

STEAMと「藝道」

ふじえ みつる

名誉教授

STEAM and “Geidoh” (Art Practice based on *Tao*)

Mitsuru FUJIE

Professor Emeritus of Aichi University of Education, Kariya 448-8542, Japan

I はじめに

STEM (Science = 科学, Technology = 技術, Engineering = 工学, Mathematics = 数学,) に Arts (芸術・美術) を加えた STEAM 教育が注目されている。その背景には、教科の枠を超えた認知スキルや社会的スキルという「能力」や「学力」を育成するための教育、いわゆる「21世紀型スキル」教育の流れがある。一方で、芸術教育関係者からも、STEAMが芸術をベースにした芸術教育の展開につながると期待するむきもある。しかし、STEAMという独立した学問領域・教科 (a discipline) があるわけではなく、STEAMの背景や構成要素、芸術と科学との関わり方を捨象して STEAM 教育を論じられない。

本論では、まず、STEAM論の歴史的背景として、古代ギリシアの「哲学 (philosophia = 知を愛する)」から、科学革命以後の文系と理系の分離、そして、あらたな学際的な統合への経緯を駆け足で振り返る。ここまでは STEAM へ至るまでの科学史の基礎知識の確認である。次に、西欧の伝統的な教養観である「七自由学科 (septem artes liberaris)」に対して東アジアの伝統的な教養観である「六芸 (藝)」を取り上げ、その「藝道」の背景にある東洋的自然観である「道 (タオ)」に触れる。そして、最先端の物理学とタオによる自然観の類似性についてのニューサイエンスの見解や比較文化的な主張を通して、西欧由来の “Arts” に代わって「藝」と “Agriculture” を STEAM の “A” として提案する。そして、科学と芸術とが相互補完的に作用することの意味を考察する観点を提示して、今後の STEAM 教育研究の手がかりを得たい。

なお、本論では、「アート ART」という場合、芸術 (Fine Arts), “art”, “arts”, “artifact”, “liberal arts”, 技法, 「藝」, “agriculture” を含んだ広い意味で用いる。(図2) 文脈上、「アート」の内容を特定できるときは、芸術, “art”, 音楽などと表記する。ただし、直接引用文では出典の表記のまま記す。

II STEAM への歴史

1. 古代ギリシア

STEAM論の背景には、古代ギリシア以来の文・理以前の未分化で総合的な「哲学 (philosophia)」としての学問への志向がある。アリストテレスの「自然学 physics : 物理学」と「メタ自然学 meta physics : 形而上学」の研究の連続性にみられるように、古代ギリシアでは、今日の科学と形而上学、文学、数学など含む未分化な自然に関する「自然哲学」(natural philosophy) という総合知が「哲学」であった。¹

数学もピタゴラス派にみられよう自然の美や神秘を数字で実証する学問でもあった。また、数学は、観察を必要とせずに純粋な思索だけで可能なので「日常の経験的知識の到達し得ない一つの理想」とも考えられた。²ギリシア語の “mathematica” には、何かを知ろうとするときに、自分はまず何を知っているのか自問し、「最初から知っていることを知ろうとする」意味があるという。³プラトンのアカデミアにおいて必修とされた4つの学科 (算数, 幾何学, 天文学, 音楽) を総称して “mathematica” と呼ばれたという。⁴数学に音楽が含まれるのは、ミューズ神へのささげものである音の響きの美しさは、振動数の比例調和という数で示されたからであろう。

2. 中世の七自由学科

西欧では古代末期から中世にかけて、知的エリートに修めべき教養として「七自由学科 (septem artes liberaris)」が推奨され、今日のリベラル・アートにつながる。時代により違いはあるが、それは、文法、修辞学、弁証法、算数、幾何学、天文学、音楽の7科である。言語による弁論術系 (文法、修辞学、弁証法) と自然の秩序を学ぶ数学系 (算数、幾何学、天文学、音楽) に分けられる。ギリシアと同様に数学系にある音楽の作法・歌唱では、聖歌を含むパフォーマンス・アートも教えられた。中世では、天文学は星占いと、

化学は錬金術と未分化であって、現象に隠された原理や法則を探究する自立した自然科学は未だ登場してこなかった。また、建築、音楽、彫刻などの芸術は、神を賛美するための技術（ars）であり、聖職者や職人の手に留まっていた。

3. ルネサンス——「アート」と科学

ルネサンスは、古代ギリシアの古典文化の復興といわれるが、科学と芸術との問題を考える上で欠かせないのは、レオナルド・ダ・ヴィンチである。「絵画論」として編集された彼の手稿では、絵画について「霊妙な科学よ。おまえはうつせみの亡びる美しさを生きたままで保存する。それは、当然の老衰へと導いていく時の力に絶えずさゆうされる自然の作品よりも永い生命をもっている」と神の創造に比すべき「科学」としての絵画芸術の優位性を説いている。⁵レオナルドのいう「科学」は、ニュートン以後の近代科学より前の中世的世界観とどまっていた。「絵画論」で「科学」と訳されるイタリア語の「シエンツァ “scienze”」は、ラテン語の “scientia” に由来し、その意味は「知ること、知識、知性」である⁶。レオナルドにとって絵画は「知ること」、つまり認識のための手段であり最終成果であった。彼は認識における視覚の優位性が絵画芸術の優位性に通じると考えていた。⁷認識における視覚の優位性はアリストテレス以来の伝統といえる。⁸「レオナルドにとって、絵画は「科学」、つまり、視覚による自然の真理についての認識の学 “scienze” であり、レオナルドには、画家は職人ではなく学者であるという自負があった。

