

作問課題による小学1年生の減法場面理解の検討

金 田 茂 裕*

本研究の目的は、減法の求残・求補・求差の場面理解の認知過程について、先行研究で使用された文章題に加え、新たに作問課題を用いて調べ、それらの場面理解の難しさの程度と理由を明らかにすることであった。研究1 ($N=110$) では、式(6-2)と絵(求残・求補・求差の場面)を併せて提示し、両方を考慮して適切な話を文章で記述することを小学1年生に求めた。その結果、求残より求補、求差の場面で正答率が低いことが示され、これらの場面理解は難しいという従来の研究の知見が確認された。さらに、誤答内容を分析した結果、場面間でその傾向が異なることが示され、求補の場面では絵と対応しない誤答が多く、一方、求差の場面ではそれに加え、式と対応しない誤答も多くみられた。同様の結果は、その4ヶ月後に実施した研究2 ($N=109$) でも得られた。以上の結果から、求補の場面では絵に表わされた全体集合と部分集合の包含関係を理解することが難しいこと、求差の場面では式と絵の対応関係を考えることが求められる点が難しいことが示唆された。

キーワード：減法、場面理解、作問課題、文章題、小学生

減法(subtraction)は、私たちが社会生活のさまざまな場面で頻繁に利用する四則演算のひとつであり、算数では計算手続き($7-5=2$ など)に加え、減法が用いられる場面も学習内容として重視される。その場面は次の3種類であり、「7羽の鳥のうち5羽が飛んでいったとき」のように数量の変化に関わる求残の場面(change), 「7本のくじのうち5本が当たりのときはずれの本数」のように数量の集合に関わる求補の場面(combine), 「7台のバスと5台のトラックではどちらがいくつ多い」のように数量の関係に関わる求差の場面(compare)がある。

各場面を理解することは、計算手続きの多様な意味を知ることとなり、概念的理解の深まりにつながると考えられる(Hiebert & Lefevre, 1986; Rittle-Johnson & Siegler, 1998など)。したがって、各場面を理解する認知過程を調べることは、重要な研究課題となると考えられる。この点に関して、Riley, Greeno, & Heller(1983)では、各場面の文章題の成績を比較する調査がおこなわれ、全体傾向として正答率は、求残より求補、求差の場面で低いことが示された。その傾向は、数多くの追試研究でも確認され、求残より求補、求差の場面理解が難しいということは、一般的結論として認められていると考えられる(Kintsch, 1998; Okamoto, 1996; Reed, 1999など)。

ただし、先行研究には、次の2つの問題点があると

考えられる。1点目は、場面理解の難しさの程度が十分に明らかにされていない点である。先行研究のように課題を文章題形式とした場合、未知数の位置や、問題文の表現方法の要因の影響を避けられない(De Corte, Verschaffel, & De Win, 1985; Hudson, 1983; Kintsch, & Greeno, 1985; Okamoto, 1996; Riley et al., 1983; Vicente, Orrantia, & Verschaffel, 2007など)。そのため、場面の要因を単独では検討しにくい。さらに、文章題では場面理解が不十分でもキーワードに依拠した方略等によれば正解できることが指摘されている(Verschaffel, Greer, & De Corte, 2000など)。したがって、場面理解の難しさの程度をよりの確に調べられる課題を用意し、先行研究の知見を検証することが必要であると考えられる。

2点目は、Riley et al. (1983)で指摘されているように、場面理解の難しさの理由が十分に明らかではない点である。一般的に、文章題解決の認知過程は、問題文を読み、場面を理解し、式を立て、計算を実行する順に進むと考えられている(Mayer, 1992)。先行研究では、問題文で場面を操作して提示し、それに対する式・答えを場面理解の指標として分析する方法が主として用いられてきた。しかし、そういった方法では、各場面に固有の認知過程を調べることはできないように思われる。文章題では、ある場面(例えば、求補の場面)を他の場面(例えば、求残の場面)と誤解した場合でも課題を解決可能であり、式・答えの指標には何も表れることなく、単に正解と判定されるためである。したがって、各場面に固有の認知過程を調べられる課題を用意する

* 東洋大学文学部
kinda@toyonet.toyo.ac.jp

ことが、場面理解の難しさの理由を明らかにするためには必要であると考えられる。

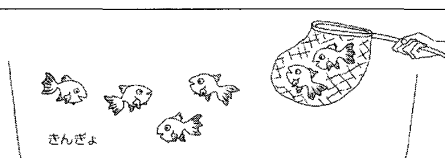
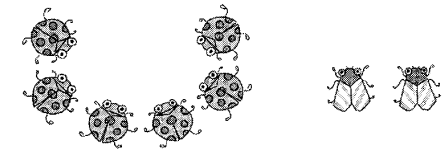
そこで注目されるのが、作問課題である。作問課題とは、式や絵を与え、場面の意味を理解させ、文章で記述させる課題のことである（文部科学省, 1999 ; 「小学算数」指導書編集委員会, 2006 ; 田中, 2004 など）。作問課題では問題文を提示しないため、文章題のように未知数の位置や表現方法の影響を受けることがなく、また、簡便な方略が使用される恐れもないと考えられる。さらに、式・答えでなく、文章で記述された話を分析できるため、各場面に固有の認知過程を検討できると期待される。

