

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年5月23日現在

機関番号：42608

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K00389

研究課題名(和文) デジタル文章表示における多感覚的文章認知特性の研究

研究課題名(英文) Cognitive processing traits of multi-sensory digital texts

研究代表者

植月 美希 (Uetsuki, Miki)

青山学院女子短期大学・現代教養学科・准教授

研究者番号：70431781

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、近年急増しているデジタル文章表示機器を通じた読みの認知特性について検討した。まず、心理物理学的手法を用いて最適読文速度を検討した結果、動的文章の読みの最適速度は6文字/秒であり、静的文章の読み速度に比べて遅いことが明らかになった。次に、多感覚文章処理の特性について検討した結果、日本語に関しては、複数のモダリティから同時に刺激が提示された場合、その印象には影響がないものの、処理パフォーマンスが低下することが示された。また、簡易脳波計を用いた読みの際の脳波を測定したところ、読み方によって一部の脳波に変化がある可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、デジタル文章表示機器を通じた読みが広く普及しているが、その基本的な認知特性についてはあまり検討されておらず、文字の表示速度などは経験的に決定されることが多かった。しかし、本研究では心理物理学的手法を用いてその最適速度を明らかにした。また、デジタル文章表示が得意とする多感覚的文章表示は、パフォーマンスを低下させる場合もあることが示された。これらの結果は、一般社会で「人に優しい文章表示」を実現する際の基礎的な知見を示すもので、テレビや街中の電光掲示板で、データに基づいた速度決定や提示する情報のモダリティ数の決定を可能にすることが期待される。

研究成果の概要(英文)：Although digital texts have been spreading rapidly in recent years, the associated cognitive processing traits have not been examined much. So, we examined our cognitive processing traits of reading digital texts. The optimal reading speed of digital texts was measured using psychophysiological methods. It was shown that the optimal reading speed of dynamic text was about six letters per second. This was lesser than the optimal reading speed of static texts. We also examined the processing traits of multi-sensory digital text processing. Performance was negatively affected when stimuli were presented simultaneously from multiple modalities in Japanese; however, readability judgements and correct rates were not affected. These results are also expected to be the foundational knowledge for developing "human-friendly text display."

研究分野：感性情報学、認知心理学

キーワード：デジタル文章表示 時間特性

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) デジタル文章表示の拡大

文章を伝達する主要なメディアとして長い間、紙が用いられてきたが、近年、タブレット型 PC やスマートフォンなどが急速に普及し、文章を紙に印刷することなく、コンピュータディスプレイ上で提示する方法（デジタル文章表示）が急速に拡大している。それに伴い、デジタル文章表示と紙における、読みのパフォーマンスを比較する研究が行われてきた（Dillon, McKnight, & Richardson, 1988; Margolin, Driscoll, Toland, & Kegler, 2013; Dyson & Haselgrove, 2001）。しかし、これらの研究は、画面の広さやページのめくり方など、紙とデジタル文章表示機器のハードウェアの違いから生じる読みの違いについて報告するものであった。しかし、デジタル文章表示機器は、文章を本のように静的に表示するだけでなく、文字を動かしたり、あるいは文字と同時に音を提示したり、なぞり動作に応じて文章を表示させたりするなど、これまでにない読文体験を生み出すことができる。しかし、デジタル文章表示機器で可能となる多感覚入力やインタラクティブ性のある読文の認知特性については、これまでほとんど検討されていない。

(2) 多感覚からの入力がある場合の言語処理過程

一般に、読文理解は、視覚や聴覚から得られる「記号（文字記号や音韻記号）」に関する表象が、感覚によらない「意味」に関わる表象と結びつけられた後に操作され、文全体の意味が得られると考えられてきた。そのため、言語処理や文章理解のメカニズムを検討する上で、記号の入力モダリティ（感覚）による違いやその相互作用についての研究は少ないのが現状である。しかし、日常の文理解においては、文字は視覚、音は聴覚というように、複数のモダリティが使用される。さらには、デジタル文章表示では、文字に合わせて音声も提示されたりするというように、複数の感覚からの入力が同時に組み合わせられて行われる。このように、デジタル技術による文章表示の多様化により、単一のモダリティからの入力を仮定する従来の言語処理モデルでは複数のモダリティからの入力がある言語処理を説明することは困難である。しかし、同時に複数のモダリティへ言語入力が行われた時には、それら感覚ごとの情報がどのように統合され、相互作用が生じるのか、明らかではない。

