

<研究ノート>

## 新たな製品概念への試み

—「数楽アート」の考察—

大 林 弘 道

### 概 要

株式会社大橋製作所が市場に送り出した「数楽アート」は、現代の先進国が、そして現代資本主義経済が展開すべき、新たな製品概念を提起している。「数楽アート」を“数学を楽しむアート”と理解した場合の、“数学を楽しむ”の意味には三つの側面がある。すなわち、“ゲームとして楽しむ”、“サイエンスとして楽しむ”、“アートとして楽しむ”である。つまり、「数楽アート」は、“アートとして楽しむ”ことに含まれ、しかも、“アート”が工業製品として市場に送り込まれたことに現代的意味が存在する。

先進国経済の在来的・先端的諸産業は現在新興国、途上国に移転しつつある。先進国経済は、いわゆる「産業空洞化」、実体経済の後退が進展している。言い換えれば、先進国経済は新たな産業の創出、そのための新たな製品の創造を必要としている。先進国経済の従来の製品概念は、大量・高度・先端等々として特徴づけられてきたが、今日、グローバルな規模の環境制約・資源制約に直面している。その結果、先進国における新たな製品はそれ自体もその概念も創造されなければならない。「数楽アート」に代表される製品の誕生の意義はまさにそこにあり、歴史的な系譜をもちながらも、現代資本主義経済の開かれるべき地平に立っている。

キーワード：ゲーム、サイエンス、アート、現代資本主義経済、創造

### 目 次

はじめに

- 1 “数学を楽しむ”
  - 1.1 “ゲームとして楽しむ”
  - 1.2 “サイエンスとしての楽しみ”
  - 1.3 “アートとしての楽しみ”
- 2 「数楽アート」の歴史的系譜
  - 2.1 「数理模型」
  - 2.2 「芸術の中の数学」もしくは「芸術としての数学」
  - 2.3 「メディア・アート」
- 3 「数楽アート」の可能性
  - 3.1 教育・研究
  - 3.2 公共空間
  - 3.3 地域経済の振興と現代産業の再構築

おわりに

## はじめに

電子機器製造装置の製造を主力とし、東京都大田区の典型的な工場群に本社を置く株式会社大橋製作所は、2010年6月に「数楽アート」と名づけた製品を市場に送り出した。それは数学でいう2変数関数の3次元立体像を複数のステンレス鋼板が直角に交差する造形として製作されている。それら2変数関数は以下の関数である。

$$z = -a(x^2 + y^2) \quad (1)$$

$$z = 1 - \sqrt{x^2 + y^2} \quad (2)$$

$$z = \sqrt{r^2 - (x^2 + y^2)} \quad (3)$$

$$z = a \cos \sqrt{x^2 + y^2} \quad (4)$$

$$z = axy \quad (5)$$

$$z = a(x^2 - y^2) \quad (6)$$

$$z = 2axy \quad (7)$$

それぞれ(1)式は放物面、(2)式は円錐、(3)式は半球、(4)式は波紋・偏心波紋、(5)式・(6)式・(7)式は馬の鞍Ⅰ・Ⅱ・Ⅲを表現している。さらに、「円筒の交差」と名付けられた変形された半円が直角に交差した、上からは四角、横からは半円のいわば古墳の姿の作品がある。それら<sup>1)</sup>は、Radianceシリーズと小型化されたPetitシリーズに分けられている。各式には、パラメータが含まれているから、その値によってそれぞれの造形は変化するし、また、座標の取り方によっても同形とはならない。

したがって、「数楽アート」において関数式が“アート”となるためには、関数式が“アート”となるということ自体の発想、2変数関数のパラメータ・座標と美しさとの関係の追求、ステンレス鋼板の加工可能性とその採用、造形の大きさ、という諸要因における創造性が発揮されなければならなかった。

「数楽アート」は、まず、2010年7月に開催された「第1回教育ITソリューションEXPO」に出展され、注目を浴び、同年9月に2週間にわたって丸善・日本橋店にて「数楽アートを楽しむ展」が開催された。その後も、丸善・丸の内店その他で常設展示・販売が行われ、また、2011年に入ってもそうした常設展示・販売は継続され、地元大田区での1月の「第9回ものづくり教育・学習フォーラム」、7月の「第4回大田区加工技術展示商談会」にも出展されている。さらに、2011年9月の「第72回東京国際ギフト展“THE 72nd TOKYO INTERNATIONAL Gift Show AUTUMN 2011”」、10月の「湘南ひらつかテクノフェア2011」、「羽田空港国際化1周年記念イ

メント]、「産業交流展 2011」等々に出展をしている。また、「第 23 回大田区中小企業新製品・新技術コンクール」入賞、平成 23 年度「東京都トライアル発注認定制度」認定商品になっている。

このような製品のこのような展開はきわめて異例のことであろう。とりわけ、一中小製造業の製品が「知に生き、人間を信ずる」を価値観とし、「知を燈す（ともし）」を「ミッション」とする丸善<sup>2)</sup>を主舞台としたことはきわめて注目に値する。

この「数楽アート」の登場によって、現代の先進・新興・途上諸国の経済が要請する工業製品における“デザインに留まらないアート”もしくは“思索を誘う美しさであるアート”の出現を期待する筆者に長年内在していた問題意識が触発されることとなった。それゆえ、本稿において「数楽アート」に即しながら、それが意味することの可能性を改めて《研究ノート》として以下のような考察を試みることにした。

「数楽アート」の「数楽」は「すうがく」と読むことを求められているが、文字通りに理解すれば、“数学を楽しむことができるアート”ないしは“数学を楽しむためのアート”であろう。したがって、考察すべき第 1 の課題は、“数学を楽しむ”とはいかなる意味であるか、そこでは「数楽アート」はどのように位置づけられるか。第 2 に、そのような「数楽アート」はいかなる歴史的系譜を辿ることができるか、そして、第 3 に、それは今日の産業経済において工業製品としてどのような意味や意義があるのか、ということである。

## 1 “数学を楽しむ”

“数学を楽しむ”ということには、“ゲームとして楽しむ”、“サイエンスとして楽しむ”、“アートとして楽しむ”という三つの側面があると考えられる。ここでの三つの側面は分離された分類ではなく、数学という一体のうちに、一方では三つの側面があり、他方では相互通底する側面を持つということである。