「知ること」としての “scienze” が、古代の哲学や中世の教養から独立した近代科学になるためには次の科学革命を待たねばならなかった。

4. 科学革命と「二つの文化」——学問間の序列。

16世紀半ばから17世紀末にかけて、それまで “natural philosophy” の伝統を支えてきたギリシアのコスモロジーは崩れ去り、代わって近代科学の方法とそれに基づくあらたな自然観が成立する。

この科学革命は、コペルニクスの『天球回転論』での「地動説」（1543）からニュートンの『プリンキピア』（1687）によって一応の終幕を迎える。⁹その科学革命を経て、自然は intelligent から mechanical に変わる。自然は、知的な意思をもつ生命体としてではなく、生命的要素を取り除かれた機械のように物理的な原因と結果の連鎖において現象する世界となった。『聖書』ではなく、「自然」という書物を数学という文法で読み解くことで近代科学は発展する。

ジョン・ヘンリー（John Henry）は、17世紀科学革命の特徴として以下の3点をあげている。¹⁰

①自然的世界の働きを理解するための数学

②真理発見のための観察と実験

③自然に関する知識の生活改善への有用性の自覚

物理学を中心とした科学が、一つの独立した専門領域として成立したが、実験や観察という身体的な労働を伴う自然科学の研究は、精神的な思考だけで演繹的に理論（theoria）を追求する人文学（the humanities）に較べると格下と見られていた。実験・観察・検証を重ねるなかで「確かさ」を追求する科学の帰納法的な手続きの意味も理解されなかった。

しかし、18世紀にワットの蒸気機関が実用化され産業革命が起き、科学が現実を変えていく力が認められた。19世紀になると、大学や研究所の整備・発展とともに科学の制度化と専門化が進み、職業としての科学者が出現した。そうした専門家を、artist にならなると scientist と呼んだとされる。¹¹ 芸術家と科学者が新しい職業として社会に登場してきた。

5. 「二つの文化」の対立

イギリスの物理学者、スノー（Charles P. Snow）は、1959年の講演で一つのエピソードを語った。伝統文化の教養のある人たちの会合で、その人たちが、物理学者はシェークスピアも読んだことがない無教養者だということを聞いて、その人たちに「熱力学の第二法則」について説明できるかを訊ねた。答えは否定的であったが、その質問は「あなたはシェークスピアのものを何か読んだことがあるか」というのと同様な科学上の質問をただけだという。さらに、「現代の物理学の偉大な体系は進んでいて、西欧の（人文系の）もっとも賢明な人びとの多くは、物理学にたいしていわば新石器時代の祖先なみの洞察しかもっていないのである」と人文系の学者を揶揄し、人文系と理科系を理解し合えない「二つの文化」とした。¹²

スノーに反論したのはリード（Herbert Read）であった。リードは、伝統的な教養主義を否定する科学的知識は人間が依存する精神的な価値を破壊するとして、それに対するスノーの自覚のなさを指摘し、自覚なき技術革新は「人間性の根絶にゆきつきそうな災厄だ」と批判した。¹³

「二つの文化」論争は、イギリスの特殊事情もあったが、20世紀後半では世界共通の課題といえるだろう。ただ、スノーは、早くから専門分化してしまうイギリスの教育をアメリカのように18歳まで広く教育するための教育改革も提案しているので、科学のみを重視したわけではなかった。論争は噛み合わなかったが、文系か理系かという研究・教育における分裂を見なおすきっかけになった点で、STEAM論への一歩となったといえよう。

6. 「二つの文化」の共存、融和へ

「二つの文化」の問題は、旧帝国大学以来の学部・

学科の再編が行われつつある日本でも、人文系学部の不要論などが話題になるなど、過去のことではない。

環境破壊、地球温暖化、貧困問題などの現代の直面する課題に対して、既存の特定の学問領域の専門家だけでは対応できず、領域を超えて専門家が協力する学際的（transdisciplinary）な対応が求められている。21世紀の最先端の科学研究では、複雑系やカオス理論にみられるように、理系・文系を交え専門分化した学問領域・教科（disciplines）が互いに協働しあう探究活動が求められている。¹⁴

一方では、科学的「パラダイム」も、歴史的条件や社会的要因によって転換するというクーン（Thomas S. Kuhn）による科学革命論は、¹⁵科学的な法則や発見も社会から独立した絶対的なものではなく、時代や社会変化と関係する相対的なものだという認識をもたらした。いわゆる「サイエンス・ウォーズ」¹⁶論争では、科学者の研究に対する社会的な責任が問われた。「二つの文化」論争の再現ともとれるが、1960年代とちがって、現代では、地球規模での課題解決に人類として責任をもって取り組むためのさまざまな条約や対応策が国連やOECDなどから提案され、各国でも検討・実施されている。現実には、政治体制や企業利益なども関係して錯綜しているが、核開発や遺伝子操作などの研究が国際的な倫理規定の下に行われるようになった。

こうした流れを受けて、STEAM教育の先駆けともいえる「21世紀型スキル教育」が提案された。主に米国の教育改革で求められた汎用的な能力としての「スキル（学習とイノベーション、情報とメディアとテクノロジー、生活と職業など）」の育成を21世紀の教育課題として、コアとなる教科（芸術も含む）の間で、合科・総合的に学習を進めるという発想である。¹⁷

STEAMの前には、科学教育の振興をねらったSTEM教育がある。STEMという頭字語（アクロニム）は、stem＝幹、理系の根幹をなすことからできたとされる。¹⁸科学技術のハイテク化にともない、従来のサイエンス、テクノロジー、エンジニアリングとの領域区分があいまいになり、それらの諸科学の基盤になる数学（コンピュータ）も含めた4領域をまとめて統合的に扱う研究・教育が求められた。STEMの4つの領域を「四位一体の知」として、それぞれの構成要素について、その現状に基づく分析¹⁹も必要になるだろう。

