

文部科学省研究開発学校

平成19（2007）年度指定

スーパーサイエンスハイスクール

研 究 開 発 実 施 報 告 書

第三年次

研究開発課題

国際社会で活躍する科学者・技術者を育成する中高一貫カリキュラム研究と教材開発
－中高大院の連携を生かしたサイエンスコミュニケーション能力育成の研究－

平成22（2010）年3月

筑波大学附属駒場高等学校

～サイエンスコミュニケーション能力を育成する少人数学習の研究と実践～

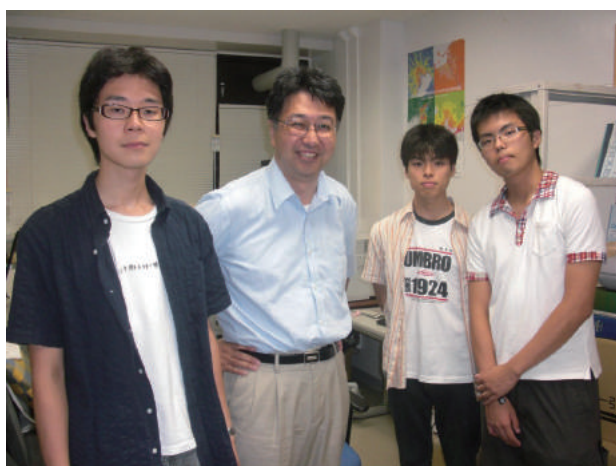
(サイエンスコミッティの活躍) より



テーマ研究発表会 (ポスター会場)
(発表依頼, 会場設営, 司会進行を担当)



理科実験教室 (大子町立さほら小学校)



中須賀教授の研究室を訪ねて (講演会打合せ)



講演会終了後も熱心に質問を続ける生徒

—これは、宇宙開発の明後新時代。

幾度ものロケット打ち上げや、国際宇宙ステーション開発の進展、日本の宇宙開発の現場には、驚くべき発展が立ち込めている。大規模化しすぎてしまった政府の宇宙プロジェクトは、もはやその柔軟性をほとんど失ってしまっている。この状況下、「やすと」と「はやと」を並置して「うまさ」を得る、ある画期的な人工衛星開発プロジェクトが大きな注目を集めている。

宇宙開発の最前線に立つ教授より話をうかがう。学問を問わず、宇宙・工学に関心を持つ者は必要の講演。

超小型人工衛星が維新を興す

—宇宙開発の「うまい・やすい・はやい」

【SSH講演会告知】 東京大学 中須賀真一教授

日時: 10月6日(火)
時間: 15:30 ~ 17:00
場所: 3F オープンスペース
主催: サイエンス・コミッティ

コミッティ主催講演会のポスター
(生徒作製)

SSH Committee

SSH Committeeとは?
SSHを我々の手でも運営しようという組織です。講演会の企画や内外的なイベントに優先的に参加できます。

会員募集中!
理系に強い人やSSHに興味がある人の積極的な参加を待っています

連絡は化学科梶山先生まで!
または2年3組青嶋まで!

サイエンスコミッティ会員募集ポスター
(生徒作製)

～サイエンスコミュニケーション能力を育成する少人数学習の研究と実践～

(教え合い・学び合い) より



ゼミナール「地域に学ぶフィールドワーク」
テーマ学習「映像と聞き取りで学ぶ近現代史」



ゼミナール「Glom タンパク質の解析」
テーマ学習「遺伝子の本体を探る」



ゼミナール「数学+ α 」
「宮崎北高等学校と共同学習」



ゼミナール「数学+ α 」



ゼミナール「きほんのき」
テーマ学習「トレーニング」



ゼミナール「分析化学」
テーマ学習「化学のお作法」

～ 生徒の国際交流活動～

台湾国立第一高級中学校との生徒研究交流

(2009年12月16/17日 台中市にて)



研究発表会場（台中一中講堂）



本校生徒による発表（化学分野）



美術の授業で製作した扇子を手に記念撮影

Anglo-Chinese Junior College (ACJC) との授業を通じた交流

(2009年11月21日 本校にて)



ACJC からの交流記念の盾
(日本とシンガポールの国旗)



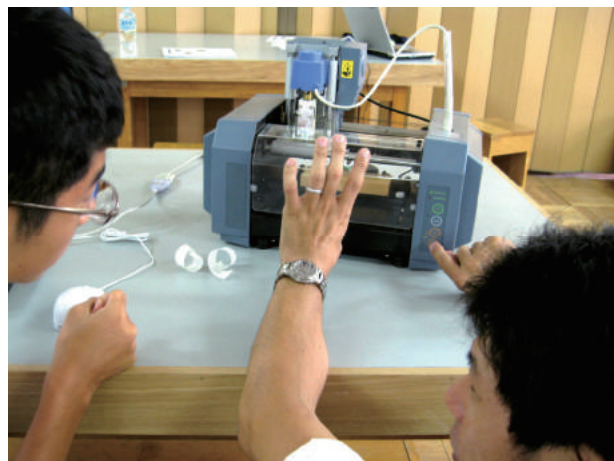
本校正門での記念撮影

～先端技術・研究の成果を活かした授業（ワークショップ）より～

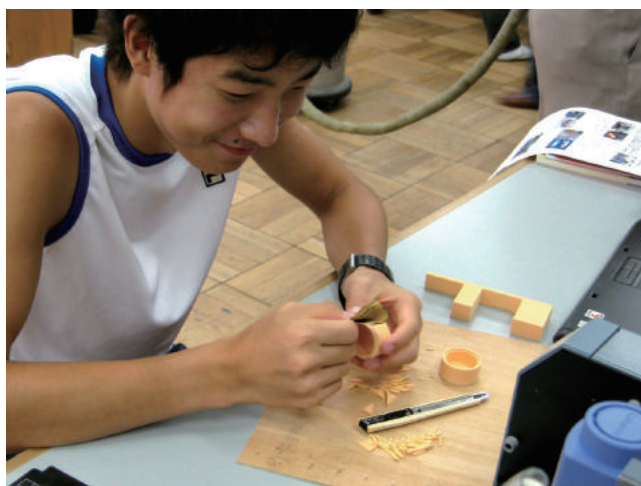
CAD・CAMの世界にふれるワークショップ



CADで製作物の設計を行う



切削前に3Dプロッターの調整をする



切削の終わった作品を仕上げる

～科学者・技術者に必要な幅広い科学的リテラシーを育てるプログラム（総合講座）より～

「科学者の社会的責任」をテーマにした広島フィールドワーク



江波山気象館前にて



交流会で

目 次

口絵（Ⅰ～Ⅳ）

1. 研究開発実施報告書（要約）	i
2. 研究開発の成果と課題	v
Ⅰ. 研究開発の課題	1
Ⅱ. 研究開発の経緯	8
Ⅲ. 研究開発の内容	
（i）サイエンスコミュニケーション能力を育成する少人数学習の研究と実践	
a. 目黒区立駒場小学校サマースクール	11
b. 大子町各小学校での特別授業	14
c. テーマ研究生徒発表会	16
d. SSH生徒研究発表会	19
e. 東京都指定校合同発表会	20
f. ゼミナール・テーマ学習同時開講	22
g. ゼミナールオープン	35
（ii）国際科学五輪などの世界を視野に入れた生徒の自主的研究・交流活動の支援	
a. 国際科学オリンピックでの成果	39
b. 台湾国立台中第一高級中学校との交流	41
c. 海外からの生徒受け入れ	49
d. 筑波大学教員研修留学生受け入れ	51
（iii）科学者・技術者に必要な幅広い科学的リテラシーを育てるプログラムの実施	
a. 数学科	53
b. 理科	55
c. 国語科	60
d. 地歴・公民科	62
e. 保健体育科	65
f. 英語科	67
（iv）先端技術・研究の成果を活かした授業の普及と次世代SSH教員の養成	
a. 技術・情報科	69
b. 数学科教員研修会	75
c. 教職インターンシップ	76
（v）中高一貫SSHの完成に向け中学に重点を置いたカリキュラム・教材の開発	
a. 数学科	78
b. 理科	108
Ⅳ. 実施の効果とその評価	
a. 講演会・実験講座生徒アンケート	122
b. サイエンスコミティの活動	124
Ⅴ. 研究開発実施上の課題及び今後の研究開発の方向・成果の普及	126
・資料	129

平成21年度スーパーサイエンスハイスクール研究開発実施報告（要約）

① 研究開発課題	国際社会で活躍する科学者・技術者を育成する中高一貫カリキュラム研究と教材開発 － 中高大院の連携を生かしたサイエンスコミュニケーション能力育成の研究－
② 研究開発の概要	<p>本校は、平成14年度～18年度の5年間、研究主題「先駆的な科学者・技術者を育成するための中高一貫カリキュラム研究と教材開発」を掲げてSSH研究を行った。この研究成果を踏まえ、平成19年度からのSSHでは、先進的な科学的内容を互いに伝え合い、共有する“サイエンスコミュニケーション”能力の育成を目指し、生徒が獲得した高い科学的資質を伝え合い共有できる場の創設と、ノウハウの構築を試みる。研究内容の柱を以下に示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> (i)サイエンスコミュニケーション能力を育成する少人数学習の研究と実践 (ii)国際科学五輪などの世界を視野に入れた生徒の自主的研究・交流活動の支援 (iii)科学者・技術者に必要な幅広い科学的リテラシーを育てるプログラムの実施 (iv)先端技術・研究の成果を活かした授業の普及と次世代SSH教員の養成 (v)中高一貫SSHの完成に向け中学に重点を置いたカリキュラム・教材の開発
③ 平成21年度実施規模	全校生徒を対象に実施する
④ 研究開発内容	<p>○研究計画</p> <p><第1年次></p> <p>5年計画の第1年次は、準備・リサーチ段階と位置づけ、研究内容の柱(i)(ii)および(v)について、本格的に実施するための準備を進める。また、柱(iii)および(iv)については、これまでのSSH研究の評価をふまえ、継続的实践・改良・普及を進める。</p> <ul style="list-style-type: none"> (i)サイエンスコミュニケーション能力を育成する少人数学習の研究と実践 (ii)国際科学五輪などの世界を視野に入れた生徒の自主的研究・交流活動の支援 (iii)科学者・技術者に必要な幅広い科学的リテラシーを育てるプログラムの実施 (iv)先端技術・研究の成果を活かした授業の普及と次世代SSH教員の養成 (v)中高一貫SSHの完成に向け中学に重点を置いたカリキュラム・教材の開発 <p><第2年次></p> <p>第2年次は、試行段階と位置づけ、研究内容の柱(i)(ii)および(v)について、本格的に実施するための準備を進めるとともに、一部内容を試行する。また、柱(iii)および(iv)については、これまでのSSH研究の評価をふまえ、継続的实践・改良・普及を進める。</p> <p><第3年次></p> <p>第3年次は、研究を具体的に展開する。研究内容の柱(i)(ii)および(v)についても、試行～本格的な実施に取り組む。また、柱(iii)および(iv)については、これまでのSSH研究の評価をふまえ、継続的实践・改良・普及を進める。</p> <p><第4年次></p> <p>第4年次は、研究の深化・充実をはかる。すべての研究内容の柱について、第3年次までに開発した教材や教育方法をもとに本格的に展開し、評価を試みる。</p>

＜第5年次＞

第5年次は、研究の完結および発展期ととらえる。第4年次までの研究で得られた成果をもとに、開発した教材のプログラム化や他校でも活用できるような、より普遍的な教材・教育方法の開発に取り組む。

○教育課程上の特例等特記すべき事項

特になし

○平成21年度の教育課程の内容

別紙(p.7)の通り

○具体的な研究事項・活動内容

研究内容の柱(i)～(v)の順に示す。

(i)サイエンスコミュニケーション能力を育成する少人数学習の研究と実践

校内プロジェクトⅡ教育実践プロジェクトおよび研究部を中心に、少人数制の授業に効果的な教育環境の充実、カリキュラムの作成、異学年交流を円滑に導入するための授業方法等の研究を継続し、下記のような発表・交流の実践を行った。

- ・7/15 高3テーマ研究生徒発表会 17件(口頭発表+ポスターセッション)
- ・7/23～30 目黒区立駒場小学校サマースクール(小学生対象の出前授業・実験)
「眼の中をのぞいてみよう」(生物部)、「ものを分けてみよう」(化学部)
- ・8/6～7 SSH生徒交流発表会(パシフィコ横浜)生徒4名登録(合計10名参加)
- ・8/6～9 「科学者の社会的責任」をテーマに広島フィールドワーク(生徒7名参加)
- ・11/5～6 茨城県大子町の小学生向け特別授業
- ・11/14 高2ゼミナール・中3テーマ学習合同授業の一部実施
- ・12/20 東京都SSH指定校合同研究発表会 7件(口頭発表+ポスターセッション+展示)
- ・1/9 ゼミナールオープン(中学3年生向け)10講座で実施
- ・3/27 筑駒アカデメイア公開講座(生徒が講師を務める講座)
「ものを分けてみよう」

(ii)国際科学五輪などの世界を視野に入れた生徒の自主的研究・交流活動の支援

校内プロジェクトⅣ・国際交流プロジェクトを中心に、国立台中第一高級中学(台湾)との生徒研究交流会を実施した。また、生徒の国際科学オリンピック、科学コンクールへの参加の支援を行った。さらに、筑波大学等の留学生との研究交流をはかった。

- ・12/14～19 国立台中第一高級中学(台湾)での生徒研究交流会 生徒10名+引率教員4名

(iii)科学者・技術者に必要な幅広い科学的リテラシーを育てるプログラムの実施

＜数学科・理科＞

講演会・実験講座の内容を精選するとともに、低学年向けプログラムの充実をはかった。

- ・7/9 「コンビニのシートデータ(POS)から見えるもの-経営戦略に直結する統計的データ分析-」渡辺美智子(東洋大学経済学部)
- ・10/6 「超小型人工衛星が維新を興す-宇宙開発の「うまい・はやい・やすい」-」
中須賀真一(東京大学大学院工学系研究科)
*生徒組織「サイエンス・コミッティ」が企画運営
- ・11/7 「進化発生学が紐とく脊椎動物の進化の歴史」
和田洋(筑波大学大学院生命環境科学研究科)
- ・12/15 「火山はすごい!-日本列島の火山をさぐる-」鎌田浩毅(京都大学)
- ・12/16 「おもしろ海洋学 北極&南極」吉田次郎(東京海洋大学),島田浩二(東京海洋大学)
- ・12/17 「平面図形と複素数の関係」大島利雄(東京大学)

- ・ 12／18 「だまし絵と立体錯覚ー 私たちはありのままをみているでしょかー 」
杉原厚吉（明治大学）
- ・ 12／19 「核磁気共鳴（NMR）による有機化学化合物の構造決定ー 理論と実験ー 」
下井守（東京大学）、村田滋（東京大学）
- ・ 3／18 「酵素を利用した有用物質の生産技術ー 環境負荷の少ない物質生産プロセスー 」
向高祐邦（筑波大学名誉教授）、市川創作（筑波大学）

＜総合講座＞

「科学者の社会的責任」、「情報伝達」、「スポーツ科学」をテーマとした講演会を実施した。
また「科学者の社会的責任」をテーマに広島でのフィールドワークを実施した。

- ・ 7／8 「脳から言語へー 科学はここが面白いー 」酒井邦嘉（東京大学）
- ・ 7／13 「文法に意味はあるのか」西村義樹（東京大学）
- ・ 8／6～9 総合講座「ヒロシマ」 生徒7名 引率教員2名
- ・ 12／15 「スポーツのバイオメカニクス的研究」藤井範久（筑波大学）
- ・ 3／18 「科学者の社会的責任 水俣から学ぶこと」栗原彬（立教大学）

以上のプログラムのうち、校内で行われた講座・講演会は、「サイエンス・コミッティ」（有志生徒組織）により、評価を受けた。評価に基づき次年度以降のプログラムの企画・運営を行う。

（iv）先端技術・研究の成果を活かした授業の普及と次世代SSH教員の養成

＜数学科＞

SSH 5年間で開発してきた教材「統計」「微分方程式」等の授業を実施し、改良を試みた。全国のSSH校から教員の参加者を集めて課題研究に関する研究協議会を本校で開催した。教育研究会や教員研修会に於いて教材の普及・教員間交流を行った。このほか、宮崎県立宮崎北高等学校での合同研修会を実施した。筑波大学大学院数理物質科学研究科の大学院生を受け入れ、教職インターンシップも実施した。

- ・ 7／24 合同研修会（於：宮崎県立宮崎北高等学校、本校教員7名＋宮崎県教員15名）
- ・ 11／21 教育研究会（公開授業）
- ・ 3／6 SSH交流支援教員研修「数学科教員研修会in筑駒」

＜理科＞

SSH 5年間で開発した実験教材による授業実践を継続し、一層の改良を試みた。また、筑波大学大学院生命環境科学研究科大学院生を受け入れ、教職インターンシップを実施した。

＜技術・情報科＞

メカニクス、エレクトロニクス、ITの3者が複合する学習プログラムとして、「1ボードマイクログンピュータを用いた3Dプロッタ制御による製品設計と製作」をテーマとした高校生向けワークショップを実施した。

- ・ 7／30～8／1 「第2回CAD・CAMの世界にふれるワークショップ」
講師：黒木啓之（都立産業技術高等専門学校）、砥山博行（ローランドDC株式会社）、
加茂裕（モデリングアール株式会社）

（v）中高一貫SSHの完成に向け中学に重点を置いたカリキュラム・教材の開発

以下の内容について研究開発を行った。

＜数学科＞

これまで開発した高校での教材を踏まえ、中・高を滑らかにつなげる中学生向け教材の開発（3）

＜理科＞

これまで開発した高校での実験教材を踏まえた中学生を対象とした実験教材の開発（3）

＜英語科＞

科学的教材を利用した授業の実践と生徒の発表能力の向上をめざした。百科事典、科学的教材、

論文などの文献収集を行い、それらを教材にした授業を展開した。

⑤ 研究開発の成果と課題

○実施による効果とその評価

校内プロジェクトⅡ教育実践プロジェクトでは、引き続き研究内容の柱(i)のサイエンスコミュニケーション能力育成に関わる研究・実践を行った。当初からの計画であった高校2年生が中学3年生を教えるスタイルの合同授業が、1回だけではあったが中3テーマ学習・高2ゼミナール同時開講で一部実現した。高校2年生は、科学的コンテンツを「教える・伝える」という活動から一層の深い理解が求められることを実感した。意外にも中学3年生には身近な先輩からの指導を新鮮に受け止め意欲的に学習する効果が見られた。また、中学生、高校生が小学校の児童を教えた「サマースクール」や「大子町小学校特別授業」も、同様にサイエンスコミュニケーション能力育成の良い機会となった。昨年度から立ち上がった生徒によるSSH評価・運営組織であるサイエンス・コミッティも、今年度は、学内のテーマ研究発表会の企画・運営を手がけたり、東京都SSH指定校合同研究発表会での運営補助を手がけたほか、講演会の企画・運営を手がけるなど、活躍の場が一気に広まった。今後の生徒の主体的な取り組みが一層期待できそうである。

校内プロジェクトⅣ国際交流では、研究内容の柱(ii)の国際交流プログラムを実施した。昨年度の北京師範大学附属实验中学(中国)との生徒の研究交流に続いて、今年度は国立台中第一高級中学(台湾)との研究交流を実現した。昨年の経験や反省を踏まえ今年度の研究交流はより一層充実したものとすることができた。その他、筑波大学の留学生や諸外国からの理数系教員訪問についても国際交流の良い機会として捉え、生徒との交流の場面をできるだけ設けるよう配慮した。

以上のような校内プロジェクトⅡ、Ⅳを核とした研究開発は、校内における研究開発のスタイルという観点から見た場合、教科の枠を越えた取り組みとして、本校従来の教科中心型の研究開発から大きく脱却できたと言えよう。生徒主体の取り組みを重視したという点でも自己評価できる。

一方、研究内容の柱(iii)、(iv)、(v)については、これまでのSSHの成果を継承しつつ、教科中心の取り組みにより内容の精選・改良を進め、発展・普及に務めることができた。

○実施上の課題と今後の取組

来年度も今年度同様に中学3年生の総合学習「テーマ学習」と高校2年生の同「ゼミナール」の合同授業を一部実施し「ゼミナール」・「テーマ学習」間で異学年合同授業の試行を続ける予定である。小学生を教える「サマースクール」についても、中学生も指導者となれる場と位置づけて続けていきたい。また、生徒は教えあい学びあいを通して「より深く学ぶことができたか。」「その過程はどのようなものであったか。」について、効果的なアンケートを作成・実施し、教育的効果を引き続き検証していきたい。

国立台中第一高級中学との研究交流会については、来年度も実施したいと考えている。今年度の経験と、さらには昨年度の北京師範大学附属实验中学との研究交流の経験もふまえ、より相互理解の深まる交流会になるようにプログラム全体や準備のあり方を検討する必要がある。発表テーマについては、相手方の生徒にとっても興味関心が持てるようなものを選ぶなど工夫が必要であろう。また理解を深めるためにも、事前に発表内容の交換を行うなどの必要があるだろう。さらに、帰国後に参加した生徒が核となって国際交流の経験を他の生徒に広げてくれるよう、校内での事後指導の充実も図りたい。

来年度も、校内プロジェクト組織は現行のまま継続する。引き続き教科の枠を越えた取り組みの実行組織として今年度同様の位置づけを行い、特にサイエンスコミュニケーション育成のための少人数学習の研究と実践、国際交流研究活動の支援を研究開発重点項目として取り組んでいきたい。

平成 21 年度スーパーサイエンスハイスクール研究開発の成果と課題

① 研究開発の成果

平成14年度からのSSHを引き継いで、新たな研究課題を掲げて再継続5年間の指定を受けた。1期目SSHの5年間では、十分な時間をかけて教材開発とカリキュラム研究に取り組み、満足のいく成果を挙げられたと考えている。しかし、一方でこれらの取り組みが教師主導型の実践であった感もあり、国際社会での活躍に十分なサイエンスコミュニケーション能力を持った科学者・技術者を育成するためには、生徒の主体的な学習活動にも目を向けた取り組みが必要であると感じた。そのために、今期SSHの取り組みでは、高校生から中学生へ、また可能であれば大学生・大学院生から高校生へ、中学生から小学生へ、といった活動等も包括しつつ、生徒同士の教え合い・学び合いを効果的に行うための方策を研究していきたいと考えている。また、海外生徒との研究交流を持つプログラムを計画・実施し、生徒の成長を促す機会をできるだけ多く持ちたいと願っている。校内的には、研究組織についても、従来の教科中心なものから、教科を超えた教員の集まりである校内プロジェクト研究組織（Ⅰ～Ⅳ）等に少しずつ軸足を移していくことが新しいSSHにおける本校の大きな課題であると言えよう。

校内プロジェクトⅡ教育実践プロジェクトでは、引き続き研究内容の柱(i)のサイエンスコミュニケーション能力育成に関わる研究・実践を行った。当初からの計画であった高校2年生が中学3年生を教えるスタイルの合同授業が、1回だけではあったが中3テーマ学習・高2ゼミナール同時開講で一部実現した。高校2年生は、科学的コンテンツを「教える・伝える」という活動から一層の深い理解が求められることを実感した。意外にも中学3年生には身近な先輩からの指導を新鮮に受け止め意欲的に学習する効果が見られた。また、中学生、高校生が小学校の児童を教えた「サマースクール」や「太子町小学校特別授業」も、同様にサイエンスコミュニケーション能力育成の良い機会となった。昨年度から立ち上がった生徒によるSSH評価・運営組織であるサイエンス・コミッティも、今年度は、学内のテーマ研究発表会の企画・運営を手がけたり、東京都SSH指定校合同研究発表会での運営補助を手がけたほか、講演会の企画・運営を手がけるなど、活躍の場が一気に広まった。今後の生徒の主体的な取り組みが一層期待できそうである。

校内プロジェクトⅣ国際交流では、研究内容の柱(ii)の国際交流プログラムを実施した。昨年度の北京師範大学附属実験中学（中国）との生徒の研究交流に続いて、今年度は国立台中第一高級中学（台湾）との研究交流を実現した。昨年の経験や反省を踏まえ今年度の研究交流はより一層充実したものとすることができた。その他、筑波大学の留学生や諸外国からの理数系教員訪問についても国際交流の良い機会として捉え、生徒との交流の場面をできるだけ設けるよう配慮した。

以上のような校内プロジェクトⅡ、Ⅳを核とした研究開発は、校内における研究開発のスタイルという観点から見た場合、教科の枠を超えた取り組みとして、本校従来の教科中心型の研究開発から大きく脱却できたと言えよう。生徒主体の取り組みを重視したという点でも自己評価できる。

一方、研究内容の柱(iii)、(iv)、(v)については、これまでのSSHの成果を継承しつつ、教科中心の取り組みにより内容の精選・改良を進め、発展・普及に務めることができた。

② 研究開発の課題

来年度も今年度同様に中学３年生の総合学習「テーマ学習」と高校２年生の同「ゼミナール」の合同授業を一部実施し「ゼミナール」・「テーマ学習」間で異学年合同授業の試行を続ける予定である。小学生を教える「サマースクール」についても、中学生も指導者となれる場と位置づけて続けていきたい。また、生徒は教えあい学びあいを通して「より深く学ぶことができたか。」「その過程はどのようなものであったか。」について、効果的なアンケートを作成・実施し、教育的効果を引き続き検証していきたい。

国立台中第一高級中学との研究交流会については、来年度も実施したいと考えている。今年度の経験と、さらには昨年度の北京師範大学附属実験中学との研究交流の経験もふまえ、より相互理解の深まる交流会になるようにプログラム全体や準備のあり方を検討する必要がある。発表テーマについては、相手方の生徒にとっても興味関心が持てるようなものを選ぶなど工夫が必要であろう。また理解を深めるためにも、事前に発表内容の交換を行うなどの必要があるだろう。さらに、帰国後に参加した生徒が核となって国際交流の経験を他の生徒に広げてくれるよう、校内での事後指導の充実も図りたい。

来年度も、校内プロジェクト組織は現行のまま継続する。引き続き教科の枠を越えた取り組みの実行組織として今年度同様の位置づけを行い、特にサイエンスコミュニケーション育成のための少人数学習の研究と実践、国際交流研究活動の支援を研究開発重点項目として取り組んでいきたい。

I. 研究開発の課題

1. 研究開発の実施期間

指定を受けた日から平成 24 年 3 月 31 日まで

2. 研究開発課題

国際社会で活躍する科学者・技術者を育成する
中高一貫カリキュラム研究と教材開発

－中高大院の連携を生かしたサイエンスコミュニケーション能力育成の研究－

3. 研究開発の概要

本校は、平成 14 年度～18 年度の 5 年間、研究主題「先駆的な科学者・技術者を育成するための中高一貫カリキュラム研究と教材開発」の研究を行った。

平成 19 年度からのスーパーサイエンスハイスクール（SSH）では、先進的な科学的内容を互いに伝え合い、共有できるサイエンスコミュニケーション能力の育成をめざす。今回の研究では、生徒が獲得した高い科学的資質を伝え合い、共有できる場の創設と、ノウハウの構築をめざしていく。研究内容の柱は以下に示すとおりである。

- (i)サイエンスコミュニケーション能力を育成する少人数学習の研究と実践
- (ii)国際科学五輪などの世界を視野に入れた生徒の自主的研究・交流活動の支援
- (iii)科学者・技術者に必要な幅広い科学的リテラシーを育てるプログラムの実施
- (iv)先端技術・研究の成果を活かした授業の普及と次世代 SSH 教員の養成
- (v)中高一貫 SSH の完成に向け中学に重点を置いたカリキュラム・教材の開発

4. 現状の分析と研究の仮説

本校は、前 SSH 研究開発により、「先駆的な科学者・技術者を育成するための中高一貫カリキュラム研究と教材開発」についての研究を推進するため、理科・数学に限らず全教科で取り組むとともに、生徒全員を対象としたことが大きな特徴である。

中高生の「理数離れ」、「学力低下」が問題にされて久しいが、課題に対する有効な手だてはなか

なか確立していない。数学や理科の授業時間数を増やしたり、大学入試に理数系科目を増やせば問題が解決するわけではない。また、多くの学校で高校受験や大学受験に数学・理科の授業が収束していることや、諸外国に較べて内容が貧困な教科書の問題もある。

この間の IEA や OECD の国際比較調査では、生徒たちの理科や数学に対する興味・関心が薄いこと、多くの生徒がそれらを学ぶ楽しさ、おもしろさ、有用感を感じていないことが指摘されている。この問題の解決には、中学・高校の 6 カ年を見すえた多次的かつ構造的な研究が必要である。

加えて、科学技術の急速な進歩によって、最先端の研究に一部の研究者しか関わらなくなったこと、ブラックボックス化が進行したこと、研究成果を競う風潮などが、人類に貢献する思想に乏しい研究や倫理観に欠ける危険な研究、研究の捏造等を生んでいる。こうした今日的課題の解決のためには、次世代を担う科学者・研究者が幅広い教養を土台としつつ社会的・科学的倫理観を涵養すること、個人の成果に止めることなく、広く研究成果を発信し、専門家のみならず、国際社会に対して説明責任を果たす能力を育成していくことが必要である。本校では前 SSH 研究の結果、明確となったこれらの問題に対応するために、次の課題を設定した。

第一に、これからの国際社会で活躍していく科学者や技術者の芽を育て、伸ばすためには、最先端の研究成果や高度な内容を学ぶとともに、国際社会に通用するサイエンスコミュニケーション能力を育成する 6 カ年のカリキュラムの構築をはかる必要がある。そのためには、科学史・科学哲学や国際社会への理解、歴史認識、英語力や表現力、情報リテラシーなどさまざまな能力を伸ばすプログラムを組み、単なる知識の詰め込みではなく、異文化に触れるような学内外におけるさまざまな教育活動を通すことにより、全人的で指導的な科学者・技術者を育成することが期待される。

第二に、理数系に進学する者のみでなく、文系に進む者に対しても同様に科学的な見方や考え方、基礎的な知識や技能、科学に対する興味・関心を醸成するカリキュラムや教材も同時に開発を進めていく。具体的には、「総合的な学習の時間」などを活用し、中学・高校の異学年集団による少人数

学習や大学院生・留学生等との交流により、サイエンスコミュニケーション能力の育成をはかる。その結果として、将来社会人としてそれぞれの分野で活躍する際に、科学的事象に対する正しい理解だけでなく他者に正しく伝え、理解してもらう能力を身につけると共に、優れたリーダーシップを発揮して、国際社会に貢献することが期待される。

第三に、科学的リテラシーを育成するプログラムや、先端技術・研究を活かした実験中心の授業、理数系クラブへの活動支援等を実施する。適切なカリキュラム、教材を開発して実施すれば、科学に対する興味・関心を醸成し、科学に関する知識・理解を深めることができると考えられる。そして教え合い・学び合いによって身につけた能力が、将来、先駆的な科学者・技術者に必要とされるコミュニケーション能力へと引き継がれて、国内外の研究の場でリーダーシップを発揮することが期待できる。

5. 研究内容・方法・検証

研究内容の柱 (i)～(v)の順に詳述する。

(i)サイエンスコミュニケーション能力を育成する少人数学習の研究と実践

生徒の自主的活動を生かし、科学的内容を互いに伝え合うサイエンスコミュニケーション能力の育成をめざし、「総合的な学習の時間」などを活用し、異学年集団（高校2年生と中学3年生）による合同ゼミナール「サイエンス・スコラ」（仮称）を準備・実施する。この講座は、異学年間で教え合い、伝え合うことによってコミュニケーション能力の向上をはかる。いずれは他校生徒との交流もめざす。また、本講座の実施にあたり筑波大学など（教員・大学院生）と連携するとともに、本校の特色である全教科実施をめざす。具体例として、数学科、理科および英語科の実施計画を以下に示す。

<数学科>

学年にこだわらず、数学への興味・関心が高い生徒を集めた合同ゼミナールに、筑波大学の数学専攻の大学院生を交え、自由な発想で学び合い、教え合う。

<理科>

ゲノム科学と生命倫理や地球環境問題など、現

代科学と社会生活に関わるテーマを掲げ、最先端の実験・観測技術を合同で学びつつ、技術の問題点、社会生活との関わりなどを考える。異学年の生徒どうしが説明し合い、意見交換する場を設定することによって、論理的な表現能力・技術を養う。

また、高校2年生と中学3年生全員が少人数に分かれ、筑波大学の研究室へ赴く「大学訪問」を企画・実施する。各研究室では、大学教員や大学院生から研究内容の紹介を受けたり、ともに実験・実習などを行う。このような活動を通して、専門的な内容に関して、自分なりの理解を得るための、効果的な話の導き出し方を身につけさせる。

<英語科>

グループ活動、ペア活動などの、生徒が主体になる活動に対して教員が指導・助言を与え、科学的教材の理解、プレゼンテーション能力の向上などをはかる。分野によっては、理数系の教員と連携して講座を運営する。生徒の発表活動の評価方法として、教員による評価の他に、生徒同士のピア・エバリュエーションを実施する。

以上のようなサイエンスコミュニケーション能力が育成できれば、単なるコミュニケーション能力の開発に留まらず、理科・数学を主体的に学習するようになり、理解をさらに深めることができると期待される。また、理科・数学に限らず、他の多くの教科に関する関心・意欲が高まることも考えられる。これらの点について、客観的な評価方法を考案して検証を試みる。

(ii) 国際科学五輪などの世界を視野に入れた生徒の自主的研究・交流活動の支援

諸外国の国際科学オリンピックへの取り組みを調査するとともに、国際科学オリンピック、科学コンクール参加支援をさらに進めたい。具体的には、北京師範大学や国立台中第一高級中学との交流を推進し、科学オリンピックでも大きな成果を上げているアジアを中心とした諸外国の理数系教育について研究する。また、国内で開催される国際交流の機会であるインターナショナル・サイエンス・フェアに生徒を派遣し、交流を進める。また、生徒の国際的視野を広げるため、筑波大学等の留学生との研究交流をはかる。

指定期間後半には、複数国の科学的先進校との交流・協力体制を確立する。

(iii) 科学者・技術者に必要な幅広い科学的リテラシーを育てるプログラムの実施

これまで実施した経験にもとづいてプログラムの充実をはかる。数学・理科による講演会は内容を精選するほか、講演以外にワークショップなど生徒が主体的に参加しやすい形態をとる。

また全人教育の理念に基づいた国語・社会（地歴・公民）・保健体育・家庭・芸術・英語科による総合講座を充実させる。講座では、研究者に必要な倫理観の育成を主眼とし、高大連携をさらに進める。また、中学生の参加する機会を増やす。

具体的には、理系・文系を問わず、幅広い科学への関心と理解を深めるために「科学者の社会的責任」をテーマとして講演会を実施する。講師には、国内外で活躍する教養人・文化人を招く。この講座に関しては、特に中学生にも広く参加を呼びかけて、早期から科学的関心を高める。また、広く「情報伝達」に関わる認識を深めるための講演会を実施する。

これらの講演会は活字化して残すことによって、講演に参加することのできなかった生徒に対して科学への関心と理解を深めるための一助とする。また、次年度以降の授業において活用ができるよう準備しておく。

また、総合講座の一環として広島や水俣の実習を行う。これまでの総合講座の講演の中でもしばしば、「ヒロシマ」は「科学者の社会的責任」を問う原点であるという指摘を受けてきた。広島では、放射線影響研究分野の中核研究機関「広島大学原爆放射線医科学研究所」などを訪問し、放射線の人体への影響について学ぶ他、科学の功罪を考える。一方「水俣」は、日本における公害問題の原点であり、科学・技術の発展と人類、科学者の社会的責任を考える上でも重要な地である。水俣では、「水俣病資料館」、「水俣エコタウン」などを訪問し、科学・技術の発展と人類の関わりを学ぶとともに、地元の研究者の講演を聴き、科学の功罪について考える。

以上の講演会等は、本校の有志生徒（主に科学系のクラブに所属する生徒や希望者）による、「サイエンス・コミッティ」を組織し、プログラムに

関する評価を受ける。これらの評価に基づき次年度以降のプログラムの企画・運営を行う。

(iv) 先端技術・研究の成果を活かした授業の普及と次世代 SSH 教員の養成

これまでに開発した教材の活用（理科実験機器を維持）し、これまでの SSH 研究成果の充実・改良をはかる。技術・情報科による新規集中講座を開講する。

<数学科>

1 期目の SSH 5 年間で開発してきた教材「統計」「微分方程式」等の授業を実施し、協議しながらこれらの教材をより普及しやすいものへ改良していく。開発した教材の普及を、合同研究会で行う。また、開発した新しい教材を紹介する公開の研修会を企画し、開催する。

<理科>

新しく開発した実験教材を紹介する、教員対象の実験研修会を企画・開催する。「物理分野・地学分野」と「化学分野・生物分野」を隔年で交互に開催する。参加者アンケートを実施し、本校開発教材に対する評価として活用する。

平成 14 年度からの SSH 5 年間で開発した実験教材を使つての授業実践を継続し、さらに多くの学校に活用してもらえるよう一層の改良を行う。

物理分野

量子力学への発展で欠くことのできない「固有振動」の概念形成をめざした「力学的固有振動の分析」、波動では重要な概念である「位相」の観点から行う「音波・光波の伝播速度の測定」、波動特有の回折や干渉を取り扱う「超音波による波動の各種実験」、「電子ビームを使つての比電荷の実験」、「フランクヘルツの実験」などの実験。

化学分野

「光化学」に関わる測定機器・教材の拡充とそれらの教材を活用したゼミナール、有機合成実験と同定、化学平衡・反応速度等の実験、その他分光光度計（UV-vis、FT-IR、NMR 等）を活用した機器分析実験。環境測定とその科学（化学）的な分析（各種分析機器の活用）と地理科等との連携による地球環境問題に関する科学的な視点を重視した学習。その他、高校化学と大学を結ぶレベルでの最先端化学入門、容量

分析や科学哲学に関わる内容のゼミナール。

生物分野

解読ゲノム情報を活用した遺伝子実験システムの拡充、non-RI 分子検出システムの活用（遺伝子発現検出）、蛍光観察システムの構築（蛍光抗体を用いた特定のタンパク質の検出）など、新しい実験手法を取り入れた実験教材の開発と改良、実践。最近の学術雑誌等から厳選した論文を教材化したゼミ。高校低学年～中学生を対象とした、細胞の培養とそれを活用した実験。

地学分野

コンピュータを使った画像処理による貝類化石やフズリナ化石の個体変異の解析。

<技術・情報科>

サイエンスの成果はエンジニアリングに結びつくことで人間の営為に様々な利便性をもたらしたのであり、中学生・高校生が真にサイエンス・コミュニケーション能力を獲得するためには、エンジニアリングの実態と恩恵を理解する必要がある。普通課程の高等学校において、テクノロジーの認識、テクノロジーの体験、テクノロジーの活用をステップとした実践的学習プログラムを実施し、とにかく回避・隠蔽（ブラックボックス化）されがちなエンジニアリング（ものづくり）の世界に生徒の興味・関心を誘導していく。本テーマのねらいを具現化するためには、少なくともメカニクス（機械工学）、エレクトロニクス（電気・電子工学）、IT（情報工学）の3者が複合し、それらを俯瞰できる学習プログラムが必要であり、後述するように工業製品設計・製造におけるプロダクトデザインの手法を取り入れる。これら3者が複合する学習プログラムとして、「1ボードマイクロコンピュータを用いた3Dプロッタ制御による製品設計と製作」を計画する。簡易な3Dプロッタ（3軸）により、クレイブロック（人造木材料）などを簡単かつ自在に切削することができる。多くの生産現場で、特に少品種少量生産のニーズに対して一般的となっている方法である。3Dプロッタの駆動・制御はエレクトロニクスの応用なくして不可能であり、メカニクスとエレクトロニクスが複合する成果（メカトロニクス）を理解させる機会となる。また、エレクトロニクスによる制御の中心は、すでにCPUにとって代わられており、エレクトロニクスの応用としてもコンピュータを組み

込まざるを得ない。テクノロジーの認識・体験を意図的に促すためには、コンピュータにはPIC（Peripheral Interface Controller）による1ボードマイクロコンピュータのようなプリミティブな形態が適当である。最終的なアウトプット（作品製作）には結びつかなくとも、テクノロジーの存在を実感するには有効であると考ええる。テクノロジーの活用段階では、OSおよびアプリケーションの稼働する加工制御用コンピュータシステムが必要となり、先端技術である3DCGモデリング、プロセス制御を行うために専用のソフトウェアを利用させる。最終段階で、装置の部品、文具、アクセサリなど身近で簡単な製品の設計・製作に取り組むことにより、テクノロジーの認識～体験～活用が総合し、エンジニアリングに対する興味・関心の高揚が図られると考える。

製品の設計・製造を教材化することにより、学校教育においては作品の製作・完成・発表というオーソドックスな成果検証を踏まえることが可能となる。つまり、生徒の作品をアウトプットとして、自己評価・分析、プレゼンテーション、コンテスト形式によって客観的な評価を獲得し、それらの累積によって学習プログラム自体を評価し、生徒の意識調査を加えて研究成果の検証としたい。

<次世代 SSH 教員の養成>

教員を志す筑波大学大学院生を受け入れ、授業の参観・ティームティーチング・教材開発・授業実践などを行ってもらおう。このような教員インターンシップを実施していくことによって、専門分野にとらわれない幅広い分野について高度な実験指導技術、教材開発能力を身につけた次世代 SSH 教員の養成をめざす。

(v) 中高一貫 SSH の完成に向け中学に重点を置いたカリキュラム・教材の開発

本校の特色を活かした高校での SSH カリキュラムにつながる中学向けカリキュラム・教材の研究開発を行うとともに、実施にともなうさまざまな課題を追究する。数学・理科・英語科を中心に全教科で取り組む。

<数学科>

SSH 5 年間で開発してきた高校教材の実践と、中・高の関連をさらに意識した中学生向け教材の開発と中高一貫カリキュラムの構築。

<理科>

最先端の実験機器を活用した実験教材の開発とそれを取り入れたカリキュラムの作成を行う。まず、今までの5年間のSSHで購入したものに加えて、新たに実験機器を導入し、中学に重点を置いた教材の開発に利用する。

<英語科>

英語科では、科学的内容を取り入れた中高6年間のシラバスを作成し、中学向けカリキュラムと教材の開発に取り組む。また、科学的リテラシーを育成するために、講演会を実施し、読書指導を行う。

6. 研究組織

本校の1期目SSH(平成14～18年度)は、全教科での取り組みが特徴であった。しかし、教科中心の取り組みでは組織が縦割り型になり、教科・科目間の柔軟な連携が難しい面があった。そこで今回は、教科に関係なく全教員が参加する校内プロジェクト組織による取り組みを追加する。これにより、これまで目標としながらも取り組みにくかった教科・科目横断的な研究も実施しやすくなり、5つの研究内容の柱にも柔軟に取り組めるようになると考えられる。

具体的には、以下の研究組織を活用して、研究の企画・推進・評価を実施する。

① 校内推進委員会

SSH再継続にあたり、校内推進委員会の役割は、実施計画書、事業計画書、事業経費説明書等書類の作成および運営指導委員会への出席に絞ることとした。

構成員は下記の15名である。

星野貴行(学校長)、宮崎 章(副校長)、篠塚明彦(研究部長)、土井宏之(教務部長)、更科元子(校内プロジェクトⅠ委員長)、吉田哲也(校内プロジェクトⅡ委員長・SSH担当)、植村徹(校内プロジェクトⅢ委員長)、平原麻子(校内プロジェクトⅣ委員長)、鈴木清夫(数学)、小宮一浩(技術・芸術)、東城徳幸(国語)、大野新(地歴・公民)、入江友生(保健体育)、山田忠弘(英語)、多賀慶子(事務係長)

② 運営指導委員会

外部の研究者等7名から構成される。今回の

研究推進のために特別に設置した委員会で、年2回程度開催する。構成員は下記の通りである。

氏名	所属・職名
真船文隆	東京大学大学院総合文化研究科准教授
吉田次郎	東京海洋大学海洋科学部海洋環境学科教授
Huw Oliphant	ブリティッシュカウンシル 科学・学校教育部長
伊藤光弘	筑波大学大学院数理物質科学研究科教授
井上勲	筑波大学大学院生命環境科学研究科教授
深水昭吉	筑波大学大学院生命環境科学研究科教授
柿嶋眞	筑波大学大学院生命環境科学研究科教授

③ 校内プロジェクト委員会

全教員が4つのプロジェクトのいずれかに所属する。そのうち、校内プロジェクトⅡ教育実践プロジェクトは、研究内容の柱「(i)サイエンスコミュニケーション能力育成のためのカリキュラム研究」、校内プロジェクトⅣ国際交流プロジェクトは、研究内容の柱「(ii)国際交流プログラムの企画運営」を担当し、中心となって研究を進める。また、他の2つのプロジェクトも必要に応じて研究に関わる。

④ 研究部

校内の既設の分掌で、5名で構成される。実施計画書、事業計画書、事業経費説明書のとりまとめ、文部科学省およびJSTとの連絡協議、外部からの各種調査・アンケートの実施と取りまとめ等を行うとともに、各研究・プロジェクト間の調整を行う。また、研究発表の場である教育研究会、校内研修会の企画・運営を中心になって進める。

7. 教育課程

実施された教育課程は、次表1の通りである。

(文責：研究部 篠塚明彦)

筑波大学附属駒場中高等学校 新SSH 研究概略図

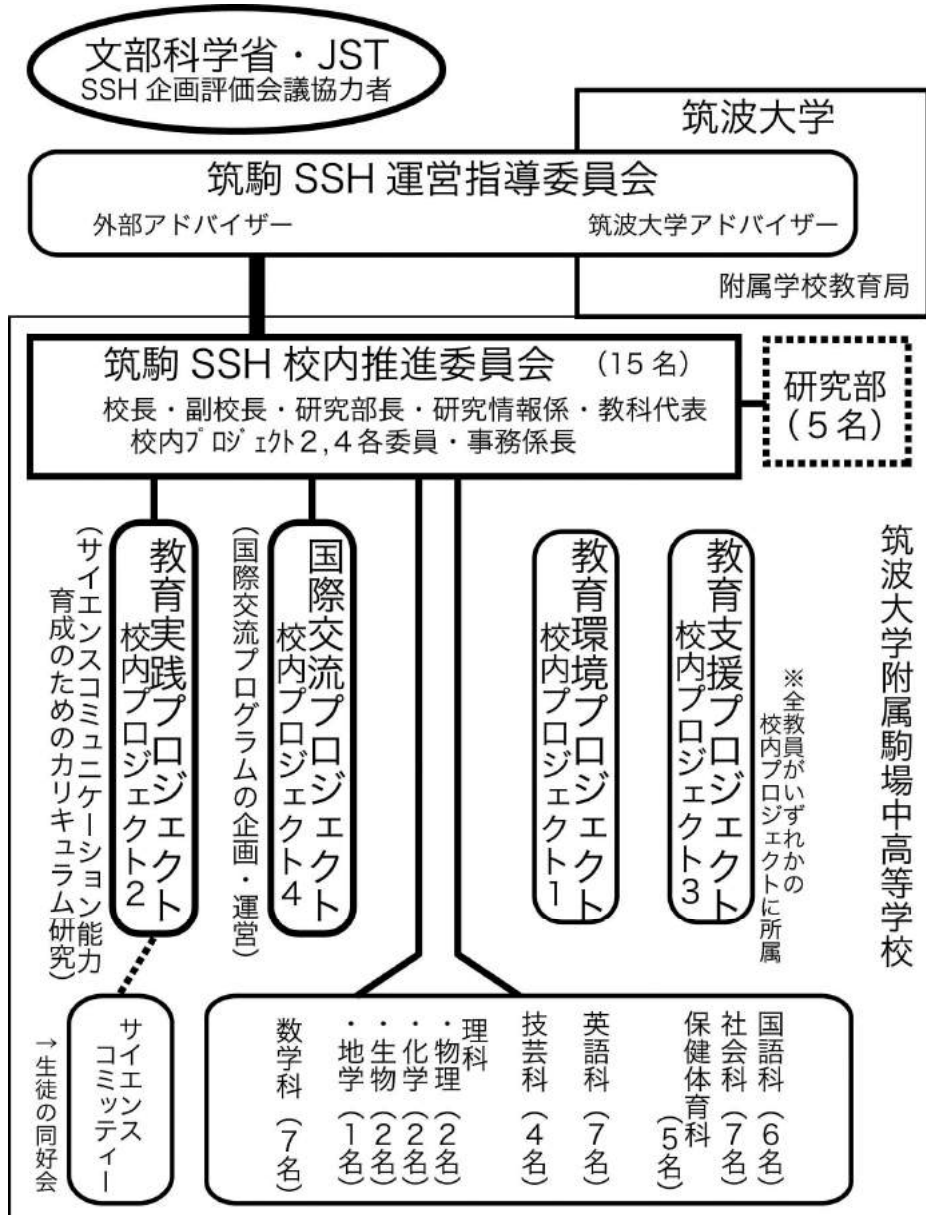
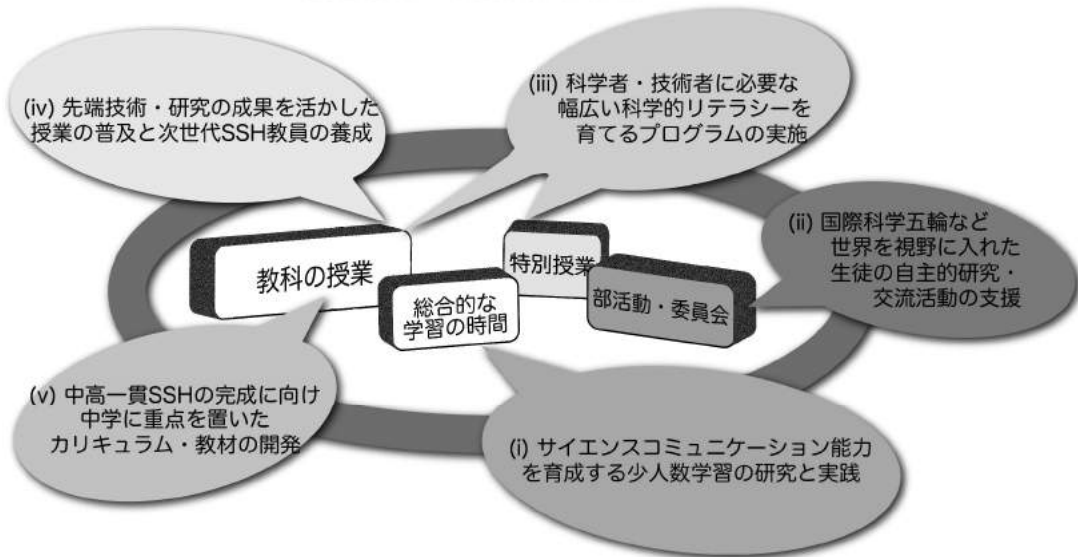


表1 高校教育課程

	高校1年	高校2年	高校3年	
1	国語総合（4）	現代文（2）	現代文（2）	
2		古典（3）	★ 古典（2）	
3			倫理（2）	
4			★ 数学B（2）	
5	地理A（2）	政治経済（2）	★ 数学C1（2）	
6	世界史A（2）	日本史A（2）	★ 数学C2（2）	
7			★ 数学Ⅲ（4）	
8	数学Ⅰ（3）	数学Ⅱ（3）	★ 古典講読（2）	
9			★ 地学Ⅰ（2）	
10	数学A（2）	数学B（1）	★	
11			★	
12	理科総合B（2）	*物理Ⅰ or 生物Ⅰ（2）	★	
13			★	
14	化学Ⅰ（2）	*化学Ⅱ or 地学Ⅰ（2）	★	
15			★	
16	体育（3）	体育（3）	★	
17			★	
18	保健（1）	保健（1）	★	
19			★	
20	◆芸術Ⅰ（2）	◆芸術Ⅱ（2）	★	
21			★	
22	情報B（1）	情報B（1）	★	
23	英語Ⅰ（3）	家庭基礎（1）	★	
24		英語Ⅱ（4）	★	
25	オーラルコミュニケーション（2）		★	
26		★		
27	総合学習（1）	総合学習（1）	★	
28	特別活動（1）	特別活動（1）	★	
29	H R（1）	H R（1）	★	
30			★	
31			★	
32			★	

無印は〈必修〉、◆は〈選択必修〉、*は、各1科目選択可、4科目の内少なくとも1科目は修得が必要。
卒業に必要な教科科目の修得単位は、74単位以上(総合学習を含まず)。

(高1：29、高2：29or27、高3：8+(8or10以上))

Ⅱ. 研究開発の経緯

(1) 第二年度研究の概略

5年計画の第3年次は、研究の具体的展開期と位置づけた。研究内容の柱(i)(ii)および(v)についても、試行段階から本格的な実施に取り組んだ。また、柱(iii)および(iv)については、これまでのSSH研究の評価をふまえ、継続的実践・改良・普及を進めた。

以下、研究内容の柱に沿って概略を報告する。

(i)サイエンスコミュニケーション能力を育成する少人数学習の研究と実践

校内プロジェクトⅡ教育実践プロジェクトおよび研究部を中心に、少人数制の授業に効果的な教育環境の充実、カリキュラムの作成、異学年交流を円滑に導入するための授業方法等の研究を継続し、下記のような発表・交流の実践を行った。

- ・7/15 高3テーマ研究生徒発表会 17件(口頭発表+ポスターセッション)
- ・7/23~30 目黒区立駒場小学校サマースクール(小学生対象の出前授業・実験)
「眼の中をのぞいてみよう」(生物部)、「ものを分けてみよう」(化学部)
- ・8/6~7 SSH生徒交流発表会(パシフィコ横浜)生徒4名登録(合計10名参加)
- ・8/6~9 「科学者の社会的責任」をテーマに広島フィールドワーク(生徒7名参加)
- ・11/5~6 茨城県大子町小学生向け特別授業
- ・11/14 高2ゼミナール・中3テーマ学習合同授業の一部実施
- ・12/20 東京都SSH指定校合同研究発表会 7件(口頭発表+ポスターセッション+展示)
- ・1/9 ゼミナールオープン(中学3年生向け)10講座で実施
- ・3/27 筑駒アカデミア公開講座(生徒が講師を務める講座)「ものを分けてみよう」

(ii) 国際科学五輪などの世界を視野に入れた生徒の自主的研究・交流活動の支援

校内プロジェクトⅣ・国際交流プロジェクトを中心に、国立台中第一高級中学(台湾)との生徒研究交流会を実施した。また、生徒の国際科学オリンピック、科学コンクールへの参加の支援を行

った。さらに、筑波大学等の留学生との研究交流をはかった。

- ・12/14~19 国立台中第一高級中学(台湾)での生徒研究交流会 生徒10名+引率教員4名

(iii)科学者・技術者に必要な幅広い科学的リテラシーを育てるプログラムの実施

<数学科・理科>

講演会・実験講座の内容を精選するとともに、低学年向けプログラムの充実をはかった。

- ・7/9 「コンビニのシートデータ(POS)から見えるものー経営戦略に直結する統計的データ分析ー」渡辺美智子(東洋大学経済学部)
- ・10/6 「超小型人工衛星が維新を興すー宇宙開発の「うまい・はやい・やすい」」中須賀真一(東京大学大学院工学系研究科)
*生徒組織「サイエンス・コミッティ」企画運営
- ・11/7 「進化発生学が紐とく脊椎動物の進化の歴史」

和田洋(筑波大学大学院生命環境科学研究科)

- ・12/15 「火山はすごい!ー日本列島の火山をさぐるー」鎌田浩毅(京都大学)
- ・12/16 「おもしろ海洋学 北極&南極」吉田次郎(東京海洋大学)、島田浩二(東京海洋大学)

- ・12/17 「平面図形と複素数の関係」

大島利雄(東京大学)

- ・12/18 「だまし絵と立体錯覚ー私たちはありのままをみているでしょかー」

杉原厚吉(明治大学)

- ・12/19 「核磁気共鳴(NMR)による有機化学化合物の構造決定ー理論と実験ー」

下井守(東京大学)、村田滋(東京大学)

- ・3/18 「酵素を利用した有用物質の生産技術ー環境負荷の少ない物質生産プロセスー」

向高祐邦(筑波大学名誉教授)、市川創作(筑波大学)

<総合講座>

「科学者の社会的責任」「情報伝達」「スポーツ科学」をテーマとした講演会を実施した。また「科学者の社会的責任」をテーマに広島でのフィールドワークを実施した。

- ・7/8 「脳から言語へー科学はここが面白い」酒井邦嘉(東京大学)

- ・ 7 / 13 「文法に意味はあるのか」
西村義樹（東京大学）
- ・ 8 / 6 ～ 9 総合講座「ヒロシマ」 生徒 7 名
引率教員 2 名
- ・ 12 / 15 「スポーツのバイオメカニクス的研究」
藤井範久（筑波大学）
- ・ 3 / 18 「科学者の社会的責任 水俣から学ぶこと」
栗原彬（立教大学）

以上のプログラムのうち、校内で行われた講座・講演会は、「サイエンス・コミッティ」（有志生徒組織）により、評価を受けた。評価に基づき次年度以降のプログラムの企画・運営を行う。

(iv)先端技術・研究の成果を活かした授業の普及と次世代 SSH 教員の養成

<数学科>

SSH 5 年間で開発してきた教材「統計」「微分方程式」等の授業を実施し、改良を試みた。全国の SSH 校から教員の参加者を集めて課題研究に関する研究協議会を本校で開催した。教育研究会や教員研修会に於いて教材の普及・教員間交流を行った。このほか、宮崎県立宮崎北高等学校での合同研修会を実施した。筑波大学大学院数理物質科学研究科の大学院生を受け入れ、教職インターンシップも実施した。

- ・ 7 / 24 合同研修会（於：宮崎県立宮崎北高等学校，本校教員 7 名＋宮崎県教員 15 名）
- ・ 11 / 21 教育研究会（公開授業）
- ・ 3 / 6 SSH 交流支援教員研修「数学科教員研修会 in 筑駒」

<理科>

SSH 5 年間で開発した実験教材による授業実践を継続し、一層の改良を試みた。また、筑波大学大学院生命環境科学研究科大学院生を受け入れ、教職インターンシップを実施した。

<技術・情報科>

メカニクス、エレクトロニクス、IT の 3 者が複合する学習プログラムとして、「1 ボードマイクロコンピュータを用いた 3D プロット制御による製品設計と製作」をテーマとした高校生向けワークショップを実施した。

- ・ 7 / 30 ～ 8 / 1 「第 2 回 CAD・CAM の世界にふれるワークショップ」

- 講師：黒木啓之（都立産業技術高等専門学校）
砥山博行（ローランド DC 株式会社）
加茂裕（モデリングアール株式会社）

(v)中高一貫 SSH の完成に向け中学に重点を置いたカリキュラム・教材の開発

以下の内容について研究開発を行った。

<数学科>

これまで開発した高校での教材を踏まえ、中・高を滑らかにつなげる中学生向け教材の開発（3）

<理科>

これまで開発した高校での実験教材を踏まえた中学生を対象とした実験教材の開発（3）

<英語科>

科学的教材を利用した授業の実践と生徒の発表能力の向上をめざした。百科事典、科学的教材、論文などの文献収集を行い、それらを教材にした授業を展開した。

(附) 生徒の成果

平成 21 年度の生徒の活動結果を以下に記す。

（ ）内は受賞時の学年

- ・ 第 49 回国際数学オリンピック・スペイン（マドリード）大会
金メダル：副島 真（高 2）
銅メダル：滝間太基（高 2）
- ・ 第 39 回国際物理オリンピック・ヴェトナム（ハノイ）大会
銀メダル：松元叡一（高 3）
- ・ 第 19 回国際生物学オリンピック・インド（ムンバイ）大会
銀メダル：海老沼五百理（高 3）
- ・ 第 20 回国際情報オリンピック・エジプト大会
銀メダル：副島 真（高 2）
銅メダル：松元叡一（高 3），滝間太基（高 2）
- ・ 第 7 回国際地理オリンピック・チュニジア大会
金メダル：後藤圭佑（高 3）
- ・ 第 20 回アジア太平洋数学オリンピック
金賞：副島 真（高 2）
- ・ 全国高校化学グランプリ 2008
銀賞：福田 朝（高 2）
銅賞：鈴木良平（高 2），片岡憲吾（高 1）
* 国際化学オリンピック代表候補となる。
- ・ 第 19 回日本数学オリンピック

銀賞：副島 真（高2）

銅賞：滝間太基（高2）

＊上野諒、檜垣元秀（高2）、河内谷耀一（高1）、原将己（中3）とともに国際数学オリンピック代表候補となる。

・第7回ジュニア数学オリンピック

銅賞：吉田健祐（中3）、山岸颯（中1）

・第14回スーパーコンピュータコンテスト2008

優勝：鈴木良平、副島 真、田原拓樹（高2）

・第18回「私たちの身の回りの環境地図作品展」

国土地理院長賞：藤本祐司（中2）

日本地理学会賞：佐藤 恒（中1）

日本国際地理学会賞：桑原啓太（中2）

(2) 委員会等の活動

① 校内推進委員会

今年度は、下記のように活動した。

7/11 第1回運営指導委員会

1/30 第2回運営指導委員会

2/22 平成22年度実施計画書提出、
平成22年度事業計画書、事業経費説明
書提出

② 運営指導委員会

東京海洋大学、東京大学、ブリティッシュカ
ウンシル各1名、筑波大学4名の方々をお願い
した。運営指導委員6名と校内推進委員15名
で開催した。

第1回7/11、第2回1/30

③ 校内プロジェクト委員会

校内プロジェクトⅡ教育実践プロジェクトお
よび校内プロジェクトⅣ国際交流プロジェクト
を中心にSSH事業の一部（研究内容の柱(i)お
よび(ii))を担当し、4つのプロジェクトが下記
のように活動した。

第1回4/27、第2回5/25、第3回6/22、

第4回9/8、第5回11/9、

12/20 東京都SSH指定校合同研究発表会
運営補助(校内プロジェクトⅡより教員4名)

第6回1/25

2/25 第2回校内研修会（すべての校内プ
ロジェクトの今年度活動報告）

④ 研究部

5/8 平成20年度SSH事業実施にかかる活
動実績調査票提出

7/15 SSH事業中間報告会開催

10/21 東京都SSH指定校合同研究発表会
準備会議

12/20 東京都SSH指定校合同研究発表会
運営補助

12/25 SSH情報交換会（文部科学省・J
S T共催）

12/28 卒業生対象個人調査アンケート（情
報基盤開発）55期生に発送

3/12 SSH事務処理説明会（文部科学省・
J S T共催）

その他、SSH見学来校者対応等

⑤ その他

筑波大学・附属学校連携委員会駒場連携小委
員会においてもSSHに関連して筑波大学所属
の先生方と様々な意見交換を行った。

第1回7/10、第2回9/5、第3回1/9

（文責：研究部 篠塚明彦）

Ⅲ. 研究開発の内容

(i) サイエンスコミュニケーション能力を育成する少人数学習の研究と実践

a. 目黒区立駒場小学校サマースクール

1. 仮説

生徒のサイエンスコミュニケーション能力育成のためには、受け身になりがちであった授業を、生徒どうしの「教えあい、学び合い」主体に切り替えることが有効ではないか。この仮説に基づき、2007年度から生徒が指導者として、小学生向けに授業を実施する企画を実施している。

また、評価については、2007年度に松寄（数学科・現鳴門教育大学）が提案した「サイエンスコミュニケーションアンケート」をもとに、下記の3項目を中心にアンケートを実施した。

- ① 表現に関する項目
- ② 科学的知識・技能に関する項目
- ③ コミュニケーターとしての活動に関する項目

2. 概要

近隣の小学校である目黒区立駒場小学校では、夏休み期間に体験的活動を楽しむ「サマースクール」を実施している。本校では、2007年度より生徒が講師を務める「出前授業」の形で参加させていただいている。今年度実施した「出前授業」は、下記の3講座である。なお、今年度の駒場小学校では、7月末の午前にプール教室を、午後にサマースクールを開講している。

(1) 「レッツ囲碁」

7/23（木）13:00～15:00、駒場小教室
1～4年生対象、25名参加
駒場棋院生徒が指導

(2) 「眼の中をのぞいてみよう」

7/28（火）13:00～15:00、駒場小理科室
5～6年生対象、10名参加
生物部生徒が指導

(3) 「ものを分けてみよう」

7/30（木）13:00～15:00、駒場小理科室
4～6年生対象、13名参加
化学部生徒が指導

3. 活動内容

3.1 レッツ囲碁

中学1年生から高校2年生までの駒場棋院(囲碁クラブ)の生徒20名による、小学校1年生から4年生までの25名ほどを対象にした、囲碁の初心者指導を、約2時間の時間をかけて行った。実施対象の小学生はほとんどが初心者で、今回の囲碁講座が初めて碁石に触れるという児童が大半であった。一方教授する生徒の方は、今春入学したばかりの囲碁覚えたての中学1年生から、囲碁のプロを目指す院生にも匹敵する高校2年生まで、実力幅のある生徒が対応した。

ゲームを楽しむためには、囲碁の基本ルールを理解しなければならないのだが、実はその基本ルール事態がとても難解であるため、多くの囲碁愛好家を獲得できないという矛盾をもったゲームである。但し、基本ルールを理解し、石の効率的な打ち方をマスターすればするほど、囲碁が本来的に持っているゲームの面白さが理解されてくる。

今回の初心者指導はそうした囲碁本来のゲームの面白さや深さを追求するのではなく、あくまでも石の打ち方が判ればという水準での、初心者指導であった。最初に、大きな盤面を使って、石の置く位置と、石を置くことで生じる面積の広さについて、高校2年生の駒場棋院の部長によって解説が行われた。次に、1人の児童に対して1人の生徒が対応する形で、個々の児童に即した初心者指導が行われた。「最後には、とにかくゲームが出来るまで」を目指しての「レッツ囲碁」となった。

