

STEM/STEAM Education の Art をめぐって

～研究ノート～

A Discussion on the Art in STEM and STEAM Education

大辻 永

要 旨

STEM/STEAM Education では Art に関する混乱がある。本稿では基本的事項を押さえた後に、背景となる4つの哲学 (idealism, realism, pragmatism, and existentialism) に基づいて検討した。知識や学習、教育といった事項は、古来、西欧においては神との関わりの中で捉えられてきた。進化論や相対性理論が登場する 19 ～ 20 世紀以降それらも大きく転換し、普遍性などから、どれだけ有用かという点に移った (Pragmatism)。そして個人主義と「選択」が重視される existentialism では Art が代表とされる。学習論に結びつけて考察すると、STEM Education に Art を導入する背景と同様な背景を、現在の我が国の教育改革に認められることも明らかになってきた。

キーワード：STEM、STEAM Education、Art、interdisciplinary

1. はじめに

STEMとは Science, Technology, Engineering and Mathematics の略で、教育の領域では STEM Education (STEM 教育) として海外ではここ 10 数年、国内ではここ数年注目されている。Art を加えて STEAM Education という場合も多い。本論のモチーフ及び後半の焦点はこの違いにある。なお、S・T・E・A・M の順番については、かつて米国の NSF (全米科学財団: National Science Foundation) が SMET と表現していたこともあり、論者によって重点も異なることから、特に重要ではない。また、STEM と題した理科の教科書が少なくとも 80 年代には北米にあった。このようなことから、STEM が指す「領域」についてのみ言えば、およそ我が国で言う「科学技術」、STEM Education は「科学技術教育」と捉えて良さそうである。

しかし、この 10 ～ 15 年ほどの間に STEM という用語が世界中に広がっている状況をみると、論者による領域についての指向性の違いだけでなく、方法論についての議論も一部にはあり、さらに Art が含まれるなど、以前とは違った動きがある。そこで、本論では STEM/ STEAM

Education について簡単にまとめ、Art の有無の違いについて、哲学的な背景を考察に加えて検討してみたい。

2. STEM/STEAM Education

2.1 公的な Document を手がかりに

よくあるやり方に倣って、文部科学省の Document から考察を始めてみよう。以下は、平成 30 (2018) 年 7 月に出された、『高等学校学習指導要領解説理科編・理数編』に引用されていたもので、もとは平成 28 (2016) 年 12 月の中央教育審議会答申「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について(答申)」の一部である。いずれも、理科と数学についての「教育内容の見直し」という部分でとりあげられている⁽¹⁾。

現代社会が抱える様々な課題を解決するためにイノベーションが期待されており、世界的にも理数教育の充実や創造性の涵養が重要視されており、米国等における STEM 教育の推進はその一例である。STEM 教育においては、問題解決型の学習やプロジェクト型の学習が重視

されており、我が国における探究的な学習の重視と方向性を同じくするものである。(中略)

これからの時代を生き抜くため、米国等では *STEM* (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) 教育の推進が図られており、その基盤に数学が位置付けられている。数学には、諸事象に潜む数理を見だし、それを的確に表現することへの大きな期待が寄せられている。

第一に、時代背景を根拠とした導入に関わる点である。「現代社会が抱える様々な課題を解決する」ことについては、80年代のSTS教育(科学技術社会教育)にも共通するように思われる。地球温暖化や自然災害、放射線など、科学技術が関連する社会問題が多発しており、それを理解し、解決にむけた意思決定に参加するために、主権者たる市民に科学的リテラシーが備わっている必要があるという認識である。STSについては、当時海外でも学術雑誌が生まれ、我が国でも関連学会が創設されるまでの動きになった。当時その焦点となっていたのは、地球温暖化の他に AIDS、人口爆発、オゾン層の破壊、森林破壊、砂漠化、紛争、原発事故など、科学技術に関連するあらゆる問題であり、STS教育にはそれまでの科学教育が無力であったという深い反省があった。ところが、現在 STEM 教育に関わる論者や成果物を見ると、皆無ではないが、必ずしもそういった科学技術の負の側面に正面から向き合おうとするものは多くない。筆者が STEM 教育を STS 教育の延長と論じ始めたのは、このことによる。

