

知的障害特別支援学校の中学部と高等部の生徒を対象とした数量概念の評価に関する試行的研究

惠羅 修吉 香川大学教育学部
大西 祥弘 香川大学教育学部附属特別支援学校

要 旨：知的障害特別支援学校中学部・高等部に在籍する生徒を対象として数量概念の獲得状況を評価する検査を開発するため予備的調査を実施した。数詞・数字の獲得に依拠しない量の理解を評価する検査として線等分課題を、数詞・数字の獲得に依拠する課題として線描画課題と数直線課題を採用した。線描画課題は数を量に変換する操作を、数直線課題は量を数に変換する操作を要する点が2つの課題の差異である。参加者数が少ない試行的な研究であったが、基本的な数量概念の獲得状況を評価するための検査バッテリーとして、数詞・数字に依存しない課題と依存する課題の両方を実施することの有用性が示唆された。またいずれの課題も知能指数との相関は有意ではなく、知能検査とは別に実施する価値があることが示された。

Key Words： 知的障害，数量概念，線等分課題，線描画課題，数直線課題

● I. 問題と目的

われわれは、日常生活のなかで数や量を判断し、処理する活動を頻繁に行っている。何らかの数量を取り扱わないで過ごせる日はない、といってよいであろう。数の理解や数量を扱うスキルは、ものの大小や多少の比較、買物の際の支払いや家計管理、移動における距離や所要時間の把握や予測などの多様な活動の効率化、円滑化、精緻化を支える重要な認知的基盤となっている。このような点を考慮すれば、算数・数学教育の充実が現代社会において重要性の高い教育課題として位置づけられていることは肯首できる(National Mathematics Advisory Panel, 2008¹²⁾; 日本学術会議数理科学委員会数学教育分科会, 2016¹³⁾。

知的障害のある人たちにとっても、数概念の理解や数量を取り扱うスキルの獲得は、生活の質の向上させるうえで重要な発達課題である。平成 29 年に告示された特別支援学校学習指導要領⁹⁾では、特別支援学校の小学部・中学部ともに、数量や図形に関する基礎的・基本的な概念や性質の理解と、事象を数理的に処理する技能の習得が教育目標として掲げられている。知的障害特別支援学校では、知的障害

の特性を考慮し、児童生徒の認知機能の個人差について配慮した個に応じた支援が不可欠である。しかしながら、子どもたちの数量概念の獲得状況を客観的に把握するためのアセスメントについては開発が進んでおらず、教師による行動観察に依拠して判断されていることが多い。WISC-IV のような標準化された知能検査は、全般的な認知発達を評価する上で有用ではあるものの、特に数量概念を取り上げた検査ではないし、対応可能な下位検査を含んでもいない。また、検査を実施するにあたり、1 時間前後のまとまった時間と検査者の専門性が求められることから、クラスワイドで一斉に適用することは不可能である。以上より、授業の一環として短い時間で実施可能で、かつ簡便な検査の開発が必要であるといえる。

そこで本研究では、知的障害特別支援学校中学部・高等部に在籍する生徒を対象とした数量概念の獲得状況を把握する検査バッテリーを開発するための予備的調査を実施することにした。これまで研究実施校での実践研究において、小学部児童を対象として多様な連続量を等分する課題を実施し、均等配分スキルの改善を促すことができた(横山・細川・鈴木他, 2018¹⁹⁾)。しかしながら、この実践では量

のみを学習内容とし、数詞や数字などシンボル数を導入するには至らなかった。一方、高等部の生徒を対象とした概数能力の活用を促す実践研究では、シンボル数を用いた活動を実施することができた(植村・塩田・松本他, 2018¹⁸)。以上より、小学部ではシンボル数による数量概念の評価が困難である児童が多数存在していることから、まずは中学部と高等部に在籍する生徒を対象として数量概念の評価を実施することにした。

