「ArtとScience の源泉 - ＳＴＥＡＭ教育を介して〈福島〉を学ぶ」

渡邊晃一
福島大学

1. STEAM の Art について

Science（科学）, Technology（技術）, Engineering（工学）， Mathematics（数学）の頭文字からとった「STEM」に Art の「A」を加えた「STEAM」の重要性について，多くの文献が記載している。その一方で，Art の解釈は多義的な意味を含んでおり，具体的にどのような活動が STEAM 教育なのか，明確な答えはなく，実践研究も未だ萌芽期にあるといえよう。

基本的には，STEAM 教育の Arts を「リベラル・アーツ（liberal arts)」と捉え，理数工学系と人文学系の学問を結びつけた「Holistic（統合)」を目論むヤークマンの流れと，最先端の科学に Arts（Art & Design）を結びつけて展開させる教育という二つの潮流がある。

一般に STEAM という語は, 2006 年から 2008 年にかけて, ヤークマン（G. Yakman）が最初に提言したものと記されている。「The STE@M Pyramid」（図 1 ）の底辺に，各教科・科目，専門分野の特定内容が区分して挙げられ，上層に STEM＋Arts が色分けされ，最上部には「Holistic（統合)」と記されている。ここでの Arts は「リベラル・アーツ（liberal arts)」が含まれており，「科学やテクノロジーは工学と一般教養を通して解釈され，これらは M（数学）を基礎とする」というアメリカの技術科教師であったヤークマンの立場を根底に示している。ヤークマンの図を引用とした研究の多くは，理数工学系と人文科学系の学問を結びつけた「総合・統合教育」の立場から Arts を唱えている点に特徴がある。

一方，STEAM 教育の Arts を芸術，美術として位置付ける言及は，“STEM into STEAM”という NPO 法人オハイオ芸術教育同盟（Ohio Alliance for Arts Education）のプラッツ（J. Platz）による提唱（2007 年）が初出であろう。

ロード アイランド デザイン スクール（Rhode Island School of Design / RISD）のマエダ（J. Maeda）は,「STEM から STEAM へ」という標語を掲げ，学長就任直後の 2008 年から 2015 年まで教育プログラムのなかに STEAM を主導した。彼はテクノロジーから解放され，紙とペンを用いるような基本的な姿に立ち返えることの重要性を論じている。「自ら汗を流し，何かに自ら取り組む教育であり，自分の作品や製作の動機について考える教育であり，自分の作品が世界の中で持つ影響に対し責任を持つような教育であり, それは Artist やデザイナーたちがやっていることだ」と述べ,

本目的として「科学者や技術者の思考と芸術家やデザイナーの思考を組み合わせることにより，真の革新的アプローチを生じさせる」と語っている。

2. Arts と Science - 芸術は人文科学の学問なのか？

自然科学系の学問を sciences と捉え，Art を人文科学系の学問とみなす〈観念〉はしかし，近代以降に形作られたものである。そこには，近代科学の「客観的な視点」や写真という機械によって記録された視覚像による「ものの見方」が関わっている。

レオナルド・ダ・ヴィンチの活動したルネッサンス期には，「science」の語根となるラテン語の「scientia」は体系化された知識や経験の総称という意味で用いられており，伝統的なギリシャ語の philosophy と同じように学問一般，知識一般の「知る」という意味を内包していた。 イタリア語の「sicnza」は，自然の観察と実験によって裏付けられた「感性学 scienza sensibile（感性学)」と称されていた。17 世紀の科学革命のころは，観察や実験に基づく体系的な学問という意味では，natural philosophy（自然哲学）や experimental philosophy （実験哲学）の語が用いられおり， Liberal arts と Liberal sciences は同義語のように扱われていた。そこから「Arts and Sciences」という言葉は，同じような言葉を重用して，対象の多様性とその幅広さを伝えている意味を持っていたのである。それが今日の意味で扱われたのは 19 世紀のイギリス産業革命の頃，特化された専門領域に能力を発揮する「知識」を science と呼ぶ傾向が生まれ，「科学者（scientist)」という言葉が生まれた時期に相応する。

