

令和元年6月19日現在

機関番号：11201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K04651

研究課題名(和文)情報の科学的な理解に基づく統合型システム思考形成の題材開発

研究課題名(英文)Development of learning material of forming 'Integrated system thinking' based on scientific understanding of information

研究代表者

宮川 洋一 (MIYAGAWA, yoichi)

岩手大学・教育学部・教授

研究者番号：70552610

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、「情報システムと人間と共生、協働する社会」において必要となる能力について、「システム思考」(ITとものづくりを統合させた見方・考え方に基づき、論理的思考力や創造性を発揮するための思考概念)と、「ESSシステム思考」(ICTを活用していく上で安心・安全の確保を図るための中核となる思考概念)の両者をクロスさせた「統合型システム思考」と定義した。その上で、小・中学生を対象とした題材開発をそれぞれ実施し、実践・実証的評価を行った。本研究の結果、学習者の「統合型システム思考」を形成しうる複数の学習指導(題材)の構築とその教育的効果を一定程度得ることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これからの超スマート社会 = Society 5.0時代においては、STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics) 教育等、各教科での学習を実社会での課題解決に生かしていくための教科横断的な教育が求められている。本研究で取り組んだ学習者の「統合型システム思考」を形成しうる学習指導の構築は、これらの教育と密接に関わるものであり、この点に本研究成果の学術的意義及び社会的意義がある。

研究成果の概要(英文)：In this study, we defined as 'Integrated systematic thinking', which is integrated 'Systematic thinking (Thinking concept for exerting logical thinking ability and creativity)' and 'ESS Systematic thinking (Core thinking concepts for ensuring security and safety)'. On that basis, we implemented and evaluated the learning material for elementary and junior high school. As a result, we were able to obtain the construction of learning instruction that can form 'Integrated system thinking' of the learner and a certain educational effect.

研究分野：教科教育

キーワード：システム思考 技術科教育 情報教育 プログラミング教育 情報モラル

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

我々は、人間が創り出す様々な情報システム技術の恩恵を得て、豊かな生活を享受している。一方、2007年10月、首都圏のJR等で発生した自動改札機が作動しなくなるトラブルにて通勤通学客260万人に影響を与えた事案、さらには、東日本大震災に起因する原子力発電という巨大システムのコントロール不全(一時)の事案にみられるように、「豊かさVSリスク」の構図は技術(テクノロジー)の宿命とも言える課題である。また、総務省の平成23年度版情報通信白書は、平成10年度以降、ICT環境の変化によるインフラ、ICT活用等の変化は大きなものがあるものの、変わらない課題として「デジタル・ディバイドの解消」と「安心・安全の確保(Ensuring Security and Safety)」があると示している。しかし、このことは、ICTのみならず技術(テクノロジー)は「利便性(豊かさ)+安心・安全の確保(リスク回避)」車輪のごとく、両者が担保されることが重要であることを示している。その一方、これらは時として、人々の様々な利害関係も巻き込みつつ、相反する側面として立ちはだかることにもなる。一般国民が技術を適切に評価し活用していく考え方や態度を形成していくためには、単なる思い込みやイデオロギーではなく、科学的根拠に基づく両面(「豊かさVSリスク」)から検討するための思考力形成が必要であり、この思考力形成に技術(テクノロジー)の教育の重要性が増してきている背景がある。

2. 研究の目的

- (1) 本研究では、「情報システムと人間との共生、協働する社会」において必要となるコンピテンシーと考えている「システム思考」(ITとものづくりを統合させた見方・考え方に基づき、論理的思考力や創造性を発揮するための思考概念)と、「ESSシステム思考」(ICTを活用していく上で安心・安全の確保を図るための中核となる思考概念)について、小・中学校を対象とした題材開発をそれぞれ実施し、実践・実証的評価を行うことを通じて、学習者の「統合型システム思考」を形成しうる学習指導の構築を目的とした。
- (2) 「統合型システム思考」形成の中心となる小・中学校における技術(テクノロジー)の学習と技術のイメージとの関連を調査し、縦断的な教育効果の一端を把握して、技術(テクノロジー)を思考の基盤として学習指導のできる教員養成の在り方に関する知見を得ることを目的とした。

3. 研究の方法

- (1) 国内外の文献等から、「統合型システム思考」の概念に関係して議論されている先行研究を検討する。特に、「思考力の育成」を主としている学習の実践について、文献調査及び学校現場における関連実践の状況を把握する。
- (2) 「統合型システム思考」を形成しうる小学校、中学校での題材を開発、実践、評価する。
- (3) ものづくり・情報に関する学習の生活場面における有用感と技術に対するイメージとの関連性について、大学生を対象として質問紙調査を実施し、分析する。

