

これまでのSTEM教育と今後の展望

Past and Future of STEM Education

新井 健一

日本STEM教育学会

現在、世界各国で取り組まれているSTEM教育は、もともとは米国で科学技術による国際競争力を高めるため、理工系科目の履修を高めることを目的に進められた。その結果、STEM関連の職業は有望な職業となり、現在では、STEM教育の概念が拡大して、AI社会を生きる人たちにとって必要な学びとなっている。一方、日本では、STEM教育はまだ学習指導要領に位置づいていないため、教育実践も研究知見も十分ではない。しかし、現在の枠組みの中でも取り組むことは可能である。本稿では、新学習指導要領とその先の学習指導要領を視野に、これからのSTEM教育のあり方を展望し、これからの社会に必要な資質・能力の育成について考察する。

キーワード：STEM教育，STEM Jobs，学習指導要領，創造的問題解決力，言語能力，構想力

1. はじめに

米国で始まり、現在各国で取り組まれているSTEM教育は、社会の変化とともに、初期の頃に比べて概念を拡大し、教育実践の内容も多様化している。益々科学技術が進化するこれからの社会に、これからのSTEM教育は何を目的にして、どのような資質・能力を育成し、どのように実践していくことが求められるのだろうか。本稿では、海外でのこれまでのSTEM教育の目的や成果を踏まえて、現在のSTEM教育の状況や課題を整理した上で、その先のSTEM教育を展望し、日本でのSTEM教育のあり方を考察する。

現在の日本のSTEM教育は、まだ海外に比べて研究も実践事例も多くはなく、社会的文化的背景も異なるため、本稿は第一稿のような内容であるが、今後の議論のきっかけとなればと考えている。

2. これまでのSTEM教育と社会的成果

2.1. これまでのSTEM教育（STEM教育1.0）

STEM教育が始まった頃の米国の状況は、高校を例にとると、STEM領域の履修も習熟度も十分ではなかった上、人種や収入によって履修の機会に大きな差があった。そこで、すべての児童・生徒たちに、数学や科学などを統合して学べる機会を提供すべく、STEM教育を推進する省庁横断の委員会を発足させ、

5年計画を作成し、予算を確保した上で、プログラム開発や教員研修などを進めてきた。本稿では、この時期を便宜的にSTEM教育1.0と呼ぶことにする。

オバマ政権時、米国教育省(U.S Department of Education, 2015)は、これからの人材育成には、何を知っているかではなく、知っていることを通じて何ができるか、検証したエビデンスに基づいて問題を解決できるか、という能力の育成が必要であり、そのためには、Science（科学）/ Technology（技術）/ Engineering（工学）/ Mathematics（数学）を統合的に学ぶことが効果的であるという考え方を示した。その際、2010年から2020年にかけて、STEM関連の職業のプロジェクトがどのくらい増えるかを予測している。それによると、産業全体での増加が14%であるのに対し、STEM関連の職業は、

Mathematics 16%,
Computer System Analysts 22%,
System Software Developers 32%,
Medical Scientists 36%,
Biomedical Engineers 62%

と、全体平均より高い予測となった。より複雑で高度な問題解決力が要求される時代に、優れた科学者やイノベーターを育成し、産業競争力を高めることにつながることを期待していたことが伺える。

尚、職業名は適切な訳語がないため和訳せず、英語のままにした。

2.2. 社会的成果

このような背景をもつSTEM教育1.0は、果たしてSTEM関連の職業の業務が増加し、社会的成果につながったのかどうか、2つの資料をもとに検証する。

まず、米国商務省(U.S. Department of Commerce, 2017)が公表したSTEM Jobs: 2017 Updateのレポートによると次の通りである。

- ・ 2015年のSTEM関連の従事者は900万人で、全労働人口の6.1%にあたり、5年前の5.5%から増加している。
- ・ この10年間で、STEM関連の職業の雇用は、非STEM関連の職業の雇用より増加していて(24.4%対4%)、2014年から2024年の事業成長はSTEM関連の職業が8.9%で、非STEM関連の職業は6.4%である。
- ・ 2015年のSTEM関連の従事者の収入は、非STEM関連の従事者の収入より29%高い。
- ・ 非STEM関連の従事者の大学の学位所有者が1/3に対して、STEM関連の従事者は3/4が大学の学位を有している。
- ・ STEM関連の学位所有者は、STEM関連の職業についていないにかかわらず、高い収入を得ている。

