幼年教育研究年報　第34巻　45－52
The Annual of Research on Early Childhood, 2012

原著論文

幼児における数表象の発達
― 数直線課題と他の関連課題による検討 ―

浦　上　　　萌[1]

Development of numerical representation in young children
— Examination by a number-to-position task and other related tasks —

Moe URAGAMI[1]

Abstract: Children have been using numbers since infancy in their daily life. Numerical representations have been studied before in the way of basis of number processing in infancy and higher number processing in childhood such as addition. However, it has been left unsolved that the relationship between development of numerical representations and other number concept.

In this study, I first studied development of numerical representations in infancy (4 and 5 years) by use of 0-to-100 number line. As a result, between 4 years and 5 years children, the pattern of estimates progressed from logarithmic to linear representations. This result also indicated that the developmental transformation was seen earlier than previous researches.

Second, I also studied that the relationship between development of numerical representations and other number concept. Here, along with the number concept which was involved with numerical representations in previous researches, I evaluated the possible association of understanding of three number concepts (ordinal, cardinal and number conservation) as a precondition to understanding of number. Then, the development of numerical representations has a correlation with counting, cardinal number and number conservation. The reason which this study could get the result was probably that small number of correct answers in the other group which didn't fall into logarithmic or linear representations. Thus, it was indicated that there are one of the number concepts supporting the developmental transformation the other group from to logarithmic or linear representations.

Key Words: Numerical representation, Number line, Numerical estimation.

問題と目的

就学前の乳幼児期から，生活行動や遊びの日常経験を通じて数量に関する知識は獲得されており，特に幼児は日常的に数量を処理している（丸山・無藤，1997）。これら幼児が扱う数処理や，義務教育で学ぶ加算などの高等な数処理を支える根底の能力として，数表象の発達に関する研究はなされてきた。その中でも多く用いられてきた課題は，以下に紹介するような２つである。

Dehaene, Bossini, & Giraux（1993）によれば，２数を対提示して大小判断や偶奇性判断を求めるような課題の結果から数表象は左から右へ小さな数から大きな数へと並ぶような構造を持つとされる。また，Dehaene（1997）は年齢に関係なく，数が大きくなるにつれて数と数の間隔が小さくなるような対数表象の「心の物差し（mental number line）」を持つと主張した。

以上のような Dehaene らが導き出した数表象

1　広島大学教育学研究科附属幼年教育研究施設

は，その課題で使用されている表象のみしか導き出すことができず，子ども達が複数の表象を発達とともに各年齢で持つことや，扱う数の範囲が大きくなるにつれて適切な表象に頼るようになること，また数の文脈が子ども達の数表象の選択に影響する可能性については触れられていない（Siegler & Opfer, 2003）。

それに対し数直線課題（Number-to-position version: NP）を用いた数表象の研究は，これらの仮説を導くために有効である（例；Siegler & Opfer, 2003; Siegler & Booth, 2004; Booth & Siegler, 2006）。これまで Siegler らによって使用されてきた数直線課題（NP 課題）は，左端０，右端に100（10もしくは1000）が書かれた数直線を用紙の中央に提示し，数直線の範囲内にある整数を与え，被験者にその数が数直線上であると思う位置に印をつけてもらう（もしくは指し示してもらう）というものだった。そして数表象は，子どもが以上のような手続きで見積もった結果を，横軸に実験者が提示した数（正確な数），縦軸に子どもが見積もった数を示したグラフに散布図に描き，導き出すというものであった。例えば，0～100の数直線課題で，幼児（平均年齢＝5.8，SD＝0.4）に20を見積もるよう提示すると，多くの幼児は数直線上でおよそ50の位置を指し示し，対数表象を示すという（例：Figure. 1 in Booth & Siegler, 2006）。

