

# 文章の逐次表示における遅延挿入が 語彙記憶に及ぼす影響の検証

宮本 快士<sup>1,a)</sup> 木下 裕一朗<sup>1</sup> 中村 聡史<sup>1</sup>

**概要：**教育現場ではデジタルデバイスが導入されつつあり、デジタル教科書を用いた学習支援への関心が高まっている。これまで用いられてきた重要単語を強調するためにハイライトする方法は、ハイライト箇所を目立たせて注意を引く効果がある一方で、周辺部分の読み飛ばしによる記憶阻害を引き起こす可能性がある。しかし、周辺内容を記憶することは、重要単語の想起の手がかりを増やすことや文章全体の内容理解に有用であると考えられる。そこで本研究では、ハイライトと同様に重要単語の記憶を促しつつ、文章の読み飛ばしを防ぐために、文章を1文字ずつ逐次的に表示し、重要単語の直前に短い遅延を挿入する表示手法を提案する。提案手法の有用性を実験により検証した結果、重要単語をハイライトするのみの静的表示手法と比較して、重要単語の記憶や重要単語同士の関係性の記憶については差がみられなかった。しかし、提案手法の文章の表示速度や挿入する遅延の長さを調整することにより、重要単語同士の関係性の記憶を向上させられる可能性が示唆された。

## 1. はじめに

教育現場では、生徒1人に対して1台のタブレットやパソコンが導入されるようになり [1]、2020年度からデジタルの教科書が本格的に使用され始めた。デジタル教科書は、図や文章の拡大表示やアニメーション表示など、これまでの紙の教科書では困難であったさまざまな表示方法の工夫が可能であり、音声や動画の再生も行うことができる。数学や物理の静的な教科書をインタラクティブな学習教材にする研究 [2,3] も行われており、動的な教科書にすることで学習効果が高まる可能性が示されている。

デジタルデバイスで可能なテキストの表示方法に着目すると、文章を1語ずつ同じ位置に一定の速度で順番に表示することで、読書スピードを向上させられること [4] や、文字にアニメーションを加えた辞書を用いることで語彙の意味理解を向上させられること [5] が明らかとなっており、表示方法の工夫によって学習支援が可能であると考えられる。

学習には様々な要素があり、その一つに語彙の記憶があげられる。従来の紙の教科書では、歴史上の人物などといった重要単語を強調表示する際に、フォントを太くしたり、ハイライトを付与したりするという方法が用いられてきた。しかし、これらの強調方法では重要単語が過度に

目立ち、それ以外の内容の記憶の阻害や、重要単語だけを追ってしまうような読み飛ばしにつながる可能性がある。単語同士の関係性も含めて学習することで、学習したことを新たな問題へ応用することができるようになる [6] ため、重要単語を記憶するだけでなく、重要単語同士の関係性も読み飛ばすことなく学習することが重要である。関係性についてもハイライトすることが考えられるが、文章中のハイライトできる単語数を制限した方が読解力が向上する可能性が示唆されている [7] ため、ハイライトする単語数を過度に増やすことなく、重要単語以外の内容の読み飛ばしを防ぐ必要がある。

ここで、文章を逐次的に表示し、視線を表示していく部分に集めることができれば文章の読み飛ばしを防ぐことができると考えられる。また、文章を1単語ずつ逐次表示する場合に、遅延を挿入することで文章の記憶が向上することが明らかになっている [8,9] ため、遅延を挿入することで記憶力が向上すると期待される。

そこで本研究では、デジタルデバイスを用いて文章を逐次的に表示し、ハイライトした重要単語の直前に遅延を挿入する表示手法を提案し、語彙記憶に対する有用性を検証する。

## 2. 関連研究

### 2.1 単語の強調表示方法

重要単語がハイライトされている場合に、ハイライトな

<sup>1</sup> 明治大学  
Meiji University  
<sup>a)</sup> 1103kaiji@gmail.com

しの場合よりも重要単語の記憶力が向上することが明らかになっている [10–12]. 一方, Yue ら [13] は, ハイライトされている単語とそれ以外の単語で記憶に差はないことを明らかにしている. また, 青木ら [14] は, 視線に連動して重要単語のぼかしの深度制御をすることにより, ハイライトを利用した場合よりも記憶力が向上することを明らかにしている.

本研究は, 重要単語以外の関係性の部分の記憶に着目している点や, 逐次表示と遅延を組み合わせた手法を用いている点でこれらの研究と異なる.

## 2.2 逐次表示と遅延が学習効果に及ぼす影響

Foster ら [15] は, 文章を 1 単語ずつ画面の中央に表示する RSVP (Rapid Serial Visual Presentation) を提案した. また, RSVP を用いて英語文章を逐次的に表示する際に節末や文末で遅延を挿入することで, 文章の記憶が向上することが明らかになっている [8, 9, 16].

Soares ら [17] は未就学児への本の読み聞かせにおいて新しい単語が出てくる前に遅延を挿入することが子どもの注意を引きつけ, 単語の記憶に効果的であることを明らかにしている. また, Liu ら [18] は, 第二言語として英語を学習する中国人を対象に, 英語の文章を意味単位で分割し, 遅延を挿入して提示することが語彙学習や読解の効率を向上させ, 学習者の認知負荷を下げることを明らかにしている.

これらの研究から, 文章の学習において, 遅延を挿入することが文章の記憶を向上させる効果が期待されるため, 本研究では重要単語にハイライトをした文章を逐次表示し, 重要単語の前に遅延を挿入する手法を提案する. なお, 本研究では日本語を扱う点や, RSVP とは異なり徐々に文量が増えていく方式の逐次表示を用いている点, 遅延を挿入する位置が重要単語の直前である点でこれらの研究とは異なる.

