

論文

「南極授業」における映像コンテンツに付加する 体験型教材の開発 —「ペンギン型2足歩行模型」と「ペンギンの足跡レプリカ」の作製—

澤柿 教淳

The Development of Supplemental, Experience-Based, Learning Materials
for the “Antarctic Observation Studying Class”:
The Construction of “Penguin-Type Bipedal Walking Models” and “Penguin Footprint Replicas”

SAWAGAKI Kyojun

要 旨

本論は、「南極授業」における映像コンテンツに付加する体験型教材を開発し、実際の活用事例を基に学習者の変容を具体的に整理するとともに、教材及び体験内容の有効性について検討した。その結果、主に操作面については有効性が認められた一方で、思考面の深まりにおいては課題が残った。また、ものづくりを支える人材の育成に関わる側面については、支援者として関わった学生へのアンケート結果から「ものづくり」等への姿勢は肯定的に変化したものの、ペンギンに対する内容的な理解は必ずしも深まっていないことが示唆された。今後は、日々の理科授業や地域の体験イベント、大学での公開講座等の機会を活用することを目指して今回開発した教材を改良するとともに、ものづくりを支える側の人材に役立つ授業デザインを併せて提案したい。

キーワード

南極 ペンギン 2足歩行型模型 足跡レプリカ ものづくり

目 次

- I. 研究の背景
- II. 研究の目的と方法
- III. 研究の結果と考察
- IV. 研究の成果と課題

文献

I. 研究の背景

1. 映像中心の南極授業

昭和基地開設から今年で61年目を迎える。南極観測活動の一端を記録した映像コンテンツ¹⁾からは、永く人類を寄せ付けなかった南極の厳しくも美しい自然の様子を知ることができ、教室では学べないことや学校で学んだことの本質的な部分を再確認することもできる。ただ、そのような映像主体の素材はやや説明的であり、学習者側は受け身的になりがちになってしまう。そのため、例えば南極OB会北海道支部では、南極の自然や貴重な資料に直接学ぶことができるよう体験的な活動を工夫して提供している²⁾。

2009年度の第51次日本南極地域観測隊以降、同行する教員が南極昭和基地から日本国内に向けて行う「南極授業」が始まった。国内の小・中・高校の児童生徒及び国民に対し、南極に関する理解の向上のための情報発信をすることが主な目的である³⁾。ただやはり、衛星回線によるTV会議システムを使った映像中心の授業となるため、「南極授業」を担当する教員には体験型の教材を取り入れる工夫が求められる。

2. 体験的な学習が重視される環境教育

南極観測の主たる目的は地球の環境を科学的に観測することにあるが、環境教育に関して文部科学省(1997)⁴⁾は、21世紀を展望した我が国の教育の在り方として、「地球環境問題をはじめとした環境問題に対して関心が高まる中(中略)まだ各学校が十分な実践の経験を持っているとは言えない」とし、「環境教育においては体験的な学習が重視されなければならない」としている。

南極観測に関わる資料は、どうしても映像コンテンツが主体となりがちではあるが、そこに体験型の教材を加えることでより充実した環境

教育の実践が可能となると考えられる。

3. ものづくりに関わる人材の育成

先述の文部科学省(1997)は、教員養成課程についても、「教科に関する科目において環境教育に配慮するとともに、様々な体験的な学習に関する実践的な指導方法を習得させる」必要があると述べている。また、平成18年度科学技術白書⁵⁾では、「ものづくり基盤技術の振興のためには、これを支える創造性に富んだ人材の育成が不可欠」であるとしている。とりわけ、初等中等教育分野においては、「小学校段階から、学習指導要領に基づき、関係教科の中でもものづくりに関する教育が行われている」とともに、ものづくり学習の振興を図るために、「ものづくり学習指導者」のデータベース構築、「ものづくり学習指導者」のための研修会の実施等を内容とするものづくり学習振興支援事業を実施している。また、生涯学習分野においては、大学等における社会人の受入れや公開講座、公民館や博物館等を活用した取組等を通じて、子どもたちが地域でもものづくりの体験や学習をする機会を提供している。

このように、南極授業に関わる映像コンテンツに体験型教材を付加する試みは、ものづくりを支える人材の育成を図ることに繋がるといえる。

II. 研究の目的と方法

本論では、南極昭和基地周辺で得られたペンギン映像コンテンツに付加する2つの体験型教材を開発するとともに、教材及び体験内容の有効性を検討し、それらを日々の理科授業や総合的な学習の時間、地域の体験イベント、大学での公開講座等の機会を活用するための基礎的データとすることを目的とする。

