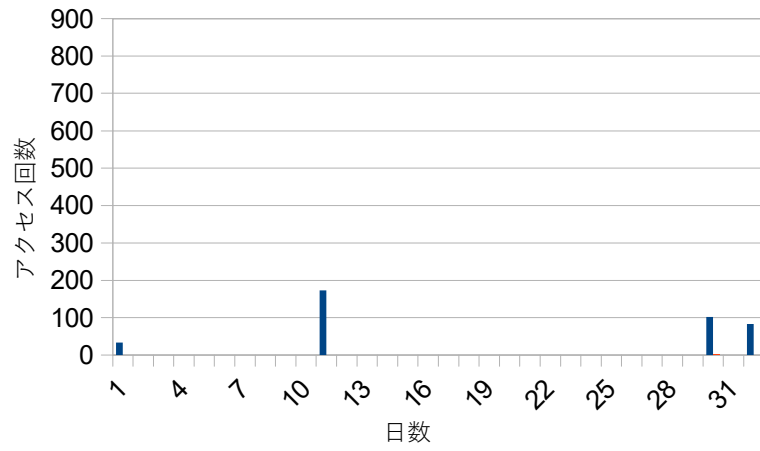


図4-7 PC02のeラーニングシステムへのアクセス状況

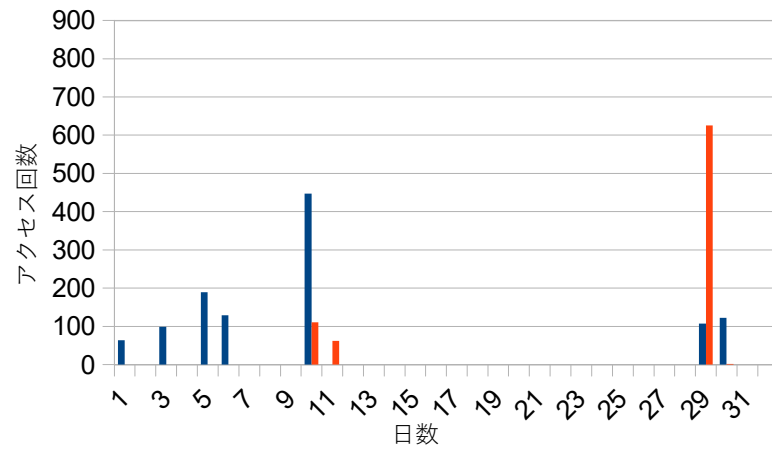


図4-8 PC03のeラーニングシステムへのアクセス状況

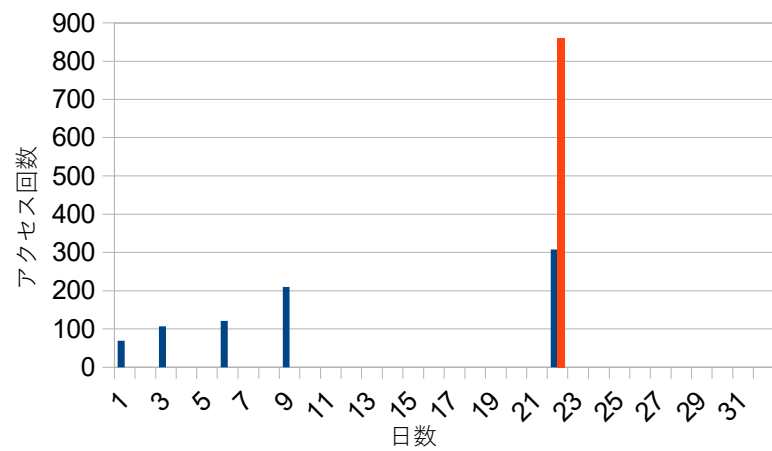


図4-9 PC04のeラーニングシステムへのアクセス状況

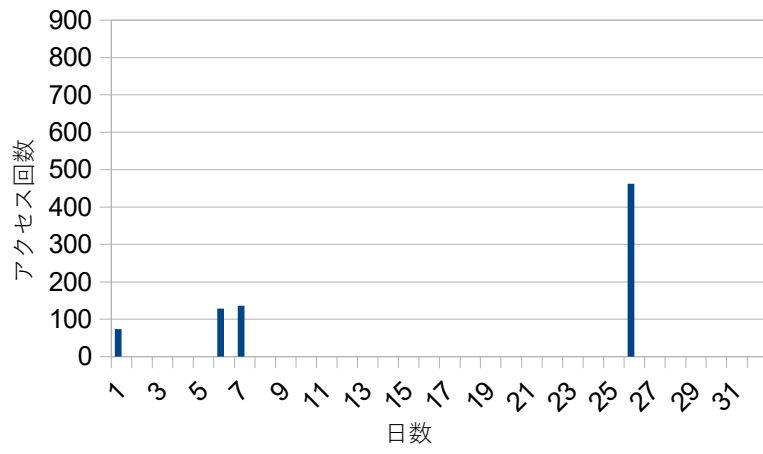


図4-10 PC05のeラーニングシステムへのアクセス状況



#### 4.2.4 参加者の教材使用後の学力について

本eラーニングシステムでは、最終テストで事前テストと同じ内容の22点満点の事後テストを行う形式となっており、最終テスト自体は学習中のどのタイミングでも自由に受験できるようになっている。観測を行ったおよそ1カ月の間に参加者5名のうち各分野の学習が終わったものから順に最終テストの受験をはじめており、指数の最終テストは4名、対数の最終テストは3名が受験していた。事前と事後の結果を図4-11、図4-12に示す。

指数分野	pre-test	post-test
PC01	6	22
PC02	10	---
PC03	12	22
PC04	14	22
PC05	18	15
平均	12	20.3

(---は未受験)

図4-11 指数分野の事後テストの結果

対数分野	pre-test	post-test
PC01	10	22
PC02	6	---
PC03	12	22
PC04	15	22
PC05	12	---
平均	11	22

(---は未受験)

図4-12 対数分野の事後テストの結果

事後テストの結果は、指数分野においては受験者4名中3名が22点満点を獲得しており、対数分野においても、受験した3名全員が22点満点を獲得していた。このことから、最後まで取り組むことによって到達目標に至れることが示されたが、PC02は指数の第5章までで止まっている他、PC05は対数には手を付けていない状態であることから、この部分について、次に促すための改善の余地があることが示唆された。

#### 4.2.5 教材使用後の参加者からの評価

本教材による学習を行っている A 大学薬学部 1 年生 5 名に対して 1 月にアンケートを実施した。アンケートの内容は、図 4-13 の通りである。

##### 教材使用後アンケート

- Q1 あなたの整理番号を記入してください。
- Q2 教材に取り組んで以下の点はどう感じましたか。5 段階でお答えください。
- Q2-1 この教材では教材の進め方について、私たちにある程度の選択の自由が与えられていた。
- Q2-2 この教材ではプレッシャーを感じずに勉強することができた。
- Q2-3 この教材に興味は持てましたか。
- Q2-4 この教材はやってみようと思える内容でしたか。
- Q2-5 この教材で指数の計算ができるようになりましたか。
- Q2-6 この教材をやって良かったと思えましたか。
- Q3 この教材の良かったところを、2 つ以上お答えください。
- Q4 この教材の改善したほうがよいところを、2 つ以上お答えください。
- Q5 あなたの学習状況について 5 段階でお答えください。
- Q5-1 勉強をしないとまわりがうるさいから勉強する。
- Q5-2 勉強で友達に負けたくないから勉強する。
- Q5-3 将来の成功につながるから勉強する。
- Q5-4 問題を解くことが面白いから勉強する。
- Q5-5 成績が下がると怒られるから勉強する。
- Q5-6 勉強することは大切なことであるから勉強する。
- Q5-7 勉強ができないと惨めな気持ちになるから勉強する。
- Q5-8 自分が勉強したいと思うから勉強する。
- Q5-9 友達にバカにされたくないから勉強する。
- Q5-10 勉強するのは規則のようなものなので勉強する。
- Q5-11 勉強するということは大切なことだから勉強する。
- Q5-12 難しいことに挑戦することが楽しいから勉強する。

以上です。ありがとうございました。

図 4-13 事後アンケートの質問項目

質問紙の中で教材に関して、デシの自己決定理論における自律性（Q2-1、Q2-2）、有能性（Q2-5）、ARCSモデルにおける注意（Q2-3）、関連性（Q2-4）、自信（Q2-5）、満足感（Q2-6）について、Q5では事前アンケートで調査した外的調整、取り入れの調整、同一化的調整、内発的動機付けについての観点から、あてはまる：5～あてはまらない：1の5段階評価にて回答を行ってもらった。5名のうち学習をすべて終えたPC01とPC03の2名から回答を得ることができた。回答結果を以下にまとめる。

#### （1）教材に対する評価

教材について図4-14にまとめた。全ての項目で4以上の回答が得られていた。

質問項目	PC01	PC03
Q2-1 この教材では教材の進め方について、私たちにある程度の選択の自由が与えられていた。	5	4
Q2-2 この教材ではプレッシャーを感じずに勉強することができた。	5	4
Q2-3 この教材に興味は持てましたか。	5	5
Q2-4 この教材はやってみようと思える内容でしたか。	5	5
Q2-5 この教材で指数の計算ができるようになりましたか。	5	4
Q2-6 この教材をやって良かったと思えましたか。	5	5

図4-14 教材に関するアンケート結果

また、この教材の良かったところをについて指摘してもらったところ、以下の回答が得られた。

- ・基礎から学ぶことが出来た。
- ・段階的に学ぶことで着実に力になった。
- ・指数から広げて学べたので関連がよく分かった。
- ・最終テストがあることで身につけていたのが分かり嬉しかった。

