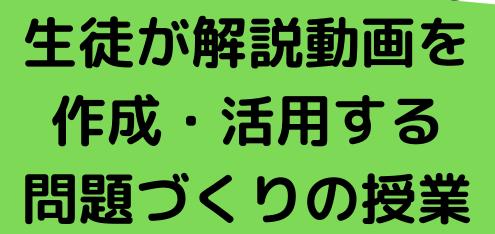
主体的・対話的で深い学び が実現する!



ASPRING TO THE PROPERTY OF THE

- 2021数学編ガイドブック

芝浦工業大学附属中学高等学校 数学科教諭 金森千春





これからの時代を生きていく子どもたちが、新しい時代に求められる資質・能力を身につけ、生涯にわたって能動的に学び続けることができることを願い、「主体的・対話的で深い学び」の実現を目指して2016年から5年間にわたって12回の実践を研究し、構築したオリジナルの授業プログラムです。単なる主体的で対話的な活動ではなく、単元理解の深まりを目指した深い学びも実現できる実践になりました。

生徒たちが数学を語り、躍動する学びを知ってもらいたい! その素晴らしさを多くの先生方と共有したい!

全国の学校でも教科校種を問わず,ぜひ実践してもらいたい! そんな思いでこのガイドブックを作成しました.GIGAスクールのおかげで ICT環境の整備に追い風が吹いています.算数・数学科におけるICT活用の メリットはグラフを提示したり,描いたりするだけではないはずです. こんな授業での活用はいかがでしょうか.

生徒が解説動画を 作成・活用する 問題づくりの授業

つのポイント

作問する個別学習

数学的な思考力や表現 力を高めるためには, 個の学習が必要不可欠 (熊倉2011).

作問する過程で学習内 容を深く理解し,考察 することができる.

創造的な協働学習

「活動の楽しさ」「よい問題が作れた達成感」「自分には考え付かなかった視点の共有」が得られる. 班で問題,解説,解説動画まで作りあげる独創的な学習.

豊かな言語活動

他者に説明したり,表現したりする活動が,問題 演習で得られないような 概念的理解をもたらす (市川2000).

言語活動の中で,話者自身の学習内容の修復や再構築が起こる(伊藤ほか2009).

「解説動画」の発表 形式と相互評価

成果物を解説動画にすることで,他者と客間一フェーズで客間的に安定して評価できる。評価のフィードができるとに、動画を修正することでで解が深まる。

どの生徒にも進む 深い単元理解

問題づくりの実践は古くは大正時代から行われてきた. どの時代においても, どの学力層の生徒にとっても, 学習内容の深い理解が進む実践であることが実証されている.

目的

「生徒が解説動画を作成・活用する授業」を通して、単元理解を深める

目標

「生徒が解説動画を作成・活用する授業」を通して、

- 学習単元の基礎的な概念や原理・法則などの理解を深めるとともに,作問活動やわかりやすい解説動画を作成することで,日常生活や社会の事象を数学的に解釈したり,数学的に表現・処理したりする技能を身に付けるようにする. [知識・技能]
- 数学を活用して事象を論理的に考察する力,数学的な表現を用いて事象を簡潔・明瞭・的確に表現する力を養う. [思考力・判断力・表現力等]
- 作問活動やわかりやすい解説動画を作成することで、活動の楽しさと数学のよさを実感して粘り強く創造性をもって考え、問題解決の過程を振り返って評価・改善しようとする態度を養う. [学びに向かう力・人間性等]

評価基準

- 学習単元の基礎的な概念や原理・法則などの理解を深めることができた. [知識・技能]
- 日常生活や社会の事象を数学的に解釈したり、数学的に表現・処理したりする技能を身につけた. [知識・技能]
- 数学を活用して事象を論理的に考察する力を身につけた、「思考力・判断力・表現力等」
- 数学的な表現を用いて事象を簡潔・明瞭・的確に表現する力を身につけた. [思考力・判断力・表現力等]
- 活動の楽しさと数学のよさを実感して粘り強く創造性をもって考えた. [主体的に学習に取り組む態度]
- 問題解決の過程を振り返って評価・改善しようとする態度を養った. [主体的に学習に取り組む態度]