数量概念を評価する検査バッテリーとしては、数詞・数字(シンボル数)に依拠しない検査として線等分課題(line bisection task)を、数詞・数字に依拠する検査として線描画課題(line drawing task)と数直線課題(number line estimation task)を取り上げた。いずれも実施の簡便さを考慮し、紙と鉛筆でもって遂行可能であり、小集団で実施可能なものである。線等分課題は、紙面で視覚的に提示された直線の半分(真ん中)の位置にマークを入れる課題で、課題遂行に数詞・数字の知識を必要としない検査である。線等分課題は、半側空間無視などの病態を示す脳損傷患者の空間的注意機能を評価する検査として有名であるが(石合, 2014⁴; Karnath & Rorden, 2012⁶)、脳損傷の既往歴のない者を対象とした評価でも活用されている(Jewell & McCourt, 2000⁵)。出自としては空間的注意について探索する検査ではあるが、本研究では量の判断を求める課題として取り上げることにした。線描画課題は、基準となる数(例えば“1”)を表す線分に対して提示された数(例えば“2”)に見合う線分を引く課題である(熊谷, 2007⁷)。数直線課題は、両端点に数字が記載された線分(例えば“0”と“10”)の途中にマークが示され、その位置に該当する数字を見積もる課題である(Siegler & Opfer, 2003¹⁷; Schneider, Merz, Stricker et al., 2018¹⁹)。数直線課題には、数から線分上の位置を見積もる手順と線分上の位置から数を見積もる手順の2パターンがある。本研究では、線描画課題が数から量を見積もる課題であることから、数直線課題ではその逆パターンとなる量(線分上の位置)から数を見積もる手順を採用した。以上より、線描画課題と数直線課題のいずれも数詞・数字の知識に依拠するものであるが、前者については数を量に変換する操作が、後者については量を数に変換する操作が求められる点で課題遂行に関わる認知操作に違いがある。

● Ⅱ. 方法

1. 参加者

知的障害特別支援学校の中学部に在籍する生徒13名と高等部に在籍する生徒26名、合わせて39名が検査に参加した(Table 1)。すべての生徒が日本語を母国語とした。いずれの参加者も、本検査における課題遂行に困難をきたすような視力ならびに手指運動機能の困難はなかった。参加者の知能指数(以下、IQ)は、中央値が58(範囲: 21 - 75)、平均値は53.9(SD = 14.9)であった。

2. 倫理的配慮

検査は、生徒の数を扱う能力に関する状態把握として、数学の授業の一環として実施された。検査を実施する前に、実施校の管理職で構成された校内会議で検査内容と手続きに関して協議し、了解を得た。実施校における研究の実施と成果の発表については、保護者より了承が得られていた。

3. 課題

以下の3つの課題を用意した。

○線等分課題

線等分課題は、紙面で視覚的に提示された線分の中間点を目測で判断してマークを付す課題である。A4用紙縦置き2枚のうち、1枚目に課題の説明と練習問題1問を配置し、めくって2枚目に本問題5問を配置した。本問題5問の線分の長さは、7cmと10cmが2本と13cmが1本とし、線分の中心がA4用紙横幅の中央にならないように配置した。参加者は、「線の半分(真ん中)にしるしをつけよう」との教示を受けた後、練習問題を実施した。マークは鉛筆で記入し、描き直しを認めた。その際の消しゴムの使用については制限を設けなかった。時間制限は設けなかった。

記入されたマークの位置については、線分の物理的等分点(中央点)を基点としてmm単位で計測し、右方向へのずれをプラス、左方向へのずれをマイナスとして表した。計測したずれを

Table 1 学部別の人数およびIQ

学部	人数 (1年; 2年; 3年)	IQ中央値 (最小 - 最大)
中学部	13 (2; 6; 5)	56 (32 - 73)
高等部	39 (9; 9; 8)	59 (21 - 75)

線分の正しい等分の長さ(二分の一の長さ)で除して 100 をかけたものを線等分偏位率とした(中野・石合・小山他, 2002¹⁴⁾; Hausmann, Ergun, Yazgan et al., 2002³⁾).

