Vol.2026-HCI-220 No.37
Vol.2026-UBI-92 No.37
2026/11/27

文章の逐次表示が語彙記憶に及ぼす影響：表示速度の事前調整の効果

宮本 快士[1,a)]　中村 聡史[1]

概要：文章の学習では，重要単語だけでなく，単語間の関係性を示す周辺内容を記憶することも重要である．しかし，重要単語へのハイライトは，周辺内容の読み飛ばしにつながる可能性がある．我々はこれまで，ハイライトによる読み飛ばしを防ぐ手法として，文章を 1 文字ずつ逐次表示し，重要単語の直前に短い遅延を挿入する手法を提案した．前回の実験から，適切な速度には個人差があり，表示速度を適切と評価した参加者は関係性問題の成績が高いことが明らかとなった．そこで本研究では，学習前に表示速度を調整できるようにし，静的な表示と比較した．その結果，重要単語問題および関係性問題の成績について，提案手法と静的表示手法の間に差は認められなかった．一方，提案手法群において，85 ms/char より速い速度を選択した群は 85 ms/char を選択した群よりも重要単語問題の得点が有意に高かった．この結果から，遅延を用いた逐次表示では，学習者が選択する表示速度と重要単語の記憶成績との間に関連があることが示唆された．

1. はじめに

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，歴史上の人物などの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，その周辺内容を読み飛ばす可能性がある．重要単語の関係性を含む周辺内容を学習することは，学習したことを新たな問題へ応用する上で有用である [1]．そのため，重要単語を記憶するだけでなく，重要単語同士の関係性を示す周辺内容も読み飛ばすことなく学習することが重要である．一方，関係性を示す箇所に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 [2]．そのため，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，デジタル環境では，動的な表示のような紙の教科書では困難な，表示方法の工夫ができる．その一つとして，文章を逐次的に表示し，新たに表示される箇所へ学習者の視線を誘導することで，文章の読み飛ばしを防ぐ方法がある．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，文章の記憶成績が向上することが明らかになっている [3,4]．これらを踏まえ，逐次表示と遅延の挿入を組み合わせることで，重要単語の記憶を向上させつつ，文章の読み飛ばしを防ぐことができると期待される．

こうした問題を踏まえ，我々はこれまでに，図 1 のように，ハイライトをした文章を逐次的に表示するとともに，重要単語の直前に遅延を挿入する手法を提案した [5]．実験では，重要単語以外の文章の表示速度は 85 ms/char に固定しており，表示速度が適切であると回答した参加者は，適切でないと回答した参加者よりも，重要単語の関係性を問う問題の成績が高かった．この結果から，学習者が適切と感じる表示速度に調整することで，提案手法による重要単語間の関係性の記憶を促進できる可能性がある．

そこで本研究では，学習前に学習者が適切と感じる表示速度に調整できるようにした提案手法と，重要単語をハイライトした文章を静的に表示する従来手法との比較実験を行う．これにより，学習者が事前に調整した速度を用いる提案手法が，重要単語および重要単語の関係性の記憶に及ぼす影響を検証する．

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，ハイライトなしの場合よりも重要単語の記憶成績が向上することが明らかになっている [6–8]．一方，Yue ら [9] は，ハイライトされている単語とそれ以外の単語で記憶成績に差はないこと

[1] 明治大学
Meiji University
[a)] miyamoto@nkmr-lab.org

© 2026 Information Processing Society of Japan

を明らかにしている．また，青木ら [10] 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成績が向上することを明らかにしている．

本研究は，重要単語の関係性を示す周辺内容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

Forster [11] 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 [3, 4, 12]．

Read ら [13] 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 [14] 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，我々はこれまで，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した．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．

2.3 文章の表示速度と学習者による調整

Di Nocera ら [15] は，通常の読書と複数の表示速度による RSVP を比較し，高速な提示条件では文章の理解成績が低下することを明らかにしている．また，Uetsuki ら [16] は，日本語文章の動的表示において，複数の表示速度に対する主観評価から個人ごとの好ましい表示速度を推定し，黙読時の読書速度との間に相関があることを明らかにしている．

学習者自身による表示速度の調整を取り入れた研究として，Andreessen ら [17] は，単語ごとに提示される文章について，参加者が事前に快適と感じる速度を調整し，その速度と 40%速めた速度を比較した．実験の結果，速めた条件では認知的負荷が高くなった一方，文章の理解成績には差は見られなかった．

