

令和 7 年 6 月 3 日現在

機関番号：16201

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2024

課題番号：21K02707

研究課題名（和文）知的障害のある子どもを対象とした数量概念の評価に関する研究

研究課題名（英文）The assessment to evaluate the acquisition of number and quantity concepts in children with intellectual disabilities

研究代表者

恵羅 修吉（Era, Shukichi）

香川大学・教育学部・教授

研究者番号：70251866

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、知的障害児の数・量概念の獲得状況を評価するアセスメントを開発することである。数詞や数字などシンボル数に依拠しない線等分課題、シンボル数に依拠する線描画課題と数直線課題を取り上げて、遂行成績と使用方略について分析した。いずれの課題においても知的障害児の過半数は健常成人の遂行成績の範囲であったが、一部の知的障害児で逸脱する成績が認められた。以上より、知的障害児では一般的知的水準に依拠しない数・量処理に関与する領域特異的な能力に大きな個人差があることが明らかになった。今回採用した課題は基本的な数・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有用であるといえる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

平成29年告示の特別支援学校学習指導要領では、知的障害特別支援学校小・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たが、知的障害児の数・量概念を評価するアセスメントはまだ開発されていない。知的障害児のなかには年齢や知的障害の程度によりシンボル数による数・量概念の評価が困難な児童生徒が存在するのでシンボル数に依拠しない数量概念の評価を含むアセスメントが必要である。知的障害を対象とした研究は、国内外を問わず数少ないことから、本研究は独自性のある試みである。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to develop an assessment to evaluate the acquisition of number and quantity concepts in children with intellectual disabilities. We analyzed performance and strategies used in three types of tasks: the line bisection task that did not rely on symbolic numbers (numerals or number words), the line drawing task and the number line estimation task that did rely on symbolic numbers. In all tasks, the majority of children with intellectual disabilities performed within the range of typically developing adults. However, some children showed significantly deviant performance. These findings reveal significant individual differences in domain-specific abilities related to number and quantity processing among children with intellectual disabilities, independent of general intellectual level. The tasks employed in this study can be considered useful as an assessment battery for evaluating the acquisition of basic number and quantity concepts.

研究分野：特別支援教育

キーワード：知的障害 数量概念 数処理 線等分課題 線描画課題 数直線課題

1. 研究開始当初の背景

われわれは、日常生活のなかで数や量を予測し、判断し、処理する活動を頻繁に行っている。数の理解や数量を扱うスキルは、ものの大小あるいは多少の比較、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である。現代社会において、算数・数学教育の充実は、重要性の高い教育課題として位置づけられている。数理解や数・量を取り扱うスキルの獲得は、知的障害のある人にとっても生活の質の向上させる上で極めて重要な学習課題である。平成 29 年告示の特別支援学校学習指導要領では、知的障害特別支援学校の小・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た。知的障害児を対象とした教育では、知能特性のみならず、個々の認知機能の特性に応じた個別最適な支援が求められている。しかしながら、知的障害児の数・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の開発は進んでおらず、行動観察や保護者への聞き取りにより判断されている。知能検査は一般的な知能を評価する上では有用であるが、数・量概念の獲得状況を確かに把握することはできない。以上より、特別支援学校での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。

2. 研究の目的

本研究の目的は、知的障害児の数・量概念の獲得状況を評価するアセスメントを開発することである。筆者はこれまで特別支援学校において数量を扱う実践研究を実施してきた。小学部児童を対象とした実践研究(横山他, 2018)では多様な連続量を等分する課題により均等配分スキルの改善を促した。ただしこの実践では数詞や数字などシンボル数は対象としなかった。また、高等部生徒を対象とした概数能力の活用を促す実践研究(植村他, 2018)ではシンボル数を用いた活動に取り組んだ。年齢や知的障害の程度によりシンボル数による数・量概念の評価が困難である児童生徒が存在することから、シンボル数に依拠しない数・量概念の評価を含むアセスメントが必要である。数・量概念の評価については、定型発達児や発達性計算障害など算数学習困難児を対象とした研究は多いが、知的障害を対象とした研究は国内外を問わず数少ない現状にある。

