

学位論文要旨

理科における学習の転移に関する研究

— 中学生の実態を中心として —

広島大学大学院教育学研究科  
教育学習科学専攻 自然システム教育学領域

D195637 堀田晃毅

# I. 論文構成

## 序章 研究の背景と目的

### 第1節 学習の転移

### 第2節 教育における学習の転移の課題と本研究の目的

## 第1章 先行研究のレビュー及び本研究のリサーチクエスチョン

### 第1節 理科が関わる学習の転移に関する国内の先行研究の整理

### 第2節 学習の転移に関する海外の先行研究の整理

### 第3節 問題の所在

### 第4節 本研究のリサーチクエスチョン (RQs) と論文の構成

## 第2章 学習の転移の捉え方の規定

### 第1節 本研究における学習の転移の定義

### 第2節 学習の転移における文脈の規定

## 第3章 調査方法の開発

### 第1節 検討する学習の転移が生じる条件と先行研究における課題

### 第2節 調査方法の考案

### 第3節 予備調査の問題作成と実施

### 第4節 予備調査の結果

### 第5節 調査問題の改良

## 第4章 調査の実施

### 第1節 調査の実施概要

### 第2節 文脈の違いによる学習の転移の実態

### 第3節 学習の転移と知識・気づきの関係

### 第4節 躰きの質的検討

### 第5節 調査のまとめ

## 第5章 学習の転移を促す指導法への示唆

### 第1節 指導法への示唆

### 第2節 指導法への示唆を踏まえた授業展開の考案

## 終章 本研究の総括と今後の課題

### 第1節 本研究の総括

### 第2節 今後の課題

## 引用文献

## 巻末資料

## 謝辞

## Ⅱ. 論文要旨

### 序章 研究の背景

学習の転移とは、以前に学習した知識やスキルが、新しい知識やスキルの学習およびそれらを実践することに影響を与えることであり (Cormier & Hagman, 1987), 経験したことがある問題の解決方法を次の問題解決に適用, 促進することである (服部, 2016; 犬塚, 2018)。人の学習を対象とした研究領域における学習の転移の捉えは, 文献によって表現は異なるものの, 学習者の習得した知識や技能, 解決方法を異なる場面に活かすという点は共通であると考えられる。

学習の転移は教育においても重要とされており (Perkins & Salomon, 1994), 往々にして引き起こすべき教育目標として使われる (白水, 2012)。しかし, これまでの認知研究において, 学習の転移は生じにくいことが指摘されており (例えば, Bransford & Schwartz, 1999; 白水, 2012), 理科教育においても同様の課題が報告されている。例えば, 萩原・西川 (1999) は, 理科の学習において公式, 法則, 解法を一度教わっただけで解けるような問題は限られており, 学習場面と異なる状況の場合は解決不能となることが多いと述べている。

理科で学習した内容を異なる場面へ転移させることに課題がある一方, 近年の科学教育においては, 学習したことを応用して自然界や工学的な世界の現象を幅広い文脈で理解できるような生徒の育成が求められている (Kubsch, et al., 2020)。このような現状を踏まえると, 日本においても理科教育を通して学習の転移を促進することが重要であり, そのための研究を深める必要がある。

そこで, 本研究の目的を, 「理科における学習の転移の実態を明らかにし, 学習したことを授業のみならず, 日常生活等の場面でも転移させることができる生徒の育成を目指した有効な指導法への示唆を導出する」とした。なお, 学習の転移に関する研究では, 何が転移するのかについて明確にしておく必要がある。本研究では, 理科で学習する知識の転移を対象とする。

### 第1章 問題の所在及び本研究のリサーチクエスチョン (RQs)

理科が関わる学習の転移について, 国内外の研究のレビュー結果に基づき問題点を整理した結果, 大きく2つに集約された。1つ目は, 研究における学習の転移の捉え方が明確にされていないという問題である。学習の転移の捉え方として最も多く見られたのは, 「学習内容を他の文脈へ適用する」というものであるが, 「他の文脈」が「学習した文脈」とどの程度違うのかについては研究ごとに異なる。また, 先行研究における効果量について整理した結果, 同じ指導法でも文脈の違いによってその効果が異なる可能性があることを示した。

