

# 自然科学における芸術の活用並びに芸術における自然科学の活用

牟田 淳

芸術学部基礎教育

Application of art to natural science and application of natural science to art

MUTA Atsushi

Division of liberal Arts and Science

(Received November 12, 2004 ; Accepted January 18, 2005)

## 概要

芸術と自然科学の距離がますます遠ざかっている現在において、近年のいくつかの、芸術が最先端の自然科学に与えた影響、自然科学が芸術に与えた影響、並びに自然科学教育における芸術の活用と展望について論じる。

## 1. はじめに

多くの人々は、「自然科学は人間の生活を豊かにしたが、数学や物理に代表されるように、難解で面白くないものだ」と感じていると考えられる。はたして本当に面白くないのであろうか？もしそれが真実であれば、理學系の間は、興味がないにもかかわらず自然科学に接していることになる。

しかしながら、例えば旅行に行ったことがない人はまずいないであろう。人里離れた所に行くと、美しい山、綺麗な海、満天の星空を満喫することができる。このような素晴らしい自然に多くの人々は心打たれ、そして私たちはどこからきたのだろうか？ 私たちの宇宙はどのようにして生まれたかという自然科学上、根源的な問いかけが神話の時代からなされてきた。

さらには歴史的には絵画や音楽などの芸術作品の中にも自然科学の思想が取り入れられ、芸術と自然科学は相互に影響を与えてきた。

このように見てくると、私たちは本来、自然科学には興味があったのである。しかしながら、分野の専門化、高度化、分野間のコミュニケーションの減少や、高等学校における早い段階からの理系文系別カリキュラム化、教育方法の問題、身近な自然の減少など様々な理由により、自然科学に関心をもち、理解する人々が少なくなってきたと考えられる。その結果、「数学」や「物理」

(テクノロジーも含む)を難解で自分達には無縁で不要なものと感じる人々も増えているのが現状である。いわゆる「理科嫌い」「数学嫌い」である。数学、物理のみならず、コンピュータにも似た状況がある。プログラミングである。プログラミングは多くの文系の人々が苦手意識を持っている。

近年、「理科嫌い」「数学嫌い」を解消するために様々な試みが行われている。例えば、文部科学省では最先端の研究成果を分野の人だけでなく、分野外の人にもわかりやすく説明し、関心をもってもらうことの重要性に基づき、サイエンスをわかりやすく説明できる「サイエンスライター」の育成を提唱している<sup>[1]</sup>。

もちろん、これだけでは不十分で、研究者レベルだけでなく、高校生、大学生レベルの対策、例えば文系(理系)の学生に理系(文系)の科目を学ばせるために、入試科目を増やし、かつてのように教養教育を重視するという対策も重要である。

最近、分野外の人々に興味を持ってもらうための方法の一つとして、アートを活用する試みが各所で行われている。例えばお台場にある日本科学未来館では、展示品の作成にあたり、サイエンスの専門家と、アーティストがコラボレートして展示品を作成している。

その一方で、芸術学における理學の重要性も、いっそう増している。例えば最近、多くの若いクリエイターが、コンピュータと格闘しながら様々な作品を作り出している。このような時代には、「芸術を学ぶ学生の理科嫌い、数学嫌い」を取り除くことも重要なテーマになる。さらにインタラクティブアートなど、テクノロジーと関連した芸術が盛んになれば、ますます理學そして工学の重要性は高まると考えられる。

しかしながら、芸術学部の大半の学生は文系の学生で

ある。「数学」や「物理」と聞いただけで、拒否反応を起こす学生も多い。しかも、芸術における理学の比率が比較的増大したのは、最近のことであり、「芸術学部における理数教育」はほとんど研究、議論、討論されてこなかった。このような現状を考えると、芸術学部における理数教育を研究していくことは、これからの芸術を発展させる上で重要であると考えられる。

芸術学部における理数教育を論じるために、まず芸術と理学の影響関係について論じる必要がある。芸術、自然科学の距離がますます遠ざかっている現代においても、著名な作品や有名な物理学の研究成果のいくつかは、芸術と自然科学が相互に影響を及ぼして生まれている。これらの作品や研究成果は、かつて、芸術、哲学、自然科学が未分離であったことを考慮すると自然な流れともいえる。本論文ではまずこの側面について論ずる。

次に、大学以外の機関での理学と芸術の関係について議論する。最近、前述の科学未来館のように、芸術を重視した博物館、施設が増えている。これらの施設がどのような理念、方針の下に芸術を取り入れ、運営されているかを論ずる。これらの機関の現状理解は、大学の芸術学部における学生教育にとって重要になる。

