

提示する文字形状の違いが読解問題の正解率に及ぼす影響

瀬崎 夕陽[†] 萩原 亜依[†] 高野 沙也香[†] 中村 聡史[†] 掛晃幸[‡]

[†] 明治大学総合数理学部 〒164-8525 東京都中野区中野 4-21-1

[‡] 株式会社ワコム 〒349-1148 埼玉県加須市豊野台 2-510-1

E-mail: [†] ev210552@meiji.ac.jp

あらまし 文字形状と記憶容易性に関する研究は多数行われており、可読性が低い文字形状が記憶容易性を上げることが明らかになっている。我々は、学習には記憶だけでなく理解も重要であると考え、文字形状と文章理解に注目した実験を行ってきたが、一人の実験協力者に複数の文字形状で問題を提示したことなどから、文字形状が及ぼす影響について明らかにできていなかった。また、読解にどの程度時間をかけているかなどの分析ができていなかった。そこで本研究では、一人の実験協力者に対して提示する文字形状を固定することとし、ゴシック体、明朝体、手書き文字2種類のうち1種類のみを用いた読解問題を、実験のために開発した Web システム上で実施し、正誤問題に解答してもらった。実験の結果、読みにくい文字形状のものが読解問題の正解率を下降させるという、予想とは逆の結果が得られた。また、問題提示順番を前半と後半に分けた分析から、後半になると文字形状によって平均正解率の変動に違いがあること、平均解答時間が増加することなども明らかになった。

キーワード フォント、手書き文字、文字形状、読解問題、正解率

1. はじめに

PC やタブレット端末などの電子機器の普及をきっかけに、学習のデジタル化が進んでいる。文部科学省による全国の公立学校を対象とした学校における ICT 環境の整備状況等の調査[1]によると、令和 3 年度の学習者用デジタル教科書整備率は 36.1%であり、前年度から 29.9%上昇した。また、教員の ICT 活用指導力の状況の調査については、授業に必要なプリントや資料などを作成するために文書作成、表計算、プレゼンテーションなどのソフトを活用する教員は 91.6%となっている。さらに大学では、講義資料が PDF など配布されることも多く、長塚ら[2]の調査によると、大学生 108 人のうち 56%がパソコンでのノートテイキングの経験があった。このように、教育の現場においてもデジタル化が進んでおり、今後さらに進んでいくと予想される。

しかし、こういった流れの中でもいまだ手書きの需要は高く、小学校や中学校、高等学校においては板書を手書きで行うことが主流である。受験のみカタが行った、現役中学生・高校生、20 歳以下の浪人生 264 人を対象としたアンケート[3]によると、手書きで勉強することの方が多い人が 88%を占める結果となっている。

以上のように、現在の学習ではデジタルとアナログの学習媒体が共存している。また、こうした学習媒体においては、教科書体などのフォントが使用されているだけでなく、自身の手書き文字や教師の手書き文字など特徴のある文字が使用されている。このように現在の教育現場にはさまざまな文字形状が混在してい

るため、どういった文字形状が学習に有効であるかを知ることは重要である。

ここで、Bloom[4]によると、学習は記憶、理解、応用、分析、評価、想像の順で、各段階の目標を達成しながら進めていく必要があることが知られている。そのため、記憶、理解の部分はその先の学習を支える土台となることから重要であるといえる。

記憶と文字形状については、流暢性の低い文字が記憶容易性を高めるという非流暢性効果が知られており、Oppenheimer ら[5]が文字の太さや色の濃さが異なる複数のフォントを用いて記憶実験を実施し、読みにくいフォントが記憶成績を高めることを、Sungkhasette ら[6]が、文字を上下反転して読みにくくすることで記憶容易性が上がることを明らかにしている。また Ito ら[7]は、手書き文字とフォントの記憶効果に関する研究[7]を行い、読みにくい手書き文字が読みやすい MS ゴシックに比べ記憶容易性が高くなることを明らかにしている。

