

## 数学科内容学の新たな役割

— 科学館展示を用いた数学の発信 —

花木 良<sup>1</sup>, 伊藤 直治<sup>2</sup>, 吉井 貴寿<sup>3</sup>

**要旨:** 教科内容は、時代に応じて適宜変化していくべきものである。変化した教科内容が学校教育に定着するためには、児童・生徒のみならず保護者や社会でも理解される必要がある。そこで、教員養成系大学・学部及び数学科内容学には「社会に向け、発展する数学や変化する教科内容を説明・発信すること」が期待される。本研究では、この方法の確立を目指し、幅広い世代の多くの人々が集う科学館を利用する方法に着目し、これを論じる。本論文では「幅広い年齢層に対応するように説明・発信する」、「数学の専門的知識をより身近なものと感じるように説明・発信する」、「学校数学と数学の専門的知識との関係を説明・発信する」という三つの指針に基づいて作成した展示物について紹介し、科学館展示の実践から得られた知見を整理している。最後に、理科、国語、社会、美術等でも同様の取組が行われれば、科学館、博物館、美術館や文化施設等の機能が強化され、教科専門と社会が密接に関係し合い、教育課程の編成や社会全体の理解への一助となることを展望する。

**キーワード:** 数学科内容学, 科学館, 知恵の輪, カリキュラム, 教育課程

### 1. 教員養成系大学・学部への期待

社会や教育環境が急速に変化する現代において、数学教育の目標もそういった変化を見据えたものへと改められようとしている。これに呼応する形で、必然的に教科内容にも変化が求められている。例えば、従来重視されてきた「学習の結果として獲得される知識・技能」だけでなく、その「学習プロセスやそこで養われる能力」をも重要視する考えが昨今では主流となりつつある。そして、「数学的モデリング」・「(知識の)活用」・「言語活動」・「課題探究」・「協働」・「アクティブラーニング」といった学習が盛んに研究され、実践に組み込まれようとしている<sup>①</sup>。また、それらの学習指導をより質の高いものにするために、ICTを有効に活用することも思考されるようになってきている。このように、国の未来に向けた学校教育という営みは、時代に応じて適宜変化していくべきものである。

堅牢な論理的構造を有する数学という教科であっても決して例外ではない。学校教育で扱われる数学は不変ではなく、時代とともに変化する。例えば、我が国の数学教育では、昭和26, 33, 44, 52年の中学校学習指導要領数学科、昭和31, 35年の高等学校学習指導要領数学科には計算尺が取り上げられ、中学校ではその使い方、高校では指数対数においてその仕組みが紹介されていた。その後、

<sup>1</sup> 奈良教育大学 hanaki@nara-edu.ac.jp

<sup>2</sup> 奈良教育大学 naoharu@nara-edu.ac.jp

<sup>3</sup> 奈良教育大学 takatoshi.441@nara-edu.ac.jp

受付日: 2015年9月30日 受理日: 2016年3月15日

実用的価値がなくなると計算尺は学校数学から姿を消し、計算機（アルゴリズム）が入るようになった。しかし、現行の学習指導要領の高等学校数学では、以前あった「数値計算とコンピュータ」がなくなっている。その解説には、アルゴリズムという語が整数の性質で一度だけ挙げられているのみである（例えば、花木良（2013）参照）。「情報」という科目ができたことも関係するが、社会に必要な点を踏まえると、「数学」でも充実させる必要があると考える。また、現代化の頃（1970年代）には位相的な見方を教科内容に組み込もうとし、中学校の数学で取りあげられたこともある。しかし、これもすぐになくなってしまった。これらが続かなかった理由は、適切な教材がなかったり現職教員への研修や教員養成が不十分であったりしただけではなく、社会の理解が十分に得られなかったためであるとも考えられている<sup>20</sup>。そして、このような問題を解決するためには、教育関係者（大学教員や学校教員など）が児童・生徒のみならず保護者や社会に対しても、率先して数学を説明・発信するよう努めねばならない。今後も生じ続けていく教科内容の変化を考えたとき、教員養成系大学・学部にはこの「変わりゆく数学を説明・発信すること」が期待される。