### 1.1 “ゲームとして楽しむ”

“数学を楽しむ”ということの意味については、数学の専門家でなくとも、多少でも数学に関心を持つ人であるなら誰でも、あるいは、学校教育の中で数学にほろ苦い思い出を持つ人でさえも、何らかの楽しさをともなった記憶を語るができるであろう。人は誰でもが日常生活の必要に迫られて、さまざまな計算を行い<sup>3)</sup>計算の帳尻が合うという快感に近い感覚を繰り返し体験しているに違いない。また、学校教育の中で算数や数学の試験のときに、正解を目指して競い合い、正解に到達する喜びを実感する経験は誰でもが持っている。そのような状況においては、私たちは、計算結果の一致や正解そのものに、友人たちと共通の認識に至ることに喜びを見つけ、さらにはそれらを期待して再度の楽しみを予測し、期待したりすることにもなる。

しかしながら、それらは、いずれも実践的であるが、積極的に“数学を楽しむ”というほどではないだろう。つまり、より積極的に、数学によって構成されたさまざまなパズル<sup>4)</sup>に挑戦し、

そのパズルが解けた場合には確かな喜びを感じ、文字通り“数学を楽しむ”ことになるだろう。このような数学パズルは、そこで使用される用語はしっかりと定義され、それらの使用規則も決められているから成り立つのである。そして、数学パズルを解くだけにとどまらず、数学のもたらず本来の性格の楽しみは、定義された公理から出発して定理が論理的規則に基づき導かれ、さらに多数の定理が構成され、それら総体としての論理構造を構築する、古典としての「ユークリッド幾何学」、あるいは、「形式主義」に則った現代数学あるいは純粋数学の探究においては、さらに大きく、本格的、本質的なものになるだろう。これらは、いずれにせよ、“ゲーム<sup>5)</sup>としての楽しみ”として分類することができるだろう。

### 1.2 “サイエンスとしての楽しみ”

ところで、数学の歴史をたどるならば、日常生活や社会問題の解決の要請、技術開発上の問題の解決、自然への畏敬や関心、そして、その解明のために、数学が誕生し、またその多様な分野が成長していったこと<sup>6)</sup>を理解することができる。とりわけ、数学と理学・工学等の自然科学との間には、自然科学の発展が数学を発展させ、数学の発展が自然科学を発展させてきた歴史が明白に存在する。自然科学の中でも、物理学は数学との間でのそうした関係の典型、代表として強調されてきたところである。

小平邦彦 [1986] は、形式主義的数学を批判して、数学を、「自然の中の数学的現象を研究する学問である」<sup>7)</sup>と定義し、その意義を強調している。また、伊藤清 [2010] は20世紀以降の数学の発展を回顧して、「現代の数学者も、19世紀までの数学者にならって、もう一度物理の中に入って行く必要があるのではなからうか。単に物理学者の定式化した数学の問題を解こうというのではなく、その定式化そのものにまで踏み込んで関与して、そこから新しい数学の素材を汲みとるべきで、……。今は物理学に例をとったが、生物学、化学、工学、経済学など他の科学に対しても同様である」<sup>8)</sup>と述べている。要するに、現代的には自然科学ばかりでなく、社会科学、人文科学のいずれもが担う科学としての存在に関わる限り、数学を学ぶことは“サイエンスとしての楽しみ”として基盤があるといえるであろう<sup>9)</sup>。数学の存在意義の中心は圧倒的に“サイエンス”にあり、数学出版物の大宗もそこにある。

### 1.3 “アートとしての楽しみ”

ところで、数学者のうちには、数学研究の動機として、公式や定理の“美しさ”を強調する人が少なからずいる。というより、きわめて多いといってよいであろう。しかしながら、公式や定理だけを見て“美しさ”を感じることは<sup>10)</sup>、数学者や科学者以外の一般の人にとってはかなり困難なことであろう。そうではあるが、たとえば、数式をグラフとして描出した時に、“美しさ”を感じることはおそらく多くの人が経験していることだろう。中学校や高等学校で2次関数や3次関数のグラフを2次元の平面上に描いて、ある種の“物語”を感得し、“美しさ”を見出した

りすることもあったはずである。かつて、グラフ用紙に時間をかけて描いたものが、現在ではコンピュータのディスプレイ上に容易に描ける。2次元の平面図のみならず、3次元の立体図を一瞬のうちに見ることができた時の感激を筆者は忘れることはできない。そして、複雑な関数を次々に試み、そこに描きだされた想像を越えた造形を見てとてつもない“美しさ”を感じたものである。

数学がグラフ用紙からさらに現在のディスプレイ上にその“美しさ”を見せてくれることについて、Devlin, Keith [1994] は次のように言っている。「現代のコンピューター・グラフィックスを使って、最近の数学者たちは、数学の『パフォーマンス』を見せてくれる。これは、音楽家が音楽の一部を演奏してくれるのと同じことだ。このようにして、普通は数学者の心の中だけに住んでいる構造が、数学者以外の人でも、チラッと観賞できるようになった<sup>11)</sup>」のである。

このような数学の美しさを関数や定理そのものではなく、それを紙の上で、あるいは、ディスプレイ上で造形として表現することは、それ自体は数学であっても、もっぱらその“美しさ”を感得する限りは美術の範疇に入ることになるだろう。そしてそのことはもはや伝統的な“美術”と呼ぶより“アート”と呼ぶ方が適切であろう。たとえば、高階秀爾（監修）[2002] が言うように、「かつては『フォーヴィスム』、『キュビスム』、『シュルレアリスム』など、主として『イズム』（主義）によって捉えられてきた美術の流れが、1960年代以降、『ポップ・アート』、『オップ・アート』、『キネティック・アート』など、もっぱら『アート』（芸術）という名称でよばれるようになってきている<sup>12)</sup>」からであるが、そのことは“アート”が伝統的な美術の流れを断ち切っているのではなく、「今日では、絵画、彫刻、建築といった伝統的な分類では捉え切れない作品が数多く作られている<sup>13)</sup>」という事実に基づくものであるからである。

かくして、私たちは数学について“アートとして楽しむ”ことを獲得しているのである。

## 2 「数楽アート」の歴史的系譜

ところで、従来の数学を“アートとして楽しむ”ための造形は、紙上であれ、ディスプレイ上であれ、無理やり、2次元の平面に還元したもの<sup>14)</sup>である。したがって、今度はさらに、立体そのものとして見たくなるのは自然なことである。しかし、それは紙等を使用して作成できないわけではないであろうが、一般には容易ではないのであって、これまでは半ば諦めざるを得なかったのである。このような状況に登場したのがまさに「数楽アート」である。本節では、「数楽アート」の製作の歴史的な系譜を辿り、その位置を確認することを試みてみよう。

