

国際医療福祉大学審査学位論文（博士）

大学院医療福祉学研究科博士課程

健常児における 1 桁同士の足し算の獲得過程

2020 年度

保健医療学専攻・言語聴覚分野・言語障害学領域

学籍番号：18S3041 氏名：永友真紀

研究指導教員：内田信也教授

副研究指導教員：阿部晶子教授

国際医療福祉大学審査学位論文（博士）

大学院医療福祉学研究科博士課程

健常児における 1 桁同士の足し算の獲得過程

2020 年度

保健医療学専攻・言語聴覚分野・言語障害学領域

学籍番号：18S3041 氏名：永友真紀

研究指導教員：内田信也教授

副研究指導教員：阿部晶子教授

健常児における 1 桁同士の足し算の獲得過程

永友真紀

要旨

本研究の目的は、健常児における 1 桁同士の足し算の獲得過程を明らかにすることである。対象は小学校 1 年生 27 名、3 年生 27 名、5 年生 24 名であった。検討 1 では計算方略と反応時間の学年間での変化を検討した。結果、繰り上がりのない足し算では学年が上がる
と検索方略が増し、繰り上がりのある足し算では検索方略と分解方略が増加した。この変化は 1 年生から 3 年生で生じ、反応時間も顕著に短縮した。検討 2 では検索方略の使用と反応時間の短縮に影響を与える認知的要因について検討した。結果、繰り上がりの有無を問わず、検索方略の使用と反応時間の短縮のいずれにも数の分解能力が影響していた。以上から、1 桁同士の足し算の獲得過程においては計算方略と反応時間が変化し、その変化は繰り上がりの有無によって異なることが明らかとなった。また、数の分解能力は 1 桁同士の足し算の獲得において重要な能力であると考えられた。

キーワード：1 桁同士の足し算，獲得過程，繰り上がり，計算方略，反応時間

Acquisition process of single-digit addition in children

Maki Nagatomo

Abstract

The purpose of this study is to investigate the acquisition process of single-digit addition in typically developing children. The participants were 27 first-grade, 27 third-grade, and 24 fifth-grade in primary school. In Study I, the differences of calculation strategies and response time among the three grades was examined. the result showed that use of the retrieval strategy increased toward the upper grades in single-digit addition without carry. On the other hand, use of the retrieval strategy and the decomposition strategy increased toward the upper grades in single-digit addition with carry. This transition occurred in the 1st to 3rd grades. Also, the response time was significantly shortened in the 1st to 3rd grades. In Study II, cognitive factors which influence the use of the retrieval strategy and response time were examined. The results revealed that the ability to decompose numbers affected both the use of retrieval strategy and the reduction of response time, regardless of the presence or absence of carry. In conclusion, it is considered that the changes of calculation strategies and the reduction of response time occur in the acquisition process of single-digit addition skills, and those changes differ depending on the presence or absence of carry. Furthermore, it is suggested that the ability to decompose numbers is important ability in the acquisition of single-digit addition.

Keywords : single-digit addition, acquisition process, carry, calculation strategies,
response time

目次

I. 序論	1
1. 本研究の背景	1
1) 1 桁同士の足し算における子どもの計算方略	1
2) 算術的事実 (arithmetic fact)	3
3) サビタイジング	4
4) 数の分解	6
5) 算術的事実 (arithmetic fact) の獲得と算数障害	7
6) 学校教育の中での 1 桁同士の足し算の学習	8
7) 1 桁同士の足し算における繰り上がり	11
2. 本研究の意義	11
3. 本研究の目的	12
4. 本研究の構成	12
5. 倫理的配慮	12
6. 用語の説明	12
II. 研究対象者	14
1. 研究協力者の募集	14
2. 調査データの収集	14
3. 研究対象者の選択	14
III. 検討 1 計算方略と反応時間の学年間での変化	17
1. 研究の背景	18
2. 目的	18
3. 方法	18
1) 対象者	18
2) 課題	18
3) 実施方法	19

4. 結果	24
1) 計算方略の学年間での変化：繰り上がりのない足し算 20 問	24
2) 計算方略の学年間での変化：繰り上がりのある足し算 20 問	26
3) 平均反応時間の学年間での比較（繰り上がりの有無に分けた検討）	27
4) 検索方略における反応時間の学年間での比較	28
5) 分解方略における反応時間の学年間での比較	28
6) 検索方略と分解方略の反応時間の比較：学年ごとの比較	28
5. 考察	29
IV. 検討 2 算術的事実の獲得と反応時間の短縮に影響を与える認知的要因	32
1. 研究の背景	33
2. 目的	33
3. 方法	34
1) 対象者	34
2) 課題と方法	34
3) 統計解析	37
4. 結果	37
1) 繰り上がりのない足し算の検索方略の割合に影響を与える認知的要因	39
2) 繰り上がりのある足し算の検索方略の割合に影響を与える認知的要因	39
3) 繰り上がりのない足し算の反応時間に影響を与える認知的要因	40
4) 繰り上がりのある足し算の反応時間に影響を与える認知的要因	40
5. 考察	41
V. 総合考察	44
VI. 結語	47
謝辞	48
引用文献	49

I. 序論

1. 本研究の背景

1) 1 桁同士の足し算における子どもの計算方略

1 桁同士の足し算を解く場合に、我々成人はあまり考えることなく答えを出すことができる。それに対して、足し算の獲得過程にある子どもは、1 桁同士の足し算の答えを様々な方略を用いて導いていることが報告されている¹⁾⁻⁶⁾。Siegler¹⁾ は、子どもが 1 桁同士の足し算の問題を解いた後に、「どのようにしてこの問題の答えを見つけ出しましたか？」と質問し子どもに報告を求めるという方法で、子どもの 1 桁同士の足し算の計算方略について検討した。それまで、1 桁同士の足し算を答えるにあたって、子どもは指を折り曲げたり、口を動かして大きい数から数え上げるという最小方略 (min strategy) と呼ばれる方略で解答していると考えられていた。しかし、Siegler¹⁾ の結果から、子どもが用いる 1 桁同士の足し算の計算方略は、検索、最小方略 (min strategy)、count-all、分解、推測に分類され、実際には多様であることが明らかになった。ここでいう“検索”は、長期記憶からの算術的事実 (arithmetic fact) の想起、“最小方略 (min strategy)”は、例えば、 $8+3$ で「9, 10, 11」と大きい数から数え上げること、“count-all”は、例えば $2+4$ で「1, 2, 3, 4, 5, 6」と全ての数を数えること、“分解”は、例えば $7+8$ で「 $7+7+1$ 」ともとの問題を 2 つ以上の単純な問題に分解すること、“推測”は、子どもが「(答えを) 推測した」と説明した場合や、計算方略に関する質問に「分からない」と答えた場合とされる (表 1)。算術的事実 (arithmetic fact) とは、長期記憶の中に貯蔵されている 1 桁同士の簡単な計算に関する知識のことである。計算能力を獲得した成人は、 $2+5$ や、 3×5 、 $5-3$ 、 $6\div 3$ といった 1 桁同士の簡単な計算は、考えたり数えたりすることなく長期記憶からの検索で答えを出すことができるとされる²⁾³⁾。

表 1 Siegler¹⁾ の研究における計算方略の分類

検索	長期記憶からの算術的事実の想起
最小方略 (min strategy)	大きい数から数え上げる (例: $8+3$ で「9,10,11」)
count-all	全ての数を数える (例: $2+4$ で「1,2,3,4,5,6」)
分解	もとの問題を 2 つ以上の単純な問題に分解する (例: $7+8$ で「 $7+7+1$ 」)
推測	子どもが「(答えを) 推測した」と説明する 計算方略に関する質問に「分からない」と答える

また、Geary ら⁴⁾⁶⁾⁻⁸⁾ も子どもに報告を求めるという方法で、1 桁同士の足し算を解く際の計算方略について検討している。Geary ら⁶⁾の研究では、計算方略は 6 つに定義される。“指での計数”は、数を指で表しそれを数えるもの、“指”は子どもが指を出すもののそれを数えずに答えたもの、“口頭での計数”は聞こえるように数えるか唇の動きが観察されたもの、“検索”は長期記憶に貯蔵された算術的事実 (arithmetic fact) を想起するもの、“分解”は、例えば $9+8$ の問題を $(9+1) + 7$ のように 10 を基準として分解して考えるもの、“その他/混合”はある方略を使用し計算を始め、別の方略で答えに到達したものとされる (表 2)。

表 2 Geary ら⁶⁾の研究における計算方略の分類

指での計数	数を指で表しそれを数える
指	子どもが指を出すもののそれを数えずに答える
口頭での計数	聞こえるように数える、または、唇を動かす
検索	長期記憶に貯蔵された算術的事実を想起する
分解	10 を基準として分解して考える (例: $9+8$ を「 $(9+1) + 7$ 」)
その他/混合	ある方略で計算を始めるが、別の方略で答えに到達する

Geary ら⁴⁾⁶⁾⁻⁸⁾の研究で、1 桁同士の足し算を解く際に子どもが用いる計算方略の分類は、研究者の観察と子どもの報告によってなされる。指での計数、指、口頭での計数は、研究者が子どもの様子を注意深く観察することによって判断され、検索と分解は子どもの報告によって分類される。研究者の観察と子どもの報告に不一致が生じた場合、例えば、子どもが「知っていた」と報告したものの、研究者による観察では口を動かして数えていることが明らかであった場合には、口頭での計数に分類される。研究者の観察と子どもの報告に不一致が生じたが、指や口の明らかな動きが観察されない場合は、子どもの報告が採用される。以上のような定義と分類方法によって計算方略を検討した結果、問題の大部分は指での計数、口頭での計数、分解、検索の 4 つの方略で解答されていたと報告している⁶⁾。

子どもの足し算の計算方略を研究者の観察と子ども自身の報告から分類するという方法は、他の研究者によっても用いられており⁹⁾⁻¹²⁾、この方法の妥当性に関しても検討がなされている。Casey ら⁹⁾の研究では、子どもが問題を解く場面をビデオ録画し、記録者 2 名がそれぞれビデオを確認して計算方略を分類し、評価者間信頼性 (k 値) を検討したところ 0.87 であったと報告している。また、Wu ら¹⁰⁾は、研究者の観察による分類と子どもの報告との一致率を検討している。Wu ら¹⁰⁾の研究では計算方略を、指を数える、指、口頭で数える、検索の 4 つに分類している。研究者は問題ごとに、指の使い方や唇の動き、聴取できる計数など、カウントの徴候について詳細にメモをし、計算方略を分類する。子どもは、問題を解

いた直後にどの方略を使ったのかを報告する。この研究者の分類と子どもの報告での一致率を検討し、 k 値は 0.948 ($p<0.01$) と高い一致率を示すことを報告している。

学年間で計算方略を比較した研究¹⁾⁶⁾により、子どもが 1 桁同士の足し算を解く際の計算方略は、獲得が進むにつれて変化することが明らかになっている。Siegler¹⁾は、子どもが足し算を解く速度と正確さが向上するに伴って計数方略が減少し、分解や検索が増加すると報告している。Geary ら⁶⁾は、小学校 1 年生、3 年生、5 年生の足し算の計算方略を検討し、1 年生では指での計数が 50%以上を占めるのに対して、5 年生では指での計数は 10%以下となり、検索や分解の割合が増えることを明らかにしている。Butterworth²⁾はそれまでの研究をふまえて、計数が子どもの算術の基礎であり、子どもは計数のスキルを活用することで算術的事実 (arithmetic fact) を獲得していくと述べている。

2) 算術的事実 (arithmetic fact)

前述したように、計算能力を獲得した成人は、 $2+5$ や 3×5 、 $5-3$ 、 $6\div 3$ といった 1 桁同士の簡単な計算は、考えたり数えたりすることなく長期記憶からの検索で答えを出すことができ、この長期記憶の中に貯蔵されている 1 桁同士の簡単な計算に関する知識のことを算術的事実 (arithmetic fact) という²⁾³⁾。従って、足し算の算術的事実を獲得した後は、1 桁同士の簡単な足し算の答えは長期記憶からの検索で解答できると考えられている。

算術的事実 (arithmetic fact) の獲得に影響を与える要因は、いまだ十分に明らかではない。先行研究より、ワーキングメモリ⁴⁾⁶⁾⁷⁾¹⁰⁾¹³⁾⁻¹⁵⁾や認知処理速度⁷⁾、サビタイジング⁷⁾⁸⁾¹⁵⁾¹⁶⁾、計数の知識⁷⁾⁸⁾¹⁵⁾、数の見積もり⁷⁾⁸⁾¹⁵⁾が算術的事実の獲得を含む計算障害の要因として検討されている。ワーキングメモリに関しては、言語性のワーキングメモリ⁴⁾⁶⁾¹⁴⁾を重要視する立場、視空間性のワーキングメモリ¹³⁾を重要視する立場、言語性と視空間性の両方⁷⁾¹⁵⁾を重要視する立場がある。一方で、Butterworth²⁾は、それまでの研究を検討したうえで、ワーキングメモリと計算障害との因果関係は明らかではないと提唱している。また、健常児における検討では、視空間スケッチパットの容量が数学のスキルの中の数と代数には関連するものの、暗算の成績とは関連しないという報告もある¹⁷⁾。

算術的事実 (arithmetic facts) の検索に関しては、問題の種類によって反応時間が異なることが報告されている。その一つに問題のサイズが大きくなると反応時間が遅くなるという問題サイズ効果がある²⁾³⁾¹⁸⁾¹⁹⁾。問題サイズ効果の検討では、足し算の問題を、問題サイズ小条件 (2 つの演算数がともに 2~5)、中条件 (演算数の一方が 2~5、もう一方が 6~9)、大条件 (2 つの演算数がともに 6~9) に分けて反応時間を計測し、問題サイズが大きくなると反応時間が遅くなることが報告されている³⁾¹⁸⁾。その要因としては、問題と答えの結び付きの強さをさす連合強度が、問題サイズが大きくなるにしたがって弱まることが想定されている²⁾¹⁹⁾。また、1 桁同士の足し算では、演算数が同数 (例えば $3+3$) の方が、非同数 (例えば $3+5$) よりも反応時間が速くなるという同数効果についての報告もある³⁾¹⁹⁾²⁰⁾。

3) サビタイジング

サビタイジングとは、一つ一つ数えることなく、瞬時に対象物の数を把握することをさす^{21) -24)}。例えば、ドットのような対象物の数を把握する場合、我々は、3～4個であれば一つ一つを数えなくとも瞬時に数を把握できる²¹⁾²²⁾。このサビタイジングの能力は数詞や数字を獲得する前の幼児にも備わっており、2歳児でも4未満の数の区別ができると報告されている²³⁾。また、サビタイジングの範囲は、年齢が上がるにつれ増加するとされ、Starkey ら²⁴⁾は、2歳で1～3個、3歳半で1～4個、4～5歳で1～5個の対象物の把握が可能であると報告している。

Clements²⁵⁾は、サビタイジングには、知覚的サビタイジングと概念的サビタイジングがあると提唱した。Clements²⁵⁾によると知覚的サビタイジングは、ほかの数学的プロセスを使わず数を認識することをさし、サビタイジングの元の定義に近いとされる(図1-a)。一方、概念的サビタイジングは、高度な組織化の役割を果たすものであり、数のパターンを部分の複合体として認識し、さらに全体として認識する能力とされる²⁵⁾。例えば、7個のドットの数把握する場合に、ランダムに配置したものや横1列に並べて配置したドットの数把握時には把握できないが、3個と4個に分け上下2段に配置したドットは、一つ一つを数えなくとも瞬時にその数を把握できる(図1-b)。他にも、サイコロの5や6の目の数は数えなくとも瞬時に数を把握できる(図1-c)。このように、対象物の配置を工夫することや配置した対象物の部分に着目することで、瞬時に全体の数を把握する過程が概念的サビタイジングとされる。