本研究ではこのような現状と期待をふまえ、変わりゆく数学を説明・発信する方法の確立を目指す。幅広い世代の多くの人が集う科学館に着目し、科学館展示を用いた数学の説明・発信に重要な三つの指針「幅広い年齢層に対応するように説明・発信する」、「数学の専門的知識をより身近なものと感じるように説明・発信する」、「学校数学と数学の専門的知識との関係を説明・発信する」を提案するとともに、「知恵の輪」と「シーソーのバランスコントロール」の事例をもとに変化する数学の説明・発信方法を示す。

## 2. 先行研究の整理

### 2.1 教科内容学への期待

前章で述べたように、本研究の背景には教育課程をどのように変えていくかという問題がある。これに対して、安彦ら（2014）は教育課程をつくるという視点から、教科内容学的研究の重要性を論じている。安彦ら（2014）の主張は、次のようなものである。『単純に現在足りないものを付加していく形で新たな教育課程を作っていけば、いつかその構造は崩れさってしまい狙っている目的の達成は危うくなる。そのため、新しい教科目をつくって足していくのではなく、既存の「教科教育学」を質的に改造することがベターな方策である。また、従来の「教科教育学」が「教育方法・指導法」に偏っていたことは誰もが認めている。このような教科教育学では「各教科」の基礎にある「教科専門」の学問と遊離しがちで、一般的な教科教育の指導法に陥り、その教科の内容に即した指導法にはなりにくい。そこで、教科内容学と呼ばれるような、学問分野を踏まえた教科教育学研究を進め、それを基に教育課程の改善を考えるべきである。』また、このように、教科内容学における研究成果が教育課程をつくる際の土台となるべきであるという考えは、西園ら（2009）によっても主張されている。西園ら（2009）は「教員養成大学・学部の教科専門の学問や諸科学分野は、個別学問や諸科学の研究に加え、次のような学校教育の教育実践を視野においた研究を担うものとする」として以下の2つを挙げている。「その第1は、教科内容の研究である。自然や社会とのかかわりから発生し発展した個々の学問分野の専門的内容は、諸科学として整理されている。その諸科学の内容は、学校教育の教科の元となり、また、各教科内容を構成するものとなる。このようなことから、諸科学の内容は、子どもの成長と発達にどのように寄与するのかという教育の視点からその内容の価値を問題にし、教科内容を創出することである。第2は、さらに、そのような内容は、どのような教材で大学生や児童・生徒に理解させるのが良いのか、そのための典型的な教材を創出することである。」本研究では、これらの先行研究が指摘している「学問分野に根ざした教科内容に関する研究」に加え、その研究成果を

広く発信していくこともまた教科内容学で行われるべき一つの重要な取組みであると考え<sup>(3)</sup>。

安彦ら(2014)では「教科専門」の学問に根ざした教科教育学を実現するための三つの原則として以下のものが提案されている。

- (1) 各学問の歴史を、科学史的な観点から整理する。それは自ずと「人間の内外の認識史・認知の変化の歴史」になる。したがって、この「科学史的作業」を、各教科の背後に必要なこととして行う。
- (2) 各学問の最も基礎的な概念と、最新の研究成果とを、できるだけ明瞭に伝達・説明できるように、言語化・図式化する。この両者が背中合わせの場合は、その関連性をつけておく。
- (3) (1)(2)を前提にした各教科の教育方法・指導法を、それに組み合わせる。

ここで重要なのは、もちろん(1)(2)である。例えば、(1)の観点からは「言語」や「数」などは、人類がこれをどのようなものとしてつくり、道具として使い、対象化して分析・研究してきたのか、これを主な研究者のものだけでも現代までたどってみれば、人類の「言語や数の認識史」の学問ができてくる。その上で、(2)により、現代の到達点から見ると、その価値や社会的役割・将来像などが、人類の認識を変容させ、発達させるものとして、その望ましさや危険とともに考察することができる。

