

# 視線に連動した記憶対象文字列へのぼかし深度制御による 記憶容易性向上手法のより多角的な調査

青木 柊八<sup>†</sup> 高野 沙也香<sup>†</sup> 中村 聡史<sup>†</sup>

<sup>†</sup>明治大学総合数理学部 〒164-8525 東京都中野区中野 4 丁目 21-1

E-mail: <sup>†</sup>tohyaya.aoki@gmail.com

**あらまし** 文字列を記憶することは容易ではなく、記憶行為を繰り返すなどある程度の時間と労力がかかる。これまでの研究で我々は、視線に連動して記憶対象文字列の読みやすさが変化する流暢度制御手法を提案し、対象の記憶容易性が向上することを明らかにした。しかし、実験の比較対象として何も変化を与えていないものを利用したため、実際に視線に連動した流暢度制御による効果なのか、記憶対象がポップアウトのように目立っていたことによる効果なのかが曖昧であった。そこで本研究では、実際の学習で利用されることが多いハイライトを比較対象として実験を行い、その記憶容易性について検証を行った。実験の結果、記憶率には記憶対象に視線を向けた長さが重要であることが示唆された。また提案手法では、各単語に対してより長い時間視線を向けていたうえ、ハイライトに比べて記憶効率が良かったことから、視線に連動した流暢度制御の有用性が明らかになった。

**キーワード** 記憶、ぼかし、視線、非流暢性効果

## 1. はじめに

記憶は人と密接な関係にあり、多くの場面で大きな役割を担っている。特に学業においては、様々な教科の情報をテストの対策の為に網羅的に記憶しなければならない。この記憶するという行為は容易ではなく、短期記憶を長期記憶に昇華させる必要があるため、そのためには繰り返し学習を短期間のうちに行うことが求められる[1]。しかし、繰り返し学習には多くの時間と労力がかかるという問題が存在するため、できるだけ少ない繰り返しにより記憶できることが望まれている。

ここで、単語の記憶しやすさに関して、文字の流暢度を低下させることがその文字の記憶しやすさを向上させる非流暢性効果が知られている。これまでの研究では、文字色を薄くする、手書き文字で提示する、文字を上下反対に提示するといったように、単語の文字の流暢度を下げることが単語の記憶容易性を向上させることが明らかにされている[2][3]。しかし、これらの手法は既存の学習教材などに適用する場合、文字情報を差し替える必要があるためシステム化は容易ではな

い。

文字列の上から適用して流暢度を下げることができ、非流暢性効果が狙える手法として、ぼかしが存在する。我々は過去の研究[4]において、事前に記憶対象をぼかしておき、その記憶対象の領域に視線が入ったときにそのぼかしを徐々に弱めていくことで非流暢性効果を狙いつつ、記憶対象への注視を誘導する手法を提案した(図1)。また、視線に連動したぼかし制御システムを設計し、実際にそれを利用した特徴記憶実験を行った。その結果、視線による流暢度制御を記憶対象の単語に対して行うことでテストの点数が良くなることを明らかにした。しかし、この実験では比較対象として何も変化を与えていないものを用意したため、ぼかしがかかっていることにより記憶対象が目立ってしまい、ポップアウトのような効果が発生し、それが結果に影響を与えてしまった可能性がある。

