

Fundamental Study on Requirements of Technology Education Materials Based on Transfer of Learning

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2020-03-10 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 遠藤, 直弥, 嶋, 崇志, 小笠原, 早織, 安達, 悠真, 改正, 清広 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00027118

転移に注目した技術科教材の要件に関する基礎的検討

遠藤直弥* 嶋崇志* 小笠原早織* 安達悠真* 改正清広**

* 静岡大学大学院教育学研究科(院生) ** 静岡大学教育学部技術教育講座

Fundamental Study on Requirements of Technology Education Materials Based on Transfer of Learning

Naoya Endo Takashi Shima Saori Ogasawara Yuma Adachi Kiyohiro Kaisei

Abstract

In this paper, the purpose of this survey is to investigate the requirements of teaching materials that include many possibilities of transfer (increased transfer) by examining previous studies on technology education materials from the viewpoint of cognitive psychology. Transfer is not only a concept closely related to education but also an important goal of education. In technology education as general education, it is important to foster technological literacy, and it is required that the learned content be transferred to situations where technological problem should be solved in daily life. Therefore, by analyzing the requirements of technology education materials from the concept of transfer, it is considered to give one suggestion in developing technology education materials.

キーワード： 転移 技術科教材 教材評価 複合型教材

1. はじめに

2017年の中学校学習指導要領改訂では、各教科の指導目的を「何を知っているか」に留まらず、「何ができるようになるか」に発展させていくことの重要性を示していることから、学習内容が他の学習や日常生活に転移することが求められていると考えられる¹⁾。

上記指導要領改訂に向けた中央教育審議会答申²⁾において、中学校技術科は、普段の生活や社会に出て役に立つ等、生徒の学習意欲が高いという成果が見られるが、家庭の協力や社会参画が十分でないことが課題として挙げられている。削減されてきた技術科の授業時数も、今回の学習指導要領改訂では改善がなされなかった³⁾。上記の課題として、技術科の教育内容が社会や生活でどのように活かされるのか明確に認知されていないことが考えられる。よって、技術教育で学習した内容の生活への転移を見据えた取り組みが必要である。転移とは先行学習が後続学習に影響を与える認知現象とされ⁴⁾、学習の範囲で使用される場合が多い。しかし、広義の意味の転移として米国学術研究推進会議⁴⁾では、ある文脈で学習したことを別の新しい文脈で活かすこととされ、人が社会に適応していくために重要な心の働きであるとしている。また、転移は教育と密接に関係する概念であり引き起こすべき「教育目標」としても位置づけられている⁵⁾。

技術教育においても生活への転移に関する研究は多くなされており、その重要性が指摘されている。その中で、山崎ら⁶⁾は技術的能力の構造解析を行い、転移能力因子を位置づけその必要性について言及した。しかし、転移能力を構成する因子までは明らかになら

ならず、具体的な実践場面で活かすことは困難であった。一方、上之園・森山^{7,8)}は生活応用力の因果モデルに基づき、育成に効果的な実践形態について有益な知見を示し、効果的な実践形態について明らかにした。しかし、授業実践の形態について、個別課題－プロセス重視型の題材設定が効果的であることを示しているが、学習形態に関する方法のみでその他具体的な方法にまでは言及していない。

本研究では、学習内容の転移を促すための具体的な方法として、教材に着目した。技術教育は、ものづくりを主体とした学習形態であるため、教育効果は他教科に比べ教材によって左右されるといわれる⁹⁾。しかし、教材の要件について学習転移の視点から検討された文献は見当たらない。そこで、技術教育の生活への転移や認知心理学による学習転移の観点から先行研究を調査し、学習する内容が転移できる可能性（以下、転移可能性）を多く含む教材の要件を検討することを目的とした。本稿では、技術科教材を開発する際の一つの指針を提案する。なお、提案した指針は技術科で学習する内容が社会生活の中で活用されるという視点を重視したものであり、他教科への学習転移までは言及できていない。

2. 技術科教材の在り方

2-1 技術教育の教科内容

1998年の学習指導要領改訂により、技術科の目標にある「技術を適切に活用する能力と態度」は技術の在り方・活用の仕方について客観的に判断・評価できる能力も含まれ、技術科の生活への転移は、学習した

表 1 技術科固有の対象と内容構成(内容知) [文献 12 から引用]

対象	内容構成		
材料と加工技術	材料の種類・性質・用途, 加工の方法と手段, 設計・製図機能と構造, 生産技術と環境保全	発明・知的財産とイノベーション	社会安全と技術ガバナンス
エネルギー変換技術	変換方法, 変換効率, 変換機器, 利用方法, エネルギー変換技術と環境保全		
情報・システム・制御技術	計測・制御, ハードウェア, ソフトウェア, 情報通信ネットワーク, マルチメディア, 技術的・社会的・環境的意義・情報倫理		
生物育成技術	栽培・飼育, バイオテクノロジー, 生命倫理, 生物育成技術と環境保全		

内容を技術的行動として活用するに限らず、技術的な視点から技術的事象を判断・評価することに拡張された¹⁰⁾。しかし、技術科の教科内容は、ゆとり教育の情勢もあり「A: 技術とものづくり」「B: 情報とコンピュータ」のあいまいな内容に分けられ¹¹⁾、生活との関わりを見出すのは困難であった。2008 年の改訂を経て、2017 年告示の指導要領¹⁾ではこれらの課題が是正され、教科内容は「材料と加工の技術」「生物育成の技術」「エネルギー変換の技術」「情報の技術」に分けられ技術科で育むべき内容が明確となった。