2つ目は, 学習の転移の実態を把握する際の調査方法が適切ではない可能性があるという問題である。海外の研究のレビューから, 題材が異なる問題を数種類準備しておくことや出題順, 調査を実施する時期の考慮が必要であることが窺える。本研究で収集した研究の中で多く見られた調査手法は調査用紙を用いた測定であったが, 出題内容や順序が生徒の実態把握に影響を及ぼすことが報告されている (Penuel et al., 2019)。特に, 学習者の転移の実態を授業前後で比較する際, 授業前後で使用する調査問題の題材を共通にするか否か, それぞれの長所や短所について考慮する必要がある。また, 測定時期についても検討する必要がある。また, Detterman (1993) の指摘を踏まえると, 授業実践と調査を実施する時期の間隔を開けることが望ましい

と考える。

これらの問題を解決しない限り、生徒の学習の転移の実態を正確に把握することはもちろん、学習したことを学校内のみならず、日常生活等の場面においても転移させることができる生徒の育成を目指した有効な指導法を提案することは難しい。

以上のことを踏まえ、本研究の RQs を次の 4 つに整理した。

RQ1：理科における学習の転移の捉え方はどのようなものか

RQ2：学習の転移の実態をどのように評価すればよいか

RQ3：生徒の学習の転移に関する実態はどのようなものか

RQ4：生徒が学習したことを自発的に転移できるよう、どのように指導をすればよいか

以上の RQs を検討することで、本研究の全体の目的である、「学習したことを学校内のみならず、日常生活等の場面においても転移させることができる生徒の育成を目指した有効な指導法を提案すること」の達成を目指す。

本研究では、4つの RQ を順に検討する。RQ1 を通して、学習の転移の捉え方、特に学習時の文脈と転移させるときの文脈の関係を明確にすることで、RQ2 の調査方法の開発へ繋がる。RQ3 では、RQ2 を通して開発した評価方法を用いることで、学習の転移の実態を明確にすることが可能になる。そして、先行研究や RQ1~RQ3 を通して明らかになった学習の転移に関する生徒の実態を踏まえることにより、RQ4 における指導法への示唆の導出に繋がる。これらの RQ と本論文の章の構成の関係を整理すると、図 1 のようになる。次章以降、これらの構成に従い研究を進める。