英米における教育行政によるSTEM教育の推進に経済的な要請が強かったことなども指摘されているが、²⁰米国におけるSTEM教育については科学教育の専門誌等で多くの論考があるので、ここではSTEAMにおける「芸術」の意味に焦点化して考察していきたい。

7. STEMからSTEAMへ

STEAMという頭字語になったのは、産業革命を牽引した「steam＝蒸気」機関の動力エネルギーのイメー

ジからであろう。アメリカの美術教育雑誌での「STEAM特集号」では、蒸気エンジンを稼働せよという趣旨文と蒸気機関車の写真が表紙になっている。²¹

STEMに芸術（Art）を加えてSTEAMにした動機はさまざまで、その間の米国での動向について胸虎の記述が参考になる。²²『STEMからSTEAMへ』というタイトルで著書を出したスーサ（David A. Sousa）等による説明はわかりやすい。「芸術と科学は競合するものではない。互いに補完し合うものである。芸術は世界について主観的な見方を創る、一方、科学は世界について客観的な見方を創る。人間の脳は適切な決定をするためには両方の見方を必要とする。……多くの科学者、数学者、技術者は、芸術が彼らを成功へと活性化（vital）させ、芸術から借用したスキルを科学的なツールとして使うことを知っている」²³とし、客観的と主観的との対比で相互補完の意義があると述べている。

III STEAMの構成と芸術

1. STEAMの構成要素とSTEAM教育

あらためて、STEAMは、STEM（Science＝科学、Technology＝技術、Engineering＝工学、Mathematics＝数学）にArtsを組み込んだものであることを確認する。「Steam＝蒸気エンジン」という頭字語から離れて、STEAMの構成要素間の関連性を検討したい。

筆者は、これをM・S・T・E・Aの順で考える。左から右へ、「精神・概念・意識・必然・演繹法」→「身体（物質）・感覚・無意識・偶然・帰納法」へと移行する座標系を設定した。これは、ヘーゲル（G. W. F. Hegel）のいう、精神が物質的なものから自己自身の純粹精神へと回帰する「精神現象学」のプロセスを歴史や弁証法を抜きに通時化した考え方である。より純粹精神・理性に近いものが左方向、より身体性（物質）・感覚に近いものが右方向で、連続的に変化していく。ヘーゲルは、同じ芸術でも、建築→彫刻→絵画→音楽→詩文の順で物質性の束縛から精神が離れられるとしている²⁴

ここでは精神と物質とを切り離す二元論を認めるものではないが、STEAMを構成する要素間の関係を整理するための作業仮説として提示したい。STEAMもSTEMと同様に、一つのシステムで統合された学科（a discipline）ではなく、諸学科・教科の集合体であり、統合の程度はさまざまである。²⁵美術教育でも美術をSTEAM教育の中心におき“Transdisciplinary”な「美術統合型教育」を目指す例もある。²⁶

STEAM教育の提唱者の1人であるヤークマン（Georgette Yakman）は、STEAMを「工学と芸術を通して解釈された科学と技術で、それらはすべて数学をベースとする」と定義している。²⁷数学を、

STEAMを通底するベースとしたこと、「科学と技術」と「工学と芸術」とをペアとしたことに注目したい。

数学は、観察や実験を通して真理を追究するのではなく、カント的に言えば、人間に先験的に与えられた原理・原則で真偽を判定する世界で、精神内部で記号による純粋な概念操作を通して、自然を探究し改造していく他の学科を支援する。「数学とは人間の思考の方法のエッセンスが凝縮した結晶のような存在」²⁸で、その具現化がコンピュータ（電脳）だと考えると数学が諸科学を通底しているイメージができる。正三角形などの純粋な幾何学形は自然には存在せず人間の思考の産物である。1個、2個など物を数える自然数も、物の個物性を無視した「あくまで人間の頭の中にだけ存在する抽象的な概念で」²⁹ある。虚数は描像として視覚的にイメージもできないが数学の世界では機能する。

「技術と科学」のペアについて、日本では明治初期の欧米からの学問の移入時に両者が区別されなかったが、欧米では、「少なくとも20世紀の初頭までは、科学と技術は二つの別の領域と見なされており、両者が協力し合っただけで発明や発見を行うことはほとんど見られなかった」という。³⁰日本では「テクノロジー」を「科学技術」と訳すように、現在では、研究・教育・応用レベルでも両者をあえて区別する必要はあまりない。

一方、「工学と芸術」とのペアの典型は建築と彫刻である。ヘーゲル流に言えば、材料・物質に依存する傾向の強い建築では、構造設計、材料の強度計算や化学的組成の分析など数学や科学の知識を駆使して、人間の望む形態・構築物を造る必要がある。同じ芸術でも、音楽や詩文などは材料の物質性への依存度は低くなる。「工学と芸術」とをペアにしたヤークマンには建築を含む「造形芸術」のイメージが強くあったのかもしれない。

「科学・技術」はアイデア・設計で、「工学・芸術」はその実現化・施行といえる。ただ、芸術がこの枠内に収まりきってしまうのなら、芸術の独自性はどうか。STEMの「収束思考」に対してArtsの「拡散思考」の対比や³¹、「芸術は世界について主観的な見方を、科学は世界について客観的な見方を創り、相互補完的である」（前出、スーサ）という相互対比の図式はどうか。それには、西欧での“Art”という語の由来を確認する必要がある。

2. “Art”の語源と解釈

よく知られたラテン語の諺に「芸術は長し、されど人生は短し」などと訳される、“ars longa, vita brevis”がある。だが、この「アルス(ars)」は、芸術に限定されず医療も含む「技法・技術(practical skill)」³²の意味であり、「技術を習得するには長い時間がかかるが人生は短すぎる」ということで「少年老い易く学成り難し」という教訓になる。ラテン語「ア