このように，文章の逐次表示では，表示速度が文章の理解や読みやすさ，認知的負荷に影響することが明らかとなっている．そのため，文章の表示速度を設定する際には，学習者ごとの読書特性を考慮することが必要であると考えられる．本研究では，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や，重要単語の直前に遅延を挿入する点でこれらの研究とは異なる．

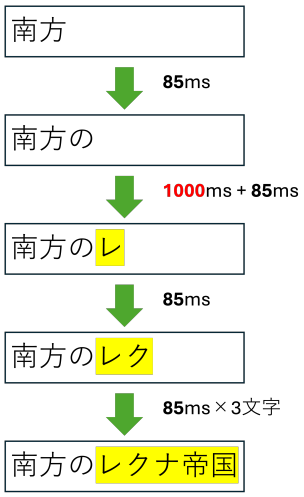

図 1 提案手法による文章表示の例（表示速度を 85 ms/char とした場合）

3. 実験

本実験では，提案手法が重要単語および単語間の関係性の記憶に及ぼす影響を明らかにするために，文章の学習後に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**：提案手法と比較手法では，重要単語の記憶成績に差がない．
- **仮説 2**：提案手法は，比較手法よりも単語間の関係性の記憶成績が高い．

3.1 実験設計

3.1.1 文章の表示方法

本実験では，これまでの研究 [5] で提案した，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た手法に，学習前の表示速度調整を導入した．以下では，この手法を提案手法と呼ぶ．

提案手法では，図 1 に示すように，画面に文章が表示されていない状態から 1 文字ずつ順に表示し，ハイライトを付与した重要単語の直前で 1000 ms の遅延を挿入する．表示済みの文字は画面上に残り，文章全体が表示されるまで新たな文字が順次追加される．

表示速度の調整には図 2 に示す画面を用いた．参加者は調整用文章の逐次表示を確認しながらスライダーを操作し，読みやすいと感じる速度を選択した．1 文字あたりの表示間隔を 50 ms/char から 120 ms/char まで 5 ms 刻みで

© 2026 Information Processing Society of Japan



図 2　提案手法の速度調整画面

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。皇帝ガルディアス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 3　学習に用いた文章

選択できるようにした．初期値は 85 ms/char とし，画面には選択中の表示速度と，1 秒あたりに表示される文字数の目安を提示した．参加者は，「この速度で確定して次へ」ボタンを押して表示速度を確定した．

調整画面には，「速度調整のための文章」という見出しと，「このページでは、文章の表示速度を調整します。自分にとって読みやすく、内容を追えると感じる速さに合わせてください。」という，学習文とは関係のない短い文章を提示した．調整用文章には重要単語を設けず，すべての文字を選択した表示間隔で逐次表示した．なお，画面には遅延を挿入する旨の説明が表示されていたが，実際には挿入されていなかった．

比較手法では，文章全体を初めから静的に表示し，提案手法と同じ重要単語にハイライトを付与した．

3.1.2　学習文と設問

本実験では，我々のこれまでの研究 [5] と同一の学習文および設問を用いた．学習文は，事前知識が成績に及ぼす影響を抑えるため，大規模言語モデルを用いて作成した，2 つの架空の国の歴史に関する文章である（図 3）．文章は

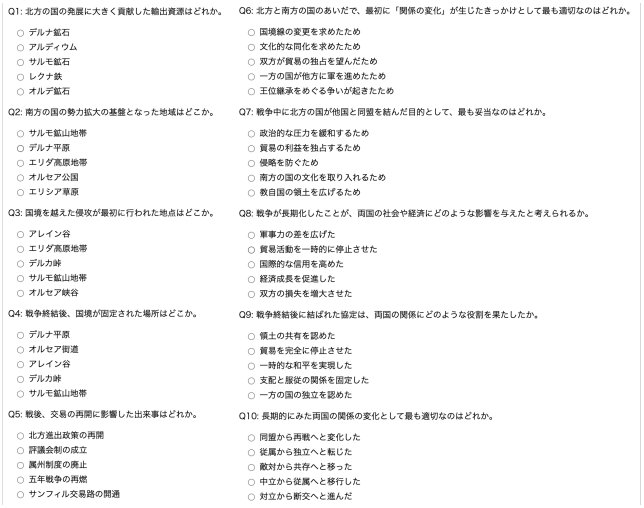

図 4　再認テストに用いた問題

493 文字で構成され，18 単語を重要単語としてハイライトを付与した．

再認テストは，重要単語問題と関係性問題の 2 種類で構成した．重要単語問題では，重要単語の周辺情報を手がかりとして，該当する重要単語を選択させた．関係性問題では，ハイライトされていない周辺文章に記述された 2 つの単語の関係性を選択させた．これらにより，重要単語および単語間の関係性の記憶度合いを評価した．

