

理科の教科学習で子どもは何を学ぶのか  
—教科学習前の3年生と4年生の「光」と「影」の理解を中心に—

呉 永 美

お茶の水女子大学グローバル COE プログラム

「格差センシティブな人間発達科学の創成」

PROCEEDINGS 04 Grant-In-Aid Research Awards

(公募研究成果論文集 2007 年度第二集)

## 理科の教科学習で子どもは何を学ぶのか —教科学習前の3年生と4年生の「光」と「影」の理解を中心に—

呉 永 美  
(人間発達科学専攻)

### 1. 問 題

近年、日本では OECD の国際学力テストの結果を受けて学力低下の問題が取り上げられ、中でも子どもの理科離れは社会問題の1つとなっている。理科離れの対策として、教育現場では教授法の考案や材料の開発を進める傍ら、最近ではゆとり教育を見なおして教科内容の再編にも力を入れている。一方で、近年では他の教科と異なる理科特有の問題に注目する動きが出ている。

理科の教科は子どもの生活経験が深く関与している。子どもは生活経験を通して学校で学ぶ前から自分なりに物理世界を理解している。そこで、生活経験によって習得した知識と学校で学ぶ知識との食い違いに直面し、その結果として理科で教わる知識をそのまま受容することが困難な場合が生じる。学校で教わった知識の受け入れが、難しいことについては、近年の研究でも数多く報告されている。例えば、子どもがもつ概念の問題を指摘した後に科学理論を提示しても科学理論の影響を受けないこと(青木、1993)、子どもは授業で教えられた内容と異なる理解をしていること(麻柄、1990)、学校で科学的な知識を教わった後でも問題解決の際には経験知識によって判断すること(工藤、1997)などが知られている。

そこで、最近では授業を受ける前の子どもの理解に注目する取り組みがみられるようになった。松森(2000)は理科を学習する前の小学生を対象に予め考案した文章の真偽を判断させる調査を行い、従来のテストでは把握できない子どもの多様な認識を見出した。しかし、このような取り組みは非常に限定的に行われていること、また、学校では限られた授業時間で教科内容を教えなければならないので、生活経験によって習得してきた子どもの認識を十分把握しないまま授業を進めることが多い。本稿はこのような問題を踏まえて、理科の授業を受ける前の子どもの既有知識を把握し、理科の教科学習を通して子どもが何を学んでいくのか把握することを目的とする。

では、子どもは理科の教科学習を通して何を学んでいくだろうか。改定された小学校理科学習指導要領(2008)に「自然に親しみ、見通しをもって観察、実験などを行い、問題解決の能力と自然を愛する心情を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を図り、科学的な見方や考え方を養う。」と明記してあるように、科学的な見方や考え方の育成がその目標である。すなわち、理科は単に知識の量的向上を目指す教科ではなく、科学的な視点をもつための視点転換を育成するところに学習の意味がある。この科学的な理解のための視点転換の重要性に注目して視点が変化するメカニズムを解明したのは Chi (1994) である。Chi (1994) によると、発達初期の子どもは物理学内での存在論的区別ができない。すなわち、物理世界は固体のように実体があって五感を通してその反応を確認することができる「事物カテゴリー」(以下、「事物」と呼ぶ)と、熱や電流のように実体がなく感覚で反応を確認することが困難な「過程カテゴリー」(以下、「自然現象」と呼ぶ)に分類される。「自然現象」は抽象度が高く、経験だけでは理解することが難しい。そのため、「事物」での知識を用いて「自然現象」を理解する結果、科学的な考えとは異なる誤った考えをもつようになる。Chi (1994; 1995) の理論を踏まえて理科教育の意義を考えると「事物」への理解から「自然現象」を分化し、この二つを区別する能力を育成することが理科教育の目指すところかもしれない。そこで、理科の教科学習によって「事物」の認識から「自然現象」へ分化していく過程を検討することを目的とする。本稿では、「事物」から「自然現象」へと分化する発達過程が把握しやすいものとして「光と影」の理解に焦点をあてる。

