

Ⅲ. 高校新教科群の取り組み

新教科群 1)

自然と科学 ～近代科学の出発点を探る～

渡 辺 武 志・竹 内 史 央
中 野 和 之

【抄録】 「自然と科学」は高校1年生を対象に3人の教員が週1回、半期の授業で行う。今年度のこの教科のテーマは「近代科学の出発点を探る」で、デカルトからニュートンまでの時代を社会、数学、理科の3つの観点から取り組んだ。特に1クラスを3グループに分ける判断材料として、3分野必須のテーマ（デカルト）をつくった。デカルトの内容は、3つの授業を全員が受講した。その内容を紹介する。

【キーワード】 デカルト 近代科学 自然 科学 新教科

1 自然と科学・4年間の流れ

「自然と科学」は研究がはじまって4年がたった。目的は実施報告書に記載されており、現在にいたっている。この新教科は必ず3人の教科の担当者がつく。3人の担当者が半期の授業を議論しながらシラバスをたてる。授業に充実感があるときもあれば、反対に失敗したこともたくさんあった。この教科は手探りから始まってこの4年の間にその手法や目的は生徒との授業の中で少しずつ洗練されてきたように思う。

1年目（2001年）：まずはやってみよう

～パイナップルを社会、数学、理科から眺める～

～DNA抽出実験、RSA暗号～

ここでは教科融合の難しさや専門的な内容の話を生徒に伝える難しさを痛感した。

2年目（2002年）：高大連携を中等教育から考えよう

この年から半期ごとにテーマを設定した。この年のテーマは“暗号DNA”で大学の教員を2人招き授業を行った。（医学部、産婦人科の先生（遺伝子診断）、情報文化学部の先生（情報伝達・暗号））大変苦労したことは、生徒は高校生が対象であるため、大学教員は専門性の内容をどのように生徒に伝えるか、そして中等教員は専門性を理解するための前提となる話をつなげる教材をつくることに苦心した。何度も授業内容の確認を両者の先生により行き高大連携の難しさを痛感した。またこのような苦労が学びの目的の一つと感じた。

3年目（2003年）：未来を予測する

テーマを“未来を予測する”とし、理科では運動方程式などを、未来を予測する式としてとらえ、数学ではゲーム理論をつうじて、経営戦略をたてる道具としての紹介をした。

4年目（2004年）：近代科学の出発点を探る

デカルトからニュートンまでの流れを実績（歴史的視点）

や発想、現在の学習内容と既習内容を考えながら授業に取り組んだ。なお、教科への還元や高大連携などにも視野にいられて文理融合の中でも数学的に確かな内容となるように気を配った。

1.1 自然と科学（現在の目標）

新教科の目的のもとでテーマを設定し科学的に考える態度を養成する。普段の授業では難しい「学びの動機づけ」の強い授業とし、授業では必要に応じてグループをまとめたり、展開したりする。なお、高大の連携や新しい内容を扱う場合は情緒的な思考に流されないよう授業の組み立てに十分配慮したり、教育内容の接続に留意する。そして、この学びの一例を積極的にアピールする。

1.2 社会からの自然と科学

理科ぎらいなど、理系科目に対して、心理的嫌悪感を持っている生徒や理科が好きだけど、授業は嫌いだ、という生徒は多い。それらの生徒を対象に数学科と理科とで扱う学習内容に対して、社会的視点（思想・歴史など）からもアプローチする文理融合型の学習内容を行い、今までとは違った視点から理解する方法を見つける。

1.3 数学からの自然と科学

数学は定理の証明や問題演習などが中心で、その歴史的背景や科学的な分析をするための“言葉”である数学の重要性を伝える時間が少ない。この新教科では、他の教科の知識や助けを借りてテーマに沿った内容を歴史的背景や科学的な分析に注意を払いながら考える。

