

(テーマ)

問いの生成を軸とした探究型学習

(公開授業)

第1学年D組 数学科学習指導案

鳥取大学附属中学校

授業者 永原 益穂

1. はじめに

新学習指導要領において、「生徒が、目的意識を持って事象を数学化し、自ら問題を設定し、その解決のために新しい概念や原理・法則を見出すことで、概念や原理・法則に支えられた知識及び技能を習得したり、思考力、判断力、表現力を身に付けたり、統合的・発展的に考えて深い学びを実現したりすることが可能となる。」と明記されている。また、その問題発見・解決の過程には主として具体と抽象（現実の世界と数学の世界）の往還が示されている。数学の理解や思考は数学的モデリングのような具体と抽象の往還によってより豊かになることは、様々な研究によって言われてきたことではある。さらに、対峙する問いを生み出していたのは教師であり、新たな概念や原理を教室に生み出しているのは教師主導ではありはしなかったかというような反省が残る部分もある。

本校では、これまで日々の授業で問題解決学習を進めてきた。その成果として、問題解決後も自らが、さらに課題をみつけて考え続ける姿勢が見られるようになった。従来は教師の支援によって期待する活動に導いてきたが、これは教師の望む答えに収束をする閉じた探究であり、生徒自身の主体性を育み切れていなかったのではないかと考えられる。生徒がこれから対峙する現実の問題や未来の問題には既存の知識では解けない問題や、見通しを立てるのが困難な問題も存在すると考えられ、何が問いであるのか明確でない場合もあるだろう。与えられた問いに答えられる生徒像ではなく、未知の事柄についても生徒自身が問いを見付け、考え続ける生徒像をめざしていきたい。

また、現実の問題場面を数学モデルに落とし込むには、どのような条件が作用し、主要な問題は何か、微細な問題は何かを捉えて条件整理をする必要がある。これらは探究の中で必要とされる力であり、生徒が数学を活かして日常生活を捉えるために必要な力であるが、教師主導の課題の中では見落とされてきた部分ではないだろうか。また、日常では当たり前にあるが誤差や外れ値、関数とみなすことは、生徒が数学モデルを作る際に実感する新たな知であると言える。単元や教科領域を超えて発想をすることなどは生徒が身に付けるべき態度でもあると考える。

そこで本研究では、生徒自らが問いを生み出し、主体的に学ぶ探究型の授業提案として、「世界探究パラダイムに基づいたSRP」の視点で課題設定をする。SRPの実践を行い、探究を意図した授業を目標とする時に教師が気を付けなければならない点や、必要な支援を明らかにしていきたい。別紙資料にて提案するが、SRPは現在の教育現場で完全に再現できるものではない。しかし、本研究を進め制限をかけず広い探究を模索することは、生徒のみならず教師自身が探究の姿勢を身に付けること、探究を支援する技術を身に付けること、自身の授業作りを改善していくことにも寄与すると期待している。

2. 本年度の実践

(1) 研究の目的と方法

本研究の目的は、SRPの実践を目指し、Q₀の開発とQAマップの作成をし、Q and Aを繰り返し、探究し続ける活動について考察を行う。実際の授業では、今年度初めてSRPを体験する中学校1年生対象に実践を行う。複数学級の実践を比較分析し、探究に必要な視点や技術を見つけ出していく。

- ①Q₀の設定とQAマップを作成し、授業を行う。
- ②生徒の探究が主体的に進んだかどうかを検証する。(QAマップの検証、亜教授学理論を基に)
- ③SRPを実践する上で必要な教師の補助発問や適切な支援とは何かについて考察する。

(2) 題材名 問いの生成を軸とした探究型学習

Q₀「もし、南極の氷が全部溶けたとしたら、地球全体の海水面はどのくらい変化するといえるだろうか。」

(3) 本題材の学習計画 (3時間扱い)

第1時 個人探究

各個人が1人1台のiPadを使って、インターネットを検索して、課題を解決するために様々なデータを取り出す。個人のワークシートに必要と思われるデータをメモしていく。また、探究の過程を残しておくため、できるだけ消しゴムを使わず、行った計算式も書き表す。

第2時 班での共有及び発表準備

根拠のある、また説得力のある説明を行うために、個人で収集したデータや行った計算を班の中で議論し合う。新たな問いやその問いに対する答え、さらに新たな問へと向かう過程を共有し合う。このとき、班で一つの考えや意見にする必要はない。それぞれの個人、班で説得力のある多様な解A♥を導くことが目標の一つとなる。また、A♥を導くことができなくてもどの段階まで探究が進んだのかを明確にしておくことが大切である。