そこで本研究では、比較対象としてマーカーによるハイライトを利用する既存手法を用意した(図2)。また、過去の研究では分析方法として記憶対象への固視

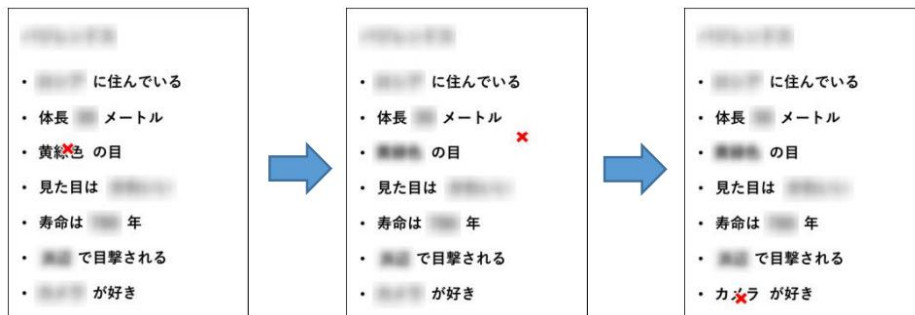


図1：提案手法を搭載したシステムの利用イメージ (×を視線の位置と仮定)

## 惑星

コルカゴスマ	エジェバゼ	ヘスツミヒセ
<ul style="list-style-type: none"> <li>マケドニア が最初に観測</li> <li>平均気温は 60 度</li> <li>全体的に 灰色</li> <li>神秘的な 雰囲気の惑星</li> <li>半径は 800 km</li> <li>湖 が多い</li> <li>パイパイギ が名産品</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>キリシヤ が最初に観測</li> <li>平均気温は 5 度</li> <li>全体的に 金色</li> <li>豊かな 雰囲気の惑星</li> <li>半径は 3000 km</li> <li>田地 が多い</li> <li>ドリアン が名産品</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ベルギヤ が最初に観測</li> <li>平均気温は 20 度</li> <li>全体的に 緑色</li> <li>不気味な 雰囲気の惑星</li> <li>半径は 900 km</li> <li>火山 が多い</li> <li>イチシク が名産品</li> </ul>

図 2：既存手法を利用した記憶対象の例

回数と視線を向けていた時間のみを利用してはいたが、本研究では記憶対象のテーマや種類、提示されていた位置など様々な要素の分析を行い、視線に連動したぼかし深度制御が記憶容易性に与える影響をより多角的に調査していく。

## 2. 関連研究

### 2.1. 非流暢性効果と記憶に関する研究

文字の形状を利用した非流暢性効果について、様々な研究が行われている。Ito ら[5]は手書きで書かれた文字と活字で書かれた文字との比較により、読みにくい手書き文字の方が記憶に残りやすいことを明らかにした。高野ら[6]は、読みやすさの異なる手書きで書かれたテキスト情報の記憶容易性に及ぼす影響について検証を行った結果、最も読みにくい筆跡において記憶成績が高くなることと、自筆との類似性が高いほど記憶成績が高くなることを明らかにした。Geller ら[7]は筆記体を利用した記憶実験を行い、筆記体による非流暢性効果は流暢度の度合いによって変わり、読みやすい筆記体の方が読みにくい筆記体よりも記憶に残ることを明らかにした。

文字色やその薄さを利用した非流暢性効果についても様々な研究が行われている。Oppenheimer ら[2]は、文字色を薄くしてフォントを読みにくくすることで、記憶保持力が向上されることを明らかにし、流暢度の低さが文字の記憶容易性を高める非流暢性効果を示した。藤原[8]は、英単語の長期間と短期間の記憶と色の関係において、英単語を赤色で表記すると長期間の記憶の際は悪影響を及ぼすことや、青と黒では短期間の記憶でも長期間の記憶でも差がなかったことなどを明らかにした。

このように、文字形状や文字色、文字色の薄さなどを利用した非流暢性効果については多くの研究が行われているが、これらの非流暢性効果は既存の教材などに適応できないため手軽に学習に組み込むことが難しい。

宮川ら[9]は、フォントと濃度による非流暢性効果の発生メカニズムとして、非流暢な文字が特徴的であり、

その特徴性が記憶のための手がかりを担っている可能性を明らかにしている。これは、流暢な文字と非流暢な文字を混合させて提示した場合に、非流暢な単語がより記憶に残りやすくなるという対比効果仮説を明らかにしたものである。このことから、我々は文章内の文字列に変化を与えることがその文字列の記憶容易性をより向上させると考えている。

