

芸術と科学

— SSH における美術教育を考える —

芸術科（美術） 吉 村 雅 利

はじめに

現代の日本の学校教育では、美術は文系科目に分類されることが多く、美術系大学の入学試験において数学や理科の力を求められることは少ない。美学や美術史の研究だけでなく関連が多い他教科は語学と地理歴史ぐらいかも知れないが、実際に材料を加工して何かを制作する場合には数学や理科の基礎知識が必要になることが多い。正確な造形には数学的な計算や測量技術が必要であり、材料の加工には化学的な変化の理解が必要であり、建築のような大きな造形においては物理学的な思考も必要となる。文部科学省の科学技術学術審議会は、「文化資源の保存、活用及び創造を支える科学技術の振興」の中で、科学技術による新たな文化的創造の重要性を認識しているが、美術教育における理数的要素や科学的視点はまだまだ軽視されている。平成 11 年の高等学校学習指導要領において、美術の内容にコンピューターグラフィックスを含む「映像メディア表現」が加わったことで、少しだけ理数的要素が増えた。これによって美術という科目の位置づけが理系方向に修正されることを期待したが、「映像メディア表現」に高い関心を示す理系思考の生徒は、美術科より情報科に向かうので、美術系大学や美術教育系に進む生徒は、ますます文系色が濃くなってしまったように思える。しかし、高等学校の美術教育は美術の専門家を育てるためのものではない。美術的な物の見方や表現を様々な分野で活用できる人材を育てることが重要であり本質であると考えている。本校が SSH に指定されたことに応じ、美術の中の科学的側面を掘り下げることによって、総合的で理想的な学習のあり方を考察したい。

1. 真実と論理

私は、まだ物心がつかない頃から、学習とは真実を学ぶものだと思っていた。知りたいことは真実や事実などの正しい情報であり、教科書の記述や学校で教わる内容は真実や事実であると信じていた。高校に入って間もない頃は、美術に対しても趣味程度の意識しか無く、最も好きな科目は数学であったが、何事に対しても真理を追求したいという意欲は強かった。数学と物理や化学など、計算などによって証明ができる内容は真実であるという実感が持てたので、高校でも好きな科目となった。理数が好きだと大雑把に好みを表現することもあるが、理科の中で生物や地学には実感が持てない内容が多く、教科書に書かれていても自分で確認できない内容も多い。教科書の記述を読んで覚えるだけでは理解した実感は得られなかった。なぜそれが真実だと確認できるのかを教師に質問しても、「教科書の通りに覚えておけば点数はとれる」とか「それは大学で学ぶようなことだから高校生はそこまで考えなくて良い」などと、

その場しのぎの嘘でごまかされた。真実を探究する生徒の気持ちに答えず、教科書に書いてある事は真実だから覚えておけば良いといわれても納得できなかった。不満が溜まり、そのような科目には興味が薄れた。今思えば私が疑問に思った教科書の内容は、一仮説に過ぎない内容が多く、真実かどうか疑いの余地があり反論もある内容だった。それならば「現時点で多数の研究者が支持をしている考えに過ぎない」という事実を教えてくれさえすれば、私は真偽を確かめたいという欲望を膨らませ、その分野の研究に人生をかけるような研究者を目指したかもしれないのだ。別の仮説を隠蔽して、一つの仮説だけを真実であるかのように押し付ける事は、教育というより洗脳という言葉に結びつく事ではないだろうか。趣味的な読書では、探偵小説で真実を暴くプロセスや、未来の真実を予感させてくれるSF小説などには興味を持ったが、欲望や感情の絡み合う人間関係のドラマのような話に対しては違和感を抱くことが多く、名作文学であっても共感することはできなかった。そもそも文学作品を読む際に、その内容をどのように受け取るかは読者の自由であり、経験や想像力に左右されることも多い。授業で教わった通りの解釈をしなければ誤りであるかのような教え方をされると、天の邪鬼な私は別の答えを探したくなった。また歴史にも実感が持てず違和感を強く感じた。生まれる前の過去のことの真偽を確認できるのかという疑問がある。歴史は過去の文献を解読して推測した結果に過ぎず、その文献が事実や真実を記録したもののなかのどうかは別問題だ。現代でも権力者に不都合な文書は残されない。多数の文献を比較して、共通点の少ないものは排除して、都合の良いものだけを選び、それらを結びつけて推測しているだけであり、真実を実感できるものではないと感じていた。創作的な歴史ドラマの原稿がその中に紛れていないことを証明することなどできないのだ。歴史の教科書に書かれた歴史も、大河ドラマで演じられた歴史も、誰かが書いた創作ストーリーに過ぎないかも知れないと疑えばきりが無い。どのような歴史的な物的証拠が存在しようとも、それがいつどのように作られ使われたものかという事は推測するしかない事だからである。多数の研究者が支持する説が正解とは限らないし、多数が支持した説が正解である確率が高いわけでもない。多数が支持する通説よりも、たった一人が提案する新説が正しかったために、宇宙の歴史まで書き換えられてきた事が学問における事実なのだ。タイムマシンでも実現しない限り歴史的な真実の確認はできない。最先端の新説であっても、いずれ書き換えられるかもしれない。現時点で事実だと信じられていることも、疑う者にとっては創作物と同じなのである。私は、探偵小説を読み過ぎた後遺症のためか、論理的でないことや不十分な証拠から導かれた結論を安易に受け入れられない。

