

広島大学学術情報リポジトリ

Hiroshima University Institutional Repository

Title	小学校理科教科書におけるものづくりの扱いに関する一考察
Author(s)	寺本, 貴啓; 中村, 大輝; 三井, 寿哉; 山中, 謙司
Citation	学習開発学研究, 14 : 23 - 31
Issue Date	2022-03-30
DOI	
Self DOI	10.15027/52279
URL	https://ir.lib.hiroshima-u.ac.jp/00052279
Right	Copyright (c) 2022 広島大学大学院人間社会科学研究科学習開発学領域
Relation	



小学校理科教科書におけるものづくりの扱いに関する一考察

寺本 貴啓¹・中村 大輝²・三井 寿哉³・山中 謙司⁴

(2022年1月10日 受理)

Description Analysis of Craft Activities in Japanese Elementary School Science Textbooks

Takahiro TERAMOTO, Daiki NAKAMURA, Toshiya MITSUI and Kenji YAMANAKA

Abstract: The purpose of this research was to clarify the actual condition of handling of craft activity in elementary school science textbooks. As a result of analyzing craft activity made from textbooks, it became clear that every publisher handled relatively many kinds of craft activity in the third grade. In addition, as a result of the crosstabulation, there is a trend difference in how craft activity handles the nature and work of the craft work, depending on the publishing company, and opportunities to make people think of nature and work in lesson of grade 6 less than other grade.

Key words: science education, craft activity, textbook analysis, bayesian statistics

キーワード: 理科教育, ものづくり, 教科書分析, ベイズ統計

研究の背景および目的

近年、科学 (Science)、技術 (Technology)、工学 (Engineering)、数学 (Mathematics) の教育を統合した STEM 教育が、米国を中心に世界的な広がりを見せている。この背景には、科学技術人材の不足に対する危機感が影響していると考えられる (堀田, 2011)。一方、我が国においては、米国と異なる背景から、理科教育における技術・工学的要素として、ものづくり活動が行われてきた。昭和 22 年版小学校学習指導要領 (試案) では、日常生活と理科の結びつきを意識させるために、各学年の理科において製作活動が位置付けられている (人見, 2017)。昭和 33 年版, 43 年版, 52 年版の各学習指導要領では、おもちゃ作りを中心としたものづくりが全学年の理科に位置づけられている (人見, 2017)。平成 10 年版, 平成 20 年版の学習指導要領では、「ものづくり」という表現が用いられるようになり、日常生活との関連に加えて、自然の性質や規則性を適用したものづくりをすることが示された (文部省, 1999; 文部科学省, 2008)。

平成 20 年版の学習指導要領解説理科編においては、小学校理科の改善の具体的事項 6 項目の一つとして、「(イ)『物質・エネルギー』については、... (中略) ...物質の性質などを活用してものづくりをしたりすることについての指導に重点を置いて内容を構成する。」とあるように、物質の性質などを活用したものづくりを行う重要性が述べられるようになった。ま

¹ 國學院大學

² 広島大学大学院教育学研究科

³ 東京学芸大学附属小金井小学校

⁴ 北海道教育大学

た、平成 29 年版の学習指導要領解説理科編においては、『A 物質・エネルギー』の指導に当たっては、実験の結果から得られた性質や働き、規則性などを活用したものづくりを充実させる…』とあるように、ものづくりをどのように行うか具体的に示されるようになり、学んだことの意義を実感できるようなものづくり活動が求められている（文部科学省，2018）。このように、日本におけるものづくりは、各単元で学習した物質の性質や働き、規則性などを活用したものづくりを充実させ、実感を伴った深い理解に方向づけられていることが読み取れる。