第3時 班ごとで発表

各班でまとめた内容を発表してクラスで共有する。このとき、それぞれの班の発表を聞いて班の考えたプロセスに着目し、疑問に思ったことや聞いてみたいことを質問し、質疑応答を含めて質問者と解答者の考えをより深めていく。

(4) 本題材の学習における目標設定

最初の問いQ₀に対して、新たな問いを考えたり、その新たな問いに対する答えであるA₀を示したり、Q and Aを繰り返し、探究し続けることができる。

思考錯誤を繰り返す中で、解A♥を導くために個人思考や班での意見や考えを交流させることを通してお互いに学びを深め、自分なりの納得解を得ようと試みる。

(5) 本題材の学習におけるQ₀とQAマップについて

①最初の問いQ₀ (イニシャルクエスチョン)

最初の問いであるQ₀は、生徒の探究活動が始まり、その問いを解決するために次々と新たな問いQ (サブクエスチョン) が生まれるような、生成的な強い力をもった問いでなくてはならない。このような最初の問いであるQ₀を考えることは、探究型学習を実現するためにはとても重要である。ところで、一番最初に考えたQ₀は、「南極の氷が解けたら、地球全体の海水面は何m上昇するのだろうか、計算をして求めよう。」であった。この問いについて、検証したところ、探究が連続して起こるかどうかが、この問いの生成性について考えた。QAマップを見直ししながら、4, 5回

の考察を経て、次のような問いに至った。今回の授業では、 Q_0 を「もし、南極の氷が全部溶けたとしたら、地球全体の海水面はどのくらい変化するといえるだろうか。」とした。設定した理由のうちの一つは、この Q_0 は学習者にとっては、身近なニュースであり、気候変動や異常気象、温暖化などにより氷が溶ける話を聞いたことがあると考えたからである。もう一つの理由として、この問いを解決するために、各自がインターネットを通じて必要なデータを取り出し、いずれかの場面で数学を使う必要性が生じると考えたからである。また、学習者の活動で、ネットで実際に「南極の氷...」で検索すると、「40m~70m 上昇するといえる」や「約 60m 上昇する」、「61.1m 上昇するであろう」などと記事によって様々な予測がなされている。このようにいろいろな数値がネット上には予測されているが、その根拠を示した計算式はどこにも載っていない。また、検索して『○○m 上昇する』と書いてある」という説明では、説得力に欠ける。そこで、配布するワークシートに Q_0 に加えて「説得力のある説明をすること」と条件を付記した。今回の題材は、自分達で必要なデータを使って計算してオリジナルの多様な解A♥を導くことができると考える。

また、SRPの構造において、この Q_0 が満たすべき条件として、次のことが挙げられている。

① mathematical legitimacy (数学的合法性)

数学の核心をついた内容であること。

② social legitimacy (社会的合法性)

数学や学校を超え、社会や世界と関連した内容であること。

③ functional legitimacy (機能的合法性)

数学的関心や他の学問的関心に基づく新たな探究へと導く内容であること。

今回の Q_0 は、② social legitimacy (社会的合法性)である数学や学校を超え、社会や世界と関連した内容を含みつつ、① mathematical legitimacy (数学的合法性) である数学の核心をついた内容(数学と結びつく、数学以外では解けない)であることを捉えておきたい。また、③ functional legitimacy (機能的合法性)においては、QA マップ上にある「アルキメデスの原理」(理科)のように、他の学問的関心に基づく新たな探究へ思考が広がることも含んでいる。

②QA マップについて (別紙参照)

最初の問い Q_0 に対して、考えられる新たな問いの広がりやその新たな問いに対する答えである A_0 を示したり、 Q and A を繰り返す探究の経路を図式化したものがQA マップである。QA マップを作る際には、授業者の立場ではなく、学習者の立場となって作ることが大切であるといわれている。今回の授業においては、すぐに計算を考える場合もあるが、まずは「南極の氷」そのものに着目する生徒もいると予想した。また、「氷が溶けても海水面は上昇せず、変わらない」という考えも予想した。第1時は、個人での探究とし、第2時は、班活動を取り入れて個人で収集したデータや計算式を班で共有させる。このときに、どのデータを使うかで何通りかの解A♥が導かれ、なぜその計算式になるか班で議論が活発になるよう期待したい。「海水面が上昇する」と考えた Q_2 に対して、次の4種類の新たな $Q_{A1} \sim Q_{D1}$ を設定した。「 Q_{A1} 過去の南極大陸の海水面が上昇から今後を考える(グラフの活用)。」、「 Q_{B1} グリーンランドと比べる(比を使って計算)。」、「 Q_{C1} 氷が解けたときの高さの計算そのものを考える。」、「氷の厚さや体積を考える。」の4種類である。このように多様な考え方があり、また取り出す異なるデータにより計算式が違うため4種類の解