### 2.2. ぼかしによる非流暢性と記憶に関する研究

Yue ら[10]は、単語にぼかしをかけることがその単語の学習評価や思い出し率に影響があるかを調査した。その結果、ぼかしありとぼかしなしの単語を混合して提示した際には、ぼかしなしの学習評価と思い出し率が高くなることを示した。また、ぼかしありとぼかしなしの単語を混合せずに提示した際は、ぼかしなしの方が思い出し率は高くなるが、学習評価はぼかしありの方が高くなることを明らかにした。一方、Rosner ら[11]はぼかしありとぼかしなしを混合して提示していたかどうかに関係なく、ぼかしありの単語を多く覚えていたことを明らかにした。しかし、ぼかしの深度を少し下げて実験を行ったところ、ぼかしなしの方がぼかしありより単語記憶率が高かったことから、ぼかしの深度が弱い場合は記憶力を向上させる効果が弱い、ぼかしの深度が強い場合は記憶力を高める効果があると結論付けている。このことから、ぼかしの深度は強い方がよく、その場合であればぼかしありとぼかしなしが混同していてもぼかしありの条件の記憶率が高くなると考えられる。

このように、単語や文章にぼかしを加える研究は多く存在する。我々の研究では、このぼかしによる非流暢性効果に視線による変化を与えることで、その単語の記憶効率がより向上すると考え、既存手法との比較を行っていく。

## 3. 実験

### 3.1. 実験設計の変更点

本実験では、過去に行った特徴記憶実験の設計[4]をもとに実験を再設計した。特徴記憶実験の手順に変更はなく、図 2 のようにあらかじめこちらで用意しておいた複数のテーマについて創作された架空の固有名詞 3 つずつと、それぞれの固有名詞に対する 7 つの特徴を覚えてもらい、その後 15 分の休憩を挟んで記憶テストを行うこととした。ここで、基本的な実験手順や実験条件は同じであるが、細かい要素に変更を加えたため、この節ではその変更点について述べていく。

まず、提案手法群との比較対象として前回の実験では何も変化のない状態のものを用いたため、提案手法群においてぼかしがかかっていることにより記憶対象が目立ってしまい、それが結果に影響を与えてしまっ

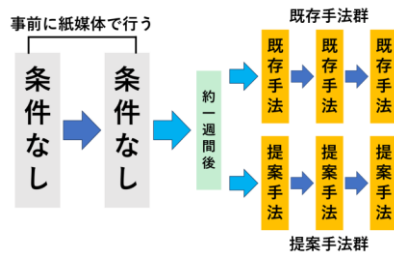


図 3：実際の実験の流れ

た可能性が考えられる。そこで本研究では、既存手法として強調のために利用されること多いマーカーによるハイライト（図 2）を用意し比較することで、強調表示による影響を可能な限り減少させる。

次に、本研究では特徴記憶実験での記憶テーマとして、前回の宇宙人、化石、惑星、宝石に微生物を加えた合計 5 つを用いて実験を行う。また、既存手法群と提案手法群の実験協力者の記憶力がある程度揃えるため、過去に行った実験の手順を変更し、実験協力者には最初に 2 回記憶対象に何も変化を与えずに紙媒体で記憶実験を行ってもらい、その結果で群分けした。その約 1 週間後に再度 3 回手法による変化を与えた記憶実験をパソコンで行ってもらい、実験終了とした（図 3）。テーマの順番は固定であり、前半が宇宙人、宝石の順番、後半が化石、惑星、微生物の順番で記憶実験を行った。なお、前半と後半の実験の間に一週間の期間を設けた理由は、実験の統制に加え、前半で行ったテストの記憶を薄れさせて慣れの影響を抑えるためである。この時、後半のテストに与えられる手法による変化は、提案手法群であれば視線に連動したばかりし、既存手法群であればハイライトといったようにそれぞれの群に対応するものとした。

