

兵庫教育大学大学院学校教育研究科
教育実践高度化専攻授業実践リーダーコース
石川県立輪島実業高等学校 教諭 沖野 信一

研究主題：科学の基礎概念の形成をめざした理科授業開発 －「運動の法則」に関連した素朴概念克服のための指導法－

要約：本研究は、高等学校「物理Ⅰ」の単元「運動の法則」において、科学的概念の形成をはかる指導法を定め、この単元のモデル授業をデザインし、実践することで、その指導法の有効性を実証的に検証するものである。

本研究では、教授方略として「メタ認知的支援」を行うことが、科学的概念を形成することに有効であるかどうかを明らかにしようとした。なお、本研究における「メタ認知的支援」とは、以下の3つの段階の支援を行うものである。

方略1：「素朴概念の明確化」

方略2：「素朴概念の獲得過程の明確化」

方略3：「素朴概念と科学的概念の接続・照合」

この指導法を3回の研究授業で講じた結果、いずれの研究授業でも生徒の理解度が大幅に上昇し、1ヶ月後の遅延テストでも理解度の低下は僅かであった。したがって、これらの研究授業においては、本研究の指導法の有効性が示された。

キーワード：単元「運動の法則」、素朴概念、「メタ認知的支援」、指導法の有効性

I 問題の所在と研究の目的

1 問題の所在

「理科離れ」の問題は叫ばれて久しく、1994年には、日本物理学会、日本応用物理学会、日本物理教育学会の3学会が、共同声明『理科教育の再生を訴える』を表明している。また、PISA2006でも科学への興味・関心や科学の楽しさを感じている高校生の割合が低いとの報告あり、懸念されているところである。

一方、高等学校の教育現場においては、概念的な理解に達していないにもかかわらず、数式を使った計算問題はできるという生徒が、数多く存在しているとの指摘を受けている¹。アメリカの理学部の大学生を対象にした調査研究²は、このことを裏付ける結果を報告している。これらの指摘・報告は、数式を使って解く問題を正答している生徒ですら、多くの場合は、概

念的な意味が分からないまま、覚えている公式や解法を機械的にあてはめているだけであったということの意味している。

さらに、大野（1998）³の報告によると、勤務大学の北海道大学では、高校で形成されるべき科学的概念が十分になされないまま入学してくる学生が多いため、リメディアル教育のあり方の検討に迫られていた。その一方で、中山・猿田（1996）⁴は、高校の教師は生徒の科学的概念の理解を高く見積もる傾向があり、生徒の概念的理解に関する問題点を比較的軽く受けとめていると報告している。この大学現場と高校現場の矛盾は、理科教育において、きわめて深刻な問題を呈しているといわざるをえない。

「理科離れ」に歯止めをかけ、生徒が科学への興味・関心や科学の楽しさを実感できる授業を展開するためには、指導者が計算問題の正解

率を高めることだけに満足するのではなく、物理的な概念を伴った深い理解にまで生徒を導く理科授業の開発が必要であると考えた。

2 研究の目的

高等学校「物理 I」の単元「運動の法則」において、科学的概念の形成をはかる指導法を定め、モデル授業をデザインし、実践することで、その指導法の有効性を実証的に検証すること。

3 「実践研究報告書」の構成

- ・第1章 問題の所在と研究の目的
- ・第2章 指導法に関する理論的背景
- ・第3章 単元「運動の法則」の授業デザイン
- ・第4章 実践1「慣性の法則」
- ・第5章 実践2「力の概念の再構築」
- ・第6章 実践3「質量概念の形成」
- ・第7章 総合的考察

II 指導法に関する理論的背景

1 素朴概念

子どもが、科学的な解釈とは異なる、子ども独自の理論を展開していることは、理科教育の研究者の中ではよく知られたことであり、研究上の立場などの違いを反映して、さまざまな用語が用いられている。たとえば、Hashweh (1986) の素朴概念の他にも、Clement (1982) の前概念、Fisher (1985) の誤概念、Driver (1978) のもう一つ概念など多数の研究論文がある。これらの用語の共通した特徴⁵⁾は、①多くの人に共有されている、②日常的な経験や言葉からの影響を受けている、③堅固である、④専門家が使う考えとは異なる、の4つである。本研究では、「生徒が学習前に持っている科学的な解釈とは異なる概念」という意味で「素朴概念」と呼ぶことにする。

