

令和 4 年 6 月 1 日現在

機関番号：62601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H01989

研究課題名(和文)技術ガバナンス能力を中核に「社会の形成者」を育成するカリキュラムの教科横断的研究

研究課題名(英文)A cross-sectional study of the curriculum that fosters "social formers" centered on technological governance capabilities

研究代表者

上野 耕史 (Ueno, Koshi)

国立教育政策研究所・教育課程研究センター研究開発部・教育課程調査官

研究者番号：20390578

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、中学校技術科の学習目標・内容として位置づけられる「技術ガバナンス能力」を、「国家・社会の形成者」に必要な資質・能力の中核に据え、その育成方策について検討することを目的としている。

普及している製品やシステムが開発・創造された当時に時間軸を遡り、開発者と消費者及び両者を結び付け、相互作用を生み出した前提となる社会構造や問題意識を俯瞰的に取り上げ、数学科、理科、社会等に関する資質・能力を複合して働かせて、「技術イノベーション」の成果として創造された製品に至るまでの「技術ガバナンス」の事例を明らかにする「技術ガバナンスレビュー学習」のカリキュラムを開発し、その有用性を検証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

技術により激しく変化する社会では、技術開発を牽引する「技術イノベーション能力」とともに、技術によって変革されようとする社会の是非を多様な観点から判断・評価する「技術ガバナンス能力」も重要性を高めると考えられる。

本研究では、これらの能力を育成するために、普及している既存の技術が開発・創造された過去に遡り、技術が評価、選択等される「技術ガバナンス」から、新たな技術を構想・創造する「技術イノベーション」へと至る経緯を検討する「技術ガバナンスレビュー学習」を開発し、その有用性を検証した。

研究成果の概要(英文)：In this research, "technical governance ability", which is positioned as the learning goal and content of "junior high school technology", is placed at the core of the qualities and abilities necessary for "formers of the nation and society". The purpose is to examine the training measures.

Developed and effective "Technology Governance Review Learning" that clarifies examples of "Technology Governance" that leads to products created as a result of "Technology Innovation" by combining qualities and abilities related to mathematics, science, society, etc. We were able to verify the usefulness of the curriculum.

Here, we go back in time to the time when popular products and systems were developed and created, connect developers and consumers, and both, and confirm the social structure and awareness of problems that are the premise that created the interaction.

研究分野：技術教育

キーワード：技術ガバナンス能力 国家・社会の形成者 教科横断的カリキュラム 技術ガバナンスレビュー学習

1. 研究開始当初の背景

Society 5.0 のように様々な分野で重層的に生じたイノベーションによる社会や生活の変革が予想される状況下では、多様な問題解決を図る技術開発を牽引する「技術イノベーション能力」の育成がこれまで以上に求められる。一方で、イノベーションによって変革されようとする社会の是非を多様な観点から判断・評価する「技術ガバナンス能力」もその重要性を高めると考えられる。さらに、これらの能力は、技術開発等に関わる生産者だけでなく、技術を利用して生活する市民にも必要であり、便利で安全・安心な未来や社会を創造する「国家・社会の形成者」に関わる能力として位置づけることができる。

2013年～2015年に開催された国立教育政策研究所科学研究費助成事業シンポジウムにおいて「技術ガバナンス能力」は、「科学技術革新の成果が広く深く社会と生活に浸透した21世紀において、国民が自ら技術の光と影に対して理解し、判断・発言・行動できる能力」と定義され、平成20年度版学習指導要領における中学校技術科・家庭科技術分野（以下「技術科」）の学習目標や内容として設定されている「技術の評価・活用」と関連させ、「技術ガバナンス能力」を技術科の授業の中で扱う内容・方法について検討する実践や研究が進められた。

