

ディスプレイの物理的な大きさがテキスト読解に与える影響

市野 順子^{1,a)} 金山 尚史² 田野 俊一¹ 橋山 智訓¹

受付日 2011年10月19日, 採録日 2012年2月3日

概要: 大型ディスプレイが普及しつつあるが, ユーザ個人に対する影響を定量化することはほとんど行われていない. 本稿では, 大小の2つの物理サイズの異なるディスプレイ上での, ユーザのテキスト読解を比較する3種類のタスクからなる実験を提示する. 本実験では, 2つのディスプレイの観視距離を調整することによって, 観視角度を一定に保った. 実験の結果, ディスプレイサイズの違いが, 個人のテキストメディアの短時間の読解タスクパフォーマンス—文字・単語といった小さい単位のテキスト情報の探索タスクと, 文・段落といった大きい単位のテキスト情報の理解タスクのいずれにおいても—に影響を及ぼさないことが分かった. 映像や画像メディアの場合, 大きいディスプレイはユーザを自己中心座標系の視点に偏らせ, 小さいディスプレイは外部参照座標系の視点に偏らせることを示した先行研究の結果と, 本研究が目したテキストメディアに関する実験結果が大きく異なる結果となった.

キーワード: 大型ディスプレイ, ディスプレイサイズ, 観視角度, 視野, 読解タスク

Effects of Physical Display Size on Text Reading

JUNKO ICHINO^{1,a)} NAOFUMI KANAYAMA²
SHUN'ICHI TANO¹ TOMONORI HASHIYAMA¹

Received: October 19, 2011, Accepted: February 3, 2012

Abstract: Large wall-sized displays are becoming prevalent. Although researchers have articulated qualitative benefits of group work on large displays, little work has been done to quantify the benefits for individual users. In this article we present an experiment that compares user's the performance of text reading on a large display to that on a small display. In these experiments, we held the visual angle constant by adjusting the viewing distance to each of the displays. Results from the experiment, which included three kinds of tasks, suggest that physical display size doesn't affect individual performance on text reading tasks.

Keywords: large display, display size, visual angle, field of view, reading task

1. はじめに

スマートフォン, ポータブル DVD プレイヤ, 電子タブレット端末などでさまざまなコンテンツメディアが視聴可能になり, 小さなディスプレイによるメディアの視聴形態が普及した. 一方で, オフィスや家庭におけるディスプレイやテレビは大型化する傾向にある. ユーザがメディアを

視聴する際のディスプレイのサイズは多様化し, どこでメディアを経験するかその選択肢は膨大になった.

しかしながら, ディスプレイデバイスにおけるメディア視聴時のユーザの認知特性を理解するための取り組みは十分なされていない [1]. 多くの研究開発は, デバイスの外観に関する実用本位の問題に集中している. ディスプレイの物理的なアフォーダンス^{*1}が人間の知覚や思考にどう影響するかを理解することに対して, あまり注意が払われていない. その結果, 異なる認知的・社会的アフォーダンスを

¹ 電気通信大学
The University of Electro-Communications, Chofu, Tokyo
182-8585, Japan

² 日本アイ・ビー・エム株式会社
IBM Japan Ltd., Chuo, Tokyo 103-8510, Japan

^{a)} ichino@is.uec.ac.jp

^{*1} 環境が動物に与える「意味」のこと. 物体の属性が動物に対してその物体の取り扱い方についてメッセージを発しているとする考えに基づく. アメリカの知覚心理学者ジェームズ・J・ギブソンによる造語.

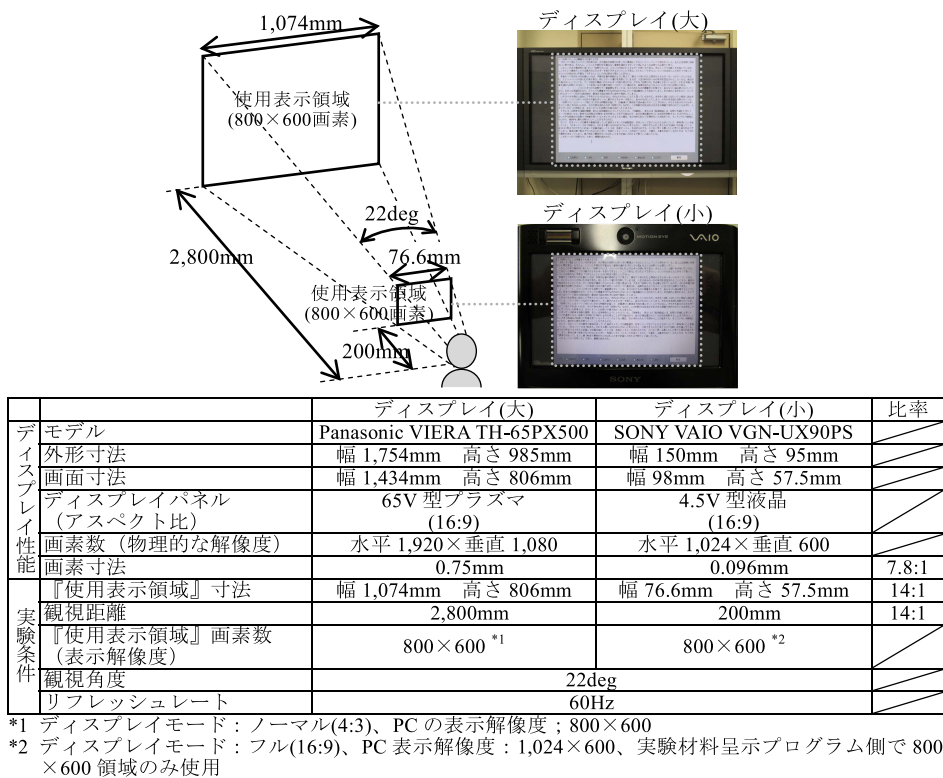


図 1 実験に用いたディスプレイの性能と実験条件
 Fig. 1 Display capabilities and experimental conditions.

