

# STEMからSTEAM教育へ ——次世代型コンピテンス育成に向けての挑戦と課題<sup>(1)</sup>——

山田亜紀

## はじめに

グローバル化と科学技術が進捗している現在、高等教育もグローバル化への対応や科学技術の進展に伴い社会をいかに変革していくかという課題に対応することが求められている。

高等教育を取り巻く環境が変化する状況において、科学・技術・工学・数学（以下STEM）の需要も増大してきた。さらに、コロナ禍における昨今、多くの人々にとって、社会及び教育現場はテクノロジーを応用したオンライン化の必要に迫られ、ますますSTEM分野と密接に関わることが普遍化しているといえる。コロナ禍により、情報通信分野を例にとれば、社会がより一層技術的側面を支えるSTEM分野に依存するようになった。高等教育の現場においても、文系・理系を問わずテクノロジーに依存するオンラインによる学習場面が増加した。一方、オンライン授業を例にとると、そこには法律の知識が不可欠となる著作権に関する問題、顔出し、背景の投影などを含むプライバシー保護の問題、オンライン授業を長時間受けることによる肉体的な疲れや、人と接しないバーチャルな環境での孤独感や不安感などの心理的側面を理解する必要性も浮上する。これは一例に過ぎないが、STEMという領域における技術面だけではなく、人文・社会科学・芸術を含む異分野の知識やアプローチとの「交差」あるいは「融合」が必要であるとの見方が今日指摘されている（Bequette：2012）。

本稿では、第4次産業革命やソサエティ5.0への移行という社会的課題を達成するためのイノベーションの実現に向けて、STEM・人文社会科学・芸術を統合した文理融合教育<sup>(2)</sup>が日本の高等教育においてどのような意味合いもたらすのか、またその発展における課題について考察していく。

昨今、新しい時代におけるコンピテンス、そして社会に求められる次世代型スキルなどについて、国内外問わず多くの先行研究が発表されている。次世代型コンピテ

ンスの意味を把握し、これから学生が求められるスキルとは何か問われるなか、「STEM教育」から「STEAM教育」への転換など学際教育が必要であるとされている。それでは、実際にどのような具体的なスキルが必要とされ、どのようにしてグローバル・コンピテンスが育成されていくのか。これを考察するための具体例として、UCLAで行われた高校生向けのSTEAM系サマープログラムでの参与観察を元に考察を行う。

## 2. 第4次産業革命とソサエティ5.0に向けての政策動向

2016年の世界経済フォーラムで取り上げられた「第4次産業革命」は「デジタルな世界と物理的な世界と人間が融合する環境」と解釈され、IoTを通じて蓄積されるデータをAIにより解析し、様々な製品やサービスにつなげることと定義された（三菱総合研究所：2017）。また、日本では、2016年の「第5期科学技術基本計画」において、仮想空間と現実空間を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する人間中心の社会（Society）を意味する「ソサエティ5.0」の推進が政策目標として掲げられた。ドイツを発祥とする「第4次産業革命」と「ソサエティ5.0」に共通するキーワードから、未来は「デジタルな世界のなかでの人間中心の社会」と標榜できるのではないだろうか。現在、AI技術の発展と発達に伴い、日本社会がさらに大きく変化する時代だと言われている。例えば定型的及び数値的表現可能業務はAI技術に代替可能になり、産業構造の変化や現在の仕事の多くが失われると指摘されている。こうした将来予想と世界的に知識基盤社会が進行し、知識経済のインパクトが高まるもとの、イノベーションへの期待と要請が大学に置かれ、とりわけSTEM分野にその役割が求められつつある。

STEMという呼称は、日本では比較的新しい用語として受け止められているが、従来、科学、工学、技術といっ

たディシプリンに基づいて分野を分類していたのに対し、科学と技術の最先端分野に、工学、数学が加わり融合しているとの考え方が、この用語の誕生の背景にある。徐々に、STEMは、世界での共通した用語として認識されるようになってきた。各国の独自の文化や歴史が強く反映されている社会科学、人文系の学問と異なり、使用される言語やローカルな文化に差異があったとしても、数式、方程式やプログラミング用語などの共通した言語基盤により、STEMは世界で共通する学問分野として受け止められている。STEM分野に携わる他国の研究者や企業人同士とのつながりは、非STEM分野と比較した場合、分野の共通点が多いことから、使用言語が異なっても、比較的共通理解が容易であるとみなされている。また、世界規模で社会が急速にデジタル化し、テクノロジーへの依存も拡大している状況においては、STEM教育の需要が増加していることも世界での共通点であるといえる。この共通点の存在により、学校教育段階、高等教育段階におけるカリキュラムや学ぶべき方向性、その範囲等も世界規模での共通点が多いことが特徴でもある。

また、グローバル化が、高等教育政策を方向づける重要な要因でもある。高等教育の大衆化と優れたSTEM人材に対する需要の高まりにより、教育部門では世界的な留学生の獲得競争が顕著になりつつある。各国はグローバル経済における自国の競争力や、知識基盤社会の移行を視野にいれてその対応を迫られていることは先述した通りである。