期待される「イノベーション」については、「PISA: 生徒の学習到達度調査」が OECD(経済協力開発機構)によってなされていることに象徴されるように、経済や産業の発展を念頭においた記述である。ここには、教育基本法でいわれる「人格の完成」とは違ったベクトルの教育の目的があることに注意を要する。「世界的にも理数教育の充実や創造性の涵養が重要視されて」いるというのは、学習者個人の将来の幸福というよりも、人類・社会の発

展の方に重心を置いた記述である。

また、学習指導要領やその解説にも答申にも記載されていないが、西欧の STEM 教育では、科学技術に関連した職業の多さが強調され、将来のその準備のために STEM 教育が強調される、ということが多い。このように導入の理由としては、個人の幸福や現世利益という軸と、社会の課題解決や産業戦士としての期待という軸があり、丁寧に読み解く必要がある。

第二に、方法論である。「STEM 教育においては、問題解決型の学習やプロジェクト型の学習が重視」されているという。この方向性は、今回の学習指導要領の改訂で目指される、課題発見・問題解決・探究型の学習に沿ったものであることから、学習指導要領解説でも取り上げられたのであろう。しかし、STEM 教育の論者や成果物を見ると、必ずしもすべてがこの方法論を採っているとも言い難い。学校の外で行われる子ども向きの科学遊び的な実践を STEM とする従来のものも海外には多く、中等教育などで個別科学を従来の方法によって一斉教授する実践も STEM 教育だとする立場も依然存在する。このことは、上記の引用が小学校や中学校の学習指導要領解説には見られず、高等学校のものにのみ取り上げられている事実にも呼応している。

このように「問題解決型の学習やプロジェクト型の学習」すなわちアクティブ・ラーニングが重視されたり、さらには教科横断型にカリキュラムをマネジメントすること、hands-on アプローチを採用したりすることが推奨されるという方法論の議論が、STEM 教育の議論には内在する。そしてこの点に、STEM に Art が関連づけられる余地が生まれてくる。Art については、後述する。

一言海外の動向を付け加えておけば、多民族国家であれば、アチーブメント・テストが芳しくないマイノリティー・グループへの STEM 教育が強調されることもあり、また一方、進学熱の高いアジアの国では、エリート教育の代名詞として STEM/STEAM 教育の導入が図られたというケースが見られる。日本ではこれから導入が始まるところであるにも関わらず、顕著な成果が見られないことから、

すでに STEAM 教育が見直しの対象になっている。

2.2 各構成要素についての検討

前述のように STEM 教育で強調される点は多様である。それでも、基本となる議論をここで押さえておく意味はある。以下、STEM を構成する Science, Technology, Engineering, Mathematics それぞれについて検討する。ここでは科学史家の八杉龍一による学問の分類⁽²⁾を手がかりにする。

以下は、川越キャンパスにおいて、教職課程を始める1年生の春学期、4月最初の授業内容でもある。授業としては、「〇〇学」という言葉を挙げされる個別活動から、挙げられたものを図1のように黒板上にまとめていく双方向の授業である。

Mathematics は、現象がない論理の世界であり、理想科学(ideal science) の代表である。一方、現象のある領域は観察や実験が可能で経験科学(empirical science) と呼ばれ、更にそれは対象の違いから自然科学(natural science) と社会科学(social science) に分けられる。Science はラテン語の「知る」を語源とし、法則(rule)・きまり、しくみ(構造)、はたらきなどを明らかにする営みである。ここには知識の背後に神を想定し、人間を自然から区別する、西欧・キリスト教の自然認識の有り様がある。

八杉は技術(Technology) を科学と明確に区別する。技術は人間の営みをよりよくする目的をもったもので、言語化できない職人の技から、先端科学の知見を用いたものまで指す。このことから、医学は医術を基本とし、治療の部分は科学には入れない。

Engineering は Technology とも重複するが、ものづくりや設計の思考が大きく入ってくる。すなわち、目標物があって、材料や方法を選択し、試作から評価、フィードバックし改良を重ねていく。そういった制作から生産に至る一連のプロセスを念頭においた実践である。学習指導要領の技術教育の領域でも、「問題の発見と課題の設定、成形の方法などの構想と設計の具体化、製作の過程や結果の評価、改善及び修正」⁽³⁾と指摘される部分である。