## 3. 提案手法

本研究では, 画面に何も表示されていない状態から文章を 1 文字ずつ逐次的に表示し, ハイライトされた重要単語を表示する直前に遅延を挿入する手法を提案する (図 1).

ハイライトは重要単語を特定できるようにするために用いる. 本研究では, 重要単語をハイライトして目立たせるだけではなく, 逐次表示を行うことで, ユーザが読み進めている文章から視線が移動することによる文章の読み飛ばしを防ぐことが期待される. これにより, 重要単語だけでなく, 重要単語以外の文章も注意しながら読むことができるようになるため, 重要単語同士の関係性の記憶を促進することができると考える. さらに, 文章を逐次表示する際に遅延を挿入することで, その直後に表示される単語が記憶しやすくなる [17] ため, ハイライトによりユーザの注

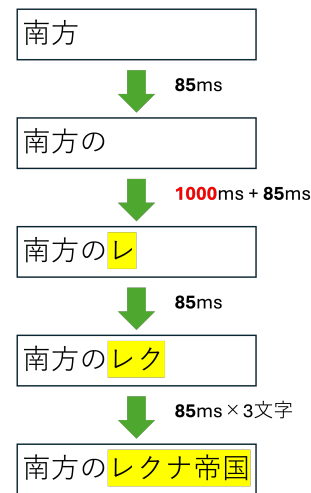


図 1 提案手法のイメージ

意を引きつつ, 遅延の挿入により重要単語の記憶を促すことができると考える. なお, 1 単語ずつ表示を切り替える RSVP とは異なり, 本手法は, 1 文字ずつ表示する文章を増やすため, 文章は消えずに残っている.

重要単語を目立たせる効果のあるハイライトと, 記憶を促進する逐次表示と遅延の挿入を組み合わせる提案手法は, 重要単語の記憶を向上させつつ, 周辺内容の読み飛ばしを防ぐことができると期待される.

## 4. 実験

本実験では, 提案手法の重要単語の記憶に対する有用性を検証し, 周辺部分の理解に及ぼす影響を明らかにするため, 文章を学習し, 単語記憶および重要単語の関係性の記憶を測定するための再認テストを実施する. 比較手法として, 重要単語にハイライトのみを施した静的表示手法を使用し, 実験は参加者間計画で実施する.

本実験では以下の 2 つの仮説を立てた.

- 仮説 1: 文章の逐次表示と重要単語直前の遅延挿入, およびハイライトを組み合わせる提案手法は, 静的表示とハイライトを組み合わせる比較手法と重要単語の記憶成績に差がない
- 仮説 2: 提案手法は, 比較手法よりも重要単語以外の文章の記憶成績が優れている

### 4.1 実験設計

#### 4.1.1 文章の表示速度

文章の逐次表示において, 表示速度が適切でない場合に読みやすさが低下することが明らかになっている [19] ため, 提案手法における文章表示速度を決定するためにパイロットテストを実施した. パイロットテストの参加者は 4 名であり, 著者が所属する研究室の学生であった. パイロットテストでは, 各参加者に 50ms/char と 100ms/char 両方の文章の表示速度を確認してもらった. その結果, 50ms/char

ヴァルデア王国とレクナ帝国の戦い

ヴァルデア王国は、北方のエリダ高原地帯で最も早く統一を果たした国家である。周辺の小国がまだ部族間の争いを続けていた時期に、王エルミスの指導のもとで軍制と交易制度を整え、オルデ鉱石の輸出によって北方一帯に安定をもたらした。

一方、南方のレクナ帝国は、ヴァルデアよりも遅れて成立したが、豊富なデルナ平原の農地と人口を背景に急速に勢力を拡大した。皇帝ガルド dias は南部諸国を次々と支配下に置き、やがて北方進出政策を国策とするようになった。

レクナ軍は国境のアレイン谷を越えて侵攻を開始し、ヴァルデア北部のサルモ鉱山地帯を制圧した。これに対し、ヴァルデアは国境防衛のために徴兵制を強化し、同盟国オルセア公国とともに反撃を行った。戦いは五年戦争と呼ばれ、双方の損害は大きかったが最終的にはアリスタ平和協定が結ばれ、両国は国境線をデルカ峠に固定することで合意した。

この戦争をきっかけに、ヴァルデアとレクナの間には長く緊張が続いたが、後にサンフィル交易路の開通によって再び交易と文化の交流が進み、互いに評議会制や属州制度といった独自の政治体制を発展させていくこととなった。

