

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 7 日現在

機関番号：13103

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350271

研究課題名(和文) 初等・中等教育における新しいモノ作りのためのブレンデッド・ラーニングに関する研究

研究課題名(英文) Study on blended e-learning for technology education in primary and secondary education

研究代表者

大森 康正 (Oomori, Yasumasa)

上越教育大学・大学院学校教育研究科・准教授

研究者番号：80233279

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、ソーシャル・ファブリケーションやITを活用した21世紀型スキルとしてのプログラミングなどの「新しいものづくり」に対応したK-12における体系的なカリキュラムとブレンデッド・ラーニング型教授法の開発とそれを支える知的学修支援システムの基礎データを得るための試作に関する研究である。主な研究成果として、「新しいものづくり」における学びべき知識・技能を体系化して体系的なカリキュラムの開発、プログラミング等におけるブレンデッド・ラーニングで行う教育方法とその教材の開発、および学修支援システムの試作などを行い、それらについて実践を通じた評価を行った。その結果、それらの有効性が確認できた。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is to develop a systematic curriculum and blended learning type teaching method corresponding to "new manufacturing" in primary and secondary education and prototyping of e portfolio system supporting it."New manufacturing" is making things using 21st century skills such as social fabrication and programming.
The main research results are the following four points.(1) Development of a curriculum systematizing knowledge and skills in "new manufacturing".(2) Development of educational method and its teaching materials in blended learning.(3) Development of prototype system of e portfolio system.(4) As a result of the evaluation through practice about the above, the effectiveness of them was confirmed.

研究分野：情報工学

キーワード：ブレンデッド・ラーニング プログラミング教育 ファブリケーション教育

1. 研究開始当初の背景

近年、平成 25 年 6 月に閣議決定された「世界最先端 IT 国家創造宣言」にあるように、社会からは、新しいモノづくりであるデジタル・ファブリック(3D プリンター等)やロボティクス、プログラミング、情報セキュリティ、コンテンツ作成等、将来を展望した技術を習得できる環境整備と教育が求められている。

これまでの、モノ作りは立体物を想像し 2 次元の図面で製品を設計する必要があり、高度な専門知識とスキルが必要であった。しかしながらデジタル・ファブリックを用いたモノ作りは、3D でモノを設計(モデリング)し、そのデータを基に製品を製造することが可能となり、一般の人にもモノを作ることが可能となった。これにより、海外(とりわけ発展途上国)においては、地域固有の問題は、地域で設計、生産、活用(消費)する取り組みが行われるようになり、これまでの大量生産型の工業からプロシューマによるモノ作りの地産地消が行われるようになった。この流れは、Maker あるいは Fab として世界各国で大きなムーブメントになっている。日本でもようやく注目されるようになったが、うまく機能しているとは言えない。

またプログラミング教育も、IT を活用した 21 世紀型スキルとして注目され、海外では MIT のメディアラボが開発した Scratch などを小学校低学年から積極的に活用し、問題解決能力、創造力が向上することが確認されている。日本においては、教育系団体によるサマーキャンプや、中学校技術の中で計測・制御を対象として行われているにすぎない。

これら状況に対応するため、イングランドでは、新しい教育カリキュラムが平成 25 年 7 月に発表された。その内容は、基本的なワープロ入力の学習は廃止され、コーディングやアルゴリズムの理解といった難易度の高い内容や、コンピュータ支援設計、3D モデリング、数学的モデリングのほか、コンピュータ支援による製作ツールの使い方取り入れられた。このように、海外では新しいモノ作りへの対応が小学校レベルから進められている。日本においては、教育の情報化に対する懐疑的な意見が多いが、21 世紀に必要なスキルであることは明白であり、諸外国から遅れをとっている。例えば、我々が平成 24 年度と平成 25 年度に長野県内の幼稚園で行った iPad を使った実証実験において、早期に情報機器の活用を行う効果は確認されており、小学校から情報を学び、新しいもの作りに対応させることは有効であると考えられ、早急に対応することが求められる。

また、近年、教育の情報化の流れの中で、ブレンDED・ラーニングの一種であり講義の内容をオンライン学習で行い、授業でワーク学習を行う反転授業による教育が評価・注目されている。一方で、スタンフォード大学のバートランド・シュナイダーらの研究では、

