

実践報告

# EbyD教育におけるSTEM教育の実践 —ミシガン州のレイク・フェントン中学校の事例—

角 和博\* ・ 岳野 公人\*\* ・ 白濱 弘幸\*\*\*  
Phillip Cardon\*\*\*\* ・ Bill Rae\*\*\*\*\*

Practice for Engineering by Design of PLTW and STEM Education:  
A Case of Lake Fenton Middle School in Michigan State

Kazuhiro SUMI\*, Kimihito TAKENO\*\*, Hiroyuki SHIRAHAMA\*\*\*,  
Phillip CARDON\*\*\*\* and Bill RAE\*\*\*\*\*

## 【要約】

米国では理数教育の向上を目指してSTEM教育が教育運動の大きな柱になっている。そこで、筆者らは、米国の東ミシガン大学を訪問しSTEM教育について資料収集をするとともに米国ミシガン州フェントンにある公立レイク・フェントン中学校を訪問した。訪問先での教育実践者へのインタビューや学習者の学習の様子を資料にして、その後東ミシガン大学のカードン教授とSTEM教育のあり方について議論し、技術教育とSTEM教育との関連性について検討した。

## 【キーワード】

Engineering by Design, STEM Education, Technology Education, Middle School

## 1. はじめに

米国では将来に渡って市場が拡大する重要な職業の教育として工学全般や健康管理などの分野が注目され、これに対応する Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) 教育が重要であると考えられている。STEM 教育の充実、米国の科学技術分野での国際的優位性を維持する方策であるとし、さらにSTEM分野で必要とされる学生や社会人の増加数の目標値も労働人口の予測から想定されている。また少なくともSTEM分野を専攻する10万人の新たな中学高校教員の育成が求められ、予算措置も整い目標の実現を目指している。今後10年間で100万人のSTEM卒業生を送り出すことで、STEM分野の教員増加という目標に対して十分な効果をもたらすとされている<sup>1)</sup>。

米国の大統領科学技術諮問委員会が2010年9月に大統領に提出した議案書「準備し触発せよ：米国の未来のための科学技術工学数学における幼児教育—初等中等教育」の中で次の2点を指摘し

ている。

(1) すべての教科と年齢にまたがる学習、教育と評価についての革新的技術とその技術のプラットフォームを開発する。

(2) STEM教育に向けた効果的で全体が統合され、コースが網羅する教材を開発する。

これらの進展の多くは、K-12の教育ばかりでなく、それに続く大学1~2年次の教育においても有効活用できる<sup>2)</sup>。カードン教授が勤める東ミシガン大学では、学科の学生は数学や理科の教員免許を取り、付加的にSTEM教員の免許を取ることが可能であるとのことである。米国では2010年以降、STEM分野の学士あるいは準学士を年間約30万人輩出しているが、入学者のうちSTEMの学位を取得する者は40%に満たない。そのため、STEM分野を副専攻とする学生数を10%増加させるだけで年間7万5千人の増加が見込まれ、これにより目標の4分の3の人数が確保できるという<sup>3)</sup>。

このように入学後の学生の進路を変更させるこ

\*佐賀大学文化教育学部      \*\*滋賀大学教育学部      \*\*\*愛媛大学教育学部  
\*\*\*\*東ミシガン大学      \*\*\*\*\*レイク・ペントン中学校

となく STEM 分野の学士を拡大することができるようである。さらに学生たちが STEM 分野を発展的に学ぶためには、高い教育効果が期待できるアクティブ・ラーニングを導入した学習が重要となる。アクティブ・ラーニングの導入は、学生の情報の記憶力と批判的な思考力を向上する。そのためには連邦政府は、教育訓練機会の提供とその実践を支える教材提供援助を行っている。この新しい教育方法は、一度定着させることができれば、長期間継続させることができるであろう。ただし目標実現の途中段階では、進捗の度合いを把握する必要があり、STEM 教育が本当に効果を上げているかを評価する基準を確立しなければならない。さらに評価基準が設計や実施手法に直接的にフィードバックできることが重要である<sup>4)</sup>。