第3番目に、大学の芸術学部における理数教育の実践例について論ずる。筆者は東京工芸大学芸術学部において、「物理学概論」(物理学)、「造形基礎数学」(数学)、「図形とデータ」(数学)ならびに「情報処理演習II」「メディア情報機器演習II」(情報系)の授業を行っている。これらの授業における様々な試み、現状について論ずる。

## 2. 近年の芸術と理学の相互の影響

現代においても、芸術と最先端の理学は意外な所で接点があり、その意味で古代のギリシアとも通じるところがある。

かつて自然科学、芸術、哲学は共に影響し発展してきた。例えば、古代ギリシアのピタゴラス学派の哲学者たちは、当時最高の美とされてきた球と円から宇宙のしくみが説明できると考えていた。ピタゴラスはすべてのものは公式を用いて記述できると考え、音楽の中にも数学的な調和を見出した。ピタゴラスの提唱した「天球の音楽」は古代ギリシアで信じられていた円と数学の完全性を数学的に裏付けたものである。このように、古代ギリシアのピタゴラス学派では数学と芸術を一体化して、研究がなされてきた<sup>[2]</sup>。

しかしながら現代では、芸術家、物理学者、数学者という言葉が現状を如実に表している様に、多くはこれらの相互の距離は遠ざかっている。しかも、デザイナー、

脚本家、写真家といった具合に、芸術のなかでも細分化が進んでいる。大学の研究室などは、この細分化をもっとも推し進めたものの典型例である。

このような状況でも、調べてみると理学が芸術に与えた影響はたくさんある。例えば、宇宙、自然に関連した様々な詩、絵画、映画、写真などである。

### 理学が芸術にインパクトを与えた例

松本零士氏の「銀河鉄道999」や「宇宙戦艦ヤマト」等は理学が芸術にインパクトを与えた例として有名である。松本零士氏の作品には宇宙に関するネタがたくさん出ているが、それらのネタは著名な宇宙物理学者佐藤文隆氏の一般の人々に向けて書かれた啓蒙書などから得たと書かれている<sup>[3]</sup>。このような空想科学、すなわちサイエンスフィクション(SF)が芸術と理学の相互の影響において、ひとつの大きな地位を占めている。

空想科学の作品を活発にするためには、自然科学啓蒙書が多く人々に読まれることが必要である。自然科学啓蒙書の中で、特に有名な書物がロシア生まれのジョージ・ガモフによる「不思議の国のトムキンス」<sup>[4]</sup>をはじめとする、一連のガモフ・コレクションである。ガモフは量子力学におけるトンネル効果、宇宙の始まりの理論であるビッグバン理論などを提唱した量子力学、宇宙物理学、原子核物理学などの分野の著名な物理学者である。しかしながら、物理学者自身がこのような作品を作ることは、例外中の例外である。

自然科学啓蒙書の役割は重要なのであるが、残念なことに、文部科学省の『「科学部門」全体及び雑誌全体の年間推定発行部数の推移』<sup>[5]</sup>によると、科学部門雑誌の発行部数は1983年の1701万部をピークに年々減少し、2001年には580万部まで減少している。科学部門の雑誌部数がピークであった1970～1980年代には、「宇宙戦艦ヤマト」「銀河鉄道999」「機動戦士ガンダム」「地球へ」など、人気を得たSFアニメ作品が多数発表されている。しかしながら、科学部門雑誌の発行部数が減少した近年は、人気を得たSFアニメ作品というのは70～80年代ほどにはない。このように自然科学啓蒙雑誌の衰退が、人気を得るSF作品の減少の一因となっていると考えられるので、魅力のある自然科学啓蒙書を作成していくことが重要である。

空想科学の他に、近年、理学が芸術の世界に影響を与えた例として、近年でもっとも有名な作品はエッシャーの作品である。エッシャーは数学、物理のある分野に心を奪われ、それらの性質を巧みに活用して創造的な芸術活動を行った。

中でも、エッシャーの「シンメトリー(対称性)」に

着目した作品は、自然科学の人々に「自然科学を活用した芸術作品」として知られている数少ない作品のひとつである。シンメトリーのある作品というと、私たちは均整が取れているとか、調和していると感じるであろう。しかしながら、シンメトリーの魅力はそればかりではない。以下にシンメトリーの魅力を自然科学の立場からいくつか説明する<sup>[6]</sup>。

まず、自然科学の世界では、シンメトリーが重要な役割を演ずる。例えば回転対称性、並進対称性があるとそれぞれ角運動量、運動量が不変となる（保存する）。対称性に応じて、「変わらないもの」が存在するのである。これは一般的に言えることであり、例えば時間に関する対称性があれば、エネルギーが保存する等である。対称性と保存則は「対称性あるところに保存則あり！」という有名なネーターの定理で一般化される。