提供するさまざまなディスプレイデバイスに対して、デザイン原則が様に適用されている。

なかでも、重要なディスプレイ特性であるディスプレイの物理的な大きさに注目した研究は限られている。新聞や小説などテキストを中心とした出版物の電子化が今後本格的に進むことが予想されるが、ディスプレイの物理的な大きさが個人のテキストの読解に与える影響を系統的に定量化する取り組みはほとんどなされていない。

本稿では、大小2つのディスプレイ上でのユーザのテキストの読解を比較する実験について述べる。ディスプレイの物理的なサイズの効果だけを分離して検討するために、観視距離を調整することで2つのディスプレイの観視角度(視野の大きさ)を一定に保った(図1)。両ディスプレイで提示された情報の内容が同等なとき、両条件のタスクパフォーマンスにどう影響を与えるだろうか？ 先行研究の結果から、映像・画像メディアの場合は、物理サイズの異なるディスプレイではパフォーマンスに違いがあることが分かっているため、テキストメディアの場合も同様に違いがあると考えるのは妥当だろう。しかしながら、予想に反し、少なくとも短時間の読解タスクパフォーマンスにおいては、ディスプレイの物理サイズはテキストの読解にまったく影響を与えなかったことを本稿で示す。

2. 関連研究

多くの研究(たとえば研究[2],[3],[4],[5])が大型ディス

プレイを利用した複数ユーザによる協調作業に焦点を合わせる一方、大型ディスプレイが個人に与える効果を客観的に測定した研究はそれに比べ少ない。通常、スペースの制約から、大型ディスプレイは小型ディスプレイよりも相対的に利用者に対して近い距離のところに置かれることが多い。つまり、大型ディスプレイはユーザにより大きい網膜像(視野)を提示する機会が多い。視野の大きさの違いが個人の主観に与える影響を調査した研究はいくつかある。広範囲の視野を提供する大型ディスプレイは、映像や画像を見たときに、ユーザの実在感[6],[7]、没入感[8],[9]、覚醒度[10]、満足感[8]、臨場感[11]、力量感[11]を増強する、ユーザの関与の程度[12]、映像酔いの程度[8]を高める、といった効果があることが報告されている。また、Reevesら[10]やLinら[8]は、客観評価指標として、視野が大きいと提示情報に関する記憶の程度が高くなることを示した。これらの研究結果は、観視距離が同じであれば、視野が大きい方が実在感や没入感や記憶の程度が高くなることを示す。しかし、観視角度(視野の大きさ)は観視距離の違いによって変化するため、ディスプレイの物理サイズと観視角度は必ずしも比例しない。このため、観視距離を変えることで観視角度を統制し、同一の観視角度であってもディスプレイの物理サイズと観視距離の違いによって内容の見え方が変化するかを検討する必要がある。

上述のとおりディスプレイの観視角度の比較に関する研究はあるものの、その多くはディスプレイの物理サイズ

の効果を観視距離の効果から分離していない。Chapanisら [13] は、観視距離とサイズの異なる5種類の、板に描かれたダイヤルの目盛りの読みやすさを比較する実験を行った。その際、観視角度を一定に保つために観視距離をダイヤルの物理サイズに比例するように調整した。その結果、70 cm以上離れた遠くにある大きなダイヤルの方がダイヤルの目盛りを読むまでの時間が短いことが分かった。Patrickら [14] は、同程度の観視角度条件で、デスクトップモニター、大型の投影スクリーン、HMDの3種類のディスプレイを比較し、サイズの小さいデスクトップモニターではユーザの記憶や認知地図の形成の精度が低い一方で、HMDと大型の投影スクリーンの間には差がないことを発見した。Shigemasuら [15] は、SSQというシミュレータ酔いの主観評価尺度を用いて、同一観視角度であってもディスプレイの物理サイズが大きい方が映像酔いの程度が大きくなることを示した。一般に人間の空間の認知は、自己の身体軸を基準として対象を位置付ける自己中心座標系と、自己以外の外的な座標系において対象を位置付ける外部参照座標系とに大別される [16]。Tanら [17] は、写真や映像を使った空間定位タスクを行い、同一観視角度であっても、大型ディスプレイはユーザに自己中心座標系の認知方略の選択を促し、小型ディスプレイは外部参照座標系の選択を促すことを発見した。Baoら [18] は、このTanらの知見に基づき、ディスプレイサイズが映像・画像をどう見るかに影響を及ぼすならば、映像・画像を見たときにどのような言語表現で話すかにも影響があると考え、ビデオクリップを見せて口頭で物語を作らせるタスクを行った。その結果、同一観視角度であっても大きいディスプレイの被験者の方が、指示語のうち文脈指示 (that, there など) よりも現場指示 (this, here など) の表現を使用する割合が高いことを示した。これらの研究は、ディスプレイの網膜像の大きさが同じでも、ディスプレイの物理的な大きさの違いによって個人の映像・画像メディアの見方が変化することを示す。

上述のとおり、ディスプレイサイズが個人の映像・画像メディアの見方にどう関わるかを調査した研究はいくつかあるものの、テキストメディアの読み方にどう関わるかを調査した研究は見当たらない。テキストは情報伝達のための最も基本的なメディアである。そこで、本研究では、観視角度を一定にしたとき、ディスプレイサイズが、個人のテキストの読解にどう影響するかを検討する。本稿では、上述のTanらやBaoらの研究から得られた知見に基づき検討を行う。もし、提示された情報が映像・画像の場合、大型ディスプレイはユーザに自己中心座標系の視点や現場指示の言語表現の使用を促し、小型ディスプレイは外部参照座標系の視点や文脈指示の言語表現の使用を促すのであれば、提示された情報がテキストの場合では、大型ディスプレイはユーザに局所的な視点でテキストを読むことを促し、小型ディスプレイは大域的な視点でテキストを読むこ

とを促すと予測した。

3. 電子デバイス上でのテキスト読解の評価

本章では、ディスプレイに表示されたテキストの読解を評価する方法について検討する。

人間のテキスト読解のプロセスは、個々の文字から語、語の意味から句・文、文の意味から段落・文章の意味をなんらかの方法で構成していくボトムアップ処理と、文章の一部から活性化された文章に関連する既有知識に基づいて、読み手がいざ予測や仮説が入力を決定し、語や文の意味を規定するトップダウン処理の両方を含む [19], [20]。ディスプレイ上におけるユーザの局所的・大域的な読みを評価する場合、ボトムアップ処理過程において処理される語・句・文・段落といったテキストの各レベルに対する読みを測ることが、どの程度、局所的または大域的な視点でテキストを読んだかを評価する手段の1つとなりうる。