以上のことから、本研究では、米国の PLTW および STEM 教育に基づく実践事例に着目し、教育現場の教員と生徒は STEM 教育においてどのようなことを学んでいるのか実態を検討することにした。

そこで、本研究は、米国ミシガン州の中学校を訪問し、STEM 教育の実施状況について視察した内容について報告する。特に、米国の STEM 教育と我が国の技術教育との比較検討から、今後の我が国の技術教育のあり方について考察する。

## 2. 研究方法

米国の STEM 教育の実施状況について実態を検討するためにミシガン州の公立レイク・フェントン中学校に 2015 年 11 月 2 日の午前中に訪問し、2 時間程度の授業見学を行った<sup>5)</sup>。

見学した授業の内容は、4 名程度のグループ活動によって、連続した機械要素を含んだ通路をビー玉が通過する装置を製作するものづくり学習であり、我が国では NHK の番組ピタゴラスイッチ等に似ている<sup>6)</sup>。米国では、ループ・ゴールドバーグ・マシン (Rube Goldberg machine)<sup>8)</sup> と呼ばれ、STEM 教育の教材としても広く取り入れられている。

分析方法：訪問先での教育実践者へのインタビューや生徒の学習の様子を資料にして、その後東

ミシガン大学のカードン教授と STEM 教育のあり方について議論し、日本国内の中学校技術・家庭の技術分野の内容<sup>8)</sup>に対応する技術教育の進むべき方向と STEM 教育との関連性について検討した。

## 3. 米国ミシガン州の STEM 教育

米国ミシガン州フェントンにある公立レイク・フェントン中学校は、自動車産業で栄えたデトロイト市の近郊にある。

図 1 は、レイク・フェントン中学校の玄関口の様子である。



図 1 レイク・フェントン中学校の玄関口

図 2 は、レイク・フェントン中学校が PLTW 実施校であることを示したパネルである。



図 2 PLTW 実施校のパネル

PLTW (Project Lead The Way) とは、ニューヨークに本部のある STEM 教育推進のための non-profit-organization である。学校教員が教育現場で STEM 教育を効果的に実施できるように研修や教材の提供をおこなっている。

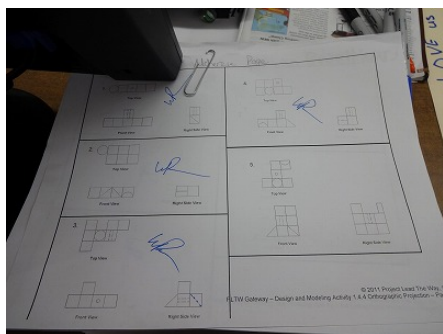


図3 第三角法の練習問題

図3は、設計に先立って第三角法を学習している様子である。



図4 製作物の図面と部品加工

図4は、製作物の図面と部品加工は、自分たちの製作している図面を確認しながら部品加工をしている様子である。学習者は、図3のような図面の学習をもとに、実際の製作中に図面を修正して、ノートに記録をとりながら作業を進めている。この過程では、学習者は個々の製作を関連づけながら、あるいは製作したもので思うような動きが得られるかどうか確認しながら、思考活動を活性化させ、単なるものづくりに陥らず、学習を深化させている。