先にワーク学習を行った後にオンライン学習の方が高い学習効果があがるとされている。どちらも、MOOCS のようなオンライン教材を使い、ワークを教室で行うことが有効であるといえる。どちらを先に行うかは、構成主義的な学習理論に適した学習材か、実証主義的な学習材かによるものであり、学習材、学習目的にあった方法を選び、お互いに欠点を補完する学習方法が重要である。この問題を解決する一つの方法として、我々が平成 23 年度から科研費で行っている学習対象領域の知識モデルを用いて学習材等を管理する方法の活用(図 1)が有効であると考えている。

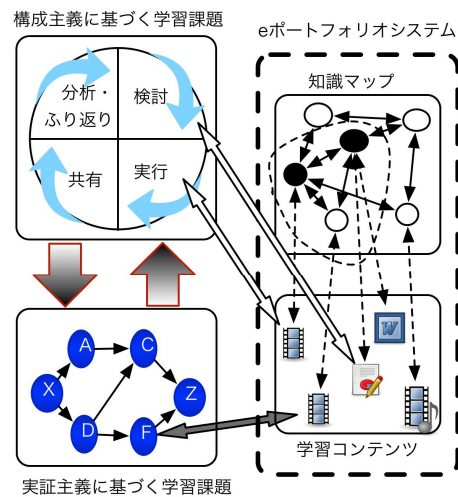


図1 学習支援システム (eポートフォリオシステム)

以上のような課題を解決するために、デジタル化された物づくりによって地域の課題を協働で解決するソーシャル・ファブ리케이션や IT を活用した 21 世紀型スキルとしてのプログラミングなどの「新しい物づくり」に対応した K-12 における体系的なカリキュラムと教材の開発及び、それを支える知的学習支援システムの開発を行うことは、21 世紀型スキルに対応した教育を充実させるためにも、喫緊の課題である。

我々は、本研究の基盤となる研究として、研究業績やこれまでに受けた研究費の欄に示した通り、教材開発、オントロジー関連、遠隔教育システム、知的学習支援環境の研究などを進めてきた。本研究は、これまでの教育及び研究成果に基づき発展させた、新たな研究課題である。

2. 研究の目的

本研究は、デジタル化された物づくりによって地域の課題を協働で解決するソーシャル・ファブ리케이션や IT を活用した 21 世紀型スキルとしてのプログラミングなどの「新しいモノ作り」に対応した K-12 における体系的なカリキュラムとブレンDED・ラーニング型教授法の開発とそれを支える知的学習支援システムの開発に関する研究である。その主な目的は、

- (1) 幼稚園年長組から高等学校までのK-12における新しいモノ作りに基礎となる学ぶべき知識を、3D モデラーによる設計の知識、製造機器に関する知識、素材に関する知識、情報技術に関する知識の 4 種類を明らかにすること
- (2) 学ぶべき知識に基づいた初等・中等教育における体系的なカリキュラムを開発すること
- (3) 構成主義に基づく学習活動と実証主義に基づく学習活動を組み合わせたスパイラル型学習活動をブレンデッド・ラーニングで行う教授法とそれに対応した教材を開発すること
- (4) 知的学習支援システムとして、学ぶべき知識に関する知識モデルに基づいた学習支援が可能な e ポートフォリオシステムを開発すること

などである。

これらの内容を明らかにすることにより、これからの 21 世紀を生き抜くために必要な「新しいモノ作り」に対応可能なスキルと知識を、体験を重視した幼児教育から知識理解を重視した中等教育までの学びの連続性を確保し、知的学習支援システムによって、児童・生徒に対する決め細やかな指導・支援が可能となる教授方法となることが期待される。

3. 研究の方法

本研究の方法は以下の通りである。

- (1) 学ぶべき知識として、3D モデラーによる設計の知識、製造機器に関する知識、素材に関する知識、情報技術(プログラミングやモラルなどを含む)に関する知識の整理と体系化