本研究課題と最も関係が強いのは(2)である。(2)のような研究を如何に行い、どのように発信していくかという点が重要となる。そこで、前章で述べたような「児童・生徒のみならず保護者や社会に対しても発信していく」ということを考えたとき、この機能を有する具体的な施設として、科学館が考えられる。加えて、このような観点から上掲の原則を振り返ると、(1)は博物館が有する機能と関係が深いと考えることができる。このように、教科内容学に期待される研究を推し進める具体的な方法として、科学館・博物館の利用は一つの有効な方法であろう。

## 2.2 科学館への期待

科学館(博物館)の主な役割・目的は、博物館法やその他条例によって示されているように、「科学及び科学技術に関する資料を収集し、保管し、展示するとともに、その調査研究及び普及指導を行い、地域住民の文化と教養の向上に寄与すること」<sup>(4)</sup>であると言える。このように、社会に対する発信・教育の役割が期待される科学館において、その機能を高めるための一つの方法として、他の教育機関との連携を深めることが考えられている。しかし、科学館と学校の双方とも連携の必要性は感じているが、体制の不十分さや認識の不足など、複数の課題が残っており十分な成功をおさめていないのが現状であろう(例えば、小川・下條(2003)参照)。特に、算数・数学科に関しては、理科科目に比して、展示物の種類が少ないことや、それらを扱う科学館が少ないことが指摘されている。例えば、長崎・松島(2011)は現状や課題を整理した上で、「算数・数学教育に関わる学校教師や教材作成者などは、科学博物館・科学館で活用することが可能な具体物をさらに開発する必要がある」と述べている。また磯田ら(2006)は、実際に科学博物館における数学展示物・実験教具の開発及び実践を行い、多様な層の参加者から発達段階に応じた学習活動が生起したことを確認し、数学学習との接続を議論している。このように、科学館を利用した数学の発信・教育の有用性は確認されており、更なる充実が望まれる所である。

昨今は科学と社会を繋ぐことが目指され、サイエンスコミュニケーションに関わる活動や研究が盛んに行われている。我が国においても、「2006年の第3期科学技術基本計画において科学技術コミュニケーションの充実が政策課題となり、前後して大学や博物館などの各機関で科学技術コミュニケーションの養成講座が展開され」<sup>(5)</sup>ている。このような現代にあつて、教員養成系大学で、最先端の数学

や学校教育では扱われない数学を学ぶ学生には、そのような数学を学習することに留まらず、それを児童や生徒に限らず多くの人に伝える力を備えていることが望まれる。このような力を養うためには、大学でもそのための学びの場をもつことが大切であり、科学館との連携のもとに展示物の作成・展示を行うことは最適な取組みであると考えられる<sup>(6)</sup>。このような取組みも含め、より広い観点から「数学を社会に発信する力の養成方法」について更に研究を進める必要がある。

本論文では、「教科内容に関する知の発信」を教科内容学の新たな役割と捉え、その具体的な方法の一つとして科学館展示を位置付けることを提案する。そして、その実践事例として2015年の2月と8月にきつづ光科学館で行った奈良教育大学特別展の内容を整理・紹介する。

### 3. 科学館展示の実践

本章では、科学館を利用した数学発信の具体例として、きつづ光科学館で行った奈良教育大学特別展の展示を整理・紹介する。今回は学校数学では取り扱われていない内容を扱っているものとして、「知恵の輪」と「シーソーのバランスコントロール」の二つの事例を論じる<sup>(7)</sup>。このような、まだ教育課程に位置付けられていない最先端の数学に関する内容をよりわかりやすく発信するための工夫として、本研究では以下の三つの指針を設定した。

#### (a) 幅広い年齢層に対応するように説明・発信する

科学館に訪れるできる限り多くの人に数学を発信すべきである。子どもから大人まで、来館者の有している知識はまちまちである。そのため、年齢や既有知識の異なる様々な人が、各々の方法で楽しんだり、学んだりできるように配慮する必要がある。

#### (b) 数学の専門的知識をより身近なものと感じるように説明・発信する

数学離れが指摘されている昨今、単に数学の学術的側面のみを伝えるのではなく、実社会への応用を伝えるなどして、数学をより身近なものと感じてもらうことも大切である。実際、数学の応用範囲はコンピュータの発展もあり日々広がっている。展示物で利用されている数学と身近なものとの関連を伝えるような工夫が求められる。