以上のように、STEM関連の職業の雇用環境は良好のようである。

次にU.S. News (2018)が公表しているBest STEM Jobsによると、STEM関連の職業と収入の中央値、失業率は以下の通りである。

Software Developer	(100,080ドル, 1.6%)
Statistician	(80,500ドル, 1.4%)
Actuary	(100,610ドル, 1.4%)
Mathematician	(105,810ドル, 1.4%)
Cost Estimator	(61,790ドル, 0.6%)
Information Security Analyst	(92600ドル, 3.2%)
Mechanical Engineer	(84,190ドル, 1.1%)
Accountant	(68,150ドル, 2.5%)
Civil Engineer	(83,540ドル, 1.5%)
IT Manager	(135,800ドル, 2.7%)

米国の平均年収は約4万ドル、2017年3月の失業率が4.5%であるから、STEM関連の職業は有望な職業であると考えられ、商務省のレポートを具体的に裏付けるものである。また、これらの結果は、2.1で述べた予測と符合していることから、これまでのSTEM教育は社会的な成果につながり、期待に据えていると言えるのではないだろうか。

3. 現在のSTEM教育と課題

3.1. STEM教育の多様化と概念の拡大

(STEM教育1.5)

現在のSTEM教育は、コンピュータサイエンスが含まれ、ART/デザインなどの新たな領域を加えた派生形も生まれて、様々に概念が拡大している。トランプ政権も、コンピュータサイエンスを含むSTEM教育を引き続き推進する方針を打ち出している。STEM教育1.0の頃に比べて、IoTやビッグデータの活用、そこから生まれるAI技術の活用が具体的にようになってきていて、AIが普及する社会に必要な能力という文脈で語られることが多くなった。このような現在の状況を、便宜的にSTEM教育1.5と呼ぶことにする。

STEMの派生形の名前には、STEMにARTを加えたSTEAMや更に様々に加えて新たな名前と呼ぶ場合と、様々に加えた上で、その都度呼び方を変えるのではなく、そのままSTEMと呼ぶ場合がある。STEM教育は現実社会の課題を扱うため、もともとテーマによって、様々な領域を含んで考える必要があるから、STEMプラス α となるのは必然であろう。もともと、英語のstemには「幹」という意味がある。まさに、STEMはこれからの社会に必要な学びのstem(幹)なのである。社会的な課題が益々複雑化するとプラス α も増えて益々呼び方が長くなるが、最近の海外での取り組みを見ていると、呼び方を議論するよりも、如何に効果的な課題を設定して取り組ませるか、そしてそれをどのように評価するかという、実践の議論に視点が移っているようである。

3.2. 日本のSTEM教育の課題

日本の場合、STEM教育は、現行の学習指導要領だけでなく、2020年度から実施される新学習指導要領(文部科学省, 2017a; 文部科学省, 2017b)にも、取り扱いに関する記載はない。しかし、関係する構成要素はほぼ整っている。中学校の学習指導要領を例に、STEM教育との関係を見てみたい。

「数学」「理科」「技術・家庭」は、STEM教育1.0の中心的な教科であり、「技術・家庭」にはプログラミングが含まれている。「音楽」「美術」や「保健体育」はSTEM教育1.5にかかわる教科であり、STEM教育がカバーする領域の拡大に関係している。また、非言語コミュニケーション能力にかかわる教科でもある。「国語」「外国語」は言語能力にかかわる中核的な教

科であり、STEM教育に限らず、理解や、思考、判断、表現など、すべての学習活動の基盤となる教科である。「社会」は、STEM教育が取り組むべき社会的課題を考える上で重要であり、課題の構造を理解するためにも重要である。「道徳」が必要なことは、STEM教育に限らない。また、「特活」や「総合」は、様々な教科を融合して取り組むSTEM教育を実践するための良い機会となる。また「情報活用能力」もSTEM教育の基盤である。

このように、STEM教育にかかわる要素はすでに学習指導要領にあるため、これらを融合して取り組む課題の設定を行い、STEM教育として明示的に取り組むように授業設計をすることによって、STEM教育の実践が可能になる。そして、S/T/E/Mのうち、E(工学)にかかわる活動を組み込むことが重要である。「技術・家庭」のように、実際に製作して解決するような、プロセスに重点をおく活動が現実の問題解決には必要だからである。教育現場での実践を考えると、STEM教育の概念を拡大することよりも、学習に効果的な課題の設定と、工学的な活動を組み込むことに焦点化するほうが、取り組みやすいのではないだろうか。