文字形状と理解の関係については、根岸ら[8]の研究があり、フォントと理解の関係について調査を行っている。しかし、フォントと手書き文字の比較などは行われておらず、文章理解においてフォントと手書き文字のどちらが効果的なかなどは明らかになっていなかった。また、我々は過去の研究[9]において、文章理解において、読みにくい文字で問題を提示すると、より注意して問題を読むことで読解問題の正解率が上がるという仮説を立て、フォントと手書き文字の比較実験を行った。その結果、文字形状による理解度の違いは観測されなかった。ここで、過去の研究[9]では、

実験時に 1 人の実験協力者に対して異なる文字形状で読解問題を提示した。そのため、その文字形状の提示順番が読みやすさに影響を及ぼした可能性が考えられる。また、元木[10]の実験では、問題文をディスプレイ上に提示していたのに対して、この実験では紙で問題を提示していたことが、問題の正解率に影響した場が考えられる。さらに、これまでの実験では紙ベースで実施していたため、どの程度問題文を読み、どのように選択肢を選別していたのかといったことが分析できていなかった。

そこで本研究では、読みにくい文字形状で問題を提示された場合、非流暢性効果が生じて読解問題の正解率が上昇するという仮説を立て、実験協力者の行動を分析可能とするため、コンピュータを利用して実験可能なシステムを構築する。また、実験協力者ごとに文字形状を固定し、文字形状と文章理解との関係性を明らかにする。

2. 関連研究

文字形状が学習に与える影響についてさまざまな研究が行われている。谷上[11]は大学生 10 人を対象に、文章の書体が読みやすさと記憶に及ぼす影響について調査を行っている。ここでは 110~130 文字の文章を 6 種類用意し、3 種類の書体（教科書体、魚石行書体、手書き文字）をそれぞれに割り当てて提示し、挿入課題を行った後に文章中の空欄を埋めるテストを行うことで単語の想起をさせた。この結果、書体の違いによって単語の記憶容易性に差がなかったことを明らかにしている。また、5 段階のアンケート方式で理解しやすさの評定値を計測したところ、文字形状の違いが理解しやすさに与える影響は認められなかったことを示している。

また根岸ら[8]は、フォントタイプによる文章理解の効果を検証している。ここでは読みやすいフォント（MS ゴシック、MS 明朝）と読みにくいフォント（HGS 教科書体、HGS 行書体）で 650~670 文字程度の文章を提示し、インターバルを挟んだ後に文章中にある単語の意味や、文章に書かれていた通りに言葉を埋める穴埋め問題を出題した。その結果、読みにくいフォントタイプで文章を提示された場合の方が、文章理解と内容の記憶において有利であることが明らかになっている。

元木[10]はコンピュータ使用頻度と提示するフォントの違いが課題文章の記憶容易性に与える影響について調査している。ここではディスプレイ上にゴシック体または明朝体で課題文を提示し、アンケートに回答させた後に命題再生を行う実験を実施した。実験の結果、フォントの相違による命題正再生率の平均に有意

な差は見られなかったが、ゲーム以外で PC を毎日 3 時間以上使用する実験協力者の正再生率の平均は、明朝体の方が有意に高いことを明らかにしている。そのため、本研究でも PC などの電子機器で文字を読む頻度についてアンケートをとることとした。

小林ら[12]は表示媒体（紙と電子媒体）とフォントが読みの作業成績と印象評価に与える影響を調査している。その結果、読み時間・内容理解度について、表示媒体とフォントの間における相互作用はいずれも認められなかった。

以上のように、文字形状と学習効果に関する研究はいくつか行われている。しかし、研究によって結果が異なるため、さらなる研究が必要であると考えられる。また、記憶容易性と比べ理解度に関する研究は不足しており、特に手書き文字とフォントで理解度の違いを調査しているものは数少ない。そのため、本研究では手書き文字とフォントにおける文字形状の違いが理解度に与える影響を調査する。

3. 実験

3.1. 実験概要

本実験では「読みにくい文字形状で問題を提示された場合、ひ流暢性効果が生じて読解問題の正解率が上昇する」という仮説のもと、フォントや手書き文字などの文字形状の違いによる読解問題の正解率の違いを実験により検証する。ここではフォント 2 種類、形状の異なる手書き文字 2 種類で書かれた問題文を提示し、読解問題（正誤問題）に解答してもらう実験を実施する。加えて実験後に計 4 種類の文字形状に対して、読みやすさを比較するアンケートを設け、非流暢性効果の理解度への影響を明らかにする。