図 4 の Q1〜Q5 が重要単語問題，Q6〜Q10 が関係性問題であり，各 5 問の計 10 問とした．すべての問題を 5 肢選択式とし，問題の提示順および各問題の選択肢の並び順をランダム化した．各問題の正答に 1 点を与え，各問題種別では 5 点満点，合計 10 点満点とした．

3.1.3　手法の練習と学習の条件

表示手法への慣れが結果に影響する可能性を考慮し，両手法とも学習前に練習を設けた．練習には，地理の教科書の文章を参考に作成した，学習文とは関係のない短い文章を用いた．

学習時間は，最も遅い表示速度である 120 ms/char で学習文を 2 回提示し，各提示後の 10 秒間の待機を含めた所要時間に基づき，両手法とも約 175 秒に統一した．提案手法では，参加者が選択した表示速度で文章を逐次表示し，表示終了後に 10 秒間の待機を挟んで，文章を再び最初から提示した．この提示を学習時間内で繰り返したため，速い表示速度を選択した参加者には 3 回目の提示も行われた．所定の学習時間に達した時点で，文章が表示途中であっても学習を終了するようにした．比較手法では，文章全体を静的に表示し，学習時間内に自由に読むよう指示した．

3.1.4　実験後アンケート

学習時間に対する主観評価と参加者の属性を把握するため，アンケートを実施した．また，提案手法群には，表示速度に対する主観評価にも回答してもらった．

学習時間に関する質問には，1 に近いほど短く，7 に近い

© 2026 Information Processing Society of Japan

ほど長いと評価する 7 段階尺度を用いた．表示速度に関する質問には，1 に近いほど遅く，7 に近いほど速いと評価する 7 段階尺度を用いた．属性に関するアンケートでは，参加者の性別と年齢を回答してもらった．

3.2 実験手順

本実験は，手法の練習，文章の学習，待機，再認テスト，アンケートの順に実施した．各参加者には，提案手法または比較手法をランダムに割り当てた．提案手法に割り当てられた参加者のみ，練習前に速度調整画面で読みやすいと感じる表示速度を選択してもらい，確定した速度を練習および学習に用いた．

次に，参加者は練習用文章を用いて，割り当てられた手法の練習を行った．練習時間に制限は設けず，参加者自身が手法に慣れたと判断した時点でボタンを押すことで，学習フェーズに進んでもらった．

学習フェーズでは，割り当てられた手法で図 3 に示す文章を約 175 秒間学習した．学習終了後，自動的に 20 秒間の待機画面に遷移し，その後，学習文に関する再認テストに解答してもらった．

再認テスト終了後，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．アンケートの回答時間に制限は設けず，すべての質問項目への回答後に，次へ進むボタンを押せるようにした．最後に，参加者に画面に表示される確認コードとユーザ ID を募集サイトに入力してもらい，実験を終了した．

3.3 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 [18] を利用した．

ここでは，男女それぞれ 200 名（合計 400 名）の実験参加者を募集した．実験は 2026 年 2 月 16 日から 2026 年 2 月 17 日にかけて実施し，男女各 200 名の参加者が実験を完了した．

本実験の所要時間は約 6 分であり，地域の賃金基準に基づいて，報酬を約 120 円分の PayPay ポイントとした．実験終了後，所定の確認コードとユーザ ID を入力した参加者のうち，確認コードが正しいことを確認できた参加者に対し，報酬を付与した．

4. 結果

4.1 実験参加者とデータの除外

本実験では，実験終了後に所定の確認コードとユーザ ID を入力した 400 名を対象に，以下の基準に基づいて分析対象からの除外を行った．

まず，入力されたユーザ ID が実際のユーザ ID と一致しない参加者を除外した．ユーザ ID の不一致には入力ミスなどの可能性もあるが，参加者と実験データとの対応を確認できないため，分析対象から除外した．

テストの解答時間が極端に短い場合には，問題文や選択肢を十分に確認せずに解答した可能性がある．一方，極端に長い場合には，学習フェーズ中に別の作業を行っており，テスト画面への遷移にすぐに気付かなかった可能性や，学習文のスクリーンショットを撮影し，それを参照しながら解答していた可能性が考えられる．これらの可能性を考慮し，解答時間が平均値 ±2SD の範囲外であった参加者を分析対象から除外した．

