

## 算数に困難がある児童のiPadを用いた Number Line Taskの成績について

西里 美菜保<sup>1</sup> 小枝 達也<sup>2</sup>

### 1. 背景

全般的な知的発達に遅れはないものの、学習面・行動面の各領域で著しい困難を示す児童・生徒の割合は8.8% (95% IC 8.4%～9.3%)、学習面で著しい困難を示す児童・生徒の割合は6.5% (95% IC 6.1%～6.9%)と報告されている(文部科学省初等中等教育局特別支援教育課 2022.12.13)。これは、2022年に文部科学省が行った、全国(岩手、宮城、福島の3県を除く)の公立の小・中学校の通常学級の担任を対象にした調査の結果である。また、2012年の「学習障害」により、通級指導を受けている児童・生徒の人数は9,350人であったのに対し、2021年は30,612人と大幅に増加している(文部科学省初等中等教育局特別支援教育課、2022; 文部科学省、2022)。

このことから、通常学級において学習面で著しい困難を示す児童・生徒の割合は、少なくとも減少傾向にはないことが推察される。さらに、同報告によると、知的発達には遅れはないが学習面・行動面の各領域で著しい困難を示す児童・生徒のなかでも、特に算数の学習に関連する「計算する」又は「推論する」に著しい困難を示す割合は約3.4%と報告されている(文部科学省初等中等教育局特別支援教育課、2022)。

算数の学習に関連する能力、例えば数には順番を表す性質を持っているという「序数性」、2は1より大きく3より小さい( $1 < 2 < 3$ )といった数は量を表す性質を持っているという「基数性」の理解など、数と量に関するスキーマの発達、インフォーマルな知識(インフォーマル算数)の発達(Case・Okamoto, 1996)は、幼児期初期から後期の過程を経て獲得されるものであり、小学校からスタートするような、いわゆる算数の学習で獲得が開始される能力ではないことが指摘されている(Siegler・Opfer, 2003)。

数の操作・理解の困難さは、教育環境要因とは別の生得的な個体としての障害(impairment)が背景に存在することが推測される。稲垣らは、算数の学習の困難さには、中枢神経系の機能異常が背景にあると指摘している(稲垣・米田、2017)。また、ある特定の脳部位との関連も指摘されている。(Rosenberg-Lee et al.、2015)

---

1. 創価大学教育学部非常勤講師 2. 国立成育医療研究センターこころの診療部

さらに、英国で実施されている大規模なコホート研究の結果から、算数の能力と将来的な経済活動の関連について、数学の能力が心理社会的および経済的リスクに関連していることが報告されており (Evans・Field 2020)、算数学習の困難さは学童期の学習だけに特化した課題でないといえる。

しかし、算数の学習に関連する難しさは、就学後に顕著になることが多く、素因として持っている算数の困難さではなく、学習不振として認識されることが少なくない。学校においては、「やればできるのに、やっていないからできない」といった認識を持たれやすいことが考えられる。

本邦における算数困難児童の支援については、評価方法とともに、さまざまな方法が提案され、効果の確認が発展的に行われている (熊谷・山本、2018)。算数直線の見積もりに関する課題が挙げられており、見積もりの能力が算数の能力に関連していることが示唆できる。しかし、学童期にならないと表面化しない困難さであるため、その早期発見と早期介入は重要な課題であるとともに、客観的指標を組み合わせた評価が重要であるといえる。

我々は、これまで算数に困難がある小児の見積もりの能力に注目して、Number Line Taskを用いた調査をおこなってきた (西里美菜保他、2021)。Number Line Taskは、左端に0、右端に100 (もしくは10、1000) と書かれた、目盛りのない数直線上に、提示される数の位置を見積もる課題で、海外では多くの研究が行われている (Siegler 2016; McCaskey et al., 2017)。学童期において、Number Line Taskの成績と算数の成績との関連も報告されている (Schneider et al., 2018)。本邦においても、いくつか報告がみられ、小学校に入学する以前の幼児でも実施されており、年齢の低い児からの実施可能性が示されている (浦上・杉村、2015)。

Number Line Taskについては、課題の成績が2つの視点から検討が行われることが多い。一つは、PAE (percent absolute error) と呼ばれる絶対誤差の平均値であり、PAE 値の平均が小さいほど見積もりの精度が高い (提示された数字と見積もった数字の誤差が小さい) と捉える (Siegler・Opfer, 2003)。

$$\text{PAE算出の式} : \text{PAE} = ( | \text{見積った数} - \text{提示数} | ) \div \text{数直線の範囲} \times 100$$