2 メタ認知

概念を転換させるための方略として、メタ認知をはたらかせることの重要性が強調されている⁶⁾。メタ認知の概念を理論としてはじめて提唱したのは Flavell (1976)⁷⁾である。また三宮

(1996)⁸⁾は、メタ認知の概念定義には、まだ不明確な部分が残っているものの、メタ認知が「認知についての知識」といった知識的側面と「認知のプロセスや状態のモニタリングおよびコントロール」といった活動的側面とに大きく分かれる点で、研究者間ではほぼ一致をみることを示している。(図1 参照)

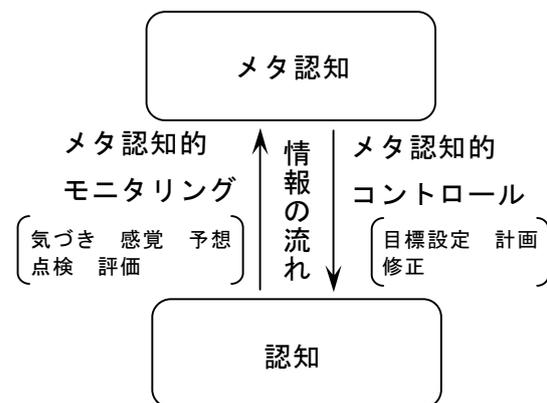


図1 メタ認知的活動のモデル (三宮, 1996)

本研究では、メタ認知を Flavell (1976) の定義をもとに三宮 (1996) の研究報告を考慮して、メタ認知を以下のように捉えることとする。「メタ認知には、メタ認知的知識とメタ認知的活動がある。メタ認知的知識は、自分や他者に固有の認知状態および認知過程に対する知識であり、メタ認知的活動は、自分の認知状態や認知過程を振り返り (モニタリング)、その結果を受けて、考え方や方略を制御する (コントロール) ことである。」

3 本研究の実践で講じる指導法

科学的概念の形成に関する先行研究を概観した。そして、そこから得られた知見から、力学分野では、生徒の素朴概念を概念転換させる方略が必要であり、その方略はメタ認知に対する支援が重要であることがわかった。そこで、本研究で講じるメタ認知に対する支援を「メタ認知的支援」と呼び、以下のように三つの段階の支援を行うものと定めた。

方略1：素朴概念の明確化

方略2：素朴概念の獲得過程の明確化

方略3：素朴概念と科学概念の接続・照合

Ⅲ 単元「運動の法則」のデザイン

高等学校「物理Ⅰ」における単元「運動の法則」の授業のデザインを試みた。この単元は、ニュートンの運動の3法則を学習する力学分野の中心的な単元であり、電磁気分野も含めた高校物理の基礎となる重要な単元である。

◎単元の流れ (総時数 6時間)

- ①「慣性の法則」 ②「運動の法則」 ③「力の概念の再構築」 ④「質量概念の形成」 ⑤「運動方程式の応用(1)」 ⑥「運動方程式の応用(2)」

この単元で、「メタ認知的支援」を教授方略としてはかる授業は、主に①「慣性の法則」、③「力の概念の再構築」、⑤「質量概念の形成」の3回の授業である。それぞれ、「実践論文報告書」の、第4章、第5章、第6章で実践の詳細を報告している。

