

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）

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 年度、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、「昆虫の科学ー感覚と脳と行動の不思議ー」と題した講座を、高等部 2 年生を対象に実施した。本講座は、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行い、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た。講座では、昆虫の感覚と脳と行動のしくみを学び、カイコガを使用した実習を行った。アンケート結果等から、講座を通して知的探究心や自主学習意欲の向上、科学技術に対する意識の改善など、肯定的結果を得ることができた。

【キーワード】 SPP 大学との連携 体験型講座 実施時の配慮

1 はじめに

東京大学先端科学技術センターの神崎研究室が担当している「ひらめき☆ときめきサイエンス」のプログラム、「ロボットで探る昆虫の感覚と脳と行動の不思議」に、本校の一部の生徒が平成 20 年度から毎年参加してきた。生徒が参加するにあたり、本校教員が情報保障や実験補助などで、神崎研究室と連携を取った。プログラム内容は、昆虫の脳の情報処理能力などの生体制御システムについて、実験とともに分かりやすく学習するものであり、現在科学の基礎を学習している生徒にとって大変有意義なものであった（油井ら、2012）。この内容を他の生徒にも提供したいと考え、サイエンス・パートナーシップ・プログラム（以下、SPP）を利用し、本講座を企画・実施した。

SPP は、文部科学省が平成 14 年から実施している「科学技術・理科大好きプログラム」の一つである。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を育成するとともに、進路意識の醸成および科学技術人材の育成を目的とし、小中高등학교と、大学・科学館等の連携によって行われるものである。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ある。

本稿では、平成 24 年度に実施した SPP 講座の取り組みと、アンケート結果等から考察した教育的効果を報告するとともに、実施時の配慮事項についても併せて報告する。

2 実施目的・内容

連携先は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た。神崎研究室では生命科学のモデル生物の 1 つであるカイコガを用いて昆虫の生体制御システムに関する最先端の研究を行っている。

講座のテーマは、「昆虫の科学ー感覚と脳と行動の不思議ー」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。

対象は本校高等部2年生24名で、1グループを4～5名とし、5グループで講義、実習を行った。タイムスケジュールを表1に示す。

手話通訳は、千葉県の登録手話通訳者に依頼し、午前2名、午後2名の計4名を配置した。

表1 講座当日のタイムスケジュール

時間	実施内容
9:30～	講師・手話通訳者との打ち合わせ、準備
10:40～	「環境世界についての講義」 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。
11:15～	「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の実験 ・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
12:30～	休憩
13:20～	「筋電位・昆虫の能力に関する実習」 ・筋電位の計測 ・筋電位によるロボット操作 ・臨界融合頻度、偏光の確認
14:50～	まとめ・研究紹介・アンケート記入・片付け

3 生徒主体の実習

(1) カイコガの行動とフェロモンの抽出の実験

フェロモン腺からフェロモンが分泌されていることを確認するために、メスのカイコガのフェロモン腺を切り取り、ヘキサンでフェロモンを抽出した(図1)。空気中に漂うフェロモンがオスに反応してしまい正確な実験ができなくなるため、講義・実験とは別室でこの実験を行った。

フェロモンはヒトにとってあまり身近でない物質であるが、実際にフェロモン腺を切り取り、抽出す

ることで、目に見えないフェロモンを化学物質として捉えることができたと考えられる。



図1 フェロモン腺を切り取っている様子

(2) フェロモン受容器の同定の実験・歩行パターンの観察

抽出したフェロモンを用いて、フェロモン受容器の同定の実験を行った(図2)。抽出したフェロモンをオスのカイコガに吹きかけて、行動の様子を観察した。触角があるものとないものを比較することで、オスのカイコガは触角でフェロモンを受容していると見出すことができた。その後、フェロモン受容後の行動を観察した。生徒は吹きかける場所や距離などを変えて、オスのカイコガの行動の変化を観察し、行動の特徴を観察することができた。

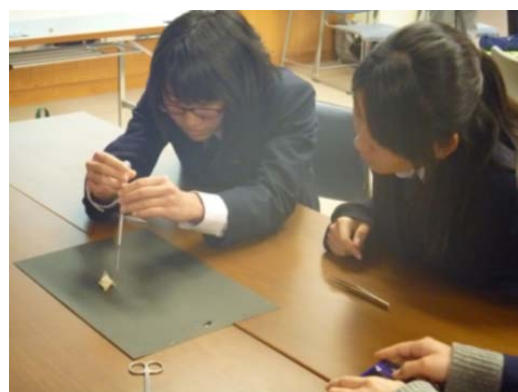


図2 フェロモンを吹きかけている様子

(3) 脳の役割に関する実験

カイコガの脳や神経節のはたらきを考察するために、オスのカイコガを頭・胸・腹の3つの部位に切断して、行動を観察した(図3)。切断した後もそれぞれの部位が動き続ける様子を見て、生徒は驚くと