電子デバイス上のテキスト読解を対象にした研究は、読解時の印象を主観評価法を用いて測定するものが多い (たとえば研究 [21], [22])。しかしこれらは、再現性や、ユーザが意識化できない微妙な心理的影響を検出できないなどの問題を含んでいる。これに対して、デスクトップモニター上での読解時のユーザに与える影響を客観的・定量的に評価する研究も少ないが報告されている。たとえばPiolatら [23] は、デスクトップモニター上で、ページ分割と画面スクロールという2つのユーザインタフェースの違いが人間のテキスト読解に与える影響を検証する実験を行った。彼らは、テキスト読解時のボトムアップ処理過程において処理されるテキスト構造のレベルとして surface (表層), cohesion (結束性), coherence (一貫性) の3段階を設定し、各レベルのエラーを含んだテキストの誤り発見や訂正を行うタスクを行っている。Piolatらの手法は、テキストから単語・文・段落などを無作為に抽出することでタスクを生成できるため、機械的に問題を生成できる点が特徴である。本多 [24] もPiolatらと同様に、デスクトップモニター上で、提示インタフェースの違いがテキスト読解に与える影響について調査した。本多は、テキストの内容と一致する説明文を候補群の中から選択するタスクを行っている。この手法は、問題の選択や説明文の生成は人手でしか行えないため、実験者の恣意性・主観性が入りやすい。

2章の最後で述べた、大型ディスプレイは局所的な視点によるテキスト読解を促し、小型ディスプレイは大域的な視点によるテキスト読解を促すという予測の妥当性を、恣意性が入りにくいタスクを用いて検証するためには、Piolatらが行った評価手法が適していると判断した。よって本実験では、Piolatらの実験と同様に、テキスト構造のレベルを3種類設定し、レベルごとにタスクを設けた。3つのレベルは、それぞれ以下の基準を満たすようにした。

(a) レベル 1 : surface

被験者がこのレベルの問題に解答するためには、文字・単語・句読点の把握など非常に局所的な種類の処理を行うだけでよく、文章の大局的な表象を構築する必要はない。

(b) レベル 2 : cohesion

このレベルの問題は、隣接文の構成要素間の関係に影響する。被験者がこのレベルの問題に解答するためには、テキストの関連部分の意味だけ把握していればよく、文章の全体的な表象の構築は必要としない。構成要素間の結束性 [25] を示す言語表現には、指示表現、代用表現、接続表現などがある。

(c) レベル 3 : coherence

被験者がこのレベルの問題に解答するためには、被験者が、異なる段落の情報を関連付けて文章全体を通しての首尾一貫した表象を構築している必要がある。

4. 実験準備**4.1 実験装置**

物理サイズの異なる表示デバイスとして、小型ディスプレイ—4.5V 型液晶 (SONY VAIO VGN-UX90PS)、大型ディスプレイ—65V 型プラズマ (Panasonic VIERA TH-65PX500) を用いた (図 1 参照)。

両ディスプレイの本来の表示領域のアスペクト比は 16:9 であるが、標準比率 4:3 で実験を行うためにディスプレイ表示領域の左右両側を使用しなかった。本実験で使用したディスプレイ表示領域 (以降、本稿では『使用表示領域』と呼ぶ) の画素数は、両ディスプレイとも 800×600 画素である。使用表示領域寸法幅は小型ディスプレイ 76.6mm、大型ディスプレイ 1,074mm であったため、両者の使用表示領域の物理的な寸法の比率は小型 1 に対し大型 14 となる。

ディスプレイの画素寸法の比率も、この物理寸法比率 (1:14) と同一であることが望ましい。既存の製品の中から、物理寸法比と画素寸法比が可能な限り近い 2 つを選んだ。採用した大小ディスプレイの画素寸法は、小型 0.096mm、大型 0.75mm であり、比率にすると小型 1 に対し大型 7.8 であった。画素を知覚できる距離から観視すると、妨害感などの視覚への影響があることが分かっているため、画素や画素構造を知覚できるかどうかをすべての被験者に確認した。その結果、知覚できると答えた被験者は 1 人もいなかったため、画素が知覚される際に視覚に与える影響については、本実験では考慮しない。

どちらのディスプレイも、観視角度—部屋の特定の位置から見たときに網膜にうつるイメージのサイズ—が同じになるように観視距離を調整した。本研究では、小型ディスプレイの観視距離を 200mm、大型ディスプレイを 2,800mm に設定し、使用表示領域に対する水平方向の観視角度を 22deg に統一した。

リフレッシュレートは 60Hz で、色、輝度、コントラ

スは、両ディスプレイで同じになるようにするために、機械ではなく人間の観測に基づき調整した (4.2 節参照)。

いずれのディスプレイも、被験者は、背中および頭部を壁や背もたれに密着させて頭部位置を固定し観視姿勢を固定してもらうことで、実験中に観視距離が変動しないようにした。使用表示領域の中心点の床からの高さが、目の床からの高さと同じになるように、被験者ごとに椅子の高さを調整した。

ディスプレイの周辺環境状況が、潜在的にユーザに影響する可能性を考慮し、2つのディスプレイを別室に置きユーザを移動させるのではなく、同じ部屋に置くことで状況を一定にした。部屋は大学の研究個室 (24m²) で、外光はなく 32W の蛍光灯 8 本で照らされている。大学の各居室は、学校環境衛生基準に基づき設置されているため、標準的な照明環境といえる。

実験で、被験者が解答時に入力手段として使用するマウス、マウスの動作速度、マウスポインタのデザインも両方のディスプレイ条件で同一にした。

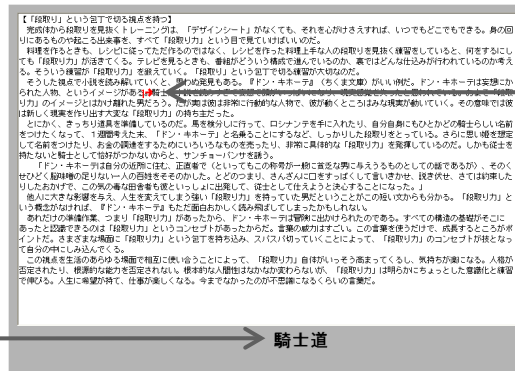
4.2 色・輝度・コントラストの調整

本実験では、2つのディスプレイに対して、色・輝度・コントラストといったディスプレイ特性を等しくするための調整を行う必要がある。

ディスプレイに情報を表示したときに、ディスプレイから出ている光のスペクトル分布や、3刺激値の分布を測定する場合、分光放射計や比色計を使用する方法が考えられる。しかし、CRT に表示されたイメージのコントラストを決定する方法を提案した MacIntyre らの研究 [26] で示されるように、この方法は高価でありかつ多くの時間と労力を要する。このことは、複数のディスプレイを調整する必要がある本研究の状況においては特にあてはまる。そして、明順応・暗順応・色順応・過度順応といった人間の視覚現象によって、調整はさらに複雑になる [27]。さらには、たとえ計器を用いて表示方式の異なるデバイスのパラメータを完全に一致させることができたとしても、それが人間の主観と必ずしも一致しないことが経験的に分かっている。