先行研究によると、発達初期の子どもは光を「光源に留まる固体物」として理解し、影現象についても、光と事物の相互作用による産物として理解できずに、独自に存在するものとして認識する(Piaget, 1960; DeVries, 1986)。その後、目に見えない光の性質を理解してライトが光源から進むことを認識し、最終的に、影を固体物と区別して光と物の作用によって現れる現象として理解できるようになる。

光と影については3年生の2学期に学習する。活動内容としては、日向と日陰の暖かさや明るさを比較したり、時間の経過に伴って物の影の向きが変化するのを観察したり、鏡を使って光を集めたり、反射させるなどの活動から構成されている。これらの一連の活動を通して、子どもたちは光の性質を理解すると同時に、光の性質を利用して影が生起するメカニズムについて自ら推論することが期待されている<sup>1)</sup>。では、授業を通して子どもは「光と影」をどのように理解していだろうか。これを検討するために本稿では、光の単元を学習する前の3年生と学習後の4年生を対象にして、影現象の理解を調べた DeVries (1986) の質問を用いる。したがって、本稿は学校で理科を学習する前、生活経験を通して子ども自ら形成する知識の内容を把握すると共に、授業での学習が子どもの「光と影」の認識に及ぼす影響について検討することを目的とする。

## 2. 方法

**対象者** 小学校3年生20名 ( $m=8$ 歳8ヶ月、 $r=8$ 歳4ヶ月～9歳4ヶ月)、4年生24名 ( $m=9$ 歳7ヶ月、 $r=9$ 歳3ヶ月～10歳2ヶ月)。男女比は均等である。

**課題** DeVries (1986) の課題の内、影現象のメカニズムに直接関わる4つの質問を行った。すなわち、質問①影はどうしてできるのか、質問②影が人の前にできたり、後ろにできる理由は何か、質問③水色のスカートでもスカートの影にはその色がなく真っ黒なのはどうしてなのか、質問④反対の壁に人形の影を映すためにはどうすればよいのかである。また、影現象について学習経験があるのかを把握するために、質問①の後、‘影のことをどこかで勉強したり、教えてもらった経験があるか’と質問した。なお、質問②、③、④は影が映っている絵を提示して行われた。

**得点化** 影現象の理解課題での子どもの反応を以下のように得点化した。質問①影はどうしてできるのか；光やライ

トなどの言及があれば（例えば、‘電気があるから’）1点、光の動きについての言及があれば（‘光が（物に）当たるから’）2点、光の反射についての言及があれば（‘光が反射するから、光が当たらなくなるから’）3点とした。質問②影が人の前にできたり、後ろにできる理由は何か；光と事物と影の3者関係を正しく説明できる場合を1点とした（‘太陽が前にあると影は後ろにあって、太陽が後ろにあると影は前にあるよ’）。質問③水色のスカートでもスカートの影にはその色が無い理由は何か；影は光が当たらない部分であることを言及できる場合を1点とした（‘影は光がないところだから’、‘暗いから光が当たらないから、光が当たらないと黒くなるよ’）。質問④反対の壁に人形の影を映すためにはどうすればよいのか；ライトを反対の壁の方に向け、壁とライトの間に物を置くと説明できれば1点とした（‘ライトを反対向きにして、人形をライトと壁の間に置けばできる’）。これら4問の合計点は最大6点となる。

## 3. 結果

### 1 学年と影現象の理解課題の効果

影現象の理解課題についての合計点を従属変数として学年による  $t$  検定を行った結果、3年生よりも4年生の合計得点が有意に高かった ( $t(42) = -2.2, p < .05$ )。図1にその結果を示す。

そこで、具体的にどの質問で学年の違いがみられたかを把握するために質問別の反応を検討した。

#### 質問①「影はどうしてできるのか」

質問①では、表1のような結果が得られた。すなわち、光を固定物と区別して、光源から進むといった光の活動性を認識しているのは3年生で55%、4年生では58.4%であったが、学年による反応人数に差はなかった。3年生の半数は光の活動性について自発的に説明していることから、子どもは授業で光の性質を学習する前から生活経験を通し