この教材の改善したほうがよいところについて指摘してもらった結果は以下のとおりである。

- ・公式等も一緒に穴埋め形式で学べたらいいと思った。
- ・間違えた問題だけ繰り返せるとやりやすくなると思う。
- ・言葉の定義などが知りたかった(常用対数など)。

- ・公式も合わせて覚えたい。

未回答者もいるため回答者に限定された結果ではあるものの、質問 Q2-1、Q2-2 の回答で平均 4.5 となっているから本教材は自律性が高いことが、また同様に質問 Q2-5 においても平均 4.5 であることから有能性を高めていることが示され、内発的動機づけを醸成する要素が機能していることが示された。ARCS モデルの各要素についても全ての項目で 4 以上の回答が得られており、学習への動機づけが行われている教材であることが示唆された。

## (2) 学習者自身の動機づけ

事前アンケートと同一項目で動機づけの状況について回答してもらい、事前アンケートと同様に各動機づけについて集計したところ、図 4-15 の結果が得られた。

	PC01	PC03
外的調整	5	8
取り入れ的調整	11	8
同一化的調整	11	12
内発的動機づけ	15	8

図 4-15 動機づけに関するアンケート結果

PC01 に関しては、外的調整に 2 ポイント、内発的動機づけは 1 ポイントの上昇がみられた。PC03 に関しては外的調整が 1 ポイント、同一化的調整に 2 ポイントの上昇がみられた一方、取り入れ的調整が 1 ポイント低下した。先の結果では内発的動機づけを高める自律性、有能性について高い値を示していたことを示したが、内発的動機づけを大きく高めるところまで十分に至っておらず、自律性、有能性から内発的動機づけを高めるための方略に更なる改善が必要であることが明らかとなった。

#### 4.2.6 参加者の教材使用後の感想についてインタビュー

本教材による学習を行っている A 大学薬学部 1 年生 5 名に対して、インタビューを求めたところ PC03 が応じてくれた。

まずは本 e ラーニングシステムで導入したプラグインのについて使用感を尋ねたところ、連続ログイン機能はスマホでは画面が小さく表示されなかったものの iPad のときは見ることができたとのことであった。連続ログイン機能の画面は見ることで達成感が得られ続けようという気になったが、これを目当てに積極的にログインしようとはまでは思わずあるといいかな程度であるとのことだった。次にランキング機能については、結果として自分が上位になるとうれしいのであってもいいけど、競い合おうとは思わなかったとのことであった。最後に完了率を円グラフで表す仕組みについては、どこまで進んだかが分かり、残りをやろうという気になってとても役立ったという回答が得られた。また、各所に入れたキャラクターなどについては、殺風景にならずかわいいので良かったとのことだった。さらにキャラクターが選べたり、着せ替えができたりすると良いとの意見が得られた。

続いて、教材の内容について尋ねたところ、問題の分量は過不足はなくちょうどいいとのことだった。問題の形式として選択問題が多かったので、数値入力式の問題があると計算をメモ書きしたりより腰を据えて取り組める気がするとのことだった。問題の内容として数式を日本語で理解させることについては、教科書よりやりやすく、自分の中にしみこみやすい感じがしたとのことであった。できれば教科書の公式にあてはめてもらえると、もっとすっきりとするとのことであった。

その他、学習をやめるタイミングについて聞いたところ、2 と 3 つ演習をやると満足する感じで、章の切れ目くらいでやめるとのことだった。また、ストーリーなどを入れてもっとゲームらしくすることについては、自分は普段ゲームをしないので、あまりゲームになっても勉強している気がしなくなってしまう、自分としてはこのくらいがちょうどよかったとのことであった。改善してほしい点としては、間違った問題だけをやる機能があると嬉しいとのことであった。

また、この教材を使って指数対数を学んだことで、他の科目の定期試験で出題された指数対数の問題が全てできたとのこと、他の分野として微分積分をやってみたいとのことであった。

以上より、本教材で学ぶことで指数対数について理解を深め、他でも使えるようになっており、高い満足感が得られたことが確認できた。ただ、高校で学習した公式への結びつ

きが十分でないという点が指摘されたため、教材の改善の方向として、日本語による数式理解で公式の仕組みが理解できるような問題を追加することが必要であるという示唆を得た。

## 第5章 考察

### 5.1 形成的評価の結果についての考察

#### 5.1.1 動機づけと学習完遂ことの関連性について

本eラーニングシステムは、どの段階の動機づけの学習者に向いているのか、以下に事前アンケートの結果を再掲する。今回学習を終えていないPC02とPC05はともに内発的動機づけのスコアのみが高かった。しかしながら、学習を終わらせたPC01、PC03、PC04のうち、PC01も内発的動機づけは高かったことから、内発的動機づけの強さが学習の完遂の決め手とは考えにくい。また同様に、学習の完遂に外的調整の強さの影響は認められなかった。今回の結果からは、本ラーニングシステムでは取り入れ的調整や同一化的調整のスコアが高いものが学習を終了している傾向が見られた。本システムでは構造的ゲーミフィケーションを取り入れていることから、外発的動機づけを刺激したことがこの結果につながっていることが示唆される。

	PC01	PC02	PC03	PC04	PC05
外的調整	3	5	7	12	3
取り入れ的調整	11	8	9	11	9
同一化的調整	11	9	10	8	9
内発的動機づけ	14	12	8	6	14

図4-3 事前アンケート結果（15点満点）（再掲）

#### 5.1.2 学習ペース

5名の学習記録を見ると、実施日時は飛び飛びになっているものの、1回あたりの演習量が多いことから、1回始めると連続して練習問題を解いていることが明らかとなった。このことから、一度取り掛かるとやりたくなる仕組みが機能して連続して学習に取り組むことが示唆された。これは「想起練習」の効果により、問題を解くことで次の問題も解けるようになり、次から次へと続けたいという効果が得られているものと考えられる。



### 5. 1. 3 教材学習による動機づけの変化

本教材と動機づけの関連性については、今後のデータ次第であるものの、一番早く終えたPC01は事前アンケートの結果で、内発的動機づけが高い学生であったが、同程度の内発的動機づけを有しているPC05及び、他の参加者と比較してみた場合、同一化的調整の値が最も高いところが、他との動機づけとの違いとして挙げられる。この結果と先の結果を合わせて本教材は同一化的調整の高い学習者に対して親和性が高いことが予想される。

### 5. 1. 4 eラーニングシステムにおける各機能

この「想起練習」については、今回の教材で公式などを直接提示することはなかったが演習を通じて、事後テストにて問題を解くことができたことから、天下りで公式を学ばなくても、本教材のように自ら規則性を導くことで学習を行うことができることが示された。

連続ログインについては、今回の教材はまとめて学習することで、数日～1週間程度で終了する内容であったため、学習を完了した学生の述べ学習日数をみると数日の学習であり、毎日の習慣づけがなされるよりも前に終わっているため、ある程度日数が貯まらないと効果が現れにくい「連続ログイン」の影響は見えにくいものと思われる。

また、ランキングについては、特定の3名がランキングを競い合うように演習を繰り返しており、この3名は同時期に参加表明して顔見知りであることから、ランキングによってお互いの様子を知ること、お互いに対して競い合う、あるいは助け合っていた可能性も考えられた。しかしながら、インタビューにて競い合ったり意識することはなかったとの回答であったので、今回はそのような効果はなかったと思われる。ただ、ランキングを活用してお互いを励ましあうというのは、デシの自己決定理論の関連性を醸成する行動であり、内発的動機づけに有用であると考えられることから、教材の活用方法として取り入れることで、改善につながることが考えられた。

## 第6章 まとめ

### 6.1 今後の課題と展望

今回、本学学生による形成的評価を行ったところ、現時点で学習を完遂した学生1名について、事前テストが22点満点中、指数が6点（平均点12点）、対数が10点（平均点11点）であったものが、事後テストにおいてはともに22点満点となり、教材の完遂によって学習効果があがっていることが確認できた。また、学習の履歴を解析したところ、1回の学習でいくつもの問題集を連続して解いているものが複数おり、ゲーミフィケーションの効果によって、1回学習を始めるとついやり続けたいことが示唆された。このように本研究において、eラーニング教材にゲーミフィケーション要素を取り入れることによって、学習意欲をより惹起できることが示されるとともに、学習効果の向上への寄与につながる事が明らかとなり、一定の成果を示すことができた。

ただ、今回の対象者は希望者であり、事前アンケートでも比較的学習意欲が高い者が対象となっていたことも考えられるので、今後は、補習対象となる学習意欲が低いものに対しても研究を展開していきたい。

また、形成的評価に参加してくれたの中から、他の分野でもやって欲しいという意見があった。本研究を行ったものとしてこの上ない賛辞であり、学習者からのニーズの高さが伺われる。他の科目でも教材を作成し、より幅広い学習環境を整えてることさらなる研究の発展を進めていきたい。

## 参考文献

- 1) 文部科学省 中央教育審議会. (2023) 18歳人口と高等教育機関への進学率等の推移. [https://www.mext.go.jp/content/20201126-mxt\\_daigakuc02-000011142\\_9.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20201126-mxt_daigakuc02-000011142_9.pdf) (参照日 2023.12.30)
- 2) Trow, Martin, 天野郁夫・喜多村和之訳 (1976) 高学歴社会の大学—エリートからマスへ—. 東京大学出版会, 東京 pp.65
- 3) 岩永雅也. (1999) 大学のユニバーサル化とエリート教育. 高等教育研究. 第2集 pp. 65-84
- 4) 文部科学省 中央教育審議会. (2023) 中央教育審議会 (第137回) 参考資料集. [https://www.mext.go.jp/content/20231010-mxt\\_soseisk02-000030032\\_3.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20231010-mxt_soseisk02-000030032_3.pdf) (参照日 2023.12.30)
- 5) 文部科学省 中央教育審議会. (2004) 我が国の高等教育の将来像 (中間報告). [https://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/attach/1397602.htm](https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/attach/1397602.htm) (参照日 2023.12.31)
- 6) 日本リメディアル教育学会 (2019) 「リメディアル教育」の定義. <http://www.jade-web.org/guidance/definition.html> (参照日 2023.12.31)
- 7) 小笠原正明. (1996) リメディアル教育の動向 高等教育ジャーナル (北大), 第1号, pp. 54-56
- 8) 岡田弥生、廣井直樹、佐藤二美. (2016) 医療系分野におけるリメディアル教育の必要性, およびその問題点. リメディアル教育研究. 第11巻第2号, pp. 197-200
- 9) 文部科学省. (2013) 薬学教育モデル・コアカリキュラム 平成25年度改訂版,