一方で、ものづくりには、課題も指摘されている。国内におけるものづくり活動の課題を示すものとして、平成 27 年度全国学力・学習状況調査報告書小学校理科（国立教育政策研究所，2015）がある。この報告書では、指導改善のポイントとして「ものづくりで用いた性質や働きを明らかにすることが大切である」と示されており、ものづくりの計画段階においては、「性質」と「働き」を意識して、設計図を作成することが重要であるといえる。当該報告書では「性質」と「働き」の定義が明確化されていないものの、用例として「電磁石と磁石の同極が退け合う性質」「磁石の性質と電磁石の導線に電流を流したときの電流の働き」といった表現が用いられている。これらの用例を基に本研究では、性質を「自然事象や法則」、働きを「性質を活用した結果得られる反応」と規定し研究を進める。性質の具体例としては、電磁石において、「異極では反発し同極では引きつける」、「電気を流した間だけ磁石のようになる」ことなどが挙げられる。働きの具体例としては、磁石が反発する性質を使って「浮かせる」「動かす」こと、引きつける性質を使って「持ち上げる」ことなどが挙げられる。

これまでに述べた学習指導要領の変遷やものづくりの目的と併せて考えれば、ものづくり活動は単なる製作活動で終わるのではなく、「性質」と「働き」を意識させることで、実感を伴った深い理解を実現することが重要だと言える。

また、先述の学力調査で課題が指摘されていたにもかかわらず、平成 30 年度全国学力・学習状況調査報告書小学校理科（国立教育政策研究所，2018）では、メダカの水槽の水温が上がりすぎないように光電池とプロペラのついたモーターを使って温度を下げるための方法を考える問題（大問 3-4）において課題が認められ、今後の授業改善として、学んだことを基にしたものづくりへの適用ができるようにする重要性が述べられている。また、その方法として、「ものづくりの目的や獲得した知識をものづくりにどのように活用するかを明らかにするとともに、できたものが目的に合ったものになっているかを振り返り、設定した目的に対して、計測し、制御する学習活動を保障すること（国立教育政策研究所，2018）」が挙げられ、ものづくりの目的の重要性が強調されている。

これら、ものづくりの指導の実態としては、ものづくりの完成品を写真やイラストで紹介するだけにとどまり、既習事項である性質をどのように活用しているのか、既習の性質を使ってどのように動かそうとしているのかという、「性質」や「働き」を意識することなく教科書に載っている作品をそのまま作る事例や、教材会社のもので作りキットに頼り、「作って終わり」となる事例が多く見受けられる。例えば寺田（2014）は、ものづくりの最終目標が「製作物」になってしまい、できないで終わっているという実態を指摘している。

これまでに述べたものづくりの本来の目的と実態の乖離を生む原因の 1 つに、教科書の表記が考えられる。ものづくりを行う際、教師は教科書や教師用指導書において紹介されているものづくりの事例を参考にしている。特に、学校教育法において使用が義務付けられている教科書の表記は学校におけるものづくり活動に影響を与える。教科書におけるものづくりの扱われ方を分析することで、前述の実態の原因についての示唆を得ることができると考える。

以上を踏まえ、本研究は、現行の教科書におけるものづくりを、「性質や働きの扱い方」という観点から評価することで、「ものづくり」の本来の趣旨と教科書における扱われ方の乖離やその原因を明らかにすることを目的とする。

研究の方法

本研究の目的を達成するために、以下の手順で研究を進めた。①分析対象となる教科書の選定を行った。②本研究におけるものづくりを明確化し、教科書からものづくりを抽出する際の基準を設定した。③抽出したものを分類するための評価の観点を検討した。④これらの基準や観点に基づき、ものづくり作品の抽出・分類を実施した。

分類に際しては、理科教育を専門とする研究者 1 名（第一著者）と、国立小学校の教員 1 名（第三著者）、公立小学校の教員 1 名（第二著者、調査実施時）で検討を行い、分類を行った。1 回目の分類の際には、執筆者間の評価の一致度（評価方

