

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 22 日現在

機関番号：32204

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25870669

研究課題名(和文) 小中高を通して進化的な見方を養う教材の開発

研究課題名(英文) Developments of teaching materials to support thinking from evolutionary perspectives for elementary, junior high and high school students

研究代表者

山野井 貴浩 (Yamanoi, Takahiro)

白鷗大学・教育学部・講師

研究者番号：40567187

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、小中高等学校における理科教育において、進化的な見方を養うことを支援する観察実験教材の開発を行った。教科書分析や質問紙調査等の現状分析により日本の進化教育の課題を明らかにするとともに、その課題の解決に有効と考えられる小学生、中学生、高校生向けの観察実験教材をそれぞれ開発することができた。これまで、日本においては、進化に関する教材は不足していたが、本研究における教材開発を通して、日本の進化教育を前進させることができた。だが、特に小学校や中学校に関しては、まだ教材は不足しており、系統樹思考を含む進化的な見方を養成するために、今後も現状分析を踏まえた教材開発を行っていくことが必要である。

研究成果の概要(英文)：This research aimed to develop science education materials to cultivate thinking from evolutionary perspectives in Japanese elementary schools, junior high schools and high schools. The researcher was able not only to reveal problems of evolution education in Japan (e.g., lacking of teaching materials about tree-thinking for junior high school science) through the analyses of textbooks and questionnaire surveys, but also to design effective teaching materials for solving these problems among students of each school level. Hopefully, this achievement will contribute to the improvement of evolution education in Japan, yet materials intended for elementary school and junior high school students are still lacking. Hence, further efforts to develop materials must be made to help those students gain a better and deeper perspective on evolution.

研究分野：理科教育

キーワード：進化教育 理科 生物 教材開発 観察実験

## 1. 研究開始当初の背景

進化の総合説の発展において中心的な貢献をした T.ドブジャンスキーは「進化の光に照らしてみなければ生物学は何の意味になさないと述べた。これはまさにダーウィン理論の1つである「すべての生物は単一の共通祖先の子孫である」という見方ですべての生物そしてその振る舞いを見つめることが不可欠であるということ」を主張している。

ようやくその理念に根差した生物教育が日本でもスタートした。現行の学習指導要領（小中学校 2008 年告示, 高等学校 2009 年告示）における理科教育では、生命分野で身につける基本的な見方を4つ挙げ、その1つには「生物の共通性と多様性」が含まれている。つまり、小中高を通して、生物は単一の共通祖先から進化してきたため多様性とともに関通性が見られること、つまり生物の種どうしの関係は階層的な入れ子構造になっているという「系統樹思考 (tree-thinking)」を理解させることを大きな目的としている。

ところが、系統樹思考を身につけることは決して簡単ではない。アメリカを中心に生物学系の大学生であっても系統樹思考が身につけていないことが報告されている。それ以降、アメリカでは多くの研究が系統樹思考を身につける教授法を模索しているところである。しかしながら、日本ではそのような研究はほとんど行われておらず、このままでは新学習指導要領の理念は絵に描いた餅になってしまう危険性がある。

応募者はこれまで「自然選択による進化のしくみ」に関する理解度調査をもとに、高校生向けの観察実験教材の開発を行ってきた。この経験を生かし、もう一つのダーウィン理論である「系統樹思考」を身につける日本発の教材を開発する。現行の学習指導要領における生物教育の理念を実現するには本研究は不可欠である。

## 2. 研究の目的

現行の学習指導要領では、小中高を通して進化的な見方を重視する生物教育がスタートしたが、これまで日本では進化教育が軽視されてきたため、その力を養成する観察実験教材はほとんど開発されていない。よって本研究は、まず教科書分析等により、現在の進化的な見方に関する教育の問題点を明らかにする。次に、その問題点を踏まえて、進化的な見方の核を成す系統樹思考を養成する観察実験教材を開発することを目的とした。

## 3. 研究の方法

### (1) 小学校理科の授業用の教材の開発

小学校理科においては「生物の共通性と多様性」に関する内容は扱われているものの、直接、進化を扱う単元はない。そこで、手始めとして、昆虫の体のつくりを扱う小学校3年生の「昆虫と植物」の単元に注目し、教材の開発に着手した。アリに擬態したクモであるアリグモ(図1)の標本を利用することで、昆虫の体のつくりを理解させるとともに、映像教材を用いることで擬態の適応的意義について考察を行う機会を提供する授業の開発を試みた。