数・量概念を評価する検査バッテリーとして、数詞・数字などシンボル数に依拠しない検査として線等分課題を、シンボル数に依拠する検査として数直線課題と線描画課題を採用した。簡便さを考慮し、紙と鉛筆で遂行可能であり、小集団で実施可能なものとした。線等分課題は、紙面に印刷された直線の半分の位置にマークを入れる課題で、数詞・数字の知識を必要としない検査である。この課題は、半側空間無視など脳損傷患者の空間的注意を評価する検査として有名であるが、脳損傷の既往歴のない者に対しても活用されている。ここでは量の判断を求める課題として採用した。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。この課題には、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(マークの位置)から数を見積もる手順を採用した。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、定規を使用せずに描く課題である(熊谷, 2007)。以上より、線描画課題と数直線課題のいずれもシンボル数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。

研究1では、知的障害のない成人を対象として、線等分課題、線描画課題、数直線課題を実施し、遂行成績と使用方略について分析した。行動指標である遂行成績から使用方略を推定するのは困難である。研究1では課題遂行時の眼球運動を測定することで使用方略を分析することにした。眼球運動測定装置を用いて各課題での使用方略を分析するとともに、課題間の関連性について明らかにすることを目的とした。研究2では、知的障害特別支援学校に在籍する生徒を対象として3課題を実施し、個人差に着目した分析を行うことを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 研究1

成人18名(男性2名/女性16名、平均年齢:26.7歳、年齢範囲:20-51歳)を対象として、紙版とPC版それぞれ3課題、計6課題を実施した。紙版課題名の末尾にはP、PC版課題名の末尾にはDの記号を添えた。紙版とPC版は対応関係にあり、線等分課題PとLandmark課題D、数直線課題PとD、線描画課題PとDを対とした。PC版では課題遂行における使用方略を分析するため眼球運動を測定した。詳細は惠羅(2024)で報告した。

課題:

線等分課題Pは、紙面上水平方向に印刷された直線に対して、その中央点を目測で判断してマーカーを記入する課題とした。練習試行1問と本試行8問からなり、本試行における直線の長さは、80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150 cmとした。Landmark課題Dは、PC制御のモニタ画面上に呈示された水平直線と、それと直角に交わる短い直線(マーカー)をみて、マーカーで分断された左右どちらの線が長いかを判断する課題とした。試行ではまず画面中央下部に凝視点が出現、参加者は必ず注視することが求められた。凝視点の呈示時間は2 sec、凝視点消失と同時に画面中央上部に直線とマーカーが呈示された。呈示時間は3 secとした。参加者は、刺激消

失後に線分の左右どちらが長いかを強制選択で回答した。線分の長さは、全ての刺激で同一でモニタ画面上 13 cm とした。マーカー位置は、中央点に位置のものが 1 試行、中央点の位置から左右に 0.5 mm ずつ 5 mm まで変位したものが左右各 10 試行、合計 21 試行実施した。

数直線課題 P は、両端点に数字が書かれた水平直線の途中にマーカーが示され、そのマーカーの位置に該当する数字を回答する課題とした。練習試行 1 問と本試行 10 問からなり、本試行は 10 の長さを表す数直線を用いた L10 条件と 20 の数直線の L20 条件を各 5 問とした。本試行の線分の長さは、両条件ともに紙面上 10, 11, 12, 13, 14 cm, マーカー位置は、L10 条件では該当する数字が 7, 9, 2, 4, 6 の順, L20 条件では該当数字が 16, 2, 8, 12, 6 の順とした。数直線課題 D は、紙版と基本的に同じである。モニタ上、両端点に数字が書かれた水平直線の途中にマーカーが呈示され、そのマーカー位置に該当する数字を回答する課題とした。試行ではまずモニタ画面中央下部に凝視点が 2 sec 呈示され、凝視点消失と同時に画面中央に直線とマーカーが呈示された。直線の長さはモニタ画面上で 20 cm, 直線とマーカーは参加者が回答するまで呈示された。線分の長さを 10 とする L10 条件が 9 問, 20 とする L20 条件 10 問を実施した。