法の信頼性)を検討するために、Fleiss の κ 係数を算出した。その後、分類が一致しなかった箇所については協議の上、修正を行い、分類を統一した。最後に、基礎的な集計を行った上で、量的分析を通して、小学校理科教科書におけるものづくりの扱いの特徴について検討した。具体的には、「教科書会社」「学年」「ものづくりの場面」によって、「ものづくりの扱われ方」にどのような違いがあるのかを分析し、それぞれの特徴を検討した。ここでの「ものづくりの扱われ方」とは、ものづくりの各事例において、「性質」や「働き」がどの程度意識された表記になっているかの程度を指す。

量的分析に際しては、はじめにクロス集計表を作成した。次に、クロス集計だけでは数字の大小を比較することができないため、ベイズ統計に基づく分析手法を用いて数字を比較可能にした。従来、2変数のクロス集計表に対する分析としては、期待度数と観測度数のずれの大きさ(残差)を p 値を用いた統計的検定によって評価するのが一般的な方法である。しかし、近年、 p 値の誤用が問題視され(e.g., Wasserstein & Lazar, 2016)、代替方法としてベイズ統計に基づく分析が推奨されていることを受け(大久保, 2016)、本研究では p 値を使用せずベイズ統計に基づき残差を分析する¹⁾。

すべての量的分析においてはソフトウェアとして R (ver. 3.5.0) および RStudio (ver. 1.0.136) を使用し、 κ 係数の算出に際しては irr パッケージ (ver. 0.8.4)、ベイズ推定に際しては rstan パッケージ (ver. 2.17.2) を追加で使用した。

結果および考察

1. 教科書の選定

小学校教科書目録(平成30年度使用)(文部科学省, 2017)に示された6社24冊の教科書を選定し、分析の対象とした。6社とは目録の掲載順に、東京書籍株式会社、大日本図書株式会社、学校図書株式会社、教育出版株式会社、一般社団法人信州教育出版社、株式会社新興出版社啓林館である。なお、本研究は児童が使用する教科書に着目するものであることから、教師用指導書や資料等は分析の対象から除外した。

2. ものづくりの抽出

平成20年度版の学習指導要領において、ものづくりは、内容の「A物質・エネルギー」の指導に当たって、第3学年は3種類以上、第4学年から第6学年までは2種類以上のものづくりを行うものと示されている。しかし、教科書の発行前に文部科学省の教科書調査官によって審査される教科書検定では、どのような事例がものづくりとしてカウントされるかという具体的な基準は明らかにされていない²⁾。そのため、教科書会社各社はいくつかの事例をものづくりとして各会社独自で判断し、カウントして教科書検定に臨んでいるのが現状である。つまり、各教科書会社がものづくりとして判断しカウントしているものづくりの事例と、教科書調査官による教科書検定でカウントされる事例は必ずしも一致していないといえる。

本研究では、各教科書会社の教科書に掲載されているものづくりの事例を抽出する必要がある。その際、本来は教科書検定上での基準に従って判断するべきであるが、上述の通り、教科書に掲載されているどの事例がものづくりと認定されているかはわからないため、ものづくりの事例としての正確な判断はできない。

そこで、本研究におけるものづくりの抽出基準として、以下の2点を設定した。そして、2つの条件を満たす事例をものづくりとして教科書から抽出することにした。

- | |
|------------------------------|
| ①児童が作ることが可能な作品である |
| ②紹介している作品について、教科書中に文章での言及がある |

なお、児童が作ることが可能な作品とは、ものづくりとして明示されているものだけではなく、学習活動の導入で製作するものや、日常生活における事例紹介でも、該当単元内で児童がものづくりとして製作可能なもの(例えば、風鈴や風見鶏)も含む。また、他教科で登場したものづくりであっても、該当単元で再度活用できるものも対象に含めた(例えば、風とゴムの働きの単元における、生活科で学んだ「ゴムと厚紙を使ったカエル」)。一方、太陽光発電所など、児童が作ることが明らかに不可能なものや、作品の写真のみで、文章での言及がまったくないものは対象から除外した。