各国の政策文書に示されているように、STEM分野は現代の知識基盤社会において経済発展を促進し国際競争力を高めるイノベーションを促し、グローバルな競争力を高めるうえで重要な分野であると位置づけられていることから、多くの国がSTEM分野で学位取得を目指す学生の増加と多様化に重点をおいた施策を進めている。さらに、市場の変化がSTEM人材の堅調な需要を生み出し、この傾向は今後も世界的に継続すると予想されることから、STEM分野で十分な知識とスキルを獲得した学生には他国での就職やリクルート、奨学金を伴う留学等の国際機会が開かれている。

国際教育研究所 (IEE) の報告書「Open Doors 2015」によると、2014～2015年には米国内の留学生の44%がSTEM分野で学んでいた (Open Doors 2015)。これらの分野の重要性は米国でもアジア圏でも高まる傾向にあるが、日本でもこうした傾向が散見される。それではSTEM分野で学ぶ学生の需要が世界的に拡大する現状において、STEM分野の学生に求められる能力・スキルは

従来通りなのだろうか。あるいは、新しい能力・スキルが求められているのだろうか。次節では先行研究から、STEM分野に求められる能力・スキルを検討する。

### 3. STEM分野で求められる新たな能力・スキル

知識基盤社会の進展と大学で習得する技能に対する要求の世界的変化はSTEM分野で特に顕著であるといっても過言ではないのではないだろうか。

米国においては、アメリカ大学協会 (AAC&U) がアメリカのSTEM教育が「21世紀型教養」と「多文化的価値観」、すなわち多種多様な背景を持つ人々と議論、協働して問題を発見し、解決していくスキルを養う必要性を提言している。先行研究からは「今後の理系学生に必要とされる能力は、より高いSTEM能力だけでなく、社会問題への関心、チームワーク力等であり、整備すべきはカリキュラムである」という指摘 (Ragusa G., et als.: 2014) や「社会を持続可能にしていくために、STEMにおける専門知識だけでなく、社会、倫理、環境への意識が不可欠であり、これらを学際的な教養教育を通じて身につけることの必要性」 (HornとMurray: 2012) が指摘されている。

STEM分野の人材に対する需要が増大するとともに、グローバルな経済的課題、総合的かつ柔軟な知識と技能の必要性、グローバルな技術問題や環境問題の解決という社会的課題に対応するには、人文社会科学系及び理系能力に加え芸術的能力の融合が不可欠である。Daniel (2012) はSTEMプログラムの内容に芸術を入れることで芸術と工学の総合作用が生じると指摘し、STEAMという用語が生まれたと述べている。実際に、Rhode Island School of Design (以下、ロードアイランド・スクール・オブ・デザイン) やMIT (以下、マサチューセッツ工科大学) はSTEAMプログラムを開設し、芸術とデザインを米国のSTEM教育の重点政策に押し上げている。

一連の先行研究や現代社会の構成からは、STEM分野の学生に求められる能力・スキルは、これまでの専門分野に特有の知識やスキルのみならず、異分野を理解する力、把握する力、協働、多文化的価値観、チームワーク等であると捉えられる。本稿では、これらを包括して次世代型コンピテンスと定義する。こうした次世代型コンピテンスは芸術を含めた文理融合による大学教育プログラムすなわち学際性によって醸成されるのではないかという課題設定のもとで検討する。

しかし、芸術を含めた文理融合による大学教育プログラムの必要性は、従来から指摘され、専門分野の枠を超えた学際性を基軸に人文・社会領域の視点を組み入れ、育成すべきコンピテンスが具体的に掲げられているが、コンピテンスに関する研究成果は提示されていない。Strelner等(2014)はグローバル社会で対応できる工学部学生のための教育プログラムの効果は何かという問いを立て、複数の大学の教育プログラムを検証した結果、グローバルな視点での研究を組み込んだ柔軟な教育プログラムの効果が高いことを提示している。先述したChipperfield等(2015)の学際的・文理融合的なプログラムを通じてSTEM系学生のグローバル・コンピテンスを獲得させる可能性の主張や他の先行研究の知見は、文理融合による学際型プログラムの比較研究をベースとしている。また、次世代型コンピテンスとの関連性を探る大学教育の在り方を提示する先端研究と専門分野の縦割り構造を再考する鍵となる意味で、後述するリーディング大学院プログラムに見られるような大学院レベルで蓄積してきた文理融合プログラムの有効性の研究を学士課程段階に拡大することで、先端性と国際通用性を考える上で示唆的である。

#### 4. STEM分野における縦割り構造の問題点

STEM分野には化学、物理学、数学、工学、統計学などが包摂されており、STEM分野の研究開発の進展は新産業創出の核といえることから、我々が日常生活で使う製品やテクノロジーにも深く関係している。学問上あるいは大学の学科や大学院の専攻において異なるディシプリンを基盤としていたとしても、実社会や現場では総合的に運用されていることを忘れてはならない。異分野間では、方法論、解釈、評価が異なり、統合することは困難であるといえるだろう。しかし、実社会や現場での観点からは全体像を総合的に見る視点が必要となる。しかしながら、今日の教育の現場では、それらの異なるディシプリンを幅広く、また俯瞰的に学ぶチャンスは限定的であるといわざるを得ない。学問上、専門分野が異なる各分野が、どのように横につながっているのかを学び、その関係性を把握することが重要であると指摘され、そのような要請もされるようになってきている。すなわち、異分野同士がより協力的に、柔軟に学問の横のつながりに必要なスキルと柔軟な思考を培うことが、重要視されるようになってきているとみなされる。

