

博 士 論 文

小学校 3～6 年生の認知発達過程の特徴
——重さの保存を手がかりにして——
(Characteristics of Cognitive Developmental
Processes in Third- and Sixth-Grade Elementary
School Children
——using weight conservation as a clue——)

2023 年 9 月

立命館大学大学院社会学研究科
応用社会学専攻博士課程後期課程

大西 真樹男

立命館大学審査博士論文
小学校 3～6 年生の認知発達過程の特徴
——重さの保存を手がかりにして——
(Characteristics of Cognitive Developmental
Processes in Third- and Sixth-Grade Elementary
School Children
——using weight conservation as a clue——)

2023 年 9 月

September 2023

立命館大学大学院社会学研究科
応用社会学専攻博士課程後期課程
Doctoral Program in Applied Sociology
Graduate School of Sociology

Ritsumeikan University

大西 真樹男

ONISHI Makio

研究指導教員：竹内 謙彰教授

Supervisor : Professor TAKEUCHI Yoshiaki

目次

序章 本研究の目的と構成

- 第1節 目的・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ p. 1
- 第2節 構成・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ p. 2

第1章 本研究の背景

- 第1節 9・10歳頃はどう論じられてきたか
 - はじめに・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ p. 5
 - 1 池田太郎に見る9・10歳頃・・・・・・・・・・・・・・・・ p. 5
 - 2 「9歳の峠」の登場・・・・・・・・・・・・・・・・ p. 6
 - 3 加藤・渡辺に見る9・10歳——70年代から現在・・・・・・・・ p. 7
 - 4 学力との関連で・・・・・・・・・・・・・・・・ p. 10
 - 5 新たな動き・・・・・・・・・・・・・・・・ p. 11
 - 6 まとめ・・・・・・・・・・・・・・・・ p. 13
- 第2節 認知発達の基礎となる保存・・・・・・・・ p. 14

第2章 8歳から10歳の「重さの保存」に関する研究

——子どもの保存・非保存判断の記述による説明に着目して——

- 第1節 問題と目的・・・・・・・・・・・・・・・・ p. 16
- 第2節 方法・・・・・・・・・・・・・・・・ p. 20
- 第3節 結果・・・・・・・・・・・・・・・・ p. 23
- 第4節 考察・・・・・・・・・・・・・・・・ p. 35

3章 学童期における重さの単位の発見に関する研究

——重さの保存との関連に着目して——

- 第1節 問題と目的・・・・・・・・・・・・・・・・ p. 38
- 第2節 方法・・・・・・・・・・・・・・・・ p. 42
- 第3節 結果・・・・・・・・・・・・・・・・ p. 43
- 第4節 考察・・・・・・・・・・・・・・・・ p. 54

4章 小学校3年生～6年生における重さの保存概念の獲得過程

——縦断的調査研究——

- 第1節 問題と目的・・・・・・・・・・・・・・・・ p. 63
- 第2節 方法・・・・・・・・・・・・・・・・ p. 65
- 第3節 結果と考察・・・・・・・・・・・・・・・・ p. 67

第4節	総合考察	p. 76
第5節	結論と今後の課題	p. 80
5章 「重さ」の授業から見えてくるもの		
	はじめに	p. 83
第1節	小学校学習指導要領にみる「重さ」の扱いの変遷	p. 83
第2節	対象とする授業	p. 85
第3節	授業者が持つ特徴的な視点	p. 86
第4節	考察	p. 92
6章 総合的考察		
第1節	本研究のまとめ	p. 103
第2節	結論	p. 106
第3節	今後の課題	p. 108
	終わりに	p. 108
引用文献		p. 110

序章 本研究の目的と構成

第1節 目的

「保存」の概念獲得は認知発達を考える上で重要な一つの指標であるといっていだろう。科学史の観点によれば、「保存」の発見は18世紀にさかのぼる。ラボアジエ(1743~1794)は、1774年に化学反応の前後で質量が保存されることを発見した。当時、燃える物質にはフロギストンが含まれており、燃焼すると放出されてその分軽くなると考えられていた。いわゆる「フロギストン説」である。ラボアジエはこの「フロギストン説」に疑問を持ち、実験によって化学反応の前後で質量の総和は変化しないことを明らかにした。

池内(2021)によれば、物理学の法則とは、「いつでも、どこでも、一定の条件の下に成立するところの普遍的・必然的な関係」(池内, 2021, p. 85)であるという。その法則の一つとして「運動量保存則」や「エネルギー保存則」などが挙げられている。

このように、化学、物理学において扱われている「保存」の概念は、自然界を理解し科学を発展させるうえで重要な概念であるといえる。従って、「保存」は、学校教育においても扱われている。

小学校では、3年生理科で「重さの保存」が出てくる。粘土の形が変わっても重さは変わらないことを学習する。同じ学年の算数では「重さ」の学習があり、重さの概念や単位について学習する。中学校では2年生理科(未来へひろがるサイエンス2, 啓林館)で質量保存の法則が出てくる。「いっばんに、反応の前後で、その反応に関係している物質全体の質量は変わらない。これを質量保存の法則という」(2022, p. 194)と説明されている。

中学校の3年生理科(未来へひろがるサイエンス3, 啓林館)では、「エネルギーの変換と保存」という学習内容があり、「エネルギーはさまざまな装置を使うことによって互いに変換でき」(2022, p. 226)ること、そして「エネルギーが変換されても、エネルギーの総量は変化せず、つねに一定に保たれる。これをエネルギー保存の法則といい、自然界のもっとも基本となる法則の1つである」(2022, p. 228)と述べられている。

高校では、中学校での学習をさらに発展させた内容になっている。

以上、教科書の内容をみても、「保存」法則が重要な自然法則であり、「保存」の概念は科学の発展とともにその内容が豊かになってきたことが分かる。同時に「保存」の概念が、科学の発展を支えたとも言えるのではないだろうか。ブルーナー(1966)も「常識の多くは、また科学のすべては、保存の概念なくしてはありえないであろう」(ブルーナー, 1966, 邦訳, 1969, p. 29)と述べているが、当時に比べ科学が発展した現在においても「保存」概念は諸現象を理解する上で重要な役割を果たしている。

中でも、本論考では「重さの保存」に着目する。Haget(1966)によれば、「重さの保存」概念は、具体的操作期の組織化が行われる9・10歳頃に獲得される。重さという量は、感覚的にとらえられるが目に見えない量として存在する。このような認識は抽象的な思考の一つであり、その後子どもが科学的な認識を深めていく上で必要なものである。

しかし、その後の追試（保存に関する研究は数多くあるが、重さの保存に焦点を当てたものは多くはない）では、重さの保存の獲得時期について必ずしも一致した結果が出ているわけではない（天岩, 1973; 日下, 1995 など）。

9・10歳頃の発達の特徴として計画性や社会性、抽象性、論理性などの獲得が言われているが、重さの保存も同時期に獲得されるのか。まず9・10歳に先立つ8歳から重さの保存をどのようにとらえているか、重さの保存概念がどのように変化していくのかを、記述された理由の分析を中心に明らかにしていく。そして、保存概念が根底にある個別単位の認識との関連で重さの保存獲得の過程を考える。これら横断研究の成果を踏まえつつ、3年生から6年生までの4年間の縦断研究を行い、個人レベルでの重さの保存概念の獲得過程を考察する。また、教育実践、具体的には主に理科の授業であるが、その中で重さの保存がどのように扱われ、実践者は如何に考えたかを授業記録を通して導き出す。

9・10歳頃について論じられてきたことを踏まえながら、横断研究と縦断研究、そして教育実践の分析を通して、重さの保存の獲得の過程と獲得の時期を明らかにすることを本論考の目的とする。重さの保存概念の獲得過程を考察することで、8歳頃から9・10歳頃を経て12歳頃までの認知発達における特徴の一端を見いだせることが期待される。

第2節 構成

本論文はこの序章に加えて6つの章で構成される。

第1章 本研究の背景

第2章 8歳から10歳の「重さの保存」に関する研究

第3章 学童期における重さの単位の発見に関する研究

第4章 小学校3年生～6年生における重さの保存概念の獲得過程

第5章 「重さ」の授業から見えてくるもの

第6章 総合的考察

第1章では、「9歳の壁」などと言われ、学童期の中でも特に9・10歳頃が論じられてきた経過を俯瞰し、議論の背景と特徴点を述べる。その中で、重さの保存がどのように位置づいているのか検証する。同時に、9・10歳頃の前後で生じる発達の質的転換の様相を知ることで、本論考の議論に資することが期待される。

第2章から第4章までは、次のような実証的な研究で構成される。なお、第2章と第3章は横断研究であり、第4章は縦断研究である。

第2章では、9・10歳の前段階としての小学校2年生（7～8歳）から4年生（9～10歳）までの重さの保存認識について検討する。ここから、重さの保存概念の質的变化が見いだせると期待される。

第3章では、単位、なかでも「個別単位」という視点から重さの保存を考える。個別単位の理解は、前提として保存の獲得が含まれていると推察される。個別単位の獲得から重さの保存獲得を見ることでその獲得の姿がより鮮明になると考えられる。

第4章では、縦断的に重さの保存の獲得過程を検証する。ここでは、4年間（小学校3年生から6年生まで）にわたる追跡調査から個々の子どもの重さの保存認識の変化を見る。横断研究に縦断研究を加えることで、重さの保存獲得過程は一層明らかになると期待される。

第5章では、小学校における理科などの授業において、重さの保存が如何に扱われてきたかについて検討する。授業の中での困難や工夫から、実践者が重さの保存をどのようにとらえ、獲得する道筋をどこに見出しているのかを検証する。

第6章では、第1章で整理した研究の背景および第2章から第4章までの実証研究と第5章の授業研究の結果を踏まえて、重さの保存概念の獲得過程を考察する。

以下、各章の概要と、各章に収録した本論文の主題に関する論文との対応を記す。

第1章

概要：9・10歳頃の発達について研究されてきた歴史を俯瞰し、9・10歳頃の発達の特徴を検証する。

既公刊論文との対応：なし（書き下ろし）

第2章

概要：重さがものの大きさと分離して認識されているか検証する。「重さの保存」課題における判断理由の検討、その内容を仮想場面で友達に説明内容の分析を通して重さの保存の獲得過程を検証する。

既公刊論文との対応：『大西真樹男（2017） 8～10歳の「重さの保存」に関する研究 ——子どもの保存・非保存判断の記述による説明に着目して—— 立命館産業社会論集, 第53巻第3号, pp. 65-82』に、修正・加筆し収めた。

第3章

概要：重さの「個別単位」発見と「重さの保存」の獲得との関係を検証する。重さの「普遍単位」を使用している実態を把握し、「重さの保存」や「個別単位」発見との関連を検討する。

既公刊論文との対応：『大西真樹男（2019） 学童期における重さの単位の発見に関する研究——重さの保存との関連に着目して—— 立命館産業社会論集, 第54巻第4号, pp. 87-106』に、修正・加筆し収めた。

第4章

概要：4年間にわたる質問紙調査の結果から、重さの保存概念の獲得の仕方によって、主に3つのグループに分けることができ、それぞれの特徴から小学校3年生～6年生の子どもの重さの保存概念の獲得過程を検証する。

既公刊論文との対応：『大西真樹男（2022） 小学校3年生～6年生における重さの保存概念の獲得過程 ——縦断的調査研究—— 立命館産業社会論集, 第58巻第2号, pp. 73-89』に、修正・加筆し収めた。

第5章

概要：小学校理科あるいは算数における「重さ」の授業ではどのようなことが重視され、

あるいは工夫されているのかについて具体的な授業記録をもとに明らかにし、その意味を重さの保存概念獲得との関連で考察する。

既公刊論文との対応：『大西真樹男（2021） 「重さ」の授業から見えてくるもの 立命館人間科学研究, №. 43, pp. 35-51,』に、修正・加筆し収めた。

第6章 総合考察を行い、重さの保存概念の獲得過程の特徴と課題について明らかにする。

既公刊論文との対応：なし（書き下ろし）

第1章 本研究の背景

第1節 児童期、特に9・10歳頃はどうか論じられてきたか

はじめに

小学校3～6年生の子どもの発達について考える上で、9・10歳頃が今までどのように論じられてきたか俯瞰しておく必要があると考える。なぜなら、その中に、小学校3～6年生の発達を考える上で重要な手がかりが含まれていると予想されるからである。9・10歳頃は、教育現場において「9歳の節（もしくは10歳の節）」などと言われ、議論や研究の対象になり、様々に論じられてきた。このような年齢は児童期では9・10歳頃以外にはないといってもいいだろう。その時期をめぐる研究を見ることは、この時期が俎上につけてきた背景を知ることができ、また、単に9・10歳頃の子どものみならず、その後の子供達の発達の特徴を知る上でも極めて大きな示唆を得ることが期待される。

ここでいう9・10歳は、学年では小学校3・4年生を指すと考えるのが一般的だが、学年でいう場合小学校3年生には8歳が含まれる。したがって、小学校3・4年生という場合年齢では8歳～10歳を含むことになる。また、9・10歳という場合、学年では小学校5年生に10歳が含まれているので小学校3年生から5年生までがその範囲になる。本論考では、「9・10歳頃」という表現が、小学校ではおおよそ3・4年生に対応すると考えて論を進めることとする。ただし、引用はその著者の用い方を踏襲する。また、学年は特にことわりがない場合は全て小学校のものである。

1 池田太郎に見る9・10歳頃

池田（1973）は、その著書の中で6ページ足らずだが「児童の発達段階——特に3・4年生の問題——」と題して3・4年生頃の特徴について述べている。驚くべきは、その論稿が書かれた時期が1946年2月となっている点である。その文書が最初に掲載された雑誌は「最近心理学研究」となっている。その中で池田は、3・4年生は「小学校時代では、一番骨の入れがいのある時期だとも思われるのである」（池田、1946、p.73）として、その特徴の一つとして「技術形成方面は、一応完成を見る時代であり、一生の精神的方面の規定づけをなす時代でもある」としている。そして、7人の体験談と池田自身の昭和初期からの実践的体験を9項目挙げて、3・4年生の特徴を述べている。

「結論」として、①この時期の取り扱いかんは、遅進児の増減に強く関係すること、この時期を等閑にふすならば遅進児は決定的なものになるであろう、②身体を動かしてやる技術などは、この時期をのがしてはならない、③やんちゃもするが、教師の熱意を感激を持って受け取りやすい。本人にとって一生を決定するような印象を作りやすい、④クラスの同志を将来にわたって、手をつながせていこうと思った時、そのようにするための一番仕込みやすい時期である（池田、1946、p.78、一部要約）、の四点を挙げている。

現在の生活・文化水準とは大きく異なる時代であるから単純に比較することはできない

としても、9・10歳頃が技能を身に付ける上で、また知識を習得する上で重要な時期であることを池田は示している。また、この中で紹介されている体験から、教育によるものと子ども自身の内的な変化によるものという両面からこの時期の子どもの変化をみていると言える。中村（2019）は、池田が「教育に帰することのできない内発性に注目し、それを発達の段階の変化ととらえようとして」（中村、2019、p. 7）いると指摘している。

池田自身が1946年にこういった問題意識をもっていたことから、昭和初期において既に、9・10歳頃は「変わり目」として子どもに関わる人々の間で受けとめられていたことが推察できる。川地（2020）も「池田の指摘から、この時期の重要性は戦前から認識されていたのではないかということが推測できる」（川地、2020、p. 83）としている。川地（2020）は、1930年頃の教育実践についての研究から「中学年の算数や文章記述の困難は戦前から認識され、これを課題と考えて取り組む動きはあった。ただし池田のように発達の重要な転換点があるとまでの位置づけではなかった」（同、p. 84）とも述べている。

池田と同じ頃、ゲゼル（1977¹）は5歳～10歳の発達に目を向けている。「5歳から10歳に至る5年間は、人間の一生の発達の中でまことに重要な位置を占めている」（ゲゼル、1974、邦訳、1983、p. 29）。そして、「勾配」という概念で発達を説明している。「勾配」とは「児童がより高い行動の水準に達するための段階の系列、あるいは成熟の度合いである」（ゲゼル、邦訳、1983、p. 38）。「勾配の目的は、むしろいろいろの発達の序列におけるその子どものおおよその位置を見出すところにある」（同、p. 40）。ゲゼルは、観察を通して子どもの様々な領域の勾配について考察している。9・10歳に特別焦点を当てているわけではないが、「均衡のとれた時期としての5歳が、衝動的な5歳半に、また創造的、攻撃的6歳に道を譲り、更に、今度はそれらが、内に向かう主観的な7歳、拡張的な8歳、自発的な9歳、方向転換期の10歳に道を譲る」（同、p. 250）と述べ、10歳をいくつかの段階を経て「転換期」とみている点は興味深い。

2 「9歳の峠」の登場

萩原（1964）は、「ろう教育」誌の中で「ろう児の学力水準は、普通児なみのスケールで見ると『九オレベルの峠』で疲労困ぱいしているという現実である」（萩原、1964、p. 3）と述べている。岡本（1987）によれば、萩原はその後、「九歳レベルの壁」とも言っている（岡本、1987、p. 136）。「9歳の峠」あるいは「9歳の壁」という言葉が用いられたのは、聴覚障害を持つ子ども達の教育に携わっていた萩原からだと言われている。

岡本（1987）は、萩原が亡くなるまでの間、「ろう教育」誌上に提言し続けた内容を丁寧に追っている。そして次のように述べている。「萩原の提言は、その原因を子ども側の発達

¹ 初版は1946年、改訂版は1977年である。改訂版の序文に「1946年にこの書が書かれた時と同じように現在にも通用する」と書かれている。「池田と同じ頃」としたのは、このような理由による。なお、改訂版はイグル、エイムズ両氏による。

段階の問題としてよりも、むしろそれを教える教育者側の問題、つまり教育の方法が生み出しているつまずきとして捉えている」(岡本, 1987, p. 137)。そして、「おそらく発達的に様々な要因が働き合って、構造的に学力上のつまずきの時期をつくり出していると考えられる」(同, p. 138)としている。同時にその際、発達段階の問題を無視しては論じられないともいっている。

また、田丸(2009)も「萩原は学力水準の停滞の原因を聴覚障害それ自身に求めたわけではなかった。そうではなく、その原因を教育に求め、教育を変えることによって聴覚障害のある子どもの学力の改善を図ることに全力で取り組もうとしたのであった」(田丸, 2009, p100)と述べている。

岡本らの指摘は重要な内容を含んでいると考えられる。発達課題にふさわしい教育的な方法あるいは環境が準備されれば、「九歳の峠」は大きな峠にはならず済むと読み取れる。

脇中(2020)によれば、「京都府立聾学校高等部(1964)は、聾学校生徒の標準学力調査の結果を紹介し、『ろう児の知的な能力が9才あまりで停滞するといわれる一般論を裏書きしていた』と記していることから、『9歳の壁』は当時すでに知られていたようである」(脇中, 2020, p. 90)。そうであるなら、少なくとも聴覚障害児教育の現場では、「9歳の壁」は一定認知された子どもの実態であったと考えられる。萩原(1964)の「九才レベルの峠で疲労困ぱいしている」という言葉もそういった背景があって出てきたものとも考えられる。川地(2020)によれば萩原(1963)は「その前年には『小学校四五年生の相応学力が上限のように思われる』とも言及している」(川地, 2020, p83)が、そのことも考えれば、当時すでに9歳頃を意識した議論が聴覚障害児教育の現場にあったことは想像に難くない。

池田(1946)は「この時期の取り扱いかんは、遅進児の増減に強く関係すること、この時期を等閑にふすならば遅進児は決定的なものになるであろう」(池田, 1946, p78)と述べたが、その後、聴覚障害児教育の分野から萩原の提起によって再び学力との関係で9・10歳頃が注目されるようになってきたのである。

そして、教育関係者の間では、1960年代から1970年代にかけて教育実践上の課題として「9・10歳の壁」(あるいは「9・10歳の峠・節」)が一定の広がりをもって認識されるようになっていく。その問題意識は、田丸(2009)も指摘しているように、「教育現場から研究室へ」(田丸, 2009, p99)と広がりを見せるのである。ここでいう教育実践の課題は、単に教師の日々の教育活動の課題のみを指すのではなく、学習指導要領に基づく文部省(当時)の教育行政の在り方、そしてそれに基づく具体的な展開としての学校での実践とその課題と考えるべきであろう。

3 加藤(1987)と渡辺(2011)に見る9・10歳——1970年代以降の展開

ここでは、おもに加藤(1987)と渡辺(2011)の主張を取り上げて考えてみたい。

加藤(1987)は次のように指摘している。「小学校4年生が学力の『落ちこぼれ』のはつきりする時期だという新聞報道がなされたのは1970年代の半ば」であり、「70年代後半に

なるとこの問題は父母の間でも話題になるほど」(加藤, 1987, pp. 29-30) に広がった。9・10歳が、「少なからず子どもの発達における『危機』と結びついて問題にされている」(同, p. 32)。ここでの「学力」については、学校の学習のなかで獲得する知識・概念・技能などととらえて議論を進める。

同時に加藤は、「少なくともその時期が通常の子ども達にとっても一つの飛躍の時期なのかもしれない」(同, p. 35) と述べている。同時期に、秋葉(1989)も中学生時代と並んで9・10歳を「飛躍の節」(秋葉, 1989, p. 20) と言っている。両者は「飛躍」という言葉を用いて、9・10歳頃の特徴を言い表している。9・10歳頃の発達の特徴が、聴覚障害児教育における発達の特徴を示すのみならず、通常の子ども達の発達についても重要な意義を持つ時期としてとらえられるようになってきたことが分かる。

ちなみに、田丸(2009)は9・10歳の節という用語は、「日本生まれの日本育ちである。」「心理学の世界で、発達段階を表す表現として認められている日本オリジナルな用語」(田丸, 2009, p98) であるといっている。

加藤は続いて、「1970年代の半ばころから、発達心理学や教育研究の分野において九・十歳頃小学校中学年の時期に大きな関心が払われるようになってきた」(同, p. 35) こと、さらに、「1980年代に入るところから『非行少年は九・十歳頃の発達の節をこえられないでいる』などという論調まで出され、大脳生理学などの分野もふくめて、この時期に対する関心が高まってきた」(同, pp. 35-36) と70年代半ばから80年代にかけての特徴を述べている。

加藤が9・10歳頃に身につく力として挙げているものは次のようなものであった。まず「論理的に考える力」として推理する力・考えてからする力(計画性)・複雑な思考への一歩などを挙げ、次に、人格発達の節目となるような飛躍を遂げる時期であるとして、「見通しをもって生活する力」「周囲を思いやり、気持ちを伝え合う力」などの「人間らしさ」が身につくことを挙げている。

加藤らは、9・10歳頃が学力に関わって社会問題化していることを挙げながら、同時に通常の子どもたちにとっての「飛躍の時期」という見方をしている。それは、池田(1973)が述べた3・4年生頃の特徴を深め、新たな視点から質的に変化する時期であることを述べたものと考えられる。そういう点で、1970年代からは「9・10歳」問題が新たな展開を見せ始めたといってもいいのではないだろうか。

田中(1980)は、「可逆操作の高次化における階層一段階理論」の中で、5・6歳頃に「発生した新しい発達の原動力がその後弁証法的な充実を経て、9・10歳ごろ弁証法的な否定をおこない、1次変換可逆操作を成しとげる」「次元可逆操作から変換可逆操作への移行という大きな発達の質的転換をなしとげて発達の不可逆性を成立させる」(田中, 1980, p. 270) と述べ、9・10歳頃に発達の飛躍があると主張している。

日下(1989)は、「九・十歳の壁」論が児童期の発達研究にとってどのような意味を持つか、次の3点を挙げている。第1に、児童期における発達の1つの質的な転換期を指摘することで、児童期の「発達」に目を向けさせたこと、第2に、従来比較的安定していると言わ

れてきた時期が、次の発達段階への重要な移行期であることを指摘することによって、教育実践にも何らかの影響を与えたこと、第3に、ダイナミックな質的転換を伴う発達段階論を提起することになったこと、である。

このように、9・10歳頃を発達の重要な転換期と考え、その特徴を深める研究が1970年代以降発展するのである。

渡辺(2011)は、『9歳』『10歳』という年齢は、意外と知られていないことが多い年齢であって、「発達心理学の領域でも、『9歳』『10歳』あたりを切り取って、どのような発達がある年齢なのかについて詳細にまとめられては」(渡辺, 2011, p. 38) いない状況があるとしている。しかし、「発達心理学では、各年齢での発達の特徴について、多くの知見が蓄えられてきている」(同, p. 38), よって、それに基づいて「9歳」「10歳」について考えようというのが渡辺(2011)の問題意識である。

同時に、「9歳」「10歳」を取り上げるもう一つの背景には、「9歳」「10歳」が根拠もなく取り上げられ、早期教育をあおるキャッチフレーズに用いられる、早期教育のみならず、運動面でも人格面でも、食の面でも「9歳」「10歳」に焦点が当てられている社会的な状況があった。脳科学の知見の用い方にも曖昧なものや一致していないものが見られたりするなど、誤解を招きやすい言説が流布していることなども挙げられている。加藤の時代と同様に、社会的な関心が背景にあることが分かる。

そして、「9歳」「10歳」を次のような視点から取り上げている。『自分』って何？—自己意識の変化』『考える力』の急成長—認知の変化』『複雑な気持ち』を知る—感情の変化』『親より』『友達』へ—友達関係の変化』『他人の視点』の獲得—道徳性の変化』『身体の変化』である。

21世紀に入ってマスコミでも取り上げられた。2009年NHKテレビ「クローズアップ現代」で“10歳の壁”を乗り越えろ——考える力をどう育てるか」という番組が放送されたことを渡辺は挙げている。この番組の中で、「勉強についていけなくなる児童が、9歳、10歳、つまり小学校4年前後に急激に増えている」(同, p. 39) ことに焦点が当てられている。渡辺は、こういった4年生でのつまずきは以前から言われていたが、「つまずく」時期とみるのではなく「飛躍」する可能性がある時期ととらえるべきだという加藤や秋葉の言葉を紹介している。

加藤や渡辺が指摘している新聞報道やNHKの番組は主に学力の面からの報道である。しかし、両氏は、9・10歳頃を、学力を含めた人間の発達にとって重要な時期としてとらえていると考えられる。特に加藤は「登校拒否」「子どもの自殺」「落ちこぼれ」などが「子どもの発達の危機」と結びついて問題にされていると指摘している。「子どもの発達の危機」は「人間としての発達の危機」と考えてもいいのではないだろうか。

服部(1997)は、「子どもの自己『概念』のあり方は認知発達に規定されると同時に、子どもの発達要求を反映する」(服部, 1997, p. 30) ものとしてとらえ、「自己」発達の質的変化が学童期中期ごろに見られるとしている。その変化の内容を次のように述べている。

一つめは、自己の時間的変化が認識される過程において、過去の自己が現在の自己の認識の基準として機能するようになる。二つめは、「現在の自己」は、よい面もわるい面もあわせもつものとして認識される。三つめは、自己の行動や考えに対して、他者がどのように思うかが推測される。四つめは、「自己とは何か」が問われはじめる。

この研究は、加藤や渡辺らが述べている、9・10歳頃に子ども達が社会性を持つようになること、客観的に自分を見るようになることなどを裏付けるものである。また、学力を含む人間の発達を考える上で、「子どもの自己『概念』のあり方は認知発達に規定されると同時に、子どもの発達要求を反映する」というとらえ方は、この時期の子どもの発達を考える際の重要な視点であろう。

4 学力との関連で

9・10歳頃を考える際、必ずといっていいほど学力が問題にされる。そして、当然のこととして9・10歳頃、学力がどの程度獲得されているかによってその後の子どもの人生に影響がある。例えば、宮口（2019）は、少年院での勤務経験から非行少年に共通する特徴を6点あげている。それは「認知機能の弱さ」「感情統制の弱さ」「融通のきかなさ」「不適切な自己評価」「対人スキルの乏しさ」「身体的不器用さ」（宮口，2019，pp. 47-48）である。中でも「認知機能は、受動・能動を問わず、すべての行動の基盤でもあり、教育・支援を受ける土台」（同，pp. 49-50）と述べているように、学力を獲得するために必要な認知機能が弱ければ他の力の獲得にも影響がでると考えられる。加藤や渡辺の主張からすれば、この6点はいずれも9・10歳の子ども達が獲得する力と関連するものと考えることができる。

また、藤岡（2010）は、国立教育研究所（当時）が1983年に実施した「算数」・「国語」の学力調査の結果（天野・黒須，1992）を紹介し概括している。その中で、この「学力調査から見た9・10歳の特徴、とりわけこの時期に学習遅滞が増加することについて」（藤岡，2010，p. 34），3点にわたって示している。第1に、この時期を「学習の質的転換期」と呼ぶことができる。第2に、教育内容・指導の変化が4年生から見られ、指導においては言語的要素が強くなる。第3に、9・10歳頃には、自我の目覚めと自己評価が強まり、学習意欲にも変動が起こる。これらが学習遅滞増加の背景にあるとし、「小学校卒業時、あるいは中学校での成績を調べた追跡調査では、学習遅滞が改善されるのは5～10%程度に過ぎないことが分かった」（同，p. 34）と述べている。一旦学習遅滞に陥るとそこから抜け出すのが非常に困難であり、その影響が長年継続する可能性があることを示している。仮に抜け出したとしてもそのための相当な時間が必要であろうことが予想される。

池田（1946）も述べているようにすでに昭和初期から、9・10歳頃の「取り扱いかんは、遅進児の増減に強く関係する」と言われ関心がもたれていた。その後、形を変え深められ9・10歳頃と学力について議論されてきた。ろう教育の現場から始まった「9歳の峠」についての議論は、一般の子ども達の学力問題として、マスコミ報道に見られるように社会問題と言えるまでに発展してきた。

しかし、「落ちこぼれ」「学習遅滞」「勉強についていけない」などは現象として現れているものであり、その原因を 9 歳・10 歳頃の発達の特徴と関係させて考えるのであれば、9 歳・10 歳頃の発達の特徴をどうとらえるか問われなければならない。同時に、その時期の発達にふさわしい学校教育が保障されていたのか教育実践上の課題としても考える必要がある。

5 新たな動き

21 世紀に入って、9・10 歳が新たな視点からも議論されるようになってきたと考えられる。身近なところでは、人間発達研究所主催（2012）「シリーズ人間発達基礎講座 6」で「子どもは未来・子どもの未来——いま、9、10 歳の発達の節目を考える——」が開催されている。雑誌『教育』（2019.10）は、「学童期の子どもたちと泣き笑い」という特集を組み、主に小学校中学年に焦点を当てている。同誌は 2022 年 12 月でも「9・10 歳の節を子どもと生きる」という特集を組んでいる。『障害者問題研究』（Aug. 2020 Vol. 48 No. 2）では、『9 歳の節』と発達保障」という特集を組んでいる。これらは研究・実践の一つの到達点が示されているとみていいだろう。

その背景には、発達段階を意識した実践・研究の蓄積、脳科学の進歩によって生理学的な観点からも児童期中頃の変化が見えてきたこと、また、児童虐待や発達障害という子ども達をめぐる課題からの要請、などがあると考えられる。

竹内（2009）は、1980 年代に一定の議論がなされた 9・10 歳の節目について、再度取り上げる理由として二つのことが契機になったとし、その一つを次のように述べている。「近年、特に自閉症スペクトラム児において、9・10 歳頃が、発達上の重要な転換点になっているとの指摘（e. g., 別府・野村, 2005 ; Happé, 1995 ; 杉山, 2000 ; 2005）」があるという。もう一つは、「ヴィゴツキー理論の核心に位置づく二つの概念（「発達の最近接領域」と「内言」）をめぐる中村（2004）の著作に刺激を受けたこと」（竹内, 2009, p. 77-78）であると述べている。

この二つの契機から、竹内は「学童期から思春期にかけての時期にある、発達上の重要な転換点の問題を、改めて認知発達上の重要な研究課題として考え、整理を試み」（竹内, 2009, p. 78）ている。そして、「まとめ」では、9・10 歳頃の節目に関わる研究課題として「9・10 歳頃の発達の質的転換とそれ以前の発達との関連」と「特定の発達障害との関連での、9・10 歳頃の発達の節目の問題の解明」「認知発達と人格発達の関連で 9・10 歳頃の発達の節目の問題を解明」（竹内, 2009, p. 84）を挙げている。

川地（2020）は、9・10 歳頃に「したこと・見たこと等だけではなく自分の思いの動きも見つめ克明に書くこと、他者の思いと自分の思いの違いについても明確に書く」（川地, 2020, p. 88）ようになる」と指摘している。そして、「相違による他者の排除ではなく、仲間と共によりよい生活を紡ぐ主人公としての経験を豊かにしていくことのできるような、個人と集団の発達を保障する指導」（同, p. 88）が必要だと述べている。川地は作文や詩などから 9・

10歳頃の発達の特徴を明らかにしようとしている。

田丸（2010）は、次のように述べている。9・10歳の節は「新しい発達段階を提起したというより、古典的発達段階論を事実即して深化させたもの」であり、9・10歳の節には3つの機能的側面があるとして「言語」「思考」「社会性」を挙げている（田丸，2010，pp. 25-26）。特に、思考の発達では、「場面的な思考と推論的な思考，主観的な思考と客観的な思考，自然的な思考と社会的な思考」の3つの側面から段階的な対立があるとしている。「それぞれ前者から後者へ移行する際には葛藤が認められ，葛藤の出現が9・10歳の節の特徴を示している」（同，2010，p26）。

この議論は、9・10歳が言語や思考，社会性において劇的な変化の時期であることを示している。思考の発達は言語の発達と強く結びついている。また，思考の発達は，社会認識の基礎となることから，これらが相互に影響し合って葛藤が起こり新たな世界を構築していくのであろう。

これらは，それまでの9・10歳頃に関する議論における到達点を踏まえ，新たな課題が提起されていると言っているのではないだろうか。

別府（2020）は，知恵遅れのない自閉スペクトラム症（ASD）児の心の理解の発達について，次のように述べている。ASD児は誤った信念課題に誤答する時期が続き，直観的心理化のレベルを経ないまま，言語的な能力が9歳を過ぎると，命題的心理化を形成するようになる。ASD児は9歳まで，心を理解した振舞いである直感的心理化がないこと，そして9歳過ぎに命題的心理化のみで心を理解しようとする。定型発達児と異なる心の理解のプロセスと内容が推察される。

また，ASD児者が物語ることの重要性を指摘し次のように述べている。共感的に受け止めてくれる他者との出会いは，ASD児者が言語によって他者と情動的に通じ合う経験を可能にする。それによりASD児者自身，自分で自分の情動経験を物語るようになる。このことから9歳の節を超える際に獲得する認知，言語能力を自己感の成立基礎としていることが推察される。そして，それによって成立する情動的に通じ合う経験の重要性をASD児者の9歳の発達の節と関連させて検討することは，今後一層求められる。

これらは，9・10歳頃が，特定の発達障害との関係で近年注目されるようになってきたことの現れであると言える。9・10歳頃の発達の特徴をいわば手段として，特定の発達障害児の発達のプロセス並びに支援の方法について理解を深めていくことができることを示している。その際，「すでに多くの研究者や実践家が指摘しているように，自閉症は『心の理論』が欠如した障害と捉えるべきではなく，他者の心を理解することに，通常とはいささか異なる筋道からアプローチするようになるのだと考えるべき」（竹内，2009，p. 84）との竹内（2009）の指摘は重要である。特定の発達障害との関連で，9・10歳頃の発達の特徴を研究することで新たな発達の姿が浮かび上がってきたと考えられる。

脳の発達に関する研究は様々な分野で行われ，その成果が蓄積されてきている。森口（2015）は，認知的制御の発達について次のように述べている。認知的制御は，抑制機能，

シフティング、アップデートイングの3つの要素から構成される。抑制機能は、9歳児と11歳児を対象にした研究において、前頭前野の活動が全体的な活動から局所的な活動に変化することが示された。9歳児と比べて、11歳児においては下前頭領域の活動が強くなったが、背側前頭前野などの活動は11歳児において弱まった。課題の成績と関連していたのは下前頭領域の活動であったことから、脳活動が下前頭領域に特化していったと述べている。このことは、10歳頃に脳活動に変化が起こったことを示唆している。ただ、シフティングとアップデートイングについては、その働きを司る部位の活動が年齢とともに強まったとしている。

森口（2015）は、心の理論についても述べている。8歳以下の子どもでは、右の側頭頭頂接合部は、ヒトの外見とヒトの心的状態に対して同程度の活動を示した。一方、9歳以上の子どもでは、同領域は、ヒトの心的状態のみに特異的に活動した。心の理論に関わる脳領域は児童期にダイナミックに変化すると述べている。

