

# タブレット学習vs紙の学習

脳のモードを使い分ける  
『ハイブリッド指導法』

# はじめに

- 皆さんご存知の通り、生徒たちの手元にはタブレットが行き渡りました。AIが苦手を分析し、動画で解説してくれる便利な時代です。
- しかし今、世界中で『あえて紙に戻ろう』という動きが起きているのをご存知でしょうか？ ICT教育の最先端を行く北欧ですら、紙の教科書を復活させています。
- なぜでしょうか？ ただの『懐古主義』ではありません。実は、『紙でなければ脳が深く働かない領域がある』ということが、最新の脳科学で証明され始めたからです。
- 今日は、その科学的な理由を実験を通して体感していただきます。

# アジェンダ

現状まとめ

実験

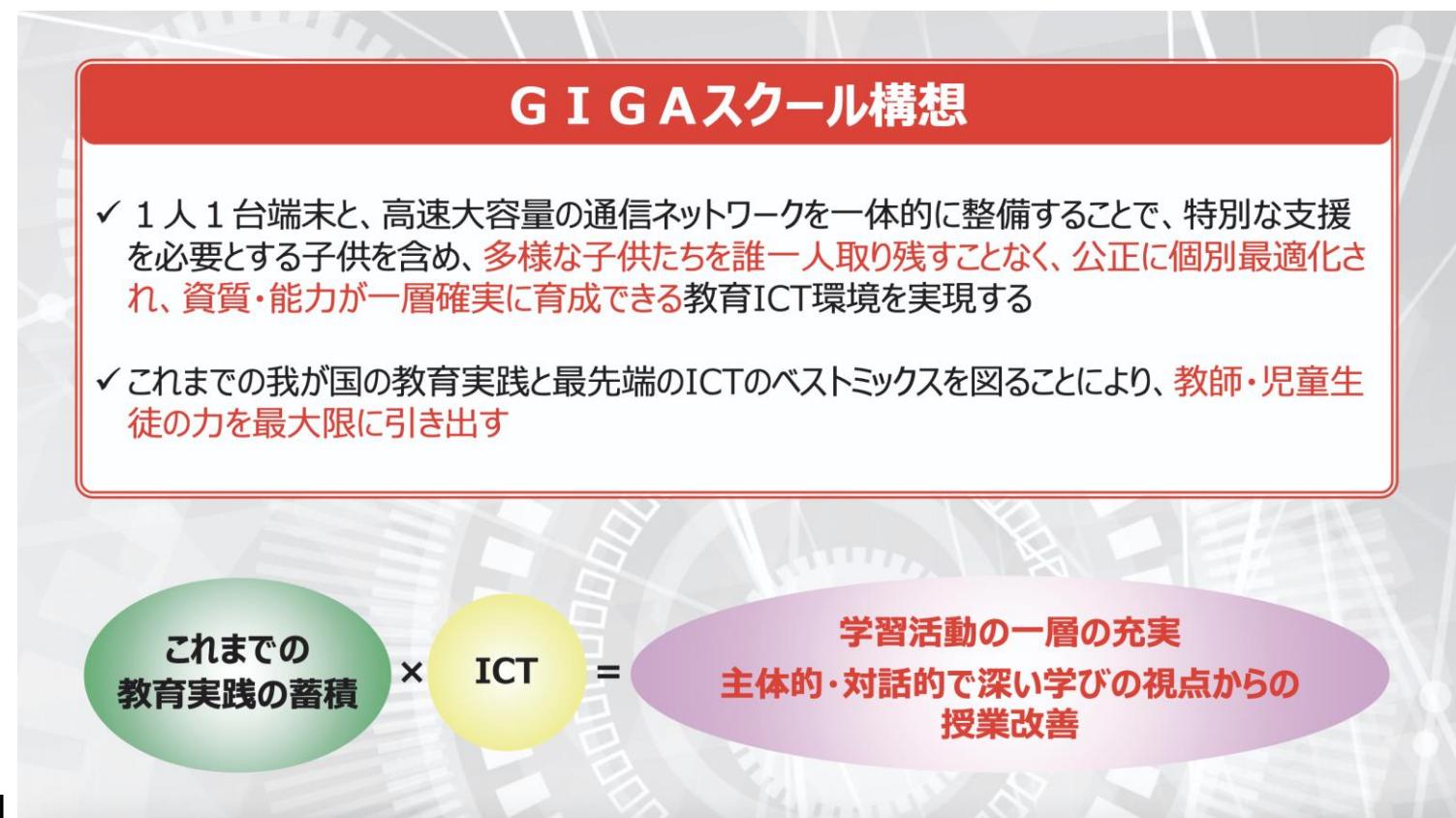
考察10連発

まとめ

# タブレット学習の現状：

インフラ普及と「Next GIGA」への移行

- 文部科学省のGIGAスクール構想により、日本の義務教育段階におけるハードウェア整備は完了しましたが、現在は機器更新を含む「第2フェーズ」に入っています。



文部科学省

「教育の情報化・GIGAスクール構想の推進」

[https://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/zyouhou/index.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/index.htm)

# タブレット学習の現状：

## 「1人1台」の定着と高頻度利用

- ・ 2024年時点で、義務教育段階（小中学校）における「1人1台端末」の整備は完了しており、現在は端末の更新や予備機整備を行う「Next GIGA」フェーズ（第2期）へ移行しています。
- ・ 端末を「ほぼ毎日」または「週3回以上」活用する学校は9割を超えており、学校教育において鉛筆やノートと並ぶ「必須ツール」として定着しています。

R6年3月1日現在

	全学校種	小学校	中学校	義務教育学校	高等学校	中等教育学校	特別支援学校
学校数	32,238	18,432	9,001	201	3,455	35	1,114
児童生徒数	11,033,041	5,932,900	2,903,150	72,048	1,954,758	23,678	146,507
普通教室数	484,334	274,910	113,986	3,897	60,790	743	30,008
学習者用コンピュータ台数	11,826,242	6,355,658	3,182,289	78,791	2,020,961	26,090	162,453
指導者用コンピュータ台数	1,167,906	563,063	302,435	9,584	211,342	3,267	78,215
児童生徒1人あたりの学習者用コンピュータ台数	1.1台/人	1.1台/人	1.1台/人	1.1台/人	1.0台/人	1.1台/人	1.1台/人
無線LANまたは移動通信システム(LTE等)によりインターネット接続を行う普通教室の割合	97.8%	98.0%	98.0%	99.6%	97.9%	100.0%	95.3%
普通教室の無線LANの整備率	95.7%	95.4%	95.5%	99.4%	97.9%	100.0%	94.9%
インターネット接続状況(1Gbps以上)	74.1%	72.4%	72.4%	65.8%	85.4%	91.4%	81.9%
普通教室の大型提示装置整備率	88.8%	91.7%	89.1%	90.1%	88.9%	93.7%	60.8%
教員の校務用コンピュータ整備率	127.7%	125.1%	124.9%	126.7%	142.5%	124.2%	119.7%
教員の指導用コンピュータ整備率	133.4%	140.1%	133.5%	137.9%	134.7%	181.1%	95.7%
統合型校務支援システム整備率	91.2%	91.1%	90.4%	84.6%	98.0%	94.3%	78.7%