まず、体験型教材「ペンギン型2足歩行模型」を

開発・検討した。本教材と教科との関連性については、とりわけ小学校第4学年理科「人の体のつくりと運動」及び第6学年理科「てこの規則性」⁶⁾、中学校3学年「力のつり合いと合成・分解」⁷⁾、高等学校物理基礎「様々な力とその働き」⁸⁾への繋がりを意識した。

次に、体験型教材「ペンギンの足跡のレプリカ」を開発・検討した。本教材も同様に、小学校第4学年「人の体のつくりと運動」、中学校第1学年「生物の体の共通点と相違点」及び第3学「生物の種類多様性と進化」、高等学校生物基礎「生物の特徴」への繋がりを意識した。

なお、試作したそれぞれの教材については、それらを実際に用いた事例に基づいて具体的な活用場面や学習者の変容過程を整理して示した。

最後に、それぞれの教材及び体験内容の有効性について、理科の教材性としての視点及びものづくりを支える人材育成の観点から検討した。

Ⅲ. 研究の結果と考察

1. 「ペンギン型2足歩行模型」の開発

1)「ペンギン型2足歩行模型」の試作の趣旨

一般的にペンギンは人気のある動物の一つであろう。図1は南極映像の中で動き回っているアデリーペンギンの様子であるが、その姿はなんとも愛らしい。



図1. 南極のアデリーペンギン

しかし、「なぜペンギンはびよこびよこと歩くのか」という子どもの素朴な疑問には簡単に答えることはできない。

その理由を図2のペンギンの骨格に求めると、膝から上が折りたたむように曲がっているのが分かる。比較的自由に動かせるのは膝から下の部分だけであり、その骨格の構造が歩き方に反映されているものと思われる。ペンギンは進化の過程で、陸上を歩くことより水中を泳ぐことを優先したためだろうと考えられている⁹⁾。このような内容は実際に見て確かめることは難しいために映像コンテンツに頼る傾向があり、結果として説明的な授業になりやすい。まず、このことを体験的に考える教材が必要だと考えた。

2)「ペンギン型2足歩行模型」について

そこで、一般のやじろべえ玩具を参考¹⁰⁾に、い



図2. ペンギンの骨格⁹⁾

<http://sciencenet.seesaa.net/article/433000959.html> 参照

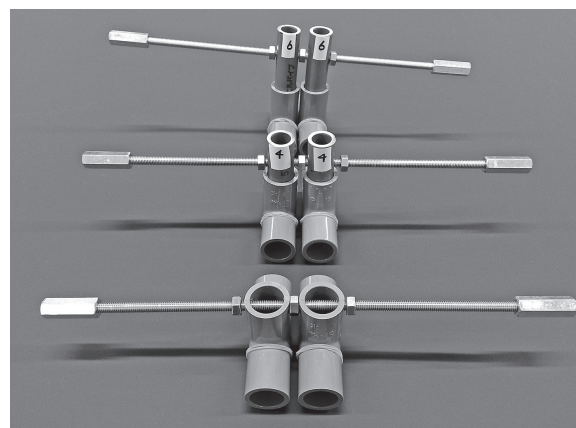


図3. ペンギン型二足歩行模型の試作

<主な仕様> 塩ビパイプ13 高さ20mm, 40mm, 60mm
長ネジ6mm × 300mm, 600mm
高ナット20mm

くつかの試作を経て図3のような模型を試作した。

足の部分に塩ビパイプを、腕(フリッパー)の部分には長ネジと長ナットを使用した。塩ビパイプは加工や組み立てが容易であること、長ネジや長ナットは児童生徒が左右のバランスを調整し易いこと等が主な理由である。

次に、模型を歩かせるガイドレール付きの斜面を作製した。それを図4に示す。通常の平面の坂では模型は左右に蛇行しながら進むが、ガイドレールを付けることで模型は比較的安定して