また、日本産業技術教育学会は、21 世紀の技術教育¹²⁾において、普通教育としての技術教育の在り方を提言している。その中で、技術教育の理念として、技術的素養(技術リテラシー)の形成を挙げ、技術的課題を適切に解決する能力及び技術を公正に評価・活用する能力の必要性を示している。このことから、技術的課題解決力に関わる技術科固有の内容知(表 1)が日常生活や主権者として社会へ関わる技術的課題解決場面に転移することが求められており、内容知を対象として転移可能な概念の形成を行っていく必要があると考えられる。

2-2 教材の範囲

教材の定義には、様々な考え方があるが、それらを概観すると図 1 のように分類できると考えられる。教材の扱いとしては、授業展開まで教材として扱うものや、教材で行う作業まで扱う見方もあれば、素材のみを教材として扱う見方もある(図 1: 横軸)。一方で、教材の条件としては、教育内容と関連づけられていることに加え、生徒の興味・関心を惹きたてることまで含めているものもある(図 1: 縦軸)。ここで、教材は教育内容を教えるための素材という捉え方は基本的であり、教材の最小単位であることは自明のとおりである。しかし、藤岡¹³⁾は、教材の最小単位には教育内容と関連づけられていることに加え、「子どもの興味や関心をひき、思考活動の対象となり、疑問を起こ

させるような性格を有していること」も必要であると、教授学研究の方法をまとめた論文¹⁴⁾でも同様の見解を示している。

教材を評価する上で、生徒の興味・関心をどの程度惹くことができたかを分析することは当然重要である。しかし、興味・関心を彷彿できるか否かは個人の性格や生活環境及び指導者によっても左右される。よって、教材選択や教材の開発時に生徒の興味・関心を惹くものであるかを分析するには経験に頼る場合がほとんどであり、実際に生徒の興味を惹くことができたかを分析するには実践を実施した後に行う必要がある。本稿では、教材の選択や開発時に、生活への転移や認知心理学による転移研究から、参考となる教材の要件を検討することを目的としている。よって、特定の指導者や学習者を想定したものではないため、教材の条件としては、2-1 節で示した技術科で教えるべき教科内容と関連づけられることとし、興味・関心に対する配慮は教材の中には含まないこととする。

次に教材として扱う範囲であるが、大迫・本田⁹⁾は、手工科教育における教材論を分析し、教材を素材として見るのではなく、設計・製作という一連の作業を通ず物として捉えている。技術科の教材は実習形態が一般的であることから、素材としての見方は技術教育の特色上において当てはまらないと考えられる。また、教材の要件を検討する際にも、教材によってどのような作業ができるかに注目する必要があるため、本研究での教材の扱いは、一連の作業までを含んだものと捉



図 1 教材の範囲

えることとする。一方で、前述したように、本研究では特定の指導者・学習者を想定したものではないため、発問方法や提示方法・板書方法等の授業展開までは扱わないものとする。よって、本研究で議論する教材の範囲は図1で示したとおりである。

3. 転移に注目した教材評価

3-1 検討方法（転移研究の成果からの検討）

転移研究の先駆者であるソーンダイク（Thondike）は同一要素説を唱え、先行学習と後続学習で扱われる知識やスキルが同一である必要性を示し、ジャッド（Judd）は転移には一般的原理や共通の学習方法を教えることが重要とする一般化説を提唱した⁵⁾。これらは、転移の古典的研究と呼ばれ、現代の転移研究に多大な影響を与えている。最近の転移研究では、学習者の持つ注意力・問題解決力・創造力・動機づけ・既知知識・方略などの要因を重視すべきだと考えられ、更に自分自身の思考を適切にモニタリングするメタ認知を重視する理論が生み出されている¹⁵⁾。これにより、従来の理論が統合され、転移に影響する先行学習の要因について明らかとなっている¹⁶⁾。よって、最近の知見に基づいて、転移可能性を多く含んだ技術科教材の要件について検討した。

3-2 転移が促される要件の選定

3-2-1 既知知識に基づく学習

最近の転移研究を学習指導と対応づけて考察した森・岡ら¹⁷⁾は、理解を伴う学習として既知知識と教材の内容を結びつける重要性を示し、既知知識を教科内容の知識体系と整合的に関係づけることが必要だとしている。ここで、技術教育の既知知識に基づく学習としては、一般的原理の裏付けによる技術の理解が考えられる。知識として原理を単に理解しているだけでなく、現実の状況下で適用する方法を理解することで効果的に転移が促されるとされており¹⁸⁾、技術教育で扱う生産場面での文脈に適用することで転移可能な知識体系が形成できると考えられる。

知識は、言葉による表現が容易な「形式知」と言葉による表現が困難な「暗黙知」に分けられる。暗黙知の提唱者ポラニー（Polanyi）は、暗黙知がなければ問題の発見も解決方法も見出せないとしており、暗黙知の重要性を提唱している¹⁹⁾。しかし、暗黙知は直感や経験をベースとしており、個人によって異なるものである。本研究では、2-2節で述べたように、特定の学習者を想定したものではなく判断ができないため、既知知識は「形式知」のみを想定することとした。形式知は、小学校と中学校で学習した内容を対象にすることができると考えられる。

よって、小学校及び中学校で学習した内容が教材に含まれている程、既知知識と結びつけた学習が可能で

あると推察できることから、教材による一連の作業中に含まれる既知知識を要件として選定する。これにより、技術的な課題解決場面での、一般的原理の利用に対する転移の向上及び技術に対する理解が深まり学習した内容が技術的な課題解決場面で転移可能になることが期待される。

3-2-2 対比事例を扱う

対比事例を学習で取り扱うことで、以前は気づかなかったことに気づき学習内容の関連性を理解することで、概念形成に効果的に働くとされ²⁰⁾、Gentnerら²¹⁾は二つの事例を類推や比較をすることで、転移が促進することを明らかにした。対比事例を技術教育で扱う方法として、使用できる要素を複数用意しておくことが考えられる。例えば、使用する材料に木材・金属を選択できるようにすることで、それぞれの長所・短所を比較して理解を深めることができると考えられる。また、要素のみならず方法（例：くぎ接合とねじ接合）に関しても選択できることで、それぞれの方法を比較することも可能である。ここで、それぞれの方法に対しそれぞれの技能が必要であると想定する。指導要領で示されるように技能習得は技術科において重要である。しかし、技能に関わる運動能力を評価することは困難であるとともに、特定の学習者を対象としたものではないため、本稿では技能面に関しては論じないものとする。よって、使用できる要素及び方法の自由度を要件として選定する。