図 2 学習に用いた文章

Q1: 北方の国の発展に大きく貢献した輸出品はどれか。	Q6: 北方と南方の国のあいだで、最初に「関係の変化」が生じたきっかけとして最も適切なものはどれか。
<ul style="list-style-type: none"><li>○ デルナ鉱石</li><li>○ アルディオム</li><li>○ サルモ鉱石</li><li>○ レクナ鉄</li><li>○ オルデ鉱石</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>○ 国境線の変更を求めたため</li><li>○ 文化的な同化を求めたため</li><li>○ 双方が貿易の独占を望んだため</li><li>○ 一方の国が他方に軍を進めたため</li><li>○ 王位継承をめぐる争いが起きたため</li></ul>
Q2: 南方の国の勢力拡大の基盤となった地域はどこか。	Q7: 戦争中に北方の国が他国と同盟を結んだ目的として、最も妥当なものはどれか。
<ul style="list-style-type: none"><li>○ サルモ鉱山地帯</li><li>○ デルナ平原</li><li>○ エリダ高原地帯</li><li>○ オルセア公国</li><li>○ エリシア草原</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>○ 政治的な圧力を緩和するため</li><li>○ 貿易の利益を独占するため</li><li>○ 侵略を防ぐため</li><li>○ 南方の国の文化を取り入れるため</li><li>○ 数百年の領土を広げるため</li></ul>
Q3: 国境を越えた侵攻が最初に行われた地点はどこか。	Q8: 戦争が長期化したことが、両国の社会や経済にどのような影響を与えたと考えられるか。
<ul style="list-style-type: none"><li>○ アレイン谷</li><li>○ エリダ高原地帯</li><li>○ デルカ峠</li><li>○ サルモ鉱山地帯</li><li>○ オルセア峡谷</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>○ 軍需力の差を広げた</li><li>○ 貿易活動を一時的に停止させた</li><li>○ 信用的な信用を築いた</li><li>○ 経済成長を促進した</li><li>○ 双方の損失を拡大させた</li></ul>
Q4: 戦争終結後、国境が固定された場所はどこか。	Q9: 戦争終結後に結ばれた協定は、両国の関係にどのような役割を果たしたか。
<ul style="list-style-type: none"><li>○ デルナ平原</li><li>○ オルセア街道</li><li>○ アレイン谷</li><li>○ デルカ峠</li><li>○ サルモ鉱山地帯</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>○ 領土の共有を認めた</li><li>○ 貿易を完全に停止させた</li><li>○ 一時的な和平を実現した</li><li>○ 支配と服従の関係を固定した</li><li>○ 一方の国の独立を認めた</li></ul>
Q5: 戦後、交易の再開に影響した出来事は何か。	Q10: 長期的にみた両国の関係の変化として最も適切なものはどれか。
<ul style="list-style-type: none"><li>○ 北方進出政策の再開</li><li>○ 評議会制の成立</li><li>○ 属州制度の廃止</li><li>○ 五年戦争の再開</li><li>○ サンフィル交易路の開通</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>○ 同盟の両敵へと変化した</li><li>○ 従属から独立へと転じた</li><li>○ 敵対から共存へと移った</li><li>○ 中立から従属へと移行した</li><li>○ 対立から衝突へと進んだ</li></ul>

図 3 再認テストに用いた問題

では表示速度が速く、文章を学習することが困難であり、100ms/char では文章の表示速度が遅く、精神的負荷が大きいという意見が得られた。そこで、その後に文章の表示速度を 85 ms/char と設定し、同一の参加者を対象として再度パイロットテストを行った。その結果、4 名の参加者全員から、適切な表示速度であるという意見が得られたため、本実験では文章の表示速度を 85 ms/char とした。

また、Masson ら [16] は、RSVP で文章を表示する際に、文末に 1 秒の遅延を挿入することは、遅延なしや 0.5 秒の遅延と比較して理解度と記憶が向上したことを明らかにしている。そのため、本実験で用いる 1 回の遅延の長さは 1 秒とした。

4.1.2 学習文と設問

本実験では、参加者の事前知識による再認テストの成績への影響をなくすために、大規模言語モデルを用いて作成した架空の文章を用いた (図 2)。ここで、歴史の学習では、重要単語を記憶する際に教科書や参考書の文章にハイ

ライトが行われていることから、本研究では歴史に関する文章を対象とした。文章は 2 つの架空の国についての歴史に関する内容とし、文章の文字数は 493 文字で、その内 18 単語を重要単語とした。実験参加者は、ランダムに割り当てられた手法で文章を学習し、その後、学習した文章に関する再認テストに解答した。

再認テストは、ハイライトされた重要単語の周辺情報を問題文として重要単語を解答する重要単語問題と、ハイライトされていない文章中で説明されている 2 つの単語の関係性を解答する関係性問題の 2 種類で構成した。重要単語問題では重要単語自体の記憶を、関係性を解答する関係性問題では重要単語以外の部分の文章の記憶にそれぞれの手法がどのように影響を与えているかを明らかにするために用いた。図 3 の Q1～Q5 が重要単語問題、Q6～Q10 が関係性問題であり、それぞれ 5 問ずつの合計 10 問のテストとした。問題は全て、選択肢が 5 つの選択問題とした。また、選択肢はランダムな順番で表示されるようにした。各問題 10 点とし、合計点は 100 点満点で、問題の種類ごとの得点は 50 点満点とした。

4.2 実験手順

本実験は、手法の練習・文章の学習・文章に関する再認テスト・待機・アンケートの順に進行する。

まずはじめに、各参加者にランダムに割り当てられた手法の練習を行ってもらった。参加者は提案手法のような表示方法に慣れていないと考えられるため、静的表示とハイライトを組み合わせた比較手法に比べて手法への慣れが結果に影響する可能性がある。そこで、手法に慣れてもらうことを目的として学習フェーズの前に、練習時間を設けた。練習では、地理の教科書の文章を参考に作成した、学習フェーズで使用する文章と関係のない短い文章を用いて、割り当てられた手法に慣れてもらった。練習時間の指定はなく、各参加者が割り当てられた手法に慣れたと判断した時点でボタンを押すと学習に進む形式とした。

練習終了後、各手法を用いた学習を行ってもらった。学習フェーズでは、1 つの文章 (図 2) を読んでもらった。提案手法では、1 つの文章を 2 回最初から最後まで逐次表示した。また、1 回目の表示が終了した 10 秒後に強制的に 2 回目の表示が始まり、2 回目の表示が終了した 10 秒後に待機画面に進むようにした。比較手法では、所定の時間内に文章を自由に読んでもらうようにした。提案手法では 1 回あたりの表示に 70 秒かかったため、学習フェーズの時間は両手法ともに合計で 140 秒とした。

学習フェーズ終了後、自動的に 15 秒間の待機画面に遷移し、その後、学習した文章に関する再認テストに解答してもらった。再認テスト後、学習時間や表示速度に関するアンケートおよび属性アンケートに回答してもらった。学習時間・表示速度に関するアンケートの回答には 7 段階リッ