Siegler & Opfer（2003）は，0～100，0～1000の数直線課題（NP 課題）を用いて，小学２・４・６年生（それぞれの平均年齢7.9歳，9.6歳，11.8歳）と大学生を対象に実験を行った。子ども達の数表象は加齢とともに変化し，対数表象から直線表象へと移行していった。小学２年生では，馴染みのない0～1000の数直線の場合，下位の数を大きく見積もり，上位の数から最高値を小さく見積もった（対数的位置取り）。そして小学４年生では，対数表象と直線表象の者が入り混じった状態であった。しかし，馴染みのある0～100の数直線では，両者とも直線表象を示した。対照的に，小学６年生では大人と同様に，両範囲の数直線課題で直線表象を示した。

また，Siegler & Booth（2004）は，米国の幼児（年長）と小学１，２年生を対象に，0～100までの数直線課題と，数学分野に関する SAT-9（Stanford Achievement Test）を実施し，両者の関連を検討した。数直線課題の結果については，幼児（平均年齢＝5.8歳）では対数表象，小学１年生では対数表象と直線表象が入り混じった状態，小学２年生では直線表象と発達的に変化するというものであった。数直線課題と数学到達度テスト（SAT-9）の結果との関連については，数直線課題の表象と数学到達度テストの合計得点との結果に強い正の相関関係があった。

これまで Siegler らが行ってきた数直線課題を用いた数表象の研究参加者は，中流階級と低所得者階級の家庭の幼児と小学生であり，日本の子どもに追試した場合にも，類似した発達変化が見られるかどうか検討する必要があると考えられる。Miura, Okamoto, Kim, Steere & Fayol（1993）が，アジア圏（日本，韓国）と西欧圏（フランス，スウェーデン，アメリカ）の小学１年生を対象に数字の認知と桁の理解に関する実験を行った結果，アジア圏の小学１年生の方が，10のまとまり（単位）を意識し，また大きな桁数の数の理解に関しても正答率が高かったということを報告した。加えて，幼児の計数や数唱に関しても，中国語を使用する幼児の方が，英語を話す幼児より成績が良かったという（Miller, Smith, Zhu & Zhang, 1995）。このことから，数表象の発達に関しても，米国の子ども達より日本の子ども達の方が早期に発達することが示唆される。

また，Siegler らは，数表象の発達変化と関連する他の数概念との関連も検討している。Booth & Siegler（2008）は，数直線課題を用いて，小学１年生で見られる直線表象が，数学到達度テストの中の加算の知識と関係し，新しい加算問題の正答率を増進させるとした。その他にも，数直線課題と数概念との関連をみた近年の研究では，直線表象が数の分数と数の大小比較に関する理解や（Booth & Siegler, 2006; Laski & Siegler, 2007; Siegler & Booth, 2004），数唱・数の大小比較，視覚的に見た数とそれに対応した数を口答する数の同一視の能力（Ramani & Siegler, 2008）と深く関係していることが明らかになっている。

これらの研究は，数直線課題から導き出された数表象と他の数概念との関連を示唆するものであるが，数表象の発達的変化を念頭においた検討をするためには，就学後の加算など高等な処理を必要とする能力の基底にある，子どもが数を理解する際の前提となる３つの数概念（順序づけ，基数性，数の保存）の理解（Piaget & Szeminska, 1941）との関連性も明らかにする必要があるといえるだろう。

そこで本研究では，加算などの数概念に加え，

数表象の発達を支える概念として，以上の３つの数概念に関して階層的包摂と数の保存を取り上げ，数表象との関係を検討する。なお，数概念の前提の理解として挙げられる順序づけと基数性については，数概念に関する課題に用いる計数・集合数課題でも検討できると考えた。

数直線課題において，直線表象を獲得している者は，序数性と基数性の概念を保存している必要があると考えられる。直線表象を獲得している者は，数の順序を理解しているため序数性を保有し，そして，数の大きさが等間隔に増加するという間隔尺度的な単位を理解しているため，基数性を保有していることが示唆される。