平成30年の中央教育審議会答申を受けて、「次代の我

が国を担う新たな価値を創出する(中略)ため、複数の工学の専攻分野を横断した教育課程の実施に向けた工学部等における柔軟な教育体制の構築や、(中略)工学以外の専攻分野の内容や、企業等と連携した実践的な内容を盛り込んだ教育の実施を促進する」ために、平成31年から大学設置基準が一部改正になったが、専門分野の知識・技能の習得に主眼が置かれてきた工学プログラムに専門分野と非専門分野両方の技能と知識の習得が次世代型コンピテンスであるとの見方が反映されている。工学に限らずSTEM教育が専門に拘泥された構造の克服を行い、文理融合を実現し、次世代型コンピテンスを習得するという課題は世界共通である。専門に拘泥された構造の克服を行い、文理融合を実現し、次世代型コンピテンスを習得するのは、現在の世界及び日本の大学教育が直面している課題でもあることは言うまでもない。

#### 5. 日本における新たな文理融合プログラム

社会から求められるSTEM教育に関わる日本の高等教育改革は、社会のニーズを反映したカリキュラムを構築し、社会のニーズに応じた人材育成の目標を設定することとしばしば指摘されてきた。この要請を基盤とすると、職場で通用し、かつ日本社会の要求を満たせる技能や知識を卒業生が身につけたかどうか、教育の質を評価する基準とみなされる。

下村博文元文部科学大臣は2013年のインタビューで、日本の高等教育の危機的状況について、「日本の大学は孤立した象牙の塔のようだ。大学は『教育と研究の自由』を長年うたい文句にしてきたが、ふと気がつけば、今日の現実に対応できていない。グローバル志向の大学は少ないし、現在の日本社会のニーズとかみ合っている大学も少ない」と述べている(Tanikawa:2013)。

一方で、日本の高等教育は、適切な産学官連携を構築・強化して国内のイノベーションを創出することも加速化してきた(MEXT:2015)。日本の雇用関係では長期雇用を原則としているため、人材と知を交流させて産学官の橋渡しをすることがこれまで少なかった。しかし、基礎研究、応用研究、開発研究を分断するのではなく、継続的な連携によってイノベーションを推進するSTEM分野における新たな政策が導入されたことも記憶に新しい(CSTI:2016)。

筑波研究学園都市や関西文化学術研究都市では、分野横断的連携の継続的なフィードバックと強化が望ましい形でなされ、その結果、イノベーション創出が進んでい

る場だとされている。類似の事例として、長岡技術科学大学は「GIGAKUテクノパークネットワーク」を構築して、国内外で産学官共同プロジェクトを実施している。

スーパーグローバル大学に選定された多くのプログラムは、カリキュラムの一環として産学連携の構築を目指している。さらに、学生が社会的ニーズに適合した実務経験が積めるよう、企業にインターンシップ支援を求めたり、インターンシップを卒業要件にしている。

もうひとつの新たなSTEM分野の教育改革の事例は、文部科学省の補助金によってこの間支援が行われてきた「博士課程教育リーディングプログラム」である。「博士課程教育リーディングプログラム」は、俯瞰力と独創力を備え広く産学官にわたりグローバルに活躍するリーダーを育成するという目的で、文部科学省の事業として2011年から開始し、7年間の補助期間を経て、その間評価が行われた。現在は既に終了しているが、大学独自の資金で継続しているプログラムもある。このプログラムでは、専門分野の枠を超えて、産・学・官の参画を得て、博士課程前期・後期一貫の学位プログラムが構築され展開されてきたが、その多くがSTEM系を基盤としながらも、異分野融合・文理融合により、大学院教育の改革を目指すものとして位置づけられてきたことが特徴である。例えば専門分野の枠を超えた学際性を基軸に人文社会の視点を組み入れ、①グローバルに行動する力、②自ら課題を発見し、仮説を構築し、知識を駆使し独創的に課題に挑む力、③高い専門性や国際性、幅広い知識をもとに物事を俯瞰し本質を見抜く力等を育成すべき能力・スキルとして掲げている。具体例を挙げると、STEAM系大学院学位プログラムである「筑波大学リーディング大学院・エンパワーメント情報学プログラム (EMP)」では、1) グローバルに行動する力、2) 自ら課題を発見し、仮説を構築し、知識を駆使し独創的に課題に挑む力、3) 高い専門性や国際性、幅広い知識をもとに物事を俯瞰し本質を見抜く力等を育成すべき能力・スキルが次世代型に必要だと定義され、これらのスキルを育成するようにカリキュラムが整備され、長期にわたるインターンシップ、学会発表、留学生との共修、人文・社会科学系の方法論等の授業科目の履修等を通じて、異分野の知識や方法論を習得するように構築されていた。ロボット工学、脳科学、医療、そして芸術分野の教員と大学院生、留学生が本プログラムで研究指導、教育を提供し、留学生を含む多様なバックグラウンドを持った学生が共修することにより、上記の3つの能力・スキル、本稿での定義によると次世代型コンピテンスを育成することが成果