また，再認テストの正答率が 20%以下であった参加者を除外した．本実験の再認テストは，各問に正答が 1 つある 5 択の選択式問題 10 問で構成されており，各選択肢を等確率で選ぶ場合の正答率の期待値は 20%である．この水準以下の成績であった参加者には，学習文や設問を十分に確認せずに回答した参加者が含まれる可能性があるためである．

以上の基準により，ユーザ ID が一致しなかった 2 名，解答時間が基準の範囲外であった 18 名，正答率が 20%以下であった 47 名の合計 67 名を除外した．その結果，333 名（男性 170 名，女性 162 名，性別無回答 1 名）が分析対象となった．手法別の人数は，提案手法群 146 名，比較手法群 187 名であった．

表 1 再認テストの平均点数（点）

	重要単語問題	関係性問題	合計得点
提案手法	3.19	3.42	6.62
比較手法	3.39	3.55	6.93
全参加者	3.30	3.49	6.79

4.2 再認テストの成績

再認テストの問題の種類ごとおよび合計の平均点数を，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 3.19 点，比較手法群の平均点数が 3.39 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（$t = 1.28, p = 0.203$）．そのため，提案手法と比較手法では，重要単語の記憶成績に差がないという仮説 1 の可能性が示唆された．

また，関係性問題において，提案手法群の平均点数が 3.42 点，比較手法群の平均点数が 3.55 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（$t = 0.80, p = 0.422$）．そのため，提案手法群は比較手法群よりも単語間の関係性の記憶成績が優れているという仮説 2 は支持されなかった．

4.3 選択した表示速度の分布と参加者の年齢構成

手法間の比較に加え，学習前に選択された表示速度と記憶成績との関係を探索的に検討した．本節では，選択速度

© 2026 Information Processing Society of Japan

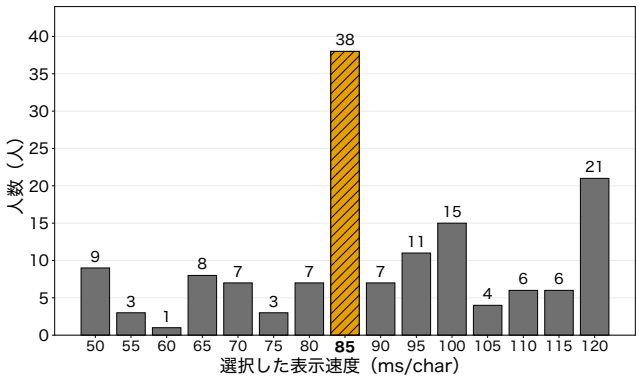

図 5 提案手法群における学習前に選択した表示速度の分布（オレンジ色の斜線付きの棒は，初期値の 85 ms/char を示す）

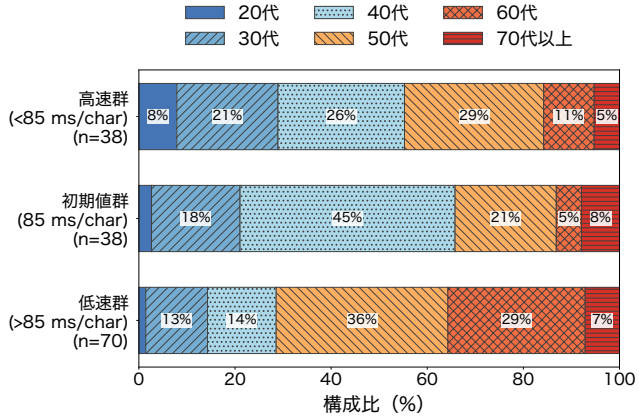

図 6 表示速度群別の参加者の年齢構成（数値は各群内の割合を整数に四捨五入した値であり，5%以上の項目のみ表示）

の分布と速度群ごとの年齢構成を示す．4.4 節では初期値と同じ速度を選択したかどうかによる比較を，4.5 節では初期値を基準とした表示速度の速さによる記憶成績の比較を示す．

提案手法群 146 名が学習前に選択した表示速度の分布を図 5 に示す．以下では，表示速度の初期値である 85 ms/char を基準として，それより速い速度を選択した参加者を高速群，初期値と同じ速度を選択した参加者を初期値群，それより遅い速度を選択した参加者を低速群と呼ぶ．