AA♥～AD♥を導いた。作成した QA マップは、学習者が試行錯誤しながら探究を深める過程を予想するのだが、授業者はこの4種類の経路を全て導くような授業展開を行うことは必ずしも必要がないと考える。必要なことは、予測した4種類の経路に対して生徒の活動が2種類、3種類だった場合について、なぜ全ての経路にたどりつかなかったかを授業後に検証することである。その検証として、授業者の支援の内容や働きかけが適切であったか、あるいはさらなる工夫した支援が必要だったのではないかを考えるべきである。また、授業者が予想していない学習者の新たなアプローチがなされていれば、そのことに対しても授業者は、生徒の探究の過程を振り返る必要がある。

③予想される Q (サブクエスト) に対する教師の支援

今回の探究活動では、Q₀に対して、生徒が教師の支援を必要とせず新たな問いを生成し、自分なりの解にたどり着く場合もあるが、探究の中で次の問いの生成が難しい場面も考えられる。このとき、教師は、生徒が次の問いを生むための適切な支援が必要である。そのため、作成した QA マップのどのサブクエストに、支援が必要となるかを事前に把握しておくことが大切である。

(6) 本題材の学習における期待する活動

- ・ iPad (1人1台)、ワークシート、まなボード、マーカー、消しゴム、地球儀、模型に入った氷水、南極大陸の写真

(7) 学習過程

| 学習活動 | ○教師の発問 ・期待する生徒の反応 | ・教師の支援 ○留意点 ※評価 |
|---------------------------------|---|---|
| 導入 | <p>○聞いた身近なニュースなどから、気候変動や異常気象によりどのようなことが起きるか予想できますか。</p> <p>・台風や雷、突風。・気温上昇 ・温暖化</p> <p>○前に置いてある物を見て、今日の授業はどのようなことを学ぶと思いますか。</p> <p>・氷が溶ける。・氷が溶けたらどうなるか。</p> | <p>○自由に発言できる雰囲気をつくる。</p> <p>○いつもの授業とは違う前に置いてある物から様々に連想させる。</p> |
| Q ₀ 提示 第1時 第2時 | <p>Q₀ 「もし、南極の氷が全部溶けたとしたら、地球全体の海面はどのくらい変化するといえるだろうか。」</p> <p>○今、調べてみてどのような情報がありましたか。</p> <p>・ 「40m～70m 上昇する」 ・ 「約 60m 上昇する」</p> <p>・ 「61.1m 上昇するであろう」 ・ 「0m (変化しない) 」</p> <p>○検索の結果、いろいろな説があるが、実は計算された式はどこにもない。計算して求めたいと思いませんか。</p> | <p>○説得力ある説明の必要性についてふれる。</p> <p>○様々な異なる予想データがあり、記事によって違うことを確認する。</p> |

