

紙と電子メディアの利用が読みに与える影響に
関する定量的比較研究

高野健太郎

電気通信大学大学院情報システム学研究科
博士（工学）の学位申請論文

2014年3月

紙と電子メディアの利用が読みに与える影響に
関する定量的比較研究

博士論文審査委員会

主査：田野 俊一教授

委員：阪口 豊教授

委員：多田 好克教授

委員：田中 健次教授

委員：野嶋 琢也准教授

著作権所有者

高野健太郎

2014

Quantitative Study on the Effects of the Usage of Paper and Electronic Media for Reading

Kentaro Takano

Abstract

Paper has been used as the main media to display information for more than 1000 years, but this has been changing over the past few years. Reading from electronic media for leisure and work has become more frequent.

On the other hand, even though electronic media are used more commonly these days, paper is still favored over it as a reading media. This suggests that there are aspects of electronic media that lack in readability compared to paper.

However, the effects and the influencing factor that paper and electronic media have on reading for leisure and work have not been studied thoroughly. If we can find the difference of readability between paper and electronic media, we can find which media is suitable for certain situations. Also, if the influencing factor that inhibits the effectiveness of reading on electronic media can be uncovered, we will have some indicators to what can help improve the readability of electronic systems.

Therefore, we did a series of experiments in order to quantitatively investigate and clarify the influencing factor of the effects that the difference between paper and electronic media have on readability. In an office setting, there are frequent opportunities to read documents with several people, not just individually, such as in meetings. In this study, we conducted the following experiments to compare paper and electronic media in leisure reading, individual reading in a work situation, and collaborative reading in a work situation.

Experiment 1. Reading for Leisure

In this experiment, we targeted leisure reading, and analyzed the affects that paper books, electronic reading devices such as iPad and Kindle, and PC have on reading. The purpose of this experiment was to clarify the influencing factor that made paper superior over the other media in leisure reading, which had not been investigated in studies in the past.

We hypothesized that the superiority of readability of paper books for leisure was in the operability of page turning, so we conducted an experiment to investigate this. In this experiment, we divided the reading that included page turns and without, and compared the reading speed and cognitive load between paper and electronic media. The difference of reading speed and cognitive load between the media showed the difference in the usability of page turns. Next, in order to investigate the superiority of paper in page-turning actions, we used the dual task technique to find the difference in cognitive load between the actions of the tasks between the media. In the experiment, the participants were asked to step on a foot pedal as fast as they can when the buzzer rang while they read. The longer the response time was for the secondary task of stepping on the foot pedal meant that the cognitive load was greater. The participants of the experiment were 24 people.

As a result, there was no significant difference in reading speed between paper or electronic media when there were no page turns, but significantly faster in paper when reading books with page turns. We confirmed that reading from paper was more efficient than electronic media due to the difference in the page turns. Next, the response time of the secondary task was significantly shorter with paper compared to electronic media. From this, we can see that page turning on paper induces a lower cognitive load than electronic media. Finally, by observing the reading processes, we found that the reason why the cognitive load for page turning on books was because it did not depend on vision alone. From these results, we confirmed that one of the reasons why paper books are superior for leisure reading was the operability of page turns.

Experiment 2. Reading individually at work (cross-reference reading for multiple documents)

In this experiment, we analyzed the effects of paper and PC on reading individually while referring to several documents simultaneously that can be seen frequently in a work situation. In past studies, it has been indicated that the usability of paper effectively support these types of reading, but it has not been proven quantitatively. Therefore, the purposes of this experiment was to quantitatively investigate the effects that different media have on reading performance, and if there are differences, to clarify the influential factors.

In this experiment, we had 24 participants to read while cross-referencing to find errors in the document using both paper and PC, and compared reading performances by measuring the task speed and accuracy. Next, we did an experiment to compare reading processes in order to further investigate the reason behind the differences in reading performance depending on the media. The experiment was done with 16 participants, and were asked to read while referring to several documents on paper and PC, and we collected empirical data from the participants by concurrent verbal reporting and retrospective reporting. Based on these data, we categorized the behavior that was seen while reading, and analyzed what kinds of manipulations were done when using paper or PC and how often they were done. Furthermore, we did an experiment to investigate the difference in placement efficiency in media and its influencing factors. In this experiment, we had 24 participants do a task of laying out specified documents.

As a result, we confirmed that paper has a significantly higher working efficiency compared to PC. Next, we clarified that this was because behavior, such as pointing and moving paper documents were effectively supporting reading. When using paper, the act of pointing helped to go back and forth between several documents, skimming, and prevented from losing track of what was read. Also, the time spent in moving a paper document was significantly shorter, and we found that this did not hinder reading. Furthermore, efficiency in laying out documents were significantly higher for paper compared to PC, and the reason for this was because both hands could be used to move several documents at the same time, the freedom to where paper documents can be touched, and that because it could be moved by directly touching the document.

Experiment 3. Reading documents with several people in work situations (reading to support discussion)

In this experiment, we analyzed the effects of paper, tablet device, and PC on discussion processes, which is a type of reading that can be seen frequently in work situations where several people discuss a topic while reading a document. The purpose of this experiment was to quantitatively investigate the effects that the difference in media can give to discussion processes, and if it does, to clarify the factors that effect it.

We asked 24 participants (12 groups of 2 people) to do a task that involved discussion while referring to documents in the form of paper, iPad, or a laptop PC, and analyzed the time required in discussion and its processes. As an indicator for discussion processes, we focused on the frequency of conversations that were essential to completing the task, the frequency of usage in demonstrative pronouns, and the frequency of looking at their partners face. Furthermore, in order to find the reason for the differences in discussions between the media, we analyzed the behavior that could be seen in document handling during the discussion.

As a result, although there were no significant differences, the time required in discussion using paper was shorter compared to electronic devices. Next, we observed that participants exchanged essential conversations significantly more frequently, used significantly more demonstrative pronouns and looked at their partner significantly more frequently when using paper than when using electronic media. Therefore, this suggests that it is better to use paper than electronic media in situations where active exchange of opinions is favorable or in sensitive situations where special consideration is required towards the participating parties. Finally, by observing document handling during discussion, we could see that the participants were having difficulty in going back and forth between pages for electronic media, and this obstructed their concentration towards exchanging opinions, and also prevented them to look at their partner while speaking. Also, the frequency of the act of showing their document to their partner was significantly higher for paper compared to electronic devices. The ability to share documents easily increased the opportunity to look at the same thing as their partner had increased the usage of demonstrative pronouns.

In this way, we have quantitatively investigated the difference between paper and electronic media in terms of its effect on 3 types of reading: leisure reading,

individual reading in a work situation, and collaborative reading in a work situation. Also, we have chosen specific factors that affect readability, and analyzed them using quantitative data. As a result, paper was superior in all types of reading, and this showed that the difference in media usability was the key factor.

紙と電子メディアの利用が読みに与える影響に

関する定量的比較研究

高野健太郎

概要

紙は少なくとも 1000 年以上、情報を表示するための主たるメディアとして利用されてきたが、近年では状況が変わりつつある。文書を読む活動の多くを占める、娯楽や業務を目的とした読みでは、電子メディアを利用する機会が多くなっていることが指摘されている。

一方、こうした電子メディアの利用が進んでいる読みにおいても、読むためのメディアとしては依然、紙が好まれている。このことは、娯楽や業務を目的とした読みに関して、現状の電子メディアが紙に及ばない点があることを示唆している。実際、読みのプロセスの観察に基づき、電子メディアにはない紙の利点を読みを効果的に支援していることが指摘されている。

しかし、娯楽や業務を目的とした読みにおけるメディアの読みやすさの違いや、読みを支援する紙の利点は、アンケートや観察に基づき定性的に議論されることが多かった。言い換えれば、紙を好む読み手の心理や観察者が見出した紙の利点は、先入観や思い込みに過ぎない可能性がある。メディアの効果の違いを実際に確認することは、紙と電子メディアを効果的に使い分けるための示唆を提供し得る。また、これらの読みでの紙の利用が効果的であるとして、その決定要因となる紙の利点が明らかになれば、読みを支援する電子的システムの改善の示唆とすることができる。

そこで、本研究では娯楽や業務を目的とした読みを対象に、紙と電子メディアの違いが読みに与える影響を定量的に検証し、その影響要因についても数量的なデータに基づき明らかにすることを狙いとして、一連の評価実験を行った。なお、業務では会議や打ち合わせで資料を読むことも頻繁になされるため、文書を 1 人で読む場合だけでなく、複数人で読む場合も研究対象とした。すなわち、娯楽を目的として文書を読む場合、業務の中で文書を 1 人で読む場合、業務の中で文書を複数人で読む場合の 3 種類の読みを対象に、以下の実験を実施した。

実験 1. 娯楽を目的とした読み

本実験では、娯楽を目的とした読みを対象に、紙の書籍、iPad や Kindle といった電子書籍端末、PC の利用が読みに与える影響を分析した。従来研究では検討されていなかった、娯楽を目的とした読みでの、読みの効率における紙の優位性の決定要因を定量的な検証により明らかにすることを目的とした。

まず、娯楽を目的とした読みにおける紙の書籍の優位性が、娯楽を目的とした読みでの文書操作の大半を占めるページめくりの操作性に起因していると考え、これを検証することを試みた。具体的には、ページめくりの前後の読みとそれ以外のページめくりを含まない読みとを分離し、紙と電子メディアでの読みのスピードを比較した。ページめくり前後の読みでのメディア間での読みのスピードの違いが、ページめくりの操作性のメディア間での違いが読みに与える影響を反映していると言える。次に、実験で示されたページめくりの操作性における紙の優位性の理由を探るため、操作に必要な認知負荷のメディア間での違いを二重課題法により検証した。具体的には、読みの最中に、ブザー音に反応して、できるだけ速くフットペダルを踏むことを二次課題として課した。二次課題への反応時間が長いほど、ページめくりの操作に要する認知負荷が高いと言える。実験参加者は 24 名である。

結果として、ページめくりを含まない限りにおいてメディア間での読みのスピードに違いは無く、ページめくり前後の読みは電子メディアに比べて紙が有意に速かった。このことから、電子メディアに比べて紙での読みが速く、その理由がページめくりの操作性の違いにあることが明らかとなった。次に、ページめくり前後の読みでの、二次課題への反応時間は電子メディアに比べて紙が有意に短かった。紙でのめくりが優れている理由が、ページめくりに必要な認知負荷が低いためであることが示された。最後に、読みのプロセスの観察から、紙の書籍でのめくりの認知負荷が低い理由は操作を視覚のみに依存していないためであることが示唆された。以上の結果より、娯楽を目的とした読みにおける紙の書籍の優位性は、ページめくりの操作性が一因であることを実証した。

実験 2. 業務の中で文書を 1 人で読む活動（複数の文書を相互に参照する読み）

本実験では、業務の中で文書を 1 人で読む場面で頻繁に生じる複数の文書を相互に参照する読みを対象に、紙と PC の利用が読みに与える影響を分析した。従来研究では、こうした読みを紙の操作性が効果的に支援することが指摘されているが、その効果が定量的に示されることはなかった。そこで、紙と PC の違いが読みのパフォーマンスに与

える影響を定量的に検証すること、さらに影響が存在する場合には、その影響要因を明らかにすることを目的とした。

実験参加者 24 名に、複数の文書を相互に参照しながら文章の誤りを見つける（校正）課題を紙と PC で行ってもらい、読みのパフォーマンスとして作業のスピードと正確性を比較した。次に、読みのパフォーマンスの比較で明らかになった紙の優位性の理由を探るため、読みのプロセスについて分析した。実験参加者 16 名に紙と PC で複数の文書を相互に参照する校正読みを行ってもらい、読みの最中になされる行為と、参加者からの言語報告をもとに行為の意図を収集した。こうして得られたデータをもとに、読んでいる最中に文書になされる操作行為を類型化し、紙で読んだ場合と PC で読んだ場合とで、どのような行為がどの程度行われるのかを分析した。さらに、読みのプロセス分析で示唆されたメディア間での文書の配置効率の違いの検証と、その影響要因についても追求を行った。具体的には、実験参加者 24 名に指定した配置に文書を並べる課題を行ってもらった。

結果として、まず、PC に比べて紙での読みは有意に速く、読みの正確性も有意に高いことを確認した。次に、読みのプロセスの分析から、文書間での注意の行き来をしやすくしたり、読み飛ばしや読んでいる箇所を見失うことを防止するポインティングを PC に比べて紙が有意に促進することがわかった。また、PC よりも紙は読みの最中に文書の移動に費やされる時間が有意に短く、文書配置の変更により読みが阻害されないことがわかった。最後に、文書配置課題の結果から、PC に比べて紙での配置効率が有意に高いことが明らかになった。そして、紙では文書进行操作する手を片手に制限したり、文書の接触領域を制限することで、文書の配置効率が有意に低くなった。このことから、両手を使って複数の文書を同時に移動できること、文書の接触位置の自由度が高いことが紙文書の配置効率に寄与していることがわかった。さらに、操作可能な手を片手に制限し、文書の接触領域を制限したとしても、PC に比べて紙での文書配置効率が有意に高かった。このことから、マウスを介した間接的な文書移動よりも、手で直接文書を移動する方が速いことがわかった。以上の結果より、複数の文書を相互に参照する読みにおいて、PC に比べて紙での読みのパフォーマンスが高いことを実証した。さらに、紙の優位性が文書をポインティングしたり、文書を移動するといった行為のしやすさに起因していることが明らかになった。

実験 3. 業務の中で文書を複数人で読む活動（文書を参照しながら議論する）

本実験では、業務の中で文書を複数人で読む活動として、業務の中で頻繁に生じる議論のための読みを分析対象とした。従来研究では、紙の優れた操作性が議論を効果的に

支援することが指摘されているが、その効果が定量的に示されることはなかった。また、そこでの分析対象のメディアは紙と PC であり、タブレット端末の利用が議論に与える影響は未検討のままであった。そこで、文書を参照しながら議論をする場面を対象に、文書をタブレット端末や PC で表示した場合と、紙文書を利用する場合とで、議論のしやすさを定量的に比較した。これらのメディアの違いが議論のプロセスに与える影響の定量的な検証と、影響が存在する場合には、その影響要因を明らかにすることを目的とした。

実験参加者 24 名 (2 名 1 組の 12 組) に文書を参照しながら議論する課題を、紙、iPad、ノート PC の 3 種類の表示メディアを用いて行ってもらい、議論に要した時間やプロセスを分析した。議論のプロセスを調べる指標として、議論の最中になされる、課題達成のために必要不可欠な意見のやりとりの発生頻度、指示代名詞の使用頻度、相手の顔を見る頻度に着目した。さらに、メディア間での議論のプロセスに違いが生じた理由を探るため、議論の最中に文書になされる操作についても分析した。

結果として、まず、統計的に有意な違いが得られているわけではないが、議論に要する時間は電子メディアに比べて紙が短いことが示唆された。次に、課題達成のために必要不可欠な意見のやりとりの発生頻度、指示代名詞の使用頻度、相手の顔を見る頻度は電子メディアに比べて紙が有意に高かった。すなわち、活発な意見交換や、相手に配慮しながら議論することが求められる場面では、電子メディアより紙を使う方が望ましいことがわかった。最後に、議論中の文書操作の観察から、電子メディアではページ間の行き来の操作に手間取っており、このことが意見交換に集中することを阻害し、相手の顔を見ながら話す余裕を失わせたことが示唆された。また、議論中に相手に自分の文書を見せる頻度は電子メディアに比べて紙は有意に高かった。相手に自分の文書を見せやすいことが、相手と同じものを見る機会を増やし、指示代名詞の利用を促進したことがわかった。

以上のように、娯楽を目的として文書を読む場合、業務の中で文書を 1 人で読む場合、業務の中で文書を複数人で読む場合での代表的な 3 つの読みを、紙と電子メディアで行い、その効果の違いを検証した。また、読みやすさに影響を与える具体的な因子をあげ、その効果を定量的データに基づき分析した。結果として、いずれの読みにおいても紙の優位性が確認され、メディアの操作性の違いがその影響要因であることが示された。

目次

第 1 章 序論.....	1
1.1 研究の背景と動機.....	1
1.2 研究の位置付け.....	3
1.3 分析対象の読みと目的.....	4
1.4 本論文の構成.....	5
第 2 章 分析対象の読みと研究の方法論.....	8
2.1 分析対象の読み.....	8
2.2 分析対象の電子メディア.....	11
2.3 研究の方法論.....	13
第 3 章 関連研究.....	15
3.1 メディアの読みやすさの影響要因に関する研究.....	15
3.1.1 文書の提示方法が読みに与える影響に関する研究.....	15
3.1.2 文書の操作方法が読みに与える影響に関する研究.....	18
3.2 娯楽を目的として文書を読む場面に関する研究.....	20
3.2.1 娯楽を目的とした文書の読まれ方に関する研究.....	20
3.2.2 娯楽を目的とした読みでのメディア間比較研究.....	22
3.3 業務の中で文書を読む場面に関する研究.....	24
3.3.1 業務での文書の読まれ方に関する研究.....	24
3.3.2 業務の中で文書を 1 人で読む場面でのメディア間比較研究.....	27
3.3.3 業務の中で文書を複数人で読む場面でのメディア間比較研究.....	29
3.4 読みの支援を目的とした電子的システムに関する研究.....	30
3.5 関連研究の分析と本研究の狙い.....	34
第 4 章 娯楽を目的とした読み.....	38
4.1 序論.....	38
4.2 実験 1-1: 紙の書籍, iPad, Kindle, ノート PC での読みの効率の比較.....	39
4.2.1 実験の枠組みと仮説.....	39
4.2.2 実験方法.....	40
4.2.3 結果と考察.....	44
4.3 実験 1-2: 紙の書籍のめくりと iPad の紙模倣タップや紙模倣スワイプでの読みの効率の比較.....	48
4.3.1 実験方法.....	49
4.3.2 結果と考察.....	51
4.4 実験 1-3: 紙の書籍のめくりと iPad の瞬時更新タップや紙模倣スワイプの認知負荷	

の比較	55
4.4.1 実験方法	56
4.4.2 結果と考察	57
4.5 結論	59
第5章 業務の中で文書を1人で読む場合：複数の文書を相互に参照する読み	62
5.1 序論	62
5.2 実験2-1：読みのパフォーマンスの比較	63
5.2.1 実験の目的と仮説	63
5.2.2 実験方法	64
5.2.3 結果と考察	67
5.3 実験2-2：読みのプロセスの比較	70
5.3.1 実験の目的と仮説	71
5.3.3 実験方法	76
5.3.4 結果と考察	77
5.4 実験2-3：文書の配置効率の比較	86
5.4.1 実験方法	87
5.4.2 結果と考察	90
5.5 結論	93
第6章 業務の中で文書を複数人で読む場合：文書を参照しながら議論する	96
6.1 序論	96
6.2 目的と仮説	97
6.2.1 目的	97
6.2.2 仮説	98
6.3 実験方法	99
6.4 結果と考察	103
6.4.1 本質的な意見交換	104
6.4.2 作業文脈の共有	106
6.4.3 コミュニケーションへの配慮のしやすさ	110
6.5 結論	112
第7章 本研究の結論	114
7.1 実験結果の結論	114
7.2 娯楽と業務を目的とした読みを支援するための電子メディア改善への示唆	121
7.3 今後の課題	123
7.4 読みを支援する電子メディアの設計に向けて	125
7.4.1 紙と電子メディアの操作性の違いの特徴	125
7.4.2 読みを支援するための電子メディアの設計指針	130

7.4.3 読みの最中に紙文書になされる行為の類型化	132
7.5 むすび.....	133
謝辞	135
関連研究の印刷公表の方法及び時期	137
参考文献の印刷公表の方法及び時期	138
参考文献	139

第1章 序論

1.1 研究の背景と動機

紙は、少なくとも 1000 年以上、情報を表示するための主たるメディアとして利用されてきた^[1] [ローター 2013]。紀元前に遡る紙の発明以降、15 世紀のグーテンベルグの活版印刷による大量出版の実現や [アイゼンステイン 1987]、文書の複製を容易にするゼログラフィ技術の出現に伴い、その役割を拡大し続けてきた^[2] [大西 2011]。オフィスにおいては、ネットワークで繋がれたコンピュータの普及により、紙が不要になるとの見解も示されたが^[3] [Business Week 1975]、むしろコンピュータの普及に伴い紙の使用量が増加したことが指摘されている [Sellen 2001]。