3-2-3 複数の文脈を想定する

学習に複数の文脈や類似の文脈を適用することで、獲得した知識を柔軟に新しい文脈へ転移させることができる²⁰⁾。なお、特定の解決方法に固着すると、同じ形の問題には転移が見られるが、異なる文脈では転移によって学習が阻害されることが明らかとなっており²²⁾、複数の文脈を想定できる教材を開発・選択する必要があると考えられる。

技術教育において、複数の文脈を想定する方法として大きく3つが想定できる。1つ目の方法として、生徒が自身によって使用条件を構想できることが挙げられる。生徒によって、最終的な製作物が異なることで、他者と比較した分析を行うことができ、複数の文脈を想定して自分の活動を振り返ることが可能になる。複数の視点で同じ内容を学び直すことで柔軟な発想につながり²³⁾、広い範囲で転移可能な概念を形成できると考えられる。

2つ目の方法として、製作した教材を繰り返し改良することが考えられる。改良を繰り返すことで、複数の解決方法を試行錯誤することにつながり、特定の文脈に縛られない製作活動を行うことができる。更に、鳥居ら²⁴⁾はウェブ上で始点記事から終点記事までの

経路を見つける案内課題に「常識」をどのように転移するかについて分析した結果、目的地（終点記事）に近づくほど知識の転移がうまくできるようになることを示唆した。このことから、目的の作品に改良を通して近づけることで、転移可能な概念にまで昇華できるようになると考えられる。

最後に3つ目の方法として、歴史的な文脈で指導することが考えられる。池尻ら²⁵⁾は、歴史的な事象を辿ることができるカード教材を用いることで、類似する現代の文脈への応用に効果的であることを示した。また、技術教育においても前田・紅林²⁶⁾は、技術史を用いた教育こそ、「生み出された技術の社会に対する影響や技術を生み出した人々の思考方法、活用した科学の成果が理解される」とし、蒸気機関を題材にした授業実践を通して、技術史を取り入れることが技術リテラシーの育成に効果があることを示唆した。このことから、技術の歴史的な事象に基づいた教材を利用することで、現代と比較した文脈での学習が可能となり、転移が促進されると考えられる。

よって、使用条件の構想や改良が可能であること及び歴史的な文脈が学習できることを要件として選定する。

3-2-4 体制化を促す

知識は相互に関係づけられ体制化されたスキーマとして保持されており、表象化された知識が類推による転移などの複雑な思考や記憶の検索を促進するとされる²⁰⁾。体制化方略とは、学習材料を全体として相互に関連をもつようにまとまりをつくるものである²⁷⁾。現代社会で活用されている多くの技術はシステム化されており、様々な人工物は複数の技術を集約している。紅林ら²⁸⁾は、自立型三モータ制御ロボットを用いた授業実践により、電気回路、機械、コンピュータ、プログラムを総合的に学習することで、「機械や電気とコンピュータが関連しあいながら成り立つシステムの

類推」が可能になることを示した。

よって、技術教育において、技術を相互に関係づけて学習するためには、複数の領域・分野を包含した教材を利用することが有効であると考えられる。それぞれの領域・分野の技術概念が体制化されることで、日常の製品等の人工物についてその仕組みを類推できるようになり、人工物の技術的な評価などに転移していくと考えられる。よって、教材が包含している技術の領域・分野を要件として選定する。

3-3 技術科教材の判断基準

3-2 節で示した転移が促される要件から、選定した要件が教材に含まれているか判断する指標を作成する。作成した指標に含まれる要件が多いほど（得点が高い）、教材は転移可能性が高いと考えられる。

3-3-1 他教科の学習による既有知識

教材の一連の作業に含まれる既有知識の量（3-2-1 項）を判断する方法を検討する。竹野²⁹⁾は、教材で学習する技術の裏づけとなる他教科の知識をまとめており、その内容を2017年告示の学習指導要領と照らし合わせて修正したものを表2に示す。既有知識は各個人の習熟度及び学習時期により一定ではなく正確に測定することは困難であるが、領域の内容として捉えることで目安になると考えられる。よって、表2を例として、教材で学習する内容が包含している他教科の領域の内容数によって判断することとした。

3-3-2 選択できる要素・方法

使用できる要素及び方法（3-2-2 項）の自由度を判断する方法を検討する。現在の生産現場は、モジュール化設計・生産が主流となっており、製品を一つのシステムとして捉えている。モジュール（機能要素）が空間配置されたものはプロダクトシステムと呼ばれ、

表2 既有知識の想定 [文献29を参照して作成]

小学校での学習内容	
理科	物質・エネルギー、生命・地球
算数	数と計算、図形、測定、データの活用
社会	我が国の農業や水産業における食糧生産、我が国の工業生産、我が国の産業と情報との関わり、我が国の国土の自然環境と国民生活の関わり
図工	造形遊び、絵や立体、工作
中学校での学習内容	
理科	身近な物理現象、身の回りの物質、電流とその利用、化学変化と原子・分子、運動とエネルギー、化学変化とイオン、科学技術と人間、いろいろな生物とその共通点、大地の成り立ちと変化、生物の体のつくりと働き、気象とその変化、生命の連続性、自然と人間
数学	数と式、図形、関数、データの活用
社会	現代の生産の仕組み、地球環境、資源・エネルギー問題
美術	絵や彫刻、デザインや工芸

