

高校「物理基礎」での個別最適化へ向けた オンライン学習の導入

所属コース	教科領域コース
氏名	蔵田雅典
指導教員	隅田学 掛水高志

【概要】

科学技術の進歩により動画共有サービスや SNS が普及し、教育業界においても ICT 環境や施設の整備が進んでいる。2021 年に中央教育審議会が発表した「令和の日本型学校教育」の構築に関する答申では、2020 年代を通じて実現すべき「令和の日本型学校教育」の姿として、「個別最適な学びと協働的な学びの一体的な充実」が示されている。ここで示される個別最適な学びを進めるために、個々の興味・関心・意欲等を踏まえてきめ細かく指導・支援することや、子供が自らの学習の状況を把握し、主体的に学習を調整することができるよう促していくことが求められている。本研究では、国立高校の生徒 37 名を対象に高等学校理科の「物理基礎」について、オンライン学習による家庭での個別最適化を目的とした教育プログラムの開発及び実践を行った。計 7 回の授業の予習プログラムの実践を行ったところ、プログラムを実施した生徒について小テストスコアの向上が見られた。

キーワード 高校理科, オンライン学習, GIGA スクール構想

1 研究の目的

現在、科学技術の進歩により動画共有サービスやソーシャルネットワークサービスが急速に普及し、動画を用いた情報獲得や情報共有が可能となっている。2018 年 12 月には「GIGA スクール構想」が公表され、また、2021 年 1 月に中央教育審議会は Society 5.0 の到来や新型コロナウイルスの感染拡大など先行き不透明な「予測困難な時代」の中で着実に新学習指導要領の実施をすることを目的に「令和の日本型学校教育」の構築に関する答申を発表した。ここに示されている 2020 年代を通じて実現すべき「令和の日本型学校教育」の姿として、「個別最適な学びと協働的な学びの一体的な充実」がある。ここで示される「個別最適な学び」とは「個に応じた指導」を学習者視点から整理した概念であり、「個に応じた指導」とは「指導の個別化」と「学習の個性化」を教師視点から整理した概念である。これからの学校においては、子供が「個別最適な学び」を進められるよう、教師が専門職としての知見を活用し、子供の実態に応じて、学習内容の確実な定着を図る観点や、その理解を深め、広げる学習を充実させる観点から、カリキュラム・マネジメントの充実・強化を図るとともに、これまで以上に子供の成長やつまずき、悩みなどの理解に努め、個々の興味・関心・意欲等を踏まえてきめ細かく指導・支援することや、子供が自らの学習の状況を把握し、主体的に

学習を調整することができるよう促していくことが求められている。

また、蔵田・隅田・掛水(2021)の研究によると、学習者は映像教材を使用するメリットとして「自分のペースで学習を行うことができる」、「好きな内容を選択して学習を行うことができる」、「自分の理解に応じた難易度の教材を選択して学習を行うことができる」という回答を挙げており、デメリットとして「質問ができない」、「自分に適切な教材を選ぶことが難しい」という回答を挙げていることが明らかになっている。

このような背景を含め、本研究では、高等学校理科の「物理基礎」(2年生選択科目)を事例とし、オンライン学習による家庭での個別最適化を目的としたプログラムの開発と実践を行った。

2 研究の方法

1. 対象と期間

2021年10～11月に国立高校の「物理基礎」履修生徒37名を対象に「edpuzzle」を使用したオンライン学習のプログラムの開発と実践を行った。

「edpuzzle」はインターネットブラウザから誰でも無料で使用できるオンライン動画プラットフォームサービスである。「edpuzzle」を使用すると、動画作成者はあらかじめ指定した動画教材の再生時間に選択式や自由記述式の簡単な問題を設定することができる。動画の視聴者(生徒)は再生中に課される問題に回答することで動画の続きを視聴することができる。プログラムの概要を図1に、実際にプログラムで挿入された問題を図2に示す。