本研究の目的は、従来の研究で使用された文章題に加え、新たに作問課題を使用し、減法の求残・求補・求差の場面理解の認知過程を調べることであり、それにより先行研究の知見を検証し、場面理解の難しさの程度とその理由を明らかにすることである。これらの点を検討することは、算数の教育実践で子どもが減法の場面を理解する際のつまづきを診断し、それを支援する方法を考える上でも重要であると考えられる。その理由は、算数の教育実践では求残より求補、求差の場面理解が難しいことが経験的に知られている（「小学算数」指導書編集委員会, 2006 など）が、その学習方法は文章題形式に偏りがちであると指摘されており（文部科学省, 1999）、それらの場面理解の難しさの程度とその理由が十分に把握されていない恐れがあると考えられるためである。

そこで、求残・求補・求差の場面に関する作問課題を用意することにした。しかし、先行研究で使用された作問課題の多くは、場面を自由に想起させる形式であり、個別の場面に関するものは少ない（Bassok, Chase, & Martin, 1998 ; Bell, Fischbein, & Greer, 1984 ; Bernardo, 2001a, 2001b ; Cummins, Kintsch, & Reusser, 1988 ; De Corte & Verschaffel, 1985 ; 藤村, 1995, 2004 ; Lampert, 1986 など）。同様の傾向は、算数の教科書にもあてはまる（橋本他, 2004 ; 一松他, 2004 ; 中原他, 2004 ; 澤田他, 2004 ; 清水・船越他, 2004 ; 杉山・飯高・伊藤他, 2004）。ただし、参考になる研究はあり、藤村（1995）では、式（ $18 \div 6$ など）と併せて助数詞（個・人など）を提示することで乗除法の場面（等分除・包含除）を限定し、対応する話を作らせる課題が併せて使用された。

本研究では、藤村（1995）を応用し、式（6-2）と併せ、絵（Table 1）を提示し、「絵をみて6-2になるお話をつくりましょう」と教示する作問課題を用意した。各場面のちがいは、絵の個数、および、絵の種類の組み合わせがそれぞれ異なる点にある。求残の場面では、絵の種類は1、個数は6であり、「金魚6匹から2匹を取り去ったときの残り」のように数量の変化を理解する必要がある。求補の場面では、絵の種類は2、個数は6であり、「子ども6人のうち2人が女の子のときの男の子の人数」のように数量の集合を理解する必要がある。求差の場面では、絵の種類は2、個数は8であり、「てんとうむし6匹とせみ2匹の数のちがい」のように数量の関係を理解する必要がある。

Table 1 求残・求補・求差の作問課題の絵とその特徴

	絵	特徴	
		種類	個数
求残	 金魚ざよ	1	6
求補	 おとこのこ おんなのこ	2	6
求差	 てんとうむし せみ	2	8

ただし、次のような問題点も想定され、あらかじめ検討する必要があると考えられる。第1は、数量の変化を伴う求残と、それを伴わない求補のちがいを1枚の絵で表現することは難しい点である。例えば、求残の絵に対して、「金魚6匹のうち2匹が網の中のときの網の外の金魚の数」と求補の話が作られる可能性があると考えられる。第2は、求差の絵では、「てんとうむし」と「せみ」の数量を比較する意味が必ずしも明確でない点である。しかし、算数の教科書では、場面説明の際や、文章題の挿絵として、本研究と同様の絵が使用されている。また、国立大学生25名を対象とした予備調査の結果、求残で100%、求補で80%、求差で80%と大多数が場面に適切に対応する話を作成した。以上をふまえ、本研究ではTable1の絵を使用することにした。

作問の認知過程は、一般的に、式や絵の意味を読み取り、場面を想起(式からの作問の場合)、または、理解(絵からの作問の場合)し、文章で記述する順に進むと考えられる。ただし、本研究の作問課題では、式と絵を併せて提示するため、式と絵の両方を考慮して場面を理解することが必要とされることが考えられる。そこで、本研究では作問課題の正答基準を話が式と対応していること、かつ、絵と対応していることとし、解答を分析することにした。また、作問の認知過程を調べるにあたっては、場面理解の難しさと、文章で記述することの難しさを区別し検討する必要があると考えられる。そこで、場面を限定せず「7-3になる算数のお話をつくりましょう」と教示する課題(自由作問)を併せて用意した。

本研究の具体的な検討課題は、以下の3点である。第1は、求残・求補・求差の場面理解の難しさの程度を作問課題により比較し、先行研究の知見を検証することである。先述した通り、先行研究では文章題の正答率は、全体傾向として求残>求補、求差であることが示されてきた。ここで、場面の要因の影響は、文章題と作問課題に共通すると考えられることから、同様の傾向は作問課題の正答率にもみられると予測される。さらに、場面理解の難しさと、文章で記述すること自体の難しさを区別するため、自由作問の正答率を併せて調べ、求残・求補・求差の作問課題の正答率と比較する。

第2は、第1の点を確認した上で、求残より求補、求差の場面理解が難しい理由を明らかにすることである。この点は、誤答内容の分析により検討できると考えられる。求残と求補の場面を比較すると、絵の種類は求残で1、求補で2と異なり、求補では絵の種類

ちがいをふまえることが必要とされるため、この点で求残より場面理解が難しいと予測される。一方、求残と求差の場面を比較すると、絵の種類が異なるのに加え、絵の個数も求残で6、求差で8と異なる。そのため、求差では絵の種類のちがいをふまえることに加え、さらに、6-2の式と絵の個数を対応させることが必要とされることが考えられる。求差の場面理解は、これらの点で求残より難しいと予測される。

第3は、場面理解の難しさの程度を調べるための課題として、文章題と作問課題のどちらが適切かを比較検討することである。この点は、場面ごとに課題成績を比較することで検討できると考えられる。各場面に對する成績は、文章題で比較的高く、作問課題で比較的低くなると予測される。その理由は、先述した通り、文章題では場面理解が不十分でも正解できる可能性があり、理解度が過大評価される恐れがあると考えられるためである。