一方で、森口（2015）は、脳機能の発達については、この程度の知見しか集まっていないのが現状だという認識を示している。渡辺（2011）も「脳科学では、生物学的、生理学的な観察や研究によって、脳内の変化を『客観的』に解明し、成果をあげている」が、「その脳の変化の事実と（略）子ども達が『主観的』に感じている心や考え方の変化を、どのように結び付けたらよいのか、ということについては、まだそれほど明らかにできていない」（渡辺，2011，p. 5）と述べている。だが、脳に関する研究が大きく前進していることは間違いないのであって、現在は限定的であっても今後知見が蓄積され、子どもの発達に関して明らかにされることも多くなるだろう。

林（2011）は、「10歳以降は、脳はほとんど大人と同じになりますから」（林，2011，p. 148）として、勉強をどんどんさせる時期であると述べている。林（2011）は10歳までを次のように分けている。3歳までは本能を磨く時期、その際「本能」は脳神経細胞が持つ「生きたい」「知りたい」「仲間になりたい」（林，2011，p. 23）の3つをさす。3～7歳までは、「不要な脳神経細胞の死」すなわち「間引き現象」が起こっている時期であり、同時に、「脳神経伝達回路のベースづくり」が行われ、「脳神経細胞が樹状突起を伸ばし」（同，p. 102）回路網をつくっていく時期である。そして「10歳以降は大人の脳とほぼ同じ」になり、「勉強の適齢期」（同，p. 148）となる。このように、脳の発達の側面から3歳，7歳，10歳をその節と見ていることが分かる。そして、子ども達はその時々に見せる現象を「脳の機能と本能，心が三位一体で働く」という視点から説明している。林（2011）も脳の成長を切り口にして子どもの人間としての発達を視野に入れて議論しているように考えられる。

6 まとめ

このように見てくると、昭和初期から関心がもたれていた9歳・10歳頃が、現在においてもなお子どもの発達にとって重要な時期であると注視され研究されてきたことが分かる。そして、9歳・10歳頃が発達における質的な転換期ととらえられるようになってきたといっ

てもいいのではないか。

また、9・10歳頃を議論する場合、特定の能力の発達を問題にすることより、池田、加藤、渡辺、田丸、服部らに見られるように1人の人間としての発達という見方をしているのは特徴的である。自己認識とともに社会性の発達などを含めた、人格の発達として9・10歳頃の発達を考えていることになろう。

そして、学力との関わりで9・10歳頃が議論されてきたことから、認知発達の重要性が他の発達との関連で一層明らかになる時期と考えられる。

重さの保存について、加藤(1987)は9・10歳頃に獲得する新しい力として「論理的に考える力」について述べており、その中でPiagetの群生体あるいは「比重」には触れているが、「保存」については触れていない。一方、渡辺(2011)は『『考える力』の急成長—認知の変化』で9・10歳ころに獲得する力として『『具体』から『抽象』へ』と並んで「保存」や「系列化」の理解の深まりを挙げている。

特定の発達障害との関連で、9・10歳頃の発達の特徴を研究することで新たな発達の姿が浮かび上がってきたことなど新しい動きも見出せる。また、近年の脳科学の発展も9・10歳頃の発達の特徴を明らかにするために重要な情報を提供するようになった。

今後の課題として、竹内(2009)も指摘している「9・10歳頃の発達の質的転換とそれ以前の発達との関連」(竹内, 2009, p. 84)がある。「発達の過程は、当初の感覚—運動的諸構造を、七歳から十一歳までの間に構成される具体的諸操作の水準の諸構造に結びつけていく」。それは「前操作的時期(二〜七歳)を経て結びつけるのである」(Piaget, 1966, 邦訳 p. 115)とPiaget(1966)が述べていることは、その関連を示唆するものと考えられる。また、田中昌人(1988)は5歳半頃の「生後第三の新しい発達の力の誕生」が「具体的操作」への道であり、「書きことば」を身につけていくことを将来可能にしていく力として誕生してくると述べているが、ここにもその関連を考える上での示唆があるように読み取れる。これらは、今後9・10歳頃の発達を深めていく上で重要な指摘であると考えられる。

第2節 認知発達の基礎となる保存

前節で見てきたように、認知発達がその後の人間的発達にとって極めて重要な意義をもつと考えてよかろう。3〜6年生の認知発達の特徴を捉えることは、子どもたちの人間としての発達を支えることにつながると考えられる。宮口(2019)は「認知機能は、受動・能動を問わず、すべての行動の基盤でもあり、教育・支援を受ける土台」(宮口, 2019, pp. 49-50)と述べ、服部(1997)は「子どもの自己『概念』のあり方は認知発達に規定されると同時に、子どもの発達要求を反映する」(服部, 1997, p. 30)と述べた。その認知発達に、9・10歳頃大きな質的变化が見られることも9・10歳頃の議論から明らかになってきた。

認知発達の過程の考察において、「保存」に着目することで、その姿の一つの側面がより具体的に見出せるのではないかと考える。また、3〜6年生までの認知発達がある程度見通せる可能性もある。この「保存」の概念がいつごろからどのように子ども達に獲得されるの

かを Piaget (1941) が実験で確かめている。その実験では、数の保存、液量の保存、物理量の保存、重さの保存、面積の保存、体積の保存、などが扱われている。Piaget (1966) は、7～8 歳から 11～12 歳までの期間は、具体的操作期の完成期であり、具体的諸操作として「保存性の諸概念」「具体的諸操作」「系列化」「クラス化」「数」「空間」「時間と速度」を挙げている。「保存性の諸概念は、ある操作的構造が完成していることの心理学的標徴になりうるのである」(Piaget, 1966, 邦訳, p. 99) と述べている。そして、「重量の保存は九～十歳ごろ」(同, p. 101) に発見されるとしている。

また、田中 (1987) は、10 歳頃には「表現方法が変わることによって意味が変わってしまったりしないで、注意を表すために必要な基本的事項を、表現する素材に応じて保存し、等価的に表現することができ始める」(田中, 1987, p. 85) として、概念の保存、価値の保存について述べている。すなわち、「姿が変わっても値打ちをきちんと落ちこぼすことなくとらえる」「絵を見て音楽に表す。音楽を聴いて絵に描く。文章にする。違う表現の中に値打ちをきちんとだせる」(田中講演記録, 1988, p. 161) ことなどをその内容として示している。

田中 (1987) は、Piaget (1941) が示した物理量・長さ・重さ・体積などの保存以外に「価値の保存」「概念の保存」にまで広げて考えているが、これは重要な指摘である。

以上から、発達の質的転換期といわれる 9・10 歳頃からの保存概念の獲得について考察することは、認知発達について深める上で重要だと考える。そして「重さの保存」は、その要に位置するものである。Piaget (1983) が最晩年、重さは「もっとも複雑な発達の [過程をもつ] 観念のひとつである」(Piaget & Garcia, 1983, 邦訳, 1996, p. 303) と述べているが、その始まり、すなわち重さの保存概念の獲得過程のはじまりが 9・10 歳頃だといえる。

第2章 8～10歳の「重さの保存」に関する研究

——子どもの保存・非保存判断の記述による説明に着目して——

第1節 問題と目的

1-1 Jean Piaget(1896-1980)の保存課題

Piaget は様々な保存課題を用いた実験によって、児童期の認知発達の特徴である具体的操作の獲得について明らかにしてきた。中でも重さの保存課題を用いたものは代表的なもののひとつであり、多くの研究者や教育実践者に広く知られていると言ってよいだろう。

Piaget (1941)によれば、重さも含む保存の概念一般の発生は次のような過程をたどる。

「第1段階（平均7, 8才ごろまで）では子どもは、物質の保存も重さの保存も、体積の保存も認めない。第2段階（平均8才から10才まで）では物質の保存は認めるが重さの保存や、体積の保存は認めない。第3段階（平均10才から11, 12才まで）では物質の保存と重さの保存は認めるのだが、体積の保存はまだ認めない。最後に第4段階（11, 12才以上）からのちに物質の概念を、重さの概念と、体積の概念とに還元しようとしながら、3つの形の保存を同時に認めるのである」（Piaget, 1941, 邦訳, 1965, p. 6）。

その後 Piaget (1966) は、液量の保存の実験を再検討して、4～5歳では「変換がありのままに把握されて」おらず、「ある状態から別の状態への移行であり、形態こそ変えたが量は不変なままである、とは考えられていない」と指摘し、具体的操作の水準では、「ただ注ぎ入れただけです」「べつに、水を取りも足してもいません」（単純な同一性）や、「いまと同じように移し戻すこともできます」（逆操作による可逆性）や、「これは高いけど細いから、同じです」（補償ないし関係の相補操作による可逆性）などと述べることが多い。つまり具体的操作期においては「諸々の状態は諸々の変換に従属する」（Piaget, 1966, 邦訳, 1969, p. 100）と述べている。

中垣(2007)は Piaget の具体的操作期について、「状態が変換に対して優位であって、あたかも現実における変換が状態の継起でしかないかのように認識される時期から、変換が状態に対して優位となり、現実における状態が変換の結果として認識されるようになる時期」（中垣, 2007, p. A1）であると要約している。

つまり、重さにあてはめて考えるならば、それまで見た目が変われば重さも異なるととらえ、その結果重さが変わると考えていた子どもが、7～8歳以降になると、そうした相貌的变化に影響されず、つまり主観的な「重さ」ではなく、客観的な測定量である「重量」と理解することによって重さの保存を認めるようになることができる。

1-2 Piaget への批判

以上のような Piaget の議論に対して、1970年以降、様々な批判が加えられてきた。Piaget (1979) は自らの発達研究について、「活動性に帰すべき構造化」を軸に発達論を構想し、

生得的な認知構造や「認識の発生の経験的研究」を否定しながら議論を進めてきた (Piaget, 1979, 邦訳, 1986, p. 33)。いわゆる構成主義の立場である。

そうするとその議論に文化や地域の違い、さらには教育の有無や教育内容の違いなどをどう組み込むかが論争点になってくる。とくに具体的操作期はいわゆる初等教育の開始時期と重なるが、「経験的研究」の否定は、教授の意味を限定化するものではないか、という批判を呼び起こす。すなわち、Piaget が構成主義的に解釈している事実は、文化や地域の違い、さらには教育の有無や教育内容の違いのある環境の中において、ある特殊な状況での現象を普遍化一般化したものではないか、という批判である (Cole, 1974, 邦訳, 1982)。

今一つは、具体的操作期など Piaget の考える発達段階説への批判である。発達段階説では、たとえば本研究のテーマである保存の概念の基盤にある変換は、重さに対してであっても液量に対してであっても、領域を超えて作動するはずであると考えられるため、領域間のずれの存在は、発達段階として記述する議論の重要な反証である、とみなされてきた。

例えば重さに関する学習内容には次のようなものがある。教科学習で言えば、算数では小学校 3 年生 2 学期後半の算数で重さを学習し、重さの単位 (g, kg, t) とその関係・保存・推移律・秤を使っての重さの測定・簡単な重さの加減等について学ぶ。理科では、同じく小学校 3 年生の 3 学期に、重さの保存、同じ体積 (この言葉のみこの単元で学ぶ) で重さが違う物の「重さ調べ」をする。このように、学校で子どもたちは一定の時間をかけて「重さの保存」について学習している。したがって、その習得状況について、単に発達の面からだけでなく、教育実践的な関心という点からの調査 (結果的に Piaget の保存課題などの追試になっている) も多い。

天岩 (1973) は、7 種類の保存実験を 286 人の被験児 (幼稚園児 149 人、小学校 1・2 年生 137 人) に実施し、それらの成立過程を吟味し、各保存課題間の通過状況を明らかにしている。その結果では、8 歳頃には、粘土量・液量・数・長さなどが保存に達しているが、そのあと、「重さ」「面積」と獲得し、「面積」は、粘土量などにくらべて約 1 年遅れであると指摘している。

また増田 (2006) は、公立小学校の 2 年生から 6 年生の児童 1800 人余りを対象に、未習児童と既習児童の比較を中心とする重さの認識の実態調査を実施し、学習前後における重さの認識の変化を検討している。この調査項目には、折り紙を取り上げ、折る前の紙の重さとでき上がったツルの重さの比較、粘土の変形を用いた重さの比較など、Piaget の保存課題と同様の課題が含まれている。調査の結果、学年が上がっても既習児童の 20~30% が「保存性 (変形、分割、位置の変換)」の認識が見られなかった。また、既習児の半数が「体重測定時の体勢の変化と体重の保存性の認識がない」という結果であったと述べている。つまり、学習の効果にも Piaget のいう構成主義的な発達にも帰すことができない結果であったといえる。

このように、保存をめぐる研究には様々な結果が得られていることから、重さの保存が成立する背景に何があるのか、あらためて検討する必要があると考えた。本研究では、従来あ

まり用いられてこなかった子どもが書いた内容を分析することで保存の成立過程をより具体的に把握しようとする。

1-3 保存課題の前提

保存課題では、まず外見的な判断に左右されないことが必要である。

園田・丸野（2010）は、独自に考案した「重さの系列化」課題を用いて、その解決に使われた比較方略を分析することで、4歳から12歳までの「思考方略の発達に伴う移り変わりを検討」しようとした。実験の結果の正答率から思考方略を推測して次のように述べている。4～5歳では、「あて推量」だけでなく、「絶対的知覚判断」が含まれている。5～6歳では、「あて推量」が減り、「絶対知覚判断」が増加し、小学校2・3年生（7～9歳）の「推移律判断」は、知覚的に認識できる対象には使用するが、知覚を離れて「認知的にとらえなければならぬ対象には適用することが困難」であり、小学校6年生（11～12歳）は「知覚的・認知的な課題の両方に推移律判断を適用することができる」と指摘している。具体的操作は身の回りの事物を直接対象にするが、Haget（1966）はこの時期に系列化の操作を行うとき「もし $A < B$ かつ $B < C$ ならば $A < C$ だ、という推移律」が存在していると述べている（Haget, 1966, 邦訳, 1969, p. 104）。したがって、園田・丸野の研究結果はHagetの知見と一致すると考えられる。具体的操作が組織化されていく過程で、知覚的に認知できるものに対して推移律などを用いて「重さの系列化」もできるようになることを示している。

一方、森（1976）は、4歳児が「体積と重量との量的矛盾関係を知覚的に体験し」、これを「大きい」「小さい」「重い」「軽い」という言語で表現できた場合、「見かけの体積（かさ）に惑わされずにかなり正確に重さの弁別が可能になる」（森, 1976, p. 24）と述べている。知覚体験に裏付けされた場合という条件があるが、このころから重さと体積の概念を別のものとして捉え始めることが可能になると考えられる。ただ、4歳児から「見かけの体積（かさ）」に惑わされないという森の結果は、あくまで「重い」「軽い」の二項についてであって、重さの「保存」に直接持ち込むことはできない。

重さの「保存」の発達的前提を確認するためには、外見的判断に左右されない重さの系列化についてもいつどのように成立しているかを検討する必要がある。

1-4 重さの保存課題を検討するにあたっての視点

以上のように重さの保存の前提を確認した上で、さらに純度の高い議論を進めようとする、教育の関係について、もう一度見直しておく必要がある。

冒頭で述べたように、Haget自身、同じ保存課題でありながら、重さの保存が体積の保存に先行すると指摘しているが、その背景には、重量と体積とでは同じ測定量であっても、前者は秤による一次的直接的な測定であるが、体積については求積法による合成量として学習されるという違いがあると言える。逆に言えば、学習によって、「重さの保存」と「体積の保存」の意味が違ってくるといえる可能性がある。ちなみに、日本の場合、体積の求積は

小学校 5 年生の単元である。そこで、本研究ではより分かりやすい保存課題として「重さの保存」をとりあげる。

また、教育との関係では、保存課題の通過は回答の正誤のみを指標にできないだろう。つまり、教育場面では、教師が教育内容の習得を積極的に誘導している。特に、具体的操作期以前では、「権威の尊重」が大きな比重を持つとも言われている (Kohlberg, 1971)。教育場面での保存課題は、以上のような権威の存在や誘導の影響の検討抜きに評価できないのである。そこで、独自の方法が必要となる。たとえば、正答誤答だけではなく反応内容の分析を重ね合わせることによって、より明確に「具体的操作」の発動している過程をたどることが可能になると考える。

以上のことから、本研究では次のような諸点に留意する。

第 1 に、先にも述べたように、保存課題は教科内容との関連も強く、教授・学習の影響を否定できない。特に低学年では未習事項も多い。したがって、可能な限り共通の条件下で課題に取り組めるようにすることが必要になる。実験場面において、積極的に例示し説明することで、学習経験・教材配列などの違いの影響を捨象することが求められる。また、結果の整理にあたって、学年別に見るだけではなく、年齢幅 6 ヶ月の生活年齢の群でも整理する。

第 2 に、保存の獲得の背景に存在するものをより具体的に取り出すために、反応分析も試みる。反応分析についてはつぎのような仮説を設定した。

まず、保存課題について回答とともに理由も合わせて問い、それを分析する。上記のように保存では、客観的な測定量への変換が重要だが、それは主観的判断を否定することでもある。またその否定の契機となる「測定」は、外在的普遍として（言い換えれば公理として）教授される。このため、測定量を受け入れて保存課題に向かうときに主観的判断との対立・葛藤が生じることになる。その上で変換に基づく判断をすれば回答の理由づけについても、自らの主観的判断に対して実証可能な根拠としての測定量に注目し、その結果を自らに対する説明として用いながら納得しようとする、というような過程をたどるのではないかと考える。

第 3 に、保存課題が主観的判断と客観的判断との対立・葛藤を前提とするものであるとすれば、保存課題は高い自覚性の発揮を必要とすることになる。したがって、反応分析にあたって、反応分析の素材として、話し言葉による回答ではなく文による回答を求めた。また、自らの判断だけではなく他者に教えるという課題も併せて実施し、ここでも可能な限り回答における自覚性を得ようとした。

1-5 目的

本研究の目的は以下の通りである。

- ① 「重さと大きさの異なるブロック（立方体）の重さ順並び替え」を実施し、それが「重さの保存」課題に先行するかどうかをみる。
- ② 異なる条件をもつ「重さの保存」課題を実施し、その獲得の過程を明らかにする。

- ③ 「重さの保存」課題に対する判断の理由についての回答文の文脈に注目して分析をおこない、判断の具体的な過程を明らかにする。
- ④ 「重さの保存」課題に、他者に教える課題も加え、他者を意識した場合の理由についても分析し、「重さの保存」課題の意味を検討する。

筆者は8～10歳という学童期中ごろの時期における子どもの発達の特徴を様々な面から明らかにすることを目指しており、本研究は「重さの保存」課題を通してそれにアプローチしようとするものである。

第2節 方法

2-1 研究参加児

研究参加児は、A市内の小学校の児童100人であった。学年別、男女別人数はTable 2-1の通りである。A小学校は、各学年2クラスであるが、小学校2年生と小学校4年生はそのうち1クラス、小学校3年生は2クラスで実施した。

学校長には文書と口頭で実験内容を説明し承認を得た。関係する学年の担任には口頭で実験を説明し了解を得た。また、この実験について子どもや保護者から疑問等が担任に寄せられた場合、実験者が対応することも伝えた。

研究参加にあたっては、事前に保護者に対して「研究協力のお願ひ」を学校長の了解を得て、当該クラスの児童を通し担任から配布し、「実験の目的」「参加・不参加の自由」「個人情報管理の徹底」などについて説明をした。

また、研究参加対象の子どもに対しても、個人情報の保護、研究参加に拒否可能であること、拒否の場合も不利益がないこと、などについて説明した。保護者及び児童の研究参加拒否はなかった。

なお本研究は、「立命館大学における人を対象とする研究倫理審査委員会」より2016年5月30日付で承認を得た（承認番号「衣笠-人-2016-3」）。

Table 2-1 学年と性別のクロス表(人)

		性別		合計
		女	男	
学年	2年生	13	19	32
	3年生	18	24	42
	4年生	14	12	26
	合計	45	55	100

研究参加児を6ヵ月単位の月齢で分けて月齢群とした。これは、学年の枠のみに着目することでは見えてこない変化を想定し、その変化を取り出すために設定した。学年別にみた月齢群の構成をTable 2-2に示す。最小の月齢が88ヵ月、最大月齢が122ヵ月であった。

Table 2-2 学年群と月齢群のクロス表（人）

		月齢群						合計
		88～93ヵ月	94～98ヵ月	100～105ヵ月	106～111ヵ月	112～117ヵ月	118～122ヵ月	
学年群	2年生	15	17	0	0	0	0	32
	3年生	0	0	20	22	0	0	42
	4年生	0	0	0	0	14	12	26
	合計	15	17	20	22	14	12	100

2-2 実験の内容

実験は、「重さと大きさの異なるブロック（立方体）の重さ順並び替え」をさせる課題（以下、「ブロックの並び替え」）、「重さの保存」課題（以下、「保存課題」）であった。「ブロックの並び替え」は、重さと大きさが異なる5つのブロックを用いて、見た目の大きさに影響されずに重さにしたがって系列的に配置ができるかを確認する。「保存課題」は、6つの保存課題を用いて「重さの保存」が獲得されているかをみる実験である。なお、後述のように「保存課題」の中の「おにぎり」課題と「うすくする」課題について「友だち」（特定しない）に自身の回答理由を説明することをもとめ、それぞれ「教授課題」1、「教授課題」2とした。

2-3 実験の実施手続き

2-3-1 実験内容

実験1「ブロックの並び替え」

「ブロックの並び替え」は、大きさが重さに対応しないブロックを、重さの順番に並び替えることを求める課題である。

用いた素材は、ブロック1が、重さ229g・1辺の長さ3cm(以下同様)、ブロック2が80g・4cm ブロック3が48g・5cm ブロック4が28g・4.5cm ブロック5は15g・10cmであった。

ブロックは、材質が分からないよう表面には白い画用紙を貼り、色も統一し、ブロックの重さと大きさは比例あるいは反比例しないように制作した。ブロックの重さ順では、ブロック1が最も重く、以下ブロック2、ブロック3、ブロック4、ブロック5となるが、大きさは、ブロック5が最も大きく、ブロック3、ブロック4、ブロック2、ブロック1の順で小さくなる。

具体的には、次のような教示をした。

机を挟んで子どもと実験者が向かい合って座る。実験者が机の上に、子どもから見て右からブロックを5, 3, 2, 4, 1の順におき、次のように教示する。「お名前を教えてください」「〇〇さんは何月生まれですか」「ここに5つの箱があります。重さと大きさが全部違います。これを、こっち（子どもから見て右）から重い順に、だんだん軽くなるように並び替えてください。ここ（子どもから見て一番左）に一番軽いものがくるようにしてください」

「並べ終わったと思ったら言ってください」。

実験 2 「保存課題」

実験には、粘土(当初は直径約 5cm 重さ 155g の球にしてある)とてんびん秤(高さ 46cm 片腕 20cm 紙皿直径 15cm 深さ 4cm)、木片(長さ 4cm)、課題と回答欄のある質問紙を用いた。

この課題はクラス毎に一斉に行った。質問紙は配布し、以下のように教示する。

「自分の考えたことを自由に書いてください。絵を描いてもかまいません。」と記入方法を説明する。次に実験者が二つの粘土の玉をもって「この二つは、同じ重さです。このてんびんを使って確かめてみます」と言いながら、てんびん秤で二つの粘土球の重さが等しいことを示す。

次に、二つの粘土球のうち一つをおにぎりの形にする。次に、もう一つの球とおにぎり型をそれぞれ左右の手にもって、「『おにぎり型』にした方は重くなったでしょうか、同じでしょうか、それとも軽くなったでしょうか」と問う。そして、その中から自分が選んだもの○をしてなぜそう考えたのか、理由を記入するように教示する。

次の課題に入る前に、粘土の形を球にもどす。そして、「今度は平らにするよ」と、全員に見えるように実験者が手で広げていく。以下、質問紙の順に沿って、「ひも」課題、「小さな玉」課題、「さいころ」課題を同様に実施する。

「浮かす」課題は、木片を手にもって、「手に持っているときの木の重さと水に浮かせたとき(実際に浮かせて)の木の重さを比べます。水に浮かべた木の重さはどうなるかな、重くなるかな、軽くなるかな、同じかな」と教示する。

「教授課題」は、「保存課題」の「おにぎり」課題、「うすくする」課題の2問について「友達や弟や妹に教えてあげるときにどんなふうに説明するか、考えてみてください」と教示した(前者「教授課題」1、後者は「教授課題」2)。

2-3-2 実験期間と実験実施場所

「ブロックの並び替え」実験は、2016年7月4日から2016年7月15日まで、実験者が1対1で対面し、実施した。中間休みや昼休みを利用し、図工準備室で実施した。

「保存課題」は、2016年7月5日(小学校2年生)、7日・8日(小学校3年生)、15日(小学校4年生)、クラス毎に、朝学習の時間等(8時25~55分)を使って実施した。回答には個人差があるがこの時間内で終えた。なお、書き終わったら終了としたので時間がかかっても最後まで待った。それでも書けなかった場合は、無理に書かせず本人の理解を得て終わりにした。場所は、教室の使用状況と大きさから「保存課題」実験は各教室で行った。

2-3-3 実験結果の記録と整理

実験終了後、質問用紙を回収し、その結果を次のように整理した。

「ブロックの並び替え」課題については、所要時間、並び替えた最終のブロックの順番、

結果の成否を記録した。

「保存課題」については、各課題の成否、理由記入の有無、反応を記録した。

「保存課題」の反応分析では、1-4で設定した仮説より、「保存課題」が粘土に加えられた変化を測定量に変換する課題と考え、その場合に変化に対する主観的判断の生起とそれを客観的で検証可能な測定量への変換とに葛藤的状况が生じていることを想定し、主観的判断を否定して測定量を根拠に理由を述べることになると推測し、逆接的構造を持つ文であること、「量」についての言及があることを指標とし、回答理由に「逆接的構造をもつ文+量」があるかどうかを検討した。なお、明示的に逆接詞や「量」という語が省略されていても、その使用を前提としている場合には、「逆接的構造をもつ文+量」と判断した。

次のような文である。「形は違うけど重さはいっしょ」「ほそくしても重さはおんなじだから」「さいころの形でも、重さはいくつかわらない」「ねん土の形は違うけど、同じ量のねん土だから」などである。

第3節 結果

3-1 学年別の課題の通過状況

3-1-1 「ブロックの並び替え」課題・「保存課題」・「教授課題」の通過率の推移

まず、「ブロック並び替え」課題、「保存課題」の各学年の通過率をTable 2-3, Table 2-4で示し、その特徴を述べる。

Table 2-3 学年別の「ブロック並び替え」課題通過率 (%)

		n	通過率
学年	2年生	32	50.0
	3年生	42	59.5
	4年生	26	73.1
	全体	100	60.0

Table 2-4 学年の保存課題別通過率 (%)

	n	「おにぎり」課題	「さいころ」課題	「うすくする」課題	「ひも」課題	「小さな玉」課題	「浮かす」課題
2年生	32	71.8	56.3	12.5	37.5	56.3	40.6
3年生	42	78.6	78.6	31.0	45.2	47.6	9.5
4年生	26	96.2	96.2	92.3	96.2	100.0	30.8
全体	100	81.0	76.0	41.0	56.0	64.0	25.0

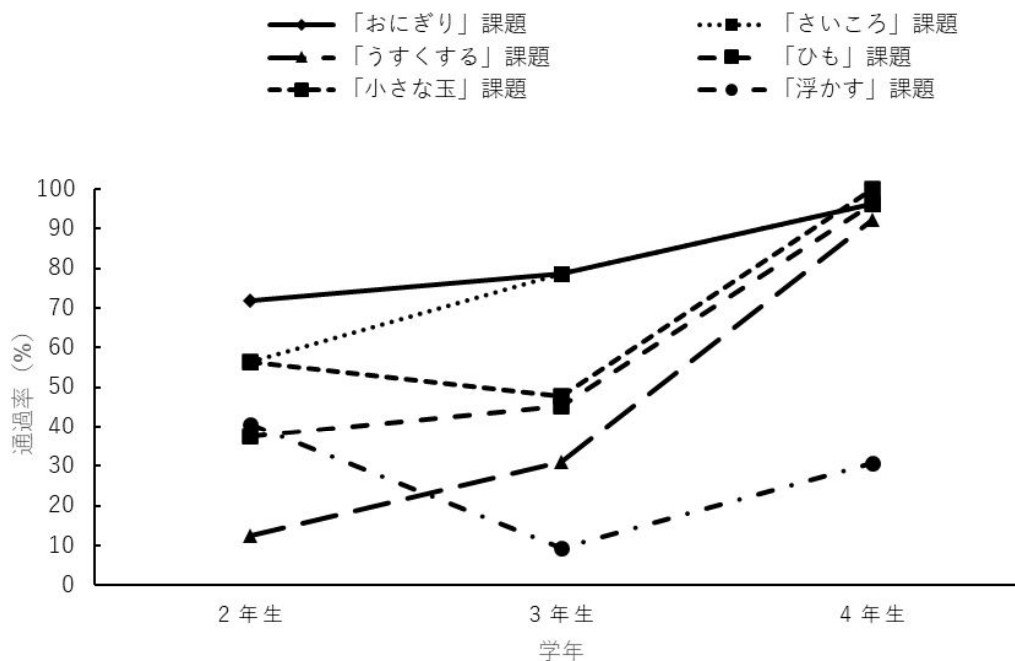


Figure 2-1 保存課題別通過率の学年推移

「ブロックの並び替え」課題の通過率は、小学校2年生ですでに50%を超えており、小学校3年生の59.5%から小学校4年生の73.1%にと顕著に増加し、見かけの大きさに妨害されずに「重さ」順に系列を構成可能である。

次に保存課題について述べる。

課題別にみていくと (Figure 2-1 参照)、「おにぎり」課題は、いずれの学年においても通過率が高く、小学校2年生から「ブロックの並び替え」課題を約20%上回っていることが注目される。「さいころ」課題は小学校2年生で56.3%の通過率で、小学校4年生では96.2%とほぼ全員が正答になっている。ともに高い通過率になっている。

「うすくする」課題は、小学校2年生の通過率が6課題中最も低く、小学校3年生でやや増加し、小学校4年生になると高い通過率になっている。

「ひも」課題も、小学校2年生の通過率が相対的に低く、小学校3年生でやや増加し小学校4年生になると高い通過率になっている。

「小さな玉」課題は、「浮かす」課題とともに「保存課題」で小学校3年生の通過率が小学校2年生の通過率を下回り、小学校4年生で100%になっている課題である。

「浮かす」課題は、他の「保存課題」が、学年が上がるにつれて上昇傾向にあるにもかかわらず、小学校2年生が40.6%で最も高く、小学校3年生では通過率9.5%と極めて低かった。小学校4年生では30.8%と反転上昇するが、小学校2年生水準を下まわっているこ

とが注目された。

Table 2-5 「教授課題」の通過率（％）

	n	「教授課題」 1	「教授課題」 2
2年生	32	59.3	15.6
3年生	42	76.1	28.5
4年生	26	96.1	92.3
合計	100	76.0	41.0

次に、「教授課題」の通過率を Table 2-5 に示す。「教授課題」の通過率は学年が上がるにしたがって高くなっている。これは「保存課題」の「おにぎり」課題や「うすくする」課題と同様の傾向である。

小学校2年生の「おにぎり」課題の通過率は71.8%だが、「教授課題」1では59.3%となっている。小学校2年生では、友達に教える場面でより自覚的になるのではなく、「教える」という負荷が抑制的に作用したと考えられる。

小学校3年生と小学校4年生では、「おにぎり」課題や「うすくする」課題と比べ通過率に大きな変化はなかった。

3-1-2 通過率からみた各学年の特徴

学年別に「保存課題」の通過率を示すと Figure 2-2 の通りである。

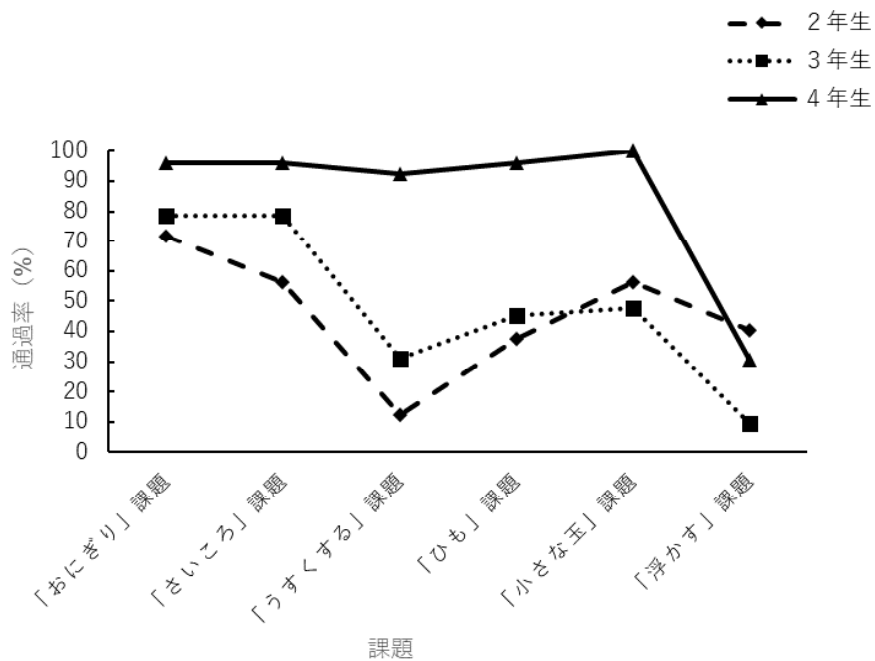


Figure 2-2 学年別保存課題の通過率

小学校2年生と小学校3年生は「保存課題」全体の通過率はほぼ同じ傾向を示し、小学校4年生では「おにぎり」・「うすくする」・「ひも」・「小さな玉」・「さいころ」の各課題は、ほぼ全員が正答するにもかかわらず、「浮かす」課題では、小学校3年生を下まわる結果である。

小学校4年生では、加えられる変化の大きさを問わず保存が成立するが、「浮かす」課題では大きく異なっていることが注目された。

3-2 月齢群別の各課題の通過状況

3-2-1 各課題の通過率の推移

月齢群にみた「ブロックの並び替え」課題と「保存課題」の通過率の推移を次に検討する。

Table 2-6 月齢群別「ブロック並び替え」課題通過率 (%)

		n	通過
月齢群	88～93ヵ月	15	46.6
	94～98ヵ月	17	52.9
	100～105ヵ月	20	40.0
	106～111ヵ月	22	77.2
	112～117ヵ月	14	71.4
	118～122ヵ月	12	75.0

「ブロックの並び替え」課題では、「100～105ヵ月」で一度低下し、その後反転して上昇しており、学年別の推移では見られなかった様相が表れている。学年別でみると小学校3年生から小学校4年生にかけて変化がみられるが (Table 2-3)、月齢群でみると小学校3年生の後半ですでにその変化が起きていることがわかる。

Table 2-7 月齢群別保存課題の通過率 (%)

		n	「おにぎり」課題	「さいころ」課題	「うすくする」課題	「ひも」課題	「小さな玉」課題	「浮かす」課題
月齢群	88～93ヵ月	15	66.6	40.0	13.3	40.0	53.3	46.6
	94～98ヵ月	17	76.4	70.5	11.7	35.2	58.8	35.2
	100～105ヵ月	20	75.0	75.0	20.0	50.0	35.0	5.0
	106～111ヵ月	22	81.8	81.8	40.9	36.3	59.0	13.6
	112～117ヵ月	14	92.8	100.0	92.8	100.0	100.0	35.7
	118～122ヵ月	12	100.0	91.6	91.6	91.6	100.0	25.0