文部科学省

「デジタル学習基盤に係る現状と課題の整理（案）」

[https://www.mext.go.jp/content/20240930-mxt\\_jogai01-000037424\\_02.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20240930-mxt_jogai01-000037424_02.pdf)

(出典) 学校における教育の情報化の実態等に関する調査結果(速報値) (令和6年8月) より一部加工抜粋

# タブレット学習の現状：

## デジタル教科書の導入状況

- 2024年度より、英語の学習者用デジタル教科書の本格導入が開始されました。これまでの実証事業では、約4割の教員が「授業時間の半分以上で活用している」というデータもあり、音声再生などの機能面で活用が進んでいます。

### 学習者用デジタル教科書の児童生徒への提供状況（国提供分）

- 小学校5年生から中学校3年生を対象に、令和3～5年度は実証事業において、令和6年度からは購入費として、学習者用デジタル教科書を国から提供。

学年	教科	令和3年度	令和4年度	令和5年度	令和6年度	令和7年度
(原則) 小5～中3	英語	任意の1教科で 約40% うち 英語： 約7%	100%			
	算数/数学	任意の1教科で 約70% うち 算数/数学： 約20%	約50%	約55%		
	その他		-	-	-	-

文部科学省

「デジタル教科書をめぐる状況について」

[https://www.mext.go.jp/content/20250904-mxt\\_kyokasyo01-000044698\\_4.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20250904-mxt_kyokasyo01-000044698_4.pdf)

# タブレット学習の現状：

課題としての「健康面」と「依存」

- OECDの学習到達度調査（PISA2022）において、SNSやデジタルゲームに費やす時間が平日1日あたり一定時間（3時間以上など）を超えると、数学・読解力・科学の3分野すべての得点が低下する傾向が確認されています。

身体への負荷（厳密な管理が必要）	生活リズムへの悪影響（依存リスク）
<b>眼精疲労</b> ：画面から30cm以上離し、30分ごとに20秒以上遠くを見る（休憩する）必要があります。	<b>睡眠障害</b> ：就寝前の利用は、将来的な心身の健康や生活リズム（睡眠）に悪影響を及ぼす可能性があります。
<b>光環境</b> ：部屋の明るさと画面の輝度を調整し、光の反射（グレア）を防ぐ配慮が求められます。	<b>自己統制の難しさ</b> ：使用する場所や時間を家庭でルール化しなければ、生活習慣が崩れやすくなります。
<b>姿勢</b> ：椅子・机の高さが合わないと、視力低下や筋骨格系への負担につながります。	

文部科学省

「デジタル教科書をめぐる状況について」

[https://www.mext.go.jp/content/20250904-mxt\\_kyokasyo01-000044698\\_4.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20250904-mxt_kyokasyo01-000044698_4.pdf)

# 紙を使った学習の現状：

「振り戻し」と科学的再評価

- 一方で、先行してデジタル化を進めた国々では、読解力低下を背景に「紙媒体」への回帰政策がとられ始めています。

□北欧（スウェーデン）における「紙への回帰」政策

□国内における「手書き」の重要性の再認識

# 北欧（スウェーデン）における「紙への回帰」政策：

- 世界でも早期に教育デジタル化を進めたスウェーデンでは、2023年に「6歳未満のデジタル学習停止」と「紙の教科書の再配布」を決定しました。
- この政策転換の背景には、国際読書力調査（PIRLS）での読解力スコア低下や、過度なスクリーンタイムによる睡眠・運動不足への懸念があります。同国政府は、デジタル戦略を一部撤回し、紙の教科書購入補助に年間約100億円規模の予算を投じています。

The Guardian

「Switching off: Sweden says back-to-basics schooling works on paper」

<https://www.theguardian.com/world/2023/sep/11/sweden-says-back-to-basics-schooling-works-on-paper>

# 国内における「手書き」の重要性の再認識：

- ・日本の教育現場においても、「デジタル化で手書きのメモが減る」ことへの懸念から、思考整理や記憶定着における「手書き（身体性）」の重要性が再評価されています。
- ・共有いただいた調査資料においても、紙媒体（反射光）の方がデジタル（透過光）に比べて、脳波のTheta/Beta比（注意集中指標）が安定し、深い理解や位置記憶（メンタルマップ構築）において優位性があることが示されています。（実際に、注意配分/集中の指標に差が出た報告がなされています。）
- ・あくまで、デジタルを否定しているのではなく、使い分けを推奨しています。

Hirohito Shibata, Kengo Omura

「Reconsideration of the Effects of Handwriting: Comparing Cognitive Load of Handwriting and Typing (2018)」

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/mta/6/4/6\\_255/\\_pdf/-char/en](https://www.jstage.jst.go.jp/article/mta/6/4/6_255/_pdf/-char/en)

Michal Zivan

「Higher theta-beta ratio during screen-based vs. printed paper is related to lower attention in children: An EEG study (2023)」

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0283863>

Anne Mangen

「Reading linear texts on paper versus computer screen: Effects on reading comprehension (2013)」

<https://doi.org/10.1016/j.ijer.2012.12.002>

# 実験をしてみよう



読む環境は「画面・紙」どちらのほうがよいのだろう  
皆様もぜひ予想してみてください。

# 実験をしてみよう

簡易的な実験をしてみます。

\* 本実験は「画面提示と紙提示」の差（読む環境の差）を体感するものになります

- ・ 被験者：私（約19歳10ヶ月 男性）、弟（14歳7ヶ月 男性） 計2名
- ・ 刺激セット：1) 無意味文字20字、2) 単語10語、3) 文脈文200字程度（同難度を2セット用意）
- ・ 表示条件の統一：フォント・サイズ・行間・文字コントラストを合わせる
- ・ 環境統一：画面の映り込み（グレア）と室内照度差を最小化（画面だけ明るすぎるのを避ける）

実施手順

1. 刺激提示（紙 or モニター画面）
2. 別紙に書いて覚える（5分間）
3. 紙・モニターの回収
4. 別紙に覚えた内容を再現（制限時間は2分間、文脈文の場合は5分間）
5. 再現したものを採点（文脈文では、意味合いが合っているかどうか、それ以外のケースでは一致度）

# 刺激セットの生成方法

- ・ 公平を期すために、刺激セットはプログラムにてランダムに生成します。
- ・ プログラムはC言語を使用しています。
- ・ 再現性のため、乱数のseed値は決めることができるようになっています。
- ・ 亂数は、自前で実装しているので、どの実行環境でもseed値が同じであれば、同じ乱数列になるようになっています。