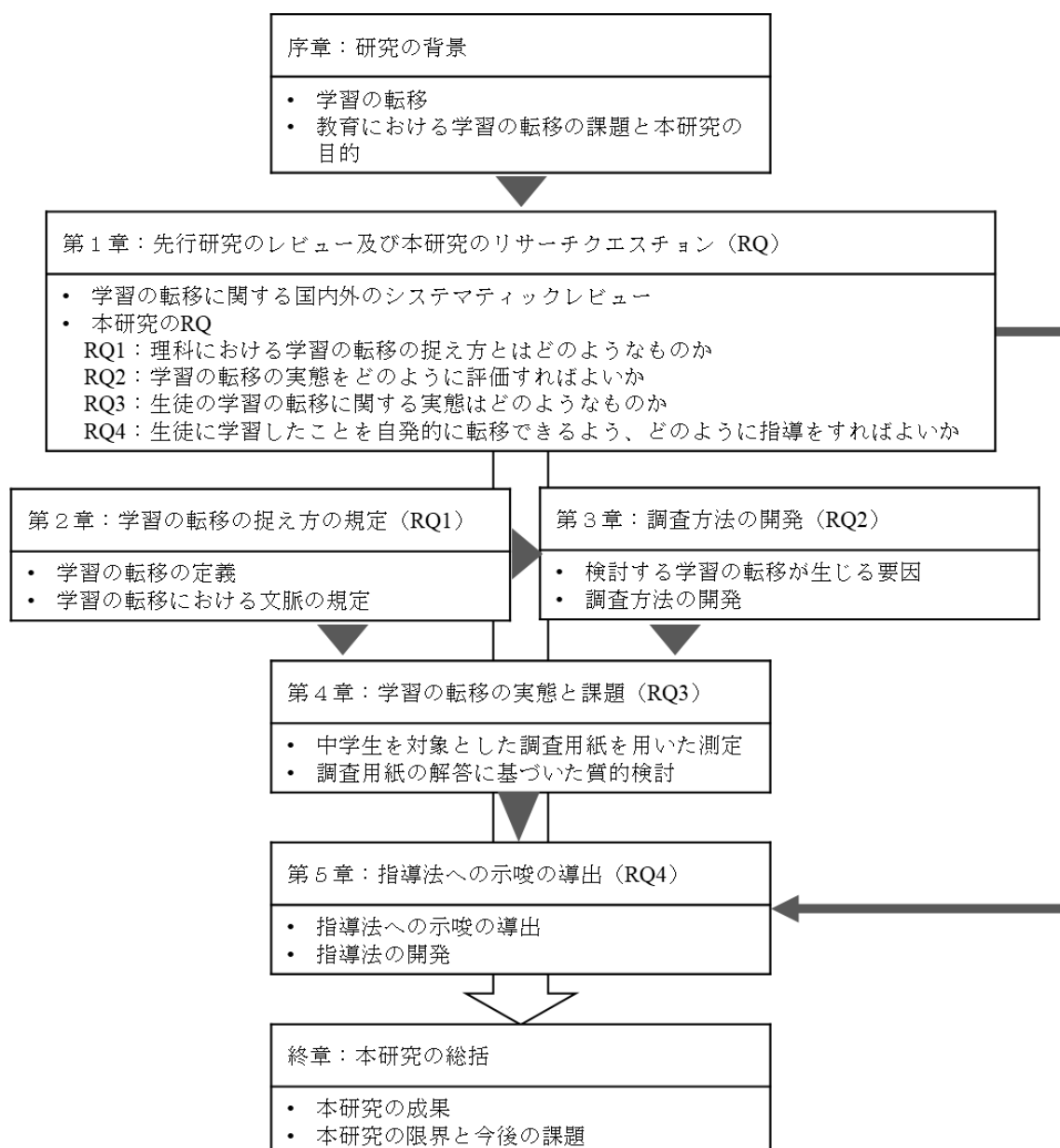


図1 本論文の構成と各章における検討課題

## 第2章 学習の転移の捉え方の規定

本研究では、Cormier & Hagman (1987), National Research Council (2000) を踏まえ、学習の転移の定義を「学習した知識や技能を学習したときと異なる文脈で活かすこと」と規定した。しかし、第1章を踏まえると、本規定における「異なる文脈」が「学習したときの文脈」とどの程度違うのかについては明確になっていない。転移の文脈の違いによって、転移を促す同一の指導法であってもその効果が異なる可能性があるため、想定する転移の文脈を明確にしておく必要がある。

本研究では Simons (1990, 1999) の捉え方を採用し、理科における学習の転移を以下の3つの文脈に分けて設定した。

### 1. 単元内の転移

ある単元で学習した内容を用いて、同一単元の次の学習内容を考える。

### 2. 新しい学習への転移

ある単元で学習した内容を用いて、未習の異なる単元の学習内容を考える。

### 3. 日常生活への転移

ある単元で学習した内容を用いて、日常生活で観察される現象を考える。

以上の規定を基に、3章では学習者の転移の実態を明らかにするための調査方法を考案する。

## 第3章 調査方法の開発

学習の転移が生じる条件の1つとして、学習内容と転移課題間の共通の原理・構造への気づきの重要性が示唆されている（例えば、石井・橋本，2013；Malkiewich and Chase，2019）。しかし、これらの先行研究では、学習した文脈と転移させる文脈がどの程度異なるのか十分な検討がなされていないため、転移させる文脈と転移が生じる条件の関連について十分に調査できているとは言い難い。そこで本研究では、学習の転移における共通の原理・構造への気づきの有効性について、学習した文脈と転移させる文脈との関係も踏まえて、検討することができる調査方法の考案を行う。

