

社会技術研究開発事業
研究開発領域「科学技術と人間」
研究開発プログラム「21世紀の科学技術リテラシー」
研究開発プロジェクト「先端研究者による
青少年の科学技術リテラシー向上」

研究開発実施終了報告書

研究開発期間 平成18年12月～平成21年11月

研究代表者 大島 まり
(東京大学大学院情報学環 兼 東京大学生産技術
研究所 教授)

目 次

1. 研究開発プロジェクト	-----	2
2. 研究開発実施の概要	-----	2
3. 研究開発構想	-----	5
4. 研究開発成果	-----	7
(1) 研究開発目標		7
(2) 研究開発実施内容及び成果		8
(A) 出張授業「ロボットを作るために力学を知ろう！」		10
(A)-1 アンケート・インタビュー調査の実施		10
(A)-2 出張授業の企画・実施		10
(A)-3 効果測定		12
(B) 出張授業「デジカメをサイエンスする」		16
(B)-1 アンケート・インタビュー調査の実施		16
(B)-2 出張授業の企画・実施		16
(B)-3 効果測定		20
(C) 出張授業「ロボットを作るために力学を知ろう！受動歩行編」		22
(C)-1 出張授業の企画・実施		22
(C)-2 効果測定		23
(D) 貸出教材「金属・材料を調べてみよう」		24
(D)-1 貸出教材の開発		24
(D)-2 効果測定		27
(E) メディアとの交流会など		29
(3) 研究開発成果の社会的含意、特記事項など		32
(4) 研究開発成果の今後期待される効果		32
5. 研究開発実施体制	-----	35
6. 成果の発信やアウトリーチ活動など	-----	38
7. 結び	-----	41

1. 研究開発プロジェクト

- (1) 研究開発領域： 科学技術と人間
- (2) 領域総括： 村上 陽一郎
- (3) 研究代表者： 大島 まり
- (4) 研究開発プロジェクト名： 先端研究者による青少年の科学技術リテラシー向上
- (5) 研究開発期間： 平成18年12月～平成21年11月

2. 研究開発実施の概要

① 研究開発目標

本研究では、最先端の研究に携わっている研究者が他の分野の人々と連携しながら科学技術を題材にしたアウトリーチ活動を展開し、ブラックボックス化された科学技術を平易に紐解き、また学校で習っている理数科目と社会との接点を示すことにより、青少年の科学技術リテラシーの向上を図ることを目的とする。

研究者の情報発信およびアウトリーチ活動においては、研究者個人の努力や経験によるところが大きいのが現状である。そこで、本研究を通して、理工系研究者領域、産業界領域、社会との接点領域の3分野の研究者・研究協力者が連携を深めることにより、各領域の動向を把握し、相互の知見および専門知識を共有することを目指す。このような連携に基づいた継続的なアウトリーチ活動を実施し、教育学および社会科学的な観点から実践したアウトリーチ活動を分析・評価することにより、科学技術リテラシーの向上を効果的に具現化できるシステムおよび双方向のコミュニケーション手法を構築する。本研究は、図1に示されているように3領域の研究者が連携して遂行する。

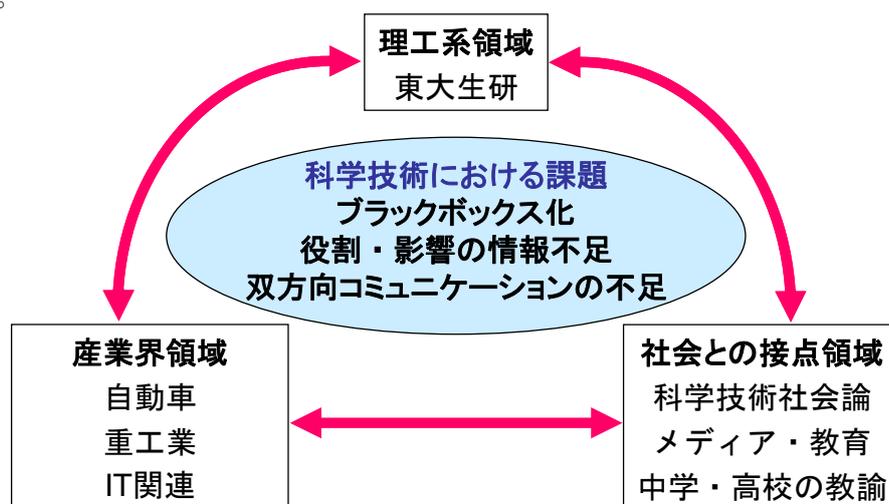


図1 研究内容と実施体制

② 研究開発項目

具体的な研究項目としては、以下に挙げる。

1. 中学生・高校生、もしくは教諭を対象としたアンケート・インタビュー調査の実施
2. 1のアンケート調査結果をもとにした、アウトリーチ活動の企画、実行
3. 実行例に関するモニタリング、ケーススタディ、評価の実施
4. 評価に基づいたノウハウの蓄積とフィードバック
5. メディアとの交流会の実施

③ 実施内容

科学技術の高度化・専門化に伴って起こっている「科学技術のブラックボックス化」が、青少年の科学技術に対する理解度の落ち込みや関心の薄れ等の一因になっていると考えられている。そこで、1では「科学技術のブラックボックス化」が具体的にどのような分野・内容であるかについて実態調査をし、現状の把握に重点をおいた。実態調査については、中学・高校の生徒と理数系教諭を対象に、アンケートやインタビュー調査に基づき行った。また、問題となっているブラックボックス化について、調査対象である中学生・高校生にとって「何が」「どの程度」理解できていないのかを調査した。これらの調査により、科学技術に対する中学生・高校生の認識の実態や、中学生・高校生の関心が高く、かつ研究者がアウトリーチ活動をするのに貢献が大きいと思われる項目を具体的に抽出した。

2では、産業界および社会との接点領域の研究者とともに、効果的なアウトリーチ活動を考案し、実施した。活動に際しては、知的好奇心を刺激できるような紐解きの要素や、日常生活における役割や影響について平易に理解できるような要素等を取り入れ、実験や観察などHands-onの手法を軸とした出張授業を中心に展開した。このような機会や場を通して、疑問点を解決した時の楽しさや達成感を得るとともに、ブラックボックスを解明する試行錯誤のプロセスを経験することにより、中学・高校で習っている科学技術の概念や法則を理解し、その背景にある科学技術の持つ社会的な影響、重要性についての理解を深めた。講師と参加者、双方のコミュニケーションを活性化するために、中学・高校の教諭と連携を取りながら、初等中等教育関係者や科学技術社会論の知見を取り入れ、中学生・高校生が既習事項から無理なく、かつ主体的に学習ができるよう活動の効率化と効果の向上を図った。

3では、2の活動をモニタリングするとともに、アウトリーチ活動の実施後のアンケートや追跡調査等により結果を分析・評価し、ケーススタディを行った。また、4では、シンポジウムを実施し、これまでの研究活動で得られた知見の報告を行い、3領域の多く研究者と討論・意見交換することにより本プロジェクトの研究成果報告書に反映させた。3、4を実施の際には、5のメディアとの交流会を通じて活動を広報するとともに、メディア側の意見も取り入れ、今後の活動の企画へとフィードバックし、改善を図った。

研究総括として、本プロジェクトで得られた知見をまとめ、分析することで、効果的なアウトリーチ活動を開発するための課題および提言を行った。

④ 主な結果・成果

中学・高校の教諭らへのインタビュー・アンケートをもとに、ロボットとデジタルカメラ（デジカメ）をテーマにした2つの異なる内容の出張授業（A）、（B）を異なる学校、計6校で行った。さらに上記で行った出張授業のモニタリングおよびアンケート結果をもとに、出張授業の開発にフィードバックし、出張授業（C）を企画し、1校で実施した。

出張授業（A）「ロボットを作るために力学を知ろう！」（鈴木高宏 准教授）

出張授業（B）「デジカメをサイエンスする」（志村努 教授）

出張授業（C）「ロボットを作るために力学を知ろう！受動歩行編」（鈴木高宏 准教授）

生徒を対象にした事前・事後・追跡アンケート調査の結果として、出張授業の全般的な感想は「楽しかった」「ためになった」という答が多くみられた。特に、実験により現象を体験でき、先端研究者の話をじかに聞いた点などが高い評価が得られた。また、生徒の科学自体に対する意識、および科学を学ぶことに対する意識が、事前と比較して事後に向上する傾向があるが、追跡ではほぼ事前の状態に戻ることが示された。

知識の定着を評価するクイズでは、授業と関連しない内容の問題では事後での正答率の上昇はみられなかった。一方、授業に直接関連した問題や授業との接点が比較的に見出しやすい問題では事後での正答率が上昇した。また、事後調査で正答率が上昇した設問の中には、学校間による違いはあるが、追跡調査でも事後と比較して正答率が変化しない、あるいは低下の割合が小さい例が見られた。これらのことから、出張授業で取り上げられた内容については、ある程度理解が深まっていると考えられる。また、科学技術に対する意識、および科学を学ぶことに対する意識の向上に対しては、追跡では事前と同程度の割合に戻っていることから、出張授業の影響があまり見られないのに対し、知識に対してはある程度定着するような影響を与える可能性が示唆された。この効果は、出張授業単独の効果とは限らず、学校での授業との相乗効果によるものである可能性もあるが、興味深い結果が得られた。

さらに、これまでの出張授業のいくつかの課題を解決するために、中学・高校の教諭が授業の中で使うことにより、理科好きでない生徒も含めて多数の生徒を対象に、理科の基本概念の理解を深めるとともに科学技術リテラシーの向上にも寄与できる『貸出教材』を開発した。本研究では、材料科学の先端研究者が中心となり、材料・金属をテーマに理科の関連単元：理科Ⅰ上（身のまわりの物質）の補助教材として貸出教材「金属・材料を調べてみよう」を開発した。この教材では、生徒が身のまわりに様々な金属（元素）があることを認識すること、また、密度の概念を体得することの2点の習得を目標とした。

生徒対象のアンケートでは、貸出教材を用いた授業の満足度は高く、多くの生徒が金属の実物に触れることがよかったと回答した。また、授業担当の教諭のインタビューからは、貸出教材の良い点として「実物が使えること」、「貸出教材の使用により経費が大幅に節約できること」、「実験の負担が減ること」等が挙げられた。貸出教材の効果測定として、密度の概念に関する知識の定着度と金属に対する認識の変化を事前・事後アンケートの設問の正答率を比較から検討。

生徒の知識（密度の概念）の定着に関しては、効果にばらつきが見られた。しかし、教諭へのインタビューによると、正答率が下がったのは、設問の表現で混乱したため、理解していたのにもかかわらず正答を答えることができなかった可能性がある、とのことであった。したがって、効果測定のためのアンケート調査では、質問表現にも留意する必要があることが示された。一方、金属に対する認識に関しては、いずれの学校においても正答率は大幅に向上した。これらの結果より、貸出教材は生徒の理科の好き嫌いに関係なく、多数の生徒に情報発信できる有効なアウトリーチ活動といえる。

3. 研究開発構想

科学技術の高度化・専門分化が進んでいる現在では、いわゆる「科学技術のブラックボックス化」が起こっており、また専門家ではない一般の人々にとって、研究や研究成果の背景にある科学技術の役割を身近に意識し難くなっている。そのため、日常使っている機器を通じた科学技術の概念や法則の理解ができなくなり、科学技術に対する関心自体の衰退が指摘されている。そこで、本研究では、まずブラックボックス化され、理解しにくい科学技術の要素を分析し、工学分野の最先端研究を題材にしたアウトリーチ活動を通してブラックボックスの要素と学校で習っている理数科目を結びつけ、平易に紐解くことにより、中学生・高校生を中心とした青少年の科学技術リテラシーの向上を図る。

現段階では、研究者からの情報発信およびアウトリーチ活動は、研究者個人の努力、経験によるところが大きい。そのため、アウトリーチ活動に十分なコストを費やすことができず、単発のイベントに終始し、ノウハウが蓄積・共有できていない。また、こうした活動の効果を、適切に評価・体系化するモニタリング機能が欠如している。そこで、本研究では、理工系研究者領域、産業界領域、社会との接点領域の3分野の研究者・研究協力者が円滑に連携を進めることにより、まず各領域の研究の動向を把握し、相互の知見および専門知識を共有する。その上で、このような研究に基づいて継続的なアウトリーチ活動を実践し、その結果を教育および社会科学的な観点から分析・評価することにより、科学技術リテラシーの向上を効果的に具現化できるシステムおよび双方向のコミュニケーション手法の構築を目指す。

本研究の拠点となる東京大学生産技術研究所（以下、東大生研）は、長年にわたり産業界と連携し、最先端の工学を研究している。この最先端工学の研究成果の活用は、学术界および産業界に限られており、教育分野、特に正規の初等・中等教育（Formal Education）の理科・数学教育分野に適用されている例は少ない。昨今の最先端工学の研究は学際的な傾向が強く、初等・中等教育で学習する理科や数学を包括的に扱う題材として、非常に適している。このような利点を生かして、新しい初等・中等教育プログラムの構築や学校で用いることのできる副読本の作成、あるいは効果的なアウトリーチ活動のノウハウに関する知的資産の形成が可能となり、初等・中等教育を補強するようなインパクトを与えることができると考えられる。

本研究において実施するアウトリーチ活動では、デジタルカメラなどの身近な製品をテーマに取り上げ、理工系研究者、初等・中等教育関係者と産業界が連携し活動を展開することにより、最新の製品が科学技術の集積であることを、中学生・高校生を中心とした青少年に対して、改めて認識させることができる。また、中学・高校の教諭の意見を活動に反映することにより、工学的な視点を含めた科学原理や概念に知的好奇心や親近感を持ち、そして、正規な初等・中等教育課程 (Formal Education) とは異なる学びの場を通して、科学技術への理解を深め、柔軟な思考を養うという、必要とされながら実践の少なかった視点を中学生・高校生に提供し得る。また、実際の製造の担い手である産業界の現場や人に触れ、先端製造業において日常的に浸透している科学技術の研究成果や実態を理解し、社会生活で果たすこれらの科学技術の役割や影響を実感するという体験の機会を得ることにより、キャリア選択、あるいは意思決定に必要な科学知識を十分に身につけるといった、将来の重要性・必要性の認識に役立つと考えられる。このように、モニタリングとケーススタディを繰り返すことにより、効果的なアウトリーチ活動の因子を抽出・整理し、効率がよく効果の高いアウトリーチ活動を提案する。

表 1 に本研究の研究項目とスケジュールをまとめる。

表 1 研究項目と実施スケジュール

項目	平成18年度 (4ヶ月)	平成19年度	平成20年度	平成21年度 (8ヶ月)
① 中学生・高校生および教諭を対象とした調査	←→			
② アウトリーチ活動の企画・実施		←→		
③ ②のモニタリング・ケーススタディ・評価		←→		
④ 中間報告			←→ ←---→	
⑤ 最終報告				←→
⑥ メディア交流会	←→			