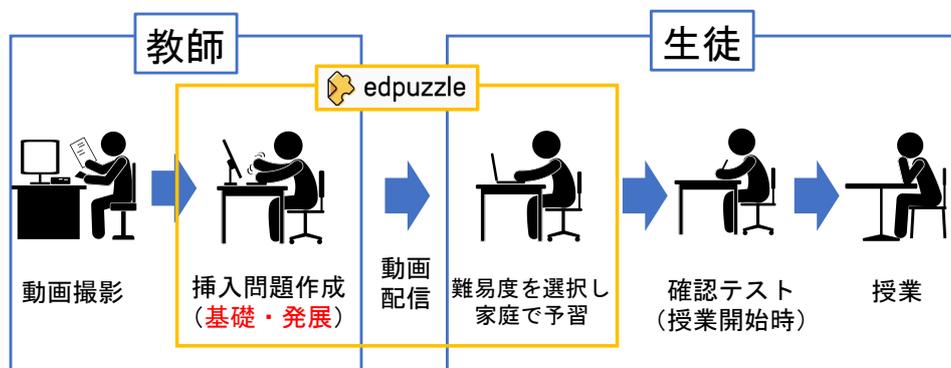


図1. プログラムの概要

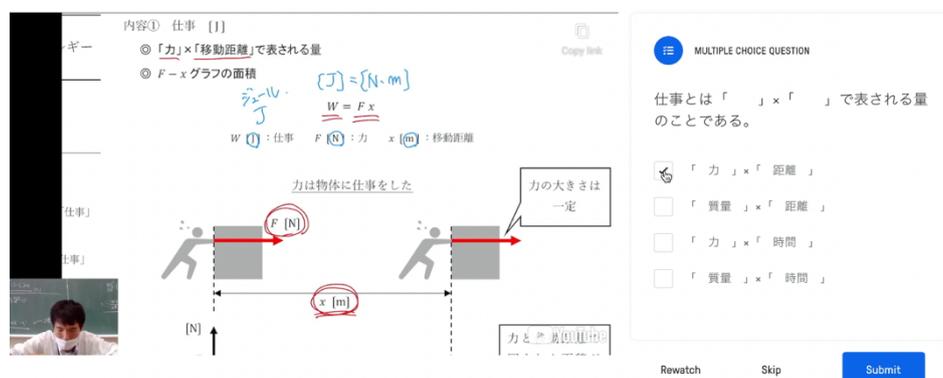


図2. 実際のプログラムの画面

今回のプログラムの開発では、「edpuzzle」を使用するにあたり、動画の作成者と問題の作成者を分けて予習のための家庭学習用の教材の作成を行った。作成した動画の再生時間は10～15分程度であり、挿入する問題は5問程度とした。また、1つの予習教材につき挿入問題の難易度が異なる「基礎編」と「発展編」の2種類の教材を作成し、生徒に都度選択してもらえるようにした。実践の内容としては生徒に家庭での動画教材を用いた予習を行ってもらい、授業開始時に予習に関する小テストを行った後、授業実施というサイクルを7回分の授業で繰り返し行った。作成した教材のタイトルおよび内容を表1に示す。

表1. 作成した教材のタイトルおよび内容

	タイトル	内容
第1回	仕事	仕事の定義および計算方法の説明・問題演習
第2回	仕事率	仕事率の定義および計算方法の説明・問題演習
第3回	運動エネルギー	運動エネルギーの定義および計算方法の説明・問題演習
第4回	位置エネルギー	位置エネルギーの定義および計算方法の説明・問題演習
第5回	力学的エネルギー	力学的エネルギーの定義および、ばねによる運動を含まない場合の計算方法の説明・問題演習
第6回	力学的エネルギー②	ばねによる運動を含む場合の力学的エネルギーの説明・問題演習
第7回	力学的エネルギーと仕事	力学的エネルギーと仕事の関係性についての説明・問題演習

