

文系生徒を対象に数学を
題材とした
探究的授業の実践報告

藤田 祥一

明治大学大学院先端数理科学研究科

2022/2/11

東京都高等学校数学教育研究会 研修旅行

実践概要

- 私立上野学園中学校・高等学校の数学演習Iという授業において高2文系の生徒を対象に数学を題材とした探究的活動とその成果発表会を実践
- 1人1つの発表テーマを決め、すべて個人ワークで実施
- 実践期間は、2学期後半の約1ヶ月
(振り返りも含めて45分授業×9時間分)
- 発表形式はスライド貼付型のポスターセッション
 - ▶生徒は1人1台iPadを持っており、ロイロノートなどのプレゼン作成ツールもインストールされている
- 実施計画から、レギュレーション作成、評価ルーブリックの作成、生徒の資料作成など1からすべて講演者が構築した

実施背景

- 今年4月から施行される新学習指導横領では、生徒が主体的に学ぶ（主に、探究する）場面の設定が授業に求められる
 - 総合的な探究の時間、理数探究（基礎）の科目が設定
 - 数学I,II,IIIの教科書に課題研究のページが別途追加
数学A,B,Cに数学活用の内容が移行
 - 「学びに向かう人間性」の評価 ← 観点別評価
- 数学の学習場面においても、数学と何か（日常場面など）、もしくは数学単体の内容で自由に探究する機会を設ける必要があるのではないか
 - SSHの研究発表会に何回か参加したが、数学色が強い発表はあまりなかった

新学習指導要領では、
主体的学ぶ機会や探究的な学習の提供が数学でも
必要とされている（しかも、文理問わず）
が、数学があまり得意ではない、
そもそも数学の履修科目が少ない文系生徒が
数学を題材として探究活動が可能なのか？



試しに一通り実践してみるか
（藤田のモチベーション）

対象生徒の状況

- 数学演習Iの履修者 **33**名（例年より多いらしい）
 - ▶本授業は国数英の3科目からの**選択**授業，3クラス同時展開
- 生徒は文系志望？で，カリキュラム的な都合で数学の**履修がI・Aのみ**で終わる
 - ▶高1で数学の必履修が終わり，実質高校生活最後の数学の授業
- 数I・Aの定着はあまり良くない（というか，大半忘れている）
ただし，数学への意欲がないわけでは
- 1学期に**数学パズル**を題材に，未知の事柄に**粘り強く考えること**やグループ学習による**共同的な学び**を経験させている
 - ▶昨年6月，都数研の研究授業で講演した内容
- 高2は**探究活動の授業**がカリキュラムに**含まれている**が，本実践の段階では**まだ始まったばかり**であった

実践結果

- 講演者が設定したレギュレーションに従い
33名**全員**がポスターを提出（提出期限は怪しかったが・・・）
- 発表会もほぼ**全員**が参加した
 - 1名がワクチン接種の副反応で当日欠席だったのは**別途**対応

そのため、事前に用意したルーブリックに従い
全員を**同等**に評価することができた
→ 無事、一連の実践を終えることができた

もちろん、細かな反省はいくらでもあります

この手の話をすると

- 探究活動の授業計画，レギュレーション設定
- 授業中の生徒の活動の様子
- 生徒への指導方法（数学，発表方法など）
- 生徒の発表内容
- 発表会の運営，様子
- 生徒の振り返りの結果
- 他教科・他教員との連携
- 活動の評価方法，評定への還元

今回は赤字の2点に絞ります！

などなど話すことがいっぱいになります

発表内容の選定

- 発表内容は特に縛りを設けず基本数学と絡めば何でも良いとした
- 生徒には日頃気になっていた事や目に付いた事を調べてみようというアドバイスをした
(それ以外にテーマへは特につっこんだ指導はしていない)
- 運営の都合上、6つの発表区分のようなものを設定した
 - 純粋数学 (定理や性質の紹介)
 - 応用数学 (日常事象と数学の関連の紹介)
 - 数学パズル・論理パズル
 - 数学史 (数学者の紹介, 記号の由来など)
 - 自作の数学の演習問題・数学, 論理パズル
 - その他