### 2.1 「数理模型」

関数を視覚できる造形として製作する歴史的系譜はドイツにおける「数理模型」「幾何学模型」「数理学模型」等（以下では、「数理模型」と総称）に見出すことができる。この「数理模型」について、河野俊丈 [1997]、池水美都・増田智仁 [2001] に依拠すると、それは、1870年

頃から1932年まで、主としてドイツのMatin Shilling社によって製作されていた。その製作方法は「石膏どり」（「粘土のオリジナル模型から石膏による複製を製作する」<sup>15)</sup>方法）であるが、「いわゆる概念模型ではなく、数値計算に基づく精密なもの」<sup>16)</sup>であった。これらの「数理模型」のもっとも完全なコレクションはドイツのゲッティンゲン大学にあり、日本では東京大学大学院数理科学研究科に200点あまりが保管されている。

この「数理模型」については、現存の製品カタログから「当時、一線で活躍した数学者が、模型製作のプロジェクトに関わっていたこと」<sup>17)</sup>や、製作の技術的側面に関する文献から「高度の職人芸」<sup>18)</sup>があったことがうかがわれ、また、「数理模型」の「造形美は20世紀の芸術家たちを刺激し、創作活動にも影響を及ぼしている」<sup>19)</sup>ことが指摘されている。

なお、日本でも「木製の幾何学模型」<sup>20)</sup>が製作されていた。

ところで、このような「数理模型」が上記したように東京大学に多数保管されているのは、ドイツに留学した東京大学在職の中川銓吉が輸入し、「当時は、理学部数学教室にももちいられていたようである」<sup>21)</sup>から、日本においても「数理模型」は高等教育で活用されていたと考えられる。その意味でも、「数理模型」は今日の教育制度の下で、初等・中等・高等のすべての教育段階で多様な活用の可能性がある。

さらに、ドイツの「数理模型」が製作中止になった1932年に注意して、数学の発達との関係での象徴的な意味と「数理模型」の今日的な意義とについて、次のような指摘が目される。すなわち、その製作中止が「抽象代数学の基礎の確立と期を一にすることは象徴的である。……。しかし、このような数学の発展によって、模型の意義が失われたわけではない。たとえば、フラクタルの理論などは、20世紀のはじめにすでに理論の萌芽があったが、数学者がコンピュータ・グラフィックスの技術を手にして、図形を実際に視ることができるようになってから、急速な発展を遂げた。抽象論的な側面と一体になって数学の発展を支えているといえる。」<sup>22)</sup>そして、「幾何学的対象の実体を見たいという欲求は研究者には常にある。平面に投影した図だけでは、三次元の情報が視覚化困難であるが、その点、三次元の模型には実在感があり、あらゆる方向から視覚的に数学の問題を認識することが可能なのでその重要性は想像にたやすいだろう。こうした見る行為は、理論的な側面と一体になって数学の発展を支えているのである。」<sup>23)</sup>言い換えれば、2変数関数を三次元の造形として表現した「数楽アート」の今後の展開は研究を支える可能性を指摘することができる。

## 2.2 「芸術の中の数学」もしくは「芸術としての数学」

上の「数理模型」が直接には数学の研究・教育を目的としたものであった。それでも、上記したように、20世紀の芸術家に影響を与えたとされるのであるが、芸術、とくに美術や建築等に数学を見出すことはよく知られていることである。「数学と視覚芸術に共通していると思われるところに」<sup>24)</sup>焦点を当てたHolt, Michael [1971]は、「つねに、芸術は数学よりも直截的なもの

であるから、数学者としては、芸術家の着想を数学の言葉に表現する可能性に疑問をいだくであろう。しかし、とにかく数学と造形芸術が宇宙の構造のなかに埋もれた形と数の要素を追究するものである限り、両者に共通した基盤をもつものなのである<sup>25)</sup>と結論している。

この意味での共通基盤の例として、黄金分割や対称性が挙げられよう。黄金分割は絵画の中に頻繁に表れる比として周知であるが、そこには、「フィボナッチの数列の隣り合う2数の比は、極限值1.628（黄金分割の比）に収束する<sup>26)</sup>」関係が見出される。また、「まったく別の方向から黄金分割の比を求めるためには、幾何学をもちいる<sup>27)</sup>」こともできる。かくして、私たちはそこに美しさが数学的根拠をもつ不思議を体験するのである。

また、対称性、つまり「シンメトリー」の美しさ<sup>28)</sup>とその数学的根拠もこれまたよく知られている。志賀浩二 [1989] は、対称性と数学における群との関係について、次のように述べている。「対称性は、つねにある特殊な美を表象している。対称性とは何かを分析し、抽象し、一般化していくと、そこに‘群’の概念が現れてくる<sup>29)</sup>」つまり、「対称性をもつパターンは、1つの型から出発して、規則立った移動とか、反転とか、回転の繰り返しによって生成される。この対称性を生成する‘運動の原理’を、数学的に定式化すると、群の概念が生まれてくる<sup>30)</sup>」のである。

伊藤由佳理 [2009] は群論と美しさとの関係について、「たまたま手に取った本には、群論の定義の直後に、正三角形の合同変換が例として挙げられており、群論を幾何学的に見るというアイデアに感動した。大学院進学後も、無意識のうちに群の美しさに魅せられていたようで、現在、群が空間に作用するときを生じる特異点について研究している<sup>31)</sup>」と述べ、「結晶群の分類」を挙げて「『群』が対称性の美しさを記述するすばらしい道具であること<sup>32)</sup>」、また、「『群』が数学以外の自然科学だけでなく、芸術の世界にまで広がっていること<sup>33)</sup>」を紹介している。さらに、「日本の伝統的な文様を例にあげながら、2次元結晶群の分類について<sup>34)</sup>」説明していて、きわめて興味深い。

ところで、上述の立場は美術における美しさの秘密を明らかにする数学という観点であるが、そうではなく、美術の歴史においては美しさそのものを幾何学的な像として描く手法が追求されてきた。すなわち、ポール・セザンヌは「自然を円筒形や球形と円錐形によって扱い、すべてを遠近法のなかに入れなさい<sup>35)</sup>」と述べている。このような主張は「キュビズム」に影響を与えた。そして、「キュビズム」は「対象を解体し、それを画面で再構成するといった思い切った方向に絵画を推し進めて行った<sup>36)</sup>」それは、「絵画における再現性の拒否と自律的確立の要請が、その必然的帰結として革新的な芸術家たちを抽象表現に向かわせたとも言えるだろう<sup>37)</sup>」たとえば、カジミール・マレーヴィッチは「最も単純純粋な幾何学的形態を選び、その極限として、遂には白地の上に白い正方形を描くまでに至った<sup>38)</sup>」また、「幾何学的な抽象のもう一つの極限である<sup>39)</sup>」「新造形主義」を創始したピエト・モンドリアンは「自然を垂直と水平の要素に還元しようとする傾向<sup>40)</sup>」、「自然をその最も根源的な原理にまでさかのぼる自然をその最も根源的な原理