既に、駒場棋院では、新入生指導や文化祭での初心者指導などで、多くの生徒が、碁の教授法や囲碁を通したコミュニケーションの仕方について、訓練を経てきている。囲碁を学ぶ際の難しさや集中力を維持する困難さを知っているので、相手の気持ちをそらすことなく、初心者指導が行われたと評価している。

ゲーム自体が難しいため、実は具体的な場面における具体的な指導方法が要求される。そうした場面を多く体験することで、場面場面における読みの深さや省察という仕方で、ゲームの面白さが記憶として理解されていくのである。

（文責：駒場棋院顧問・小澤富士男）

3.2 「眼の中をのぞいてみよう！

－ブタの眼の解ぼう－

1. テーマ決め

今年度も昨年に引き続き、特に中学生が「教える」活動をする機会を得られるよう、中高生物部の生徒による小学生対象の実験講座を計画した。昨年度はこちらから適当なテーマとして「ブタの眼球の解剖」を生徒に提示したが、今年度は昨年度とほぼ同じ生物部員の生徒が指導を担当する講座なので昨年の経験も踏まえ生徒にテーマ設定から考えさせた。結果として材料の手頃さや小学生の興味関心のひきやすさ、昨年度の経験が生かせることなどを理由に同じテーマに落ち着いた。

2. 方法

2.1 講座の概要

講座タイトル：「眼の中をのぞいてみよう！

－ブタの眼の解ぼう－

日時：2009年7月28日（水）13：30～15：00

場所：目黒区立駒場小学校理科室

指導者：中高生物部員7名

（高2：1名，高1：2名，

中3：2名，中2：2名 合計7名）

受講者：目黒区立駒場小学校

（5年生9名，6年生1名 合計10名）

2.1 生徒による事前準備

指導者となる生徒たちが独自に準備したものは、眼球の内部構造を示す説明用の模造紙、配布プリント（原稿）、上級生が指導上のポイントをまとめたプリント、おみやげ（葉脈標本のしおり）であった。受講してくれた小学生のプリントへオリジナルのスタンプを押してあげるアイデアも思いつき、その準備も行った。



<事前準備：指導方法の確認>

2.2 事前準備の経過

1. 予備実験（7月27日）中学1年生生物部員を対象とした模擬指導
2. 教材準備（7月28日当日の午前中）材料の入手と解剖器具の準備。指導方法の打ち合わせ

2.3 講座のようす

講座概要を説明した後、小学生に眼球構造について硬さなどの予想を、クイズも交えて立てさせた。動眼筋を取りのぞかせた後、眼球の切開を小学生と一緒にいった。また水晶体は取り外して詳しく観察させた。受講した小学生が少人数であったため、丁寧な指導ができていた様子だった。



<本校生徒が小学生を教える>

2.4 担当生徒の感想

以下は講座を担当したある中学3年生の感想である。「（前略）結構下調べはしてネタはあったのだが、あまりその話を聞かせることができなかった。もう少し注意した方が良かったと思う。ただ、水晶体に関しての近視・老眼・遠視や白内障などの話はよく聞いてくれたので、小学生にも身近な話をするといいようだ。」また、意識した点として、時間配分や解剖のスピード、使用する用語などが生徒から挙がった。事前準備のさらなる徹底を行いたい、とする感想もあった。

3. 検証

小学生への説明に用語を選択する、という事前準備が大切であることが見えてきている生徒がいることは喜ばしい。用語の整理と代替表現の工夫は科学のコンテンツを分かりやすく伝えるための出発点であろう。また身近な話題を用意することの大切さにも気が付いた。生徒の「教える」という活動が深い学びに繋がればと期待している。

（文責：生物科・仲里友一）

3.3 ものを分けてみよう

1. 当日までの準備

実験主体の授業で、高校2年生7名が講師を務めた。実施にあたり、全員がすべての実験を行った後で、それぞれが上手に説明が出来るような実験を担当することに決めた。同時に、実験テキストを作成し、数回の予備実験やガラス細工などを行い、テキストに修正を加えて、当日に備えた。

2. 方法

当日は、下記の4つの実験を行った。様々な方法によって混合物を分離できることを体験し、それらの方法が生活のどのような場面で役立っているのかを考えてもらうことを目的とした。

実験1 わりばしの乾留

目的：わりばしを乾留することで、どのような物にわかれるのか確かめてみる。

実験2 半透膜

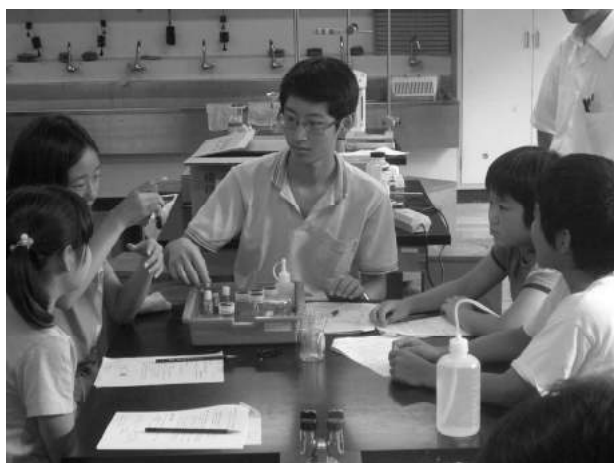
目的：(半透膜中に牛乳を入れた) ニセナメクジに食塩をかけてみる。半透膜を使って物が分けられることを確かめてみる。

実験3 物の吸着〜クロマトグラフィー〜

目的：TLCプレートを使って、サインペンの色を分けてみる。

実験4 再結晶・過飽和

目的：再結晶という方法を使って、物を分けられることを確かめてみる。



3. 検証

(小学生のアンケート結果より抜粋)

参加者 4年生：6名、5年生：4名
6年生：3名 合計：13名

・木は熱すると液体と固体と気体に分けられると

いうこと

- ・ナメクジがどうやってちぢむかわかった
- ・色ペンのインクも特別な液体で、色を分けることが出来るということ
- ・結晶がきれいだった
- ・刺激を加えると固体が出てくることが分かった。
- ・紫はこんなにきれいな色になると思いませんでした(茶色も)。あと、結晶がすごかったです。
- ・いろいろ分かって楽しかったです。

(高校生のアンケート結果より抜粋)

高校生は、準備に10～18時間(平均13.3時間)の時間をかけていたようである。

- ・論理の流れというのが大変重要だと感じた。
- ・分かりやすい説明を心掛けた。
- ・小学生の静かにさせ方が分からない。
- ・小学生でも分かりやすい文章、説明を考えた。



3. 検証

今回は準備段階から、全員がすべての実験を行い、その内容の検討や実験中の安全対策などの検討を行っていた。また、桐山ガラスにガラス細工研修に行った経験のある者がいたので、特殊なガラス器具を作成し、その形状などの検討にも力を注いでいた。以前にも講師を担当した経験のあるものは事前準備において、小学生でも分かりやすく、論理的矛盾が生じないような配慮をする者がいるなど、かなりの成長が見られた。

サマースクールで小学生へ教えることの難しさを経験した者は、文化祭や筑駒アカデメイアなどで、その経験を活かしているようである。今後も、より充実した実験講座を開講し、生徒が成長出来るよう進めていきたい。

(文責：化学科・吉田哲也)

b. 大子町各小学校での特別授業

1. 仮説

生徒のサイエンスコミュニケーション能力育成のためには、受け身になりがちだった授業を、生徒どうしの「教えあい、学びあい」主体に切り替えることが有効ではないか。この仮説に基づき、一昨年度から生徒が指導者として、小学生向けに授業を実施する試みを行ってきた。今回の大子町立小学校で実施した理科実験教室のテーマ「電池」は、過去2回ほぼ同様の内容で実施してきたものであり、指導する生徒にコミュニケーション能力の向上が確認できるはずである。

2. 概要

筑波大学と大子町（茨城県久慈郡）の連携・協力プロジェクトの一環として、11月5日・6日に、本校化学部生徒および筑波大学大学院教育学研究科院生による理科実験教室を、大子町立小学校4校で実施した。この時期は、本校では文化祭の終了直後にあたり、生徒は準備に十分な時間を確保することができないことがわかっていて、そのため、大子町とも相談の上、これまで目黒区立駒場小学校サマースクールや筑駒アカデメイア（本校と世田谷区共催の公開講座）で実施したテーマである「電池のしくみを調べてみよう」を、今回の授業でも取り上げることにした。

なお、この実験講座は、日程の関係で同一時間帯に2校ずつで実施するため、本校生徒と筑波大学院生が、それぞれ別グループで授業を担当した。また、授業内容についても、大学院生は「電池」のほか「土壌動物」をテーマにした観察・実験も実施したが、詳細については省略する。

3. 活動内容

(1) 授業内容（生徒作成のテキストより抜粋）

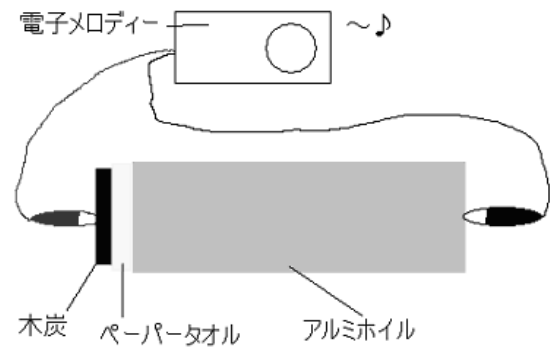
① 木炭電池を作ろう

実験：木炭電池（空気電池）作る

内容：備長炭、アルミニウム箔、食塩水で電池をつくり、電子メロディを鳴らす（電池は、意外と簡単にできる）。

② 乾電池を分解してみよう

実験：マンガン乾電池を分解する



内容：マンガン乾電池を分解してその構造を調べる。電池の構造の観察と実験①の結果を踏まえて、電池が電気を流すしくみを簡単に解説し、一緒に考える。

（この実験では、ラジオペンチを使用して乾電池を分解した。小学生の力では難しく、怪我をする恐れがあるので、各班担当の生徒がそれぞれ分解し、その後小学生に観察・実験してもらう方法を取った。）

③ ボルタ電池

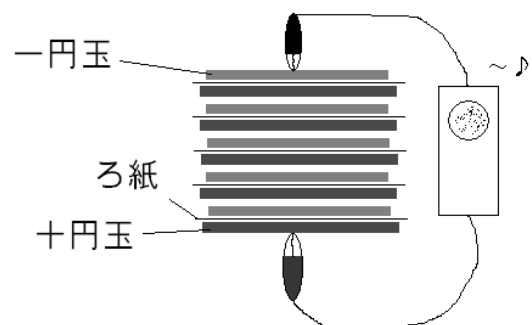
実験：2種の金属と食塩水で電池を作る

内容：電流計を使って鉄・亜鉛・アルミニウムから2種の金属（と食塩水で湿らせたろ紙）を組合せ、金属間の電子の流れを観察する。金属には種類ごとに「電子の渡しやすさ（受け取りやすさ）」に差があることを考察する。

④ 11円で電池を作ってみよう

実験：10円硬貨と1円硬貨で電池をつくる

内容：10円硬貨（青銅）・1円硬貨（アルミニウム）各5枚と、食塩水で湿らせたろ紙で電池を作り、電子メロディを鳴らしてみる。



⑤ 人間電池

実験：人間も電池ができる

内容：食塩水で湿らせた手で銅板と亜鉛板を持ち、数人で輪を作って金属板を接触

させ電子メロディを鳴らしてみる。

(2) 当日の授業のようす

授業を担当した本校化学部生徒は8名（高1：1名、高2：7名）で、筑波大学学校教育局教授1名と本校化学科教員2名が引率した。

① 大子町立さはら小学校（11月5日午後、参加児童：5・6年生17名）

到着早々、自家製こんにゃくでもてなされた後、校舎内と小川が流れる校庭周辺を見学した。理科室に移動して実験準備の後、児童と共に給食を味わった。昼休みは2手に分かれ、校内の畑で芋掘り体験、または校庭で児童と鬼ごっこに興じた。

その後、理科室で約2時間にわたり実験教室を行った。実験ごとに、交代で1人の生徒が方法の説明や結果の考察を行う講師役を務め、他の生徒は各実験班に1人ずつ付いて実験指導を行った。実験終了後の質疑応答では、いくつかの良い質問が出た。



みんなで輪になって人間電池！

② 大子町立黒沢小学校（11月6日午前、参加児童：5・6年生26名）

大子町に宿泊し、翌朝黒沢小に向かった。理科室で準備の後、約2時間にわたり実験教室を行った。講師と各班担当生徒の分担は、昨日同様に行った。実験は、児童に自由に操作させる時間を昨日より長く取ったため、児童自らが工夫して新たな発見をする場面もあった。この授業は、NHK水戸支局および茨城新聞の取材を受けたほか、大子町教育長ほか多くの関係者が参観した。終了後は、児童と共に給食を味わった。

4. 検証

「電池」について小学生に教えるのは3回目

あるため、実験の進行・薬品の扱い、児童との接し方、黒板での説明など落ち着いており、安心して任せることができた。黒板で説明をした各生徒の役割分担もしっかりできており、授業に流れができていた。特に、電池の構造を示し電子の流れるしくみを小学生に説明する部分は、難しい内容を大変わかりやすく説明していた。

一方、児童に自由にやらせても良い部分についても、生徒がやってしまう部分が見られ、翌日は改善させた。また、黒板での説明で、知識が不十分なところがあった。

大子町の小学生は、素直で行儀がよく、指導側はだいぶ助けられた。また、児童が自らの発見がいくつかあり、良かった。時間設定についても、ゆとりのあるスケジュールで実施できた。各小学校での給食、さはら小での鬼ごっこや芋掘り等は、高校生や大学院生と児童の距離を近づけるのに十分な役割を果たした。

実施時期の点では、高校生は文化祭直後の代休を2日つぶすというハードスケジュールになった。また、本来は実験器具・試薬の準備もすべて彼らに行わせるべきだったが、文化祭と重なったため、教員が代行する部分が多くなってしまった。来年度も実施するならば、夏休み中など長期の休み中の方が、ゆとりをもってできる。

<各小学校教員アンケートより>

- ・子どもたちが楽しく、生き生きと実験や観察に参加することができました。給食も含めてふれあいや語らいがあつてとても良かった。
- ・学校側で準備するものが少なく、準備物はほとんど持ってきていただいたので助かりました。
- ・引き続き来年もよろしくお願いします。

以上のように、今回は筑波大学と大子町の連携事業により、同一生徒がほぼ同じ内容について（過去2回を含め）計4回小学生に教える機会を得た。その間の生徒の説明や実験指導（コミュニケーション）能力の向上は、自他共に実感できるものがあつた。今後も、このような機会を積極的に作り、サイエンスコミュニケーション能力の育成をはかりたい。

（文責：教育実践プロジェクト 梶山正明）

c. テーマ研究生徒発表会

1. 仮説

高3（58期生）テーマ研究生徒発表会は、今年で3回目を迎えた。昨年度同様にポスターセッションを取り入れ、その拡充をめざして発表者を広く募集した。7月に開催するために5、6月頃に発表者を募集するが、その時点ではまだ研究が進んでいない者が多い。しかし、58期の生徒の場合は、プレゼンテーションに意欲を示す者が多い。発表の機会があるという目標を提示することで、生徒の中に、より積極的に取り組む者がでることを期待してのことである。また、その中で、SSHの取り組みのひとつとして進めてきた社会科のゼミ選択者の研究発表が実現することにもめざした。科学と社会の関わりというテーマに生徒がどのような関心を持ち、どう自主的な研究を進めているかが示されることで、サイエンスコミュニケーション能力の育成という課題をより広く研究していくことができるだろうと考えた。

2. 内容・方法

(1) 報告者の募集・決定

2009年7月15日（水）13時20分から16時30分の時程で実施した。今年度はサイエンスコミティーのメンバーが少なく、生徒による運営という点は昨年度のようにはいかず、企画の大筋は教員がになうことになった。それでも、発表者の募集についてはサイエンスコミティーの生徒が全生徒にアンケートをとり、研究が進めばやってみたいという生徒が少なからずいた。その生徒に対し、サイエンスコミティーの生徒と教員の双方から声をかけ、テーマ研究担当教員の助言も受けて発表者を決定していった。最終的には、別掲の発表会プログラムにあるテーマの17名の発表が集まった。関係教科別に見ると次のようになる。

	a	b	c	計
情報	1			1
数学	2	1	2	5
生物	1		3	4
化学		1	2	3
社会		3	1	4

a 口頭発表のみ b 口頭発表・ポスター掲示共

c ポスター掲示のみ

予定どおり、社会科系の報告を4本入れることができた。ただ、残念ながら文学や語学等の分野では生徒の研究の進行が遅れて、この会では発表を受けることができなかった。

(2) 準備作業

7月の期末テスト直前に、全校生徒への案内を行った。また、今回は、SSH事業中間報告会を兼ねて実施されるので、学外への案内も行った。別記発表会プログラムはそのときに作成したものである。

当日は、口頭発表では原則としてパワーポイントを使用（手許に1枚の資料を配付して行う口頭発表もあった）、ポスターセッション用にはA4版1枚を拡大することとして、準備を行わせた。ポスター等は、前日までにすべて提出された。

当日の会場は別掲の図にある配置とした。昨年と比べてポスターが2本増え、口頭発表の会場の背面にも掲示場所を増やした。こちらに文系のポスターを集める形になった。また、ポスターセッション会場にイスを配置した。これらの作業は基本的にサイエンスコミティーの生徒が中心になって担った。

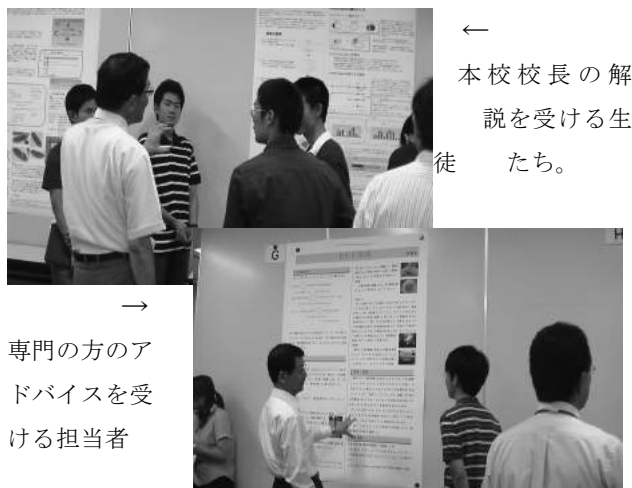


↑ ポスター掲示の様子

(3) 当日の運営・進行

前期のように、SSH事業中間報告会を兼ねて、別掲のプログラムで実施した。司会進行は、すべて高3のサイエンスコミティーのメンバーが担当した。

昨年度同様に口頭発表を2つに分け、間に45分ほどポスターセッションに時間をとった。これは、写真にもみられるように、担当者にとっては専門の教員・研究者からアドバイスを受けるいい機会となったと思われる。また、放送大学で使用する画像の収録が行われた。



←
本校校長の解説を受ける生徒たち。

→
専門の方のアドバイスを受ける担当者

ただ、後半の口頭発表では、発表の時間がやや長くなったこともあり、質疑の時間が十分にとれないことになった。

3. 検証

来場者は、SSH関係の学外者も数10名有り、在校生、保護者を含めて100名をこえた。ただ、在校生は、同学年を含めて多いとはいえなかった。

口頭発表に関して、来校されたSSH関係の各分野の専門の方から、次のような感想が寄せられている。

「一つ一つの研究がレベルが高く、高校生とは思えないくらい素晴らしいものでした。全て司会から研究から発表、資料パネル、全て学年がやっているのが、すごいと思いました。大学の研究以上だと思います。遺伝子の研究設備があり、光学分割が出来る設備や環境があるのも素晴らしい。さすがにSSHだと思いました。」

「先行研究について、どれ位文献調査しているのか気になった。どのテーマを選ぶにせよ、機会があれば生徒さん達にはこの延長線上で大学などでも研究を続けてもらった方がいいはず。ぜひ、大学での学習と同様に、文献調査も研究の工程に組み込んで欲しい。」

「数学は考察の過程で論理の飛躍、矛盾があつてはいけないものだと思います。限られた時間の中で、多くのことを伝えようとする気持ちは感じられましたが、もう少し丁寧に伝えると、よりよい発表になると思います。」

これらは、この発表が専門家から見て高い水準にあるということを述べられたものであり、その発表にいたった生徒のテーマ研究に対する努力の

成果を示している。こうした発表の機会が生徒の熱意を高めていることが確認できる。

また、次のような声もある。

「個人個人はよく学んでいると感じましたが、プレゼンということになると何を伝えようとしているのかが難しいところだと思います。テーマ設定などのオリジナリティにこだわるのか、実験の工夫にこだわるのか、発表にも工夫が必要ですね。」

「聴衆には数学には詳しくない人が多いことが予想されるので、用語の説明を詳しくするか、話を簡略化する（難しいけど…）のがよいと思いました。」

これは、在校生の次の意見につながっている。

「みな、非常に深く研究しているなと感じた。一方で、難しすぎる内容を、より分かりやすく伝えるように意識した方が良いかもと感じた。」

「難しすぎた。」「わからないものが多かった。」こうした中で、今回の発表では、伝えることを意識し問題提起を重視した「信号時間の最適化—数学の社会への応用—」の発表が注目された。来校者が次のように記している。

「日常、車を使うので、信号待ちはいやなので、その視点から楽しく拝聴しました。実際の道路は、もっと複雑なわけですが、どうすればより多くの道路がスムーズに流れるかを見つけて下さい。」

「数学を実社会の生活への応用を考えた着眼点が素晴らしい（今後の発展の有望性大であると思います）。」



↑「数学の社会への応用」口頭発表の様子

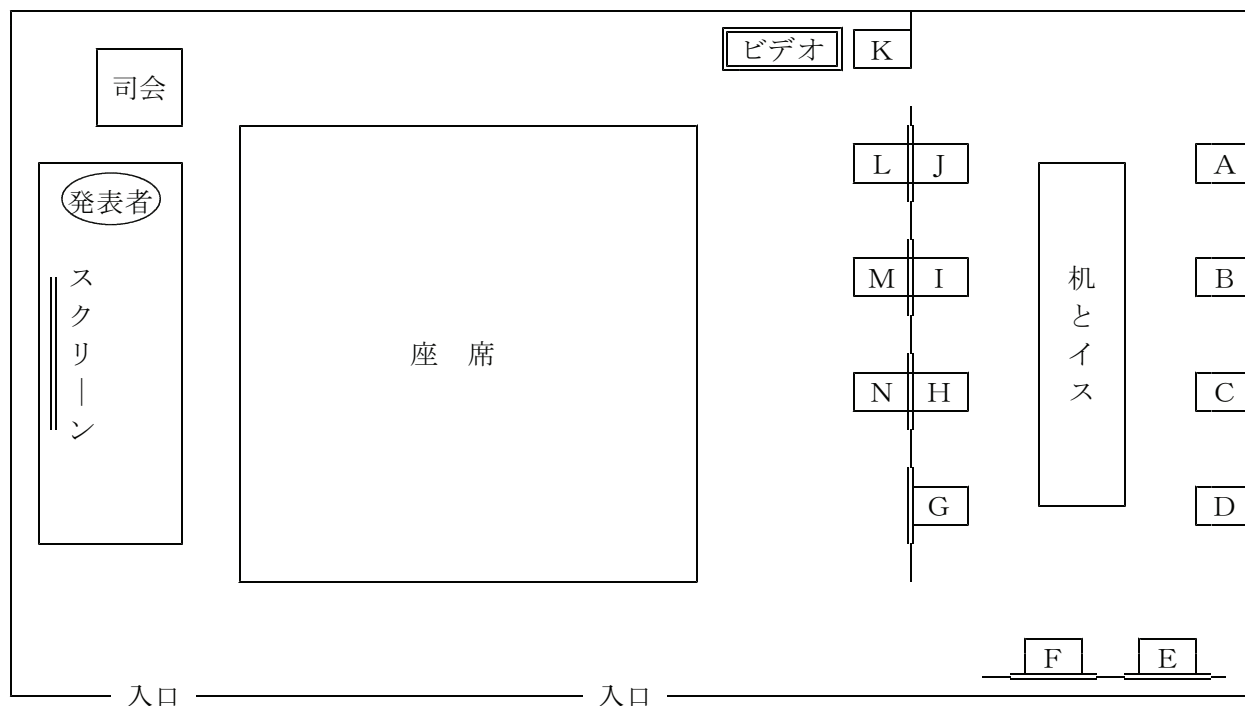
文系の発表は、一部報告とかみ合った質疑が行われたが、討議を深めるにはいたらなかった。文系に限らないが、発表の側が、どう問題を提起するかを意識することが重要な課題となる。それが、在校生の参加を増やすことにもつながるだろう。

（文責 校内プロジェクト2 丸浜 昭）

発表会プログラム

	開始時間	□頭発表(13:30～14:45)
1	13:30～	Nintendo DSを利用したPeer-to-Peerネットワークの構築と活用
2	13:45～	Pell方程式の一般解
3	14:00～	信号時間の最適化—数学の社会への応用—
4	14:15～	パターン形成を操る遺伝子—単離と発現解析—
5	14:30～	酒石酸の光学分割
ポスター番号		ポスターセッション(14:45～15:30)
A		Pell方程式の一般解
B		確率についての考察
C		天秤を用いたコイン判別ゲーム
D		フェニルヒドラジン反応による糖の種類分析
E		フェノール合成樹脂についての一考察
F		酒石酸の光学分割
G		P. E. T. 合成
H		キイロショウジョウバエ複眼形成遺伝子 <i>eyes absent</i> の単離及び発現解析
I		キイロショウジョウバエ <i>Antennapedia</i> 遺伝子の単離と発現解析
J		キイロショウジョウバエ <i>hunchback</i> 遺伝子の単離と発現解析
K		裁判員制度に基づく模擬裁判の試行
L		「731部隊」をめぐって
M		核戦略の変遷と今後の展望
N		これからの日本の安全保障政策
	開始時間	□頭発表(15:30～16:30)
6	15:30～	「731部隊」をめぐって
7	15:45～	核戦略の変遷と今後の展望
8	16:00～	これからの日本の安全保障政策

会場図



- ▼ 口頭発表は、基本的にパワーポイント用いて壇上で行った。
- ▼ ポスターセッションは、パーティションを用いて図のように配置し、ポスター掲示の前に机を置き実験道具や資料等を展示した。会場真ん中に机をはさんでイスを置き見学者用とした。

d. SSH 生徒研究発表会

1. 仮説

本校では、高校3年次の全生徒を対象として「テーマ研究」（卒業研究）に取り組ませている。この「テーマ研究」は、高校2年次の「ゼミナール」からの継続的な取り組みにもなっている。研究の成果は、前掲「c. テーマ研究生徒発表会」において校内で発表する機会を設けているが、来場者が校内生徒やその保護者、OB等だけになる傾向がある。より広く大勢の前で発表する場があれば、生徒のコミュニケーション能力育成に与える効果は大きいと期待される。毎年、文部科学省、科学技術振興機構主催で行われる「SSH 生徒研究発表会」に今年度も特に優れた研究成果を挙げた生徒、グループを出場させることにした。

2. 方法

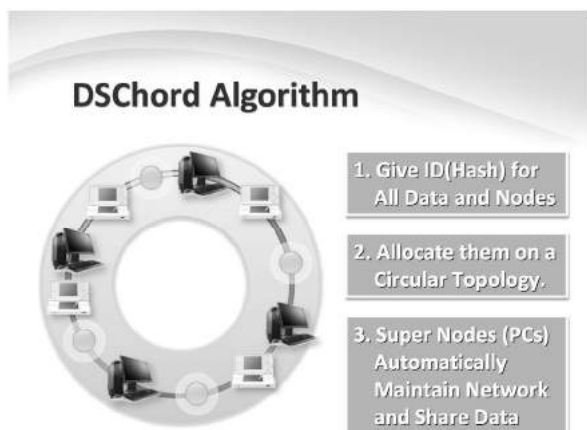
期日：8月6日（木）～7日（金）

場所：パシフィコ横浜 国立大ホール、マリノビー、会議センター（3F・5F）

今年度は事業3年次に相当するため、発表は口頭発表も科せられた。ポスター発表は各校1件のみに限定された。口頭発表では、「Nintendo DS による Peer-to-Peer ネットワークの構築とその活用」（高校3年 荒谷聡、鈴木良平、横山秀）、ポスター発表では「Pell 方程式の解法」（高校3年 里見勇太郎）が発表を行った。

2.1 「Nintendo DS による Peer-to-Peer ネットワークの構築とその活用」

Nintendo DS というゲーム機の流通台数の多さに目を付け、これと一部家庭用 PC とを活用することによって Peer-to-Peer 型ネットワークを構築する研究である。



<口頭発表スライドより>

4校（4件）の発表のあった第4分科会では、本校の発表の他、同じ情報分野の発表が1件、数学分野の発表が2件であった。数学分野専門の方々が評価委員であったが、実用性の高さ、データベースの汎用性の高さ、また質疑応答の場面での専門性の高い質問への応対を評価して頂いた。さらに医療や教育への活用も考えて欲しい旨の意見が出された。

2.2 「Pell 方程式の解法」

Pell 方程式 $x^2 - dy^2 = \pm 1$ （ d は平方数でない自然数）の整数解の求め方について考察した。 $d=2$ である場合を例に調べ、求めた解の規則性から数論的なアプローチを行い、最終的には任意の d について解を示した。



<本校ブース前に立つ、発表を行った生徒たち>

3. 検証

口頭発表、ポスター発表いずれも、校内では得られにくい専門的な質問や積極的な質問を受ける機会が得られた。特に同年代の他校高校生からの質問や指摘は発表者にとって大きな刺激となった。来年度以降は、この研究発表会への発表も自由となるが、この、生徒にとって貴重な研究発表交流の機会を大切にしていきたい。ただし、ポスター発表の件数が今年度から各校1件に絞られてしまったのは、できるだけ多くの生徒に発表の場を与えたい点からすると大変残念である。

なお、今年度も高校3年生の発表者以外にも、高校2年生の化学ゼミナール選択者が6名参加した。本校の口頭発表やポスター発表のみならず、細野秀雄氏（東京工業大学フロンティア研究センター教授）の記念講演も生徒たち自身の今後の研究への刺激となった様子であった。

（文責：研究部・仲里友一）

e. 東京都指定合同発表会

1. 仮説

昨年度から東京都、主に都立科学技術高校や小石川高校が中心となって企画された生徒のための合同研究発表会である。生徒のサイエンスコミュニケーション能力育成に、研究発表会の機会は多いほど良い。この観点から今年度も積極的に研究発表する生徒を募り参加させた。

2. 概要

日時：12月20日（日）9：30～15：30

場所：東京都立科学技術高等学校

発表校：

玉川学園高等部・中学部
東海大学付属高輪台高等学校
早稲田大学高等学院
筑波大学附属駒場高等学校
東京工業大学附属科学技術高等学校
科学技術高等学校
小石川高等学校・小石川中等教育学校
戸山高等学校
日比谷高等学校

後援：科学技術振興機構、東京都教育委員会

時程：

9:30 受付開始
10:00～12:00 ポスター発表
13:00～13:10 開会式
13:15～14:45 口頭発表
15分×9校 休憩10分を1回
第一分科会（第一会場） 5テーマ
第二分科会（第二会場） 4テーマ
15:00～ 閉会式

今年度は会場が都立高校に変わったため、2つの分科会に分かれて口頭発表するようになった。また、昨年、大幅な時間延長となった記念講演は行わないことになった。また、運営生徒には、本校では高1～2年のサイエンス・コミッティーのメンバー4名があたった。

2.1 本校からの研究発表

以下、生徒の作成した要旨をそのまま示す。

(1) 口頭発表

「パターン形成を操る遺伝子 -単離と発現解析-」（3年 松田和樹、大岸誠人、村上央弥）

「受精卵から体が複雑な構造に分化していく過程は形態形成とよばれる。ショウジョウバエの場合、体を区切る体節構造を決定することは極めて重要であり、受精直後数時間のうちに体節の区分けとその特異性が決定される。これをパターン形成と

いい、様々な遺伝子がかかわる複雑な過程である。具体的には、母親から分泌され卵に局在した母性効果遺伝子の産物がギャップ遺伝子の発現を引き起こし、ペアルール遺伝子・セグメントポラリティ遺伝子が順に発現することで、体節を決定する。次にホメオティック遺伝子が体節ごとの特異性を決定する。私たちは、ショウジョウバエのパターン形成において働く遺伝子の中から、班ごとに興味をもったものを一つずつ取り上げた。そして、それらの遺伝子の一部を単離し、初期胚のいつ、どこで働いているのかを *in situ hybridization* 法を用いて研究した。」



<口頭発表スライド修正に直前まで余念がない>

(2) ポスター発表

①「キイロショウジョウバエ *Antennapedia* 遺伝子の単離と発現解析」（3年 村上 央弥、松下宗平、三村 崇晃、手崎 聡）

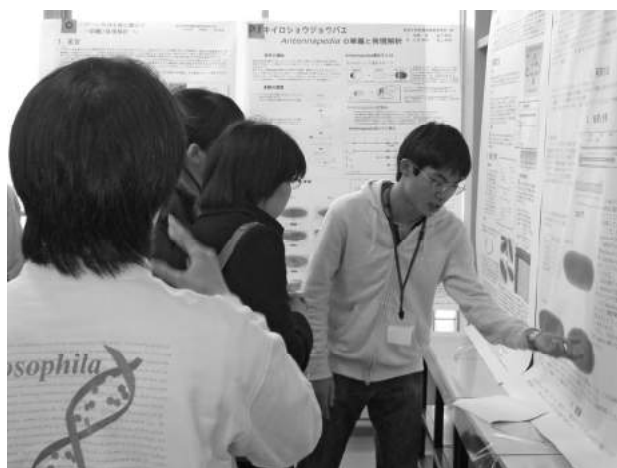
「*Antennapedia* 遺伝子はショウジョウバエの初期発生において擬体節の特異性を決定する遺伝子である。*Antennapedia* 遺伝子は二つの独立したプロモーターを持ち、4つの微妙に異なったタンパク質をコードしている。ショウジョウバエの初期発生において *Antennapedia* はいつ、どこで発現するのか。私たちは *Antennapedia* の二つのプロモーターに注目し、それぞれが転写する mRNA の 5'UTR の一部を使用してプローブを作成し、*in situ hybridization* を行った。二つのプロモーターは発現を始める時期は同じだが、特にステージ9においてそれぞれの発現する部位は大きく異なった。また、*Antennapedia* 遺伝子はステージ4、5といった、まだ原腸の陥入や分節の始まっていない発生の初期の段階ですでに発現していることも確認された。」

②「キイロショウジョウバエパターン形成遺伝子 *eyes absent* の単離及び発現解析」(3年 吉津亮介, 野田 軌夫, 大岸 誠人, 松田 和樹)

「脊椎動物の発生を司る遺伝子群とハエの発生を制御する遺伝子群はよく似ており、ハエの遺伝子の働き方を調べることで、ヒトのように複雑な、さらに倫理的制約上も研究しにくい生物の発生への知見が得られる。そこで、今回我々は、キイロショウジョウバエパターン形成遺伝子の一つ、*eyes absent* の初期発生胚における発現パターンを *in situ* Hybridization を用いて解析し、遺伝子発現の局在性や形態形成への影響を探ることを目的に、実験を行った。染色結果は、初期発生を通じて *eyes absent* がある一定の発現パターンを持っていることを示していた。さらに *eyes absent* が、初期発生胚において、将来複眼原基に分化すると考えられる位置で最も強く、恒常的に発現していることも分かった。ここから我々は、*eyes absent* がハエの複眼の位置を決定する上で極めて重要なはたらきを持つ、すなわち、胚の特定の部位を複眼に分化させるようはたらくと結論した。」

③「*hunchback* の単離と発現解析」(3年 余語孝夫, 鈴木大樹, 安田憲司, 李允求)

「ショウジョウバエの発生の際、パターン形成遺伝子の一つである *hunchback* の単離を行い、発生の段階 (stage) ごとの発現の位置を調べ、考察した。今回の実験では、*hunchback* のエキソンの三番をターゲットとした。ゲル抽出によりターゲット領域の DNA を単離し、*in situ* Hybridization によって *hunchback* の発現位置を染色することに成功した。我々はステージによる発現位置の違いから *hunchback* のパターン形成遺伝子としての働きについて考察した。」



④「ショウジョウバエのパターン形成遺伝子 *fused* の単離と発現解析」(3年 林 遼太郎, 福田 朝, 臼井 源紀)

「*in situ* ハイブリダイゼーションによりキイロショウジョウバエのパターン形成遺伝子 *fused* の単離と発現解析を行った。まず、キイロショウジョウバエからクルードな DNA を取り出し、PC ソフト FastPCR で製作したプライマーを使い PCR 法により目的の遺伝子部分を増やした。その後、ゲル抽出という方法を使い DNA を生成し、プロモーターをつけたプライマーを使いさらに PCR を行った。DNA の精製後、シーケンスサービスを使い抽出した DNA が目的の部分かどうか確かめ、RNA プローブを製作し *In situ* ハイブリダイゼーションで *fused* の発現の様子を観察し、*fused* の働きについて考察した。」

⑤「濃厚電解質水溶液の pH」(2年 片岡憲吾)

「塩化ナトリウムの水溶液は中性であり、塩化ナトリウムは pH の値に影響を及ぼさないとされている。しかし、塩酸に多量の塩化ナトリウムを溶解させると pH の値の低下が確認できた。そこで、塩酸以外の水溶液や、塩化ナトリウム以外の電解質を用いて同様の実験を行い、pH の変化を観察し、原因を考察した。」

3. 検証

今回、高3生徒の研究発表はすべて、生物ゼミ「パターン形成を操る遺伝子 -単離と発現解析-」からテーマ研究へと繋げていったものである。ゼミ選択者のすべての研究が発表できたことは大変喜ばしかった。高校3年生がこの時期に研究発表することは大変負担が大きい。しかし、他校生徒からの熱心な質問は、発表者にとっても大変良い刺激となったであろう。また、7月の校内発表会に引き続き2回目の発表をする生徒たちにとっては場数を踏み、さらにコミュニケーション能力を高めるいい機会となった。今年は、高2生のポスター発表も1件できた。昨年度、同じ発表会で成果が披露された研究「硫酸カルシウムの沈殿の塩酸への溶解 ~活量変化による沈殿の溶解~」

(島本章弘)を化学ゼミ「分析化学」の後輩生徒が継続して取り組もうとする内容である。研究の継承が校内で見られ始めたことも評価できるであろう。今後も是非、高2生の発表を期待したい。

(文責：研究部, 生物科 仲里友一)

f. ゼミナール・テーマ学習同時開講

1. 仮説

本プロジェクトは、生徒の「サイエンスコミュニケーション能力の育成」をテーマとしており、総合的な学習の時間を活用した異学年集団の交流について検討している。その具体的な実践の一つとしてのゼミナール・テーマ学習同時開講（以下ゼミテーマ同時開講）では、ゼミナール受講生（高2）とテーマ学習受講生（中3）が同じ課題で学ぶ機会を得ることで、正課の授業外で異学年間の交流の場を形成し、相互にコミュニケーション能力を育成する効果が期待できる。

2. ゼミテーマ同時開講概要

本ゼミテーマ同時開講の主体である「ゼミナール」は高校2年生を履修対象とし、各生徒の知的な興味関心や探求心を伸張し、進路選定を援助することを目指して設定している。一方「テーマ学習」は中学3年生を履修対象とし、選択制の少人数による授業で、講座個別のテーマにもとづいて通常の授業では扱いにくい、より深化した学習内容を取り上げている。

同時開講にあたり、共通する内容が多い講座同士をマッチングして各講座担当者に依頼した。実際に開講可能となったのは、5教科6科目である。各講座は、生徒の個人研究の発表、高校生による説明や解説、発表への相互評価、中学生からの指摘などと様々な形態がとられた。

2.1 同時開講講座一覧

教科(科目)	講座名
国語・美術	バーチャル美術館を創る
国語	漱石ゼミ
社会地歴	地域に学ぶフィールドワーク
理科(化学)	分析化学
理科(生物)	Glom たんぱく質の解析
体育	きほんのき

3. 活動内容

3.1 研究総括

1. 方法

今年度の「ゼミテーマ同時開講」は、2009年11月14日（土）の2～4時限に実施した。講座は、国語・社会地歴・理科・芸術・保健体育の各教科から全6講座が開講され、中学3年生（在籍123名）および高校2年生（在籍159名）から、計152名が受講した。効果を検証するために両学年ともに事後アンケートを行った。

2. 中学生と高校生の関わり方

上記6講座は関わり方において、以下3通りに分類できる。

- ①高校生の解説によるフィールドワーク
- ②異学年混在の班による共同実験
- ③高校生の発表について評価・指摘

3. 検証

2つの事後アンケート結果を一部紹介する。このアンケートは、「サイエンスコミュニケーションアンケート」として実施したもので、質問項目は前年度を踏襲し、次の3点である。

- ①表現に関する項目
- ②科学的知識技能に関する項目
- ③コミュニケーターとしての活動に関する項目

結果を見ると、発表や解説を行った高校生で、肯定的に評価している生徒は少なかったが、異学年との交流により、「分かっているでも説明するとなるとさらに深い理解が必要だ。」と自己を客観的に振り返ることができる機会を得ることができ、今後の自分の学習に好影響を及ぼしたと述べている生徒が多かった。中学生では、先輩との共同作業や先輩の発表に対する評価・指摘等で大変緊張感を持って受講したことが回答からうかがえる。一番の効果は、自分の将来像と重ね合わせ、今後の学習に対する動機づけになった感があることである。

最後に中学生・高校生双方に多かった感想として、「もっと深く関わることができるプログラムや機会があるとよい。」とある。

（文責：校内プロジェクトⅡ・多尾奈央子）

3.2 漱石ゼミ（国語）―「文学散歩」による異学年交流

(1)はじめに

高校生と中学生の読書経験を比較した場合、個人差があるとはいえ、一般的には質・量ともに高校生の方が圧倒的に優ると考えられる。異学年集団で交流をテーマに掲げて文学作品に関する授業を構想する場合、この点をどう活かすかが課題となるだろう。背負っている条件の異なる他者同士の交流する場を設定し、双方向的な教え合い・学び合いを目指すことも考えられる。が、しかし今回はあえて教える側と学ぶ側を明確に区別することにした。教える側は具体的な学習者を想定しながら教える方法や内容を工夫し、また教えることで既習の知識の理解を深めていく。学ぶ側は新しい知識を授かると同時に、教える側を（通常授業の教師とは異なる）近い将来なるべき教育者のモデルとして意識する。以上のように、それぞれの側の内面で起こるだろう特有の学習効果を期待してみた。

③ 理学部

理学部は、徳川幕府の洋学所を源流とする。東京国成学校と東京医学校を合併し、東京大学となる。理学部は1877年の東京大学設立時からある学部の一つであり、1896年には数学科、星学科、物理学科、化学科、動物学科、植物学科、地質学科（1907年地質学科と鉱物学科に分割）からなる帝国大学理科大学となった。三四郎における野々宮の研究室、通称「穴倉」は、1961年10月～1963年3月の理学部長である坪井忠二氏（野々宮のモデルである寺田寅彦の高弟）によれば、当時の物理教室の地下実験室らしい。実験室では、原子モデルで名高い長岡半太郎が、当時最新鋭の重力振り子を用いて、1899年ポツダムとの間で国際的な重力比較測定を行っている。なお、1904年7月9日に理科大学構内「基線尺室並振り子室」が落成し、そこに重力基準点が移動したことがわかっている。（参考：東大大学院理学系研究科・理学部ニュース2009年9月号「大久保 修平「三四郎の置土産～重力基準点」」）（一）

あくる日は平生よりも暑い日であった。休学中だから理科大学を尋ねても野々宮君はおるまいと思ったが、母が宿所を知らせて来ないから、聞き合せたがた行って見ようという気になって、午後四時頃、高等学校の横を通って弥生町の門から進入した。往来は埃が二寸も積っていて、その上には下駄の歯や、靴の底や草鞋の裏が奇麗に出来上っている。車の輪と自転車の痕は幾筋だか分らない。むっとするほど堪らない路だったが、構内へ進入するとさすがに埃の多いだけに気分が晴れた。取付の戸をあたって見たら錠が下りている。裏へ廻っても駄目であった。しまいに横へ出た。急のためと思って推て見たら、古い奥合に開いた。廊下の四つ角に小使が一人居眠りをしていた。来意を通じると、しばらくの間は、正気を回復するために、上野の森を散らして、突然「御出かも知れませんが」と言つて奥へ進入して行った。頗る閑静である。やがてまた出てきた。

「御出でやす。御退入なさい」と友達見ようという。小便に食つて行くと四つ角を曲がって和土の廊下を下へ降りた。世界が急に暗くなる。炎天で目が眩んだ時のようであったが少時すると瞳が漸く落付いて、四辺が見えるようになった。穴倉だから比較的涼しい。左の方に戸があって、その戸が明け放してある。其処から顔が出た。（夏目漱石「三四郎」二）

鏡が向うの方で尽きるあたりから、だから板に下がつて、正門の際に立った三四郎から見ると、坂の向うにある理科大学は二階の廊下しか出ていない。（同三）



明治33年頃の理科大学
9

生徒が作成した解説文（1）

そこでまず「国語テーマ」に所属している中学3年生を、国語ゼミに所属している高校2年生が「読

書の先輩」として迎え入れる」というイメージの下に授業構想を立てた。具体的には、高校2年生がゼミナールでも読んでいる夏目漱石「三四郎」を取り上げ、その舞台を尋ねて作品の理解を深めるフィールドワークの方法を用いた。いわゆる「文学散歩」である。文学散歩自体は、本校国語科の担当するテーマの授業でここ数年行われてきたことであるが、教員が全てを準備し、当日も教員が案内してきた。今回はこれを改め、本稿執筆者の担当しているゼミ所属の高校2年生に文学散歩のコーディネーター役を務めさせて、中学3年生を迎えるまでの準備と当日の解説をさせることとした。

(2) 当日までの準備

文学散歩の範囲は、夏目漱石「三四郎」の主要な舞台である東京大学本郷キャンパス周辺であった。高校2年生に担当させたのは、東大本郷キャンパス内に関する下調べと解説文作成、当日の口頭での解説である。

作品を読みながら、印象に残った部分の舞台をピックアップさせ、それぞれの解説の担当者を定めさせる。そのうえで、どのような本文の記述を引用すればよいか、解説文を書くにはどのような下調べが必要か、興味を引いたり理解させやすく感じさせたりするにはどのような工夫が必要かを、それぞれの担当者に考えさせることとした。そのための生徒全体に対する指導を、解説方法の模索と中学3年生を迎えるに当たっての意識づけとの両面から継続的に行うこととした。

11月14日の当日まで4回のゼミがあった。その間、通常のゼミに加えて指導を行った。実際のスケジュールは以下の通りであった。

- ・6月27日（第2回）…「文学散歩」が中学3年生とともに行われることをはじめて示した。
- ・9月12日（第3回）…プリントを配布。文学散歩の際には①先輩として後輩に手本を見せるという意識を持つこと・②中学生にも分かりやすい解説をこころがけることを意識づけた。さらに参考文献を示し、作品の舞台に関する解説文の書き方を考えるためのヒントを与えた。
- ・10月17日（第4回）および事前打合せ…文学散歩のための冊子作成準備に入る。教員が作成した解説文を配布し、例を示した。執筆項目

を分担。また、当日の動きを確認した。当日参加する中学3年生には事前に「三四郎」を読んでもくことを指示した。

(3) 当日の動き

それぞれの時間割の違いから、当日、中学3年生は千駄木駅に集合することとし、高校2年生は東大本郷キャンパスから合流することとなった。千駄木駅から東大本郷キャンパスまでの案内を教員が担当し、本郷キャンパス内での案内を高校2年生にバトンタッチすることにした。この流れは計画当初とは違ったが、教員による案内のときの振る舞い方を高校2年生に見せることができたという点で、結果的に教育的な効果があった。

中学3年生と高校2年生が合流し、本郷キャンパス内で作品の舞台となったところを巡っていく。「理学部」「医学部附属病院」などの場所では、それぞれの担当になっている高校2年生が中学3年生にむけて解説文を示しながら口頭で解説し、それぞれの場所のいわれや、作品との具体的な関わりなどを説明した。

(4) おわりに

「文学散歩」による異学年交流は本項執筆者にとっては初めての試みであり、成果よりもはるかに課題が多くなった。そのなかからいくつか述べてまとめたい。

解説を担当した生徒のほとんどは、多忙なスケジュールの合間を縫って解説文の作成に力を入れてくれた。解説文は本項に画像として引用したものである。よく調べられ、また文章も中学3年生の存在を意識した読みやすいものである。しかし、当日の口頭での解説には苦勞をしたようである。彼らが異口同音に述べていたのは「書いたこと以上のことをどうやって説明してよいのか分からない」ということである。具体的な物や図表などを利用したり、書いてある内容をより口語的にパラフレーズしたりといった工夫にまで意が及ばなかったようである。また、書いてあることをそのまま読むにしても、声の出し方や身振りのあり方によって印象が異なるという点についても同様であった。

高校2年生が文学散歩で教える側の役割を果たすには、中学3年生への口頭での説明まで含めて

のトレーニングを行っていることが必要である。文学散歩の時期は、文化祭など重要な行事が詰まった時期でもあり、なかなか余裕のあるスケジュールが組めなかった。指導が及ばなかったのは残念である。直前にリハーサルを行い、手直しのために高校2年生同士で批評し合う機会を設けられるほどの時間的余裕がほしいところである。また、口頭での解説の重要さを十分に理解していない点も準備不足の原因として考えられる。今後は中学3年生に行った事後アンケートをもとにして高校2年生にフィードバックを行い、口頭での解説の重要さや、どういった点が注目されているのかを理解させたいと考えている。

④ 医学部附属病院

病院自体は、1858年より存在していたが、東京大学の付属病院となったのは1877年のこと。当時は多くの建物が木造建築であったが、関東大震災によってその多くが損壊を受けた。これにより煉瓦造りの外来診療所が建てられ、その建物は現在では、管理研究棟として使われている。現存する最も古い病院の建物は、大正十四年に建てられた煉瓦コンクリート造りの南研究棟である。

「三四郎」に出てくるのは青山内科だが、その青山内科に入院していた人に、真鍋嘉一郎という人がいる。この人は中学時代に夏目漱石に英語を習っており、大正五年には夏目漱石の主治医として看病をしていたが、それにもかかわらず夏目漱石は同年の12月9日に亡くなった。()

御茶の水で電車を降りて、すぐに陣に乗った。いつもの三四郎には似合わない所作である。威勢よく赤門を引き込ませた時、法文科の号鐘が鳴り出した。いつもなら手帳と印氣筆を持って、八番の教室に進入する時分である。一、二時間の講義位聴き慣なっても構わないという気で、真直に青山内科の玄関まで乗り付けた。

より口を奥へ、二つ目の角を右へ切れて、突当りを左へ曲ると東側の部屋だと教ったとおり歩いていくと、果してあった。黒塗の札に野々宮よし子と仮名でかいて、戸口に懸けてある。三四郎はこの名前を読んだまま、しばらく戸口の所で佇んでいた。田舎者だから敬するなぞという気の利いた事はやらない。「この中にいる人が、野々宮君の妹で、よし子という女である」(夏目漱石「三四郎」五)



明治33年頃の第一病院



現在の医学部本館

10

生徒が作成した解説文(2)

また、文学散歩の案内を教員が行った場合と高校2年生が行った場合の、中学3年生に起こる学習効果の違いの検討が十分にできなかった。これは検証方法の模索の段階であり、次の機会を待ちたい。

(文責：国語科・東城)

3.3 地域に学ぶフィールドワーク

1. 仮説

本校では中学1・2年の地理の授業において、「身の回りの環境地図展」への出展を念頭に置いた環境地図の作成を行っている。テーマを設定して地域を歩いて地図を作製するという過程で、ある程度のフィールドワークはすでに行っている。そこで高校2年生の生徒が企画したフィールドワークとともに体験することで、地域の見方に対する新たな視点が加えられ、新しい地域のとらえ方ができるようになるのではないかと考えた。また、高校2年生にとっては、テーマについて予備知識のない中学生を相手にすることで、教えることを通じて自らの知識を深く定着させるとともに、地域調査のプロセスをもう一度整理して理解することができると思った。

2. 方法

2.1 内容設定の経緯

高校2年生ゼミナール「地域に学ぶフィールドワーク」を選択した生徒数は15名であった。選択した理由は「地理が好き」や「自分の好きなテーマを自由にできそうだから」というものが多くを占めた。以下では一年間の本ゼミナールの概要を述べる。

1) ガイダンス「フィールドワークの方法」〈6月中旬〉

本ゼミナールの概要を説明した。また、各受講者の自己紹介の中から興味を持つテーマを探り、グループ分けの材料とした。

本校中学校からの連絡進学生は、中学時に「身の回りの環境地図」の作成を行っており、フィールドワークの経験を持っている。しかし受講者に高校からの入学生もいるため、あらためてフィールドワークの概要を説明した。また、夏休みの広島におけるフィールドワークの説明を行った。

2) 実際に地域を歩く〈6月下旬〉

教員が引率し、簡単な「地域巡検」を行った。JR目黒駅から目黒川沿いに、東急東横線の中目黒駅まで歩いた。周辺の侵食地形と坂道の関係、土地利用の変遷などを学習した。また「川の資料館」に立ち寄り、目黒川の生物や舟運の歴史、地下貯水池など治水の実態等を知った。

3) 広島参加者による発表会〈9月中旬〉

8月の夏季休業日を利用して、広島実習を行った。参加者は本ゼミナール受講者のうちの6名で、平和祈念公園・放射線影響研究所・他校生徒との意見交換会等を行った。今回はこの広島実習の参加者により、報告会とした。実習への参加を希望しながら日程の都合で広島へ行けなかった生徒もあり、活発な質疑応答があった。参加者はそれぞれが興味に応じたテーマについて、熱心に発表した。



広島実習（8月）

4) フィールドワークの準備〈10月中旬〉

次回以降の三回で、生徒主催のフィールドワークを行うため、その準備の時間にあてた。まずグループ分けを行い、その後にグループごとのテーマの設定、文献調査を行った。班員の興味が多岐にわたるため、なかなかテーマが決まらない班もあった。その後の作業は各班に任せ、実施日までに準備をしておくこととした。

5) 生徒主催のフィールドワーク①〈11月中旬〉
ゼミ・テーマ合同学習 後述

6) 生徒主催のフィールドワーク②〈1月上旬〉

文京区本郷へ出かけ、十数か所の坂道の歴史を調べ、ワークシートを完成させるという企画であった。また、歩測を用いて坂の長さを測ることも行った。この日も中学3年生の参加があり、共同で学習を行った。

7) 生徒主催のフィールドワーク③〈1月下旬〉

高層ビルから副都心地域を眺め、土地利用を調査し、実際に地域を歩くという企画であった。世田谷区三軒茶屋にあるキャロットタワーの展望室、東京都庁展望台から眺めた。航空写真も事前に用意し、比較をすることで現在の副都心の形成過程

を知ることができた。

中学生との合同学習は上記の5)であり、生徒主体のフィールドワークの第一回目であった。参加者は高校2年生が15名、中学生が18名で、高校2年生が引率するという形で行った。

2.2 内容設定の意図

この日はゼミナールの時間が2時間という設定で普段よりも短く、また午後には学校へ戻らなくてはならないため、近場で行わなければならないという制約があった。高校2年生の担当者は苦心した結果、白根記念渋谷区郷土博物館・文学館における見学を設定した。

しかし、学習活動は高校2年生が先導して中学生に道案内をした程度で、施設内もそれぞれで自由に見学しただけとなり、ともに学び合い、教え合うようなフィールドワークにはならなかった。



白根記念渋谷区郷土博物館・文学館前にて

3. 検証

上に述べたフィールドワークの状況から、仮説の検証を行うことはできなかった。中学生のアンケートにも「高校生からの説明は特になかった」「もう少し準備していたほしかった」「バラバラに見学した」「基本的に自由行動で特に高校生からの指導はなかった」「交流はあまりなかった」という回答が多くを占めた。

そこでここではもう一つ、上記2.1の6)、生徒主体のフィールドワーク②においても中学生が参加しているので、あわせて紹介したい。内容は上記のとおりであるが、中学生とのかかわりという点では改善がみられた。フィールドワークそのものは別々に行ったが、ワークシートの点検や景品

の贈呈などにおいて工夫を見ることができた。

ここでは詳細なアンケートは実施しておらず、仮説の正確な検証はできないが、高校2年生への聞き取りによれば、フィールドワークの計画・実施に際してどのようなテーマを設定すれば地域に対する理解が深まるかを含め、かなり苦心したとのことである。本格的な地域調査のレベルには至っていないが、調査のプロセスを検討したという意味では、一定の成果があったように考える。

課題としては、当然のことながら、参加者の事前学習を含めたフィールドワークの準備の時間を確保することである。時間の制約があったが、今回はこの点が決定的に足りなかった。また、フィールドワークの企画を高2のグループで行ったが、それぞれの興味が分散していたために調整が難しかった。そのため、それぞれ個人で企画した物を選別して行う方がよいかもしれない。

今回は狙い通りにならず課題を残したが、ともに学び合う方法としてフィールドワークが有効であることに変わりはない。方法の改善を測って、フィールドワークを通じて互いに地域に対する理解が深められるよう、今後も継続して取り組んでゆきたい。

(文責：社会・地歴科・宮崎大輔)



3.4 分析化学

1. 仮説

本校 SSH では、「サイエンスコミュニケーション能力を育成する少人数学習の研究と実践」として、生徒どうしの教え合いや学び合いを取り入れた授業を作っていこうとしている。これは、より深い学びは他人に伝えたり教えたりする過程で得られるのではないか、という仮説に基づいている。

私自身も中高生の時に友人達と、それぞれの得意教科を教えあった経験があるが、一斉授業で教えていただいた時よりも深く学習した経験がある。

教師になってからも、生徒達からの素朴な疑問や質問などから、教材についての更なる検討や教材研究などをおこない、結果としてより深く確かな知識となっている。このような、「教えることを通して学ぶ」という活動を生徒達にも体験させようというねらいで開講した。

また、中学生にとっては経験したことのない実験を行うとき、器具の使用法や注意事項、結果データの分析方法などを、年齢差の少ない高校生から教えてもらうことで、より深い学びとなるのではないかと期待している。

2. 方法

今年度は、「総合学習の時間」で開講される高2ゼミナール「分析化学」、中3テーマ学習「化学のお作法」の両方を担当した。「分析化学」では、通常授業の中で学習できない分析方法の習得や有機合成などを扱った。「テーマ学習」でも、ガラス細工、ガラス器具の洗浄方法など、普段の授業では行わないが、根本的に必要だと考えられる実験技術の習得を目指した。このような条件で、異学年集団を同一のテーマのもとで学習させるのは非常に大変であった。

2.1 学習内容の設定

ゼミナール・テーマ学習同時開講での学習内容を設定するにあたっては、次のように考えた。

高2ゼミナールでは、実質第2回目にあたる6月27日の授業まででキレート滴定・沈殿滴定・酸化還元滴定などの滴定を利用した容量分析に関する知識・技能の習得が終了した。通常授業では中和滴定を行っているので、高校で実施できうる

範囲内の「滴定を利用した容量分析」は終了している。一方、中学生は1回目のガラス細工で各自がキャピラリーを作成した。これを、2回目の薄層クロマトグラフィー（以下、TLC）で使用することで、ガラス細工の基礎技術が習得できたか否かを確認した（ほぼ、すべての中学生がガラスの溶解や引き延ばしを正しく行っていたことが確認できた）。このような状況で、高校生は滴定に関する知識・技術を教えることは可能な段階にあり、中学生は実験器具を正しく使用することの重要性を再認識しはじめた段階にあると考えた。

そこで、実験器具を正確に使用しないと正しい結果が得られない中和滴定ならば、高校生が教えることが可能であり、中学生にとっても習得できるギリギリの内容ではないかと考え、「乳酸飲料に含まれるクエン酸の定量」をテーマに設定した。

実施した合同授業は以下の通りである。

日時：11月14日（土）3時間連続（2～4時間目）

場所：本校化学実験室

授業者：高校2年生ゼミナール「分析化学」選択者14名

対象者：中学3年生テーマ学習「化学のお作法」選択者11名



実験内容に関する高校生からの説明

2.2 事前指導・事前学習

中学3年生は量的関係を扱わない中和反応については既に学習している。しかし、中和反応の面白さは、「物質質量」を用いての量的計算である。また、滴定で使用するビュレット、ホールピペットなどのガラス器具も使用したことがない。

そこで、高校生を事前に招集し、同時開講での実験内容の概要説明を行い、少なくとも下記の5項目をおさえた上で中和滴定の面白さを伝えられるように話しをした。

高校生から中学生に教えてもらいたいこと

- ①反応式の量的関係
- ②物質質量
- ③標準溶液 or 標準物質
- ④実験器具の使用方法
- ⑤共液洗浄(共洗い)



実験データの解析方法に関する高校生の説明

2.3 生徒どうしの教え合い・学び合い

上記①と②は、化学の学習においては欠かせない内容であるが、他者へ教えるのは大変難しい。しかし、高校生は丁寧に説明し、中学生もかなり理解をしているようであった。③は、①②が理解できれば、さほど難しい内容でもなく、実験を行いながら説明を行っていた。④と⑤で実際に使用するホールピペットは、試料溶液を口で吸い上げるガラス器具である。本来ならば、安全性を考慮して安全ピペッターを使用するところであるが、試料溶液として乳酸飲料を用いているので、高校生が中学生を指導する際にも、それ程の注意が必要となることはない。しかし、操作に慣れるためには若干の時間を要するためか、中学生に操作をさせるものだと期待していたのだが高校生が操作をしながら説明をしている班もあった。他者へ指導をする際に必要な「口を出さず我慢して待つ」というのは、まだ先の段階のようである。

滴定操作は、どの班も中学生が行っており、高校生は完全にサポートに回っていて、実験としては非常にスムーズに進行し、実験データの解析も、高校生の指導が良かったためか、概ね良好であった。実験後は、談笑しながら先輩後輩の関係を深めていたようである。

(中学生のアンケート結果より抜粋)

- ・普段できないような、より発展的・精密な操作を行えてよかった。普通に考えられてやるよりも分かりやすかった。

- ・どの高校生も実験の内容を理解しているので、説明が実験と結びついて分かりやすい。
 - ・先輩に直接指導してもらえるのは、とてもよい機会だと思った。
 - ・優しく教えてくれたので、先生と同じように頼ることができた。
 - ・新しい知識を得られて良かった。高校生と一緒に実験したので、印象深い授業だった。
 - ・基準となる単位など、厳密にしていた。あまり準備はしていないらしいが、筋の通った分かり易い説明をして頂いた。
 - ・少人数で教えてもらえて分かりやすかった。とてもよい機会だった。
- (高校生のアンケート結果より抜粋)
- ・中学生にとっては大変良い経験だと思う。
 - ・親しみやすい雰囲気。同じ部活なので楽しめた。
 - ・人に教えることで自分も理解を深めることができました。
 - ・他人に教えることによって、自分の知識を再認識することができた。とくに、当たり前になりすぎていた mol の定義などを覚え直した。機会があったら、またやりたいです。
 - ・「なるべくわかりやすく」を心掛けた。
 - ・他人に教えるのは意外と難しかった。
 - ・やはり教えることで理解が深まるということを再認識した。
 - ・良い企画だったと思います。
 - ・人に説明するには、まず自分が理解していることが必要だと実感した。
 - ・中学生に教えるのも楽しかった気がする。

3. 検証

物質質量などの説明は非常に大変だったと思われるが、実験内容が非常にシンプルだったことや、同じ部活に所属している中高生がいたことなどもあり、教え合い学び合いは非常に良好に行うことができた。またアンケート結果からも分かるように、ほとんどの中学生が高校生の説明を理解し、高校生は他者に教えることの楽しさを実感し、かつ、教えるということを通してより深い学びを体験できたようである。中高生ともに好印象な意見が多いので、今後も同様の機会を設定していきたいと考えている。

(文責：化学科・吉田哲也)

3.5 Glom タンパク質の解析

1. 仮説

本校SSH研究開発の柱のひとつに「サイエンスコミュニケーション能力を育成する少人数学習の研究と実践」が位置づけられている。その一環として、ゼミナール・テーマ学習同時開講を実施した。高校2年生のゼミナールにテーマ学習を学んでいる中学3年生を参加させることにより、高校生が指導的立場に立ち、中学生に教える。中学生は少し背伸びして、ゼミに参加し、高校生に質問するなどにより、新しい経験をする。普段とは異なる立場で授業を経験し、双方に良い影響が出ることをねらいとした。

高校生には、事前に授業のねらいを説明し、実際の授業では、高校生と中学生混成の4班を形成し、高校生が説明しながら実験を進める形をとった。高校生は教えることで、中学生は上級生のアドバイスを得ながら高度な内容を実験し、互いにより深い理解ができること、新しい刺激を得ることを狙いとした。



図1 各班での実験の全体像の説明

2. 方法

ゼミ「Glom タンパク質の解析」、テーマ学習「遺伝子の本体を探る」を受講している生徒の合同授業を実施した。扱う材料も異なり、両者が同じ時間内で双方が満足できる内容を考えるのは難しかった。

2.1 授業の組み立て

当初は、表題のゼミのテーマである「Glom タンパク質の解析」について、高校生がそれまでの実践を結果を交えて発表し、それを中学生が聞いて、質疑応答により理解する。そのうえで、遺伝子の発現をタンパク質の存在を SDS-PAGE により確認

する。という計画であった。しかし、思いもかけず高校生の実験が良い結果を得られず、高校生は納得できるデータを得るために実験を繰り返す状況であった。そのため、内容は急遽変更せざるを得なかった。高校生が、すでに実験技法は習得していて、中学生も楽しみながら理解できることを考え、「キイロショウジョウバエのアルコール耐性突然変異の解析」とした。

前述のように、急遽題材を変更したために、準備は十分ではなかった。しかし、材料を中学生が扱っていたキイロショウジョウバエにしたことで、中学生にはかえって身近なものになった。合同授業では、最初に教師が簡単に全体像を示し、後はすべて高校生を中心に進めた。