PAE値の他に、提示された数字と見積もった数字を関数の表象として検討する方法である。関数の表象型としては、対数型と直線型 (図1) があり、就学前には対数型を示していた算数の見積もりが、年齢が上がっていくにつれて直線型に以降していくという報告がある (Siegler・Opfer, 2003)。小学6年生では、成人と同様の見積もりの精度と、直線型への移行が完了

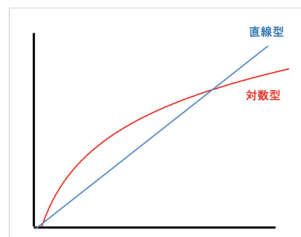


図1 表象型の例

すると考えられている。

こうした先行研究を参考に、算数の学習に困難さを呈す児童の状態を把握するために、本稿では、算数の困難がある児童がNumber Line Taskを実施した際の見積りの精度について、関数の適合度（表象型）に注目し、プロット図を提示しながら考察する。

## 2. 対象と方法

A病院とB病院（いずれも子どものこころの専門外来を設けている病院）を受診している、9歳前後（小学校2・3・4年生）の児童に対して、外来受診時に計算に困難があるという主訴がある児童の中から協力児を募った。受診時の主な主訴は、読み書きの困難さであったが、さらに算数の学習に困難がないかを確認し、保護者の研究協力の同意が得られた児童を対象に行った。

学業不振との見分けが付きにくいという点については先述した通りであるが、高学年になると生得的な障害による算数の困難さであるか、学業不振の積み重ねによる成績の低下なのか区別が付きにくくなると考え、小学校低学年～中学年（年齢9歳前後）の児にしばった。

全般的な知的発達遅れの遅れによる算数学習の困難さを否定するため、外来受診時に実施しているWISC-IV知能検査による全般的知能が平均以下（IQ80未満）の者を除外基準に設定した。

なお、本研究は、第1著者が所属する機関における倫理委員会の承認を得て実施された（承認番号2019-004）。

## 3. 調査項目

### （1）Number Line Task

Number Line Taskは、図1のように左端に0、右端に100（もしくは10、1000）と書かれた目盛りのない数直線上に、教示された数字がどこの位置にくるのかを見積もる課題である。Number Line Taskを利用した研究の多くは、紙とペンを用いて行う方法が採用されているが、我々は教示（刺激）の標準化がしやすいことを考慮して、iPadのアプリケーションを使用して実施した（Hume、2014）。

アプリを利用することの利点として、検査手技の均一性だけでなく刺激提示後に反応を完了した時間を秒数で記録することができる。

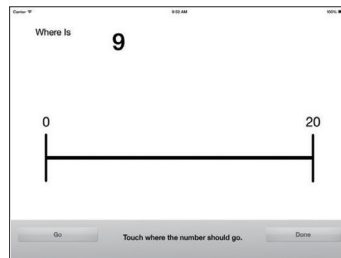


図2 iPadアプリケーション画

反応を完了するまでに、何回線文の上を触ったかといった反応決定までの試行の様子について記録することができる点で、紙面で行うのに比べてより多くの側面から調べることが可能となる。

## (2) Number Line Task以外の検査項目

- ① KABC-II：算数尺度算数の習得度を確認するために、KABC-II 算数尺度を実施した。KABC-IIは知的活動を認知処理過程と習得度から測定する検査である（日本K-ABCアセスメント学会HP）。認知能力と学力の基礎となる習得度の測定が可能であり、今回は習得尺度のうちの算数尺度に関連する検査を実施した。
- ② 数字の早読み・加算・減算など：稲垣らが作成した「特異的発達障害診断・治療のための実践ガイドライン」（稲垣他、2010）を用いて、課題（数字の早読み、加算・減算など）を実施し、児童の算数の習得および遅れについて評価した。

## 4. 結果

### (1) 記述統計

今回実施した10人における実施時の年齢、WISC-IV 知能検査結果（全検査IQ：FSIQ）、KABC-II 算数尺度の結果、「特異的発達障害診断・治療のための実践ガイドライン」の課題正答率について表1に概要を示す。

表1 対象の属性（全体）

n=10	n/平均	SD	最小値	最大値
性別	男児：5			
年齢	8歳8か月		7歳5か月	10歳4か月
FSIQ	93.3	6.95	86	105
KABC-II（算数）	85.4	12.68	73	109
算数課題_正答率（1が最大）	0.9	0.13	0.64	1