注) 中間報告として開催する予定であったシンポジウムを当初の予定より、半年ずらし平成20年10月に実施した。

4. 研究開発成果

(1) 研究開発目標

科学技術の高度化・専門分化に伴い、特に一般市民にとって研究や研究成果の背後にある科学技術の知識を身近に意識し難い、いわゆる「科学技術のブラックボックス化」が起きている。日常使っている機器にしても、どのような科学技術の概念や法則が用いられているのかが理解し難く、さらに科学技術に対する関心自体が低下してきていると指摘されている。そこで、本研究では、青少年を対象にブラックボックス化された科学技術を平易に紐解き、最新の科学技術の面白さをみせることにより、青少年の科学技術リテラシー、特に工学リテラシーの向上を図ることを目的としている。

研究者からの情報発信およびアウトリーチ活動は、研究者個人の努力、経験によるところが大きい。これまで個人のアウトリーチ活動を適切に評価し、分析、体系化するシステムがなく、研究者の努力が単発のイベントになり、ノウハウが蓄積・共有できにくい状況であった。そこで、本研究では、理工系研究者領域、産業界領域、社会との接点領域の3分野の研究者・研究協力者が円滑に連携を進め、各領域の研究の動向を把握し、相互の知見および専門知識を共有する。その上で、継続的なアウトリーチ活動を実践し、教育および社会科学的な観点から結果を分析・評価することにより、科学技術リテラシーの向上を効果的に具現化できるシステムおよび双方向のコミュニケーション手法の構築を目指す。

本研究の拠点となる東大生研は、長年にわたり産業界と連携し、最先端の工学を研究している。この最先端工学の研究成果の活用は、学术界および産業界に限られており、教育分野、特に正規の初等・中等教育課程（Formal Education）の理科・数学教育分野に適用されている例は少ない。昨今の最先端工学の研究は学際的な傾向が強く、初等・中等教育で学習する理科や数学を包括的に扱う題材として、非常に適している。このような利点を生かして、新しい初等・中等教育プログラムの構築や学校で用いることのできる副読本の作成、あるいは効果的なアウトリーチ活動のノウハウに関する知的資産の形成が可能となり、初等・中等教育を補強するようなインパクトを与えることができると考えられる。

本研究で実施するアウトリーチ活動では、デジタルカメラなどの身近な製品をテーマに取り上げ、理工系研究者、初等・中等教育関係者と産業界が連携し活動を展開することにより、最新の製品が科学技術の集積であることを、中学生・高校生を中心とした青少年に対して、改めて認識させることができる。また、中学・高校の教諭の意見を活動に反映させることにより、工学的な視点を含めた科学原理や概念に知的好奇心や親近感を持ち、そして、Formal Educationとは異なる学びの場を通して、科学技術への理解を深め、柔軟な思考を養うという、必要とされながら実践の少なかった視点を中学生・高校生に提供し得る。また、実際の製造の担い手である産業界の現場や人に触れ、先端製造業において日常的に浸透している科学技術の研究成果や実態を理解し、社会生活で果たすこれらの科学技術の役割や影響を実感するという体験の機会を得ることができる。このような経験により、キャリア選択、あるいは意思決定に必要な科学知識を十分に身につ

けるといった、将来の重要性・必要性の認識にも役立つと考えられる。また、本研究では実践するアウトリーチ活動をモニタリングし、ケーススタディを重ねることにより、効果的なアウトリーチ活動の因子を抽出・整理し、効率的で効果の高いアウトリーチ活動を提案していく。

研究項目としては、下記のとおりである。

1. 中学生・高校生、もしくは教諭を対象としたアンケート・インタビュー調査の実施
2. 1のアンケート調査結果をもとにした、アウトリーチ活動の企画、実行
3. 2の実行例に関するモニタリング、ケーススタディ、評価の実施
4. 評価に基づいた、ノウハウの蓄積とフィードバック
5. メディアとの交流会の実施

概要：

1. 理工系領域の研究者は、科学技術リテラシーとしてふさわしい内容を検討し調査項目を選定する。科学技術社会論および教育学の研究者は、調査方法の検討および調査結果の分析・まとめを行う。
2. 研究現場と関連性が高く興味関心が高い話題を選び、3領域が連携して実施内容の検討を行う。また参加者が主体的に参加できるような工夫を凝らして、実施する。
3. 科学技術社会論および教育学の研究者は、実行例のモニタリング手法を検討し、調査結果の分析・まとめを行い、実行例の評価を行う。
4. 3で得られた知見および評価を3領域の研究者で検討し、プロジェクトのさらなる発展を目指す。
5. 活動を広報するとともに、メディア側の意見も取り入れ活動へフィードバックする。

(2) 研究開発実施内容及び成果

本プロジェクトで実施したアウトリーチ活動については、図2にまとめる。教諭らへのインタビュー・アンケートをもとに、ロボットをテーマにした出張授業「ロボットを作るために力学を知ろう！」とデジカメをテーマにした出張授業「デジカメをサイエンスする」を企画・実施した。出張授業では授業のモニタリングを行うとともに、生徒に対してアンケート調査・クイズを行い、生徒の科学への関心、生徒個人の科学へのイメージ、知識の定着度の経時的変化を調査した。この2つの出張授業を経て蓄積されたノウハウをフィードバックすることにより、さらに出張授業「ロボットを作るために力学を知ろう！受動歩行編」を企画・実施した。

また、従来に出張授業の課題に着目し、中学・高校の教諭が理科の基本概念を教えながら科学技術リテラシー向上に寄与できる貸出教材「金属・材料を調べてみよう」を開発し、中学・高校の教諭に授業を行ってもらった新たなアウトリーチ活動の形態を考案し、その効果を検討した。

以上の研究実施内容および成果に関しては、各々のアウトリーチ活動ごとに記載する。また、本研究開発プロジェクトで作成した出張授業の配布資料、アンケート用紙、クイズ用紙などは表

2にまとめ、一部を本報告書の APPENDIX としたので参照されたい。

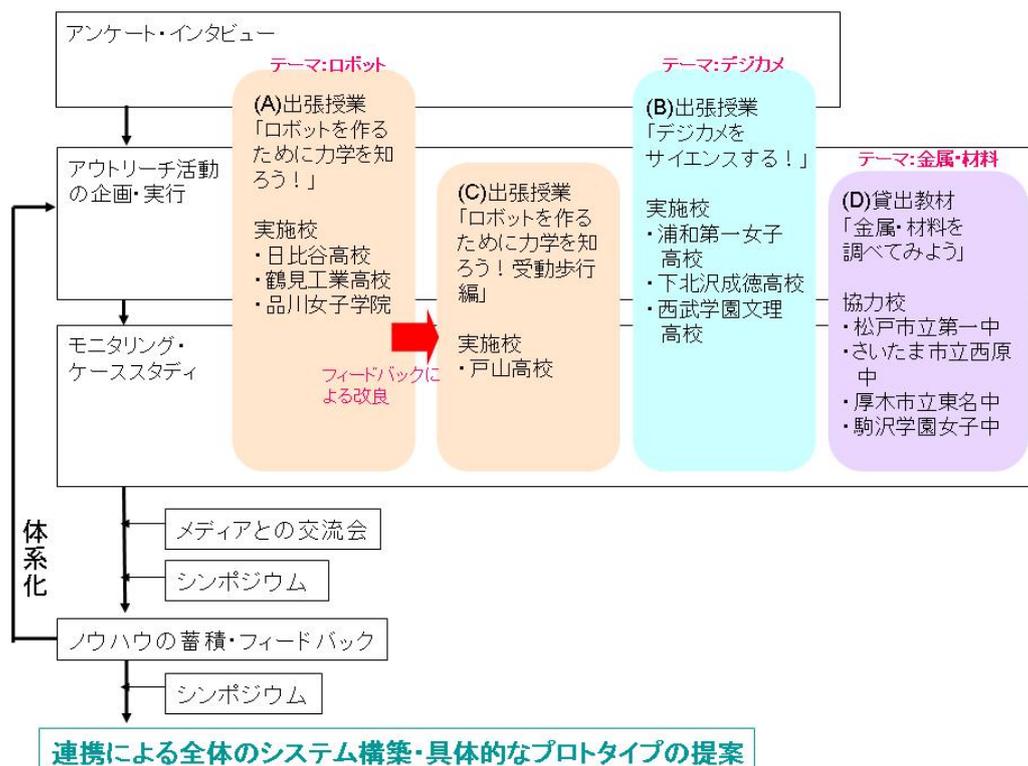


図2 本プロジェクトで実施した青少年を対象としたアウトリーチ活動

表2 本プロジェクトで考案した配布資料・アンケート用紙など

(A) 出張授業 「ロボットを作るために力学を知ろう！」
当日配布資料・アンケート用紙 事前/事後/追跡/対照 物理クイズ (事前・事後・追跡・対照共通)
(B) 出張授業 「デジカメをサイエンスする」
当日配布資料・アンケート用紙 事前/事後/追跡/対照 知識クイズ (事前・事後・追跡・対照共通)
(C) 出張授業 「ロボットを作るために力学を知ろう！受動歩行編」
当日配布資料・アンケート用紙 事前/事後/追跡/対照 知識クイズ (事前・事後・追跡・対照共通)
(D) 貸出教材 「金属・材料を調べてみよう」
当日配布資料 生徒用/先生用・授業案・資料集 アンケート用紙 2008年度 事前/事後 アンケート用紙 2009年度 事前/事後

(A)出張授業「ロボットを作るために力学を知ろう！」

(A)-1 アンケート・インタビュー調査の実施

2007年5月31日～6月2日に、東大生研の一般公開期間中に実施している「中高生のための生研公開」に訪れた中学・高校の教諭らを対象に、ロボット教育に関するアンケートを行った。図3に示すアンケート結果から、中学・高校の教諭らが、ロボットを用いた教育を通して、生徒の科学技術全般に対する興味の喚起を期待していることが示された。また、出張授業でロボットを扱う場合には、講師による実演以外に、生徒による製作体験を重要な要素としてとらえていることが示された。これらの結果を理工系研究者、社会の接点領域（科学技術論、教育関係）の研究者などで共有し検討することにより、中学生・高校生に関心があり、先端研究者が出張授業を担当する意義の大きい項目が抽出された。

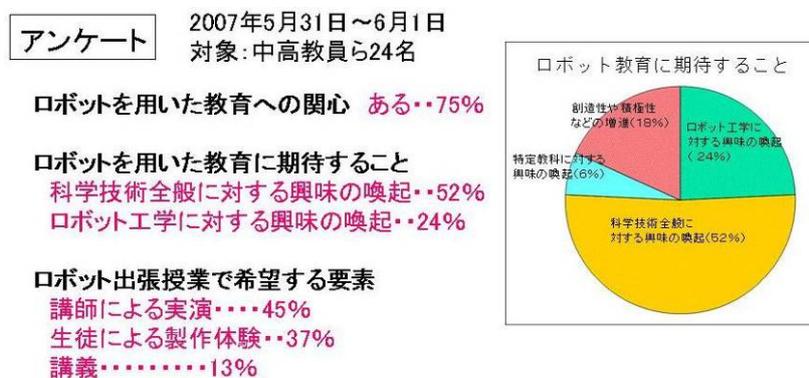


図3 ロボット教育に関するアンケート結果の一部

(A)-2 出張授業の企画・実施

アンケートの結果をふまえ、柔軟型ロボットの先端研究者である鈴木高宏（本プロジェクト研究開発実施者）らが中心となり、「変速とモーメント」「摩擦力」「エネルギー変換と効率」などの高校物理の既習内容を、製作実習を通じて再認識できるような、出張授業案を検討した。

製作実習教材に関しては、市販ロボット教材は、教材開発の時間が節約できるという利点はあるが、限られた授業時間内での製作が困難であり、また、ロボットの性能に影響を与える因子が多いため、生徒がそれらの因子とロボット性能の関係を理解しにくいといった欠点がある。そこで、独自に車両型ロボットの原型である「カーロボット」（図4）のロボット教材を開発した。本研究で開発した「カーロボット」教材でスピード性能に直接影響する因子はギヤ比とタイヤ径である。同時にタイヤの摩擦や全体の重心のバランスも重要であることから、生徒がこれらの点を容易に認識できるように工夫した。

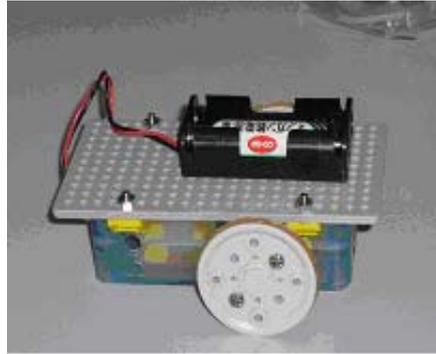


図4 ロボット教材である「カーロボット」

実際の授業までに、TA (Teaching Assistant) らと10回以上ミーティング打ち合わせを行い、製作実習上の問題点の検討、ギヤ比とタイヤ径の効果が明確になるような「カーロボット」競技会内容の検討などを行い、生徒用製作マニュアルを作成した。出張授業「ロボットを作るために力学を知ろう！」では、以下の点を目標とした。

- ① 「力学」を身近なものとして認識させ、力学の基礎知識の定着を図る。
- ② 身のまわりの科学技術に対する理解・認識を深める。
- ③ 先端研究の楽しさを実感してもらう。

(失敗に対する取り組み方、工夫して成功したときの喜びを体験させる。)

具体的な授業内容として、第1日目は、導入の講義(20分)・カーロボット製作実習(60分)を行い、その後「うまく走らないときにどうする?」という問題提起をしながら、カーロボットにおける力学の講義(20分)を行った。第2日目は、カーロボットの性能、競技の説明の講義(15分)を行い、自分の製作したカーロボットを競技会で走らせることにより、ギヤ比やタイヤ径の効果を実感してもらった。最後に、技術と社会のつながりを身近な例で紹介し、さらに、先端研究者が自身の研究の話と研究にまつわる苦労話などを紹介した(15分)。図5に出張授業の様子を示す。

実施した学校と参加人数などを以下にまとめる。

- ・東京都立日比谷高校：高校2年生 9名(2007年11月22日・29日に実施)
- ・横浜市立鶴見工業高校：高校1年生 37名(2008年1月9日・16日に実施)
- ・品川女子学院：中学3年生～高校2年生 26名(2008年6月24日・26日に実施)



図5 出張授業「ロボットを作るために力学を知ろう！」の授業風景

(A)-3 効果測定

出張授業時にはビデオ撮影および授業ログによる記録をとった。後日、出張授業検討会を開催し、時間配分を含めた問題点を検討し、改善する必要がある箇所を出張授業を行った先端研究者にフィードバックした。また、出張授業の効果を調べるために、生徒を対象にアンケート、物理クイズ（選択回答式5問）を実施した。これらの調査は、以下の3点を調べることを目的とした。