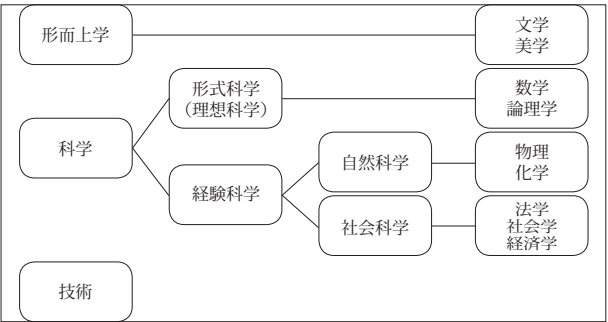


図 1. 科学の分類(八杉, 1991, pp.1-2. より)

STEM 教育を考察する上では、このようなメタな視点から構成要素について論じる必要がある。そしてこれらは、後述する哲学的な検討と関連する。

2.3 Art がいいる STEAM

基本を押さえたところで本題に入っていこう。STEM 教育になぜ Art が入ってくるのか。STEM: 茎よりも STEAM: 蒸気の方が勢いがあるといった指摘はさておき、前述のように、STEM の方法論自体に Art との親和性がある。では Art の側ではどうか。STEAM 教育の実践の多くが、学校教育で扱われる美術教育と連携し、Art は表現の手段、教育方法として取り入れられている。海外における Art education についての考え方をみておこう。

Arts integration is an approach to teaching in which students construct and demonstrate understanding through an art form. Students engage in creative process which connects an art form and another subject area meats evolving objectives in both⁽⁴⁾

このように Art education の側に他領域と integrate する指向性があることも、海外においては STEM に Art が入り安い潜在的要因としてあったと言える。

一方、我が国で最近ようやく始まった STEM 教育では、Art をはずす傾向がある。前掲の学習指導要領解説の引用も STEM 教育であり、新設された学会の名称にも Art は取り込まれなかった。これは、我が国の STEM 教育関

係者は従来の科学技術教育に多いことが反映しているからであろう。しかし、新学習指導要領に見られる、育成すべき資質・能力の「三つの柱」の第2に「思考力・判断力・表現力」として全教科にわたって統合された枠組みがあることから、Art と統合し、美術教育の方法論を取り入れる実践も出現している⁽⁵⁾。

では、STEAM 教育の場合、Art が入るのだから必ず美術教育的な側面を入れなければならないのであろうか。親和性があるというだけで、なぜ頭文字に入るほどの優先度が生じるのであろうか。隣国でSTEAM教育が滞っていたり、我が国の学会名に Art が入らない原因の一つがこの点のように感じられる。STEM 教育に従事する立場の多様さから考えれば、ここは慎重に検討して良い部分である。

Art の部分に STS 教育的な、科学活動に対する批判的な視点を重ねようとする立場もある。ESD(持続可能な発展のための教育、持続発展教育) の方向性で語られている点は、特筆しておく必要がある⁽⁶⁾。

Art を入れる別の理由の一つは、教育成果の「見える化」、すなわち評価であろう。客観的に表出されたものをもって評価するという立場は、我が国にも行動主義の時代によく見られたものである。子どもにとっては、まわりの友人にあわせればよいことから、実践する上では大いに留意すべきところである。この点については、教師がネオ・サイエンスとサイエンスの違いに意識的になることが重要である⁽⁷⁾。

それと同様に、課題研究的活動、地域等現実社会の中に課題を見つける教育活動を採った場合、児童生徒が見いだしたその解決策を社会の中に還元すべきであることから「表現」という次元が発生し、そこから自ずと Art が入ってくることになる。

3. 背景にある哲学的な考察

3.1 背景にある4つの哲学

平成 30 (2018) 年の再課程認定では、教職基礎科目のほとんどで文部科学省からコア・カリキュラムが示さ

れた。全体目標、一般目標、到達目標という構造から、教育内容まで踏み込んだものになり、課程認定を受けた全国の大学で授業内容の統一が図られている。筆者が担当する科目のうちの「教育課程論」は次のようになっている⁽⁸⁾。