図2 マイクロピペットの使い方を習う

合同授業は以下のように実施した。

日時：11月14日（土）3時間連続（2～4時間目）

場所：本校生物実験室

授業者：高2ゼミナール「Glom タンパク質の解析」

選択者14名

対象者：中3テーマ学習「遺伝子の本体を探る」

選択者17名

2.2 授業内容と生徒の参加状況

本実験は、*Adh*（アルコール脱水素酵素：以下 *Adh*）が突然変異により活性を失った *Adh^{fn23}* 株（完全機能欠損型）と野生株（*Oregon-R*）を用いた。両方の株を明らかにせず、PCR 後にアガロースゲル電気泳動により、バンドの位置から両方の系を確定することとした。

高校生はゼミにおいて、PCR や電気泳動には習熟しているので、その方法、原理などを丁寧に説明することとした。中学生はショウジョウバエを用いて飼育方法から始め、3点交雑など遺伝実験をし、結果を統計的方法により確認することを終

えていた。そして、遺伝子の本体を調べる形質転換実験をしている途中であったので、遺伝子に対する興味が強かった。

高校生は、実験の全体像を説明し、そのあと実験を進めながら実験の原理や方法を説明した。

実験は、ショウジョウバエの DNA を抽出することから始めた。PCR に時間がかかるので、当日は PCR をセットするところまでとした。電気泳動は、授業後の放課後に各班ごとに実施することとした。



図3 PCRの終わった試料をゲルにロード

中学生は使用する器具の扱いに慣れないこと、また内容が少し高度である点などで、最初は消極的な様子が見られた。高校生も初めて会う中学生に初めは遠慮がちに接していた。しかし、高校生の丁寧な対応により中学生は、積極的に実験に参加するようになっていた。PCR の原理やプライマーのはたらきなどは難しかったようで、多くの質問が出ていた。高校生のなかには、鋭い質問に自分が納得できる説明ができず、落ち込む場面も見られた。

時間の関係で、合同授業のなかでは泳動の結果まで見られなかったが、どの中学生も一刻も早く PCR を終えたサンプルを泳動して結果を知りたいが、積極的に実験を行った。プライマーの設計上、*Adh* 変異株では、141bp のバンドが、野生型では 175bp のバンドが検出される。バンドを見慣れない中学生は差がはっきり見えない。と、感じた。そこで、「どうすればより差を明確に検出できるか考えよう。」ということになり、高校生に相談するなどして、ゲルの濃度を変えることになった。その結果 2%ゲルで泳動したところ図のような結果が得られた。(それまでに行った泳動で使いきり、コントロールを泳動できなかった。)中学生は実験結果に大満足であった。(↓が変異株のバンド)

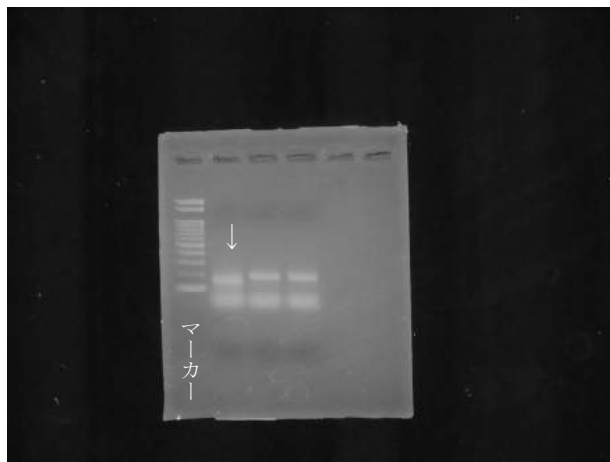


図4 電気泳動の結果

3. 検証

授業時の生徒の活動状況、アンケートの内容などをもとに、当初の仮説を検証する。

3.1 高校生における検証

高校生は生徒により温度差があった。プライマーの設計など十分な説明ができなかった生徒などは、教えることの難しさを通して自分の理解の不足を感じていた。一方、十分準備して、納得できる説明が出来た生徒は満足感が高かったが、それゆえに教えるための準備の大変さも学んでいた。

(準備したつもりだったが、十分な説明ができなかった。本人の感想) また、自分の実験が順調でないこともあり、合同授業を、無理やりやらされていると感じ、疑問を持つ生徒もあった。

3.2 中学生における検証

非常に驚いたのは、中学生の反応であった。既述のように、疑問点を先輩に質問しに行ったり、専門書で調べたり、実験に対する姿勢が非常に積極的になった。「いつ実験できますか。」という形で、常に実験に目が向くようになっていた。

「先輩が親切に教えてくれてよかった。」(中学生の感想) と感じる生徒が多かった。

その後の実験でも、積極的に結果を確認し、「いつ次の実験が出来るか。」という姿勢がどの生徒にも現れた。異学年の合同授業は、教わる側に目に見える大きな影響が出るのかも知れない。

今回、準備不足があるとはいえ、実施方法をさらに工夫することにより、教える側、教わる側双方に、期待する以上の成果が期待できると考える。

その後の、ゼミ発表会では、高校生が今回の経験を踏まえ、内容のある発表をすることができたことも特筆すべきことと考える。

(文責：生物科・石川秀樹)

3.6 きほんのき

1. 異学年合同授業に何を求めるのか

ここ数年実施されている少人数での異学年合同授業のなかで指摘されていることに、①プレゼンテーション能力、②プレゼンテーションへの準備に努力を惜しまない生徒の姿、③プレゼンテーションの当番にあたった生徒のモチベーションの変化が報告されている。

一方、生徒のコミュニケーション能力については国際交流プロジェクトで生徒が活躍する姿が報告されているものの、日常生活での生徒の姿については検討の場をもつ機会がないのが現実である。

保健体育科では、「我々教員が、上級生が下級生の面倒を見てあげられなくなっているのではないか？」と漠然と感じ、平成10年度より、度々異学年の合同授業を実施して生徒の様子を観察している。今回の試みは決して目新しいものではなく、これまでの経験で得られた情報の確認に留まった。

2. ゼミナールオープンでの試み, 予想, 結果

ゼミナールの講座名「きほんのき」は、何事にも段取りが肝心という意味でつけた。受講生には、高校生最後のシーズンを満喫して終える姿をイメージさせ、自分がそれに向かっていくプロセスを図や文章で説明させた。受講生がテーマとして選んだテーマは、自分が所属する運動部のマネジメントや、自分が現在かかえている課題を克服するためのセルフマネジメントで、秋から冬をどうやってすごし、高校3年生の「最後のシーズン」までのプランを立て、口頭発表と検討を繰り返した。あわせて、本校運動部の生徒が抱えているフィジカル面の克服手段として体力トレーニングの理論と実習を行った。

ゼミ・テーマ合同開催の11月では、まだプレゼンテーションの段階ではなく、「教わる」段階であるため、異学年間のコミュニケーションはほとんど見られないだろうと予想し、実際にその通りであった。

3. 過去の試み

これまで教科内で実施してきた異学年合同授業を以下に挙げる。

① 平成10年度 48期高2(合田)—50期中3(加藤)

体育祭の練習を予定していたが、雨天のため、体育館内を2学年で使用するようになった。

体育祭を間近に控えて、「体育祭練習」と「臨時スポーツ大会」を兼ねた合同授業をの形をとりながら、上級生がリーダーシップをとってその場をしきったり、下級生に対して「お兄ちゃん」を演ずることができるかを観察した。48期生は比較的小となしい学年、50期生は元気な学年で、まずはやらせてみて様子を見ることにした。

ゲーム開始時に得点のハンディキャップをつけたり、上級生が審判を含めゲームを進行させたりといった光景が見られた。進行役は上級生の運動部員が務めた。まずはこちらの期待通りの結果になったが、運動部以外の生徒にとって何か得られたものがあつたかどうかはわからない。

② 平成11年度 49期高2(合田)—51期中3(加藤)

時間割の都合上、週1回、グラウンドを高2、中3の2学年で共有することになった。これを機会にソフトボール学年対抗ソフトボール大会を思いついた。49期生は人懐こく、かつ後輩の面倒見がよい学年なので、我々が求める上級生らしさを発揮してくれると期待した。

両学年それぞれが4チームずつ作り、「中3対高2」を週1回、3週連続で実施した。高2がスローピッチ、中3はファストピッチというルールを高校生側から提案し、野球部員が進行役を務めた。クラス編成上、高2の一クラスだけは中3と対戦しないことになるが、「自分たちも中3とゲームがやりたいので時間割を変えて欲しい」と願い出る生徒がいた。

勝ち負けよりも、より多くの人とスポーツを楽しむという姿勢を生徒達から感じたので、この試みは予期しない成果が得られたと考えている。

③ 平成12年度 49期高3(加藤)—54期中1(合田)

1学期はじめに全学年で実施しているスポーツテストを2学年合同で実施して様子を見ることにした。生徒にとっては学年対抗の50m走、それも1対1の勝負なので、上級生の顔がプレッシャーでひきつるのが予想できた。

今回は正確なデータ採取が必要なので、すたーと、計時は教員が担当した。両学年から1名ずつレーンに入り、50m走の測定を行なった。普通は高3のほうが速くて当然と考えるが、いくつかの

レースで番狂わせが起き、負けた高3がグラウンドに両手をつく場面があった。笑顔で走る中1と、負けまいと必死の形相で走る高3の姿が印象的であった。後にも先にも、あれほど真剣に走る高校3年生の姿を見たことはない。

④ 平成13年度 53期中3(入江)—54期中2(合田)

現在では毎年2学期に土曜プログラムとして体育祭練習が組み込まれている。(以前は放課後に体育祭練習の時間を設け、それがクラブ活動の練習時間を圧迫し、かつ練習への参加人数も減少傾向にあったため、放課後練習は廃止された経緯がある。) 当時は体育の授業で体育祭実施種目すべての練習を行っていた。現在は実施されていない騎馬戦であるが、騎馬戦も授業で予行をおこなったうえで本番に臨んでいた。

安全のため、進行は教員。ルールの確認の後、ゲームを行った。準備の一環としての練習だが、練習とはいえ、勝敗に固執するあまり、興奮した生徒同士が衝突する場面があった。発端は、何人かの中2がルールを勘違いして覚え、ゲームの進行や反則について自分たちが気づかず、それに対して数名の中3が腹を立てたことであった。体育祭は色対抗で行なうが、このときは両学年のクラスが異なる色であったが、これが衝突の誘因とは考えにくい。

⑤ 平成16年度 56期中3(岡崎)—57期中2(合田)

体育祭練習ならびに年度末スポーツ大会を2学年合同で実施した。ちなみにこの2学年は期末考査後の学年行事で、落語を2学年で鑑賞に出かけている。

体育祭練習は出場種目、スポーツ大会は選択した種目に応じてグループ分け、上級生のリードで練習、ゲームを行なった。56期生には57期生と面倒見のいい運動部員が数名いて、進行は彼らに任せた。

同じ年度に体育祭練習を55期高2と57期中3でも試みたが、すべてのクラスで高2からののはたらきかけは見られず、したがって2学年は混ざり合おうとしなかった。これは学年の雰囲気というよりも積極的にコミュニケーションをとろうとする生徒が育っていないことによる、と捉えている。

⑥ 平成17年度 57期中3(合田)—59期中1(中西)

年下の面倒を見るのもまずは経験が大事と、トレーニングを積ませるため、新入生のお手伝いをさせ

てみることにした。

57期中3の各クラス3,4名に、「そばでスポーツテストを行なっている中1のなかに入って行き、握力・背筋力・体前屈・垂直とびの説明とデモをしたうえで、測定を手伝いなさい。」と指示。

勿論、事前に生徒を指名し、説明やデモについてオリエンテーションとリハーサルを行ったうえでのことであったが、彼らは無邪気な新入生相手に困惑しながらも「任務」を全うした。

⑦ 平成17年度 55期高2(加藤)—57期中3(合田)

時間帯、授業場所、単元内容が重複した2学年で合同授業を実施した。授業者は合田。単元は陸上競技、ハードル走。すでに単元の後半にさしかかっている中3に対し、上級学年である高2はハードルの授業は始めてで、一方的に教わる側に回ってしまった。したがって、生徒間の教えあいは見ることができなかった。

校内プロジェクトと関連してアンケートをとった際に、「上級生が頼りなかった。いずれは自分もそう見られるようになるのだろう。」という意味の記載が120名中3例あった。

下級生や年下の面倒を見るには、積極的にコミュニケーションをとろうという姿勢や気軽さ以外に、題材に対する自信が自分にあるかどうかの鍵のような印象を受けた。

4. おわりに

実習教科の授業は、座学教科に比べて生徒が物理的に移動するため、授業内でも学年間の交流が生まれやすいのではないかと期待しながら異学年の合同授業を進めている。ところが、学年によって、気軽にほかの学年に声をかけることができたと思えば、自分たちだけでかたまってまったく交流が無かったりしていて、この原因は突き止められないでいる。

「単に作業の場、学習の場を提供するだけよりは、一緒になって何かをやるための場を提供し、かつ少人数の方が気軽にコミュニケーションがとりやすい。さらに、上級生にとってはスキル面で優位に立っているという安心感が自信を生む。」

現在までのところ、我々は生徒の様子を、上のような印象をもって受けとめている。

(文責：保健体育科・合田浩二)

3.7 バーチャル美術館を創る

1. 仮説

美術科においては、少人数選択型総合学習の高校2年ゼミナール美術講座と、同じく少人数選択型総合学習の中学3年テーマ学習（国語・美術）講座を合科型授業で行い、少人数制の授業に効果的なカリキュラムの作成、異学年交流を円滑に導入するための授業方法等を模索した。

高校2年生が研究発表を行い、中学3年生がそれを見、質疑応答することによって得られる効果について、中高生それぞれに以下のような仮説を立てた。

仮説1：中学生3年生は、通常の授業では得られない興味と関心を抱き、美術鑑賞にとどまらない、美術と社会の関わりに関する探求姿勢や探求方法を学び、自己の今後の成長などを感じ取る可能性がある。

仮説2：高校2年生は、発表のための準備の大切さ、年少者に対し自身の考えを理解してもらうことの難しさ、異年齢の者に対し考えを発信することは自ら学び直すことにつながることを学びとる可能性がある。

2. 方法

本年度美術科では、中学3年生のテーマ学習で、国語科と協力し「言葉と映像の世界」と題し、生徒自作の詩に映像をつけた作品を発表するという活動を行った。高校2年生に対し実施したゼミナールでは「バーチャル美術館を創る」と題し、美術に関わるテーマを各自設定し、探求した内容を映像を使いながら発表するという研究活動を実施してきた。合同授業では、高校2年生がゼミナールで探求した成果を発表し、中学3年生が鑑賞、評価するという活動を行うことにした。

2.1 第1回授業

11/14（土）2～4時間目「制作・中間発表1」（前半）中学3年生（7名）、高校2年生（11名）ともにプレゼンテーションツールによる制作作業。高校2年生は後半の中間発表に備える。

（後半）高校2年生による作品中間発表。本時は、「バーチャル美術館を創る」全8回の内の5回目にあたる。制作状況の確認と生徒同士による相互評価のための中間発表を、6回目にあたる次回と

合わせて2回行う。中学生にもわかりやすく興味を引く内容になるよう、通常の授業時には同じ場にはいない中学3年生に作品を鑑賞、評価してもらい、作品完成にむけ推敲、改善の一段階とすることを目的とする。

2.2 第2回授業

11/21 2時間目「教育研究会」

「バーチャル美術館を創る・中間発表2」

・前回の第1回中間発表会における指摘、アドバイスを反映された、作品、発表になっているようにする。

・中学3年生が高校2年生に対して、自分なりの考えや感想を率直に伝えられるようにする。の2点を重点指導目標として設定する。

第1回は高校2年生（11名）が、進捗状況の確認の意味も含め全員発表したが、本時は、1時間という限られた時間であったため、比較的制作の進んでいる3名が発表した。3名の発表内容は以下の通り。

A君のテーマ「浮世絵とジャポニズム」
プレゼンテーションツール・・・open office
内容・・・主に浮世絵と印象派の絵画を対比させながらその影響関係をわかりやすく解説した。画像と文章の割合が適当で、視覚的に見やすい構成となっていた。あたかも実際の美術展をめぐるかのように、はじめに企画の趣旨が提示され、最後にまた最初の画像に戻ることによって、入口と出口が想像されるように作られていた。中学3年生にとっても非常にわかりやすい発表であった。



S君のテーマ「CONCREAT ART（具体美術）」
プレゼンテーションツール・・・power point
内容・・・視覚詩、タイポグラフィ、詩歌など様々な作品を取り上げながら、言葉、文字、視覚、聴覚イメージ等の相互作用、美術という範疇にと

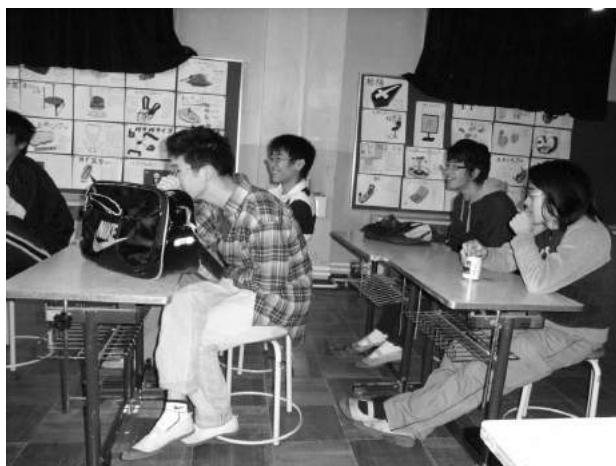
どまらない芸術について、発表者の感じ、考えたことを発表した。内容はやや難解であり、発表者独自の視点にとまどう部分もあったが、普段目にしないジャンルの芸術に触れたこともあり、中学3年生も、仲間の高校2年生も興味関心を引かれていた。

K君のテーマ「アフリカ美術」

プレゼンテーションツール・・・open office

内容・・・アフリカ美術を西洋美術と対比し、エドワード・サイードの文明論に共感する発表者の視点で展開した。アフリカ美術を西洋美術と対等の位置に置き、その根元的な部分をわかりやすく紹介しようとする試みであった。難解な論理を自作の図などを使いながら、中学3年生にも理解できるように工夫されていた。

3名の発表に対し、そのたび毎に評価用紙の記入を行い、平行して質疑応答、感想を述べあった。特に中学3年生からは、自発的に感想が寄せられた。授業者がそれを受けて各人に対し、アドヴァイスを行った。発表者は、当日の評価、感想を参考に最終作品完成にむけて制作を継続することになる。



3. 検証

授業時の生徒の活動観察、書き込まれた評価票の内容等をもとに、当初の仮説を検証してみた。

3.1 中学3年生における検証

第1回目の発表会においては、中学3年生は内容がわからずに哑然としていたり、ある程度理解できても、そのレベルの高さに圧倒されて、質問、感想が全く出てこなかった。しかし、第2回目の発表会では、特に中学3年生からは、自発的に感想が寄せられていた。同様の形態の授業を継続性

を持って続けることにより、通常の授業では得られない興味と関心をその間にふくらませることができ、高校2年生から積極的に探求姿勢や探求方法を学びとろうとしたのではないかと。また、自己の今後の成長などを感じ取ることもできたのではないだろうか。

3.2 高校2年生における検証

第2回目の発表会では、高校2年生は中学3年生にもわかってもらいたくて内容を改めてきていた。中学生が同じ場にいたことで発表者が聞き手を意識をするということがあるが、3人目の発表者・K君が「ため口」で、1人目2人目の発表が大人びた丁寧な口調で早口で聴きながら理解するのがむずかしかったのに比べ、K君はまるで弟に教えるような和やかさがありほほえましく見られた。積み重ねることによって学習効果があがってくると感じた。前回があったから、高校生も中学生の視点に気づき成長したのではないかと。教師側のプレゼンを示しながら、生徒の発表につなげていくという授業は当然あるが、自分に近い異学年の者からの客観的な評価を元に作品を改善できるこのやり方は学習の深化がはかれる取り組みだと考える。作品をつくって見てもらうということを意識しないと学習はまとまっていけない。

この成果が、高3での「テーマ研究」発表会の充実につながることを祈念している。

(文責：美術科・土井宏之)

g. ゼミナール・オープン

1. 仮説

2007 年度からの第Ⅱ期 SSH の研究開発課題「国際社会で活躍する科学者・技術者を育成する中高一貫カリキュラム研究と教材開発ー中高大院の連携を生かしたサイエンスコミュニケーション能力育成の研究ー」の中で、本プロジェクトは、特に、総合的な学習の時間を活用した異学年集団による「教え合い」「学び合い」の授業形態を模索し、教科教育を中心とする中高一貫カリキュラムとそれに関わる教育方法について検討するものである。その具体的な実践の一つとして、本年度で3回目となる「ゼミナール・オープン」が実施されている。これは、普段は高校2年生のみが受講するゼミナールに中学3年生を参加させる機会を設けることで、正課の授業外で異学年間の学びあいや交流の場を形成し、相互に教育効果が期待できるものと考えられたものである。

2. 方法

2.1 ゼミナール・オープンの概要

ゼミナール・オープンの主体である「ゼミナール」(以下ゼミ)は、高校2年生を履修対象として、各生徒の知的な興味関心や探求心を伸張し、進路選定を援助することを目指して設定されている「総合的な学習の時間」である。ゼミは、次年度の高校3年生での「テーマ研究」へ引き継がれ、ゼミでの成果を基に個人またはグループでテーマを決め、担当教員のアドバイスのもと、それぞれで適宜研究を進めて考察・研究を行い、その成果を研究レポートや作品等に仕上げていくことになる。

毎年、各教科から合わせて10講座程度のゼミが開講され、生徒はいずれかの講座を希望して受講している。実施内容については担当教員に委ねられており、生徒の個人研究の発表、その分野の専門家の講義、生徒間での討論等と様々な形態を取っている。

今年度の「ゼミナール・オープン」は、2010年1月10日(土)の2～4時限に実施した。講座は、心理学・国語・地歴・公民・数学・理科・保健体育・芸術・英語の各教科から全10講座が開講され、中学3年生106名(在籍123名)が参加した。効果を検証するためにゼミ生の高校2年生及びゼ

ミ・オープン参加者の中学3年生を対象に事後アンケートを行った。

2.2 今年度の日程

11/17 中3生徒へゼミナール・オープンの予告
(東城の授業内にて)

11/30 中3生徒へゼミナール・オープン実施
案内・希望調査用紙を配布

12/15 中3生徒の参加ゼミ人数の決定

1/8 中3生徒へ受講講座通知・確認

1/9 開講当日・中3生徒及び高2生徒への
アンケート実施

2.3 当日の開講講座および担当者一覧

教科 (科目)	講 座 名	担当者
心理学	心理学	熊谷他
国語科	漱石ゼミ	東城
地歴科	地域に学ぶフィールドワーク	宮崎大
公民科	「いまはどこから来たのか？」	小澤
数学科	数学+α	鈴木・ 三井田
理科 (化学)	分析化学	吉田哲
理科 (生物)	Glom タンパク質の解析	石川
保健 体育科	きほんのき	合田
芸術科 (美術)	バーチャル美術館を創る	土井
英語科	コーパス言語学	秋元



(写真1:国語ゼミ)

ゼミナール・オープン参加人数

講座	心理	国語	地歴	公民	数学	化学	生物	保健	美術	英語
計	61	1	6	9	29	18	8	0	10	11

3. 検証

3.1 中学3年生対象のアンケートから

アンケートの質問項目は、前年度までの項目を踏襲し、参加の形態・内容の理解度・参加しての印象など6項目を生徒に問うてみた。2～4限の各時限内で複数のゼミに参加が可能であったため、必ずしも講座ごとに回答を得たアンケートではないが、参加生徒106名から最終的に102枚回収した。ただし、無回答項目もあるため、回答枚数と各質問項目の回答数は一致していない。

以下に主な結果を紹介する。

◆「参加の仕方はどのようなでしたか」

「参観型」…79

「参加型」…23

参加型の講座への受講は少ないながらも、以下の2つの設問、「内容の興味深さ」や「発表内容の理解度」の質問項目に対しては、それぞれ多くの生徒が肯定的な回答をしている。

◆「ゼミの内容は理解できましたか」

「よくできた」「だいたいできた」…83

「あまりできなかった」「ほとんどできなかった」…19

◆「発表内容は理解できましたか」

「よくできた」「だいたいできた」…69

「あまりできなかった」「ほとんどできなかった」…13

初めての経験ではあったが、高校生のレベルの高さに触れ、良い刺激になったようだ。また、高校生になると自主性が求められることを実感したようだ。「ゼミ・テーマ同時開講」のように実質的交流を基にした学びあいの場面ではなかったが、身近な上級生を学習のモデルとして彼らの学習段階に触れることで、中学3年生が学習意欲を刺激されたように感じた。

◆「ゼミの内容は面白かったですか」

「大変面白かった」「まあ面白かった」…87

「あまり面白くなかった」「つまらなかった」…15



(写真2:理科(化学)ゼミ)

自由記述の感想をいくつか紹介する。

- ・ 調べた人数が少なかったのは仕方なかったけど、多かったらどんな結果になっただろう。自分で調べて発表するのは面白そう。
- ・ フィールドワークがとても充実していて良かった。とてもいい勉強になった。
- ・ 高校生のプレゼンも面白く、参加しやすくて良かった。
- ・ 数学では習っていないことも多くて大変だったが、分かるものもあって面白かった。
- ・ 高校生の豊富な知識・経験に基づく実験に直接触れられたのは良かった。
- ・ 自分でも使ってみたいと感じた。時間のあ

る時にやってみようと思う。

ところが、次の設問については評価が分かれた。

◆「またこのような機会をもちたいですか」

「はい」…59 「いいえ」…42

肯定的な感想の方が多いが、発表形式のゼミでは、発表者の準備の状況や能力が露わになって、厳しい評価が出た。また、接し方や関わり方が難しかったようだ。以下は生徒の感想の一部である。

(肯定的な感想)

- ・ 高校生の勉強の大変さがよく分かった。とてもわかりやすい発表をしていたので楽しめた。
- ・ とても刺激を受けたので、また高校生との学習があると嬉しい。

(否定的な感想)

- ・ あまり時間が取れなかったと思うが、もう少し質の高い発表を期待していた。データが不十分だったり、発表者が誰も来ない班があった。しかし内容は興味深いもので、

さすが高校生と思うところもあった。

- ・面白かったり、興味深いテーマが多かったが、結論がテーマとずれていたり、予想ができなかったりしたのは少し残念だった。
- ・やはり上級生がいると迷惑をかけないようにとか思う。
- ・知らない先輩に声をかけられなかった。
- ・質問できるほど高2と一緒にいなかった。気まずい。



(写真3:数学ゼミ)

(全体の感想)

- ・中3が入りにくい空間が生まれていたところもしばしば見受けられた。もう少し参加しやすくしてもらいたい。
 - ・どの講座のテーマも面白そうで興味があつた。ただ内容が分かりにくかったと思う。もっと色々な講座を気軽に回れるようにしてほしい。
 - ・講座によっては進め方が遅い。あまり中学生が参加できていないものもあった。内容は高度で興味がわいた。
 - ・自分たちの将来の姿を見ているようだった。
 - ・初めての体験で面白かった
- ◆「高校生の先輩と一緒にやりたいこと」の記述の中では、いくつか積極的な意見が見られ、頼もしい。彼らが高校2年生になったとき、どれだけのことができるか、楽しみである。
- ・平常の授業(ゼミ)に参加してみたい。
 - ・高校生と地域研究(フィールドワーク)や共同研究をしてみたい。
 - ・知識の差に左右されない共通な課題で、発表という形でなく、とにかく自由に議論したい。

◆「中学の授業と高校の授業ではではどこが違うか」という問いに対する記述は、とにかく自主性やレベルの高さに一様に圧倒されているのがよく分かる。以下にいくつかあげてみる。

- ・自分で調べる点。
- ・与えられたテーマではなく、自ら考えたテーマを研究する点。
- ・自分の考えを中心として進めていく点。発想の方向、面白さなど。
- ・高校生が企画から始めて、自分たちで運営していた。
- ・データが細かい。圧倒的な知識の差。
- ・ハイレベルで面白い。
- ・調査された内容について考える高いレベルで議論がなされていた。議論が白熱した。
- ・本格的だった。内容が高度だった。
- ・プレゼンがうまい。
- ・自分の知らないことがいっぱい出る。
- ・問題提示が鋭い。
- ・張りつめた雰囲気や難しい言葉使い、私語のなさなど。緊張感がある。

最後に、現在の「ゼミナール・オープン」の形式では、いくつかの問題点がある。ひとつは、オープンなので、中学3年生は自由参加ということになり、せっかくの機会を無駄にしてしまうことである。同一敷地内にあるとはいえ、別の高等学校であるから、中学3年生としてこれからの高校生活に備え、高校生になったらどんなことをするのか、「ゼミナール・オープン」に「高校訪問」的な役割を与えて、オープンの当日は土曜日であるが、中学3年生の登校日にして全員参加させることが望ましい。もう一つの問題点は、事前に参加する講座の希望調査をして、参加人数に合わせて会場を割り振っても、オープン当日の生徒の動きに何らかの規制があるわけではなく、参加講座ごとのアンケートになっていないので、集計が難しいことである。これについては、生徒の行動表(いつからいつまでどの講座に参加していたか)と1講座ごとのアンケートを準備するような工夫や修正が必要であるように感じる。講座ごとのアンケート結果をフィードバックして、翌年のゼミナール開講時にいかせてもらえたら良い。

(文責:校内プロジェクトⅡ:高橋宏和)

3.2 高校2年生対象のアンケートから

当日の参加者約160名中96名からアンケートの回答を得た。質問項目のうち、今回のゼミ・オープンに直接関わる項目は6つである。普段のゼミとの違いの有無、発表担当者の工夫の有無、ゼミ・オープンを含めて中学生との交流についてどう思うかなどを尋ねた。中学同様、これらの質問項目は継続調査のため初年度から踏襲しているものである。中学3年生を迎える高校2年生側には、特に学習のリード役としての成長を期待しており、アンケートではその点に関する意識調査を中心に行っている。

以下、主な質問項目について紹介する。

◆1「中学3年生が参加したことで、普段のゼミと違いがありましたか。」

「とても・ややあった」…19

「あまり・まったくなかった」…56

普段との違いを感じていない生徒は75パーセントであった。これは今回のゼミの多くが、中学生が高校生のゼミを参観するという形式を採ったため、中学3年生との接触が期待していたほどなかったということが原因の一つであると考えている。一方、違いを感じた25パーセントの生徒の自由記述には、「中学生向けに説明する点」「発表で緊張した」などを挙げるものがあり、参加者の内でも説明や発表の役割を果たしている者ほど普段との違いを意識しているようである。

◆2「当日のゼミで発表を担当した人は、中学3年生が参加することを考えて何か工夫をしましたか。」

「とても・ややした」…18

「あまり・まったくしなかった」…34

発表者に対象を絞った質問である。工夫をしたと答えている生徒は35パーセント程度である。工夫については、以下の内容が挙げられた。

- ・中3にも分かりやすい話題・考えやすい内容を取り上げた(4名)。
- ・話し方に気をつけた・大きな声で話した(2名)。
- ・教える時に説明方法を考えた。
- ・共同作業を行うようにした。

聴き手が中学3年生であることを意識して、分かりやすさや考えやすさに配慮した発表内容や説明方法を心がけていることが分かる。あるいは、話し方や関わり方の工夫が見られたようである。全体のなかでの割合はさほど高くなかったが、具

体的な聴き手を想定し、それに応じて適切な伝達内容や方法を選ぶという意識が高まったようである。将来のサイエンスコミュニケーション能力につながることを期待できる。



(写真4:芸術科(美術)ゼミ)

ゼミ・オープンでは、普段のゼミに中学3年生を迎えるという基本的なあり方や、研究成果を発表する頃に行われるという時期の制約などもあり、形式がどうしても発表参観型に偏りやすい。そのため、◆1の調査結果に表れたように、高校2年生全体に普段のゼミとの違いを感じさせることが難しく、異学年同士の「教え合い・学び合い」というゼミ・オープンのテーマを実現するに至っていない。また、同様のテーマを掲げた企画として、昨年度より「ゼミ・テーマ同時開講」(本報告集f「ゼミナール・テーマ学習同時開講」参照)が行われていることもあり、あらためてゼミ・オープン独自の意義を考え直す時期に来ている。「発表者・説明者の側に起こる学習」に焦点を当て、企画を再構築する必要があるのかもしれない。

また、発表者に対象を絞った◆2の調査結果では、6割以上の生徒が特に工夫を意識していないことが分かった。発表者にはどのような工夫が求められているのかという想像が不足しているであろう。中学3年生が発表者のどのような点に注目して参加したのかという点について、フィードバックする機会を設け、今後の工夫を考えさせることができれば、彼らにも有意義な企画になるはずである。

ここに記述しきれなかった成果や課題も多くある。今後、校内プロジェクト2を中心に議論を深めていきたい。

(文責:校内プロジェクトⅡ・東城)

(ii) 国際科学五輪などの世界を視野に入れた生徒の自主的研究・交流活動の支援

a. 国際科学オリンピックでの成果

1. 仮説

研究開発の柱の一つ、「国際科学五輪などの世界を視野に入れた生徒の自主的研究・交流活動の支援」として、まず第一に数学系・理科系のクラブにおける生徒の活動に目を向け、ここでの人材育成を積極的に進めることが最も効果的であると思われた。クラブには元々モチベーションの高い生徒が集まっており、近年ではクラブ所属生徒が国際五輪で入賞を果たすことが増えてきた。直近の先輩の活躍を目の当たりにするのもまたクラブ活動の場である。そして第二に考えられることは、理数系クラブに所属していない生徒の中からの発掘である。

2. 方法

まずは、理数系のクラブ活動での生徒の自主的な活動を最大限支援し、ここで国際科学五輪への参加を呼びかけ一次選考に向けての支援、励ましなどを行うこと。次に、授業時の紹介、募集案内の校内掲示などを通してこれらへの積極的な参加を広く呼びかける活動を行った。ここでは、特にクラブ活動との関わりについて詳しく報告したい。

2.1 数学科学研究会

第20回日本数学オリンピックは、平成22年3月末に表彰式がある。上位20名が春合宿に参加し、そこでの試験の成績によって、平成22年度・第51回国際数学オリンピック（カザフスタン大会）出場が決定する。春合宿には、筑駒から3名が参加することになったとの情報が入った。第20回日本数学オリンピックにおいて、部長の河内谷耀一（高2）が銀賞、原将己（高1）が銅賞、部員外であるが、吉田健祐（高1）が成績優秀者を獲得したことによる。また第8回日本ジュニア数学オリンピックでは、部員の隈部壮（中1）が銀賞を受賞した。

平成21年度も数学科学研究会のメンバーから第50回国際数学オリンピック（スペイン大会）に出場した、副島真（高3）、滝間太基（高3）が

それぞれ金メダルを獲得した。2人とも中学からの部員である。副島君は、全問正解の満点で世界1位（他に1名）の成績であった。

ドイツ大会に先立って、平成21年3月末に第19回日本数学オリンピックの表彰式があり、副島真（高2）は銀賞を、滝間太基（高2）は銅賞を、河内谷耀一（高1）、原将己（中3）は成績優秀者を受賞している。部員外であるが、上野諒（高2）、檜垣元秀（高1）が成績優秀者を受賞している。また、同時期に、第21回アジア太平洋数学オリンピックが行われ、副島真（高2）が金賞、滝間太基（高2）が銀賞、原将己（中3）が銅賞を受賞している。部員外であるが、檜垣元秀（高2）が銅賞を受賞している。3月末の表彰式では、川井杯（優勝）授与において、筑駒OBの大橋祐太（スロベニア大会金メダリスト）がメダルのプレゼンターとして舞台に上がった。また、アジア太平洋数学オリンピックの表彰式では、数学科学研究会OBの渡部正樹（メキシコ大会・スロベニア大会金メダリスト・東大数学科）がトロフィー授与の大役を務めた。

部の最も活躍する舞台は文化祭であり、中学受験すると思われる小学生が大勢生物講義室（数学科学研究会の活動教室）を訪れる。そこでは、TMOと呼ばれる筑駒数学オリンピックを実施していて、保護者が教室後ろでじっと見守っている中、ご子息の小学生がTMOの問題に格闘している姿が多く見られる。今年は新たに、他の部活と共同でスタンプラリーを企画した。年度末には、中・高の部員の論文をCafé Bollweckという名前の部誌を3月末に発刊している。今年も「Café Bollweck (No.10)」を発刊する。

部の卒業生で東大の数学科へ進学する者が毎年出るようになり、ここ数年は部員も含め各期の4～5名が進学している。10年位以前は、4,5年に1人か2人であったから、驚きである。

国際数学オリンピックのメダリストになったOBらは、春合宿に参加し協力することはもとより、大学3年になると国際数学オリンピック大会へのオブザーバーA（4名）としてIMOに引率参加し、出題問題の翻訳や採点、コーディネーション（採点の交渉役）の大役を務める機会を頂くことが多い。今年度の第50回スペイン大会における4名は森田康夫（東北大学教授）、OBの渡辺正樹

と大橋祐太、他1人であった。このように、日本代表として代々活躍し、数学界で貢献しているのは大変喜ばしい限りである。

(文責 数学科学研究会顧問 駒野 誠)

2.2 化学部

昨年度実施の全国高校化学グランプリ 2008 では、高校2年生(当時)1名が銀賞、高校1・2年生(当時)各1名が銅賞を受賞し、第41回化学オリンピックイギリス(ケンブリッジ)大会(2009年度開催)の日本代表候補となっていた。彼らは、他の代表候補生徒約20名とともに日本化学会による訓練を受け、筆記試験と実験試験による選抜試験に臨んだが、惜しくも日本代表の4名には入ることができなかった。

来年度(2010年度)の第42回国際科学オリンピック大会は、日本(東京)で開催される。この大会の日本代表候補選考を兼ねた全国高校化学グランプリ 2009 では、高校2年生2名がそれぞれ銀賞、高校1年生1名が銅賞を獲得し、代表候補となった。その後、12月実施の第2次選考(筆記試験)でも高校2年生1名が候補として残り、現在は他の候補生徒8名と共に、3月の最終選考合宿に向けて、膨大な量の準備問題と格闘しながら準備を進めている。この生徒は、化学部の研究・発表活動においても中心的役割を果たしてきた生徒であり、アメリカの高校とのテレビ会議システムによる研究発表会においても本校を代表して化学の研究発表を行っている。これらの成果を活かし、ぜひ日本で開催される今回のオリンピックに出場してほしいと期待している。

なお、昨年度銀賞に輝きながら、惜しくも代表候補を逃した生徒は、高校3年生になった今年も化学グランプリ 2009 に参加し、見事大賞(グランプリ)を獲得した。この生徒は、化学部のほかサイエンスコミティーの会長も務めており、健闘を称えたい。

(文責：化学部顧問 化学科 梶山正明)

3. 検証

3.1 今年度の成果

今年度は、国際科学五輪等で合計5個のメダルを獲得した。今年度は、特に数学、情報分野で同じ生徒が複数のオリンピックに掛け持ちで出場し、メダルを獲得する快挙が目立った。

第50回国際数学オリンピック(ドイツ)

金メダル：高3 副島 真君(満点, 世界1位)

高3 滝聞太基君

第21回国際情報オリンピック(ブルガリア)

金メダル：高3 滝聞太基君

銀メダル：高2 副島 真君

第2回アジア・太平洋地区地理オリンピック(日本・筑波)

金メダル：高3 池田悠太君

(*国際地理オリンピックは隔年開催のため、今年度はこの大会が最上位の国際大会である。)

このほかにも、国際五輪への出場者選考を兼ねるそれぞれの国内大会、アジア大会での本校生徒の活躍も目覚ましく、先に掲げた国際五輪の他に合計19個のメダル・賞を獲得している。



＜国際五輪等でメダルを獲得した本校生徒たち＞

3.2 これからの支援のあり方

もともと国際五輪で活躍する生徒たちは、教員のトレーニングで育てられるものではない。彼等の持つ潜在的能力が遺憾なく発揮できる場としてのクラブ活動環境を支援することが大切であろう。また、特に中学生や高校低学年生徒への広報周知も、クラブに在籍していない生徒からの人材発掘とチャレンジ精神育成、長期的な準備への動機付けとしておろそかにできない。

(取り纏め文責：研究部・篠塚明彦)

b. 台湾国立台中第一高級中学校との交流

1. 仮説

昨年度は北京師範大学附属実験中学と SSH 研究交流会を行った。今年度も同校と交流の予定であったが、新型インフルエンザの影響で北京との交流が困難となり、台湾の台中市にある「国立台中第一高級中学」(以下、台中一中)と交流をすることになった。11月第1週の文化祭の代休を利用して、副校長、研究部主任(SSH 担当)、国際交流プロジェクト主任の3名が現地下見に赴き、具体的にどのような交流ができるかを詰めた上で、交流会実現の運びとなった。

昨年度の反省として、研究テーマが相当に専門的な内容で、術語自体難しいものが多く、相手校の生徒が興味を持ち質問することがしにくく、結果的にあまり積極的に交流が出来なかった、ということがある。今年度は、それを踏まえて、研究テーマをなるべく一般的なものにし、また、理数系のテーマだけでなく文化交流の面を強化し、学校生活紹介を入れようということになった。交流会参加者は昨年度同様10名であるが、高校2年生6名は研究発表、高校1年生4名は学校生活紹介、と役割を分けた(昨年度は高2が8名、高1は2名で発表は高2が中心)。

仮説としては、上記のような変更を加えた結果、より有意義な交流ができるのではないかと、ということである。なお、参加者・研究テーマについては、日程とともに別表1に記す。また、研究交流会プログラムは別表2に記す。

2. 方法

交流会日程は、12月14日(月)～19日(土)の5泊6日である。2学期末考査終了のあわただしい時期であったが、期末考査前に、研究発表をまとめるよう指示し、考査後の12月11日(金)に、研究発表のリハーサルを行った。また、同時に日程について旅行社の方から説明をいただいた。

昨年在北京では、日程中全て実験中学内にある学生寮に滞在していた。今年度は、台中市内のホテルに滞在し、その近隣の視察をしたり、台中一中との交流会に出向く、という形式を取った。日程全般は以下のとおりである。

2.1 日程の概要

(1)12月14日(成田空港から台中市内のホテル着)
午前7時30分、成田空港集合。9時30分成田発、12時30分、台湾桃園国際空港到着。専用車にて台中市に移動。移動中、通訳ガイドの林(リン)さんより、台湾の気候や生活、注意点などを説明してもらった。ホテルは台中駅の近くにあり、隣に大きなショッピング・モールもあって、非常に便利なところに位置していた。また、日本同様、夜の外出も安全なので安心であった。林さんに近隣の軽食屋台などを案内してもらう。

(2)12月15日(国立自然博物館見学、および鹿港(ルーカン)視察)

午前中は市内の「国立自然科学博物館」見学。ここは、展示の仕方に工夫があり、例えば「生命科学ホール」は、生命がいかにかに誕生し進化して行ったかを示すのに、単純な植物から昆虫の時代、恐竜の出現と進み、ダーウィンの進化論の紹介、人類の出現、文明の発達、死後の世界など、最後は哲学的なところにまで進んでいく。また、「数学」についての常設展示コーナーがあり、広さは教室3個分ほどもある。展示内容は、自然物の幾何学的分析についての写真や模型を使った解説、映像を用いた数学史の紹介、コンピュータや道具を使って数学問題にチャレンジできるなど、自然と数学との関連や数学の発展を、わかりやすくていねいに解説していた。あちこちで、小学生の団体が担任教師の説明を受けながら熱心にメモを取っている姿を目にし、台湾が教育熱心な一面を垣間見た。

附属の植物園へは別途、入場料を払って入園する必要があるが、同僚の生物教師によると「温室の規模はそれほど大きくはないが、大型化したブラティケリウム属など状態のよいシダ類や豊富なカランコエ属のコレクションが特に見応えがあった」とのことである。

午後は旧き町並みを残す鹿港(ルーカン)を視察した。ここには、宋時代に大陸から台湾に渡って来た馬祖と言う人物が奉られている霊廟がある。ガイドの林さんによると、台湾では道教と仏教、民間信仰が融合しており、寺の礼拝の仕方も日本とは異なっている。運勢を見るくじを引くにも、「心杯」という木片の組み合わせを揃えねばならない。異文化に触れる、いい機会となった。

(3) 12月16日（生徒研究交流会1日目）

午前中は、ホテルにて発表の準備および練習。午後、台中一中に赴き、美術クラス、調理実習に参加。その後、高校1年生による学校紹介を行う。詳しくは2.3で後述する。

(4) 12月17日（生徒研究交流会2日目）

終日、台中一中にて研究交流発表を行う。本校からは、化学で2本、生物で1本、言語学で1本の発表を行い、台中一中からは物理で1本、生物で1本の発表を行った。その後、台中一中と英国の女子校によるテレビ会議に参加をした。詳しくは2.4で後述する。

(5) 12月18日（台中市から台北市に移動）

研究交流会も終わり、本日は10時30分に新幹線にて台北市に移動をした。蒋介石を奉った中正祈念堂、また故宮博物院を見学する。昨年の北京では故宮を訪れたものの、故宮の建造物が中心で作品についての見学は時間的にする余裕が無かった。今回は、象牙の彫刻など中国の技術の高い作品が鑑賞でき有意義であった。

(6) 12月19日（台北より成田空港、到着後解散）

14時5分発の便が1時間以上遅れ、15時過ぎの出発。成田到着は19時過ぎであった。大きな事故なく無事、帰還。以上が日程の概要である。

2.2 台中一中について

訪問先の台中一中は生徒数3000人の大規模な高等学校である。1学年1000人中、数学(30名)、理科(40名)、言語文化(40名)、先端技術研究(40名)、美術(30名)の特別コースがあり、美術コースに女子がいる以外は、男子校である。上位100人は医学部に進学し、その他の生徒も名門大学に進学する。しかし、進学競争が厳しいので学校以外に塾でも勉強する生徒の比率が高いとのことである。規模を除けば、本校と類似点の多い学校である。

2.3 生徒研究交流会1日目

(1) 美術の授業に参加

午前中はホテルにて発表の練習をし、午後、台

中一中に到着。王(ワン)教務主任に案内されて、美術コースの授業に参加。昨年度は、授業参観のみであったが、今年度は実際に授業を体験することになった。美術コースはほとんど女子で男子は数名であった。絵画、彫刻など5人の専門教員がおり、本時の授業は中国絵画専門の朱先生である。先生はニューヨークの大学に1年留学しており、我々のために授業は全て英語で行ってくれた。

まず、パワーポイントで日本・台湾の伝統美術を概観し、無地の扇子を全員に配布。日本・台湾それぞれをイメージする絵を墨で描き、そこに一言俳句を書く、という課題である。本校生徒も、一中の生徒に混じって相談しながら絵を描いていった。座学の授業と違い、このような作業を通じてコミュニケーションを図るのは非常によい交流方法である。また、扇子が完成した後、それを本校生徒と一中生徒がお互い交換をして、それが記念品になるという点も優れている。



美術クラスの授業に参加

(2) 家庭科(調理実習)参加

次の時間は家庭科の授業で、一中生徒とパイナップルケーキの調理実習をした。全て男子生徒で賑やかだったが、どの班も手際よく進め、本校生徒もこねたり、丸めたりしていた。こちらも作業をしながら、交流を図り、最後に完成したケーキをお茶とともに戴いた。

(3) 学校紹介

放課後になり、地下の講堂で高校1年生による「学校紹介」を行った。聴衆は美術コースや家庭科クラスのボランティアの生徒たちだった。パワーポイントで作成した校内の写真から文化祭などの行事の写真、部活動の写真などを用いて寸劇を交

えながらの発表は、よく準備され優れたものだった。取り上げた項目は以下のとおり：

- ① A Short Tour of Our School Campus
- ② A Short History of Our School
- ③ Our School Culture
- ④ Studies
- ⑤ School Events
- ⑥ Club Activities

まず、①で構内の建物や校舎内の施設を写真で紹介し、②で本校の歴史を概略、③で本校の学校目標を紹介、④では授業、⑤で学校行事、⑥で部活動を紹介している。高1の参加生徒の中には中国出身の生徒がおり、学校名の漢字を中国音で紹介したり、最初の挨拶を中国語で行ったりと、プレゼンテーションに工夫が見られた。



高校1年生による学校紹介

発表後、質疑応答を行った。最初は質問が出なかったが、1つ出ると、後に続いた。例えば、「学校は何時に始まり、何時に終わるか」「試験は1年に何回あるか」「何科目あるか」など。今回は本校生徒の「学校紹介」だけだったが、今後、台中一中生徒の「学校紹介」もあればもっとより有意義なものになるであろう。

学校紹介も終わり、ホテルに戻ろうとした時、先ほどのパイナップルケーキがきれいに包装され(売っている品物のように)、お土産として手渡された。これまた、扇子と同じく、協力して作ったものがそのまま記念となる点で、うれしいお土産であった。

2.3 生徒研究交流会2日目

(1) 研究交流会

9時に台中一中に到着。科学院の一室で待つて

いると、各生徒・教員に首に付けるネームカードを渡された。裏には本日のプログラムが印刷してあり、次に誰が発表するか一目瞭然で便利である。そこに、生徒一人一人に対してそれぞれのネームカードに対応した案内係の生徒が来て、すぐさまお互いの自己紹介が始まった。ちょっとしたことだが、漠然と「交流しましょう」ではなくて、誰が誰に対応することが決まっていて効率がよい。

9時10分から研究発表交流会の行われた会場は200人程度収容で設備の整った素晴らしい所であった。会の運営・司会進行は台中一中の生徒が行った。発表の節目ごとに司会が代わり、多くの生徒が運営に関わっていることを窺わせた。英語の表現については、必要に応じて担当の英語教員も指導しているとのことだが、ほとんど生徒が自主的に行っているという。理数科コースと先端技術コースの生徒140人ほどが聴衆であった。発表順に概略する。

①An Attempt to Spin Nylon (筑駒・外山)

ナイロンの紡績に関する研究で、どのようにしたら強度が増すかの考察。トップバッターとして緊張もしていたが。時間ぴったりの発表で、また質問もかなり出て、それにうまく対応していた。

②The Study of Liquid Crystal

(筑駒・青崎、藤波)

溶液の違いによって、液晶の色がどのように変化するかの研究。



液晶の研究発表

③Optical Tube (台中一中生徒)

鉄パイプを覗いた場合に見える円の模様の違いと鉄パイプの長さ、パイプの半径の大きさの関係の考察。発表の途中から、どのような文様が見えるかのクイズ形式になり、正解者には使用した鉄

パイプが商品として贈られた(ちなみに、答えたのは本校の高校1年生)。

④An Analysis of Glom Protein (筑駒・田口)

グロムたんぱく質の異なる性質を分析する研究。かなりイメージしにくいテーマの発表だったためか、質問は少なめであった。

⑤An Introduction of Corpus Linguistics

(筑駒・宇佐美、佐野)

コーパス言語学という分野についての入門的解説。コーパスとは大量の言語サンプルをコンピュータに入力し分析したもので、ある言語で使用頻度の高い単語を調べたり、ある単語がどんな単語と結びつきが強い(コロケーション)を分析する学問である。これについて、具体的な単語の例(powerful と strong の用法の違いなど)をあげて説明。

⑥Hydrogen Production from Herbage

Fragment (台中一中生徒)

水素の発生についての研究で、アジアの科学オリンピックで入賞したものであった。8人もいるという生物の専任教員が参観に来ていた。



質問に答える

発表時間・質疑応答それぞれ25分間で、それぞれのプレゼンテーションは50分であった。昨年度の経験から、果たして25分も質疑応答が続くのか不安が残ったが、実際始まってみると、これは杞憂であった。必ずしも、それぞれのテーマの核心をつくような質問ではないが、とにかく、さまざまな質問をする台湾の生徒の積極性に驚かされた。休憩時間中にも、発表者に質問に来る生徒の姿も見られ印象的であった。

午後には、発表の間にティータイムもあり、1日に及ぶ発表会にも、ところどころで休憩が用意されていた。4時には、無事研究交流を終え、最

後のプログラムであるイギリスの学校とのテレビ会議への参加を行った。

(2) テレビ会議

テレビ会議が始まったきっかけは、王教務主任がイギリスに研修に行った際、イギリスとアメリカでテレビ会議を行っていたところに加わる機会を得たということだ。その後、アメリカは止めてしまい、イギリスと台湾だけで継続しているのだという。王主任は、物理の教員であり、このテレビ会議実現までの技術的なことも全て担当し、実際の会議の運営は英語科の張(テレサ)先生が行っている。やはり、こうしたプロジェクトは1つの教科でやろうとしても限界がある。それぞれの学科の得意分野を生かして協力して初めて実現できる好例であろう。2つのスクリーンを使用し、一方には相手校の女子生徒が映っており、もう1つのスクリーンには、こちらからプレゼンテーションする際のパワーポイントの画面が映っている。テーマは「それぞれの国でのクリスマス・新年の過ごし方」で、事前にテーマの連絡も受けていたため、本校でも高1生が「新年の過ごし方」を英語で説明した。

このテレビ会議は、台中一中全体で取り組んでいるものではなく、あくまでも張先生の担当クラスで行っているもので、1月に1回ほどテーマを設定して話し合いをしている。台湾の生徒は英語による指示には慣れており、リスニング力は優れているが、本校生徒と同様、スピーキングは必ずしも慣れているわけではない。その点で、月1度でも実際に話す機会があることはモチベーションをあげるのに、一役買っているであろう。



テレビ会議

全日程が終了し、本校生徒は、台中一中の生徒に案内されて、近隣の夜市などに繰り出していった。わずか2日の交流であるが、校内だけでなく校外も案内してもらい、生活の一端も覗く機会があったのは生徒にも有意義であった。



台中一中の生徒・職員と

3. 検証

今回の研究交流会後に取った生徒アンケートの中の代表的な意見をあげる。

- ・日程は期末試験後で準備期間も短くきつい。
- ・美術・調理実習楽しい。出来れば、英数の授業も参観(参加)したい。
- ・高1・高2の比率もよく、役割分担も良かった。他学年との交流が広がった。
- ・研究発表は成功だが、発表時間の再考を。もう少し短く。または2日に分けて。
- ・台中一中の学校紹介もあると良かった。
- ・コミュニケーション英語の必要性を痛感した。
- ・台湾生徒の積極性に驚き、刺激を受けた。

発表・質疑応答とも予想以上の出来であり、また生徒も台中一中の生徒との交流に充実感を覚えたという点で、大成功と言ってよい。はじめの仮説で掲げた「昨年度からの変更により、より有意義な研究交流会になるであろう」は、厳密な統計的な意味ではないとはいえ、ほぼ証明されたと見てよい。

その原因の一つには、事前に担当教師陣が下見をし、交流会を中心にその他の訪問地なども実踏しておいたことがあげられる。また、今回は派遣メンバーの中に中国出身の生徒がおり、事前に生徒同士で中国語による簡単な挨拶や表現を練習し

ておいた結果、台湾の雰囲気比較的早くなじむことができたことも成功の要素といえる。単に、成功というだけでなく、随分と学ぶことも多かった。台中一中は、海外を含む他校との交流に慣れており、上で述べてきたような、ちょっとしたことだが非常に有効なさまざまな工夫がある。

本校も近年、海外からの授業参観者が増えてきており、その対応にあたって、今回の経験は大いに生きるのではないと思われる。もちろん、台中一中と本校は規模も違い、教育システムも異なるので、模倣だけすればいいというわけではない。あくまでも印象だが、台中一中は全校を挙げて、他校と交流をしているのではない。上述したような特別コースがあり、理数的な交流は、理数コースが対応し、フランスとの文化交流では言語文化コースが対応するというように、柔軟性があり、そのコースのカリキュラムの一環として、今回の研究交流会のように、ある1日を丸ごと「サイエンス・デー」に変えることが出来、またそれが各コースの魅力にもなっている。

本校の場合は、ある特定のクラスがSSHを担っているのではなく、全校として取り組んでいるため、参観者や授業参加者が来ても、あるクラスだけ特別メニューというわけには行かない。しかし、逆に希望さえすれば、今回の交流派遣のように、誰にでもチャンスはある。

来年度も、海外での研究交流会は今回と同様の形で行くであろう。今年度は、数学の発表はなかったが、身近な現象を数学的に説明することは昨年度の発表でも大いに成功しているので、あると面白いのではないか。また、学校紹介もお互いの学校で行えば、より充実したものになる。

今回の経験で、参加生徒は質問に対して口頭ですぐ反応できるような英語を身につけなければ、と痛感したようである。本校の英語科も、ALTの活用による発表活動やLL教室等で口頭英語に力を入れている。しかし、やはり、海外での発表を成功させるためにも、日頃の実践で、生徒の意識を更に変えるような授業を展開しないといけない、というのが英語教師として、私自身が感じたことである。

(文責：英語科・八宮孝夫)

別表 1

General Plan of the Academic and Cultural Exchange Program 2009

1) 台湾研究交流会・日程 (生徒 10 名、引率教員 4 名)

12 月 14 日(月)	9:40	成田発台北行き (中華航空 107 便)
	12:40	台北桃園国際空港着 専用バスにて台中のホテルに移動。双星大飯店泊
12 月 15 日(火)		午前、国立自然科学博物館見学。午後、鹿港視察。
12 月 16 日(水)		午後、台中一中訪問。美術・調理実習参加。学校紹介。
12 月 17 日(木)		終日、台中一中訪問。研究発表交流会。(詳細は別表 2)
12 月 18 日(金)		台北に移動。中正記念堂、故宮博物院見学。天成大飯店泊。
12 月 19 日(土)	14:05	台北発成田行き (中華航空 18 便)
	18:00	成田着 解散

2) 派遣生徒(Visiting Students) (10 名)

高 2 (Second-year Students of Senior High)

外山 翔平	(TOYAMA Shohei)	(化学 1 : ナイロンの紡績)
青崎 知彦	(AOSAKI Tomohiko)	(化学 2 : 液晶)
藤波 美起登	(FUJINAMI Mikito)	(化学 2 : 液晶)
田口 厚志	(TAGUCHI Atsushi)	(生物 : グロムたんぱく質)
佐野 智樹	(SANO Tomoki)	(コーパス言語学)
宇佐美 峻	(USAMI Shun)	(コーパス言語学)

高 1 (First-year Students of Senior High)- 学校・自治会活動紹介

胡 緯華	(KO Ika)
谷川 洋介	(TANIGAWA Yosuke)
大野 択生	(OHNO Takumi)
中塚 義道	(NAKATSUKA Yoshimichi)

3) 引率教員(Teachers)

篠塚 明彦	(SHINOZUKA Akihiko)	(世界史・研究部主任)
仲里 友一	(NAKAZATO Yuichi)	(生物)
八宮 孝夫	(HACHIMIYA Takao)	(英語)
町田 多加志	(MACHIDA Takashi)	(数学)

別表 2

Schedule for Exchange Program between Tsukukoma & T.C.F.S.H. on Dec. 16, 17

Date	Time	Activity	Place
Dec. 16, Wednesday, (Art Day)	13:10~14:30	Class Participation (Painting)	Art Classroom
	14:40~15:40	Class Participation (Cooking)	Cooking Classroom
	15:50~16:20	Presentation A Title: <i>Introduction of Our School Life</i> Presenters: First-year Students (Tsukukoma)	Lecture Hall, Li-tse Building
Dec. 17, Thursday, (Science Day)	9:10~9:35	Presentation B-1 (Chemistry) Title: <i>An Attempt to Spin Nylon</i> Presenter: Shohei Toyama (Tsukukoma)	Lecture Hall, Science Building
	9:35~10:00	Q & A	
	10:10~10:35	Presentation B-2 (Chemistry) Title: <i>The Study of Liquid Crystal</i> Presenters: Tomohiko Aosaki Mikito Fujinami (Tsukukoma)	
	10:35~11:00	Q & A	
	11:10~11:35	Presentation B-3 (Physics) Title: <i>Optical Tube</i> Presenters: Jia-Lun Wu et al. (TCFSH)	
	11:35~12:00	Q & A	
	12:00~13:00	Lunch Break	Conference Room
	13:10~13:35	Presentation B-4 (Biology) Title: <i>An Analysis of Glom Protein</i> Presenter: Atsushi Taguchi (Tsukukoma)	Lecture Hall, Science Building
	13:35~14:00	Q & A	
	14:10~14:35	Presentation B-5 (Corpus Linguistics) Title: <i>An Introduction to Corpus Linguistics</i> Presenters: Shun Usami Tomoki Sano (Tsukukoma)	
	14:35~15:00	Q & A	
	15:10~15:35	Presentation B-6 (Biology) Title: <i>Hydrogen Production from Herbage Fragment</i> Presenters: Po-jui Chen et al. (TCFSH)	
	15:35~16:00	Q & A	
	16:10~17:00	Video-conference with Holy Cross R.C. Girls' School in London, Britain	

日駒場高校生 愛上中一中校園

【聯合報／記者喻文玟／台中市報導】

日本東京都區理科名校筑波大學附屬駒場高等學校 10 名學生，昨天到台中一中進行科學交流，他們先和美術班學生一起體驗用水墨畫扇子，今天發表科學專題，和台中一中學生分享物理、生物實驗成果。

「So good！」駒場高校師生昨天走進中一中校園，直呼太美了，「大 3 倍的校園，真好！」日籍學生拍不停，領隊老師篠塚明彥說，駒場高校國、高中僅 790 多人。

日籍學生田口厚志今天有一場生物科專題發表，他研究蛋白質分析，對於和台中一中學生切磋，充滿期待。昨天他們和美術班學生一起體驗國畫，又上烹飪課學作鳳梨酥，大夥兒都很開心。

台中一中校長郭伯嘉說，駒場高校是國際奧林匹亞競試常勝軍，台灣國科會高瞻計畫實驗班，就是向該校取經，引進教學方法，這次來台 10 名學生都是理工頂尖學生。



日本駒場高等學校學生（右）到台中一中課程交流，美術班學生教他們在扇子上畫畫，體驗國畫之美。 記者喻文玟／攝影

（本校生徒が美術クラスに参加している際に取材を受け、その模様を写真に撮っていただいた。台中一中との科学研究交流を行う旨が述べられ、さらに本校生徒が台中一中を訪れた際の生徒のコメントが載っている。なお、『聯合報』は、朝日・読売に匹敵する全国紙であるとのこと。）

c. 海外からの生徒受け入れ

1. 仮説

日本国は歴史上、多民族の共生という必要性に迫られることがほとんどなく、その影響か閉鎖的な国民性を指摘されるきらいがある。こういった環境で生きる日本人生徒たちに視野を広く持たせ、彼らの内面に「グローバル社会の一員としての自覚」(global citizenship)を涵養するためには、生徒自身が海外で生活し学ぶ機会を作ることが一番である。とはいえ、全ての生徒にそのための金銭的・時間的余裕を保障することはなかなか難しい。改善の策としては、日常的な場面で海外からの生徒その他を学校へ招き、共同作業をしたり意見を交換したりする機会を作的过程中で、校内にいながらにして生徒の意識を高めていくことが効果的であると考えられる。

2. 方法および生徒の反応

上記の目的をかなえるには海外からの人材のどのような受け入れ方が可能であるか？

恒常的に実践をすすめていくためには、海外に姉妹校を作る・各機関を通じて留学生を積極的に受け入れる等の方策が考えられる。しかし、残念ながら本校は未だ海外に姉妹校協定を結んだ相手校を持たず、まだ海外からの留学生受け入れ実績にも乏しい。

このようなリソース不足の中で、今年度は以下のような交流の機会を持つことができた。

2.1 シンガポールからの修学旅行生受け入れ

10月半ばに東京観光財団より、SSH校としてシンガポールからの修学旅行生を受け入れることは可能かという打診があった。校内で慎重に検討した結果、単なる表面的な親善交流に終わらせるのではなく、本校らしさを前面に出し、本校生徒と共に授業を受けてもらうという形での受け入れを行うことになった。

(1) 相手校：Anglo-Chinese Junior College (ACJC) について

シンガポールの男女共学ミッションスクール。約2000名の生徒を有し、数学・科学の教育に力を入れつつもキリスト教の教義にもとづく全人教育を目指している。生徒の勉学への熱意はめざましく、高い進学実績を誇る。

(2) 交流の概要

2009年11月18日、本校訪問。生徒32名、引率教員3名、通訳ガイド1名。

①時程

8:45 本校到着

8:45 歓迎式：教員のみで対応

(本校副校長挨拶、訪日団長挨拶、本校学校案内DVD鑑賞)

9:30 本校自治会役員生徒を中心とする14名の生徒とACJC生徒の交流会

(ACJC学校紹介ビデオ鑑賞、ACJC生徒による合唱、小グループに分かれて学校生活等に関するディスカッション)



(小グループに分かれてのディスカッション)

10:30 4グループに分かれて本校3時間目授業参加(生物・地学・情報B、数学I)

11:30 4グループに分かれて本校4時間目授業参加(化学・生物・情報B・数学I)

<この間、引率教員と本校教員とが懇談>

12:30 本校出発

②授業内容

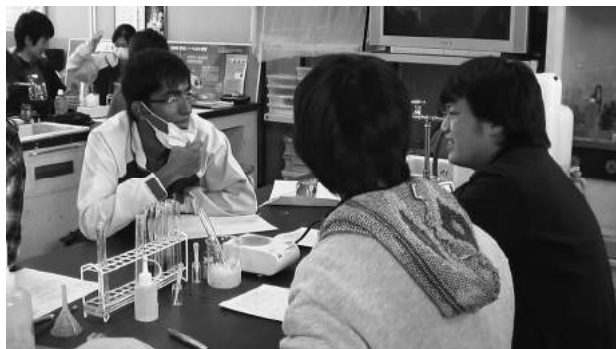
いずれも高1・高2の授業に参加。特に化学と生物では実験授業を行ったため、生徒同士和気あいあいと英語を共通言語としながら、協同作業を進めることができた。化学では「有機合成(染料と医薬品)」、生物では「分子生物学に使う実験器具の使い方」を取り扱った。