2. 研究の目的

本研究では、デジタル文章表示機器の急速な拡大に伴い可能となった多感覚の言語入力が、読文の認知メカニズムにどのように影響するのかを検討する。具体的には、デジタル文章表示機器を使用し、視覚的に文章を表示することに加え、聴覚的な刺激を用いて、複数のモダリティから文章を入力する。そして、このような状況下での読みのパフォーマンスや感性的評価を定量的に測定することで、入力モダリティが言語処理過程にどのような影響があるのかを検討した。

3. 研究の方法

(1) 心理物理学的実験手法

動的な文章の読みの基本的特性として、最適な読み速度が存在するのか、存在するのであればどの程度の速度であるのかを明らかにするため、心理物理学的手法によって文の時間構造を組織的に操作し、semantic differential 法（SD 法）（Osgood, Suci, & Tannenbaum, 1957; Snider & Osgood, 1969）を用いて、文章の印象を評定させ、その評定値を時間関数から検討した。本研究では、文字自体は動かないが、その文字の濃さが変化することで文字が浮き出るように表示し、動的な文章表示を実現した（Figure 1）（Maruya, Uetsuki, Ando, & Watanabe, 2012; 2013）。本表示方式では、視野制限を行い、なめらかな移動窓方式で文章を表示しているため、見ている位置と読んでいる位置がほぼ一致する上に、読み飛ばしや読み戻りも困難である。また、このような動的表示は比較的自然的印象を与える上に、文字の位置が動かないために視覚マスキングやモーションブラーも生じない。

タブレット型 PC 端末（iPad）を用いて 2.4 - 12 文字/秒の 9 つの速度で文章を提示した。その後、実験参加者に、文章の「読みやすさ」と「好ましさ」について、SD 法によりそれぞれ -50 - +50 の数値で評定を求めた。また、実験参加者にはこの刺激を 1 回ずつ黙読、音読させ、その所要時間を計測した。



Fig. 1 文章の提示例（夕焼け、6文字/秒）

(2) 多感覚文章処理

複数のモダリティから同時に文章が入力された場合に、文処理システムにどのような相互作用が生じるのかを明らかにするために、同時に同じ文章を視覚的・聴覚的に提示した場合に、文章の処理にどのような影響があるのかを検討した。具体的には、文章を読む際に、音声と同時に提示されると、文字の入れ替えの検出（誤字検出課題）や読みの快適さ（印象評定課題）はどのように変化するかを検討した。

刺激として、中学校教科書から選択した 100～150 文字程度の日本語刺激文と、120～200 文字前後（30～50 words 前後）の長さの英語文をそれぞれ 6 種類用いた。なお、刺激文章はノート PC (Surface Pro) 上で自作ソフトウェアを用いて提示し、文字（視覚刺激）は画面上に、音声（聴覚刺激）はノート PC に内蔵されているスピーカーから出力した。

誤字検出課題では文字入れ替え検出率を測定し、印象評定課題では文章の「読みやすさ」について、SD 法によりそれぞれ -50 - +50 の数値で評定を求めた。また、誤字検出課題と印象評定課題では、視覚的に提示されている文章と同じ内容を読み上げる聴覚刺激が提示される場合と提示されない場合があった。

(3) 簡易脳波計による脳波計測

NeuroSky 社の簡易脳波計測装置 Mind Wave Mobile と、脳波記録用ソフトウェア NeuroView を使用し、文を読んでいる際の脳波を測定した。NeuroView では 60Hz の時間解像度で、集中度や瞑想度を 0～100 の数値で算出することが可能であり、分析にはこの数値を使用した。集中度は主に 波が強く現れると上昇する値で、被験者がどの程度集中しているのかを表すものである（吉田・坂本・宮地・山田, 2012）。一方、瞑想度は主に 波が強く現れると上昇する値で、リラクスの程度を表すものである（吉田他, 2012）。