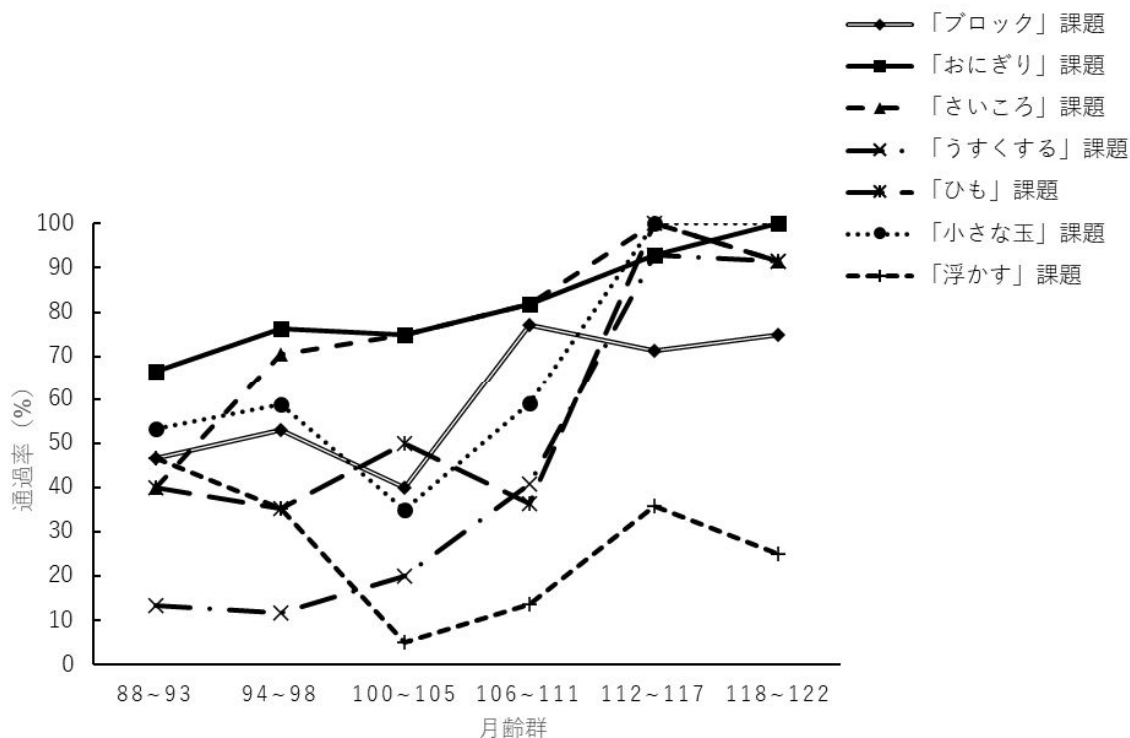


Figure 2-3 課題別通過率の月齢群推移

保存課題では、学年でみた通過率の変化と同様の特徴がみられるが、「100~105ヵ月」の「小さな玉」課題と「106~111ヵ月」の「ひも」課題では通過率が下がっている。「おにぎり」課題も「100~105ヵ月」でわずかだが低下がみられる。また同じように「浮かす」課題では「100~105ヵ月」で低下しているが、全体として月齢が上がると通過率も高くなる傾向がある。「106~111ヵ月」から「112~117ヵ月」にかけての変化が大きくなっており、すべての「保存課題」が上昇に転じている。また、月齢群でみると「88~93ヵ月」から「106~111ヵ月」にかけての様々な変化が学年別でみる以上に明らかになる。

保存課題の通過率に「ブロックの並び替え」課題の通過率を加えてグラフにしたものを Figure 2-3 に示す。「100~105ヵ月」で低下し、その後増加傾向がみられるという点で「小さな玉」課題などの保存課題と共通しているが、それ以降は独自の変化を示している。

3-3 反応分析

3-3-1 回答理由の有無

Table 2-8 理由を記入した人数の割合 (%)

	n	「おにぎり」課題	「さいころ」課題	「うすくする」課題	「ひも」課題	「小さな玉」課題	「浮かす」課題	「教授課題」1	「教授課題」2
2年生	32	100.0	96.8	100.0	93.7	100.0	93.7	87.5	78.1
3年生	42	100.0	95.2	100.0	95.2	97.6	92.8	88.0	85.7
4年生	26	100.0	100.0	100.0	96.1	96.1	96.1	100.0	96.1

「保存課題」「教授課題」における回答で理由を記入した数の割合はTable 2-8に示した。

「保存課題」では、いずれの課題も90%以上が理由を記入していたが、「教授課題」1と「教授課題」2で小学校2年生ではそれぞれ28人(87.5%)、25人(78.1%)と記入者が少なくなっている。小学校3年生でも37人(88.0%)、36人(85.7%)と少なくなっている。時間的な制約は設けていない。

3-3-2 各課題の反応分析

分析の視点

ここで行う反応分析については「2-3-3 実験結果の記録と整理」で述べた方針に基づき、子どもが書いた理由を「逆接有・量有」「逆接無・量有」「逆接有・量無」「逆接無・量無」の4つの組み合わせでグループ化し分析を行う。「逆接有・量有」は理由に「逆接的構造をもつ文」を用い、「量」という語を用いている、又は「量」という語を用いていなくても量を意識して書いていると考えられるものも含む。「逆接無・量有」は「逆接的構造をもつ文」を用いていないが、量を意識して書いていると考えられるものを含む。「逆接有・量無」「逆接無・量無」は、主観的な判断から理由を書いているものなど先の二つに入らないものを含む。

「おにぎり」課題

Table 2-9 「おにぎり」課題 (%)

	n	逆接有・量有	逆接無・量有	逆接有・量無	逆接無・量無
2年生	32	21.8	46.8	0	31.2
3年生	42	30.9	40.4	0	28.5
4年生	26	42.3	53.8	0	3.8

「逆接有・量有」の割合は、小学校2年生の21.8%から小学校4年生の42.3%にと増加している(Table 2-9参照)。学年が上がるほど高くなっている一方で、「逆接無・量無」は低くなっている。

小学校2年生では「逆接有・量有」の割合は低いが、量を意識して回答している「逆接無・量有」の割合は高い。回答例を挙げると「ねん土の形をかえただけで、つけたしたわけでもないから重さはかわらない」などである。この割合の高さは小学校2年生の他の「保存課

題」と比べても高い。小学校3年生になると次第に「逆接有・量有」が増えて、「逆接無・量有」に接近するようになる。小学校4年生は「逆接有・量有」「逆接無・量有」に回答が絞られてくる。また、小学校4年生になると「形を変えても、量は増えていないから重さは同じ」などのように「量」という語が用いられるようになる。同時に、主観的な理由が見られなくなる。

なお、「逆接無・量無」に該当する理由は次のようなものがあった。「ぎゅうっとするから重い」「三角の方がたおれにくいし重い」「形が変わると重くなる」(小学校2年生)、「にぎるから一緒だ」「三角になると大きさがちがう」「形を変えてにぎったから」「三角になって少し小さくなって軽くなった」(小学校3年生)などである。

「さいころ」課題

Table 2-10 「さいころ」課題 (%)

	n	逆接有・量有	逆接無・量有	逆接有・量無	逆接無・量無
2年生	32	3.1	50.0	0	46.8
3年生	42	16.6	54.7	0	28.5
4年生	26	42.3	53.8	3.8	0

「さいころ」課題でも「逆接有・量有」の割合が、学年が上がるにつれて高くなっている (Table 2-10 参照)。一方で、「逆接無・量無」の割合は低くなっている。これは「おにぎり」課題と同様である。小学校2年生では「逆接有・量有」は少なく、「逆接無・量有」「逆接無・量無」が多い。「おにぎり」課題と比べて「さいころ」課題では、小学校2年生・3年生で、「逆接有・量有」が半数以下に低下している。

「逆接無・量有」の理由では「おにぎりみたいに形を変えただけだから」などがあり、「逆接有・量無」では、「形が変わっても同じ」(4年生)、「逆接無・量無」では「丸より四角の方が重たい」「さいころの形にしたら大きくなって重くなる」などの理由が見られた。3年生は「逆接無・量有」の理由が多くなってきている。4年生では主観的な理由が見られず、この課題でも「逆接有・量有」「逆接無・量有」に理由が絞られてきている。

「うすくする」課題

Table 2-11 「うすくする」課題 (%)

	n	逆接有・量有	逆接無・量有	逆接有・量無	逆接無・量無
2年生	32	0	12.5	3.1	84.3
3年生	42	9.5	19.0	2.3	69.0
4年生	26	46.1	46.1	0	7.6

「うすくする」課題では、「逆接有・量有」が、学年が上がるにつれて顕著に増加する (Table 2-11 参照)。小学校 2 年生では、0%，小学校 3 年生では 9.5%であったのが小学校 4 年生では 46.1%になっている。一方「逆接無・量無」では、小学校 4 年生の低さが顕著であるが、小学校 2 年生と小学校 3 年生では高くなっている。

「逆接無・量無」の場合の理由は以下の通りである。「平らにすると軽くなる」「ペラペラのほうが軽い」「うすくなったらかるい」「広くなったら重くなる」「へってるみたい」などである。また、うすくなくても大きくなっていることに気づきながら、大きくなったから「重い」と答えているなど、変化の一方のみで判断しているものもある。ところが小学校 4 年生になると、「逆接有・量有」「逆接無・量有」に入る理由が多くなり、「おにぎり」課題や「さいころ」課題と同様、「量」という語が理由の中にみられるようになる。理由も「形は違うが重さは同じ」「形は違っても量は同じ」(逆接有・量有)、「形を変えただけ」(逆接無・量有)などに集約されるようになる。

「ひも」課題

Table 2-12 「ひも」課題 (%)

	n	逆接有・量有	逆接無・量有	逆接有・量無	逆接無・量無
2 年生	32	6.2	28.1	15.6	50.0
3 年生	42	11.9	30.9	2.3	54.7
4 年生	26	46.1	46.1	0	7.6

「ひも」課題の反応内容を Table 2-12 に示す。「ひも」課題でも「逆接有・量有」「逆接無・量有」は学年が上がるにつれ高くなる傾向は他と同様で、やはり「逆接無・量無」は低くなっている。また、小学校 4 年生での「逆接有・量有」の顕著な増加は「うすくする」課題と共通する。

小学校 2 年生と小学校 3 年生で「逆接無・量無」で見られる理由を示すと以下のようになる。「ひもが長いから重たい」「長くすると重くなる」「細い方は軽くなる」など「長い」という語と「重い」という語との結びつきが多かったが、まれに「長くすると軽くなる」という結びつきもみられた。また、「逆接無・量有」の理由では、小学校 2 年生で「丸めたら同じ」、小学校 3 年生でも「ひもを丸めれば同じ大きさになる」という理由がみられた。「逆接有・量無」では、「丸はかたまっているけどひもは細いから」(2 年生)などがあった。

小学校 4 年生の「逆接有・量有」の理由では「形は変わっても量は変わっていない」など「量」という語がみられた。

「小さな玉」課題

Table 2-13 「小さな玉」課題 (%)

	n	逆接有・量有	逆接無・量有	逆接有・量無	逆接無・量無
2年生	32	18.7	34.3	6.2	40.6
3年生	42	16.6	28.5	2.3	52.3
4年生	26	57.6	38.4	0	3.8

「小さな玉」課題での反応内容を Table 2-13 に示す。

この課題については、「逆接有・量有」「逆接無・量有」が小学校2年生より小学校3年生の方が低い結果になった。具体的には「逆接有・量有」について小学校2年生は18.7%であったのに対し小学校3年生は16.6%、「逆接無・量有」では小学校2年生が34.3%であったのに、小学校3年生では28.5%であった。また、「逆接無・量無」も小学校3年生が52.3%であるのに対して小学校2年生が40.6%と低下している。さらに小学校4年生は「形が変わっても重さは同じ」などの「逆接有・量有」が57.6%となり、「おにぎり」課題、「さいころ」課題、「うすくする」課題、「ひも」課題と比べて、小学校4年生での増加傾向が顕著になる。小学校2年生・小学校3年生では、「逆接無・量無」に該当する反応が多い。「小さな玉」課題では、「小さい」という語が「軽い」、数が「多い」という語が「重い」という回答につながる傾向が小学校2年生より小学校3年生の方が多くなる、という独特の傾向を示した。具体的には「小さな玉になったから軽い」「小さいけど数が多いから重たい」などである。

「浮かす」課題

Table 2-14 「浮かす」課題 (%)

	n	逆接有・量有	逆接無・量有	逆接有・量無	逆接無・量無
2年生	32	3.1	31.2	3.1	62.5
3年生	42	0	4.7	7.1	88.0
4年生	26	11.5	15.3	0	73.0

「浮かす」課題の反応を Table 2-14 に示す。

「浮かす」課題は、他の「保存課題」の反応と異なる結果であった。「逆接無・量無」では、小学校2年生では62.5%、小学校3年生では88.0%、と一旦増加傾向をして小学校4年生で73.0%に再び減少する。

小学校2年生の「逆接無・量無」には「浮いたから軽い」(7人, 21.8%)、「水がしみ込むから重くなる」(3人, 9.3%)などがある。ついで、「逆接無・量有」が高いが、その中に

は、「浮かべただけで重さは同じ」(4人, 12.5%), 「増減がないから同じ」(2人, 6.2%) などがある

小学校3年生は「逆接無・量無」が高いが, その中で多い理由は「木が水を吸って重くなる」(13人, 30.9%) で, 「木に水がついて重くなる」(2人, 4.7%) を含めると15人(35.7%) になる。次いで「浮くから軽い」(7人, 16.6%) と続く。

小学校4年生の「逆接無・量無」では, 「木が水を吸って重くなる」が12人(46.1%) と半数近く, 「水がついて重くなる」(2人, 7.6%) を含めると半数を越す。また, 「人間と同じで, プールとかに入ると軽くなるし, それと同じだと思う」「お風呂で腕立てふせをしたとき, まったくしんどくなかったから」「お風呂でものをもったとき, 軽かった」(各1人) など水の中での経験からの理由もあった。

「教授課題」

Table 2-15 「教授課題」 1 (%)

	n	逆接有・量有	逆接無・量有	逆接有・量無	逆接無・量無
2年生	32	12.5	46.8	0	40.6
3年生	42	28.5	47.6	2.3	21.4
4年生	26	50.0	46.1	0	3.8

Table 2-16 「教授課題」 2 (%)

	n	逆接有・量有	逆接無・量有	逆接有・量無	逆接無・量無
2年生	32	3.1	6.2	9.3	81.2
3年生	42	11.9	14.2	7.1	66.6
4年生	26	34.6	50.0	3.8	11.5

「教授課題」1, 「教授課題」2の反応内容をTable 2-15とTable 2-16に示す。同じ質問である「おにぎり」課題と比べて, 小学校2年生では「逆接有・量有」が低くなり, 「逆接無・量無」が高くなっており, 小学校3年生・小学校4年生は「おにぎり」課題とはほぼ同じ傾向を示している。また, 小学校2年生では「おにぎり」課題で「逆接的構造を持つ文」を用いているが, 「教授課題」1では未記入(2人), 問いの意味が理解されていないと考えられるもの(2人)などがみられた。

一方, 「教授課題」2では, 小学校4年生で変化がみられた。「うすくする」課題で「ねん土の量は変わっていないから, 形を変えても同じだと思います」(逆接有・量有)と書いていた子どもが, 「教授課題」2では「ねんどの量は変わっていないから重さは変わらないよ」

(逆接無・量有)と「逆接的構造を持つ」部分を省略し論理の展開を明快にする場合があった(1人)。また、「うすくする」課題で「逆接的構造をもつ文」を用いていたが、「教授課題」2ではそれを用いていないものとして、「人間と同じで、人間だって形を変えても重くならないし軽くもならないから同じ」を「自分がねころんで自分の体重が重くなったらいやだと思います。そんなこと、あり得ないから」と言い方を変えている場合があった(1人)。

3-3-3 その他の特徴的な反応

「教授課題」1・「教授課題」2では、「おにぎり」課題と「うすくする」課題と同じ課題であっても、表現に違いが生じている。表現に違いが生じていた子どもは小学校4年生では26人全員であり、小学校3年生では、37人が表現を変えていた。一方、小学校2年生はほとんど変化がなかった。

具体的には、「平らな形でも量が増えてなかったら重さは変わってないから」が「粘土を平らにしても、粘土が少しでも増えたら、量は変わるけれども粘土は増えていないから量はかわらないよ」、「形が変わっても多さは同じ」が「形が変わったけど計ってみたら同じだよ」というようにより詳しく書く場合(小学校4年生)、「ねん土の量は変わっていないから、形を変えても同じだと思います」が「ねん土の量は変わっていないから重さは変わらないよ」と簡略化している場合(小学校4年生)、また「形が変わったとしても、ねん土をふやしてもないしへらししてもないから」が「形をかえても重さは同じだよ。形をかえても、ねん土をふやしたりへらしたりしてないからだよ」というように文体を変化させている場合(小学校3年生)などである。

つまり、表現上の変化としては、学年が上がるにしたがってより精緻に、逆に簡略化に、さらに脱権威化、と言えるだろう。

ただ、脱権威化(権威あるおとなの言うことを鵜呑みにしなくなる、あるいは、客観的な事実はさておき、自分の考えが一番正しいとする思い込みからの脱却)については、小学校4年生でその傾向が強まるとはいえ、小学校3年生では「平らにすると、かみみたにかるくなりそうだから、軽くなります」というように主観的な判断にとどまっているので断定的な印象がある。それに対して小学校4年生では「人間と同じで、人間だって形を変えても重さは変わらないし、それといっしょで、おにぎりの形になっても変わらない」。また、「私は同じだと思います。なぜなら、形を変えても粘土の量は同じだから、重さは同じだと思います」というように、実証的な説明であったり、比喩を用いた説明を試みたり、より相手が納得しやすいように書くようになる。つまり、小学校3年生では一旦権威的な断定が登場(42人中32人)するが、小学校4年生では脱権威化が登場(26人中24人)してくるという傾向がうかがわれた。

3-4 結果のまとめ

「ブロックの並び替え」課題は小学校2年生で半数が通過し、それ以降次第に通過率が上

昇する。学年で見ると小学校3年生から小学校4年生にかけての変化が大きい、月齢群で見ると「106～111 ヶ月」で高い通過率を示している。「100～105 ヶ月」で通過率が低下した後増加傾向がみられるという点で「小さな玉」課題などの保存課題と共通しているが、それ以降は独自の変化を示している。

保存課題の通過率の推移から以下の点が明らかになった。

- ① 学年群・月齢群ともに小学校4年生の通過率が高く、小学校3年生から小学校4年生にかけての変化が特に大きい。
- ② 単純な変形の場合と変形の度合いが大きい場合でみると、小学校2年生と小学校3年生の通過率は変形度合によって大きく左右されるが、小学校4年生は左右されない。
- ③ 生活年齢（月齢群）でみると「浮かす」課題、「小さな玉」課題、「ブロック」課題では、「100～105 ヶ月」で通過率の低下が見られた。また、「ひも」課題では、「106～111 ヶ月」に通過率の低下が見られた。年齢に置き換えると、こうした通過率の低下は、8歳後半から9歳にかけて生じている。
- ④ 「浮かす」課題は他の課題と違い、小学校2年生が最も高い通過率を示した。小学校4年生は小学校2年生よりも低かった。

反応分析からは次のような点が指摘できた。

- ① 理由の表現は小学校2年生と小学校3年生では主観的な理由が多くみられ、表現にも様々なものがみられる。しかし、小学校4年生になると共通するいくつかの表現に集約されてくる。
- ② 小学校4年生になると「量」という語を用いて理由を書くようになり、「逆接的構造をもつ文」を用いることが多くなる。

「教授課題」については次のような点が指摘できる。

- ① 小学校2年生では、相手を意識したとき負荷がかかる。小学校3年生からは相手を意識して、表現を変えるようになる。
- ③ 教授場面では、小学校2年生は主観的判断をもとに答えることが多いが確信をもっている表現ではない。小学校3年生は主観的判断だが確信をもって断定的に書いている。小学校4年生は実証的に表現するようになる。

第4節 考察

4-1 「重さと大きさの異なるブロックの重さ順並び替え」について

「ブロックの並び替え」は「保存課題」に先行するかという本研究の目的からみると、「ブロックの並び替え」が明確に「保存課題」に先行するという結果にはならなかった。学年が上がるにつれ、見かけの大きさに妨害されず重い順に系列化することができるようになっていくが、「保存課題」に先行するとは言えず、「106～111 ヶ月」まではむしろ「保存課題」と並行する変化を示している。また、両者は関連しながら変化していくとも考えられる。また、112 ヶ月からは「保存課題」の通過率との差が広がっていることも注目される。

また、「ブロックの並び替え」は、その具体的な手順から次のような特徴がある。1つは、重さを他の属性から切り離して取り出すこと、2つは、その上で外見的判断に左右されず重さの系列化を行うこと。1つ目は「保存課題」と共通するが、2つめの系列化が加わることで「ブロックの並び替え」課題に負荷が加わり、「保存課題」よりも難易度が高まったと考えられる。

以上の点から本実験では、「ブロックの並び替え」が「保存課題」に先行することを支持する結果が得られなかったと推察された。

4-2 「重さの保存」の獲得過程にかかわって

Haget のいう保存概念の発生の過程によると、10歳頃は具体的操作が組織化される時期であると考え、具体的には「変換が状態に対して優位」となる時期であると考えた。重さの保存に着目をするなら「重さ」から「測定可能な重量」への変換が10歳頃に起こることになる。本研究の「保存課題」の推移を見ると、こうした Haget の主張は支持された。

増田（2006）の調査では既習の学齢児であっても20～30%の保存性の未認識が存在すると述べられているが、本研究の結果では、浮力を介在させた「浮かす」課題以外の「保存課題」では92.3%から100%を示しており、増田の指摘は必ずしもあたらなかった。

このように10歳頃は具体的操作の準備期から組織化への移行期と考えられる。Haget は、発達段階を想定はしているものの段階間の移行もふくめ発達の過程は「漸進的」にすすむ、と述べている（中垣，2007）。

しかし、本研究では、生活年齢に応じた漸進的な変化とはいえない様相も取り出された。具体的には、「浮かす」課題、「小さな玉」課題、「ブロック」課題では、「100～105ヵ月（8歳4ヵ月～8歳9ヵ月）」で通過率の低下が見られ、「ひも」課題では、「106～111ヵ月（8歳10ヵ月～9歳3ヵ月）」に通過率の低下がみられ、いずれもこの低下の後急な上昇傾向V字型の変化がみられた。

こうした推移の様相についてとりうる合理的な解釈の一つは、具体的操作の準備から組織化への変化の背景に、発達の基本構造の変化・発達の質的転換の過程が存在しているのではないか、というものである。生活年齢に置き換えると、こうした質的転換が、8歳後半から9歳にかけて生じていると推論される。

4-3 8・9歳の質的転換について

このようにして、本研究では通過率のV字型変動をもとに、8・9歳頃の発達の質的転換を示唆したが、その具体的な様相は、回答理由の分析から示唆される。

先に、具体的操作の組織化は、「重さ」を「測定可能な重量」に変換すると述べた。それは「形は変わっても量は同じ」という理由の説明にも反映している。その場合、「形は変わっても」という部分は、子ども自身の外見的判断を提示した上で、「ても」と否定し「量は同じ」と述べる。つまり、外見的・主観的判断を意識しながら、検証可能な測定によって得ら

れる「量」を根拠に、外見的判断を否定する。

前者は内発的であるが、後者は外在的で、しかもその結論は、「違う」と「同じ」というように正反対の方向性をもっている。本研究では、回答理由の反応分析を文脈に注目して行い、上記のような全ての「保存課題」で「逆接有・量有」が上昇することを示したが、この上昇は上述の内面的な対立・葛藤の生じる基盤と考えることができよう。

具体的操作の組織化にいたる過程では、こうした判断をめぐる対立・葛藤が発生し、場合によってはそれが先鋭化する局面が予想される。この対立・葛藤が、前項で述べたV字型の推移の背景に存在すると考えられる。

4-4 小学校4年生の「浮かす」課題の反応について

小学校4年生の「浮かす課題」での理由で最も多いのは、「木が水分を吸って重くなる」であった。「水にも重さがあり木に水がついて重くなる」という理由を含めると半数を超す。

この課題では、見た目は木片が浮いている状態である。木片の見た目の変化はない。予想される理由は「浮いているから軽そう」「木片は同じ木片だから同じ重さ」であろう。しかし、この回答では納得できずに、新たな理由探しを行おうとする。その結果、木片に、水が「しみ込んでいる」「つく」「入る」などと考え、「重くなる」と判断する。これは当然「誤答」であるが、この「誤答」の増加は、何を意味するのだろうか。

この誤答は、細部に拘泥する傾向、あるいは「木の重さ」という出題意図の取り違え、などでも説明可能だが、出題意図の誤解であるとすれば学年があがって増加することとは両立しがたいであろう。

そこで細部にこだわる傾向が原因であると考えた場合、大前提として、小学校4年生では「重さの保存」がすでに組織化されているのであるから、なぜそこに拘泥するのか、が次の疑問となる。

上述のように、保存課題の組織化の過程で、重さから重量への変換において、測定可能な重量は、おとなから、いわば外から持ち込まれた判断であって、それが持ち込まれた場合に対立・葛藤が生じるのではないかと述べた。それが、検証可能な事実の受容にと、変換がなされて、具体的操作として組織化されるのではないかと推察される。つまり、権威への従属からの変換が生じていると考えることができる。また「教授課題」では、小学校3年生では断定が特徴的であるのに小学校4年生では丁寧な説明が増加するのであるが、ここでは保存を理解していない他児に対する権威的な小学校3年生と、そこから変換した小学校4年生の姿ともあわせると、小学校4年生では、自他ともに権威を相対化し、事実や論理に比重を置こうとする姿が顕著になる、と理解することも可能だと考える。

以上、本研究から、Haget のいう具体的操作の組織化が登場する過程の議論にかかわって、内面の対立・葛藤が生じるとともに、他者との関係も権威重視から脱権威化していくという意味で変換があるのではないかと、というあらたな側面を組み込んで再構成しうる可能性を指摘した。

第3章 学童期における重さの単位の発見に関する研究

——重さの保存との関連に着目して——

第1節 問題と目的

1-1 問題

子ども達が、公教育の場で単位について学習するのは小学校に入ってからである。単位は、言うまでもなく生活に欠かせないものであり、先人たちが築いてきた文化でもある。単位は子ども達の生活の中にあふれており、子ども達は意識せず重さや長さの単位を使っており、小学生になって初めて m や kg などの意味やその使い方について学ぶことになる。言い換えれば、意味をよく理解せずに使っていた単位を自覚的に考え用いることができるようになるのである。単なる言葉・音としての単位から意味と根拠を持った単位を子ども達は知ることとなる。そういう意味で、子ども達は「単位を発見する」と言えるのではないだろうか。

小学生の単位の学習は直接比較から始まる。長さを例にとると棒 A と棒 B でどちらが長い直接比べる。その後、間接比較、個別（任意）単位、普遍単位の順に学習していく。

銀林（1971）は単位の指導にかかわって次のように述べている。「外延量の数値化は、直接比較・間接比較・個別単位・普遍単位の4段階をふめばよい。こうして普遍単位が導入されたら、それを使って測定を行う。測定とは、連続量を単位に分割し、その単位を数えることによって量を数に直すという操作である」（銀林，1971，p. 16）。また、岡田（1971）は「間接比較はじつは推移律の適応に他ならず、直接比較で抽象した量をさらに一般化する。しかも、媒介物で比較するということは、その媒介物を基準にすることだから、単位のはじまりとも考えられる」（岡田，1971，pp. 62-63）と述べている。単位は測定の必要から生まれ、通常、単位の学習はこの4段階を踏まえて行われる。岡田は間接比較の段階ですでに単位の概念が生まれているのではないかと述べている。間接比較の場合、例えば重さを比較する2つの物質 A と B があって、比較するために媒介物 C が必要となる。 $A=C$ であるとき $C>B$ であれば $A>B$ となる。この関係が成立するには A の重さが C の形で保存されていることが前提となるのである。

さらに Piaget（1941）は、保存と数量化について次のように述べている。「物質と重さと体積の保存の概念は、第2児童期にならなくてはできあがらない。つまり7才から12才の間である。」「というも、これらの概念が、できあがるためには、材料のさまざまな数量化しうる側面、（例えば重さとか、体積など）を別々に切り離すと同時に、これらの性質を数量化することが前提となっているからである。」「この場合、事物の保存と材料の数量化しうるこれらの諸要素の保存との間に、もう1つの別の一連の構造がはいりこんでくることとなる。その構成は幼児期の終わりごろにわたっておこなわれる。そして、物理的な性質の数量化ができるようになるためには、その構造の完成がぜひとも必要だ。その構造とは基本的な論理のおよび算術的概念などで」（Piaget，1941，邦訳，1965，pp. 3-4）ある。つまり、Piaget は、保存が成立するには物質が持っている諸性質から重さなどの側面を切り離し、

数量化することが前提になり、数量化ができるためには基本的な論理的および算術的概念などが必要だと述べている。保存の前提には数量化、すなわち単位の存在がある。一方で、「代置の一般化は単位を生み出す」(同, p. 338)とも述べている。代置は保存の獲得を意味しており、保存が前提になって単位が誕生すると考えられる。Haget は「保存は、数量化の条件であると同時に、その結果だ」(同, 序言)と述べていることから、保存はそれが高次化していく過程で科学的認識の前提ともなり、科学的認識の結果にもなる。1つの例として体積の保存の理解について述べている。「平均 11, 12 才ごろ、したがって重さの保存というものが発見された後で、初めて子どもは、水の入ったコップの中に沈められた玉が同じ体積だけ水をおしのけるということ、すなわち形は変わっても同じだけの体積を保存するということを、理解できるようになるのである」(同, pp. 5-6)。おしのけられた水の量を測定する単位の獲得があって体積の保存の理解が可能になるのである。

田中(1987)は次のように述べている。「1次変換可逆操作の段階においては、変換移行次元可逆対操作として示された可逆対算法、可逆対表現をその基本特徴とする四則の意味と逆算の理解がある。ここでは、個体、液体、気体などの基本量、重さ、体積、さらに速さ、時間などにおいて、例えば、場面や物の性状などが変わっても保存の概念が成立していく」(田中, 1987, pp. 100-101)。

そして、保存概念の成立後、「不連続量での1次変換が行われる」と述べている。液量で考えれば、同じ大きさのカップ 10 杯分の水などと数量化することで連続量を不連続量とする。その上で、普遍単位を学習し $10\text{dL}=1\text{L}$ などの簡単な単位換算ができる。また、位取りも1次変換可逆操作の例として挙げられよう。そして、保存の概念が基礎となって様々な数学的な認識が発展すると述べている。

田中は、数学的認識と言っているだけで「単位」の問題には直接言及していない。しかし、彼は、数学的認識において保存の概念の成立が前提になるが、同時に数学的認識が前提となって保存が理解されるとも考えているのではないだろうか。

新井(1975)は、保存と単位の同一性との関係を研究している。その中で次のように述べている。「単位の同一性概念の獲得のずれが見出され、しかもその獲得の時期が長さ→重さ→液量の順序におそくなる傾向は、保存の獲得のずれと対応している」。その上で、「獲得の時期が単位の同一性概念と保存とでまったく同じ順序でずれていることは、これらの概念操作の対象たる長さ、重さ、液量のそれぞれの特殊性に強く起因するのか、それともこれらの両概念の関連性によるのか、それともこれらの2つの原因の相互作用によるのかいずれかであろう」として「単位の同一性概念と保存との関連性については、見方によっては、単位の同一性概念は保存の一種、つまり分割に対する保存であるとの考え方もでてこよう」

(新井, 1975, p. 8)と述べている。「しかし、筆者は現在のところ、この考え方は採用したくはない」として、その理由として分割に対する保存の場合の誤りのタイプと単位の同一性概念の誤りのタイプの違いを挙げている。その上で、「単位の同一性概念を保存に還元するのは正しくないように思える。むしろ、単位の同一性概念が分割に対する保存をその一部と

して含んでいると考えた方がよさそうである」。新井は単位の同一性はその内部に保存を含んでいるとしている。

波多野完治編「ピアジェの認識心理学」では、次のように述べられている。「ある対象を空間的に移動してもその長さは不変である、という位置に対する保存が成立しても、それを分割してならべかえる、というような状況での保存はより困難である。部分には保存されるのだが、全体の長さは必ずしも保存されるとは限らない。しかし、単位反復を含む測定においては、共通単位による反復という考え方とともに全体の長さを部分の長さの和としてとらえることを含むから、こうした分割や分割変形に対する保存がその前提条件となろう」（波多野，1965，pp. 61-62）。これは長さの単位とその保存との関連で述べたものであるが、重さの測定においても分割や変形に対する保存がその前提になると考えられる。

単位と保存のとらえ方は様々であるが、両者が密接に関連していることはいずれの先行研究からも明らかである。では、実際の小学校の教育の場ではどのように「保存」や「単位」が扱われているのであろうか。小学校学習指導要領（平成 29 年告示）では、「保存」や「単位」に関することは、「算数」や「理科」の領域で次のように書かれている。いずれも小学校 3 年生である。

算数

C 測定

(1) 量の単位と測定に関わる数学的活動をとおして、次の事項を身に付けることができるよう指導する。

ア 次のような知識及び技能を身に付けること。

(ア) 長さの単位（キロメートル (km)）及び重さの単位（グラム (g)，キログラム (kg)）について知り、測定の意味を理解すること。

(イ) 長さや重さについて、適切な単位で表したり、およその見当を付け計器を適切に選んで測定したりすること。

イ 次のような思考力、判断力、表現力等を身に付けること。

(ア) 身の回りのものの特徴に着目し、単位の関係を統合的に考察すること。

理科

A 物質・エネルギー

(1) 物と重さ

物の性質について、形や体積に着目して、重さを比較しながら調べる活動を通して、次の事項を身に付けることができるように指導する。

ア 次のことを理解するとともに、観察、実験などに関する技能を身に付けること。

(ア) 物は、形が変わっても重さは変わらないこと。

(イ) 物は、体積が同じでも重さは違うことがあること。

イ 物の形や体積と重さとの関係について追及する中で、差異点や共通点を基に、物

の性質についての問題を見出し、表現すること。(文部科学省, 2017)

子ども達がこの内容を学習するのは、複数の出版社の教科書によれば、算数は3年生の2学期後半、理科では3学期となっており「重さの保存」の学習が「単位」の学習のあとになっている。出版社によっては算数での重さの学習は、「重さの保存」についても若干触れるが、重さの単位の学習との関連は十分に見いだせない。理科においても同様で、出版社にもよるが、算数で重さの単位を学習したことと関連させる部分はあるが、触れる程度である。

ここからわかるように、教科書においては「重さの単位」と「重さの保存」は関連しているのとらえられているものもあるが、「重さの保存」が「重さの単位」の理解の前提になっているという扱いではない。

また、中学校の学習指導要領(平成29年告示)を見ると、力の単位としてN(ニュートン)を用いることや「質量」の概念について学ぶこと、そして「質量の保存」が学習されることが分かる。

重さが質量に作用する重力(の力)であることから、小学校ではまだ、重さが力と質量に分離してとらえられない。その2つが一体となって小学校における重さがある。「重さ」から「質量概念」へ転換するためにはこの2つを切り離すことが必要になる。これは中学校での課題であろう。小学校での「重さの保存」の学習は「質量保存」の学習の前段階にもなっていると考えることができよう。

1-2 目的

子ども達が「重さの単位」を認識していくとき、「重さの保存」はどのように関連していくのであろうか。先に単位の指導が4つの段階を通して行われると述べた。「個別単位」はその3つめの段階であり、具体的には「個別単位」を求め測定する段階を指す。「個別単位」は、あるものを測るときに用いる任意の単位である。例えば、ある班はものの重さを測るときに同じ重さ・大きさの木製のブロックを使用し、その個数で重さを表した。別の班はおはじきを用いて測りその個数で重さを表した。このように特定の集団でのみ用いられ、他の集団では用いられない任意の単位を重さの「個別単位」という。これでは同じものの重さを測っても「個別単位」の数だけ測定値があることになり不便である。よって「普遍単位」が必要となる。

上述の重さの「個別単位」では、測定されるものを木製ブロック数個分であるいはおはじき数個分で置き換えることになる。ここに重さの「個別単位」と「重さの保存」の関連が現れてくる。岡田が言っているように、間接比較の段階ですでに単位の概念が生まれているとしても、その段階では媒介物は数量化されない。推移律が用いられているだけである。個別単位の段階で初めて媒介物は数量化される。したがって、本研究は重さの「個別単位」に焦点をあてて議論を進めていく。

本研究では、重さの「個別単位」発見と「重さの保存」の獲得との関係を明らかにするこ

とを目的とする。具体的には、「重さの単位（個別単位）」の発見には「重さの保存」の獲得が必要なのか、それだけで十分なのか。また、「重さの保存」以外に必要な要因があるならば、それはどのようなものか。そして、重さの「普遍単位（g・kg）」を使用している実態を把握し「重さの保存」や重さの「個別単位」発見との関連を考察する。

第2節 方法

2-1 研究参加児

研究参加児童は、府下A小学校の児童197人であった。学年別、男女別人数はTable 3-1の通りである。

Table 3-1 学年と性別のクロス表（人）

		性別		合計
		男	女	
学年	3年生	36	26	62
	4年生	22	18	40
	5年生	24	23	47
	6年生	28	20	48
	合計	110	87	197

研究参加児を6ヵ月単位でわけて月齢群とした。これは、学年の枠のみに着目することでは見えてこない変化を想定し、それを取り出すために設定した。学年別にみた月齢群の構成をTable 3-2に示す。最小の月齢は102ヵ月、最大の月齢が149ヵ月であった。

Table 3-2 学年群と月齢群のクロス表（人）

		月齢群								合計
		102~107ヵ月	108~113ヵ月	114~119ヵ月	120~125ヵ月	126~131ヵ月	132~137ヵ月	138~143ヵ月	144~149ヵ月	
学年群	3年生	28	34	0	0	0	0	0	0	62
	4年生	0	0	19	21	0	0	0	0	40
	5年生	0	0	0	0	27	20	0	0	47
	6年生	0	0	0	0	0	0	25	23	48
	合計	28	34	19	21	27	20	25	23	197