また、数学Iの授業では担当教員が英語の問題プリント(幾何分野「分割合同」)も用意し、授業の理解がスムーズに進むよう便宜を図った。

③本校生徒の感想

海外からの生徒と英語を共通言語として用いながら授業を受ける、という体験は生徒たちに強烈

なインパクトを与えたようであった。また男子校であるため普段は女子と机を並べる機会に恵まれず、そういう面でのカルチャーショックもあったようだ。



(高校2年生:化学の授業風景)

一緒に授業を受けた生徒たちの感想を一部紹介する。

- ・同年代の外国人と交流ができたのは非常に良かった。今後もこういう機会を作って欲しい。できれば、もっと多くの時間触れ合いたい。自分の英語力のなさが身をもってわかるいい機会になります。
- ・シンガポールの人達も日本人の僕たちとあまり変わらないのだなと思った。一緒に楽しく実験することができた。
- ・アジア系の人だったので、外国人といえども親しみやすかった。
- ・シンガポールの生徒たちは普段からよく勉強しているようでいい刺激になった。勉強への意欲や真剣さとかがすごいなと思った。
- ・共通の話題で盛り上がることでできて嬉しかった。
- ・ACJCの英語力が刺激になった。
- ・いまいち会話がちゃんとできなくて不完全燃焼した感じ。相手に結構気を遣わせてしまった感が否めない。
- ・英語・異性・時間が短い、と条件が厳しく会話は盛り上がらなかった。1時間だと実験をやって終わり、という感じで少し寂しい。なんか女の人だと話題に微妙に困った。

「うまく交流できなかった」という失敗体験も含め、今後への良い動機付けとなっていることがうかがえる。

2.2 その他の交流

(1) 日米高校生テレビ会議への出席

2009年11月20日、文部科学省とアメリカ大使

館による「国際教育週間特別企画：日米高校生テレビ会議／日米における理科教育への取り組み」に本校高校2年生21名が参加した。

日本側参加7校（沖縄・福岡・大阪・横浜・東京）のうち2校がプレゼンを行った。本校代表生徒は「濃厚電解質水溶液のpHについて」という発表をし、アメリカからの質問にも答えた。アメリカ側からも2つのプレゼンがあった。

参加した生徒たちはリアルタイムで世界を結ぶ交流のあり方に大変刺激を受けたようである。

(2) 「2009 日本語サミット・ニッポン発見塾」 「2009JRP 在日外交官日本語ブラッシュアップ研修」への協力

2009年9月12日、標記団体の塾生15名（アメリカ・メキシコ・エルサルバドル・モンゴル・中国・韓国・キルギス・ウズベキスタン・ブルガリア・ルーマニア・ポーランド・モロッコ）と外交官5名（キューバ・ロシア・インドネシア・スーダン）が本校を訪れ、中学・高校生とディスカッション交流会を持った。生徒たちにとって未知の世界について学ぶ良い機会となった。

なお、本プログラムは数年前より特定非営利活動法人ジャパン・リターン・プログラムの要請を受け、本校で毎年行っているものである。



(外交官・塾生と本校生徒の談笑)

3. 今後に向けて

今年度を振り返ると色々な交流の機会に恵まれたと言えるが、2.2(2)を除いてまだ単発プログラムの域を出ていない。今後は長期的ビジョンにもとづいた、息の長い交流計画のプランニングを目指さなくてはならない。

(文責：国際交流プロジェクト委員 平原麻子)

d. 筑波大学教員研修留学生受け入れ

1. 概要

本校は筑波大学附属学校として、附属学校教育局3拠点構想(「先導的教育拠点」「教師教育拠点」「国際教育拠点」)にそれぞれ対応したプロジェクト委員会を立ち上げ、これらの構想実現に向けて日々活動を行っている。このうち「国際交流プロジェクト委員会」では、国際教育拠点としての役割を推進していくために、海外の中高生および教員との交流や筑波大学大学院教育研究科教員研修留学生との交流に取り組んでいる。

国際交流プロジェクトの活動は、「トップリーダー形成の一助として国際感覚を涵養するためのプログラム開発・研究を行い、将来国際貢献できる人材の育成を図る」ことを目標としているが、同時に、SSH研究の5つの柱のうち、(i)「サイエンスコミュニケーション能力の育成」および(ii)「世界を視野に入れた生徒の自主的研究・交流活動の支援」を支える役割をも担っている。

本校では海外からの教育視察団受け入れの機会 は従来からしばしば持っていた。しかし、ともすれば単発的な交流に終わる傾向があるため、より恒常的・日常的な教育プログラムの定着を図って、2007年度より筑波大学大学院教育研究科所属の教員研修留学生との交流を始めた。

2007・2008年度と、留学生の本校行事活動参観・授業参観等、各種の試みを積み上げてきているが、次に2009年度の活動について述べる。

2. 2009年度筑波大学教員研修留学生との交流

2.1 教員研修留学生とは

日本政府は、日本の大学において学校教育に関する研究を行う外国人留学生(自国の大学または教員養成学校を卒業し、自国の初等・中等教育機関の現職教員として5年以上の経験がある者対象)を募集している。これが教員研修留学生である。毎年来日する留学生を筑波大学でも数名単位で受け入れており、留学生は10月に来日して半年間の日本語研修を受けた後1年間、各教授の指導のもと、教育に関わる研修を受けつつ研究を行う仕組みとなっている。

この研修生の研究やフィールドワークの場として本校を活用してもらいつつ、本校の生徒や教員

も留学生と交流をしながら国際感覚をさらに磨いていく、というのが本企画の主旨である。

2.2 2009年度の教員研修留学生

今年度、本校が交流を持った留学生は「筑波大学教育研究科第29期外国人教員研修留学生」10名の皆さんである。以下に各人の国籍、職種、大学での研究テーマをあげる。性別はAさんからEさんまでが女性、Fさん以降が男性である。

A: タイ、高校(英語)、教育経営

B: 韓国、高校(英語)、英語教育

C: 中国、人民出版社編集者、数学教育

D: フィリピン、小学校(読解)、学習障害

E: フィリピン、小学校(英語・理科)、教育工学

F: フィリピン、高校(保健体育)、特別支援教育

G: ミャンマー、中学(英語)、英語教育

H: ブラジル、中高(英語)、英語教育

I: ペルー、教諭、特別支援教育(知的障害)

J: ウガンダ、中高(生物)、教育経営

留学生の皆さんはつくば市在住であるため、東京の中心地に所在する本校へ来るためには、それなりの時間と交通費がかかる。この点がネックになって過去2年間、なかなか継続的に訪問をしていただくことが難しかった。今年度は経済的な面での負担を少しでも減らせるよう、学校教育局の教育長裁量経費より本校来校時の交通費を支払うことができるようにした。このような制度上の整備が交流の促進に少しは役立つものと期待している。

2.3 2009年度交流の記録

(1) 2009.05.23 高校3年生文化祭準備活動の見学

11月に行われる文化祭は本校行事の中でも最大のものである。特に本校の特徴は、高校3年生全員が前年度より1年間かけて準備を行う点である。5月中旬の校外学習期間中、他学年はいわゆる修学旅行に出かけているが、彼らはは学校に残って模擬文化祭を開催し本番に備える。

教員研修留学生の皆さんはこの模擬文化祭に参加し、コントの発表を観たり生徒の作るカレーライスやチョコバナナを試食して、高校3年生が行事にかける熱意に感心することしきりであった。また、生徒のほうは、何事にも興味深々の留学生諸氏からの様々な質問に臨機応変に答え、英語でのコミュニケーション力を鍛える良い実践の場となった。生徒と留学生が一緒になって歌い踊る場

面も見受けられた。

(2) 2009. 06. 19 本校音楽祭の参観

昨年度に引き続き、本校音楽祭の参観を行った。最後まで誰も席を立つこともなく、じっくり堪能していただいたようである。本校音楽祭は本格的な合唱に挑戦するクラスが多く、そのレベルの高さに感心した、という声が多々あった。また、この準備のために生徒たちがクラス一体となって取り組む中精神的に大きな成長を遂げていくことをよく理解し、中には本国に帰ったらぜひ同じような実践をしたい、という留学生の方々もいた。彼らは音楽祭を記録した DVD まで購入された。

学校行事が大きな柱となる日本独特の extra-curriculum が海外でも評価され実践されるのは、日本からの発信という点で喜ばしいことである。

(3) 2009. 11. 01 本校文化祭の参観

10 月に来日したばかりの第 30 期教員研修留学生 3 名を連れて、29 期生の 5 名が本校文化祭を見学した。留学生の間でも先輩から後輩へとバトンが繋がっていくことが実感でき、来年度に向けてありがたいことであった。

(4) 2009. 11 月 留学生アンケート協力

留学生 E さんから、自身の研究（「日本とフィリピンの基礎教育カリキュラムにおける ICT を中心としてマルチメディアの有用性および有効性に関する研究」）のために調査アンケートを行いたいという依頼があり、本校教員で協力した。

時間的・地理的制約のため、本校教員と留学生との本格的な協同研究を始めることはなかなか難しいが、このように個人研究レベルでの協力を積み重ねていくことが今後につながっていくであろう。

(5) 2010. 01. 21 Srinagarindra the Princess Mother School (タイ) 教員団の本校訪問

留学生 A さんの勤務校から校長先生を始めとし、各教科の教員総勢 29 名の本校訪問があった。この学校はタイの王立校で、科学・数学・コンピュータおよび英語教育に力をいれているようだ。本校のスーパーサイエンスハイスクールとしての取り組みに関心があるとのことだった。

当日は本校概要説明のあと、10 人ずつの小グループに別れて、高校の「数学 I」および中学の「理科 I（物理分野）」「理科 I I（地学分野）」の授業

を参観していただいた。参観後は学校経営や教科指導について本校教員との懇談会を持った。



生徒の様子を観察するタイ国教員団

(理科 I 物理分野)

事後、本校について以下のような感想が寄せられた。(抜粋)

- ・ Compare to Thailand, the content in Mathematic was more advanced. Moreover, besides using textbooks, the teacher also provided advanced exercises for students to practice which enabled their learning capacity.
- ・ It could be seen very clearly that the students were active learner. They were enthusiastic to learn and do the exercise provided by teacher. They looked skillful with using science equipments.
- ・ Though the facilities are not big but they are very well organized and very useful. The school also managed facilities with concerns on students' safety and prepared for any disaster.

立派とは言い難い施設の中で教員も生徒も楽しく学んでいる様子を、共感を持って理解していただけだったようだ。

3. 今後に向けて

来年度は、教員研修留学生との交流も 4 年目を迎える。教員・生徒ともにさらなる交流機会を持てるような取り組みを考えていきたい。

(文責:国際交流プロジェクト委員 平原麻子)

(iii) 科学者・技術者に必要な幅広い科学的リテラシーを育てるプログラムの実施

a. 数学科

1. 仮説

生徒の数学への興味・関心を高めるとともに、数学に対する理解を深め、数学を学ぶ意義を感じてもらうためには、中高の授業で学ぶ数学が将来どのように発展するのか、どのように活用されるのか等を知ることが有効である、という仮説のもと、各分野の最先端で活躍する外部の研究者に、1回90分で講演してもらう『数学特別講座』を実施している。したがって講義の内容は純粋な数学に限定せず、「統計」・「微分方程式」など数学を応用する分野も含めている。

2. 実施の概要

実施に当たっては、授業中に「お知らせ」を配布説明して希望者を募り、期末考査後の特別授業期間中などに講義していただいている。

本年度に実施した特別講座のテーマと日程・講師は以下の通りである。回数は7年前からの通算、テーマと内容は生徒への募集案内に記載したものである。

第28回数学特別講座

『コンビニのレシートデータ (POS) から見えるものー一経営戦略に直結する統計的データ分析ー』

日時：7月9日(木) 13:30～15:00

場所：本校7号館3階オープンスペース

講師：渡辺美智子東洋大学経済学部教授

参加者：高2から中1まで合計82名

内容：(参加募集の案内より)

私達がコンビニエンスストアでモノを買ってレジで支払いをする、この日常的な行動記録はコンピュータネットワークと連結した最新のレジシステムを通して、POS (Point of Sales: 販売時点管理) データとして本社に蓄積され分析されています。ちょっと想像してみましょう・・・全国の支店から誰かが何かを買う度にデータが増えていくのですから、膨大なデータが日々生まれていっているわけです。このようなデータの山を分析して経営に活かすビジネスルールを発見する、これを鉱山の中から一粒のダイヤモンドを探す(マイニング)に例えて、データマイニングと言っています。デ

ータマイニングの専門家はデータマイナーと呼ばれていて、その専門性を支えているのが統計的なデータ分析の知識と経験です。

今回の特別講座では、データを分析することがどういうことなのか、その背景にある統計数理の易しい紹介を通して、生活に身近な視点で経営やビジネスと統計学との接点をお話します。“死に筋商品が店を救う!?”; 直観では決して出てこない新たなパターンの発見がデータと統計分析から生まれてきています。レシートデータに限らずスポーツのデータなど、具体的な例で説明しますので、みなさんもぜひデータ分析の世界に挑戦してみてください。



第29回数学特別講座

『平面図形と複素数の関数』

日時：12月17日(木) 13:30～15:00

場所：本校50周年記念会館

講師：大島利雄東京大学大学院数理科学研究科教授

参加者：高2から中1まで合計37名

内容：(参加募集の案内より)

高校3年生でカージオイド(心臓形)という不思議な形の図形を学びます。皆さんはこの図形にお目にかかっているはずなので、常日頃から注意深く身の回りを観察している人は、気づいているかもしれません。この図形はいろいろな場面で登場し、放物線や物理現象とも関係しています。これらの曲線を高校の教科書とは異なった幾何学的視点で見えます。

複素数を与えると、その実部と虚部をそれぞれ x 座標と y 座標にもつ平面の点が決まります。実数が数直線上の点に対応するように、平面上の点を複素数に対応させることができます。このよう

に考えた平面を複素数平面といいます。多項式や有理式の変数には複素数が代入できるので、それによって平面図形の変換ができます。実は、放物線とカージオイドとは、複素数にその逆数を対応させる変換（反転といいます）で移り合います。この反転は円や直線を再び円や直線に移すという面白い性質を持っています。

複素数の関数では、多項式の次数を無限にしたような関数が最も重要で基本的です。そのような関数でいくつかの特異点を持っているものの性質が私の最近の研究テーマの一つで、その一端も紹介したいと思っています。



第30回数学特別講座

『だまし絵と立体錯視

—私たちはありのままをみているでしょうか—

日時：12月18日（金）13:30～15:00

場所：本校7号館3階オープンスペース

講師：杉原厚吉明治大学教授

参加者：高2から中1まで合計93名

内容：（参加募集の案内より）

だまし絵とは、紙の上に描くことはできるけれど実際には作れそうにない立体の絵のことです。オランダの版画家エッシャーや、日本の画家安野光雅などが、作品の素材として用いたことでも有名です。だまし絵は、ずるいトリックを使わない限り、立体としては作れないと長い間思われてきました。でも私は、絵を理解するコンピュータの研究に取り組んでいるときに、だまし絵の中に、実際に立体として作れるものがあることを偶然に発見しました。この立体を見た人には、目の前にあるものを見ているにもかかわらず、そんな立体はありえないと感じてしまう不思議な錯覚が生じ

ます。この特別講座では、だまし絵を立体化する方法を発見した経緯を紹介するとともに、目でものを見て理解する人の視覚の仕組みを、立体幾何学の立場から見ていきます。特に、写真や絵画を見るときのように奥行きの情報がない場面で、私たちはどのように奥行きを補っているのかを考えます。そしてそれを通じて、見るというのはどういうことなのか、実際に作れる立体の絵を、人はなぜ作れそうにないだまし絵だと感じてしまうのか、私たちは目でものを見るとき本当にありのままを見ているのかななどを、一緒に考えていきたいと思っています。



3. 検証

受講後のアンケートによると、どの講座も参加者の90%以上が講座内容は今後の自分の学習に役立つと答えており、数学についての興味関心が高まったと思われる。

（アンケートの記述より）

- ・ 統計が実際にどう使われているか分かって面白かった。（第28回『コンビニ〜』）
- ・ 数学が具体的な統計に用いられていることに親しみを感じた。（第28回『コンビニ〜』）
- ・ 意外にも身近にカージオイドが隠れていることが面白かった。（第29回『平面図形と〜』）
- ・ 極座標で学んだ関数が自然にもあるというのが面白い。テイラー展開みたいのが役立ちそう。（第29回『平面図形と〜』）
- ・ ずっとだまされている感覚であっという間だった。（第30回『だまし絵と〜』）
- ・ 不可能立体が実際に作れるということに感動。映像もすごかった。（第30回『だまし絵と〜』）

（文責：数学科 鈴木清夫）

b. 理科

b-1 物理分野

「おもしろ海洋学 北極&南極」

1. 仮説

授業の実験では、物理現象を概ね実験台の大きさに収まるモデルで扱うことがほとんどである。地球規模の現象を扱う学問領域の研究に触れることは、マクロな現象を扱う場合にも物理法則の一般性・普遍性が活かしていることを気付かせることに有効であると考え。

2. 方法

2.1 プログラム概要

タイトル：「おもしろ海洋学 北極&南極」

講師：吉田次郎先生

（東京海洋大学海洋科学部海洋環境学科教授）

島田浩二先生

（東京海洋大学海洋科学部海洋環境学科准教授）

日時：2009年12月16日（水）13:10～15:10

場所：本校オープンスペース

対象：中学2年生～高校2年生の希望者

参加者数：24名

（中1：1名、中2：11名、中3：1名、高1：10名、高2：1名）



講師の吉田先生（右）と島田先生（左）

2.2 プログラム内容

地球温暖化をキーワードとして、南極（吉田先生）、北極（島田先生）の順に、長期間にわたるデータ解析の結果と最前線の研究成果を紹介して頂いた。南極の氷、南極海で採取された生物サンプルの提示を導入とし、極地研究には諸外国の協力が欠かせないといった政治的・歴史的な事情についても触れ、科学的にも社会的にも文字通りグローバルな視点に立った有意義な講義であった。

2.3 生徒の反応・感想

以下は、事後アンケートに記入された生徒の感想（・1つが生徒1名、4名のみ掲載）である。

- ・南極の氷を食べて、太古の空気を体内に含むことができてよかった。新鮮だった。また、貿易風や偏西風についてもよく理解できた。
- ・北極海で氷が減っているのは、氷がとけているのではなく、氷ができにくくなっているのだということが興味深かった。普段テレビや新聞などで聞いていることは違うことが聞けたので、おもしろかった。
- ・地球全体を巡る海流による熱の動きというスケールの大きさが興味深かった。北極の氷が温度上昇のみによって現象するわけではないことも知らなかった。
- ・南極の温度が上がったり、北極の熱量が増えていたりするのは、地球全体の温暖化の象徴であることは興味深かったです。特に北極は大陸ではなく流水なので、少し解けただけでも大きな変化が起こってしまうことが分かりました。ただ、気候変動の例も数回しかないなので、もっと長い期間で考えていかなければならない問題だということを強く認識しました。（後略）



南極の氷に高い関心を示す

3. 検証

身近な感覚とのギャップに新鮮さを覚えたり、南極と北極の違いに驚いたという感想から、空間・時間の両軸を拡大・縮小しながら、扱われた現象を柔軟に捉えようとした姿勢が伺える。等身大の日常とマクロな現象を行き来するテーマとして、地球温暖化を取り上げた展開が功を奏したといえる。

（文責：理科（物理）真梶克彦）

b-2 化学分野

1. 仮説

今年度は、実験講座を2回、講演会を1回実施した。うち1回は、高2ゼミナール受講生対象の実験講座で、講演会は生徒（サイエンスコミッティ）主催による航空宇宙工学関連ものである。これらのプログラムで最先端の研究内容に触れ、特に実験講座では生徒自ら実験に参加することで、化学（工学）に対する興味・関心を高めることができるのではないかと。

2. 内容・方法

(1) 「超小型人工衛星が維新を興すー宇宙開発のうまい・はやい・やすい」

講師：中須賀 真一 先生

（東京大学大学院工学系研究科教授）

日時：2009年10月6日（火）15:30～17:50

場所：本校オープンスペース

対象：高校1～3年希望者

参加者数：21名

（高1：12名、高2：7名、高3：1名）



中須賀先生（奥）を紹介するコミッティ会長

実施内容：講演・質疑応答

本講演会は、サイエンスコミッティ主催で行われた。コミッティ会長（生徒）により講師略歴紹介が行われ、講演終了後の質疑応答でも司会進行を務めた。以下に、コミッティ会長がまとめた講演概要を紹介する。なお、講演会実施までの生徒の取り組みについては、p. をご参照頂きたい。

（導入）中須賀教授の自己紹介、高校時代・大学時代・研究者としての過ごし方について。

若いときほど勉学に集中できる時期はないから、積極的に学習・研究を行うべきという趣旨で、感銘を受けたという感想がいくつかあった。

（前半）簡単な物理学的解説を交えて、人工衛星の理論についての説明。宇宙工学・宇宙開発一般についての説明。

（後半）中須賀教授の専門とされている超小型人工衛星について、その意義についての説明と、教授の開発された衛星について、打ち上げに至るまでの苦労など実体験を交えての解説。この際、実際に教授の研究室開発の超小型人工衛星（X I - V）の実物が披露された。

次いで、超小型人工衛星の教育的視点における意義（非常に短期間・低コストでの開発が可能であるため、大学生が在学中にプロジェクト全体にわたって関わることが出来る、など。）の解説。

その後CAN-SAT関連プロジェクト（アメリカ・ブラックロック砂漠におけるコンテストなど）についての説明や記録ビデオでの解説がされる。また、この際CAN-SATの実物が披露され、特に生徒の関心を集めた。

（質問に答えて）将来的に実現されるであろう、超小型人工衛星の活用法についての紹介。

最後に、学生生活に対しての態度・あり方についての言葉を頂いた。

生徒の感想：

- ・身近な安い素材で宇宙に飛ばす衛星に仕上げるのがすごかった。スペースデブリなどこれからの課題もあり、面白いと思った。
- ・宇宙への関心が高まった。「プロジェクトを経験することが大切だ」という言葉が心に染みた。目的意識を持って研究が行われていると感じた。自分の研究にも目的意識をきちんと持とうと思った。
- ・大型衛星ではなく、未来は小型衛星が切り開くことが興味深かった。
- ・実際に自分たちで作成した衛星が、宇宙に打ち上げられるのはとても嬉しいことだと思う。とてもやりがいがあり、勉強になると思った。
- ・ふろしき衛星。とても興味深く、新鮮な情報だと思った。
- ・（生徒主催の講演会は）教師が一方的に主催してやるよりも、いいと思う。
- ・生徒向けで、とても分かり易く考えられていた。

アンケート結果より：

- ・理解度：理解できた・まあ理解できた 100%
- ・満足度：期待通り・ほぼ期待通り 100%
- ・学習効果：学習に役だった 100%

(2) 「核磁気共鳴 (NMR) による有機化合物の構造決定—理論と実験—」

講師：下井 守 先生

(東京大学大学院総合文化研究科教授)

村田 滋 先生

(東京大学大学院総合文化研究科教授)

日時：2009 年 12 月 19 日 (土) 13:30~16:30

場所：東京大学教養学部

対象：分析化学ゼミナール受講生

参加者数：17 名 (高校 2 年生)

実施内容：講義と施設見学、演習

- ・電磁波と波長、電子スピン・核スピン
- ・化学シフトとカップリング
- ・NMR の特徴、医療への応用 (MRI)
- ・NMR 測定 (施設見学、実習)
- ・芳香族化合物 C_9H_{12} の異性体の分析 (演習)

参加者が多かったため、講義を下井先生にいただき、そのまま演習をするグループと、NMR 測定室で村田先生に実際の測定方法などを教えていただきグループにわけて、NMR の測定終了後に演習と測定とを交替をするという方法をとった。

講義では、電子スピンや核スピン、核スピンに対する外部磁場の効果、NMR 活性核種などについての説明から、*t*-ブチルアルコールを例に用いて、 1H -NMR や ^{13}C -NMR における化学シフト、エチル基を例に用いて CH_3CH_2 基中の CH_2 に対する 1H のスピン-カップリングの解析方法など、かなり具体的な説明をしていただいた。NMR 測定室では、実際の測定手順や解析技術などについて説明をして頂いた。

生徒の感想：

- ・核磁気共鳴という方法ならば、そのエネルギーが小さいために、分子の構造を壊すことがないということ。
- ・分析技術の進展を知ることができ、よかった。
- ・NMR の実物が見れたのがよかった。
- ・核が複数のエネルギー状態に分裂するという話が興味深かった。
- ・楽しかったです。少し難しかったのですが、理解できました。

- ・大学レベルの機器分析を体験できたのは幸運。
- ・大学へ行ったら活用したい。
- ・スペクトルの読み方は一応分かったが、NMR の仕組みが難しかった。

- ・NMR を実際に見れたという貴重な体験ができた良かった。
- ・スペクトルから化合物を特定するのは、謎解きのようで面白かった。

アンケート結果より：

- ・理解度：理解できた・まあ理解できた 100%
- ・満足度：期待通り・ほぼ期待通り 100%
- ・学習効果：学習に役だった 94.1%

(3) 「酵素を利用した有用物質の生産技術—環境負荷の少ない物質生産プロセス—」

講師：市川 創作 先生

(筑波大学大学院生命環境科学研究科准教授)

向高 祐邦 先生

(筑波大学名誉教授・本校元校長)

日時：2010 年 3 月 18 日 (木) 13:10~

場所：本校化学実験室

対象：希望者

参加者募集人数：30 名

実施内容 (予定)：講義と実験

- 講義
- 1) 酵素の特性と産業で利用する意義
 - 2) 酵素を固定化して利用する意義
 - 3) 固定化の方法

- 実験
- 1) アルギン酸ゲルによる酵素インベクターゼの包括固定化
 - 2) 固定化酵素を充填したカラムによるショ糖の連続加水分解反応

3. 検証

(1)の講演会においては、文化祭直前の平日放課後、中学校の学校閉鎖 (新型インフルエンザ) という悪条件のため参加者は少なかったが、少人数ならではの、講師との距離の近い充実した質疑応答の時間が確保できた。そのため、生徒が受けた知的刺激も非常に大きかったことが、アンケート結果からも読み取れる。

(2)は、有機化学の学習が終了していたこともあり、講義や実習の内容をよく理解していたようである。また、大学での分析機器に触れることで、研究に対するモチベーションがあがったようでもある。

(文責：化学科 梶山正明・吉田哲也)

b-3 生物分野

「進化発生学が紐解く脊椎動物の進化の歴史」

1. 仮説

近年の生物科が企画する SSH プログラムでは、発展的な内容の講演会とは別に、実習も織り交ぜた中学～高校低学年向けのプログラムを実施している。科学分野に対する生徒の興味関心を喚起するのにより効果的であると考えているからである。

2. 方法

テーマは、ゲノム解読と分子系統解析を背景に最近特に進展が目覚ましい進化発生学(いわゆる”Evo-Devo”)分野に焦点を絞ることにした。進化発生学が中学生にも興味関心の高いテーマであることも理由の1つである。発生学については本校の生物科カリキュラム上高校2年生以上でないと学習しないが、その点を講師には配慮をお願いした。

2.1 プログラム内容

プログラムタイトル:

「進化発生学が紐解く脊椎動物の進化の歴史」

講師・指導: 和田 洋先生

(筑波大学生命環境科学研究科 教授)

日時: 2009年11月7日(土)

場所: 筑波大学第二学群 2B501

対象: 中学生、高校生の希望者 10名

参加者数: 10名(高校1年生のみ)

内容: 以下の通り

1. 講義: 進化発生学が紐解く脊椎動物の進化の歴史(実習の前後にスライドを用いた授業で)



2. 実習・観察: カタユウレイボヤ (*Ciona intestinalis*) の幼生形態観察と成体解剖、ナメクジウオ (*Branchiostoma belcheri*) の幼生と成体の観察、ホヤ胚とニワトリ胚での *Otx* 遺伝子の発現の

観察 (*in situ* ハイブリダイゼーション)



2.2 生徒の反応・感想

以下は事後アンケートに記入された生徒の感想である(・1つが生徒1名の感想である)。

- ・ホヤやナメクジウオは観るのも触るのも初めてだったので、大きな興味を持って講座に参加できた。マイクロピペットや実体顕微鏡など、普段の授業ではなかなか扱うことのできない実験器具を使えてよかった。ホヤの解剖はとても楽しかった。もう少しナメクジウオの生態や進化的なお話を聞きたかったが、実験にたくさんの時間を割いてくださったので楽しくできて良かった。
- ・動物が発生していく過程は進化の順に起こるということは前から知っていたが今回のセミナーで改めてそのことへの理解が深まりました。その他にも体の上下の変わり方、人間の進化の道筋などの話を聞いて生命の神秘を感じました。
- ・発生過程を見ると、成体になったときの姿が全く違う種同士でもよく似ているというのは興味深かった。発生についてよくわかっていない状態でセミナーを受けたので、難しく理解できない内容もあった。

3. 検証

解剖を行いながら課題に取り組む実習であったため、作業を通して考えを深められる充実したプログラムであった。生徒にとってハイテクな実験を扱うものよりも自分の手を動かし自分で考える体験こそ学習の動機付けに効果がある、との確信をさらに深めた。この考え方に従って、“スーパー”であることに拘らない、プログラム・バリエーションの充実を図りたい。

(文責: 生物科・仲里友一)

b-4 地学分野

「火山はすごい！ -日本列島の火山をさぐる-」

講師：鎌田浩毅先生（京都大学：人間・環境学
研究科教授・本校 22 期生）

実施日時：2009 年 12 月 15 日（火）

13 時～15 時

実施場所：本校 7 号館 3 階オープンスペース

対象生徒：中学 1 年生～高校 1 年生の希望者

高校 2 年生の地学選択者

参加生徒 56 名



本校では、地学の授業が高 1 の理科総合 B（必修）、高 2・高 3 の地学 I（選択）で展開されている。地学 I は主に文系選択者が受講しており、高 2 では教養的な内容、高 3 ではやや受験的な内容を取り扱っている。しかし、地学という学問が持つ本来の面白さをもっと生徒に知ってもらおうと、本年は 5 年ぶりに SSH 地学の講演会を企画した。

講師の鎌田先生は、本校の OB22 期生にあたり、京都大学で教鞭をとられるほか、「科学の伝道師」と言われるほど、地球に関するいろいろな科学的現象をテレビや本で楽しく解説され、また、専門家として、いかに一般の人々に科学を伝えていく「アウトリーチ」をライフワークの一つとして熱心に活動されている。

まず、先生の学生時代の話から始まり、大学から地質調査所に入って阿蘇山の調査を担当することになった。そこで上司の小野さんの指導で地質学の世界が開けた。阿蘇山は 9 万年前の大噴火によって火口付近が大規模に陥没したカルデラ火山である。そのとき発生した火砕流により平らな地形、火砕流台地が形成された。火砕流は時速 100km を超える速さで、800～850℃の高温のまま流れ下り、九州北半分を覆うほどであった。マグマ中の水の体積は 5% くらいで、地下 10～15km では見えない形で溶け込んでいるが、地表近くまで上がってくると、1000℃のマグマから 1000 倍以上に体積が膨らみ、その圧力で爆発・噴火する。噴出した軽石は厚さが 200m に達し、重さによる圧力で軽石中の気泡が小さくなり、下の方では泡がつぶれてレンズ状になる。空気が抜けると直径を保ったまま縮まるので、1つ1つのレンズはもとの大きさを保っている。このようにして、レンズの復元が可能であることを現地で 1つ

1つきちんと段階を追ってわかりやすい言葉で教えてもらい、サイエンスとは何かを実感した。実物を見て納得する、論理が通っている。そこでわかったことは、やりたいことはある時に見つかる。その時から本当の勉強が始まる。このように、今回は先生のご専門の火山についてわかりやすく話していただくとともに、勉強方法や人生論など多岐にわたった。さらに、世界各地の火山噴火の映像を見せながら、それぞれの火山のでき方や噴火のメカニズムなどを紹介され、自然災害と火山の恵みなど、話題の豊富な内容であった。

生徒のアンケート結果を以下にあげる。

- ・ 理解度:理解できた・まあ理解できた 100%
- ・ 満足度:期待通り・ほぼ期待通り 95%
- ・ 学習効果:学習に役立った 97%

受講した生徒からの感想をいくつかあげる。

- ・ Q&A という斬新なコーナーのある面白い講演だった。思ったより総合的な内容だった。
- ・ 地学の話だけでなく、受験や人生にも役立ちそうな話が聞けて驚いたがすごくためになった。勉強だけでなく、遊びも読書もしようと思った。
- ・ 火砕流で生き残る方法について知りたかった。

担当者より簡単なコメントをすると、今回は火山の話の切り口にして、自分の様々な経験から得られた勉強や人生について在校生に語りたかったように思われた。でも、それはおそらく自分と同じような道をたどる後輩たちに、何かメッセージを伝えたいという熱い思いが感じられた。生徒も言っているが、必ずしも専門の話だけでなく、そこから派生した話を聞けるのも良いのではないかと思う。（文責：理科・地学科・高橋宏和）

c. 国語科

1. 仮説

本校国語科では、平成19年度のSSH継続指定にともない、5年間の実施目標を次のように設定した。

- ①中学生の段階において、生徒の論理的思考力を養成すること。
- ②高校生の段階において、科学史や科学哲学についての生徒の関心を高めること。

①は、平成14年度SSH指定での研究開発後、国語科で合意がなされた、論理的思考力を養成するためには中学生段階での学習が重要であるという見解に基づき設定された目標である。②は、「科学」とはいかなる人間的営為であるのかという問題の考察を生徒に促すために設定された目標である。

以上の目標設定から、1年目には中学生、2年目には高校生の授業実践が重点的に行われた。これ中高双方の実践が出揃ったことになる。目下の課題は、中学生段階での論理的思考力の養成と高校生段階での科学への関心喚起をいかに結びつけるかということにある。これまで、中学生段階では文章の読解や作文を通じて論理的な文章の展開方法や思考方法を学習するための授業が行われ、高校生段階では「科学」に関する議論を整理し、自分の見解を述べる授業が構想された(注)。今年度も同様の実践を蓄積しつつ、それらが想定する中高一貫の学習者モデルを抽出することで、課題解決への道筋を提示したい。

注) 詳細は本校SSH2年次『研究開発実施報告書』(2009・3)における国語科の項を参照のこと。

2. 方法

今年度、中高国語科で行われた授業を報告し、それらが想定する中高一貫の学習者モデルを抽出し、提示する。

2.1 中学生を対象とした授業

中学生を対象とした授業では、主張とそれを支える根拠との関係や、意見と事実との違い、接続詞の働きによる論理展開などをおさえながら読解を行ったり、それを基礎にして自らの立論をして作文を書いたりといった実践を行い、論理的な思

考力の養成を目指している。また、グループでの活動を中心として、協働能力やコミュニケーション能力の養成を目指していることも特徴である。それらが将来のサイエンスコミュニケーション能力へ引き継がれていくことを視野に入れている。

(1) 中学2年生(澤田担当)

年間を通じて、ワークショップ形式での作文授業を行っている。グループごとに作文を相互検討するワークグループに力を入れ、コミュニケーション能力や協働能力の養成を目指した。また、論理的思考力の養成の一環として、付箋を用いた文章の組み立て、接続詞の働きと文章の構造、引用の作法などの文章技術を学習している。

(2) 中学3年生(関口担当)

内山節「武蔵野の風景」を教材として、生徒各自が筆者の考え方をふまえたうえで批判的に検討を行う。それを持ち寄り、グループで意見の一本化をはかりながら発表用原稿を作成する。最後に発表と質疑を行い、その発表の相互評価、自己評価をまとめる。書く力を中心に、論理的な読解力と発表などにおける伝達力を総合的に育てる試みであった。

(3) 中学3年生(東城担当)

田中宏幸氏の実践をもとに、グループでの合意形成の過程で協働能力と論理的思考力を高めることを目指した。10項目の「権利」について、グループで討議し合意形成をはかりながら大切な順に並べる。その過程で自らが大切だと思う権利とその根拠を明確にしていき、意見文を作成する。最後に意見文をお互いに読み合いながら、より説得力のある文章の書き方を全体で検討する。意見文作成の指導にあたっては、野矢茂樹『論理トレーニング』をもとに、特に接続詞の働き方に注目させ、論理展開を明確にさせた。

2.2 高校生を対象とした授業

高校生を対象とした授業では、論理的な読解のトレーニングを中学生段階から引き続いて行った(高1)。上位学年では、科学的な思考を行うべきところで修辞学がのさばる、あるいはその逆の状況があるとき、それぞれ批判的に見て適切なあり

方を考えさせる（高2）、あるいは、「自由意思」の問題について、科学的な思考と哲学的な思考がせめぎ合う場にあつて、自分がどういう立場をとるのかを考えさせる（高3）という実践も行った。科学的内容そのものを教員が一方的に教えるのではなく、「科学的な思考とは何か」「科学とは何か」というメタレベルの問いかけを行うことで、生徒に自らが考える力を養成した。

（1）高校1年生（関口担当）

年間を通じて複数の評論を取り上げ、筆者の主張と根拠との関係を検討させ、論理的に把握させることを心がけた。中学校からの連絡進学者に対しては、中学時代に学習した論理的思考方法を確実に定着させるとともに、高校からの入学者に対しても基礎的な論理的思考力を養成するトレーニングとなっている。

（2）高校2年生（東城担当）

S・ソントグ「隠喩としての病い」（富山太佳夫訳）を教材として、病を医療の対象としてのみ扱うことができず、「悪」の隠喩に転義して捉えてしまう人間の思考癖の弊害について学ばせた。そのうえで、海外渡航した高校生の新型インフルエンザ感染に関する風評被害や、メキシコでの新型インフルエンザ発生とアメリカ国内でのメキシコ移民排斥のむすびつきなどの新聞記事を紹介し、現実にある「病い」と「隠喩」との結びつきについて、論理性や合理性の面から批判的に捉えてみる意見文を作成させた。

一方で、瀬戸賢一「メタファー思考」を補助教材として「隠喩」が人間の思考について必要欠くべからざるものであることを提示し、ソントグの評論とあわせて、日常での「隠喩」のより正しい使用の仕方について考えを深めさせた。

（3）高校3年生（澤田担当）

B・リベット「マインド・タイム」ほかを教材として、評論の読解を行った。近年注目されている脳神経倫理学に関する議論を追うことで、「自由意思」に関する科学と哲学のせめぎ合いを生徒各自が主体的に考える機会を設けた。

2.3 総合講座（講演会）

言語に関する科学的な側面やアプローチの仕方に照明をあて、19年度指定SSHの初年度から連続講演会を行ってきた。本年度は、2009年7月13日、認知言語学研究や日英語対照研究で知られる西村義樹氏（東京大学教授）を招き、「文法に意味はあるのか」の題目で講演をしていただいた。

日常の言語活動において、「換喩」「隠喩」などの概念は大変重要であるが、これらの概念は従来文章技巧の面でのみ注目されてきた。しかし、自然科学的側面から見ても、人間にとって必須の能力であることが認知科学などによって明らかになりつつある。このような見地から、「文法」と「意味」との関わりを再検討するよい機会を与えていただいた。

高校生向けの講座にもかかわらず中学生の参加者がほとんどとなってしまったが、アンケート結果では、42名の参加者の9割程度が期待通りの内容であったと答えている。日常の言語を見直すよいきっかけとなったようである。

3. 検証

すでに述べたところをまとめる。中学生段階では、読解や作文を通して論理的な思考力を高めさせた。高校生段階では、教員による「科学とは何か」「科学的思考とは何か」というメタレベルでの問いかけに、生徒が自らの力で答える実践が行われた。

ここで教員によって想定されている学習者モデルとは、高校生段階で取り上げた科学と哲学（文学）の思考が錯綜する問題群について、中学段階で身につけた論理的思考力を使用して解決する生徒であった。これが中高での実践を結びつける要であると考えられる。

今後は、上で想定したような学習が実際に生徒のなかで起きているのかどうかを検証してみたい。さらには、その学習の有効性までを証明することで、中高一貫のカリキュラムの枠組みを提示できることと思う。

（文責：国語科・東城）

d. 地歴・公民科

「科学者の社会的責任を考える」

1. 仮説

一昨年度より実施している「科学者の社会的責任を考える」授業づくりの一環として、広島実習を行った。今年度は高校2年生で実施しているゼミナール「地域に学ぶフィールドワーク」も兼ねて、8月の6日～9日の3泊4日で実施した。

実習の前半は原子爆弾についての学習を中心にを行い、後半はゼミナールのフィールドワークを行った。ここでは、前半の原爆関連の学習について報告する。

本校の社会科教育においては、原子爆弾を含めた戦争の実態に迫る授業を展開している。そのため、生徒たちの戦争に対する理解も一定の水準に達しているとみなしている。ここでは学校における学習を踏まえて、現地で自分の目で見て肌で感じるにより、それぞれの原爆・戦争観がより確固たるものになると考えた。

2. 方法

事前学習を行ったうえで、以下の日程で広島実習を行った。高校2年生の生徒が6名参加し、2名の教員が引率した。

日程：2009年8月6日（木）～8月9日（日）

行き先：広島県広島市

内容：

6日午後	広島平和記念公園 平和記念資料館見学
夜	灯籠流し見学
7日午前	放射線影響研究所見学
午後	広島女学院高校にて意見交換会
8日	班別フィールドワーク
9日午前	江波山気象館見学

2.1 原爆資料館・平和祈念公園

8月6日の正午に広島につき、昼食後に原爆資料館・平和祈念公園へ足を運んだ。参加者のほとんどは初めての広島であったので、式典の痕跡が残る平和祈念公園・原爆資料館を訪問した。

原子爆弾の実態を知識として観念的に知っていた参加生徒たちであったが、写真や映像、遺留品などの圧倒的な現実を目の前にして、少なからず心を揺さぶられたようであった。明日からのプログラムを前に、よい学習の動機づけとなった。



原爆ドームにて

また、帰り道においては、偶然核をめぐる立場の異なる集団が小競り合いをする場面に出くわした。生徒たちにとっては、この問題を真剣に考えているという人々がたくさんいるという事実とともに、衝撃的な出来事として心に刻まれたようである。

2.2 放射線影響研究所

放射線影響研究所は、1977年にアメリカによって設立された、原子爆弾の被爆者に対して医学的・生物学的な影響を調査するための機関である。設立当時はA B C Cと呼ばれる原爆傷害調査委員会という名称であったが、1975年に現在の組織となった。具体的には被爆者に対する綿密な聞き取り調査により、被ばくした放射線の量を推定し、現在の健康状態との因果関係を調べている。また、A B C C時代の一方向的な調査が批判や反発を呼んだ教訓を生かし、被爆者の健康に関する相談を受けたり、医療機関の紹介を行ったりして、被爆者が気軽に調査に応じられるようにしている。



放射線影響研究所での施設見学
見学当日は、前半に原子爆弾や放射線の人体に

与える影響についての、画像を用いたわかりやすい講義を受け、後半に施設内の案内をしていただいた。通常では気軽に訪問することがかなわない施設であり、「科学者の社会的責任」というテーマを考える上でもふさわしい学習活動とであった。



放射線影響研究所前にて

2.3 広島女学院高校における意見交換会

広島女学院高校において、広島県内とハワイの高校生と、本校の生徒を加えて意見交換会が行われた。参加校は広島女学院高校、盈進高校、修道高校、Punahou School と本校である。まず、各行がそれぞれの学校の平和教育、あるいは家族の戦争体験などについてプレゼンテーションを行った。その後、いくつかのグループに分けて話し合い、その内容を代表者が発表した。



ハワイ Punahou School の生徒と

他の参加校においては、それぞれ平和教育が盛んなようで、これらの学校における生徒たちの関心も高かった。本校の生徒たちにとっては、昨日に平和祈念資料館で学んだ現実を踏まえ、それに対する取り組みを考える良い契機となったようである。中でもハワイの生徒の戦争や平和に対する

考え方、そのプレゼンテーション能力に大きな刺激を受けた。

2.4 江波山气象台

この気象館は広島市南部の江波山にあり、事前に指定した課題図書「空白の天気図」の舞台となった場所である。この本は原爆が投下された当時の、江波山にあった気象台に勤めていた人々への聞き取り調査をもとに書かれたものである。観測員たちの目線を通して、当時の広島の様子を臨場感を持って理解することができる良書である。

この本の記述にある通り、原爆の爆風によって割られた窓ガラスの破片が壁に刺さっており、生徒たちは原爆の威力の凄まじさを実感したようである。現在は気象や観測に関する資料館として、一般に開放された施設になっている。



江波山気象館前にて

3. 検証

ここでは、参加した生徒のレポートから、仮説で述べた効果を検証する。

「広島女学院で行ったディベートでは、広島の高校生がとても積極的に核廃絶や世界平和について活動しているのを見て、とても感心した。本校を含めて東京ではあまり高校生による署名活動などは見たことがなかったので、単純にすごいと思った。実際核などの問題は様々な意見を持った人たちがいるので解決は非常に難しいと思うが、ハワイからの学生の話の聞いたりしていると、世代が変わっていくことで解決に向かうのではないかなと思った。

今回の旅行の中で地理・国際問題などいろいろな角度から広島に触れることができた。また、ゼミで他の地域について調べる機会があると思うので、楽しみにしている。」

「僕の中でのこの旅行の一番の成果は、自分の原爆観が少しでも現実味をもったことである。資料館でみた被爆者の写真には特に衝撃を受けた。目を背けたくなるものばかりだった。もし自分の身に起こったらと考えると恐怖を感じた。核兵器は二度と使われてはならないものであると思う。しかし、どうしたら核を廃絶できるのか、ということになると、これは交流会でも大いに話し合ったテーマであるが、全くよい考えは出てこない。世界のほとんどの国が核の廃絶に賛成しているのに、ほとんど進展はないのだから、それが当然なのかもしれない。デモや署名運動などの市民活動によって保有国の世論が変わって、政治家がそれに合わせて核兵器を放棄する、ということはちょっと考えられない。

僕は話題のオバマ大統領をはじめ世界の核保有国の指導者、政治家たちに広島に行ってほしいと思っている。核兵器が生の人間にどんな影響を及ぼすのか知ってほしい。そのためには「原爆はアメリカの加害で日本の被害である」という側面を消し去ることが必要ではないだろうか（もちろん完全に消し去ってはリアリティーが失われるし、歴史として残す必要はある。あくまでも核兵器それ自体について考えるときのみ）。たとえば、アメリカの教育では原爆の使用が完全に正当化され、それによって核兵器についてしっかりと学ぶ機会が失われている。かなり良くないことである。原爆を使用したかどうかで戦争の死者数がどう違ったかなんて今となってはどうしてもよいことだ。世界中の人が政治や国の立場に関係なく、ただ事実として核兵器によって人が、あるいは街がどうなってしまうのか知る必要があると僕は思う。」

「原爆資料館で各自解散となり、展示物を見て回るがあまりの人の多さに思うように資料が見られず少し残念だった。また、遺品のコーナーで一部外国人が笑いながら騒いでいたのが目に付き、とても腹が立った。周りに迷惑のかかるような行為をする人はすぐに出て行って欲しいと思う。他の人の邪魔である上、喧嘩にもなりかねない。さて、遺品のコーナーは上記の人を除けばまだ空いていて、展示物をよく見る事ができた。中には焦げた血のついた服や、中が炭化した弁当などがありとても心に響いた。原爆資料館を出ると、ニュースなどで取り上げられていた「原爆ピアノ」

の演奏会が開かれていた。だがこちらも人が多く、長時間見ることができなかった。しかしとてもやさしい音色が資料館周辺に響き渡っていた。

ここからホテルに戻る途中、原爆ドーム前を通ったところで、ニュースでもたびたび取り上げられ、話題であった「元航空幕僚長の田母神氏の『ヒロシマの平和を疑う』講演会」に対する反対デモが行われていた。それを横目に見ていたところそのデモ隊に黒塗りの右翼のバスが近づき、車外マイクで大音響で何かを怒鳴り始めた。この騒ぎが始まるや否や機動隊と思しき人が大量に走ってきて両者を取り囲み、暴動が起きないように押さえ込んだものの、両者は怒鳴りあい、いくつも物が飛んでいた。この事件は後に雑誌等で取り上げられるのだが、目の前で見てしまった私たちは啞然として路面電車に乗車した。デモ隊でさえあまり都心では見かけないうえ、衝突なんてまず見たことが無かったのでこの出来事は心に深く刻まれた。」

いずれの生徒も今回の実習における様々な体験を通じて、地震の原爆・戦争観を深いものになっていることが分かる。今回の実習にご協力くださった各方面に感謝をしたい。



（文責：地歴科・宮崎大輔）

e. 保健体育科

1. 仮説

科学者・技術者に必要な幅広い科学的リテラシーを育てるために筑波大学からスポーツバイオメカニクスが専門の藤井範久准教授に来ていただき講演を実施した。体育・スポーツ科学の分野では最先端の科学技術を駆使して実践研究が行われている。この方面への生徒の関心は高くしかも筑波大学においては体育・スポーツ科学において最高峰の設備が整っている。中学 3 年生及び高校 2 年生において実施している筑波大学訪問とあわせて大学との連携を深めながら研究を進めていくことは生徒にとっても大きなメリットがある。

また例年通り保健及び体育の授業において「からだをはかる」を継続して行っている。

2. 方法

2.1 からだを測る（健康教育・体育授業）

- (1) 全学年を対象として形態測定を全校一斉に 4 月 23 日に行った。測定内容は身長・体重・座高・胸囲の 4 項目で BMI 指数、理想体重、全国平均、東京都平均、T スコアを算出し、前回、前々回との比較等を行っている。
- (2) 全学年を対象とした体力測定を本年 4・5 月に実施した。国平均、東京都平均、T スコアを算出し、前回、前々回との比較等をコンピュータ診断により行っている。
- (3) 中学 2 年生から高校 2 年生を対象として超音波による筋厚・脂肪厚の測定を本年 9・10 月実施した。経年変化を明らかにした。今年度はインフルエンザによる学級閉鎖のため中学 1 年生の測定は見送った。
- (4) 中学 1 年生から高校 2 年生を対象として姿勢の撮影を行う。各学年のポイントは下記の通りである。
 - ① 中学 1・2 年生では姿勢の撮影と簡単な分析、保護者からの感想を聞く。
 - ② 中学 3 年生高校 1 年生では自分の姿勢について意識が強く持つことができるようなヒントを与える。今後どのように自分を変化させていきたいのか考えさせる。
 - ③ 高校 2 年生では 5 年間の姿勢授業のまとめを行う。中学 1 年生からの変化・成長を振り返る。自ら探求し、健康観・体力観の向上に結びつける。そして自分の得た知識や経験を他者に情報発信する機会を与える。本年度は試みとして歩行姿勢と走行フォームの撮影を正面及び側面から撮影し分析させた。
- (5) 中学 1 年生から高校 2 年生を対象として長距離走とロードレースにおいて総消費量 QC シートによるライフスタイル調査・総歩数・走行距離・運動時間・基礎代謝量・心拍数の測定を行った。
 - 2 学期の文化祭終了後に健康的な生活習慣を実践することを促し、冬季休業中に自主的な運動生活を実践できるように、期末試験終了後の特別授業期間に長距離走の授業を 1 時間実施し、3 学期に 7 から 9 時間の長距離走の授業を中学 1 年から高校 2 年生までの 5 学年で実施した。

2.2 姿勢プロジェクト

上記 (4) について高校 2 年生がサイエンスコミュニケーション能力の向上を図るために発表授業を実施した、姿勢授業は以下の通りである。

高校 2 年生(授業が月 1・2 組水 3・4 組全 4 時間)

- ① 6 月 23 日(火) & 26 日(金)
姿勢写真撮影
- ② 10 月 20 日(火) & 23 日(金)
超音波筋厚撮影
- ③ 10 月 27 日(火) & 30 日(金)
現像された自分の写真を台紙貼り付ける。
自分の写真から考察する。
- ④ 11 月 24 日(火) & 27 日(金)
歩行姿勢・走行フォーム撮影
- ⑤ 1 月 12 日(火) & 15 日(金)
歩行姿勢・走行フォームについて講義・観察

長距離走授業終了後に

- ⑥ 2 月 19 日(金) & 2 月 23 日(火)
8 班に分かれグループ学習。
各クラス 8 班中 4 班がクラス内プレゼンテーション。各班、持ち時間 10 分。
- ⑦ 2 月 26 日(金) & 3 月 2 日(火)
各クラス 8 班中残り 4 班がクラス内プレゼンテーション。

*発表・資料作成・審査を分担した。

2.3 2009 スーパーサイエンスハイスクール講演会

保健体育特別講座「スポーツのバイオメカニクス的研究」の実施

講師 藤井 範久先生(筑波大学人間総合科学研究科准教授)

日時 2009年12月15日(火) 13:10~15:00

場所 50周年記念会館

対象 中学1年生~高校生

スポーツ選手の動きを超高速度カメラや三次元自動動作計測装置など最新鋭の機器を用い科学技術を駆使して客観的に分析してパフォーマンスの向上に役立てようとしている研究分野について、紹介していただいた。世界の一流選手のフォームを分析してみると選手の個性はあるが、膝を伸ばしきっていない選手の方が速く走っていることが多い。このように、スポーツの世界ではこれまで正しいと思われてきたことが、スポーツバイオメカニクスによって否定されることもある。講演では、スプリント走、野球の投球動作、打撃動作などを例に挙げながらスポーツバイオメカニクスで明らかになってきたスポーツ選手における動きの特徴を紹介し、さらに、コンピュータシミュレーションを利用した動作の最適化によってパフォーマンスが向上した例などを紹介していただいた。

- ・ スポーツバイオメカニクスとは？その目的
- ・ 動作の記録・計測
- ・ 一流選手の動作を平均化する標準動作モデル
- ・ スプリント走におけるエネルギーの使い方
- ・ ピッチング動作のメカニズム 速いボールを投げるには
- ・ バレーボールのスパイク動作
- ・ 野球のバッティング動作
- ・ 自動動作分析装置を用いたスポーツ選手の動作分析
- ・ コンピュータシミュレーション

3. 検証

3.1 2.1 姿勢プロジェクトについて

高校2年生にとっては、人に教えることが姿勢学習をさらに深く追求できたことは言うまでもない。ある生徒の感想ではプレゼンテーションについて、この学校でも何回も経験があるが、聞き手

を惹きつけ、体験もさせ、間の置き方、効果的な進行など難しい点があることを自覚できたとある。

自分の考えを効果的に明確に伝えるために工夫することは、とても大切なことと思われる。①表現に関すること、②科学的知識技能に関すること、③コミュニケーターとしての活動に関することについて整理し指導を重ねることで更に改善されよう。

3.2 2.3 保健体育特別講座について

今回は保体科主催としては二度目の講演であり、生徒に多数参加してもらおうと企画した。期待通り、サッカー部・野球部・バスケットボール部・陸上部など運動部員でスポーツ好きで実践している多数の生徒が参加した。

講演のテーマ「スポーツのバイオメカニクス的研究」について中学生・高校生にかかわらず期待をし、関心を持って聞き入ったようだ。生徒の事後アンケートによると、「実験することでそのままでは見えない一流選手と普通のレベルの人の差異が分かり着眼点が分かった」「投球フォームをビデオでチェックするときの参考にした。一流選手の特徴が分かってもそれに近づくためにどのような練習をすればいいのかが分からないと自分の練習に生かしていくのは難しいと思う」「コンピュータを使って動きを三次元的にみるのがすごかった」「走りの動作や投球動作が詳しく分析されていてわかりやすかった。今後の自分の練習に役立てようと思う」「色々なスポーツのフォームをコンピュータでリアルに表せることに感心した」「コンピュータを使ってフォームなどのチェックができ、すぐに立体化できる技術が興味深く、すごいなと感じた。自分はそのような高度な機器を使う機会はないかもしれないが自分のフォームを撮影してポイントに気をつけながら自分のフォームを改善していきたい」など生徒のこれまでの体験にはないような内容を含んでいたが、日常的にはビデオや、デジタルカメラとうで自分の映像を見る機会は多くこれからの練習に役立てることができ、できそうだと述べている。

(文責：保健体育科・入江 友生)

f. 英語科

1. 英語科のSSHにおける目標と仮説

英語科では、SSH全体目標の中で、
(i)「サイエンス・コミュニケーション能力を育成する少人数学習の研究と実践」に特に重点を置き、2007年度からの5年計画において、「科学的内容の教材開発とカリキュラム研究」と「生徒各人が口頭発表する能力の養成と科学的リテラシーの育成」という二つの目標を立てた。

また、(iii)「科学者・技術者に必要な幅広い科学的リテラシーを育てるプログラムの実施」の一貫として、講演会やワークショップを毎年実施しているが、今年度は東京大学の酒井邦嘉先生による講演会「脳から言語へ～科学はここが面白い～」を開催し、ヒトの脳の中にある、言語を介在した認知のシステムとはどのようなものか、というテーマで講演をしていただいた。内容は深いものであるにもかかわらず、受講者の中には中学生も含まれていたため、わかりやすく話をしていただき、本校生徒が「言語に関連した科学的な視点」を養う良い機会となった。

仮説「サイエンス・コミュニケーション能力は、一般的なプレゼンテーション能力を基礎とした上に身につく」の下、英語科の共通理解として、各学年とも発表の訓練を出来る限り行うことを前提としている。

昨年度に引き続き、科学的教材や論文などを用いた、生徒のプレゼンテーション能力育成を目指し、以下にその実践報告を行う。

2. 方法1「中学校での実践」

中学において0から始めるという、教科としての英語の性質上、中学では必ずしもサイエンス関連教材ということにはこだわらず、スピーチなどによる基本的プレゼンテーション能力の育成を目指した実践が多い。

2.1 中学1年生の実践例

中学1年のスピーチではまだ知っている文法事項が少ないために、発表において大事なポイントである「大きな声で、聞いている人の目を見て、はっきりと話す」を徹底することに集中した。さらに、「話す」ことにおいては相手に「伝わっているか」が大事であることを指導した。発表者は聞き手に伝えることに大変工夫をこらし、visual aidとしてポスターも数枚用意した。

【2学期末スピーチ例】

My Lucky Bill, 5,000 yen.

Good morning everybody!

My lucky item is (…) old five thousand yen bill. He is Mr. Nitobe. He is intelligent. If I use this bill for Mac Porks, I get (…) fifty Mac Porks! But I don't want to use this bill now. Because (…) this bill was printed, but not now, and its value will be up in future, I think. If I use this bill for Mac Porks, then I will get (…) 100 Mac Porks!! Wow, I will get double! How lucky I am! Thank you.