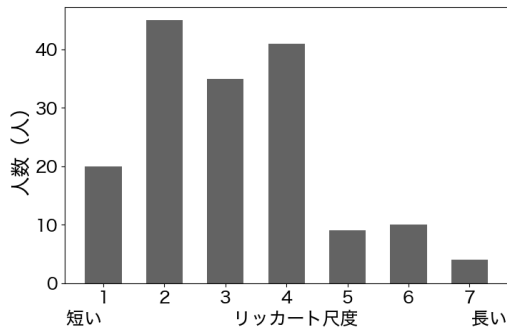


図 4 文章の学習時間に関するアンケート結果

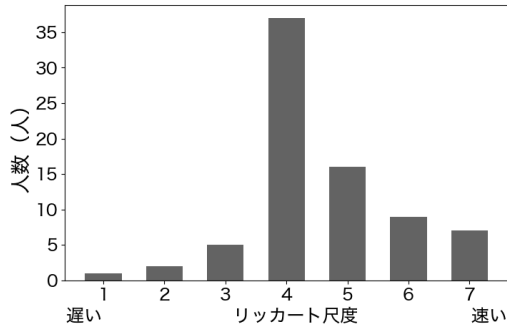


図 5 提案手法における文章の表示速度に関するアンケート結果

カート尺度を使用し、表示速度に関するアンケートは提案手法に割り当てられた参加者のみに回答してもらった。属性アンケートでは、参加者の性別と年齢を回答してもらった。アンケートの回答には時間制限を設けておらず、全ての質問項目に回答することで次に進むボタンが押せるようにした。

#### 4.3 実験参加者の募集

実験参加者の募集には、日本国内で広く利用されており高いタスク完了率とアカウントの信頼性がある Yahoo!クラウドソーシング (YCS) [20] を利用した。

ここでは、我々が過去に YCS を用いて実施した実験参加者のうち、回答品質が高いと判断された 426 名を対象に、男女それぞれ 100 名 (合計 200 名) の実験参加者を募集した。実験は 2025 年 11 月 22 日から 2025 年 11 月 25 日にかけて実施し、男女各 100 名の参加者が実験を完了した。

本実験の所要時間は 5 分程度であったため、地域の賃金基準に基づき、実験参加者に対する報酬として約 100 円分の PayPay ポイントを参加者のアカウントに付与した。

### 5. 結果

#### 5.1 実験参加者とデータの除外

200 名の参加者のうち、本実験では、実験の指示に従わなかった 3 名、テストの点数が平均  $\pm 2SD$  に含まれなかった 4 名、テストの解答時間が 60 秒未満で他の参加者と比べて過度に短かった 6 名、テストの解答時間が 300 秒以上と他の参加者と比べて過度に長かった 23 名の合計 36 名を

表 1 再認テストの平均点数 (点)

	重要単語問題	関係性問題	全体
提案手法	28.4	31.0	59.5
比較手法	29.4	31.3	60.7
全体	29.0	31.2	60.1

分析対象として適切でないと考え、除外した。その結果、200 名中 164 名 (男性 84 名、女性 80 名) が分析対象となった。また、分析対象とした提案手法群の人数は 77 名で、比較手法群の人数は 87 名であった。

#### 5.2 除外後の再認テストの点数

再認テストの平均点数と問題の種類ごとの平均点数を、手法別に求めた結果を表 1 に示す。重要単語問題において、提案手法群の平均点数が 28.4 点、比較手法群の平均点数が 29.4 点であった。重要単語問題の平均点の差について Welch の  $t$  検定を行った結果、統計的に有意な差は認められなかった ( $t = 0.481, p = 0.631$ ) ため、仮説 1 の提案手法は比較手法と同等の記憶効果があるという傾向が確認された。

また、関係性問題において、提案手法群の平均点数が 31.0 点、比較手法群の平均点数が 31.3 点であった。関係性問題の平均点の差について Welch の  $t$  検定を行った結果、統計的に有意な差は認められなかった ( $t = 0.104, p = 0.917$ ) ため、仮説 2 の提案手法群は比較手法群よりも重要単語以外の文章の記憶成績が優れているという傾向は確認されなかった。

#### 5.3 学習時間と表示速度

図 4 は、文章の学習時間に関する 7 段階リッカート尺度を用いたアンケートの結果を示した図である。回答が 1 に近いほど学習時間が短いと感じ、7 に近いほど学習時間が長いと感じたことを示している。7 段階中 1 から 3 と回答した参加者が 164 名中 100 名であったため、本実験で文章の学習時間として設定した約 140 秒は短いと感じる参加者が多かったと考えられる。

図 5 は、提案手法群における文章の表示速度に関する 7 段階リッカート尺度を用いたアンケートの結果を示した図である。回答が 1 に近いほど表示速度が遅いと感じ、7 に近いほど表示速度が速いと感じたことを示している。7 段階中 4 と回答した参加者は 77 名中 37 名であった。この 37 名は、文章の表示速度が適切であると感じたと考えられる。

#### 5.4 表示速度が適切と回答した参加者の点数

提案手法群において、表示速度が適切であると回答した参加者の学習成績を明らかにするために、文章の表示速度に関する 7 段階のリッカート尺度のアンケートで 4 (適切) と回答した提案手法群の参加者 37 名 (男性 19 名、女性 18