[https://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chousa/koutou/058/gijiroku/\\_icsFiles/afieldfile/2014/11/10/1352956\\_2.pdf](https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/koutou/058/gijiroku/_icsFiles/afieldfile/2014/11/10/1352956_2.pdf) (参照日 2023.1.10)

- 10) Keller, K. M. (2010) 学習意欲をデザインする. 北大路書房 京都
- 11) 永瀬美帆. (2003) 密度概念の質的理解の発達. 教育心理学研究, 51 巻 3 号, pp. 261-272
- 12) 野田勇太、森藤義孝. (2007) 教員志望学生における力学概念の質的理解に関する基礎的研究. 科教研報, Vol. 23 No. 2, pp. 61-66
- 13) 島田 英昭、三和 秀平. (2020) 動機づけ理論からみたオンライン学習の継続性. コンピュータ&エデュケーション 49 巻. pp. 27-33
- 14) 浅井 康貴、江木 啓訓. (2017) LMS の学習履歴を用いて外発的動機づけを促進する機能の開発. 情報処理学会 第 79 回全国大会講演論文集 1. pp. 935 – 936
- 15) Deci, E. L. (1971) The Effects of Externally Mediated Rewards on Intrinsic Motivation. *Journal of Personality and Social Psychology* **18**(1), pp. 105-115
- 16) 藤本徹. ( ) シリアスゲーム・ゲーミフィケーションとその関連概念の変遷過程の考察. 日本デジタルゲーム学会 第 13 回年次大会 予稿集 pp.83-86
- 17) Reigeluth, C. M. et al. (2020) 学習者中心の教育を実現するインストラクショナルデザイン理論とモデル. 北大路書房 京都
- 18) サイトウ・アキヒロ. (2013) ビジネスを変える「ゲームニクス」. 日経 BP 東京

## 謝辞

本研究に取り組むにあたり、ご指導いただいた熊本大学大学院教授システム学専攻の喜多敏博先生、戸田真志先生に深く感謝申し上げます。

特に主指導教員としてご指導いただいた喜多先生には、折々ごとにオンラインや対面などで直接お話をするお時間を作っていただき、毎回熱心なご指導をいただきました。なかなか研究が進まない中でも、暖かい叱咤激励をしていただき、研究への後押しをいただけたこと、深く感謝申し上げます。また、副指導としてご指導いただいた戸田先生からは、研究に対する前向きな姿勢を学ばせていただきました。厚くお礼申し上げます。また、熊本大学大学院教授システム学専攻の先生方には、オプションと呼ばれる合宿時では、ざっくばらんに貴重なアドバイスをいただき、とても良い刺激となりました。この謝辞をもって、熊本大学大学院教授システム学専攻の先生方と同窓生の皆様へ感謝申し上げたいと存じます。

また、本研究を進めるにあたり設計した教材に関する専門家レビューをいただいた扶川武史先生、および研究に快く参加してくれた学生達にも心より感謝申し上げます。

末筆になりますが、入学前から日々の学習を進める上で陰日向となくサポートしてくれた家族一同に最大限の感謝を述べ、本論文の謝辞といたします。

## 第7章 付録

付録A プラグイン (block\_login\_info) のプログラム (網掛け部分は変更点)

block\_login\_info.php

```
<?php
```

```
// This file is part of Moodle - http://moodle.org/
```

```
//
```

```
// Moodle is free software: you can redistribute it and/or modify
```

```
// it under the terms of the GNU General Public License as published by
```

```
// the Free Software Foundation, either version 3 of the License, or
```

```
// (at your option) any later version.
```

```
//
```

```
// Moodle is distributed in the hope that it will be useful,
```

```
// but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of
```

```
// MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the
```

```
// GNU General Public License for more details.
```

```
//
```

```
// You should have received a copy of the GNU General Public License
```

```
// along with Moodle. If not, see <http://www.gnu.org/licenses/>.
```

```
/**
```

```
*
```

```
* @package block_login_info
```

```
* @copyright 2023 Tomoteru SHINGAKI
```

```
* @license http://www.gnu.org/copyleft/gpl.html GNU GPL v3 or later
```

```
*/
```

```
require_once 'login_info_lib.php';
```

```

class block_login_info extends block_base {
    function init() {
        $this->title = get_string('pluginname', 'block_login_info');
    }

    function get_content() {
        global $CFG;
        if ($this->content !== NULL) {
            return $this->content;
        }

        $this->content = new stdClass;

        $obj = new login_info_lib();
        $message = $obj->getMessage();

        $base_url = $CFG->wwwroot.'/blocks/login_info/';

        $d_obj = core_useragent::instance();
        $device = $d_obj->get_device_type();
        $jquery = <<<JQ
<script type="text/javascript" src="{ $base_url}js/jquery.js"></script>
JQ;
        if( ($device == 'mobile') || ($device == 'tablet') ) $jquery = ";

        $this->content->text = <<< HTML
        <!-- ThickBox 3 -->
        {$jquery}
        <script type="text/javascript" src="{ $base_url}js/thickbox/thickbox.js"></script>
        <link rel="stylesheet" href="{ $base_url}js/thickbox/thickbox.css" type="text/css"

```

```

media="screen" />
<link rel="stylesheet" href="{base_url}style.css" type="text/css" media="all" />
<!-- /ThickBox 3 -->
<div id="log_meg_small">
<a      href="#TB_inline?height=200&width=300&inlineId=mycontent&modal=true"
class="thickbox">

{$message}</a>
</div>
<div id="mycontent">
<p>
<div id="msg">
{$message}
</div>
</p>
<div id="myclose">
<input type="submit" value="close" onclick="tb_remove()" />
</div>
</div>
HTML;
    $this->content->footer = "";
    return $this->content;
}
}
?>

```

図 3 - X block\_login\_info.php のソースコード（灰色部分が修正部分）



```

login_info_lib.php
<?php
// This file is part of Moodle - http://moodle.org/
//
// Moodle is free software: you can redistribute it and/or modify
// it under the terms of the GNU General Public License as published by
// the Free Software Foundation, either version 3 of the License, or
// (at your option) any later version.
//
// Moodle is distributed in the hope that it will be useful,
// but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of
// MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the
// GNU General Public License for more details.
//
// You should have received a copy of the GNU General Public License
// along with Moodle. If not, see <http://www.gnu.org/licenses/>.

/**
 *
 * @package block_login_info
 * @copyright 2023 Tomoteru SHINGAKI
 * @license http://www.gnu.org/copyleft/gpl.html GNU GPL v3 or later
 */

class login_info_lib{

protected function getLastLoginTime(){
    global $USER,$DB;

    $ret = $DB->get_record('user',array('id'=>$USER->id));

```

```

return $ret;
}

function getMessage(){
    global $USER;

    if(!isset($USER)) return get_string('nologin','block_login_info');

    $ret = $this->getLastLoginTime();
    if($ret === false) return get_string('nologin','block_login_info');

    $period = ($ret->lastlogin == 0)? 0:$ret->lastaccess - $ret->lastlogin;

    if($period < 0) return "error";

    //first access
    $a = new stdClass;
    $a->lastname = $USER->lastname;
    $a->firstname = $USER->firstname;
    if($period == 0) return get_string('firstaccess','block_login_info',$a);

    //0day(<= 36 hr)
    if($period <= 129600) return "今日も連続してアクセスしてくれてありがとう。";

    //1day
    if($period <= 172800) return "少しあいちゃったね…今日から頑張っていこう！";

    //2day
    if($period <= 259200) return "毎日アクセスしてくれると嬉しいです。";

```

```

//3day
if($period <= 345600) return "今日から頑張っていこう！";

//4day
if($period <= 432000) return "しばらくあいちゃったね。毎日アクセスしてくれると嬉しいです。";

//5day
if($period <= 518400) return "あまり間隔をあげないで勉強しましょう。";

//1week
if($period <= 604800) return get_string('weekaccess','block_login_info');

//1month
if($period <= 2592000) return get_string('monthaccess','block_login_info');

//other
return get_string('dummyaccess','block_login_info');
}
}

```

図 3 - X login\_info\_lib.php のソースコード（灰色部分が修正部分）

## 付録B 教材に使用した問題

### 指数編

#### 第1章 繰り返しの掛け算の表し方、指数

<到達目標>  $a^b$  の意味を日本語で説明できる

指数の書き方を覚えよう

##### 01-01 指数の書き方（1）

□に当てはまる数値を下の選択肢の中から一つ選びましょう。

$$2 \times 2 \times 2 \times 2 = 2^{\square}$$

【選択肢】

2

3

4

5

##### 01-02 指数の書き方（2）

□に当てはまる数値を下の選択肢の中から一つ選びましょう。

$$3 \times 3 \times 3 = 3^{\square}$$

【選択肢】

2

3

4

5

##### 01-03 指数の表記のしかた

下の数式が正しくなるように組み合わせてください。

\*左の四角をクリックすると選択肢が出てくるよ！正しいものを選んでね。

$$5^4 = \square$$

$$4^3 = \square$$

$$4^5 = \square$$

【選択肢】

$$5 \times 5 \times 5 \times 5$$

$$5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5$$

$$4 \times 4 \times 4$$

$$4 \times 4 \times 4 \times 4$$

$$4 \times 4 \times 4 \times 4 \times 4$$

01-04 指数って何？

次の文の空欄を埋めてみましょう。

$7 \times 7 \times 7 \times 7 \times 7 \times 7 \times 7 \times 7$  のような繰り返しの掛け算を表すのに、 $7^8$  と掛けた回数（8回）を右上に書くと簡単だが、このときの8を□という。

