

発達障害児におけるタブレット PC を用いた目と手の協応訓練の効果

—書字の流暢性と可読性に関する比較対照試験—

奥村 智人

(大阪医科薬科大学小児高次脳機能研究所・LD センター)

<要 旨>

発達性協調運動障害やその他の発達障害において、「書くのが遅い（書字の流暢性の低下）」「書いた文字が乱雑になる（書字の可読性の低下）」などの運筆の苦手さがみられることが多い。この一つの要因として目と手の協応の弱さが関連していると考えられている。本研究では WAVES デジタルに含まれる、目と手の協応の訓練を目的とするタブレット PC とタッチペンを使った 2 つのトレーニングプログラムを使用し、発達障害がある小学生の書字の流暢性と可読性への介入効果について検討をおこなった。対象は、大阪医科薬科大学 LD センターの来所児のうち、WAVES（奥村，2014）の目と手の協応の指標である ECGI または ECAI の成績が -1 標準偏差以下であり、なおかつ URAWSS II（河野，2017）の視写課題の成績が -1 標準偏差以下である小学生 3～6 年生 12 名である。WAVES 線なぞりの合格得点、URAWSS II 有意味視写の速度、遠見数字視写検査の速度で、プラセボ訓練期間に比べ、目と手の協応訓練期間のほうが統計的に有意な成績の改善がみられた。目と手の協応訓練により WAVES 線なぞりの合格得点が改善していることから、運筆能力が改善していることが示唆された。各種視写検査の速度が改善していることから、運筆能力の改善に伴って、視写の速度も向上していると考えられる。本研究の結果は、目と手の協応の弱さから書字活動に苦手さがある子どもに対して、ゲーム感覚でできるコンピューターを用いた目と手の協応訓練が有効である可能性が示された。

<キーワード>

発達障害、発達性協調運動障害、書字流暢性、書字可読性、目と手の協応

【はじめに】

書字には「文字の認識」「文字の形態表象の記憶」「形態表象から運動プログラムへの変換」「運動の実行」など複数の処理プロセスが関わる (Weil, 1994)。日本人児童においても一定数の書字の問題が発生することが事例報告などによって示されている。書字の評価の主な視点として、正確性 (accuracy)、流暢性 (fluency)、可読性 (legibility) などがある。書字の正確性を指標とした日本人児童における書字障害の出現頻度

はひらがなで 1.6%、カタカナで 3.8%、漢字で 6.0% であり (Uno, 2009)、海外と比較しても少ない。流暢性 (fluency) については河野 (2008) が視写による書字の流暢性の評価方法を考案し、小学生の学年による流暢性の変化を示している。可読性 (legibility) の評価法に関しては、河野 (2018) が評価方法の方向性を示している。書字の流暢性と可読性の問題がある日本人児童の出現頻度は明確に示されていないが、一定数存在し、

学習活動に何らかの影響を与えていると予想される。書字の流暢性の主たる要素である書字速度は、児童が学校生活を送るうえで情報を記録し、考えを表現する際に重要な要素であり、書字速度と作文の量や質との間には相関があることが先行研究で示されている（Berninger, 1994 ; Beminger, 1992）。また、作文など文章を教師が評価する際に、読みにくい字で書かれていると作文能力も低く評価してしまうことがある（Chase, 1986）。また、読みにくい字を書く児童生徒は、怠けていて、学習への意欲が低いと判断されてしまうことがあり、その結果児童生徒は大きなフラストレーションや失望を感じる（Sandler, 1992）。

