

# サイエンス・パートナーシップ・プログラムを利用した 生命工学講座とその効果（2）

久川浩太郎

東京大学先端科学技術研究センター 神崎 亮平

平成 24、25 年度、本校高等部で企画した生命工学に関する講座が、独立行政法人科学技術振興機構の「サイエンス・パートナーシップ・プログラム」に採択された。東京大学先端科学技術研究センターの神崎研究室との連携により、高等学校で学習した生物の内容の理解を深めたり、生命工学の基礎から最先端にわたる研究に触れたりすることを目的として講座を実施した。平成 25 年度は、24 年度の講座の反省を基にして講座内容を考え、企画した。その結果、アンケートの全ての項目で平成 24 年度の結果を上回り、特に考察や表現力の項目では大きく上回る結果となった。

【キーワード】 SPP 大学との連携 体験型講座 実施時の配慮 新教育課程

## 1 はじめに

全国の大学や研究機関では、中高生を対象にした公開講座を実施している。公開講座の内容は、大学や研究機関で行っている研究を中高生に分かりやすく伝えるものであり、本校生徒の中にも興味がある講座に参加したいと訴える生徒がいる。しかし聴覚障害生徒にとって、そのような公開講座に参加することは情報保障や進行方法などの面から難しいのが現状である。

サイエンス・パートナーシップ・プログラム（以下、SPP）は、独立行政法人科学技術振興機構が活動支援を行う事業で、小中学校、高校、特別支援学校と、大学などの研究機関の連携による学習活動を支援する取り組みである。児童生徒の科学技術、理科、数学に対する興味・関心と知的探究心等の育成や、進路意識の醸成および科学技術人材の育成を目的としている。SPP からは必要経費が支給され、消耗品などの物品購入費や講師謝礼のほか、手話通訳者費用も賄うことができる。そのため、手話通訳などの十分な情報保障の元、聴覚障害生徒へ講座を実施することができる。また、連携先の講師と入念な打ち合わせを行うことで、対象生徒に合った講座の

内容や進め方を工夫することができる。

本校高等部普通科では、平成 24 年度に初めて SPP の申請を行い、平成 24 年、25 年度と採択された。平成 24 年度は初めての採択校対象の「初 A プラン」、平成 25 年度は「A プラン」に申請し、どちらも東京大学先端科学技術研究センターの神崎研究室と連携して講座を実施した。平成 25 年度の講座内容は、24 年度の反省を踏まえ、さらに発展的な内容や生徒が主体となる討議を取り入れた講座を計画した。

## 2 実施目的・内容

講座のテーマは、「ロボットと昆虫で探る、感覚と脳と行動のしくみ-カイコガから学ぶ最先端生命工学-」とした。本講座は、昆虫の感覚と脳と行動のしくみを学び、カイコガの適応的行動や筋電位についての実習を行うことで、高等学校で学習した生物の内容の理解を深めたり、最先端生命工学の基礎を学んだりすることを目的とした。また、聴覚に障害がある生徒にとって、学習内容を理解する上で視覚情報や実体験が大変重要であるため、生徒が主体的に参加できる実験を多く取り入れた体験型講座とした。このような内容の講座を行うために、カイコ

ガを用いて昆虫の生体制御システムの最先端の研究を行っている東京大学先端科学技術研究センターの神崎研究室に依頼し、本校と連携して講座を行うことにした。

平成 24 年度の講座後に実施したアンケート結果では、情報の収集や発表など、実験以外での生徒の主體的な活動については肯定的意見が多くなかった。1 日で終了する講座で、討議や発表に十分な時間が取れなかったためであると考えられた(久川・神崎, 2014)。そこで平成 25 年度は講座を 2 日間にし、生徒自身が実験方法を考えたり、レポート作成をして発表したりする活動を取り入れた。その際、グループ全員の意見をまとめやすくするために、ワークシートを工夫した。生徒がまとめたワークシートは実物投影機を用いてスクリーンに投影し、全員で確認できるようにしたり、発表をしやすくしたりした。本稿では、平成 24 年度には行わなかった活動に焦点を当てて報告する。

