

文部科学省「デジタルな形態を含む教科書の発行・採択等の指針に関する検討会議」

○ 道具が思考を変える ～認知科学から見たICTツール～

2026年7月16日

群馬大学 情報学研究科
柴田 博仁

自己紹介：ライフワークと研究領域

ライフワーク 「人を賢くする道具を作る」

認知科学

読み書きの認知プロセスの解明

- ✓ 読み書きメディアの比較実験
 - ・ デジタル教科書の評価実験
- ✓ 1年以上にわたるデジタル読書の実体験



ユーザインタフェース・デザイン
よりよいコンピュータツールの開発

- ✓ 知的活動支援ツールの開発
- ✓ 読み書きを支援するICTツールの開発
 - ・ VRでの読書
 - ・ 本好きをつなぐSNS



紙と鉛筆に学ぶ
ICTツールの開発



読み

読みは線形か？



ジャン・フラゴナール『読書する少女』
National Gallery of Art の提供

手を使うことが多い



手を使う読みでのメディアの比較研究 (柴田・大村, 2018)

読みの種類	実験課題	頻繁な行為	結果
相互参照の読み	1. 複数の文書での矛盾点を探す	文書を移動する、並べる、重ねる	紙はPCより25.5% 速い 。エラー検出率は10.7%高い
	2. 注釈付文書の読み	ページ間の行き来	紙はPCより6.8% 速い
答えを探す読み	3. テキストから答えを探す	特定のページにジャンプ、読みながらめくる	紙はPCに比べて36.5% 速い 。タブレットに比べて38.6% 速い
	4. 写真集から写真を探す	ページをばらばらめくる	紙はPCより20.9% 速い 。タブレットより30.2% 速い
議論のための読み	5. 2人で旅行プランを立てる	情報を探す、ページ間を行き来	・ 紙はタブレットより8.0%、PCより9.6%発話量が多い。 ・ 紙はタブレットより35.7%、PCより74.5%指示代名詞の利用が多い ・ 紙はタブレットより93.8%、PCより124.3%アイコンタクトが多い
校正・編集の読み	6. 意味的や誤りを探す	なぞる、ポインティングする	紙はタブレットより17.2% エラー検出率が高い

紙は「見やすい」ではなく「扱いやすい」
紙は「表示メディア」というより「操作メディア」

読みでのメディア比較：パフォーマンス比較

- 紙のほうが理解度が高い (Kim & Kim, 2013; Porion et al., 2016; Kong 2018; Singer Trakhman et al., 2018; Halamish & Elbaz, 2019)
 - ✓ 特に長文で (Singer & Alexander, 2017)
 - ✓ 物語よりも説明文で (Delgado et al., 2018; Clinton, 2019)
 - ✓ 低成績群よりも高成績群で (Stole 2020)
- 紙のほうが誤り検出が高い (柴田・大村, 2010; Shibata et al., 2015)
- 紙の本ではページ間の行き来が容易で、効率的に答えを探せる (柴田・大村, 2016; 柴田, 2026)
- 紙の本では物語の前後関係をよく覚えている (Mangen et al., 2013; Mangen et al., 2019)

理由は、

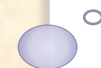
- 操作の認知負荷 (柴田・大村, 2018)
- 全体像が捉えにくい (Stole, 2020; 柴田, 2026)
- デジタルでは読みが浅くなる (shallow hypothesis)

青は児童対象の実験
緑はレビュー・メタ分析

読みでのメディア比較：デジタルがもたらすプロセス変化

- デジタルでは読みが浅くなる傾向 (shallow hypothesis)
 - ✓ 速く読む (Delgado et al., 2018)
 - ✓ 読み返しや飛ばし読みが多い (Jensen et al., 2024)
 - ✓ マインドワンダリングが多い (Delgado & Salmeron, 2021)
 - ✓ 理由の考察として、デジタルでは、日常的に飛ばし読みすることが多いから
- デジタルでは処理モードが変わる
 - ✓ 紙では抽象的なこと、デジタルでは具体的なことに注意が向く (Kaufman & Flanagan 2016)
 - ✓ 理由の考察として、デジタルでの読みは認知負荷が高いから
- デジタルではわかった気になりやすい (メタ認知が一致しない)
 - ✓ よくできたつもりができていない (Singer & Alexander, 2017; Golan 2018; Singer Trakhman et al., 2019; Halamish & Elbaz, 2019)
 - ✓ 理由の考察ととして、
 - ・ 「デジタルネイティブ」という自己認識 (Singer & Alexander, 2017)
 - ・ デジタルの利便性が深い理解を錯覚させる