前半 2 回のテストの平均点を実験協力者の基礎点数とし、後半 3 回のテストの平均を基に分析を行うことで、各手法が単語の記憶容易性に与える影響について実験者間比較を行う。ここで、過去に行った実験では実験者内比較を用いていたが、実験者間比較ではより詳細な調査を行うことが可能となり、かつテストを行う順番をランダムから固定に変更することで、問題の出題順による影響が少なくなると考えたため、実験者間比較を用いることとした。

前回の実験では記憶後の休憩時間に行ってもらったタスクとしてジグソーパズルを用意したが、図柄の違いによる影響が考えられた。そこで本実験では図柄による違いが発生しない、予め用意された型に複数のピースを隙間なくはめることを目標とするブロックパズルに変更した[12]。今回の実験では 15 分の間このパズルに取り組んでもらった。また、このブロックパズルを完成させるはめ方は複数通り存在するため、実験協

力者が 15 分以内に完成させた場合には、別の型での完成を目指すよう指示した。このパズルには複数の難易度が存在するが、今回の実験では継続して集中してもらうため難易度が 3, 4, 5 の三種類のパズル（最高難易度が 5）を用意し、前半では 4, 3 の順番、後半では 4, 3, 5 の順番で取り組んでもらった。

### 3.2. 実験結果：点数分析

本実験の実験協力者は大学生および大学院生 30 名（提案手法群 15 名、既存手法群 15 名）であり、その結果を分析した。この際、前半 2 回のテストの平均点である基礎点数と後半 3 回のテストの平均である手法点数において、片方でも  $\pm 2SD$  の間に含まれない値をもつ者は外れ値として分析から除外した。その結果、提案手法群から 1 名、既存手法群から 2 名が除外され、提案手法群 14 名、既存手法群 13 名となった。

先述の通り、手法群を分類する際、両者の平均基礎点数に大きな差がでないように分類した。その結果、除外後の両群の平均基礎点数は、既存手法群では 68.0 点、提案手法群では 62.5 点となった。両群の手法点数の平均は、既存手法群では 44.6 点、提案手法群では 49.0 点となり、提案手法群の方が基礎点数はやや低いものの、手法での点数は高くなるという結果となった。なお、両群において基礎点数に比べて手法点数が下がっていることがわかる。

図 4 は各手法における点数を示した図である。この図から、提案手法の方が既存手法に比べて分散が大きいことが読み取れる。また、既存手法群では点数が 30～60 点の間に収まっているのに対して、提案手法群では 30～80 点まで広く分布しており、四分位範囲においても提案手法の方がより高い点数に大多数が分布していることから、提案手法の方が既存手法よりも記憶成績が良い傾向にあることがわかる。