一方で，基数性を正しく理解するには，集合関係の中で基本的な関係である，部分－全体の階層性の理解が必要であるという見解も示されている（Piaget & Szeminska, 1941）。この部分－全体の関係をみるための課題としてクラスの包摂課題を用いる。この課題は，最初に木でできた２個の白いビーズと茶色のビーズ７個を示す。子どもは茶色のビーズが白のビーズより多いことは理解できるが，木のビーズが茶色のビーズより多いことは理解できないことがあるというものであった。こうした結果について，Piaget & Szeminska（1941）は，茶色の結果が多いという知覚的な優位性が，全てのビーズは木からできているという理解を妨害したと考えた。全体（木でできている）と部分（色）を同時に考えることができないために，全体が部分より上位にあるという論理的思考を持つことができないことを示し，加えて部分－全体の理解は基数性の理解につながることを示した。しかし後の指摘で，クラスの包摂課題と集合数をたずねる課題では異なる部分があり，クラスの包摂では１つ以上（素材と色）の要素があり，集合数では数という１つの要素しかたずねていないため，クラスの包摂課題では解決が困難になったという指摘もある（Markman, 1973, 1978, 1979）。そこで本研究では，集合数課題とクラスの包摂課題の両方を用いることにした。

加えて，Piaget & Szeminska（1941）のいう数の保存課題は，視覚的事物で数を表現している点において，数直線課題と一致している。数の保存課題とは，２つの列に同じ数だけおはじきが並べられており，両方の列のおはじきは同じ数だけあることを確認し，次に，一方の列のおはじきの間隔を変化させ，１対１の対応をさせないようにする。そうすると，保存性を獲得していない子どもは列の長いおはじきの方を数が多いと判断するというものであった。列の長いおはじきの方を長いと判断する子ども達は，知覚的な優位性に妨害され，数の本質を理解できていないと考えられている（Piaget & Szeminska, 1941）。このように，数の本質を理解できてないという意味でも，３つの概念についても検討することにした。

以上より本研究では以下の点について検討することを目的とする。まず，数のインフォーマルな知識が幅広く獲得されると考えられる，幼児（年中・年長）を取り上げ，数直線課題を用いて数表象の発達を検討する。また，その数表象の発達変化が米国の子どもより早期に，日本の子どもで見られるかどうかについても検討する。そして次に，数表象と他の数概念の関係を検討するために，先行研究でも関係性が見られた計数・集合数課題，多少判断課題，数の加法合成課題と数表象の関連も明らかにする。加えてそれらの能力を支えていると考えられる，数概念の理解において，保存課題とクラスの包摂課題との数表象の関連についても検討する。さらに，課題に指標となる印をつけることで，幼児がそれを手がかりとして認識し，数直線課題の表象の正確さが改善されるかどうかについても検討する。

方　法

研究参加者

兵庫県下の市立幼児園，年中児26人（男児12人，女児14人，平均年齢５歳０ヶ月）と，年長児27人（男児17人，女児10人，平均年齢５歳11ヶ月）が本研究に参加した。

課題

(1) 数表象に関する課題

数直線課題

材料：数直線課題（NP 課題）は Siegler & Booth（2004）の課題を参考にした。机上には，48枚がセットになったＡ４判の冊子が置いてあり，１枚ずつ24.5cm の線が中央に印刷されており，左端に０，右先端に100の数直線が一本印刷されていた。半分の24枚の刺激には，０と100を両極とした数直線のみが印刷されたものであり（手がかり無条件），もう半分の24枚には０と100を両極とした数直線の他に，もう一つランダムな数字がそれにあたる箇所に目盛りとして印刷されていた（手がかり有条件）。手がかり有条件に印刷された24個の数は，３，４，

6，8，12，17，21，23，25，29，33，39，43，48，52，57，61，64，72，79，81，84，90，96であった。24枚の紙それぞれのその数が数直線で該当する位置に一つ，数は記されている。

手続き：実験者は，最初にこれら２種類の用紙を交互に提示し，一つの試行ごとに，１から99までの数字一つを口頭で提示し，数直線上でその数を示すと思う地点を，指で示すよう求めた。手がかり無条件，手がかり有条件を交互に提示していった。

