

ユーザのなぞり動作に基づく動的な文章表示方式

丸谷 和史^{1,a)} 植月 美希² 安藤 英由樹³ 渡邊 淳司¹

受付日 2012年6月27日, 採録日 2013年1月11日

概要: 本研究では, タッチパネルを備えたタブレット型 PC 端末の特性を活かす, 新しいデジタル文章表示方式を提案する. 提案する表示方式は, 画面をなぞるユーザの指位置を計測し, その位置に対応する文字が徐々に出現・消滅する動的な文章表示方式である. この方式では文字が逐次的に現れるため, 既存の紙媒体では扱おうことの難しかった余韻や抑揚といった読文印象を明示的に操作することができる. 本論文では, この方式を用いて文章を読んだときの印象変化を, 心理学的手法を用いて定量的に調べた.

キーワード: 文章表示, ダイナミックテキスト, なぞり動作, 内言, タブレット端末

Dynamic Text Display Using Finger Trailing

KAZUSHI MARUYA^{1,a)} MIKI UETSUKI² HIDEYUKI ANDO³ JUNJI WATANABE¹

Received: June 27, 2012, Accepted: January 11, 2013

Abstract: In this paper, we propose a novel text presentation method with a tablet-PC. In this method, the contrast of displayed texts is changed dynamically responding to reader's finger trailing. The texts on the computer monitor are barely visible at initial display but when the reader traces on the monitor, characters at the location of reader's finger appear and disappear gradually. We performed two psychological experiments to compare the reading impressions between dynamic and static text presentations and to evaluate the change in the reading impression of the text according to temporal parameters for dynamic contrast changes of the texts. The results indicated that the dynamic text presentation provides richer impression of reading, and that the reading impression can be varied depending on the temporal parameters for dynamic contrast changes of the texts.

Keywords: text presentation, dynamic text, trailing behavior, inner voice, tablet-PC

1. はじめに

文章を伝達する主要なメディアは長くはわたって紙であった. しかし, デジタルメディア技術の発展にともない, 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表示する機会 (デジタル文章表示) が急速に増加してい

る [1], [2]. 本数万冊以上に相当する文章を保存・閲覧できることや, 高速なテキスト検索が可能である等, 既存の文章をデジタルデータに置き換えるメリットは数多い. さらに, デジタル文章表示は, 莫大な文章情報を簡便に扱うことを可能にただけでなく, 文章を読むという読文行為自体にも大きな変化をもたらすと考えられる.

デジタル文章表示は, その情報提示の時間特性がこれまでの紙による文章表示と大きく異なっている [3]. 紙では文章はつねに表示され, 1度紙に文章が書かれてしまえば読文の際にその内容が変更されることはない. 一方で, デジタル文章表示は, 読文中であっても文章内容を動的に変化させることが可能である. たとえば, デジタル文章表示では, 読んでいる場所だけ文字のサイズや色を変更することや, その文字自体を変更することも可能である. さらに近年は, タブレット型 PC 端末やスマートフォンといった,

¹ 日本電信電話株式会社 NTT コミュニケーション科学基礎研究所
NTT Communication Science Laboratories, Nippon Telegraph and Telephone Corporation, Atsugi, Kanagawa 243-0198, Japan

² 函館短期大学保育学科
Department of Early Childhood Care and Education,
Hakodate Junior College, Hakodate, Hokkaido 042-0955,
Japan

³ 大阪大学大学院情報科学研究科
Graduate School of Information and Science Technology,
Osaka University, Suita, Osaka 565-0871, Japan

^{a)} maruya.kazushi@lab.ntt.co.jp

タッチレスポンス機能を備えたデバイスが急速に普及しつつあり、これらのデバイスを利用することで、読者が文章に指で触れる行為に反応する、インタラクティブな文章表示も実現可能である。

しかしながら、新しいデバイスの登場とその普及が進む一方で、これまでのデジタル文章表示研究の多くは、同じ文章を紙で読んだ場合とデジタル表示した場合で、その読みのスピードや理解度、疲労度がどのように変化するのか、ハードウェアの違いに基づく読みの特性の変化を調べるものであった [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11]. 前述のような、デジタル文章表示の時間特性やインタラクティブ性を十分に活用したコンピュータ上の文章表示方式に関する研究は数少ない。実際、EPUB [12], XMDF [13] 等の現在普及している電子書籍のフォーマットや文章表示インタフェースにおいても、基本的には紙上の文章や図をそのままコンピュータディスプレイや電子ペーパー上に再現することを想定している [14], [15], [16], [17], [18]. 本研究では、そのような問題意識から、デジタルディスプレイの特徴を活かした文章表示方式として、ユーザの働きかけ（なぞり動作）に応じて、そこに表示される文字の濃淡が読文中に動的に変化する文章表示方式を提案する（図 1 にイメージ図を示す）。本論文では、この文章表示方式の詳細を紹介する（2章）とともに、この文章表示方式を用いて文章を読んだときの印象変化を、心理学的手法を用いて定量的に解析する（3章：従来の紙による表示との比較を行う、4章：

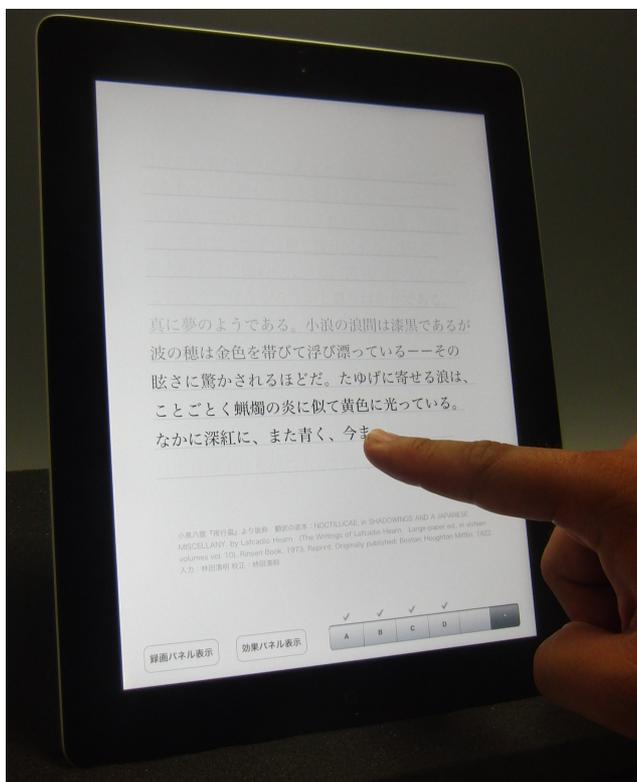


図 1 提案する文章表示方式のイメージ写真

Fig. 1 Photo of proposed text presentation method.