しかし、文書を読む活動の多くを占める、娯楽を目的として文書を読む場合や、業務の中で文書を読む場合では、電子メディアを利用する頻度が高くなっていることが示唆されている。2010 年 7 月には、米 Amazon 社での電子書籍の販売数がハードカバーの販売数を抜いたことが発表された [朝日新聞 2010]。電子書籍は実用書や専門書より小説の冊数が多いことを踏まえれば [The Wall Street Journal 2013]、多くの人が電子書籍で娯楽を目的とした読書を行っていることが推測される。また、大村らがナレッジワーカー 826 名を対象にした調査によれば、勤務中に文書を読む時間の半分以上で電子メディアが使用されていた [大村 2010a]。娯楽や業務を目的とした読みでは、紙から電子メディアへ利用メディアの移行が進んでいることがわかる。

このような背景には、紙には無い電子メディアの利点が寄与していることは容易に想像できる。電子文書は遠隔的なアクセスが可能のため、書庫や書店、図書館などに行かずとも所望の文書を入手できる。しかも、全文検索機能を使えば、目的の文書や書籍をすぐに見つけることができる。莫大な量の文書を集めたとしても、電子文書であれば保管スペースは問題とならない。さらに、電子文書であれば瞬時に多人数に送ることができる。これらの利点はいずれも、文書へのアクセスを容易にすることで、電子文書での読書の機会を増やすことに寄与している。また、文字やフォントの拡大機能は弱視者や高齢者の読書を支援し、文字の読み上げ機能は視覚障害者の読書を支援する [松原 2013]。こうした電子化によるアクセシビリティの向上も、紙での読書に困難を覚えて

¹ 発祥地である中国だけでなく、9 世紀初頭にはイスラム世界でも羊皮紙に代わって紙が主要な写字・表示メディアとなった。

² その影響をタイム誌は「グーテンベルグは万人を読者にし、ゼロックスは万人を出版社にした」と表現した。

³ 当時ゼロックスのパロアルト研究所の所長であった George Pake がペーパーレスオフィスの到来を予想している。

いた読者を支援し、電子文書での読書の機会を増やす一因となっていると思われる。

こうした情報へのアクセスやストックといった点における電子メディアの利点は明らかだが、現状の電子メディアは読むための理想のメディアとは考えられていない。電子メディアの利用が進んでいる娯楽や業務での読みにおいても、多くの人は依然として、紙で読むことを好んでいる。米世論調査会社 **Ramussen** が米成人 1000 名を対象に行った調査によれば、75%の調査対象者が電子書籍よりも紙媒体の書籍を読むことを好んだ [Ramussen 2013]。また、大村らは先に述べたナレッジワーカーを対象に行った調査の中で、紙文書の読みやすさとコンピュータディスプレイで表示された文書の読みやすさについての評価も行っている。結果として、精読・熟読をする場合、飛ばし読みをする場合、複数の文書を相互に参照する場合、説明しながら読む場合、概略を把握する場合など、18 の評価項目のすべてで電子メディアに比べて紙が高い評価を得た [大村 2010a]。

これらの指摘は、娯楽や業務を目的とした読みに関して、現状の電子メディアが紙に及ばない点があることを示唆している。実際、読みのプロセスの観察に基づき、電子メディアには無い紙の特徴が、読みを効果的に支援していることが指摘されている [Luff 1998] [O'Hara 1997, 2002] [Sellen 2001] [Marshall 2005]。

しかし、娯楽や業務を目的とした読みにおけるメディアの読みやすさの違いや、読みを支援する紙の利点は、アンケートや観察に基づき報告されることが多かった。言い換えれば、紙を好む読み手の心理や観察者が見出した紙の利点は、先入観や思い込み過ぎない可能性がある。

そこで、本研究では娯楽や業務を目的とした読みを対象に、メディアの違い（紙、電子メディア）が読みに与える影響を定量的に検証し、その影響要因についても数量的なデータに基づき検討することを試みる。メディアの効果の違いを実際に確認することは、紙と電子メディアを効果的に使い分けるための示唆を提供し得る。また、紙の優位性が示されたとして、その決定要因を明らかにすることで、娯楽や業務を目的とした読みを支援する電子的システムの改善の示唆とすることが期待できる。

これまでも、新しいメディアの普及に伴い、それらのメディアが人の思考プロセスに与える影響が議論されてきた。McLuhan は歴史を概観し、出版物などの文字メディアの発達人が人の認識のあり方を確実に変化させたように、当時のニューメディアであったテレビも人の思考様式を変化させていると説いた [Carpenter 1966]。近年では、インターネットの利用により膨大な情報を瞬時に入手できるようになった半面、情報を簡単に入手できることが人の思考力の低下をもたらしたという指摘がある [Carr 2011]。先

に述べたように、文書を読むためのメディアが紙から電子メディアに移行しつつある。文書が人の知の源泉として機能していることを踏まえれば、読むためのメディアの移行が人の思考を阻害するか否かを検証することは重要である。情報のマルチメディア化が進む現在においても、テキスト文書の重要性は変わらないし、今後も変わることはない [Geisler 2001]。その意味では、本研究は文書を読むための新しいメディアの普及が人の思考プロセスに与える影響を検証する研究と位置付けることができる。

また、人は古くから文書を読むための道具を発展させてきた。最初の書物は巻物の形状であった。しかし、端から読んでいくことしかできず、一覧性や検索性に著しく欠けていたため、冊子の形状が主流となった。さらに、電子メディアの登場により、全文検索などの紙には無い読みを支援する機能が利用できるようになった。こうした電子メディアの利点は、検索性の向上のメリットを享受しやすい辞書の電子化を促進した [前原 2011]。ただし、先に述べたように、娯楽や業務を目的とした読みにおいて、現状の電子メディアは読むための理想のメディアとは考えられていない。これまでも、コンピュータ利用環境の多くが人間中心に設計されておらず、その使い勝手の悪さが知的活動を阻害する可能性があることが指摘されている [田野 1999, 2001][ムハマド 2008]。文書を読む活動についても、現状の電子メディアが支援しきれていないとすれば、そうした点が改善された次のメディアの登場が望まれる。その意味で、本研究は、知的活動支援の観点から、次世代の「読むためのメディア」に求められる要件を解明するための研究と位置付けることもできる。

1.2 研究の位置付け

本研究では、紙と電子メディアの違いが知的活動としての読みに与える影響を明らかにすることを狙いとする。すなわち、追って述べるように、文書の内容を理解したり、文書の内容を参照しながら議論するといった活動にメディアが与える影響を明らかにする。前者を調べる方法論は認知科学、後者を調べる方法論としては社会心理学で利用される枠組みを援用する。その意味では、本研究は認知科学や社会心理学のアプローチで紙と電子メディアの違いを比較する研究と位置付けることができる。

もちろん、本研究での紙との比較対象は現状の電子メディアであり、将来的に登場するであろう電子メディアを対象とはしていない。当然であるが、未来を予測することは難しく、未来において完成された電子メディアと紙との決定的な違いを現段階で述べることは困難である。しかし、読みを支援する電子メディアが完成を見ていないからこそ、紙との比較の中で現状を把握することは、その使い分けの指針や、改善の目安を得ることとして重要と考えている。さらに、読みの影響要因を明らかにすることで、将来的に

登場する電子メディアについても、部分的にはあるにせよ、その影響を予測することが可能になると考える。

また、本研究では紙の優位性が示された場合、その影響要因を明らかにすることも狙いとする。さらに、そうして得られた知見に基づき、現状の電子メディアの改善の方向性を検討する。その意味では、本研究は読みを支援する電子メディアの設計を目指す工学の研究分野に属すと言いうことができる。

ただし、紙を模範とすることのみが、現状の電子メディアの改善のアプローチであると主張するつもりはない。たとえば、ネットワークにつないで読書体験を他の人と共有するといった、電子メディアならではの利点を生かし読書体験を向上させようという試みは賞賛に値する。むしろ、こうした電子メディアならではの可能性に目を向けることこそが、未来を描く道であり、紙の利用という現状の実践にとらわれるべきではないとの意見もあるかもしれない。

しかし、紙が読みを効果的に支援しているのであれば、より望ましい支援を提供する電子メディアを設計するため、紙に学ぶというアプローチを棄却すべきではない。確かに、技術を中心に想像力を飛躍させて未来を描くことは刺激的ではあるが、必ずしも利用者に求められる価値を提供できるものばかりではない。むしろ、Sellen とも指摘するように、現在の実践に目を留めていない技術の大多数が市場に受け入れられることも無く消えていくのは事実と思われる [Sellen 2001]。これに対し、模範とすべき紙での実践に学ぶことは、手がかりも無く試行錯誤することに比べて、漸次的な改良になるにせよ、読み手の体験を向上させる可能性が高いと考えている。革新的な技術を創出するためには、現在を無視して未来のみに目を向けることも時には必要だが、現在のより良い実践に学ぶことも利用者の体験を向上させる技術を生むために有用である。本研究は後者の立場から読みを支援する電子メディアの設計を目指す研究と位置付けることができる。

1.3 分析対象の読みと目的

先に述べたとおり、本研究では、娯楽を目的として文書を読む場合と、業務の中で文書を読む場合を分析対象とする。なお、電子メディアには多様な機能があるが、図表や文字からなる文書の表示、ページナビゲーションや文書の注釈付け機能、検索機能や表示倍率の変更機能といった基本的かつ重要な機能の利用を想定している。利用する機能の詳細については、追って次章で述べる。

さらに、業務での読みでは、文書を1人で読む場合だけでなく、文書を複数人で読む場合も分析対象とする。業務では会議や打ち合わせの占める割合が大きく、日本の管理職以上に至っては1日の4時間以上が会議に費やされているとの指摘がある [高橋 1993]。そして、このような場面では文書を参照しながらコミュニケーションを行うことが頻繁に行われている [Sellen 2001]。以上のことから、メディアの違いが個人の知的活動に及ぼす影響だけでなく、複数人で行われるコミュニケーションに及ぼす影響も調べる必要があると考えている。

すなわち、本研究では以下の3つの状況で行われる読みを対象に、メディアの違い（紙、電子メディア）が読みに与える影響の有無を定量的に検証し、影響が存在する場合には、その決定要因を数量的なデータに基づき明らかにすることを目的とする。

- ① 娯楽を目的として文書を読む場合（これについて4章で述べる）。
- ② 業務の中で文書を1人で読む場合（これについて5章で述べる）。
- ③ 業務の中で文書を複数人で読む場合（これについて6章で述べる）。

最後に、以上のことを踏まえ、これらの読みを支援するために、現状の電子メディアの改善の方向性について検討することも目的とする（これについて7章で述べる）。

1.4 本論文の構成

本論文の構成は以下のとおりである。

2章では、本研究の分析対象の読みと研究の方法論を明らかにしている。まず、分析対象としている読みがどのような読みに該当するかを示すとともに、利用を想定している電子メディアについて明らかにしている。次に、本研究の方法論として採用した研究手法について説明している。

3章では、関連研究として、メディアの読みやすさの影響要因に関する研究、娯楽を目的として文書を読む場面を対象とした研究、業務の中で文書を読む場面を対象とした研究、読みを支援する電子的システムに関する研究について紹介している。本研究に関連する分野について、読みのプロセスの観察、異なるメディア間での読みやすさの比較実験、読みの支援を目的とした電子的システムを広く紹介する。これらの従来研究を踏まえ、本研究の狙いと位置づけを明らかにする。

4章では、娯楽を目的とした読みを対象として、電子書籍端末（iPad、Kindle）と比

べた紙での読みの効率の高さの決定要因を定量的に明らかにすることを試みている。本章では、まず、娯楽を目的とした読みを対象に、紙と電子書籍端末の読みやすさを比較した従来研究について分析し、読みの効率における紙の優位性の決定要因が明らかにされていないことを指摘している。次に、関連研究の問題分析の結果を踏まえて、実験の目的や実験設計について説明している。最後に、実験結果の分析により、比較対象とした電子メディア (iPad, Kindle, PC) に比べて紙での読みの効率が高いことを定量的に確認し、その理由が紙のめくりの優位性にあることを明らかにしている。さらに、その理由が、電子メディアに比べて紙でのめくりに必要な認知負荷が低いためであることを定量的に明らかにしている。そして、読みのプロセスの観察から、紙では操作を視覚に依存していないことが認知負荷を軽減している可能性を示している。

5章では、業務の中で文書を1人で読む活動として、業務で頻繁に生じる複数の文書を相互に参照する読みを取り上げ、紙とPCの利用が読みのパフォーマンスに与える影響を定量的に検証し、その影響要因を数量的なデータに基づき明らかにすることを試みている。本章では、まず、複数の文書を相互に参照する読みを対象にした関連研究について分析し、紙とPCの利用が読みのパフォーマンスに与える影響が定量的に比較されてこなかったことを指摘している。次に、関連研究の問題分析の結果を踏まえて、実験の目的や実験設計について説明している。最後に、実験結果の分析により、PCに比べて紙での読みのパフォーマンスが高いことを定量的に明らかにしている。そして、その理由が紙では文書をポインティングしたり、文書を移動するといった行為が読みを効果的に支援しているためであることを数量的なデータに基づき示している。紙では、文書間の注意の行き来を支援するポインティングが促進され、文書の配置変更により読みが阻害されない。また、紙では文書の配置変更により読みが阻害されない理由として、文書の配置効率が高いことを定量的に示している。さらに、紙での文書配置効率が高い理由が、複数の文書を同時に移動できること、文書の接触位置の自由度が高いこと、手で直接的に文書を移動できるためであることを定量的に明らかにしている。

6章では、業務の中で文書を複数人で読む活動として、業務の中で頻繁に生じる議論のための読みを取り上げ、紙、タブレット端末、PCの利用が議論のプロセスに与える影響と、その影響要因を明らかにすることを試みている。まず、文書を参照しながら議論する場面を対象にした関連研究について分析し、紙と電子メディアの利用が議論のプロセスに与える影響が定量的に比較されてこなかったことを指摘している。また、そこでの分析対象のメディアは紙とPCであり、タブレット端末の利用が議論に与える影響については未検討であったことについても述べている。次に、関連研究の問題分析の結果を踏まえて、実験の目的や実験設計について説明している。最後に、実験結果の分析により、課題達成のために必要不可欠な意見のやりとりの発生頻度、指示代名詞の使用

頻度、相手の顔を見る頻度は電子メディアに比べて紙が高いことを定量的に明らかにしている。そして、その理由が、紙ではページ間を行き来したり、相手に自分の文書を見せる行為がしやすいためであることを数量的なデータに基づき示している。紙では、ページ間を行き来の手間で相手とのやりとりが阻害されないため、本質的な意見交換に集中したり、相手の顔を見ながら話す余裕が生まれる。また、相手に自分の文書を見せやすいことで、相手と同じものを見る機会が増え、指示代名詞の利用が促進される。

7章は、本研究で示した3つの実験の結論とまとめである。さらに、娯楽を目的した読みと業務での読みの支援にあたり、現状の電子メディアの問題点と改善の示唆を述べ、本研究の成果をまとめている。また、今後の課題として、将来のメディアの利用予測や発展を踏まえて、教育現場を対象とした読みの分析や、タブレット型のデバイスの評価を視野に入れていることを述べている。最後に、読みを支援する電子メディアの設計に向けて、紙と電子メディアの操作性の違いの特徴について考察し、その上で読みを支援するメディアの設計指針を述べている。

第2章 分析対象の読みと研究の方法論

本章では、本研究が対象範囲としている読みと、研究の方法論を明らかにする。本章の構成は以下のとおりである。第1節では、本研究で分析対象としている読みについて、第2節では、分析対象の電子メディアについて述べる。これにより、本研究の対象範囲としている読みを明らかにする。第3節では、本研究の方法論について説明する。

2.1 分析対象の読み

文書を読む行為は多様である。たとえば、文書の種類だけでも、小説や雑誌、教科書や学術書、会議で配布される文書など多岐に渡る。また、同じ文書でも、状況によって熟読したり、流し読みをするといったように読み方も異なる。これらのすべての状況を扱うことは困難なため、読みを分類し、その上で分析対象の読みを定める必要がある。

本研究では、読みを目的により分類し、その上で分析対象の読みを決定している。そこで、本節では、本研究での目的による読みの分類について述べ、分析対象としている読みがどの読みに該当するかを明らかにする。なお、分析対象とする読みが、どのような読みであるかを補足することを意図し、各々の読みの中で主に発生する読みのスタイルについても言及する。本研究で分析対象とする読みと、分析対象の読みの中で主に発生する読みのスタイルを表2-1に示す。

表 2-1. 本研究で分析対象としている読み（下線）と、
分析対象の読みの中で発生する主な読みのスタイル（○）

読みの目的	発生する主な読みのスタイル						
	線形的な読み	スキミング	グラブリング	スキッピング	シーキング	再読	
娯楽	○						
業務	確認するための読み						
	拾い読み						
	思い出すための読み						
	質問に対する答えを探すための読み						
	自己啓発のための読み						
	学習のための読み						
	<u>相互参照のための読み（文書を1人で読むタイプの読みでもっとも頻繁）</u>	○				○	○
	テキストを批判的に校正したり、編集したりするための読み						
聞くことを助けるための読み							
<u>議論を支援するための読み（文書を複数人で読むタイプの読みでもっとも頻繁）</u>	○	○	○	○	○	○	
教育							

以降、表 2-1 について説明を加える。まず、本研究では、目的により読みを分類した Lorch らの分類粒度を踏襲し [Lorch 1993]、読みの大半を娯楽、業務、教育を目的としたものに大別できると考える。そして、このうち娯楽と業務を目的とした読みに着目する。これらの読みは我が国の人口の大半を占める世代が行っており、電子化が進んでいる一方で、紙が依然好まれている。現在起こりつつある紙から電子メディアへの移行が読みに与える影響を検討するうえで、これらの読みを対象とすることは妥当であると考えられる。

さらに、業務の読みでは、相互参照のための読みと、議論を支援するための読みを対象とする。娯楽の読みに比べて業務の読みは支援が難しく、ケースバイケースの対応が望まれているためと思われるが、業務の読みはより細分化して捉えることが行われている。Adler らは多様なナレッジワーカー 15 名の日常業務を観察し、そこでの読みの事例を以下の 10 種類に分類している [Adler 1998]。

1. 確認するための読み：文書が何についてのものであり、それがどんな種類のものかを確認するためだけに文書に目をやること。
2. 拾い読み：何が書かれているのかについてのおおよその理解を得るため、その内容が有用かを判断するため、後でもっと詳細を読む必要があるか否かを判断するために素早く読むこと。
3. 思い出すための読み：次に何をすべきかを思い出すために具体的に読むこと。たとえば、TO-DO リスト、買い物リスト、ポストイットのメモなど。
4. 質問に対する答えを探すための読み：質問に答えるため、参照のため、意思決定を行うのに必要な情報を得るためなど、特定の情報を探するための読み方。この種の読

みは、非常に単純な目的から複雑な意思決定や問題解決の作業にいたるまでのさまざまな目的でなされる目標指向の読みである。

5. 自己啓発のための読み：情報の利用について特定の目的を持つことなく、一般的な知識を広げる目的で読むこと。
6. 学習のための読み：後で、情報を関連付けたり、適用できるようにする目的で読むこと。議論のための基本的概念を復習したり、より本質的に熟考したりする読み。
7. 相互参照のための読み：情報を統合するために、複数の文書や複数のページを読むこと。これはしばしば書く目的でなされることもあるし、ある種の編集という活動を含むこともある。
8. テキストを批判的に校正したり、編集したりするための読み：内容、スタイル、文法、構文、表現に関して、書かれていることを評価するために読むこと。それは、自分自身のテキストを編集することを含むし、自分が書いたテキストが共同執筆者の文書に適合するかをチェックしたり、他人のテキストを校正することもある。
9. 聞くことを助けるための読み：他人の話聞くことを助けるために読むこと（たとえば、一連のスライドを見ることによってプレゼンテーションを理解するなど）。
10. 議論を支援するための読み：議論の最中に文書を参照すること。これは、議論のためにお互いに同じところを参照したり、同じところに焦点を当てたりするために行う。大抵の場合、これは対面の会議でなされる。