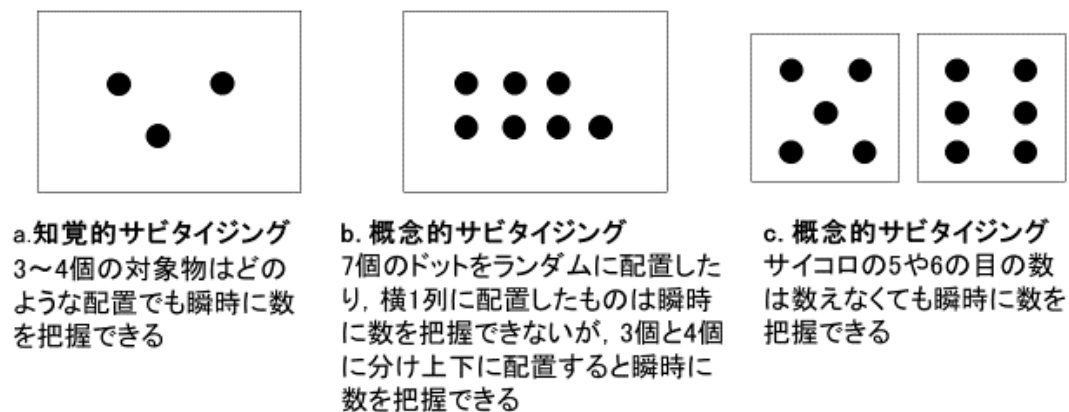


図1 知覚的サビタイジングと概念的サビタイジングの例

子どもが足し算や引き算を学ぶ過程では、ドットを配置した図が用いられることが多い²⁶⁾(図2-a, b)。繰り上がりのある足し算では、10のフレーム(上下5個ずつのフレーム)にドットを配置した図(図2-b)が用いられる。我々が10のフレームの上段に5個、下段に2個のドットが配置されたものを7個と瞬時に把握できるのも概念的サビタイジングに

よるものである。

Clements²⁵⁾ は、この 10 のフレームを用いることで、繰り上がりのある足し算の計算過程を視覚化することができるとし、概念的サビタイジングは足し算や引き算の獲得に役立つと述べている（図 3）。

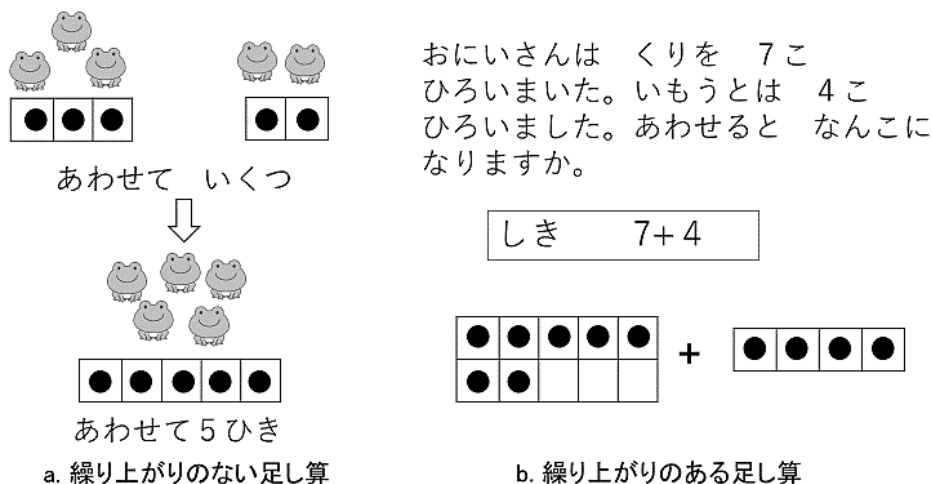


図 2 算数の教科書²⁶⁾に記載されている足し算でのドットの使用例
(清水ら²⁶⁾を引用し作成)

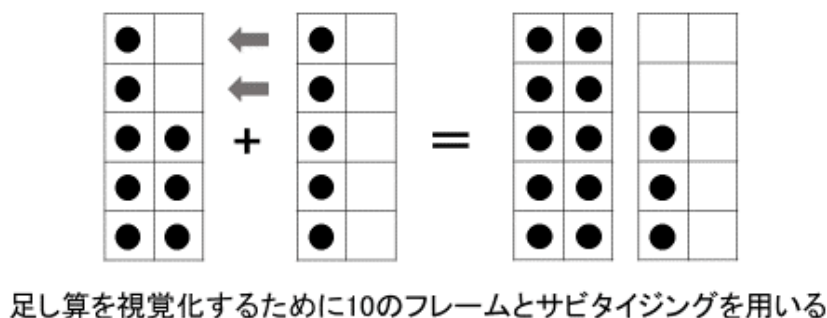


図 3 10 のフレームと概念的サビタイジングを用いた繰り上がりのある足し算の計算過程
(Clements²⁵⁾ 図 4 を引用し作成)

概念的サビタイジングに関しては、幼児における発達過程²⁷⁾⁻²⁹⁾や数の合成・分解との関連³⁰⁾³¹⁾についての研究が行われている。中橋²⁷⁾は、3歳から5歳の幼児を対象としてサビタイジング課題を実施し、3歳～5歳児の多くは個数が1～3個の課題に対して知覚的サビタイジング能力を有していること、また、一部の4、5歳児は概念的サビタイジング能力を有していることを明らかにしている。しかし、その一方で、1～4個の知覚的サビタイジ

ができるにも関わらず、概念的サビタイジングが全くできない子どもが存在することも報告している²⁷⁾。また、中橋ら³¹⁾は、7の合成・分解の課題と7の概念的サビタイジング課題のスコアには相関があるとし、概念的サビタイジングと数の合成・分解との関連について報告している。さらに、岡部ら²⁹⁾は、5以下の知覚的サビタイジングと、それが必要となる5以上10程度までの概念的サビタイジングを、小学校第1学年で数の合成・分解を学習する前に獲得しておく必要があることを指摘している。

4) 数の分解

数の分解は、小学校の教育課程では、1年生で足し算や引き算を学習する前に学ぶ。小学校学習指導要領の算数編³²⁾には、「整数についての理解は、ものの個数を数える操作に基づいて始め、次第に、一つの数を合成や分解により構成的にみることができるよう活動を通して学んでいくようにする」と記されている。

Tsamirら³³⁾らは数の合成や分解の前提となるスキルとして、口頭での計数と対象物の計数が必要であると述べている。また、サビタイジングも5を2と3に分解したり、再び組み合わせて戻したりする操作に作用することを指摘している。また、Tsamirら³³⁾の研究によって5～6歳の子どもが数の合成や分解の能力を獲得する段階にあることが示されており、数の合成・分解のスキルを促進することが就学前に必須であると述べられている。広瀬³⁰⁾は、小学校1年生のサビタイジング能力と数の合成・分解の能力について検討し、数の合成・分解ができない児童は、4以上の概念的サビタイジングが困難であったと報告している。また、深井³⁴⁾は指導者の視点から、 $2+3$ といった足し算では数え足しで求めるのではなく、数の合成や分解の学習で身につけた数感覚を活用することが大切であると述べている。文部科学省の成果報告書においても、小学校1年生のはじめに、5までの合成・分解に関して、より丁寧に学習する時間を設ける必要があることを指摘している³⁵⁾。

以上のように、数の分解に関しては、計数が獲得の前提となること³³⁾、就学前に獲得が始まる能力であること³³⁾、概念的サビタイジング能力と関連があること³⁰⁾、足し算につながる数感覚として重要であること³⁴⁾³⁵⁾が指摘されているが、1桁同士の足し算の獲得過程に数の分解能力が関与するという根拠は明らかにされていない。

計算方略のうち、分解方略については、他の数学的な能力との関連を検討した報告がみられる。Casey⁹⁾は、小学校1年生の児童の分解方略の使用頻度と空間的なスキルが5年生での計算のスピードと正確性に関連していると報告している。また、Foley³⁶⁾は、2桁+1桁の足し算問題で使用される計算方略と記憶課題(言語性、視空間性)との関連について検討し、視空間性の記憶と子どもの分解方略の使用頻度に正の相関があること、分解方略の使用頻度と算数の精度に相関があることを指摘している。

5) 算術的事実 (arithmetic fact) の獲得と算数障害

算数障害児における算術的事実 (arithmetic fact) の獲得の困難さについては多くの報告がある⁶⁾⁻⁸⁾¹⁵⁾⁴¹⁾。これらの報告によると算数障害児は、学年が上がっても計算方略が変化せず、指での計数や口頭での計数に頼って答えを出すとされる。Jordan³⁷⁾らは、算術的事実 (arithmetic fact) の習熟度が低い子どもと習熟度が高い子どもを対象に、小学校2年生から3年生にかけての縦断的な研究を実施し、「数的事実の強制的な検索 (forced retrieval of number facts)」「算術の組み合わせによる計算 (calculation of arithmetic combinations)」「算数の文章問題 (math story problems)」「算数と読みの達成度 (math and reading achievement)」「知的機能 (IQ)」の成績について検討した。その結果、算術的事実の習熟度が低い子どもは、研究期間の中で他の課題では一定の進歩を示したにもかかわらず、「数的事実の強制的な検索」においてはわずかな進歩しか示さなかったとし、算術的事実の習得の障害が持続的なものであることを報告している。

算数障害は学習障害の中の「計算する又は推論する能力」³⁸⁾の障害に該当する。ICD-10³⁹⁾において算数障害は、心理的発達の障害の中の「学力の特異的障害」に含まれ「特異的算数能力障害」として記載されている。この中で、「この障害は(代数学、三角法、幾何学あるいは微分積分のような、より抽象的な数学力よりもむしろ)加減乗除のような基本的な計算力の習得に関係している」と記されている。また、DSM-5⁴⁰⁾では、神経発達症群/神経発達障害群の中の「限局性学習症/限局性学習障害」に含まれる。症状の特徴として「数の感覚 (number sense)」「数学的事実の記憶 (memorization of arithmetic fact)」「計算の正確さまたは流暢性 (accurate or fluent calculation)」「数学的推理の正確さ (accurate math reasoning)」が挙げられており、算術的事実の長期記憶への貯蔵の問題が、算数障害の要因の一つとして記載されている⁴⁰⁾。算数障害の有病率はButterworth²⁾の報告によると、1998年のノルウェーの調査で10.9%、1994年のイギリスの調査で3.6%、1996年のイスラエルの調査で6.4%とされ、国によって有病率に差がみられている。標準化された算数障害の検査が存在しない我が国では、有病率の調査自体が行われていない⁴¹⁾のが現状である。

我が国でも、教育や医療の分野で算数障害の診断や評価⁴¹⁾⁻⁴⁷⁾、指導⁴⁸⁾⁻⁵¹⁾に関する研究が行われている。診断においては、算数教科の「数と計算」「数量関係」などについて1~2年以上の遅れ⁴²⁾が認められる場合や、算数の基礎的能力に2学年以上の遅れ⁴⁷⁾がみられる場合に算数障害と判断されることが多いが、基準となる算数能力が明確にされていない。また、文部科学省の報告³⁵⁾によると、繰り上がりのある足し算については、6年生で自動化に至らない子どもが多いことが指摘されており、算術的事実 (arithmetic fact) の獲得過程が繰り上がりの有無によって異なることが示唆されている。我が国では、1桁同士の足し算を繰り上がりの有無に分けて、反応時間の学年間での変化を把握したデータ⁴⁴⁾は存在するものの、繰り上がりの有無に分けて計算方略の学年間での変化や、関連する認知的要因を検討した報告はない。

6) 学校教育の中での1桁同士の足し算の学習

小学校教育における1桁同士の足し算の学習について、小学校学習指導要領解説算数編³²⁾より数と足し算に関する項目を抜粋し表3にまとめた。

数に関しては、小学校第1学年で「個数を比べること」「個数や順番を数えること」「数の大小、順序と数直線」の学習を通して整数について学び、「一つの数をほかの数の和や差としてみることに」において、数の合成や分解について学ぶ。さらに、「十を単位とした数の見方」「まとめて数えたり等分したり」の学習で、十進位取り記数法のしくみを理解する基礎を学ぶ。第2学年では十進位取り記数法について学習し、第3学年では万の単位までの数を理解する。

足し算に関しては、小学校第1学年で「1位数の加法とその逆の減法の計算」において、1桁同士の足し算とその逆の引き算について学び、第2学年での「2位数の加法とその逆の減法」「簡単な場合の3位数などの加法、減法」、第3学年での「3位数や4位数の加法、減法の計算の仕方」へと段階的に学習が進む。

表3 小学校算数科の内容と構成 (文部科学省³²⁾より抜粋し作成)

	数に関する学習	加法・減法に関する学習
第1学年	・ 個数を比べること ・ 個数や順番を数えること ・ 数の大小、順序と数直線 ・ 一つの数をほかの数の和や差としてみることに ・ 2位数の表し方 ・ 簡単な場合の3位数の表し方 ・ 十を単位とした数の見方 ・ まとめて数えたり等分したりすること	・ 加法、減法が用いられる場合とそれらの意味 ・ 加法、減法の式 ・ 1位数の加法とその逆の減法の計算 →和が10以下の加法およびその逆の減法と、和が10より大きい数になる加法およびその逆の減法に分けて考える。 ・ 簡単な場合の2位数などの加法、減法
第2学年	・ まとめて数えたり、分類して数えたりすること ・ 十進位取り記数法 ・ 数の相対的な大きさ ・ 一つの数をほかの数の積としてみることに ・ 数による分類整理 ・ $1/2$、$1/3$ など簡単な分数	・ 2位数の加法とその逆の減法 ・ 簡単な場合の3位数などの加法、減法 ・ 加法や減法に関して成り立つ性質 ・ 加法と減法との相互関係
第3学年	・ 万の単位 ・ 10倍、100倍、1000倍、$1/10$の大きさ ・ 数の相対的な大きさ	・ 3位数や4位数の加法、減法の計算の仕方 ・ 加法、減法の計算の確実な習得

小学校 1 年生における数と足し算の学習内容を清水ら²⁶⁾より抜粋し表 4 にまとめた。1 年生では、はじめに 10 までの整数について学び、次に 6～10 までの数の分解について学ぶ。その後、「和が 10 までの加法およびその逆の減法」において、繰り上がりのない足し算を学習する。さらに 10～20 までの数について学び、「和が 10 より大きい数になる加法およびその逆の減法」において、繰り上がりのある足し算を学習する。

学習の時期については、繰り上がりのない足し算は 1 年生の 1 学期に、繰り上がりのある足し算は 1 年生の 2 学期に学習が行われる。

表 4 第 1 学年での算数の学習項目 (清水ら²⁶⁾より引用し作成)

教科書に記載されている項目	本研究の内容との関連
1 かずと すうじ	5 までの数, 4, 5 の分解, 10 までの数
2 なんばんめ	
3 いくつといくつ	6～10 の数の分解
4 いろいろなかたち	
5 ふえたり へったり	
6 たしざん (1)	和が 10 以下の加法
7 ひきざん (1)	→1 桁同士の足し算 (繰り上がりなし)
8 20 までのかず	10～20 までの数
9 とけい (1)	
10 おおきさくらべ (1)	
11 3 つのかずのけいさん	
12 たしざん (2)	和が 10 より大きい数になる足し算
13 かたちづくり	→1 桁同士の足し算 (繰り上がりあり)
14 ひきざん (2)	
15 0 のたしざんとひきざん	
16 ものとひとのかず	
17 大きい かず	
18 とけい (2)	
19 100 までの かずの けいさん	
20 おなじ かずずつ	
21 おおい ほう すくない ほう	
22 大きさくらべ (2)	

※本研究と関連のある項目を太字で示した

小学校における 1 桁同士の足し算の学習は対象物を操作しながら学ぶことから始まり、次第に数字のみを用いた計算へと移行していく。1 年生の 1 学期に学習する繰り上がりのない足し算の学習では、「あわせる」と「ふえる」といった足し算の考え方を、ブロックを操作しながら学習する（図 4）。また、繰り上がりのある足し算の学習では、ブロックの操作を通して「10 のまとまりを作る」という十進法の考え方について学び（図 5）、その後、加数分解や被加数分解による計算方法の学習が行われる（図 6）。このような 1 桁同士の足し算の学習におけるブロックの使用には、知覚的サビタイジングや概念的サビタイジングが関与すると思われる。また、加数分解や被加数分解では数の分解能力が求められる。