A小学校は、各学年2クラスであった。本研究の課題は3年生以上の全クラスで実施された。

学校長には文書と口頭で、担任には口頭で調査内容を説明し了解を得た。研究参加にあたっては、事前に保護者に対して「研究協力をお願い」を学校長の了解を得て、当該クラスの児童を通じ担任から配布した。

また、研究参加対象の児童に対しても、調査当日、個人情報保護、研究参加は拒否可能であること、拒否した場合も不利益がないこと、などについて説明した。保護者および児童の研究参加拒否はなかった。

なお、本研究は「立命館大学における人を対象とする研究倫理審査委員会」より2017年8月1日付で承認を得た（承認番号「衣笠一人—2017—30」）。

2-2 実施日と実施場所

3年生は2017年9月5日・8日、4年生は2017年8月31日・9月1日、5年生は2017年9月14日・28日、6年生は2017年9月12日・27日、いずれも、8時30分～8時55分の時間帯を使って行った。その時間内で時間が足りなかった子どもについては、本人と担任の了解のもと、他の時間を使って行った。実施場所は各教室であった。

2-3 実施方法

課題と回答欄のある質問紙（注1，pp. 57-62を参照）を用いて、クラス每一斉に行った。質問紙を配布し、どの学年の児童にも共通して以下のように教示した。

「今からすることは、先生たちの勉強のためにすることです。これはテストではありません。丸つけとかもしません。みなさんの正直な考えを書いてほしいと思います。書けないところがあってもまったくかまいません。とぼしてやっても大丈夫です。協力してくれますか。もし、途中で嫌になったりやめようと思ったりしたときは先生に言ってください。」

質問紙の構成は1～5「重さの保存課題」（以下、保存課題）、6～7「単位課題」、8～13「生活・体験課題」となっている。「単位課題」は、重さの単位指導における「直接比較」「間接比較」「個別単位（任意単位ともいう）」「普遍単位」の中の「個別単位」を発見することを課題としている。

なお、保存課題は「教授・学習の影響を否定できない」「したがって、可能な限り共通の条件下で課題に取り組めるようにすることが必要になる」（大西，2017，p. 68）。この観点から「重さ」について未習である3年生には、保存課題については粘土とてんびんを用いて問いの意味を説明した。保存課題は、うすくする課題・ひも課題・小さな玉課題・体重計課題・プール課題からなる。

また、単に正答誤答だけではなく反応分析を重ね合わせることで、その子どもの自覚性の高い回答を得られると考え、反応分析の素材として文による回答を求めた。

第3節 結果

3-1 保存課題

保存課題1～5の通過率をTable 3-3とFigure 3-1に示す。

Table 3-3 保存課題の月齢別通過率推移 (%)

月齢	n	うすくする	ひも	小さな玉	体重計	プール
102～107ヵ月	28	57.1	46.4	78.5	42.8	10.7
108～113ヵ月	34	64.7	52.9	64.7	50.0	11.7
114～119ヵ月	19	89.4	94.7	89.4	68.4	15.7
120～125ヵ月	21	90.4	95.2	90.4	76.1	33.3
126～131ヵ月	27	88.8	92.5	81.4	77.7	33.3
132～137ヵ月	20	85.0	85.0	85.0	85.0	35.0
138～143ヵ月	25	92.0	92.0	92.0	88.0	36.0
144～149ヵ月	23	95.6	95.6	78.2	91.3	34.7

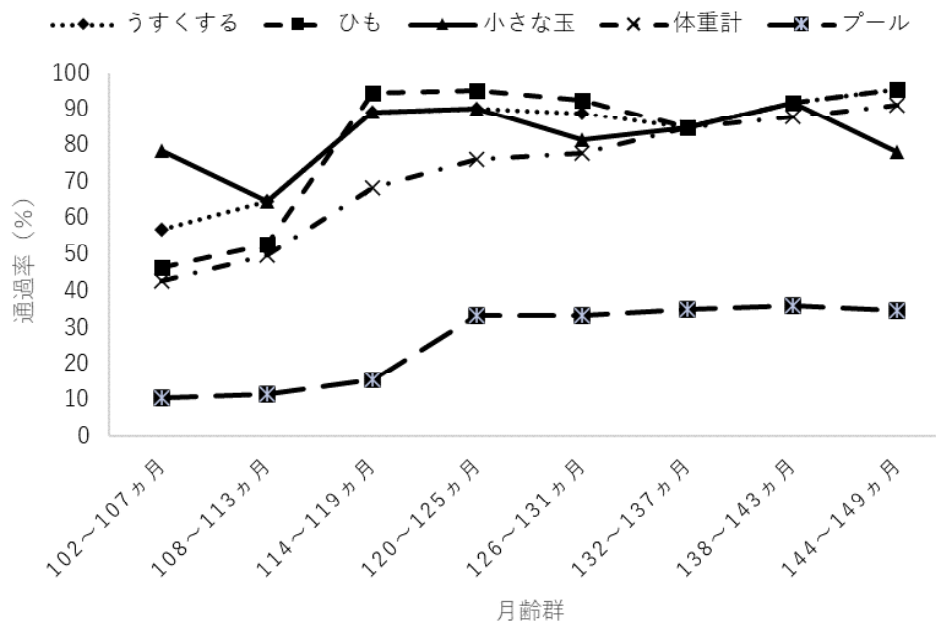


Figure 3-1 保存課題の月齢別通過率推移

「プール」課題を除く4つの保存課題では、108～113ヵ月を過ぎてからの急激な上昇がみられる。中でも「うすくする」課題、「ひも」課題、「小さな玉」課題については顕著である。課題ごとにみていくと、「小さな玉」課題では、108～113ヵ月で一旦落ち込みその後急激に上昇するが、126～131ヵ月と144～149ヵ月でわずかだが通過率が下がっている。「体重計」課題は、108～113ヵ月を過ぎての上昇は比較的大きいが、その後の変化は他の3つの課題に比べて緩やかに上昇している。「プール」課題では、114～119ヵ月を過ぎて上昇す

るが、それ以降変化がない。そういう点では「プール」課題は特異な変化を示している。浮力が影響しているとも考えられる課題であり、本論文では他の 4 つの保存課題を中心に考えていく。

3-2 保存 4 課題と単位課題の理由

3-2-1 保存 4 課題と単位課題の通過率

保存課題通過の特徴をより明確に見出すために、「プール」課題を除く 4 つの保存課題（以下、保存 4 課題）をすべて通過した人数の割合を示した（Table 3-4）。

また、単位課題（質問紙「6」）は、次のような内容である。①②はてんびんを用いたものである。①は積木の数でのりや消しゴムの重さを置き換えており、積木が「個別単位」になっているものである。そして、②は分度器と三角定規の直接比較である。③④は長さに関する図になっており、③は鉛筆の長さの直接比較であり、④は机の縦横の長さを、ボールペンを個別単位としてその個数で置き換えている。①と④は個別単位での比較であり②③は直接比較の図となっている。「通過」は①④を選択した場合のみであり、「不通過」は一つが不正解ないしは両方が不正解の場合である。ただし、今回の質問紙の「7」は未記入が多く（未記入率 102～113 ヲ月 100%、114～125 ヲ月 90%、126～137 ヲ月 82.9%、138～149 ヲ月 50%）集計からは除外せざるを得なかった。

保存 4 課題と単位課題の通過率から特徴を考える（Table 3-4, Figure 3-2）。

Table 3-4 単位課題と保存 4 課題の月齢別通過率推移（%）

月齢	単位課題	保存 4 課題
102～107 ヲ月	10.7	28.5
108～113 ヲ月	38.2	23.5
114～119 ヲ月	52.6	57.8
120～125 ヲ月	52.3	71.4
126～131 ヲ月	37.0	70.3
132～137 ヲ月	65.0	65.0
138～143 ヲ月	60.0	80.0
144～149 ヲ月	86.9	69.5

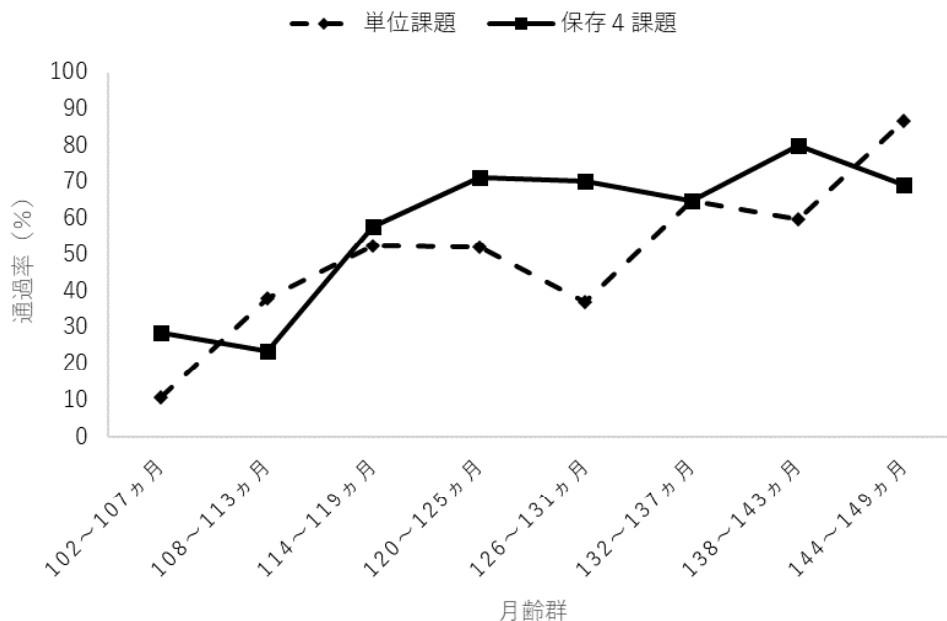


Figure 3-2 単位課題と保存4課題の月齢別通過率推移

まず保存4課題から見ると、108～113ヵ月を過ぎた頃から急な上昇がみられる。しかし、その後月齢を追って通過率が上昇してはいない。また、132～137ヵ月、144～149ヵ月などでみられるようにわずかだが通過率が下がっている時期がみられる。114～119ヵ月過ぎ頃から通過率60%を超すようになり、その後は70%前後で推移し、80%台は138～143ヵ月で見られるのみである。

単位課題では126～131ヵ月と138～143ヵ月でわずかだが通過率が下がっているが、いずれもその後急上昇している。特に、126～131ヵ月では108～113ヵ月のレベルまで落ち込んでいる。

保存4課題と単位課題の通過率を重ねてみると、全体として保存4課題の通過率が高いといえる。しかし、108～113ヵ月と144～149ヵ月では、保存4課題の通過率が単位課題のそれよりも低くなっている。

このグラフからも分かるように、それぞれの月齢群には保存4課題は通過したが単位課題は通過していない子ども（保○単×）、両方とも通過した子ども（保○単○）、保存4課題は通過していないが単位課題は通過している子ども（保×単○）、保存4課題と単位課題ともに通過していない子ども（保×単×）が含まれている。保存4課題がすべて正答だったものの割合と上記4つのカテゴリーの割合を月齢群ごとに比較したものをTable 3-5およびFigure 3-3に示した。

Table 3-5 月齢別保存4課題と単位課題の関連の推移(%)

	保存4課題	保○単×	保×単○	保○単○	保×単×
102～107ヵ月	28.5	21.4	3.5	7.1	67.8
108～113ヵ月	23.5	8.8	23.5	14.7	52.9
114～119ヵ月	57.8	31.5	26.3	26.3	15.7
120～125ヵ月	71.4	23.8	4.7	47.6	23.8
126～131ヵ月	70.3	37.0	3.7	33.3	25.9
132～137ヵ月	65.0	25.0	25.0	40.0	10.0
138～143ヵ月	80.0	36.0	16.0	44.0	4.0
144～149ヵ月	69.5	4.3	21.7	65.2	8.6

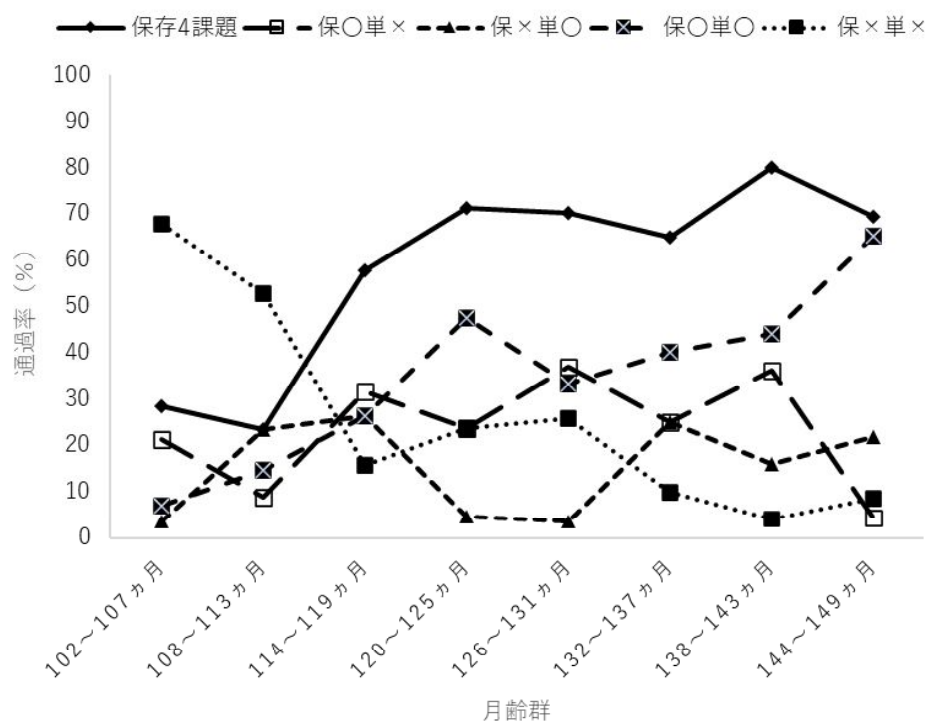


Figure 3-3 月齢別保存4課題と単位課題の関連の推移

「保○単○」は120～125ヵ月で通過率が高くなるが、その後一旦低くなって144～149ヵ月で再び高くなり、保存4課題の通過率とほぼ等しくなっている。「保○単×」は108～113ヵ月で通過率が低くなるが、その後上昇しほぼ横ばいで推移する。そして144～149ヵ月で

ほぼ 0 に近づく。つまり、保存 4 課題を通過した子どもは単位課題も通過するようになるのである。「保×単〇」は月齢群による違いがみられるが、高いところでも 20% 台で推移している。

この 4 者の変化を、学年を追ってみていくと Table 3-6 および Figure 3-4 のようになる。学年は義務教育の諸活動における基本的な子どもの集団であり、教科書は学年ごとに異なったものが使用されており、学年は共通の学習内容を学習する集団である。したがって、学年ごとの変化の推移もみておくことは、学童期の変化の特徴を俯瞰するうえで有効であると考えた。

Table 3-6 学年別保存4課題と単位課題の関連の推移 (%)

	保存4課題	保〇単×	保×単〇	保〇単〇	保×単×
3年生	25.8	14.5	14.5	11.2	59.6
4年生	65.0	27.5	15.0	37.5	20.0
5年生	68.0	31.9	12.7	36.1	19.1
6年生	75.0	20.8	18.7	54.1	6.2

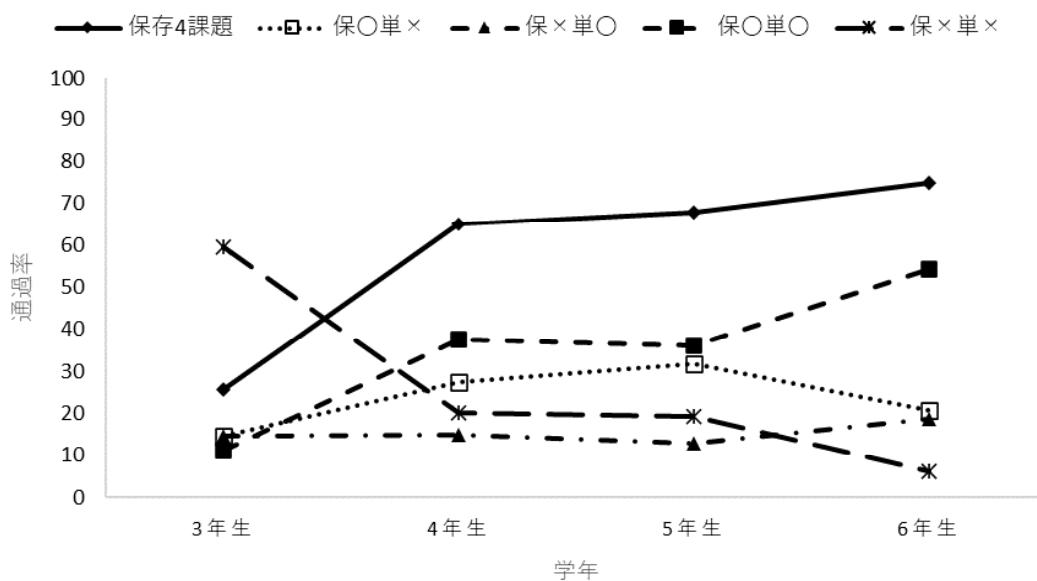


Figure 3-4 学年別保存 4 課題と単位課題の関連の推移

4年生頃から「保存 4 課題」通過者が「保〇単〇」と「保〇単×の 2 つのグループに分かれるが、5年生頃から後者が減っていく様子がよくわかる。すなわち、基本的な保存が成立していく子ども達が重さの「個別単位」の発見へと向かうのである。同時に、「保×単〇」

の子ども達がどの学年にもほぼ 15%程度存在していることもわかる。

ここで、保存4課題が不通過にもかかわらず、単位課題が通過している場合の理由の特徴について触れておく。その特徴は、保存4課題において、まだ変化から受ける印象によって判断をしているという点である。例を挙げると132～137カ月の1人は次のような理由を保存4課題と単位課題で書いている。「うすくする課題」では「うすくしても元の重さが変わったわけじゃないから同じ」, 「ひも課題」では「別の形にしても元の重さが変わったわけじゃないから同じ」, 「小さな玉」課題では「小さく分けても元の重さが変わったわけじゃないから同じ」, 「体重計」課題では「背負った1人分の重さが加算されるから重くなる」と書いている。「体重計」課題以外の理由は正確に書かれていると言える。そして単位課題では「①はのりや消しゴムを同じ重さの積木〇個分で表しているから。④は机のたてや横の長さと同じ長さのボールペンで表しているから」と正しく書いている。108～113カ月のある子は次のように記述している。「うすくする課題」では「うすくすると紙のようにペラペラで軽くなると思ったから」, 「ひも課題」では「丸い粘土はかたまって丸になっているから丸は重くて、ひもは軽いと思いました」, 「小さな玉課題」では「小さく分けてあるから軽くなる」, 「体重計課題」では「体重計には背負っても2人分の重さだから同じ」, 単位課題では「いくつ分で考えているから」と記述している。

3-2-2 単位課題の理由

ここでは主に単位課題の理由についてみていく。

単位課題の理由を、表記における共通する特徴によって「置換」「同じもの」「考え方」の3つに分けてまとめた。そのいずれにも属さない理由を「その他」とした。「置換」は、あるものの重さや長さを別の物で置き換えてその何個分で比んでいるというもの、すなわち「別の物」が使われていることに着目したものである。「同じもの」は、同じものを使ってそのいくつかで重さや長さを表している、すなわち使われているものの「同一性」に着目した理由である。また、例に挙げられた考え方（やり方）と同じだから、あるいは「同じものの個数で比んでいる」などという理由、問いの中にある「同じ重さ」(①)・「同じ長さ」(④)の「同じ」という「言葉」に着目した理由などは「考え方」とした。理由が書かれていないものは「未記入」とした。「その他」「未記入」はそのほとんどが「不通過」である。なお、「未記入」には選択はしているが理由がない場合が含まれている（例えば未記入で通過の場合）。「置換」で不通過は、いずれか一方が正答でその理由が「置換」で書かれていることを示している。

Table 3-7 102～113ヵ月の理由の分類

(カッコ内は%)

	置換		同じもの		考え方		その他		未記入		合計
	通過	不通過	通過	不通過	通過	不通過	通過	不通過	通過	不通過	
102～107ヵ月	0(0.0)	2(7.1)	3(10.7)	0(0.0)	0(0.0)	1(3.5)	0(0.0)	6(21.4)	0(0.0)	16(57.1)	28(45.2)
108～113ヵ月	8(23.5)	1(2.9)	2(5.8)	1(2.9)	1(2.9)	0(0.0)	0(0.0)	8(23.5)	2(5.8)	11(32.3)	34(54.8)
合計	8(12.9)	3(4.8)	5(8.0)	1(1.6)	1(1.6)	1(1.6)	0(0.0)	14(22.5)	2(3.2)	27(43.5)	62(100.0)

Table 3-8 114～125ヵ月の理由の分類

(カッコ内は%)

	置換		同じもの		考え方		その他		未記入		合計
	通過	不通過	通過	不通過	通過	不通過	通過	不通過	通過	不通過	
114～119ヵ月	4(21.0)	0(0.0)	2(10.5)	0(0.0)	2(10.5)	1(5.2)	1(5.2)	3(15.7)	1(5.2)	5(26.3)	19(47.5)
120～125ヵ月	6(28.5)	3(14.2)	3(14.2)	0(0.0)	1(4.7)	0(0.0)	1(4.7)	4(19.0)	0(0.0)	3(14.2)	21(52.5)
合計	10(25.0)	3(7.5)	5(12.5)	0(0.0)	3(7.5)	1(2.5)	2(5.0)	7(17.5)	1(2.5)	8(20.0)	40(100.0)

Table 3-9 126～137ヵ月の理由の分類

(カッコ内は%)

	置換		同じもの		考え方		その他		未記入		合計
	通過	不通過	通過	不通過	通過	不通過	通過	不通過	通過	不通過	
126～131ヵ月	4(14.8)	0(0.0)	3(11.1)	1(3.7)	2(7.4)	0(0.0)	0(0.0)	8(29.6)	1(3.7)	8(29.6)	27(57.4)
132～137ヵ月	2(10.0)	2(10.0)	6(30.0)	0(0.0)	2(10.0)	0(0.0)	2(10.0)	2(10.0)	1(5.0)	3(15.0)	20(42.6)
合計	6(12.7)	2(4.2)	9(19.1)	1(2.1)	4(8.5)	0(0.0)	2(4.2)	10(21.2)	2(4.2)	11(23.4)	47(100.0)

Table 3-10 138～149ヵ月の理由の分類

(カッコ内は%)

	置換		同じもの		考え方		その他		未記入		合計
	通過	不通過	通過	不通過	通過	不通過	通過	不通過	通過	不通過	
138～143ヵ月	6(24.0)	1(4.0)	7(28.0)	0(0.0)	1(4.0)	2(8.0)	1(4.0)	5(20.0)	0(0.0)	2(8.0)	25(52.1)
144～149ヵ月	7(30.4)	0(0.0)	5(21.7)	0(0.0)	7(30.4)	0(0.0)	0(0.0)	2(8.6)	1(4.3)	1(4.3)	23(47.9)
合計	13(27.0)	1(2.0)	12(25.0)	0(0.0)	8(16.6)	2(4.1)	1(2.0)	7(14.5)	1(2.0)	3(6.2)	48(100.0)

Table 3-7は小学校3年生に該当する。未記入が多い。

Table 3-8は小学校4年生に該当する。102～113ヵ月に比べると「その他」や「未記入」が減って、「置換」「考え方」などが増えてきているのが分かる。この102～113ヵ月から114～125ヵ月にかけての変化は、「単位課題」の通過率の増え方（Figure 3-2）に対応しているとみることできる。

Table 3-9は小学校5年生に該当する。114～125ヵ月と比べると「置換」が減り、「同じもの」が増えている。「その他」や「未記入」も若干増加している。

Table 3-10は小学校6年生に該当する。ここでは126～137ヵ月に比べ「その他」や「未記入」が少なくなっているのが分かる。そして「置換」「同じもの」「考え方」が増えている。「考え方」は顕著に増加している。

次に、単位課題が不通過の場合の特徴をまとめる。なお、不通過者数は選択肢を記入している場合のものである。「その他」は、一つのみ選択している場合などである。なお、未記

入者と通過者は以下の通りである（カッコ内、前者が未記入者数、後者が通過者数）。102～107ヵ月（11人・3人）、108～113ヵ月（9人・13人）、114～119ヵ月（3人・10人）、120～125ヵ月（1人・11人）、126～131ヵ月（3人・10人）、132～137ヵ月（3人・13人）、138～143ヵ月（2人・15人）、144～149ヵ月（0人・20人）であった。

Table 3-11 単位課題における月齢群ごとの不通過者数
（カッコ内は月齢群内での不通過者の割合（%））

月齢	①②	①③	②④	③④	②③	その他	不通過者合計
102～107ヵ月	1(3.5)	5(17.8)	1(3.5)	4(14.2)	3(10.7)	0(0.0)	14(50.0)
108～113ヵ月	1(2.9)	2(5.8)	1(2.9)	4(11.7)	2(5.8)	2(5.8)	12(35.2)
114～119ヵ月	2(10.5)	1(5.2)	1(5.2)	0(0.0)	1(5.2)	1(5.2)	6(31.5)
120～125ヵ月	3(14.2)	2(9.5)	1(4.7)	1(4.7)	2(9.5)	0(0.0)	9(42.8)
126～131ヵ月	6(22.2)	2(7.4)	1(3.7)	4(14.8)	0(0.0)	1(3.7)	14(51.8)
132～137ヵ月	0(0.0)	1(5.0)	2(10.0)	0(0.0)	1(5.0)	0(0.0)	4(20.0)
138～143ヵ月	3(12.0)	1(4.0)	2(8.0)	1(4.0)	1(4.0)	0(0.0)	8(32.0)
144～149ヵ月	0(0.0)	1(4.3)	0(0.0)	0(0.0)	1(4.3)	1(4.3)	3(13.0)

132～137ヵ月からは単位課題の通過率は60%を超す。60%に満たない102～131ヵ月は①②を選択する子どもが多くみられる。①②はてんびんを用いた図で、①は重さの「個別単位」を用いているもの、②は重さの直接比較の図である。その理由の特徴はてんびんに着目していることである。例えば120～125ヵ月で「てんびんを③は使っていないから重さが分からない」、126～131ヵ月では「てんびんで調べた方が分かりやすい」「どちらもてんびんを使っているから」などの記述がある。②③は重さと長さの直接比較の図であるが、126～131ヵ月を除いてそれを選択している子どもが若干みられる。ここでの特徴は、比べる時は、対象になるものを直接比べるというという考えが理由になっている。例えば138～143ヵ月では「どちらも長さを比べたり重さをはかっていたりしているから」という理由、114～119ヵ月でも「重さと高さを比べているから」という理由がみられる。③④では長さに着目した理由と同じものを使っているという理由が特徴である。例を挙げると、126～131ヵ月では「①②は重さをはかって、どちらにかたむいているのか調べているから」、また「同じもので比べているから」という理由がある。

また、②③を除けば一方が①、④の正答である。重さの個別単位を示している①を選択している子どもが④を選択している子どもより多くみられる。上記の例以外の理由を示す。例えば120～125ヵ月でみられるものだが、「①では積木がバラバラになっているから」という理由で①②を選択しているが②についての記述はない。また、「④は同じボールペンを使ってボールペンいくつ分かはかっているから。③はちょっと説明できない」と記述している

子どもがいる。138～143 ヲ月では「積木がコップ何個分になるから」という理由で①②を選択しているが子どもがいるが②についての記述はない。

一方で、「てんびん」に着目した理由を述べている子どもがいる。例えば、138～143 ヲ月では「②は重さで、どっちが重いか比べている。④は長さでボールペンが何個分かで比べている」という理由で②④を選択している子どもがいる。132～137 ヲ月でも「てんびんは重さが分かる、同じ長さのボールペンを並べると机の長さが分かる」として②④を選択している子どもがいる。

3-3 生活・体験

重さの単位は生活の中にあふれており、小さな子どもでさえそれを口にする。102～149 ヲ月までの「重さの単位」の状況ごとの使用率の推移を一覧にした (Table 3-12)。「単位を読む」「自分の体重」「持てる重さ」「重さの比較」「重さの計算」「目盛り読み」の項目で調査したものである。いずれも身近な場面で、あるいは学校生活で口にしてしている可能性があるものである。「単位を読む」は、「kg」「g」の読み方を問うものである。「重さの計算」は重さの簡単な加減の式を解くものである。「目盛り読み」は上皿ばかりの「kg」ごとの目盛りを読むものとデジタル表示の数を読むものである。

「自分の体重」「持てる重さ」「重さの比較」の3項目は、子どもの主観的な回答となる。日常における単位の使用はそれぞれの子どもの主観によるため、単位を用いて回答した場合を通過としその特徴を述べることとする。

結果を以下に示す。

Table 3-12 「重さの単位」の状況ごとの使用率の推移 (%)

	単位を読む	自分の体重	持てる重さ	重さの比較	重さの計算	目盛り
102～107 ヲ月	50.0	42.8	35.7	25.0	57.1	57.1
108～113 ヲ月	73.5	70.5	67.6	52.9	88.2	67.6
114～119 ヲ月	94.7	78.9	78.9	57.8	89.4	84.2
120～125 ヲ月	95.2	80.9	80.9	61.9	85.7	85.7
126～131 ヲ月	96.2	88.8	77.7	66.6	88.8	92.5
132～137 ヲ月	95.0	70.0	65.0	45.0	90.0	95.0
138～143 ヲ月	100.0	96.0	92.0	68.0	92.0	96.0
144～149 ヲ月	95.6	73.9	73.9	65.2	100.0	95.6

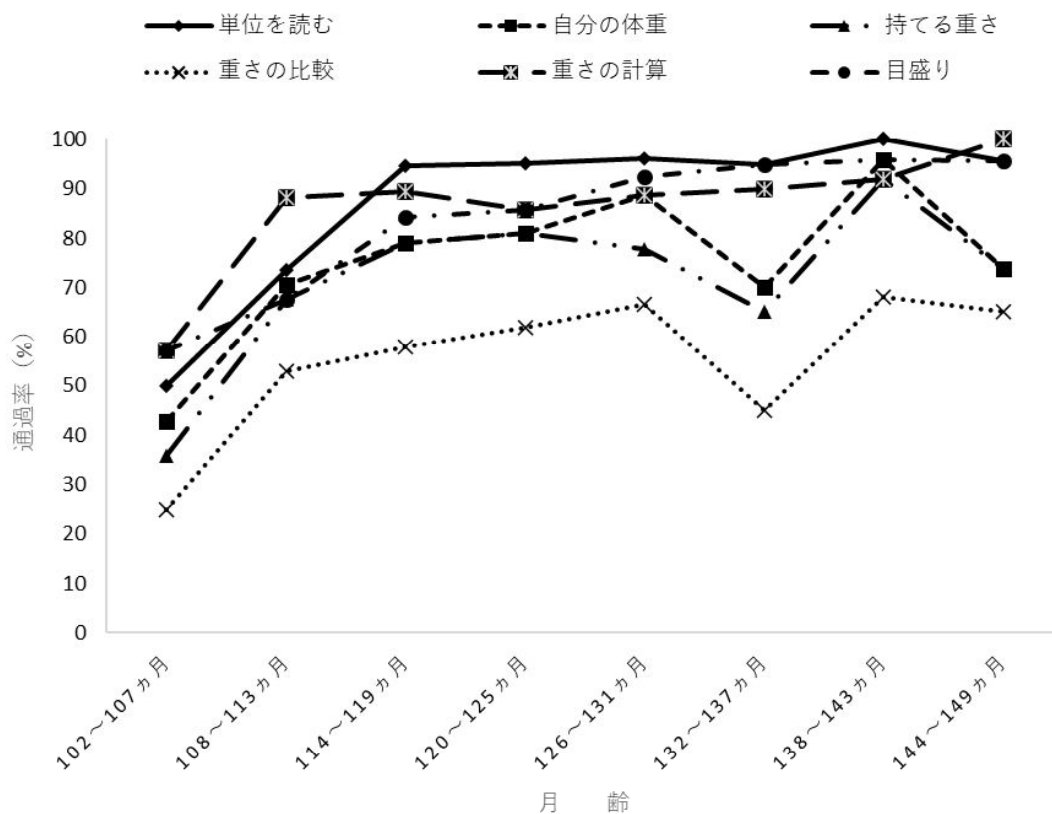


Figure 3-5 「重さの単位」の状況ごとの使用率の推移

生活の中で重さに関わることは意識せずに身に着けていることがある。このグラフから、すでに 108~113 ヲ月からどの課題もほぼ 50%を超す通過率になっており、重さの単位に関して「読む」「簡単な計算」「簡単なメモリを読む」などができるようになってきていることを示している。また「自分の体重」「自分が持てる重さ」「比較」などで重さの単位を用いて表すことができるようになってきている。「自分の体重」は、文字通り自分の体重を答えるものである。この調査を行った 9月の体重測定時の結果と回答の関係を見ると、月齢を問わずほぼ±5kg以内であり、多くは±3kg以内であった。「持てる重さ」は、実際に持つのではなく自分が持てる重さはどのくらいか予想して答えるものである。回答には、102~113 ヲ月で 1kg~40kg, 114~125 ヲ月で 2kg~60kg, 126~137 ヲ月で 3kg~60kg, 138~149 ヲ月で 2kg~80kg の幅があった。「重さの比較」は自分の体重と担任の体重を予想しながら、どちらが重いか問うものである。担任の方が重いと答え、自分の重さとの違いは 102~113 ヲ月で 10kg~80kg, 114~125 ヲ月で 3kg~40kg, 126~137 ヲ月で 3kg~40kg, 138~149 ヲ月で 2kg~40kg と幅があった。138~149 ヲ月では自分の方が重いと答えた子どもが 3人いた。

以上から、重さの単位を使用しているといっても子どもによって重さの認識は大きく異

なるといえる。

また、この変化していく時期（108～113カ月の頃）は、基本的な「重さの保存」が成立していく時期と重なっている。特徴は、6つの課題の中でも「比較」が相対的に低く推移していることである。また、132～137カ月で「自分が持てる重さ」「比較」「自分の体重」の3つで通過率が108～113カ月のレベルに落ち込んでいることである。144～149カ月でも似たような変化がみられる。これは保存4課題の通過率の変化と共通しているようにも考えられる。

第4節 考察

4-1 重さの「個別単位」への2つの道

今回の調査の結果から、基本的な「重さの保存」が108～113カ月から120～125カ月にかけて獲得される。学年で言えば小学校3年生後半から小学校4年生後半にかけてである。114～125カ月で基本的な「重さの保存」が成立するとみていいだろう。3年生3学期の理科での学習が影響しているともみられる。しかし、「重さの保存」はその後安定した推移を見せるのではなく、わずかだが通過率が下がる時期がみられ、月齢を追って通過率が上昇していくとも言えない。一旦成立したかにみえる「重さの保存」だが不安定さを持っていると考えられる。

一方、単位課題の通過率の変化は、「重さの保存」とは異なる姿を見せている。（保○単○）をA（保○単×）をB（保×単○）をCとする。Aは120～125カ月までは保存4課題の上昇を追うように変化するが、その後は一旦落ち込んで緩やかに上昇、138～143カ月から一気に上昇して保存4課題の通過率に接近する。その時点でBは急激に減少する。Aが保存4課題の通過率に接近する時期が、138～143カ月を過ぎてから144～149カ月にかけてであり、保存4課題に接近しない時期が120～125カ月から138～143カ月まで続く。すなわち、重さの「個別単位」の発見が保存4課題の水準に届くのは138～149カ月を待たなくてはならない。

また、Cは独自の変化をしている。これは保存4課題不通過のグループであるから保存4課題の通過率に接近しないのは当然だが、学年でみればどの学年にも同じような比率で存在する。このグループの存在は、単位課題を「重さの保存」の獲得を前提とせず通過している子ども達がいることを意味していると考えられる。

単位課題の理由は、その表記上の特徴から「置換」「同一性」「考え方」などに分けられたが、「置換」と「同一性」は単位がもつ側面であり、重さの単位の場合、その根底には「重さの保存」の概念がある。子ども達はその2つの側面をあるいはいずれかを意識していると推察され、これは「個別単位」を発見する上で重要であると考えられる。

単位課題の理由をみると、「同じもの」を理由にしている子どもが132～137カ月から、「考え方」を理由にしている子どもは138～143カ月から増えてくる。単位課題の月齢別通過率推移（Figure 3-2）でみられる132カ月以降の変化が理由の面からも裏付けられたと考

えられる。同時に、単位課題の不通過者数が 132～137 カ月あたりから減少傾向を示すが (Table 3-11), それまでの直接比較 (比較の対象になるものを直接比べなければならない) の考え方やてんびんの影響 (重さを比べるのはてんびんしかない) を克服したと考えられる。一方で、132～137 カ月や 138～143 カ月でもてんびんに着目している理由がみられることも特徴的である。また、いずれか一方が正答であることも多く、重さの「個別単位」を獲得しつつある姿を反映していると推察される。102～113 カ月で未記入が多くみられる背景に問いの意味がつかみ切れなかったことも考えられる。