このセッションでは，参加者には以下のように教示がなされた。０と100が両端にある数直線がまず提示され，「ここに一本の線があります，この線の左端には０，右端には100が書いてありますね，（数直線上を指で指し示しながら）この線の上には，０から100までの数字が左から右にずっと順番に並んでいます」と提示する。次に，「じゃあ，今からお姉ちゃんのいう数があると思う位置をこの線上に指さしてみてね」と教示し，実験者が定規と鉛筆で指が指された部分に印をつけた。実験者は，フィードバックを参加者が答えた後に与えなかった。しかし，実験者は参加者が課題にモチベーションを保ったまま取り組めるよう定的に褒め言葉をかけた。

(2) 数概念に関する課題

計数・集合数課題

材料：碁石（４個，７個，18個）。

手続き：実験者はまず，４個の碁石を机上に置き，指で指し示しながら声に出しして数えるようそれぞれ求めた。「(４つある碁石を指さしながら）ここにはいくつの碁石が並んでいるかな？指で指しながら数えてみてくれる？」と教示した。そして，数え終えた後に，「じゃあ，全部でいくつあった？」とたずね，反応が求められた。以降，７個，18個の場合も同じ手順で回答を求めた。計数３種，集合数３種，それぞれ全問正解した場合に正答とした。

多少判断課題

材料：(株)ダイイチ製の百玉そろばんが使用された（Figure 1)。百玉そろばんの１段目と３段目にそれぞれ４個（赤玉）と５個（黄玉）の玉を入れておいた。

手続き：まず，赤い玉と黄色い玉があることを確認させた後，各幼児に対して「赤い玉と黄色い玉の数は同じですか，赤が多いですか，黄色が多いですか」とたずね，反応が求められた。

数の加法合成課題

材料：キャンディーが描かれた絵２種類。１枚目にはキャンディーが７個と１個の絵が描かれており，２枚目にはキャンディーが５個と２個の絵が描かれている。

手続き：(１つ目の絵を提示して)「ここに７個と１個のキャンディーがありますね」と確認する。(２つ目の絵を提示して)「こちらには，５個と２個のキャンディーがありますね」と確認する。最後に「どちらの方がたくさん食べられますか，それとも同じですか」とたずね，反応が求められた。

クラスの包摂課題

材料：碁石（黒７個，白２個）

手続き：黒及び白の碁石を机の上に適当に配置し，黒の碁石全部を指し示しながら，「黒の碁石ですね」と確認する。次に同様にして，白の碁石も確認する。そして全体を指し示しながら「全部が丸い碁石ですね」と確認する。最後に「丸い碁石と黒い碁石とでは，どちらの方が多いですか，それとも同じですか」とたずね，反応が求められた。

数の保存課題

材料：(株)ダイイチ製の百玉そろばんが本研究に使用された（Figure 1)。百玉そろばんの１段目（赤玉）と３段目（黄玉）に６つずつ玉を入れておいた。

手続き：「ここに赤い玉が６つありますね，その下に黄色い玉が６つありますね，どちらも同じ数だけありますね」と確認された。

幼児の見ている前で下の段の玉の間を広げ，「赤い玉の数と黄色い玉の数は，同じですか，赤が多いですか，黄色が多いですか」とたずね，反応が求められた。

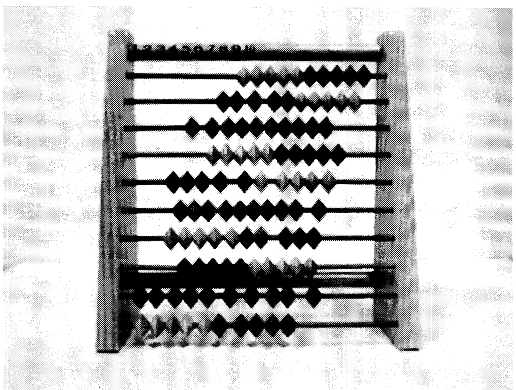

Figure 1　百玉そろばん

実験全体の手続き

本研究に参加者は1対1で実験者と教師によってふさわしいと考えられた時間，20分間を使って実験セッションを行った。

はじめに，参加者全員に数直線課題が行われ，その後，数概念に関する課題の実験を行った。ただし，数直線課題が最後までできなかった者については，数直線課題を中断し，数概念に関する課題に関する実験に移った。