1.4 理科からの自然と科学

科学的に考える態度を育成することを前提とし、デカルト、ケプラー、ガリレイ、ニュートンの4人の実績や関連するトピックを実習で交えながら学習していく流れ

とした。また、初期段階で微分的に運動を分析する表を導入し、最終的にはその表を逆向き（積分的）に計算す

ることで分析と総合の一手法として微分・積分的な考え方に親しむこともねらっている。

2 シラバス

テーマ：「近代科学」の出発点を探る

指導計画	渡辺（数学）	竹内（理科）	中野（社会）
1 時間目	ガイダンス		
2 時間目	デカルト	デカルト	入門講座
3 時間目	(線分の長さから相加相乗平均まで)	運動量保存則	デカルトの生涯
4 時間目			
生徒選択科目登録			
5 時間目	ケプラー (楕円と離心率)	デカルトの科学論 重力の原因について (合同授業)	
6 時間目	ケプラー 楕円について (社会と合同授業)	ケプラー 楕円軌道	ケプラー コペルニクス (数学と合同授業)
7 時間目	中世社会の数学 フィボナッチ数例	ガリレオ 自由落下の加速度測定	中世社会の数学 フィボナッチ
8 時間目	連分数について	ガリレオ 物体の運動の予測	ノストラダムスと 占星術
9 時間目	ニュートン 速度、微分について (合同授業)		ガリレオの生涯
10 時間目	ニュートン 積分 定積分の和の極限	ニュートン 運動方程式の検証実験	ニュートンの科学思想
11 時間目	無理数・有理数 (数学と合同授業)	ニュートン 積分	無理数・有理数 (数学と合同授業)
12 時間目	正多面体 調べる 作る	ニュートン 運動のシュミレーション	ニュートンとフック
13 時間目	浪川先生 正多面体について (サッカーボールからノーベル賞へ)		

3 デカルト

3.1 社会からのアプローチ

社会からは導入としてデカルトの生涯を追った。そこから、中世の科学思想、ガリレオ、ニュートンへと近代科学の思想を探り、現在学習している数学、理科について新たな視点から生徒とともに考えた。

3. 1. 1 50分の授業内容の概略

ルネ・デカルト



(1596-1650)

①導入

- ・1596年、フランスのラ・エーに生まれる。その後、ラ・フレーシュのイエズス会寄宿学校に入校。
- ・1614年、ポワティエ大学に入学し、法学を学ぶ。
- ・1618年ごろ、オランダへ向かい、オラニエ公マウリッツの軍に無給の将校として従軍する。
- ・1628年、フランス北部からオランダへ移り住む。
- ・1649年、スウェーデン女王クリスティーナの要請でしぶしぶスウェーデンへ旅立つ。
- ・1650年、スウェーデンで死去。

②展開

- ・フランシスコザビエルの書簡からみる当時の日本の科学教育の現状について
- ・デカルト『方法序説』から学問の規則性についてのデカルトの分析について
- ・デカルトの思想について

③結論

②展開でしめしたデカルト思想から、次時における科学論とのつながりとして、物心二元論を取り上げる。デカルトは「自分とは異なるすべてのものを虚偽だと想定するわれわれとは、何であるかを調べてみると、延長・形・場所的運動その他、物体に帰せられるはずのこの種のものとはわれわれの本性には属さないで、ただ思惟だけが属することがはっきりわかるのであって、従って思惟はいかなる物的なものにも先んじて、かつ確実に認識されるわけである。」(『哲学原理』)と述べている。

つまり、考える私と存在する私、存在する私は物質として機能している。考える私は、この物質として機能している私よりも先に、私という存在は何であるのかを認識する。そこから、心と物質の2つの要素から私が成り立っていることがわかる。この物心二元論を機軸にして、物体に関わる運動を考えていくことが、次時のテーマとなることを告げて1時間目の授業を結んだ。

3. 1. 2 生徒の感想・社会科分野

- ・一人ひとりの人物の生涯や性格を知ることができた。
- 普通の授業では教えてもらえないし知ることができな

い。

- ・ノストラダムスの勉強はさそり座の占いを最後に読み上げてもらってわくわくした。目標はみんなの心をひとつにできることだと思う。

3. 2 数学からのアプローチ

数学から見ると、デカルトは、円、直線などを方程式で表わす(座標平面の原型)代数と幾何をつなげた偉大な数学者であり、哲学者である。ここでは、数学者としてのデカルトを探るため、その基本として、デカルトの功績から中学3年生で学習した“相似”を利用して演算結果の線分による表示、その応用として高校2年生(数学Ⅱ)で学習する“相加・相乗平均”の証明について考えた。