エッシャーの併進対称な作品や、回転対称な作品には、「変わらないもの」という魅力もある。様々なものが変化していく中で、多様な対称性を持ったエッシャーの作品には「変わらないもの」すなわち永遠に通じるものを感じ取ることができる。

もうひとつ、自然科学の世界でシンメトリーが好まれる理由に、「自然は本来対称に作られているのではないか」という思想がある。例えば、宇宙空間に行くと、右も左もどちらも特別な向きではないし、止まっても併進しても変わらない。このように、自然法則は実は対称性を前提に作られているのではないかと考えられる。実際に、多くの自然科学の理論が対称性をもとに作られている。現代素粒子物理学における標準理論も、「ゲージ（ものさし）対称性」を前提に作られている。もちろん、自然が対称に作られているはずだというのは人間の自然に対する一方的な期待に過ぎない。実際、例えば自然科学者は長らくパリティ対称性（原点对称性）という基本的な対称性が自然法則にはあるはずであると根拠もなく信じこんでいたが、星の内部などで生まれるニュートリノが関わる現象など弱い相互作用が関わる現象では、もともとこの対称性が成立せず、自然の基本法則が必ずしも対称性を持たないこともあることがわかり、大きな衝撃を与えた。

このように、自然科学者は「シンメトリー」に大きな関心を持っており、エッシャーの作品は自然科学者の間で関心をよんだ。例えば、日本で出版されているエッシャー関連の書物、訳本の幾つものが、原子核物理学者である有馬朗人等、理系の人間によって行われている<sup>[7,8]</sup>。

エッシャーの作品に関する本の多くは、その作品と数学的性質との関連を指摘しているものが多い。エッシャー自身、その連続模様の基本的な構造の数学的分類（シン

メトリー等）だけを発見してしまうと、具体的なイメージの制作にはほとんど興味を持たないで去っていくことに不満だったようである<sup>[9]</sup>。しかしながら、エッシャーが着目した数学的性質は人々に感動を与える様々な「モチーフ」を持っている。前述したシンメトリーも単に「均整がとれた、調和性のある様々なシンメトリー」と捉えるだけでは、感動は薄いかもしれない。しかし、それらシンメトリーに「変わらないもの」つまり永遠に通じるものがあり、自然の本来の姿を現していると捉えたとき、もっと多くの人々の心を捉える「モチーフ」となるのではないだろうか？つまり、エッシャーの作品を「幾つかの数学的性質の見られる芸術作品」としてみるのではなく、「芸術的題材を秘めた数学的性質が見られる『芸術作品』」と考えていくわけである。理学の人間が、単に数学的性質を指摘するだけではなく、芸術的題材を秘めた数学的性質を見出し、芸術家にアピールし、芸術家がそれを参考に自分流の作品を作ったとき、よりすばらしい作品が生まれるのではないだろうか？

「芸術的題材を秘めた数学的性質」が前面に見られる事で知られているエッシャーの作品として、「無限」を題材にした作品の一群がある。エッシャーは基本的には「同じ絵をだんだん小さく」していくことによって、無限をあらわしてきた。作品例として、[方形の極限] ウッド・カット1964年、[円の極限 I、II] ウッド・カット1958、1959年がある。これらの作品の中で、エッシャーはポアンカレ円盤をしばしば活用した。ポアンカレ円盤は、無限の平面を有限の図形の中に描く、無限を描くのに適した円盤である。しかしながら、その数学的性質が前面に出るのではなく、「無限」という「芸術的題材を秘めた数学的性質」が前面にでてくる<sup>[7,10]</sup>。

もうひとつの例として少しばかりフラクタルを論ずる。フラクタルは数学者マンデルブローが提唱したもので、「自己相似対称性」というシンメトリーを持つ。拡大していくと、自分自身と同じ形が次々と現れるのである<sup>[4]</sup>。自然界におけるフラクタルの例は海岸線、木、シダの葉、山の形などである。フラクタルは、繰り返し計算（再帰計算）で簡単に生成されるため、コンピュータと非常に相性がよく、かつ自然界の風景を本物らしく見せることができるため、コンピュータグラフィックスの世界で活用される。このようにして作られた自己相似図形は、回転対称性、併進対称性、鏡映対称性が「調和のある」形を生み出すのに対して、「秩序と無秩序の中間」の形を生み出す。

#### 芸術が理学にインパクトを与えた例

理学が芸術に与えた影響を論じてきたが、今度は逆に

芸術が理学の発展に寄与した例を論ずる。その一例として、タイムマシンを説明する。タイムマシンというと、例えば「バック・トゥ・ザ・フューチャー」という映画が有名である。これはアメリカのSF映画で、主人公が過去や未来を旅行して、様々な事件に巻き込まれるという内容である。