目標として位置づけられている（筑波大学リーディング大学院EMPホームページ：2019）。

「筑波大学リーディング大学院・エンパワーメント情報学プログラム (EMP)」はSTEMではなくSTEAMプログラムであることが特徴的でもあるが、STEAMプログラムが構築されるようになった背景を次節では考察する。

## 6. PBL手法を用いたSTEAMによる新たな展開

次世代型コンピテンスを備えたSTEM分野の人材育成が社会的要請となっていることは先述した。その一つとして芸術（以下アート）をSTEMに融合するSTEAMプログラムの構築は効果があるのではないか。建築に代表されるように、従来からアートと工学には関係性及び親和性があるといえる。そこで、アートと工学の相互作用を重視したプログラムを通じて、STEM分野とアートを含む他分野の学生が一緒に取り組むとプラスの効果が生じるのではという考え方を基盤に、実施者とカリキュラムや方法を含むプログラム内容にアートを組み込み「STEAM」という略語が誕生した。「STEAM」は、ロードアイランド・スクール・オブ・デザインによる造語で、同校はアートとデザインを、アメリカのSTEM教育政策の重点要素に押し上げた（Rhode Island School of Design ホームページ）。その後、マサチューセッツ工科大学など近隣の大学もSTEAMプログラムを構築し、設置するようになった。マサチューセッツ工科大学のSTEAMプログラムでは、「教育手法としては、アート教育も工学教育も問題解決型学習（PBL）を導入することで効果が期待されるとしている。PBLはより高次の思考力を育成するための手法であり、この手法を経験した学生は実生活から浮かび上がる不明瞭な問題について調べ、その解決方法を探る。その際、アートのカリキュラムに明記されている美的探究も行い、このことにより、工学本来の学びを活性化し、総合化することにつながる。」と指摘されている（MITホームページ）。

それでは、実際にどのようにSTEAMにおいてPBLは使用されているのだろうか。シンシナティ大学のリン・A・クバピルは、学生による包括的かつ説得力のある遺跡発掘補助金申請書の作成において、STEAMプログラムでPBL手法を応用している。考古学は本来分野横断領域であり、歴史学、実証的・定性的手法、自然科学、工学、経営学、アートの幅広い知識を必要とする。クバ

ピルはギリシャ北部遺跡発掘調査のための補助金申請書を完成させるというPBLプロジェクトを提案し、学生たちに関与させた。各グループは発掘作業で見つかった遺物（遺物や現場などの写真）を援用することを通じて事実に近いフィクションを作り上げることが求められた。このPBLプロジェクトを通じて、学生たちは、アートと科学・工学の境界を超えて、協力し、問題解決を図った。教員による評価に加え学生同士の評価が、質の高い成果物を創造するという意欲を高めることにもつながったという。本事例からは、PBL手法を用いたSTEMとArtの分野が融合可能であり、その結果、相乗作用が生じ、効果につながるということが確認されたといえる(Bequette : 2015)。

PBLを科学的方法と位置づければ、STEAMプログラムに限らず、STEM分野と非STEM分野間の見えざる障壁を低くすることができるのではないか。ジョージ・E・ケラーは非STEM分野の学生を対象に、PBL型の入門コース「科学的方法」を開設し、教員の創造性が高まれば学生の関心も高まり、科学の性質と、現実世界の日常の問題への科学の対応力について理解が深まることを示しているが(Keller : 2002)、このことは、PBLが分野横断プログラムの参加を妨げている障壁を取り除くことに効果的であることを示しているといえよう。

STEMとSTEAMの関係性に再度焦点を当てれば、アートを通じての実践的学びをSTEM分野に融合させることで、高等教育機関の学生がしばしば遭遇する専門分野の細分化による縦割りという障壁を低くすることにつながり、学生は現実世界で働くために不可欠なスキルを獲得することにつながると期待できるのではないか。次節では、米国の大学進学を目指す高校生を対象にしたSTEAMプログラムの事例を紹介し、いかにSTEMを中心としたプログラムにアートが組み入れられているかを検討してみる。

## 7. 高校生対象のUCLA・STEAMサマープログラム

2019年に、カリフォルニア大学ロサンゼルス校(以下、UCLA)において実施された高校三年生向けのSTEAM型サマープログラムに参与観察の研究対象として参加した<sup>(3)</sup>。このサマープログラムは、UCLAの芸術学部とナノサイエンス研究所とのコラボレーションによってカリキュラムが編成されており、化学、ナノサイエンス、芸術、芸術史、メディアアートというテクノロジーとア

トが融合されてできた学問について、俯瞰的に学ぶ短期集中型サマープログラムである。多くの高校生はUCLAだけでなく、他の総合大学を含めて科学分野への進学を目指す者が多いが、芸術分野を目指す者も存在している。また、海外から本プログラムに参加している高校生もあり、香港、中国、シンガポール等から参加していた。残念ながら、日本からの高校生は参加していなかった。