調査対象は、減法の式、および、計算の手続き、各場面をひと通り学習し終えた小学1年生の児童とすることにした。ただし、算数1年では、1学期末～2学期始めの時期と、2学期末～3学期始めの時期の2回にわけて減法の学習がおこなわれるのが一般的である。そこで、本研究では調査時期の影響の有無を併せて検討し、1、2回目の学習後の時期にそれぞれ研究1、2をおこなうことにした。

研究 1

方法

対象 大阪府の公立小学校の1年生4クラスより110名(男55名、女55名)、平均年齢は6.7歳であった。調査は2006年11月に実施した。なお、調査対象校で授業は、算数教科書の中原他(2004)、および、指導書の「小学算数」指導書編集委員会(2006)に沿っておこなわれ、求残・求補・求差の場面に関して、児童は7月から9月にひと通り学習を終えていた。ただし、本研究で用意したような場面を限定した作問課題は授業で用いられていない。このことは、授業の指導案の検討会への参加、および、授業参観を通して確認した。

材料 求残・求補・求差の作問課題を用意した(Table1)。教示は「絵をみて6-2になるお話をつくりましょう」とした。課題が各場面の話を作らせることを意図するといえるかを調査対象校の担任教諭に事前に尋ねたところ、全員が課題の意図を理解できると答えた。さらに、話を文章で記述すること自体の難易度を調べるため、「7-3になる算数のお話をつくりましょう」と

教示する課題（自由作問）を併せて用意した。

また、求残・求補・求差の文章題を用意した（Table 2）。なお、文章題の難易度は未知数の位置や、問題文の表現方法により変化することが知られるが、作問課題で提示する式と同様に、結果が未知のものとし、かつ、教科書に一般的に掲載されている文章題とした。ただし、練習効果を避けるため、調査対象校で用いられていない教科書から文章題を選んだ。

以上の課題は、B 5 版の用紙を使用して冊子形式にまとめた。作問課題は1ページごとに1問とし、話を作るための記述欄は各ページの半分程度のスペースとした。一方、文章題は1ページに3問を並べた。なお、問題文の全ての漢字にルビを振った。

手続き 担任教諭に依頼し、クラスごとに調査を実施した。はじめに注意事項として、勝手にページをめくって次の問題に進んだり戻ったりせず、先生の合図に従ってページをめくることが、問題の内容に関する質問は認められないので、自分でよく考えて解答することを伝えた。

課題の提示順序は、(1)自由作問、(2)求残作問、(3)求補作問、(4)求差作問、(5)求残、求補、求差の文章題とした。この提示順序は、自由作問での場面想起、および、求残、求補、求差の作問課題での場面理解に対して、文章題の解決経験が影響しないように配置したためである。なお、求残、求補、求差の順序とした理由は、算数の学習順序に従ったためである。解答時間は、作問課題は1問あたり約5分程度、文章題は3問を合わせて5分程度を目安とし、実施時の状況に応じて担任教諭に設定してもらった。研究1の調査の終了時には、研究2で同じ課題を使用する予定であることを考慮し、正解答例は示さず、正誤に関するフィードバックも与えなかった。

結果と考察

各課題の正答率にクラスによる偏りがほとんどみられなかったため、以下では4クラスの結果を合計して報告する。作問課題の正答基準は、6-2の式と対応した

話であり、かつ、絵と対応した話であることとした（Table 3）。なお、求補の場面については、絵の種類のちがい〔男の子・女の子〕がふまえられているかに着目し、絵との対応の有無を判定した。また、自由作問の正答基準は、7-3の式と対応した話であることとした。各課題の正答率は、自由作問 92%、求残作問 86%、求補作問 15%、求差作問 9%であった。

自由作問、および、各場面の作問課題の正答者数について Cochran の Q 検定をおこなったところ、その偏りは有意であった ($Q_{(3)}=230.51, p<.01$)。McNemar の検定による多重比較 (Ryan 法) の結果、自由と求補 ($z=9.05, p<.01$)、自由と求差 ($z=9.43, p<.01$)、求残と求補 ($z=8.61, p<.01$)、求残と求差 ($z=9.11, p<.01$) の間で差がみられた。一方、自由と求残 ($z=1.45, n.s.$)、および、求補と求差 ($z=1.25, n.s.$) の間で差はみられなかった。以上をまとめると、作問課題の正答率は、自由、求残>求補、求差であった。

さらに、各場面の作問課題の正誤パターンを分析した。その結果、求補作問および求差作問で正答した児童は、必ず求残作問で正答しているという関係がみられ、その逆は1名を除きみられなかった (Table 4)。これにより、自由作問および求残作問は比較的易しく、求補作問および求差作問は比較的難しいことが確かめられた。

次に、各場面の作問課題の誤答内容を調べた (Table 3)。以下では、式と対応するが絵と対応しないものを○×、式と対応しないが絵と対応するものを×○、式と対応せず、かつ、絵と対応しないものを××とする。求残の場面では、○×や×○はみられず、××が7%であった。××の例として、「きんぎょが6匹ありました。2匹入ってきました。残りは何匹になりましたか(原文のまま)」は、式が6-2と対応する話ではなく、絵とも対応していない。また、未完成・無答が6%であった。

求補の場面では、○×が50%であった。例えば「男の子が4人います。女の子が2人います。2人帰りました。残っているのは何人でしょう」は、式は6-2となると解釈できるが、漠然と「2人帰りました」とされており、男の子4人、女の子2人の絵に対応するとはいえない。また、×○が4%、××が14%、未完成・無答が18%であった。××の例として、「男の子が6人いました。女の子が2人います。残っているのは」は、式が不明確であり、絵とも対応していない。