対象は本校高等部一年生 27 名で、1 グループを 5 ～ 6 名とし、5 グループで講義(図 1)、実験を行った。旧教育課程では、高等部二年次で「生物 I」を履修していたが、新教育課程移行に伴い、高等部一年次で「生物基礎」を履修することになった。そこで、平成 24 年度は高等部二年生を対象にしたが、進路の参考にするために、25 年度は一年生を対象にした。

実施日は平成 26 年 1 月 24 日、25 日の 2 日間で、講座のタイムスケジュールは表 1、表 2 に示した。

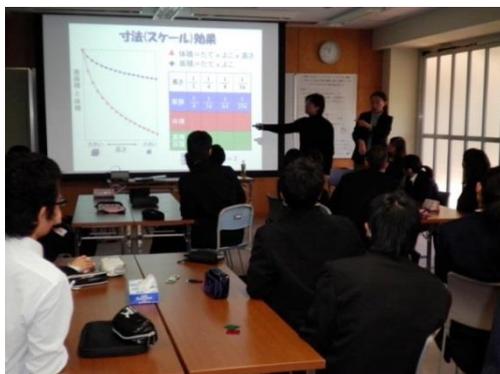


図 1 講義の様子

手話通訳は、県の登録手話通訳者に依頼し、午前 2 名、午後 2 名、計 4 名による手話通訳を 2 日間行

った。

表 1 講座当日のタイムスケジュール(1 日目)

時間	実施内容
9:30～	講師・手話通訳者との打ち合わせ
10:40～	講義：環境世界について 環境世界をもとに、昆虫の感覚、脳、行動について学習し、実習の基となる知識を得る。
11:30～	討議：カイコガの行動実験について、グループごとに実験方法を考える。
12:00～	休憩
13:00～	発表：グループで話し合ったことを代表者が発表し、講師から助言を得る。 実習：カイコガを用いた実習 ・カイコガの行動とフェロモンの抽出実験 ・フェロモン受容器官の同定の実験 ・オスの歩行パターンの観察 ・脳の役割に関する実験
14:40～	まとめ、質疑応答、後片付け

表 2 講座当日のタイムスケジュール(2 日目)

時間	実施内容
9:30～	講師・手話通訳者との打ち合わせ
10:00～	講義：1 日目の復習と実習の説明 実習：「筋電位を用いた実習・昆虫の能力を知る実習」 ・昆虫の触角・複眼・脳の観察 ・昆虫の筋肉の活動電位計測 ・ヒトの筋肉の活動電位計測とロボット制御 ・昆虫の能力の体験
12:00～	休憩
13:00～	討議・発表：ヒトと昆虫の共通点と相違点について、実験結果を基にグループごとに話し合い、発表する。
14:00～	まとめ、質疑応答、最先端の研究紹介、アンケート記入、片付け

### (1) 実験方法を考え、発表する活動

1日目の環境世界についての講義の後に、カイコガの行動実験について、グループごとに実験方法を考える活動を取り入れた。

講義で学習した内容を基に、カイコガのオスがどのようにメスを探すのかを特定するための実験方法をグループごとに話し合い、全員の前で発表した。発表内容はホワイトボードにまとめ、グループごとの意見を比較できるようにした。グループの意見に対し、他の生徒から質問が多くあり、積極的な意見交換をすることができた。発表後は講師から助言を受け、午後の実験の参考になるようにした。

実験方法を考える活動を行った結果、午後の実験では、実験方法の工夫や結果の考察を論理的に行うことができた。また、他の生徒の考えを聞き自分の考えに取り入れたり、目的意識を明確にして実験を行ったりすることができた。

### (2) 昆虫の触角・複眼・脳の観察

カイコガの構造や神経系を理解するために、触角、複眼、脳を双眼実体顕微鏡を用いて観察した(図2)。触角を観察することで、ヒトにはない感覚器官の理解を深められ、複眼や脳を観察することで、神経系の理解を深めることができた。肉眼では観察しにくい触角の毛状感覚子や、脳の中央の食道が通る穴も観察でき、生徒たちは興味深く観察していた。自分のスマートフォンでカイコガの脳を撮影(図3)する生徒もみられた。