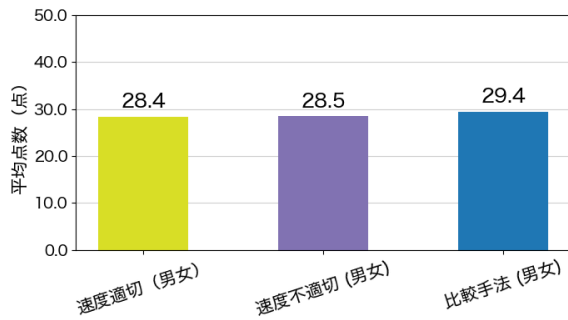


図 6 比較手法で学習した参加者と、提案手法で学習した参加者の表示速度に関するアンケート結果ごとの重要単語問題の平均点

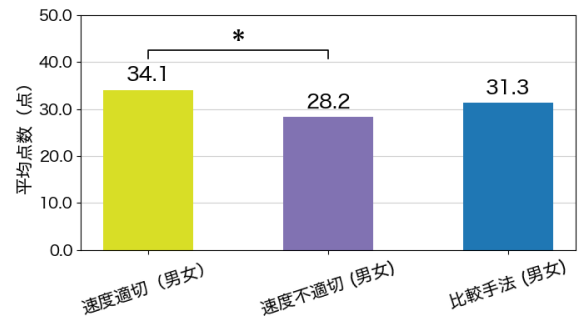


図 8 比較手法で学習した参加者と提案手法で学習した参加者の表示速度に関するアンケート結果ごとの関係性問題の平均点 (\*:  $p < .05$ )

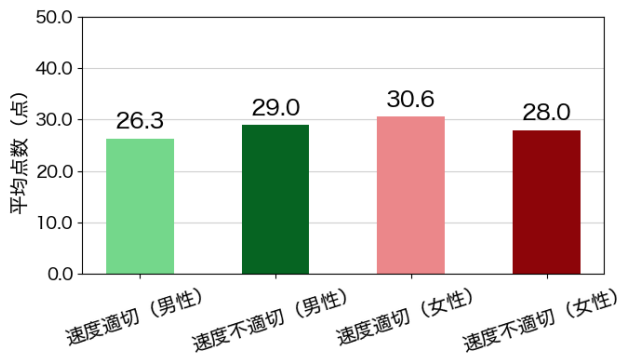


図 7 提案手法で学習した参加者の表示速度に関するアンケート結果ごとの重要単語問題の平均点 (男女別)

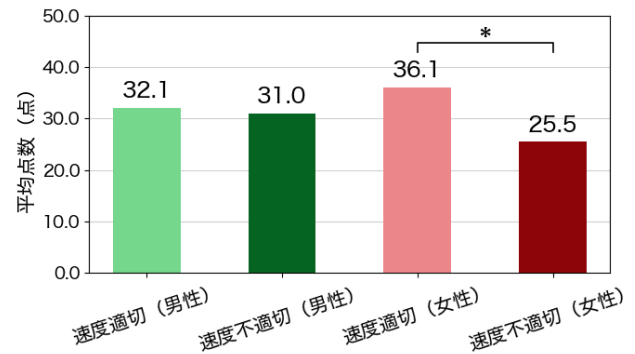


図 9 提案手法で学習した参加者の表示速度に関するアンケート結果ごとの関係性問題の平均点 (男女別) (\*:  $p < .05$ )

名)を適切群, 4 以外の値を回答した 40 名(男性 20 名, 女性 20 名)を不適切群に分け分析する。

図 6 に提案手法群で表示速度が適切・不適切であると回答した参加者と、比較手法群全員の重要単語問題の平均点数を示している。提案手法群の適切群の平均点数が 28.4 点, 比較手法が 29.4 点であった。提案手法群の適切群と比較手法群の平均点の差について Welch の  $t$  検定を行った結果, 統計的に有意な差は認められなかった ( $t = -0.420, p = 0.676$ )。そのため, 提案手法群の適切群においても, 仮説 1 の提案手法は比較手法と同等の記憶効果があるという傾向が確認された。また, 提案手法群の不適切群の平均点は 28.5 点であり, 適切群との差は見られなかった。

図 7 は重要単語問題についての, 提案手法群で表示速度が適切・不適切であると回答した参加者の平均点数を性別ごとに示したものである。適切群の内, 男性は 26.3 点, 女性は 30.6 点となり, 男性は比較手法群よりも低く, 女性は比較手法群よりも高い結果となった。

図 8 は関係性問題について, 提案手法群で表示速度が適切・不適切であると回答した参加者と比較手法群全員の平均点を示したものである。適切群の平均点が 34.1 点, 不適切群の平均点は 28.2 点で, 比較手法が 31.3 点であった。提案手法群の適切群と比較手法群で Welch の  $t$  検定を行った結果, 統計的に有意な差は認められなかった ( $t = 1.067, p = 0.289$ ) が, 提案手法群の適切群と不適切群

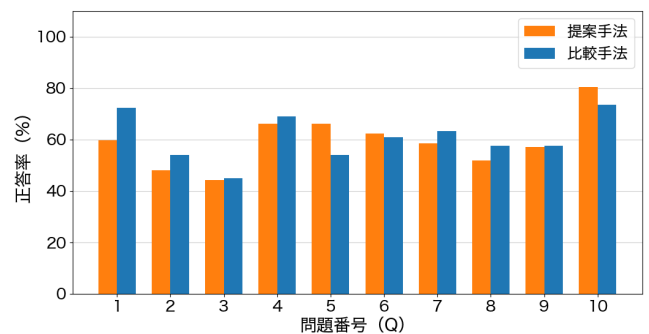


図 10 再テストの各問題の手法別正答率

で Welch の  $t$  検定を行った結果, 統計的に有意な差が認められた ( $t = 2.023, p = 0.047$ )。

図 9 は提案手法群で表示速度が適切・不適切であると回答した参加者の関係性問題の平均点数を性別ごとに示している。図 9 より適切群の内, 男性は 32.1 点, 女性は 36.1 点であり, 男女ともに比較手法よりも高い結果となった。また, 不適切群の女性の参加者は 25.5 点であり, 適切群の女性の参加者よりも 10.6 点低い結果となった。この差について, Welch の  $t$  検定を行った結果, 統計的に有意な差が認められた ( $t = 2.646, p = 0.012$ ) が, 男性に同様の傾向は見られなかった。