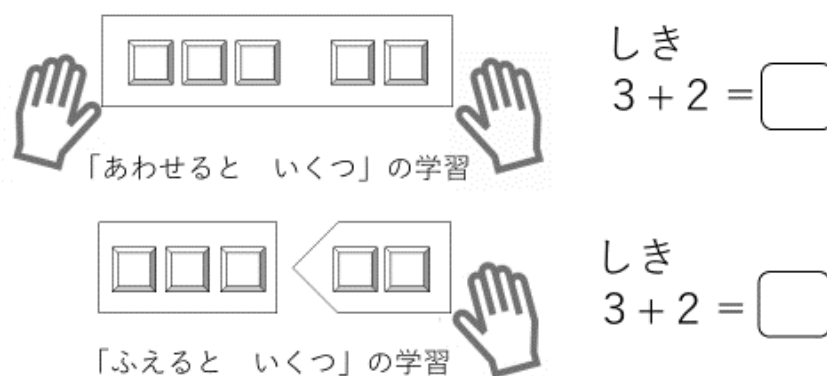


図 4 ブロックを用いた繰り上がりのない足し算の学習
(清水ら²⁶⁾を引用し作成)

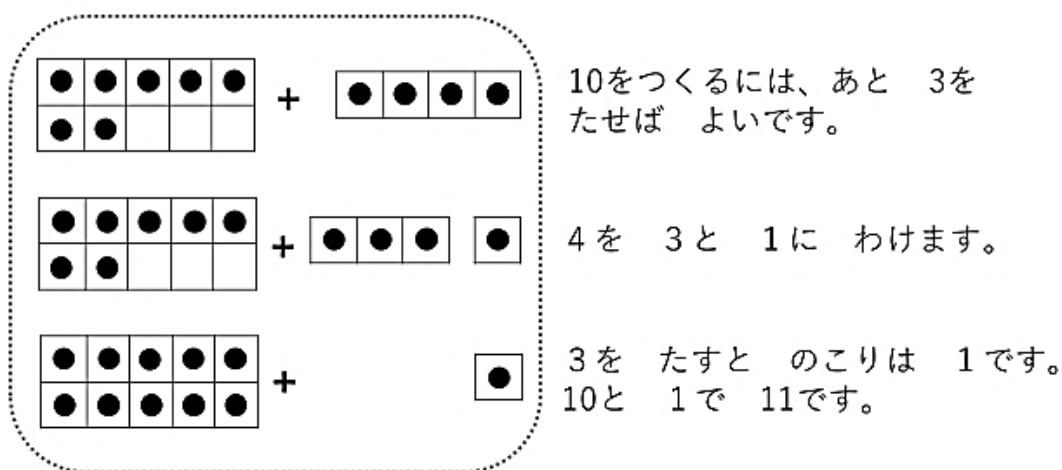


図 5 ブロックを用いた繰り上がりのある足し算の学習
(清水ら²⁶⁾を引用し作成)

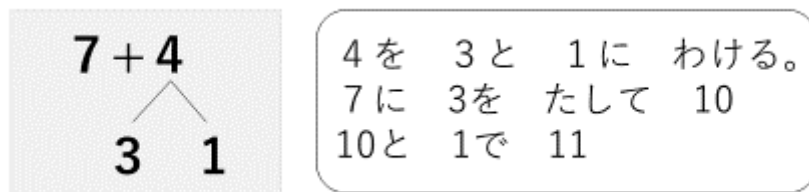


図6 加数分解による繰り上がりのある足し算の学習
(清水ら²⁶⁾を引用し作成)

7) 1桁同士の足し算における繰り上がり

繰り上がりとは、「ある桁の中では数は1～9までしか増加しえず、10を超えたら1つ上の位に1を足さねばならない」という計算規則に基づく数の操作であり、10進法の概念と深く関連する⁵²⁾。永友ら⁵²⁾は、10進法の使用に障害を呈した脳血管障害例において、繰り上がりのある足し算が困難になったことを報告している。

繰り上がりの操作では、10を基準とした数の分解が求められる。例えば、8+7では、8があといくつで10になるかを理解しておく必要がある。この10進法の概念やそれに基づく数の分解は、繰り上がりのある足し算に特徴的な要素であると考えられる。

子どもの数概念の発達について栗山ら⁵³⁾や栗山⁵⁴⁾は、就学前の子どもは5を特異数とする数表象の構造をもつが、10進法制の学習とともに影響が小さくなり、4年生では5の特異性の構造はみられなくなると述べている。

2. 本研究の意義

以上に述べた1桁同士の足し算の獲得や数の操作に関するこれまでの研究をふまえ、本研究の意義と目的について述べる。

算術的事実 (arithmetic fact) の獲得の困難さは算数障害の特徴的な症状であることから、その評価や支援を行うことが重要である。しかし、そもそも健常児における算術的事実 (arithmetic fact) の獲得過程が十分には解明されていない。先行研究により、健常児において、1桁同士の足し算の計算方略は計数から分解や算術的事実 (arithmetic fact) の検索へと変化することが報告されている。しかし、1桁同士の足し算を繰り上がりの有無に分け、計算方略の変化に着目して検討した報告はない。また、1桁同士の足し算の獲得に影響を与える認知的要因についても明らかではない。

本研究では、1桁同士の足し算を繰り上がりの有無に分け、計算方略と反応時間の学年間での変化を把握することにより、健常児における1桁同士の足し算の獲得過程を検討する。問題を繰り上がりの有無に分けること、また、計算方略と反応時間を把握することで健常児

の1桁同士の足し算の獲得過程をより多面的にとらえることができると考える。

また、本研究では、1桁同士の足し算の獲得に影響を与える認知的要因について検討する。算術的事実（arithmetic fact）の獲得に影響を与える認知的要因としては、これまでワーキングメモリ⁶⁾⁷⁾¹⁰⁾¹³⁾⁻¹⁶⁾や認知処理速度⁷⁾、サビタイジング⁷⁾⁸⁾¹⁵⁾¹⁶⁾、計数の知識⁷⁾⁸⁾¹⁵⁾、数の見積もり⁷⁾⁸⁾¹⁵⁾が検討されているものの一致した見解は得られていない。本研究では、足し算の獲得に影響を与えると推定される認知的要因を説明変数、検索方略の使用や足し算を解く際の反応時間を目的変数とした重回帰分析を行うことで、1桁同士の足し算の獲得に影響を与える認知的要因を検討する。1桁同士の足し算の獲得に影響を与える認知的要因が明らかになれば、算数障害児の支援の手がかりが得られるものと考えられる。

3. 本研究の目的

本研究では、1桁同士の足し算を繰り上がりの有無で分け、各学年での計算方略や反応時間の違いを横断的に検討することによって、健常児における1桁同士の足し算の獲得過程を明らかにする。また、1桁同士の足し算を繰り上がりの有無に分けた場合の算術的事実の獲得や反応時間の短縮に影響を与える認知的要因は何かを明らかにする。

4. 本研究の構成

本研究は2部で構成される。検討1では、1桁同士の足し算の計算方略と反応時間の学年間での変化を繰り上がりの有無に分けて検討する。検討2では、1桁同士の足し算を繰り上がりの有無に分け、算術的事実の獲得と反応時間の短縮に影響を与える認知的要因について検討する。

5. 倫理的配慮

本研究は国際医療福祉大学倫理委員会の承認を得て実施した（承認番号 19- I fh-001）。

本研究の協力者は未成年（小学校に通う児童）であることから、代諾者（保護者）に対して口頭および書面にて説明を行い、同意書にて同意を得た。また、対象者本人に対しても口頭と書面にてインフォームドアセントを行い、書面にて同意を得た。

本研究では、対象者の音声データおよび動画を取り扱った。これらの個人情報には研究者が勤務する施設内の施錠可能な個人用鍵付きのロッカーにて保管した。

6. 用語の説明

加数と被加数

2つの数の足し算、例えば $A+B$ において、前の数 A のことを被加数、後ろの数 B の

ことを加数という。

繰り上がりのない足し算

本研究では、加数と被加数がともに 1 から 9 で、和が 10 以下の足し算を繰り上がりのない足し算と定義する。これは、小学校学習指導要領解説算数編³²⁾にて、「1 位数と 1 位数の加法とその逆の減法については、和が 10 以下の加法及びその逆の減法と、和が 10 より大きい数になる加法およびその逆の減法に分けて考える。」との記載があるため、これに準じて分類し定義した。

繰り上がりのある足し算

加数と被加数がともに 2 から 9 で和が 18 以下の足し算と定義する。その理由は上記と同様の理由による。

II. 研究対象者

1. 研究協力者の募集

小学校の通常学級に在籍する1年生、3年生、5年生に対して、以下の3通りの方法で研究への協力者を募集した。①小学校3校に協力を求め、担任を通して研究協力者募集のチラシを配布した。協力の申し出があった児童の自宅に説明文書と同意書を郵送し、書面にて代諾者（保護者）と本人の同意を得た。②保護者のSNS(ソーシャル・ネットワーク・サービス)グループを通して協力を求めた。保護者から協力の申し出があった場合に、調査日時を相談し決定した。調査当日に代諾者（保護者）および本人に書面と口頭で説明を行い、書面にて同意を得た。③研究者の知人に協力を求めた。調査当日に代諾者（保護者）および本人に書面と口頭で説明を行い、書面にて同意を得た。

2. 調査データの収集

小学1年生は2020年2月から3月、小学3年生は2020年1月から3月、小学5年生は2019年12月から2020年3月にデータ収集を実施した。1年生は繰り上がりのある足し算の学習が2学期に行われるため、データ収集を3学期に行うこととし、さらに、データ収集期間が長くなることによる足し算の獲得の差を可能な限り少なくするため、調査時期を3学期の2月から3月の2か月間に限定した。

課題は全て個別に実施した。検討1で分析に用いた足し算課題と検討2で分析に用いた認知的要因に関する課題は同日に施行した。全ての課題を終えるまでに要した時間は一人につき40分から1時間程度であった。対象児の疲労性を考慮し、課題と課題の間で適時休憩を取った。足し算課題と認知的要因に関する課題の内容および実施方法については、それぞれ検討1、検討2の中で述べる。

3. 研究対象者の選択

研究対象者の選択基準と除外基準を以下のように定めた。除外基準に関しては、足し算の学習方法に関する項目と知的発達に関する項目を設定した。足し算に関する項目は、学校以外で特別な指導を受けたことで、計算方略や反応速度に偏りが生じる可能性があることを考慮し設定した。

- 選択基準
 - ・机上での課題に取り組むことができるもの
 - ・視覚および聴覚に問題がないもの
- 除外基準
 - ・算盤を習っているもの
 - ・くもんに通っているもの

- ・学習塾に通っており、足し算の学習時期が学校での学習時期に比べて著しく早いもの
- ・学校とは異なる方法で、計算のトレーニングを受けているもの
- ・レーブン色彩マトリックス検査（RCPM）で、当該年齢の平均得点から－1 *SD* 以下のもの

保護者より協力の申し出があった児童のうち、課題を施行しデータを取得できたのは、小学1年生34名（男児16名、女児18名）、小学3年生40名（男児15名、女児25名）、小学5年生30名（男児17名、女児13名）であった。このうち算盤やくもんなど学校以外で足し算に関する特別なトレーニングを受けていると回答した小学1年生4名、小学3年生10名、小学5年生5名を除外した。また、レーブン色彩マトリックス検査で、当該年齢から－1 *SD* 以下の成績を示した小学1年生3名、小学3年生3名を除外した。レーブン色彩マトリックス検査の除外基準とした平均と標準偏差については、3年生、5年生は宇野ら⁵⁵⁾の報告を基準とした。小学1年生については本研究の協力者から、算盤・くもん等による除外に該当した4名を除く30名のデータから算出した。さらに、課題のデータが一部欠損していた小学5年生1名を除外した。

分析の対象となったのは、小学1年生27名（男児13名、女児14名）、小学3年生27名（男児11名、女児16名）、小学5年生24名（男児13名、女児11名）で、平均年齢は、小学1年生は7歳6カ月、小学3年生は9歳5か月、小学5年生は11歳4か月であった。

研究対象者の内訳を表5に示す。また、除外基準としたレーブン色彩マトリックス検査の平均値と標準偏差を表6に示す。

表5 研究対象者の選択

	1年生	3年生	5年生
研究協力者	34名 (男16名,女18名)	40名 (男15名,女25名)	30名 (男17名,女13名)
算盤・くもん等	4名	10名	5名
RCPM (-1 <i>SD</i> 以下)	3名	3名	0名
データ一部欠損	0名	0名	1名
研究対象者	27名 (男13名,女14名)	27名 (男11名,女16名)	24名 (男13名,女11名)
(平均年齢)	(7歳6カ月)	(9歳5か月)	(11歳4か月)

表 6 レーブン色彩マトリックス検査の平均値と標準偏差

		1 年生	3 年生	5 年生
宇野ら (2005)	平均		30.4	32.9
	(1 <i>SD</i>)		(4.8)	(3.7)
本研究	平均	28.0	29.0	33.5
	(1 <i>SD</i>)	(4.0)	(5.0)	(0.5)

III. 検討 1 計算方略と反応時間の学年間での変化

：繰り上がりの有無での検討

1. 研究の背景

1 桁同士の足し算の獲得過程では、計算方略が計数から分解方略や算術的事実 (arithmetic fact) の検索へと変化することが分かっている¹⁾⁶⁾。しかし、これまでの研究で 1 桁同士の足し算とされるものには、繰り上がりのない足し算 (例えば, $3+2$) と、繰り上がりのある足し算 (例えば, $8+7$) の両方が含まれており、繰り上がりの有無に分けて検討されたものはない。1 桁同士の足し算の獲得に関しては、6 年生になっても繰り上がりのある足し算の習得に困難を示す子どもが多く存在することが指摘されている³⁵⁾。このことは、1 桁同士の足し算は繰り上がりの有無によって獲得過程が異なることを示唆するものと考えられる。そこで、本研究では、1 桁同士の足し算を繰り上がりの有無に分け、計算方略と反応時間の変化を検討することとした。

今回の研究では、計算方略を実験者の観察と子どもの報告から分類する。分類の中で検索方略と分解方略は子どもの報告のみによって分類するものであり、信頼性に乏しいという懸念が生じる可能性がある。そのため、この 2 つの方略に関しては、計算における子どもの心的過程が異なることを検証するために、平均反応時間を学年ごとに比較することとした。

2. 目的

1 桁同士の足し算の獲得途上にある小学生を対象に、その獲得過程において、繰り上がりの有無が、計算方略や反応時間の変化に与える影響を複数の学年間で横断的に検討する。

3. 方法

1) 対象者

研究協力者 1 年生 34 名, 3 年生 40 名, 5 年生 30 名から、除外基準に該当したものを除く 1 年生 27 名 (男児 13 名, 女児 14 名, 平均年齢 7 歳 6 カ月), 3 年生 27 名 (男児 11 名, 女児 16 名, 平均年齢 9 歳 5 カ月), 5 年生 24 名 (男児 13 名, 女児 11 名, 平均年齢 11 歳 4 カ月) を分析の対象とした。

2) 課題

1 桁同士の足し算課題 40 問とした。同数問題は他の問題に比べ反応時間が早くなることが確認されている³⁾¹⁹⁾²⁰⁾ため除外した。繰り上がりの有無については次のように定めた。繰り上がりのない足し算は、加数と被加数がともに 1 から 9 で和が 10 以下の足し算, 繰り上がりのある足し算は、加数と被加数がともに 2 から 9 で和が 11 から 18 の足し算とした。

足し算問題

①繰り上がりのない足し算 20 問（例：1+2, 2+6, 5+3, 7+2), ②繰り上がりのある足し算 20 問（9+8, 8+4, 5+7, 3+8) とした。①は同数問題を除く和が 10 までの足し算 40 問の中から，加数>被加数，加数<被加数の問題数が同じとなるよう 20 問を選択した。②は同数問題を除く和が 11 から 18 の足し算 32 問から，加数>被加数，加数<被加数の問題数が同じとなるよう 16 問を選択し，残りの問題から 4 問をランダムに選択し 20 問とした。足し算問題の一覧を表 7 に示す。問題の提示順序はランダムとした。

表 7 足し算問題の一覧

繰り上がりのない足し算		繰り上がりのある足し算	
被加数<加数	被加数>加数	被加数<加数	被加数>加数
1 + 2	3 + 1	5 + 6	7 + 6
1 + 4	5 + 1	5 + 7	7 + 4
1 + 6	7 + 1	4 + 7	8 + 6
1 + 8	9 + 1	7 + 8	8 + 5
2 + 4	3 + 2	5 + 8	8 + 4
2 + 6	5 + 2	3 + 8	9 + 8
2 + 8	7 + 2	7 + 9	9 + 6
3 + 4	5 + 3	6 + 9	9 + 4
3 + 6	7 + 3	5 + 9	9 + 3
4 + 6	5 + 4	3 + 9	9 + 2