工程など時間配置されたものをプロセスシステムという³⁰⁾。プロダクトシステムの考え方のように製品をモジュールに分解し、各モジュールで利用できる部品の数を推定することで、利用できる要素の自由度を判断できると考えられる。一方で、選択した要素をどのように組み合わせるかといった方法は、加工や接合といった工程に位置づけられる。よって、方法の自由度を判断するには、プロセスシステムの考え方を取り

入れることが適当だと考えられる。そこで、加工・接合・組み立て・配線方法などの工程（プロセス）を判断するものとして、使用する工具・道具の数が大凡の目安になると考えられる。しかし、情報分野では先行研究³¹⁾で示されるように、ネットワーク上のデータからアクチュエータを動作させるなどがプロセスに含まれることから、工具・道具の数で判断するのは難しい。これは、施肥や灌水、飼料などの手順を含む生物

表 3. 各モジュールの部品及び使用工具・道具、方法の想定

(A) 材料と加工	モジュール	軸, 面(板), 梁
	要素	木材(8種), 木質材料(4種), 金属(8種), プラスチック(6種), 塗料(5種)
	方法	加工 けがき針, けびき, かんな, のみ, きり, ボール盤, やすり, ベルトサンダー, 金切りばさみ, 糸鋸, 弓鋸, 両刃鋸, プラスチックカッタ, 丸のこ盤, 旋盤, ボール盤, スプレー, はけ, ダイス, タップ, 折り曲げ機, ヒーター 接合 くぎ接合, ねじ接合, だぼ接合, 嵌合接合(木組みによる接合), 接着剤による接合, リベット接合, はんだ接合, 溶接
(B) 生物育成	モジュール	生物: 種, 苗, 土, 肥料, 栽培環境 動物: 鳥, 哺乳類, 給餌, 飼育環境, 繁殖 水産生物: 魚介, 水生植物, 給餌, 育成環境
	要素	作物: イネ, ナス, トマト, イチゴ, エダマメ, 基本用土, 改良用土, 化学肥料 有機質肥料, プランタ, ポット, 田, ビニールハウス 動物: ニワトリ, トウモロコシ, 菜油かす, 大豆かす, 魚粉, ハーブ, 精製魚油 ウシ, 粗飼料(生草, 乾し草, 牧草, 野草, トウモロコシの茎・実) 濃厚飼料(デンプン, たんぱく質を多く含んだ飼料), 畜舎, 温度, 衛生 水産生物: ブリ, マダイ, ヒラメ, マガキ, クルマエビ, ノリ, ワカメ, 真珠貝, 水槽 池養殖, 海養殖, 水温, 塩分, 酸素量
	方法	作物: 元肥, 追肥, 塩水選, 灌水, 鉢上げ, 誘引, 摘芽, 摘しん, 間引き, 下葉かき 受粉, 挿し芽, 挿し木, 支柱立て, マルチング 動物: 餌の配合, 換気, 消毒, 除糞, 予防薬の投与, 人工授精 水産生物: 給餌機, 給気装置, ろ過装置, 餌の配合, 清掃
(C) エネルギー変換	モジュール	電気回路: 電源, 負荷, スイッチ, センサ 機械: 動力, リンク装置, カム, 歯車, 摩擦車
	要素	電源: 直流電源(電池), 交流電源(コンセント), 太陽電池 負荷: LED, 白熱電球, 蛍光灯, スピーカー, モータ, ブザー スイッチ: 切替えスイッチ, 押しボタンスイッチ, トランジスタ, ヒューズ センサ: 光センサ, 磁気センサ, 温度センサ, 湿度センサ, 圧力センサ, マイクロホン 動力: 太陽光, 風力, 熱機関, モータ リンク装置: 両てこクランク, 並行クランク, てこクランク, 往復スライダクランク 歯車: 平歯車, かさ歯車, スプロケットとチェーン, 歯付きベルトと歯付きプーリー ラックとピニオン, ウォームギア
	方法	はんだごて, ペンチ, ニッパ, ブレッドボード, ドライバ, スパナ
(D) 情報	モジュール	センサ, コンピュータ, アクチュエータ, インタフェース
	要素	コンピュータ: マイクロコンピュータ, シングルボードコンピュータ センサ: 赤外線センサ, 温度センサ, 圧力センサ, 光センサ, タッチセンサ アクチュエータ: LED, モータ, 電磁石, ブザー, スピーカー
	方法	プログラム言語: Java, COBOL, FORTRAN, BASIC, C, 簡易言語(Scratch など) 通信: Wifi 通信, Bluetooth 通信, TCP/IP, フィルタリング, 暗号化(SSL) 情報処理: AD 変換, 順次処理, 条件分岐, 繰り返し

表 4 教科書に記載されている技術史の例

材料と加工	石器, 土器, 青銅, 鉄, 鑄造, ゴムの加硫, 合成樹脂, アルミニウム精錬, 磁石鋼, 形状記憶合金, ネオジウム磁石, 生分解性プラスチック, カーボンナノチューブ
生物育成	農業革命, 水耕栽培, 塩水選, 化学肥料, 真珠養殖, 電照栽培, 緑の革命, 遺伝子組み換え, ウナギ養殖
エネルギー変換	蒸気機関, 機械時計, ガス灯, 電池, 自転車, 内燃機関, 4 サイクルエンジン, 白熱電球, ガソリンエンジン, 人力織機, 電波指向方式アンテナ
情報	伝書鳩, のろし, 歯車式計算機, 電信機, タイプライター, 電話機, 無線通信機, 写真電送方式, IC, フロッピーディスク, 衛星通信

育成の分野においても同様である。よって、内容や分野の適性に応じて適切に定める必要があると考えられる。

検定済み教科書^{32)~34)}を参照し、中学校技術科で想定される各モジュールの要素及び使用が想定される方法を表3にまとめる。表3を基に要素及び方法がどの程度含まれているかによって判断することとした。