Ⅳ 研究授業の実践

1 期間・対象・題材

期間：平成21年6月3～15日

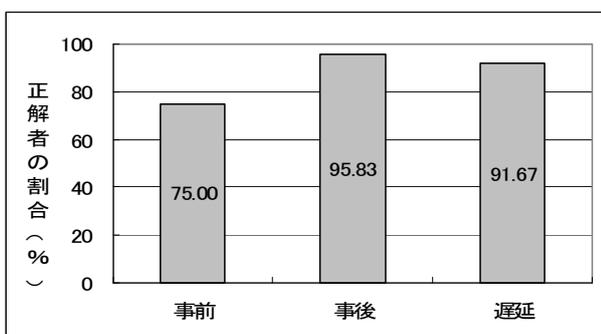
対象：石川県立A高等学校普通科2年(27名)

題材：物理Ⅰ 単元「運動の法則」(全6時間)

2 授業効果の測定方法

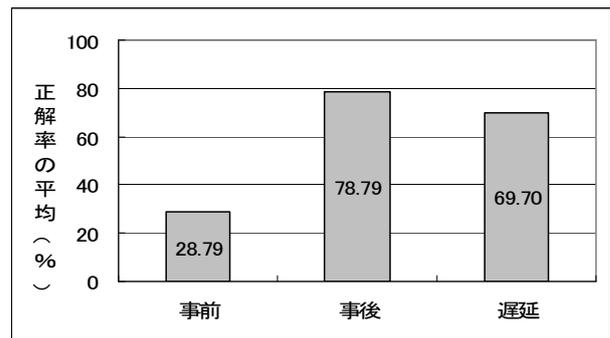
調査問題を使って、単元の最初に事前テスト、単元の最後に事後テスト、そして事後テストの1ヶ月後に遅延テストを行った。本研究の調査対象者数は22名である。これら3つの調査テストは同じ問題であり、計算を要するものではない。