図1 アリに擬態したクモであるアリグモ

### (2) 中学校理科の授業用の教材の開発

中学校理科においては2年生の「生物の変遷と進化」の単元において、進化に関する内容が扱われている。しかしながら、関連する観察実験は現行の教科書には掲載されてい

ない。そこで、まず理科教育関係の論文のレビューを行い、この単元で利用できる観察実験教材の開発状況を調査した。

次に、その結果を踏まえて、脊椎動物の前肢の共通性に着目し、その骨格標本を利用することで「生物どうしには共通性と多様性の両方が見られることから、生物は祖先を共有しながらも進化（退化を含む）してきたこと」を実感し、理解させる観察実験教材の開発を試みた（図2）。



図2 ワニ、ニワトリ、カエルの前肢の骨格標本（共通する骨には同じ色のシールが貼られている）

さらに、ゲンジボタルの国内外来種問題に注目し、生物の保全にはその生物の進化史を考慮する必要があることを理解させる授業の開発を試みた。

### （3）高等学校生物の授業用の教材の開発

高等学校生物においては、『生物基礎』の冒頭において「生物どうしには共通性と多様性の両方が見られることから、生物は祖先を共有しながらも進化（退化を含む）してきたこと」が扱われているが、『生物』の後半の「生物の進化と系統」までは、進化に関する内容が扱われていない可能性がある。そこで、まず「進化」、「共通性」、「多様性」などの語が教科書全体を通してどのくらい扱われているかを調査した。

次に、本研究以前から開発に取り組んできた系統樹思考の養成に役立つと考えられる3つの観察実験教材（アミノ酸カード、オリガミバードシミュレータ、5つの界の生物からのDNA抽出実験）の教育効果の分析等を行った（図3、4、5）。



図3 アミノ酸カードを用いた授業



図4 オリガミバードシミュレータを用いた授業



図5 5つの界の生物からのDNA抽出実験

#### 4. 研究成果

##### (1) 小学校理科の授業用の教材の開発

アリグモを利用した授業を、小学校3年生を対象に実施したところ、昆虫模型を作る授業を受けた児童と同様に、昆虫の6本の脚はすべて胸に付いているという理解が促進された(表1, 雑誌論文③, 学会発表⑦, ⑨)。また、小学校3年生であっても、映像教材を用いることで、アリグモの擬態について、「身を守ることができる」などのように、生存上の有利性の観点から考察できることが分かった。本研究で開発した映像教材、ワークシート等はHPで公開した。

表1 昆虫の体のつくりに関する児童の理解の変化

		アリグモクラス			昆虫模型クラス			
		授業前	授業後	2週間後	授業前	授業後	2週間後	
トンボ	本数	6本	32	35	33	33	36	36
		4本または8本	0	0	1	2	0	0
		3本以下もしくは9本以上	3	0	1	1	0	0
	部位	胸に6本	17	29	28	21	30	28
		胸に4本腹に2本	5	0	3	3	2	2
胸に2本腹に4本 その他(腹に6本など)		8	3	1	2	0	1	
チョウ	本数	6本	33	35	33	32	36	36
		4本または8本	0	0	1	3	0	0
		3本以下もしくは9本以上	2	0	1	1	0	0
	部位	胸に6本	27	32	30	23	32	34
		胸に4本腹に2本	4	1	3	3	2	1
胸に2本腹に4本 その他(腹に6本など)		1	1	0	1	0	0	

※ 表中の数値は人数を示す

##### (2) 中学校理科の授業用の教材の開発

これまで日本で開発された中学校理科の進化分野の観察実験教材の開発状況を調査した結果、高等学校生物用の教材に比べて中学校理科用の教材は少なく、また、生物の多様性と共通性を系統と関連付ける活動を含む教材はほとんどないことが明らかとなった(雑誌論文⑤, 学会発表⑧)。

骨格標本を利用した授業を、中学校2年時の進化の学習を終えている中学校3年生ならびに高等学校1年生を対象に実施したところ、生徒はこの授業を通して「祖先の共有と進化」, 「生物の共通性と多様性」, 「退化」の実感や理解が深まることが示唆された(学

会発表①, ④)。

ゲンジボタルの国内外来種問題を扱った授業を、中学校3年生を対象に実施したところ、授業後にはゲンジボタルの進化史を考慮しない放流活動は行わない方が良いと回答する生徒が増加した(図6, 雑誌論文①, 研究発表⑥)。開発した映像教材(関東と関西のゲンジボタルの発光間隔の違い)および教員用スライドはHPにて公開した。