【選択肢】

指数

分数

小数

01-05 指数はどれ？

$20^5$  の中にある指数の数字はどれ？

【選択肢】

0

2

5

01-06 日本語でイメージしてみよう

$9^{10}$  の意味を表した文章はどれでしょうか。

【選択肢】

10回掛けると9になる数

10を9回掛けた数

9回掛けると10になる数

9を10回掛けた数

## 第2章 指数を掛けてみよう

<到達目標> 指数の掛け算 ( $a^m \times a^n = a^{m+n}$ ) ができる

指数の掛け算の考え方

### 02-01 指数の掛け算 (その1)

$a^3$  に  $a$  を掛けると指数は□増える

$$(a \times a \times a) \times a = a^?$$

【選択肢】

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

### 02-02 指数の掛け算 (その2)

$m^2$  に  $m^3$  を掛けると指数は□増える

$$(m \times m) \times (m \times m \times m) = m^?$$

【選択肢】

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

### 02-03 指数の掛け算 (その3)

$a^n$  に  $a^4$  を掛けると指数は□増える

$$(a \times a \times \cdots \times a \times a) \times (a \times a \times a \times a) = a^?$$

【選択肢】

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

指数の掛け算（その4）

$3^6 \times 3^9$  は、 $(3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3) \times (3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3)$  だから、□を□回掛けて  
いることになる。

【選択肢】

1~20 の数字

02-05 指数の掛け算（1）

答えを選ぼう。

$$3^3 \times 3^5 = ?$$

【選択肢】

$$3^{15}$$

$$3^8$$

315

$$9^{15}$$

02-06 指数の掛け算（2）

答えを選ぼう。

$$8^5 \times 8^5 = ?$$

【選択肢】

$$8^{10}$$

$$8^{25}$$

55

$$16^5$$

02-07 掛け算を日本語で表す（1）

$7^3 \times 7^5$  は、7 を 3 回掛けて、さらに 7 を  $\square$  回掛けた数である。

【選択肢】

3

5

7

02-08 掛け算を日本語で表す（2）

$(-11)^4 \times (-11)^3$  は、-11 を  $\square$  回掛けて、さらに -11 を 3 回掛けた数である。

【選択肢】

-11

3



4

02-09 掛け算を日本語で表す (3)

$(-0.1)^6 \times (-0.1)^2$  は、-0.1 を 6 回掛けて、さらに -0.1 を 2 回掛けているので、合わせて -0.1 を  $\square$  回掛けた数である。

【選択肢】

2

4

6

8

02-10 掛け算を日本語で表す (4)

$0.6^7 \times 0.6^7$  は、0.6 を 7 回掛けて、さらに 0.6 を 7 回掛けているので、合わせて 0.6 を  $\square$  回掛けた数である。

【選択肢】

0.6

7

14

### 第3章 指数を n 乗してみよう

<到達目標> 指数の累乗の計算 ( $(a^m)^n = a^{mn}$ ) ができる

指数の n 乗の計算

03-01 指数の累乗の考え方 (1)

$$(2^2)^2 = 2^2 \times 2^2 = 2^4$$

$$(2^2)^3 = 2^2 \times 2^2 \times 2^2 = 2^6$$

$$(2^2)^4 = 2^2 \times 2^2 \times 2^2 \times 2^2 = 2^8$$

$$(2^2)^5 = 2^2 \times 2^2 \times 2^2 \times 2^2 \times 2^2 = \square$$

【選択肢】

$2^{10}$

5

10

03-02 指数の累乗の考え方 (2)

$$(6^3)^2 = 6^3 \times 6^3 = 6^6$$

$$(6^3)^3 = 6^3 \times 6^3 \times 6^3 = 6^9$$

$$(6^3)^4 = 6^3 \times 6^3 \times 6^3 \times 6^3 = \square$$

【選択肢】

$$6^{12}$$

6

12

03-03 指数の累乗の計算 (1)

$$4^4 = (2^2)^4 = \square$$

【選択肢】

$$2^8$$

$$4^8$$

8

16

03-04 指数の累乗の計算 (2)

$$25^3 = (5^2)^3 = \square$$

【選択肢】

$$5^6$$

$$5^5$$

5

125

03-05 指数の累乗の計算 (3)

$$27^3 = (3^3)^3 = \square$$

【選択肢】

$3^9$

$9^3$

$3^6$

#### 03-06 指数の累乗の計算 (4)

$$12^4 = (2^2 \times 3)^4 = \square \times 3^4$$

【選択肢】

$2^8$

$2^4$

$8$

$2$

#### 第4章 指数で割り算してみよう

<到達目標> 指数の割り算 ( $a^m \div a^n = a^{m-n}$ ) ができる

指数の割り算の考え方を理解しよう

#### 04-01 指数の割り算を日本語でイメージしよう

$a^5$  に  $a^2$  を掛けると、指数は2増える。

$a^5$  を  $a^2$  で割ると、指数は□。

$$(a \times a \times a \times a \times a) \div (a \times a) = a^?$$

【選択肢】

2減る

2増える

変わらない

#### 04-02 指数の掛け算

$a^n$  に  $a^3$  を掛けると、指数は3増える。

$a^n$  に  $a^{-3}$  を掛けると、指数は□。

【選択肢】

3減る

3増える

変わらない

#### 04-03 指数の割り算と指数の掛け算

$a^m$  を  $a^n$  で割ることは、□である。

【選択肢】

$a^m$  に  $a^n$  を掛けること

$a^m$  に  $a^n$  を掛けること

#### 04-04 指数の割り算の計算（1）

答えを選ぼう。

$$5^7 \div 5^3 = \square$$

【選択肢】

$$5^4$$

$$73$$

$$5^{10}$$

$$25^4$$

#### 04-05 指数の割り算の計算（2）

正しく式変形できているのはどれかな。

$$7^6 \times 7^{-2} = \square$$

【選択肢】

$$7^6 - 7^2$$

$$7^6 \times 7^2$$

$$7^6 \div 7^2$$

#### 04-06 指数の割り算の計算（2）

答えを選ぼう。

$$7^6 \times 7^{-2} = \square$$

【選択肢】

$$7^{12}$$

$$-26$$

$$14^4$$

$$7^4$$

04-07 指数の割り算の計算（3）

正しく式変形できているのはどれかな。

$$5^4 \div 5^{-2} = \square$$

【選択肢】

$$5^4 - 5^2$$

$$5^4 \times 5^2$$

$$5^4 \div 7^2$$

04-08 指数の割り算の計算（4）

答えを選ぼう。

$$5^4 \div 5^{-2} = 5^4 \times 5^2 = \square$$

【選択肢】

$$5^6$$

$$542$$

$$5^2$$

$$5^{-8}$$

## 第5章 指数が0って何？

<到達目標>  $a^1 = a$ 、 $a^0 = 1$  を説明（証明）できる。

指数の1乗を考えてみよう

05-01 1乗を日本語で説明しよう（1）

文章を完成させよう。

$6^1$  は、6を□回掛けた数字なので6である。

【選択肢】

0

1

6

05-02 1乗を日本語で説明しよう（2）

□に同じ数字を入れて、文章を完成させよう。

$8^1$ は、□に8を1回掛けた数字なので8である。

$$\square \times 8 = 8$$

【選択肢】

0

1

8

05-03 隠れている数を意識しよう！（1）

文章を完成させよう。

$4^2$ は、□に4を■回掛けた数字なので16である。

$$\square \times 4 \times 4 = 16$$

【選択肢】

0

1

2

4

05-04 隠れている数を意識しよう！（2）

文章を完成させよう。

$11^1$ は、□に11を1回掛けた数字である。

【選択肢】

0

1

11

05-05 隠れている数を意識しよう！（3）

文章を完成させよう。

$(-3)^1$ は、□に-3を1回掛けた数字である。

【選択肢】

0

1

3

-3

05-06 隠れている数を意識しよう！（4）

$9^1$ の意味として正しいのはどれか。

【選択肢】

0に9を1回掛けた数字。

9に9を1回掛けた数字。

1に9を1回掛けた数字。

05-07 隠れている数を意識しよう！（5）

$(-3)^1$ の意味として正しいのはどれか。

【選択肢】

0に-3を1回掛けた数字。

-3に-3を1回掛けた数字。

1に-3を1回掛けた数字。

1乗の計算をしてみよう

05-08 1乗を考える（1）

文章を完成させよう。

$(-1)^1$ は、□に(-1)を1回掛けた数字だから、-1である。

$$(-1)^1 = \square \times (-1) = -1$$

【選択肢】

-1

0

1

05-08 1乗を考える（1）

文章を完成させよう。

$0.2^1$ は、 $\square$ に0.2を1回掛けた数字だから、 $\blacksquare$ である。

【選択肢】

0

0.2

1

2

05-09 1乗の計算（1）

$$2^1 = \square$$

【選択肢】

0

1

2

05-10 1乗の計算（2）

$$0.5^1 = \square$$

【選択肢】

0

0.5

1

2



05-11 1乗の計算 (3)

$$(-5)^1 = \square$$

【選択肢】

-5

0

1

5

指数の0乗を考えてみよう

05-12 0乗を日本語で説明しよう (1)

文章を完成させよう。

$8^0$  は、8を□回掛けた数字である。

【選択肢】

0

1

8

05-13 0乗を日本語で説明しよう (2)