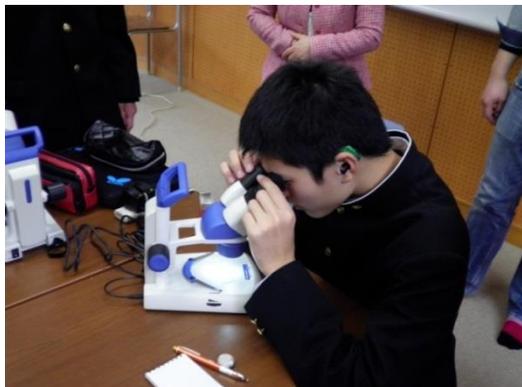


図2 触角・複眼・脳の観察

ヒトの神経系を観察することは困難であるが、

カイコガを用いて肉眼で観察することで、ヒトの神経系の理解につながり、ヒトと昆虫の共通点、相違点について理解を深めることができた。

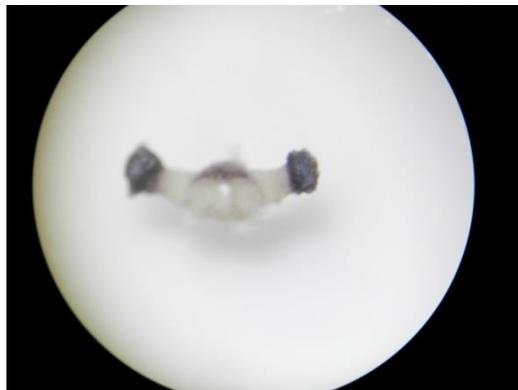


図3 スマートフォンで撮影したカイコガの脳

### (3) 筋肉の活動電位の計測

カイコガの胸部の背面に電極を刺し込み、タブレット端末を用いてカイコガが羽を動かすときの筋電位を測定した(図4)。また、タブレット端末は生徒自身が操作できるため、表示されている筋電図を拡大したり、止めて観察したりすることもでき、生徒全員で筋電位の変化を確認することができた。講師からはカイコガの筋肉の動きについての説明があり、昆虫の筋肉の動かし方の特徴や、カイコガの1回の羽ばたきの筋電位の変化を視覚的に理解することができた。

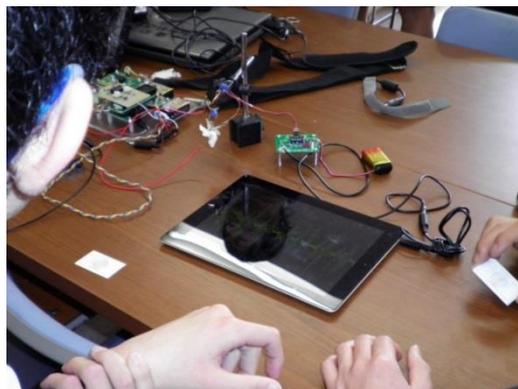


図4 タブレット端末を用いた筋電位の測定

### (4) 講座のまとめに関する討議・発表

講座終盤の討議では、講座で学んだ内容を基に、ヒトのしくみ、昆虫のしくみ、ヒトと昆虫の共通点に関してグループで話し合っまとめ(図5)、グル

ープごとに全員の前で発表した。まとめる際にはワークシート（図 6）を用いることで、生徒全員が意見を出せるようにし、まとめられるような工夫を行った。ワークシートは下書き用（A3）2枚と、発表用（A4）1枚を用意し、下書き用には出た意見を羅列し、その後発表用のワークシートにまとめる方法をとった。下書き用のワークシートを2枚用意し、どのような意見も書きこむように指示することで、活発な討議を行えるようにした。この活動を行ったことで、講座の内容を整理して理解することができ、効果的な発表にもつながった。



図 5 話し合った結果をまとめている様子

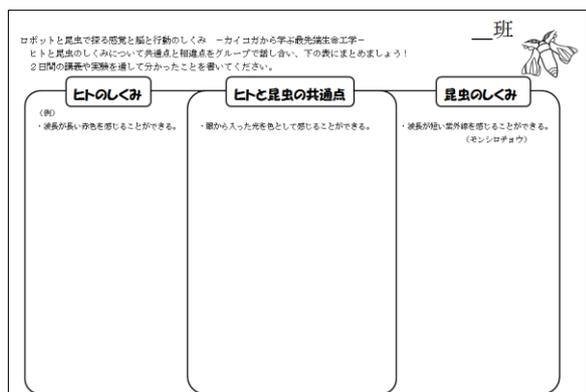


図 6 討議で使ったワークシート

討議の発表は、実物投影機を用いて紙に書いたものをスクリーンに映しながら発表した（図 7）。視覚情報がない発表では聞き流してしまったり、要点を落としてしまったりする生徒もいるが、発表者はスクリーンを指しながら発表を行うなどの工夫を行ったため、発表グループの意見を全員で共有することができた。これは、聴覚に障害があり視覚情報が重