本プログラムが特に重点を置いている点は、多岐に渡った分野同士の学生が、一つの作品を共に作ることで、多様な背景が生かされ作品が完成するという、コラボレーションから生まれる成果物と、それを構築するまでのプロセスを学生自身に認識させる点である。本プログラムの鍵を示す以下の文章「As we believe PLAY and Collaboration are the key (「プレー」と「コラボレーション」が鍵であると信じています。)」が周知されていた。本プログラムでは、STEAMがScience, Technology, Ecology, Arts and Mindfulnessと定義されており、MathematicsのMではないことが異なる点であり、特徴でもある。

本サマープログラムの具体的な取り組みとして、以下のような内容の授業が行われていた。実践的方法を教える講義として、「アートとテクノロジーのコラボレーションの必要性について」をテーマに、それぞれ芸術専門とナノサイエンス専門のUCLAの教員によるレクチャーから始まった。このレクチャーでは、学生が主に、化学、物質学、物理、メディアアート、芸術学、哲学のレクチャーをUCLAの教員と大学院生から学ぶ。主に教員から2時間ほどの講義を聞き、その後のディスカッションは大学院生がファシリテート役を担い、活発な議論を誘導していく。ディスカッション及びその後の作品作成過程において、学生の背景(国、ジェンダー、専門領域)を吟味した上で、できるだけ重ならないようにグループに振り分け、課題、意見交換、作品を作る作業などに関わらせていくことに配慮していることが参与観察で浮かび上がった。

初日プログラムの後半はグループワークとアクティブ・ラーニング形式の授業である。また後半にグループによるプレゼンテーションを行い、受講者に理系と文系における境界線や共通点について学ばせ、普遍的に共通する点を学習させた上で、コラボレーションを行わせた。その際に、分野を横断したメリットがよりよい成果物を生み出すと気付かせることを目的としていた。

本プログラムに2019年に対面で、2020年にはオンラインで参加し、いかに運営側が、グループワークに重点

を置いているかを認識することができた。このサマープログラムは一週間弱の短期集中型であるため、グループワークを行う前に、対面式ではマインドフルネス的な要素を含めたヨガクラス、フィールドワーク、作品を作成する前にキャンパス内の自然を観察し、自然の原理を芸

術と理系の世界につなげていこうとするアクティブ・ラーニングとワークショップが導入されていた。

本短期集中型プログラムで、多様な学生でグループ構成をするだけでなく、ファシリテートをするTAがとりわけ芸術、メディアアート出身者が多かったという点も



図1：多様な背景を持つ高校生集団が作成している作品のワークショップ  
写真資料：UCLA ArtSci Summer Institute Program（2019年7月29日撮影）



図2：本プログラムの担当者である芸術部門の教授によるプログラムの説明と講義  
写真資料：UCLA ArtSci Summer Institute Program（2019年7月29日撮影）

重要である。筆者も本プログラムで日本のSTEAMを含む文理融合教育について講義をし、いかに日本社会がアニメ作品等に代表される大衆文化にテクノロジーがブレンドされているか、またソサエティ 5.0に向けたプロジェクトと教育的視点などについても説明をした。

他の講義で扱うテーマの例として、「ビジュアルアーツを学ぶ際の科学」、「プログラミングの視点から見る工学」、「見た目も芸術的センス」など、物事を認識する際に、根本的に分野を隔てる壁を取り払い、捉え直しを促す授業もあった。これらのテーマについて、各専門の担当教員が担当していた。講義を通じて各専門分野の教員からの指導を受け、分野間の相違点を学んだ後に、一定のテーマのもとで、グループを発表させ、随時ディスカッションもさせるというアクティブ・ラーニング型で構成されていた。いずれの授業でも、参加者の想像力を豊かにさせるという目標があることから、「Out of your territory, area, zone (自分の分野の外から考えてみる)」を掛け声に、フィールドワークを取り入れ、大学での専攻分野（入学希望先）が異なる学生同士でペアワークをさせ、その成果を共同で発表させていた。入学専攻希望分野の異なる高校生を組ませることで、異なる考え方や発想を理解する機会を積極的に取り入れているのが印象的であった。

参加高校生の割合は、7割が米国人であり、残りはアジアやヨーロッパからの学生であったものの、大半の学生が、日本のテクノロジーと大衆文化、特にポップカルチャーにも親近感を持っており、テクノロジーに親和性が高く、デジタル世代であることも理解できた。

実際に参加した学生からは「自身はアメリカ育ちであるが、STEAMプログラムを通し日本のSTEAM文化やテクノロジーについても学び、より本格的に日本を訪れて、テクノロジーにさらに関わっていきたい」という声も聞くことができた。

運営側の教員と大学院生にもインタビューを行い、「例え学問としては分類が別にされていても、全て考える、思考するという原点から始まっている。地球と自然からそれらの学問が誕生し、分派してきたのが現在の細分化した分野につながっている。サイエンスと芸術の分野を学ぶことで、相互に必要なスキルとは何か、そして自然が全ての始まりであり、学問として学び、作品を多様な学生と専門領域が異なる学生との協働により作り上げることで、人間がどのようにこれまで社会に役立つものを作り上げてきたのかを思考し、理解するスキルが重要」という意見も聞くことができた。