発表 タイトル 一覧

三平方の定理の証明	ピタゴラスについて
純粋数学について	古代バビロニアの数学
「なぜ $1+1=2$ なのか」	計算記号の由来
数の不思議	エラステネス
数学と算数の違い	無限の記号「 ∞ 」の由来とは・・・
板を穴に隠すには？	タレスについて
数学パズル	円周率について
「+」「-」の起源	アラン・チューリングとエニグマ暗号
色々な数字	0の発見
計算記号はなぜ生まれたのか	ディオファントスについて
数字「0」の発見	ジョン・フォン・ノイマンのゲーム理論
アインシュタイン	チョコがふえる仕組み
宝くじ買うべきか？買わないべきか？	ディズニーチケットの当選確率
数学と算数の違い	Disney tickets magnification
頭脳王のアレなんで一瞬で解けるの？	宝くじ買うべきか？買わないべきか？
レンガの重さを考えよう	テニスのサーブを題材とする一次関数の活用
数字の誕生	バズ・ライトイヤーのアストロブラスターは
数学の始まり	1日に何人のゲストが乗れるのか？

生徒の内容選びの傾向

- 潜在的な疑問を持っているパターン
 - 演算記号や0(ゼロ)の誕生など日常的に使用していた数学の記号や法則に着目して疑問を見つける
- 一覧表や歴記年表から知っているものを選ぶパターン
 - Webにある数学者一覧などを見て、その中から聞いたことがあるものを選ぶ
- メディアで取上げられた数学的な問題を題材にするパターン
 - クイズ番組で紹介されたパズル的な問題やTwitterやYouTuberなどでバズった話題を参考に話題を見つける

一人ひとりが数学に対して何らかの疑問や話題を持つことはできた

評価方法

- 評価は
作成したポスターに対する「**内容**評価」（5項目）
発表会での発表の様子に対する「**発表**評価」（5項目）
の2つ対する**事前**公開していたルーブリックによる評価と
発表会後の「**振り返り**シート」の記述
の3つで行った
- ルーブリックの評価は4段階（A～D）
- ルーブリックの作成は勤務校の探究科が使用している
ルーブリックを参考に**緩く**つくった

内容評価

- 提出されたポスターが論理的な誤り・表現はないか、参考文献を元に正しい情報を記載できているかなどポスター内容に対するチェック
- 評価者は**教員**

発表評価

- 発表会当日の生徒の発表の様子を聞き手の他の生徒が評価表に従い評価を付ける
- 主に、発表姿勢やポスターの見やすさなどをチェック
- いわゆる、生徒同士の相互評価、評価者は**生徒**

内容評価ルーブリック					
項目	内容	D	C	B	A
発表区分とタイトル、 内容の整合性	発表区分、タイトル、発表内容 に一貫性があるかどうかの評価	発表区分、タイトル、発表内容 がそれぞれバラバラである	発表区分とタイトルは繋がって いるが、発表内容がタイトルと は別の内容に見えてしまう	タイトルと発表内容は一致して いるが、発砲区分とは異なる内 容であった	発表区分、タイトル、発表内容 が一貫している
用語の説明	選んだ話題に登場する用語が説 明できているかどうかの評価	用語の説明がほとんどなかった	多少話題に出てくる用語は説明 していたが、補足なしでは理解 が難しい用語の説明が不十分で あった	話題に出てくる用語は一通り説 明がなされていた	話題に出てくる用語と、さらに 基本的な数学用語まで振り返っ て説明をしている
内容の信憑性	参考文献などをもとに正しく内 容が資料に記載されているかど うかの評価（計算式のチェック も含む）	参考文献の記載がなかった、計 算式が合っていない	参考文献は記載されているもの の文献とは異なる記載がされて いて信憑性が保障できない、計 算式は合っているが計算ミスが 見られる	参考文献と同様な内容が記載さ れている、計算ミスをするこ となく正しい値が求められている	複数の参考文献を見比べて内容 の信憑性を高めようとしてい る、複数の手法で計算を試すこ とや検算をするなどして求めら れた結果が正しいことを裏付け ようとしている
論理的な表現力	資料に書かれている文章が論理 的で分かりやすいものとなっ ているかの評価	文章が支離滅裂で成立していな い、単語のみの羅列である	文章としては成立しているが、 遠回しな表現が多く初見では理 解しがたい	論理的な文章で問題なく表現で きている	論理的な文章で、かつ聴衆者が 初見で理解しやすいように工夫 がされている（絵や図などの視 覚情報を含んでいる）
自由評価項目	発表内容の優れていた点・独創 的な点を藤田が 評価 （できる限 りAが付くように）				