本研究では、メディアが人間の認知活動に与える影響を評価する際に重要なことは、各メディアのパラメータを機械によって一致させることではなく、「人間が観察して同一と感じる」ように一致させることであると考えた。この考えは「カラーマッチングを行う場合は (機械ではなく) つねに人間による観測が必要である」という Tjan [28] の見解とも一致する。本研究では、この考えに基づき、次に示す手順で、色・輝度・コントラストの調整を行った。3人からなる評定者グループに2つのディスプレイを提示し比較してもらった。彼らに「どちらがより明るいと思うか?」、「どちらがよりコントラストがあると思うか?」などの質問をし、その回答をもとに各設定値を調整した。評

①画面下部に単語が提示される



②提示された単語を文中から探し、その単語上でクリックすると、その箇所に赤色のマークが表示される

図 2 Surface タスク
Fig. 2 Surface task.

定者グループが2つのディスプレイ間で区別ができなくなるまで、このプロセスを繰り返した。この方法は、2章で述べた Tan らの研究 [17] でも採用されている。

しかし、本手法によって2つのディスプレイの各パラメータを完全に一致させることは困難である。一方、同様の手法を用いて、本実験とは異なる大小2つのディスプレイを用いた実験を行ったところ、6.1節で得られた結果とおおむね同じ結果が得られた(6.2節参照)。このことから、本実験が採用した、人間の観測に基づいた色・輝度・コントラストの調整方法が、6.1節で得られた結果に与えた影響はなかったと判断した。

5. 実験方法

2章での検討をふまえ、本研究では次の仮説を立てた。本実験では、この仮説を検証するために、3種類のタスクを用意した。

仮説 ディスプレイの物理サイズは、テキスト読解タスクのパフォーマンスに影響を与える。大型ディスプレイは、ユーザに文字・単語といった小さいレベルのテキスト情報の読みを促し、小型ディスプレイは、文・段落といった大きいレベルのテキスト情報の読みを促す。

5.1 実験条件

2つの観視条件—Far: 大型ディスプレイを遠くから見る/Near: 小型ディスプレイを近くから見る—を設定する(図1)。観視条件は被験者内要因である。ディスプレイにテキストを提示し、テキスト読解への影響を比較する。

実験環境および実験装置に関しては、4章で述べたとおりである。ディスプレイに提示するテキストの文字サイズ、1行文字数、行間サイズも両条件で統一した。

5.2 被験者

情報系大学の14人(3人が女性)の大学院生が実験に参加した。年齢は23~27歳であった。参加者は日本語を母国語とし、裸眼または矯正された視力が1.0以上あった。

念のため、実験条件と同様に提示したサンプルテキストを問題なく読めることを事前に確認し、文字を読みにくいとの申告があった場合は被験者から除いた。これによって1人が除外され、最終的な被験者は13人(3人が女性)となった。

5.3 タスクおよび実験材料

3章で述べたとおり、テキスト構造のレベルを3種類に分け、各レベルでの読みを評価するために3種類のタスクを準備する。各被験者は両観視条件で、それぞれ3種類のタスクを行う。

実験に用いた文章は、均質性を保つためにすべて同一の著書から得た。本実験では、斉藤孝氏の著書「段取り力(ちくま文庫)」を採用した。この理由は、斉藤孝氏の著書が読みやすい文章として定評があるため、被験者特性の影響を小さくできると考えたためである。

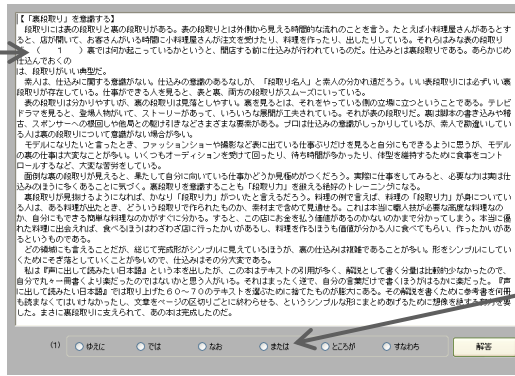
1問あたりに提示する文章量は、スクロールせずに1画面で無理なく提示できる分量の7~8段落からなる1,300~1,500文字とした。

5.3.1 Surface タスク

Surface タスクでは、3章で示したレベル1の基準を満たす課題として、文章中から単語を検索する課題を被験者に与えた。Piolat らの実験では、このレベルにおけるタスクでは、文中からスペルミスや不適切な単語を見つけ出し修正する課題を行っているが、本実験では単語の探索課題にした。この理由は、ユーザがディスプレイを利用してテレビ番組情報やウェブサイトなどのテキストを読む際に単語探索行為をきわめて頻繁に行うため、現実の利用状況により即していると考えたためである。

単語は、文章中の出現頻度1の名詞の中からプログラムで無作為にプログラム抽出した。タスクが開始すると、画面下部に単語が提示される。被験者は、その単語が画面上部に提示された文章中のどこにあるかを探しマウスでクリックし解答する。被験者がクリックした箇所には赤色のマークが表示される。これを1問とし、被験者は同じ文章

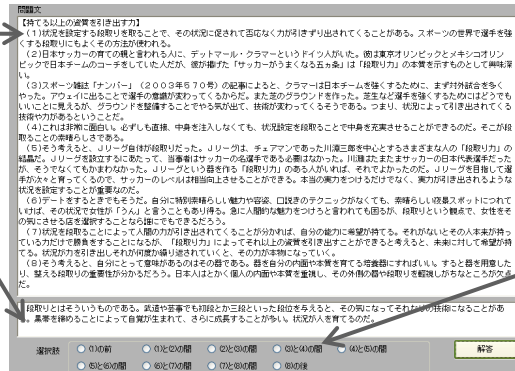
① 提示された文章の文中に空欄が提示される



② 接続語の選択候補群の中から、①の空欄に適した接続語を選択する

図 3 Cohesion タスク
Fig. 3 Cohesion task.

① 各段落の先頭番号が付与されており、同時に画面下部に切り離された段落が提示される



② 挿入箇所の選択候補群の中から、切り離された段落の適切な挿入箇所を選択する

図 4 Coherence タスク
Fig. 4 Coherence task.

