

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

第五年次

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24（2012）年3月

筑波大学附属駒場高等学校

# 目 次

|   |     |
|---|-----|
| 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                             | 9   |
| 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                     | 12  |
| b. 太子町各小学校での特別授業                        | 15  |
| c. テーマ研究生徒発表会                           | 17  |
| d. SSH生徒研究発表会                           | 19  |
| e. MIMS 現象数理学研究発表会                      | 20  |
| f. 東京都指定校合同発表会                          | 21  |
| g. ゼミナール・テーマ学習同時開講                      | 23  |
| h. ゼミナールオープン                            | 26  |
| （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                       | 28  |
| b. 台湾国立台中第一高級中学との交流                     | 30  |
| c. 筑波大学教員研修留学生受け入れ                      | 36  |
| d. コアSSHプログラムへの参加                       | 38  |
| （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                                  | 42  |
| b. 理科（化学分野）                             | 45  |
| c. 国語科                                  | 47  |
| d. 地歴・公民科                               | 49  |
| e. 保健体育科                                | 52  |
| f. 英語科                                  | 55  |
| （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                               | 57  |
| b. 数学科教員研修会                             | 65  |
| c. 数学インターンシップ                           | 66  |
| （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                                  | 68  |
| b. 理科                                   | 94  |
| 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                      | 105 |
| b. サイエンスコミッティー                          | 107 |
| V. 研究開発実施上の課題及び今後の研究開発の方向               | 108 |
| ・資料                                     | 111 |



## 平成 23 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<br>－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"> <li>(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</li> <li>(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</li> <li>(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</li> <li>(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</li> <li>(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</li> </ul>  |
| ③ 平成 23 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>&lt;第 1 年次&gt;</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"> <li>(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</li> <li>(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</li> <li>(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</li> <li>(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</li> <li>(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</li> </ul> <p>&lt;第 2 年次&gt;</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>&lt;第 3 年次&gt;</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>&lt;第 4 年次&gt;</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</p> |

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。

#### ＜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23年度の教育課程の内容

別紙（p.8）の通り

#### ○具体的な研究事項・活動内容

平成23年度は、第5年次にあたる。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、講演等を行った。

7月15日 高校3年「テーマ研究」生徒発表会

7月27日 目黒区立駒場小学校サマースクール「ものを分けてみよう」（化学部）

8月11日～12日 平成23年度 SSH 生徒研究発表会（於：神戸国際展示場）

10月 2日 明治大学大学院 第1回高校生による MIMS 現象数理学研究発表会に参加・発表

11月 2日 茨城県大子町小学生向け特別授業「ものを分けてみよう」（化学部）

11月12日 ゼミナール・テーマ学習同時開講

12月23日 平成23年度 SSH 東京都指定校合同発表会（於：早稲田大学理工学術院）

1月14日 ゼミナール・オープン

3月26日 筑駒アカデミア公開講座

#### （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）および研究部を中心に、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、立命館高校および横浜市立サイエンスフロンティア高校コア SSH プログラムによる海外交流企画に生徒を派遣した。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。

7月21日～25日 KSA（韓国）立命館高校受入研修に参加

7月21日～28日 NUS（シンガポール）研修に参加（立命館高校コア SSH）

9月21日 ysf FIRST に参加（横浜市立サイエンスフロンティア高校（YSFH）コア SSH）

11月12日～13日 THE 1st JAPAN SUPER SCIENCE FAIR 2011に参加・発表

12月10日 ワークショップ “Learn to present” Mr. Gary Vierheller Ms. Sachiyo Vierheller

12月13日～18日 台湾・生徒研究交流発表会 国立台中第一高級中学（台湾）訪問

1月 4日～ 9日 トーマスジェファソン高校（米国）サイエンス研修に参加・発表

3月25日～31日 KSA of KAIST 1週間研修に参加（立命館高校コア SSH）

#### （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、低学年向けのプログラムの充実をはかった。

7月 8日 「直角が大好きな脳－錯覚から見える「見ること」の危うさ－」 杉原厚吉先生（明治大学）

11月12日 「核磁気共鳴吸収（NMR）による有機化合物の構造決定－理論と実験－」

下井守先生・村田滋先生（東京大学）

12月13日 「数理的ヒラメキで解くパズル」 坂井公先生（筑波大学）

12月20日 実験教室「ナノ炭素化合物の化学」 前田優先生 長谷川正先生（東京学芸大学）

12月20日 「初等整数論の周辺から」 吉田輝義先生（44期，ケンブリッジ大学）  
 12月15日 「ミドリムシ（ユーグレナ）と炭素循環社会の創造」  
 出雲充氏（株式会社ユーグレナ，生徒組織サイエンス・コミッティが企画・運営）

#### <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ほか、「科学者の社会的責任」をテーマとして水俣でのフィールドワークを実施した。

7月14日 ワークショップ“Learn to present” Mr. Gary Vierheller Ms. Sachiyo Vierheller

8月 8日～11日 総合講座「水俣実習」

12月12日 「映画・アニメに出てくるなまった英語」 金水敏先生（大阪大学）

12月19日 「なりうる最高の自分を作るー食生活サポートー」

伊藤慧氏（特定非営利活動法人スポーツ指導者支援協会プロジェクトマネージャー）

3月14日 「『脱原発』成長論」 金子勝先生（慶応義塾大学）

#### (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。筑波大学が行った教員免許状更新講習会において教材の普及・教員間交流を行った。このほか、熊本県立八代中学校・高等学校での合同研修会を実施した。また、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。

8月18日～20日 合同研修会（於：熊本県立八代中学校・高等学校）

3月 4日 SSH 交流枠支援教員研修 数学科教員研修会

##### <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。筑波大学が行った教員免許状更新講習会において、教材や成果の普及に努めた。

##### <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ボードマイクログラフ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」をテーマとした高校生向けワークショップを実施した。

7月23日 「CAD・CAMの世界にふれるワークショップ4」

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）

#### (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（5）

##### <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（5）

##### <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

平成 19 年度からの SSH の取り組みでは、国際社会での活躍に必要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目を向けた取り組みが必要であると考えた。そのために、高校生から中学生へ、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「教えあい・学びあい」を効果的に行うための方策の研究を進めてきた。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、国際的な場面での生徒の成長を促す機会を企画・実践してきた。さらに、校内の研究組織についても、従来の教科中心的なものから、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）等に軸足を移し、諸活動に取り組んできた。

研究内容の柱(i)サイエンスコミュニケーション能力の育成に関わるプログラムは、校内プロジェクトⅡ（教育実践プロジェクト）が中心となって企画・実践を進めた。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」の高2少人数学習「ゼミナール」や中3少人数学習「テーマ学習」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の実施を目指した。関連して、「ゼミナールオープン」（中3向けのゼミナール公開）、「ゼミナール・テーマ学習同時開講」（合同ゼミナール）、サマースクール（小学生向け出前授業）、「テーマ研究発表会」（高3テーマ研究の公開発表会）、「サイエンス・コミッティ（生徒によるSSH企画・実行組織）」の活動などを実施した。

合同ゼミナールの実施は一部にとどまったものの、他の企画は十分な成果を上げ、生徒のサイエンスコミュニケーション能力が育成されるとともに、学習への主体性が高まり、教科内容の本質的な理解度が高まったものと評価される。

研究内容の柱(ii)国際科学五輪など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プログラムは、校内プロジェクトⅣ（国際交流プロジェクト）が中心となって企画・実践を進めた。国際的に通用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、生徒の国際交流による研究発表や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。そのために、北京師範大学附属実験中学や台湾国立台中第一高級中学との研究交流、立命館高校や横浜サイエンスフロンティア高校コアSSHによる国際科学フォーラム等への参加・発表や海外の高校訪問と発表、筑波大学教員研修留学生との研究交流、各クラブ活動を通しての国際科学オリンピック・科学コンクールへの参加支援などを実施した。

いずれのプログラムも本格的な研究交流となり、お互いに強い刺激を与えあっている。校内でも、参加生徒の声や発表を受けて、次年度の参加希望者がさらに増加するなど、良い循環を生んでいる。生徒の国際的視野を広げ、英語によるプレゼンテーション能力を高めるだけでなく、国際的な場での発表をモチベーションにして積極的に研究に取り組むなど、生徒には大きな影響を与えている。

こ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、生徒主体の取り組みを重視したという点でも評価できる。

### ○実施上の課題と今後の取組

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の重要性は、現代社会においてますます高まっていると考えられる。しかし、校内における研究の評価方法は、アンケート調査など生徒の自己評価に頼らざるを得ず、目に見える形のSSH研究としての評価は十分でなかった。しかし、「教えあい・学びあい」による学習の効果は高校生・中学生双方に一定程度認められるので、今後も総合的な学習等で活用していきたい。

研究内容の柱(ii)の国際科学五輪など世界を視野に入れた生徒の自主的研究・交流活動の支援については、生徒のプレゼンテーション能力や研究意欲の向上など、大きな成果が得られた。今後も台湾国立台中第一高級中学との研究交流を中心に、SSH研究として継続したい。これまでの経験をもとに、発表内容の充実と精選、理解の深まる相互評価の方法など、プログラム全体や発表までの準備・指導のあり方の検討を進めたい。また、参加生徒が核となって国際交流の経験を他の生徒に広げる報告会など、事後指導の充実もさらに図りたい。

研究内容の柱(iv)・(v)については、中高一貫SSHを目指す教材・カリキュラムは整いつつあるので、今後は実践を進めるとともに、広く普及をはかっていきたい。

## 平成23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14～18年度のSSH（1期目）を引き継ぎ、新たな研究課題を掲げて平成19年度から再継続5年間の指定（2期目）を受け、今年度で第5年次を迎えた。1期目のSSH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ることができた。一方、これらの取り組みが教師主導型の実践であり、国際社会での活躍に必要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考えた。そのために、2期目のSSHの取り組みでは、高校生から中学生へ、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「教えあい・学びあい」を効果的に行うための方策の研究を進めてきた。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、国際的な場面での生徒の成長を促す機会を企画・実践してきた。校内の研究組織についても、従来の教科中心のものから、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）等に軸足を移し、諸活動に取り組んできた。2期SSHの第5年次にあたり、研究内容の柱（ⅰ）～（ⅴ）について、研究開発の成果をまとめる。

## （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

研究内容の柱（ⅰ）に関わるプログラムは、校内プロジェクトⅡ（教育実践プロジェクト）が中心となって企画・実践を進めた。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」の高2少人数学習「ゼミナール」や中3少人数学習「テーマ学習」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の実施を目指した。以上に関連して、次の①～⑤の取り組みを実施した。

## ① ゼミナールオープン

合同ゼミナールの準備段階として、「ゼミナール」を中3が見学・一部参加する「ゼミナールオープン」を5年間継続的に実施した。高校生の発表を中学生が聞く形式のものが多く、その準備のために発表内容をやさしく精選するなど、コミュニケーションのための工夫が行われた。中学生にとっては、先輩の発表を聴き、自己の興味・関心の方向性を考える上でも効果があった。

## ② ゼミナール・テーマ学習同時開講（合同ゼミナール）

合同ゼミナールの具体的な形態として、中3「テーマ学習」と高2「ゼミナール」を、年1回合同で開催した。この企画も5年間継続的に実施されたが、合同で開催できるテーマ・内容を設定することが予想以上に困難であり、10程度ずつある講座のうち合同開催できたのは毎年半数程度であった。しかし、実施の効果は大きく、高校生は中学生に教えるために入念な準備を行い、その結果、学習内容を深めると同時にコミュニケーションの能力を磨き、中学生は高校生の能力の高さに驚き、今後の学習へのモチベーションを高めた。

## ③ サマースクール

高校生（中学生）が、小学生を指導する出前授業を、5年間継続的に近隣の小学校で行った。化学部・生物部・数学科学研究会などが、夏休みの半日を使って、実験・観察等の授業を行い、子どもたちの科学への興味・関心を高めた。指導する生徒にとっても、難しい内容を易しく教える方法を工夫することで、内容への本質的な理解を深め、コミュニケーション能力を高めることが出来た。

## ④ テーマ研究発表会

高校3年生が「テーマ研究」の成果を、在校生・保護者や他のSSH校生徒等に発表する場として、SSH第1年次に口頭発表11報で始まった。2年次からは、サイエンス・コミッティ（次項参照）が主催し、口頭発表・ポスター発表の両方を行う形式になった。「テーマ研究」の発表会であ



るため、毎年文系・理系を問わず、自薦・他薦で優れた研究が発表されている。第5年次には口頭で8報・ポスターで11報が発表され、SSH運営指導委員の大学教授2名から講評をいただいた。発表者が高3であるため7月実施としたが、早めの開催は研究の完成度がやや低い、参加者となる在校生が他の行事に追われ忙しく、参加率が低いなどが問題点として残った。しかし、発表者・参加者双方にとって、プレゼンテーション能力、コミュニケーション能力の育成の他、さまざまな面で有意義な研究交流の場として機能した。本発表会での発表成果を踏まえて、夏のSSH生徒研究発表会やさまざまな国内外の交流企画での研究発表生徒の人選が行われた。

#### ⑤ サイエンス・コミッティ

SSHの企画・実施に生徒の立場で積極的に関わる組織として、第1年次に同好会として設立された。SSH講演会等の企画への積極的な参加と評価、講演会の自主企画と実施、テーマ研究発表会（前項参照）の企画・運営などに携わった。同好会組織だったため、年度により活性度に差があった。しかし、テーマ研究発表会の発表者選びや講演会の企画が生徒どうしの関係で進められるなど、生徒主導でSSHを進める上で、一定の成果があった。

以上の実践研究の評価は、主に対象生徒へのアンケート調査で行った。合同ゼミナールの継続的な実施はできなかったものの、他の企画の充実により、生徒のサイエンスコミュニケーション能力が育成されるとともに学習への主体性が高まり、教科内容の本質的な理解度が高まったものと評価される。

#### (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

研究内容の柱(ii)に関わるプログラムは、校内プロジェクトⅣ（国際交流プロジェクト）が中心となって企画・実践を進めた。国際的に通用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、生徒の国際交流による研究発表や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。そのため、次の①～⑤の取り組みを実施した。

##### ① 北京師範大学附属実験中学・台湾国立台中第一高級中学

北京師範大学附属実験中学との研究交流は、SSH第1年次に実地踏査を行い、第2年次には、数学・理科の授業見学と研究交流が実現した。第3年次からは、台湾国立台中第一高級中学との研究交流を開始し、年ごとに交流プログラムを充実させた。第5年次には、1日目に数学・理科の授業参加、学校紹介とスポーツによる交流を行い、2日目には研究発表会で双方から11報の研究発表を行い議論するなど、さまざまな面で刺激し合い相互の理解を深めることができた。

##### ② 立命館高校コアSSH

立命館高校主催のインターナショナル・サイエンス・フェアに毎年生徒を派遣し、研究発表と交流を進めた。第5年次には、同校生徒とともにシンガポール・韓国等の高校を訪問し、授業等に参加して交流を深めた。

##### ③ 横浜サイエンスフロンティア高校（YSFH）コアSSH

第5年次に、YSFH主催の国際科学フォーラム2011（ysf FIRST 2011）に生徒を派遣し、研究発表（2報）を行い、交流した。また、同校生徒とともに米国のトーマス・ジェファーソン高校を訪問し、授業等に参加したほか研究発表（2報）を行い、交流を深めた。

##### ④ 筑波大学教員研修留学生との研究交流

海外からの教員研修留学生（日本政府募集・筑波大学受け入れ）と、授業や行事の参観や意見交換を通じて交流を継続した。また、留学生の専門分野調査への協力を行った。

##### ⑤ 国際科学オリンピック・科学コンクールへの参加支援

化学部、生物部、パーソナルコンピュータ研究部、数学科学研究会などの活動を通じて、多くの生徒の科学オリンピック国内予選への参加を促し、科学コンクールへの応募を支援した。その結果、毎年複数の国際科学オリンピックでメダルを獲得することができた。

以上の実践研究の評価は、主に対象生徒へのアンケート調査で行った。いずれも本格的な研究交流が実施できて生徒の満足度も高く、お互いに強い刺激を与えあっている。校内でも、参加生徒の

声や発表を受けて、次年度の参加希望者がさらに増加するなど、良い循環を生んでいる。生徒の国際的視野を広げ、英語によるプレゼンテーション能力を高めるだけでなく、国際的な場での発表をモチベーションとして積極的に研究に取り組むなど、生徒には様々な面で大きな影響を与えている。

こ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、生徒主体の取り組みを重視したという点でも評価できる。

### (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

1 期目の SSH 5 年間の経験にもとづいてプログラムの充実をはかった。数学・理科による講演会は内容を精選し、低学年でも参加しやすい講演会・実験講座を、企画・実施することができた。また、全人教育の理念に基づいた国語・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た。講座では、各教科内容と科学との関わりを意識しながらも、身近で幅の広いテーマ設定を心がけた。中学生の参加機会も増やした。次の①～④の取り組みを実施した。

#### ① 数学・理科講演会・実験講座

毎年5回程度の講演会と2～3回の実験講座（理科）を実施した。数学の活用に重点を置いた講演会や、内容だけでなく科学者としての生き方を学ぶ講演会、実際に生徒が手を動かす実験講座など、低学年の生徒も興味をもち参加できるようプログラムの精選をはかった。

#### ② 講演会「科学者の社会的責任」

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」をテーマとした講演会を毎年開催した。また、講演会の記録を活字化して残し、他の生徒が科学者の社会的責任への関心と理解を深めるための一助とした。また、通常の授業においても活用した。

#### ③ 「ヒロシマ」「水俣」実習

「科学者の社会的責任」の学習の一環として広島や水俣の実習を行った。第1年次に、広島実習の予備調査を行い、第2・3年次に実習を行った。広島では、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び、科学の功罪について考えた。第4・5年次には、水俣実習を行った。水俣では、「水俣病資料館」などを訪問し、水俣病関係者からの聞き取り調査、専門家の講義受講などを通じて、科学の功罪について考えた。

#### ④ その他の講演会

国語科、保健体育科、英語科主催の講演会もそれぞれ年1～2回ずつ実施し、さまざまな切り口で生徒の科学的リテラシーの育成をはかった。

以上の各実践研究の評価は、主に対象生徒へのアンケート調査で行った。東日本大震災や福島第一原子力発電所の事故等により、市民の科学的リテラシー育成は、ますます重要性を増したと考えられる。教養としての科学や、科学と社会の関係について関心を高め、考察させる取り組みを10年間続けたことは大変有意義であり、生徒の将来に亘って影響を与え続けるものと期待される。

### (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・改良をはかった。また、技術・情報科による新規集中講座を開講した。いずれも、国際社会で活躍する科学者・技術者を育成するための基礎となるプログラムである。

#### ① 数学科

1 期目の SSH 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に改良した。また、開発した教材の普及を、毎年の合同研究会で行った。さらに、新しい教材を紹介し検討し合う公開の研修会を企画し、開催した。これらの合同研究会・研修会には、毎回100名程度の教員が全国から参加した。

#### ② 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第1年次に「物理分野・地学分野」、第2年次に「化学分野・生物分野」で開催した。参加者アンケートを、本校開発教材に対する評価

として活用した。また、1期目の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よう一層の改良を進めた。

### ③ 技術・情報科

1 ボードマイク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した。第1年次に、学習プログラム構成のための基礎調査や機材の操作方法の習得等を行ったのち、第2～5年次には、ピルケースを加工するワークショップを開催した。

### ④ 次世代SSH教員の養成

数学科を中心に教員を志す筑波大学大学院生を継続的に受け入れた。数学科「ゼミナール」等に参加し、ティームティーチング、教材開発、授業実践などに取り組んだ。

以上の実践研究の評価は、主にアンケート調査で行った。特に数学科の教員対象研修会は、本格的な研究交流の場として、現職教員や教員志望の学生の資質向上、SSH開発教材の普及に大きな役割を果たしている。

## (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

中高一貫SSHの完成を目指し、本校の特色を活かした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した。

### ① 数学科

1期目のSSHの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を行った。

### ② 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った。1期目のSSHの5年間で導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を行った。

### ③ 英語科

英語科では、科学的コンテンツを取り入れた中高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んだ。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、読書指導を行った。

以上の実践研究において、数学科の開発教材は、冊子化するとともに本校主催の教員対象研修会で発表され、成果の普及に努めている。理科においても、SSHで導入した機器を活用する高校SSHカリキュラムの準備段階として、中学カリキュラムを開発し、実践と改良を進めている。

## ② 研究開発の課題

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の重要性は、現代社会においてますます高まっていると考えられる。しかし、校内における研究の評価方法は、アンケート調査など生徒の自己評価に頼らざるを得ず、目に見える形のSSH研究としての評価は十分でなかった。しかし、「教えあい・学びあい」による学習の効果は高校生・中学生双方に一定程度認められるので、今後も総合的な学習等で活用していきたい。

研究内容の柱(ii)の世界を視野に入れた生徒の自主的研究・交流活動の支援については、生徒のプレゼンテーション能力や研究意欲の向上など、大きな成果が得られた。今後も台湾国立台中第一高級中学との研究交流を中心に、対象校を広げつつSSH研究として継続したい。これまでの経験をもとに、発表内容の充実と精選、理解の深まる相互評価の方法など、プログラム全体や発表までの準備・指導のあり方の検討を進めたい。また、参加生徒が核となって国際交流の経験を他の生徒に広げる報告会など、事後指導の充実もさらに図りたい。

研究内容の柱(iv)・(v)については、中高一貫SSHを目指す教材・カリキュラムは整いつつあるので、今後は実践を進めるとともに、広く普及をはかっていきたい。

## I. 研究開発の課題

今年度は、5年間のSSH研究の第5年次に当たるため、**5. 研究内容・方法・検証**で、5年間の研究の総括を行う。

### 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（以下、1期目のSSH）。

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した。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、ノウハウの構築を実践した。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

本校では、1期目のSSH研究開発で、「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、生徒全員をその対象としてき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元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課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」の高2少人数学習「ゼミナール」や中3少人数学習「テーマ学習」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の実施を目指した。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ものである。

#### ① ゼミナールオープン

合同ゼミナールの準備段階として、「ゼミナール」を中3が見学・一部参加する「ゼミナールオープン」を5年間継続的に実施し、昨年度から高校1年生希望者も参加できる形態とした。高校生の発表を中学生が聞く形式のものが多く、その準備のために発表内容をやさしく精選するなど、コ

ミュニケーションのための工夫が行われた。中学生にとっては、2年後に取り組むゼミナールのようすを複数見ることができ、自己の興味・関心の方向性を考える上でも効果があった。ゼミナールオープンは、今後も継続予定である。

#### ② ゼミナール・テーマ学習同時開講

合同ゼミナールの具体的な形態として、中3「テーマ学習」と高2「ゼミナール」を、年1回合同で開催した。この企画も5年間継続的に実施されたが、「テーマ学習」と「ゼミナール」担当が同じ教員であれば実施上の問題点は少ないが、別々の教員が担当する場合、日程を決めて合同で開催できるテーマ・内容を設定することが予想以上に困難であった。そのため、10程度ある講座のうち合同開催できたのは毎年半数以下であった。

しかし、実施の効果は大きく、事後のアンケート調査でも、高校生は中学生に教えるために入念な準備を行い、その結果、学習内容を深めると同時にコミュニケーションの能力を磨き、中学生は高校生の能力の高さに驚き、今後の学習へのモチベーションを高めた。

現在のカリキュラムでは、多くの講座の同時開講は困難であるため、今後は担当教員どうしが連絡を取り合い、より柔軟な方法・内容での実施を検討する。

#### ③ サマースクール

中・高の合同ゼミナールとはやや方向性が異なるが、高校生（中学生）が、小学生を指導する出前授業を、5年間継続的に近隣の目黒区立駒場小学校で行った。化学部・生物部・数学科学研究会（同好会）などが、夏休みの半日を使って、実験・観察等の授業を行い、子どもたちの科学への興味・関心を高めた。指導する高校生にとっても、難しい内容を易しく教える方法を工夫することで、内容への本質的な理解を深めたり、コミュニケーション能力を高めることが出来る有意義な講座で、今後も継続予定である。

#### ④ テーマ研究発表会

高校3年生が「テーマ研究」の成果を、在校生・保護者や他のSSH校生徒等に発表する場として、SSH第1年次に口頭発表11報で始まった（9月実施）。2年次からは、実施時期を7月に移し、サイエンス・コミッティ（次項参照）が主催し、口頭発表・ポスター発表の両方を行う形式になっ

た。「テーマ研究」の発表会であるため、毎年文系・理系を問わず、自薦・他薦で優れた研究が発表されている。第5年次には口頭8報・ポスター11報が発表され、SSH 運営指導委員の大学教授2名から講評をいただいた。

発表者が高3であるため7月実施となったが、早めの開催は研究の完成度がやや低い、参加者となる在校生が他の行事に追われ忙しく、参加率が低いなどが問題点として残った。しかし、発表者・参加者双方にとって、プレゼンテーション能力、コミュニケーション能力の育成の他、さまざまな面で有意義な研究交流の場として機能した。本発表会での発表成果を踏まえて、夏のSSH 生徒研究発表会やさまざまな国内外の交流企画での研究発表生徒の人選が行われた。

#### ⑤ サイエンス・コミッティ

SSH の企画・実施に生徒の立場で積極的に関わる組織として、第1年次に同好会として設立された。SSH 講演会等の企画への積極的な参加と評価、講演会の自主企画と実施、テーマ研究発表会（前項参照）の企画・運営などに携わった。

同好会組織だったため、生徒間で引き継ぎは行われていたが、年度により活性度に大きな差があった。しかし、テーマ研究発表会の発表者選びや講演会の企画が生徒どうしの関係で進められるなど、教員主導だったSSH を生徒の身近なものとするに一定の成果があった。

#### ⑥ 数学科

数学への興味・関心が高い生徒を集めた「ゼミナール」に、筑波大学の数学専攻の大学院生が参加し、自由な発想で学び合い、教え合う講座を5年間継続的に実施した。

#### ⑦ 理科

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・実施した。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、実験・実習に取り組んだ。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コミュニケーション能力の育成をはかった。

また、前述のサマースクールのほか茨城県大子町の各小学校や本校で実施する「筑駒アカデメイア」において、化学部・生物部の生徒が小学生向けに実験・観察講座を行い、コミュニケーション

能力を高めた。

#### ⑧ 英語科

「コミュニケーション英語能力の重視」を共通点として掲げた。そのため、通常授業において、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った。また、国際交流の場で研究発表を行う生徒については、専門の講師の助力を得て、プレゼンテーション指導を個別に集中して実施し、生徒の発表能力を向上させた。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した。

以上の各実践研究の評価は、主に対象生徒へのアンケート調査で行った。詳細は、各年次の報告書にゆずるが、継続的な合同ゼミナールの実施はできなかったものの、各企画において生徒のサイエンスコミュニケーション能力が育成されるとともに、理科・数学・英語等の学習への主体性が高まり、教科内容の本質的な理解度が高まったものと評価される。

### (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

国際的に通用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、生徒の国際交流による研究発表や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。

#### ① 北京師範大学附属実験中学

SSH 第1年次に実地踏査を行い、第2年次には、数学・理科の授業見学と研究交流が実現した。しかし、第3年次には、新型インフルエンザにより、中学への入国制限が厳しくなり、この年以降の交流は断念した。

#### ② 台湾国立台中第一高級中学

第3年次より、台湾国立台中第一高級中学との研究交流を開始し、年ごとに交流プログラムを充実させた。第5年次には、1日目に数学・理科の授業参加や双方の学校紹介、スポーツによる交流を行い、2日目には研究発表会を実施し、双方の学校から11報の研究発表が行われた。2日目のプログラム終了後は、台中の街での親睦をはかる多様な交流を行い、さまざまな面で刺激し合い相互の理解を深めることができた。

### ③ 立命館高校コア SSH

立命館高校主催のインターナショナル・サイエンス・フェアに毎年生徒を派遣し、研究発表と交流を進めた。第5年次には、同校生徒とともにシンガポール・韓国等の高校を訪問し、授業等に参加して交流を深めた。

### ④ 横浜サイエンスフロンティア高校 (YSFH) コア SSH (第5年次)

YSFH 主催の国際科学フォーラム 2011 (ysf FIRST 2011) に生徒を派遣し、研究発表 (2 報) を行い、交流した。また、同校生徒とともに米国のトーマス・ジェファーソン高校を訪問し、授業等に参加したほか研究発表 (2 報) を行い、交流を深めた。

### ⑤ 筑波大学教員研修留学生との研究交流

海外からの教員研修留学生 (日本政府募集・筑波大学受け入れ) と、授業や行事の参観や意見交換を通じて交流を継続した。また、留学生の専門分野調査への協力を行った。

### ⑥ 国際科学オリンピック・科学コンクールへの参加支援

化学部、生物部、パーソナルコンピュータ研究部、数学科学研究会 (同好会) などの活動を通じて、多くの生徒の各種科学オリンピック国内予選への参加を促し、さまざまな科学コンクールへの研究作品の応募を支援した。その結果、毎年複数の国際科学オリンピックでメダルを獲得することができた (図1 国際科学オリンピックでの成果参照)。

以上の実践研究の評価は、主に対象生徒へのアンケート調査で行った。詳細は、各年次の報告書にゆずるが、いずれも本格的な研究交流が実施できており、生徒の満足度も高くお互いに強い刺激を与えあっている。校内でも、前年度の参加生徒の声や発表を受けて、次年度の参加希望者もさらに増加するなど、良い循環を生んでいる。生徒の国際的視野を広げ、英語によるプレゼンテーション能力を高めるだけでなく、国際的な場での発表を目指し積極的に研究に取り組むなど、生徒にはさまざまな面で大きな影響を与えている。

### (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

1 期目の SSH 5 年間の経験にもとづいてプロ

グラムの充実をはかった。数学・理科による講演会は内容を精選し、より低学年 (中学生) にも参加しやすい講演会・実験講座を、企画・実施することができた。

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た。講座では、各教科内容と科学との関わりを意識しながらも、身近で幅の広いテーマ設定を心がけた。中学生の参加する機会も増やした。

#### ① 理科・数学講演会・実験講座

毎年5回程度の講演会と2～3回の実験講座 (理科) を実施した。数学の活用に重点を置いた講演会や、内容だけでなく科学者としての生き方を学ぶ講演会、実際に生徒が手を動かす実験講座など、低学年の生徒も興味をもち参加できるようプログラムの精選をはかった。

#### ② 講演会「科学者の社会的責任」

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」をテーマとした講演会を毎年開催した。また、講演会の記録を活字化して残し、他の生徒が科学者の社会的責任への関心と理解を深めるための一助とした。また、通常の授業においても活用した。

#### ③ 「ヒロシマ」「水俣」実習

「科学者の社会的責任」の学習の一環として広島や水俣の実習を行った。第1年次に、広島実習の予備調査を行い、第2・3年次に実習を行った。広島では、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び、科学の功罪について考えた。第4・5年次には、水俣実習を行った。水俣では、「水俣病資料館」などを訪問し、水俣病関係者からの聞き取り調査、専門家の講義受講などを通じて、科学の功罪について考えた。

#### ④ その他の講演会

国語科、保健体育科、英語科主催の講演会もそれぞれ年1～2回ずつ実施し、さまざまな切り口で生徒の科学的リテラシーの育成をはかった。

以上の各実践研究の評価は、主に対象生徒へのアンケート調査で行った。東日本大震災やそれに続く福島第一原子力発電所の過酷事故等により、市民の科学的リテラシー育成は、ますます重要性を増したと考えられる。評価の詳細は、各年次の

報告書にゆずるが、教養としての科学や、科学と社会の関係について関心を高め、考察させる取り組みを 10 年間続けたことは大変有意義であり、生徒の将来に亘って影響を与え続けるものと期待される。

#### (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・改良をはかった。また、技術・情報科による新規集中講座を開講した。いずれも、国際社会で活躍する科学者・技術者を育成するための基礎となるプログラムである。

##### ① 数学科

1 期目の SSH の 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た。また、開発した教材の普及を、毎年、合同研究会で行った。さらに、開発した新しい教材を紹介する公開の研修会を企画し、開催した。これらの合同研究会・研修会は、回を追うごとに参加者を増やし、指定期間後半には毎回 100 名程度の教員が全国から参加し研究を行った。

##### ② 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第 1 年次に「物理分野・地学分野」、第 2 年次に「化学分野・生物分野」で開催した。参加者アンケートを、本校開発教材に対する評価として活用した。また、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進めた。

##### ③ 技術・情報科

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した。第 1 年次に、学習プログラム構成のための基礎調査や機材の操作方法の習得等を行ったのち、第 2～5 年次には、講義・ピルケースを加工するワークショップを開催した。

##### ④ 次世代 SSH 教員の養成

数学科を中心に教員を志す筑波大学大学院生を継続的に受け入れた。数学科「ゼミナール」等に参加し、ティームティーチング、教材開発、授業

実践などに取り組んだ。

以上の実践研究の評価は、主にアンケート調査で行った。詳細は、各年次の報告書にゆずるが、特に数学科の教員対象研修会は、本格的な研究交流の場として、現職教員や教員志望の学生の資質向上、SSH 開発教材の普及に大きな役割を果たしている。

#### (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

中高一貫 SSH の完成を目指し、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した。

##### ① 数学科

1 期目の SSH の 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を行った。

##### ② 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った。

1 期目の SSH の 5 年間で導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を行った。

##### ③ 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んだ。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、読書指導を行った。

以上の実践研究の評価の詳細は、各年次の報告書にゆずるが、数学科の開発教材は、冊子化するとともに本校主催の教員対象研修会で発表され、成果の普及に努めている。理科においても、SSH で導入した機器を活用する高校での SSH カリキュラムの準備段階として、中学の SSH カリキュラムを開発し、実践と改良を進めている。

#### 6. 研究組織

本校の 1 期目の SSH 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した。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ると考えた。

具体的には、以下の研究組織を活用して、研究の企画・推進・評価を実施した（図2 研究組織参照）。

#### 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った。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）、梶山正明（研究部長）、真梶克彦（研究部・SSH 担当）、合田浩二（校内プロジェクトⅠ委員長）、澤田英輔（校内プロジェクトⅡ委員長）、牧下英世（校内プロジェクトⅢ委員長）、八宮孝夫（校内プロジェクトⅣ委員長）、町田多加志（数学）、植村徹（技術・芸術）、有木大輔（国語）、篠塚明彦（地歴・公民）、横尾智治（保健体育）、山田忠弘（英語）、丸山昌子（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回開催した。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 |
| 坂井 公         | 筑波大学大学院数理物質科学研究科准教授    |
| 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     |

運営指導委員会においては、毎年の SSH 事業について報告の後、各運営指導委員から助言指導をいただいた。その内容は、多岐に亘り、SSH 事業の推進のためにさまざまな面で活かすことができた。

#### 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た。

これら2つの柱は、今回の SSH 研究開発の中心ともなるもので、当初の目論見どおり、教科・分掌・学年横断的なメンバー構成が功を奏して、前述のように大きな成果を上げることができた。

#### 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った。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た。

さらに今年度は、本校生徒を派遣したコア SSH 校（立命館高校、横浜サイエンスフロンティア高校）における海外交流企画に関する連絡・調整も大きな役割であった。

### 7. 教育課程

実施された教育課程は、次表1の通りである。SSH による特別な教育課程の変更は実施していない。

（文責：研究部 梶山正明）

|      | 数学オリンピック |    |   |    |   | 情報オリンピック |   |   |    | 生物オリンピック |   |   | 化学オリンピック |     |   | 物理オリンピック |   |     | 地理オリンピック |   |   |
|------|----------|----|---|----|---|----------|---|---|----|----------|---|---|----------|-----|---|----------|---|-----|----------|---|---|
| 年度   | 開催国      | 金  | 銀 | 銅  | 他 | 開催国      | 金 | 銀 | 銅  | 開催国      | 金 | 銀 | 銅        | 開催国 | 金 | 銀        | 銅 | 開催国 | 金        | 銀 | 銅 |
| 1991 | スウェーデン   |    | 1 |    |   |          |   |   |    |          |   |   |          |     |   |          |   |     |          |   |   |
| 1992 | ロシア      | 1  |   |    |   |          |   |   |    |          |   |   |          |     |   |          |   |     |          |   |   |
| 1993 | トルコ      |    |   | 1  |   | アルゼンチン   |   |   |    |          |   |   |          |     |   |          |   |     |          |   |   |
| 1994 | 香港       |    |   |    |   | スウェーデン   |   | 2 |    |          |   |   |          |     |   |          |   |     |          |   |   |
| 1995 | カナダ      |    | 1 |    |   | オランダ     | 1 |   | 1  |          |   |   |          |     |   |          |   |     |          |   |   |
| 1996 | インド      |    |   |    | 1 | ハンガリー    |   |   |    |          |   |   |          |     |   |          |   |     |          |   |   |
| 1997 | アルゼンチン   |    |   |    |   |          |   |   |    |          |   |   |          |     |   |          |   |     |          |   |   |
| 1998 | 台湾       |    |   |    |   |          |   |   |    |          |   |   |          |     |   |          |   |     |          |   |   |
| 1999 | ルーマニア    |    | 1 |    |   |          |   |   |    |          |   |   |          |     |   |          |   |     |          |   |   |
| 2000 | 韓国       |    | 1 |    |   |          |   |   |    |          |   |   |          |     |   |          |   |     |          |   |   |
| 2001 | アメリカ     | 1  | 1 |    |   |          |   |   |    |          |   |   |          |     |   |          |   |     |          |   |   |
| 2002 | イギリス     |    | 2 |    |   |          |   |   |    |          |   |   |          |     |   |          |   |     |          |   |   |
| 2003 | 日本       |    | 3 |    |   |          |   |   |    |          |   |   |          |     |   |          |   |     |          |   |   |
| 2004 | ギリシャ     |    | 2 |    |   |          |   |   |    |          |   |   |          |     |   |          |   |     |          |   |   |
| 2005 | メキシコ     | 2  | 1 | 2  |   | ポーランド    |   |   |    | 中国       |   |   |          |     |   |          |   |     |          |   |   |
| 2006 | スロベニア    | 2  |   | 1  |   | メキシコ     | 1 |   |    | アルゼンチン   |   | 2 |          |     |   |          |   |     |          |   |   |
| 2007 | ベトナム     | 1  | 1 |    |   | クロアチア    |   |   |    | カナダ      |   | 1 |          |     |   |          |   |     |          |   |   |
| 2008 | スペイン     | 1  |   | 1  |   | エジプト     |   | 1 | 2  | インド      |   | 1 |          |     |   |          |   |     |          |   |   |
| 2009 | ドイツ      | 2  |   |    |   | ブルガリア    |   | 1 | 1  |          |   |   |          |     |   |          |   |     |          |   |   |
| 2010 | アフガニスタン  |    |   |    |   | カナダ      | 1 |   |    | 韓国       |   |   |          |     |   |          |   |     |          |   |   |
| 2011 | オランダ     | 1  |   |    |   | タイ       |   | 1 |    | 台湾       | 2 |   |          |     |   |          |   |     |          |   |   |
| 小計   | 11       | 14 | 5 | 1  |   | 小計       | 3 | 5 | 5  | 小計       | 2 | 1 | 3        | 小計  | 2 | 2        | 2 | 小計  | 2        | 2 | 1 |
| 合計   |          |    |   | 31 |   | 合計       |   |   | 13 | 合計       |   |   | 6        | 合計  |   |          | 4 | 合計  |          |   | 3 |

図1 国際科学オリンピックでの成果（網掛け部分がSSH指定後）

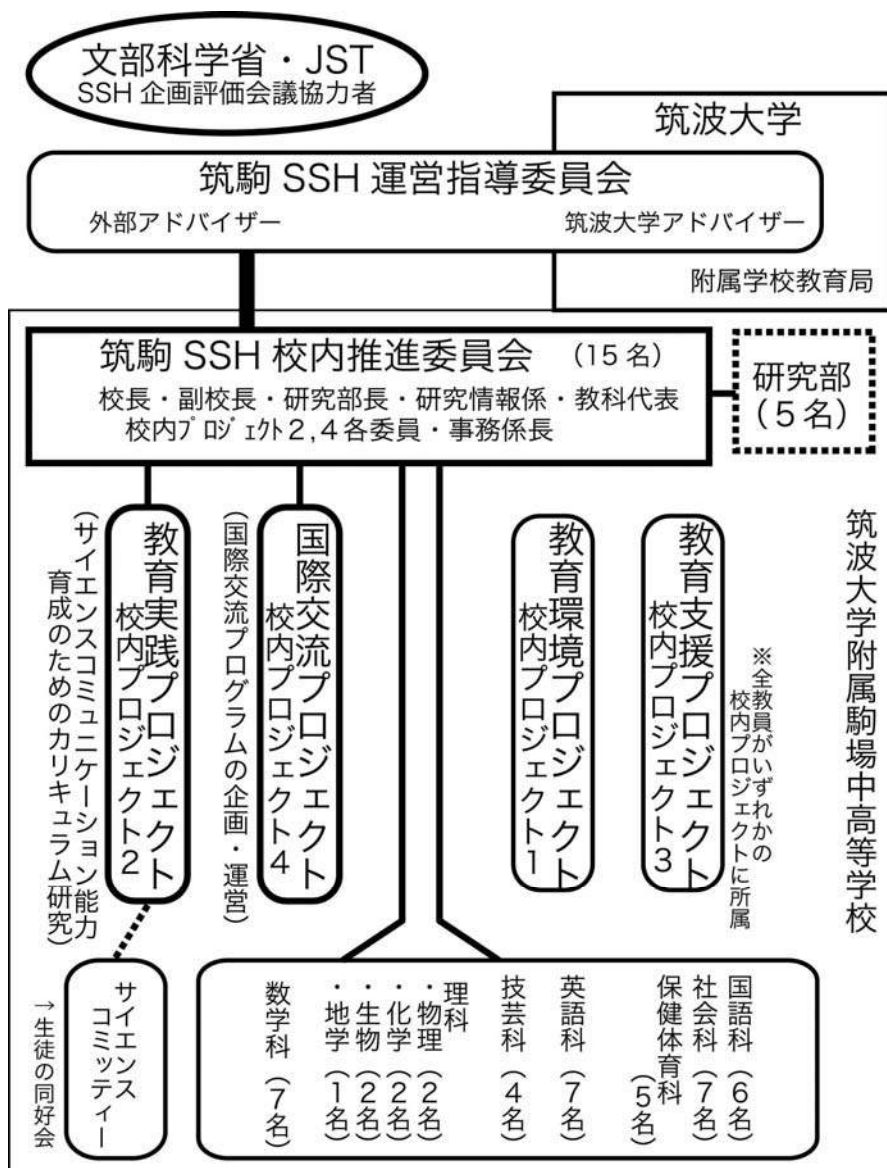


図2 研究組織

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  |                   | 政 治 経 済 (2)       | ★ 数 学 B (2)           |                      |
| 5  | 地 理 A (2)         |                   | ★数学C <sub>1</sub> (2) |                      |
| 6  | 世 界 史 A (2)       | 日 本 史 A (2)       | ★数学C <sub>2</sub> (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 | 理科総合B (2)         | *物理 I or 生物 I (2) | ★                     |                      |
| 12 | 化 学 I (2)         | *化学Ⅱ or 地学 I (2)  | ★                     |                      |
| 13 | 体 育 (3)           | 体 育 (3)           | ★物理Ⅱ (4)              | ★化学Ⅱ (2)<br>★生物Ⅱ (2) |
| 14 |                   |                   | ★                     | ★                    |
| 15 |                   |                   | ★化学Ⅱ (2)              | ★物理Ⅰ (2)             |
| 16 |                   |                   | ★                     | ★                    |
| 17 | 保 健 (1)           | 保 健 (1)           | 体 育 (3)               |                      |
| 18 | ◆芸 術 I (2)        | ◆芸 術 II (2)       | 家 庭 基 礎 (1)           |                      |
| 19 | 情 報 B (1)         | 情 報 B (1)         | ★リーディング (3)           |                      |
| 20 | 英 語 I (3)         | 家 庭 基 礎 (1)       | ★ライティング (2)           |                      |
| 21 |                   |                   | ★ライティング (2)           |                      |
| 22 | オーラルコミュニケーション (2) | 英 語 II (4)        | 総 合 学 習 (1)           |                      |
| 23 | 総 合 学 習 (1)       | 総 合 学 習 (1)       | 特 別 活 動 (1)           |                      |
| 24 | 特 別 活 動 (1)       | 特 別 活 動 (1)       | H R (1)               |                      |
| 25 | H R (1)           | H R (1)           | H R (1)               |                      |

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) 第五年次研究の概略

5年計画の第5年次は、研究の完結および発展期と位置づけた。研究内容の柱(i)(ii)および(v)については、本格的な実施とその評価に取り組んだ。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、講演等を行った。

7月15日 高3テーマ研究生徒発表会

7月27日 目黒区立駒場小学校サマースクール「ものを分けてみよう」(化学部)

8月11日～12日 平成23年度SSH生徒研究発表会(於:神戸国際展示場)

10月2日 明治大学大学院 第1回高校生によるMIMS現象数理学研究発表会に参加・発表

11月2日 茨城県大子町小学生向け特別授業「ものを分けてみよう」(化学部)

11月12日 セミナール・テーマ学習同時開講

12月23日 平成23年度SSH東京都指定校合同発表会(於:早稲田大学理工学術院)

1月14日 セミナール・オープン

3月26日 筑駒アカデメイア公開講座「身近な色を調べてみよう」

#### (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)および研究部を中心に、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、さらに立命館高校および横浜市立サイエンスフロンティア高校コアSSHプログラムによる海外交流企画に生徒を派遣した。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。また、

筑波大学等の留学生との研究交流をはかった。

7月21日～25日 KSA(韓国)立命館高校受入研修(生徒1名参加)

7月21日～28日 NUS(シンガポール)研修(生徒1名、引率1名参加、立命館高コアSSH)

9月21日 ysf FIRST(生徒4名、引率2名参加、横浜市立サイエンスフロンティア高校YSFHコアSSH)

11月12日～13日 THE 1st JAPAN SUPER SCIENCE FAIR 2011(The 9th RITS SUPER SCIENCE FAIR 2011、生徒4名、引率1名参加、立命館高コアSSH)

12月10日 ワークショップ“Learn to present”  
Mr. Gary Vierheller、Ms. Sachiyo Vierheller  
(インスパイア)

12月13日～18日 台湾・生徒研究交流発表会  
国立台中第一高級中学(生徒15名、引率4名参加)

1月4日～9日 トーマスジェファーソン高校(米国)サイエンス研修(生徒6名、引率1名参加、YSFHコアSSH)

3月25日～31日 KSA of KAIST 1週間研修(生徒1名、教員1名参加、立命館高コアSSH)

#### (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月8日「直角が大好きな脳ー錯覚から見えてくる「見ること」の危うさー」

杉原厚吉先生(明治大学)

11月12日「核磁気共鳴吸収(NMR)による有機化合物の構造決定ー理論と実験ー」

下井守先生・村田滋先生(東京大学)

12月13日「数理的ヒラメキで解くパズル」

坂井公先生(筑波大学)

12月20日 実験教室「ナノ炭素化合物の化学」  
前田優先生 長谷川正先生(東京学芸大学)

12月20日「初等整数論の周辺から」

吉田輝義先生(ケンブリッジ大学)

12月15日「ミドリムシ(ユーグレナ)と炭素循環社会の創造」

出雲充氏（株式会社ユーグレナ）  
（生徒組織サイエンスコミッティ企画・運営）  
＜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」をテーマに水俣でのフィールドワークを実施した。

7月14日 ワークショップ“Learn to present”  
Mr. Gary Vierheller Ms. Sachiyo Vierheller  
（インスパイア）

8月8日～11日 総合講座「水俣実習」

12月12日「映画・アニメに出てくるなまった英語」 金水敏先生（大阪大学）

12月19日「なりうる最高の自分を作るー食生活サポートー」

伊藤慧氏（特定非営利活動法人スポーツ指導者支援協会プロジェクトマネージャー）

3月14日「『脱原発』成長論」  
金子勝先生（慶応義塾大学）

#### （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。教員研修会に筑波大学が行った教員免許状更新講習会において教材の普及・教員間交流を行った。このほか、熊本県立八代中学校・高等学校での合同研修会を実施した。また、筑波大学大学院数理工学科学研究所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。

8月18日～20日 合同研修会  
（於：熊本県立八代中学校・高等学校）

3月4日 SSH 交流枠支援教員研修 数学科  
教員研修会

##### ＜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。筑波大学が行った教員免許状更新講習会において、教材や成果の普及に努めた。

##### ＜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」をテーマとした高校生向けワークショップを実施した。

7月23日「CAD・CAMの世界にふれるワークショップ4」

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）

#### （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（5）

##### ＜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（5）

##### ＜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。

## （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月9日 第1回 SSH 運営指導委員会

9月26日 第1回 SSH 校内推進委員会

11月4日 第2回 SSH 校内推進委員会

1月13日 第3回 SSH 校内推進委員会

1月23日 平成24年度継続新規 SSH 申請書類提出

1月28日 第2回 SSH 運営指導委員会

### 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月9日、第2回 1月28日

### 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月25日、第2回5月23日、第3回6月20日、第4回9月5日、第5回11月7日、第6回12月5日

12月23日東京都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1名)

第7回1月16日、第8回2月27日

2月23日第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

4月21日 立命館高コア SSH 事業連携校会議  
4月26日 都 SSH 指定校合同発表会連絡会  
5月16日 平成22年度SSH活動実績調査票提出  
6月21日 第1回校内研修会  
7月19日 都 SSH 指定校合同発表会連絡会  
10月21日 都 SSH 指定校合同発表会連絡会  
11月24日 SSH 支援事業に関するアンケート調査提出  
11月26日 本校第38回教育研究会開催  
12月20日 平成24年度SSH事業説明会  
12月22日 平成23年度SSH意識調査提出  
12月23日 東京都SSH指定校合同研究発表会運営補助  
12月24日 SSH 情報交換会(文部科学省・JST共催)  
12月28日 卒業生対象個人調査アンケート(教育ソフトウェア)53、55、57期生に発送  
1月23日 平成24年度継続新規SSH申請書類提出  
1月31日 立命館高コア SSH 事業総括会議  
2月15日 平成24年度継続新規SSH申請ヒアリング(於:文部科学省)  
3月15日 SSH 事務処理説明会(文部科学省・JST共催)  
3月18日 YSFH コア SSH 総括会議  
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11月15日、第2回2月7日

#### (附) 生徒の成果

平成23年度の生徒の活躍結果を以下に記す。

( )内は、出場時の学年を示す。

- ・第52回国際数学オリンピック  
金メダル:吉田健祐(高3)
- ・第22回国際生物学オリンピック  
金メダル:久米秀明・松田洋樹(高3)
- ・イマジンカップ2011世界大会「Windows 7 Touch」  
部門3位:金井仁弘・山根寛(高2)
- ・第23回国際情報オリンピック  
銀メダル:原将己(高3)
- ・物理チャレンジ2011  
金賞:小松原航(高3)  
銀賞:魚住 翔・劉 霊輝(高3)
- ・全国高校化学グランプリ2011  
大賞:劉 霊輝(高3)、金賞:浦 佑樹(高3)、  
銀賞:加藤雄大(高2)  
銅賞:呉 東輝・西岡篤史(高3)、増田成希(高1)、隈部 壮・野村建斗(中3)
- ・日本生物学オリンピック2011  
金賞:依田和樹(高2)、銀賞:谷川洋介・柳 昂志(高3)、隈 宙音(高1)  
銅賞:杉山太一(高3)、敢闘賞:上原雅俊(高2)
- ・第11回日本情報オリンピック  
優秀賞:熊崎剛生(高1)、隈部壮(中3)
- ・高校生によるMIMS現象数理学  
優秀発表賞:小松原航(高3)、増田成希(高1)
- ・ysf First(横浜サイエンスフロンティア高校)  
プレゼンテーション最優秀賞:中塚義道(高3)
- ・第55回日本学生科学賞  
入選2等:石田秀(中3)

(文責:研究部 梶山正明)

### Ⅲ. 研究開発の実施内容

#### (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を育成するためには、受け身になりがちな教師主導の授業から、生徒どうしの「教え合い、学び合い」を主体にした取り組みに切り替える方が有効となり得る。これを仮説とした実際の取り組みとして、2007年度から生徒が小学校に出向き、指導者として小学生に授業(実験・実技・作業を含む)を実施する企画を続けている。

###### 2. 概要

近隣の目黒区立駒場小学校では、夏休み期間である7月末の午後に、体験的な活動を楽しむ「サマースクール」を実施している。本校からは、2007年度より生徒が講師を務める、いわゆる「出前授業」の形で参加している。今年度に実施した「出前授業」は、下記の3講座である。

###### (1)「レッツプレイ囲碁」

実施日：2011年7月21日(木)

場 所：駒場小学校・集会室

参加者：駒場小学校児童21名・本校生徒14名

###### (2)「ものを分けてみよう」

実施日：2011年7月27日(水)

場 所：駒場小学校・理科実験室

参加者：駒場小学校児童16名・本校生徒7名

###### (3)「サッカーで楽しくコミュニケーションしよう」

実施日：2011年7月29日(金)