実はこのタイムトラベルの考え方は物理学にも大きな影響を与えた。1988年に物理学者キップ・ソーン博士は「ワームホール」を使ったタイムトラベル理論を発表した。この理論は実はSFから来ている。ソーン博士の友人のSF作家カール・セーガン氏が映画化もされた小説「コンタクト」を執筆中に、26光年離れた恒星に1時間で到達するための方法をソーン博士に尋ねたところ、ソーン博士はワームホールを提案し、そこから物理学的なタイムトラベル理論を思いついたのである。この後、物理学の世界では大真面目にタイムマシンの研究が活発に行われるようになった<sup>[12]</sup>。

もう一つ、身近な事例として、鉄腕アトムと日本における人型ロボット研究の関係について言及する<sup>[13]</sup>。海外では人型ロボットよりも、人の形ではない機械ロボットの開発が活発に行われているが、日本は人型ロボットの開発が活発に行われている。その理由を以下に述べる。

欧米では1920年、チェコスロバキアの作家カレル・チャペックが書いた戯曲「R・U・R」(ロッサム万能ロボット会社の略)という戯曲があった。この戯曲の中で初めて「ロボット」という言葉が使われたのであるが、この戯曲において、ロボットと人間の間で争いが起こる。そしてこの戯曲以降、ヨーロッパでは人型ロボットの印象が悪くなったというのである。その一方で、日本では「鉄腕アトム」というロボットアニメが大流行した。このアニメが日本人の「人型ロボット」に対する印象を好印象にし、人型ロボットが日本で活発に研究されている一因であるとの指摘がある<sup>[13]</sup>。このように、芸術作品が人々のその後の研究活動に与える影響が大きい場合がある。日本で人型ロボットを研究している人々の多くが、子供時代に「鉄腕アトム」や「起動戦士ガンダム」などの「人型ロボットアニメ」に何らかの影響を受けているといえる。

さらに、理学教育上、芸術がインパクトを与えた事例もある。前述のエッシャーの作品である。

物理学、もしくは結晶を学んだことがあるならば、多くの人々がエッシャーの作品を見たことがあるであろう。実際、筆者もエッシャーの絵を見たのは大学の図書館であった。しかも、芸術書がある本棚ではなく、理学系の書籍がある本棚でエッシャーの絵を発見したのである。当時はすでに、対称性が自然科学において重要な役割を

果たすということを様々な側面から学んでいたもので、芸術の世界でも対称性が使われていることを知り、エッシャーの作品に強く興味を持つようになった。

エッシャーのシンメトリー関連の作品を利用して、シンメトリーを学ぶこともできる本がある。参考文献 [7] では、エッシャーのシンメトリー作品を作品ごとに対称性の観点から講評し、それぞれの講評の終わりに、対称性の中心はどこかとか、鏡映線は何本あるかとか、非対称単位は何かなど、対称性にまつわる問題が出されているのである。即ち「芸術を活用したシンメトリー問題集」的側面を持っているのである。無味乾燥な図形で淡々とシンメトリーを分類し、学ぶより、不思議な印象を受けるエッシャー独特の作品からシンメトリーを学ぶほうが、はるかに興味を持つことができる。

実際に結晶学の分野でもエッシャーのシンメトリーに関する作品は利用されてきた。作品結晶学の分野において、結晶学の本の多くは無味乾燥な球で描かれた金属イオンを用いて様々な空間対称性が説明されている。これでは学生も興味を持ちにくい。そこで、エッシャーのシンメトリーに関する作品を利用して、絵を見ながら様々な対称性を教育するのである<sup>[6]</sup>。

理学系の人間にとって、エッシャーの作品で有名な作品は、シンメトリーや無限に関連した作品だけではない。エッシャーのシンメトリーや無限関連以外の数学関連の作品はたくさんある。例えばトポロジーに関連した「結び目」「メービウスの輪II」「メービウスの輪I」やプラトンの正多面体に関連した「星」「4面を持つ惑星」など、そして「変容」「変化」をモチーフにした「メタモルフォーゼ」「昼と夜」などがあげられる。これらの作品は、理学系もしくは理工系の書籍、ホームページでしばしば取り上げられている(最近では例えば<sup>[14,15,16]</sup>)。理学系の書籍の図の多くは、あまり興味を引くものではないことが多いが、芸術性の高いエッシャーの作品を取り入れることにより、理学に興味を持たせているわけである。このようにしてみると、自然科学の書籍により芸術性のある様々な図を取り入れていくことが、理学を魅力的なものにする方法のひとつであると考えられる。

このような、芸術を理学教育に活用する試みは、「理科離れ」がますます進んでいる現代において、理学系の大学のみならず、様々な場面でこれから重要になっていくと考えられる。