3-3-3 組み合わせのパターン（完成品の種類）

部品等の要素の組み合わせを自由に行えるかどうか（3-2-3 項）を判断する方法を検討する。ものづくり学習では、設計の過程が重要である。向坊³⁵⁾は、設計を図2で示した過程によって構成されていることを示している。

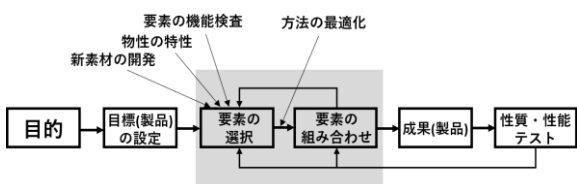


図2 設計の過程 [文献 36 の図を引用]

ここで、要素（部品）の選択・組み合わせの過程は試作品を試行錯誤しながら製作していく過程とされる³⁶⁾。このことから、成果として生み出される製品は要素の選択・組み合わせの過程によって決定するため、使用条件・目的の構想及び改良が自由に行えることは、要素の選択・組み合わせが自由に行えることと捉えることができる。このことから、モジュール毎に選択できる要素の数及びモジュールの組み合わせ方法の数からパターンを調べることで、完成品の種類の目安になると考えられる。よって、モジュール毎（モジュールの数を n とする）の要素の数（部品数） E 及びモジュール同士をつなぐ方法の数（工具数） M から式1（総乗）で求められるパターン数 N により判断することとした。

$$N = \prod_{n=1}^n E_n \cdot M_{n-1} \quad (1)$$

しかし、材料と加工、生物育成、情報の技術は、方法として加工や管理、プログラム言語等を含むが、ここではモジュール同士をつなぐ方法を意味している。

3-3-4 扱うことができる技術史

歴史的な文脈を指導できる教材かどうか（3-2-3 項）を判断する方法を検討した。技術教育における歴史的な文脈の学習は、技術が生み出された経緯や背景を踏まえた学習を行うことと捉えることができる²⁶⁾。技術史は、技術発達の歴史を究明する学問であることから、技術史の中で取り扱われる歴史的な文脈を辿ることができる教材であるかが目安になると考えられる。デューイ（Dewey）は、作業学習を通して人類の歴史的な発達の理解へと導くことが必要だとしている³⁷⁾。そこで本研究における歴史的な文脈を辿ることができる教材とは、単に見本を提示（例：写真や模型等）するものや、1つの部品や工具として扱うだけなど、技術の誕生までの流れをものづくりにより経験できないものは想定していない。

さらに、技術史として「蒸気機関」を例とするとニューコメンの蒸気機関とワットの蒸気機関など、方式の違いを複数の技術史として扱うことは適していない。これは、普通教育としての技術教育では、蒸気機関の歴史よりも蒸気機関が社会に与えた影響など技術と社会との関係を大きな枠組みで捉えることが重要だと考えられるからである。

技術史を扱うことができる教材の条件を明確に設定することは困難であり、教材開発者による裁量の余地が大きいが、上記の視点を重視することが必要であると考えられる。

検定済み教科書^{32)~34)}を参照して、技術史の中で扱われている技術を領域別にまとめたものを表4に示す。表4を例として、作業を通して扱うことができる技術史の数によって判断することとした。

3-3-5 包含している教科分野

教材が包含している技術教育の分野を判断する方法を検討する。しかしながら、技術の分野は広範に渡っており、分野を定めることは困難である。また、普通

教育としての技術教育は専門教育としての技術とは区別することから、多様な下位概念まで扱うことは適切ではない。よって、技術科の領域内で扱われる分野の範囲に基づいて判断することが適当だと考えた。技術科で扱われる分野を表5にまとめる。表5を参照し、教材に含まれる分野の数によって判断することとした。

表5 技術の分野

材料と加工	木材加工, 金属加工, プラスチック加工
生物育成	作物の栽培, 家畜の飼育, 水産生物の育成
エネルギー変換	機械, 電気
情報	情報ネットワーク, 情報セキュリティ, 情報処理, プログラム

3-4 技術科教材の要件判定表

3-2 節及び 3-3 節の結果から、技術科教材の転移可能性を評価するための判定表を作成した。作成した判定表を図3に破線で示す。ここで、判定の整合性を図るため評価目安を決める必要がある。よって、各要件を2.0点満点(合計10.0点)として、目安を設定した。なお、作成した判定表は本稿での検討内容から教材の開発時に参考になる指針を考案するものであり、教材の価値を評価することを意図したものではない。

① 学習内容に関連する他教科の内容数

既有知識が多く含まれている程、学習がスムーズになると考えられる。しかし、教材は中学校を想定して

いるため、中学校の内容まで全てを網羅するのは困難であることから、基準(上限)の設定では小学校で扱う内容数を対象とする。よって、他教科に含まれる内容数は、3-3-1項の表2「小学校の学習内容」で示した13項目を基準に正規化することで2.0点満点とした。

② 選択できる要素・方法の数

選択できる要素・方法は多ければ多いほど授業展開が難しくなるため、表3で示した要素・方法を基準にすることは現実的ではない。そこで、1領域を網羅する教材を基準とし、表3の各領域で示した要素・方法数の平均(A.35, B.(作物28・動物19・水産生物19), C.33, D.27)である27を代表値として、正規化することで2.0点満点とした。

③ 組み合わせパターン数(完成品の種類)

完成品の種類は、子どもが構想できる範囲を想定する必要がある。日本産業技術教育学会誌(2015-2019年)の教育現場からの実践報告を概観し、生徒の構想を実現することを目的とした教材を調査した。