選択された表示速度は 50 ms/char から 120 ms/char の範囲に分布し，最も多く選択されたのは初期値である 85 ms/char で，38 名（26.0%）であった．次いで，120 ms/char が 21 名（14.4%），100 ms/char が 15 名（10.3%）であった．初期値を基準とした各群の人数は，高速群 38 名（26.0%），初期値群 38 名（26.0%），低速群 70 名（47.9%）であった．

各速度群の年齢構成を図 6 に示す．高速群では 50 代が 11 名（28.9%）と最も多く，次いで 40 代が 10 名（26.3%）であった．初期値群では 40 代が 17 名（44.7%）と最も多かった．一方，低速群では 50 代が 25 名（35.7%），60 代が 20 名（28.6%）であり，この 2 つの年代が群内の 64.3% を占めた．

表 2 選択速度が初期値と一致する群と一致しない群の平均得点（点）

	重要単語問題	関係性問題	合計得点
初期値群	2.79	3.32	6.11
速度調整群	3.33	3.46	6.80

4.4 表示速度の初期値選択と記憶成績

初期値と同じ表示速度を選択したかどうかと記憶成績の関係を探索的に検討するため，高速群と低速群を合わせた 108 名を速度調整群と定義し，初期値群 38 名との比較を行った．また，静的表示による成績との関係を確認するため，比較手法群も分析に含めた．

初期値群と速度調整群の平均得点を表 2 に示す．重要単語問題の平均得点は，初期値群で 2.79 点，速度調整群で 3.33 点であった．関係性問題の平均得点は，それぞれ 3.32 点，3.46 点，合計得点の平均は，それぞれ 6.11 点，6.80 点であった．

比較手法群，初期値群，速度調整群の 3 群を対象に，重要単語問題，関係性問題および合計得点について Welch の一元配置分散分析を行った．また，各群間の比較には Welch の t 検定を用い，各評価項目における 3 組の比較に対して Holm 法による多重比較補正を行った．重要単語問題では，群間に統計的に有意な差が認められた（$F(2, 100.84) = 3.24,\ p = 0.043$）．群間比較の結果，比較手法群は初期値群よりも平均得点が有意に高かった（Holm 補正後 $p = 0.043$）．一方，速度調整群と初期値群の間（Holm 補正後 $p = 0.070$），および比較手法群と速度調整群の間（Holm 補正後 $p = 0.757$）には，有意な差は認められなかった．関係性問題および合計得点では，群間に統計的に有意な差は認められなかった（関係性問題：$F(2, 103.58) = 0.57,\ p = 0.566$；合計得点：$F(2, 106.71) = 2.92,\ p = 0.058$）．また，これらの得点について，Holm 補正後の群間比較でも，いずれの組み合わせにも有意な差は認められなかった．

4.5 選択した表示速度の速さと記憶成績

選択した表示速度の速さと記憶成績との関係を探索的に分析するため，提案手法群を高速群，初期値群，低速群の 3 群に分けて成績を比較した．各群の問題種別ごとの平均得点を図 7 に示す．重要単語問題の平均得点は，高速群で 3.66 点，初期値群で 2.79 点，低速群で 3.16 点であった．関係性問題の平均得点は，それぞれ 3.58 点，3.32 点，3.40 点，合計得点の平均は，それぞれ 7.24 点，6.11 点，6.56 点であった．

これらの 3 群を対象に，重要単語問題，関係性問題および合計得点について，Welch の一元配置分散分析を行った．また，各群間の比較には Welch の t 検定を用い，各評価項目における 3 組の比較に対して Holm 法による多重比較補