全検査IQは、平均93.3であり平均の範囲である。KABC-IIにおける算数尺度標準得点平均は、全体で86.4であった。

男女別のFSIQとKABC-II（算数）の成績と算数課題\_正答率（%）について図3に示す。

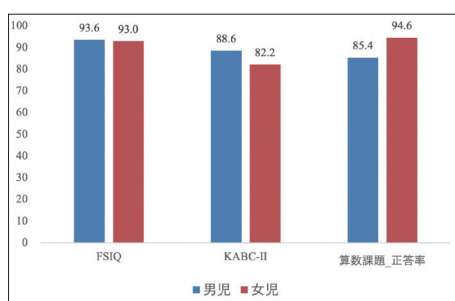


図3 男女比較（平均値）

『特異的発達障害診断・治療のための実践ガイドラインに基づく判断のための課題』の正答率について、ほとんどの児で同学年の平均と大きな差は認められなかった（正答率の範囲0.64-1.00）。

対象者の個別の結果については、表2に示すとおりである。

表2 対象の属性と心理および認知検査結果

ID	性別	年齢	FSIQ	KABC-II	算数課題_正答率
1	男児	9歳3か月	87	69	0.64
2	男児	10歳4か月	100	93	0.71
3	男児	7歳5か月	86	96	1
4	男児	7歳6か月	105	109	0.96
5	男児	8歳7か月	90	76	0.96
6	女児	8歳3か月	88	93	1
7	女児	9歳11か月	101	90	0.99
8	女児	8歳6か月	88	79	1
9	女児	8歳9か月	98	73	0.8
10	女児	8歳4か月	90	76	0.94

対象数が10と大変少ないため、相関係数の算出は参考程度になると考えているが、各変数について相関分析を行ったところ、IQとKABC-II（算数）の成績と算数課題\_正答率には有意な相関はみられなかった（表3）。

表3 ピアソンの積率相関

	<i>r</i>	<i>p</i>
IQ-KABC-II（算数）	0.487	0.154
IQ-算数課題	-0.099	0.785
KABC-II（算数）-算数課題	0.402	0.249

## (2) Number Line Task

Estimation Line appを用いた数の見積り精度については、検査項目として設定した【1-10】【1-100】【1-1000】線のうち、すべての課題を遂行できた児童は10名中3名のみ（いずれも女児）であった。その他の児童については、実施時に疲労感が見