発表評価ルーブリック

項目	内容	D	C	B	A
発表姿勢	話すスピード，声の大きさなど発表の姿勢に関する評価	発表内容がほとんど聞き取れなかった	発表内容は聞き取れていたが，聴衆者へもう少し配慮した発表が必要であった	発表内容が十分聞き取れた	発表内容は十分聞き取れ，かつ聴衆者の反応も確かめるなど余裕をもって発表できていた
発表資料	発表資料の見やすさに関する評価	文字が多く，黒一色で見やすいとはいえなかった	文字数は少なくまとまっていたが，文字の色づけや挿絵の挿入などももう少し工夫する余地があった	文字数も少なく図表を用いたり，文字の色や大きさなどに気を使った資料が作成できていた	図表を用いたり，文字の色や大きさを工夫し，トピックごとに聴衆者が聞きやすいよう工夫がなされていた
資料の体裁	発表資料に書くべきことが分かりやすく書かれているかの評価	決められた項目がほとんど書かれていなかった	決められた項目は多少書かれていたが，抜け落ちている部分があった	決められた項目が正確に記載されていた	決められた項目が記載され，かつ背景や数学との関連性について深く考察していた
発表後の議論	発表後の質疑応答や議論に関する評価	質疑応答・議論に応じなかった	質疑応答・議論には対応していたが，受け答えができていなかった	質疑応答・議論へ真摯に対応していた（正直に分からないと言っても良い）	質疑応答・議論に対応し，かつ聴衆者に分かりやすいよう工夫して受け答えをしていた
自由評価項目	発表者の優れていた点・独創的な点を聴衆者各自が評価を設定（できる限りAが付くように）				

自由評価項目とは（意図）

- 提出されたポスターや発表の様子に対して、生徒の個性として高く評価できるポイントを見つけ記載する項目
- 基本A評価を付けることを目的
- 生徒がこの項目を評価する際は、どこが良かったのか理由を記載させるようにした
- 探究科の教員のアドバイスにより設置
 - ▶最初からきつきつのルーブリックを作りすぎると生徒の本当に良かった点を評価に入れることができない可能性が

評定への還元に向けて

- ルーブリックの各項目の評価を点数化
 - A：10点， B：7点， C：4点， D：1点
- 発表評価では複数人の生徒が評価しているので，各項目ごとに平均点を算出して平均の合計（小数第1位を四捨五入）を点数とした
- 振り返りシートは
12個の記述回答が（2文以上で）しっかり書けているか
多肢選択回答がすべて入力されているか
をチェックして点数化
 - 記述 12×2点+多肢選択全問回答 6点
- 内容評価：満50点， 発表評価：満50点， 振り返り：満30点

生徒へのフィードバック

- 生徒には

- 内容評価と発表評価の評価（点数化したものも含む）
- 生徒が書いた評価表の自由コメント
- 内容に関する藤田の総評

を書いたB5のフィードバック用紙を配布した

ポスター発表 フィードバック用紙

組番 さん

発表評価

(2名分)

評価項目(人数)	D(1点)	C(4点)	B(7点)	A(10点)	合計点(評価合計/人数の和)
発表姿勢					
発表資料					
資料の体裁					
発表後の議論					
自由評価項目					

発表評価 総合点： 点

自由評価項目の内容および聴衆者からのコメント

●

内容評価

評価項目(人数)	D(1点)	C(4点)	B(7点)	A(10点)	合計点
発表区分とタイトル、内容の整合性					
用語の説明					
内容の信憑性					
論理的な表現力					
藤田個人評価項目					

内容評価 総合点： 点

発表評価+内容評価 合計点： 点

藤田からのコメント

本実践が締める評定への割合

- 全体を100点としたときの
60点分を本実践の評価点として加えた
 - 内容評価：50点 → 25点
 - 発表評価：50点 → 25点
 - 振り返りシート：30点 → 10点
- 期末試験では、生徒が発表した**数学史**の内容から
語句選択問題を作り出題

2

次の空欄に当てはまる単語を語群の中から1つ選択して埋めよ。(各3点×10)

語群

0(ゼロ)	素数	証明	比率
ギリシャ	インド	アラビア	
船乗り	経済	音階	

期末試験で出題した数学史の問題 (30点分)

- (1) 古代ギリシャの数学者タレスは、数学史上最初の _____ を行なったと言われている。
- (2) 古代ギリシャの数学者ピタゴラスは _____ を _____ で表現できることを発見した。
- (3) 円周率を表す記号 π は、周辺、円周などの意味をもつ _____ 語の頭文字からとられた。
- (4) $-$ や $+$ の記号の起源は、 _____ が樽に記録するための印として生まれたという説がある。
- (5) _____ の表記や概念は 628 年に _____ の数学者ブラーマグプタによって定義された。
- (6) エラトステネスは _____ の判定法である「エラトステネスの篩 (ふるい)」を発明した。
- (7) $1, 2, 3, \dots$ という数字の表記は、 _____ 数字という。
- (8) 1994 年、ジョン・フォーブス・ナッシュ・ジュニアがゲーム理論の研究においてノーベル _____ 学賞を受賞した。