にまでさかのぼることによって、垂直線と水平線の構図に三原色を組み合わせるといふ美学に到達した<sup>41)</sup>のであった。

これらの流れは、幾何学に代表される数学が、美術の中の数学というよりも、数学そのものが造形として、芸術となることを物語っている。さらにいえば、「キュビストたちがますます現実を否定してゆくのに対し、レジェは新しい形での現実を認めて対抗した<sup>42)</sup>」のである。このフェルナン・レジェは「現実世界のリズムと現代絵画の自律的リズムの間には、断ち切ることのできない絆があると確信しており、彼がその芸術において表現したいと欲したのは、この絆なのである<sup>43)</sup>」そして、「彼の描く歯車、ピストン、レバーといったものの集合して実際の機械を作りあげるといふのではなく、それらは工学と機械機構の理論を想起させるのである<sup>44)</sup>」ここには、キュビズムの延長にある幾何学的抽象に進むこととは異なるが、数学を基礎とする「工学と機械機構の理論」を想起させることになる。その意味で、数学と絵画のもう一つの関係<sup>45)</sup>を示しているといえるであろう。

本小節に相応しい結論は、Coxeter, Harold Scott MacDonald [1969] の冒頭を飾るパートランド・ラッセルの次の文章であろう。「数学は真理ばかりでなく、最上の美でもある。数学は、ちょうど彫刻のそれのように、冷たく厳しい美であって、われわれの弱点をひきつけることは絶対ない。数学はこの上なく純粋で最高の芸術が示しうるあの強固な完璧さに達することができる。」<sup>46)</sup>

### 2.3 「メディア・アート」

従来の美術が「アート」への展開が開始された1960年代の時期は、「アート」が情報技術を代表とする多様な科学・技術との融合を開始した時期でもあった。板根巖夫 [2010] は、「メディア (情報媒体) を方法や手段とするアート<sup>47)</sup>」すなわち「メディアアート」の「現代のわずか半世紀のあいだに生まれた表現世界の多様さ<sup>48)</sup>」を包括的に報告している。そこでは、芸術と科学の境界を越えて新しい創造活動が行われており、「境界領域を繋ぎあうアートは、世界の人々の共感を誘い、より多くの人々が私たちの未来に思いを馳せる契機となりうる<sup>49)</sup>」と語っている。

このような「メディアアート」の展開において、「数楽アート」は「マセマティカル・アート」に該当すると考えてよいだろう。上述したような芸術と数学との関連の歴史は長いのであるが、「マセマティカル・アート」の所以は「デジタル・テクノロジーの登場によって無数の数学のアルゴリズムが画像、音楽、音響作品の創造を導くようになってきた<sup>50)</sup>」ところにある。板根巖夫 [2010] は、事例として、エッシャーの「不可能な構造」、ペンローズの「ペンローズの三角形」、ペンローズの「ペンローズのタイル」、マックス・ビルの「三つの立場をもつエンドレス・リボン」、エルノー・ルービックの「ルービック・キューブ」、ネルソン・マックスの「球を裏返す」等を挙げているが、日本の伝統工芸品の流れを汲んだ、山本佳寿子の数学的な多面体模様の「手鞠」、目詰明男の「竹竿」を使った大がかりな立体的構造物も「メディア・アート」としてあることを

指摘している。そして、「マセマティカル・アートの作品は非常に多いはずである」<sup>51)</sup>と述べている。

「マセマティカル・アート」の他の「メディア・アート」と比較しての特徴は、作品の創造過程では「デジタル・テクノロジー」が駆使されていると考えられるが、上記の「球を裏返す」は映像であるが、それを除き、作品はそれ自体として、それぞれを順に沿って素材を挙げれば、木、タイル、真鍮（金メッキ製）、プラスチックである。したがって、他の「メディア・アート」の多くが作品それ自体が「メディア」であることとは異なっている。上の「マセマティカル・アート」の作品数が多いということも、数学の豊富さと材料の在来性に由っていると考えられる。ここに「マセマティカル・アート」の発展性の鍵があるように筆者は考えている。

その意味で「数楽アート」は、創造および製作過程でCAD等の「デジタル・テクノロジー」が駆使されているが、素材は「ステンレス鋼板」であり、製作技術には「数理模型」の製作と同じように「高度の職人芸」が活躍していることを指摘することができる。

### 3 「数楽アート」の可能性

さて、筆者は、以上のように、「数楽アート」における“数楽”，すなわち、「数学を楽しむこと」および数学と“アート”との関連を検討してきたが、それでは、「数楽アート」の意味するものにはどのような可能性があるだろうか。

#### 3.1 教育・研究

今日における数学そのものの発展および諸科学における数理・数量的分析や考察の必要性の増大は数学と数理科学の研究とともにそれらの教育の必要性をますます重要ならしめている。それは数学教育の再検討<sup>52)</sup>を喚起していると思われるが、同時に、近年、数学教育における視角化の有効性が強調されている。図形の変形を通じて数学を学ぶ中井孝〔2004〕や工学の道具としての幾何学を「身のまわりに現れる形と動きが、なぜそうになっているかという問いや、望みの形や動きを作り出すためにはどうしたらよいかという問いに答えることのできる数理モデリング技法」の具体例を通じて学んでいく杉原厚吉〔2006〕等が新しい試みとしてある。

このような数学・工学における“かたち”による教育の実践も今後とも進捗すると考えられるが、さらに、“数学・数学教育とアートとの関連”そのものの実践も具体化している。石田恭嗣〔2005〕は「論理的な思考，自己表現，美をはぐくむ気持など，科学と芸術はすべての人に必要な条件であり，数学の心，芸術の心の両立が必要を増す時代になるとと思われる」<sup>53)</sup>として、「相反すると思われがちな数学と美術で『真理』を求めるという点で共通性があり，互いの進展に参与してきた。数学や科学の明晰な論証には数学者や科学者の美意識が介在し，芸術家は表現の論理性を数学に求めたのである。」<sup>54)</sup>