新しいもの作りを推進している専門家からの知識提供、学会等における研究論文からの情報収集と同時に、デジタル・ファブリック(3D プリンター等)やロボティクス、プログラミング等を対象とした小・中学生向けの公開講座などを実施することで実践力を考慮した必要な知識の内容と関係を整理し体系化した。特に、プログラミングに関しては、先行的に実施されているイングランドのナショナル・カリキュラムなどの諸外国における状況調査を参考にすると共に、21 世紀において必要なスキルと言われているコンピューショナルシンキングにも対応させた知識・技能の整理と体系化を行った。

- (2) 学ぶべき知識に基づいた、幼稚園年長組から高等学校までの K-12 における体系的なカリキュラムの開発

生徒児童の発達段階等を考慮しながら(1)の研究成果に基づき初等・中等教育における体系的なカリキュラムを開発した。開発するカリキュラムは、学年単位ではなく、2 から 3 学年程度を発達段階のステージ(グレード)として捉え、学ぶべき内容について検討を行

った。その際、幼稚園、小学校、中学校、高等学校の教育に係る専門家からの知識提供およびデジタル・ファブリック(3D プリンター等)やロボティクス、プログラミング等を対象とした小・中学生向けの公開講座などの教育実践を参考に開発を行った。図 2 はデジタル・ファブリックに関連したカリキュラムの構造案である。

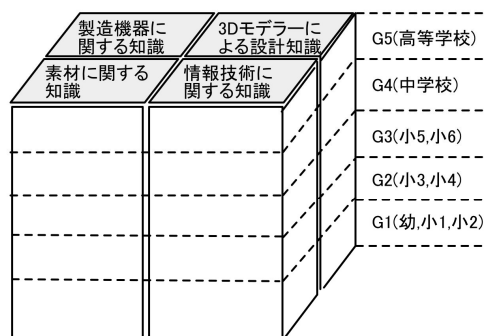


図2 関連知識と体系的なK-12カリキュラム案

- (3) 構成主義に基づく学習活動と実証主義に基づく学習活動を組み合わせたスパイラル型学習活動をブレンデッド・ラーニングで行う教授法と教材の開発

上記の(1)(2)の内容に沿って、ブレンデッド・ラーニングで行う教授法の開発を行った。さらに、その教授法において活用可能な構成主義および実証主義に基づく教材の開発を行った。各ステージ(グレード)における学習活動の関する構成主義および実証主義の関係は、図3のようにステージ(グレード)が高くなるにつれて実証主義的な学習理論に基づくような教授法に対応させている。これによって低学年(低いステージ(グレード))は、体験的な学びを重視し、学年齢が進むにつれて知識・技能を学問的な背景を重視した体系的な学びを実現した。

これらの開発した教授法および教材を用いて、本学で開講している授業、公開講座、実践協力組織(学校や教育関連団体)で実践を行い、学習方法の評価および改善を行って

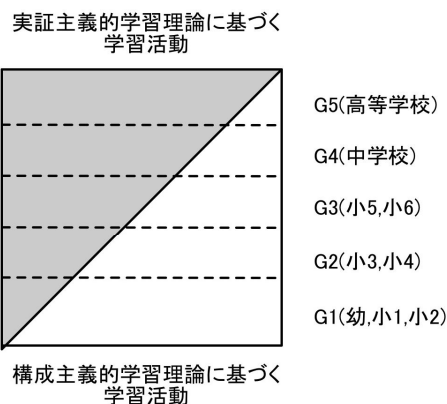


図3 実証主義と構成主義の関係

いる。

- (4) 知的学習支援システムとして、学習対象領域に関する知識モデルに基づいた学習支援が可能なeポートフォリオシステムの開発

平成 23 年度からの科研費で開発したシステムを基盤として、知識モデルと教材等の学習材などを関連し、知識と教材、学習した内容と未学習の内容などを可視化するシステムの開発を行った。

- (5) 開発したカリキュラム、学習方法、システムの定性的・定量的な評価

本学の授業、公開講座等を通してカリキュラム、教材、システム等の改善に関する基礎データを収集すると共に、学外の実践協力組織の協力を得て定性的・定量的な評価を行った。

4. 研究成果

主な、研究成果は以下の通りである。

- (1) 学ぶべき知識として、3D モデラーによる設計の知識、製造機器に関する知識、素材に関する知識、情報技術（プログラミングやモラルを含む）に関する知識の整理と体系化