## まとめ

これまでの説明から、芸術と自然科学が互いに大きな影響を与えている部分があるということがわかる。このような近年の芸術と理学の相互の影響をより推し進める

ためには、自然科学啓蒙書が多くの人々に読まれるようにする事が重要である。

それでは自然科学の啓蒙書が多くの人々に読まれるためにはどうすれば良いのだろうか。その対策の一つは、「わかりやすく、魅力のある自然科学啓蒙書」を作ることである。「わかりやすく、魅力のある自然科学啓蒙書」が、「銀河鉄道999」の類の人々を引き付けるアニメを生み、それらのアニメが、さらに新たに人々を自然科学に興味を抱かせる。このような、芸術と自然科学の調和、影響が自然科学の発展にとって重要である。

近年、前述のジョージ・ガモフの「不思議の国のトムキンス」を古川タク氏が漫画化している<sup>[17]</sup>。このような漫画化、そして映像化といったアプローチも「魅力ある自然科学啓蒙書」を作る上で重要であると考えられる。

「魅力ある自然科学啓蒙書」の例として、科学雑誌 Newton がある。科学雑誌 Newton を見ると、非常に美しい絵、CG が載っている。科学的事実を、わかりやすく、かつ美しい絵によって読者に訴えかけているページもある。おそらく文字と複雑な数式とわずかの簡単な挿絵のみの物理学の教科書よりも、このような物事の本質をつき、かつ美しい絵で説明し、それらを研究者間で活発に活用し、研究者間の交流を推し進めていくことが重要である。

### 3. 大学以外の機関での理学における芸術の活用

大学以外の機関では、実は既に芸術の活用が活発に行われている。まず、博物館を例に説明する。

「それはもう博物館送りだ」という言葉がある。この言葉における博物館とは、「とても大切なものを保管しておくところ」という意味ではなく、「過去の遺物をおくところ」「古くてあまり価値のないものをおくところ」という意味である。博物館には、伝統的であるが、つまらないものがいっぱいあると考えられている面があると思われる。しかし、最近、アートを活用して、入館者を増やそうとしているところが幾つかある。例えば、上野の科学博物館では、「スター・ウォーズ サイエンス アンド アート」展が2004年3月に開催された。スター・ウォーズを科学的視点からとらえ、技術の変遷と貴重なコレクションを紹介するという内容である。

別の例として、お台場にある科学未来館を紹介する。日本科学未来館では宇宙飛行士の毛利衛氏が館長となり、単に自然科学に関するものを展示するのではなく、芸術家と自然科学者が互いにコラボレートして展示品を作り出している。特別展示では、2002年10月より2003年2月まで「ゴジラと科学展」を行うなど、積極的に科学に

関心を持たせる努力を行っている。分野の専門化が進み、芸術と科学の距離が拡大している現代において、注目すべき科学館である<sup>[18]</sup>。

日本科学未来館の基本方針の1つに、以下の文がある。

「狭義の科学技術に留まりません。音楽も美術も演劇もスポーツも私たちの運動体を形成します。」

この方針は新しい試みである。自らが、自らの分野即ち自然科学の枠に収まらずに、芸術を含めた様々な分野を取り入れて、魅力ある博物館を作ろうとしているのである。この様な試みは、大学などにおける教育機関にとっても、学生の支持を得る上で重要であろう。

アートを取り入れているのは、博物館ばかりではない。国立天文台の理論天文学研究系では、4次元デジタル宇宙プロジェクト<sup>[19]</sup>がCGを駆使して一般の人々への活発な広報活動を行っている。例えば、科学未来館におけるドームシアターガイアの上映作品である、500万個の星を映し出せるプラネタリウム MEGASTAR-II cosmos 「新しい眺め」の監修に加わっている。また、2004年度には「DiVA 芸術科学会展2004」において優秀賞を獲得している。特徴的なことは、これらのメンバーが天文学の人間であって、学部時代に伝統的な大学における芸術の教育を受けてきた人々ではないということである。また、物理学の研究所の中に、このようなアートを活用したプロジェクトが存在すること自体、意義深い。

天文学の分野は歴史的に、一般向けの広報活動を活発に行っている。例えば、新月の日に国立天文台の広報室に「今日は月が見えないのですが、お月様はどこにいったのですか？」と質問すると、専門家が答えてくれる。そして、答えているのは学位をもった研究者である。このような一般の人々への普及活動を重視してきた歴史が、アートを広報活動にいち早く取り入れた一因となっていると考えられる。