このうち、文書を1人で読むタイプの読みでもっとも頻繁に発生するのは相互参照のための読みであり、複数人で読むタイプの読みでもっとも頻繁に発生するのは議論を支援するための読みである [Adler 1998]。そこで、文書を1人で読むタイプの読み、複数人で読むタイプの読みを広範にカバーするため、相互参照のための読みと、議論を支援するための読みを分析対象とする。

最後に、分析対象とする読みの中で発生する主な読みのスタイルについて述べる。

Marshall らは文書の読みのスタイルを以下の6つに分類している [Marshall 2009]。

- 線形的な読み：先頭から順に注意深く読んでいく読み。
- スキミング：前から順に読まれるが、線形的な読みより速く読まれる。内容をざっと理解するためになされる。
- スキャンニング：スキミングより速く読まれる。前に読んだり、戻ったりする。情報を探し出すことや、次の行動を決めるためになされる。
- グランピング：速いページめくりを伴う。ページをめくりつつ、ページを見ることに多くの時間が費やされる。重要なページを見つけるためになされる。
- シーキング：名称などの特定の情報を素早くスキャンする。
- 再読：前に読んだものの再度読む。思い出すために重要であり、前に読んだ際には見つけられなかった洞察を得ることもある。

現実の環境では、人はこれらのスタイルを切り替えながら文書を読んでいる [Thayer 2011]. たとえば、グランディングをして重要な箇所を見つけた後に、線形的な読みでじっくり読むことが行われる。そのため、Marshall らの分類は読みをフェーズで捉える場合、もしくは読みの中で主流となるスタイルを検討する場合に有効と考える。娯楽の読みは前から順に読まれ再読の少ない読みである [Lorch 1993] [Marshall 2005]. すなわち、娯楽の読みでは、主に線形的な読みが生じるといえる。また、相互参照の読みでは、線形的に読んだり、他の箇所を参照するためにシーキングをして、再度復帰して確認するといった再読が主に生じると考える。そして、議論を支援するための読みでは、資料をじっくり読んだり、重要な情報を探すとといったことや、相手の発言を受けて見直したりといった多様な読みのスタイルが生じると考える。

2.2 分析対象の電子メディア

電子メディアには文書を読むことを支援する様々な機能がある。代表的な機能とその効果を以下に示す。

- 図表や文字からなる文書の表示機能：図や文字からなる文書を表示することができる。
- ページナビゲーション機能：ページを順に前や後ろに進めたり、特定のページにジャンプすることを支援する。
- 文書への注釈付け機能：文書に注釈を付けることを支援する。
- 検索機能：目的の情報を迅速に見つけることができる。
- 表示倍率の変更機能：読みやすいサイズで読むことができる。
- 文字サイズやフォントの変更機能：好みの文字サイズやフォントで読むことができる。
- ウィンドウの移動機能：文書を読みやすい位置に配置できる。
- ウィンドウサイズの変更機能：文書を読みやすい位置に配置することを支援する。
- ハイパーリンク機能：参考文献などの関連情報を迅速に閲覧することができる。
- 動画や音声を含む文書の再生機能：直感的でわかりやすい情報を閲覧することができる。
- 辞書機能：意味がわからない語句を迅速に確認することができる。
- 翻訳機能：外国語の資料を母国語で読むことができる。
- 誤字・脱字の自動チェック機能：迅速に文書の内容を校正することができる。
- アウトラインの自動作成機能：内容の概略を把握することを支援する。
- 読みあげ機能：家事などの他の作業をしながら文書の内容を知ることができる。

本研究では、電子メディアで文書を閲覧する際に、図 2-1 に示す文書閲覧の基本機能の利用を想定している。いずれも、文書を読む際の基本的かつ重要な機能であると考えられる。

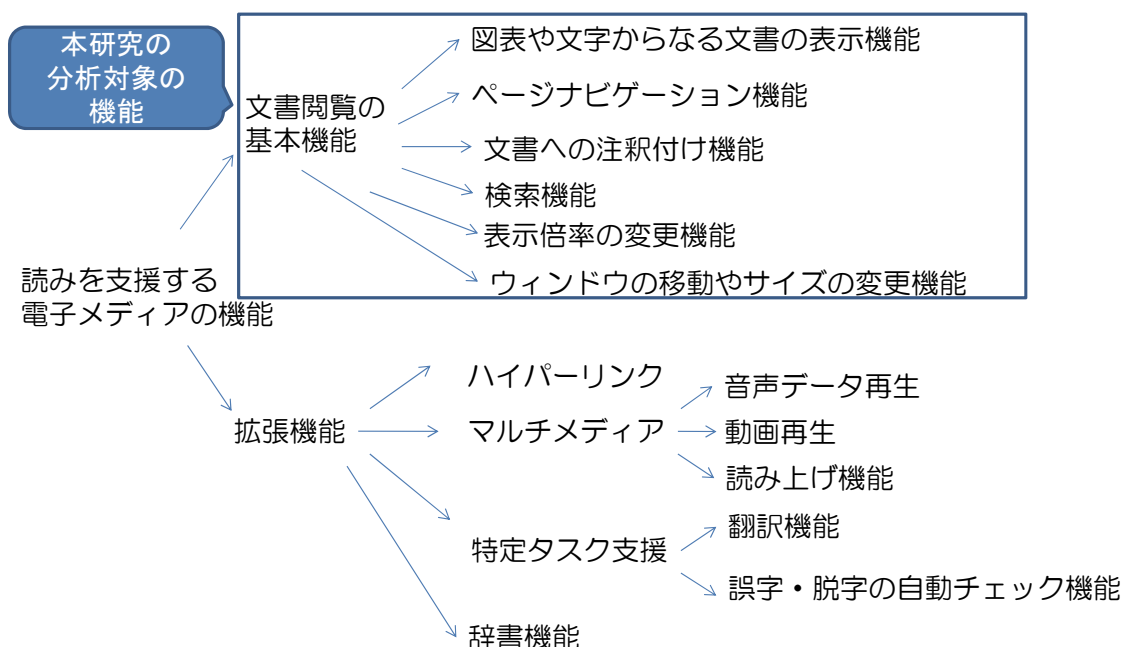


図 2-1 読みを支援する電子メディアの機能と本研究での利用想定機能

また、表示メディアも様々なものがある。表 2-2 に代表的な表示メディアと、本研究で紙との比較対象としているメディアを示す。娯楽を目的とした読みでは、娯楽を目的として読まれることの多い電子書籍の表示メディアとして、電子書籍端末とタブレット端末に着目する。なお、検討のため PC も比較対象としている。また、業務では PC がもっとも利用されているメディアのため、業務での読みでは PC に着目している。ただし、近年になり会議や打ち合わせの場でのタブレット端末の利用への期待が高いため、業務で文書を複数人で読む場面では、タブレット端末も比較対象とする。

表 2-2. 読みを支援するための表示メディアと
本研究での紙との比較対象のメディア (○)

	娯楽を目的として読む場面	業務で文書を1人で読む場面 (相互参照)	業務で文書を複数人で読む場面 (議論を支援するための読み)
PC	○	○	○
タブレット端末	○		○
電子書籍専用端末 (電子ペーパー搭載端末)	○		
携帯電話 (スマートフォン含む)			
テーブルトップ型デバイス			

2.3 研究の方法論

メディアの利用が読みに与える影響を捉えるにあたっては、現実の利用環境を観察したり、比較実験をするなどの様々なアプローチがとられる。また、読みに与える影響を評価するために、研究の目的により、読みの効率や読みに伴う疲労など様々な指標が測定されている。

本節では、本研究で採用した研究手法や、読みを評価するために測定した指標について説明を加える。

研究手法 メディアの違いが読みに与える影響を研究する手法は、調査参加者や現場の人々に手を加えることなく状態の把握を試みる「調査」と、事前に環境条件を整える「実験」に大別される。

文書の内容の違いなどのメディアの違い以外の要因が読みに与える影響を排除することを目的とし、本研究では実験により検討を行う。具体的には、同じ内容の文書を紙で読んだ場合と、電子メディアに表示して読んだ場合とを想定した状況を作り出す。人工的な状況ではあるが、調査研究の知見をもとに、現実の文書を読む場面に近くなるように留意する。

読みの分析指標 実験では、読みを評価するための方法として、インタビューやアンケートにより読み手の主観を報告してもらう方法と、読みの速度や眼球運動の動きなどの客観的な指標を測定する方法がある。

本研究では、メディアの違い（紙、電子メディア）が読みに与える影響を客観的に評価することを目的としているため、客観的指標を測定する。すなわち、紙で読んだ場合と電子メディアで読んだ場合とで、客観的指標がどのように変化するかを測定する。

読みを評価するための客観的指標についていえば、読みのパフォーマンスと生理学的な指標に大別できる [Marshall 2009]。

- 読みのパフォーマンス：読みの速度と正確性の測定に大別される。正確性は、実験の目的に応じて様々な指標が測定される。たとえば、理解度テストの成績、再生や再認テストの成績、校正課題であれば誤りの検出率が測定される。
- 生理学的指標：読み手が文章をどのように読んで、どこで止まったかといった読みのプロセスを確認するため、眼球運動の計測が行われる。また、文書を読むことに

伴う疲労を調べるため、臨界周波数やコントラスト感度などが測定される。

また、複数人でメディアを利用する際には、以下のようなコミュニケーションのプロセスが客観的指標として測定される。

- コミュニケーションのプロセス：発話量や指示代名詞の使用頻度といった言語的なやりとりや、指差しなどのジェスチャや相手の顔を見た頻度といった非言語的なやりとりが測定される。

本研究では、分析対象とする読みごとに異なる指標に着目する。まず、娯楽を目的とした読みでは、読みやすさの代替指標として重要視される読みの速度に着目する。ただし、内容の理解についても最低限の担保を取るため、読書後に1分間ほどの内容要約を課している。次に、業務で文書を1人で読む場面では、読みの速さと正確性に着目する。業務では作業の速さだけでなく、その正確性も重視されるため、その両方の指標を分析する。読みの正確性については、校正課題を行っているため、誤りの検出率を指標としている。最後に、業務で文書を複数人で読む場合では、活発な意見交換のしやすさなど、業務で重要となるコミュニケーションのプロセスを分析対象とする。

第3章 関連研究

本章では、関連研究について概観し、本研究の位置づけを明らかにする。本章の構成は以下の通りである。第1節では、メディアの読みやすさの影響要因に関する研究について述べる。本研究では、紙と電子メディアの読みやすさに違いがある場合には、その影響要因についても明らかにすることを目的としている。そのため、メディアの読みやすさの影響要因として着目すべき要因の示唆を得るため、メディアの読みやすさの影響要因に関する従来研究の知見を整理する。第2節と第3節では、本研究で分析対象とする娯楽や業務を目的として文書を読む場合に関する研究について述べる。これらの場면을対象とした研究について概観し、分析にあたっての留意点や従来研究の問題点を明らかにする。第4節では、読みを支援する電子的システムに関する研究について紹介する。紙との比較により、現状の電子メディアの改善の示唆を得ることも本研究の狙いの一つである。そこで、電子メディアの改善のために、どのような示唆を提示することが有効であるのかを確認することを目的とし、読みを支援するために提案されてきた工夫についても概観する。第5節で、これらの研究を踏まえ、本研究の狙いと位置づけについて議論する。

3.1 メディアの読みやすさの影響要因に関する研究

1章で述べたようにコンピュータディスプレイに比べて紙は読むためのメディアとして好まれている。この理由を明らかにするため、大村らはナレッジワーカー 1053 名を対象に、ディスプレイの読みにくさの要因に関する意識調査を行っている [大村 2010a]。結果として、読みにくさを感じさせる要因として、主に画面のちらつきなどの表示特性や、スクロールやページ切替の煩わしさなどの操作性上の制約があることを報告している。

この指摘は文書の提示方法や操作方法の違いが読みの効率に影響を与えることを示唆している。そこで、本節では文書の提示方法や操作方法の違いが読みに与える影響に関する研究について概観する。3.1.1 では文書の提示方法が読みに与える影響に関する研究、3.1.2 では文書の操作方法が読みに与える影響に関する研究について述べる。

3.1.1 文書の提示方法が読みに与える影響に関する研究

コンピュータがオフィスや教育現場に導入され始めた 80 年代以降、文書の提示方法

が読みに与える影響を定量的に調査する実験が行われている。解像度などのメディアの表示品質、フォントなどの文書フォーマット、読みの定位方向などのメディアとの相対的な位置関係が読みに与える影響が調べられている。代表的な研究事例に関して調査されている要因と、その結果を表 3-1~3-3 に示す。Dillon らは 90 年代前半にかけてなされた一連の研究を概観し、個々の要因が読みに与える影響は大きなものではなく、複数の小さな影響が積み重なった結果として読みのパフォーマンスに違いが生じると指摘している [Dillon 1992]。

表 3-1. メディアの表示品質の違いが読みに与える影響を定量的に比較した実験の概要
 [柴田 2010] の表を元に 2000 年以降に実施された研究について
 加筆・修正 (表 3-2, 3-3 も同様)

要因	文献	実験での比較条件	結果	
メディア の表示 品質	表示サイズ	[Richardson 1989]	マニュアルからの情報検索において、2 種類のディスプレイサイズ (20 行, 40 行) で比較.	作業時間について、ディスプレイサイズによる違いはない.
		[Richardson 1989]	学術論文の読みにて、2 種類のディスプレイサイズ (20 行, 60 行) で比較.	理解度について、ディスプレイサイズによる違いはない.
		[市野 2012]	大きさの異なるディスプレイ (4.5V型液晶, 65V型液晶) で文書を表示し、視距離の調節により文字の大きさなどの見えを同一にして比較.	読解パフォーマンスについて、ディスプレイサイズによる違いはない.
	解像度	[Gould 1987a]	通常の解像度のディスプレイ (480×640) と紙とで読みを比較.	校正スピードは紙のほうが速い。エラー検出率に違いはない.
		[Gould 1987b]	高解像度ディスプレイ (1024×1024) と紙とで読みを比較.	校正スピード、エラー検出率の両方について紙とディスプレイは同等.
	プリントの質	[Gould 1987a]	高品質プリントの紙と低品質プリントの紙で読みを比較.	読みのスピードは高品質プリントのほうが速い。エラー検出率に違いはない.
	アンチエイリアス処理	[Gould 1987b]	3 種類のメディア (紙, ディスプレイで文字表示のスモーキングする場合としない場合) で読みを比較.	校正スピードについて、文字表示をスモーキングすると紙と同程度になる。スモーキングしないと紙より遅い.
		[Gugerty 2004]	スモーキングの有無, 2 種類のフォント (イタリックと平文) で読みを比較.	スモーキングをすることで読みの正確性が向上する。イタリックを表示する場合に、スモーキングをすることで読みの速度が向上する。平文の際はスモーキングの有無で読みの速度に違いはない.
	コントラスト比	[Kruk 1984]	ディスプレイでの読みについて、2 種類のコントラスト比 (4.6:1 と 8.3:1) で比較.	読書スピード、理解度ともにコントラスト比による違いはない.

表 3-2. 文書フォーマットの違いが読みに与える影響を定量的に比較した実験の概要

要因	文献	実験での比較条件	結果	
文書 フォー マツト	フォント	[Gould 1987b]	2種類のメディア(紙, ディスプレイ), 3種類のフォント(Gothic, Press, Univers)で読みを比較.	読みのスピードについて紙はディスプレイよりも速い. エラー検出率はメディア間で違いはない. フォントによる影響はない.
		[清原 2003]	3種類のメディア(紙, LCDディスプレイ, CRTディスプレイ), 2種類のフォント(ゴシック体, 明朝体)で読みを比較.	表示メディアによらず明朝体に比べてゴシック体での読みの理解度が高い.
		[Sheedy 2005]	6種類のフォント(Georgia, Times New Roman, Plantin, Verdana, Arial, Franklin)で視認性を比較.	Times New RomanとFranklinに比べてVerdanaとArialの視認性が高い.
	文字と背景の色	[Gould 1987a]	白地に黒文字のディスプレイと黒地に白文字のディスプレイとで読みを比較.	読みのスピードに違いはない.
	文字密度 (行間, 1 行あたりの 文字数)	[Kruk 1984]	1行60文字・1ページ40行の本(文字密度が高い)と1行39文字・1ページ20行の本(文字密度が低い)とで読みを比較.	読みのスピードについて, 文字密度の高いほうが速い.
		[Kolars 1981]	2種類の行間(シングル, ダブル), 2種類の文字密度(1行30文字, 1行70文字)で読みを比較.	読みのスピードについて行間による違いはない. 文字密度について, 文字密度の高いほうが速く読める.
		[Chapparo 2004]	文字周りの余白を2段階(10mm, 2mm), 行間のスペースを2段階(5mm, 4mm)で読みを比較.	文字周りの余白の大きさの違いが読みの速度や理解度に影響を与える. 余白が大きい方が読みの速度が遅いが, 理解度は高くなる. 行間のスペースの違いは読みの速度や理解度に影響を与えない.

表 3-3. メディアと読み手の相対的な位置関係の違いが読みに与える影響を定量的に比較した実験の概要

要因	文献	実験での比較条件	結果	
メディア と読み 手の相 対的位 置関係	視野角	[Gould 1987a]	ディスプレイでの読みについて, 視野角(文書の表示領域の端から端まで目線を動かす際の角度)を変動させて比較.	視野角16.0~36.4度の範囲にあるとき, 読みのスピードが最も速く, エラー検出率も高い.
	読みの定 位方向	[Gould 1987a]	水平の紙, 垂直の紙, ディスプレイの3条件で読みを比較.	校正スピードについて, 水平の紙と垂直の紙は同程度. ディスプレイはそれより遅い. エラー検出率に違いはない.
	メディア との距離	[Gould 1987a]	紙とディスプレイで, 目とメディア間の距離を測定.	ディスプレイよりも紙の方がメディアとの距離が小さい.
		[Kruk 1984]	目とディスプレイの距離を3段階(40cm, 80cm, 120cm)で変化させて読みを比較.	読みのスピードについて, 40cmと80cmは同程度. 120cmはそれより遅い.
メディアとの 角度	[柴田 2013]	身体と文書のなす角度を7段階(-30度, -10度, 0度, 5度, 10度, 20度, 40度)で変化させて読みを比較. 文書を身体に対してまっすぐ置いた状態を0度とし, 時計回りへの回転を+, 反時計回りを-とした. 被験者はいずれも右利きである.	-30度に比べて5度, 10度, 20度の読みが速い. 40度に比べて5度での読みの速度が速い.	