先行研究における調査では、被験者にある事象を提示し、その事象が生じる仕組みや原因を既習の内容を用いて考えさせる問題（転移課題）を用意し、調査用紙を一斉配布して実施しているものが多い（例えば、石井・橋本，2013；Penuel et al.，2019）。本研究においても、多くの生徒を対象に転移の実態を把握することが可能となることから、調査用紙を用いた方法で評価することにした。また、複数の異なる文脈への転移において、学習内容と共通の原理・構造への気づきを把握する必要があることから、転移課題に加え、学習内容と転移課題間に共通する原理・構造に気づいていたか振り返る設問、転移させる知識等を理解しているか確認する設問を加えることにした。

予備調査、公立中学校の理科担当教諭2名の改善点に関する意見を踏まえ、作成した転移課題の概要を表1、振り返り問題（物の燃え方）の概要を図2に示す。

表1 調査問題の概要

扱う題材	物の燃え方 (小学校第6学年で学習)	水の状態変化 (小学校第4学年で学習)
転移させる知識	酸素には物を燃やすはたらきがある。 二酸化炭素には物を燃やすはたらきがない。	水(液体)は温められると水蒸気(気体)になり、冷やされると氷(固体)になる。
単元内の転移	集気びんの中に火をつけたろうそくを入れ、しばらくした後に火が消える理由(ろうそく問題)。	湿った地面の上にプラスチックのコップを逆さまに置き、放置すると内側に水滴ができる理由(コップ問題)。
新しい学習への転移	集気びんの中に火をつけたスチールウールを入れ、しばらくした後に火が消える理由(スチールウール問題)。	夜や朝方に霧ができる理由(霧問題)。
日常生活への転移	二酸化炭素を用いた消火器が火を消すことができる理由(消火器問題)。	寒い日の朝、窓ガラスに水滴がつく理由(結露問題)。

次の(1)および(2)の項目について答えてください。

- (1) 各問題について、①その問題に解答するとき、理科に関するどのような知識を使って考えたか、②①で書いた知識は問題文のどの部分を見たとき使えると考えたか、それぞれくわしく説明してください。
- (2) 「ものが燃えることと、次に示す気体(酸素・二酸化炭素)の関係」について、説明してください。

図2 振り返り問題の概要(物の燃え方)

## 第4章 調査の実施

本調査の対象は、転移課題で扱う題材の特性上、中学校第2学年で学習する化学変化、気象に関する内容を未習であることが条件である。この条件を踏まえ、広島県のA大学附属中学校第1学年75名、公立B中学校第2学年152名の計227名(A冊子:111名、B冊子:116名)を対象として、前者は令和3年3月中旬、後者は5月上旬に実施した。

まず、作成した評価基準を基に被験者の解答を評価し、文脈の違いによる学習の転移の差異を明らかにした。分析は解答に不備のあった6名を除く221名(A冊子:107名、B冊子:114名)で行った。転移課題が1点(正答)であった生徒の人数・割合を表2に示す。

表2に示したように、正答率は2割から4割と全体的に低い傾向であった。問題の特性上、転移課題は学習した知識を単に当てはめるだけでは解決できない問題であるため、中学生にとって難易度が高かったことが窺える。また、文脈の違いに着目すると、単元内の転移より、新しい学習及び日常生活への転移の方が難易度が高いと解釈できる。

表2 各問題が1点の被験者の人数及び割合(%) (N=221)

扱う題材	物の燃え方		水の状態変化	
单元内の転移	ろうそく	74 (33.5)	コップ	86 (38.9)
新しい学習への転移	スチールウール	57 (25.8)	霧	49 (22.2)
日常生活への転移	消火器	44 (19.9)	結露	69 (31.2)

次に、振り返り問題の結果に基づき、転移課題と既習内容の理解や、既習内容との共通の原理・構造への気づきの関係を検討した。分析は解答に不備のあった20名を除く207名(A冊子:102名, B冊子:105名)で行った。基礎集計として、振り返り問題の(1)が1点, (2)が1点以上であった被験者の人数・割合について、冊子A(水の状態変化)を表3, 冊子B(物の燃え方)を表4に示す。

表3 冊子Aの振り返り問題で1点以上の生徒の人数及び割合(n=102)