知識の整理は、デジタル・ファブリケーション教育に関するものとプログラミング教育に関するものに分けて体系化した。デジタル・ファブリケーション教育は図 2 に示したように 4 つの知識（3D モデラーによる設計の知識、製造機器に関する知識、素材に関する知識、情報技術）を関連させてグレード 1 から 5 までに分けて検討を行った。これら 4 つの知識を表 1 のデジタルもの作りの製作過程に関連付けて体系化することが有効であることが確認できた。

表 1 デジタルもの作りにおける各過程の構成要素

過程	構成要素
創造の動機	(1) 課題の探索 (2) 課題の分析と調査 (3) 制約条件の確認
設計・計画、製作・制作・育成	(1) 解決策の見通し (2) 構想・設計 (3) 試行・試作・製作・制作・育成の計画 (4) 技能の獲得 (5) 活動の創意工夫 (6) 安全管理、作業改善 (7) 計画的、効率的な活動
成果の評価	(1) 課題、制約条件からの評価 (2) 製品の価値に関する評価 (3) 環境影響評価

プログラミング教育に関する知識および技能については、主に小学校で修得することが望ましい知識・技能と中学校以降に修得すべき知識・技能に分けて整理・体系化を行っ

た。詳細は 5. 主な発表論文等[学会発表]の示したように、小学校段階においては「問題解決を行う際の姿勢」と「プログラミング的思考に関する概念」に分けて整理をしている。また中学校では、情報技術を中心として「プログラミング言語に関する技術と知識」「アルゴリズムに関する技術と知識」など 4 領域に分けて整理を行った。

- (2) 学ぶべき知識に基づいた、幼稚園年長組から高等学校までの K-12 における体系的なカリキュラムの開発

(1)の知識の整理と体系化に基づき、デジタル・ファブリケーション教育に関するカリキュラムとプログラミング教育に関するカリキュラムを策定した。デジタル・ファブリケーション教育においては、グレード間におけるの差異は製作する題材・素材が発達段階を考慮したものであり基本は表 1 の製作過程を繰り返し行い設計過程（デザインプロセス）を修得することが基本となっている。

プログラミング教育においては、表 2 に示すような体系的なカリキュラムを構築した。その特徴は、ステージ 1 から 3 においてはプログラミング的思考を繰り返し体験することで定着させることを目的としていることと、ステージ 4 では社会や生活と関係の深い題材をももとに問題解決の手法等について体験的に学んでいることにある。さらに、ステージ 5 においては実際の地域課題を用いて問題解決型の演習を行うことで、高等学校卒業後において、地域社会の一員として課題解決を行うことができる人材とすることが目指している。

表 2 プログラミング教育のカリキュラム概略

Stage	主な内容
1	擬似プログラミング言語を用いて、逐次処理などの基本処理、分解、評価、トライ&エラー、複数解の容認などを学ぶ
2	簡易プログラミング言語を用いて、繰返し処理などの基本処理、分解、パターン認識、抽象化、評価、トライ&エラーなどを学ぶ
3	簡単なプログラムの制作を通して、問題解決の手法およびアルゴリズムを設計するのに必要な知識や技能を学ぶ
4	学校生活や家庭などの身近な課題を通して問題解決、アルゴリズム設計、プログラミング言語および関連する IT 技術などに関する知識や技能を学ぶ
5	実際の地域社会などで起きる課題の解決を通して問題解決、アルゴリズム設計、プログラミング言語および関連する IT 技術および CS などに関する知識や技能を学ぶ

本カリキュラムの有用性については、実践協力機関である N 県 N 市立中学校などにおいて検証を行った。その結果、有用性等について良好な結果が得られた。今後、これらの知

見を基に評価規準を早急に制作する必要があるなどの課題も確認された。

- (3) 構成主義に基づく学習活動と実証主義に基づく学習活動を組み合わせたスパイラル型学習活動をブレンDED・ラーニングで行う教授方法と教材の開発

先行研究の文献調査や資料収集などの結果、本研究では、ブレンDED・ラーニングで行う教授方法は、原則として実証主義に基づく学習活動である知識や操作マニュアルなどの学習はeラーニング用の動画によって学習し、構成主義に基づく学習活動が適している実習などを教室で行う対面型の学習によって実施することとした。表3に中学生を対象とした指導計画5時間分を立案してN県N市の公立中学校の科学部生徒に対して実践評価を行った。