青は児童対象の実験
緑はレビュー・メタ分析



手書き・手描き

講義ノートの取り方 (Mueller & Oppenheimer, 2014)

- 課題：講義を聴いてメモ。後でテスト
- 条件：ノートPC、手書き
- 参加者：プリンストン大の学生67名



ノートPCでメモ



手書きでメモ



結果

- テスト成績：PC < 手書き
- メモの単語数：PC > 手書き
- 講師の発話との重複：PC > 手書き
 - ✓ ノートPCでは講師が言ったことをそのまま書き起こし
 - ・ 大量にメモを取って満足
 - ✓ 手書きでは講師が言っていないことを書いている
 - ・ 講師が言ったことを解釈し、自分の言葉でメモ

PCでは考えないで書いている
人が入力マシーンになっている

「自分の言葉でメモを取る」
ように教示しても結果は同じ。
心がけでは行動を変えられない。
ツールが人の行動を決定する。

手書きとPCの認知負荷 (Shibata & Omura, 2018)

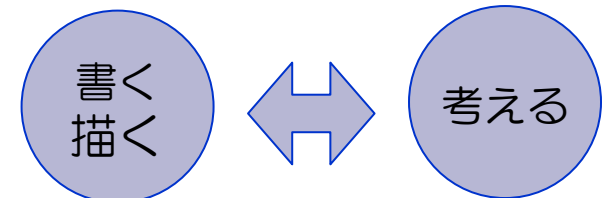
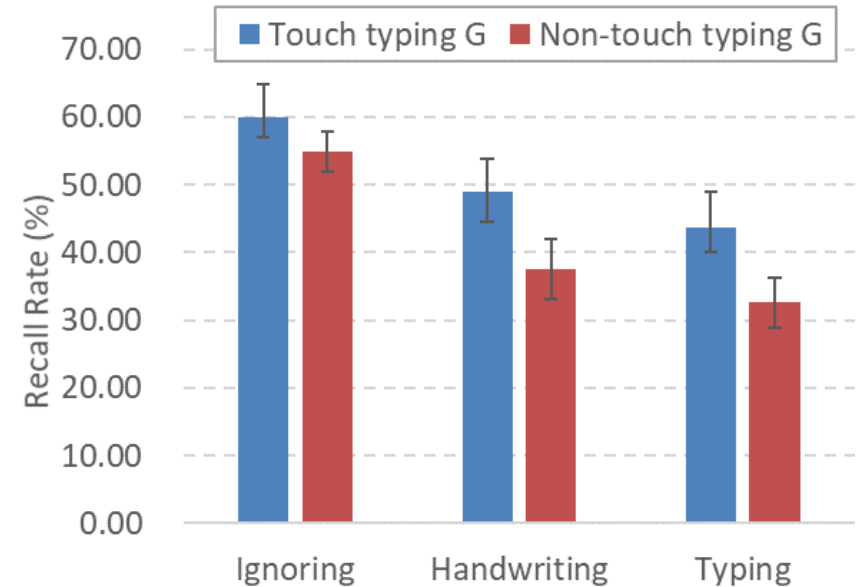
- 目的：手書きとキーボード入力の認知負荷を比較
- 課題：××しながら単語を記憶 (二重課題)
- 条件：何もしない、手書き、タイプ
- 参加者：24名 (20～30代)