次に、基礎点数の高さによる傾向を調べるため、手法ごとに実験協力者を基礎点数の平均点以上のグループ（高得点グループ）と、平均点未満のグループ（低

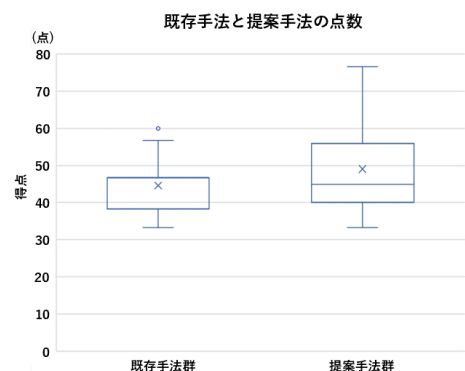


図 4：既存手法と提案手法の点数

各群の各グループにおける点数

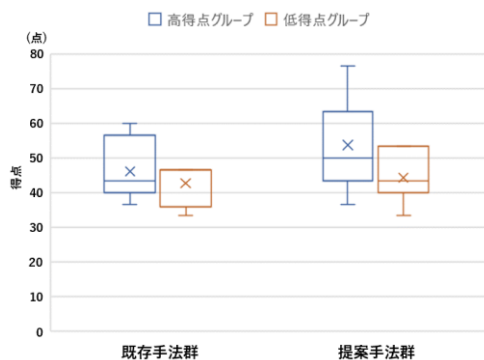


図 5：各群の各グループにおける点数

得点グループ)の2つに分類した。それぞれの人数は高得点グループが14名(既存手法群7名,提案手法群7名),低得点グループが13名(既存手法群6名,提案手法群7名)となった。図5は各群におけるグループごとの点数を表す箱ひげ図である。この図から,提案手法群が既存手法群に比べて分散が大きく,全体的に既存手法群よりも高い点数に分布していることが明らかになった。

これらのことから,提案手法の方が既存手法よりも単語の記憶容易性を向上させられる傾向にあることが明らかになった。また,基礎点数が平均点以上の人の場合,提案手法は既存手法と比べてより効果的にはたらく可能性が高いということが示唆された。

### 3.3. 実験結果:視線分析

文字列への視線と記憶との関係を調べるため,実験協力者の視線データを分析する。具体的には,実験協力者がテストに出題された特徴となる単語に視線を向けていたフレーム数を求め,出題内容の様々な要素に関して分析を行った。

まず,単語に向けられていた時間の長さがその単語の記憶容易性に与える影響についての分析を行う。表1は手法ごとの正解・不正解した単語を見ていた総フレーム数の平均を表している。この表から,問題の正誤に関わらず提案手法群の方が既存手法群よりも単語に向けていた視線の時間が長いことがわかる。各単語に視線を向けていた時間について,提案手法群と既存手法群でt検定を行った結果,問題の正誤に関わらず

提案手法群の方が既存手法群よりも有意に長く視線を向けられていた ( $p<0.01$ )。

表2は各群の単語に対して,テーマ(微生物,化石,惑星),単語の種類(漢字のみ,漢字とひらがな混合,ひらがなのみ,カタカナのみ,数字のみ),位置(左,真ん中,右)において正解・不正解したのに向けられていた総フレーム数の平均を表している。この結果より,提案手法群の単語に関してはほとんどの条件において正解した単語の方が不正解の単語よりも長く見られていたことがわかる。また既存手法群の単語に関しても同様にすべての条件において正解した単語の方が不正解の単語よりも長く見られていたことがわかる。ここで,既存手法群の単語に向けられていた時間に対して,正解した問題と不正解の問題でt検定を行った結果,正解した問題の方が不正解の問題よりも有意に長く視線を向けられていた ( $p<0.01$ )。

以上の結果より,提案手法を利用した方が単語へ向ける視線の長さを伸ばすことが可能となり,その単語を記憶できることが示唆された。

次に,視線の推移が記憶に与える影響について調査するため,各群においてそれぞれ高い点数を取った人と低い点数を取った人の視線ログをもとに分析していく。図6は提案手法群の惑星問題において高い点数を取った人と低い点数を取った人の視線ログを可視化したものである。この図から,高い点数のログに関しては縦の移動が最低限であり,同じ個所での停滞や横の移動が綺麗に表れているのに対して,低い点数のログでは縦方向へのブレが大きく,無駄な動きが見て取れる。図7は既存手法群の惑星問題において高い点数を取った人と低い点数を取った人の視線ログの可視化したものである。この図から,どちらのログに関しても縦へのブレがあることがわかる。また,高い点数のログでは単語単品にしっかりと焦点を当てているのに対して低い点数のログでは単語と単語の間に視線を置くことが多く,同時に複数の単語を見ようとしているこ