課題を行う場所は，日常生活では子ども達が使用しない職員室を使用し，部屋の四隅3箇所に机といすを設置して，参加者と実験者が1対1で直角に座れるように並べた。この課題を行うのは，午後のお昼寝時間と自由時間とし，自由に活動している幼児の中から1人ずつ実験者が参加者を遊びに誘う形で部屋に行き，実験者と直角に座った（Figure 2）。

その後，自己紹介などの簡単な会話を行ってから，「今から私とゲームをしましょう」と誘い，そこから課題に移るようにした。

課題終了後は，研究協力のお礼として幼児園の許可のもとでシールを園児に渡した。その後もとの活動にもどるように促し，他の幼児と交代してくるように伝えた。

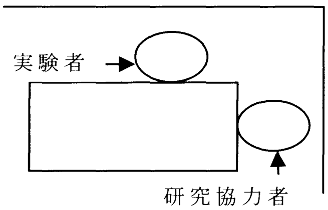

Figure 2　実験室の様子

結　果

数直線課題の表象のタイプ

数直線課題48試行を最後まで遂行できた者が42名，途中で中断した者が11名（年中7人，年長4人），であった。なお，手がかり有条件で1試行，印刷に不備があったため，47試行で分析した。また，42名のうち1人は明らかに実験内容を理解できていなかったため分析から除外し，41名で分析を行った。学年ごとに手がかり無条件，手がかり有条件でズレの割合（|指した数－提示した数|/100）を算出し，Table 1に示す。

Table 1　学年別と手がかり有無別のズレの割合の平均値（SD）

	手がかり無	手がかり有
年中	27.84（10.43）	23.25（7.50）
年長	15.92（ 7.15）	12.75（6.54）

ズレの割合を比較した結果，年中，年長ともに両群の差は有意であった（$t(18)=3.24, p<.05$）。また，数直線課題を最後まで遂行できた者を対象に，横軸に実験者の教示した数，縦軸に研究協力者の返答した数をとり，散布図を描き，曲線推定で分類した。分類には，管（2001）を参照し，分析結果が有意（もしくは有意傾向）であり，加えて決定係数（R^2値）が.25以上で，直線推定と対数推定のうち適合率のより高い方を，その参加者に該当する表象とした。その結果，手がかり無条件の直線表象は12名，対数表象は16名，どちらのタイプにも属さない（その他）は13名であった。手がかり有群は，直線表象は14名，対数表象は15名，その他は12名であった（Table 2）。手がかり無条件，手がかり有条件におけるその他の特徴としては，両条件とも分析結果が有意でなかったものが8名（手がかり無群 年中7名・年長1名；手がかり有群 年中8名），有意傾向で対数表象のR^2値が.25に満たない者が4名（手がかり無群 年中3名・年長1名；手がかり有群 年中2名・年長2名）であった。

また，手がかり無条件・手がかり有条件×数直線課題から導き出した数表象（直線表象・対数表象・その他）でMcNemar検定を行った結果，群による数表象に差はなかった。

Table 2　学年と手がかりの有無別の各数表象の人数（%）

		直線表象	対数表象	その他
年中	手がかり無	4(21)	5(26)	10(53)
(N=19)	手がかり有	2(11)	7(37)	10(53)
年長	手がかり無	8(36)	12(54)	2(9)
(N=22)	手がかり有	12(54)	8(36)	2(9)
合計	手がかり無	12(29)	17(41)	12(29)
	手がかり有	14(34)	15(37)	12(29)

提示の系列が同じであった手がかり無条件23名（年中10人・年長13人），手がかり有条件25名（年中10人・年長15人）を対象に，それぞれの数直線課題の結果の中央値から学年別に直線表象か