*(…)はpause 箇所

2.2 中学2年生の実践例

TTの授業では全員がクラスの前で英語を話す機会をほぼ毎回与えている。会話練習(pair work)は、指定のスキットの一部に自分の好きな語句を入れて行う。

毎学期終わりにはテーマを決めて原稿を書かせた上で、スピーチを行うが、聞く側の生徒には簡単な評価表に記入させ、聞き取りやすさ、内容の分かりやすさについても評価ポイントとしている。

いずれの場合も、正確な発音や文法より、大きな声とわかりやすいスピードでクラス全体に伝わっているかどうかを重視して指導している。難しい語や文法・語法の誤りについては、クラス全体と共有できるように各発表後に板書やAETの説明を加える場合もある。

教科書の授業においては、科学的な内容であるLesson 7「Heat Islands」に関連して、インターネットのEncyclopedia of Earthというページから補助プリントを作り、辞書を使いつつ大意を理解する練習を行った。

2.3 中学3年生の実践例

シラバスでの中3のスピーキング指導目標は「より内容のある事柄(体験談・興味あること)を英語で伝えること」となっている。これに従って、今年度は以下の5つを行なった(2学期終了現在)。

1. Self-introduction
2. Show & Tell
3. Interview with someone famous [pair work]
4. “My Hero” Speech
5. Telephone Conversation Skit [pair work]

スピーチに関しては、1学期はアイコンタクトや発音の明瞭さを意識させるのみとし、2学期になってからスピーチ原稿の作り方を学んだ。教科書でキング牧

師を知ったあとに書かせた“**My Hero**” Speech は、大教室の壇上でマイクをもって行なったこともあり、1 学期よりもパフォーマンスがうまくなったと感じた。

また各学期の最後に ALT との会話テストを実施した。

2.4 中学3年生テーマ学習での実践例

今年度は、昨年度に引き続き、「アメリカの小・中学生の語彙に挑戦」というテーマでアメリカ人の先生が行った授業を聞いて、アメリカの小中学生なら誰でも知っている語彙を増やそうという選択授業を行った。

扱った内容のうち、数学・科学に関係のある話題は Fundamental Calculations と Areas Of Basic Shapes の2 つで、ごく基礎的語彙を学習した。

日本語では小学生にとってもごく当たり前の語彙であっても、検定教科書の語彙は圧倒的に少ないため、生徒にとっては難しく感じたようである。

3. 方法2「高校での実践」

高校英語になると基本語彙も増え、レベルの高い科学的教材に取り組むことが可能になる。ただ、プレゼンテーションの訓練に関しては、科学的内容にこだわらず、様々な内容、形式で行われた。

3.1 高校1年生の実践例

LL の授業では、科学的英語を意識した教材として、National Geographic “Foot Print Reading Library”(Thomson Heinle 社)を利用している。また、授業では、リスニングのみならずスピーキング能力をつけるのにも役立つと言われているシャドウイングを導入している。

TT の授業では、1 学期末に“If I Were an Entrepreneur”というスピーチを各 2 分程度で行った。2 学期末には 6 人ずつのグループを作ってそれぞれが 10 分程度のスキットを創作し、Skit Show を行った。

通常の授業でも 2 学期末に、これまでに扱った教材（「環境問題」「食文化」「夏目漱石」「George Dawson」）に何らかの関連があるテーマで 1 分程度の発表をした。

簡単なスピーチは学年当初にも行ったが、その時点では特に声量、テンポ、アイコンタクトの3点を指導した。今回の指導の要点は、ひとつのテーマについて語り、coherent であること、delivery を充実させることの2点としている。

3.2 高校2年生の実践例

oral communication のまず第一歩は、音声による伝

達がきちんとできることであり、そのためには日頃の音読をしっかりと行うことが重要である。

今年度、高2 では、あえて音読の大切さを再認識するような教材を意識して取り上げた。そして昨年と同様、扱った教材のフィードバックとして、生徒に1 学期の教材に関して英語による各自 2 分の発表を求めた。（テーマは「詩」「くまのプーさん」「脳」）

実際の音声や板書を活用するなど、高1 のときの発表よりも、幾分進歩があったように感じられた。さらに、パラグラフなどを意識した発表原稿になるよう指導したい。

3.3 高校3年生の実践例

高校3年生のSSH関連の授業の実践は、同じ学年を今年度も担当したので、昨年とほとんど変わらない。科学関連の教材を多く読ませるように努めた。高3 は入試を控えているので、入試問題で科学の話題をあつかったものを教材として用い、生徒のモチベーションを高めた。科学の教材は、それ以外の、文学的、歴史的、哲学的教材とは違って、いわゆる「説明文」が多いので、専門用語さえわかれば、意味はとれたようである。この意味で、科学的語彙を、もっと低学年時から指導しておけば、さらに読み取りが容易になったと思われる。

科学の話題を扱った教材は、以下の通りである。
Virtual School/DNA/Newton's Experiment with Prisms/Stress/DNA Testing/the Process of Writing/the Physical Basis of the Mind

4. 検証

以上が今年度英語科の実践報告である。各教員が、共通のガイドラインとして、中学1・2年では、まず人前できちんとしたスピーチをするという練習を行い、それ以降の学年でそれぞれに内容のあるスピーチ、および科学的内容を織り込んだスピーチの組み立てを行う、という認識を持ち、それを個々の授業計画に従って実践していると言えよう。

ただし、中学・高校で扱える、汎用性のある科学的教材の開発はまだ、十分ではなく、一方で、低学年においては習得した言語材料および文法事項から主張する内容にも制限が自ずと生じてくる。今後は発達段階に応じたシステマティックなカリキュラムにつながるような教材の開発と実践を行いたいと考える。

（文責：英語科 山田忠弘）

(iv) 先端技術・研究の成果を活かした授業の普及と次世代 SSH 教員の養成

a. 技術・情報科

1. 3 年次の実施内容

S S H 2 年度が終了した時点で、3 年次の研究計画として以下のような内容を設定した。

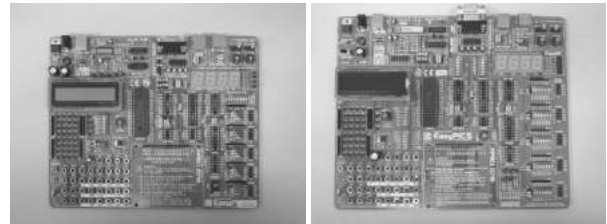
- ①第2年次までに獲得した機材の操作方法・手順、確認された機能に基づいて機材の運用性を高める。
- ②第2年次までに獲得した経験に基づいて、導入段階・展開段階双方の教材を改良する。
- ③第1回ワークショップで得た経験に基づいて、ワークショップの内容構成や進行手順を改良する。
- ④ワークショップ参加者人数を20名程度に引き上げる。第1回参加者（経験者）の活用を図る。
- ⑤20名規模でワークショップを開催するのに必要な機材の数量を確保する。
- ⑥大学教員や Roland DG 社等との連携を図り、ワークショップの開催に関して協力関係を維持する。

昨年度のワークショップにおいて実施した調査では、事前アンケートにおいて参加生徒12名全員が「C A D・C A M に関して元々ある程度興味・関心がある」と回答した。また、事後アンケートにおいて5名が「1 日目に比べて2 日目は興味・関心が大きく高まった」、6 名が「興味・関心が多少高まった」と回答した。1 日目の「テクノロジーの認識を促す教材」と2 日目の「テクノロジーの体験を促す教材」が連携し機能しているのではないかと考えられる。

2. 1 ボードマイクロコンピュータの整備

昨年度に引き続き、P I C による1 ボードマイクロコンピュータとして、マイクロテクニカ製、PICDEV-250B、P I C 開発スターターキットを5 台追加購入した。この結果、同仕様の PICDEV-250B は計7 台となった。ここで、初期に購入した4 台の同キットには PICD500EX3 型、後から購入した計7 台のキットには PICD500EX5 型の本体が同梱されていることが分かった。図1 に示すように、基盤の大きさが一回り大きくなり、L C D がバックライト付きの明るいものになり、全ての外部出力ポートにプルアップ選択用の D I P スイッチが付いた。

図1 PICD500EX3 (左) PICD500EX5 (右)



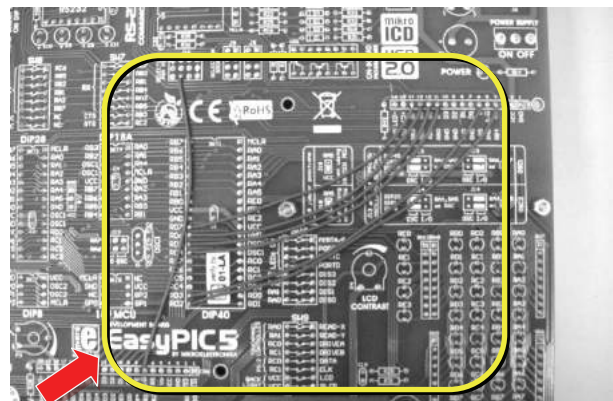
これらは完全に互換性が保たれているので問題とならない。EX3 型では L C D のデータピン (D4~D7) は P I C の RD4~RD7 に、Enable ビットは RD3、RS ピンは RD2 に接続されていた。しかし、EX5 型では L C D のデータピンは P I C の RB0~RB3 に、Enable ビットは RB5 に、RS ピンは RB4 に接続されている。L C D を駆動するために使用される P I C のポートが、D ポートから B ポートに変更されているのである。

図2 タクトスイッチの配列

				RE3	RE2	RE1	RE0
RD7	RD6	RD5	RD4	RD3	RD2	RD1	RD0
RC7	RC6	RC5	RC4	RC3	RC2	RC1	RC0
RB7	RB6	RB5	RB4	RB3	RB2	RB1	RB0
RA7	RA6	RA5	RA4	RA3	RA2	RA1	RA0

基板上のタクトスイッチは図2のような配列になっており、昨年度の教材開発において RA4~RA0、RB4~RB0、RC5~RC0 を 3 D プロッタ制御用 (プログラム入力用) に使用するようにした。EX5 型では L C D 駆動用の B ポートが 3 D プロッタ制御用タクトスイッチに使用するポートと重複しており、開発済みの制御プログラムが使用できないことが分かった。使用されなくなった D ポートをプロッタ制御用に使用する方法もあるが、タクトスイッチの配列が使いづらいものになる。そこで、EX5 型に対してハードウェア的な変更を加え、この問題に対処することにした。L C D に配線されている RB0~RB3、RB5、RB4 を基盤上でパターンカット

図3 ポートの配線変更



し、図3のようにRD4～RD7、RD3、RD2を新たに配線した。この結果、EX5型はEX3型とハードウェア的に互換性が保たれ、開発済みの制御プログラムも大きな変更なく使用できるようになった。次に、後から購入し 図4 タクトスイッチの不良 EX5型のほとんどで、基板上に取り付けられているタクトスイッチに不良品が多数あることが分かった(図4)。同等品を購入して交換した。

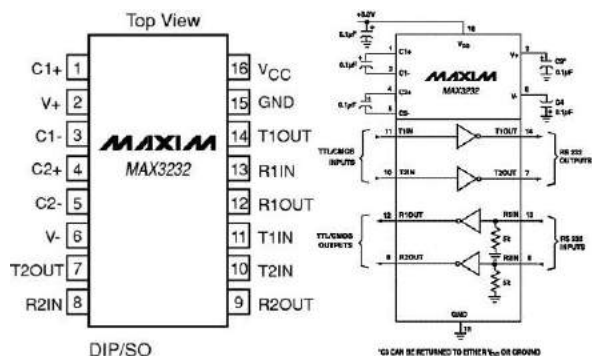


その他、EX3型および昨年度購入分のEX5型には、PICとして16F877Aが搭載されていたが、今年度購入分のEX5型は16F887に変更されていた。新たに16F877Aを購入し差し替えて対処した。

2. RS-232Cポートの不具合

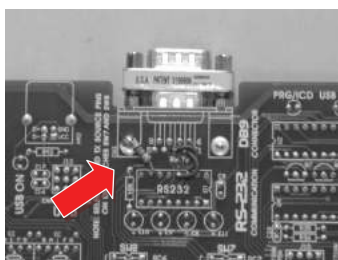
昨年度に報告したように、1ボードマイクロコンピュータ上に実装されているRS-232Cポートは、周辺機器として設計されているため、送信と受信が逆の扱いになっており、TX線とRX線を入れ替える必要があった。今年度は新たに、TX線にノイズが混入する問題が発覚した。ノイズの大きさは送信するシリアル信号のレベルを超え、結果的に3Dプロッタとの間で通信できないことが分かった

図5 MAX232N



た。当該SSIであるMAX232N(図5)周辺の信号を、オシロスコープを用いて調べたところ、2組あるTX信号の入力端子のうちT2INが開放状態にあり、ここからノイズが混入していることが分かった。図6のように、T2INを1kΩの

図6 抵抗器の接続



抵抗器を通して接地したところ、ノイズの混入がなくなり正常に通信できるようになった。

3. ワークショップ開催に向けた物品補充

昨年度までに購入した機材・物品に加えて、加工制御用システムとしてDELL製PC、Inspiron15を4台、およびMcNeel製、Rhino4.0教育版1本を追加購入した。この結果、加工制御用システムとソフトウェアも計7セットとなった。今年度実施するワークショップでは、参加生徒数を20名程度に引き上げることが予定していたので、1セットで3名が実習すれば対応できることになった。

また、高性能な3Dプロッタとして、Roland DG製、MODEL A MDX-40を1台、および回転軸ユニットZCL-40、ダストボックスZDX-40を購入した。切削速度が大幅に向上し、回転軸ユニットの装備により4軸制御による加工が可能となるので、より高度なテクノロジーを体験させることができる。ただし、回転軸ユニットZCL-40の納品が年度末になったため、4軸制御による加工を体験させることはできなかった

3DプロッタとPCを接続する際に、変換ケーブルを用いてRS-232CをUSBに変換しているが、そのドライバの動作に想定外の問題が含まれており、結果的にはMORELA MDX-20/15が指定している製品(サンワサプライ製USB-CVRS9)に変更せざるを得なかった。

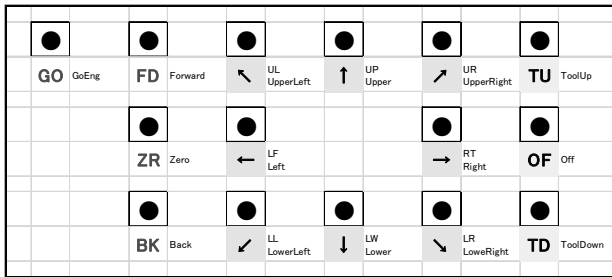
4. キー配置の変更

昨年度の第1回ワークショップの経験から、1ボードマイクロコンピュータPICDEV-250B上のタクトスイッチに割り当てるキー(コマンド)を変更した。ツール(切削ミル)移動のキーの方が切削順序(アドレス)変更キーよりも使用頻度が高いので、「ToolUP・Off・ToolDown」キーのグループ

図7 昨年度のキー配置

GO GoEng	TU ToolUp	UL UpperLeft	UP Upper	UR UpperRight	FD Forward
	OF Off	LF Left		RT Right	ZR Zero
	TD ToolDown	LL LowerLeft	LW Lower	LR LowerRight	BK Back

図 8 変更後のキー配置



プと「Forward・Zero・Back」キーのグループの位置を交換した。「Go」キーの使用には十分な注意が必要なので、従来通り左端に独立しており、順序変更キーと同じグループに配置することができた。

5. PICDEV-250B 制御プログラムの改良

PICDEV-250B による制御プログラムは、仕様変更に対応し互換性を維持するため、昨年度開発したバージョンに改良を加えた。

①LCDのデータピンをRD4～7、Enable ビットをRB5 に、RS ピンをRB4 に設定する。

```

DEFINE LCD_DREG    PORTD
DEFINE LCD_DBIT     4
DEFINE LCD_RSREG    PORTD
DEFINE LCD_RSBIT    2
DEFINE LCD_EREG     PORTD
DEFINE LCD_EBIT     3
    
```

②キー操作を検出し必要な動作の登録処理 (TU:ToolUP～BK:back) を呼び出す。

```

SENSE:
    TRISC = 1
    PORTC = %00000000
    IF portc=0 AND portb=0 AND porta=0 THEN SENSE
    PAUSE 50
    IF portc=0 AND portb=0 AND porta=0 THEN SENSE
    IF portc.4=1 THEN TU
    :
    IF porta.0=1 THEN BK
    GOTO POLL
    
```

③動作に対応したコマンドを配列 CMD に登録する。

```

TU:
    CMD[n]=1
    LCDOUT $fe,1,#n,"":TU"
    GOTO POLL

TD:
    CMD[n]=3
    
```

```

LCDOUT $fe,1,#n,"":TD"
GOTO POLL
:
LR:
    CMD[n]=12
    LCDOUT $fe,1,#n,"":LR"
    GOTO POLL
    
```

④FD・ZR・BK キーは配列 CMD のポインタ n を変更。

```

FD:
    IF n<50 THEN n=n+1
    GOSUB DISP
    GOTO POLL
:
BK:
    IF n>0 THEN n=n-1
    GOSUB DISP
    GOTO POLL
    
```

⑤配列 CMD に登録されたコマンドをLCDに表示。

```

DISP:
    IF CMD[n]=1 THEN LCDOUT $fe,1,#n,"":TU"
    IF CMD[n]=2 THEN LCDOUT $fe,1,#n,"":OF"
    :
    IF CMD[n]=0 THEN LCDOUT $fe,1,#n,"":
    RETURN
    
```

⑥登録されたコマンドに従って3Dプロッタの制御コマンドを呼び出す。

```

GO:
    LCDOUT $fe,1,"START"
    Rx VAR PORTC.7
    Tx VAR PORTC.6
    TRISC = 0
    PORTC = %00000000
    SEROUT2 Tx,84,["H:"]
    PAUSE 300
    SEROUT2 Tx,84,["@0,0"]
    PAUSE 300
    FOR n=0 TO 49
        IF CMD[n]=1 THEN GOSUB TUOUT
        :
    GOSUB DISP
    
```

⑦3Dプロッタの制御コマンド送り出し部分。

```

TUOUT:
    SEROUT2 Tx,84,["@0,0"]
    
```



```
SEROUT2 Tx, 84, ["PU;"]
```

```
LCDOUT $fe, 1, #n, ":TU"
```

```
RETURN
```

```
:
```

```
LROUT:
```

```
SEROUT2 Tx, 84, ["I400, -400"]
```

```
LCDOUT $fe, 1, #n, ":LR"
```

```
RETURN
```

6. 第2回ワークショップの開催

平成21年7月30日(金)・8月1日(土)の2日間にわたり、「第2回CAD・CAMの世界にふれるワークショップ」を開催した。事前に高校生全体に数回にわたり参加を促したが、実際の参加生徒は9名にとどまり予定数(20名規模)を大きく下回った。また、昨年度第1回ワークショップ参加者(経験者)に指導・補助的な役割を果たしてもらう計画であったが、残念ながら参加を得ることができなかった。しかし、参加者が限られたため当日は1・2名で1セットの実習環境を使用することができ、思う存分CAD・CAMを体験してもらうことができた。

図9 第2回ワークショップのポスター



1日目の講義には、東京都立産業技術高等専門学校の黒木啓之氏を迎え、「CAD・CAMの世界」と題してCAD・CAMの概説をお願いした。また、2日目の講義には、Roland DG 株式会社の砥山博行氏を迎え、「Roland MDX について」の題で3Dプロッタを用いたものづくり加工の手法を講義いただいた。

ワークショップの補助として、モデリングアール株式会社の加茂裕氏、東京都文京区立第三中学校の松本誠之氏、本校技術科非常勤講師で東京学

芸大学教育学部大学院生の永澤悟氏に、昨年と同様の協力を依頼した。本校技芸科からは植村・土井・小宮の3名の教員が運営に当たった。

図10 第2回ワークショップの開催風景



2日間の内容と時程は以下の通りである。

図11 2日間の時程

CAD・CAMの世界にふれるワークショップ 2009年7月31日(金) 1日目	CAD・CAMの世界にふれるワークショップ 2009年8月1日(土) 2日目
<ul style="list-style-type: none">09:30~09:50 出欠確認、資料配布、事前アンケート09:50~10:50 講義「CAD・CAMの世界」黒木先生10:50~11:00 休憩11:00~11:20 3Dプロッタによる平面加工のあらまし11:20~11:50 平面加工の準備、デザイン作業11:50~12:20 平面加工実習12:20~12:30 1日目事後アンケート	<ul style="list-style-type: none">09:30~09:50 出欠確認、資料配布、事前アンケート09:50~10:30 講義「Roland MDXについて」砥山先生10:30~11:00 休憩11:00~11:20 3DCADによるプロダクトデザインの手順11:20~11:50 ビルケース加工の準備、データ・材料の用意11:50~12:20 ビルケース加工実習12:20~12:30 2日目事後アンケート

図12 黒木先生(左)と砥山先生(右)の講義



ワークショップ当日は、参加者全員に以下の資料を配布した。

- ・ワークショップポスター、時程。
- ・3Dプロッタ操作説明書の必要個所
- ・MODEL A MDX-15 について(砥山氏提供)
- ・プロトタイプングの解説
- ・Rapid Prototyping (RhinoCerosWEBより)
- ・学生の作品 (RhinoCerosWEBより)
- ・メカニカルギャラリー(RhinoCerosWEBより)
- ・工作機械の種類(松浦機械製作所WEBより)
- ・MDX-20/15、MDX-40A カタログ (Roland DG)
- ・MODEL A SRP Solution Guide (Roland DG)

実習に必要な機材として、1グループあたり3Dプロッタ1台、1ボードマイクロコンピュータ1台、パーソナルコンピュータ1台、接続ケーブル

図13 機材実習(左)、材料・用具(右)



ル類、また必要な材料・用具としてロストワックス材、ケミカルウッド材、はさみ、カッター、サンドペーパー、両面テープなどを用意した(図13)。

7. 第2回ワークショップの成果

7. 1 制御システムの誤動作

実習中に以下の問題が生じた。一つは、平板加工において、ユーザがプログラムした切削が30ステップあたりで停止したことである。さらに、最大ステップ数である50ステップ直前で、プログラムとは異なる動作をする場合があった。原因としてRS-232C通信の不具合、USB変換の機能不全、USBバッファのオーバーフローなどが考えられるが解明できていない。

もう一つは、CAMソフトウェアから切削加工を行った際に、ほぼ完全に各メーカー指定の環境を整えたにもかかわらず、3Dプロッタが途中で誤動作を起こしたことである。時間をかけて切削を終えようやく完成しようとしていた作品が、切削ミルの誤動作によって損傷してしまった。こちらは、ローランドDG社に原因解明をお願いした。

7. 2 事前アンケートの分析

ワークショップ1日目の冒頭で以下のような事前アンケートを実施した。

SSHワークショップを受講しようと思った理由・きっかけは何ですか。自由に書いて下さい。

- ・元から技術が好きで、おもしろそうだったから。
- ・昔からMODEL Aを使ってみたくて思っていた。
- ・もともとCAD・CAMに興味があったから。
- ・何となく面白そうだったから。
- ・先生に強くすすめられたため。
- ・ちょうど予定が空いていて、今後の進路を決める上で何か参考になるものが得られると思ったから。
- ・次のロボットでCADを使おうかと思っているがCG的な意味でしか経験がなかったから。
- ・コンピュータで設計することに興味があった。CGを作るのに役立つと思った。

CAD・CAMに対して元々どの程度の知識や理解がありますか。

- ①かなり知識や理解がある。(1名)
- ②ある程度知識や理解がある。(0名)
- ③名前や意味を聞いたことがある。(3名)
- ④ほとんど知識や理解がない。(4名)
- ⑤全く知識や理解がない。(0名)

CAD・CAMに関して元々どの程度の興味・関心がありますか。

- ①強く興味・関心がある。(3名)
- ②ある程度興味・関心がある。(5名)
- ③どちらとも言えない～⑤全く興味・関心がない。(いずれも0名)

CAD・CAMに関して、名前を聞いたことがあるくらいでほとんど知識や理解はないが、高い興味・関心を持ってワークショップに参加していることが分かる。

ワークショップ1日目が終了した時点で以下のような事後アンケートを実施した。

3Dプロッタによる平板加工のあらましは理解できましたか。

- ①よく理解できた。(6名)
- ②ある程度理解できた。(2名)
- ③どちらとも言えない～⑤理解できなかった。(いずれも0名)

平板加工の準備、デザイン作業では良い結果が得られましたか。

- ①良い結果が得られた。(2名)
- ②ある程度良い結果が得られた。(6名)
- ③どちらとも言えない～⑤良い結果が得られなかった。(いずれも0名)

平板加工実習では良い結果が得られましたか。

- ①興味・関心が大きく高まった。(5名)
- ②興味・関心が多少高まった。(3名)
- ③特に変化はない～⑤興味・関心が大きく損なわれた。(いずれも0名)

CAD・CAMに関して以前と比べてどの程度興味・関心が高まりましたか。

- ①興味・関心が大きく高まった。(6名)
- ②興味・関心が多少高まった。(2名)
- ③特に変化はない～⑤興味・関心が大きく損なわれた。(いずれも0名)

ワークショップ1日目を終えた感想を書いて下さい。

- ・なんにせよぜいたくな機械である。
- ・最初は不安だったが、自分でもできることだったのでとても楽しかった。プログラミングはあまり得意ではないが、きちんとついていけるようにしたいと思う。
- ・思っていたよりもCADの世界は深かったとしても興味深かった。何よりも実習は面白くて、自分で考えた設計図を組み合わせ実際に思った通り作れた時は爽快だった。
- ・3Dの設計が難しそう。

- ・目の前で思い描いた通りに動き加工されていくのを見るのが楽しかった。
- ・講義でも実習でも説明が丁寧だった。話の展開の速さもちょうどよかった。
- ・工学関係に興味が深まった。

3Dプロッタによる平板加工は、テクノロジーの認識を促すことを目的にしているが、ワークショップ1日目は好結果が得られており、「良い結果が得られなかった」、「興味・関心が損なわれた」等の否定的な回答は全く無かった。

さらに、ワークショップ2日目が終了した時点で以下のような事後アンケートを実施した。

3DCADによるプロダクトデザインの手順は理解できましたか。

- ①よく理解できた。(6名)
- ②ある程度理解できた。(3名)
- ③どちらとも言えない～⑤理解できなかった。(いずれも0名)

ピルケース加工の準備・用意は理解できましたか。

- ①よく理解できた。(6名)
- ②ある程度理解できた。(2名)
- ③どちらとも言えない。(1名)
- ④あまり理解できなかった～⑤理解できなかった。(いずれも0名)

ピルケース加工実習では良い結果が得られましたか。

- ①良い結果が得られた。(4名)
- ②ある程度良い結果が得られた。(3名)
- ③どちらとも言えない。(1名)
- ④あまり良い結果が得られなかった。(1名)
- ⑤良い結果が得られなかった。(0名)

CAD・CAMに関して昨日と比べてどの程度興味・関心が高まりましたか。

- ①興味・関心が大きく高まった。(7名)
- ②興味・関心が多少高まった。(2名)
- ③特に変化はない～⑤興味・関心が大きく損なわれた。(いずれも0名)

SSHワークショップを終えた感想、意見、要望などをできるだけ詳しく書いて下さい。

- ・今回はピルケースのような簡単なものだったが、次回はもっと複雑なものに挑戦したいです。
- ・生活と切り離せない重要な技術であるCAD・CAMについて知ることができて、ものづくりに対する興味・関心が深まった。来て良かったと思う。
- ・CADの勉強も自分でもっとちゃんとやりたくなった。

どのような過程を経てペットボトルができていかなども分かって興味深かった。参加人数が少なかったが、認知度が低いだけだと思われる。内容は他のSSHのプログラムに比べて充実していた。

- ・普段使わないソフトウェアや機械を使えて面白かった。話のレベル・展開の速さはちょうどよかったと思う。
- ・物がけずられていく様を見ているだけでもあきなかった。もっと時間をかけてじっくりやりたいと思った。
- ・また次回もやってほしい。
- ・ロボットの細かい部品は作るのに非常に高い技術と熟練を要するので、こういった技術は生研や東大でも触れるに非常に効率をよくしてくれる。
- ・フィギュアを作ってみたい。
- ・学校にMODELAかRinoがあるので今後もつくってみたいと思った。

ピルケース加工で一部良い結果が得られなかったのは、前述した制御システムの不具合によるものと考えられる。2日目のワークショップによって全員が「興味・関心が大きく高まった」あるいは「興味・関心が多少高まった」と回答しており、ピルケース加工の教材がテクノロジーの体験を促す効果が高いことが分かる。また、感想・意見にも肯定的で有用だったとする内容が多かった。

8. ワークショップ成果の発信と検証

昨年度より公開しているSSHWEBページを、第2回ワークショップで記録した写真やビデオを加えて更新した。なお、WEB管理上の都合によりサーバ(URL)を変更した。



<http://komabano.xrea.jp/nc2/htdocs/>

4年次は参加者を本校外に拡大し、学習成果の把握と分析に重点を置きたい。

(文責：技術・情報科 市川道和)

b. 数学科教員研修会

SSH 研究で開発した教材・カリキュラムを本校の教育研究会や研修会等で公開し、今後の研究の指針をえている。11 月の本校の教育研究会では 100 名以上の参加者に授業を公開し、研究協議会でご意見を伺った。その他に実施した研修会について報告する。

1. SSH 数学科教員研修会 in 宮崎

①目的

本校数学科が研究開発した教材等を発表し研究協議するとともに、宮崎北高校及び宮崎県各校での取り組みを伺い、今後に資する。

②実施概要

日程：7 月 24 日（金）

10:00～12:00 本校からの報告と意見交換

13:00～17:00 午前中の続き、及び宮崎北高校からの報告と意見交換

会場：宮崎県立宮崎北高校

参加者：本校 7 名、宮崎北高校 9 名、宮崎西高校 4 名、宮崎南高校 1 名、佐土原高校 1 名



（本校で開発した教材に取り組んでいる様子）

③検証

本校からの発表に関して貴重なご意見をいただくと共に、具体的な教材に熱心に取り組む様子や、授業に取り入れたいとの感想も伺うことができた。また、宮崎県の数学教育の様子や、宮崎北高校の取り組みを知ることができ、有意義な研修会となった。さらに今回の教員間の交流のおかげで、本校高校 2 年生のゼミナールに宮崎北高校の生徒が参加するなど、生徒交流を実施する事ができた。



2. 数学科教員研修会 in 筑駒

（SSH 交流枠支援教員研修）

①目的

SSH 校の『数学』分野の取り組み事例とともに、生徒の知的な興味関心を刺激し、数学的思考力を育成するような具体的教材について報告・協議し、SSH 校及びそれ以外の学校の数学科教育活動に資する。

②実施概要（予定）

日程：平成 22 年 3 月 6 日（土）会場：本校

9:00～9:30 受付

9:30～12:00 SSH 校数学科の取り組み報告と協議

13:00～17:00 開発教材についての報告と協議

発表 SSH 校：千葉県市川学園中高校、宮崎県立宮崎北高校、奈良女子大附属中等教育学校、本校
参加者（予定）：SSH 校及び一般の学校の先生約 50 名

③検証

実施はこれからであるが、他の SSH 校の協力を得ることができ、有意義な研修会なると考えている。発表した教材について参加した先生より授業で実践したいとの声が出れば幸いである。

（文責：数学科 鈴木清夫）

C. 教職インターンシップ

c 1. 数学

1. 仮説

数学について興味関心の高い生徒が選択する高校2年生の総合的な学習の時間「ゼミナール」は、自由な発想で学び合い、教え合う場であり、これに大学院生などが参加することで、学びが一層深化充実したものになると考えられる。そこで、筑波大学大学院数理工学系科学研究科の授業「数学インターンシップ」(1単位)を履修した大学院生を加えてゼミナールを実施することとした。なお、筑波大学の「数学インターンシップ」はゼミナールへの参加を前提に設定されている授業である。

2. 実施の概要

今年度は数学基礎論及び代数学を専攻する2名の大学院生が7回のゼミナールに参加した。また、後半の4回にやはり教員志望の大学院生1名もオブザーバーとして参加、引率の数理工学系科学研究科・伊藤光弘教授(数学系)を含めて、生徒の発表に対して助言・意見交換等を行うとともに、それぞれが専門に関連することを生徒に講義した。

なお、第5回ゼミには宮崎県立宮崎北高校の生徒5名と引率教員1名が、第6回ゼミにはゼミナールオープンとして本校中学3年生延べ約40名が参加した。

日程と主な内容は以下の通りである。

①6月13日(土) 10:30~12:20

担当教員からの話題(相貫体の展開図 など)

②6月27日(土) 8:30~12:20

生徒発表(シガーボックスの問題、経路の問題)

③9月12日(土) 8:30~10:20

生徒発表(正多角形の作図、四面体の心 など)、大学院生の講義「数学基礎論について」

④10月17日(土) 10:30~12:20

生徒発表(フボナッチ数列の性質 など)、大学院生の講義「群論について」

⑤11月14日(土) 9:30~12:20

生徒発表(折り紙による角の3等分 など)、宮崎北高校生徒発表(立体万華鏡、4色定理 など)、大学院生の講義「フーリエ級数について」

⑥1月9日(土) 9:30~12:20

生徒発表(フーリエ展開とテイラー展開、ピザの具問題 など)、伊藤先生の講義「球面の幾何」、

ゼミナールオープン(中学3年生40名も参加)

⑦1月23日(土) 9:30~12:20

生徒発表(多角形を絶対値陰関数で表す、3次元極座標、ゲームの理論 など)

3. 検証

実施後の生徒アンケートから、大学院生との学び合いを通じて専門的な数学に触れることができ、大変勉強になったようである。また、大学院生にとっても通常の教育実習や授業見学では味わえない高校生との活動は貴重な体験であり、参加した3名の大学院生は、様々なテーマについての生徒発表を聞くことができ有意義であったとの感想を述べていた。

本年度はゼミナールオープン(中学3年生が参加)の他、宮崎北高校との生徒交流も実施できた。いつもと違う集団での学び合いは、緊張感の中に新たな発見などがあり、相互に良い刺激を与え合うようである。



大学院生による講義



折り紙による角の3等分作業中

(文責：数学科 鈴木 清夫)

c 2. 理科（生物）

1. 仮説

生物科では、2006 年度から筑波大学大学院生命環境科学研究科に所属し既に教員免許状を取得した教員志望の学生（大学院生）を毎年数名程度ずつインターンシップとして受け入れてきた。授業参観、生徒実験の補助、授業実践、教材開発、教員の教務補助などがその内容である。この制度は自分の専門分野以外の幅広い領域で教材を深く理解し、先進的な科学教育にも意欲を持った、言わば次世代 SSH 教員の養成をねらいとしている。また、教育現場に身を置き、教員とともに学校生活を過ごすことによって学校内のさまざまな仕事を体験することができる。自分の授業作りだけに迫られる教育実習とは違った、インターンシップならではのゆとりも教育について熟考する機会となるものと期待される。幸い昨年度より学生は本校内で教務補佐員の身分を得られ、手当や交通費の支給が受けられるようになった。このことは指導する教員側にとっても心おきなく活動に取り組んでももらえるため歓迎すべき点である。

2. 方法

今年度は、昨年度に引き続き 4 月から 9 月までの 6 か月間、生命環境科学研究科博士課程 3 年次在籍で井上勲教授の研究室に所属する野水美奈さんを受け入れ、週 1 日程度の活動実習に取り組んでもらった。残念ながら、今年度は担当教員の年間カリキュラムの都合でオリジナルな教材開発を行ってもらう時間を設定できなかった。

2.1 授業実践

今年度は、中学 1 年生の 1 学期中に生徒実験授業を 2 回担当してもらった。

- ① 6 月 16 日「タマネギ鱗片表皮細胞の観察（細胞と核の長径の測定及びスケッチ）」中 1 全 3 学級
- ② 6 月 22 日「ヒト頬口腔粘膜上皮細胞の観察（細胞と核の長径の測定）」中 1 全 3 学級

2.2 生徒実験補助等

中 1、高 1、高 3 の生徒実験の補助をしてもらう他、夏に行われた教員免許状更新講習会の T A を務めてもらった。この講習会は次の通り。

- ①「ゲノム情報を活用する遺伝子実験の紹介」（8 月 22 日（土）実施）
- ②附属学校実践演習 D 体験講座「ショウジョウバエで遺伝を学ぶ」（8 月 24 日（月）および、追

加授業として行った 8 月 25 日（火））

今年度は講義の授業参観がやや多くなった。他に、教育実習生の研究授業の参観、学校行事への参加なども活動内容に含めることができた。

3. 検証

今年度の受け入れ学生のインターンシップはちょうど 1 年間の活動期間になった。教育実習生とは違って大学院生だけあり、T A としての授業準備や生徒に対するアドバイスは要領を得ており、担当教員としても安心してサポートしてもらうことができた。こちらの講義等の授業参観がどれだけ学生の成果に結びついたかは甚だ心許ない。ただ、同じ教材・内容の授業でもクラス毎に生徒の反応が異なることや、長期間継続して参観することで科学教育における大切なポイントを明確に捉えてもらうことができたようである。特に教育実習生の研究授業を参観してのコメントは驚くほどの確なものであったことから、教職に強い意欲を持った学生が継続して学校現場に身を置くインターンシップの有効性を実感した。

一方、考えていかなければならない点もある。学生は限られた教員との、長期にわたる教育活動を強いられるため、大学での研究室選びのような、相互のマッチングも必要であろう。学生にも担当教員にもそれなりの負担になるのは事実であるし、特に学生側が職場の実態を長期間にわたって見聞するために受けるストレスは計り知れない。さらに、このインターンシップ制度の、生命環境科学研究科での位置づけも依然として曖昧であり、専修免許状取得のための単位認定も考慮の上、制度を整えていくべきであろう。

今年度の受け入れ学生は、学位取得準備のため 9 月末でインターンシップを終了し、現在、その後の大学院生を受け入れるべく準備を進めている。専門の実験・研究を通して科学の手法を学んでいる大学院生に教育現場での体験の機会をもってもらうことを目的としているため、また、筑波大学生命環境科学研究科との連携プログラムであることを念頭に置いているため、受け入れ学生はこの研究科在籍の大学院生に限りたい。この点について大学側の担当教官とも確認をした上で、現在、後任の一般公募をする方向で大学側に協力を依頼している。

（文責：生物科・仲里友一）

(v) 中高一貫 SSH の完成に向け中学に重点を置いたカリキュラム・教材の開発

a. 数学科

1. 仮説

本校卒業生に実施したアンケート調査の分析から、高校までにある程度「統計」と「微分方程式」の学習が必要であるという結果を得た。実際「微分方程式」は理科系のみならず経済などの分野でも活用されており、また「統計」も社会の様々な分野で利用されていて、統計が記載されていない新聞を見ることはない。そこで、「統計」では「集団に潜む特徴をつかむ」、「微分方程式」では「関数の微小な変化をとらえる」という教材開発方針のもとで教材開発と授業実践を行うこととした。

また、生徒の数学への興味関心を高め、数学的能力を育成するには、優れた教材を適切に配置し指導することが重要であると考え、「統計」と「微分方程式」以外の内容についても、大学の学びにつながるような数学教材の開発と実証的な考察を行っていくことにした。

2. 研究の概要

次の指導項目に関する「統計」と「微分方程式」の教材、及び、大学での学びにつながる数学の内容という視点での教材を開発し、カリキュラムの網羅を目指している。

S: 集団に潜む特徴をつかむ

S1-1 資料の整理 S1-2 集団を特徴づける値

S1-3 確率分布と推測の考え方

S1-4 相関係数と回帰直線

S2-1 推定・検定 S2-2 主成分分析

D: 関数の微小な変化をとらえる

D1-1 関数の微小な変化 D2-1 基本的な微分方程式

D2-2 微分方程式の応用

(注: S1 と D1 は生徒全員に学ばせたい内容、

それら以外は発展的な内容と考えている)

本年度までに開発した教材は次の通りであり、このうち☆印★印が本年度開発した教材である。

注: 表左端のアルファベットの記号は次の略であり、

中学は小文字、高校は大文字、数字は実施学年である。

「A. 代数(Algebra)」 「An. 解析(Analysis)」

「G. 幾何(Geometry)」 「P. 確率(Probability)」

「D. 微分方程式(Differential Equation)」

「S. 統計(Statistics)」 「O. その他(Others)」

a1-1.	整数
a1-2.	有理数
A1	数と方程式
A2	離散な数列と連続な関数★
A3-1.	置換と正多面体群
A3-2.	1 次変換の線形性
an1.	2 元 1 次方程式とその応用
an2	合成関数のグラフ☆
an3	絶対値を含む関数のグラフ★
An1.	2 次関数
An1-2	2 次関数 (2) ☆
An2.	円周率の近似
g1	四角形の合同条件
g1-2	作図の教材☆
g2.	チェバ・メネラウスの定理
g3-1.	立方体の切断
g3-2.	反転法
g3-3	立方体の切断 (2) ☆
G1	四面体の幾何
G1-2	デカルトの円定理 ★
G2.	正 17 角形の作図
Pf-1.	組合せの確率モデル
Pf-2.	EBI と確率・統計
Pf-3.	無限集合の確率
s1.	統計の基本
s2.	近似直線
s3.	正規分布と標準化
S1.	回帰直線, 相関係数
S1-2	数理統計学入門 ★
S2.	残差分析によるデータ系列の関係
S3-1.	主成分分析入門
S3-2.	正規分布の平均の推定
d1.	自然数の和, 平方数の和, 立方数の和
d2.	グラフや図形の移動・変形
d3.	錘体の体積, 球の体積・表面積, 放物線と面積
D1.	包絡線
D2.	グラフ描画の方法—テクノロジーへの挑戦—
D3-1	微分方程式の応用
D3-2	関数のグラフの描画法
D3-3.	曲線と面積
01.	4 元数を高校数学へ
02.	有限世界の数学

以下、紙面の関係で★印の教材のみを記載する。

A2. 離散な数列と連続な関数

関連分野：数列・関数

高等数学：解析

対象学年：中学3年生～高校3年生

教材名：数列と関数の関係

＜1次元の数列の世界を2次元の関数の世界に。
2次元のデータの処理の方法として、統計がひとつある。ここでは、数列という、数直線上に規則ある点の列の任意の項番号の位置を見出す、所謂一般項を見出す方法を2次元データとして捉えることで考える教材である。本論では、等差数列を題材にして1次関数、2次関数、3次関数をデータに合うように無限の中から抽出する方法を学ぶ。＞

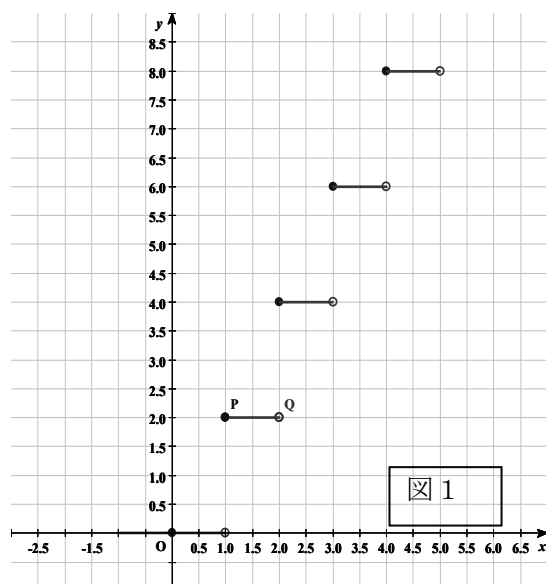
A2.1. はじめに

教科書に、「例題 次の数列の一般項を求めよ。
1, 3, 9, 19, 33, 51, …」がある。これは、「一般項の1つを求めよ。」などとすべきであると考え。数列を表現する式は無限に存在するからである。また、有限個のデータからは、一般項はただ一つに決定されないことを意識した授業展開が重要であると考え。

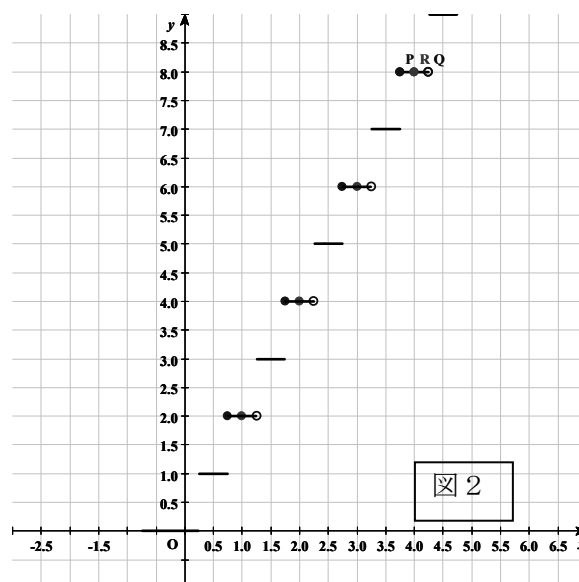
＊一般項から数列は決定されるが、数列から一般項は決定できない。

＊漸化式から一般項の1つを発見する。一般項の表現は無限にある。

等差数列は、最も簡単な多項式を採用すれば1次式で表現される。等差数列の第 n 項は1次式だけと勘違いしやすい。例えば、2, 4, 6, 8, 10, …の一般項は、 $2n$ という n の1次式とは限らない。その例として、 $f(n) = 2[n]$ （左図1）や $f(n) = [2n + 0.5]$ （右図2）がある。



他にもいろいろ作ることが可能である。



関数 $f(n) = 2n + \sin n\pi$ ，などと示すことができる。

これは、 $y = f(n) = 2n$ に $y = \sin(n\pi)$ を加えた関数で

あり、 $f(n) = [2n + 0.5]$ は、ガウス記号を用いた関数である。よって、座標平面上のグラフ（ n を整数に限定していない）は、直線とは限らないということである。ただし、定義域を自然数に限定すると、

関数値はすべて $y = f(n) = 2n$ に乗っている。階差数列も状況は同じである。漸化式 $a_{n+1} - a_n = n$ ， $a_1 = 1$

を解くと、 $a_n = a_1 + \sum_{k=1}^{n-1} k = 1 + \frac{(n-1)n}{2} = \frac{n^2 - n + 2}{2}$

よって、 $a_n = \frac{n^2 - n + 2}{2}$ （答）これを、

$a_n = \frac{n^2 - n + 2}{2} + \sin(n\pi)$ という答があってもよい。どちらも、 (n, a_n) （ $n = 1, 2, 3, \dots$ ）をすべて通過している。ガウス記号を用いた一般項

$a_n = \left[\frac{n^2 - n + 2}{2} + \frac{1}{2} \right] = \left[\frac{n^2 - n + 3}{2} \right]$ は2次式とは呼ばない。

ここでは、規則性を満たす関数は無限に存在するであろうこと。その中から、まず簡単な式を求めることを目標とする。次に、それ以外の関数で、規則性を満たすオリジナルな式を捜す。

創造性を高める教材としても意識している。1次元の数列と2次元の関数とのリンクを強調しながら指導に当たる。仏語 Mathématique（単数形）とあるように数学は1つである。学習する内容がさまざまなリンクで繋がっていること。

本論は、数列～連続関数～場合の数（組合せ）～整

式～方程式がリンクしていることを紹介する。リンクは、ある事柄について、複数の視点から捉えることになり、認識の変化を引き起こす可能性を秘めている。認識の変化こそ数学学習の感動体験である。

A2.2. 式は無限に変形可能であること

○ 恒等式の重要性

＜算数（鶴亀算）から数学（恒等式）へ＞

数学の中で重要な地位を占めているのが恒等式である。式を変形することで、‘それまで見えなかったことが見えるようになる’からである。2次式を変形すると、それまで見えてこなかった図形的な事柄が式の中に見えてくる。

最も基本的なこと

2点(1,2),(2,6)を通る直線の式を求める：

第1段階： $y = ax + b$ …①とおく。最初は直線が

$\{(t, at + b)\}$ の集合であることを意識して、

①は、点(1,2)を通るから、 $2 = a + b$ 、また点(2,6)を通るから、 $6 = 2a + b$

これらを連立させて、 $a = 4$ 、 $b = -2$ ゆえに、求

める直線は $y = 4x - 2$

このままでは、鶴亀算的な発想のみで終わってしまい、この後に学習する様々なこととリンクさせることは難しい。高校での最終形は、テーラー展開である。

a が傾き、 b が y 切片という特殊な式であり、 $x=0$ でのテーラー展開、つまりマクローリン展開式を作っている。

第2段階：ここでは、通る点は y 切片に限らずどこでもよく、傾きが分かれば求められることを時間を掛けて指導したい。ここに、‘無限をつかむ’数学の本質がある。

$y = 4(x-1) + 2$ （この $x=1$ でのテーラー展開は、

実は生徒がこの式をすーと書けるまでの指導は容易ではない。経験上相当な時間数を要する。）これができるようになれば、「数学Ⅰ」での標準形や、

「数学Ⅱ」での接線の式 $y = f'(p)(x-p) + f(p)$

は自然であり、この式を昇べきの順で書き始めるテーラー展開もスムーズに理解が進む。

$$f(x) = f(p) + f'(p)(x-p) + \frac{f''(p)}{2}(x-p)^2 + \frac{f'''(p)}{3!}(x-p)^3 + \dots$$

…★

この第2段階をおろそかにしてはならない。

＜整式とのリンク＞

★で、 $(x-p)^2$ で割った余りの $f(p) + f'(p)(x-p)$

を y としたのが、接線の式である。「数学Ⅰ」で

は、例えば、 $y = f(x) = x^2 + 2x - 1$ …①

①の式に見えていることは、 $y = 2x - 1$ と $y = x^2$ が $x=0$ で接していること。

$$y = f(x) = x^2 + 2x - 1 = (x-1)^2 + 4(x-1) + 2 \dots ②$$

②の式になって、見えてくることは、 $y = 4(x-1) + 2$

と $y = (x-1)^2$ が $x=1$ で接していること。

では、一般に、任意の実数 p に対して、

$$y = f(x) = (x-p)^2 + (2p+2)(x-p) + f(p)$$

と変形できるが、これは、直線

$$y = (2p+2)(x-p) + f(p) \dots ③ \text{ の包絡線が}$$

$$y = x^2 + 2x - 1$$

であることを示している。

③は、

$$y = x^2 + 2x - 1$$

上の点 $(p, f(p))$ を接点とするように動き回ることが見て取れる。

$(x-p)$ の係

数 $2p+2=0$ を

満たす p のとき、標準形と呼ばれている式となる。

これらは、「数学Ⅰ」の2次関数と「数学Ⅱ」の接線とのリンクである。

2次式 = 2次式 + 1次式

2次式 = 2次式 + 2次式 + 1次式 （2次の係数が0でならないように工夫）

2次式 = 2次式 - 1次式

などなど。

これらは、「数学Ⅱ」の放物線で学習する境界の一部に持つ図形の面積のところで大いに威力を発揮する。

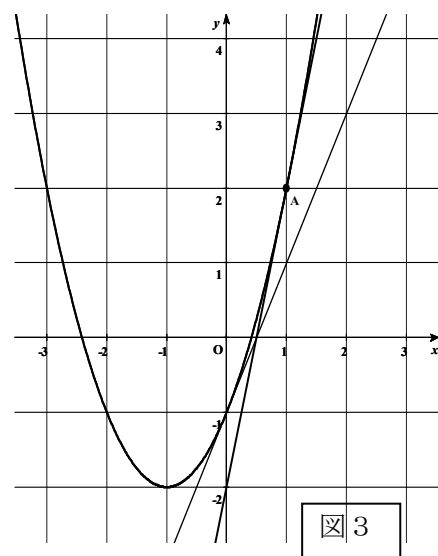


図 3

例 1

直線 $y = -x + 4$ と放物線

$$y = -x^2 + 3x + 1$$

で囲まれた図形の面積を求めよ。」

これを‘カバリエリの原理’により、

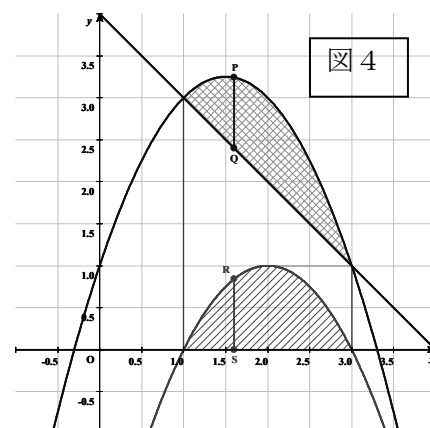


図 4

$$y = (-x^2 + 3x + 1) - (-x + 4) = -x^2 + 4x - 3 = -(x-1)(x-3)$$

と $y=0$ (x 軸) とで囲まれた図形に等積変形でき、
この面積を求めればよいことになる。

2 次式 - 1 次式 = 2 次式となることが重要で、囲まれた図形が放物線と x 軸で囲まれたものになっていることを見抜ける。暗算で、面積 $\frac{4}{3}$ である。

詳しくは、筆者 (2005) の論文参照 (参考文献)

A2.3. 式変形とグラフ

○ ‘基準線’ の存在

基準線つまり、0 ベースとなる直線や曲線を考える。これらはグラフを制御するグラフの一種である。

$y=x^2$ の基準線は、 $y=0$ すなわち x 軸である。理

由は、 $y=x^2+0$ さらには、 $y=x^2+0x+0$

と式を見ることができるからである。

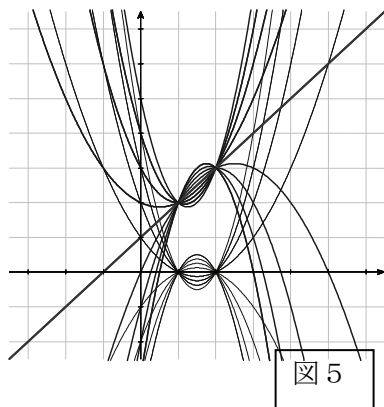
A2.4. の①の $y=x^2+2x-1$ は、基準線が $y=0$ から $y=2x-1$ と変更になったことを示している。(図 3) このことを応用すれば、

$y=a(x-1)(x-2)+x+1$ では、‘基準線’ つまり、0 ベースが $y=x+1$ であることが見えている。式を作るには、

$$y=a(x-1)(x-2)$$

と $y=x+1$ を y 軸

方向に加算すればよい。そのとき、加算されない (つまり 0 を加える) ところに注意して描けばよいことになる。(右図 5)



2 つのグラフの関係について、位置関係を調べるには、 $x=t$ でスキニングするので、‘差’ が大切であるが、生徒にこのことを理解させるには時間と工夫がいる。

<次の A2.2. の授業展開では、関数と式変形の関連準備が欠かせない>

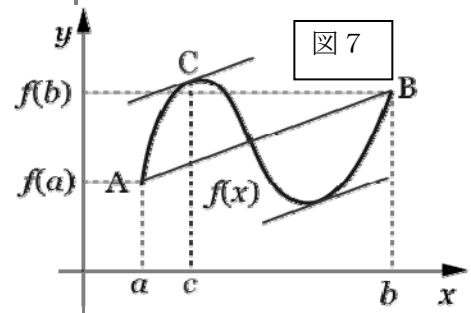
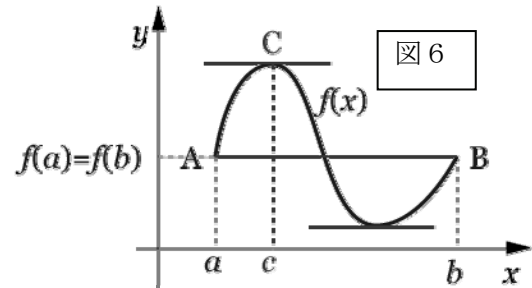
例えば、問 $y=x+1$ に $x=2$ で接する放物線をすべて

求めよ。 答 $y=a(x-2)^2+x+1$ ($a \neq 0$)

問 $y=x+1$ と $x=1, x=2$ で交わる放物線をすべて求め

よ。 答 $y=a(x-1)(x-2)+x+1$ ($a \neq 0$)

これらは、後の「ラグランジェの平均値の定理」の証明で活躍する。(左図 6 は、ロルの定理)



$$y=f(x) \cdots \textcircled{1} \text{ と } y=\frac{f(b)-f(a)}{b-a}(x-a)+f(a) \cdots \textcircled{2}$$

の差をとるとは、‘カバリエリの原理’で、基準線②を基準線 $y=0$ に変更することであり、右図 7 が左図 6 の $f(a)=f(b)=0$ とした図になり、「ロルの定理」に帰着して証明する。

$$F(x)=f(x)-\left\{\frac{f(b)-f(a)}{b-a}(x-a)+f(a)\right\},$$

$$F'(x)=f'(x)-\frac{f(b)-f(a)}{b-a} \text{ よって、 } F'(c)=0 \text{ を}$$

満たす $c(a < c < b)$ が存在する。つまり、

$$f'(c)=\frac{f(b)-f(a)}{b-a} \text{ を満たす } c(a < c < b) \text{ の存在が}$$

いえる。‘基準線’ の理解が影響してくる。

A2.4. 階差数列と連続関数の関係

$$\text{例 2 : } \begin{cases} a_n - a_{n-1} = n^2 \quad (n \geq 2) \\ a_1 = 1 \end{cases}$$

通常の解法)

$$a_n = a_1 + \sum_{k=2}^n k^2 = \sum_{k=1}^n k^2 = \frac{n(n+1)(2n+1)}{6} \text{ である。}$$

ここでは、次のような新たな指導展開をする。

数列指導の出発点は、番号 n の関数であることの理解が重要と考える。

漸化式というだけで毛嫌いしたり、階差数列での Σ 計算が苦手な生徒も多い。

(1) 1 次元から 2 次元へ

数列は、1 次元に並んだ数の規則性の問題である。

これを2次元の連続な関数の問題へと‘変身’させて生徒に考えさせるのが本論の中心課題である。

$a_k \in R \rightarrow (k, a_k) \in R \times R$ を作る. このことは生徒にとっては表を作ること自然である. 表にある組 (k, a_k) が, 2次元の座標と見ることで, 一般項の求め方(一般式の予想)も異なるものになる.

1) 数列の添え字なしの指導 $a_n = f(n)$ とする.

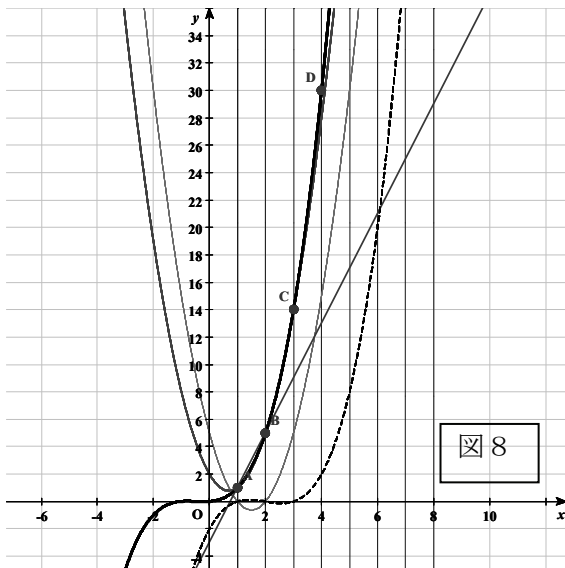
2) 表を完成させる

n	1	2	3	4	5	6	7
f(n)	1	5	14	30	55	91	...

3) 座標平面上の点 $(n, f(n))$ を意識させる.

関数 $f(n)$ は点

$A(1,1), B(2,5), C(3,14), D(4,30), E(5,55), \dots$ を通過している. これはどんな関数なのか.



4) 第2項まで一致する関数

最も簡単な関数は2点を通過する1次関数で, 傾き4, 通る点 $A(1,1)$ より, $y = 4(n-1) + 1 \dots \textcircled{1}$

5) 第3項まで一致する関数

3点 $A(1,1), B(2,5), C(3,14)$ を通る最も簡単な関数は, 2次関数である. まず, 2点 $A(1,1), B(2,5)$ を通る2次関数②を求め, 点 $C(3,14)$ を通るもの③を探し出す.

$$y = a(n-1)(n-2) + 4(n-1) + 1 \dots \textcircled{2}$$

$$y = \frac{5}{2}(n-1)(n-2) + 4(n-1) + 1 \dots \textcircled{3}$$

<③は①と, $n=1, n=2$ で交わる>

6) 第4項まで一致する関数

4点 $A(1,1), B(2,5), C(3,14), D(4,30)$ を通る最も簡単な関数は3次関数である. まず, この3点 $A(1,1), B(2,5), C(3,14)$ を通るすべての3次関数④を求め, 点 $D(4,30)$ を通るもの⑤を探索する.

$$y = b(n-1)(n-2)(n-3) + \frac{5}{2}(n-1)(n-2) + 4(n-1) + 1 \dots \textcircled{4}$$

$$y = \frac{1}{3}(n-1)(n-2)(n-3) + \frac{5}{2}(n-1)(n-2) + 4(n-1) + 1 \dots \textcircled{5}$$

<⑤は③と, $n=1, 2, 3$ で交わる>

これで, 4点を通る3次関数が得られた. 求める数列の一般項 $f(n)$ は, 3次式だから,

$$f(n) = \frac{1}{3}(n-1)(n-2)(n-3) + \frac{5}{2}(n-1)(n-2) + 4(n-1) + 1$$

(2) 教師用速算法, 生徒用課題研究

階差数列の一般項は, 第3階差までなら

$$f(n) = k_0 + k_1 \times_{n-1} C_1 + k_2 \times_{n-1} C_2 + k_3 \times_{n-1} C_3 \quad \text{と}$$

表される. ここで, $k_i (i=0,1,2,3)$ は第 i 階差の初項

である. k_0 はもとの数列の初項である.

また, $_{n-1}C_j$ については, $n-1 < j$ のときは0と定める.

生徒には, なぜこの式で求められるのかの解明研究をさせるとよいだろう.

$$f(2) - f(1) = k_1,$$

$$\{(f(3) - f(2)) - (f(2) - f(1))\} = k_2,$$

$$\{(f(4) - f(3)) - (f(3) - f(2))\} - \{(f(3) - f(2)) - (f(2) - f(1))\} = k_3,$$

$$k_0 = 1, \quad k_1 = 4, \quad k_2 = 5, \quad k_3 = 2$$

一般項の一つは, ほぼ暗算で式を求められる. 漸化式を満たすことをチェックすればよい.

n	1	2	3	4	5	6	...
f(n)	1	5	14	30	55	91	
第1階差		4	9	16	25	36	...
第2階差			5	7	9	11	
第3階差				2	2		

$$f(n) = 1 + 4 \times_{n-1} C_1 + 5 \times_{n-1} C_2 + 2 \times_{n-1} C_3$$

$$= \frac{1}{3}(n-1)(n-2)(n-3) + \frac{5}{2}(n-1)(n-2) + 4(n-1) + 1$$

これをグラフ電卓 (TI-89) で,

$$\text{expand}(\frac{1}{3}(n-1)(n-2)(n-3) + \frac{5}{2}(n-1)(n-2) + 4(n-1) + 1)$$

で計算させれば, $\frac{1}{3}n^3 + \frac{1}{2}n^2 + \frac{1}{6}n$ が出力され, さ

らに $\text{factor}(\frac{1}{3}n^3 + \frac{1}{2}n^2 + \frac{1}{6}n)$ で, $\frac{n(n+1)(2n+1)}{6}$

が出力される.

A2.5. 数列・連続関数・場合の数・整式・方程式の4領域のリンクで生き生きと

(1) 階差数列の一般項 $f(n)$ と階差

$$f(n) = k_0 + k_1 \times_{n-1} C_1 + k_2 \times_{n-1} C_2 + k_3 \times_{n-1} C_3 + \cdots + k_{m \ n-1} C_m = \sum_{k=1}^m k_i \times_{n-1} C_i$$

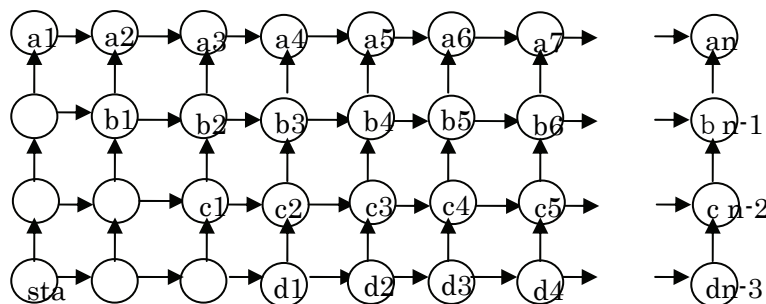
ここで、 $_{n-1} C_i$ は、 $n-1 < i$ となる場合は、すべて 0 である。

(ただし、 k_i は第 i 階差の初項、第 0 階差とは元の数列の初項のこと) と表される。

例 3 第 3 階差数列が定数列の場合

数列 $\{a_n\}$ の第 1 階差数列を $\{b_n\}$ 、第 2 階差数列を $\{c_n\}$ 、第 3 階差数列を $\{d_n\}$

n	1	2	3	4	5	6	...
f(n)	a1	a2	a3	a4	a5	a6	
第1階差	b1	b2	b3	b4	b5	...	
第2階差		c1	c2	c3	c4	c5	
第3階差			d1	d2	d3	d4	



○の中は、start から、その位置まで最短経路で至る場合の数を示してある。

a_1 の位置から a_n の位置に至る最短経路の数について、右へ進むだけなので、1 通りであり、start から a_1 の位置までの最短経路数は a_1 通りであるから、 $a_1 \times 1$ 通りである。

b_1 の位置から a_n の位置に至る最短経路の数について、 b_1 から右へ $n-2$ 、上へ 1 の合計 $n-1$ だけ移動する。どこかで、上に 1 移動する場合の数は、 $_{n-1} C_1$ 通りであり、しかも start から b_1 の位置までの最短経路は b_1 通りであるから、 $b_1 \times_{n-1} C_1$ 通りである。

c_1 の位置から a_n の位置に至る最短経路の数について、 c_1 から右へ $n-3$ 、上へ 2 の合計 $n-1$ だけ移動する。どこかで、上に 2 移動する場合の数は、 $_{n-1} C_2$ 通りであり、しかも start から c_1 の位置までの最短経路は c_1 通りであるから、 $c_1 \times_{n-1} C_2$ 通り

である。

後、同様にして、start から d_1 の位置経由で a_n の位置に至る最短経路数は、 $d_1 \times_{n-1} C_3$

以上から、

$a_n = a_1 + b_1 \times_{n-1} C_1 + c_1 \times_{n-1} C_2 + d_1 \times_{n-1} C_3$ であることが分かった。

(2) 第 2 階差を用いて、元の数列の一般項を表現してみよう <課題研究>

$a_n = a_1 + \sum_{k=1}^{n-1} b_k$ は、すべての教科書に記載があるが、第 2 階差を用いるとどうなるか。

$$a_n = a_1 + b_1 \times_{n-1} C_1 + c_1 \times_{n-2} C_1 + c_2 \times_{n-3} C_1 + \cdots + c_{n-3} \times_2 C_1 + c_{n-2} \times_1 C_1$$

$$= a_1 + b_1 \times_{n-1} C_1 + \sum_{k=1}^{n-2} c_k \times_{n-(k+1)} C_1$$

$$a_n = a_1 + b_1 \times_{n-1} C_1 + c_1 \times_{n-1} C_2 + d_1 \times_{n-2} C_2 + d_2 \times_{n-3} C_2 + \cdots$$

$$+ d_{n-4} \times_3 C_2 + d_{n-3} \times_2 C_2$$

$$= a_1 + b_1 \times_{n-1} C_1 + c_1 \times_{n-1} C_2 + \sum_{k=1}^{n-3} d_k \times_{n-(k+1)} C_2$$

$$(d_k = d_1 = \text{一定のとき}, \sum_{k=1}^{n-3} _{n-k-1} C_2 = _{n-1} C_3)$$

A2.6. 数列の和は新たな数列の一般項

数列 $\{a_n\}$ の和とは、新たな数列

$$a_1, a_1 + a_2, a_1 + a_2 + a_3, \cdots,$$

$$a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + \cdots + a_n, \cdots$$

を考え、この新たな数列を $\{S_n\}$ としたとき、つまり、 $S_1, S_2, S_3, \cdots, S_n, \cdots$ を考え、この一般項を求めることが基本である。(手元の教科書を調べてみると、旺文社には $\{S_n\}$ という数列を示してあった。これがなく、 $S_n = a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + \cdots + a_n$ から $S_n - S_{n-1} = a_n$ の式が突然出現している不親切なものも多く見られた。)

「数学Ⅲ」では、級数 $S = \sum_{k=1}^{\infty} a_k$ を求めるが、「数

学Ⅱ」で和の定義がいい加減であると、学習はうまく運ばない。先を見通した授業展開が生徒にとって負担を少なくする。

$\sum_{k=1}^n k^2$ の求め方は多くの方法が知られている.

$\sum_{k=1}^n k^2$ は, 新たな数列 1, 5, 14, 30, 55, 91, ... を考えれ

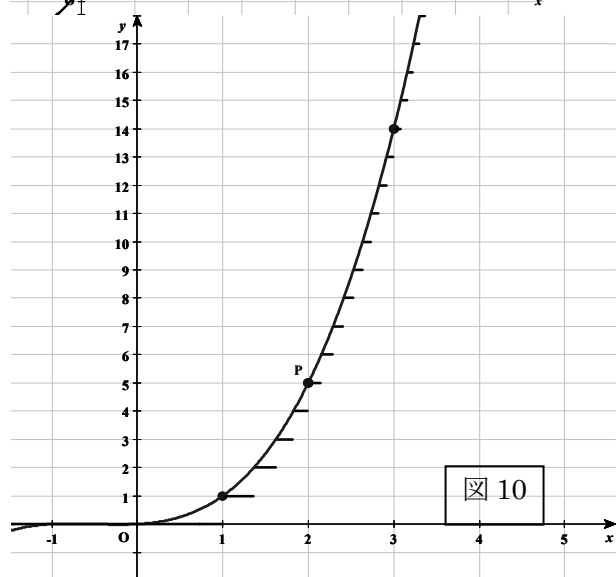
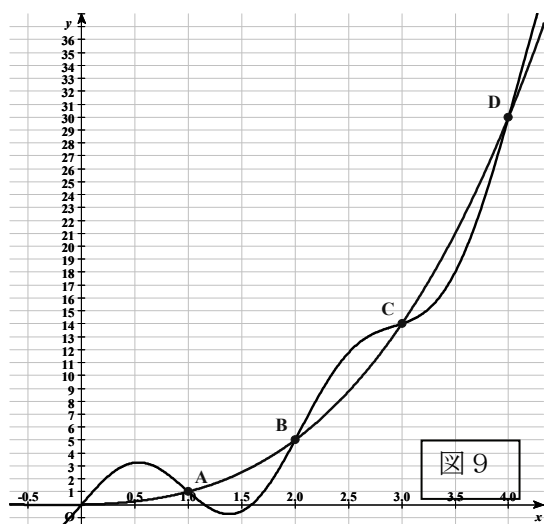
ば, A2.4. のように求められる. 必要に応じ, 漸化式 $S_n - S_{n-1} = n^2$ が成り立つことを示す.

A2.7. 一般項は無限に存在

A2.4. では, 与えられた数列を満たす多項式を 1 つ だけ求めた. 求めた多項式関数を 0 ベースとして, 整数 n で 0 になる連続関数を加算しようと, OK である. また, $y = [f(n)]$ も OK.

$$f(n) = \frac{1}{3}(n-1)(n-2)(n-3) + \frac{5}{2}(n-1)(n-2) + 4(n-1) + 1 + 3\sin n\pi$$

もちろん, 定義域を自然数に限定すれば, この式は多項式である. ガウス記号を用いたものは, 多項式の連続関数ではない.