に対して 6 問に解答した。図 2 に課題例を示す。

5.3.2 Cohesion タスク

Cohesion タスクでは、3 章で示したレベル 2 の基準を満たす課題として、文章中の空欄に適切な接続語を選んで埋める課題を被験者に与えた。

Cohesion を示す言語表現のうち、本タスクでは、機械的に抽出しやすい接続表現を扱った。対象とする接続詞は、文章中の接続語の中から無作為に抽出した。タスクが開始されると、画面下部に空欄を含んだ文章と接続語の選択候補群が提示される。被験者は、適切な接続語を選択し解答する。これを 1 問とし、被験者は同じ文章に対して 3 問に解答した。図 3 に課題例を示す。

5.3.3 Coherence タスク

Coherence タスクでは、3 章で示したレベル 3 の基準を満たす課題として、段落の本来の順番を問う課題を被験者に与えた。被験者は、文章とは独立に提示された段落を、文章の適切な位置に挿入する。

文章から切り離して提示する段落は、全部で 7~8 段落ある文章の中から無作為に抽出した。タスクが開始されると、画面下部に切り離した段落が提示され、画面上部にその段落を除いた文章が提示される。画面上部の各段落の先頭には段落番号が付与されており、被験者は、切り離され

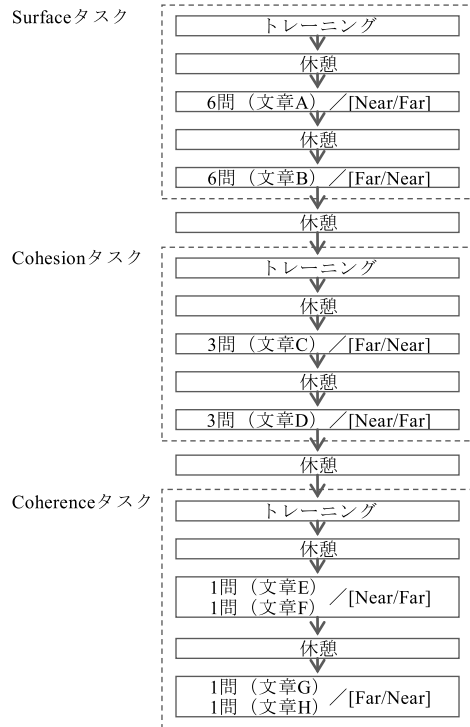


図 5 実験手順
Fig. 5 Procedure of experiment.

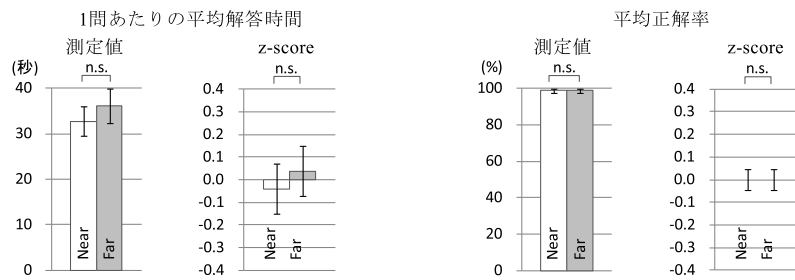


図 6 Surface タスクの平均解答時間と平均正解率

Fig. 6 Completion time and accuracy of surface task.

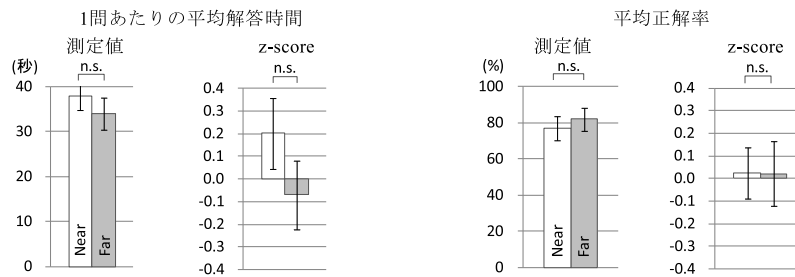


図 7 Cohesion タスクの平均解答時間と平均正解率

Fig. 7 Completion time and accuracy of cohesion task.

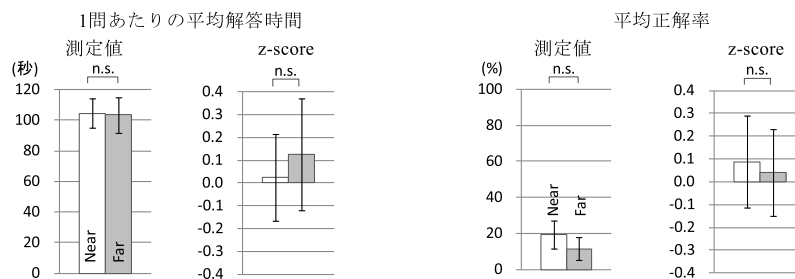


図 8 Coherence タスクの平均解答時間と平均正解率

Fig. 8 Completion time and accuracy of coherence task.

た段落がどこに入るのが適切かを探し解答する。1 文章につき 1 問の課題を設定した。被験者は 1 観視条件につき 2 問に解答した。図 4 に課題例を示す。

5.4 実験手順

実験は図 5 に示す手順で行った。被験者に操作方法およびタスクに関して説明し、実際に練習を行った後、各タスクに取り組んだ。いずれのタスクも、被験者には、極力速く解答することを教示した。各タスクの各問題の開始時には、被験者の目の焦点がディスプレイの表面に定まっているようにするために、問題開始の 10 秒前から、ディスプレイに表示された、問題とは無関係のテキストを見てもらうよう教示した。

観視条件および提示文章の順序効果を相殺するため、被験者間でカウンタバランスをとった。たとえばある被験者は [Near] 条件で文章 A, [Far] 条件で文章 B を読み、別の被験者は [Near] 条件で文章 B, [Far] 条件で文章 A を読むことになる。

6. 結果

6.1 結果

いずれのタスクも、問題に解答するのに要した時間と、正解率を計測した。

図 6, 図 7, 図 8 に、各タスクにおける 1 問あたりの平均解答時間と平均正解率について、測定値と z-score^{*2}を示す。5.4 節で述べたとおり、提示文章に関してもカウンタバランスをとったため、測定値のままでは観視条件間での比較を行えない。実験で使用した複数の文章間の差を吸収するために、文章ごとに、各被験者の測定値の z-score を求めた。この z-score を用いて、2 要因 (文章, 観視条件) の分散分析を行った結果、文章の主効果と文章 × 観視条件による交互作用は見られなかった。すなわち、実験に用いた文章の違いによる読解パフォーマンスへの効果はないことが確認できた。そこで、各被験者の z-score を観視条件ごとに再グループ化し観視条件間で比較を行った。有意性

*2 各測定値の平均値が 0, 標準偏差が 1 になるように正規化された値。



図 9 追認実験で用いた大小ディスプレイ

Fig. 9 Different pair of displays used in experimental confirmation.