結果

- 手書きのほうが単語再成率が高い
 - ✓ タッチタイピングできる人もできない人も同じ

手書きでは書きながらも他のことに頭を使える
タイピングでは (スキルと関係なく)
入力に集中してしまう



手書きでは同時にできる
キーボードでは同時にできない

「描く (drawing)」プロセス

描く行為は単なる「外在化」ではない
人は描きながら考えている (シェーン1983)
描く行為そのものが大事

脳内の
「内的表現」



描ければよいわけではない
描き方が大事

頭の中にある描きたい
ものを表現する

外在化

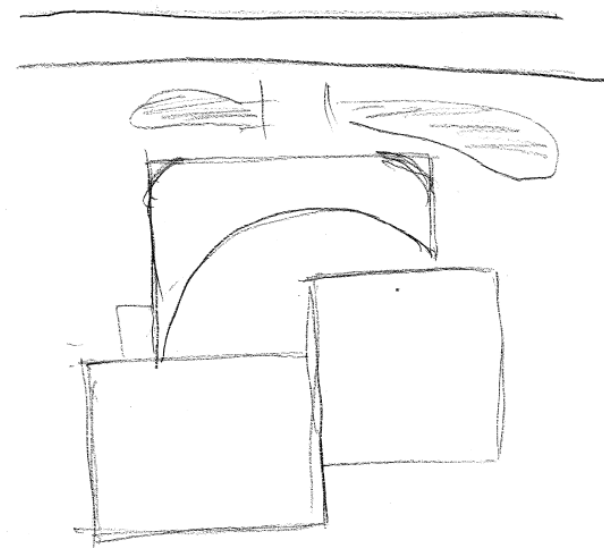


内面化

外的表現を見て新たな
気づきを得る



目に見える
「外的表現」



アナログとデジタルの描画の違い

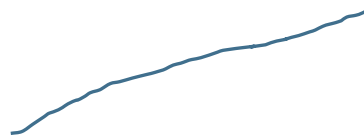
アナログ

vs.

デジタル

紙に鉛筆で線を引く場合

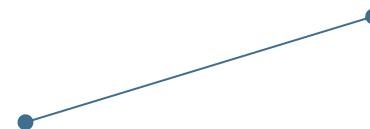
- 手が動く
- 描かれたものを後で認識
 - ✓ 「線のようなもの」



描いてから考える

ドローツールで線を引く場合

- コマンド選択
- 始点をクリック
- 終点をクリック
- 真っすぐな線が描かれる



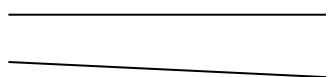
描く前に、何を描くかを宣言

デジタル表現が思考モードを変える

- 整った表現 (綺麗すぎる)
- 何度でもやり直せる



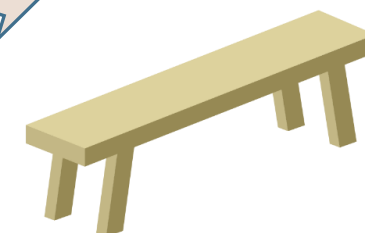
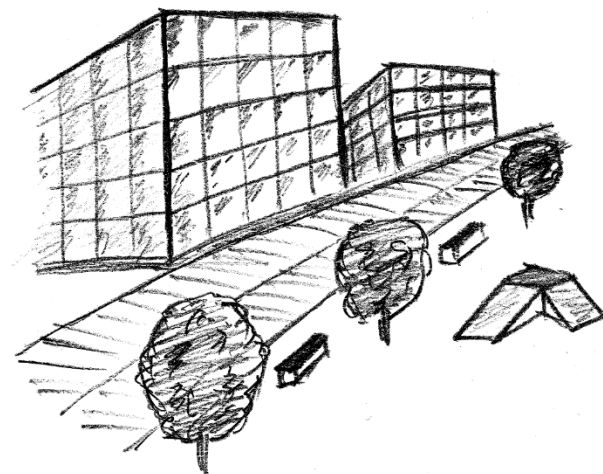
いきなり整形モード
表現に凝ってしまう
整った絵を描くことで誤った満足感
できあがるものまで変わってしまう