ものづくりの抽出に際しては、場面ごとの特徴を分析することを意図して、ものづくりがどのような場面で紹介されているのかも併せて記録した。先行研究において、ものづくりの場面は、学習の過程に沿った分類（e.g., 伊藤・平賀, 2013）と、ものづくりの目的に沿った分類（e.g., 寺田, 2014）の2種類の観点で整理されてきた。これを踏まえ、本研究では、第一に前者の方法で分類を行い、分類できないものを後者の分類で整理するという二段階の分類を行った。学習の過程に沿った分類のカテゴリーとしては、「導入」「学習活動」を設定した。具体的には、単元の冒頭で示されたものづくりは「導入」、単元の学習活動中に紹介されたものづくりは「学習活動」として分類した。次に、これらの方法で分類できなかったものづくり（i.e., 学習の過程に位置づけられていないものづくり）をものづくりの目的に沿って分類した。ものづくりの目的に沿った分類のカテゴリーとしては、「資料」「あそび」「発展」を設定した。具体的には、ゲームのような形で遊ぶことに主眼を置いているものづくりは「あそび」、小学校での学習内容を越えた発展的な内容を含むものづくりは「発展」、その他、学習活動には直接関わらないが子供が制作することに主眼を置いているものは「資料」として分類した。分類に際しては、教科書上の記載箇所や記載内容を判断の根拠とし、すべてのものづくりが分類可能であることを執筆者全員で確認した。

3. 評価の観点

抽出したものづくりから課題を見出すためには、教科書におけるものづくりの扱われ方（表記のされ方）に関する評価の観点を定めて集計することが必要となる。平成27年度全国学力・学習状況調査から明らかになったものづくりの課題（国立教育政策研究所, 2015）を踏まえれば、抽出したものを教科書における「性質や働きの扱い方」という観点から評価することが考えられる。そこで本研究では、評価基準として以下の3分類を設定し、抽出したものづくりの扱われ方を評価した。

- a分類：作品の紹介（作り方を説明している）
- b分類：作品の性質や働きを“解説している”
- c分類：作品の性質や働きを“考えさせている”

a分類の「作品の紹介」とは、遊び方の紹介をしている事例や、作り方の説明にとどまっている事例など、性質や働きについての記述がないものを指す。例えば、写真や図で完成したおもちゃのみを説明なしに示しているものはa分類に当たる。

b分類の「作品の性質や働きを“解説している”」とは、性質や働きについて説明する記述のあるものを指す。a分類が作品を紹介するのみであったのに対して、b分類は、性質や働きを説明する記述があるという点で明確に区別される。例えば、磁石の反発を利用したおもちゃの場合、異極では反発するという性質についての説明や、反発を繰り返すことでおもちゃが揺れるという働きについて説明しているものはb分類に当たる。ただし、性質と働きの片方のみを説明している場合でも、b分類とした。

c「分類の作品の性質や働きを“考えさせている”」とは、性質や働きについて自ら考えることを促す記述があるものを指す。b分類が性質や働きを一方向的に説明していたのに対して、c分類は、性質や働きを考えることを学習者に求める記述があるという点で明確に区別される。例えば、コイルモーターの作成に関して、「電流の向きを変えると、回り方はどう変わるだろう」のように、働きを考えるよう促しているものはc分類に当たる。ただし、性質と働きの片方のみを考えさせている場合でも、c分類とした。

前述の指導改善のポイントを踏まえれば、a分類よりもb分類、b分類よりもc分類が望ましいと考えられる。ただし、ものづくりには教材の紹介も一定数必要ではあるため、必ずしもa分類があることが問題という意味ではない。また、本研究では、性質を「自然事象や法則」、働きを「性質を活用した結果得られる反応」ととらえている。

4. 基礎集計

前項までに示した基準に基づきものづくりを計196個抽出した。抽出したものを教科書会社や学年ごとに整理した結果を表1に示す。

表1 抽出したもののづくりの基礎集計

	第3学年	第4学年	第5学年	第6学年	合計
A社	16	9	8	5	38
B社	16	6	2	2	26
C社	19	8	10	3	40
D社	15	5	8	3	31
E社	15	5	8	4	32
F社	12	5	9	3	29
合計	93	38	45	20	196