その後も「技術ガバナンス能力」に関する技術科の実践や研究が進められたがその多くは、製品やシステムの使用者や消費者の立場から、「評価」の下位能力を対象として扱われていた。しかしながら、別の下位能力に「選択」や「設計」が含まれているように、もとより「技術ガバナンス能力」には「技術イノベーション能力」に関連して、求められる製品や社会システムのニーズを先導する要素が含まれている。そのため、使用者や消費者の視点から「評価」等を行うだけでなく、必要となる製品などを開発者に要求することや、エンジニアの立場から新たな製品やシステムを構想する側面の「技術ガバナンス能力」を強化するとともに、「技術イノベーション能力」へと結びつけていく方策を検討することが必要である。

また、研究代表者が行った中学生の「技術ガバナンス能力」に関する実態調査において、「設計」能力に関しては、新たなアイデアを発想・構想する能力の形成状況が低調であることが示された。このことは、構想・設計する対象となる事象について、科学的・論理的に探究し、公正に判断する力が不足しており、数学科、理科、社会科等の学習を基礎にするとともに相互の関連性を検討し、教科横断的に「設計」能力を育成する必要性を示唆している。

2. 研究の目的

先の状況を踏まえ、本研究では、技術科の学習目標・内容として位置づけられる「技術ガバナンス能力」を「国家・社会の形成者」に必要な資質・能力の中核に据え、関連する教科である数学科、理科、社会科などの視座から教科横断的に検討するとともに、小学校、高等学校を含めたカリキュラムを構築することを目的とした。

技術科において「技術イノベーション能力」へと結びつく「技術ガバナンス能力」の在り方を考えれば、技術により製品やシステムなどが開発・創造され普及に至るまでの過程で検討された要因やプロセスを、様々な課題を含有する社会的な視点で取り上げることが必要であると考えられる。このようなすでに普及している既存の技術が開発・創造された過去に遡り、技術が評価、選択等される「技術ガバナンス」から、新たな技術を構想・創造する「技術イノベーション」へと至る経緯を検討する学習を本研究では「技術ガバナンスレビュー学習」と呼び、この学習を中心とした「社会の形成者」としての資質・能力を育成するカリキュラムに関する研究を進めることとした。

3. 研究の方法

(1) 技術科における「技術ガバナンスレビュー学習」の位置づけの検討

2017年に告示された中学校学習指導要領において、技術科の指導項目の要素は「生活や社会を支える技術」、「技術による問題の解決」、「社会の発展と技術」に定められた。「生活や社会を支える技術」は、内容「A材料と加工の技術」、内容「B生物育成の技術」、内容「Cエネルギー変換の技術」、内容「D情報の技術」における(1)の指導項目と対応する。(1)の指導項目は「既存の技術の理解」の学習過程に該当し、各内容の「原理・法則と技術の仕組み」及び「技術に込められた問題解決の工夫」が指導事項として掲げられている。従って(1)の指導項目では、「技術に関する原理や法則、基礎的な技術の仕組みを理解するとともに、技術の見方・考え方に気付く」学習が求められており、次の指導項目・学習過程である「技術による問題の解決」に結びつけることが望ましい。

本研究で検討する「技術ガバナンスレビュー学習」は、(1)の指導事項である「原理・法則と技術の仕組み」及び「技術に込められた問題解決の工夫」の学習を含むとともに、問題を解決する既存の技術がどのようにつくられたかを追究することにより、次の「技術による問題解決」の学習につながるプロセスを把握することができるものである。そのため、「技術による問題解決」において効果的に実践する方法知を学び取ることができ、問題発見、課題設定、設計、製作、普及などのプロセスが意識されることも期待できると考える。

(2) 関係教科等との連携の在り方の検討

「技術ガバナンスレビュー学習」の実践に当たっては、製品やシステムの開発や普及に直接的に関連・貢献した科学の発見や技術の開発に注視することとどまらず、その製品やシステムが開発される発端である社会問題や、普及に影響した社会構造などを含めて総合的に把握する必要がある。そのため、この学習の中には、論理的に考察することや数値を用いて表現・説明することなどの数学科に関連する資質・能力や見方・考え方、科学的に探究することや科学的な根拠を基に表現・説明することなどの理科に関する資質・能力や見方・考え方、社会の諸課題について多角的に公正に判断することなどの社会に関する資質・能力や見方・考え方が複合して表出すると思われる。従って、「技術ガバナンスレビュー学習」は、技術科における製品やシステムを創造する「技術イノベーション」に結びつく「技術ガバナンス」の学習を志向するとともに、図1のように数学科、理科、社会科の資質・能力や見方・考え方と関連させた教科横断的な学習として位置づけることができると考える。