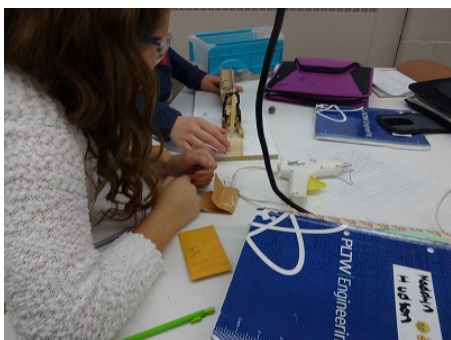


図5 部品加工の様子

図5も、部品加工の様子である。各グループは、新たに自分たちの考えたものを製作しているため、作業内容が異なっている。



図6 製作途中（斜面，滑車など）

図6は、製作途中（斜面，滑車など）の部材の様子である。



図7 部品として輪軸を用いる様子

図7は、部品として輪軸を用いる様子である。

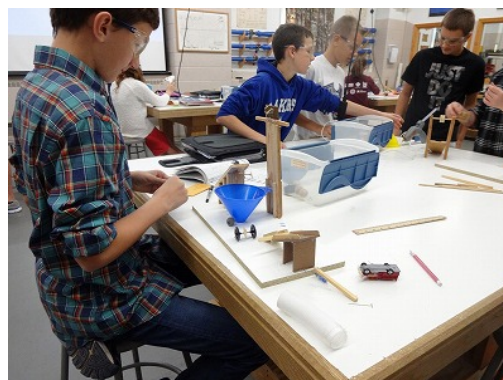


図8 組み立て作業の様子

図8は、組み立て作業の様子である。この教材は、指導教員が休暇中に自主的にPLTWの研修を受けてきた成果を、目の前の学習者に提供している



ということであった。その研修の際に、撮影した映像を時折授業中に、放映し、学習者の目標設定や動機づけに結びつけていた。

図9は、製作過程の記録ノートを作成している様子である。

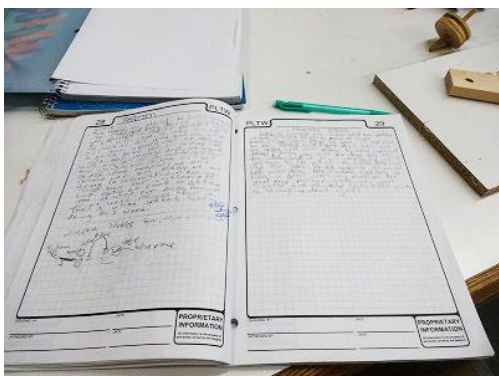


図9 製作過程の記録ノート

以上のように、各グループは、それぞれがオリジナルで設計したループ・ゴールドバーグ・マシンを製作するために、トライアンドエラーを繰り返しながら、製作と設計を繰り返していた。作業の内容も、半田付けをする場面、工作機械を使って木材を切り分ける場面、仮組みをして動きを確認する場面など、様々な製作状況を授業中に確認することができた。

そのなかで、教員はどのような役割を果たしているか観察すると、はじめの10分間は、一斉授業のようにこれまでの振り返りと本時の目標を設定していたが、残りの40分間は各グループの机間巡視、困っている学習者への支援に徹していた。

このような学習スタイルは、いわゆるアクティブ・ラーニングの要素を強くもつものである。今回視察したレイク・フェントン中学校で使用しているループ・ゴールドバーグ・マシンのような教材は、外から見ただけでは、単にものをつくっているだけの教育を提供しているように受け止められる。しかし、レイク・フェントン中学校の学習者は、授業中に製作とともに、記録ノートに自分のやっていることをまとめ、あるいは試行錯誤を繰り返し、様々な思考活動を行っていることも推測できた。これは、アクティブ・ラーニングの好

例であると考えられる。

#### 4. これからの我が国の技術教育とSTEM教育

我が国の技術教育では、上記までに見てきたループ・ゴールドバーグ・マシンのような機械機構の学習は、「B エネルギー変換に関する技術」で取り扱われ、これまでは車のエンジンやロボットの動きをリンクや歯車などの機械要素を学ぶことで取り組んできた。

また、我が国の学習指導要領<sup>8)</sup>の指導内容の取扱いについても、「各項目及び各項目に示す事項については、相互に有機的な関連を図り、総合的に展開されるよう適切な題材を設定して計画を作成すること。その際、小学校における学習を踏まえ、他教科等との関連を明確にして、系統的・発展的に指導ができるよう配慮すること。」のように他教科との関連を明確にして指導することも記載されていることから、STEM教育の実施は推進する方向で検討する必要もある。