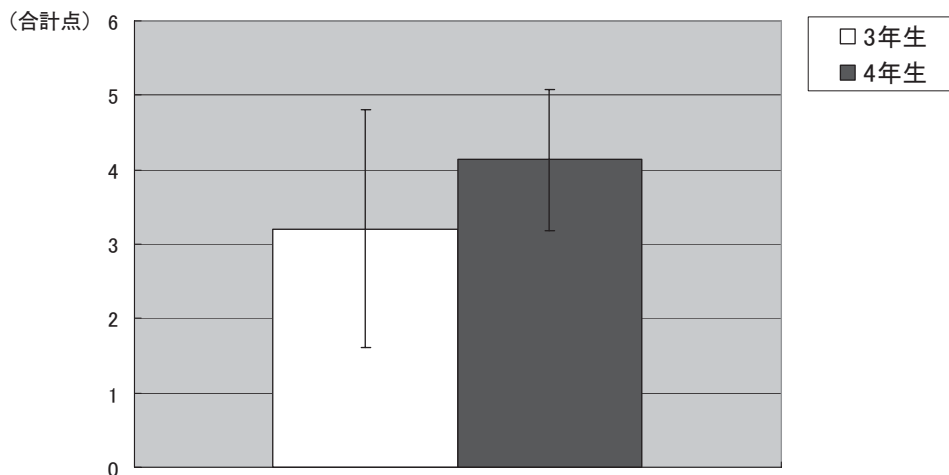


図1 影の理解課題での平均点

表1 質問①「影はどうしてできるのか」での反応人数

	光の活動性の認識なし		光の活動性の認識あり	
	光の認識無	光の存在認識	光の動きを理解	光の反射を理解
3年生 (n=20)	3 (15%)	6 (30%)	5 (25%)	6 (30%)
4年生 (n=24)	0 (0%)	7 (29.2%)	11 (45.8%)	6 (25%)

表2 質問②「影はどうして前だったり、後ろだったりするのか」での反応人数

	光と事物の影の関係の説明が不十分	光と事物と影の関係を適切に説明
3年生 (n=20)	11 (55%)	9 (45%)
4年生 (n=24)	2 (8.3%)	22 (91.7%)

表3 質問③「どうしてスカートの影には青色がないのか」での反応人数

	不正解	正解
3年生 (n=20)	18 (90%)	2 (10%)
4年生 (n=24)	18 (75%)	6 (25%)

て光の動きについて理解していることが分かった。質問①の追加質問として行った‘影現象について学習経験があるか’では、ほとんどの3年生が特に学習経験がなく、自分で分かったと答えた。その他、母親に教えてもらったという子どもが3名いた。3年生くらいになるとこれまでの経験を通して、光の進行を自覚できるようになるかもしれない。一方、4年生でも光の反射に着目して影の生起原因を説明することは難しく、わずか25%であった。4年生は3年2学期の時点で鏡を用いて光の直進性と光を反射させる経験をしたが、この経験を活用して影の生起原因を推論することはできなかった。このような結果は、知識を使うべき場面で適切に利用することが不十分であることを示唆する。

**質問②「影はどうして前にあったり、後ろにあったりするのか」**

質問②で、光と事物と影の3者の関係を明示的に言及できた子どもは3年生で45%、4年生では91.7%だった。表2について $\chi^2$ 検定を行った結果、学年によって正解した人数に違いが見られ、3年生よりも4年生の方が光と事物と影の3者関係を明示的に理解（以下、「3者関係の明示的な理解」と呼ぶ）していることが分かった ( $\chi^2(1, 44)=11.4, p<.05$ )。さらに、正解できなかった理由を把握するために間違ったパターンを見たところ、3年生の場合、‘まったく説明できない’ (5名)、‘歩いたら影は後ろに出き、止まったら前に出来る’ (3名) という反応が多かった。3年生の場合、3者関係の理解そのものができなかったり、自分の行動と影の位置を直接関連付けたために正解できなかったのではなからうか。一方、4年生では自分の行動によって影の位置が決まるといった反応はまったく見られなかった。4年生では‘太陽が東だったら影は後ろに出て、西だったら影は前に出来る’、‘影が前にある