# 刺激セットの生成方法

## ■ 「無意味文字20字」の生成

- ・ひらがなの候補を用意し、その中から「ランダムに1文字選ぶ」を20回繰り返す

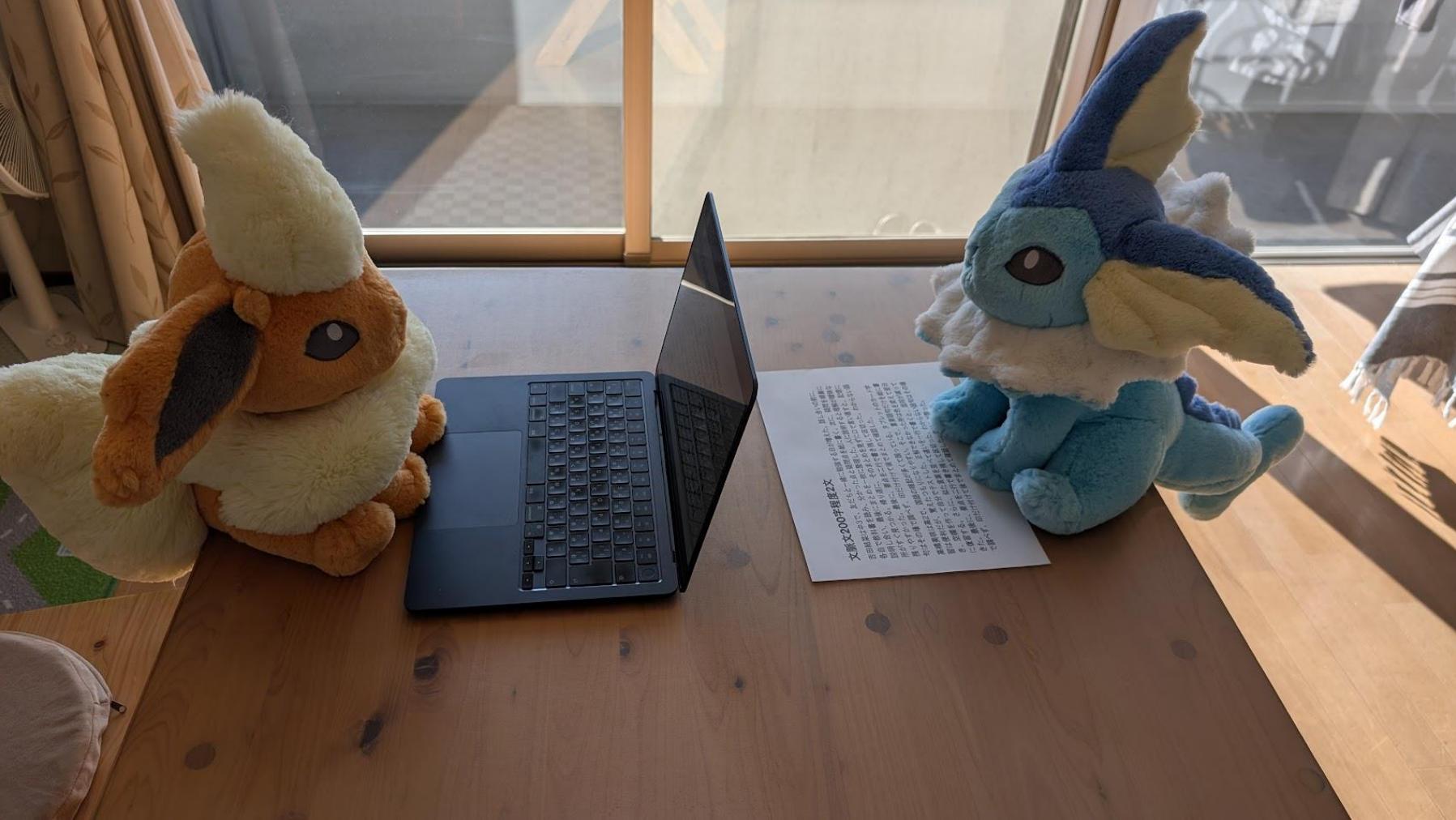
## ■ 「単語10語」の生成

- ・単語の候補を用意し、その中から重複しないように10個選び、その10個をスペース区切りで連結する

## ■ 「文脈文200字程度」の生成

- ・文章テンプレートを複数本固定で用意し、そこから一本をランダムに選ぶ
- ・テンプレートには、名前・学年・部活・科目・目標テストの項目があり、それらも各候補の中からランダムに差し替えられる
- ・テンプレートの文だけだと195文字未満になりやすいので、毎回最後に固定の約20字程度の文を付け足す

# 実験風景



デジタルの場合は、目の前にパソコンがあり、そのモニターを見ながら白紙に書きながら覚え、5分後に別紙に記憶を書き出します。

アナログの場合は、文字が書かれた紙を用意し、それを見ながら白紙に書きながら覚え、5分後に別紙に記憶を書き出します。

# 無意味文字20字

よしくひつるききりひのひをふをまにろつた

# 単語10語

店 猫 電話 音 声 鉛筆 灯り 電車 紙 塩

# 文脈文200字程度

吉田結菜は中3で、友だちと一緒に勉強する日が増えた。話し合いの前に、各自で教科書を読み、分かった点と疑問点を紙に書く。次に、疑問を順番に説明し合い、最後にまとめを一枚に整理した。人に説明すると理解が曖昧な所がすぐ見つかる。帰り道に、そのまとめを見ずに口で言い直すと、記憶に残りやすかった。最後に、要点を二行で書き残して区切った。わからない語句はその場で調べず、印だけ付けて後でまとめて確認した。

# 無意味文字20字

すひえむといあへわすてたひいひやまろんは

# 単語10語

写真 駅 店 封筒 音 箱 学校 米 ノート 森

# 文脈文200字程度

高橋美咲は高2で、国語の暗記が多くて困っている。タブレットのカード学習は便利だが、覚えたつもりになりやすい。そこで、重要語句だけを紙に書き、空欄を作って自分でテストした。正解できなかった所は色を変えて翌日に復習する。さらに、似た言葉を並べて違いを一行で書くと、混同が減ってきた。最後に、要点を二行で書き残して区切った。わからない語句はその場で調べず、印だけ付けて後でまとめて確認した。気持ちが整った。

# 実験結果

デジタル	私	弟
無意味文字20字	20/20	13/20
単語10語	10/10	9/10
文脈文200字程度	75%	70%
文脈文200字程度（採点理由）	お手本の主題と基本手順は合っている一方で、手本の強みである「絞り込み」「翌日復習」「混同対策」「後でまとめて確認」が落ちているため、文脈一致度は75%と評価できます。	お手本の中心アイデア（事前準備→説明→理解の穴→見直しに言い直して定着）は合っている一方で、後半にある仕上げの設計（1枚整理・二行で区切る・語句は後でまとめて確認）が大きく抜けているため、70%と評価します。