平行でない



位置が揃っていない



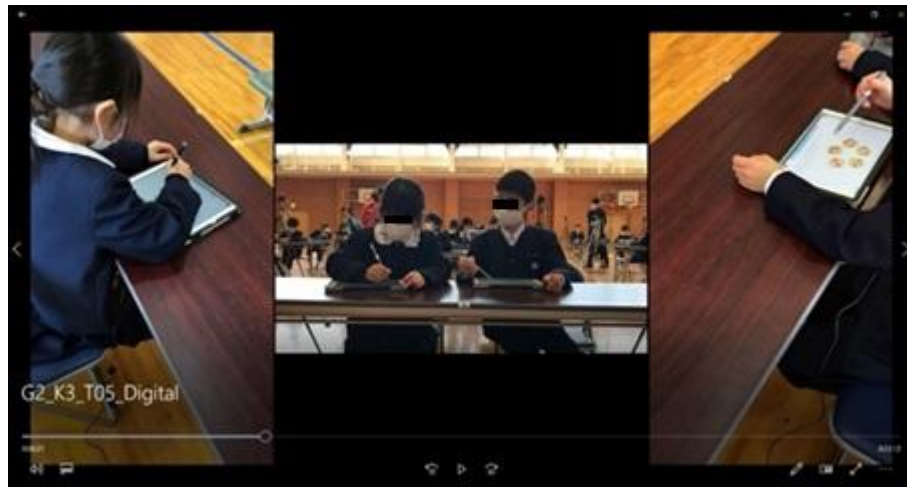


デジタル教科書の評価実験

(未発表の研究のため、結果を簡略化)

実験の狙いと方法

- 参加者内1要因計画
 - ✓ 紙の資料 (Paper) vs タブレット (Digital)
- 被験者：小学校1年生 2クラス 65人
- 授業：算数
- 課題：ペアでりんごの数え方を説明
- 分析：アルバイト4名でビデオ分析
 - ✓ 発話、アイコンタクト、意図せぬ振る舞い、...



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	
1	No	字	組	テープ	左右	人	条件	開始時	終了時	セッション	行為	行為	増減	繰り返	発話内容	発話中に見ていた場所	自分の	相手の	相手の	その他	コメント
2		1	2	1			Paper	14:02		開始											
3	12-01	1	2	1	左		1 Paper	14:03	14:04		左	発話			ねえねえー						1 自分のク
4	12-01	1	2	1	左		1 Paper	14:06	14:13		左	発話			これじゃないの？この人をさー、じゃ	1		1			1 自分のク
5	12-01	1	2	1	左		1 Paper	14:15	14:26		左	発話			でこれさー、この青いりんごと、これ						1 先生
6	12-02	1	2	1	右		2 Paper	14:27			右	発話			なんでー？			1			
7	12-02	1	2	1	右		2 Paper	14:30			右	発話			なんでー？						
8	12-01	1	2	1	左		1 Paper	14:34	14:41		左	発話			えだって1個、2個、だってこれだって						
9	12-02	1	2	1	右		2 Paper	14:41			右	相手の文書をタップ									
10	12-02	1	2	1	右		2 Paper	14:42	14:45		右	発話			じゃあさ、じゃあこれとこれとこれ、XXXXX			1			
11	12-01	1	2	1	左		1 Paper	14:46	14:49		左	発話			これとこれとこれは、これなのよ						
12	12-01	1	2	1	左		1 Paper	14:55	15:01		左	発話			え、でもさー、そしたらさー、これX					1	
13	12-01	1	2	1	左		1 Paper	15:02	15:05		左	発話			これとこれがこれだと思った						
14	12-01	1	2	1	左		1 Paper	15:08			左	発話			で、わたし						
15	12-02	1	2	1	右		2 Paper	15:08	15:10		右	発話			XXXXX				1		
16	12-01	1	2	1	左		1 Paper	15:10	15:14		左	発話			赤は、赤のは、これとこれが、						
17	12-01	1	2	1	左		1 Paper	15:17	15:33		左	発話			これとこれが、ここで、これとこれと					1	
18	12-02	1	2	1	右		2 Paper	15:34	15:38		右	発話			だけどさー、XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX						
19	12-01	1	2	1	左		1 Paper	15:35	15:37		左	発話			青とー、赤の方が						1
20		1	2	1	左右		Paper	15:35			左右	アイコンタクト									