#### (c) 学校数学と数学の専門的知識との関係を説明・発信する

来館者にとっての算数・数学は学校で学習するものに留まっていることが多い。故に、展示で用いられている数学と学校数学との差異や繋がりを伝え、来館者の既有知識に帰着させることが望まれる。

科学館における展示物を作成する上で、重要となるのはその「学術的背景」である。また、前章までに述べたような教員養成系大学への期待も考慮すると、展示に関わる内容の「教員養成系大学での扱い(どのように次世代教員の養成に繋げているか)」もまた重要である。以下では、各展示物についてこの二つの要点を論じた上で、上掲の三つの指針に沿ってどのような展示上の工夫を行ったかを整理・紹介する。

#### (1) 知恵の輪(位相幾何学)

##### ・学術的背景と大学での扱い

本稿の知恵の輪は、剛性材(針金等)に絡んだ軟質材(輪ゴム)を外すものである(図1)。解ける知恵の輪の仕組みを紹介する。剛性材も輪ゴムのように自由に動くことができる(位相的な見方)とすると、図2のような変形が可能になる。図2の右の知恵の輪をみると、簡単に輪ゴムが外れることがわかる。この剛性材の動きを輪ゴムが柔軟に動くことで実現して、輪ゴムが外れるというのが仕組みである。形によっては輪ゴムが外れないもの(解けない知恵の輪)もある。これはトポロジー(位

相幾何学) の中の結び目理論<sup>(8)</sup>や空間グラフ理論<sup>(9)</sup>という分野に属し、盛んに研究が行われている。それは、例えば、結び目理論に関する *Journal of Knot Theory and Its Ramifications* という数学の国際的な学術誌が 1992 年に創刊され、創刊当初は年間 4 巻であったが 2014 年には 14 巻に増えていることからわかる。最近、空間グラフ理論は、狂牛病の原因究明に貢献する可能性があることが指摘されている (Kawauchi-Yoshida, 2012)。結び目理論も DNA 解析の研究に応用されようとしている (若山ら, 2008)。

大学の授業で知恵の輪を知った学生は、理数教育プロジェクト<sup>(10)</sup>として過疎地域の公立中学校や近隣の公立小学校での授業実践の題材としてこの知恵の輪を扱った。学生は、このような数学を中学生に知らせたいと熱望し、針金で知恵の輪を作成し、実践を行った。小学生に対しては、知恵の輪を作成するとともに、解法の過程を伝えたいと考え、解ける過程の図をカードにした並び換え問題を作成し、実践を行っている。

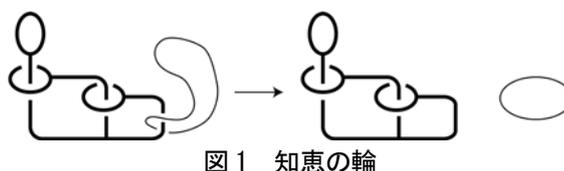


図1 知恵の輪



図2 解ける知恵の輪の仕組み

・三つの指針に沿った展示上の工夫

(a) 幅広い年齢層に対応するように説明・発信する

特別展では、来館者に合わせて、小さい子どもから大人まで楽しめるように難易度の幅を広く設定した図3にあるような4種類の知恵の輪を展示した。小さい子どもでも楽しめることは上記の実践に基づいている。難易度の調整ができるのも、この知恵の輪の特長である。図3ではアから順に難しくなっている。