設問	得点	人数	割合(%)
(1)コップ	1	71	69.6
(1)霧	1	52	51.0
(1)結露	1	57	55.9
(2)水の状態変化	1	1	1.0
	2	73	71.6

表4 冊子Bの振り返り問題で1点以上の生徒の人数及び割合(n=105)

設問	得点	人数	割合(%)
(1)ろうそく	1	63	60.0
(1)スチールウール	1	44	41.9
(1)消火器	1	63	60.0
(2)酸素	1	5	4.8
	2	87	82.9
(2)二酸化炭素	1	19	18.1
	2	38	36.2

水の状態変化においては、表3に示すように、文脈が異なっても、多くの生徒は水の状態変化に関する知識を用いて考えられることに気づいており、水の状態変化に関する理解も正しいものであった。物の燃え方においては、表4に示すように、单元内の転移であるろうそくに関する問題及び日常生活への転移である消火器に関する問題で、半数以上の生徒が物の燃え方に関する知識を用いて考えられることに気づいていた。一方、新しい学習への転移であるスチールウールに関する問題では4割に留まっており、他の課題と比べて低い傾向が見られた。また、多くの生徒が二酸化炭素に関する理解が不十分であった。

相関分析を行った結果、どの文脈における転移においても、既習内容が使えることへの気づ



きと転移の成功に関連があることが示された。一方、知識と気づきの相関は題材の違いによる差異が大きいことから、既習内容が転移課題の解決に使えることに気づくか否かは、文脈の違いよりも題材の違いの影響の方が大きい可能性がある。

最後に、転移課題の解答の記述分析、調査用紙の解答に基づく面接調査を通して、学習内容を異なる文脈の課題へ転移させる際の課題を明らかにした。面接調査の結果から、転移課題を解答する際の思考過程として、次のような過程を確認した。

1. 問題文中の特定のキーワードに着目する。
2. 1で着目したキーワードと関連する知識・経験を想起する。
3. 想起した知識を転移課題に当てはめて考える。

面接調査、調査用紙の記述分析を併せて生徒の躓きを検討したところ、生徒が転移課題を解答する際に躓いた段階として、①1の段階で解決に関係のないキーワードに着目する、②2の段階で関係ない、あるいは誤概念を想起する、③考えている内容は適切であるものの、調査用紙への解答が抽象的であるために不正解という3パターンを確認した。特に、2の段階で躓く生徒は、今回出題した転移課題全てで見られた。例えば、「物の燃え方」を題材とした転移課題の場合、二酸化炭素が火を消すはたらきがある、「水の状態変化」を題材とした転移課題の場合、水蒸気は目に見えるという誤概念を基に考える生徒を確認した。

以上の結果を踏まえ、学習の転移を促す指導法への示唆を次章で考案する。

## 第5章 学習の転移を促す指導法への示唆

第4章の結果から、生徒が学習内容を転移させる際、主に次の課題があることが明らかになった。

課題1：学校で学習した知識を学習時と異なる文脈の課題へ転移させることは難易度が高い。

課題2：解決に必要な知識を持っていたとしても、転移課題を考える際、気づくことができない。

課題3：転移課題を考える際、既習の知識が使えると気づいたとしても、誤った理解をしていることにより結果として誤概念を想起してしまう。

課題1について、National Research Council (2000) は、文脈を超えた転移を生じさせるために、学習の際に複数の文脈を用いたり、他の類似文脈での適用例を示したりするのが効果的であると述べている。例えば、授業内でパフォーマンス課題を実施し、学習したときと異なる文脈で、単元を通して獲得した知識を転移させる機会を設けることが挙げられる。

課題2について、Whitehead (1929) は「不活性知識 (inert knowledge)」と呼び、問題視している。このことを踏まえ、工藤 (2005) は、不活性知識にならないようにするため、解決する問題に合わせて知識表象の形を変えていく、すなわち知識表象を適応的に「操作」することの重要性を述べている。例えば、小学校第6学年「物の燃え方」で、「物が燃えると、空気中

の酸素の一部が使われて、二酸化炭素ができる」という知識を学習するが、「空気中の酸素の一部が使われると火が消える」という知識表象にも変形できることを指導する。

課題3については、学習内容の理解が不十分であることが要因の1つとして挙げられるため、学習者の所持している概念を把握した上で、誤概念を生じないようにする指導を行う必要がある。