3) 実施方法

実施手順

課題は Microsoft Power Point で作成した。表紙，説明，練習問題 6 問，足し算問題 40 問で構成し，子どもが課題に集中し，かつ，楽しく取り組めるよう，表紙や課題の説明にはイラストを挿入した。

説明には 2 枚のスライドを用いた。1 枚目では「パソコンの画面に足し算の問題が出てくると，問題を見たら出来るだけ早く間違えないように答えること，すぐに答えが出ない時は好きなやり方で考えていいこと」を説明した。2 枚目では「問題を解いた後にどのようにして答えを出したのか質問すること，答えを知っていた，指を使った，頭の中で数えた，数

を分けて考えた、他の方法で考えたなど、自分のやり方を説明してもらいたいこと」を説明した。

練習問題は繰り上がりのないものを3問、繰り上がりのあるものを3問設定した。繰り上がりのない問題と繰り上がりのある問題に回答し、方略について報告してもらうことで、課題の内容と方法を理解してもらった。

足し算課題は15.6インチノート型パソコンの画面中央に72ptの大きさ(数字の高さは実測値で2.0 cm)で提示した。検査者がEnterボタンを押すと、クリック音とともに問題が表示され、対象者には問題を見たら出来るだけ早く口頭で答えるよう求めた。また、対象者が足し算の答えを述べた直後に、どのような方法で答えを出したのかを質問し説明を求めた。実験場面は動画撮影し、音声はICレコーダーで録音した。課題に用いたスライドの流れを図7に示す。

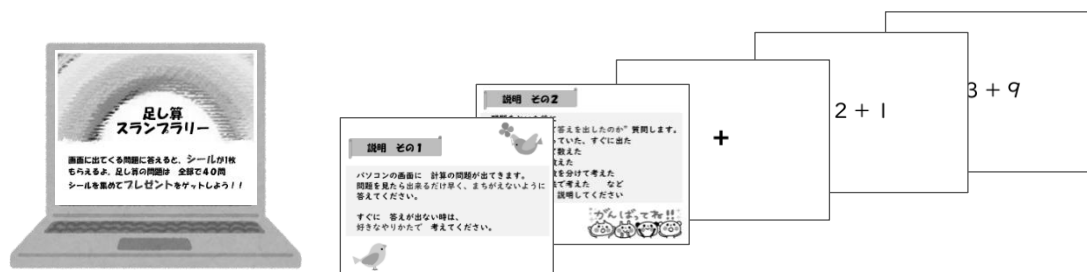


図7 足し算課題のスライドの流れ

計算方略の分類

本研究における計算方略の定義を表8に示す。また、Geary ら⁶⁾⁷⁾を参考に作成した計算方略の分類のためのフローチャートを図8に示す。

分類の手順を以下に説明する。まず、対象者の計算場面での行動および報告をVTRによって確認し、手の動きがみられた場合は「指での計数」に、口の動きがみられた場合は「口頭での計数」に分類した。手や口の動きがない、あるいは見えない場合は、計算方略に関する質問をし回答を求めた。質問はある方略に子どもの回答を誘導することを避けるために、「どうやって答えを出したの?」「今の問題はどんなふう考えたの?」という聞き方に統一した。ただし、この質問で子どもの回答が得られなかった場合は、「知ってた」「数を分けた」「数えた」「指を使った」「他の方法で考えた」と5つの方略を簡単に説明し、この中のどれに該当するのか回答を求めた。

子どもの報告は、「知ってた」「出た」など考えずに答えがすぐに浮かんでいるものは「検索」に、「分けた」「サクランボ計算をした」など、加数や被加数を分解して考えていると判断できるものは「分解」に、「数えた」「頭の中で数えた」「頭の中の指を使った」など、頭の中で数えていると判断できるものは「口頭での計数」に、「指を使った」「手で数えた」など指

を使って数えたと判断できるものは“指での計数”に分類した。報告が 4 つの方略のいずれにも当てはまらない場合は“その他”とした。尚、Geary ら⁶⁾は、“分解”を「加数を 10 を基準として分解して考えるもの」と定義しているが、本研究では、和が 10 以下の足し算でも数を分けて考えていると判断できたものは“分解”として分類した。分類の具体例を表 9 に示す。

表 8 本研究における計算方略の定義

検索	長期記憶に貯蔵された算術的事実を想起したもの
分解	数を分けるという操作を行って答えを導き出したもの $\langle \text{例} \rangle 9+8 \quad (9+1)+7$ $6+7 \quad (5+5)+(1+2)$ $4+3 \quad (4+1)+2$
口頭での計数	声に出して数えるか頭の中で数えたもの
指での計数	指を使って数えたもの
その他	上記のいずれにも当てはまらないもの

注) 和が 10 以下の足し算でも、分けるという操作を行った場合は分解に分類

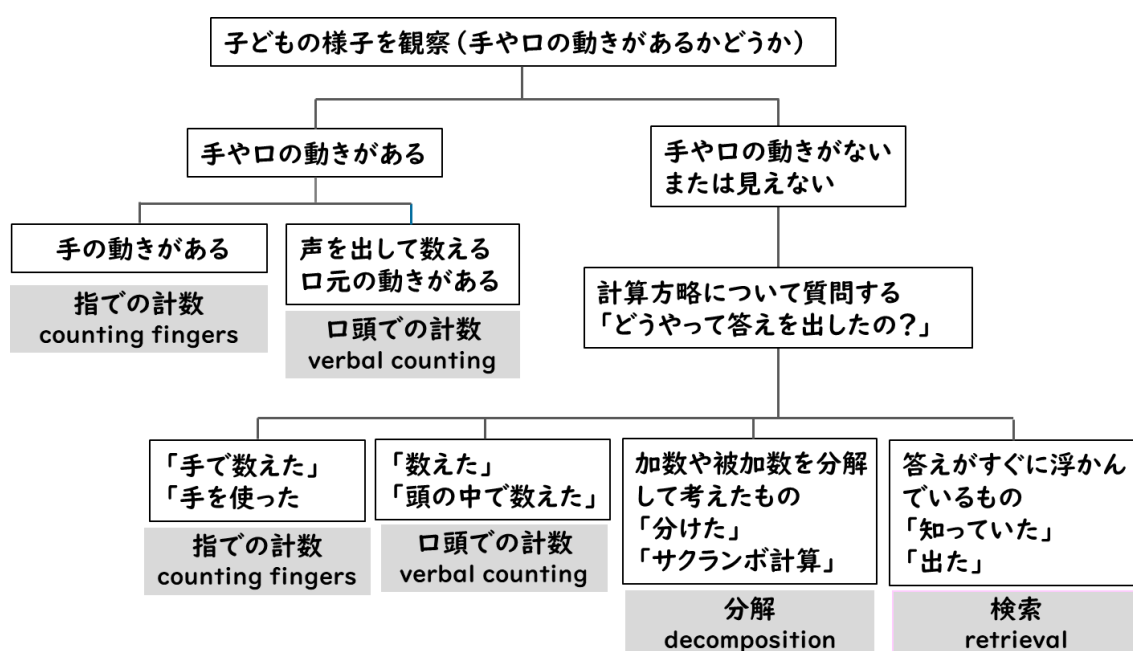


図 8 方略分類のためのフローチャート

: Geary ら⁶⁾⁷⁾を参考にして作成した。この分類に当てはまらないものは“その他”とした

表 9 計算方略の分類（具体例）

検索：計算の答えを知っていると判断できる回答	
回答例	・知っていた ・すぐに出た ・簡単だった ・$\bigcirc + \bigcirc$ は $\bigcirc$ だから 例え「$3+2$ は 5 だから 5」 ・和が 10 になる計算で、「10 を作った」
分解：数を分ける操作をしていると判断できる回答	
回答例	・繰り上がりのある足し算で 10 になるよう数を分解したもの $8+6$ の計算で「8 に 2 足して 10 になって、残りの 4 を足して 14」 和が 10 より大きい計算で「10 づくりをした」 ・繰り上がりのある計算で、加数と被加数を 5 を基準として分解したもの $6+7$ の計算で、「$5+5$ で 10 で、残りの 1 と 2 を足して 13」 ・繰り上がりのある足し算で、加数あるいは被加数を 10 まで数え上げ、もう一方を分解しているもの $7+8$ の計算で、「$9, 10$. 7 から 2 をもってきて 15」 ・和が 10 以下の計算で、分解の操作をしているもの $6+3$ の計算で、「5 を作った」
口頭での計数：声に出して数えるか、頭の中で数えたもの	
回答例	・数えた ・8 から数えた ・頭の中で数えた ・頭の中の指で数えた
指での計数：指を使って数えたもの（観察で指を使ったことが確認できた場合は指の使用に分類。観察できなかった場合は、本人の報告から判断した。）	
回答例	・指をつかった ・手を使った ・指で数えた
その他：上記の 4 つに分類できない回答	
回答例	・2 飛ばして数える 例え「$6+2$ で、「6 から 2 とばすと 8」 ・掛け算を使う 例え「$3+4$ で、「さんにがろくで、1 足して 7」 ・10 になる組み合わせを知っており、そこから引き算をしたもの $3+6$ の計算で、「$4+6$ が 10 だから、1 引いて 9」 ・数字を入れ替えてから算術的事実を想起したもの $3+5$ の計算で、「これは $5+3$ で 8」 ・本人の報告から計算方略を判断することが困難であったもの

分類の一致率の検証

計算方略の分類に再現性が認められるかを確認するために、分類の一致率を検証した。言語聴覚士 3 名に協力を依頼した。それぞれの協力者に、本研究の目的と概要、本研究における計算方略の定義および分類について説明し、ランダムに選択した各学年 1 名ずつ（計 3 名）の動画を視聴してもらった。児童の行動と報告をフローチャート（図 8）と分類の定義（表 8）、具体例（表 9）に沿って判断した上で、計算方略を分類し記録用紙へ記入してもらうよう依頼した。研究者は協力者が動画を視聴している間は別室で待機し、動画の視聴が終わったあとで記録用紙を回収した。

研究者と協力者 3 名との計算方略の分類における評価者間一致率（ k 係数）を検討したところ、協力者 A は $k=0.94$ ($p<0.001$)、協力者 B は $k=0.98$ ($p<0.001$)、協力者 C は $k=0.98$ ($p<0.001$) と、いずれも高い評価者間一致率を示した（表 10）。

表 10 方略の分類における評価者間一致率（ k 係数）

		協力者 A	協力者 B	協力者 C
評価者間一致率	k 係数	0.94	0.98	0.98
		$p<0.001$	$p<0.001$	$p<0.001$

反応時間の計測

音声データは音声解析ソフト Audacity を用いて音声波形に変換し、試行毎に、足し算問題と同時に提示されるクリック音から音声反応開始までの時間を、音声波形を基に視覚的に計測した。反応時間は 1000 分の 1 秒の値を四捨五入し、100 分の 1 秒まで計測した。計測方法を図 9 に示す。

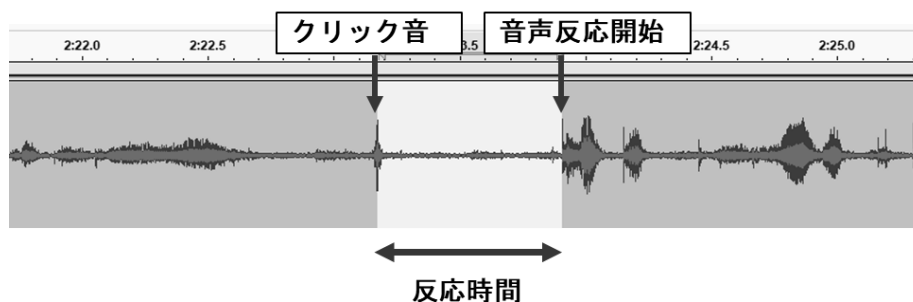


図 9 反応時間の計測方法

統計解析

繰り上がりのない足し算 20 問と繰り上がりのある足し算 20 問のそれぞれについて、計算方略の出現率の違いを χ^2 検定を用いて学年間で比較した。さらに各方略の割合の学年間での違いを詳しく検討するために残差分析を行った。

反応時間の変化を、繰り上がりの有無および学年を要因とする二元配置分散分析にて分析した。多重比較ではボンフェローニ法にて有意水準を補正した。

検索方略で解答した問題と分解方略で解答した問題の反応時間が学年間で異なるのかを検討するために、それぞれ学年を要因とする一元配置分散分析にて分析した。多重比較ではボンフェローニ法にて有意水準を補正した。

計算における子どもの心的過程が異なることを検証するために、検索方略で解答した問題と分解方略で解答した問題の反応時間を、学年ごとに対応のない t 検定で比較した。

これら全ての分析において有意水準は危険率 5 % とした。

4. 結果

足し算 40 問の平均正答率は、1 年生 96.8% (SD 4.3), 3 年生 99.2% (SD 1.4), 5 年生 99.9% (SD 1.4) であった。これ以降は、誤答および自己修正によって正答に至った問題、騒音等のために反応時間が計測できなかった問題を除外し分析を行う。

1) 計算方略の学年間での変化：繰り上がりのない足し算 20 問

繰り上がりのない足し算における各計算方略の割合を表 11 および図 10 に示す。検索方略の割合は 1 年生 67.2%, 3 年生 89.3%, 5 年生 91.9% であった。口頭での計数は、1 年生 18.4%, 3 年生 7.2%, 5 年生 7.3% であった。計算方略の割合が学年間で異なるのかどうかを χ^2 検定で検討したところ有意差がみられた ($\chi^2(8)=148.4, p<0.001$)。残差分析の結果、検索方略の割合は 1 年生で有意に低く ($p<0.001$), 3 年生, 5 年生で有意に高いこと ($p<0.001$), 口頭での計数の割合は 1 年生で有意に高いこと ($p<0.001$) が示された。指での計数の割合は 1 年生に比べ 3 年生で低く ($p<0.001$), 5 年生では指での計数の使用はみられなかった。

表 11 各学年における計算方略の出現率（繰り上がりのない足し算）

学年		1 年生	3 年生	5 年生	合計
		($n=27$)	($n=27$)	($n=24$)	($N=78$)
計算方略	度数	340	462	425	1227
	(%)	(67.2)	(89.3)	(91.9)	(82.6)
	調整済み残差	-11.2**	4.9**	6.4**	
分解方略	度数	14	6	2	22
	(%)	(2.8)	(1.1)	(0.4)	(1.5)
	調整済み残差	3.0	-0.8	-2.2	
口頭計数	度数	92	38	33	163
	(%)	(18.4)	(7.2)	(7.3)	(11.0)
	調整済み残差	6.4**	-3.3	-3.2	
指計数	度数	31	1	0	32
	(%)	(6.2)	(0.2)	(0.0)	(2.2)
	調整済み残差	7.6**	-3.8**	-3.8**	
その他	度数	28	11	2	41
	(%)	(5.4)	(2.1)	(0.4)	(2.8)
	調整済み残差	4.7**	-1.1	-3.7**	
合計	度数	505	518	462	1485
	(%)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)