○線描画課題

線描画課題は、基準となる数を量的に表す線分を参照して、提示された数に見合う線分を引く課題である。この課題は、熊谷(2007)⁷⁾と尾崎(2012)¹⁴⁾が実施した線課題を踏襲した。本検査の参加者のなかには2桁の数字の理解が不十分な生徒が含まれていたため、熊谷(2007)⁷⁾と尾崎(2012)¹⁴⁾の線課題のうち1桁の数字が刺激として用いられていた5問に限定して実施することにした。

A4 用紙縦置き 2 枚のうち、1 枚目に課題の説明と練習問題 2 問を配置し、めくって 2 枚目に本問題 5 問を配置した。課題は、上下に示された 2 つの数字のうち上の数字の右横に線分が引かれているので、それを基準として下の数字に見合う長さの線分を描くこととした。下の数字の右横には黒点(ドット)が記されており、それを左端として右方向に線を引くように教示した。課題の説明では、1 の長さの線を示して 2 の長さの線を例示した。参加者は説明を受けた後、1 の線を参照しながら 2 の線を描く試行と、2 の線を参照しながら 1 の線を描く試行の 2 つの練習問題を行うことで、課題の理解を確認した。本問題で用いた数字対は、1 と 3、5 と 4、4 と 6、5 と 6、7 と 4 であった。描かれた線の長さは、定規を用いて mm 単位で計測した。指標としては、絶対誤差率を用いた。絶対誤差率は、正解の長さとは各参加者が描いた線の長さの差の絶対値を正解の長さで除したものである。よって正解の長さで線分を描けた際に、絶対誤差率は 0 となる。絶対誤差率が 0 に近づけば近づくほど、正解に近い線を引いたことになる。

○数直線課題

数直線課題は、両端点に数字が記載された線分(例えば“0”と“10”)の途中にマークが示され、その位置に該当する数字を解答する課題である。A4 用紙縦置き 2 枚のうち、1 枚目に課題の説明と練習問題 1 問を配置し、めくって 2 枚目に本問題 5 問を配置した。練習問題と本問題ともに 10 を表す数直線とした(線分の左端には“0”、右端に“10”が記された)。本問題 5 問の線分の長さは、7cm と 10cm が 2 本と 13cm が 1 本とし、線分の中心が A4 用紙横幅の中央にならないように配置した。各線分の途中 1 か所にマークが配置された。マークの位置は、3、8、

4、2、6 の順とした。参加者は、「両端が 0 から 10 の線があるよ。やじるしの位置は、いくつの数字になりますか？」との教示を受けて、練習問題を行った。課題の理解を確認し、本問題を実施した。指標は、正答率とした。

4. 手続き

検査は、中学部・高等部のそれぞれクラスでの数学の授業時間に小集団で行われた。教示は、授業担当者が行った。全ての参加者に対して 3 つの課題が実施された。課題の順番は、線等分課題、線描画改題、数直線課題の固定順とした。

● III. 結果

まずはそれぞれの課題の結果について報告し、その後、課題間の関連性について分析する。

1. 線等分課題

練習問題の際に線の先端近くをマークするなど課題理解に至らなかった 4 名(中学部 1 名、高等部 3 名)を除く 35 名を分析対象とした。各参加者について本問題 5 問の線等分偏位率の平均を算出した。結果を Fig.1 にヒストグラムで示す。参加者全体では、中央値が 0.12、平均値は -0.35(SD = 7.13)であった。平均±2SD の範囲外の線等分偏位率を示した参加者が 1 名あり、この生徒の線等分偏位率は 29.4 であった。