- ①出張授業の感想
- ②基本的な物理概念、知識の定着
- ③科学技術に対する意識の変化

生徒の出張授業に関する評価は図6に示す。出張授業の全般的な感想は「楽しかった」「ためになった」という答がほとんどであった。特に、「実習によって自分でロボットを作ることができた」という点を評価する声が多く、「先端研究者の話をじかに聞けた」ことがそれに次いだ。また、生徒の科学一般への関心および科学技術についての個人のイメージに関しては、経時的なアンケート調査の結果から、科学技術についての個人の意識（例として、「科学は役立つ」「科学のやりがい」「科学のわかりやすさ」などの項目）が、出張授業前と比べて事後に向上する傾向があったが、その傾向は一過性のものであることが示された（図7参照）。

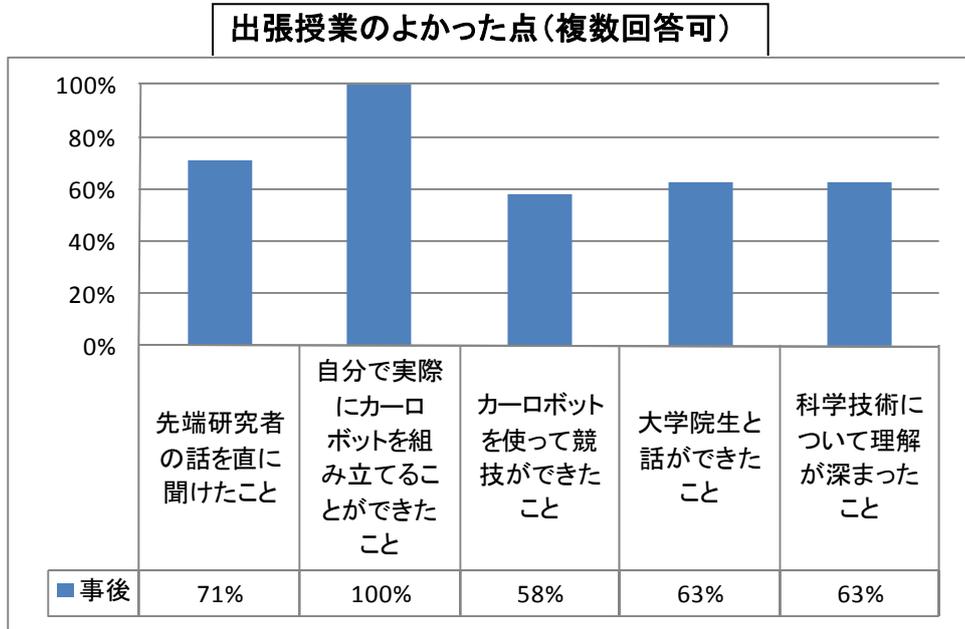
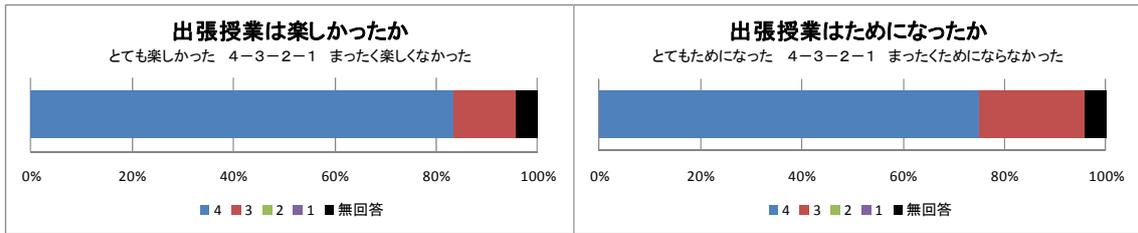
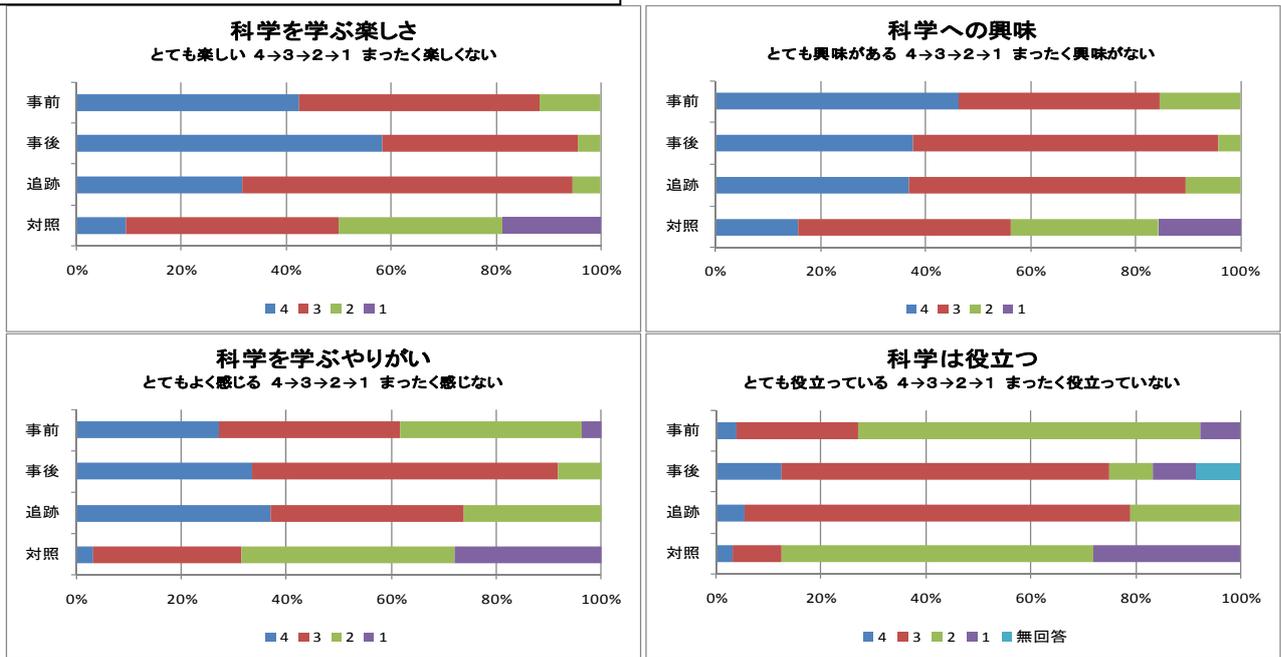


図6 出張授業「ロボットを作るために力学を知ろう！」アンケート結果1 (1校分)

どう思いますか(科学一般への関心を調査)



科学技術についての個人のイメージ

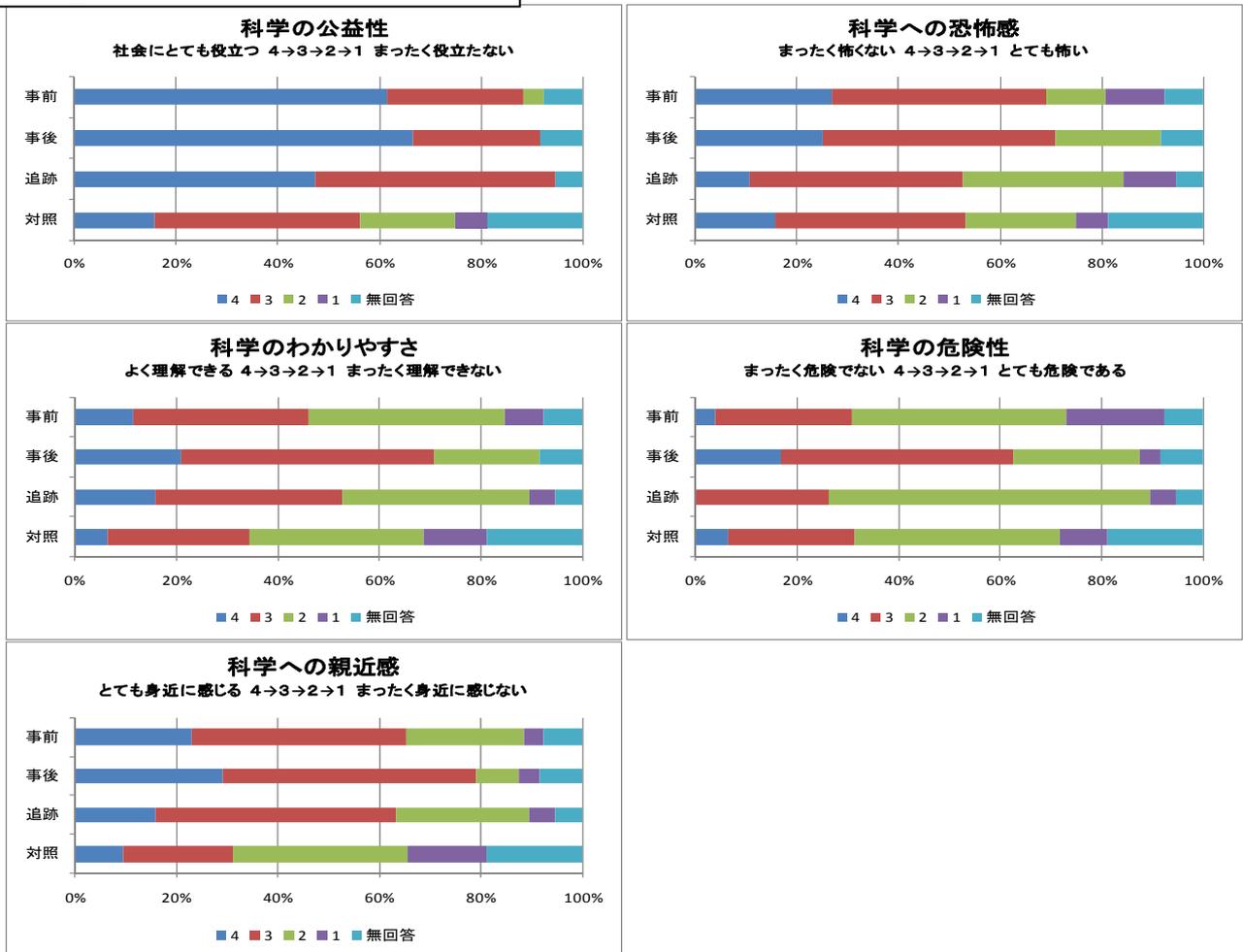


図7 出張授業「ロボットを作るために力学を知ろう！」アンケート結果2 (経時変化1校分)

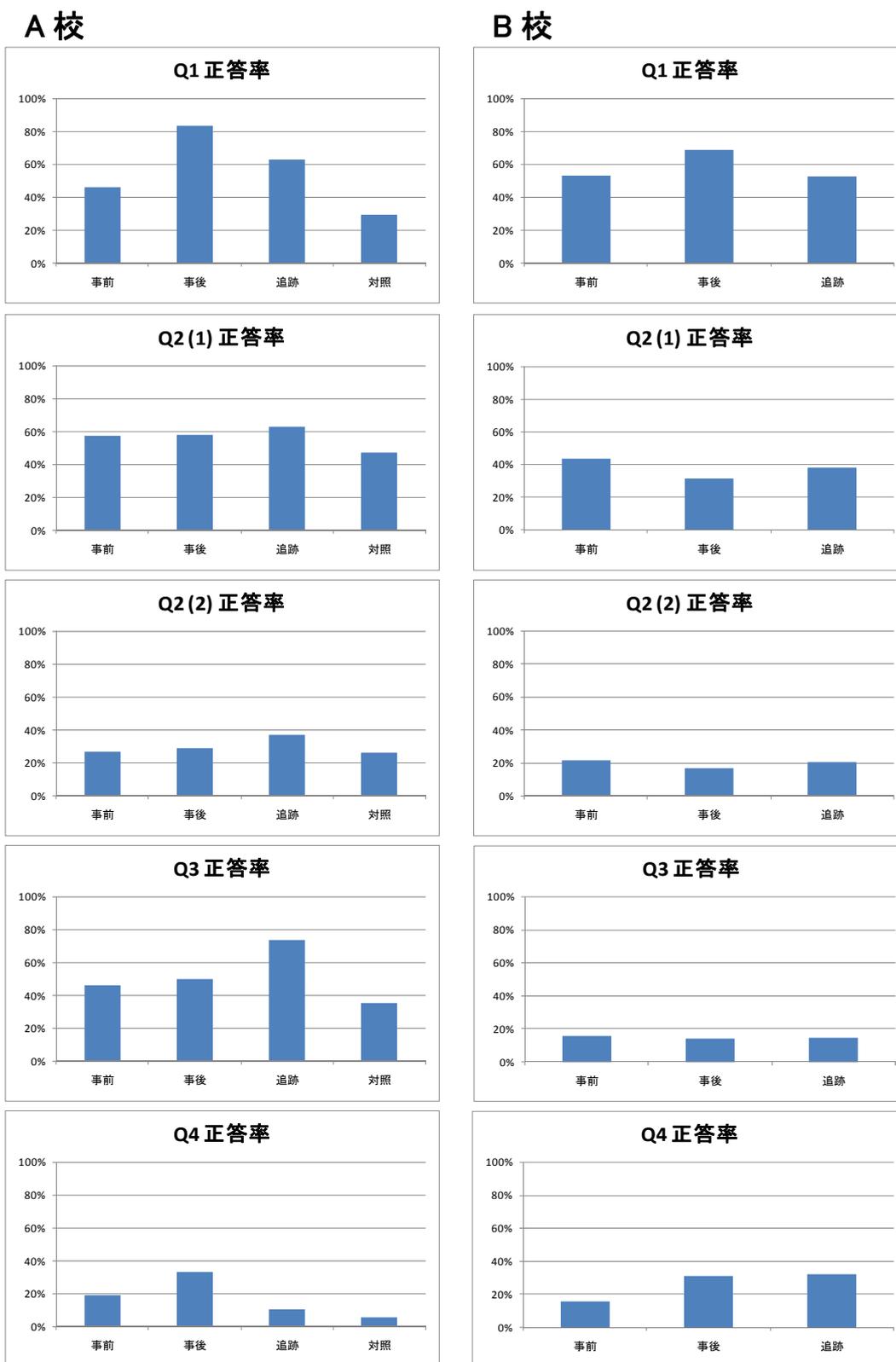


図8 設問正答率の経時変化（2校分）：Q1は出張授業で直接扱った内容の設問、Q2(1)・Q2(2)は出張授業で扱っていない内容の設問、Q3・Q4は授業で扱った内容に関係ある応用問題で、Q3は授業内容との接点が見出しやすい設問、Q4は授業内容との接点が見出しにくい設問