STEM教育では、科学、技術、工学、数学の統合が期待されている。我が国の技術教育の立場からは、今回の教材のように動きのあるループ・ゴールドバーグ・マシンを製作するという事は、物理学における各種力学を応用し、必要な部品の設計のために様々な計算を繰り返し、部品を製作のために各種工作機械を操作していることから、何か目的をもったものを製作するという事は科学、技術、工学、および数学が統合された授業であると考えられることができる。

#### 5. まとめと今後の課題

米国では、理系基礎分野の重要性を明確に意識したSTEM教育を、K-12(幼児教育/小学校から高校卒業までの13年間の教育)の期間から大学までの教育システム全体の再構築を行う教育政策を推進している。このような教育システム全体を通じた理系基礎分野の重視は、米国の科学技術系に進む人材育成に大きな影響を与えている。理数離れが進むわが国においてSTEM教育運動のような大規模な教育改革に学ぶべき点は多い。

今後の課題は、以下のことがあげられる。米国のSTEM教育の教育政策についてより精緻な先行研究を実施すること、米国のSTEM教育の今後の方向性を米国の研究者と議論すること、米国のSTEM教育の実践現場をより多く視察すること、PLTWのような第3機関の研修内容や教材の提供状況を調べること、STEM教育に関わる我が国の技術教育と科学教育、数学教育、工学教育の連携について議論すること、STEM教育に関わる我が国の技術教育の方向性を議論すること、STEM教育に関わる我が国の技術教育の実態を明らかにすること、STEM教育に関わる我が国の技術教育のこれからのモデルを作成すること、これらの実践を検証し教育効果の可能性を明らかにすること、など多岐にわたる。

以上のことを1つ1つ検証、議論することで我が国の技術教育についても、科学技術分野における有効な人材育成を実施することができると考えられる。このことが、経済分野や環境分野においても影響を及ぼし、相乗効果と共に我が国の国力を向上させることにつながると考えられる。

#### 【文献】

1. 千田有一:米国における科学技術人材育成戦略—科学、技術、工学、数学(STEM)分野卒業生の100万人増員計画—,科学技術動向 2013年1・2月号  
<http://data.nistep.go.jp/dspace/bitstream/11035/2339/1/NISTEP-STT133-17.pdf> (2015.12.12 閲覧)
2. President's Council of Advisors on Science and Technology: The Administration・Office of Science and Technology Policy,  
<https://www.whitehouse.gov/administration/eop/ostp/pcast>
3. U.S. Department of Education: Science, Technology, Engineering and Math: Education for Global Leadership,  
<http://www.ed.gov/stem> (2015.12.12 閲覧)
4. A Report from the Committee on STEM Education National Science and Technology Council:  
Federal Science, Technology, Engineering, and Mathematics(STEM) Education 5-Year Strategic Plan(2015.12.12 閲覧)
5. レイク・フェントン中学校のホームページ:  
<http://www.lakefentonschools.org/LFMS/> (2015.12.12 閲覧)
6. NHK 教育の番組:「ピタゴラススイッチ」, ピタゴラス装置,  
<https://ja.wikipedia.org/wiki/ピタゴラス装置> (2015.12.12 閲覧)  
<http://www.nhk.or.jp/kids/program/pitagoraa.html> (2015.12.12 閲覧)
7. Rube Goldberg : <https://media.rubegoldberg.com/site/wp-content/uploads/2015/09/RG-Challenge-2015-16.pdf> (2015.12.12 閲覧)
8. 中学校学習指導要領第2章 各教科 第8節 技術・家庭 : [http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/new-cs/youryou/chu/gika.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/chu/gika.htm) (2015.12.12 閲覧)