ルス(ars)」は、ギリシア語の「テクネー(technē)」に由来し、英語や仏語で“art”になった。数学の技法書なども「アルス」と呼ばれていた。³³「テクネー」は、人間が「事物の客観的法則性を意識し、これを実践に意識的に適用することを通して自己の目的を実現する技術」と哲学事典では説明される。³⁴人間の目的を遂行するために科学的成果を適用する活動といえる。テクネーがロゴスによって体系化・学問化されるとテクノロジー(technology)になる。

こうした由来をもつ“art”は、自然に対する人工的なはたらきかけの技術ともいえる。AI(人工知能Artificial Intelligence)のように、自然の造化を「人工的に」模倣するという意味で、“art”は自然を模倣するとされた時代もあった。デカルトの二元論以後、自然と人間との互恵な(affirmative)関係が断たれ、“art”の一部は自然を支配する技術へと変貌して「工学」が登場してきたという指摘もある。³⁵“art”は一方では、産業革命以後、人間形成に必要な教養としてのリベラル・アートとして、また、芸術家による、自然の生成原理(造化)の模倣(ミメシス)という合目的性をもった高度に繊細で質の高い“Fine Arts”＝「芸術」と、職人によるクラフト的な“artifact”＝「人工物」とに分化していった。

こうした由来を辿ると、STEMと“art”は、人間による自然支配のための技術(テクネー)としては同根である。

それならば、STEMは“art”に何を期待しているのか。あの“Fine Arts”に見られる感性的、表現的な創造力とか、主観的、拡散的な思考、直感力、あるいは「科学主義」に対するアンチ・テーゼであろうか。

3. 科学主義を超えて

柳田は³⁶、科学(サイエンス)と科学主義(サイエンティズム)のちがいについて、「科学」は、一般性のある方法と論理によって事物の真理を探究する学問で、人類に多くの福音をもたらしたが、「科学主義」は、科学万能主義、科学一神教というイデオロギーであり、人間の精神性や霊的なものなどを無視したりして、科学の方法以外の方法を認めない主義としている。彼の批判は科学への批判ではなく科学主義への批判であり、科学で解明されたことを無視してはいけないと念を押している。

STEAMの“A”が、ArtsかArtかという分析論も、“A”を明らかにすることで、STEAM教育の方向性を示すという意味はあるが、両者を区別する基準を明確にするのは難しいと思う。「STEMの客観的・収束的に対して主観的・拡散的にという対照性において補完の意義が、芸術としての“Art”に期待されている」³⁷としたら、人工的なもの、STEMに連なる“art”をいったん離れて、それに代わる同様の、そして、より明確

な補完作用を可能にするものを探っていくことも必要になる。そこで、「藝」という東アジアの伝統的な芸術・技術に関する理念を提案、検討していきたい。

IV 「藝道」と「ニューサイエンス」

1. 「六藝」と「道（タオ）」

「藝」は芸術の「芸」の旧漢字である。この象形原義は、中央の「執」にある。この「執」は、苗木を持ってひざまずき植栽する人の姿から、植物栽培や農耕を表すようになったとされる。(図1)



図1 「藝」の「執」部分の象形

栽培は、種のもつ潜在的な可能性 (potentiality) が開花するように、大地の恵みを受けながら、乾燥時には水をやり風が強いときは支柱を立てるなど人の手も加える。栽培や農耕は自然の力と人間の技術との協働作業といえる。新漢字の「芸」は肝心の「執」を省略してしまい「栽培する」という原義が失われてしまったので、現代でも旧漢字の「藝」にこだわる事例もある。³⁸

この「藝」も、“art”と同様に、原義である園芸の他に学芸や技芸など技術・技能という意味で広く使われる。中国の周の時代にはこうした「藝」を「六藝(礼、楽、射、御、書、数)」として、君子・士大夫などの人格形成に必要な教養として推奨した。³⁹「礼」は儀式・作法で、「射(弓術)」と「御(馬術)」は武術に関係し、「楽」には音楽と舞踊なども含まれる。教養としての技術・学問とされたのは西欧の「七自由学科」と同様である。

しかし、同じ技術でも、「藝」と“art”では異なる点がある。それは自然との関係である。「藝」の理念には、自然の道理ともいべき「道(tao)＝タオ」に従うという大前提があり、「藝道」と呼ばれる思想がある。「人事を尽くして天命を待つ」というように、人事(人間の技術)と天命(自然の道理・タオ)との調和を目指す生き方が理想とされた。

タオとは中国の道教・老荘思想の基本となる理念で、名付けることもできないし、何もしなくてもすべてを行う(道常無為 而無不為)自然の「理」とされる。この自然は、他者によってではなく「あくまでそれ自身に内在する力によって自己展開するもの」で、タオは「自然法則であると同時に人間界を支配する法則」とされる。⁴⁰日本の「藝道」論では、自然としてのタオのはたらきは「造化」とも言われる。「道の造化のはたらきによってこの世にあるものとして生成し、やがてまた造化のはたらきの中に帰っていく人間は、同

じく造化のはたらきによって形あるものとして存在する万物と根源的には同根同一である」⁴¹とされる。

この小論で深遠悠大な老荘哲学を説く余裕も力量もないが、ここでタオに言及したのは「藝道」思想の確認と、近代科学からの脱却という文脈でこのタオに新しい科学の根拠を求めた科学者グループの主張を確認し、STEAMに“art”に代わる構成要素として「藝」を組み込むことを提案したいからである。

2. ニューサイエンス

その科学者グループの主張は「ニューサイエンス」と呼ばれた。カブラ(Fritjof Capra)による『タオ自然学』(初版は1975年)がその代表的著作で、東洋の知恵と西洋の科学的な精神との本質的な調和を示して近代科学を超える科学の在り方を提唱する。⁴²彼は、タオにみられる「陰・陽」の転換のダイナミズムに、原子物理学における「力と物質、粒子と波、動と静、存在と非存在」の対立を超越する理論の根拠を発見した。以下の引用箇所()内の英語は引用者が原文をもとに挿入した。