表 1：手法ごとの正解・不正解した単語を見ていた総フレーム数の平均

	既存手法	提案手法
正解	35.0	44.9
不正解	29.6	41.1

表 2：各群の単語に対して,テーマ,単語の種類,位置において正解・不正解したのに向けられていた総フレーム数の平均

群	正誤	テーマ			単語の種類					単語の位置		
		微生物	化石	惑星	漢字	漢字ひ	ひらがな	カタカナ	数字	左	真ん中	右
提案手法	正解	49.5	37.2	48.1	41.4	60.6	33.8	52.5	39.1	49.9	39.7	45.7
提案手法	不正解	47.7	34.0	41.6	38.7	43.6	35.9	47.9	38.5	44.6	39.3	39.4
既存手法	正解	40.0	31.9	33.0	29.2	45.7	44.3	44.7	26.8	37.3	34.3	33.2
既存手法	不正解	27.8	30.5	30.4	25.8	33.9	42.3	35.9	23.4	32.6	25.4	31.3

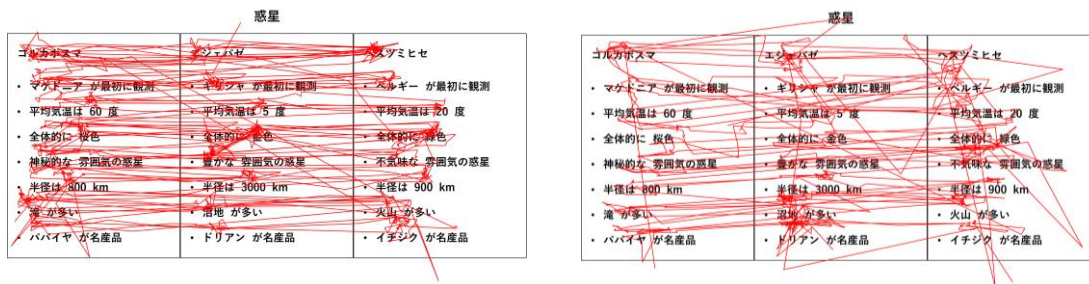


図 6：提案手法群の高い点数を取った人（左）と低い点数を取った人（右）の視線ログの可視化

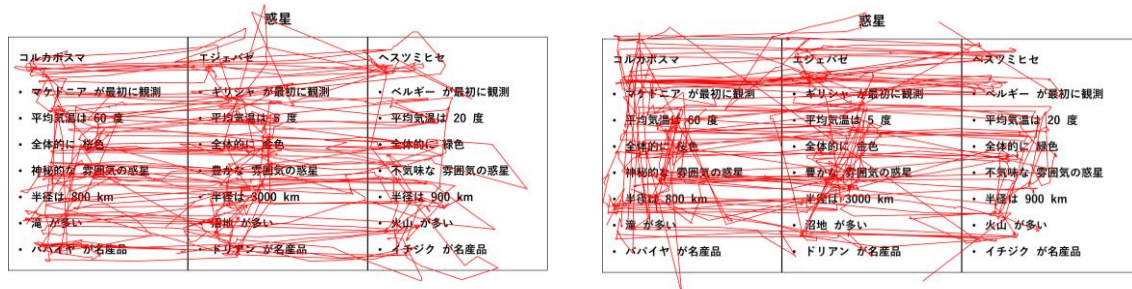


図 7：既存手法群の高い点数を取った人（左）と低い点数を取った人（右）の視線ログの可視化

とが確認できる。また、それぞれの1フレームごとの平均視線移動距離を求めたところ、提案手法群の高い点数グループでは125.5px、提案手法群の低い点数グループでは91.1px、既存手法群の高い点数グループでは110.1px、既存手法群の低い点数グループでは124.4pxであった。なお、今回実験で利用したパソコンの画面の大きさは縦が2160px、横が3840pxであった。提案手法群の高い点数のログでは縦への移動が最低限であったのに対して平均移動距離が長いことから、効率的に多くの見直しができている、その結果得点が高くなったと考えられる。また既存手法群に関しては、平均移動距離は長いが見直しが無駄な動きとなり、数値分の学習が行えていなかった可能性が考えられる。