「よい解説動画」のルーブリック評価

	期待以上の動画	期待に即した動画	やや改善を要する動画	改善を要する動画
	4	3	2	1
	判読しやすい文字の大	判読しやすい文字の	判読しやすい文字もあ	全体的に文字が判読
文	きさで,手書きとタイ	大きさで,手書きと	るが, 判読しづらい文	しづらく、解説のわ
	プ, 文字色を使い分け	タイプを適宜使い分	字もある.	かりやすさを阻害し
字	,書きながら解説する	け、文字色にも配慮		ている.
	などの工夫がある.	している.		
	適切な速さと明瞭な話	適切な速さと明瞭な	聞き取りやすい話し方	音声が時々不安定で
音	し方,わかりやすい言	話し方,わかりやす	をしているが,聞き取	あったり,背景音が
声	葉で、抜群に聞きやす	い言葉で解説をして	りづらいところがある	主要な音声より大き
	V.	いる.	•	かったりする.
解	解答が数学的に明解で	正しい解答がわかる	正しい解答が示されて	解説するという目的
答	あり,考え方も分かり	ように示されている	いるが,理解しにくい	を達成していない.
	やすく示されている.		部分がある.	
	図やグラフを適切に用	図やグラフを用いて	解説するという目的は	解説するという目的
解	いたり,創意工夫を凝	,明解でわかりやす	満たしているが,わか	を満たさず、読み上
説	らして明解でわかり	い解説をしている.	りにくい部分がある.	げる程度である.
	やすい解説をしている.			
	ポインターやグラフソ	ポインターやグラフ	ポインターやグラフソ	わかりやすい解説に
ア	フトなどを使用し,よ	ソフトなどを使用し	フトなどを使用してい	するアイデアが使わ
1	りわかりやすくなる工	,解説の内容を理解	るが,解説理解の促進	れていない.
デ	夫を凝らしている. 凝	するのに役立ってい	に役立ってい	
ア	りすぎた演出をしてい	る.	ない.	
	ない.			
	解説動画が, 抜群にわ	解説動画が, わかり	解説動画が,問題を解	解説動画が,問題を
価	かりやすく,学問的な	やすく、学問的な深	説する目的を満たして	解説する目的に役に
	深みがある. 他者に有	みがある. 他者に有	いる.	立たず、創意工夫が
値	益であり,創意工夫を	益であり, 創意工夫		見られない.
	凝らしている.	が見られる.		

授業プログラム実施計画(全7時間)

a lesson plan to create a video of students explaining a math problem that they made

時	生徒の主な活動	活動のポイント・準備		
	①生徒が指定された	○作問の前に「よい問題とはなにか」を提示したり,議論して共通		
	単元に関する問題・	認識として持つ.		
$\mid \mid_{0}\mid$	解答・解説を作成する	○作問が難しい場合は、原問題からの改題からはじめてもよい。		
	② 作成したものを	○1時間目までに作成したものを提出する.		
作	教師に提出する	ロイロノートや Metamoji Classroom などに書いておく.		
問		図や数式を用いて作成したい生徒も多く,word などよりも手書き		
		ができるアプリを使用するかノートに手書きをして写真を撮る方		
		が適している. ワークシートなどのアナログでの提出でもよいが,		
		1時間目に班のメンバーと問題を共有する際に不便である.		
		○ GoogleClassroom やロイロノート,Classi など教師が管理しやす		
		いツールで提出させる.		
	① 班のメンバーに	○ロイロノートなどで,班のメンバーを選択して問題だけを送る.		
	問題を共有する	ロイロノートは同じクラスの該当するメンバーだけに資料を提供す		
1		る点で便利である.ひとり1台端末がない場合は,手で書き写すか,		
		コピーを配布するなど代替手段を講じる.		
問	② 他のメンバーの	○他のメンバーの問題を解くときは,できる限り個の学習を確保す		
題	問題を解く (20 分)	る.机を班の形でなく元に戻して,集中して 20 分間問題に向き合		
の		う.教科書や問題集,インターネットなどを使って調べてもよいが,		
共		他のメンバーと相談はしない.		
有	③ 答え合わせとどの	○各自で解いたものを照らし合わせ答えを確認する. 同時に, 自ら		
	問題をベースにして	の作問の意図を班のメンバーに伝える.		
	進めるかの方向性を			
	話し合う (15 分)			
	宿題	○どのように修正したらよりよくなるかを次の授業までに考えてく		
		 న.		
2	① 問題と解答,解説	○土台になる問題をどう良くするかを班で知恵を出し合う.		
	を作成する	○あとから問題の訂正をすることのないように,数学的な間違いが		
問		ないように注意する. 問題を提出する段階で, 完璧な解答を作成す		
題		る. 解説台本を作るとよい.		
と	② 班の問題を提出	○ GoogleClassroom や Classi, ロイロノートなど教師が管理しやす		
解	する	いツールで提出させる。		
答	宿題	○他の班の問題を5時間目の発表会までに解く.		
の		○教師は、班の問題をクラス全体に共有する。本活動で作問された		
作		問題は教科書などの問題と異なり、解くのに時間がかかるため、		
成		速やかに生徒に共有して,生徒が解く時間を確保する必要がある.		