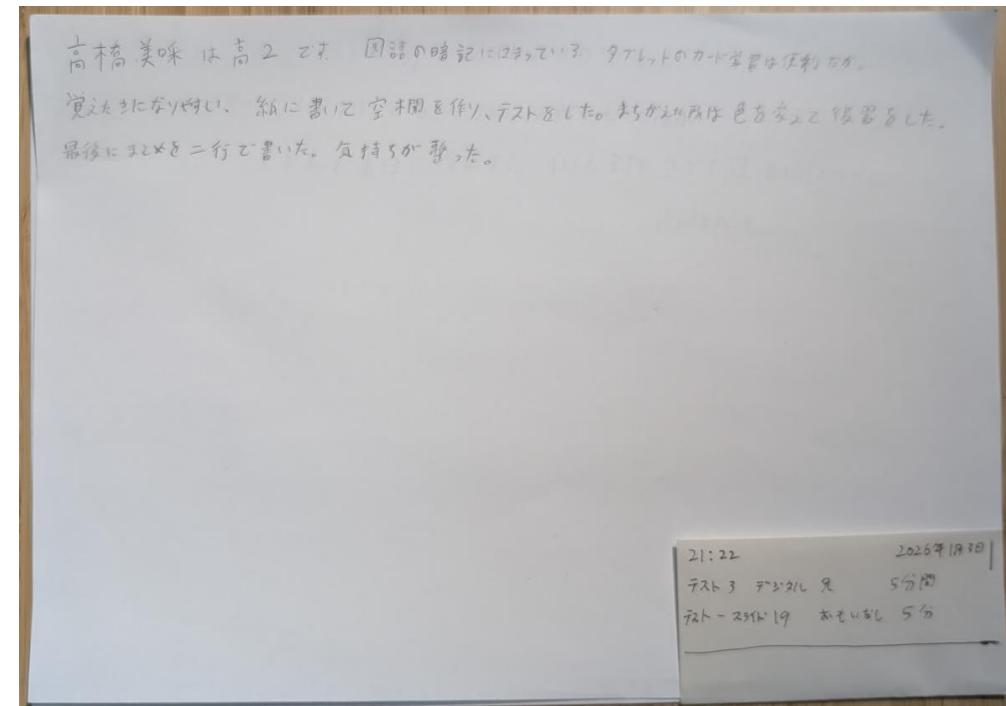
アナログ	私	弟
無意味文字20字	19/20	10/20
単語10語	10/10	10/10
文脈文200字程度	85%	90%
文脈文200字程度（採点理由）	お手本の主要な出来事と手順は再現できているため高い一致度ですが、記憶に残りやすかった理由の中心（まとめを見直す）が変形しているので、満点ではなく85%と評価します。	お手本の中心となる工夫と因果関係がほぼ維持されており、細部（翌日復習・後で確認の明示、媒体の違い）だけが削れた形なので、文脈一致度は約90%と評価できます。

\* 本来であれば文脈文の採点は、文をいくつかの要素に分解して採点していく方式の方が良いですが、今回は簡易的な実験なので主観とAI（ChatGPT 5.2 Thinking）の判断で採点しています。

# 文脈文200字程度の結果

\*私のデジタル 実際は紙に書いています

高橋美咲は高2です。国語の暗記に困っている。タブレットのカード学習は便利だが、覚えた気になりやすい。紙に書いて空欄を作り、テストをした。間違えたところは色を変えて復習をした。最後にまとめを二行で書いた。気持ちが整った。