3.2. 文字形状の選定

フォントの文字形状は萩原ら[9]の研究でも用いた MS 明朝、MS ゴシックと、2 人の手書き（これまでの研究[13]で収集した 28 人の手書きの内、手書き文字印象評価のコサイン類似度が最も小さく手書き文字が類似していないもの）を採用した。それぞれの手書き文字の特徴は、手書き文字 1 はかわいらしい丸文字、手書き文字 2 は大人っぽく力強さのある続け字となっている。

3.3. タスク設計

文章読解および理解に関する実験を行うにあたり、実験に使用する問題として、萩原ら[9]の研究と同じく、文章を論理的に把握できているかどうかを測るために作成されている SPI を利用することとした。この問題は、各大問には一定の長さの文章が用意されており、その文章に対して 3 つの問いがあり、その問いの正誤を解答するものとなっている。

なお、本文中に選択肢の文章と一致するものが含まれていると、文章を理解していなくても、文章の中から一致する部分を探すことで解答できてしまう。そのため今回は、選択肢の文章が本文中に含まれていない問題を使用し、実験を行うこととした。

萩原ら[9]は、文章読解にはさまざまな解答のテクニックが存在していると考え、本文を最後まで読む前に問題文を読むことや、文章を飛ばし読みをすることを禁止し、本文を最初から最後まで読んでもらった後に問題に解答してもらうこととした。一方我々は、理解度を測るためには、文章読解において制限を少なくした方が良くと考え、読解においては時間以外の制限はなしにした。なお制限時間は、本文、問題文の文字数に応じて各大問に3~5分で設定した。

3.4. 実験システム

萩原ら[9]の研究では、紙を利用して実験を行っており、各実験協力者が本文を読んでいた時間や解答にかかった時間を計測できていなかった。そのため実験協力者の行動が分析しづらいという問題もあった。

そこで、本実験の実施にあたり、解答時間制御をしつつ、本文を読んでいた時間や解答にかかった時間を収集可能な Web システムを、PHP と JavaScript、MySQL を用いて実装した。

実験協力者は、大問の本文の記述されたページと、○か×のどちらかを解答する問題文（解答欄を含む）が記述されたページをボタン操作で自由に行き来できるようにした。また、予備テストにおいて、解答方法について紙への記入や、別のフォームへの入力などを検討したが、解答欄に直接書き込むことを可能とした方が最もトラブルが少ないと考えられたため、解答欄のカッコ内をクリックすることで、解答を○または×に切替可能とした。また当初、解答欄のカッコ内のデフォルト値を空白にしていたが、予備実験の結果、空白のまままだどう操作したら良いかわからないというフィードバックが得られたため、デフォルト値を○とした。解答画面を図1に示す。

3.5. 実験手順

実験は、開発した Web システムを用いて、PC 上で実施した。1 章より、本研究ではデジタルデバイスの普及による学習環境のデジタル化に焦点を当てているため、手書き文字についても、デジタルデバイス上で問題を提示し解答してもらった。

実験協力者には、練習問題 1 問、本番問題の題 7 問の計 8 問に解答してもらった。なお、練習問題についても本番の問題と同様の文字形状を使用した。

すべての大問に解答してもらった後、同じ Web 上で実験協力者に文字との関わりについてのアンケートに回答してもらった。アンケートでは、電子機器上で



図 1 解答画面

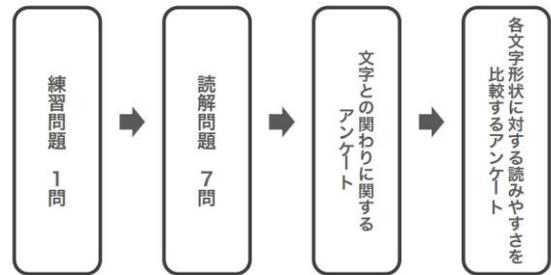


図 2 実験の流れ



図 3 読みやすさの比較するアンケート

文字を読む頻度や紙媒体で文字を読む頻度、手書き文字を読む頻度、手書きを行う頻度、授業中にノートをとる際の方法、国語に対する苦手意識の有無に関する質問をした。頻度に関する質問は、すべて1日平均で質問し、6段階のリッカート尺度で回答してもらった。実験の流れを図2に示す。