要な生徒たちにとって、発表者の意見を全員が的確に理解していくことにつながった。発表後、発表に対しての補足や感想などを講師から伺った。講師からは、「活発に議論を行っており、深く考察することができている。」との評価を頂くことができた。

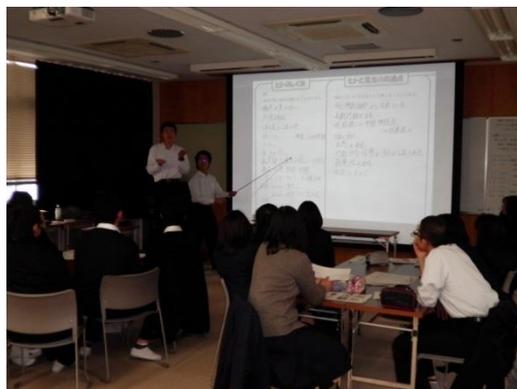


図 7 発表の様子

### 3 アンケート結果

#### (1) SPP 指定アンケート

SPP 講座では、講座実施後に指定のアンケート調査を行うことになっており、本講座でも終了後に実施した。Q1～3は学校・学年・性別、Q4～5は内容の理解度、Q6～7は興味・関心、Q8～10は観察・考察、Q11～13は対話能力・表現力、Q14～17は受講による科学技術に対する意識の変化に関する項目であった。なお、アンケート項目は資料として、本稿末尾に掲載した。

平成 24 年度の講座でも同じアンケート調査を行っている。アンケート調査を行った対象生徒が異なるため、単純に比較することはできないが、Q4～13の結果の大まかな特徴を比較する。高橋(2012)を参考に、「そう思う＝5点」「どちらかといえばそう思う＝3点」「どちらかといえばそう思わない＝1点」および「そう思わない＝0点」として集計し、合計点を 100 点換算し、図を作成した（図 8）。チャートの外周に数値が近いほど肯定的意見が高いことを意味する。

平成 24 年度と 25 年度を比較した結果、全ての項目で 25 年度の結果が上回った。平成 24 年度と比べ 15 点以上上回ったのが Q8、9、10、13、で、特に Q10 (31.9 点) と Q13 (55.2 点) が大きく上回る結

果となった。

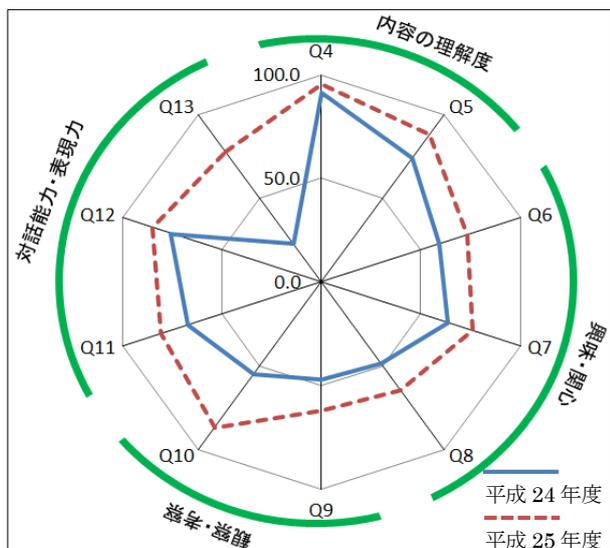


図8 Q4～13のアンケート結果

Q10のアンケート項目は、『講座の中で、集めた情報を利用して「考える」ことができましたか。』で、平成24年度のアンケート結果は54.8点、25年度の結果は86.7点であった。