また、第1回～第7回の教材について作成した挿入問題の一部を表2に示す。

表2. 第1回～第7回の教材について作成した挿入問題の一部

	基礎編	発展編
第1回	仕事とは「 <input type="text"/> 」×「 <input type="text"/> 」で表される量のことである。	あらい床上をすべっていた物体に対し、2.0Nの大きさの動摩擦力がはたらき、3.2m進んで物体は停止した。動摩擦力がした仕事は何Jか。
第2回	質量25kgのトランクを水平方向に20Nの大きさの力で引いて、力の向きに10m動かすのに5.0秒かかった。仕事率は何Wか。	仕事率490Wのポンプで、高さ5.0mの位置にあるタンクに一定の速さで水をくみ上げる。ポンプは毎秒何 m^3 の水をくみ上げることができるか。ただし、水の密度を $1.0 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ 、重力加速度の大きさを 9.8m/s^2 とする。
第3回	なめらかな水平面上を質量4.0kgの物体が3.0m/sの速さで進んでいる。物体の運動エネルギーは何Jか。	運動エネルギーと仕事の関係について表している文章を以下の中から1つ選べ。 ○弓で矢を引き、手を離すと矢が勢いよく飛んでいく。 ○かなづちを勢いよく振り下ろすと木に釘が深く刺さった。 ○物体に力を加えたが、その物体が移動しなかった場合加えた仕事は0Jである。
第4回	重力による位置エネルギーU [J] は $U=mgh$ で表される。mは【①】を表し、gは【②】を表す。また、hは【③】からの高さを表す。	質量2.0kgの物体をばねにつるすと、自然の長さから5.0m伸びて静止した。物体の弾性力による位置エネルギーは何Jか。ただし、重力加速度の大きさを 9.8m/s^2 とする。
第5回	ある落下している物体の運動エネルギーが20J、位置エネルギーが30Jであったとする。物体の力学的エネルギーは何Jであるか。	水面からの高さ10mの橋で、質量2.0kgの小球を静かにはなす。重力加速度の大きさを 9.8m/s^2 とする。水面の高さを位置エネルギーの基準として、手をはなした直後の小球の力学的エネルギーは何Jか。
第6回	ばね定数k [N/m] のばねの伸び(縮み)がx [m] のとき、ばねにつけられた物体がもつ弾性力による位置エネルギーU [J] はどう表されるか。	なめらかな水平面上で、ばね定数2.0N/mのばねの一端が固定されている。質量8.0kgの小球が、速さ5.0m/sで運動して、ばねに衝突し、押し縮めた。ばねの縮みの最大値は何mか。
第7回	物体が正の仕事をされた場合(移動方向と同じ向きに力を加えられた場合)、仕事の前後で物体の力学的エネルギーはどう変化するか。	摩擦のある床について、力学的エネルギーを保存させる方法として正しいものを全て選べ。 ・床に傾斜をつけ、物体が移動し続けるようにする ・物体の質量を半分にする ・バネを使用して物体の初速度を大きくする。 ・物体に動摩擦力と同じ大きさの力を加え、速度を初速度のまま維持する。

2. 分析方法

実践の開始前と終了後に Google フォームを用いてそれぞれアンケートを実施した。この2つの調査への回答結果を比較して分析を行った。

3 結果

1. プログラムの実践内容について

初めに各回の動画の難易度の選択結果を表3に示す。

表3. 生徒の動画の難易度の選択結果

名前	第1回 仕事	第2回 仕事率	第3回 運動エネルギー	第4回 位置エネルギー	第5回 力学的エネルギー	第6回 力学的エネルギー②	第7回 力学的エネルギーと仕事
生徒1	基礎+発展	発展	発展	発展	発展	発展	基礎
生徒2		基礎	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎
生徒3	基礎	基礎	基礎		基礎		基礎
生徒4	基礎		基礎	基礎	基礎		基礎
生徒5	基礎	基礎	基礎	発展	基礎	基礎	基礎
生徒6	基礎	基礎	基礎	基礎		基礎	基礎
生徒7	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎
生徒8							
生徒9	基礎+発展	発展	発展	発展	発展	発展	発展
生徒10							
生徒11	基礎	発展	発展	発展	発展	発展	基礎
生徒12	基礎	基礎	基礎	基礎			基礎
生徒13	基礎	基礎+発展	発展	基礎+発展	基礎+発展	基礎+発展	発展
生徒14							
生徒15	基礎+発展	発展	発展	発展	発展	発展	発展
生徒16	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎
生徒17				基礎	基礎	基礎	基礎
生徒18	基礎+発展	基礎+発展	基礎+発展	基礎+発展	基礎+発展	基礎+発展	基礎+発展
生徒19	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎
生徒20	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎
生徒21	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎		基礎
生徒22							
生徒23	基礎	発展		基礎	発展	発展	
生徒24	基礎			基礎	基礎	基礎	基礎
生徒25	基礎	基礎					
生徒26	発展		発展	発展	発展	発展	発展
生徒27	基礎+発展	基礎	基礎		基礎		
生徒28	発展						
生徒29	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎	
生徒30	基礎+発展	基礎+発展	基礎+発展	基礎+発展			基礎+発展
生徒31	基礎	基礎+発展				基礎	
生徒32							
生徒33	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎
生徒34	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎
生徒35	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎	
生徒36	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎		基礎
生徒37	基礎		基礎	基礎	基礎	基礎	

