

令和元年5月31日現在

機関番号：32508

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K04296

研究課題名(和文) 知識の構造化を促す教授ストラテジーと教材開発に関する教育心理学研究

研究課題名(英文) Educational psychology study on instruction strategy to promote knowledge systematization

研究代表者

進藤 聡彦 (SHINDO, TOSHIHIKO)

放送大学・教養学部・教授

研究者番号：30211296

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題は知識の構造化を促す教授ストラテジーに関するものであった。主な研究成果として、第1に教授目標となる標的ルール適用は対比ルールとともに教授することによって促進することを生物学のルールを取り上げて明らかにした。また、第2に物理学のルールについて、ルールを広い範囲の事例に適用できるためには、その名前の熟知度(既知か未知か)に拘わらず、事例が等しくルールに支配されていること(ルールと事例の論理構造)を学習者が把握しているかどうか重要であることを示した。第3に小学校の割合の変数間の関係や立体とその展開図の関係を知識の構造化の観点から捉え、それぞれの学習促進ストラテジーを探った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義は、まず第1に学習者において知識の構造化が図られるための要因として、一般化された知識であるルールとその具体的現象である事例の包含関係を把握していることが必要なことを明らかにした点である。また、当該理解を欠く場合、ルールが広範な問題解決に適用できないことを明らかにした点にも意義が認められる。第2にどのような知識が習得されるべきルールと構造化されると、当該のルールが広範な問題解決に適用できるようになるのかについて、対比的な内容をもつ知識が有効であることを見出した点にも意義があると考えられる。これらは教育心理学や認知心理学の新たな知見であり、また教育実践にも直接資する知見である。

研究成果の概要(英文)：This research theme relates to the effects of structured knowledge on promotion of understanding teaching materials which were verbal rule about biology and physics. Two important knowledge was obtained from results of researches. Firstly when learners learned target rule accompanied with comparative rule, they understood the target rule and applied it to a wide range of problem solving. Secondly learners who have the framework on relationship between rule and its example are able to apply the rule to various problems. As the other researches on this theme, elementary school students' understanding of relationship among three variables concerning relative values and their understanding of relationship between patterns and solids were examined from point of knowledge structuring.

研究分野：教育心理学

キーワード：知識の構造化 ルールと事例の構造 標的ルールと対比ルール 要素間の関連 教科学習

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

1. 研究開始当初の背景

従来の教科の教育について、それが学習者にとって断片的な知識の詰め込みになっているという批判がなされてきた。しかし、この問題についての本質的、具体的な解決策は提案されていない。本研究は「知識の構造化」という観点から、この問題に対する解決策を実験や調査を通して実証的データに基づいて、具体的に提案しようとするものであり、以下の3つの視点を持ち、研究を進めた。

学習者に「知識の構造化」が成立しにくいのはなぜか（教授要因と学習者内要因の解明）

どのように教授すれば断片的知識が構造化されるのか（教授ストラテジーの解明）

断片的知識が学習者において構造化された場合、学習者の認知はどう変化するか（知識の構造化による効果の解明）

併せて得られた知見に基づき、教材開発という観点から作成した授業プランを実践、検証した。

2. 研究の目的

一般的に教科教育では公式や法則など、一般化された知識であるルールがさまざまな問題解決事態で適用できることが目標となる。学習者がこの目標に到達するためには、ルールと事例群が相互に結びついた構造化された知識が形成されていることが必要だと考えられる。例えば、既習のルールの広範な問題解決への適用を阻む学習者の要因として、これまで一般的な認知特性としてのルールに対する「例外への懸念」や事例を伴ったルール学習での事例に過度に依存する「事例に基づく帰納的学習」が報告されているが、このような問題に対しても構造化された知識は有効だと思われる。すなわち、知識の構造化によって、既有知識と結びついた確証度の高いルールが形成されるため例外への懸念が抑制されること、多様な知識群により一般化が図られるため、事例に基づく帰納的学習が抑制されること、などが期待できるからである。

教授された知識の断片化という現状に照らし、知識の構造化にあたってはそのための特別な教授ストラテジーが必要となる。本研究では、そのためのストラテジーとして階層的ルール群の教授を取り上げ、問題解決におけるルール適用の観点から、その有効性を明らかにすることを目的とした。

併せて、知識の構造化の観点からルールの適用を可能にする学習者の側の要因についても明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

(1)ルールの理解と適用促進のための知識の構造化に関する研究では、どういった知識の構造化が有効なのかについて大学生を対象にいわゆる協同学習の形態による介入実験を行った。すなわち、実験者が主要な発問系列を用意し、その発問にしたがって実験対象者が討論を行う中で目標とするルールの獲得が図られることを目指した。その際、実験者は対象者の反応に応じた発問や教示を付与する役割を担った。そして、そのプロセスから実験対象者の認知の変化を辿った。また、8ヶ月後のインタビュー調査によって、当該ルールの理解や保持の状態から、介入実験時の発言内容による対象者の認知過程と知識の構造化の程度との関連を調べた。