回	内容	
1	動画	モデリングソフトの使い方 ブーリアン演算の演習
2	実習	モデリングソフトの使い方 ブーリアン演算の演習
3	動画	熱溶解積層造形の3Dプリンタについての知識・材料、サポート材、モデルの配置、強度について
4	実習	モデリングソフトの復習 サポート材について ペン立て作り(基本形の作製)
5	実習	一人一分の発表 アイデアのスケッチ アイデアに基づくペン立て作り
6	実習	ペン立て作りの続き

動画は、本学で導入しているモバイルラーニングシステムを活用し、1本が15分程度の動画(図4)を制作しiPadで視聴できるようにした。実習課題は、ペン立て制作とし。その過程は、最初に基本系となるペン立てを制作し、実際に実験室等で使用してから改善案を検討した。これによって、生活や社会と関連した学習内容を体験できるように工夫をしている。

この実践以外にも、本学の学部において実施しているプログラミング教育基礎演習等の



図4 動画の例



図5 実際に制作したペン立て

授業およびプログラミング教育指導者育成講座のメンター育成などで活用し、カリキュラムの評価・改善を行ってきた。それらによる評価の結果、有用性の高い結果が得られているが、動画と実習では、実習の方が動画よりも学習意欲が高いという結果が得られている。動画で学習意欲を維持するためにアニメーションなどの工夫が必要であると思われる。

- (4) 知的学習支援システムとして、学習対象領域に関する知識モデルに基づいた学習支援が可能なeポートフォリオシステムの開発

図6に開発したeポートフォリオシステムの基本構成を示す。

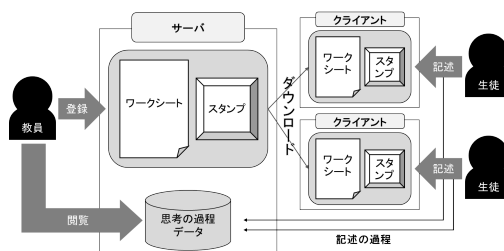


図6 eポートフォリオシステムの基本構成

本システムでは、生徒が記入するワークシートにおいて、生徒が記述している過程を記録することで、生徒の思考の過程を知るための手段として活用することを可能としている。その方法の特徴は、記述過程を画像データとして保存することで、時系列で記述過程をアニメーションとして再現している点である。これにより教師は、生徒がどのように思考していたかを確認することが可能となると思われる。

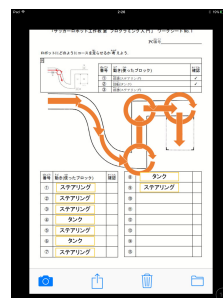


図7 システムの動作画面

また、本システムは、別に開発を行っている学習指導案制作支援システムと連動することで指導計画、指導案と連動したシステムとして動作するように工夫をしている。それにより収集したポートフォリオを知識マップに基づく学習リソース検索システムによって検索が可能となる。その結果、他の指導案などの関連項目と連動して検索が可能となるなど、教科等間、学校段階間の連携教育への有効な手立てになる事が期待される。

(5) 開発したカリキュラム, 学習方法, システムの定性的・定量的な評価

本学の授業, 公開講座等を通してカリキュラム, 教材, システム等の改善に関する基礎データを収集すると共に, 学外の実践協力組織の協力を得て定性的・定量的な評価を行った。

その結果, 新しいもの作りに対応したカリキュラムに基づく教授方法と教材の有用性を確認することができた。ただし, プレゼンテッド・ラーニングで活用する動画については生徒の学習意欲を維持するための仕掛けが必要であると思われる。また, カリキュラムの評価規準の作成が急務である。2020年度から完全実施される新しい学習指導要領においては, 新しいもの作りであるデジタル・アプリケーションおよびプログラミング教育が小学校段階から実施される。特にプログラミング教育については学習指導要領において実施内容が明記されている。今後, 各教科等において具体的な題材を構想し作成することが喫緊の課題である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計4件)