2. 線描画課題

練習問題を遂行する際に数字の増減に対応して線が引けていないなど課題理解に至らなかった 6 名(いずれも高等部生徒)を除く 33 名を分析対象とした。

各参加者について本問題 5 問の絶対誤差率の

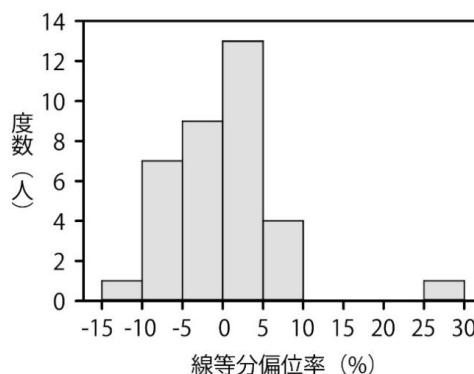


Fig.1 線等分課題における線等分偏位率の分布

平均を算出した結果を Fig.2 に示す。絶対誤差率の 0.35~0.40 あたりを境目として 2 つの分布を形成しているように見える。成人を対象としてまったく同じ課題を実施した尾崎(2012)¹⁴⁾の結果では、絶対誤差率の平均は 0.07(SD = 0.026, 範囲: 0.03 - 0.14)であった。本研究の参加者のうちほぼ 4 割は、大学生の成績範囲に収まる遂行成績であった。

3. 数直線課題

練習問題と本問題で全て同じ数字を記入した者と数字を昇順に記入した者あわせて 6 名(中学部 2 名, 高等部 4 名)を除く 33 名を分析の対象とした。

各参加者の正答率の分布を Fig.3 に示す。過半数の参加者が 0.8 以上の正答率を示していた。参加者全体の中央値は 0.8, 平均は 0.63(SD = 0.32)であった。

4. 課題間の関連

全参加者について課題遂行の可否別に分類した結果を Table 2 に示す。

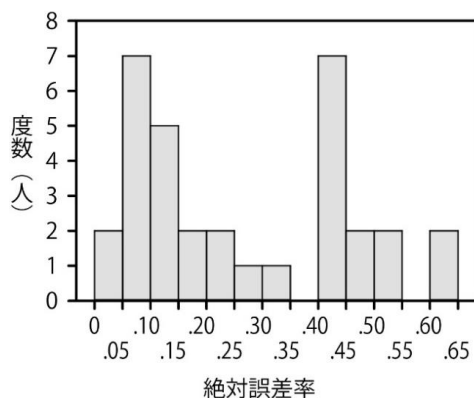


Fig. 2 線描画課題における絶対誤差率の分布

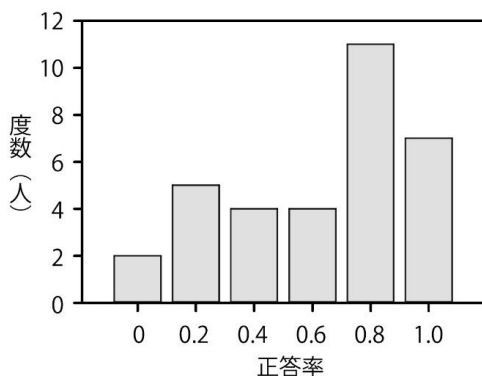


Fig. 3 数直線課題における正答率の分布

課題遂行が可能であった人数が最も多かったのは線等分課題であった。線等分課題ができて他 2 課題のいずれかができなかった者は 8 名であったが、線等分課題ができなかったが他の 2 課題のいずれかができた者は 4 名であった。

3 つの課題すべてを遂行することができた 27 名を対象として、課題間の成績の相関関係について分析を行った。対象となった参加者群の IQ と各課題の遂行成績を Table 3 に示す。IQ と 3 課題の成績を対象とした Pearson 積率相関、ならびに IQ を制御変数とした 3 課題の成績の偏相関について Table 4 に示す。相関、偏相関ともに 5% 水準で有意であったのは、線描画課題と数直線課題の負の相関関係であった。IQ は、いずれの課題成績とも有意な相関を示さなかった。