評価に関する反省点（その1）

発表評価のルーブリックが抽象的すぎて機能しなかった

- 生徒にとって発表会的なことが初めてだったため、内容は評価者側の裁量が多い表記にした
 - 各評価者間で判断のブレが大きくなった可能性を評価シートから推察
- 評価項目に自由評価欄を設置したが、想定した「発表内容に対する具体的な評価観点の記述」はなく、**適当に A を付けるだけ**項目になった（感想程度のコメントはあり）
 - 聞き手側が発表内容を理解できないことを想定に入れずルーブリックを作成したことも原因の1つ
- ルーブリックを生徒に実態に合わせてさらに改善していく必要あり

評価に関する反省点（その2）

各発表者に対する評価シートの枚数がばらばらだった

- 聞き手の生徒には聞く発表をある程度指定していた
 - 発表者は最低2人からは発表評価を受ける仕組み
- しかし、平均を取ったがために
「評価シートが**最低の2枚**で、共にほぼ A 評価」の発表者と比べ、**3枚以上**評価シートがある発表者**よりも簡単に高得点が付いて**しまう事例が生まれた
- 評定に入れる以上、公平性が担保できない恐れがあるため、発表評価の点数化については再考すべき事案
 - 例えば、平均ではなく最頻値をとる

評価に関する反省点（その3）

生徒の準備過程や様子を全く評価に入れられなかった

- 探究的活動において、まとめるまでの過程を大きく評価すべき
 - 「何が理解できたか」「何が得られたか」などの主体性項目あたる部分
 - 準備中にできた評価はA4プリントによる進捗状況の観察，コメント返し
- 一方的なフィードバックをただ返すのみ
 - 事前に準備過程を評価する項目（ルーブリック等）を作らなかった
 - 生徒への指導・助言に力を入れすぎた
- 活動を観点別評価に照らし合わせて評価する際に，思考力，主体性の部分を準備過程から客観的に評価できる方法を導入が課題
 - 特に 授業者側が負担にならない評価方法で
- そもそもゼロベースの企画構築， 33名個別の話題への助言が・・・

新学習指導要領に合わせた評価項目の考察

授業内で長期の探究および発表活動を行った時の
(数学科における) 評価の観点とは？

- 知識, 技能
 - 未知の数学に関して調べることで知見を得た (探究して得られたこと全般)
 - 既知の事柄と関連させて理解しようとした
- 思考力・判断力 (←改めて問われると難しいと感じた)
 - 選んだ話題と関連がある事柄を見つけて話を広げる (深く?) ことができたか
- 表現力
 - 自身が得た知識をポスターによって整理した
 - 他者にとって未知の数学を分かりやすく伝えようとした
- 学びに向かう人間性
 - 日々の生活から数学と関連づけられそうな疑問や話題を見つけられた
 - 既習事項ではない事柄 (高校数学の範囲も超えた内容) に対して, 文献を集め, 粘り強く理解しようと努力した

今後の課題

- 評価方法などの運営側の見直し
 - 準備段階の評価方法
 - 相互評価のための発表評価ルーブリックの文章
 - 新観点別評価への適応→評定付けに活用→定期試験一極集中の回避へ
- 数学における探究指導と他教科・カリキュラムでの探究指導の役割の分離および精査
 - 数学科として指導するべき探究の事柄とは？
 - 教科横断での発表スタイルの統一化
- オープンな場での生徒の発表機会の提供を検討
 - 授業時間内だけでのアウトプットの機会と今回はなった
 - 授業公開日や文化祭などに合わせて対外的に評価を受ける場面を設定

来年度も今回のパッケージを改良して実践
→日数教秋期大会などで論文発表
→博士号取得へ近づく（という皮算用！）

謝辞

本実践を構築するにあたり，多くのご助言をいただいた明治大学の阿原一志教授に感謝を申し上げます

実践の機会をいただき，また助言もしていただけた私立上野学園中学校・高等学校の先生方に感謝を申し上げます

そして，毎週つぎはぎで授業を構築していたにも関わらず，最後まで前向きに取り組み発表会へ成果を報告してくれた実践参加者の生徒へ深謝を申し上げます