知識の定着を評価するクイズ（選択回答式5問）では、図8に示されているように授業に直接関連した問題は授業前より後で正答率が若干上がったが、授業と関連しない内容の問題は、設問によってはむしろ正答率が下がったものもあった。また、応用問題については、授業との接点が見出しにくかった問題では正答率に変化がないのに対し、授業との接点が比較的に見えやすい問題では正答率が大幅に上昇した。追跡調査における知識の定着度に関しては、学校間による違いが見られたが、授業に直接関連した問題あるいは授業と接点があった応用問題では、事後調査で上昇した正答率の低下が比較的緩やかなものも見られた。出張授業による科学自体に対する意識、および科学を学ぶことに対する意識の向上が一過性のものであったのに対して、知識はある程度定着する可能性が示唆された（Q1）。この効果は、出張授業単独の効果とは限らず、学校での授業との相乗効果によるものである可能性もある。また、出張授業直後には正答率の上昇率が見られなかった授業との接点が見出しにくかった応用問題（Q3）が、追跡調査の段階では、対照群（追跡調査のタイミングで実施）に比べて約2倍の正答率であったことも興味深い。出張授業の後に学校での授業で扱った可能性が高いが、その際に過去の出張授業の経験（記憶）と結びついて理解が増進した可能性も考えられる。

(B) 出張授業「デジカメをサイエンスする」

(B)-1 アンケート・インタビュー調査の実施

2007年12月15日に「出張授業に関する座談会」を開催し、中学生・高校生の科学への関心の実態、興味のもてそうな出張授業の題材、出張授業の効果的な進め方などを教育の現場にいる中学・高校の教諭と検討した。出張授業としての題材は、中学生・高校生が普段使用しているが、仕組みのわからないものが望ましく、例として携帯電話（電話機能、カメラ機能）、デジカメなどが挙げられた。また、効果的な出張授業にする要素としては、普段使用しているが仕組みのわからないものの『内部構造を見せ、生徒に仕組みを理解させること』『身近な製品と科学技術（先端研究）の関連づけ』などが挙げられた。「出張授業に関する座談会」で検討した内容をもとに、身の回りのブラックボックス化された技術として「デジカメ」を題材に出張授業を企画・実施することにした。

(B)-2 出張授業の企画・実施

出張授業の題材がデジカメに決まったので、出張授業の講師は、デジカメと研究分野に関連のある光学の先端研究者である志村努（本プロジェクト研究開発実施者）が担当した。出張授業案作成に関しては、講師（志村努）に一任するのではなく、出張授業の経験豊富な研究代表者、産業界領域の研究者、教育関係者、科学技術社会論の研究者、研究員らが協力して、青少年の科学技術リテラシーの現状の情報を共有し、意見交換を行いながら進めた。

デジカメはさまざまな最先端技術の集大成であり、取り上げたいテーマも数多くある。生徒にとって、出張授業で触れる先端研究（科学技術）と学校で学習した理数科目（物理・化学・数学

など) との関わりが理解しやすいと、科学技術一般への興味の喚起、また学校の理数科目への学習意欲の向上につながる傾向がみられる。そこで、この点に留意し、テーマの選定を行った。出張授業案作成の流れは図9に示した。

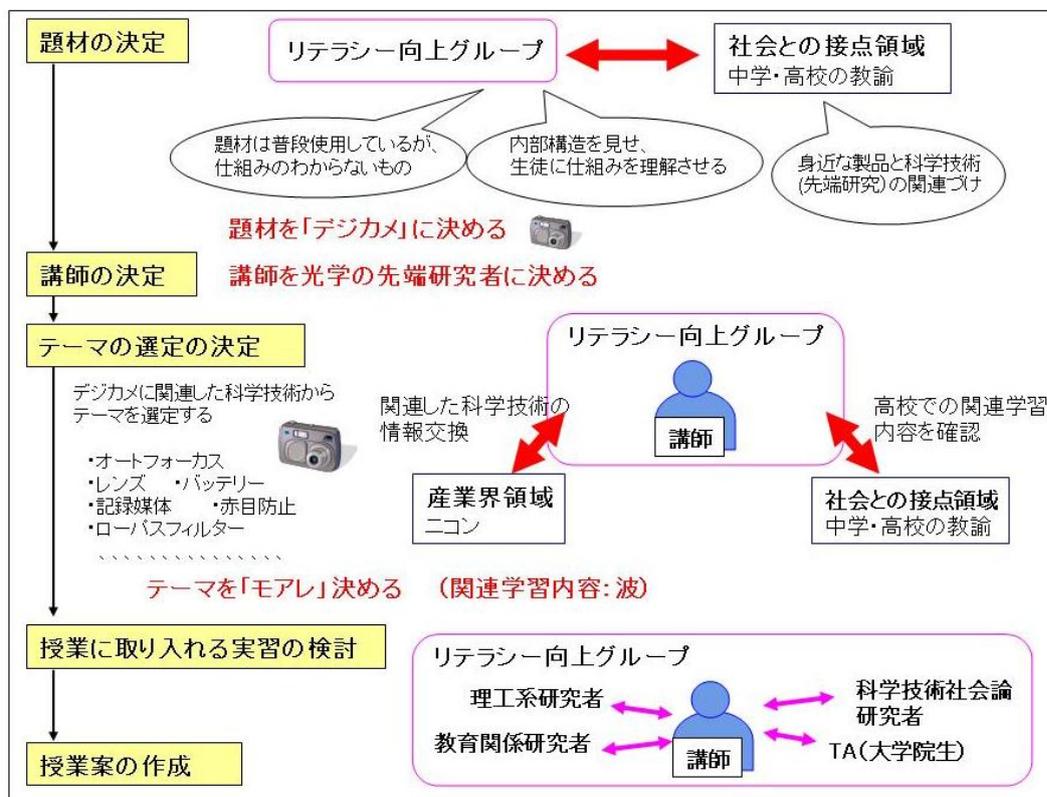


図9 出張授業案作成までの流れ

今回はデジカメ特有の現象である「モアレ（縞干渉）」をテーマに絞り、実習、講義の構成を検討した。(株)ニコンの協力により、普段みることのできないデジカメのパーツ、デジタル一眼レフ10台を借りることができ、デジカメのパーツ観察、デジタル一眼レフでの撮影実習など5つの実習を取り入れて多角的にモアレにアプローチする授業を構成することができた。授業時間は2時間40分(休憩10分を含む)で、授業の構成は図10のとおりである。

授業を企画する上で工夫した点は、導入の講義「デジカメの仕組みとは？」で、普段見ることのできないデジカメのパーツを観察させることにより、生徒にブラックボックス化しているデジカメの技術に関心をもたせるようにしたことである。ローパスフィルター以外は、部品の名前、働き、カメラの内部での位置などを確認し、それぞれの部品には働きがあり、技術の集大成であることを再確認させるようにした。その後、モアレを説明する前に、一眼レフデジカメ(班で1台)を実際に手にとらせ、予め用意していた縞模様の被写体の写真撮影をさせるようにした。モアレの写真が撮れた時点で、カメラ上で画像を拡大・縮小させ、モアレが見えたり、消えたりすることを確認させ、さらに、PC画面上に先ほどの写真を移し、画像解像度を下げていき、画像がどうなるかを確認させる。受講生徒全員がカメラやPC上で出たり消えたりする「原理はわからない

い不思議な現象（モアレ）」を体験し興味をもったところで、「なぜ、モアレが見えるのか？」の謎解きへと誘導するようにした。

モアレの原理の説明では、撮像素子と映像の関係を、穴あきシートといろいろな幅の縦縞模様を用い、原理が視覚的に理解できるように工夫した。さらに、研究開発実施者の志村努がモアレ出現の条件を定量的に調べる実習用ソフトウェアを開発した。このプログラムで、いろいろな横縞の周期条件を入力することにより、モアレ出現の条件を考察することができる。また、モアレを消すためのローパスフィルターの原理の説明では、細かい幅の縞模様の用紙と方解石と偏光板を用いて、実際に縞模様を見えなくする原理を体験する実習を取り入れた。

まとめの講義では、モアレ縞を3次元形状の計測法に利用している例などを紹介し、身の回りの技術への関心を喚起するとともに、授業を担当する研究者（志村努）の専門分野であるデジタル画像を応用したホログラフィックメモリの研究を紹介することにより、先端研究の魅力も伝えられるように工夫した。

出張授業後には、本プロジェクトのリテラシー向上グループで出張授業検討会を開催し、時間配分を含めた問題点を検討し、改善する必要がある箇所を出張授業を行った先端研究者にフィードバックし、次回の出張授業で工夫を試みた。具体的には、TAとして参加した大学院生や出張授業をモニタリングした研究員が、生徒の反応や説明のわかりにくい点などをフィードバックし、必要に応じてデモ用の小道具（例として、図10右下の写真の波の小道具）も作成した。図11に出張授業の様子を示す。

実施した学校と参加人数などを以下にまとめる。

- ・埼玉県立浦和第一女子高校：高校1年生 31名（2008年12月20日に実施）
- ・下北沢成徳高校：高校1年生～2年生 24名（2009年7月15日に実施）
- ・西武学園文理高校：1年生 12名（2009年10月10日に実施）

出張授業の実施 講師: 志村 努 教授 協力: 株式会社ニコン

導入の講義 ブラックボックス化している科学技術への関心の喚起

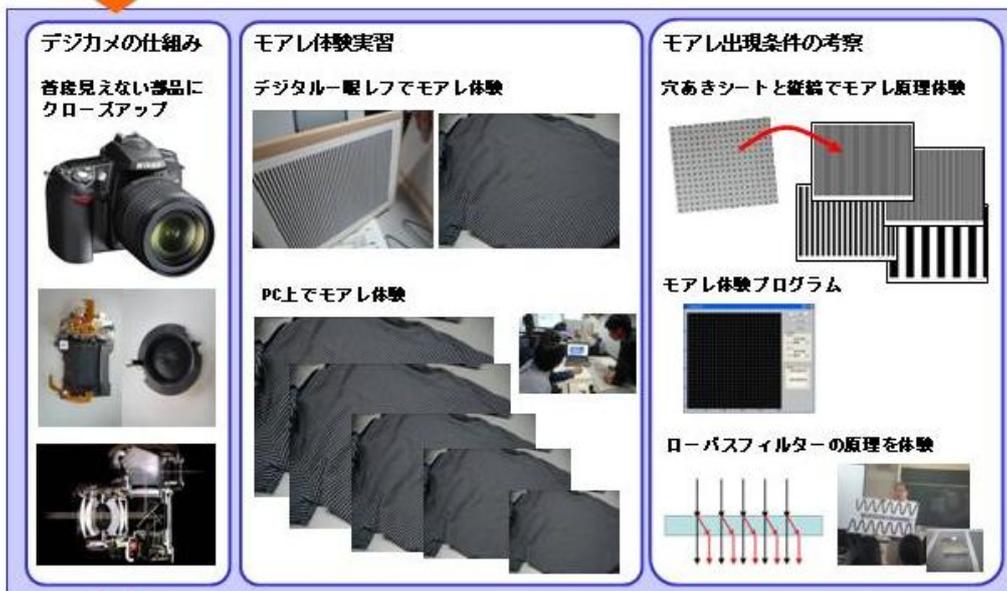


図10 出張授業「デジカメをサイエンスする」の授業構成



図11 出張授業「デジカメをサイエンスする」の授業風景

(B)-3 効果測定

生徒の科学技術リテラシーにおける出張授業の効果および知識の定着度を評価するために、受講した生徒を対象に、生徒用アンケート、クイズ（選択回答式）を実施した（アンケート結果の一部は図12と図13を参照）。出張授業の全般的な感想は「楽しかった」「ためになった」という答がほとんどであった。出張授業の良かった点に関しては学校によって優先順位にばらつきがあるものの、「先端研究者の話をじかに聞けた」「デジカメの仕組みを知ることができた」が上位に入った。また、生徒の科学一般への関心および科学技術についての個人のイメージに関しては、経時的なアンケート調査の結果から、科学技術についての個人の意識は、出張授業前と比べて劇的な向上は見られなかったが、いくつかの項目（例、科学を学ぶやりがい、科学は役立つ、科学への親近感）では、ロボットの出張授業でもみられたような一過性の意識の向上が見られた（図13参照）。一方、出張授業後6ヶ月後での出張授業で取り扱った知識の定着は50%ほど維持されていたことは興味深い（データは図示せず）。