カブラは、タオ論でいう、空間と時間も人間がつくりあげた相対的なものだという見方と相対性理論を対応させ(p.183)、ハイゼンベルクの「自然科学は単に自然を描写、説明するものではない。それは自然とわれわれとの相互作用(interplay)の一部なのだ」(p.158)を引用し、現代物理学と東洋の神秘思想は、「観測が通常感覚の及ばない領域」で行われること(p.138)、人間の心の中にある合理的能力と直観的能力という相補的(complementary)能力のあらわれ(manifestation)であること(p.336)などを指摘している。科学と神秘思想は異なるからこそ相補的に作用し合える。だから、「科学に神秘思想はいらないし、神秘思想に科学はいらない。だが、人間には両方必要なのだ」(p.336)として、必要なのは両者の競合でも統合ではなく、神秘的直観と科学的分析のダイナミックな相互作用だとしている。タオの観念と科学が相互補完的な関係にあるなら、STEAMに、“art”の代わりに「藝道」を組み入れることに意義があると考えられる。

1975年当時の物理学の研究成果をもとにしたこの『タオ自然学』での主張が、現在の最先端の科学研究に照らして、どのように評価されるのかは専門家ではないので確認できない。ニューサイエンスの流行は一過性であったかもしれない。ただ、ここでは「藝道」という東洋(東アジア)の伝統的な理念(idea)に、STEMとしての科学と相互補完的(complementary)なはたらきを求める考え方が既に存在するというを確認したい。その上で、芸術活動としての「藝道」についての事例を紹介したい。

3. 「藝道」と自然

「藝道」というと、江戸時代からの家元制度とか型にはまった稽古をイメージするかもしれないが、世阿弥の『花伝書』、華道の『池坊専応口伝』、宮本二天の『五輪書』など、時代やジャンルによってさまざまな変種がある。

芭蕉門下では、タオ（自然の理）のはたらきである「造化」に従うことが句作の道とされた。芭蕉は「風雅におけるもの、造化にしたがひて四時を友とす。……夷荻を出、鳥獸を離れて、造化にしたがひ、造化にかへれとなり」（『笈の小文』）⁴³とし、弟子の服部土芳も「句づくりに、成ると、するとあり。内をつねに勤めて、物に应ずれば、その心の色句と成る」（『三冊子』）⁴⁴として、物に应ずれば（造化にしたがえば）、「する」という人為によらずに（無為）、木の実が「成る」ように自然に、句が「成る」とされる。

狩野派の画論でも「たとへは鶴を絵書かむには筆か鶴に成か鶴筆に成か、筆者も知らず鶴も知らず、筆と鶴一体に成て其図あらはるる。」（『画道要訣』）⁴⁵と、筆（作者）が描かれる鶴（画題）と一体化するとき、自然に絵があらわれて来る境地を「神格」として讃えている。いずれも「無為自然」から最高の芸術作品が生まれて来ることを語っている。

江戸時代には、画論、歌論、演劇論など個々のジャンル別の伝承や家訓などはあったが、それらを包摂する「芸術」という概念はなかった。タオの流れをうけた「藝道」がそれらを包摂する概念であった。

4. STEAMにおける“Art”ではない“A”

STEMに組み込まれる“A”に代わりに、ここではタオにもとづく「藝」を提案したい。ただ、「藝」を“gei”，または現代中国語の発音で“yi”としても頭字語としての収まりがよくない。“art”と「藝」は排斥し合うのではなく重なり合う部分も多いので、やはり、英語圏に向けては、STEAMという広く受け入れられている呼称を使うことにする。栽培による自然と人間との共生という「藝」の理念と合致し、“A”で始まる英単語を探すと“Agriculture”，つまり農耕がある。この“agri-cultura”は、ラテン語の“cultura”に由来し、大地（agri）を耕すこと（cultura）で、農耕、そこから派生した「文化」の意味がある。⁴⁶哲学事典では「文化（culture）」は、「もともと栽培を意味していたものだが、転じて一方では教養を、他方ではある社会あるいは集団に固有の生活様式意味するようになった」と説明される。⁴⁷

この“agriculture”では、人間をささえる究極の物質である大地（自然）と人間とが関わり合いながら生きていくという意味を「藝」と広く共有できる。ただ、人間が利用できるように自然を改造するというニュアンスもあるが、自然の恵みを受けて生きる人間の技術

という意味での類似性は大きい。STEAMの“A”に“Agriculture”を入れるという報告もあるが、⁴⁸それは循環農業の発展を期するもので、芸術との関連で、“Agriculture”を探るという本論の趣旨からは外れる。

図2は藝とArtsとAgricultureの用語を整理した図式である。三つ円が重なる部分を、本論では「芸術 Fine Art」として、美的な価値、感性的な価値に支えられた領域として設定する。