ダーウィンの進化論の継承者としても知られるトマス・ハクスリー（1825-95）が「私は決して《scientist》ではない，もし《science》という語を使うのなら，《a man of science》と呼んで欲しい」と撫然として否定した逸話がある。(「文明の中の科学」p13《a man of science》を著者は「知の人」と訳している。）1830 年頃のイギリスでは，特化された自然科学系の専門領域の「知識」を science と呼ぶ傾向が生まれていた。少なくとも 19 世紀まで《science》は，広く，大きな知識，学問一般の意味であり，《scientist》の語感は，職業的な見地から一つの狭い知識領域を専門的に追究する人という意味を内包していた。自発的，内在的欲求よって研究する「哲学（知を愛する人)」とは異なっている。

そのような「哲学」ではなく「科学」という言葉を，ハクスリーは神経質に拒んだのではないか。

科学史の定説では近代科学は 17 世紀の科学革命，すなわち，コペルニクス，ケプラー，ガリレオ，ニュートンに至る約 150 年の間に誕生したと言われる。しかし，当時の彼らは科学者ではなく，神学的な世界観を背景にした「前科学期」の哲

学者として，村上陽一郎は『文化としての科学/技術』のなかで括っている。この時期，「真理」とは「神の創造の神秘」と同義語であり，学問は固有の対象や方法論，言語体系などによる「専門の科 scientist」が存在するのではなく，あらゆる知識が相互に関連しあい，有機的に結合していた。ニュートンは，数学，錬金術，化学，経済学，考古学など，さまざまな研究を行ったが，それは学問というものがそもそも知識の有機的体系化を可能とする性格によるものであったからである。

"scientist"という英語が造られたのは 1840 年のことである。それは，19 世紀に制度化された「科学」と人間集団の成立をも意味している。科学者たちが個別の共同体を創設し，専門学会という制度が生まれ，一つの学問領域に携わる専門家の知識の質を論じるとともに，特有の教育機関が成立する。科学研究は「科学者が，専門家の共同体の所有になる知識体を築き上げていくことである」と規定できる。唯一の評価基準と「競争」が生まれ，褒賞制度が整備される。

19 世紀は，国民，国家が成立し，「知識」が売買対象となり，有益・有能な知識と無益・無能な知識とが分別されていく時代でもある。国家や社会の功利的目的意識に適合し，付託に答える「人材」や「研究」という言葉が生まれてきた。とりわけ有用な学問として「科学」は，高等教育機関である大学という制度のなかに食い込んでいった。

研究者は，専門家グループを形成し，その知識を「活用する」ことにより，自らの目的を達成しようとし，エージェントとの関わりを生み出していく。例えば NASA に「スプートニクでソ連に先を越されたアメリカの国家的威信の回復と示唆」として，大規模な「プロジェクト」が始動し，失敗は許されない使命を請け負うようになる。これまでの「神学部」とは異なった教育機関として，新しい「応用化学」の専門の学校，工学部が誕生し，それが戦争が必要とするさまざまな技術的課題の解決に担ってきた。因みに，国際的にいち早く，科学から哲学を切り離し，理工学の大学を成立させたのは日本であるとされている。

3. スコラ学としてのアート

英語の「School(学校)」と同源語で「学校に属するもの」に由来するスコラ学（ラテン語：scholasticus）は，もともと学問の方法や思考の過程をさす言葉である。それは伝統的な古典の権威を暗誦的に学ぶ〈修道院〉とは異なり，感性と知性，悟性（ヘーゲルのいう，具体的普遍の認識に至る理性に対して，非弁証法的な反省的・抽象的認識能力）によって，問題を提起し，解答を導き出し，矛盾を解決する学問スタイルを示す。 このスコラ学は「自由技芸(artes liberales）」と「機械技芸