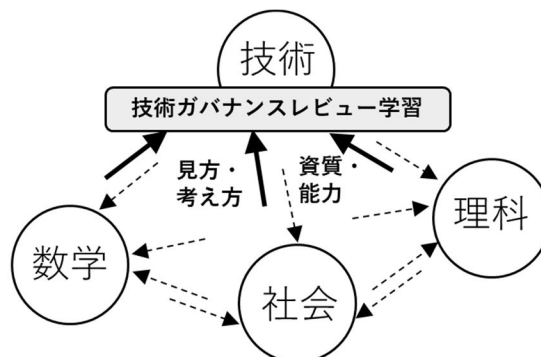


図1 「技術ガバナンスレビュー学習」と他教科との関係

(3) 「技術ガバナンスレビュー学習」の構想

「技術イノベーション能力」と「技術ガバナンス能力」を両輪とする技術教育の学習が実践される中で、数学科、理科、社会科が関係する教科横断的な「技術ガバナンスレビュー学習」のイメージを図2に示す。なお、このイメージでは日本産業技術教育学会が普通教育における技術教育の理念、内容、方法などをまとめた「21世紀の技術教育（改訂）」において、技術教育固有の方法として示された「創造の動機」「設計・計画」「製作・制作・育成」「成果の評価」を技術的課題解決の過程として想定している。

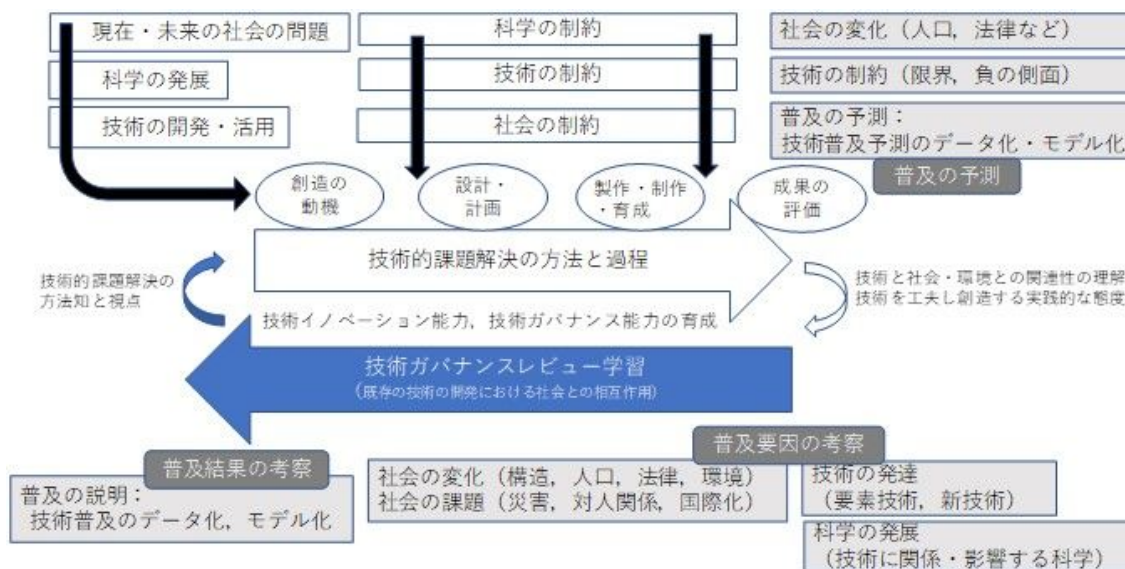


図2 「技術ガバナンスレビュー学習」のイメージ

「技術ガバナンスレビュー学習」は、技術的課題解決の過程とは逆のベクトルを持ち、社会や生活の問題を解決する技術がどのようにつくられ普及したかを検討する方向性を有するものとする。すなわち、社会に受け入れられた技術が開発・創造・普及された原因と過程を追究する学習を想定する。