調査の結果、横山³⁸⁾は電気回路の「電源」「スイッチ」「負荷」を選択させることによって、生徒がオリジナルの電気回路を設計・製作することに成功している。よって、横山の実践を参考にして、基準を設定することとした。実践では、電源は乾電池のみとし、負荷4種類、スイッチ4種類から要素を選択できるようになっている。一方で、部品同士の配線(接合)は銅テープで行なっており、選択の余地はない。よって、式1より完成品の種類は16種類となる。16種類を基

教材の条件を入力してください

モジュール1	→	モジュール2	→	モジュール3	→	モジュール4	→	モジュール5	重複している要素・方法
要素数	方法数	要素数	方法数	要素数	方法数	要素数	方法数	要素数	
<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="8"/>
	加工法		加工法		加工法		加工法		
	<input type="text" value="6"/>		<input type="text" value="6"/>		<input type="text" value="1"/>		<input type="text" value="0"/>		
他教科で含まれる内容の数	<input type="text" value="13"/>								
扱える技術史	<input type="text" value="0"/>								
含まれる技術科の分野数	<input type="text" value="3"/>								
	<input type="button" value="算出"/>								

判定表

要件	期待される転移	判定基準	得点
既有知識による技術の理解が可能な教材であるか判定する	技術的課題解決場面での一般的原理の適用に転移する	教材に含まれている他教科で学習する内容の数	2.0
要素の類推及び比較が可能な教材であるかを判定する	概念が形成され、技術の類推・比較に転移する	教材で扱う部品数及び工具・道具、方法の数	0.8
生徒の構想を実現(設計・改良)できる教材であるかを判定する	技術的課題解決の方法を検討することに転移する	教材のモジュール数、要素数、方法数から求められるパターン数	0.5
技術の歴史的文脈を理解できる教材であるかを判定する	歴史的な脈と現代を比較した技術の活用に転移する	技術史で扱われている技術の数	0.0
技術概念の体制化が促される教材であるかを判定する	人工物の仕組みの理解・類推に転移する	教材に含まれている技術科の分野数	1.2
		合計点	4.5

図3 要件判定用アプリケーションの制作

準として正規化することで2.0点満点とした。

④ 扱うことができる技術史

技術史は、技術が誕生した経緯や背景を取り扱うため、全ての内容で技術史を想定することは困難である。しかし、人類の歴史を辿るという面から教育的意義は大きい。よって、技術史を複数扱うことができれば2.0点、一つでも扱うことができれば1.0点、扱うことができない場合は0点とした。

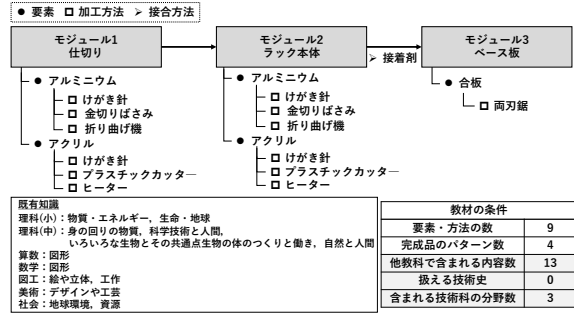


図5 教材の分析

⑤ 包含している分野数

CiNii を用いて「教材 技術教育 複合」で検索し、中学校技術科で複数分野を扱うことができる教材の先行研究(計6件)を調査した。調査の結果、松本ら³⁹⁾はデジタルオーディオアンプ教材により「木材加工、金属加工、プラスチック加工、電気、情報処理」の5分野を扱っており、最も多い分野数であった。よって、現実的に一つの教材で扱うことができる分野数の目安になると判断し、5分野を基準として正規化することで2.0点満点とした。

作成した判定表の評価目安をもとに、教材の得点を計算するためのアプリケーションを図3のように制作した。教材の条件を入力フォームに入力し、算出ボタンを押すことで、自動で得点を集計することができる。この得点が高くなるほど転移可能性が高い教材であると考えられる。

4. 要件に基づいた学習モデル

3章で示した要件に基づいて、具体的な教材の学習モデルについて検討を行った。検討を行った教材は、教科書³³⁾の実習例(材料と加工)に記載されているペン立て・リモコンラックである。対象とする教材を図4に示し、要件の判定を行うための分析を図5に示す。なお、分析した結果をもとに判定を行った結果、得点は4.5点であった。

要件を基に想定できる学習モデルを、材料と加工の内容知である「材料の種類・性質・用途」の中でも「木材」を中心に検討した。

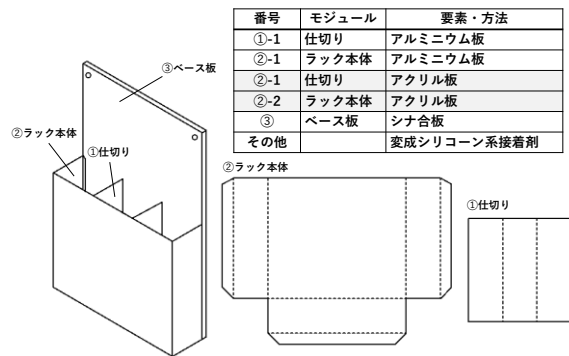


図4 ペン立て・リモコンラック

モデル1: 既存知識に基づく学習

木材の性質の既存知識として想定できるのは、小学校理科6年「植物の養分と水の通り道」で学習する道管と師管についての知識である。木も道管や師管により、ストローを束ねたような繊維構造をしている。そのため、繊維方向によって木材の強度は異なり、繊維方向を意識した加工や使用が必要である。対象とした教材では、ベース板は壁に掛けやすいように薄い板の方が望ましい。よって、木材の繊維方向を交互に重ね合わせることで強度を高めた合板を利用している。道管や師管を既存知識として学習することで、木材の繊維方向を理解しやすくなるとともに、木材の性質を考える際に植物の体のつくりという一般の原理を当てはめて考える学習が可能である。