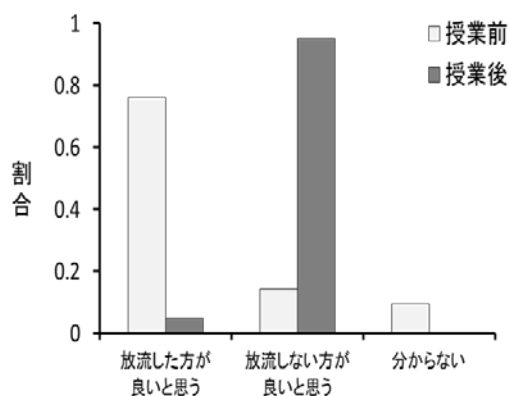


図6 放流活動に対する生徒の意見の変化

##### (3) 高等学校生物の授業用の教材の開発

教科書分析の結果、「共通性」と「多様性」の語に関しては、教科書全体を通して比較的使われているが、「進化」の語に関しては『生物基礎』の1章と『生物』の5章以外はほとんど使われていないことが明らかとなった(図7, 雑誌論文⑤, 学会発表⑩)。特に、『生物基礎』『生物』ともに3章において、これらの用語が使用されていなかったことから、教科書の記述を補う教材の導入が必要であることが分かった。

本研究以前から開発に取り組んできた3つの観察実験教材の教育効果の分析を行ったところ、アミノ酸カードを用いた授業は系統樹作成の原理についての理解が深まること(雑誌論文⑦)、オリガミバードシミュレータを用いた授業は自然選択と種分化の繋がりに関する理解が深まること(雑誌論文④)、

5 つの界の生物からの DNA 抽出実験は多様な生物であっても祖先は共有していることの理解が深まること（雑誌論文②）が示唆された。アミノ酸カードを用いた授業用のワークシート、オリガミバードシミュレータのソフトとワークシートは HP にて公開した。

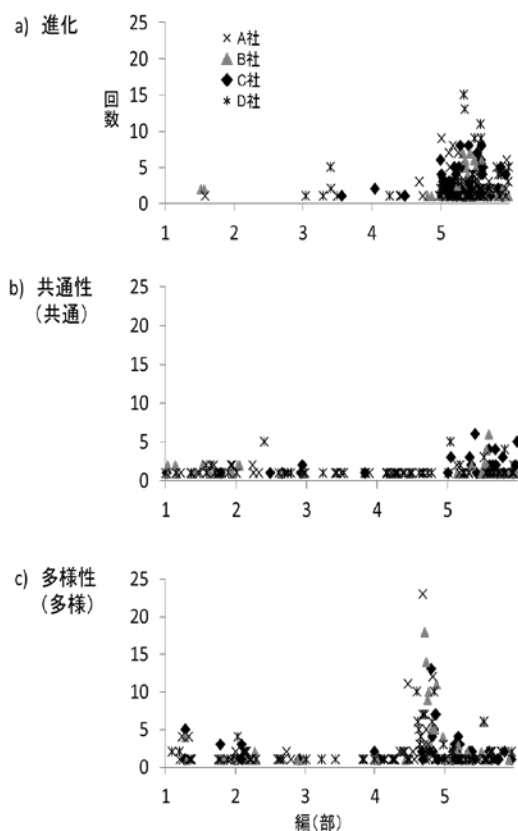


図7 『生物』の教科書分析の結果

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 12 件)

- ① 山野井貴浩, 佐藤千晴, 古屋康則, 大槻朝 (2016) ゲンジボタルの国内外来種問題を通して生物多様性の保全について考える授業の開発. 環境教育, 25(3), 75-85, 査読有
- ② Kinoshita, Y., Yamanoi, T., Takemura, M. (2016) Extracting DNA to Visualize the Unity and Diversity of Life. The American Biology Teacher, 78(2), 118-126, 査読有, doi: 10.1525/abt.2016.78.2.118
- ③ 山野井貴浩, 大坂里奈, 及川貴也 (2015)

昆虫の体のつくりの理解を促すとともに進化的視点から考察を行う機会を提供する生物教材の開発～アリとアリグモの比較を通して～. 科学教育研究, 39(4), 367-379, 査読有, <http://doi.org/10.14935/jssej.39.367>

④ Yamanoi, T. & Iwasaki, M. W. (2015) Origami Bird Simulator: a teaching resource linking natural selection and speciation. Evolution: Education and Outreach, 8:14, 査読

有, doi:10.1186/s12052-015-0043-6

⑤ 山野井貴浩 (2015) 高等学校生物教科書の記述分析と観察・実験教材の開発状況に関する予備的レビュー—進化・共通性・多様性に注目して—. 白鷗大学教育学部論集, 9(1), 293-303, 査読無,