既存の技術の普及要因としては、社会構造、人口の増減、法律、地域や地球環境などの変化が想定できる。また、災害や国際化などの社会的課題なども想定される。これらの社会問題などに関わる普及要因を社会科との関連性を持たせて生徒に探究させる。さらに、これらの社会の変化や課題は、科学の進展や技術の発達が影響を及ぼしていることが考えられる。そのため、過去の問題に影響を及ぼすと同時に、解決を可能にした科学の発展、開発され活用できる技術などが製品の開発や普及に関連していると考えられる。これらの普及要因は技術科だけでなく理科との関連性を持たせて生徒に探究させる。さらに、製品やシステムが普及した過程はデータとして記録されており、関連する数値を参照することができる。これらのデータと科学、技術、社会などの普及要因との関連性を捉えることは、数学的モデリングの過程を含むことになる。そこで、この場面では、数学科との関連性を持たせて、科学、技術、社会などの普及要因を数式やモデルと

して精緻化させる。

このような既存の技術の普及要因について、技術科のみならず数学科、理科、社会科の見方・考え方を教科横断的に働かせて探究させることで、技術を開発・創造する過程である「創造の動機」、「設計・計画」、「製作・制作・育成」の過程を追体験することができる。従って、新たな技術を開発する技術的課題解決の学習を行う前提として、問題発見や課題設定などを見通す方法知と、課題解決のために検討すべき視点を多面的に学び取ることができるのではないかと考える。

そして、このような「技術ガバナンスレビュー学習」を実践することで、新たな技術を開発する技術的課題解決の学習がより適切で豊かに行われることが期待できる。

「創造の動機」では、現在や未来の社会の問題（社会科）、発展した科学（理科）、開発され活用できる技術（技術科）を踏まえて、技術による問題解決の視点が整理される。ここでは、社会や生活の問題を把握し、問題状況の解決と改善のための技術的課題が設定される。

「設計・計画」と「製作・制作・育成」の過程では、既存の科学的原理・法則（理科）や、開発され活用できる技術（技術科）を踏まえて解決策を構想・実現するためのものづくり等が行われる。この際には、法律やモラル、人々の嗜好などの社会的な制約（社会科）を踏まえることが求められる。

「設計・計画」と「製作・制作・育成」を経て創造された製品やシステムは、問題状況に適用されることで評価（「成果の評価」）される。ここでは「創造の動機」の過程において特定された課題が解決・改善された質的・量的な評価が確認されることになる。さらに、問題解決における評価の視点として、機能・性能、安全性や公共性などの社会的側面、環境負荷などの環境的側面、効率や経済性などの経済的側面が意識される。

さらに、このような技術的課題解決の学習に、事前の「技術ガバナンスレビュー学習」と同様の学習活動を組み込めば、「成果の評価」の過程において生徒が自ら製作・制作・育成した製作品を商品として想定し、その価値がどのように社会や生活に受け入れられるか、あるいは、どのようなリスクがあるの、について深く考えることができるようになることが期待できる。また、その際に、社会科との関連から人口の増減や法律の変化などの普及要因について考えたり、理科との関連から環境影響評価について考えたり、数学科との関連からこれらの探究過程に数学的モデリングを援用したりすることができるようになれば、技術科のみならず数学科、理科、社会科の学習をさらに深めることにも大きく貢献すると考える。

(4) 小学校・中学校・高等学校における系統的な「技術ガバナンスレビュー学習」の構想

開発した「技術ガバナンスレビュー学習」のテーマ例と関連する教科等の内容を表1に示す。

技術科の各内容における「技術ガバナンスレビュー学習」の授業開発については、「材料と加工の技術」と「生物育成の技術」を中学校1年、「エネルギー変換の技術」を中学校2年、「情報の技術」を中学校2、3年で学習すると仮定する「技術科の指導順序」を踏まえつつ、算数科・