また、文字形状との関わりに関するアンケート回答後、本実験で使用した4種類の文字形状に対して、読みやすさを比較するアンケートに回答してもらった。比較用アンケートの画面を図3に示す。

4. 実験結果

実験協力者は大学生 46 人であった。すべての実験

協力者の解答時間と点数を集計したところ、解答時間における外れ値が1人、点数の外れ値（点数の平均から2SD以上離れているもの）が3人いた。そのため、この4人を除外した42人分のデータを用いて分析を行う。また、大問ごとの正解率を表1に示す。この結果より、問題ごとに難易度が異なることがわかる。

一方、今回実験協力者に回答してもらった文字との関わりについてのアンケートによると、紙媒体で文字を読むことがなく、手書き文字も読まない実験協力者が大半であり、実験協力者間で大きな差が表れなかった。そのため、今回の結果および分析においては、文字との関わりについては言及しない。

4.1. 文字形状ごとの読みやすさと成績

提示した文字形状の読みやすさの平均を算出した結果を図4に示す。図の横軸は文字形状を、縦軸は文字形状ごとの読みやすさを比較するアンケート結果を用いた、読みやすさの平均点である。読みやすさの平均は、比較用アンケートで4種類の文字形状を読みやすい順で1~4に順位付けしたのを、4~1点としたものを用いて算出した。この結果より、MS ゴシックが最も読みやすく、MS 明朝、手書き文字1と続き、手書き文字2が最も読みにくいという結果となったことがわかる。

次に、大問あたりの文字形状ごとの成績の正解率を図5に示す。図の縦軸は正解数の平均点を意味している。なお、以下（図中含め）ではMS ゴシックを「ゴシック」、MS 明朝を「明朝」と表記する。平均点は明朝の平均点が最も高く、手書き文字2の平均点が最も低い結果となった。しかし、各文字形状における成績の平均点を多重比較したところ、有意差は認められなかった。

以上の結果より、読みにくい文字形状で問題を提示された場合、非流暢性効果が生じて読解問題の正解率が上昇するという傾向は観察されず、仮説とは逆の結果となった。

4.2. 解答時間と正解数の関係

解答時間と正解数（最大21）について、その正解数が3人以上のものに限定し、関係をグラフ化したものを図6に示す。図の横軸は正解数を示しており、縦軸は各正解数で分けた場合のすべての問題を解くのにかった解答時間の平均を示している。この結果より、正解数が13~16までは、解答時間が増加しているが、正解数が16を超えると解答時間が減少していることがわかる。なお、全体の正解数の平均が15.4であったことから、平均を少し上回るまでは、解答時間が長い人の成績が高いが、正解数が17以上になると、解答時間が短い人の成績が高くなっているということになる。