<http://ci.nii.ac.jp/naid/110009912373>

⑥ 山野井貴浩 (2015) 「種族維持」は誤りである. 理科教室, 58(7), 67-69, 査読無

⑦ 山野井貴浩 (2014) 分子進化: 種間変異が生じるしくみを中立説から理解するための実習教材. 理科教育学研究, 55(2), 231-240, 査読有,

<http://doi.org/10.11639/sjst.13052>

⑧ 風間智子, 山野井貴浩, 武村政春 (2013) 身近な野菜を用いた分子系統樹を描く生徒実習教材の開発. 理科教育学研究, 54(3), 319-334, 査読有,

<http://doi.org/10.11639/sjst.13032>

⑨ 内山智枝子, 山野井貴浩, 伊藤稔 (2013) 胚発生の単元における 3D 教材を用いた授業実践—生徒の空間能力の違いを考慮した学習効果の検討—. 生物教育, 54(1), 2-16, 査読有

⑩ 山野井貴浩, 菊地弘樹, 武村政春 (2013) 高校生物 I・II の教科書に掲載されている観察・実験の実施状況—教員対象 WEB アンケートを用いた調査—. 白鷗大学教育学部論集, 7(2), 373-389, 査読無,

<http://ci.nii.ac.jp/naid/110009792498>

〔学会発表〕(計 15 件)

- ① 山野井貴浩, 藤掛紗帆, 進化を実感し理解できるための工夫—骨格標本を利用した脊椎動物の進化の授業—, 日本生物教育学会第 100 回全国大会, 2016.1.10—1.11, 東京理科大学 (東京都新宿区)
- ② 新井桓志, 山野井貴浩, 古屋康則, 「種族維持」に関する認識の現状—小学生および小学校教員対象の質問紙調査の結果から—, 日本生物教育学会第 100 回全国大会, 2016.1.10—1.11, 東京理科大学 (東京都新宿区)
- ③ 高橋希実, 山野井貴浩, 中学生の無脊椎動物に関する認識調査 ～イカなどの軟体動物の解剖が与える影響に注目して～, 日本生物教育学会第 100 回全国大会, 2016.1.10—1.11, 東京理科大学 (東京都新宿区)
- ④ 山野井貴浩, 藤掛紗帆, 脊椎動物の前肢の骨格標本を用いた進化の授業“ほんもの”は生徒の実感を高めるのか, 日本理科教育学会第 65 回全国大会, 2016.8.1—8.2, 京都教育大学 (京都府京都市)
- ⑤ 内山智枝子, 山野井貴浩, 武村政春, 「人類の変遷」の学習における 3D 教材の開発と授業実践, 日本生物教育学会第 98 回全国大会, 2015.1.10—1.11, 愛媛大学 (愛媛県松山市)
- ⑥ 山野井貴浩, 佐藤千晴, 古屋康則, 大槻朝, ゲンジボタルの国内外来種問題を通して生物多様性の保全について考える授業の開発, 日本生物教育学会第 98 回全国大会, 2015.1.10—1.11, 愛媛大学 (愛媛県松山市)
- ⑦ Takahiro YAMANOI, Rina OSAKA, Takaya OIKAWA, Keiko Matsumoto, Development of teaching materials on insect morphology and the adaptive significance of ant mimicry with a comparison of ants and ant-mimic spiders, AABE (The Asian Association for Biology Education) 25th Biennial Conference,

Crystal Crown Hotel (Petaling Jaya, Selangor, Malaysia)

- ⑧ 山野井貴浩, 進化的な見方を養成する観察・実験教材の開発状況～小中高を通じた進化教育の実現に向けて～, 日本理科教育学会第 64 回全国大会, 2014.8.22—8.24, 愛媛大学 (愛媛県松山市)
- ⑨ 大坂里奈, 及川貴也, 山野井貴浩, アリとアリグモの比較を通して昆虫のからだのつくりの理解と進化的な見方を養う教材の開発, 日本生物教育学会第 96 回全国大会, 2014.1.11—1.12, 筑波大学 (茨城県つくば市)
- ⑩ 山野井貴浩, 高校生物 教科書分析: 進化, 共通性, 多様性, 日本生物教育学会第 96 回全国大会, 2014.1.11—1.12, 筑波大学 (茨城県つくば市)
- ⑪ 木下禎人, 山野井貴浩, 武村 政春, 「生物の共通性と多様性」の理解を導く DNA 抽出実験の開発, 日本生物教育学会第 96 回全国大会, 2014.1.11—1.12, 筑波大学 (茨城県つくば市)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<https://sites.google.com/site/takahiroyamanoihp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山野井 貴浩 (YAMANOI, Takahiro)

白鷗大学・教育学部・講師

研究者番号: 40567187