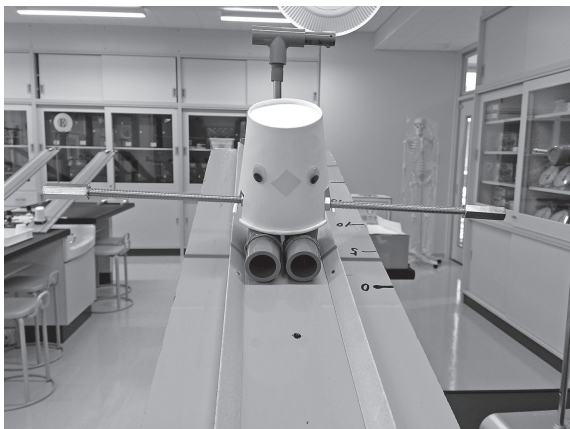


図4. 模型を歩かせるレール付き斜面

<主な仕様> ガイドレール付き斜面(レール幅60mm)
勾配15°~20°

直進するようになる。

この試作品を用いて、以下のように諸条件を変えながら基本データを得た。それぞれ7回ずつ試技を行い、最高値と最低値をカットした5試技の平均値を比較した。その結果を表1に示す。

おおよその傾向として、足の高さが低くなるほど坂を下るのが遅くなること、腕の長さが短くなるほど揺れるリズムは速くなること、勾配が急になっても歩くリズムはほとんどかわらないことが分かった。なお、脚の高さ60mm以上及び勾配25°以上の場合は、模型はスムーズに動かなかった。ただ、ペンギン型2足歩行模型ではある程度定性的な傾向は分かるものの、その都度摩擦や振動等の影響を大きく受けるために定量的な測定には適さないと考えられる。

実際の映像から、ペンギンの歩くリズムに近いのは、斜面の勾配15°~20°、足の高さ20mm~40mm、腕の長さ300mmの場合であった。

3)「ペンギン型2足歩行模型」の活用事例

本教材を用いた実際の事例イベントA及びイベントBについて表2に示し、主な概要を記す。

表1 ペンギン型2足歩行模型の基本データ

		腕の長さ300mm					
		15°			20°		
		歩数	秒s	歩数/s	歩数	秒s	歩数/s
脚の長さ20mm	試技1				58	32	1.81
	試技2				54	32	1.69
	試技3				56	31	1.81
	試技4		動かない		57	32	1.78
	試技5				56	35	1.60
	試技6				23	13	1.77
	試技7				29	15	1.93
	平均				49.60	28.00	1.77
脚の長さ40mm	試技1	50	24	2.08	20	11	1.82
	試技2	47	22	2.14	22	10	2.20
	試技3	43	18	2.39	20	11	1.82
	試技4	39	18	2.17	20	10	2.00
	試技5	39	17	2.29	18	7	2.57
	試技6	36	16	2.25	15	7	2.14
	試技7	35	16	2.19	21	9	2.33
	平均	39.20	17.80	2.21	19.60	9.40	2.10
		腕の長さ600mm					
		15°			20°		
		歩数	秒s	歩数/s	歩数	秒s	歩数/s
		92	42	2.19	44	29	1.52
		106	65	1.63	43	32	1.34
		88	61	1.44	48	35	1.37
		88	57	1.54	39	30	1.30
		90	57	1.58	42	30	1.40
		88	56	1.57	39	29	1.34
		93	60	1.55	41	32	1.28
		93.00	59.00	1.58	42.20	31.20	1.35
		21	12	1.75	8	5	1.60
		20	13	1.54	8	5	1.60
		26	17	1.53	9	5	1.80
		27	16	1.69	10	5	2.00
		28	16	1.75	9	6	1.50
		24	14	1.71	10	6	1.67
		24	16	1.50	9	6	1.50
		25.00	15.20	1.64	8.80	5.40	1.63

まず、南極観測に関わる複数の映像コンテンツ(※例えば図1)を視聴した。この映像にはペンギンの歩き方に直接関わりのない餌の取り方やルッカリーでの子育ての様子等の映像も含まれていた。次に、映像の視聴の途中で「なぜペンギンはぴよこぴよこ歩くのだろう」と投げかけその特徴的な歩き方に着目させておいた。視聴後、本教材を学習者に提示し「ペンギン型2足歩行模型を作ろう」と投げかけた。学習者らは本教材を手にすると同時に主体的に活動を始めた。その過程では、模型の動きを制御しようと左右のおもりの位置をずらしたり、中心の位置を確かめたりする様子が見られた。結果、参加した児童の多くが模型の作製に成功した。