4. 研究成果

- (1) 小学校「統合型システム思考」に着目した題材開発・実践とその効果
本研究では、ITとものづくりを統合させた見方・考え方に基づき、論理的思考力や創造性を発揮するための思考概念を形成するため、2020年度より必修化されるプログラミング教育に着目し、学校裁量の時間を活用した題材を開発した。取り上げるプログラミング教育の考え方や内容は、平成29年公示の学習指導要領等の趣旨を満たすことを条件としつつ、指導時間は学校裁量の時間を活用する。なお、題材のデザインに当たっては、日本の小学校の教育課程において教科として欠落している教養としての技術(Technology)の教育からアプローチした。
第1時では、プログラミングが児童自身の生活や体験と切り離された抽象的な内容とならないように、身近な輸送手段である自動車に着目させ、特に導入では自動運転の車の映像を示すなど工夫した。第2時~第5時の段階では、走行型ロボットをプログラムで制御する体験を通して、使用した教材固有の技能を習得できるようにした。この際、センサを活用して、障害物を自動的に回避したり、道路に埋め込まれた色を頼りに走行型ロボットを制御したりする体験ができるようにした。第6時の段階では、走行型ロボットを路線バスに見立て、「2カ所のバス停(コース上の色紙・黄または赤を児童が選択)」を通して、目的地である駅において超音波センサを用いて停止するにはどのようにしたらよいのだろう」という問題解決的な学習に取り組めるようにした。そして、第7時の段階では、人とプログラムが組み込まれた機械との関連性から、未来の交通システムのあり方を児童なりに考える題材(単元)構成とした。なお、この学習では社会科の学習と関連付けられるように配慮した。
効果の検証について、以下その一部を示す。新しい学習指導要領では、『主体的・対話的で深い学び』が重要とされている。児童の学びが『主体的な学び』となるためには、学ぶことの興味や関心、意義理解が欠かせない。そこで、プログラミング教育の実施前後で、プログラミングへの興味・関心、プログラミングの意義理解に着目した質問紙調査を実施して検証することにした。プログラミングへの興味・関心、意義理解、困難感、苦手意識の4項目に関する意識の水準を本題材前後において量的に把握するため、杉山ほか(2017)の「プログラミングに対するイメージ尺度」を用意した。本尺度は、因子「活動への興味・関心」(5項目)、因子

「コーディングへの困難感」(5項目), 因子「活動への意義理解」(5項目), 因子「プログラミング苦手意識」(4項目)の4因子19項目の質問で構成されている。これら19項目について, 小学5年生が理解しやすいように用語を一部改変した。なお, 本題材(学級裁量の時間)の時間を活用して, 実施した5年生1学級31名を実験群(実施群), 同時期にプログラミングではない他題材(単元)を設定していた他の5学年1学級の31名を統制群(未実施群)とした。

2要因分散分析の結果, 因子「活動への興味・関心」($F(1,53)=20.22, p<.001$), 因子「活動への意義理解」($F(1,53)=12.98, p<.01$)において交互作用が有意であった。一方, 因子「プログラミング困難感」, 因子「プログラミング苦手意識」については, 交互作用が有意とはならず, いずれも群の主効果のみに有意差が認められた(因子2: $F(1,53)=11.81, p<.01$, 因子4: $F(1,53)=5.77, p<.05$)。交互作用に有意差が認められた因子「活動への興味・関心」, 因子「活動への意義理解」については, 実験群と統制群の事後において有意差が見られ, いずれも実験群の方が統制群より高い水準となった。このことから, 本題材は, プログラミングに対する興味・関心, プログラミングに対する意義理解の向上に有効なものであることが示され, 『主体的な学び』に対する一定の教育効果が確認された。また, 題材(単元)「自動走行車の技術で様々な人の多様なニーズに対応することのできる社会を実現しよう」に対する児童の取り組みの様子から, 自分の思いや考えを基に, 新たな社会を創造することに向かう『深い学び』への可能性が示唆された。

(2) 中学校「統合型システム思考」に着目した題材開発・実践とその効果

本研究では, 平成20年度告示中学校学習指導要領技術・家庭科技術分野・内容D「情報に関する技術」・「プログラムによる計測・制御」において, 論理的な試行を通して, プログラムにおける問題の解決策を具現化する力を高め, 論理的思考力や創造性を発揮するための思考概念を形成するための題材を開発, 実践した。

本題材では, 生活や社会において実際に使用されている簡単な計測・制御システムを市販教材で再現した。信号機, 自動車の自動ブレーキシステム, お掃除ロボットの段差回避機能, 無人搬送機などである。このような教材を取り上げ, 題材展開後半における論理的な試行を通して, プログラムにおける問題の解決策を具現化する力を高める「FUCHU MOON CHALLENGE」(3時間)へつなげた。FUCHU MOON CHALLENGEの3時間は, 学習者が月面探査ローバーの開発者という立場で, 月面探査ローバーが, 月面に見立てたコースを, 障害物を避けつつ走行し, 目的地に到達するためのプログラムを考える場面である。本題材では, プログラミングの技能だけでなく, 習得した知識や技能を活用しながら, 試行を通して問題の解決策を具現化する力が求められる。また, ハードウェアとソフトウェアの両面から問題解決を図ることの重要性を認識できるような場面設定を行い, ITとものづくりを統合させた見方・考え方を高められるように配慮した。「評価・活用」の場面においては, 計測・制御の技術が活用される自動車工場, 医療現場など様々な映像資料を活用しながら, 2030年の未来を考えさせた。計測・制御システムのもつプラス面, マイナス面を評価し, 今後どのような開発が必要なのか, どのように活用していくべきなのか, 学習者一人一人に自己決定させる場面を設定した。安心・安全を踏まえ, システム全体についての善し悪しについて, 理由や意義付けをもって自分の考えを述べる力は, 「統合型システム思考」の本質と言える部分である。