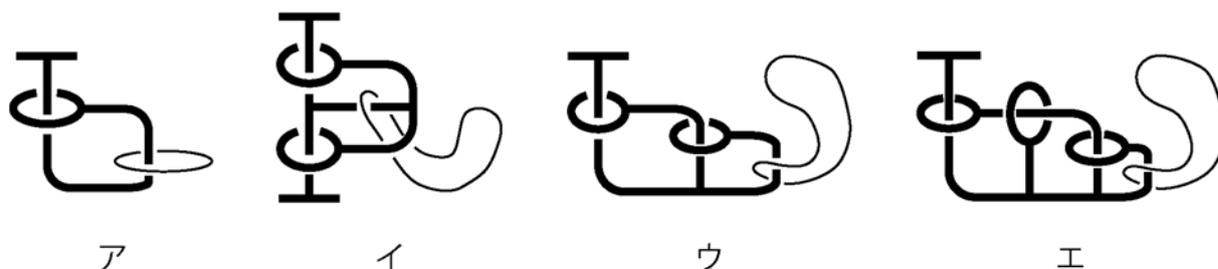


図3 展示した知恵の輪

(b) 数学の専門的知識をより身近なものと感じるように説明・発信する

来館者に、知恵の輪が数学であることを幾何学の中の位相幾何学 (図形の長さや角度を気にしないで伸ばしたり縮めたりすることを許す幾何学) に位置づくと伝え、応用として DNA 解析や狂牛病が考えられることを紹介している。その見方をすると、カタカナの「カ」「ナ」「セ」は同じ図形とみなされること (図4)、身近な路線図ではこのような見方 (位相的な

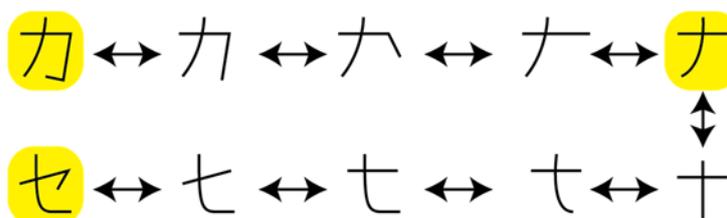


図4 「カ」「ナ」「セ」を同じ図形とみる

見方) をしていたりすることを知らせている。すなわち、線路の長さや曲がり具合は気にせず、駅のつながりだけに注目している。この見方は合同や相似の延長線上にあると捉えられる。そのうえで、位相的な見方を用いて知恵の輪の仕組みを紹介している。

(c) 学校数学と数学の専門的知識との関係を説明・発信する

位相的な見方は数学においても図形をみる目を養う意味で重要なものである。日本数学教育学会は、「算数科図形カリキュラムの検討—どの学年でも立体図形を一—」という報告書を 2008 年に発行しており、空間図形に関する新たな教材開発が望まれている。このように、知恵の輪は、受講者や来館者に数学の見方のよさ、数学の発展、数学の応用の範囲の広がりを感じられるものになっている。将来、学校数学でも取り上げられることが期待される。

(2) シーソーのバランスコントロール

・学術的背景と大学での扱い

シーソーの上に台車を載せ、その台車を左右に動かすことによってシーソーのバランスをとるシステムを展示した(図5)。このシステムでは、シーソーの傾きと台車の位置を計測し、それらの情報から台車を左右にどれくらい動かせばよいかをコンピュータで計算している。その計算は最適制御理論という数学理論に基づいて行われている。最適制御理論は、対象の数学モデル<sup>(11)</sup>に基づいた理論であるため、シーソーシステムの適切な数学モデルを作成することが重要な点となっている。

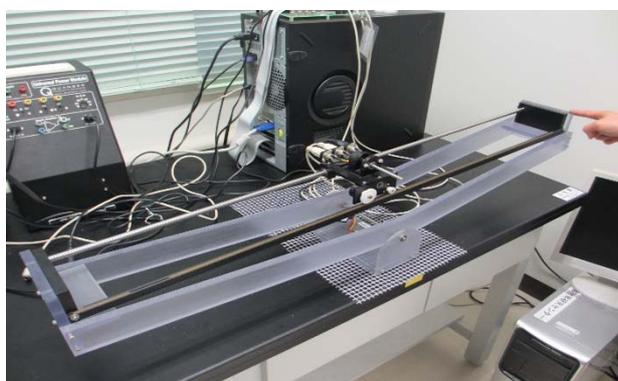


図5 シーソーシステム

最適制御とは、与えられた制御規範を最小にするようにシステムを制御する手法であり、制御規範に基づく最適化問題を解くことになる。この最適化問題を解決する手法は、1950年代後半に、米国の R. E. Bellman と旧ソビエト連邦の L. S. Pontryagin によって、それぞれ独立に生み出された。その後、様々な研究者によって研究が進められ、現実の問題に適用できるように改良されてきている。