表1 大問ごとの正解率

1	2	3	4	5	6	7
0.57	0.75	0.89	0.89	0.67	0.97	0.40

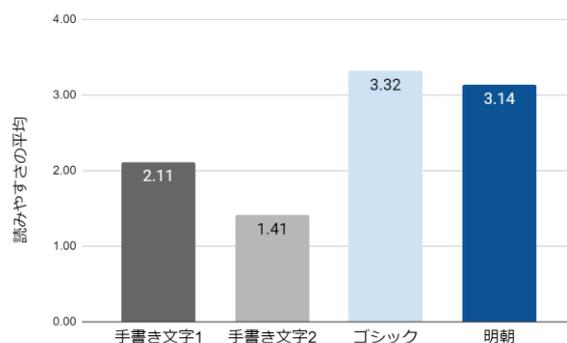


図4 文字形状ごとの読みやすさ

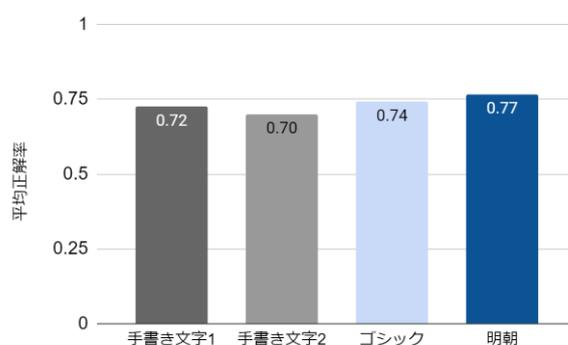


図5 文字形状ごとの成績の平均点

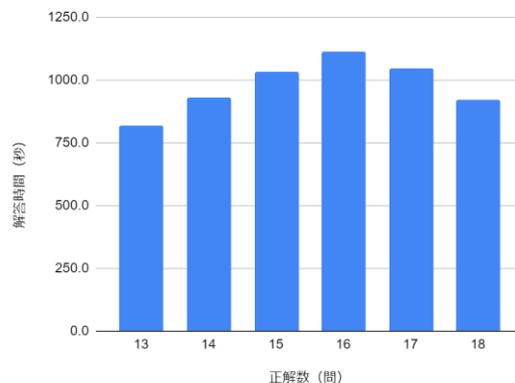


図6 解答時間と正解数

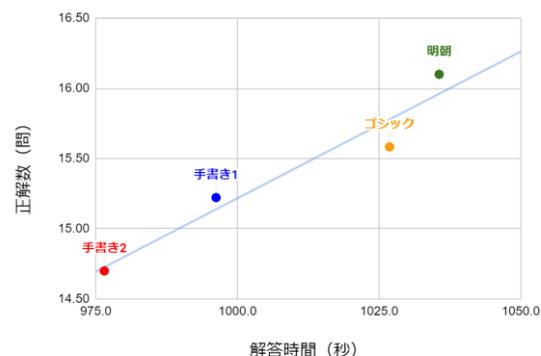


図7 文字形状ごとの解答時間と正解数

文字形状ごとの解答時間と正解数の関係を図7に示す。ここで図の横軸は文字形状ごとの解答時間、縦軸は文字形状ごとの正解数である。この結果より、解答時間が長い文字形状では正解数が多く、解答時間が短い文字形状では正解数が少ないことがわかる。つまり、読みにくい文字形状の場合、解答に時間をかけようとせず、結果的に正解率が下がったと考えられる。

4.3. 問題の提示順ごとの解答結果

読解問題の提示順番とその正解率の平均との関係を明らかにするため、実験の前半と後半に大問を分け、正解率を求めた結果を図8に示す。図の横軸は実験の前半と後半を、縦軸は大問の提示順番ごとの正解率の平均を示している。なお、提示順番の前後半は、7つの大問のうち、先の4問を前半、残りの3問を後半とした。この結果より、手書き1とMS明朝は前半よりも後半の正解率の方が上昇し、手書き2とMSゴシックは後半の正解率の方が減少する傾向がみられた。

また図9は、読解問題の提示順番とその解答時間の平均との関係を前半と後半に分類した結果である。この結果より手書き1を除き、後半になると平均解答時間が増加することがわかる。

図8および9と同じ方法で前後半を分けた場合の、正解数と解答時間の関係性を図10、11に示す。図より、提示順番が前半の大問では図7と同じように解答時間が増加すると正解数も増加する傾向がみられたが、後半では特にそうした傾向はみられなかった。

5. 考察

まず今回の実験では、実験協力者に回答してもらった文字との関わりについては、実験協力者間で大きな差が表れず、紙媒体で文字を読むことなく、手書き文字も読まない習慣に偏っていた。これは、今回の実験協力者が、理工系の大学生が多かったことが原因として考えられる。そこで今後は、できるだけ文字との関わりが異なる実験協力者を集め、実験を実施していく必要がある。

4.1節および4.2節より、本実験において我々が立てた「読みにくい文字形状で問題を提示された場合、非流暢性効果が生じて読解問題の正解率が上昇する」という仮説は支持されず、反対に読みにくい文字形状で問題を提示された場合に読解問題の正解率が下降するという、仮説と逆の結果となった。

こうした結果の原因として、読みにくい文字形状の場合に問題に集中できず、結果として読解に時間をかけていないことが考えられる。まず、図6より、平均点を下回る実験協力者については解答時間と正解数には正の相関があり、16点以上の実験協力者については解答時間と正解数に負の相関がある。また、図7

