

算数に困難がある小児の見積もり能力に関する研究

—Number Line Task (数直線課題) について—

西里 美菜保¹⁾、小枝 達也¹⁾、友田 明美²⁾、藤岡 徹³⁾

1) 国立成育医療研究センター 2) 福井大学医学部 3) 福井大学

<要 旨>

全般的な知的発達には遅れはないもの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児童がいる。学童期の算数の成績が成人以降の社会経済活動にも影響するとの報告がある一方で、算数困難児の早期発見と対応は本邦では未整備の課題といえる。

算数能力の獲得には、数と量のスキーマの発達に関わる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。しかし、環境による学業不振と生得的な個体としての障害を見分ける方法は確立されていない。数と量のスキーマを捉える方法として、数値から線分の長さを見積もる課題 (数直線課題: Number Line Task 以下 NL 課題) を用いた方法があり、生得的にもつ impairment の評価指標として妥当なものであると考えられている。この NL 課題による報告は、海外では散見される一方で、本邦においては学童期を対象とする報告は少ない。特に、従来の方法をアプリケーション化して電子機器を用いた NL 課題の報告はほとんどみられない。本研究では算数の学習に困難を示す小児を対象に、iPad アプリケーションを用いた NL 課題から得られる指標を基に、数と量のスキーマの発達の遅れ、個体としての impairment の関係について記述統計を検討することを目的とした。結果として、算数の習得に困難を示す児童においては回答に時間がかかる傾向、NL 課題の見積もりの値 (PAE 値) は著しく悪く、就学前の児童と近い傾向が確認された。

<キーワード>

学習障害、算数困難、心的数直線

【はじめに】

全般的な知的発達には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とされた児童生徒の割合のうち、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 2.3%と報告されている (文部科学省調査 2012)。算数の学習に困難を呈す子どもにおける課題には、数の理解、基数性・序数性といった概念の理解、計算スキル、文章問題の理解といった側面が報告されている (熊谷, 2013)。

「計算する」「算数・数学」は、「読み」や「書き」と同様に、学習において中心となるスキルであるにも関わらず、著しい遅れを適切に評価し支援するといったことの重要性およびその方法については未だ発展途上にあるといえる。

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いる (Evans, 2021)。また、学童期の算数の成績が成人以降の社会経済活動にも影響するとの報告もあり、算数困難児への支援が個人の経済的な安定だけではなく、個人が形成する社会全体の安定につながるとも言える。早期の支援の重要性が懸念される中で、本邦においては未整備の課題となっているのが現状である。

算数能力の獲得には、幼児期後期に統合される数と量に関するスキーマの発達 (Case & Okamoto, 1996)、インフォーマルな知識 (インフォーマル算数) の発達が関連するといわれており、数の操作・理解の困難さには教育環境要因とは別に生得的な個体としての障害 (impairment)、中枢神経系の機能異常があると考えられている (稲垣 & 米田, 2017)。

一方で、算数困難児が示す特異的な算数の苦手さは、学校場面・学習場面では算数の学業不振 (under achievement) として把握されることが多いと考えられる。

単なる、学業不振と先述した生得的な個体としての障害 (impairment) を見分ける方法はまだ確立されていない。

数と量のスキーマを捉える方法として、数値から線分の長さを見積もる課題 (数直線課題: Number Line Task 以下 NL 課題) を用いた報告がみられている。この数直線課題は、海外では数学的認知、学習や研究の場面で広く使用されており、数学的能力 (数を扱う能力) との相関関係が報告されている (Schneider et al., 2018; Siegler, 2016)。

例えば、NL 課題を用いた線分見積もり精度の研究によると、見積もりの正確性は発達とともに増し、小学 6 年生では成人同様に見積もることができるとの報告がある。また、線分見積もりの課題成績と数値情報の処理に特化した脳領域との関連が指摘されており (Berteletti, Man, & Booth, 2015)、この NL 課題から得られる値は、生得的にもつ impairment の評価指標として妥当なものであると考えられている。