線描画課題 P は、紙面に記された基準となる数とそれを量的に表す水平直線を参照して、問題となる数に見合う長さの線を描く課題であり、熊谷(2007)の「線課題」を踏襲した。上下に配列された 2 つの数字のうち上段の数字の右横に線分が水平方向に引かれており、参加者はこれを基準として下段の数字に見合う長さの線を数字右横に水平方向に描くことが求められた。下段の数字の右横には始点となるドットが配置された。練習試行 1 問, 本試行 10 問を実施した。数の組み合わせは、1 と 3, 5 と 4, 4 と 6, 5 と 6, 7 と 4, 10 と 14, 15 と 8, 18 と 25, 20 と 10, 70 と 90 とした。線描画課題 D は、紙版と基本的に同じであり、線をマウス操作により描画する点が異なった。練習試行 1 問と本試行 10 問であり、本試行で使用した数字対は、1 と 4, 4 と 7, 5 と 8, 4 と 1, 7 と 4, 8 と 5, 8 と 13, 9 と 14, 13 と 18, 13 と 8, 14 と 9, 18 と 13 とした。参加者がマウスで描いた線分はデジタル保存し、アプリ上で線分長を 0.1 mm 単位で計測した。手続：検査は個別に実施した。紙版を先に実施し、眼球運動測定装置を装着した後に PC 版を実施した。刺激は 24 インチ液晶モニタに呈示された。参加者の眼球運動は、Tobii Technology 社製 Tobii Pro Grass 3 Eye Tracker 50 を使用して計測した。眼球運動データは Tobii Technology 社製 Tobii Pro Lab Analyzer Edition (Version 1.232)によりオフラインで分析した。

(2)研究 2

知的障害特別支援学校中学部に在籍する生徒 13 名と高等部に在籍する生徒 26 名のあわせて 39 名を対象として、紙版の線等分課題、数直線課題、線描画課題を実施した。

課題：線等分課題は、研究 1 とほぼ同じである。ただし、試行数は、練習試行 1 問と本試行 5 問とし、本試行で使用した線分は、7cm×2, 10cm×2, 13cm×1 とした。数直線課題は、研究 1 の L10 条件とほぼ同じである。研究 1 の L10 条件。試行数は、練習試行 1 問と本試行 5 問とした。マークの位置は、3, 8, 4, 2, 6 の順とした。線描画課題は、研究 1 と同様、熊谷(2007)の「線課題」を踏襲した。ただし、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)の線課題のうち 1 桁の数字を刺激とした 5 問に限定した。

手続：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実施した。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。詳細と展望については、恵羅・大西(2020)と恵羅(2020)で報告した。

4. 研究成果

(1)研究 1

線等分課題 P における線等分偏位率(等分点からのずれの長さを正しい等分線の長さ直線で除して 100 で乗じたもの)、Landmark 課題 D における誤答数、数直線課題 P/D における誤答率、線描画課題 P/D における絶対誤差率(正解の長さと描かれた線の長さの差の絶対値を正解の長さで除したもの)を対象として Pearson 積率相関係数を求めた。その結果、数直線課題 P/D、線描画課題 P/D で有意な相関($p < .05$)が認められた(図 1)。その他は全て有意ではなかった。線等分課題 P と Landmark 課題 D の相関が有意ではなかったことから、両者は異なる認知能力を反映する課題であると推察された。よって本稿では、相関が認められた数直線課題 P/D と線描画課題 P/D について報告する。

数直線課題 P/D

行動指標：数直線課題 P/D における誤答率の人数分布を図 2 に示す。数直線課題 P では、参加者の平均誤答数は 2.4 回であった。L10 条件では全問正答した者が 11 名で参加者の過半数を超えたが、L20 条件では全問正答した参加者は 2 名に留まった。なおこの 2 名は、L10 条件でも全問正答していた。L20 条件で誤答として回答された数詞をみると、正答の数よりも小さい数を回答するよりも、大きい数を回答する誤答が多く認められた。数直線課題 D では、参加者の平均誤答数は 6.6 回であった。L10 条件における全問正答者は 5 名であったが、L20 条件では全問正答者はいなかった。誤答の数詞をみると、両条件ともに正答の数よりも大きな数を回答することが多く認められた。