表1 開発した「技術ガバナンスレビュー学習」のテーマ例と関連する教科等の内容

学校種	テーマ	技術科 情報科	算数科・数学科関係	理科関係	社会科関係
小学校	飲料自動販売機	プログラムの仕組み	貯蔵庫のサイズ（小3 図形 円）	断熱材（小4 空気と温） 重力で飲料を移動させる（小3 物と重さ）	管理システム（小3 生産や販売の仕事）
中学校	木質材料	材料と加工の技術	棒グラフの読みとり（小3 データの活用）	木材の特徴・育成のために必要な環境（小6 植物の養分と水の通り道・生物と環境）	我が国の森林資源（小5 我が国の国土の自然環境と国民生活との関連）
	植物工場	生物育成の技術	長さ、重さの単位と測定（小3 測定） 測定した結果を平均する方法（小5 データの活用）	育成する植物（小4 季節と生物）（小5 植物の発芽、成長、結実） 葉と光合成（中1 植物の体のつくりと働き）	農業（小5 農業や水産業における食糧生産） 市場の働きと経済（中3 B 私たちと経済）
	自転車のライト	エネルギー変換の技術	グラフの読みより（小4 データの活用）	発電機（小6 電気の利用）（中2 電流と磁界）	自転車に関する社会的規制（中3 A 私たちと現代社会）
	緊急地震速報	情報の技術	情報の伝達速度（小6 変化と関係）	地震（中1 火山と地震、自然の恵みと火山災害・地震災害）	現代社会の情報化（中3 A 私たちと現代社会）
	ドローン	情報の技術	最短距離（中1 平面図形）	運動の速さと向き（中3 運動の規則性）	対立と合意、効率と公正（中3 A 私たちと現代社会）
高等学校	学校に設置する飲料自動販売機	モデル化とシミュレーション（コンピュータとプログラミング）	期待値（場合の数と確率）	LED・ヒートポンプ（物理）	災害対策（地理）

数学科、理科、社会科の学習との連携を図ることを意図して検討した。

一方、小学校及び高等学校に技術を中心的に扱う教科はないが、プログラミング等については学習することから、これらの学校種における「技術ガバナンスレビュー学習」の授業については、「情報の技術」を中心にし、図2の「技術ガバナンスレビュー学習」のイメージを元に、中学校における実践の結果及び「技術」に関する学習経験の状況等を踏まえて検討することとした。

学校段階が変わることで、「技術ガバナンスレビュー学習」のイメージの「普及要因の考察」で利用できる他教科等の学習事項が変化する。また、中学校における実践では「普及結果の考察」における「データ化やモデル化」に関する学習事項が十分には利用できていない状況も見られたことから、小学校では、算数科に関しては「普及要因の考察」の一つとして取り上げることとする。高等学校では情報科との関連に配慮し、「普及結果の考察」において情報科の「モデル化とシミュレーション」と連携させて、数学科の「場合の数と確率」における「期待値」等を扱うこととする。なお、小学校と高等学校共に、「技術ガバナンスレビュー学習」のイメージの「技術的課題解決の方法と過程」(右向きの矢印)を担当する教科がないことから、小学校では学習のまとめとして「新たな技術の創造」について考える場面を、高等学校では情報科における問題の解決をこの場面として扱うこととした。

4. 研究成果

実践した授業の一部について、学習目標に対する到達状況については評価規準による学習評価を、学習における思考内容については「科学的な原理」「産業における経済的影響」「事故の危険性と事例」など、技術と理科や社会などの関連性を把握できる18項目から構成される技術評価観点の枠組みを用いた調査を行ったところ、この学習を通して生徒は、算数科・数学科、理科、社会科などの他教科の見方・考え方も働かせながら、「技術の発達」と「社会の要求」との関係性を把握し、技術的課題解決に必要な問題発見や課題設定の視点を得ていたことが示唆された。