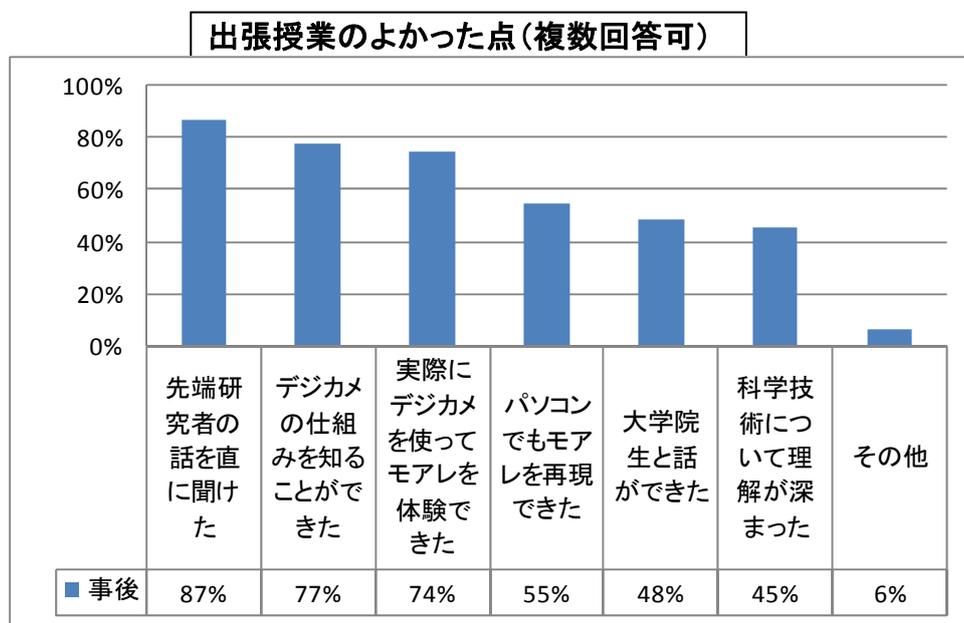
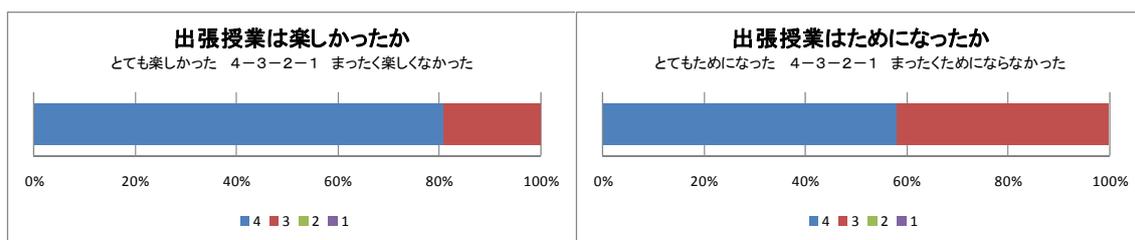
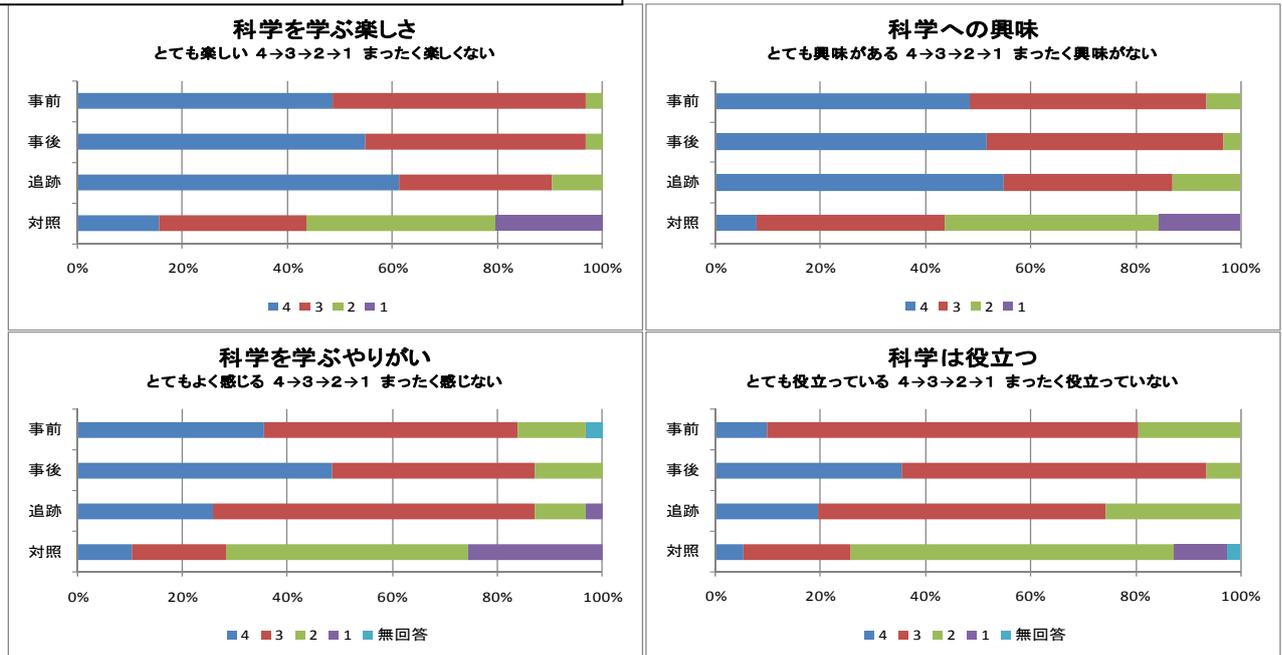


図12 出張授業「デジカメをサイエンスする」アンケート結果1（1校分）

どう思いますか(科学一般への関心を調査)



科学技術についての個人のイメージ

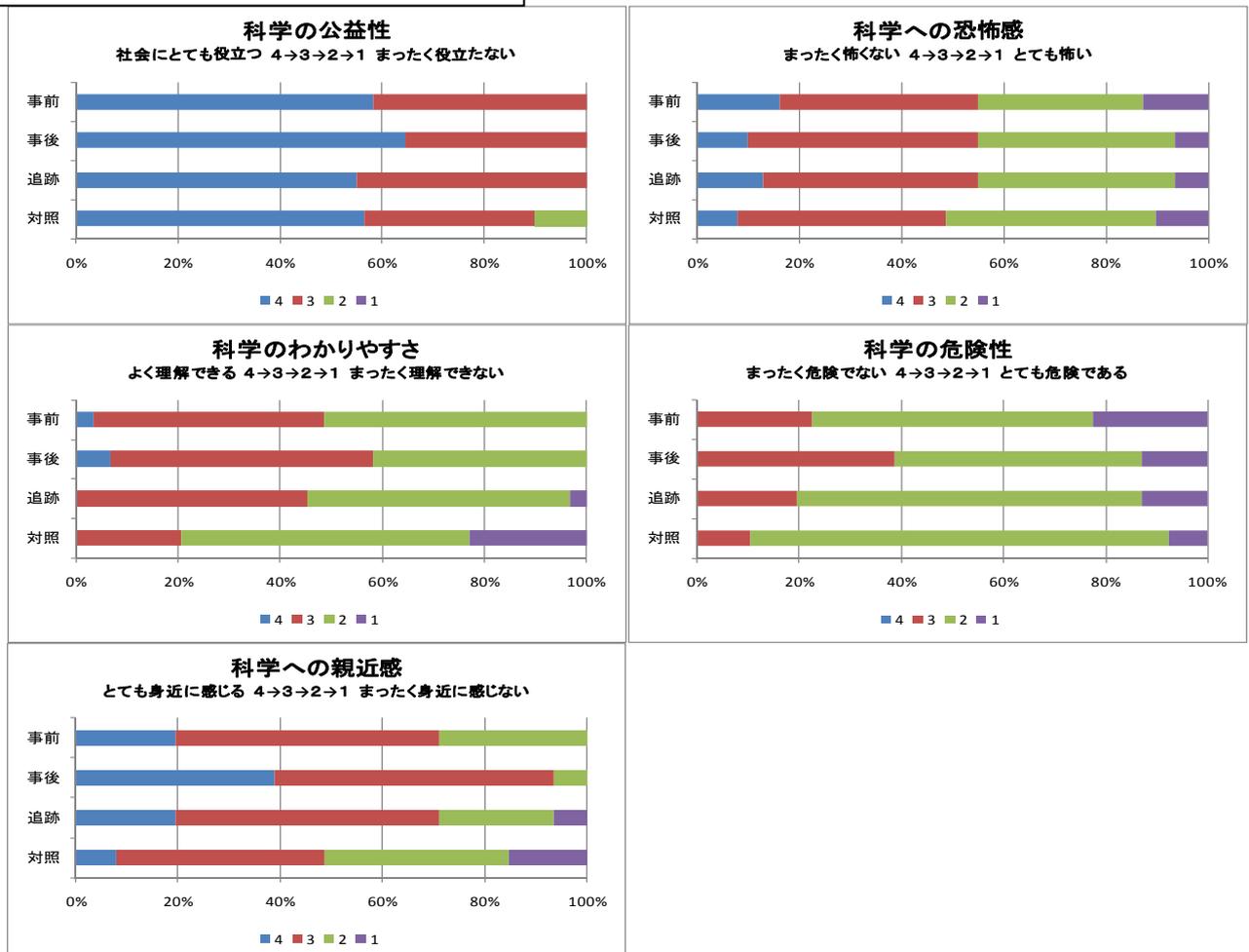


図1.3 出張授業「デジカメをサイエンスする」アンケート結果2 (経時変化1校分)

(C) 出張授業「ロボットを作るために力学を知ろう！受動歩行編」

(C)-1 出張授業の企画・実施

出張授業「ロボットを作るために力学を知ろう！」を異なるタイプの3校において実施し、モニタリング、ケーススタディを行った結果、出張授業を行うにあたっての課題、改善点が明らかになった。そこでそれらの課題をフィードバックし、課題・改善点の取り組み、ロボットを題材にした出張授業「ロボットを作るために力学を知ろう！『バージョンアップ版』」を企画・実施し、効果測定を行うことにした。

今回課題として取り組んだ点は、以下の課題である。

- ① 授業を1日完結型にする。
- ② 制作時間の短縮を考慮したロボット製作実習を考案する。
- ③ 出張授業で伝えたいメッセージを授業の中で明確化する。

2007年の中学・高校教諭アンケートでは、ロボットを題材とした出張授業に盛り込んで欲しい要素として『ロボットの製作実習』が挙げられ、また生徒対象の事後アンケートでも出張授業の良かった点として『自分で実際にカーロボットを組み立てることができたこと』と回答した生徒が多かった。しかし、2日にわたる出張授業では、研究者と高校側の日程調整がきびしく、高校の通常カリキュラムの都合上受け入れ可能な学校がほとんどなかった。高校側が受け入れやすい出張授業とするためにも、また特に理科が好きでない生徒が参加してみようという気にするためにも出張授業は1日完結型が望ましいと考えた。これまでに実施したカーロボットの製作実習では時間の短縮ができないため、ロボットの先端研究を題材にして、かつ高校の学習内容に関連があるテーマとして、「受動歩行」を選定した。最終的にこのテーマを選んだ理由としては、二足歩行ロボットが中学生・高校生の興味を引きやすいことと、大学で研究されるような内容であること、そして高校で習っていること（この場合は「単振り」の学習）の延長として最先端の工学研究があることをイメージしやすいことなどが挙げられる。また、本プロジェクトのリテラシー向上グループのそのようなテーマ選定意図を授業の中であえて明確に伝えることにも留意した（図14）。

実施した学校と参加人数などを以下にまとめる。

- ・都立戸山高校：高校2年生 34名（2009年11月13日に実施）

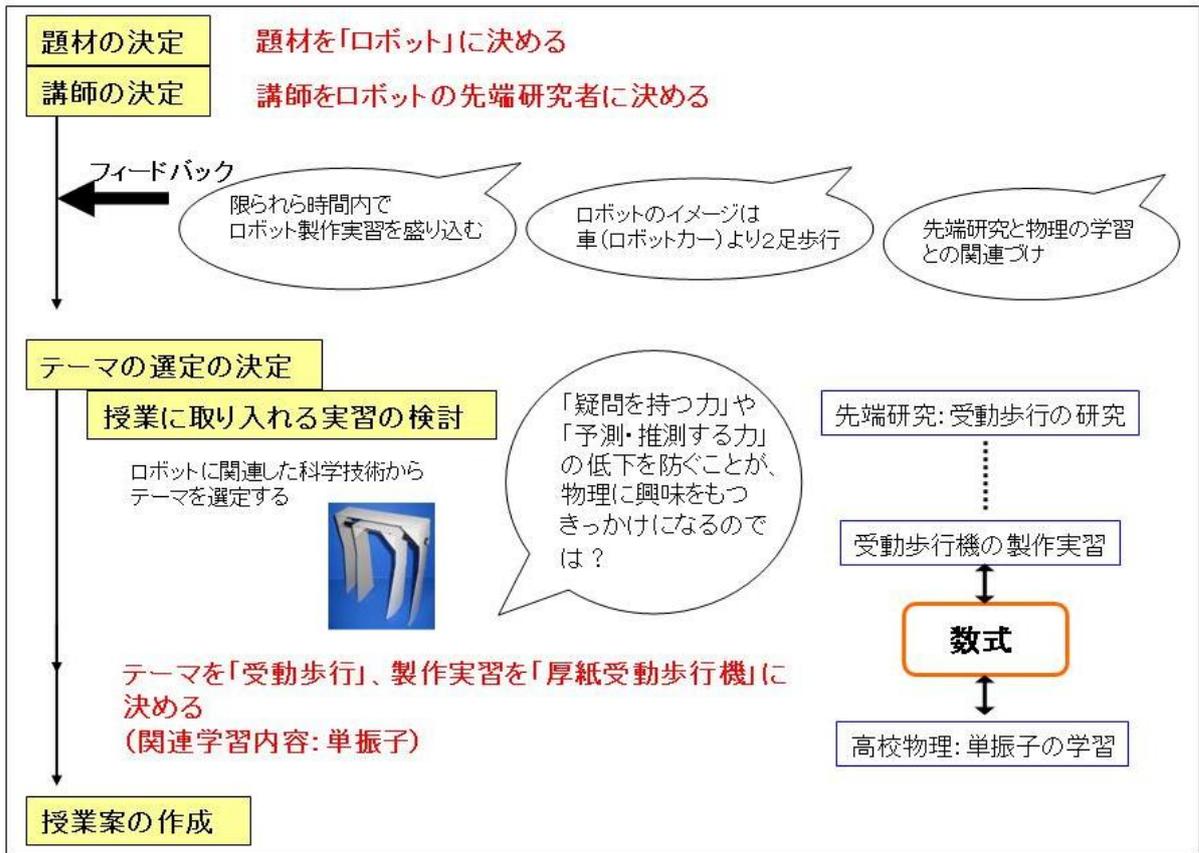


図 1 4 出張授業「ロボットを作るために力学を知ろう！受動歩行編」授業案作成までの流れ

図 1 5 に示すような「厚紙受動歩行機」製作実習には同様の作業の繰り返し（外側の足の製作と内側の足の製作）があることから、今回は製作時間短縮のためにもあらかじめ作業分担を記載して 2 人 1 組の製作実習とした。試験的に実施したものであったが、生徒からは「お互いに相談しあいながら作業できて、よかった」と好評であった。



図 1 5 厚紙受動歩行機

(C)-2 効果測定

出張授業「ロボットを作るために力学を知ろう！受動歩行編」に関しては、1 校で実施し、これまでの出張授業と同様に生徒対象のアンケートを事前・事後に行い、近日中に追跡アンケートを実施する予定である。詳細に関しては、追跡アンケートの結果も含めて論じることとする。知

識の定着度を調べる設問に関しては、今回は単なる知識の定着度（生徒の設問に対する正答率の変化）を調べるのではなく、出張授業で伝えたメッセージ（「疑問を持つ力」や「予測・推測する力」の低下を防ぐことが、物理に興味をもつきっかけになる）が活かされているかもあわせて調査するような設問を設定した。

受入高校の教諭へのインタビューでは、「生徒たちが非常に楽しく取り組んでいた」「これまでもいくつかの大学の出張授業を受入れてきたが、実習を盛り込んだ出張授業というのは初めてであり、非常にインパクトがあった」「出張授業の効果は数値で測りきれないものではないのか（仮に数値では一過性のように見えても、それでも）意味はある」という意見が得られた。

(D) 貸出教材「金属・材料を調べてみよう」

(D)-1 貸出教材の開発

これまで実践してきた出張授業は、実際に研究に携わっている先端研究者が研究の楽しさを直接伝えられるという長所がある反面、1回の出張授業の対象人数が制約されること、研究者と高校のスケジュール調整が難しいために実施回数が限定されてしまうことなどから単発イベント型アウトリーチ活動となってしまうため、受講者が理科好きの生徒に偏ることなどの課題もあった。

そこで、これらの課題に対して、中学・高校の教諭が授業を進める上で理科の基本概念を教えながら科学技術リテラシー向上に寄与できる『貸出教材』を開発した。教材開発の流れは図16を参照されたい。今回の貸出教材「金属・材料を調べてみよう」では、材料科学の先端研究者である光田好孝（本プロジェクト研究開発実施者）らが中心となり、理科の関連単元：理科I上（身のまわりの物質）の補助教材として、生徒に身のまわりにいろいろな金属（元素）があることを認識させること、密度の概念を体得させることの2点を目標として開発した。