場 所：駒場小学校・校庭

参加者：駒場小学校児童11名・本校生徒18名

###### 3. 活動内容

###### 3.1 レッツプレイ囲碁

日本将棋連盟会長の米長邦雄氏が、7時間に及ぶ対局の末、コンピュータに負けた。将棋はコンピュータによって克服されているのではと言われていたが、これを実証したとも言える。囲碁のゲーム構造を、今後コンピュータがどの程度理解し、

どこまで囲碁言語を獲得していくのかは興味深いことではあるが、その先には、多分多くの困難が待っているだろう。最も困難な課題は、対局観の問題、つまり1手1手の石の持つ量的な把握力が、コンピュータ言語として、どこまで進化していくかにかかっている。量的と言うのは、囲碁が面積を争うゲームであるために、石取りゲームとしての演算能力だけが要求されるのではないという意味である。現にまだ形成されてはいない、見えないものに対する判断力や把握力が求められるためである。



今年もまた、駒場小学校におけるサマースクールに、囲碁部である駒場棋院は参加した。参加する生徒は基本的には段位を持っており、ある程度、囲碁やそのゲーム理論に理解を持った者達である。サマースクール4日前には、日本棋院で、アメリカの学生とのインターネット囲碁対決を行う機会もあり、リアルタイムで海を越え、同年輩同士で対局し、局後対談もするという機会を持った生徒が、初心者指導というレクチャーに臨むこととなった。

囲碁を打つ行為は、以下の四つの対話からなる。①「囲碁理解とそのための研鑽を通した囲碁という言語構造を理解するための会話」(初心者としての囲碁体験や囲碁の教則本からの理解であったり、対局研究という囲碁の先導者達との会話)、②「自分との対話」(今まで対局して来た過去の試合であったり、局後検討や勝ち負けの場面を通して、囲碁に何を託して行くのかという対話)、③「対局相手との会話」(感情面も含めた、一手一手の意味についての盤を通しての語り合いや、時に相手の対局観との戦)、④演算能力という会話(絶えず数を数え、実現して行く先にある世界を考える会話。

頭の中での苦しい体験ともいえる)。

サマースクールにおける小学生の指導には、そうした幾重にも及ぶ会話を交わしてきた生徒たちが、あらためて初心者の気持ちにたちかえて、小学生という初心者を相手に、囲碁を面白く語り、囲碁を打つ喜びを伝えていくことを目的とした試みとなった。初心者に対する指導ではあるが、伝えることを通して、多くのものを獲得できたのではないかと考えている。

(文責：駒場棋院顧問 小澤富士男)

### 3.2 ものを分けてみよう

本年度も高2から中3までの化学部員がサマースクールに参加した。例年、茨城県大子町で行っている理科実験教室や筑駒アカデメイアなどの小学生向け講座で、講師やその補助をしており、経験を重ねている生徒ほど講師として気をつけるべきポイントを押さえるようになってきている。

本年度は、さまざまな方法によって混合物を分離する楽しさを伝えることを主題とした。

実施した実験内容は以下の通りである。

#### ・実験1. わりばしの乾留

内容：留出液がたまらないように自作したガラス管付きゴム栓を大型試験管につけて、割り箸の乾留を行った。

#### ・実験2. 半透膜

内容：コロイド溶液の透析を行い、半透膜内と透析液（純水）中に存在する物質をさまざまな試薬を用いて確認した。

#### ・実験3. 物の吸着～クロマトグラフィー～

内容：ろ紙やTLCプレートをを用いてサインペンの色を分ける事で、色とは何かという事を確認した。

#### ・実験4. 再結晶・過飽和

内容：時計皿に入れた酢酸ナトリウム過飽和溶液に、種結晶を入れることで結晶の析出の様子を観察し、混合物が分離できる事を確認した。

### 駒場小学校児童のアンケートより

- ・わからないところを詳しく説明してくれた
- ・自分で実験できたし、優しく教えてくれた
- ・理科おもしろい
- ・面白かったし、分かりやすい説明だったが、難

しかった

- ・O.B.の説明がとてもよかった
- ・来年にまたあったら行きたい

### 本校生徒のアンケートより

「説明をする際に、工夫したことは何ですか」

- ・いつもよりゆっくり離すように心がけた
- ・難しい言葉を極力避けて説明した
- ・目線を近づける

「どのような点を意識しましたか」

#### ＜実施前＞

- ・教える方が落ち着いて出来るように、話す事を整理した
- ・笑顔で、声を明るめにしようと思っていた
- ・説明は簡単にする

#### ＜実施後＞

- ・図を使って極力分かりやすい説明をするように心掛けた
  - ・カタカナ語、熟語をできるだけ使わない
  - ・興味を引くようにした
  - ・ひとりぼっちの子に声をかけた
- 「授業を終えてみて、反省点を書いて下さい」
- ・うまく話せなかった気がする
  - ・説明の進め方が微妙だった
  - ・演示で作った溶液などを各テーブルの実験で使う場合、失敗した時に備えて予め作っておく事が大切だと感じた

講師をした生徒達は、実験の準備の段階で自分で実験を行いながら、必要な実験器具を考えたり、ガラス細工を行ったり、小学生向けの適切な説明について話し合いを行っていた。実施した実験内容は、中学生や高校生がおこなうものなので、小学生へ説明するためにはかなり勉強をしなければ出来なかったはずである。本校生徒が児童達の興味をひき、分かりやすく説明をしようとした努力とその結果は、上記のアンケート結果（抜粋）に現れている。また、本校生徒（講師）の中に駒場小学校の卒業生がいた事もあり、児童達も気構えることなく実験に集中していたようである。

一方で、生徒達の反省点からは、自己評価の厳しさが伺える。傍らで見守っていた教員としては、十二分にその役割を果たしていたと考えているが、このような取り組みに参加する事で、自分の知識を他人へ正しく伝える事の難しさを知り、厳しい



評価を下しているようである。校種の異なる低学年を対象とするこのような取り組みは、サイエンスコミュニケーション能力を向上させる取り組みとしては、好結果を残せそうである。

(文責：化学部顧問 吉田哲也)

### 3.3 サッカーで

#### 楽しくコミュニケーションしよう



本校高校サッカー部は文武両道を実践しており、週5回の頻度で練習に取り組んでいる。競技の特性・戦術の理解では優れた能力を持っている。

日本サッカー協会のU-12指導指針によると、日本人はコミュニケーション能力が低いと言われている。日本サッカー協会はコミュニケーションの方法や、伝える情報、伝え方のクオリティー等を向上させる方向へと発展させていくことを検討している。本校サッカー部もサッカーのコミュニケーション能力向上のトレーニングを行っているが、その方法を地域の小学生に伝え、部員自身も理解を深めることを目的とした。

実施日の前日にサッカー部員で指導者役と小学生役に分かれてシミュレーションを行った。サッカーの能力が高い高校生だが、指導する側になるのは初めてであり、小学生とチームとして交流するのも初めてである。

前日のシミュレーションで出てきた問題点を改善し、実施日の午前中にもう一度シミュレーションしサマースクールに臨んだ。

コミュニケーションのトレーニングは様々な条件が与えられたパスのトレーニングによって行われた。たとえばパス回しのときにボールを持っている人は目を閉じた状態で行う。複数人が周りに

いる状況では、目的の人にパスを渡すために具体的な指示が必要となる。また別なトレーニングでは目を開けた状態で良いが、今度は声を出してはいけないとした。その状況では表情・ボディランゲージが重要となってくる。さらには、声を出してはいけないし、手振りもしてはいけない状況でどうすれば良いかというようなことを小学生に考えてもらい、コミュニケーションについて考えてもらった。そしてそのコミュニケーションはサッカーなどの競技でも必要だし実は日常生活でもよく使われているということを考えてもらった。最後にはコミュニケーションを意識して高校生対小学生の試合やミックスチームでの試合を行い楽しくプレーした。スコアは同点となりPK戦も行われ小学生も活躍していた。

本校の生徒は数回のシミュレーションや本番での指導を通して、コミュニケーションについてよく考えることができた。普段の練習では得られない刺激的な効果があり非常に良い実践であった。



(文責：サッカー部顧問 横尾智治)

## 4. 検証と事業の総括

各報告、そして過去の報告にもあるように、(効果を客観的なデータとして測定することこそできないものの)、小学生に向けて指導することは、講師役の本校生徒にとって、学習内容を学び直し適切なコミュニケーション手段でそれを伝えるための、大変貴重な機会となっているという手応えがある。

そこで、五年間のSSH事業終了後も、希望のある部活動が引き続きこうした活動を行えるよう、校内の体制づくりをする予定である。

(文責：校内プロジェクト2 澤田英輔)

## 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・向上のためには、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、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「ものを分けてみよう」は、7月に目黒区立駒場小学校サマースクールで実施した内容である。講師役の生徒が多少変わってはいるが、指導する生徒の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

昨年度に引き続き、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、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11月2日に、大子町立小学校3校（だいが小、上小川小、生瀬小）で実施した。だいが小は児童数が多いので、昨年度と同様の方法（5・6年それぞれ学年別に2講座に分けた形）で開講することになった。一方、上小川小と生瀬小は、人数が少ないために5,6年生をまとめて1クラスとして開講した。そのため、同一時間帯に他の1校も含め計3講座を実施する必要が生じ、本校生徒が1講座を、筑波大学院生が2講座を、それぞれ担当した。

開催日については、例年同様11月上旬の本校文化祭直後の代休日を充てたが、生徒は文化祭での発表に全力を出しつづけているため、実験教室の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た。そのため、大子町とも相談の上、7月に目黒区立駒場小学校サマースクールで実施したテーマである「ものを分けてみよう」を、今回の授業でも取り上げることにした。授業を担当した本校化学部生徒は6名（高1:2名、高2:4名）、筑波大学大学院教育学研究科院生12名で、筑波大学学校教育局教授1名と本校化学科教員2名および本校中学副校長が引率した。なお、筑波大学院生の実験講座については、教育研究科に在籍していることなどを考慮して、「電池のしくみ

を調べよう」というテーマで実施した。ここでは、その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）

##### ・実験1. わりばしの乾留

内容：留出液がたまらないように自作したガラス管付きゴム栓を大型試験管につけて、割り箸の乾留を行った。

##### ・実験2. 半透膜

内容：コロイド溶液の透析を行い、半透膜内と透析液（純水）中に存在する物質をさまざまな試薬を用いて確認した。

##### ・実験3. 物の吸着～クロマトグラフィー～

内容：ろ紙や薄層クロマトグラフィ用プレート（TLC プレート）を用いてサインペンの色を分ける事で、色とは何かという事を確認した。

##### ・実験4. 再結晶・過飽和

内容：時計皿に入れた酢酸ナトリウム過飽和溶液に、種結晶を入れることで結晶の析出の様子を観察し、混合物が分離できる事を確認した。

#### (2) 当日の授業のようす

前日の夕刻までに大子町に入って宿泊し、早朝より大子町立上小川小学校へ向かった。

##### ① 11月2日午前 参加児童：29名

（5年生13名、6年生16名）

時程：8:35～9:20（実験準備）

9:25～11:15（実験教室）

実験は、大きく4つの内容に分かれているた開催日については、例年同様11月上旬の本校め、4人の生徒がそれぞれ主任講師を務め、実験の説明と解説をおこなった。他の生徒は各実験機につき、およそ4名の児童に高校生の講師1名が指導する形で進行した。

上小川小での実験終了後には片付け、生瀬小への移動、生瀬小での昼食、実験準備と慌ただしいスケジュールだったので、個々の実験が終了とともに汚れの激しい実験器具の予備洗浄に取りかかった。また、ほとんどの実験器具を本校から持参

したため、移動の際には器具の損傷にだけ気をつけてコンテナボックスに荷物を詰んだので多少の時間の節約につながり、生瀬小へ移動してからも児童と共に昼食を頂くことが出来て、実験前にコミュニケーションをとることが出来た。



＜コロイドの成長を観察（上小川小学校）＞

② 11月2日午後 参加児童：39名

（5年生20名、6年生19名）

時程：12:00～12:50（昼食・実験準備）

：13:35～15:10（実験教室）

：15:20～16:30（片付け）

午前と同内容の実験を行ったが、上小川小での実験教室が上手に出来たためか説明が長くなってしまい、実験4をおこなうことが出来ずに終わってしまった。太子町では、生徒への安全等を考慮して迎えるバスが走っているため、放課後でも時間延長が出来ない。訪問校の一方だけ、準備していた実験が出来ないのは申し訳ない思いがあったので、担当学年の理科の先生に実験内容を説明し、使用する試薬をお渡ししておいた。時間があるときに、生徒達と共に実験をしていただければ幸いである。

迎えるバスが来るまでの間、生瀬小の児童と本校生徒は、実験をなごやかに行えたことも手伝って、校庭でサッカーや鬼ごっこなどで交流を深めていたように見えた。



＜半透膜の性質の説明（生瀬小学校）＞

#### 4. 検証

今回おこなった実験教室のテーマは、7月中旬の目黒区立駒場小学校サマースクールから三ヶ月余と期間が短いために、小学生への教え方のノウハウをつかんだ者や指導の喜びを感じ始めている者がいたために、児童達には「実験は難しいけれども楽しい」ということが伝えられたと考えている。また、7月の実験教室で失敗した者も前向きに取り組んでくれていたことも成功の一因としてあげておきたい。前向きに取り組めた生徒は、仲間との話し合いをする中で、どのように改善をしていけばよいのかなどを真剣に話していたことがあった。

太子町の小学生が、素直で行儀がよいこともあり、本校生徒のサイエンスコミュニケーション能力の向上にはよい試みであると考えている。

＜児童の感想より＞

「・・・勉強にもなったし、ワクワクする発見もできたので、今日の理科実験はとても楽しかったです。」

「・・・私は、理科が好きでしたが、今回の授業で理科をもっと好きになることが出来ました。」

「・・・最後にやった実験では、こおっているのに温かい物質があつてすごいいいと思いました。」

「・・・高校生になったら、今度は僕が小学校に行き、化学実験教室を行いたいと思いました。」

都内と太子町では環境が全く異なるが、このような体験をすることでサイエンスコミュニケーション能力の向上は確実に向上している。今回はメンバーにも恵まれていたかもしれないが、多少の失敗をしたときにこそ生徒同士の「教えあい、学びあい」が始まり、ブラッシュアップされたものが異学年へと上手く伝えられた時に、その成功体験がさらなるコミュニケーション能力の向上につながるものと考えられる。

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 吉田哲也）

## c. テーマ研究生徒発表会

### 1. 仮説（およびこれまでの経緯）

本校では高校3年生の総合的な学習の時間に「テーマ研究」に取り組んでおり、その研究の成果を発表する場を設定するため、研究部主催で「テーマ研究生徒発表会」が平成19年度に開始された。翌年より、本校のプロジェクトと学年に主催が引き継がれ、また、会の運営は、SSH事業の運営・評価に生徒が主体的に関わる生徒団体である「サイエンス・コミッティー」に委ねられている。本年度の発表会は、その5回目にあたる。

SSH開発研究としての目標は初年次より一貫しており、今回の研究開発の眼目である「サイエンス・コミュニケーション能力の育成」を目指している。研究仮説として、発表する生徒には、発表会までの準備や当日のプレゼンテーションを通じて、他者に自らの研究内容を正しく・分かりやすく伝える能力を磨くことが期待される。また、高校2年生以下の在校生の参加者については、先輩の発表を聞くことで、研究内容とともにプレゼンテーションの仕方を学ぶことが期待される。

## 2. 発表会の概要

### 2.1 準備期間

本年度も、高校3年生のサイエンス・コミッティー参加者が一連の運営の主体となって行った。

発表者については、前年度のテーマ研究発表会で、初年次からの課題である「幅広い分野から発表者を募る」という目標を達成したことを受け、本年度も、幅広い分野から募るという方針を踏襲した。ただし、分野によっては口頭発表が難しいという反省もあり、口頭発表とポスター発表のバランスを検討し、それに合わせた発表の推薦を各ゼミ担当教員に依頼した。その結果、次の表の通り、口頭発表8報、ポスター発表11報の計19報となった。

＜分野別の発表人数＞

| 分野 | 口頭 | ポスター |
|----|----|------|
| 国語 | 2  |      |
| 数学 | 1  | 2    |
| 理科 | 2  | 2    |
| 地歴 | 1  | 1    |
| 公民 | 1  | 1    |

|     |   |   |
|-----|---|---|
| 体育  |   | 2 |
| 芸術  |   | 2 |
| 外国語 | 1 | 1 |

また、本年度は、発表会の内容をより充実させることを目指し、全体講評を学外の方に依頼した。ポスター発表の時間を増やして、口頭とポスターの発表をともに充実させることも試みた。

全体講評については本校SSH運営指導委員の吉田次郎先生（東京海洋大学）、真船文隆先生（東京大学大学院）に依頼し、また、発表時間を1時間早めてポスター発表の時間を増やした。

時程：12:20～13:05 ポスター発表（第1部）

13:05～13:10 開会

13:10～14:30 口頭発表（20分×4報）

14:30～15:10 ポスター発表（第2部）

15:10～16:30 口頭発表（20分×4報）

16:30～16:40 全体講評・閉会



＜講評の先生方＞

### 2.2 当日の様子

発表会は平成23年7月15日（金）に上記の時程で行われた。この当日のプログラムを付した案内は、JSTを通じて本校外にも配布されている。また、本校生徒向けにも研究部から配布されている。しかし、参加者数は約30名程度と少なく、特に在校生の参加が少なかった。

口頭発表者には、当日9時に集まってもらい、発表練習を行うことで、内容と時間配分の確認を行った。その結果、本番の時間進行も順調で、発表内容も要点が絞られていた。

ポスター発表については、各発表を間仕切りで仕切り、ブースを作るような会場設営を行った。その結果、それぞれ隣のことを気にせず発表に集中することができた。また、発表時間を2回設定したことで、2回目には反省をふまえてプレゼンテーションがより向上した者もいた。

全体講評を学外の方にお願いした結果、参加者は少ないが、各発表への質疑は活発になり、質疑

内容も十分に充実したものとなった。



＜パテーションで区切られたポスター発表のブース＞

### 3. 検証

本年度は、全体講評を学外の方をお願いしたこともあり、生徒の発表や質疑の質は一段と洗練され、素晴らしいプレゼンテーションを行う生徒が多数育った。その結果、発表者の中に、プレゼンテーションを通じて、他者に自らの研究内容を正しく、分かりやすく伝える喜びを感じ取って、他のSSH発表会などに積極的に参加し、発表する生徒が出てきている。こうしたことは、仮説の正しさや本事業の意義を裏付けるものである。

以下、実施面の具体的な成果や課題をあげる。

- ①有志の生徒団体「サイエンス・コミッティー」が主催のため、当日の運営を含め、企画、発表者選考、連絡等を生徒が行うが、教員側の中心が学年教員のため、生徒と教員との関わりに混乱する場面が見られた。教員側としても、異学年構成の「サイエンス・コミッティー」との指導的立場の取り方も難しかった。教員間についても、学年、サイエンス・コミッティー顧問、プロジェクト2、研究部の役割分担が決まっておらず、混乱した原因と考えられる。その対策として、生徒の運営にあわせサイエンス・コミッティー顧問が主導することが適切と考える。
- ②今年度の「サイエンス・コミッティー」の責任者が当日不在のため、代理生徒が企画等を行うも、代理が高3のために模擬文化祭と重なり、準備活動が進まなかった。その対策として、運営の中心を高2とすることが考えられる。
- ③プログラムは、「サイエンス・コミッティー」が作成し、研究部名で配布するが、発表テーマが直前まで決まらない発表者もいるため、プログラムがなかなか完成しない問題があった。そのため、他学年、保護者、他の学校への広報活

動が不十分となり参加者が少なかった。どのようにして参加者を多くするのが課題である。

- ④全体講評を2名の学外の先生方をお願いし、講評を頂けたのは、とても良かった。さらに、各口頭発表後の質疑応答でも、質問や感想を述べて頂けたので、会全体の進行がとても締まった。
- ⑤ポスター発表の時間を1部と2部に分けたのは、発表者にとっても十分な発表時間を与えられたと感じる。発表者についても、短時間でプレゼンテーションが向上した者も現れた。2部構成の発表スタイルを今後も続けてもらいたい。また、口頭発表については、事前の発表練習で時間感覚をつかむことができ、各発表者は、ポイントをおさえた、わかりやすく落ち着いた発表となり、時間進行もすべて予定通り進むことができた。
- ⑥ポスター発表用のポスターが、ワードなどのA4サイズで作成し、それを拡大コピーする方法で作られているが、色使い、写真や図の挿入、チャートなどを取り入れるためにも、他のソフトを使って原寸大の大ききで作成する方法にするべきである。そのため、発表者に対して事前にポスター作成の講習会を実施する。または、作成マニュアルを配布することが考えられる。
- ⑦会場設営の改良点として、ポスター発表の各発表をパテーションで区切り、ブースとした。そのため、発表者はそれぞれ隣の発表を気にすることなく、集中して発表することができた。

（文責：校内プロジェクト2 町田多加志）

### 4. 事業の総括

「サイエンス・コミュニケーション能力の育成」掲げるSSH事業の成果発表の場でもあったテーマ研究発表会は、5回を数える中で確実に発表会としての質を高めてきた。またこの開催を一つの軸にして海外を含めた校外での研究発表の交流も盛んになるなど、コミュニケーション能力の育成に止まらないよい効果をあげたといえる。

今後は、新課程移行にともなうテーマ研究の廃止、新たな「理科課題研究」の設定、国際交流の進展、テーマ研究発表会の成果や課題などを踏まえ、どのような総合学習とその成果発表のあり方がふさわしいのか、模索する予定である。

（文責：校内プロジェクト2 澤田英輔）

## d. SSH 生徒研究発表会

### 1. 仮説

本校の総合的な学習の時間では、高校2年生を対象に「ゼミナール」を実施し、それを引き継ぐ形で各自が課題を設定して研究を行う高校3年生対象の「テーマ研究」がある。その成果は前掲の「テーマ研究生徒発表会」において、お互いに分かち合う機会を設けているが、参加者や来場者の限られた環境をより拡大すべく、全国規模の発表会に参加し、選りすぐりの研究に触れることによってレベルアップを期待した。

### 2. 方法

#### 2.1 プログラムの内容

日時：2011年8月11（木）～12日（金）

場所：神戸国際展示場

概要：8月11日（木）講演・口頭発表（分科会）  
ポスター発表

8月12日（金）口頭発表（代表校）

ポスター発表・講評・表彰

参加校：全国SSH指定校142校

（口頭発表18校、ポスター発表134校）

電力事情への配慮に伴って、例年のパシフィコ横浜から神戸国際展示場へ移して開催され、来場者は、近隣校からの生徒や関係者も合わせて約2600人と発表されている。

#### 2.2 参加生徒の活動

本校生徒1名（高3・中塚義道）がポスター発表を行った。初めて招聘された海外校に合わせて英語によるプレゼンテーションも推奨されたこともあり、急遽英語版の解説ポスターも作成して臨んだ。



<ポスター発表の様子>

## How do airplanes stay airborne?

Sr. High school at Komaba, University of Tsukuba NAKATSUKA, Yoshimichi

### 0. Why Airplanes?

Airplanes have become very important to our daily life. We use them to travel long distance, carry cargo, and so on. But how do airplanes which weigh more than 500 tonnes, stay up in the air? This simple question has led me to this research.

### 1. What's the Purpose of This Experiment?

The purpose of this experiment is to measure and check that "lift" - the force that keeps the airplane in the air - occurs by the Coanda effect.

### 2. What Is "The Coanda Effect"?

When a flow that has viscosity hits a curved surface, the flow changes its direction along the curved surface because of its viscosity. This is the explanation of the Coanda effect. Lift can be explained by using this effect and Newton's third law of motion.

### 3. Let's Experiment!

My experiment is conducted in these 4 steps:

- (1) Define the speed of the wind from a blower by blowing a piece of plastic and measure the distance it flew in a certain time (fig 3-1).
- (2) Use an original instrument made by combining an electric scale, a blower, and an empty can to measure the size of lift that occurs.
- (3) Move the mouth of the blower vertically and measure the size of lift that occurs.
- (4) Observe how the air around the can move by creating smoke.

### 4. What Are the Results?

The result of experiment (1) is as follows (fig 4-1).

The result of experiment (2), (3) is as follows (fig 4-2).

The result of experiment (4) is as follows (fig 4-3).

### 5. What Can We See from These Experiments?

From experiment (1), we can see that the speed of the wind and the voltage is in a relationship of logarithm. From experiment (2), we can see that the higher the speed of the wind is, the bigger the size of the lift gets. We also can guess that the two are in some kind of a proportional relationship.

From experiment (3), we can see that the size of lift is the weakest when the mouth of the blower is faced to the center of the can, and then it gradually becomes stronger as the mouth moves vertically farther from the can.

From experiment (4), we can see that air really flows around the curved surface of the can. We can tell that the Coanda effect has occurred.

### 6. Conclusion

We can assume that lift has occurred by the Coanda effect.

### 7. Bibliography

Nishiyama Tetsuo

Yokugatagaku (A Study on Airfoils) 1992 Nikkan kougyou shinbun sha

David Anderson, Scott Eberhardt

Understanding Flight (2nd Edition) 2009 McGraw-Hill Professional

<作成した英語版の解説（図は省略）>

### 3. 検証

この発表会の醍醐味は、全国から集まった高校生たちの研究成果に触れ、ライブで質疑応答や情報交換等の交流を行えることである。参加校が年々増える中、SSHの指定年度毎に発表形式や参加人数も制約があるのは残念だが、リピーター校も増え、発表内容や発表方法も着実に進化していると感じた。また、ポスター発表者以外に高2、高3、各1名の生徒が参加したが、各校の熱のこもった発表に刺激を受け、自身の研究に参考となる材料や情報を数多く得られたと感想を述べている。次年度へ引き継がれる手応えが得られる点も成果として大きい。（文責：研究部 真梶克彦）

## e. MIMS 現象数理学研究発表会

### 1. 仮説

「第1回高校生によるMIMS 現象数理学研究発表会」は、2011年4月に開設された明治大学大学院先端数理科学研究科（MIMS）が、開設記念シンポジウムとして主催した、SSH校の生徒対象の研究発表会である。主催者からの主旨を引用する。

#### 【主旨】

2011 年4 月に明治大学大学院先端数理科学研究科が開設されました。これを契機に、「身の回りの現象を数理の目で見ると」というテーマのもとに高校生による研究発表会を開催します。高校生による自主研究の成果を発表する機会を提供することで、現象数理学の奨励・普及を図ります。

今回が第1回目というこの研究発表会に、普段数学好きで個人研究なども自主的にやっている生徒の中から参加者を募り、より数学に興味をもち研究が進むことを期待して、生徒3名を参加させ発表させた。

### 2. 方法・内容

日時：2011年10月2日（日）10：00 - 16：00

場所：明治大学 駿河台キャンパス 紫紺館

プログラム：

10:00-10:10 開会あいさつ

10:15-14:30 高校生による発表会

14:45-15:15 先端研教員セミナー

15:30-16:00 表彰&懇親会

発表数：13

表彰数：5

（最優秀発表賞1, 優秀発表賞2, 審査委員特別賞2）

本校の参加：生徒3名、教員3名

本校からは以下の3名の生徒が発表した。

#### (1) 『ある漸化式に関する考察』

（優秀発表賞）増田成希（高1）

フィボナッチ数列の漸化式から拡張した漸化式を作り、その性質や意味を考察した。

#### (2) 『 $n$ 次元球の体積を求める一考察』

布施音人（高1）

3次元以下の場合を拡張して $n$ 次元球の体積を考察し、一般化に挑戦した。

#### (3) 『経路問題～「何通り？」にトドメをさす～』

（優秀発表賞）小松原航（高3）

直線上の複雑な経路問題を2次元の最短経路問題に帰着させることでわかりやすく解決し、更に一般化を試み漸化式にまとめた。

### 3. 検証

高1の2名の発表者は、大勢の前で口頭発表することに慣れてはいないため、大変緊張したようである。高3の発表者は個人研究として続けてきた研究テーマであることや、7月に校内で行われたテーマ研究生徒発表会でも発表した内容をまとめた成果であることから、堂々とした成果発表となった。いずれも他校の生徒と交流し影響を受け、良い経験となった。MIMSのHPで発表されたアンケート結果によると『「身の回りの現象」というところが難しかった』とか『自分たちの発表は全然身の回りの現象でなかった』などの意見があったそうだ。確かにテーマ「身の回りの現象を数理の目で見ると」というのはつかみにくいですが、SSHの活動精神に通じるものである。また、午後行われた先端研教員による講演である先端研教員セミナー「化学反応と現象数理学」「見えないものを見通す数理：統計学」も難しいながらも興味深いもので、大変勉強になった。今後もこのような機会があれば積極的に参加させていきたい。企画・指導して下さい明治大学 MIMS の先生方に深く感謝したい。ありがとうございました。



（文責：数学科 更科元子）



## f. 東京都指定校合同発表会

### 1. 仮説

このプログラムは、東京都からの提案を受けて2008年度から実施され、4年目を迎えた。全国規模で開催される「SSH 生徒研究発表会」と主旨は同様であるが、1校あたりの参加生徒数も増えることや、多少ではあるが運営に生徒が関わることによって、交流の幅も広がる効果が期待できる。

### 2. 方法

#### 2.1 プログラムの内容

日時：2011年12月23日（土）

場所：早稲田大学理工学術院

概要：ポスター発表・口頭発表（分科会）

平成23年度 スーパーサイエンスハイスクール (SSH)  
**東京都指定校合同発表会**  
 2011年12月23日(金)祝日  
 後援 独立行政法人科学技術振興機構 (JST)  
 東京都教育委員会  
 早稲田大学理工学術院  
 私達の研究成果・発表を、ぜひ見に来て下さい！  
**タイムテーブル**  
 13:00~13:10 開会式  
 13:10~14:50 ポスター発表  
 15:00~16:30 口頭発表  
 ・第一分科会：5テーマ  
 ・第二分科会：4テーマ  
 16:40~16:55 閉会式  
**参加校**  
 私立 玉川学園高等部・中等部  
 東海大学付属高輪台高等学校  
 早稲田大学高等学院（会場担当校）  
 国立 東京工業大学附属科学技術高等学校  
 筑波大学附属駒場高等学校  
 都立 科学技術高等学校  
 小石川中等教育学校  
 戸山高等学校  
 日比谷高等学校（幹事校）  
**発表会場**  
 早稲田大学理工学術院  
 HP: <http://www.sci.waseda.ac.jp/>  
 〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1  
 副都心 西早稲田駅から徒歩15分  
 大江戸線 東新大塚駅から徒歩15分  
 JR 山手線 高田馬場駅から徒歩12分  
 新大久保駅から徒歩12分  
**スーパーサイエンスハイスクールとは？**  
 未来を担う科学技術系人材の育成を担いとして、理数教育の充実を始める取り組みです。  
 文部科学省が「スーパーサイエンスハイスクール (SSH)」として、高校を5年間指定します。  
 指定された高校では、先進的な理数教育の長期的な実施、英語でのプレゼンテーション演習等による国際性を伸ばすための取り組み、大学等と連携してカリキュラム開発を行うなど、理科・数学教育を重点的に行い、科学技術に専心希望を持つ創造性、独断性の豊かな人材教育に取り組んでいます。  
 お問い合わせ 都立日比谷高等学校（幹事校）  
 ☎ 03-3581-0808

<広報用に作成されたポスター>

参加校：都内 SSH 指定校 9 校

玉川学園高等部・中等部

東海大学付属高輪台高等学校

早稲田大学高等学院（会場担当校）

東京工業大学附属科学技術高等学校

筑波大学附属駒場高等学校

都立科学技術高等学校

都立小石川中等教育学校

都立戸山高等学校

都立日比谷高等学校（幹事校）

本校からは、生徒8名（3年・小松原 航、劉 靈輝、中塚義道、高2・福島 聡、木下清晶、加藤雄大、高1・2名）が参加し、口頭発表1件とポスター発表4件を行った。また、高1生徒は運営の補助にあたった。

#### 2.2 参加生徒の活動

以下、生徒の作成したスライドの一部とポスター発表の要旨を示す。

##### (1) 口頭発表

「経路問題 ～『何通り？』にトドメをさす!～」

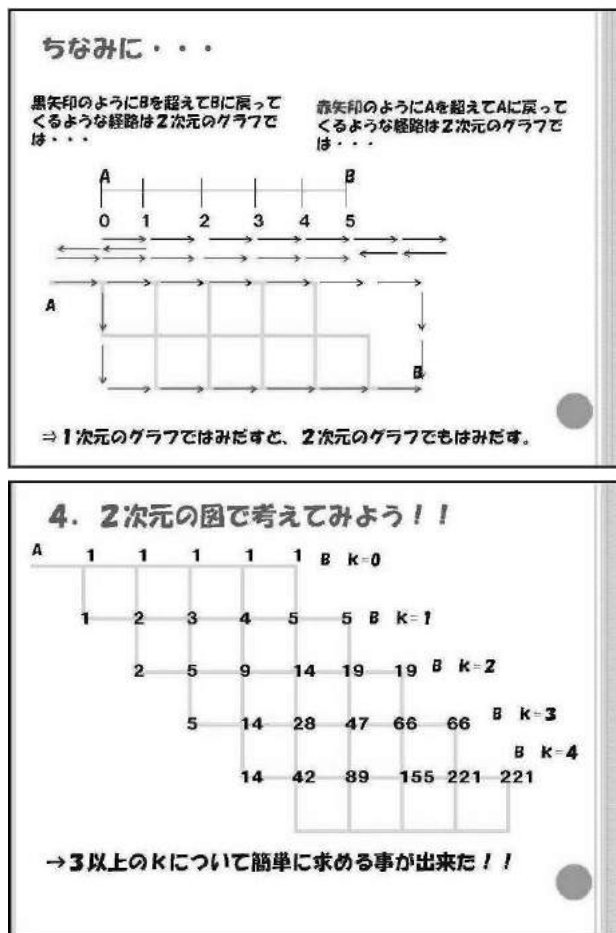
3年 小松原 航

**1. 経路問題とは??**  
 A 0 1 2 3 4 5 B  
 上のような経路（経路数5）があるとする。  
 ただし、1つの経路にかかる時間は1秒とする。  
 問：「AからBまで5秒で行く行き方は何通りでしょう？」  
 答え：1通り  
 問：「AからBまで7秒で行く行き方は何通りでしょう？」  
 答え：点1, 2, 3, 4, 5で戻ればよいので5通り。

**2. 1次元において一般化**  
 A 0 1 2 3 4 5 B  
 さっきの問いを一般化してみると  
 「AからBまで $5 + 2k$  ( $k = 0, 1, 2, 3, \dots$ ) 秒後にいるのは何通り？」である。  
 今までで  
 $k = 0$  のとき1通り。 $k = 1$  のとき5通り。  
 であることがわかった。  
 さっきと同じ要領で $k = 2$  のとき調べると19通りである事が分かる。しかし、結構大変である。  
 では、3以上の $k$  に対して何通りかをすぐ求める事は出来ないのだろうか？

**3.  $\rightarrow \Rightarrow \downarrow$**   
 A 0 1 2 3 4 5 B  
 $k = 2$  のとき、点4, 3で戻る場合について、 $\rightarrow$ を使って表してみる。  
 $k = 2$  のとき、点1, 2で戻る場合について、もう一度 $\rightarrow$ を使って表してみる。  
 つまり戻る矢印（つまり $\leftarrow$ ）が再び経路上に重なってしまうと数えにくくなってしまいますので、それを $\downarrow$ に変換して、数えやすくしているのです。  
 $\Rightarrow$  1次元の問題が2次元の簡単な最短経路問題へと変換する！！





## (2) ポスター発表

### ①「騎士周遊問題」

3年 劉 靈輝

【問題】 $n \times m$  のマス目がある。このマス目の1つから出発し、タテに2ヨコに1、またはタテに1ヨコに2離れた場所に移動できるとする（つまりチェスのナイト）。このとき、全てのマスをちょうど1回ずつ通るような経路が存在する自然数の組  $(n, m)$  を全て求めよ。

### ②「飛行機の飛ぶ理由」

3年 中塚義道

私たちは普段の生活において長距離の移動などに飛行機を利用し、その存在は欠かせないものとなっている。しかし、なぜ飛行機がとべるのかは未だ分かっていない。それで高校生のできる範囲で実験し、検証をしてみることにした。

飛行機が飛ぶために必要な「揚力」が従来の理論を覆すコアンダ効果を用いた新しい理論で発生することを確かめると共に、それを測定する。

### ③「THE COLOR OF THE ANTHOCYANIN」

2年 福島 聡・木下清晶

As you know, the color of purple cabbage juice is changed by various factors. We research why the phenomenon occurs and what matters have

something to do with it. Using a spectrophotometer, which is the machine measuring what colors the solution absorbs, we analyzed that of purple cabbage juice.

### ④「常温下でのジアゾカップリング反応」

2年 加藤雄大

ジアゾカップリング反応はアゾ化合物を合成する有名な反応で、高等学校の教科書にも載っている。アゾ化合物は染料（アゾイック染料）、指示薬（メチルオレンジ）、マゼンタインクなど身の回りの様々なものに利用されている。しかし、ジアゾカップリングは冰冷しながら反応を起こす必要があり操作は手間がかかる。

その中で我々はジアゾカップリング反応が酸性過剰ならば常温で反応するという文献を手に入れ、この手法でのカップリング反応で生成した物質を分析し、常温でのジアゾカップリングを確認した。

## 3. 検証

高校3年生にとって負担の大きい開催日程ではあるが、3名の生徒が参加したことは喜ばしい。いずれの生徒も既に発表経験を持ち、スライドやポスターの完成度も上がっている。ポスター発表の会場は大勢の来場者で賑わい、近い距離での密接なやりとりが良い刺激となった一方で、口頭発表では質問の時間が限られたことや、大勢の来場者ゆえに遠慮がちになる雰囲気もあり、フィードバックが得にくかったとの感想も寄せられた。

高校2年生は、国際交流の企画において海外で発表経験がある生徒とこれから海外で発表を行う生徒が混在した。ポスターを英語から日本語に、あるいは日本語から英語に作り替える作業を通して着実に力をつけている。

高校1年生は、これから海外派遣プログラムに参加し研究発表を行う2名が参加した。運営の補助にあたったが、これまで発表の経験のない彼らにとって、ポスター作成やプレゼンテーションのノウハウが大変参考になったようである。

また、参加登録した生徒以外やSSH校以外の生徒も来場は自由だが、本校からは僅かな生徒しか確認できなかった。多くの生徒に参加を促す工夫を施すことが課題として残った。

（文責：研究部 真梶克彦）

## g. ゼミナール・テーマ学習同時開講

### 1. 仮説

このプログラムは、研究開発の5つの柱の1つである「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」のために企画され、実践としては4年目となった。現在、総合的な学習の時間の枠組みで開催されている高校2年生対象の「ゼミナール」と中学3年生対象の「テーマ学習」それぞれの受講生が合同で課題に取り組む機会を設け、相互のコミュニケーション能力を伸ばす効果を期待したものである。

### 2. 方法

#### 2.1 講座内容について

日時：2011年11月12日（土）

同時開講を実施した講座は以下の3つである。

| 教科（科目） | ゼミナールの講座名      |
|--------|----------------|
| 国語・美術  | バーチャル美術館と創る    |
| 数学     | 数学研究・観て調べて創る数学 |
| 理科（物理） | 二次曲線の不思議と物理現象  |

プログラム開始の2008年度は5講座、09年度は6講座、10年度は3講座と経過した。校務分掌等の関係で、安定した数の確保や同じ講座の継続開講の難しさが課題である。一方、実践の蓄積によりプログラムの有用性が共通認識され、より大きな成果を目指して発展してきている。

#### 2.2 検証

実施後、参加生徒を対象にしてアンケート調査を行った。質問項目は前年度までと同様、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である。以降、それぞれの講座毎にまとめを行う。

（文責：校内プロジェクト2 真梶克彦）

### 3. 活動内容

#### 3.1 バーチャル美術館を創る

##### 3.1.1 方法

本年度も美術科では、中学3年生のテーマ学習「言葉と映像の世界」で、生徒自作の詩に映像をつけた作品を発表する活動を行った。高校2年生のゼミナール「バーチャル美術館を創る」では、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

実施した。合同授業では、高校2年生、中学3年生それぞれが制作、探求した成果の中間発表をし、互いに鑑賞、評価する活動を行った。

##### 3.1.2 合同授業の概要

11/12（土）2～4時間目「制作・中間発表」

（2時間目）中学3年生（3名）、高校2年生（9名）ともにプレゼンテーションツールによる制作作業を行い、3,4時間目の中間発表に備える。

（3,4時間目）前半は、中学3年生による作品中間発表。本時は、「言葉と映像の世界」全6回の内、の5回目にあたる。後半は、高校2年生による研究中間発表。本時は、「バーチャル美術館を創る」全7回の内の5回目にあたる。両者とも、本時は、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、異学年の者にもわかりやすくかつ興味を引く内容になるように工夫する。通常の授業時には同じ場にはいない先輩ないし後輩に作品を鑑賞、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。

##### 3.1.3 授業の様子

中学3年生3名、高校2年生9名という、ややアンバランスな人数構成で、かつ普段直接接する機会のない集団ということもあり、お互いが全く干渉しあわない状況で発表会が始まった。前半の中学3年生による作品中間発表は、3名とも、しっかりとしたテーマ設定がなされており、その展開についてもイメージが提示されていた。そのためか、高校2年生から積極的な助言があった。後半の高校2年生発表に対する中学3年生の反応は、内容がやや難解、あるいは中学生にとっては未知のテーマであったりして、やや乏しかった。

##### 3.1.4 検証

###### （1）中学3年生における検証

中学3年生は、過去二年同様、2歳年上の高校2年生の視点や感覚の違いに気づかされることが多かったようで、教師によるアドバイスとは違う新鮮な感覚で受け入れていたようである。事後アンケートにおける3名の感想は以下の通りである。

（A君）自分の構想について、新しい観点や実現性の懷疑が指摘され、参考になった。

（B君）自分の作品の構想を別の角度から見直す契機となった。高校2年生の発表から、美術に対していろいろな見方があることに気づかされた。

（C君）高校生の発表が多種多様で、とても面白

く参考になった。

昨年同様、合同発表会は、今後の制作に生かせる良い機会となったようであった。

## (2) 高校2年生における検証

高校2年生のアンケートの記述は中学3年生に比べ、少なめであったが、普段、同学年の仲間だけで話をするのとは異なり、年下の者を意識しながら自分の構想を述べることにそれなりに身構えて臨み、学究的な内容を、年齢差をふまえて伝えることの意義と難しさを感じ取ったようである。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。この取り組みも本年度で3年目であるが、実践を積み重ねることで教え合い、学び合うことによって得られる効果があがってくると感じた。今後この実践が、SSHの取り組みの枠をはずれることになっても、何らかの形で継続してゆけるようにしたいと考えている。



(文責：美術科 土井宏之)

## 3.2 数学研究・観て調べて創る数学

### 3.2.1 方法

数学科では、中学3年生のテーマ学習で「観て調べて創る数学」と題し、12名を3つの班に分け、数学的な課題研究を行った。また、高校2年生のゼミナールでは「数学研究」と題し、19名が個人または2名でオリジナルな数学の課題を設定して研究した。合同授業では、両者がお互いに研究内容を発表し、質疑応答の形で議論した。

### 3.2.2 合同授業の概要

高校2年生19名の個人研究では17種類のテーマがあり、テーマ一覧とアブストラクトを作成し、合同授業の前に中学3年生に人気投票を実施した。当日、高校2年生は、その投票の結果で上位のものから3種類のテーマ「4次元について」、「情報量のエントロピー」、「現実社会でのアルゴリズム

の利用」を中学3年生でも理解できるように意識しながら発表した。中学3年生12名は4人1組の3班で「円柱いっぱい(4円柱の相貫体)」、「交通の最適化」、「問題作り・算額作り」について、全班が発表した。それぞれの発表後の質疑応答では、ゼミナールに毎回出席していただいている筑波大学大学院の先生1名と「数学インターンシップ」を履修している大学院生2名とも議論を交わした。また、大学院生による30分程度の講義「Jones多項式」も実施した。



### 3.2.3 授業の様子

中学3年生の発表は、独自性もある内容のしつかりしたもので、高校2年生も感心していた。逆に、完成度が高いだけに、高校2年生からの質問やアドバイスはあまり出て来なかった。高校2年生の発表では、動画を見せたり、身近な例を扱ったりして、中学生にも理解してもらえるような工夫があった。中学生も質問するなど何とか理解しようとする姿勢が見られた。大学院生の講義では、未解決問題も含まれており、議論が活発になった。

### 3.2.4 検証

高校2年生の事後アンケートの回答には、次のようなものがあった。

- ・発表を分かりやすくする
- ・今後も努力していきたい
- ・中3のレベルが高い
- ・実用性を増す必要がある
- ・楽しかった
- ・学年を越えて研究を発表しあうのは良い

中学3年生の事後アンケートの回答には、次のようなものがあった。

- ・画像を活用すると分かりやすい
- ・映像が面白い
- ・質疑で意見がなかった
- ・発表の準備に長時間かけた

- ・見やすい発表スライドを作った
- ・展開図から立体模型を作った
- ・普段のテーマ学習より面白かった
- ・聞きたかったテーマが聞けなくて残念だった

高校2年生は、予想していたよりも中学3年生のレベルが高く、本番で発表の仕方を変えなければなかったようである。中学3年生は事前準備をしっかりとし、高校2年生を圧倒するような発表ができた。映像の利用、見やすい発表スライドの作成、模型の作成、など、お互いに分かりやすく発表しようとしていた。発表後には、互いの発表に刺激を受け、よりよい発表を目指そうという意識が高まったようである。これらは、同学年だけの発表では得られないものであり、今後も合同授業を継続して実施できることを期待する。

(文責：数学科 須田学)

### 3.3 2次曲線の不思議と物理現象

#### 3.3.1 方法

中学3年生対象のテーマ学習は「楽器の魅力とその解明」と題して主に波動分野を、高校2年生対象のゼミナールは「2次曲線の不思議と物理現象」と題してそれぞれ約半年間、18時間程度実施してきた。この組み合わせは3年ぶりであるが、前回と同様、高2が中3に対してゼミナールで実施した実験の紹介と解説を行った。

#### 3.3.2 合同授業の概要

参加した生徒数は、中学3年生が16人、高校2生が27人である。また、用意した実験の内容は以下の6つである（詳細は二年次の報告書参照）。

- ①楕円とリサージュ図形をシンクロ画面に描く
- ②音波の波長と伝搬速度のシンクロによる測定
- ③放物面・楕円面によるレーザー光の反射の観察
- ④放物面・楕円面による水波の反射の観察
- ⑤回転水槽の水面の形と重力加速度の測定
- ⑥マルチストロボによる水滴放射の観察

実験①、②、③、④、⑤+⑥の5つに対応するよう、中3、高2の生徒を5グループに分け、高2は固定した実験を担当し、中3がローテーションしながら全ての実験を体験した。

#### 3.3.3 授業の様子

高校2年生には、解説用の資料を事前に用意することを強く推奨した。単に教科書や教員が配布した資料のコピーでなく、高校生の観点でアレンジされたものは、中学生に好評だった。



#### 3.3.4 検証（生徒の感想）

高校2年生の事後アンケートの主な回答は、以下の通りである。()内はコメント数。

- ・準備した資料や説明方法に改善が必要(11)
- ・中学生と関わり指導するのは楽しい(8)
- ・説明しながら自分の不完全さを再認識(4)
- ・中学生にとって内容が難しすぎる(4)
- ・教えることは難しい(2)
- ・理解してもらえたときはうれしい(2)

中学3年生の事後アンケートの主な回答は、以下の通りである。()内はコメント数。

- ・実験や内容が楽しかった(4)
- ・高校生による説明がよかった(3)
- ・資料が充実していてよかった(3)
- ・普段の授業と違ってよかった(1)
- ・中学生の事前準備（予習）不足(1)

高校2年生からは、教える立場を経験して得られた感想や反省点を得た。思い通りにいかなかった原因を、内容の難しきで片付ける生徒もいる一方、自分の準備不足や自分自身がきちんと理解していない点を冷静にみることが出来る生徒もおり、取り組みが継続されれば更に効果が上がることも期待できる。また、中学3年生には、特に興味・関心の高い生徒を中心に、2年後にこのゼミナールを受講したいと希望する生徒もいた。

(文責：理科 真梶克彦)

### 4. 事業の総括

以上の報告に見られたとおり、同時開講を実施できた講座については、生徒への好影響が見られている。校務分掌やカリキュラムなどの事情もあり、全ての講座でこのような事業を行うのは難しいが、希望する講座は今後も同時開講を行えるような環境を整えていきたい。

(文責：プロジェクト2 澤田英輔)

## h. ゼミナールオープン

### 1. 仮説

本プロジェクトは、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—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—」に関連し、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、中高一貫カリキュラムの中での位置づけや具体的な実施方法について検討するものである。

高校2年生の総合的な学習の時間に設定されている「ゼミナール」（以下略称「ゼミ」）は、各教科からの10程度の講座から各生徒が選択して受講するもので、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いる。その実施内容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。また、これは高校3年生での「テーマ研究」へ引き継がれ、そこでは担当教員のアドバイスのもと、ゼミでの成果を基に個人またはグループで研究を進め、研究レポートや作品等に仕上げていくことになる。

このゼミに中学3年生や高校1年生が参加する機会を設ければ、異学年間の学びあいや交流の場が形成され、教育効果が期待できると考えた。

### 2. 方法

#### 2.1 ゼミナールオープンの概要

年度当初にゼミオープンの実施を予告し、それぞれの実施形態に応じた参加をゼミ担当者に依頼した。この試みは本年度で4回目であり、すべてのゼミ講座が参加した。

今年度のゼミオープンは2012年1月14日（土）の2～4時限に実施した。国語・地歴・公民・数学・理科・保健体育・情報・芸術・英語の各教科から10講座が開講され（内1講座は当日講師病欠のため取り止め）、約100名の中学3年生と高校入学者を中心とした高校1年生約40名が参加した。効果を検証するためにゼミオープン参加者の中学3年生と高校1年生、及びゼミ生の高校2年生に事後アンケートを行った。

#### 2.2 準備等の日程

11/28 まで ゼミ担当教員にゼミオープン実施

形態等についての調査

12/09 中3生・高1生へゼミオープンの予告

12/22 中3生・高1生へゼミオープン実施案内配布・参加希望調査の実施

01/10 中3・高1生の参加希望数公表

01/14 ゼミオープン実施、事後アンケート回収

#### 2.3 開講講座・担当者・参加希望数一覧

| 教科          | 講座名           | 担当                      | 参加希望数 |
|-------------|---------------|-------------------------|-------|
| 地歴科         | 水俣から日本社会を考える  | 大野                      | 54    |
| 地歴科         | 沖縄から考える日本と世界  | 篠塚                      | 18    |
| 数学科         | 数学研究          | 須田 <sup>学</sup> /<br>鈴木 | 19    |
| 理科<br>(化学)  | 光で探る化学        | 梶山                      | 38    |
| 理科<br>(物理)  | 2次曲線の不思議と物理現象 | 真梶/<br>小川               | 18    |
| 保健<br>体育科   | テニス           | 加藤                      | 1     |
| 障害科学        | 福祉・共に生きる      | 早貸/<br>吉田 <sup>哲</sup>  | 6     |
| 芸術科<br>(美術) | バーチャル美術館を創ろう  | 土井                      | 9     |
| 英語科/<br>社会科 | サイエンス・ダイアログ   | 秋元/<br>宮崎 <sup>章</sup>  | 4     |



<障害科学ゼミ>

### 3. 検証

#### 3.1 中3生・高1生のアンケート結果から

前年度と同じ項目によるアンケートを実施し、中学3年生72名、高校1年生37名、講座別アンケートのべ167人の回答を得た。結果は次の通りである。（カッコ内は前年度の結果）

##### ①『参加した講座数』

1講座 58%(14%) 2講座 26%(34%)

3 講座 12%(41%) 4 講座以上 4%(11%)

平均 1.66 講座(2.56 講座)

②『特に興味をひかれた講座はありましたか』

はい 79%(80%)

③『また参加したいですか』

はい 87%(77%)

④(高校生対象の質問)

『自分たちのゼミ選択の参考になりますか』

参考になる 89%(96%)

参考になる主な理由

- ・具体的内容が分かった。(11 名)
- ・興味深く面白かった。(8 名)

⑤(中学生対象の質問)

『ゼミは中学生だけの学習と違いましたか』

違う 78%(72%)

違いについての主な記述内容

- ・内容が高度で深くレベルが全く違う (17 名)
- ・フィールドワークや発展的活動がある (5 名)
- ・生徒中心で進められている (2 名)
- ・色々鋭い質問が出て盛り上がる (8 名)
- ・集中していて積極的 (4 名)

⑥『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 84%(80%)

⑦『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 91%(84%)

⑧感想など(自由記述)

- ・考察が様々で興味深かった。(水俣ゼミ)
- ・様々な環境問題があることを知った。(沖縄ゼミ)
- ・言葉は難しかったが実験が面白い。(化学ゼミ)
- ・とてもためになった。(障害科学)