2. 美術と科学

残念ながら私が高校で受けた授業は、大好きだった数学に対しても興味を失いかねないものだった。多くの教科の授業が真理を探究しようとする精神を拒否するものだったことが、私を美術の世界に追いやったのだ。「おかげで美術に専念することが

できたと解釈すれば幸運なことだった」という人もいるのかも知れない。そのように考えることは、ナチスドイツに差別され迫害されたおかげで、イスラエルというユダヤ人の国を建国できたので幸運であったという論理に似ている。イスラエル建国は幸運であったかも知れないが、差別や迫害を肯定することではない。

私が逃げ込んだ美術の世界は、用語の暗記を強要されることもなく、真理の探究ができる世界であった。美術で一番影響を受けた人物は、レオナルド・ダ・ヴィンチである。真理を探究する彼の精神に共感したからである。「レオナルド・ダ・ヴィンチの手記」を読むことで、美術には、数学や科学、聖書や文学の知識も重要であることを知り、幅広い学問への興味を取り戻すことができた。科学的なことでは、光学と解剖学に特に強い関心を持ち、高校時代から写真と美術の関係を研究し、人体解剖図を辞書として絵を描く毎日であった。解剖学で特に美術と関連するのは骨格と筋肉の構造である。筋肉や骨格の構造の理解は、人物画にリアリティを与えるために重要だから興味の対象となったが、その興味が生物学全体へと広がることはなく、細胞や遺伝子のような目に見えない細かいことや、進化論のような空想じみた話は、それらが真実であるという実感も持てず、それが真実であろうが嘘であろうが、絵を描く上で必要になることもなく、健康を維持して生きる上で影響することもなかったからである。ロナルド・ハワードが演じたシャーロック・ホームズの映画では、ワトソン博士から地動説のような一般常識を知らないことを指摘された場面で、ホームズは「天動説だろうが地動説だろうが、その知識は自分の生活に何の影響もないので忘れることにする」と返している。

聖書や文学は、それらが絵画の表現に重要な関わりを持っているということを知ったことによって、私の興味の対象となり研究の対象となった。聖書は神の預言なのか創作文学なのか、その問題は立場によって解釈は異なり諸説あるが、私にとって聖書は絵画を理解するための資料の一つに過ぎず信仰の対象ではない。科学的に証明できそうにない事は問題にしたくないので、聖書の記述内容が事実であるかどうかより、その内容に基づいて描かれた絵が存在するという事実が重要なのだ。聖書の記述内容と一致する事実や証拠が発見されたとしても、聖書が事実を記録したものなのか聖書に従って事実が演じられたものなのかを証明することはできないし、両方が混在する可能性も考えられる。私にとって聖書が重要だったのは、西洋絵画の大部分が聖書の記述に関連して描かれているという事実だ。聖書の一場面を描いた具象絵画に限ったことではなく、幾何学図形のような抽象的絵画であっても聖書の影響を受けている事が多い。近現代美術推奨者の間では、聖書や宗教との関わりを切り捨てたものが近現代の純粋な芸術だと誤解されていることがあるが、それは聖書を詳しく知らない美術評論家や美術史研究者が主観的にそのように分類しているだけであり、制作する画家の方は宗教や思想に縛られているのである。例外があるとすれば、宗教意識の乏しい日本人画家の作品ぐらいであろう。近現代の抽象的で幾何学的な表現は、ほとんどがユダヤ教やイスラム教のような、偶像崇拜を禁止する宗教観を持っている画家によって生み出