表 2 手法別の重要単語問題と関係性問題の問題番号ごとの正答率 (%)

問題番号 (Q)	重要単語問題					関係性問題				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
提案手法	59.7	48.1	44.2	66.2	66.2	62.3	58.4	52.0	57.1	80.5
比較手法	72.4	54.0	44.8	69.0	54.0	60.9	63.2	57.5	57.5	73.6
全体	66.5	51.2	44.5	67.7	59.8	61.6	61.0	54.9	57.3	76.8

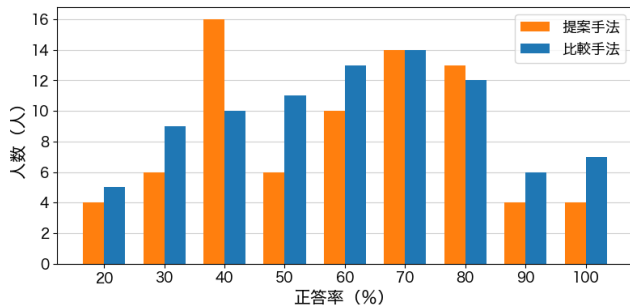


図 11 再認テストの正答率ごとの手法別参加者数

## 5.5 問題ごとの正答率と正答率ごとの参加者の分布

再認テストにおける参加者全体の問題の平均正答率は 60.1%, 重要単語問題は 57.9%, 関係性問題は 62.3%であった。図 10, 表 2 は再認テストの各問題の正答率を手法別に示したものである。重要単語問題では, Q1 の正答率が 66.5%, Q4 が 67.7%となり, 重要単語問題の平均と比べて 6.0%以上高い結果となった。また, Q3 の正答率は 44.5%となり, 重要単語問題の平均と比べて 15.0%以上低い結果となった。関係性問題では, Q10 の正答率が 76.8%となり, 関係性問題の平均と比べて 14%以上高い結果となった。手法ごとの各問題の正答率を比較すると, Q1 は提案手法群が 59.7%, 比較手法群が 72.4%, Q5 は提案手法群が 66.2%, 比較手法群が 54.0%であり, どちらも手法ごとの正答率に 10.0%以上の差がある結果となった。また, Q1 から Q3 にかけて, 提案手法群と比較手法群の正答率の差は小さくなり, Q5 では提案手法群の方が正答率が高い結果となった。

図 11 は再認テストの正答率ごとの参加者数を示したものである。比較手法では正規分布にしたがっているのに対して, 提案手法では正規分布となっておらず, 正答率が 40%である参加者が特に多い結果となった。

## 6. 考察

### 6.1 逐次表示と重要単語直前の遅延が単語の記憶に与える影響

表 1 より, 提案手法群と比較手法群は重要単語問題の成績に差がなく, 仮説 1 を支持する傾向が確認された。この結果は, 重要単語を記憶する際に, 重要単語にハイライトがされている文章を逐次的に表示し重要単語の直前に遅延を入れることが, 静的に表示することと同程度の有用性があることを示している。

本実験において, 提案手法群に割り当てられた参加者は

自身のペースで文章を読むことができず, 文章全体が表示されている時間が短かった。そのような状況にも関わらず, 提案手法と常に文章全体が表示されている比較手法の重要単語問題における成績に差が見られなかった原因は, 単語が表示される直前の遅延が語彙記憶に効果的であったからだと考えられる。しかし, 人によって適切な遅延の長さが異なる可能性がある。本実験では, 単語の理解と記憶に効果的と考えられるため遅延時間を 1 秒と設定した [16] が, 遅延の長さが適切でないと感じていた参加者が存在した可能性が考えられるため, 遅延の長さを変更した実験を行い, 遅延の長さが重要単語の記憶に及ぼす影響を明らかにする予定である。

### 6.2 表示速度が記憶成績に与える影響

表 1 より, 提案手法群と比較手法群の間には, 関係性問題における成績に差は認められず, 仮説 2 を支持する傾向は確認されなかった。この要因として, 逐次表示への慣れが不十分であったことと, 表示速度が固定されていたことの 2 点が考えられる。

逐次表示への慣れに関して, 本実験では短い文章で提案手法を体験してもらい, 参加者自身が操作の流れを確認し, 手法に慣れたと感じるタイミングで学習に進む形式とした。しかし, 静的表示とハイライトを組み合わせた比較手法に対する慣れと比べると, 提案手法への慣れは十分でなかったと考えられる。また, 提案手法の練習では, 「開始」ボタンを押して文章の表示を始めることで, すぐに学習フェーズへ進むことも可能であったため, 手法の練習が不十分のまま学習を行った参加者がいた可能性も考えられる。

表示速度について, 本実験ではパイロットテストの結果をもとに, 文章を 85 ms/char で表示した。しかし, 図 5 に示すように, 逐次表示における適切な表示速度には個人差がある。表示速度が不適切である場合に, 逐次表示の読みやすさは低下することが示されている [19] ように, 本実験では関係性問題において, 提案手法群で表示速度が適切であると回答した参加者と不適切であると回答した参加者で平均点数に統計的な有意差が見られた (図 8)。不適切な表示速度は文章の記憶に悪影響を及ぼすと考えられるため, 逐次表示を用いる場合は, 学習者が適切であると感じる表示速度に設定できるように必要がある。