本プログラムに付随するもうひとつの目的は、参加者が大学に入学する前の高校3・4年生であることから、大学入学前に、彼・彼女等に学際教育の必要性を理解させること、言い換えれば、異なる学問が存在し、方法論と評価が異なっても協働をし、話も理解できるためのスキルを構築させることにある。

この目的を達成するために、本プログラムのカリキュラムは、サイエンス分野の教員と芸術、自然とエコロジー、メディアアート、デザインなどの文系分野の教員が協働することによって構築され、年々改善もなされている。TAとして関わる院生も後者のアート出身者が比率として多い。

## 8. 考察

グローバル化と社会・人口動態の変化、技術進歩が相まって、社会における工学の役割が変化しているのが現在である。それゆえ、高等教育機関は社会からの要請の大幅な変化に対応して学習内容、評価、カリキュラムを改めていかねばならない。グローバル化によって競争が厳しくなり、高等教育機関は知識基盤社会の時代に対応すべく改革を迫られている。この知識基盤社会における知識と人材の移動は国際化と同義とみなされている。流動性が高まり、国際化が進めば、異なる国あるいは地域間で実施されるプロジェクトが増加し、国際協働を必要とする場面が増加することも予想される。そこでは、本稿でも指摘したグローバル・コンピテンスが求められるとすれば、従来の工学プログラムも国際化や協働能力の育成に乗り出し、専門分野と非専門分野両方の技能と知識を身につけさせる必要性も増加するであろう。

STEM分野の人材に対する需要が増大するとともにグローバル化への関心が強まり、高等教育機関のSTEMプログラムの目的が見直されるようになった。現代のグローバルな経済的課題、総合的かつ柔軟な知識と技能の必要性、グローバルな技術問題や環境問題の解決に対応するには、STEM分野の教育改革が不可欠であるといえる。地理的・文化的・社会政治的境界や特定分野の知識の枠を超えた重要な工学問題を解決できるよう人材育成を行う必要がある。そうした問題を解決するには、卒業後に様々な研究分野の専門家と協働し、チームで作業できる人材を輩出しなければならない。チーム作業ではメンバーが互いにスキルや知識を補完し合うことが求められる。同時に、個人のレベルでも専門的な研究力と一般教養科目や分野横断研究から得られる幅広い知識の融合

が求められる。

これまで検討してきたように、STEM分野は従来、特定の専門知識・技能の提供を重視してきたが、今では専門分野の研究を補完すべくグローバル・コンピテンス、チームワーク、リーダーシップ、問題解決能力といったソフトスキルをも養うことが、不可欠であるという認識のもとで従来の工学分野も国際化や協働型問題解決能力の育成に乗り出し、専門分野と非専門分野両方の技能と知識を学生に身につけさせるようなプログラムが「博士課程教育リーディングプログラム」であった。選定された本プログラムにおいては、STEMと他分野の共同によって様々なプログラムが開発されてきたが、STEAMプログラムも新たに開発された文理融合の例であるといえるだろう。

第7節で提示した高校生を対象としたUCLAのアートサイエンス・プログラムは、まさしくそれらの理念を具体的に実践する試みであり、大学入学を控えた高校3・4年生に、異分野融合と協働する必要性について実際のSTEAMプログラムとして構成し、アクティブ・ラーニング方式で経験をさせ、異分野間での議論や協働を進めるといえることは、大学入学後にも分野間の敷居を低くすることにもつながるのではないかと考えられる。

さらに、COVID-19が高等教育に与える影響を失念してはならない。コロナ禍による影響で、国境を越えた人の流れや移動が制限される状況において、改めてコンピテンスの定義を見つめ直す契機になったのではないかと考えられる。オンライン上でのコミュニケーションが否応なく増加する状況において、ネットリテラシーについて学ぶこと、再考することが必至となっている。また、オンラインでは、国境を越えて従来以上に異分野や異文化の人と対話する際に、どのようなスキルが必要なのかについても、再考していかねばならない。対面では、場を共有することによる親密性を構築できたが、バーチャルな空間では親密性の構築は容易ではなく、いわゆる語学力のレベルを超えた専門分野を専門分野以外の人々にも明確に伝え、相手の立場を理解できるコミュニケーションのスキルが肝要になってくると考えられる。

STEM分野においては、COVID-19の拡大により、STEMの各分野とテクノロジーに対する依存がますます強まると予想され、世界各国の教育機関はオンライン教育を模索している。オンライン教育自体は、全ての分野に共通であるが、オンラインのデリバリーといった技術面、通信技術やコンピュータ・サイエンスの側面に着目すれば、STEM分野の人材は、コロナ禍において、その

スキルを発揮するチャンスが増える可能性も高い。コロナ禍以前とポストコロナ禍では、リモートワークの推奨もあり、STEM分野とそれ以外の職種の需要が現在よりも差が生じることも予想されよう。しかし、技術面だけではなく、ネットリテラシー、心理面、倫理的側面、コミュニケーションスキルなどの新たな分野を超えて育成されるべきコンピテンスがSTEM分野の人材にも求められるであろう。これに対応することがSTEM高等教育改革の原点であるともいえよう。