実践対象とした37名の学習者のうち, 27名の学習者が月面探査ローバーの動線を学習シートに書き込み, 補足説明を文章やフローチャートを使って記述した。アルゴリズムとブロックプログラミングを関連づけ, どのような処理の手順で目的地まで辿り着くかの思考過程を整理する記述が多く見られた。また, 「前回の達成状況」から「今回の達成状況」にかけて, 問題を見だし, 解決策を考える態度を把握することができた。解決策考案の裏付けとなる根拠は, 習得した基礎的な知識にある。このことから, 本題材には, 計測・制御に関する基礎的な知識を広げるための十分な要素があると言える。プログラム開発では, ソフトウェア, ハードウェアの両面の開発の必要性という新たな視点が生まれている。学習者のワークシートの記述例には, 「フローチャートを頭に入れながら順序立ててやる必要があると思った」とある。この記述から, 問題を解決するための論理的な思考が必要であることを実感している姿を把握することができる。目的地到達を目指し, 試行錯誤する過程で「考えること」の価値を見出すことは, 本題材がもつ教育的効果の重要な部分である。アルゴリズム, フローチャート, バグなど, 学習した語句を用いた記述からは, プログラミングの基礎的な知識が効果的に習得できていることが確認された。

(3) 技術(テクノロジー)の学習と技術のイメージとの関連性

本研究では, ものづくり・情報に関する学習の生活場面における有用感と技術に対するイメージとの関連性について検討した。大学生289名について, ものづくりの学習の生活場面における有用感を「ものづくりの学習の有効性認知尺度」, 情報に関する学習の生活場面における有用感を情報に関する学習の「現在の生活における有用感尺度」, 技術に対するイメージを用語「技術」を刺激語とする「連想語26項目」を用いて把握した。これらについて, 各先行研究を仮説として測定方程式を導出し, 仮説的因果関係「技術の学習の有用感が技術に対するイメージに影響を与えている」について構造方程式モデリングにて検証した。その結果, 一般的な用語「技術」を刺激語とする言語連想から得られる大学生の「技術のイメージ」因子は, 履修済みの技

術の学習の有用感で測定される「技術の学習の有用感」因子により 53.6%程度説明できることが示され、仮説的因果関係が検証された。これらのことから、小・中学校における技術の学びの有用感が、IT とものづくりを統合させた見方・考え方、安心・安全の確保を中核とした「統合型システム思考」の形成に寄与する可能性を指摘した。

<引用文献>

杉山昇太郎, 中原久志 (2017) 中学生のプログラミングに対するイメージに関する調査. 日本産業技術教育学会第 60 回全国大会講演要旨集, p.77

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 3 件)

宮川洋一, 大学生における技術の学習の有用感と技術に対するイメージとの関連性, 日本産業技術教育学会誌, 査読有, 第 60 巻, 第 2 号, 2018, pp. 63-71

三田正巳, 宮川洋一, 濱端航大, 「SNS 操作体験型教材を活用した情報モラル教育の実践とその効果」, コンピュータ&エデュケーション, 査読有, Vol. 44, 2018, pp. 60-67

加藤佳昭, 佐藤和史, 宮川洋一, 試行を通して問題の解決策を具現化する力を高める計測・制御プログラミングの題材開発と実践, 日本産業技術教育学会東北支部研究論文集, 査読有, Vol. 10, 2017, pp. 17-24

[学会発表](計 3 件)

宮川洋一, 他 2 名, 「SNS Chat!」を活用した情報モラル教育の実践, 日本産業技術教育学会第 60 回全国大会, 2017

Y. Miyagawa, K. Shimada, Y. Ichihara, J. Moriyama, Practice and Foresight of Programming Education in Technology Education in Japan, ITEEA, 2017

[図書](計 1 件)

宮川洋一 他, 東信堂, 「主体的・対話的で深い学び」の理論と実践, 2019, pp. 81-102

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名: 市原 靖士

ローマ字氏名: (ICHIHARA, yasushi)

所属研究機関名: 大分大学

部局名: 教育学部

職名: 教授

研究者番号(8桁): 20572837

(2) 研究分担者

研究分担者氏名: 森山 潤

ローマ字氏名: (MORIYAMA, jun)

所属研究機関名: 兵庫教育大学

部局名: 大学院学校教育研究科

職名: 教授

研究者番号(8桁): 40303482

(3) 研究分担者

研究分担者氏名: 島田 和典

ローマ字氏名: (SHIMADA, kazunori)

所属研究機関名: 東京学芸大学

部局名: 教育学部

職名: 准教授

研究者番号(8桁): 50465861

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。