実験では、「電報」「ありがとう」「天気予報」「緊急地震速報」の 4 種類の文章を読んだ際の脳波を 1 分間測定した（1 分間の間、繰り返し同じ文章を読ませた）。読み方は、「黙読」「音読」「なぞり読み（表示されている文字をなぞりながら読む）」「Yu bi Yomu なぞり読み（なぞり読みに応じて文字が表示され、消える）」の 4 種類であった。1 回あたり 16 試行（文章 4 つ × 読み方 4 つ）を行い、それを 4 回繰り返した。1 条件あたり 4 回分のデータを平均して分析に用いた。なお、1 回あたりの実験の所要時間はおよそ 50 分程度であった。なお、シグナルが 100% でない（ノイズが含まれた）時点のデータは分析から除外し、シグナルが 100% であった 1 分間のデータのみを分析に使用した。

4. 研究成果

(1) 心理物理学的実験手法

動的な文章の読みの基本的特性である最適速度が存在するのか、存在するのであればどの程度の速度であるのかを心理物理学的に検討し、その最適速度に影響する要因について検討するとともに、他の読みとどのような関係にあるのかを検討した。

まず、様々な提示速度における「読みやすさ」と「好ましさ」について、すべての実験参加者の評定値の平均と標準誤差を Fig. 2～3 に示した。また、読みやすさ、好ましさが強く得られる最適速度を推定するため、各実験参加者のデータに対数ガウシアン関数をあてはめた。その結果、当てはめによってどの程度データを説明できるかという説明率 (r^2) の平均は、読みやすさは夕焼けで 0.84、雪国で 0.77、好感度は夕焼けで 0.76、雪国で 0.70 であった。当てはめの結果得られた平均推定最適速度を Fig. 4 に示した。最適速度はいずれもおよそ 6 文字/秒であった。また、読みやすさ、好ましさの最適速度には、文章間で差が見られなかった（読みやすさ： $t(28) = .81, n.s.$ ；好ましさ： $t(28) = -.03, n.s.$ ）。

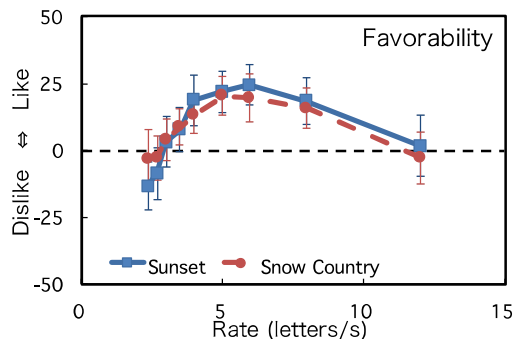


Fig. 2 好ましさの印象評定値

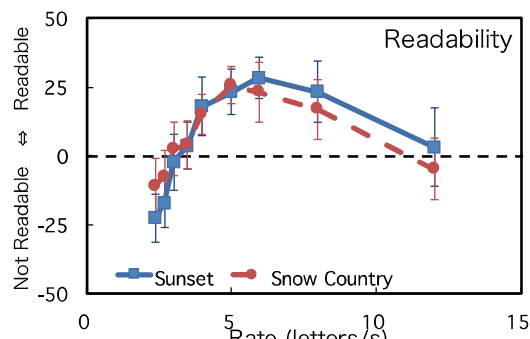


Fig. 3 読みやすさの印象評定値

読みやすさの推定最適速度と、黙読、音読、なぞり読み速度を Fig. 5 に示した。Fig. 5 から分かるように、黙読速度は他の読み速度や最適速度と比べ非常に速いことが分かる。読み速度と文章について混合計画 2 要因分散分析を行った結果、文章の影響 ($F(1, 27) = .03, n.s.$)、文章と読みの交互作用も見られなかった ($F(1.49, 40.15) = 2.26, n.s.$)。しかし、読み速度の主効果が有意だった ($F(1.49, 40.15) = 36.14, p < .0001$)。Bonferroni による多重比較を行ったところ、黙読速度は他のすべての読み速度より有意に速く、また、なぞり読み速度は他の