教材の準備にあたっては、以下の点を考慮して開発した。

- ① 金属は純金属（元素）を用いる。
- ② 密度を感覚的にも印象づけるように、一定サイズ以上の同形状の金属・材料を用意する。
- ③ 1コマで完結する授業案を提示する。
- ④ 生徒全員が実際に見て触る経験が大事なので、教諭用のデモ教材以外に、生徒用セットを班の数以上用意する。

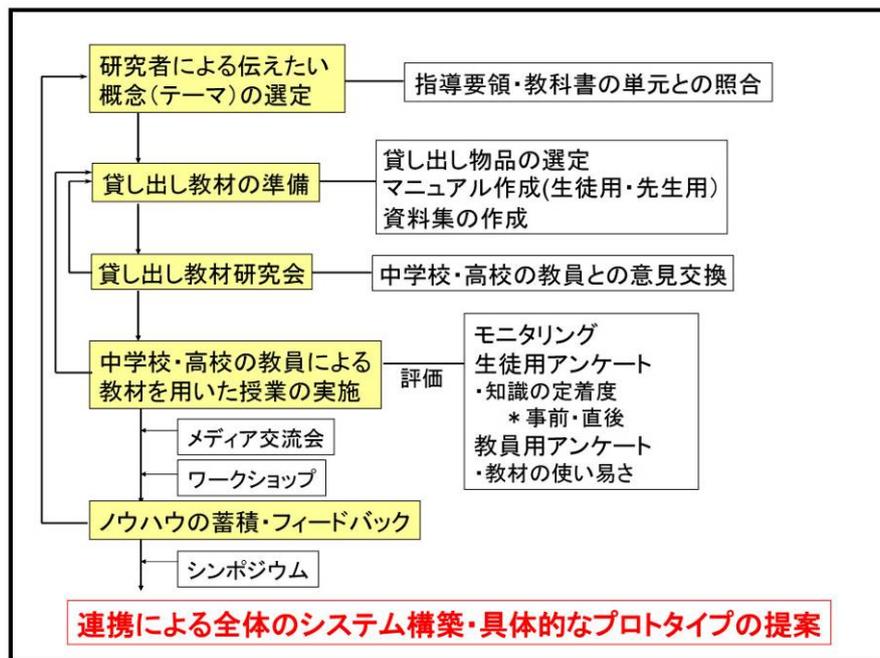


図 1 6 貸出教材開発の流れ

貸出教材と貸出教材を用いた授業案を作成した段階で、「貸出教材『金属・材料を調べてみよう』研究会」（2008年7月26日）を実施し、開発意図や授業での活用法等に関して、開発者と中学・高校の教諭の間で双方向コミュニケーションを図った（図 1 7）。また、この研究会では、材料科学の研究者が実際に教材を使用する複数の中学・高校の教諭を対象に金属・材料の最先端研究を紹介した。この研究会で得られた意見をもとに、9月の貸し出し開始までに貸出体制を整えた。



図 1 7 貸出教材研究会の様子

今回の貸出物品のリストは表 3 のとおりである。

表3 貸出教材「金属・材料を調べてみよう」貸出物品のリスト

貸出物品リスト

材料

演示用: アルミニウム, 鉄, 銅, チタン, 銀, マグネシウム, ニッケル,
モリブデン, スズ, 亜鉛, タングステン, カーボン, 真鍮,
ステンレス303A, ステンレス316L, ジュラルミン, テフロン
生徒実習用: アルミニウム, 鉄, 銅, チタン, ガラス, プラスチック, 木

実験道具

デジタルスケール, 磁石, 電卓

参考資料

授業案, 生徒用マニュアル,
教諭用マニュアル, 資料冊子



2008年度は、9月～12月にかけて3校（松戸市第一中学校、さいたま市立西原中学校、厚木市立東名中学校）の教諭が、「貸出教材」を取り入れた授業を実施した（図18）。2008年度に貸出教材を授業に取り入れた教諭らからは2009年度も貸出教材の希望があり、これまでに延べ7校に貸し出した。貸出教材を用いた授業を実施した学校および人数に関して以下にまとめる。

- ・松戸市立第一中学校: 中学1年生 282名（2008年9月30日～10月10日に実施）
- ・さいたま市立西原中学校: 中学1年生 79名（2008年10月14日～10月31日に実施）
- ・厚木市立東名中学校: 中学1年生 113名（2008年12月9日～12月22日に実施）
- ・松戸市立第一中学校: 中学1年生 296名（2009年7月7日～7月17日に実施）
- ・さいたま市立西原中学校: 中学1年生 127名（2008年12月9日～12月22日に実施）
- ・駒沢学園女子中学校: 中学1年生 44名、中学2年生 31名
（2009年11月13日～24日に実施）
- ・厚木市立東名中学校: 中学1年生 58名（2009年12月14日～12月22日に実施予定）

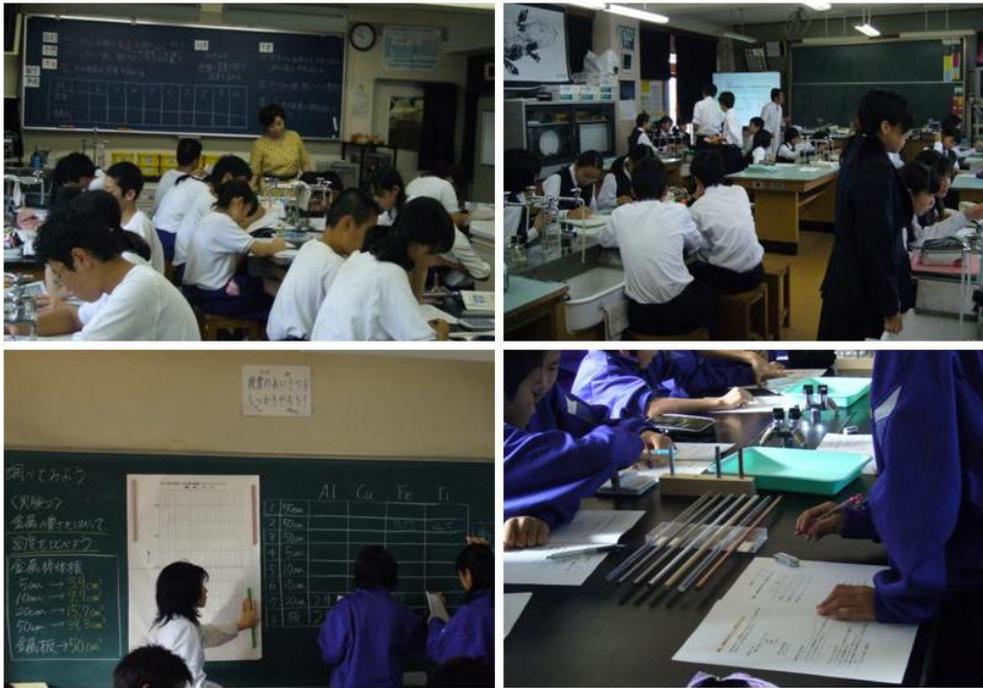


図 1 8 貸出教材を用いた授業の様子

(D)-2 効果測定

貸出教材の評価を、授業のモニタリング、授業を行った教諭らへのインタビュー、事前・事後の生徒へのアンケート結果の分析・解析から行った。2008年に実施した3校（各校1クラス分）の生徒対象のアンケート結果を図19に示す。

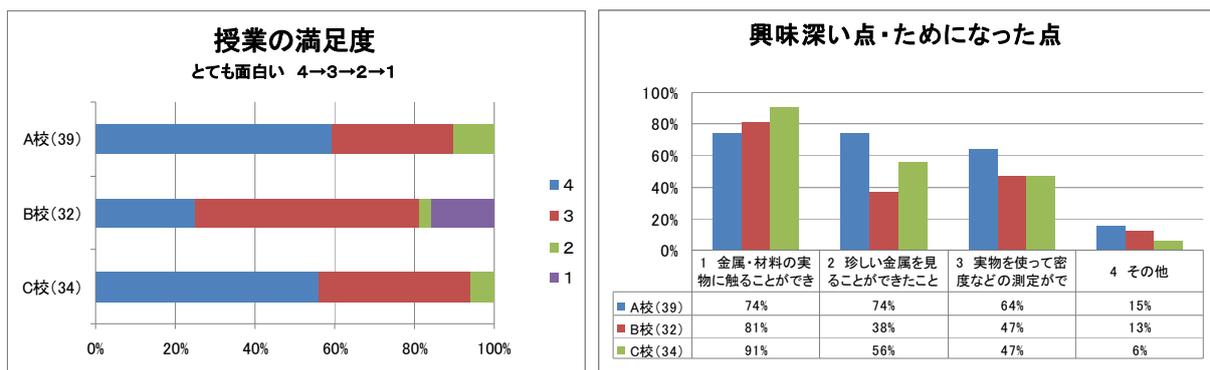


図 1 9 貸出教材「金属・材料を調べてみよう」2008年度アンケート結果 1

生徒対象のアンケート結果より、3校とも、出張授業の満足度はほとんどが4段階で3以上であった。また、多くの生徒が金属の実物に触れることがためになったと回答した。また、授業を行った教諭に対するインタビューからは、貸出教材の良い点として、「実物が使えること」「貸出教材の使用により経費が大幅に節約できること」「実験の負担が減ること」「問い合わせが容

易であること」などが挙げられた。また、「『貸出教材研究会』で研究者から金属の研究に関する話を聞いたことにより、自身の金属に対する認識が高まったこと」に言及した教諭もいた。一方、悪い点としては、「1コマでやるには内容が多い」「授業案に不明瞭なところがある」などが挙げられた。貸出教材が、生徒、教諭、研究者のそれぞれの立場にとって利点があり、おおむね好評であることが明らかになった。

生徒用アンケートには、密度の概念に関する知識の定着度、金属に対する認識を調べる質問を設けており、事前・事後（貸出教材を用いた授業を受ける前と受けた後）の正答率を比較し、貸出教材の効果を検討した。生徒の知識（密度の概念）の定着に関しては、予想に反して効果にはばらつきが見られた（図20）。授業を行った教諭に「生徒の知識の定着」に関してインタビューしてみると、正答率が下がったケースでも「生徒が密度の概念を理解したという手応えは感じられた」が、習った表現と異なる表現で質問されると、回答できなかつたり、設問の表現で混乱した可能性もあるということであった。効果測定のためには、質問表現にも留意する必要があることが示唆された。一方、金属に対する認識に関しては、いずれの学校においても正答率は大幅に向上した（図21）。

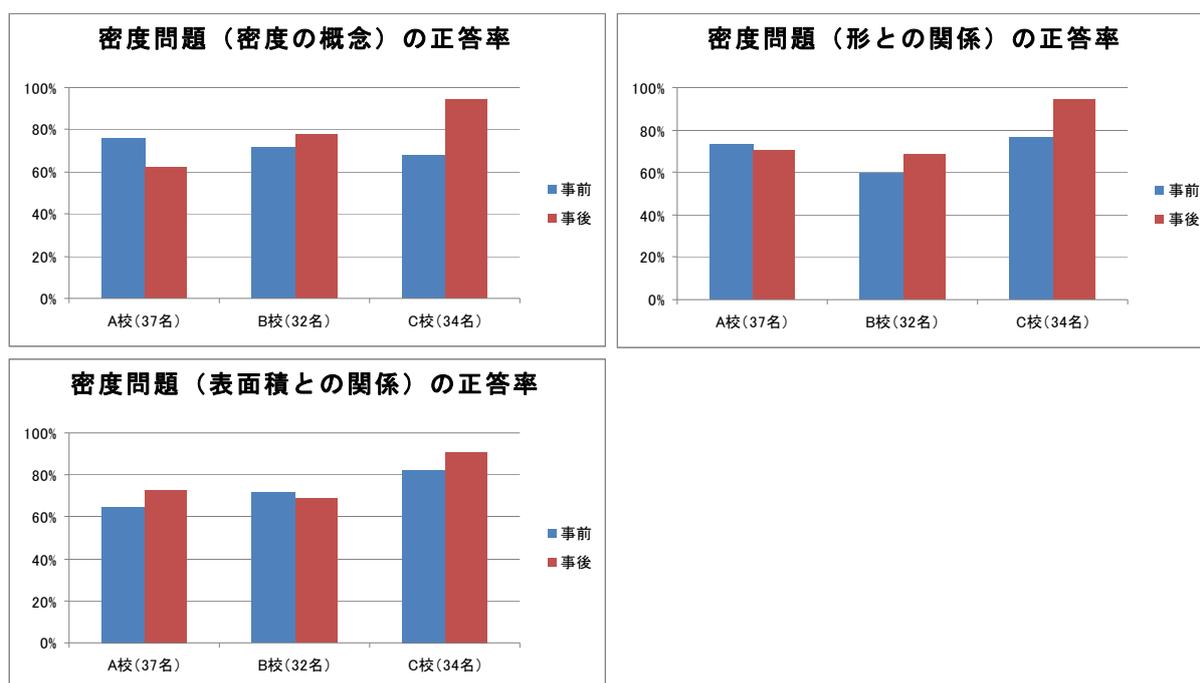


図20 貸出教材「金属・材料を調べてみよう」2008年度アンケート結果2
密度問題の正答率の変化

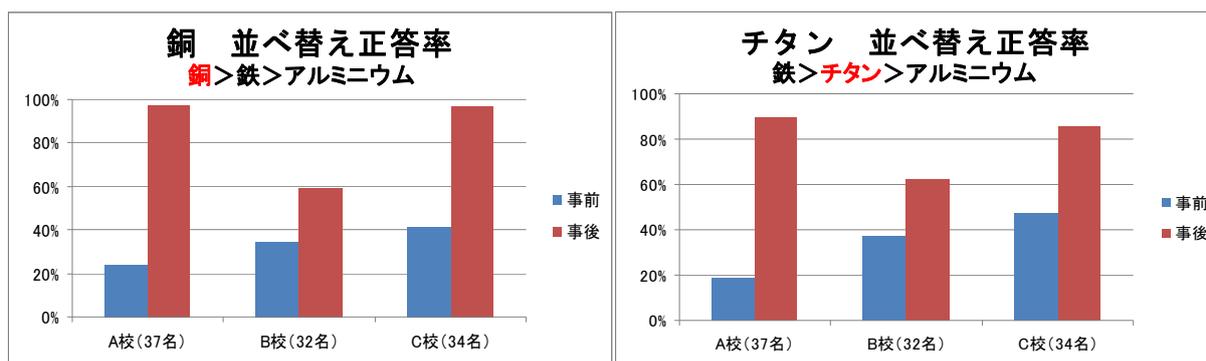


図 2 1 貸出教材「金属・材料を調べてみよう」2008年度アンケート結果3

並べ替え問題の正答率

これらの知見より、貸出教材は、「生徒の理科の好き嫌いに関係なく、大人数の生徒に情報発信できる」研究者のアウトリーチ活動の一形態になりうると考えられる。

(E) メディアとの交流会など

上記(A)～(D)のアウトリーチ活動で得られた結果を理工系研究者、社会の接点領域(科学技術論、教育関係)の研究者などで分析・検討し、次回のアウトリーチ活動のためにフィードバックした。