© 2026 Information Processing Society of Japan

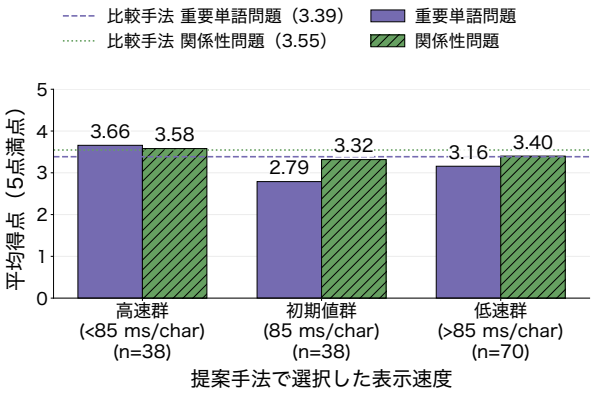

図 7 提案手法群における選択した表示速度別の平均得点（破線と点線はそれぞれ比較手法群の重要単語問題と関係性問題の平均得点を示す）

正を行った．重要単語問題では，群間に統計的に有意な差が認められた（$F(2, 81.51) = 4.05,\ p = 0.021$）．群間比較の結果，高速群は初期値群よりも平均得点が有意に高かった（補正後 $p = 0.017$）．一方，高速群と低速群の間，および初期値群と低速群の間には，有意な差は認められなかった（それぞれ補正後 $p = 0.147,\ p = 0.182$）．関係性問題および合計得点では，群間に統計的に有意な差は認められなかった（関係性問題：$F(2, 80.78) = 0.35,\ p = 0.706$；合計得点：$F(2, 80.40) = 2.69,\ p = 0.074$）．また，これらの得点について，Holm 補正後の群間比較でも，いずれの組み合わせにも有意な差は認められなかった．

5. 考察

5.1 表示速度の事前調整を取り入れた提案手法の有効性

本研究では，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た手法に，学習前の表示速度調整を導入し，静的表示手法との比較を行った．その結果，重要単語問題および関係性問題のいずれにおいても，両手法の平均得点に統計的に有意な差は認められなかった．そのため，今回の実験条件では，提案手法が静的表示手法よりも記憶成績を向上させることは確認されなかった．

提案手法では，文章を逐次表示することで読み飛ばしを抑え，重要単語以外の内容にも注意を向けることを意図していた．しかし，関係性問題では提案手法群と比較手法群の平均得点に有意な差は認められず，仮説 2 は支持されなかった．本実験では読解中の視線や注意の向け方を測定していないため，逐次表示によって読み飛ばしが抑制されたか，また，読み飛ばしの抑制が関係性の記憶に効果的であったかは明らかでない．

今後は，再認テストによる評価に加えて読解中の視線などを計測し，表示手法が読み方に与える影響と記憶成績との関係も検討する必要がある．

5.2 学習前の速度選択と学習後の主観評価

学習後に実施した表示速度に関する 7 段階尺度のアンケートでは，提案手法群 146 名のうち，中間値の 4 を選択した参加者は 95 名，遅い側の評価である 1 から 3 を選択した参加者は 15 名，速い側の評価である 5 から 7 を選択した参加者は 36 名であった．このように，学習前に読みやすいと感じる表示速度を選択していても，51 名（34.9%）が学習後には遅い側または速い側の評価を選択した．そのため，学習前に選択した表示速度が，学習後にも速すぎず遅すぎないと評価されるとは限らないことがわかる．このことより，速度調整時の確認が十分でなかった可能性が考えられる．参加者が調整用文章を十分に読まずに速度を確定した場合，実際に学習を行う中で，選択した速度を速い，あるいは遅いと感じた可能性がある．

また，調整用文章は，学習用の文章よりも短く，重要単語の直前に挿入する遅延も設けていなかった．このような表示条件の違いにより，調整時に読みやすいと感じた速度と，学習時に適切と感じる速度が異なった可能性がある．そのため，速度調整時にも重要単語のハイライトと遅延挿入を含む文章を提示し，学習時に近い条件で速度を選択できるようにすることが改善案として考えられる．

一方，学習中に適切と感じる速度が変化した可能性も考えられる．例えば，疲労によってより遅い表示速度を求めるようになることや，表示方法への慣れにより，より速い表示速度でも読み進められるようになった可能性がある．また，同一の文章内でも，漢字や知らない単語の割合，重要単語の集中度，内容の複雑さなどによって，読み取りや記憶に必要な時間が異なり，一定の表示速度では読みやすさにばらつきが生じた可能性がある．そのため，学習中に速度を変更できる仕組みについても検討していく必要がある．

5.3 選択した表示速度と記憶成績の関係

提案手法群において，高速群は初期値群よりも重要単語問題の平均得点が有意に高かった．一方，高速群と低速群の間，および初期値群と低速群の間には，有意な差は認められなかった．この結果には，学習者の読書特性，年齢構成，および読解中の視線の位置の違いが関係した可能性がある．

まず，本実験では参加者自身が表示速度を選択しているため，文章を速く処理できる参加者が速い表示速度を選択した可能性がある．この場合，高速群の成績が高かったことは，表示速度を速めた効果ではなく，速度の選択と記憶成績の関係の個人差を反映している可能性がある．ただし，本実験では事前テストなどで参加者の読書速度や読解能力を測定していないため，これらの特性と選択速度，記憶成績との関係は今後検討する必要がある．