求差の場面では、○×が27%であった。例えば「てんとうむしが6匹います。2匹にげました。残っているのは何匹でしょう」は、式は6-2となると解釈でき

Table 2 求残・求補・求差の文章題

求残	6にん あそんで います
	4にん かえると なんにん になりますか
求補	かぶとむしが7ひき います
	おすは3ひきです めすは なんひきですか
求差	あかい かさが8ほんあります
	しろい かさは5ほんあります
	あかい かさのほうが なんほん おおいですか

Table 3 作問課題の正答基準と解答例, 人数比率: 括弧内は人数 [研究1]

	式と対応	絵と対応	解答例	% [n]
求残	○	○	きんぎょが6匹います 2匹すくいました 残りは何匹でしょう	86 (95)
	×	×	きんぎょが6匹ありました 2匹入ってきました 残りは何匹になりましたか (原文のまま) 6匹のきんぎょがいました 2人がつかまえました 残りは何人ですか (原文のまま)	7 (8)
			未完成・無答 きんぎょが6匹いました あとから2・・・(未完成)	6 (7)
求補	○	○	男の子と女の子が6人で遊んでいました そのうち2人は女の子です 男の子は何人いるでしょう 男の子と女の子とが6人います 女の子が2人帰りました 残りは何人でしょう (男の子と女の子を合わせた全体と, 女の子という部分に着目していると解釈できるため)	15 (16)
	○	×	男の子が6人遊んでいます 2人帰りました 残りは何人ですか 男の子が4人います 女の子が2人います 2人帰りました 残っているのは何人でしょう (男の子と女の子を合わせた全体と, 女の子という部分に着目していると解釈できないため)	50 (55)
	×	○	男の子が4人います 女の子が2人います どちらがどれだけ多いでしょう	4 (4)
	×	×	男の子が6人いました 女の子が2人います 残っているのは (原文のまま)	14 (15)
			未完成・無答 男の子が4人, 女の子が2人いました・・・(未完成)	18 (20)
求差	○	○	てんとうむしが6匹います セミが2匹います どちらがどれだけ多いでしょう てんとうむしが6匹いました セミが2匹飛んできました すると, てんとうむしが2匹飛んでいきました 残りのてんとうむしは何匹ですか (2匹のせみと2匹のてんとうむしの移動が対応していると解釈できるため)	9 (10)
	○	×	てんとうむしが6匹います 2匹にげました 残っているのは何匹でしょう てんとうむしが4匹とせみが2匹いました 2匹にげていきました 残りは何匹ですか	27 (30)
	×	○	てんとうむしが6匹います セミが2匹です セミが2匹巣に帰りました 残りは何匹でしょう 木にてんとうむしが6匹いました 別の木にせみが2匹いました そのてんとうむしが2匹にげていきました	37 (41)
	×	×	てんとうむしが6匹います 友達に全部あげました 次はせみをつかまえてきました 妹にあげました 何個残っているでしょう (原文のまま)	13 (14)
			未完成・無答 てんとうむしが6匹いました セミが2匹飛んでいきました みんなでなんに・・・(原文のまま)	14 (15)

求残作問では, ○×や×○はみられなかった。解答例では, 平仮名やカタカナで書かれた部分の一部を漢字・平仮名に変換した。

Table 4 求残・求補・求差の作問課題の正誤パターンと人数比率: 括弧内は人数 [研究1]

求残	求補	求差	% [n]
○	○	○	1 (1)
○	○	×	13 (14)
○	×	○	8 (9)
○	×	×	65 (71)
×	○	○	—
×	○	×	1 (1)
×	×	○	—
×	×	×	13 (14)
			100 (110)

○は正答, ×は不正答を示す。

るが, セミの絵に言及されておらず, 絵と対応するとはいえない。また, ×○が37%であった。例えば「てんとうむしが6匹います。せみが2匹です。せみが2匹巣に帰りました。残りは何匹でしょうか」は, 絵と対

応しているが, 式が6-2となるとは解釈できない。他には, ××が13%, 未完成・無答が14%であった。

以上の結果に基づき, 各場面の作問課題の誤答内容に関して分析をおこなった。○×の人数について Cochran の Q 検定をおこなったところ, その偏りは有意であった ($Q_{20}=68.94, p<.01$)。McNemar の検定による多重比較 (Ryan 法) の結果, 求残と求補 ($z=7.28, p<.01$), 求残と求差 ($z=5.29, p<.01$), 求補と求差 ($z=3.50, p<.01$)の間で差がみられ, その人数比率は, 求残 < 求差 < 求補であった。一方, ×○の人数に関して同様の分析をおこなった結果, その偏りは有意であり ($Q_{20}=69.26, p<.01$), 求残と求差 ($z=6.02, p<.01$), 求補と求差 ($z=5.77, p<.01$)の間で差がみられ, 求残と求補 ($z=0.89, n.s.$)の間ではみられなかった。まとめると, その人数比率は, 求残, 求補 < 求差であった。

次に, 求残・求補・求差の各場面の文章題に関して,

正答基準を式と答えが正しいこととし、正答率を調べたところ、求残 93%，求補 86%，求差 84%であった。Cochran の Q 検定の結果、正答者数の偏りは有意であった ($Q_{(2)}=10.53, p<.01$)。McNemar の検定による多重比較 (Ryan 法) の結果、求残と求補 ($z=2.00, p<.05$)、求残と求差 ($z=2.85, p<.01$) の間で差がみられ、求補と求差 ($z=0.60, n.s.$) の間で差はみられなかった。まとめると、文章題の正答率は、求残>求補、求差であり、先行研究の結果と一致した。