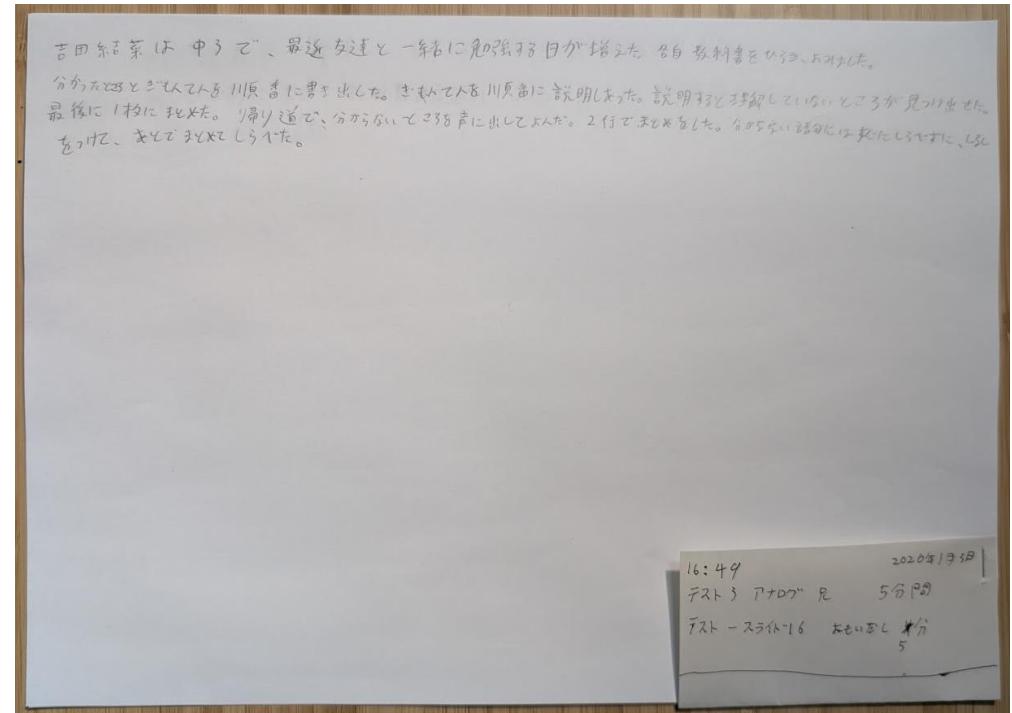


# 文脈文200字程度の結果

## \*私のアナログ

実際は紙に書いています

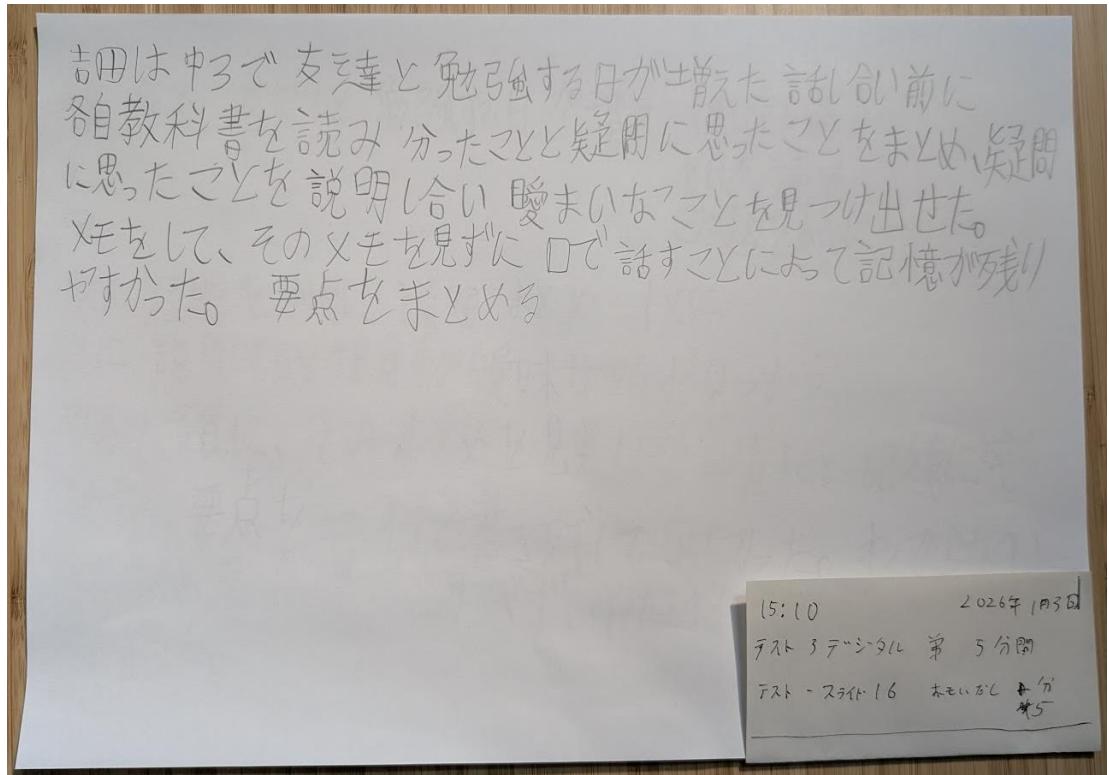
吉田結菜は中3で、最近友達と一緒に勉強をする日が増えた。各自教科書を開きよみました。わかったところと疑問点を順番に書き出した。疑問点を順番に説明し合った。説明するとき理解していないところを見つけ出せた。最後に1枚にまとめた。帰り道で、わからないところを声に出してよんだ。二行でまとめました。分からぬ語句にはすぐに調べずに、印をつけて、後でまとめて調べた。



# 文脈文200字程度の結果

\* 弟のデジタル 実際は紙に書いています

吉田は中3で友達と勉強する日が増えた、話し合い前に各自教科書を読み、分かったことと疑問に思ったことをまとめ、疑問に思ったことを説明し合い、曖昧なことを見つけ出せた。メモをして、そのメモを見ずに口で話すことによって記憶がのこりやすかった。要点をまとめる。

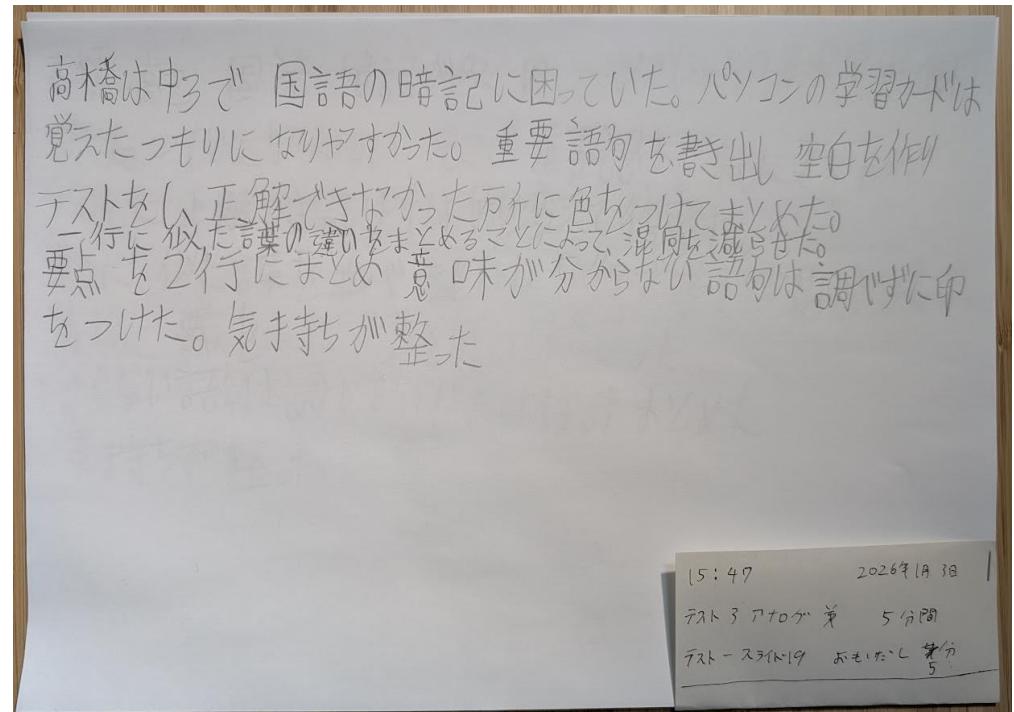


# 文脈文200字程度の結果

\* 弟のアナログ

実際は紙に書いています

高橋は中3で国語の暗記に困っていた。パソコンの学習カードは覚えたつもりになりやすかった。重要語句を書き出し、空白を作り、テストをし、正解できなかった所に色をつけてまとめた。一行に似た言葉の違いをまとめることによって、混同を減らせた。要点を2行にまとめ、意味が分からぬ語句は調べずに印をつけた。気持ちが整った。



# 実験結果（詳細）

ID対応表

デジタル	私	弟	アナログ	私	弟
無意味文字20字	D1	D2	無意味文字20字	A1	A2
単語10語	D3	D4	単語10語	A3	A4
文脈文200字程度	D5	D6	文脈文200字程度	A5	A6

IDに対応した実験詳細（実施した日はすべて、2026年1月3日です。）

ID	D1	D2	D3	D4	D5	D6	A1	A2	A3	A4	A5	A6
開始時刻	14:24	11:18	14:33	14:13	21:22	15:10	16:17	15:23	16:26	15:37	16:49	15:47
記憶時間	5分											
書き出し時間	2分	2分	2分	2分	5分	5分	2分	2分	2分	2分	5分	5分
刺激セットID	S-17	S-14	S-18	S-15	S-19	S-16	S-14	S-17	S-15	S-18	S-16	S-19
スコア (%)	100	65	100	90	75	70	95	50	100	100	85	90

---

[S-14](#)    [S-15](#)    [S-16](#)    [S-17](#)    [S-18](#)    [S-19](#)