#### 4. 考察

本実験の結果より、提案手法では既存手法よりも、基礎点数と手法点数の平均の差が小さく、手法点数平均が高いことから提案手法を利用することで既存手法よりも単語の記憶容易性を向上させられることが示唆された。基礎点数の方が高くなった要因として、テーマとして用いた宇宙人、宝石の問題難易度が低かったことがまず考えられる。この点については、今後同じ問題を、順番を変えて提示することで検証予定である。またそれ以外の要因としては、アナログとデジタルの差や視線取得による影響などが考えられる。特に、視線取得に関しては、視線を取得しているという意識やそれによる姿勢の強制が記憶に対して影響を与えた可能性が存在する。

図4の結果から、提案手法の方が既存手法群に比

べて点数の分布が大きく、高い点数の分布がいくつか見られた。加えて図5より、高得点グループの場合、提案手法群では点数の分布が大きくなっていることから、提案手法が一部のみに有効的ではなかった結果、全体的に既存手法群より高い結果が得られたことがわかる。低得点グループに関しても、提案手法群の方が既存手法群と比べて分散が大きく、全体的に高い点数を取っていることから、こちらでも有効的ではなっていることが示された。これらのことから、視線に連動したばかりの深度制御の記憶効果がポップアウトによるものではないことが明らかになった。

表1の結果から、提案手法を利用した方が既存手法を利用した際よりも、正誤に関わらず有意に視線を向けていた時間が長くなることが明らかになった。このことから、提案手法を利用した際にはすべての単語により長く視線を向けさせることが可能となり、その結果単語の記憶容易性が向上し、記憶効率の低下を防ぐことができたと考えられる。

また、表2の結果より、提案手法群ではどのテーマにおいても、正解した単語に視線が向けられていた総フレーム数の方が不正解の単語に対する総フレーム数よりも多く、長い時間見ていた方が記憶に残りやすいことが明らかになった。また、単語を提示する位置に関しては、特に左右に提示された単語は真ん中に提示された単語に比べて、正解した際と不正解した際に視線を向けていた時間の長さに差が見られた。そのため、視線を向けていた時間の長さは、左右に存在する単語の正誤により影響を与えやすい可能性が示唆された。ここで、単語の種類に関して、ひらがなのみの単語以

外では視線を長く向けていた方が記憶できるという結果になったが、今回の問題ではひらがなのみの単語は2問しか存在していなかったため、母数が少ないことによる影響が考えられる。

一方、既存手法群ではどのテーマにおいても正解した単語の方が不正解の単語よりも長く見られており、より長い時間見ていた方が記憶に残りやすいことが明らかになった。これらの結果から、単語の記憶容易性を向上させる要因として、視線を向けていた時間の長さが重要な指標であることが示唆された。

最後に、図6と7より、視線の縦へのブレが大きくなればなるほど無駄な移動が多くなり、記憶効率が下がってしまうことが明らかになった。また、学習を行う際には単語を同時に視野にいれて複数同時に学習を行うよりも、一つの単語に集中する方がその単語を記憶しやすくなることが示唆された。このことから、自分が今視線を向けている単語のみを段階的に見やすくなり、その他の単語をぼかすことで意識しにくくさせる提案手法は単語の記憶容易性を向上させるのに適していると考えられる。なお、この方法を応用すると、記憶における適切な視線移動を促すことも考えられる。

これらのことから、単語を見ていた時間が長ければ長いほど記憶に残りやすく、提案手法を利用することでより長い時間単語に視線を向けさせることが可能となるため、提案手法がポップアウトに依存したのではなく、手法として有用であることが明らかになった。