Figure 1 は、各場面の文章題と作問課題の正答率をまとめたものである。各場面の正答者数について McNemar の検定をおこなったところ、求残 ($z=1.38, n.s.$) で差はみられず、求補 ($z=8.72, p<.01$)、および、求差 ($z=8.83, p<.01$) で差がみられた。さらに、各場面の文章題と作問課題の正誤パターンを調べた (Table 5)。その結果、求補、求差の場面に関して明確な傾向がみられ、文章題で正答だが作問課題で誤答の+−群は、それぞれ 74%、75%と多かったが、その逆に、文章題で誤答だが作問課題で正答の−+群はほとんどみられず、それぞれ 2%、1%であった。以上より、求補、求差の場面では、文章題より作問課題の方が難しいことが示された。

最後に、補足的分析として、作問の正誤ではなく、話の構造を調べた (Table 6)。例えば、求補の作問課題に対して、「男の子が 6 人います。女の子が 2 人います。どちらがどれだけ多いでしょう」は誤答であるが、2 つの量の比較に関わる点で構造としては求差である。また、求差の作問課題に対して、「てんとうむしが 6 匹います。2 匹にげました。残っているのは何匹でしょう」も誤答であるが、減少後の残りに関わる点で構造は求残である。そのようにして話の構造の出現比率を

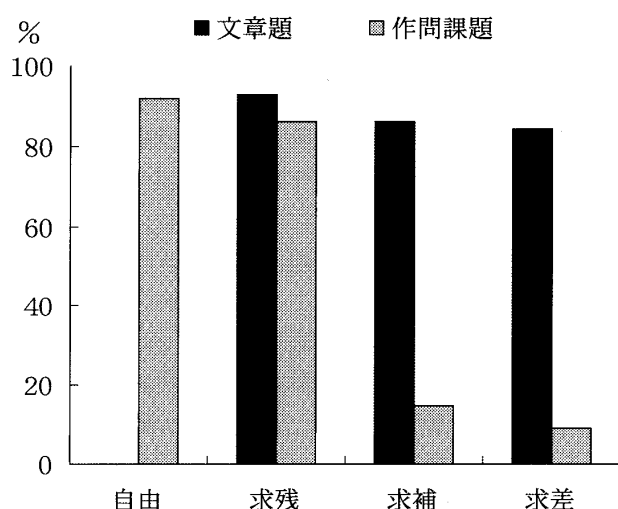


Figure 1 文章題と作問課題の正答率 [研究 1]

Table 5 文章題と作問課題の正誤パターンと人数比率：括弧内は人数 [研究 1]

文章題	作問課題	求残	求補	求差
+	+	81 (89)	13 (14)	8 (9)
+	−	12 (13)	74 (81)	75 (83)
−	+	5 (6)	2 (2)	1 (1)
−	−	2 (2)	7 (13)	15 (17)
		100 (110)	100 (110)	100 (110)

+は正答、−は不正答を示す。

調べた結果、求残の話が多くみられ、自由作問で 92%，求残作問で 86%，求補作問で 54%，求差作問で 63%であった。

以上の結果をまとめると、作問課題の正答率は、自由、求残>求補、求差であることが示され、この点は正誤パターンの分析からも確かめられた。また、作問課題の誤答内容に関して、○×の比率は求残 < 求差 < 求補であり、×○の比率は求残、求補 < 求差であった。さらに、作問課題と文章題の正答率を比較したところ、求補、求差の場面では、作問課題の方が文章題より難しいことが明らかになった。

ただし、本研究では、求残の場面を先に提示したため、それが後続の求補、求差の場面理解に影響した可能性が残る。しかし、自由作問の話の構造に関する分析結果より、大多数の児童は求残の場面を想起する傾向を持っていた点をふまえると、求補、求差の場面を先に提示したとしても結果はそれほど変わらないと推測される。

研究 2 では、減法の 2 回目の学習を終えた小学 1 年生の児童を対象とし、研究 1 で得られた結果が別の時期にも確認されるかを検討する。ただし、減法の話を作ること自体がそれほど難しくなく、求補、求差の場面では作問課題の方が文章題より難しいことは明確であると考え、研究 2 では、本研究の第 1、2 の検討課題である各場面の正答率の比較、および、誤答内

Table 6 作問課題における話の構造と人数比率：括弧内は人数 [研究 1]

話の構造	作問課題			
	自由	求残	求補	求差
求残	92 (101)	86 (95)	54 (59)	63 (69)
求補	—	—	15 (17)	3 (3)
求差	1 (1)	1 (1)	4 (4)	10 (11)
他	7 (8)	13 (14)	27 (30)	25 (27)

他とは、減法以外の話、または、未完成・無答である。

容の分析のみをおこなうことにした。

研究 2

方法

対象 研究1と同じ児童であり、大阪府の公立小学校の1年生4クラスより109名(男56名,女53名),平均年齢は6.9歳であった。調査は2007年3月に実施した。児童は7月から9月に減法の1回目の学習で各場面をひと通り学習した後,11月から12月に繰り下がりのある計算に関する2回目の学習を終えていた。なお,この期間に場面を限定した作問課題が授業で用いられていないことは,研究1と同じ方法で確認した。

材料 研究1と同じ求残・求補・求差の作問課題を用意した(Table 1)。教示も同じであり,「絵をみて6-2になるお話をつくりましょう」とした。課題冊子のサイズとレイアウト,漢字にルビを振った点など,他の点も研究1と同じであった。