2つの文章には同じ数字が入ります。文章を完成させよう。

$7^1$  は、□に7を1回掛けた数字である。

$7^0$  は、□に7を0回掛けた数字である。

【選択肢】

0

1

7

05-14 隠れている数を意識しよう! (6)

文章を完成させよう。

$0.6^0$  は、□に0.6を■回掛けた数字である。

【選択肢】

0

1

0.6

05-14 隠れている数を意識しよう！（7）

文章を完成させよう。

$(-3)^0$  は、□に-3を0回掛けた数字である。

【選択肢】

-3

0

1

3

05-15 隠れている数を意識しよう！（8）

$12^0$  の意味として正しいのはどれか。

【選択肢】

0に12を0回掛けた数字。

1に12を0回掛けた数字。

12に12を0回掛けた数字。

05-16 隠れている数を意識しよう！（9）

$(-4)^0$  の意味として正しいのはどれか。

【選択肢】

0に-4を1回掛けた数字。

-4に-4を1回掛けた数字。

1に-4を1回掛けた数字。

05-17 0乗の秘密をあばけ！（1）

文章を完成させよう。

$4^0$  は、1 に 4 を 0 回掛けた（つまり掛けていない）ので、そのものである。

【選択肢】

0

1

4

0 乗の計算をしてみよう

05-18 0 乗の秘密をあばけ！（2）

文章を完成させよう。

$6^0$  は、1 に 6 を 0 回掛けた（つまり掛けていない）ので、そのものである。

【選択肢】

0

1

6

05-19 0 乗の秘密をあばけ！（3）

文章を完成させよう。

$0.7^0$  は、1 に 0.7 を 0 回掛けた（つまり掛けていない）ので、そのものである。

【選択肢】

0

0.7

1

05-20 0 乗の秘密をあばけ！（4）

文章を完成させよう。

$(-8)^0$  は、1 に -8 を 0 回掛けた（つまり掛けていない）ので、そのものである。

【選択肢】

-8

0

1

8

05-21 0乗の計算(1)

$$2^0 = \square$$

【選択肢】

2

0

1

05-22 0乗の計算(2)

$$(-500)^0 = \square$$

【選択肢】

-500

0

1

05-23 0乗の計算(4)

$$0.2^0 = \square$$

【選択肢】

1

0.2

0

05-24 0乗の計算(4)

計算してみよう!

$$x^0 = \square$$

【選択肢】

0

1

## 第6章 指数がマイナスになっちゃった！

<到達目標> 指数が負の整数の場合の計算 ( $a^{-n} = 1/a^n$ ) ができる  
負の指数を求めてみよう

### 06-01 指数の割り算 (1)

$a^3$  を  $a$  で割ると指数は□減る。

$$(a \times a \times a) \div a = a^?$$

【選択肢】

0

1

$a$

### 06-02 指数の割り算 (2)

$m^3$  を  $m^2$  で割ると指数は□減る

$$(m \times m \times m) \div (m \times m) = m^?$$

【選択肢】

0

1

2

3

### 06-03 指数の割り算 (3)

$m^5$  に  $m^{-2}$  を掛けると指数は2減る

$$m^5 \times m^{-2} = m^3$$

一方、 $m^5$  を  $m^2$  で割ると、

$$(m \times m \times m \times m \times m) \div (m \times m) = m^3$$

従って、 $m^{-2}$ を掛けることは $m^2$ で□ことである。

【選択肢】

足す

割る

引く

掛ける

#### 06-04 負の指数の考え方（1）

空欄にあてはまる数式を入れましょう。

$$2^3 = 1 \times 2 \times 2 \times 2$$

$$2^2 = 1 \times 2 \times 2$$

$$2^1 = 1 \times 2$$

$$2^0 = 1$$

$$2^{-1} = 1 \div 2$$

$$2^{-2} = 1 \square$$

$$2^{-3} = 1 \div 2 \div 2 \div 2$$

【選択肢】

$$\div 2 \div 2$$

$$\times 1$$

$$\times 2 \times 2$$

#### 06-05 負の指数の考え方（2）

空欄にあてはまる数式を入れましょう。

$$5^3 = 1 \times 5 \times 5 \times 5$$

$$5^2 = 1 \times 5 \times 5$$

$$5^1 = 1 \times 5$$

$$5^0 = 1$$

$$5^{-1} = 1 \div 5$$

$$5^{-2} = 1 \div 5 \div 5$$

$$5^{-3} = 1 \square$$

【選択肢】

$$\div 5 \div 5 \div 5$$

$$\div 5$$

$$\times 5 \times 5 \times 5$$

#### 06-06 負の指数の考え方（3）

空欄にあてはまる数式を入れましょう。

$$8^0 = 1$$

$$8^{-1} = 1 \div 8$$

$$8^{-2} = 1 \div 8^2$$

$$8^{-3} = 1 \div 8^3$$

$$8^{-4} = 1 \div \square$$

【選択肢】

$$8^{-4}$$

$$8^4$$

#### 06-07 負の指数の計算（1）

空欄にあてはまる数式を入れましょう。

$$2^1 = 2$$

$$2^0 = 1$$

$$2^{-1} = 1/2$$

$$2^{-2} = \square$$

【選択肢】

$$4$$

$$1$$

$$1/4$$

#### 06-08 負の指数の計算（2）

空欄にあてはまる数式を入れましょう。

$$10^1 = 10$$

$$10^0 = 1$$

$$10^{-1} = 0.1$$

$$10^{-2} = 0.01$$

$$10^{-3} = \square$$

【選択肢】

0.02

0.001

100

#### 第7章 0.5 乗って、どう計算するの？

<到達目標> 指数が分数（小数）のときの計算ができる

指数が分数のときの考え方

07-01 指数を日本語で表してみよう

空欄を埋めてみよう。

3を2回掛けると□になる。⇒3を2回掛けた数が□である。

【選択肢】

$$\sqrt{3}$$

$$3^2$$

$$2 \times 3$$

07-02 ルートを日本語で表してみよう

空欄を埋めてみよう。

□を2回掛けると3になる。⇒2回掛けると3になる数が□である。

【選択肢】

$$\sqrt{3}$$

$$3^2$$

$$2 \times 3$$



07-03 指数を日本語で表してみよう(2)

空欄を埋めてみよう。

指数が分数 ( $3^{1/2}$ )、2回掛けると□になる。

$$3^{1/2} \times 3^{1/2} = (3^{1/2})^2 = \square$$

【選択肢】

3

$3^2$

$2 \times 3$

07-04 ルートと指数の関係

空欄を埋めてみよう。

$\sqrt{3}$ を2回掛けると3になる。 $(\sqrt{3})^2 = 3$

$(3^{1/2})$ も2回掛けると3になる。 $(3^{1/2})^2 = 3$

よって、 $(3^{1/2}) = \square$

【選択肢】

$\sqrt{3}$

$3^2$

$2 \times 3$

07-05 ルートから指数へ

空欄を埋めてみよう。

$$\sqrt{11} = 11^\square$$

【選択肢】

$1/2$

2

-2

07-06 3乗根

空欄を埋めてみよう。

3回掛けると4になる数が□である。

4回掛けると4になる数が $^4\sqrt{4}$ である。

5回掛けると4になる数が $^5\sqrt{4}$ である。

【選択肢】

$$^4\sqrt{4}$$

$$4^4$$

$$4 \times 3$$

#### 07-07 4乗根

空欄を埋めてみよう。

3回掛けると7になる数が $^3\sqrt{7}$ である。

4回掛けると7になる数が□である。

5回掛けると7になる数が $^5\sqrt{7}$ である。

6回掛けると7になる数が $^6\sqrt{7}$ である。

【選択肢】

$$^4\sqrt{7}$$

$$7^4$$

$$7 \times 4$$

#### 07-08 ルートと指数の関係(2)

空欄を埋めてみよう。

$3^{1/3}$ を3回掛けると3になる。 $(3^{1/3})^3 = 3$

よって、 $3^{1/3}$ は□である

$$^3\sqrt{3}$$

$$3^3$$

$$3 \times 3 \times 3$$

#### 07-09 ルートと指数の関係(3)

空欄を埋めてみよう。

$5^{1/4}$ は□である

【選択肢】

$${}^4\sqrt{5}$$

$$5^4$$

$$5 \times 0.25$$

第8章 指数の大小

どっちが大きいでしょう

<到達目標>  $a > 1$  のとき、 $m < n$  ならば  $a^m < a^n$  であることを説明できる。

08-01 掛けた数と数字の大小

空欄に当てはまる数字を選ぼう。

7を2回掛けた数 $7^2$ と、3回掛けた数 $7^3$ ならば、大きいのは□である。

選択肢

$$7^2$$

$$7^3$$

08-02 小さい順に並べよう

空欄に当てはまる数字を選ぼう。

$$2^2 < 2^5 < \square < 2^8$$

選択肢

$$2^3$$

$$2^7$$

$$2^{10}$$

$$1,000$$

08-03 小さい順に並べよう (2)

空欄に当てはまる数字を選ぼう。

$$5^{-5} < 5^{-4} < \square < 5^2$$

選択肢

$$5^{-6}$$

$$5^3$$

$$5^{10}$$

1

08-04 小さい順に並べよう (3)

空欄に当てはまる数字を選ぼう。

$$3^{0.5} < 3^{1.1} < \square < 3^{2.3}$$

選択肢

1

3

$$3^{1.8}$$

$$3^{2.5}$$

08-05 大きい順に並べよう

空欄に当てはまる数字を選ぼう。

$$11^4 > 11^{3.5} > \square > 11^{-1}$$

選択肢

$$11^{-1.1}$$

$$11^{-0.1}$$

$$11^{4.5}$$

08-06 大きい順に並べよう (2)