しかしながら、国立天文台を除く多くの研究所、大学は、アート等を取り入れた広報活動に力を入れているとはまだまだ言いがたいのが現状である。その理由は、日本では研究する事と、研究成果を同じ分野の人間にアピールする事に重点が置かれ、大学における評価もそこに基づいているからである。すなわち、他分野の人々への説明、関心を持たせる活動や、学生が自らの研究に対する理解、関心を持たせるようにする努力、一般の人々への広報活動はほとんど大学における研究者として意味を成さないのである。このような現状が、自然科学を芸術を含め、自然科学以外の人々からの孤立を招いた原因の一つといえる。

#### 4. 芸術を学ぶ学生に理学に興味を持ってもらうための方法と実践例

筆者は芸術学部の学生に対して、2004年度は「造形基礎数学」「図形とデータ」「物理学概論」「情報処理演習II」「メディア情報機器演習II」の授業を行っている。これらの授業の中で、特に気がついた事と将来への目標を議論する。

##### 音、光、波に関連した授業

この分野は物理学の世界では「波動」と呼ばれる分野である。波動現象は、音、光、電気回路、量子力学、その他物理学の世界で大変重要なのであるが、これらをオーソドックスな方法で文系の学生に教えるのは現状では困難である。そこで、実際にスリンスキー（有名なばねのおもちゃ）やギターを持ち込んで三角関数の授業を行い、音の高低と振動数の関係の説明を行い、音を周波数ごとに分ける（高低ごとに分ける）サウンドソフトを持ち込んでフーリエ変換の説明を行い、電子ピアノ、プリズム、RGB三色光源を持ち込むなど実際にいくつも実験を行った。数学、物理学と実験を直結させると、学生は関心を持って聞くようである。

また、実験を行わないでも、写真家が撮影した美しいオーロラ、花火、星、星雲の映像、関連する映画などを活用して光の出る仕組み、色温度などを説明すると、学生は興味を持つようである。そして有名なオーロラ写真家、天体写真家とその作品を紹介し、自然科学の芸術性に興味をもつ人々を紹介することによって、学生が自然科学に興味を抱くようにした。このように、授業の中に芸術的要素を組み込んでいくことにより、多くの学生が興味を引くようになる。

##### CGに関連した数学の授業

CG関連の数学の本として、例えばCG-ARTS協会のデジタルイメージクリエーション<sup>[29]</sup>が有名である。色彩、CGなどの分野では微積分、ベクトル、行列等が利用され<sup>[30]</sup>、の本にも色々数学を用いて説明が書いてある。しかしながら現状は、微分積分、ベクトル、行列だけでなく、三角関数、指数対数も知らない学生が大半であるので、授業では学生の反応を十分に見ながら進めていく必要がある。

学生に興味を持たせるために、2進法や16進法を教える際、コンピュータを持ち込んでビットや色の表現と比較し、図形と領域の問題をフォトショップのトーンカーブを実際に見せながら説明した。CG関連の本を資料としてコピーして渡すだけでなく、実際に学んだ数学を使っ

てその場でパソコンソフトを用いて実演すると、興味を持つようである。

今後は3DCGが浸透し、その重要性が増していくと考えられるので、この方面の数学にも、実際のソフトを活用しながら教育していく予定である。

##### 宇宙に関連した授業

2003年度、特殊相対論の講義を1回行った。内容は筆者が1990年代、高校生向けに何年か行った初等特殊相対論の内容のうち、面白そうな部分をセレクトしたものである。時間の遅れ、長さの縮み、同時の概念等の話を、ジョージ・ガモフ著、古川タク画の「トムキンスさん」<sup>[17]</sup>の紹介も交えて説明した。2003年度は授業の最後に独自に行ったアンケートによると、特殊相対論の話が一番好評であった。

2004年度はこれまでに宇宙に関して、星座、天の川に関する授業を行った。物理学概論受講者のうち、天の川を実際に見たことのある学生はわずか2名であったのは驚きであったが、映像等で天の川の様子を見せ、七夕の話、宮沢賢治の「銀河鉄道の夜」の話をした。このように宇宙になじませたあとで、学期末に宇宙の歴史（ガモフのビッグバン）の話をする予定である。

宇宙は自然科学の中で、一般の人々が興味を抱く数少ない分野であり、実際に、文学、神話、哲学などの領域でも昔から宇宙は関心の対象であった。また、1990年代より、宇宙観測技術の急激な進歩により、タイムマシンの研究<sup>[32]</sup>を含め、宇宙の研究は目覚しく進んでいる。自然科学の中で、宇宙部門はこれからもますます一般の人々の目に付く分野であると考えられるので、この方面を活用して、学生教育を行っていきたい。

##### ミクロな世界の授業

ミクロな世界の授業として、2003年度は原子と量子力学の授業を行ったが、工学、ナノテクノロジーなどの関連などから重要であるにもかかわらず、比較的芸術学部の学生はあまり関心がないようであった。理由は、宇宙、音、光などと比べてミクロな世界は身近ではないこと、それほど魅力を感じないこと等があげられる。