参加した中3生や高1生にとって大変良い経験になったようである。興味を持てるゼミ講座にずっと参加していた者が多かったが、「他の講座にも参加したかった」との感想もあった。

### 3.2 高2生のアンケート結果から

152名の回答を得た。高2生側には学習のリーダー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た。結果は次の通りである。(カッコ内は前年度の結果)

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』

とてもあった・ややあった…36%(32%)

違いについての主な記述

- ・中3を意識して発表した(物理、数学)
- ・発表を通して自分の理解が深まった(物理)
- ・分かり易い発表を心がけた(沖縄)
- ・一緒に体験できた。(障害科学)

②(附属駒場中学から進学した高2生対象の質問)

『高2で受講するゼミなどを選択する際に、中3のゼミナール・オープンの経験が参考になりましたか』

参考になった…33%(27%)

参考にならなかった主な理由

- ・そのときにあったゼミが開講されていない。
- ・高校になって興味が変わった。
- ・覚えていない。

③感想など(自由記述)

- ・中3の意識が高く質問が出て良かった。(英語)
- ・発表を聞くことは自分のためにもなった。(水俣)
- ・発表は大変だったが経験できてよかった。(水俣)
- ・参加した中3から発言がなく残念だった。(沖縄)
- ・中3の参加者が楽しそうで良かった(障害科学)

実施形態はゼミにより異なるが、全体としては発表形式のゼミが多く、中学3年生たちとの接触は多くはなかった。しかし中学生への発表を意識した生徒も多く、発表生徒中心に、高校2年生にも有意義な取り組みであったと考えられる。

なお、質問②(自身の中3時のゼミオープンがゼミ選択に参考になったか)は、高1生への質問④(ゼミ選択の参考になるか)と対称的な結果である。これはゼミ開設講座が年毎に異なるためであるが、ゼミ担当教員を固定することは難しい。

ゼミオープンは中3生や高1生にとって有効であることが確認できた。高2生にとっても一層充実したものとするには、中3生や高1生との交流を多くするように実施形態を工夫する必要がある。

(文責：校内プロジェクト2 鈴木・土井)

### 4. 事業の総括

本年のアンケート分析や過去の報告を見ても、ゼミナールオープンは中学生高校生双方の意欲を喚起し、コミュニケーション能力の向上にも効果的だと考えられる。SSH事業の終了後も本事業を継続し、効果的な実施形態の工夫に務めたい。

(文責：校内プロジェクト2 澤田英輔)

## (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5つの柱の1つである「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」のため、主に数学系・理科系のクラブにおける生徒の自主的活動をターゲットにしてきた。元々モチベーションの高い生徒が集まる集団に積極的なアプローチを仕掛けることが効果的であるとの考えからである。

国際科学五輪は個人戦である。国別の順位が一人歩きすることもあるが、あくまでも生徒一人ひとりの力量が試される場と捉えるべきである。ならば、個人指導を行うのが効果的かといえ、必ずしもそうではない。意欲ある生徒の能力をさらに伸ばすには、集団生活を営む学校の特性を活かし、仲間と切磋琢磨しながら成長していく環境を整えることが何よりの近道である。クラブ活動にはこの機能が備わっていると考えられる。

#### 2. 方法

5年間のSSH指定期間中、数学系・理科系のクラブにおいて国際科学五輪への参加を呼びかけ、生徒の自主的活動を最大限支援してきた。また、平常授業時においても募集要項等の紹介・配布、掲示等も行い、積極的な参加を促した。

ここでは、クラブ活動の果たした機能と役割についてまとめた。

##### 2.1 数学科学研究会

クラブが最も活躍する舞台は文化祭であるが、これまで国際数学オリンピック世界大会への出場者を多数輩出してきた。この5年間で国際数学オリンピックへ、のべ7名が出場し、金5個、銀1個、銅1個を獲得している。部員が発刊する研究論文集「Café Bollweck」という部誌は、中・高レベルをはるかに越えた数学研究も掲載されている。

日本数学オリンピックは、国内最高峰の数学大会であると同時に、世界大会への出場者を選出する大会でもある。日本数学オリンピック本試験の上位20名がオリンピックセンターで春合宿に参加し、そこでの試験の成績によって、国際数学オ

リンピック出場者6名が決定する。3月末に表彰式が行われているが、表彰式で部員の名がなかったことはない。また春合宿では部のOBも講師として参加し貢献している。合宿のよさは、数学の講義や試験以外に、他校の参加者や先輩OBと交流が挙げられる。部のOBも含めて東大の数学科へ進学する者が毎年出るようになり、10年以前は、4、5年に1人か2人であったが、ここ数年は部員も含め各期の4、5名が進学している。部員OBの中には大学4年を飛び級し大学院に進学するものもある。国際数学オリンピックのメダリストになったOBらは、春合宿に参加協力する以外に、大学3年次に国際数学オリンピック大会へのオブザーバーとしてIMOに引率参加し、出題問題の翻訳や採点とその交渉の大役を務める機会を頂くことが多い。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：前数学科学研究会顧問 駒野誠)

##### 2.2 生物部

生物部の部員の中で生物学オリンピックへの自主的参加がますます活発化してきている。近年は、特に顧問からの呼びかけを積極的に行ってはいないが、部員たちは上級生の活躍を見て、中学2年生から高校3年生まで幅広く応募している様子である。

オリンピック大会準拠の教科書が定められているため、まず部員たちは、この教科書の通読から準備をしているようだ。学校によってはこの教科書の通読から教師が一緒に行っているところもあるように聞いているが、本校ではそのようなサポートは一切行っていない。また、実験・観察問題への準備としても、生物部内での自主的な活動でできるような、動物の解剖を中心に取り組んでいる。やや発展的な内容を取り上げた実験書、過去の実験問題などいい教材になっている様子である。分子生物学的実験も含めて、普段の授業カリキュラムでカバーしているので特段の補習も行っていない。

一方で、大会運営側が主催する予選通過生徒を対象にしたトレーニングは頻繁に行われている。したがって、学校での授業カリキュラム以上に先取り的なフォローは不要であるし、やるべきでないとも考えている。また、このトレーニングの日程が部本来の活動などとぶつかってしまうことも

よく見られるようになっており、やや問題を感じている。

(文責：生物部顧問 仲里友一)

## 2.3 パソコン研究会

クラブのふだんの活動は、主にC言語などを使用したコンピュータプログラミングである。昼休みや放課後などの時間に毎日活動を行っているため、生徒の好きな時に来ることができる。またプログラミングに限らず、パソコンについて興味を持ったことがあればすぐに行うことができるなど、かなり自由度の高いものとなっている。すなわち個人の創造性が促されたり発揮できるような環境に置かれているのが特徴である。

また、文化祭において部員の作成したプログラムを展示・公開したり、活動報告となる部誌を配布するなど、普及的な活動にも力を入れている。

さらに、日頃の活動の成果を試すために、いくつかの大会に個人またはグループで出場し、たとえば、日本および国際情報オリンピック、スーパーコンピューティングコンテスト、イマジンカップ世界大会などで毎年のように受賞している。

ただし、近年、部員の減少によるクラブの弱小化が懸念されており、ブログを開設して情報交換するなど、部員同士で刺激しあうことにより、クラブ全体のモチベーションを高めようとしている。

(文責：パソコン研究会顧問 高橋宏和)

## 3. 検証

### 3.1 今年度の成果

今年度は、国際科学五輪で合計4つのメダルを獲得した。また、国際科学五輪の予選にあたる機能を備えた国内大会等では、合計29個のメダルや賞を受賞した。これらの中には、日本代表として2012年度の国際科学五輪の日本代表候補となっているものも含まれている。

2011年度における生徒の活躍結果を以下に示す。

( ) 内は、出場時の学年を示す。

- ・第52回国際数学オリンピック  
金メダル：吉田健祐(高3)
- ・第22回国際生物学オリンピック  
金メダル：久米秀明・松田洋樹(高3)
- ・イマジンカップ2011世界大会「Windows 7 Touch」  
部門3位：金井仁弘・山根寛(高2)

- ・第23回国際情報オリンピック  
銀メダル：原将己(高3)
- ・物理チャレンジ2011  
金賞：小松原航(高3)  
銀賞：魚住 翔・劉 霊輝(高3)
- ・全国高校化学グランプリ2011  
大賞：劉 霊輝(高3)、金賞：浦 佑樹(高3)、  
銀賞：加藤雄大(高2)  
銅賞：呉 東輝・西岡篤史(高3)、増田成希(高1)、隈部 壮・野村建斗(中3)
- ・日本生物学オリンピック2011  
金賞：依田和樹(高2)、銀賞：谷川洋介・柳 昂志(高3)、隈 宙音(高1)  
銅賞：杉山太一(高3)、敢闘賞：上原雅俊(高2)
- ・第11回日本情報オリンピック  
優秀賞：熊崎剛生(高1)、隈部壮(中3)
- ・高校生によるMIMS現象数理学  
優秀発表賞：小松原航(高3)、増田成希(高1)
- ・ysf First(横浜サイエンスフロンティア高校)  
プレゼンテーション最優秀賞：中塚義道(高3)
- ・第55回日本学生科学賞  
入選2等：石田秀(中3)



### 3.2 これからの支援のあり方

たとえクラブ活動に所属していない個人であっても、目的のしっかりした取り組みであれば、本校の教員は可能な限りサポートを行っている。活動場所はこれからも確保したい。一方、個人の取り組み故、単発で終わることが多く、継続した学校全体の取り組みにしていけることが今後の課題である。(取り纏め文責：研究部 真梶克彦)



## b. 台湾国立台中第一高級中学との交流

### 1. 仮説

2009 年に始まった台湾国立台中第一高級中学校との生徒交流会も、今年で三回目を迎える。台中第一高級中学校は、76 クラスを有する大規模かつ高い教育レベルをもつ学校で、理数クラス、芸術クラス、語学クラスが3クラスずつあり、各分野で選ばれた生徒たちがその能力を伸ばしている。美術クラス以外はほぼ男子生徒のみで、数学や科学のオリンピックに生徒を送り込んでいるなど、本校との共通点も多い。

昨年度の第2回プログラム実施にあたっては、初年度の反省点を生かし、発表内容や事後指導についての改善を試みた。今回は第2回の良い点を残しつつも、さらに充実したプログラムへと改善すべく、生徒の意見も参考にしながら以下の点を検討した。

- ①訪問日について。昨年は1日半の学校訪問であったが、もう少しゆっくり学校訪問をしたいという生徒の意見もある。2日間でお願いしてはどうか。
- ②発表テーマについて。昨年は8チームのプレゼンで文理テーマが混在し、かなりのタイトスケジュールであった。見に来るのは理数特別クラスの生徒であるため、なるべく理系の内容で、かつチーム数を適度に減らすことが必要ではないか。
- ③英語について。昨年、台中一中生徒の英語プレゼン能力に大いに刺激を受けた。こちらの生徒も事前に専門家によるプレゼン指導を受けたならば、成果を期待できるのではないか。
- ④事後アンケートについて。本プログラムも3回目を迎え、一定の成果が表れつつある。これまでは生徒の意見を聞く機会がなかったが、今後のプログラムの充実のためにも、またあとに続く後輩たちのためにも、事後アンケートや感想を書かせてはどうか。

以上4点の課題を踏まえ、1年間の準備を経て第3回交流会を実施すれば、生徒にとってより有意義な交流ができるのではないか、というのが本論の仮説である。以下、生徒交流の実際をまとめる。

### 2. 方法

今年度もこれまでと同様の時期（12月13日～12月18日）の6日間で実施された。昨年度より参加人数を2名増やし、高校1年生4名、高校2年生12名とした。（昨年度は高校1年生4名、高校2年生10名）。初年度に比べると、6名の増加である。

本章では、準備から実際の交流会の内容までをまとめる。日程は昨年とほぼ同じであるため、事前のプレゼン指導、当日の授業見学および生徒の研究発表内容に焦点を当てて述べる。（交流プログラムの具体的な内容とスケジュールについては最終ページの表を参照。）

#### 2.1 事前準備：英語プレゼン指導

生徒交流会参加生徒が決定するのは1学期末である。年々応募者が増えており、そのつど選抜を実施している。今年度の選考では、台湾で学びたいことや発表したいテーマについて日本語と英語で書かせ、それをもとに国際交流プロジェクト教員を中心に選抜を行った。

1学期末に参加者が発表されると、生徒は各ゼミナール等で研究と実験を重ね、2学期末考査後の特別時間割期間内（12月10日）に、プレゼンテーション・リハーサルを実施する。これは3年間で定着した流れである。リハーサルではそれぞれ20分程度の英語発表のあと、生徒同士で意見交換をしたり、引率教員や国際交流担当教員からのアドバイスをもらう。

今回新たな試みとして、専門家による英語プレゼン指導を行った。講師は Gary & Sachiyo Vierheller 夫妻で、Gary 氏は未来科学館などで日本の宇宙飛行士の英語スピーチ指導も行っている講師である。1学期に本校英語科で夫妻によるワークショップを開催したところ大変好評で、海外に行く生徒にもぜひ指導をしてほしいという英語科の要望もあり、実現した。

指導方法は2時間で全7チームのプレゼンを少しずつ見ていただき、その場でアドバイスをいただく、というものである。具体的なアカデミック語彙や文章の紹介（チームで発表する場合の相手の紹介の仕方など）、アイコンタクトやジェスチャー、服装に至るまでのデリバリーの指導、さらに余った時間で今後のプレゼン技術に役立つ一般的

な心得 (First show, second tell など) が伝授された。Gary 氏の教授法の特徴は、その場で指摘し即座に改善させることである。この指導のおかげで、生徒たちはかなりバージョンアップした形で本番を迎えることができた。

## 2.2 交流の実際

### (1) 交流第 1 日目 (12 月 15 日) : 授業見学

昨年度と同じく台湾に到着して 3 日目に、授業見学が実施された。昨年度は午前中、ホテルでのプレゼン準備に充て、午後からの訪問であったが、生徒から学校訪問の時間を増やしてほしいという声もあり、先方にそのようにお願いした。よって今年は午前 1 科目、昼休みをはさんで午後 1 科目、最後に学校訪問のプレゼンというスケジュールであった。科目は昨年度も好評だった数学と理科である。

#### ①数学

数学の授業は広いパソコン教室で行われた。台中の生徒とペアを組み、互いに教えあうペアワーク形式の授業。作図ソフトを用いての双曲線や楕円の性質を学ぶ。授業後半では三円に接する円の作図方法を考える課題が出され、答えがわかった人が前に出て発表した。本校の生徒も皆の前で解法を発表した。



＜台中一中の生徒に教えてもらう＞

#### ②昼休みの交流

午前・午後で授業を組んでもらったため、昼休みに 2 時間ほど自由時間があつた。生徒たちは皆で昼食をとった後、校庭に出てサッカーやバレーボールを楽しんだ (本校の生徒が声をかけたようである)。これでだいぶお互いの緊張が解けたようである。

#### ③物理

物理実験室に移動し、英語での簡単な説明のあと、実験開始。各班 4～5 名、台湾と日本の共同チームで、英語でのコミュニケーションをしながらの作業。無重力空間で摩擦の力を影響させずに、加速度を使って台車の重さを測る。最後に結果をまとめる時間がなかったのが残念であるが、みな楽しんで取り組んでいた。



＜台中一中の生徒と物理共同実験＞

#### ④学校紹介

授業後にホールに移動し、高校 1 年 4 名による学校紹介が行われた。内容は、本校の歴史、1 日の様子、授業内容、クラブ活動、行事など例年に沿ったものであるが、進め方やスライドの見せ方には多くの工夫が見られた。クラブ紹介では、ジャグリングクラブに入っている生徒が実演、会場からは大きな拍手が起こった。英語プレゼン指導の効果もあり、観衆をうまく引き込みながらのスムーズで質の高い発表であった。

### (2) 交流第 2 日目 (12 月 16 日) : 研究発表会

翌日は朝 9 時から夕方 5 時まで終日、学術研究発表による交流である。観客は理系特別クラスの高校 1・2 年の生徒。昨日授業に参加した生徒も含め、約 120 名が集まってくれた。昨年度の反省を生かし、今回は文系の発表は行わず理系に特化、さらにチーム数を 8 から 6 へと減らした。その分、台湾側の発表数が 2 から 5 へと増え、結果的には昨年とほぼ同数の 11 チームが交互に発表を行うこととなった。なお本校の発表内容は、要約 (A4 英文 2 ページ) をまとめた冊子を観客全員に配布した。以下、各班の発表内容を紹介する。

### ①化学：Red Cabbage Juice and Anthocyanin

紫キャベツ液が pH によって色を変えるのは有名な話だが、これはアントシアニンとフラボン類によって起こる現象である。これを吸収スペクトル測定、TLC 実験を通して確認した。またアントシアニンには抗酸化作用や金属イオンによって色を変えるという性質がある。それらも実験によって確認した。

このチームは英語プレゼン能力に加え、流暢な中国語によるオープニングもあり、会場の反応も大変よかった。質疑応答も活発に行われた。

### ②物理：Efficient Shape of Wings

羽の形の違いの理由を、アスペクト比の観点から比較した。風洞と二枚のアスペクト比の異なる羽を使って実験した結果、アスペクト比の高い羽は揚抗比が高くなることが分かった。しかしアスペクト比が高いと強度は下がるので、2つの点を考慮して羽を設計しなくてはならない、という結論に達した。

このチームの発表はスライドがわかりやすく、実験の動画も2つ含んでおり、観客の反応も良かった。会場からかなり細かい質問やコメントがあり、結局30分以上が質疑応答に充てられた。

### ③数学：Making Natural Numbers

いくつかの1を用いて足し算と掛け算で自然数を作るとき1の個数の最小値はどのような振る舞いを見せるか研究した。最小値の簡単な性質、最小値のコンピューターを使った求め方、またこれからの課題を発表した。

解法に関する質問が出ると、黒板を使って数式を書いて説明する場面もあり、数学は共通言語であることが実感された。

### ④地学：3.11 Earthquake (1)

震災から9カ月、台湾の人々の日本への心遣いや思いやりは、ニュースでも報じられている。とくに今回の震災に対して台湾から寄せられた寄付金は、世界で最も多かったとされる。そこで今回の発表ではその感謝の意も示しつつ、地震のメカニズムや過去の地震データ、今後の予想や得られた教訓をまとめた。

この生徒はもともと文系であったが、理系の内容で自分も興味があるものを、ということでこのテーマに挑戦した。専門性には少々欠けたが、プレゼンの工夫をしながら地震の概要が効果的に示

されていた。なお、当日は欠席した生徒の原発に関する研究内容もできるかぎりカバーして発表していた。



<3.11 震災について発表>

### ⑤地学：3.11 Earthquake (2)

今回の大震災では大きな被害があったが、その多くは地震動ではなく津波によるものであった。そこで、津波のメカニズムと、被災地の女川を例に被害の理由について分析することで、今回の地震の意味について考察した。

この生徒も文系の生徒で、自分の関心から発した問題を研究した。当初、台湾の原発に対するアドバイスが多く含まれていたが、印象がよくないので考え直し、自国のことを中心に発表した。観客の理解も得られたと思われる。

### ⑥化学：“Diazo Coupling Reaction at Normal Temperature”

通常氷冷下で起こす「ジアゾカップリング」という反応が、条件を変えることによって常温下でも起こせるという内容の文献がある。今回の研究では、これを検証するとともに、何故常温でも反応が起こせるのかを考察した。

このチームは専門的な発表内容をうまくまとめており、英語能力も高かったが、観客の高校2年生徒のほとんどが他のプログラムに移動して不在となったためであろうか、会場からの質問が出なかったことは残念であった。

なお台湾側の発表は、自然科学、生物、化学、物理、数学の5つで、それぞれについて本校の生徒はよく質問をしていた。これもまた英語プレゼン指導で「最低2つの質問を考えよ」と言われたことが大きい。自分が発表するだけでなく、相手のプレゼンを聞いて質問する能力も今後必要とさ

れるだろう。



＜発表を終えた台湾・日本の生徒たち＞

### (3) 授業・発表会以外の生徒交流

生徒たちは授業や学術交流以外でも、台湾の生徒と大いに語る時間をもっている。台中一中の配慮により、例年通り、各生徒に1人ずつパートナーが付き、この2日間の滞在中ホスト役を引き受けてくれた。その歓待ぶりには本校生徒たちも感激したようである（後述のアンケート参照）。まずは1日目の交流会のあと、3名が夕食時まで付き添ってくれた。互いの学校のこと、家族のこと、将来のこと、政治情勢について、など英語でさまざまことを語り合ったようである。2日目の発表会終了後には、学校を出て、グループごとにさまざまな場所に案内してくれたという。屋台で台湾の名物料理を次々に紹介し、一緒に食事を楽しみながらも、常に日本人生徒たちの安全を気遣ってくれ、「旅行業者顔負けの対応」と感想を述べる生徒もいた。

## 2.3 台中一中以外での研修

台中一中での生徒交流のほかに、本校生徒だけで研修する場所がいくつかあった。そのうち2つを紹介する。

### (1) 台中国立自然博物館見学（12月14日）

台中市内の大規模な博物館で、台湾の科学への力の注ぎ方がうかがえる。科学センター、生命科学ホール、人類文化ホール、地球環境ホールなどのほか、温室の植物園もある。常設展示としては天文学、宇宙科学、気象学、古生物学、生態学、鉱物学、人類学などがあり、学生も大人も楽しめるような工夫がされた展示方法が印象的である。

### (2) 国立故宮博物館見学（12月17日）

研究発表会の翌日、台北に移動して訪れた。総展示数67万におよぶ、台湾最大の博物館であり、

その展示品は仏像、絵画、書画、図書、陶磁器、家具など多岐にわたり、すべて見るには何日もかかる、との台湾の現地の人の説明である。館内は大変な混雑であるが、各団体専用の音声ガイドが配布されているので、自分のガイドの話は難なく聞くことができる。生徒たちはガイドの説明を非常に興味深く聞いていた。昨年度よりも多く時間を取ったので、個人で見学する余裕もあり、生徒たちは飽きることなく展示に見入っていた。理数系ではないものの、中国・台湾の歴史を知る上で学術的に大変有意義な見学であった。

## 3. 検証

以上のような方法を経て、本論最初に挙げた仮説の検証に移りたい。

### ①訪問日について。

これまでより訪問時間を半日増やしたことで、余裕をもって台中一中の生徒と交流することができた。2時間の昼休みは長いと思われたが、自由時間があれば生徒は過ごし方を工夫するものである。また、1日目の最後には学校紹介を入れた。昨年は学術発表の後だったが、1日目のほうが観客もよく反応し、無理のない流れである。来年度もこのスケジュールが望ましい。

### ②発表テーマについて。

本校からは6チームで理系のみとした。招かれる立場として、適切であったと思う。ただ、直前になって先方のチーム数が5つに増えたと判明、合計11のプレゼンとなった（さらに前日延期となった先方の学校紹介もあったため、結果的には12）。そのため、特に後半、質疑応答の時間も限られ、全体的に気忙しいスケジュールであった。発表会のスケジュールは基本的には先方が決めるもので、こちらは招待されている立場ゆえにあまり注文をつけることはできないが、全体でプレゼン数を10以内に抑え、質疑応答の時間を一定にする、などのマネジメントが必要と思われる。次年度は早い段階で、そのような提言をして、先方とよく話し合うべきかもしれない。

### ③英語について。

Gary & Sachiyo Vierheller 夫妻による出発直前のプレゼン指導は、大いに効果があった。以下は生徒たちの感想からも明らかである。

・台湾に行く前にプレゼンを教えるプロ講師に教

わったことは衝撃でした。テクニックはもちろんですが、声色によって効果が大きく違うことに驚きました。あの講師は僕の憧れです。

・スライドは要点、後の詳しいところはスピーチ、という形式は、ゲーリー先生の影響。台中の人はスライドにすべて書いてそれを見ながら話していた。

・短い時間ではあったがネイティブのプロの人に見てもらったことで、自信をもって本番に臨むことができた。

昨年度は「台湾とのプレゼン技術の差を感じた」という声も多かったが、今年に関しては、むしろ本校の生徒のほうが効果的なプレゼンをしていたと言える。研究内容の充実とともに、英語のスキルを磨くことは、今後海外で活躍する生徒にとっての必須課題である。海外に派遣されることが決まった生徒たちは、半年以上、日々向上心を持って言語学習をし、その最後にこのプレゼン指導を受けるわけである。それだけに、インパクトや効果も大きかったのであろう。来年度以降もぜひ、このような形での事前英語指導を続けたい。

#### ④事後アンケートについて。

台湾から戻って3学期に、校内の国際交流プロジェクトによる「海外交流派遣生徒・帰国後アンケート」および「1000字感想文課題」を実施した。

アンケートでは、「派遣プログラムはどうだったか」との問いに対し、全員が「よかった」と答えている。「派遣前と派遣後で意識が変わったか」との問いに対しては、「大変・かなりあった」と答えた者が9割近くで、「自分の将来を考えるきっかけになった」「ハイレベルな相手との交流で刺激を受けた」「研究～発表というひとつのまとまりとして体験できた」「今まで興味のなかったアジアに興味をもった」などの感想があった。生徒たちは学術的・文化的な刺激を大いに受けたようである。また、アンケートから、多くの生徒が今もFacebookを通じて交流を続けていることも明らかになった。

なお、以下のようなプログラムへの提言もあった。

- ・台中生徒との交流がもっと増えればいいと思う。
- ・交流2日目に、ディスカッションの場を設けてほしい。強く希望。
- ・体験する授業が社会もあれば嬉しい。

・毎年やっているプログラムは事前に前年度体験者などから話を聞けるようにするとよい。

これらの声はぜひ来年度のプログラムに生かしたい。

最後に1000字感想文を抜粋して紹介する。生徒たちにとってこの生徒交流会がいかに大きな意義をもっていたか、文面からも伝わってくる。

#### 【英語の重要性】

他国の生徒と交流するためには英語が必要不可欠だ。台湾では早い人は幼稚園から英語教育を受けており、本格的な英語教育が中学校から始まる日本の学生との英語力の差を少なからず感じた。英語が苦手だと、この交流会のみならず、外国人との学術的な交流において得られるものが減ってしまう可能性がある。より積極的に英語を学ぶ意識が必要ではないか。

#### 【台湾生徒からの刺激】

やはり台中一中の生徒はとてもよく勉強していた。しかし、台湾の生徒がいくらすごいといってもやはり同じ高校生である。台湾の人たちに負けたくないと思う。もっと勉強して英語をはじめ自分の好きな分野をもっと学びたい。そして今回の研修でできた仲間にもう一度会いたい。

#### 【台湾生徒の歓待に感激】

僕たちを台中市内にガイドしてくれた生徒たちは、彼らの言っていた“*You are our guests!*”という言葉からも分かる通り、僕たちを楽しませようとさまざまな面で気をつかってくれた。今回の訪問がもし全く逆の立場で行われていて、台中一中の生徒がもし日本に来てくれたときに、僕たちは彼らのように親身になって市内を観光させてあげたのだろうか、などと帰りの時などに話した。僕がもし人を案内する立場になったら彼らを見習って心からもてなしたいと思った。

以上4点の仮説を検討した。来年度もより実りの多い交流会となるよう、周到に準備したい。

(文責：英語科・秋元佐恵)

## Schedules for Tsukukoma's Visit to T.C.F.S.H.

### The First Day (Thursday, Dec.15<sup>th</sup>)

| Time        | Activity          | Subject / Topic             | Presenter(s)      |
|-------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|
| 9:30-10:00  | Welcome ceremony  |                             | TCFSH             |
| 10:10-12:00 | Class Observation | Math                        | 陳光鴻 老師            |
| 12:00-14:00 | Lunch & Break     |                             | TCFSH             |
| 14:10-16:00 | Class Observation | Physics                     | 凌美瓊 老師            |
| 16:10-17:00 | Cultural Exchange | Introduction of each school | Tsukukoma & TCFSH |

### The Second Day (Friday, Dec.16<sup>th</sup>)

| Time        | Activity             | Subject / Topic  | Presenter(s)  |
|-------------|----------------------|--|---|
| 8:50-9:00   | Welcome Ceremony     |  |   |
| 9:00-9:25   | Project Presentation | Chemistry<br>Red Cabbage Juice and Anthocyanin             | <b>Tsukukoma</b><br>LIYUAN Xu<br>KINOSHITA Seisho                 |
| 9:25-9:50   |                      | Social and Natural Science                                 | <b>TCFSH</b><br>Chang-Wei Huang                                   |
| 9:50-10:15  |                      | Physics<br>Efficient Shape of Wings                        | <b>Tsukukoma</b><br>ATSUMI Takeru<br>SHIBA Hiroshi<br>SUZUKI Koji |
| 10:15-10:35 | ( 20 min. break )    |  |   |
| 10:35-11:00 | Project Presentation | Math<br>Making Natural Numbers                             | <b>Tsukukoma</b><br>KIKUCHI Yusuke                                |
| 11:00-11:25 |                      | Biology  | <b>TCFSH</b>  |
| 11:25-11:50 |                      | Earth Science<br>3.11 Earthquake                           | <b>Tsukukoma</b><br>FUJII Takahiro                                |
| 11:50-13:40 | Lunch Time           |  |   |
| 13:40-14:05 | Project Presentation | Earth Science<br>Second Disaster                           | <b>Tsukukoma</b><br>YAMATO Fumiaki                                |
| 14:05-14:30 |                      | Math   | <b>TCFSH</b> Liao, Wayne  |
| 14:30-14:55 |                      | Chemistry<br>Diazo Coupling Reaction at Normal Temperature | <b>Tsukukoma</b><br>KATO Takehiro<br>YAO Kenta<br>YAMADA Yutaro   |
| 14:55-15:25 | ( 30 min. break )    |  |   |
| 15:25-15:50 | Project Presentation | Physics  | <b>TCFSH</b> Lin, Kuan-Yu   |
| 15:50-16:15 |                      | Chemistry  | <b>TCFSH</b> Huang, Po-Han  |
| 16:15-16:40 | Closing Ceremony     |  |   |

## c. 筑波大学教員研修留学生受け入れ

### 1. 仮説

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が活動している。このうち「国際教育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、SSH研究の5つの柱のうちの(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」を目標として、海外の中高生および教員との交流を中心に取り組んでいる。

本校は海外からの教育視察団の受け入れの機会が多いが、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教員研修留学生との交流を始めた。過去5年間、留学生の本校行事参観・授業参観、専門分野調査への本校教員の協力等、各種の取り組みを重ねてきた。仮説としては、この研修留学生との交流により本校生徒の異文化理解が促進されるのではないかと、ということである。

### 2. 方法

上で述べたように、方法は単純で研修留学生を本校に招き、本校生徒との交流を通じて、お互いが異文化理解をする機会を持つ、というねらいである。そもそも、海外研修留学生とは、どのような方々なのだろうか。

#### 2.1 海外研修留学生とは

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もの対象)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、各教授の指導の元、教育に関わる研修を受けつつ個人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異文化理解を促進しようというのが、この取り組みの主旨である。

#### 2.2 2011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31期外国人教員研修留学生」9名および32期4名の、計13名である。以下に各人の国籍、職種、研究分野をあげる。

##### 31期

A: インドネシア、中学校(英語)、教育工学

B: タイ、タイ科学技術推進機構、理科教育

C: 韓国、中学校(科学)、科学教育

D: 中国、中学校(英語)、英語教育

E: 中国、教育省社会科学研究センター、  
教育管理

F: 中国、教育省高等教育評価センター、  
教育制度

G: メキシコ、中学校(公民)、公民教育

H: メキシコ、中学校(英語)、英語教育

I: ガボン、小学校、教育経営

##### 32期

J: カンボジア、高等学校(英語)、英語教育

K: ミャンマー、高等学校(英語・化学)、  
化学生態学

L: ルーマニア、高等学校(英語・仏語)、  
教育方法

M: 韓国、小学校、比較・国際教育

留学生はつくば市内在住であるため、東京の中心地に所在する本校へ来るには、それなりの時間と交通費がかかる。そこで交通費に関しては、筑波大学学校教育局から教育調査医療経費という名目の財源を確保し、全員に交通費の支払い(1回約3400円)ができる体制を整えている。

#### 2.3 2011年度の記録

##### (1) 音楽祭参観(2011.6.17)

例年は、音楽祭の午後半日を鑑賞する程度だったが、今回は留学生担当の杉田先生をはじめ9名が朝10時に到着し、5時過ぎの結果発表まで参観された。学校行事が教育の大きな柱になっている点は日本の学校文化の特色であるため、留学生にとっても貴重な体験になったと思われる。感想の一例をあげる:

「音楽祭に21の団体が参加しました。それぞれの団体の中で、指揮とピアノは二人ずつでした。彼らはとても上手なので、私たちはとても驚きま

した。指揮とピアノをする人は全部で 71 人もいました。ということは音楽の技能が優れた人は、40 人中で 4 人もいます。でも、中国にはそんな学生は少ないです。毎日中国の学生は授業で勉強する時間は 11 時間なので、趣味と技能を育てる時間がないのです。その水準が高い音楽祭の準備時間は一ヶ月ぐらいでした、自分は驚きました。」

(中国、中学校英語)



＜音楽祭会場の前で＞

## (2) 英語科の授業参観・意見交換 (2011. 10. 13)

英語専攻の 3 名の留学生が来校し、筆者ともう 1 人の英語科の授業を参観、その後英語教育について意見交換を行った。筆者の場合は中学 1 年の授業で、終わりの 10 分程度自己紹介や英語の質問コーナーをやっていた。中国、メキシコ、インドネシアの英語教育事情をうかがうのは、こちらにとっても勉強になった。ここでも、感想の一例をあげよう

Another thing that I noticed is the wide range of vocabulary. In Indonesia, because we focus more on the communicative function, the vocabulary given to students are more of those for daily use. Here, students also study words that are more likely to appear in news or books.

I really enjoyed Ms. Akimoto's class, personally because I like watching movies. Moreover, the class activities were well-woven. And since technology has been an inseparable part of education, as a teacher, I do believe that employing technology in the classroom can improve the learning process.

(インドネシア、中学校英語)

この留学生は英語の非常に堪能で、筆者の授業

で中 1 にしては語彙が難しいこと、コミュニケーション重視というより、やや教養主義であることをしっかり指摘している。

## (3) 文化祭参観 (2011. 10. 29)

31 期の留学生 2 名、32 期の留学生 2 名が来校。さまざまな展示、発表を自由に見学していただいた。以下の感想から、個人のレベルで生徒が留学生と英語でコミュニケーションを取り合っていたことがわかる。

I am really happy and thankful for the opportunity of having participated at this wonderful festival this year. (中略) I was very impressed by the skills of those boys and their way of organizing such an eventful festival, with a great variety of interesting offers. I tried to get to know all the clubs, since I know that behind each and everyone of the clubs, there are hours of hard study and work, enthusiasm and positive energy. I was overwhelmed actually, in one of the scientific clubs, when a little boy came to me and offered his explanations about the colours of light. He struggled to explain to me in English all the scientific phenomena regarding light and his English was quite accurate. (ルーマニア、高等学校英語)

## 3. 検証

今年度は、ただ学校行事を参観してもらっただけでなく、授業参観や教員間の意見交換もでき、有意義な交流になった。では、「研修留学生との交流を通じて生徒の異文化理解が促進される」という初めの仮説はどうだっただろうか。文化祭の感想でも見たように、個人のレベルで促進された部分はあるが、全体としてはまだ不十分であろう。

原因の一つは、留学生が学校行事を参観中は、生徒自身はその活動を行っていて、実際に留学生とその場で話す機会は非常に少ないということである。そこで、後からメールなどで感想を送ってもらうということになりがちである。しかし本当のコミュニケーションを考えるなら、研修留学生と生徒が直接対話し、音楽祭や文化祭について語り合うという場が必要である。

来年度は以上のことを踏まえて、単に行事の参観だけでなく、生徒と研修留学生が直接交流を行えるような機会をぜひ持ちたいと考えている。

(文責：国際交流プロジェクト委員 八宮孝夫)



## d. コア SSH プログラムへの参加

### 1. 仮説

国際交流プログラムの充実には事例の蓄積が欠かせない。本校独自で企画を行っている前掲「c. 台湾国立台中第一高級中学との交流」以外にもチャンネルを増やし、効果を検証しながらプログラムをより発展させていくことが必要である。

そこで本年度は、コア SSH として指定を受けた「立命館高校」および「横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校」の連携校として、以下の6つのプログラムに参加することにした。

#### \* 立命館高等学校

①KSA (Korea Science Academy) 生徒受入研修

②NUS (National University of Singapore)

高校生生徒派遣研修

③JSSF (Japan Super Science Fair)

④KSA (Korea Science Academy) 生徒派遣研修

#### \* 横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校

⑤YSF 国際科学フォーラム (ysf FIRST)

⑥Thomas Jefferson 高校生生徒派遣研修

ここでは、本校教員が引率として加わった(3/1現在で終了した)プログラム(②③⑤⑥)について報告する。(文責:研究部 真梶克彦)

## 2. プログラムの内容

### 2.1 NUS 高校研修プログラム

#### 2.1.1 プログラムの内容

日時: 2011年7月21日(木)~28日(木)

場所: NUS (National University of Singapore)

High School Mathematics and Science 他

概要: 立命館高等学校のコア SSH 事業である NUS 高校研修プログラムに、連携校として生徒1名(高校1年生)を派遣した。本プログラムでは、「海外研修を通じて、科学の知識や発想を広げることと、英語によるコミュニケーションを積極的に取ること等を通して、今後、世界を舞台に活躍するための素養を高める」ことを目的としている。7月21日(木)成田空港出発、シンガポール到着  
ウェルカム・ディナー

7月22日(金)学校朝礼に参加

学校案内とキャンパス・ツアー

シンガポール科学センター見学

7月23日(土)~24(日)ホームステイ

7月25日(月)シンガポール植物園見学

ナイトサファリ見学

7月26日(火)授業見学、国立博物館見学

シンガポール・フライヤー見学

7月27日(水)スンガイブロウ湿地保護地区見学

NUSHS 科学実験ラボ見学

フェアウェル・ディナー

7月28日(木)成田空港に帰着

#### 2.1.2 参加生徒の活動

学内の寄宿舎(Boarding School)に滞在しながら、NUSHS の生徒(バディ)と一緒に市内見学研修(科学センター、植物園、ナイトサファリ、国立博物館、シンガポール・フライヤー、湿地保護地区など)を実施すると共に、学校内では授業見学、Research Sharing Session などを実施した。また、バディ宅での週末ホームステイなどの異文化体験もできたようであった。



<休憩室で折り紙を作成(NUSの生徒と共に)>



<湿地保護地区見学>

いわゆる観光名所的な場所の見学も、もちろん有益であったが、NUSHS・立命館高校両校の同世代

の学生たちと交流できたことが、参加した生徒にとって意義深いものとなったようであった。特に、シンガポール人学生に対して、日本の文化などを英語で積極的に紹介する姿が非常に多く見られた。残念ながら、初めての参加であったため Research Sharing Session でのプレゼンテーションの機会を得ることができなかったが、今後このような他校の研修に招かれる場合は、プログラムへのより積極的な参加を心掛けるべきであると思う。(文責：英語科 須田智之)

## 2.2 JSSF (JAPAN SUPER SCIENCE FAIR)

### 2.2.1 プログラムの内容

日時：2011 年 11 月 12 日 (土) ～16 日 (水)

場所：立命館大学琵琶湖草津キャンパス他

概要：立命館高等学校のコア SSH 事業の中心に位置づけられた企画で、海外 18 カ国・地域から 30 校の高校生と教員が招かれ、国内からも 17 校が参加した。口頭、ポスターによる生徒研究発表が中心の取り組みであるが、科学を媒体にし、生徒たちの交流が深まる取り組みとして実施された。本校は、会期 5 日間のうちの 1、2 日目に開催された口頭発表会とポスター発表会のみ参加した。

### 2.2.2 参加生徒の活動

参加生徒は、ゼミ～テーマ研究「パターン形成を操る遺伝子～単離と発現解析～」の第 3 班、高校 3 年生 4 名で、これに発表指導を行った教員 1 名が引率に加わった。

研究テーマ：「Gene Expression of *Mkp3* during Development of *Drosophila melanogaster*」

研究内容：*Mkp3* 遺伝子は選択的スプライシングにより 2 種類の mRNA に転写される。2 種類両方に共通する配列を持つプローブと片方に特異的な配列を持つプローブを作成してそれぞれを *in situ* ハイブリダイゼーションに用いることにより、胚中における 2 種類の mRNA の発現パターンの違いについて調査し考察した。

### 2.2.3 参加生徒の感想

(以下、4 名の参加生徒の感想)

- ・「“英語でプレゼン”という機会はあまり得られるものではないので経験できて良かった。」
- ・「丸一日分程度しか参加できなかったのが残念ですが、英語の発表等を聞く機会はあまり

ないので非常によい経験となったと思います。特に、立命館のチョウの研究は台湾の学校との連携がよくとれていてよかったと思います。」

- ・「RSSF→JSSF と規模は拡大したが、研究発表会としての質は低下しているように思われた。日本のコア SSH 事業の一つなのに、国際交流(異文化交流)を主眼において行われ、科学教育・研究発表の側面が充実していないように見えるのは残念だった。日本勢が海外勢と不自由なくコミュニケーションできる程度の最低限の英語力を身につけ、科学的話題から文化的話題まで幅広く国際交流できるようになれば、とてもよいイベントになると思う。そのようなことを考えると、言語の壁を痛感した一参加者として、世界に残されないような英語力を身につけたいと思った。来年の Fair のさらなる充実を期待します。」
- ・「2 日目のポスター発表の際には、日本の高校生のマナーの悪さが目につきました。特にいくつかのポスターの内容をまとめる課題を課せられている一部の高校生は、日本人発表者(おそらく同級生なのだと思います)に日本語での解説を求めたり、はじめからきちんと発表を聞くつもりがないかのように結論のみの説明を、もちろんこれも日本語で発表者に聞いている例も見受けられました。「英語でポスター発表をすることがこのイベントの趣旨であることと、発表者はまじめに研究内容を伝えようと思っていることを考慮すると、やはりこれらの行動はあまり好ましくないと思いました。悪い点ばかり書いてしまいましたが、JSSF は素晴らしい企画で良い経験になりました。ありがとうございました。」

### 2.2.4 JSSF に参加して

生物分野の口頭発表に参加した。残念ながら、どの発表でも質問がほとんど出ず、英語で研究発表をシェアすることの難しさを改めて感じた。近年、SSH の一つの柱として国際交流が挙げられ、本校生徒もその趣旨にしたがって英語による研究発表を行うようになってきた。しかし、科学的議論を真に深めるためには、生徒自身が英語で討論するというスタイルに拘らない方策もあるのではないかと最近は考えている。科学的な思考力のレ

ベルアップをはかるためには、当たり障りのない表面的な質疑応答では意味がない。専門分野で海外の生徒と深く議論し合うのに必要な英語力は一朝一夕に養えない。長い時間をかけて身につけていくものであり、焦る必要もない。専門的議論の深化-これをどう解決していくのかがこうした研究発表会の課題であろうかと考えさせられた。

一方、他校の生徒との交流は、本校生徒が、以前顔を合わせたことのある他校生徒と再会する場面もあって、参加生徒たちにとっては有意義な時間となった。（文責：理科 仲里友一）

## 2.3 YSF 国際科学フォーラム (ysf FIRST)

### 2.3.1 プログラムの内容

日時：2011 年 9 月 20 日（火）～23 日（金）

場所：横浜サイエンスフロンティア高等学校他

概要：9 月 20 日（火）特別プログラム（研修）

9 月 21 日（水）記念基調講演・研究発表  
（口頭・ポスター）

9 月 22 日（木）特別プログラム（研修）

9 月 23 日（金）特別プログラム（研修）

参加校：

横浜サイエンスフロンティア高等学校(会場校)

市川学園市川高等学校

東京工業大学附属科学技術高等学校

筑波大学附属駒場高等学校

都立小石川中等教育学校

都立戸山高等学校

Saint Maur International School

NUS (National University of Singapore)

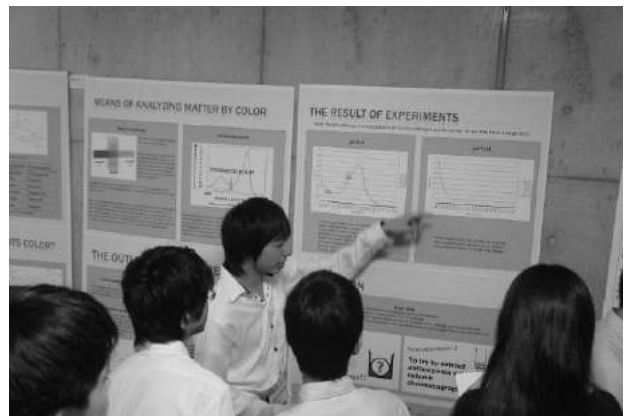
High School Mathematics and Science

KYS (Kolej Yayasan Saad)

### 2.3.2 参加生徒の活動

本校からは高校 3 年生 1 名、高校 2 年生 4 名の計 5 名が参加した。このうち、高 3 は研究発表において口頭発表を、高 2 は特別プログラムの参加と研究発表においてポスター発表を行っている。

海外からの参加者に比べて国内の参加者が数において勝る状況の中で、ポスター発表の会場では質疑応答まで 100%英語でという徹底は少し厳しかったようである。また、研究発表の行われた 9 月 21 日は関東への台風上陸が予報され、当日午後のプログラムはキャンセルとなったしまったことは残念であった。



＜高校 2 年生のポスター発表＞



＜口頭発表の表彰（NUS の生徒と共に）＞

研究発表の前後で実施された特別プログラムに参加した生徒は、海外の高校生と共に研修を受けることによって、日本へ迎え入れるという立場を経験させてもらうことができた。本校では、海外の高校生を学校に招いて一緒に活動を行ったりする実践例がまだ少ない。学校全体で受入体制を構築していくことも急がれる課題であると感じた。

（文責：研究部・真梶克彦）

## 2.4 Thomas Jefferson 高校生徒派遣研修

### 2.4.1 プログラムの内容

日時：2012 年 1 月 4 日（水）～9 日（月）

場所：Thomas Jefferson High School for Science and Technology (TJHSST)、スミソニアン博物館他

概要：

1 月 4 日（水）成田出発、ワシントン DC 到着  
国立アメリカ歴史博物館見学

1 月 5 日（木）NASA ゴダード宇宙センター見学  
トーソン大学研究所実験実習

1 月 6 日（金）TJHSST にて授業参加、日本生徒

による研究発表(口頭・ポスター)

1月7日(土) 国立航空宇宙博物館見学

国立自然史博物館見学

1月8日(日) ワシントン DC 出発

1月9日(月) 成田到着

参加校:

横浜サイエンスフロンティア高等学校

(生徒10名、引率教員3名)

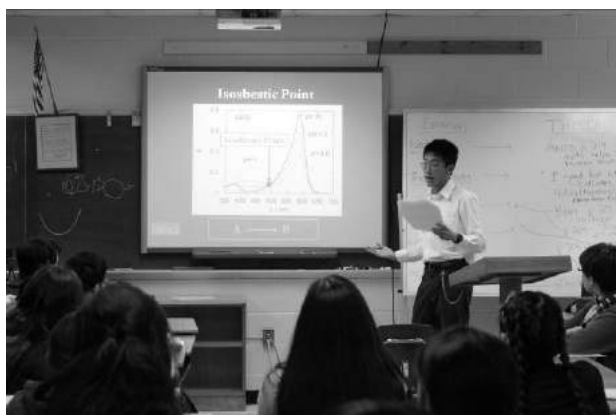
市川学園市川高等学校(6名、1名)

筑波大学附属駒場高等学校(6名、1名)

東京工業大学附属科学技術高等学校(3名、1名)

## 2.4.2 参加生徒の活動

本校からは高校2年生4名、高校1年生2名の計6名が参加した。Thomas Jefferson High School for Science and Technology (TJHSST) の訪問では、授業に参加し、進路指導室の先生の話をついた後に日本生徒による研究発表を行った。口頭発表は1校1件の計4件で、その後にポスターセッションが25箇所のブースで実施された。本校では、高2が「Purple cabbage juice and anthocyanin」について口頭発表し、その後、高1・高2全員が1人1ブースでポスター発表した。



＜高校2年生の口頭発表＞



＜ポスター発表、写真は高校1年生＞

ネイティブスピーカーである TJHSST の生徒を前にしての英語での発表であったが、興味を持ってもらえ、どの生徒もうまく交流できていた。TJHSST の生徒が自分の課題研究と比べて、内容のみならず、実験方法や視点の違いなどにも注目してくれたようである。

TJHSST の訪問は全日程のうち1日だけであり、研究発表についても、日本人生徒からのものだけになってしまったのが残念であった。今回の訪問をきっかけに、今後、より密な交流が相互にできるようになっていくことを期待する。

(文責: 数学科 須田 学)

## 3. 検証

- ・多くのプログラムは、研究発表を英語で行うことを必須としており、単に物見遊山的な旅行に終わらない点は評価できる。参加した生徒たちはその準備に相当な時間を掛け、身についた力も大きい。一方、年間を通じて繰り返し行われるプログラム全てに生徒が行う研究の進捗を合わせることは困難で、ベストな内容を伴ってベストなメンバーで臨めるとは限らないというジレンマもある。
- ・全てのプログラムに共通しているのは、海外の生徒との交流はもちろんのこと、日本の他校生と共に参加できることである。特に食事や宿泊を伴うプログラムの場合、関係も親密となって良い刺激を受けるようである。研究発表に共通の話題を見つけ、帰国後も互いの研究内容について情報交換を続けるグループもあった。
- ・コア SSH の2校にとっても初の取り組みとなったプログラムが多く、自校の生徒に対する膨大な事前準備に追われながら、他校との連絡調整も重く負担となった感がある。担当された両校の教職員の方々には深く感謝申し上げたい。ノウハウも含め、成果も共有できるような連携も期待したい。
- ・取り組みを効果的に継続するためには、参加生徒の選抜・事前指導・引率等を効率よく行えるよう、教員分担の仕組みを校内に確立する必要がある。合わせて、参加した限られた生徒の成果を参加しなかった生徒へ還元する方法も検討しながら、さらに発展を目指していきたい。

(文責: 研究部 真梶克彦)

### (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8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33回数学特別講座

『「直角の大好きな脳」

ー錯覚から見えてくる「見ること」の危うさー』

日時：7月8日（金）13:30～15:00

場所：7号館オープンスペース

講師：杉原厚吉 明治大学大学院教授

参加生徒：中1から高3までの希望者91名



内容：（参加募集の案内より）

絵を理解するコンピュータを作りたいという研究から、不可能図形とよばれるだまし絵の中に立体として作れるものがあつたり、物理法則に反する動きが起こっている錯覚を生み出したりできることを発見しました。このような人の視覚と脳の働きを、コンピュータの振る舞いと見比べると、人の目の機能の偉大さと同時に危うさも見えてきます。不可能モーションと名付けた新しい立体錯視を楽しみながら、この危うさを観察してみたいと思います。特に、危うさの原因のひとつは、人が絵から奥行きを読み取るとき直角を優先するという性質だということがわかってきました。この性質を利用して作った不可能モーションのひとつが、錯覚コンテストの2010年世界大会で優勝できたこと、そして、それを契機に錯覚美術館というミュージアムを作ることができたこと、なども紹介します。

#### 第34回数学特別講座

『数理的ヒラメキで解くパズル』

日時：12月13日（火）13:30～15:00

場所：50周年記念会館

講師：坂井公 筑波大学大学院数理物質系准教授  
（本校SSH運営指導委員）

参加生徒：中1から高3までの希望者97名



内容：（参加募集の案内より）

パズルには多くの種類がある。基本的に試行錯誤でしか解きようのないジグソーパズルのようなもの、問題そのものよりむしろウィットの利いたカギを楽しむクロスワードパズルのようなもの、基本的には理詰めでじわじわと解けていく数独のようなものなど、実に多様である。

この講演では、ある種の物理的あるいは数学的ヒラメキがあればきわめて容易に解けてしまうが、それが無いと、どう解いていいか途方に暮れてしまうような、あるいは大変な計算に陥ってしまうようなパズルをいくつか紹介し、気付にくい小さなアイデアがその問題を解く上でいかに有効に機能するか味わって頂きたいと思う。しかし、それらのアイデアのある種のものは、まったく何もないところから突如として湧き出て来るのではなく、日頃の地道な勉強がないと決して得られないようなものだということを、さらに感じ取って頂けると嬉しい。

### 第35回数学特別講座

『現代数学のめざすもの

ーガロア理論、整数論とその周辺からー』

日時：12月20日（火）13:30～15:00

場所：50周年記念会館

講師：吉田輝義 ケンブリッジ大学講師

（本校44期卒業生）

参加生徒：中1から高3までの希望者44名



内容：（参加募集の案内より）

数学は文学に似ています。小学校では、国語と算数が対になっています。アメリカ型の大学では、法・医・工・経営・教育などの学部は大学院なので、本来の大学の学問は理学と人文学だけです。大ざっぱには、ものごとのしくみを考えるのが理学で、ひとのいとなみを考えるのが人文学ですが、そのうち数学と文学は、人類の脳が際限なく紡ぎだす、何らかの意味を持った記号・言葉の羅列です。どちらも膨大な文献の集積がありますが、その他の学問でいう意味での知識の蓄積・進歩はなく（だから数学と文学は古代のものから全て勉強