以上から、学齢期には、基本的な「重さの保存」の成立から遅れるが、「重さの保存」を基礎として重さの「個別単位」を発見する道、すなわち「保存の成立から個別単位へ」と、保存は不確実なままだが重さの「個別単位」を発見する道、すなわち「保存を経ないで個別単位へ」の二つの道があり、この二つのいずれかの道を通して普遍単位、すなわち kg, g の意味の理解へと進むと考えられる。

重さの単位を日常生活の中で使用する機会が 108～113 カ月 (Figure 3-5 参照, p. 53) から多くなっていくのは、基本的な「重さの保存」が成立していく時期とも一致することから、「重さの保存」の成立がその契機になっているとも推察される。そのように日常生活で何気なく使うようになった重さの単位や授業を通して学習したはずの重さの単位の意識的な理解は、この二つの道を通って行われる。

4-2 「保存の成立から個別単位へ」

重さの「個別単位」の発見が「重さの保存」の成立に遅れるのはどうしてか。一つは「保存の問い直し」が行われていると考えられる。

132～137 カ月、144～149 カ月などで「重さの保存」の通過率の低下傾向がみられるのは、一度獲得した「重さの保存」についてとらえ直しを行っていると考えられる。あるいは、獲得したと思われていたものは実は、パターン化した思考に基づく反応であって思考を十分にぐぐったものではなかった可能性もある。保存4課題のどの課題にも「形が変わっても重さは変わらない」と同じ言葉・表現が繰り返し用いられ答えている場合があったのはその例である。これは正答であるともいえるが、形式的に考え答えているともいえる。しかし、そのころの子ども達は、保存4課題の問いに再度自らの思考で対峙しようとしているのではないだろうか。その結果は、時には不通過という形になって現れることもあろう。通過率が横ばいであったり低下傾向がみられたりする時期があるのはそういったことが背景にあり、基本的な「重さの保存」の獲得そのものが、「行きつ戻りつ」しながら発展していくことを示していると考えられる。子どもにとっては、思考を深め「保存を問い直す」時期にさしかかったともいえる。具体的操作期から形式的操作期 (Piaget) への移行期にこういう姿が見られるのは、その時期の発達的特徴を示していると言える。

子ども達は、この「保存の問い直し」を経ながら重さの「個別単位」の発見へと進み、その発見はより高次の「保存」獲得の基礎となる。同時に、このことは、重さの「個別単位」

の獲得に必要な要因は「重さの保存」の理解を深めていく中で獲得されていくことを示唆している。

もう一つは重さの「個別単位」を獲得しつつあるが、直接比較やてんびんなどの影響から抜け出せないでいる、ということである。ここから抜け出すことは、問いの意味を正確に理解することにつながるとともに、置換などの概念が確かなものになることを意味している。

これら二つの理由により重さの「個別単位」の獲得は「重さの保存」に遅れるが、この二つを乗り越えることで138～143ヵ月から重さの「個別単位」の獲得が進む。

4-3 「保存を経ないで個別単位へ」

保存4課題が不通過であっても単位課題では正確な理由が書けるのはなぜか。この場合、単位課題の理由を見る限り、「重さの保存」は獲得されており、それが前提となって単位課題の理由につながっているように思われる。しかし、保存4課題の理由は見かけの変化に影響されたものになっている。

このことは、基本的な「重さの保存」が十分でなくとも数量化を前提とした論理的な思考ができていることを示していると同時に単位の同一性が認識されていることを示していると考えられる。こういった「保×単〇」の存在がどの学年にもみられる。すなわち、単位課題は基本的な「重さの保存」の獲得と関係なく通過することが可能であることを示している。Haget の言っている「保存は、数量化の条件であると同時に、その結果だ」という「保存」のもつ両側面をみておく必要があるだろう。「保存」は現象を理解する上で前提にもなり得るしまた結果にもなり得る。基本的な「重さの保存」を経ずに重さの「個別単位」に進む場合は、基本的な「重さの保存」の獲得は学齢期では不十分の状態で推移し、数量化を前提とする論理的思考が先行する。その論理的思考によって学齢期以後「重さの保存」を獲得あるいは確かなものにする可能性を持つ。

このことは、重さの「個別単位」の獲得に必要な要因は「重さの保存」のみではないことを示しているようにも考えられる。「重さの保存」が数量化を前提とする論理的思考を基礎としているのか、あるいは「重さの保存」が数量化を前提とする論理的思考を含んだものとするのか、今後の課題としたい。

また、今回の調査はA小学校で行ったものであって、一般化するには制約があると考えられる。今回の研究を基礎にして研究を進めていくことで深めていきたい。

4-4 授業との関連

最後に授業との関連で述べたい。「保存の概念」は学童期の学習において重要である。学校では「保存」はどのように扱われているのであろうか。「重さの保存」を例にとるなら、学習課題として「重さの保存」が扱われているのは小学校3年生の理科においてである。そこで、形が変わっても重さは変わらないことを、実験を通して学ぶ。しかし、複数の教科書を見ると、算数ではそれより前に重さの普遍単位 (kg, g) を学習する。重さの単位を学習

するには「保存の概念」の学習が事前に行われていた方が好ましいと考えるが、理科との指導上の関連は学習指導要領では触れられていない。

他の学習内容でも「保存の概念」が重要であることは明らかである。例えば、100円玉10個で1000円札になる場合でも見かけは大きく変わる（10個の硬貨が1枚の紙幣に変わる）が、価値は変わらない。十進構造、位取りの学習でも見た目は変わるが量は変わらない。また、等号の理解でも「保存の概念」は重要である。左辺と右辺は見た目には変わるが同じ量・意味を持っている。分数では、1つの量を様々な分数で表すことができる。例えば、 $\frac{3}{4}$ は $\frac{6}{8}$ 、 $\frac{9}{12}$ などと同じ量である。分数と小数の関係も同様である。問題を解決する方法でも「保存の概念」の必要性が考えられる。例えば、300度の角度を作図する方法について次のような意見が出る。「まず180度をとって、そこから120度をとればいい」「270度をとってから30度をとる」「逆向きに60度をとればいい」、これらはすべて正解だが表現が異なる。方法は異なるが結果は同じになる。どの表現も同じ300度を表すものである。これも「保存の概念」があって初めてどの意見も正解だと理解できるのではないか。小学校理科においても「温度の変化と金属、水及び空気の温まり方や体積の変化とを関係付ける」あるいは「粒子の保存性」などを学習していく上で「保存の概念」が関係してくると思われる。それらは、中学校での「質量の保存」の学習の基礎にもなっている。今の学校教育では、「保存の概念」は直接学習課題として扱われることは稀だが、前述したように絶えずその概念を用いて理解することを求められているのである。

「保存の概念」が様々な場面で学習されるが、新たな場面での「保存の概念」の学習が影響し合ってその概念の深化が進むのではないだろうか。その過程は「保存の問い直し」を絶えず行っている過程でもある。

(注1)

質問紙

名前 ()

自分の考えにあうものをえらんで○をつけてください。

1 丸いねん土をうすくしました。重さはどうなりますか。

(軽くなる 同じ 重くなる)

その理由

()

2 丸いねん土を細長いひもにしました。重さはどうなりますか。

(軽くなる 同じ 重くなる)

その理由

()

3 細長くしたねん土を小さな玉に分けました。重さはどうなりますか。

(軽くなる 同じ 重くなる)

その理由

()

4 体重計の上に 2 人立ってのったときと 1 人を背負^{せお}ってのったときでは重さはどうなりますか。

(軽くなる 同じ 重くなる)

その理由

()

5 プールに入ったらあなたの体重はどうなりますか。

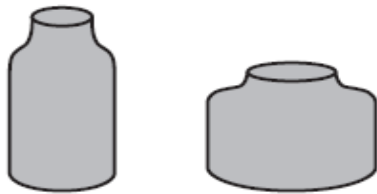
(軽くなる 同じ 重くなる)

その理由

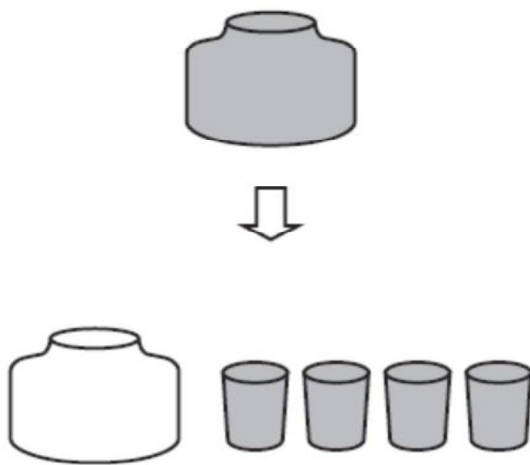
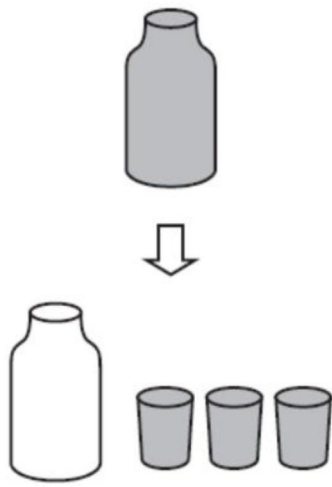
()

6

2つの形のちがうびんにいっぱいに入れた水のかさをくらべます。



形のちがう2つのびんにいっぱいに入れた水のかさは、同じ大きさのコップに分けて、それぞれコップ何ばい分かでくらべることができます。

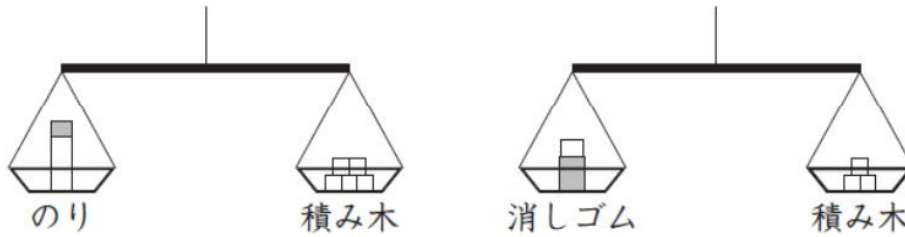


この2つのびんに入った水のかさは、右のびんの方がコップ1ばい分だけ多いと言えます。

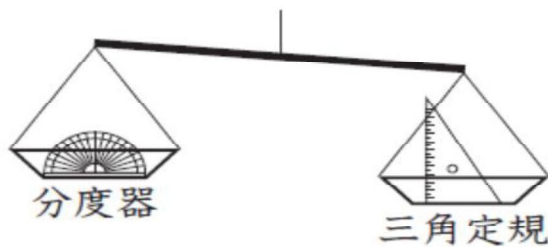
このくらべ方と同じように、ものの重さや長さを同じ大きさのいくつかでくらべているものは、右の①から④までの中のどれですか。

2つえらんで、その記号を書きましょう。

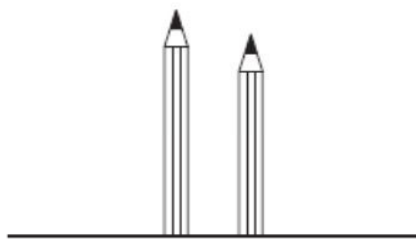
- ① のりと消しゴムの重さを、てんびんを使って、同じ重さのつみ木の^{こすう}個数でくらべます。



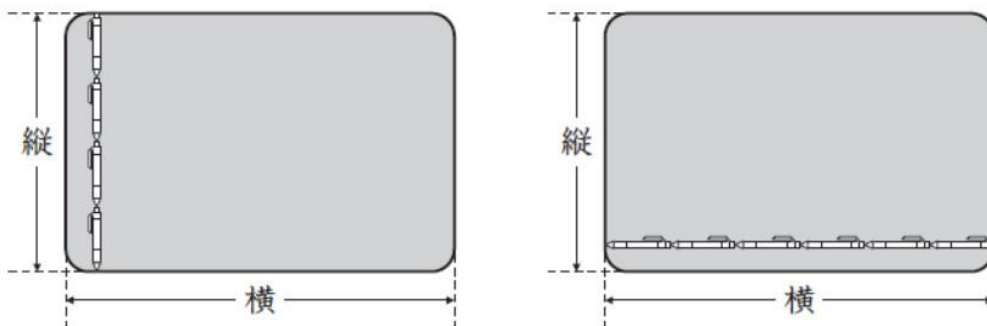
- ② 分度器と三角じょうぎの重さを、てんびんを使って、どちらにかたむいているかでくらべます。



- ③ 2本のえんぴつの長さを、えんぴつのはしをそろえて立て、どちらのえんぴつの先が高いかでくらべます。



- ④ あるつくえのたてとよこの長さを、同じ長さのボールペンの本数でくらべます。



13 次のはかりが表^{あらわ}している重さはいくらですか。

① だいばかり

図は略

② デジタルばかり

図は略

なお、「6」は2017年に行われた「全国学力・学習状況調査」の調査問題算数Aの「4」を参考にして若干加筆修正したものである。

第4章

小学校3年生～6年生における重さの保存概念の獲得過程

——縦断的調査研究——

第1節 問題と目的

1-1 問題

認知発達にかかわって今日まで多くの保存研究（新田・永野，1966；天岩，1973；佐伯，1979；藤田，1981；横山・山内，1984など）がなされてきたが，その中で重さの保存を扱った研究は必ずしも多くはなく，特に国内においてはその研究数は限定的である。その中の代表的な例として，浜崎（1983），日下（1995），廣瀬（1995），大西（2019）を挙げることができる。

浜崎（1983）は，小学生と高校生及び大学生の重さの保存課題における判断理由を検討し，垂直的デカラージュが生じていることを示した。その上で適切な教育なくしては重さの保存は完成されないと述べている。

日下（1995）は，「保存」概念の獲得について横断的，縦断的に研究を行っている。ここでの「保存」は，長さ・粘土量・数・重さ・液量・面積・体積の7種類の「保存」である。

横断的研究では，多くの子ども達の中に6歳から8歳にかけて保存の認識が成立することを示したと述べている。獲得のズレと順序性については，最初に数の保存が獲得され長さまたは体積の保存が最後に獲得される傾向にあるが，順序性が必然性を持っているとは断言できないと述べている。論拠については，「単純な同一性」（例：形を変えたただけだから，同じ粘土だから，形を変えても同じなど）が多く用いられ，年齢が高くなるにつれてその割合が大きくなるという。また，8～10歳頃には様々な保存の論拠が用いられることも示唆された。

縦断的研究の結果として，保存の獲得パターンとして「漸進型」「飛躍型」「その他」「一時後退型」を抽出している。また，順序性では，数の保存が最初に獲得される傾向にあるが，その他の保存についての順序性について結論は出せないとしている。最初に現れる保存の論拠は「単純な同一性」であった。物質質量（粘土量）・重さ・体積の3種類の保存についても，順序性を見いだすことはできなかった。そして「一時後退型」の原因は「獲得したばかりの保存のシエムが不安定であることを示している」と述べている。

日下（1995）の研究は興味深く，本研究にとっても示唆に富んだものである。ただし，本研究は対象児を小学校3年生から6年生（年齢で言えば8歳～12歳となる）としている点，そして重さの保存に絞っている点で違いがある。日下（1995）は7種類の保存課題で実験を行っているため，「保存」一般の獲得に焦点が当たり，個々の「保存」の獲得の特徴が明確にならない傾向があることも本研究との違いである。

廣瀬（1995）は，小学校3年生の児童に行った物質質量の保存・重さの保存に関する調査を

基に、子どもが用いた処理方略により水準区分と水準内における段階区分が可能であることを見出した。さらに、重さの測定にかかわる指導を行った後に仮説実験授業を実施することで、大半の子どもの水準が向上した。これは重さの保存の獲得に教育実践が効果を及ぼすことを示すものであった。

また近年では大西（2019）が、重さの保存について小学校3年生から6年生まで横断的にデータ収集を行っている。結果は、保存4課題（うすくする課題・ひも課題・小さな玉課題・体重計課題）全て通過した割合は、小学校3年生から小学校4年生にかけて大幅に増加し、小学校5年生後半から6年生前半で若干通過率が低下したのち再び上昇するというものであった。この結果は、小学校3年生から4年生にかけて、また、小学校5年生頃に何らかの変化を示す子ども達が存在することを示唆している。この研究は重さの保存の獲得過程に焦点を当てたものではなかったが、結果的に横断的ではあるが、重さの保存の獲得過程の様相を示すデータが得られた。

これらの先行研究を俯瞰することで縦断研究の必要性の課題が浮かび上がってくると言ってもよい。先行研究では、重さの獲得過程についていくつかの示唆が得られているものの、それらはすべて横断研究ないしなんらかの実験操作によって得られたものである。なお、短期間ではあるものの、日下（1995）は、縦断研究を行っているが、重さの保存に焦点を当てたものではなかった。

では、重さの保存における縦断研究の必要性とはどのようなものだろうか。第一に、横断研究で明らかになった重さの保存獲得の特徴を縦断的にも考察することで、重さの保存の獲得をより具体的に把握できる点である。第二に横断研究では少数であるが故に埋もれてしまう不通過の個々の理由にも着目できる点である。個々人の判断理由の変化を知り、その特徴を取り出すことで、重さの保存の獲得過程がより具体的に把握できる。第三に、何より一人ひとりの子どもの発達に目を向け、横断調査ではまったく見えなかった個々人の変化の特徴の一端を読み取ることができる点である。

一般的には、縦断研究の重要性は今までも指摘されてきている。三宅・高橋（2009）は、発達研究における縦断研究の主なねらいを二つ指摘している。すなわち、「人間のある特徴の測定を異なる時点で繰り返すことによって、時間の経過による変化（発達）をとらえることができること、そして、ある特徴の変化（発達）にかかわる要因を調べておくことによって、その変化の規定要因を少なくとも暫定的にとらえられること、である。この二つは、いわば、『発達を理解すること』そのもの」（三宅・高橋、2009、p.2）であると述べている。

また、三宅・高橋（2009）は、「縦断研究が答える発達研究上の問題とは何か」と問いを立て、次の四点を挙げている。「第一は発達の安定・変動、連続・不連続という発達心理学の根本問題についてである。（中略）縦断研究は発達の軌跡はもとより、発達の柔軟性や発達上の初期経験が後続の発達に及ぼす影響についての貴重な資料を提供する可能性を持つ。第二に縦断研究法は発達の原因、規定因を特定する可能性を持つことである。第三には、近年浮上してきた一人ひとりの個人の発達を理解する上での資料を提供できることである。

(中略) 第四には縦断研究では時系列にそって研究が進められるので、データには背景にある歴史的状況が反映されることである」(三宅・高橋, 2009, pp. 15-16)。ここには、縦断研究のもつ大きな可能性が示されている。

次に、滝沢(1965)は、縦断研究について、『量の発達心理学』(Piaget & Inhelder 1941, 邦訳, 1965)の解説の中で次のように述べている。「外部要因と内部要因とが、どのようなかたちで、保存概念の形成に、はたらきかけるかという問題が、でてくることとなる」。「この問題を解明するためには、2つの道」があるとして、その一つに縦断研究を挙げている。「発達の段階は、一定の順序をたどって次々と出現してくるものなのか。それとも、重なり合ったり、あともどりをしたりしながら、進んでいくものなのか。こういう事情をはっきりさせるのが縦断的研究だ」(滝沢, 1965, pp. 431-432)としている。

また、別府(2016)は、「横断的方法で得られた発達の変化は、あくまで類推によるものにすぎない」、そして、縦断的方法は、同一の個人を「観察・測定することで、発達の変化を直接明らかにできるという、発達研究にとっては最大の利点」(別府, 2016, pp. 58-59)があると述べている。

本研究は、縦断研究といってもごく小規模な研究であって、三宅・高橋(2009)が指摘するような資料提供が十分できるものではない。しかし、重さの保存の獲得の過程について、個人のデータを収集することにより、新たな知見が得られる可能性がある。

では、本研究から具体的に明らかになる可能性がある子どもの姿はどのようなものか。Piaget & Inhelder(1941, 邦訳, 1965)は、「量の発達心理学」の中で、非保存から中間的段階を経て保存へと認識が変化していくと述べた。しかしながら、認知発達の軌跡が時にU字曲線を描くことは今までにも指摘されている(青木, 2002; 藤村, 1990など)。本研究でも重さの保存課題に正答した後、誤答が出現する可能性がある。実際、重さの保存課題の先行研究の中でも大西(2019)は、横断研究において小学校5年生後半から6年生の前半で若干通過率が低下したのち再び上昇するという傾向を見出している。また、日下(1995)は「一時後退型」を見出している。こうしたU字曲線的な傾向が、個人の発達過程においてどの程度明瞭に取り出せるのかは、本研究のひとつの焦点といっていよう。

ここまで述べてきたことをふまえ、本研究の目的を以下のように設定する。

1-2 目的

学齢期(小学校3年生から6年生)の子どもの重さの保存概念の獲得過程を縦断的調査により明らかにする。

第2節 方法

2-1 対象児

A市立B小学校の2017年度3年生、そして彼らのその後の3年間が対象である(Table 4-1)。学年があがるにつれ転校などがあり調査協力児童の数は若干変化している。この中から、4年間で4課題すべてに理由を記述している児童34名(男子19名、女子15名)が本

研究における実際の対象児である。具体的には、(1) 課題に対する判断の選択肢である「軽くなる・同じ・重くなる」のいずれかを選択しているが理由が記入されていない、(2) 選択もされず理由も記述されていない、(3) 調査当日欠席・転校、これら3つのうち4年間でひとつ以上該当した場合は対象から除いた。その理由は、縦断的に見ていく場合に、毎年の変化を正確に追う必要があったからである。(3)を除いて、記述されていない背景には「わからなかった」「迷った末の未記入」などがあると考えられるが、いずれも推測の域を出ず曖昧さが残るため本研究では対象外とした。協力児童数と対象児童数が異なるのはそのためである。

Table 4-1 各年度の協力児童数

年度—学年	n	男	女
17—3	62	36	26
18—4	61	35	26
19—5	61	36	25
20—6	60	34	26

*17, 18, 19, 20 はそれぞれ 2017 年, 2018 年, 2019 年, 2020 年を表す。

対象となった児童は、直接重さの保存に関わる学習を、算数および理科（教科書は啓林館）で行っている。具体的には、小学校3年生の理科では「ものと重さ」、算数では「重さ」、小学校5年生の理科では「もののとけ方」である。当該学年は2クラスでありクラス替えは毎年行われ、担任も毎年変わっている。なお、学校の授業以外にも、学習塾などで重さの保存にかかわる知識を学ぶ機会はあるが、今回の調査では、対象児における学習塾や習い事などの経験の有無は考慮していない。

2-2 手続

4年間にわたって同じ質問紙調査（注1）を行った。質問紙の問いは、小学校3年生の理科の教科書（啓林館）「重さ」の単元で、重さの保存の学習に用いられている粘土の変形を基にしている。それに加えて、応用的に紹介されているものを参考にした。質問紙の問いになっている保存課題は、粘土課題（うすくする課題、ひも課題、小さな玉課題）と体重計課題、プール課題の全5項目である。

本研究で用いた課題は、小学校3年生の子ども達全員が理科の教科書（啓林館）に記載されている「重さ」の単元で等しく学ぶ機会がある内容に基づくものであると見てよい。それゆえ、重さの保存の基本的な概念獲得がその後の成長に伴いどのように深化あるいは変化するのか、その一端を知るうえで適切な課題であると考えられる。

調査を行った期間は、各年度、2学期の初めの8月下旬から9月上旬にかけてであった。

具体的な日時は担任教員と日程調整を行って決定した。

調査の実施場所は、対象児の在籍する各教室であった。調査者は筆者であったが、事前に筆者はクラス担任と打ち合わせを行い、調査の意図や調査方法について説明を行った。

調査開始時刻は 8 時 30 分頃、所要時間は 20 分～30 分程度であった。ただし、実際の所要時間は、学年によってあるいは個人によって違いがあった。時間の差はあっても各クラス全員終了（本人の納得で提出）時点で調査は終了とした。

小学校 3 年生での「重さ」の学習は、啓林館の小学校理科の教科書では 3 学期に学習することから、調査時には未習であった。よって、調査者が質問紙の問いの内容について粘土を用いて説明を行った。ゆえに小学校 3 年生の時のみ具体物を見ながら質問紙に答えていることになる。

質問紙を用いたのは、他の授業との関係で限られた時間で行う必要性、および、クラス単位で実施するという条件を考慮したからであった。また、限られた時間内で多くの子ども達のデータを収集するのに適していたことも、質問紙を用いた理由に挙げられる。

対象学年は、2017 年度小学校 3 年生の時に初めてこの質問紙調査を行った。したがって、2020 年度小学校 6 年生になった時は 4 回目の質問紙調査となる。

なお、以下学年は特に断りがない限り全て小学校のものである。

2-3 倫理上の配慮

本研究は、立命館大学における人を対象とする研究倫理審査委員会の承認を得て行われた（承認番号：衣笠一人—2018—14）。

第 3 節 結果と考察

プール課題はいずれの学年でも正答率が低かった（3 年生 11.2%，4 年生 24.5%，5 年生 26.2%，6 年生 31.6%）。水中という他の 4 課題と異なる特別な条件（浮力）がその背景にあると考えられる。よって、プール課題を除く 4 課題で結果を見ていくこととする。

34 名は次のように分類できる。3 年生ですでに 4 課題とも通過し、それが 6 年生まで継続しているもの（グループ A）、3 年生あるいは 4 年生までいくつかの課題で誤答があったが、4 年生あるいは 5 年生で 4 課題を正答し、それが 6 年生まで継続しているもの（グループ B）、3 年生以降一度正答したにもかかわらずその後の学年で誤答になった課題が一つでもあるもの（グループ C）、である。

3 つのグループごとに記述された理由の特徴を見ていく。そのために用いたカテゴリーは「単純な同一性」「量」「体積」「増減」「逆操作」「補償」の 6 つである。

「単純な同一性」とは、粘土課題では「形が変わっても重さは同じ」「形が変わっても同じ粘土だから（重さは同じ）」などであり、体重計課題では「2 人のっていることに変わりはないから」「同じ人数、同じ人がのっているから」「のり方が違ってても体重は変わらない」などである。表中では「同一」で示している。

また、「単純な同一性」をもとにしたものでも、「粘土の形は変わっても同じ量だから」「粘土の量は変わっていないから」など「量」という、より抽象化された言葉が用いられている理由は、表中では「量」で示した。同様に、「体積が同じだから」「形が変わっても体積は変わらないから」などの理由は「体積」で示した。「量」という言葉を用いる場合、粘土の量を指している。「量」が用いられる前の理由では「粘土の多さ」「同じ粘土」「粘土の大きさ」などが用いられている。「量」あるいは「体積」はそれらを抽象化したものと考えられる。なお、「体積」と「重さ」は独立したものであるが、同じ物体についての保存の説明であるため「体積」を理由に用いた説明も正答としている。

「粘土はへったり増えたりしていないから」（あるいはそのどちらか）などは「増減」とした。「形をかえただけで量を増やしたり減らしたりしていない」「体積は増えたり減ったりしていない」などはそれぞれ「量増減」「体積増減」とした。

「逆操作」は、逆の操作をイメージした理由であることを表している。「小さな玉に分けてもくっつけばもとの丸い粘土になるから」などである。「もとは」「最初は」などが用いられた理由である。表中では「逆」とした。「小さな玉にした粘土を全部合わせたら元と同じ量になるから」などは「量逆」で示した。

「補償」は、「長くなったが細くなっている」など二つの次元の関係を理由にしている場合である。

誤答は、間違った選択と理由を記述している場合である（表中では、6つのカテゴリと区別するため網掛けをしている）。しかし、選択は正しくても重さの保存の理由としては正しいとは言えないものもあり、それらは一覧表では「！」としている。例として「同じ：空気がぬけないから（ひも課題）」「同じ：固まっているから（うすくする課題）」などが挙げられる。

全体的には「単純な同一性」（表中では「同一」）による理由がもっとも多く見られる。ただし、グループごとに見ると、グループ全員の4回分のすべての理由に占める割合は、「グループA」で56.8%、「グループB」で40.8%、「グループC」で30.6%となっておりグループ間で割合に違いが見られる。

3-1 グループAについて

グループAは11名であった。子ども達が記述した理由をカテゴリ化したものをTable 4-2に示す。

Table 4-2 グループ Aに属する子どもの理由のカテゴリー

課題	うすくする課題				ひも課題				小さな玉課題				体重計課題			
	3	4	5	6	3	4	5	6	3	4	5	6	3	4	5	6
A1	同一	体積	体積	体積	同一	体積	体積	体積	同一	体積	逆	体積	同一	体積	同一	増減
A2	増減	量	量	量	増減	量	量	量 増減	増減	量	量逆	量	同一	同一	同一	同一
A3	同一	同一	同一	同一	同一	同一	同一	同一	同一	同一	逆	逆	同一	同一	同一	同一
A4	同一	増減	同一	増減	増減	増減	増減	同一	同一	増減	同一	同一	同一	同一	同一	同一
A5	同一	同一	同一	増減	同一	同一	同一	量	同一	同一	同一	量	同一	同一	同一	同一
A6	増減	増減	同一	増減	同一	同一	体積	体積	同一	同一	増減	量	補償	同一	同一	同一
A7	量	量	量	逆	量	量	量	逆	量	量	量	量逆	同一	同一	同一	同一
A8	量	量	同一	体積 増減	増減	量	同一	体積	同一	量	同一	体積 増減	同一	同一	同一	同一
A9	同一	同一	増減	増減	同一	同一	増減	増減	同一	同一	増減	増減	同一	同一	同一	増減
A10	同一	量	同一	同一	同一	同一	同一	同一	同一	量	量	量	同一	同一	同一	同一
A11	同一	量	同一	同一	同一	量	同一	同一	同一	量 増減	同一	同一	同一	同一	同一	同一

このグループは誤答無しのグループである。理由のカテゴリーのうち、多いものから4つの割合を見ると、「同一」56.8%、「量」16.8%、「増減」（量増減、体積増減は含まれていない）13.0%、「体積」6.8%、である。

課題毎に見ると、4つのことが言える。第1は、「同一」は全体に多く見られるが特に「体重計課題」に多く見られる。粘土3課題では、「同一」以外の「量」「増減」「体積」なども多く見られる。これらの違いは、課題の持つ特徴、すなわち粘土3課題は「粘土」という物質が対象であるが、「体重計課題」では「人」が対象になっていることから生じていると考えられる。また、後者は体重計という器具を用いている点で前者とは異なる条件となっている。第2は、粘土3課題では、「量」「体積」を用いた理由が4年生で半数程度見られるようになる。しかし、その後は「同一」「増減」「逆」などの理由になる者がある。第3は、4課題を通して「量」「体積」を4年間一度も用いなかった子どもは3人（A3・A4・A9）いる。第4は、「小さな玉」課題では、他の粘土課題に比べ「逆」がやや多く見られる。

学年間で見ると、学年が上がるにつれ、「体重計課題」を除いて「同一」が減少し「量」「体積」「増減」などが増加する傾向が見られることから、理由がより論理的になり抽象化された言葉を用いたものになっていくと考えられる。「体重計課題」では、表では「同一」が多いが、後述するような理由の内容により論理性が見られるようになる。

以下、特徴的な理由について見ていく。

まず、3年生に見られる理由についてである。「形が変わっても重さは変わらないから」という理由は「同一」の代表的な理由であるが、A1を例にとると「平たくしても重さは変わらない」ことが理由になっている。これはA1にとって自明な真理であって、その根拠を示す必要のないものである。この「単純な同一性」に基づく理由は原初の理由としては重要

である。A1 以外の「うすくする課題」(3年生)における理由を見ても「同じ重さなので」(A3), 「うすくなくてもねんどの多さはかわらない」(A10), 「さっきと同じおもさとねんどだから」(A11), 「丸いねんどをうすくするだけ」(A4), などが見られる。少なくとも3年生の段階で、「形」という見た目の変化に惑わされず、普遍的な量としての重さに着目するというそれ以前の見方と大きく異なる新しい見方を獲得したことを示している。さらに、見えないものにまで認識の対象が拡大されたことも示している。重さの保存における科学的概念のスタートといってもいいのではないか。

次に4年生以降の理由についてである。A1・A2は4年生以降「形が変わっても体積は変わらないから」「形は変わっても量は変わらないから」など「単純な同一性」を基礎にしながら「体積」「量」などの言葉を用いるようになる。A10も、3年生での「粘土の多さは変わらない(うすくする課題)」「粘土の大きさは変わらない(小さな玉課題)」という表現から4年生では「量は変わらない」に変わっている。A6は5年生以降「増減」「量」「体積」を用いて理由を記述している。A5は6年生で「増減」「量」が見られるようになる。3年生では自明であった理由でも学年が上がると、それにより論理的な説明を試みていると考えられる。

そして、「量」「体積」を4年間用いていないA3・A4・A9の場合でも次のような変化が見られる。A3は、「単純な同一性」が理由の基本になっているが、「小さな玉課題」では、5・6年生で「逆操作」という視点を変えた理由を記述している。A4は、粘土課題において、どの学年も「増減」が見られる。理由では「同一」になっていても、その背景には「ねんどを足したりしていないから重くなったりしていない」(A4ひも課題4年生)という視点があると推察できる。A9は、5年生以降「単純な同一性」を基礎にしながら「粘土が増やされていない、あるいは減らされていない」ことを付加し、「単純な同一性」をより論理的に説明しようとしていると推察できる。

今まで述べたこと以外で、高学年で見られる理由や理由の現れ方として、次のようなものにも留意したい。A2は6年生では「何個に分けても1gあたりの量は変わらないから」(小さな玉課題)と内包量の考え方で説明を試みている。また、A4・A11のように、「増減」あるいは「量」を用いた理由が先行してその後の学年で「単純な同一性」の理由を示す場合は、説明の簡略化と考えられる。これらも、学年が上がることによって見られるようになった変化と考えられる。

体重計課題では、課題の持つ特徴を踏まえた上で理由を述べていると考えられる。3年生ですでに、自分が体重計にのる人の側ではなく、体重計にのっている人を客観的に見ながら理由を考えていると推察できる。それは、「背負っても背負わなくても一緒の人だから」(A3), 「背負ってものっている人は2人なので同じです」(A8), 「2人のってることは変わらない」(A9), などの理由からも分かる。その客観的な視点はその後学年が上がっても維持される。

その中でも、より論理的に説明しようとする理由も見られる。例えば、A5は次のような理由の変化がある(表中では4年間「同一」である)。3年生では「どっちとも2人のって

いるので同じです」, 4年生で「のる場所にもよるけど結局二人なので変わらない」と記述している。そして, 5年生では「2人のったとき Aさんが 25kg, Bさんが 27kg だったら 2人のったら 25+27, 背負っても 25+27, 2人の重さは変わらないからどちらも同じ」という理由になっている。5年生ではより論理的な説明を試みている。ところが, 6年生では「背負っても, 立っても重さは変わらないから」と簡略化されている。それに至る過程は「単純な同一性」が基礎になって, 課題に応じてそれをより確かなものにする思考過程を経ていると推察される。4年生での「単純な同一性」と6年生のそれでは質的な変化が起きていると考えられる。

AI は, 4年生で「粘土のときと同じで体積が変わらなかつたら重さは変化しない」と記述し, 5年生で「のる場所を変えても2人の体重は変わらない」と仮定を加えて記述している。そして, 6年生で「1人以上体重が変わらないといけないから」としている。AIにもより論理的に説明を試みる姿を見ることができる。

3-2 グループ Bについて

グループ Bは 13名であった。子ども達が記述した理由をカテゴリー化したものを Table 4-3 に示す。

Table 4-3 グループ Bに属する子どもの理由のカテゴリー

課題	うすくする課題				ひも課題				小さな玉課題				体重計課題			
	3	4	5	6	3	4	5	6	3	4	5	6	3	4	5	6
B1	同一	同一	同一	同一	同一	同一	同一	量増減	同一	同一	同一	同一*	誤答	同一	同一	同一
B2	誤答	同一	量	同一	誤答	同一	量増減	同一	誤答	同一	量増減	同一	同一	同一	同一	同一*
B3	!	同一	体積	同一	誤答	誤答	増減	同一	誤答	誤答	増減	同一	誤答	同一	同一	同一
B4	誤答	量	増減	増減	誤答	量	増減	増減	同一	同一	同一	逆	誤答	同一	同一	同一
B5	同一	同一	同一	同一	誤答	同一	同一	同一	同一	同一	同一	同一	誤答	同一	同一	同一
B6	誤答	同一	量増減	量	同一	同一	量	量	誤答	同一	量	量	同一	同一	同一	同一
B7	同一	量増減	増減	増減	誤答	量増減	増減	増減	同一	増減	増減	増減	誤答	同一	同一	同一
B8	誤答	同一	体積	増減	誤答	同一	体積	同一	同一	逆	体積	同一	同一	同一	同一	同一
B9	同一	同一	同一	増減	誤答	同一	同一	同一	誤答	同一	同一	同一	誤答	同一	同一	同一
B10	同一	増減	同一	同一	同一	同一	同一	増減	同一	同一	同一	同一	誤答	同一	同一	同一
B11	同一	逆	逆	逆	同一	逆	逆	逆	逆	逆	逆	逆	誤答	誤答	同一	同一
B12	誤答	同一	同一	同一	!	同一	同一	同一	同一	同一	同一	同一*	誤答	同一	増減	増減
B13	誤答	同一	同一	同一	誤答	同一	同一	増減	誤答	同一	同一	同一	誤答	同一	同一	同一