モデル2: 対比事例を扱う

対象の教材で扱える要素は、合板・アルミニウム・アクリルである。木材は、金属やプラスチックと異なり、対象教材のラックや仕切りのような曲げる加工は難しい。よって、塑性変形による曲げ加工が可能な金属や熱による曲げ加工が可能なプラスチックが材料の性質上適している。よって、3つの材料を使用することで材料の性質を比較・選択する学習が可能である。方法に関しても、材料の切断では、木材・アクリルは切削加工(鋸, プラスチックカッター)であるのに対し、アルミニウムはせん断加工(金切りばさみ)である。一方、木材は切削時に木くずが出るため、あざりと呼ばれる構造をしていることから、切りしろを想定して切断する必要がある。このように、数種類の加工方法が体験できることで、材料の性質に合わせた加工方法を比較・選択する学習が可能である。

モデル3: 複数の文脈を想定する

対象の教材では、ラック本体及び仕切りにアルミニウムかアクリルを選択することができる。自らの目的や使用条件に合わせ、見た目等のデザインや価格等の経済性から選択することもできれば、中に入れるものが見やすいように透明のアクリルを選択するといった機能面からも考えることができる。このように、材料の性質を活かしながら使用目的や条件に合わせた作

品の製作や評価を行う学習が可能である。

モデル4：体制化を促す

対象の教材は、材料と加工で扱う木材加工・金属加工・プラスチック加工の分野全てを含んでいる。世の中にある製品等の人工物は、これらの加工技術に支えられていることを理解することができ、製品を評価する際にも材料と加工技術の視点から評価を行う必要性を学習することができる。

モデル1~4で示した学習のモデルは、必ずしも木材や金属といった特定の材料のみの性質や用途に関する知識を転移可能にするということの意味しない。検討したモデルは、新しい材料の性質や用途を考える上でも適用できるものであり、技術科固有の内容知である「材料の種類・性質・用途」が転移可能になることを目指すものである。このように、本研究で検討した技術科教材の要件は、2章で述べたように技術科固有の内容知を対象として、内容知が転移するための技術科教材の要件を検討したものである。

5. 教材評価の現状課題

中学校技術科は、1998年の学習指導要領から過当たりの標準授業時数は第1学年・第2学年で1時間、第3学年では0.5時間と他教科と比較して著しく少ない。更に、2008年の学習指導要領改訂では選択授業も廃止された。このような背景を受け、限られた授業の中で学習を行うためには複数の内容を学習できる複合的な教材が求められるとしている³⁹⁾。これは、技術教育に関する論文に多く取り入れられている考え方である。複合型教材は一つの教材中に、複数の領域を含んでおり、教科内容を多く包含している。しかし、単一教材であっても技術科の4領域全てを扱うように指導計画を作成するため、3年間で学習する教科内容は複合型教材を用いることで変化するわけではない。よって、教科内容を十分教える時間を確保する必要があることに差異はないため(図6)、単に複合型教材を利用することで授業時数の短縮につながるという議

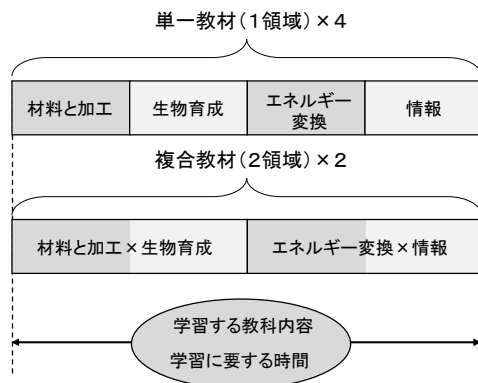


図6 単一教材と複合型教材の比較

論はできないはずである。複合型教材に対する解釈に齟齬が生まれる原因として、授業や教材の評価に授業時数の視点を取り入れていないことが考えられる。日本産業技術教育学会誌の5年間分(2015-2019年)の実践研究(計53件)を概観しても、授業時数に関する考察を含むものはわずか5件であり、中でも学習効果と授業時数を結び付けて評価しているものは確認できなかった。米国学術研究推進会議⁴⁰⁾では、学習を評価するときは学習の効率について評価しなければならないとしている。

本稿においては、2-2節で述べた通り転移可能性の高い教材の要件について検討するものであり、授業時数を考慮した分析は行わなかった。しかし、本稿で得られた知見を踏まえ、教材の効果を授業実践により評価する際には、授業時数に対して転移可能な概念をどの程度身につけることができたかによって評価を行う方向性を検討している。想定している転移可能な概念とは、4章で提案したモデルを表1で示した技術科固有の内容知に基づいて実行できる知識及び態度である。よって、式2で示すような関係によって教材評価が可能な指標を作成する必要がある。

$$p = n_T / h \quad (2)$$

p : 教材・授業の評価指数

n_T : 獲得した転移可能な概念数

h : 授業時数

6. 課題と展望

本稿では、技術科教材を認知心理学の視点から検討し、学習した内容が転移する可能性の高まる教材の要件を分析した。その結果、得られた転移可能性が高い教材の要件は以下の通りである。

- (1) 既有知識による技術の理解が可能な教材
- (2) 要素の類推及び比較が可能な教材
- (3) 生徒の構想を実現(設計・改良)できる教材
- (4) 技術の歴史的な脈を理解できる教材
- (5) 技術概念の体制化が促される教材

上記の知見は技術科教材を開発する上で、一つの示唆を与えるものであると考えられる。しかし、実践による分析や各要件の因果モデルについて検証できていないため、要件の信頼性を担保することはできていない。今後は、提案した要件及び判断基準を参考に転移を評価するための指標を作成し、実践を通して要件の妥当性を検証していく必要がある。その観点から、5章で示したように教材・授業評価で活用できる知見を得ていく。また、提案した要件が他教科の学習に与える影響についても検討し、更なる展開を模索すること