NL 課題の施行法としては、紙と筆記具が多く用いられているが、本研究では IT アプリケーション (Hume, 2014; Piatt, Coret, Choi, Volden, & Bisanz, 2016) を利用した。IT アプリケーションを利用することで、収集された情報は自動的に電子データ化され、より正確に測定することが可能となる。また、紙と筆記具を用いた場合とは異なり、回答スタートから最終的な回答までに要した時間を秒単位で測定することができるため、検討可能な変数が増えると考えられる。

IT アプリケーションを利用した NL 課題による報告は、海外では散見される一方で、本邦においては学童期を対象とする報告は少なく、算数困難児については「算数障害の疑われる児童はより低い年齢の児童の結果と近似する」という石川らの報告がみられるのみである (石川健介, 2019)。

本研究では算数の学習に困難を示す小児を対象に、学業不振 (underachievement) という学習場面での状態像とあわせて、IT アプリケーションを用いた NL 課題から得られる指標を基に、数と量のスキーマの発達の遅れ、個体としての impairment の関係について検討することを目的とする。

本稿においては、それぞれの検査項目における記述統計部分について考察する。

【対象】

国立成育医療研究センターこころの診療部もしくは福井大学医学部附属病院子どものこころ診療部を受診する小学生 9 歳前後 (小学校 2・3・4 年生) のお子さんで、算数の学習に困難を示し、保護者の研究協力の同意が得られた者。

年齢については、学業不振による成績の低下と区別するため、年齢 9 歳前後とした。

知的な遅れにより生ずる算数の学習の困難さの可能性を否定するため、全般的知能が平均以下 (IQ80 未満) の者を除外基準として設定した。

また、検査実施に当たっては全て各施設 1 名の検査者が行った。なお、本研究でリクルート対象となった児童のほとんどが、読みの指導を受けている児童であった。

【実施項目】

● Number Line Task

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。紙で行う方法 (Siegler & Opfer, 2003) と iPad アプリケーション (Hume, 2014 図 1) などが開発されている。本研究では、iPad アプリケーションを利用した。

Number Line Task では、線分の見積もりの精度を表す指標として PAE (percent absolute error: 絶対誤差) が挙げられており、PAE 値の計算は以下の通りである。この PAE 値の平均が、各数直線課題の見積もりの精度となる。

提示した数と見積った数との差

$PAE = (| \text{見積った数} - \text{提示数} |) / \text{数直線の範}$

囲 (10 or 100 or 1000) ×100

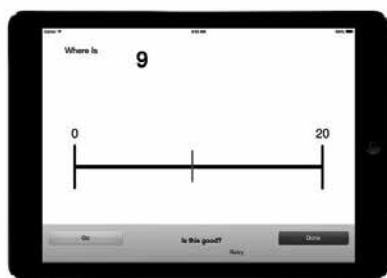


図 1 Estimation Line イメージ

● KABC-II (算数尺度)

子どもの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り、認知能力と学力の基礎となる習得度の測定が可能。今回は算数の習得度について調べるために、習得尺度のうちの算数尺度に関連する検査を実施した。

● 算数の困難さ評価のための課題

「特異的発達障害診断・治療のための実践ガイドライン」に基づき、算数障害判断のための課題（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。

● Intelligence Quantity (IQ)

受診時に実施（もしくは受診前に実施）し、カルテ記載されている知能検査を基に IQ 情報を取得した。確認に際しては、カルテ情報を参照することについて保護者の同意を得た。

【結果】

40 名のリクルートを予定しているが、現在 2 施設で 11 名の情報取得を終えた段階である。統計的に比較・検討を行える人数に至っていないため、本稿では検査者の属性およびそれぞれの変数に関する記述統計を報告の対象とした。11 名のうち 1 名は知的発達水準が平均以下であったため検討の対象から除外した。

1. 知的発達水準・算数の習得について

学年、性別、WISC-IV、KABC-II の結果を表 1 に示す。知的発達水準の幅は FSIQ : 86-105

(平均 93.3) の範囲であり、平均の下から平均の幅に分布している。KABC-II における算数尺度標準得点平均は、男児で 97.5、女児で 82.2、全体で 86.4 であった。