同時に、さまざまな疑問をもち考察することができた。特に、足が地面についた時に羽ばたきが止まる様子に着目し、胸にある神経節のはたらきを見出すことができた。



図3 カイコガを切断している様子

(4) 筋電位によるロボット操作

生徒の腕から発せられる筋電位を用いて、ロボットの車を操縦する実習を行った（図4）。時間の関係もあり希望制としたが、ほとんどの生徒が体験していた。「生物Ⅰ」の神経の学習で、筋電位の学習を行うが、この実習を通して筋電位の発生を体験的に学習することができた。ヒトに流れる筋電位の利用は、義肢やロボットの操作、テレビゲームなど、様々な分野で利用されており、この実習は科学技術の基礎を学んでいる生徒たちにとって大変有意義であったと考えられる。



図4 ロボットの車を操縦している様子

(5) 偏光の見え方の体験

昆虫が識別できる偏光を、偏光板を用いて体験した（図5）。空の見え方、パソコンの画面の見え方、

プロジェクターから発せられる光の見え方などを体験した。同じものを見ていても、ヒトと昆虫では違う見え方をしていると、体験的に理解することができた。



図5 偏光板を使用している様子

(6) 臨界融合頻度の体験

ファンクションジェネレータを用いて、1秒間に点滅する光の回数を調整して、自身の臨界融合頻度を体験した（図6）。他の生物の臨界融合頻度と比較し、講義の中で解説された「環境世界」について理解を深めることができた。また、昆虫の臨界融合頻度と比較することで、生徒たちは昆虫の優れた能力に驚いていた。



図6 臨界融合頻度を確認している様子

4 講座実施時の配慮

(1) 講師・手話通訳者との打ち合わせ

事前に、講師や手話通訳者に生徒の実態を伝え、内容や進め方について協議を行った。また、手話通訳者には生徒の実態に即した手話表現を依頼した。例えば、日本語の文章に即した手話表現や、口形を

はっきりすることなどに留意するよう伝えた。

講座当日の準備の際、講師と手話通訳者と打ち合わせを行った。講座の内容、手話通訳者の立ち位置、待機場所、講師の立ち位置、スクリーンの場所の確認をした。生徒の視線の移動が最小限となるように、手話通訳者とスクリーン、講師のいずれも見やすくなるように配慮した。講座の内容は、事前に手話通訳者に資料を送り、当日再度講師から説明された。

(2) 手話単語の確認

事前学習時に、生徒に対して手話単語の確認を行った。確認した単語は、講座の中で多く使用されるが、生徒の日常会話での使用頻度が少ない手話単語を筆者が精選したものである（表2）。この手話単語は、打ち合わせの時に手話通訳者にも伝え、講座中はその手話単語を使うようお願いし、頻出単語の手話通訳がスムーズにできるようにした。

「カイコガ」や「フェロモン」など、標準手話にない手話単語は、筆者が表現しやすい手話を考え、生徒と手話通訳者に伝えた。例えば、「カイコガ」は、指文字の「か」＋「蝶」の手話で表現するようにした。また、「信号」は生徒が普段用いている信号とは意味が異なるため、意味が通じやすい手話表現を用いた。

表2 確認した手話単語

科学	研究	実験
ロボット	昆虫	感覚
神経	筋肉	触角
信号	カイコガ	しくみ
におい	フェロモン	脳

(3) グループ分けと実験時の補助者配置

1つのグループを少人数にし、全員の生徒が実験に関われるようにした。実験の際には、講師や副講師、本校理科教諭を実験補助者として各グループに1人ずつ配置した。補助者は実験の補助や解説を担当し、実験・考察が円滑になるよう参加者同士の議論を促した。また、積極的に実験に関われない生徒

に声掛けをし、全員の生徒が実験に関われるよう促した。

5 アンケート結果と成果

(1) SPP 指定のアンケート

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（図7、8）。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。