これらの研究から文書の提示方法の違いが読みの効率に影響を与えることがわかる。しかし、紙とコンピュータディスプレイの表示品質の違いについて言えば、現在では読みの効率に与える影響はほとんど見られないレベルにあると考える。80年代後半の段階で、高解像度ディスプレイを用いる場合にはディスプレイでの読みのスピードは紙と同水準であったことが報告されている [Gould 1987b]。当時に比べてディスプレイ環境は大幅に改善されており、現在ではもはや紙とディスプレイとの間で表示品質の違いが読みの効率に影響を与えないことが予想される。

3.1.2 文書の操作方法が読みに与える影響に関する研究

読みに付随する行為の観察をもとに、以下の4つの行為のしやすさが紙での読みを支援していることが指摘されている。

文書の移動・配置 文書を並置して相互閲覧できるようにしたり、持ち上げたり、重ねてグルーピングしたりという行為を紙が効果的に支援していることが報告されている [O'Hara 1997, 2002][Buchanan 2007]。もちろん、これらの文書操作は電子的にも可能であるが、使い勝手が不十分なため逆に読みを阻害する要因になることもあると指摘されている [Sellen 2001]。

文書への書き込み 紙では、読むことと書くことがスムーズに融合しており、文書に下線引きやマーキングを頻繁に行うことで文章が構造化され理解しやすくなる [Marshall 1997][O'Hara 1997][Sellen 1997] [Obendorf 2003]。

内容へのポインティング 文書の上に指を置き一時的な目印とすることで、文書間での注意の行き来がしやすくなる [O'Hara 1997]。

ページ間移動 前後のページをちらりと見たり、パラパラとめくって内容を先読みする行為が読みを支援している [Marshall 2005]。また、ページの間指を挟んで元のページにすぐ戻れる工夫をすることで、ページ間の行き来が簡単になる [Askwall 1985][Liesaputra 2008]。さらに、既読の文書から情報を探す際には、情報が記載されているページについて、あたりをつけて文書を開くことができることが探索効率の向上をもたらしている [Askwall 1985]。こうした操作が可能な理由として、紙文書では記載内容とページの対応関係の手がかりが、文書の厚みなどの視覚的な手がかりに加えて、文書を手で触った際の感触でも得られることが寄与している [Yang 2011]。

実際、これらの行為のうち、文書への書き込み、内容へのポインティング、ページ間移動については、読みのパフォーマンスに影響を与えることが実験的に確認されている(表 3-4)。ページ間の行き来が頻繁に生じる読みでは、PC に比べて紙での読みが 6.8% 速いことが報告されている [柴田 2011a]。また、文書を指差したりなぞったりする行為が読みの正確性を高めることや [柴田 2011b]、文書に下線を引く行為が複雑な文章の理解を促進する効果があることも実験的に確認されている [魚崎 2003]。

表 3-4. 文書の操作が読みに与える影響を定量的に比較した実験の概要

要因	文献	実験での比較条件	結果
文書への書き込み	[魚崎 2003]	テキスト文書への下線引きを許した場合と許さない場合で読みを比較.	内容が複雑で、かつ作業に十分な時間が与えられた場合、下線引きを許した場合での理解度が高くなる.
ページ間移動	[柴田 2011a]	ページ間の行き来が頻繁に生じる読みを紙とPCで行う.	PCに比べて紙での読みが速い.
内容へのポインティング	[柴田 2011b]	文章の誤りを見つける読みにおいて、紙文書への接触有無(接触を禁じた場合と許した場合)で比較.	エラー検出率は文書への接触を許した方が高い. 文書に接触する行為として、文章をなぞったり指差すことが頻繁になされた.

以上の研究は、紙と電子メディアの操作性の違いが読みに影響を与えることを示唆する。しかし、メディアの操作性の違いが読みに与える影響は、文書を読む目的別に別途に検証する必要がある。文書を読む目的が変われば、読みのプロセスも変化することが指摘されている [Broek 2001]。Broek らは同じ内容のエッセイを後で内容についての試験を課すことを前提にして読ませた場合と、娯楽を目的として読ませた場合での思考プロセスを比較している。結果として、娯楽を目的とした場合と異なり、試験を課すことを前提とした場合では、読んでいる箇所と前後の内容を関連付けながら読むようになったことが報告されている。こうした思考プロセスの変化により、読みの最中になされる操作にも違いが生じることは容易に想像できる。つまり、文書を読む目的により、読みに影響をもたらす操作が異なると考えられる。

また、電子環境の操作性改善を目的とした研究も行われている。スクロールとページ切り替えボタンが読みに与える影響が比較されており、スクロールに対するページ切り替えボタンの優位性が示されている [Piolat 1997][Wästlund 2008][Sanchez 2009]。これらの結果はいずれも PC 上での操作で確認されたものではあるが、スマートフォンでもスクロールに比べてページ切り替えのインタフェースでの読みのパフォーマンスが高いことが示されている [水口 2012]。また、PC での操作を行う際の入力デバイスの違いが、文書を読むスピードに与える影響も比較されている [Zhai 97]。

これらの研究も、メディアの操作性の違いが読みに影響を与えることを示している。しかし、いずれも電子環境内での作業条件間で読みのスピードや認知負荷を比較したものであり、紙での読みとの比較ではなかった。

3.2 娯楽を目的として文書を読む場面に関する研究

本節では、まず娯楽を目的とした文書の読まれ方について、従来研究で得られている知見について紹介する (3.2.1)。娯楽を目的とした読みを分析対象とするにあたり、留意すべき点を明らかにすることを目的とする。次に、娯楽を目的とした読みを対象として、紙と電子メディアでの読みの効率を定量的に比較した実験研究について概観する (3.2.2)。これにより、メディア間での読みの効率を定量的に比較した実験について、従来研究の問題点を明らかにする。

3.2.1 娯楽を目的とした文書の読まれ方に関する研究

娯楽を目的とした読みの調査から、文書の読まれ方や、メディアの利用状況について以下のことが報告されている。

娯楽を目的とした文書の読まれ方 読みのプロセスの観察から、娯楽を目的とした読書はページを1ページずつ先にめくる後戻りの少ない読みであることが指摘されている。Lorchらは大学生の日常生活での読みを分析し、小説や雑誌の読みは、先頭から順に読まれる再読の少ない読みであると指摘している [Lorch 1993]。また、Marshallらは日常生活での雑誌の読みを観察した結果、文書操作の大半はページをパラパラめくったり、大きくジャンプするものではなく、ページを1ページずつ先に進める操作であったと報告している [Marshall 2005]。

これらのことから、娯楽を目的とした読みを分析対象とする場合は、ページを1ページずつ読み進めていく場面を対象とする必要があることがわかる。

娯楽を目的とした読みで利用される電子メディア 娯楽を目的として文書を読む場合、電子書籍端末⁴⁾がもっとも利用される電子メディアであることが示唆されている。先に述べたように、電子書籍は娯楽を目的として読まれることが多い。ウォール・ストリー

⁴⁾ 本研究ではApple社のiPadに代表されるタブレット端末、Amazon社のKindleに代表される電子書籍専用端末を電子書籍端末と定義する。

ト・ジャーナル誌によれば、電子書籍の3分の2が小説であり、電子書籍のベストセラーはスリラーや恋愛といったジャンルがほとんどを占めている [The Wall Street Journal 2013]. つまり、電子書籍は業務や学習より、娯楽を目的として読まれていることがわかる。そして、こうした電子書籍は電子書籍端末上で利用される割合が高いことが指摘されている。米調査会社 Cowen & Co.survey が電子書籍販売の7割が Kindle 向けであると推計したように、米国では電子書籍端末上で電子書籍が読まれることが一般的である [前原 2011]. 我が国ではスマートフォン上で電子書籍が読まれることも少なくないが、それでも電子書籍端末上で読まれる割合の方が2倍以上高いことが報告されている [日経トレンディネット 2012].

以上のことから、娯楽を目的とした読みを分析対象とした場合、紙との比較対象として電子書籍端末に着目する必要があることがわかる。

電子書籍の普及に伴うメディアの利用状況の変化 近年の電子書籍の普及に伴い、日常生活での読書がどのように変化したかについて調査が行われている。Hupfeldらは、電子書籍の利用者16名を対象に、日常生活での読書におけるメディアの利用状況を観察している [Hupfeld 2013]. 結果として、電子書籍は紙の書籍を駆逐するものではなく、状況に応じてメディアが使い分けられていることが報告されている。たとえば、入浴しながら読書をする場合は落下による故障の心配がない紙媒体が選択され、空き時間にちょっとした読書をする場合には常時携帯しているスマートフォンが利用された。また、朝食を取りながら読書をする場面では、片方の手を使って食事をしながら、もう片方の手で操作できる電子書籍端末が選択されていた。

この観察結果は各メディアには長所と短所があり、こうした点を踏まえて利用者が状況に応じてメディアを選択していることを示唆する。しかし、この研究では紙と電子書籍端末の読みやすさの違いについては言及していない。電子書籍端末の評価のためには、メディア間の読みやすさの違いについても調べる必要がある。

これらの調査から娯楽を目的とした読みを対象に、紙と電子メディアを比較するにあたって、以下の点に留意すべきであることがわかる。

- 娯楽を目的とした読みを分析対象とする場合は、ページを1ページずつ読み進めていく場면을対象とする必要がある。
- 娯楽を目的とした読みでは、紙との比較対象として電子書籍端末に着目する必要がある。

3.2.2 娯楽を目的とした読みでのメディア間比較研究

電子書籍端末の開発や評価を目的とし、娯楽を目的とした小説やエッセイの読みを題材に、紙と電子書籍端末での読みやすさを比較する実験が行われている [面谷 2003, 2005][磯野 2005][寇 2005, 2006a, 2006b][岡野 2006][Nielsen 2010]. 電子書籍端末は反射型ディスプレイである電子ペーパーを備えたものが多く、品質の高い文書表示が可能である。また、手にもって自由なスタイルで読むことができ、携帯性も高い。従来の研究では、電子書籍端末が備えるこれらの特徴が、読みの速さや理解度といった読みのパフォーマンス、さらには視覚的、身体的な疲労にどのような影響を与えるかに焦点が当てられてきた。表 3-5 に実験結果の概要を示す。

読みのパフォーマンスについては一貫した結果が得られているわけではないが、紙の書籍と電子書籍端末には読みの速度に違いがないか、違いがある場合には紙のほうが速く読めるという結果が得られている [寇 2006b][Nielsen 2010].

また、主観的には電子メディアに比べ紙の書籍での読みの疲労が少ないと判断されるものの、30分から90分程度の読みでは、臨界周波数のような客観的な視覚疲労度の値に違いは認められなかった [磯野 2005][寇 2006a].

しかし、読みの効率における紙の優位性を示した研究も、その理由については検討していない。娯楽を目的とした読みを支援するための電子メディアの改善の示唆を得るためには、読みの効率に違いをもたらした要因についても明らかにする必要がある。

表 3-5. 紙と電子書籍端末の比較実験の概要

文献	比較対象のメディア	実験での比較条件	結果
[磯野 2005]	紙, ソニー製EBR-1000EP(電子ペーパー搭載端末)	90分間の連続読書を左記の各メディアで行わせる.	疲労に関する客観的な指標(調節近点距離と調整緊張時間)では紙と電子ペーパーに違いは認められなかった. 疲労に関する主観評価(自覚症状調べ)では, 紙に比べて電子ペーパーでの読みは疲れると評価された.
[寇 2005]	紙, ソニー製LIBRIe(電子ペーパー搭載端末), CRTモニタ(PC), LCDモニタ(PC)	短時間の読書を左記の各メディアで行わせる.	主観的には, 既存のディスプレイに比べて電子ペーパーの視認性が優れていることが示唆された.
[面谷 2005]	紙, LIBRIe(電子ペーパー搭載端末), Σ Book(電子ペーパー搭載端末)	3種類の提示条件(立掛け, 水平置き, 手持ち), 左記の各メディアで30分間の読書を行わせる.	2つの電子書籍端末に関して, 手持ち条件が顕著に高い評価を得た. 紙媒体では提示条件間で評価に違いが無い.
[寇 2006a]	紙, LIBRIe(電子ペーパー搭載端末), CRTモニタ(PC), LCDモニタ(PC)	30分間の読書を左記の各メディアで行わせる.	メディア間で読みの速度に違いは無い. 文章の理解度は他のメディアに比べて紙が高かった. 疲労度の客観指標(コントラスト感度と臨界周波数)についてはメディア間で違いは認められなかった. 主観的な疲労度については, 概してPCに比べて紙と電子ペーパーが低く, 紙と電子ペーパーの間に違いは認められなかった.
[寇 2006b]	紙, LIBRIe(電子ペーパー搭載端末), CRTモニタ(PC), LCDモニタ(PC)	目とメディアの距離を統制した場合(統制条件)としない場合(自由条件)で, 左記の各メディアで30分間の読書を行わせる.	電子ペーパーに比べて紙での読みが速く, PCは紙と電子ペーパーの間に位置し両者との間に違いはない. 文章の理解度は他のメディアに比べて紙が高い. 主観的には統制条件に比べて自由条件が読みやすく, PCではその効果が顕著となった.
[岡野 2006]	紙, LIBRIe(電子ペーパー搭載端末), 松下電器産業社製Σ Book(電子ペーパー搭載端末)	メディアを手に持って読む場合(手持ち条件)と手に持たず置いて読んだ場合(固定条件)の2条件, 左記のメディアで15分間の読書を行わせる.	紙とΣ Bookは手持ち条件と固定条件で主観評価に違いはない. LIBRIeでは, 手に持つことで読みやすさが向上した.
[Nielsen 2010]	紙, Apple社製iPad(液晶型タブレット端末), Amazon社製Kindle2(電子ペーパー搭載端末), PC	左記の各メディアで短編小説を読ませる.	iPadやKindleに比べて紙での読みは速い.

3.3 業務の中で文書を読む場面に関する研究

本節では、まず業務での文書の読まれ方について、従来研究で得られている知見について紹介する(3.3.1)。業務での読みを分析対象とするにあたり、留意すべき点を明らかにする。次に、業務の中で文書を1人で読む場面と、複数人で読む場面に関して、紙と電子メディアを比較した研究について概観する(3.3.2, 3.3.3)。それを踏まえ、これらの場면을対象にした従来のメディア比較研究について、その問題点を明らかにする。

3.3.1 業務での文書の読まれ方に関する研究

業務での読みの調査から、業務での文書の読まれ方や、メディアの利用状況について以下のことが報告されている。

業務での文書の読まれ方 2章で述べた様に、Adlerらは業務プロセスの観察に基づき、読みの事例を10種類に分けており、さらに各々の読みの出現頻度の集計も行っている[Adler 1998]。出現頻度が高かったのは、第1に相互参照の読み(約28%)、第2に答えを探すための読み(約24%)、第3に議論のための読み(約22%)であった(図3-1)。

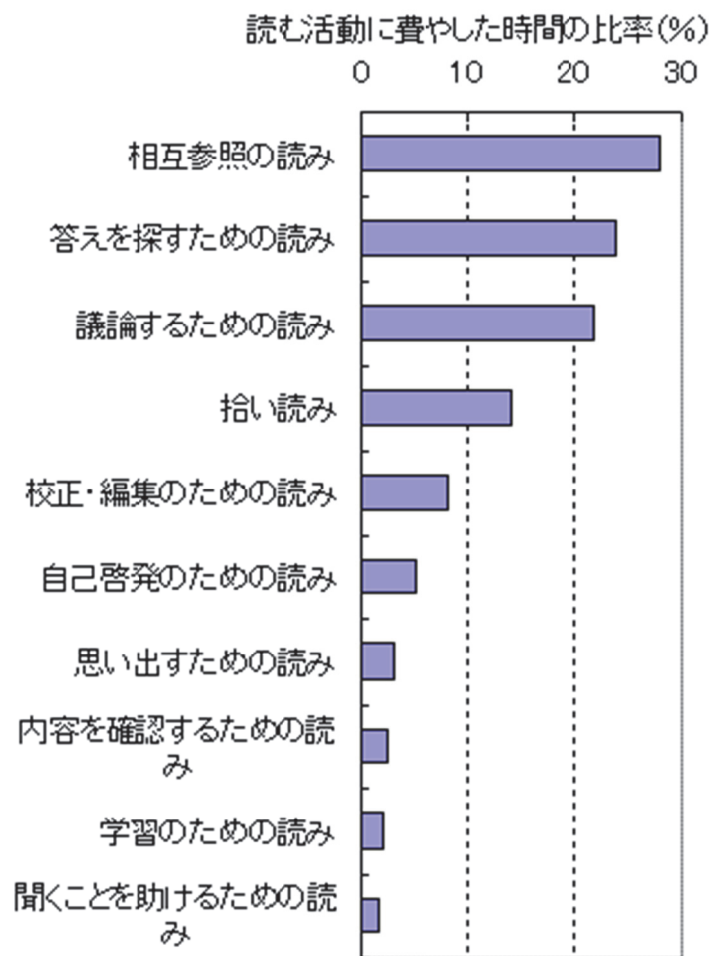


図 3-1 業務での読みのカテゴリーとその頻度 ([Adler 1998]の Figure2 を元に作成)

これら業務の中でなされる多様な読みでは、メディアの違いが読みに与える影響や、重要な支援が各々の読みで異なることが予想される。業務での読みを広範に渡ってカバーするためには、出現頻度の高い読みを分析対象にする必要がある。

業務での読みで使用される電子メディア 業務では文書を読むためのメディアとして PC がもっとも利用されている。大村らはオフィスワーカー 698 名を対象に、紙の代替技術となる電子的ツールのオフィスでの利用状況について調査を行っている [大村 2010b]。結果として、PC 以外の電子的ツールについてはオフィスにあまり浸透していないことが報告されている。たとえば、文書表示が可能な PDA や携帯電話の利用者は全体の 12%、タブレット端末やタブレット PC の利用者は全体の 7%にすぎなかった。

このことから、業務を目的とした読みを分析対象とした場合、紙との比較対象として PC に着目する必要があることがわかる。

また、2010年のiPadの発売以来、こうしたタブレット端末の業務での利用が期待されている [日経コミュニケーションズ 2011][Hess 2012]。業務でのタブレット端末への期待が高い機能として、個人情報の管理や簡単なメモを取ることに次いで、文書を読むことがあげられている。また、会議の場に持ち込んで利用することへの期待も高い。その理由として、PCと異なり画面を机に平置きにするため、資料を表示した際に他の会議参加者と一緒に読みやすいことがあげられている。

以上のように、タブレット端末も業務の中で広く活用されていく可能性があることを踏まえれば、このような端末についても着目する必要があると考える。タブレット端末の利用が期待される場面として、文書を読むことに関連する活動が少なくない。そのため、業務での利用が期待されているタブレット端末の有効性を検証する意味で、タブレット端末が業務での読みに与える影響を把握することも重要である。

業務の中で文書を読むことに費やされる時間 ナレッジワーカーは業務時間の大半を文書を読むことに費やしている。先に述べた Adler らの調査によれば、ナレッジワーカーは業務時間の 82%で文書を利用し、内 70%が読むことに関連している [Adler 1998]。また、Sellen らは文書を利用する頻度が高い組織 (IMF) の職員 25 名の日常業務を観察した結果、業務時間の 97%が文書を読むことに費やされていたと報告している [Sellen 1997]。

ナレッジワーカーは業務時間の大半を文書を読むことに費やすことから、業務での読みを支援することが業務効率を左右することが示唆される。

業務での読みににおける紙と電子メディアの利用割合 近年になり、業務での文書を読むためのメディアは紙から電子メディアに移行しつつあることが示唆されている。先に述べた Sellen や Adler らの観察によれば、業務の中での文書を読む行為はもっぱら紙が利用されていたことが報告されている [Sellen 1997][Adler 1998] (文書利用全体に占める紙の利用割合は、Sellen, Adler の分析で、各々 86%, 85%)。一方、近年の調査では、紙に比べて電子メディアで文書を読む割合が高いことが指摘されている。Tashman らはナレッジワーカー 20 名の日常業務を観察し、文書を読む時間の 63%で電子メディアが利用されていたと報告している [Tashman 2011a]。90 年代後半からの 10 年ほどの期間のうちに、業務の中で行われる読みでは、紙よりも電子メディアを利用する頻度が高くなったことが示唆される。ただし、Tashman らは、このメディアの利用傾向は嗜好性を反映したものではなく、読むためのメディアとしては紙が好まれていたとも報告している。

業務での読みは紙よりも電子メディアでなされる頻度が高くなっているが、読むためのメディアとしては依然紙が嗜好されている。この見解は、先に述べた大村らの報告と一致する [大村 2010a]。現状の電子メディアが業務での読みを阻害している可能性があるのであれば、その影響を検証することは重要である。

これらの調査から、業務を目的とした読みを対象に紙と電子メディアを比較するにあたり、以下のことに留意すべきであることがわかる。

- 業務での読みは多様であり、業務の中で行われる読みを広範にカバーするためには、発生頻度が高い読みを分析対象とする必要がある。
- 業務での読みでは、紙との比較対象として PC とタブレット端末に着目する必要がある。