文字の出現・消滅の時間特性による違いを調べる)。

2. なぞり動作に基づく動的的文章表示方式

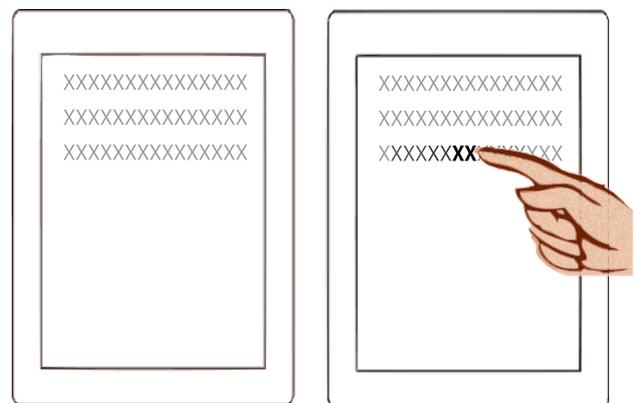
2.1 機能

提案する文章表示方式では、読者がディスプレイ操作をしない状態では、図 2 左のように文章がごく薄く表示されており、どのような文章が書かれているかは分からないが、どこに文章が表示されているかを認識することができる。そして、読者が文章の文字の上をなぞると、図 2 右のようにその部分の文字が徐々に濃く表示され、濃く表示された文字は、一定時間最大の濃さが保持された後に、徐々にもとの薄い表示に戻る。

本表示方式は、紙のようにすべての文章を表示して、それが変化することのない静的な文章表示の方式ではなく、読者が指で文章をなぞることで、その部分の文字が逐次的に現れては消える動的な文章表示方式である。この方式では、動的な文字の出現・消滅によって読文の余韻や抑揚といった静的な文章表示では明示的に表現することが難しい特徴を操作することができる。この表示方式は、紙媒体での文字表現をデジタルディスプレイで再現することを目指すのではなく、デジタル情報提示の特徴を利用することで、音声言語が持つ余韻や抑揚という時間的な表現を文字表現に組み込むことを目的としている。

2.2 システム構成

提案する文章表示方式は、現在のところ市販のタブレット型 PC 端末 (Apple 社製 iPad) で動作するソフトウェア (iOS Application) として実装されている。そのシステム構成を図 3 に示す。タブレット型 PC 端末は読者の指が画面に触れたとき、そのディスプレイ上での位置を計測することができる。ソフトウェアはあらかじめ文章素材をテキストデータとして保持し、計測された指の位置情報に基づ



画面に触れていない部分
は文字を薄く表示する

画面に触れた部分の
文字を徐々に濃く表示する

図 2 提案する文章表示方式の模式図

Fig. 2 Schematic drawing of dynamic text presentation.

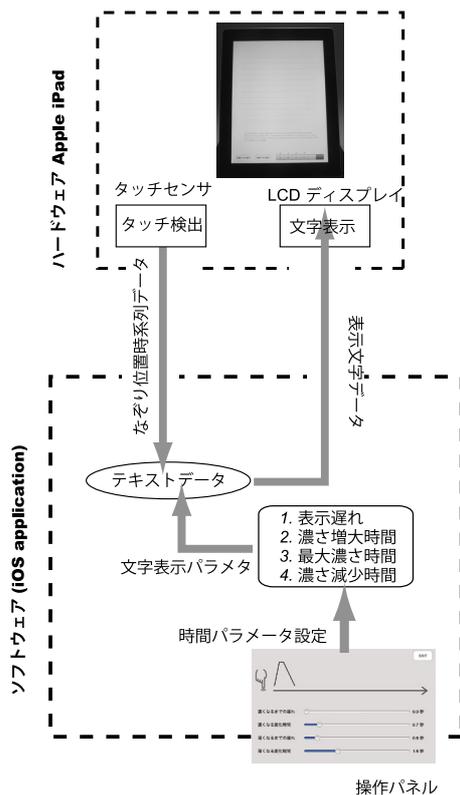


図 3 システム構成図

Fig. 3 Schematic drawing of system configuration.

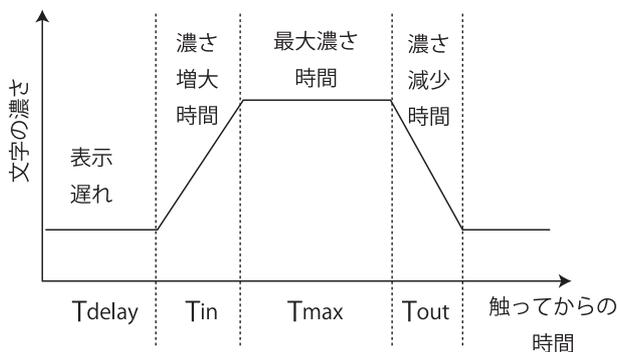


図 4 文字の出現・消失の時間パラメータ

Fig. 4 Temporal parameters of text contrast change.

き、その位置に対応する文字を画面上に表示する。表示に際しては、文字の濃度を一定の速度で徐々に濃く表示し、濃く表示された文字は一定時間最大の濃さが保持された後に、徐々にもとの薄い表示に戻る。

表示の際に文字がどのように出現・消失するかという時間パラメータは以下の4つが制御可能である(図4参照)。(1) 読者が画面に触れてから文字が濃くなり始めるまでの時間(T_{delay})、(2) 文字の濃さが増大し始めてから最大の濃さに達するまでの時間(T_{in})、(3) 最大濃さの保持時間(T_{max})、(4) 濃さが減少し始めてから元の濃さに戻るまでの時間(T_{out})。この4つのパラメータはソフトウェアの「設定パネル」の中でユーザが設定することも可能である。

2.3 先行研究

紙に印刷された文章とデジタルディスプレイで表示された文章の認知特性の比較については多くの研究がなされている。読みやすさや疲れといった主観的な評価項目については、紙媒体が優れていると評価されることが多い[4], [5], [6], [7], [8], [9]。一方、読文速度といった読みのパフォーマンスは、近年の高品質デジタルディスプレイを使用すると、紙媒体のそれとそれほど変わらない[11], [19]。

デジタルディスプレイの特性を活かした技術として、近年の電子書籍では、表示された文章にアンダーラインを引く、あるいはメモや付箋を追加する等、インタラクティブに情報を付加する技術が実現されている[20]。しかし、これらの技術は読文結果に基づき文章の一部を強調表示もしくはそれに対するコメントを記録するものであり、文章表示方式自体に関する技術とはいえない。また、プレゼンテーション用ソフトウェアでは、コンピュータディスプレイ上で単語が上下左右に動き、文字サイズが拡大縮小するような、単語の位置や形状を動的に変化させる表示方式が実現されている。その効果に関しては感性工学的な視点から研究が行われ[21], [22], [23]、単語が動くことで読み手はその単語に強い注意を向け、動きの違いによって“楽しい”“悲しい”等の感性的な印象を受けることが確かめられている[23], [24]。ただし、このような表示方式を文章全体に対して、インタラクティブ性を付加した形で実現した試みおよびその評価は行われていない。一部、コンピュータゲームやメールソフトでは、ボタン押しによって文章を逐次的に表示する方式が使用されているが、この方式による読文が紙媒体を使用した表示や、デジタルディスプレイですべての文字を同時に表示した場合とどのように異なるかは明らかでない。