** $p < 0.001$

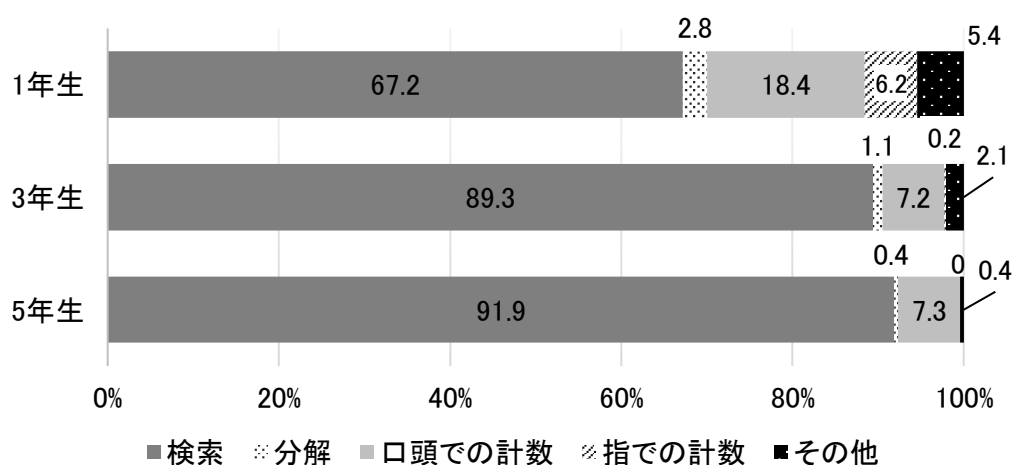


図 10 各学年における計算方略の出現率（繰り上がりのない足し算）

2) 計算方略の学年間での変化：繰り上がりのある足し算 20 問

繰り上がりのある足し算における各計算方略の割合を表 12 および図 11 に示す。検索方略の割合は 1 年生 22.6%，3 年生 45.8%，5 年生 42.6%であった。分解方略の割合は，1 年生 32.8%，3 年生 44.7%，5 年生 51.3%であり，3 年生，5 年生でも分解方略の使用が認められた。口頭での計数は 1 年生 23.9%，3 年生 3.2%，5 年生 4.7%，指での計数は 1 年生 17.7%，3 年生 3.5%，5 年生 0.7%であった。計算方略の割合が学年間で異なるのかどうかを χ^2 検定で検討したところ有意差がみられた ($\chi^2(8)=292.2, p<0.001$)。残差分析の結果，検索方略の割合は 1 年生で有意に低く ($p<0.001$)，3 年生，5 年生で有意に高いこと ($p<0.001$)，分解方略の割合は 1 年生で有意に低く ($p<0.001$)，5 年生で有意に高いこと ($p<0.001$) が示された。また，口頭での計数と指での計数の割合は，1 年生で有意に高く ($p<0.001$)，3 年生，5 年生で有意に低いこと ($p<0.001$) が示された。

表 12 各学年における計算方略の出現率（繰り上がりのある足し算）

学年		1 年生	3 年生	5 年生	合計
計算方略		(<i>n</i> =27)	(<i>n</i> =27)	(<i>n</i> =24)	(<i>N</i> =78)
検索方略	度数	114	234	199	547
	(%)	(22.6)	(45.8)	(42.6)	(36.9)
	調整済み残差	-8.2**	5.0**	3.3**	
分解方略	度数	172	231	235	638
	(%)	(32.8)	(44.7)	(51.3)	(43.1)
	調整済み残差	-5.0**	1.0	4.1**	
口頭計数	度数	119	16	21	156
	(%)	(23.9)	(3.2)	(4.7)	(10.5)
	調整済み残差	11.8**	-6.8**	-5.0**	
指計数	度数	85	19	3	107
	(%)	(17.7)	(3.5)	(0.7)	(7.2)
	調整済み残差	10.3**	-3.8**	-6.6**	
その他	度数	15	15	3	33
	(%)	(3.0)	(2.9)	(0.7)	(2.2)
	調整済み残差	1.4	1.3	-2.8	
合計	度数	505	515	461	1481
	(%)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)

** $p < 0.001$

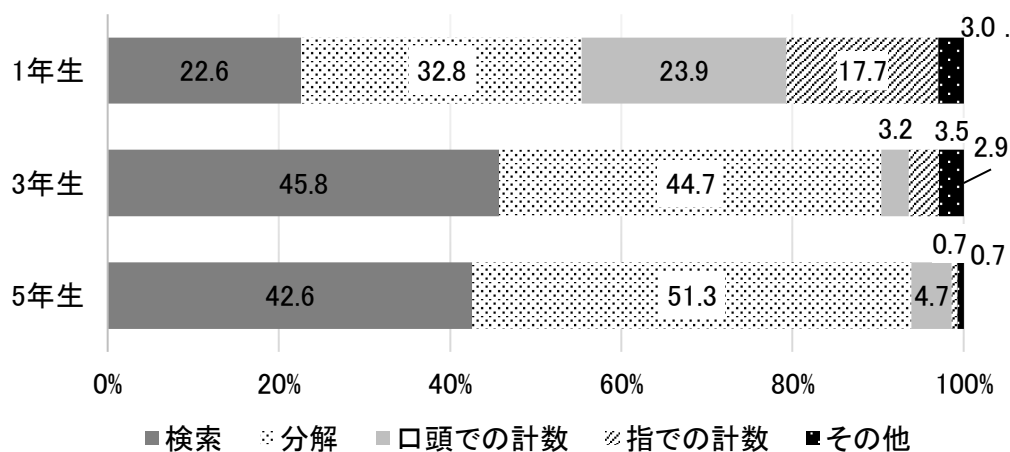


図 11 各学年における計算方略の出現率（繰り上がりのある足し算）

3) 平均反応時間の学年間での比較（繰り上がりの有無に分けた検討）

繰り上がりのない足し算の平均反応時間は、1年生 2.16 秒 (SD 1.00), 3年生 1.00 秒 (SD 0.26), 5年生 0.86 秒 (SD 0.25) であった。繰り上がりのある足し算の平均反応時間は、1年生 4.38 秒 (SD 2.04), 3年生 1.70 秒 (SD 0.82), 5年生 1.21 秒 (SD 0.46) であった（表 13）。平均反応時間が学年間で異なるのかを検討するために、繰り上がりの有無および学年を要因とする二元配置分散分析を行った。結果、学年の主効果 ($F(2, 75)=45.00$), 繰り上がりの有無の主効果 ($F(1, 75)=103.46$), 交互作用 ($F(2, 75)=28.65$) がともに有意であった ($p<0.001$)。交互作用が有意であったことから多重比較を行った。その結果、学年間での反応時間の変化については、繰り上がりなし、繰り上がりありのいずれにおいても、1年生に比べ3年生で有意に短く ($p<0.001$), 3年生と5年生では有意差は認められなかった（繰り上がりなし $p=0.0422$, 繰り上がりあり $p=0.0121$ ）。学年内での繰り上がりの有無による反応時間の比較では、1年生、3年生、5年生のいずれの学年でも、繰り上がりありに比べ繰り上がりなしで反応時間が有意に短かった ($p<0.001$)。

表 13 各学年における繰り上がりの有無別の反応時間の平均値（標準偏差）

		1 年生 ($n=27$)	3 年生 ($n=27$)	5 年生 ($n=24$)
繰り上がりなし	平均 RT	2.16	1.00	0.86
	(SD)	(1.00)	(0.26)	(0.25)
繰り上がりあり	平均 RT	4.38	1.70	1.21
	(SD)	(2.04)	(0.82)	(0.46)

4) 検索方略における反応時間の学年間での比較

子どもが検索方略で解答した問題の平均反応時間は、1年生 1.59 秒 (SD 0.52), 3年生 0.98 秒 (SD 0.24), 5年生 0.82 秒 (SD 0.17) であった (表 14)。検索方略で解答した問題の反応時間が学年間で異なるのかを検討するために、一元配置分散分析にて分析したところ、有意差がみられた ($F(2, 77)=34.87, p<0.001$)。多重比較の結果、検索方略で解答した問題の反応時間は、1年生に比べ 3年生・5年生で有意に短く ($p<0.001$), 3年生に比べ 5年生で有意に短かった ($p<0.05$)。

表 14 検索方略の学年ごとの反応時間の平均値 (標準偏差)

学年	1 年生	3 年生	5 年生	F 値
平均 RT	1.59	0.98	0.82	34.87**
(SD)	(0.52)	(0.24)	(0.17)	

** $p<0.001$

5) 分解方略における反応時間の学年間での比較

子どもが分解方略で解答した問題の平均反応時間は、1年生 4.42 秒 (SD 2.59), 3年生 2.19 秒 (SD 1.85), 5年生 1.19 秒 (SD 0.60) であった (表 15)。分解方略で解答した問題の反応時間が学年間で異なるのかを検討するために、一元配置分散分析にて分析したところ、有意差がみられた ($F(2, 62)=13.21, p<0.001$)。多重比較の結果、分解方略で解答した問題の反応時間は、1年生に比べ 3年生・5年生で有意に短く ($p<0.01, p<0.001$), 3年生と 5年生では有意差はみられなかった ($p=0.0855$)。

表 15 分解方略の学年ごとの反応時間の平均値 (標準偏差)

学年	1 年生	3 年生	5 年生	F 値
平均 RT	4.42	2.19	1.19	13.21**
(SD)	(2.59)	(1.85)	(0.60)	

** $p<0.001$

6) 検索方略と分解方略の反応時間の比較：学年ごとの比較

学年ごとに、検索方略で解答した問題と分解方略で解答した問題の平均反応時間を比較した。1年生の平均反応時間は、検索方略で解答した問題 1.59 秒 (SD 0.52), 分解方略で解答した問題 4.42 秒 (SD 2.59), 3年生は検索方略で解答した問題 0.98 秒 (SD 0.24), 分

解方略で解答した問題 2.19 秒 (SD 1.85), 5 年生は検索方略で解答した問題 0.82 秒 (SD 0.17), 分解方略で解答した問題 1.49 秒 (SD 0.60) であった。1 年生 ($t(17)=4.46, p<0.001$), 3 年生 ($t(25)=3.25, p<0.01$), 5 年生 ($t(23)=4.98, p<0.001$) のいずれの学年でも, 検索方略に比べ分解方略の反応時間は有意に長かった (図 12)。

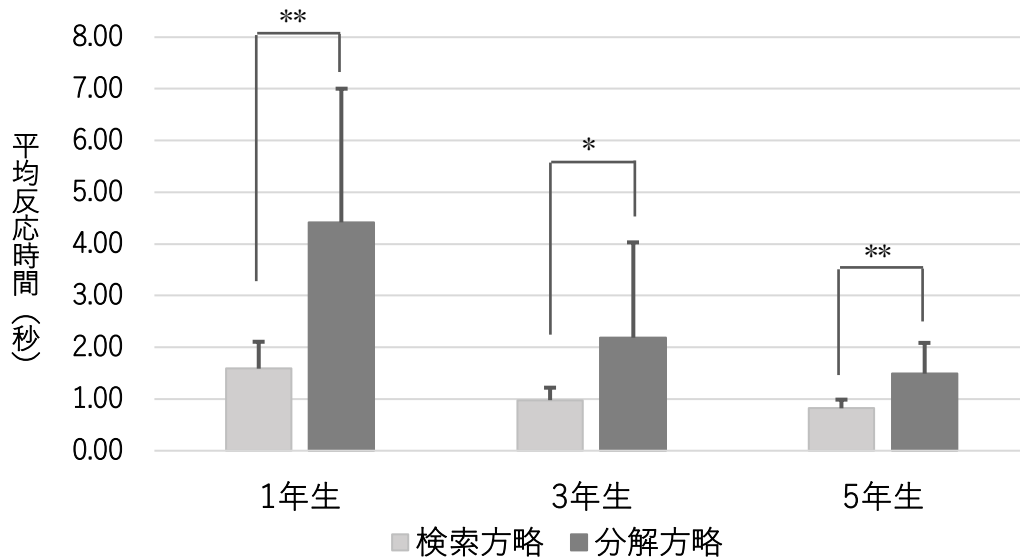


図 12 検索方略と分解方略の反応時間の学年ごとの比較 * $p < 0.01$ ** $p < 0.001$

5. 考察

検討 1 では, 1 桁同士の足し算を繰り上がりの有無に分け, 学年間での計算方略の変化を検討した。その結果, 繰り上がりのない足し算では, 1 年生では, 検索方略に加え口頭での計数の使用がみられたが, 3・5 年生では検索方略の割合が高く, 口頭での計数の割合は低かった (表 11, 図 10)。一方, 繰り上がりのある足し算では, 1 年生では, 検索方略, 分解方略, 口頭での計数, 指での計数の使用がみられたが, 3・5 年生では検索方略と分解方略の割合が高く, 口頭での計数と指での計数の割合は低かった (表 12, 図 11)。この結果から, 子どもが 1 桁同士の足し算を解く際に使用する計算方略は繰り上がりの有無によって異なること, 学年が上がると計算方略は変化することが示された。また, 繰り上がりのある足し算では, 3 年生, 5 年生でも分解方略の使用がみられ, 必ずしも検索方略に移行するわけではないことが明らかとなった。

子どもの 1 桁同士の足し算の計算方略に関しては, 研究者の観察と子どもの報告による分類が先行研究で用いられてきた^{1) 4) 6) 12)}。この中には本研究と同じように, 計算方略を異なる学年で横断的に把握することで, 子どもの計算方略の変化を検討した報告もみられ, 子どもの計算方略は 1 桁同士の足し算の獲得が進むに従って検索と分解へ変化することが示

されている¹⁾⁶⁾。しかし、これらの研究で検討されている1桁同士の足し算は、繰り上がりのないものと繰り上がりのあるものの両方を含み、繰り上がりの有無に分けた検討は見当たらない。本研究により、1桁同士の足し算の獲得過程において、子どもが使用する計算方略は、繰り上がりの有無によって異なるものと考えられた。

本研究では、足し算を解く際の反応時間の変化について、繰り上がりの有無および学年を要因とする二元配置分散分析を行った(表13)。その結果、反応時間は繰り上がりのない足し算、繰り上がりのある足し算のいずれにおいても1年生から3年生で有意に短縮し、3年生から5年生では変化がなかった。これにより、1桁同士の足し算を解く速さはこの時期に増すことが示された。また、学年ごとに繰り上がりの有無によって反応時間を比較したところ、全ての学年で有意差がみられた。これは、繰り上がりの有無による計算方略の違いを反映した結果であると考えられた。

検索方略と分解方略の反応時間が学年間で変化するかを検証するために、それぞれの反応時間を学年間で比較した。その結果、検索方略の反応時間は、1年生に比べ3年生で短縮し、さらに3年生に比べ5年生で短縮していることが明らかとなった(表14)。分解方略の反応時間は1年生に比べ3年生で短縮していることが明らかとなった(表15)。これらの結果から、子どもが検索方略や分解方略を獲得した後に、くり返し問題を解くことによって、その方略に習熟し計算における心的処理が短縮するものと考えられた。

子どもが使用する計算方略と反応時間に関する以上の結果から、子どもの1桁同士の足し算の獲得について考察する。計算方略に関しては、繰り上がりのない足し算では、3年生になると検索方略が約9割を占めるようになり、学年が上がると検索方略へ変化したことが考えられる。また繰り上がりのある足し算の計算方略については、1年生では口頭や指での計数が約4割であったが、3年生になると両方略は減少し、検索方略と分解方略が大部分を占めるようになった。このような計算方略の変化は1年生から3年生にかけて生じており、この期間に計数に依存せず、数を心的に操作できるようになると考えられる。

計算の反応時間は、3年生になると短縮することが明らかとなった。反応時間の短縮と計算方略との関係を見ると、3年生で検索方略が増加している。検索方略は長期記憶から算術的事実を想起するものであり、他の計算方略より反応時間は短いとされる。よって、検索方略が増加したことが反応時間の短縮を促進した要因のひとつであると考えられる。

検索方略で解答した問題と分解方略で解答した問題の反応時間を学年間で比較したところ、いずれの方略も学年が上がると反応時間が短縮することが示された。同じ方略であっても反応時間が短縮することは、獲得した検索方略や分解方略の習熟を示していると思われる。以上のことから、1桁同士の足し算の獲得過程においては、検索方略の獲得とそれに伴う反応時間の短縮と、獲得した検索方略や分解方略の習熟に伴う反応時間の短縮という2つの変化が生じているものと考えられる。

今回の検討では、1年生が使用する計算方略は、繰り上がりのない足し算では検索方略と口頭での計数が、繰り上がりのある足し算では、検索方略、分解方略、口頭での計数、指で

の計数が認められた。この結果からは、子どもが 1 桁同士の足し算の獲得の初期に使用する計算方略が繰り上がりの有無によって異なるように見えるが、1 年生においては学習の時期を考慮する必要がある、この結果を単純に比較することはできないと考えられる。序論に述べたように、繰り上がりのない足し算は 1 年生の 1 学期に、繰り上がりのある足し算は 1 年生の 2 学期に学習するため、本研究のデータを収集した 3 学期においては、小学校で足し算の学習をしてからの期間が繰り上がりの有無によって異なるためである。学習して間もない時期の計算方略について比較するためには、繰り上がりのない足し算について、データを収集する時期を考慮する必要があると思われる。