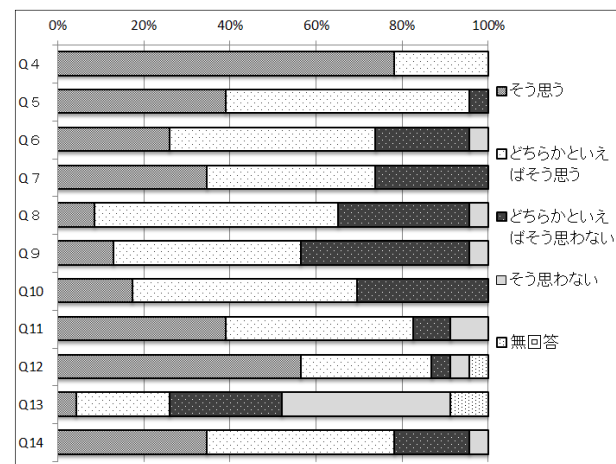


図7 アンケート結果（Q4～14）

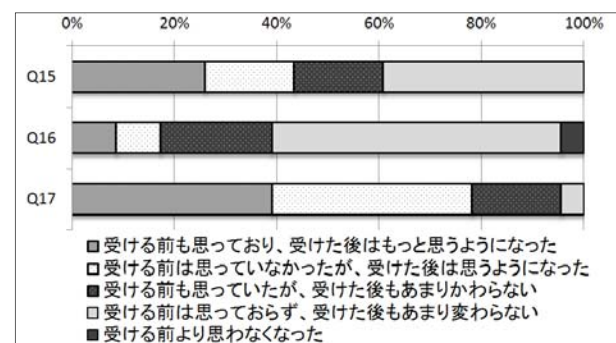


図8 アンケート結果（Q15～17）

① 内容の理解度

内容の理解度を問うQ4～5の結果、「そう思う」または「どちらかといえばそう思う」という肯定的意見がどちらの項目も9割を超えた。この結果から、講座の内容は、高校で学習した生物の発展的な内容であったが、おおむね理解できたと考えられる。これは、事前授業で既習事項を復習したこと、生徒主

体の実験を通して理解が深まったこと、手話通訳から情報が正しく伝わったこと、講座内で使用される手話単語を事前に確認したこと、各グループに実験補助者を配置したこと等が要因として考えられる。

② 興味・関心

興味・関心を問う Q6～7 結果、肯定的意見がどちらも 7 割を超えた。この結果から、本講座が知的探究心や自主学習の意欲向上につながると考えられる。これは SPP 事業の主目的とするところでもあり、その成果は重要であるといえる。そして、Q4～7 の結果から、講座の目的はおおむね達成できたといえる。

③ 観察・考察

観察・考察を問う Q8～10 の結果、肯定的意見がいずれも 6 割前後という結果であった。集めた情報の利用に関しては、肯定的意見が 7 割近くあった一方、課題の解決のための情報収集に関しては、肯定的意見が 6 割未満にとどまった。このことから、考察は十分にできたものの、情報を収集するための活動は不足していたことが考えられる。今後の取り組みとして、生徒自身が情報を収集し、実験方法を考える活動を行いたいと考えている。

④ 対話能力・表現力

対話能力・表現力を問う Q11～12 の結果、肯定的意見がどちらも 8 割を超えた。これは、少人数グループの生徒同士で話し合い、協力しながら実験を進めることができたためだと考えられる。また、実験補助者が適切な助言を与えたことで、グループ内の議論が活発になったことも考えられる。しかし、Q13「レポート作成や発表ができましたか。」という項目では、肯定的意見が 3 割以下となった。これは、講座の時間の関係もありレポート作成や発表の場を設けなかったことが原因であった。今後の取り組みに生かしたい。

⑤ 科学技術に対する意識の変化

Q17「今回の講座を受けて、科学は自分の身の回

りのことを理解するのに役立つと思いましたか。」では、肯定的意見が 8 割近くあった。講座を通して科学技術の有用性や、生徒自身の生活と科学との密接性を認識することができたと考えられる。また、今回のような講座に参加したいと答えた生徒が 8 割近くいたことから、生徒の科学技術への興味、関心が高まったり、科学技術の重要性を理解できたりしたりしたことがうかがえる。

(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。

- ・昆虫の脳は小さいのに、様々な分野で昆虫の能力を利用できることに興味をもった。
- ・時間、大きさ、感覚の世界など、生物によって感じ方が違うことに関心を持った。
- ・ヒトの反応速度よりも昆虫の反応速度の方が速いということに驚いた。
- ・ヒトが感じるできないフェロモンが、数キロも離れたカイコガのメスを見つけることに使用されていることが興味深かった。

② 実験について

実験についての記述では、ヒトが感じる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カイコガを切断した実験について挙げる生徒

が多くいた。講義だけでなく、実際にカイコガを用いて生徒主体の実験を行うことで、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。