* : 強調した表現

3・4年生で誤答が見られるグループである。全員についての4回分の理由に占める「誤答」の割合は 15.3%であった。理由のカテゴリーのうち, 多いものから4つの割合を見る

と、「同一」40.8%、「増減」9.6%、「逆」5.2%、「量」3.8%、である。

課題毎に見ると次の4つのことが言える。第1は、誤答はどの課題も3年生で多く見られ、特に「体重計課題」において誤答が多く見られることである。これは、対象が「人」であり、自らをのる側に置くことで主観的になりやすいと推察される。第2は、どの課題も4年生になると「誤答」が激減していることである。第3は、粘土3課題においては、誤答後の学年で「増減」「量」「体積」が見られるようになることである。第4は、このグループでもグループA同様「体重計課題」で「同一」が多く見られることである。また、4課題を通して誤答後の理由が「同一」のみは1人(B5)である。

学年間で見ると、6年生で強調した表現(表中では*で記した)がある理由が見られるようになる。また、選択では正答でもその理由で誤答(表中では「!」で記した)が3年生で2人見られる。誤答直後の学年における理由として「同一」が多く見られる。

次に理由について見ていく。

まず誤答について考える。

粘土3課題での誤答は、「うすくすると紙のようにペラペラで軽くなる」(B2 うすくする課題)、「ひもがほそいから重さがなくなる」(B4 ひも課題)、「一つひとつが小さいから」(B6 小さな玉課題)、「長くしているから(重い)」(B7 ひも課題)などに見られるように、うすくすると軽くなる、細長くなると軽く(重く)なるなどの知覚的判断に基づいた理由になっている。

体重計課題になると、「背負うと体重が重なって重くなる」(B3)、「上についているからちょっと軽くなる」(B7)、「背負ったときは、背負った人がちょっと前にかたむくのでずっしりくるから(重くなる)」(B1)という主観的な重さ感覚での理由が見られ、またB4のように「おんぶするとおんぶしている人が力を入れるから(重くなる)」というような「重さ」と「力」について考えているものもある。

体重計課題は、変化するものは物ではなく人であるがゆえに粘土課題のように人の手を加えることによって形を変えたりすることはできない。また、体重計にのるという動作は対象となる人の主体的な動きと考えられる。したがって、この課題では、自分を、体重計にのる側において考えやすい。3年生に主観的な理由が見られるのはそのためであると推察される。

次に誤答後の理由について考える。

粘土3課題では、誤答すなわち知覚的判断に基づく理由のあと「同一」が多く見られる。例えば、次のような例が挙げられる。B13は、ひも課題の3年生で「伸びたから(重くなる)」と記述しているが、4年生になると「細くしても形を変える粘土は同じだから重さは変わらない」と記述している。誤答直後の学年ではこのような理由の変化が共通して見られる。ただし、4年生まで誤答(「細いと軽くなる」3年生ひも課題、「細くなったから」4年生ひも課題)があるB3は、5年生で「同一」に比べより論理性を重視した理由である「増減」(細くなくても減っていないから)となっている。

体重計課題では、誤答後の学年である4年生で「同一」が多く見られる。例えば **B1** は3年生で「背負ったときは、せおった人がちょっと前にかたむくのでずっしりくるから（重くなる）」と記述しているが4年生では「2人でも1人をせおってもどっちみち2人のるから」となっている。そして、**B9** は、3年生で「1人せおったので2人よりも重いと思います」と述べ、4年生では「2人のっても1人せおってのっても人の数は同じだから（重さは同じ）」としている。このように、4年生では「人数」着目した理由が多くみられる。体重計にのる二人を客観的に見る力がついていることが分かる。

「人数」に着目した理由以外では、「同じ人で体重は変わらないから」(**B10**)、「いろいろなり方でも重さは同じ」(**B12**)が見られる。

4年生まで誤答（「人はしゃがむと重さは重くなる」3年生、「1人せおったときの方が重くなっている」4年生）がある **B11** は、5年生で「この前、これを実験したとき同じだったから」と、「実験」という言葉を用いて理由にしている。「実験」は、判断の根拠を科学的に示すものと **B11** が捉えていることがうかがえる。

高学年に見られる特徴として強調した表現がある。すなわち、重さの変化が生じるかのような見かけの変化があることを述べたうえで、それでも重さあるいは量は変化しないことを逆接的に述べるとともに、「自体」を用いて「粘土自体」「体重自体」のように「粘土」あるいは「体重」を強調している。また、「変わることはない」というように「変わる」を強く否定していると考えられる表現である。例えば「一つの物をいくつに分けても、重さが変わることはない」(**B1**)、「1人が1人をせおっても、2人の体重自体が変わるわけではないから」(**B2**)などである。これらの理由からは重さが「変わらない」ことへの確信が読み取れる。

全体的に「同一」が出現する時期が、グループ **A** に比べてやや遅い。4年生では2人 (**B3**・**B11** は4年生まで誤答が見られる)を除き正答になっていることから、グループ **B** の子ども達は3年生から4年生にかけて、知覚的な判断から科学的な保存概念の獲得へと進んだと考えられる。

3-3 グループ **C** について

グループ **C** は10名であった。子ども達が記述した理由をカテゴリー化したものを **Table 4-4** に示す。

Table 4-4 グループ C に属する子どもの理由のカテゴリー

課題	うすくする課題				ひも課題				小さな玉課題				体重計課題			
	3	4	5	6	3	4	5	6	3	4	5	6	3	4	5	6
C1	誤答	誤答	誤答	誤答	誤答	逆	!	!	!	逆	誤答	誤答	誤答	同一	同一	同一
C2	同一	同一	増減	逆	同一	同一	量	逆	同一	同一	量	逆	誤答	同一	誤答	誤答
C3	!	同一	同一	同一	!	同一	同一	同一	逆	同一	誤答	同一	誤答	同一	誤答	同一
C4	量	増減	量	量*	量	増減	量	同一	量	量	量	量	誤答	同一	誤答	同一
C5	同一	増減	増減	同一	増減	増減	増減	同一	同一	増減	増減	同一	同一	増減	誤答	同一
C6	誤答	逆	量	増減	同一	同一	量	同一	誤答	同一	量	同一	誤答	同一	同一	誤答
C7	誤答	同一	量	同一	誤答	量	量	同一	同一	逆	誤答	逆	誤答	同一	同一	同一
C8	同一	逆	逆	同一	誤答	同一	逆	同一	逆	同一	逆	同一	同一	誤答	同一	同一
C9	同一	誤答	同一	誤答	同一	誤答	誤答	誤答	誤答	量	誤答	同一	同一	誤答	誤答	誤答
C10	誤答	量	体積	量	誤答	量	体積	量	誤答	量	体積	量	誤答	同一	体積	誤答

*：強調した表現

「グループ C」は、3年生以降一度正答したにもかかわらずその後の学年で誤答になった課題が一つでもある子ども達である。

課題ごとに見ると次の4つのことが言える。

第1は、正答後誤答が見られる課題は「体重計課題」が最も多く（C2, C3, C4, C5, C6, C8, C9, C10の8人）、それに「小さな玉課題」（C1, C3, C7, C9の4人）が続くことである。正答後誤答がある課題・学年・人数は次の通りである。「うすくする課題」では4年生で1人、6年生で1人（ともにC9）、「ひも課題」では4年生からで1人（C9）、「小さな玉課題」では5年生（「5年生から」を含む）で4人、「体重計課題」では5年生（「5年生から」を含む）で4人（C2, C3, C4, C5）、4年生（4年生からを含む）で2人（C8, C9）、6年生で2人（C6, C10）となる。このように、正答後誤答は5年生に多く見られ、続いて4年生、6年生となる。

第2は、このグループでも、「同一」は体重計課題により多く見られる。誤答の前に「同一」が見られる例が6人（C2, C3, C4, C6, C8, C9）で見られる。次いで「逆」が2人（C1, C7）、「増減」「量」「体積」がそれぞれ1人（C5, C9, C10）見られる。

第3は、「誤答」はどの課題でも3年生で多く見られ、4年生では減少している。しかし、「小さな玉課題」と「体重計課題」では4年生で一旦減少した「誤答」が、5年生で再び多く見られる（「体重計課題」では6年生でもC6, C10で見られる）。

第4は、粘土3課題で「！」が見られる。人数では2人（C1, C3）であるが、3年生のみならず高学年（5・6年生）でも見られる。

特徴的な理由について見ていく。

粘土3課題で正答後誤答が見られるのは4人（C1, C3, C7, C9）である。

C1は、「うすくする課題」における理由に「丸いねんどもには空気があって、それをペチャンコにしたら空気が抜けて軽くなる」（3年生）と記述している。この理由は、表現は学年

によって違いがあるもののその基本的な考えは4年間変わらない。「ひも課題」と「小さな玉課題」の4年生で逆操作による考え方で通過しているが、5年生6年生で再び「空気」「空洞」を用いた理由になっている。C1は、粘土3課題においては、粘土の変形とそれに伴う空気の入出との関連が根強く見られる。

C3は、「小さな玉課題」の5年生で「分けたら軽くなる」という理由にしている。「分ける」という言葉が誘因となり知覚的理由になったと考えられる。子どもによっては5年生であっても知覚的理由にもどる可能性を持っていることの現れであろう。

C7も同様のことが言える。5年生で「分けるとその量の重さが減るから」軽くなると記述している。「うすくする課題」「ひも課題」では形が変わっても「量」は同じだから重さも同じと書いているにも関わらず「小さな玉課題」では「分ける」と「重さが減る」となる。しかし、C3とC7は5年生からそれまでとは異なる視点を持つようになったことがうかがえる。すなわち、4年生の理由で見られる「小さな玉をすべて集めると」(C3)、「小さくしてもひっつけると」(C7)のように「集める、ひっつける」という視点から、5年生の「分けたら軽くなる」(C3)、「分けるとその量の重さが減る」(C7)という理由に見られる「分ける」への着眼点の変化である。異なる視点を持つようになったことで「誤答」になったと考えることもできる。

C9は、3年生で「単純な同一性」による理由が「小さな玉課題」を除く3課題で見られるが、その後の3年間の理由の変化は複雑である。「うすくする課題」「ひも課題」の4年生で「粘土の量が減る」から軽くなると記述している。この2課題（「うすくする課題」・「ひも課題」）について、当該の4年生にとっては、形が変化することが「減る」ことにつながっていると考えられる。その背景には、うすくなる、細くなるなどの変化によって知覚的判断にもどってしまう姿がある。その傾向は5年生で「ひも課題」と「小さな玉課題」でも表れるが、「うすくする課題」では、「単純な同一性」が再び現れる。6年生では「うすくする課題」で、「空気が抜けて軽くなる」になり、「小さな玉課題」では「単純な同一性」が見られる。C9の場合は理由の現れ方が特徴的であり、4年生以上の各学年で「量」または「同一」が一つの課題で見られるが、課題を超えての広がりが見られない。C9は、知覚的な理由と科学的な理由との行きつ戻りつに時間をかけていると見ることができる。

粘土3課題に比べ体重計課題では、正答後の誤答が多く見られ8名(C2, C3, C4, C5, C6, C8, C9, C10)である。そのうち、体重計課題のみで正答後誤答が見られる子どもはC3とC9を除く6名である。正答後の誤答の理由には、様々に思考を巡らしている姿が反映されている。具体的な特徴として次のようなものがある。「背負っているからふつうの重さより重い」(C2)、「背負うと「一つの場所に集中的に体重がかかるから重い」(C4)、「体重計はのった位置によって重さが変わる」(C5)、「1人は背負われているから、地面に足がついていないから軽い」(C6)、「背負うと足に力が入るから重い」(C8)、「背負うと後ろにかたむくから後ろに体重がいく(重くなる)」(C10)、等々である。これらの理由から、身体的な体験が判断に影響していることが推察できる。

これらは、それまでの自分の視点とは異なる別の視点で考えている姿とも言える。言い換えれば、それまでの自分の判断を別の視点（新たに得た概念などを用いて）からもう一度問い直し、思考を深めている姿ではないか。例えば C3 は、4 年生で「同じ重さの人を背負っただけだから（同じ）」と記述し、5 年生の「背負ってものっても自分の体積を他の人の体積と重なって重くなる」（「も」は誤記と思われる：筆者）という理由を経て、6 年生で再び「ただ背負っただけだから（同じ）」と記述している。このように C3 は 5 年生で「体積」という新しい概念を用いて説明を試みている。4 年生と、5 年生での誤答を経た 6 年生でよく似た理由であってもその内容は大きく異なっていると考えられる。また、「体重の集中」(C4)、「位置による変化」(C5)、「力が入る」(C8)、「かたむく」(C10) など新たな視点あるいは概念を用いていると考えられる判断がある。同時に、C2 や C6 のように、知覚的理由による判断になることもある。

第 4 節 総合考察

4-1 3~4 年生で見られる変化について

4-1-1 より確かになっていく重さの保存概念

主にグループ A とグループ B からいえることとして、3 年生から 4 年生までの時期に重さの保存の獲得があると考えられる。また、学年が上がるにつれて重さの保存の根拠がより論理的になる、あるいは抽象化された言葉を用いたものになることが見いだされた。3 年生での重さの保存の認識は、その後獲得する新しい知識や概念などでより確かなものになっていくのである。

A10 は 3 年生で「粘土の多さ」「粘土の大きさ」という言葉を用いて理由を記述しているが、4 年生からはより抽象化された「量」を用いた理由、「どんなに形を変えても量は変わらないから（重さは同じ）」というものになる。「量」を用いた理由は、他の子どもでも 4 年生から多く見られるようになる。この「量」は、「重さ」を意味する「量」ではなく、物理量、あるいは体積などと推察される。「重さ」とは分離された客観的な「量」が存在していることに気づいた上で、その二つの量を再構成する。そして、物理量が変わっていないから「重さ」も変わらないと判断したと考えられる。すなわち、物理「量」の保存が意識されたことによって「重さ」の保存が認識されたのである。Piaget & Inhelder (1941, 邦訳, 1965, p. 68) が言う「物質の保存が、重さの保存をひきおこす」ことがここでも確認された。「量」が用いられるようになったのは、基本的な重さの保存の獲得の確かさの現れだと言える。

A1 は「量」は用いず「体積」を用いている。おそらく A1 は「体積」を「量」から分離して用いているのであろう。このように新しい概念「体積」を用いて理由の記述を試みている姿も、4 年生以降見られるようになる。同時に、強調した表現を用いる、より論理的に詳細な説明を行おうとする傾向などが見られる。また、高学年（5・6 年生）では説明の簡略化も見られるようになる。簡略化は、一旦身に付けた論理を短く表現するが、形は変わっても重さは変わらないという確信が背景にあると考えられる。これらは、「単純な同一性」を問

い直し、その内容をより深めていこうとする中で見られる一つの姿ではないだろうか。そのスタートは4年生の頃にあると考えられる。

4-1-2 変化を統一的に見る

グループ B の3年生では個々の課題を相互の関連なしに見ている。粘土3課題を統一的に見る概念がまだないと言える。4年生になって粘土3課題を統一的に見る概念が獲得される。例えば B6 は3年生で次のように理由を記述している。「大きくなるから（重くなる）」（うすくする課題）、「細くしただけ（同じ）」（ひも課題）、「一つひとつが小さいから（軽くなる）」（小さな玉課題）。こうした理由の記述からは、粘土3課題を統一的に見る視点はまだないように推察できる。しかし、4年生になると粘土3課題で共通した見方をするようになる。すなわち「同じものの形を変えても重さは同じ」という視点を持つようになるのである。この背景には、「うすくする」「細長くする」「小さくする」という見た目の変化を「形が変わる」という考え方で統一的に見ることができるようになったことがある。

「形が変わる」という統一的な考え方が持てるようになるためには、「うすくなったから軽くなった」「細長くなったから重くなった」「小さな玉になったから軽くなった」などの知覚的な判断理由を、例えば「うすくする」と「軽い」のように要素に切り離す作業が必要であると考えられる。同様に「細長くする」と「重い（あるいは軽い）」を切り離す。「小さくする」と「軽い」を切り離す。この切り離しができなければ次に進むことはできない。これらの知覚的理由は子ども達が日常生活の中で体験的に得た概念であり、生活概念と言えるものである。重さに関わるものとしては「大きいものは重い」「小さいものは軽い」「うすいものは軽い」「見えなくなったら重さはなくなる」などが挙げられる。生活概念を要素に切り離す、すなわち分離させることで「うすくする」「細長くする」「小さくする」に着目でき、共通する概念として「形が変わった」が獲得できる。これは、西林（2021）が、「共通性」と「個別特性」の関係について、共通性を発見することで個別特性がその一形態であることが理解される、と述べていることの一例と考えられる。

同時に「形の変化」と「量」「重さ」の切り離しも行われる。切り離すことで形が変わっても変わらない量があることを発見し、重さは変わらないという結論を持つことが可能になる。「単純な同一性」の獲得は、このような「切り離し」が背景にあると考えられ、同時に、共通な方略で課題を判断することを可能にするのである。

3年生から4年生にかけて起きている変化の中に、重さの保存獲得の軌跡を見ることができるとしてそれは、その後科学的な概念を身に付けていくための基礎になると考えられる。

4-2 グループ C の存在

4-2-1 正答後誤答になる背景

縦断的に見ることによって、グループ C の子ども達の存在が明らかになった。その数は対象とした34名中10名であった。この34名は4年間を通して4課題すべてで理由が記述さ

れている子どもであり、その約 30%がグループ Cになった。4年間をとおして4課題すべてで理由が記述されている子どもが対象になったゆえに、約 30%という割合は偶然算出されたものである。しかし、2020年度の6年生60名をもとにして考えても約 16%になる。この割合から見れば、グループ Cは、ごく少数の例外的な反応を行う子ども達とは見なせないだろう。

一度到達した段階から後退する現象は、藤村（1990）によって「内包量概念の形成過程に関する研究」（縦断研究）の中でも指摘されている。5年生での単位あたりの学習後、一部の子どもが段階の「一時的後退を示し」た。単位あたり学習は、多くの子どもの段階を高めるが「一部の子どもには新たな方略の獲得に伴う混乱をもたらしたと考えられる」と述べている。藤村（1990）は、後退の背景に「新たな方略の獲得」があるとしている。これは、本研究で見られる正答後の誤答を説明する議論として、一定の示唆を与えるものとする。

しかし、本研究の対象児においては、保存に関する知識は5年生の3学期の「ものの溶け方」において学習するので、新たな保存の学習が今回の調査（5年生の8月下旬から9月上旬で行われた）に影響を与えているとは言えない。ただ、4年生から5年生にかけての学習で様々な新たな知識・概念を身に付けていることは間違いない。それらが正答後の誤答に影響を与えている可能性はある。

また、青木（2002）も「重さのつり合い判断課題」を通してU字型発達曲線を見出している。この研究（横断研究）では、6年生での課題成績の低下が見られる。その思考の特徴として「6年生が日常経験的、体験的な生活概念を基盤とする理論で課題を解決」（青木、2002, p. 79）しようとしていることを挙げている。そして「この点が自分の意見を持たない5年生との大きな違いであった」（同、p. 79）と述べている。6年生のもつ「素朴理論は大変根強く、科学理論を提示しても受け入れようとしない」（同、p. 78）という。しかし、青木（2002）は、次のように述べてその前進面を評価している。「小学校6年生は自分の理論の反証を受け入れることは難しくても、反証を受け入れる前に自分なりの理論づくりを行っており、理論を持っていない児童と比較すると、前進していると言えるのではないだろうか」（同、p. 82）。

本研究においても、正答後に誤答となる背景に自分なりの生活概念に基づく理論を持ち出したことがあるとするのは、子どもの理由からもうかがえる点である。例えば、「体重計課題」で見られた「背負っているからふつうの重さより重い」（C2）、「地面に足がついていないから軽い」（C6）、「粘土課題（小さな玉課題）」で見られた「分けたら軽くなる」（C3）、「分けるとその量の重さが減るから」（C7）等の理由が挙げられる。ただ、今回のデータからは5年生での一時的な後退が多く見られることが異なる点である。課題が異なることから生じる時差とも考えられる。

藤村（1990）は「新たな方略の獲得」、青木（2002）は「日常経験的、体験的な生活概念を基盤とする理論」が後退の背景にあるとしている。ただ、扱う課題（前者では「内包量概念の形成過程」、後者では「重さのつり合い判断」）が異なることや、対象とした子ども達の

年齢層も異なる。しかし、5・6年生が対象の中に含まれている点では共通している。

4-2-2 新しく獲得した知識や概念の役割

藤村(1990)のいう「新たな方略」は「新しい知識や概念の獲得」と考えてもいいのではないか。

5・6年生は、様々な教科学習や様々な機会に新たな知識・概念を身に付けてきている一方で、理論的に説明を試みる時、生活概念に再度依拠することもある。5・6年生では、「新たな知識や概念」と「生活概念」が存在し、前者が後者を「問い直す」役割を果たしていると考えられる。

新しい概念や知識の獲得は同じ学年であればある程度共通して起きている可能性がある。少なくとも学校教育では共通する授業を受けている。ではなぜ、新しい概念や知識を獲得しているにもかかわらず、一時的な後退をもたらす子どもとそうではない子どもが現れるのか。

新しく獲得された概念や知識は、それまでの生活概念を問い直し、切り離し再構成する役目を担うのではないだろうか。新しい概念や知識の獲得の状況によって、「後退する、しない」が現れるのではないか。「粘土課題」で見ると、C7は、5年生では「逆操作」的には考えていない(小さな玉課題)。「分ける」という操作から考えている。また、C3も同様に4年生では「集める」だが、5年生では「分ける」という操作から考えている(小さな玉課題)。両者は4年生までとは視点が変化している。この新たな視点を用いるという点では前進と考えられるが、「分けたら軽くなる」という生活概念を「分ける」と「軽くなる」に切り離しきれていないことから、誤答になったものと考えられる。すなわち、5年生までに新しく獲得された概念や知識がまだ科学的体系に位置づいていないこと(獲得の不十分さ)の現れでもあると考えられる。

「体重計課題」での3年生の理由には、「2人の体重がかかるから(重くなる)」という理由をはじめ、「体重が増える」「1人の人の足がついてないから」「2つに重なっているから」などの理由が見られる。

4年生の子ども達がこの課題を考える場合、3年生の時の理由を次のような要素に切り離して考えると推測できる。体重計にのっている人数、同じ人かどうか、背負っている人が感じている重さとそれを支えるために必要な力、のる位置、背負った時の体重計の台からの高さ、背負われた人の足が体重計に接していないこと、背負った時の姿勢など(これらもまた切り離し可能)である。逆に言えば、子どもにとってはこれらの要素が統一されて現れているのが、体重計に一人を背負ってのっている姿なのである。もちろん、すべての子どもが同じような要素をイメージするとは限らない。しかし、どの子どもにとっても、粘土課題に比べ圧倒的に要素が多い課題であり、そこにこの課題の困難さがあると言える。

子どもは自分がイメージした要素を構成し判断する。例えば、「同じ人・同じ人数」に着目できれば「重さは同じ」となる。他の要素を用いれば「重くなる」あるいは「軽くなる」

を選択することにもなる。

C4は、3年生で「2人の体重がかかるから（重くなる）」、4年生で「人数は同じだから（同じ）」、5年生で「一つの場所に集中的に体重がかかるから（重くなる）」と記述している。そして6年生では「人数は変わらないから重さは変わらない」としている。4年生6年生では客観的な要素である人数に着目して判断しているにもかかわらず、5年生で主観的な重さ感覚（生活概念）を基に判断している。5年生での誤答の理由の背景には、4年生の内容を「問い直す」、すなわち「切り離し」と「再構成」が不十分であったことがあると推察される。しかし、そこには、「重さの集中」という考え方をういて4年生の理由を深めようとしている姿がある。

C6のケースでは、次のような理由の変化を見ることができる。3年生で「1人の体重が2つに重なっているから（重くなる）」、4年生で「2人体重計にのっているのと同じ」、5年生で「人の人数変わらないから（同じ）」、6年生で「1人は、背負われてるから、地面に足がついていないから（軽くなる）」としている。4年生と5年生では同じ要素（人数が2人）を用いて判断していると言えるが、6年生では「足がついていない」という要素を用いている。C6にとっては5年生で用いた要素を含め問い直し、切り離しを行った結果、新たな要素を用いることにしたのではないか。その切り離しの背景にC6の新しい概念と知識の獲得があったと考えられるが、切り離した要素を科学的な体系に位置付けて構成し判断するほどの認識はまだ出来上がっていないと考えられる。

「体重計課題」でも「粘土課題」と同様に、このように新たな視点で切り離し再構成することで、誤答になっている場合が5・6年生などに多く見られる。その視点はそれまでに得た新たな知識や概念によってもたらされたと考えられる。そして、その知識や概念が科学的な体系に位置づいた時に正確な判断が可能となるのではないかと考えられる。しかし、これらの誤答から、科学的な概念に迫ろうとする子ども達の真摯な姿が見えてくることも特徴として見ておく必要がある。

第5節 結論と今後の課題

「学齢期（小学校3年生から6年生）の子どもの重さの保存概念の獲得過程を明らかにする」という目的で議論を進めてきた。ここでは、それらの議論をふまえて結論を述べる。

本研究では、重さの保存概念は、3年生の時点ですでに獲得されていると考えられるグループ、そして4年生あるいは5年生で獲得されると考えられるグループの存在が明らかになった。両グループに属する子どもたちは、その後「単純な同一性」からより客観的な説明を試みるようになった。すなわち重さの保存概念をより確かなものにしていく。その背景に概念の切り離し、そして再構成があり、その結果として変化を統一的に把握し判断することが可能になったと考えられる。それまでの生活概念を切り離し再構成する役目を担うのは、新しく獲得された概念や知識である。

また、一度正答したにもかかわらず誤答にもどるグループに属する子どもたちの存在は、

新しい概念や知識の獲得の状況によって、「後退する，しない」が現れることを示唆した。すなわち、「後退する」場合，生活概念を切り離し再構成するための新しい知識や概念が十分に獲得されていない，科学的体系に位置づいていないことが背景にあると考えた。

以上から，3年生から4年生にかけて，「重さの保存の科学的概念」（基礎的な重さ保存の概念）が獲得されるということは今回の調査からいえると考えられる。同時に，そこに当てはまらない子ども達も一定数存在するという事実も明らかになった。

また，切り離しを行い再構成していく過程を通してより科学的な認識へと接近していこうとする子ども達の能動的な姿も明らかになった。それまでの概念を要素に切り離して考えるということは，すでに抽象的な作業を行っていると言える。そして，概念の切り離しの仕方とその内容，結果の用い方はその子ども固有のものであると考えられる。それはグループA グループBの子ども達にも言えることである。グループCの子ども達は，科学的な重さの保存の概念に接近するために経験（教科学習を含めて），すなわち新しい概念と知識の獲得に十分な時間が必要だと考えられる。しかし，今回の調査からはそれらについて確かめることはできない。今後の課題となる。

同様に切り離しと再構成の過程は，今回の調査結果に基づきその存在を仮説として提起したが，その具体的な姿を明らかにすることは今後の課題としたい。

（注1）

質問紙

名前（ ）

平成 年 月 日

自分の考えにあうものをえらんで○をつけてください。

1 丸いねん土をうすくしました。重さはどうなりますか。

（ 軽くなる 同じ 重くなる ）

その理由

（ ）

2 丸いねん土を細長いひもにしました。重さはどうなりますか。

（ 軽くなる 同じ 重くなる ）

その理由

（ ）

3 細長くしたねん土を小さな玉に分けました。重さはどうなりますか。

(軽くなる 同じ 重くなる)

その理由

()

4 体重計の上に 2 人立ってのったときと 1 人を背負^{せお}ってのったときでは重さはどうなりますか。

(軽くなる 同じ 重くなる)

その理由

()

5 プールに入ったらあなたの体重はどうなりますか。

(軽くなる 同じ 重くなる)

その理由

()

第5章 「重さ」の授業から見えてくるもの

はじめに

子どもが、「重さ」について科学的かつ系統的に学習する場は学校である、と言ってもいいだろう。「重さ」そのものに焦点を当てた学習が始まるのは、小学校3年生からである。年齢で言えば8歳から9歳になる頃である。Piaget (1941) は、重さの保存が9~10歳頃に獲得されると言っているが、同時に、不安定な時期でもあると指摘している。また、筆者が行った質問紙による調査(大西, 2017; 2018; 2019)でも、保存課題(うすくする課題・ひも課題・小さな玉課題・体重計課題)において、小学校4年生での通過率は小学校3年生のそれを大きく上回ることが明らかになった。「113~125ヶ月で基本的な『重さの保存』が成立するとみていいだろう。3年生3学期の理科での学習が影響しているともみられる」(大西, 2019, pp. 99-100)。子ども達が「重さの保存」を獲得していく過程で学校での授業は重要な役割を果たすと推測されることから、それらの授業がどのような特徴をもつのか検討することが必要と考える。授業の特徴を見出すことによって、子ども達に必要な授業のあり様が示唆されるのではないだろうか。

小学校理科(あるいは算数)における「重さ」の授業ではどのようなことが重視され、あるいは工夫されているのか等について具体的な授業記録を基に明らかにし、その意味を考察することが本論考の目的である。

小学校で「重さ」を扱う場合、物質の質量に地球の引力が働いたとき、その大きさを「重さ」としている。その学習(形が変わっても重さは変わらない、物の出入りがあった時物の重さは変わる、どんな小さい物にも重さはある)は、物質の科学的な認識を深め、人類に新たな知見をもたらすうえで重要な基礎を子ども達に与えるものとなる。

現在の質量を表すキログラム(kg)は、国際単位系7基本単位のうちの一つである。2019年5月に新たな定義が施行された。この背景には、科学の発展にとって厳密な質量の値が必要であったという事情があった。しかし、科学雑誌「Nature」が2012年、「キログラムの定義改訂を、重力波検出などと並んで最も困難な科学実験の一つとして挙げて」(臼田, 2018, pp. 219-220) いることから分かるように、この新たな質量の定義は科学研究の到達点であると言える。このことから、「重さ」の学習は科学の発展と密接な関連があることが分かる。

第1節 小学校学習指導要領にみる「重さ」の扱いの変遷

まず、小学校学習指導要領(以下、〇〇〇〇年指導要領)の中で、「理科」「算数」における「重さ」(教科書でいう单元名、以下同様)の扱いにのみ着目してその変遷をみておく(資料1参照)。なぜなら、授業は教科書検定を通った教科書を用いることで、学習指導要領の内容に厳しく拘束されるようになっているからである。

「重さ」が小学校理科で登場するのは、1958年学習指導要領からである。小学校4年生

で学習することになるが、てんびんと一緒に扱われている。1968年学習指導要領でも同様である。

「重さの保存」がいつから扱われているか、という点でみると、1977年指導要領の小学校4年生理科の中に「イ てんびんのつり合いは、おもりをつるす糸の長さや皿（さら）に置くおもりの位置、形などを変えても変わらないこと」とあるが、重さをてんびんの働きで確かめる学習においてである。杉山（2006）によれば、1983年の東京書籍の教科書、小学校理科4年生上で「ものの重さは、形をいろいろとかえたり、いくつかに分けたりしても、かわらないだろうか」という問いがみられる。また、同じく1989年の東京書籍の教科書、小学校理科4年生上で「アルミニウムはくは、形をかえても重さはかわらない」とある。「これ以外にも、粘土の形をかえたり、小さく分けて比べたり、水に木を浮かべるなど、重さの普遍性を理解させようとする実験が続いています」（杉山，2006，p. 39）。ところが、1998年指導要領では理科における「重さ」そのものがなくなっている。「重さ」の学習が復活し「重さの保存」が、学習内容の一つの柱に位置付けられたのは21世紀に入って2008年指導要領になってからである。しかしこの時、「重さ」は小学校4年生ではなく3年生で復活するのである。そして、この2008年指導要領では、総則の第4「指導計画の作成等に当たって配慮すべき事項」の中に、「児童の実態等を考慮し、指導の効果を高めるため、合科的・関連的な指導を進めること」（総則，2008，pp. 15-16）と書かれていることから、小学校3年生における算数の「重さ」と理科の「重さ」は合科的・関連的に扱うことを念頭に置いた小学校3年生での復活だったと考えられるのである。小佐野（2011）は、理科において「重さ」が復活したことによる教科書の変化を歓迎しつつも『物の形が変わっても重さは変わらない』ことだけ学んでも、それはこの後の学習に使えるものにはならないのである」（小佐野，2011，pp. 11-12）と主張し、「物にはすべて重さがあり、物の重さは保存される」という「物の重さ」に踏み込めなかった教科書の限界を指摘している。つまり、小佐野は、重さの学習（形が変わっても重さは変わらない、物の出入りがあった時物の重さは変わる、どんな小さい物にも重さはあるといった諸特徴の習得）が、教科書においては「形が変わっても重さは変わらない」という一点だけに矮小化されており、それでは、その後の理科の学習（例えば、溶解等）につながらないのではないかと指摘しているのである。

算数においては、1947年の「試案」から「重さ」は扱われているが、重さの量り方や重さの単位の学習が中心である。1958年の学習指導要領から「重さの概念」を理解させる、あるいは、「重さについて理解し」、などの表現があるが、その内容は重さを実感することなどを通して単位を知り、それを使った簡単な測定・計算を行うことが中心である。

以上、学習指導要領の変遷から考えると、「重さ」の扱いについて大きく3つの時期に分けることが可能になる。まず、「重さ」が登場し小学校4年生で扱われた時期である。次に、「重さ」が学習指導要領からなくなった時期である。そして、「重さ」が学習指導要領に復活し小学校3年生で扱われるようになった時期である。それぞれの時期によって授業の在り方も影響を受け変わっていくことになる。

第2節 対象とする授業

本論考で対象とする主な授業は、以下の出版物等で公開されているものである。

授業は、「科学教育研究協議会」（以下、科教協）編集の「理科教室」に掲載されたものを主にみていく。なお、「一般社団法人日本理科教育学会」が出版している「理科の教育」に掲載されている授業、あるいは地域の理科サークルの授業、自主的な教育研究会で報告されたものなど、過去に遡って入手可能な授業も一部含まれる。また、「数学教育協議会」（以下、数教協）編集の「数学教室」に掲載されている「重さ」の授業も含まれる。なお、「理科教室」「数学教室」等に掲載されている授業には、「授業記録」と「授業報告」が含まれており、「授業記録」は、授業の目的・授業計画があり、その中の特定の授業時間における子どもの発言も含まれているものとし、「授業報告」は、その単元全体の授業の概要とまとめを誌上で報告、または紹介しているものとした。

今日まで様々な教育研究誌に授業に関する記録や報告が掲載されてきている中で、本論考で主に科教協編集の「理科教室」に掲載された授業を対象にしたのは、科教協が教科書の内容だけにとらわれず、幅広い観点から教材について議論してきた実績と歴史を持つ民間教育研究団体であると考えられるからである。また、過去に遡って授業記録・報告の内容を知ることができる点で本論考にふさわしいと考える。一般的に授業者が雑誌等に授業記録を掲載する場合は、授業研究に資するためであることが多く、一定の問題意識を持って取り組まれる。そういう意味でも、今回の筆者の目的に合致したものと言える。同時に、対象とした授業記録・報告の入手範囲が限定的であり、小学校教育現場で日々行われてきた授業から見れば極めて限られた授業数である。これは何もそれ以外の授業を軽視するものではなく、対象とする過去の授業記録・報告の数を増やすことに物理的な限界があったからである。対象とする授業数を増やすことは今後の課題とせざるを得ない。

対象となる授業は、最も古いもので1972年、最新のものとしては2019年となる。全部で46のケース（内、主なものは、「理科教室」から60.8%、「数学教室」から26.0%）である。学年は、小学校3年生と4年生が中心だが特別支援学級も含まれる。それ以外で、小学校5年生と中学校1年生での理科の授業も参考にするために若干含まれている（資料2参照）。