課題

3つの課題のうちの最初の2つ

つぎの しきを つくった人は
どうかんがえて かぞえたのでしょうか。

えをかきながら となりの人に
せつめい しましょう。

課題 1 : $4 + 5 + 5 + 4 + 2$

課題 2 : $12 + 8$

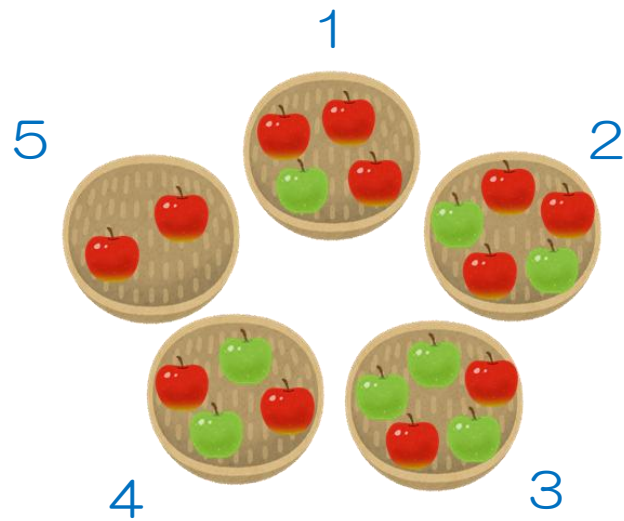


結果：解法の違い

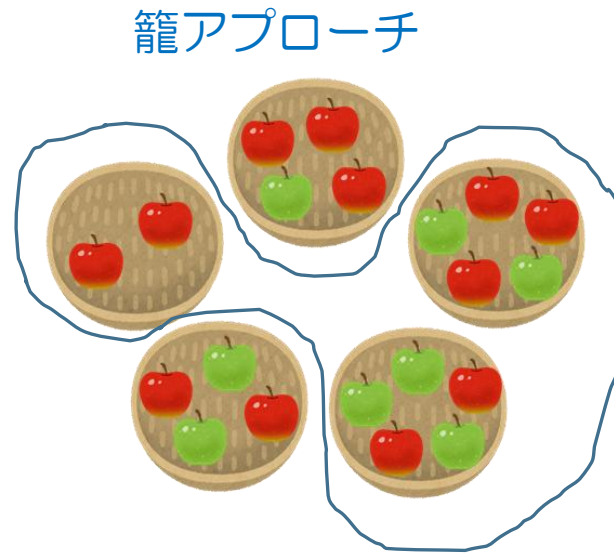
- 課題1、課題2とも正答率に違いはなかった
- ただし、課題2でのアプローチに違いが見られた
 - ✓ 発想の転換が必要な「色アプローチ」は紙のほうが多かった

課題1： $4 + 5 + 5 + 4 + 2$

課題2： $12 + 8$



籠ごとに加算



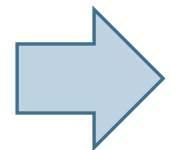
籠ごとに分類



色ごとに分類
(発想の転換)

結果：プロセスの違い

- タブレットでは意図せぬ振る舞いが多かった
→ 思考が中断された可能性
- タブレットでは描き直しが多、りんごを丁寧に描く傾向があった
→ 描画に凝った可能性
- 紙では発話が多かった
→ 議論が活発だった可能性
- 紙では課題に関する発話が多かった
→ 課題をよく考えていた可能性
- 紙ではアイコンタクトが多かった
→ 密なコミュニケーションだった可能性