最適制御理論に関する話題は、1年生後期にある専修専門科目「専修基礎ゼミ」の1コマでも取り上げている。最適制御問題を解決した Bellman と Pontryagin の手法は、アプローチは異なるものの両者とも同じ最適解を与えることが知られており、数学の奥深さとおもしろさを示す好例として紹介している。1年生に伝えることで、今後の大学数学の学びの動機付けにも繋がっている。また、数学モデルの有用性については、一般教養科目「先端科学の基礎概念」でも取り上げており、具体例としてシーソーのバランスコントロール等の実例を、ビデオ映像を交えて紹介している。シーソーのバランスコントロールという現実の問題の解決に、数学が有用であるということは、学生にとってそれほど自明なことではなく、数学を用いて問題解決が図られたとき、自分の学んできた数学の実用性の一端を知り、多くの学生は喜びと面白さを感じているようである。このような経験をもとに展示物を作成した。

・三つの指針に沿った展示上の工夫

(a) 幅広い年齢層に対応するように説明・発信する

展示にあたっては、来館者がバランスコントロールの様子を見やすいように工夫したプログラム

を作成した。シーソーのバランスコントロールに数学が使われていることを伝えるために、ポスターに、シーソーの傾き角度や台車の位置を計測したり、モーターにあたえる電圧を制御したりしていることを表した数理モデルの図を示している。また、バランスコントロール実行時には、シーソーの傾きやモーターにあたえる電圧が変化していく様子を示すグラフをモニターに表示している。

(b) 数学の専門的知識をより身近なものと感じるように説明・発信する

科学館の展示では、一見そうとは見えないところに数学が利用されていることを来館者に伝え、数学の有用性を認識してもらうことを目指している。来館者に、実際にシーソーを傾ける体験をさせ、台車がシーソーのバランスを巧みにとる様子を見せている。そして、このシステムを実現するためには、目の前に見えている装置やコンピュータだけでなく、シーソーシステムの数学モデルやバランスコントロールを実行するための数学理論が必要であることを伝えている。電動立ち乗り二輪車等の安定性を確保するために、この理論が使えることも紹介した。

(c) 学校数学と数学の専門的知識との関係を説明・発信する

問題を解決するために必要な数学モデルの作成が、高等学校で学ぶ物理と数学を活用することで、ほとんどできてしまうことに、面白さや驚きがある。現実の問題に数学モデルを用いて考察することの有用性は、小学校、中学校及び高等学校において段階的に学ぶことが重要であり、その指導が望まれる。

#### 4. 科学館展示の効果

前章のような展示は、来館者に今までに知らなかった算数・数学に触れる機会を提供する。このようにして、多くの人に数学が普及することを期待する。また、こういった研究が盛んに行われることで学校数学をよりよくする題材の選択肢が増えていくことを望む。特に、最先端の数学を発信していく上で、今回展示物を作成する際に重視した三つの指針は、実に効果的であったと思われる。そのため、以下その効果を整理し、良さを確認しておく。これらは、同様の研究取組みを行う際の参考になるであろう。

(a) 幅広い年齢層に対応するように説明・発信する

今回の展示では、小学生であっても知恵の輪を解く行為やシーソーを揺らしてみるという体験を通して、数学を実感できる。このように、来館者が展示物を直接触ったり動かしたりできるとよいと考える。実際、幼児がシーソーに触れ、動きを不思議そうに見ていた。また、他方ではその背後にある制御理論に強い関心を示す大人もいた。また、長時間親子で知恵の輪を楽しむ姿も見られた。このように、子どもと大人それぞれの学びがあったり、子どもと大人が共に楽しむことができたりすると良いであろう。