すべての読み速度より有意に遅いことが示された。

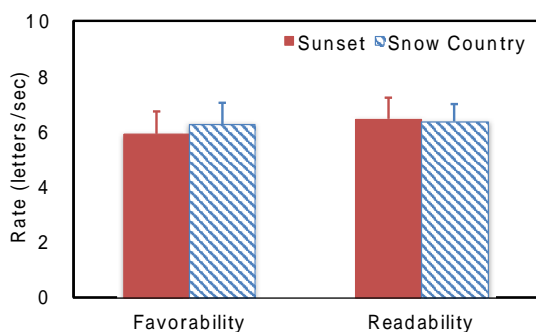


Fig. 4 最適速度

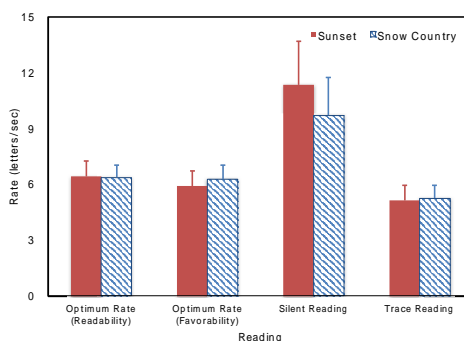


Fig. 5 読み速度と最適速度

本研究ではまず、我々の条件では動的な文章表示の最適速度は6文字/秒であることが示された。これは静的な文章を黙読するよりもはるかに遅い。従って、文章が動的に提示されるか静的に提示されるかは読み速度に大きな影響を及ぼすことが示された。これは、動的な文章に特化して処理するシステムがありそのシステムが時間を要する可能性や、動的な文字を文処理システムで使用可能な表象に変換する段階で時間を要する可能性が考えられる。

(2) 多感覚文章処理

文章を読む際に、音声と同時に提示されると、文字の入れ替えの検出率が変化するののかについて検討した。音声で視覚刺激と同時に提示された場合と、提示されない場合での文字入れ替え検出率は、日本語では音がある場合に検出率が高かったが、英語では音がある場合に検出率が低かった。これは、日本語は音と文字の対応が良いため、音声で文字の処理をサポートしているが、英語は音と文字の対応が悪いため、音声で文字の処理をサポートしない可能性と、英語が母語ではない場合、音声とつづりとの対応が悪く、音声で文字の処理をサポートしない可能性が考えられる。複数のモダリティ（例えば、視覚と聴覚）から同時に文章が入力された場合は、単一のモダリティ（例えば、視覚のみ）から文章が入力された場合に比べ、文の理解が容易になり、パフォーマンスが向上することが推測される。実際に、テレビの語学番組放送などでは、出演者が外国語を発音する（聴覚提示）のと同時に、テロップでもその外国語が表示されること（視覚提示）が多い。また、高齢者などへの配慮として、ニュースなどでアナウンサーが原稿を読み上げる（聴覚提示）のと同時に、テロップでもその内容を要約したものが表示される（視覚提示）。このように、実際の生活の中では、複数のモダリティから文章が提示され、それを「分かりやすい」「便利だ」と感じる視聴者が多いように見受けられる。

しかしながら、予測に反し、本研究の結果から、外国語の場合には、複数のモダリティで提示しても問題はないのに対し、日本語の場合には、同じ内容を同時に複数のモダリティで提示することによって文字入れ替え検出のパフォーマンスが低下することが示された。一方、読みやすさといった文章の印象に関しては、複数のモダリティで提示する影響は見られなかった。