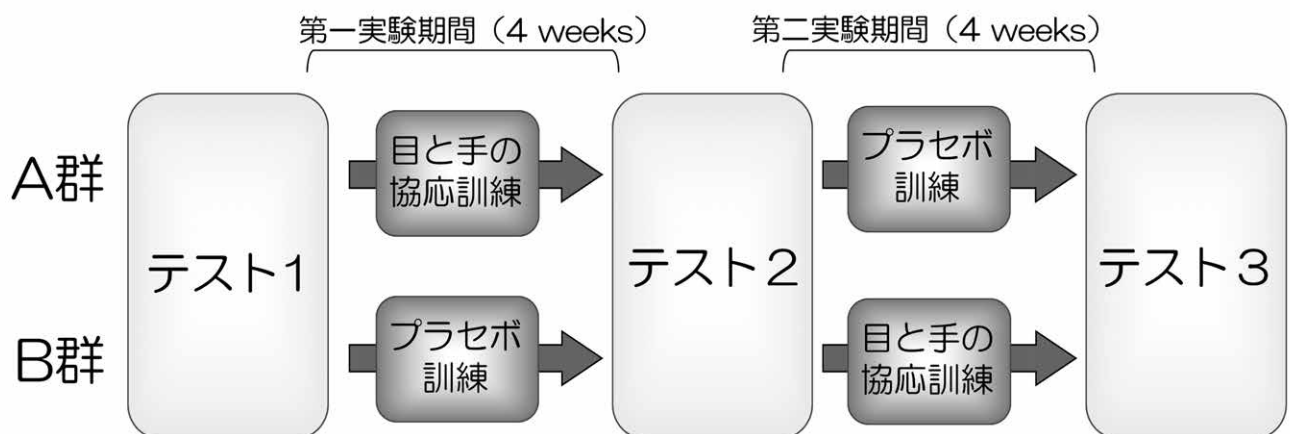
発達性協調運動障害やその他の発達障害において、「書くのが遅い（書字の流暢性の低下）」「書いた文字が乱雑になる（書字の可読性の低下）」などの運筆の苦手さがみられることが多い。この一つの要因として目と手の協応の弱さが関連していると考えられている。目と手の協応とは、視覚情報と連動して手指の運動を調整し、物を操作するなどの動作を行うプロセスである。小学生は、学校や家庭での学習において漢字の書き取りや板書の書き写しなど書字を求められることが多

く、書字の流暢性や可読性の低下がある児童では、学習意欲や知識、学習能力が備わっていても、学習の困難さやストレスを感じることが多い。近年では、タブレット PC などコンピュータープログラムを活用し、小学生でも、楽しく、継続的に練習ができる訓練法が開発されている。しかし、これらの訓練方法による書字の流暢性や可読性への介入効果について客観的に検証した研究は少ない。我々は、文部科学省「学習上の支援機器等教材研究開発支援事業」により、眼球運動、視覚認知、目と手の協応の検査と訓練ができる WAVES デジタル（学研）を開発、出版した。本研究では WAVES デジタルに含まれる、目と手の協応の訓練を目的とするタブレット PC とタッチペンを使った2つのトレーニングプログラムによる発達障害がある小学生の書字の流暢性や可読性への介入効果について検討することを目的とする。

【方法】

対象は、大阪医科薬科大学 LD センターの来所児のうち、WAVES（奥村, 2014）の目と手の協応の指標である ECGI または ECAI の成績が-1 標準偏差以下であり、なおかつ URAWSS II（河野, 2017）

図1：クロスオーバーデザインのランダム化比較試験



の視写課題の成績が-1 標準偏差以下である小学生 3～6 年生 12 名である。本研究では、評価のバイアスを避け、客観的に訓練効果を評価するランダム化比較試験を採用しており、対象は無作為に A 群と B 群に分け、実験を行った (図 1)。A 群は第一実験期間に目と手の協応訓練、第二実験期間にプラセボ訓練を、B 群は第一実験期間にプラセボ訓練、第二実験期間に目と手の協応訓練を実施し、各実験期間前後にテスト 1～3 を実施する。