(b) 数学の専門的知識をより身近なものと感じるように説明・発信する

今回の展示では、知恵の輪であれば DNA 解析や狂牛病を、シーソーのバランスコントロールでは電動立ち乗り二輪車等の安定性を確保するものを挙げている。実際、「シーソーと電動立ち乗り二輪車には関連があります」と伝えると、興味を示す来館者がいた。

(c) 学校数学と数学の専門的知識との関係を説明・発信する

今回の展示では、学校で扱っている幾何学との差異を伝えたり、高等学校で学ぶ物理と数学を応用していることを感じさせたりしている。実際、来館者からは「知恵の輪が数学なのですか?」という質問もあった。このように、科学館展示は来館者の数学観が変容する契機となる。

## 5. まとめと今後の課題

本研究の成果は、「教科内容に関する知の発信」を教科内容学の新たな役割として捉え、その具体的方法の一つとして科学館展示を提案・実践したことである。また、その際に有効であった指針として、「幅広い年齢層に対応するように説明・発信する」、「数学の専門的知識をより身近なものと感じるように説明・発信する」、「学校数学と数学の専門的知識との関係を説明・発信する」の三つを紹介した。

今回は、数学に関してのみ論じたが、実際の特別展では理科（物理、化学、生物）も扱った。また科学館を博物館、美術館や文化施設等に置き換えれば、国語、社会、美術等も同様の取組が可能である。このような方向で教科内容学が発展すれば、科学館や博物館の機能が強化され、教科専門と社会が密接に関係しあっていく。これにより、社会全体が各教科（学問）の専門的な知識や研究成果に触れ考える機会を豊富に有するようになることを待望する。多くの人が学問を趣味にしたり、学校教育に興味をもったりすることに寄与することも期待する。このような取組が教育課程の編成や社会全体の理解への一助となることを展望する。学び続ける教員として、現職の教員が科学館を活用し、教材開発・教材研究を行っていくことも切望する。

他方で、今回の取組みでは、専門的な数学に関する展示物を学生や院生が主体的に作成することは充分に行えていない。今後、そのような場を設定し、その教育的価値を検証していきたい。また、そういった研究活動を通して、展示物作成の際の三つの指針についても再検討し、改良していくこともまた今後の課題である。

## 謝辞

科学館の場の提供をして頂いたきつづ光科学館ふおとん、特に萩原吾郎先生に感謝します。本研究の一部は平成 27 年度科学研究費補助金（基盤研究 C 25400204、若手研究 B 26800039）による支援を受けている。

## 注

- (1) 例えば、文部科学省 教育課程部会（2015）を参照。
- (2) 例えば、若槻（1976）は現代化の問題点として、「教材の過密」・「現職教育の不徹底」・「指導要領の硬直性」の三つを挙げており、指導要領や教科書だけが変わるだけでは優れた教育が実現しないことを指摘している。十分な授業時間数の確保は国民の理解なくしては実現し得ないし、教師の理解なくしては現職教育の徹底も達成されない。
- (3) 1 章で述べたように、教育課程のみを変更しても優れた教育は実現しないからである。故に、「教育課程の在り方や内容の検討」だけでなく、その「成果の発信」も教科内容学の新たな役割として位置付けることを提案する。
- (4) 大阪市立科学館の設置目的を参考にしている。
- (5) ジョン・K・ギルバードほか（2015）の訳者（小川義和）の前書きより引用。
- (6) 科学館展示を通じた算数・数学科教員養成に関しては吉井ほか（2015）で論述した。
- (7) その他の展示物については、花木ほか（2015）で概要を紹介している。
- (8) 一つの輪を結び目、複数の輪を絡み目と呼ぶ。
- (9) 空間にある離散グラフを空間グラフと呼ぶ。
- (10) 奈良教育大学が行うプロジェクトで、「教員養成系大学を中心にした地域の幼稚園・小学校・中学校・高校の教育現場、そこに児童生徒を送り出す保護者と地域、教育委員会等の行政の有機的連携による、地域社会を挙げて理数科の学力を向上させるシステムを構築し、その中で資質能力の高い理数科教員の養成を行うことです。」奈良教育大学の新理数の HP より。