されたものであり、偶像排除も宗教との関わりは深い。ナチスに退廃芸術とされた近代芸術は、ヒトラーの好みに合わなかったから排除されたなどと語られているが、近代芸術の中心を担った画家も画商もユダヤ人が多かったという事実の方が本質的である。偶像崇拜宗教と偶像崇拜禁止宗教は、どちらも聖書を利用しているが、聖書の解釈が違うだけであり、どちらも聖書に忠実であろうとする精神を反映している。

また、絵画は描かれた時代の思想や技術によっても大きな影響を受ける。例えば18世紀になると、屋外で描かれた風景画が増えるが、これはチューブ入り絵の具や折りたたみ式イーゼルなど携帯に適した屋外制作用道具と材料が開発されたことの影響が大きい。印象派は、当時の色彩に関する科学的研究の影響や、日本の浮世絵の影響を受けていることばかりがクローズアップされ、宗教的な側面は無視されがちだが、表面的ではない部分に彼らの宗教観は表現されている。写真の発明によって絵画の形態や明暗や空間の表現に写真的な特徴が加わり、映画の発明によって動きの表現に関して新たな視点を獲得した。ダリは当時の最先端であったフロイトやユングの心理学に影響を受け、人間の心理という目に見えない世界を視覚的に表現するようになった。その後、印刷技術やテレビ、コンピューターの登場によって、画家は新しい表現方法を獲得してきたが、そのような表現の中にも科学的技術の活用と共に聖書の精神は生きている。どの時代の絵画においても技法材料に注目するならば、当時の最先端科学の影響を受け、新しい材料・道具・技術を積極的に取り入れてきたことがわかるのである。

3. 聖書と科学

聖書の記述を科学的に分析するとどうなるのだろうか、旧約聖書は古代ヘブライ語で書かれ、新約聖書は古代ギリシャ語で書かれたものである。現代のヘブライ語やギリシャ語と同じではない。旧約・新約という名称からは、それが予言書や創作物語ではなく契約書であるということがわかる。イエス・キリスト以前の契約と以後の新しい契約ということだ。神という存在も擬人化されてイメージされがちであるが、文字通りに読むならば、神は擬人化されて書かれてはいない。「聖書物語」など、聖書の内容を童話のように書き直された文学的表現を読むと、神は姿形が人間と同じで無限の超能力を持った存在であるかのように誤解する。日本語への翻訳が不適切な事による誤解もあるのかも知れない。聖書の言葉を忠実に読むと、神である「ヤハウエ」は「ありてあるもの」という意味であり、現代語的に書くと「(昔から)存在して、(今後も)存在するもの」だが、抽象的すぎて理解しにくい。そもそも「ヤハウエ」が神の名前としての固有名詞なのかどうかは疑問だ。神は、人間が神の名を呼ぶことや口にする事を禁じているので、聖書に書かれた「ヤハウエ」が本当に神の名前であれば、聖書に記述することも禁じないと矛盾するように思えるからである。神は聖書の中にいろいろな姿で現れる。あらゆる生物や物質に化けることができる上、光であったり炎であったりと現象のような存在でもある。科学的な視点で読むと聖書の神はエネルギー