また、牟田淳〔2008〕は芸術学部での講義をもとに文字どおり「アートのための数学」を説い

ている。あるいは、杉浦康平(編) [1998] やシュワーベ、カスパー・石黒敦彦 [2006] は神戸芸術工科大学の優れた講義記録である。

### 3.2 公共空間

「数楽アート」の本来の追究は「アート」性にあるが、それは一般「美術品」がもつ個性・唯一性というような性格は求められていない。したがって、その個人的所有はありうるが、他者が楽しむことを排除する私的所有、専有性はない。むしろ、多くの人々の鑑賞の対象となることを自らから求めているものである。したがって、個人的に所有・鑑賞されても良いし、さまざまな種類の公共空間に置かれて不特定多数の人々の鑑賞の対象でもありうる。

今日、美術からアートへの拡張は、さらに「公共空間」へのアートの進出を本格化させている。また、人々の「公共空間」への期待は多様な方向に拡大している。すなわち、「公共空間」が単に労働を支える便宜性や効率性を維持する場だけではなく、現代の生活の「癒し」や「励まし」の場として、さらには、人々の日々新たな関係性を創出する場でなくてはならなくなっている。そうした「公共空間」におけるアートの役割は増大しているし、美術がアートに拡張するとともに試みられているさまざまな芸術分野との連携が、それを促進しているといえるであろう。

「数楽アート」の意味するアートは、個人の住宅における個部屋のような「私的空間」においても、公園や道路や駅のような大きな「公共空間」の一時的な催事の場としても、モニュメント的な造形の設置の場としても可能であろう。また、美術館が地域における「公共空間」を拡大する展示や催事を展開する場としての役割も拡大していることも今日の特徴である。

### 3.3 地域経済の振興と現代産業の再構築

「数楽アート」の意味するものの《教育・研究》、《公共空間》への働き掛けは、必然的に、下記の二つの方向性を生み出し、可能なこととしている。

第1は、地域社会と地域経済へのより積極的な働き掛けである。すなわち、今日、地域社会・地域経済がさまざまな問題や課題を抱えていることは周知であるが、そこに従来の地域再生・振興政策概念を超える「アート」の役割が増大している。そして、むしろ地域と「アート」とは相互促進的な関係があることが理解されてきた。

「数楽アート」を生み出した大橋製作所が立地している東京都“大田区”を考えた場合、“大田区”という地域は、《町工場》群という言葉に象徴されるきわめて特異な製造業の集積地域であり、日本の《企業城下町》に代表される大企業主導の製造業集積とは異なる、中小企業主導のもう一つの製造業集積を示してきた。戦後の日本経済における製造業の発展を推進した地域である。現在、そうした“大田区”製造業の発展の方向性が問われていることに対して、「数楽アート」は一つの解答を示している。

その際、注意すべきことの一つは、大田区の製造業集積がとりわけ特有な技術集積であること

を評価しなければいけないということである。「数楽アート」の技術的基礎たる板金加工技術は、大橋製作所の創業の原点であり、大田区の製造業集積でこそ培われてきた技術である。板金加工は、「比較的薄い板状の金属材料に人や機械が金型を介して力を加え、固体の金属を目的の形状に変形させて製品とする技術」<sup>55)</sup>であり、したがって、その製品の分野は自動車・電機の部品財、あるいはその修理に広がり、また、溶接技術との結合により、機器製品に及んでいる。そして、かつての手板金から今日の機械板金のいずれにおいても、装飾品や工芸品が、伝統的なもの、近代的なもの、現代的なものとして製作されてきている。「板金加工による金属造形品は、金属の持つ特有の金属光沢を活かした仕上がりの良さ、金属製品特有の重量感、金属の持つ加工性を活かした自由度の大きい製品形状」<sup>56)</sup>を持っているが、それらは装飾品・工芸品ではとりわけ活かされている。「数楽アート」は、金属素材としてステンレス鋼板を採用していることから、上の金属光沢の純粋性が特別に尊重されている。

第2は、製造業の「アート」性製品の本格的登場は、改めて「産業空洞化」、実体経済の後退に悩む先進国経済に新たな製品概念を提起するものであるということである。先進国経済の従来品の製品概念は、大企業の在来型産業における「大量」・「高度」・「先端」等々の方向性によって特徴づけられてきたものである。アメリカ、ヨーロッパ、日本の先進国経済は過去1世紀の間にそれらを急速に実現してきた。しかしながら、それら諸国の経済は20世紀の1980年代以降、大企業の海外生産化に伴う産業空洞化に直面し、資本主義経済としての推進力を弱めてきた。その克服策としての金融自由化とグローバル化は、最終的に2008年の世界的金融危機の発生と現在の世界同時株安を惹起する結果を生んでいる。このような状況の中で、実体経済をいかに再構築するかは先進国の基本的・基礎的課題である。しかも、各国経済は地球的規模での環境制約・世界的規模での資源制約に直面しており、従来型産業の「大量」・「高度」・「先端」等々の方向性で実体経済を単純に再生することを選択肢にすることは多くの課題の検討を必要とするであろう。同時に、そうした課題の検討を通じて新たな製品概念を創出することこそ現代の世界経済への今日的貢献となるであろう。

つまり、そのような新たな製品概念は、上述の先進国経済の世界経済への責務から発想されるべきであろう。日本経済を例とすれば、戦後の飢餓の状況から農業振興により食料自給の確保の達成そして疲弊した生活の向上は主として「家庭電化」の過程、いわゆる「三種の神器」の連続的進化を通じて実現されてきた。その結果、「国民総中流化」を背景に「ものの豊かさ」は達成されたが、「こころの貧しさ」は残存しているという新たな課題が主張された。しかし、そうした主張が通用した期間はほんの束の間であった。1990年代以降、「ものの豊かさ」も多くの人々から失われ始め、「こころの貧しさ」はよりいっそう深刻に拡大して行った。私見では、このような日本経済の戦後経験こそ、新たな製品概念の創造への挑戦という課題を他の先進国経済に先んじて提起するものになっている。2011年3月11日発生した東北地方太平洋沖地震による東日本大震災（地震・津波および原発事故）はそのことを改めて要請しているように思われる。