Table 2 課題遂行の可否パターン別の人数

課題			人数 (N=39)
線等分	線描画	数直線	
○	○	○	27
○	○	×	4
○	×	○	3
○	×	×	1
×	○	○	1
×	×	○	2
×	○	×	1
35	33	33	
課題遂行人数			

○ : 課題遂行可, × : 課題遂行不可

Table 3 3 課題をすべて遂行できた生徒における各課題の成績 (平均値, 中央値, 最小値, 最大値, 標準偏差)

	平均	中央	最小	最大	SD
IQ	60.37	60	25	75	10.63
線等分	-1.50	-2.22	-11.3	8.78	4.92
線描画	0.22	0.15	0.03	0.65	0.18
数直線	0.72	0.8	0.2	1	0.26

Table 4 3 課題間の相関関係

	IQ	線等分	線描画	数直線
線等分	0.213	-	-0.124	0.172
線描画	-0.370	-0.191	-	-0.497
数直線	0.296	0.223	-0.551	-

上部は偏相関を示す。
太字は有意な相関を示す。

●

IV. 考察

本研究では、知的障害特別支援学校中学部・高等部に在籍する生徒を対象とした数量概念の獲得状況を把握する検査バッテリーを開発するための予備的調査を実施した。数詞・数字の獲得に依拠しないで量の理解を評価する検査として線等分課題を、数詞・数字の獲得に依拠する課題として線描画課題と数直線課題を採用した。線描画課題は数を量に変換する操作を、数直線課題は量を数に変換する操作を要する点が2つの課題の差異である。まず、3課題それぞれについて考察し、その後で課題間の関連性について考察する。

1. 各課題について

線等分課題は、参加者の約9割が実行可能な検査であった。数詞の理解に依存しない課題として、シンボル数が獲得できていない子どもを対象として実施可能である点が利点である。各参加者の線等分偏位率は、0前後で最も人数が多かった(Fig.1)。線等分偏位率で逸脱値を示した1名を除けば、参加者が示した等分点からのずれの実測値は、いずれも6mmを下回っていた。以上より、知的障害児の多くは、大きなずれが生じることなく線分を等分することが可能であり、量を二等分するスキルを獲得していることが示唆された。このことは、植村他(2018)¹⁸⁾と横山他(2018)¹⁹⁾の実践研究からも支持されるものである。また本課題の成績とIQの相関も有意ではなかったことから、「半分」の理解は、知的発達早期の段階で獲得されることが推察された。

線等分課題については、脳損傷の履歴がない定型発達児・者において、わずかに左に偏位することが知られている(Jewell & McCourt, 2000⁵⁾)。本研究では、Fig.1にみられるように、左側への偏位を示した者は17名、右側への偏位は18名であり、参加者全体での偏位傾向はみられなかった。右側への極端な偏位が認められた生徒の線等分偏位率は、約30%であった。この数値は、右半球損傷による半側空間無視の患者の成績(偏り)に匹敵するものであった(e.g., Doricchi, Guariglia, Gasparini et al., 2006¹⁾; 中野他, 2002¹¹⁾)。このことが脳機能の障害に起因するのか、それとも課題理解の不十分さであったのか、この点を判断するには、詳細な神経心理学的評価を実施する必要がある。

線描画課題では、大学生の成績範囲(尾崎, 2012¹⁴⁾)に収まった参加者は、約4割であった。大学生の成績は、平均値あたりでピークを示す分布であったが、本研究の参加者の成績分布(Fig.2)には2つのピークが出現した。最初のピーク(0.05 - 0.10)は大学生の分布と重なっており、次のピーク(0.40 - 0.45)は大学生の成績範囲を上回らずれを示していた。以上より、知的障害児のなかには、1桁の数を量(線)に適切に変換することができるグループと変換することが困難なグループが存在することが示唆された。知的障害が本課題の遂行に一義的に影響を及ぼしているのであれば、二峰性のピークにはならないはずであるので、数の量への変換は、知能とは別の認知機能(正確に言えば、知能検査では反映されない認知機能)に依拠していると考えられる。本課題の成績とIQの相関が有意ではなかったことも、これを支持する結果である。