また、読文中の身体動作が読文パフォーマンスに影響を与えることが人間工学的な視点から明らかになっている。読文中、読者はなぞり動作やページめくりといった身体的動作を意識的にも無意識的にも行っている[4], [25], [26]。こうした身体動作をスムーズに行えるかどうか、文章の好ましさ、文の理解度や疲労度等に影響を与えることが知られている[4], [5], [8], [26], [27]。特に、なぞり動作は、校正読み等において重要であることが知られているものの[9]、なぞり動作によって出現・消失する文字表示と読文印象の関係についての研究は行われていない。このように、デジタルディスプレイの特性を考慮した新しい文章表示方式の可能性は10年以上前から指摘されていたものの[28]、文章表示方式自体に関する試みや評価はこれまでほとんど行われていないのが現状である。

3. 実験1 動的的文章表示と紙の読文印象比較

本章の実験では、同じ文章を既存の紙媒体で読む場合と提案する動的な文章表示方式で読む場合で、文章の印象や読文過程がどのように変化するかを調べた。

3.1 実験刺激

文章の表示媒体は紙（「印刷表示」条件）とタブレット型 PC 端末を用意し、タブレット型 PC 端末にはすべての文字が初めから最大の濃さで表示されている「静的表示」条件と、初めは文字が微かに見える程度に表示され、なぞり動作によって文字が現れて消える「動的表示」条件の2条件を設定した。文字の表示サイズは紙面上での高さおよそ5mm、ディスプレイ上での高さおよそ5.5mmとした。フォントは「ヒラギノ明朝 Pro」, 行間は1cmとし、文字の下には灰色の下線を印刷もしくはディスプレイ表示した。印刷表示条件の文章は、日常の読文で使用するようなA4のOA用紙にレーザープリンタで印字された。動的表示条件では、文字はユーザのなぞり動作直後から0.2秒で最大の濃さになり、2秒間その濃さを保持した後に、0.2秒かけて初めの濃さに戻った（図4のTdelay = 0.0秒, Tin = 0.2秒, Tmax = 2.0秒, Tout = 0.2秒）。本実験で使用した文字の大きさや種類、動的表示条件の時間パラメータセットは、20代から30代の男女4名による予備実験の結果、なぞり動作に支障が生じず、かつ文章を安定して読むことが可能な値として決定された。実験に使用した文章は図5の2種類の文章である。いずれも夕焼けを題材とし、文体が解説風の文章（図5上、168字）と小説風の文章（図5下、172字）であった。

3.2 実験手順

実験参加者は、正常視力（矯正を含む）を持つ日本語母語話者の成人男女8名（男女それぞれ4名ずつ、平均年齢34.3歳、標準偏差2.5歳）であった。また、実験参加者は、実験を開始する前に、実験で使用する文章とは異なる文章で動的的文章表示方式の読文練習を行った。

実験では解説、小説のいずれかの文章タイプについて、印刷表示、静的表示、動的表示の3条件をあわせて提示し、それらの読文印象について「動的な」「抑揚のある」「心の中で声が出る（内言）」「読みやすさ」「文章とあっている（親和性）」「美しさ」という6つの評価項目に対して1位から3位までの順位を付けるよう求めた。このとき参加者には、これら3つの条件の読文をどの順序で、何度行ってもよいが、少なくとも1度はすべての条件で最初から最後まで読文するように求めた（時間制限はない）。参加者は1つの文章タイプの順位付けを終了した後に、もう一方のタイプの文章について3つの表示条件の順位付けを行った。

3.3 実験結果

それぞれの評価項目で、順位の中央値と四分位偏差を表示条件ごとにまとめたものを図6に示す。2つの文章タイプで評価結果に明確な傾向差が見られなかったため、解説と小説で得られたデータをあわせて処理した。また、参加者の男女間でも顕著な傾向の差は見られなかった。

「解説」 (168 字)

太陽が沈む時、その周りの空が赤く光って見える。この夕焼け現象はなぜ起こるのだろうか。太陽の光は、さまざまな光が混じってできている。太陽が沈む時に、この光は、空気層に斜めに差し込む。この中で、空気中のちりにはじかれやすい青い光は、空気層を通り抜けることができない。残りの赤い光だけが、私たちの目に届く。こうして夕焼けが起こるのである。

「小説」 (172 字)

午後6時、窓から見える空は赤く光っている。夕焼け。こんな風にぼんやりと空を眺めることも、最近では珍しい。太陽が低くなって、光が空気の中を長い距離通り抜ける間に、青っぽい光がさえぎられて、赤い光だけが残る。そうして、夕焼けは起こるらしい。太陽からの光の中で、赤い光だけが、私の目のところまでたどりついているんだ。空をもう少しだけ見ていたくなかった。

図5 実験で用いた2つの文章刺激
Fig. 5 Two types of text stimuli.

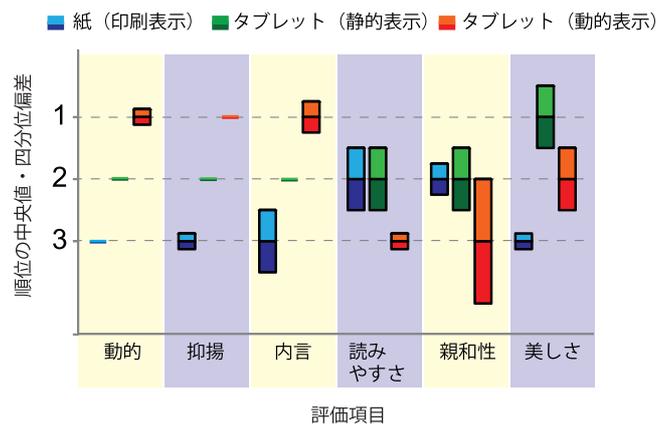


図6 順位評定結果（バーは四分位偏差）
Fig. 6 Central values of each condition in six criteria (bars denote quartile deviations).