えたため、本人と相談の上、意思を尊重し【1-1000】の実施は行わなかった。

x軸に刺激となる数字、y軸に児が見積もった数値をプロットした(図4 a)～w))。

① Number Line Task 【10】 プロット図

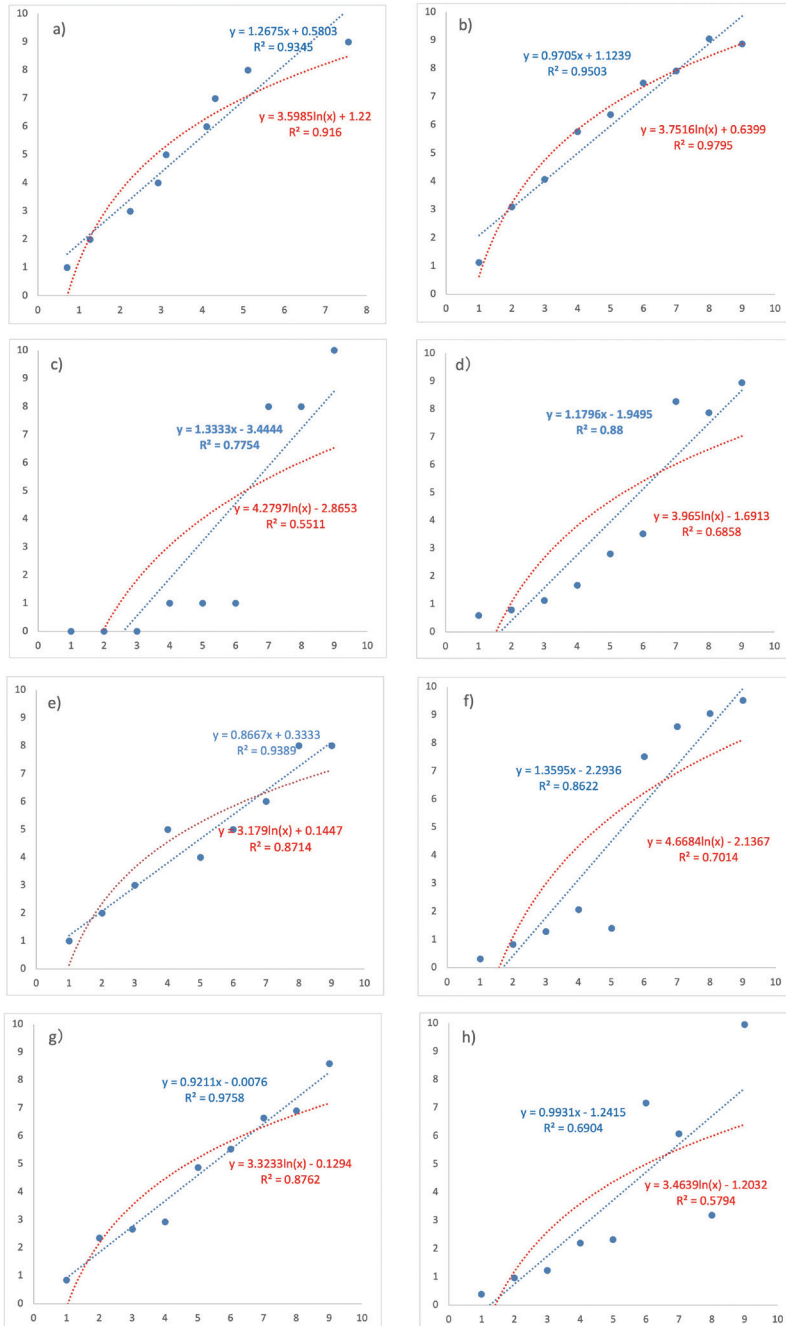


図4 a)～j)