最後に、本研究で用いた計算方略の分類方法について検証し考察する。今回の研究で計算方略の分類は、Siegler¹⁾や Geary ら⁴⁾⁶⁾⁻⁸⁾による方法にて行った。これは実験者の観察と子どもの報告から計算方略を分類するもので、先行研究において多く用いられる方法である¹⁾⁴⁾⁶⁾⁻⁸⁾が、対象者が子どもであるために、本人の報告が心的過程を正しく表現できているか疑念が生じる可能性がある。しかし、子どもの報告による分類の妥当性については分類の一致率での検証が行われ、信頼性が高いことが示されている¹⁰⁾。本研究では、研究者自身が方略の分類を行ったため、分類方法に再現性があるのかを研究者と協力者 3 名の分類の評価者間一致率にて検証した。その結果、高い評価者間一致率を示し (表 10)、今回の研究で用いた計算方略の定義、およびフローチャートによる分類方法は再現性が高いものと考えられた。また、子どもの報告による分類については反応時間から検証した。検索方略と分解方略について、子どもの心的過程が異なることを検証するために、反応時間を学年ごとに比較した (図 12)。その結果、いずれの学年でも反応時間には有意差があり、子どもの報告は異なる心的過程を正しく表現していることが示唆され、子どもの報告による分類の有用性が示された。

以上、検討 1 では、子どもの 1 桁同士の足し算の獲得過程を、1 桁同士の足し算を繰り上がりの有無に分けて、計算方略と反応時間の変化から検討した。計算方略を学年間で検討した結果、子どもが使用する計算方略は、繰り上がりのない足し算では学年が上がると検索方略に変化すること、繰り上がりのある足し算では検索方略と分解方略に変化することが明らかとなった。また、1 桁同士の足し算の獲得過程においては、検索方略の獲得とそれに伴う反応時間の短縮と、獲得した検索方略や分解方略の習熟に伴う反応時間の短縮という 2 つの変化が生じていると考えられた。

IV. 検討 2 算術的事実の獲得と反応時間の短縮に影響を与える 認知的要因

1. 研究の背景

1 桁同士の足し算の獲得の困難さは、算数障害の特徴の 1 つである³⁸⁾³⁹⁾。しかし、算数障害は、読み書き障害に比べると評価や支援の体制が整っていない。序論で述べたように、算数障害児における算術的事実 (arithmetic fact) の獲得の困難さについては多くの報告がある。1 桁同士の足し算の算術的事実の獲得に影響を与える認知的要因が明らかになれば、算数障害児の支援における手がかりが得られるものと考ええる。

本研究では、1 桁同士の足し算を繰り上がりの有無に分け、算術的事実の獲得を反映すると考えられる検索方略の使用に影響を与える認知的要因について検討する。

算術的事実 (arithmetic fact) の獲得に影響を与える認知的要因としては、ワーキングメモリ⁴⁾⁶⁾⁷⁾¹⁰⁾¹³⁾⁻¹⁵⁾や認知処理速度⁷⁾、サビタイジング⁷⁾⁸⁾¹⁵⁾¹⁶⁾、計数の知識⁷⁾⁸⁾¹⁵⁾、数の見積もり⁷⁾⁸⁾¹⁵⁾が検討されているが、今のところ一致した見解は得られていない。

本研究で検討する認知的要因は、ワーキングメモリ、認知処理速度、数の分解、サビタイジング、知的機能とした。ワーキングメモリは、過去の研究で検討されてきたもののワーキングメモリのどの側面が 1 桁同士の足し算に影響を与えているのか一定の見解が得られていない。そこで言語性短期記憶、言語性ワーキングメモリ、視空間性短期記憶、視空間性ワーキングメモリの 4 つを把握するための課題を設定し、ワーキングメモリのどの側面が影響を与えているのかを検討することとした。認知処理速度については、ワーキングメモリと同時に評価することが重要であるとの報告⁷⁾を参考に、評価項目として選択した。数の分解に関しては、就学前に合成・分解のスキルを促進することが必要であると述べられている³³⁾こと、また、教育の中でも数を計数ではなく合成や分解で構成的に見る活動の必要性が指摘されていること³⁴⁾から選択した。サビタイジングに関しては、繰り上がりの操作²⁵⁾や数の分解との関連³⁰⁾³¹⁾が指摘されていることから選択した。知的機能に関しては、除外基準として評価が必要であること、また、1 桁同士の足し算の獲得が知的機能と関連するのか、それとも知的機能以外の認知的要因が関連するのか検討するために選択した。

検討 1 より、算術的事実 (arithmetic fact) の検索方略を使用した問題の反応時間は、分解方略を使用した場合よりも有意に短いことが示された。従って、検索方略を多く使用する子どもほど、全体の反応時間が短いことが想定される。そこで、反応時間に影響を与える認知的要因についても併せて検討することとした。

2. 目的

1 桁同士の足し算を繰り上がりの有無に分け、健常児において、算術的事実 (arithmetic fact) の獲得を反映する検索方略の使用、ならびに反応時間に影響を与える認知的要因を明らかにする。

3. 方法

1) 対象者

研究対象者は検討 1 と同様である。

2) 課題と方法

検討 1 で用いた足し算課題 40 問と、神経心理学的評価および数に関する課題について検討した。数に関する課題は、数の分解課題とサビタイジング課題を行った。

神経心理学的評価

神経心理学的評価として実施した課題の評価内容と検査項目を表 16 に示す。言語性短期記憶の評価として WISC-IV 知能検査 (Wechsler Intelligence Scale for Children-Fourth Edition, 以下 WISC-IV) の数唱 (順唱), 言語性ワーキングメモリの評価として WISC-IV の数唱 (逆唱), 視空間性短期記憶の評価として WMS-R ウェクスラー記憶検査 (Wechsler Memory Scale-Revised, 以下 WMS-R) のタッピングスパン (同順序), 視空間性ワーキングメモリの評価として WMS-R のタッピングスパン (逆順序), 認知処理速度の評価として WISC-IV の記号探し, 知的機能の評価としてレーブン色彩マトリックス検査 (Reven's Coloured Progressive Matrices, 以下 RCPM) を行った。これらの検査はそれぞれのマニュアル⁵⁶⁾⁻⁵⁸⁾に準じて実施し, 得点を算出した。

表 16 神経心理学的評価の一覧

評価内容	検査項目
言語性短期記憶	WISC-IV の数唱 (順唱)
言語性ワーキングメモリ	WISC-IV の数唱 (逆唱)
視空間性短期記憶	WMS-R のタッピングスパン (同順序)
視空間性ワーキングメモリ	WMS-R のタッピングスパン (逆順序)
認知処理速度	WISC-IV の記号探し
知的機能	レーブン色彩マトリックス検査

数の分解課題

繰り上がりのある足し算を解く場合に必要となる数の分解能力を検討した (図 13)。例えば, $8+6$ を考える場合, まず 8 があといくつで 10 になるかを考える必要がある。この段階では 10 をある数とある数に分ける操作が求められる。8 を 10 にするためには 2 が必要だと判明したら, 次の段階では, 6 を 2 といくつかに分ける操作が必要となる。この段階では

2 から 9 までの数を分ける操作が求められる。つまり、繰り上がりのある足し算では、2 から 10 までの数を分解する能力が求められる。

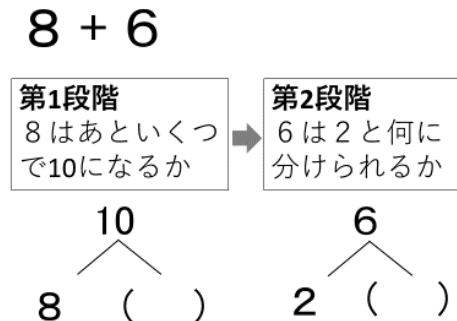


図 13 繰り上がりのある足し算を「分解方略」で解いた場合の計算過程

数の分解課題は 21 問とした。2 と 3 を分解する問題は例題として用いたため、課題では 4 から 10 までの数の分解課題を実施することとした。4 から 10 までの数の組み合わせのうち偏りがないう 21 問を選択した（表 17）。

数の分解課題の実施には、足し算課題と同様に Microsoft Power Point を用いた。表紙、説明、練習問題 2 問、分解課題 21 問で構成し、子どもが課題に集中し、かつ楽しく取り組めるよう表紙や課題の説明にはイラストを挿入した。

問題は、スライドの上段の中央と下段の左側に数を表示した。また、下段の右側には四角の枠を表示した。上段の数について、下段の左側の数を用いて分解した場合に、右側の四角に当てはまる数を答えるように求めた。分解課題のスライドの例を図 14 に示す。

課題は 15.6 インチノート型パソコンの画面中央に 72pt(数字の大きさは実測値で 2.0 cm)の大きさを提示した。検査者が Enter ボタンを押すとクリック音とともに問題が表示され、対象者には問題をみたら出来るだけ早く口頭で答えるよう求めた。対象者の音声は IC レコーダーで録音し、足し算課題と同様の方法で反応時間を計測した。

表 17 4 から 10 までの数の組み合わせ

元の数	分解した場合の組み合わせ			
4	3 と 1	2 と 2	1 と 3	
5	4 と 1	3 と 2	1 と 4	2 と 3
6	5 と 1	4 と 2	3 と 3	1 と 5
		2 と 4		
7	6 と 1	5 と 2	4 と 3	1 と 6
		2 と 5	3 と 4	
8	7 と 1	6 と 2	5 と 3	4 と 4
	1 と 7	2 と 6	3 と 5	
9	8 と 1	7 と 2	6 と 3	5 と 4
	1 と 8	2 と 7	3 と 6	4 と 5
10	9 と 1	8 と 2	7 と 3	6 と 4
	1 と 9	2 と 8	3 と 7	4 と 6
			5 と 5	

注) 4 から 10 までの数を分解した場合の組み合わせ。この中から四角で囲んだ 21 問を課題とした。

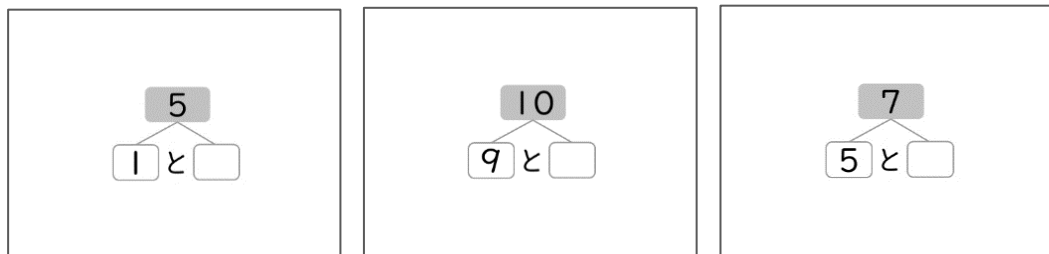


図 14 数の分解課題のスライド例

サビタイジング課題

1 から 10 までの数を表すドットを中橋²⁸⁾と中橋ら³¹⁾を参考に、横 1 列、または上下 2 列に配置した。1 から 3 までの数は横 1 列に、4 と 5 は横 1 列に配置したものと、上下 2 列に配置したものの 2 種類とし、6 から 10 までの数は上下 2 列に配置した。ドットの配置例を図 15 に示す。問題は、全ての児童が知覚的サビタイジングで瞬時に把握できると考えられる 3 以下の数²¹⁾²²⁾²⁷⁾と、把握の過程に個人差が生じると推測される 4 以上の数に分けて、1 から 3 までの数に関しては 9 問 (同一問題を 3 回ずつ実施)、4 から 10 までの数は 14 問

作成した。

課題は、15.6 インチノート型パソコンの画面に、ドットの直径 12 mm，ドット間隔 12 mm となるよう提示し，対象者には問題を見たら出来るだけ早く黒丸の数を答えるよう求めた。実験場面の音声は IC レコーダーに録音し，足し算課題と同様の方法で反応時間を計測した。

計測した反応時間は，3 以下の数と 4 以上の数に分けて，それぞれの平均反応時間を算出した。

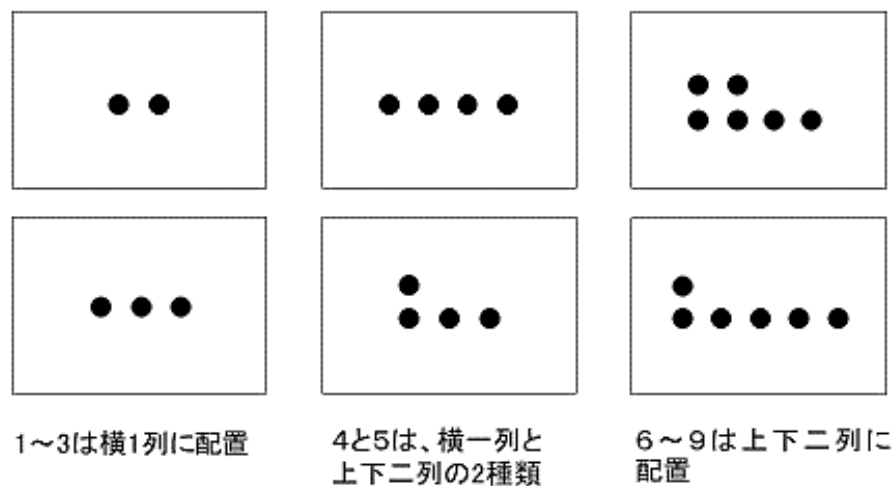


図 15 サビタイジング課題のドットの配置例

3) 統計解析

神経心理学的評価として行った数唱（順唱），数唱（逆唱），タッピングスパン（同順序），タッピングスパン（逆順序），記号探し，レーブン色彩マトリックス検査の得点，および数の分解課題，サビタイジング課題（3 以下），サビタイジング課題（4 以上）の反応時間の計 9 項目を説明変数，繰り上がりのない足し算の計算方略に占める検索方略の割合，および，繰り上がりのある足し算の計算方略に占める検索方略の割合を目的変数とした重回帰分析を行った。また，繰り上がりのない足し算の反応時間と，繰り上がりのある足し算の反応時間をそれぞれ目的変数とした重回帰分析も行った。変数選択にはステップワイズ法を用いた。全ての分析において有意水準は危険率 5 %とした。

4. 結果

各課題の基本統計量と相関係数

検索方略の割合と反応時間，神経心理学的評価として行った課題，数に関する課題の結果の平均値と標準偏差を表 18 に示した。また，足し算課題における検索方略の割合および反応時間と各課題の測定値との相関係数を表 19 に，説明変数間の相関係数を表 20 示した。

表 18 各評価項目の平均値と標準偏差 (N =78)

	平均値	標準偏差
検索の割合 (%) : 繰り上がりなし	82.5	20.2
検索の割合 (%) : 繰り上がりあり	36.7	30.8
足し算 RT (秒) : 繰り上がりなし	1.36	0.86
足し算 RT (秒) : 繰り上がりあり	2.48	1.91
数唱・順唱 (得点)	8.3	2.1
数唱・逆唱 (得点)	7.0	1.8
タッピングスパン・同順序 (得点)	7.8	1.5
タッピングスパン・逆順序 (得点)	7.2	1.7
記号探し (得点)	29.0	5.2
RCPM (得点)	31.5	3.1
分解課題 RT (秒)	2.10	1.37
サビタイジング RT・3 以下 (秒)	0.65	0.11
サビタイジング RT・4 以上 (秒)	1.99	0.81

表 19 検索方略の割合および平均反応時間と各測定値との相関係数 (N =78)

	順唱	逆唱	TP・F	TP・B	記号 探し	RCPM	分解 RT	SubRT U3	SubRT O4
検索 U10	0.27*	0.27*	0.30**	0.34**	0.02	0.37**	-0.54**	-0.26*	-0.24*
検索 O10	0.01	0.10	0.14	0.08	-0.17	0.10	-0.31**	-0.12	-0.17
平均 RT U10	-0.36**	-0.36**	-0.39**	-0.49**	-0.05	-0.48**	0.81**	0.44**	0.48**
平均 RT O10	-0.38**	-0.34**	-0.46**	-0.51**	-0.01	-0.50**	0.81**	0.44**	0.54**

* $p<0.05$, ** $p<0.01$

- ※ 「検索 U10」は繰り上がりのない足し算における検索方略の割合
「検索 O10」は繰り上がりのある足し算における検索方略の割合
「平均 RT・U10」は繰り上がりのない足し算の平均反応時間
「平均 RT・O10」は繰り上がりのある足し算の平均反応時間
「TP・F」はタッピングスパン (同順序)
「TP・B」はタッピングスパン (逆順序)
「SubRT・U3」はサビタイジング反応時間 (3 以下)
「SubRT・O4」はサビタイジング反応時間 (4 以上)

表 20 重回帰分析に用いた説明変数の相関行列 ($N=78$)