そのものだと解釈することもできる。そうすると聖書は宇宙の過去から未来までのすべての真理を記述している書物だと解釈することもできる。聖書を科学的に解釈することは、擬人化や比喩的表現を可能な限り科学的な表現に翻訳して解釈することである。聖書の原文は大文字小文字の区別もスペースも無い文字の連続であり、区切り方によって別の単語になり異なる意味になるので、読み方次第で内容は何通りにも読み替えることができてしまう。大文字小文字の区別がない聖書の記述が読み方によって異なる意味になるということを説明する次の英文の例(出典不明)がどこかで紹介されていた。「godisnowhere」のような記述があった場合、これは「God is now here」とも読めるし、「God is no where」とも読めるので、同じ文を読んでいても、単語の区切り方によって「神がいる」とも「神はいない」とも読めてしまうということである。同じ旧約聖書を信じているのに、ユダヤ教、キリスト教、イスラム教という異なる宗教が生まれたのは、異なる聖書解釈をした三人の研究者の誰を支持するかという派閥争いの結果にすぎないかも知れない。どの宗教にも無頓着な日本人には、2千年ほど前の派閥争いが現代の戦争にまで繋がっているのかと、バカバカしく残念な真実が見えてくる。強すぎる信仰は持たない方が平和に生きられる。現代語に翻訳された聖書が、本来の意味をどれほど正しく伝えているのか、どれほど都合の良い解釈に改ざんされてきたのかは、すでに闇の中であり解明しようのない事である。

私は以前、旧約聖書の創世記は創作的な物語の一種だと思っていた。天地創造のような話は、多くの神話にも類似した点が見られる話だからである。しかし、ある時から旧約聖書の内容は実際に起った事実なのかも知れないと考えるようになった。2008年頃に標高4000mぐらゐのアララト山の山頂付近で、実際にノアの箱舟の残骸が発見されたという報道がきっかけである。それは4800年前のものだと判明し、大きさまで聖書の記述通りで、全長300キュビット(約150m)もあるらしいのだ。そんな巨大なものをフェイクニュースのために、わざわざ雪に埋もれた標高4000mの場所に作ることは考えられない。ハリウッドがその気になれば、その程度のフェイクニュースを作る事は不可能ではないと思うが、わざわざ作るメリットがあるとも思えなかったので、聖書のノアの大洪水が事実であったという事を信じるようになった。その後は聖書の記述は作り話などでは無く、すべてが事実に基づくものかも知れないという気持ちで聖書を読むようになった。聖書の記述が事実であると信じるだけで私の世界観は大きく変化した。それまで真に受けていなかったことを信じるようになると、今までと同じ現実の世界が全く違ったものに見えるようになった。価値観や思想が逆転すると言ってもいいだろうか。それまでは聖書の記述は空想文学のようなものだったので、その内容を確かめようという気持ちは起きなかったが、それが事実であるという仮説を信じたら、その内容を科学的に検証することが好奇心の対象となるのである。

たとえば、ノアの方舟が標高4000メートルの山頂付近に漂着しているということは、大洪水が起こったとされる4800年前には世界中が4000mの山頂付近まで水没していたということになる。現在の地球の表面を4000mの高さまで水没させようとする

約 20 億立法キロメートル以上の海水量が必要と計算されるが、現在の海水量は南極の水を全部溶かしても約 14 億立法キロメートルしかないので、すべての陸地を水没させるには、現在の地球上のすべての水を集めても水量が足りない。これだけの情報で短絡的に結論を出そうとすると、世界中を水に沈めるような大洪水はありえないということになる。全世界を水没させた水は、どこから来てどこに消えたのだろうか。旧約聖書の創世記第 7・8 章に書かれた大洪水の記述では、第 7 章 11・12 節「それはノアの六百歳の二月十七日であって、その日に大いなる淵の源は、ことごとく破れ、天の窓が開けて、雨は四十日四十夜、地に降り注いだ。」と書かれている。「淵の源は、ことごとく破れ」「天の窓が開けて、雨は四十日四十夜、地に降り注いだ。」という部分が、洪水の水がどこから来たのかということを記述しているようだ。「淵の源」は地下のどこかに溜まっていた地下水が、地殻が割れて吹き出したと考えれば無理はないように思えるが、「天の窓」とは何のことだろうか。創世記第 1 章を読み直すと気づくことがある。第 1 章 6 節、「神はまた言われた、『水の間におおぞらがあつて、水と水とを分けよ。』」と書かれている。「水の間におおぞら」ってどういうことだろうか。以前は疑いもなく、地上の海や川の水と雲のことだと思っていたが、雲は空の一部であり、空より上にあるというような表現は腑に落ちない。画家の井上直久氏は「イバラード」という空想の世界を描いており、空に水の層を浮かべているが、それも空の中の水であるし、重力をコントロールできない限り、現実的にはありえない。

