

# 小中接続を意識した理科 e ラーニングシステムの開発

教育学研究科 教育実践創成専攻 教育実践開発コース 教師力育成分野 伊藤雅貴

## 1. 問題設定

### 1.1 背景

国際学力調査の1つである OECD 生徒の学習到達度調査 (PISA) の結果を受け、教育の情報化が注目されている。COVID-19 により GIGA スクール構想が繰り上げて実施され、その流れが早まっている。こういった状況から、学校は教育の情報化に対応するための体制を整えなければならない。本節では、研究の背景である①COVID-19 と②MOOC・OCW、③ゲーミフィケーションについて述べる。

#### ① COVID-19

新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の世界的な大流行が発生し、2020年には日本全国で一斉休校が実施された。これにより、対面授業を避けながら児童生徒の学習の機会を確保する必要性が生じ、オンラインで諸活動が行われるようになった。本報告書の執筆時には、感染拡大第6波が訪れている。第5波が過ぎた後、暫く新規感染者数が低い水準を推移していたが、オミクロン株の出現により、第6波が訪れ、一部地域では臨時休校が実施された。「学校の新しい生活様式」(文部科学省,2021) が示されているが、今後も同様の事態が起り得ることから、オンライン上で学習できる環境を整えておくことが必須であると考えられる。

#### ② MOOC・OCW

オンラインでの学習は COVID-19 によって注目されているが、その影響で考案されたものではない。小田ら (2021) によると、オンラインでの学習という概念は1962年に Douglas Engelbart が提唱し、その一種の MOOC は2008年に Dave Cormier と Bryan Alexander によって初めて用いられた。三重県庁 (2021)

により MOOC は次のように説明されている。

Massive Open Online Course の頭文字を取ったものであり、和訳すると大規模公開オンライン講座となる。米国で提唱され、またたく間に世界中に拡大し、MOOC 受講をきっかけに名門大学に進学する人もいる。

MOOC に似たものとして、OCW がある。池田 (2017) や京都大学高等教育研究開発推進センターにより、OCW は次のように説明されている。

Open Course Ware の略であり、大学等で正規に提供された講義とその関連情報のインターネット上での無償公開活動である。MOOC との違いは通常の大学の講義のように一定期間が設けられていないこと、課題や試験が課されないこと、修了証の授与がないことである。

本研究で開発する教材は、公開期間を設けず、課題や試験を課すことも考えられるため、MOOC・OCW のどちらでもない。

2019年度の東京都庁 (2020) の調査では、中学生のスマートフォン所有率は75.4%であり、山梨県においても少なくとも半数以上の中学生がスマートフォンを所持していると考えられる。また、GIGA スクール構想により、1人1台の情報端末が各学校に配備されている。こういった状況からも、オンライン上で教材を公開することが、全生徒の学習改善の一助となり得る。

#### ③ゲーミフィケーション

大辞泉ではゲーミフィケーションを「ゲームの要素を他の領域のサービスに適用すること」としている。三重県庁 (2021) によると、「明確なゴール」や「克服可能な課題」、「報酬」等が人々をゲームに没頭させる要素であ

るとしている。これに加え、「ルール」や「フィードバック」等もゲームの重要な要素であると McGonigal (2011) は述べ、板生 (2019) は「競争」や「課題設定」、「交流」も重要であるとしている。藤本・荒ら (2019) によってゲーミフィケーションを MOOC に取り入れた実践が報告されているが、課題もあるためにこういった実践を進めていく価値はある。

ゲーミフィケーションは新しい概念ではない。きちんと宿題をしてきた児童生徒にシールを与える行為は「報酬」にあたり、スモールステップで目標を達成させることは「克服可能な課題」を与えることになる。

## 1.2 MOOC・ゲーミフィケーションの課題

MOOC の長所と短所を表 1 に、ゲーミフィケーションの長所と短所を表 2 にまとめた。

表 1 MOOC の長所と短所

	長所	短所
アカウント	学習状況を把握しやすい	セキュリティ問題
メディア	気楽に取り組みやすい	気が散りやすい
オンライン	いつ・どこでも使える	端末・ネット環境が必要