更に、2020年度に実施される小学校の新学習指導要領では、STEM教育の一部である、所謂プログラミング教育が必修化される。2022年度からの高校の新学習指導要領では、情報や理数探求のようなSTEM教育の考え方と親和性の高い科目が新設される。また、農業高校や工業高校、高専などでもSTEM教育と親和性の高い活動を以前から行っているため、それぞれの学校種で取り組みやすい環境はできてきていると言ってよい。

また、STEM教育のあり方を考える場合には、関係する教育の動向を考慮する必要がある。2020年度からの新学習指導要領は、2030年頃の社会を想定している。OECDでも、2030年頃を想定したEducation 2030プロジェクト(OECD, 2018)が進められていて、課題意識や、育成すべき資質・能力の考え方は、多少の表現の違いはあっても、新学習指導要領の意味するところと共通している。OECDのPISA2018では、グローバルコンピテンスの測定が行われ、これからの社会に必要な能力のひとつとして定義がなされている。こうした動向と、STEM教育が育成する資質・能力とが乖離するのではなく、根底では共通していなければならない。STEM教育とこれらの能力との

関係を整理して、実践しやすく示していく必要がある。

このような状況下で実際にSTEM教育を導入する場合に、いくつかの課題がある。ひとつは、カリキュラムにどのように組み込むかである。履修すべき内容が増えて時間数が足りない中、どのように新たな時間を確保するかは大きな課題である。クロスカリキュラムか、専用の時間を確保するか、何時間行うかなど、具体的に決定しなければならない。次に、教員の研修、養成の課題がある。さらに、何ができることを目標にして、どのように評価するのかという、目標と評価の設定も課題である。そして、政策としての位置づけと予算をどうするか。これらの課題を解決して、2030年の社会に備える必要がある。

4. これからのSTEM教育

4.1. これからの社会

2020年度から実施される新学習指導要領は、現在の計画通りであれば、その10年後の2030年度にその次の学習指導要領に改訂されることになる。その時には、2050年頃の社会を想定する必要があるだろう。

2050年の社会の予測はすでに様々に公表されていて、とても興味深いものであるが、その内容の真偽を、ひとつひとつ検証することは本稿の目的ではないし、現在存在していない、創造的に生み出される問題解決策を予測することは難しい。従って、結果的に予測はその通りにならないことが多い。2030年までの変化はある程度具体的に予測されているが、2050年までの変化は、それまでの変化に比べて非連続なことが多いと考えておいたほうがよいだろう。

このような予測困難な時代を生きるために重要なことは、必要な情報を理解して適切に構想し、臨機応変に行動することである。そして、どのような社会にしたいか、どのような社会にするかという、意欲や意志をもち、新たな課題を創造的に解決する能力を育成することが重要である。ただし、創造力といっても、それは世の中を変えるような大きなことだけを指すのではなく、小さいが価値のある工夫を含むものであり、それはすべての人に備わっている能力である。

4.2. これからのSTEM教育 (STEM教育2.0)

このような時代に向けて、これからのSTEM教育はどのような資質・能力の育成を担えばよいのか。意欲をもって、創造的に問題解決ができる人材を育成

する場合、その学びのstem(幹)とはどのような学びなのか。まだまだこれから議論が必要であるが、先駆けて、STEM教育1.5のその先のSTEM教育を考察したい。

もともとSTEM教育は、科学、技術、工学、数学などの知識や技能を基にして、科学技術的なアプローチによって現実の課題を論旨明確に考え、創造的に解決する問題解決のためのプロジェクト型の学習である。今後、STEM教育が取り組むべき現実課題は、社会の変化に伴って益々複雑化し、先進的な技術の利活用に負うことが増えてくる。その際に、今後の人間が関わる仕事の中心は、問題解決プロセスの上流工程に向かうであろう。上流工程では、問題を見つけ、問題に関係する情報を理解し、問題にかかわる要素を構造化し、解決のための方策を検討し決定する。そのため過去のデータがないことを扱う場合が多い上、意味の理解が必要なため自動化しにくく、人間に負うところが多い。したがって、技術による仕事の代替えは補助的である。一方、実行や検証などを行う中流工程では、技術で代替えし、自動化できる要素は多くなるだろう。

この上流工程では、問題を把握し論旨明確に解決するための言語能力と、問題の背景にある社会への知識、問題を構造化して解決策を構想する能力などが必要であり、理科や数学はむしろ中流工程で求められる能力であることが、最近の研究で示唆された(赤堀, 2018)。

