

令和 元年 6 月 21 日現在

機関番号：13902

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01014

研究課題名（和文）学習プロセスに着目したMINT，STEM，STEAM教育の国際比較

研究課題名（英文）International Comparison of Mint, STEM and STEAM Education Focused on Learning Process

研究代表者

磯部 征尊（Isobe, Masataka）

愛知教育大学・教育学部・准教授

研究者番号：70736769

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の主たる目的は、ドイツのMINT教育及び、英国のSTEM（Science, Technology, Engineering, Mathematics）教育、米国のSTEAM（Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics）教育の学習プロセスに注目し、比較カリキュラムの観点から各教育の類似点と相違点を明らかにするものである。本研究の結果、科学、技術、エンジニアリング、数学の各々の資質・能力を整理した上で、基本概念や文脈に応じて各分野の関連性を検討したり、特定分野を中心に重点化を図ったりすることが重要であることを考察した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究によるドイツ、英国、米国調査を通じて、科学・技術・工学・数学などの教科の連携を図る教材が複数開発されていることが分かった。また、2020年度から必修化されるプログラミング教育に関する教材も、STEM教育やSTEAM教育の一つとして英国や米国で重視されていた。このように、他国の開発された教材は、今後の我が国のSTEM教育を進める上での知見を提供していると考えられる。

研究成果の概要（英文）：The main purpose of this research is to pay attention to a learning process of “Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik” education in German, “Science, Technology, Engineering, Mathematics” education in U.K. and “Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics” education in America to make the point of similarity and difference of each education from the angle of the comparative curriculum. It seems reasonable to suppose that it is important to consider the relation of each area according to the basic concept and context and plan for emphasis focusing on the specific area as well as putting each quality and ability in order.

研究分野：技術科教育

キーワード：技術科教育 STEM教育 MINT教育 STEAM教育 学習プロセス

## 1. 研究開始当初の背景

研究代表者の職部は、平成25年度より本年度までの3年間の科学研究費基盤研究(C)の研究分担者として、研究対象国の米国におけるSTEM教育運動の影響が大きくなりつつあることを整理した。その時点で判明したSTEM教育強化の要因は、主に2点ある。

第1の要因は、国家が主導したイノベーション創造の成長政策推進として、STEMが鍵語として用いられている。STEM系の高等教育・研究機関及び、産業・経済界からは、イノベーション推進を支えるSTEM系高度職業人の不足に対する、強い危機感が背景にある。イノベーションとは、科学の発見や技術の発明による新たな知的・文化的価値を創造すること、それらの知識を発展させて、経済的・社会的・公共的価値の創造に結びつける革新を言う。アメリカでは、2003年度の全米高等教育機関のエンジニアリング専攻卒業生が、全専攻生徒のわずか4%と、アジア諸国20%、欧州諸国13%と比較して、極めて低いことが問題とされた。オバマ米大統領は、一般教書演説等で、STEM教科の教員の10万人増加、STEM教員養成モデルのグレードアップ、優秀なSTEM専攻卒業生が、教職を選択するための支援を行っている。第2の要因は、中等教育段階のSTEM教科の学力低下と学習意欲・興味・関心の低下問題である。アメリカの1995年のTIMSS(国際数学・理科教育調査)は、第8学年の数学の成績が28位、科学の成績が17位、総合順位は参加41か国中24位であった。2000年からは、PISA調査(OECD加盟国を中心に3年ごとに実施される15歳生徒の学習到達度調査。主に読解力・数学的リテラシー・科学的リテラシーなどを測定)が始まった。2003年PISA調査では、アメリカの数学的リテラシーが参加41か国等で第28位、科学的リテラシーが第22位であった。アメリカでは、2009年、ハイスクールの中途退学者が約125万人、1日平均約7千人が退学する深刻な事態にある。アメリカでは、TIMSSやPISA調査結果に大きな関心が寄せられるようになり、特に数学や科学教育を、日常生活やキャリア設計の文脈とどのように関連性を持たせるかが、大きな課題となっている。このような米国と英国等のSTEM教育運動は、全世界に広まりつつある。特に、米国では、STEMにアーツを加えたSTEAM(TEAMS, STEMAとも呼ばれる)教育運動の影響が大きくなりつつある。また、アメリカの科学教育におけるNGSS(Next Generation Science Standards)と、数学教育のCCSS(Common Core State Standards)では、エンジニアリングと技術教育との連携重視を図っている。さらに、ドイツでは、MINT教育運動が盛んになりつつある。我が国においても、日本科学教育学会が発行する科学教育研究において、STEM教育等に関する特集号が2015年6月に刊行されている。今後、我が国発のSTEM, STEAM, MINT教育運動の展開は、産学協働並びに各主博物館なども注目しており、科学技術基本計画に基づく科学・技術教育の振興と、イノベーション創造立国に向けた教育再生に向けて肝要な課題である。しかしながら、我が国では、STEM, STEAM, MINT教育の各学習プロセス関連に関する類似性と相違性の詳細は不明である。