図 9 より, 提案手法群における表示速度が適切であると回答した参加者と不適切であると回答した参加者とでは,

表示速度が適切であると回答した参加者の方が平均点数が高いという傾向が、特に女性の参加者において顕著であった。しかし、男性では、平均点数の差が1.1点であり、有意な差は見られなかった。この原因はサンプルサイズが不足していた可能性が考えられる。本実験では、仮説検証に必要なサンプルサイズである128名を満たす164名のデータが分析対象となった。しかし、探索的分析として行った、表示速度が適切と回答した参加者に限定した分析対象は37名であった。そのため、サンプルサイズの不足により、男性の参加者において有意差が見られなかった可能性がある。表示速度が適切である場合と不適切である場合の記憶成績に関して、十分なサンプルサイズを確保したうえで検証を行うことにより、こうした問題を検証可能であると考えられる。

### 6.3 逐次表示による認知負荷と成績の関係

提案手法では正答率が40%と、平均の60%よりも低い参加者が多かった(図11)。ここで、RSVPを用いた読書は作業負荷が高いことが知られている[21]。そのため、提案手法で正答率が40%の参加者が多かった原因は、比較手法よりも認知負荷の大きい提案手法を用いて学習することが、実験参加者のモチベーションを低下させ、記憶成績に影響を及ぼしたためであると考えられる。

また、ひとは文章を読む際に、注視している点から数単語先の情報を先読みしていることが明らかになっている[22]。しかし、提案手法では逐次的に文章が表示されるため、文章の表示が進行している部分を読み進めている場合、先読みができない。このことが提案手法のモチベーションを低下させる原因であった可能性も考えられる。

こうした点を明らかにするため、手法に慣れる時間を十分に確保し、手法に十分慣れた状態における記憶への影響についても検証していく必要がある。また、提案手法における負荷およびモチベーションの低下を考慮し、文章全体をあらかじめ薄く表示しつつ、逐次的に文章を1文字ずつ通常の濃さで表示するといったように、周辺視野を活用し、次に表示される内容がある程度把握可能とするといった工夫を検討予定である。

### 6.4 重要単語の位置と問題文による正答率への影響

図10、表2より、重要単語問題ではQ1とQ4が特に正答率が高い結果となった。Q1・4の答えはそれぞれ「オルデ鉱石」・「デルカ峠」となっており、どちらの単語も段落内で最後に出てくる重要単語であった(図2)。これは、最後に提示される情報が最初の方に提示される情報よりも記憶に残りやすいという親近効果[23]によるものであると考えられる。

関係性問題ではQ10の正答率が高い結果となった。Q10の解答は「敵対から共存へと移った」である。Q10の正答

率が高い原因は、他の問題文から答えを推測可能であった点が挙げられる。具体的には、Q4・5・9の問題文には「戦争終結」や「交易の再開」、「協定」などの敵対からの共存の流れを連想させるような単語が含まれているため、Q10は文章を記憶していなくても正答することができたと考えられる。

一方、重要単語問題のうちQ3は特に正答率が低い結果となった。Q3の答えは「アレイン谷」である。Q3の不正解の解答を選んだ参加者数はそれぞれ、「サルモ鉱山地帯」が33名、「オルセア峡谷」が28名、「エリダ高原地帯」が19名、「デルカ峠」が18名であった。「サルモ鉱山地帯」は答えの「アレイン谷」と文章の中で近い位置にあった。また、「アレイン谷」の近くには「オルセア公国」という単語があり、選択肢の「オルセア峡谷」に含まれる「オルセア」という単語が文章の中で近い位置に存在していた。このように、Q3では他の問題の選択肢と比較して、近い位置関係に存在する重要単語や重要単語の一部が選択肢として用意されていた。そのため、正確に記憶できていない参加者はQ3を正答することができず、Q3の正答率が下がったと考えられる。

また、重要単語問題において、Q1～Q5は学習に用いた文章中で解答となる単語が出現する順に並んでいる。Q1からQ3にかけて、提案手法群と比較手法群の正答率の差は徐々に小さくなり、Q5では提案手法群の方が高い正答率を示した。そのため、提案手法では文章の冒頭付近に存在する重要単語ほど記憶が困難であった可能性が示唆された。これは、6.2節で述べたように、実験参加者が提案手法に十分に慣れていなかったからであると考えられる。提案手法群では学習の初期段階において手法に十分に慣れておらず、学習に集中できていなかった可能性がある。

こうした問題からも実験設計においては、学習に用いる文章およびテストの問題文が正答率に与える影響を考慮するとともに、実験参加者が手法に十分に慣れたことを客観的に判断したうえで学習に進むことができるような実験設計を行い、提案手法が記憶に与える影響の検証を行う必要がある。

## 7. おわりに

本研究では、学習の語彙記憶に焦点を当て、重要単語の記憶を促しつつ、その周辺の文章の読み飛ばしを防ぐために、文章を逐次表示し、ハイライトした重要単語を表示する直前に遅延を挿入する表示手法を提案した。また、提案手法が重要単語の記憶と重要単語同士の関係性の記憶に有用であるかを検証するために、重要単語をハイライトした静的表示手法との比較実験を行った。実験の結果、重要単語の記憶および重要単語同士の関係性の記憶について提案手法と比較手法の間に差はみられなかった。しかし、提案手法においては、学習者に適切な文章の表示速度や遅延時

間に設定することによって、重要単語同士の関係性の記憶が向上する可能性が示唆された。

本研究では文章の逐次表示と重要単語直前の遅延に着目し、文章の表示速度を 85 ms/char、遅延の長さを 1 秒としていた。この表示速度や遅延の長さ、遅延の挿入位置などを変更すると、文章の提示速度が適切になり、重要単語や関係性に関する記憶を向上させたりすることができると考えられる。そこで、今後は文章の表示速度や遅延の長さを学習者にとって適切な速度にすること、遅延の挿入位置を重要単語の前ではなく後ろまたは両方にすること、重要単語を表示する速度は重要単語以外の文章よりも遅くするなどの変更による効果も検証予定である。また、本実験ではあらかじめ決められた単語を重要単語として学習したが、実際の学習では学習者自身がハイライトすることや、単語だけでなく文章をハイライトすることも考えられるため、今後は提案手法において学習者自身でハイライト箇所を決める場合の効果も検証予定である。さらに、本実験では、学習に用いる文章およびテストの問題文の内容が正答率に影響を与える可能性も示唆されたため、文章内容や問題文の影響を考慮した問題設計を行い、表示速度や遅延時間の違いが記憶に与える影響について検証する予定である。