. . . 基礎編
 . . . 発展編
 . . . 基礎+発展
 . . . 授業終了後に動画視聴

また、各回の難易度選択数の平均を表4に示す。表4に示す通り、各回で予習を行った生徒の数の平均値は23名であり、これは全体の生徒数の約6割程度となる。また予習を行った生徒のうち「基礎編」を選択する生徒が多かった。

表4. 「基礎編」, 「発展編」を選択した生徒の平均

	人数 (人)	選択内容	人数 (人)
予習実施	23	基礎のみ	16
		発展のみ	4
		基礎+発展	3
予習実施せず	14		

次に授業に初めに実施した小テストの結果を表 5 に示す。全 7 回の小テストを行ったうち、全ての回において予習プログラムを実施した生徒の平均点は予習プログラムを実施していない生徒の平均点に対して同値以上の値を示した。また第 1 回と第 3 回、第 7 回についてはプログラムを実施した生徒の平均点がプログラムを実施していない生徒の平均点を大きく上回った。

表 5. 授業に初めに実施した小テストの結果

授業回	授業内容	予習プログラム実施		予習プログラム未実施	
		人数 (人)	平均点	人数 (人)	平均点
第 1 回	仕事	24	4.6	12	3.7
第 2 回	仕事率	23	4.6	14	4.6
第 3 回	運動エネルギー	22	4.0	14	3.3
第 4 回	位置エネルギー	25	3.8	12	3.4
第 5 回	力学的エネルギー	25	4.4	11	4.2
第 6 回	力学的エネルギー②	21	3.3	14	3.2
第 7 回	力学的エネルギーと仕事	23	4.6	14	3.0

2. プログラムの実践中における生徒の反応

実際に生徒が行った予習プログラムの動画挿入問題の解答画面を図 3 に示す。

「動画の内容についてももう少し詳しく説明してほしい部分があれば教えてください」という項目に対して「間違ってしまった動画挿入問題の解説が欲しいです」という解答が記されていた。



図 3. 予習プログラムの動画挿入問題の解答画面

そこで Edpuzzle 内の Note という機能の利用を行った。Note とは「動画作成者が動画再生中にコメントを表示できる機能」である。この機能を利用して動画への挿入問題の後にその解説が表示されるように設定を行った。この様子を図 4 に示す。このように動画内に解説も加えることで後に生徒から「解説がついてとてもわかりやすくなった」という反応を得た。