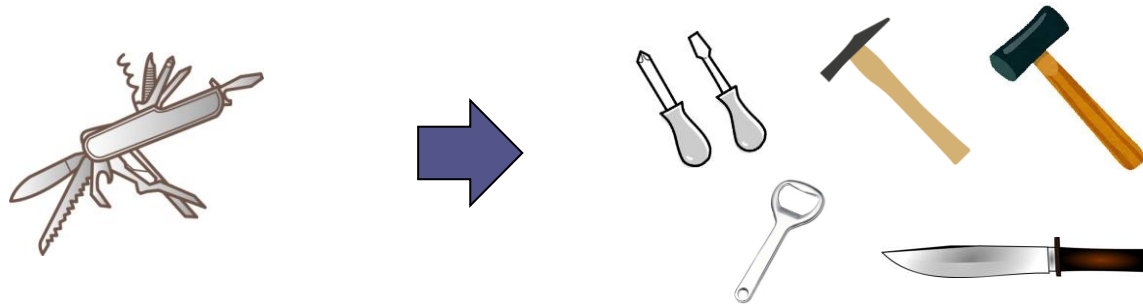
こうしたプロセスの違いが、
紙で発想の転換を可能にした（デジタルでは答えを出すにとどまった）と考えられる



道具の使い分け

提言

- コンテンツが同じでも、道具が変わるとパフォーマンスが変わる。思考も変わる
- 人は心がけで自分の行動を変えられないことがある。道具が思考を決定することもある
 - ✓ だからこそ、道具の選択が大事
- 人は自分のことがわからない。先入観で判断しがち
 - ✓ 時に人は道具の選択を誤る。実践も大事だが、時に客観的・科学的な判断も
- 「できる」を重視しすぎない
 - ✓ 「これまでできなかったことが、できるようになる」ことのメリットは誰の目にもわかりやすい。しかし、この手のことは常に「これまでできていたことが、できないようになる」側面を伴う。各々のメリットとデメリットを冷静に判断する目が必要
- 何でもできる汎用デバイスは、何をするにも最適でないアーミーナイフ



細分化と使い分け
「読む」の単語はひとつでよいのか？

使い分けの指針と注意

使い分けの指針

- 目を使うならデジタル、手を使う（使わせたい）なら紙
- 情報を受け取るならデジタル、知識をつかみ取る（つかみ取らせたい）なら紙
 - ✓ じっくり考える（考えさせたい）なら紙
- 綺麗に表現するならデジタル、考えるために描く（考えるために描かせたい）なら紙
- 簡潔なコミュニケーションならデジタル、丁寧なコミュニケーション（丁寧にコミュニケーションさせたい）なら紙

使い分けの注意

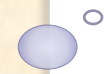
- 授業の狙い（何を学ばせたいか）に応じて、現場の先生が学びの道具を都度、選択すべき
 - ✓ 「動画を見たいからタブレット」は短絡的。全員で同じ動画を大画面で見るほうがよいかもしれない。動画をどう使うかに応じて選択すべき
 - ✓ 「考えさせるから紙」ではなく、じっくり考えさせることをどれだけ重視するのか、それがデジタルの利便性に優るかをふまえて、道具を選択すべき
 - ✓ 「コミュニケーションを取るから紙」ではなく、丁寧なコミュニケーションをどれだけ重視するのか

教材のデザインについて

デジタル機器なので、さまざまな機能を持ち込める
そのほうが売り込みしやすい
使う側としても便利に見える
しかし、それが「よい学び」をもたらすかは別の話

- 不必要にインタラクティブにしない
 - ✓ わかりやすくなるかもしれないが、じっくり考えられない子どもになってしまう懸念がある
- 簡単にヒントを出さない
 - ✓ ヒントを頼りに問題を解くことに子どもが適応してしまう

デジタル教科書のコンテンツだけでなく、
インタラクティブな機能デザインについても指針が必要かもしれない



参考文献

参考文献(1)