一方、歩き方と骨格との関連について気付いたり、その説明に興味を示したりする様子やつぶやき等は見られなかった。表3に学習者の反応や行動の観察結果を示す。

4)「ペンギン型2足歩行模型」の体験内容の検討

4.1) 体験教材としての有効性

下記表3観点①～④において肯定的な結果が得られた。その背景には、見た目の動きの面白

表2 イベントA及びイベントBについて

	実施時期	対象	人数
イベントA	平成29年7月	小・中学生	27名
イベントB	平成29年9月	小・中学生	30名

表3 イベントA・Bにおける学習者の反応や行動の観察

	イベントA N=27	イベントB N=30
①作製に成功した	27/27	29/30
②作った模型で遊んだ	27/27	28/30
③動きを調節した	27/27	28/30
④全部人に作ってもらった	0/27	2/30
⑤歩き方と骨格との関連に気付いた	0/27	0/30

さによる興味・関心の喚起、ネジの位置を調節するだけの操作の簡便性、何度も失敗したり繰り返し試したりできる自由な試行の場の保障、身近な素材を活用した親近感や扱いやすさ等があると推察される。

4.2) 体験教材としての改善点

一方、表3観点⑤において肯定的な結果は得られなかった。その原因としては、事前の映像視聴との関連が考えられる。イベントA、Bで視聴した映像は南極観測に全般に渡る複数の映像コンテンツで、ペンギン以外のものも含まれていた。映像視聴途中の授業者側の指示にもペンギンの特徴的な歩き方だけに着目させるような配慮や工夫はなかった。そのため、視聴後の学習者の意識は「模型の動きを制御して2足歩行をさせる」活動そのものに注がれることとなり、映像の中で触れられていたはずの「歩き方と骨格との関連」はほとんど意識されることがなくなってしまったのだろうと推察される。

4.3) 学習者の変容過程の整理

イベントA・Bの事例を基に「ペンギン型2足歩行模型」の活用場面と作製過程における学習者の考えの変容過程を整理した。

まず、南極でのペンギンの歩き方に関する映像を視聴する。その中で、「なぜペンギンはぴよこぴよこ歩くのだろうか」とその歩き方に着目させる。視聴後、本教材を学習者に提示し「ペンギン型2足歩行模型を作ろう」と投げかける。以降の流れを図5に示す。

2. 「ペンギンの足跡レプリカ」の開発

1) 「ペンギンの足跡レプリカ」の試作の趣旨

昭和基地周辺のアデリーペンギンは、ルッカリーのある海岸沿いから餌場となる別の海岸沿いまでおよそ1日かけて往復し、その途中では、

急な岩場を登ることもあるという。そのような急斜面を登る理由の一つとして、餌場までの最短距離のルートを通っていることが考えられる。実際の調査では、斜度がおよそ30°はあろうかという急な岩場を登っている様子が確認された。図6にその映像を示す。

また、ペンギンの足跡をよく観察すると、その指先の部分に爪の跡が確認できる。この身体的特徴からは岩場を登るために爪が必要だったのだろうと推察することができる。

このような、生物のからだのつくりの共通性や相違点、長い時間の中での変化等について思考する場面は重要でありながら、やはり説明的になりやすい。まず、このことを体験的に考える教材が必要だと考えた。