数直線課題では、恣意的ではあるが正答率8割を達成基準の目安とすると、参加者の過半数がこの基準を上回っていた。一方で、量(線上の位置)から数を予測することが困難な参加者が一定数存在することが確認された。数直線課題については、子どもを対象とした研究が数多く蓄積されている。Schneider et al.(2018)¹⁵⁾は、それら先行研究についてメタ分析を行い、数直線課題の成績と算数能力には関連性があること、数直線課題が子どもの算数能力を評価あるいは予測する確かな検査ツールであることを示唆した。このことは、知的障害児においても該当するのではないであろうか。本研究では参加者の算数能力について評価を行っていないので、知的障害児における数直線課題と算数能力の関連性について検討することは今後の課題であると考えられる。

2. 課題間の関連性について

3課題をすべて遂行できた参加者は27名で、全体の約7割を占めた。いずれの課題も、同程度の課題遂行人数であった(Table 2)。本研究の参加者は中学部・高等部生徒であり、小学校あるいは小学部で算数教育を受けてきていたことから、少なくとも本研究で用いた1桁の数詞や数字については既に獲得しており、課題遂行人数にばらつきが生じにくかったのではないかと考えられる。

3課題すべてを遂行できた参加者に限定した3課題の遂行成績とIQによる相関関係の分析

(Table 4)より明らかになった点は、IQは3課題のいずれの成績とも有意な相関を示さなかったことと、線描画課題と数直線課題の間に有意な相関があったことの2点である。

前者から、本研究でターゲットとした基本的な数概念の獲得に関する評価方法については、知能水準に強く依存するものではないことが示唆された。このことが確かであるとするれば、知的障害児への算数・数学教育を行う上で、知能検査とは別に、個々の児童生徒の数量理解の状況を評価するアセスメントが必要であると指摘できる。

後者については、線等分課題は他の2課題と有意な相関を認めなかったことから、この課題が数詞・数字を扱う他の2課題とは異なる認知機能を評価する課題であるといえる。数詞・数字に依拠しない量の理解を評価する課題として独自性があることが示唆された。一方、線描画課題と数直線課題の相関が有意であったことから、この2つの課題に関与する認知機能の共有が示唆された。共有する認知機能としては、数詞・数字(シンボル数)と量のマッピングあるいは両者の変換能力が想定される^{*1)}。両者が同じ認知機能を強く反映するのであれば、アセスメントとしては片方の検査を実施すればよいことになる。本研究では、どちらの検査も実行できた人数は変わらず、いずれが優位な検査であるかの判断は難しい状況にあり、この点については更なる検討が必要である。

● ————— V. 今後の課題

本研究では、知的障害特別支援学校中学部・高等部に在籍する生徒を対象として数量概念の獲得状況を把握する検査バッテリーを開発するための予備的調査を実施することを目的とした。対象とした参加者の数が少ない試行的な研究であったが、基本的な数量概念の獲得状況を評価するための検査バッテリーとして、数詞・数字に依存しない課題とそれに依存する課題の両方を実施することの有用性が示唆された。今後の課題としては、低年齢の知的障害児、具体的には小学部児童に対する適用可能性に関する検討がある。また、これらの検査から指導へのつながりを実践的に検討する必要がある。

注 釈

*1) 数量に関するシンボル・システムと非シンボル・システムとの関係、あるいは数覚(number sense)と量覚(sense of magnitude)との関係については、現在、活発な議論がなされている状況にある(e.g., Leibovich, Katzin, Harel et al., 2017⁹⁾; Mussolin, Nys, Leybaert et al., 2016¹⁰⁾; Siegler, 2016¹⁶⁾), このことは本研究の内容に関連する論点であるが、本研究におけるエビデンスの範疇を越えており、ここでは指摘するに留める。