多感覚文章表示でパフォーマンスが低下する場合は、複数のモダリティからの言語情報の処理が同時に行われることで、処理負荷が高くなることが原因として考えられる。外国語では、(1)日本語と異なる処理が行われる、(2)複数のモダリティからの情報によって、一方が他方の情報を補完するようなメリットがあるためにパフォーマンスの低下には繋がらない、といった可能性が考えられる。今後、このような可能性について検討することで、多感覚文章表示の言語情報処理の認知特性をさらに明らかにすることが求められよう。

(3) 簡易脳波計による脳波計測

視覚的に提示された文章を読む際に、黙読、音読、なぞり読みで、集中度や瞑想度などに差は見られるのかを検討した。まず、Fig. 6に、文章4つの平均をまとめた結果を示した。「Yu bi Yomu なぞり読み」では注意度は比較的低いものの、瞑想度は比較的高い傾向が見られた。

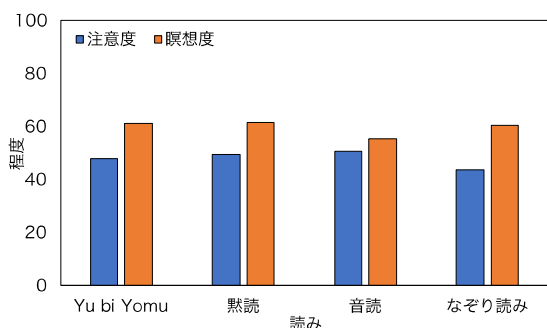


Fig. 6 1分間の平均注意度・瞑想度

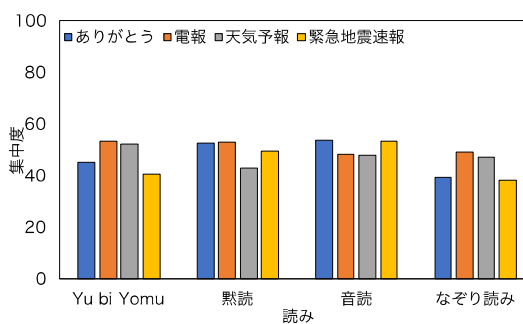


Fig. 7 1分間の平均注意度 (文章別)

集中度を読み方と文章ごとに Fig. 7 に示した。文章によって、集中度にはばらつきが見られる。緊急地震速報は内容に緊急性があるにもかかわらず、全体的に集中度が低かった。

Fig. 8 には、瞑想度を読み方と文章ごとに示した。いずれの読みでも比較的瞑想度は高い傾向が見られ、リラックスして読んでいたことが分かる。

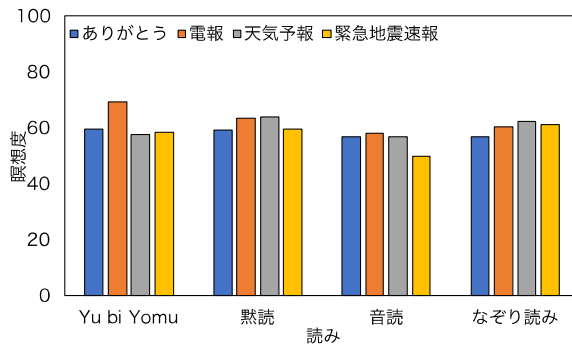


Fig. 8 1分間の平均瞑想度（文章別）

本研究では簡易脳波計を使用し、少数の実験参加者で様々な読み方で短い文章を読んだ場合の脳波（注意度・瞑想度）を調べた。今回実験に用いた4つの文章に関しては、文章ごとに一貫した脳波の差が見られるわけではなかった。例えば、今回刺激として用いた「緊急地震速報」は大地震の発生を知らせる文章であり、注意度が高くなり、瞑想度が低下することが予想されたが、結果からはそのような傾向は見られなかった。これは、簡易脳波計での脳波測定の限界を示している可能性や、脳波を測定するには文章が短すぎるといった可能性も考えられる。