	順 唱	逆唱	TP・F	TP・B	記号 探し	RCPM	分解 RT	SubRT U3	SubRT O4
順唱	—	0.50**	0.27*	0.30**	0.13	0.51**	-0.40**	-0.34**	-0.29**
逆唱		—	0.29*	0.28*	0.03	0.40**	-0.40**	-0.28*	-0.28*
TP・F			—	0.48**	0.11	0.46**	-0.46**	-0.32**	-0.24*
TP・B				—	0.11	0.63**	-0.47**	-0.24*	-0.15
記号探し					—	0.03	-0.07	-0.22	-0.16
RCPM						—	-0.49**	-0.33**	-0.27*
分解 RT							—	0.45**	0.47**
SubRTU3								—	0.49**
SubRTO4									—

* $p<0.05$, ** $p<0.01$

1) 繰り上がりのない足し算の検索方略の割合に影響を与える認知的要因

繰り上がりのない足し算課題で、子どもが使用した計算方略に占める検索方略の割合を目的変数とした場合の重回帰分析の結果を表 21 に示す。決定係数は有意であり（調整済み $R^2=0.29$, $p<0.001$ ），説明変数として分解課題の反応時間（ $\beta = -0.54$, $p<0.001$ ）が選択された。

表 21 検索方略の割合を目的変数とした重回帰分析の結果（繰り上がりなし）

選択された説明変数	標準偏回帰係数 (β)	P 値
・ 分解課題の反応時間	-0.54	$p<0.001$
調整済み R^2	0.29	

2) 繰り上がりのある足し算の検索方略の割合に影響を与える認知的要因

繰り上がりのある足し算課題で、子どもが使用した計算方略に占める検索方略の割合を目的変数とした場合の重回帰分析の結果を表 22 に示す。決定係数は有意であり（調整済み $R^2=0.11$, $p<0.01$ ），説明変数として分解課題の反応時間（ $\beta = -0.33$, $p<0.01$ ），記号探しの得点（ $\beta = -0.19$, $p<0.01$ ）が選択された。

表 22 検索方略の割合を目的変数とした重回帰分析の結果（繰り上がりあり）

選択された説明変数	標準偏回帰係数 (β)	P値
・ 分解課題の反応時間	-0.33	$p < 0.01$
・ 記号探し得点	-0.19	$p < 0.01$
調整済み R^2	0.11	

3) 繰り上がりのない足し算の反応時間に影響を与える認知的要因

繰り上がりのない足し算の反応時間を目的変数とした場合の重回帰分析の結果を表 23 に示す。決定係数は有意であり（調整済み $R^2 = 0.68$, $p < 0.001$ ），説明変数として分解課題の反応時間 ($\beta = 0.68$, $p < 0.001$), タッピングスパン（逆順序）の得点 ($\beta = -0.15$, $p < 0.001$) サビタイジング課題（4 以上）の反応時間 ($\beta = 0.14$, $p < 0.001$) が選択された。

表 23 反応時間を目的変数とした重回帰分析の結果（繰り上がりなし）

選択された説明変数	標準偏回帰係数 (β)	P値
・ 分解課題の反応時間	0.68	$p < 0.001$
・ タッピングスパン（逆順序）の得点	-0.15	$p < 0.001$
・ サビタイジング課題（4 以上）の 反応時間	0.14	$p < 0.001$
調整済み R^2	0.68	

4) 繰り上がりのある足し算の反応時間に影響を与える認知的要因

繰り上がりのある足し算の反応時間を目的変数とした場合の重回帰分析の結果を表 24 に示す。決定係数は有意であり（調整済み $R^2 = 0.70$, $p < 0.001$ ），説明変数として分解課題の反応時間 ($\beta = 0.60$, $p < 0.001$), サビタイジング課題（4 以上）の反応時間 ($\beta = 0.24$, $p < 0.001$), タッピングスパン（逆順序）の得点 ($\beta = -0.20$, $p < 0.001$), 記号探しの得点 ($\beta = 0.10$, $p < 0.001$) が選択された。

表 24 反応時間を目的変数とした重回帰分析の結果（繰り上がりあり）

選択された説明変数	標準偏回帰係数 (β)	P値
・ 分解課題の反応時間	0.60	$p < 0.001$
・ サビタイジング課題（4 以上）の 反応時間	0.24	$p < 0.001$
・ タッピングスパン（逆順序）の得点	-0.20	$p < 0.001$
・ 記号探しの得点	0.10	$p < 0.001$
調整済み R^2	0.70	

5. 考察

検討 2 では、1 桁同士の足し算を繰り上がりの有無に分け、子どもが使用した計算方略に占める検索方略の割合を目的変数とした重回帰分析を行い、算術的事実（arithmetic fact）の獲得に影響を与える認知的要因について検討した。また、1 桁同士の足し算を繰り上がりの有無に分け、反応時間を目的変数とした重回帰分析を行い、反応時間の短縮に影響を与える認知的要因について検討した。

その結果、繰り上がりのない足し算の検索方略の使用には、数の分解能力が影響を与えていることが示された（表 21）。また、繰り上がりのある足し算の検索方略の使用には、数の分解能力、認知処理速度が影響を与えていることが示された（表 22）。この結果から、数の分解能力は繰り上がりの有無に関わらず、検索方略の使用に重要であると考えられた。その一方で、検索方略の使用に関与する認知的要因は繰り上がりの有無によって一部異なり、検索方略の獲得過程は繰り上がりの有無によって異なる可能性が示唆された。

算術的事実の獲得への影響が示されたこれら認知的要因について考察していく。数の分解とは、ある数を 2 つ以上の数に分ける操作であり、小学校の算数教育では一つの数を構成的にみることを目標として、1 年生で足し算や引き算を学習する前に学ぶよう定められている³²⁾。Tsamir ら³³⁾の研究では、5～6 歳の子どもが数の合成や分解の能力を獲得する段階にあることが示されている。また、数の分解は、足し算につながる数感覚とされ³⁴⁾、小学校 1 年生のはじめに 5 までの合成・分解をより丁寧に学習する必要があることが指摘されている³⁵⁾。足し算の獲得に関するこれまでの研究では、算術的事実は計数を基礎として獲得される²⁾と考えられてきたが、本研究の結果より、数を構成的にとらえ操作する数の分解能力が算術的事実の獲得に関与していると考えられた。この知見は、足し算の学習と数の分解との関連について述べられている過去の報告³²⁾⁻³⁵⁾を支持するものであると考えられる。

認知処理速度に関しては、Geary ら⁷⁾の報告で、算数障害児は健常児に比べて低下があり、数値情報の処理の流暢さに欠けることが指摘されている。本研究の結果からも、繰り上がりのある足し算では、算術的事実の獲得には数に関する情報の処理をすばやく行う能力が必

要であることが示唆された。

反応時間を目的変数とした検討では、繰り上がりのない足し算では、数の分解能力、視空間性のワーキングメモリ、4以上の数のサビタイジング能力が影響を与えていることが示された（表 23）。また、繰り上がりのある足し算では、数の分解能力、4以上の数のサビタイジング能力、視空間性のワーキングメモリに加えて、認知処理速度が影響を与えていることが示された（表 24）。この結果から、数の分解能力、サビタイジング能力、視空間性のワーキングメモリは、繰り上がりの有無に関わらず 1 桁同士の足し算の反応時間の短縮に重要であると考えられた。その一方で、反応時間の短縮に関与する認知的要因は繰り上がりの有無によって一部異なり、1 桁同士の足し算の処理過程は繰り上がりの有無によって異なる可能性が示唆された。

反応時間の短縮への影響が示されたこれら認知的要因について考察していく。数の分解能力は検索方略の使用にも影響を与えており、1 桁同士の足し算の獲得に重要な能力であると考えられる。

サビタイジングは一つ一つを数えることなく瞬時に対象物の数を把握することをさし²¹⁾・²⁴⁾、知覚的サビタイジングと概念的サビタイジングに分けられる。概念的サビタイジングは対象物の配置を工夫することや配置した対象物の部分に着目することで、瞬時に全体を把握する過程とされる²⁵⁾。この概念的サビタイジングは、算数の学習で使用されるドット（図 2-a, b）の数の把握や、数の合成・分解³⁰⁾³¹⁾、繰り上がりの操作を視覚化すること²⁵⁾に関与することが分かっている。本研究から、1 桁同士の足し算の反応時間の短縮には、1 つ 1 つを数えるのではなく、数をまとまりとして瞬時に把握する能力が必要であると考えられる。

ワーキングメモリについては、算術的事実の獲得には言語性のワーキングメモリを重要視する立場⁴⁾⁶⁾¹⁴⁾、視空間性のワーキングメモリを重要視する立場¹³⁾、言語性と視空間性の両方を重要視する立場⁷⁾¹⁵⁾があり、これまで一定の見解は得られていなかった。本研究では、タッピングスパン（逆順序）が説明変数として選択され、視空間性のワーキングメモリが関与していることが示された。

認知処理速度は、反応時間の短縮における検討においても繰り上がりのある足し算にのみ関与していた。10 進法の概念と関連した数の分解が求められる繰り上がりの操作では、繰り上がりのない足し算に比べ複雑な心的過程を経ることが推測され、この過程をすばやく行うために認知処理速度が関与するものと思われる。

今回の検討において、数の分解能力は検索方略の使用と反応時間の短縮のいずれにも関与していた。この分解能力と足し算の獲得との関連について考察する。序論で述べたように、小学校の算数教育において数に関する学習は計数から始まり、その後に数の分解について学習する。計数は一つ一つを数えて全体が何個あるのかを把握するプロセスであり、ボトムアップ的な数の把握と言える。一方、数の分解はある数がどの数とどの数から構成されているのかを把握するプロセスであり、トップダウン的な数の把握の仕方と言えるのではない

かと考える。このように数をトップダウン的に、あるいは構成的に³²⁾ みることで、数の操作が容易になり、1 桁同士の足し算の獲得を促進するのではないかと考えられる。本研究において数の分解能力は、繰り上がりの操作に必要な能力であると推定し検討すべき認知的要因の一つとして取り上げた。ところが本研究の結果から、数の分解能力は繰り上がりのある足し算のみならず、繰り上がりのない足し算における検索方略の使用や反応時間の短縮にも影響を与えることが明らかとなった。このことは繰り上がりの有無に関わらず、数を構成的にみることが足し算の獲得に必要であることを示している。また、数の分解能力は概念的サビタイジング能力との関連が検討されている^{30) 31)}。本研究においても反応時間の短縮に 4 以上のサビタイジング能力が影響していることが示された。サビタイジング能力や数の分解能力は、足し算につながる重要な認知的要因として、今後さらに検討していく必要があると思われる。

以上、検討 2 では、1 桁同士の足し算の獲得に影響を与える認知的要因について検討した。その結果、算術的事実 (arithmetic fact) の獲得を反映すると考えられる検索方略の使用には、数の分解能力が関与していることが明らかとなった。また、1 桁同士の足し算の反応時間の短縮には、数の分解能力、サビタイジング能力、視空間性のワーキンメモリが関与していることが明らかとなった。検索方略の使用、反応時間の短縮のいずれの検討においても、認知処理速度は繰り上がりのある足し算にのみ影響を与えていた。このことは、1 桁同士の足し算の処理過程が、繰り上がりの有無によって異なることを示唆するものと考えられた。

また、数の分解能力は繰り上がりの有無に関わらず、検索方略の使用と反応速度の短縮のいずれにも関与していた。このことから、数をトップダウン的に把握し操作する数の分解能力は、1 桁同士の足し算の獲得において重要な認知的要因であると考えられた。

V. 総合考察

本研究では 1 桁同士の足し算を繰り上がりの有無に分け、計算方略や反応時間の学年間での変化を明らかにした。また、1 桁同士の足し算を繰り上がりの有無に分けた場合の算術的事実 (arithmetic fact) の獲得や反応時間の短縮に影響を与える認知的要因は何かを明らかにした。

検討 1 では、1 桁同士の足し算を繰り上がりの有無で分け、計算方略と反応時間の学年間での変化を検討した。その結果、計算方略は繰り上がりのない足し算では学年が上がると検索方略へ変化し、繰り上がりのある足し算では検索方略と分解方略へ変化していた。これにより、繰り上がりのある足し算の計算方略は必ずしも検索方略には変化せず、学年が上がっても分解方略の使用が認められること、子どもが用いる計算方略は繰り上がりの有無によって異なることが明らかとなった。また、計算方略と反応時間の学年間での変化、および、検索方略と分解方略のそれぞれの反応時間の学年間での変化から、1 桁同士の足し算の獲得過程においては、検索方略の獲得とそれによる反応時間の短縮と、検索方略や分解方略の習熟による反応時間の短縮という 2 つの変化が生じていると考えられた。この質的および量的な変化は 1 年生から 3 年生にかけて同時進行的に生じていると思われる。

検討 2 では、1 桁同士の足し算を繰り上がりの有無に分け、算術的事実 (arithmetic fact) の獲得を反映する検索方略の使用に影響を与える認知的要因について検討した。また、1 桁同士の足し算を繰り上がりの有無に分け、反応時間の短縮に影響を与える認知的要因について検討した。その結果、検索方略の使用には、数の分解能力が影響していることが示された。反応時間の短縮には、数の分解能力、視空間性のワーキングメモリ、4 以上の数のサビタイジング能力が関与していることが示された。数の分解能力は繰り上がりの有無に関わらず算術的事実の獲得と反応時間の短縮のいずれにも関与しており、1 桁同士の足し算の獲得に重要な能力であると考えられた。また、検索方略の使用に関する検討、および、反応時間の短縮に関する検討のいずれにおいても、認知処理速度は繰り上がりのある足し算にのみ影響を与えていた。このことは、1 桁同士の足し算の処理過程が繰り上がりの有無により異なることを示唆するものと考えられた。

本研究の新規性は、1 桁同士の足し算を繰り上がりの有無に分けて検討した結果、子どもが使用する計算方略が繰り上がりの有無によって異なることが明らかになった点と、数の分解能力が繰り上がりの有無に関わらず 1 桁同士の足し算の獲得に重要な能力であることが示された点である。

足し算を繰り上がりの有無に分けた理由は、繰り上がりのない足し算と繰り上がりのある足し算では、解答に至るまでの心的過程や計算に関与する認知的要因が異なるのではないかと仮定によるものであった。“繰り上がり”とは、「ある桁の中では、数は 1~9 までしか増加しえず、10 を超えたら 1 つ上の位に 1 を足さねばならない」という計算規則に基づ

く数の操作であり、10進法の概念と深く関連する⁵²⁾。Clements²⁵⁾が提唱した概念的サビタイジングは、10のフレームを用いることで繰り上がりのある足し算の計算過程を視覚化し、繰り上がりの操作に関連するとされる。このような“10”を基準とする数の操作は繰り上がりのある足し算にのみ必要とされる。本研究によって、子どもが1桁同士の足し算を解く際に使用する計算方略、および、1桁同士の足し算の獲得に関与する認知的要因は、繰り上がりの有無によって異なることが示され、子どもの1桁同士の足し算の評価や支援においては、繰り上がりの有無に分けた検討が必要であることが示唆された。

数の分解については、当初は繰り上がりの操作に必要な能力と推測していたが、繰り上がりの有無に関わらず、1桁同士の足し算の獲得に重要な能力であることが明らかとなった。数の分解は数をトップダウン的に、あるいは構成的に把握するプロセスであると考えられる。このような数の見方ができることによって数の操作が容易になり1桁同士の足し算の獲得を促進する可能性があることが、本研究の結果から示唆された。数の分解は足し算につながる数感覚として重要であり³⁴⁾、小学校1年生のはじめまでに5までの分解を丁寧に学習する必要があること³⁵⁾は教育的な観点から指摘されてきたが、数の分解能力の重要性を客観的に示すことができたのは本研究の重要な意義であったと考える。

1桁同士の足し算の獲得の困難さは算数障害の特徴であり、その評価や支援を行うことは重要である。しかし、我が国では算数障害の支援は教育的な立場で行われることが多く⁴⁸⁾⁻⁵¹⁾、また、訓練方法も確立されていないため、教師や支援者が対象となる児童ごとに試行錯誤している現状がある。本研究で明らかになった繰り上がりの有無による計算方略の違いは1桁同士の足し算の獲得が困難な子どもの評価の参考になるものと考えられる。また、1桁同士の足し算の獲得に関与する数の分解能力、サビタイジング能力、視空間的なワーキングメモリ、認知処理速度は算数障害児においては低下がみられる可能性がある。これらの認知的要因については算数障害との関連についてさらに検討を行い、支援につなげていく必要があると考える。特に、数の分解能力に関しては、足し算の獲得と強い関連があると思われることから、支援につなげる具体的な方法について検討を行っていく必要があると考える。