を今後の展望とする。

参考文献

1. 文部科学省：中学校学習指導要領解説技術・家庭編（2017）
2. 中央教育審議会：幼稚園，小学校，中学校，高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について（答申），pp.179-180（2016）
3. 羽生義正：現代学習心理学要説，北大路書房，p.215（1988）
4. John Bransford・Ann L. Brown・Rodney R. Cocking：How People Learn Brain, Mind, Experience and school, National Research Council（2000）．（森敏昭・秋田喜代美（訳）：授業を変える：認知心理学のさらなる挑戦，北大路書房，p.51（2002））
5. 白水始：認知科学と学習科学における知識の転移，人工知能学会，第27巻，第4号，pp.347-358（2012）
6. 山崎貞登・本佐貫哲・松田健一・有村修次・南信一：技術的能力の構造解析，日本産業技術教育学会誌，第35巻，第1号，pp.17-23（1993）
7. 上之園哲也・森山潤：技術科教育における生活応用力の形成に関する因果モデルの検討，科学教育研究，第37巻，第1号，pp.127-136（2013）
8. 上之園哲也・森山潤：技術科教育における生活応用力の育成に効果的な実践形態の検討，日本教科教育学会誌，第35巻，第2号，pp.127-136（2012）
9. 大迫靖雄・本田祐紀：技術科教育における教材開発に関する研究（I）－岡山秀吉による手工科教育における教材論－，熊大教育実践研究，第21号，pp.13-17（2004）
10. 上之園哲也・森山潤：技術科教育における生活応用力を育成する学習指導方法に関する研究課題の展望，学校教育学研究，第24巻，pp.127-136（2012）
11. 鈴木賢治：技術教育学序説，合同出版，pp.153-154（2011）
12. 日本産業技術教育学会：21世紀の技術教育（改訂），日本産業技術教育学会誌，第54巻，第4号別冊，pp.1-7（2012）
13. 藤岡信勝：授業づくりの発想 付・私の教材開発の歩み，日本書籍，pp.30-38（1991）
14. 鈴木秀一：教授学研究の方法論について，小樽商科大学人文研究，第14号，pp.1-20（1957）
15. D.N. Perkins & Gavriel Salmon：Are cognitive skills context-bound?，Educational researcher，pp.16-25（1989）
16. John Bransford・Ann L. Brown・Rodney R. Cocking：同掲書（4），p.53（2002）
17. 森繁昭・岡直樹・中篠和光：学習心理学 理論と実践の統合をめざして，培風館，pp.172-178（2011）
18. 羽生義正：同掲書（3），p.221（1988）
19. Michael Polanyi：THE TACIT DIMENSION，Routledge & Kegan Paul Ltd（1966）．（佐藤敬三（訳）：暗黙知の次元，紀伊國屋書店，pp.13-47（1980））
20. John Bransford・Ann L. Brown・Rodney R. Cocking：同掲書（4），pp.53-64（2002）
21. Dedre Gentner・Jeffrey Loewenstein・Leigh Thompson：Learning and Transfer:A General Role for Analogical Encoding，Journal of Educational Psychology，vol.95, No.2, pp.393-408（2003）
22. 羽生義正：同掲書（3），pp.224-225（1988）
23. 佐藤浩一：学習支援のツボ 認知心理学者が教室で考えたこと，北大路書房，pp.91-93（2014）
24. 鳥居拓馬・日高昇平・小林瞭：地図未知な案内課題における知識の転移 知識転移の確信度の分析，日本認知科学会第36回大会要旨集，pp.487-492（2019）
25. 池尻良平・藤本徹・椿本弥生・山内祐平：歴史的現象を現代の問題解決に応用する力を育成する教材のデザインと評価，教育メディア研究，第19巻，第1号，pp.1-12（2012）
26. 前田浩平・紅林秀治：技術史を取り入れた中学校技術科「エネルギー変換に関する技術」の授業，静岡大学教育学部附属教育実践総合センター紀要，第24号，pp.77-84（2015）
27. 辰野千尋：学習方略の心理学 賢い学習者の育て方，図書文化，pp.32-37（1997）
28. 紅林秀治・青木浩幸・室伏春樹・江口啓：自立型3モータ制御ロボット教材を用いた授業による学習効果の検討，日本産業技術教育学会誌，第51巻，第3号，pp.195-202（2009）
29. 竹野英敏：ものづくりの教育方法と教材の提言，日本科学教育学会年会論文集，第36巻，pp.35-38（2012）
30. 木村英紀：世界を動かす技術思考，講談社，p.20（2015）
31. 室伏春樹：総合的な問題に対応するプロセスシステム教材の提案，日本産業技術教育学会第61回全国大会（信州）要旨集，p.59（2018）
32. 佐竹隆顕・他10名：技術・家庭 技術分野，教育図書（2016）
33. 安藤茂樹・他71名：技術・家庭 [技術分野]，開隆堂（2016）
34. 田口浩継・他64名：新しい技術・家庭 技術分野，東京書籍（2018）
35. 向坊隆：基礎工学概説 岩波講座 基礎工学 0，岩波書店，p.24（1968）
36. 紅林秀治：設計を中核とした技術教育の提案，教科開発学論集，第3号，pp.151-158（2015）
37. John Dewey：The School and Society，revised edition（1915）．（宮原誠一（訳）：学校と社会，岩波書店，pp.17-47（1957））
38. 横山駿也：中学校技術・家庭科における問題解決能力を育成するための電気回路題材の開発，日本産業技術教育学会，第61巻，第3号，pp.231-236（2019）
39. 松本金矢・古市裕太・中西康雅：技術教育のための総合的な材料加工教材の提案，三重大学教育学部附属教育実践総合センター紀要，第33号，pp.45-50（2013）
40. John Bransford・Ann L. Brown・Rodney R. Cocking：同掲書（4），p.76（2002）