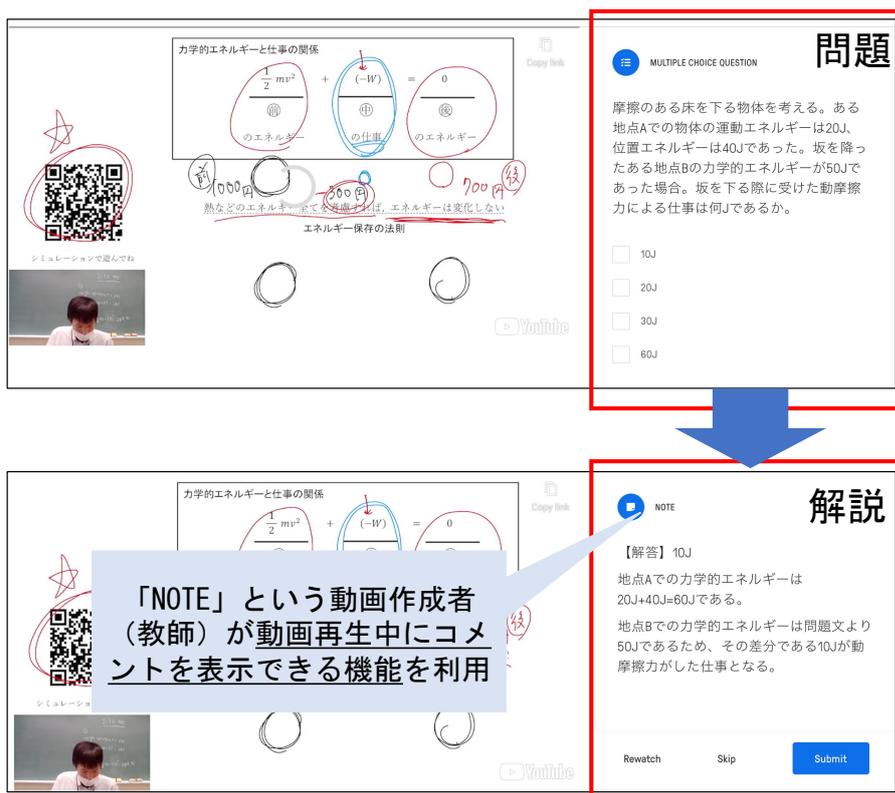


図 4. 挿入問題の解説設定の様子

3. Googleform での回答結果について

初めに、挿入した問題の問題数、難易度・動画の時間に関する調査項目の回答結果を図 5 に示す。表内の矢印上の点は各結果の平均値を示す。

問題数	解答		1	2	3	4	5
			ととも少ない ← → ととも多い				
基礎編	人数 (割合)	1	2	26	0	0	
発展編		0	3	5	0	0	
				2.6 2.9			
問題の難易度	解答		1	2	3	4	5
			ととも難しい ← → ととも簡単				
基礎編	人数 (割合)	0	2	7	13	7	
発展編		0	3	4	0	1	
				2.9	3.9		
動画の時間	解答		1	2	3	4	5
			ととも短い ← → ととも長い				
基礎編	人数 (割合)	0	0	13	11	5	
発展編		0	0	6	1	1	
				3.4 3.7			

図 5. 挿入した問題の問題数、難易度・動画の時間に関する調査項目の回答結果

動画に挿入した問題数について、基礎編、発展編共に「ちょうど良い」と感じている生徒が多かったが、発展編については「少ない」と感じている生徒も 40%程度存在していた。

動画に挿入した問題の難易度について、基礎編を選択した生徒の多くは「簡単」と感じていたが、発展編を選択した生徒は「ちょうど良い」もしくは「難しい」と感じていた。

動画の時間について、基礎編を選択した生徒の半分程度は「やや長い」と感じていたが、発展編を選択した生徒では「ちょうど良い」と感じる割合が多かった。

次に、「edpuzzle を使用した学習の『良かった点』と『悪かった点・改善して欲しい点』は何でしたか」という調査項目への解答結果を表6に示す。『良かった点』については、「予習がしっかりでき、授業が理解しやすかった」という回答や「問題があるから、定着しているか確認できる」、「問題が勝手に出てきて簡単に演習ができた」という回答が多く見られた。一方、『悪かった点』については、「倍速機能やスキップ機能、巻き戻し機能がない」という回答が多く、17件あった。また、毎回ログインが必要という回答もあった。

表6. 『良かった点』と『悪かった点・改善して欲しい点』に関する生徒からの回答

良かった点	悪かった点・改善して欲しい点
<ul style="list-style-type: none"> 予習がしっかりでき、授業が理解しやすかった (8件) 自分のペースで学習を進めることができた (2件) 問題があるから、定着しているか確認できる (8件) 見たことをすぐに実践出来る (3件) 問題が勝手に出てきて簡単に演習ができた (4件) 何回でも見直せる 好きな時間に見られる 自分の携帯でできる 	<ul style="list-style-type: none"> 倍速機能やスキップ機能、巻き戻し機能がないこと (17件) 毎回ログインしないとイケない (2件) 前日まで動画が見れなかったので、前々から予習させてほしい 字が小さい 動画を途中から見るができない (2件)