検定は t 検定 (両側) によって行った.

1 問あたりの平均解答時間は, Surface タスク (Near: $M = -0.039$, $SD = 0.971$; Far: $M = 0.039$, $SD = 0.961$; $t(77) = 0.547$, $p = .586$), Cohesion タスク (Near: $M = 0.202$, $SD = 0.972$; Far: $M = -0.068$, $SD = 0.950$; $t(38) = 1.529$, $p = .135$), Coherence タスク (Near: $M = 0.025$, $SD = 0.979$; Far: $M = 0.127$, $SD = 1.248$; $t(25) = 0.292$, $p = .772$) いずれのタスクについても, 有意水準 5% で両条件間に有意差は認められなかった.

平均正解率は, Surface タスク (Near: $M = -3.99E-17$, $SD = 0.395$; Far: $M = -3.99E-17$, $SD = 0.395$; $t(77) = 8.431E-08$, $p = 1.0$), Cohesion タスク (Near: $M = 0.026$, $SD = 0.698$; Far: $M = 0.022$, $SD = 0.880$; $t(38) = 0.022$, $p = .982$), Coherence タスク (Near: $M = 0.088$, $SD = 1.032$; Far: $M = 0.040$, $SD = 0.979$, $t(25) = 0.160$, $p = .874$) とともに, 有意水準 5% で両条件間に有意差は認められなかった.

6.2 追認実験

6.1 節で得られた結果は, 大小 1 組のディスプレイ条件を用いて比較した場合の測定結果である. 1 組のみによる結果では, たまたま差を生じない組合せを選んでいる可能性が懸念される. そこで本節では, 異なる組合せのディスプレイを用い, 6.1 節で得られた結果を追認するための追加実験を行う.

実験装置に, 小型ディスプレイ <5.6V 型液晶: 富士通 FMV-BIBLO LOOX U50WN> と大型ディスプレイ <55V 型プラズマ: HITACHI W55-P5500> を用いた (図 9 参照). 被験者は, 情報系大学の 8 人 (2 人が女性) の大学院生が実験に参加した. 年齢は 23~26 歳であった. 色・輝度・コントラストの調整方法, タスクおよび実験材料, 実験手順については, 4 および 5 章で述べた方法と同じである.

結果は, 1 問あたりの平均解答時間は, Surface タスク (Near: $M = 0.051$, $SD = 0.954$; Far: $M = -0.051$, $SD = 0.934$; $t(47) = 0.587$, $p = .560$), Cohesion タスク (Near: $M = 0.221$, $SD = 0.921$; Far: $M = 0.028$,

$SD = 0.962$; $t(23) = 0.933$, $p = .360$), Coherence タスク (Near: $M = 0.245$, $SD = 0.828$; Far: $M = 0.097$, $SD = 1.386$; $t(15) = 0.326$, $p = .749$) いずれのタスクについても, 有意水準 5% で両条件間に有意差は認められなかった. 平均正解率は, Surface タスク (Near: $M = -9.3E-18$, $SD = 0.386$; Far: $M = -9.3E-18$, $SD = 0.386$; $t(47) = 5.96E-08$, $p = 1.0$), Cohesion タスク (Near: $M = 0.019$, $SD = 0.553$; Far: $M = 0.059$, $SD = 0.777$; $t(23) = -0.208$, $p = .837$), Coherence タスク (Near: $M = -0.034$, $SD = 1.052$; Far: $M = -0.193$, $SD = 0.579$, $t(15) = 0.563$, $p = .582$) いずれのタスクについても, 有意水準 5% で両条件間に有意差は認められなかった.

以上より, 異なる組合せのディスプレイ条件においても, テキスト読解を測る 3 種類のタスクの解答時間および正解率に差をもたらさないという 6.1 節の実験結果を追認した.

7. 考察

本研究の目的は, 観視角度を一定にしたとき, ディスプレイサイズが, 個人のテキストの読解にどう影響するかを検討することであった. 本実験では, 先行研究の知見をふまえて, 大型ディスプレイは, ユーザに文字・単語といった小さいレベルのテキスト情報の読みを促し, 小型ディスプレイは, 文・段落といった大きいレベルのテキスト情報の読みを促すという仮説を立てた.

Surface タスクの結果から, 大型ディスプレイは, ユーザに小さいレベルのテキスト情報の読みを促さないことが示された. また Coherence タスクの結果から, 小型ディスプレイは, 大きいレベルのテキスト情報の読みを促さないことが示された.

以上より, 仮説は支持されず, 一定の観視角度のとき, 大小の 2 つのサイズの異なるディスプレイデバイスが提供するアフォーダンスは, 少なくとも短時間の読解タスクパフォーマンスにおいては, ユーザのテキスト読解に影響を与えないことが分かった.

本稿で述べた実験は, テキストを提示する場合においては, 物理的なディスプレイサイズがディスプレイシステムを設計する際の重要な要素にならないことを示唆する. ディスプレイサイズが異なる場合でも, 小さいレベルのテキスト情報の探索タスク・大きいレベルのテキスト情報の理解タスクのいずれにおいても, 結果は驚くほど差がなかった^{*3,*4}. 映像や画像メディアの場合, 大きいディス

*3 本稿で用いたテキストタスクは, 紙メディアと電子メディア (液晶ディスプレイ) という 2 つの異なる提示媒体の違いを調べる実験にも用い, 解答時間および正解率に有意差をもたらすタスクであることを確認している.

*4 本稿で用いた大小 2 つのディスプレイの組合せは, 画像を用いたタスクを遂行する実験にも用い, 解答時間および正解率に有意差をもたらすディスプレイ条件であることを確認している [29].