(2)ルールと事例の適切な構造化が適切に図られ、ルールが広範な問題解決に適用可能になるための学習者の側の要因を探る研究では、一般的な調査が行われた。まず、ルール表象を形成している者を選び出し、それらの者が金属の通電性に関するルールと事例の論理的関係をどのように捉えているのかについて調べた（含意課題）。次に、種々の事例を提示し、それらに当該のルールが適用可能か否かについて尋ねる課題（ルール適用課題）を課した。そして、両者の関係が分析された。

(3)小学校算数の内容（割合や立体の構成）についての3種の研究では、実際の授業場面での介入実験が行われ、そのプロセスや事前・事後テストの成績の比較から、介入に用いた教材の効果を検証した。

4. 研究成果

(1)学習者においてルールと事例の構造化が適切に行われていれば、獲得したルールは広範な事例に適用できるはずである。しかし、ルールを教示された学習者がルール表象を形成した場合でも、そのルールを事例に適用できないことがある。本研究は、ルール表象を形成した学習者には2つのタイプ（タイプ1とタイプ2）があり、タイプ2の者がルールの適用に失敗することを明らかにした。「銅は電気を通す」という事例とともに「金属は電気を通す」というルールを大学生（N=74）に教え、ルール表象を形成したと考えられる対象者（N=39）を抽出した。このうち18名（62%、タイプ1）は、物質Aが金属であることが示された場合、Aの名前を知っていても知らなくても、「Aは電気を通す」という事例表象を成立させることができた。残り11名（38%、タイプ2）は、名前を知っている金属に即しては、それが電気を通すという事例表象を成立させることができたが、名前を知らないものに即しては事例表象を成立させることができなかった。ルール適用課題では、名前を知っている金属に関しては両者間に成績に差は

なかったが、名前を知らない金属に関してはタイプ2の成績がタイプ1より低かった。以上の結果は、ルールを広い範囲の事例に適用できるためには、その名前の熟知度（既知か未知か）に拘わらず、事例が等しくルールに支配されていることを学習者が把握しているかどうかが重要であることを示した。本論文ではこの把握のことを「ルールと事例の論理構造理解」と名づけた。

(2)どのような知識の構造化がルール適用を促進するのかについての実験を行った。西林（2016）はルール学習の失敗の要因として学習者が「非典型的な事例」を誤ってルールの「例外」と判断してしまう可能性を指摘し、さらに、そのような「非典型と例外の混同」の生起は単一のルールのみを学習させようとする教授条件に由来すると主張した。学習者がルールの適用に迷うような事例に遭遇した場合、単一のルールでは、それが例外か非典型的な事例であるかを判断できないためである。したがって、ルールの一般化を促すにはそのような非典型例と例外との混同を防ぐ必要があり、そのためには、教授を通して学習者側に知識システムが形成されることが重要になると考えられる。本研究では、知識システムの構築を目指し、学習目標とすべきルールだけでなく、関連する複数のルールを教授する。そこで知識のシステム化はどのような学習プロセスにより実現されるか、またどのような場合にルールの学習が促されるのかを検討した。

対象者は大学生4名であり、実験は対象者同士の討論形式で、実験者が参加者に対して質問と応答を繰り返すことによりルールの教授を行った（教授セッション）。その約8か月後、学習内容の定着度を評価する目的で、参加者一人ずつに事後インタビュー調査を実施した。学習目標となるターゲットルール（TR）は「陸上植物には根・茎・葉がある」であり、事例としてダイコンを取り上げた。知識システム構築のために、TRの他に「水中植物には根・茎・葉がない」とする対比ルール（CR）および光合成や根・茎・葉の機能に関するベーシックルール（BR）を関連づけた。ただし、BRからTRとCRを導くには、陸上と水中の条件の違いや根・茎・葉の必要性に関する「媒介ルール（IR）」が必要となる。TRとCRの関係は論理学でいう「裏」の関係にあたり、IRのA、B間の関係も同様である。これらのルールは逆命題にしても真理性が保存されるため、その裏命題も真である（Figure1参照）。したがって、一方のルール群の成立が他方のルール群の成立を保証するはたらきをもつことになり、陸上植物と水中植物の形態の違いを植物の生育環境、生存競争、環境への適応などによって統一的に関連づけることが可能となる。当初、参加者は植物には根・茎・葉があるについて問われたが、「例外はある」との反応がみられた。また、事例として取り上げたダイコンに茎があることを前提とした議論はほとんどみられず、「茎がない」ことを説明しようとする試みが多くみられた。しかし、海藻の構造についての教授導入後には生育環境に着目し、非典型例であるダイコンについても例外とは見なすことはなくなった。8ヶ月後のインタビュー調査では、4名のうちの2名が対比ルールに言及しながらダイコンについて茎の存在を指摘した。これら両名は学習事態で自らの既有知識と関連づけた発言が多くみられた者であり、知識の構造化が促進されるためには学習過程における能動的な認知過程が必要なことを示唆する。