また、業務での読みを分析対象とすることの重要性として以下のことも示唆される。

- 業務での読みを支援することがナレッジワーカーの業務効率を左右する。そして、現状の電子メディアはこうした行為を阻害している可能性がある。

3.3.2 業務の中で文書を1人で読む場面でのメディア間比較研究

業務に関連した読みを対象に、紙と電子メディアでの読みの効率を定量的に比較するさまざまな実験が行われてきた。注釈を参照しながらの読み [柴田 2011a]、マニュアルから答えを探す読み [Shibata 2012]、文章の誤りを見つけて校正するための読み [深谷 2011][柴田 2011b]、複数の文書の中から特定のトピックに関連した文書を探す読み [Buchanan 2007] を対象に、紙と電子メディアでの読みの効率が比較されている。これらの実験の概要を表 3-6 に示す。概して、読みの効率については紙の優位性が示されている。

表 3-6. 業務に関連した読みでの紙と電子メディアの比較実験の概要

文献	課題	比較対象のメディア	実験での比較条件	結果
[Buchanan 2007]	複数の論文について特定のトピックへの関連性を判断させる	紙, PC	左記の課題を紙, PC概要有り条件(文書ファイルに加えて, 論文のリストと内容の概要が与えられる), PC概要無し条件(文書ファイルのみが与えられる)で実施.	PC概要無し条件に比べてPC概要有り条件での作業時間が短い. 作業の正確性については, PC概要有り条件に比べて他の条件がやや高い.
[柴田2011a]	注釈を参照しながら文書を読む	紙, PC	実験1: 左記の課題を紙, 大画面条件(20.1ディスプレイを使用), 小型画面条件(10.4インチディスプレイ)で実施. 実験2: 左記の課題を紙, ページ単位条件(PCでページ単位で閲覧する), オーバービュー条件(PCでページのオーバービュー機能が利用可能), リンク条件(PCで注釈に注釈先へのリンクが埋め込まれている)の4条件で実施.	実験1: 紙, 大画面条件, 小型画面条件の順に読みの速度が速い. 読みの後に行った重要語の再認テストでは, 再認率も回答までの速度も条件間で違いがない. 実験2: 他の条件に比べて紙での読みが速い. PCの条件間で読みの速度に違いはない.
[柴田 2011b]	文章の誤りを見つける	紙, iPad	左記の課題を左記のメディアで実施.	エラー検出率はiPadに比べて紙が高い. 作業時間はメディア間で違いがない.
[深谷 2011]	文章の誤りを見つけて校正する	紙, PC	実験1: 作業の制限時間を15分に限定した状態で, 左記の課題を左記のメディアで実施. 実験2: 作業の制限時間を20分に限定した状態で, 左記の課題を左記のメディアで実施.	実験1と実験2ともに校正率(全てのエラー数に対して校正できた割合)はPCに比べて紙が高かった. また, 正しく校正できた割合は, 実験1では紙が高く, 実験2ではメディア間で違いは認められなかった.
[Shibata 2012]	マニュアルから答えを探す	紙, iPad, Kindle, PC	左記の課題を紙, iPad, Kindle, PCリンク条件(マニュアルの目次にリンクが埋め込まれている), PCリンク無し条件(目次にリンクが埋め込まれていない)の4条件で実施(KindleとiPadのマニュアルにはリンクは埋め込まれていない).	作業時間は紙とPCリンク条件(両者は同水準), iPadとPCリンク無し条件(両者は同水準), Kindleの順に短い.

これらの実験では, 単一の文書の読みに焦点を合わせている. しかし, 先に述べた Adler らによるナレッジワーカー 15 名の日常業務の読みのプロセスの観察では, 読む活動の半分以上において複数の文書が同時に参照されていた [Adler 1998]. また, 前節で述べたように, 同じく Adler らの分析によれば, 業務の中でもっとも出現頻度が高い種類の読みは複数の情報を比較したり, 同時閲覧する相互参照の読みであり, 全体の 30% 近くを占めている. 業務での読みを広範にカバーするためには, 複数の文書を相互に参照する読みについても分析対象とする必要がある.

読みのプロセスの観察から, 複数の文書を相互に参照する読みを紙の優れた操作性が効果的に支援していることが指摘されている. O'Hara らは, 科学記事の要約を作成する作業において, 紙と電子メディアとでのプロセスの違いを分析している [O'Hara

1997]. 結果として、要約作成のための読みを紙が効果的に支援し、逆に電子メディアは阻害しているとし、その理由として以下の4点をあげている。第1に、紙では複数の文書、複数のページ間で簡単に注意を移動したり、複数個所を迅速に行き来することが可能である。第2に、紙では文書を空間に広げて比較や一覧をしやすくすることができる。第3に、読んでいる最中に、文書に、簡単かつ自由な形式で書き込みが可能である。第4に、紙では読むことと書くことをスムーズに融合させることができる。逆に電子メディアでは、読むこともできるし、書くこともできるが、これらを同時に行うことは難しい。O'Hara らの別の研究では、現実の著作プロセスを観察することにより、紙の利点として先の4つとほぼ同じ特徴を見出している [O'Hara 2002].

しかし、複数文書の操作における紙の利点は、観察をもとに定性的に議論されることが多く、これまでその効果が定量的に示されることはなかった。

3.3.3 業務の中で文書を複数人で読む場面でのメディア間比較研究

業務の中で文書を複数人で読む場面では、文書を参照しながらの議論が頻繁に生じることが指摘されている。先に述べた Adler らの分析から、複数人で文書を読む場合に発生するタイプの読みは、プレゼンテーションを聞きながら文書を読む場合と、文書を参照しながら議論する場合に大別されることがわかる [Adler 1998]. そして、前者の種類の読みは文書を読む行為全体の2%に過ぎないのに比べ、後者の種類の読みは全体の22%にも相当する。

ここで、こうした文書を参照しながらの対話を、紙の優れた操作性が効果的に支援していることが業務プロセスの観察から指摘されている。

文書の移動・配置 紙では、必要に応じて相手と一緒に読める位置に文書を置いたり、相手の顔が見やすい位置で文書を読むことが容易である [Luff 1998][Makoul 2001]. これに対し、コンピュータディスプレイは必要に応じて配置を変えることが困難であった。

文書への入力操作 PCでは情報を入力する操作に手間取り相手の顔を見ながら話を聞くことができなかつたり、場合によっては相手の話を途中で遮る必要があった [Sellen 2001]. これに対し、紙では話を聞きながら簡単にメモを取れるため、相手の様子を伺いながら情報を収集できる。

しかし、紙と電子メディアの操作性の違いが議論のプロセスに与える影響は、これま

で定性的に議論されることが多く、その効果が定量的に示されることはほとんどなかった。

また、電子メディアの設定の違いが議論のプロセスに与える影響も検討されている。画面に表示された内容を参照したり、操作しながら共同作業を行う場面において、ディスプレイの配置や入力デバイスの違いが議論のプロセスに与える影響が比較されている。たとえば、ディスプレイの配置に関する要因として、ディスプレイの向きやサイズ、使用枚数が議論のプロセスに与える影響が調べられている [Rogers 2004][Ryall 2004][Inkpen 2005]。また、入力デバイスでは、マウスやスタイラスペン、タッチパネルの利用が議論のプロセスに与える影響が比較されている [Inkpen 2001][Hornecker 2008]。

これらの研究もメディアの特徴の違いが議論のプロセスに影響を与えることを示唆している。しかし、いずれも電子メディアの作業条件間で議論のプロセスを比較したものであり、紙での議論のプロセスとの比較ではなかった。

3.4 読みの支援を目的とした電子的システムに関する研究

本節では、読みの支援を目的とした電子的システムに関する研究を紹介する。先に述べたように、紙との比較により、現状の電子メディアの改善の示唆を得ることも本研究の目的の一つである。そのため、電子メディアの改善のために、どのような示唆を提示することが有効であるかを確認するため、紙を模範として現状の電子メディアの改善提案をしている研究を中心に概観する。

紙のように読める電子メディアという概念は、Alan Kay による Dynabook にはじまると言ってもよい [Kay 1972, 1977]。Dynabook は今日の PC の源流ともいうべき、動的で対話的なメディアであるが、その構想の中には書類や書籍をコンピュータ上で読むことも含まれている。この Dynabook 構想の発表以来、これまで様々な読みを支援する電子的システムが商品化されてきた [Golovchinsky 2008][Marshall 2009][西田 2010]。

しかし、これらの製品化された電子メディアは読みを支援しきれていないとして、様々な改善案を提示する研究がなされている。たとえば、文書を読む際に生じるページナビゲーションを支援する機能や [島田 2005][Sun 2005][Cockburn 2006][Tajika 2008][渡邊 2008][Buchanan 2008a, 2008b] [Alexander 2009][Wightman 2010][Yoon

2011][井澤 2012][Fujita 2012][Kim 2013], 文書を読みながら注釈を付与することを支援する機能が提案されている [Golovchinsky 2011][Peason 2011]. また, 特定の行為だけでなく, 文書に対する書き込みやページナビゲーションなど複数の行為を統合的に支援するシステムも提案されている [Schilit 1998][Chen 2008, 2012] [Liesaputra 2008] [Tashman 2011b] [Matulic 2012].

これらの研究では, 読みを支援する紙の特徴を電子メディアに取り込むことで, 電子メディアを改善しようとする試みも少なくない. 例として, システムの設計にあたって以下のような紙の特徴が勘案されている.

読みながら注釈を行うことの支援 先に述べたように, 紙とペンの組み合わせが文書を読みながら注釈を付与することを効果的に支援することが指摘されている. こうした特徴を電子メディアに導入することを目的とし, いくつかのシステムでは図 3-2 のようなペンでの手書きアノテーション機能を提供している [Schilit 1998] [Chen 2012] [Matulic 2012].

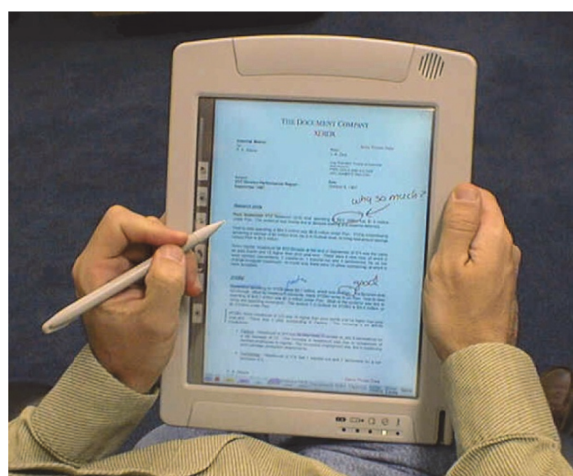


図 3-2 ペン入力を支援するシステム XLibris で
文書を読みながら注釈を行っている様子 (文献 [Schilit 1998] より転載)

ページ間の行き来の支援 紙ではページの間指を挟んで元のページにすぐ戻れるようにする工夫がなされるが, この工夫を電子的に再現することも提案されている [渡邊 2008][Wightman 2010][Yoon 2011]. たとえば, この工夫を図 3-3 のようにタッチスクリーン上での操作として電子的に再現したシステムが提案されている [Yoon 2011].

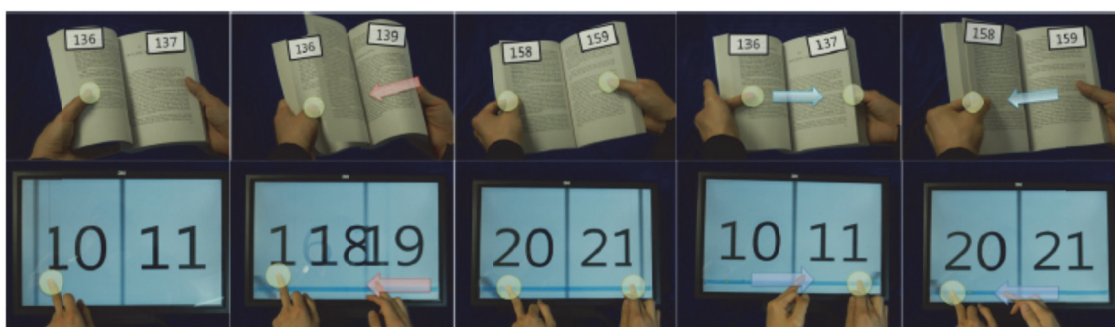


図 3-3 紙の書籍でページに指を挟んで元のページにすぐ戻れる工夫 (写真上) をタッチスクリーンでの操作として電子的に再現したシステムでの操作の様子 (写真下) (文献 [Yoon 2011]より転載)

ページがめくれている感覚を提供する支援 紙の書籍でページをめくっているような感覚を、電子メディアでも提供することも試みられている。XLibris では、ページをめくったことのフィードバックを音で提供することがなされている [Schilit 1998]。また、デバイスの曲がり具合を検知するセンサーを利用し、ページ移動のためのインタフェースを提供する装置が提案されている [渡邊 2008]。この装置では、曲げ具合による弾力と音や振動によるフィードバックにより、紙の書籍をパラパラとめくる感触を提供することが試みられている。さらに、図 3-4 のように、ページをパラパラめくる感覚をローラーの回転で指に伝える装置も提案されている [Fujita 2012] (図 3-4)。

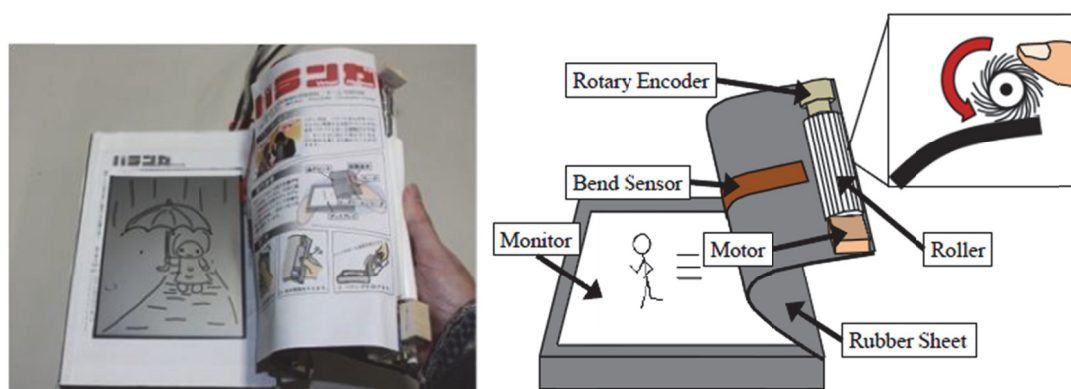


図 3-4 ページがめくれている感触を指に提供する装置 (文献 [Fujita 2012] より転載)

文書の位置記憶を利用することによる支援 先に述べたように、紙では既読の文書から

情報を探す際、どこのページに何が記載されていたかという位置記憶を利用し、迅速に目的のページを開くことができる。電子メディアでも位置記憶を利用して、高速に目的のページに到達することを支援する工夫が提案されている [Cockburn 2006] [Liesaputra 2008]。たとえば、図 3-5 のように、紙の書籍を模した文書表示をすることで、左右のページの厚みから読みの進捗や、文書全体のページ数を直感的に把握することのできるシステムが提案されている [Liesaputra 2008]。そして、このシステムでは、ページの厚み部分をクリックすることで、目的とするページにあたりをつけて移動することができる機能を提供している。

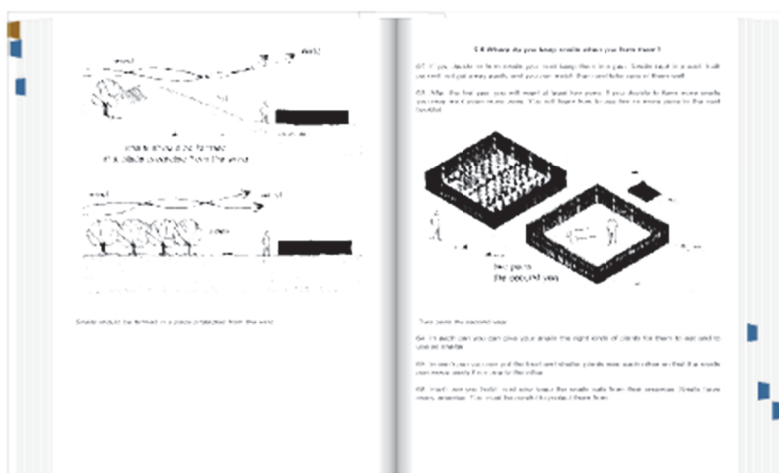


図 3-5 ページの左右の厚みを表示するシステム (文献 [Liesaputra 2008] より転載)

多様なページ移動操作の提供 紙でのページ移動操作は多様で、状況に応じて効果的に使い分けられることが読みを支援していると指摘されている [Marshall 2005]。この知見を踏まえ、Chen らのシステムでは多様なページ移動操作を提供している [Chen 2008]。具体的には、従来の電子書籍端末のようにトラックボールをクリックすることでページをめくる操作だけでなく、紙の書籍でのページめくりを模した操作も備えたシステムを提案している。たとえば、連結した 2 枚のディスプレイの開け閉めのジェスチャを利用して、紙の書籍でのめくりの動作を模したページめくり操作を考案している (図 3-6)。

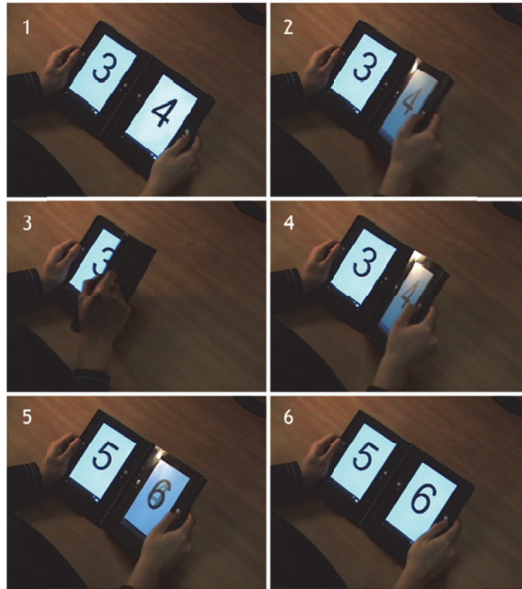


図 3-6 ディスプレイの開け閉めのジェスチャを利用したページめくり操作
(文献 [Chen 2008] より転載)

以上のように、電子メディアの改善の方略として、紙を模範として紙の特徴を電子メディアに取り込むアプローチが盛んに行われていることがわかる。しかし、これらの研究が模範としている紙の特徴は、その有効性が定量的に検証されているものばかりではない。そのため、模範とした紙の特徴が読みの効率へ寄与することが少なく、電子メディアで実現した際に、想定したような改善効果が得られていない可能性がある。

つまり、電子メディアの改善のためには、模範とすることで高い改善効果が見込める紙の特徴を明らかにすることが望ましい。

3.5 関連研究の分析と本研究の狙い

まず、メディアの読みやすさの影響要因に関する研究から以下のことが言える。

- 80年代後半の段階で、高解像度ディスプレイを利用すれば、紙との表示品質の違いが読みに与える影響は少ないことが指摘されている。当時の高解像度ディスプレイよりも現在のディスプレイは高性能であるため、現在では紙と電子メディアの表示品質の違いが読みに与える影響は少ないと予想される。
- 電子メディアに比べて紙の操作性が読みを効果的に支援していることが指摘されている。ただし、文書を読む目的により、重要な操作や、メディアの操作性の違いが読みに与える影響の程度に違いがあると考えられる。そのため、メディアの操作

性の違いが読みに与える影響は文書を読む目的別に検証する必要がある。

以上のことから、電子メディアに比べて紙が読みやすいとすれば、その違いは見やすさではなく、扱いやすさにあると考えられる。そのため、文書の読みやすさに影響を与える要因として、本研究ではメディアの操作性の違いに着目する。

次に、娯楽を目的として文書を読む場面に関する研究から以下のことが言える。

- 娯楽を目的として文書を読む場合、電子書籍端末がもっとも利用される電子メディアである。そのため、娯楽を目的とした読みでは、紙との比較対象として電子書籍端末に着目する必要がある。
- 娯楽を目的とした読みでは、電子書籍端末に比べて紙での読みの効率が高いことが示されている。しかし、紙の優位性の決定要因は明らかにされていない。