これらのデータについてフリードマン検定による統計解析を行った。「動的」の項目では、動的表示条件、静的表示条件、印刷表示条件の順に順位が低下し、その差は統計的に有意であった ($\chi^2(2) = 15.50, p < .01$)。この結果は、その表示方式の原理からも妥当な結果であると考えられる。ま

た、同様の順位は「抑揚」($\chi^2(2) = 13.88, p < .01$) や「内言」($\chi^2(2) = 6.50, p < .05$) の項目でも得られ、動的に文章を表示することが、文章から感じられる抑揚を大きくし、内言を引き出すような効果があったと考えられる。逆に、「読みやすさ」は動的表示条件で他の2つの条件に比べて順位の低下が見られたが($\chi^2(2) = 7.63, p < .05$)、この順位も逐次的に文字が現れる動的表示条件の原理を考えると妥当であると考えられる。また、「親和性」についても動的表示条件が他の2条件より中央値がやや低かったが、これについては参加者による評価のばらつきが大きく有意差は認められなかった($\chi^2(2) = 3.13, n.s.$)。「美しさ」に関しては、日常使用するような紙媒体での表示よりはタブレット型 PC 端末で表示した2条件のほうが美しく、タブレット型 PC 端末のあいだでは、静的に表示したほうが動的に表示するよりも美しいという結果であった($\chi^2(2) = 13.63, p < .01$)。

以上をまとめると、本論文で提案している動的表示条件においては、読みにくさという短所は見られるもの、動的、抑揚、内言といった話し言葉から得られるような印象がより強く生じていると考えられる。

4. 実験2 動的時間パラメータによる印象変化

実験1より、動的文章表示では印刷表示やデジタルディスプレイでの静的表示に比べて、読文に抑揚や内言といった特徴がもたらされることが示された。ただし、実験1で使用された動的文章表示の時間パラメータセットは1種類のみであった。そこで、実験2ではいくつかの時間パラメータセットを用意し、これらの違いによって読文の感性的印象がどのように変化するかを Semantic Differential (SD) 法 [29], [30] によって調べた。

4.1 予備実験

本実験に先立ち、実験で使用する時間パラメータセットの決定と SD 法の尺度(形容詞対)を抽出するための予備実験を行った。日本語母語話者の男女14名(実験1の被験者とは異なる男子2名、女子12名。平均年齢19.4歳、標準偏差0.8歳)に実験1の動的表示条件で2タイプの文章を自由に読んでもらった。ただし、この実験では実験1と異なり、実験参加者自身が時間パラメータを操作できるようにし、図4に示した4種類の時間パラメータそれぞれについて自分が最も適していると思う値に設定してもらった。さらに、読後の印象についての簡単な自由記述を求め、SD法の尺度抽出を行った。

4.2 実験刺激

本実験で使用した実験刺激は、文字の出現・消失の時間パラメータを除いて、すべて実験1の動的表示条件と同じである。動的表示の時間パラメータセットは、予備実験の結果をもとに表1のような4条件を設定した。特に、文字

表1 実験2で用いた時間パラメータセット

Table 1 Temporal parameter sets used in experiment 2.

Parameter set	Tdelay	Tin	Tmax	Tout
Short-Short	0	0.2	2	0.2
Short-Long	0	0.2	1.2	1
Long-Short	0	1	1.2	0.2
Long-Long	0	1	0.4	1

表2 実験2で用いた評価項目

Table 2 Adjective pairs for semantic differential method.

評価項目	形容詞1	形容詞2
親和性	文章とあっている	文章とあっていない
動き	動的な	静的な
温度	温かい	冷たい
硬さ	やわらかい	かたい
好感度	好き	嫌い
読みやすさ	読みやすい	読みにくい
美しさ	美しい	醜い

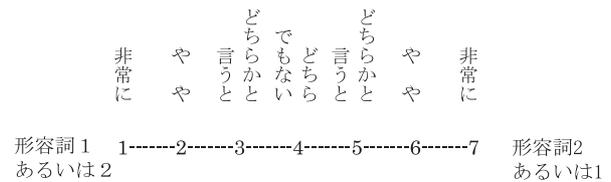


図7 SD法に用いたスケール

Fig. 7 Scale used for semantic differential method.

の出現(文字コントラストの増大)にかかる時間 Tin、文字の消失(文字コントラストの減少)にかかる時間 Tout に着目し、パラメータセットの特徴を設定した(それぞれの条件の Tin, Tout の長さが各パラメータセットの項目名に反映されている)。また、どの4条件でも文字の出現から消失までの時間は合計2.4秒である。また、比較対照条件として全文が最大コントラストで表示され続ける条件(実験1の静的表示条件)も設定した。実験刺激の提示条件は以上の5種類である。

使用した文章は実験1と同じ解説、小説の2つのタイプの文章であった。読文印象を評価する形容詞対は予備実験による自由記述と Osgood ら [29] の形容詞対を基に表2のような7つの評価項目を決定した。それぞれの形容詞対に対して図7のような7段階で回答してもらった。

4.3 実験手順

実験参加者は、日本語母語話者の男女28名で、それぞれの文章タイプに対して14名ずつが実験を行った。解説タイプの文章は20代男子1名と10代~40代の女子13名(平均年齢23.0歳、標準偏差7.8歳)、小説タイプの文章は10代~40代の女子14名(平均年齢21.4歳、標準偏差