手続き 担任教諭に依頼して,研究1と同じ方法でクラスごとに実施した。課題の提示順序は,(1)求残作問,(2)求補作問,(3)求差作問とした。その理由は,研究1と同じであり,算数の学習順序に従ったためである。解答時間は,1問あたり約5分程度を目安とし,研究1のときと同様に,実施時の状況に応じて担任教諭に設定してもらった。

結果と考察

研究1と同じ正答基準により作問課題の正答率を求めたところ,求残作問93%,求補作問38%,求差作問25%であった(Table 7)。各場面の正答者数についてCochranのQ検定をおこなったところ,その偏りは有意であった($Q_{(2)}=100.78, p<.01$)。McNemarの検定による多重比較(Ryan法)の結果,求残と求補($z=7.50, p<.01$),求残と求差($z=8.17, p<.01$),求補と求差($z=2.00, p<.05$)の間で差がみられた。

次に,各場面の作問課題の誤答内容に関して,研究1と同様の方法で分析をおこなったところ,○×,×

○,××,未完成・無答の比率は,それぞれ,求残で1%,1%,4%,2%,求補で34%,11%,15%3%,求差で24%,31%,6%,15%であった。各場面の○×の人数についてCochranのQ検定をおこなったところ,その偏りは有意であった($Q_{(2)}=44.39, p<.01$)。McNemarの検定による多重比較(Ryan法)の結果,求残と求補($z=5.68, p<.01$),求残と求差($z=4.80, p<.01$)の間で差がみられ,求補と求差($z=1.70, p<.01$)の間ではみられなかった。一方,×○の人数に関して同様の分析をおこなった結果,その偏りは有意であり($Q_{(2)}=39.40, p<.01$),求残と求差($z=2.78, p<.01$),求補と求差($z=5.41, p<.01$),求補と求差($z=3.40, p<.01$)の間で差がみられた。

以上の結果をまとめると,作問課題の正答率は,求残>求補>求差であった。なお,求残より求補,求差の作問課題が難しいという点は,研究1と同様の方法でおこなった正誤パターンの分析からも確かめられた。また,作問課題の誤答内容に関して,○×の比率は,求残<求補,求差であり,×○の比率は,求残<求補<求差であった。

総合考察

本研究の目的は,減法の求残・求補・求差の場面理解の認知過程を調べ,その難しさの程度と理由を明らかにすることであり,従来の研究で使用された文章題に加え,新たに作問課題を使用し,小学1年生を対象とした調査をおこなった。その結果,先行研究に追加できる知見として,以下の3点が明らかになったと考えられる。

第1は,場面理解の難しさの程度に関することである。作問課題の正答率は,自由作問も含め比較した研究1で自由,求残>求補,求差,研究2で求残>求補>求差であった。共通点をまとめると,求残より求補,求差の正答率が低いことが示され,これらの場面理解が難しいという点で,先行研究の知見は確認された。また,この点は各場面の作問課題の正誤パターンを分析した結果からも確かめられた。さらに,話の構造を調べた結果,求補作問,求差作問では,半数以上の児童が求残の話を作っていたことが示され,この点からも求補,求差の場面理解は難しいことが示唆された。本研究の結果は,課題が文章題形式の場合に問題となる要因や方略の影響を避け,場面理解の難しさの程度を明らかにした点で意義があると考えられる。

本研究では,作問課題の認知過程に関して,式と絵の両方を考慮して場面を理解し,文章で記述する順で

Table 7 作問課題の正答基準と人数比率:括弧内は人数 [研究2]

式と対応	絵と対応	求残	求補	求差
○	○	93 (101)	38 (41)	25 (27)
○	×	1 (1)	34 (37)	24 (26)
×	○	1 (1)	11 (12)	31 (34)
×	×	4 (4)	15 (16)	6 (6)
未完成・無答		2 (2)	3 (3)	15 (16)
		100 (109)	100 (109)	100 (109)

進むと想定した。この点に関してまとめると、自由作問の正答率が92%と高かったことから、個別の場面理解が要求されない状況下で話を文章で記述すること自体はそれほど難しくないと考えられる。また、自由作問と求残作問の正答率が同程度であったことから、求残の場面理解は、それほど難しくないと考えられる。一方、求補作問、求差作問の正答率が低かったことから、式と絵の両方を考慮してこれらの場面を理解することは困難であったと結論できると考えられる。

第2は、場面理解の難しさの理由に関することである。各場面の誤答内容を調べたところ、式と対応するが絵と対応しない解答の比率は、研究1で求残<求差<求補、研究2で求残<求補、求差であり、共通点をまとめると、求残より求補、求差で多くみられた。その反対に、絵と対応するが式と対応しない解答の比率は、研究1で求残、求補<求差、研究2で求残<求補<求差であり、共通点をまとめると、求残、求補より求差で多くみられた。以上より、誤答内容の傾向は、求補の場面と求差の場面で異なることが明らかになり、このことから、各場面には固有の難しさがあることが示されることが考えられる。

求補の場面では、式と対応するが絵と対応しない話が多くみられた。絵と対応した話を作るためには、「6」は全体集合〔子ども〕の要素の個数を示し、「2」は部分集合〔女の子〕の要素の個数を示すことを理解しなければならない。この点に関して、先行研究では、全体集合と部分集合の包含関係を理解することは、7、8歳でも難しいことが示されている (Inhelder & Piaget, 1964 など)。本研究の調査対象は、平均6.7歳 (研究1)、6.9歳 (研究2) であり、求補の場面理解が難しい理由は、そういった包含関係を理解することが難しいという点にあると推測される。