| | | |
|---|--|--|
| <p>Q₁ 発生</p> <p>A₁ 生成</p> <p>Q₂ 発生</p> <p>Q_A ~ Q_C 発生</p> <p>Q_D 発生</p> <p>A_D 生成</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・求めてみたいですよ。 Q₁ 海水面は上昇するのかもしれないのか、変わらないのか。 A₁ 海水面は上昇する。アルキメデスの原理より。 Q₂ 海水面が上昇するとしたら、どのように考えたら求めることができるだろうか。 ・南極大陸は、過去に氷が溶けたことがあるのだろうか。あるとすれば、その情報から今後を予想することができないだろうか。 ・調べてみると、グリーンランドの氷解の記事が多い。グリーンランドと南極大陸を比較して考えてみてはどうか。 ・氷が全部、水になったとしてそれを地球全体に行き渡らせるときに高さを計算する方法はないだろうか。 ・南極の氷はどのくらいあるのだろうか。厚さや体積。 ・厚さは平均で 2450m。最も厚い部分では 4500m にも及ぶ。 ・氷の量は、$26.92 \times 10^6 \text{km}^3$ というデータなどもある。 | <ul style="list-style-type: none"> ・アルキメデスの原理から北極と南極の違いを確認して、上昇しない説を唱える個人や班に対して問答する。 ○表面積の求め方については未習の内容であるが、自分で調べるように促す。 |
| A _A ♥生成 | <ul style="list-style-type: none"> ・「1901 年から 2010 年の 110 年間で 19 センチも海水面が上昇した。」原因は、氷の融解や海水の膨張である。 ・南極大陸では、1992 年から 2017 年までで、海面が 7.6mm 上昇した。2012 年からの 5 年間では 3mm で近年の上昇が著しい。 ・計算例 7.38m 上昇するといえる。 $26920000 \div 2190 = 12292.23744 \text{ (年後)}$ $(7.6 - 4.6) \div 5 = 0.6 \text{ (cm)}$ <p>1 年間で、0.6cm 上昇するので、</p> $0.6 \times 12292.23744 = 7375.342464 \text{mm} \div 1000 = 7.375 \text{m} \approx 7.38 \text{m (A}_A\text{♥)}$ | <ul style="list-style-type: none"> ○氷だけが解けて上昇したのではないのでこのデータは使えないが、調べたことはメモするよう指示する。 ・どのような考えで、どのように計算したか授業者に説明させる。 |
| A _B ♥生成 | <ul style="list-style-type: none"> ・「グリーンランド氷床が完全に消滅すると海面水位は 7.2m 上昇すると見込まれている。グリーンランドにある氷の体積は 285 万 km^3」 ・計算例 68m 上昇するといえる。 <p>(比を使って計算)</p> $26920000 \times 7.2 \div 2850000 = 68.00842105 \approx 68 \text{m (A}_B\text{♥)}$ | <ul style="list-style-type: none"> ○グリーンランドの記事も多い。そのデータが南極大陸にも使えないかを考えさせる。 ・どのような比を使って計算したのか説明させる。 |
| A _C ♥生成 | <ul style="list-style-type: none"> ・(氷が解けた時の高さ) = (氷の量) ÷ (地球の表面積) を使って高さを計算することができると思う。 ・半径が r のときの表面積は、$4\pi r^2$ で表すことができる。 ・地球の半径は 6371km。これを使って計算する。 <p>表面積は、$4 \times 6371 \times 6371 \times 3.14 = 509805891 \text{km}^2$。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・計算例 51.86m 上昇するといえる。 $\text{(氷が解けた時の高さ)} = 26440400 \text{km}^3 \div 509805891 \text{km}^2$ $= 0.051863661 \text{km} \approx 51.86 \text{m (A}_C\text{♥)}$ | <ul style="list-style-type: none"> ○未習の内容であるが、表面積を求めることができるようにする。 ・どのように計算したのか説明させる。 |

| | | |
|--------------------|--|---|
| A _D ♥生成 | <p>・「厚さは平均で 2450 メートル。」 この情報から、計算する。 面積は 14,200,000 km² 氷の量を算出する。 →14,200,000 km²×2.45km×0.98=340942000km³</p> <p>・計算例 66.85m 上昇するといえる。 (氷が解けた時の高さ) = (氷の量) ÷ (地球の表面積) =340942000km³ ÷ 510000000km² =0.066851373km ≒66.85m (A_D♥)</p> | <p>※ワークシートに自分 なりの探究した結果 を表しているか。 ※班活動において、班員 に説得力のある説明し ようとしているか。 ※クラスへ発表する ときに級友に納得する 説明をすることがで きたか。</p> |
| 第3時 クラスで の共有 | <p>○1班から順に発表してください。このとき、他の班から質問も して考えを深めるようにしてほしい。また、その質問に対しても発表者は丁寧に対応するようにしてほしい。</p> | <p>○説明して終わりに ならないよう他の班か ら質問や意見を述べ るよう促す。</p> |
| 本題材の 振り返り | <p>○3時間を使って、1つのテーマを学習してきた。自分なりの納 得解を得ることができた人もいるし、班活動を通してA♥を導く ことができた班もある。必ずしも、計算して解を得ることがで きなかつたとしても探究し続けた人が多いのはとても大切なこ とだと思う。</p> | <p>○最後の計算までいか ず、途中で終わったと しても探究し続ける ことが重要である。</p> |

(8) 予測される検索データ

【データ1】

南極の氷の量は $26.92 \times 10^6 \text{ km}^3$ 、地球上の氷の90%が南極大陸に、9%がグリーンランドにある。南極の氷の厚さは最も厚い所で4,500m、平均2,450mである。南極の氷が溶けてなくなると、氷の重さで沈んでいた大陸が浮き上がる。また、氷が溶けたことにより、現在より海面が40~70m上昇すると考えられている。2002年5月には、南極の大きいラーセン棚氷が崩落した。地球温暖化の影響ではないかと考えられている。

(環境省 自然環境・生物多様性 南極地域の環境保護 南極キッズ 南極博士 科学 南極の氷が全部とけたらどうなるの?)