〔目と手の協応訓練プログラム〕

タブレット PC を活用した目と手の協応訓練には、学研から出版されている Wide-range Assessment of Vision-related Essential Skills (WAVES) デジタルの「えんぴつめいじん」と「イライラめいろ」の 2 種類の訓練プログラムを採用した。WAVES デジタルは、紙と鉛筆を使った検査・訓練 WAVES (奥村, 2014: okumura, 2020) のタブレット PC (Windows) 版であり、眼球運動、視知覚・視覚認知、目と手の協応を含む視覚関連機能を幅広くチェックすることができる検査とタッチパネルとタッチペンを活用したゲーム感覚で楽しめる訓練のパッケージである。それぞれの訓練プログラムはレベル 1～50 まであり、課題の達成度に応じて自動的にレベルアップまたはレベルダウンする。児童の意欲を高めるため、レベルアップの時のみ児童へのフィードバックがあり、レベルダウンの時にはフィードバックは行われぬ。以下に 2 種類の訓練プログラムの詳細を説明する。

①えんぴつめいじん

形の枠内を塗りつぶす「塗りつぶし (図 2)」、

形の内側をはみ出さないようになぞる「なぞり (図 3)」、2 つの緑色の円の間を枠からはみ出さずに行ったり来たり運筆する「往復 (図 4)」の 3 パターンのタッチペンを使った運筆課題がランダムに出題される。レベルが上がるに伴い、塗りつぶす、なぞる、往復する枠が狭くなり、制限時間も厳しくなっていく。はみ出すと音声フィードバックが与えられ、運筆の速度や動きを修正するように促す。本訓練は、文字を書く際の指先の細かい動きのコントロールする能力を向上することを目的とする。

②イライラめいろ

画面に表示された迷路を、スタート地点の円の中心からゴール地点の円の中心までを結ぶようにタッチペンではみ出さないように運筆する課題である。低いレベルでは、カーブが少なく、太い迷路であるが (図 5)、レベルが高くなると、カーブの多い複雑な細い迷路に変化していく。さらに、道が消える、黒丸の邪魔者キャラに当たってはいけないなどのゲーム性のある難易度の変化が加えられる (図 6)。本訓練は、文字を書く際の、手首、肘、肩などの大きな動きと指先の細かいコントロールを連動させる能力の向上を目的とする。

図 2 : えんぴつめいじん「塗りつぶし」



図3：えんぴつめいじん「なぞり」

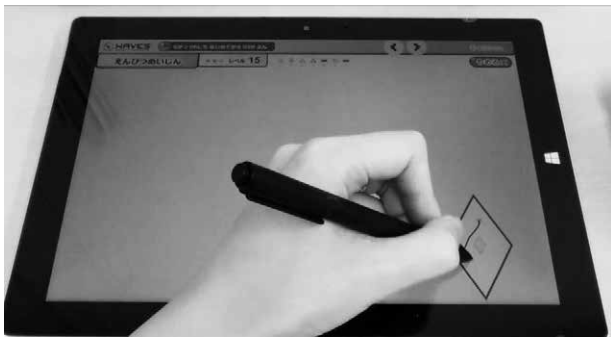


図4：えんぴつめいじん「往復」



図5：イライラめいろ（レベル1）

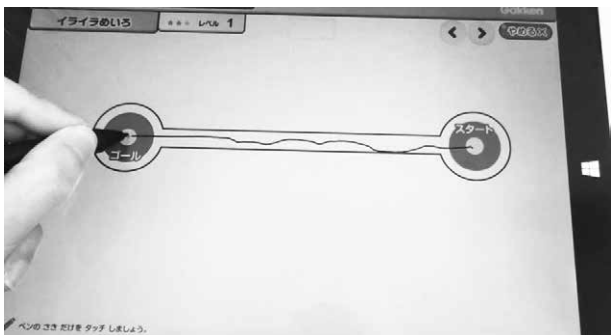


図6：イライラめいろ（レベル44）



〔プラセボ訓練プログラム〕

プラセボ訓練には、視覚や運動の要素を最小にした聴覚認知訓練アプリ聴覚認知バランスーを使用した。聴覚認知バランスーは、聴覚認知の改善を目的に開発された6種類のトレーニングプログラムが含まれ、そのうち「1音ジャッジ」と「イン・ザ・クラウド」の2種類のトレーニングを本研究のプラセボ訓練として採用した。「1音ジャッジ」は、コンピューターが提示する単語を音声で聞き、その語頭もしくは語尾の音を回答する課題である。「イン・ザ・クラウド」は、雑音が流れる中で課題単語を聞き取り、4つの選択肢から回答する課題である。これらの課題は、音を聞いて反応する課題であり、視覚情報処理や目と手の協応の負荷は著しく低いと考えられる。