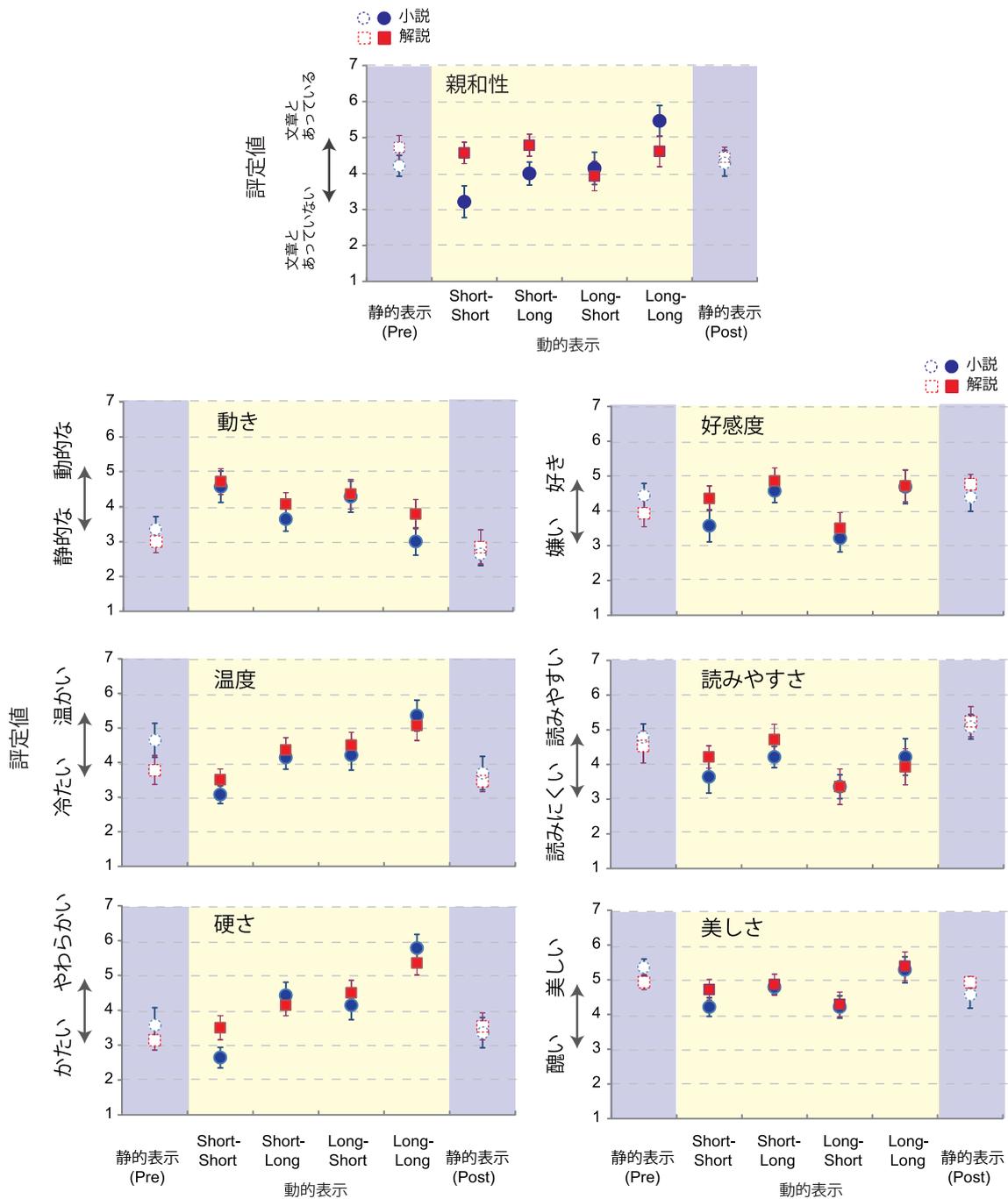


図 8 SD 法による読文印象の評定結果 (エラーバーは標準誤差)

Fig. 8 Results of rating experiment (error bars represent standard errors).

6.1 歳)であった。このうち予備実験にも参加した被験者が4名いた。また、いずれの参加者も実験1には参加していない。実験参加者は、実験1と同様に、実験を開始する前に、実験で使用する文章とは異なる文章で動的表示方式の読文練習を行った。

実験において参加者はのべ6回の読文印象評定を行った。はじめに、全文が最大コントラストで表示された静的表示条件の文章を読み、前述の7つの評価項目で読文の印象評定を行った(評価項目の順番、形容詞の左右はランダムとした)。その後、同じ文章タイプで時間パラメータセットの

異なる4つの動的表示条件の文章に対して、自由な順序、繰返し回数で読み、それぞれのパラメータセットの文章に対し同様の印象評定を行った(時間制限はない)。そして、最後にもう1度、静的表示条件で読文印象の評定を行った。最後の試行は、動的表示の読文体験によって印象評価が大きく変化していないことを確かめるために設定した。

4.4 実験結果

評価項目ごとの実験参加者14名の平均、標準誤差を図8に示す(無回答項目は欠損値として分析から除外)。動的表

示4条件の前後に行われた2度の静的条件の評価は、どの評価項目でも評定値に大きな差はなく、繰り返し文書を読むことでは評定値に大きな変化は生じなかった。つまり、以後に述べる印象変化は、単に読文に慣れたことによって生じたものではなく、動的表示4条件の時間パラメータセットの差によって生じた印象変化であると考えられる。

動的表示の時間パラメータセットの影響を定量的に評価するため、評価項目ごとに文章タイプ(解説・小説)とパラメータセット(表1に示した4条件)を要因とした混合2要因分散分析を行った。その結果は、評価項目によって以下の3つのグループに分かれた。(1)文章タイプによってパラメータセットの影響が異なる項目、(2)文章タイプによらずパラメータセットの影響が見られた項目、(3)時間パラメータとしては一貫した傾向が見られなかった項目、の3つのグループである。

1番目の傾向を示したのは「親和性」の評価項目であった(図8上)。時間パラメータセットの効果が文章タイプによって有意に異なった($F(3,72) = 4.99, p < .01$)。解説の文章タイプに対する印象(■のデータ)は時間パラメータセットの効果が見られず、その値も静止条件(□のデータ)とほとんど変わらなかった。一方、小説タイプの文章(●のデータ)では文字コントラスト変化が緩やかな時間パラメータセット(T_{in} , T_{out} が大きい)で文章との親和性が高く、逆に文字コントラスト変化が速いパラメータセットで文章との親和性が低くなった($F(3,22) = 4.02, p < .05$)。さらに、最も親和性が高い条件(Long-Long条件)では、静止条件(○のデータ)よりも高く評価される傾向にあった。これらの結果は、解説の文章タイプでは動的表示によってその親和性が大きく変化することはないが、小説の文章タイプを動的表示で読む場合には、最適な時間パラメータセットが存在し、ゆっくりと文字が現れて、ゆっくりと消えるときに文章とよくあっていると感じられることを意味している。

2番目の傾向を示したのは「動き」「温度」「硬さ」の3項目である(図8左下)。これらの項目では文章タイプによらず時間パラメータセットの影響が観察された。どちらの文章タイプでも、文字コントラストの変化が速い(T_{in} , T_{out} が小さい)と、動的な、冷たい、かたい、という印象が増加した。逆に、文字コントラストの変化が緩やか(T_{in} , T_{out} が大きい)だと、静的な、温かい、やわらかい、という印象が増加した(「動き」: $F(3,78) = 3.23, p < .05$, 「温度」: $F(3,78) = 14.41, p < .01$, 「硬さ」: $F(3,78) = 20.00, p < .01$)。また、「動き」のShort-Short条件、「温度」と「硬さ」のLong-Long条件では静止条件の値よりも大きな値が観察された。これらの文章タイプによらない変化は、動的表示の方式そのものがもたらした印象変化であると考えられる。

3番目の傾向を示したのは「好感度」「読みやすさ」「美

しさ」の3項目である(図8右下)。これらの項目においては、時間パラメータセットに対して一貫した結果(T_{in} や T_{out} の増加・減少にともなう変化)は観察されなかった。ただし、全体のデータ傾向については類似性が見られ、特に「好感度」「美しさ」の2項目では、いずれも特定の条件(Long-Short条件)で評定値が低かった(「好感度」: $F(3,75) = 5.61, p < .01$, 「美しさ」: $F(3,75) = 5.48, p < .01$)。これらのことは、動的表示において文字がゆっくり出現し、突然消えるという時間パラメータセットは、嫌い、醜いという否定的な印象を持たれやすいということを示唆している。