## 2. 研究の目的

本研究の主たる目的は、ドイツのMINT教育(Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik)及び、英国と米国のSTEM(Science, Technology, Engineering, Mathematics)教育、米国のSTEAM(Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics)教育の学習プロセスに注目し、比較カリキュラムの観点から各教育の類似点と相違点を明らかにするものである。現在、日本においては、2020年度実施予定の学習指導要領の作成が議論されており、中央教育審議会教育課程部会において、「学習のプロセスやそれを通じて身に付く力の在り方も含めて、教育課程全体の中で構造化していくこと」が喫緊課題である。本研究は、その喫緊課題も視野に入れつつ、ドイツと米国、英国の各教育を比較・検討し、我が国の次世代の教育への基礎知見を得ることを目的とする。

### 3. 研究の方法

研究代表者の磯部・研究分担者の山崎は英国のSTEM教育，研究分担者の寺田は，ドイツのキール大学におけるMINT教育，研究分担者の野村は米国のSTEAM教育に関する現地調査を行う。また，定期的な研究会を開催し，現地調査や文献調査等で得られた成果を相互に出し合い，比較カリキュラムの観点に基づき，各教育の学習プロセスに関する分析を行う。

### 4. 研究成果

#### (1) 米国におけるSTEAM教育の現状

米国最大の技術・エンジニアリング教育研究分野の学協会<sup>1)</sup>であり，日本，カナダ，英国，オーストラリアをはじめ，世界各国の研究者が多数所属している ITEEA (2000) は，K (幼稚園) から第12学年の技術リテラシー育成のための内容標準 (STL) を公開した。2002年には第2版<sup>2)</sup>，2007年には第3版<sup>3)</sup>の STL を改定してきたが，初版 STL と大きな変更はない。山崎ら (2011)<sup>4)</sup>，山崎 (2016)<sup>5)</sup>をはじめ，筆者らは，同内容標準について解説している。何れの STL 共に，計4のカテゴリと，計20の下位内容ストランド (柱) から構成されている。

近年，ITEEA は，ウェブサイトや年会において，Wing (2006)<sup>6)</sup>が提唱した CT (Computational Thinking) と，技術・エンジニアリング教育との密接な連携の重要性を発信している。また，McCade & Kennedy (2018)<sup>7)</sup>と Hacker (2018)<sup>8)</sup>は，種々の機械要素部品や電子機器が組み込まれている機械を制御する技術であるメカトロニクス発展には，コンピュータサイエンスをはじめ，認知心理や人工知能工学等をはじめ広領域分野の技術と，問題解決としての CT やエンジニアリング・デザイン思考が不可欠であること，フィジカルコンピューティング教育の推進には，幼稚園から第12学年まで一貫した技術とエンジニアリング教育と，科学教育，数学教育等の STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics) 教育の一層の連携と関係性の重要性を主張している。しかしながら，本研究の現地調査等においては，STEAM 教育の学習プロセスのモデル化までに至る十分な分析・整理をすることができなかった。

#### (2) 資質・能力育成を指向し文脈を基盤とした MINT 教育の学習プロセス

ドイツにおいては，数学や情報科学も含む科学や技術，特に医療技術，エネルギー，情報技術やバイオテクノロジーなどの未来志向の専門分野・職業領域を数学，情報科学，自然科学，技術の頭文字を取り，MINT と呼び，これに関する教育をMINT教育という (BMBF, 2012)。そこで，資質・能力育成を指向する文脈を基盤とする学習プロセスという視点で，ドイツにおけるMINT教育の動向の一端を，キール大学附設IPN (自然科学教育研究所) で行われる “Schwimmen, Antreiben, Steuern ” プログラムの概要を整理・分析し，その学習プロセスを明らかにし，日本の教育現場への示唆を得ることを目的とした。その結果，日本においてこのような科学・技術教育を推進する場合，数学，情報科学，自然科学，技術のそれぞれの資質・能力を明らかにできれば，カリキュラム・マネジメントとして，文脈を基盤とする指導が十分に可能になると考えられる (図1)。