表 2 ゲーミフィケーションの長所と短所

	長所	短所
意欲	学習意欲の向上	従来型学習の意欲低下
効果	学習改善のきっかけとなる	勝つことを優先→学習が疎かに
効率	重要事項の協調	学習時間が長い
環境	安全な場で学習	設備面の制約

参考：藤本 (2015)

MOOC では利用者の学習状況を定量的に計測・記録することができる。だが、いつ、何を、どのくらい学習したかを正確に把握できることは大きな利点である。反対に、教材

を使用するための端末やインターネット環境が必要であり、家庭によってはそれらがなくてアクセスできない場合がある。この短所を補うには GIGA スクール構想により配備された情報端末を貸し出すことが有効である。学校内で使えることはもちろん、一定の制限はあるものの、自宅への持ち帰りも許可されている。これにより、オンラインであることの短所はある程度解消できる。学校で教材をダウンロードしておけば、自宅にインターネット環境がなくても、情報を保存するファイルの一種である cookie を使用することによって、オンラインに復帰した際に学習状況を同期する機能を実装すれば解決できる。

ゲーミフィケーションの最大の長所は利用者の意欲を喚起できることである。「報酬」には外発的動機づけの効果があり、「フィードバック」には学習改善のきっかけを作る効果がある。一方で、紙とペンを使って行う従来型の学習に対する意欲が低下したり、ゲーム的な要素に気を取られて肝心の学習が疎かになったりする短所がある。これらを解決するには、取り入れるゲームの要素を絞り、意欲を喚起しつつも「ゲームっぽさ」を利用者に感じさせない環境を構築する必要がある。設備面に関しては、MOOC の「オンライン」の部分と同じ対応をする。

## 1.3 目的

研究の目的は基礎学力の定着を図ることである。その手段として e ラーニングシステムを開発する。MOOC やゲーミフィケーションを取り入れた教材は日本オープンオンライン教育推進協議会の JMOOC や株式会社ドコモ gacco の gacco 等、既に数多く存在するが、そのプログラム自体は公開されていない。そこで、本研究では筆者が作成した e ラーニングシステムを中学生に実際に使ってもらい、彼らの評価をもとに改善したプログラムを公開する。公開時に実装できていないものも含め、改善すると良いと考えられる点を公表する。それによって、プログラムを入手した人が学

力向上に効果がある e ラーニングシステムを構築できるようにする。

## 2. 仮説

開発した教材では、迅速なフィードバックと競争要素により、学習意欲が喚起され、学力が向上すると考えられる。

また、情報端末の操作を好む生徒は、学習に対する敷居を低くする可能性もある。空き時間に情報端末を使用して学習をする生徒が多く見られることから、学習のきっかけとして有効であろう。

## 3. 方法

### 3.1 研究対象

本研究は山梨県内の公立中学校の第 1 学年で行った。第 1 学年は 4 クラスあり、実習では 3 組に配属された。各クラスには 30 名弱の生徒が在籍している。配属や時間割の関係から 3,4 組を実験群とし、1,2 組を対照群とする。3,4 組は実習期間の前半から教材を使用することから前半組、1,2 組は後半組と以後呼ぶこととする。

### 3.2 研究時期

研究は 2021 年 7 月から 2022 年 1 月までの期間に実施した。前半組には 10 月上旬、後半組には 11 月中旬に教材を公開した。

### 3.3 教材概要

#### ①開発環境

主な使用言語は、PHP (7.4.3) ・ HTML5 ・ JavaScript ・ MySQL (8.0.27) である。サーバーには Ubuntu (20.04.3 LTS) がインストールされ、Apache (2.4.41) が稼働している。ファイルのアップロードやサーバー管理のためにシェルスクリプトも使用している。

#### ②アカウント管理

サーバー上にログイン情報を暗号化して保存し、それと入力された情報が合致するかを判定してログイン処理を行う。暗号化にはハッシュ関数を用いており、サーバー上の情報

から復号することはできない。生徒がログイン情報を忘れた場合・変更したい場合は、その連絡に基づいて筆者が変更を行う。これは、ログイン情報の紛失を防ぐだけでなく、異常な変更により筆者が気づきやすくするためでもある。