せざるを得ません）、その他の学問に応用される考え方・方法を提示することはあっても、それ自身は無目的な活動なのかもしれません。

ガロア理論は、一般の5次方程式に解の公式が存在しないことを示しただけでなく、代数学の主要な対象は方程式ではなく代数系（群・環・体）であることを示しました。フェルマー予想は350年の後に証明されましたが、それはフェルマーの方程式について何ら新しい知見や重要性をもたらさず、むしろその特定の方程式の徹底的な無意味さを示すような証明でした。数学の歴史は、人間が数・図形・関数、ひいては論理・知識・思考に関する見方を絶えず破壊・再創造してきた歴史のようです。人間の脳にはそういう衝動があるのだと思います（言語表現を続ける衝動と同様に）。大学の学部レベル（数学科）で学ぶ、20世紀に起きた数・図形・関数の概念の変革を概観しつつ、現代数学について考えてみたいと思います。

### 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。

アンケートの自由記述より抜粋

#### 第33回『直角の大好きな～』

- ・ 坂を物体がのぼっていく様子に驚いた。脳が直角好きだとはじめて知った。
- ・ 全体的に面白かった。どうやったら錯覚を見やぶれるか、影から考えたい。
- ・ 今までなんとなく見ていた「だまし絵」が数学的に説明されていて、とても面白かったし、不思議だった。
- ・ 不可能立体がきちんと方程式をたてて数学的につくることができることがすごいと思いました。
- ・ 錯覚の本質的なことに対する理解が深まった。
- ・ 純粋に錯覚はすごいと思った。
- ・ 錯覚をつくる立体が、計算によって求められる、ということについての話は興味深く面白かった。見る角度によっては全く同じに見える、異なる立体があると知った。建物の構想もまた夢があり、面白いと思った。
- ・ 脳が直角が好きなので、作れる立体も有り得な

い立体だと勝手に認識してしまうというのが衝撃だった。

- ・ そもそもコンピューターによる絵の認識のことを研究していたのが、人間の錯覚の研究になったというのが面白い。
- ・ 時間があったら錯覚美術館へ行ってみたいと思います。絵を理解するシステムは実用化されているのでしょうか。興味深い講座ありがとうございました。

#### 第 34 回『数理的ヒラメキ〜』

- ・ 考え方を变えることでイメージしやすいものになることが分かった。
- ・ 一見難しそうな問題も少し視点を変えることでとても単純なやり方で解けることがあり、面白かった。
- ・ 有名なものから新鮮なものまで様々な問題が取り上げられていて良かった。
- ・ 数学を科学的に考えていたのが面白かった。
- ・ ヒラメキによってこんなに早く問題が解けるのかと驚いた。
- ・ 数学的手段で解くものと思っていた問題が物理的な考えから答が導けることが分かり、意表を突かれた。



- ・ 難しい問題が簡単に解けて楽しかった。
- ・ 中一でも分かるような問題もあり面白かった。
- ・ 発想で計算を簡単にするという内容が非常に興味深かった。
- ・ パズルに親しみを持つ事が出来た。
- ・ 高3としてはある意味で実用的な話だった。

#### 第 35 回『現代数学の〜』

- ・ 数学は意味を考えることで理解が深まると、改めて思った。
- ・ 実際に数学を研究している方の話が聞けてと

ても良かった。方程式論は苦手だったがまとまった話だったので少し理解できた気がした。

- ・ 今までで一番面白い講義だった。
- ・ 前半：ただ技巧的にも見える変形が、意味づけられていて面白かった。 後半：数学の全体像について新しい視点が得られてよかった。
- ・ 数学とは何か、を人間から定義するのが新鮮で面白かった。
- ・ 数学がヒトの脳機能で「理解する」ことの 3 つの形、という考え方が非常に面白かった。
- ・ やはり高度になるにつれ、数学内の分野が無意味なものになるのですね。
- ・ 非常に深い内容だということは分かったが、数学が特にずば抜けてできるわけではない自分にとっては、かなり理解しにくかった。しかし、これを機に本など読んで面白さを追求してみたい。
- ・ ガロア理論の概念的な話が分かった。これからはそれを念頭に置きつつ、詳しく学んでいきたい。
- ・ 分からない式などもあったが、数学は大事な学問だと思った。
- ・ ガロア理論そのものの証明は難しかったが、群の概念について少しわかった。数学を考え直す良い機会になった。
- ・ やはり中1の自分としては難しかったが、とても楽しかった。頑張って理解したい。

5 年間の SSH で 11 回の特別講座を実施することができた。どれも生徒たちにとって今まで知らなかった数学の一面を気付かせる素晴らしい内容であった。生徒の感想にも表れているように、この講座に参加したことで、さらに数学への学習意欲が高まったことが実証された。今後も、このような特別講座を実施するとともに、生徒にとって興味深い講座の内容を教材化していきたい。なお、今年度、第 24～35 回特別講座の講義録集を発行した。

(文責：数学科 町田多加志)



## b. 理科（化学分野）

### 1. 仮説

今年度は、実験講座を2回実施した。

うち1回は、化学科「ゼミナール」の受講生を対象とした、核磁気共鳴スペクトル（NMR）の理論を学び、有機化合物のスペクトル測定と解析を行う講座である。「ゼミナール」では、SSHで導入した紫外可視分光光度計や赤外分光光度計を利用した実験を実施しているが、機器の価格や保守の関係で手が届かないNMR測定実験は、毎年東京大学教養学部にお世話になっている。NMR測定実験を含め、さまざまな分光分析の理論と特徴を学ぶことで、生徒の化学研究への興味・関心が高まり、「テーマ研究」（「ゼミナール」後に生徒が取り組む自主的研究）への活用も期待できるのではないかな。

もう1回は、中学生を含む希望者を対象とした「ナノ炭素化合物の化学」である。光化学やナノ炭素化合物の最先端の研究について講義を聴き、実際に物質に触れることで、化学に対する知的好奇心を喚起できるのではないかな。

### 2. 内容・方法

#### (1)「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

（東京大学教養学部 特任教授）

村田 滋 先生

（東京大学大学院総合文化研究科 教授）

日時：2011年11月12日（土） 13:10～16:00

場所：東京大学教養学部

対象：ゼミナール「光で探る化学」受講生

参加者：高校2年生 24名

実施内容：講義と施設見学、実習と演習

- ・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（実習）・施設見学
- ・芳香族化合物  $C_9H_{12}$  の異性体の分析（演習）

生徒の感想：

- ・実演だけでなく理論まで解説があったので、NMRに関する知識がかなり深まった。
- ・NMRという言葉聞いたことがあり、持っ

ている参考書に書いてもあったが、難しい印象があったが、今回の分かりやすい説明でもう少し深く勉強してみようと思った。

- ・ $C_9H_{12}$  の演習は脳をフル回転させて、とても面白かった。また機器がとてもすごかった。
- ・NMRを使うことでこんなにも簡単に異性体の構造決定ができるとは思わなかった。
- ・有機化合物の構造がHの化学シフトやカップリングによって決定できることが知れて良かった。
- ・NMRがなぜすごいかがよく分かった。特にHがどのような状況におかれているかという考え方に感動した。
- ・大学施設に触れて、研究の面白さを感じた。
- ・科学と医療のつながりに興味を持った。
- ・NMRのデータを処理するプログラムで様々な処理を少ないステップで行えるようでUI（ユーザー・インタフェース）が良いと思った。

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：期待以上・期待通り 100%
- ・学習効果：学習に役立った 100%



#### (2)「ナノ炭素化合物の化学」

講師：前田 優 先生

（東京学芸大学教育学部自然科学系 准教授）

長谷川 正 先生

（東京学芸大学教育学部自然科学系 教授）

日時：2011年12月20日（火） 13:10～16:00

場所：本校化学実験室

対象：中1：3名、中2：2名、高1：8名、  
高2：8名（計21名）



実施内容：

- ・光化学の基礎（講義）
- ・カーボンナノチューブ NTs や各種フラーレンを溶媒中に分散させ、吸収スペクトルを測定
- ・フラーレン C<sub>60</sub> と C<sub>70</sub> の混合物を、シリカゲルと活性炭混合物を吸着剤とした簡易カラムクロマトグラフィーで分離し、吸収スペクトルで確認
- ・フラーレンの光化学反応
- ・ナノテクノロジーについて（講義）



生徒の感想：

- ・今までナノ炭素化合物について得ていた知識より数段深い所や面白い話を聞く事ができて、またフラーレンを直接扱う事ができて貴重な体験だった。
- ・フラーレンの分子構造がおもしろい。フラーレンの IUPAC 名の長さに驚いた。
- ・図表（化学の副教材）で見た C<sub>60</sub>、C<sub>70</sub> 溶液を自分の目で見ることができ、感動した。
- ・カーボンナノチューブの組み合わせ方で性質が大きく変わる話は面白かった。
- ・スマホがうすくなるかも。夢が広がるな。
- ・内容も面白かったが、様々な分野を学んでおくことがとても大切だと思った。本当に面白い講演だった。
- ・ナノテクノロジーに対する興味がより強くなった。期待できるものが大きいナノテクノロジーの分野に進みたいと思った。

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：期待以上・期待通り 100%
- ・学習効果：学習に役立った 100%

### 3. 検証

(1)については、「核スピンとは何か」から講義が始まり、NMR のしくみと測定の理論、チャートの読み方や医療分野などへの応用まで、丁寧にわかりやすく説明をしていただいた。そのため、未知試料 C<sub>9</sub>H<sub>12</sub> の NMR チャートも、ほとんどの生徒が正確に読み、異性体を同定することができた。

また、アンケート結果もすべての点で満足度が高かった。NMR の測定理論や解析法への興味・関心が高まったほか、医療への応用（MRI）、データ処理の手法など、個性豊かな生徒たちの知的好奇心を喚起することができた。

さらに、今後の「テーマ研究」に、有機化合物の構造上の特徴と NMR チャートの関係を選ぶ生徒も現れ、下井先生らのご指導を仰ぎながら、さらに自主的研究を進める予定である。

(2)については、中学 1 年生から高校 2 年生まで幅広い学年が集まり、学年をまたいだ班編成で実験に臨んだ。フラーレンを題材に扱ってはいるが、分離実験の手法はカラムクロマトグラフィー、分析の手法も薄層クロマトグラフィーや可視吸収スペクトルの測定なので、高校生（特に「ゼミナール」受講生）には実験経験があり、後輩を指導しながら実験を進めることができた。

実験の前後の「光化学の基礎」や「ナノテクノロジー」の講義も、高校生レベルの基礎的内容から、量子化学の基礎、ナノテクノロジー研究の流れやその最先端研究の内容まで、それぞれの先生がご自身の研究成果も披露しながらわかりやすく講義を進めていただいたので、生徒の理解度が高く、大変好評であった。

また、アンケート結果もすべての点で満足度が高かった。生徒の感想も、フラーレンを実際に見ることができた感動、フラーレンやナノチューブの分子構造への興味、ナノテクノロジーへの期待や将来の進路希望など多岐に亘り、さまざまな点で、幅広い年齢の生徒に豊かな刺激を与えることができた。

（文責：化学科・梶山正明）

## c. 国語科

### 1. 5年間の目標及び仮説

本校国語科では、平成 19 年度の SSH 継続指定にともない、以下のような実施目標を掲げ、実践してきた。

- 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については、「生徒同士の学び合いが論理的思考力の養成に有効である」との仮説の下、実践的な授業を行った。その結果、ただ「聞くだけ」の坐学の授業とは異なり、生徒が積極的に取り組む姿勢が見られ、生徒の自己評価にもその成果が反映された。この 5 年間はより適切な教材や課題の選定を模索しつつ十分なカリキュラムづくりを目指した。

②については、科学哲学・科学史・生命倫理学などの領域を踏まえた論文を読むことで理解を深め、「科学とは何か」というメタレベルの思考に自ら答えを導き出せるようなカリキュラム作りを目指した。生徒達は将来の自分のあるべき姿と結びつけながら意見を整理し、自分の見解を述べて討論する場を設けた。

以上の目標設定から、科学への関心を高めるにはよりよい教材選定が必須であり、また、生徒の「話す、書く」機会を増やす場を提供することで論理的な思考力を高めることが可能であるとの仮説を立て、国語科では通常の授業を通じてサイエンスコミュニケーション能力の育成を図ることにした。

## 2. 方法

今年度、上記の目標に沿って実施された授業について報告し、その成果を検証する。

### 2.1 中学生の段階における SSH 研究授業

#### ・中学 1 年生（福田担当）

話し言葉と書き言葉の違いについて科学的に分析した。古典落語の CD を用いて噺家の言葉を聞き取り、文章作品との違いを検証した。

#### ・中学 1 年生（関口担当）

科学的な説明文の読解で学んだ概念について、

その定義とともに自分なりの観点で意義を見出し、それを説明した文章を書いた。単に科学的な思考のあり方を理解するだけでなく、日常とは異なる思考の特徴を自分で発見して説明することによって、表現と理解の双方で学習を深めることを狙いとした。

#### ・中学 2 年生（有木担当）

『平家物語』敦盛最期をプロットとして用いた数種類の文学作品を読み、その都度「熊谷直実は平敦盛を討つべきだったか」という議題で教室ディベートを行い、それぞれの作品の違いを味わった。そのディベートの中での記録や、聴衆役による評価、ディベートの反省、振り返りなど、機会に合わせて書くことを実施した。

#### ・中学 2 年生（東城担当）

あるテーマに関する 10 項目を、グループで討議し、合意形成をはかりながら、それぞれが重要だと思うことと、その根拠とを明確にしつつ意見文を作成する。その後、互いに書いた意見文を読み合いながら、より説得力のある文章の書き方を全体で検討した。

#### ・中学 3 年生（澤田担当）

評論文を論理的に読解する能力と「話す・聞く」能力の育成を目指して、ジグソー学習を導入した。担当者に対して質問者がどのように質問するかに留意して、文章理解を深めると同時にコミュニケーション能力の必要性についても学んだ。その後、同様の質問の技法を用いた「書く」授業も展開し、「読み・話し・聴き・書く」という総合的な国語力の育成に繋がった。

### 2.2 高校生の段階における SSH 研究授業

#### ・高校 2 年生（関口担当）

小説を、比較文学的な視点も交えて読解を進め、そのまとめとして自分なりの視点で小論を書く。その際、自分の論に要約を付けることを求めた。自分の書いた議論の骨格を自分で見直す作業を設定することで、表現の内容を高めることを狙いとした。

#### ・高校 3 年生（澤田担当）

原発問題を扱った評論・エッセイ等を積極的に取り上げ、現代社会における科学の位置づけについて生徒と考えた。特に、科学に関連するが、科学的ではないトランス・サイエンスな領域の問題

に関して、どういう態度をとるのが望ましいかという問題に重点を置いて意見交換をした。

### 3. 総合講座（講演会）

19 年度指定の本SSHは初年度より多士済々な講師をお招きし、様々な分野での講演会を行ってきた。本年度は金水敏氏（大阪大学大学院教授）を本校に招き、言語表現の多様性について「映画・アニメに出てくる“なまった英語”－役割語の観点から－」という題目で講演していただいた。文学作品などに登場する人物は、実際にそのような言葉づかいをしている人がいるわけではないが、そのような言葉づかいをすることでそれらしく感じてしまう言葉を役割語と定め、それらが作品に与える重要性について語っていただいた。

本講演は高校生はもちろん、中学生でも理解しやすいようアニメ、映画などの映像を交え、具体例を示して検証しながらの講演であった。ここで示された役割語というものは日本語だけにとどまらず、英語などの他言語でも十分に起こりえることである。英語でコミュニケーションをする場合、教科書で学習する標準的な英語ばかりではなく、さまざまな“なまった”英語に遭遇する。例えば、アメリカ映画に登場する黒人や東洋人の話し方にどのような特徴があるのかを示し、そこから社会的位やイデオロギー、偏見などが見えることを指摘された。普段気付かずにはいたステレオタイプな思い込みを廃して言語表現の働きを意識する研究に新鮮な驚きを示す生徒が多かった。事後アンケートの結果にも、研究者の斬新な視点とそれを着実に検証する姿勢を学んだという意見があり、将来の科学者の育成という意味で非常に意義のある講演会であった。

### 4. 検証

本校国語科では、通常授業の中で本SSH実施目標に則した教材の選定・実践により、生徒の科学的関心を高めることに成功した。特に4年次以降は中高の連携を最大限に活用した教育づくりを意識したため、高校では中学の実践を基盤としたより濃厚な授業が展開できた。国語科の授業で身につけた「書く力」や「話す力」は、実験や実証によって得られる事実や問題をきちんと言語化して他人に伝えるために必要な能力であり、本SSH

の5カ年計画によって長期的ビジョンをもって実践できたのではないだろうか。

また、特別講演では様々な研究分野の講師を招くことで、理数系教科だけでなく国語科という切り口で生徒の科学に対する関心を高めたことは、他校とは一線を画したSSH講演会になったのではなかろうか。講演会参加生徒も希望者を募るだけであるにもかかわらず、その内訳は文系理系を問わず興味関心の高い生徒が多く、さらに中学生も積極的に参加していた。

### 5. 次期SSHに向けて

平成23年3月11日以降の東日本大震災と福島原発事故を受けて、今回のSSHで本校が取り組んだ科学コミュニケーションの問題だけでなく、同時に、社会の営みの中で科学がどのように位置づけられるのかという問題が課題として指摘されている。これまで本校国語科では、高校で科学史や科学哲学を題材とした評論を扱うことで、科学とは何かを生徒に考える機会を与えてきた。今後はそれに加え、社会における科学のあり方を考える場を、評論の読解や議論などの形で提供したい。試みに今年度、高校3年生の授業において原発を扱った時事的な文章を素材に議論をしたところ、生徒は他のテーマより積極的に発言していた。こうしたことを受けて、科学という営みそのものを相対化し、問い直すような機会を、次期SSHでは設けていきたいと考えている。

（文責：国語科 有木大輔）

## d. 地歴・公民科

### 「科学者の社会的責任を考える」

#### 1. 仮説

2007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、今年度は昨年度に続いて水俣実習を行った。高校2年生で実施しているゼミナール「水俣から日本を考える」の実習を兼ねて、8月8日～11日の3泊4日で実施した。

実習では、水俣病に関連する施設を訪問し、水俣病に関わっている方々から実際に聴き取りを行った。

本校の社会科教育では、水俣病を含めた現代社会のさまざまな課題に迫る授業を展開している。たとえば水俣病に関しては、発生から今日まで多くの出来事が起こり、さまざまな場面で科学者や市民が関わっていることや、企業や国の社会的責任を学習している。実習を通して、科学者の社会的責任を明確に意識するとともに、各人が持つ科学観を深化させることができるようになると思われる。さらに、昨年発生した東日本大震災をふまえて、水俣病と原発事故との関連や、過去の公害経験を現在にどのように活かせるかについて考察できるようにさせたいと考えた。

#### 2. 方法

##### 2.1 事前学習

事前学習に関しては、昨年度の経験をふまえて改善することにした。以下の3冊をテキストとして使用した。

1. 『水俣を歩き、ミナマタに学ぶ』熊本学園大学・水俣学ブックレット 熊本日日新聞社 2006
2. 高峰武編『水俣病小史』熊本学園大学・水俣学ブックレット 熊本日日新聞社 2008
3. 栗原彬編『証言・水俣病』 岩波新書

さらに映像資料を使い、当時の状況についてイメージをもたせた。それらを準備した上で、具体的な訪問先を生徒に設定させた。また訪問先には、質問票を事前に送付した。今年は高校2年生の生徒6名が参加し、2名の教員で引率した。

日程：2011年8月8日（月）～8月11日（木）

行き先：熊本県水俣市、熊本市

内容：

- 8 日午後 熊本学園大学水俣現地研修センターにて原田正純先生の講義
- 9 日午前 親水護岸・水俣病資料館見学  
午後 フィールドワーク（1）
- 10 日午前 フィールドワーク（2）  
午後 フィールドワーク（3）
- 11 日午前 熊本市内での聴き取り

##### 2.2 水俣現地研修センター（原田先生）

8月8日の昼ころに水俣に到着し、まず熊本学園大学の水俣現地研修センターを訪問した。ここでは、原田正純先生から水俣学講座として、講義をしていただいた。原田先生は長年にわたって医学の立場から水俣病を研究してこられた方である。その経験を活かして熊本学園大学に水俣学の講座を開設された方でもある。先生から、水俣病との関わりや医師としてどのように患者と向き合ったかなどを詳細に話していただいた。たまたま岡山大学医学部の学生の方々と一緒にお話をうかがうことができ、生徒たちにとって進路を考える上でも参考になったのではないかと思います。とくに、東日本大震災や原発事故が水俣病事件とどのように関わるのかについて非常に熱心に話しておられたことが印象深かった。



<原田先生をかこんで>

##### 2.3 フィールドワーク（1ー見学）

2日目はまず、水俣病に関連した場所の見学から始めた。親水護岸や百間排水口など、当時を知ることのできる地点を環不知火プランニングの方に案内していただいた。続いて、国立水俣病研究センターを見学した後、毛髪の水銀量検査を行った。さらに市立の水俣病資料館も見学した。水俣病に深く関わってきた方からの説明は非常に詳細で、あらためてこの事件の大きさを認識すること

ができた。その後、少し離れた場所ではあるが、最初に水俣病患者が公式確認された坪谷集落を遠望した。現在は道路も整備され移動も楽だが、当時病院に行くこともなかなか厳しかった状況がうかがうことができた。

## 2.4 フィールドワーク（1ー聴き取り）

午後は、実際の水俣病の当事者からお話を聴くプログラムを行った。まず、水俣病の語り部である、杉本実さん、永本賢二さんの2名からお話をうかがった。2つのグループに分かれ、それぞれのご自宅（永本さんはほっはとほうす）を訪ねた。永本さんは昨年が続いての訪問である。杉本さんは、水俣病のことを学習すると必ず出てくる杉本栄子さんの息子さんである。家族のことや、自身の水俣病への思いなどを語っていただいた。また漁師をされているので、現在の不知火海での漁業のようすや、地元で有名となった「やうちブラザーズ」の活動についても話していただいた。一方、永本さんは胎児性の患者としての生い立ちから現在までを語っていただいた。2人それぞれの水俣病の経験だったが、訪問した生徒たちが受けた感銘は大きかったと思われる。

後半は、全員で相思社をたずねた。相思社は1974年に創設され、水俣病患者および関係者の生活支援を行っている。また水俣病資料館とは異なる歴史考証館を運営している。今回は職員の遠藤邦夫さんからお話をうかがった。話は多岐にわたったが、遠藤さん自身もそうであるように、水俣病支援のために外から水俣にやってきた人々の経緯と現在についていろいろとお話をうかがうことができた。現在でいえばボランティアであろうが、公害が激しくなるなかで、当時の活動のようすなどから生徒は当時の時代情勢への理解を



＜杉本実さんとともに＞

深めたように思えた。

## 2.5 フィールドワーク（2）

翌日もグループに分かれて、水俣病に関連する方々からお話をうかがうことができた。訪問先は、医療ケースワーカーをされている永野ユミさん、元相思社職員で現在は魚の移動販売をされている中村雄幸さん、元チッソの社員で現在水俣市議会議員の緒方誠也さんである。3名とも長い間水俣病に関わってこられ、さまざまな経験を積んでこられた。それぞれが専門とされる医療・福祉、水産物販売、チッソでの労働・市政経験など多面的な視点から水俣をとらえることができた。生徒は水俣病をただ企業対患者という構図だけでとらえられるものではないことを学ぶことができた。また当時の企業や国の対応についても知ることができた。

最後に全員が参加したチッソ水俣工場見学では、ゲストハウスで総合的な説明を聞いたあと、工場内を見学することができた。参加生徒たちはそれまでの聴き取り内容をもとに、さまざまな質問をぶつけていた。チッソの企業責任や現在の企業活動、最近の新しい動きなどを学習する機会となった。



＜チッソ工場ゲストハウスにて＞

## 2.6 フィールドワーク（3）

最終日は、熊本市内にある熊本日新聞社を訪問した。テキストにも使った『水俣病小史』の著者である論説委員長の高峰武さんからマスコミの立場からみた水俣病について語っていただいた。新聞社の水俣病報道を資料を使いながらいねいに説明していただいた。客観報道の難しさや地方と中央の新聞社の報道姿勢の違いなど新たな視点を得ることができた。また高峰さん自身の新聞人

としての生き方にもふれることができた。

### 3. 検証

#### 3.1 卒業研究からみたゼミナール学習

昨年度、水俣へ行った生徒たちは、高校3年時にテーマ研究を行った。そのタイトルの一部を次に示す。水俣病事件について／カナダ水銀事件について／「客観報道」について／ボパールと水俣／環境都市水俣を考える／水俣病特別措置法と基本合意について／水俣病関西訴訟について／「水俣」からメディアを考える／科学哲学／日本の電力事情などである。ほとんどの生徒が水俣に関連したテーマに取り組んでいる。実習が彼らの問題関心を一層深めることにつながったと言えよう。

#### 3.2 教え合い、学び合うゼミナールオープン

今年度の実習の成果については、2012年1月に開かれた校内のゼミナールオープンの場を利用して、中学3年生・高校1年生（一部）の生徒に伝えることができた。報告書をもとに、担当者が訪問先で得られた知見を具体的に説明していった。生徒たちは後輩たちへの説明を通して、この問題への理解を深めることができた。



#### 3.3 生徒の感想から

最後に参加した生徒のレポートから、効果を検証してみよう。

「私が実際に水俣の地を踏むまでは水俣という地について、魑魅魍魎がうごめくような、どこか異様な空気の支配する場所というイメージを持っていた。しかし、駅から降り立ってみれば何のことはない、どこにでもありそうな田舎であった。

そこからはマイナスの要素はまるで見当たらない。おいしい空気が流れ、普通に人が歩き、普通

に自動車が通り、普通に路面電車が走る。水俣病など存在しなかったかのように時が流れていた。水俣病事件について何も知らない人が来ても、何も知らないまま終わりそうな、「普通」という言葉がしっくりくるような町だった。しかし、一見何の変哲もない現在の水俣でも、歩き回り目を凝らせばやはり事件の爪痕が見えてくる。親水護岸はまさにその一つだ。海沿いの波打つような曲線美は、巨大なドラム缶が埋まっていることをうかがわせる。そのドラム缶には汚染された魚がミンチにされ詰め込まれている。犠牲者となった彼らの目の前を、美しさを取り戻した透明な海が波打つ。

水俣市が高らかに謳う「環境都市」もそれに当てはまる。実際に水俣で会ったある方は、「住民はついていけない。行政は上ばかり見ている。もっと下も見てほしい」と語った。金のとれる「環境」という言葉を連呼する市と水俣民の差は、今も埋まっていない。私が水俣を訪れる前の水俣病に関する知識は、教科書というフィルターにより濾過された、略史をさらに略したようなものだけであった。しかし、水俣の空気を吸い、水俣の地を歩き、水俣の人と出会う中で、今まで知ることのできなかった、知らなくてはならないことに触れることができた。敗戦後、日本が復活しようとする中で水俣は犠牲となり、東京は豊かになった。そして今も苦しんでいる人がたくさんいるということを実感した。

魑魅魍魎は地面の下に埋められた。しかしまだうごめいている。埋められなくてはならないものはいまだ埋められていない。水俣病事件は終わっていないのだ。それを私はこのフィールドワークで痛感した。解決するときは一生涯来ないのかもしれない。だがそれでもあらゆる苦しみを抱えながら活動する方は大勢いる。大切なことは、この事件を注視していくことだと私は思った。」

この生徒のレポートから、漠然と抱いていたイメージや知識が、現地を訪れることで明確になり、多様な視点が加えられたことがわかる。さらに、教科書に必ずのっている水俣病ほどの大きな公害でさえ、現在ではしだいに風化し忘れ去られようとしていることもわかる。

今後、参加生徒たちは卒業研究に取り組む中で、「科学者の社会的責任」への追及をさらに深めていくことを期待したい。(文責:地歴科 大野 新)

## ● 保体科

### 1. 仮説

保健体育・スポーツ科学及び医学の分野では最先端の科学技術を駆使して研究が行われている。この方面への生徒の関心は高い。筑波大学においては保健体育・スポーツ科学及び医学において最高峰の設備が整っている。2つの専門学群と本校とが連携を保ち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。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講演会を実施した。筑波大学運動栄養学研究室と連携して全国で講義を実施している NPO 法人スポーツ指導者支援協会の伊藤慧講師に講演して頂いた。また例年通り保健及び体育の授業において「からだを測る」を継続して行っている。また今年度も自分の体に気付き、関心を持ち、より良い状態へ自らを変えていくための姿勢学習を実施した。今年度は駒場小学校サマースクールにおけるサッカー教室が実施された。また高校3年生の研究レポートの支援が行われ、学年テーマ研究発表会では「ブラインドサッカーの意義」という題でポスター発表が行われた。さらに高校生を対象に食育プログラムが実施された。

これらの取り組みを通して生徒の幅広い科学への関心と理解を深める。

### 2. 方法

#### 2.1 からだを測る

1. からだを測る（体格・体力・生活習慣の検討）
  - (1) 全学年を対象とした身長・体重・座高・胸囲・大腿囲などの形態測定、体力測定を実施した。
  - (2) 新教育課程の実施に伴い、先行実施前後の体力変化の比較を行うため今年度は中学1年生の体力を28年間の推移を比較し筑駒論集にまとめた。
  - (3) 高校2年生を対象とした骨密度及び血中ヘモグロビン濃度の測定を女子栄養大学と東海大学の協力を得て6月24日に行なった。骨密度の測定は61期生を対象に5年間継続してきた。
  - (4) 中学1年生から高校2年生を対象として超音波による筋厚・脂肪厚の測定を行った。
  - (5) 中学1年生から高校3年生を対象として姿勢の撮影を行った。一部の学年はファイル化している。高校3年生には自分の体の大事な記録として数年分の姿勢の資料を渡した。

- 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。



- (6) 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QCシートによるライフスタイル調査・運動時間・基礎代謝量・心拍数の測定をする取り組みを行った。

#### 2.2 姿勢教育

上記(5)③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。

10/11(火) 姿勢写真撮影、超音波筋厚撮影、胸囲測定、骨盤チェック(高さの違い、ねじれ具合など)。



- 10/18（火）現像された自分の写真を台紙に貼り付ける。自分の写真から考察する。
- 10/25（火） 姿勢プロジェクト発表会のグループ分け。テーマ決め。
- 11/8（火） グループごとに調べ学習。プレゼンテーションの作成をグループごとに行う。
- 11/15（火）・11/22（火） 姿勢プロジェクト発表会。各グループ持ち時間は 12 分。聴く生徒達は評価表に発表の評価を記入する。
- 11/26（土） 本校教育研究会の公開授業にて高校 2 年生が中学 2 年生に発表する。

## 2.3 教えあい学びあい

### （姿勢について後輩に教える。異学年交流）

(1)「姿勢について」の授業を教育研究会で実施。高校 2 年生が中学 2 年生に授業で調べたことを発表した。研究協議会では参観教員から多くの質問が出され興味を持たせた。継続的な取り組みにより生徒の残した学習記録が蓄積されてきた。

(2)駒場小学校サマースクールにおいて高校サッカー部がサッカー教室を行った。テーマはスポーツにおけるコミュニケーション方法であった。  
日時 2011 年 7 月 29 日 参加者 高校 2 年生 7 名  
高校 1 年生 6 名 中学 3 年生 5 名 教員 1 名 外部コーチ 1 名 小学生 11 名

## 2.4 高校 3 年生研究レポートの支援

「欧州サッカーフィナンシャルフェアプレーについて」、「社会におけるスポーツの意義」、「サッカーくじについて」、「ブラインドサッカーからユニバーサルデザインを語る」、「スポーツの分析、サッカーとバスケの比較」、「横浜ベイスターズの問題点」等についてレポートが提出された。

「ブラインドサッカーの意義」については学年テーマ研究発表会にてポスター発表を行った。



## 2.5 食育プログラム筑駒 LBC

### Lunch Box Conditioning Life ≡ Basics of Creation

食生活の改善や睡眠時間の確保といった生活習慣の確立は「生きる力」の基盤であり、平成 17 年には食育を推進する食育基本法が成立した。

本校では、2003-2004 年に中学生を対象とした食の専門家の指導による「3・1・2 弁当箱法」を実践した。2011 年には高校 2 年生を対象として、養護教諭・保健体育科教諭が中心となり「生きていく基礎を作り出す」をテーマに、自分自身が「自分にとって適量かつバランスのとれた食事」を実践していく授業及び実習を行った。実習は足立己幸女子栄養大学名誉教授らが開発した「3・1・2 弁当箱ダイエット法」が基本となっている。詳細を本校紀要筑駒論集にまとめた。



## 2.6 講演会等の開催

2011 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

「なりうる最高の自分をつくる-食生活の鍵-」

講師：伊藤慧 NPO 法人スポーツ指導者支援協会  
プロジェクトマネージャー





日時：2011 年 12 月 19 日 参加者：中学 1 年 14 名 2 年 7 名 3 年 1 名 高校 1 年 7 名 2 年 2 名  
 内容：食生活バランスチェック票（筑波大学運動栄養学研究室製作）を使用しながら受講生徒自身が自己分析を行った。分析結果から栄養バランスを数値化し自分の目標とする姿をイメージし目標を設定した。自立した食生活ということを重視した講演で、中高生にとって自己を考える良い機会となった。

過去の SSH 講演会については以下の通りである。

#### ・2008 年度「スポーツトレーニングにおける体力・技術の相補性」

講師：村木征人先生（筑波大学人間総合科学研究科教授 メキシコ・ミュンヘンオリンピック日本代表）

内容：トレーニングの中心課題でありながら、一面的・断片的に扱われる傾向にある体力および技術トレーニングについて、不可分な全体としての運動の相対性および相補性原理の観点から、最大下負荷でのトレーニング意義について以下の話題にて講演していただいた。

#### ・2009 年度「スポーツのバイオメカニクス的研究」

講師：藤井範久先生（筑波大学人間総合科学研究科准教授）

内容：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。

#### ・2010 年度「速く走るための身体の挑戦」

講師：谷川聡先生（筑波大学大学院人間総合科学研究科講師 シドニー・アテネオリンピック日本代表 110M ハードル日本記録保持者）

内容：誰もがができる走ることを題材に、これまでの速く走るためのアスリートの挑戦を動画にてわかりやすく紹介したものだった。特にスプリン

ト及びジョギング、立位姿勢の特性に着目しながらヒトの運動学習を見直したものだだった。

### 3. 検証

#### 3.1 SSH 講演会参加者の感想・アンケート結果

講演会を実施し、その感想・アンケートの結果は以下の通りである。幅広い科学への関心と理解を深めるために満足できるものであったと考えられる。「全ての栄養素のバランスによって体が形成されていく」「レーダーチャートの形が悪かった。食生活の改善が必要だということが再確認できた」「パフォーマンスに応じて自分の生活リズムを変えることは当たり前だが気付いていなかったのでこの講演をうけて良かったと感じた」

またこれまでの講演会によるその感想・アンケートの結果は以下の通りである。「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」「最大限頑張るよりも、全力マイナス数パーセントの力でトレーニングすると最大の効果が得られる」

#### 3.2 SSH5 年間の取り組みの振り返り

SSH の取り組みのまとめは以下の通りである。

①SSH による講演会や他教科の取り組みに、保健体育科の取り組みが活性化され、保健と体育を融合させた授業の記録がより蓄積されてきている。内容は「体を測る」、「体力を測る」、「生活習慣の改善」、「姿勢教育」、「テーマ研究レポートの支援」、「食育プログラム」等である。

②SSH によって新しく検討されているものは、駒場小学校のサマースクールでの教え合い学びあいや SSH 講演会による筑波大学等との連携した取り組みである。SSH 講演会により、国内最高峰の一流競技者、第一線で活躍する研究者に話を聞くことができるきっかけとなった。大学等との連携を継続して推進する。

③これまでの取り組みを教育研究会の研究授業や本校紀要筑駒論集での発表等を通して情報発信していくが、まだまだ、より多くの手段で本校の取り組みの成果を社会に伝えていくことで社会に貢献できる。情報発信に力を入れていく。

（文責：保健体育科・横尾智治）

## f. 英語科

### 1. 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ている。

仮説「サイエンス・コミュニケーション能力は、全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。

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」として、講演会やワークショップを毎年実施しているが、今年度はワークショップ“Learn to Present”を一学期末に開催した(後述)。

### 2. 方法1「中学での実践」

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

1学期は、ALTによるインタビュー「自分の名前、年齢、天気、日にち、好きな教科など1学期に学習したことについて質問するので、口頭で答える」を行った。さらに、パフォーマンス・テストとして『基礎英語1』の内容をプレゼンテーションすることを課した。

2学期のパフォーマンス・テストは、自分の好きな作家や音楽家について、または Show and Tell のように自分の物を持ちより、一定のパターンに当てはめる形で行った。

#### 2.2 中学2年

各学期末にパフォーマンス・テストを行っている。1学期は未来を表す表現を学んだあとで、“Me in 20 Years”というテーマで20年後の自分について、2学期には「AとBを比較して、Aの方がより〜である」ということを聴衆に説得するスピーチを行う。単なる感想ではなく、聴衆が納得するような理由をきちんとあげるよう指示した。

その際のスピーチの指導では、Speak loudly, clearly, logically. Have eye contact. Good posture. Effective props.の4点を特に強調した。

### 2.3 中学3年

ティームティーチングのペアワークにおいて、生徒が日常よく出会う、極めて現実に近い場面を設定し、課題解決のためにどのような表現で応答ができるかを考えさせ、これまで学習した知識を引き出すことに重点を置いた。与えられた言語材料を練習するのではなく、まずはどのような内容にどの表現が必要なのかを考えることから生徒の学習活動が始まることに留意した。

### 2.3 中学3年テーマ学習

今年度も引き続き日本学術振興会のサイエンス・ダイアログに参加している。日本の大学で最先端の科学を研究している外国人研究者が来校し、英語で講義をしてもらうというものである。専門的な科学の話だけでなく、自分の出身国や文化、自分の研究に関する基礎的な科学、そして、現在の自分の研究について、基本的に英語(彼らの母国語ではない場合がほとんどである)で話してもらい、その後で英語での質疑応答を行うという形式である。今年度はさらに、ただ受動的に参加するだけでなく、生徒は各自興味関心のある研究テーマを選択し、講師の presentation 方法を参考にして3学期に発表(ポスター・ppt等)を行った。

### 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が、プレゼンテーションに関しては、科学的内容にこだわらず、様々な内容や形式で行われた。

#### 3.1 高校1年

ティームティーチングの授業では、自己紹介に始まり、日本の伝統行事(端午の節句)や校外学習での登山など、身近な題材を取り上げて、スピーチを行った。

学期毎にパフォーマンス・テストを実施した。映画の1シーンを演じる(2人組)、100万回生きた猫のスキット(3人組)、英詩の暗唱(4~5人組)などから選び、クラス単位での発表を行った。

### 3.2 高校2年

通常授業で内容・英語ともに優れた有名スピーチを暗誦させることから始め、その他の授業では身近なものから時事問題まで幅広いトピックのプレゼンテーション、1対1ディベートを行い、出来る限り多くの生徒が発話する機会を設けた。

### 3.3 高校2年ゼミナール

中学3年と同じく、日本学術振興会による「サイエンス・ダイアログ」に参加し、外国人研究者の講義を受けて質疑応答を行った。その講義の内容を次年度高3テーマ研究(卒業研究)へつなげられるのが理想ではあるが、最先端の研究ゆえに難しいということもあって、テーマは独自で設定し、プレゼンテーション技術などは講師を参考にするという中3テーマ研究と同じ手法を採用している。

### 3.4 高校3年

発表形式の活動こそないものの、Readingでは自然科学分野関連の英文(臓器移植、ヒト遺伝子組み換え、環境保護など)を扱った。

## 4. 方法3「ワークショップ“Learn to present”」

一学期末、サイエンス・プレゼンテーション指導における専門家のMr. & Mrs. Vierheller氏を招き、英語での効果的なプレゼンテーション・スキルを学ぶワークショップ“Learn to Present”を行った。

中1から高3まで約60名の生徒が参加し、異学年集団を形成してグループごとの発表活動に取り組んだ。指導は聴衆を引き付けるためのさまざまなスキル、スピーチをする際の声の強弱、イントネーション、アイコンタクト、身振りなどについて、実際にグループで発表をしながら指導して頂いた。

同夫妻には、二学期末にも再度ご来校いただき、台中一中との研究交流に臨む生徒の発表の指導をいただいた。

まず、今年度発表の全グループに規定の20分ずつ発表をしてもらい、英語科で国際交流プロジェクトに関わっている教員および発表テーマ担当の理科教員から気づいたことを指摘していった。こうして1度内容を総ざらいしたところで、Vierheller夫妻にご登場いただいた。

各グループに5分ほど発表してもらい、主にプレゼンテーションで気になったことを指摘していただいた。実際には作成したパワーポイントに提示すべきもの、口頭発表に回した方がいいもの、プレゼンに適した語彙など非常に微に入り細に入った指導をしていただいた。

## 5. その他の実践

その他にも次のような研究発表・生徒海外派遣を行った。

- ・ RITS スーパーサイエンスフェア2011への参加・口頭発表[SSH事業の一環として]
- ・ 台湾国立台中第一高級中学校との生徒研究交流[SSH事業の一環として]
- ・ シンガポール NUS High School への高校1年生(1名)派遣[立命館高校コア SSH事業への招聘]
- ・ 東芝地球未来会議(開催地タイ)への高校2年生(2名)派遣

## 6. 検証

ここ数年、海外などで生徒が実際に英語でコミュニケーションを取る機会が増えたことにより、英語科としての取り組みにも変化が見られる。

ここ数年、他国の生徒と研究発表など交流することにより、実際に必要なスキルがどのようなものが、生徒も教員も実感を持って認識できるようになったというのが大きな変化である。

国際交流を経験した生徒は明らかにこれらを意識して、口頭発表や、通常の授業に取り組むようになる。自分で何とかコミュニケーションを取ったという自信と、相手と更に深く議論するためにはまだまだ不十分という実感からであろう。

この5年間(それ以前からも)、「コミュニケーションのための英語」の視点を持ち、実践を行ってきたが、国際交流の活発化という新たな状況を経て、さらなる研鑽が求められると言えるだろう。

(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. 最終年次の実施内容とワークショップ参加状況

SSH4年次が終了した時点で、最終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4年次までに獲得した経験に基づいて、機材の運用性や導入段階・展開段階双方の教材を完成させる。過去3回のワークショップで確立してきたノウハウを踏襲し、内容構成や進行手順などワークショップの展開形態を完成域に引き上げる。機材の準備数は昨年度までに整備された員数を基準とする。

②開発済みの教材(平板加工・ピルケース等)を再考し、実用的な側面を備えつつ加工しやすく、学習者がデザインや加工手順に工夫を自己発見的に加えることが可能で、より興味・関心を抱きやすい教材に改善する。

③ワークショップ参加者の対象を本校以外の生徒にも拡大し、他校からの参加希望者を受け入れる。人数は最大24名程度とする。募集方法については、WEBを介した一般募集や、あるいは近隣の高等学校から協力を得る。

④技術・情報科関係の現職教員をワークショップの参加対象者に加える。今後、現職教員対象の研修会的なワークショップや、教員免許更新講習に供するセミナー的なコンテンツとしての展開を図る。

⑤第1・2・3回参加者(経験者)の活用を図り、経験者が未経験者の学習を支援できるようにする。

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。

5年間にわたるSSH研究で、2年次から今年度最終年次まで計4回のワークショップを開催してきた。毎回のように参加者を思うように確保できず、教材の改善にも顕著な進展を加えることができないままに進んできた。しかし、3DプロッタやPCの利用環境、講師の人選、講義内容の構成、全体的なコンテンツとしての充実、ワークショップのフローなどに年々改善が加わり、内外の関係者の協力によって参加者数も開催に足る人数が保たれてきた。

研究計画の③にあるように、昨年同様に他校からも生徒を参加させ、さらに研究計画の④にあるように技術・情報科関係の現職教員をワークショップの参加対象者に加えることにした。その結果、本校から高校生5名(1年3名、2年2名)、門田和雄先生のご協力で東京工業大学附属科学技術高等学校から4名

(1年4名)、講師でもある松本誠之先生のご協力で都立園芸高等学校から2名(1年2名)の計11名の参加を得た。現職の先生方としては、私立中高一貫校から1名、都立工業高校から1名、横浜市立小学校から1名、大学附属中学校から1名、都内市立中学校から1名、都内区立中学校から3名の計8名の参加があった。

研究タイトルにもあるように本SSH研究は、授業の普及や教員の養成を目指しているから、最終年次の報告では特に参加された現職教員の方々からの反応を重視し、ワークショップ内で実施したアンケートの分析に一定の力点を置きたいと考える。また、極めて遺憾なことに最終回である第4回ワークショップにおいて、致命的ともいえる3DプロッタやPCの利用環境上のトラブルが露呈した。このトラブルによってワークショップの後半(午後)が実質的に成果を伴わないものとなってしまった。この問題についても報告する。

#### 2. 第4回ワークショップの開催

最終年次における第4回ワークショップは、7月23日(土)に第3回と同様に1日(午前・午後)の日程で開催することにし、以下の時程で実施した。当初は午前中のみ2日間にわたって開催していたが、第3回以降ワークショップのフローを工夫することで1日での開催に変更してきた。

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プロッタによる平板加工のあらまし

11:20～11:50 平板加工の準備、デザイン作業

11:50～12:20 平板加工実習

12:20～12:30 午前の部事後アンケート

13:30～13:50 出欠確認、資料配布、事前アンケート

13:50～14:50 講義「RolandMDX」砥山先生

14:50～15:00 休憩

15:00～15:20 3DCADによるプロダクトデザイン

15:20～15:50 ピルケース加工の準備

15:50～16:20 ピルケース加工実習

16:20～16:30 午後の部事後アンケート

ワークショップ当日の講師として、東京都立産業技術高等専門学校の黒木啓之先生(講義「CAD・CAMの世界」担当)、ローランドDG株式会社の砥山博行先生(講義「RolandMDXについて」担当)、補助スタッフとして東京都文京区立第三中学校の

松本誠之先生、横浜市立岩井原中学校の渡邊隆昌先生、本校非常勤講師の永澤悟先生、さらに運営スタッフとして本校技芸科教員の協力を得て開催した。生徒の参加者は概ね所属学校ごとに4グループ、現職教員の先生方は学校種ごとに3グループに分かれてもらった。

### 3. 3Dプロッタ・PC利用環境の改善

これまで3DプロッタとPCの接続には、自作加工によるRS-232C接続ケーブル(図1)にUSB-RS232C変換ケーブル(SANWA社製)を連結して用いていた。かねてからRolandDG社の強い勧めもあり、今年度は同社製の専用USB-シリアル変換ケーブル(図2)を購入し全て交換した。この結果、3DプロッタとPCは1本のケーブルで簡便に接続できるようになった。

図1 自作加工によるRS-232C接続ケーブル

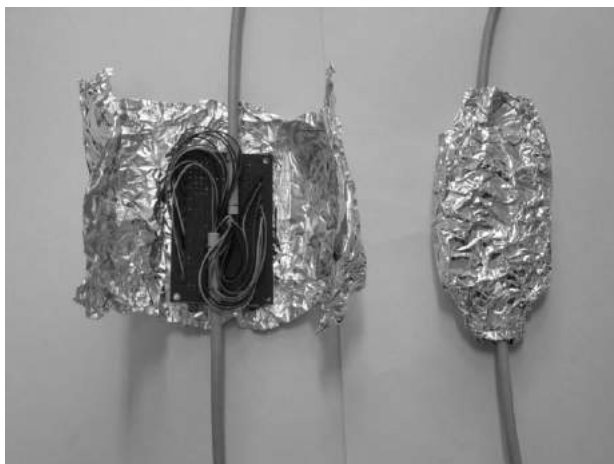


図2 Roland社製専用USB-シリアル変換ケーブル



また、演示用も含めて8台のPCのOSを、WindowsXPおよびWindowsVistaから、全て最新のWindows7Professionalに変更した。USB-シリアル変換ケーブルを使用するために、RolandDG社ウェブ

ページ([www.rolanddg.co.jp/download/3d/index.html](http://www.rolanddg.co.jp/download/3d/index.html))より同製品用のデバイスドライバをダウンロードして組み込んだ。

事前に必要な機器を取り揃え、上記のような作業環境改善の作業に加えて、全ての3DプロッタおよびPCについて動作確認を行った。過去3回のワークショップの経験から、機器の動作環境にはもはや何ら問題は含まれないと確信していた。

図3 「MODEL A Player」のレイアウト／面だし設定の画面



図3は3DプロッタMDX-15に付属する3D切削用アプリケーションである「MODEL A Player」のレイアウト／面だし設定の画面である。この中に、材料上の任意の位置にツール(切削ミル)を移動させる機能があり、ツールの移動と同時にツールが切削速度で回転し、かつツールが垂直方向にも移動するようになっている。全ての3Dプロッタについてこの画面による動作確認を行うことで、アプリケーションによる切削は完全に行える状態にあると判断した。しかし、動作確認をこのような最小限度にとどめてしまい、実際に具体的なデータで製品を最後まで切削できるか否かの動作確認を怠ったため、次章で述べるような致命的な問題・失敗を引き起こすことになってしまった。

### 4. 3Dプロッタの異常動作と原因

ワークショップ午前中のプログラムが順調に進行・終了し、午後のプログラムも講義の部分が予定通り進行して、いよいよ参加者たちはPCおよびアプリケーションソフトウェアによる3D切削、作品の製作に取り掛かっていた。McNeel製Rhino4.0を用いて、参加者によってはデータに変更を加えて、独自の作品を作ろうとしている方もいた。順調にデータの変換を終えて、MODEL A Playerに読み込ませ、MDX-15に次々と切削データを送り始めた。

切削データを受けるとMDX-15は切削を開始し、

最初しばらくの間は順調に材料を切削していた(図4)。最外周部の切削が終わり、ツールが移動して内部の切削に入りかけた頃、突然ツールが異常な方向へ移動(暴走)し始め、材料中に不規則な切削痕を残してしまった。ツールは垂直方向にも暴走し、一部では材料を設置する金属プレートにまでツールが達して傷をつけることもあった。

図4 MDX-15による切削開始直後

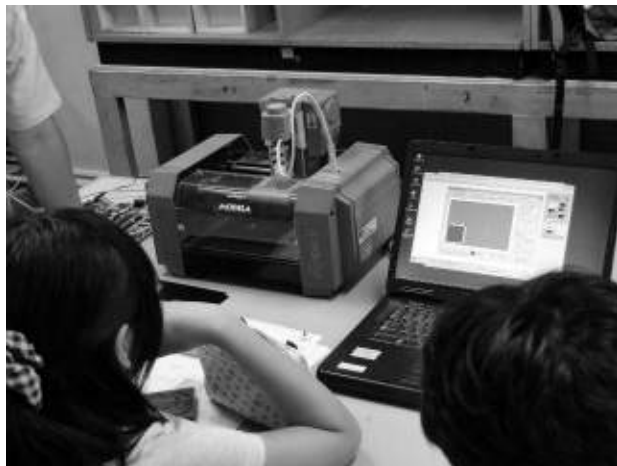
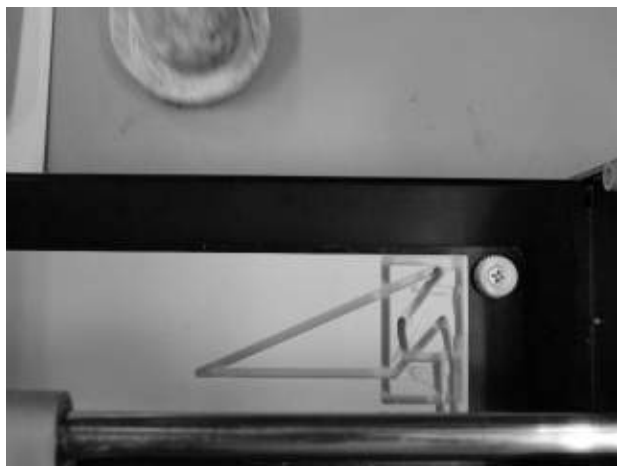


図5 ツールが突然異常な方向へ移動した様子



最初は、作業が先行していた1・2の班でこの現象が生じ、特定の班に限られた個別の問題であろうと想像された。しかし、間もなく後続のいずれの班でも同様の現象が起こり、全ての3DプロッタおよびPCに共通する問題であり、その場では対処のしようがないことが判明した。ワークショップの山場である切削作業は中断を余儀なくされ、参加者にはひたすら謝罪をして止む無くワークショップを終了した。

同様の現象を以前にも経験していたことから、その原因がPCの設定、とりわけMDX-15およびUSB-シリアル変換ケーブル(接続ケーブル)用デバイスドライバの不具合にあることが予想された。後日、原因の徹底的な究明作業に取り組むことにした。