山崎貞登, 山本利一, 大森康正 (6番目), 外5名: “小・中・高校を一貫した技術・情報教育の教科化に向けた構成内容と学習到達水準表の提案”, 上越教育大学研究紀要, 査読無し, 36(2), 2017, p.581-593

山崎貞登, 大森康正, 磯部征尊: “イノベーション型学習能力を育むSTEM/STEAM教区からの小学校国語・社会・理科教科書の教材解釈”, 上越教育大学研究紀要, 査読無し, 36(1), 2016, p.203-215

大森康正, 磯部征尊, 山崎貞登: “STEM教育とComputational Thinking重視の小・中・高等学校を一貫した情報技術教育の基準に関する日イングランド米比較研究”, 上越教育大学研究紀要, 査読無し, 35, 2016, p.269-283

長瀬大, 大森康正, 川崎直哉: “連携教育を支援するためのユーザの検索意図に基づいた学習リソース検索システム”, 日本産業技術教育学会誌, 査読あり, 57(2), 2015, p.121-129

[学会発表](計22件)

大森康正, 小野哲生, 吉田研一: “アイデア創出技法を用いたプログラミング教材の開発手法の提案”, 日本産業技術教育学会第32回情報分科会研究発表会, 2017年2月18~19日, 上越教育大学(新潟県・上越市)

大森康正, 萱津理佳, 吉田研一, 伊藤寿晃, 山脇智志: “小型ロボットを用いた小学生向けプログラミング教育教材の開発とその活

用方法”, 日本産業技術教育学会第32回情報分科会研究発表会, 2017年2月18~19日, 上越教育大学(新潟県・上越市)

大森康正, 長瀬大, 吉田研一: “教科等間・学校段階間のつながりを考慮したプログラミング教育の提案”, 日本産業技術教育学会第28回北陸支部研究発表会, 2016年11月5日, 福井大学(福井県・福井市)

前川雄己, 長瀬大, 大森康正: “教科等間・学校段階間のつながりを考慮したプログラミング教育の提案”, 日本産業技術教育学会第28回北陸支部研究発表会, 2016年11月5日, 福井大学(福井県・福井市)

大森康正, 伊藤寿晃, 吉田研一, 長瀬大, 山脇智志, 栗林聖樹: “初等・中等教育向けプログラミング教育カリキュラムに対応した指導者養成プログラムの提案”, 情報処理学会研究報告コンピュータと教育(CE), 2016年7月2日, 信州大学(長野県・長野市)

大森康正, 山脇智志, 栗林聖樹: “初等・中等教育を対象とした体系的プログラミング教育カリキュラムの開発”, 日本産業技術教育学会第31回情報分科会, 2016年2月27~28日, 佐賀大学(佐賀県・佐賀市)

大森康正, 山脇智志: “小中高生を対象とした体系的なプログラミング教育に関する試案”, 日本産業技術教育学会北陸支部研究発表会, 2015年11月7日, 福井大学(福井県・福井市)

沖田健次郎, 長瀬大, 大森康正: “3Dプリンタによる「もの作り」を対象としたプレゼンテッド・ラーニングの試行と評価”, 日本産業技術教育学会全国大会, 2015年8月22~23日, 愛媛大学(愛媛県・松山市)

長瀬大, 沖田健次郎, 大森康正, 川崎直哉: “Learning Analyticsのためのデジタルテキスト向けHTMLウィジェットの基本構想と試作”, 日本産業技術教育学会全国大会, 2015年8月22~23日, 愛媛大学(愛媛県・松山市)

長瀬大, 前川雄己, 大森康正, 川崎直哉: “デジタルテキスト向けHTMLウィジェット開発支援システムEdu-Widget Generator for iBooks Author”, 日本産業技術教育学会全国大会, 2015年8月22~23日, 愛媛大学(愛媛県・松山市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大森 康正 (OOMORI, Yasumasa)

上越教育大学・大学院学校教育研究科・准教授

研究者番号: 80233279

(2) 研究分担者

長瀬 大 (NAGASE, Dai)

四国大学・学修支援センター・助教

研究者番号: 50781019