(https://www.env.go.jp/nature/nankyoku/kankyohogo/nankyoku_kids/hakase/kagaku/toketara.html)

【データ2】

実際に南極の棚氷が溶けたら、水位が上がり、陸地が水没して、陸地面積が減る。極端な例であるが、もし南極の氷が全部溶けると水位が60メートルほど上昇するといわれている。ニューヨーク、ロンドン、東京など皆水没する。

(Leave a Nest オンライン 2014.01.21) (<https://lne.st/2014/01/21/south-pole-ice/>)

【データ3】

地球上にある氷塊として最大の体積を誇るのが、南極氷床である。表面積は地球全体の約10%を占める1400万km²、体積はおよそ3000万km³で、この氷床には地球上の淡水の約90%が含まれている。もし、南極の氷床が全て融解した場合、海水準は61.1m上昇するだろうといわれており、その際の影響の大きさは計り知れない。南極氷床について大きな氷塊が

グリーンランド氷床で、約 216 万 km^3 にわたるグリーンランドの 80% を占めるこの氷床が全て融解したとすると海水準は 7.2m 上昇すると予測されている。(データ活用を応援するビジネスメディア、データ)

(<https://data.wingarc.com/global-warming-and-ice-29112>)

【データ 4】

1992 年から 2017 年までに南極氷床から約 3 兆トンの氷が失われたとする論文が、今週の Analysis に掲載される。この数値は、約 8 ミリメートルの平均海面上昇に相当する。今回の研究では、1992 年から 2017 年までに、海洋による融解によって西南極の氷量減少速度が年間 530 億トンから 1590 億トンへと、3 倍に増加したことが明らかになった。

(Nature asia 【気候科学】 2018 年 6 月 14 日)

(<https://www.natureasia.com/ja-jp/research/highlight/12555>)

【データ 5】

今回の論文の推測によると、92 年から 2011 年までの間に、南極では年間 760 億メートルトンの割合で氷が失われた。その後、この割合は年間 2,190 億メートルトンに増加しているという。この間に失われた氷の量から計算すると、92 年以降では「海面が 7.6mm 上昇した」と推測される。「ほとんど気づかないような量に聞こえるだろう」と言うのは、カナダのサイモンフレーザー大学で地球科学を専門にするグウェン・フラワーズである (今回の論文には参加していない)。

(Future : re-generative 未来を再生せよ!)

(<https://wired.jp/2018/07/09/antarctic-as-stunning-ice-loss/>)

【データ 6】

国連気候変動枠組条約 (UNFCCC) は、南極氷床の融解が予想より早く進んでいるとする論文を紹介した。24 例の衛星観測結果から 1992 年から 2017 年までの南極氷床の質量収支を分析した結果、2012 年以降、氷量の減少はそれ以前の 3 倍の速度で進んでいるという。2011 年までの毎年の減少量 760 億トンに対し、2012 年以降は年 2190 億トン、海面水位の上昇では年 0.2 ミリメートルが年 0.6 ミリメートルに増加した。1992 年から 2017 年までの 25 年間の海面水位上昇は 7.6 ミリメートルであるが、2012 年からの 5 年間では 3 ミリメートルと近年の上昇が著しい。この速度で融解すると海面水位は 2100 年までに最低でも 15 センチメートル上昇し、南極の全氷床が融解すると 58 メートル上昇するという。海面水位上昇は低地の浸水だけでなく、淡水水源の汚染、塩害による農業の被害等生活と生産活動に大きな影響がある。研究は、パリ協定に従った気候変動対策が急務であることを示している。

(環境展望台「国際科学者チーム、南極氷床の融解が加速していると報告」)

(<https://tenbou.nies.go.jp/news/fnews/detail.php?i=24387>)

【データ 7】

南極大陸の氷量は” $26.92 \times 10^6 \text{km}^3$ ”。最も厚い氷床は富士山より高い約 4,500m という。山脈とも呼べる高さの氷床が南極大陸には存在している。一方、北極海に浮かぶ” 海氷 ” の面積は季節によって大きく異なり、平均して約 1040 万 km^2 と言われている。(POLEWARDS 「北極と南極にはどれくらいの量の氷が存在してる？極地の氷の秘密について」)

(<https://www.polewards.com/melting-of-polar-sea-ice/>)

～QA マップ～