理科の授業と算数の授業では、「重さ」に関する授業であることは共通しているが、その目的は異なっている。それは、各学習指導要領からも読み取れる（資料1参照）。また、指導書においても「算数における量の指導としては、量の物理的な意味を詮索するよりも、一応の常識的な理解をもち、身の事象における数量関係の処理に役立てることに、目標をしぼるべきだ」（指導書算数、2015, p. 191）と述べられているように、算数では身近な場面での数量処理に重きが置かれている。同じく理科では、「目に見える物質の性質の違いを学習した後に、物質による重さの違いを学習」（指導書理科、2015, p. 188）するとしている。物質の基本的な性質について学習するのである。したがって、理科と算数では、授業の内容が異なっていると考えられるが、それぞれの特徴に留意しながら「重さ」の授業について検討

していく。

第3節 授業者が持つ特徴的な視点

授業の分析は、「重さ」の学習を考える際に子どもの認知的な発達の特徴が意識されているか、また、授業において子どもの理解を深めるために用いられた手法（重視されていることは何か、工夫されていることはなにか等）にはどのようなものがあるか、という観点で一つ一つの授業について行った。具体的には、ア)「重さ」の学習は小学校3年生で行うほうがいいのか小学校4年生で行うほうがいいのか、その根拠としてどのようなことが挙げられているか、イ)「体験」と「実験」をどのように位置づけているか、ウ)算数でも「重さ」の学習を行うが、それとの関連はどうか、エ)理解を深めるために子ども達の声をどのように扱うか、などである。

その結果、授業者が持つ特徴的な視点として以下の4点を抽出することができた。①小学校4年生で理科の「重さ」の学習を行った方が子どもは理解できる。②小学校3年から理科で「重さ」を扱う場合、体験を重視するべきである。③友達の見聞を聞いて考える場面を授業に位置付けることで、自らの考えを深めることができる。④理科と算数との合科、あるいは関連を考えて「重さ」の授業を構想し、行うことが教育効果をもたらす。

以下、これらの視点について若干の考察を加えつつ具体的に記述していく。

3-1 小学校4年生で理科の「重さ」の学習を行った方が子どもは理解できる

1998年学習指導要領で「重さ」がなくなるが、それまでは小学校4年生で「重さ」が扱われてきた。ここでいう「重さ」の学習の内容は、形が変わっても（これには溶けた場合や浮かした場合などが含まれている）重さは変わらない、物の出入りがあった時物の重さは変わる、どんな小さい物にも重さはある、の3点である（ただし、今回対象とした授業のすべてがこの3点を網羅しているわけではない）。今回の授業を検討する限り、小学校4年生で「重さ」を扱うことが子どもの発達段階からみても適当だという認識が授業者の中にはあったように推察される。そうした授業者の考えは2008年学習指導要領において、小学校3年生理科で「重さ」が復活しても変わっていなかったように考えられる（池田、2009等）。和田・中村（1992）は、論理的な思考ができるようになる、あるいは、生活体験で抱いている間違った認識を、実験を通して払拭できるようになる小学校4年生で重さの学習を行うのがふさわしいと述べている。同時に、和田・中村は、「空気に重さがあるか」の学習における実験結果に対する子どもたちの驚きの反応から、小学校4年生頃の子どもの認識の仕方について次のように述べている。「だからと言って『すべての物に重さがある』と早計に一般化してはならない。この年齢・発達時期の認識の仕方は、（・・・略・・・）個別認識の積み重ねで」の結果であり、それを踏まえて「授業を展開してゆくことを子ども達から教えられた」（和田・中村、1992、²）。

² 1992年度「京都の教育」（京都教職員組合発行）に収録された「物の重さと天びん～認

高鷹（1990）も、「子ども達は生活経験に惑わされ、物の質が変わったり、形態が変わったりすることで認識が揺さぶられやすい。しかし、課題を子どもの認識の順に積み上げていくことによって『物は重さを持ち、その重さは保存される』という認識に到達していく」（高鷹，1990，p. 40）と述べ、揺れを伴いながら認識を深めていく小学校4年生の子ども達の姿をみている。高鷹（2016）は、小学校3年生で「重さ」が扱われるようになった2016年にも授業を報告し、『物の出入りがないと重さは変わらない』という学習は重要だが、抽象的すぎるため3年生では扱わない。4年生の2学期初めに改めて扱いたい」（高鷹，2016，p. 8）と述べている。

また、中村（1992）は、重さの学習が小学校4年生でふさわしいとする理由として、①重さなど目に見えない物についても4年生はある程度理解できる力が備わっている、②4年生は事実・現象をそのまま受け取らず論理（「もし〇〇なら〇〇」「〇〇だから〇〇」）を通してみることができる、演繹的な授業パターンが可能になる、③高学年に向けて物質の基礎概念を身に付けさせておきたい、などを挙げている。「重さ」の学習はその後の物質学習の基本になるという位置づけである。

小学校4年生、年齢でいうと10歳前後ということになるが、彼らには論理的に思考する力や抽象的に考える力が備わってきているとみており、具体的な事実を通して認識を深めていくことができる発達の段階にあるととらえていると言える。

小幡（2002）は小学校3年生で「ものの重さ」の授業に取り組んだが、その実践記録の最後に「やはり4年生で“物の重さの学習”をしたい」として『物は形を変えても重さは変わらない』『物の出入りがなければ重さは変わらない』ということは、4年生のように、多くの子にはすっと入っていかなかった。3年生では活動しながら学ぶというのがいいのだと思う」（小幡，2002，p. 25）と述べている。小学校3年生と小学校4年生で「重さ」を扱った授業者の体験談であるが、二つの学年の差違を述べている。

一方で、算数での重さは従来から3年生で扱われており、理科における重さのように消えたり、復活したり、学年が変わることはなかった。

2008年指導要領から重さは小学校3年生で復活する。内容も以下のようになる。

A 物質とエネルギー

(1) 物の重さ

粘土などを使い、物の重さや体積を調べ、物の性質についての考えをもつことができるようにする。

ア 物は、形が変わっても重さは変わらないこと。

イ 物は、体積が同じでも重さは違うことがあること。

このように、理科でも小学校3年生から重さが扱われるようになり、算数との関係はより

識形成と情意形成の相関をふまえて～」という実践報告からの引用、ページは記載されていない。

接近したかに見える。小学校3年生からの「重さ」復活は、「算数の『重さ』の学習に合わせた」（堀，2009，p.66）ということが背景にあると言われているが，授業する側の考え，即ち小学校4年生でこそ「重さ」の学習はふさわしいという認識とは矛盾したものとなっていたと考えられる。

2008年以降，小学校3年生から「重さ」の学習が始まるが，どのような授業が小学校3年生からの「重さ」にはふさわしいのか模索が続くことになる。

3-2 小学校3年生からの「重さ」学習では多くの体験を重視するべきである

1998年以前は，小学校3年生の理科で「重さ」を扱うことはなかった。ただ，小学校3年生算数の「重さ」の学習と関連させながら行う授業はあった（江川，1990；但木，1995等）。これらは小学校3年生算数で「重さ」を扱うために，その理解を援助する意図で行われたものと考えられる。これまでも触れてきたように，小学校3年生理科で「重さ」を扱うようになった2008年以降，彼らの発達的な特徴からどのような授業が求められるか，試行錯誤を含めて授業が行われてきたのではないか。その中で，論理的抽象的思考が難しい段階では具体的な体験や活動の積み重ねが必要であるとの認識で授業が考えられるようになっていったと捉えることができる。これは，小学校3年生と小学校4年生との発達的な特徴を踏まえれば授業者として当然のことであった。

例えば，小幡（2011）は次のように述べている。「3年生という年代は，まだ個別認識が主であり，論理的思考がどの子にもある，というわけにはいかないのである」「例えば，物の形を変えても重さが変わらないということをとらえさせるのに，粘土やアルミ箔の変形や分割を扱っても，せんべいを袋の中に入れてそのまま細かくすると（重さは）どうなるかという課題を出しても，なかなか確信をもって意見を出せる子は4年生に比べると少ない。他の事象についても，その論理で言いつくすことはできないのである」。そして，「だとすれば，この物の重さの学習は4年生後半にこそやっておきたいものではあるが，3年生でもどうにかとらえられる内容を，丁寧に扱っていければよいと思う」（小幡，2011，pp.16-17）として，小学校3年生では算数との合科で「重さ」を扱い，丁寧な体験を重視している。その上で，4年生以降もそれを補う学習が組み込まれることが必要だと述べている。

堀（2011）も，「本来は4年生で扱いたい。3年生では論理的な思考が難しいのである。」「しかし，扱わないわけにはいかない」として，「算数と理科の合科にすれば時数も有効に使える」（堀，2011，p.22）「3年生にふさわしく，もっと作業課題を取り入れたプランも考えられる」（同，p.27）と述べている。同様に市川（2012）も，小学校3年生では「経験をたくさんさせてあげることが大切であると感じた」（市川，2012，p.24）と感想を述べている。他にも，小学校3年生では「一般化を急がず」，「質量保存の法則につながる具体的な事実を捉える学習にすべきだ」（佐々木，2017，p.22）などがみられる。

一方で，「ものは，形を変えても重さは変わらない。同じ体積でも，ものの材質によって重さが異なることがある。小さなものや目には見えないものでも重さはある」というねらい

で行った小学校3年生の授業でも、「現象を丁寧に整理して学習すれば、児童は理解していきます」（大関，2013，p. 11）という実践報告もある。増田（2015）も合科で行った授業で、「1回の実験だけでなく、繰り返し事象を見せることにより、次第に理解が深まっていくと思われる」（増田，2015，p. 21）と述べている。いずれも3年生では具体的な様々な事象を丁寧に体験させることが基本になっていると考えられる。

覺道（2017）は、「重さ」の授業を合科で行った。目標は「物には重さがあり、物の重さは保存されることを実験を通して理解する」であった。その授業記録の「おわりに」で次のように述べている。「てんびんにのせた髪の毛が傾くのを見た後で、『でも、ないやろ』と言った女の子。空気の実験の後で『空気に重さがあるかお父さんに聞いてみよ』といった男の子。目の前ではてんびんが下がって重さがあるという結果が出ているのに、頭の中ではなかなか納得できない様子だった」（覺道，2017，p. 11）。この“つぶやき”は、クラスの多くの子どもが示した反応ではないであろうが、小学校3年生の特徴をよく示しているのではないだろうか。具体的な事実を前にしてもなお自分のそれまでの認識にとらわれている姿がある。

また、五十嵐（1987）は、小学校4年生での重さと体積の分離を課題にした授業記録（合科）の中で次のように述べている。「アルミ棒をねん土におしこむと、アルミ棒の厚みの分だけ、ねん土はおしのけられる」と確かめておき、アルミ棒と同じ形状のナマリの棒を示し子ども達は実際に手にしてその重さを実感する。その後「ナマリ棒をねん土の中におし込みます。もり上がってくるねん土は、アルミ棒のときと違いますか」と問う。「ナマリ棒では、『ねん土のもり上がりが多い』という子が13人もいる」「経験による思い込みはしぶとく、5人の子どもは最後まで考えを変えなかった」（五十嵐，1987，p. 40）という。この例からも、小学校3年生からの具体的な体験の積み上げは重要と言えるのではないだろうか。その諸体験が、小学校4年生の論理的抽象的な思考と相まって認識の深まりへとつながっていくのである。

以上から、小学校3年生の理科で「重さ」を扱うなら、様々な事象の体験を中心におくことで、小学校3年生からの「重さ」学習に対応していこうとする授業者の努力が見えてくる。

3-3 友達の見解を聞いて考える場面を授業に位置付けることで、自らの考えを深めることができる。

授業における「話し合い」は、授業者が意図して仕組む場合と授業者は意図していないが子ども間で意見の交換が起きる場合とがある。今回対象にした授業の多くは、授業における「話し合い」を重視するものであった。「話し合い」の多くは、教師の問題提起に対して予想をし、その根拠を述べ合う時間として位置づけられる。ただ、3年生と4年生では「話し合い」の仕方は異なるし、「話し合い」に慣れているクラスであるかどうかとも関係する。授業者の発問に思い思いに答える場合もある。まさに授業者によって様々なスタイルがあると言える。ここでは「話し合い」を最大限幅広く考え、それぞれの子どもが自分の考えや思

いを声にすることができ、同時に友達の考えや思いを聞くことができる、という意味で捉える。

「話し合い」は、授業における目的ではない。学習内容のようにそれなくしては授業が成り立たないわけではない。にもかかわらず、今回対象とした授業の中では重視されていると考えられる。「話し合い」は自由な発言が保障されている場合、授業者のコントロール下（授業者は授業の目的に向かうよう話し合いを誘導する）であるにもかかわらず、授業の目的からみて積極面とそうでない場面も想定される。例えば、子どもの課題に対する現下の認識の到達点分かる、自らの現在の認識に対する疑義あるいは確信が持てる、科学的認識に接近できる（新たな認識の獲得）、実験後に強い納得が得られる、自らの認識が変化したことが分かる、などの積極面がある一方で、混乱が持ち込まれる、間違った理解をする可能性がある、等々である。もちろん後者の場合は修正するための時間が必要となる。いずれにしても、これら教室で起きるすべてが、子ども達が新たな認識を獲得していくために必要な過程であると考えられているのであろう。

また、どのタイミングで「話し合い」を持ち込むのかも考慮されねばならない。平田（1998）は「子ども達の討論の中で間違った考えが出てきてそれが支持されるときが結構ある。子ども達の認識過程を尊重するためにもこれを授業の中でどう生かすかが子どもの意欲をかきたてる授業につながってくる」（平田，1998，p. 272）と述べている。

江川（1990）は、「ホッチキスの針1本にも重さはあるだろうか」という課題に対する話し合いの中で討論によって「認識が深まってきていること」（江川，1990，p. 22）がうかがえると述べている。河野（2016）も「既習の内容を基にした自分の考えを友達に伝え、友達の考えを聴き討論する中で、さらに自分の考えを深めることができます」（河野，2016，p. 44）と述べている。高鷹（2016）は、話し合うことで「みんなで考えると判ってくるという実感を持たせたい」（高鷹，2016，p. 11）という。小幡（2015）は、「討論によって、空気には重さがあるのかないのかということが、意識化される」「討論を経たうえで実験を見せる。ボンベの方が下がるのを見て、子ども達から歓声が上がることもある」（小幡，2015，p. 13）と述べている。小湊（2012）は、「子どもが考えを表現し、学び合うための工夫」として、「子ども達が問題を持ち、予想を立て、実験結果を記録し考察するという一連の流れを」ワークシートに書かせた。そして、それを大型テレビに映し出すことによって「子ども達は活発な意見交流をすることができた」（小湊，2012，p. 12）という。ワークシートを用いそれをもとに活発な意見交流をすることまでが、「学び合うための工夫」だと考えられる。

9，10歳頃になると、自分の視点と相手の視点とを相互的に関係づけて理解していく力が育まれていくと渡辺（2011）は述べているが、自分と相手の視点が俎上にのる場が「話し合い」であろう。したがって、「話し合い」と論理性について考えておくことも必要であろう。友達の意見を聞いて自分の考えを変える、あるいは同意するわけだから、高度な論理的な思考が行われていることになるだろう。目の前で起こる事象（実験）によって自分の考えを変えることよりは、ハードルがはるかに高いと考えられる。

同時に、話し合いによって必ずしも正しい認識に変わるとは限らない。今までの「正解」が間違っていて、新たな「正解」を手に入れる作業には様々な「揺れ」がある。高鷹（1990）は、「分銅と釣り合っているアルミはくを丸めたら、重さは変わるだろうか」という課題についての討論でつぎのように述べている。「子どもの認識はなかなか確かなものになっていかない。前の時間に学んだことを元にして論理的に考えたのに、友達のコエにふりまわされ、元の認識にもどってしまう子もいる」（高鷹，1990，p. 35）。これは、友達の意見を聞いて正しくない方へ考えを変更してしまう事態を指しているわけだが、「生活経験によって惑わされ」（同，p. 35）てしまうことがその原因であり、それを克服するだけの論理的な説得力が討論になかったと述べている。これは4年生での授業であるが、「生活経験」にもとづく認識から論理による認識への変換が起ころうとしている場面とは言えないだろうか。高鷹は、論理展開による認識の深まりを「話し合い」に求めているのではないかと考えられる。

3-4 理科と算数との合科，あるいは関連を考えて「重さ」の授業を構想し，行うことが教育効果をもたらす。

ここでいう「合科的」とは、理科で扱う「重さ」と算数で扱う「重さ」それぞれの内容を一つに統一して「重さ」を扱うことである。また、「関連で」と言った場合、理科の「重さ」と算数の「重さ」は独自の授業を行いながら、互いの授業内容を部分的に取り込みながら授業を展開する場合である。ただ、授業の中には、「合科的」と「関連で」が同様の意味で用いられている場合もみられた。

2008年の指導要領以前も、小学校3年生算数における「重さ」と小学校4年生理科の「重さ」を関連させて、あるいは合科的に扱う授業は行われていた。その場合、小学校3年生～4年生の2年間を見通して計画を立てるものとなっている授業がある。例えば、小学校3年生の算数の「重さ」の学習の前に「重さの保存性」と「加法性」を学習し、小学校4年生の理科の「重さ」の学習で再度「重さの保存性」と「加法性」を学習する。小学校3年生～4年生にかけての2年間で様々な場面での「重さの保存」と「加法性」について学習する。それでも、新しい場面に直面すると迷う子どもがいる。授業者である江川（1990）は「異なる場面では、認識がふらついてしまうので、いろいろな場面での加法性の成立を扱っておく必要がある」（江川，1990，p. 20）と述べている。このように理科の「重さ」と算数の「重さ」を関連させて扱うことで2年間を見通して授業を計画する例もある。この場合でも、やはり小学校4年生で「重さの保存」を確かなものとする意図があると考えられる。

3年生での合科のプランとして、重さという量の学習を行った後、重さの保存の学習、そして単位学習へと進み、単位を学習した後、単位を用いて再度重さの保存の学習を行う授業プランなどもみられる（但木，1995等）。

1998年指導要領から理科における「重さ」はなくなるが、その後も物質学習の基礎となる物の重さの学習は重視され、取り組む努力がなされてきた。例えば、4年生で何とか工夫して取り組みたいが、校内事情等により難しい場合は3年生の算数の内容を充実させてあ

つかうなど、合科的に取り組まれた場合もある（小幡，2005）。ほかにも「重さ」に取り組んだ授業はあるが，4年生で取り組まれている（安藤，2006；高橋，2007等）。

また，2008年からは，同じ学年になったこともあり，一層合科的に取り組みやすくなったともいえる。授業の組み立て方にもよるが，合科的に扱った方が相互に補い合い理解を深めることができると述べられている。例えば，横井（2011）は，3年生の重さの学習でも，重さの保存性・重さの加法性に時間をかけて体験させたいとして次のようなプランで授業を行った。第1次「物の量の大きさは，体積と重さで分かる」，第2次「重さの単位の導入」「重さを量る」「保存性・加法性」という流れである。他にも合科あるいは関連で取り組む授業が比較的多くみられる（小幡，2011；堀，2011；市川，2012；小湊，2012；品田，2014等）。2008年以降の特徴とも言えそうだ。この背景には，2008年の学習指導要領の総則で「合科的・関連的な指導を進めること」（総則，2008，pp15-16）と述べられていることの影響もあると考えられる。

第4節 考察

明らかになった授業者が持つ4つの視点のうち，ここでは主に①と②に焦点化して考察していく。①と②は子どもの認知的な発達に関わっての視点であると考えられるのがその理由である。③と④は教育方法論的な視点と考えられる。もちろん，教育方法論も子どもの発達に依拠して論じられるものであるが，本考察ではより認知的な発達に関わる視点として①と②をとらえ，考察をおこなう。

「重さ」の扱いが，小学校4年生から小学校3年生に変わったことで，「重さ」の学習の内容を歴史的に振り返って，それぞれの学年が持つ認知発達上の特徴をみることができる。授業は，子どもの発達の特徴を踏まえ取り組まれてきたと言える。同じ「重さ」と言っても小学校4年生と小学校3年生では授業の内容は異なっているわけだが，同時に，今まで授業をみてきたことからわかるように共通する内容もある。「重さ」の学習の中心的内容が，形が変わっても（これには溶けた場合や浮かした場合などが含まれている）物の重さは変わらない，物の出入りがあった時物の重さは変わる，どんな小さい物にも重さはある，の3点であるとするなら，この点から両学年の理解の特徴を見ることは可能であろう。そして，「重さ」の授業において，理解を促すためにどのようなことが重視され，あるいは工夫されているのかも明らかになったと考える。

小学校3年生の特徴として，判断が直感や体験，すなわち見た目や体験した重さ感覚などに左右されやすい点が挙げられよう。それらは非常に強固であって，それまでの自らの体験で得た認識を組み替えるのはまだ難しい時期でもある。それを乗り越えるために，丁寧に重さの保存に関する予想と実験を行う。実験も場面や扱う物を変えて繰り返すなどの工夫がされている。体験（実験）が重視され，具体物を用いた授業が大切にされている。形が変わっても物の重さは変わらないこと，あるいは小さな物にも重さがあることを目の前で確かめ，それまでの子ども達の常識を打ち破る授業が多くあった。

Lozada, Mと Carro, N (2016) は、6~7歳が対象ではあるが Piaget の保存課題を用い、積極的に具体物を操作したグループとただ実験者によって行われた操作を見ていただけのグループに分け、調査研究を行った。その結果、積極的に具体物を操作したグループの方が保存概念を容易に理解したと述べている。具体的な体験、その積み重ねが重要であり、それはまた、小学校3年生だけではなく小学校4年生においてもいえることであろう。それまでの生活のなかで体験を通して身についた認識をより高次の認識に組み替えるには一定の時間が必要となる。この点に関して中村 (2004) は次のように述べている。「このような学校での教授—学習過程を通して、子どもには、自然発生的に習得されている生活的概念群と、意識的に習得されつつある科学的概念体系との間での相互浸透が生ずる」と述べ、「この相互浸透の過程が、いわゆる生活的概念と科学的概念の内的な統一過程」(中村, 2004, p. 44) であるとしている。これは9歳頃の子どもの認知発達の特徴を示した議論の一つであろう。

小学校4年生の特徴は実験の結果を一般化できること、すなわち抽象的に考える力がついてきているということが挙げられる。また、小学校3年生と比べて、友達の考えをもとに自らの考えを論理的に変更・発展させることがよりできるようになる。したがって、授業は予想から話し合い、実験での検証、予想の変更・確認、そして結論に至る流れが重視されるようになる。すなわち、言葉でイメージを作り思考実験を行い、それを友達と交換し合うことで思考を深める。そして、具体的な事実から再度自らの思考を振り返り、結論を確認し法則化する。小学校4年生にとって、この過程が論理的な思考を促進させる働きを持つと言える。「形が変わると重さが変わる」から「形が変わっても同じ量だから重さは変わらない」への変換がこのころに起こる。

「形が変わっても同じ量だから重さは変わらない」という認識は「変わらない量がある」ことの発見によって成立する。その時、重さは目の前にある形と切り離されて抽象的論理的思考の結果として認識されている。中村 (2004) は、ヴィゴツキー (1934) の議論から、「生活的概念は『下から上へ』、つまり『具体 (個別) から抽象 (一般) へ』と進み、科学的概念は『上から下へ』、つまり『抽象 (一般) から具体 (個別) へ』と進むと述べている」(同, p. 44) と紹介している。子ども達は、「変わらない量がある」ことを認識し、その後の学習へと発展させていくのである。

これらの学年の発達の特徴を踏まえて授業を行うことは、とりもなおさず、子ども達の学習意欲を必然的に刺激するものになる。子ども達が意欲を持って学習に向かっているかどうかを、授業者は自らの授業を振り返る際の一つの指標にしている。意欲に関わって、和田・中村 (1992) の授業記録では次のように述べている。「子ども達の意欲がうまく吸収され、認識形成へとつながった時、ますます大きな意欲となって伸びてゆく」「単に成績が良くなったとかいう価値だけではなく、自分が変わったことが自覚できることに最高の喜びを抱いていることを大切にしたい」(和田・中村, 1992, ³)。このことから和田・中村は、認識の深まりは興味・関心から意欲への変化と関連していると考えているのではないだろうか。ま

³ ページの記載はない。

た、中山（2019）は「学習意欲を高める工夫が欠かせません」（中山，2019，p. 24）と述べて、どの子どもも知的好奇心を持って授業に臨めるように教材や実験などを工夫している。このことから中山も、興味・関心を持つことが学習意欲を高め学習内容の理解に影響すると考えていると言える。

友達の意見を聞く場面をつくる、興味・関心を高める教材や実験を用意する、他教科との関連も考える等々授業を工夫することで、子ども達が自主的自覚的に学習に取り組むようになると考えられる。つまり、発達の特徴を踏まえ、具体的な授業の工夫を準備すること、この両者が相まって科学的認識を深めることが可能になるのである。

一方で考えなければならないことは、小学校3年生から4年生にかけて基本的な重さの保存課題における通過率が大きく上昇する傾向があるが、その後、小学校4年生で通過したにも関わらず、小学校5年生あるいは6年生で不通過になる子どもが現れることである（大西，2019）。小学校3年生から4年生では、授業者は「重さ」の授業において「重さの保存」に関する認識を高めるために様々な工夫・努力を重ねるわけだが、にも関わらず、小学校高学年での不通過者の出現がある。ここで中村（2004）のいう「相互浸透」「いわゆる生活的概念と科学的概念の内的な統一過程」の内容が問われなければならない。

さらに、小学校3年生で「重さ」の学習の内容がどの程度理解できるかという議論が必要であろう。小学校4年生が「重さ」の学習にはふさわしい時期と言われていたが、3年生で「重さ」の学習をするようになると当然「困難」が予想される。小学校学習指導要領の変化で、教科書での扱いが変わると授業の内容と扱う時期を変えざるを得ない。小学校3年生で「重さ」を扱うようになってかなりの時間的経過がある。多くの授業者、特に若い授業者は小学校3年生理科で「重さ」を扱うことは当然なこととなっている今、3-2で述べたような努力が行われているが、小学校3年生から「重さ」の学習を始める「良さ」と「困難さ」をどう考えるか。小学校3年生の限界を踏まえながらの様々な試みがみられるが、授業者にとって新たな課題が生じたと言える。以上の二点、「保存課題で、4年生で一度通過したのちの5年生あるいは6年生での不通過」「小学校3年生からの重さの学習が持つ『良さ』と『困難さ』」のうち、前者の課題は第3章及び第4章の実証研究で一定の知見を得たが、後者については今後の課題としたい。

資料1 小学校学習指導要領「理科」と「算数」の「重さ」に関する部分

年	算数	理科	備考
1947年 (試案)	3年生 b 重さ 1. 天秤のようなもので重さを比べてみる。		

	<p>2. 重さを量る計器の種類を調べる。</p> <p>3. 計器の取り扱い上の注意について研究する。</p> <p>4. 重さの単位として「グラム」を習う。</p> <p>5. 基準の重さのものを手に持ってみる。また、それをもとにして、いろいろなものの重さを手に持ってみる。</p>		
<p>1951年 改訂版</p>	<p>3年生 測定 〔重 さ〕</p> <p>7. 具体的な経験をとおして、重さをはかるのに、はかりが使われていることを知らせる。</p> <p>8. 実際の場において、具体物の重さをはかる能力を伸ばす。</p> <p>(1) 自動上皿ばかりやぜんまいばかりの目もりになれる。</p> <p>(2) 100g, 200g, ……の重さのものを手に持つときの感じに慣れさせる。</p> <p>(3) 重さをはかるときの手順を知る。</p> <p>(a) はかりに何も載せていないときには針が目もりの0をさしているかどうかを確かめる。</p> <p>(b) はかりがこわれないように、物をはかりに静かに載せる。</p> <p>(4) 重さの見当をつける。</p> <p>(5) 具体物を自動上皿ばかりやぜんまいばかりに載せ、その重さを、目もりを読んで知る。</p> <p>9. 次の用語や記号を、実際の</p>		

	<p>場において、正しく使えるようにする。</p> <p>重さ じどううわざらばかり ぜんまいばかり グラム…… g キログラム……kg</p> <p>10 重さの単位関係を知らせる。 1 kg=1000 g</p> <p>11. 重さを表わすのに測定値を用いると、的確でよいことを知り、測定値を進んで日常生活に使うようにする。</p>		
<p>1958年 10月告示</p>	<p>3年生 B 量と測定</p> <p>(3) 重さの概念を漸次明らかにし、重さの単位とその測り方を理解させる。ア 重さの単位(グラム、キログラム)とその相互関係。</p>	<p>4年生</p> <p>(5) 簡単な道具や機械のしくみとはたらきや、温度の変化、電流などによる身近に見られる事物・現象やその変化に興味をもち、これらを事実在即して確かめるようにするとともに、その初歩的な原理をわからせる。</p> <p>ア てんびんのしくみとはたらきを調べる。</p> <p>(ア) 簡単なてんびんを作り、左右に等しい重さの物をかけたときにつりあうことに気づく。</p> <p>(イ) 上ざらてんびんのはたらきを知って、正しく使うことができるようになる。</p>	<p>4年生</p> <p>(左の欄のAに続いて以下の内容がある)</p> <p>イ 物の浮き沈みについて調べる。</p> <p>(ア) 同じ体積の水より軽い物は水の中に押し沈めても浮き上がり、水より重い物は沈むことを理解する。</p> <p>(イ) 卵などは水の中では沈むけれど、濃い食塩水の中では浮くことに気づく。</p> <p>ウ てこに関心を持ち、その使い方を工夫する。</p>
<p>1968年 7月告示</p>	<p>3年生 B 量と測定</p> <p>(2) 重さの概念を漸次明らかにし、重さを測ることができるようにする。</p> <p>ア 重さが単位の大きさをもと</p>	<p>4年生</p> <p>B 物質とエネルギー</p> <p>(3) 物の重さから、物の質の違いを理解させる。</p> <p>ア 同じ体積の水より重い物は沈み、水より軽い物は浮くこ</p>	

	<p>にして測れることをしること。</p> <p>イ 重さの単位(グラム, キログラム)を知ること。</p> <p>ウ はかりについて, 目盛りのよみ方とその用い方を知ること。</p>	<p>と。</p> <p>イ 水に沈む物でも, 食塩水の中ではその濃さによって浮く物があること。</p> <p>(5) てんびんのつり合いを理解させる。</p> <p>ア 水平になってつり合っている棒の左右に, 同じ重さのおもりをつるしても, 水平になってつり合うときは, 支点からおもりのはたらく位置までの距離が等しいこと。</p> <p>イ おもりをつるす糸の長さや, 皿(さら)のなかのおもりの位置が変わっても, つり合いは変わらないこと。</p>	
1977年 7月告示	<p>3年生</p> <p>B 量と測定</p> <p>(1)重さの概念を漸次理解させ, それを測定することができるようにする。</p> <p>ア 重さについて単位と測定の意味をしること。</p> <p>イ 重さの単位(グラム(g)及びキログラム(kg))を知ること。</p>	<p>4年生</p> <p>B 物質とエネルギー</p> <p>(3) てんびんを作って, そのはたらきを調べ, 物の重さはてんびんなどで測れることを理解させる。</p> <p>ア 水平になってつり合っている棒の左右に, 同じ重さのおもりを支点から等距離につると, 棒は水平になってつり合うこと。</p> <p>イ てんびんのつり合いは, おもりをつるす糸の長さや皿(さら)に置くおもりの位置, 形などを変えても変わらないこと。</p> <p>ウ 上皿てんびんでつり合ったとき, 物の重さと分銅の重さとは等しいこと。</p> <p>エ 物の重さは, ばねの伸びに</p>	<p>5年生理科</p> <p>「物は, 水に溶けても, その重さはかわらないこと。」が登場する。</p>

		よっても測れること。	
1989年 3月告示	3年生 B 量と測定 (1) 重さの概念について漸次理解し、それを測定することができるようにする。 ア 重さについて単位と測定の意味を理解すること。 イ 重さを測ることに用いる単位(グラム(g)及びキログラム(kg))について知ること。	4年生 B 物質とエネルギー (2) てんびんを作りその釣り合いを利用し、物の重さの違いを調べることができるようにする。 ア てんびんの支点から等距離に物をつるして棒が水平に釣り合ったとき、物の重さは等しいこと。 イ 重さは同じでも、体積の違う物があること。	生活科が入る。 理科は3年生からとなる。 5年生理科 「物が水に溶けても、全体の重さは変わらないこと。」
1998年 12月告示 2003年 12月 一部改正	3年生 B 量と測定 (1) 長さ、かさ、重さについて理解し、簡単な場合について、それらの測定ができるようにする。 ア 長さの単位(キロメートル(km))について知ること。 イ かさの単位(リットル(l))について知ること。 ウ 重さの単位(グラム(g))について知ること。	「重さ」そのものに関する項目はなくなる。	5年生理科 「物が水に溶けても、水と物とを合わせた重さは変わらないこと。」
2008年 3月告示	3年生 B 量と測定 (1) 長さについての理解を深めるとともに、重さについて単位と測定の意味を理解し、重さの測定ができるようにする。 ア 長さの単位(キロメートル(km))について知ること。 イ 重さの単位(グラム(g)、キログラム(kg))について知ること。 (2) 長さや重さについて、およその見当を付けたり、目的に応じ	3年生 A 物質とエネルギー (1) 物の重さ 粘土などを使い、物の重さや体積を調べ、物の性質についての考えをもつことができるようにする。 ア 物は、形が変わっても重さは変わらないこと。 イ 物は、体積が同じでも重さは違うことがあること。	総則に次のような記述がある。「児童の実態等を考慮し、指導の効果を高めるため、合科的・関連的な指導を進めること。」 5年生理科 「物が水に溶けても、水と物とを合わせた重さは変わらないこと。」

	て単位や計器を適切に選んで測定したりできるようにする。		
2017年 3月告示	<p>3年生</p> <p>C 測定</p> <p>(1) 量の単位と測定に関わる数学的活動を通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。</p> <p>ア 次のような知識及び技能を身に付けること。</p> <p>(ア) 長さの単位(キロメートル(km))及び重さの単位(グラム(g)、キログラム(kg))について知り、測定の意味を理解すること。</p> <p>(イ) 長さや重さについて、適切な単位で表したり、およその見当を付け計器を適切に選んで測定したりすること。</p> <p>イ 次のような思考力、判断力、表現力等を身に付けること。</p> <p>(ア)身の回りのものの特徴に着目し、単位の関係を統合的に考察すること。</p>	<p>3年生</p> <p>A 物質・エネルギー</p> <p>(1) 物質と重さ</p> <p>物の性質について、形や体積に着目して、重さを比較しながら調べる活動を通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。</p> <p>ア 次のことを理解するとともに、観察、実験などに関する技能を身に付けること。</p> <p>(ア) 物は、形が変わっても重さは変わらないこと。</p> <p>(イ) 物は、体積が同じでも重さは違うことがあること。</p> <p>イ 物の形や体積と重さとの関係について追及する中で、差異点や共通点を基に、物の性質についての問題を見だし、表現すること。</p>	<p>5年生理科</p> <p>「物が水に溶けても、水と物とを合わせた重さは変わらないこと。」</p>

資料2 引用・参考にした授業一覧(年代順)

《△は小学校3年生での授業であることを示し、□は同様に小学校4年生で、○は同様に小学校の特支級で、*は合科あるいは関連を持たせた授業であることを、をそれぞれ表している。なお、氏名の前が無印の場合は、小学校5年生や中学校1年生の授業である。また、(紹介)は、その授業報告からは直接引用はしていないが授業者名のみ本文中に挙げている場合である。》

1968年～

△堀部佑子(1972)重さの指導—研究過程—。数学教室, №. 229, 数学教育協議会, pp. 6-11.

△石川充夫(1972)授業記録「重さの指導」。数学教室, №. 229, 数学教育協議会, pp. 14-23.

△田中かほる（1973）重さ．数学教室，№. 242，数学教育協議会，pp. 72- 79.

1977年～

駒田泰久（1985）水溶液教材の到達度評価とその実践．京都の教育，京都教職員組合，pp. 82- 89.

△中川真砂代（1985）3年生の重さ一体を通して学んだ量感一．数学教室，№. 396，数学教育協議会，pp. 50- 55.

△*亀谷義富（1985）小3 重さ．数学教室，№. 402，数学教育協議会，pp. 100- 101.

△榎本康（1987）小3 年間指導計画．数学教室，№. 421，数学教育協議会，pp. 96.

□五十嵐寿（1987）物・その重さと体積．理科の授業実践講座 13 重さ・体積・密度，新生出版，pp. 34- 40.（引用）

△榎本康（1988）小3重さの導入．数学教室，№. 433，数学教育協議会，pp. 100- 101.