一方、小学校、中学校、高等学校における系統的な「技術ガバナンスレビュー学習」を試行的に実践したことで、「具体(目に見える技術)から抽象(目に見えない技術)」を勘案した「技術科の指導順序」を優先した場合、他教科との連携が考えられる指導内容・事項が未習となる場合があるといった問題点も明らかになった。また、算数科・数学科、理科、社会科等の学習との連携のレベルが、「技術科の指導順序」とともに高まるといったものとなっているとは言いきれないことも問題である。この点については、図2の「技術ガバナンスレビュー学習」のイメージの「普及結果の考察」における「データ化やモデル化」に関する数学科の学習内容が特に影響すると考えられる。加えて、「技術ガバナンスレビュー学習」のテーマとして取り上げた技術が、生徒の身近なものから社会的な規模を持ったものへと広がっているかについても十分な検討はできていない。

本研究での成果を踏まえ、中学校においては「技術科の指導順序」と他教科との関連性について、小学校や高等学校においては情報関係の学習と他教科との関連性について精選し、「技術ガバナンス能力」が「技術イノベーション能力」へと結びつくよう、系統性のある「技術ガバナンスレビュー学習」について、さらなる実践・検証を進めることが今後の課題である。

< 引用文献 >

上野耕史：中学生の技術に関わるガバナンス能力の調査とそれに基づいたカリキュラムの開発・検証，科学研究費補助金基盤研究(B)報告書(2015)

日本産業技術教育学会：21世紀の技術教育(改訂)(2012)

森山潤(1996)技術科教育における技術の多面性に基づく学習内容のカテゴリー分析，京都教育大学教育実践研究年報，12，91-102

Jun Moriyama, Kentaro Shiratani, Masashi Matsuura (2004) Students' interests decision-making in the learning of "Social impact of technology," PATT-14: Proceedings of the 14th International Conference of Pupils Attitude Toward Technology, 97-104

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 4件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 2. 大林要介、安藤明伸、梨本雄太郎、谷田親彦、上野耕史、板垣翔大、斎藤純
2. 発表標題 技術リテラシーを育む中学校技術科の授業実践 教科横断的な視点による「情報の技術」の実践を通して
3. 学会等名 日本産業技術教育学会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	大谷 忠 (Ohtani Tadashi) (80314615)	東京学芸大学・教育学研究科・教授 (12604)	
研究分担者	谷田 親彦 (Yata Chikahiko) (20374811)	広島大学・人間社会科学研究科(教)・准教授 (15401)	
研究分担者	森山 潤 (Moriyama Jun) (40303482)	兵庫教育大学・学校教育研究科・教授 (14503)	
研究分担者	安藤 明伸 (Ando Akinobu) (60344743)	宮城教育大学・教育学部・教授 (11302)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	中西 康雅 (Nakanishi Yasumasa) (00378283)	三重大学・教育学部・准教授 (14101)	
研究分担者	磯部 征尊 (Isobe Masataka) (70736769)	愛知教育大学・教育学部・准教授 (13902)	
研究分担者	山田 秀和 (Yamada Hidekazu) (50400122)	岡山大学・教育学研究科・准教授 (15301)	
研究分担者	西村 圭一 (Nishimura Keiichi) (30549358)	東京学芸大学・教育学研究科・教授 (12604)	
研究分担者	磯崎 哲夫 (Isozaki Tetsuo) (90243534)	広島大学・人間社会科学研究科(教)・教授 (15401)	
研究分担者	兼宗 進 (Kanemune Susumu) (00377045)	大阪電気通信大学・工学部・教授 (34412)	
研究分担者	島田 和典 (Shimada Kazunori) (50465861)	東京学芸大学・教育学部・准教授 (12604)	削除：2020年2月10日
研究分担者	瓦井 千尋 (Kawarai Tihiro) (90738775)	宇都宮大学・教職センター・教授 (12201)	削除：2019年3月31日

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------