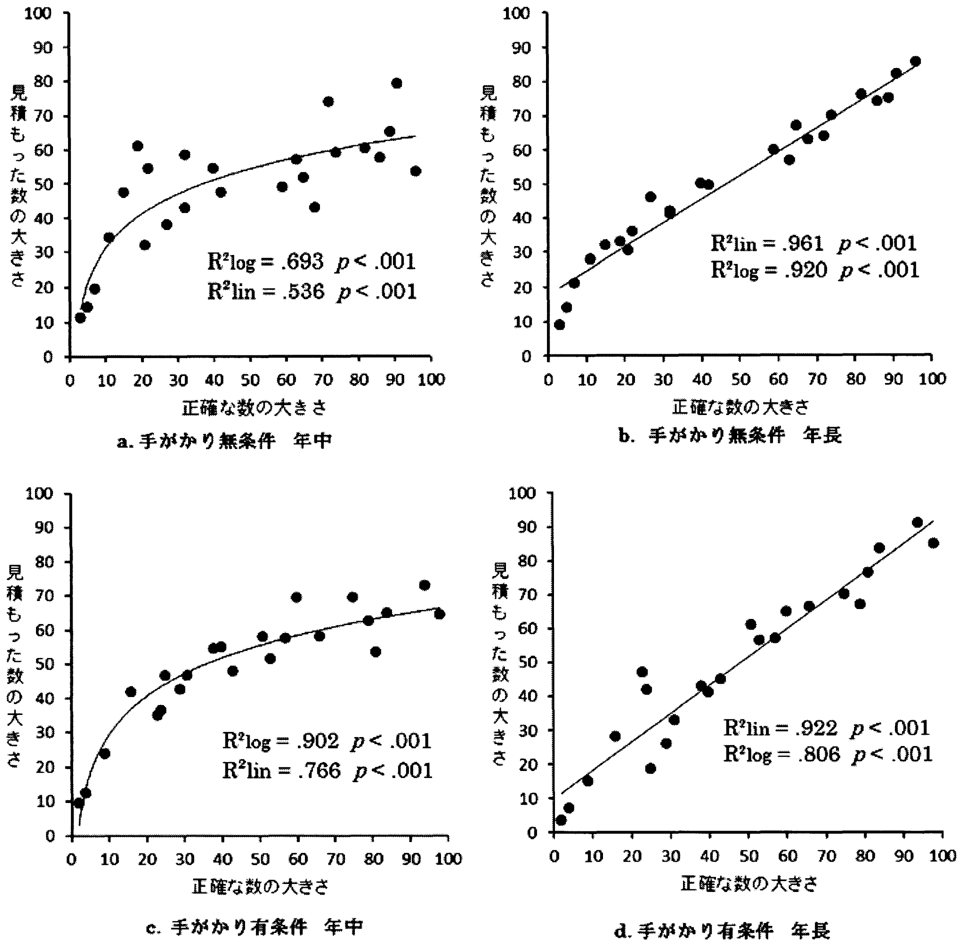

Figure 3 学年と手がかりの有無別の数直線課題における結果の中央値

対数表象に分類した。その結果，年中手がかり無条件は対数表象（対数 $R^2 = .69, p<.01$），年長手がかり無条件は直線表象（直線 $R^2 = .96, p<.01$），また，年中手がかり有群は対数表象（対数 $R^2 = .90, p<.01$），年長手がかり有群は直線表象（直線 $R^2 = .92, p<.01$）で有意となった（Figure 3）。

数概念に関する課題の成績と数表象との関連

Table 3には数直線課題で分析の対象とした41名（年中19名，年長22名）において，数概念に関する課題の学年別の正答者数との割合を示した。次に，数概念に関する課題の７課題それぞれについて，回答の正誤と手がかり無群における数直線課題の表象（直線表象・対数表象・その他）の関連をFisherの直接確率法で検討した。その結果，計数・集合数課題と保存課題で人数の偏りが有意傾向であった（順に，$p = .08$；$p = .07$）（Table 4, 5）が，数の加法合成課題では，人数

Table 3 数概念に関する課題の正答者数（%）

	計数・集合数	多少判断	加算	クラスの包摂	数の保存
年中	9(47)	19(100)	12(63)	0(0)	3(16)
年長	19(86)	22(100)	18(82)	1(5)	11(50)
合計	28	41	30	1	14