一方、求差の場面では、式と対応するが絵と対応しない話に加え、絵と対応するが式と対応しない話も多くみられた。式と絵の両方に対応した話を作るためには、被減数の「6」は一方の集合〔てんとうむし〕の要素の個数を示し、減数の「2」は他方の集合〔せみ〕との間の要素のペアの数を示すことを理解しなければならない。そのためには、次の認知過程をたどる必要があると考えられる。まず、減数の「2」が個数を示すとしたとき、絵と対応しない話か、式と対応しない話しか作成できないことを理解し、次に、別の可能性を探り、ペアの数を示すとしたとき、適切な話を作成できることを理解するという順である。しかし、先行研究では、このように複数の可能性を考えることは、

低学年の児童には難しいと指摘されている (Horobin & Acredolo, 1989 ; Wollman, Eylon, & Lawson, 1979 など)。求差の場面理解が難しい理由は、このように式と絵の対応関係に関して複数の可能性を考えなければならない点にあると推測される。

第3は、場面理解の程度を調べるための課題として、文章題と作問課題のいずれが適切に関することである。研究1の結果、求残の場面では正答率に差がみられず、求補、求差の場面では作問課題の方が低いことが明らかになった。文章題の問題点として、場面理解が不十分でも正解するという点が指摘されていることをふまえると、求補、求差の場面理解の難しさを調べるための課題として、作問課題は文章題より厳しい基準であり、その点で適切であると考えられる。このことから、算数の教育実践では、子どもが求補、求差の文章題で正答したとしても、場面理解は十分とは限らない点に注意すべきであると考えられる。

本研究の結果をまとめると、求残より求補、求差の場面理解が難しいという点で、先行研究の知見が確認された。さらに、求補、求差の場面理解には固有の難しさがあることが示され、それぞれ、全体集合と部分集合の包含関係を理解することの難しさ、式と絵の対応関係を理解する過程で複数の可能性を考えることが求められることの難しさに関連することが示唆された。本研究の意義は、従来の文章題に加え、作問課題を使用することにより、各場面に固有の認知過程を調べ、場面理解の難しさの程度と理由をより詳しく明らかにした点にあると考えられる。

算数の教育実践に対する示唆として、次の点が導き出されることが考えられる。求残の場面に関する学習は、現行の教科書を用いた指導でほぼ十分であり、学習の時期も1年のときでよいと考えられる。しかし、求補、求差の場面に関する学習は、それだけでは十分ではない可能性があると考えられる。これらの場面に関しては、例えば、1年のときに文章題を主たる教材として各場面の概要を学習した後、中学年以降の時期に作問課題などの難易度のより高い教材を使用して復習をおこない、認知発達に即して場面理解を深めるといったことが必要となる可能性があると考えられる。

この点に関しては、さらにさまざまな角度から研究を進める必要があると考えられる。例えば、現行の教科書を用いた学習をおこなった場合における中学年以降の課題成績の変化を検討すること、各場面の理解を深めるための復習をさまざまな時期におこなった場合における課題成績の変化や、その復習の内容と回数の

効果を検討することなどである。また、求差の場面理解に関しては、式の意味について複数の可能性を考えることを重視した指導の効果を検討することも必要となると考えられる。

なお、本研究で用意した作問課題にも問題点がある可能性が残る。式(6-2)に含まれる数値や、絵の配置や内容が課題成績に影響しうる点である。特に、求補と求差の作問課題で使用した絵に関しては、それらの要因の影響の有無と程度を検討する必要があると考えられる。例えば、絵の配置に関して、求補では絵を種類ごとに左右に分割するのではなく全体を一列に配置したとき、また、求差では絵をペアにして配置したときの解答と比較すること、さらに、絵の内容に関して、その親しみやすさを変えたときの解答と比較することなどが検討課題となると考えられる。これらの点を検討することは、場面理解の認知過程をさらに詳しく調べることにもつながると考えられる。

最後に、本研究の主目的からはそれるが、自由作問の内容を調べたところ、使用された名詞は「鉛筆」、「りんご」、「本」など全体で計39種類、動詞は「食べた」、「売った」、「枯れた」など計17種類と多様であった。自由作問には、既有知識から場面を想起する認知過程が含まれると考えられる。また、算数の授業では自由作問の内容を発表させ、それにクラス全員で取り組むことが多い。そういった自由作問に関わる個人内、集団内の認知過程を詳しく調べることもまた、減法の場面理解に関わる今後の研究課題であると考えられる。

引用文献

- Bassok, M., Chase, M. V., & Martin, A. S. (1998). Adding apples and oranges : Alignment of semantic and formal knowledge. *Cognitive Psychology*, **35**, 99-134.
- Bell, A., Fischbein, E., & Greer, B. (1984). Choice of operation in verbal arithmetic problems : The effects of number size, problem structure and context. *Educational Studies in Mathematics*, **15**, 129-147.
- Bernardo, A. B. I. (2001a). Analogical problem construction and transfer in mathematical problem solving. *Educational Psychology*, **21**, 137-150.
- Bernardo, A. B. I. (2001b). Principle explanation and strategic schema abstraction in problem solving. *Memory and Cognition*, **29**, 627-633.
- Cummins, D. D., Kintsch, W., & Reusser, K. (1988). The role of understanding in solving word problems. *Cognitive Psychology*, **20**, 405-438.
- De Corte, E., & Verschaffel, L. (1985). Beginning first graders' initial representation of arithmetic word problems. *Journal of Mathematical Behavior*, **4**, 3-21.
- De Corte, E., Verschaffel, L., & De Win, L. (1985). Influence of rewording verbal problems on children's problem representations and solutions. *Journal of Educational Psychology*, **77**, 460-470.
- 藤村宣之 (1995). 児童期における乗除法の意味理解—作問内容の分析から— 埼玉大学紀要 教育学部 (教育科学), **44**, 21-30. (Fujimura, N. (1995). Children's understanding of multiplication and division : An analysis of the story-problems made up by children. *Journal of Saitama University (Faculty of Education), Sciences of Education*, **44**, 21-30.)
- 藤村宣之 (2004). 児童の数学的思考に関する日中比較研究 教育心理学研究, **52**, 370-381. (Fujimura, N. (2004). Japanese and Chinese children's mathematical thinking : A comparative study. *Japanese Journal of Educational Psychology*, **52**, 370-381.)
- 橋本吉彦 (他 20 名) (2004). 新版たのしい算数 1～6 年 大日本図書
- Hiebert, J., & Lefevre, P. (1986). Conceptual and procedural knowledge in mathematics : An introductory analysis. In J. Hiebert (Ed.), *Conceptual and procedural knowledge : The case of mathematics* (pp. 1-27). Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.
- Horobin, K., & Acredolo, C. (1989). The impact of probability judgments on reasoning about multiple possibilities. *Child Development*, **60**, 183-220.
- Hudson, T. (1983). Correspondences and numerical differences between disjoint sets. *Child Development*, **54**, 84-90.
- 一松 信 (他 39 名) (2004). みんなと学ぶ小学校算数 1～6 年 学校図書
- Inhelder, B., & Piaget, J. (1964). *The early growth of logic in the child*. London : Routledge and Kegan.