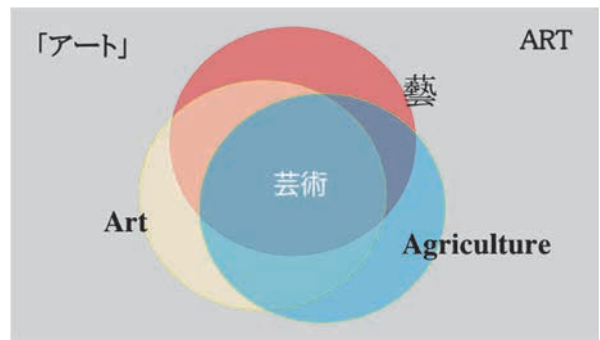


図2 用語の整理・確認

V. STEAM教育と「藝」

1. STEMと「藝」

STEMに芸術を組み入れてSTEAMにした動機の一つは、芸術における自由な創造活動を科学研究における創造へとつなげることにあった。STEMに、カブラのいうタオに基づく東洋の神秘思想としての「藝」を組み入れることで、相互補完的な（complementary）関係の効果として期待される事項を、STEMと芸術とを対照させながら整理し、表1を作成した。⁴⁹一般に科学と芸術とが対比的に語られることをランダムにあげたので番号に順位性はない。カブラも言うように、こうした対照は、対立を際立たせるためではなく、両者がどのように共存し相互補完的に高め合っていくのかを検討するための論点整理である。STEAM教育のねらいも、相互補完のプロセスを促進することである。その個々の項目の詳細な検討は、STEAM教育での今後の課題になる。以下にその概要を示す。

表1 STEMと「藝」との対照表

STEM(科学) ——「アート」・「藝」(芸術)		
①	収束思考・分析	拡散思考・総合
②	普遍性・客観的	個別性・主観的
③	必然的・機械的	偶然的・有機(生命的)
④	論理的・全体性	直観的・部分性
⑤	記号の操作と伝達	象徴での表現と解釈
⑥	人間中心	自然中心

①一つの事象を分析して正解を求める科学と、異なる諸事象を自由に合わせて多様な広がりをつくる芸術との対比である。これは、微分と積分との対比で語られることもある。

②科学は個性や対象の固有性を除き事象を抽象化・一般化することで普遍性をもつが、芸術は、三個のリングを数字の「3」に抽象化するよりも、一つずつの色や形、大きさ、味（個人の味覚）にこだわる。

③数式やアルゴリズムによるプログラミングは機械的な必然性をもつが、環境や偶然により変化する生命活動や芸術は予測不可能である。池田は、シミュレーションは、「数学の美」とされてきた数理的で構成的な美を、アルゴリズムによって生成された映像や造形が実際に作品として展示される場面が増えることで、一般の人々にも直観できるようにしたが、その視覚化されたものを目にするすることで、その作品の背後にある方法を吟味するための審美眼を養うための教養に、数理的なものが加わるという。⁵⁰

④複雑系での「創発 (emergence)」⁵¹のように、部分と全体との関係が、論理的に組織化されていない芸術では部分と全体との間に循環がある。⁵²画面の緑の色班が木の葉だと認知するためには、木の形全体を見ることと緑色を見ることの間で循環する。現象の部分を観察してその現象全体をつらぬく規則性や法則を直観的に感じて仮説を思いつくには部分（現象）と全体（法則）を循環的にみることが求められる。

⑤記号は「分析」の単位であるが、「象徴」は解釈の対象であり、それ自体、固有の価値をもつ。一義的な記号の操作と伝達ではとらえきれない複雑な現象の解析に、コンテキストから多義的な解釈を引き出せる象徴を感得・創造する芸術の手法として使う。

⑥「人間中心・自然中心」は東洋と西洋の精神的態度の比較でよく指摘される。⁵³西洋＝科学＝人間、東洋＝神秘主義＝自然と単純化することは危険だが、STEAM教育には比較文化的な視点も必要である。物理学者の池内は、「何だか人間が自然を征服したような気分が科学の世界に広がっているような気がして〈自然の論理〉に対しての〈人間の思考〉の独善性をあえて付け加えたのである」とある著書のあとがきで述べている。⁵⁴

STEM側から、STEAMには科学のイノベーションを進めるために、従来の科学的な思考法や手続きにとられない芸術活動における自由な発想や感性を採り入れた研究・教育の在り方が期待されている。

では、科学と芸術が相互補完的であるなら、STEAM化によって芸術は何を補完されるのか？

2. 芸術にとってのSTEAMの意義

芸術がSTEMから何を補完されるのか、という問題は、芸術のジャンルによって異なる。芸術をSTEM

のどの領域と対応させるかでも異なる。対応には大きく3つの側面がある。アイデア（概念）、スキル（技法・技術）、マテリアル（材料）の3側面である。チームラボによるインタラクティブなアートのように、すべての側面を含んだものも珍しくない。

アイデアでは、数学における対称図形の「敷きつめ模様」は、エッシャーの作品に決定的な影響を与えた。⁵⁵宇宙戦争などの映画やSF小説などは科学的なアイデアなしには成立しない。顕微鏡による極小世界の発見や天体望遠鏡による宇宙の映像、衛星画像などは、人間の視覚芸術の世界を広げ、ホルストの『惑星』など音楽にもインスピレーションを与えた。

スキルの側面では、コンピュータはツールとして万能である。現代アートと称する作品の多くはコンピュータによるデジタル器機を活用している。音楽でもシンセサイザーなどの電子器機の発達と合成音による演奏など、演劇ではメタバースの世界で誰でも演技者として舞台に立てる。3Dプリンタも人間の超絶技巧を凌駕し始めた。CGが映画や絵画表現に与えた影響はいうまでもない。

マテリアルに関しては、プラスチック類をはじめとした多様な人工素材は、特に造形作品の表現可能性を広げた。⁵⁶建築でも石やレンガ、コンクリートという重い物質から解放され、新素材による空中に浮かぶような建築も可能になっている。

以上は、芸術表現が、STEAMにおいて科学の成果を採り入れて新しい多様な活動の場を広げていく事例を思い付くままにあげたもので、それぞれの芸術ジャンルや科学の領域における展開を共同研究で協働して行うことも求められるであろう。教育では、STEAM教育という各科の統合形態の中で、芸術教育が科学教育から何を学ぶのかも問われている。