原因究明作業は難航を極め、RolandDG社のサポートの協力を得ながら鋭意進められたが、結果的に解決することはできなかった。そして、今後ワークショップの計画はないものの、ケーブルを昨年度まで使用していたものに戻し、Windows7用のデバイスドライバを組み込んだところ、全ての3Dプロッタが正常に動作するようになった。以下は原因究明作業の詳細である。

①ローランドDG社WEBページの最新ドライバを使い、指示手順通りに10回近くドライバのインストールを試みた。また、インストールの手順、OSの設定を変更して、さらに10回近くドライバのインストールを試みた。結果は全て失敗に終わった。

②ローランドDG社のサポート窓口で電話で相談したところ、同WEBページには説明されていない手順を指示されたのでその方法を試した。結果はやはり失敗に終わった。

③再度ローランドDG社のサポート窓口で電話で相談したところ、OS(Windows7)のシステムファイルの一部に不具合があるとのことで修正用ファイルが送られてきた。最初のファイルは64ビットOS用だったため、その後32ビットOS用が送り直されてきた。このファイルを用いた結果も失敗に終わった。

④再度ローランドDG社に相談したところ、担当の技術者を派遣することになり、8月10日(水)に2名の方が来校された。

⑤約半日にわたり環境の確認や設定を変更しながらドライバのインストールが繰り返され、2台のみ何とか動作するようになった。他のPCは全く同じ環境であるのに失敗に終わった。

⑥他のPCが何故正常に動作しないのか、2台のみが何故正常に動作するのか明確な理由は分かっていない。

⑦月末に再度来校することで、作業を終えて担当者はいったん帰った。その後、昨年までの環境に戻す作業を行った。

⑧RS-232Cを自作加工したケーブルに、サンワ社製USB-シリアル変換ケーブルを接続し、PCと切削機を接続した。

⑨これまでにインストールされたローランドDG社製のドライバファイルを全て削除しPCを再起動した。

⑩サンワ社WEBページからUSB-シリアル変換ケーブルのWindows7用ドライバをダウンロードしインストールした。

⑪その結果、全てのPCで切削機は完全・正常に動作した。

⑫誤動作の原因は、ローランドDG社の純正ケーブル、あるいは同ケーブル用ドライバファイル、あるいはWEBで説明されているインストール手順のいずれかにあると思われる。

正常に動作するようになった3DプロッタとPCを用い、参加者が残っていた切削データを使って作品を全て製作した。そして、作品をそれぞれの参加者のもとへ謝罪文を添えて郵送した。その後、ワークショップから半年ほど経った本年1月に、RolandDG社より

以下のような連絡があった。

「その後、対策が判明し、既にホームページに公開しております。異常動作は、ケーブルのドライバのバージョンが異なるものがインストールされてしまうことが原因でした。対応策として、本ケーブルに対応するバージョンのドライバ(2.6.0.0)を確実にインストールする手順をホームページに掲載いたしました。」

つまり、基本的にデバイスドライバや設定手順には問題がなかったことになる。インストーラの作成段階で単純なミスが加わり、そのままWEBページで配布されていたことになる。その影響は同製品の全ての一般利用者に加えて、同社のサポート・サービス要員にまで及んでいたことになる。とりわけワークショップで参加者の方々には非常に残念な思いをさせたこと、その後のトラブルシューティングが実際には意味をなさないものであったこと、いずれも大変悔やまれるところである。

この問題は、先端技術を供給するメーカー等の単なる過失として片付けるべきではない。先端技術・研究の成果を活かした授業の普及を目指す以上、このような先端技術の運用時に紛れ込む仔細なトラブルを避けて通る方法はないのである。普及・検証済みの技術と違って、このようなトラブルは事実上教材開発者自身が直面して解決を図らねばならないものである。また、この状況を踏まえて他者に伝達することが、次世代SSH教員の養成には不可欠であろう。

## 5. ワークショップアンケートの集計と分析

今回のワークショップでは、SSHワークショップ生徒向け事前アンケート、同前半生徒向け事後アンケート、同後半生徒向け事後アンケート、同教員向け事前アンケート、同前半教員向け事後アンケート、同後半教員向け事後アンケートを、進行に合わせてそれぞれ実施した。

・生徒向け事前アンケート

「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。」に対して、本校生徒からは「せっかく筑駒にいるのだから、このチャンスを生かすべきだと思ったから。」、「学校のポスターで。CAM、コンピュータによる製造という言葉に興味を持ったから。」、「昨年度もこのワークショップがあるとは知っていましたが、結局は参加しなかったもので、今回最後だとも書かれていたため参加を決意しました。」、「兄が大学時代に所属していた研究室がCADの研究をしており、よく話を聞いていたの

で興味があった。」、「友達にさそわれたので」といった回答があった。科学技術高校を含む他校の参加者からは「機械科の先生にすすめられ、CAD、CAMに興味を持ったからです。」、「学校で先生に聞き、興味を持ったから。」、「母がかつてCADを使用して仕事を行っておりまして、興味を持ちました。」、「今回の講義は自分のあまり得意でない分野で、自分の将来には必要になってくるだろうと思ったから。」、「自分はCADについて興味があり、今回、機械科の先生がこの授業について教えてくれたので受講してみようと思いました。」、「中学校時代の先生に誘われたから」といった回答があった。文面から判断するに、他校生徒の方が明確な理由やきっかけを述べており、本校生徒はやや曖昧な印象があり、昨年度と同じ傾向である。

図6 第4回ワークショップの様子



「最近1年以内に他のSSHプログラムを受講しましたか。」に対して、①受講していない(9名)、②受講した(2名)と回答があり、受講した2名はいずれも本校生徒であった。

「CAD・CAMに関して元々どの程度の知識や理解がありますか。」に対しては、①かなり知識や理解がある(0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(6名)、④ほとんど知識や理解がない(0名)、⑤全く知識や理解がない(5名)という結果で、ほとんどの生徒がCAD・CAMに対して知識や経験を持ち合わせていないことがわかる。しかし、この結果は本ワークショップが想定している生徒が参加していることも示している。

「CAD・CAMに関して元々どの程度の興味・関心がありますか。」に対しては、①強く興味・関心がある(2名)、②ある程度興味・関心がある(7名)、③どちらとも言えない(2名)、④ほとんど興味・関心がない(0



名)、⑤全く興味・関心がない(0名)と回答があり、おしなべて興味・関心が高いことがわかる。

#### ・前半生徒向け事後アンケート

3Dプロッタを使ったPIC制御による平板加工実習を終えた時点で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。」に対して、①よく理解できた(4名)、②ある程度理解できた(7名)、③どちらとも言えない(0名)、④あまり理解できなかった(0名)、⑤理解できなかった(0名)と回答があり、参加者全員にほぼ理解が及んだことがわかる。

「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。」については、①良い結果が得られた(7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)、また「平板加工実習では良い結果が得られましたか。」に対して、①良い結果が得られた(7名)、②ある程度良い結果が得られた(4名)、いずれの質問についても④あまり良い結果が得られなかった(0名)、⑤良い結果が得られなかった(0名)となり、前半の実習は円滑に進行して十分成果があったと考えられる。

「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。」に対しては、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(3名)、③特に変化はない(1名)、④興味・関心が多少損なわれた(0名)、⑤興味・関心が大きく損なわれた(0名)となり、事前アンケートの「元々どの程度の興味・関心がありますか」に対する回答の分布と比較しても、顕著な向上があったことが分かる。

#### ・教員向け事前アンケート

前述したように、今回は現職教員にも参加を求め、指導者の視点からもワークショップの評価や意見を得るようにした。

「本ワークショップのタイトルは生徒の興味や関心をどのくらい惹くと思いますか。自由にお書き下さい。」に対して、「CADとかCAM自体が生徒はよくわからないので、現状では興味関心を示すのは、むずかしいかもしれない。」「CAD・CAMをかるく知っている生徒には興味を惹けると思いますが、何も知らない生徒にとっては、意味が分からないかと思います。」「興味関心はひくと思いますが継続させられるかどうか?」「自分の思った形や図を凹凸のある立体あるいは、凹凸があるように見える絵として書くこと(造ること)が出来るというのは、魅力的に感じると思

います。」「CAD/CAMという言葉は、生徒にとって分かりにくいと思われる。コンピュータによる・・・等が良いかなと思います。」「車、機械等に興味がある生徒には多いに有効だと思う。一般化は難しいか・・・。」「本校(中学校)では難しくてあまり興味・関心は惹かないと思います。」「実際に手を動かして知識を得るので、興味がわく度合いは大きい。その結果さらに学習しようとする生徒もおり、関心の高さがうかがえる。」といった回答があった。「生徒はよくわからないので・・・むずかしいかも」や「何も知らない生徒にとっては、意味が分からないか」に代表されるように、概して教員の方々は本ワークショップの開催趣旨自体に「難しい」、「興味・関心を惹かない」といった否定的な印象を持っていることが分かる。また、「本ワークショップの内容は現在の生徒にとってどのくらい必要だと思いますか。自由にお書き下さい。」についても、「実用的な何が作れるのかわからないと、必要性を伝えづらいのでは。自分の実力ではなかなか難しい。」や「興味関心+能力から一斉授業としてはあまり必要ではない」のように、否定的な記述が見られる。比較的肯定的な意見も、「あまりくわしくはやる必要はない。コンピュータの進化に伴い、操作法が変化するのでテクニカルなことは必要ない。ただし、世の中でこういう技術が使われていることを知る意味で体験的にやるのは必要。」「専門的な知識を身につけたい生徒には必要であると思います。」「100人に1人の生徒が意識してくれば成功と考えます。」「そのような世界に進まない生徒には必要のない知識であるが、これらを応用して、他の分野に適用できるので(全てではないが)必要な知識である。」のように、決して全面的に賛同しているわけではない。

「CAD・CAMの教材に関して元々どの程度の知識や理解をお持ちですか。」に対して教員の方々は、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(3名)、③名前や意味を聞いたことがある(1名)、④ほとんど知識や理解がない(2名)、⑤全く知識や理解がない(1名)と大きく分散している。ここで気付くことは、平均してCAD・CAMに関してあまり知識や理解がないものの、前問で生徒はあまり興味・関心を示さないだろうとか、詳しく扱う必要がない、一部の生徒にのみ必要といった回答をしていることである。一定の理解や経験を伴わないと、指導する側としてこのような判断は難しいのではないかとと思われるが、実際には現職教員の方々のテクノロジー認識の



実態がそうさせているのかも知れない。

「CAD・CAMの教材に関して元々どの程度の興味・関心をお持ちですか。」については、①強く興味・関心がある(1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(2名)、④ほとんど興味・関心がない(0名)、⑤全く興味・関心がない(0名)となり、概ね興味・関心を持って参加いただいていることが分かる。

## 6. 前半教員向け事後アンケートの集計と分析

現職教員の方々も、本ワークショップに参加し午前中(前半)のプログラムが終了した時点で、初めてCAD・CAMの教材(3DプロッタのPIC制御による平板加工)を知り得ている。

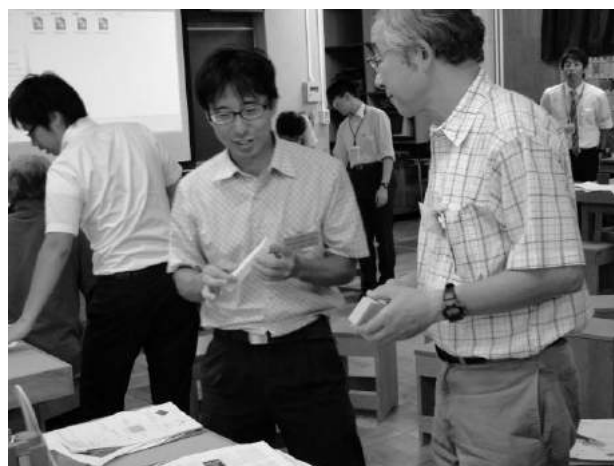
「生徒は3Dプロッタによる平板加工のあらましを理解できたと思いますか。」に対して、①よく理解できたと思う(4名)、②ある程度理解できたと思う(1名)、③どちらとも言えないと思う(0名)、④あまり理解できなかったと思う(0名)、⑤理解できなかったと思う(0名)と、生徒にとって理解しやすかったことを観察者として認めている。

「生徒は平板加工の準備、デザイン作業では満足できる結果を得たと思いますか。」に対しては、①良い結果を得たと思う(4名)、②ある程度良い結果を得たと思う(0名)、③どちらとも言えないと思う(1名)、続く「生徒は平板加工実習では良い結果を得たと思いますか。」に対しても、①良い結果を得たと思う(4名)、②ある程度良い結果を得たと思う(1名)、③どちらとも言えないと思う(0名)となり、いずれの質問でも④あまり良い結果を得ていないと思う(0名)、⑤良い結果を得ていないと思う(0名)となった。理解しやすい教材であるのと同時に、実際の作業が円滑に進み良好な結果につながっていると言えよう。そして、「生徒はCAD・CAMに関して以前と比べてどの程度興味・関心が高まったと思いますか。」については、①興味・関心が大きく高まったと思う(1名)、②興味・関心が多少高まったと思う(3名)、③特に変化はないと思う(0名)、④興味・関心が多少損なわれたと思う(0名)、⑤興味・関心が大きく損なわれたと思う(0名)であった。

「SSHワークショップ前半を終えて、先生が受けた感想・印象をお書き下さい。」に対して、「CAMは応用を中心にパソコンを使用して行いがちであるが、このように基礎的な内容からCAMを学習していくの

は、必要であると思う。」、「入力が簡単で良かった。」、「マシニング加工の基礎を理解する上でとてもわかりやすかった。」、「子ども達が楽しそうに作業しているので良いと思いました。」、「切削終わりに「Tool UP」命令を入力しなかったために、無駄な切削ラインが入ってしまい、やり直しました。」、「学ばなければならないのは、この入力を可能にしているプログラムの方であるが、その片りんに触れる(導入)として楽しい教材です。」などの記述があり、この時点で、生徒はあまり興味・関心を示さないだろう、詳しく扱う必要がない、一部の生徒にのみ必要、といった指摘が見られなくなっている。

図7 ワークショップに参加する現職教員の先生方



## 7. 後半事後アンケートの集計と分析

前述したように、ワークショップ後半のPCおよびアプリケーション(3DCAD)による3Dプロッタの制御、ピルケースの加工実習は、専用USB—シリアル変換ケーブル(正確には同製品用デバイスドライバ)の不具合にため、全てのグループ(参加者)で作業を完了することができなかった。その影響は、当然後半事後アンケートに強く反映されることが予想される。

生徒向けの「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。」に対して、①よく理解できた(2名)、②ある程度理解できた(6名)、③どちらとも言えない(3名)、④あまり理解できなかった(0名)、⑤理解できなかった(0名)と回答があった。実習の結果は別にして、手順については概ね理解されているようだが、昨年度の同質問に対する回答(①9名、②6名、③1名)ほどではない。

「ピルケース加工の準備、データ・材料の用意は理解できましたか。」に対しては、①よく理解できた(1名)、②ある程度理解できた(6名)、③どちらとも言え

ない(4名)、④あまり理解できなかった(0名)、⑤理解できなかった(0名)となり、概ね理解されたと考えられるが、やはり昨年度の同質問に対する回答(①9名、②6名、③1名)には及ばない。

「**ピルケース加工実習では良い結果が得られましたか。**」については、①良い結果が得られた(0名)、②ある程度良い結果が得られた(0名)、③どちらとも言えない(4名)、④あまり良い結果が得られなかった(0名)、⑤良い結果が得られなかった(7名)となり、実習環境のトラブルや作品が完成に至らなかったことを如実に反映している。

「**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。**」については、①興味・関心が大きく高まった(4名)、②興味・関心が多少高まった(4名)、③特に変化はない(3名)、④興味・関心が多少損なわれた(0名)、⑤興味・関心が大きく損なわれた(0名)と回答があり、実習が失敗に終わったにも関わらず、CAD・CAMの面白さに気付き、高機能・高性能な制御の原理に納得していることが窺える。しかし、前半事後アンケートで平板加工に対する回答(①7名、②3名、③1名)や、昨年度の回答(①13名、②2名、③0名)に比べると反響の小さなものになっている。

「**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。**」に対しては、「多くの知識で疲れましたが、楽しむことができました。最後の実習が心残りです。」「時間内に完成できなかったのは残念だったが、知識が増えたのはうれしかった。」「欲を言えば、実際に削ってみたいと思いましたが、けっこう楽しめました。」「ピルケースができなくて残念だった。」など、完成できなかったことの残念さが滲む声があった。同時に、「やはり、これさえあれば、一応何でも作れるんだと改めて知り可能性を感じました。」「できれば自分で設計し、製作したかった。とても関心が深まり、今後設計(CAD・CAM)について学びたいです。」「PICなどについて学びたいと思いました。」など、成果を肯定的・好意的に述べている意見もあった。その他、「ものづくりのきびしさを痛感しました。」「ものづくりは大変だと思った。」「ありがとうございました。いつか利用したいです。」「モデルが暴走した。うあああ…。」「来年がんばって下さい。」「来年は成功できるように がんばって下さい。」などの感想があった。

次に、現職教員の方々への後半事後アンケート

の結果を整理する。まず、「**生徒は3DCADによるプロダクトデザインの手順を理解できたと思いますか。**」に対して、①よく理解できたと思う(1名)、②ある程度理解できたと思う(3名)、③どちらとも言えないと思う(3名)、④あまり理解できなかったと思う(0名)、⑤理解できなかったと思う(0名)と回答があり、②と③に同数ずつ回答が分散したことから、客観的な立場からは十分に分かりやすかったとは見ていないことが分かる。一つには、CAD・CAMアプリケーションの説明や習得に、さほど時間がかけられなかったことが原因していると思われる。

「**生徒はピルケース加工の準備、データ・材料の用意を理解できたと思いますか。**」に対して、①よく理解できたと思う(1名)、②ある程度理解できたと思う(4名)、③どちらとも言えないと思う(2名)、④あまり理解できなかったと思う(0名)、⑤理解できなかったと思う(0名)となり、切削開始直前の具体的な段取りの指示は概ね理解されていると評価している。

「**生徒はピルケース加工実習で良い結果を得たと思いますか。**」については、①良い結果を得たと思う(1名)、②ある程度良い結果を得たと思う(0名)、③どちらとも言えないと思う(3名)、④あまり良い結果を得ていないと思う(1名)、⑤良い結果を得ていないと思う(1名)と回答があった。生徒からの率直な回答(⑤7名)に比べて、「もし実習が失敗していなければ良い結果が得られたのでは…」という前提で客観的に回答されている印象がある。

そして、「**生徒はCAD・CAMに関して以前と比べてどの程度興味・関心が高まったと思いますか。**」に対しても、①興味・関心が大きく高まったと思う(2名)、②興味・関心が多少高まったと思う(2名)、③特に変化はないと思う(2名)、④興味・関心が多少損なわれたと思う(0名)、⑤興味・関心が大きく損なわれたと思う(0名)となり、全員が失敗に終わった実習にも関わらず、この教材の有効性に一定の理解を示している。

最後に、「**SSHワークショップを終えて、先生の感想、意見、要望などをお書き下さい。**」に対して、回答数は少なかったものの以下のような意見が寄せられた。「実習は成功しなかったものの、教員同士、生徒同士がどうすれば成功するか考えている場面は良かったと思います。生徒もものづくりの大変さが分かり、何かしら得るものがあったと思います。本日はありがとうございました。」や「制御→CAMという流れは、新しい教育法のように見える。授業で参考にしたい。」な

どは、失敗に終わった中からも、この教材の有効性が肯定的に受け止められていると思われる。また、生徒からの回答と同様に、「簡単なものでもいいので自分でCADを使ってデータをかいてみたかったです。ありがとうございました。」と、製作できなかったことを残念に考えている回答もあった。「PCは環境によって思いがけないことがあるので難しいですね。」は、先端技術を教材に取り入れる際のハードルと、そのハードルの先に新しい教材が存在することを物語っている。その他、「参考になります。」、「ありがとうございます。」、「お疲れさまでした。ありがとうございます。」などの回答があった。

## 8. 第4回ワークショップの成果

事前アンケートにおける「CAD・CAMに対して元々どの程度の興味・関心がありますか」と、前半事後および後半事後における2回分の「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」について、昨年同様に簡便な集計を行った。

「強く興味・関心がある、興味・関心が大きく高まった」～「ある程度興味・関心がある、興味・関心が多少高まった」～「どちらとも言えない、特に変化はない」～「ほとんど興味・関心がない、興味・関心が多少損なわれた」に対して、それぞれ+2、+1、+0、-1、-2のポイントを与えると、生徒の場合11ポイント(事前)→17ポイント(前半事後)→12ポイント(後半事後)と変化している。事前の11ポイントから平板加工終了時の17ポイントへと、大きく興味・関心の向上が見られるが、失敗に終わった後半の事後では12ポイントに後退している。何ら成果を手になかったものの、興味・関心の変化が事前の11ポイントを下回らなかったことは、それでも教材やテクノロジーへの理解が促された成果であろう。同時に、およそのづくり教育には、明確な成果物、製品が完成する、達成感を与えられることが不可欠と言えよう。

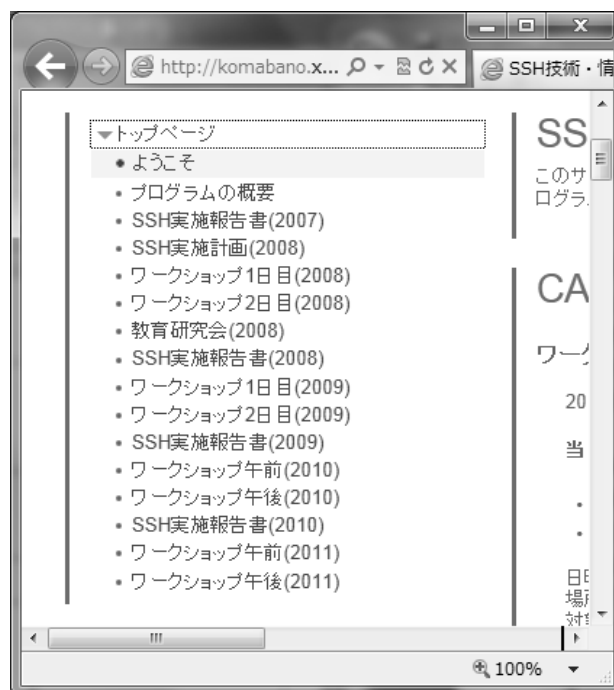
同様のアンケートを現職教員について集計してみると、7ポイント(事前)→5ポイント(前半事後)→6ポイント(後半事後)と変化している。ただし先生方へは、前半事後と後半事後のアンケートで「生徒はCAD・CAMに関して以前と比べてどの程度興味・関心が高まったと思いますか」という表現で、観察者として客観的な印象を聞いている。回答数が前半事後で4名、後半事後で6名と少なかったが、少なくとも教材の有効性やワークショップの趣旨を否定的には見ていな

いことが分かる。

## 9. ワークショップ成果の発信

SSH技術・情報科WEBページを、第4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。初年次より、実施計画書および実施報告書などSSH技術・情報科プログラムに関する全ての関連ドキュメント、ワークショップの様子として写真やビデオなどを速やかに掲載し成果を発信してきた(図8)。間もなく本報告書も追加される予定である。

図8 SSH技術・情報科WEBサイト (komabano.xrea.jp/ssh/modules/menu/main.php?page\_id=1&op=change\_page)



最後に、5年間にわたるSSH技術・情報科プログラムを終えるにあたりご指導ご協力をいただいた関係各位にお礼を申し上げたい。SSHを牽引・推進してきた歴代の本校研究部の先生方、技芸科チームとしてWEB作成および情報収集と整理に当たって下さった植村徹先生、ワークショップ開催にあたり運営の一切を担って下さった土井宏之先生と小宮一浩先生に心より感謝申し上げる。

本研究開発の成果が、必ずしも理工系を目指さない一般の生徒をCAD・CAMの世界に誘い、先端技術・研究の成果と学校教育の接点を示し、後退が懸念されるものづくり教育振興の一助となることを願う。

(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得ている。今年度は、8月に熊本、11月に本校の教育研究会で実施し、3月に交流枠支援の数学科教員研修会を実施予定である。

各研修会について報告する。

### 1. SSH 熊本数学研修会

#### ①仮説

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、熊本県立八代中学校・高等学校及び熊本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：平成 23 年 8 月 19 日（金）

会場：熊本県立八代中学校・高等学校

9:20～11:10 研究授業

授業者：松田伸也（八代高校教諭）

「解の公式の利用」（中 3）

三井田裕樹 「合成関数とグラフ」（高 2）

11:25～16:25 研究授業についての研究協議会

及び開発教材の報告と意見交換

参加者：熊本県内の中学校・高等学校の先生

約 100 名

助言者：平峯豊先生（熊本大学）、金丸忠義先生（同）

#### ③検証

本校と八代高校が研究授業を公開し、具体的な教材に対する生徒の活動を目にしたことで、より貴重なご意見を頂くことができた。また、熊本県の数学教育の様子や、八代高校の取り組みを知ることができ、有意義な研修会であった。このように地方に行き、他県の多くの先生方と交流することで、本校の開発した教材がその県に普及する可能性を強く感じる事ができた。



## 2. 教育研究会

#### ①仮説

本校数学科が研究開発した教材を用いた授業を公開し、研究協議会で多くの意見を頂き、今後に資する。

#### ②実施概要

日程：平成 23 年 11 月 26 日（土）

会場：本校

10:30～17:00 公開授業・研究協議会

授業者：鈴木清夫 「空間図形」（中 1）

須田学 「三角関数の周期」（高 2）

参加者：中学校・高等学校の先生 120 名

助言者：坂井公先生（筑波大学）

#### ③検証

他の研修会とは違い、本校で実施するため、より普段の数学教育活動を公開することができ、本校の研究方針の方向性を確認できた。



### 3. SSH 交流枠支援教員研修 数学科教員研修会

#### ①仮説

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教育に資する。

#### ②実施概要

日程：平成 24 年 3 月 4 日（日）実施予定

会場：本校

9:30～16:45 実施報告・研究協議会

発表 SSH 校：埼玉県立春日部高等学校、石川県立

小松高等学校、愛知県立岡崎高等学

校、大阪府立大手前高等学校、本校

参加者：SSH 校及び一般の学校の先生 約 100 名

助言者：坂井公先生（筑波大学）

#### ③検証

他の SSH 校の協力を得ることで、各校の数学教育活動の多様な取り組みを一度に研修することができるとても有意義な会である。SSH 校以外にも SSH のような数学教育が普及することを望む。

（文責：数学科 町田多加志）

## c. 数学インターンシップ

### 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・数学研究」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物質科学研究科の授業「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. 方法・内容

今年度は代数学(計算代数)、幾何学(位相幾何学)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。引率の数理物質科学研究科・坂井公准教授(数学系)を含めて、19名の生徒の発表に対して助言・意見交換等を行うとともに、専門に関連することを生徒に講義した。生徒には、既存の結果に留まらず、個人で(場合によって2名で)オリジナルな数学の課題を設定して、研究を進めるよう指導した。

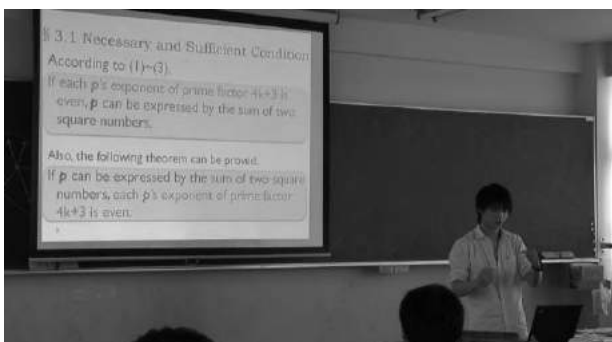
日程と主な内容は以下の通りである。

#### ① 6月11日(土) 10:30~12:20

- ・過去の研究の紹介
- ・pLaTeXの基本(コンピュータスペースでの実習)
- ・テーマ案の検討

#### ② 6月25日(土) 8:30~12:20

- ・生徒によるテーマ案の発表・議論(発表を通して、質疑によって研究の方向性を定める)
- ・高3生徒の英語での発表「The sum of square



(高3生徒の英語での発表)

numbers」

- ・大学院生の講義「結び目理論」

#### ③ 9月10日(土) 8:30~10:20

- ・生徒によるテーマ案の発表・議論(夏季レポートの発表)

#### ④ 10月15日(土) 10:30~12:20

- ・生徒によるテーマ案の発表・議論(夏季レポートの発表)
- ・坂井先生の講義「切ったり貼ったりーデーの定理とその周辺ー」

#### ⑤ 11月12日(土) 9:30~12:20

- ・中3生徒発表(グループ発表)  
「円柱いっぱい(4円柱の相貫体)、交通の最適化、問題作り・算額作り」
- ・高2生徒発表(個人発表)  
「4次元について、情報量のエントロピーI、現実社会でのアルゴリズムの利用I」
- ・大学院生の講義「Jones多項式」

※ゼミナール・テーマ学習同時開講:中3生徒、高3生徒がお互いに発表し合った。



(中3生徒の発表)



(大学院生の講義)



(坂井先生の助言)



(高2生徒の発表)

### ⑥ 1月14日(土) 9:30~12:20 研究発表会

#### ・生徒発表

「ゼータと $\pi$ 、ある数列 $f(n)$ について、正 $n/m$ 角形について、アトラクションにみる物理学、 $p$ 元体におけるフェルマーの最終定理の解の個数、ゲーム理論、確率の問題を考えてみる」

※ゼミナールオープン：約50名の中3生徒と高1生徒がゼミナールを見学した。



(高2生徒の発表)

### ⑦ 1月28日(土) 8:30~12:20 研究発表会

#### ・生徒発表

「円錐の切断、折り紙の数学、アポロニウスの接円問題、等周問題について、RubisCOタンパクの $\text{CO}_2$ 及び $\text{O}_2$ に対する応答に関する考察、作図による図形の等分、情報量のエントロピーⅡ、現実社会でのアルゴリズムの利用Ⅱ」

### 3. 検証

実施後のゼミ生のアンケートから、大学院生の講義によって、より専門的な数学に直接触れることができ、大学での研究のイメージができたこと、進路について考えるきっかけとなったりしたことが分かった。また、筑波大学大学院の先生や院生のような外部の人の意見を聞けるのは、研究を進める上での直接のヒントになったり、刺激になったりしていたようである。大学院生にとっても、長期にわたる高校生との関わりは貴重な体験であり、参加した大学院生たちは、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。今後、生徒の研究をよりよいものにしていくために、院生との関わりをより密にできるよう工夫していきたい。

(文責：数学科 須田 学)

## (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

本校数学科では、筑波大学や他大学の数学関係者の協力を得ながら、大学や社会での学びにつながる数学教材の開発および指導法の研究を行っている。2002 年度から 5 年間指定を受けたスーパーサイエンスハイスクール(以下 SSH と略)研究『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』の中で数学科は、大学での学びにつながる数学に注目し、特に「統計」(集団の特徴を掴む考え方や手法)および「微分方程式」(微小な変化から関数の特徴を捉える考え方)に関する教材開発と授業実践を行った。また、それらを本校の実態に即した中高一貫のカリキュラムへ配置するとともに、教育研究会などで公開し、その効果を確認することができた。

そこで 2007 年度より新規指定を受けた SSH 研究『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』では、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)

また、それ以外の分野についても、本年度までに 58 の教材を開発し、カリキュラムに配置するとともに、教員研修会などで公開している。

(次ページ以降に、開発した教材の一覧、中学及び高校のカリキュラム、本年度の開発教材の一部を記載する。)

#### 3. 検証

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。数学オリンピックの参加者は年々増加しており、高 2 総合学習(ゼミナール)で多くの生徒が数学を選択するなど、数学への興味関心を高めていると考えられる。

また、本校の教育研究会や全国様々な学校での数学科教員研修会等で公開し、広く意見を伺っている。毎回多数の参加を得ており、非常に有効であったと検証できる。以下に過去 5 年で開催した研修会及び教育研究会を列挙する。

- ・ 2007/08/31 秋田工業高等専門学校合同研修会  
於 秋田工業高等専門学校
- ・ 2007/11/16 第 34 回 教育研究会 於 本校
- ・ 2008/11/21 第 35 回 教育研究会 於 本校
- ・ 2008/11/22 SSH 教員向け講習ワークショップ『和算』於 本校
- ・ 2008/12/06 全国 SSH 交流枠支援教員研修  
数学科教員研修会 於 本校
- ・ 2009/03/26 SSH 数学科教員北海道研修会  
於 北海道立札幌東稜高等学校
- ・ 2009/07/24 SSH 数学科教員宮崎研修会  
於 宮崎県立宮崎北高等学校
- ・ 2009/11/21 第 36 回 教育研究会 於 本校
- ・ 2010/03/06 全国 SSH 交流枠支援教員研修  
数学科教員研修会 於 本校
- ・ 2010/12/05 全国 SSH 交流枠支援教員研修  
数学科教員研修会 於 本校
- ・ 2011/08/19 SSH 数学科教員熊本研修会  
於 熊本県立八代中・高等学校
- ・ 2011/11/26 第 38 回 教育研究会 於 本校
- ・ 2012/03/04 SSH 交流枠支援数学科教員研修会 於  
本校

これらの経験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、成果の普及に努めていきたいと考えている。

(数学科共同執筆、取纏文責 三井田裕樹)



## 開発教材

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)」

|    |        |                               |   |
|----|--------|-------------------------------|---|
| 1  | a1.    | 整数                            |   |
| 2  | a1-2.  | 有理数                           |   |
| 3  | a3.    | 暗号理論と整数論                      |   |
| 4  | A1.    | 数と方程式                         |   |
| 5  | A2.    | 離散な数列と連続な関数                   |   |
| 6  | A2-2.  | $\Sigma K^4$ と区分求積法           | ★ |
| 7  | A3.    | 置換と正多面体群                      |   |
| 8  | A3-2.  | 1 次変換の線形性                     |   |
| 9  | an1.   | 2元1次方程式とその応用                  |   |
| 10 | an2.   | 合成関数とグラフ                      |   |
| 11 | an3.   | 絶対値を含む関数のグラフ                  |   |
| 12 | an3-2. | 絶対値とガウス記号を含む関数のソフトウェアによるグラフ描画 |   |
| 13 | An1.   | 2次関数                          |   |
| 14 | An1-2. | 2次関数 (2)                      |   |
| 15 | An1-3. | 和や積のグラフ                       |   |
| 16 | An2.   | 円周率の近似                        |   |
| 17 | An2-2. | 三角関数表を作る                      |   |
| 18 | An2-3. | 加法定理から導き出される多項式               |   |
| 19 | An2-4. | 三角関数の和と積の周期                   | ★ |
| 20 | g1.    | 四角形の合同条件                      |   |
| 21 | g1-2.  | 作図の教材                         |   |
| 22 | g1-3.  | 四角形の性質 (包含関係)                 |   |
| 23 | g2.    | チェバ・メネラウスの定理                  |   |
| 24 | g3.    | 立方体の切断                        |   |
| 25 | g3-2.  | 反転法                           |   |
| 26 | g3-3.  | 立方体の切断 (2)                    |   |
| 27 | G1.    | 四面体の幾何                        |   |
| 28 | G1-2.  | デカルトの円定理                      |   |
| 29 | G2.    | 正17角形の作図                      |   |
| 30 | G2-2.  | ベクトルの内積と方べきの定理                | ★ |

|    |       |                          |   |
|----|-------|--------------------------|---|
| 31 | p2.   | 身近な確率・連続変量の確率            | ★ |
| 32 | P*.   | 組合せの確率モデル                |   |
| 33 | P*-2. | EBIと確率・統計                |   |
| 34 | P*-3. | 無限集合の確率                  |   |
| 35 | s1.   | 統計の基本                    |   |
| 36 | s2.   | 標準偏差・近似直線                |   |
| 37 | s3.   | 正規分布と標準化                 |   |
| 38 | s3-2. | シミュレーションによる授業            |   |
| 39 | S1.   | 回帰直線, 相関係数               |   |
| 40 | S1-2  | 数理統計学入門                  |   |
| 41 | S2.   | 残差分析によるデータ系列の関係          |   |
| 42 | S3.   | 主成分分析入門                  |   |
| 43 | S3-2. | 正規分布の平均の推定               |   |
| 44 | d1.   | 自然数の和, 平方数の和, 立方数の和      |   |
| 45 | d1-2. | 『数える』                    |   |
| 46 | d2.   | グラフや図形の移動・変形             |   |
| 47 | d3.   | 2 次関数の接線                 |   |
| 48 | d3-2. | 面積・体積                    |   |
| 49 | d3-3. | 最大・最小                    |   |
| 50 | D1.   | 包絡線                      |   |
| 51 | D2.   | グラフ描画の方法<br>ーテクノロジーへの挑戦ー |   |
| 52 | D3.   | 包絡線(その2)                 |   |
| 53 | D3-2. | 微分方程式                    |   |
| 54 | D3-3. | 微分方程式の応用                 |   |
| 55 | D3-4. | 関数のグラフの描画法               |   |
| 56 | D3-5. | 曲線と面積                    |   |
| 57 | 01.   | 4元数を高校数学へ                |   |
| 58 | 02.   | 有限世界の数学                  |   |

・★は、本冊子に掲載した教材である。



# 数学科 高等学校カリキュラム

2003年度より順次実施

数学科の目標：いろいろな現象や事柄に潜む法則や仕組みを数学的に解析し、その本質を捕まえ、そしてそれらを表現できるようにする。

| 学年               |  | 高校1年   |  | 高校2年   |   | 高校3年  |  |
|------------------|--|--|--|--|---|---|--|
| 単元／開発教材          |  | 単元   |  | 単元   |   | 単元  |  |
| 単元／開発教材          |  | 開発教材   |  | 開発教材   |   | 開発教材  |  |
| 学年の目標            |  | より複雑な様々な関数についての考察を行う。また、図形の性質について、中学校で学んだ初等幾何的手法の他、解析的な手法や代数的な手法で考察する。これらを通して、事象を数学的に処理する能力を伸ばす。 |  |  |   |   |  |
| 科目(単位数)<br>授業時間数 | 「数学Ⅰ」(3単位)＋「数学A」(2単位)<br>週5時間  |  | 「数学Ⅱ」(3単位)＋「数学B」(1単位)<br>週4時間  |  | 「数学Ⅲ」(4単位)、「数学B」(2単位)「数学C1」(2単位)<br>「数学C2」(2単位) ※ すべて選択 |   |  |
| A.代数             | 数<br>式(実数と複素数)<br>の計算<br>(展開、因数分解)<br>(多項式の除法)<br>方程式・不等式<br>(高次方程式) | A1.数と方程式<br><br>＜a3.暗号理論と整数論＞  | 数列<br>(数列、二項定理)<br><br>複素数   | A2.離散な数列と連続関数<br>A2-2.Σ k^4と区間求積法  | 行列とその応用「数学C1」<br>(行列)                                   | A3.置換と正多面体群<br>A3-2.1次変換の線形性  |  |
|                  | 図形と計量<br>(三角比)<br><br>(三角関数(弧度法))<br><br>2次関数<br>(2次関数(2次不等式))       | An1.2次関数<br>An1-2.2次関数(2)<br>D1.包絡線<br><br>An1-3.和や積のグラフ   | 指数関数と対数関数<br>(いろいろな関数)<br>三角関数<br><br>微分と積分<br>(いろいろな関数)<br>(整関数の微分積分) | An2.円周率の近似<br>An2-2.三角関数表を作る<br>An2-3.加法定理から導き出される多項式<br>An2-4.三角関数の和と積の周期<br>D2.グラフ描画の方法<br><br>＜An1-3.和や積のグラフ＞ | 微分「数学Ⅲ」<br>(極限)<br>(微分法)<br><br>積分「数学Ⅲ」<br>(積分法)        | D3.包絡線(その2)<br>D3-2.微分方程式<br>D3-3.微分方程式の応用<br><br>D3-4.関数のグラフと描画法<br>D3-5.曲線と面積 |  |
| G.幾何             | 平面図形<br><br>場合の数   | G1.四面体の幾何<br>G1-2.デカルトの円定理   | 平面・空間ベクトル<br>(ベクトル)<br>図形と方程式  | G2.正17角形の作図<br>G2-2.ベクトルの内積と方べきの定理   | 式と曲線「数学C1」<br>(式と曲線)                                    | (D3-2.微分方程式(極座標での面積、曲線の長さ))   |  |
| P.確率             | 確率   | Pf-1.組合せの確率モデル<br>Pf-2. EBIと確率・統計<br>Pf-3.無限集合の確率  |  |  | 確率分布「数学C2」<br>(確率、確率分布)                                 | ＜Pf-1.組合せの確率モデル＞<br>＜Pf-2. EBIと確率・統計＞<br>＜Pf-3.無限集合の確率＞                         |  |
| S.統計             | 統計   | S1. 回帰直線、相関係数<br>S1-2.数理統計学入門  | 統計   | S2. 残差分析によるデータ系列の関係分析  | 統計処理「数学C2」<br>(資料の整理)<br>(回帰・相関)<br>(推定・検定)             | S3.主成分分析入門<br>S3-2.正規分布の平均の推定   |  |
| O.その他            | 集合と論理  | Of.4元数を高校数学へ   |  | ＜Of.4元数を高校数学へ＞   |   | ＜Of.4元数を高校数学へ＞  |  |
|                  |  |  | ※1ゼミナール  | O2.有限世界の数学   |   | ※2テーマ研究   |  |

※1ゼミナールは、高校2年の「総合学習」であり、2011年度は「数学研究」を開講。  
 ※2テーマ研究は、高校3年の「総合学習」であり、研究レポートを作成する。

# 数学科 中学校カリキュラム

2002年度より実施

数学科の目標:いろいろな現象や事柄に潜む法則や仕組みを数学的に解析し、その本質を捕まえ、そしてそれらを表現できるようにする。

| 学年      |   | 中学1年  |      | 中学2年  |      | 中学3年  |      |
|---------|---|---|------|---|------|---|------|
| 単元／開発教材 |   | 単元  | 開発教材 | 単元  | 開発教材 | 単元  | 開発教材 |
| 学年の目標   |   | 論証を中心に指導する。「答え」至上主義，結果至上主義からの脱却を目指す。生徒同士の『なぜ?』『どうして?』を大切にし，それらの説明を通して自分の考えを表現したり，他を説得したりする方法を身につける。 |      |   |      |   |      |
| 授業時間数   |   | 週3時間 1年間15時間  |      | 週3時間 1年間20時間  |      | 週3時間 1年間20時間  |      |
| a.代数    | 学習の目標と入門<br>(整数の性質①)<br>正の数・負の数<br>(正負の数)<br>(文字と式)<br>(単・多項式の計算①)<br>方程式<br>(1次方程式)<br>(2元1次連立方程式) | a1. 整数<br>a1-2. 有理数<br>d1. 自然数の和，平方数の和，<br>立方数の和<br>d1-2. 『数える』                                     |      | 数と式<br>(整数の性質②)<br>(平方根)<br>(単・多項式の計算②)<br>(展開，因数分解)<br>2次方程式<br>(2次方程式①) |      | a3.暗号理論と整数論   |      |
|         | 関数<br>(いろいろな関数)<br>(比例，反比例)<br>(1次関数①)  | an1. 2元1次方程式とその応用   |      | 関数<br>(2元1次方程式と座標平面)<br>(1次関数②)   |      | 2次方程式<br>(2次方程式②)   |      |
| an.解析   | 平面図形<br>(平面図形の基礎)<br>図形の性質<br>(平行線の性質)<br>図形の合同<br>(三角形の合同)<br>いろいろな四角形<br>(平行四辺形の性質)               | g1-2.作図の教材<br>g1.四角形の合同条件<br>g1-3.四角形の性質(包含関係)  |      | 相似<br>(図形の拡大縮小)<br>(三角形の相似)<br>三平方の定理<br>(平面図形の計量)<br>空間図形<br>(確率)        |      | d3.2次関数の接線<br>an3.絶対値を含む関数のグラフ<br>an3-2.絶対値とガウス記号を含む関数のグラフ<br>d3-2.面積体積<br>d3-3.最大・最小 |      |
|         | g.幾何  | g1-2.作図の教材<br>g1.四角形の合同条件<br>g1-3.四角形の性質(包含関係)  |      | g2. チェバ・メネラウスの定理<br>空間図形  |      | 円<br>三角形の五心<br>空間図形<br>g3. 立方体の切断<br>g3-3. 立方体の切断(2)                                  |      |
| p.確率    |   |   |      | 確率  |      | s3-2シミュレーションによる授業   |      |
| s.統計    | 統計  | s1. 統計の基本   |      | 統計  |      | 統計  |      |
| o.その他   |   |   |      |   |      | ※テーマ学習  |      |

※テーマ学習は、中学3年の課題学習であり、年8回実施。2011年度は「観て調べて創る数学」というテーマで実施。

## A2-2. $\Sigma k^4$ と区分求積法

関連分野：代数分野，解析分野

高等数学：代数学，解析学

対象学年：高校2年生

関連単元：「数列」「微分積分」

教材名：「 $\Sigma k^4$ と区分求積法」

### 《 $\Sigma$ の式》

数列の $\Sigma$ に関する式として， $\Sigma k$ と $\Sigma k^2$ と $\Sigma k^3$ の3つの式が教科書に載っており，それぞれ，自然数の和，平方数の和，立方数の和を求める式として説明されている．では， $\Sigma k^4$ はどのような式になるのだろうか．そのような質問をする生徒がいなかったので，連続数の積の和の特徴を示し，その式を利用して $\Sigma k^2$ の式を求める方法を授業で取り上げたところ，同様な変形から $\Sigma k^3$ や，さらには $\Sigma k^4$ の式が求められるのではないかという興味をもたせることができた．

### A2-2.1. 連続数の $\Sigma$

問1 次の数列の和を求めよ．ただし， $n \in N$

(1)  $1 \times 2 + 2 \times 3 + 3 \times 4 + \cdots + n(n+1)$

(2)  $1 \times 2 \times 3 + 2 \times 3 \times 4 + 3 \times 4 \times 5 + \cdots + n(n+1)(n+2)$

(3)  $1 \times 2 \times 3 \times 4 + 2 \times 3 \times 4 \times 5 + \cdots + n(n+1)(n+2)(n+3)$

解(1)  $k \in N$ とする．

$$k(k+1) = \frac{1}{3} k(k+1)(k+2) - (k-1)k(k+1)$$

に $k = 1, 2, 3, \dots, n$ を代入する．

$$1 \times 2 = \frac{1}{3} 1 \times 2 \times 3 - 0 \times 1 \times 2$$

$$2 \times 3 = \frac{1}{3} 2 \times 3 \times 4 - 1 \times 2 \times 3$$

$$3 \times 4 = \frac{1}{3} 3 \times 4 \times 5 - 2 \times 3 \times 4$$

$$\vdots \quad \quad \quad \vdots$$

$$n(n+1) = \frac{1}{3} n(n+1)(n+2) - (n-1)n(n+1)$$

辺々を足すと

$$1 \times 2 + 2 \times 3 + 3 \times 4 + \cdots + n(n+1) = \frac{1}{3} n(n+1)(n+2)$$

(2)  $k \in N$ とする．

$$k(k+1)(k+2) = \frac{1}{4} k(k+1)(k+2)(k+3) - (k-1)k(k+1)(k+2)$$

よって，同様にして

$$1 \times 2 \times 3 + 2 \times 3 \times 4 + 3 \times 4 \times 5 + \cdots + n(n+1)(n+2) = \frac{1}{4} n(n+1)(n+2)(n+3)$$

(3)  $k \in N$ とする．

$$k(k+1)(k+2)(k+3) = \frac{1}{5} k(k+1)(k+2)(k+3)(k+4) - (k-1)k(k+1)(k+2)(k+3)$$

よって，同様にして

$$1 \times 2 \times 3 \times 4 + 2 \times 3 \times 4 \times 5 + \cdots + n(n+1)(n+2)(n+3) = \frac{1}{5} n(n+1)(n+2)(n+3)(n+4)$$

これを $\Sigma$ 記号を用いて表すと

$$\begin{aligned} \sum k(k+1) &= \frac{1}{3} n(n+1)(n+2) \\ \sum k(k+1)(k+2) &= \frac{1}{4} n(n+1)(n+2)(n+3) \\ \sum k(k+1)(k+2)(k+3) &= \frac{1}{5} n(n+1)(n+2)(n+3)(n+4) \end{aligned}$$

となり，これに $\sum k = \frac{1}{2} n(n+1)$

を加えると，以下のようなきれいな規則性が見つけられる． $m \in Z$ ， $m \geq 0$ とするとき

$$\begin{aligned} \sum k(k+1) \cdots (k+m) &= \frac{1}{m+2} n(n+1) \cdots (n+m+1) \end{aligned}$$

連続する数の $\Sigma$ の式としてとても簡単な形にまとめることができる．

## A2-2.2. $\sum k^4$

平方数の和  $\sum k^2$  の公式を、先ほど求めた連続数の  $\Sigma$  を使って求めると、

$$\begin{aligned} \sum k(k+1) &= \sum (k^2 + k) = \sum k^2 + \sum k \\ \text{より} \\ \sum k^2 &= \sum k(k+1) - \sum k \\ &= \frac{1}{3}n(n+1)(n+2) - \frac{1}{2}n(n+1) \\ &= \frac{1}{6}n(n+1)(2(n+2)-3) \\ &= \frac{1}{6}n(n+1)(2n+1) \end{aligned}$$

同様に、 $\sum k^3$  の公式も求めると

$$\begin{aligned} \sum k(k+1)(k+2) &= \sum (k^3 + 3k^2 + 2k) \\ &= \sum k^3 + 3\sum k^2 + 2\sum k \\ \text{より} \\ \sum k^3 &= \sum k(k+1)(k+2) \\ &\quad - 3\sum k^2 - 2\sum k \\ &= \frac{1}{4}n(n+1)(n+2)(n+3) \\ &\quad - 3 \times \frac{1}{6}n(n+1)(2n+1) - 2 \times \frac{1}{2}n(n+1) \\ &= \frac{1}{4}n(n+1)(n+2)(n+3) - 2(2n+1) - 4 \\ &= \frac{1}{4}n(n+1)(n^2 + 5n + 6 - (4n+2) - 4) \\ &= \frac{1}{4}n(n+1)(n^2 + n) \\ &= \frac{1}{4}n^2(n+1)^2 = \left\{ \frac{1}{2}n(n+1) \right\}^2 \end{aligned}$$

となる。

問2 自然数の4乗の和  $\sum k^4$  を求めよ。

解 連続数の  $\Sigma$  を用いると

$$\begin{aligned} \sum k(k+1)(k+2)(k+3) &= \sum (k^4 + 6k^3 + 11k^2 + 6k) \\ &= \sum k^4 + 6\sum k^3 + 11\sum k^2 + 6\sum k \\ \text{だから} \\ \sum k^4 &= \sum k(k+1)(k+2)(k+3) \\ &\quad - 6\sum k^3 - 11\sum k^2 - 6\sum k \\ &= \frac{1}{5}n(n+1)(n+2)(n+3)(n+4) \\ &\quad - 6 \times \frac{1}{4}n^2(n+1)^2 \\ &\quad - 11 \times \frac{1}{6}n(n+1)(2n+1) - 6 \times \frac{1}{2}n(n+1) \\ &= \frac{1}{30}n(n+1)(6(n+2)(n+3)(n+4) \\ &\quad - 45n(n+1) - 55(2n+1) - 90) \\ &= \frac{1}{30}n(n+1)(6n^3 + 54n^2 + 156n + 144 \\ &\quad - (45n^2 + 45n) - (110n + 55) - 90) \\ &= \frac{1}{30}n(n+1)(6n^3 + 9n^2 + n - 1) \\ \text{よって} \\ \sum k^4 &= \frac{1}{30}n(n+1)(6n^3 + 9n^2 + n - 1) \\ &= \frac{1}{30}n(n+1)(2n+1)(3n^2 + 3n - 1) \end{aligned}$$

自然数や平方数や立方数の和を求める式とつながりがあるようには見えないが、自然数の4乗の和の式もこのように一般化することができた。

## 《区分求積法》

学習指導要領では、区分求積法が数学Ⅲの指導内容になっているため、文系を選択した多くの生徒には、学習することなくそのまま過ぎさってしまう内容である。しかし、定積分と求積の関係を説明するにはどうしても欠かせない内容であり、極限の話として誰にでも感じてもらいたい発想である。そこで、高2の数列を学習した流れで、無限級数へ、さらに、区分求積法の考えへと進めた。そのため、定積分の式に変形することを目的とせず、微小の変化に着目し、無限のイメージを感覚的にとらえ、面積や体積が微小なものの和の極限值として求められることがわかることを目的とした。その過程で、区分求積法の説明に体積を取り入れたところ、自然とバームクーヘン積分の考えが出てきた。