空欄に当てはまる数字を選ぼう。

$$2^9 > 2^{3.2} > \square > 2^{1.1}$$

選択肢

$$2^{3.3}$$

$$2^{3.3}$$

$$2^{10}$$

1

08-07 数字の大小

空欄に当てはまる記号を選ぼう。

$$7^{-2} \square 7^{-2.5}$$

選択肢

>

<

=

#### 08-08 数字の大小（2）

空欄に当てはまる記号を選ぼう。

$$27^2 \square 9^4$$

選択肢

>

<

第1章 掛け算を繰り返した回数、対数

何回掛けたか数えてみよう

<到達目標> 掛け算した回数を対数の形で答えられる。

01-01 何回掛けたか数えてみよう (1)

次の空欄に当てはまるものを答えなさい。

3を1回掛けると、3になる。

3を2回掛けると、9になる。

3を□回掛けると、27になる。

【選択肢】

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

01-02 何回掛けたか数えてみよう (2)

次の空欄に当てはまるものを答えなさい。

2を5回掛けると、32になる。

2を6回掛けると、64になる。

2を□回掛けると、128になる。

【選択肢】

- 4
- 7
- 10

01-03 何回掛けたか数えてみよう (3)

次の空欄に当てはまるものを答えなさい。

1から9にするには、3を2回掛ける。

1 から 27 にするには、3 を  $\square$  回掛ける。

1 から 81 にするには、3 を 4 回掛ける。

【選択肢】

1

2

3

4

5

01-04 何回掛けたか数えてみよう (4)

次の空欄に当てはまるものを答えなさい。

1 から 256 にするには、2 を 8 回掛ける。

1 から 512 にするには、2 を 9 回掛ける。

1 から 1024 にするには、2 を  $\square$  回掛ける。

【選択肢】

5

7

10

01-05 掛けた回数を別の形で書いてみよう (1)

次の空欄に当てはまるものを答えなさい。

1 から 3 にするには、3 を 1 回掛ける。

⇒1 から 3 にするには、3 を  $\log_3 3$  回掛ける

1 から 9 にするには、3 を 2 回掛ける。

⇒1 から 9 にするには、3 を  $\log_3 9$  回掛ける。

1 から 27 にするには、3 を 3 回掛ける。

⇒1 から 27 にするには、3 を  $\square$  回掛ける。

【選択肢】

33

$\log_3 27$

$3^3$

333

1

01-06 掛けた回数を別の形で書いてみよう (2)

次の空欄に当てはまるものを答えなさい。

1 から 3 にするには、3 を  $\log_3 3$  回掛ける

1 から 5 にするには、3 を  $\log_3 5$  回掛ける。

1 から 7 にするには、3 を  $\square$  回掛ける。

1 から 9 にするには、3 を  $\log_3 9$  回掛ける。

【選択肢】

7

$\log_3 7$

2

$3^7$

何回掛けたか対数で表してみよう

<到達目標>  $\log_a M$  が説明できる (例:  $\log_a M$  は、1 を M にするのに a を掛けた回数である)。

01-07 掛けた回数を別の形で書いてみよう (3)

次の空欄に当てはまるものを答えなさい。

1 から 3 にするには、3 を  $\log_3 3$  回掛ける

⇒ 3 を  $\log_3 3$  回掛けると、3 になる。

1 から 9 にするには、3 を  $\log_3 9$  回掛ける。

⇒ 3 を  $\log_3 9$  回掛けると、9 になる。

1 から 27 にするには、3 を  $\log_3 27$  回掛ける

⇒ 3 を  $\square$  回掛けると、27 になる。

【選択肢】

27



1

$\log_3 27$

01-08 掛けた回数を別の形で書いてみよう (4)

次の空欄に当てはまるものを答えなさい。

3を $\log_3 7$ 回掛けると、7になる。

3を $\log_3 14$ 回掛けると、14になる。

3を $\log_3 21$ 回掛けると、□になる。

【選択肢】

21

1

$\log_3 21$

2

01-09 掛けた回数を別の形で書いてみよう (5)

次の空欄に当てはまるものを答えなさい。

8を $\log_8 8$ 回掛けると、8になる。

8を $\log_8 9$ 回掛けると、9になる。

8を $\log_8 10$ 回掛けると、□になる。

【選択肢】

8

10

$\log_8 10$

810

01-10 指数を日本語で説明しよう。

次の値の説明として正しいのはどれか

$3^4$

【選択肢】

3を4回掛けた数

4にするのに3を掛けた回数

4回掛けると3になる数

01-11 対数を日本語で説明しよう (1)

次の値の説明として正しいのはどれか

$$\log_3 4$$

【選択肢】

4回掛けると3になる数

4にするのに3を掛けた回数

3を4回掛けた数

01-12 対数を日本語で説明しよう (2)

次の値の説明として正しいのはどれか

$$\log_{10} 8$$

【選択肢】

8回掛けると10になる数

8にするのに10を掛けた回数

10を8回掛けた数

## 第2章 文章から指数や対数を作ってみよう

対数と指数の計算 (1)

<到達目標>  $a^{(\log_a b)} = b$  の意味を理解して計算できる。

02-01 繰り返しの掛け算を指数で表そう (1)

次の日本語を表した数式を答えなさい。

6をX回掛けるとYになる。

【選択肢】

$$Y = 6^X$$

$$X = 6^Y$$

$$Y = X^6$$

02-02 繰り返しの掛け算を指数で表そう (2)

次の日本語を表している数式を答えなさい。

a を b 回掛けると c になる。

【選択肢】

$$c = a^b$$

$$b = a^c$$

$$c = b^a$$

02-03 繰り返しの掛け算を対数で表そう (1)

次の日本語を表している数式を答えなさい。

6 を X 回掛けると Y になる。

【選択肢】

$$X = \log_6 Y$$

$$X = \log_Y 6$$

$$Y = \log_6 X$$

02-04 繰り返しの掛け算を対数で表そう (2)

次の日本語を表している数式を答えなさい。

a を b 回掛けると c になる。

【選択肢】

$$b = \log_a c$$

$$b = \log_c a$$

$$c = \log_a b$$

02-05 対数の日本語表現 (1)

次の空欄に当てはまるものを答えなさい。

a を  $\log_a c$  回掛けると□になる。

【選択肢】

a

b

c

02-06 対数の日本語表現（2）

次の空欄に当てはまるものを答えなさい。

□を  $\log_a c$  回掛けると c になる。

【選択肢】

a

b

c

02-07 対数の日本語表現（3）

次の空欄に当てはまるものを答えなさい。

a を  $\log_a c$  回掛けると □ になる。

一方で、a を  $\log_a c$  回掛けると  $a^{\log_a c}$  にもなるから、

$$\square = a^{\log_a c}$$

【選択肢】

a

b

c

02-08 対数の日本語表現（4）

次の空欄に当てはまるものを答えなさい。

a を  $\log_a c$  回掛けると  $a^{\log_a c}$  になる。

一方で、a を  $\log_a c$  回掛けると □ になるから、

$$a^{\log_a c} = \square$$

【選択肢】

a

b

c

02-09 対数の日本語表現 (5)

次の空欄に当てはまるものを答えなさい。

$$\log_2 8$$

⇒2を $\log_2 8$ 回掛けると、8になる。

⇒2を $\log_2 8$ 回掛けると、 $2^{\log_2 8}$ にもなる。

これらのことから、 $2^{\log_2 8} = \square$

02-10 指数と対数があわさった計算 (1)

次の空欄に当てはまるものを答えなさい。

$$5^{\log_5 7} = \square$$

【選択肢】

5

7

$5^7$

02-11 指数と対数があわさった計算 (2)

次の空欄に当てはまるものを答えなさい。

$$3^{\log_3 21} = \square$$

【選択肢】

3

21

6

対数+指数の計算 (2)

<到達目標>  $\log_a a^c = c$ の意味を理解して計算できる。

02-12 繰り返しの掛け算を指数で表そう (3)

次の日本語を表した数式を答えなさい。

8をX回掛けるとYになる。

【選択肢】

$$Y = 8^X$$

$$X = 8^Y$$

$$Y = X^8$$

02-13 繰り返しの掛け算を指数で表そう (4)

次の日本語を表している数式を答えなさい。

AをB回掛けるとCになる。

【選択肢】

$$C = A^B$$

$$B = A^C$$

$$C = B^A$$

02-14 繰り返しの掛け算を対数で表そう (5)

次の日本語を表している数式を答えなさい。

8をX回掛けるとYになる。

【選択肢】

$$X = \log_8 Y$$

$$X = \log_Y 8$$

$$Y = \log_8 X$$

02-15 繰り返しの掛け算を対数で表そう (6)

次の日本語を表している数式を答えなさい。

AをB回掛けるとCになる。

【選択肢】

$$B = \log_A C$$

$$B = \log_C A$$

$$C = \log_A B$$

02-16 対数の日本語表現 (6)

次の空欄に当てはまるものを答えなさい。

A を  $\log_A C$  回掛けると  $\square$  になる。

【選択肢】

A

B

C

02-17 対数の日本語表現（7）

次の空欄に当てはまるものを答えなさい。

$\square$  を  $\log_A C$  回掛けると C になる。

【選択肢】

A

B

C

02-18 対数の日本語表現（8）

次の空欄に当てはまるものを答えなさい。

a を  $\log_a a^b$  回掛けると  $a^b$  になる。

一方で、a を  $\square$  回掛けると  $a^b$  になるから、

$$\log_a a^b = \square$$

【選択肢】

a

b

c

02-19 対数の日本語表現（9）

次の空欄に当てはまるものを答えなさい。

$4^5$

$\Rightarrow 4$  を  $\log_4 4^5$  回掛けると、 $4^5$  になる。

$\Rightarrow 4$  を  $\square$  回掛けると、 $4^5$  になる。

これらのことから、 $\log_4 4^5 = \square$

【選択肢】

4

5

$4^5$

02-20 指数と対数があわさった計算 (3)