（artes mechanicae）」，高貴なアルス（Ars)と下等な技芸に分けられており，科学などの分科はない。

「自由技芸」は，三学と四科を統合した自由七科で，リベラルアーツの源流となったものである。三学は，文法，弁証術（論理学），弁論術（修辞学）という言葉に関するものを示しているが，単に機械的に記憶し，暗唱する「学習」ではなく，話し方，詩や文学をいかに伝えたら，相手の心を打つかを伝えるものであった。四科は，算術，幾何学，天文学，音楽である。言い換えると，空間（１次元から３次元）と時間を扱う学問とも言える。

「機械技芸」は，頭（論理的思考）ではなく，職人として師匠から伝授される手仕事の世界として括られる。畑仕事や料理，服飾や装飾の治金などの「物作り」，先人の技（テクネ）を伝承するもので，知性が関与しないと考えられた世界である。ルネッサンス期まで，今日のArts（芸術，美術）に含まれる絵画，彫刻，建築，舞踊などの芸術領域も最初は「機械技芸」に括られていた。しかしそれが「自由学芸」に引き上げられ，Artistとしての地位を獲得していく。その大きな価値を与えたのは，ルネッサンス期の偉大な「哲学者」の存在である。

4. レオナルド・ダ・ヴィンチから考える STEAM の視点

日本では近年，STEAM 教育の Arts を liberal arts という言葉に関連させ，文理融合や総合学習のような位置づけで実践する研究を多数提示されている。そもそも芸術は人文科学系の学問で，科学とは異なるものなのかという一つの疑問を持った。

“From STEM to STEAM”には，STEM 領域の学問（数学や科学など）と Arts（芸術，美術）が異なる点について，5 つの対立軸から比較検討したものがある(表１)。

観点	STEM	芸術
1	客観的	主観的
2	論理的	直観的
3	分析的	感覚的
4	再現可能	独特
5	有用	取るに足りない

科学は客観的，論理的，分析的なもので，芸術は，主観的，直感的，感覚的なイメージとして相反する位置で捉えられている。客観とは，再現可能性と言い換えてもよい。実験科学は，同じ手順で実験を繰り返したときに，同じ結果として再現されなければ，真実とはみなされない。対して芸術は，他者の作品を再現，模倣することよりも，個々の感性によって，独特な表現をした作品が求めらる。

論者はレオナルド・ダ・ヴィンチの絵画や手稿から芸術と科学との関連を研究している。解剖学や生命形態学，遠近法や３次元空間の表現,「自然」と「生命」との関わ

りを基盤に研究を続けてきた。その中で，科学者の思考や最先端の技術を取り入れる上で，アート思考の「創造性」とデザイン思考における「問題解決力」「説明，批評をする能力」を結び付ける必要性を考えている。例えば《モナ・リザ》のような肖像画を描く際，解剖学や黄金比などの「人間とは何か」という客観的な視点と重ねて，主体となる「生命を持った個人」の存在が関わっている。また絵画では３次元の空間を認知する力，身体内部の姿を知覚する能力なも必要とされる。対象を観察する眼や，物事の問題を抽出し，表現を昇華させるスキルは，これまで芸術家が培ってきたものである。

5.　「理論なき学芸は無意味である」<Ars sine　Scientia nihil est >

レオナルドはスコラ学の書で常に「理論」という意味で<scientia>（シエンティア）という語をしばしば用いている。14世紀末，ミラノ大聖堂の建設に従事していた芸術家たちもまた，理論がなければ「実践」すなわち芸術は存在し得ないと語っている。

レオナルドは今日，芸術と科学を往還するArtistとして位置付けられているが，当時は哲学者とされていた。1542年，フランス王フランソワー世が，レオナルド・ダ・ヴィンチの没後に語った言葉がある。「かつてこの世界に（歴史上），レオナルドほど優れた知識を持った人物が他に存在しただろうか。彼は絵画，彫刻，建築に関してだけでなく，最も偉大な哲学者であった」(彫金師，彫刻家ベンヴェヌート・チェッリーニの記録。 Mario Lucertini, Ana Millan Gasca, Fernando Nicolo (2004). Technological Concepts and Mathematical Models in the Evolution of Modern Engineering Systems. Birkhäuser. ISBN 978-3-7643-)