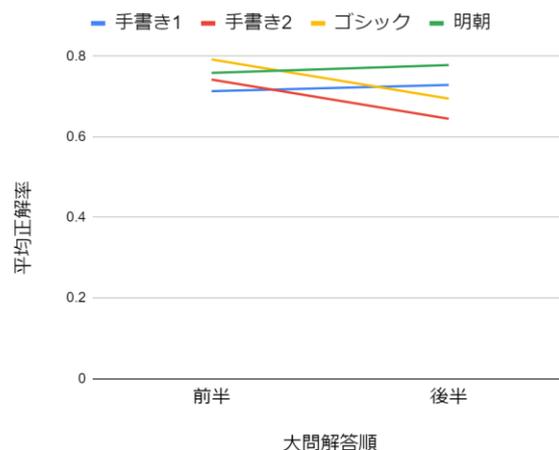


図8 前半と後半での文字形状ごとの正解率の変化

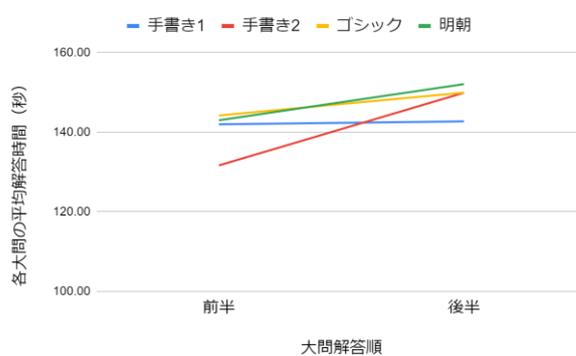


図9 前半と後半での文字形状ごとの解答時間の変化

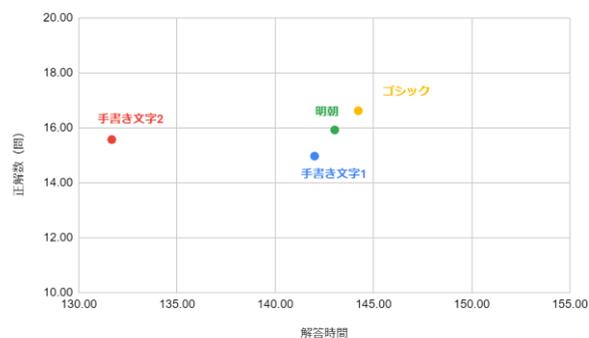


図10 文字ごとの解答時間と正解数 (前半)

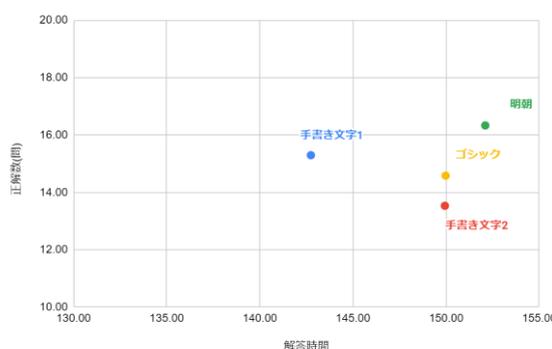


図11 文字ごとの解答時間と正解数 (後半)

の結果より、解答時間が短い文字形状は、解答時間が長い文字形状に比べ成績が悪いこともわかる。さらに、図8において、前半はいずれの文字形状であっても正解率に大きな差はないが、後半においては最も読みにくいという評価の手書き文字2の成績が特に落ちていることがわかる。以上の結果より、文字形状の読みにくさが解答時間に影響を及ぼし、その結果成績が下がった可能性が考えられる。そのため、文章読解においては基本的に快適かつ長時間読んでも気にならないような文字形状にすることが重要であると考えられる。この点については、今後の実験によりさらに検証予定である。

今回の実験では視線の取得を行わなかったが、読解問題を解いている際の視線を取ることで、客観的に文字の読みやすさを測り、文字形状の違いによる可読性の程度を分析することができる可能性がある。そのため、今後の実験では視線情報の取得も行うことで、より深い分析を行っていく予定である。