## おわりに

世界の多くの国々の高等教育はグローバル化、キャンパスの国際化、STEM分野の人材に対する需要増といった新たな動向に対応している。STEM分野は21世紀の技術革新、新たな産業の進展に不可欠だと広く認識されている。加えて、グローバル化と国際化のさらなる進展は、世界で通用し、活躍できるスキルと知識を備えた人材の育成を必要とする。高度な知識と専門性を持った人材の育成という社会全般からの要望に応えることを含めて、現代の職場の絶えず変化するニーズに応えるため、必要な分野横断的知識とソフトスキルの育成にも取り組み、卒業生の質を高めることがSTEM分野はもとより全ての分野に共通している高等教育の改革課題であるといえる。

本稿では、異分野間での連携と協働、分野を超えて相互理解を深化させる能力・スキルといった次世代型コンピテンスの重要性を先行研究や事例の動向から考察してきた。そのうえで、UCLAにおける高校生向けのサマープログラムでの知見をもとに、日本の教育現場において、米国の実践がそのまま応用できるのか、もしできない場合、課題は何なのか、日米の現状を比較しながら、実践の可能性について考えていくことを今後の課題としていきたい。本稿が、日本における文理融合及びSTEAM教育の必要性への共通理解の一助になることを期待したい。

## 注

- (1) 本稿は、拙著“Developing Global Competencies through Interdisciplinary Studies: Why Collaboration is Important between STEM and Non-STEM Students” (2018) に、新しい文献の知見を反映し、具体的実践例としてSTEAM系高校生向けのサマープログラムでの参与観察を元に加筆修正した。
- (2) 文理融合教育は様々な内容を包摂しているが、本稿ではそのなかでも特にSTEAM (STEMと芸術、場合によ



ては人文・社会科学を組み入れている)に焦点を当てていることに付言したい。

- (3) 筆者は本サマープログラムの初日の7時間とサマープログラムの後半日程に行われたオレンジカウンティでのメディアアートの展覧会 (SIGGRAPH2019) へのフィールド観察に同行した。

## 参考文献

- AAC&U (2011). *The Leap: Vision for Learning, Outcomes, Practices, Impact, and Employers' Views, Liberal Education & America's Promise*, Washington D.C.: AAC&U.
- Alice Daniel, *Academic Toolbox: Full Steam Ahead*, ASEE Prism 24, no. 7 (2015): 34–36.
- Asia Society (2017). *Advancing 21<sup>st</sup> century competencies in East Asian education systems*.  
<https://asiasociety.org/files/21st-century-competencies-east-asian-education-systems.pdf> (最終アクセス日 2020年6月1日参照)
- Bequette, James. W. "A Place for Art and Design Education in the STEM Conversation." *Art Education* 65 (2012): 40–47.
- Council for Science, Technology and Innovation (CSTI) (2016). *The 5th Science and Technology Basic Plan*.  
<https://www8.cao.go.jp/cstp/english/basic/5thbasicplan.pdf> (最終アクセス日 2020年10月1日参照)
- "Education Indicators in Focus 14," Organization for Economic Cooperation, Development, last modified July, 2013, [https://www.oecd.org/education/skills-beyond-school/EDIF%202013--N%C2%B014%20\(eng\)-Final.pdf](https://www.oecd.org/education/skills-beyond-school/EDIF%202013--N%C2%B014%20(eng)-Final.pdf) (最終アクセス日 2020年9月15日参照)
- George E. Keller, "Using Problem-Based and Active Learning in an Interdisciplinary Science Course for Non-Science Majors," *The Journal of General Education* 51, no. 4 (2002): 272–281.
- Gisele Ragusa, Cheryl Matherly, and Sarah Phillips, "Comparison of the Impact of Two Research Experiences for Undergraduate Programs on Preparing Students for Global Workforces" (proceedings for the IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), 2014).
- House of Lords (2012). *Higher education in Science, Technology, Engineering and Mathematics subjects* (pp.117), London: The Authority of the House of Lords.
- Ishikawa, M., Moehle, A., and Fujii, S. (2010). Japan: restoring faith in science through competitive STEM strategy. In B. Freeman, S. Marginson, and R. Tytler (Eds.). *The Age of STEM educational policy and practice across the world in Science, Technology, Engineering and Mathematics*.
- James W. Bequette, "A Place for Art and Design Education in the STEM Conversation" *Art Education* 65 (2012): 44.
- Japan Society for the Promotion of Science. (2017). FY2017 grants broken down by research field. [https://www.jsps.go.jp/english/e-grants/grants05\\_2017.html](https://www.jsps.go.jp/english/e-grants/grants05_2017.html). (最終アクセス日 2020年11月12日参照)
- Jerrim, J. (2015). Why do East Asian children perform so well in PISA? An investigation of Western-born children of East Asian descent. <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/03054985.2015.1028525?needAccess=true> (最終アクセス日 2020年5月13日参照)
- Lynne A. Kvapil, "Teaching Archaeological Pragmatism through Problem-Based Learning," *The Classical Journal*, 105 no. 1 (2009): 45–52.
- Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology. 2015. *Japans STI policies looking beyond mid-long term*. Retrieved from [http://www.mext.go.jp/en/news/topics/detail/\\_icsFiles/afiedfile/2015/07/03/1359554\\_1.pdf](http://www.mext.go.jp/en/news/topics/detail/_icsFiles/afiedfile/2015/07/03/1359554_1.pdf) (最終アクセス日 2020年10月1日参照)
- MIT Full Steam Ahead <https://fullsteam.mit.edu> (最終アクセス日 2020年9月1日参照)
- 文部科学省 (2015). 『理工系人材育成戦略』 ([http://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/detail/\\_icsFiles/afiedfile/2015/03/13/1351892\\_02.pdf](http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/detail/_icsFiles/afiedfile/2015/03/13/1351892_02.pdf)) (最終アクセス日 2020年11月10日参照)
- Morita L. (2013). Japanese university students' attitudes towards globalisation, intercultural contexts and English. *World Journal of English Language* 3(4): 31–41.
- MRI, 株式会社三菱総合研究所 『AI・IoT・ビッグデータ』 <https://www.mri.co.jp/tags/ai-iot/index.html> (最終アクセス日 2020年11月1日参照)
- Murray, P., & Horn, R. (2012). *A global curriculum and global working environment*, International Conference on Innovation, Practice and Research in Engineering Education, EE2012.
- 長岡技術科学大学 <https://www.nagaokaut.ac.jp/e/gigaku/> (最終アクセス日 2020年8月3日参照)
- Office of the Chief Scientist (2014). *Science, Technology, Engineering and Mathematics: Australia's future* (pp.44), Canberra: Australian Government.
- Open Doors 2015 Report (2015). <https://www.iie.org/Why-IIE/Announcements/2015/11/2015-11-16-Open-Doors-Data> (最終アクセス日 2020年11月1日参照)
- Rhode Island School of Design <https://www.risd.edu/academics/public-engagement/#support-for-steam> (最終アクセス日 2020年9月1日参照)
- "STEM: Good Jobs Now and for the Future," U.S. Department of Commerce, last modified July, 2011, [https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/microsites/ostp/stem\\_stratplan\\_2013.pdf](https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/microsites/ostp/stem_stratplan_2013.pdf) (最終アクセス日 2020年11月10日参照)
- Strelner, S.C., Cunningham, S., Huang, S., Levonisova, S., Matherty, C., Besterfield-Sacre, M.E., Shuman, L.J., & Ragusa, G. (2014). Exploring Engineering Education in Broader Context: A Framework of Engineering Global