なおこの時代，自然科学（解剖学，動物学，植物学，地質学，気象学，天文学）について研究していた人々は，哲学者と見なされていた。哲学者であるということは，数学者であり，思想家，工学者，発明家でもある。当時，数学は，土地の計測や建築設計，海図や天体図を作成する上で必要とされてきた。

レオナルドは「数学者でないものには，私の原理は読めない」,「数学と結びつけていないような科学には，いかなる確実性もない」と述べ，自然界の事象を理解するためには，数学に関する詳細な記述と画像化の必要性を繰り返し論じている。

なお彼が伝える「数学」とは，計測の方法や図式化，力の分析などを示しており，絵画と建築, 機械学とを関連させる考え方であった。◯や△などの形, シンメトリー，プロポーション，黄金比率など，造形的規則や分割の原理に基づいた画面配置。遠近法(透視図法/パースペクティブ)など幾何学的な構造から捉えた空間認識に基づくも

のである。一般に数学を中心とした学問は，客観的な「一つの答え」に向かっていくが，アートはそこに地域性，個別のものの見方や感性をどのように育てるのかという視点も加わってくる。アートが表現した作品は個人のものの見方や生命に導かれる視点を持っている。

レオナルドは生涯を通じて，13,000 ページとも 5000 枚にも及んだとされる膨大な手稿に，素描や文章で，幅広いジャンルを包括するヴィジョンを記してきた。旺盛な好奇心と飽くなき探究心から，自然の観察と度重なる実験，極めて論理実証的な手法によって，アートと科学，様々な領域を横断した先駆的な研究を記述している。

レオナルドの手稿には素描，絵画，彫刻に加えて，音楽，演劇，舞台芸術，建築・設計などの理論と技法，さらには以下のようなものが記載されている。

数学（算術，幾何学，求積法），機械学，静力学，動力学，音響学，光学，化学，金属加工，鋳型鋳造，皮細工，土木工学，水力学，流体力学，航空力学，地球物理学，地学，地誌学，地質学，天文学，植物学，動物学，医学，解剖学，生理学などに及んでいた。レオナルドの存命中に実現できたものでは僅かだったが，現在の最先端の科学研究に連なるものも多く，時代を遥かに先取っていた。ドローンへとつながるヘリコプターの原理，鳥の飛翔に基づく飛行ための機械，パラシュートや自転車などの実用的な技術，二重船殻構造，橋の構想と設計，大砲，戦車などの軍事技術，太陽エネルギーや計算機の理論研究，さらには人間と動物を解剖学的に重ねて描いた進化論の先駆的なデッサン，月や太陽の軌道，初歩のプレートテクトニクス，川の氾濫や地形の変化，空気や水の動き，人体の医学的な考察，生命の発生過程や自然のアナロギア（宇宙の究極原理）など，様々な分野に跨がって才能を発揮させた。

しかしながらレオナルド自身，アートとサイエンスという領域を跨いで研究していると考えていなかったことは重要であろう。今日において専門分化されている芸術，科学，工学的な技術は，ルネッサンス期には判然と領域区分されておらず，他にも様々な分野にまたがって活躍している「万能人」が多くいたからである。さらに，レオナルドの天才的な素質は，単に複数の学問分野を跨いで研究していたことよりも，それらを複合的に関連させて，研究を深化させたことにある。さらに加えて重要なのは，レオナルドが美術（素描，絵画）を主軸にして探究を進め、芸術家の思考を基盤にしていたことであろう。彼がもっとも賞賛されてきたのは画家であり、レオナルドの創造の源泉として育んだものは，人体，動植物，地域の山岳，地形などの＜自然＞の生命形態，「生命のかたちの研究」であった。レオナルドは語っている。「自然を師としなければならぬ」と。