Q13のアンケート項目は、『講座の中で、実験・観察の結果を使って、「レポート作成」や「発表」ができましたか。』で、平成24年度のアンケート結果は22.6点、25年度の結果は77.8点であった。

平成25年度の講座には、24年度には行わなかった、「実験方法を考え、発表する活動」、「講座を通して分かったことを話し合いまとめ、発表する活動」を取り入れた。これは、実施主担当である筆者が企画し、講師に依頼して実施した。これらの活動を取り入れたことにより、生徒が主体となって考え発表する活動が増え、アンケート結果の向上につながったと考えられる。また、他の項目も全て向上したことから、これらの活動が学習内容の理解度を深め、興味関心を高めることにもつながったと考えられる。

## (2) 独自アンケート

SPP指定のアンケートは選択式の回答のみであったため、生徒の具体的な感想や意見までは汲み取れなかった。そこで、自由記述による本校独自のアンケートも同時に行った。

アンケート項目は、①講座内の講義について、②講座内の実験について、③普段の授業との関わりについて、④今後の講義や実習について、⑤手話通訳について、それぞれ興味・関心が高かったことなどを自由記述式で記入してもらった。

### ① 講義について

講義についての記述では、昆虫の能力や、ヒトとの感じ方の違いに興味をもったと挙げる生徒が多かった。このことから、ヒトである自分を含めた身の回りのものを、科学的に見る視点が養われたと考えられる。代表的な記述を挙げる。

- ・臨界融合頻度やメスの探し方など、ヒトよりも優れた昆虫の能力に驚いた。
- ・昆虫の脳が、スーパーコンピューターを用いて人間の脳の解明につながることや、ぶつからない車などに応用されていることを知り、最先端の研究に触れることができ勉強になった。
- ・昆虫の脳もヒトの脳もニューロンからできていることが興味深かった。
- ・ヒトと昆虫の違いについて、視覚だけではなく、時間の感覚、大きさの感覚が違うことに驚いた。
- ・昆虫が、なぜあんなに早く動けるのかずっと疑問に思っていたが、講義を受けて納得できた。先生の話もおもしろく、分りやすかった。

### ② 実験について

実験についての記述では、ヒトは感じるができないフェロモンに関することや、脳の役割を知るために行ったカイコガの切断実験について挙げる生徒が多かった。通常では用いることが困難なカイコガを実際に用いて実験を行うことで、講義で学習した内容を体験的に理解することができたと考えられる。代表的な記述を挙げる。

- ・カイコガはフェロモンを使ってメスを探すことや、頭を切断しても動き続けること。カイコガは脳からだけではなく、胸や腹の神経節からも命令がいくということが興味深かった。
- ・カイコガが胸部だけでも動けることから、脳や神経節のはたらきの理解が深められた。

- ・ヒトの筋電位を使ってロボットを動かすことがおもしろかった。実験したことで、カイコガや自分のことについて、より理解することができた。
- ・筋電位をグラフで見ることで、電位の大きさや、実際に流れているということが分かった。

### ③ 授業との関わりについて

本講座を受講した生徒は、全員「生物基礎」を履修していた。高等学校で履修する「生物基礎」では、「生物の体内環境とその維持」で〈神経系〉を扱い、神経細胞やヒトの脳と脊髄、中枢神経や末梢神経について学習する。また、高等部三年次で選択履修する「生物」では、〈動物の反応と行動〉で動物の神経系や行動についてより深く学習するため、本講座は「生物」につながる発展的な内容となった。

生徒の記述からは、講義や実習を通して「生物基礎」で学習した内容の理解を深めることができたり、発展的な理解につながったりしたことがうかがえる。代表的な記述を挙げる。

- ・交感神経、副交感神経、フェロモンについての理解を深めることができた。
- ・ヒトだけでなく、様々な生物の筋肉の活動電位について理解を深めることができた。
- ・脳や神経のしくみ、行動が起きるまでのしくみの理解を深めることができた。
- ・神経、血管系、ホルモンなど、ヒトの体内機能と昆虫で、共通しているところと異なっているところの理解を深めることができた。