〔テストの内容〕

テスト1～3では、目と手の協応を測定するための WAVES (奥村, 2014)、視写能力を測定するための URAWSS II (河野, 2019) と遠見近見数字視写検査 (奥村, 2007) を実施した。

①WAVES 線なぞり・形なぞり

線なぞりは狭い幅で描かれた2本の直線の間をはみ出さないように鉛筆でなぞる課題である。線なぞり「合格」得点は線をなぞって時間内に得られた得点数であり、運筆の速度と正確さの両方を反映する得点である。線なぞり「比率」得点は、運筆の正解さをスコア化した得点である。形なぞりは2本線で描かれた丸、三角、四角において線からはみ出さないように鉛筆でなぞる課題である。線なぞりと同じく「合格」得点、「比率」得点が算出される。これらの課題は目と手の協応を評価する。

②URAWSS II 無意味文視写（枠あり）

ひらがな、カタカナ、漢字が無作為に並べられた無意味な文章を書き写す課題である。3 分間で何文字書き写せるかを測定し、1 分間の書字数によって視写速度の評価が行われる。

③URAWSS II 有意味文視写（枠なし）

意味がある文章を書き写す課題である。文章を書き写す課題であるため、目と手の協応だけではなく、文章の意味を読み取れるかどうかということが視写速度に影響する。3 分間で何文字書き写せるかを測定し、1 分間の書字数によって視写速度の評価が行われる。一般の担任教師に書字の読

みやすき評価（図 7）によって可読性の評価が行われる。

④遠見近見数字視写検査

近見遠見数字視写検査は、単語や文レベル以上の読み書き能力の影響を最小限にして、眼球運動や目と手の協応などを基礎とする基本的視写能力を測定するために作成された数字を書き写し、その速度と正確性を測定する課題である。6 行×6 列でランダムに並んだ 36 文字の数字を書き写す課題である。近見視写課題では手元の数字の表を書き写し、遠見視写課題では 3 m 離れた数字の表を書き写す。

図 7：書字の読みやすさ評価

書字の読みやすさの評価 評価者： 男 / 女 勤続年数： _____ 年

子どもたちは、読みやすい文字を年齢に応じた速度で書ける力を習得することで、授業に遅れずについていき、知識を書き表すことができます。しかし、中にはこのようなスキルを習得するのに苦労している子どももおり、そのような困難のある子どもを見つけ出すことは重要です。そのため、今回、子どもたちの手書き文字について、詳細な分析を行いたいと考えています。

- ・評価項目は[A]～[E]の 5 項目です。
- ・評価は 1（よくない）⇔ 5（よい）として、1・2・3・4・5 の 5 段階評価で行います。
- ・回答は、回答欄のあてはまる数字を 1 つ ○ で囲んでください。
- ・数字が小さい方が、パフォーマンスが低いことを示します。

※言葉や文の内容、題字・題字によらず、また、学年などの出来具合などにもよらず、対象児が書いた手書き文字の、見た目の質の全体的な印象についてご回答ください。

※下記には、評価 1 と評価 5 の基準を示しています。その間にあたる評価 2、3、4 は、評価者が持たれた印象でお決めください。たとえば 2 か 3 か迷う、と思われたときなども、必ずご自身でどちらかにお決めください。 「2.7」のような 5 段階より細かい評価はしないことにします。