6. Arts を基盤に〈福島〉を STEAM 教育から学ぶ

福島大学では現在、いかに創造性を鍛えるか，いかに地域に創造性の価値を理解させるか，いかに循環的に創造性育成を構築するかという課題に応える福島型 STEAM 教育を模索している。STEAM 教育は, テクノロジーを作り操ることが目的ではなく, テクノロジーが発展した世界で何ができるかが重要であり，人間中心の社会をイノベーティブにデザインできる能力を持った人材を育てることが STEAM 教育の究極的な目標といえる。STEAM という言葉はむしろ，極めて多様な可能性を包含した一種の「哲学」として捉えるべきものである。（図２）

2011 年の東日本大震災後に自然災害と原子力発電所による事故後から，福島県では様々な「芸術と科学」に関連する対話が繰り返されてきた。自然科学，地誌学視点から河川や山脈，海陸の境界線を学ぶと同時に，放射線，防災，産業の問題，さらには芸術文化の視点から地域の歴史や資源などを見直す機会が求められている。そこから論者は、福島ビエンナーレや、福島の地形図を用いた STEAM 教育の実践活動を展開してきた。（図４～５）

「総合的な学習の時間」と「STEAM 教育」の違いは，最先端の科学技術の教育にアートの創造的、哲学的なアプローチを加えることで，将来，AI の普及した現実社会に直面する多様な問題に向き合うことを目標とした点があげられる。

高等学校の芸術教師ピレッキ（T. J. Pilecki）と脳科学者のスーザ（D. A. Sousa）は，共著“From STEM to STEAM”の中で「Arts(芸術)は科学者，数学者，技術者が成功するために欠かせないものであり，彼らは芸術から借用したスキルを用いている」「収束思考に陥りがちな STEM に Arts を加えると拡散思考が加わり創造的な発想が生まれる」「脳を夢中にさせ多忙にすることは，芸術によって児童生徒の脳の様々な箇所が活発に働き，脳内のネットワーク生成を促進することにつながる」「芸術活動をすること，たとえば，音楽は情報を記憶する助けとなるし，色分けすることで，アメリカ合衆国の州と州都，太陽系の惑星と惑星とを区別して記憶することができる。」と記し，次のような芸術に必要な能力（表２)や芸術によって促進される効果（表３）を示している。

表 2: 芸術に求められるスキル

1,好奇心の誘導 2.正確な観察 3.異なる対象物の知覚 4.意味の構築と観察内容の正確な表現 5.他者との効果的な協働 6.空間的な思考 7.運動感覚的な知覚

表 3.芸術による効果

1.脳を多忙にする(夢中にさせる) 2.認知的能力の促進 3.長期記憶の改善 4.創造性の促進 5.社会的成長を促進 6.新しさを取り入れる 7.ストレスの減少 8.教育を面白くさせる(教師も児童生徒も)

STEAM 教育は，生徒児童の数学的，科学的な基礎を育成しながら，彼らが批判的に考え（批判的思考），技術や工学を応用して，想像的・創造的なアプローチで，現実社会に存在する問題に取り組むように指導する「統合する教育手法」として扱われ，デザインの原則を活用したり，創造的な問題解決を奨励することなどが挙げられる。教育は科学的な客体の「一つの答え」に集約するだけではなく，主体となる個人や地域の文化と美を探究する活動を重ね合わせることが必要であろう。STEAM 教育は「自分の作品が世界の中で持つ影響に対し責任を持つような教育」であり，それは「アーティストやデザイナーの活動に連鎖される」とジョン・マエダは語っている。