16 世紀の画家ヒエロニムス・ボスは、代表作「快樂の園」の扉の外側に「天地創造」の場面を描いているが、この絵では世界がガラスの球体の中に閉じ込められたように描かれている。フラスコの中に液体が入っており、そこに陸地が浮かんでいるような感じである。この形であればガラスの球体の表面が、空の上の水を聖書の文字通りに描いていることになるが、シャボン玉のような水の球体の中に地球がすっぽり包まれているような形が物理学的に可能なのだろうか。進化論と対立する創造科学という学説があるらしい。関連書籍は確認しておらず Wikipedia の情報によるだけだが、創造科学では「大気の上空にある熱圏に当時は非常に密度の高い水蒸気の層がありそれが雨となって地上に降り注ぎ大洪水となった」という説を主張しているらしい。太陽からの電磁波などによって 2000℃にまでなることがある高温な場所らしいので、水蒸気はそのあたりに層を作っていれば、冷えて結露して雨となって落ちてくることはないはずなのだが、そのような水蒸気層がなぜ雨に変わって降り注いだのだろうか。その高温の水蒸気層がどれほどの厚さのものなのか知らないが、水蒸気であれば、液体の水の数万倍以上の体積になっているはずなので、結露して全部が降り注いでも大洪水が起きるほどの水量になるとは思えない。現在の海は地表の約 70%であり、陸地は約 30%である。海の平均水深は約 3729 mであり、陸地の平均標高は約 840 mである。全陸地が水没するような大洪水があったとすると、陸地の大量の土砂などが流され海底に沈んでいるはずである。水に削られる前の陸地の平均標高はもっと高かったのかもしれない。土砂が沈む前の海の平均水深はもっと深かったと考えられるかということ、

土砂の沈んだ分だけ水面が上がるので平均水深は変わらないかもしれない。土砂の堆積によって水位が上がれば、陸地は更に水没するので陸地の平均標高は低くなるということも考えられる。土砂の堆積以外の原因であっても、何らかの理由で海底の地形が隆起すれば水面は上がり現在の海水量でも全陸地が水没する大洪水になる可能性は考えられる。勝手な想像に任せれば海底の火山活動などで海底地形に変化が起きれば、短時間で急激に海水面が上昇することもあり得ると考えられる。「淵の源は、ことごとく破れ」と書かれているので、水だけではなく溶岩なども吹き出したと考えることも可能かもしれない。そもそも大洪水の前は、高い山は無く、海も浅く、地殻の高低差がもっと少なかったかも知れないという可能性も考えられる。創造科学では、方舟の漂着した場所が当時もっと低い場所だったが、その後の地殻変動の造山運動によって4000 mまで持ち上げられたと考えているようである。旧約聖書の詩篇 104 篇 6・7・8 節には、「あなたはこれを衣でおおうように大水でおおわれた。水はたたえて山々の上を越えた。」「あなたのとがめによって水は退き、あなたの雷の声によって水は逃げ去った。」「山は立ちあがり、谷はあなたが定められた所に沈んだ。」と書かれている。これはノアの大洪水の水が引いた後に、山が上がって谷が沈んだということだ。大洪水の前は平坦だったが、大洪水の後に地殻変動で凸凹になったのが事実なら、方舟が流れ着いた場所は、当時もっと低かったという考えを肯定し、大洪水の後に地殻の凸凹が激しくなり、凸部からは水が引き、凹部には水が溜まったと考えれば、地上の水の総量不足に対する疑問は解消する。空の上の水が何だったのかは疑問だが、私の頭には「大洪水前の空の上には現在の月とは別に、天の窓と呼ぶべき水の塊である衛星があったのだが、隕石の直撃か何かの原因で水の衛星が破壊されて水が地上に降り注いだ。」というイメージが浮かんでいた。しかし、宇宙ステーションでの実験によると、無重力状態では空中に浮かんだ水が球形となり、その水球の中にストローで空気を吹き入れると、水球内部に空気の球（泡）ができていた。無重力でそのような球ができるのならば、その中心に地球を置けば、地球と空気と水という3重構造が実現し、聖書の「空の上の水」が文字通り実現し、科学的に矛盾のないものであるとわかった。