3. 2. 1 50分の授業内容の概略

ルネ・デカルト(1596~1650)について

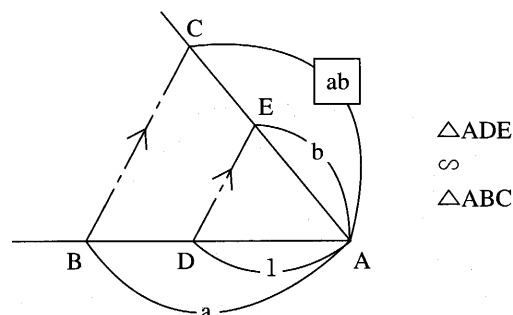
- ①生い立ちについて：哲学者であり数学者であった。(昔の学問は未分化)
- ②哲学書『方法序説』では数学分野での記述がある。
- ③図形の問題を文字(代数)を用いて表わす手法を開発した。(a, ab, a²√a など)

主に授業では③について具体的にデカルトの仕事が生徒に実感できるような例を示して、問題などを解きながら理解を深めていった。さらに、「自然と科学」では教科への還元も大切な目標の1つである。そこでデカルトの仕事を少し応用し、数学Ⅱで学習する“相加・相乗平均”の証明について考えた。

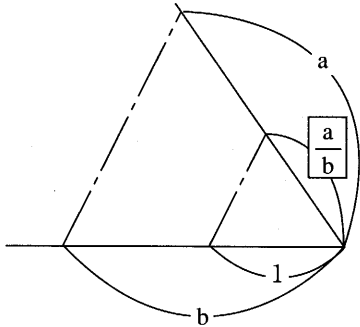
<板書のスケッチ>

(実際は問題形式で生徒と一緒に考えた。)

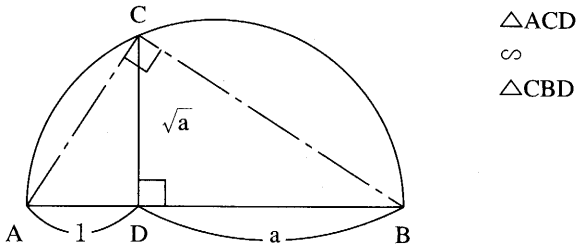
- I. 下図のように、長さ1を基準としてa, bの線分があるとき、積abは相似を使って下図のように表せること。



- II. Iを参考にして下図のように、長さ a , b の線分があるとき、
商では $\frac{a}{b}$ は相似を使って下図のように表せること。

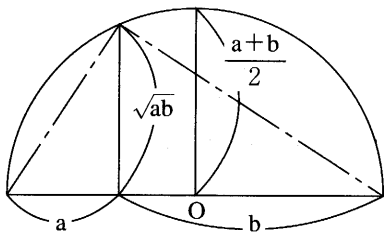


- III. 今度は半円を考えて下図が与えられたとき、 \sqrt{a} は下図のように表わされること。



- IV. 下図が与えられたとき、IIIで考えた方法を使って
$$\frac{a+b}{2} \geq \sqrt{ab}$$

となることを示すこと。



3. 2. 2 生徒の感想・数学科分野

正多面体を作ったこと。実際に自分で紙を切ってくるとわかりやすい。楕円を書いたり、立体を作ること。実際に見たりさわったり体験できたのでより鮮明に理解することができた。理科や社会的観点からも数学を見れたので興味深かった。楕円での腎臓結石の治療、楕円(数学)が医療に役立っていることに驚いた。

3. 3 理科からのアプローチ

理科からはデカルトの科学をテーマに運動量保存の法則をテーマとした。デカルトの生い立ちから始まり、デカルトの思想や自然の法則を考え、物体が衝突するとき

の「運動量」の変化についての実験で確かめた。また、実験では物体が衝突するとき、自然の法則の確認のため「運動量」に関する実験を行った。(運動量保存の法則)