ときは太陽が右にあるとき’と説明して、光と物と影の関係を十分理解できなくても太陽と関連付けて説明しようとしているのが確認できた。このような結果は、4年生になると自分の行動と影の動きを切り離して影は光との相互作用によって存在することを理解していることを示す。

**質問③「スカートは青色なのに、どうしてスカートの影にはその色がないのか」**

質問③では、「影は光が当たらないところだから暗い(黒くなる)」のような反応を正しいとしたが、このような反応を示したのは3年生で10%、4年生でも25%に過ぎなかった。子どもの反応について $\chi^2$ 分析を行った結果、学年による正解者の人数に違いは見られなかった。この質問は影というのは何かという影の定義から推論することによって正解できる課題だか、多くの子どもはそのような推論ができなかった。学年別にみると、3年生は20名中2名だけが正解し、残りの18名は正解できなかった。また、不正解した18名中12名はまったく説明できなかった。残りの6名の説明内容をもて‘影は黒だから’、‘影は黒の方がよいから’、‘地面が黒だから’、‘全ての影もそうだから’のように影=黒という認識に留まり、なぜ黒くなるのかについては言及できなかった。それに対して4年生は24名中6名が正解し、18名が不正解だった。不正解した18名中8名は理由の説明ができなかったが、10名は自分なりに何らかの理由を説明していた。理由の説明の中でもっとも顕著だったのは、‘光だから色は映らない’、‘お日様に当たってできる影はお日様にもとから色が無いから’、‘太陽には色がついてないから’のように、光と関連付けて影に物の色がついていない原因を探る様子が目立っていた。これは、4年生が影の生起に重要な要因である「光」に注目できる一方、問題解決するために「光の性質」の知識を

表4 質問④「反対の壁に影を映すことができるのか」での反応人数

	不正解	正解
3年生 (n=20)	1 (5%)	19 (95%)
4年生 (n=24)	0 (0%)	24 (100%)