- ・メスが入っているケースのふたを開けた瞬間にオスが反応したことや、フェロモンの抽出実験を通して、フェロモンのはたらきの理解が深められた。
- ・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。
- ・筋肉の中には電気が流れていることが、ロボットの操作や、筋電位測定のグラフを見てよくわかった。

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Ⅰ」を履修していた。高等学校で履修する「生物Ⅰ」では、「刺激の受容と反応」で〈脳や神経のはたらき〉、〈動物の行動〉などを扱う。そのうちの〈脳や神経のはたらき〉では、神経の興奮と伝導と伝達、活動電位、ヒトの脳と脊髄などについて、また〈動物の行動〉では、動物の情報伝達には視覚や聴覚のほかにフェロモンによる方法があることを学習する。

生徒の記述から、講義や実習を通して「生物Ⅰ」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と考えられる。代表的な記述を挙げる。

- ・ヒトだけでなく、様々な生物のニューロンや神経について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。
- ・カイコガのフェロモンが行動に与える影響について、理解を深めることができた。
- ・タンパク質の構造の違いによる感じ方の違いについて、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

今後受き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。代

表的な記述を挙げる。

- ・今回のように生物を使った講座で、実験が豊富な講座を受けたい。
- ・天体や宇宙についての講座を受けたい。
- ・情報や機械など、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。

- ・講師の話が分からなかったときは、手話通訳を見ることで理解することができた。
- ・事前に手話単語を確認できたので、スムーズに理解することができた。
- ・手話通訳と講師の話すスピードが合っており、分りやすかった。

6 まとめと今後の展望

平成 24 年度に、本校では初めて SPP 講座を実施した。SPP 指定アンケートからは、本講座を通して知的探究心や自主学習意欲の向上、科学技術に対する意識の改善など、肯定的結果を得ることができた。独自アンケートの結果からは、興味・関心が高まっただけではなく、既習事項の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や、講師や手話通訳者に対しての事前打合せの重要性を再認識することができた。

アンケート結果から分かる成果以外にも様々な効果があったと考えられる。生徒は、大学で研究している講師や学生と直接交流したり、大学の研究を知ったりすることで、科学への興味関心が高まっただけではなく、進路意識の醸成につながったと考えられる。また、聴覚障害がある生徒にとって一般に公開されている高校生対象の講座への参加は、情報保障の面から難しいのが現状である。しかし、SPP

を利用することで、手話通訳など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た。そして、生徒の科学技術などに対する興味・関心や知的探究心等を育成することにつながった。

SPP を利用した講座は生徒に様々な成果をもたらしたが、担当した教員にも有意義であった。講師や手話通訳者に、よりの確な配慮をしてもらえるよう、生徒の実態やニーズの把握をこれまで以上に丁寧に行った。また、講座の様子やアンケート結果から、生徒の要望等を知ることができた。これらは、普段の授業の取り組みにも生かせるものである。

本校は平成 25 年度も講座を企画し、SPP に採択された。平成 26 年 1 月に実施する予定で、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ーカイコガから学ぶ最先端生命工学ー」とし、2 日間の講座を企画した。対象は、「生物基礎」を履修している高等部 1 年生とし、普段の授業の理解を深めるだけでなく、生物学や工学、医学など幅広い分野へと生徒たちの視野を広げ、進路選択の参考にすることを目的とした。

平成 24 年度に実施した SPP 講座のアンケート結果では、情報の収集や発表など、実験以外の生徒の主体的な活動についての肯定的意見が多くなった。そこで次回の講座では、生徒自身が実験方法を考えたり、レポート作成をしたりする機会を取り入れて計画した。

本校高等部では、筑波大学をはじめとする大学との連携による教育開発を目指している。この SPP 講座による他大学との連携は、生徒たちの進路選択の参考や学習内容の深化や多様化に大きく寄与すると考えられる。今後も、生徒の主体的な学びの姿勢をより重視しながら SPP 講座を継続していきたい。

〔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 SPP 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。

〔付記〕

本研究は、平成 25 年（2013 年）10 月 16 日～18 日に開催された第 47 回全日本聾教育研究大会（愛知大会）において、筆者がその第 6 分科会「教科教育Ⅱ（理系）」で「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」という演題で口頭発表を行ったものを、加筆・修正したものである。

〔参考文献〕

- ・独立行政法人科学技術振興機構サイエンス・パートナーシップ・プログラム
<http://www.jst.go.jp/cpse/SPP/index.html>
- ・油井淳・久川浩太郎・長島素子・高田史子：理科への興味・関心を高めるための大学との連携ー東京大学の「ひらめき☆ときめきサイエンス」に参加してー。聴覚障害,67(1),26-30,2012.