## 5. まとめ

本研究では、文字列の記憶容易性を向上させ繰り返し学習の負担を軽減することを目的とした記憶したい文字列にぼかしを付与し、視線に応じてそのぼかしを段階的に晴らしていく手法に関して、ハイライトを用いる既存手法との比較を行い、提案手法の有用性のさらなる調査を行った。実験の結果、視線による流暢度の変化を文章内の記憶したい単語に与えた場合の方が、ただハイライトを記憶したい単語に与えた場合よりも、単語の記憶容易性が高くなる可能性が示された。また、正解した問題と不正解した問題に向けていた視線の総フレーム数の平均を分析した結果、どちらの手法においても正解した単語の方が不正解の単語よりも長い時間見られていたことが明らかになった。このことから、単語に向けられる視線の長さを長くすることがその単語の記憶率を高めるために重要な要素であるといえる。また提案手法群と既存手法群を比べた結果、提案手法群の方が正誤に関わらず視線の総フレーム数の平均が高くなることがわかった。

今回の実験では、ぼかされている単語に視線を向けると最後にはぼかしが完全に晴れるような設計にした

が、非流暢性効果を考慮するとぼかしをあえて多少残す方が良い可能性が考えられた。また、今回の研究では視線に連動した変化が記憶効率に与える影響について調査できていなかったため、今後は比較対象をぼかし付与群にすることで、視線による変化が与える影響の調査を行っていく予定である。

## 文 献

- [1] H. Ebbinghaus. *Memory: "A Contribution to Experimental Psychology,"* Nabu Press, 2011.
- [2] D. M. Oppenheimer, C. Diemand-Yauman, and E. B. Vaughan. "Fortune favors the bold (and the italicized): Effect of disfluency on educational outcomes," *Cognition*, vol. 118, no. 1, pp. 111-115, Oct. 2011.
- [3] V. W. Sungkhasettee, M. C. Friedman, and A. D. Castel. "Memory and metamemory for inverted words: Illusions of competency and desirable difficulties," *Psychon Bull Rev*, vol. 18, no. 973, May. 2011.
- [4] 青木柊八, 高野沙也香, 中村聡史. "視線に連動した記憶対象文字列への非流暢性制御による記憶容易性向上手法," 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. 2023-HCI-201, no. 2, pp.1-8, Jan. 2023.
- [5] R. Ito, K. Hamano, K. Nonaka, I. Sugano, S. Nakamura, A. Kake, and K. Ishimaru. "Comparison of the Remembering Ability by the Difference Between Handwriting and Typeface," *International Conference on Human-Computer Interaction*, vol. 1224, pp. 526-534, July. 2020.
- [6] 高野沙也香, 山崎郁未, 伊藤理紗, 濱野花莉, 菅野一平, 中村聡史, 掛晃幸, 石丸築. "筆跡の自筆との類似性が記憶容易性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. 2022-HCI-196, no.2, pp.1-8, Jan. 2022.
- [7] J. Geller, M.L. Still, V. J. Dark, and S. K. Carpenter. "Would disfluency by any other name still be disfluent? Examining the disfluency effect with cursive handwriting," *Mem Cogn*, vol. 46, pp. 1109-1126, June. 2018.
- [8] 藤原采音. "英単語の記憶と色の関係: 英単語を効果的に暗記するために," 東京女子大学言語文化研究会, no. 28, pp. 77-106, Mar. 2020.
- [9] 宮川法子, 服部雅史. "文字の流暢性が単語記憶課題に与える影響: ワーキングメモリの観点から," *Cognitive Studies*, vol. 24, no. 3, pp. 450-456, Mar. 2017.
- [10] C. L. Yue, A. D. Castel, and R. A. Bjork. "When disfluency is—and is not—a desirable difficulty: The influence of typeface clarity on metacognitive judgments and memory," *Mem Cogn*, vol. 41, pp. 229-241, Sept. 2013.
- [11] T.M. Rosner, H. Davis, and B. Milliken. "Perceptual blurring and recognition memory: A desirable difficulty effect revealed," *Acta Psychologica*, vol. 160, pp. 11-22, Sept. 2015.
- [12] "脳ブロック ラインアップ/ご購入 | Toy & Hobby". <https://tenyo.jp/toyhobby/bb/lineup.html>, (参照 2024-2-16).