以上をまとめると、文章タイプによらず文章の文字コントラストを急速に変化させると、動的・冷たい・かたいという印象を与え、逆に文字コントラストを緩やかに変化させると、静的・温かい・やわらかい印象がもたらされる。さらに、小説の文章タイプでは文章に合った動的表示の時間パラメータセットが存在し、文字コントラストを緩やかに変化させたほうがより文章とあっていると感じられる。これらの結果は、文章を動的に表示することで静的表示とは異なる読文印象、具体的には音声言語が持つような時間的な変化、温度感、やわらかさといった表現を文字表現に組み込むことが可能であるということを示唆している。

5. 考察

5.1 インタラクティブな文章表示方式の特性

本論文で提案する文章表示方式がこれまでの方式と最も顕著に異なる点は、読者のなぞり動作を起点にインタラクティブに文章表示が行われる点である。紙媒体、デジタルディスプレイによらず、既存の多くの方式では文章はあらかじめすべて表示されており、そのうえで読者が視線を動かして情報を読み取るものであった。一方で、本表示方式は読者のなぞり動作によって文章自体が生み出されていくような読文体験である。このようなインタラクティブ性は、これまでどちらかという受動的な行為として考えられがちであった読文体験に、自身の働きかけに対する心理的報酬や、主体的に文章を生み出すという自己作用感(Sense of Agency [31])を生じさせると考えられる。

文章への働きかけをなぞり動作に限らなければ、読者と文字のインタラクションは、ゲームやメディアアート作品の中にも取り入れられている。ボタン押しによって数文字から数行の文章を表示する方式はゲームにおける標準的な文章表示方式といえる。また、メディアアート作品においても、たとえば、水面に映し出された文字に働きかけることで文字がそれと関連する画像に変化する作品 [32] や、手のひらに短歌を代表する漢字一字や短歌をスクロールして映し出す作品 [33] が制作されている。これらのインタラクションは、体験者の1度の働きかけに対して、比較的少ない数の文字が一定時間かけて現れたり、その様態を変化さ

せたりするものである。一方、本表示方式は、文章全体をインタラクションの対象とするとともに、読者の触れた瞬間、触れた位置に文字が現れ、消えていくインタラクションが逐次的に生じている。このような時間的にも空間的にも連続的なインタラクションは、文章に対してより強い自己関与の感覚を生み出すと予想される [34]。パフォーマンス作品としては、パフォーマンスの指が触れた場所に（印字の仕組みがない紙にも）文字が現れる作品「Digit」[35]が存在するが、このパフォーマンスでは、読者（観客）が文章内容を理解することよりも、指先から文字が現れるという現象自体に表現の重点が置かれている。また、1文字1文字の軌跡が一定時間かけて表示されるフォントデザイン [36] や書き手の履歴に合わせて文章を表示する作品 [37] も存在する。本論文では検証の対象としなかったが、インタラクティブ性や時間性を付与する文字の単位や、そこから想起される書き手の意図や思考の履歴について、今後検討を行っていききたい。

5.2 動的的文章表示方式と文章タイプ

実験2のSD法を用いた読文印象の評価実験では、「親和性」に対する時間パラメータセットの影響が文章タイプ（解説と小説）によって異なった。これは、動的表示に適したもしくは不適な文章タイプが存在することを意味する。実験では解析を容易にするため文章主題を限定し、解説と小説という2種類の散文を刺激として用いた。しかし、文章には論理構造の記述に特化した論文や、演劇のプロット、韻律を持つ詩等、様々なタイプが存在する。これまで、動的的文章表示がどのような文章の読文に適しているか調べるために、インタラクション2012 [38] や ACM Multimedia 2012 [39] において、多くの方に実際に表示方式を体験してもらった。その結果、本表示方式では話し言葉や口語的な文章、あるいは韻律を含む文章（たとえば、詩や短歌、俳句等）を読むときにより印象が深くなるという感想が多く得られた。一方で、論文等のある程度の長さを持った論理的な文章を読むときには、前に何が書いてあったかを確認しながら読む必要があり、本表示方式には適していないという意見が多かった。本研究で提案する表示方式の基本機能が文章を読むことによって起こる内言やそれに付随する抑揚を強調するところにあることを考えると、話し言葉、口語的文章、韻文、といった声に出して読まれるような文章の読文時に最も大きな効果があるのは、妥当な傾向といえる。動的的文章表示における時間パラメータセットと文章タイプの組合せがどのような読文印象の変化をもたらすかについては、今後より詳細に調べていきたい。

また、本表示方式はなぞり動作を行わないと文章が現れないため、原理的には文章の一覧性が低い。本論文の実験で用いた文章は、いずれも1画面に収まる170字程度の短い文章であったため、読文に特段の支障は生じなかった。

しかし、複数ページにわたる長い文章を読むときには、スクロールバーやページめくりボタンによってページを切り替える機能や、現在の画面が文章全体の中でどこにあたるのかをインジケータ等によって明示的に示す機能が必要となる。もちろん、読者のなぞり動作による疲労や集中力の低下等を考えると、本表示方式は、基本的には小規模（数ページ程度）の文章の読文に適していると考えられる。

読者の年齢や性別は、読まれる文章タイプに大きな影響を及ぼすと考えられるが、本論文での実験では、タブレットPC端末の所有率が高く [40]、その操作に親和性のある20代、30代を主な対象として行われた。また、実験2はほとんどの被験者が女性であった。年齢や性別が文章の印象形成に大きな影響を及ぼすとは考えにくいものの、デジタルデバイスへの習熟度の影響から、特に高齢層では異なる傾向が現れる可能性も考えられる。今後のタブレット型PC端末の利用拡大の可能性を考慮すると、読者の年齢や性別の影響についてもより詳しい検討を行う必要がある。

5.3 動的的文章表示の応用

提案する動的的文章表示方式は、自己作用感や内言およびそれに付随する感性的印象を強く誘起する、新しい文章表示方式である。こうした新しい方式は、これまでにない文章表現を生み出す可能性がある [41]。たとえば、文章の著者がこの表示方式における時間パラメータセットの設定まで含めて文章コンテンツを創作した場合、文章表現の領域が拡大されているといえるであろう。また、なぞり動作といった読者の働きかけによって異なる文章が現れる、これまでにない文章表現も考えることができる（このような効果を紙で実現した詩 [42] も存在する）。さらに、既存の文章コンテンツを表示する場合でも、表示される順番や表示の時間パラメータセットを変化させることで、紙媒体で読む場合と異なる印象を生じさせることができる。（ただし、こうした二次創作的な文章表現を行う際の著作権処理については議論が必要である [43]）。