以上の日本を含む先進国の実体経済の再建という課題に対して注目してよい見解の一つは、“Creative Industries”論であろう。“Creative Industries”<sup>57)</sup>については現在膨大な文献が著書・論文として刊行されており、近年もその勢いは継続している。したがって、“Creative Industries”について論ずるには、別途論稿が必要であるが、ここで確認しなければならないことは、「数楽アート」に代表される製品の開発は、“Creative Industries”の発展と軌を一にし、その中心的な一角を担うということと、それが先進国経済にとりわけ重大な意義をもつと同時に、新興国・途上国とも通底する産業の課題を提起しており、現代資本主義経済における国際連帯の基本的課題になっているということである。

### おわりに一に向けて一

「数楽アート」の登場は、人々の間に静かな広がりをもたらしているように見える。そして、それを見出した人々のうちで、むしろそれぞれ個人の心の中では顕著な刺激・感覚を受けた人も少ないのではないかならうか。筆者もその一人であって、本稿の執筆動機となった。受けた刺激・感覚の内容はそれぞれの人によって異なるであろうが、筆者の場合は、上述してきた内容である。筆者は大橋製作所の「数楽アート」と同様な意義をもつ多様な試みが各地で存在しているものと確信しており<sup>58)</sup>、かつまた、そうであることを大いに期待している。今後とも、「数楽アート」の展開を見守るとともに、日本および世界における同様の試みを見出し、現代資本主義経済の行方を考えていきたい。

#### 注

- 1) 大橋製作所ホームページ参照。http://www.sugakuart.com/
- 2) 丸善のホームページ参照。http://www.maruzen.co.jp/corp/philosophy/index.html
- 3) 岡部進 [2011] は生活の中の数学を「暮らし」に密着した生活の匂いがする数学を積極的に「生活数学」と名付けている。「生活数学」は、後述の「暮らし」のなかの“サイエンスとして楽しむ”の源流の一つでもあるが、ここでは誰でもが経験している数学という意味として示した。
- 4) パズルは数学ではないが、数学への優れた道程であることは、良質なパズル書が強調するところである。たとえば、藤村幸三郎・田村三郎 [1985]、古屋茂 [1998]、三橋重男 [1988] 等。
- 5) 現代数学あるいは純粋数学をパズルを論ずる文脈で“ゲーム”と性格付けることには、専門家からは異議が出る可能性があり、抵抗感があるかもしれない。あるいは、もっと慎重であるべきかもしれない。しかし、“ゲーム”が“遊戯”でないことはもちろん周知であり、むしろ、「ゲーム理論」の普及とともに、“ゲーム”の本質についての深い議論からは是認されるであろう。なお、16世紀ヨーロッパにおいては、「数学者たちは、互いに一連の問題を出しあって最も正解を出した者が勝者になるという公開競技に挑むことで、そこそこの生活費を得ていた」(Stewart, Ian [2007], p. 77 (訳書)) 興業者であったのであり、江戸時代の和算家は和算が庶民の“遊戯”であることを支え、問題の解答が神社等への奉納物であったことはよく知られている。
- 6) 数学のみならず、科学の歴史について、一松信 [1979] は次のように注意している。「科学史を万事社会的背景と結びつけるのは、イデオロギー重視であって、筆者は好まない。しかし科学も人間の営みである

以上、社会的背景と無縁ではないので、その面も必要に応じて解説してみた。」(p. 3) このような注意は現在克服されていると考えるが、同書刊行の時代の背景、「大学紛争」期における「近代合理主義批判」「反科学」の流行があったと理解される。

- 7) 小平邦彦 [1986], p. 146
- 8) 伊藤清 [2010], p. 42
- 9) 今日、コンピュータの利用拡大に伴って自然科学のみならず、社会科学および人文科学においても数学的研究あるいは数学利用がますます普及し、拡大してきている。現在ではむしろそうした数学的研究や数学利用の意義と限界が問われること自体が少なくなっていることに課題があるといつてよいほどである。上記の伊藤清 [2010] の指摘もむしろそうした課題を強調したものと考えたい。たとえば、「数学は理論物理に不思議なほど役に立つ。それはあたかも物理現象はすべて数学の法則にしたがっているのではないかと思われるほどである。しかも、多くの場合、物理の理論に必要な数学はその理論が発見されるはるか以前に数学者によってあらかじめ準備されていたのである。」(小平邦彦 [1986], p. 148) というような数学と物理学との関係が、数学と社会科学・人文科学との間の関係としても存在するかどうかについてもかなりの検討が必要であると思われる。また、現実の企業経営の中の数学ということも改めて注目されているようである。たとえば、ドイツの博物学者・近代地理学者であるアレキサンダー・フォン・フンボルトの言葉「数学こそ、すべての産業の基礎である」を語ってから200年目の2008年数学年を記念してドイツの経営者が「我が社で数学が重要な理由」を語った Greuel, Gert-Martin; Remmert, Reinhold; Rupprecht, Gerhard (Hrsg.) [2008], および、そのいわば日本版の儀我美一・小林俊之(編) [2010] が注目されるが、彼我の違いも興味深い。
- 10) たとえば、藤原正彦・小川洋子 [2005] は「[三角形の内角の和が180度である]という一行が持っている永遠の真理は何物にも侵されない。」(藤原正彦・小川洋子 [2005], p. 32) という「永遠の真理の美しさ」が他の学問には決してない数学の“美しさ”だと説明している。また、数学書房編集部(編) [2011] では、多数の数学者が「定理の美しさ」を語っている。その中で、たとえば、伊藤哲史は定理の美しさを「三段階」の美しさとして指摘している。第一段階として「定理の外見の美しさ」すなわち「定理の形や定式化の美しさ」(p. 20)、第二段階として「定理の内面の美しさ」すなわち「定理の証明の美しさ」(p. 20)、第三段階として「定理を取り巻く美しさ」(p. 21)である。さらに、杉原厚吉は「数少ないが、定理の中には構成的なものもある。これは、既にある対象について何かを述べるのではなく、新しいものを作り出せることを保証し、それを作り出せることを保証し、それを作り出すための具体的な手続きを与えてくれるものである。数理工学という工学の一分野に身を置く私にとって、新しいものを作り出す力をもった定理が美しい」(p. 99)と強調している。
- 11) Devlin, Keith [1994], p. 17 (訳書)
- 12) 高階秀爾(監修) [2002], pp. 182-183, ただし、伝統的な“美術”と“アート”の区別を、「イズム」(主義)の有無あるいは存否で区別するとすることには問題が残るだろうと筆者は考える。本稿ではこの点に深入りせず、“アート”を従来の絵画、彫刻、建築、音楽等々という個々のジャンルにとらわれないばかりでなく、それらのいくつかのコラボレーションも含めたものとして考えることとする。
- 13) 高階秀爾(監修) [2002], p. 182
- 14) たとえば、“アート”ではなく、数学そのものの学習としてであるが、二階堂副包 [1961] は「馬の鞍のようなかたち、山の鞍のようなかたち」の図を示して「30度ぐらいの俯角でながめると、グラフ面の特徴をつかむのに都合のよいプロモーションになる。」(二階堂副包 [1961], p. 142)と提案し、「鞍点」を説明している。
- 15) 河野俊丈 [1997], p. 2
- 16) 池水美都・増田智仁 [2001], p. 1
- 17) 河野俊丈 [1999], p. 1
- 18) 河野俊丈 [1999], p. 2
- 19) 池水美都・増田智仁 [2001], p. 2