表1より、どの教科書会社の教科書も第3学年において相対的に多くのものづくりを扱っていることが読み取れる。これは、平成20年版の小学校学習指導要領解説理科編において、第4～6学年の「A 物質・エネルギー」の指導に当たっては「2種類以上のものづくりを行うものとする」とあるのに対して、第3学年では、「3種類以上のものづくりを行うものとする」とされていることに起因すると考えられる。すなわち、学習指導要領に合わせて、各社が第3学年において相対的に多くのものづくりを扱っていると解釈できる³⁾。

次に、前項で検討したa～cの分類の視点に基づき、抽出したものを分類した。分類作業は、「2. 研究の方法」に示す3名の評価者で複数回にわたり実施した。1回目の分類の際には、評価者間の評価の一致度（評価方法の信頼性）を検討するために、Fleissの κ 係数を算出した。なお、評価者間で評価が分かれるような評価基準はその信頼性に問題があり、評価基準を見直す必要性が生じる。

1回目の分類における3人の分類の一致度を示す指標として、Fleissの κ 係数を算出したところ、ものづくりの扱われ方については $\kappa=0.46$ 、ものづくりの場面については $\kappa=0.88$ という値が得られた。 κ 係数の判断基準についてLandis and Koch (1977)は、0.41以上で適度な一致、0.81以上でほぼ完璧な一致であるという判断基準を示している。よって、評価者間の評価は十分に一致していると解釈でき、評価基準の信頼性が確かめられた。

5. 量的分析

前項までに検討した分類の視点に基づき、評価者間で分類が一致しなかった箇所について協議の上、分類が一致するまで修正を繰り返した。そして、抽出された1つのものづくりにつき1つの分類を決定した。本項では、こうして得られた分類を用いた量的分析を行う。

5.1 教科書会社ごとの特徴

はじめに、教科書会社によるものづくりの扱われ方の違いを検討するために、「教科書会社」と「ものづくりの扱われ方」のクロス集計を行った。結果を表2に示す。

表2 教科書会社×ものづくりの扱われ方

	a分類	b分類	c分類	合計
A社	33	3	2	38
B社	6	8	12	26
C社	18	8	14	40
D社	13	12	6	31
E社	22	6	4	32
F社	11	15	3	29
合計	103	52	41	196

表2を横に見ると、教科書会社によってa~c分類のものづくりの個数は異なるように見える。しかし、教科書会社によって、掲載されているものづくりの合計数は異なる上、a~c分類の合計数も異なるため、このままでは「6つの教科書会社×3つの分類」のうち、どの組み合わせが多く出現しているのか比較できない。そこで、縦の合計数と横の合計数から期待値を求め、期待値と実際の個数とのずれの大きさ（残差）を求めることで、どの組み合わせが多く出現するかを検討することにした。残差をベイズ推定した結果を表3に示す⁴⁾。

表3 残差 e の推定値(上段) および確率(下段)

	a 分類	b 分類	c 分類
A 社	0.20 △(+ 100%)	-0.15 ▼(- 100%)	-0.14 ▼(- 100%)
B 社	-0.14 ▼(- 100%)	0.03 (+ 68%)	0.18 △(+ 100%)
C 社	-0.04 (- 84%)	-0.05 (- 86%)	0.12 △(+ 99%)
D 社	-0.05 ▼(- 90%)	0.08 △(+ 94%)	-0.05 (- 61%)
E 社	0.08 △(+ 97%)	-0.05 (- 87%)	-0.07 ▼(- 91%)
F 社	-0.07 ▼(- 95%)	0.17 △(+ 100%)	-0.08 ▼(- 94%)