プレイはユーザを自己中心座標系の視点に偏らせ、小さいディスプレイは外部参照座標系の視点に偏らせることを示した先行研究の結果と、本実験のテキストメディアに関する実験結果が大きく異なる結果となったことは興味深い。

この相違の要因について考察する。ディスプレイ空間上に配置されたオブジェクトを認知するという意味では、TanらやBaoらが先行研究で行った映像・画像を用いたタスクも、本研究が行ったテキストを用いたタスクも同様である。しかし、前者は、ディスプレイ空間上に提示された各オブジェクトの形・向き・配置がタスクを遂行するうえで重要な手がかりとなっている。一方後者は、ディスプレイ空間上に提示された各文字の大きさ、文字間隔、行間隔はすべて均一であるためそれらに重要な意味はなく、隣接する複数の文字で構成されるチャンク（単語、節、文、段落）の把握がタスクを遂行するうえで重要となる。ひとたびチャンクとして認識された後は、空間上におけるチャンクの出現順序やチャンクどうしの前後関係といったことを除けば、空間上でのオブジェクトの物理的な位置は、前者ほど重要な意味を持たない。結果として、文章を提示した本実験は、ディスプレイ空間の中にユーザを没入させる程度が弱く、大小2つのディスプレイ条件で差が見られなかったのではないかと推測される。しかし当然のことながら、これらの知見が、映像・画像メディア、テキストメディアにおける種々のタスクに共通して適用できるものではないため、タスクごとに調査が必要である。

テキストを電子ペーパーに提示しても、壁型ディスプレイに提示しても、テキストの読解という観点で見ればユーザにとってはどちらも変わらない。今回のこの調査結果は、電子デバイスへの情報提供者、インタフェースデザイナー、システム構築者、ディスプレイデバイスの開発者などに動機やアイデアを与えるはずである。たとえば、個人が手元の小型パソコンではなくではなく、壁に投影された画面や大型ディスプレイに向かってブラウジングしたり新聞記事や小説を読んだりするなど、新しいライフスタイル・ワークスタイルを提案する者の選択肢を増やすための一知見となりうる。

実験後に、マグニチュード推定法、自由回答の主観評価、インタビューを試みた。マグニチュード推定法の結果から、「テキスト全体をとらえやすく感じるか?」、「テキスト全体よりもどこか一部をとらえやすく感じるか?」という設問に対しては大小のディスプレイで差はなく、6章の実験結果と一致した。その一方で、自由回答やインタビューからは、被験者は大きいディスプレイよりも小さいディスプレイでテキストを読むことを好むことが分かった。その一因としては、本実験のような短時間のタスクでは測定しにくい疲労感や読みにくさの影響の可能性があげられる。長期間あるいは現実に近い利用状況下で行える実験環境・タスク設計を行い、本実験では測定できなかった影響を客観的

かつ定量的に測定することが今後の大きな課題の1つといえる。

また、本実験では、ユーザがディスプレイ上でテキスト読解のタスクを遂行するときに、どのような行動をとるか、どのような認知方略をとるかなど、ユーザの行動の観点からの評価を行っていない。被験者にタスク遂行に使った方略を明確に話させることは難しく、これらの方法は、被験者が使った方略に関する有用な情報や洞察を導くには効果的でなかった。視線測定装置を利用したテキスト読解時の視線移動パターンの分析や、視線行動の代替としてのマウスやペンの操作パターンの分析は、ディスプレイ上でのユーザの読解行為をより深く理解するうえで有効と予測される。

8. おわりに

本稿では、ディスプレイサイズの違いが、個人のテキストメディアの短時間の読解タスクパフォーマンス—小さいレベルのテキスト情報の探索タスク・大きいレベルのテキスト情報の理解タスクのいずれにおいても—に影響を及ぼさないことを示した。

本稿で示した結果は、論説文を提示したときの、ディスプレイサイズの違いがユーザのテキストの読みに影響を与えないことを示したにすぎない。物理的に大きさの異なるディスプレイをそれぞれ最適に利用するディスプレイシステムを設計するためには、提示文章の種類やテキストメディアを読むときのユーザの姿勢など、ディスプレイサイズと他の要因との相互作用も明確に理解する必要がある。なかでも、フォント、文字の大きさ、行間の広さなど、同一のディスプレイデバイスであってもテキストの表示形式の違いによって、テキストの読解や読みやすさに違いがあるという知見 [22], [29] も存在するため、さらなる研究が必要な分野である。

本実験で得られた知見は、電子メディア空間のデザインを考えるときに重要であり、ディスプレイのアフォーダンスとテキスト読解の関係をより理解する必要がある。今や、電子メディア空間は、テキストのみという状況は少なく、写真やイラスト、動画など何種類ものメディアを組み合わせたマルチメディア空間であることが一般的であるため、それぞれのメディアに対するユーザの認知特性を考慮し、総合的にディスプレイシステムをデザインする必要がある。そのためにはより多くの実証的研究が必要である。

謝辞 本研究の一部は、財団法人放送文化基金の援助を受けて行われた。ここに謝意を表する。

参考文献

- [1] Buxton, W.: The Invisible Future: The seamless integration of technology in everyday life, *Less is More (More or Less)*, Denning, P. (Ed.), pp.145-179, McGraw Hill