### A2-2.3. 区分求積法（面積編）

次の計算をしてみよう。

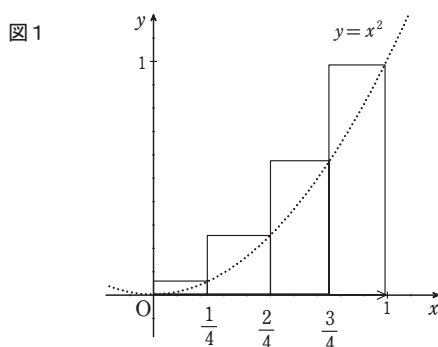
$$\sum_{k=1}^4 \frac{1}{4} \left( \frac{k}{4} \right)^2$$

$$\frac{1}{4^3} \sum_{k=1}^4 k^2 = \frac{1}{4^3} \cdot \frac{4 \times 5 \times 9}{6} = \frac{15}{32} = 0.468 \dots$$

また、級数の形で表すと

$$\sum_{k=1}^4 \frac{1}{4} \left( \frac{k}{4} \right)^2 = \frac{1}{4} \left( \frac{1}{4} \right)^2 + \frac{1}{4} \left( \frac{2}{4} \right)^2 + \frac{1}{4} \left( \frac{3}{4} \right)^2 + \frac{1}{4} \left( \frac{4}{4} \right)^2$$

この計算式を図で表現してみると図1のようになる。



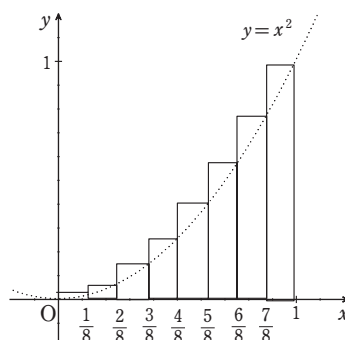
同様に、

$$\sum_{k=1}^8 \frac{1}{8} \left( \frac{k}{8} \right)^2 = \frac{1}{8} \left( \frac{1}{8} \right)^2 + \frac{1}{8} \left( \frac{2}{8} \right)^2 + \dots + \frac{1}{8} \left( \frac{8}{8} \right)^2$$

$$= \frac{51}{128} = 0.398 \dots$$

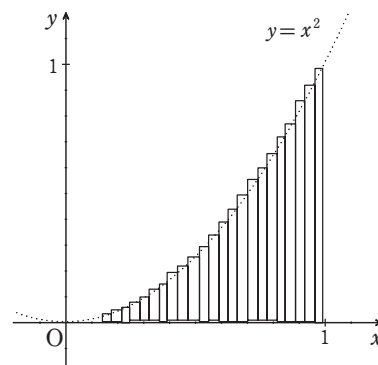
この計算式も図2のように表現することができる。

図2



$$\sum_{k=1}^{100} \frac{1}{100} \left( \frac{k}{100} \right)^2 = \frac{6767}{20000} = 0.338 \dots$$

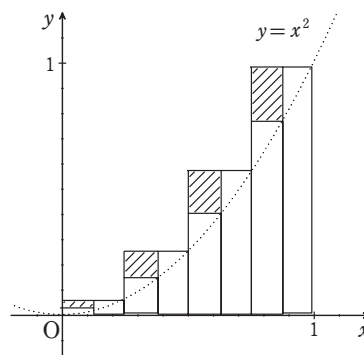
図3



この3つの級数の値は、どれも長方形の面積の和であるが、値の差はなのだろう？

曲線からはみ出し部分ということを、4等分の図に8等分の図(図4)を書き入れて確認し、このはみ出し部分をより小さくすることで、曲線へと近づくことを感覚的に捉えてもらう。つまり「階段も間隔つめればすべり台」である。

図4



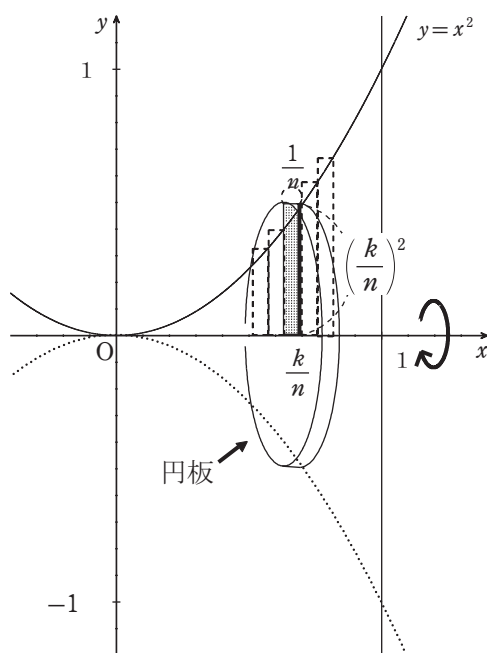
そして、無限等分することで、曲線に囲まれた図形の面積も求められるのだろうと感覚的に捉え、次の計算式へすすむ。

$$\begin{aligned}
\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n \frac{1}{n} \left( \frac{k}{n} \right)^2 &= \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n^3} \sum_{k=1}^n k^2 \\
&= \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n^3} \cdot \frac{n(n+1)(2n+1)}{6} \\
&= \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{6} \cdot 1 \cdot \left( 1 + \frac{1}{n} \right) \left( 2 + \frac{1}{n} \right) \\
&= \frac{1}{6} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 \\
&= \frac{1}{3} = 0.333\ldots
\end{aligned}$$

#### A2-2.4. 区分求積法(体積編)

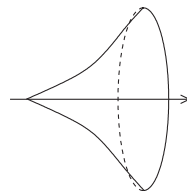
“区間を細分し、和の極限值として面積や体積を求める方法を区分求積法という。”と教科書(「数学Ⅲ」(東京書籍))に説明されているが、ほとんどの場合、例は面積で示されており、体積の例が示されていない。そこで回転体を取り上げて、体積を区分求積法で求めてみた。

問3 曲線  $y = x^2$  と  $x$  軸と直線  $x = 1$  で囲まれた部分を  $x$  軸の周りに回転してできる回転体の体積を区分求積法で求めよ。



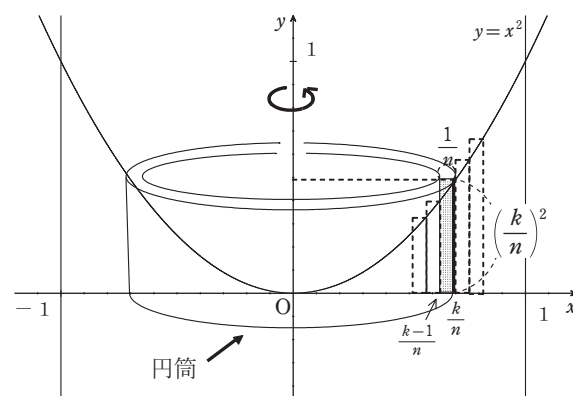
図から分かるように、面積では長方形だった部分がそれを  $x$  軸の周りに回転することで円板になることがすぐに想像できるので、次のような式がたてられた。

$$\begin{aligned}
V &= \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n \frac{1}{n} \cdot \pi \left\{ \left( \frac{k}{n} \right)^2 \right\}^2 \\
&= \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\pi}{n^5} \sum_{k=1}^n k^4 \quad \leftarrow \sum k^4 \text{の式の登場} \\
&= \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\pi}{n^5} \cdot \frac{n(n+1)(2n+1)(3n^2+3n-1)}{30} \\
&= \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\pi}{30} \cdot 1 \cdot \left( 1 + \frac{1}{n} \right) \left( 2 + \frac{1}{n} \right) \left( 3 + \frac{3}{n} - \frac{1}{n^2} \right) \\
&= \frac{\pi}{30} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 3 = \frac{\pi}{5}
\end{aligned}$$



さらに、回転軸を変えて考えてみる。

問4 曲線  $y = x^2$  と  $x$  軸と直線  $x = 1$  で囲まれた部分を  $y$  軸の周りに回転してできる回転体の体積を区分求積法で求めよ。



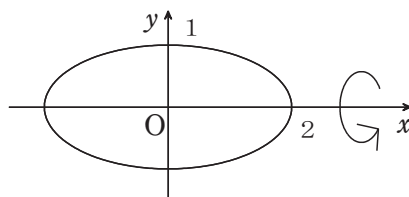
$y$  軸に垂直な長方形を考える者もいるが、問3の求め方を参考にして、面積での長方形部分を  $y$  軸の周りに回転することで円筒ができることに気付く者が出てきた。そのイメージをバームクーヘンみたいというとな納得し、そのまま計算へとすすむ。自然とバームクーヘン積分の考えにつながった。



$$\begin{aligned}
V &= \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n \left\{ \pi \left( \frac{k}{n} \right)^2 - \pi \left( \frac{k-1}{n} \right)^2 \right\} \left( \frac{k}{n} \right)^2 \\
&= \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\pi}{n^4} \sum_{k=1}^n (2k-1)k^2 \\
&= \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\pi}{n^4} \cdot \left\{ 2 \cdot \frac{n^2(n+1)^2}{2^2} - \frac{n(n+1)(2n+1)}{6} \right\} \\
&= \lim_{n \rightarrow \infty} \pi \left\{ \frac{1}{2} \cdot 1^2 \left( 1 + \frac{1}{n} \right)^2 - \frac{1}{6n} \cdot 1 \cdot \left( 1 + \frac{1}{n} \right) \left( 2 + \frac{1}{n} \right) \right\} \\
&= \pi \left( \frac{1}{2} \cdot 1^2 \cdot 1^2 - 0 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 \right) = \frac{\pi}{2}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\pi}{n^2} \sum_{k=1}^n k \\
&= \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\pi}{2} \cdot 1 \cdot \left( 1 + \frac{1}{n} \right) \\
&= \frac{\pi}{2} \cdot 1 \cdot 1 = \frac{1}{2} \pi
\end{aligned}$$

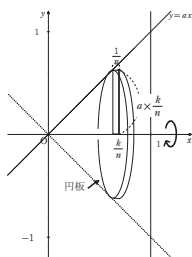
(3) だ円  $\frac{x^2}{4} + y^2 = 1$  で囲まれた部分



**練習** 次の直線または曲線で囲まれた部分を  $x$  軸の周りに回転してできる回転体の体積を区分求積法で求めよ。

(1) 直線  $y = ax$  と  $x$  軸と直線  $x = 1$  で囲まれた部分

$$\begin{aligned}
V &= \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n \frac{1}{n} \cdot \pi \left( a \times \frac{k}{n} \right)^2 \\
&= \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\pi a^2}{n^3} \sum_{k=1}^n k^2 \\
&= \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\pi a^2}{n^3} \cdot \frac{n(n+1)(2n+1)}{6} \\
&= \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\pi a^2}{6} \cdot 1 \cdot \left( 1 + \frac{1}{n} \right) \left( 2 + \frac{1}{n} \right) \\
&= \frac{\pi a^2}{6} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = \frac{1}{3} \pi a^2
\end{aligned}$$



錐体の求積に現れる係数  $\frac{1}{3}$  が確認できる。

(2) 曲線  $y = \sqrt{x}$  と  $x$  軸と直線  $x = 1$  で囲まれた部分

$$V = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n \frac{1}{n} \cdot \pi \left( \sqrt{\frac{k}{n}} \right)^2$$

第1象限内の部分を  $x$  軸の周りに回転してできる回転体の体積を2倍にしたのが、求める体積だから、

$$\begin{aligned}
\frac{x^2}{4} + y^2 = 1 \quad \text{より} \quad y &= \sqrt{1 - \frac{x^2}{4}} \\
V &= 2 \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n \frac{2}{n} \cdot \pi \left\{ \sqrt{1 - \frac{1}{4} \left( \frac{2k}{n} \right)^2} \right\}^2 \\
&= 2 \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{2\pi}{n^3} \sum_{k=1}^n (n^2 - k^2) \\
&= 2 \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{2\pi}{n^3} \left( n^2 \cdot n - \frac{n(n+1)(2n+1)}{6} \right) \\
&= 2 \lim_{n \rightarrow \infty} 2\pi \left\{ 1 - \frac{1}{6} \cdot 1 \cdot \left( 1 + \frac{1}{n} \right) \left( 2 + \frac{1}{n} \right) \right\} \\
&= 2 \cdot 2\pi \cdot \left( 1 - \frac{1}{3} \right) = \frac{8}{3} \pi
\end{aligned}$$

このような流れで取り組んだところ、文系志望の生徒たちにも区分求積法まで学習することができた。

(2011年 町田)

## An2-4. 三角関数の和と積の周期

関連分野：解析分野

高等数学：解析幾何

対象学年：高校2年生

関連単元：三角関数

教材名：三角関数の和と積の周期

### 《三角関数の和と積の周期はどうか》

周期関数の代表例は三角関数であり、 $\sin x$ ,  $\cos x$  の周期が  $2\pi$ ,  $\tan x$  の周期が  $\pi$  であることはよく知られている。また、物理への応用がある  $x$  軸方向や  $y$  軸方向への拡大、縮小、平行移動なども、よく扱われる。しかし、三角関数の和や積の関数の周期がどのようなかは、あまり扱われていないようである。本稿では、三角関数の和や積の関数の周期を周期関数の定義を基として厳密に考察する。

#### An2-4.1. 周期関数の定義と基本的な例

関数  $f(x)$  について、0 でない実数  $p$  が存在して、すべての実数  $x$  に対して  $f(x+p) = f(x)$  が成立するとき、 $f(x)$  を  $p$  を周期とする広義周期関数という。ただし、 $f$  の定義域が実数全体でない場合、 $x+p$  と  $x$  は  $f$  の定義域の要素に限る。 $p$  が周期ならば、0 でない整数  $n$  に対して、 $np$  も周期となる。また、広義周期関数には、定数関数  $f(x) = k$  ( $k$ : 定数) も含まれる。なぜならば、0 でないすべての実数が周期となるからである。

広義周期関数  $f(x)$  において、最小の正の周期  $p$  が存在するとき、 $f(x)$  を  $p$  を基本周期とする周期関数という。この定義から、周期関数は広義周期関数なので、一般に関数は、

- 周期関数
- 周期関数でない広義周期関数
- 広義周期関数でない

のいずれかに分類できる。定数関数は、0 でないすべての実数が周期となることから最小の正の周期が存在しないので、周期関数でない広義周期関数である。単に周期といって、基本周期のことを指すことも多いが、本稿では、これらを区別して表現することとする。

例えば、三角関数  $\sin x$ ,  $\cos x$ ,  $\tan x$  は、それぞれ、 $2\pi$ ,  $2\pi$ ,  $\pi$  を基本周期とする周期関数である。しかし、この基本的事実は、三角関数の定義から明らかである、と済ませていることが多い。このことを、 $\cos x$  を例として、次の問である程度、厳密に議論できるようにしておこう。

問 1.  $\cos x$  が周期  $2\pi$  の広義周期関数であることを認めて、 $\cos x$  が基本周期  $2\pi$  の周期関数であることを示せ。

解 定義から、 $\cos x$  は周期  $2\pi$  の広義周期関数なので、すべての実数  $x$  に対して  $\cos(x+2\pi) = \cos(x)$  である。 $\cos x$  に  $2\pi$  よりも小さい正の周期  $p$  が存在する、すなわち、 $0 < p < 2\pi$  が存在して、すべての実数  $x$  に対して  $\cos(x+p) = \cos(x)$  をみたすことを仮定する。このとき、特に  $x=0$  とすれば  $\cos p = \cos 0 = 1$  であるが、 $0 < p < 2\pi$  より  $-1 \leq \cos p < 1$  なので、 $1 = \cos p \neq 1$  は矛盾である。よって、 $\cos x$  に  $2\pi$  よりも小さい正の周期は存在せず、 $2\pi$  が最小の正の周期、すなわち、基本周期となる。それゆえ、 $\cos x$  は基本周期  $2\pi$  の周期関数である。□

$\sin x$ ,  $\tan x$  が、それぞれ基本周期  $2\pi$ ,  $\pi$  の周期関数であることも同様に示せる。 $\sin x$  については、 $\sin x = \cos\left(x - \frac{\pi}{2}\right)$  より、基本周期が  $2\pi$  である  $y = \cos x$  のグラフを  $x$  軸方向に  $\frac{\pi}{2}$  だけ平行移動したものが  $y = \sin x$  のグラフであることから明らかである。また、グラフの平行移動、 $x$  軸方向や  $y$  軸方向への拡大、縮小を考えれば、定数  $k \neq 0$ ,  $a \neq 0$ ,  $b$  に対して、

$$k \sin(ax+b), k \cos(ax+b), k \tan(ax+b)$$

はそれぞれ基本周期  $\frac{2\pi}{a}$ ,  $\frac{2\pi}{a}$ ,  $\frac{\pi}{a}$  の周期関数である。

#### An2-4.2. 周期関数の和と積の周期

一般に、関数  $f(x)$ ,  $g(x)$  に対して、

$$(f+g)(x) = f(x) + g(x), (f \cdot g)(x) = f(x)g(x)$$

と定義して、 $(f+g)(x)$ ,  $(f \cdot g)(x)$  をそれぞれ  $f(x)$  と  $g(x)$  の和の関数、積の関数とよぶ。ただし、関数については、変数  $x$  を省略して、単に  $f$ ,  $g$ ,  $f+g$ ,  $f \cdot g$  と表現することもある。

このような関数を定義すると、特に、 $f$  と  $g$  が周期関数のとき、 $f+g$  と  $f \cdot g$  もまた周期関数となるかは素朴な疑問である。そこで、次の課題を設定する。

課題 1. 関数  $f(x)$ ,  $g(x)$  をそれぞれ基本周期  $a$ ,  $b$  の周期関数とする。このとき、これらの和の関数  $(f+g)(x)$ 、積の関数  $(f \cdot g)(x)$  は、それぞれ周期関数となるだろうか。また、周期関数となった場合、その基本周期は  $a$ ,  $b$  を用いて、どのように表されるか。



いきなり、このような課題を出題してみると、生徒から「周期関数になって、基本周期は  $a$  と  $b$  の最小公倍数」という反応があった。これは正しい答えなのだろうか。以下で、詳細に検討していこう。まず、 $a = b$  の場合、最小公倍数という答えが正しいとすれば、 $f + g, f \cdot g$  の基本周期は  $a$  になるはずなので、次の課題を設定してみる。

**課題 2.** 関数  $f(x), g(x)$  を同じ基本周期  $a$  の周期関数とする。このとき、これらの和の関数  $(f + g)(x)$ 、積の関数  $(f \cdot g)(x)$  は、それぞれ基本周期  $a$  の周期関数となるか。

とりあえず、 $a = 2\pi$  として具体例をいくつか挙げてみる。

**例 1.** 関数  $f(x) = \sin x, g(x) = \cos x$  は、共に基本周期  $2\pi$  の周期関数である。このとき、 $(f + g)(x) = \sin x + \cos x = \sqrt{2} \sin\left(x + \frac{\pi}{4}\right)$  より、 $f + g$  は基本周期  $2\pi$  の周期関数である。また、積について、 $(f \cdot g)(x) = \sin x \cos x = \frac{1}{2} \sin 2x$  より、 $f \cdot g$  は基本周期  $\pi$  の周期関数である。

**例 2.** 関数  $f(x) = \sin x, g(x) = -\sin x$  は、共に基本周期  $2\pi$  の周期関数である。 $(f + g)(x) = 0$  より  $f + g$  は定数関数なので、 $f + g$  は周期関数でない。また、 $(f \cdot g)(x) = -\sin^2 x = \frac{\cos 2x - 1}{2}$  より、 $f \cdot g$  は基本周期  $\pi$  の周期関数である。よって、和の関数も積の関数も基本周期  $2\pi$  の周期関数でない。

**例 3.** 関数  $f(x) = \sin x + 2, g(x) = \frac{1}{\sin x + 2}$  は、共に基本周期  $2\pi$  の周期関数である。 $f + g$  は基本周期  $2\pi$  の周期関数となることが示せる。また、 $(f \cdot g)(x) = 1$  なので、 $f \cdot g$  は周期関数でない。

これらの例をまとめると、次の表のようになる。

| $f(x)$       | $g(x)$                 | $f$    | $g$    | $f + g$  | $f \cdot g$ |
|--------------|------------------------|--------|--------|----------|-------------|
| $\sin x$     | $\cos x$               | $2\pi$ | $2\pi$ | $2\pi$   | $\pi$       |
| $\sin x$     | $-\sin x$              | $2\pi$ | $2\pi$ | $\times$ | $\pi$       |
| $\sin x + 2$ | $\frac{1}{\sin x + 2}$ | $2\pi$ | $2\pi$ | $2\pi$   | $\times$    |

表：和と積の関数の基本周期

和と積の関数について、周期関数になるときもあれば、そうでないときもある。ただし、周期関数にならなくても広義周期関数なので、広義周期関数以外の例があるか気になるところである（詳細は後述の問 3）。また、

和と積の関数が周期関数になったとしても、基の周期関数の基本周期  $2\pi$  になるときもあれば、そうでないときもあることが分かる。ここで、逆に、 $f, g, f + g, f \cdot g$  の基本周期がすべて同じになる場合があるのかも疑問である。そこで、次の問を考えてみよう。

**問 2.** 課題 2 において、 $(f + g)(x), (f \cdot g)(x)$  が共に基本周期  $a$  の周期関数となるような  $f(x), g(x)$  は存在するか。存在するならば例を挙げ、存在しないならばそのことを示せ。

**解**  $a = 2$  として、 $f, g$  が存在することを示す。 $f(x) = \left[2\left(\frac{x}{2} - \left[\frac{x}{2}\right]\right)\right]$  とおくと、

$$f(x) = \begin{cases} 0 & (2n \leq x < 2n + 1, n : \text{整数のとき}) \\ 1 & (2n + 1 \leq x < 2n + 2, n : \text{整数のとき}) \end{cases}$$

なので、 $f(x)$  は基本周期 2 の周期関数である。また、 $g(x) = f(x)$  と定めると、 $f, g$  は共に基本周期 2 の周期関数である。このとき、

$$\begin{aligned} (f + g)(x) &= f(x) + g(x) = 2f(x), \\ (f \cdot g)(x) &= f(x)g(x) = (f(x))^2 = f(x) \end{aligned}$$

より、 $f + g, f \cdot g$  は共に基本周期 2 の周期関数である。よって、求める周期関数  $f, g$  が存在する。□

例 1-3 と問 2 の結果を踏まえれば、課題 2 を次のように結論付けられる。

**課題 2 の結論.**  $(f + g)(x), (f \cdot g)(x)$  が共に基本周期  $a$  の周期関数になることもあるが、一般には、周期関数になるとは限らない。また、周期関数になったとしても、基本周期  $a$  の周期関数になるとは限らない。

さて、課題 1 に戻って、 $f + g$  が広義周期関数でないような周期関数  $f, g$  が存在するか考えてみよう。

**問 3.** 関数  $h(x) = \cos x + \cos \sqrt{2}x$  が、「周期関数」、「周期関数でない広義周期関数」、「広義周期関数でない」のいずれであるか答えよ。

**解**  $h(x)$  が広義周期関数であると仮定する。すなわち、0 でない実数  $p$  が存在して、すべての実数  $x$  に対して  $h(x + p) = h(x)$  が成立すると仮定する。特に  $x = 0$  でも成立するので、 $h(p) = h(0)$  より  $\cos p + \cos \sqrt{2}p = 2$

である. ここで,  $-1 \leq \cos p \leq 1$ ,  $-1 \leq \cos \sqrt{2}p \leq 1$  を考えると,  $\cos p = 1 = \cos \sqrt{2}p$  なので,  $p = 2\pi n$ ,  $\sqrt{2}p = 2\pi m$  をみたす整数  $n, m$  が存在する.  $p \neq 0$  より  $n \neq 0$  であることに注意すれば,  $\sqrt{2} = \frac{\sqrt{2}p}{p} = \frac{2\pi m}{2\pi n} = \frac{m}{n}$  であり,  $n, m$  は整数なので, これは矛盾である. よって,  $h(x)$  は広義周期関数でない.  $\square$

この結果は,  $\cos x$  の基本周期が  $2\pi$  で,  $\cos \sqrt{2}x$  の基本周期が  $\sqrt{2}\pi$  であることから, 感覚的には納得しやすいものである. このことを踏まえ, 課題1を  $f(x) = \cos \frac{2\pi x}{a}$ ,  $g(x) = \cos \frac{2\pi x}{b}$  の場合で考察する (問4). ここで,  $f, g$  は周期関数であり, その基本周期がそれぞれ  $a, b$  であることに注意しておく.

問4. 基本周期  $a, b$  の周期関数をそれぞれ  $f(x) = \cos \frac{2\pi x}{a}$ ,  $g(x) = \cos \frac{2\pi x}{b}$  とするとき, 関数グラフソフトを利用しながら課題1を考察せよ. ただし, 和の関数を  $\varphi(x) = \cos \frac{2\pi x}{a} + \cos \frac{2\pi x}{b}$ , 積の関数を  $\psi(x) = \cos \frac{2\pi x}{a} \cdot \cos \frac{2\pi x}{b}$  とおく.

GRAPES や FunctionView などの関数グラフソフトを用いて, 様々な  $a, b$  の値で  $\varphi, \psi$  が周期関数となるか, また, 周期関数となった場合, その基本周期がどのようなになるかを実験してみる. このとき, 最終的に次の結果を得る.

問4の解.

$\varphi$  について

●  $a, b$  が自然数のとき

$a$  と  $b$  の最小公倍数を  $c$  とおくと,  $an = c = bm$  をみたす互いに素な自然数  $n, m$  が存在する. このとき,

$$\begin{aligned}\varphi(x+c) &= \cos \frac{2\pi(x+an)}{a} + \cos \frac{2\pi(x+bm)}{b} \\ &= \cos \frac{2\pi x}{a} + \cos \frac{2\pi x}{b} = \varphi(x)\end{aligned}$$

より,  $\varphi$  は周期関数であり,  $c$  はその周期である. 次に,  $c$  が最小の正の周期であることを示す. そのため,  $0 < d < c$  をみたす  $d$  が存在して, すべての実数  $x$  に対して  $\varphi(x) = \varphi(x+d)$  が成立すると仮定する. 特に  $x=0$  とすれば,

$$\begin{aligned}\varphi(0) = \varphi(d) &\Leftrightarrow 2 = \cos \frac{2\pi d}{a} + \cos \frac{2\pi d}{b} \\ &\Leftrightarrow \cos \frac{2\pi d}{a} = 1 = \cos \frac{2\pi d}{b}\end{aligned}$$

より  $\frac{d}{a} = n'$ ,  $\frac{d}{b} = m'$  をみたす自然数  $n', m'$  が存在する. このとき,  $an' = d = bm'$  より  $d$  は  $a$  と  $b$  の公倍数であるが,  $0 < d < c$  なので,  $c$  が  $a$  と  $b$  の“最小”公倍数であることに矛盾する. よって,  $c$  は  $\varphi$  の最小の正の周期である. つまり,  $\varphi$  は基本周期  $c$  の周期関数である.

●  $\frac{a}{b}$  が有理数のとき

$\frac{a}{b} = \frac{n}{m}$  をみたす互いに素な自然数  $n, m$  が存在する.

$$\begin{aligned}\varphi\left(\frac{ax}{n}\right) &= \cos\left(\frac{2\pi}{a} \cdot \frac{ax}{n}\right) + \cos\left(\frac{2\pi}{b} \cdot \frac{ax}{n}\right) \\ &= \cos\left(\frac{2\pi x}{n}\right) + \cos\left(\frac{2\pi x}{m}\right)\end{aligned}$$

より, 和の関数  $\varphi$  の結果を利用すれば,  $\varphi\left(\frac{ax}{n}\right)$  は  $n$  と  $m$  の最小公倍数  $l$  を基本周期とする周期関数である. ただし,  $n, m$  は互いに素なので,  $l = nm$  である.  $y = \varphi\left(\frac{ax}{n}\right)$  のグラフを  $x$  軸方向に  $\frac{a}{n}$  だけ拡大すると  $y = \varphi(x)$  のグラフになるので,  $\varphi(x)$  も周期関数であり, その基本周期は  $l \cdot \frac{a}{n} = am (= bn)$  である.

●  $\frac{a}{b}$  が無理数のとき

問3と同様な方法によって,  $\varphi$  が広義周期関数でないことが示せる.

$\psi$  について

●  $a = b$  のとき

2倍角の公式より,

$$\psi(x) = \left(\cos \frac{2\pi x}{a}\right)^2 = \frac{1 + \cos \frac{4\pi x}{a}}{2}$$

なので,  $\psi$  は基本周期  $\frac{a}{2}$  の周期関数である.

●  $a \neq b$  のとき

和積の公式より,

$$\begin{aligned}\psi(x) &= \frac{1}{2} \left( \cos\left(\frac{2\pi x}{a} + \frac{2\pi x}{b}\right) + \cos\left(\frac{2\pi x}{a} - \frac{2\pi x}{b}\right) \right) \\ &= \frac{1}{2} \left( \cos \frac{2\pi x}{\frac{ab}{a+b}} + \cos \frac{2\pi x}{\frac{ab}{|a-b|}} \right)\end{aligned}$$

なので, 和の関数  $\varphi$  の結果を用いて, 次の (i), (ii) を得る.

- (i)  $\frac{\frac{ab}{a+b}}{\frac{ab}{|a-b|}}$  が有理数のとき,  $\frac{\frac{ab}{a+b}}{\frac{ab}{|a-b|}} = \frac{n}{m}$  をみたす互いに素な自然数  $n, m$  が存在して,  $\psi$  は基本周期  $\frac{ab}{a+b} \cdot m \left( = \frac{ab}{|a-b|} \cdot n \right)$  の周期関数である.
- (ii)  $\frac{\frac{ab}{a+b}}{\frac{ab}{|a-b|}}$  が無理数のとき,  $\psi$  は広義周期関数でない.
- 

この結果より, 課題 1 について, 限定的ではあるが,  $f(x) = \cos \frac{2\pi x}{a}, g(x) = \cos \frac{2\pi x}{b}$  ( $a, b > 0$ ) の場合が解決された. 三角関数, 絶対値, ガウス記号による関数を中心に, より一般の場合についても考察を進めていきたい. また, 生徒の研究テーマとしても利用できそうである.

(2011 年 須田)

## G2-2. ベクトルの内積と方べきの定理

関連分野：幾何分野  
 高等数学：ベクトル  
 対象学年：高校2年生  
 関連単元：ベクトル  
 教材名：ベクトルの内積

### 《ベクトルの内積を見えるようにする》

高等学校で学ぶ内容には、唐突な定義により導入されることが少なくない。そのため、生徒は「何故？」という疑問に終始引きずられることが少なくない。ことに、ベクトルなどの新しい構造を取り入れるときにはそのようなことが多いように感じる。

本稿では、ベクトルの内積を意味あるものとして、生徒が視覚的に捉えやすくできるように、中学または数学Aで学んだ方べきの定理との関連について紹介する。

なお、ここで報告する事例について高2の授業で実践したが、概ね生徒には好評であった。

### 2.2-1. 方べきの定理

方べきの定理は、高校数学Aの教科書では、一般に次のように定義されている。（「数学A」実教出版）

**定理 1.1** 円の2つの弦AB, CDまたは、それらの延長が、点Pで交わるとき、次の式が成り立つ。

$$PA \cdot PB = PC \cdot PD$$

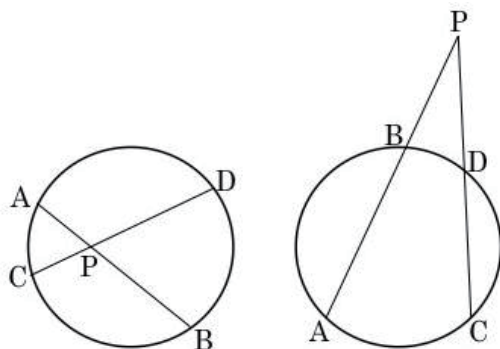


Fig 1.1 方べきの定理

**証明** Fig 1.2の三角形PACと三角形PDBにおいて、  
 $\angle CAP = \angle BDP$   
 $\angle ACP = \angle DBP$

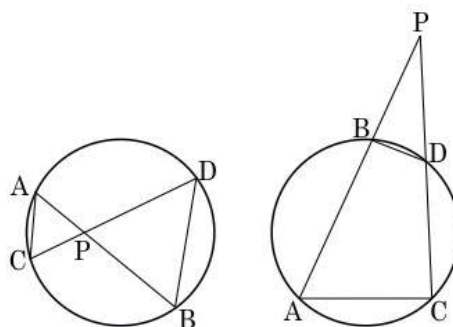


Fig 1.2 方べきの定理と三角形の相似

であるから

$$\triangle PAC \sim \triangle PDB$$

よって

$$PA : PD = PC : PB$$

ゆえに

$$PA \cdot PB = PC \cdot PD$$

終

**注意**  $PA \cdot PB$ の値を、点Pのこの円に関する方べきという。

**定理 1.2** 円の弦ABの延長と円周上の点Tにおける接線が、点Pで交わるとき、次の式が成り立つ。

$$PT^2 = PA \cdot PB$$

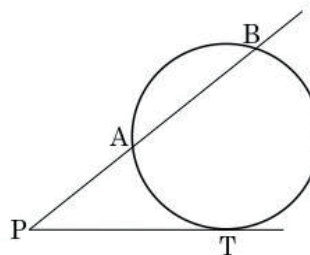


Fig 1.3

**証明** Fig 1.4の $\triangle PAT$ と $\triangle PTB$ において

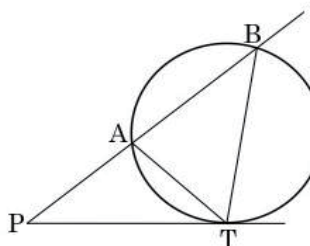


Fig 1.4

$\angle APT = \angle TPB$   
 $\angle PTA = \angle PBT$   
 であるから  
 $\triangle PAT \sim \triangle PTB$   
 よって  
 $PA : PT = PT : PB$   
 ゆえに  $PT^2 = PA \cdot PB$

終

### 1.1.1 方べきの定理を計量する

方べきの定理を学習するとき、定理1で終了することが多い。ここでは、方べきの定理を計量することによって、ベクトルの内積と結びつくことを中心に述べる。一般に、次が成り立つ。

**定理1.3** 円の中心をO、円Oの半径を $r$ としたとき、

$$PA \cdot PB = PC \cdot PD = |PO^2 - r^2|$$

次が成り立つ。

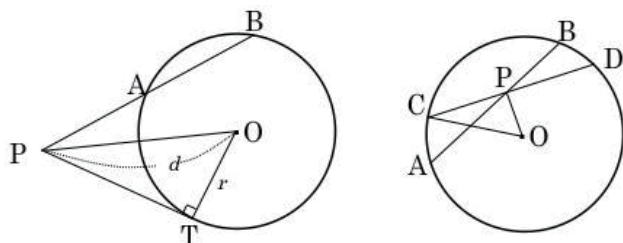


Fig 1.5 方べきの定理

- 証明**
- (i) 点Pが円外にあるとき、Pから割線PAB, 接線PTを引けば、 $PA \cdot PB = PT^2$   
 $PA \cdot PB = PT^2 = PO^2 - TO^2 = d^2 - r^2$  (一定)
  - (ii) 点Pが円内にあるとき、Pを通り、POに垂直な弦CDを引けば、 $PC = PD$ だから  
 $PA \cdot PB = PC \cdot PD = PC^2$   
 また、 $PC^2 = CO^2 - OP^2 = r^2 - d^2$  (一定)
- (i), (ii) から  $PA \cdot PB = d^2 - r^2$  **終**

## 2.2-2. ベクトルの内積の定義

教科書では、平面上の2つのベクトルの内積 $\vec{a} \cdot \vec{b}$ を、

図のように、 $\vec{OA} = \vec{a}$ ,  $\vec{OB} = \vec{b}$ ,  $\angle BOA = \theta$ として

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}| |\vec{b}| \cos \theta$$

と定義する。

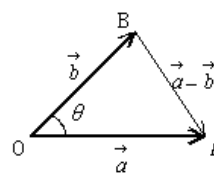


Fig 2.1 ベクトルの内積

### 2.1 ベクトルの成分表示

次に図のように、座標平面上において、 $A(a_1, a_2)$ ,  $B(b_1, b_2)$ であるとき、 $\triangle OAB$ に余弦定理を適用して、

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = a_1 b_1 + a_2 b_2$$

と計算できることを学ぶ。

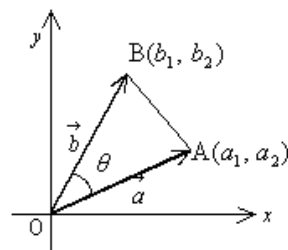


Fig 2.2 ベクトルの成分表示

最初から上の図のようにして、2つのベクトルの内積を

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = a_1 b_1 + a_2 b_2$$

と定義する教科書もある。こういった導入は、もってのほかであり、生徒にとっては唐突であり、内積の意味が伝わるとは思えない。

角田<sup>(2)</sup> (1998) は、図形のイメージから入ることによって、内積をより容易にすることいくつか事例を指摘している。その一つが内積をベクトルの正射影としてとらえる方法である。

### 2.2-3. 内積を正射影でとらえる

内積をベクトルの正射影として捉えることは、仕事として捉えることと同じである。物理や工業数理では、図のように、ベクトル $|\vec{b}| \cos \theta$ を $|\vec{b}|$ の $\vec{a}$ 上への正射影として扱うことで、内積が2つの長さの積として図形上にイメージしやすくなる。



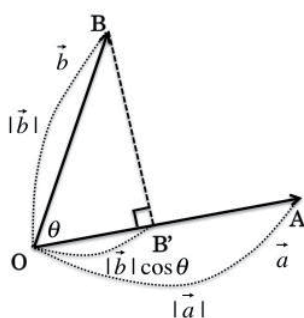


Fig 3.1 ベクトルの正射影

ただし、ベクトルの内積を一方のベクトルをもう一方のベクトルへの正射影によって与える場合、2つのベクトルがなす角  $\theta$  が鋭角のときは正の値を、鈍角の場合には負の値をとることに注意する必要がある。生徒の中には、角  $\theta$  と  $\cos \theta$  の値の関係がはっきりしていない者がいることに留意する必要がある。

すなわち、

$$\vec{OA} \cdot \vec{OB} = |\vec{OA}| |\vec{OB}| \cos \theta = |\vec{OA}| |\vec{OB}'| \quad (3.1)$$

$$\vec{OA} \cdot \vec{OB} = |\vec{OA}| |\vec{OB}| \cos \theta = -|\vec{OA}| |\vec{OB}'| \quad (3.2)$$

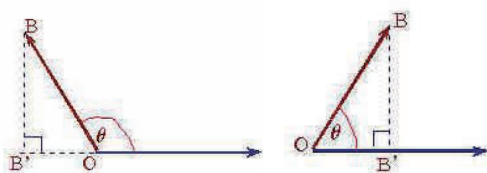


Fig 3.4  $\theta$  が鋭角の場合  $\theta$  が鈍角の場合

## 2.2-4. 内積を方べきの定理で捉える

3 では2つのベクトルの内積を一方のベクトルの他方への正射影として捉えたが、生徒にとっては内積を具体的に捉えることができないだろう。

そこで例えば、(3.1)式を次のように捉えてみる。

すなわち、内積  $\vec{OA} \cdot \vec{OB}$  の結果  $|\vec{OA}| |\vec{OB}'|$  としてみる

と、 $|\vec{OA}| |\vec{OB}'|$  は方べきそのものである。

生徒の理解のために補助円を図にかき加えれば、内積は方べきの定理として捉えることができる。

$$\begin{aligned} \vec{OA} \cdot \vec{OB} &= |\vec{OA}| |\vec{OB}| \cos \theta = |\vec{OA}| |\vec{OB}'| \\ &= OS \cdot OR = OQ^2 - r^2 \end{aligned} \quad (4.1)$$

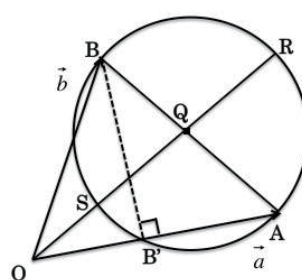


Fig 4.1 内積に円をかいてみると

## 2.2-5. 内積の演算問題

上記で、ベクトルの内積を方べきの定理で表わせることを示したが、大学の初年級の線形代数のテキストには、次のような問題や例がある。

**例**：2点 A, B の位置ベクトルをそれぞれ  $\vec{a}$ ,  $\vec{b}$  とする。

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = \frac{1}{4} (|\vec{a} + \vec{b}|^2 - |\vec{a} - \vec{b}|^2)$$

が成り立つことを示せ。

これは、ベクトルを位置ベクトルで表すことによって、当然とも言える結果であり、内積を形式的に表現したものである。生徒の中には、右边を内積の演算を形式的に行えば証明することは難しくはない。本問題でも、生徒には必ず図形とともに考えさせるべきである。その際に、 $\triangle OAB$  において、 $\frac{1}{4} (|\vec{a} + \vec{b}|^2 - |\vec{a} - \vec{b}|^2)$

の第1項と第2項が図形的に何を表しているのかを問いかけてたい。この場合は、

$$\frac{1}{4} (|\vec{a} + \vec{b}|^2 - |\vec{a} - \vec{b}|^2) = \left( \frac{|\vec{a} + \vec{b}|^2}{4} \right) - \left( \frac{|\vec{a} - \vec{b}|^2}{4} \right)$$

と変形すれば、AB の中点 Q の位置ベクトルが

$$\frac{\vec{a} + \vec{b}}{2} = \vec{OQ}, \quad \frac{\vec{a} - \vec{b}}{2} = \vec{a} - \frac{\vec{a} + \vec{b}}{2} = \vec{MQ}$$

であるから、例の右边をそのまま捉えれば

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{OQ}|^2 - |\vec{MQ}|^2 \quad (4.2)$$

である。これは、三角形 OAB における中線 OQ の長さの2乗と QA の2乗との差を表している。

このように、初等幾何との関係を考察することで、内積が意味づけし易い形の式にすることができた。なお、類題として検定教科書にある問題を掲載する。こ

これらの問題は、ベクトルの演算として扱われる例である。

類題：次の等式が成り立つことを示せ<sup>(4)</sup>。

$$(1) (\vec{a} + \vec{b})(\vec{a} - \vec{b}) = |\vec{a}|^2 - |\vec{b}|^2$$

$$(2) |\vec{a} + \vec{b}|^2 + |\vec{a} - \vec{b}|^2 = 2(|\vec{a}|^2 + |\vec{b}|^2)$$

## 2.2-6. おわりに

この内容を実践した後の生徒の感想では、

- (1) 方べきを利用するために円を使うという発想が新しいと思った。
- (2) 新しい解法だったので、へーと思ったがあまり実用性が感じられなかった。もっと色々な問題を解いていればこの解法のすごさが分かるのかもしれないが、現段階では、「だから何に使えるのか」が分からなかったもので、微妙である。
- (3) 内積は奥深いと感じた。
- (4) ベクトルの問題が幾何的な考え方で分かることを知って理解が深まった。
- (5) 内積を図形的に捉えることが新鮮であった。
- (6) 内積と「円」という絡みにくい内容を絡ませてしまった！！これは実は結構難しい。かなりすごい！！感動しました。

など、幾何とベクトルのつながりに驚きを述べる生徒が多数いた。

改訂された高等学校学習指導要領解説にある、「事象を数学的に考察し、表現する能力を伸ばす」とある。さらに、「ベクトルの基本的な概念を理解し、ベクトルの演算に習熟した後に、中学校で学習した内容についても、ベクトルを用いた数学的な考察や表現が可能となる。このことによりベクトルの有用性を認識し、ベクトルを用いて数学的に考察し表現する能力を伸ばすことができる。」とある。本論では、内積  $\vec{a} \cdot \vec{b}$  を図形的な意味づけをして考察できるよう教材開発について論じたが、この式の形だけでは気がつかない生徒も多いかもしれない。そのためにも、数学 A の「平面図形」と高等学校と他の内容、さらには中学校での幾何教育とも良好な接続をもった中高を見通した幾何教材の開発が望まれる。その際に、高校生は概念や結果が量としてあるいは式として出てくるような場合については比較的考えようとするが、概念的な問題としては取っ付きづらい感覚がある<sup>(4)</sup>ことに注意したい。

筆者は本研究によって高校生は方べきの定理としての性質を見るだけでは物足りないと考えている。例えば、(4.1) 式を、円の中心 O まで距離 PO ( $m$  とおく) と円の半径  $r$  との関係、すなわち方べきが  $m^2 - r^2$  に等しいことを扱い、ベクトルの内積を視覚化するとともに、点 P の位置が  $m^2 - r^2$  の値で計量することができるよう、高校の幾何教育を計量という面で捉えるような教材を開発することが重要である<sup>(5)・(6)</sup>と考える。

### 【註、および参考文献】

- (1) 更科元子他、『中高 6 年における数学的能力等の発達変容の分析-意識調査を中心に-』, p.35~p.76, 2001 年, 筑波大学附属駒場論集第 40 号。【5】「次の数学の分野 (10 項目) で嫌いなものは何ですか? (複数回答可)」において、最も人気のない分野は、「数列」、「ベクトル」、「複素数平面」の順に高い。
- (2) 角田義一郎、『「内積の定義」の導入について』1998 年 8 月, 第 26 回北海道算数数学教育会高等学校部会研究会
- (3) 岡本和夫 他, 高等学校検定教科書 数学 B 「平面上のベクトル」(実教出版), p43~p86, 2010 年
- (4) 東京理科大学数学教育研究所編 (2007) 「高校生の数学力 NOWIII」『科学新興新社/フォーラム・A』56 頁~57 頁
- (5) 牧下英世, 『高等学校の幾何教育教材の開発とその実証的研究-ベクトルの内積を視覚化する試み-』(数学教育学会会誌 (臨時増刊)), 2011 年
- (6) 長岡亮介, 『本質の研究 数学 II + B』, 旺文社, 2004 年にもあるが, Fig 4.1 を座標平面上の円と考え, 数学 II 「図形と方程式」における円, 円がらみの領域で概念が意味あるものとして扱うことも可能となる。(解説)

点 C ( $a, b$ ) とする。円外の点 O ( $X, Y$ ) とすれば

$$OC^2 = (X-a)^2 + (Y-b)^2$$

である。よって、(4.2) 式は、

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = (X-a)^2 + (Y-b)^2 - r^2$$

である。

・ O ( $X, Y$ )

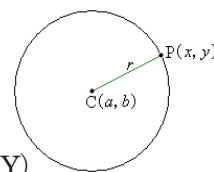


Fig 円の方程式と絡めて

点 O が円外の点であるから、

$$(X-a)^2 + (Y-b)^2 - r^2 > 0$$

円の方程式は、

$$(x-a)^2 + (y-b)^2 = r^2$$

であることが意味をもつ。

(2011 牧下)

## p2 身近な確率・連続変量の確率

関連分野：確率分野

高等数学：確率論、解析学

対象学年：中学 2,3 年生、高校 1,2,3 年生

関連単元：確率

教材名：色々な確率・面積比などによる確率

### 《身近な確率、線分や面積の比などによる確率》

降雨確率が身近なものとなって久しいが、日常生活では様々な確率的判断が必要であり、科学的な社会生活を送るためには適切に確率を考え、判断することが不可欠である。

基本的な順列・組み合わせは常識的であり、それらを用いた場合の数の計算は中学生でも理解可能である。確率を苦手とする生徒が少なからずいるが、単なる場合の数と等確率を前提とする確率でのものとの違いに戸惑ったり、考え違いによる誤りに気が付きにくいからであろう。学年を越えて何度も繰り返し扱うことで、このような苦手意識を払拭したい。

また、抽選が回転盤によるゲーム形式で実施される様子をテレビなどで目にするが、連続変量の確率分布は高校の数学 B でしか扱われない。線分比や面積比による確率は身近なものであり、中学生でも理解できる。

順列・組み合わせを中学段階から扱い、面積比などによる確率を含めて、生徒が興味を持つような身近な確率を取り上げたいと考えている。以下、中学で取り扱ったものに、発展として高校で扱ったものを交えて、教材を記載する。

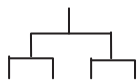
## p2. 身近な確率・連続変量の確率

### (1) 場合の数

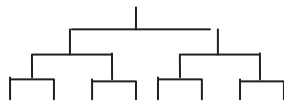
数え上げ、場合の数の和の法則や積の法則、及び順列組み合わせについて、通常通り扱う。教材例は省略するが、次のような身近なものをできるだけ取り上げる。

#### 問 1.

- (1) 4 チームで右のようなトーナメントを行うとき、組み合わせの作り方は何通りあるか。

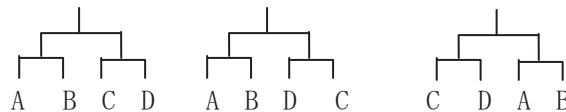


- (2) 8 チームで右のようなトーナメントを行うとき、組み合わせの作り方は何通りあるか。



ただし、(1) (2) とも、例えば次のように、表の記載の

仕方が異なっても、対戦の仕方が同じものは 1 通りと数える。



- (3) 8 チームで(2)のようなトーナメントを行う。8 チームの間には実力差があり、各対戦では実力上位のものが勝つとすると、実力第 3 位のチームが決勝戦に進出できる組み合わせは何通りあるか。

#### 解答例)

- (1) 1 回戦での A の対戦相手を考えて、3 通り。  
(2) 8 チームを 4 チームずつに分ける分け方は、

$$\frac{{}_8C_4}{2} \text{ 通り。それぞれで 1 回戦の組み合わせは 3 通り}$$

ずつあるので、求める場合の数は、

$$\frac{{}_8C_4}{2} \cdot 3^2 = 315 \text{ 通り。}$$

- (3) 4 チームずつに分けると、1 位と 2 位のチームが同じグループに入り、3 位のチームが別のグループになる分け方は、 ${}_5C_2$  通り。したがって、求める場合の数は、 ${}_5C_2 \cdot 3^2 = 90$  通り。

また、同じものを含む円順列・数珠順列も、煩雑なものは避け、すべてを書き出せる程度のものを扱う。

- 例 1.  $a, b, c, d, e$  を円形に並べる（平面上の回転で重なるものは同一視する）とき、並べ方の総数は、

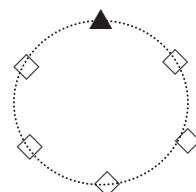
$$\frac{5!}{5} \text{ (or } 4!) = 24 \text{ 通り}$$

- 例 2.  $a, b, c, d, e$  を数珠状に繋ぐ（平面上の回転、及び裏返して重なるものは同一視する）とき、繋ぎ方の総数は、例 1 で裏返して重なるものを同一視して

$$\frac{24}{2} = 12 \text{ 通り}$$

- 例 3.  $\bullet, \bullet, \bullet, \odot, \odot, \blacktriangle$  を円形に並べるとき、並べ方の総数は、 $\blacktriangle$  を固定して考えて、

$$\frac{5!}{3!2!} \text{ (or } {}_5C_2) = 10 \text{ 通り。}$$

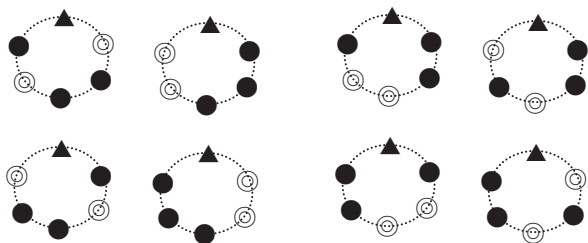


- 例 4.  $\bullet, \bullet, \bullet, \odot, \odot, \blacktriangle$  を数珠状に繋ぐとき、繋ぎ方の総数は、例 3 で線対称なものは 2 通りであるから、 $\frac{10+2}{2} = 6$  通り。



Cf) 例3で、線対称なものは、右の2通り。

また、残りの8通りは裏返すと同じものがある。



問2. 互いに同形なガラス玉5個、互いに同形なガラスダイヤモンド玉4個、表裏のあるペンダント1個のうちの幾つかを繋いで首飾りを作る。

次の各場合で、繋ぎ方はそれぞれ何通りあるか。

- (1) ペンダント1個、ガラス玉3個、ダイヤモンド玉2個
- (2) ガラス玉3個、ダイヤモンド玉2個
- (3) ガラス玉3個、ダイヤモンド玉3個
- (4) ガラス玉5個、ダイヤモンド玉4個

解答例)

- (1) ペンダントを固定して考えて、

$$\frac{5!}{3!2!} \text{ (or } {}_5C_2 \text{ )} = 10 \text{ 通り。}$$

- (2) ガラスを●、ダイヤモンドを◎で表わして、次の2通り。



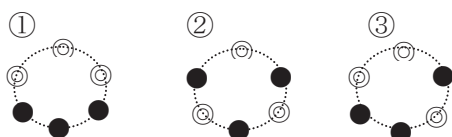
Cf) ◎1個を固定して考えて、残りの並べ方は

$$\frac{4!}{3!} \text{ ( or } {}_4C_1 \text{ )} = 4 \text{ 通り。一つの並べ方で、固定}$$

した◎の位置に、◎を回して持ってくる方法は、動かさない場合を含めて2通りずつあり、それらが別のものと数えられているので、これらを同一視して、 $\frac{4}{2} = 2$ 通り。これらはいずれも線対称で