このように聖書の記述を事実であると仮定し、大洪水の場面を科学的に証明しようとする研究は、もはや美術ではないと思われるかも知れない。ヒエロニムス・ボスのように一枚の絵を描くだけなら、科学的証明など無く、聖書の記述を文学的に解釈するだけで描けるのかも知れないが、「ノアの方舟」の場面を、「ベン・ハー」や「十戒」のような、リアルな大スペクタクル映画として表現しようと思えば、科学的な矛盾も可能な限り排除する必要が生じる。文章の情報を映像的に視覚できる表現に置き換えるためには科学的な思考は不可欠である。ただ美術家は科学者ではないので、それを論文の形で表現する必要はなく、絵画や映画として視覚的にリアリティを表現する事ができれば良いだけであるが、それを高いレベルで実現するためには、レオナルド・ダ・ヴィンチのように科学的な視点で真実を研究することが不可欠なのである。

4. 運動と美術

レオナルド・ダ・ヴィンチは類まれな観察力で、飛翔する鳥の翼の動きや流水の水の動きを、スローモーション撮影したかのようにリアルに描いている。それは実際にスローモーション撮影の映像と比較したら一致するものではないのかもしれないが、静止画像の写真より多くの動きの情報を含んでいる。1枚の写真では翼の動きや水の動きの一瞬を固定することができても、次の瞬間にそれがどう変化するのかということ記録することはできないが、レオナルド・ダ・ヴィンチの素描は、その前後の変化が推定できるように描かれているのである。彼の素描は一瞬の形を記録したものではなく、動きや流れの本質を表現しようとしたものだからである。そのような神業の素描は誰にでも真似のできるものではない。現代では運動を視覚化するためには、映画やアニメーションという表現を用いて運動を表現する方が現実的であり応用範囲も広い。日本のアニメは世界一だといわれるが、それは実写に近づけるようなリアリティの高さに対する評価ではなく、簡素化や合理化によるコスト削減と表現の豊かさをバランス良く両立できていることが高評価の大きな要因となっていると思われる。映画やアニメーションは、通常1秒間に24枚の静止画像を切り替えて映写することによって動きを表現している。1秒間の動きを表現するために24分の1秒ずつの動きの変化をすべて描き分ければ、アニメーションは最高にリアルで自然な実写映像並みの動きを再現できるが、制作時間やコストも最高になる。そのためアニメ制作では合理化のために「コマ打ち」という方法を用いる。「2コマ打ち」「3コマ打ち」などが一般的な方法であるが、海外アニメは「2コマ打ち」が主流であり、日本アニメは「3コマ打ち」が主流である。「2コマ打ち」とは、2コマずつ同一の画像を入れることで12種類の画像で1秒間の動画を作成するということである。「3コマ打ち」とは、3コマずつ同一の画像を入れることで8種類の画像で1秒間の動画を作成するということである。単純に考えれば「2コマ打ち」より「3コマ打ち」の方が動きは荒くなり、不自然な動きになるのは当然であると思われるが、日本のアニメは「3コマ打ち」という合理化をしながら、様々な工夫によって質の低下を感じさせず、場合によっては海外の「2コマ打ち」以上にリアリティや迫力を感じさせる演出を実現している。様々な工夫とは鑑賞者の目を騙し、リアルな運動であるように錯覚させる心理学的な技術だということもできる。つまりアニメーションの動きの表現を研究することには、物理学的な運動の研究や心理学的な研究を内包していると考えられる。「ツイスター」という映画では、巨大竜巻を研究する科学者夫婦が竜巻内部の風の動きを観測するために、プロペラのような形をした超小型観測装置を竜巻の中に無数に飛ばして、竜巻内部の風の動きをコンピューターで視覚化していた。もしかしたらレオナルド・ダ・ヴィンチは、水の流れを観察する際に、細かい粒状の何かを流していたのかも知れない。

人体の動きを正しく把握しリアルに表現するためには、骨格や筋肉の構造や可動範囲を理解する必要がある。そのために画家は美術解剖学の研究をしてきたわけだが、人の形態や動きを研究することは、人が使用する道具などの形状をデザインする上で