提案する文章表示方式は、若年者への教育や障がい者へのリハビリテーションにも応用の可能性がある。読み書きの学習が困難な児童に対しては、デジタル教材による学習支援がすでに行われている。たとえば、文章中の文字に明るさや色の変化を加えることで、重要な言葉の視認性を高め、通常の教材よりも学習効果が大きくなるようなデジタル教材が開発されている [44], [45]。こうした試みに本文章表示方式を組み合わせることで、より大きな効果をあげる可能性がある。読みの障がいの原因については今でも議論が行われているが、読みの障がいは注意力や集中力の問題とかわりが深いことが報告されている [46]。こうした場合、自分が読んでいる位置の文章のみが逐次的に表示され、注意を阻害するような余計な情報 [47], [48] が表示されない本表示方式は、こうした状況への支援となりうる [44]。ま

た、本表示方式は内言を強く引き起こすということを考えると、後天的な聴覚障がい者には、より話し言葉に近い読文体験を提供することができるかと予想される。

6. おわりに

本論文では、音声言語が持つ余韻や抑揚という時間的な特徴を文字表現に組み込む新しいデジタル文章表示方式として、なぞり動作に応じて文章表示が動的に変化する表示方式を提案し、これを用いて文章を読んだときの印象変化を、心理学的手法を用いて調べた。実験1では、紙媒体と動的な文章表示を比較した場合、読みやすさでは紙媒体による文章表示が優れているものの、文章の抑揚や内言の生起等については動的な文章表示方式がより大きな効果があることが示された。また、SD法を用いた実験2では、文字コントラスト変化の時間パラメータセットを変えることによって、動的な印象、温度感、やわらかさといった多様な読文の印象が生じることを示した。

参考文献

- [1] 日経コミュニケーション 2011年2月号特集 iPad時代のペーパーレス, 日経BP社 (2011).
- [2] 高橋慈子, 大野邦夫: スマートフォン・携帯・電子書籍端末は、取扱情報をどう変えるか?, 情報処理学会研究報告, 2010-DD-77, No.2, pp.1-6 (2010).
- [3] Lee, J.C., Forlizzi, J. and Hudson, S.E.: The Kinetic Typography Engine: An Extensible System for Animating Expressive Text, *Proc. UIST 2002*, pp.81-90 (2002).
- [4] Marshall, C.C.: Turning the Page on Navigation, *Proc. ACM/IEEE Joint Conference on Digital Libraries*, pp.225-234, ACM (2005).
- [5] 柴田博仁, 大村賢悟: 答えを探す読みにおける紙と電子メディアの比較, 情報処理学会研究報告, 2011-HCI-141, No.5, pp.1-8 (2011).
- [6] 磯野春雄, 高橋茂寿, 滝口雄介, 山田千彦: 電子ペーパーで読書した場合の視覚疲労の測定, 映像情報メディア学会誌, Vol.59, No.3, pp.403-406 (2005).
- [7] 面谷 信, 岡野 翔, 井澤英二郎, 杉山明彦: 電子ペーパーのめざす読みやすさに関する研究: 紙とディスプレイの読み取り作業比較実験からわかってきたこと, 日本画像学会誌, Vol.44, No.2, pp.121-129 (2005).
- [8] 寇 冰冰, 椎名 健: 読書における異なる表示媒体に関する比較研究: 呈示条件が読みやすさに及ぼす影響について, 図書館情報メディア研究, Vol.4, No.2, pp.1-18 (2006).
- [9] 柴田博仁, 高野健太郎, 大村賢悟: 文書タッチが読みに与える影響: 校正作業での紙とiPadの比較, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2011, 1231L (2011).
- [10] O'Hara, K. and Sellen, A.: A Comparison of Reading Paper and On-Line Documents, *Proc. CHI'97*, pp.335-342, ACM (1997).
- [11] Dillon, A.: Reading from paper versus screens: A critical review of the empirical literature, *Ergonomics*, Vol.35, No.10, pp.1297-1326 (1992).
- [12] International digital publishing forum: Electronic Publication (EPUB), available from (<http://idpf.org/epub>) (accessed 2013-01-25).
- [13] シャープ株式会社: Ever-eXtending Mobile Document Format, 入手先 (<http://www.xmfd.jp/>) (参照 2013-01-25).
- [14] Amazon.com: Kindle: Amazon's Original Wireless Reading Device (1st generation), available from (<http://www.amazon.com/Kindle-Amazon's-Wireless-Reading-Device/dp/B000FI73MA>) (accessed 2013-01-25).
- [15] Yonezawa, T., Mitsunaga, N., Tajika, T., Miyashita, T. and Abe, S.: Sheaf on sheet: A concept of tangible interface for browsing on a flexible e-paper, *ACM SIGGRAPH2008*, B134, ACM (2008).
- [16] 光永法明, 米澤朋子, 田近太一: 一枚の紙束 (TABO): 電子ペーパーの未来に向けたフリップインタフェース, インタラクション 2008 論文集, pp.39-40 (2008).
- [17] Kidokoro, H., Fujita, K., Owaki, M., Doba, K., Chung, C. and Itoh, Y.; Paranga: A Book-shaped Device with Tactile Feedback, *Proc. SIGGRAPH Asia 2011*, Emerging Technologies, No.11 (2011).
- [18] 櫻井 稔, 江渡浩一郎: Material Reader: デザイン視点で作る電子書籍プラットフォーム, 情報処理学会研究報告, 2011-EC-21, Vol.8, pp.1-6 (2011).
- [19] Nielsen, J.: iPad and kindle reading speeds, Nielsen's Alertbox newsletter, available from (<http://www.useit.com/alertbox/ipad-kindle-reading.html>) (accessed 2013-01-25).
- [20] Ovsianikov, I.A., Arbib, M.A. and McNeill, T.H.: Annotation technology, *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol.50, No.4, pp.329-362 (1999).
- [21] Forlizzi, J., Lee, J.C. and Hudson, S.E.: The Kinedit System: Affective Messages Using Dynamic Texts, *Proc. CHI'03*, pp.377-384, ACM (2003).
- [22] Wong, Y.Y.: Temporal Typography: A Proposal to Enrich Written Expression, *Conference Companion, CHI'96*, pp.408-409, ACM (1996).
- [23] Möhler, G., Osen, M. and Harrikari, H.: A User Interface Framework for Kinetic Typography-enabled Messaging Applications, *CHI'04 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, pp.1505-1508, ACM (2004).
- [24] 水口 充, 上田晃寿, 山本景子, 倉本 到, 辻野嘉宏: 文字アニメーションによる動き方が表現された感情に与える影響に関する基礎調査, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.14, No.1, pp.9-19 (2012).
- [25] Adler, A., Gujar, A., Harrison, B.L., O'Hara, K. and Sellen, A.: A Diary Study of Work-Related Reading: Design Implications for Digital Reading Devices, *Proc. CHI'98*, pp.241-248, ACM (1998).
- [26] 小林亮太, 池内 淳: 表示媒体が文章理解と記憶に及ぼす影響—電子書籍端末と紙媒体の比較, 情報処理学会研究報告, 2012-HCI-147, No.29, pp.1-7 (2012).
- [27] 柴田博仁, 高野健太郎, 大村賢悟: 電子書籍端末は紙を代替できるか?, 電子書籍端末の評価実験にもとづく考察, 富士ゼロックス・テクニカルレポート, No.21, pp.98-109 (2012).
- [28] Schilit, B.N., Price, M.N., Golovchinsky, G., Tanaka, K. and Marshall, C.C.: As We May Read: The Reading Appliance Revolution, *Computer*, Vol.32, No.1, pp.65-73 (1999).
- [29] Osgood, C.E., Suci, G. and Tannenbaum, P.: *The measurement of meaning*, Urbana, IL: University of Illinois Press (1957).
- [30] Snider, J.G. and Osgood, C.E.: *Semantic Differential Technique: A Sourcebook*, Chicago: Aldine Press (1969).
- [31] Gallagher, S.: Philosophical Conceptions of the Self: Implications for Cognitive Science, *Trends in Cognitive Sciences*, Vol.4, No.1, pp.14-21 (2000).
- [32] 師井聡子, 柴田良二, 笹田晋司, 鉄谷信二: 水を利用した