アカウント情報には、ID ・ パスワード ・ ニックネームの 3 つがある。ID は筆者が個人を特定しやすいように出席番号をもとに機械的に割り振ったもので、パスワードはコンピュータでランダムに生成したものである。後述のランキング機能で ID を公開してしまうと、生徒間でランクインしている生徒が特定できてしまう恐れがある。そこで、ID の代わりに公開するものとして、筆者が教材公開前に動物の名前をランダムに割り当てたニックネームを登録する。ニックネームも希望に基づいて変更を行う。

#### ③実装内容

##### i. ランキング

ゲーミフィケーションの要素である「競争」を取り入れるために、正解数 ・ 学習時間 ・ 学習回数のランキングを作成し、上位 5 位のみを掲載する。ここに表示される名前は、ニックネームであり、出席番号や本名は公開しない。本人が自ら名乗り出るとは制限しないが、ニックネームの持ち主に関する問い合わせは受け付けないことを授業内で伝える。

各ランキングは「累計ランキング」と「週間ランキング」の 2 種類を作成する。「累計ランキング」は、前半組は全クラスを合わせて集計したもの、後半組は前半組を除いて集計したものが表示される。「週間ランキング」は継続的に競争させることを意図したものであり、ページを読み込んだ時点から丁度 7 日前までの結果を全クラス合わせて集計する。

##### ii. 学習履歴

後述の問題ユニットを解き終わったとき、個人毎に記録が保存され、自身の学習履歴を参照できるようにする。学習履歴に残す内容は、「学習日時」と「単元名」、「学習時間」、「正解数」である。

### iii. ログイン履歴

不正利用に気づきやすくするために、アカウントのログイン履歴をIPアドレスとともに参照できるようにする。現在アクセスしているIPアドレスを表示し、身に覚えのないログイン履歴を見つけやすくする。

#### ④扱う内容

中学校理科とその基礎となる小学校理科を中心に扱う。これは、生徒の実態から小学校理科を復習する必要性を感じていたことと今回実習の中で行う研究として授業進度を考慮する必要性をなくすことが理由である。

生活の中での体験の不足のため、実験操作が苦手な生徒が多いという現職教員の声を耳にする。このことから、マッチのつけ方のような基本的な実験操作の解説も行う。理科の有用性を感じさせるため、「日常生活と理科」という教材も作成する。さらに、県立科学館の展示を紹介すること等によって、生徒が地域の中で学ぶきっかけづくりをする。

#### ⑤教材形式

最初に3～5分程度の動画教材を視聴した後、動画で解説された内容を中心とした問題の演習を行う。動画は小学校の単元1つにつき1つ作成する。ただし、問題演習のみを行いたい場合を考え、動画視聴を必須とはしない。また、問題は小学校理科レベル・中学校理科レベル・発展レベルから選択できるようにする。問題への回答が終わると、各問題の正誤判定が表示され、不正解の場合はヒントも表示される。最後まで回答が終わると、学習の記録が保存される。動画リンクのページから正誤判定のページまでのまとまりを問題ユニットとする。教材を作成した単元等は21個、問題ユニットは28個である。

## 3.4 評価方法

### ①試験

教材の学習効果を、学年内での偏差値変容と教材の利用状況から調べる。そのための試験を7月下旬と10月中旬、1月中旬の計3回実施する。

大問は2つあり、大問1では直前の定期試験の範囲から、大問2では次に受ける定期試験の範囲から出題する。試験問題の概要は表3の通りである。

表3 試験問題

第1回	大問1	種子植物の分類を表した図に当てはまる分類名を問う
	大問2	顕微鏡の各部の名称を問う
第2回	大問1	ガスバーナーの各部の名称と操作手順を問う
	大問2	水溶液における質量保存、水溶液の共通した性質を問う
第3回	大問1	溶解度の定義や計算について問う
	大問2	状態変化と温度や体積の関係について問う

### ②質問紙調査・聞き取り

表4の内容で前半組に質問紙調査を行う。

表4 質問紙調査の内容（一部）

利用者	あなたがもっと教材を使いたくなるための工夫は何かありますか。 また、どのような工夫があると、周りの人はもっと使ってくれると思いますか。 (自由記述)
未使用者	あなたは、教材がどのようなものなら使おうと思いますか。(選択式) 学校の勉強に役立つ・気軽にできる・成績に反映される・中学校の内容が含まれる・予習ができる・小学校の復習が含まれる・学校の課題になっている・その他