STEAM教育を基盤にし，福島ならではのSTEAM教育を実現すること。それが今日、論者にとって今後のミッションである。

註：

1. 徳雅美『米国美術教育事情：「ARTs + Design = ＳＴＥＡＭ」教育について』教育美術 11 月号，2019。
2. 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, pp58-72, 2019
3. ヤング吉原麻里子・木島里江『世界を変える STEAM 人材　シリコンバレー「デザイン思考」の核心』朝日新書，2019 年，p70 さらにマエダは 2010 年，STEAM の順番を入れ替え TEAMS という表現も提案した
4. 杉浦明平 訳『レオナルド・ダ・ヴィンチの手記』岩波書店，1954 上，p.214
5. チャールズ・ニコル（Charles Nicholl），越川倫明他訳『レオナルド・ダ・ヴィンチの生涯―飛翔する精神の軌跡―』白水社，2009
6. 村上陽一郎『文化としての科学/技術』（岩波書店，2001 年）
7. （D. A. Sousa, T. Pilecki, From STEM To STEAM, Corwin, 2013.;同日本語翻訳版:胸組虎胤訳，『AI 時代を生きる子供のための STEAM 教育』，幻冬舎，2017. ; D. A. Sousa, T. Pilecki, From STEM To STEAM 2nd Ed., Corwin, 2018.）
8. 渡邊晃一『モナ・リザの教科書』日本文教出版，2021 年
9. 渡邊晃一　科学研究費　基盤研究(C)（一般）　2022～2024「３D メディアを活用した STEAM 教育の研究 -美術と自然との関わりから-」

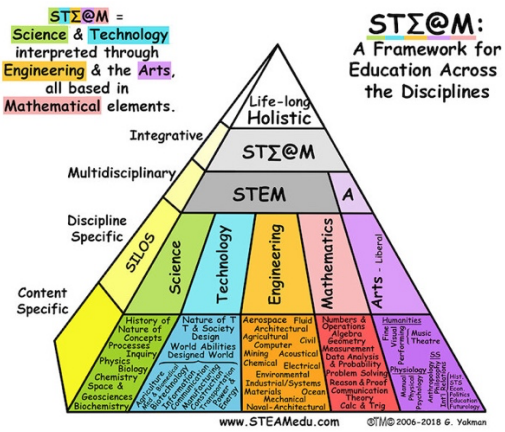

図１　ヤークマンによる STE@M

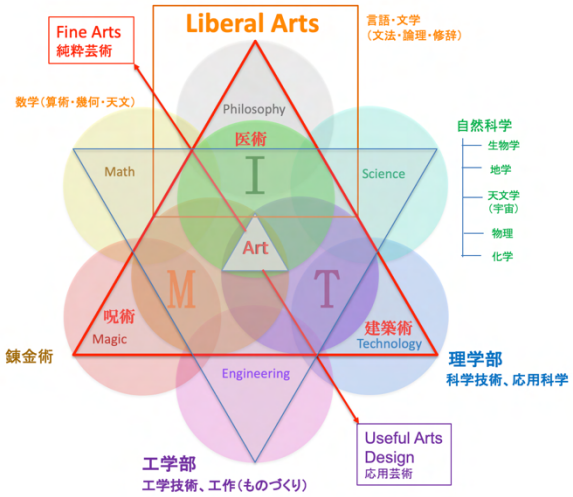

図 2：STEAM の各々の研究関係図（渡邊作成，2022 年）

図 3．．2005 年，NEC エンジニアリング株式会社と福島市の宮本樹脂工業による協力のもと，三次元計測機器(3D デジタライザ)を用いて人体のデータを作成し，等身大の光樹脂の作品を制作した。写真は，コンテンポラリーダンスの美術を担当した『平山素子　Life Casting』(新国立劇場企画,2007 年)。

図 4．．2008 年，全国生涯学習フェスティバルで，国土地理院のデーターから須賀川市の笠原工業株式会社の協力で制作した福島県の地形図。写真は，『地祇』（コバヤシ画廊/東京銀座，2021 年）展示の《On An Earth @ Fukushima》

図 5.　2022 年，JAMSTEC（国立研究開発法人海洋研究開発機構）設立 50 周年記念のアート・アドバイザーとして共同研究のもと，日本列島と海溝の地形図を作成。写真は，郡山市ふれあい科学館の企画「水の惑星＜地球＞」展で紹介した作品。