[A]読みやすさ： 初見で読んだ時の、文全体について読みやすさの全体的な印象
 評価 1 - 初見時において、読みやすい文はほとんどない
 評価 5 - 初見時において、すべての文が読みやすい

[B]努力の要・不要： 初見で読んだ時、読むのに努力が必要か、苦労するかの全体的な印象
 評価 1 - 初見時において、文を読むには非常に努力を要する
 評価 5 - 初見時において、文を読むために、特に努力は必要ない

[C]紙上のレイアウト： 対象児が書いた文の、紙上のレイアウトの全体的な印象
 文章全体が適切に配置されているか（例：文字の配置、文字間隔、行が一方に偏っているなど）
 評価 1 - レイアウトは非常に悪い
 評価 5 - レイアウトは非常に優れている

[D]文字の形： 一字一字の全体的な印象（文字が適切な形で整い、必要な要素がすべて含まれているか）
 評価 1 - ほとんどの文字が整っていない
 評価 5 - すべての文字が整っている

[E]修正： 文字の修正に関する全体的な印象。
 二重線の消去、要素の追加、一度書いた文字を上からなぞったものや書き換えたものがあるか。
 評価 1 - ほとんどの文字に、追加の要素、文字のなぞりや上書きがみられる
 評価 5 - 二重線の消去、追加の要素、文字のなぞりや上書きはない

回答用紙 対象の文を読んで持たれた印象が一番近い数字を 1 つ ○ で囲んでください。

[回答例] 正 ○1 2 3 4 5
○1 だけ囲む

[回答例] 誤 1 2 3 4 5
× 間に付ける × 3 つ以上を囲む

評価対象 _____

※[A]～[C]は、文章の全体的な印象を考慮して、ご回答ください。

[A]読みやすさ …初見で読んだ時の、文全体について読みやすさの全体的な印象

読みやすい文はほとんどない	1	2	3	4	5	すべての文が読みやすい
---------------	---	---	---	---	---	-------------

[B]努力の要・不要 …初見で読んだ時、読むのに努力が必要かの全体的な印象

非常に努力を要する	1	2	3	4	5	特に努力は必要ない
-----------	---	---	---	---	---	-----------

[C]紙上のレイアウト …対象児が書いた文の、紙上のレイアウトの全体的な印象

非常に悪い	1	2	3	4	5	非常に優れている
-------	---	---	---	---	---	----------

※[D]、[E]は、個々の文字に焦点を当て、ご回答ください。

[D]文字の形 …一字一字の全体的な印象
 （文字が適切な形で整い、必要な要素がすべて含まれているか）

ほとんどの文字が整っていない	1	2	3	4	5	すべての文字が整っている
----------------	---	---	---	---	---	--------------

[E]修正 …文字の修正に関する全体的な印象。二重線の消去、要素の追加、一度書いた文字を上からなぞったものや書き換えたものがあるか。

ほとんどの文字に修正がある	1	2	3	4	5	修正はない
---------------	---	---	---	---	---	-------

【結果】

新型コロナウイルスの影響により、十分な研究協力者が得られず、A群とB群の目と手の協応訓練実施期間とプラセボ訓練実施期間の成績の変化を合算して比較を行った。図8～図13に結果を示す。WAVES線なぞりの合格得点、URAWSS II有意義視写の速度、遠見数字視写検査の速度で、プラセボ訓練期間に比べ、目と手の協応訓練期間のほうが有意に成績の改善がみられた(*: $p < 0.05$)。