時	生徒の主な活動	活動のポイント・準備		
	① 事前テストを実施	○事前テストを実施する(任意)		
	②動画を作成する	○「よい解説動画」のルーブリックを示し、どのような動画を作成		
$\begin{vmatrix} 1 \\ 3 \end{vmatrix}$		するかを明確にする. Mayer の7つの原則を知識として説明する.		
		○動画を作成するアプリ,動画の構成はある程度揃えておいた方が		
$\begin{vmatrix} 4 \end{vmatrix}$		よい. 例えば, Explain Edu を使用して, 1枚目にタイトル・班番		
		号・メンバー名, 2枚目に問題文の画像を貼り, 3枚目以降に解説,		
動		最終ページに問題の要点を記す.フォントサイズや動画の長さ(3分		
画		以内など)も決めておいた方がよい.		
作	③ 動画を提出する	○完成したら, はじめから通して視聴する. 納得のいく出来であった		
成		ら動画を提出する。		
		○動画は容量が大きいため,iOS 同士であれば AirDrop など Wi-Fi		
		を使用しない提出方法の方が短時間で提出できる.		
	① 他の班の問題を解	○ GoogleClassroom や Classi, ロイロノートなど教師が管理しやす		
	いたものを提出する	いツールで提出させる。		
5	② 提出された動画を	○クラス全体で視聴する.		
	クラスで視聴する	○動画によっては音声が小さいものもあるため,プロジェクタの他		
発		にスピーカーなど音声を出力するツールを準備した方が良い.		
表		○生徒は動画を見ながら各自が解いたものと答え合わせをする.		
	③ 班で評価を行う	○「よい解説動画」のルーブリックに沿って班ごとに評価を行う.		
	A. 相互評価シート	動画を視聴しての感想や修正した方が良い点など,コメントも班で		
		相談して記入する.		
		○教師も事前に班の問題を解き,生徒と同様に評価する.		
	宿題	○教師は、速やかに相互評価を集計し、各班に相互評価の結果を通		
		知する.		
		○どのようにを修正したらよいか6時間目までに考えておく.		
6	① 動画を修正する	○相互評価を踏まえて,動画を修正する.		
修		○修正し終えたら,再度提出する.		
正				
7	① 事後テストを実施	○事後テストを実施する.(任意)		
振	② 数学的講評	○教師は修正した解説動画を事前に視聴し,要所を提示しながら,		
i)		各班への数学的講評を通して,クラス全体にフィードバックする.		
返	③ 個人で振り返りを	○振り返りとして,B. 個人評価シートに回答する.		
i)	行う			

Chiharu KANAMORI, Katsuhiko SHIMIZU(2021). Proposal for a lesson plan to create a video of students explaining a math problem that they made. The 14th International Congress of Mathematical Education Shanghai, Awaiting peer review results

市川伸一 (2000) 概念,図式,手続きの言語的記述を促す学習指導.教育心理学研究,48:361-371 伊藤貴昭,垣花真一郎 (2009) 説明はなぜ話者自身の理解を促すか-聞き手の有無が与える影響-.教育心理学研究2009,57:86-98 Mayer, R.E., Moreno, R. (2001) Animation as Aid to Multimedia learning. Educational Psychology Review, 14 (1), March 2002 金森千春,清水克彦(2021)高校数学ベクトルにおける「解説動画を作成する問題づくり」の活動の効果検証.日本教育工学会大会論文集 2021年春季全国大会, 513-514

熊倉啓之(2011)小集団での追究で効果抜群!数学的な思考力・表現力を鍛える授業24. 東京, 明治図書出版株式会社 竹内芳男・澤田利夫(編) (1984) 問題から問題へ-問題の発展的な扱いによる算数・数学科の授業改善、東洋館出版社、東京

実践の留意点 1

Points to note in implementation

- 1 「活動自体が楽しいものであること」「よい問題をつくれたという達成感を味わえること」 「班の活動において、自分が忘れていた学習内容や気づかなかった視点を共有し合えること」 を重視し,担保すると生徒の単元理解度がより深まる.
- 2 個人の活動と班の活動を区別して,個人で深く思考をめぐらす場面と他者と協働して一人で 気づき得なかったことを発見し、解決していく場面に分ける、個人の活動における学習や班活 動のルールを活動の前に確認するとよい、例えば、ルールは以下のようなものがある.