つまり、これからのSTEM教育は文系、理系という伝統的な区分を超えた思考が求められるのである。

言語能力の重要性については以前から指摘されていて、2007年には、文部科学省による「言語力育成協力者会議」の報告書(文部科学省, 2007)が公表された。そこでは、言語能力の育成は教科横断的に育成するものとしていて、STEM教育も一端を担う必要がある。STEM教育を通して、問題を科学的に理解し、論旨明確に考える言語能力を育成していくのである。言語能力は、STEM教育の基盤であり、STEM教育は言語能力育成の一つの手段として相互作用的に言語能力を育成していくように考える必要がある。さらに、問題を構造化し、解決の方略を構想するためには、非言語コミュニケーション能力が重要であるので、実技教科などとの連携も必要である。

また、STEM教育が社会の現実課題を扱う以上、社会科に関する知識や思考は重要で、問題の背景にあ

る社会や文化の構造を理解していなければ、現実的な解決には至らない。

そして、S/T/E/Mについても、S(科学)は、これからのAI社会を考えると、コンピュータサイエンスだけでなく、AIそのものの基礎を学べるようにする必要がある。AIを漠然ととらえるのではなく、AIを理解した上で、社会の在りかたを考えることが求められるのである。E(工学)は、STEM教育の特徴であり、実際に問題解決するための創造的な思考の育成に重要であるが、学習指導要領に埋め込めるように構造化されていない。M(数学)では、純粋数学の視点だけでなく、応用数学の視点も必要であろう。

このように、これからのSTEM教育は、文系、理系の枠を超えて、AI社会の現実課題の解決に臨む活動であり、それはS/T/E/Mに何かを加えた派生形概念ではなく、現在のSTEM教育1.5に対して非連続な新たな概念かもしれない。それをSTEM教育2.0とするか、全く新たな呼び方になるかはこれからの議論であるが、その議論にあまり多くの時間をかけるべきではないと考えている。2020年度からの新学習指導要領をベースにどのように実装できるか、その次の改訂にはどのように反映できるか、大学や社会とどのように繋げていくか、などを考えると、取り組むべき課題が多い割には、時間があるわけではない。本学会は、こうした議論の場として機能することで、社会に貢献したいと考えている。

5. 終わりに

現在の日本の中学生は、ほぼ現行の学習指導要領のもとで学んで社会に出て、2050年には40代の働き盛りになる。2020年度からの新学習指導要領で学んだ小学生は、2050年には30代で、まだ本格的にSTEM教育を学んだ世代ではない。もし、STEM教育が教育課程に位置づくとしたら、早くてもその次の学習指導要領が実施される2030年度ということになる。その間にも社会の変化は休みなく続く。STEM教育が今後も社会に必要な資質・能力を育成していくならば、初中等教育では、今からでもできる範囲で取り組むように工夫する必要があるし、高等教育、リカレント教育、社会教育等でも、より高度で専門的、実践的な学習機会を作る必要がある。その活動を学術的な観点から支えることが、本学会の使命であると考え

参考文献

- 赤堀 侃司 (2018). プログラミング教育の考え方と
すぐに使える教材集 ジャムハウス
- 文部科学省 (2007). 言語力育成協力者会議 報告書
- 文部科学省 (2017a). 「小学校学習指導要領」平成29
年3月31日 告示
- 文部科学省 (2017b). 「中学校学習指導要領」平成29
年3月31日 告示
- OECD (2018). OECD Education 2030. Retrieved
from <http://www.oecd.org/education/2030/>
(May 1, 2018.)
- U.S. Department of Education (2015). Science,
Technology, Engineering and Math: Education
for Global Leadership. Retrieved from
[https://www.ed.gov/sites/default/files/stem-
overview.pdf](https://www.ed.gov/sites/default/files/stem-overview.pdf) (May 1, 2018.)
- U.S. Department of Commerce (2017). STEM Jobs:
2017 Update. Retrieved from
[https://www.commerce.gov/file/stem-jobs-
2017-update](https://www.commerce.gov/file/stem-jobs-2017-update) (May 1, 2018.)
- US News (2018). Best STEM Jobs. Retrieved from
[https://money.usnews.com/careers/best-
jobs/rankings/best-stem-jobs](https://money.usnews.com/careers/best-jobs/rankings/best-stem-jobs) (May 1, 2018.)