1989年～

△□*江川多喜雄（1990）物の重さと体積—算数と理科の関連を考えて—．子どもと共に学んだ理科の授業 4年，東京都足立理科サークル，あずみの書房，pp. 7- 25.（紹介）（引用）

□高鷹美恵子（1990）物とその重さ—子どもの認識を追う—．子どもと共に学んだ理科の授業 4年，東京都足立理科サークル，あずみの書房，pp. 27- 40.（引用）

□中村幸成（1992）物と重さ—小学 4年—．理科教室，35（6），科学教育研究協議会，pp. 48- 51.（引用）

□和田昌美・中村雅利（1992）物の重さと天びん～認識形成と情意形成の相関をふまえて～．京都教育，京都教職員組合．（引用）

□森岡由理子（1993）物の重さ—小 4—．理科教室，36（6），科学教育研究協議会，pp. 46- 51.

□田中智香子（1994）ものの体積．理科教室，37（7），科学教育研究協議会，pp. 30- 35.

□江頭有子（1994）溶解．理科教室，37（7），科学教育研究協議会，pp. 36- 41.

伊藤浩史（1994）中学 1年の物資学習（分子概念の形成）．理科教室，37（12），科学教育研究協議会，p. 104.

△*但木 功（1995）3年，重さの指導．数学教室，№. 521，数学教育協議会，pp. 42- 51.（紹介）

1998年～

平田庄三郎（1998）「わかったこと」を確かめながら子ども達と作る授業をめざして—5年理科「ものとのけ方」の授業から—．乙訓の教育，第8号，乙訓教職員組合，pp. 268- 285.（引用）

- △*小幡勝(2002) 3年生の物の重さ—算数の時間を利用して—. 理科教室, 45(7), 科学教育研究協議会, pp. 20-25. (引用)
- △□*小幡勝(2005) 3年の算数で物の重さの学習を. 理科教室, 48(7), 科学教育研究協議会, pp. 66-68. (紹介)
- 安藤佳子(2006) 重さについて考えてみよう. 理科教室, 49(9), 科学教育研究協議会, pp. 26-31. (紹介)
- 高橋洋(2007) なぜ, 「物の重さ」か?, 理科教室, 50(9), 科学教育研究協議会, pp. 68-74. (紹介)

2008年～

- △池田和夫(2009) ものの重さ(3年). 理科教室, 52(3), 科学教育研究協議会, pp. 6-11. (引用)
- 江川多喜雄(2009) 物の体積と重さ. 理科教室, 52(3), 科学教育研究協議会, pp. 56-59.
- △*江川多喜雄(2010) 物の重さの学習(小3)を, 算数科と理科の合科で. 理科教室, 科学教育研究協議会, 53(11), pp. 6-12
- △*横井美江子(2011) 小学校3年 物の重さ. 理科教室, 54(1), 科学教育研究協議会, pp. 34-39. (紹介)
- △*小幡勝(2011) こうしてみよう 小学校3年の物の重さの学習. 理科教室, 54(10), 科学教育研究協議会, pp. 16-21. (引用)(紹介)
- △*堀雅敏(2011) 物の重さ(小3). 理科教室, 54(10), 科学教育研究協議会, pp. 22-27. (引用)(紹介)
- △*市川 政子(2012) 物の重さを比べよう. 理科教室, 55(8), 科学教育研究協議会, pp. 20-24. (引用)(紹介)
- △小湊清隆(2012) 単位量で考える重さの概念形成—第3学年「物と重さ」の実践を通して—. 理科の教育, 61(717), 一般社団法人日本理科教育学会, pp. 9-12. (引用)(紹介)
- △大関東幸(2013) ものと重さ. 理科教室, 56(2), 科学教育研究協議会, pp. 8-11. (引用)
- 玉田洋子(2013) 「重さ」の学習—物には重さがあり, 形や状態が変わっても重さは変わらないことをつかむ—. 理科教室, 56(4), 科学教育研究協議会, pp. 20-24.
- △*大月正雄(2013) 算数・理科合科プラン「重さを量ろう」. 数学教室, №. 739, 数学教育協議会, pp. 32-33.
- △宮内主斗(2014) 物の重さの授業. 理科教室, 57(1), 科学教育研究協議会, pp. 25-29.
- △*品田勝(2014) 量の授業は子どもの認識を変える—重さの授業を中心に—. 数学教室, 60(7), 数学教育協議会, pp. 20-25. (紹介)
- △*小幡勝(2015) 算数と合科で物の重さの学習を. 理科教室, 58(1), 科学教育研究協

- 議会, pp. 8-11.
- 小幡勝 (2015) 5年生の最後に気体の学習を. 理科教室, 58 (3), 科学教育研究協議会, pp. 12-15. (引用)
- △*増田晶子 (2015) 重さの学習—算数と理科の合科で—. 理科教室, 58 (4), 科学教育研究協議会, pp. 21-25. (引用)
- △*中川真砂代 (2015) 重さを実感しよう—重さ比べから, 単位へ—. 数学教室, №. 759, 数学教育協議会, pp. 36-37.
- △河野太郎 (2016) 「重さ」の単元でつきたい理科の学力. 理科教室, 59 (11), 科学教育研究協議会, pp. 44-49. (引用)
- △*高鷹美恵子 (2016) ものの重さ. 理科教室, 59 (12), 科学教育研究協議会, pp. 8-11. (引用)
- 村上聡 (2016) 中学校で重さ(質量)と体積の学習を. 理科教室, 59 (7), 科学教育研究協議会, pp. 16-19.

2017年～

- 佐藤幸 (2017) 見方・考え方を働かせた授業実践—第5学年「物の溶け方」—. 理科の教育, 66 (784), 一般社団法人日本理科教育学会, pp. 26-28.
- △*佐々木仁 (2017) ものの重さ—質量保存に関わる具体的な事実をとらえさせ, 日常的に重さに眼がむくように. 理科教室, 科学教育研究協議会, 60 (4), pp. 22-26. (引用)
- △*覺道幸久 (2017) 子どもから引き出す授業「地球の上の物には重さがり, 空気にも重さがある」. 数学教室, №. 785, 数学教育協議会, pp. 8-11. (引用)
- △八田敦史 (2018) 細かくなっても重さは変わらない. 理科教室, 61 (3), 科学教育研究協議会, pp. 12-15.
- △*佐々木仁 (2019) ものの重さ—「重さ」は物の量をあらわす—. 理科教室, 62 (3), 科学教育研究協議会, pp. 8-11.
- 中山和人 (2019) ものの溶け方. 理科教室, 62 (4), 科学教育研究協議会, pp. 24-29. (引用)

*理科教室は, vol. (№) で表した。数学教室は, 経年変化で読み取れないものがあり, 比較的読み取れる №. を用いたが, それを読み取れない場合は vol. (№) で表した。

第6章 総合的考察

第1節 本研究のまとめ

第1章では、9・10歳頃はどう論じられてきたか、について検討した。そのことにより、重さの保存の獲得過程を明らかにする上で重要な示唆が得られると考えたからである。9・10歳頃の研究からそのころの発達の特徴が見いだせることが期待された。

第1章から、昭和初期から関心をもたれていた9・10歳頃が、現在においてもなお子どもの発達にとって重要な時期であると注視され研究されてきたことが分かる。そして、9・10歳頃が発達における質的な転換期ととらえられるようになってきた。自己認識とともに社会性の発達などを含めた、人格の発達の期的変化の時期として9・10歳頃が考えられるようになってきたのである。

そして、学力との関わりで9・10歳頃が議論されてきたことから、認知発達の重要性が他の発達との関連で一層明らかになる時期と考えられる。しかし、重さの保存に関しては9・10歳頃の発達に関わる議論ではあまり言及がみられなかった。とはいえ、数少ない例の一つに渡辺(2011)の研究がある。渡辺(2011)は、9・10歳頃に獲得する力として『『具体』から『抽象』へ』と並んで「保存」や「系列化」の理解の深まりを挙げている。これは9・10歳頃の認知発達において、「保存」概念のもつ重要性に目が向けられた一つの例といえるだろう。

第2章では、9・10歳に先立つ8歳から重さの保存に関する実証的研究を行った。「浮かす」課題、「小さな玉」課題、「ブロック」課題では、100～105ヵ月で通過率の低下が見られ、「ひも」課題では106～111ヵ月で通過率の低下が見られた。学年で言えば小学校3年生である。いずれもこの低下の後、急な上昇傾向が見られた。

こうした推移の様相についての解釈の一つは、具体的操作の準備から組織化への変化の背景に、発達の基本構造の変化・発達の質的転換の過程が存在しているのではないかと、いうものである。生活年齢に置き換えると、こうした質的転換が、8歳後半から9歳にかけて生じていると推論される。

子どもの記述した理由からその質的転換期の様相が示唆される。外見的主観的判断を意識しながら、検証可能な測定によって得られる「量」を根拠に、外見的判断を否定する。外見的判断での結論は「違う」となり、外見的判断を否定する時の結論は「同じ」というように正反対である。具体的操作の組織化に至る過程では、こうした判断をめぐる対立・葛藤が発生し、場合によってはそれが先鋭化する局面が予想される。この対立・葛藤が、通過率の低下後の急な上昇傾向の背景に存在すると推察される。

また、教授課題から次の点が指摘された。小学校3年生では主観的な判断にとどまっており、権威的で断定的である。それに対して小学校4年生では、実証的な説明であったり、比喩を用いた説明であったり、より相手が納得しやすいように説明するようになる。つまり、小学校3年生では一旦権威的な断定が登場するが、小学校4年生では脱権威化が登場して

くるという傾向がみられた。

第3章では、単位との関連で重さの保存について実験的に検討した。単位を通して考えた場合、単位の獲得に先行して基本的な保存は獲得されると考えられる子ども達が多い。基本的な「重さの保存」は小学校3年生後半から4年生後半にかけて獲得される。第2章との関連でみると、課題は若干異なるが急な上昇傾向が3年生後半から4年生にかけて起きるという点は一致するように考えられる。4年生は、3年生3学期の理科における「重さ」等の学習が影響しているともいえるが、「重さの保存」はその後安定した推移を見せるのではなく、わずかだが通過率が下がる時期が見られるのが特徴的である。

通過率の低下傾向が見られるのは、一度獲得した「重さの保存」についてとらえ直しを行っているかと推察される。思考を深め「保存を問い直す」時期にさしかかったともいえる。「保存の問い直し」を経ながら重さの「個別単位」の発見へと進み、その発見はより高次の「保存」の獲得の基礎となる。同時に、重さの「個別単位」の獲得に必要な要因は「重さの保存」の理解を深めていく過程で獲得されることを示唆している。

約15%の子ども達は単位の獲得が先行する。その子ども達は、単位課題は通過したにもかかわらず、保存は見た目の変化の影響を受けているのである。例を挙げると、5年生で、単位課題で「積み木やボールペンを使ってはかっているから」と記述しているにもかかわらず、保存課題である「ひも課題」では「細長くすると長い粘土になって少し軽くなると思う」、同じく「小さな玉課題」では「小さな玉になったから（軽くなる）」と記述している。6年生でも単位課題で「同じ大きさの物ではかっているから」と記述しているが、保存課題の「小さな玉課題」では「量が増えたから重くなる」としている。また別の子どもは、単位課題で「はかるものの重さや長さを〇〇が何個分かではかっているから」と記述しながら、うすくする課題では「うすくしたら体積が減るから（軽くなる）」としている。

このことから、重さの保存が十分でなくとも数量化を前提とした論理的な思考ができていくことが示唆される。同時に、単位の同一性が認識されていることを示している。基本的な重さの保存の獲得の過程にあっても個別単位は認識でき、そのことはその後の保存獲得の条件となる。Haget (1941) は「保存は、数量化の条件であると同時に、その結果だ」(序言, 1941, 邦訳, 1965 p. 2) と言っているが、保存が両側面を持っていることをみる必要がある。

保存の概念は様々な場面を通して学習されるが、新たな場面での保存の概念を用いた学習がそれぞれ影響し合って、その概念の深化が進むのではないか。その過程は保存の問い直しを絶えず行っている過程でもある。

そして、第4章では、縦断研究により個々の子どもの変化を具体的にとらえることができた。横断研究と重ね合わせることで、重さの保存概念の獲得について一層明らかになる。縦断的にみても3～4年生にかけて「重さの保存の科学的概念」(基礎的な重さの保存概念)が獲得されると考えられる。

学年が上がるにつれて重さの保存の根拠がより論理的になる。あるいは、抽象化されたこ

とばを用いて根拠を示そうとする。3年生での重さの認識は、その後の新しい知識や概念などでより確かなものになっていく。「粘土の多さ」「粘土の大きさ」から「粘土の量」というように量を用いた理由になる。4年生からは量を用いる子どもが多くなる。重さとは別の量の存在に気づく。そして、その二つの量を再構成し重さの保存を確かなものにしていく。体積という言葉も使われるようになる。単純な同一性を見直し、その内容をより深めていこうとしている姿、それらが4年生のころから現れるようになる。

また、それまでは、うすくする、小さくする、細長くするという見た目の変化をそれぞれ独立した変化とみていたが、それらを統一的に見て「形が変わる」と捉えられるようになる。共通性の発見によって個別の特性がその一形態であると理解できる。これは抽象的な思考のあらわれといえる。その前提として、「うすくする」と「軽い」、を切り離す必要がある。同様に細長くすると軽い（重い）では細長いと軽い（重い）を切り離す、この切り離しができなければ次に進めない。

新しく獲得された概念や知識の役割は、それまでの生活概念を問い直し、切り離し再構成することである。新しく獲得された概念や知識とは、学校教育の場で得たもののみならず、その子どもの体験の帰納的結果として得られたものを含む。得られた場は様々であっても、それらが相互に検証し合いながら獲得されていくと考えられる。しかし、新しく獲得された知識や概念がまだ科学的体系に位置づいていない（あるいは獲得が不十分である）ことが正答後の誤答につながる。一つの学年での正答という結果が、重さの保存概念の獲得を示すとは言いきれないのである。3年生以降一度正答したにもかかわらず、その後の学年で誤答になった課題がある子どもたちはその後、切り離しと再構成に時間をかけて重さの保存を獲得していくことになるだろう。

第5章では、教育実践者の眼を通して重さの保存について考えた。

授業者が持つ特徴的な授業観として4点挙げたが、そのうち重さの保存に関係が深い特徴的な考え方として次の2つが挙げられる。

その1つは、「小学校4年生で理科の『重さ』の学習を行った方が子どもは理解できるのではないか」というものである。その根拠として「論理的・抽象的な思考ができるようになる」「生活体験で抱えている間違った認識を、実験を通して払拭できる学年」「重さなど目に見えないものについても理解できる力が備わっている」「事実・現象をそのまま受け取らず、論理を通してみることができる、演繹的な授業パターンが可能になる」などが挙げられる。そして、4年生頃の子どもの認識の仕方について、授業者は次のように述べている。「この年齢・発達時期の認識の仕方は、個別認識の積み重ね」の結果である。子どもは生活経験に惑わされ、物の質が変わったり、形態が変わったりすることで認識が揺さぶられやすい。しかし、子どもの認識の順に課題を積み上げていくことによって、「物は重さを持ち、その重さは保存される」という認識に到達していく、というのである。

2つ目は、「小学校3年生からの『重さ』学習では多くの体験を重視するべきではないか」というものである。その根拠として次のようなことが挙げられる。「3年生は論理的な思考

がまだ不十分」「まだ個別認識が主，他の事象についてその論理で言い尽くすことはできない」「一般化を急がず，質量保存の法則につながる具体的な事実を捉えるべき学習にすべきだ」。近年では，Lozada, M & Carro, N(2016)が，6～7歳を対象にした調査研究で，具体的な操作に積極的にかかわることで保存概念が容易に理解されたと報告している。3年生には，具体的事実を目の前にしても，なお自分のそれまでの認識にとらわれている姿があるが，具体物で身体動作的な体験を積み重ねることが，迂遠のようだが重要であると考えられる。

教育実践者のこれらの指摘から，重さの保存概念の獲得は9・10歳頃までに獲得した認知発達上の到達点を基礎に行われることが示唆される。それは，第1章で明らかになった9・10歳頃の発達の特徴とも深く関連していると言っていいだろう。

重さの保存に直接的な関連はないが，授業者の持つ特徴的な考え方の3つ目と4つ目からも，9・10歳頃の子ども達もつ認知発達上の到達点がうかがえる。3つ目の「友達の意見を聞いて考える場面に授業に位置付けることで，自らの考えを深めることができるのではないか」，4つ目の「理科と算数の合科あるいは関連を考えて授業を構想し，行うことが教育効果をもたらすのではないか」などからは，友達とのやり取りで認識が深まる，あるいは，他教科での学習が重さの保存概念獲得に影響する，などを読み取ることができる。

第2節 結論

重さの保存は，9・10歳頃獲得される

総括的結論を述べる。重さの保存は，9・10歳頃を中心にして8歳から11歳くらいにかけて獲得される。

重さの保存概念の獲得の，その中心となる時期は9・10歳頃であるといえる。しかし，今まで見てきたように，すべての子ども達についてそのようにいえるのではない。また，すべての子どもが右肩上がり重さの保存を獲得していくわけでもない。

粘土玉の形が変化すると，重さもそれに伴って変化する。こう考えるとき，子どもの目の前にある粘土は，形状と重さが自由に变化する存在である。その後，形状の变化と重さの関係を切り離して考えるようになる。すなわち，形状が変化しても重さは変化しないというように粘土玉に対する認識が深まり，新たな粘土像が確立する。新しい科学的な知識や概念を獲得することで，それまでの生活概念などが切り離され再構成される。そのことが表象空間の拡張を促す。

その時，拡張された表象空間に，新たな粘土像に基づく粘土玉が存在していると考えられる。変換を獲得した子ども達は，それまで存在していた空間を基にしながら自らの空間を拡張していく。粘土玉の形状と重さは再び構成され，質的に变化した空間ではいかなる形状の变化があっても重さは変わらない。

獲得期における揺らぎ

重さの保存概念が獲得されたとみられるその後、再び未獲得の状態に戻る現象が見られる。第4章でいうなら、正答後再び誤答にもどる場合である。これは、問い直しといえるものであり、思考（認識）の深まりの過程として捉えることができる。問い直しはすべての子ども達の中で起きていると考えられる。深まりとは、生活概念と科学的概念でいえば、生活概念が科学的概念によって切り離され再構成されることである。例えば「小さいものは軽い」（これは、しばしば「小さな玉課題」で判断の根拠となった）であれば、「小さい」と「軽い」を切り離し、「小さいけど重い」あるいは「小さいけど様々な重さがある」を新たに構成する。と同時に「小さいものは軽い」を温存させる。そして、必要に応じて使い分けることができるようになる。

問い直しは、子ども1人ひとりによりその内容と時間の経過も異なる。見かけ上は、右肩上がりの変化を示す子どもと行きつ戻りつを示す子どもの存在をみることができる。今回の調査でみられた正答後誤答を経る子ども達は、変換の獲得に時間を要すると考えられる。

9・10歳頃という発達の領域

生活概念は、子どもにより異なる経験によって成り立っている。科学的概念も、統一されたカリキュラムに基づき同様の教科書を用いているが、その学びや理解は子どもによって異なる。しかし、科学的概念の多くは教育という社会的能動的働きかけによって獲得されるという特徴をもつ。

生活概念は人としての生活がある限り継続して獲得しうる。対して、科学的概念の多くは、一定の意図的な働きかけのもとで獲得される。生活概念と科学的概念の緊張関係は継続される。ヴィゴツキー（1934）は次のように言っている。「両者は絶えざる相互作用の過程にあり、その相互関係は不可避免的に、その構造において最も高次の、科学的概念に固有な一般化が自然発生的概念の構造の変化をもたらす」（1934、邦訳、1962、p.24）。ここでいわれている「自然発生的概念」とは生活概念と同義語として捉えることができる。9・10歳頃は、新たに獲得された科学的概念による生活概念の切り離し、再構成が行われる時期である。内発性の新たな発露が見られる頃、すなわち、「科学的認識に基づく内発性」への転換の時期とも言えよう。

この時期は、子どもによってその通過時間には長短がある。当然その通過の仕方も子どもによって異なる。その時期の「正しい通過の仕方」はそもそもないのである。発達主体である子どもの姿がその通過の仕方には反映される。子どもが通過するために必要な時間と空間、そしてその通過の仕方（時間と空間によって規定される）という3つの次元をもつ領域があると考えられる。その領域を子ども達が彼ら自身のやり方で通過するのである。

9・10歳頃は一つの発達の領域と考えられるが、9・10歳頃の研究から、その時期が子どもの発達にとって大きな変換の時期であると言われている。その内容は多岐にわたるが、認知面では、論理的思考・抽象的思考の獲得などがある。その変換の元をたどれば、5歳頃に

その源が存在する可能性を指摘することができる。1章でも触れたが、Piaget(1966)と田中(1988)の次のような議論からは、その関連が示唆される。

「発達の過程は、当初の感覚—運動的諸構造を、七歳から十一歳までの間に構成される具体的諸操作の水準の諸構造に結びつけていく」。それは「前操作的時期(二～七歳)を経て結びつけるのである」(Piaget, 1966, 邦訳1969, p. 115)とPiaget(1966)は述べている。また、田中昌人(1988)は5歳半頃の「生後第三の新しい発達の力の誕生」が「具体的操作」への道であり、「書きことば」を身につけていくことを将来可能にしていく力として誕生してくると述べている。

5歳頃以降、どのような人間関係の中でいかなる生活を送って9・10歳頃の領域に到達したかによってその姿は異なる。

子ども達が9・10歳頃の領域をどのように通過するかには、大きくみると複数の道がある。一つは、9・10歳頃に変換を獲得し、それを力として新たな世界へ歩み出す子どもたちである。もう一つは、獲得したかに見えたにもかかわらず、後退又は停滞しその後変換を獲得するため、領域通過が長引く子どもたちである。彼らは、ゆっくりしたテンポでこの領域を通過するのである。

これらから「9・10歳頃の発達領域」の通過の多様性が示唆される。

第3節 今後の課題

今後の課題として次の点が考えられる。

その一つは、重さの保存概念の獲得に関わって、「切り離し」「再構成」「領域」という概念を提示したが、その内容を検証し豊かにすることである。重さの保存に関する調査研究から得られた知見を基にしているが、その存在を直接対象とする調査方法を考え実施することが必要になる。

二つめは、9・10歳頃にみられる発達の姿についてである。本研究で明らかにした9・10歳頃にみられる姿は、その端緒ではないかということである。本研究は、9・10歳頃の発達について一定の寄与はしていると考えますが、子ども達が示す具体的な姿を更に観察・調査すると同時に、直接子ども達に話を聞く方法を取り入れるなど今回とは異なる方法で子どもの姿をとらえることも必要だと考える。

第4節 終わりに

本研究の中で得られた知見をもとに、子ども達にとってよりよい環境を準備することにつながると思われる点について述べたい。

一つは、子ども達の姿を注意深く見ること、そして明らかになったことを事実として受け止めることの重要性である。本研究は実証的調査研究(第2章・第3章・第4章)を中心としているが、そこで明らかになったことは、子ども達が9・10歳頃に大きな転換の時期を迎えるということである。同時に、その時期は生活年齢の9・10歳頃のみで完結するものでは

なく、それぞれの子どもに特有の「一定の時間・空間・通過の仕方」が必要であった。このことを子ども達に関わるおとなが認識することが求められる。

二つめは、「一定の時間・空間・通過の仕方」を保障することの重要性である。第5章で明らかになったように実践者は、小学校3年生あるいは4年生でその発達に即した方法を考え工夫して授業をつくっていた。しかし、一方で、学習指導要領とそれに基づく教科書の内容からの逸脱は認められないという現実がある。したがって、発達に即した授業内容を工夫するにも限界があり、そのための時間の確保は厳しいのが現状であろう。この領域を通過する際の多様性について触れたが、それゆえ子ども達に必要な時間も異なる。その時期をたっぷりとしてゆったりと子ども達が過ごすことができるよう制度面を含め改善されることが求められる。第5章で取り上げた授業はその限界を踏まえつつ可能な努力を行っている教育現場の姿といえる。その実践的蓄積は、学習指導要領と教科書を超越する実践的可能性を示している。

子ども達はその時期をたっぷりゆったり過ごすことを保障するということは、「待つ」と言い換えることができる。「待つ」といった場合、待つ側は集団的であること、そして、現下の子どもの実態（往々にしてそれは「わからない」「できない」でいる姿であることが多い）を必要な時期として理解することが求められる。

三つめは、抽象的論理的な思考が獲得される9・10歳頃であるが、具体的な体験、本物に接することの重要性を改めて強調したい。ICT (Information and Communication Technology) が教育を含め様々な形で子ども達の身近に存在する現状である。今後一層その傾向は強まると考えられる。だからこそ、具体的な体験や本物にふれることが重要になる。「生」の体験があってこそICTも子どもにとって意味を持ってくると考えられる。

引用文献

序章

Bruner, J.S., Olver, R. R., & Greenfield, P. M., et al 1966 *Studies in cognitive growth—A collaboration at the center for cognitive studies—*. Wiley (岡本夏木(訳者代表), 1969, 認識能力の成長, 明治図書)

大矢禎一・鎌田正裕ほか 2022 中学校理科教科書 未来へひろがるサイエンス 2 啓林館

大矢禎一・鎌田正裕ほか 2022 中学校理科教科書 未来へひろがるサイエンス 3 啓林館

第1章

秋葉英則 1989 思春期へのステップ—9, 10 歳を飛躍の節に 清風堂書店出版部

天野清・黒須俊夫 1992 小学生の国語・算数の学力 秋山書店

別府哲 2020 自閉スペクトラム症と 9 歳の節—ユニークな心理化と自己理解 障害者問題研究, 48(2), pp.98-105.

藤岡秀樹 2010 9,10 歳児の特性—学力・教育評価研究の立場から— 心理科学 30(2), pp.33-42.

Gessell, A., Iig, F. L., & Ames, L. B., 1977 *The child from five to ten revised edition*. Harper & Row. (大羽綾子, 山下俊郎, 神山正治訳 1983 学童の心理学—5 歳より 10 歳まで—, 家政教育社)

萩原浅五郎 1964 今月の言葉. ろう教育, 19(7).

服部敬子 1997 学童期における自己概念の質的変化と教育上の留意点 教育方法の探究, 1, pp.30-50.

林成之 2011 子どもの才能は 3 歳, 7 歳, 10 歳で決まる! 幻冬舎

池田太郎 1973 精神薄弱児・者の教育 北大路書房

池内了 2021 物理学の原理と法則 講談社

井本英夫・尾中篤・松村道雄編 2021 高等学校理科用教科書 化学基礎 啓林館

加藤直樹 1987 少年期の壁をこえる—九, 十歳の節を大切に— 新日本出版社

川地亜弥子 2020 詩や作文にみる 9 歳頃の子どもの発達と指導 障害者問題研究, 48(2), pp.82-89.

日下正一 1989 「九・十歳の壁」論と発達心理学的課題: 児童期の発達研究? 長野県短期大学紀要, 44, pp.95-104.

京都教職員組合養護教員部編 1988 田中昌人先生講演記録 子どもの発達と健康教育② かもがわ出版

宮口幸治 2019 ケーキの切れない非行少年たち 新潮社

森口佑介 2015 幼児期から児童期 発達科学ハンドブック 8 脳の発達科学 新曜社 pp.19-27.

中村隆一 2019 現場実践と発達研究の往還: 池田太郎による戦後初期の 9・10 歳頃の発達

- の質的転換期に関する研究ノート. 甘露一滴, 14, p.7.
- 岡本稲丸 1964 高等部標準学力検査結果の報告 京都府立聾学校研究紀要, (3), p.33.
- 岡本夏木 1987 つまずきとゆらぎ 岩波講座 教育の方法 2 学ぶことと子どもの発達
岩波書店 pp.110-144.
- Piaget, J., & Garcia, R. 1983 *Psychogenese et histoire des sciences*. Flammarion. (藤野邦夫・松原望訳 1996 精神発生と科学史 新評論)
- Piaget, J., & Inhelder, B. 1941 *Le développement des quantités chez l'enfant*. Delachaux et Niestlé. (滝沢武久・銀林浩訳 1965 量の発達心理学 国土社)
- Piaget, J., & Inhelder, B. 1966 *La psychologie de l'enfant*. Presses Universitaires de France. (波多野完治・須賀哲夫・周郷博訳 1969 新しい児童心理学 白水社)
- 竹内謙彰 2009 学童期における認知発達の特徴 立命館人間科学研究, 18, p.77-86.
- 田丸敏高 2009 小学生の生活とこころの発達 心理科学研究会編 福村出版
- 田丸敏高 2010 児童期の発達段階と 9, 10 歳の節 心理科学, 30(2), pp.23-32.
- 田中昌人 1980 人間発達の科学 青木書店
- 田中昌人 1987 人間発達の理論 青木書店
- 脇中起余子 2020 聴覚障害教育と「9歳の壁」 障害者問題研究, 48(2), pp.90-97.
- 渡辺弥生 2011 子どもの「10歳の壁」とは何か? 乗り越えるための発達心理学 光文社

第2章

- 天岩静子 1973 Piaget における保存の概念に関する研究 教育心理学研究, 21(1), pp.1-11.
- Centre Royaumont pour une science de l'homme 1979 *Théories du langage, théories de l'apprentissage*. Points. (藤野邦夫訳 1986 ことばの理論 学習の理論—ジャン・ピアジェとノーム・チョムスキーの論争 思索社)
- Cole, M., & Scribner, S. 1974 *Culture & Thought: A Psychological Introduction*. John Wiley & Sons. (若井邦夫訳 1982 文化と思考 —認知心理学的考察— サイエンス社)
- Kohlberg, L. 1971 From *is* to *ought*: How to commit the naturalistic fallacy and get away with in the story of moral development. In Mischel, T. (Ed.) *Cognitive Development and Epistemology*. Academic Press. pp.151-235. (内藤俊史・千田茂博訳 1985 <である>から<であるべき>へ 永野重史編 道德性の発達と教育 新曜社 pp.1-123)
- 増田有紀 2006 重さに関する児童の認識の実態調査 —未習児童と既習児童の比較調査を中心に— 日本数学教育学会誌, 88(10), pp.2-11.
- 森一夫 1976 幼児における素朴実在論的物質観 —特に体積と重量の概念的未分化について— 教育心理学研究, 24(1), pp.17-25.
- 中垣啓 2007 ピアジェに学ぶ認知発達の科学 北大路書房

- Piaget, J., & Inhelder, B. 1941 *Le développement des quantités chez l'enfant*. Delachaux et Niestlé. (滝沢武久・銀林浩訳 1965 量の発達心理学 国土社)
- Piaget, J., & Inhelder, B. 1966 *La psychologie de l'enfant*. Presses Universitaires de France. (波多野完治・須賀哲夫・周郷博訳 1969 新しい児童心理学 白水社)
- 園田直子・丸野俊一 2010 知覚的判断から推移律にもとづく系列化への変化過程：重さ課題を用いて 発達心理学研究, 21(1), pp.23-35.

第3章

- 新井邦二郎 1975 長さ、重さ、液量における単位の同一性概念 教育心理学研究, 23(1), pp.1-9.
- 波多野完治編 1965 ピアジェの認識心理学 国土社
- 文部科学省 2017 学習指導要領
- 大西真樹男 2017 8～10歳の「重さの保存」に関する研究—子どもの保存・非保存判断の記述による説明に着目して— 立命館産業社会論集, 53(3), pp.65-82.
- Piaget, J., & Inhelder, B. 1941 *Le développement des quantités chez l'enfant*. Delachaux et Niestlé. (滝沢武久・銀林浩訳 1965 量の発達心理学 国土社)
- 田中昌人 1987 人間発達の理論 青木書店
- 遠山啓・銀林浩編 1971 数学教育現代化の基礎 1 「量と構造」 国土社

第4章

- 青木多寿子 2002 認知発達の心理学 九州大学出版会
- 別府哲 2016 横断的研究／縦断的研究：発達を調べる2つの切り口 子安増生（編）よくわかる認知発達とその支援第2版 ミネルヴァ書房
- 藤村宣之 1990 児童期の内包量概念の形成過程に関する縦断的研究 発達心理学研究 1(1), pp.70-78.
- 浜崎幸夫 1983 重さの保存の発達(6)—垂直的デカラージュについて 日本教育心理学会 第25回総会発表論文集, pp.288-289.
- 廣瀬隆司 1995 第3学年の児童の「重さ」に関する知識の様相—「重さ」の保存についての水準区分と段階区分に関連して 数学教育学研究, 1, pp.133-149.
- 日下正一 1995 幼児から児童期にかけての認知発達における矛盾の意識化と解決に関する心理学的研究 風間書房
- 三宅和夫・高橋恵子 2009 発達心理学における縦断研究—その発展と課題 三宅和夫・高橋恵子（編著） 縦断研究の挑戦—発達を理解するために 金子書房 pp.1-21.
- 西林克彦 2021 知っているつもり—「問題発見力」を高める「知識システム」の作り方 光文社
- 大西真樹男 2019 学童期における重さの単位の発見に関する研究—重さの保存との関

連に着目して— 立命館産業社会論集, 54(4), pp.87-106.

Piaget, J., & Inhelder, B. 1941 *Le développement des quantités chez l'enfant*. Delachaux et Niestlé. (滝沢武久・銀林浩訳 1965 量の発達心理学 国土社)

第5章

堀雅敏 2009 「小学校学習指導要領解説 理科編」を読んで. 理科教室, 52 (3), pp.62-67.

五十嵐寿 1987 物・その重さと体積<小4> 新生出版株式会社編 理科の授業実践講座 13 重さ・体積・密度 新生出版 pp.34-40.

Lozada, M., & Carro, N. 2016 Embodied Action Improves Cognition in Children: Evidence from a Study Based on Piagetian Conservation Tasks. *Frontiers in Psychology*

文部省 1947 小学校学習指導要領 算数・数学科編(試案) 第八章 第三学年の算数科の指導. <https://www.nier.go.jp/guideline/s22ejm/chap8.htm>

文部省 1951 小学校学習指導要領 改訂版 算数科編(試案) 三学年の指導内容. <https://www.nier.go.jp/guideline/s26em/chap3-3.htm>

文部省 1958 小学校学習指導要領

第3節 算数 <https://www.nier.go.jp/guideline/s33e/chap2-3.htm>

第4節 理科 <https://www.nier.go.jp/guideline/s33e/chap2-4.htm>

文部省 1968 小学校学習指導要領

第3節 算数 <https://www.nier.go.jp/guideline/s43e/chap2-3.htm>

第4節 理科 <https://www.nier.go.jp/guideline/s43e/chap2-4.htm>

文部省 1977 小学校学習指導要領

第3節 算数 <https://www.nier.go.jp/guideline/s52e/chap2-3.htm>

第4節 理科 <https://www.nier.go.jp/guideline/s52e/chap2-4.htm>

文部省 1989 小学校学習指導要領

第3節 算数 <https://www.nier.go.jp/guideline/h01e/chap2-3.htm>

第4節 理科 <https://www.nier.go.jp/guideline/h01e/chap2-4.htm>

文部省 1998 小学校学習指導要領

第3節 算数 <https://www.nier.go.jp/guideline/h10e/chap2-3.htm>

第4節 理科 <https://www.nier.go.jp/guideline/h10e/chap2-4.htm>

文部科学省 2008 小学校学習指導要領

文部科学省 2017 小学校学習指導要領

中村和夫 2004 ヴィゴツキー心理学 完全読本. 新読書社.

大西真樹男 2019 学童期における重さの単位の発見に関する研究—重さの保存との関連に着目して— 立命館産業社会論集, 54(4), pp.87-106.

- 大西真樹男 2019 重さの保存の縦断的研究 日本教育心理学会第 61 回総会発表論文集, p.550.
- 小佐野正樹 2011 教科書の「重さ」学習と「物の重さ」. 理科教室, 54(10), pp.8-15.
- Piaget, J., & Inhelder, B. 1941 *Le développement des quantités chez l'enfant*. Delachaux et Niestlé. (滝沢武久・銀林浩訳 1965 量の発達心理学 国土社)
- 清水静海・船越俊介 2015 わくわく算数: 指導書 第1部総説 啓林館
- 石浦章一ほか 2015 わくわく理科 3: 指導書 啓林館
- 杉山健 2006 小中学校における重さの扱いの変遷. 理科教室, 49(9), pp.38-43.
- 臼田孝 2018 ブルーボックス 新しい1キログラムの測り方 講談社
- 渡辺弥生 2011 子どもの「10歳の壁」とは何か? 乗り越えるための発達心理学 光文社

6章

- Выготский, Л. С. 1934 *Мышление и речь*. (柴田義松訳 1962 思考と言語 上・下 明治図書)
- 京都教職員組合養護教員部編 1988 田中昌人先生講演記録 子どもの発達と健康教育② かもがわ出版
- Piaget, J., & Inhelder, B. 1966 *La psychologie de l'enfant*. Presses Universitaires de France. (波多野完治・須賀哲夫・周郷博訳 1969 新しい児童心理学 白水社)
- Piaget, J., & Inhelder, B. 1941 *Le développement des quantités chez l'enfant*. Delachaux et Niestlé. (滝沢武久・銀林浩訳 1965 量の発達心理学 国土社)