眼球運動：線分刺激の呈示に反応して生じた凝視点からのサックードはマーカー位置に向かうものであった。その後の眼球停留位置を線分の左端、中央、右端の 3 領域に区切り、線分刺激

呈示中における眼球停留の有無を計測した（領域内において複数回の眼球停留が確認されても1回にカウントした）。結果を図3に示す。L10条件、L20条件ともに、左・右端に比して中央への眼球停留が多く出現した。条件（L10/L20条件）×領域（左端/中央/右端）の繰り返しのある2要因分散分析の結果、2つの主効果と両者の交互作用が有意であった（条件： $F(1,17)=6.916$, $\text{partial } \eta^2=0.289$, $p=.018$; 領域： $F(2,17)=21.090$, $\text{partial } \eta^2=0.554$, $p<.001$; 条件×領域： $F(2,34)=10.732$, $\text{partial } \eta^2=0.387$, $p<.001$ ）。交互作用について Bonferroni 法による多重比較を行った結果、中央において L10 条件に比べて L20 条件における眼球停留数の増加が有意であった ($p<.001$)。L10 条件の眼球停留数は左端 < 右端 < 中央, L20 条件では左端 < 右端 < 中央であった ($p<.001$)。行動指標である誤答数と眼球運動の領域別眼球停留数について Pearson の積率相関係数を求めたところ、L20 条件で有意な負の相関が認められた ($r=-.470$, $p<.05$)。

線描画課題 P/D

行動指標：線描画課題 P での絶対誤差率の全参加者平均は 0.071, 線描画課題 D では 0.080 であり、ほぼ同等であった。

眼球運動：モニタ上に刺激が呈示されてからマウス操作による描画が始まるまでの時間帯を事前期, 描画中の時間帯を実行期, 描画を終えてから参加者が完了の合図を発するまでの時間帯を事後期とする 3 つの時間帯を設定し、それぞれの時間帯での眼球停留位置を分析した。関心領域として、モニタ画面上の上段にあたる基準線の右端 (BR), 基準線の途中あるいは延長線上で描画到達位置に相当する領域 (BT), 下段描画線の右端 (TR), 下段描画線上における基準線の右端に相当する位置 (TBR) を設け、眼球停留回数と領域間のサッカーカードについて評価した。眼球停留回数は、同一参加者で同じ領域内で複数回の眼球停留が生じた際にも 1 回にカウントした。結果を表 1 に示す。事前期 (表 1A) では、刺激呈示直後に、まずは凝視点より数字に向かうサッカーカードが生じた。事前期の眼球運動のほとんどは、基準線上で認められた。拡大条件では BR が多く、BT はわずかしかなかった。一方、縮小条件では BR は少なく、BT が多くみられた。実行期 (表 1B) では、拡大条件で BR と TR への眼球停留数が多く、縮小条件では BT, TR の順で眼球停留数が多かった。事後期 (表 1C) は、正確ではないが数秒間の短い時間間隔が多かった。実行期と同様、拡大条件では BR と TR への眼球停留数が縮小条件では TR と BT への眼球停留が比較的多く認められた。

研究 1 の成果のまとめ

紙版と PC 版の対では、数直線課題 P/D, 線描画課題 P/D で有意な相関が認められたことから、紙版と PC 版でプラットフォームは異なるが課題遂行に關与する認知機能の共通性があるといえる。よって、PC 版での眼球運動分析から推定された方略は、紙版でも使用されている可能性が高い。数直線課題 D における眼球運動では、マーカー位置と線分中央点を見比べる動きが特徴的であった。この特徴は、難度の高い L20 条件で強く出現した。また、L20 条件の誤答数と中央領域での眼球停留数には有意な負の相関があった。以上より、数直線課題では線分の中央点をベンチマークとしてマーカー位置の数を推定する認知方略が課題遂行に有利に働くことが示唆された。線描画課題 D における