## 参考文献

- [1] 文部科学省初等中等教育局修学支援・教材課：義務教育段階における 1 人 1 台端末の整備状況（令和 4 年度末時点）。[https://www.mext.go.jp/content/20230711-mxt\\_shuukyo01-000009827\\_01.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20230711-mxt_shuukyo01-000009827_01.pdf)（参照：2025/12/14）。
- [2] Chulpongsatorn, N., Lunding, M. S., Soni, N. and Suzuki, R.: Augmented Math: Authoring AR-Based Explorable Explanations by Augmenting Static Math Textbooks, *Proceedings of the 36th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, UIST '23 (2023).
- [3] Gunturu, A., Wen, Y., Zhang, N., Thundathil, J., Kazi, R. H. and Suzuki, R.: Augmented Physics: Creating Interactive and Embedded Physics Simulations from Static Textbook Diagrams, *Proceedings of the 37th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, UIST '24 (2024).
- [4] Rubin, G. and Turano, K.: Reading without Saccadic Eye Movements, *Vision Research*, Vol. 32, No. 5, pp. 895–902 (1992).
- [5] Lau, N. and Chu, V.: Enhancing Children's Language Learning and Cognition Experience through Interactive Kinetic Typography, *International Education Studies*, Vol. 8, No. 9, pp. 36–45 (2015).
- [6] Mayer, R.: Rote Versus Meaningful Learning, *Theory Into Practice*, Vol. 41, No. 4, pp. 226–232 (2002).
- [7] Joshi, N. and Vogel, D.: Constrained Highlighting in a Document Reader can Improve Reading Comprehension, *Proceedings of the 2024 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '24 (2024).
- [8] Sinclair, G., Healy, A. and Bourne, L.: Facilitating Text Memory with Additional Processing Opportunities in Rapid Sequential Reading, *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, Vol. 15, No. 3, pp. 418–431 (1989).
- [9] Busler, J. and Lazarte, A.: Reading Time Allocation Strategies and Working Memory Using Rapid Serial Visual Presentation, *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, Vol. 43, No. 9, pp. 1375–1386 (2017).
- [10] Ponce, H. and Mayer, R.: An eye movement analysis of highlighting and graphic organizer study aids for learning from expository text, *Computers in Human Behavior*, Vol. 41, pp. 21–32 (2014).
- [11] Ponce, H., Mayer, R. and Méndez, E.: Effects of Learner-Generated Highlighting and Instructor-Provided Highlighting on Learning from Text: A Meta-Analysis, *Educational Psychology Review*, Vol. 34, No. 4, pp. 989–1024 (2022).
- [12] Fowler, R. and Barker, A.: Effectiveness of highlighting for retention of text material., *Journal of Applied Psychology*, Vol. 59, No. 3, pp. 358–364 (1974).
- [13] Yue, C., Storm, B., Kornell, N. and Bjork, E.: Highlighting and Its Relation to Distributed Study and Students' Metacognitive Beliefs, *Educational Psychology Review*, Vol. 27 (2015).
- [14] 青木 柊八, 中村 聡史: 視線に連動したばかし深度制御を用いた単語の記憶容易性向上システムの開発と検証, 情報処理学会研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), Vol. 2025-HCI-212, No. 41, pp. 1–8 (2025).
- [15] Forster, K.: Visual Perception of Rapidly Presented Word Sequences of Varying Complexity, *Perception & Psychophysics*, Vol. 8, pp. 215–221 (1970).
- [16] Masson, M.: Conceptual Processing of Text During Skimming and Rapid Sequential Reading, *Memory & Cognition*, Vol. 11, No. 3, pp. 262–274 (1983).
- [17] Soares, E., Read, K. and Zylstra, D.: Using Strategic Pauses During Shared Reading with Preschoolers: Time for Prediction Is Better than Time for Reflection when Learning New Words, *First Language*, Vol. 39 (2019).
- [18] Liu, D.: The Effects of Segmentation on Cognitive Load, Vocabulary Learning and Retention, and Reading Comprehension in a Multimedia Learning Environment, *BMC Psychology*, Vol. 12, No. 1, p. 4 (2024).
- [19] Uetsuki, M., Watanabe, J., Ando, H. and Maruya, K.: Reading Traits for Dynamically Presented Texts: Comparison of the Optimum Reading Rates of Dynamic Text Presentation and the Reading Rates of Static Text Presentation, *Frontiers in Psychology*, Vol. 8, p. 1390 (2017).
- [20] Seaborn, K. and Nakamura, S.: Quality and Representativeness of Research Online with Yahoo! Crowdsourcing, *Frontiers in Psychology*, Vol. 16 (2025).
- [21] Benedetto, S., Carbone, A., Pedrotti, M., Le Fevre, K., Yahia Bey, L. and Baccino, T.: Rapid Serial Visual Presentation in Reading: The Case of Spritz, *Computers in Human Behavior*, Vol. 45 (2015).
- [22] Rayner, K.: The Perceptual Span and Peripheral Cues in Reading, *Cognitive Psychology*, Vol. 7, No. 1, pp. 65–81 (1975).
- [23] Glaser, M. and Cunitz, A.: Two Storage Mechanisms in Free Recall, *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, Vol. 5, No. 4, pp. 351–360 (1966).