理科の授業において、上記の活動・指導を継続的に行うことが、学校で学習した内容を異なる文脈へ転移させることができる生徒の育成に繋がると考える。

## 終章 研究の総括

本研究の新規性として、学習の転移を3つの異なる文脈に整理し、中学生にとってどの文脈の転移に課題があるか明らかにしたことである。調査の結果から、新しい学習・日常生活への転移に課題が見られたこと、また、解決に必要な知識を持っていても、転移課題を考える際、気づくことができない、あるいは、所持している知識が正しくないことが明らかになった。

これらの課題を解決するために、授業内でパフォーマンス課題を実施し、学習したときと異なる文脈で、単元を通して獲得した知識を転移させる機会を設けることや、生徒に解決する問題に合わせて知識表象の形を変えさせる活動を設けることの重要性が示唆されたが、今後はこれらの活動を実施した際の効果検証を行う必要があると考える。

## 引用文献

- Bransford, J., & Schwartz, D. (1999). Rethinking transfer: A simple proposal with multiple implications. *Review of Research in Education*, 24, 61–100.
- Cormier, S. M., & Hagman, J. D. (Eds.). (1987). *The educational technology series. Transfer of learning: Contemporary research and applications*. Academic Press.
- Detterman, D. K. (1993). The case for the prosecution: Transfer as an epiphenomenon. In D. K. Detterman & R. J. Sternberg (Eds.), *Transfer on trial: Intelligence, cognition, and instruction* (pp. 1–24). Ablex Publishing.
- 萩原浩・西川純 (1999) 「小学校生物(動物)領域における学習転移に関する研究」『理科教育学研究』40(2), 41–50.
- 服部雅史 (2016) 「第8章 思考」御領謙・江草浩幸 菊地正 (共著) 『最新 認知心理学への招待：心の働きとしくみを探る [改訂版]』サイエンス社.
- 犬塚美輪 (2018) 『認知心理学の視点：頭の働きの科学』サイエンス社.
- 石井俊行・橋本美彦 (2013) 「教科間における学習の転移を促す条件に関する考察とその提言：理科『光の反射』と数学『最短距離』の作図を通して」『科学教育研究』37(4), 283–294.
- Kubsch, M., Tuitou, I., Nordine, J., Fortus, D., Neumann, K., & Krajcik, J. (2020). Transferring knowledge in a knowledge-in-use task—Investigating the role of knowledge organization. *Education Sciences*, 10(1), 20.
- 工藤与志文 (2005) 「概念的知識の適用可能性に及ぼす知識操作水準の影響：平行四辺形求積公式の場合」『教育心理学研究』53(3), 405–413.

- Malkiewich, L. J., & Chase, C. C. (2019). Focusing processes: Potential pathways for transfer of science concepts from an engineering task. *International Journal of Science Education, 9*(2), 1–21.
- National Research Council. (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. National Academies Press.
- Penuel, W. R., Turner, M. L., Jacobs, J. K., Horne, K., & Sumner, T. (2019). Developing tasks to assess phenomenon - based science learning: Challenges and lessons learned from building proximal transfer tasks. *Science Education, 103*(6), 1367-1395.
- Perkins, D.N., & Salomon, G. (1994). Transfer of learning. *International Encyclopedia of Education, Second Edition*. Oxford, England: Pergamon Press. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/2402396\\_Transfer\\_Of\\_Learning](https://www.researchgate.net/publication/2402396_Transfer_Of_Learning) ( accessed 2020.11.23)
- Simons, P. R. J. (1990). Transfervermogen. [Transfer-ability] *Inaugural lecture*. Nijmegen: Quick Print.
- Simons, P. R. J. (1999). Transfer of learning: Paradoxes for learners. *International Journal of Educational Research, 31*(7), 577–589.
- 白水始 (2012) 「認知科学と学習科学における知識の転移」『人工知能学会誌』 27(4), 347–358.
- Whitehead, A. N. (1929). *The aims of education*. New York: Macmillan.