また，速度群ごとの年齢構成にも違いが見られた．例え

© 2026 Information Processing Society of Japan

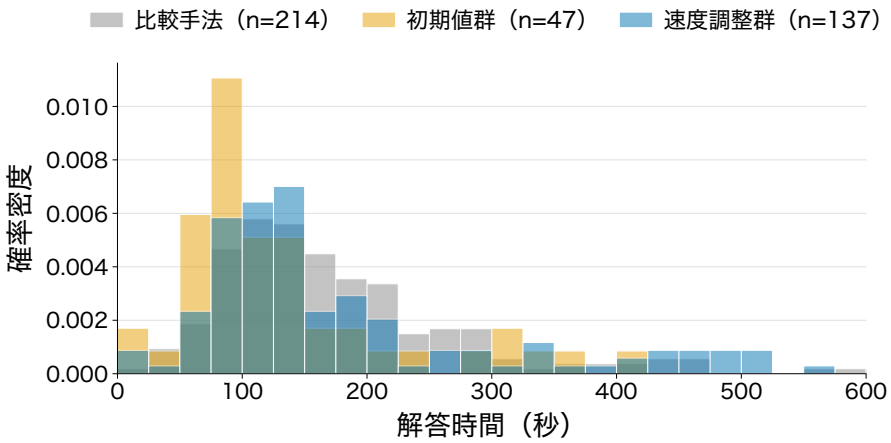

図 8 比較手法・初期値群・速度調整群の解答時間分布（ID 不一致の 2 名のみ除外，表示範囲 0〜600 秒）

ば，高速群では 40 代以下が 55.3%を占めたのに対し，低速群では 50 代および 60 代が 64.3%を占めた．こうした年齢構成の違いも，選択された表示速度と記憶成績との関係を解釈する際に考慮する必要がある．今後は，年齢や読書特性を考慮した分析を行い，これらの要因と表示速度，記憶成績との関係を検討する必要がある．

さらに，本手法では表示済みの文字が画面上に残るため，参加者が常に新たな文字の表示位置を注視していたとは限らない．新たな文字が表示される位置よりも手前の部分を読んでいた場合，注視位置より先の文字もすでに表示されており，それらの情報を利用できた可能性がある．Luke [19] は，注視している単語の次の単語が事前に見える条件では，見えない条件よりも単語の注視時間が短くなることを明らかにしており，先読みが単語の処理を促すことを示唆している．本実験でも，表示速度と読書速度との関係によっては，このような情報を利用しやすい状況が生じていた可能性がある．

加えて，重要単語の直前に挿入した遅延の間には，学習者がそれまでの文章を読み返したり，内容を整理したりしていた可能性もある．このように，選択した表示速度や遅延条件によって，学習者の読み方が異なり，記憶成績に関係した可能性がある．

今後は，学習者が選択した速度とその前後の速度，および遅延の長さや挿入位置を変えた条件で視線を計測し，注視位置や読み返しなどの読み方と記憶成績との関係を検討する．これにより，語彙の記憶を支援する読み方と，その読み方を促す表示方法を明らかにすることを目指す．

5.4 パラメータの調整を用いたアテンションチェックの可能性

提案手法群 146 名のうち，38 名が表示速度の初期値である 85 ms/char を選択した．初期値群は比較手法群よりも重要単語問題の平均得点が有意に低かった．一方，初期値群の平均得点は速度調整群よりも低かったものの，統計的に有意な差は認められなかった．

ここで，ユーザ ID が一致しなかった 2 名を除く 398 名を対象に，比較手法群，初期値群，速度調整群それぞれの再認テストの解答時間の分布を図 8 に示す．初期値群は比較手法，速度調整群と比較して，解答時間が 100 秒未満と比較的短い解答時間である参加者の割合が高い．そのため，初期値を選択した参加者の中には，複数の表示速度を十分に確認せずに速度を確定した参加者が含まれていた可能性がある．また，初期値群は重要単語問題において比較手法よりも点数が低く，解答時間が比較的短い参加者の割合も大きいことから，学習や再認テストに真剣に取り組んでいなかった可能性がある．そのため，本実験のようにパラメータを変化させる実験では，パラメータを初期値から調整したかをアテンションチェックとして用いることができる可能性が考えられる．

しかし，本実験では速度の変更回数や操作履歴をとっていないため，初期値が自身に適していると判断した場合や，他の速度を試した後に初期値を選択した場合も考えられる．そのため，今後は速度の変更回数，調整画面での滞在時間を記録し，表示速度を選択するまでの過程を把握する必要がある．そのうえで，別途設けたアテンションチェックの結果との関係を調査し，パラメータを調整することがアテンションチェックとして用いることが可能であるかを明らかにすることができると考えられる．