教育課程の意義及び編成の方法(カリキュラム・マネジメントを含む。)

全体目標：学習指導要領を基準として各学校において編成される教育課程について、その意義や編成の方法を理解するとともに、各学校の実情に合わせてカリキュラム・マネジメントを行うことの意義を理解する。

(1) 教育課程の意義

一般目標：学校教育において教育課程が有する役割・機能・意義を理解する。

到達目標：(略)

(2) 教育課程の編成の方法

一般目標：教育課程編成の基本原則及び学校の教育実践に即した教育課程編成の方法を理解する。

到達目標：1) 教育課程編成の基本原則を理解している。

2) 教科・領域を横断して教育内容を選択・配列する方法を例示することができる。

3) 単元・学期・学年をまたいだ長期的な視野から、また幼児、児童及び生徒や学校・地域の実態を踏まえて教育課程や指導計画を検討することの重要性を理解している。

(3) カリキュラム・マネジメント

一般目標：教科・領域・学年をまたいでカリキュラムを把握し、学校教育課程全体をマネジメントすることの意義を理解する。

到達目標：(略)

学校教育法や同施行規則では、教育課程の編成に関する記述が曖昧になっているが、コア・カリキュラムでは「各学校において編成される教育課程」と明記されて

いる。地域に根ざした実践を組むなど教科横断的なカリキュラムを組織する上で欠かせないことから、「教育課程論」ではカリキュラムを見極める目を養うことを目標の一つにすえ、背景となる哲学的な framework を、海外のテキストを用いて論じることになっている。そうしないと、学習指導要領が改訂され新しい教科書が出るたびに、それにただ盲従する教師が養成されてしまうからである。前掲のコア・カリキュラムでは、「教育課程編成の基本原則」に相当する。

その、海外で教員を目指す学生が手にするテキストによれば、Curriculum を考える上で背景となる 4つの哲学がある⁽⁹⁾。その 4つとは、Idealism、Realism、Pragmatism、Existentialism である。ここから STEM 教育と Art について検討してみよう。

Idealism と Realism は古代ギリシアからの伝統で、普遍的な神の世界と、移り変わりのある人間の世界との区別が根底にある。その後、アウグスティヌスやトーマス・アクィナスらによってそれぞれキリスト教との整合性がつけられる。いずれも普遍的な真理 truth に近づくことが神に近づくことであり、絶対的な価値があることとされる。

Idealism はプラトンが代表者で、それにしたがうカリキュラムでは概念とその関係性が重視され、階層的になる。分野としては哲学、神学、数学などが最も上位に位置づき、歴史、言語も重視される。言語は人が神に許されたツールであり、抽象的な思考のために必要だからである。一方、移りゆく現実世界の因果関係を扱う科学の位置は、低い。先の学習指導要領解説に引用されていたように、現象に潜む数理を見出すという見方も、八杉による数学の理想科学への分類ということも、Idealism に沿ったものである。

Realism は、アリストテレスにはじまり、すべてのものに目的があるという考えで、やはり神が背後にある。Nature は神の業であり⁽¹⁰⁾、神による自然の法則に従うとき合理的になる。教育はその背後の目的を明らかにすることと捉えられ、事物現象から感覚を通してその背後にある法則を求めていく。具体から始まり抽象に向かう

ペスタロッチの方法も、このテキストでは Realism に分類されている。Idealism 同様、カリキュラムには階層があり、一般的・抽象的なものが上位で、論理的・抽象的な思考を養うものが重視される。一方、3Rs や science も重視されてくる。

Pragmatism は、実用主義とも訳されるが、実用とは、単に生活に役に立つ、実利を重んじるという意味ではない。真理や信念を判断する上で、それが有用であれば真理として認めようという立場である⁽¹⁰⁾。Idealism と Realism では神が設定されていた。神が死んだわけではないが、新大陸ならではの発展をしたのが Pragmatism である。「真理よりもより上位に、経験の有用性や生きるのに役立つといった設定をし、価値がある」という基準を置く。よって「概念の内容や観念の真理性についても、それが関係している対象がどのような価値をもつか、どのような有用性をもつかということによって測ろうとする」。また、道具主義とも呼ばれる。これは、「考えることがどのように環境を変えるのに道具として役立つか」というスタンスから来る。また実験主義という呼び名は、実践したらどういう結果がでてくるかという点からくる。