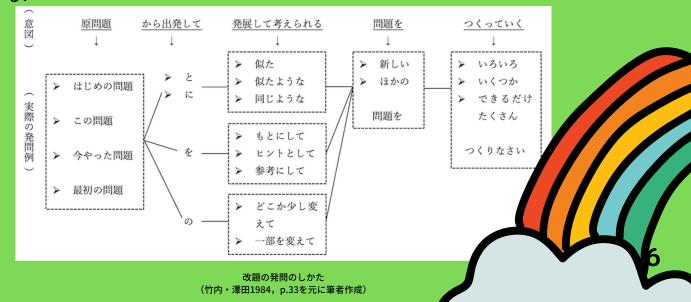
個人の活動のルール

- 「課題に対して、じっくり考えて自分の考えを持つようにすること」
- 「追究を進めている途中で疑問が出てきたら、必ずかいておくこと」
- ・ 「まわりの人と相談しないこと、わからない場合は、様々なツールを駆使して解決を目指 すこと」

班の活動のルール

- 「個人追究で課題が解決していなくても、途中まで考えたことや追究していてわからなか ったことを積極的に説明すること」
- 「友だちのよい意見はどんどん吸収すること」
- 「理解できないことは質問すること」
- 3/活動を通して,教師は指導や誘導,評価にあたる発言はしない.ファシリテータに徹する. アプリなどICTで困っていたら速やかにサポートをする。作問や解説など「正しいか,正しく ないか」と生徒は尋ねてくるが、班で判断し、解決するように促す.教師が助言するのは、 5時間目発表会での相互評価シートの記述項目と7時間目振り返りの数学的講評のみである.
- 4 使用するプラットフォームは各学校の実情や,教師のICTの熟練度によって,活動の目的が 達成されるならば使いやすいものでよい、筆者は、目的を達成することを最上位目標に据えた ため,作問にはMetamojiClassroom(勤務校で導入しているアプリであるため生徒の端末に 入っていること、書きやすさ、編集のしやすさ)、班のメンバーでの共有はロイロノート、動 画の作成はExplain Edu(書きやすさ、音声の編集のしやすさ)を使用したが、ICTに不慣れな 生徒にはアプリが複数あることが負担になるため、発達段階や生徒のICTスキルによって留意 したい.
- 5 「よい問題」の定義の[参考]である.校種,教科,学年,発達段階によって配慮したい.
 - ぱっと見て答えのわかる問題ではなく、数学的に考えさせるものであること
 - 明確な問題設定と、簡潔な日本語で書かれていること
 - 数学的に面白いと多くの人に感じてもらえる問題であること
 - 教科書や問題集に載っている問題のような「数学の問題」ではないこと
 - ◆ より現実社会に即した身近な題材に数学を見つけること(自分の身近にあるものに数学を 見つける)

- 6 提出する作問や動画のフォーマットを決めておくと,限られた時間の中で創作活動がスムーズに進み,生徒も余計なところに力をかけずにわかりやすい解説や解説動画の作成に注力できる(フォーマットを指定しないと奇抜なデザインにしたり,目的とは違う部分に注力する生徒が現れる).作問の提出条件の[参考]である.
 - Metamoji Classroomで,用紙は白の横向き,罫線などは自由.
 - 「よい問題」を満たす問題であること
 - 文字は, UDデジタル教科書体NK-B, 推奨フォント24pt以上.
 - 1行目に「クラス番号+氏名」を記入する.2ページ目に「問題」を,3ページ目以降に 「解答解説」と「問題のポイント」を作成する.問題は図も含めて1ページに収める.
- 7、班の人数は4人(5人よりは3人)が最適である.班の決め方は,基本的に教師の考えによる.ランダムが好ましいが,学習班が決まっているならばそれでも良い.どの学力層の生徒にもより深い単元理解が進む活動ではあるが,学力層上位の生徒だけの班とそうでない生徒だけの班のような偏った班構成にならないように留意する.実施回数を重ねてくるとどのような班でも活動は回っていくが,不慣れなうちは班活動がスムーズに行くよう配慮する.班構成の不満が活動の取り組みに悪影響を及ぼす場合がある.班のリーダーは決めても決めなくてもよい.
- *Mayer (2001) の 7 つの原則のうち,コヒーレンスの原則(余計な言葉,音,ビデオを排除する),モダリティの原則(アニメーション[視覚]とテキスト[視覚]よりもアニメーション[視覚]とナレーション[聴覚]の方が効果が高い)を取り上げ,わかりやすい解説動画を作成するための原則を体感的に伝える.動画を視聴することに慣れている生徒は多く,生徒は経験則で理解できる原則であるため,共感しやすい.
- 9 実施時期は,単元の学習が一通り終わった後が好ましい(例えば,毎学期末など).このような活動の効果は,一度の授業ですぐ現れてくるものではなく,ある程度長い期間の中で算数・数学に対する見方・考え方が徐々に変化するため,繰り返し実施するとよい.
- 10 原問題を改題する場合の[参考]である.日常生活や社会の事象と関連づけて作問することが 目標であるが,難しい場合は教師が示唆しない原問題の改題でもよい.それも難しい場合 は,図を参考に指示をする.指示をすると問題づくりの活動は活発になるが,つくられる問 題の多様さが減ってしまうため,指示は最小限にして生徒の思考の自由性をできるだけ保障 する.