も極めて重要なことである。例えば、靴をデザインする場合は、足の形態や関節の動きを考慮し、足の機能を阻害しないようにデザインしなければならない。それに加え、どのような場で使うのかという使用環境や使用目的も考慮する必要がある。靴底のパターンや材質も考慮する必要がある。また、自動車や航空機など高速で動く物をデザインする際には、空気力学を考慮する必要がある。空気抵抗の少ない形態の研究には、水生動物の形態などが参考にされることも多い。水の抵抗は空気よりはるかに大きい。高速で移動する場合の空気抵抗は、水の抵抗以上に大きくなることもあるからである。身近な例としては新幹線の先頭車両の形状があげられる。その形状は、イルカやサメあるいは鳥のくちばしの形状を参考にして空気抵抗に対抗する造形の試行錯誤が行われている。そのようなデザインのためには生物の形態についての研究も生かされているのであり、運動するものの形態をデザインする上では空気力学のような物理学的研究も欠かせないのである。

5. 色と数

美術において最も重要な要素は形と色である。形と色に関わる全ての問題を考えることが美術のメインテーマであると考えられる。形と色は視覚的な情報の全てであると考えられるが、さらに絞り込んで考えるならば、形は色の境界であるので、色の違いだけが視覚的情報の全てであると言えるのかも知れない。人間が色彩の配置を認識するとき形という要素が脳内に発生するのであり、美術においては最も本質的な要素は色彩であると考えられる。夜空の星を見上げて無数の点が見えるだけだが、人は点と点を線で結び形を生み出す。視覚的に入手した色の情報を加工し再構成した視覚的情報を発信することが美術の表現プロセスである。色彩は色相、明度、彩度、という三要素で比較される。これは、音楽の、音程、音量、音色という三要素に対応するものである。色の三要素と音の三要素は、いずれも単色、単音について、それぞれを捉える感覚である視覚と聴覚が判別できる要素ということである。複数の色彩や音が配置されれば、その相互関係によって、フォルム（メロディ）、ハーモニー、リズムというさらに高度な三要素が生まれる。視覚におけるフォルムは、聴覚におけるメロディに相当し、それらは最小では、隣り合った二つの色や音の三要素の関係性によるものである。美術は色の関係性を視覚に伝え、音楽は音の関係性を聴覚に伝える。色を発するすべてのものは美術の素材となり、音を発するすべてのものは音楽の素材となり得るものである。美術は色によって空間を分割するものであり、音楽は音によって時間を分割するものである。空間や時間を分割すると、そこには数学的な比率が現れる。一定の空間や時間を二分割する比率には無限のバリエーションがある。また、二つに分割したそれぞれに配置する色や音の選択にも無限のバリエーションが生み出せる。二分割の比率の違いによって印象は変わり、美しさの評価も変わる。その比率には数学的な性質が入り込み、美術や音楽の美に対する評価は、本質的には数学的な比率の美に対する評価ではないのか、と思えるほど数学の影響は大きい。美術・音楽