駒野誠 (2005) 「多角的な視点に立った教材開発ーカバリエリの原理による‘ものさし’」 日本数学教育学会誌 87 巻 3 号 pp.12-19 (2009 年 駒野)

an3. 絶対値を含む関数のグラフ

関連分野： 解析分野

高等数学： 解析幾何

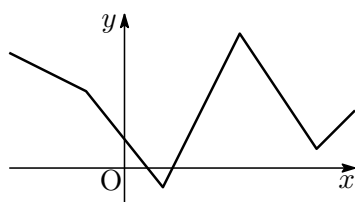
対象学年： 中学 3 年生， 高校 2 年生

関連単元： 関数のグラフ

教材名： 絶対値を含む関数のグラフ

《線を表す関数を作る》

本校の高校 2 年で実施されているゼミナールという授業の中で，2008 年度に生徒が「折れ線は絶対値を使えば 1 つの式で表現できる」ということを述べていた（下図参照）．



その場で説明はなかったが，私もちょっと考えてみて，「確かに描けそうだな」という気がして，詳しいことは尋ねなかった．

後日，中学 3 年生向けの新しい教材を考えている際に，そのときのことを思い出して，関数のグラフとして表せる（各 x に対して y が 1 つだけ対応する）折れ線の場合分けを使わずに，絶対値を使った 1 つの式で表す方法を再び考えてみた．すると，これが思ったよりも難しく，自分なりに解決するのに多少時間がかかったが，様々な発見ができた．関数からそのグラフを描く作業はよくあるが，逆に，座標平面に描いた線から，その線を表す関数を作る作業は，お絵描きをするようでなかなか楽しく，面白い教材にできると感じ，発展的な内容として 2008 年度に中学 3 年生，2009 年度に高校 1 年生の授業で扱ってみた．

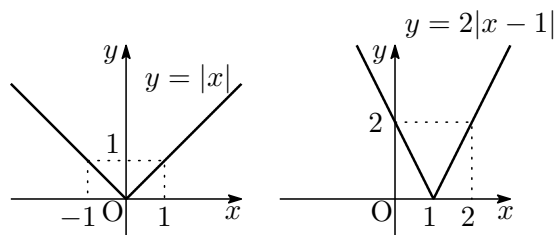
本稿では，そのための数学的理論をまとめ，授業実践の準備として，数式処理システム maxima を紹介する．

an3.1. 折れ線を 1 つの式で表す

$y = 2|x - 1|$ のグラフは

$$2|x - 1| = \begin{cases} 2(-(x - 1)) = -2x + 2 & (x < 1) \\ 2(x - 1) = 2x - 2 & (1 \leq x) \end{cases}$$

であることから，次の右図のようになる．



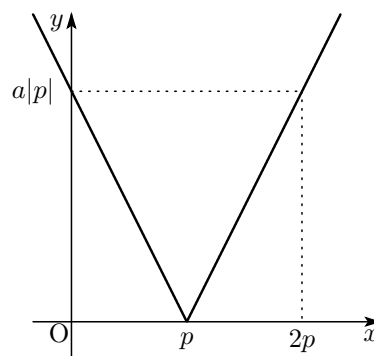
また， $y = |x|$ のグラフを x 軸方向に 1 だけ平行移動して，さらに， y 軸方向に 2 倍拡大したものとみなせば，絶対値を外すことなくグラフの概形は決定できる．

● $y = a|x - p|$

$a \neq 0$ のとき，

$$y = a|x - p| = \begin{cases} -a(x - p) & (x < p) \\ a(x - p) & (p \leq x) \end{cases}$$

のグラフは，下図の通り（ $a > 0$ の場合）であり，1 回折れ曲がる折れ線となる．



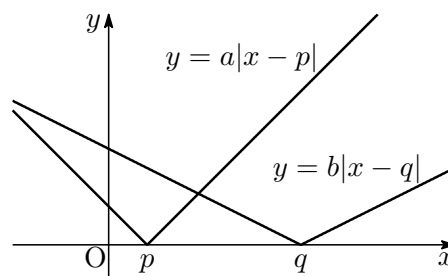
● $y = a|x - p| + b|x - q|$

$a \neq 0, b \neq 0, p < q$ のとき，

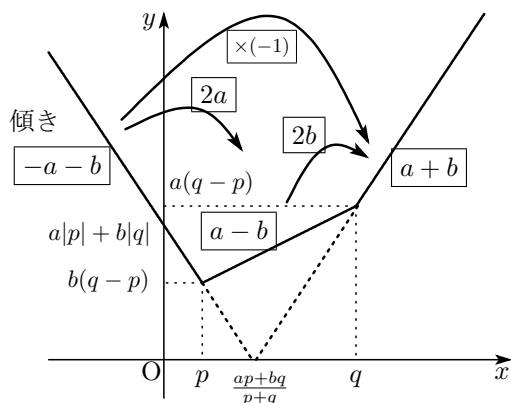
$$y = a|x - p| + b|x - q| = \begin{cases} -a(x - p) - b(x - q) & (x < p) \\ a(x - p) - b(x - q) & (p \leq x < q) \\ a(x - p) + b(x - q) & (q \leq x) \end{cases}$$

のグラフを描いてみよう．

簡単のため， $a > b > 0$ の場合を考える．このとき， $y = a|x - p|$ と $y = b|x - q|$ のグラフは次のようになる．



よって、それらの和 $y = a|x - p| + b|x - q|$ のグラフを描けばよいので、下図のようなグラフを得る。



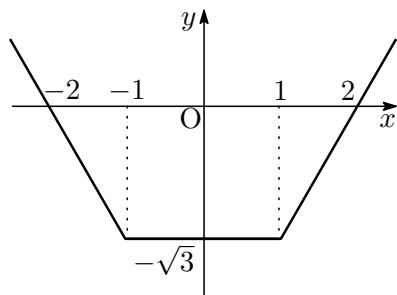
ここで傾きに注目すると、左端から順に

$$-a - b \xrightarrow{+2a} a - b \xrightarrow{+2b} a + b$$

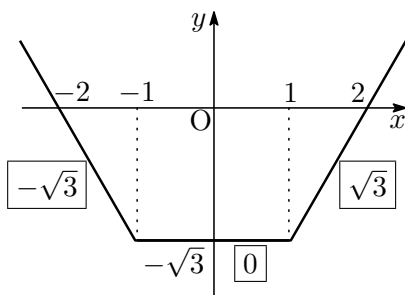
と変化していることが分かる。これは、 $a > b > 0$ の場合以外でも同様である。よって、折れ曲がる位置 $x = p, q$ を固定したまま、 a と b の値をうまく決めれば、一見、どのような折れ線でも表現可能のように思われる。しかし、実際は、左端と右端の傾きが -1 倍の関係であり、ある種の対称性を持つてしまう。

このような対称性を持った折れ線について、具体的な問題で考えてみる。

問 1. 次の折れ線を 1 つの式で表せ。



解 まず、 $x = -1, 1$ で折れ曲がる折れ線で、左端からの傾きが $-\sqrt{3} \rightarrow 0 \rightarrow \sqrt{3}$ となるものを作るために、



$y = a|x + 1| + b|x - 1|$ とおく。傾きより

$$\begin{cases} -a - b = -\sqrt{3} \\ a - b = 0 \\ a + b = \sqrt{3} \end{cases} \iff a = b = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

であるが、 a, b の値を代入した折れ線

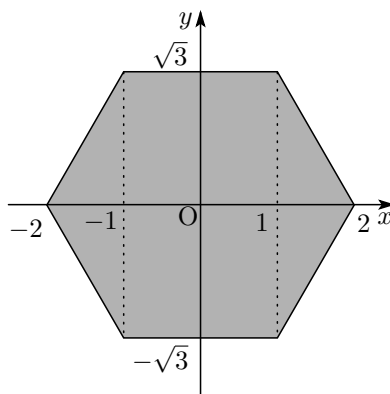
$$y = \frac{\sqrt{3}}{2}|x + 1| + \frac{\sqrt{3}}{2}|x - 1|$$

は点 $(0, \sqrt{3})$ を通るので、 y 軸方向に $-2\sqrt{3}$ だけ平行移動する必要がある。よって、求める折れ線の式は

$$y = \frac{\sqrt{3}}{2}|x + 1| + \frac{\sqrt{3}}{2}|x - 1| - 2\sqrt{3}$$

である。□

問 2. 1 辺の長さが 2 である次の正 6 角形のなす領域を、2 つの関数 $f(x), g(x)$ を用いて、 $f(x) \leq y \leq g(x)$ の形で表せ。



解 問 1 の結果より、

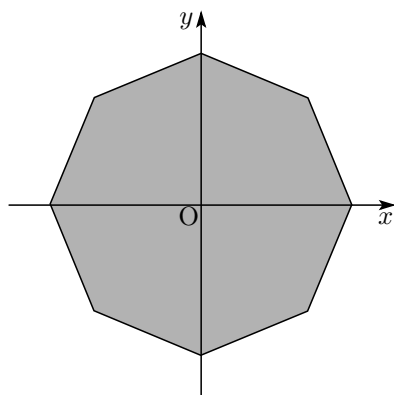
$$f(x) = \frac{\sqrt{3}}{2}|x + 1| + \frac{\sqrt{3}}{2}|x - 1| - 2\sqrt{3}$$

とおけばよい。また、 x 軸に関して対称移動させて、 $g(x) = -f(x)$ とすればよいので、求める領域は

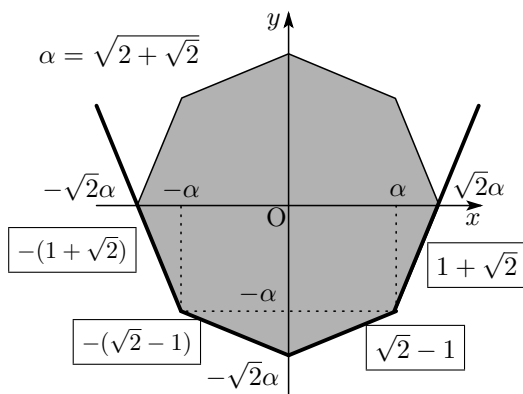
$$\begin{aligned} \frac{\sqrt{3}}{2}|x + 1| + \frac{\sqrt{3}}{2}|x - 1| - 2\sqrt{3} &\leq y \\ &\leq -\frac{\sqrt{3}}{2}|x + 1| - \frac{\sqrt{3}}{2}|x - 1| + 2\sqrt{3} \end{aligned}$$

である。□

問 3. 1 辺の長さが 2 である次の正 8 角形のなす領域を、2 つの関数 $f(x), g(x)$ を用いて、 $f(x) \leq y \leq g(x)$ の形で表せ。



解 まず、次の図のような折れ線を作る。



$\alpha = \sqrt{2 + \sqrt{2}}$ とおくと、折れ曲がる位置は $x = -\alpha, 0, \alpha$ なので、

$$y = a|x + \alpha| + b|x| + c|x - \alpha| + h$$

とおく。左端からの傾きは順に、

$$-(1 + \sqrt{2}), -(\sqrt{2} - 1), \sqrt{2} - 1, 1 + \sqrt{2}$$

なので、

$$\begin{cases} -a - b - c = -(1 + \sqrt{2}) \\ a - b - c = -(\sqrt{2} - 1) \\ a + b - c = \sqrt{2} - 1 \\ a + b + c = 1 + \sqrt{2} \end{cases} \iff \begin{cases} a = c = 1 \\ b = \sqrt{2} - 1 \end{cases}$$

より、 $y = |x + \alpha| + (\sqrt{2} - 1)|x| + |x - \alpha| + h$ であるが、点 $(0, -\sqrt{2}\alpha)$ を通るので $h = -(2 + \sqrt{2})\alpha = -\alpha^3$ となる。よって、

$$f(x) = |x + \alpha| + (\sqrt{2} - 1)|x| + |x - \alpha| - \alpha^3$$

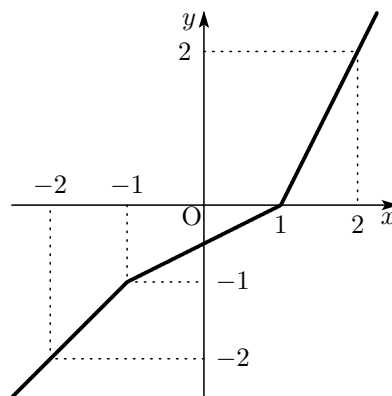
とおけば、求める領域は、 $f(x) \leq y \leq -f(x)$ である。
□

このように、左端と右端の傾きが -1 倍の関係にあるような折れ線であれば、1 つの式で表現可能であることが、いくつかの具体例で確認できた。

● 対称性のない折れ線

前小節では、ある種の対称性のある折れ線について、具体例で考察した。ここでは、対称性のない折れ線を扱う。次の 2 回折れ曲がる折れ線を考えてみよう。

問 4. 次の折れ線を 1 つの式で表せ。



傾きは左端から順に、 $1, \frac{1}{2}, 2$ であり、左端と右端の傾きが -1 倍の関係にはなっていない折れ線である。今までと同じように $y = a|x + 1| + b|x - 1| + h$ とおいて、

$$\begin{cases} -a - b = 1 \\ a - b = \frac{1}{2} \\ a + b = 2 \end{cases}$$

をみたと a, b を求めてみようとする、第 1 式と第 3 式を共にみたと a, b は存在しないことに気付く。よって、この式のおき方では、対称性のない折れ線を表現することはできない。問 4 の解決方法の一例として、本校の中学 3 年生が考えた傾きの増分に着目した解き方を紹介する。

解 求める折れ線の傾きは左端から

$$1 \xrightarrow{-\frac{1}{2}} \frac{1}{2} \xrightarrow{+\frac{3}{2}} 2$$

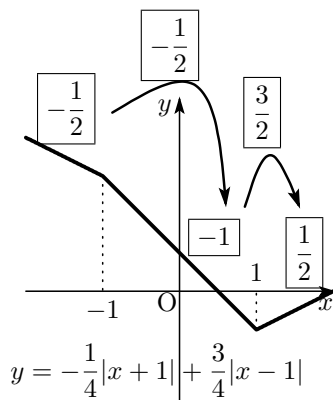
と変化していることに着目して、とりあえず、 $x = -1, 1$ で傾きの増分が $-\frac{1}{2}, \frac{3}{2}$ となる折れ線を作る。 $y = a|x + 1| + b|x - 1|$ の傾きは、

$$-a - b \xrightarrow{+2a} a - b \xrightarrow{+2b} a + b$$

と変化するので、

$$\begin{cases} 2a = -\frac{1}{2} \\ 2b = \frac{3}{2} \end{cases} \iff \begin{cases} a = -\frac{1}{4} \\ b = \frac{3}{4} \end{cases}$$

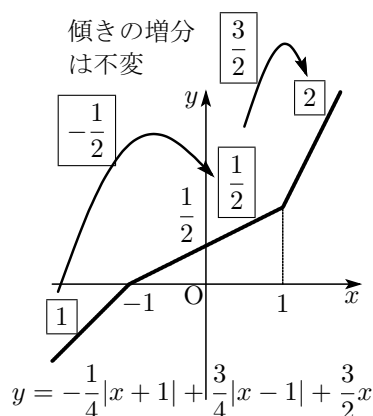
より、折れ線 $y = -\frac{1}{4}|x+1| + \frac{3}{4}|x-1|$ でよい。実際、そのグラフは



であり、傾きの変化は

$$-\frac{1}{2} \xrightarrow{-\frac{1}{2}} -1 \xrightarrow{+\frac{3}{2}} \frac{1}{2}$$

で、 $x = -1, 1$ における傾きの増分は $-\frac{1}{2}, \frac{3}{2}$ となる。ここで、求める折れ線の傾きにするには、傾きの増分を変えずに左端の傾きを $-\frac{1}{2}$ から 1 にすればよい。そのために、全体の傾きを一齐に $\frac{3}{2}$ だけ増やす、すなわち、 $y = -\frac{1}{4}|x+1| + \frac{3}{4}|x-1|$ に $\frac{3}{2}x$ を加えて、折れ線 $y = -\frac{1}{4}|x+1| + \frac{3}{4}|x-1| + \frac{3}{2}x$



を作る。傾きについては、求めるものとなっているので、最後に、 y 軸方向に -1 だけ平行移動して、求める式

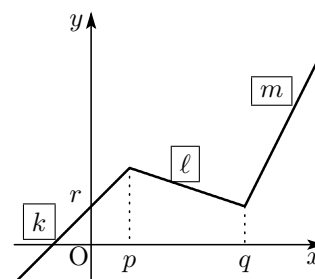
$$y = -\frac{1}{4}|x+1| + \frac{3}{4}|x-1| + \frac{3}{2}x - 1$$

を得る。□

• 任意の折れ線

前小節で、折れ線の式 $y = a|x-p| + b|x-q|$ に直線の式 $y = cx + h$ を加えても傾きの増分は不変であるから、最初に傾きの増分だけを決定しておいて、左端が一致するように直線の式を加えることによって、結果として全体も求める折れ線に一致するという解法を紹介した。この考え方を基として、一般の場合を考える。

問 5. 次の折れ線を 1 つの式で表せ。ただし、 k, ℓ, m は傾きを表す。



解 $y = a|x-p| + b|x-q| + cx + h$ とおく。傾きについて

$$\begin{cases} -a - b + c = k \\ a - b + c = \ell \\ a + b + c = m \end{cases}$$

より、

$$a = \frac{\ell - k}{2}, b = \frac{m - \ell}{2}, c = \frac{k + m}{2}$$

である。また、左端の直線 $y = -a(x-p) - b(x-q) + cx + h$ が点 $(0, r)$ を通ることから、 $r = ap + bq + h$ である。よって、求める折れ線の式は

$$\begin{aligned} y &= a|x-p| + b|x-q| + cx + r - ap - bq \\ &= \frac{\ell - k}{2}(|x-p| - p) + \frac{m - \ell}{2}(|x-q| - q) \\ &\quad + \frac{k + m}{2}x + r \end{aligned}$$

である。□

注意 簡単のため、左端の直線が $x \leq p$ で y 軸と交わるような問題にしたが、そうでない場合も、その延長線と y 軸の交点を $(0, r)$ として、同様の式が得られる。

問 6. 問 5 の結果を用いて、問 4 を解け。

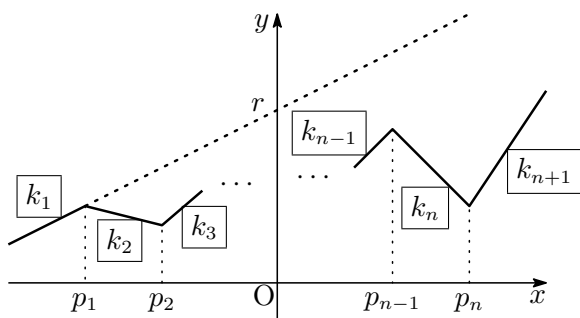
解 $k=1, \ell=\frac{1}{2}, m=2, p=-1, q=1, r=0$ とすればよい. ここで, $r=0$ としているのは, 左端の直線の式が $y=x$ であり, その延長線と y 軸が点 $(0, 0)$ で交わるためである. これらを代入して,

$$\begin{aligned} y &= \frac{\frac{1}{2}-1}{2}(|x-(-1)|-(-1)) + \frac{2-\frac{1}{2}}{2}(|x-1|-1) \\ &\quad + \frac{1+2}{2}x + 0 \\ &= -\frac{1}{4}|x+1| + \frac{3}{4}|x-1| + \frac{3}{2}x - 1 \end{aligned}$$

が求める式である. \square

折れ目が2個の場合を考えたが, より一般に折れ目が n 個の場合も1つの式で表せることを示しておこう.

問7. $x=p_1, p_2, \dots, p_n$ ($p_1 < p_2 < \dots < p_n$) で折れ曲がり, 傾きが左端から順に k_1, k_2, \dots, k_{n+1} となる折れ線



で左端の直線が点 $(0, r)$ を通るものを1つの式で表せ.

解

$$y = \sum_{i=1}^n a_i |x - p_i| + bx + h \quad \cdots (*)$$

とおく. 傾きより,

$$\begin{cases} -a_1 - a_2 - \cdots - a_n + b = k_1 \\ a_1 - a_2 - \cdots - a_n + b = k_2 \\ a_1 + a_2 - \cdots - a_n + b = k_3 \\ \dots\dots\dots \\ a_1 + a_2 + \cdots - a_n + b = k_n \\ a_1 + a_2 + \cdots + a_n + b = k_{n+1} \end{cases} \iff$$

$$\begin{pmatrix} -1 & -1 & \cdots & -1 & 1 \\ 1 & -1 & \ddots & \vdots & \vdots \\ 1 & 1 & \ddots & -1 & 1 \\ \vdots & \ddots & \ddots & -1 & 1 \\ 1 & \cdots & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_n \\ b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \vdots \\ k_n \\ k_{n+1} \end{pmatrix}$$

\iff

$$\begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_n \\ b \end{pmatrix} = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} -1 & 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & -1 & 1 & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & -1 & 1 \\ 1 & 0 & \cdots & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \vdots \\ k_n \\ k_{n+1} \end{pmatrix}$$

$$\iff a_i = \frac{k_{i+1} - k_i}{2} \quad (1 \leq i \leq n), \quad b = \frac{k_1 + k_{n+1}}{2}$$

を得る. また, 左端の直線は

$$y = -\sum_{i=1}^n a_i(x - p_i) + bx + h$$

であり, 点 $(0, r)$ を通ることから

$$h = r - \sum_{i=1}^n a_i p_i = r - \sum_{i=1}^n \frac{k_{i+1} - k_i}{2} p_i$$

である. これらを(*)に代入して, 求める折れ線の式

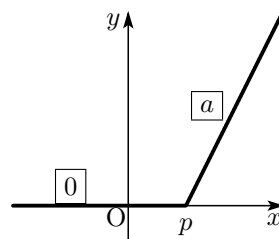
$$y = \sum_{i=1}^n \frac{k_{i+1} - k_i}{2} (|x - p_i| - p_i) + \frac{k_1 + k_{n+1}}{2} x + r$$

を得る. \square

注意 与えられた1つの折れ線に対して, その式を(*)の形に限定すると, その表現に一意性があることが証明できる. 問4と問6の結果の式が一致しているのは, 偶然ではなく, このためである.

これで一般の場合が完全に証明されたが, 計算が多少煩雑なので, もう少し直観的な解き方も紹介しておく.

問8. (1) $x=p$ で折れ曲がり, 傾きが0から a へ変わる折れ線



を1つの式で表せ.

(2) (1)の結果を用いて, 問5と問7を解け.

解 (1) この折れ線の式は

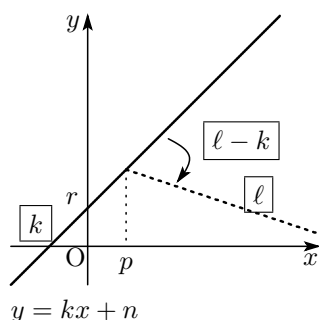
$$y = \frac{a}{2}(|x - p| + x - p)$$

で表せる. 実際, 場合分けしてみると

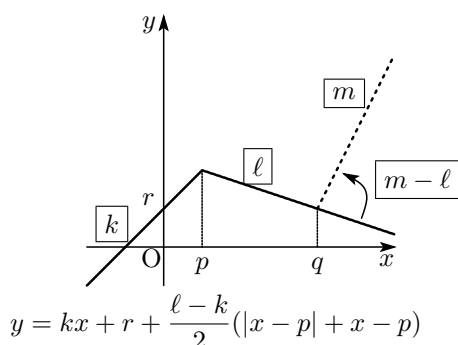
$$\frac{a}{2}(|x - p| + x - p) = \begin{cases} 0 & (x < p) \\ a(x - p) & (p \leq x) \end{cases}$$

である.

(2) まず, 問5を解く. 左端の直線の式は $y = kx + r$ であるから, $x = p$ より右の部分の傾きを k から ℓ に変えればよい.



そのために, $\frac{\ell - k}{2}(|x - p| + x - p)$ を加えて, 折れ線 $y = kx + r + \frac{\ell - k}{2}(|x - p| + x - p)$



を作る. 次に, $x = q$ より右の部分の傾きを ℓ から m に変えるために, $\frac{m - \ell}{2}(|x - q| + x - q)$ を加えればよいので, 求める折れ線の式は

$$y = kx + r + \frac{\ell - k}{2}(|x - p| + x - p) + \frac{m - \ell}{2}(|x - q| + x - q)$$

である.

問6は n 回折れ曲がる折れ線であるが, 同様に, 左端から順に折り曲げていけば,

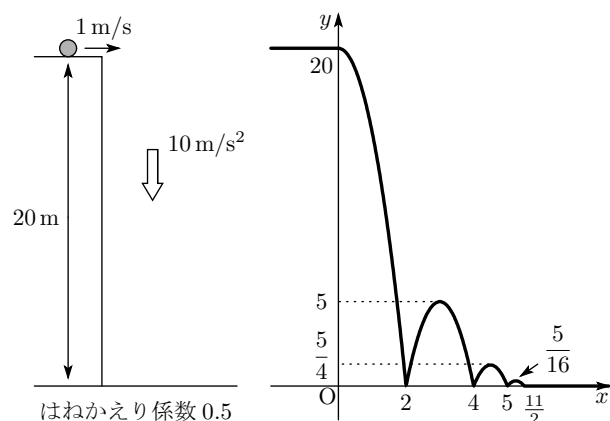
$$y = k_1x + r + \frac{k_2 - k_1}{2}(|x - p_1| + x - p_1) + \frac{k_3 - k_2}{2}(|x - p_2| + x - p_2) + \cdots + \frac{k_{n+1} - k_n}{2}(|x - p_n| + x - p_n)$$

を得る. \square

an3.2. 放物運動を1つの式で表す

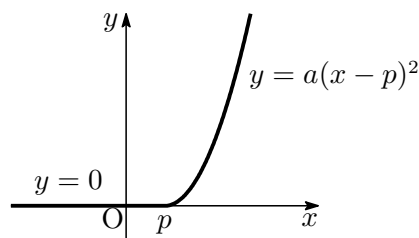
折れ線を1つの式で表す方法については, 前節で完成されたが, あまり現実的ではなく, 面白さがない. そこで, より身近な放物運動を考えてみる.

問9. 下図において, ボールの軌道を1つの式で表せ. ただし, 曲線部分は放物線の一部である.



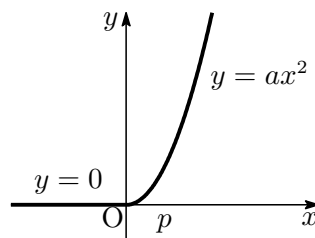
この問題には様々な解き方があるが, まず, 問8と同じ発想で解いてみよう.

問10. (1) 次の線を1つの式で表せ.



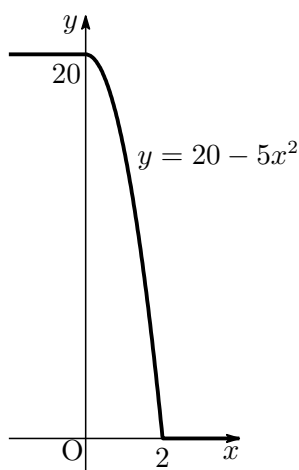
(2) (1) を用いて, 問9を解け.

解 (1) 次の線

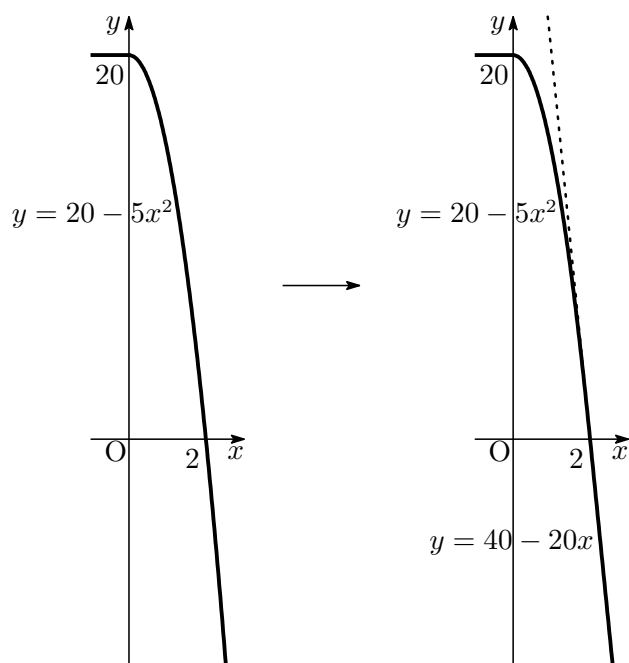


は, 折れ線 $y = \frac{a}{2}(|x| + x)$ と直線 $y = x$ の式の積を考えればよいので, $y = \frac{a}{2}x(|x| + x)$ で表される. よって, これを x 軸方向に p だけ平行移動して, $y = \frac{a}{2}(x - p)(|x - p| + x - p)$ が求める式である.

(2) まず, 次の線 (以下, 滝形とよぶ)



を1つの式で表す。(1)の結果より、次の左側の線は $y = -\frac{5}{2}x(|x| + x)$ を y 軸方向に20だけ平行移動すればよいので、 $y = 20 - \frac{5}{2}x(|x| + x)$ で表される。



$x \geq 2$ における x^2 の項 $-5x^2$ を消すために、(1)の結果より、 $\frac{5}{2}(x-2)(|x-2| + x-2)$ を足して、

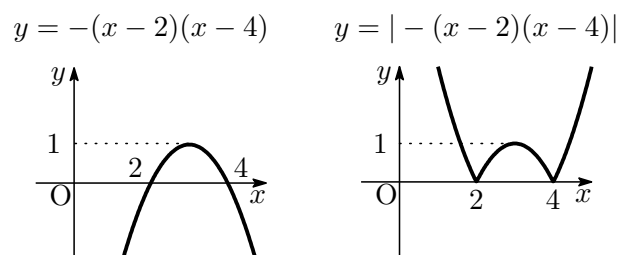
$$y = 20 - \frac{5}{2}x(|x| + x) + \frac{5}{2}(x-2)(|x-2| + x-2)$$

のグラフを考えると、右側ようになる。ここで、 $x \geq 2$ における式は $y = 20 - 5x^2 + 5(x-2)^2 = 40 - 20x$ となるので、 $y = 0$ にするために問8(1)の結果より、さらに $\frac{20}{2}(|x-2| + x-2)$ を足せば、

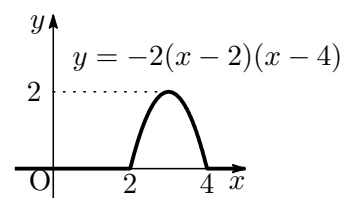
$$y = 20 - \frac{5}{2}x(|x| + x) + \frac{5}{2}(x+2)(|x-2| + x-2)$$

が滝形を表す。

次に、次の2つのグラフの和を考える。



このとき、 $y = -(x-2)(x-4) + |-(x-2)(x-4)|$ のグラフは次のようになるので、



y 軸方向に $\frac{5}{2}$ だけ拡大すれば、最初に現れる山形が作れる。同様に順に山形を作り、滝形との和をとれば、

$$\begin{aligned} y = & 20 - \frac{5}{2}x(|x| + x) + \frac{5}{2}(x+2)(|x-2| + x-2) \\ & + \frac{5}{2}(|-(x-2)(x-4)| - (x-2)(x-4)) \\ & + \frac{5}{2}(|-(x-4)(x-5)| - (x-4)(x-5)) \\ & + \frac{5}{2}\left(|-(x-5)\left(x-\frac{11}{2}\right)| - (x-5)\left(x-\frac{11}{2}\right)\right) \end{aligned}$$

が求める式である。□

この解き方は、問10(1)で求めたように、

$$\frac{a}{2}(x-p)(|x-p| + x-p) = \begin{cases} 0 & (x < p) \\ a(x-p)^2 & (p \leq x) \end{cases}$$

で任意の位置 $x = p$ から右側の x^2 の項の係数を自由に変えられ、さらに、問8(1)で求めたように、

$$\frac{a}{2}(|x-p| + x-p) = \begin{cases} 0 & (x < p) \\ a(x-p) & (p \leq x) \end{cases}$$

で任意の位置 $x = p$ から右側の x の項の係数を自由に変えられることを利用している。ここでは、1次と2次のみを考えたが、より一般に、自然数 n に対して、

$$\frac{a}{2}(x-p)^{n-1}(|x-p| + x-p) = \begin{cases} 0 & (x < p) \\ a(x-p)^n & (p \leq x) \end{cases}$$

であるから、 n 次についても同様のことができる。

さて、問4で、折れ線を傾きの増分に注目して解いたことを思い出して、同様の考え方で、問9を解いてみよう。

問 11. 関数の増分を利用して、問 9 を解け。

解 場合分けして関数を求めると、

$$y = \begin{cases} 20 & (x < 0) \\ -5(x+2)(x-2) & (0 \leq x < 2) \\ -5(x-2)(x-4) & (2 \leq x < 4) \\ -5(x-4)(x-5) & (4 \leq x < 5) \\ -5(x-5)\left(x - \frac{11}{2}\right) & \left(5 \leq x < \frac{11}{2}\right) \\ 0 & \left(\frac{11}{2} \leq x\right) \end{cases}$$

であるから、左端からの関数の増分は $x = 0, 2, 4, 5, \frac{11}{2}$ を境にして順に、

$$\begin{aligned} -5(x+2)(x-2) - 20 &= -5x^2, \\ -5(x-2)(x-4) - (-5(x+2)(x-2)) &= 30(x-2), \\ -5(x-4)(x-5) - (-5(x-2)(x-4)) &= 15(x-4), \\ -5(x-5)\left(x - \frac{11}{2}\right) - (-5(x-4)(x-5)) \\ &= \frac{15}{2}(x-5), \\ 0 - \left(-5(x-5)\left(x - \frac{11}{2}\right)\right) &= 5(x-5)\left(x - \frac{11}{2}\right) \end{aligned}$$

である。このような増分を持つ関数は、問 10(1) と問 8(1) より、順に

$$\begin{aligned} -\frac{5}{2}x(|x| + x), \quad \frac{30}{2}(|x-2| + x-2), \\ \frac{15}{2}(|x-4| + x-4), \quad \frac{15}{4}(|x-5| + x-5), \\ \frac{5}{2}(x-5)\left(\left|x - \frac{11}{2}\right| + x - \frac{11}{2}\right) \end{aligned}$$

であり、関数の変化のある場所はそれぞれ $x = 0, 2, 4, 5, \frac{11}{2}$ で異なるので、和をとってもすべての増分は保たれる。つまり、

$$\begin{aligned} y &= -\frac{5}{2}x(|x| + x) + \frac{30}{2}(|x-2| + x-2) \\ &\quad + \frac{15}{2}(|x-4| + x-4) + \frac{15}{4}(|x-5| + x-5) \\ &\quad + \frac{5}{2}(x-5)\left(\left|x - \frac{11}{2}\right| + x - \frac{11}{2}\right) \end{aligned}$$

は、左端からの関数の増分が $x = 0, 2, 4, 5, \frac{11}{2}$ を境

にして順に

$$\begin{aligned} -5x^2, \quad 30(x-2), \quad 15(x-4), \quad \frac{15}{2}(x-5), \\ 5(x-5)\left(x - \frac{11}{2}\right) \end{aligned}$$

となる関数である。この関数は、特に、 $x < 0$ において $y = 0$ となるので、左端が $y = 20$ になるようにすればよい。よって、 y 軸方向に 20 だけ平行移動して、求める式は、

$$\begin{aligned} y &= -\frac{5}{2}x(|x| + x) + 15(|x-2| + x-2) \\ &\quad + \frac{15}{2}(|x-4| + x-4) + \frac{15}{4}(|x-5| + x-5) \\ &\quad + \frac{5}{2}(x-5)\left(\left|x - \frac{11}{2}\right| + x - \frac{11}{2}\right) + 20 \end{aligned}$$

である。□

生徒の解答の中には、左端からの関数の増分が $x = 0, 2, 4, 5, \frac{11}{2}$ を境にして順に

$$\begin{aligned} -5x^2, \quad 30(x-2), \quad 15(x-4), \quad \frac{15}{2}(x-5), \\ 5(x-5)\left(x - \frac{11}{2}\right) \end{aligned}$$

となる関数として

$$\begin{aligned} y &= -\frac{5}{2}x|x| + 15|x-2| + \frac{15}{2}|x-4| + \frac{15}{4}|x-5| \\ &\quad + \frac{5}{2}(x-5)\left|x - \frac{11}{2}\right| \end{aligned}$$

を採用して、右端が

$$\begin{aligned} y &= -\frac{5}{2}x^2 + 15(x-2) + \frac{15}{2}(x-4) + \frac{15}{4}(x-5) \\ &\quad + \frac{5}{2}(x-5)\left(x - \frac{11}{2}\right) = -10 \end{aligned}$$

となることから、右端が x 軸になるよう y 軸方向に 10 だけ平行移動して求める式

$$\begin{aligned} y &= -\frac{5}{2}x|x| + 15|x-2| + \frac{15}{2}|x-4| + \frac{15}{4}|x-5| \\ &\quad + \frac{5}{2}(x-5)\left|x - \frac{11}{2}\right| + 10 \end{aligned}$$

を得ているものがあつた。結果は問 11 と同じになるが、 $x = 0$ を境にして $-5x^2$ だけ増加する関数として $-\frac{5}{2}x|x|$, $x = 2$ を境にして $30(x-2)$ だけ増加す

る関数として $\frac{30}{2}|x-2|$ などを採用しているところが面白い．念のため計算してみると， $x=0$ での増分は $-\frac{5}{2}x(x-(-x)) = -5x^2$ ， $x=2$ での増分は $\frac{30}{2}((x-2)-(-(x-2))) = 30(x-2)$ となる．右端（または左端）を計算する過程が多少面倒ではあるが，表現が最初から綺麗にまとまる利点があるので，知っておくと便利なことも多いだろう．

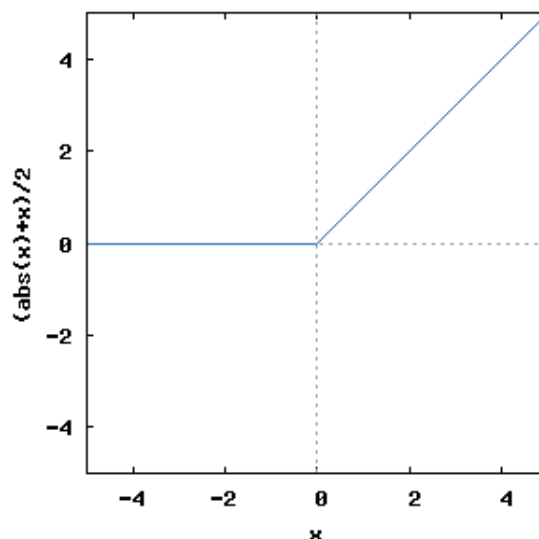
an3.3. 数式処理システム maxima

第1，2節で，折れ線と放物運動を1つの式で表したが，特定の条件を付けなければ，その表し方は一意ではないので，生徒に式を求めさせても，その式が本当に正しいのか判断するのに時間がかかる．手っ取り早く確認するには，やはり，コンピュータの利用が便利であろう．本稿では，Windows，Mac OS，Linux で利用可能なフリーソフトウェアである数式処理システム maxima を紹介する．

Windows 環境で単に関数のグラフを描くだけであれば GRAPES，FunctionView などが非常に便利であるが，Mac OS や Linux では利用できず，また，高度な数式処理は苦手である．maxima は mathematica をフリーにしたようなソフトウェアであり，関数のグラフの描画に加えて，素因数分解，展開，因数分解，方程式を解く，微分，積分，繰り返し処理など高度な数式処理ができ，様々な活用が考えられる．maxima の公式サイトは “<http://maxima.sourceforge.net/>” であり，ダウンロードページは “<http://sourceforge.net/projects/maxima/files/>” となっているので，例えば Windows 用の maxima のインストールでは，“Maxima-Windows” の欄から “maxima-5.19.2.exe” をダウンロードして実行すればよい（原稿執筆時の最新バージョン）．wxMaxima を起動すれば，maxima を GUI 環境で利用できる．例えば， $y = \frac{x+|x|}{2}$ のグラフを描画するには，

```
wxplot2d(
[(x+abs(x))/2], [x, -5, 5], [y, -5, 5],
[gnuplot_preamble, "setsizeratio 1;
setzeroaxis;"])$
```

と入力して，Shift を押しながら Enter を押せばよい．実際に次のようなグラフが描ける．



おわりに

本研究は，2009 年度科学研究費補助金「数式処理システム maxima で確認し創造する態度を育む数学教材の開発と普及」（奨励研究，課題番号：21913006）の補助を受けて行われた．maxima を授業で活用する足がかりとなることを期待する．

(2009 年 須田)

G 1-2. デカルトの円定理

関連分野：幾何分野

高等数学：幾何学

対象学年：高校1年生

関連単元：図形と計量

題 材 名：「デカルトの円定理」

<<大学での学びへつながる高校での学び>>

中学や高校で学ぶ図形（幾何）分野を指導する際には、生徒が図形を論理的に捉え、正しく使っていく態度を育てることが重要である。そのためには、よりよい幾何教材を準備する必要があるだろう。

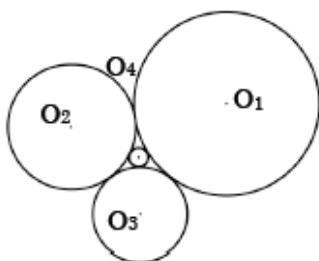
2007年度には反転法の教材化研究を公開し、本校教育研究会や日本数学教育学会等で研究発表し、各方面から多くの助言をいただいた。いただいた助言の中で「和算との関連」について、多円の接触関係について、反転法の他に求める方法について言及したらどうかという助言をいただいた。そこで、本稿では反転法を用いなくて、多円の接触関係についての解法（いわゆる「デカルトの円定理」）について研究を行ったので、その結果を報告する。

G1-2. 1. デカルトの円定理

デカルトの円定理とは、次のことである。
定理：

半径を r_1, r_2, r_3 の3つの円 O_1, O_2, O_3 が互いに外接している図形Fについて、半径 r_4 の第四の円 O_4 が図形Fに内接または外接するとき、それぞれの半径について次が成り立つ。

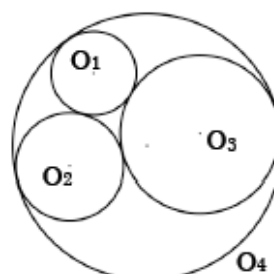
(1) 第四の円が図形Fに内接するとき



$$\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4}\right)^2 = 2\left(\frac{1}{r_1^2} + \frac{1}{r_2^2} + \frac{1}{r_3^2} + \frac{1}{r_4^2}\right)$$

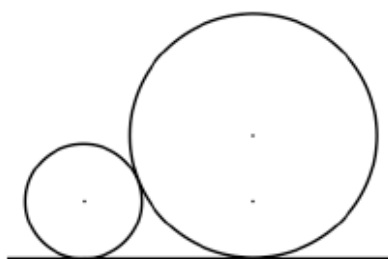
(2) 第四の円が図形Fに外接するとき

$$\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4}\right)^2 = 2\left(\frac{1}{r_1^2} + \frac{1}{r_2^2} + \frac{1}{r_3^2} + \frac{1}{r_4^2}\right)$$



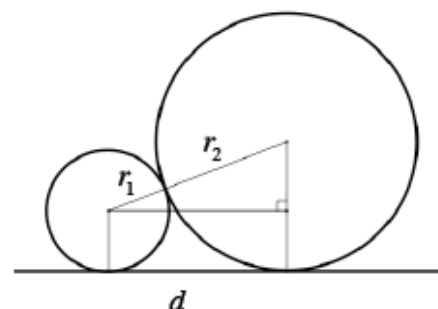
ここでは、円の接触関係に着目して、簡単な場合からこのデカルトの円定理(1)を目標にその成り立ちを示していこう。

G1-2. 2. 2 円の接触関係と共通接線



共通接線において、接点間の距離 d は、

$$d = 2\sqrt{r_1 r_2}$$



(証明) 三平方の定理より

$$(r_1 + r_2)^2 = d^2 + (r_1 - r_2)^2$$

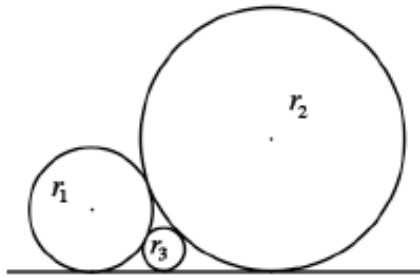
$$d^2 = 4r_1 r_2$$

$$d = 2\sqrt{r_1 r_2}$$

■

G1-2.3. 2円に外接する円

(1) 同じ共通接線を持つ



$$\frac{1}{\sqrt{r_3}} = \frac{1}{\sqrt{r_1}} + \frac{1}{\sqrt{r_2}}$$

(証明) G1-2.2 より, 接点間の距離は

小円と中円では, $2\sqrt{r_1 r_3}$

小円と大円では, $2\sqrt{r_2 r_3}$

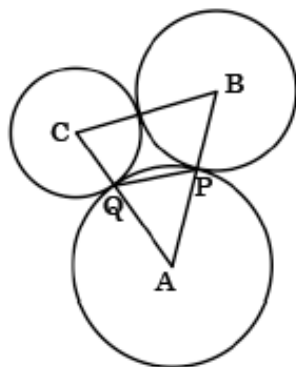
中円と大円では, $2\sqrt{r_1 r_2}$

よって, $2\sqrt{r_1 r_2} = 2\sqrt{r_1 r_3} + 2\sqrt{r_2 r_3}$

辺々を $2\sqrt{r_1 r_2 r_3}$ で割れば求められる。■

G1-2.4. 2円に外接する円 (一般形)

円 A, B, C の半径をそれぞれ a, b, c する。
A と B の接点を P とし, A と C の接点を Q と
すると, 次が成り立つ。



$$PQ^2 = \frac{4a^2 bc}{(a+b)(a+c)}$$

(証明)

$\angle BAC = \theta$ とすると

三角形 ABC について, 余弦定理から

$$(b+c)^2 = (a+b)^2 + (a+c)^2 - 2(a+b)(a+c)\cos\theta$$

三角形 APQ について, 余弦定理から

$$PQ^2 = a^2 + a^2 - 2a^2 \cos\theta$$

上の式から $\cos\theta$ を消去すれば, G1.2.4 が得られる。■

これまでの準備をもとにして「デカルトの円定理」を示してみよう。

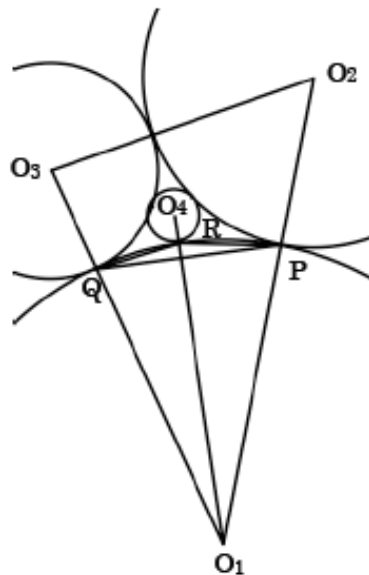
(1) の第四の円が図形 F に内接する場合を考えてみよう。

G1-2.5. デカルトの円定理

次の (1) 第四の円が図形 F に内接する場合を, 証明してみよう。

$$\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right)^2 = 2 \left(\frac{1}{r_1^2} + \frac{1}{r_2^2} + \frac{1}{r_3^2} + \frac{1}{r_4^2} \right)$$

(証明) 円 O_1 と O_2 , 円 O_1 と O_3 , 円 O_1 と O_4 ,
との接点をそれぞれ P, Q, R とする。



G1-2.4により

$$PR^2 = \frac{4r_1^2 r_2 r_4}{(r_1 + r_2)(r_1 + r_4)}$$

$$RQ^2 = \frac{4r_1^2 r_3 r_4}{(r_1 + r_3)(r_1 + r_4)}$$

$$PQ^2 = \frac{4r_1^2 r_2 r_3}{(r_1 + r_2)(r_1 + r_3)}$$

が成り立つ。

次に、 $\angle PRQ = \theta$ として、

$\triangle PQR$ に余弦定理を適用すると、

$$PQ^2 = RP^2 + RQ^2 - 2RP \cdot RQ \cos \theta \quad ①$$

また、円周角の定理より、

$\angle PO_1Q = 2\pi - 2\theta$ であるから

$\triangle PO_1Q$ に余弦定理を適用すると

$$\begin{aligned} PQ^2 &= O_1P^2 + O_1Q^2 - 2O_1P \cdot O_1Q \cos(2\pi - 2\theta) \\ &= 2r_1^2(1 - \cos 2\theta) \\ &= 2r_1^2\{1 - (2\cos^2 \theta - 1)\} \\ &= 2r_1^2(2 - 2\cos^2 \theta) \\ &= 4r_1^2 - 4r_1^2 \cos^2 \theta \end{aligned} \quad ②$$

$$\textcircled{1} \text{より、} \cos \theta = \frac{RP^2 + RQ^2 - PQ^2}{2RP \cdot RQ}$$

$$\cos^2 \theta = \left(\frac{RP^2 + RQ^2 - PQ^2}{2RP \cdot RQ} \right)^2 \text{として}\textcircled{2} \text{に代入}$$

すると、

$$\frac{4r_1^2 r_2 r_3}{(r_1 + r_2)(r_1 + r_3)} = 4r_1^2 - 4r_1^2 \left(\frac{RP^2 + RQ^2 - PQ^2}{2RP \cdot RQ} \right)^2$$

$$4r_1^2 \left(\frac{RP^2 + RQ^2 - PQ^2}{2RP \cdot RQ} \right)^2 = 4r_1^2 - \frac{4r_1^2 r_2 r_3}{(r_1 + r_2)(r_1 + r_3)}$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{RP^2 + RQ^2 - PQ^2}{2RP \cdot RQ} \right)^2 &= 1 - \frac{r_2 r_3}{(r_1 + r_2)(r_1 + r_3)} \\ &= \frac{(r_1 + r_2)(r_1 + r_3) - r_2 r_3}{(r_1 + r_2)(r_1 + r_3)} \\ &= \frac{r_1^2 + r_1 r_2 + r_1 r_3}{(r_1 + r_2)(r_1 + r_3)} \end{aligned}$$

ここで、(左辺)の $\left(\frac{RP^2 + RQ^2 - PQ^2}{2RP \cdot RQ} \right)^2$ は

$$\begin{aligned} &= \left\{ \frac{4r_1^2 r_2 r_4}{(r_1 + r_2)(r_1 + r_4)} + \frac{4r_1^2 r_3 r_4}{(r_1 + r_3)(r_1 + r_4)} - \frac{4r_1^2 r_2 r_3}{(r_1 + r_2)(r_1 + r_3)} \right\}^2 \\ &= \frac{4 \frac{4r_1^2 r_2 r_4}{(r_1 + r_2)(r_1 + r_4)} \frac{4r_1^2 r_3 r_4}{(r_1 + r_3)(r_1 + r_4)}}{4 \frac{4r_1^2 r_2 r_4}{(r_1 + r_2)(r_1 + r_4)} \frac{4r_1^2 r_3 r_4}{(r_1 + r_3)(r_1 + r_4)}} \\ &= \frac{\{r_2 r_4(r_1 + r_3) + r_3 r_4(r_1 + r_2) - r_2 r_3(r_1 + r_4)\}^2}{4r_2 r_3 r_4^2 (r_1 + r_2)(r_1 + r_3)} \\ &= \frac{(r_1 r_2 r_4 + r_2 r_3 r_4 + r_1 r_3 r_4 + r_2 r_3 r_4 - r_1 r_2 r_3 - r_2 r_3 r_4)^2}{4r_2 r_3 r_4^2 (r_1 + r_2)(r_1 + r_3)} \\ &= \frac{(r_1 r_2 r_4 + r_2 r_3 r_4 + r_1 r_3 r_4 - r_1 r_2 r_3)^2}{4r_2 r_3 r_4^2 (r_1 + r_2)(r_1 + r_3)} \end{aligned}$$

$$\frac{(r_1 r_2 r_4 + r_2 r_3 r_4 + r_1 r_3 r_4 - r_1 r_2 r_3)^2}{4r_2 r_3 r_4^2 (r_1 + r_2)(r_1 + r_3)} = \frac{r_1^2 + r_1 r_2 + r_1 r_3}{(r_1 + r_2)(r_1 + r_3)}$$

$$(r_1 r_2 r_4 + r_2 r_3 r_4 + r_1 r_3 r_4 - r_1 r_2 r_3)^2 = 4r_2 r_3 r_4^2 (r_1^2 + r_1 r_2 + r_1 r_3)$$

辺々を $(r_1 r_2 r_3 r_4)^2$ で割ると、

$$\begin{aligned} \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right)^2 &= \frac{4}{r_1 r_2 r_3} (r_1 + r_2 + r_3) \\ &= 4 \left(\frac{1}{r_1 r_2} + \frac{1}{r_2 r_3} + \frac{1}{r_3 r_1} \right) \end{aligned}$$

ここで、

$$\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right)^2 = \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} \right)^2 + \left(\frac{1}{r_4} \right)^2 - 2 \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} \right) \frac{1}{r_4}$$

$$\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right)^2 = \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right)^2 - 4 \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} \right) \frac{1}{r_4}$$

よって、

$$\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right)^2 = \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right)^2 + 4 \left(\frac{1}{r_1 r_4} + \frac{1}{r_2 r_4} + \frac{1}{r_3 r_4} \right)$$

$$\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right)^2 = 4 \left(\frac{1}{r_1 r_4} + \frac{1}{r_2 r_4} + \frac{1}{r_3 r_4} \right) + 4 \left(\frac{1}{r_1 r_4} + \frac{1}{r_2 r_4} + \frac{1}{r_3 r_4} \right)$$

$$\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right)^2 = 4 \left(\frac{1}{r_1 r_2} + \frac{1}{r_2 r_3} + \frac{1}{r_3 r_4} + \frac{1}{r_1 r_3} + \frac{1}{r_1 r_4} + \frac{1}{r_2 r_4} \right)$$

両辺に $2 \left(\frac{1}{r_1^2} + \frac{1}{r_2^2} + \frac{1}{r_3^2} + \frac{1}{r_4^2} \right)^2$ を加えると

$$\begin{aligned} &\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right)^2 + 2 \left(\frac{1}{r_1^2} + \frac{1}{r_2^2} + \frac{1}{r_3^2} + \frac{1}{r_4^2} \right)^2 \\ &= 2 \left(\frac{1}{r_1^2} + \frac{1}{r_2^2} + \frac{1}{r_3^2} + \frac{1}{r_4^2} \right)^2 + 4 \left(\frac{1}{r_1 r_2} + \frac{1}{r_2 r_3} + \frac{1}{r_3 r_4} + \frac{1}{r_1 r_3} + \frac{1}{r_1 r_4} + \frac{1}{r_2 r_4} \right) \\ &= 2 \left\{ \frac{1}{r_1^2} + \frac{1}{r_2^2} + \frac{1}{r_3^2} + \frac{1}{r_4^2} + 2 \left(\frac{1}{r_1 r_2} + \frac{1}{r_2 r_3} + \frac{1}{r_3 r_4} + \frac{1}{r_1 r_3} + \frac{1}{r_1 r_4} + \frac{1}{r_2 r_4} \right) \right\} \\ &= 2 \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right)^2 \end{aligned}$$

すなわち、

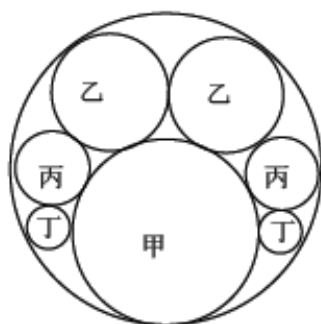
$$2 \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right)^2 = \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right)^2 + 2 \left(\frac{1}{r_1^2} + \frac{1}{r_2^2} + \frac{1}{r_3^2} + \frac{1}{r_4^2} \right)^2$$

故に、

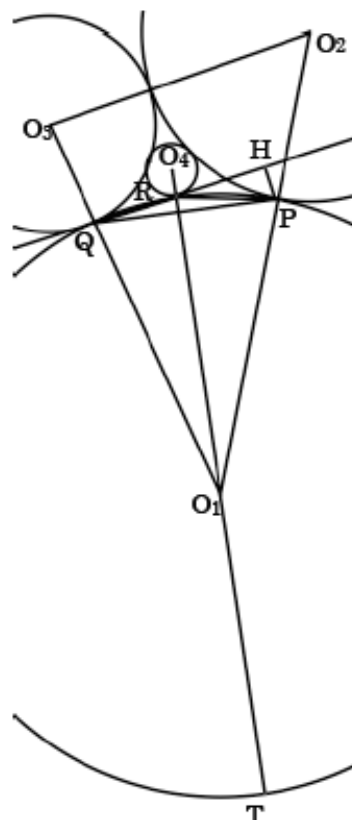
$$\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right)^2 = 2 \left(\frac{1}{r_1^2} + \frac{1}{r_2^2} + \frac{1}{r_3^2} + \frac{1}{r_4^2} \right)^2 \quad \blacksquare$$

<練習> 次の図のように、大円の内につぎつぎに小円を入れる。大円と甲円の直径がそれぞれ16尺、9寸6分のとき、3円乙、丙、丁の直径をそれぞれ求めなさい。

(奈良県大和郡山市の庚申堂の算額)



G1-2.6. 初等幾何の手法を用いた証明



P から直線 QR に引いた垂線の足を H とする。

2つの直角三角形の相似関係より

$$\triangle TPR \sim \triangle QHP \text{ より } \frac{PR}{2RO_1} = \frac{PH}{PQ}$$

したがって、

$$\begin{aligned} PH^2 &= \frac{PR^2 PQ^2}{4RO_1^2} = \frac{PR^2 PQ^2}{4r_1^2} \\ &= \frac{4r_1^2 r_2^2 r_3 r_4}{(r_1 + r_2)^2 (r_1 + r_3)(r_1 + r_4)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} RH^2 &= PR^2 - PH^2 = PR^2 - \frac{PR^2 PQ^2}{4r_1^2} \\ &= PR^2 \left(1 - \frac{PQ^2}{4r_1^2} \right) \end{aligned}$$

$$= \frac{4r_1^2 r_2 r_4}{(r_1 + r_2)(r_1 + r_4)} \left(1 - \frac{r_2 r_3}{(r_1 + r_2)(r_1 + r_3)} \right)$$

ここで、 $\triangle PQR$ において

$PQ^2 = PR^2 + QR^2 - 2PR \cdot QR \cdot \cos \theta$ が成り立つ¹から

$$PR^2 = \frac{4r_1^2 r_2 r_4}{(r_1 + r_2)(r_1 + r_4)} \quad RQ^2 = \frac{4r_1^2 r_3 r_4}{(r_1 + r_3)(r_1 + r_4)}$$

$$PQ^2 = \frac{4r_1^2 r_2 r_3}{(r_1 + r_2)(r_1 + r_3)} \text{ を代入すると、}$$

$$\begin{aligned} &\frac{4r_1^2 r_2 r_3}{(r_1 + r_2)(r_1 + r_3)} \\ &= \frac{4r_1^2 r_2 r_4}{(r_1 + r_2)(r_1 + r_4)} + \frac{4r_1^2 r_3 r_4}{(r_1 + r_3)(r_1 + r_4)} \\ &\quad + 2\sqrt{\frac{4r_1^2 r_2 r_4}{(r_1 + r_2)(r_1 + r_4)} \frac{4r_1^2 r_3 r_4}{(r_1 + r_3)(r_1 + r_4)} \left(1 - \frac{r_2 r_3}{(r_1 + r_2)(r_1 + r_3)} \right)} \end{aligned}$$

これより、 r_4 について解くと、

$$r_4 = \frac{r_1 r_2 r_3}{r_1 r_2 + r_2 r_3 + r_3 r_1 + 2\sqrt{r_1 r_2 r_3 (r_1 + r_2 + r_3)}} \quad \blacksquare$$

これは、G1-2.5.のデカルトの円定理である

$$\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right)^2 = 2 \left(\frac{1}{r_1^2} + \frac{1}{r_2^2} + \frac{1}{r_3^2} + \frac{1}{r_4^2} \right)$$

を r_4 について解いた結果である。

<発展> (2) 第四の円が図形 F に外接するとき、次の

$$\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right)^2 = 2 \left(\frac{1}{r_1^2} + \frac{1}{r_2^2} + \frac{1}{r_3^2} + \frac{1}{r_4^2} \right)$$

が成り立つことを示してみよう。

【参考文献】

『日本の幾何 何題解けますか?』

深川英俊 他著 (森北出版)

(2009 年 牧下)

¹ 余弦定理の前段階のようなものである。和算家は図形の計量でこれを用いている。

余弦定理は $PQ^2 = PR^2 + QR^2 - 2PR \cdot QR \cos \theta$

であるが、 $\cos \theta$ を次のように表し、符号を考慮すれば、

$$PQ^2 = PR^2 + QR^2 - 2PR \cdot QR \left| \frac{RH}{PR} \right| = PR^2 + QR^2 + 2QR \cdot RH$$

となる。

S1-2. 数理統計学入門

関連分野：統計

高等数学：数理統計学

対象学年：高校1年生

関連単元：統計

教材名：数理統計学入門

《資料の整理から推測統計へ》

世の中にはグラフや表があふれており、日常の多くの場面で「統計的な見方や処理」、「統計的な判断」が求められている。将来の進路に関係なくすべての生徒にとって「統計」の学習は必要であろう。高校の指導要領にもその基礎的な内容が盛り込まれているが、それらの多くは選択科目にあり、残念ながら学習しないまま高校を卒業する生徒も多い。

高校1年で、中学で扱った統計に関する学習（資料の整理、相関図、回帰直線など）を復習しながら、連続変量の分布についての理解を深めるとともに、統計的な見方や2変量データ分析の基礎を体得させる。

S1-2.1. 連続変量の分布と分布曲線

(1) 基本用語・記号

生徒の身長体重等の形態記録、スポーツテストの成績などについてのデータ、グラフを配付し（場合によっては作成させ）、次のことを確認する。

①データの表現と和の記号 \sum

n 個のデータ（資料）を x_1, x_2, \dots, x_n で表し、

その総和 $x_1 + x_2 + \dots + x_n$ を、 $\sum x_i$ と書く。

$$x_1 + x_2 + \dots + x_n = \sum x_i$$

②代表値

平均値(mean, average), 中央値(median), 最頻(多)値(mode), 最大値(max), 最小値(min) など特に、平均値を m とすると

$$m = \frac{1}{n}(x_1 + x_2 + \dots + x_n) = \frac{1}{n} \sum x_i \text{ である.}$$

③散布度（データのばらつき）の指標

標準偏差(standard deviation), 分散(variance), 範囲(range), 平均偏差(mean deviation) など

特に分散を σ^2 （標準偏差を σ ）とすると、

$$\begin{aligned} \sigma^2 &= \frac{1}{n} \left\{ (x_1 - m)^2 + (x_2 - m)^2 + \dots + (x_n - m)^2 \right\} \\ &= \frac{1}{n} \sum (x_i - m)^2 = \frac{1}{n} \sum x_i^2 - m^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore \sum (x_i - m)^2 &= \sum (x_i^2 - 2mx_i + m^2) \\ &= \sum x_i^2 - 2m \sum x_i + \sum m^2 = \sum x_i^2 - 2nm^2 + nm^2 \\ &= \sum x_i^2 - nm^2 \end{aligned}$$

例1. データ $\{1, 2, 6\}$ のとき、

$$\text{平均 } m = \frac{1+2+6}{3} = 3$$

$$\begin{aligned} \text{分散 } \sigma^2 &= \frac{(1-3)^2 + (2-3)^2 + (6-3)^2}{3} \\ &= \frac{1^2 + 2^2 + 6^2}{3} - 3^2 = \frac{14}{3} \end{aligned}$$

④その他

度数分布（表）、ヒストグラム、階級、階級値など

(2) 相対度数（確率）分布とその平均、分散

相対度数分布から、その平均値 m 、分散 σ^2 は、次のように近似計算する。

値	x_1	x_2	\dots	x_n
相対度数	p_1	p_2	\dots	p_n

注：表の『値』は、各階級の階級値又は端の値など。

また、相対度数は確率であり、その和は1。

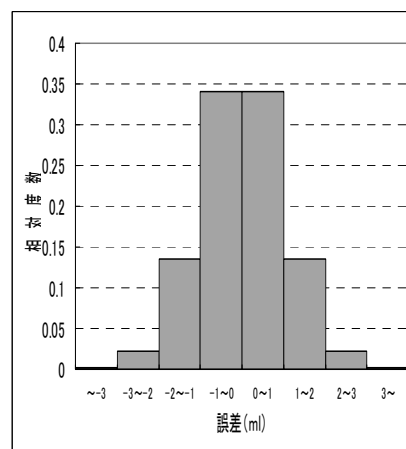
$$m = \sum x_i p_i, \quad \sigma^2 = \sum x_i^2 p_i - m^2$$

(3) 連続変量の分布と分布曲線

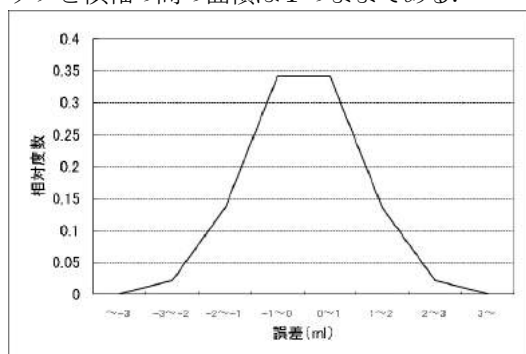
例えば、容器に一定の液体を入れるように設定した機械で作業を行ったとき、実際に容器に入った量を測定すると、誤差により設定した値のまわりに散らばり、左右対称な山型の分布になると考えられる。

設定した量が 350 ml で、誤差での散らばりから生じる標準偏差が 1 ml のとき、階級の幅 1 ml で作った分布は次のようになる。このヒストグラムの面積は 1 である。

誤差(ml)	相対度数
~3	0.001
-3~-2	0.021
-2~-1	0.136
-1~0	0.341
0~1	0.341
1~2	0.136
2~3	0.021
3~	0.001

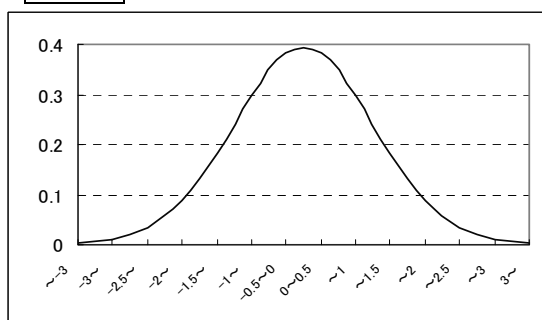


ヒストグラムを折れ線グラフにすると次のようになる。
グラフと横軸の間の面積は1のままである。



実際に容器に入った量は連続的な値であり、測定
単位をいくらでも小さくでき、またデータ数が十分大きい
とき、階級を増やして（階級の幅を小さくして）いくと、
ヒストグラムから得られる折れ線グラフは曲線に近づく
と考えられる。この曲線を**分布曲線**という。

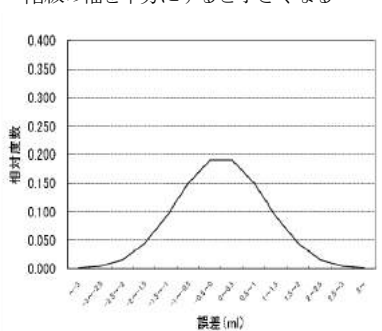
分布曲線



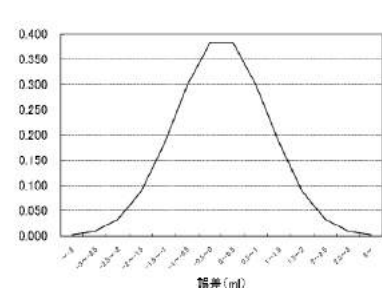
なおこのとき、たとえば階級の幅を半分にするると相対
度数のヒストグラムは小さくなるので、上下へ2倍する
必要がある。

誤差(ml)	相対度数
~-3	0.001
-3~-2.5	0.005
-2.5~-2	0.017
-2~-1.5	0.044
-1.5~-1	0.092
-1~-0.5	0.150
-0.5~0	0.192
0~0.5	0.192
0.5~1	0.150
1~1.5	0.092
1.5~2	0.044
2~2.5	0.017
2.5~3	0.005
3~	0.001

階級の幅を半分にするると小さくなる

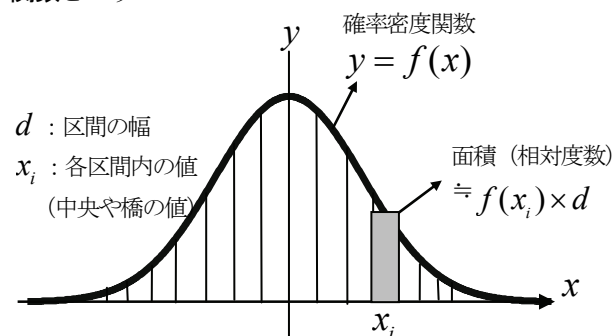


↓ 上下に2倍する



ここではヒストグラムの1つ1つの長方形の面積がそ
の階級の相対度数（確率）であり、折れ線と横軸の間の
面積は1のままである。

一般に分布曲線と x 軸の間の面積が確率（相対度数）
になっているとき、その分布曲線を描く関数を**確率密度
関数**という。



確率密度関数が $y = f(x)$ である連続変量の分布につ
いて、分布を n 等分し、各区間の幅を d 、各区間内の値
（中央や端の値など）を x_i とすると、

平均値 m 、分散 σ^2 は次のようになる。

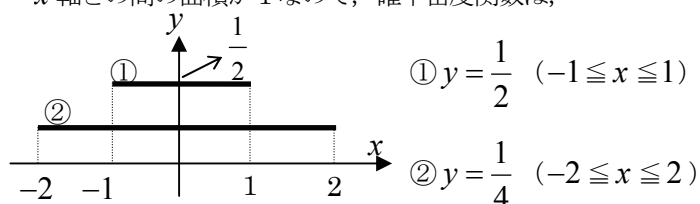
$$m = \lim \left(\sum x_i f(x_i) d \right)$$

$$\sigma^2 = \lim \left\{ \left(\sum x_i^2 f(x_i) d \right) - m^2 \right\}$$

$(\lim \{A\})$ は、「分割個数 n を限りなく大きくした（幅 d を
限りなく 0 に近づけた）ときに、 A が近づく値」を表す。
「 $n \rightarrow \infty$ (or $d \rightarrow 0$) のとき、 $A \rightarrow$ (値)」ともかく。

例 2. 一様分布（確率が一定である分布）

値の範囲を① $-1 \leq x \leq 1$ 、② $-2 \leq x \leq 2$ とすると、
 x 軸との間の面積が 1 なので、確率密度関数は、



また、①②とも y 軸対称であるから、平均 $m = 0$ 。

分散は、全体を $2n$ 等分して、

①の分散 σ_1^2

$$= \lim \left[2 \left\{ \sum_{i=1,2,\dots,n} \left(\frac{i}{n} \right)^2 \times \frac{1}{2n} \right\} - 0^2 \right] \dots (\ast)$$

$$= \lim \left[\frac{1}{n^3} \left\{ \sum i^2 \right\} \right]$$

$$= \lim \left[\frac{1}{n^3} \times \frac{n(n+1)(2n+1)}{6} \right] = \frac{1}{3}$$

$$\begin{aligned}\textcircled{2} \text{の分散 } \sigma_2^2 &= \lim \left[2 \left\{ \sum_{i=1,2,\dots,n} \left(\frac{2i}{n} \right)^2 \times \frac{1}{2n} \right\} - 0^2 \right] \\ &= 4 \times \sigma_1^2 \quad (\because \textcircled{*} \text{より}) \\ &= \frac{4}{3}\end{aligned}$$

よって、 $\sigma_2 = 2\sigma_1$ であり、グラフが y 軸の左右へ2倍に引きのばされると、標準偏差が2倍となる。

問1. 平均0、標準偏差1の一様分布の確率密度関数を求めよ。

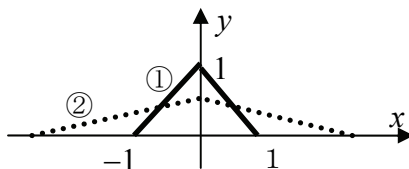
解答例) 例2. ①の標準偏差は $\frac{1}{\sqrt{3}}$ だから、この分布を y 軸の左右へ $\sqrt{3}$ 倍し、グラフと x 軸の間の面積が変わらないように、 x 軸の上下に $\frac{1}{\sqrt{3}}$ 倍に引き伸ばしたものであり、

$$y = \frac{1}{2\sqrt{3}} \quad (-\sqrt{3} \leq x \leq \sqrt{3})$$

ある分布を、平行移動および上下・左右への引き伸ばしで、平均0、標準偏差1の分布に変形することを「標準化」という。

例3. 三角形分布

図のような $-1 \leq x \leq 1$ での三角形分布を①、また、①を標準化した分布を②とすると、



$$\begin{aligned}\textcircled{1} \text{の確率密度関数は、} \\ y &= 1 - |x| \\ & \quad (-1 \leq x \leq 1)\end{aligned}$$

また、 y 軸対称であるから、①の平均 $m = 0$ 。

分散は、全体を $2n$ 等分して、

$$\begin{aligned}\textcircled{1} \text{の分散 } \sigma_1^2 &= \lim \left[2 \left\{ \sum_{i=1,2,\dots,n} \left(\frac{i}{n} \right)^2 \left(1 - \frac{i}{n} \right) \cdot \frac{1}{n} \right\} - 0^2 \right] \\ &= \lim \left[\frac{2}{n^4} \left\{ \sum (ni^2 - i^3) \right\} \right] \\ &= \lim \left[\frac{2}{n^4} \left\{ \frac{n^2(n+1)(2n+1)}{6} - \left(\frac{n(n+1)}{2} \right)^2 \right\} \right] \\ &= 2 \left(\frac{2}{6} - \frac{1}{4} \right) = \frac{1}{6}\end{aligned}$$

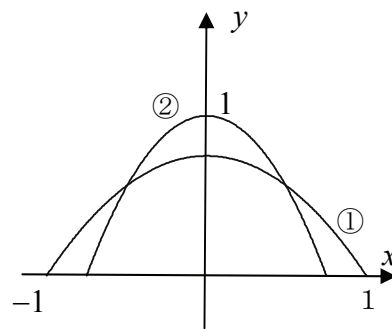
②の標準偏差 $\sigma_2 = 1$ だから、 $\sigma_2 = \sigma_1 \times \sqrt{6}$

よって、②は①を左右に $\sqrt{6}$ 倍し、(グラフと x 軸の間の面積が変わらないように) 上下に $\frac{1}{\sqrt{6}}$ 倍したものであり、

②の x 切片は $\pm\sqrt{6}$ 、 y 切片は $\frac{1}{\sqrt{6}}$ 、確率密度関数は、

$$y = \frac{1}{\sqrt{6}} \left(1 - \left| \frac{1}{\sqrt{6}} x \right| \right) \quad (-\sqrt{6} \leq x \leq \sqrt{6})$$

問2. (放物線分布) 次の①②は確率密度関数のグラフで、いずれも y 軸対称な放物線の一部である。ただし、①の定義域は $-1 \leq x \leq 1$ 、②の y 切片は1である。①②の式、および標準偏差 σ_1, σ_2 の関係式を求めよ。



解答例) ①の y 切片を a とすると、 x 軸との間の部分の

面積が1だから、 $a \times \frac{2}{3} \times 2 = 1$ より $a = \frac{3}{4}$

したがって、①は $y = \frac{3}{4}(1 - x^2) \quad (-1 \leq x \leq 1)$

また②は、①を x 軸の上下に $\frac{4}{3}$ 倍に拡大し、 y 軸の左右

に $\frac{3}{4}$ 倍に縮小したものであるから、②の x 切片は $\pm\frac{3}{4}$

②の式は、 $y = 1 - \frac{16}{9}x^2 \quad \left(-\frac{3}{4} \leq x \leq \frac{3}{4}\right)$

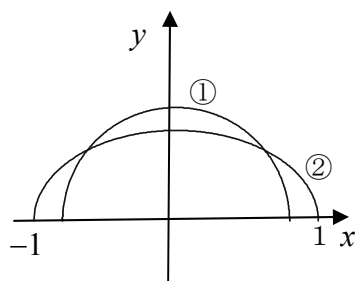
標準偏差の関係式は、 $\sigma_2 = \frac{3}{4}\sigma_1$

(参考) ①の分散 σ_1^2

$$\begin{aligned}&= \lim \left[2 \left\{ \sum_{i=1,2,\dots,n} \left(\frac{i}{n} \right)^2 \frac{3}{4} \left(1 - \left(\frac{i}{n} \right)^2 \right) \cdot \frac{1}{n} \right\} - 0^2 \right] \\ &= \frac{3}{2} \int_0^1 x^2 (1 - x^2) dx = \frac{3}{2} \left[\frac{1}{3} x^3 - \frac{1}{5} x^5 \right]_0^1 = \frac{1}{5}\end{aligned}$$

問3. (半円分布) 次の①は原点中心の半円, ②は①を定義域が $-1 \leq x \leq 1$ となるように y 軸の左右および x 軸の上下に引き伸ばした半楕円で, いずれも確率密度関数のグラフである.