あるから、求める繋ぎ方も2通り。

- (3) 次の3通り。



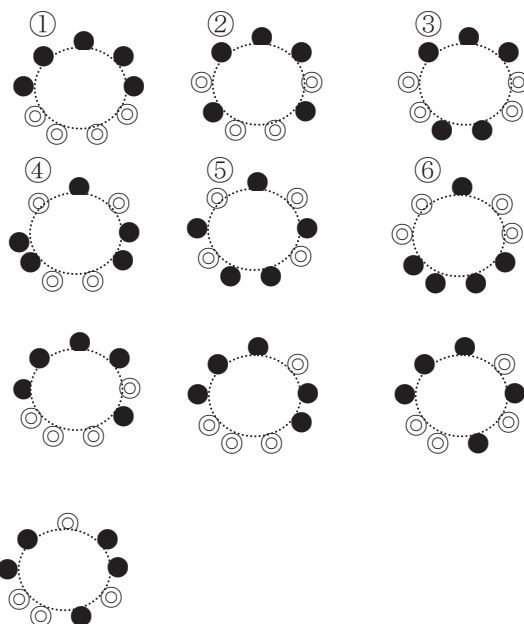
Cf) ◎1個を固定して考えて、残りの並べ方は、

$$\frac{5!}{2!3!} \text{ ( or } {}_5C_2 \text{ )} = 10 \text{ 通り。}$$

一つの並べ方で、固定した◎の位置に、◎を回して持ってくる方法は、動かさない場合を含めて3通りずつあり、◎と●が交互に並んでいるもの(図の②)以外は、それぞれ別のものと数えられている。従って円形に並べる並べ方の総数は、 $\frac{10-1}{3} + 1 = 4$ 通り。

裏返したときに同じものになるのは線対称なものであり、(図の①と②の)2通りあるので、数珠状に繋ぐ繋ぎ方の総数は、 $\frac{4+2}{2} = 3$ 通り。

- (4) 次の10通り。



Cf) ●1個を固定して考えて、残りの並べ方は、

${}_8C_4$ 通り。一つの並べ方で、固定した●の位置に、●を回して持ってくる方法は、動かさない場合を含めて5通りずつあり、これらはそれぞれ別のものと数えられている。従って円形に並べる並べ方の総数は、 $\frac{{}_8C_4}{5}$ 通り。

このうち裏返しても同じである線対称なものは、右側の4か所に●2つ入れると考えると、

${}_4C_2$ 通り (図の①～⑥)。

よって、数珠状に繋ぐ繋ぎ方の総数は、

$$\frac{\frac{{}_8C_4}{5} + {}_4C_2}{2} = 10 \text{ 通り。}$$

## (2) 確率

確率について通常通り扱い(教材例は省略)、その後、電卓等を利用可として、次のようなものを取り上げる。

問1. ある工場で機械A, B, Cをそれぞれ使って同一の製品を作っている。機械A, B, Cが不良品を作る確率はそれぞれ30%、20%、10%である。また、機械Aで製品の40%を、B, Cでそれぞれ製品の30%を作っている。

今、製品全体から無作為に1個選び検査したところ不良品であった。この不良品が機械Aの製品である確率を求めよ。

### 解答例

100個の製品があるとき、その内訳は、

A 40個、そのうちの不良品は12個

B 30個、そのうちの不良品は6個

C 30個、そのうちの不良品は3個

従って、求める確率は、 $\frac{12}{12+6+3} = \frac{4}{7}$

問2. 1年を365日として次の確率を求めよ。

(1) ある兄弟2人の誕生日が同じ月日である確率

(2) ある5人家族で、誕生日が互いに異なる(5人とも別々の)月日である確率

(3) 40人のクラスで、同じ誕生日の人がいる確率

### 解答例

(1) 兄弟を順に考えて、弟が兄と同じなので、

$$\frac{365 \cdot 1}{365^2} = \frac{1}{365} \div 0.0027$$

(2) 5人を順に考えて、誕生日が異なるから、

$$\frac{365 \cdot 364 \cdot 363 \cdot 362 \cdot 361}{365^5} \div 0.9729$$

(3) 40人の誕生日が互いに異なる場合の余事象の確率であるから、順列的に考えて、

$$1 - \frac{365 \cdot 364 \cdots 326}{365^{40}} \div 1 - 0.1088 = 0.8912$$

問3. ある中高6年制の学校は、初めの3年間は1学年120人で3クラス、後の3年間は40人新たに入学し1学年160人で4クラスであり、毎年クラス分けは無作為に行われている。

(1) A, B君は同じ学年の生徒で、ともに中学から入学した。この2人が6年間で一度も同じクラスにならない確率を求めよ。

(2) 6年間で、中学から入学したA君が、中学から入学した同じ学年の人全員と、1度は同じクラスになる確率を求めよ。

### 解答例

(1) Aを固定して考えて、中学のある学年でBがAと違うクラスになる確率は $\frac{80}{119}$ 。高校時代も同様に

考えて、求める確率は、 $\left(\frac{80}{119}\right)^3 \left(\frac{120}{159}\right)^3 \div 0.1306$

(2) (1)より、AがBと6年間で一度は同じクラスになる確率は、 $1 - \left(\frac{80}{119}\right)^3 \left(\frac{120}{159}\right)^3$

よって、求める確率は、

$$\left\{1 - \left(\frac{80}{119}\right)^3 \left(\frac{120}{159}\right)^3\right\}^{119} \div (0.8694)^{119} \div \frac{6}{10^8} \div 0$$

### 問4. (ポーカーの確率)

ジョーカーの無いトランプ52枚から5枚取った時、ポーカーの役ができている確率を求めよ。

ただし、ストレートは1~5、2~6、・・・、13~4の13通りあるものとする。

### 解答例

『1ペア』

$$\frac{13 \cdot {}_4C_2 \cdot {}_{12}C_3 \cdot 4^3}{{}_{52}C_5} = \frac{2^5 \cdot 11}{7^2 \cdot 17} = \text{約}42.26\%$$

『2ペア』

$$\frac{{}_{13}C_2 \cdot {}_4C_2 \cdot {}_4C_2 \cdot 44}{{}_{52}C_5} = \frac{2 \cdot 3^2 \cdot 11}{5 \cdot 7^2 \cdot 17} = \text{約}4.75\%$$

『3カード』

$$\frac{13 \cdot {}_4C_3 \cdot {}_{12}C_2 \cdot 4^2}{{}_{52}C_5} = \frac{2^3 \cdot 11}{5 \cdot 7^2 \cdot 17} = \text{約}2.11\%$$

『ストレート』(数が1~5、2~6、・・・、13~4)

$$\frac{13 \cdot 4^5 - 13 \cdot 4}{{}_{52}C_5} = \frac{1}{2^2 \cdot 7^2} = \text{約}0.51\%$$

『フラッシュ』(全部同じマーク)

$$\frac{{}_{13}C_5 \cdot 4 - 13 \cdot 4}{{}_{52}C_5} = \frac{1}{2 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 17} = \text{約}0.20\%$$

『フルハウス』（1ペア&3カード）

$$\frac{13 \cdot {}_4C_3 \cdot 12 \cdot {}_4C_2}{{}_{52}C_5} = \frac{2 \cdot 3}{5 \cdot 7^2 \cdot 17} = \text{約}0.14\%$$

『4カード』  $\frac{13 \cdot 48}{{}_{52}C_5} = \frac{1}{5 \cdot 7^2 \cdot 17} = \text{約}0.024\%$

『ストレートフラッシュ』

$$\frac{4 \cdot 13 - 4}{{}_{52}C_5} = \frac{1}{5 \cdot 7^2 \cdot 13 \cdot 17} = \text{約}0.002\%$$

『ロイヤルストレートフラッシュ』（数が10～1で、同じマーク）

$$\frac{4}{{}_{52}C_5} = \frac{1}{2^2 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7^2 \cdot 13 \cdot 17} = \text{約}0.00015\%$$

なお、役ができていない確率は、

$$\frac{{}_{13}C_5 \cdot 4^5 - {}_{13}C_5 \cdot 4 - 13 \cdot 4^5 + 13 \cdot 4}{{}_{52}C_5} = \frac{({}_{13}C_5 - 13)(4^5 - 4)}{{}_{52}C_5} = \frac{1}{2} = 50\% \quad !!!$$

問 5. 1つのサイコロを何回か投げて、最後に出した目の数を得点とするゲーム（出来るだけ得点の多い方がよい）を行う。

最大6回まで投げられるとき、どのような戦術（何回目になんが出たらそこで打ち切るか）をとればよいのか。（実際のゲームでは「勝負をかける」ときがあるかもしれないが、確率的には、平均得点（期待得点）が高くなる戦術を採るべきである。）

解答例）

1回投げたときの出た目の平均は  $\frac{7}{2} = 3.5$

よって、残り1回するとき4以上が出たら止める{戦術①} 戦術①で行うとき、その2回の平均得点は、

$$\frac{3.5 \cdot 3 + 4 + 5 + 6}{6} = \frac{17}{4} = 4.25$$

よって、残り2回するとき、5以上なら止める{戦術②} 戦術①②で行うとき、その3回の平均得点は、

$$\frac{4.25 \cdot 4 + 5 + 6}{6} = \frac{14}{3} \doteq 4.6$$

よって、残り3回するときも、5以上なら止める{戦術③} 戦術①②③で行うとき、その4回の平均得点は、

$$\frac{\frac{14}{3} \cdot 4 + 5 + 6}{6} = \frac{89}{18} < 5$$

よって、残り4回するときも、5以上なら止める{戦術④} 戦術①②③④で行うとき、その5回の平均得点は、

$$\frac{\frac{89}{18} \cdot 4 + 5 + 6}{6} = \frac{277}{54} > 5$$

よって、残り5回するとき、6なら止める{戦術⑤} 以上より、最大6回まで投げられるときの戦術は、1回目（後5回投げられる）は6が出たら止める。2～4回目（後2回以上投げられる）は、5以上なら止める。

5回目（後1回投げられる）は4以上なら止める。（ちなみに、この戦術の時の平均得点は、

$$\frac{\frac{277}{54} \cdot 5 + 6}{6} = \frac{1709}{324} \doteq 5.27 \quad \text{である。）}$$

問 6. 『ビンゴゲーム』（5×5の25マスのカードの、中央のマス以外に1つずつ数が書かれている。順に読み上げられる数で、縦、横、斜めに5個並んだら上がり。ただし、中央のマスは常に読み上げられたものとしてよい。また、カードの1列目には1～25の内の5数が無作為に書かれており、2列目以降もそれぞれ、16～30、31～45、46～60、61～75の数が書かれている）について、①4個目、②5個目、③6個目、④7個目の数が読み上げられた時にビンゴ（上がり）になる確率を求めよ。

解答例）

カードの数を右のように固定して考える。

4数でビンゴとなる確率は、

$$\frac{4}{{}_{75}C_4} = \frac{2}{25 \cdot 37 \cdot 73 \cdot 9} \doteq 0.0000033 \quad (30 \text{ 万分の } 1) \quad \textcircled{1}$$

また、5数でビンゴが出来上がっている（ちょうど5回目でなくても良い）確率は、中央のFreeを含む場合と含まない場合を考えて、

$$\frac{4 \cdot 71 + 8}{{}_{75}C_4} = \frac{2}{5 \cdot 37 \cdot 9 \cdot 71} \doteq 0.000017$$

|   |    |      |    |    |
|---|----|------|----|----|
| 1 | 16 | 31   | 46 | 61 |
| 2 | 17 | 32   | 47 | 62 |
| 3 | 18 | Free | 48 | 63 |
| 4 | 19 | 33   | 49 | 64 |
| 5 | 20 | 34   | 50 | 65 |

よって、ちょうど5数目でビンゴとなる確率は、

$$\frac{2}{5 \cdot 37 \cdot 9 \cdot 71} - \frac{2}{25 \cdot 37 \cdot 73 \cdot 9}$$

$\div 0.000014$  (10 万分の 1) ②

同様に、6 数目でビンゴが出来上がっている確率は

$$\frac{4 \cdot {}_{71}C_2 + 8 \cdot {}_{70}C_2}{{}_{75}C_6} = \frac{10}{37 \cdot 73 \cdot 71} \div 0.000052$$

よって、ちょうど6数目でビンゴとなる確率は、

$$\frac{10}{37 \cdot 73 \cdot 71} - \frac{2}{5 \cdot 37 \cdot 9 \cdot 71}$$

$\div 0.000035$  (3 万分の 1) ③

同様に、7 数目でビンゴが出来上がっている確率は

$$\frac{4 \cdot {}_{71}C_3 + 8 \cdot {}_{70}C_3}{{}_{75}C_7} = \frac{2 \cdot 7^2 \cdot 11}{3 \cdot 15 \cdot 37 \cdot 73 \cdot 71} \div 0.00012$$

よって、ちょうど7数目でビンゴとなる確率は、

$$\frac{2 \cdot 7^2 \cdot 11}{3 \cdot 15 \cdot 37 \cdot 73 \cdot 71} - \frac{10}{37 \cdot 73 \cdot 71}$$

$\div 0.000073$  (1 万分の 1) ④

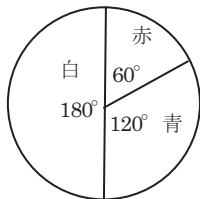
注) ビンゴゲームでは、読み上げられた数が 10 数個になった途端にアがりが増える。その変わり目まで確率を求めたかったのだが、まだ 7 数までしか求めていません。この後の確率を求めたら教えてください。

### (3) 連続変量の確率

次のような面積比による確率は常識的であり、日常でも見かける。

例 1. 右のような赤、青、白の 3 色で色分けされた回転盤にダーツを無作為に投げるとき各色に矢が当たる確率は、面積比を考えて、

$$\text{赤 } \frac{1}{6}, \text{ 青 } \frac{1}{3}, \text{ 白 } \frac{1}{2}$$



線分の長さや面積の比による確率について取り上げる。开区間の長さや面積を閉区間として求めても、全体の比率(確率)に影響が出ないとして、生徒は違和感を持たない。

問1. 四捨五入して  $g$ (グラム)単位で表示する秤がある。

この秤で、A と B の重さを測ったら、それぞれ  $26g$ 、 $24g$  であった。AB 両方を一緒に秤に載せたとき、 $50g$  と表示される確率を求めよ。

解答例)

真の重さを  $a, b$  とすると、

$$25.5 \leq a < 26.5, 23.5 \leq b < 24.5 \quad \text{①}$$

であり、この範囲のどの値を取ることも同様に確からしい。

また、 $50g$  と表示される範囲は、 $49.5 \leq a+b < 50.5$

$$\text{これより、} -a+49.5 \leq b < -a+50.5 \quad \text{②}$$

$ab$  平面で、①の範囲

での、②の面積の比

を考える。

平行移動しても面積は

変わらないので、

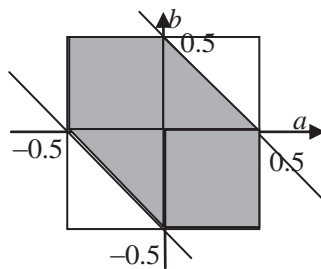
①より、

$$-0.5 \leq a < 0.5,$$

$$-0.5 \leq b < 0.5$$

$$\text{②より、} -a-0.5 \leq b < -a+0.5$$

よって図で面積比を考えて、求める確率は  $\frac{3}{4}$



問2. 一つの円周上に3点を無作為にとるとき、その3点を結んで作った三角形が鋭角三角形となる確率を求めよ。

解答例)

3 点を A, B, C とし、半径 1 の円で考える。

A を円周上に固定し、反時計回りに考えた弧 AB、AC の長さとして B, C の位置は 1 対 1 に対応する。弧の長さを順に、 $b, c$  すると、 $0 \leq b, c < 2\pi$  であり、

無作為に B, C をとるとき、

$b, c$  がどの値を取ることも

同様に確からしい。

鋭角三角形となるのは、

$$b \leq c \text{ のとき、}$$

$$b < \pi, c-b < \pi, 2\pi-c < \pi$$

$$\text{すなわち、} b < \pi, c < b+\pi, \pi < c$$

$$b \geq c \text{ のとき、}$$

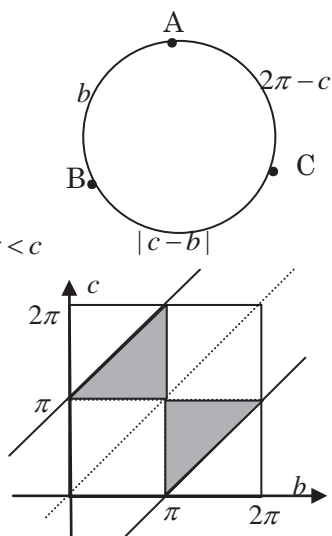
$$c < \pi, b-c < \pi, 2\pi-b < \pi$$

$$\text{すなわち、}$$

$$c < \pi, b-\pi < c, \pi < b$$

よって、面積比を考えて

求める確率は  $\frac{1}{4}$



問3. A君とB君は同じ書店でそれぞれ20分間本を探す。2人がともに、4時から4時40分の間の勝手な時間に書店に来るとき、2人が出会う(同時に書店にいる)確率を求めよ。

解答例)

A,B君が書店に来る時刻を4時 $a$ 分、4時 $b$ 分とすると、 $0 \leq a, b \leq 40$  であり、この範囲で $a, b$ がどの値を取ることも同様に確からしい。

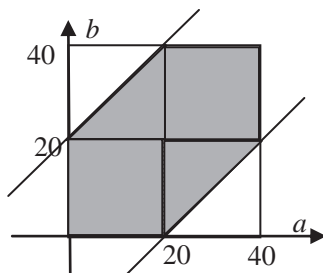
2人が同時に店にいる条件は、 $|b-a| \leq 20$

これより、 $-20 \leq b-a \leq 20$ ,

$a-20 \leq b \leq a+20$

したがって、面積比を  
考えて、求める確率は

$$\frac{3}{4}$$



図のように、MがOR上にくるようにする。  
このとき、MがOR上のどの位置に来るかが同様に確  
からしいと考えて、 $PQ \leq \sqrt{3}$  となる確率は、

$$\frac{1}{2} = \frac{1}{2}$$

線分の長さの比より、 $\frac{2}{1} = \frac{1}{2}$

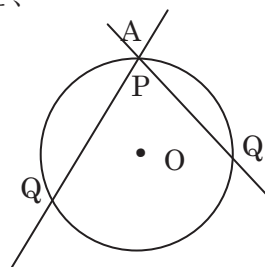
解3

円周上に点Aをとり、投げた直線をOの周りに回転  
して、PとAを重ねるとき、

Qが円周上のどの位置に  
くるかが同様に確からし  
いとする。

$PQ \leq \sqrt{3}$  となる確率は、  
円周の長さの比より、

$$\frac{\frac{4}{3}\pi}{2\pi} = \frac{2}{3}$$



問4. (ベルトランの問題)

平面上に半径1の円がある。この円に向かって  
直線を無作為に投げるとき、円内にある線分の長  
さが $\sqrt{3}$ 以下となる確率を求めよ。

ただし、直線を投げて円と2点で交わらない場  
合は投げ直すものとする。(円と直線が2点で交  
わる場合だけで確率を考える。)

解答例)

半径1の円に内接する正三角

形の一边は $\sqrt{3}$ であるから、

右図の直線が条件を満たす直  
線の限界となる。

円の中心をO、円と直線の  
交点をP,Q、弦PQの中点  
をMとする。

解1

弦の中点Mに注目して、

Mが円内のどの位置にく  
るかが同様に確からしい考える。

$PQ \leq \sqrt{3}$  となる確率は、

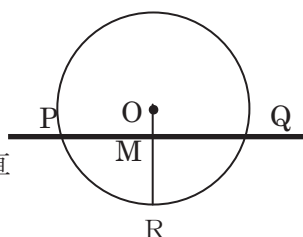
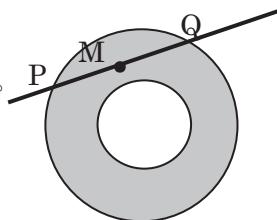
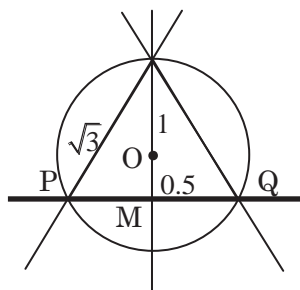
面積比を考えると、

$$\frac{\pi - \frac{1}{4}\pi}{\pi} = \frac{3}{4}$$

解2

解1と同様に弦の中点M  
に注目する。

半径ORをとり、投げた直  
線をOの周りに回転して、



解4 (解3の発展)

円外に点Aをとり、線分OA

の中点をBとする。さらに、

OAを直径とする円Bと円O

との交点をS,Tとする。

投げた直線を、Oのまわり

に回転して、Aを通るよう

にすると、弦PQの中点

Mは円Bの弧ST上にある。

Mが弧ST上のどの位置にく

るかが同様に確からしいと考える。

円Bの弧ST上に、 $ON = \frac{1}{2}$

である点Nをとり、 $\angle SAO = \alpha$ ,  $\angle NAO = \beta$  とすると、

$PQ \leq \sqrt{3}$  となる確率は、

$$\frac{2 \cdot SN}{ST} = \frac{SN}{SO} = \frac{\alpha - \beta}{\alpha} = 1 - \frac{\beta}{\alpha}$$

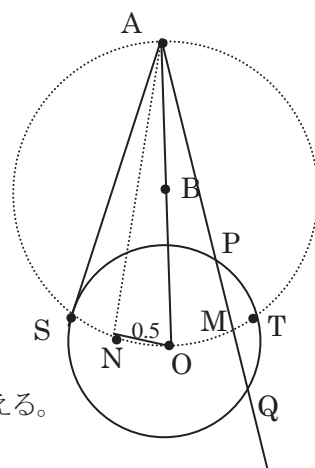
この値は $\frac{2}{3}$  から0の間の任意の値になり得る。

なお、 $AO = d$  とすると、 $\sin \alpha = \frac{1}{d}$ ,  $\sin \beta = \frac{1}{2d}$

$d = 1$  のとき、 $\alpha = \frac{\pi}{2}$ ,  $\beta = \frac{\pi}{6}$ 、確率は $\frac{2}{3}$

$d \rightarrow \infty$  のとき、 $\alpha = \beta$ 、確率の極限は0

である。





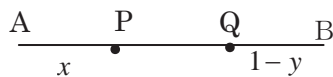
問5. 1本の線分を、勝手な長さに3分割したとき、その3つの線分で三角形ができる確率を求めよ。

解答例)

もとの線分を  $AB=1$  とし、3分割する点を  $P, Q$ 、

$AP=x$ 、 $AQ=y$  とする。

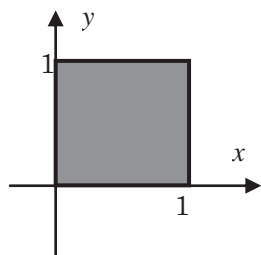
解1



$x, y$  は無関係に、 $0 \leq x, y \leq 1$  を満たす2数であると考える。

このとき、点  $(x, y)$  は右図

の正方形上の点であり、これらのどの点となるかが同様に確からしい。



三角形ができる条件は、

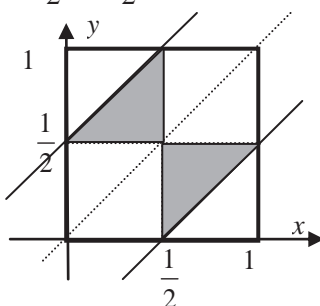
$$x \leq y \text{ のとき、 } x < \frac{1}{2}, y-x < \frac{1}{2}, 1-y < \frac{1}{2}$$

$$x \geq y \text{ のとき、 } 1-x < \frac{1}{2}, x-y < \frac{1}{2}, y < \frac{1}{2}$$

これらを図示すると右図。

面積比を考えて、

求める確率は  $\frac{1}{4}$

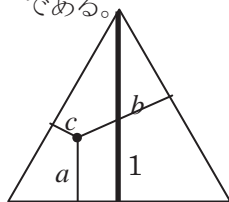


解2

解1と同様に、 $x, y$  は無関係に、 $0 \leq x, y \leq 1$  を満たす2数であると考え。このとき、3分割した線分の長さを、左から順に、 $a, b, c$  とすると、

$$a+b+c=1 \quad (a, b, c \text{ は正の数}) \quad \text{である。}$$

ここで、高さが1の正三角形を考えると、三角形内の点から各辺への垂線の長さの和は1となるので、右図のように、それらの長さを  $a, b, c$  とおけば、



$(a, b, c)$  と正三角形内の点とは1対1に対応( $(a, b, c)$  に

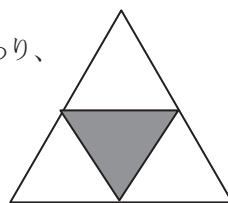
対して  $(x, y)$  は、 $x, y$  の大小で、2通りずつ対応する) し、

3分割での点が正三角形内のどの点に対応するかが同様に確からしい。

三角形ができるのは、

$$a < \frac{1}{2}, b < \frac{1}{2}, c < \frac{1}{2} \text{ のときであり、}$$

右図の影の部分。



従って求める確率は  $\frac{1}{4}$

(参考) 4分割だと、四面体で考えて、 $1 - \frac{1}{8} \cdot 4 = \frac{1}{2}$ 。

解3(発展)

『初めに  $P$  を決めて  $AP$  を切り取り、残りの部分に  $Q$  をとり分割する』と考えると、 $x, y$  は、

$$(ア) \quad 0 < x < 1 \quad \text{かつ} \quad (イ) \quad x < y < 1 \quad \text{を満たす。}$$

( $x$  は①の範囲で無作為に、 $y$  は  $x$  の値によって定まる②の範囲で、無作為に定まる。)

一方、3分割した線分で三角形ができる条件は、

$$(ア) \quad 0 < x < \frac{1}{2} \quad \text{かつ} \quad (イ) \quad \frac{1}{2} < y < \frac{1}{2} + x$$

$x$  が(ア)を満たすことを  $X$ 、 $y$  が(イ)を満たすこ

とを  $Y$  で表わすと、求める確率は、

$$P(X \cap Y) = P(X) \cdot P_X(Y)$$

ここで、①と(ア)より、線分の長さの比を考えて、

$$P(X) = \frac{1}{2}$$

また、 $x=k$  ( $0 < k < \frac{1}{2}$ )

のときに、三角形ができる確率を  $f(k)$  とすると、

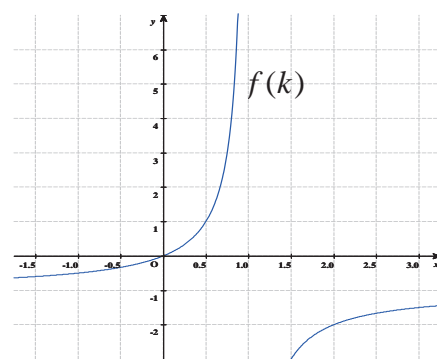
②と(イ)より、線分の長さの比を考えて、

$$f(k) = \frac{k}{1-k} = -1 - \frac{1}{k-1}$$

このグラフと  $k$  軸の間の部分の面積が確率であり、

$k$  が  $0 < k < \frac{1}{2}$  のどの値となるかが等確率なので、

$$P_X(Y) = \frac{\int_0^{\frac{1}{2}} \left\{ -1 - \frac{1}{k-1} \right\} dk}{\frac{1}{2}} = 2 \left[ -k - \log_e(k-1) \right]_0^{\frac{1}{2}}$$



$$= 2 \left\{ \log_e 2 - \frac{1}{2} \right\}$$

よって、求める確率は、

$$P(X \cap Y) = P(X) \cdot P_X(Y) = \log_e 2 - \frac{1}{2} \doteq 0.193$$

#### 問6. (問1の発展)

四捨五入して  $g$  単位で表示する秤がある。ある品物

の重さを、一度に乘せられないため3個に分割して測定し、その和で求めた。このときの誤差 (= 測定値 - 真の値) の確率分布を求めよ。

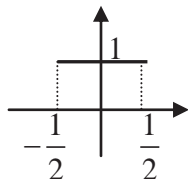
#### 解答例)

秤で1回測った時の誤差を  $X$  とすると、 $X$  は

$$-\frac{1}{2} \leq X < \frac{1}{2} \text{ のどの値を取ることも同様に確からし}$$

いと考えられるので、 $X$  の確率分布は一様分布であり、その確率密度関数  $f(x)$  は、

$$f(x) = 1 \quad \left(-\frac{1}{2} \leq x < \frac{1}{2}\right)$$



である。

3個に分けて測った時の誤差の和  $Z$  は、1, 2, 3 個目の誤差を順に  $A, B, C$  とすると、 $Z = A + B + C$  であ

り、 $A, B, C$  の分布は上の一様分布である。

まず、 $A + B = Y$  として、 $Y$  の確率分布を求める。

$-1 \leq Y < 1$  であり、この範囲内の値  $y$  に対して、

$Y$  の値が  $y$  以下である確率  $P(Y \leq y)$  を  $G(y)$  とする

と、導関数  $G'(y)$  が  $Y$  の確率密度関数  $g(y)$  である。

$y, a$  を固定して考えて、 $Y = a + B \leq y$  となる  $B$  の範

囲は、 $-\frac{1}{2} \leq B \leq y - a$  -----① であり、

$B$  の分布は上の一様分布であるから、

$$P\left(-\frac{1}{2} \leq B \leq y - a\right) = y - a + \frac{1}{2} \text{ -----②}$$

ここで、 $-\frac{1}{2} \leq B < \frac{1}{2}$  であるから、

$$\text{①において、} -\frac{1}{2} \leq y - a < -\frac{1}{2}$$

$$\text{これより、} y - \frac{1}{2} < a \leq y + \frac{1}{2}$$

よって、 $y$  に対して  $a$  の取りうる値の範囲は、

$$y \leq 0 \text{ のとき、} -\frac{1}{2} \leq a \leq y + \frac{1}{2}$$

$$y \geq 0 \text{ のとき、} y - \frac{1}{2} \leq a < \frac{1}{2}$$

これらの範囲の任意の  $a$  に対して  $Y \leq y$  となる  $B$  の確率が②であるから、

$y \leq 0$  のとき、

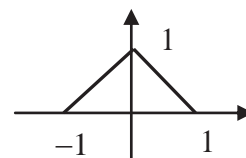
$$\begin{aligned} G(y) &= P(Y \leq y) = \int_{-\frac{1}{2}}^{y+\frac{1}{2}} \left(y - a + \frac{1}{2}\right) da \\ &= \left[ -\frac{1}{2} \left(y - a + \frac{1}{2}\right)^2 \right]_{-\frac{1}{2}}^{y+\frac{1}{2}} = \frac{1}{2} (y+1)^2 \end{aligned}$$

したがって、 $g(y) = G'(y) = y+1 \quad (-1 \leq y \leq 0)$

対称性より、 $y \geq 0$  のときは

$$g(y) = -y+1 \quad (0 \leq y < 1)$$

よって  $Y$  の確率分布は右図。



さて、 $Z=Y+C$ 、 $-\frac{3}{2} \leq Z < \frac{3}{2}$  であり、この範

囲の $z$ に対して、 $P(Z \leq z) = H(z)$  とすると、導関数  $H'(z)$  が  $Z$  の確率密度関数  $h(z)$  である。

$z, c$  を固定して考えて、 $Z=Y+c \leq z$  となる  $Y$  の範囲は、 $-1 \leq Y \leq z-c$  ----③であり、 $Y$  の分布は上の三角形分布であるから、

$$P(-1 \leq Y \leq z-c) = \begin{cases} z-c \leq 0 \text{ のとき } \frac{1}{2}(z-c+1)^2 \\ z-c \geq 0 \text{ のとき } 1 - \frac{1}{2}(1-z+c)^2 \end{cases} \text{ ----④}$$

ここで、 $-1 \leq Y < 1$  であるから、  
③において、 $-1 \leq z-c < 1$   
これより、 $z-1 < c \leq z+1$

よって、 $z$  に対して  $c$  の取りうる値の範囲は、

$$-\frac{3}{2} \leq z \leq -\frac{1}{2} \text{ のとき } -\frac{1}{2} \leq c \leq z+1$$

$$-\frac{1}{2} \leq z \leq \frac{1}{2} \text{ のとき } -\frac{1}{2} \leq c < \frac{1}{2}$$

$$\frac{1}{2} \leq z < \frac{3}{2} \text{ のとき } z-1 \leq c < \frac{1}{2}$$

これらの範囲の任意の  $c$  に対して、 $Z \leq z$  となる  $Y$  の確率が④であるから、

$$-\frac{3}{2} \leq z \leq -\frac{1}{2} \text{ のとき、}$$

$$\begin{aligned} H(z) &= P(Z \leq z) = \int_{-\frac{1}{2}}^{z+1} \frac{1}{2}(z-c+1)^2 dc \\ &= \left[ -\frac{1}{6}(z-c+1)^3 \right]_{-\frac{1}{2}}^{z+1} = \frac{1}{6}\left(z+\frac{3}{2}\right)^3 \end{aligned}$$

$$-\frac{1}{2} \leq z \leq \frac{1}{2} \text{ のとき、}$$

$$\begin{aligned} H(z) &= P(Z \leq z) = \int_{-\frac{1}{2}}^z \left\{ 1 - \frac{1}{2}(1-z+c)^2 \right\} dc + \int_z^{\frac{1}{2}} \frac{1}{2}(z-c+1)^2 dc \\ &= \left[ c - \frac{1}{6}(1-z+c)^3 \right]_{-\frac{1}{2}}^z + \left[ -\frac{1}{6}(z-c+1)^3 \right]_z^{\frac{1}{2}} \\ &= z + \frac{1}{2} - \frac{1}{6}\left(z-\frac{1}{2}\right)^3 - \frac{1}{6}\left(z+\frac{1}{2}\right)^3 \end{aligned}$$

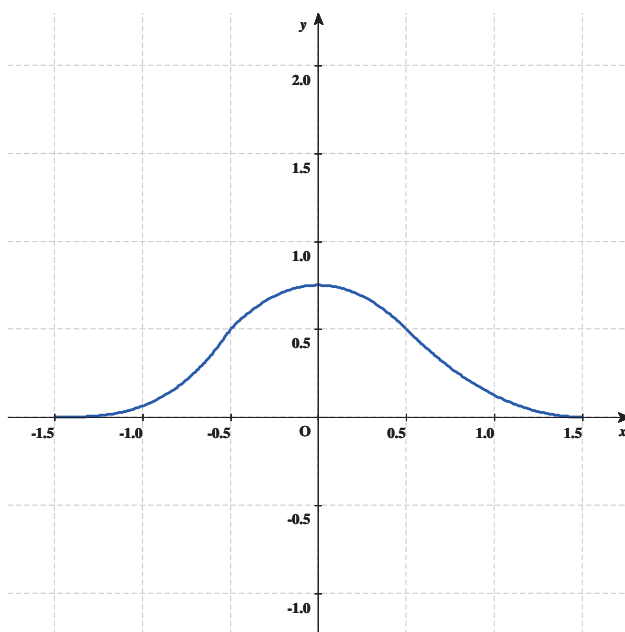
$h(z) = H'(z)$  であり、対称性も考えて、

$$-\frac{3}{2} \leq z \leq -\frac{1}{2} \text{ のとき、 } h(z) = \frac{1}{2}\left(z+\frac{3}{2}\right)^2$$

$$-\frac{1}{2} \leq z \leq \frac{1}{2} \text{ のとき、 } h(z) = -z^2 + \frac{3}{4}$$

$$\frac{1}{2} \leq z < \frac{3}{2} \text{ のとき、 } h(z) = \frac{1}{2}\left(z-\frac{3}{2}\right)^2$$

3個に分けて測った時の誤差の和  $Z$  の確率分布は下図の通り。



(2011 鈴木)



## b. 理科

### b-1 概要

2007 年度から 5 年間、新たに指定された SSH の研究内容の柱 (v)「中高一貫 SSH の完成に向けた中学に重点を置いたカリキュラム・教材の開発」に取り組んだ。SSH で開発した教材を実践する高校につながる中学向けカリキュラム・教材の開発が目的である。最終年次の今年度は、教材開発と授業実践を継続すると共に、高校との接続や科目間連携を意識した中学カリキュラムを完成し、全体のまとめを行った。

本校は中高一貫校であり学級数も比較的少ない (中学校 3 学級、高校 4 学級) ので、中学校の各分野の授業においても物・化・生・地を専門とする教員による指導が概ね可能である。また、授業を行っている実験室は中高共同で使用しており、中学生にとって高校生と同レベルの実験装置に触れる機会がもてるメリットは、興味関心を高める上でも大きい。これらの学習環境を大切にしながら効率のよい指導を目指したい。

＜中学校の授業時数／週＞

|     | 1 分野    | 2 分野    |
|-----|---------|---------|
| 1 年 | 1 (or2) | 2 (or1) |
| 2 年 | 2       | 2       |
| 3 年 | 2       | 2       |

以下、分野ごとに中学カリキュラムと実践例を紹介する。

### 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を実施してきた。

- 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

などの取り組みを通して、以下の効果を期待している。

- 知的好奇心を刺激し、持続させる
- 今の知識・能力を最大限に活かす
- 実験器具に触れる・慣れる

ここでは、中学 2 年次の幾何光学、中学 3 年次の運動学・動力学や電磁気学における解析や変化

量に注目した微分・積分の概念導入など、数学と連動した論理的な思考能力の育成につながる授業展開について整理したい。

## 2. 方法

### 2.1 幾何光学 (中学 2 年生)

スクリーンに像を結ぶ、あるいは目にたどり着くまでの光の経路をダイナミックに捉える力を養いたい。三角形の合同・相似の学習との連動が効果的であるが、数本の経路から像を求める作図方法を身につけただけでは現象の本質的な理解にたどり着かない。生物の目の仕組みや、眼鏡、望遠鏡、顕微鏡等の光学機器も含めて、作図作業を根気よく繰り返しながら、現象の中にある普遍性を見いだしていく展開としたい。

### 2.2 電磁気学 (中学 3 年生)

物理量の変化が他の量に与える影響について考えさせたい。シンクロスコープに接続したコイルに、棒磁石を近づけたり遠ざけたりすると、正弦波に近い軌跡が観察される。軌跡と棒磁石の動きの周期的な関係から、棒磁石が最も近づいた時刻と最も遠ざかった時刻が横軸のどこにあたるかを決定する。前もって、棒磁石の動き (近づける・遠ざける) と流れる電流の向きの対応を検流計で確認しておけば、極性反転の瞬間が動作反転の瞬間と対応していることを理解することができる。

### 2.3 運動学・動力学 (中学 3 年生)

過去・現在の運動の状態から未来を予想するためには、どんな物理量が情報として必要なのかを考えさせたい。電車のダイヤグラムの空間軸 ( $x, y, z$ )・時間軸 ( $t$ ) から、傾きが持つ意味に気付かせる。相対性理論の出発点で取り上げられる「世界線」、「光円錐」に触れると、興味を深める生徒も多い。さらに、実験を通して速度 ( $v$ ) - 時刻 ( $t$ ) グラフへ発展し、加速度概念の定着を目指す。

## 3. 検証

自然現象を空間と時間の両面から捉え、変化量に注目する視点を育むには、数学の知識だけが先行しても不十分である。中学 3 年生の運動学は、初めて微少量を扱う教材として適しており、実験と解析にじっくり取り組むことによって、微積分への円滑な接続が可能となる。

(文責：理科 (物理) 真梶克彦)

# 中学カリキュラム展開（物理分野）

| 学習（指導）項目         | 観察・観測・実験（演示と生徒実験）項目  | 育成したい理科的能力・一般思考能力・高校との関連  |
|------------------|--|---|
| <b>【力学】（静力学）</b> |  |   |
| 1. 力のはたらき        | <p>演：物理量の測定と数値の扱い</p> <p>講：力のはたらきとその分類</p> <p>生：ばねにはたらく力と伸び</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・目盛りの読み方と誤差・有効数字の扱い方</li> <li>・観察・実験の結果を分析し表現する力</li> </ul> <p>高：誤差や平均の概念等の統計的方法の導入</p>  |
| 2. 力のつりあい        | <p>講：つり合う力（1次元）</p> <p>生：力の合成と分解</p> <p>講：つり合う力（2次元）</p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・力は物体から物体にはたらくことを理解し、力を見抜く視点</li> <li>・線形の関係にある2つの物理量の扱い</li> <li>・力の遠隔作用と近接作用を置かれた状態から解明</li> <li>・2力とその合成によって得られる合力をつりあいの視点から解明する</li> </ul> <p>高：数学的手法による論理的理解（ベクトルの概念導入）</p>   |
| 3. 水中や大気中ではたらく力  | <p>生：水中ではたらく力</p> <p>生：水中ではたらく浮力</p> <p>生：空気の重さと大気圧</p> <p>講：液体や気体による圧力</p> <p>生：熱気球にはたらく力</p> <p>生：作用・反作用の法則（静力学）</p>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・水に接触した物体が受ける力の定量的考察</li> <li>・圧力の概念導入</li> <li>・空気に接触した物体が受ける力の定性的考察</li> </ul> <p>高：単位の組み合わせと演算方法の修得</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・密度の異なる物体（物質）が及ぼし合う力から浮力を解明</li> <li>・つり合う2力と作用・反作用の関係にある2力の捉え方の相違について理解する</li> </ul> <p>高：質点から連続体への応用によって多面的に捉える視点を獲得</p> |
| <b>【波動】</b>      |  |   |
| 1. 光の性質と伝わり方     | <p>生：光の経路とその規則性</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・光の波としての性質から波動現象を理解（直進・反射・屈折）</li> </ul>   |
| 2. レンズと鏡         | <p>生：凸レンズとそのはたらき</p> <p>講：凸レンズのつくる像</p> <p>生：凹面鏡のつくる像</p> <p>生：凹レンズ・凸面鏡のつくる像</p> <p>生：半球凹面鏡のつくる像《A》</p> <p>講：目の構造とそのはたらき</p> <p>生：白色光の分散</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・数学的手法を使つての論理的理解（幾何学の応用）</li> <li>・鏡やレンズのつくる像を幾何学的に分類・解明</li> </ul> <p>高：像が見えるまでの光の経路を論理的に捉える力（幾何光学への発展）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・生物の目のピント調節機構や眼鏡・望遠鏡等の光学機器の仕組みや役割について発展的に解明</li> </ul> <p>高：波長と屈折率の関係を定性的に理解（波動光学への発展）</p>                               |
| 2. 音の性質と伝わり方     | <p>生：音の波形測定</p> <p>演：音の伝わり方と速さ</p> <p>講：音の解明と楽器の魅力</p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・時間的・空間的に現象を捉える視点の育成</li> </ul> <p>高：音と対応する波の特徴を表す物理量の理解</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・共振や共鳴現象を固有振動から解明する</li> <li>・楽器の音程調節機構や共鳴体の役割について発展的に解明</li> </ul>  |
| <b>【電磁気】</b>     |  |   |
| 4. 電流とそのはたらき     | <p>生：素子にかかる電圧と電流の関係（ニクロム線・豆電球・ダイオード）</p> <p>生：直列・並列回路での電圧と電流</p> <p>講：直流回路の特徴</p> <p>生：抵抗から発生する熱量の測定</p> <p>講：電力と電力計</p>                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・測定機器の特性と正しい使用方法を理解</li> <li>・グラフの概形から線形・非線形の関係捉える力</li> <li>・回路図から実体配線を組み上げる能力</li> </ul> <p>高：キルヒホッフの法則</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・発熱の微視的・定量的な解明</li> <li>・比熱・熱容量・エネルギー・仕事率の概念導入</li> </ul>   |

|               |  |   |
|---------------|--|---|
|               | 生：モーターの制作<br>講：電磁誘導の発見<br>生：電流と磁場の相互作用《B》<br>生：スピーカーの制作<br>演：静電気と放電現象《C》<br>講：半導体とダイオード                              | ・運動エネルギーの概念導入<br>・ものづくりを通して電化製品を支える基本原理・法則を理解<br>・物理量の変化が他の量に与える影響を解明する力<br>・変化の向き・大きさの両面から自然現象を解明<br>高：数学的手法を使つての論理的理解<br>(微積分の概念導入)<br>・ものづくりを通して電化製品を支える基本原理・法則を理解<br>・粒子概念の導入<br>・ミクロな視点からマクロ現象を捉える力        |
| 【力学】(運動学・動力学) |  |   |
| 1. 力と運動       | 生：運動の記述 (v-t グラフ)<br>生：速度と加速度<br><br>講：慣性の法則 (ガリレオの思考実験)<br>講：作用・反作用の法則 (動力学)<br>生：平面上の物体の運動の解析<br>生：斜面上の物体の運動の解析《D》 | ・電車のダイヤグラムに隠れた4次元の定性的理解<br>・グラフの傾きを物理量として捉える力<br>高：数学的手法を使つての論理的理解<br>(微積分の概念導入)<br>・科学の歴史を偉人たちの創意工夫から学ぶ姿勢<br>・法則の中にある普遍的な要素の論理的理解<br>・データ処理を通じた定量的な解析手法の修得<br>・運動の記述に必要な物理量とその単位の理解<br>・過去や現在の状況から未来を予測する方法の修得 |
| 2. 仕事とエネルギー   | 講：エネルギーの種類と移り変わり<br>講：力学的エネルギーの保存  | ・力が運動状態を変化させる原因と捉える視点<br>・時間的・空間的に現象を捉える視点の育成   |

生：生徒実験 演：演示実験 習：演習 講：講義 高：高校カリキュラムとの関係

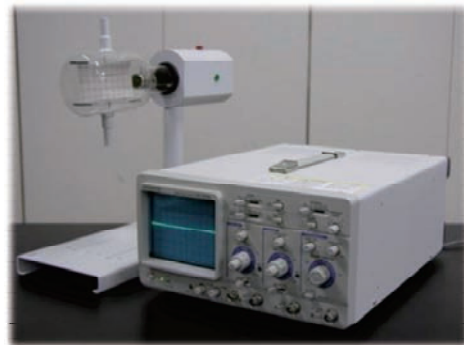
教材として扱った実験器具等について、一例を以下に示す(上表の《A》～《D》と対応)。

《A》



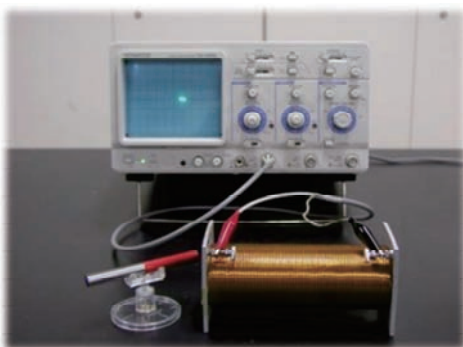
＜半球凹面鏡を転がるビー玉の実像を追いかける＞

《C》



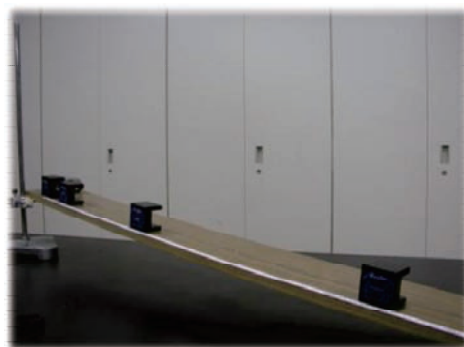
＜比電荷測定装置からオシロスコープの仕組みを学ぶ＞

《B》



＜時間的・空間的变化の追究＞

《D》



＜斜面とビースピによる解析＞

## b-3 化学分野

化学科では、高校との接続や科目間連携を意識した中学カリキュラムと教材の開発を試みてきた。その中から、特に重点を置いて取り組んだ「酸・アルカリとイオン」の単元での高校への接続を意識した展開と、これまで中学では十分に扱われてこなかった有機化合物（高分子化合物）関連の指導内容の生物科との連携を意識した展開を中心に、中高一貫 SSH を目指すカリキュラム開発と実践について報告する。

### 1. 仮説

#### 1.1 酸・アルカリとイオン

化学科では、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」、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、教材の精選に苦勞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、新しい学習指導要領では「物理（4 単位）」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、中学 2 年生「酸・アルカリとイオン」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（UV-VIS）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。

#### 1.2 有機化合物と高分子化合物

有機化合物は、生物体やその代謝産物として重要な物質であり、医薬品、プラスチック・合成繊維、洗剤などの用途でさまざまな物質が合成され利用されている。しかしこれらの物質は、中学理科第一分野ではほとんど扱われず、高校（新学習指導要領）でも、今後は理系向けの「化学（4 単位）」選択者しか詳しく学ぶ機会がなくなる可能性が高い。一方、理科第二分野では「食物の消化と吸収」などの単元で、デンプン・タンパク質など

を従来から扱っているが、あまり化学反応を意識した内容にはなっていない。

これらの状況を踏まえ、第一分野において、第二分野との関連を意識しながら身近な有機化合物や高分子化合物の構造と性質の一部を学び、生命や生活に関わる身近な物質についての理解を深めることは、生徒自身の生活に関わる科学的知識や思考力を育てる上で有効ではないか。

## 2. 方法

### 2.1 「酸・アルカリの性質と中和」の実践

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、授業を実施した。以下に、授業項目（内容）を示す。

- 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 (UV-VIS 利用)
- 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)

実践内容の詳細は、平成 21 年度本校 SSH 研究開発実施報告書を参照。

### 2.2 「有機化合物と高分子化合物」の実践

中学校新学習指導要領の理科第一分野（化学分野）の大項目「身の回りの物質」の単元では、小項目「身の回りの物質とその性質」で、有機物と無機物のほか、新たにプラスチックの性質が扱われることになった。一方、理科第二分野（生物分野）の大項目「動物の生活と生物の変遷」では、小項目「生命を維持する働きで」で、食物の消化と吸収が扱われている。これらの関係を意識しながら、有機化合物を積極的に取り上げ、また生物分野の学習の助けとなるように高分子化合物について学ぶ化学分野の中学カリキュラムを検討し、授業を実施した。以下に、授業項目（内容）を示



す。

- 1 時間目 原子の電子配置と物質の性質（イオン・分子）
- 2 時間目 有機化合物と分子
- 3 時間目 分子性物質とイオン結合性物質
- 4 時間目 分子性物質とイオン結合性物質（まとめ）
- 5 時間目 高分子と低分子
- 6 時間目 さまざまなプラスチックの識別
- 7 時間目 ナイロン（高分子化合物）の合成
- 8 時間目 デンプンとセルロースの加水分解
- 9 時間目 デンプン、セルロースの分子構造
- 10 時間目以降

生クリームから分離した糖類、タンパク質、脂肪の性質を調べる

実践内容の詳細は、平成 22 年度本校 SSH 研究開発実施報告書を参照。

### 3. 検証

2007 年度からの第 2 期 SSH における中学理科（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・科目間の連携

#### 3.1 「酸・アルカリの性質と中和」実践の検証

「酸・アルカリの性質と中和」の単元では、ポイント①と②に重点を置き、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う。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た。

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の「酸と塩基」カリキュラム検討が、今後の課題である

#### 3.2 「有機化合物と高分子化合物」実践の検証

「有機化合物と高分子化合物」の単元ではポイント②と③に重点を置き、生物分野との連携や新しい高校学習指導要領（化学分野）との関連を意識した教材開発と授業実践を試みた。

今回は授業者の担当学年の関係で、中学 3 年生に対して授業を行ったが、生物分野との関係を意識すると、中学 2 年生の第二分野の大項目「動物の生活と生物の変遷」の学習前に扱うことも考えられる。このことについては、8 時間目の授業を公開した本校教育研究会において、「原子・分子などの粒子概念が必要になるので、中 1 で扱うには無理があり、少なくとも中 2 の第一分野の大項目「化学変化と原子・分子」の学習後に扱うべきである。」というご意見をいただいた。このご意見の通り、第二分野「動物の生活と生物の変遷」中の小項目「生命を維持する働き」における食物の消化と吸収という観点からの炭水化物（デンプン）、脂肪、タンパク質の学習の後、第一分野「化学変化と原子・分子」の小項目「原子・分子」「化合」「酸化と還元」の学習による粒子概念の形成を待って、この授業を実施するのが望ましいと考えられる。