### ④ 今後の講義や実習について

今後受けたい講義や実習についての記述では、具体的にテーマを述べる生徒や、今回のように実験が多い授業と述べる生徒が多く、体験的な授業を受けることへの興味関心の高さを知ることができた。平成 25 年度も 24 年度もほぼ同じ傾向で、天体や宇宙に関する講座や自分の進路と関係がある講座や実習を受けたいと回答する生徒が多かった。代表的な記述を挙げる。

- ・進化や脳など、今回のような生物に関する講座を受けたい。

- ・天体や宇宙についての講座を受けたい。
- ・ロボットや車など、自分の進路と関係がある講座を受けたい。

### ⑤ 手話通訳について

手話通訳についての記述では、多くの生徒が、「手話通訳はわかりやすかった。」と答えていた。また、講師の声が大きく口形もはっきりしていたため、情報のほとんどを講師から得たという生徒もいた。このことから、事前打合せの時に、生徒の実態やニーズを講師や手話通訳者に確実に伝えられたと考えられる。代表的な記述を挙げる。

- ・事前に手話単語を確認したので手話通訳が分かりやすかった。このような方法は良いと思った。
- ・先生の声と手話通訳者を見て理解していたので、とても助かった。
- ・手話通訳者はゆっくり、はっきりと表現していたので、とても分かりやすかった。

## 4 まとめと今後の展望

平成 24 年度は 1 日で終了する講座、25 年は 2 日間の講座を実施した。平成 25 年度の講座では、24 年度には行わなかった、発展的な内容や生徒が主体となる討議や発表を取り入れた講座を計画した。その結果、アンケートの全ての項目で平成 24 年度の結果を上回り、特に考察や表現力の項目では大きく上回る結果となった。SPP の講座内容や進行は連携先の講師に頼りがちになるが、実施校の企画の際の工夫が、生徒の理解や関心を深め、考察や表現力を高めることにつながることが分かった。今後も SPP を通した大学との連携を続けていきたいと考えている。

平成 25 年度の講座では、新聞社の取材もあり、新聞にも掲載され、広く本校の取り組みを発信することができた。

本校高等部では平成 26 年度も SPP に採択され、講座を実施した。新教育課程の移行に伴い、高等部一年次で履修する「生物基礎」の中に、DNA や遺伝子について取り上げられるようになり、高度な実験や発展的な内容を扱うために、東邦大学理学部の佐

藤浩之教授と連携を取り講座を行った。佐藤教授は植物を用いた遺伝子組換えに関する研究や、遺伝子解析実験に関する教材開発を行っており、この講座を佐藤教授に学ぶ意義は大きいと考え依頼した。

#### 〔謝辞〕

本研究で報告した取り組みは、独立行政法人科学技術振興機構のサイエンス・パートナーシップ・プログラムの支援、東京大学先端科学技術研究センターの神崎研究室の協力を受けて行われたものであり、ここに関係各位の皆様に感謝申し上げます。

#### 〔参考文献〕

久川浩太郎・神崎亮平（2014）サイエンス・パートナーシップ・プログラムを利用した生命工学講座とその効果（1）.筑波大学附属聴覚特別支援学校研究紀要,36,60-66.

高橋利幸（2012）サイエンス・パートナーシップ・プロジェクトを通じた中学生への生物工学実験の体験講座とその効果.生物工学会誌,90,415-423.

#### 〔資料〕 アンケートの質問の分類と項目

質問の分類	アンケートの設問項目
内容の理解度	Q4. 今回の講座は面白かったですか
	Q5. 講座の内容は理解できましたか
興味・関心	Q6. 今回の講座を受けて、「知りたいこと」を自分で調べてみようと思うようになりましたか
	Q7. 今回の講座を受けて、「科学技術」や「理科・数学」に興味・関心をもちましたか
	Q8. 講座の中で、「課題を発見する」ことができましたか
観察・考察	Q9. 講座の中で、課題を解決する為に「情報を集める」ことができましたか
	Q10. 講座の中で、集めた情報を利用して「考える」ことができましたか
対話能力・表現力	Q11. 講座の中で、他の人と積極的に「話し合う」ことができましたか
	Q12. 講座の中で、グループの人と「協力」して実験を進めることができましたか
	Q13. 講座の中で、実験・観察の結果を使って、「レポート作成」や「発表」ができましたか

Q1～Q3 は、受講者の学校・学年および性別に関する設問