VI おわりに—今後の課題

この研究は、最終的には、STEAM教育における芸術、特に美術に関する教育の在り方を問うことにある。“Art”と「藝」と“Agriculture”との3つの領域が交差する部分を「芸術 (Fine Arts)」としたが (図2)、その性格を明らかにする必要がある。おそらく3つの領域の和集合を探るような作業になると思う。

そして、V-1とV-2で検討の構想を述べたSTEMと芸術の相互補完的な関わり方が、その教育において、どのような形で進めれば、互いのメリットや発展につながるのかを検討していく。

また、本論では、東アジアの伝統的な世界観である「藝道」を、“Art”に代わる理念として提案した。その理念は「自然を人間と対立するものと考えず、人間の根源に自然を考える点」で共通するとされる。⁵⁷科学も芸術も人間が創ってきたものだが、それらの関係

の特質を考察するには、やはり、比較文化的な視点も必要であろう。

註

- 1) 藤井義夫, アリストテレス『形而上学』, 理想, 422号, 1970, pp.1-7. アリストテレスの学問の系譜が, 制作学, 実践学, 理論学(自然学, 数学, 神学)とされている。
- 2) パートランド・ラッセル(市井三郎訳), 西洋哲学史, みすず書房, 1969, p.43
- 3) 森田真生, 数学する身体, 新潮社, 2018, pp.32-34
ハイデガーからの引用として紹介されている。
- 4) 野家啓一, 科学哲学への招待, ちくま書房, 2014, p.93
- 5) レオナルド・ダ・ヴィンチ(杉浦明平訳), レオナルド・ダ・ヴィンチの手記(上), 岩波書店, 1954, p.205
- 6) Charlton T. Lewis, *An Elementary Latin Dictionary*. Oxford University, 1966, p.756 “scientia: knowing, knowledge, intelligence”
- 7) 田中英道, レオナルド・ダ・ヴィンチ—生涯と芸術, 講談社, 1978 絵画論は, pp.152-163 参照。
- 8) アリストテレス(出隆訳), 形而上学(上巻), 岩波書店(岩波文庫), p.21
「我々は……見ることを他のすべての感覚にまさって選び好む。その理由は、この見ることが他のいずれの感覚よりも最もよく我々に物事を認知させ、その種々の差別相を明らかにしてくれるからである。」
- 9) 野家啓一, 前掲書, pp.52-53
- 10) ジョン・ヘンリー(東信一郎訳), 17世紀科学革命, 岩波書店, 2005
- 11) 野家啓一, 前掲書, pp.29-30
- 12) C. P. スノー(牧井卷之助訳), 二つの文化と科学革命, みすず書房, 2011, p.14
イングランドは伝統的な古典教育の擁護者の力が強く、ケンブリッジ大学で自然科学のコースが初めて設置されたのは1850年であった。
- 13) H. リード(牧井卷之助・鎮目恭夫訳), C. P. スノーの『二つの文化と科学革命』を批判す(1959年), 現代人の思想22・機械と人間の共生, 平凡社, 1968, pp.356-362
- 14) M・ミッチェル・ワールドロップ(田中三彦・遠山峻征訳), 複雑系——科学革命の震源地・サンタフェ研究所の天才たち, 新潮社, 1996
サンタフェ研究所に集まった経済学や自然, 情報学など多様な学者が協働して統一テーマを探究していく様子が具体的に描かれている。
- 15) トマス・クーン(中山茂訳), 科学革命の構造, みすず書房, 1971
- 16) 平川秀幸, サイエンス・ウォーズ, 現代思想のキーワード, 青土社, 2000, pp.184-187
- 17) <https://www.battelleforkids.org/networks/p21>
雑誌『教育美術』, 2015年7月号特集参照。
- 18) 池田純一, なぜアメリカは(未来)を語り続けるのか?, 講談社, 2015, pp.275-276
池田は, 再生医療に使う幹細胞, “stem cell” にならって, 何かあらたな可能性が生み出されるというニュアンスがあるからという説も紹介している。
- 19) 池田純一, 前掲書, p.276
「あえてその四分野の役割分担を際立たせてみれば, サイエンスは人類にとっての未知の領域に挑む知的冒険／探検であり, テクノロジーは冒険的成果の現実社会への引き込みを担当し, 同時に新規の探検をサイエンスに要請する役割を担う。対してエンジニアリングは自動車や情報機器のような, あるシステムの構成物に関する操作技術や知恵の体系であり, マセマティクスは操作や観察対象のモデル化や形式化, 汎用手続き化=アルゴリズム化を担う。」
- 20) 磯崎哲夫・磯崎尚子, 日本型STEM教育の構築に向けての理論的考察—比較教育学的視座からの分析を通して—, 科学教育研究, Vol.45, No.2, 2021, pp.142-154
- 21) *Art Education*, 69 (6), 2016.
- 22) 胸組虎胤, STEM教育とSTEAM教育—歴史, 定義, 学問分野統合—, 鳴門教育大学研究紀要, 第34巻, 2019, pp.58-72
- 23) David A. Sousa and Tom Pilecki; *From STEM to STEAM: Brain Compatible Strategies and Lessons That Integrate the Arts* (second edition), Crowin SAGE Publishing Company, 2018, pp.9-10
初版の日本語訳は以下(第2版の翻訳は未見)
胸組虎胤訳, AI時代を生きる子どものためのSTEAM教育, 幻冬舎, 2017
- 24) ヘーゲル(竹内敏雄訳), ヘーゲル全集・美学(第一巻の上), 岩波書店, 1956.
芸術に関しては, 象徴的・古典的・浪漫的という三つの発展段階をあげている。象徴的段階では建築(エジプト), 古典的段階では彫刻(ギリシア古典), 浪漫的段階では絵画・音楽・詩(キリスト教以後)を例示している。
精神と物質材料, つまり形式と内容とが調和した彫刻(ギリシア古典), そして浪漫的段階では, 精神は物質性の束縛からより自由になり, 絵画→音楽→詩へと高まっていくという説である。
- 25) 松原賢治・高坂雅人, 資質・能力の育成を重視する教科横断的な学習としてのSTEM教育と問い, 科学教育研究, Vol.41, No.2, 2017, pp.150-160
教育の場においては, STEM教育におけるのと同様な統合の程度において“Multidisciplinary→Interdisciplinary→Transdisciplinary”の段階がある。
- 26) Liao, Christine; *From interdisciplinary to transdisciplinary: An arts-integrated approach to STEAM education*. *Art Education*, 69 (6), 2019, pp.44-49
- 27) Yakman, Georgette; *STEAM Education*, <https://steamedu.com/>
定義の英文は, “Science & Technology, interpreted through Engineering & the Arts, all based in Mathematical elements.” なお, 彼のデザインしたピラミッド型の図式では, 数学は通底していない。
- 28) 池田純一, 前掲書, p.275
- 29) 別冊NEWTON: 虚数—奇妙な数“i”, 2020年4月10日号, ニュートンプレス, p.26
- 30) 野家啓一, 前掲書, pp.221-223
- 31) 辻合華子・長谷川春生, STEAM教育における“A”の概念について, 科学教育研究, Vol.44, No.2, 2020, pp.94-103
- 32) Charlton T. Lewis, *op. cit.*, p.73
- 33) 別冊NEWTON: 虚数—奇妙な数“i”, 2020年4月号, p.46
イタリア・ミラノの医師, ジローラル・カルダノ(1501~1576)が出版した数学技法集は『アルス・マ