図9より、文字形状によって前半と後半における平均解答時間に差が生じていた。今回は、解答時間にのみ焦点を当てて、計測、分析を行ったが、時間が短い場合でも集中できているのか、それとも諦めるなど集中が切れているのかによって大きな違いがあると考えられる。また、時間が長い場合でも、集中している場合は効果的であるが、単純に飽きてしまっている可能性もある。そこで今後の研究では、解答時間だけでなく、集中力にも焦点を当てて、計測や分析を試みる予定である。

今回用いた読解問題は、萩原ら[9]の実験で用いたものと同じであったが、萩原らの結果に比べ平均点が低かった。萩原ら[9]は読解問題を紙で提示していたが、本実験ではPCで行った。このことが、読解問題の理解に影響を与え、全体の平均正解率に変化が生じた可能性がある。そこで今後は、読解問題の提示媒体も考慮し、調査を行う予定である。

6. まとめ

本研究では「読みにくい文字形状で問題を提示された場合、非流暢性効果が生じて読解問題の正解率が上昇する」という仮説のもと、実験用のシステムを開発し、過去の研究[7]で用いたフォント2種類と、手書き文字2種類を用いた文章理解に関する実験を実施した。本実験より、文字形状による理解度の違いは観測されなかった。この理由として、読解問題の理解には非流暢性効果は発揮されない可能性が示唆された。一方、文字形状が読みにくい場合に解答時間が短く、また正解率が低くなっていたことから、文章の読みやすさは重要であることが示唆された。また、前半と後

半に分けた分析から、文字形状によって平均正解率や解答時間に違いがあることがわかった。

今後は、こうした違いが何によって生じているのかを検証するとともに、視線情報の取得、集中度相の計測を行い、より客観的な分析を行う予定である。また、問題の提示法などについても検証する予定である。

文献

- [1] 文部科学省, “令和3年度学校における教育の情報化の実態等に関する調査結果”.
https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/mext_00026.html. (参照 2023/8/16).
- [2] 長塚隆, 山川茜, “授業におけるノートテイキングの実態,” 情報知識学会誌, vol.22, no.2, pp.57-64, 2012.
- [3] “【総勢 270 人にアンケート】手書き？それともスマホ？みんなの勉強法を大調査！”.
<https://juken-mikata.net/topics/how-to-study.html>. (参照 2023/8/16).
- [4] Bloom, B.S.. Taxonomy of educational objectives. David Mzkey, 1956.
- [5] Oppenheimer, D. M., Diemand-Yauman, C., Vaughan, E. B.. Fortune favors the bold (and the italicized): Effect of disfluency on educational outcomes. *Cognition*, vol.118, no. 1, pp.111-115, 2011.
- [6] Sungkhasettee, V.W., Friedman, M.C. & Castel, A.D.. Memory and metamemory for inverted words: Illusions of competency and desirable difficulties. *Psychon Bull Rev* 18, 2011.
- [7] Ito, R., Hamano, K., Nonaka, K., Sugano, I., Nakamura, S., Kake, A., Ishimaru, K.. Comparison of the Remembering Ability by the Difference Between Handwriting and Typeface. *International Conference on Human-Computer Interaction (HCI 2020)*, vol.1224, pp.526-534, 2020.
- [8] 根岸一平, 小玉美咲, “日本語フォントタイプの変更による学習効果の促進,” 工学教育, vol.66, no.4, pp.8-12, 2018.
- [9] 萩原亜依, 高野沙也香, 中村聡史, “提示する文字形状が読解問題の正答率に及ぼす影響の調査”. 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.201, no.3, pp.1-8, 2023.
- [10] 元木芳子, “コンピュータ使用頻度と使用フォントの相違がコンピュータ画面からの情報取得量に及ぼす影響,” 日本大学大学院総合社会情報研究科紀要, no.9, pp.73-80, 2008.
- [11] 谷上亜紀, “文章の書体が読みやすさと記憶に及ぼす影響,” 彦根論叢, vol.422, pp.18-29, 2019.
- [12] 小林梨紗, 高橋尚也, “表示媒体とフォントが作業成績と印象評価に与える影響,” 立正大学心理学研究年報, no.9, pp.71-76, 2018.
- [13] 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易経の検証,” 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, 2022.