- Clinton, V. (2019). Reading from paper compared to screens: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Research in Reading*, 42 (2), 288-325.
- Delgado, P., Vargas, C., Ackerman, R., and Salmerona, L. (2018). Don't throw away your printed books: A meta-analysis on the effects of reading media on reading comprehension. *Educational Research Review*, 25, pp.23-38, Elsevier.
- Delgado, P. and Salmeron, L. (2021). The inattentive on-screen reading: Reading medium affects attention and reading comprehension under time pressure. *Learning and Instruction*, 71, Article 101396.
- Halamish, V. and Elbaz, E. (2019). Children's reading comprehension and metacomprehension on screen versus on paper. *Computers & Education*, 145, Article 103737.
- Jensen, R.E., Roe, A., Blikstad-Balas, M. (2024). The smell of paper or the shine of a screen? Students' reading comprehension, text processing, and attitudes when reading on paper and screen. *Computers and Education*, 219.
- Kaufman, G. and Flanagan, M. (2016). High-low split: Divergent cognitive construal levels triggered by digital and non-digital platforms. *Proc. ACM SIGCHI Conference on Human Factor in Computing Systems (CHI '16)*, 2773-2777.
- Kim, H.J. and Kim, J. (2013). Reading from an LCD monitor versus paper: Teenagers' reading performance. *International Journal of Research Studies in Educational Technologies*, 2 (1), 15-24.
- Kong, Y., Seo, Y.S., and Zhai, L. (2018). Comparison of reading performance on screen and on paper: A meta-analysis. *Computers and Education*, 123, 138-149.

参考文献(2)

- Mangen, A., Olivier, G., and Velay, J.L. (2019). Comparing comprehension of a long text read in print book and on Kindle: Where in the text and when in the story? *Frontiers in Psychology* 10. (Feb. 15, 2019).
- Mangen, A., Walgermo, B. R., & Bronnick, K. (2013) Reading linear texts on paper versus computer screen: Effects on reading comprehension. *International Journal of Educational Research*, 58, 61-68, Elsevier.
- Mueller, P.A. and Oppenheimer, D.M. (2014). The pen is mightier than the keyboard: Advantages of longhand over laptop note taking. *Psychological Science*, 25 (6), 1159-1168.
- Mueller, P.A. and Oppenheimer, D.M. (2014). The pen is mightier than the keyboard: Advantages of longhand over laptop note taking. *Psychological Science*, 25 (6), 1159-1168.
- Porion, A., Aparicio, X., Megalakaki, O., Robert, A., and Baccino, T. (2016). The impact of paper-based versus computerized presentation on text comprehension and memorization. *Computers in Human Behavior*, 54, 569-576, Elsevier.
- 柴田 博仁, 大村 賢悟 (2010). 文書の移動・配置における紙の効果: 複数文書を用いた相互参照の読みにおける紙と電子メディアの比較. *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, 12 (3), 301-311.
- Shibata, H., Takano, K., and Tano, S. (2015). Text touching effects in active reading: The impact of the use of a touch-based tablet device. In *Proc. International Conference on Human-Computer Interaction (INTERACT 2015)*, 559-576.
- 柴田 博仁, 大村 賢悟 (2016). 答えを探す読みにおける紙の書籍と電子書籍の比較. *日本画像学会論文誌*, 55 (3), 274-282.

参考文献(3)

- 柴田 博仁, 大村 賢悟 (2018). ペーパーレス時代の紙の価値を知る——読み書きメディアの認知科学. 産業能率大学出版部.
- Shibata, H. and Omura, K. (2018). Reconsideration of the effects of handwriting: Comparing cognitive load of handwriting and typing. ITE Transactions on Media Technology and Applications, 6 (4), 255-261.
- 柴田 博仁 (2026). 電子書籍時代の紙の本の価値——30か月間の読書の実体験からわかったこと. 産業能率大学出版部.
- Singer, L.M. and Alexander, P.A. (2017). Reading on paper and digitally: What the past decades of empirical research reveal. Review of Educational Research, 87, 1007-1041.
- Singer Trakhman, L.M., Alexander, P.A., and Silverman, A.B. (2018). Profiling reading in print and digital mediums. Learning and Instruction, 57, 5-17.
- Singer Trakhman, L.M., Alexander, P.A., and Berkowitz, L.E. (2019). Effects of processing time on comprehension and calibration in print and digital mediums. The Journal of Experimental Education, 87 (1), 101-115.