- (2001).
- [2] Swaminathan, K. and Sato, S.: Interaction design for large displays, *Interactions*, Vol.4, No.1, pp.15-24 (1997).
- [3] Chou, P., Gruteser, M., Lai, J., Levas, A., McFaddin, S., Pinhanez, C., Viveros, M., Wong, D. and Yoshihama, S.: BlueSpace: Creating a personalized and context-aware workspace, IBM Technical Report RC22281 (2001).
- [4] Streitz, N.A., Geißler, J., Holmer, T., Konomi, S., Tomfelde, C.M., Reischl, W., Rexroth, P., Seitz, P. and Steinmetz, R.: i-LAND: An interactive landscape for creativity and innovation, *Proc. CHI'99*, pp.120-127, ACM (1999).
- [5] Dudfield, H.J., Macklin, C., Fearnley, R., Simpson, A. and Hall, P.: Big is better? Human factors issues of large screen displays with military command teams, *Proc. People in Control 2001*, pp.304-309 (2001).
- [6] Bystrom, K.E., Barfield, W. and Hendrix, C.: A conceptual model of the sense of presence in virtual environments, *Presence, Teleoperators and Virtual Environments*, Vol.8, No.2, pp.241-244 (1999).
- [7] Czerwinski, M., Tan, D.S. and Robertson, G.G.: Women take a wider view, *Proc. CHI'02*, pp.195-202, ACM (2002).
- [8] Lin, J.W., Duh, B.L., Abi-Rached, H., Parker, D.E. and Furness, T.A.III.: Effects of field of view on presence, enjoyment, memory and simulator sickness in a virtual environment, *Proc. IEEE Virtual Reality 2002*, pp.164-171 (2002).
- [9] Prothero, J.D. and Hoffman, H.D.: Widening the field of view increases the sense of presence within immersive virtual environments, Human Interface Technology Laboratory Tech. Rep., R-95-4 (1995).
- [10] Reeves, B. and Nass, C.: *The media equation: How people treat computers, Television, and New Media Like Real People and Places*, Cambridge University Press (1996).
- [11] 江本正喜, 正岡顕一郎, 菅原正幸, 野尻裕司: 広視野静止画像による臨場感の提示視角依存性と評価指標間の関係, *映像情報メディア学会誌*, Vol.60, No.8, pp.1288-1295 (2006).
- [12] Childs, I.: HDTV-putting you in the picture, *IEE Rev.*, Vol.34, No.7, pp.261-265 (1988).
- [13] Chapanis, A. and Scarpa, L.C.: Readability of dials at difference distances with constant viewing angle, *Human Factors*, Vol.9, No.5, pp.419-426 (1967).
- [14] Patrick, E., Cosgrove, D., Slavkovic, A., Rode, J.A., Verratti, T. and Chiselko, G.: Using a large projection screen as an alternative to head-mounted displays for virtual environments, *Proc. CHI'00*, pp.478-485, ACM (2000).
- [15] Shigemasu, H., Morita, T., Matsuzaki, N., Sato, T., Harasawa, M. and Aizawa, K.: Effects of physical Display size and amplitude of oscillation on visually induced motion sickness, *Proc. VRST'06*, pp.372-375, ACM (2006).
- [16] Hart, R.A. and Moore, G.T.: The development of spatial cognition, A review, *Image and environment: Cognitive mapping and spatial behavior*, Downs, R.M. and Stea, D. (Eds.), pp.246-288, Aldine Publishing (1973).
- [17] Tan, D.S., Gergle, D., Scupelli, P. and Pausch, R.: Physically large displays improve performance on spatial tasks, *ACM Trans. Computer-Human Interaction*, Vol.13, No.1, pp.71-99 (2006).
- [18] Bao, P. and Gergle, D.: What's "This" You Say? The use of local references on distant displays, *Proc. CHI'09*, pp.1029-1032, ACM (2009).
- [19] 内田伸子: 談話過程, 認知心理学 3 言語, 大津由紀雄 (編), 東京大学出版会 (1995).
- [20] 大村彰道 (監修), 秋田喜代美・久野雅樹 (編): 文章理解の心理学—認知, 発達, 教育の広がりの中で, 北大路書房 (2001).
- [21] 岡野 翔, 面谷 信, 中田将裕, 前田秀一: 読書作業性に対する電子媒体呈示条件の影響評価—電子ペーパーのめざす読みやすさに関する検討, *信学技報*, Vol.104, No.666, pp.13-16 (2005).
- [22] 永井 彰, 串田淳一, 中岡伊織, Cooper, E., 大場和久, 亀井且有: ケータイ書籍の読みやすさ向上に関する研究, *ヒューマンインタフェースシンポジウム 2009*, pp.1075-1078 (2009).
- [23] Piolat, A., Roussey, J. and Thunin, O.: Effects of Screen Presentation on Text Reading and Revising, *Int. J. Human-Computer Studies*, Vol.47, pp.565-589 (1997).
- [24] 本多 薫: ページ分割と画面スクロールの違いが長文読解に与える影響について, *人間工学*, Vol.40, No.3, pp.166-169 (2004).
- [25] 田窪行則, 三藤 博, 片桐恭弘, 西山佑司, 亀山 恵: 岩波講座言語の科学 <7> 談話と文脈, 岩波書店 (1999).
- [26] MacIntyre, B. and Cowan, W.: A practical approach to calculating luminance contrast on a CRT, *ACM Trans. Graphics*, Vol.11, No.4, pp.336-347 (1992).
- [27] Milner, D. and Goodale, M.A.: *The visual brain in action*, *Oxford Psychology Series 27*, Oxford University Press (1995).
- [28] Tjan, B.: Color spaces for human observer, Technical Note, Minnesota Laboratory for Low-Vision Research, University of Minnesota (1996).
- [29] 市野順子, 金山尚史, 田野俊一, 橋山智訓: 大小スクリーンで木と森を見る—画面サイズ・視距離が画像の見え方に及ぼす影響の検討, *ヒューマンインタフェースシンポジウム 2008*, pp.17-24 (2008).
- [30] 清原一暁, 中山 実, 木村博茂, 清水英夫, 清水康敬: 文章の表示メディアと表示形式が文章理解に与える影響, *日本教育工学雑誌*, Vol.27, No.2, pp.117-126 (2003).



市野 順子 (正会員)

1998年電気通信大学大学院情報システム学研究科博士前期課程修了。1998～2001年大日本印刷(株)。2001～2006年TIS(株)。2003～2006年(独)情報通信研究機構けいはんな情報通信融合研究センター自然言語グループ特別研究員。2007年神戸大学大学院自然科学研究科博士後期課程修了。2007年より電気通信大学大学院情報システム学研究科助教。2010～2011年カルガリー大学・コンピュータサイエンス学科客員研究員。協調活動の支援, ユーザの認知・行動特性の理解に関する研究に従事。ヒューマンインタフェース学会, 日本知能情報ファジィ学会, ACM各会員。博士(工学)。



金山 尚史

2009年電気通信大学大学院情報システム学研究科博士前期課程修了。2009年より日本アイ・ピー・エム(株) GBS事業 AS ビジネスコンピテンシーセンター。現在、医療分野のシステム開発に従事。



田野 俊一 (正会員)

1983年東京工業大学大学院総合理工学研究科システム科学専攻修士課程修了。同年(株)日立製作所システム開発研究所入社。1990~1991年カーネギーメロン大学客員研究員。1991~1995年国際ファジィ工学研究所。1996年電気通信大学大学院情報システム学研究科助教授。2000~2001年マサチューセッツ工科大学客員研究員。2002年電気通信大学教授。現在に至る。博士(工学)。主として人工知能、知識工学、自然言語理解、あいまい理論、知的ユーザインタフェースの研究に従事。人工知能学会、日本知能情報ファジィ学会、AAAI、IEEE、ACM各会員。



橋山 智訓

1996年名古屋大学大学院工学研究科電子情報学専攻博士後期課程修了。名古屋大学大学院工学研究科助手、(財)名古屋産業科学研究所主任研究員、名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科助教授を経て、現在、電気通信大学大学院情報システム学研究科准教授。日本知能情報ファジィ学会、ヒューマンインタフェース学会、電気学会、IEEE等の会員。人と機械、コンピュータのかかわり方について、できるだけ人間主体のアプローチをとるべく、ソフトコンピューティングの手法を用いた研究を進めている。博士(工学)。