(11) 数学モデルとは、対象の特性を数学的に記述したものである。例えば、シーソーシステムの数学モデルは、微分方程式を用いて記述される。

### 引用・参考文献

- 安彦忠彦・日下部龍太 (2014) 教科専門と教職専門をつなぐ新教科教育学の構想. 神奈川大学心理・教育研究論集 **35**, 5-11.
- 磯田正美・小川義和・江山静海・大和田裕子・豊崎絵美・中村信介 (2006) 科学博物館における数学展示・実験教具とその実践手法の開発研究. 科学教育学会年会論文集 **30**, 163-164.
- 小川義和・下條隆嗣 (2003) 科学系博物館の単発的な学習活動の特性—国立科学博物館の学校団体利用を事例として—. 科学教育研究 **27(1)**, 42-49.
- Kawauchi, A., Yoshida, K. (2012) Topology of prion proteins. *Journal of Mathematics and System Science* **2**, 237-248.
- ジョン・K・ギルバート, スーザン・ストックルマイヤー (編著), 小川義和・加納圭・常見俊直 (監訳) (2015) 現代の事例から学ぶサイエンスコミュニケーション—科学技術と社会とのかかわり, その課題とジレンマ—. 慶應義塾大学出版会.
- 長崎栄三・松島充 (2011) 算数・数学に関する科学博物館・科学館における事業等. 日本数学教育学会誌 **94(2)**, 2-7.
- 西園芳信・増井三夫編著 (2009) 教育実践から捉える教員養成のための教科内容学研究. 風間書房.
- 日本数学教育学会研究部小学校部会 (2008) 算数科図形カリキュラムの検討—どの学年でも立体図形を一—. 日本数学教育学会.
- 文部科学省教育課程部会 (2015) 教育課程企画特別部会 論点整理 (案). 文部科学省 HP, [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo3/004/](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/004/) (最終閲覧日: 2015.9.15).
- 花木良 (2013) 指数・対数の価値を伝える教材研究. 日本数学教育学会誌 数学教育学論究 臨時増刊 第46回秋期研究大会特集号 **95**, 273-280.
- 花木良・石田正樹・伊藤直治・片岡佐知子・菊地淳一・近藤裕・常田琢・舟橋友香・堀田弘樹・松井淳・山崎祥子・吉井貴寿 (2015) 教員養成系大学による科学館における特別展. 日本科学教育学会年会論文集 **39**, 352-353.
- 吉井貴寿・伊藤直治・近藤裕・花木良・舟橋友香・加藤哲也・荘司雅規・村田沙耶 (2015) 科学館との連携を通じた算数・数学科教員養成の構想. 数学教育学会 2015年春季年会論文集, 221-223.
- 若山正人編集 (2008) 技術に生きる現代数学. 岩波書店.
- 若槻実 (1976) わが国数学教育現代化とその問題点. 長崎大学教育学部教育科学研究報告 **23**, 149-157.

## **New Role of Mathematics Content Studies: Mathematics Communication in a Science Museum**

Ryo HANAOKI (Nara University of Education)

Naoharu ITO (Nara University of Education)

Takatoshi YOSHII (Nara University of Education)

**Abstract** : School education subject contents should continue to change as society evolves. Parents, society, as well as students need to understand the subject contents in accordance with the changes so that the subject contents may take root in the school education. Society expects that teacher training universities and faculties will propose how to explain the contents of progressive mathematics and how to communicate messages. With this hope, we aimed at creating a method to study content studies and focus our attention on science museums, which collect many visitors with a wide range of ages and aims. In this paper, we made mathematics exhibitions and had three principles. Our three guiding principles proposed: mathematical communication in exhibitions corresponds to visitors of a wide range of ages; suggests some application to familiar or well-known things in everyday life; and conveys a relationship between exhibitions and school mathematics. Finally, we suggest that if similar actions in science, natural languages, social studies, art, etc. occur, then the function of museums is strengthened, sciences become closer to society, and this serves as a collaboration of curriculum and community understanding.

**Key words** : mathematics content studies, museum, disentanglement puzzle, curriculum