- 20) 河野俊丈 [1999] によれば, 日本製の「木製の幾何学模型」は東京大学創立百二十周年記念東京大学  
点: 学問の現在・過去・未来」展に展示されたとのことである。
- 21) 河野俊丈 [1997], p. 1
- 22) 河野俊丈 [1997], p. 2
- 23) 池水美都・増田智仁 [2001], p. 2
- 24) Holt, Michael [1971], p. 9 (訳書)
- 25) Holt, Michael [1971], p. 128 (訳書)
- 26) Holt, Michael [1971], p. 84 (訳書)
- 27) Holt, Michael [1971], p. 84 (訳書)
- 28) なお, 「シンメトリー」, すなわち, 対称性だけでなく, 非対称性に美しさを見ることも強調されてよい  
ことと思われる。とはいえ, 「シンメトリー」論の古典の位置にある Wyle, Herman [1952] をふまえて,  
志賀浩二 [1989] は次のように言う。「時を止めたような, シンメトリーのもつある静寂さの中に,  
ワイルは永遠性を感じとったのかもしれない。いずれにせよ, アイデアの世界で数学が完全な形式を求めよ  
うとする以上, 世界像の中に現れてくる揺ぎないシンメトリーの美に積極的に働きかけ, そこから群の概  
念を抽出しようとすることは, 数学の創造活動の源泉にあるものであるという, ワイルの哲学は, 私にも  
理解できるのである。」(p. 6)
- 29) 志賀浩二 [1989], p. 2
- 30) 志賀浩二 [1989], p. 5
- 31) 伊藤由佳理 [2009], p. 30
- 32) 伊藤由佳理 [2009], p. 30
- 33) 伊藤由佳理 [2009], p. 30
- 34) 伊藤由佳理 [2009], p. 30
- 35) Protter, Eric (ed.) [1963], p. 83 (訳書)
- 36) 高階秀爾 (監修) [2002], p. 162
- 37) 高階秀爾 (監修) [2002], p. 163
- 38) 高階秀爾 (監修) [2002], p. 164
- 39) 高階秀爾 (監修) [2002], p. 165
- 40) 高階秀爾 (監修) [2002], p. 165
- 41) 高階秀爾 (監修) [2002], p. 165
- 42) Schmalenbach, Werner [1978], p. 16 (訳書)
- 43) Schmalenbach, Werner [1978], p. 22 (訳書)
- 44) Schmalenbach, Werner [1978], p. 22 (訳書)
- 45) Mashaal, Paru Maurice [2002] はレジエの1921年の作品, 「ジョッキつきの静物」を掲示して, 次の  
ように指摘している。すなわち, 「20世紀初頭の数学での抽象化の拡大は, 芸術でもそれに呼応する動き  
を持っていた。数学か絵画かを問わず, どちらでも, 作品の特性をみきわめるためにますます多くの努力  
が必要とされた。」(p. 188 (訳書))
- 46) Coxeter, Harold Scott MacDonald [1969], p. 23 (訳書)
- 47) 板根巖夫 [2010], p. 2
- 48) 板根巖夫 [2010], p. 4
- 49) 板根巖夫 [2010], p. 6
- 50) 板根巖夫 [2010], p. 214
- 51) 板根巖夫 [2010], p. 214
- 52) 森毅 [1976] は, 少し古い時期の事態を前提にしているが, 現在においてこそ指摘が有効であると思わ  
れる「付 数学教育のながれ」において, 1970年代までの世界と日本の数学教育の歴史と問題を的確に  
えぐり出している。中学受験における「算数難問」の復活や大学受験のみならず各種資格試験における

「受験数学」の継続、また、戦後日本の数学教育の一貫性の欠如や動揺性が顕著であったことが、数学教育の多様な分野との関連において今後のあるべく発展を困難にしている側面を予測していた。ただし、本稿で課題としている“数学・数学教育とアート教育との関連”という問題意識はなお意識されていなかった、あるいは取り上げる必要性を感じていなかったのかもしれない。

- 53) 石田恭嗣 [2005], p. 3  
 54) 石田恭嗣 [2005], p. 50  
 55) 安田克彦 [2011], p. 1  
 56) 安田克彦 [2011], p. 52  
 57) “Creative Industries”について、さしあたりの定義について紹介すれば、たとえば、英国文化・メディア・スポーツ省によれば、「個々人の創造性、技能、および才能に基づくものであり、知的財産の展開および利用によって富と雇用を創出する可能性がある産業」（太下義之 [2009], p. 123）とされている。具体的には、広告、建築、美術および骨董品、デザイナー・ファッション、映画・ビデオ、音楽、舞台芸術、出版、ソフトウェア、コンピュータゲームおよびビデオゲーム、テレビ・ラジオ放送、工芸、デザインを指している。“Creative Industries”は、研究者、行政担当者によって、“Cultural Industries”（たとえば、Garham, Nicholas [2005], European Commission [2010]）との関連で、また、“Creative Economy”（たとえば、UNCTAD/DITE [2008]）に拡大されて旺盛に論じられている。  
 58) たとえば、アートを目指すものではないが、喜多俊之 [2009] は地場産業とデザインの新たな関係を模索している、装丁そのものも美しい著書である。なおまた、本稿脱稿後に内田繁 [2011]、原研哉 [2011] が刊行された。いずれも戦後日本のデザインの展開と今日的課題を提起しており、本稿の製品概念の再検討と問題意識を徹底しており、改めて考察の機会を求めたい。