本研究の限界について述べる。本研究では、足し算の獲得過程を小学1年生、3年生、5年生で学年横断的に検討した。結果として、1桁同士の足し算の計算方略や反応時間は1年生から3年生で変化することが明らかとなった。しかし、その変化の途上にある2年生の検討は今回の研究では行えなかった。サビタイジングについては、3以下と4以上に分けて検討を行い、個人差が生じる4以上のサビタイジング能力が足し算の獲得に関連することが明らかとなった。しかし、足し算の獲得に重要とされる概念的サビタイジングに焦点を当てた検討ではなかったため、サビタイジング能力の個人差が影響するという知見にとどまった。本研究でのこれらの限界については、今後、足し算の獲得について研究を行っていく上での課題としたいと考える。

本研究では1桁同士の足し算の獲得過程や獲得に関係する認知的要因が繰り上がりの有無によって異なることが明らかとなった。序論でも述べたように、“繰り上がり”とは、10進

法の概念と深く関連する計算規則に基づく操作である。しかし、繰り上がりの操作と 10 進法の概念や使用が具体的にどう関連しているのか、10 進法の概念の獲得や使用に必要な認知機能は何かなど、解明されていない点が多い。繰り上がりの操作に関連すると思われるこれらの点に関しては、今後、明らかにしていく必要があると思われる。

VI. 結語

本研究では、健常児における 1 桁同士の足し算の獲得過程を明らかにすることを目的とした。1 桁同士の足し算を繰り上がりの有無で分け、それぞれで、計算方略の学年間での変化、および、算術的事実の獲得と反応時間の短縮に影響を与える認知的要因について検討し、下記の結果を得た。子どもが 1 桁同士の足し算を解く際に使用する計算方略は繰り上がりの有無によって異なる。繰り上がりのない足し算では学年が上がると検索方略に変化するが、繰り上がりのある足し算では学年が上がっても検索方略と同程度に分解方略の使用も認められる。計算方略と反応時間の学年間での変化の検討から、足し算の獲得過程では、検索方略の獲得とそれに伴う反応時間の短縮、検索方略や分解方略の習熟に伴う反応時間の短縮という 2 つの変化が生じていると考えられる。算術的事実の獲得には数の分解能力が関与し、反応時間の短縮には、数の分解能力、4 以上の数のサビタイジング能力、視空間性のワーキングメモリが関与する。ただし、認知処理速度は繰り上がりのある 1 桁同士の足し算にのみ関与しており、これは、処理過程の違いを反映している可能性がある。数の分解能力は、繰り上がりの有無に関わらず検索方略の獲得と反応時間の短縮のいずれにも関与しており、1 桁同士の足し算の獲得に重要な能力であると考えられる。

謝辞

本研究は、多くの方々のご協力によって行うことができました。この場をお借りして心から感謝申し上げます。

指導教員の内田信也教授には研究の進め方の全てを教えて頂きました。ご指導頂いたこの3年間で、研究の面白さを感じるとともに、研究者としての使命や責任も知ることができました。心から感謝申し上げます。

研究データの収集には、小学校の先生方、児童の皆さまに多大なるご協力を頂きました。熊本市立黒髪小学校校長 書川欣也先生、熊本市立花園小学校校長 柴田治穂先生、熊本市立北部東小学校校長 園田恭大先生には、児童への協力依頼と小学校内の施設使用に関してご理解とご協力を頂きました。心から感謝申し上げます。花園小学校教頭 竹原崇文先生、黒髪小学校ことばの教室 中石ひさ子先生、北部東小学校の学年主任の先生方には、児童への協力者募集の配布と回収、研究者との連絡などに関し多大なるご協力を頂きました。心から感謝申し上げます。

本研究はデータ収集の期間中に新型コロナウイルスの感染が拡大し、小学校でのデータ収集を途中で断念した経緯があります。施設の確保ができず研究の継続が危ぶまれた際に、熊本保健科学大学学長 竹屋元裕先生に大学内の施設の使用許可を頂きました。また、施設使用に関しましては、熊本保健科学大学事務局長 河瀬春夫様、言語聴覚学専攻専攻長 大塚裕一先生にもご尽力頂きました。心から感謝申し上げます。

本研究は、小学生の児童の皆さまお一人お一人のご協力によって成り立っています。放課後の疲れている時間に、一生懸命に課題に取り組んでくれた黒髪小学校、花園小学校、北部東小学校の児童の皆様、本当に有難うございました。また、SNS グループを通したご協力の呼びかけに対して、快く申し出て下さいました保護者の皆様、大学に来て課題に取り組んでくれた小学生の皆様、本当に有難うございました。

分類の一致率の検討には言語聴覚士 3 名の方にご協力を頂きました。お忙しい中、快くお引き受け頂き有難うございました。また、文章の校正には、私のかつての上司 三浦真弓先生にご協力頂きました。有難うございました。

最後に、夜遅くの帰宅や休日の研究に対して、全面的に協力してくれた家族にも、この場でお礼を述べたいと思います。ありがとうございます。

引用文献

- 1) Siegler RS . The Perils of averaging data over strategies: An example from children's addition. *Journal of Experimental Psychology*. 1987; 116(3): 250-264
- 2) Butterworth B. The development of arithmetical abilities. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*. 2005; 46(1): 3-18
- 3) Ashcraft MH. Cognitive arithmetic: A review of data and theory. *Cognition*.1992; 44: 75-106
- 4) Geary DC, Brown, SC, Samaranayake VA. Cognitive addition: A short longitudinal study of strategy choice and speed-of-processing differences in normal and mathematically disabled children. *Developmental Psychology*. 1991; 27(5): 787-797
- 5) Thompson L. Mental calculation strategies for addition and subtraction. *Mathematics in School*. 1999; 28(5): 2-4
- 6) Geary DC, Hoard MK, Byrd-Craven J, et al. Strategy choices in simple and complex addition: Contributions of working memory and counting knowledge for children with mathematical disability. *J.Experimental Child Psychology*. 2004; 88: 121-151
- 7) Geary DC, Hoard MK, Byrd-Craven J, et al. Cognitive mechanisms underlying achievement deficits in children with mathematical learning disability. *Child Dev*. 2007; 78(4): 1343-1359
- 8) Geary DC, Hoard MK, Bailey DH. Fact retrieval deficits in low achieving children and children with mathematical learning disability. *J Learn Disabil*. 2012; 45(4): 291-307
- 9) Casey BM, Lombardi CM, Pollock A, et al. Girls' spatial skills and arithmetic strategies in first grade as predictors of fifth-grade analytical math reasoning. *Journal of Cognition and Development*. 2017; 18(5): 530-555
- 10) Wu SS, Meyer ML, Maeda U, et al. Standardized assessment of strategy use and working memory in early mental arithmetic performance. *Dev Neuropsychol*. 2008; 33(3): 365-393
- 11) Paul JM, Reeve RA. Relationship between single digit addition strategies and working memory reflects general reasoning sophistication. *Learning and Instruction*. 2016; 42: 113-122
- 12) Rhodes KT, Lukowski S, Branum-Martin L, et al. Individual differences in addition strategy choice: A psychometric evaluation. *Journal of Educational Psychology*. 2018; 111(3): 414-433
- 13) McLean JF, Hitch GJ. Working memory impairments in children with specific arithmetic learning difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology*.1999; 74: 240-260
- 14) 門廻宏昭. ワーキングメモリ理論からみた単純加算課題における計算困難の特徴に関

- する研究. 発達支援研究. 2002; 2: 7-9
- 15) Geary DC. Missouri longitudinal study of mathematical development and disability. British Journal of Educational Psychology Monograph Series II. 2010; 7; 31-49
 - 16) Koontz KL. Identifying simple numerical stimuli: Processing inefficiencies exhibited by arithmetic learning disabled children. Mathematical Cognition. 1996; 2(1): 1-23
 - 17) Holmes J, Adams JW, Hamilton CJ. The relationship between visuospatial sketchpad capacity and children's mathematical skills. European Journal of Cognitive Psychology. 2008; 20(2): 272-289
 - 18) 島田英昭. 暗算処理における和・積の自動活性化－SOA, 問題サイズ, 演算記号提示の効果の検討－. 心理学研究. 2003; 74(4): 372-378
 - 19) 島田英昭. 1桁の加法・乗法の暗算処理メカニズム－連合強度と干渉強度の2要因モデルによる検討－. Cognitive Studies. 2003; 10(4): 509-527
 - 20) 島田英昭. 暗算処理における同数効果の説明モデル－真偽判定課題による妥当性の検討－. Cognitive Studies. 2005; 12(4): 373-381
 - 21) Revkin SK, Piazza M, Izard V, et al. Does subitizing reflect numerical estimation?. Psychological Science. 2008; 19(6): 607-614
 - 22) Dehaene S. (長谷川真理子, 小林哲生訳). 第3章おとなの脳に埋め込まれた物差し. 数覚とはなにか?. 東京: 早川書房, 2010: 120-163
 - 23) Starkey P, Cooper RG Jr. Perception of numbers by human infants. Science. 1980; 28(210): 1033-1035
 - 24) Starkey P, Cooper Jr RG. The development of subitizing in young children. British Journal of Developmental Psychology. 1995; 13: 399-420
 - 25) Clements DH. Subitizing: What is it? Why teach it? .Teaching Children Mathematics. 1999; 5(7): 400-405
 - 26) 清水静海, 船越俊介, 根上生也ら. わくわく算数1. 東京: 啓林館, 2017
 - 27) 中橋葵. 幼児の概念的サビタイジングに関する研究－モデル化に向けた発達の実態と様相の検証－. 日本数学教育学会誌数学教育学論究. 2014; 96(臨増): 113-120
 - 28) 中橋葵. 幼児期における数概念の発達に関する研究－概念的サビタイジング能力に着目して－. 近畿数学教育学会会誌. 2015; 28: 14-21
 - 29) 岡部恭幸, 中橋葵. 数理認識からみた発達の至適時期～概念的サビタイジングに着目して～. 子どもと発達発達. 2017; 15(1): 12-17
 - 30) 広瀬優香子. サビタイジング能力と数の合成・分解の能力との関係について. 日本数学教育学会 秋期研究大会発表集録. 2016; 49: 191-194
 - 31) 中橋葵, 岡部恭幸. 幼少接続期の概念的サビタイジングの発達に関する研究 数の合成・分解の学びのプロセスに着目して. 日本数学教育学会秋期研究大会発表集録. 2018; 51: 65-72

- 32) 文部科学省. 第3章各学年の目標及び内容. 小学校学習指導要領(平成29年告示)解説算数編. 東京: 日本文教出版, 2018: 76-178
- 33) Tsamir P, Tirosh D, Levenson E, et al. Analyzing number composition and decomposition activities in kindergarten from a numeracy perspective. *Mathematics Education*. 2015; 47: 639-651
- 34) 深井文雄. 数の合成・分解を加減計算に結びつける工夫 第1学年「10までの数」と「1けた同士の足し算・引き算」の実践を通して. *岡山大学算数・数学教育学会誌*. 2003; 10: 1-6
- 35) 文部科学省(実施機関名 国立大学法人筑波大学). 2017. 平成29年度発達障害に関する教職員等の理解啓発・専門性向上事業(発達障害の可能性のある児童生徒に対する教科指導法研究事業)成果報告書.
https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2018/09/21/1409277_011_1.pdf 2020.8.11
- 36) Foley AE, Vasilyeva M, Laski EV. Children's use of decomposition strategies mediates the visuospatial memory and arithmetic accuracy relation. *British Journal of Developmental Psychology*. 2017; 35: 303-309
- 37) Jordan NC, Hanich LB, Kaplan D. Arithmetic fact mastery in young children: A longitudinal investigation. *J Exp Child Psychol*. 2003; 85(2): 103-119
- 38) 文部科学省. 1999. 特別支援教育について 主な発達障害.
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/tokubetu/004/008/001.htm 2020. 8.11
- 39) 世界保健機構, (融道男, 中根允文, 小宮山実ら監訳). F8 心理発達の障害. ICD-10 精神および行動の障害 臨床記述と診断ガイドライン新訂版. 東京: 医学書院, 2005: 243-268
- 40) American Psychiatric Association (高橋三郎, 大野裕監訳). 1 神経発達症群/神経発達障害群. DSM-5 精神疾患の分類と診断の手引. 東京: 医学書院, 2014: 17-41
- 41) 稲垣真澄, 米田れい子. 特集 限局性学習症(学習障害)総論: 医療の立場から. 児童青年精神医学とその近接領域. 2017; 58(2): 205-216
- 42) 長尾秀夫. 特集 学習障害(LD)・注意欠陥多動障害(ADHD) I. 学習障害(LD)病像と診断ー特異的算数能力障害(dyscalculia)の病像と診断. *小児科診療*. 2002; 6(37): 909-912
- 43) 熊谷恵子. 教育シンポジウム 最近の算数障害へのアプローチー認知神経心理学や法的定義からの下位分類の考え方ー. *LD研究*. 2009; 18(1): 24-36
- 44) 特異的発達障害の臨床診断と治療指針作成に関する研究チーム編. II章特異的算数障害. 特異的発達障害 診断・治療のための実践ガイドラインーわかりやすい診断手順と支援の実際ー. 東京: 診断と治療社, 2010: 91-136
- 45) 若宮英司. 特集 発達障害の臨床ー子どもの心の診療として I. 診断・評価 学習障害の

- 臨床における診断・評価のあり方. 小児科診療. 2014; 12(27): 1751-1757
- 46) 若宮英司, 中西誠, 奥村智人ら. Effects of speed and correctness of calculation on arithmetic achievement in school children (数的事実と計算手続きの速度と正確性が算数成績に及ぼす影響). 脳と発達 学術集会号. 2016; 48(1): 5254-5254
- 47) 秋元有子. 数学的思考の視点からみた算数障害. 教育心理学研究. 2017; 65: 106-119
- 48) 東原文子, 東原義訓, 前川久男ら. 計算ストラテジーの習得とスピードアップをめざす障害児のためのコースウェア. 日本科学教育学会研究会研究報告. 1992; 6(4): 5-8
- 49) 小寺廣次. 学習障害を疑われる児童の算数指導. 情緒障害教育研究紀要. 1995; 14: 103-108
- 50) 大浦理麻, 笹山龍太郎. 個のニーズに応じた計算指導の実践研究. 教育実践総合センター紀要. 2014; 13: 251-260
- 51) 山名裕子, 杉村伸一郎. 指を利用して計算する子どもに対する教師の指導—教師へのインタビューと探索的調査の結果から—. 秋田大学教育文化学部教育実践研究紀要. 2006; 28: 145-154
- 52) 永友真紀, 三浦真弓, 松永薫. 十進法の使用に障害を呈したくも膜下出血後脳梗塞の1例. 神経心理学. 2009; 25 (3): 211-220
- 53) 栗山和弘, 吉田甫. 心的加算における数の表象構造について. 教育心理学研究. 1995; 43: 402-410
- 54) 栗山和弘. 子どもの数概念の発達について. 宮崎女子短期大学紀要. 1998; 24: 81-96
- 55) 宇野彰, 新家尚子, 春原則子ら. 健常児におけるレーブン色彩マトリックス検査—学習障害児や小児失語症児のスクリーニングのために—. 音声言語医学. 2005; 46(3): 185-189
- 56) Wechsler D (日本版 WISC-IV刊行委員会訳編). 日本版 WISC-IV知能検査実施・採点マニュアル. 東京: 日本文化科学社, 2010
- 57) Wechsler D (杉下守弘訳). 日本版ウェクスラー記憶検査法 (WMS-R). 東京: 日本文化科学社, 2001
- 58) Reven JC, Court JH, Reven J. (杉下守弘, 山崎久美子訳). 日本版レーブン色彩マトリックス検査手引. 東京: 日本文化科学社, 1993
- 59) Wechsler D (日本版 WISC-IV刊行委員会訳編). 日本版 WISC-IV知能検査理論・解釈マニュアル. 東京: 日本文化科学社, 2010

健常児における1桁同士の足し算の獲得過程

保健医療学専攻 言語聴覚分野 永友真紀