5.5 関係性問題の設計

本実験では，提案手法と比較手法や初期値群と速度調整群などの比較において，関係性問題の点数に有意な差は認められなかった．この結果の要因として，関係性問題が測定する内容の範囲が限定的であった可能性が考えられる．

図 4 の Q6〜Q10 に示すように，本実験で用いた関係性問題は，主に北方の国と南方の国の関係性を問う問題で

© 2026 Information Processing Society of Japan

あった．そのため，国名以外の場所名や制度名など，重要単語同士の多様な関係を記憶できているかについて十分に評価できていなかった可能性が考えられる．今後は，国名と場所名や制度名などの関係性を選択肢から選ぶ問題を追加し，より多様な重要単語間の関係性を対象として，提案手法の有効性を検証していく予定である．

6. おわりに

本研究では，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た手法に，学習前の表示速度調整を導入し，静的表示手法との比較実験を行った．実験では，重要単語および単語間の関係性の記憶を再認テストによって評価した．実験の結果，重要単語問題および関係性問題のいずれにおいても，両手法の平均得点に統計的に有意な差は認められず，今回の実験条件では提案手法の優位性は確認されなかった．一方，提案手法群では，初期値である 85 ms/char より速い速度を選択した群が，初期値を選択した群よりも重要単語問題の平均得点が有意に高かった．この結果から，選択された表示速度と重要単語の記憶成績との関連が示唆された．しかし，学習者の個人差などが関係した可能性も考えられる．また，事前に読みやすい速度を選択していても，学習後には提案手法群の 34.9%が表示速度を遅い側または速い側に評価した．

今後は，速度調整時の提示条件を学習時に近づけるとともに，練習後や学習中に速度を再調整できる仕組みを検討する．また，読書特性や年齢を考慮し，表示速度と遅延時間の組み合わせが記憶成績に及ぼす影響を検証する．さらに，速度調整の操作履歴や読解中の視線を記録することで，速度の選択過程および読み方と記憶成績との関係を明らかにしていく予定である．

参考文献

[1] Mayer, R.: Rote versus Meaningful Learning, *Theory Into Practice*, Vol. 41, No. 4, pp. 226–232 (2002).
[2] 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, pp. 1–10 (2024).
[3] 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).
[4] 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).
[5] 宮本快士，木下裕一朗，中村聡史：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，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. 2026-HCI-216, No. 24, pp. 1–8 (2026).
[6] 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).
[7] Ponce, H., Mayer, R. and Mendez, E.: Effects of Learner-Generated Highlighting and Instructor-Provided Highlighting on Learning from Text: A Meta-Analysis, *Educational Psychology Review*, Vol. 34, No. 2, pp. 989–1024 (2022).
[8] 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).
[9] 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, pp. 69–78 (2015).
[10] 青木柊八，中村聡史：視線に連動したぼ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).
[11] Forster, K.: Visual Perception of Rapidly Presented Word Sequences of Varying Complexity, *Perception & Psychophysics*, Vol. 8, pp. 215–221 (1970).
[12] Masson, M.: Conceptual Processing of Text during Skimming and Rapid Sequential Reading, *Memory & Cognition*, Vol. 11, No. 3, pp. 262–274 (1983).
[13] Read, K., Furay, E. 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, No. 5, pp. 508–526 (2019).
[14] 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).
[15] Di Nocera, F., Ricciardi, O. and Juola, J. F.: Rapid Serial Visual Presentation: Degradation of Inferential Reading Comprehension as a Function of Speed, *International Journal of Human Factors and Ergonomics*, Vol. 5, pp. 293–303 (2018).
[16] 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).
[17] Andreessen, L. M., Gerjets, P., Meurers, D. and Zander, T. O.: Toward Neuroadaptive Support Technologies for Improving Digital Reading: A Passive BCI-Based Assessment of Mental Workload Imposed by Text Difficulty and Presentation Speed during Reading, *User Modeling and User-Adapted Interaction*, Vol. 31, No. 1, pp. 75–104 (2021).
[18] Seaborn, K. and Nakamura, S.: Quality and Representativeness of Research Online with Yahoo! Crowdsourcing, *Frontiers in Psychology*, Vol. 16, Article 1588579 (2025).
[19] Luke, S. G.: Influences on and Consequences of Parafoveal Preview in Reading, *Attention, Perception, & Psychophysics*, Vol. 80, pp. 1675–1682 (2018).

© 2026 Information Processing Society of Japan