そこで今年度は、原子の授業ではデモクリトスの原子論を含めた哲学的な要素を新たに加えた。「水を水たらしめているのは何か?」「木を木たらしめているのは何か?」という問いかけを学生に対して行い、そういった「あるもの」を分割していくことは「あるもの」を厳密に追求していくことであり、最終的に分割できないものが「アトム」であるという古代ギリシアの説を紹介したところ、分割を進めていくと最終的に何になるのか、現

在の原子をさらに分割すると何になるのかという質問が出てくるなど、学生の関心は高かった。

さらに「私たちはどこからきたのだろうか（私たちを構成する元素はどこから来たのだろうか）」というロマン性のある問いかけを行った。そして私たちを構成する元素は、地球上で生まれたのではなく、宇宙初期のビッグバンと、星の中、そして星の大爆発（超新星爆発）で主にできた映像を交えて説明した。そして、現在も国立天文台の原子核物理学、宇宙物理学の研究者が最新の元素合成の研究をしている事も紹介した<sup>[21]</sup>。このようなロマン性のある話をしたところ、今年度は学生の反応はよかった。

このように、「哲学性」「ロマン性」も、芸術学部の学生を引き付ける内容である。

余談ではあるが、学生の原子に対する予備知識を質問したところ、水素原子、酸素原子などはほとんどの学生が知っていたが、原子核、中性子、陽子、電子はほとんどの学生が知らなかった。原子が中性子と陽子からなる原子核と、そのまわりをまわる電子からできているということを知っている学生は非常に少なかった。これは、高等学校における文系の学生に対する平均的な理数教育水準がかなり低下している一端を表しているといえる。

ミクロな世界では量子力学が重要な役割を演ずる。2004年度はまだ量子力学の授業は行っていないが、まず量子力学を身近に感じてもらうことが重要と考え、「トムキンスの冒険」などの有名な一般向けの本などの話を紹介しながら、トンネル効果などにおける美しい画像を交えて進めていきたいと考えている。また、量子力学には、未来が確率的にしか決まらないという面白い「哲学性」を持っている。この哲学性も芸術学部の学生に興味を持たせるために活用していきたい。

### WEB を利用したプログラミング

プログラミングも、数学、物理と同様、学生が名前を聞いただけで拒否反応を起こす可能性のある分野であるので、なるべく学生が興味を引くように配慮した。

プログラミングを学生に楽しんでもらうため、「情報処理演習Ⅱ」において、JavaScript を利用して、ロールオーバーやホームページ上で古いなどのページを作りながらプログラミングの基本（配列、条件文、関数、オブジェクト、プロパティ、メソッドなど）を学習させた。JavaScript は 1) 自宅、大学どこからでもパソコンさえあれば、新たにソフトを購入することなく容易に利用できる。2) フォトショップ、ホームページビルダーその他 JavaScript を利用しているソフトも多い 3) 必要な予備知識はほとんどないにもかかわらず、C 言語、action

script とも似ており、プログラミング言語の導入に適している、などの利点がある。

フラッシュ、ゲームプログラミングなど、プログラミングはこれからの芸術の学生にとって非常に重要になると考えられるので、更なる改良を目指していきたい。

「わかりやすい」「実験を用いた」授業に加えて、「芸術的、哲学的要素のある」「魅力ある」授業への試み  
学生が興味を抱きにくいのは、比較的抽象的な内容である。しかしながら、抽象的な内容については世間で出回っている資料にも問題があると思われる。現在の高校、大学生向けのサイエンスの資料の多くは、「わかりやすさ」には留意しているが、「魅力ある資料づくり」や「読者に関心を持たせる資料作り」はあまり留意されていない。それゆえ、そういった「わかりやすい」が「魅力のない」資料を授業資料として学生に配布しても、学生は興味を示さないのである。

例えば多くの本、資料では、原子や電子そして原子核における陽子や中性子が単なる単色の球で描かれているなど、視覚的にも芸術的にもほとんど魅力がないということがあげられる。波動現象も同様で、多くの資料には面白みのない正弦波の絵や数式で埋め尽くされている。

それでは「魅力ある資料作り」「読者に興味を持たせる資料作り」をするにはどうすればよいだろうか？その答えの一つは、前述した日本科学未来館の方針が上げられる。つまり、「音楽、美術、演劇、スポーツ」の類を授業にとり入れていく試みである。日本科学未来館では、美しい分子模型が売られている。従来の単調な分子模型ではなく、芸術性を持たせていくことによって、興味、関心を抱かせるわけである。