# 結果は、デジタルよりアナログの方が良い？？

デジタル	私	弟
無意味文字20字	20/20	13/20
単語10語	10/10	9/10
文脈文200字程度	75%	70%

アナログ	私	弟
無意味文字20字	19/20	10/20
単語10語	10/10	10/10
文脈文200字程度	85%	90%

今回のデモ実験では、単純な暗記（無意味文字・単語）では差が小さい一方、文脈のある文章の再現では紙（アナログ）の方が高得点となり、理解・定着が必要な読みでは紙の方が有利になりやすい結果になりました。少人数のデモではありますが、文脈理解が必要な課題ほど紙（アナログ）で再現率が上がる傾向があることは明らかです。これは、紙の方が読解成績が高くなりやすいとするレビュー/メタ分析の整理とも整合的です。

Virginia Clinton 「Reading from paper compared to screens: A systematic review and meta-analysis」 (<https://doi.org/10.1111/1467-9817.12269>)

Pablo Delgado 「Don't throw away your printed books: A meta-analysis on the effects of reading media on reading comprehension」 (<https://doi.org/10.1016/j.edurev.2018.09.003>)

Lauren M. Singer 「Reading on Paper and Digitally: What the Past Decades of Empirical Research Reveal」 (<https://doi.org/10.3102/0034654317722961>)

# 1. タブレットvs紙：結論は「どちらが良い」ではなく「どの脳モードに合わせせるか」

## 【結論（現象）】

- ・今回の実験では、文脈のある文章（200字）で紙（アナログ）優位が見られた。
- ・ただし、無意味文字・単語の羅列では差が小さい/出にくいことも確認された。
- ・したがって、「紙が最強」ではなく、目的に応じて脳のモードを使い分けることが大切。

## 【科学（なぜ起きる）】

- ・研究全体でも、平均すると紙の方が読解・理解でわずかに有利になりやすい、というメタ分析が報告されている（特に深い理解で差が出やすい）。

Virginia Clinton 「Reading from paper compared to screens: A systematic review and meta-analysis」 (<https://doi.org/10.1111/1467-9817.12269>)

## 2. 実験の意味：媒体差を“見える化”する（ただし結論を急がない）

### 【結論（現象）】

- この実験は、(A)無意味文字/(B)単語/(C)文脈文の3種類で、「浅い記憶」→「意味のまとまり」→「理解を伴う記憶」へ負荷を段階化している。
- 結果が文脈文で開いたのは、「理解・推論・再構成」の要素が入ったから。

### 【科学（なぜ起きる）】

- 媒体の差は、記憶力そのものよりも、注意配分・自己調整（メタ認知）・空間手がかり・資格疲労が積み重なって出る。

Tova Michalsky 「Contribution of metacognitive questions to accuracy of judgment of learning in a digital environment」  
(<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40055>)

Anne Mangen 「Reading linear texts on paper versus computer screen: Effects on reading comprehension」  
(<https://doi.org/10.1016/j.ijer.2012.12.002>)

### 3. 研究の大枠：紙が有利になりやすいのは“深い読み”的条件

#### 【結論（現象）】

- 多くの研究で、画面より紙の方が読解が良い（あるいは同等だが紙が安定）になりやすい。
- 差が出やすいのは、説明文/長めの文章/時間制限/推論問題など、「浅い記憶で済まない」条件。

#### 【科学（なぜ起きる）】

- 紙優位の平均傾向を示すメタ分析がある一方、条件次第で差が縮むことも示されている。
- つまり、媒体差は固定ではなく、条件で増幅する。

Adrian F. Ward 「Brain Drain: The Mere Presence of One's Own Smartphone Reduces Available Cognitive Capacity」

(<https://www.journals.uchicago.edu/doi/full/10.1086/691462>)

Virginia Clinton 「Reading from paper compared to screens: A systematic review and meta-analysis」 (<https://doi.org/10.1111/1467-9817.12269>)

## 4. 理由①：画面は「わかった気」になりやすい (メタ認知のズレ)

### 【結論（現象）】

- ・画面学習では、学習者が理解度を過大評価しやすく、結果として見直し・確認・ゆっくり読むといった自己調整が弱くなりやすい。

### 【科学（なぜ起きる）】

- ・画面では読みが速くなったり、流し読みになりやすく、「理解の自己評価（キャリブレーション）」が崩れることが示されている。

Tova Michalsky 「Contribution of metacognitive questions to accuracy of judgment of learning in a digital environment」  
(<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40055>)

Theresa Schilhab 「Adaptive Smart Technology Use: The Need for Meta-Self-Regulation」  
(<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00298>)

## 5. 理由②：紙は「場所の記憶」を作りやすい（認知地図＝ページの手がかり）

### 【結論（現象）】

- ・紙では「どこに書いてあったか」が残りやすく、文章の構造を空間として保持しやすい。
- ・画面（特にスクロール）は、その手がかりが薄くなる。

### 【科学（なぜ起きる）】

- ・紙・ページの固定配置は、読み手に空間的手がかりを与え、理解・再現に寄与しやすい。
- ・スクロールや途切れた表示は、認知地図の形成を邪魔し、成績差につながり得る。

Anne Mangen 「Reading linear texts on paper versus computer screen: Effects on reading comprehension」  
(<https://doi.org/10.1016/jijer.2012.12.002>)

Jinghui Hou 「Cognitive map or medium materiality? Reading on paper and screen」 (<https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.10.014>)

## 6. 理由③：透過光は視覚系に微小ストレスをかけやすい（フリッカー・調節微動）

### 【結論（現象）】

- ・画面は「見えているだけ」でも、目と脳に余計な仕事が増え、長文になるほど疲労が出やすい（＝学習リソースが削られる）。

### 【科学（なぜ起きる）】

- ・反射光に比べて、ディスプレイ（透過光）は点滅（フリッカー）や狭帯域スペクトルを持ちやすく、調節（ピント合わせ）の微細運動が増え、眼精疲労・頭痛につながり得る。
- ・フリッカーの健康リスクは照明規格でも議論され、回避推奨が整理されている。

J K S Parihar 「Computer and visual display terminals (VDT) vision syndrome (CVDTS)」 (<https://doi.org/10.1016/j.mjaf.2016.03.016>)

Hanyang Yu 「Variability of Accommodative Microfluctuations in Myopic and Emmetropic Juveniles during Sustained near Work」 (<https://doi.org/10.3390/ijerph19127066>)

IEEE 「1789-2015 - IEEE Recommended Practices for Modulating Current in High-Brightness LEDs for Mitigating Health Risks to Viewers」 (<https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2015.7118618>)

## 7. 理由④：瞬目が減り、ドライアイ→集中力が落ちる（デジタル眼精疲労）

### 【結論（現象）】

- ・画面作業はまばたきが減りやすく、乾燥・痛み・かすみが増えて集中が途切れる。
- ・読めているのに入らない状態が起きやすい。

### 【科学（なぜ起きる）】

- ・VDT作業で瞬目が低下し、ドライアイにつながることが説明されている。
- ・デジタル眼精疲労（Digital Eye Strain）は、症状・対策がレビューされている。

J K S Parihar 「Computer and visual display terminals (VDT) vision syndrome (CVDTS)」 (<https://doi.org/10.1016/j.mjaf.2016.03.016>)