- Kintsch, W. (1998). *Comprehension : A paradigm for cognition*. Cambridge, UK : Cambridge University Press.
- Kintsch, W., & Greeno, J. (1985). Understanding and solving word arithmetic problems. *Psychological Review*, **92**, 109-129.
- Lampert, M. (1986). Knowing, doing, and teaching multiplication. *Cognition and Instruction*, **3**, 305-342.
- Mayer, R. E. (1992). *Thinking, problem solving, cognition* (2nd ed.). New York : Freeman.
- 文部省 (1999). 小学校学習指導要領解説 算数編 東洋館
- 中原忠男 (他 25 名) (2004). 小学算数 1～6 年 大阪書籍
- Okamoto, Y. (1996). Modeling children's understanding of quantitative relations in texts : A developmental perspective. *Cognition and Instruction*, **14**, 409-440.
- Reed, S. K. (1999). *Word problems : Research and curriculum reform*. Mahwah, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.
- Riley, M. S., Greeno, J. G., & Heller, J. I. (1983). Development of children's problem-solving ability in arithmetic. In H. P. Ginsburg (Ed.), *The development of mathematical thinking* (pp. 153-196). New York : Academic Press.
- Rittle-Johnson, B., & Siegler, R. S. (1998). The relation between conceptual and procedural knowledge in learning mathematics : A review. In C. Donlan (Ed.), *The development of mathematical skills* (pp. 75-110). Hove, England : Psychology Press.
- 澤田利夫 (他 24 名) (2004). 小学算数 1～6 年 教育出版
- 清水静海・船越俊介 (他 41 名) (2004). わくわく算数 1～6 年 啓林館
- 杉山吉茂・飯高 茂・伊藤説朗 (他 39 名) (2004). 新編 新しい算数 1～6 年 東京書籍
- 「小学算数」指導書編集委員会 (2006). 小学算数 1 年教師用指導書 朱書編・研究編 大阪書籍
- 田中耕治 (2004). 学力と評価の“今”を読みとく 日本標準
- Verschaffel, L., Greer, B., & De Corte, E. (2000). *Making sense of word problems*. Lisse, Netherlands : Swets & Zeitlinger Publishers.
- Vicente, S., Orrantia, J., & Verschaffel, L. (2007). Influence of situational and conceptual rewording on word problem solving. *British Journal of Educational Psychology*, **77**, 829-848.
- Wollman W., Eylon, E., & Lawson, E. A. (1979). Acceptance of lack of closure : Is it an index of advanced reasoning ? *Child Development*, **50**, 656-665.

謝 辞

本研究は、平成 19-20 年度科学研究費補助金(若手研究 (B) : 課題番号 19730536) の助成を受けた。論文作成にあたりご指導いただきました京都大学大学院教育学研究科田中耕治教授に深く感謝いたします。また、調査にご協力いただきました赤井悟先生、小学校の先生方、児童の皆様に心より御礼申し上げます。本論文の草稿に対してコメントをくださった河崎美保さん、山縣宏美さんに深く感謝いたします。

(2007.8.15 受稿, '08.12.26 受理)

Assessing the Understanding of Subtraction Scenes Using a Problem-Construction Task : A Study of First-Grade Students

SHIGEHIRO KINDA (TOYO UNIVERSITY) *JAPANESE JOURNAL OF EDUCATIONAL PSYCHOLOGY*, 2009, 57, 212–222

The purpose of the present study was to examine first-grade students' understanding of subtraction scenes by using a problem-construction task in addition to the word problems used in previous studies. In Study 1 ($N=110$), students were simultaneously provided the equation " $6-2=?$ " and an illustration (Change, Group, or Compare), and required to generate a math story corresponding to the information provided. The results indicated that the pupils' scores were lower for the Group and Compare scenes than for the Change scene, and that the types of errors differed across scenes. With the Group scene, the students tended to generate stories that corresponded to the equation, but not to the illustration, whereas for the Compare scene, their stories corresponded either to the equation or to the illustration. These results were confirmed in Study 2 ($N=109$), which was conducted 4 months later. The present results suggest that pupils had difficulty in understanding the part-whole relation shown in the illustration of the Group scene, whereas in the Compare scene, they had difficulty considering the relation between the equation and the illustration.

Key Words : subtraction, scene understanding, problem-construction task, word problems, elementary school students