次の空欄に当てはまるものを答えなさい。

$$\log_2 2^7 = \square$$

【選択肢】

2

7

$2^7$

02-21 指数と対数があわさった計算 (4)

次の空欄に当てはまるものを答えなさい。

$$\log_9 9^2 = \square$$

【選択肢】

2

81

9

### 第3章 対数の足し算

<到達目標>対数の足し算 ( $\log_a M + \log_a N = \log_a MN$ ) ができる

03-01 指数の重ね合わせ (1)

空欄に当てはまるものを入れなさい。

ある数に3を3回掛けるとX倍になる。

Xに3を $\log_3 5$ 回掛けると5倍になる

⇒ある数に3を3掛けてさらに $\log_3 5$ 回掛けると $X \times \square$ 倍になる

【選択肢】

3



5

$3+5$

$\log_3 5$

03-02 指数の重ね合わせ (2)

空欄に当てはまるものを入れなさい。

ある数に3を3回掛けると $3^3$ 倍になる。

ある数に3を $\log_3 2$ 回掛けると2倍になる

ある数に3を $3+\log_3 2$ 回掛けると $3^3 \times \square$ 倍になる

【選択肢】

3

2

$3+2$

$\log_3 2$

03-03 指数の重ね合わせ (3)

空欄に当てはまるものを入れなさい。

ある数に3を3回掛けると $3^3$ 倍になる。

ある数に3を $3+1$ 回掛けると $3^3 \times 3$ 倍になる。

ある数に3を $3+\log_3 4$ 回掛けると $3^3 \times 4$ 倍になる

ある数に3を $3+\log_3 5$ 回掛けると $3^3 \times \square$ 倍になる

【選択肢】

3

5

$3+5$

$\log_3 5$

03-04 指数の重ね合わせ (4)

空欄に当てはまるものを入れなさい。

ある数に3を $3+\log_3 7$ 回掛けると $3^3 \times 7$ 倍になる

ある数に 3 を  $\log_3 4 + \log_3 7$  回掛けると  $4 \times 7$  倍になる

ある数に 3 を  $\log_3 5 + \log_3 7$  回掛けると  $\square \times 7$  倍になる

ある数に 3 を  $\log_3 6 + \log_3 7$  回掛けると  $6 \times 7$  倍になる

【選択肢】

$\log_3 5$

5

3+5

3

### 03-05 対数の掛け算と足し算の関係 (1)

日本語の文章と式が一致するように空欄に当てはまるものを入れなさい。

ある数に 3 を 2 回掛けると  $3 \times 3$  倍になる  $\Leftrightarrow \log_3(3 \times 3) = 2$

ある数に 3 を  $\log_3 4 + \log_3 7$  回掛けると  $4 \times 7$  倍になる  $\Leftrightarrow \log_3(4 \times 7) = \log_3 4 + \log_3 7$

ある数に 3 を  $\log_3 5 + \log_3 7$  回掛けると  $5 \times 7$  倍になる  $\Leftrightarrow \log_3(5 \times 7) = \square$

【選択肢】

$\log 5 + \log_3 7$

$\log_3 7$

$\log_3 5$

$5 \times 7$

### 03-06 対数の掛け算と足し算の関係 (2)

日本語の文章と式が一致するように空欄に当てはまるものを入れなさい。

ある数に 4 を  $\log_4 9 + \log_4 13$  回掛けると  $9 \times 13$  倍になる  $\Leftrightarrow \log_4(9 \times 13) = \square$

【選択肢】

$\log 9 + \log_4 13$

$\log_4 13$

$\log_4 9$

$9 \times 13$

### 03-07 対数の掛け算と足し算の関係 (3)

空欄に当てはまる数値を入れなさい。

$$\log_3(2 \times 5) = \square$$

【選択肢】

$$\log_3 2 + \log_3 5$$

$$\log_3 2$$

$$\log_3 5$$

$$2 \times 5$$

03-08 対数の掛け算と足し算の関係 (4)

空欄に当てはまる数値を入れなさい。

$$\log_3 14 = \square$$

【選択肢】

$$\log_3 2 + \log_3 7$$

$$\log_3 2$$

$$\log_3 7$$

$$2 \times 7$$

#### 第4章 対数が0になるのはどんなとき?

対数の1と0

<到達目標>  $\log_a a = 1, \log_a 1 = 0$  を説明できる。

04-01 1乗の計算

空欄を埋めてみよう。

aを1回掛けると□になる。

【【選択肢】】

1

a

0

b

04-02 1乗の計算 (2)

空欄を埋めてみよう。

aを□回掛けるとaになる。

【【選択肢】】

$\log_a a$

a

0

b

04-03 1乗の計算（3）

空欄を埋めてみよう。

aを1回掛けるとaになる。

aを $\log_a a$ 回掛けるとaになる。

よって、 $\log_a a = \square$

【【選択肢】】

a

0

b

1

04-04 0乗の計算（1）

空欄を埋めてみよう。

aを0回掛けると□になる。

【【選択肢】】

1

a

0

b

04-05 0乗の計算（2）

空欄を埋めてみよう。

aを□回掛けると1になる。

【【選択肢】】

$\log_a 1$

a

1

b

04-06 0乗の計算（3）

空欄を埋めてみよう。

aを0回掛けると1になる。

aを $\log_a 1$ 回掛けると1になる。

よって、 $\log_a 1 = \square$

【【選択肢】】

a

0

b

1

04-07 対数の計算（1）

計算してみよう！

$\log_2 2 = \square$

【【選択肢】】

1

2

0

04-08 対数の計算（2）

計算してみよう！

$\log_4 1 = \square$

【【選択肢】】

- 1
- 2
- 0
- 4

#### 04-09 対数の計算 (3)

計算してみよう!

$$\log_{10}1 = \square$$

【【選択肢】】

- 1
- 2
- 0
- 10

### 第5章 対数に数字を掛けてみよう

対数に指数?

<到達目標>  $n\log_a M = \log_a M^n$  が計算できる

#### 05-01 繰り返しの足し算 (1)

空欄を埋めてみよう。

$$2\log_2 2 = \log_2 2 + \log_2 2 = \log_2(2 \times 2) = \log_2 2^2$$

$$3\log_2 2 = \log_2 2 + \log_2 2 + \log_2 2 = \log_2(2 \times 2 \times 2) = \log_2 2^3$$

$$4\log_2 2 = \log_2 2 + \log_2 2 + \log_2 2 + \log_2 2 = \log_2(2 \times 2 \times 2 \times 2) = \square$$

【選択肢】

- $\log_2 2^4$
- $\log_2 4$
- 4
- $2^4$

#### 05-02 指数の累乗 (1)

空欄を埋めてみよう。

$$3\log_2 6 = \square$$

【選択肢】

$$\log_2 3^6$$

$$\log_2 3$$

$$\log_2 6^3$$

6

#### 05-03 指数の累乗（2）

空欄を埋めてみよう。

$$2\log_2 9 = \log_2 9^2 = \log_2 \square$$

【選択肢】

18

29

81

92

#### 05-04 指数の累乗（3）

計算してみよう。

$$\log_4 128 = \log_4 2^7 = \square$$

【選択肢】

$$7\log_4 2$$

$$\log_4 27$$

$$\log_4 7^2$$

#### 05-05 指数の分割（1）

計算してみよう。

$$\log_5 12 = \log_5 (2^2 \times 3) = \square \log_5 2 + \log_5 3$$

【選択肢】

1

2

3

4

### 05-06 指数の分割 (2)

計算してみよう。

$$\log_{10}54 = \log_{10}(2 \times 3^3) = \log_{10}2 + \square \log_{10}3$$

【選択肢】

1

2

3

4

## 第6章 対数を引いてみよう

対数の引き算

<到達目標> 対数の引き算 ( $\log_a M - \log_a N = \log_a M/N$ ) ができる

### 06-01 指数表現と対数表現 (1)

空欄を埋めてみよう。

4を5-3回掛けると、 $4^5 \div 4^3 = 4^2$ になる。

(式変形1)  $4^{5-3} = 4^5 \div 4^3$

(式変形2)  $\square = \log_4(4^5 \div 4^3)$

【選択肢】

0

1

4

5-3

### 06-02 指数表現と対数表現 (2)

空欄を埋めてみよう。

4を $\log_4 5$ 回掛けると、5になる。

(式変形1)  $4^{\log_4 5} = \square$



(式変形2)  $\log_4 5 = \log_4 5$

【選択肢】

$\log_4 5$

1

4

5

06-03 指数表現と対数表現 (3)

空欄を埋めてみよう。

4 を  $\log_4 5 - 3$  回掛けると、 $4^{\log_4 5} \div 4^3 = 5 \div 4^3$  になる。

(式変形1)  $4^{\log_4 5} = 5 \div 4^3$

(式変形2)  $\square = \log_4(5 \div 4^3)$

【選択肢】

4

$\log_4 5 - 3$

$5 \div 4^3$

5-3

06-04 指数表現と対数表現 (4)

空欄を埋めてみよう。

4 を  $\log_4 5 - \log_4 3$  回掛けると、 $4^{\log_4 5} \div 4^{\log_4 3} = 5 \div 3$  になる。

(式変形1)  $4^{(\log_4 5 - \log_4 3)} = 5 \div 3$

(式変形2)  $\square = \log_4(5 \div 3)$

【選択肢】

$\log_4 5 - \log_4 3$

$\log_4 5 \times \log_4 3$

$\log_4 5 \div \log_4 3$

06-05 指数表現と対数表現 (5)

空欄を埋めてみよう。

2 を  $\log_2 9 - \log_2 3$  回掛けると、 $2^{\log_2 9} \div 2^{\log_2 3} = 9 \div 3$  になる。

(指数表現)  $2^{(\log_2 9 - \log_2 3)} = 9 \div 3$

(対数表現)  $\log_2 9 - \log_2 3 = \log_2 \square$

【選択肢】

( $9 \div 3$ )