3. 3. 1 50分の授業内容の概略

- ①デカルトの生い立ちについて
- ②デカルトの思想について

デカルトの思想：単純で疑いようのないことを突き止める「我思う、故に我有り」から物心二元論、機械的自然観について生徒と考えた。これらの知識の上で自然の法則

- ・第1法則・・・あらゆるものは常にできるだけ同じ状態に保とうとする。したがって一度動かされるといつまでも動き続ける。
- ・第2法則・・・すべての運動はそれ自身としては直線的である。したがって円運動をするものは、その画く円の中心から常に遠ざかろうとする。
- ・第3法則・・・物体はより強力な他の物体と衝突するときには、自分の運動をなんら失わないが、より弱い物体と衝突するときには、その弱い物体に移しただけの運動を失う。

(注意)「運動を失う」の「運動」は、現在「運動量」と呼ばれている量に相当する。

- ③物体が衝突するときの「運動量」の変化についての実験

実験器具：

エアトラック、滑走体2つ、ストロボスコープ、はかり、カメラ、プリンター

手順

- I. 滑走体の質量をはかる。
- II. 一台のエアトラック上に静止させておき、もう一台を滑らせて衝突させる。この様子をストロボスコープによって撮影する。
- III. 撮影した写真を印刷し、衝突前後の速さを測定する。実際には下の表を埋めて衝突前後の運動量の関係を調べた。

「運動量の大きさ」= 「質量」× 「速さ」

3. 3. 2 資料

☆測定値

衝突前			発光間隔	
Aの位置	動いた距離	速さ		

Aの質量		Bの質量	

衝突前			Bの位置			動いた距離			速さ		
Aの位置	動いた距離	速さ	Bの位置	動いた距離	速さ						

☆考察

衝突前					
Aの質量	Aの速さ	Aの運動量の大きさ	Bの質量	Bの速さ	Bの運動量の大きさ
				0	0

衝突後					
Aの質量	Aの速さ	Aの運動量の大きさ	Bの質量	Bの速さ	Bの運動量の大きさ

「運動量の大きさ」=「質量」×「速さ」

◎運動量保存の法則

4. 発展 ゴムひもでつながれた2台の台車が静止状態から動き出し、正面衝突するとどうなるか。また、これを運動量保存の法則を用いて理解できるだろうか？

6 参考文献

- ・①「高大の連携」を生かした「青年期のキャリア形成」平成13年度文部科学省研究開発学校研究開発実施報告書（平成13年度教育学部附属中学・高等学校P33-P42）
- ・2002年度新教科群・自然科学と数学、教科融合と高大の連携 名古屋大学教育学部附属中・高等学校紀要 渡辺武志・中野和之・西川陽子 2003年11月 P95-P103
- ・確率と期待効用について 名古屋大学教育学部附属中・高等学校紀要 渡辺武志 2004年11月 P106-P111
- ・数学による高大の連携と教材開発 名古屋大学教育学部附属中・高等学校紀要 渡辺武志 2004年11月 P137-P142

3. 3. 3 生徒の感想・理科分野

加速度等から計算し、物体の運動を予測できたこと。計算で動きを予測できるという点がとても興味深かったです。

4 新教科の印象

- ・教科書に書かれたことでなく自分で教科書をつくるという感じ。総合人間科は一人一人テーマが違うが新教科はすることが有る程度きまっており、グループの中ですることが同じである。考えることは面白いと思った。
- ・新教科は与えられたものから自分の考えを深められる。総人（総合学習）は自分のしたいことからはじめからおわりまで考えられる。

5 新教科の評価方法

次の方針で評価を行っている。

- ① 多面的な視点から考える知識（足場）を持っている。
- ② 多面的な視点から自ら考える力をもっている。
- ③ 多面的な視点から分析・統合する力を持っている。
- ④ 自ら考え応用し、行動する力を持っている。
- ⑤ 事象に対する問題意識や感性が高くなる。

現在のところ、学習した内容をふまえたレポートを生徒が作成し、評価することが主流となっている。