Amy L Sheppard 「Digital eye strain: prevalence, measurement and amelioration」 (<https://bmjophth.bmjjournals.com/content/3/1/e000146>)

## 8. 理由⑤：光は脳の覚醒・睡眠を動かす（青色光・概日リズム）

### 【結論（現象）】

- ・夜間の強い画面光は、入眠や翌日の覚醒に影響し得る。
- ・学習は「その場の理解」だけではなく、睡眠を介した記憶固定まで含めて設計すべき。

### 【科学（なぜ起きる）】

- ・発光する電子端末の夜間使用が、メラトニン抑制・概日リズムの位相遅れ・翌朝の覚醒低下に関連する実験がある。
- ・光が概日系に影響する基本枠組み（波長・強度・時間）はレビューされている。

Anne-Marie Chang 「Evening use of light-emitting eReaders negatively affects sleep, circadian timing, and next-morning alertness」  
(<https://doi.org/10.1073/pnas.1418490112>)

Jeanne F Duffy 「Effect of Light on Human Circadian Physiology」 (<https://doi.org/10.1016/j.jsmc.2009.01.004>)

Tosini G 「Effects of blue light on the circadian system and eye physiology.」 ([https://doi.org/10.63500/mv\\_v22\\_61](https://doi.org/10.63500/mv_v22_61))

## 9. 理由⑥：端末は認知的干渉を起こしやすい（通知・誘惑・スマホ存在効果）

### 【結論（現象）】

- ・スマートフォンなどのデジタル端末は学習以外の機能が多く、通知や誘惑が入りやすい。
- ・それ自体が脳の処理モードを分散型に寄せ、深い理解を邪魔する。

### 【科学（なぜ起きる）】

- ・スマートフォンなどのデジタル端末は通知・アプリ等の誘惑を含みやすく、紙との差として「認知的干渉」を生み得る。
- ・スマートフォンが近くにあるだけで認知資源が減る（brain drain）という報告がある。
- ・通知は注意の切り替えコストを生み、作業の質に影響し得る。

Adrian F. Ward 「Brain Drain: The Mere Presence of One's Own Smartphone Reduces Available Cognitive Capacity」  
(<https://doi.org/10.1086/691462>)

Jinghui Hou 「Cognitive map or medium materiality? Reading on paper and screen」 (<https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.10.014>)

Larry D. Rosen 「Facebook and texting made me do it: Media-induced task-switching while studying」 (<https://doi.org/10.1016/j.chb.2012.12.001>)

# 10. 実装：ハイブリッド指導法（教材×目的×時間帯で最適化）

## 【結論（現象）】

- ・デジタルは「広く速く」、紙は「深く確実に」が基本。
- ・デジタル・アナログの勝ち負けではなく、学習プロセス全体を最適化することが大切。

## 【科学（なぜ起きる）】

- ・紙の優位が出やすい要因（メタ認知・認知地図・視覚負荷・干渉）を踏まえると、精読や推論課題を紙に寄せる設計は合理的。
- ・一方でデジタルは大量処理・検索・配布の効率が高いので、用途限定で強い。

# 媒体による脳モードの違い

- 「反射光」で読む紙媒体と、「透過光」を見るデジタル媒体。
- それぞれの環境で、脳のパフォーマンス特性（分析力、記憶定着、疲労度など）がどう変化するかは以下のようになります。



## 分析モード (Analytical Mode)

紙媒体は、脳を批判的・論理的な「分析モード」に導きます。光が優しく、物理的な位置情報（厚みや配置）があるため、深い理解、記憶の定着、誤りの発見に適しています。

得意なタスク  
推敲・暗記・深い理解

苦手な要因  
検索性・情報の更新

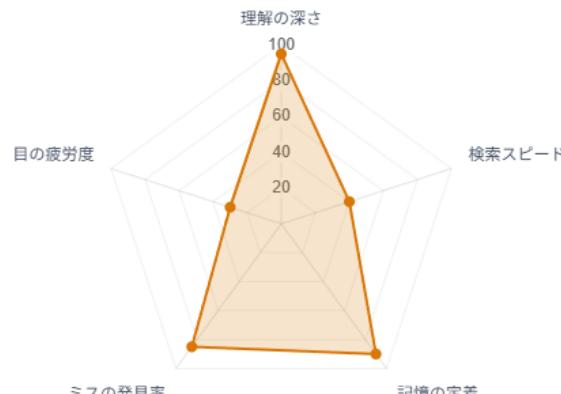


## パターン認識モード (Pattern Mode)

デジタル画面は「パターン認識モード」を誘発します。スクロールや発光により、全体を素早く把握する「スキャニング（拾い読み）」には最適ですが、細部への注意力が散漫になりやすい傾向があります。