Table 4 計数･集合数課題の正誤別の各数表象の人数（%）

	直線表象	対数表象	その他	合計
正答	10(36)	13(46)	5(18)	28
誤答	2(15)	4(31)	7(54)	13
合計	12	17	12	41

Table 5 保存課題の正誤別の各数表象の人数（%）

	直線表象	対数表象	その他	合計
正答	5(36)	8(57)	1(7)	14
誤答	7(26)	9(33)	11(41)	27
合計	12	17	12	41

の偏りは有意でなかった（$p = .37$）。なお，計数課題と集合数課題については結果が全く同じであったので統合し（Table 4），多少判断課題，クラスの包摂課題については，それぞれ天井効果と床効果が見られたため，分析から除外した。

考　察

まずFigure 3より，Siegler & Booth（2004）の研究と同様に，学年が上がると数直線課題によって導き出された表象が，対数表象から直線表象に移行するということが示された。よって，0～100の数直線課題において，対数表象から直線表象に移行するという発達的変化が幼児期においてすでに生じることが示唆された。Siegler & Booth（2004）では，幼児（年長）の中央値の対数関数が $R^2 = .75$，直線関数が $R^2 = .49$ で対数表象であったのに対し，本研究では，年長の手がかり無群において対数関数が $R^2 = .92$，直線関数が $R^2 = .96$ で直線表象であった。このことから，米国の子どもより日本の子どもの方が，早期に対数表象から直線表象へ移行することが示唆される。しかし，本研究では数直線課題を行う際に，手がかり無の課題と手がかり有の課題を交互に行ったために，手がかりの影響で幼児期において直線表象が見られた可能性も考えられる。この点に関しては，今後，手がかり無の課題のみで検討する必要があると考えられる。

加えて，対数表象に満たないその他の群について，対数関数の R^2 値が有意傾向ではあるが.25に満たない者に関しては，対数表象が形成される目前の対数表象予備群であることが考えられる。0～100の数直線課題を用いて幼児（特に年中児）を扱うことによって，対数表象になる以前の特徴を得ることができた。しかし，年中で７人が途中棄権し，最後まで課題が遂行出来た者でも直線表象，対数表象のいずれにも当てはまらなかった者が10名と年中の中で約70％いたことから，本研究で用いた数直線課題は，特に年中にとっては困難であったと考えられる。今後は，幼児に対して数表象を取り出す課題についての見直しが必要であるだろう。

次に，数直線課題の表象と数概念に関する課題の関係について，計数・集合数課題，保存課題との間で人数の偏りが有意傾向であった。Table 4, 5によると，その他の群に該当する正答の人数の割合が少ないことから，人数の偏りが有意傾向であったと考えられる。このことから，計数・集合数の理解と数の保存が獲得されることと，対数表象，もしくは直線表象に適合することとが関係する可能性が考えられる。加えて，手がかり無条件における，その他の群12名のうち，５名は計数・集合数課題に正答し，その内の３名は対数関数の R^2 値が有意（有意傾向）であるが，決定係数が.25に満たない者（対数表象予備群）であった。このことからも，特に計数・集合数の理解と，対数表象，もしくは直線表象に適合することは，関係していることが示唆される。しかし，本研究の当初の目的であった，対数表象から直線表象となることに関係する数概念であるかどうかいついては，あまり支持する結果が得られなかった。両課題とも，直線表象・対数表象の人数の割合にあまり差はなく，直線表象に必要な概念として計数・集合数課題でみた順序づけや基数性，保存課題で見た数の保存性以外に，数表象の発達を支える別の概念があると考えられる。また，多少判断の課題に天井効果が見られ，クラスの包摂課題について床効果が出たことから課題の難易度についても見直しが必要である。特に，本研究で使用したクラスの包摂課題については，Markman（1973, 1978, 1979）が指摘するように，色と形の２次元で部分一全体の関係性を考えなければならなかったため，幼児にとっては困難であったことが示唆される。