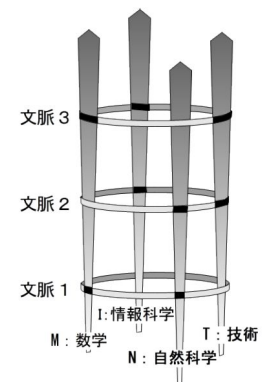


図1. MINTの資質・能力と文脈との関係

開発者のStein氏とLüthjohann氏が講師をする本プログラムの教員研修会においては，この中でも難しいと思われるArduinoのプログラミングとそれを使い実際に模型船を制御することが行われ，ポイントを押さえた教員に対しての普及活動が行われた。ただ，最近よく使われている操作しやすいビジュアルなプログラミングソフトの利用も検討する必要がある。

#### (3) 英国におけるSTEM教育の現状

イングランドの技術教育では，Layton (1993) を初め，一般的な問題解決プロセスや科学におけ

る学習プロセス、技術教育における学習プロセスとの類似性や相違性の検討が行われてきた。科学の学習プロセスと技術における学習プロセスには、科学が自然現象に対する学びからのスタートに対し、技術では必要性を要する学びからのスタートであることが大きな相違点の一つである。また、算数・数学を表1の一般的な問題解決モデルに該当すると仮定した場合、「複数の解決案」という学習プロセスに関しては、科学も技術と同様、教科固有の活動方法としての類似性が認められる。

#### (4) 教科「Computing」とSTEM教育との関連性

イングランドでは、2008年にイングランド・ヨーク大学構内に、National STEM Centreを開設し、ギャツビー慈善財団の支援で運営している。同センターのコレクションの内訳は、印刷刊行物・マルチメディア・教材、教育実践論文・同報告、最近の数十年間から取り出されたアーカイブ資源、STEM政策文書、UK Space Education Office(UK-ESERO)の資源、eLibraryによるSTEM教材である。National STEM Centreは、ノンフォーマル教育としての企業やNPO団体などの取組状況や評価結果を公表している。これらの団体は、「子ども、学校、家族省(Department for Children, School and Families, 2010年に省庁再編で教育省に統合)」と「ビジネス、イノベーションと技能省(Department for Business, Innovation and Skills)」から資金提供を受け、STEM教育の取組の促進に努めている。現在は、National STEM Learning Centreと呼称変更している。同サイトのSTEM教材は、技術及び、理科、算数・数学、工学に加え、「Computing」を分類の一つとして加えている点が特徴的である。我が国の技術教育では、情報教育に関する内容を包含している。一方、イングランドでは、教科としての情報教育(Computing)と、教科「Design and Technology」とを区別している。つまり、STEM教育の一つとしてComputingを位置付けていると言える。

#### (5) まとめ

本研究では、英国、米国、ドイツの各教育に着目したことにより、各分野の学習プロセスの多様性や共通性を整理する必要があることが分かった。例えば、我が国では、次期小学校学習指導要領理科においてもプログラミングが推奨され、実施される可能性が確実である。同様なプロジェクトやテキストを日本において開発するとき、教育課程のどこにプログラミングを位置づけるか、そのための研修体制はどうあるべきかなど、大きな課題が残されていることも分かった。

他国と同様、我が国の小・中・高等学校の既存教科に基づくSTEM教育やSTEAM教育、MINT教育のような各分野を関連付けた教育課程を普及・発展させるためには、各教科で追加されたプログラミング教育に関する内容を連携軸の一つとして題材開発を進めることが重要である。特に、中学校段階においては、各教科の学習内容及び、問題解決的な学習の目指す方向性等を考慮した複合的な領域を開発することが、各分野を連携させた学習プロセスの構築に一層必要である。本研究では、各学習者が既存教科への興味・関心を増やし、実感を伴ったカリキュラムのデザインを目指すため、STEM教育及び、STEAM教育、MINT教育の視点に基づく複合的な領域の開発・実践と、新教科を想定した教育課程基準のデザインが今後の課題である。

#### 文献

- 1) ITEA (International Technology Education Association) : Standards for Technological Literacy: Content for the Study of Technology, Author (2000), 国際技術教育学会著・宮川秀俊・桜井 宏・都築千絵編訳(2002) 『国際競争力を高めるアメリカの教育戦略 技術教育からの改革』, 教育開発研究所, 302p.
- 2) ITEA (International Technology Education Association) : Standards for Technological Literacy: Content for the Study of Technology (2nd Edition), Author (2002)
- 3) ITEA (International Technology Education Association) : Standards for Technological Literacy: Content for the Study of Technology (3rd Edition), Author (2007)  
<https://www.iteea.org/39197.aspx>