3 実践1「慣性の法則」の調査結果

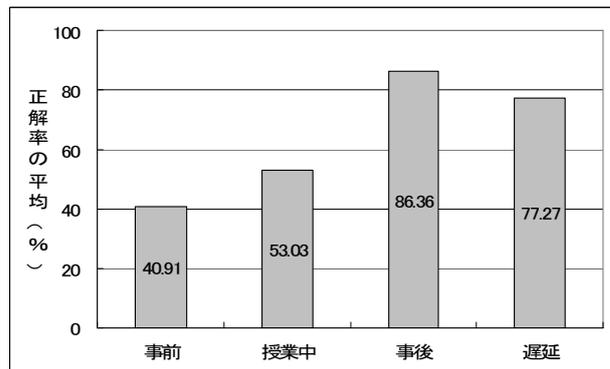


「直落信念の克服」に関する調査結果

4 実践2「力の概念の再構築」の調査結果

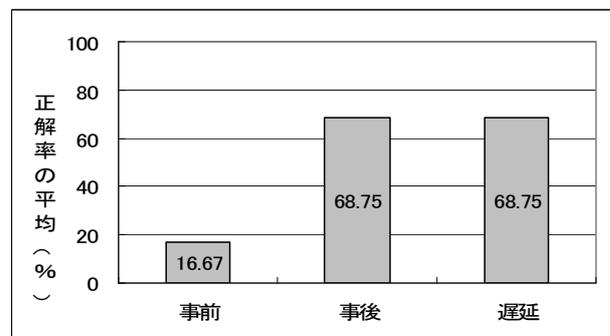


「力の概念に関する水平方向の問題」の調査結果

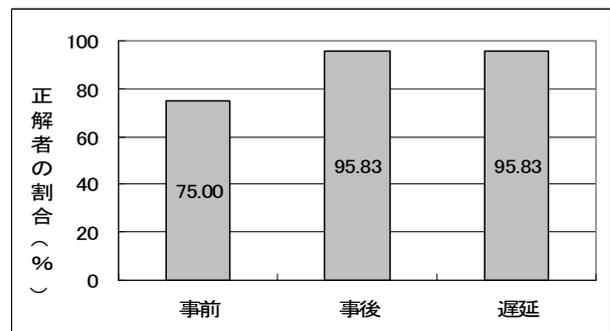


「力の概念に関する鉛直方向の問題」の調査結果

5 実践3「質量概念」の調査結果



「基礎的な質量概念」に関する調査結果



「重さと落下」に関する調査結果

V 総合的考察

1 本研究の結論

研究授業を実施し、その効果を統計的手法によって分析した結果、いずれの研究授業でもその指導法の有効性が認められた。

- ①本研究の研究授業では、「メタ認知的支援」による教授方略が、「直落信念」から科学的概念へ転換させる有効性が認められた。
- ②本研究の研究授業では、運動方程式： $\vec{m}\vec{a} = \vec{F}$ をよりどころとして「力を捉えなおす」という立場から授業を展開し、教授方略として「メタ認知的支援」を行うことで、MIF（運動と同じ方向にはたらく力が含まれている）的素朴概念を克服する有効性が認められた。
- ③本研究の研究授業では、「メタ認知的支援」による教授方略が、「慣性質量」および「重さと落下」に関する科学的知識を、得心をもって理解させることに有効であった。

2 本研究の指導法と先行研究の実践

先行研究の実践では、課題に対して予想・討論を行い、実験の結果によって決着をはかるといって授業がすでになされている⁹。しかし、これらの実践報告では、「演示実験」の後に指導者が行う補足説明に対する見識が明確に示されていない。本研究の「メタ認知的支援」の第2方略、第3方略は、演示実験後のさらなる支援として位置づけることができ、この支援の重要性を示唆するものと考えることができる。

3 学校現場への提言

本研究の指導法は、一般に学校現場で活かせるのではないかと考えられ、以下の3点について提言をする。

- ①「メタ認知的支援」を教授方略とする指導法の提言
 - ②運動方程式： $\vec{m}\vec{a} = \vec{F}$ をよりどころとして概念を再構築する授業の展開
 - ③MIF的素朴概念克服のため指導法の提言
- なお、これらの提言は、特別な教具を必要とするものではなく、また、現状のカリキュラム

の大きな変更を要するものでもない。従来の授業に若干の学習指導上の工夫をすることで実施しうる提言である。

4 今後の課題

今後の課題は、以下の4点である。

- ①「メタ認知敵支援」を方略とする授業の他領域の開発
- ②「メタ認知的支援」の有効性に対するさらなる詳細な分析
- ③「メタ認知的支援」と社会的相互作用を重視した方略¹⁰との融合
- ④「メタ認知的支援」と教材の選定¹¹を総括した授業開発

引用・参考文献

- 1 鈴木久男ほか：初等物理教育における能動的学習システムの構築，高等教育ジャーナル—高等教育と生涯学習—，14，89-97，2006
- 2 Barbara A. Sawrey (1990) : Concept Learning versus Problem Solving: Revisited, *Journal of Chemical Education*, 67(3), 253-254
- 3 大野栄三：力学概念の理解をリメディアル教育，高等教育ジャーナル—高等教育と生涯学習—，4，24-33，1998
- 4 中山迅・猿田祐嗣：慣性についての高校生の素朴概念に関する教師の認知，科学教育研究，19(2)，103-110，1996
- 5 鈴木真理子：科学領域における共同学習に関する研究，2006，風間書房
- 6 堀哲夫：問題解決能力を育てる理科授業のストラテジー，160 - 166，1998，明治図書
- 7 Flavell, Metacognitive Aspects of Problem Solving. In L. B. Resnick (Ed.), *The Nature of Intelligence*, 231-236, 1976, Lawrence Erlbaum Associates
- 8 三宮真智子：「思考におけるメタ認知と注意，認知心理学4 思考，市川伸一編」，157-180，1996，東京大学出版社
- 9 板倉聖宣：仮説実験授業ABC 楽しい授業への招待，仮説社，1997 など
- 10 E.Mazur : *Peer Instruction A user's manual*, 1997, Pearson-Prentice Hall など
- 11 小林昭三ほか：力と運動の素朴概念を転換するIT活用法の有効性，新潟大学教育人間科学部附属教育実践総合センター研究紀要 教育実践総合研究，2，39-62，2003 など