十分な研究協力者が得られなかったため、書字の読みやすさ評価は未実施である。

図8：線なぞり合格得点の訓練期間前後の変化

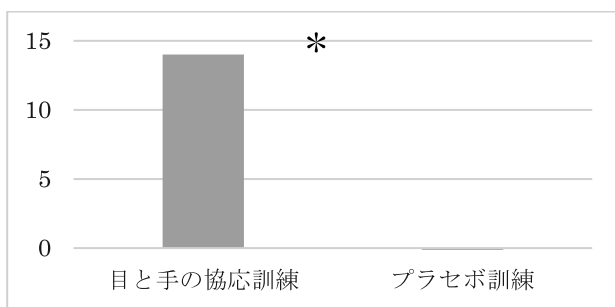


図9：線なぞり比率得点の訓練期間前後の変化

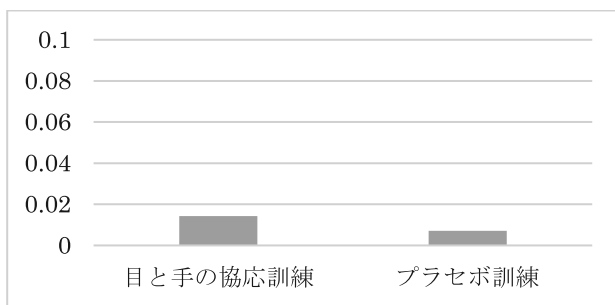


図10：形なぞり合格得点の訓練期間前後の変化

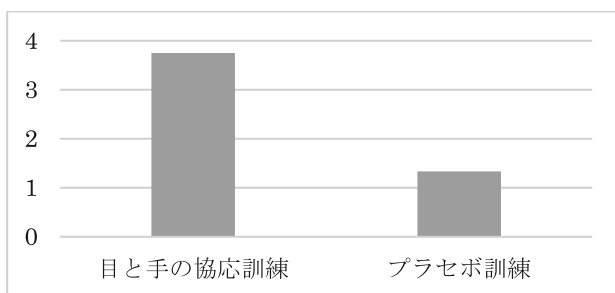


図11：形なぞり比率得点の訓練期間前後の変化

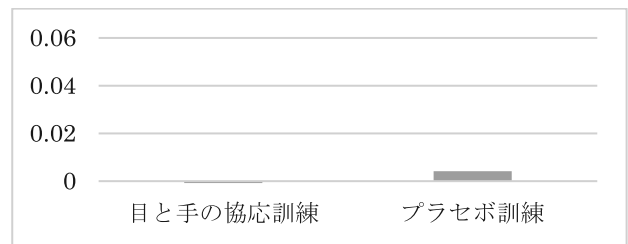


図12：URAWSS 有意義文の訓練前後の変化

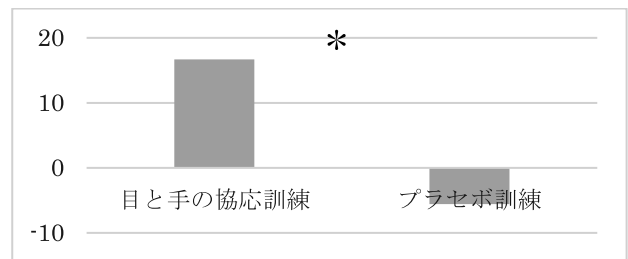


図13：URAWSS 無意味文の訓練前後の変化

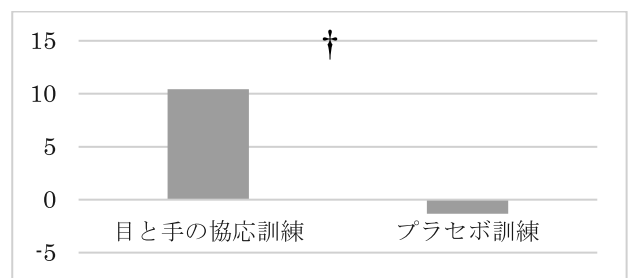


図14：近見数字視写検査の訓練前後の変化

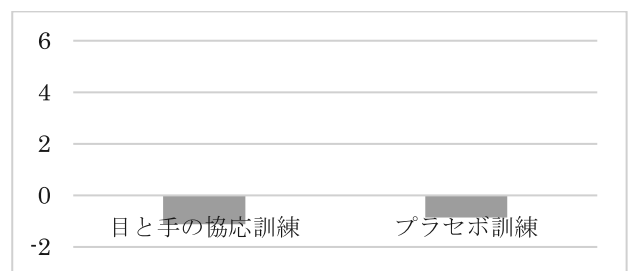
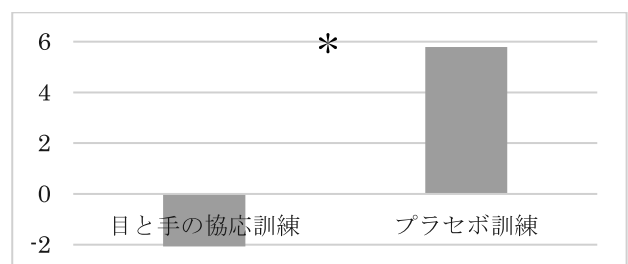


図15：遠見数字視写検査の訓練前後の変化



【考察】

目と手の協応訓練により WAVES 線なぞりの合格得点が改善していることから、運筆能力が改善していることが示唆された。各種視写検査の速度が改善していることから、運筆能力の改善に伴って、視写の速度も向上していると考えられる。本研究の結果は、目と手の協応の弱さから書字活動に苦しさがある子どもに対して、ゲーム感覚でできるコンピューターを用いた目と手の協応訓練が有効であることが示された。効果がある訓練であっても子どもに過度の努力やストレスを強要するものでは教育やリハビリテーションの臨床で活用することは難しい。本研究で用いた訓練手法は、子どもたちの訓練に対するストレスを低く保ちつつ、効果のある介入が行える可能性があると考ええる。

対象者の人数が少なく、A 群と B 群の比較が行えなかった。さ対象者を増やし、検討を行う必要がある。2021 年 8 月に研究を再開できるようルートや検査実施の準備を進めている。

【参考文献】

1. Weil, M, J, & Amundson, S. J. C. (1994) Relationship between visuomotor and handwriting skills of children in kindergarten. American journal of occupational therapy, 48, 982- 988.