『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)。

表 1

ID	学年	性別	FSIQ	KABC-II	算数課題_正答率
1	3 年	男児	87	69	0.64
2	4 年	男児	100	93	0.71
3	2 年	男児	86	96	1.00
4	2 年	男児	105	109	0.96
5	3 年	男児	90	76	0.96
6	2 年	女児	88	93	1.00
7	4 年	女児	101	90	0.99
8	3 年	女児	88	79	1.00
9	2 年	女児	98	73	0.80
10	2 年	女児	90	76	0.94
最小			86	73	0.64
最大			105	109	1.00
平均_全体			93.3	85.4	0.90
標準偏差_全体			6.95	12.68	0.13
平均_男児			93.6	88.6	0.85
標準偏差_男児			8.44	16.07	0.17
平均_女児			93	82.2	0.95
標準偏差_女児			6.08	8.81	0.09

『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』における課題遂行時間について、各学年に共通する課題の中で計算を必要とする課題計算のうち、計算 1 桁+1 桁 繰り上がりに絞って表 2 に示す。

いずれの児童においても学年平均に比べ大幅

に長いという特徴がみられた。

表 2

1桁+1桁 繰り上がりの計算の回答時間 (秒)	学年平均	SD
1	69	14.29
2	112	12.4
3	61	18.33
4	78	18.33
5	140	14.29
6	45	18.33
7	69	12.4
8	97	14.29
9	64	14.29
10	59	18.33

2. Number Line Task(数直線課題)

Estimation Line app を用いた数の見積もりの精度については、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 4 名であった。ほとんどの児童が【1-10】【1-100】に課題で疲弊してしまい、【1-1000】の課題については、実施を拒む傾向がみられた。

そこで、検討は【1-10】【1-100】を中心に行った。

課題の見積もりの精度について、各参加者の Percent absolute error 絶対誤差値 (PAE 値) の平均と標準偏差を表 3 に示す。

表 3

ID	1-10 PAE 平均	SD	1-100 PAE 平均	SD
1	1.51	0.90	24.24	14.54
2	1.00	0.56	9.93	8.93
3	2.21	1.74	16.44	19.12
4	1.00	0.95	9.73	6.37

5	0.73	0.46	8.51	7.22
6	1.53	0.91	8.31	4.88
7	0.48	0.36	7.88	5.43
8	1.75	1.31	11.41	11.81
9	2.05	0.99	21.61	16.42
10	1.08	0.89	14.88	12.69

全体の平均はそれぞれ、【1-10】平均：1.37 SD：1.10、【1-100】平均：13.79、SD：11.80 であった。

【考察】

算数に困難がある小児について知的発達水準が平均域 ($IQ \geq 80$) である児童を対象として各検査を行った結果、KABC-II (算数尺度) 標準得点では、10 人中 5 人は平均に比べて低い (算数尺度 < 80) という結果であった。半数の児童については、算数困難の定義する様相が確認された一方で、半分の児童は KABC-II の算数尺度において年齢平均の得点であった。

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では、ほとんどの児童で、“正答率はよいが学年平均に比べて時間が著しくかかる”傾向が確認された。

実施後の子どもたちの様子として、疲弊した様子が見られ、こうした“時間がかかる”傾向については、KABC-II の実施においても同様であった。当該検査に関しては、時間に関する評価基準がないため、比較することは難しいが、算数困難を呈す児童については、最終的な正答率だけでなく、実施にかかる時間が重要な点であることが示唆された。こうした点において、日常場面における学業不振 (under achievement) として捉えられている可能性、「やればできる」といった認識を持たれてしまう可能性が示唆された。また、実施時の子どもたちの様子を見ていると、指を用いて行うことが多く、計算をしているというよりは目に見える具体物を操作して答えを導く様子が見られた。

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ことが影響していると考えられる。著しく時間がかかることの背景には、こうした計算の経過ではなく具体物操作の時間が関係していると言える。

すでに指摘されている、数字と実際の大きさの数との関係が自動化されていない、自動化に未発達であることについて、Number Line 課題を用いた、数の見積もりの精度に関する見積もりの精度を示す PAE 値の結果は、幼児を対象とした報告(浦上 & 杉村, 2015)に近い値であることから、数字と実際の大きさの関係が習得されていない、未成熟であることを支持するものであった。