- 4) 山崎貞登・東原貴志・菊地 章・森山 潤：先導的<sup>1</sup>大学改革推進委託事業「教科専門と教科教育を架橋する教育研究領域の構成案」「技術科内容学」構成案，pp.256-290，三大学研究協議会（国立大学法人上越教育大学・国立大学法人鳴門教育大学・国立大学法人兵庫教育大学：『平成22-23年度 文部科学省先導的<sup>1</sup>大学改革推進委託事業研究成果報告書 教科専門と教科教育を架橋する教育研究領域に関する調査研究（所収）』，国立大学法人上越教育大学（2011），[http://www.juen.ac.jp/050about/050approach/030relation/sendou/files/sendou\\_seikahoukoku.pdf](http://www.juen.ac.jp/050about/050approach/030relation/sendou/files/sendou_seikahoukoku.pdf)
- 5) 山崎貞登（研究代表者）：防災・エネルギー・リスク評価リテラシー育成の科学・技術連携カリキュラムの開発（課題番号 25350240），平成25年度～27年度科学研究費補助金（基盤研究（C））第3年次（最終年次）研究成果報告書（2016）<http://hdl.handle.net/10513/00007427>
- 6) Wing, M. J. : Computational Thinking, Communications of the ACM, Vol. 49, No.3, pp.33-35 (2006)
- 7) McCade J. and Kenedy A.: Computational Thinking, ITEEA Website, -ITEEA Computational Thinking, <https://www.iteea.org/Resources1507/ComputationalThinking/122579.aspx#tabs> (2018)
- 8) Hacker M.: Integrating computational thinking into technology and engineering education, Technology and Engineering Teacher, 77(4), pp.8-14 (2018)

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計3件)

寺田光宏・磯部征尊，資質・能力育成を指向し文脈を基盤とした MINT 教育の学習プロセス - ドイツ・キール大学 IPN「NaVi 造船所」を例として-，岐阜聖徳学園大学紀要教育学部編，第58集，pp.1-8，2019，査読無

大森康正・磯部征尊・上野朝大・尾崎裕介・山崎貞登，小学校プログラミング教育の発達段階に沿った学習到達目標とカリキュラム・マネジメント，上越教育大学研究紀要 第37巻第1号，pp.205-215，2017，査読無

山崎貞登・大森康正・磯部征尊・上野朝大，プログラミング教育の小・中・高各校種間連携・一貫教育推進のための技術・情報教育課程と専門職能発達体系の改革，上越教育大学研究紀要 第37巻第1号，pp.217-227，2017，査読無

〔学会発表〕(計4件)

Masataka Isobe, Kunihiro Koide, Ayako Kondo, Noriko Kouyama, Chikahiko Yata and Tadashi Ohtani: "Curriculum Design and Evaluation for the Problem Solving Learning in Technology Education based on the concept of Engineering in England, The 13th International Conference on Technology Education in the Asia Pacific Region, 2019

寺田光宏・磯部征尊，資質・能力育成を指向し文脈を基盤とした MINT 教育の学習プロセス - ドイツ・キール大学 IPN「NaVi 造船所」を例として-，平成30年度第10回日本科学教育学会研究会，2018

磯部征尊・谷田親彦・大谷忠，小・中・高等学校段階における STEM 教育に関する既存教科の動向 -日本とイギリスの比較を中心として-，日本科学教育学会第42回年会 信州大会，2018

保坂恵・磯部征尊，センシング技術を学びながら実感していく IoT を題材化した授業実践，日本産業技術教育学会 第61回全国大会（信州），2018

#### 6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：山崎 貞登

ローマ字氏名：(YAMAZAKI SADATO)

所属研究機関名：上越教育大学

部局名：大学院学校教育研究科

職名：教授

研究者番号（8桁）：40230396

(2)研究分担者

研究分担者氏名：寺田 光宏

ローマ字氏名：(TERADA MITSUHIRO)

所属研究機関名：岐阜聖徳学園大学

部局名：教育学部

職名：教授

研究者番号(8桁): 40514641

(3)研究分担者

研究分担者氏名：野村 泰朗

ローマ字氏名：(NOMURA TAIROU)

所属研究機関名：埼玉大学

部局名：教育学部

職名：准教授

研究者番号(8桁): 30312911