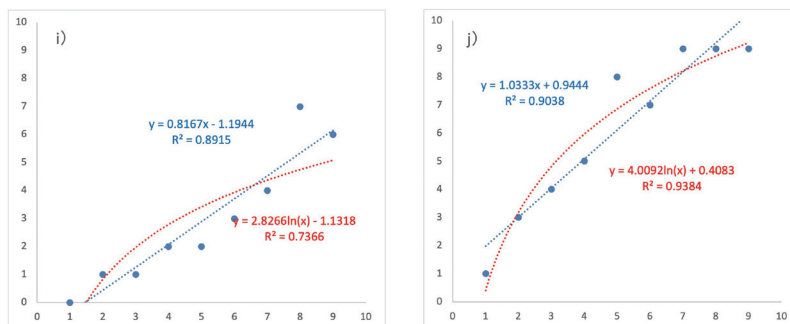


図4 a) ~ j) つづき

② Number Line Task 【100】 プロット図

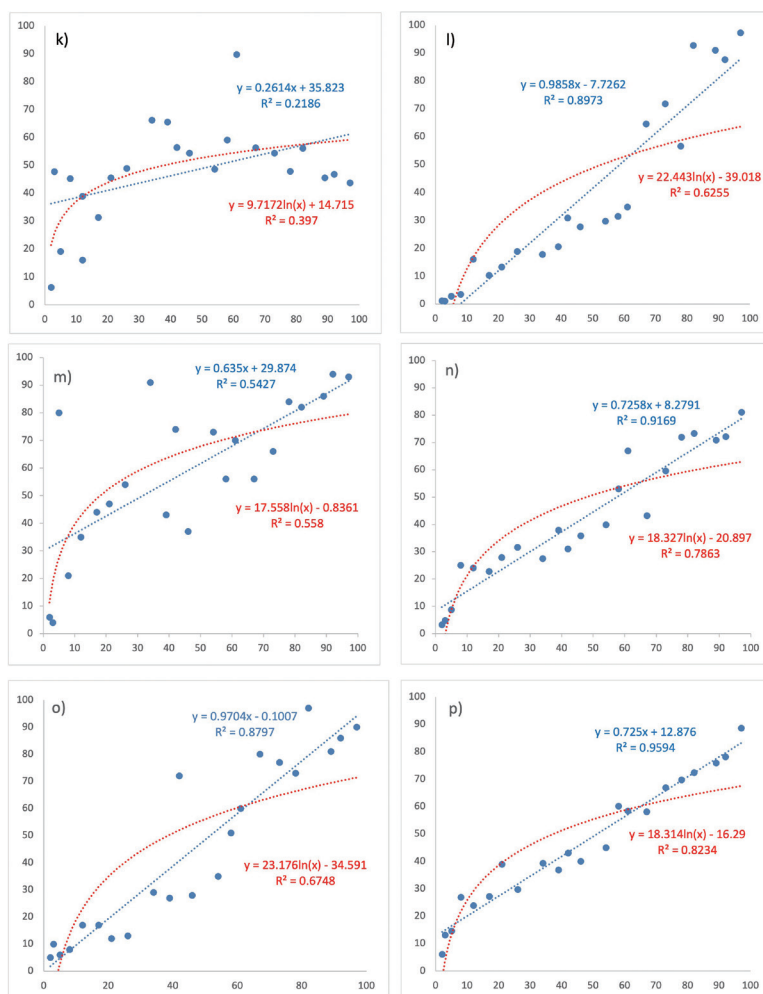


図4 k) ~ t)

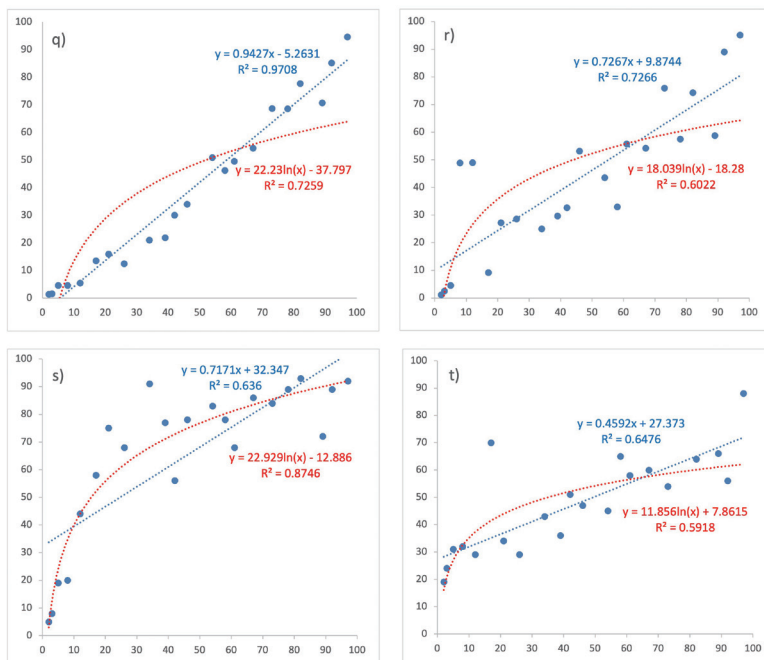


図4 k) ~ t) つづき

③ Number Line Task 【1000】 プロット図

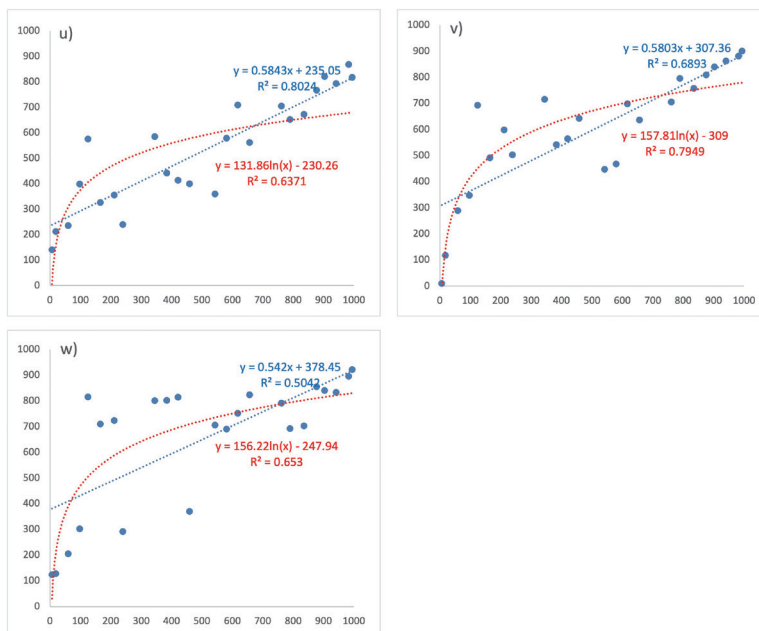


図4 u) ~ w)



回帰式モデルが、観測されたデータにどれくらいあてはまっているか、つまり表象型（直線型・対数型）へのあてはまりを検討するために、R二乗値を表4に示す（個別の値については図中に記載した。）Task【10】では、直線へのあてはまりが平均0.8を超えているが、Task【100】では平均0.7以下である。