また、音楽、美術、演劇、スポーツに加え、哲学も学生の関心を引く上で有効である。これらを含めたカリキュラムを開発し、教員間で情報交換をしていくことが重要である。

将来的には、原子の図を、もっと美しい図にしてみようか？分子ももっときれいな図にしたらどうだろうか？波を「わかりやすく、かつ美しい波」を用いて干渉、回折を説明できないだろうか？これらを、音楽などを用いて効果的に印象付けることはできないだろうか？授業にストーリー性を持たせることにより、学生をひきつけることはできないだろうか？将来はこのような様々な可能性を探り、情報を共有していくことが重要である。

このように科学に多くの人々が関心を持つ芸術、哲学を取り入れることにより、「理科嫌い」「数学嫌い」をいっくら緩和させることができる。

## 5. まとめと展望

今回、最近注目を集めてきたサイエンスとアートの関係について、主にサイエンスにおけるアートの活用並びに芸術学部における教育現場での活用の現状について論じた。

科学教育に関しては、実は芸術学部のみならず、当然理工学系学部、小中高等学校においても、「理科離れ」「学力低下」が議論になっている。例えば、「乾電池の並列接続と直列接続ではどちらが豆電球は明るくつくか?」ということを知らない教員を目指す大学生もたくさんいるのである。

自然科学を多くの人々に理解してもらい、発展させるためには、わかりやすいだけでなく、できるだけ多くの人々が自然科学に興味を持ってもらうことが重要である。そのためには、数式の羅列、無味乾燥な図による説明のみではなく、より多くの人々が興味を抱く内容を織り交ぜるのが好ましい。芸術や哲学は、より多くの人々が興味を抱く内容として有望である。よって、科学教育における様々な方面で芸術、哲学を含めて活用していくことが、科学教育を発展させるひとつの大きな道を切り開くと考えられる。

また、芸術を学ぶ人々に、自然科学の面白さを伝えることも重要である。この面でも、芸術、哲学の活用が重要な役割を果たす。

芸術、哲学と理学の相互関係がより深まれば、サイエンスの結果を活用した芸術作品がより発展し、研究面においても、SF作家のタイムマシンの話題がワームホールを用いた物理学におけるタイムトラベル理論に大きな影響を与えたように、理学と芸術が相互に影響しあうケー

スが増えていくと考えられる。

## 参考文献

- [1] 朝日新聞、10月22日、2004年
- [2] 竹内洋一郎・梶杉郎、身近な哲学、ナツメ社2004年、158-159ページ
- [3] 佐藤文隆 相対論的宇宙論入門、ブルーバックス1981年
- [4] ジョージ・ガモフ ガモフ全集、白揚社 1950年
- [5] <http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/mat097j/mat097jr.html>
- [6] ハルツェン、F・マーチン、A. D 著・小林哲郎・広瀬 立成 訳 クォークとレプトン—現代素粒子物理学入門、培風館 1986年
- [7] C. H マックギラフィ著（結晶学者）、有馬朗人（原子核物理学学者）訳 エッシャー《シンメトリーの世界》、サイエンス社 1980年
- [8] ブルーノ・エルンスト著（数学、物理学、写真額、図像学など多数の専門をもつ）エッシャーの字、朝日新聞社1983年
- [9] 藤田 伸著 連続模様不思議、岩崎美術社1998年
- [10] M. C. エッシャー著 無限を求めて、朝日選書1994年
- [11] 例えば B.B. Mandelbrot, The Fractal Geometry of Nature, W.H. Freeman and Company (New York), 1982.
- [12] 一川 誠、井上真一、富岡憲治、二間瀬敏史、松田卓也、松田文子、本川達雄、リチャード・ゴット協力「時間」とはなんだろう Newton、10月号、2004年
- [13] 全天周映画「ROBOT～夢のアストロボーイへ～」(日本科学未来館)
- [14] ダービーシャー、ジョン著 松浦俊輔訳 素数に悪かれた人たち—リーマン予想への挑戦、日経 BP 社2004年
- [15] 富永裕久 左と右の科学、ナツメ社2001年
- [16] <http://www.kitasato-u.ac.jp/sci/resea/buturi/suuri/suuri.html>
- [17] 古川タク作画 ジョージ・ガモフ原作 トムキンスさん、白揚社2002年
- [18] <http://www.miraikan.jst.go.jp/j/mesci/index.html>
- [19] <http://yso.mtk.nao.ac.jp/%7E4d2u/>
- [20] 源田悦夫 編集委員長 デジタルイメージクリエーション2001年
- [21] 日本原子力研究所、国立天文台 [http://yso.mtk.nao.ac.jp/~yamazaki/kajino\\_group/press1\\_2.pdf](http://yso.mtk.nao.ac.jp/~yamazaki/kajino_group/press1_2.pdf) 2004年