( $9 \times 3$ )

( $9 - 3$ )

06-06 対数の引き算 (1)

空欄を埋めてみよう。

$\log_2 9 - \log_2 3 = \log_2 (9 \div 3) = \square$

【選択肢】

$\log_2 1$

$\log_2 2$

$\log_2 3$

$\log_2 9$

06-07 対数の引き算 (2)

空欄を埋めてみよう。

$\log_2 12 - \log_2 4 = \square$

【選択肢】

$\log_2 2$

$\log_2 3$

$\log_2 8$

$\log_2 16$

06-08 対数の引き算 (3)

空欄を埋めてみよう。

$\log_{10} 10 - \log_{10} 2 = \square$

【選択肢】

$$\log_{10}2$$

$$\log_{10}5$$

$$\log_{10}10$$

$$\log_{10}20$$

06-09 対数の引き算 (4)

空欄を埋めてみよう。

$$\log_9 18 - \log_9 2 = \square$$

【選択肢】

0

1

2

3

## 第7章 常用対数と自然対数

常用対数と自然対数

<到達目標> 常用対数と自然対数が説明できる。

07-01 ネイピア数

正しい組み合わせを選びなさい。

$\pi$

e

【選択肢】

円周率 (3.14…)

ネイピア数 (2.73…)

07-02 常用対数

次の対数を省略した形 (常用対数) で書きなさい。

$$\log_{10}2 \Rightarrow \log 2$$

$$\log_{10}3 \Rightarrow \log 5$$

$$\log_{10}5 \Rightarrow \square$$

【選択肢】

$\log 5$

$\log$

$\ln$

07-03 自然対数

次の対数を省略した形（自然対数）で書きなさい。ただし、 $e$  はネイピア数とする。

$\log_e 20 \Rightarrow \ln 20$

$\log_e 100 \Rightarrow \ln 100$

$\log_e 5000 \Rightarrow \square$

【選択肢】

$\ln 5000$

$\log 5000$

$\ln$

$\log$

07-04 常用対数と自然対数（1）

次のうち、常用対数はどれか。ただし、 $e$  はネイピア数とする。

【選択肢】

$\log_e 10$

$\log_2 10$

$\log_{10} 2$

$\ln 2$

07-05 常用対数と自然対数（2）

次のうち、常用対数はどれか。ただし、 $e$  はネイピア数とする。

【選択肢】

$\log 5$

$\log_2 10$

$\log_e 2$

$\ln 2$

07-06 常用対数と自然対数 (3)

次のうち、自然対数はどれか。ただし、 $e$  はネイピア数とする。

【選択肢】

$\log_e 10$

$\log_2 e$

$\log e$

07-07 常用対数と自然対数 (4)

次のうち、自然対数はどれか。ただし、 $e$  はネイピア数とする。

【選択肢】

$\log 5$

$\log_2 10$

$\log_{10} 2$

$\ln 2$

07-08 常用対数と自然対数 (5)

式が成り立つように空欄を埋めなさい。ただし、 $e$  はネイピア数とする。

$$\square = 2$$

【選択肢】

$\log_e 2$

$\log 100$

$\log 2$

$\ln 2$

07-09 常用対数と自然対数 (6)

式が成り立つように空欄を埋めなさい。ただし、 $e$  はネイピア数とする。

$$\square = 1$$

【選択肢】

$\log_e 10$

$\log 1$

$\log e$

$\ln e$

## 第8章 対数の大小

どっちが大きいでしょう？

<到達目標> 対数の大小を判断できるようになる。

<到達目標>  $a > 1$  のとき、 $m < n$  ならば  $\log_a m < \log_a n$  であることを説明できる。

### 08-01 掛けた回数と数字の大小（1）

空欄に当てはまる数字を選ぼう。

7 を  $m$  回掛けたとき 200 になり、7 を  $n$  回掛けたとき 300 になるのであれば、掛けた回数が多いのは  $\square$  である。

【選択肢】

$m$

$n$

### 08-02 掛けた回数と数字の大小（2）

空欄に当てはまる数字を選ぼう。

$\log_7 200 \Rightarrow 1$  を 200 にするのに 7 を掛けた回数。

$\log_7 300 \Rightarrow 1$  を 300 にするのに 7 を掛けた回数。

よって、 $\log_7 200$  と  $\log_7 300$  で大きいのは  $\square$  である

【選択肢】

$\log_7 200$

$\log_7 300$

### 08-03 掛けた回数と数字の大小（3）

空欄に当てはまる数字を選ぼう。

$\ln 4 \Rightarrow 1$  を 4 にするのに  $e$  を掛けた回数。

$\ln 30 \Rightarrow 1$  を 30 にするのに  $e$  を掛けた回数。

$\ln 100 \Rightarrow 1$  を 100 にするのに  $e$  を掛けた回数。

よって、 $\ln 4$  と  $\ln 30$  と  $\ln 100$  で一番大きいのは□である

【選択肢】

$\ln 4$

$\ln 30$

$\ln 100$

08-04 小さい順に並べよう (1)

空欄に当てはまる数字を選ぼう。

$\log_4 2 < \log_4 3 < \square < \log_4 8$

【選択肢】

$\log_4 1$

$\log_4 5$

$\log_4 9$

08-05 小さい順に並べよう (2)

空欄に当てはまる数字を選ぼう。

$\log 10 < \log 15 < \log \square < \log 35$

【選択肢】

5

20

50

08-06 小さい順に並べよう (3)

空欄に当てはまる数字を選ぼう。

$\log_4 2 < \log_4 3 < \log \square < \log_4 8$

【選択肢】

1

5

7

e

08-07 大きい順に並べよう (1)

空欄に当てはまる数字を選ぼう。

$$\log 2000 > \log 800 > \log \square > \log 100$$

【選択肢】

50

100

200

1000

08-08 大きい順に並べよう (2)

空欄に当てはまる数字を選ぼう。

$$\ln 200 > \ln 30 > \ln \square > \ln 10$$

【選択肢】

2

$2^4$

$10^2$

1

08-09 数字の大小 (1)

空欄に当てはまる記号を選ぼう。

$$\log 25 \square \log 2^5$$

【選択肢】

>

<

=

10-10 数字の大小 (2)

空欄に当てはまる記号を選ぼう。



$$\ln 8^3 \square \ln 100$$

【選択肢】

>

<

=

## 第9章 数字の大きさを見極めよう

数字の大きさを見積ろう

<到達目標>常用対数の値で桁数を見積れる

09-01  $10^n$  の桁数の計算 (1)

次の数字のうち2桁の数字はどれか。

【選択肢】

$$10^1$$

$$10^2$$

$$10^3$$

$$10^4$$

$$10^5$$

09-02  $10^n$  の桁数の計算 (2)

次の数字のうち4桁の数字はどれか。

【選択肢】

$$10^1$$

$$10^2$$

$$10^3$$

$$10^4$$

$$10^5$$

09-03  $10^n$  の桁数の計算 (3)

Xが3桁の数字になるのはどれか。

【選択肢】

$$10^1 \leq X < 10^2$$

$$10^2 \leq X < 10^3$$

$$10^3 \leq X < 10^4$$

$$10^4 \leq X < 10^5$$

09-04  $10^n$  の桁数の計算 (4)

X が 4 桁の数字になるのはどれか。

【選択肢】

$$10^1 \leq X < 10^2$$

$$10^2 \leq X < 10^3$$

$$10^3 \leq X < 10^4$$

$$10^4 \leq X < 10^5$$

$$10^5 \leq X < 10^6$$

09-05 対数の桁数の計算 (1)

X が 2 桁の数字になるように空欄をうめよう。

$$\square \leq \log X < \blacksquare$$

【選択肢】

1

2

3

4

5

6

09-06 対数の桁数の計算 (2)

X が 4 桁の数字になるように空欄をうめよう。

$$\square \leq \log X < \blacksquare$$

【選択肢】

3

4

5

6

09-07 対数の桁数の計算 (3)

Xは何桁の数字になるか。ただし、 $\log X = 1.41$  である。

【選択肢】

1 桁

2 桁

3 桁

4 桁

09-08 対数の桁数の計算 (4)

Xは何桁の数字になるか。ただし、 $\log X = 3$  である。

【選択肢】

1 桁

2 桁

3 桁

4 桁

大きな数字を常用対数に直して桁数を見破ろう

<到達目標>対数を用いて数字がおよそ何桁かを見積れる

09-09 対数の計算 (1)

次の値を計算しよう。ただし  $\log 2 = 0.30$  とする

$$\log 2^{50} =$$

【選択肢】

5

10

15

25

50

09-10 対数の計算（2）

次の値を計算しよう。ただし  $\log 3 = 0.47$  とする

$$\log 3^{100} =$$

【選択肢】

4.7

47

100

300

09-11 対数の桁数の計算（1）

$3^3$  は何桁の数字になるか。ただし、 $\log 3^4 = 1.41$  である。

【選択肢】

1 桁

2 桁

3 桁

09-12 対数の桁数の計算（2）

$3^4$  は何桁の数字になるか。ただし、 $\log 3^4 = 1.88$  である。

【選択肢】

1 桁

2 桁

3 桁

09-13 対数の桁数の計算（3）

$2^3$  は何桁の数字になるか。ただし、 $\log 2^3 = 0.90$  である。

【選択肢】

0桁

1桁

2桁

3桁

09-14 対数の桁数の計算（4）

$2^{10}$ は何桁の数字になるか。ただし、 $\log 2^{10} = 3.0$ である。

【選択肢】

1桁

2桁

3桁

4桁

09-15 対数の桁数の計算（5）

$2^{50}$ は何桁の数字になるか。ただし、 $\log 2 = 0.30$ である。

【選択肢】

3桁

16桁

25桁

50桁