問題づくりはとても時間がかかるし,たくさん時間をかけた割りにいつも良いアイデアが 浮かばず,いつもがっかりするが,とても やりがいのある活動だと思っている.

問題演習は教科書だけで十分だと思っていたけれど,人の問題を解いて人の作った問題もいいと思った.人の作った問題にみんなで修正を入れると良い問題になると思った.

にしかならなく、つまらない問題に なってしまうが、みんなで作ると 色々なアイデアが生ませ

生徒の ・感想

普段先生が分かりやすく授業をしてくれるように、解説動画を通してみんなが班の問題を理解できるように、問題のどこが難しく、悩んでいるのかを客観的に考えることでさまざまな角度からその問題を考察でき、理解が深まった.

問題を解く上で、必ずキーになる重要な部分があるはずなので、そこをできるだけ丁寧に説明することを心掛けていた. 問題によっては、違う方法、いわゆる別解で解くことができる場合もあり、その方法はないか常に探っていた. そうして動画を作っていくうちに、自分の中での数学の考え方が広がり、問題に対してさまざまな見方を持つことができた.

最初から最後まで数学は嫌いでした.

しかしながら,最初の方こそ手放しで嫌いという状態でしたが,問題づくりやグループワークを行うと友人が分かりやすく説明しようとしてくれたり,私自身も得意分野ではできる限り丁寧に教えようと努力したりと,可能な限りその問題についての解法を考えるようになった.

問題づくりの授業を通して、グラフに 関する問題に強くなったと感じる、例えば、 2次関数の軸が動く問題など紙面上では動きが表 しにくいものを、解説動画作成時にDesmosなど を用いて実際にグラフが動く様子を見たことで理 解が深まった。また、回転体などではGeogebra で様々な角度から回転体を見たことにより、頭の 中で回転体の形をイメージしやすくなった。 問題づくりの学習で班でやることの重要性,面白さを改めて感じた. というのは自分がわかっていて飛ばしていたところを班員がわからないと言ってくれたことで「ここは解説を足そう」「表現を変えよう」 と気づき,問題を分かりやすく修正することができた.

授業の内容で疑問点など を授業を受けて問題演習 をするだけでは,内容に ついて理解が深まらな い.問題づくりをすることによって普段見なでも 点から見ることがで,内容 る.それによって、内容 をより理解することがで きる.

単に自分一人だけで問題を解いているだけでは気付けない別解を知れたり、解説動画を作成している最中にいかに分かりやすく説明できるかを考えるため、もう一段深くその単元・問題について学べていると感じる.

解説動画を作成することは,問題を作成する過程で見つからなかった解答の誤りやより良い解法を見つけることができる.解説をするうえでどのような公式を使って分かりやすい解説をしたら良いかなど考えさせられる.後日作成した動画をもとに意見や感想を共有したり,別解を指摘したりすることができるのは解説動画を作るからだと思う.

牧下英世先生 推薦!!

数学科教育学の研究には様々な課題があります。近年の課題としては、「教師がいかにして授業にICTを活用するのか」があります。本学附属中学高等学校の金森千春先生は、ICTの利活用について長年実践的な研究をされてきました。さらに、その成果を学会・研究会で発信されてきました。金森先生の実践の起源は、2016年11月の中学2年次の生徒の問題づくりです。協働学習の観点で、4人の生徒が数学グループを構成し、iPadとExplain Eduにより解説動画を作り、クラスの中で発表し評価し合うという活動です。

教師にとって、生徒の「問題づくり」は、生徒の内面から数学観を垣間見る絶好の機会となります。

私の経験で恐縮ですが、生徒は問題づくりの課題では、生徒が授業で学習した内容を下敷きにするようです。さらに、他の 生徒の前で自身の問題を発表することで、問題の内容を紛れのない形にしようとします。また、問題の内容を難しくしよう とする傾向にあります。すなわち、問題づくりを体験させることにより、生徒自身の数学に対する態度がポジティブな方向 に変容することが伺えました。