2. Uno A, Wydell T, Haruhara N, Kaneko M, Shinya N. (2009) Relationship between reading/writing skills and cognitive abilities among Japanese primary-school children: Normal readers versus poor readers dyslexics. Reading and Writing, 22, 755-789.
3. 河野俊寛・平林ルミ・中邑賢龍 (2008) 小学校通常 学級在籍児童の視写書字速度. 特殊教育学研究, 46 (4), 223-230
4. 河野俊寛・平林ルミ・中邑賢龍 (2017) 小中学生の読み書きの理解 URAWSS II 株式会社 atacLab, 東京
5. Beminger V, Cartwright A, Yates C, Swanson H L, Abbott, R (1994) Developmental skills related to writing and reading acquisition intermediate grades. Reading and Writing, 6, 161-196.
6. Beminger V, Yates C, Cartwright A, Rutberg J, Remy E, Abbott R. (1992) Lower-level developmental skills in beginning writing. Reading and Writing, 4, 257 - 280.
7. CHASE CI. (1986) Essay test scoring: interaction of relevant variables, Journal of Educational Measurement 23(1), 33-41,
8. Sandler AD, Watson TE, Footo M et al. (1992) Neurodevelopmental study of writing disorders in middle childhood. Developmental and behavioral pediatrics, 14, 17-23
9. 奥村智人, 三浦朋子(2014) 見る力を育てるビジョン・アセスメント WAVES. 学研教育みらい, 東京

10. Okumura T, Miura T, Nakanishi M, et al.
(2020) Validity of the Wide-range Assessment
of Vision-related Essential Skills in
Japanese Children with Learning Problems.
Optom Vis Sci, 97(4):275-85.

11. 奥村智人・若宮英司・三浦朋子・竹田契一・
玉井浩 (2007) 近見・遠見数字視写検査の有効性
と再現性 ―視写に困難を示す児童のスクリーニ
ング検査作成―. *LD 研究*, 16 (3) , 323-331