- preparedness. 121<sup>st</sup> ASEE Annual Conference & Exposition, Indianapolis, USA.
- Szu-Chun Fan. C. and John M. Ritz, "International views of STEM education" (in Marc J. de Vries, ed. Proceedings PATT-28 Conference), last modified 2014, <http://www.iteea.org/File.aspx?id=39511&v=a2bd6f55>. (最終アクセス日2020年9月10日参照)
- Tada, Megumi. Recent Reform to the English Education System in Japan. *21<sup>st</sup> Century Education Forum* 11 (2016): 21-29.
- Tanikawa, Miki. 2013. Japan's education minister aims to foster global talents. *The New York Times*. Retrieved from <http://www.nytimes.com/2013/08/26/world/asia/Japans-Education-Minister-Aims-to-Foster-Global-Talents.html>. (最終アクセス日2020年9月15日参照)
- The Central Council for Education. *A Report: The Future of Japanese Higher Education*. Tokyo: MEXT, 2005.
- Tokyo Institute of Technology. "Enhancing Tokyo Tech Education and Research Quality Through Administrative Reforms for Internationalization." Last modified 2014. [https://www.titech.ac.jp/english/globalization/stories/tokyo\\_tech\\_quality.html](https://www.titech.ac.jp/english/globalization/stories/tokyo_tech_quality.html)
- 筑波大学2019『グローバル教育院エンパワーメント情報学プログラム』 <http://www.emp.tsukuba.ac.jp> (最終アクセス日2019年12月4日参照)
- UCLA Art Sci Nanolab Summer Institute <http://artsci.ucla.edu/classes/sci-art-nanolab-summer-institute> (最終アクセス日2019年9月1日参照)
- U.S. Congress Joint Economic Committee (2012). "STEM Education: Preparing for the Jobs of The Future," last modified April, 2012, <https://www.jec.senate.gov/public/index.cfm/democrats/2012/4/jec-releases-new-report-on-economic-impact-of-stem-education> (最終アクセス日2020年7月1日参照)
- Vande Berg, Michael, Jefferey Connor-Linton, and Michael R. Paige. "The Georgetown Project: Interventions for Student Learning Abroad." *Frontiers: The Interdisciplinary Journal of Study Abroad* 18 (2009): 1-75.
- Wang, X. (2013). Why students choose STEM majors: motivation, high school learning, and postsecondary context of support. *American Educational Research Journal* 50(5): 1081-1121.
- Yamada A (2018) Developing global competencies through interdisciplinary studies: Why collaboration is important between STEM and non-STEM students. In 'New directions of STEM research and learning in the world ranking movement a comparative perspective,' Palgrave Macmillan.
- Yoshikawa, K., Kokubo, A. & Wu, C. (2018). A cultural perspective on gender inequality in STEM: The Japanese Context. *Industrial and Organization Psychology* 11(2): 301-309.

(やまだ あき)