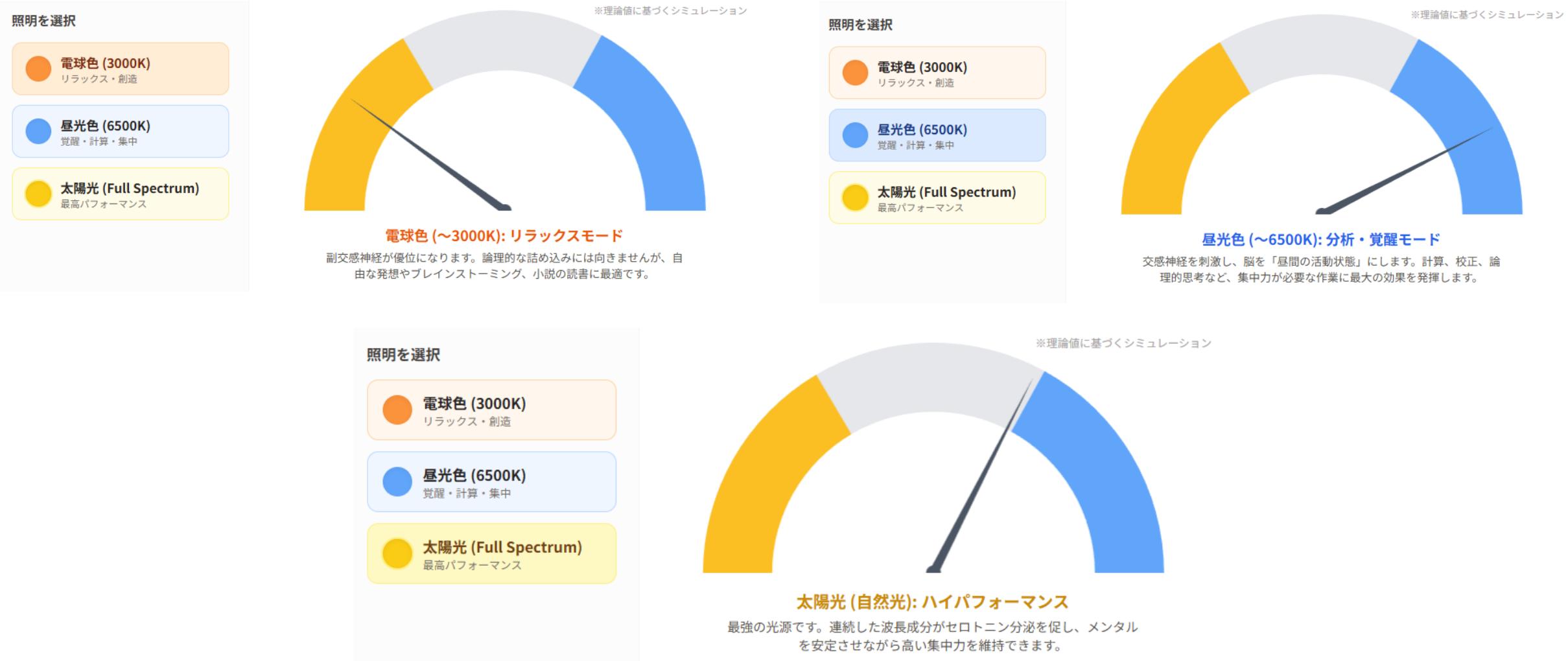
得意なタスク  
検索・大量処理・閲覧

苦手な要因  
眼精疲労・誤読



# 光源の色温度と覚醒度

- 同じ紙を見ても、部屋の明かり（色温度・ケルビン）によって脳の「覚醒度」は変わります。
- 学習に適した光、創造に適した光の違いは以下の通りです。



# 物理的質感と認知的ノイズ

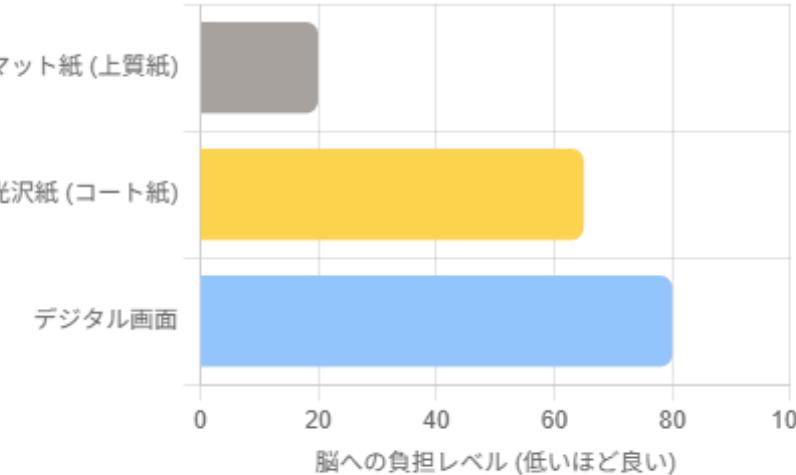
- ・ 紙なら何でも良いわけではありません。
- ・ 光沢（テカリ）の有無や紙の厚みは、脳にとって「信号（文字情報）」と「ノイズ（反射光・裏写り）」の分離作業に影響します。

反射特性のシミュレーション



正反射の弊害: 光沢紙は鏡のように光源を反射するため、脳は「文字を読む処理」と「光の反射を無視する処理」を行なう必要があります。認知的負荷 (Cognitive Load) が増大します。

材質による認知的負荷の比較



- ・ マット紙（上質紙）：拡散反射で文字が安定。脳のリソースを理解に全振りできる。
- ・ 光沢紙（コート紙）：正反射（テカリ）によるノイズ除去処理が必要。
- ・ デジタル画面：透過光+フリッカー+位置情報の欠如により高負荷。

# タスクに合わせた媒体と光の組み合わせ

- 科学的知見に基づき、現在のタスクに最適な「媒体」と「光」の組み合わせを提案します。

 <b>試験勉強・暗記</b> ミスなく深く理解したい	 <b>アイデア出し</b> 自由に発想を広げたい	 <b>情報収集</b> 大量の情報をざっと見る	 <b>試験勉強・暗記</b> ミスなく深く理解したい	 <b>アイデア出し</b> 自由に発想を広げたい	 <b>情報収集</b> 大量の情報をざっと見る
<b>推奨: 分析特化セットアップ</b> ミスが許されない学習や分析には、脳を覚醒させつつ、ノイズを極限まで減らす環境が必要です。午前中の太陽光または青白い光の下で、反射の少ない紙を使ってください。			<b>推奨: クリエイティブ・フロー</b> 新しいアイデアを生むには、脳の緊張を解く必要があります。夕方以降、暖色のライトの下で、少しクリームがかった紙に手書きすることで、自由な発想が促進されます。		
媒体 紙媒体 (必須)	光源 星光色LED / 太陽光	用紙 マット紙 / わら半紙	媒体 紙(大きめのノート)	光源 電球色(暖色)	用紙 クリーム書籍用紙

 <b>試験勉強・暗記</b> ミスなく深く理解したい	 <b>アイデア出し</b> 自由に発想を広げたい	 <b>情報収集</b> 大量の情報をざっと見る
<b>推奨: デジタル・スキャニング</b> 大量の情報をざっと処理するにはデジタルが最強です。ただし脳への負担が高いため、ブルーライトカットや画面の明るさを落とす工夫をし、長時間の精読は避けましょう。		
媒体 デジタル画面	光源 周囲を明るく (画面との輝度差を減らす)	用紙 N/A

# まとめ：紙とデジタルは「脳のモード」を切り替える道具

- ・ 今回は、タブレット学習と紙での学習の現状を振り返り、実験を通して、紙とデジタルで記憶にどのような差が出るかを考えていきました。
- ・ デモ実験では、文脈のある文章で紙（アナログ）が高得点でした。研究全体でも、平均すると紙が読解で有利になりやすい一方、差は条件で増減することが分かりました。

## 差が出た理由

1. 認知：画面は速く読めて「できたつもり」になりやすい（自己点検が弱くなる）
2. 認知地図：紙は「どこに書いてあったか」の手がかりが残りやすい
3. 光・環境：発光・反射・疲労・干渉（通知など）が学習リソースを削り得る。

# 結論：最適解はハイブリッド指導

深い理解（要約・記述・推論）＝紙寄り

反復・検索・配布・小テスト＝デジタル寄り

目的に応じて、環境と課題設計で差をコントロールすることが大切

明日から使える「ハイブリッド指導 5ルール」

1. 精読・要約・記述は紙へ（深い処理が必要な局面ほど紙が安定しやすい）
2. 反復・小テスト・宿題配布はデジタルへ（速さと量で勝てる）
3. デジタル精読はページ化する（スクロール前提にしない）
4. 「できたつもり」を潰す仕掛け（要点3つ十根拠1つ十説明1分）
5. 環境を整える（明るさ・反射・通知OFF・スマホを視界から外す）

端末を使うかどうかではなく、学力が上がる脳の使い方を設計すること！