・メディアとの交流会

本研究開発のアウトリーチ活動で得られた知見などは、「メディアとの交流会」で報告・広報し、また、メディア側の意見をアウトリーチ活動へフィードバックした。「メディアとの交流会」では、活動の広報にとどまらず、毎回話題提供者を設定し、昨今の新聞等の報道で誤った認識をもたれている科学分野について、先端研究者がメディア側へ最新の情報を提供し、一般社会が正しい科学知識を得られるように活動した。プロジェクト期間中、下記9回を実施した。

メディアとの交流会での話題の一部は、参加したメディア関係者らによりNHK論点などのメディアに取り上げられ、青少年を含む広く一般への情報発信につながった。

- (1) 日時：2007年1月30日(火) 18:00～20:00
 場所：東京大学生産技術研究所
 サステイナブル材料国際研究センター会議室
 話題提供：岡部 徹(東京大学生産技術研究所 准教授)
 『レアメタルの枯渇』、その誤解と報道について
- (2) 日時：2007年5月24日(木) 18:00～20:00
 場所：東京大学生産技術研究所
 サステイナブル材料国際研究センター会議室
 話題提供：渡辺 正(東京大学生産技術研究所 教授)
 「大学につながらない高校理科教育 ―その傾向と対策―」
- (3) 日時：2007年9月7日(金) 18:00～20:00

場所：東京大学生産技術研究所
サステイナブル材料国際研究センター会議室
話題提供：野城 智也（東京大学生産技術研究所 教授）
「建築のトレーサビリティ」

- (4) 日時：2007年11月26日（月）18:00～20:00
場所：東京大学生産技術研究所
サステイナブル材料国際研究センター会議室
話題提供：桑原 雅夫（東京大学生産技術研究所 教授）
「渋滞解消の秘策」
- (5) 日時：2008年4月30日（金）18:00～20:00
場所：東京大学生産技術研究所
サステイナブル材料国際研究センター会議室
話題提供：大島 まり（東京大学生産技術研究所 教授）
「先端研究を分かりやすく社会に伝える
—研究者の情報発信とアウトリーチ活動—」
- (6) 日時：2008年7月23日（金）18:00～20:00
場所：東京大学生産技術研究所
サステイナブル材料国際研究センター会議室
話題提供：小長井 一男（東京大学生産技術研究所 教授）
「近年の巨大地震被害 —土砂災害・地形変動—」
- (7) 日時：2008年12月22日（月）18:00～20:00
場所：東京大学生産技術研究所
サステイナブル材料国際研究センター会議室
話題提供：浦 環（東京大学生産技術研究所 教授）
「海は陸の常識では判断できない
—日本は本当に海洋国家か—」
- (8) 日時：2009年3月4日（月）18:00～20:00
場所：東京大学生産技術研究所
サステイナブル材料国際研究センター会議室
話題提供：須田 義大（東京大学生産技術研究所 教授）
「ビークル研究・鉄道事故調査と報道について」
- (9) 日時：2009年7月15日（水）18:30～20:30
場所：東京大学生産技術研究所
サステイナブル材料国際研究センター会議室
話題提供：中埜 良昭（東京大学生産技術研究所 教授）
「地震被害と建物の安全性 報道と現実のギャップ」

・シンポジウム「これからの科学リテラシーを考える」

2008年10月18日にシンポジウム「これからの科学リテラシー」を開催した（図2-2：参加者140名）。シンポジウムでは、前半は北原和夫氏、滝川洋二氏、元村有希子氏、清原洋一氏、および本プロジェクト研究開発実施者の渡辺正（東大生研）の5名の講演者がさまざまな角度から科学リテラシーの現状を報告し、後半はパネルディスカッション「科学技術リテラシーと理科教育」で、青少年の科学技術リテラシー向上のために何ができるかを討論した。ホワイエでは、これま

での本プロジェクトの研究活動を紹介し、関連分野の研究者と意見交換、討論し、これからの研究活動にフィードバックした。



図2.2 シンポジウム「これからの科学リテラシーを考える」の様子

(左) 本プロジェクト研究成果のパネル展示

(右) パネルディスカッション「科学技術リテラシーと理科教育」

・シンポジウム「先端研究者による青少年の科学技術リテラシー向上」

2009年11月7日にシンポジウム「先端研究者による青少年の科学技術リテラシー向上」を開催した(図2.3:参加者104名)。シンポジウムでは、研究開発プロジェクト「21世紀の科学技術リテラシー」の領域総括 村上陽一郎氏の基調講演「なぜ科学・技術リテラシーなのか」の後、本プロジェクト代表 大島まりが研究成果報告、前田直美氏、秋葉敏克氏が、学校関係者、企業の研究者としてのそれぞれの立場から実例を踏まえた青少年の科学技術リテラシー向上への取組みを報告した。後半はパネルディスカッションで、青少年の科学技術リテラシー向上のためにそれぞれの立場から何ができるかを討論した。関連分野の研究者との意見交換を行い、今後の研究活動にフィードバックした。



図2.3 シンポジウム「先端研究者による青少年の科学技術リテラシー向上」の様子

(左) 本プロジェクト研究成果のパネル展示

(右) パネルディスカッション「今後の青少年の科学技術リテラシー向上にむけて」

(3) 研究開発成果の社会的含意、特記事項など

■アウトリーチ活動のプロトタイプの提案

研究者のアウトリーチ活動に関しては、研究者個人の努力、経験によるところが大きく、単発のイベントに終始し、適切に評価・体系化するモニタリング機能が欠如していた。今回の研究開発成果により、研究者（特に工学分野における研究者）の効果的なアウトリーチのプロトタイプを提案することにより、研究者がこれまでのアウトリーチ活動に自己フィードバックを行い、アウトリーチ活動を推進するきっかけになると考えられる。このような研究者のアウトリーチ活動の積み重ねにより、青少年の科学技術リテラシー向上・維持が期待できると考えられる。

■アウトリーチ活動の一形態として有効な『貸出教材』の提案

「理科の好き嫌いに関係なく大人数の生徒に情報発信できる」アウトリーチ活動を有効に用いることにより、青少年の科学技術リテラシー向上・維持が期待できると考えられる。

■研究者の社会リテラシー向上

研究者だけでなく、多くの大学院生がアウトリーチ活動の企画・実施に関わったことにより、将来の研究者である大学院生も青少年の科学技術リテラシーの現状に関する情報を共有し、問題意識を高めるきっかけとなった。

■社会への貢献

正規の初等・中等教育とは異なる学びの場を提供することができ、科学技術者の層を厚くするためのキャリア教育としての意義もある。女性研究者・技術者の人材育成にも貢献できると考えられる。

■「教育」面における産学連携のプロトタイプ

「研究」に関する産学連携はすでに確立されているが、今回の研究開発成果により「教育」面における産学連携のプロトタイプを提案する。

(4) 研究開発成果の今後期待される効果

本研究では、中学生・高校生を中心とした青少年の科学リテラシーの向上を目指すことを目標とし、研究者の所属している理工系領域、産業界領域、そして教育やメディアに関係する人々が所属する社会との接点領域の3領域が連携し、「青少年の科学技術リテラシー向上」の視点から出張授業を軸としたアウトリーチプログラムの開発手法・システムの構築を提示した。本プロジェクトの研究成果から下記の効果が今後期待できる。

これまで、科学技術振興機構のサイエンス・パートナーシップ・プロジェクト（SPP）およびスーパーサイエンスハイスクール（SSH）支援事業において大学と中学・高校の連携が推進され、研究者による中学生・高校生を対象としたアウトリーチ活動（出張授業）が行われてきた¹⁾。しかしながら、これらの出張授業を適切に評価し、分析、体系化するシステムがなく、研究者の努力

が単発のイベントに終わり、青少年の科学リテラシー向上の側面からのアウトリーチ活動のノウハウが蓄積・共有できにくい状況であった。

一方、国立科学博物館では、「科学リテラシー涵養活動」をライフステージと目標に合わせて精力的に展開している。本研究は、国立科学博物館考案の「科学リテラシー涵養活動」の体系イメージ表^{2)~4)}で、中学生・高校生を対象にした「感性の涵養」(科学に親しむ体験を通じて、科学に対する興味・関心や実生活との関わりを感じる。科学に親しむ体験を通じて、科学に対する興味・関心や科学の有用性を感じる。)⁵⁾「知識の習得・概念の理解」(科学に親しむ体験を通じて、生活で直接かかわる科学的知識を身につける。生活や社会に関わる科学的知識に理解を広げる。)を目標にしたプログラムに位置づけられる。本研究の成果は、これらの目標をふまえ4-(2)節の図2にまとめられた体系に基づき、以下の3つのプロセスに重きを置いて出張授業のシステムを構築した点である。

- ① 1 点目は中学・高校の教諭も含めて対象となる中学生・高校生の興味、関心や疑問について動向・意識調査を行い、その結果と学習指導要領に基づき、中学・高校で学習している内容と研究を結び付けテーマを設定すること
- ② テーマにしたがい、理解や考えを深めることのできるような実験・実習をデザインしていくこと
- ③ 出張授業をモニタリングし、アンケート調査により評価し、その結果を次の出張授業の計画にフィードバックすること

このようなシステムを提案することにより、研究者がノウハウを共有することができ、多くの研究者(理工系領域)が中学生・高校生の環境や学習習得状況に応じた、「青少年の科学技術リテラシー向上」の視点を取り入れた効果的なアウトリーチ活動を展開することが可能になると、今後期待される。また、他分野との連携および双方コミュニケーションに基づく科学技術コミュニケーションの促進にも寄与すると考えられる。

貸出教材に関しては、国立科学博物館において現行の指導要領との位置づけを明確にした標本貸出が行われている。しかし、貸出物は「化石」「鉱石」などの標本が中心であり、科学(サイエンス)に基づいた教科書の内容の理解に重点が置かれている。また、現在までに、さまざまな団体がさまざまな分野で貸出教材事業を展開している(例として、社団法人 日本酪農乳業協会の貸出教材「牛乳と骨指導セット」、くすりの適正使用協議会「くすり教育教材」など)。しかし、技術(テクノロジー)を中心とした工学分野の研究テーマを取り上げ、現行の指導要領との位置づけを明確にし、「青少年の科学技術リテラシー向上」に寄与できる貸出教材を開発した例はあまり見られない。本研究の成果は、貸出教材を中学・高校の教諭が授業に用いることで、理科好きな限られた生徒が対象になりがちな出張授業とは異なり、多くの生徒を対象に「青少年の科学技術リテラシー向上」が行える新しい形態のアウトリーチ活動を提案した点にある。今後、このよ

うな貸出教材を他の研究分野、特に工学関連分野の研究を題材にして創り出すことにより、社会と生活に密着した側面からの科学技術の「感性の涵養」と「知識の習得・概念の理解」に貢献できるのではないかと期待される。

参考文献

- 1) 佐藤明子・菌部幸枝・森富子・滝澤公子・室伏きみ子
「アウトリーチにおけるサイエンスコミュニケーション」
科学教育研究 31(4), 410-419, 2007
- 2) 独立行政法人国立科学博物館 科学リテラシー涵養に関する有識者会議
「科学リテラシー涵養活動」を創る～世代に応じたプログラム開発のために～(中間報告書)
平成 20 年 2 月
- 3) 独立行政法人国立科学博物館
「科学的体験学習プログラムの体系的開発に関する調査研究」(調査研究報告書)
平成 21 年 3 月
- 4) 小川義和(研究代表者)
「科学リテラシーの涵養に資する科学系博物館の教育事業の開発・体系化と理論構築」
(研究成果中間報告書)
平成 21 年 3 月

5. 研究開発実施体制

(1) 体制

<p>研究代表者(研究の統括と遂行) 東京大学大学院情報学環 兼 東京大学生産技術研究所 ・大島まり</p>		
<p>理工系研究領域 産業界領域</p> <p>[共同研究者] 東京大学生産技術研究所 ・渡辺正 ・光田好孝 ・藤井輝夫 ・岡部徹 ・志村努 東京大学大学院情報学環 兼 東京大学生産技術研究所 ・鈴木高宏 [研究協力] 企業 130 社 (株)東芝 ・小林祐子 他</p>	<p>社会との接点領域 (科学技術社会論・メディア)</p> <p>[共同研究者] 東京大学大学院総合文化研究科 ・廣野喜幸 東京大学生産技術研究所 ・坪井京子 ・本間栄男 ・和田重雄</p> <p>[研究協力] メディア各社</p>	<p>社会との接点領域 (教育関係者)</p> <p>[共同研究者] 横浜桐蔭大学 (元 国立教育政策研究所) ・松原静郎</p> <p>[研究協力] 中学・高校 品川区立小中一貫校日野学園 ・山口晃弘 他</p>

(2) 研究開発実施者

① リテラシー向上グループ

氏名	所属	役職	研究開発項目	参加時期
大島 まり	東京大学大学院 情報学環 兼 東京大学生産技 術研究所	教授	研究の統括	平成 18 年 12 月～ 平成 21 年 11 月
渡辺 正	東京大学生産技 術研究所	教授	メディアとの交流会	平成 18 年 12 月～ 平成 21 年 11 月
光田 好孝	東京大学生産技 術研究所	教授	アウトリーチ活動企画 (貸出教材)	平成 18 年 12 月～ 平成 21 年 11 月
藤井 輝夫	東京大学生産技 術研究所	教授	アウトリーチ活動企画	平成 18 年 12 月～ 平成 21 年 11 月
岡部 徹	東京大学生産技 術研究所	教授	アウトリーチ活動企画 (貸出教材)	平成 18 年 12 月～ 平成 21 年 11 月