2)「ペンギンの足跡レプリカ」について

そこで注目したのはペンギンの足跡である。

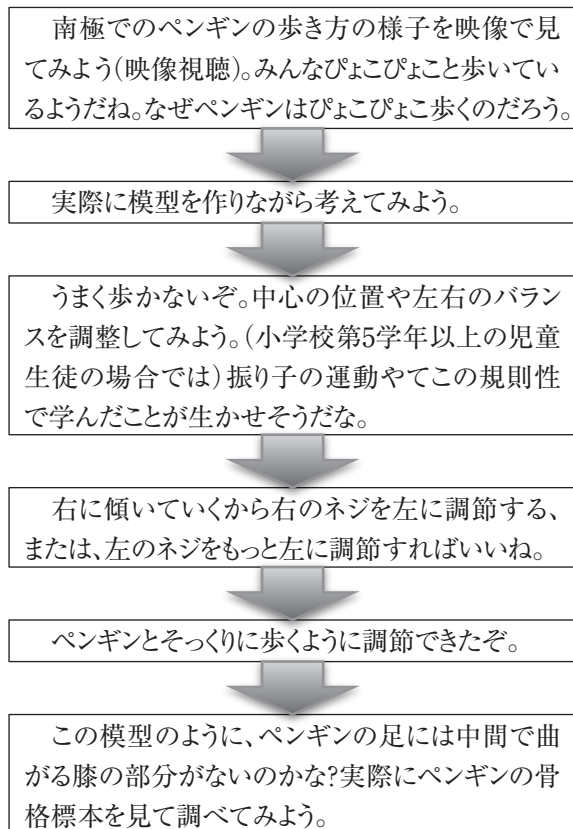


図5. 「ペンギン型2足歩行模型」の作製における学習者の考えの変容過程

普段ペンギンの足跡を見るという機会はそう多くない。しかし、一般的に動物の足跡からその生態的な特徴が見えてくることがあるように、ペンギンの足跡にも興味深いことが刻まれている。図7は、南極昭和基地周辺のアデリーペンギンの足跡である。水中を泳ぐイメージの強いペンギンがなぜ大きな爪を持つ必要があったのか、その疑問を追究することで先述のようなペンギンの生態的な特徴や進化の過程について理解を深めることができると考えた。

まず、採取した足跡からレプリカを作製した。図8に示したように鋭い爪をはっきりと確認できた。

レプリカの作製方法は、対象年齢別に以下の2種類を用意した。

<石膏を用いる方法>対象:小学校高学年以上の児童生徒

石膏(25g)と水(40g)を紙コップに入れてよくかき混ぜ、型に流し込み、約30分間放置した後、



図6. 急な岩場を登るアデリーペンギン



図7. 昭和基地周辺のアデリーペンギンの足跡

型からそっと取り出す。

＜紙粘土を用いる方法＞対象：小学校中学年以下の児童

紙粘土を野球ボール大に取ってよく捏ね、型の角まで行き渡るように軽く押しつけた後、型からそっと取り出す。すぐに観察に使用できるが、完全に乾いて固めるには2～6時間程度放置するとよい。

3)「ペンギンの足跡レプリカ」の活用事例

本教材を用いた実際の事例イベントC及びイベントDについて表4に示し、主な概要を記す。

まず、南極授業に関わる複数の映像コンテンツ（※例えば図1）を視聴した。この映像にはペンギンの足の爪に直接関わりのない映像も含まれていた。次に、映像の視聴の途中で「水中を泳ぐイメージの強いペンギンがなぜ大きな爪をもつ必要があったのか」とペンギンの足跡に着目させておいた。視聴後、本教材を学習者に提示し「ペンギンの足跡のレプリカを作ろう」と投げかけた。学習者らは本教材を手にすると同時に主体的に活動を始めた。その過程では、足型に注意深く石膏を注ぐ姿や紙粘土の色を楽しんで選ぶ姿、オリジナルの足型を手にとって興味深く観察する姿等が見られた。結果、参加した学習者全員がレプリカの作製に成功した。

イベントDの参加者21名を対象に、「ペンギン

の足跡レプリカ」の体験活動の難易度や理解度についてアンケートを行った。既にペンギンの爪について知識があったのは1名、本活動で初めて知ったのは20名だった。結果を表5に示す。

本体験活動は、作製の難易度が多く学習者にとって容易に感じられるものであり(21/21)、ほとんど初めて知る内容でありながら(20/21)、その理解度は高い(21/21)という結果が得られた。

さらに、イベントDの事後、学習者に本活動全般の感想を自由記述で記入してもらった。このイベントDは「ペンギンの足跡のレプリカ」を作ることだけを主たる目的としていたわけではなく、むしろ学ぶことの意味やキャリア全般について見つめ直すための学習活動の一環として行われたものだった。にもかかわらず事後の感想では、学習者の33%がレプリカ作りや足跡に残る爪の意味に関して記述した。その記述の一部を下に示す。

ペンギンがゴツゴツとしたところを歩くことや爪があること、歩き方や子育てなど知らないことばかりで興味がわいた。動物園のペンギンと違ったところがあるのか気になった。

表4 イベントC・Dについて

	実施時期	対象	人数
イベントC	平成30年7月	小・中学生	30名
イベントD	平成30年9月	高校生	21名

表5 イベントDの難易度や理解度に関するアンケート

質問項目	N=21			
	すでに知っていた (1)	初めて知った (20)	あまり興味がなかった (0)	他の動物にも興味がわいた (4)
ペンギンの爪について				
爪の跡が意味するものについて	理解できなかった (0)	あまり理解できなかった (0)	理解できた (10)	とてもよく理解できた (11)
レプリカの作製について	難しかった (0)	やや難しかった (2)	やや容易にできた (7)	容易にできた (12)