- グナ（大いなる技法）と呼ばれた。
- 34) 哲学事典, 平凡社, 1979, p.301, 「技術technic」の項目
- 35) 仁科・船津, 第12章:芸術の中の感性, 感性工学への招待, 森北出版, 1996, p.169
 くそもそも「芸術」と「工学」とは姉妹概念であった。ヨーロッパ的「芸術」の概念の核は, ギリシア語のテクネーやラテン語のアルス語義である「技術」であったが, 人間と幸福な関係にあった「自然を模倣する技術」ではあったが, それがデカルトの峻厳な二元論哲学により, いつしか理性により支配されるべき対象へと変貌していった。そうして「自然を支配する技術」としての「工学」が表舞台に登場するのである。>
- 36) 柳田邦男, 20世紀は人間を幸福にしたか, 講談社, 1980, p.5
- 37) 辻合華子・長谷川春生, 前掲書, pp.94-103
- 38) たとえば, 雑誌『文藝春秋』とか「東京藝術大学」など。
- 39) 美学辞典, 弘文堂, 「六芸(藝)」の項目, p.484
- 40) 小川環樹, 世界の名著4:老子・荘子, 中央公論社, 1968, p.14, p.35
- 41) 福永光司, 中国文明選14・芸術論, 朝日新聞社, 1972, p.5
- 42) カブラ(吉福・田中・島田・中山訳), タオ自然学—現代物理学の先端から「東洋の世紀」がはじまる, 工作舎, 1979
 原題は, Tao of Physics: An Exploration of the Parallels between Modern Physics and Eastern Mysticism. 他には, ウィルバー(井上忠他訳), 空像としての世界, 青土社, 1983 などがある。
- 43) 松尾芭蕉, 笈の小文, 日本古典文学全集・第41巻, 小学館, 1972, p.312
- 44) 服部土芳, 赤さうし, 去来抄・三冊子・旅寝論, 岩波書店, 1939, p.48-49
- 45) 狩野安信, 画道要訣, 日本絵画論体系IV, 名著普及会, 1980, p.7
- 46) Charlton T. Lewis, op. cit., p.199
- 47) 哲学事典, 前掲, p.1239
- 48) 横山他10名:個人・地域・世界を結ぶSTEAM(科学・技術・工学・農学・数学)型エネルギー教育モデルの開発(1)—私たちの日常生活とエネルギーを中心とした実践—, 日本科学教育学会研究会研究報告, 2018, 32巻8号, pp.1-2
- 49) David A. Sousa and Tom Pilecki; op. cit., p.10
 大衆(the public)がSTEMと芸術との対照をどう見ているかの表も参照した。
- 50) 池田純一, 前掲書, p.186
- 51) 複雑系などのシステムで, 全体に備わってなかった機能が, 部分(個々)のレベルで機能が発現することで, 全体の秩序や機能が規定されること。
 M・ミッチェル・ワールドロップ, 前掲書, 参照。
- 52) 山崎正和, 序論:人生にとって芸術とは何か—近代芸術の発見したもの, 世界の名著・近代の芸術論, 中央公論社, 1989, p.46
 「芸術は詩の解釈でわかるように, 部分と全体の間をどこまでも循環しなければならない……学問とちがって芸術においては, 全体が個々の対象に先立って与えられていない。」
- 53) 山本正男, 感性の論理について, 芸術の森の中で, 玉川大学出版, 1986, pp.163-181
 西欧の自我中心的(egocentric)と東アジアの宇宙中心的(cosmocentric)とを対比させ, 人間も自然も共通な法則性「道」によって統一づけられるとする。
- 54) 池内了, 物理学の原理と法則—科学の基礎から「自然の原理」へ—, 講談社, 2021, p.238
- 55) 荒木義道, M. C. エッシャーと楽しむ算数・数学パズル, 明治図書, 2022
- 56) アーティストの児玉幸子は, NASAの開発した「磁性流体」は「私にとって一種のメタファーであり思考の道具だ」としている。
 児玉幸子, 脈動する磁性流体アート, 日経サイエンス(特集:アートする科学), 2016年2月号, pp.6-17
- 57) 福永光司, 前掲書, p.5

(2022年9月26日受理)