先に述べたメディアの読みやすさに関する研究の知見も踏まえ、娯楽を目的とした読みにおける紙の優位性は、メディアの操作性にあると考える。このことを検証するため、本研究の第1の実験では、紙と電子書籍端末の操作性の違いが娯楽を目的とした読みに与える影響を定量的に比較する（4章）。

そして、業務の中で文書を読む場面に関する研究から、文書を1人で読む場面に関して以下のことが言える。

- 業務を広範にカバーするためには、業務の中で頻繁に生じる複数の文書を相互に参照する読みを分析対象とする必要がある。
- 複数の文書を相互に参照する読みでは、文書の操作性に起因した電子メディアに比べて紙の優位性が指摘されている。しかし、その効果が定量的に示されることはこれまでなかった。

そこで、本研究の第2の実験では、複数の文書を相互に参照する読みを対象に、紙と電子メディアでの読みのパフォーマンスを定量的に比較する。さらに、読みのパフォーマンスに違いが生じた場合、その決定要因についても追及する（5章）。

最後に、業務の中で文書を読む場面に関する研究から、業務の中で文書を複数人で読む場面に関して以下のことが言える。

- 業務の中で文書を複数人で読む場面を広範にカバーするためには、頻繁に発生する

文書を参照しながら議論する場面を分析対象とする必要がある。

- 文書を参照しながら議論する場面では、紙の操作性が対話を効果的に支援することが指摘されている。しかし、その効果が定量的に示されることはこれまでなかった。

これらのことから、本研究の第3の実験では、文書を参照しながら議論する読みを対象に、紙と電子メディアの利用が議論のプロセスに与える影響を定量的に比較する。さらに、議論のプロセスに違いが生じた場合、文書になされた操作を分析し、その影響要因についても検討する(6章)。

以上のように、従来研究では、紙と電子メディアの利用が娯楽や業務を目的とした典型的な読みと与える影響は実験的に検証されていないか、検証されている場合も、その影響要因までは十分な検討がなされてこなかった。これに対し、本研究ではメディアの違いが読みと与える影響と、その影響要因の両方を明らかにすることを狙いとする。本研究の特徴と目的を図式化したものを図3-7に示す。1章でも述べたとおり、紙と電子メディアの効果的な使い分けのために、これらのメディアが読みと与える影響を実験的に検証することは極めて重要だと言える。また、読みの効率などにおいて紙の優位性が示されたとして、その決定要因がわからなければ、電子メディアの改善の方向性を知ることができない。本研究のように、読みに影響を与える要因を解明することは、現状の電子メディアのどこに改善の余地があるかを知ることにつながるため、極めて有用である。

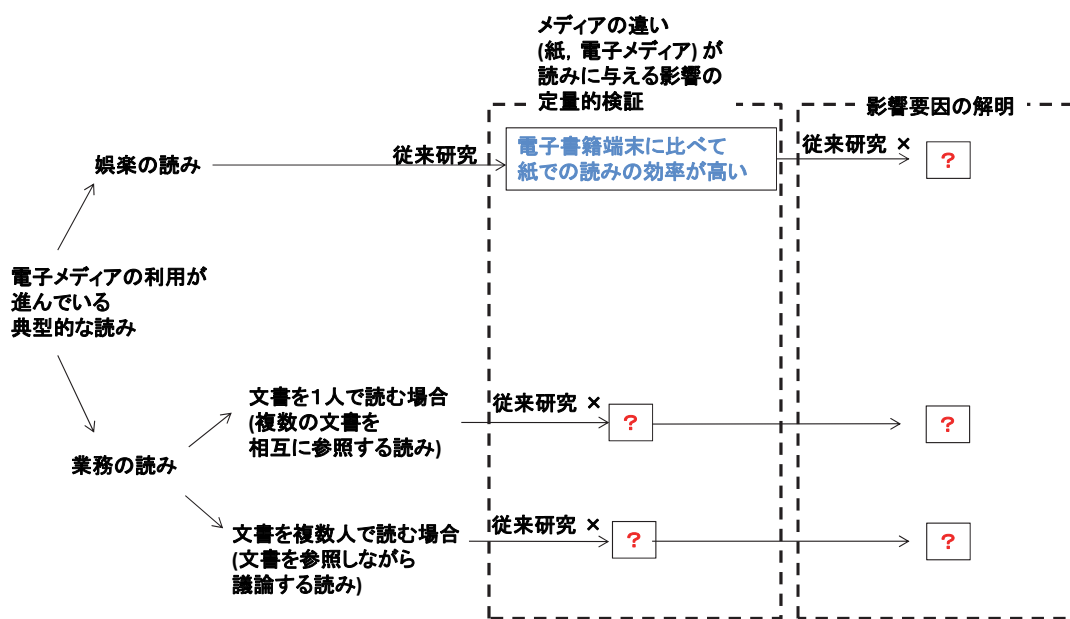


図3-7 本研究の特徴と目的(従来研究の未検討点「?」を本研究で明らかにする)

また、読みを支援する電子的システムの研究の分析から以下のことが言える。

- 紙を模範とした電子メディアの改善のためには、高い改善効果が見込まれる紙の特徴を明らかにすることが望ましい。

このことから、読みの効率の決定要因となる紙の利点を明らかにすることが、電子メディアの改善に有用な示唆をもたらすことがわかる。そのため、本研究では紙の優位性が示され、その決定要因となる操作が明らかになった場合、その理由についても考察し、現状の電子メディアの改善の示唆となりうる知見を提供することにも留意する。さらに、本研究の最後の章では、そうした知見を踏まえて、紙を模範とした電子メディアの改善の方向性について考察する（7章）。こうした議論は、娯楽や業務を目的とした読みを支援する電子的システムの設計に対し、有益な示唆をもたらすものと考えている。

第4章 娯楽を目的とした読み

本章では、娯楽を目的とした読みを対象に、紙の書籍、iPad や Kindle といった電子書籍端末、PC の利用が読みに与える影響を分析する。従来研究では明らかにされていなかった、娯楽を目的とした読みでの、読みの効率における電子書籍端末に比した紙の優位性の決定要因を明らかにすることを目的とする。

本章の構成は以下の通りである。第1節では、本実験の背景について述べる。第2節では、メディア間での読みの効率の違いの検証と、その理由を追求するための実験について報告する。第3節では、第2節の実験結果が従来研究の結果と一致しないことを受け、読みに影響を与える要因について、より詳細な条件で追及した実験について述べる。第4節では、第2節と第3節の実験により示されたページめくりの操作性における紙の優位性について、その理由を追及するために実施した実験について報告する。第5節は実験結果のまとめである。

4.1 序論

前章で述べたように、娯楽を目的とした読みでは、電子メディアに比べて紙での読みの効率が高いことが指摘されている [寇 2006b][Nielsen 2010]。比較的新しい Nielsen の実験では、iPad や Kindle2 に比べて紙の書籍での読みが速かったことが報告されている。しかし、この研究では、これらの電子メディアに比べて紙での読みが速い理由については触れられていない。

われわれは、娯楽を目的とした読みでの紙の優位性はページめくりの操作性に起因していると考えている。既に述べたように、文書に対する操作が読みのパフォーマンスに影響を与えることが示唆されている。そして、娯楽を目的とした読みでの文書操作の大半はページを1ページずつ先に進める操作である。

そこで、本章ではページを1ページずつめくる操作に着目し、紙と電子書籍端末の利用が読みに与える影響を比較する。なお、検討のため、PC のページめくりも比較対象としている。

4.2 実験 1-1：紙の書籍, iPad, Kindle, ノート PC での読みの効率の比較

4.2.1 実験の枠組みと仮説

本実験では, iPad や Kindle といった電子書籍端末においてページめくりが読みに与える影響を調べる. ページめくりが読みに与える影響を捉える方法として, 寇らは各メディアでのページめくりの所要時間として, 電子メディアでは画面の切り替えに要する時間長, 紙の書籍では朗読での音声の途切れの時間長を算出している [寇 2005].

ページめくりが読みに与える影響の分析を狙いとする本章の実験では, 以下の 3 つ理由からこの方法を踏襲しない. 第 1 に, ページめくりの行為の開始と終了のタイミングを明確に定義することは難しい. 画面の切り替わりに先立って, その準備の手続きとして手やマウスを移動させる行為がある. さらに, 紙の書籍の場合にはページをめくった後, しばらくページに手を添えておくことも多い. そのため, どのタイミングでページめくりが開始, 終了したのかを正しく判断することは難しい. 第 2 に, 柴田らの注釈の参照を伴う読みの研究 [柴田 2011a] が示すように, 読む行為とページをめくる行為 (正確には表示面の切り替え) はしばしば同時に, 時間的に重なり合っている. したがって, 音読での音声の途切れと表示面の切り替えのタイミングの抽出のみでは, ページめくりで見られるこれらの行為の時間的な重なりの特徴をとらえることはできない. 第 3 に, ページめくりが読みに与える影響は, ページめくりのタイミングそのものより, その前後で生じる可能性がある. たとえば, ページめくりに備えて心理的な構えが生じ, ページめくりの直前で読みの速度が落ちる可能性がある.

以上をふまえ, 本実験では, ページめくりの局面のみを切り出して分析するのではなく, ページめくりの前後の区間を少し長めに切り出して分析する. これにより, ページめくりやその準備動作, さらに操作前後の心理的な状態が読みに与える影響をとらえることが期待できる.

分析を行うにあたり, 読書中に実験参加者がどこを読んでいるのかを把握する必要がある. そこで, ページめくりの直前と直後を音読してもらうことにする. 通常, われわれは文書を声に出さずに読む. そのため, 声に出すことが読みのプロセスを変容させることが懸念される. しかし, 黙読の速い人は音読も速く, 黙読スピードと音読スピードには高い相関があることが知られている [Sovik 2000]. さらに, 思考過程を言語化する発話思考法では, 短期記憶にある情報を言語化する限り, 発話行為が思考プロセスを

変えないとされている [Ericsson 1993]. 非言語情報を言語化する場合に比べて、言語情報をそのまま言語として発話するテキスト文書の朗読が本来の作業に与える影響は小さいと考える.

結果についての仮説は次の 2 つである. 第 1 に, ページめくりの前後において, 紙の書籍での読みの速度は他のメディアよりも速いと予想する. 先に述べたように, 電子書籍端末に比した紙での読みの効率の高さは, ページめくりの操作性の違いに起因していると考えられる. また, ページめくりに際して操作位置に視線を移す必要があるか否かが, 読みの効率に影響を与え, 紙と異なり PC での操作は視覚に依存していることが指摘されている [Sellen 2001][柴田 2011a]. こうしたことから, ページめくりの前後において他のメディアに比べて紙での読みが速いと予想する.

第 2 に, ページめくりを伴わない限り, メディア間での読みの速度に違いはないと予想する. 先に述べたように, 80 年代後半の段階で, 高解像度ディスプレイを用いる場合にはディスプレイでの読みの速度は紙と同水準であることが報告されている [Gould 1987b]. 現在の最新のディスプレイは当時の高解像度ディスプレイよりもはるかに高性能である. 文脈的なエラーを検出する批判的な読みにおいて紙のほうが作業効率がよいという最近の研究結果 [大村 2010c] もあるが, 小説や雑誌の読みにおいて, 現在の電子メディアの表示品質は読みのパフォーマンスとして紙との違いが見られないレベルにあると考える.

4.2.2 実験方法

実験計画 実験のデザインは表示メディアの種類 (紙の書籍, iPad, Kindle, ノート PC) を参加者間要因, 測定条件 (ページめくりの有無) を参加者内要因とする 4×2 の 2 要因混合計画である.

参加者 実験参加者は日本語を母国語とする 22~42 歳 (平均 30.9 歳) の男女同数の 24 名である. 参加者の募集は PC 利用歴 3 年以上, 矯正視力 0.7 以上を対象に行った. 各メディア条件に参加者を 6 名ずつ割り当てた. 参加者は全員 iPad も Kindle も所有していなかった.

材料 村上春樹の『カンガルー日和』 (講談社文庫版) から, 「カンガルー日和」「チーズケーキのような僕の貧乏」「あしか祭り」「駄目になった王国」の短編小説 4 編を選んだ. これらは 7~9 ページの作品で, 縦書きで 2978~3831 字の長さであった.

課題 図4-1に示すように文書のページの最初と最後の1文に予め傍線を引いておき、傍線部分は音読，その他の部分は黙読することを求めた。これは，ページめくりを含む部分と，それ以外の部分を読むのに要した時間を分離して算出するためである。これをもとに，音読時と黙読時の各々の読書速度（1分あたりに読んだ文字数）を算出できる。ここで音読時の読書速度は各メディアでのページめくりの影響を受けた読書速度であり，黙読時の読書速度は各メディアの表示品質のみの影響を受けた読書速度といえる。傍線部の文字数は，ページの最初で6～52文字（平均26.9文字），ページの最後で15～57文字（平均33.0文字）であった。読書時の音声はICレコーダで記録した。

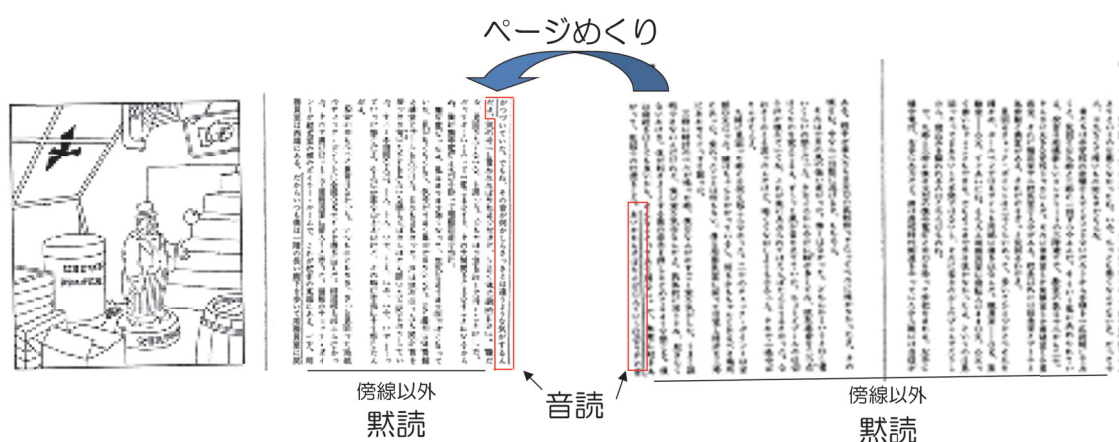


図 4-1 課題の例

精読させるため，読書後に1分間以内で内容を要約して口頭で報告することを求めた。特に急ぐ必要はなく，自然な速度で読むことを求めた。

作業環境 以下の4種類の表示メディアを利用した。

- Book：紙の書籍（文庫本）
- iPad：Apple iPad Wi-Fi 16G モデル。表示サイズは9.7インチ（解像度は768×1024），重量は680g。
- Kindle：Amazon Kindle DX。表示サイズは10.1インチ（解像度は1366×768），重量は536g。
- PC：Panasonic Let's note CF-T7CW。表示サイズは12.1インチ（解像度は1024×768），重量は1179g。

iPadでは，スワイプまたはタップによりページを切り替えてもらった。いずれにおいても紙の書籍でページがめくられる様子を模倣したアニメーション（紙模倣）を伴うようにし，その速度はデフォルトである3段階中の2番目に設定した。タップでのペ

ページめくりアニメーションの開始から終了までの時間は平均 0.33 秒であった⁵⁾。タップではタップ可能領域が最大になるようにし、このときタップ可能領域は画面左下端から横 7.4cm、縦 12.6cm の長方形の領域であった。前のページに戻る場合は、画面右下端から同様の広さの領域内でタップを行う。また、スワイプではページをめくる方向に指を 3cm 以上動かすことでページめくりがなされる。

Kindle では、ページの切り替えに「NEXT PAGE」ボタン、「PREV PAGE」ボタンを利用してもらった。PC では、アローキーかマウス操作のいずれかの手段によってページを切り替えてもらった。Kindle のページ切り替えに伴う表示更新の時間は平均 0.99 秒であった⁵⁾。文庫本以外のメディアでは文庫本をスキャンした PDF 文書を用い、横向き画面に見開き 2 ページを文庫本と同サイズで表示した。スキャンには富士通社の ScanSnap S510 を用い、スキャンの解像度は 600dpi にした。また、PC では OS として Windows XP、PDF 文書の閲覧には Adobe Reader 9 を用いた。iPad では文庫本と同じ右開きの方向にページをめくることができ、紙模倣の視覚効果を備えた「i 文庫 HD」を文書の閲覧に用いた。iPad や Kindle で読んだ際の端末の向きや文書の表示状態、ページめくりの様子は図 4-2 から図 4-4 に示すとおりである。

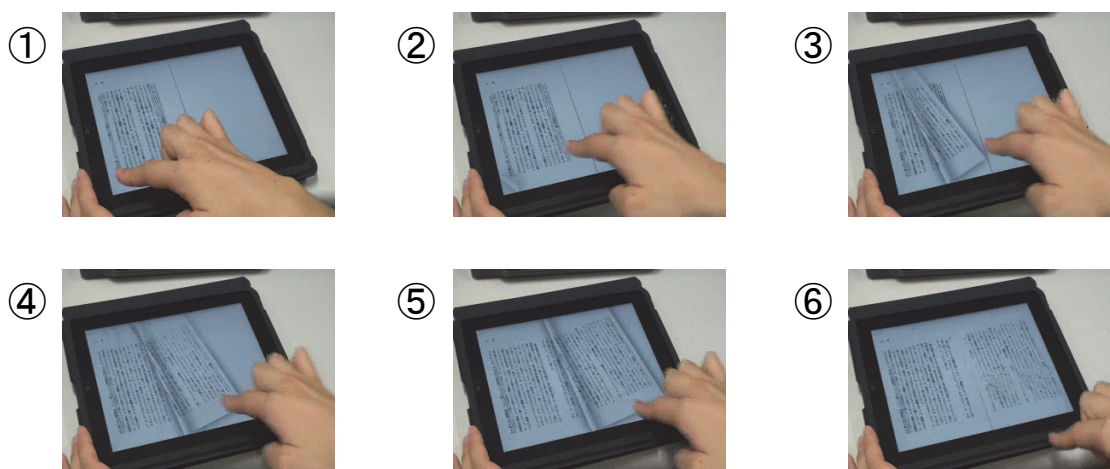


図 4-2 紙模倣を伴うスワイプ（紙模倣スワイプ）によるめくりの様子

⁵⁾ 10 回のページめくりをビデオで撮影し、コマ送りしながら目視で開始と終了を確認した。

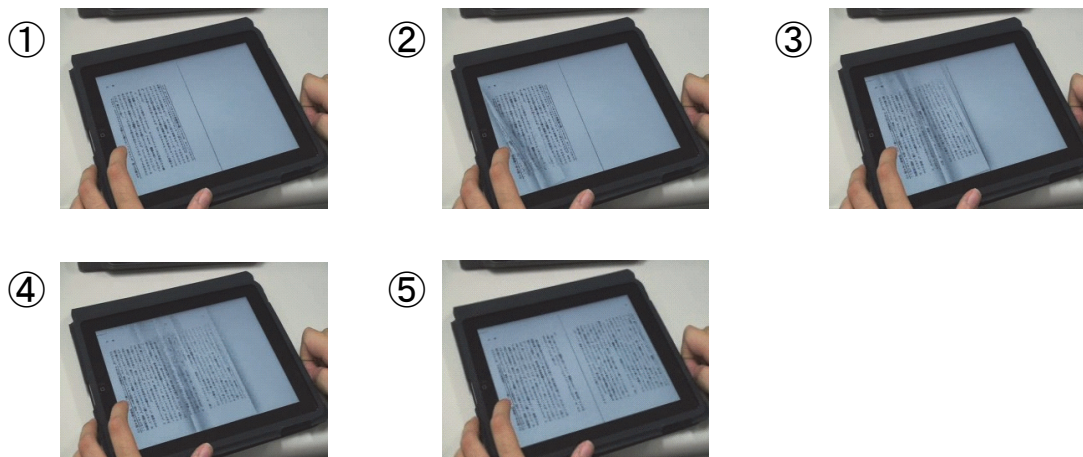


図 4-3 紙模倣を伴うタップ（紙模倣タップ）によるめくりの様子

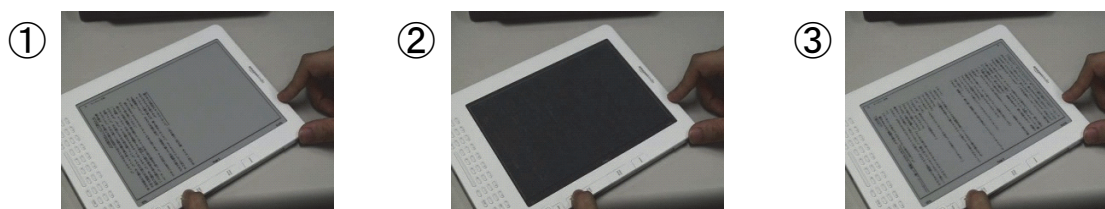


図 4-4 Kindle でのめくりの様子

手続き 各メディア条件とも自由な姿勢で自由な位置にメディアを設定して読むことを許し、手に持って読むことも許した。また、各メディアでのページめくりの方法は参加者の好みにゆだねた。