図8. ペンギンの足跡レプリカの作製

4)「ペンギンの足跡レプリカ」の体験内容の検討

4.1) 体験教材としての有効性

上述のように、作製過程における学習者の様子については、ほぼ全員から肯定的な結果が得られた。その背景には、ペンギンの足跡による興味・関心の喚起、足型を使って作製するだけの操作の簡便性、足跡の爪から得られる新たな発見、見た目の美しさ等があると推察される。

4.2) 体験教材としての改善点

一方、学習者自身の疑問に応じて試行できる自由度は十分に保障されているとはいえ、やや単調な活動になることが示唆され改善の余地があるといえる。

4.3) 学習者の変容過程の整理

イベントC・Dの事例を基に、「ペンギンの足跡レプリカ」の活用場面と作製過程における学習者の考えの変容過程を整理した。

まず、南極のペンギンが水中を泳ぎ回る映像コンテンツを視聴する。この時、水中を泳ぐイメージの強いペンギンの足に注目する。本物のペンギンの足跡を観察してもよい。ペンギンの足跡に着目し始めた学習者に「ペンギンの足跡を採取してみよう」と投げかけ本教材を提示する。学習者らは、〈石膏コース〉、〈紙粘土コース〉のいずれかを選択し本教材でレプリカを作製する。以降の流れを図9に示す。

IV. 研究の成果と課題

1. 教材及び体験内容の検討より

今回は「南極授業」における2つの体験型教材を開発するとともに、実際の事例を基にそれらを活用する場面と学習者の変容を具体的に整理し

た。主に日々の理科授業や総合的な学習の時間、地域の体験イベント、大学での公開講座等の機会での活用を想定しているが、以下では、理科の教材としての視点から本教材及び体験内容の有効性を検討した。その視点として、日本初等理科教育研究会(1975)「問題解決の深化」等¹¹⁾¹²⁾¹³⁾を参考に理科の教材化に関する30のキーワードを抽出し、さらに10の視点で整理した。それを表6に示す。

結果、「ペンギン型2足歩行模型」では、子どもの興味・関心を高めること、自由な試行を促すこと、安全性や難易度等において有効性があることが示唆された。一方、生活への有用性を感じ

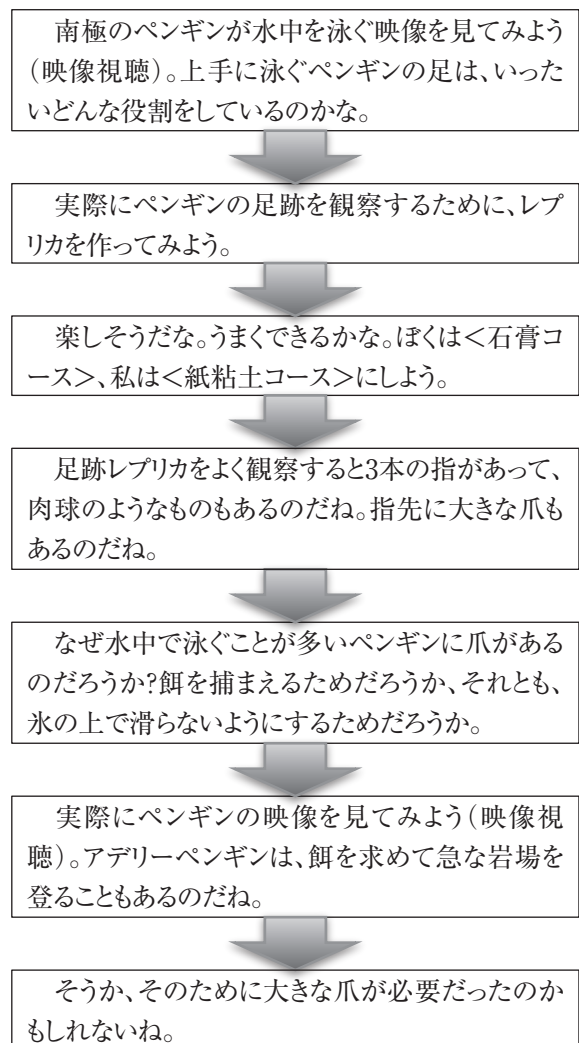


図9. 「ペンギンの足跡レプリカ」の作製における学習者の考えの変容過程

じにくいことや、外見の歩き方から進化の過程を推論する等の思考面においては改善の余地があるといえる。

また、「ペンギンの足跡レプリカ」では、子どもの興味・関心を高めること、身近な素材を使用し安全性が確保されていること等において有効性あることが示唆された。一方、生活への有用性を感じにくいことや、問題意識に応じて自由に試行できる部分が少ない点においては改善の余地があるといえる。