①②の式, および標準偏差 σ_1, σ_2 の関係式を求めよ.



解答例) ①の半径を r とすると,

$$\pi r^2 = 2 \quad \text{より} \quad r = \sqrt{\frac{2}{\pi}}$$

$$\text{よって①は, } y = \sqrt{\frac{2}{\pi} - x^2} \quad \left(-\sqrt{\frac{2}{\pi}} \leq x \leq \sqrt{\frac{2}{\pi}}\right)$$

$$\text{また②は, } y = \frac{2}{\pi} \sqrt{1 - x^2} \quad (-1 \leq x \leq 1)$$

$$\text{標準偏差の関係式は, } \sigma_2 = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \sigma_1$$

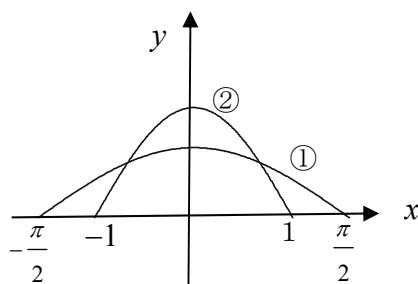
(参考)

②の分散 σ_2^2

$$\begin{aligned} &= 2 \int_0^1 x^2 \cdot \frac{2}{\pi} \sqrt{1 - x^2} dx = \frac{4}{\pi} \int_0^1 x^2 \sqrt{1 - x^2} dx \\ &= \frac{4}{\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^2 \theta \cos^2 \theta d\theta = \frac{4}{\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{1}{4} \cdot \frac{1 - \cos 4\theta}{2} d\theta \\ &= \frac{1}{2\pi} \left[\theta - \frac{1}{4} \sin 4\theta \right]_0^{\frac{\pi}{2}} = \frac{1}{4} \end{aligned}$$

問4. 次の①は $y = a \cos x \quad \left(-\frac{\pi}{2} \leq x \leq \frac{\pi}{2}\right)$, ②は

$y = b \cos cx \quad (-1 \leq x \leq 1)$ のグラフで, いずれも確率密度関数である. ①②の式, および標準偏差 σ_1, σ_2 の関係式を求めよ.



$$\text{解答例) } 2 \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos x dx = 2 \left[\sin x \right]_0^{\frac{\pi}{2}} = 2$$

$$\text{よって①は, } y = \frac{1}{2} \cos x \quad \left(-\frac{\pi}{2} \leq x \leq \frac{\pi}{2}\right)$$

$$\text{また②は, } y = \frac{\pi}{4} \cos \frac{\pi}{2} x \quad (-1 \leq x \leq 1)$$

$$\text{標準偏差の関係式は, } \sigma_2 = \frac{2}{\pi} \sigma_1$$

(参考)

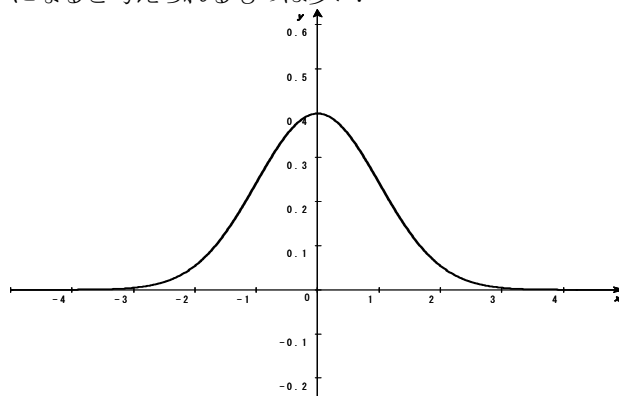
①の分散 σ_1^2

$$\begin{aligned} &= \int_0^{\frac{\pi}{2}} x^2 \cos x dx = \left[x^2 \sin x \right]_0^{\frac{\pi}{2}} - \int_0^{\frac{\pi}{2}} 2x \sin x dx \\ &= \frac{\pi^2}{4} + \left[2x \cos x \right]_0^{\frac{\pi}{2}} - \int_0^{\frac{\pi}{2}} 2 \cos x dx \\ &= \frac{\pi^2}{4} - \left[2 \sin x \right]_0^{\frac{\pi}{2}} = \frac{\pi^2}{4} - 2 \end{aligned}$$

S1-2.2. 正規分布

例えば, 容器に一定の液体を入れるように設定した機械で作業を行ったとき, 実際に容器に入った量を測定すると, 誤差により設定した値のまわりに散らばり, 左右対称な山型の分布になる. このような分布を**正規分布 (誤差分布, ガウス分布)**という.

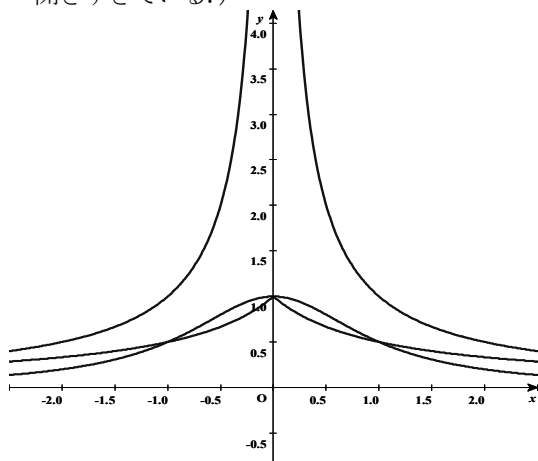
下は, 平均0, 標準偏差1の正規分布である. 生物に関するものなど, データを多く集めればこのような分布になると考えられるものは多い.



問5. 正規分布のようなグラフ（ y 軸対称で山型）を持つ関数を考えてみよう。（生徒が挙げた関数をグラフ描画ソフトなどで示しながら，正規分布曲線に近づけていく。）
解答の授業展開例）

$$(\text{Step 1}) \quad y = \frac{1}{|x|}, \quad y = \frac{1}{1+|x|}, \quad y = \frac{1}{1+x^2}$$

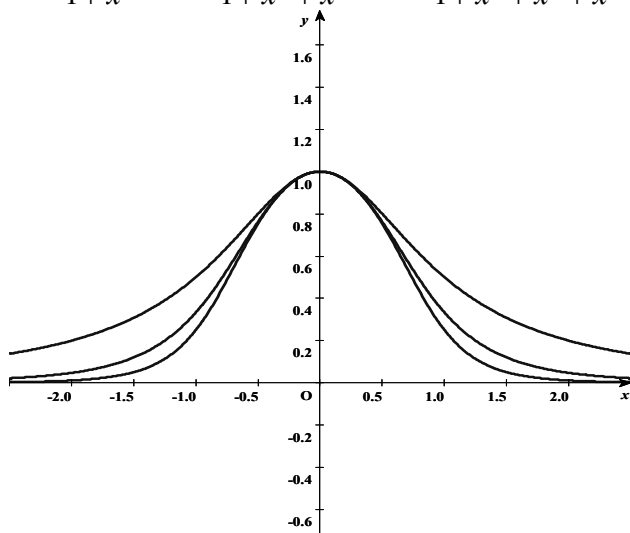
（ $y = \frac{1}{1+x^2}$ が y 軸対称で山型をしているが，開きすぎている。）



(Step 2) (グラフの両裾を絞る.)

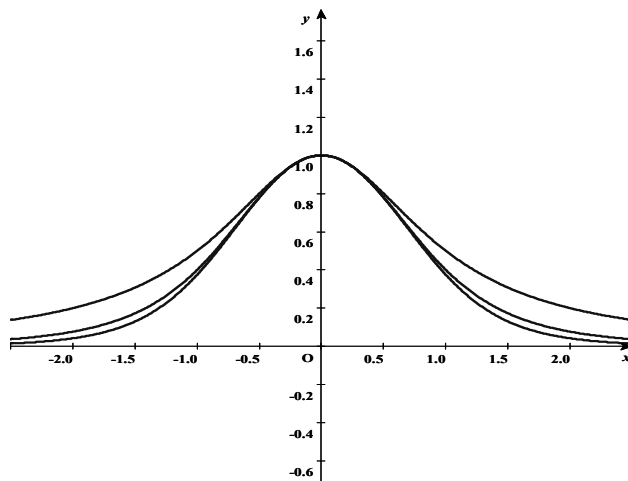
なお， y 軸対称であるから分母の項は偶数次のみ.)

$$y = \frac{1}{1+x^2}, \quad y = \frac{1}{1+x^2+x^4}, \quad y = \frac{1}{1+x^2+x^4+x^6}$$



(Step 3) (y 軸近くのふくらみを補正する)

$$y = \frac{1}{1+x^2}, \quad y = \frac{1}{1+x^2+\frac{1}{2}x^4}, \quad y = \frac{1}{1+x^2+\frac{1}{2}x^4+\frac{1}{6}x^6}$$



$$y = \frac{1}{1+x^2+\frac{1}{2}x^4+\frac{1}{3!}x^6+\cdots+\frac{1}{n!}x^{2n}+\cdots} \text{ のグラフ}$$

は， n を大きくして（分母の項を増やして）いくと正規分布曲線に近づいていく。

この分母について，一般に，次の式が成り立つ。

$$e^{x^2} = 1 + x^2 + \frac{1}{2}x^4 + \frac{1}{3!}x^6 + \cdots + \frac{1}{n!}x^{2n} + \cdots$$

すなわち，

$$e^t = 1 + t + \frac{1}{2}t^2 + \frac{1}{3!}t^3 + \cdots + \frac{1}{n!}t^n + \cdots \quad (\times)$$

$$e = 1 + 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3!} + \cdots + \frac{1}{n!} + \cdots \doteq 2.718 \cdots$$

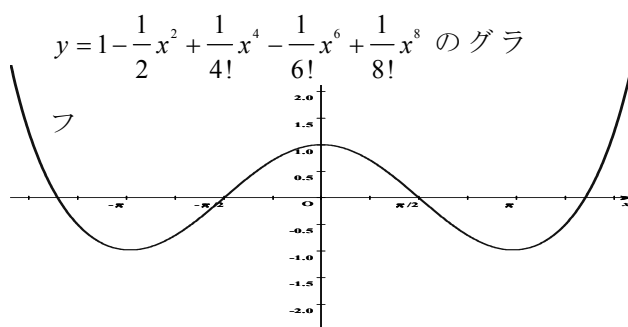
である。

【発展】三角関数について，次の式が成り立つ。

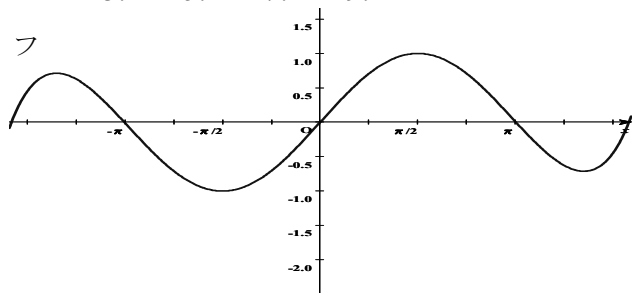
$$\cos \theta = 1 - \frac{1}{2}\theta^2 + \frac{1}{4!}\theta^4 - \cdots + (-1)^n \frac{1}{(2n)!}\theta^{2n} + \cdots$$

$$\sin \theta = \theta - \frac{1}{3!}\theta^3 + \frac{1}{5!}\theta^5 - \cdots + (-1)^n \frac{1}{(2n+1)!}\theta^{2n+1} + \cdots$$

実際グラフは次のようになっている。



$$y = x - \frac{1}{3!}x^3 + \frac{1}{5!}x^5 - \frac{1}{7!}x^7 + \frac{1}{9!}x^9 \text{ のグラフ}$$



これらと (※) で $t = i\theta$ ($i = \sqrt{-1}$) としたものから、指数の虚数への拡張定義式

$$e^{i\theta} = \cos \theta + i \sin \theta \text{ (オイラーの公式)}$$

を得る。

正規分布のグラフに関して、次のようになっている。

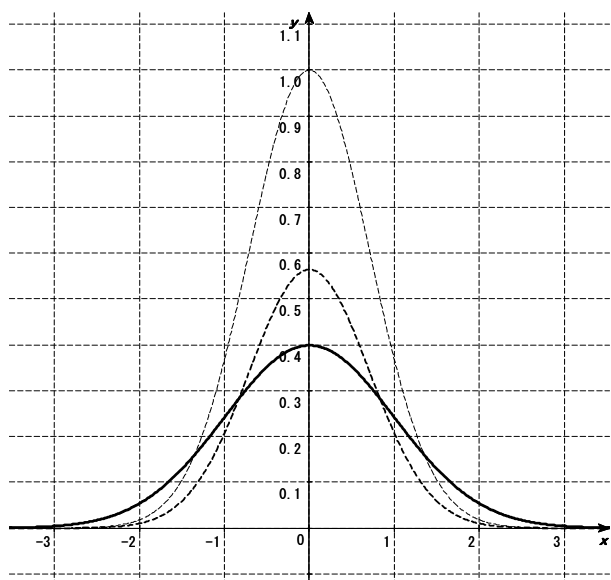
① 細い点線 $y = \frac{1}{e^{x^2}}$ (x 軸との間の面積は $\sqrt{\pi}$)

② 太い点線 $y = \frac{1}{\sqrt{\pi}e^{x^2}}$ (①を上下に $\frac{1}{\sqrt{\pi}}$ 倍に縮小。

確率密度関数であり、標準偏差は $\frac{1}{\sqrt{2}}$)

③ 太い実線 $y = \frac{1}{\sqrt{2\pi}e^{\frac{1}{2}x^2}}$ (②を左右に $\sqrt{2}$ 倍、上下

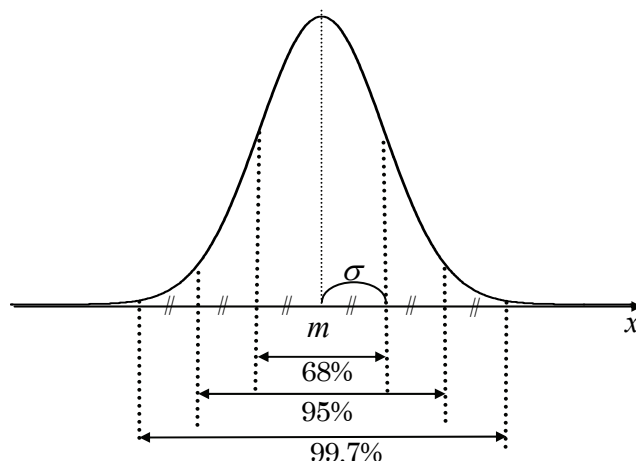
に $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 倍。標準正規分布曲線 (平均 0, 標準偏差 1))



平均 m , 標準偏差 σ の正規分布曲線は, ③を左右へ σ 倍, 上下へ $\frac{1}{\sigma}$ 倍, x 軸方向へ m 平行移動したもので,

$$\text{確率密度関数は } y = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-m}{\sigma}\right)^2} \text{ である.}$$

これは次のように分布している。

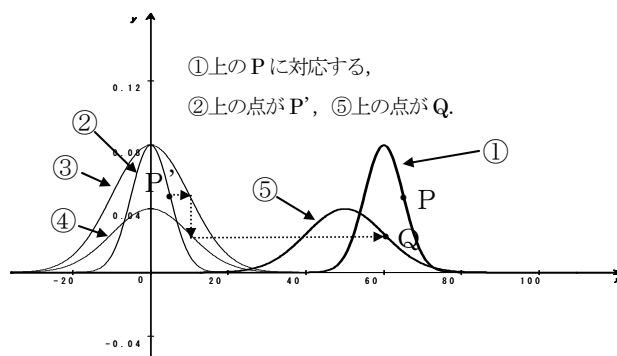


例 4. (偏差値)

試験の分布を正規分布と考えて、平行移動と上下および左右への引き伸ばしにより、平均 50 点、標準偏差 10 点に変形して換算したものが偏差値である。

平均 60 点、標準偏差 5 点の試験で、試験の分布①を、② x 軸方向に -60 平行移動し、③ y 軸の左右に 2 倍し、④ x 軸の上下に $\frac{1}{2}$ 倍し、⑤ x 軸方向に 50 平行移動すると、⑤が偏差値の分布である。

したがって、得点 x 点に対応する偏差値を z とすると、 $z = 2(x - 60) + 50 = 2x - 70$ である。

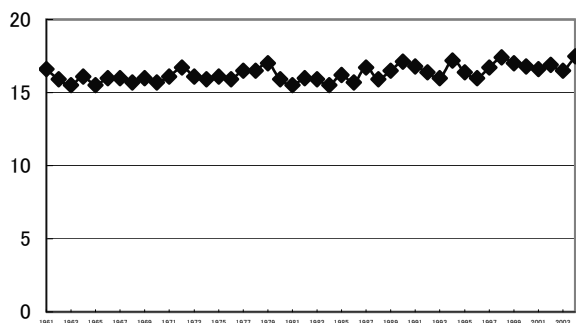


S1-2.3. 2変量データの分析

(1) 散布図, 回帰直線, 相関係数

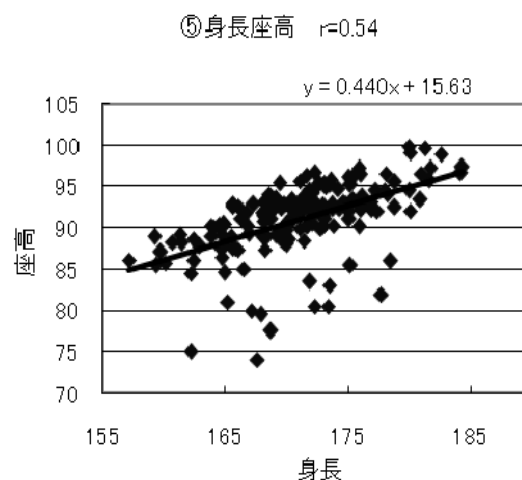
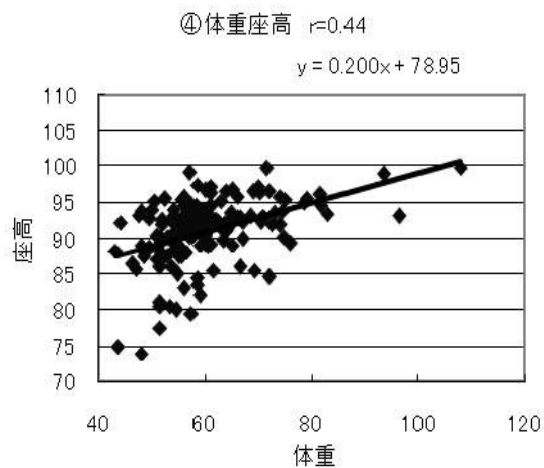
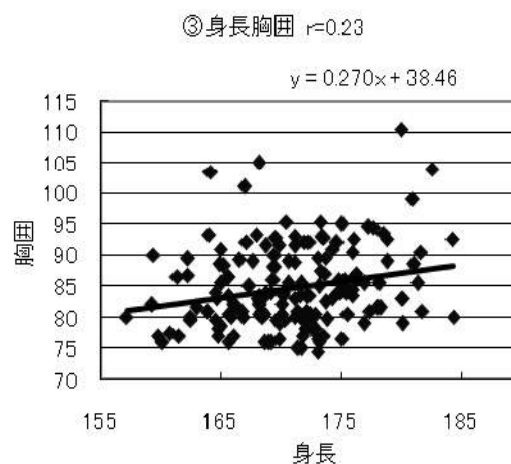
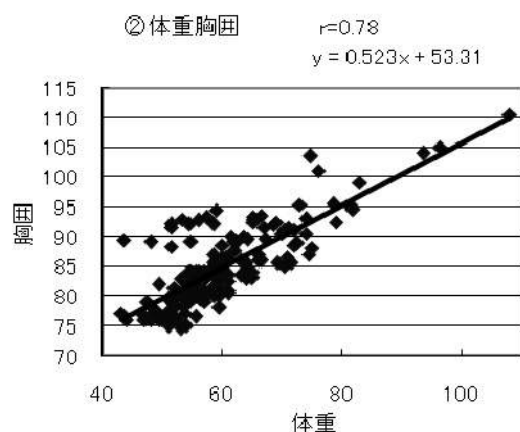
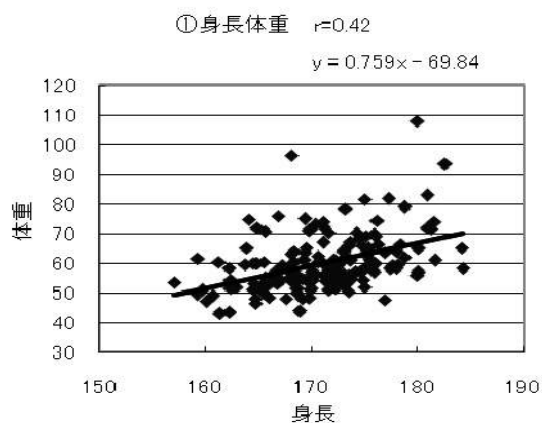
次のグラフは、静岡の年平均気温推移を表したものである。2100年の気温は何度になるであろうか？

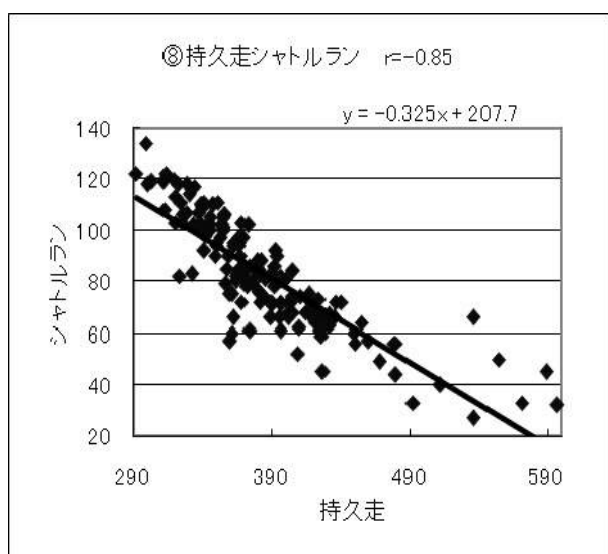
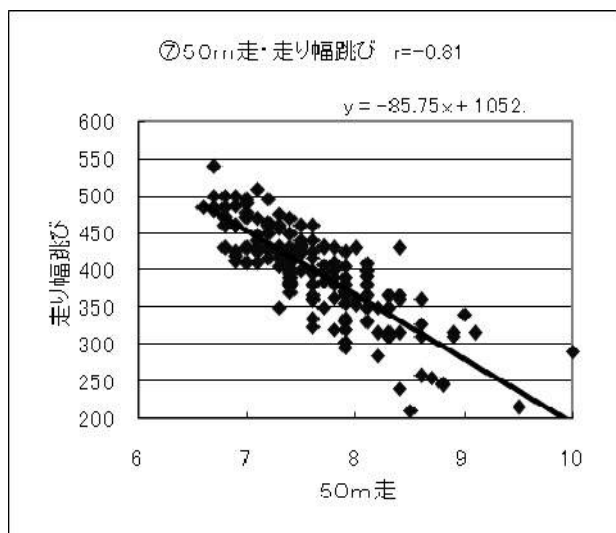
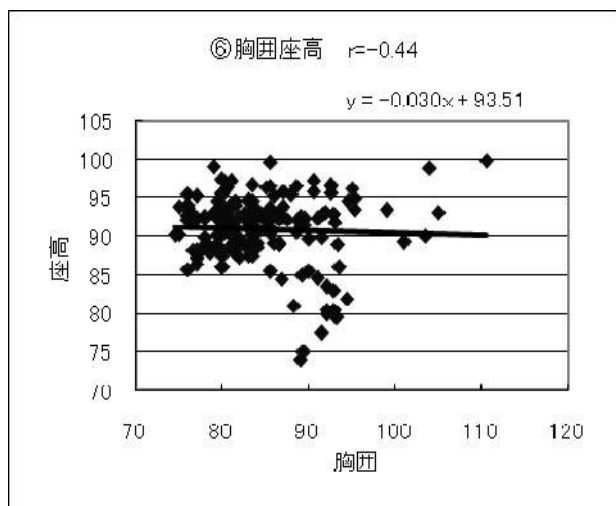
年ごと平均気温の推移(1961～2004 静岡)グラフ



次の散布図は高校1年生160名の形態測定およびスポーツテストの結果から作ったものである。

図中の r は相関係数(correlation coefficient, 直線的傾向の強さの指標), 1次式 $y = ax + b$ は回帰直線(regression line, 近似直線)である。

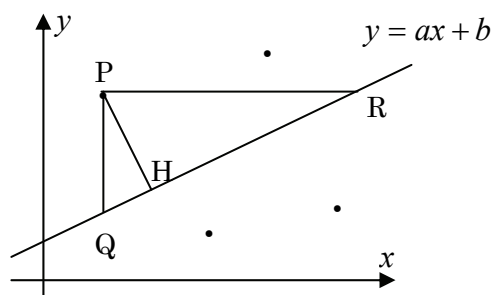




(2) 標準化と回帰直線・相関係数

2変量のデータ (x_i, y_i) の散布図に、直線的な関係が見られるとき、 y_i を x_i の1次式で近似する直線を考えることがある。

近似直線は、散布図上の点を P として、



図で、 $PH \perp$ 直線 $y = ax + b$,
 $PQ \parallel y$ 軸, $PR \parallel x$ 軸

- ① 上図で、 PH の長さの和が最小となるもの
 - ② 上図で、 PQ の長さの和が最小となるもの
 - ③ 上図で、 PR の長さの和が最小となるもの
 - ④ 上図で、 PH の長さの2乗の和が最小となるもの
 - ⑤ 上図で、 PQ の長さの2乗の和が最小となるもの
 - ⑥ 上図で、 PR の長さの2乗の和が最小となるもの
- など、様々に考えられるが、求め易さ、 y の値を x の1次式で近似すること、などから、

⑤ PQ の長さの2乗の和

$$\sum (y - y_i)^2 = \sum (ax_i + b - y_i)^2$$

が最小となるもの

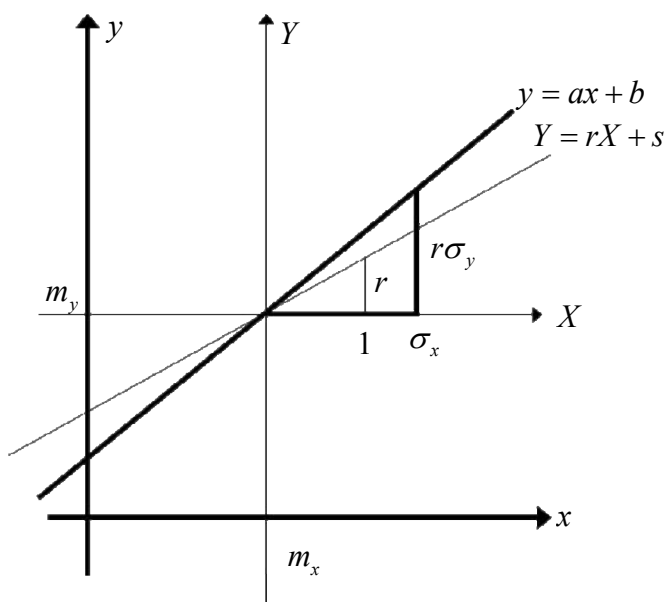
がよく用いられる。これが**回帰直線**であり、Excel でもこれを求め表示している。

2変量データ (x_i, y_i) ($i = 1, 2, \dots, n$) について、 x_i, y_i の平均および標準偏差を $m_x, m_y, \sigma_x, \sigma_y$ とする。

標準化を考えると、 $\frac{x_i - m_x}{\sigma_x} = X_i, \frac{y_i - m_y}{\sigma_y} = Y_i$

と変換し、

(X_i, Y_i) についての回帰直線を $Y = rX + s$ とすると、この直線と (x_i, y_i) についての回帰直線 $y = ax + b$ は、標準化での平行移動と引き伸ばしで対応している。



また, X_i, Y_i の平均は 0, 標準偏差は 1 であるから,
 $\sum X_i = \sum Y_i = 0, \quad \sum X_i^2 = \sum Y_i^2 = n$
 が成り立つ.

これを利用して, まず, 標準化した (X_i, Y_i) についての
 の回帰直線 $Y = rX + s$ を求める.

問 6. $\sum (Y - Y_i)^2 = \sum (rX_i + s - Y_i)^2 \cdots (\ast)$
 を最小にする r, s を求めよ.

解答例)

(\ast) を s の 2 次式と考えて変形すると,

$$\begin{aligned} (\ast) &= \sum \left\{ s^2 + 2s(rX_i - Y_i) + (rX_i - Y_i)^2 \right\} \\ &= \sum s^2 + 2s(r \sum X_i - \sum Y_i) + \sum (rX_i - Y_i)^2 \\ &= ns^2 + \sum (rX_i - Y_i)^2 \end{aligned}$$

よって, この値は $s = 0$ のとき最小.

$$\text{このとき, } (\ast) = \sum (rX_i - Y_i)^2$$

これを r の 2 次式と考えて変形すると,

$$\begin{aligned} (\ast) &= \sum \left\{ r^2 X_i^2 - 2rX_i Y_i + Y_i^2 \right\} \\ &= r^2 \sum X_i^2 - 2r \left(\sum X_i Y_i \right) + \sum Y_i^2 \\ &= nr^2 - 2r \left(\sum X_i Y_i \right) + n \cdots (\star) \end{aligned}$$

よって, この値は $r = \frac{\sum X_i Y_i}{n}$ のとき最小.

$$(\text{答え}) \quad s = 0, \quad r = \frac{\sum X_i Y_i}{n}$$

なお, 上の r が**相関係数**であり, この値の取りうる範囲は $-1 \leq r \leq 1$ である.

\because (\ast) ≥ 0 だから, (\star) の判別式を D とすると,

$$\frac{D}{4} = \left\{ \sum X_i Y_i \right\}^2 - n^2 \leq 0 \quad \text{より,}$$

$$r^2 = \left(\frac{\sum X_i Y_i}{n} \right)^2 \leq 1$$

したがって, $-1 \leq r \leq 1$

相関係数が ± 1 に近いものは相関 (x_i, y_i) の直線的傾向) が強いといえる.

また, 相関係数 r を x_i, y_i で表すと次のようになる.

$$\begin{aligned} r &= \frac{\sum X_i Y_i}{n} \\ &= \frac{1}{n} \sum \frac{x_i - m_x}{\sigma_x} \cdot \frac{y_i - m_y}{\sigma_y} \\ &= \frac{1}{n \sigma_x \sigma_y} \sum (x_i y_i - x_i m_y - m_x y_i + m_x m_y) \\ &= \frac{1}{n \sigma_x \sigma_y} \left\{ \sum x_i y_i - m_y \sum x_i - m_x \sum y_i + n m_x m_y \right\} \\ &= \frac{1}{n \sigma_x \sigma_y} \left\{ \sum x_i y_i - m_y \cdot n m_x - m_x \cdot n m_y + n m_x m_y \right\} \\ &= \frac{\frac{1}{n} \sum x_i y_i - m_x m_y}{\sigma_x \sigma_y} \end{aligned}$$

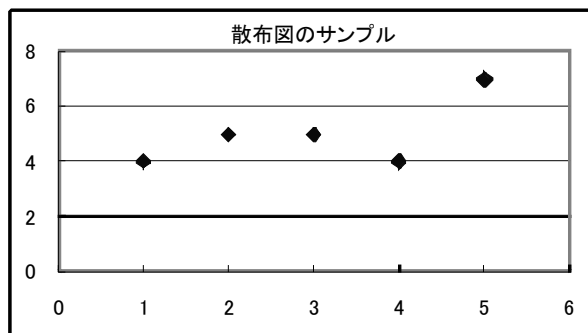
この分子を, **共分散** という.

$Y = rX + s$ を, X 軸方向に σ_x 倍, Y 軸方向に σ_y 倍し, 平行移動したものが回帰直線 $y = ax + b$ であり, 左上の図から,

$$\begin{aligned} a &= \frac{r \sigma_y}{\sigma_x} = \frac{\sigma_y}{\sigma_x} \cdot \frac{1}{n} \sum X_i Y_i \\ &= \frac{\sigma_y}{\sigma_x} \left(\frac{\frac{1}{n} \sum x_i y_i - m_x m_y}{\sigma_x \sigma_y} \right) \\ &= \frac{\frac{1}{n} \sum x_i y_i - m_x m_y}{\sigma_x^2} \end{aligned}$$

また b の値は, 回帰直線 $y = ax + b$ が点 (m_x, m_y) を通ることから求めればよい.

問7. $(x_i, y_i) : (1, 4), (2, 5), (3, 5), (4, 4), (5, 7)$ のとき、
回帰直線 $y = ax + b$ ，相関係数 r を求めよ。



解答例)

$$m_x = \frac{1+2+3+4+5}{5} = 3$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1+4+9+16+25}{5} - 9} = \sqrt{2}$$

$$m_y = \frac{4+5+5+4+7}{5} = 5$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{16+25+25+16+49}{5} - 25} = \sqrt{\frac{6}{5}}$$

共分散は、

$$\frac{1}{n} \sum x_i y_i - m_x m_y = \frac{4+10+15+16+35}{5} - 15 = 1$$

したがって、相関係数は、

$$r = \frac{\frac{1}{n} \sum x_i y_i - m_x m_y}{\sigma_x \sigma_y} = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{6}{5}}} = \frac{\sqrt{15}}{6}$$

また、

$$a = \frac{\frac{1}{n} \sum x_i y_i - m_x m_y}{\sigma_x^2} = \frac{1}{2}$$

であり、 $y = ax + b$ は点 $(3, 5)$ を通ることを考えて、

$$\text{回帰直線は、} y = \frac{1}{2}x + \frac{7}{2}$$

(2009 年 鈴木)

3. 検証

一昨年度からの新 SSH 研究開発では、平成 14 年度に指定を受けた SSH 事業「先駆的な科学者・技術者を育成するための中高一貫カリキュラム研究と教材開発」で取り組んできた「統計」と「微分方程式」の教材開発ならびに開発した教材の実践をベースに、「統計」と「微分方程式」以外の内容についての教材開発、カリキュラムへの位置づけも行っている。

開発した教材は本校での授業実践を踏まえて検討修正しているものであり、生徒の知的な興味関心を十分満足させている。また、本校の教育研究会や数学科教員研修会等で公開し、広くご意見を伺っている。11月の教育研究会では 120 名以上、3月の教員研修会には 50 名以上の参加者をえて、様々なご意見を伺うことができた。

これらを踏まえて今後さらに新たな教材を開発すると共に、実践を積み上げ、よりよいカリキュラムを目指して研究を続けていきたいと考えている。

(数学科共同執筆、取纏文責 鈴木清夫)

b. 理科

b-1. 概要

スーパーサイエンスハイスクール (SSH) の指定を受けた2002年度から2006年度(第Ⅰ期)の5年間に、研究テーマ「先駆的な科学者・技術者の育成を目指す授業展開と教材開発」のもとで高校を中心とした様々な実験教材の開発を行った。開発した教材のいくつかについて、各種研究会やワークショップ(教員対象の実験研修会)などで発表し、かつ本校の教育研究会にて授業で展開してきた。

上記の実践を踏まえ、2007年度からの5年間(第Ⅱ期)で、新たに指定されたSSHの研究開発課題「国際社会で活躍する科学者・技術者を育成する中高一貫カリキュラム研究と教材開発—中高大院の連携を生かしたサイエンスコミュニケーション能力育成の研究—」をもとに、その柱(v)「中高一貫SSHの完成に向け中学に重点を置いたカリキュラム・教材の開発」を行うことになり、まず高校につながる中学向けカリキュラム・教材の開発に取り組み始めた。これまで中学では自然現象について数多くの観察や実験を実施してきたが、1年目と2年目にかけて、中学の教材内容の整理および深化、理科内の科目間の連携(生物-化学、物理-地学など)、さらに高校教材との接続などの可能性を検討した。3年目の今年度は、2年間の結果をもとに、実施可能な項目について教材づくりや授業展開など具体的な実践を行う。また、4年目には研究課題の実践報告、5年目に高校との接続、連携を意識した中学のカリキュラムの提示を試み、全体のまとめを行う予定である。

本年度の各分野の取り組みを以下に挙げる。

物理分野では、新指導要領で導入される「電子」や「交流」について、主に高校生を対象に利用されてきた「クルックス管」や「低周波発振器」などの実験器具を導入から用いるなど、定性的ではあるが高校のカリキュラムへ効果的につながるアプローチを模索した。

化学分野では、高校で扱う機器分析の準備や自然現象の本質的な理解、日常生活との関連を重視し、中学における「酸とアルカリ」のカリキュラムモデルの作成に着手した。この中で新たな試みとして「可視分光光度計によるBTBの色の变化」などを取り入れる予定である。

生物分野では、中学新学習指導要領に基づく移

行措置として、今年度より中学3年生で遺伝分野が加わった。これに呼応する形で「キイロシヨウジ ヨウバエを用いた遺伝実験」を核とした教材開発とカリキュラムモデルに着手した。この中で科学の基礎的アプローチの一つとして「検定」を紹介することも検討している。

地学分野では、中学3年生の選択学習「化石の王国」の中で、千葉県印旛郡印旛村から本埜村に分布する第四系更新統木下層より採集した二枚貝化石をもとに、ノギスによる計測からわかる殻長と殻高の相対成長の様子、放射肋の数や頂角の大きさからわかる個体変異を調べさせた

SSHの第Ⅰ期では、以前から計画していた実験を新しい機器を導入して実施できたことにより、高校理科の教育内容は充実したものになった。SSHの第Ⅱ期では、中高(大)の連携を意識して、高校で取り扱う機器を利用した中学理科の教材開発を順次行うことにしている。すなわち、SSHで開発した教材を生かせるよう、高度な内容を簡易化して中学へ移行させる工夫をすることにより、同じ内容でも生徒がより深く理解できるようにしたい。

また、昨年度に企画・実施した、高校2年生のゼミナールと中学3年生のテーマ学習の同時開講を今年度も複数の科目で行った。この企画は、上級生と下級生が同じ分野の学習で、教えあい・学びあうという、サイエンスコミュニケーション能力を育成することを意図している。ここでは、上級生が自分の行っている実験方法や研究内容を、下級生に分かるようにしっかり説明できるようにする、ある意味訓練的な意味合いを持っている。

2010年度より、中学2年生における理科の授業時間が、新学習指導要領の前倒しで1時間増加することになった。「ゆとり」をもって、観察・実験を中心とした、高校の内容にもつながる授業に取り組めるわけで、喜ばしい状況である。一方、高校では、新学習指導要領で必修・選択科目の名称や単位数などが変更される。授業で教える内容も増加する一方で、今後必修科目と選択科目で扱う教材の精選・振り分けが必要となる。このとき、互いに他科目との連携は不可決で、生徒の思考能力を伸ばし深めるような新たな方法を模索したい。

(文責：地学科 高橋宏和)

b-2 物理分野

1. 仮説

物理分野では、高校の授業で主に用いる実験器具を活かした授業展開を継続して実施してきた。期待として、

- ①機器の原理や仕組みを学ぶこと
- ②測定やデータ分析から学ぶこと
- ③自然現象を定性的に学ぶこと

の3つの効果を掲げている（平成19年度SSH研究開発実施報告書）。

今年度は、(I)「電磁気分野」で上記①、③の効果をねらったシンクロスコープを用いた授業展開をより具体的なものにすることと、(II)「力学分野」で上記③を高めるべく、教材開発に着手した。ここでは、(I)について報告する。

2. 方法（電磁気分野）

単元「電流とその利用」の発展として、「電流と磁界の相互作用」によっておこる具体的な現象を観察する授業を計画した。特に3.(4)を重点に置いている。なお、本校ではこの分野を中学3年生に実施している。

電磁誘導では、「1つの量の変化の大小が、もう1つ量の大きさを決定する」という自然現象を、生徒は初めて経験することになる。このような現象は他にも多く自然界に存在し、今後も多く出会う。その解明の第一歩としたい。

◆授業展開の例

- 1. 静電気とそのはたらき（2時間）
- 2. 回路と電流（12時間）
- 3. 電流と磁界（16時間）

(1) 磁界とは何か

- ①磁石のつくる磁界
- ②電流のつくる磁界

(2) 電流が磁界から受ける力

- ①電流が磁界の中で受ける力
- ②モーターの動くしくみ

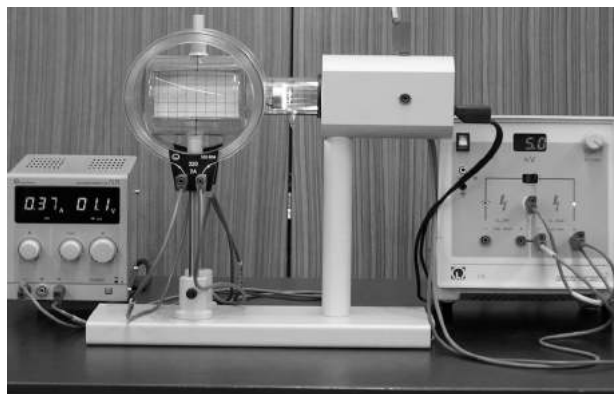
(3) 電磁誘導

- ①磁石とコイルで電流を生み出す
- ②発電機のしくみ

(4) 電流と磁界の相互作用

- ①電子線偏向管実験装置の観察
- 比電荷の測定に用いる電子線偏向管実験装置

(LEYBOLD(SHIMADZU 100-911))を用いて、電子線の観察を行う。磁石を近づけたり、平行極板間の電位差の有無で進路が変化することなどを観察する。緑の輝線が類似していることも相まって、シンクロスコープの構造や仕組みを捉え易くなる。



②磁石・コイルの運動と誘導電流

磁石とコイルの相互運動によって生じる誘導電流の時間的変化をシンクロスコープを用いて観察し、電流と磁界の関係について定性的な理解を深める。

③オーディオ信号の観察

ポータブル音楽プレーヤーの音声をシンクロスコープで観察する。交流と同様に時間的に正負が入れ替わる信号であること、しかしその周期は変則的であることを理解する。

④マイクとスピーカーのしくみ

スピーカーに向かって音を発した時の波形をシンクロスコープで観察する。音（空気の振動）を電気の振動に変換するマイク、その逆の変換を行うスピーカーのしくみを解析し、電磁誘導の現象を再考する。

3. 検証

クルックス管の観察および交流については、それぞれ授業展開の1. および2.(2)(3)で既に扱っている。しかし、一度だけでその扱いを終わらせるのではなく、類似した現象や応用した装置に出会う場面を可能な限り多く用意したい。高校へのステップアップは少しずつだが、確実にするべきで、微少量を扱いはじめるスタート地点として、中学3年生のこの時期が最も適していると考えている。

（文責：理科（物理）真梶克彦）

b-3. 化学分野

1. 仮説

化学科では、スーパーサイエンスハイスクール（SSH）事業の一環として、紫外可視分光光度計や赤外分光光度計を導入し、高校化学の授業や総合的な学習の時間の「ゼミナール」、テーマ研究（卒業研究）、クラブ活動等に活用してきた。しかし、これらの機器のしくみや測定の原理を理解して使いこなすには、光（電磁波）や原子・分子の構造等に関するある程度の知識が必要である。一方、高校のカリキュラムでは、もともと時間数が不足しているのに加えて SSH の実験・授業が加わり、教材の精選に苦労している現状がある。また、電磁波や量子力学による光や原子構造の学習は、現行の指導要領では物理Ⅱで扱われるが、学習時期が高校3年の最後であり、化学の授業には間に合わない。

そこで、今年度は中学2年生「酸・アルカリの性質と中和」の単元で、酸・塩基指示薬の色変化のしくみの学習において、可視分光光度計を活用した授業を実施した。この取り組みにより、酸・塩基指示薬についての理解が深まると共に、高校での分光分析学習の準備としての効果が期待できるのではないかと。

2. 方法

中学校での「酸・アルカリの性質と中和」の単元では、酸・塩基指示薬の色変化や酸とマグネシウムなどの金属の反応、中和反応と塩の生成などについての学習が行われてきた。また、これらの内容は一部重複しながら高校での酸・塩基・塩の学習につながっている。そこで、今回の取り組みでは、分光光度計の利用を含みながら高校での学習につながる中学カリキュラムを検討し、実施した。以下にその概要を紹介する。

2.1 「酸・アルカリの性質と中和」授業計画

以下のように、9時間の授業を計画し実施した。

- 1 時間目 酸の正体とは何か
- 2 時間目 酸・アルカリの性質
- 3 時間目 目に見える色は何を見ているのか
- 4 時間目 指示薬の色変化のしくみ
- 5 時間目 身近な水溶液の性質
- 6 時間目 水素イオン濃度と pH

7 時間目 中和反応による塩の生成

8 時間目 食酢中の酢酸の定量

9 時間目 質量パーセント濃度（実験結果の処理）

2.2 「酸・アルカリの性質と中和」授業内容

1 時間目 酸の正体とは何か

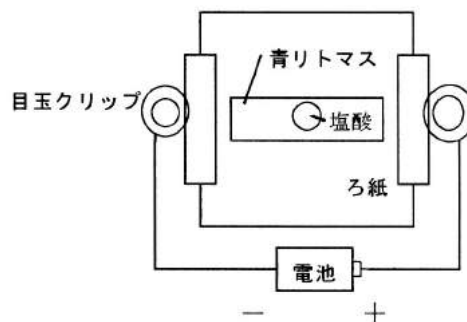
実験 1 酸を味わう

導入実験として、クエン酸とビタミン C（L-アスコルビン酸）を配布し、各生徒が味わった。「酸＝酸っぱい物質」を印象づけるねらいである。

実験 2 H^+ の電気泳動

下図のような装置を組み、マンガン乾電池 3 本を直列（4.5 V）につなぎ、食塩水で湿らせた青色リトマス紙上で塩酸の電気泳動を行った。

水素イオンの移動がはっきり確認できるまでに、5 分程度かかるので、実験 2 を開始した後で実験 1 を行った。



・以上の実験結果と、金属と塩酸の反応で水素が発生したことを踏まえて、酸の正体は水素イオンであると考察した。

2 時間目 酸・アルカリの性質

実験 3 酸・アルカリと指示薬の反応

塩酸、酢酸、水酸化ナトリウム水溶液、アンモニア水（各 0.1mol/L）に、ブロモチモールブルー（BTB）、フェノールフタレイン、メチルオレンジ、メチルレッド、紅茶、紅いも粉の各水溶液を加え、観察した。

実験 4 酸・アルカリの導電性

塩酸、酢酸、水酸化ナトリウム水溶液、アンモニア水（各 0.1mol/L）の導電性を確認した。

・以上の実験により、酸・塩基指示薬の色がなぜ変化するのかに関心を持たせた。

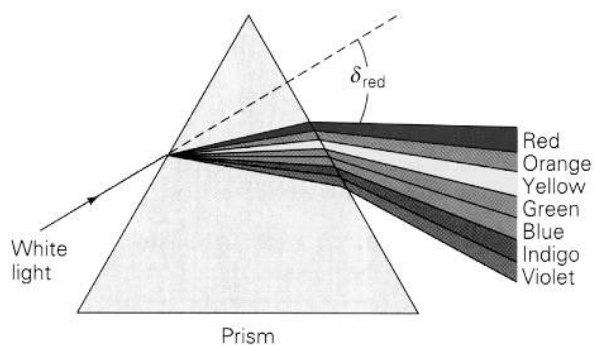
3 時間目 目に見える色は何を見ているのか

観察 1 プリズムによるスペクトル観察

①三角プリズム型の水槽に水を入れ、光源（スライド映写機）からスリットを通して光を導き、壁面に虹（スペクトル）を投影した。虹側から光源

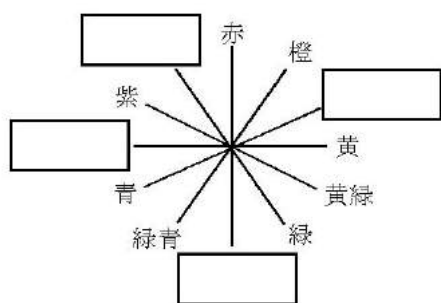
を見ると、目の位置をずらすことで虹の7色がそれぞれ観察できることを代表生徒が確認した。

②プリズム型水槽に青色 BTB 溶液（アルカリ性）を入れ、投影される虹の黄～橙部分が暗くなること、同様に黄色 BTB 溶液を入れ、投影される虹の青～紫部分が暗くなることを観察した。



・実験結果から、白色光は、7色の光が混合したものであり、特定の色の光が見えるときは、その補色にあたる色の光がなくなっていることを考察した。

（課題）右の「12色環」を完成させ、目に見える色と吸収される色との関係を考えてみよう。



（例）BTB 溶液の色と吸収される色の関係

見える色	吸収される色
青色	() 色
黄色	() 色
緑色	() 色 + () 色

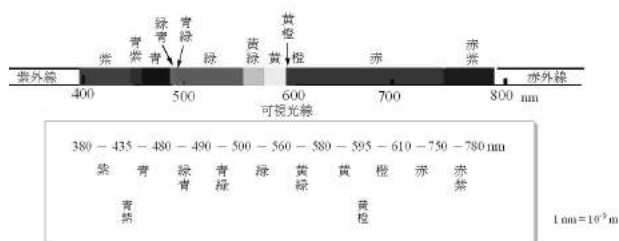


図 光の波長と色の関係 (1nm=10⁻⁹ m)

4 時間目 指示薬の色変化のしくみ

観察 2 可視分光光度計による BTB の色変化の観察

①光の波長と色の関係を説明した後、可視分光光度計により BTB 溶液の黄色（酸性色）、青色（ア

ルカリ性色）のスペクトルチャートをプロジェクタで投影し、見える色と吸収される色が補色の関係になっていることを観察した。

②緑色（中性）の BTB 溶液のスペクトルの形を予想させ、スペクトルチャートをプロジェクタで投影し、観察した。

・BTB（指示薬）は、酸やアルカリと反応して独特の色をもつ分子になることを考察した。また、中性の緑色は酸性の分子（黄色）とアルカリ性の分子（青色）が両方存在するので、緑色に見えること（緑色の分子が存在するわけではないこと）を考察した。

5 時間目 身近な水溶液の性質

実験 5 身近な水溶液の pH を調べる

酸性・アルカリ性と pH の値との関係を説明した後、身近な水溶液（食酢、緑茶、醤油、石けん水、漂白剤（次亜塩素酸ナトリウム）、トイレ洗剤（塩酸）等）の pH を万能 pH 試験紙で調べた。

・実験結果より、食品となる水溶液は弱酸性が多いが、洗剤にはアルカリ性のものもあることを考察した。

6 時間目 水素イオン濃度と pH

実験 6 水溶液の濃度と pH の関係

0.1mol/L 塩酸の pH を万能試験紙で測定した。次に、それを 1/10、1/100、1/1000 倍に純水で薄め、pH を測定した。

・実験結果を踏まえて、pH は酸性を示す水素イオンの濃度が 1/10 になると数字が 1 増えることを考察した。これにより pH の表す酸性・中性・アルカリ性の概念について、理解を深めた。

7 時間目 中和反応による塩の生成

実験 7 中和反応で食塩を作り味わう

①フェノールフタレイン溶液を 1 滴加えた 2mol/L 塩酸 5mL に、2mol/L 水酸化ナトリウム水溶液を滴下していき、溶液が赤色になるまでに必要な量を調べた。

②①で中和した赤色の溶液に塩酸を 1 滴加えて無色に戻し、蒸発皿に一部を移してガスバーナーで蒸発乾固させた。生成した白い固体を少量取り、塩味を確認した。

・実験結果を踏まえて、中和の量的関係について考察した。また、中和による（水と）塩の生成を確認した。

8 時間目 食酢中の酢酸の定量

実験 8 電子天秤を利用した食酢の中和滴定

- ①0.10%水酸化ナトリウム水溶液 10.0g をコニカルビーカーに取り、フェノールフタレイン溶液を 1 滴加えた。これに、0.10%酢酸を滴下し、赤色が消えたときまでに加えた酢酸の質量を測定した。
- ②濃度不明の食酢を 1/10 に薄め、フェノールフタレイン溶液を加えた 0.10%水酸化ナトリウム水溶液 10.0g に滴下し、赤色が消えたときまでに加えた食酢の質量を測定した。

9 時間目 質量パーセント濃度

講義 パーセント濃度の表し方

実験（中和滴定）結果の処理

- ①物理量とパーセント（割合）の関係、いろいろな割合の表し方（割分厘，‰（per mill），ppm（parts par million），ppb（parts par billion））、水溶液の定義、質量パーセント濃度と体積パーセント濃度の定義・表し方について説明した。

$$\text{質量パーセント濃度 (w/w)} = \frac{\text{溶質の質量}}{\text{溶液の質量}} \times 100$$

問 塩化ナトリウム NaCl 15 g を水 60 g に溶かした水溶液の質量パーセント濃度を求めよ。

$$\text{溶質の質量 } w_1 [\text{g}] = \text{溶液の質量} \times \frac{\text{質量パーセント濃度}}{100}$$

問 5%食塩水 400 g に含まれる塩化ナトリウムの質量を求めよ。

- ②実験 8 の結果から、食酢中の酢酸の質量パーセント濃度を次の(1)～(3)の手順で計算させた。

(1) 0.10 % 水酸化ナトリウム NaOH 水溶液 10.0g (≒10.0mL) に含まれる水酸化ナトリウムの質量 w_1 [g] を求めた。

$$w_1 = 10.0 \times \frac{0.1}{100} = 0.01 \text{ g}$$

(2) 0.10%NaOH 水溶液 10.0g=NaOH（アルカリ）0.010 g とちょうど中和した 0.1%酢酸（酸） x [g] に含まれる酢酸の質量 w_2 [g] を求めた。

(3)0.1%NaOH 水溶液 10.0g=NaOH0.010 g とちょうど中和した（薄めた）食酢（酢酸の濃度 $a\%$ ）の質量が y [g] だったとすると、どちらも 0.010 g の NaOH をちょうど中和しているので酢酸＝溶質の質量 w_2 [g] は等しい。よって、次式が成り立つ。

$$w_2 [\text{g}] = x \times \frac{0.1}{100} = y \times \frac{a}{100}$$

よって、薄めた食酢中の酢酸の濃度 $a\%$ が求められた。

3. 検証

2007 年度からの第Ⅱ期 SSH において検討中の中学理科（化学）カリキュラム開発のポイントは次のとおりである。

- ① SSH 機器を導入した中学生向け実験教材の作成
- ② 高校で SSH 開発教材を生かすための準備教材の低学年（中学）移行の工夫
- ③ 理科学科間の連携

今回の「酸・アルカリの性質と中和」の単元では、①と②に重点を置いて、カリキュラムを作成し授業を行った。機器分析の導入として可視分光光度計を利用し、そのために光や色に関する学習を取り入れた。また、関連して水素イオンや pH、酸・塩基指示薬の性質についても簡単に触れることになり、中学生としては高度な内容となってしまった。しかし、本校の理科（化学科）では、物質の性質や現象の本質的な理解を目指しており、中学生段階での理解が不十分でも高校に向けて繰り返し学ぶことで、知識や概念の定着が期待できると考えている。もちろん、中学生が学習するためのモチベーションを高めるために、酸や塩を味わうなどの実感を伴う実験を取り入れたほか、身近な水溶液の pH を身近な色素で調べるなど、日常生活や社会との関連を重視した実験も取り入れている。

このカリキュラムで「酸・アルカリの性質と中和」を学んだ生徒が、どのように高校での学習に取り組むのか。この中学カリキュラムを踏まえた高校での「酸と塩基」カリキュラムの検討も含め、今後の研究課題としたい。

なお、実験 8 の電子天秤を利用した食酢の中和滴定は、荘司隆一先生（筑波大学附属中学校）に教えて頂いた実験である。ここに深く感謝申し上げます。

（文責：化学科 梶山正明）

b-4 生物分野

1. 仮説

平成 24 年度から全面実施となる新中学学習指導要領では、「遺伝の規則性と遺伝子」などの項目が生物分野で追加となった。改訂にあたって、科学的な思考力や表現力の育成、科学を学ぶ意義や有用性を実感させること等が基本的な考え方として謳われている。本校SSH事業においても科学的リテラシー涵養が目標の1つとなっており、中学カリキュラムにふさわしい教材選抜が急務となっている。実験データから規則性の確認が明確にできること、その分析方法が科学の基礎的アプローチの1方法を学ぶことに結びつくことなどから、遺伝の交雑実験を教材の柱にした新しいカリキュラムを作成するに至った。

2. 方法

本校は 1992 年度より遺伝の交雑実験を生徒実験として取り上げてきた。中学でも一遺伝子雑種や伴性遺伝の交雑実験を試行的に導入してきた年度もある。高校では、中学時の既習内容との兼ね合いから二遺伝子雑種、伴性遺伝、三点交雑の中から年度ごとに取捨選択した交雑実験を取り上げてきた（近年では専ら三点交雑を実施している）。検定については、交雑実験以外でも実際に得られた実験データを用いて紹介し導入を試みている。SSH校の研究実践を意識しつつも、新学習指導要領の下、SSH校以外での活用も視野に入れながらカリキュラムを組み立てた。実験結果の評価は、カイ自乗検定を行った上で行わせ、検定についても導入を行いたいと考えている。

2.1 カリキュラム「遺伝の法則」

中学学習指導要領では一遺伝子雑種のみが取り上げられている。しかし、生徒の関心をより惹く二遺伝子雑種の交雑実験は、独立法則を導入せずとも一遺伝子雑種の組み合わせとして結果の解釈が可能である。要素に分けて分析する見方も養えると期待できる。こういった理由から敢えて二遺伝子雑種の交雑実験を取り上げることにした。またカイ自乗検定を紹介し、検定の基本的な考え方や方法を学ぶとともに、将来的にはPCアプリケーションの活用方法についても紹介したいと考えている。

2.2 「遺伝の法則」授業プラン 1

DAY1

＜講義＞遺伝の法則の説明

優性の法則、分離の法則を学ぶ

キーワード：対立形質、交雑、純系、配偶子、対立遺伝子、遺伝子型、表現型、優性と劣性、優性の法則、分離の法則、メンデル

DAY2

＜実験＞ショウジョウバエの遺伝実験 1

①雌雄の確認と形質の確認（野生型（OregonR）、痕跡翅（*vestigial*）、黒檀体色（*ebony*））を行う。

②交雑に使う親バエのセットを行う。痕跡翅×黒檀体色の掛け合わせを行う。雌雄各 5 匹ずつを新しい飼育びんにセットする。

※ 2 組の対立形質について調べる実験であることを理解させる。



＜からの管びんにハエを移して麻酔をかける（中 1）＞



＜適度に麻酔のかかったハエ，野生型 OregonR の雄＞

ポイント：ハエの生活史、雌雄の違い、形質の確認、ハエの扱い方、吸血管の使い方、麻酔方法、実体顕微鏡の使い方

特に雌雄の見分け方であるが、必ず腹部先端（外部生殖器）を腹側から観察するように指導

Figure 1 shows the dorsal view of male and female adult fruit flies. The female (left) has a lighter-colored abdomen, while the male (right) has a darker, more patterned abdomen. Both flies have their wings folded over their backs. A black circle highlights the posterior end of the abdomen in both specimens.