これに加え、質問紙調査で気になった記述をした生徒や利用回数の多い生徒には聞き取り調査を実施した。

## 4. 運用した教材

### ①教材の選択

教材にアクセスすると図1の認証フォーム

が表示される。認証されると図 2 のトップページにアクセスできる。中学校理科の単元をクリックすると、関連する小学校理科の単元が表示されるので、そこから使用する教材を選ぶ。また、トップページの上右側には、啓林館(2011)を元に作った、単元のつながりを表す系統図を掲載したページへのリンクがある。これを選択すると、図 3 のページが表示され、ここからも教材を選択できる。

## ②教材による学習

単元を選択すると、図 4 のページが表示される。画面中央の画像は動画教材へのリンクである。必要に応じて動画を視聴した後、難易度選択をして図 5 のような問題の演習ができる。最大 3 問の問題を終えると、問題毎の正誤が表示され、不正解の場合はヒントが表示される。問題の形式は文章選択式・記述式・画像選択式の 3 つである。

## 5. 取り組みの様子

教材の公開終了時のランキングを、実際のニックネームから変更して表 5 に示す。取り組み時間が 1 位になっている「シリウス」は配属クラスの生徒である。教材公開日の翌週に声を掛けると、その日のうちに取り組み始めた。1 週間のうちに 5 時間程度使用し、その翌週に 3 時間ほど使用していた。しかし、一旦 1 位になり、それが越されないとわかると、途端に教材の使用をやめてしまった。これは、ゲーミフィケーションの効果面で挙げた短所が顕在化した例である。

取り組み回数が 1 位になっている「リゲル」は配属クラスではないクラスの生徒である。「シリウス」をライバル視しており、「シリウス」の正体を何回も問い合わせてきた生徒である。さらに、「使用時間では勝てそうにないので、使用回数では絶対に負けません」と宣言もした。このことから、ゲーミフィケーションにおける「競争」の機能をランキングが果たし、学習意欲を喚起していることがわかる。

週間ランキングについては、生徒に対して

動機づけの効果があまりなく、実装時には「リゲル」もしくは「カペラ」等の特定の生徒 1 人のみ掲載される状態が続いた。定期試験直前に、教材の学習が定期試験に向けて良い復習になる旨を伝えた際には、ランキングがすべて埋まったが、すべて埋まったのはその時のみである。

表 5 (a) 取り組み時間トップ 5

	名前	記録
1 位	シリウス	32859 秒
2 位	リゲル	16121 秒
3 位	ベガ	3705 秒
4 位	デネブ	2551 秒
5 位	カペラ	1157 秒

表 5 (b) 取り組み回数トップ 5

	名前	記録
1 位	リゲル	880 回
2 位	シリウス	487 回
3 位	デネブ	142 回
4 位	ベガ	123 回
5 位	カペラ	26 回

表 5 (c) 正解数トップ 5

	名前	記録
1 位	リゲル	73 問
2 位	ベガ	50 問
3 位	シリウス	45 問
4 位	デネブ	43 問
5 位	カペラ	33 問

教材公開日に教材を使う生徒はいなかった。次の実習時に使用法の問い合わせがあり、その生徒はその日から教材を使うようになった。その他はページへのアクセス方法とログイン方法に関する問い合わせが多かった。

## 6. 結果

### ①試験

全 3 回行った試験のクラス毎の正答率を前

半組と後半組に色分けをして表6に示す。

表6 試験結果

	第1回	第2回	第3回
全体	51.6%	45.0%	39.8%
1組	52.4%	49.3%	43.7%
2組	45.7%	36.4%	32.4%
3組	49.4%	49.6%	45.8%
4組	57.2%	46.6%	39.2%

3組を除き、大幅に正答率が下降している。3組も第3回は第1回と比べて3.6ポイント正答率が下がったが、統計的に有意差はない。配属クラスということもあり、3組は利用率が高いことが影響していると考えられる。