Cramer's $V = 0.35$, WAIC = 91.34

表3では、行に教科書会社、列にものづくりの扱われ方を示している。また、それらが交わるセルの上段に残差の推定値、下段に残差が正の値または負の値になる確率を示している。上段に示す残差が正の場合は、ものづくりの事例数が全体（6社×3分類）の中で相対的に多いことを意味し、負の場合はものづくりの事例数が相対的に少ないことを意味する。なお、表3では確率が90%を超えて多いセルに△を、少ないセルに▼を付している。

例えば、表3の一番左上のセルに注目すると、A社の教科書において、a分類のものづくりは100%の確率で残差が正であることが読み取れ、b・c分類のものづくりは100%の確率で残差が負であることが読み取れる。このことから、A社の教科書は他の教科書会社に比べてa分類が多く、b・c分類が少ない傾向にあると解釈できる。反対に、B社のb分類は残差が正である確率が68%と低く、この組み合わせが多いとは言えない。

このようにして、各社の特徴を整理すると、すべての教科書会社で、多かたたり少なかたたりする分類が存在することが分かる。これらのことから、ものづくりは教科書会社によって、作品の性質や働きをどのように扱うかという点で傾向差が存在するといえる。なお、c分類が相対的に多かたたりしたB社やC社では、キャラクターの台詞や問題として「○○の性質をもとに説明してみましょう」といった表記が見られ、作品の性質や働きについて考えることを促していた。

5.2 学年ごとの特徴

次に、学年によるものづくりの扱われ方の違いを検証するために、「学年」と「ものづくりの扱われ方（6社の合計数）」のクロス集計を行った。結果を表4に示す。また、表4の数値を比較可能にするために、期待値と実際の個数とのずれの大きさ（残差）をベイズ推定した推定値とその確率を表5に示す⁵⁾。

表4 学年×ものづくりの扱われ方のクロス表

	a 分類	b 分類	c 分類	合計
第3学年	47	28	18	93
第4学年	19	5	14	38
第5学年	22	15	8	45
第6学年	15	4	1	20
合計	103	52	41	196

表5 残差 e の推定値(上段) および確率(下段)

	a 分類	b 分類	c 分類
第3学年	-0.01 (- 65%)	0.04 (+ 84%)	-0.03 (- 73%)
第4学年	-0.02 (- 65%)	-0.10 ▼(- 98%)	0.14 △(+ 99%)
第5学年	-0.02 (- 72%)	0.06 (+ 87%)	-0.03 (- 73%)
第6学年	0.08 △(+ 97%)	-0.03 (- 75%)	-0.09 ▼(- 97%)

Cramer's $V = 0.20$, WAIC = 62.41

表5より、第4学年においてb分類のものづくりは、98%の確率で残差が負であること、c分類のものづくりは、99%の確率で残差が正であることが読み取れる。よって、第4学年の教科書においてb分類が少なくc分類が多い傾向にあると解釈できる。

第6学年においてa分類のものづくりは、97%の確率で残差が正であること、c分類のものづくりは、97%の確率で残差が負であることが読み取れる。よって、第6学年の教科書においてa分類が多くc分類が少ない傾向にあると解釈できる。また、現行小学校理科教科書の課題として、第6学年のものづくりにおいて、作品の性質や働きを考えさせる記述が他の学年よりも少ないことが指摘できる。

5.3 場面ごとの特徴

次に、ものづくりの場面による扱われ方の違いを検討するために、「ものづくりの場面」と「ものづくりの扱われ方(6社の合計数)」のクロス集計を行った。結果を表6に示す。また、表6の数値を比較可能にするために、期待値と実際の個数とのずれの大きさ(残差)をベイズ推定した推定値とその確率を表7に示す³⁾。

表6 ものづくりの場面×ものづくりの扱われ方のクロス表

	a 分類	b 分類	c 分類	合計
導入	17	0	1	18
学習活動	9	5	18	32
資料	1	3	0	4
あそび	68	40	16	124
発展	8	4	6	18
合計	103	52	41	196