KABC-IIが80以上と80未満の群で、曲線推定の決定係数に違いがあるか平均値の差の検定（Welch検定）を実施したところ、いずれも有意な差は認められなかった（表5）。しかし、Task【100】において効果量（Cohen's dの値）が、それぞれ対数型（ $d = -1.00$ ）、直線型 $d = -0.47$ ）と中～大きい程度での効果が確認された。

表4 曲線推定における決定係数

n=10	平均値	中央値	標準偏差	最小値	最大値
10対数曲線r <sup>2</sup> 値	0.77	0.77	0.15	0.55	0.98
10直線曲線r <sup>2</sup> 値	0.88	0.90	0.09	0.69	0.98
100対数曲線r <sup>2</sup> 値	0.74	0.80	0.24	0.22	0.98
100直線曲線r <sup>2</sup> 値	0.67	0.65	0.14	0.40	0.88

表5 曲線推定における決定係数の差（KABC-IIの結果別）

	平均（各群n=5）		<i>t</i>	<i>p</i>	<i>Cohen's d</i>
	KABC-II <80	KABC-II 80≤			
10対数曲線r <sup>2</sup> 値	0.79	0.76	0.29	0.78	0.16
10直線曲線r <sup>2</sup> 値	0.87	0.89	-0.26	0.80	-0.15
100対数曲線r <sup>2</sup> 値	0.62	0.86	-1.75	0.12	<b>-1.00</b>
100直線曲線r <sup>2</sup> 値	0.63	0.70	-0.82	0.44	<b>-0.47</b>

## 5. 考察

算数の学習に困難さを呈す児童の状態を把握するために、ウェクスラー式知能検査によるFSIQ、KABC-IIIの算数尺度、「特異的発達障害診断・治療のための実践ガイドライン」の課題（数字の早読み、加算・減算など）を用いて算数に関連する成績を評価し、算数の困難がある児童がNumber Line Taskを実施した際の見積もりの精度について、関数の表象型に注目して検討を行った。

### （1）FSIQおよび算数課題による成績について

対象者の基礎情報となるFSIQについては、今回対象とした10人のFSIQの値は平均の範囲内であったことから、知的発達の遅れによる算数の困難さではないことが伺える。また、KABC-IIにおける算数尺度標準得点平均は、全体では平均よりやや低く、男児に比べて女児で低い傾向がみられた。ただし、対象人数が少ないためこの差について特筆して推論をするべきではないと考え、本稿では対象集団の属性情報として扱うこととする。算数の課題得点については、ほとんどのものが1に近い（100点に近

い) 値であり、小学校低学年～中学年にかけては算数の課題得点のみで算数の困難さを把握することは難しいことが示唆される。一方で、稲垣らは、得点だけではなく、実施時の時間が学年平均に比べて大幅に長くかかることが、算数の困難さを抱える児童には特徴的に見られると指摘している(稲垣他,2010)。実施時間の超過については、我々の調査集団でも確認されている。

FSIQ、KABC-II 算数尺度得点、算数課題\_正答率いずれの尺度間でも有意な相関は認められなかったが、これは対象者数の少なさによるものと推察する。今後、対象数を増やした上で再検討する必要があることが示唆された。また、男女の比較においても算数の課題成績では、男児の方が低く女児の得点(平均)が高くなっている。有意な差は認められなかった。

## (2) Number Line Taskにおける表象型

次に、Number Line Taskにおける表象型と線形へのフィットを見るとNumber Line Task 【10】では全ての児において直線型へのあてはまり(R<sup>2</sup>値)が高い(図4a)～j))。しかし、c) やf) の児においては、5より小さい数字はほとんど0に近いところで見積もり、5より大きい数字については10に近いところで見積もっていることが窺える。Slusserらの研究によると、幼児期には始点のみ、年齢が上がるごとに数直線の両端を使用、最終的には中心も使用というように、見積もりの方法・精度が変化していくという報告を行なっている(Slusser・Barth, 2017)。これに照らしてみると、今回対象とした児は小学校入学後、少なくとも1年以上は数の勉強をしてきているにも関わらず、Number Line Task 【10】でさえも、発達的には幼児期と同じような見積もりの仕方をしている児がいることが伺える。