また、使用時間の1位である「シリウス」と使用回数の1位である「リゲル」、正解数の2位である「ベガ」の試験の偏差値変化は表7の通りである。

表7 抽出生徒の偏差値変化

	第1回	第2回	第3回
シリウス	37.9	66.3	52.4
リゲル	64.6	70.4	66.8
ベガ	60.2	68.3	65.7

第1回と第2回を比較すると、抽出生徒の偏差値は上がっていたが、第3回には下がった。第1回から第2回までの間には教材を多く作成したが、第2回から第3回の間にはあまり作成しておらず、生徒は新たな教材を得られなかったため、利用回数も少なかった。このことから、教材の継続的利用が偏差値の維持または向上に必要であることが確認された。

## ②質問紙調査・聞き取り

表4の問いに対する回答のうち、代表的なものを表8に示す。利用者の意見には概ね対応済みである。系統図から教材を選択可能にしたことによって見やすくなったという声があった。従来のページでは、任意の小学校の単元について、中学校の複数の単元と関連が

あるか、あるとしたら他のどの単元と関連するかが分かりにくかったが、系統図ではそれらが簡単にわかるという利点がある。小・中の内容を分けてほしいという意見は、小学校の単元の解説動画や演習問題に、中学校理科の内容に触れるものがあったため、これを別にしてほしいという意味である。未使用者の意見には気軽にできる（ものにすべき）というものがあり、詳細を尋ねるとログインを簡単にしてほしいということであった。

表8 質問紙調査の代表的な回答

利用者	トップページを見やすくしてほしい 小・中の内容を分けてほしい 問題数を増やしてほしい 難易度を選んで回答したい
未使用者	学校の課題になっている（べき） 気軽にできる（ものにすべき） 中学校の内容が含まれる（べき）

括弧内は筆者の補足

また、質問紙に関して聞き取りをすると、動画視聴をしている生徒は約半数であった。中には、動画は最初に見るのではなく、問題を間違えたときに、確認として使えるように問題ユニットの正誤判定のページにほしいという声もあった。

## 7. 考察

試験結果から、筆者が開発した教材には一定の学習効果があると考えられる。それと同時に、生徒の発言等から学習意欲を喚起する効果もあったと言える。しかし、これは一時的なものであった。継続的に教材を利用させるためには、学習に取り組むことによって苦手意識がなくなったり、学習の面白さを感じたりするという体験が必要である。従来型の教材と同様に、わかりやすさや内容の興味深さも追求していく必要があると考える。

研究の上で困難だったのは利用率を上げることである。前半組の利用率は20%程度であ

る。生徒の多くにログイン処理に難しさを感じ、教材の使用を避けていた様子が見受けられた。この問題の解決としては、IDの成り立ちを教え、自分が覚えやすいパスワードに変更する時間を設けることが考えられる。また、部活動や宿題等に時間が取られる中、web教材を使う必然性がなかったことも原因であると感じている。学習中の単元の補助教材では扱われていない内容を多く扱ったり、課題の1つにしたりすると教材を使う必然性が生まれると考えられる。

本研究では取り扱わなかったが、全学習者の大量の学習履歴を解析し、個人毎に苦手としそうな単元や興味を持ちそうな単元を提案できるアダプティブラーニングの実現を見据えたシステムの構築を今後は目指していく。

最後に、教材プログラムの公開場所等について記す。システムを構築するために必要なファイルは以下に保存してある。

URL [https://drive.google.com/drive/folders/14GxB-otHVPCEfLQHdQG19Wb6Bsy\\_jp0G](https://drive.google.com/drive/folders/14GxB-otHVPCEfLQHdQG19Wb6Bsy_jp0G)  
 説明書をよく読んだ上で、利用や他の教員への紹介をしてほしい。利用率を上げるには、学校の端末を用いてアクセスが可能であるかが重要な要素になる。学校の端末にはフィルタリングが施されており、個人で作ったサイトにはアクセスできない場合がある。詳細は説明書に記載するが、サイトとの通信方式が関係しており、環境に大きく依存することから、運用前には試行しておくことを推奨する。

#### 引用・参考文献等

株式会社ドコモ gacco, 「トップページ | 株式会社ドコモ gacco」, <http://gacco.co.jp/> (2021年7月19日閲覧)

藤本徹, 「ゲーム学習の新たな展開」, 放送メディア研究, No.12, 2015, pp.233-252

藤本・荒ほか, 「大規模公開オンライン講座(MOOC)へのゲーミフィケーション導入に関する研究の動向」, 日本教育工学会論文誌, No.43, 2019, Vol.3, pp.267-273