- 自然なハプティック表現「およぐことば」, 日本バーチャルリアリティ論文誌, Vol.15, No.3, pp.297-305 (2010).
- [33] 石井陽子, 穂村 弘, 小林 稔, 中茂睦裕: インタフェース研究と文学のコラボレーション: 「火よ, さわれるの」の事例より, 日本バーチャルリアリティ学会誌, Vol.15, No.3, pp.155-158 (2010).
- [34] 稲見昌彦: 相互作用の力学 (インタラクションのダイナミクス), 映像情報メディア学会誌, Vol.66, No.8, pp.694-697 (2012).
- [35] Maire, J.: Digit, available from (<http://julienmaire.ideenshop.net/project5.shtml>) (accessed 2013-01-25).
- [36] Semitransparent Designs: tFont, available from (<http://www.semitransparentdesign.com/>) (accessed 2013-01-25).
- [37] 遠藤拓己, ドミニク・チェン: TypeTrace, 入手先 (<http://typetrace.jp/>) (参照 2013-01-25).
- [38] 丸谷和史, 植月美希, 安藤英由樹, 渡邊淳司: なぞり動作で文章を的に表示するソフトウェア「Yu bi Yomu」, インタラクション 2012, 1EXB-30 (2012).
- [39] Maruya, K., Uetsuki, M., Ando, H. and Watanabe, J.: Yu bi Yomu: Interactive reading of dynamic text, *Proc. ACM MM '12*, pp.1499-1500, ACM (2012).
- [40] 総務省: 平成 23 年通信利用動向調査, 総務省情報通信統計データベース, 入手先 (<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/yotei/e-stat.riyoudoukoutyousa.xml>) (参照 2013-01-25).
- [41] シニギワ (松井茂 + 長高寛幸): 沈黙の測定, photographers' gallery (2012).
- [42] Queneau, R.: *Cent Mille Millions de Poèmes* (1961).
- [43] クリエイティブ・コモンズ・ジャパン: クリエイティブ・コモンズ・ライセンス, 入手先 (<http://creativecommons.jp/>) (参照 2013-01-25).
- [44] 金森裕治, 山崎愛子, 田中直壽, 松下幹夫, 赤瀬 瞳, 平峰厚正: 特別支援教育におけるマルチメディアデジー教科書の導入・活用に関する実践的研究, 大阪教育大学紀要第 IV 部門, Vol.59, No.1, pp.65-80 (2010).
- [45] 奥村智人, 北村弥生, 栗本奈緒子, 水田めぐみ: 発達性読み書き障害への障害特性に応じた読み支援方法の開発, 博報財団, 第 5 回児童教育実践についての研究助成事業研究成果論文集, pp.9-27, 入手先 (<http://www.hakuhodo.co.jp/foundation/subsidy/pdf/5th01.pdf>) (参照 2013-01-25).
- [46] Germanò, E., Gagliano, A. and Curatolo, P.: Comorbidity of ADHD and dyslexia, *Developmental Neuropsychology*, Vol.35, No.5, pp.475-493 (2010).
- [47] Ziegler, J.C., Pech-Georgel, C., George, F. and Lorenzi, C.: Speech-perception-in-noise deficits in dyslexia, *Developmental Science*, Vol.12, No.5, pp.732-745 (2009).
- [48] Rosen, S. and Pelli, D.G.: Reading faster by reducing crowding, *Journal of Vision*, Vol.12, No.9, p.597 (2012).



丸谷 和史

2004 年東京大学大学院人文社会系研究科博士課程修了。博士 (心理学)。日本学術振興会特別研究員, 米国ヴァンダービルト大学研究員を経て, 2008 年より NTT コミュニケーション科学基礎研究所人間情報研究部に所属。専門は視覚の心理物理学。近年では, 視覚科学データベース Visiome Platform (<http://visiome.neuroinf.jp/>) の構築・視覚科学実験のためのプログラミングツール Psychlops (<http://psychlops.sourceforge.jp/>) の開発をはじめとした, 研究のインフラストラクチャ改善のプロジェクトにも協力している。日本心理学会, 日本基礎心理学会, 日本視覚学会, Vision Sciences Society 各会員。



植月 美希

2011 年東京大学大学院人文社会系研究科博士課程修了。博士 (心理学)。2009 年～函館短期大学保育学科専任講師。専門分野は言語心理学, 認知心理学。日本基礎心理学会, 日本認知心理学会, 日本心理学会, 日本教育心理学会, 日本保育学会各会員。



安藤 英由樹

1998 年愛知工業大学大学院工学系研究科修士課程修了。同年同研究科博士課程進学。1999 年理化学研究所 BMC JRA 配属, 2000 年科学技術振興事業団「協調と制御」領域グループメンバーとして東京大学情報学環研究員, 2004 年 NTT コミュニケーション科学基礎研究所リサーチアソシエイト, 2007 年同研究所リサーチスペシャリスト, 2008 年大阪大学大学院情報科学研究科准教授, 現在に至る。感覚伝送技術, 感覚運動情報工学, VR に関する研究に従事。博士 (情報理工学)。



渡邊 淳司 (正会員)

2005年東京大学大学院情報理工学系研究科博士課程修了。博士(情報理工学)。2011年よりNTTコミュニケーション科学基礎研究所人間情報研究部リサーチスペシャリスト。2012年より東京工業大学大学院総合理工学研究科連携講座准教授を兼任。視覚・触覚の知覚メカニズムの研究およびその感覚表現の研究を行う。 <http://www.junji.org/>