文 献

- 1) Doricchi, F., Guariglia, P., Gasparini, M. et al. (2006) : Dissociation between physical and mental number line in right hemisphere brain patients. *Nature Neuroscience*, 8, 1663–1665.
- 2) Hausmann, M., Ergun, G., Yazgan, Y. et al. (2002) : Sex differences in line bisection as a function of hand. *Neuropsychologia*, 40, 235–240.
- 3) Hausmann, M., Waldie, K. E., & Corballis, M. C. (2003) : Developmental changes in line bisection : A result of callosal maturation? *Neuropsychology*, 17, 155–160.
- 4) 石合純夫 (2014) : 半側空間無視と右半球症状の検査 *神経心理学*, 30, 125–134.
- 5) Jewell, G., & McCourt, M. E. (2000) Pseudo-neglect : A review and meta-analysis of performance factors in line bisection tasks. *Neuropsychologia*, 38, 93–110.
- 6) Karnath, H.-O., & Rorden, C. (2012) : The anatomy of spatial neglect. *Neuropsychologia*, 50, 1010–1017.
- 7) 熊谷恵子 (2007) : 学習障害児の数量概念の理解度を測定する手法についての基礎的研究 *LD研究*, 16, 312–322.
- 8) Leibovich, T., Katzin, N., Harel, M. et al. (2017) : From “sense of number” to “sense of magnitude” : The role of continuous magnitudes in numerical cognition. *Behavioral and Brain Sciences*, 40, 1–62.
- 9) 文部科学省 (2017) : 特別支援学校小学部・中学部学習指導要領.
- 10) Mussolin, C., Nys, J., Leybaert, J., & Content, A. (2016) : How approximate and exact number skills are related to each other across development : A review. *Developmental Review*, 39, 1–15.

- 11)中野直美・石合純夫・小山康正 他 (2002) : 左半側空間無視患者の線分二等分試験結果に与えるフレームと線分配置の影響 神経心理学, 18, 200-207.
- 12)National Mathematics Advisory Panel (2008) : Foundations for success : The final report of the National Mathematics Advisory Panel. U. S. Department of Education. Washington, DC. <https://www2.ed.gov/about/bdscomm/list/mathpanel/report/final-report.pdf> (2020.6.24 取得).
- 13)日本学術会議数理学委員会数学教育分科会 (2016) : 初等中等教育における算数・数学教育の改善についての提言. 日本学術会議. <http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-23-t228-4.pdf> (2020.6. 24 取得).
- 14)尾崎理恵 (2012) : 大学生における数量概念と算数・数学の苦手意識の関連性に関する研究 平成 24 年度香川大学教育学部特別支援教育コース卒業論文.
- 15)Schneider, M., Merz, S., Stricker, J. et al. (2018) : Associations of number line estimation with mathematical competence : A meta-analysis. Child Development, 89, 1467-1484.
- 16)Siegler, R. S. (2016) : Magnitude knowledge : The common core of numerical development. Developmental Science, 19, 341-361.
- 17)Siegler, R. S., & Opfer, J. E. (2003) : The development of numerical estimation : Evidence for multiple representations of numerical quantity. Psychological Science, 14, 237-243.
- 18)植村伊裕・塩田友亮・松本美加 他 (2018) : 知的障害特別支援学校高等部における概数理解を促す「数学」授業の開発 発達障害支援システム学研究, 17, 19-28.
- 19)横山依子・細川典子・鈴木弘恵 他 (2018) : 知的障害特別支援学校小学部における等分理解を促す「算数科」の授業開発 香川大学教育実践総合研究, 37, 47-56.

(受稿 2020.6.25, 受理 2020.10.12)