算数に困難がある小児については、就学段階ではほとんどの児が習得している数の基本(だいたいの量を捉える力など)、自動化に関する課題があり、Number Line Task からその様相を捉えることができることが示唆される。また、正解率やパフォーマンスの結果として表出される学習場面のテストの点数ではなく、取り組む過程の評価、時間の評価が重要であることが推察される。

【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、読みの指導(小枝達也&関あゆみ, 2019)を受けている子たちであり、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。今後、単純な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。一方で、読み書きの学習に困難を示す子どもには、算数の学習の困難さが隠れている可能性を示唆している。

現在(2021年7月)時点において、目標とする人数のリクルートが行えておらず、解析途中であり、記述統計からの考察を行なっている。

今後、対象数を増やし本邦における Number Line Task 課題による算数困難児の評価について精度を高めていく必要がある。同様に、今回提示した PAE 値だけでなく、実施にかかっ

た時間・見積もりをプロットした線形の表象によって、各指標間の関連も含め検討を行う必要がある。

また、横断的な対象だけではなく、縦断的に検討が必要である。今後、KABC-II 算数課題(正答率と時間)と NL 課題の精度の相関を検討するなどして、NL 課題による impairment 評価を確認する予定である。しかし、海外における報告にあるように Number Line Task は、6~9歳の年齢グループで、数学的能力と強く相関することが報告されており、有用な評価ツールとなると考える。

【引用文献】

- Berteletti, I., Man, G., & Booth, J. R. (2015). How number line estimation skills relate to neural activations in single digit subtraction problems. *Neuroimage*, 107, 198-206. doi:10.1016/j.neuroimage.2014.12.011
- Case, R., & Okamoto, Y. (1996). The role of central conceptual structures in the development of children's thought. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 61(1-2), v-265.
- Hume, T. H. a. S. (2014). Estimation Line. <https://hume.ca/ix/estimationline/>.
- Piatt, C., Coret, M., Choi, M., Volden, J., & Bisanz, J. (2016). Comparing Children's Performance on and Preference for a Number-Line Estimation Task: Tablet Versus Paper and Pencil. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 34(3), 244-255. doi:10.1177/0734282915594746
- Schneider, M., Merz, S., Stricker, J., De Smedt, B., Torbeyns, J., Verschaffel, L., & Luwel, K. (2018). Associations of Number Line Estimation With Mathematical Competence: A Meta-analysis. *Child Development*, 89(5), 1467-1484. doi:<https://doi.org/10.1111/cdev.13068>

- Siegler, R. S. (2016). Magnitude knowledge: the common core of numerical development. *Developmental Science*, 19(3), 341-361. doi:<https://doi.org/10.1111/desc.12395>
- Siegler, R. S., & Opfer, J. E. (2003). The Development of Numerical Estimation: Evidence for Multiple Representations of Numerical Quantity. *Psychological Science*, 14(3), 237-250. doi:10.1111/1467-9280.02438
- 稲垣, 真., & 米田, れ. (2017). 総論：医療の立場から. 児童青年精神医学とその近接領域, 58(2), 205-216. doi:10.20615/jscap.58.2_205
- 浦上, 萌., & 杉村, 伸. (2015). 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, 26(3), 175-185. doi:10.11201/jjdp.26.175
- 熊谷, 恵. (2013). 算数障害：最近の研究・評価から指導へ (第 21 回大会特集 教育の復興と創造：クラスルームからコミュニティへ：一般社団法人日本 LD 学会第 21 回大会教育講演). *LD 研究 = Japanese journal of learning disabilities*, 22(2), 159-165.
- 小枝達也・関あゆみ. (2019). T 式ひらがな音読支援の理論と実践: ディスレクシアから読みの苦手な子まで: 日本小児医事出版社.
- 石川健介. (2019). 心的数直線計測における試筆版とタブレット機器を用いた計測との比較. 日本 LD 学会第 28 回大会論文集(研究論文(研究会, シンポジウム資料等)).
- Evans, Danielle(2020). Predictors of mathematical attainment trajectories across the primary-to-secondary education transition: parental factors and the home environment. *Royal Society Open Science*, (7)7. doi: 10.1098/rsos.200422