表7 残差 e の推定値(上段) および確率(下段)

	a 分類	b 分類	c 分類
導入	0.15 △(+ 100%)	-0.13 ▼(- 100%)	-0.08 ▼(- 96%)
学習活動	-0.13 ▼(- 100%)	-0.08 ▼(- 94%)	0.28 △(+ 100%)
資料	-0.06 ▼(- 91%)	0.10 △(+ 95%)	-0.03 (- 77%)
あそび	0.03 (+ 87%)	0.08 △(+ 98%)	-0.14 ▼(- 100%)
発展	-0.04 (- 80%)	-0.02 (- 67%)	0.08 (+ 89%)

Cramer's $V = 0.34$, WAIC = 69.80

表7より、導入の場面において、a分類のものづくりは、100%の確率で残差が正であること、b分類のものづくりは、100%

の確率で残差が負であること、c分類のものづくりは、96%の確率で残差が負であることが読み取れる。このことから、導入の場面においては、a分類が多くb・c分類が少ない傾向にあると解釈できる。

同様に、表7の結果から、学習活動の場面においては、a・b分類が少なく、c分類が多い傾向にあること、資料のページでは、a分類が少なくb分類が多い傾向にあること、あそびのページでは、b分類が多くc分類が少ない傾向にあることが解釈できる。一方、発展の場面においては、ものづくりの扱われ方との関連は見られなかった。

導入においてa分類が多いのは、単元の初期の段階においては、性質や働きを示しても学習者は理解できず、また、知識の不足から性質や働きを考えさせることが困難であるためだと考えられる。そのため、単元が進み、学習活動の場面になると、性質や働きを学習者に考えさせるc分類が増えている。また、資料やあそびの場面では、学習者に作品の例を紹介することに主眼が置かれているため、作品の性質や働きを紹介するにとどまるb分類が多いのだと考えられる。

結論

本研究の目的は、現行の教科書におけるものづくりについて、「性質や働きの扱い方」という観点から評価することで、ものづくりの本来の趣旨と教科書における扱われ方の乖離やその原因を明らかにすることであった。ものづくりを教科書から抽出する基準として、①児童がつくることが可能な作品である、②紹介している作品について、教科書中に文章での言及があるという2点を設定した上で、現行小学校理科教科書からものづくりを抽出した。その結果、計196個のものづくりが抽出された。まず、抽出されたものづくりを集計した結果、どの出版社も第3学年において相対的に多くものづくりを扱っていることが明らかになった。

つぎに、抽出したものづくりを、作品の「性質や働きの扱い方」という観点から3段階で評価した。そして、「教科書会社」と「ものづくりの扱われ方」のクロス集計を分析した結果、ものづくりは教科書会社によって、作品の性質や働きをどのように扱うかという点で傾向差が存在することが明らかになった。つぎに、「学年」と「ものづくりの扱われ方」のクロス集計を分析した結果、第6学年のものづくりにおいて、作品の性質や働きを考えさせる記述が他の学年よりも少ないことが明らかになった。最後に、「場面」と「ものづくりの扱われ方」のクロス集計を分析した結果、学習活動の場面では作品の性質や働きを考えさせる記述が見られるものの、作品を紹介する資料やあそびの場面では、作品の性質や働きを紹介するにとどまることが明らかになった。

これらの実態を踏まえれば、小学校理科教科書におけるものづくりの課題として、各単元にc分類が一定数必要であるにもかかわらず、学年によっては紹介数が不足していること、教科書会社によっては「性質」と「働き」を明示したり、考えさせたりするような表記の工夫に重点が置かれていないことが指摘できる。

最後に、本研究の限界について述べる。本研究では、教科書のみを分析の対象としており、教師用指導書や資料は検討していない。また、実際の理科授業においてもものづくりがどのように扱われているかの実態も検討していない。今後は本研究で得られた知見を基盤とし、上記の点に留意しながら更なる研究を蓄積する必要があると考える。