前述の2つと違って、真理や普遍的な価値を認めず、変化や過程が重視される。知識は真理性をもった絶対的なものではなく、絶え間ない変化の過程として解釈される。手続きを経て確認されたものが、より確からしいとされる。

この思考が教育方法に反映されれば、学習というものが、「問題解決の中に生じるもの」、「仮説から信念に至る過程」という解釈になる。学習者もそれをとりまく環境も、絶え間なく変化する。学習の中で考えさせることも、学習内容についての思考よりも、批判的思考に焦点を当てる⁽¹⁰⁾。つまり、What? Who or When? よりも、Why? How come? or What if? といった疑問を重視する。最近、文部科学省が主張し始めた「何を学ぶかよりもどのように学んだか」が重視される。教授であったにしても、Teaching is more exploratory than explanatory. とする。

Pragmatism 登場の背景には、19世紀のダーウィンの進化論や、20世紀に入っの相対性理論といった学問的

な発展もある。キリスト教の権威が大きく変わった後に登場する哲学的な枠組みで、Charles Peirce や William James が中心的な概念を提起した。

教育の領域では John Dewey が、生活 (human condition) を改善する過程が教育であり、学校は社会の縮図とした。理想的には教育課程は子どもの経験や興味に基礎を置き、教育内容は教科横断的に、その方法は問題解決学習となり、科学の方法を重視した。

Pragmatism は神から距離を置き、知識についての考え方も、授業の方法までも大きく変わった。戦後すぐの学習指導要領では生活単元学習が特徴とされ、問題解決学習が導入されたが、これら西欧における哲学的な変化をどれだけ意識して戦後教育を始めたのか、文部科学省の document にその特徴が表れつつある現在、改めて検討しなおす必要がある。

Existentialism(実存主義) はヨーロッパ起源ではあるが、米国には大戦後広まったもので、個人主義や自己実現を重視する。選択をしつつ個性・アイデンティティが形作られ、選択の主体自身が個人を形作ると考える。教育によってなされるべきは、全員に共通した知識・能力の獲得ではなく、個々に違ったもので、個々が選択するときに配慮するための能力やその意義を身につけされることとなる。当然、学習内容や方法も個々人によって違ってくるが、それだけではなく、それさえも生徒の選択によるべきと考える。

学校は従来、組織だった学習を通して個人を社会化させる場所であり、集団規範や権威、確立された秩序を強制するものであった。実存主義はそれらの強制を拒絶し、標準、習慣といったものを取り入れようとしない。当然保守層からは学校にそぐわないという批判があがり、システムチックでなく・自由放任 (laissez-faire)だと批判される。

実存主義のカリキュラムは、自由や選択を可能にするような経験・主題からなる。その好例が Art である。そこには自己表現があり、人間の condition や、選択を含めた状況を描き出す。教師と生徒が議論を重ねて作り

あげていく。具体的には art の他に literature, drama, filmmaking, music などが挙げられる。自己表現を通して内面の感情や感性を表現する。

Dewey の影響を受けたヘレン・パーカーストも、方法論については、ヨーロッパで学んだからからか、実存主義の色彩が強い。先述の Art integration の定義も Art についてのこのような理解が背景にある。

このように見てくると、Art の背景にはそれまでとは大きく違った哲学的背景があることがわかる。児童生徒観、教育観といった根底から、Idealism や Realism とは違うものをもっている。STEM 教育に Art を入れるとき、相当な覚悟を要する。

3. 2 Art 自身の移り変わり

西洋の芸術には制約が多い。ルネサンス期の絵画のモチーフは、もっぱら聖書の逸話であった。バレエにしても、クラシック音楽にしても制約が多い。その制約の中で如何に人間らしさを出すのかで芸術性が認められる。しかし現代の Art は、表現者の内面を表出したものであり、鑑賞はそれを類推したり、それに刺激されて変化する鑑賞者自身の内面を堪能することに移り変わっている。Art にも歴史性があり一枚岩ではない。