2. ものづくりを支える人材育成からの検討より

事例イベントAに支援者として関わった学生へのアンケート結果を表7に示す。実践前後の意識の変化をみると、本イベントをきっかけに以前よりも「ものづくり」、「科学」、「南極」に関しては肯定的に変化しているものの、ペンギンに対する理解は必ずしも深まっていないことが分かる。

この結果は、先述のⅢ-1.4.2)表3観点⑤で肯定的な結果が得られなかった原因として指摘した、「映像視聴途中の授業者側の指示にもペンギン

の特徴的な歩き方だけに着目させるような配慮や工夫はなかった」ためという考察と矛盾しない。映像コンテンツに付加する体験型教材がより大きな効果をもたらすことができるようにするには、同時に、ものづくりを支える人材の育成も図ることが欠かせないといえる。

今後は、日々の理科授業や総合的な学習の時間、地域の体験イベント、大学での公開講座等の機会を活用することを目指して、今回開発した教材及び体験内容に改善を加えていく。また、実際の活用場面における学習者の考えの変容過程やそこで必要となる指導方法を高い精度で想定するなど、ものづくりを支える側の人材が自分の授業や支援に自信と見通しをもって臨むことができるような授業デザインを提案したい。

表6 理科の教材としての有効性を検討する視点

	視点	ペンギン型 2足歩行模型	ペンギンの 足跡レプリカ
心 情 面	①興味・関心	◎	◎
	②有用性	△	△
	③美しさ	○	○
思 考 面	④類推・推論	○	○
	⑤観点の組み替え	△	○
	⑥自由な試行	◎	△
	⑦新たな概念の創造	△	○
操 作 面	⑧安全性	◎	◎
	⑨難易度	◎	○
	⑩身近な素材の使用	◎	◎

表7 イベントAに支援者として関わった学生の意識変化

	イベントA N=12
①以前よりもものづくりが好きになった。	12/12
②以前よりも科学が好きになった。	12/12
④以前よりも南極に興味 が深まった。	12/12
⑤以前よりもペンギンに 対する理解が深まった。	4/12

文献

- 1) 澤柿教淳「『南極授業』の理科教育的意義に関する考察」富山大学人間発達科学部・附属学校園共同研究プロジェクト pp.38-46 (2013).
- 2) 南極OB会北海道支部HP
<http://jare.org/north/archives/463>
(閲覧日 2017.10.9).
- 3) 南極授業
<http://www.nipr.ac.jp/info/h30-kyouinhaken/>
(閲覧日 2018.9.1)
- 4) 文部科学省「21世紀を展望した我が国の教育の在り方について(中央教育審議会第一次答申)第3部第5章」(1997).
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chuuou/toushin/960701q.htm
(閲覧日 2017.10.9).
- 5) 文部科学省 ものづくりの基盤の整備 (2006).
http://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/hpaa200601/003/003/0606.htm
(閲覧日 2018.9.1).
- 6) 文部科学省「小学校学習指導要領解説理科編」pp.22-26 (2017).
- 7) 文部科学省「小学校学習指導要領解説理科編」pp.22-26 (2017).
- 8) 文部科学省「高等学校学習指導要領解説理科編 理数編」pp15-19 (2018).
- 9) ペンギンの骨の標本とその説明
<http://sciencenet.seesaa.net/article/433000959.html>(閲覧日 2018.9.1)
- 10) 2足歩行型やじろべえ 例えば
<http://www.mirai-kougaku.jp/laboratory/pages/110322.php>(閲覧日 2018.9.1).
- 11) 日本初等理科教育研究会「問題解決の深化」初教出版(1975).
- 12) 角屋重樹、林四郎、石井雅幸「理科の学ばせ方・教え方事典」教育出版(2005).
- 13) 丸本喜一「理科・生活科 教材研究の事典」初教出版(1992).