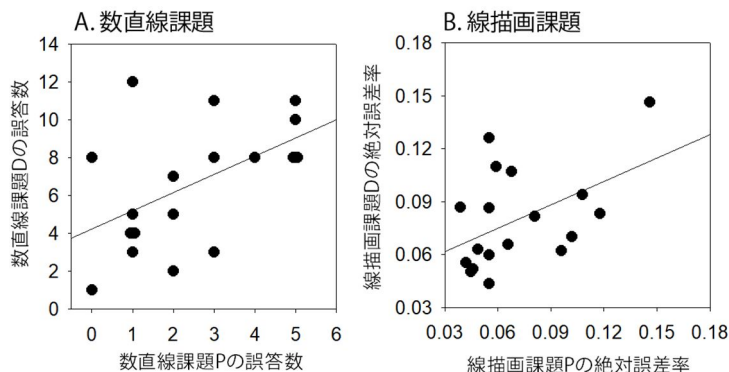


図 1 数直線課題と線描画課題の紙版と PC 版の相関

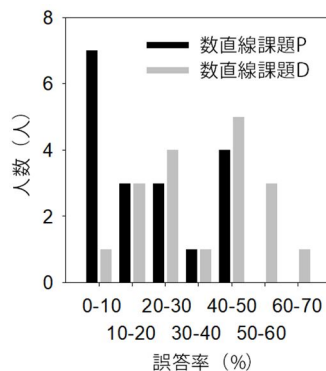


図 2 数直線課題 P/D における誤答率による人数分布

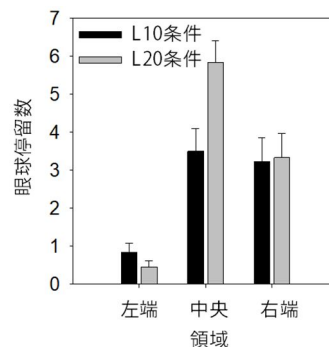


図 3 数直線課題 D における条件・領域別眼球運動数

表 1 事前, 実行, 事後期における眼球停留位置ごとの条件別平均出現回数

A. 事前期		
位置	拡大条件	縮小条件
BR	4.8	0.8
BT	0.3	8.5
TR	0.0	0.0
TBR	0.2	0.0
B. 実行期		
位置	拡大条件	縮小条件
BR	11.3	0.0
BT	1.0	11.5
TR	7.8	5.3
TBR	0.8	0.0
C. 事後期		
位置	拡大条件	縮小条件
BR	9.3	1.6
BT	0.2	0.0
TR	7.8	1.3
TBR	1.7	0.3

BR: 上段基準線の右端
BT: 上段基準線の途中あるいは延長線上
TR: 下段描画線の右端
TBR: 下段描画線上での基準線右端相当

眼球運動の特徴は、事前/実行/事後期に関わらず、全体的には拡大条件では基準線右端を、縮小条件では基準線上における描画末端相当位置を参照する方略が比較的多く使用されていた。このことから、参加者は、条件に即して参照すべき基準線上の位置を柔軟に切り替えていたと推定される。以上より、線描画課題では条件に即して適切なベンチマーク(眼球停留位置)を切り替える方略が有効であることが推定された。

(2)研究2

線等分課題

本課題では課題理解が困難であった4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図4に示す。参加者全体の平均値は-0.35(SD:7.13)であった。研究1の結果と比較すると、35名中23名は健常成人の成績 $\pm 2SD$ の範囲の成績であった。以上より、知的障害児の過半数は、健常成人レベルで線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。また、一部の知的障害児では量を二等分するスキルが未獲得の状態になることが示された。

数直線課題

数直線課題では課題理解が困難であった6名を除く33名を分析対象とした。各参加者の正答率の分布を図5に示す。過半数の参加者が0.8以上の正答率であり、参加者全体の平均は0.63であった。研究1のL10条件では過半数の参加者が全問正解であり、誤っても1問であり、0.8の正答率は課題達成基準になるのではないかと考えられた。この基準に到達しなかった知的障害児は33名中15名であり、量(線上の位置)から数を予測することの困難さが明らかに示された。