また、「Edpuzzle」に関する他の調査項目の結果を図6に示す。矢印上の点は平均値を示す。

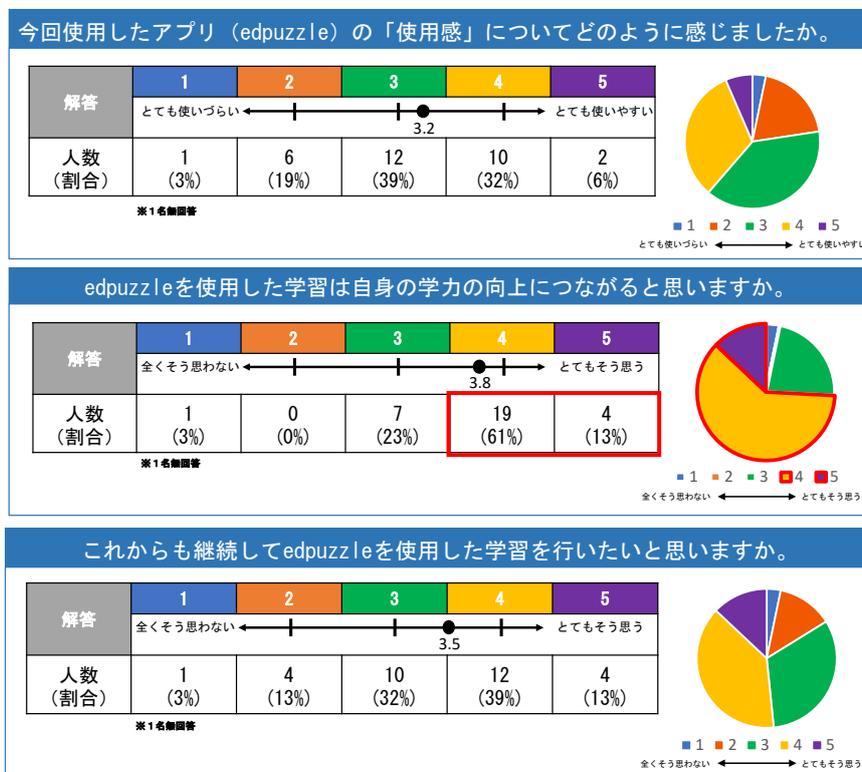


図6. 「edpuzzle」に関する調査項目

学力の向上につながると考えた生徒は全体 75%程度ほど存在し、また、これからも使用を継続したいと考えた生徒は 50%程度存在した。しかし、使用感については毎回のログインの必要性や倍速、スキップ機能がなかったことから使いづらいと答えた生徒が全体の 4 分の 1 程度存在した。