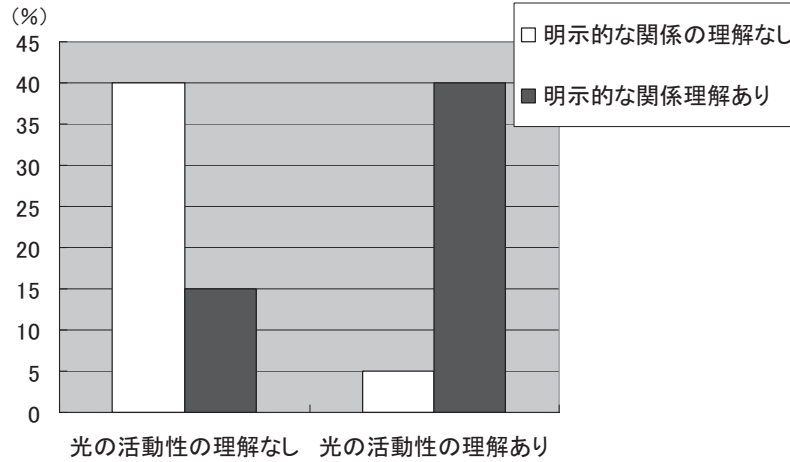


図2 3年生の明示的な関係理解と光の活動性の理解の関係

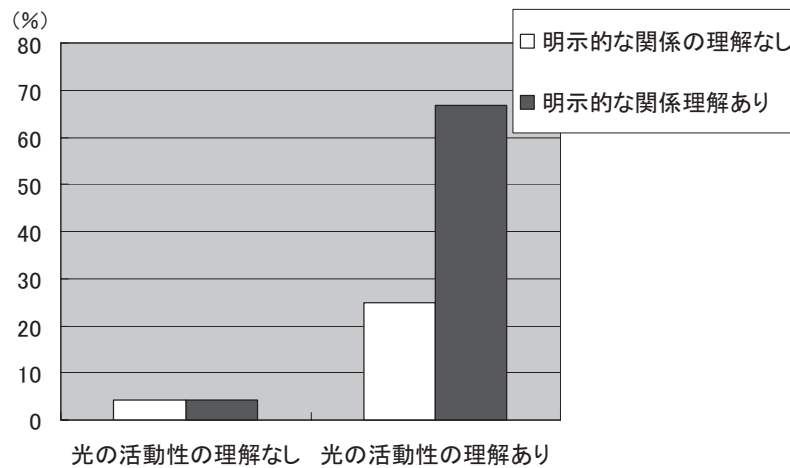


図3 4年生の明示的な関係理解と光の活動性の理解の関係

利用することはまだできないことを示唆する結果といえよう。

**質問④「反対の壁に影を映すことができるのか」**

質問④で、‘ライトを反対にして事物を壁とライトの間に置く’と適切に説明したのは3年生で95%、4年生では100%だった。この結果から3年生になると行動面での3者関係の理解が可能になることが分かった。そこで、質問④と質問②での結果を合わせて光と事物と影の3者関係における理解の発達過程をみると、まず、行動のレベルで3者の関係を理解した後、明示的に3者の関係を説明できるという発達の順序が推定される。

以上のように項目別の反応を検討した結果、学年による違いがもっとも顕著だったのは、光と事物と影の3者関係の明示的な理解（質問②）にあることが分かった。実際、3年生2学期の理科授業では、校庭に細長い物体を置いて

時間の経過とともに物体の影の向きが変わるのを実験したり、日なたと日かげの暖かさや明るさを比較するなどの内容が盛り込まれている。すなわち、理科の授業で、影現象は常に太陽との関係によって学習される。このような光と影を関係付けた学習によって、影は単独で存在するのではなく、常に光との相互作用によって存在するということが認識できたのではなかろうか。では、3者関係の明示的な理解が可能であることは「光と影」の理解にどのような意味をもつだろうか。これを検討するために、以下では質問②と質問①での結果を比較する。

**2 3者関係の明示的な理解が「光と影」の理解に及ぼす影響**

3者関係の明示的な理解（質問②）と影の生起に関する

理解（質問①）との関係を学年別に検討した結果を図2と図3に示す。

3年生の場合、3者関係の明示的な理解ができないと、光の活動性に注目できないことが多い。一方、3者関係の明示的理解が理解できるほど、光の活動性に注目して影が生起する原因を推論することが多かった。このような結果は4年生でも現れ、3者関係の明示的な理解ができる子どもは、光の進行や反射に注目することが多かった。したがって、光の動きや反射といった光の活動的な性質に注目して影の生起原因を推論するためには、まず光と影を関係づけて、光との相互作用によって存在する影を理解することが必要であろう。

#### 4. 全体的な考察と今後の課題

本稿では、学校で理科の学習を受ける前の子どもたちが生活経験を通して自ら形成していく知識の内容を把握すると共に、授業を受ける前と後の子どもを比較して理科の教科学習の影響について検討した。具体的には3年生の2学期に「光」の単元を学習することに注目し、3年1学期の子どもと4年1学期の子どもを対象に光の性質と影現象に対する理解を比較した。その結果、1) 理科の教科学習を通して「光と影」を学習する前の子どもは、生活経験を通して光が進むという動きの性質をある程度理解することができ、光と事物と影の関係を行動で理解することができる。しかし、教科学習の前の3年生は光と事物と影の関係を行動で示すことはできても、3者関係の明示的に説明することはできない。また、影は光との相互作用によって生起するという認識がないために、影の暗い性質を影独自の特徴として理解している。2) 理科の教科を通して「光と影」を学習すると、3者関係の明示的な理解が可能になり、影を光との相互作用によって生起する現象として認識できるようになる。授業を通して学習した光の性質を適切に利用することはまだできないが、影の暗い性質は何らかの形で光と関連があると理解している、という結果が得られた。

このような結果により、理科の教科学習を通して養われる能力は、自然現象を相互作用によって生じるものとして認識するようになるということである。特に、質問③「スカートは青色なのに、どうしてスカートの影にはその色が無いのか」での反応で分かるように、授業を受ける前の3年生と授業を受けた4年生ではそれぞれ異なった対象に注目して回答していることが分かる。すなわち、3年生の場合、影の暗さに注目して黒い（暗い）のが影の独自の特徴であるかのような説明しかできなかった。このような反応は「自然現象」を「事物」として判断しようとする証拠といえよう。一方、4年生では、光に注目して光が影の暗さ