志村 努	東京大学生産技術研究所	教授	アウトリーチ活動企画・実行 (出張授業)	平成20年6月～ 平成21年11月
鈴木 高宏	東京大学大学院 情報学環 兼 東京大学生産技術研究所	准教授	アウトリーチ活動企画・実行 (出張授業)	平成19年8月～ 平成21年11月
廣野 喜幸	東京大学大学院 総合文化研究科	准教授	ケーススタディ、効果測定	平成18年12月～ 平成21年11月
松原 静郎	横浜桐蔭大学	教授	アンケート、ケーススタディ、効果測定	平成18年12月～ 平成21年11月
坪井 京子	東京大学生産技術研究所	特任研究員	アウトリーチ活動企画・実行、モニタリング	平成19年10月～ 平成22年3月
本間 栄男	東京大学生産技術研究所	特任研究員	アウトリーチ活動企画・実行、アンケート、ケーススタディ、効果測定	平成19年11月～ 平成21年3月
和田 重雄	東京大学生産技術研究所	特任研究員	効果測定	平成19年11月～ 平成22年3月
黒田 真史	東京大学理学系 研究科	大学院生	アウトリーチ活動企画・実行	平成18年12月～ 平成21年11月
藪崎 仁史	東京大学生産技術研究所	大学院生	アウトリーチ活動企画・実行	平成19年11月～ 平成20年3月
前川 利満	東京大学生産技術研究所	大学院生	アウトリーチ活動企画・実行	平成19年4月～ 平成20年3月
江村 輝幸	東京大学生産技術研究所	大学院生	アウトリーチ活動企画・実行	平成19年11月～ 平成21年3月
関口 宏	東京大学生産技術研究所	大学院生	アウトリーチ活動企画・実行	平成19年9月～ 平成21年3月
秋富 知明	東京大学生産技術研究所	大学院生	アウトリーチ活動企画・実行	平成19年11月～ 平成21年3月
市川 徹	東京大学生産技術研究所	大学院生	アウトリーチ活動企画・実行	平成19年11月～ 平成21年3月
森 正嘉	東京大学生産技術研究所	大学院生	アウトリーチ活動企画・実行	平成19年11月～ 平成21年3月
結城 知彦	東京大学生産技術研究所	研究実習生	アウトリーチ活動企画・実行	平成19年11月～ 平成21年3月

赤川 史帆	東京大学生産技術研究所	大学院生	アウトリーチ活動企画・実行	平成 20 年 6 月～ 平成 21 年 3 月
佐溝 貴史	東京大学大学院 総合文化研究科	大学院生	アウトリーチ活動企画・実行	平成 20 年 6 月～ 平成 21 年 3 月
若公 雅敏	東京大学生産技術研究所	大学院生	アウトリーチ活動企画・実行	平成 20 年 6 月～ 平成 21 年 3 月
竹田 将一	東京大学生産技術研究所	大学院生	アウトリーチ活動企画・実行	平成 20 年 6 月～ 平成 21 年 11 月
宮田 剛志	東京大学生産技術研究所	大学院生	アウトリーチ活動企画・実行	平成 20 年 6 月～ 平成 21 年 11 月
中村 弘毅	東京大学生産技術研究所	大学院生	アウトリーチ活動企画・実行	平成 20 年 12 月～ 平成 21 年 11 月
長井 徹	東京大学生産技術研究所	大学院生	アウトリーチ活動企画・実行	平成 21 年 7 月～ 平成 21 年 11 月
森 圭輔	東京大学生産技術研究所	大学院生	アウトリーチ活動企画・実行	平成 21 年 7 月～ 平成 21 年 11 月
山中 広紀	東京大学生産技術研究所	大学院生	アウトリーチ活動企画・実行	平成 21 年 7 月～ 平成 21 年 11 月
田代 祐美子	東京大学生産技術研究所	研究補助員	研究補助員	平成 18 年 12 月～ 平成 20 年 2 月
長野 美登里	東京大学生産技術研究所	研究補助員	研究補助員	平成 19 年 10 月～ 平成 20 年 2 月
大谷 紀代	東京大学生産技術研究所	研究補助員	研究補助員	平成 20 年 4 月～ 平成 22 年 3 月
堀 祐子	東京大学生産技術研究所	研究補助員	研究補助員	平成 21 年 4 月～ 平成 22 年 3 月
清水 朋子	東京大学生産技術研究所	研究補助員	研究補助員	平成 21 年 9 月～ 平成 21 年 11 月

(3) 招聘した研究開発協力者等

氏名(所属、役職)	招聘の目的	滞在先	滞在期間
なし			

6. 成果の発信やアウトリーチ活動など

(1) ワークショップ等

年月日	名称	場所	参加人数	概要
2007年 1月30日	メディアとの交流会	東京大学生産 技術研究所	16名	岡部 徹 「『レアメタルの枯渇』、その誤解 と報道について」
2007年 5月24日	メディアとの交流会	東京大学生産 技術研究所	14名	渡辺 正 「大学につながる高校理科 教育—その傾向と対策—」
2007年 9月7日	メディアとの交流会	東京大学生産 技術研究所	15名	野城 智也 「建築のトレーサビリティ」
2007年 11月26 日	メディアとの交流会	東京大学生産 技術研究所	13名	桑原 雅夫 「渋滞解消の秘策」
2007年 12月15 日	出張授業に関する座談会	東京大学生産 技術研究所	8名	中学生・高校生の科学への関心の 実態、出張授業の題材などに関し て中学校・高校の教諭と情報交換 した。
2008年 4月30日	メディアとの交流会	東京大学生産 技術研究所	16名	大島 まり 「先端研究を分かりやすく社会 に伝える—研究者の情報発信と アウトリーチ活動—」
2008年 7月23日	メディアとの交流会	東京大学生産 技術研究所	11名	小長井 一男 「近年の巨大地震被害—土砂災 害・地形変動—」
2008年 7月26日	貸し出し教材「金属・材料 を調べてみよう」研究会	東京大学生産 技術研究所	13名	貸出教材の開発者(材料科学の研 究者)と中学校・高校の教諭との 間で開発意図や授業案などに関 して情報交換した。
2008年 10月18 日	シンポジウム 「これからの科学リテラシ ーを考える」	東京大学生産 技術研究所	160名	さまざまな角度から科学リテラ シーの現状を報告し、後半はパネ ルディスカッションで、青少年の 科学技術リテラシー向上のため に何ができるかを討論した。
2008年 12月22 日	メディアとの交流会	東京大学生産 技術研究所	11名	浦 環 「海は陸の常識では判断できな い—日本は本当に海洋国家か—」
2009年 3月4日	メディアとの交流会	東京大学生産 技術研究所	13名	須田 義大 「ビークル研究・鉄道事故調査と 報道について」
2009年 7月15日	メディアとの交流会	東京大学生産 技術研究所	13名	中埜 良昭 「地震被害と建物の安全性—報 道と真実のギャップ—」
2009年 11月7日	シンポジウム 「先端研究者による青少年 の科学技術リテラシー向 上」	東京大学生産 技術研究所	104名	本研究の成果報告およびさまざ ま立場から(教育関係者、産業界 研究者)の青少年の科学技術リテ ラシー向上への取組みを踏まえ、 総合討論を行い、今後の活動への フィードバックを図った。

(2) 論文発表 (国内誌 0 件、国際誌 0 件)

(3) 口頭発表 (国際学会発表及び主要な国内学会発表)

①招待講演 (国内会議 0 件、国際会議 0 件)

②口頭講演 (国内会議 3 件、国際会議 0 件)

- ・鈴木 高宏 (東京大学大学院情報学環・東京大学生産技術研究所)、坪井 京子・本間 栄男 (東京大学生産技術研究所)、大島 まり (東京大学大学院情報学環・東京大学生産技術研究所)

「出張授業『ロボットを作るために力学を知ろう!』」

日本理科教育学会第 58 回全国大会、富山、2008 年 9 月 14~15 日

- ・大島 まり (東京大学大学院情報学環・東京大学生産技術研究所)、本間 栄男 (東京大学生産技術研究所)、佐溝 貴史 (東京大学大学院総合文化研究科)、坪井 京子 (東京大学生産技術研究所)、鈴木 高宏 (東京大学大学院情報学環・東京大学生産技術研究所)

「アンケートによる出張授業の効果測定」

日本理科教育学会第 59 回全国大会、仙台、2009 年 8 月 18~19 日

- ・坪井 京子・赤川 史帆・本間 栄男 (東京大学生産技術研究所)、大島 まり (東京大学大学院情報学環・東京大学生産技術研究所)、光田 好孝 (東京大学生産技術研究所)

「研究者による貸出教材『金属・材料を調べてみよう』の開発」

日本科学教育学会年会、京都、2009 年 8 月 24~25 日

③ポスター発表 (国内会議 1 件、国際会議 0 件)

- ・大島 まり (東京大学大学院情報学環・東京大学生産技術研究所)、坪井 京子・本間 栄男・和田 重雄 (東京大学生産技術研究所)

「先端研究者による青少年の科学技術リテラシー向上」

日本理科教育学会第 58 回全国大会、富山、2008 年 9 月 14~15 日

(4) 新聞報道・投稿、受賞等

①新聞報道・投稿

- ・朝日新聞 2007 年 6 月 18 日 p27 (科学面)
探求 人 「若者向けに科学広める」
東京大学生産技術研究所 大島まり
取材：瀬川茂子記者

②受賞

- ・財団法人生産技術研究奨励会 理事長賞
「知の社会浸透」ユニット(代表 大島まり)

③その他

(a) 書籍、DVD など論文以外に発行したもの

- ・「科学コミュニケーション論」、藤垣裕子・廣野喜幸 (編)、東京大学出版、2008 年 10 月
第 8 章 大島 まり「出張授業にみる科学コミュニケーション」 pp. 145-157
- ・シンポジウム「これからの科学リテラシーを考える」報告書
2008 年 3 月作成
- ・シンポジウム予稿集

「先端研究者による青少年の科学技術リテラシー向上」
2009年11月作成

(b) ウェブサイト構築

- ・ <http://kdu.iis.u-tokyo.ac.jp/jst2/index.html>
2006年のプロジェクト開始時より、常時アップデートを行っている。

(c) 研究開発成果を発信するためのシンポジウム等の開催

- ・ シンポジウム「これからの科学リテラシーを考える」
2008年10月18日、東京大学生産技術研究所
- ・ シンポジウム「先端研究者による青少年の科学技術リテラシー向上」
2009年11月7日、東京大学生産技術研究所

(d) その他

- ・ 「出張授業報告」
坪井京子
生研ニュース No. 110, p7, 2008年2月
- ・ 東京大学 科学技術インタープリター養成プログラム修了研究論文
赤川史帆・大島まり
「金属材料を用いた貸し出し教材の開発」
2009年2月提出
- ・ 東京大学 科学技術インタープリター養成プログラム修了研究論文
佐溝貴史・大島まり
「アウトリーチ活動の効果をどう測定するか～出張授業を例に～」
2009年2月提出

(5) 特許出願

①国内出願 (0 件)

②海外出願 (0 件)

(6) その他の発表・発信状況、アウトリーチ活動など

- ・ 流れのふしぎ展
2008年8月16日(土)
講演「血液の流れをみる！」
- ・ 数理の翼ワークショップ2008
2008年8月2日(土)
講演「血液の流れをシミュレーションする」
- ・ 佐野日本大学高等学校 SSH 講演会
2008年6月20日(金)
講演「脳内の血流をシミュレーションする」
- ・ 「中高生のための生研公開」にて
研究活動紹介のパネル展示
2007年5月31日～6月2日 東京大学生産技術研究所

- ・「未来の科学者のための駒場リサーチキャンパス公開」にて
研究活動紹介のパネル展示
2008年5月29～31日 東京大学生産技術研究所
- ・サイエンスアゴラ 2008にて研究活動紹介
「研究者から未来の科学者へアウトリーチ！」
東京大学生産技術研究所「知の社会浸透」ユニット
2008年11月23～24日 国際交流村
- ・「未来の科学者のための駒場リサーチキャンパス公開」にて
研究活動紹介のパネル展示
2009年5月29～30日 東京大学生産技術研究所
- ・掃除ロボットでゴミの分別収集に挑戦！「スカベンジャーロボット」製作教室
(共催：東京大学生産技術研究所「知の社会浸透ユニット」)
2008年2月11日、17日、24日 日本科学未来館
- ・掃除ロボットでゴミの分別収集に挑戦！「スカベンジャーロボット」製作教室
(共催：東京大学生産技術研究所「知の社会浸透ユニット」)
2009年2月21日、3月7日 日本科学未来館イノベーションホール
- ・小中学生スカベンジャーロボット教室
(協力：東京大学生産技術研究所「知の社会浸透ユニット」)
2009年11月28日 にしみたか学園 三鷹市立第二中学校

7. 結び

研究の概要に沿って、事前の調査に基づき、出張授業を2テーマについて開発し、各テーマに対して異なる3校で実施することができ、かつモニタリングやアンケート結果をフィードバックして改良した出張授業を実施したことの意義は大きい。また、申請段階では考えていなかった貸出教材についても、プロジェクトを進めていく上で出てきたアイデアであり、従来の出張授業とは異なる観点で新しい展開を示した。アウトリーチ活動の効果を測定するため、科学技術リテラシーの側面に関するアンケート、および出張授業による知識の定着度を測るための設問、の2つを、事前、事後、追跡（6ヶ月後）の対照アンケートとクイズを出張授業7校に、また貸出教材の事前、事後アンケートを6校に対して実施した。サンプル数が十分とは必ずしもいえないが、興味深い結果を得ることができた。自己評価としては本プロジェクトの達成度は高いと考えている。

実施にあたっての反省点は、アンケート調査およびクイズについてはプロジェクト開始後は試行錯誤していたため、出張授業(1)はあまり統一されていない点である。また、出張授業の受け入れ学校として様々なタイプの学校で行いたいと考えていたが、比較的理科教育に熱心である学校で、かつ理数科が好きな生徒に対して実施する傾向が強かった。理科が苦手、あるいは好きでない生徒が参加し、興味を持ってもらえるようなプログラムの開発が今後の課題と考えている。

今後は、本プロジェクトで得られた成果を元に、研究を題材とした出張授業を軸としてアウトリーチ活動をさらに充実化させ、初等・中等教育を補強するとともに、科学技術リテラシーを向

上させることのできるプログラムを体系化し、開発していきたい。また、研究者同士、違う領域の人々との交流を通して、ブラックボックス化している科学技術を解きほぐし、社会との接点を理解できるようなアウトリーチ活動を展開していきたいと考えている。

研究を遂行するにあたり、優秀な研究員・事務職員に恵まれ、彼らの功績、特に坪井京子特任研究員により、大きくプロジェクトが進展したといえる。若手研究員の育成の面では、平成19年11月から平成21年3月まで特任研究員として本プロジェクトに関わっていた本間栄男氏が平成21年4月より桃山学院大学社会学部に准教授として就職された。科学技術コミュニケーション分野における就職が厳しいと言われるなかで、このような形で研究員がステップ・アップしていくことは嬉しいことであり、この分野に携わっている若手研究員にとって励みになると考えている。また、TA (Teaching Assistant) として多数の大学院生にアウトリーチ活動に参加いただき、TAが出張授業の楽しさ、有意義な点を中学生・高校生に教えることにより、彼ら自身のコミュニケーション能力の向上、科学技術リテラシーへの関心を高めることができたと思う。将来、彼らが研究者として一線で活躍するころには、彼らが科学技術コミュニケーションを牽引するような良いサイクルが構築されているのではないかと感じている。

本プロジェクトは大変であったが、様々な機関の様々な人々と交流し、連携してアウトリーチ活動を開発するといった得難い体験をすることができ、貴重な研究となった。