は数学的な美を、視覚的・聴覚的表現に置き換えているに過ぎないのではないかとさえ思うこともある。美術作品は美的な数学的比率を全体的に複雑に組み合わせることで構成されている。それは長さや面積などの造形的比率だけでなく、色も光の振動数の違いによって識別されるものであり、可視光線の赤から紫の振動数は、おおよそ $4 \times 10^{14} \sim 8 \times 10^{14} \text{Hz}$ であり、赤と比較して紫は約 2 倍の周波数になっていることがわかる。色の変化は、音階が 1 オクターブ上ると約 2 倍の周波数になることと同様に周波数の変化なのである。美術ではオクターブという言葉は一般的ではないが、赤から紫までの変化を 1 オクターブの音の変化に対応させて考えることもできる。可視光の周波数は 1 オクターブしかないが、可聴域の周波数は 12 オクターブぐらいの広さがあるので、色のオクターブを音の 12 オクターブの中に対応させるには複数の場所が考えられる。赤色を、ド (C) の音に対応させるのか、レ (D) の音に対応させるのかによって、色のオクターブを対応させる音域の範囲が変わるということである。私は音楽の経験が乏しく、音を聞いても色との対応を感じ取ることができないので、自身の感覚によって対応させる場所を決めることはできないが、その関係を直接感じることができる「共感覚」と呼ばれる感覚を持つ人が存在するようである。「共感覚」の持ち主であっても個人差があり、統計の結果にはバラツキがある。被験者全員が絶対音感の持ち主であるわけではないので、バラツキが出るのは当然のことだといえるだろう。それでも過半数がド (C) の音を赤色、レ (D) の音を黄色、ミ (E) の音を緑、ソ (G) を青と感じたという結果が出ている。他のファ (F)、ラ (A)、シ (B) の音はバラツキが大きく一つの色に絞れない結果だったようだが、視覚的にプリズムで分光した光のスペクトルを観察しても、無理なく認識できるのは、赤、黄、緑、青であり、それぞれの境界にわずかに橙、黄緑、青緑が見え、青の端の一部は紫っぽく見えるというだけである。細かく区別すれば 8 色になるが、なぜか虹色は日本では 7 色であり、アメリカでは 6 色で描かれる。スペクトルで一番はっきりと幅広く見える色は赤緑青であり、黄色は細いので境界部分の赤と緑の混合色と考えれば、赤緑青の 3 色に分光されたと考えても問題ないかも知れない。現代では光の三原色として、この赤緑青の三色が割り当てられている。虹の色数は区切り方次第で変化するが、音階と対応させて考える上では 7 色にするか、半音階にあわせて 12 色に対応させるのが合理的であると思われる。美術では、この色のオクターブを環状に配置し色相環と呼んでいる。この色相環も何種類もあり、特徴的で比較すべきものは、マンセル色相環、イッテン色相環、オスワルト色相環である。マンセル色相環の特徴は、「赤・黄・緑・青・紫」の五色を基本に色相環を作っていることである。そのため色相環は、五色とそれらの中間色を合わせて 10 色となり、更にそれらの中間色を加えて 20 色というように、色数は 5 の倍数となる。イッテン色相環は、色の三原色と呼ばれる「赤・青・黄」を基本とし、それらの中間を「橙・緑・紫」とし、さらに 6 色の中間色を加えて 12 色で色相環を構成している。また、オスワルト色相環では、「黄、橙、赤、紫、青、青緑、緑、黄緑」の 8 色相を基本としており、「赤・黄・緑・青」の 4 色が 90 度回転した位置に配置さ

れるようにしている。180度反対側の色は混色すると「無彩色」になる補色が配置されている。どの色相環にも便利な特徴はあるのだが、音階と対応させて考えるのであれば、12色のイッテン色相環を用いるのが合理的である。この色相環を考案したヨハネス・イッテンは、バウハウスのマイスターの一人であるが、バウハウスでは美術と音楽を相互に関連付ける研究が盛んであった。クレーやカンディンスキーなどバウハウスの画家も絵画制作に音楽の理論や構造を取り入れているので、イッテン色相環は音階との関係を意識して作られた色相環なのかもしれない。

6. 芸術と科学

ここまで述べてきたように芸術は多くの面で科学と関わりを持っている。絵画の材料の一つである顔料も、現代では化学的に合成された化合物の結晶などが主となっている。鏡やレンズによって光をコントロールする技術も絵画に大きな影響を与えてきた。音楽においても、楽器を制作する立場を考えれば、科学的な知識や技術が不可欠であることは容易に想像できる。コンピューターが美術や音楽に用いられるようになって、ようやく芸術と科学の関連性が認知されるようになってきたが、美術は視覚の研究であり音楽は聴覚の研究であるという原点に帰れば、芸術の探究が科学的な探究であることは自明のことである。教育の場では、芸術は主観的表現の側面ばかりに注目され文系科目に位置づけられてきたが、ここに述べてきたように芸術は本質的に科学との関係が深く理系的性格の強い科目なのである。本校でのSSHの取り組みにおいては、芸術の本質に立ち返り、その科学的側面に注目して21世紀にふさわしい芸術教育のあり方を研究することを目指したい。

参考文献等について

本文中に記載した文献や映画等は、自分の記憶に基づいており、本稿のために改めて参照した書籍や映像はない。聖書からの引用文と、本稿に使用した専門用語の確認のためには、『ウィキペディア (Wikipedia)』を参照した。