4 考察

今回の生徒の動画の難易度の選択結果を難易度別に細かく分類して示したものを図 7 に示す。

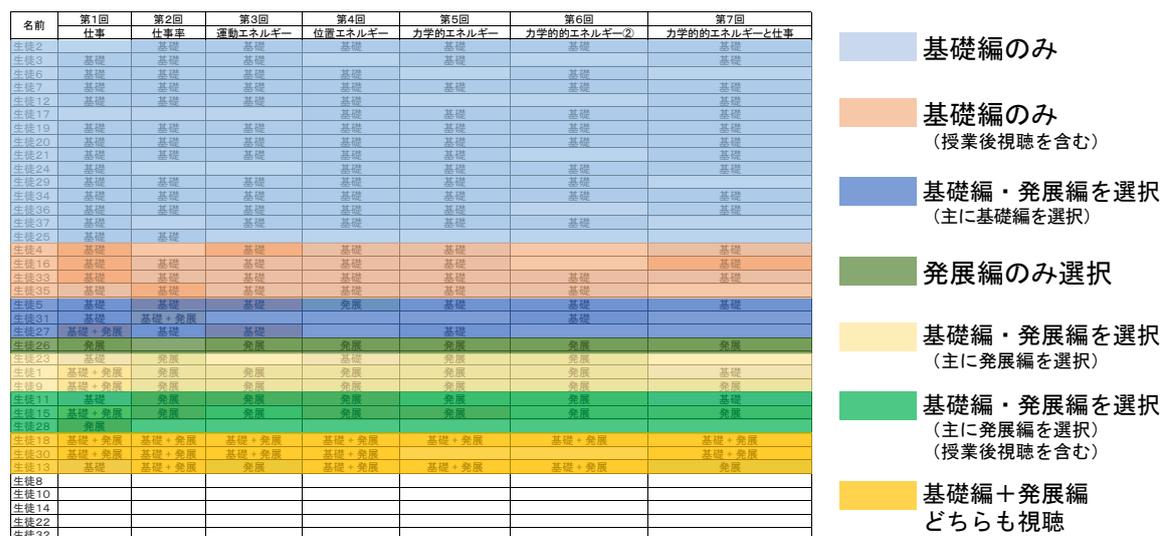


図 7. 生徒の動画の難易度の選択結果の分類

図 7 の結果から、今回のプログラムでは生徒それぞれが自分で教材の難易度の選択を判断し、学習を行える機会の提供ができたのではないかと考える。挿入した問題の問題数と難易度について、図 5 のような結果が得られたことから、個別最適化をより進めるためには、動画への挿入問題の難易度と問題数について、さらに幅を持たせた複数の教材を作成し生徒の提供する必要があると言える。

今回のこれらの結果から、オンライン学習での個別最適化を図っていく上で課題と考えられる 3 点を以下にまとめる。

1 点目は「手軽に使用できる」ということである。今回使用した「edpuzzle」は操作が単純であり、生徒の意見を拾うことができるというメリットはあったが、表記が英語であること、毎回コードでのログインが必要であること、巻き戻しやスキップができないことといった使用上の難点がいくつか見られた。Google form でのアンケート結果からも、これらを改善することでより手軽に生徒が学習に励める環境を整えることができると考える。

2 点目は、「問題の難易度と問題数について幅を増やす」ということである。今回のプログラムでは基礎編を選択した人数が多かったが、基礎編の挿入問題の難易度については難

しいと感じた生徒からとても簡単と感じた生徒まで幅広く存在していた。これらの生徒がより各自に対して最適な学習を行うためにも、難易度と問題数の異なる教材をさらに複数用意し、生徒が選択できる教材の幅を増やすことが有効であろう。

3点目は「挿入問題だけでなく動画の内容も変化させる」ということである。今回は基礎編と発展編ともに同じ内容の動画を使用して挿入問題を変化させたが、動画の構成内容も変化させることでさらなる個別最適な学習の促進が図れ、個に応じた学習のさらなる充実が望めると考える。

今後は以上の3点を踏まえ、さらに個別最適化を可能とする教材の開発を行っていきたい。

5 引用・参考文献

蔵田雅典・隅田学・掛水高志（2021） 高校生の理科に関するオンライン学習の実態と可能性について 日本科学教育学会研究会研究報告書，35（6），55-58

文部科学省（2018） Society5.0に向けた人材育成に係る大臣懇談会

https://www.mext.go.jp/a_menu/society/index.htm（閲覧日：2021年11月21日）

文部科学省（2019） GIGA スクール実現推進本部について

https://www.mext.go.jp/a_menu/other/1413144_00001.htm（閲覧日：2021年11月21日）

文部科学省（2021）『令和の日本型学校教育』の構築を目指して～全ての子供たちの可能性を引き出す，個別最適な学びと，協働的な学びの実現～

https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/079/sonota/1412985_00002.htm
（閲覧日：2021年11月24日）

6 謝辞

本研究を進めるに当たり，研究指導教員としてご指導して頂いた隅田学先生，実習指導教員としてご指導して頂いた掛水高志先生，様々なサポートを行ってくださった宮内滉平先生に深くお礼申し上げます。

本研究を進めるにあたりご協力していただいた国立高校の生徒の皆さんに厚くお礼を申し上げます。本当にありがとうございました。