Art を表現者の内面を映し出したものと捉えただけでも、STEM 教育にどのような Art を導入するか、自由度、多様性、方向性が見える。学校美術教育の延長として、科学教育の成果物を無理矢理作らせるだけが唯一の方法ではないことが明らかになる。

子どもの中の選択を信じ、任せ、状況から思考させ意見を表出させ、その方向に行動させる。問題解決学習の延長にあるこういった学習活動は、これまで重要性は指摘されていたがほとんど実践されてこなかった。しかし、最近になって文部科学省も推奨する立場になっている。具体的には Project-based や Place-based の学習スタイルである。これらは Art を STEM 教育に導入すると全く同じ考え方を持っていることがわかる。

4. おわりに

STEM 教育に Art がなぜ入るのかという一般的な疑問をスタートとして検討を重ねてきた。STEM 教育には方法論的に Art と融合する素地があり、Art にも Integration の強い指向性があった。STEM 教育の具体的方法論として、課題解決型の活動が入れば、学習成果を還元し表現する側面が自ずからついてくる。そこにも Art との親和性が認められた。しかし、それだけでなく、カリキュラムの 4 つの背景的哲学まで踏まえて考察すれば、Art はかなり異なった背景を持つものである。数学は Idealism の代表格である。Realism で自然科学も格が上がるが、得られた知識に普遍性を認める。そういった知識観を変え、変化や手続きというプロセスが重視される Pragmatism は、思考の有用性を重視するものであった。その学習は、知識、子ども、教師の役割などを根底から捉え直さねばならないものである。そして、実存主義を背景とする Art は、児童生徒の活動を「選択」として「個」を形作る授業方法として推奨されるべきものである。これは、STEM 教育に Art を入れるかといった議論を越え、近未来の教育活動の方向性を見極める視座を示すものになるであろう。

研究ノートとして未だ完成には遠い原稿を世に送るのは、1996 年以来である⁽¹¹⁾。総説に値するまとまった論考を仕上げるには相当の準備が必要で、当時も大きなテーマに向かっていた。今回も大きなテーマであったので、ラフスケッチとしてとりあえずの到達点を示すまでにとめたい。

参考文献

- 1) 文部科学省. (2018). 『高等学校学習指導要領解説 理科編理数編』
- 2) 八杉龍一. (1991). 『新版 科学とは何か』東京教学社.
- 3) 文部科学省. (2017). 中学校学習指導要領 技術・家庭.
- 4) Arts integration: Retrieved from: <https://artsedge.kennedy-center.org/educators/how-to/arts-integration/what-is-arts-integration>

- 5) 安東恭一郎・金政孝. (2014). 科学と芸術の融合による教育の可能性と課題: 韓国 STEAM 教育の原理と実践場面の検討, 美術科教育学会誌『美術教育学』35, 61-77.
- 6) Taylor, P. C. & Luitel, B. C. (eds.). (2019). *Research as Transformative Learning for Sustainable Futures: Global Voices and Visions*, Brill/Sense Publishers. Taylor, P.C. & Taylor, E. (2019 in print). Transformative STEAM Education for Sustainable Development, Proceedings of the Science and Mathematics International Conference (SMIC) 2018. Taylor & Francis.
- 7) Ogawa, M. (1996). The Japanese view of science in their elementary science education program. Paper presented at the 8th IOSTE Symposium.
- 8) 文部科学省. (2018). 教職課程認定申請の手引き: (教員の免許状授与の所要資格を得させるための大学の課程認定申請の手引き) (平成31年度開設用)【再課程認定】.
- 9) Ornstein, A. C. & Hunkins, F. P. (2012). *Curriculum: Foundations, Principles, and Issues* (6th ed.). Pearson.
- 10) 橋爪大三郎・大澤真幸. (2018). 『アメリカ』河出新書.
- 11) 大辻永. (1996). 科学教育における構成主義の主張をめぐる一研究ノートー, 『茨城大学教育学部紀要(教育科学)』, 45, 65-73.