線描画課題

数直線課題では課題理解が困難であった6名を除く33名を分析対象とした。各参加者について本問題5問の絶対誤差率の平均を算出した結果を図6に示す。絶対誤差率の0.35~0.40あたりを境目として二峰性のような分布を示した。研究1の健常成人では、最も低成績であった参加者の絶対誤差率は0.14であった。このことから、知的障害児の過半数は数から量(線分の長さ)を予測することに困難さがあることが示唆された。二峰性の分布を確定するにはさらに標本数を増やす必要があるが、二峰性の分布であるとすれば、知的障害児のなかに健常成人レベルで遂行可能な一群と不可能な一群が存在することになる。

研究2の成果のまとめ

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実施した。数詞・数字の獲得に依拠しない線等分課題、依拠する課題として線描画課題と数直線課題を実施し、いずれの課題においても対象児の過半数は健常成人の遂行成績の範囲におさまるが、一部の生徒は逸脱する成績を示した。このことから、知的障害児において、一般的な知的水準に依拠しない数・量処理に関与する領域特異的な能力の大きな個人差があることが明らかになった。今回採用した課題が、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の有用性があらることが示唆された。

<引用文献>

- 惠羅修吉 (2022) 算数・数学でつまずきのある児童生徒に対するアセスメントと指導 発達障害研究, 43, 378-386.
- 惠羅修吉 (2024) 数量概念の獲得状況を評価するアセスメントの開発: 線等分課題, Landmark 課題, 数直線課題, 線描画課題に着目して 香川大学教育学部研究紀要, 11, 57-73.
- 惠羅修吉・大西祥弘 (2020) 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 発達障害支援システム学研究, 19, 123-129.
- 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.
- 植村伊裕 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.
- 横山依子 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.

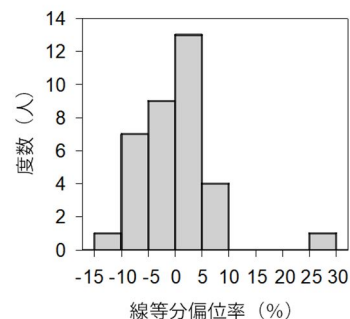


図4 線等分課題における線等分偏位率の分布

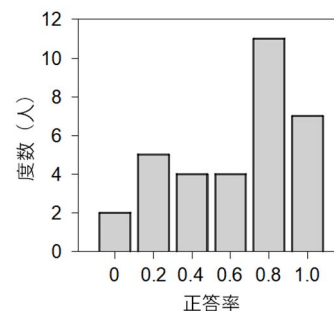


図5 数直線課題における正答率の分布

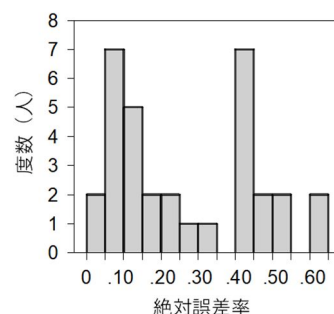


図6 線描画課題における絶対誤差率の分布

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 恵羅修吉	4. 巻 43
2. 論文標題 算数・数学でつまずきのある児童生徒に対するアセスメントと指導	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 発達障害研究	6. 最初と最後の頁 378-386
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 恵羅修吉	4. 巻 11
2. 論文標題 数量概念の獲得状況を評価するアセスメントの開発：線等分課題，Landmark課題，数直線課題，線描画課題に着目して	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 香川大学教育学部研究報告	6. 最初と最後の頁 57-73
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計1件

1. 著者名 中島栄美子・横山依子・恵羅修吉	4. 発行年 2023年
2. 出版社 美巧社	5. 総ページ数 138
3. 書名 個に即した支援を実現する通級指導の実践事例集：香川大学・特別支援教室すばるの試み	

〔産業財産権〕

〔その他〕

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------