に何らかの原因であると推測していた。すなわち、影現象における光の性質を適切に利用することはできなくても、影は単独で存在するのではなく、光との作用によって生起することを認識した。言い換えると、「事物」から「自然現象」への分化が始まったともいえよう。

では、「事物」と「自然現象」を区別して、さらに、知識を適切に利用して「自然現象」のメカニズムを理解するためには何が必要だろうか。湯沢（1998）は知識を理解することと知識を利用することは別の問題であることを指摘して、知識が適切に利用できるためには、場面との関連づけによって知識を再構成しなければならないと述べている。ここで大事なことは、どれだけ多くの場面と知識を関連付けるかではなく、どれだけ異なる場面と関連付けるのかであろう。子どもは様々な場面と知識を関連付けることによって、その知識を利用すべき場面と利用してはならない場面を区別できるようになると思われる。このような経験を通して子どもはもっている知識がなぜ必要なのか、どのような場面で必要のかを見極めることができ、知識を適切に利用できるようになると思われる。

最後に本稿の限界として、3年生と4年生をそれぞれ別の人物を対象にしたことをあげなければならない。より明確な授業の効果を把握するためには、今後、同人物による授業の効果を把握する必要があるかもしれない。

#### （注）

- 1 実際、影が生起するメカニズムは教科書では直接取り扱っていない。子どもは光の性質を理解する過程で、影というのはどういふもので、なぜ生起するのかについて自ら推論しなければならない。

#### （文献）

- 青木多寿子（1993）「重さ判断課題における scientific thinking 研究（Ⅲ）：個人の意見への科学理論、素朴理論の影響について」教育心理学4回大会、262。
- Chi, M. T. H., Slotta, J. D., & de Leeuw, N. (1994) From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, 4, 27-44.
- DeVries, R. (1986) Children's conceptions of shadow phenomena. *Genetic Psychology Monographs*, 112, 481-531.
- 工藤与志文（1997）文章読解における「信念依存型誤読」の生起に及ぼすルール教示の効果—科学領域に関する説明文を用いて。教育心理学研究、45、41-50。
- 麻柄啓一（1990）「誤った知識の組み換えに関する一研究」教育心理学研究、38、455-461。
- 文部科学省（2008）小学校理科学習指導要領
- 松森康夫（2000）子どもの本音を知ろう 新教育21 シリーズ 学校図書
- Piaget, J. (1960) The child's conception of physical causality. (子どもの因果関係の認識、東京：明治図書)
- 湯沢正通（1998）「認知心理学から理科学習への提言」北大路書房

## What Do Children in Elementary School Learn in Science Classes? : The Acknowledgement of Light and Shadow Concept for 3rd and 4th Graders

Youngmi OH  
(Human Developmental Sciences)

In recent decades, many physical misconceptions among children in this world have come to the forefront in this field. The reference stated by Chi (1992/1994) clearly indicates that children have misunderstood the physics when they cannot distinguish between the object and physical phenomenon. The object phenomenon is learned by daily experience whereas the physical phenomenon is only learned by teaching. The purpose of this study is to research what children in elementary school learned during science classes. There were 20 3rd graders that had no knowledge of the light and shadow concept and 24 4th graders who already learned and exposed to the concept. by interviewing each participants, we asked and researched “why shadows do occur”. “the relationship between light and shadow”. and “the characteristic of a shadow”. As a result, 3rd graders understood the properties of light and the reflections of a light (shadow) but not the actual concept of the shadow formation. In addition, 3rd graders thought that the darkness of a shadow is just a character by itself and not by the interaction between the light and the object. however, 4th graders understood the theory and the phenomena of how a shadow is produced. they know that a shadow occurs between light and object interaction. In conclusion, research clearly indicates that children can distinguish between “the natural” and from “the objects” phenomenon in science classes.

**Keywords:** science class, an elementary school, shadow. Light.