Number Line Task 【100】では、対数曲線へのあてはまりが高い者が10人中3人(図4:k)・m)・s)) 見られた。Sieglerらが0-100の数直線を用いて幼稚園児～8歳児を対象に行なった研究では、年齢の幼い時には一貫して対数的であったものから、対数と直線の混合の過程を経て、8歳時点では主に直線的なパターンに発展していくといった報告がある(Booth・Siegler, 2006)。同様に、我々がパイロット的に行なった定型発達の児童を対象とした実施では、小学校2年生の児では、Number Line Task 【10】・【100】ではほとんどが直線型にフィットしていた。Number Line Task 【10】において、c) やf) のような見積もりの様相を示す児はいなかった。

浦上らは、PAE値を考慮した上で、対数型にも直線型にも適合しない者がいるとして、関数に適合しない型において予測される見積りの分布6パターンを示している(浦上, 2016)。その中に、数直線全体を無作為に見積る不規則型、提示数の中のある数までは始点付近を見積り、その数以降は数直線の範囲の後半付近を見積る大小型、右端付近ばかりを見積る右端型といった分類パターンがあり、今回確認したk) やm) のパターンは不規則型に類することが推察される。

今回PAE値については検討対象としていないが、関数へのあてはまり ( $r^2$  値) の集団平均に関して見ると、Task 【100】 対数型0.74、直線型0.67と直線型へのあてはまりは低い値を示している (表4)。さらに、KABC-IIが80以上と80未満の群で関数へのあてはまり ( $r^2$  値) の平均値の差を見ると (表5)、Task 【100】 におけるKABC-IIが80未満の群での $r^2$  平均値は、それぞれ対数型0.62、直線型0.63と全体平均にくらべて低くなっている。また、KABC-IIが80以上と80未満の群での差の効果量が中～大程度の差を示している。人数が少ないため、統計的に有意とはいえないが、KABC-IIの成績と関数へのあてはまりについては差がある可能性が残されていると思われる。

関数へのあてはまり ( $r^2$  値) は全体的にPAEの低さと関連しており、今後PAE値も合わせた検討が必要であると考えている。

Number Line Task 【1000】 に関しては実施することさえも難しい子が多く、今回対象とした児においては3人のみであり、そのうちの2人は対数型へのフィットの値が高い。先述した、パイロット調査においては小学2年の児童でも、ほぼ全ての児童がNumber Line Task 【10】・【100】・【100】を完遂できており、これらは日常的な状態像 (時間がかかるがやればできる、簡単な問題でも具体物を使う) ということと関連している。稲垣らが指摘するように、数字を見ても表す量をイメージできず、計算をしても量の変化として掴みにくい (稲垣・米田、2017) ことが影響していると考えられる。

発達性読み書き障害 (ディスレクシア) の病態について、読む練習をしても文字の解読が自動化しにくく、音の想起に努力と時間を要し、読字書字困難の根底に存在しているとの指摘がある。数の量の習得について、少なくとも1年以上は算数の学習をしているにも関わらず、こうしたイメージを掴めない背景に、数字と実際の大きさの数との関係が自動化されない、自動化の課題があると推察する。

## 6. 結語

本稿では、算数の学習に困難さを呈す児童の状態を把握するために、算数の困難がある児童のNumber Line Taskについて、関数の適合度 (表象型) に注目し、プロット図を提示しながら考察した。その結果、算数の困難さを呈す児童においては、年齢に比して未成熟な見積もりの様相を示すことが確認された。

## 7. 研究の限界と今後の展望

本研究を行った対象者については、ほとんどが、読み書き困難から受診している。そのため、自動化という点においてより困難さを抱えている可能性が考えられる。

算数の困難さを示す児童・学習に困難を示さない児童を対象に実施し比較する必要がある。また、統計的検定に耐えう対象数ではないため、今後対象数を増やした上で同様に確認する必要がある。さらに、今回はプロット図を検討することを目的としたため、今後PAE値も含めた検討をすることで、より算数の困難がある児童のNumber Line Taskの有用性を確認していく必要があると考えている。