池田光穂, 「What is the Open Course

Ware,OCW?」,

<https://www.cscd.osaka-u.ac.jp/user/rosald/o/070410OCW.html> (2017年7月23日閲覧)

板生研一, 「ゲーミフィケーションによる顧客の行動変容と社会課題の解決」, 経営論集, 2019

啓林館, 「小・中・高 理科の学習内容系統表」, [https://shinko-keirin.co.jp/keirinkan/teapdf/rika\\_list.pdf](https://shinko-keirin.co.jp/keirinkan/teapdf/rika_list.pdf) (2011年5月10日)

京都大学高等教育研究開発推進センター, 「MOOC | Projects | CONNECT」, <https://www.highedu.kyoto-u.ac.jp/connect/projects/mooc/> (2021年4月19日閲覧)

McGonigal Jane, 「Reality is broken: Why games make us better and how they can change the world.」, 2011

三重県庁, 「世界の教育トレンドに関するキーワード」,

<https://www.pref.mie.lg.jp/common/content/000545827.pdf> (2021年4月7日)

文部科学省, 「中学校学習指導要領解説 理科編」, 2017

文部科学省, 「学校における新型コロナウイルス感染症に関する衛生管理マニュアル~学校の新しい生活様式~」,

[https://www.mext.go.jp/content/20210514-mxt\\_kouhou01-000007426\\_1.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20210514-mxt_kouhou01-000007426_1.pdf) (2021.4.28 Ver.6)

日本オープンオンライン教育推進協議会, 「JMOOC 無料で学べる日本最大のオンライン大学講座 (MOOC)」,

<https://www.jmooc.jp/> (2021年7月19日閲覧)

小田弘美ほか, 「バーチャルユニバーシティにおけるキャンパスライフの現状と課題」, 東京通信大学紀要, No.3, 2021

東京都庁, 「家庭における青少年のスマートフォン等の利用 調査結果 | 東京都」,

<https://www.metro.tokyo.lg.jp/tosei/hodohappyo/press/2020/04/06/02.html> (2020年4月6日)

## 認証フォーム

ユーザーID:

パスワード:

図1 認証フォーム



[レベル0\(難易度適合 計3問\)の問題へ](#)  
[レベル1\(低難易度 計3問\)の問題へ](#)  
[レベル2\(中難易度 計2問\)の問題へ](#)  
[レベル3\(高難易度 計2問\)の問題へ](#)

図4 問題トップ

中1	▶ 物質のすがた	▶ 水溶液	▼ 状態変化 【小3】形と重さ 【小3】体積と重さ 【小4】温度と体積の変化 【小4】水の三態変化	
	▶ 生物の観察と分類	▶ 生物の体の共通点と相違点		
	▶ 身近な地形や地層・岩石	▶ 地層の重なりと過去の様子	▶ 火山と地震	▶ 自然の恵みと火山災害・地震災害

図2 トップページ (一部)

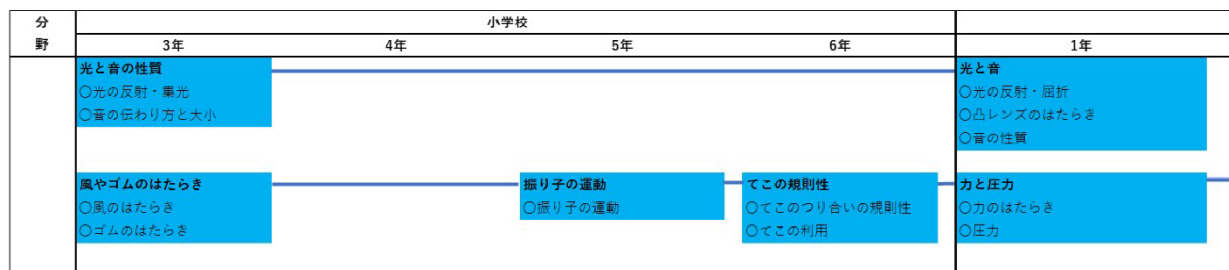


図3 系統図 (一部)

次の画像のうち、てこを利用してないのはどれか。



図5 問題例