加えて，学年別に手がかり無条件と手がかり有条件で正誤のズレの割合を比較した結果，有意であったことから，年中，年長ともに手がかりがあることで，数直線課題において正確性が少なからず改善されることが考えられる。しかし，Figure 3を見ると，年中の数表象は，手がかりの有無に関わらず対数表象にとどまり，0～100の数直線課題において数表象を直線表象へ変化させるまでには至らないことが示された。よって，年中では上手く手がかりを活用するに至らなかったことが考えられ，手がかりを利用するにもそれを上手く活用するような経験が必要であることが考えられる。

今後の課題としては，幼児の数表象を取り出す新たな課題を用意する必要があると考えられる。幼児にとって従来の数直線課題では抽象的であるために，取り出せる数の範囲が制限されており，加えて，課題の意図が上手く理解できないことが示された。よって幼児に身近な具体物を使用した課題が必要であると考えられる。また，数概念に関する課題でも，それぞれ天井効果と床効果が出た課題があり，幼児の発達に

見合うよう難易度を設定した課題を考える必要があるだろうと考えられる。

引用文献

Booth, J. L., & Siegler, R. S. (2006). Developmental and individual differences in pure numerical estimation. *Dvelopmental Psychology*, **41**, 189-201.

Booth, J. L., & Siegler, R. S. (2008). Numerical magnitude Representation Influence Arithmetic learning. *Child Development*, **79**, 1016-1031.

Dehaene, S. (1997). The number sense: How the mind creates mathematics. *New York: Oxford University Press*.
(ドゥアンヌ , S. 長谷川眞理子・小林哲生（訳）(2010). 数核とは何か？一心が数を創り，操る仕組み　早川書房)

Dehaene, S., Bossini, S., & Giraux, P. (1993). The mental representation of parity and numerical magnitude. *Jounal of Experimental Psychology: General*, **122**, 371-396.

管民郎（2001）. Excelで学ぶ多変量解析入門　オーム社

Laski, E. V., & Siegler, R. S. (2007). Is 27 a big number? Correlational and casual connections among numerical categorization, number line estimation, and numerical magunitude comparison. *Child Development*, **78**, 1723-1743.

Markman, E. M. (1973). Facilitation of part-whole comparison by use of collective noun “familiy”. *Child development*, **44**, 837-840.

Markman, E. M. (1978). Empirical versus logical solutions to part-whole comparison problems concerning classes and collections. *Child development*, **49**, 837-840.

Markman, E. M. (1979). Classes and collections: Conceptual organization and numerical abilities. *Cognitive Psychology*, **11**, 395-411.

丸山良平・無藤隆（1997）. 幼児のインフォーマル算数について，発達心理学研究，**8**，98-110

Miller, K. F., Smith, C. M., Zhu, J., Zhang, H. (1995). Preschool origins of cross-national differences in mathematical competence: The role of number-naming systems. Psychological Science, **6**(1), 56-60.

Miura, I. Okamoto, Y., Kim, C. C., Steere, M. & Fayol, M. (1993). First graders’ cognitive representation of number and understanding of place value: Cross-national comparisons: France, Japan, Korea, Sweden, and the United States. Journal of Educational Psychology, **85**(1), 24-30.

Piaget, J., & Szeminska, A. (1941). *La genese du number chez l’enfant*. Neuchatel: Delachaux et Niestle.（遠山啓・銀林浩・滝沢武久（訳）（1962）. 数の発達心理学　国土社）

Ramani, G. B., & Siegler,R.S. (2008). Promoting broad and stable improvements in low-income children’s numerical knowledge through playing number bord games. *Child Development*, **79**, 375-394

Siegler, R. S., & Booth, J. L. (2004). Development of numerical estimation in young children. *Child Development*, **75**, 428-444.

Siegler, R. S., & Opfer, J, E. (2003). Development of numerical estimation: Evidence for multiple representations. *Psychological Science*, **14**, 237-243.

付　記

本研究は著者の卒業論文に加筆，修正を行ったものである。また本研究の執筆において，卒業論文執筆の際にご指導いただいた浅川潔司先生，加筆，修正の際に貴重なご意見を頂いた杉村伸一郎先生，浅川淳司さんに，ここに記して謝意を表します。