## 8. 参考・引用文献

- Booth, J. L., and R. S. Siegler. “Developmental and individual differences in pure numerical estimation”, *Dev Psychol*, 2006, 42: 189-201
- Case, Robbie, and Yukari Okamoto. “The role of central conceptual structures in the development of children's thought”, *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 1996, 61: v-265
- Evans, Danielle, and Andy P. Field. “Predictors of mathematical attainment trajectories across the primary-to-secondary education transition: parental factors and the home environment”, *Royal Society Open Science*, 2020. 7
- Hume, T. H. a. S.. Estimation Line. <https://hume.ca/ix/estimationline/> 2014 (2022.12.23閲覧)
- McCaskey, U., M. von Aster, U. Maurer, E. Martin, R. O’Gorman Tuura, and K. Kucian. “Longitudinal Brain Development of Numerical Skills in Typically Developing Children and Children with Developmental Dyscalculia”, *Front Hum Neurosci*, 2017, 11: 629
- Rosenberg-Lee, M., S. Ashkenazi, T. Chen, C. B. Young, D. C. Geary, and V. Menon. “Brain hyper-connectivity and operation-specific deficits during arithmetic problem solving in children with developmental dyscalculia”, *Dev Sci*, 2015, 18: 351-72
- Schneider, M., S. Merz, J. Stricker, B. De Smedt, J. Torbeyns, L. Verschaffel, and K. Luwel. “Associations of Number Line Estimation With Mathematical Competence: A Meta-analysis”, *Child Dev*, 2018, 89: 1467-84
- Siegler, Robert S. “Magnitude knowledge: the common core of numerical development”, *Developmental Science*, 2016, 19: 341-61
- Siegler, Robert S., and John E. Opfer. “The Development of Numerical Estimation: Evidence for Multiple Representations of Numerical Quantity”, *Psychological Science*, 2003, 14: 237-50
- Slusser, Emily, and Hilary Barth. “Intuitive proportion judgment in number-line estimation: Converging evidence from multiple tasks”, *Journal of Experimental*

*Child Psychology*, 2017, 162: 181-98

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年, 58: 205-16

稲垣真澄他『特異的発達障害診断・治療のための実践ガイドライン：わかりやすい診  
断手順と支援の実際』*診断と治療社*, 2010年

浦上萌「幼児における数直線上での数の位置の見積もりに関する研究」, *広島大学*,  
2016年, 博士論文

浦上萌・杉村伸一郎「幼児期における心的数直線の形成過程の検討」, *発達心理学研  
究*, 2015年, 26: 175-85

熊谷恵子・山本ゆう『通常学級で役立つ算数障害の理解と指導法：みんなをつまずか  
せないすぐに使える!アイデア48』, *学研教育みらい学研プラス*, 2018年

西里美菜保・小枝達也・友田明美・藤岡徹「算数に困難がある小児の見積もり能力に  
関する研究」, *公益財団法人 明治安田こころの健康財団 研究助成論文集*, 2021年,  
55

日本K-ABCアセスメント学会『K-ABCとは』<https://www.k-abc.jp/about/> (2022.12.23  
閲覧)

文部科学省『通常の学級に在籍する障害のある児童生徒への支援の在り方に関する検  
討会議（第5回）参考資料』, 文部科学省 2022年10月

文部科学省初等中等教育局特別支援教育課『通常の学級に在籍する発達障害の可能性  
のある特別な教育的支援を必要とする児童生徒に関する調査結果について』, 文部  
科学省, 2022年12月

## **The Performance of Children with Arithmetic Difficulties on Number Line Tasks by iPads app**

**Minaho NISHIZATO · Tatsuya KOEDA**

The percentage of children with no overall intellectual developmental delay but with significant difficulties in each of the learning and behavioral domains is reported as 8.8%, and the percentage of children/students with significant difficulties in learning is 6.5%. In addition, it was reported that among children and students who do not have intellectual developmental delays but show significant difficulties in various areas of learning and behavior, about 3.4% show significant difficulties in "calculation" or "reasoning," which are particularly relevant to math learning. The abilities related to arithmetic learning and the development of schema related to number and quantity are acquired through a process from early childhood, and it is assumed that difficulties in manipulation and comprehension are due to an innate impairment of the individual, which is different from educational environment factors.

On the other hand, difficulties related to arithmetic learning often become more pronounced after entering elementary school and are often recognized as poor learning rather than as a predisposing factor for arithmetic difficulties. Various methods have been proposed for supporting children with arithmetic difficulties in Japan, as well as evaluation methods, and confirmation of their effectiveness has been conducted developmentally. However, as these difficulties do not surface until school age, early detection and early intervention are important issues, and evaluation combining objective indicators is also important.

To understand the condition of children who present difficulties in learning arithmetic, this paper discusses the accuracy of estimates when children with arithmetic difficulties perform the Number Line Task by iPad app, focusing on the degree of fit (representations) of the function and presenting a plot diagram. The results suggest that children with arithmetic learning difficulties show an immature estimation.