最初に各メディアで練習の読書を行い、音読を交えた読書に慣れてもらった。また、読みやすい位置にメディアを設定し、読みやすいページめくりの方法を見つけてもらった。

読書速度は個人差が大きい。そこで、全員に最初に文庫本（題材は短編小説「カンガルー日和」）で 1 回読書を行ってもらい、この読書速度をベースラインとした相対的な読書速度で比較を行った。ここで、「ページめくりを含む部分の相対的読書速度」は音読時の文庫本での読書速度に対する音読時の各メディアでの読書速度の比率である。また、「ページめくりを含まない部分の相対的読書速度」は黙読時の文庫本での読書速度に対する黙読時の各メディアでの読書速度の比率である。

各メディアで 3 編の短編小説を題材に 3 回の読書を行わせた。参加者内での各短編小説の読書の順番の影響については、実験全体で効果が相殺されるようカウンターバラン

スをとった。

4.2.3 結果と考察

各メディアでのページめくりを含む部分の相対的読書速度、ページめくりを含まない部分の相対的読書速度を図4-5に示す（ベースラインである文庫本での読書速度を100としている）。グラフでの縦方向のバーは標準誤差を示している（以降のグラフにおいても同じ）。音読の開始と終了は、Windowsムービーメーカーを用いて音声波形から途切れを目視で特定した。

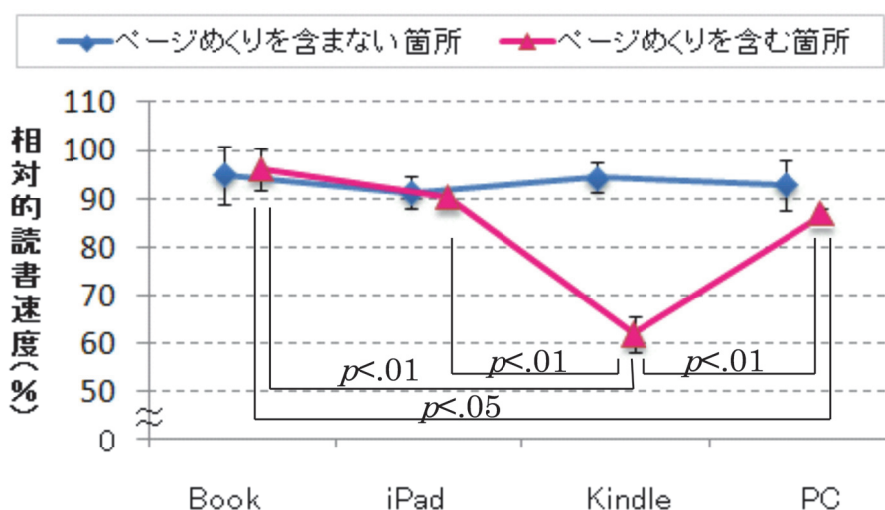


図 4-5 メディアごとの相対的読書速度の平均

表示メディアの種類を参加者間要因、ページめくりの有無を参加者内要因とした2要因混合分散分析を行った。その結果、表示メディアの種類、ページめくりの有無のいずれにおいても主効果が認められた [それぞれ、 $F(3,20)=8.9, p<.01$; $F(1,20)=13.9, p<.01$]。2要因の交互作用も有意であったため [$F(3,20)=8.9, p<.01$]、単純主効果の検定を行なったところ、ページめくりを含む場合に表示メディアの効果が有意であった [$F(3,20)=33.2, p<.01$]。Holm法による下位検定を行った結果、Kindle条件での読みは他の表示メディアでの読みよりも遅く [$p<.01$]、PC条件での読みはBook条件での読みよりも遅かった [$p<.05$]。また、iPad条件での読書速度はBook条件とPC条件の中間に位置し、両者との間に有意な違いは認められなかった [$p>.1$]。一方、ページめくりを含まない場合の読書速度に表示メディアの効果は認められなかった [$F(3,20)=0.2, p>.1$]。参考までにページめくりを含む場合も含まない場合も各メディアとも試行フェ

ーズ間で有意差はなく学習効果は認められなかった [$p>.1$].

以上の結果から次の3つのことが言える。第1に、ページめくりを含まない場合、メディア間での読書速度に違いがない。ページめくりを伴わない限り、メディア間での読みの速度に違いはないという第2の仮説が支持された。このことから、メディアの表示品質の違いが読みの効率に影響を与えないことがわかる。

第2に、ページめくりを含む場合、Kindle や PC に比べて紙での読みが速い。第1の仮説のうち、ページめくりの前後において、Kindle や PC に比べて紙の書籍での読みが速いという点が支持された。Nielsen の実験での Kindle に対する紙の書籍の優位性はページめくりの操作性に起因していたと考えられる。

第3に、ページめくりを含む場合も紙の書籍と iPad の間で読みの速度に違いがない。第1の仮説のうち、ページめくりの前後において、iPad に比べて紙の書籍での読みが速いという点が支持されなかった。また、この結果は iPad に比べて紙の書籍での読みが速いという Nielsen らの実験結果とも一致しない。この理由として、本実験の参加者と Nielsen らの実験の参加者が利用した iPad のページめくり方法が異なっていたためではないかと考える。iPad ではページめくりの操作に複数の方法が提供されており、参加者が選択した操作方法の違いが読みの速度に影響を与えた可能性がある。そこで、追って述べるように、次の実験では iPad のページめくりの操作方法を統制して、紙のめくりとの比較を行う。

最後に、メディア間で読みの速度が異なる理由を明らかにするため、ページめくりを含む読みを、ページめくり直前の読み、音読中断時間、ページめくり直後の読みの3段階に細分して分析を行った。まずは、音読中断時間の比較を図4-6に示す。

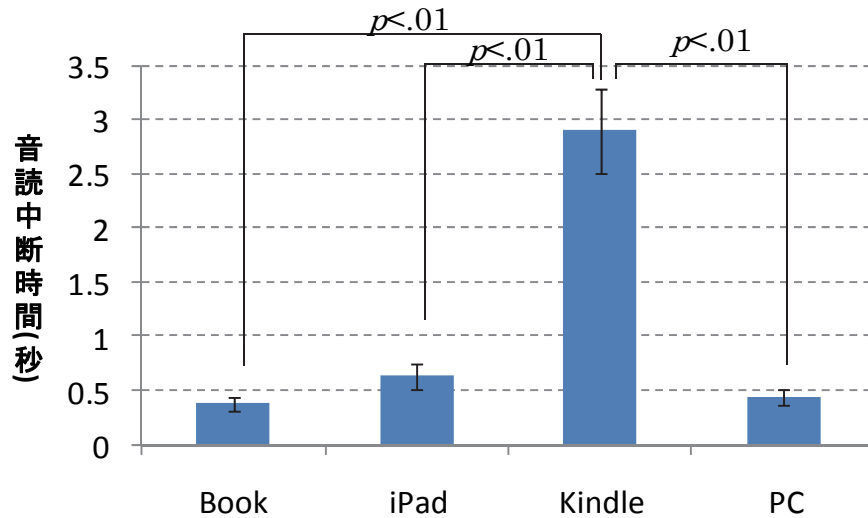


図 4-6 メディアごとの音読中断時間の平均

表示メディアを要因とする 1 要因分散分析を行ったところ、メディア間で有意差が認められた [$F(3,20)=24.4, p<.01$]. Holm 法による下位検定の結果、音読中断時間は Kindle が他のメディアに比べて有意に長く [$p<.01$], 他のメディア間には違いが認められなかった [$p>.1$].

このことから、ページめくりの前後での Kindle での読みが遅かった理由のひとつには、読みの中断時間が長いことがあげられる。そして、中断時間の長さはページ切り替えに伴う表示更新の遅さに起因する。

一方、Kindle での表示更新開始から終了までの 0.99 秒を差し引いても、他のメディアに比べて Kindle での音読中断時間は長かった [$p>.05$]. すなわち、表示更新時間の分だけ Kindle での音読中断時間が長いわけではない。音読中断時間が長い他の理由として、表示更新の長さが読みへの集中を途切れさせたことが考えられる。実験後のインタビューでは、「めくりの速度が遅い。一瞬さめる」という意見があった。Kindle ではめくりで途切れた読みへの注意を再度読みに向ける処理が必要であり、これが音読中断時間の長さをもたらした可能性がある。

次に、ページめくりの直前と直後の文での相対的読書速度を、文庫本での読書速度をベースラインとして算出した。ここで、「ページめくり直前の相対的読書速度」は文庫本のページめくりを含む部分での読書速度に対する各メディアのページめくり直前の文での読書速度の比率である。また、「ページめくり直後の相対的読書速度」は文庫本のページめくりを含む部分での読書速度に対する各メディアのページめくり直後の文

での読書速度の比率である。各メディアでのページめくりの直前と直後の相対的読書速度を図 4-7 に示す（ベースラインである文庫本での読書速度を 100 としている）。

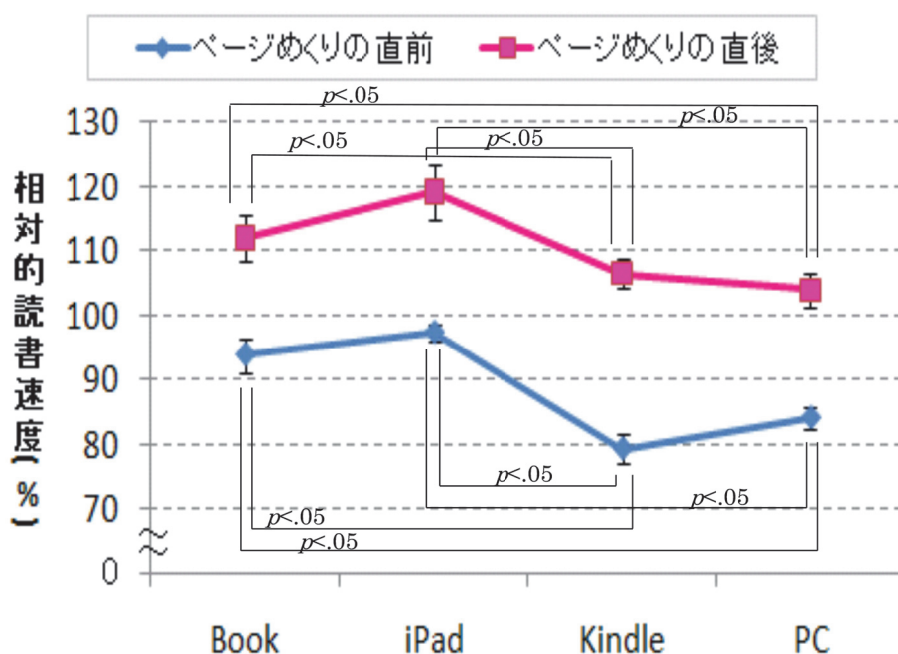


図 4-7 メディアごとのページめくりの直前と直後での相対的読書速度の平均

表示メディアの種類を参加者間要因，ページめくりの直前直後を参加者内要因とした 2 要因混合分散分析を行った。その結果，メディアの種類とページめくりの直前直後のいずれにおいても主効果が認められた [それぞれ， $F(3,20)=8.6$, $p<.01$; $F(1,20)=278.7$, $p<.01$]。2 要因の交互作用は有意でなかった [$F(3,20)=2.3$, $p>.1$]。Holm 法による下位検定を行った結果，Book 条件や iPad 条件に比べて Kindle 条件や PC 条件での読みが遅かった [$p<.05$]。このことから，紙の書籍に比べてノート PC での読みが遅い理由はめくり直前直後の文での読みの遅さが原因であるといえる。

ページめくり直前直後の文で紙の書籍や iPad に比べてノート PC での読みが遅かった理由は，他の研究でも指摘されているように [柴田 2011a]，PC の操作が視覚に依存しているためと考える。実際，実験の観察にもとづいていえば，ノート PC を使った読みでは，ページめくりの操作のためにキーボードあるいはマウスに視線を向けていることが散見された。

また，ページめくり直前直後の読みにおいて，Kindle での読みの速度はノート PC と同意水準であり，紙の書籍や iPad に比べて遅かった。表示更新時間の長さが直接的

には影響しないページめくり直前直後の読みでも、Kindle が遅いことがわかる。

ページめくり直前直後で Kindle での読みが遅かった理由として、以下の 2 つのことが影響していると思われる。第 1 に、読みの中断時間が長いことが、ページめくり直前直後の読みの速度に間接的に影響したことである。めくりの直前では、めくりに伴う音読の中断を緩和させようとして、読みのペースを減速した可能性がある。また、めくりの直後では読みの中断からの復帰に伴い、めくり前の文を思い出すことの処理が読みを減速させた可能性がある。第 2 に、表示更新時に生じる暗転の視覚効果だけからでは、ページが前に進んだか、後ろに戻ったかの区別がつかないことである。そのため、次のページに進んだことを確認するためには、めくり前後の文を読んでつながりを確認する必要がある。この処理が必要となる分、読みが減速していた可能性がある。実際、追って述べる実験のインタビューでは、紙を模倣したアニメーションを伴わず、画面が瞬時に更新した場合、めくりの前後のつながりがわからないとの報告があった。したがって、たとえ表示更新時間が 0 になったとしても、この問題は残ると考える。

4.3 実験 1-2: 紙の書籍のめくりと iPad の紙模倣タップや紙模倣スワイプでの読みの効率の比較

実験 1-1 からメディアの表示品質の違いが読書速度に与える影響は少なく、ページめくりの操作性の違いが読書速度に影響を与えていることがわかった。ページめくりの前後では、Kindle での読みの速度は他のメディアよりも遅く、iPad での読みの速度は紙の書籍とノート PC の中間に位置し両者との間に有意な違いは認められなかった。

ただし、この結果の一部は先行研究との知見と一致しない。実験 1-1 では紙の書籍と iPad との間で読みの速度に違いはなかったが、Nielsen の実験では iPad に比べて紙の書籍での読みが速かったと報告されている。

この理由として、これら 2 つの実験において参加者が利用した iPad のページめくり操作が異なっていた可能性がある。iPad では複数のページめくり操作が提供されており、読みの効率において紙の書籍のめくりに近い操作と、紙の書籍のめくりには及ばない操作があることが考えられる。こうしたことが明らかとなれば、娯楽を目的とした読みを支援するため、どのページめくり操作を提供すべきかといった指針とすることが期待できる。

そこで、実験 1-2 では、iPad のスワイプとタップの操作を分離し、これら各々の操作が読みに与える影響を明らかにする。

実験の仮説は以下の 2 つである。第 1 に、iPad の紙模倣スワイプでの読みの速度は紙の書籍のめくりと同水準だと予想する。実験 1-1 の iPad での読みでは参加者 6 名中 4 名がスワイプ、1 名がタップ、1 名が両方を使用していた。つまり、実験 1-1 の iPad でのめくりと紙の書籍でのめくりの比較結果は iPad での紙模倣スワイプと紙の書籍でのめくりの比較結果に近い。したがって、紙模倣スワイプでの読みの効率も紙の書籍でのめくりと同水準だと予想する。

第 2 に、iPad での紙模倣スワイプに比べて紙模倣タップでの読みの速度が遅いと予想する。実験 1-1 ではタップよりスワイプでめくることが好まれた。このことから、紙模倣スワイプに比べて紙模倣タップでの読みの効率が低いと予想する。

これらの点を確認するため、紙模倣スワイプや紙模倣タップといった iPad のページめくり方法を要因として制御し、紙の書籍のめくりと読みの効率を比較した。また、検討のためアニメーションを伴わず瞬時にページが切り替わるタップ（瞬時更新タップ）も比較対象とした。

4.3.1 実験方法

実験計画 実験デザインは作業条件を要因とする 1 要因参加者内デザインである。作業条件は以下の 4 水準からなる。

- Paper : 紙の書籍で読む
- Swipe : iPad で紙模倣スワイプを用いてページをめくって読む
- Tap : iPad で瞬時更新タップを用いてページをめくって読む
- Animated Tap : iPad で紙模倣タップを用いてページをめくって読む

参加者 実験参加者は日本語を母国語とする 23～40 歳（平均 31.4 歳）の男女同数 24 名である。参加者の募集条件は実験 1-1 と同様である。参加者の中には実験 1-1 に参加した者は含まれていない。実験 1-1 と同じく参加者は全員 iPad を所有していなかった。

材料 村上春樹の『カンガルー日和』（講談社文庫版）の文章をもとに独自に実験用

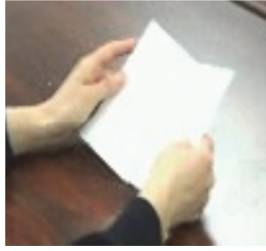


図 4-9 紙の書籍を手に持った風景

手続き 最初に各条件で読む練習を行い、課題に慣れてもらった。各条件とも自由な姿勢で自由な位置にメディアを置いて、あるいは手に持って読むことを許した。

参加者全員が 4 種類の文書を 4 種類の条件で音読した。実験条件と読む文書の順番については、振り分けが全体で均等になるように計画的に配置し、試行順の影響が実験全体で相殺されるよう配慮した。

4.3.2 結果と考察

ページめくりを含む部分（見開き 2 ページの最初の行と最後の行）の読書速度の比較を図 4-10 に示す。

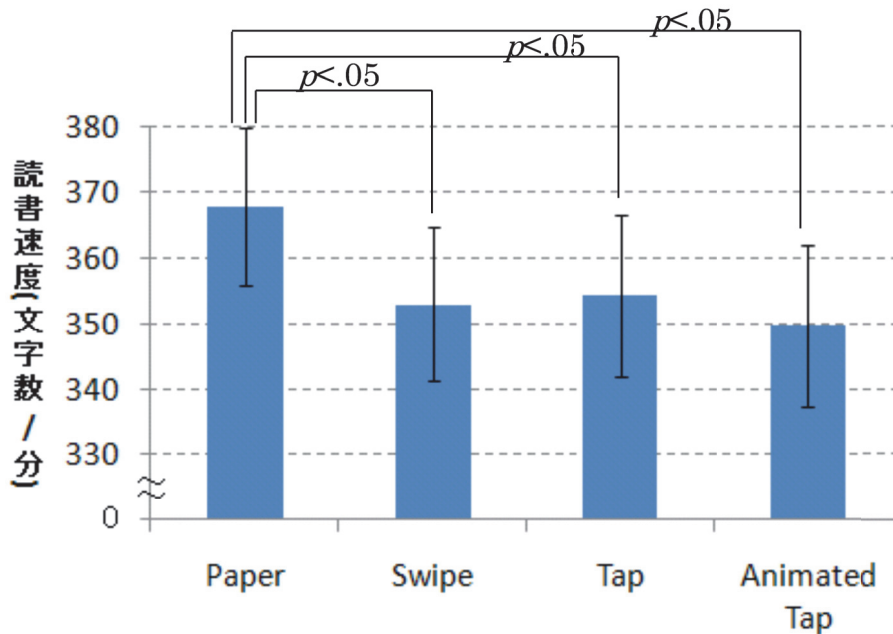


図 4-10 ページめくりを含む部分の読書速度の平均

作業条件を要因とする 1 要因分散分析を行ったところ, 条件間で有意差が認められた [$F(3, 69)=6.7, p<.05$]. Holm 法による下位検定を行った結果, Paper 条件での読みが iPad のいずれのめくり方法での読みよりも速く [$p<.05$], iPad の異なるページめくりの操作間で違いは認められなかった [$p>.1$]. また, ページめくりを含まない見開き 2 ページ中の 2 行目と 3 行目の読書速度は条件間で有意な違いは認められなかった [$p>.1$] (Paper 条件, Swipe 条件, Tap 条件, Animated Tap 条件の各々で 1 分あたり 364.1 語, 362.6 語, 365.0 語, 366.4 語).