註釈

- 1) ベイズ統計に基づく分析方法の具体については、豊田(2016)を参照されたい。
- 2) 教科書検定上では、学習指導要領に則ったものづくりとして数が満たされているかどうかのみ判断される。
- 3) 学習指導要領や教科書検定におけるものづくりの判断基準は公開されておらず、本研究におけるものづくりと基準が同じかについては検討ができない。しかし、ものづくりという同じ概念を評価している以上、数値の相対的な大小に違いは生じないと考え、このような解釈を行った。
- 4) ベイズ推定に際しては長さ21000のチェーンを5つ発生させ、バーンイン期間を1000とし、マルコフ連鎖モンテカルロ法(MCMC法)の1つの手法であるハミルトニアンモンテカルロ法(HMC法)によって得られた100000個の

乱数で事後分布, 予測分布を近似した。ここで, チェインとは HMC 法によって発生させた乱数列のことを指し, パー
ンイン期間とは事後分布に従わない初期の乱数を捨てる期間のことを指す。また, 事前分布には無情報事前分布 (一様
分布) を用いた。なお, 収束判定指標 R_{hat} はすべてのパラメータにおいて $R_{hat} < 1.1$ であり, 母数・生成量の全てに
関して有効標本数が十分な数であったことから, 適切に推定できていると判断した。

付記

本論文は, 鈴木和弥 (2016) 「理科の授業における性質と働きを意識したものづくりに関する研究」(國學院大學卒業論文)
を参考に, 収集範囲を広げた再調査を実施した上で, 構成したものである。なお, 本論文の執筆・投稿ならびにオーサーシ
ップについては, 当該著者から許諾を得ている。

引用文献

- 人見久城 (2017). 理科におけるものづくり活動の展開, 大高泉(編)「理科教育基礎論研究」318-331, 協同出版.
- 堀田のぞみ (2011). 科学技術政策と理科教育—初等中等段階からの科学技術人材育成に関する欧米の取組み—, 科学技術
政策の国際的な動向, 121-134, 国立国会図書館.
- 伊藤直子・平賀伸夫 (2013). 理科教育におけるものづくり活動の目的と効果, 日本科学教育学会年会論文集, 37, 338-339.
- 国立教育政策研究所 (2015). 平成 27 年度全国学力・学習状況調査報告書小学校理科. Retrieved from <http://www.nier.go.jp/15chousakekkahoukoku/report/data/psci.pdf> (accessed 2021.09.30)
- 国立教育政策研究所 (2018). 平成 30 年度全国学力・学習状況調査報告書小学校理科. Retrieved from <http://www.nier.go.jp/18chousakekkahoukoku/report/data/18psci.pdf> (accessed 2021.09.30)
- Landis, J. R. & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1), 159-174.
- 水本篤・竹内理 (2010). 効果量と検定力分析入門—統計的検定を正しく使うために—. Retrieved from <http://www.mizumot.com/method/mizumoto-takeuchi.pdf> (accessed 2021.09.30)
- 文部科学省 (2008). 小学校学習指導要領解説 理科編, 大日本図書.
- 文部科学省 (2017). 小学校教科書目録 (平成 30 年度使用). Retrieved from http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/kyoukasho/_icsFiles/afieldfile/2017/04/26/1384989_001.pdf (accessed 2021.09.30)
- 文部科学省 (2018). 小学校学習指導要領解説 理科編, 東洋館出版.
- 文部省 (1999). 小学校学習指導要領解説 理科編, 東洋館出版.
- 大久保街亜 (2016). 帰無仮説検定と再現可能性, 心理学評論, 59(1), 57-67.
- 寺田光宏 (2014). 理科教育における「ものづくり」の研究, 日本評論社.
- 豊田秀樹 (2016). はじめての統計データ分析—バイズの〈ポスト p 値時代〉の統計学—, 朝倉書店.
- Wasserstein, R. L., & Lazar, N. A. (2016). The ASA's statement on p -values: Context, process, and purpose. *The American Statistician*, 70, 129-133.