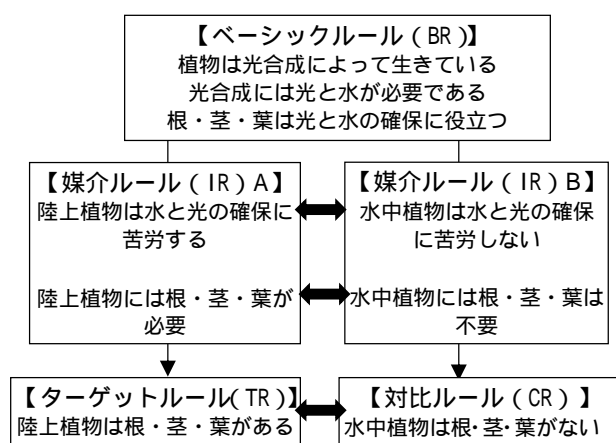


Figure1 根・茎・葉に関する知識システム

(3)小学校の算数の内容である割合に関わる2つの研究が行われた。小学校の算数において割合は児童にとって理解が困難な学習内容である。割合の教授に際しては割合、基準量・比較量の3つの量の関係を構造的に把握させるために、数直線が用いられる。しかし、割合の理解の困難さの学習上の原因は、教授のための方法として用いられる数直線自体の理解が不十分である可能性が考えられた。そこで、数直線の有無の条件を設け、割合に関する問題解決を課したところ、両条件間の成績に差は認められなかった。さらに大学生にも同様の調査を行った結果でも、割合問題の解決に数直線が有効に機能していないことが

明らかになった。この結果を受けて、小学生を対象に数直線自体を理解させるための介入実験を行ったところ、割合の問題解決が促進された。更に、数直線に代わるものとして、3つの量の関係が明示的に表されるボックス図と命名されたマトリックス図を用いて割合を指導する介入実験を行った結果、この方法によっても割合の理解が促進することが検証された。

(4)立体とその展開図を取り上げる研究が行われた。小学校2年生では直方体などの立体とその展開図の関係に関連した学習が行われている。そこでは直方体や立方体を6つの面から構成されているものとして教授されている。しかし、各面が繋がった一般的な展開図を作成させたところ、多くの児童は部分的には複数の繋がった面から構成されていることを理解していることが明らかになった。また、完全な展開図を作成する児童も少数ながら観察された。これらの結果は、現行のカリキュラムに再考の余地があることを示唆している。

<引用文献>

西林克彦、知識システムの構築、日本教授学習心理学会第12回大会発表論文集、2016、62-63

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計6件)

Kudo, Y., Sato, S., Nishibayashi, K., & Shindo, T., The effect of knowledge systematization on learning scientific rules: A case study using a qualitative approach, Annual Bulletin, Graduate School of Education, Tohoku University, 査読無、5巻、2019、29-41

(https://tohoku.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=127875&item_no=1&page_id=33&block_id=38)

進藤聡彦、麻柄啓一、ルールと事例の論理構造理解がルールの適用に及ぼす影響、教授学習心理学研究、査読有、14巻、2018、1-10

Moriya, S., & Shindo T., Understanding of the relationship between polyhedrons and patterns among second-grade elementary students, Beitrage zum Mathematikunterricht, 査読無、2017年版、681-684

守屋誠司、進藤聡彦、数直線の指導による割合問題の指導改善、数学教育学会誌、査読有、57巻、2017、187-197

守屋誠司、加藤卓、進藤聡彦、ボックス図を使った割合指導の試み、数学教育学会誌、査読有、57巻、2017、211-219

Sato, S., Nishibayashi, K., Shindo, T., & Kudo, Y., The effect of knowledge structuring on the application of rules, European Psychology Learning & Teaching, 査読有、2017年度版、2017、137-139

[学会発表](計1件)

佐藤誠子、西林克彦、進藤聡彦、工藤与志文、科学的ルールの学習に及ぼす知識システムの効果、教授学習心理学会第1回大会

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：工藤 与志文

ローマ字氏名：(KUDO Yoshifumi)

所属研究機関名：東北大学

部局名：教育学研究科

職名：教授

研究者番号(8桁)：20231293

(2)研究協力者

研究協力者氏名：西林 克彦

ローマ字氏名：(NISHIBAYASHI Katsuhiko)

研究協力者氏名：佐藤 誠子

ローマ字氏名：(SATO Seiko)