#### 参考文献

- [1] 池水美都・増田智仁 [2001] 「東京大学大学院数理研究所蔵の幾何学模型」（特別展示・東京大学コレクション X 西野嘉章（編）『真贋のはざま——デュシヤンから遺伝子まで』展図録 第5部所収）東京大学 東京大学総合博物館ホームページよりダウンロード  
 [2] 石田恭嗣 [2005] 『数学の隠された能力 デザインの数理学』数研出版  
 [3] 板根巖夫 [2010] 『メディア・アート創世記—科学と芸術との出会い』工作舎  
 [4] 伊藤清 [2010] 『確率論と私』岩波書店  
 [5] 伊藤由佳理 [2009] 「対称性の美 結晶群の分類」（数学書房編集部（編）[2011] 所収）  
 [6] 内田繁 [2011] 『戦後日本デザイン史』みすず書房  
 [7] 太下義之 [2009] 「英国の「クリエイティブ産業」政策に関する研究～政策に関するクリエイティブティとデザイン～」『季刊 政策・政策研究』no. 3  
 [8] 岡部進 [2011] 「“生活数学” 朝から晩まで」『日本経済新聞』2011年2月1日  
 [9] 喜多俊之 [2009] 『地場産業+デザイン』学芸出版社  
 [10] 儀我美一・小林俊之（編）[2010] 『数学は役立っているか？』シュプリンガー・ジャパン  
 [11] 小平邦彦 [1986] 『忘却数学者の記』岩波書店  
 [12] 河野俊丈 [1997] 「数理模型レファレンス標本について」（「東京大学創立百二十周年記念東京大学点：学問の現在・過去・未来」展カタログ 『学問のアルケオロジー』第5部所収 東京大学総合博物館ホームページよりダウンロード）  
 [13] 河野俊丈 [1999] 「東大が所蔵する1世紀前の幾何学模型」『数学セミナー』（日本評論社）、1999年12月号  
 [14] 志賀浩二 [1989] 『群論への30講』朝倉書店  
 [15] 数学書房編集部（編）[2011] 『この定理が美しい』数学書房  
 [16] 杉浦康平（編）[1998] 『「めくるめき」の芸術工学』工作舎

- [17] シュワーベ, カスパー・石黒敦彦 [2006] 『ジオメトリック・アート 幾何学の宇宙教室』 工作舎
- [18] 杉原厚吉 [2006] 『形と動きの数理』 東京大学出版会
- [19] 高木隆司編 [2004] 『かたちの事典』 丸善
- [20] 高階秀爾 (監修) [2002] 『増補新版 西洋美術史』 美術出版社
- [21] 中井孝 [2004] 『目に見える数学入門』 日本評論社
- [22] 二階堂副包 [1961] 『経済のための線型数学』 培風館
- [23] 原研哉 [2011] 『日本のデザイン—美意識がつくる未来』 岩波書店 (新書 1333)
- [24] 一松信 [1979] 『基礎数学叢書 1. 数学通論』 新曜社
- [25] 藤原正彦・小川洋子 [2005] 『世にも美しい数学入門』 筑摩書房
- [26] 藤村幸三郎・田村三郎 [1985] 『数学歴史パズル』 講談社 (ブルーバックス)
- [27] 古屋茂 [1988] 『算数をパズルふう』 岩波書店
- [28] 牟田淳 [2008] 『アートのための数学』 オーム社
- [29] 三橋重男 [1988] 『天才秀才数学問題集 上下』 東京図書
- [30] 森毅 [1976] 『現代数学と数学教育』 裳華房
- [31] 安田克彦 [2011] 『板金の本』 日刊工業新聞社
- [32] 吉田武 [1993] 『オイラーの贈物』 海鳴社 (絶版後, 2001年に筑摩書房より「ちくま学芸文庫」として再刊)
- [33] Atalay, Bülent [2004], *Math and Mona Lisa: The Art and Science of Leonardo da Vinci* (高木隆司・佐柳信男 [2006] 『モナリザと数学 ダ・ヴィンチの芸術と科学』 化学同人)
- [34] Coxeter, Harold Scott MacDonald [1969], *Introduction to Geometry 2nd* (銀林浩訳 [2009] 『幾何学入門 上下』 筑摩書房 (ちくま学芸文庫))
- [35] Devlin, Keith [1994], *Mathematics: The Science of Patterns*, W. H. Freeman and Company (山下純一訳 [1995] 『数学: パターンの科学—宇宙・生命・心の秩序の探究』 日経サイエンス社)
- [36] European Commission [2010], “Green Paper Unlocking the potential of cultural and creative industries”, COM (2010) 183
- [37] Garham, Nicholas [2005], “From Cultural to Creative Industries An analysis of the implications of the “creative industries” approach to arts and media policy making in the United Kingdom”, *International Journal of Cultural Policy*, vol. 11, no. 1
- [38] Greuel, Gert-Martin; Remmert, Reinhold; Rupprecht, Gerhard (Hrsg.) [2008], *Mathematik-Motorder Wirtschaft* (戸瀬信之・丸山文綱訳 [2009] 『数学が経済を動かす』 スプリングer・ジャパン)
- [39] Heilbrun, James and Charles M. Gray [1993], *The Economics of Art and Culture an American perspective*, Cambridge University Press
- [40] Holt, Michael [1971], *Mathematics in Art*, Cassel and Collier-Mcmillan Publishers Ltd (西田稔訳 [2000] 『芸術における数学』 紀伊國屋書店)
- [41] Mashaal, Paru Maurice [2002], Bourbaki, Edition Pour la Science (高橋礼司訳 [2002] 『ブルバキ』 シュプリンガー・フェアラーク東京)
- [42] Ogawa, Tohru; Miura Koryo, Takashi Masunari, and Denes Nagy (ed.) [1996] *Katachi ? Symmetry*, Spinger-Verlag (小川泰他監訳 [2003] 『形とシンメトリーの饗宴』 森北出版)
- [43] Protter, Eric (ed.) [1963], *Painters on Painting*, Grosset and Dunlap (藤田尊潮訳 [2009] 『19世紀の画家たち—ゴッホ, プレイクからゴッホ, ムンクまで』 八坂書房)
- [44] Schmalenbach, Werner [1978], “Fernand Léger” (八重樫春樹訳 [1978] 『Fernand Léger』 美術出版社)
- [45] Stewart, Ian [2007], *Why Beauty Is Truth: The Story of Symmetry*, Joat Enterprises (水谷准訳 [2008] 『最も美しい対称性』 日経BP社)
- [46] UNCTAD/DITE [2008], *Creative Economy*, United Nations

- [47] Wyle, Herman [1952], *Symmetry*, Princeton University Press (遠山啓訳 [1970] 『シンメトリー』 紀伊國屋書店)