— 114 —

DAY9

＜演習＞結果のまとめとレポート作成

カイ自乗検定による結果の評価

電卓を持参させ、カイ自乗分布表を使用する。

ポイント：分離の法則から予想される実験結果（各形質の組について分離比 3 : 1）になっていると判断して良いか？、判断できない場合どんな理由が考えられるか？

表現型・雌雄など					合計
理論値					
実験値					

＜カイ自乗検定のための準備＞

＜展開例＞

1 時間/週で最短 7 週間

2 時間/週で最短 6 週間

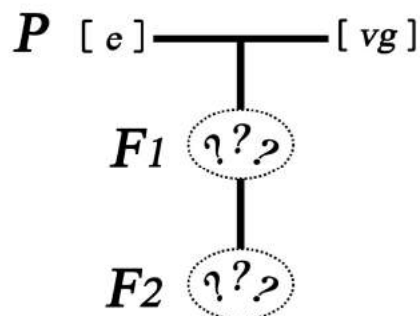
	1 時間/週 プラン	2 時間/週 プラン 1	2 時間/週 プラン 2
第 1 週	DAY1	DAY1, DAY2, DAY3	DAY1
第 2 週	DAY2, DAY3	DAY4	DAY2, DAY3
第 3 週	DAY4	DAY5, DAY6	DAY4
第 4 週	DAY5, DAY6	DAY7	DAY5, DAY6
第 5 週	DAY7	DAY8	DAY7
第 6 週	DAY8	DAY9	DAY8, DAY9
第 7 週	DAY9		

この他、DAY7 のカイ自乗検定についてを DAY8 の F2 の確認を終えた後に行うプランも考えられる。この場合、いかに丁寧に正確な実験結果を得ることが大切かを、検定という手法を紹介する前に、つまり DAY8 の前に生徒に十分伝えなければいけない。表現型の見分け方が雑であったり、ハエを多く逃がしてしまったりしたようなデータではそもそも検定にかけける意味がなくなってしまうからである。

2.3 「遺伝の法則」授業プラン 2

交雑をセットして、それ以降生まれてくる F1、F2 と順に世代を追いながら 2 週間間隔で調べていくカリキュラムの他に、一度に P、F1、F2 を調べる授業展開（3 世代同日観察）プランを考え、実際に実践を行ってみた。F1、F2 とともに実際に生じたもの、交雑に使ったものを飼育びんで継続飼育しておき一度に生徒に観察させる。今回

の実践授業では、中学 1 年生のうちの希望者を対象とした“体験講座”として実施したため、遺伝の学習の導入として位置づけた。



＜P, F1, F2 をまとめて観察する授業プラン＞

授業時の具体的な目標としては、

1. 「形質」の理解
2. 親の形質（表現型）は必ずしも子に直接受け継がれて現れるわけではないが、形質をつくる「もと」になっているもの（＝遺伝子）が存在し、代々受け継がれている。
3. 形質の現れ方や遺伝子の受け継がれ方には規則性があると予想されること。

を考えた。導入なので、F2 のカウントは雌雄を分けずに行った。

このような「3 世代同日観察」のメリットは

1. 年間指導計画の都合から、遺伝実験を長期間組むのは無理だが、是非とも本物の生物で遺伝実験を追体験させたい場合に有効である。
2. 未交尾雌集めが小スケールで済むため準備に係る教師の負担が少ない。

などが考えられる。

逆に「3 世代同日観察」のデメリットとしては

1. 生徒が生活史を理解しにくい。生物が世代をこえて命を受け継いでいく、ということを生徒が実感しにくい（大きいデメリット）。
2. 遺伝実験の技術を習得できない。
3. F1 の維持のために、教師が行う植え継ぎなどで留意が必要である。

などが考えられる。

2.4 生徒実験準備

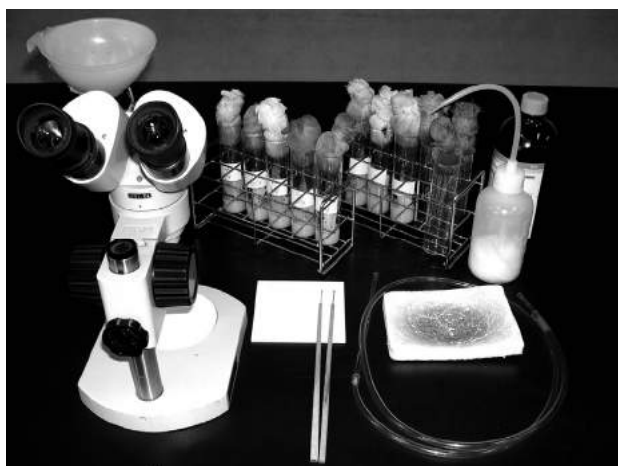
交雑に使う系統株は、痕跡翅：vestigial (vg) と黒檀体色：ebony (e) とした。これらの形質は誰でも簡単に識別できるものである。ただし、vg を扱うため温度管理にある程度の配慮が必要となる。

交雑に利用する処女雌の準備は教師が行う。この作業は手間と時間がかかるが、交雑実験そのものが始まると逆に実験準備は殆ど必要なくなる。

＜実験に使用する器具等＞

麻酔をかけるための空（から）の管びん、エサ入り飼育びん、綿栓、吸虫管、虫ピン付割りばし、脱脂綿を入れ麻酔のためのジエチルエーテルを加えるた洗びん、白タイル、実体顕微鏡、インキュベーター、ハエ捨てびん等

吸虫管が用意できない場合には、ハエの移動に清潔な紙（できれば滅菌したもの）を使う。中央を2つに半折した状態でハエを載せてから、一边を漏斗上にまるめて飼育びんや管びんへ移す。



＜実験で使う主な用具＞

2.5 検定に関する指導上の留意点

検定の基本的概念を理解させることは大切である。遺伝実験の結果が理論的に導かれる分離比になっていると解釈して良いかどうかをカイ自乗検定にかけて検討する。カイ自乗値がどんなものを数値化しようとして設定されているか、計算式を見ながら大まかに考えていくようにする。また、 α 水準の設定や、第一種過誤・第二種過誤の概念などは、理科の授業の中で指導すべきポイントとして外さないように心がけている。ただし、検定をかけるときに、そもそもある統計量を選定することやその確率分布などは入門の段階ではハードルが高すぎる。生徒にはこれらはある程度はブラックボックスのままとしておく潔さが大切であると考えている。まずは実験データの解釈のためのツールとして紹介し、体験することを手始めの目標とする。

次に、全クラス、全グループの検定結果を確認

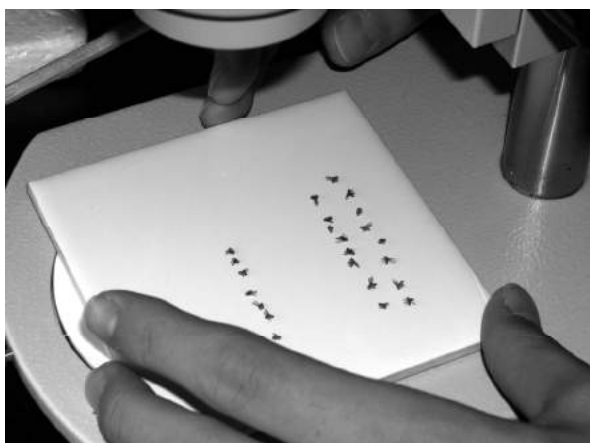
しそれらを踏まえた上で行う議論も大切である。理科の授業ならではクライマックスになるのではないだろうか。多くの標本を得られると、それらを前にして検定についての理解を深めることができる。検定でわかることとわからないこと、検定の限界、検定後に行うべき生物学的な考察への導入など、一通り、カイ自乗検定をかけられるようになったところで検定を科学の手法を学ぶ1つのきっかけとなるような話題を提供したい。筆者は、コイン投げを例に取りあげたり、メンデルの行った実験データの検定による吟味を行ったりしている。生徒のレポートなどでよく見かける誤った考察の1つは、「もっと多くの個体数を調べれば（標本が大きくなれば）カイ自乗値は小さく、確率 p は大きくなるだろう。」というものである。今回の遺伝の交雑実験のような、典型的な生物実験にこの考察が不適切であることを生徒に理解させることは容易ではないが、生物の教師ならチャレンジすべき課題ではないだろうか。

2.6 高校「遺伝」カリキュラムへのつながり

高校生物の遺伝分野では、二遺伝子雑種や連鎖、交叉と組換えがポイントとなる。交叉と組換えは生徒にとって難しい学習内容である。本校では、キイロショウジョウバエで筆者独自に作成した三重劣性系統を用いた3点交雑の実験を高校の遺伝学実験として行っている。講義の中で、組換え価が50%を超えないのはなぜかを生徒に問うと生徒たちの理解が十分でないことをうかがい知ることができる。同一の染色体上に存在する二遺伝子座が不完全連鎖の状態にある場合と、全く別の染色体上に存在する二遺伝子座、即ち連鎖していない、独立の状態にある場合とは明らかに不連続であり、この間の溝を埋めるイメージを持たせるためには二重交叉の説明が不可欠となる。二重交叉は現行の学習指導要領では歯止めがかかっている事項ではあるが、科学者の育成を標榜する以上、避けて通るわけにはいかない。また二重交叉のことを表面的に理解をした後でも、二遺伝子座間の距離が離れば離れるほど組換え価が50%に近づいていくことは数学的に説明しないと生徒は納得しない。この辺りの解説は、市販の専門書やWEBサイトでの解説にも若干見られるが、少なくとも高校生レベルで数学的に納得のいく説明は十

分になされているとは思えない。

大切なことは、組換え価をなぜ学習の中で取り上げるのか、ということであろう。中学の実験カリキュラムで既に交雑実験を取り上げたあと、高校1年生でも交雑実験を取り上げている意義は、ここにある。組換え価を求めて遺伝学的染色体地図を作成させることにより、この科学的アプローチのアイデアの素晴らしさを是非とも生徒に伝えたい。実際に三点交雑をすると二重交叉を起こした配偶子に由来する個体が現れる。これらの二重交叉個体の処理も回避することなく取り上げて染色体地図の作成に生かす方法を説明するのである。



〈16種の分類が必要な3点交雑のF2確認(高1)〉

また、自分たちの班が行った3点交雑で得られた実験結果を評価する方法として、先のカイ自乗検定を生徒に課している。この場合、理論値を出すためのデータは資料集などに載っている染色体地図のデータ(組換え価)である。これをもとに検定にかけの際の理論値に相当するものを計算すること自体、高1生徒にとってもなかなかハードルが高いが、補足説明をしながら取り組ませた。

3. 検証

3.1 中1生徒実験レポートの考察から

キイロショウジョウバエを用いた二遺伝子雑種と伴性遺伝の交雑実験後、カイ自乗検定についての講義を行った上で仕上げさせた中学1年生(63期)の実験レポートを吟味した。

全クラス合計30班中、 $p < 0.05$ となった班は3班あり(クラスにより0~2班)、 $p > 0.05$ となった班にも、「実験値が理論値を支持しない」と判断された場合の考察を書かせた。

一番多く見受けられたのは、「理論値が誤りであった」としてそれ以上の考察を止めてしまうもの

である。中には「メンデルの法則は誤りであった」という記述をしたままの生徒も若干いた(あくまで可能性の一つとして挙げているに過ぎないが)。また、表現型の見間違いや数え間違いを理由として挙げるだけに留まるものも多い。具体的に特徴的な生徒の記述を列挙すると

- ・「実験したハエの数が少なかったため、結果がかったってしまった。」(生物実験ゆえのコメントが必要である。)
- ・「突然変異がおきた。」(生徒は不可解な現象をすべてこの用語で片づけてしまう傾向が見られる。突然変異については授業で未習である。)
- ・「どちらかの表現型が生きていく上で非常に有利または不利なために、不利な方の表現型のハエは成虫になる前に一部が生存競争で敗れて死んでしまう。」(遺伝法則の理解を一層深めるコメントが授業内で可能である。)
- ・「20回に1度は予想が正しくても実験値が理論値を支持しないこともあるので今回はたまたま支持しなかっただけということも考えられる。」(大切なポイントである、検定の限界、第1種過誤・第2種過誤に触れたい。)

このように生徒の考察記述はある程度パターン化できるのでこれらに呼応した解説が上手くできれば遺伝の交雑実験における検定の導入が効果的にできるものと期待される。

3.2 高1生徒アンケート調査の結果から

中学生時に検定についての授業を試行的に行ってきた、現在高校1年生(60期)である本校連絡進学者と、恐らく検定を全く経験したことがない高校からの入学者を対象にした調査(「生物実験データの検定活用に関するアンケート調査」)を実施した(2009.7.10実施)。

その結果の一部を抜粋する。

Q1. 以下の各問いについて、あなたの考えに最も近いものを1つ選び○で囲んで下さい。

(1) 実験データの解釈方法として「検定」があることを知っていますか。

a. はい b. いいえ

連絡進学者(121名) a. 71.1% b. 28.9%

高校入学者(42名) a. 0.0% b. 100.0%

(2) 実験データの解釈方法として「検定」を行ったことがありますか。

a. はい b. いいえ c. 分からない

連絡進学者 (121 名) うち無回答 1 名)

a. 55.8% b. 12.5% c. 31.7%

高校入学者 (42 名)

a. 0.0% b. 45.2% c. 54.8%

連絡進学者に検定を行った記憶があいまいになっているのは残念な結果である。「c. 分からない」と答えた生徒も多く、恐らく中学1～3年の間に相当な時間をかけてエクセルを用いて行った実験データの統計処理操作と検定とを十分に区別ができていないものと思われる。

(3), (4) 略

(5) 上の (2) で (a. はい) を選んだ人に聞きます。もしこれから同じ実験を行ったら以前の経験と同じようにその「検定」を行えると思いますか。(PCなどのツールや必要な数値・表などは与えられるものとします。)

a. はい b. いいえ

(2) a 選択者 (67 名) a. 17.9% b. 82.1%

検定の授業を終えて1年以上経過していることを考えると自信を持って「a. はい」と答えることができた生徒の割合にそれほど悲観はしていない。操作が煩雑な様々な統計処理との違いを授業の中で明瞭にしていけば改善できるであろう。

Q 2. ある実験データに対して「検定」を行うとどんなことができると思いますか。あなたがあてはまると思うものすべてを選び○で囲んで下さい。

- a. 真理や原理がわかる
- b. その実験についての仮説を立てることができる
- c. 得られた実験データがどれくらい信頼できるかがわかる
- d. その実験についての仮説がどれくらい信頼できるかがわかる
- e. その実験についての仮説を正しいと判断してよいかがわかる
- f. その実験についての仮説が真に正しいかがわかる
- g. わからない (答えられない)

(各選択肢につき、○を付けた生徒の割合で示す)

連絡進学者 (121 名) 高校入学者 (42 名)

a. 8.3%	2.4%
b. 24.0%	4.8%
c. 62.8%	47.6%
d. 40.5%	7.1%
e. 47.9%	23.8%
f. 3.3%	4.8%
g. 13.2%	50.0%

敢えて紛らわしい選択肢を用意した。検定の真の理解への道は厳しい。今後同様のアンケート調査を引き続き行う予定であるが、設問の文章も改善の余地がありそうである。

Q 3. (1), (2) 略

Q 4. あなたは「検定」についてどんなイメージを持っていますか。簡単に書いて下さい。

連絡進学者 (121 名) のみの集計結果

①ポジティブなイメージ 33.9%

※回答例

「実験によって求められたデータが、仮説や理論値に合っているかどうかを判定するためのもの」、「仮説の裏付けとなるデータに説得力を与えるもの」、「実験データの分析には不可欠な手段」

②ネガティブなイメージ 26.4%

※回答例

「計算が難しそうなイメージ」、「面倒そうなイメージ」、「計算はできそうだがそのデータをもとにどのような解釈ができるかわからない。」

③どちらでもない (無回答含む) 39.7%

※回答例

「わからない」、「エクセル」、「母集団から抽出した一部を調べることで、その母集団の特性などを判断すること」(統計処理と混同と思われる)

筆者は、今回の調査を通して「多くの生徒に検定を紹介すること」、「特に生命科学系科学者を目指す生徒を対象に検定を深く理解させ、ツールとして使えるまでに高めること」の2モードに切り分ける必要性を実感した。科学の手法の1つを学ぶ意義を再確認しつつ、様々な授業形態の中でこの2つを分けながら実践していく方針である。

(文責: 生物科 仲里友一)

b-5 地学分野

貝化石標本をもとにした 生物の個体成長と個体変異の研究

1. はじめに

2007 年度からの 5 年間で「中高一貫 SSH の完成に向け、中学に重点を置いたカリキュラム・教材の開発」を行うことになった。そこで、まず高校につながる中学向けカリキュラム・教材の開発に取り組むことにした。これまで中学では、自然現象について数多くの観察や実験を実施してきたが、中・高・大の連携を意識して、高校で取り扱う機器を利用した中学理科の教材開発を順次行うことにしている。すなわち、SSH で開発した教材を生かせるよう、高度な内容を簡易化して、中学へ移行させる工夫をすることにより、同じ内容でも生徒がより深く理解できるようになることを目指している。

今回は、従来本校の中学 3 年生で実施してきた総合選択学習、いわゆる「テーマ学習」の中で、高校で扱う内容をスケールダウンして行うことにした。今年は、千葉県印旛郡本埜村中根(図 1:採集地点 1)と印旛村吉高(図 1:採集地点 2)に露出する下総層群木下層の砂岩から貝化石を採集した。



(図 1) 貝化石産地: 千葉県印旛郡本埜村・印旛村

2009 年度中学 3 年生テーマ学習の授業計画を以下に示す。

1 時間目: 6/19(土) 上野にある国立科学博物館にて「南米の恐竜展」の見学

2 時間目: 9/19(土) 化石概論・シリコンゴムを使った化石模型の制作

3 時間目: 10/3(土) 千葉県印旛郡本埜村中根にて化石採集(ただし、新型インフルエンザ流行により生徒の半数が欠席)

* 11/6(金) 前回欠席者を対象に、千葉県印旛郡印旛村吉高にて化石採集を実施(写真 1)

4 時間目: 11/14(土) 採集した化石のクリーニング・整理

5 時間目: 1/16(土) 貝化石の鑑定・分類、古環境の推定

6 時間目: 1/30(土) 貝化石の計測、相対成長と個体変異の調査



(写真 1: 千葉県印旛郡印旛村吉高での採集風景)

2. 作業手順と計測例

以下、5 時間目以降の作業手順と内容について報告する。

クリーニングした後、採集した貝化石の鑑定・分類を行なった。二枚貝類を貝殻の特徴で分類する場合、最も重要なのは殻のかみ合わせ部分、歯の発達状態や配列状態である。他に殻の外形、大きさ、表面装飾、内面の套線など様々な分類基準がある。ほとんど現生種なので、貝の分類基準を参考にしつつ、図鑑を利用すればだいたい鑑定できる。貝の鑑定には原色日本貝類図鑑(吉良哲明著、保育社)などの図鑑などが役に立つ。標本はきちんと整理箱に入れて、ラベルを添えさせた。

貝化石の同定・分類ができれば、採集した貝化石からどのようなことが推定できるかを考えさせるために、まず採集した貝の種類のリスト(表 1)を生徒に作成させた。表 1 のリスト内の記号は以下の通り。

①緯度分布

Pは太平洋、Jは日本海を表す。

②生息深度

N0：潮間帯

N1：潮間帯から 20～30m

N2：20～30m から 50～60m

N3：50～60m から 100～200m

N4：100～200m

B：深海区(200m 以深)

③底質

G：れき質底

M：泥底（s M：砂質泥底）

R：岩れき底

S：砂底（m S：泥質砂底、s h S：貝殻砂底）

種名	学名	左殻の枚数	右殻の枚数	緯度分布	生息深度	底質
マサキ	<i>Crassostrea gigas</i>	6		33-43	N ₀	R, sh
ナミガイ	<i>Panope japonica</i>	5	5	34-43	N ₁	s M
アノミガイ	<i>Vanus (Overiculus) summa</i>	1	2	0-35	N ₁₋₃	sh
ババガイ	<i>Meretrix chinensis</i> PHILIPPI	8	10	31-41	N ₀₋₁	S, mS
ババガイ	<i>Babynia japonica</i>	2	0	28-35	N ₁	S, mS
ササガイ	<i>Marina sector</i>	0	1	23-41	N ₁	S
アノミ	<i>Glycymeris senhousi</i>	1	1	26-42	N ₀₋₁	sh, mS
シラサガイ	<i>Corca scripta</i>	0	2	31-42	N ₁	S
アノミ	<i>Succinea menstrualis</i>	1	1	30-35	N ₁	S
イタダキ	<i>Ostrea denselamellosa</i>	0	1	23-39	N ₁	S, mS
ヤノミガイ	<i>Tonno luteostoma</i>	0	1	22-39	N ₁₋₂	G, S, mS, sh
アノミ	<i>Anodonta broughtoni</i>	0	1	26-42	N ₁	S, mS

(表1:貝化石リスト)

貝は底生動物なので、気候(水温)や生息深度など地層が堆積した環境を復元するのに役に立つ示相化石になりうる。そこで、縦軸に貝の種名、横軸に貝が現在分布している緯度(表2)や生息深度(表3)をとったグラフを生徒に書かせた。全ての貝に共通する生息緯度や深度の範囲から貝の堆積した環境を明らかにし、現在のどのような場所に相当するのかを考察させた。

種名	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
マサキ										
ナミガイ										
アノミガイ										
ババガイ										
ババガイ										
ササガイ										
アノミ										
シラサガイ										
アノミ										
イタダキ										
ヤノミガイ										
アノミ										

(表2:生息緯度)

表2では、各種の生息する緯度が共通する部分を斜線で表すようにさせた。

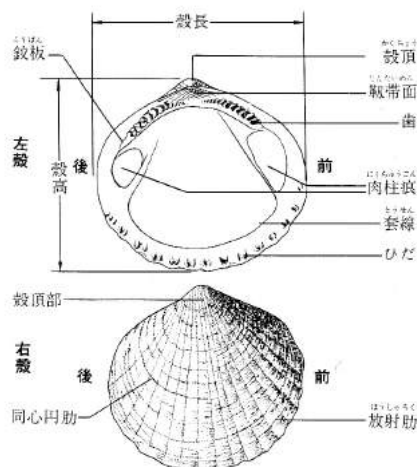
種名	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	B
マサキ						
ナミガイ						
アノミガイ						
ババガイ						
ササガイ						
アノミ						
シラサガイ						
アノミ						
イタダキ						
ヤノミガイ						
アノミ						

(表3:生息深度)

今回の結果から、すべての貝化石の共通する生息緯度は北緯 34°～35°、生息深度はN₁であることから、木下層の堆積した当時の古環境は、現在とほぼ同じ緯度か少し南方で、水深は潮間帯から 20～30m と推定されることが明らかとなった。

次に、二枚貝化石を、ノギスを使用して計測し、各種の相対成長や個体変異の幅について研究した。

計測の前に、多量に採集され、かつ測定形質の多いタマキガイの分類形質を説明した。



(図2)タマキガイの分類形質

まず、採集した二枚貝化石を種ごとに分けてノギスで計測し、その値をグラフ化するわけだが、今回は中学3年生が対象であったため、高校生のよう統計的に有意な個体数を採集できていなかった。従って、かつて木下層で採集したいくつかの種を数多く計測させた。高校生の授業では、電子ノギスを使って、パソコンの画面上に開いてあるエクセルの表のセル内に直接入力させるのだが、中学生の授業なので、ノギスの仕組みや使い方、値の読み方を習得させた(写真2)。

今回の計測例として、木下層からよく採れるタマキガイの計測表(表4)を示す。



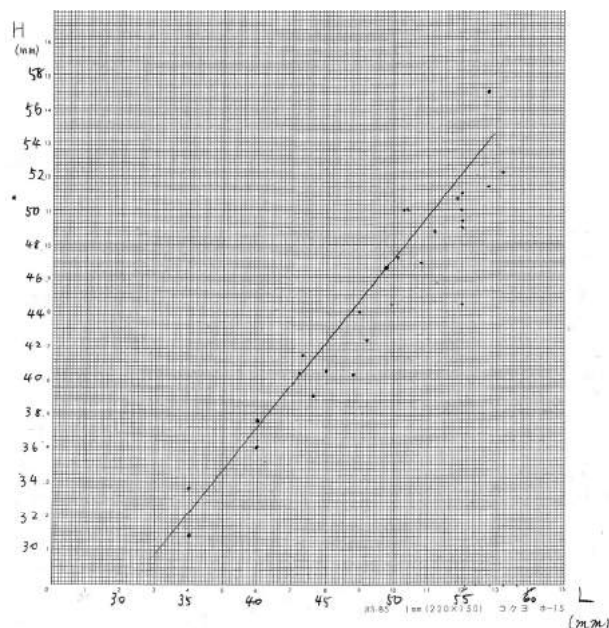
(写真2:ノギスを使った計測風景)

〈貝殻個体の計測表〉 種名: タマキガイ

	殻長L	殻高H	殻幅T	放射肋の数	頂角
1	58	52.2	17		121°
2	52.9	48.8	12		125°
3	46.95	41.7	9.9		130°
4	40	37.6	9		130°
5	56.85	51.6	14		121°
6	51.9	50	14.65		131°
7	55.2	49.5	14		130°
8	45.1	40.5	11		124°
9	51.75	50.1	12		134°
10	55	49.6	14		131°
11	47.6	44	12		130°
12	43	40.25	10.4		126°
13	55	51	14		130°
14	50.5	47.4	13		125°
15	49.5	44.4	12		126°
16	48	43.3	11.8		127°
17	57	57	15		127°
18	55	49	14		127°
19	55	49	14.3		126°
20	48.8	46.75	13		125°
21	44.2	39	9		131°
22	43.95	41.5	9.8		131°
23	40	36	9		131°
24	35	33.7	7.6		130°
25	56	50.75	13		126°
26	52	46.7	13.55		126°
27	50.5	44.1	12		130°
28	35	30.8	7		129°

(表4)タマキガイの計測表

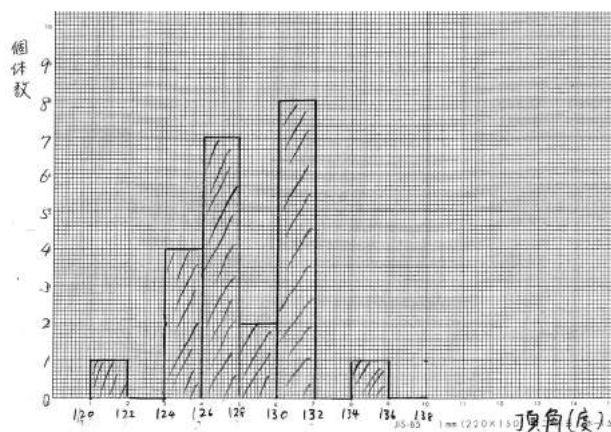
貝化石の計測が終わったら、次は貝化石の種の相対成長や個体変異を表すグラフを描かせた。これも高校生の授業なら、パソコンの画面上でエクセルのグラフィック・ウィザードを使って、簡単にグラフ化できるのだが、中学生なので手書きで方眼紙にグラフを描かせた。何事も手作業をして覚えた方が、教育的に意味があるように感じている。(表4)の計測表の値のうち、横軸に殻長(L)、縦軸に殻高(H)をとって、相対成長を表す散布図と回帰直線を(図3)に示す。ここには載せていないが、別に殻長(L)と殻幅(T)のグラフも描かせた。



(図3)タマキガイの殻長(L)と殻高(H)の散布図

(図3)の散布図と回帰直線を見るとわかるように、殻長(L)と殻高(H)の間では、直線の傾きがほぼ1になり、回帰直線から離れた値が少ないことから、両者の成長に関する相関関係が高いことがわかる。時間があれば、見当をつけて引いた回帰直線と、エクセルなどの表計算ソフトを使って、最小2乗法による回帰直線の方程式とを比較検討してみても良かった。

タマキガイは計測できる形質が多く、外側の放射肋の本数、殻頂のかみあわせ部分である歯の数、内側のひだの数なども数えられる(図2)。ここでは、頂角の測定(表3)を行い、タマキガイの頂角についての個体変異の幅を調べてみた(図4)。



(図4)タマキガイの頂角の大きさ

頂角の大きさは、ゴニオメーター(接触測角器)を使って測定させた。概ね 130° のあたりにピークを持つ正規分布を示していることがわかる。

以上、SSH の内容を簡略化して、中学生にも出来る範囲で実施した。(文責:理科・地学・高橋宏和)

IV. 実施の効果とその評価

平成 19 年度からの SSH 事業で、新規に取り組みを始めた研究内容については、事業ごとにアンケート調査などによる評価を行っている。それらについては、各項目を参照して頂きたい。

今年度は、平成 14 年度からの SSH 事業から継続実施している外部講師による講演会・実験講座等の評価と、一部の講演会の企画、運営と評価を行う生徒有志団体“サイエンスコミッティ”の活動について記載する。

a. 講演会・実験講座アンケート

b. サイエンスコミッティの活動

a. 講演会・実験講座アンケート

研究内容の柱 (iii)「科学者・技術者に必要な幅広い科学的リテラシーを育てるプログラムの実施」にもとづいて実施した講演会・実験講座について、生徒にどの程度効果があったかを評価するために統一フォームのアンケートを実施した。

1. 調査の概要

アンケート項目は、次のように設定してある。

Q 1. この講座・講演会の内容を理解できましたか

- ア. よく理解できた
- イ. まあ理解できた
- ウ. あまり理解できなかった
- エ. 理解できなかった

Q 2. この講座・講演会を受講した動機を教えてください (複数回答可)

- ア. 受講が必修だった
- イ. おもしろそうな内容だった
- ウ. 自分の学習に役立ちそうだった
- エ. 講師の先生にひかれて
- オ. 友達に誘われて
- カ. その他 ()

Q 3. この講座・講演会の内容は、期待通りでしたか

- ア. 期待以上だった (とてもおもしろかった)
- イ. 期待通りだった (おもしろかった)
- ウ. ほぼ期待通りだった (まあおもしろかった)
- エ. あまり期待通りではなかった (あまり

おもしろくなかった)

オ. 期待はずれだった (つまらなかった)

Q 4. この講座・講演会の内容は、あなたの学習に役立ちましたか

- ア. 大いに役立った (大いに役立ちそう)
- イ. 役だった (役立ちそう)
- ウ. あまり役立たなかった (あまり役立ちそうにない)
- エ. 役立たなかった (役立ちそうにない)

Q 5. この講座・講演会で興味深かった内容および全体についての感想を書いてください

調査対象生徒は、参加生徒全員である。調査対象の講座・講演会等を、以下に示す。G31, S32 については、これからの実施なので調査結果には入っていない。各講座の符号は、最初のアールファベットが数学、理科、総合の 3 区分を、数字の十の位が実施学期を、数字の一の位が学期毎の実施順を表す。例えば、“G24”は 2 学期に実施された 4 番目のプログラム (総合区分) であることを示している。

< 数学関連 M >

M12 7/9 コンビニのレシートデータ (POS) から見えるもの (東洋大学 渡辺美智子先生)

M26 12/17 平面図形と複素数の関数 (東京大学 大島利雄先生)

M27 12/18 だまし絵と立体錯視 (明治大学 杉原厚吉先生)

< 理科関連 S >

S21 10/6 超小型人工衛星が維新を興す (東京大学 中須賀真一先生)

S22 11/7 進化発生学が紐解く脊椎動物の進化の歴史 (筑波大学 和田洋先生)

S23 12/15 火山はすごい (京都大学 鎌田浩毅先生)

S25 12/16 おもしろ海洋学 北極&南極 (東京海洋大学 吉田次郎先生・島田浩二先生)

S28 12/19 分子の構造と核磁気共鳴 (東京大学 下井守先生・村田滋先生)

S32 3/18 酵素を利用した有用物質の生産技術 (元筑波大学 向高祐邦先生・筑波大学 市川創作先生)

<総合講座 G>

- G11 7/8 脳から言語へ（東京大学 酒井邦嘉先生）
 G13 7/13 文法に意味はあるのか？（東京大学 西村義樹先生）
 G24 12/15 スポーツのバイオメカニクス的研究（筑波大学 藤井範久先生）
 G31 3/18 科学者の社会的責任（立教大学 栗原彬先生）

2. 調査結果と考察

Q1：講座・講演会の内容を理解できたか

Q1	参加数	よく理解できた	まあ理解できた	あまり理解できなかった	理解できなかった	無回答
M12	82人	17.1%	68.3%	12.2%	2.4%	0.0%
M26	37人	5.4%	64.9%	27.0%	2.7%	0.0%
M27	93人	32.3%	58.1%	9.7%	0.0%	0.0%
M平均	71人	18.3%	63.8%	16.3%	1.7%	0.0%
S21	21人	71.4%	28.6%	0.0%	0.0%	0.0%
S22	10人	30.0%	70.0%	0.0%	0.0%	0.0%
S23	56人	55.4%	44.6%	0.0%	0.0%	0.0%
S25	24人	25.0%	66.7%	8.3%	0.0%	0.0%
S28	17人	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%
S平均	26人	36.4%	62.0%	1.7%	0.0%	0.0%
G11	66人	22.6%	74.2%	1.6%	1.6%	0.0%
G13	42人	2.4%	47.6%	42.9%	0.0%	7.1%
G24	73人	9.6%	63.0%	23.3%	2.7%	1.4%
G平均	60人	11.5%	61.6%	22.6%	1.4%	2.8%
全平均	47人	24.7%	62.4%	11.4%	0.9%	0.8%

総合区分の講座で若干理解が深められなかったプログラムもあるが、多くの講座で内容理解に十分満足のいくレベルに到達している。

Q2：講座・講演会を受講した動機

Q2	参加数	受講が必修	おもしろそう	役立ちそう	先生に惹かれて	友達に誘われて	その他	無回答
M12	82人	0.0%	87.8%	12.2%	4.9%	7.3%	8.5%	0.0%
M26	37人	0.0%	86.5%	35.1%	8.1%	8.1%	0.0%	0.0%
M27	93人	1.1%	90.3%	6.5%	1.1%	6.5%	1.1%	0.0%
M平均	71人	0.4%	88.2%	17.9%	4.7%	7.3%	3.2%	0.0%
S21	21人	2.5%	47.5%	15.0%	10.0%	17.5%	7.5%	0.0%
S22	10人	0.0%	71.4%	21.4%	0.0%	7.1%	0.0%	0.0%
S23	56人	68.9%	10.8%	14.9%	4.1%	1.4%	0.0%	0.0%
S25	24人	0.0%	96.2%	0.0%	0.0%	3.8%	0.0%	0.0%
S28	17人	51.6%	32.3%	9.7%	6.5%	0.0%	0.0%	0.0%
S平均	26人	24.6%	51.6%	12.2%	4.1%	6.0%	1.5%	0.0%
G11	66人	9.3%	53.5%	19.8%	5.8%	8.1%	3.5%	0.0%
G13	42人	0.0%	49.0%	37.3%	3.9%	7.8%	2.0%	0.0%
G24	73人	52.7%	22.0%	12.1%	7.7%	3.3%	2.2%	0.0%
G平均	60人	20.7%	41.5%	23.1%	5.8%	6.4%	2.6%	0.0%
全平均	47人	16.9%	58.8%	16.7%	4.7%	6.4%	2.3%	0.0%

一部の講座で教科等から受講を必修とされているものもあったが、多くの講座は希望者対象の自由参加型を採っており、これがQ1.の講座内容の理解度の高さに結びついているのだろう。今年度は、M27やS25など極めて高い生徒の関心を

呼んだ講座を設けることができた。これらの講座では特に中学生の参加が多く目立っており、科学的リテラシーの涵養という点でも成果があげられたと思われる。

Q3：講座・講演会の内容は期待通りだったか

Q3	参加数	期待以上	期待通り	ほぼ期待通り	あまり期待通りでない	期待はずれ	無回答
M12	82人	11.0%	45.1%	35.4%	7.3%	1.2%	0.0%
M26	37人	16.2%	40.5%	37.8%	5.4%	0.0%	0.0%
M27	93人	43.0%	36.6%	18.3%	2.2%	0.0%	0.0%
M平均	71人	23.4%	40.7%	30.5%	5.0%	0.4%	0.0%
S21	21人	81.0%	19.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
S22	10人	50.0%	50.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
S23	56人	39.3%	39.3%	12.5%	3.6%	5.4%	0.0%
S25	24人	16.7%	50.0%	33.3%	0.0%	0.0%	0.0%
S28	17人	41.2%	41.2%	17.6%	0.0%	0.0%	0.0%
S平均	26人	45.6%	39.9%	12.7%	0.7%	1.1%	0.0%
G11	66人	30.6%	45.2%	16.1%	4.8%	3.2%	0.0%
G13	42人	0.0%	35.7%	47.6%	7.1%	2.4%	7.1%
G24	73人	9.6%	42.5%	37.0%	11.0%	0.0%	0.0%
G平均	60人	13.4%	41.1%	33.6%	7.6%	1.9%	2.4%
全平均	47人	30.8%	40.5%	23.2%	3.8%	1.1%	0.6%

Q4：講座・講演会の内容は学習に役立ったか

Q4	参加数	大いに役立つ	役立つ	あまり役立たない	役立たない	無回答
M12	82人	14.6%	75.6%	7.3%	1.2%	1.2%
M26	37人	10.8%	81.1%	8.1%	0.0%	0.0%
M27	93人	16.1%	74.2%	8.6%	1.1%	0.0%
M平均	71人	13.8%	77.0%	8.0%	0.8%	0.4%
S21	21人	47.6%	52.4%	0.0%	0.0%	0.0%
S22	10人	40.0%	60.0%	0.0%	0.0%	0.0%
S23	56人	39.3%	55.4%	3.6%	1.8%	0.0%
S25	24人	16.7%	79.2%	4.2%	0.0%	0.0%
S28	17人	41.2%	52.9%	5.9%	0.0%	0.0%
S平均	26人	37.0%	60.0%	2.7%	0.4%	0.0%
G11	66人	27.4%	64.5%	3.2%	3.2%	1.6%
G13	42人	4.8%	71.4%	16.7%	0.0%	7.1%
G24	73人	17.8%	61.6%	17.8%	2.7%	0.0%
G平均	60人	16.7%	65.8%	12.6%	2.0%	2.9%
全平均	47人	25.1%	66.2%	6.9%	0.9%	0.9%

今年度も総合講座として国語科、社会科、保健科、英語科からのプログラムが実施でき、幅のある総合講座を構成できた。こうした科学との関わりを持つ総合講座を来年度も充実させていきたい。また、データから、中学生～高校生低学年を主対象としたテーマが多く参加生徒を集め、より高い満足度に結びつく、という傾向が読み取れる。理科関連講座では、確かに特定の興味関心をもった高校生対象のハイレベルな講座で、生徒に高い有用性を感じてもらえた成果は見落とせないが、もう一方で、低学年にも十分理解できるテーマを掲げたプログラムも平行して幅広く企画していくことを続けていきたいと考えている。

（文責：研究部 仲里友一）

b. サイエンスコミッティの活動

1. 仮説

生徒のサイエンスコミュニケーション能力育成のためには、これまで教員主導で実施してきたSSH事業を、生徒主体で計画・実施させることが有効ではないか。この仮説に基づき、生徒によるSSH企画・運営・評価組織「サイエンスコミッティ」を平成19年度に設立し、活動を行っている。設立2年目の昨年度は、メンバーが中心となって「テーマ研究発表会」を開催したり、SSH講演会の内容について事前に講師と打合せを行い、講演内容について要望するなどの取り組みを行った。これらの実績を踏まえ、今年度はコミッティが企画・運営を行うSSH講演会を実施した。

2. 概要

設立時のサイエンスコミッティの位置づけは、生徒自治会に所属する委員会等ではなく、より自由な形でメンバーが関われる同好会の形式をとっていた。現在もその形式を踏襲しているため、年度によりメンバー数や活動の活性度には大きな差がある。

今年度のおもな活動は、まず昨年に引き続き、高校3年生が総合的な学習の時間に取り組んできた「テーマ研究（卒業研究）」を校内外に向けて発表する「テーマ研究発表会」の準備・実施（司会進行）・後片づけなど一連の企画を担当した。それとほぼ並行する形で、コミッティ企画のSSH講演会の講師選定と講演依頼、事前打ち合わせおよび講演会の実施を行った。なお、例年9月に実施していた執行部員（会長）等の引継ぎは、講演会の開催が10月にずれ込んだこともあり、12月に行われた。

3. 活動内容

(1) 所属メンバー

会長：高3（58期生、化学部・パーソナルコンピュータ研究会）

メンバー：高3（58期生）：4名

高2（59期生）：11名

高1（60期生）：7名

メンバーの所属クラブは、化学部、生物部、数学科学研究会など。

なお、会長は、12月に高2生徒（化学部）に引き継がれた

(2) 活動計画

- ①テーマ研究発表会の企画・運営
- ②SSH講演会の参加と評価
- ③対外的な活動（SSH生徒発表会、RitsSSF、国立台中第一高級中学訪問、SSH東京都指定校合同発表会等）への参加
- ④生徒主催SSH講演会の企画・運営
- ⑤新メンバーの勧誘

(3) 活動内容

① テーマ研究発表会の企画・運営

テーマ研究発表会（7月実施）の運営に関するコミッティ会長（生徒）の総括を以下に紹介する。

「高校3年生テーマ研究発表会は、口頭発表とポスターセッションに分かれており、前者は8グループ、後者は14グループの希望者が各自の研究を発表した。

準備は1学期の中ごろより始めるが、事務的な仕事は直前までほとんどないので、コミッティの最も重要な仕事は発表者集めとなる。忙しい時期という事もあるが、なかなか希望者は集まらないが、数度に分けたアンケート実施や、事前の有力研究のリサーチを計画的に行っておくと効果的である。最終的には、粘り強い交渉が決め手になる。各クラスに1人担当者を置くとよいと思う。」

テーマ研究には、高3全員が取り組んでいるが、発表会の開催時期が早いこともあり、発表に積極的でない生徒が多い。生徒どうしのネットワークで、発表にふさわしい研究を発掘するのもコミッティの活動ならではの点である。このテーマ研究発表会の詳細は、p. をご参照いただきたい。

② SSH講演会の参加と評価

SSH講演会（各学期末開催）に対する参加と評価の取り組みが、今年度も組織的には実施できなかった。来年度への課題としたい。

③ 対外的な活動

・SSH生徒研究発表会

JST・文部科学省共催の全SSH校による研究発表会。コミッティメンバー7名を含む10名が参加した。詳細は、p. をご参照いただきたい。

・Rits Super Science Fair

立命館高等学校が毎年開催している国際交流プログラム。十数カ国の高校生が、研究発表やワー

クショップ等を通じて交流する有意義な催しだが、今年度は本校の文化祭期間と完全に重なってしまい、参加することができなかった。

- ・大子町理科実験教室

筑波大学と大子町の連携事業により 11 月に実施された、大子町各小学校における理科実験教室。化学部のサイエンスコミティメンバー 8 名が講師を務めた。詳細は、p. をご参照いただきたい。

- ・国立台中第一高級中学訪問

新型インフルエンザの流行により、訪問先が国立台中第一高級中学に変更された (p. 参照)。コミティメンバー 3 名を含む 10 名が参加した。

④ 生徒主催 SSH 講演会の企画・運営

サイエンスコミティの主催で、10 月に実施された講演会の企画・運営に関する会長（生徒）の総括を以下に紹介する。

1 学期初め

会合で講演者を東京大学航空宇宙工学専攻の中須賀真一教授にお願いすることが決定した。これは、H2B ロケットや HTV 輸送機の活躍など、宇宙開発が世間的に大きな注目を集めており、氏の研究テーマである人工衛星開発が大いに生徒の興味を誘うものと考えられたためである。

1 学期中頃

中須賀教授に期末考査後の特別授業期間でのご講演のお願いをし、ご承諾を頂いた。

1 学期末

他の SSH 講演会の日程と重複が判明し、講演会延期のお願いをした。

夏期休業中

改めて中須賀教授に講演のお願いをし、具体的な日程調整を行い、10 月 6 日（火）に決定した。

2 学期初め

9 月 8 日（火）コミティメンバー 3 人（58 期）と梶山先生とで東京大学中須賀研究室を訪問し、具体的な講演の内容を打ち合わせした。

その際、講演会のタイトルをサイエンスコミティ側で提案することとなり、「超小型人工衛星が維新を興す～宇宙開発の「うまい！ やすい！ はやい！」～」に決定。また、従来の講演会よりも、生徒とのより活発な議論が交わされることが望ましいということで、講演会後、座談会形式の自由な質疑応答の時間を設けることが決定された。ポスターを鈴木が制作し、1 週間ほど前に校内に掲

示、また集会にてアナウンスを行った。

10 月 6 日 講演会当日

講演 15 : 30～17:00

質疑応答 17:00～17:50

参加者数 21 名

参加者数が 21 名と、とても少ないが、これには、開催時期が当初の予定よりも大幅に遅くなったために、文化祭準備が佳境となったために参加ができなくなる生徒が多かったことと、直前に中学がインフルエンザのため学校閉鎖となったことで中学生が一切参加できなくなった事とが大きな理由としてある。

参加者数が少なかったために、参加者は宇宙工学に高い関心のある生徒ばかりが集まったことで、皆教授の間近で熱心に話を聴くことができる良い雰囲気が形成され、質疑応答は特に盛りあがった。（この講演会の講演内容については、p. をご参照いただきたい。）

⑤ 新メンバーの勧誘

今年度も、SSH 事業への優先参加と企画・運営・評価を活動の趣旨として、ポスターを作成・掲示した（口絵参照）。また、集会等でも宣伝を行い、メンバーの募集活動を行った。しかし、昨年同様一般生徒からの反応は鈍く、高校からの入学者など 2 名が入会を申し出たにとどまり、多くは理数系クラブの部員を個別に勧誘する形を取った。

4. 検証

サイエンスコミティ 3 年目の活動では、生徒主催の SSH 講演会を開催できたことが大きな成果である。一方、開催時期の関係で、当初予定していた近隣等の他校生徒への参加呼びかけと交流は果たせなかった。しかし、講演会の内容は、生徒主催ならではの充実した満足度の高いものとなったようだ。

また、活動全般については、主要メンバーが文化部の部長や生徒自治会役員などの要職に就いており、多忙のため会合等を開きにくい傾向が顕著になった。このことについては、コミティの性格上解決が難しい問題ではあるが、定期的な例会日程の設定などにより、改善していきたい。今後も、積極的に SSH に関わる生徒組織として、恒常的な活動に取り組ませていきたい。

（文責：教育実践プロジェクト 梶山正明）

V. 研究開発実施上の課題及び

今後の研究開発の方向・成果の普及

1. 今年度の研究開発について

平成19年度からの第2期目SSHの3年目となる今年度は、様々なプログラムが研究準備～試行という段階から、実践の段階へと移っていった。特に柱(i)の「サイエンスコミュニケーション能力を育成する少人数学習の研究と実践」、及び柱(ii)の「国際科学五輪などの世界を視野に入れた生徒の自主的研究・交流活動の支援」に関わる活動、実践で、一層の目覚ましい進展がみられた。これらの研究と実践の母体となったのは教科枠を超えた校内プロジェクト組織である。校内における研究開発のスタイルという観点から見た場合、教科の枠を超えた取り組みとして、本校従来の教科中心型の研究開発から大きく脱却しつつある。また、これら2つの柱での進展は、生徒主体の取り組みを特に重視した実践の成果という点でも自己評価できるものと考えている。

2. 評価と課題

今年度、校内プロジェクトⅡ教育実践プロジェクトでは、研究内容の柱(i)のサイエンスコミュニケーション能力育成に関わる研究・実践を昨年度から継続して進め、教科の枠を超えた多くの成果を挙げる事ができた。昨年度の試行に続き、高校2年生の総合学習「ゼミナール」と中学3年生「テーマ学習」の合同授業開催は、一部の教科・科目、また1回のみではあったが、異学年合同授業のモデルとして十分評価に値するだろうと考える。今年度は、化学分野の「分析化学」、生物分野の「Glomタンパク質の解析」など、合計6講座で合同授業が展開された。いずれの講座においても、高校2年生が、中学3年生を「教える」という場面が多々見受けられた。まさに「教えあい、学びあう」というねらいを実現する事ができた。昨年度の試行段階において、一部確認することができた「教えあい、学びあい」の効果について、より一層の確信を得ることができたと言えよう。すなわち、高校2年生は、今までの教えられる側から教える側にまわり、もう一度教材を系統立てて理解し直すことが要求された。教材を構成する要素の論理的な序列や階層、関連性に改めて気が

ついた生徒もいた。このような深い学びへの端緒として、「教える」という体験が生徒にとっても大変有功であることを実感した。また、「教える」という立場に立った高校2年生にとっては、自分が持っているものを相手にわかりやすく伝えるにはどのようにすればよいのか、というコミュニケーション能力の難しさと重要性を改めて認識するものとなった。一方、教えられる側の中学3年生は、身近な先輩である高2生に将来の自分の姿を重ねながら、緊密な対話形式の指導に新鮮さを感じつつ、いつも以上に真剣に学習に取り組めた様子だった。当初はこの合同授業は「教える側」には学びのメリットがあるものの、「教えられる側」にはどんな効果が期待できるのか十分に予測し得ていなかった。しかし下級生の「教えられる側」にも、大いに刺激を与えることが確認できた。教える側、教えられる側の双方に大きな効果が期待できるプログラムであるが、現状では、一年に1回のみの実施にとどまっている。今後、高学年生徒が低学年生徒を教えるスタイルを大いにに取り込み、合同授業を一層充実させていってよいだろう。

一昨年度から始まった駒場小学校サマースクールでは、小学生に対する実験指導が本校生徒によってなされている。今年度は全部で3講座で、この中では中学生が教え伝える側となる機会も少しずつではあるが新たに始まっている。講座に集まる小学生も大勢で多様になり、生徒たちの一層の指導力や工夫、改善が期待される。さらに、今年度は、これまでの駒場小学校サマースクールに加え、新たに茨城県大子町の複数の小学校において、本校生徒による「出前授業」の取り組みが実施された。内容的には、駒場小学校と類似のものではあるが、茨城県大子町という本校生徒たちを取り巻く生活環境とはいささか異なる地での取り組みであり、本校生徒にとっては大いに刺激となった。こうした取り組みを今後どのように継承・発展させていくのは今後の新たな課題であろう。

今年度大いに進展した取り組みとしては、生徒によるSSH支援・評価活動を行うサイエンスコミッティーの躍進も挙げられるであろう。今年度も主に高校3年生のコミッティーメンバーが、生徒研究発表会(卒業研究発表会)を自らの手で企画・運営してくれた。文系・理系両方の研究から発表が行われ、大学の教員やOB、保護者の方々にも

集まって頂き生徒たちの研究について議論を交わす、といった本校独自の研究発表会スタイルが確立しつつある。また、東京都内SSH指定校合同発表会での運営補助など、サイエンスコミティーの活躍の場が広がり始めている。こうした昨年度までの取り組みに加え、今年度は、サイエンスコミティー自身の手による講演会（東京大学大学院工学系研究科中須賀真一教授「超小型人工衛星が維新を興すー宇宙開発の「うまい・はやい・やすい」ー」、11月6日実施）が開催された。この講演会では、講師の人選等の企画から当日の運営に至るまで全てサイエンスコミティーによって行われた。今後さらに彼らの活躍の機会が増えることが予測される。

国際交流支援活動でも大きな成果があった。昨年の北京師範大学附属実験中学との研究交流会に引き続いて、今年度は新たに、台湾の国立台中第一高級中学との研究交流会を実現させることができた。本校からは、化学、生物、言語学の合計4本の発表を行い、台中一中からは物理、生物の2本の発表がなされた。本校側のいずれの発表に対しても、台湾側の生徒から熱心な質問が出され、質疑も活発に行うことができた。これに対して、台湾側の生徒諸君の積極性に大いに刺激を受け、本校の生徒も相手方の発表に対し、熱心に質問を投げかけることができていた。さらには、休憩時間にもフロアーでは、両校の生徒がそれぞれの発表に対して意見の交換を行う姿が多々見られた。参加した生徒たちは、異なる文化を持つ人々の中での発表の困難さやコミュニケーションツールとしての英語の重要性を実感したようである。今回は、インフルエンザの影響等で、交流の日程や内容がなかなか確定することができず、結果的に本校の期末試験直後の交流会となってしまった。そのために事前準備という点で若干の課題が残った。来年度以降は、事前に双方の発表内容を交換するなどの事前準備を行うことで、より一層内容の充実した交流会を目指すことができるであろう。今回の交流会は成功裏に終わることができた。しかし、研究交流会の成功ということで満足するのではなく、研究交流の成果をどのような形で、他の生徒たちに伝え、その成果を広く共有できるようにしていくのかは今後の課題である。

研究内容の柱 (iii)、(iv)、(v) の中での実践と

しては、技術情報科の「CAD・CAMの世界にふれるワークショップ」、社会科の「総合講座ヒロシマ（フィールドワーク）」など、昨年の経験を踏まえてより充実した形で取り組まれた企画もあった。教員対象の研修会（数学科）、大学院生を受け入れてのインターンシップも継続して行われた。これまでのSSHの成果を継承しつつ、概ね教科中心の取り組みにより内容の精選・改良を進め、発展・普及に務めることができたと考えている。

今年度は、理科実験研修会という形での実施は見送った。ただし、これまでの理科での取り組みは、今年度から本格実施された教員免許状更新講習会の中での普及を行うことができた。筑波大学では附属学校を活用した実践演習など講習会講座を複数展開している。本校は通算8年間のSSHで先端実験機器を使った生徒実験教材を多数開発し、その授業展開方法そのものも培ってきた。これらのノウハウを普及していく一つの手だてとして教員免許状更新講習会を考えている。

最後に、新しいSSHの研究開発主題への取り組みが、数学や理科の授業だけではなく学校全体の教育活動へと広がりをもつようになってきたことを記しておきたい。先に紹介した中3テーマ学習と高2ゼミナールの同時開講で、文科系のゼミナール・テーマ合同授業では「生徒が教える」という手法とは全く異なるアプローチも始まっている。成長段階の異なる生徒がそれぞれの意見を述べ合いながら、同じ課題を一緒に達成しようとしたり問題の解決方法を探ったりする、ワークショップ的な新しいスタイルの授業が展開している。ここでは、教師にファシリテーターとして今まで以上に難しい役割が求められてきつつある。

3. 今後の方向性

来年度も今年度同様に中学3年生の総合学習「テーマ学習」と高校2年生の同「ゼミナール」の合同授業を一部実施し「ゼミナール」・「テーマ学習」間で異学年合同授業の試行を続ける予定である。小学生を教える「サマースクール」についても、中学生も指導者となれる場と位置づけて続けていきたい。また、生徒は教えあい学びあいを通して「より深く学ぶことができたか。」「その学びの過程はどのようなものであったか。」について、効果的なアンケートを作成・実施し、教

育的効果を検証していきたい。また、アンケート結果を蓄積し、各年度間の比較検討も行っていきたい。

国立台中第一高級中学との研究交流会については、来年度も実施したいと考えている。先にも若干述べたとおり、事前の段階から、発表テーマや内容の交換を行うことにより、実際の研究交流会の場面において、より一層深まった討議が行えるような工夫をしていきたい。また帰国後に参加した生徒が核となって国際交流の経験を他の生徒に広げてくれるよう、校内での事後指導の充実も図りたい。

成果の普及という面からは、教員免許状更新講習会の中での位置づけを引き続き検討していきたい。

教科の枠を越えた取り組みの実行組織として校内プロジェクトを位置づけ、これを中心として、特にサイエンスコミュニケーション育成のための少人数学習の研究と実践、国際交流研究活動の支援を、来年度以降も引き続き研究開発重点項目として取り組んでいきたい。

(文責：研究部 篠塚明彦)

・関係資料

平成21年度教育課程表

p.7に掲載した。

運営指導委員会の記録

第1回SSH運営指導委員会

日時：7.11(土) 14:30～17:30

場所：本校大会議室

運営指導委員出席者

：吉田次郎，真船文隆，Huw Oliphant,

井上 勲，柿嶋 眞，伊藤光弘，深水昭吉

校内委員等出席者：14名

<次第>

1. 副校長あいさつ
2. 1年次・2年次事業報告と3年次（今年度）の計画について
 - (1) 全般 研究部報告
 - (2) 校内プロジェクト報告
（「教育実践プロジェクト」（P2）、国際交流プロジェクト（P4））
 - (3) 全般、校内プロジェクト事業に対する指導・助言
 - (4) 各教科報告（数学、理科、技芸科、国語科、社会科、保体科、英語科）
 - (5) 各教科事業に対する指導・助言
3. その他
 - (1) 第2回（次回）開催日程について

4. 閉会

<配付資料>

1. 研究概略図
2. 研究組織図
3. SSH運営指導委員会 校内推進委員一覧
4. 第一年次（2007年度）研究開発の経緯
5. 第二年次（2008年度）研究開発の経緯
6. 第三年次（2009年度）研究開発の経緯（予定）
7. 平成21年度SSH生徒研究発表会について
8. 第3回テーマ研究生徒発表会開催のお知らせ
9. SSH交流会支援申請書（数学科 教員向け講習会）
10. 国際交流プロジェクト（P4）（国際交流推進プログラム）事業報告・事業計画
11. 数学科 事業報告・事業計画
12. 理科 事業報告・事業計画

13. 国語科 事業報告・事業計画
14. 社会科 事業報告・事業計画
15. 保健体育科 事業報告・事業計画
16. 英語科 事業報告・事業計画
17. 第36回教育研究会のご案内（第1次）
18. 2007年度SSH意識調査OB53期結果より抜粋
19. 2008年度SSH意識調査OB54期結果より抜粋
20. 平成21年度事業計画書
21. 平成21年度事業経費総括表（2009.7.10現在）
22. 平成21年度SSH一覧

（別冊子）平成20年度研究開発実施報告書

（別添）

- ・教育実践プロジェクト（P2）事業報告・事業計画
- ・技術情報科事業報告・事業計画

第2回SSH運営指導委員会

日時：1.30(土) 14:30～17:30

場所：本校大会議室

運営指導委員出席者

：吉田次郎，真船文隆，

井上 勲，柿嶋 眞，伊藤光弘

校内委員等出席者：15名

<次第>

1. 学校長あいさつ
2. 今年度（3年次）事業報告
 - (1) 全般 研究部報告
 - (2) 校内プロジェクト報告
（「教育実践プロジェクト」（P2）、国際交流プロジェクト（P4））
 - (3) 全般、校内プロジェクト事業に対する指導・助言
 - (4) 各教科報告（数学、理科、技芸科、国語科、社会科、保体科、英語科）
 - (5) 各教科事業に対する指導・助言
3. その他
 - (1) 来年度運営指導委員
伊藤光弘先生ご退官のため、筑波大学数
理物質科学研究科准教授 坂井公先生へ
 - (2) 来年度第1回運営指導委員会予定

4. 閉会

<配付資料>

1. 平成20年度事業等、本日までの経緯と今後の予定

2. JST文科省共催SSH生徒研究発表会報告資料
3. 東京都SSH合同研究発表会報告資料
4. 平成22年度コアSSH実施計画について（応募要領）
5. 教育実践プロジェクト（P 2）事業報告資料
6. 国際交流プロジェクト（P 4）事業報告資料
7. 数学科 事業報告資料
8. 理科 事業報告資料
9. 国語科 事業報告資料
10. 社会科 事業報告資料
11. 英語科 事業報告資料
12. 平成21年度SSH実施報告書頁割（別添）
 - ・技術情報科 事業報告資料
 - ・保体科 事業報告資料

SSH事業中間報告会の記録

日時：7.15(水) 15:30～17:00

（同日13:30～16:30、本校オープンスペースにてテーマ研究生徒発表会を同時開催）

場所：本校 50 周年記念会館

参加者：JST 主任調査員 北島一雄氏

玉川学園高等部より 1 名

岡山県立岡山一宮高等学校より 1 名

清真学園高等学校・中学校より 1 名

西大和学園中学校・高等学校より 2 名

都立科学技術高等学校より 2 名

市川高等学校より 4 名（合計 12 名）

本校より校内推進委員等関係出席者：10 名

＜次第＞

1. 開会あいさつ 本校校長 星野貴行
2. サイエンスコミュニケーション育成について
教育支援プロジェクト委員 吉田哲也
3. 国際交流支援について
国際交流プロジェクト委員 平原麻子
4. 教材開発とその普及について
数学科 SSH 推進委員 鈴木清夫
理科 SSH 推進委員 梶山正明
技術芸術科 SSH 推進委員 小宮一浩
5. 科学的リテラシー涵養（総合講座）について
研究部長 篠塚明彦
6. 質疑応答
7. 閉会あいさつ 本校副校長 濱本悟志

＜質疑応答＞

1. 全教員が行い、全生徒が対象となっているか。
2. テクニカルタームの指導問題について。英語教員の協力をどのように得ているか。
3. ゼミナールについて（時期、テーマ設定等）
4. 国際交流プログラムでの連携の仕方について

＜配付資料＞

1. 研究概略図
2. 研究組織図
3. SSH 運営指導委員会 委員一覧
4. 第一年次（2007 年度）研究開発の経緯
5. 第二年次（2008 年度）研究開発の経緯
6. 第三年次（2009 年度）研究開発の経緯（予定）
7. 平成 21 年度 SSH 生徒研究発表会について
8. SSH 交流会支援申請書（数学科 教員向け講習会）
9. 教育実践プロジェクト（P 2）（サイエンスコミュニケーション能力育成プログラム）
事業報告・事業計画
10. 国際交流プロジェクト（P 4）（国際交流推進プログラム）事業報告・事業計画
11. 数学科 事業報告・事業計画
12. 理科 事業報告・事業計画
13. 技術芸術科 事業報告・事業計画
14. 国語科 事業報告・事業計画
15. 社会科 事業報告・事業計画
16. 保健体育科 事業報告・事業計画
17. 英語科 事業報告・事業計画
18. 第 36 回教育研究会のご案内（第 1 次）
19. 2007 年度 SSH 意識調査 OB53 期結果（抜粋）
20. 2008 年度 SSH 意識調査 OB54 期結果（抜粋）
21. 平成 21 年度事業計画書
22. 平成 19 年度事業経費総括表
23. 平成 20 年度事業経費総括表
24. 平成 21 年度事業経費総括表（2009. 7. 10 現在）
25. 本校 2009 土曜日活用年間暦
26. 平成 21 年度 SSH 一覧
（別冊子）・平成 19 年度研究開発実施報告書
・平成 20 年度研究開発実施報告書
・本校学校要覧（2009 年度版）
・本校学校案内（2008 年度版）

（文責：研究部 仲里友一）

平成 19（2007）年度指定
スーパーサイエンスハイスクール
研究開発実施報告書・第 3 年次

研究課題
国際社会で活躍する科学者・技術者を育成する
中高一貫カリキュラム研究と教材開発
ー中高大院の連携を生かした
サイエンスコミュニケーション能力育成の研究ー

平成 22（2010）年 3 月 23 日発行

発行：筑波大学附属駒場高等学校
学校長 星野 貴行

(<http://www.komaba-s.tsukuba.ac.jp/>)

編集：スーパーサイエンスハイスクール校内推進委員会

〒154-0001 東京都世田谷区池尻 4-7-1

電話 03-3411-8521

FAX 03-3411-8977