（文責：理科（化学）梶山正明）

### 中学カリキュラム展開（化学分野）

| 学習（指導）項目  | 観察・観測・実験（演示と生徒実験）項目 | 育成したい理科学能力・一般思考能力・高校との関連 |
|-----------|---------------------|--------------------------|
| 【身の回りの物質】 |                     |                          |
| 1. 物質のすがた | 生：ガスバーナーの使い方        | ・実験器具の基本操作               |

|  |   |  |
|--|---|--|
| <p>2. 水溶液</p> <p>3. 状態変化</p>   | <p>生：白い粉末の識別</p> <p>生：水素の発生と性質</p> <p>生：空気中の酸素の割合を求める</p> <p>生：ペットボトルロケット (CO<sub>2</sub> の発生)</p> <p>生：水溶液の調製</p> <p>生：炎色反応</p> <p>生：ミョウバンの溶解度</p> <p>生：過飽和溶液の性質 (酢酸ナトリウム)</p> <p>生：水の状態変化と大気圧</p> <p>生：パルミチン酸の融点測定</p> <p>生：混合物の分離 (ワインの蒸留)</p>   | <p>・基本的な実験操作, 観察の手法, 記録の方法</p> <p>・基本的な実験操作</p> <p>・グラフの作成とその活用</p> <p>・化学変化の応用</p> <p>・物質の濃度を表す方法についての理解</p> <p>高：原子の構造と電子配置の理解</p> <p>・水和の理解と粒子概念の導入</p> <p>・状態変化の熱 (エネルギー) 的側面の理解</p> <p>高：状態変化の粒子の熱運動による理解</p> <p>・純物質の性質についての理解</p> <p>・状態変化の応用</p>   |
| 【化学変化と原子・分子】   |   |  |
| <p>1. 物質の成り立ち</p> <p>2. 化学変化</p> <p>3. 化学変化と物質の質量</p>                                | <p>生：炭酸ナトリウムの熱分解 (定性実験)</p> <p>生：酸化銀の熱分解 (定量実験)</p> <p>生：鉄の酸化反応 (定性実験)</p> <p>生：銅の酸化反応 (定量実験)</p> <p>生：酸化銅の還元反応 (炭, プラスチック)</p> <p>生：化学反応の量的関係 (質量の保存)</p>  | <p>高：化学変化の本質についての理解</p> <p>高：化学変化する物質の量的関係の解明と応用</p> <p>・化合の概念, 酸化と還元</p> <p>・粒子概念による説明</p> <p>高：酸化還元反応の応用 (リサイクルの科学的理解)</p> <p>・ドルトンの原子説の理解</p>   |
| 【化学変化とイオン】   |   |  |
| <p>1. 酸・アルカリとイオン</p> <p>2. 光の吸収と色</p> <p>3. 水溶液の pH</p> <p>4. 中和と塩</p>               | <p>生：H<sup>+</sup>の電気泳動・酸を味わう</p> <p>生：酸・アルカリと指示薬の反応</p> <p>生：酸・アルカリの導電性</p> <p>演：プリズムによるスペクトル観察</p> <p>演：可視分光光度計による BTB の色の観察</p> <p>生：身近な水溶液の pH を調べる</p> <p>生：水溶液の濃度と pH の関係</p> <p>生：中和反応で食塩を作り味わう</p> <p>生：食酢の中和滴定 (電子天秤利用)</p> <p>講：パーセント濃度の表し方</p>   | <p>・粒子概念の確立 (イオンの導入)</p> <p>・指示薬 (さまざまな色素) の性質の理解</p> <p>・イオンの性質の理解</p> <p>高：光の性質の理解と色の本質についての考察</p> <p>高：可視スペクトル測定と溶液の色についての理解</p> <p>・pH の概念とその測定操作</p> <p>高：pH の定義の理解 (対数の概念)</p> <p>・中和反応の理解</p> <p>高：中和反応の量的関係の理解と応用</p> <p>高：物理量と割合 (パーセントなど) の表し方の理解</p>  |
| 【有機化合物と高分子化合物】   |   |  |
| <p>ア 分子性物質とイオン結合性物質</p> <p>イ 有機化合物</p> <p>ウ 高分子化合物</p> <p>エ 生命現象に関わる有機 (高分子) 化合物</p> | <p>講：原子の電子配置と物質の性質 (イオン・分子)</p> <p>生：分子性物質とイオン結合性物質の特徴</p> <p>生：炭素化合物の分子模型をつくる</p> <p>生：高分子 (コロイド) 溶液のチンダル現象</p> <p>生：身近なプラスチックの実験的識別</p> <p>生：ナイロン 6, 6 の合成</p> <p>生：デンプンとセルロースの加水分解</p> <p>生：デンプン、セルロースの分子構造</p> <p>生：生クリームからバターをつくる</p> <p>生：乳糖 (ラクトース) の還元性</p> <p>生：カゼイン中の窒素・イオウの検出</p> <p>生：セッケンづくり</p> | <p>高：原子の性質の周期性と電子配置の関係</p> <p>高：電子配置とイオン結合・共有結合の関係</p> <p>高：結合のしくみによる物質の性質の違い</p> <p>高：有機化合物の基本構造の理解</p> <p>高：高分子の性質の理解</p> <p>高：合成高分子化合物の性質と利用の科学理解</p> <p>高：高分子化合物の合成法と構造の理解</p> <p>高：多糖類 (天然高分子化合物) の構造と性質の理解</p> <p>高：生物分野との知識の統合と活用</p> <p>高：糖類の性質の理解</p> <p>高：タンパク質の性質の理解</p> <p>高：有機合成反応の利用</p> |

生：生徒実験 演：演示実験 習：演習 講：講義 高：高校カリキュラムとの関係

## b-4 生物分野

### 1. 仮説

生物分野では、平成 24 年度から完全実施となる新中学学習指導要領において、「遺伝の規則性と遺伝子」などの追加項目について、生徒実験を取り入れたカリキュラムを検討してきた。

「遺伝の規則性」については、2009 年度の報告書で詳述したとおり、キイロショウジョウバエの遺伝実験を交えた授業展開を検討し実践してきた。この中で、一遺伝子雑種の応用例として取り上げられる複対立遺伝子や不完全優性、伴性遺伝は、中学の段階でも実験を行うことを前提で導入することが可能ではないかと考えている。応用・発展的な内容が、基礎的事項の深い理解と定着に有効と考えているからである。また、結果を検定にかけることも検討し実践してきた。難解な項目であるため、指導には配慮が必要である。これを敢えて中学で体験させるのは、この検定を通じて科学の手法を紹介できるものと考えてのことである。さらに、2010 年度の報告書では、ショウジョウバエを DNA 抽出実験の材料として用いる可能性も検討した。このようにショウジョウバエの様々な系統株を用いた遺伝実験は、生物分野における科学的思考力を養う豊富なバリエーションを提供できる教材である、と位置づけている。

### 2. 方法

キイロショウジョウバエを用いた様々な実験について、新たに検討を進めている実験も含めて、学習項目との関連性を踏まえて再度まとめた。

#### 2.1 交雑実験

ハエの生活史、雌雄の違い、形質の確認、ハエの扱い方、吸虫管の使い方、麻酔方法、実体顕微鏡の使い方などを説明したあと、次に掲げる交雑実験のうちのいくつかを取り上げる。

##### ① 分離の法則と優性の法則

- ・野生型 (OregonR) × 痕跡翅 (*vestigial*)
- ・野生型 (OregonR) × 黒体色 (*black*)

##### ② 二組の対立形質に注目する交雑

- ・痕跡翅 (*vestigial*) × 黒体色 (*black*)

##### ③ 形質の表れ方 一遺伝子と環境要因-

- ・野生型 (OregonR) × 痕跡翅 (*vestigial*)

※痕跡翅の温度感受性を見る実験

##### ④ 不完全優性

- ・野生型 (OregonR) × 黒檀体色 (*ebony*)

##### ⑤ 伴性遺伝

- ・野生型 (OregonR) × 白色眼 (*white*)

##### ⑥ 複対立遺伝子

- ・白色眼 (*white*)、杏色眼 (*white<sup>d</sup>*)

### 2.2 検定による結果の評価

検定の基本的概念とカイ自乗検定の方法について説明し、計算と解釈ができるようにする。電卓を使ってカイ自乗値を計算させる。実験結果の評価が悪い場合、カイ自乗値はどうなるか推測させる。カイ自乗分布表から、確率  $p$  (実験値よりも悪い結果が得られる確率) を求めさせる。方法の説明には、実際のメンデルの実験結果を用いることが有効と考えられる。

### 2.3 DNA 抽出実験 (RNA を含む粗抽出)

麻酔した成虫を素早くすりつぶし、EDTA 等を含むホモジナイズ・バッファーを加えてさらに入念にすりつぶした後、SDS 溶液で可溶化する。このあと、通常のフェノール抽出を行い、三角フラスコかビーカー内でエタノール沈澱を行う。回収した沈澱を蒸留水で溶かし、分光光度計で主に紫外波長域の吸収スペクトルを測定する。

### 3. 検証 (高校カリキュラムとの関連性)

高等学校「生物」の遺伝の領域では、連鎖と交叉、遺伝子発現のしくみが中心となる。この中で連鎖と交叉については、キイロショウジョウバエを用いた三点交雑を行う。さらに、中学で行った DNA 抽出を踏まえて、三点交雑に用いた個体の DNA を用いた PCR 法での変異の実態をさぐる生徒実験を用意している。

検定についても、再度、取り上げる。三点交雑について、既知の遺伝的染色体地図から理論値を導き出させた上で、検定を行う。また、遺伝実験以外においても、場合によっては結果の解釈に検定が使えることを紹介して、手法の活用定着をはかる。

DNA 抽出実験に用いる、分光光度計の利用は、SSH 事業校の特色を生かしたつもりである。本校では、化学分野でも中学のカリキュラムから分光光度計の導入を検討している。科目間での協調した取り組みを行っていききたい。

(文責：理科 (生物) 仲里友一)

## 中学カリキュラム展開（生物分野）

| 学習（指導）項目                      | 観察・実験（演示と生徒実験）等項目                                 | 育成したい理科的能力・生物学的知識・高校との関連  |
|-------------------------------|---|---|
| <b>【植物の世界】（「身近な生物の観察」を含む）</b> |   |   |
| 身近な植物と動物                      | 生：ルーペの使い方，スケッチの仕方                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・スケッチの目的，写真や美術的スケッチとの違い</li> <li>・観察したことをもとに生物のからだの構造を、スケッチを通して客観的に伝える能力</li> </ul>  |
| 水中の小さな生物                      | 生：顕微鏡の使い方<br>（「マイクロメーターの使い方」含む）                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・基本的操作。絞りの有効活用</li> </ul>  |
| 花のつくりとはたらき                    | 生：被子植物の花の観察                                       | 高：マイクロメーターの使い方  |
| マツの花と種子                       | 演：マツの花の観察   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・被子植物の花の基本構造</li> </ul>  |
| 葉のつくり                         | 生：ツバキの葉の断面の観察<br>生：タマネギ鱗片葉表皮細胞の観察<br>生：葉の気孔の観察    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・被子植物と裸子植物の比較</li> <li>・葉の内部に存在する組織と細胞</li> <li>・細胞の基本的な構造，葉緑体の観察</li> <li>・気孔の観察，気孔の開閉</li> </ul>   |
| 葉のはたらき                        | 生：水草を用いた光合成実験                                     | 高：植物の組織 <ul style="list-style-type: none"> <li>・対照実験の必要性和実験計画の立て方</li> <li>・光合成と呼吸，二酸化炭素と酸素</li> <li>・光合成のしくみ</li> <li>・「結果」と「考察」の違いを理解し、レポートに正しく記述できる能力</li> </ul>   |
| 植物と水                          | 生：色素を用いた維管束の観察                                    | 高：光合成のしくみ <ul style="list-style-type: none"> <li>・維管束</li> <li>・根の構造とはたらき</li> </ul>  |
| 種子をつくる植物の分類                   | 生：被子植物の果実と種子の観察<br>VTR：さまざまな植物の果実と種子<br>生：イネの葉の観察 | 高：植物の組織 <ul style="list-style-type: none"> <li>・果実の構造</li> <li>・さまざまな植物の果実と種子</li> </ul>  |
| 種子をつくらない植物                    | 生：ベニシダの観察<br>生：ゼニゴケの観察                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>・被子植物と裸子植物，単子葉類と双子葉類，合弁花類と離弁花類</li> </ul> 高：植物の系統と分類 <ul style="list-style-type: none"> <li>・シダ植物の維管束，シダ植物の生活史，孢子</li> <li>・コケ植物の生活史</li> <li>・藻類について（一部、植物としない分類体系も紹介）</li> </ul> |
| <b>【動物の世界と生物の変遷】</b>          |   |   |
| 細胞のつくり<br>単細胞と多細胞             | 生：ヒトの口腔粘膜上皮細胞の観察<br>VTR：細胞性粘菌の生活史                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・動物細胞の基本的な構造</li> <li>・単細胞生物と多細胞生物，単細胞から多細胞へ</li> <li>・細胞分化</li> </ul>   |
| 消化と吸収                         | 演：さまざまな動物の歯と頭骨の比較<br>生：唾液アミラーゼの実験<br>または、リパーゼの実験  | 高：発生のしくみ <ul style="list-style-type: none"> <li>・さまざまな動物の歯と食物，機械的消化</li> <li>・消化酵素，化学的消化，消化の意味と吸収</li> <li>・さまざまな消化酵素と消化器官</li> <li>・対照実験の必要性和実験計画の立て方</li> <li>・酵素反応を分子どうしの関わりとしてとらえる見方</li> </ul>                       |
| 呼吸のはたらき<br>血液の循環              | 演：ブタ肺の観察<br>VTR：ヒトの心臓<br>生：ブタ血液の観察                | 高：酵素のはたらき <ul style="list-style-type: none"> <li>・肺のつくりとはたらき</li> <li>・心臓のつくり，動脈血と静脈血，体循環と肺循環</li> <li>・血液の細胞成分，細胞による呼吸</li> </ul>  |
| 排出のしくみ                        | VTR：ヒトの肝臓のはたらき                                    | 高：免疫と生体防御 <ul style="list-style-type: none"> <li>・肝臓のつくりとはたらき，腎臓のつくりとはたらき</li> </ul>  |



|   |                                      |   |
|---|--------------------------------------|---|
| 刺激と反応                                       | 生：ブタの眼球の解剖<br>VTR：ヒトの視覚のうまれるしくみ      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・さまざまな感覚器のつくりとはたらき</li> <li>・神経系，反射</li> </ul> 高：細胞の興奮，興奮の伝導と伝達，中枢神経系<br>高：動物の組織   |
| からだが動くしくみ                                   | VTR：ヒトの骨と筋肉<br>生：筋肉の観察               | <ul style="list-style-type: none"> <li>・骨，筋肉，腱</li> </ul> 高：筋肉収縮のしくみ<br>高：動物の組織   |
| 動物の分類，無脊椎動物                                 | 生：イカの解剖，またはザリガニの解剖                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・動物を分類する手がかり</li> </ul>  |
| 脊椎動物の出現と進化<br>進化の証拠                         | 生：ニワトリ手羽骨格の観察                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>・節足動物と軟体動物，外骨格</li> <li>・脊椎動物の分類と陸上生活への適応</li> <li>・相同器官と相似器官，中間型生物，化石にみる生物の変遷</li> </ul> 高：進化のしくみ（突然変異，自然選択，遺伝的浮動）  |
| 【生命の連続性】                                    |                                      |   |
| 生物の成長と細胞の変化                                 | 生：タマネギ根端を用いた細胞分裂の観察                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・細胞分裂，染色体，細胞の変化と成長</li> </ul> 高：細胞のつくりとはたらき，体細胞分裂  |
| 植物の生殖<br>動物の生殖                              | 生：インパチエンス花粉管伸長の観察<br>VTR：ヒト生命の誕生     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・被子植物の生殖，胚と種子</li> <li>・動物の有性生殖と無性生殖</li> </ul> 高：動物の発生，発生のしくみ   |
| 有性生殖と無性生殖                                   |                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・減数分裂，クローン</li> </ul> 高：減数分裂と遺伝的多様性  |
| 遺伝の規則性                                      | 生：キイロショウジョウバエの遺伝実験<br><br>生：DNAの抽出実験 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・遺伝の法則，結果の検定</li> <li>・実験結果と規則性を結びつける能力</li> <li>・科学的手法に則って，結果を解釈する能力</li> </ul> 高：染色体と遺伝子，連鎖と交叉，三点交雑<br><ul style="list-style-type: none"> <li>・遺伝子の本体，DNA</li> </ul> 高：遺伝子発現のしくみ<br>高：形質転換の実験<br>高：形質の違いをもたらすDNAの変化をPCRで確かめる実験 |
| 【自然と生物】（生物学的領域）                             |                                      |   |
| 生態系とは                                       |                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・生態系，食物連鎖，食物網，生態ピラミッド</li> <li>・生物を個体としてではなく，個体群，生物群集としてとらえる新しい見方</li> </ul> 高：個体群，生物群集，バイオーム，生態系，作用・反作用・相互作用  |
| 生態系での生物の役割                                  | 生：土の中の分解者のはたらき<br>生：キノコの観察           | <ul style="list-style-type: none"> <li>・生産者，消費者，分解者</li> </ul>  |
| 炭素の循環                                       |                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・栄養摂取型からの分類，消化と吸収の既習事項から見たとらえ直し</li> <li>・微生物，菌類，細菌類</li> <li>・炭素循環</li> </ul> 高：窒素循環，物質循環とエネルギーの流れ  |
| 身近な自然環境の調査<br>自然界のつりあいの変化                   | 習：植物群落の遷移                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>・高：枠法調査，優占種</li> <li>遷移，外来種</li> </ul> 高：遷移  |
| 自然環境の保全と開発<br>自然と人間                         | VTR：日本の里山の自然                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>・里山の自然</li> <li>・光合成のはじまり</li> </ul> 高：生物の変遷と進化，光合成のしくみ  |
| 生：生徒実験 演：演示実験 習：演習 VTR：ビデオ視聴 高：高校カリキュラムとの関係 |                                      |   |

## b-5 地学分野

### 1. 仮説

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。地学分野では、中学3年生の選択科目である「テーマ学習」で、高校で扱う内容をスケールダウンして行うことにより、「中学カリキュラムへの波及とその効果」を実証できると考えた。

### 2. 方法

今回扱った内容は、火成岩の色指数の測定と貝化石標本をもとにした地層堆積時の古環境の推定および生物種の個体成長・個体変異の測定である。

#### 2.1 火成岩の色指数の測定

火成岩の組織が違えば見かけ上の色指数が違ったように感じられる。最初に、鉱物が細粒なときと粗粒なときで色指数がどのように違って見えるかを、ほぼ同じ化学組成である火山岩の安山岩と深成岩の閃緑岩で確かめる。

次に火成岩(花崗岩または閃緑岩)の薄片の観察・スケッチを行った上で色指数の測定に入るのだが、最初から色指数を数えるのは難しいので、練習用の観察スケッチを使用する。

作業に慣れたところで、実際の火成岩の薄片をもとにした色指数の測定を行う。顕微鏡下で鉱物の同定ができたところで、画像をプリントアウトし、その上に方眼入りの OHP シートをかぶせて、格子上の有色鉱物の数を数える。

#### 2.2 地層堆積時の古環境の推定および

##### 生物種の個体成長・個体変異の測定

千葉県印旛郡本埜村中根や印旛村吉高などに露出する下総層群木下層の砂岩から貝化石を採集している。生徒が採集した貝化石をもとに、貝化石を含む地層が堆積した当時の環境を推定したり、図鑑を使った分類をもとに形質に基づく生物種の違いを確認する学習を行っている。

貝化石種の同定・分類ができれば、まず採集した貝の種類のリストを生徒に作成させる。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や生息深度をとったグラフを生徒に書かせ、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る。

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調べる。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。

### 3. 検証

(1) 火成岩の色指数の測定については、予め練習したおかげで、プリントアウトされた画像をもとにスムーズに作業を行えた。ただし、顕微鏡の対物レンズの倍率を最低(4倍)にしているが、ズームがかかっていることに注意する必要がある。

(2) 貝化石の研究に入る前に、貝殻が溶けて外形の彫刻が地層中に残されている印象化石にシリコンゴムを使って型を取ることを行っている。作業自体は簡単なもので、小中学生でも十分でき、種の同定についての導入的な役割を果たしている。

(3) 採集した化石を調べてみると、生徒はアカガイやバカガイなどの大型の二枚貝を中心に採集しているのがわかる。バカガイは、この産地で最も産出個体数が多い種で、木下層の特徴種である。現在でも、千葉県袖ヶ浦市付近の東京湾に流れ込む、小櫃川河口の潮間帯から潮下帯にかけての砂泥底に大量に生息している。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  $34^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 、生息深度は  $N_1$  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。

(4) 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るのだが、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。

(5) 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。放射肋の本数や頂角の大きさの測定を行って、ヒストグラムに表すことにより、個体変異の幅を調べられる。放射肋の本数や頂角の大きさは、一般に1つのピークを持つ正規分布を示していることがわかる。

(文責：理科(地学) 高橋宏和)

# 中学カリキュラム展開（地学分野）

| 学習（指導）項目                                       | 観察・観測・実験（演示と生徒実験）項目   | 育成したい理科的能力・一般思考能力・高校との関連  |
|--|---|---|
| 大地の成り立ちと変化                                     |   |   |
| <p>1. 火山と地震</p> <p>2. 地層の重なりと過去の様子</p>         | <p>生：火成岩薄片の顕微鏡観察</p> <p>生：火成岩の色指数の測定</p> <p>生：火成岩の密度の測定</p> <p>生：造岩鉱物の観察</p> <p>演：地震波の伝わり方・起こる仕組み</p> <p>習：等発震時線と震度分布</p> <p>習：走時曲線の作成と地震波速度の計算</p> <p>演：地層のでき方（級化成層）</p> <p>生：堆積岩薄片の顕微鏡観察</p> <p>生：堆積構造の形成（リップル葉理）</p> <p>生：貝化石の測定と個体変異（テーマ学習）</p> <p>習：土地の隆起や沈降による地形の変化</p> <p>演：断層や褶曲のでき方</p> <p>生：城ヶ島野外実習（総合学習）</p> | <p>・マグマの性質と火成岩の種類、火山の噴火の仕方と火成岩の組織との対応関係を認識できる。</p> <p>・火成岩を構成する造岩鉱物の組成と火成岩の色合いや密度との相関関係を把握できる。</p> <p>・波動の種類について触れさせる（高校物理）</p> <p>・震央から離れるほど地震波が伝わる時間が長くなり、震度も小さくなることを確認できる。</p> <p>・風化生成物が主に流水のはたらきで浸食・運搬され、海底などに堆積する過程を検証できる。</p> <p>・地層の堆積構造や化石の種類を調べることで、大地の歴史や過去の自然環境を推定できる。</p> <p>・地層の変形や不連続から、その地域の地殻変動の歴史を解明できる。</p> <p>・野外での地層の観察・測定を行う。（高校地学）</p> |
| 気象とその変化  |   |   |
| <p>1. 気象観測</p> <p>2. 天気の変化</p> <p>3. 日本の気象</p> | <p>生：気象観測（百葉箱など）</p> <p>演：大気圧</p> <p>演：水蒸気と水滴の変化</p> <p>生：露点温度の測定</p> <p>生：雲の発生</p> <p>演：前線のモデル</p> <p>習：等圧線の引き方と天気図の作成</p> <p>講：四季の天気</p> <p>講：大気の大循環と偏西風・季節風</p>  | <p>・気象の観測値の定量的分析から天気の変化を予測できる能力を養う。</p> <p>・気圧や気温の変化から雲が発生する仕組みを検証できる。</p> <p>・現象の変化の規則性とデータの解析から帰納的に予測する能力を育成する。</p> <p>・天気図の読図により、等圧線と風向・風力との関係を把握し、低気圧や高気圧の移動と天気の変化・地球規模の大気の流れとの関係を検証する。</p>   |
| 地球と宇宙  |   |   |
| <p>1. 天体の動きと地球の自転・公転</p> <p>2. 太陽系と恒星</p>      | <p>演：太陽や星の日周運動</p> <p>習：太陽や星の年周運動</p> <p>演：太陽の南中高度の変化</p> <p>生：日射量の測定</p> <p>演：太陽黒点の観測</p> <p>演：月面の観察</p> <p>演：惑星の動き</p> <p>講：太陽系と銀河系</p>   | <p>・地球の自転による天体の見かけの動きをモデルやシミュレーションから定性的に理解できる。</p> <p>・地球の公転と地軸の傾きとの相乗効果による季節の変化を定量的な測定により検証できる。</p> <p>・天体の特徴を観察から定性的に理解できる。</p> <p>・具体的現象をモデルから検証し、抽象的思考を伸長させる。因子の数値変更によりモデルを変化させるような、数学的解析能力を育成させる。</p>  |
| 自然と人間  |   |   |
| <p>1. 生物と環境</p> <p>2. 自然の恵みと災害</p>             | <p>講：大気環境の保全（大気汚染）</p> <p>講：オゾン層の破壊</p> <p>講：地球温暖化</p> <p>講：水質環境の保全（水質・海洋汚染）</p> <p>講：森林の消失と砂漠化</p> <p>講：プレートテクトニクス</p> <p>講：火山災害</p> <p>講：地震災害・津波災害</p> <p>講：気象災害（台風・洪水・崖崩れなど）</p>   | <p>・人間活動がもたらした様々な環境破壊について映像資料などを使って、汚染物質の放出や環境破壊の因果関係を定性的・定量的に検証する。また、環境破壊の進行を遅らせたり、もとの環境に戻すような取り組みについて学ばせる。</p> <p>・自然災害について、映像資料などをもとにイメージを持たせた上で、災害の内容やその仕組み・原因を明らかにし、災害の予防・ハザードマップに基づく避難、現実対応について学ばせる。</p>  |

生：生徒実験 演：演示実験 習：演習 講：講義 高：高校カリキュラムとの関係

## 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を行い、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。ここでは、平成 14 年度からの SSH 事業より継続実施している外部講師による講演会・実験講座等の効果と評価、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 (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、期待通りか

- ア. 期待以上だった
- イ. 期待通りだった
- ウ. ほぼ期待通りだった
- エ. あまり期待通りではなかった
- オ. 期待はずれだった

#### Q 4. この講座・講演会の内容は、あなたの学習に役立ったか

- ア. 大いに役立った
- イ. 役だった
- ウ. あまり役立たなかった
- エ. 役立たなかった

#### 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

調査対象生徒は、参加生徒全員である。G4 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لفベットが数学、理科、総合の 3 区分を、数字が項目内での実施順を表す。“M2”は数学関連の 2 番目のプログラムであることを示している。

#### <数学関連 M>

M1 : 7 月 8 日 (金)「直角が大好きな脳―錯覚から見えてくる「見ること」の危うさ―」杉原厚吉先生 (明治大学)

M2 : 12 月 13 日 (火)「数理的ヒラメキで解くパズル」坂井公先生 (筑波大学)

M3 : 12 月 20 日 (火)「初等整数論の周辺から」吉田輝義先生 (ケンブリッジ大学)

#### <理科関連 S>

S1 : 11 月 12 日 (土) 化学「核磁気共鳴吸収 (NMR) による有機化合物の構造決定―理論と実験―」下井守先生・村田滋先生 (東京大学)

S2 : 12 月 15 日 (木) サイエンスコミッティ企画「ミドリムシ (ユーグレナ) と炭素循環社会の創造」出雲充氏 (株式会社ユーグレナ)

S3 : 12 月 20 日 (火) 化学実験講座「ナノ炭素化合物の化学」前田優先生 長谷川正先生 (東京学芸大学)

#### <総合講座 G>

G1 : 7 月 14 日 (木) 英語ワークショップ “Learn to present ” Mr. Gary Vierheller Ms. Sachiyo Vierheller (インスパイア)

G2 : 12 月 12 日 (月) 国語「映画・アニメに出てくるなまった英語」金水敏先生 (大阪大学)

G3 : 12 月 19 日 (月) 保健体育「なりうる最高の自分を作る―食生活サポート―」伊藤慧氏 (特定非営利活動法人スポーツ指導者支援協会プロジェクトマネージャー)

G4 : 3 月 14 日 (水) 地歴・公民「『脱原発』成長論」金子勝先生 (慶応義塾大学) (予定)

## 2. 調査結果と考察

| Q 1  | 講座・講演会の内容を理解できたか (%) |      |      |      |     |     |
|------|----------------------|------|------|------|-----|-----|
|      | 参加数                  | ア    | イ    | ウ    | エ   | 無答  |
| M1   | 91 人                 | 45.1 | 48.4 | 6.6  | 0   | 0   |
| M2   | 91 人                 | 22.0 | 60.4 | 16.5 | 0   | 1.1 |
| M3   | 44 人                 | 20.5 | 45.5 | 25.0 | 9.1 | 0   |
| M 平均 | 75.3 人               | 29.2 | 51.4 | 16.0 | 3.0 | 0.4 |
| S1   | 23 人                 | 26.1 | 73.9 | 0    | 0   | 0   |
| S2   | 37 人                 | 83.8 | 13.5 | 0    | 0   | 2.7 |
| S3   | 21 人                 | 47.6 | 52.4 | 0    | 0   | 0   |
| S 平均 | 27.0 人               | 52.5 | 46.6 | 0    | 0   | 0.9 |
| G1   | 50 人                 | 90.0 | 10.0 | 0    | 0   | 0   |
| G2   | 40 人                 | 67.5 | 30.0 | 0    | 0   | 2.5 |
| G3   | 31 人                 | 61.3 | 32.3 | 0    | 0   | 6.5 |
| G 平均 | 40.3 人               | 72.9 | 24.1 | 0    | 0   | 3.0 |
| 全平均  | 47.5 人               | 51.5 | 40.7 | 5.3  | 1.0 | 1.4 |

| Q4   | 講座内容はあなたの学習に役立つか (%) |      |      |     |     |     |
|------|----------------------|------|------|-----|-----|-----|
|      | 参加数                  | ア    | イ    | ウ   | エ   | 無答  |
| M1   | 91 人                 | 25.3 | 61.5 | 7.7 | 2.2 | 3.3 |
| M2   | 91 人                 | 16.5 | 74.7 | 7.7 | 0   | 1.1 |
| M3   | 44 人                 | 27.3 | 61.4 | 6.8 | 0   | 0   |
| M 平均 | 75.3 人               | 23.0 | 65.9 | 7.4 | 0.7 | 1.5 |
| S1   | 23 人                 | 73.9 | 26.1 | 0   | 0   | 0   |
| S2   | 37 人                 | 73.0 | 27.0 | 0   | 0   | 0   |
| S3   | 21 人                 | 71.4 | 28.6 | 0   | 0   | 0   |
| S 平均 | 27.0 人               | 72.8 | 27.2 | 0   | 0   | 0   |
| G1   | 50 人                 | 82.0 | 18.0 | 0   | 0   | 0   |
| G2   | 40 人                 | 27.5 | 70.0 | 0   | 0   | 2.5 |
| G3   | 31 人                 | 54.8 | 41.9 | 0   | 0   | 3.2 |
| G 平均 | 40.3 人               | 54.8 | 43.3 | 0   | 0   | 1.9 |
| 全平均  | 47.5 人               | 50.2 | 45.5 | 2.5 | 0.2 | 1.1 |

| Q2   | 講座を受講した動機(複数可) (%) |      |      |      |      |      |     |
|------|--------------------|------|------|------|------|------|-----|
|      | 参加数                | ア    | イ    | ウ    | エ    | オ    | カ   |
| M1   | 91 人               | 3.3  | 93.4 | 7.7  | 7.7  | 4.4  | 7.7 |
| M2   | 91 人               | 0    | 86.8 | 16.5 | 2.2  | 15.4 | 4.4 |
| M3   | 44 人               | 0    | 77.3 | 11.4 | 15.9 | 2.3  | 2.3 |
| M 平均 | 75.3 人             | 1.1  | 85.8 | 11.9 | 8.6  | 7.4  | 4.8 |
| S1   | 23 人               | 95.7 | 39.1 | 26.1 | 0    | 4.3  | 0   |
| S2   | 37 人               | 10.8 | 83.8 | 18.9 | 5.4  | 8.1  | 5.4 |
| S3   | 21 人               | 0    | 95.2 | 42.9 | 0    | 0    | 0   |
| S 平均 | 27.0 人             | 35.5 | 72.7 | 29.3 | 1.8  | 4.1  | 1.8 |
| G1   | 50 人               | 0    | 78.0 | 58.0 | 10.0 | 4.0  | 2.0 |
| G2   | 40 人               | 0    | 92.5 | 22.5 | 5.0  | 0    | 2.5 |
| G3   | 31 人               | 48.4 | 48.4 | 38.7 | 0    | 12.9 | 3.2 |
| G 平均 | 40.3 人             | 16.1 | 73.0 | 39.7 | 5.0  | 5.6  | 2.6 |
| 全平均  | 47.5 人             | 17.6 | 77.2 | 27.0 | 5.1  | 5.7  | 3.1 |

| Q3   | 講座の内容は期待通りだったか（％） |      |      |      |      |     |     |
|------|-------------------|------|------|------|------|-----|-----|
|      | 参加数               | ア    | イ    | ウ    | エ    | オ   | 無答  |
| M1   | 91 人              | 52.7 | 25.3 | 17.6 | 3.3  | 0   | 1.1 |
| M2   | 91 人              | 13.2 | 48.4 | 30.8 | 6.6  | 1.1 | 0   |
| M3   | 44 人              | 29.5 | 27.3 | 36.4 | 6.8  | 0   | 0   |
| M 平均 | 75.3 人            | 31.8 | 33.7 | 28.3 | 5.6  | 0.4 | 0.4 |
| S1   | 23 人              | 43.5 | 47.8 | 4.3  | 0    | 0   | 4.3 |
| S2   | 37 人              | 89.2 | 10.8 | 0    | 0    | 0   | 0   |
| S3   | 21 人              | 71.4 | 28.6 | 0    | 0    | 0   | 0   |
| S 平均 | 27.0 人            | 68.0 | 29.1 | 1.4  | 0    | 0   | 1.4 |
| G1   | 50 人              | 90.0 | 8.0  | 2.0  | 0    | 0   | 0   |
| G2   | 40 人              | 32.5 | 52.5 | 10.0 | 2.5  | 0   | 2.5 |
| G3   | 31 人              | 22.6 | 45.2 | 32.3 | 0    | 0   | 0   |
| G 平均 | 40.3 人            | 48.4 | 35.2 | 14.8 | 0.8  | 0   | 0.8 |
| 全平均  | 47.5 人            | 49.4 | 32.7 | 14.8 | 21.3 | 0.1 | 0.9 |

### Q5 感想など

・不可能立体は作れないものだと思い込んでいたが、数学の計算によって作れることが発見できること、絵を理解させるプログラムが基で、錯覚についての研究が進んでいることが分かった。(M1)

・数学がヒトの脳機能で「理解する」ことの3つの形、という考え方が非常に面白かった。(M3)

・NMRという言葉を知ったことがあり、持っている参考書に書いてもあつたが、難しい印象があつたが、今回の分かりやすい説明でもう少し深く勉強してみようと思った。ありがとうございました。(S1)

・「ミドリムシの研究」と初めて聞いた時、頭の中でミクロな始点での研究だろうと考えてしまいましたが、先生の講義を聞いて、とても広く大きな目的での研究だと知り驚きました。(S2)

・話にジェスチャーとアクセント、動き、アイコンタクトなど、よく言われることをするだけで、あれだけ人をひきこめるのはすごいと思う。ぜひ出来るようになりたい。(G1)

・同じ人間が言葉使いを変えるということはおかしいに関わらず、今日まで気がつかなかったのはやはり自分にステレオタイプな考え方が染みついていたのだなと思った。(G2)

・目標をイメージできるぐらい明確に抱くこととそれを達成することが理想の自分に近づく方法だと思った。(G3)

一部受講を必修とされているものもあつたが、多くの講座は希望者対象の自由参加型である。理数関係の講座は、生徒の知的好奇心を刺激するハイレベルな内容も含み、興味関心がさらに高まる講座が多かった。また、理数以外の総合講座には中学生の参加も多く、科学的リテラシーの涵養という点でも成果があつた。今後も幅広い内容の験講座を実施し、プログラムを更に充実させたい。

(文責：研究部 真梶克彦)

## b. サイエンスコミッティ

### 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年目からは、メンバーが中心となって「テーマ研究発表会」（卒業研究発表会）やSSH講演会の企画・運営・講演者の選定などを行っている。

### 2. 概要

サイエンスコミッティは同好会的な組織であるため、基本的には生徒の自主的な参加であるが、活動に支障があると思われる場合には理数系の部・同好会に所属している生徒を個別に勧誘している。今年度は、前年度までの実績を踏まえ、「テーマ研究発表会」と「SSH講演会」に絞って活動を行った。

### 3. 活動内容

#### (1) テーマ研究発表会の企画・運営

テーマ研究発表会は期日が決められているので、最大の課題は発表者の選定となっている。発表形式は、ポスターセッションと口頭発表に分けており、あわせて20件程度を目安に発表している。様々な背景事情から、生徒の大半があまり発表には積極的ではないのでサイエンスコミッティのメンバーは、かなり粘り強く交渉を重ねて、発表者を集めている。詳細は、別頁を参照していただきたい。

#### (2) 生徒主催SSH講演会の企画・運営

サイエンスコミッティの会合で、本年度は(株)ユーグレナ代表取締役社長の出雲充氏に講演をお願いすることが決定した。最先端の研究者から、研究者としてのスタンスや起業への興味関心を聴いてみたいという素直な要望が表れたと考えている。講演会への参加を呼びかけていた当初は希望者が少なかったが、サイエンスコミッティ代表生徒の呼びかけにより40余名の希望者が得られた。当日は様々な都合により欠席者が数名あった。

当日は、サイエンスコミッティ代表生徒の司会

進行により講演が行われたが、出雲氏の話に生徒が引き込まれ、あっという間に終了時刻を迎えてしまった感がある。質疑応答の時間には、粉末のユーグレナ（ミドリムシ）やこれを練り込んだクッキーを試食させていただきながら、起業の難しさも体感した。生徒へのアンケートには、以下のような感想が大変多かった。

- ・自分の生き方を考えさせるような内容で、とても将来に役立ちそうなよい講座だった。
- ・日常的に見あたるミドリムシの性質を利用して、世界の人々を救うという発想を素晴らしいと思った。

#### (3) 対外的な活動

サイエンスコミッティのメンバーは、この他にも「SSH生徒研究発表会」、「Rits Super Science Fair」「大子町理科実験教室」、「東京都SSH合同研究発表会」、「国立台中第一高級中学訪問」など多くのSSH企画に参加している。詳細は、それぞれの項目を参照していただきたい。

### 4. 検証

サイエンスコミッティのメンバーは、モチベーションが高い生徒が多く、他の活動でも代表などを務めているので、定期的な会合の開催や他学年とのコミュニケーションをはかるのが難しいことが課題である。しかし、テーマ研究発表会などの企画・運営や研究発表などを経験することで、モチベーションの向上が見られ対外的な活動への参加も数多く見られるようになってきている。このような活動を恒常的にこなうことが生徒のサイエンスコミュニケーション能力の向上につながると考えているので、サイエンスコミッティを中心に生徒への意識涵養に努めていきたい。

（文責：校内プロジェクト2 吉田哲也）

### 5. 事業の総括

生徒の自主性を尊重した活動である本事業は、とりくみへの意識や事業内容が年度によって変わるなど、生徒主体ゆえの課題を抱えながらも、SSHに生徒の立場で関わる事業として、貴重な位置づけを持ってきた。今後は、国際交流の進展などを踏まえ、新しい可能性を模索していきたい。

（文責：校内プロジェクト2 澤田英輔）

## 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SSHの第5年次となる今年度は、これまでの様々なプログラムの実践を踏まえ、評価と発展の段階へと移った。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」、および柱(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」に関わる活動および実践では、一層の進展がみられた。これらの研究と実践の母体となっているのは、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したともいえる。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高く評価できるものと考えている。

### 2. 評価と課題

#### 2.1 (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ついて

今年度も、校内プロジェクトⅡ教育実践プロジェクトが中心となって、研究内容の柱(i)に関わる研究・実践を継続して進め、教科の枠を超えた多くの成果を挙げることができた。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」の同時開講（合同ゼミナール）は、一部の教科・科目、また1回のみの実施ではあったが、異学年合同授業のモデルとして十分評価に値すると考えられる。今年度は、国語と美術、数学、物理の3講座で合同ゼミナールが展開された。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ことができた。

生徒のアンケート結果からも、これまで4年間の実践で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。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効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。当初はこの合同ゼミナールは「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。

このように、「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、年1回の実施にとどまっている。また、実施講座数も、プログラム開始の第2年次以降、5講座、6講座、3講座、3講座と推移し、校務分掌等の関係で、安定した数の確保や同じ講座の継続開講の難しさが課題である。一方、実践の蓄積によりプログラムの有用性が共通認識され、より大きな成果を目指しの発展も期待されている。今後は、高学年生徒が低学年生徒を教えるスタイルを大いに取り込み、「ゼミナール」だけにこだわらない柔軟な形式で、合同授業を一層充実させていきたい。

今年で5年目となる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3講座が開催され、高校生だけでなく中学生が教え伝える側となる機会も少しずつ増えている。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、一昨年度からはじまった、茨城県大子町の複数の小学校での、本校生徒による「出前授業」の取り組みも引き続き実施された。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課題であろう。

生徒によるSSH支援・評価活動を行うサイエンス・コミッティーの活動も一定の定着の度合いが見られた。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。今年度も文系・理系の他に芸術系や体育系からの研究発表が行われ、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た。特に、今年度は全体講評を本校SSH運営指導委員の大学教授2名にお願いし、各口頭発表後の質疑応答でも、質問や感想を述べて頂けたので、会全体の進行が引き締まった。

その他、東京都SSH指定校合同発表会での運営補助など、サイエンス・コミッティーの活躍の場は広がっている。こうした取り組みに加え、今年度も、サイエンス・コミッティー自身の手による講演会(「ミドリムシ(ユーグレナ)と炭素循環社会の創造」講師:出雲充氏(株式会社ユーグレナ)、12月15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はもちろんのこと、講演内容に関する事前の打ち合わせに至るまで、すべてサイエンス・コミッ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期待される。

## 2.2 (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・交流活動の支援について

今年度も、校内プロジェクトIV国際交流プロジェクトが中心となって、研究内容の柱(ii)に関わる研究・実践を進め、大きな成果があった。

今年度も、第3回目となる台湾国立台中第一高級中学(台中一中)との研究交流会を実現させることができた。本校からは、数学、物理、化学2、地学2の合計6本の発表を行い、台中一中からは自然科学、生物、化学、物理、数学の5本の発表がなされた。いずれの発表に対しても、本校と台中一中双方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。

今年度は、昨年までの経験を踏まえ、新たに訪問時間の延長と事前の発表練習での専門家による英語プレゼンテーション指導を実施した。これまでより訪問時間を半日増やしたことで、余裕をも

って台中一中の生徒と交流ができ、1日目の最後には学校紹介も実施して相互理解を深めた。また、昨年度は、生徒に「台湾とのプレゼン技術の差を感じた」という声も多かったが、今年に関しては、事前指導の効果もあり、本校の生徒のほうが効果的な発表をしていた。研究内容の充実とともに、英語のスキルを磨くことは、今後海外で活躍する生徒にとっての必須課題である。海外に派遣されることが決まった生徒たちは、半年以上、日々向上心を持って言語学習をし、その最後にこのプレゼンテーション指導を受けるわけである。それだけに、インパクトや効果も大きかったのであろう。来年度以降も、このような形での事前英語指導を続けたい。

さらに今回は、台中一中の授業にも参加し、本校生徒と台中一中の生徒が協力して数学や物理実験に取り組むプログラムを持つことができた。こうした交流内容の深まりは、事前に双方で綿密な意見交換を行った成果と言える。今後も、事前に双方の発表内容を交換したり、プログラム内容についての連絡を密にすることにより一層の内容充実をはかっていきたい。

その他、今年度は立命館高校コアSSHと横浜サイエンスフロンティア高校コアSSHの企画で、のべ8名の生徒がシンガポール、米国、韓国の高校を訪問し、そのうち米国トーマス・ジェファソン高校では、研究発表の機会を得ることができた。これらのプログラムでは、訪問校の生徒のみならず同行するSSH校の生徒どうしの交流という面でも、大変有意義であった。

一方で、国際交流に参加できる生徒の数は限られてしまうので、その成果を他の生徒に普及する報告会の実施が課題である。今年度は、同学年向け、中学生向けなど、形式・内容を変えながら計3回を試行した。成果を広く共有するためのこのようなプログラムの形式や内容等について、今後も検討を進めていきたい。

## 2.3 研究内容の柱(iii)、(iv)、(v)について

特に、柱(iv)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「総合講座水俣実習(フィールドワーク)」など、これまで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。また、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。教員研修会には、北海道から九州まで全国から100名近い参加者を得ることができた。また、参加者はSSHの教員のみならず、その他の高校や中学校の教員の参加もあり、本校のこれまでの取り組みを広く紹介することができた。さらに、様々な学校における取り組みの情報交換も活発に行うことができ、大きな成果を上げることができた。こうした取り組みを通じて、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。

理科の教員研修会は、今年度も実施を見送った。しかし、これまでの理科での取り組みは、教育研究会や本校開催の教員免許状更新講習会の中で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教員免許状更新講習会講座を複数展開している）。本校は通算10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。

## 2.4 学校全体の教育活動への広がり

最後に、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

今年度で第2期SSH（平成19～23年度）が終了するが、今後もSSH研究を継続するため、平成24年度から5年間の第3期SSH指定を目指し、継続新規申請を行っている。

新しい研究開発課題は、「豊かな教養と探究心あふれるグローバル・サイエンティストを育成する中高大院連携プログラムの研究開発」である。

新しいSSHでは、これまで10年間の研究で得られた知見をもとに、希望するすべての生徒に理数系研究入門の機会を与えると同時に、意欲の高い生徒には、少人数による「課題研究」の深化によって研究遂行能力を高め、一方、英語による学術発表能力を世界で通用するレベルに引き上げるプログラムの開発を行う。さらに、大学附属の中高一貫校である特性を活かし、幅広い教養と強い探究心をもつグローバル・サイエンティストを育成するための全人教育を視野に入れた、理数系教科のみに偏らない多様なプログラムを実施する。

研究内容の柱は以下の通りである。

- (i)すべての生徒の探究心や研究意欲を高める大学研究室体験の実施
- (ii)意欲の高い生徒のためのグローバル・サイエンティストを目指す「課題研究」等のプログラム研究と実施
- (iii)科学者・技術者としての研究活動に必要な情報収集能力・メディア活用能力の育成
- (iv)国際交流や学会発表の場で通用する英語プレゼンテーション能力の育成
- (v)SSH校や大学との連携を活かした数学的思考力を育てる教材の開発と普及
- (vi)科学者・技術者に必要な科学的リテラシーの育成

このうち、柱(ii)と(iv)～(vi)は、第2期SSH研究を継続・発展させるものである。生徒の自主的な研究の支援について、平成25年度（数学・理科は24年度）からの新教育課程の実施にあわせ、柱(i)で全員に研究入門の機会を与え、柱(ii)、(iii)で研究意欲の高い生徒を伸ばし、柱(iv)でプレゼンテーション能力を高めて国際交流等の場での研究発表に臨ませたいと考えている。

平成24年度からのSSH指定が受けられるかどうか現時点では不明である。しかし、指定を受けられなかった場合も、内容の縮小は避けられないが、これまで10年間の実践の成果を踏まえ、実施効果の高いプログラムについては、継続していく予定である。

（文責：研究部 梶山正明）

## ・関係資料 2011 年度

運営指導委員会の記録

### 第 1 回 SSH 運営指導委員会

日時：2011.7.9（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、  
坂井公、柿嶋眞、深水昭吉

校内委員等出席者：11名

＜次第＞

1. 副校長あいさつ
2. 4 年次までの事業報告と最終年次（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」（P 2）、  
「国際交流プロジェクト」（P 4））
  - （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
4. 閉会（終了後、食事をとりながら懇談）

＜配付資料＞

- 資料① 出席者名簿  
資料② 研究概略図・組織図  
資料③ SSH 運営指導委員一覧  
資料④ 第四年次（2010 年度）研究開発の経緯  
資料⑤ 第五年次（2011 年度）研究開発計画  
資料⑥ 平成 23 年度 SSH 生徒研究発表会  
資料⑦ 第 5 回テーマ研究生徒発表会  
資料⑧ SSH 交流会支援申請書  
（数学科 教員向け講習会）  
資料⑨ 教育実践プロジェクト（P 2）  
事業報告・事業計画  
資料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  
資料⑪ 数学科 事業報告・事業計画  
資料⑫ 理科 事業報告・事業計画  
資料⑬ 技芸科 事業報告・事業計画  
資料⑭ 国語科 事業報告・事業計画  
資料⑮ 社会科 事業報告・事業計画  
資料⑯ 保健体育科 事業報告・事業計画

資料⑰ 英語科 事業報告・事業計画

資料⑱ 第 38 回教育研究会のご案内（第 1 次）

資料⑲ 平成 23 年度事業計画書

資料⑳ 平成 23 年度事業経費総括表

（2011.7.9 現在）

資料㉑ 平成 23 年度 SSH 校一覧

（別冊子）平成 22 年度研究開発実施報告書

＜報告＞

- ・コア SSH の連携校となり、国際交流プログラムが格段に増えた。
- ・昨年に引き続き、SSH 交流会支援事業が採択され、数学教員対象の研修会を行う。
- ・技術・情報科では、近隣の高校からの参加も含め、「CAD・CAM」のワークショップを実施する。
- ・国語科では、中学生をターゲットに、授業でディベートを取り入れたり、校外学習の報告書作成時にも作文指導も行う。
- ・地歴・公民科では、高校 2 年生のゼミナール受講者を対象に、今年度も「水俣実習」を実施する。
- ・駒場小学校サマースクールにサッカー部が初参加し、スポーツにおけるコミュニケーション方法を学ぶ。
- ・英語科では、サイエンスプレゼンテーション指導の専門家を招き、ワークショップを開催する。
- ・教育研究会では文部科学省から教科調査官を招き、SSH の成果と課題について講演会を開催する。
- ・次期 SSH の是非について、校内で十分な議論ができていない。新たにに申請を行うならば、どのような取り組みが可能かどうか、これまでの課題を整理しながら模索を行っている。

＜質疑応答・助言指導より＞

- ・コア SSH の国際交流プログラムも海外へ行くだけで終わることなく、事前事後も含めた継続的な取り組みとなるべきである。
- ・サイエンスコミュニケーション能力の成長を手応えとして残さなければならない。成果をアピールするための手段が必要。大学でのリメディアル教育に協力していることも成果の 1 つである。
- ・次期 SSH では、少しテーマを絞ってコンパクトに取り組んではどうか。成果が上がっている項目を外へ発信することや、附属のメリットである大学を活用することも含めてもよい。

## 第2回 SSH 運営指導委員会

日時：2012. 1. 28（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、

坂井公、柿島眞

校内委員等出席者：13名

<次第>

1. 校長あいさつ
2. 最終年次（平成 23 年度）の事業報告
  - （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」（P 2）、  
「国際交流プロジェクト」（P 4））
  - （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. 次年度（平成 24 年度）新規 SSH について
4. その他
5. 閉会（終了後、食事をとりながら懇談）

<配付資料>

- 資料① 運営指導委員会名簿  
資料② 平成 23 年度事業（SSH カレンダー2011）  
資料③ 平成 23 年度 SSH 生徒研究発表会  
資料④ 東京都 SSH 指定校合同研究発表会  
資料⑤ 立命館高等学校(Rits)  
コア SSH プログラム  
資料⑥ 横浜市立横浜サイエンスフロンティア  
高等学校(ysfh) コア SSH プログラム  
資料⑦ 生徒の活躍の様子【写真】  
資料⑧ 教育実践プロジェクト(P 2)事業報告  
資料⑨ 国際交流プロジェクト(P 4)事業報告  
資料⑩ 数学科 事業報告  
資料⑪ 理科 事業報告  
資料⑫ 技芸科 事業報告  
資料⑬ 国語科 事業報告  
資料⑭ 地歴・公民科 事業報告  
資料⑮ 保健体育科 事業報告  
資料⑯ 英語科 事業報告  
資料⑰ 最終年次 SSH 研究開発実施報告書頁割  
(別冊子)  
・台湾国立台中第一高級中学研究交流会資料集

\*平成 24 年度新規 SSH 申請関連 資料

- ・別紙様式 1 「実施希望調査」
- ・別紙様式 2 「実施計画の概要」
- ・別紙様式 3 「実施計画書」
- ・「研究開発の概念図」他

<報告>

- ・各プログラムは年々進化し、その手応えを感じているものの、生徒に対する効果、特に、サイエンスコミュニケーション能力の成長をどうみることが未だ課題である。
  - ・他校主催のプログラムにも参加するようになって国際交流の機会が増えた。研究発表の内容が理系中心である中、文系希望の生徒にも課題研究に取り組みせ、国際交流に参加させたい。
  - ・数学教員研修会では、開発した教材を使い、他校の生徒対象に授業を行った。
  - ・原発の事故で「科学者の社会的責任」が益々重要に扱われるようになった。原子力政策の今後についても講座・実習を企画したい。
  - ・技術科ワークショップは、マシントラブルが成果に響いた。その原因も情報をして報告したい。
  - ・次期SSHは、成果を挙げた企画は継続しながら、新たに「グローバル・サイエンティストを育成する中高大院連携プログラムの研究開発」を行う。
- <質疑応答・助言指導より>
- ・5年間の成果は、印刷物にして普及していくべきである。SSHの予算で賄えないものもあるが、大学の出版会などにもはたらきかける方法もある。
  - ・科学オリンピックへの参加者がSSHになってから増えたが、国を挙げて本格的に取り組み出したところと一致し、統計的にははっきりしない。
  - ・限られた人数だけが参加できる国際交流の成果は全校で共有できる方がよい。生徒たちが国内外で研究発表するために作成したポスターを校内に掲示することも考えたい。
  - ・校内や東京都で開催される生徒研究発表会に参加する一般生徒の数が伸び悩んでいる。開催時期等の検討も必要かもしれない。
  - ・中高大院連携の計画を具体化したい。大学訪問等の全員参加型は継続しながら、ひとつ上の少数精鋭向けの実践から試行していく。

(文責：研究部 真梶克彦)

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・第五年次

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  
－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 24（2012）年 3 月発行

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