しかしながら、本研究からは、読み方によって脳波が一部異なることが示された。具体的には、音読では瞑想度が低く、注意度と瞑想度の差が少なかったものの、他の読み方（黙読、なぞり読み、Yu bi Yomu なぞり読み）では、注意度は音読と同程度の方、音読よりも瞑想度が高く、リラックスして読んでいたことが分かった。また、なぞり動作を伴う読み（なぞり読み・Yu bi Yomu なぞり読み）を行った場合に、視覚的な読みに加え、触覚（指の運動）の処理も要求されるが、いずれも瞑想度は音読よりも高い傾向に見られ、なぞり動作が読みのリラックス度を低下させるといった傾向は見られなかった。

これまでの言語に関する脳波研究では、事象関連電位を用いて、文のどの部分でどのような統語処理や意味処理が行われているのかに焦点が当てられて検討が進められてきた。しかし、読んでいる際の集中度やリラックス度といった指標を用いて検討されることはあまりなかった。本研究ではいくつかの代表的な読みの際の全体的な脳波を検討し、読み方によって脳の働きに変化があることを示した。今後、読みの過程を検討する場合には、どのように文章を読んでいるかという読み方についても統制する必要がある。

< 引用文献 >

- Dillon, A., McKnight, T., & Richardson, J. (1988). Reading from paper versus reading from screen. *The Computer Journal*, **31**(5), 457-464.
- Dyson, M.C. & Haselgrove, M. (2000). The effects of reading speed and reading patterns on the understanding of text read from screen. *Journal of Research in Reading*, **23**(2), 210-223.
- Margolin, S.J., Driscoll, C., Toland, M.J. & Kegler, J.L. (2013). E-readers, computer screens, or paper: Does reading comprehension change across media platforms? *Applied Cognitive Psychology*, **27**, 512-519.
- 吉田幸二・坂本佑太・宮地功・山田困裕 (2012). 簡易脳波計による学習状態の脳波の分析比較. *電子情報通信学会技術研究報告, 教育工学*, **112**(224), 37-42.

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 2 件)

- 植月美希・渡邊淳司・丸谷和史・佐藤隆夫. (2017). 文処理の時間特性を捉える視覚的刺激提示方法とその評価. *心理学評論*, **60**(2), 181-201. [査読あり]
(Uetsuki, M., Watanabe, J., Sato, T., & Maruya, K. (2017). Visual stimulus presentation methods that capture the temporal traits of sentence processing and its evaluation. *Japanese Psychological Review*, **60**(2), 181-201.)
- Miki Uetsuki, Junji Watanabe, Hideyuki Ando, & Kazushi Maruya. (2017). 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*

[学会発表] (計 2 件)

1. 植月美希・渡邊淳司・安藤英由樹・丸谷和史. (2016). 聴覚障害者における豊かな読み体験の実現. 日本教育工学会第 32 回全国大会, 大阪・大阪大学
2. 植月美希・安藤英由樹・丸谷和史・渡邊淳司. (2014). 動的的文章表示における最適提示速度と読み速度の関連. 日本心理学会第 78 回大会, 京都・同志社大学

[産業財産権]

出願状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
出願年 :
国内外の別 :

取得状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
取得年 :
国内外の別 :

[その他]

ホームページ等 : なし

6 . 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名 : 安藤 英由樹
ローマ字氏名 : (ANDO, Hideyuki)
所属研究機関名 : 大阪大学大学院
部局名 : 情報科学研究科バイオ情報工学専攻人間情報工学講座
職名 : 准教授
研究者番号 (8 桁) : 70447035

(2) 研究協力者

研究協力者氏名 : 渡邊 淳司
ローマ字氏名 : (WATANABE, Junji)
所属研究機関名 : 日本電信電話株式会社
部局名 : NTT コミュニケーション科学基礎研究所
職名 : 主任研究員 (現在 : 上席研究員)
研究者番号 (8 桁) : 40500898

研究協力者氏名 : 丸谷 和史
ローマ字氏名 : (MARUYA, Kazushi)
所属研究機関名 : 日本電信電話株式会社
部局名 : NTT コミュニケーション科学基礎研究所
職名 : 主任研究員
研究者番号 (8 桁) : 20626634

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。