以上の結果から 2 つのことがいえる. 第 1 に, iPad の異なるページめくりの操作方法の間で読みの速度に違いがない. 紙模倣スワイプに比べて紙模倣タップでの読みの速度が遅いという第 2 の仮説は支持されなかった. ただし, 実験後のアンケートでは紙模倣タップより紙模倣スワイプの方がページをまたがっても途切れなく読めるなど, 紙模倣スワイプの優位性を示唆する意見が多かった. この点については追って考察する.

第 2 に, iPad のいずれのページめくりよりも紙の書籍のめくりでの読みが速い. iPad の紙模倣スワイプでの読みの速度が紙の書籍のめくりと同水準だという第 1 の仮説は支持されなかった.

さらに, この結果はページめくりの前後で, iPad での読書速度が紙の書籍と同水準だという実験 1-1 の結果と矛盾する. この理由は実験 1-1 と実験 1-2 で使用した材料が異なるためと考える. 実験 1-1 の文庫本に比べて, 実験 1-2 の文書ではページの最後の文字が句読点で終わっていない割合が高い. 句読点では音読にポーズが入るため [石崎 2005], 実験 1-2 より実験 1-1 ではページ末で自然にポーズが入る割合が高いといえる. 実験 1-1 では読みにポーズが入ることでページめくりに余裕が生じ, メディア間での読みの効率の違いが検出されにくかったと推察する.

これを確認するため, 実験 1-1 の紙の書籍と iPad のページ切り替えに伴う音読中断時間を, ページ最後の文字が句読点の場合とそうでない場合について, それぞれ t 検定を行った. 結果として, ページ最後の文字が句読点の場合には, 文庫本と iPad の間の音読中断時間に有意な違いは認められなかった [$t(10)=0.04, p>.1$] (文庫本, iPad の各々で 0.9 秒, 0.9 秒). 一方, ページ最後の文字が句読点でない場合には iPad に比べて文庫本の音読中断時間は有意に短くなる傾向があった [$t(5)=-2.2, p<.1$] (文庫本, iPad の各々で 0.03 秒, 0.3 秒). つまり, 文節の途中でページめくりが生じる場合には, 紙の書籍より iPad のめくりでの読みが遅くなることがわかる. 実験 1-2 でもページ最後の文字が句読点になるよう文書をレイアウトしたなら, 紙模倣スワイプでの読みの速

度は紙の書籍と同レベルになり，仮説は支持されていた可能性が高いと考える。

さらに，各条件で読みの効率が異なる理由を追求するため，ページめくりを含む読みを，ページめくり直前の読み，音読中断時間，ページめくり直後の読みに分けて分析した。まずは，音読中断時間の比較を図 4-11 に示す。

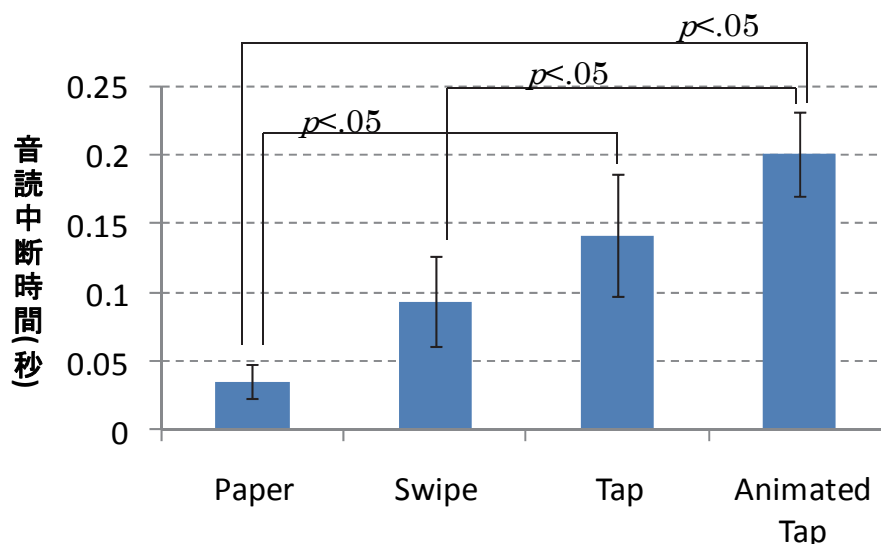


図 4-11 条件ごとの音読中断時間の平均

作業条件を要因とする 1 要因分散分析を行ったところ，条件間で有意差が認められた [$F(3, 69)=8.6, p<.01$]. Holm 法による下位検定を行った結果，音読中断時間は Paper 条件より Tap 条件や Animated Tap 条件が有意に長くなり [$p<.05$], Paper 条件と Swipe 条件に有意な違いは認められなかった [$p>.1$]. このことから，紙の書籍のめくりと比べて紙模倣タップや瞬時更新タップでの読みが遅い理由のひとつは読みの中断時間の違いにあるといえる。また，Animated Tap 条件は Swipe 条件よりも中断時間が長かった [$p<.05$]. 既に述べたように，アンケートでは紙模倣タップより紙模倣スワイプの方が途切れなく読めるとされたが，読みの中断時間でも同様のことが確認された。一方，Tap 条件は Swipe 条件と Animated Tap 条件の間に位置し，両者との間に有意な違いは認められなかった [$p>.1$]. タップでは紙模倣アニメーションがあることで，読みの中断時間が長くなることが示唆される。

次に，各条件でのページめくりの直前と直後の行での読書速度を図 4-12 に示す。

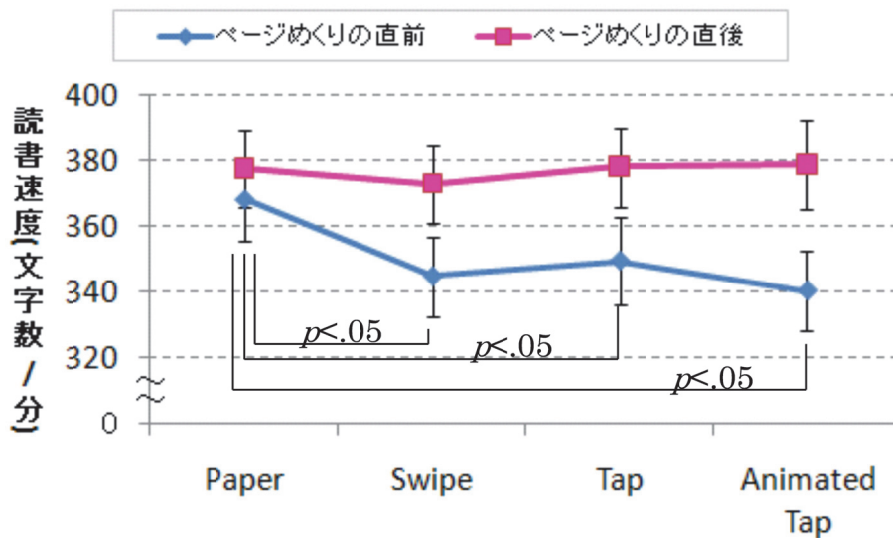


図 4-12 各条件のページめくり直前と直後の行での読書速度の平均

作業条件とページめくり直前直後に関して 2 要因分散分析を実施した。その結果，作業条件，ページめくりの直前直後のいずれにおいても主効果が認められた [それぞれ， $F(3,69)=5.0$, $p<.01$; $F(1,23)=70.4$, $p<.01$]。2 要因の交互作用も有意であったため [$F(3,69)=7.8$, $p<.01$]，単純主効果の検定を行なったところ，ページめくりの直前で作業条件の効果が有意であった [$F(3,69)=10.6$, $p<.01$]。Holm 法による下位検定を行った結果，iPad のいずれのめくり (Swipe 条件，Tap 条件，Animated Tap 条件) での読みよりも，紙の書籍 (Paper 条件) での読みが速かった [$p<.05$]。一方，直後の行の読書速度に作業条件の効果は認められなかった [$F(3,69)=0.6$, $p>.1$]。

このことから，紙の書籍に比べて紙模倣スワイプでの読みが遅い理由はページめくり直前の行での読みの遅さにあるといえる。また，紙模倣タップや瞬時更新タップについては読みの中断時間の長さに加え，ページめくり直前の行での読みの遅さも紙の書籍に比べた読みの遅さの原因であるといえる。

以上の結果は iPad ではページめくりの前やめくりながらの読みで減速が生じていることを示すものである。その理由は，めくりに備えて心的な構えが生じ，めくりに注意を払う必要性が生じるためと考えられる。ここで，ページめくりを含む部分の読みは，読むことを一次課題，ページをめくることを二次課題とした二重課題を行っているとして解釈できる。各条件でページめくりを含む部分と含まない部分の読書速度を比較したところ，iPad ではページめくりを含まない部分に比べて含む部分での読みが有意に遅いが [$p<.05$]，紙の書籍ではページめくりの有無で読書速度に有意な違いは認められなかつ

た [p>.1]. 紙の書籍では、全く意識することなく自動的な行為としてページめくりが行われていることが示唆される。

4.4 実験 1-3:紙の書籍のめくりと iPad の瞬時更新タップや紙模倣スワイプの認知負荷の比較

実験 1-2 では、ページめくりを含む場合 iPad より紙の書籍の読みが速いことがわかり、この違いが iPad ではめくりに備えた心的な構えや、めくりに注意を払う必要が生じるためと考えた。そして、このことは iPad でのページめくりの認知負荷が高いことを示唆する。これを確認するため、実験 1-3 では、ページめくりの前後での紙の書籍と iPad の認知負荷を定量的に比較することを目的とした。

実験の仮説は以下の 3 つである。第 1 に、これまで述べたように紙の書籍のめくりに比べて iPad のページめくりの認知負荷が高いと予想する。

第 2 に、紙の書籍ではページめくりがある場合とない場合で認知負荷の違いが少ないと予想する。実験 1-2 の紙の書籍の読みではページめくりがある場合とない場合で読みの効率に違いがなかった。これは紙の書籍の手めくりが認知負荷の少ない自動化された操作であることを示唆する。

第 3 に、紙と iPad の表示品質の違いが認知負荷に与える影響は少ないと予想する。実験 1-1 と実験 1-2 では紙と iPad の表示品質の違いが読書速度に影響を与えなかった。このことから、表示品質の違いが認知負荷に与える影響も少ないと推測する。

以上の点を確認するため、実験 1-3 では、紙の書籍で読む場合の認知負荷と、iPad で紙模倣スワイプや瞬時更新タップを利用して読む場合の認知負荷を比較した。Wästlund らはページレイアウトの違いが読みに与える認知負荷を、ストレスや眼精疲労を視覚的アナログスケールで回答させる主観評価と二重課題法で比較し、二重課題法のみで違いが検出されたと報告している [Wästlund 2008]。彼らの実験は読んでいる最中の認知負荷を計測するという意味で、本実験と課題設定が似ている。また、この結果はこの種のタスクにおいて主観評価より二重課題法の認知負荷の検出精度が高いことを示唆している。

そこで、本実験では認知負荷の計測に二重課題法を用いた。二重課題法は一次課題と二次課題を同時に行わせ、二次課題の遂行に要する反応時間から、一次課題に費やされる心的資源を推定するものである [Johnston 1978]。つまり、一次課題に費やされる心的資源が少ないほど二次課題に対する反応時間が短くなる。逆に、反応時間が長いほど一次課題の認知負荷が高いことを示す。ここでは、ページめくりを含む読みを一次課題にすることで、ページめくりの操作性の違いが心的資源に与える影響を調べた。

4.4.1 実験方法

実験計画 実験デザインは、作業条件とページめくりの有無を要因とする 2 要因参加者内デザインである。作業条件は以下の 3 水準からなる。

- Paper : 紙の書籍で読む
- Swipe : iPad で紙模倣スワイプを用いてページをめくって読む
- Tap : iPad で瞬時更新タップを用いてページをめくって読む

参加者 実験参加者は実験 1・2 に参加した 24 名である。

材料 村上春樹の『カンガルー日和』（講談社文庫版）の文章をもとに実験 1・2 と同じ方法で独自に実験用の文書を作成した。文書は「かいつぶり」「とんがり焼きの盛衰」「駄目になった王国」の 3 編の短編小説から抜粋した。文書は縦書きで 1501～1512 文字の長さであり、全体が 24 ページ（うち表紙が 1 ページ）であった。最後のページを除き、1 ページに 2 行の文章があり、1 行あたりの語数は 33～38 文字であった。

課題 全ての参加者に以下の一次課題と二次課題を同時に行うことを課した。

一次課題は文書を読むことであり、全文を音読してもらった。精読させるため、読書後に文章内容の確認テストを行うことを事前に知らせた。特に急ぐ必要はなく、自然な速度で読むことを求めた。音読時の映像と音声はビデオで記録した。

二次課題は音読中にヘッドフォンから聞こえるブザー音に反応して、できるだけ速くフットペダルを踏むことである。二次課題での刺激は文書の見開き 2 ページ中の 2 行目、3 行目、4 行目の音読中に 1 回ずつ、行内でランダムに発生させた。刺激の提示タイミングは実験者が音読を聞きながら手動で制御した。図 4-13 に作業風景を示す。



図 4-13 作業風景

分析ではページめくりを含む場合、含まない場合の認知負荷を分離して比較した。見開き 2 ページ中の 4 行目の音読中の二次課題への反応時間がページめくりを含む部分の認知負荷を反映している。

作業環境 紙の書籍の作り方，iPad の作業環境の設定は実験 1-2 と同様であった。

手続き まず，参加者に刺激の音量およびフットペダルの位置の調整をしてもらった。次に，各条件で一次課題と二次課題を同時に行う練習を行わせた。各条件とも自由な姿勢で自由な位置にメディアを設定して読むことを許し，手に持って読むことも許した。参加者全員が 3 種類の文書に対し，3 種類の条件で課題を行った。実験条件と読む文書の試行順については振り分けが全体で均等になるように計画的に配置し，実験全体で相殺されるよう配慮した。

4.4.2 結果と考察

二次課題への反応時間の比較を図 4-14 に示す。作業条件，ページめくりの有無の 2 つの要因に関して 2 要因分散分析を行った。その結果，作業条件とページめくりの有無のいずれにおいても主効果が認められた [それぞれ， $F(2,46)=12.7$, $p<.01$; $F(1,23)=25.3$, $p<.01$]。2 要因の交互作用も有意であったため [$F(2,46)=13.4$, $p<.01$]，単純主効果の検定を行ったところ，ページめくりを含む場合に作業条件の効果が有意であった [$F(2,46)=14.6$, $p<.01$]。Holm 法による下位検定を行った結果，Paper 条件より Swipe 条件，さらに Swipe 条件より Tap 条件での反応が遅かった [$p<.05$]。一方，ページめくりを含まない場合の反応時間に作業条件の効果は認められなかった [$F(2,46)=1.2$, $p>.1$]。また，Swipe 条件と Tap 条件の場合にページめくりの有無の効果が有意であった [それぞれ， $F(1,23)=15.7$, $p<.01$; $F(1,23)=21.3$, $p<.01$]。一方，Paper 条件の場合にはページめくりの有無の効果は認められなかった [$F(1,23)=0.86$, $p>.1$]。

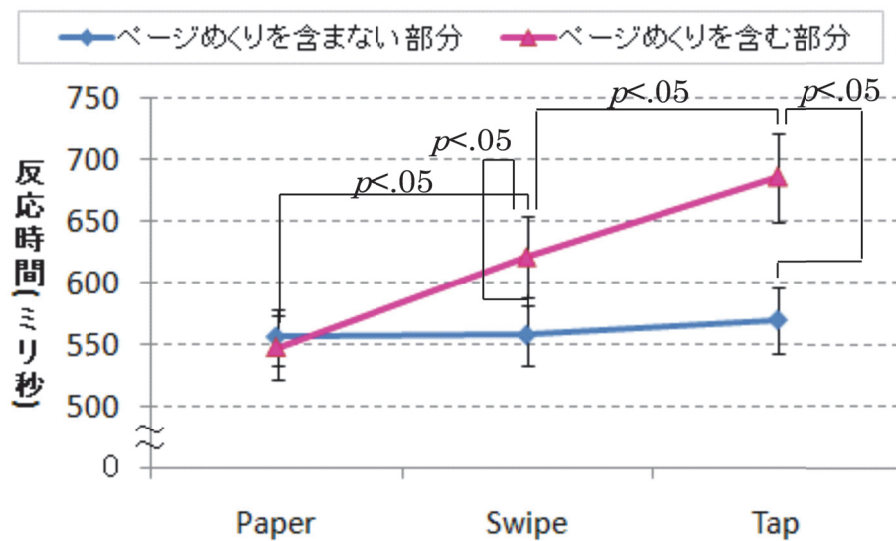


図 4-14 各条件での二次課題への反応時間の平均

また、二次課題の実施が読みの効率を変容させないことを確認するため、実験 1-2 と同様に、条件間での読書速度を比較した。ページめくりを含まない場合の読書速度は条件間で有意な違いは認められなかった [$p > .1$] (Paper 条件, Swipe 条件, Tap 条件の各々で 1 分あたり 349.5 語, 345.0 語, 341.9 語)。ページめくりを含む場合の読書速度は紙の書籍が iPad より速く [$p < .05$]、iPad の異なる操作間で有意な違いは認められなかった [$p > .1$] (Paper 条件, Swipe 条件, Tap 条件の各々で 1 分あたり 353.3 語, 340.1 語, 336.8 語)。条件間の読書速度の違いは実験 1-2 と同様の結果であったことから、二次課題が特定の条件に強く影響しているわけではないことがわかる。

以上の結果から 4 つのことがいえる。第 1 に、ページめくりを含まない場合、条件間で二次課題への反応時間に違いはない。紙と iPad の表示品質の違いが認知負荷に与える影響は少ないという第 3 の仮説が支持された。

第 2 に、ページめくりを含む場合、紙の書籍よりも iPad 利用時 (Swipe, Tap) の二次課題への反応時間が長い。紙の書籍のめくりに比べて iPad のページめくりの認知負荷が高いという第 1 の仮説が支持された。

第 3 に、紙の書籍ではページめくりの有無で二次課題への反応時間に違いはない。紙の書籍ではページめくりがある場合とない場合で認知負荷に違いがないという第 2 の仮説が支持された。Marshall らは雑誌を読む行為の観察から、紙の書籍への操作は読

み手の意識に上らないほど自動化された行為であると指摘しており [Marshall 2005], 今回の結果はこれを実証的に示したものと見える。

第 4 に, ページめくりを含む部分では, **Swipe** 条件よりも **Tap** 条件での二次課題への反応が遅い. 読みの効率では違いが認められなかったが, 紙模倣スワイプに比べて瞬時更新タップの認知負荷が高いことが示された. 瞬時更新タップではページをめくっている感覚が希薄であり, インタビューでは「めくってはいるのだろうが, 確かに次のページに進んでいるかという不安があった. 読んでみてはじめてページ前後の文がつながっているとわかった」という報告がなされた. また, 実験 1-2 の瞬時更新タップでの読みでは, 参加者 24 名中の 2 名がページがめくられていないことに気づかず, 既読箇所を再度読む場面が確認された. 瞬時更新タップではページがめくれていることの確認や, 読みながらページ前後の文がつながっていることを確認する処理が必要であり, これが認知的な負荷の高さをもたらしたと推測する.

最後に, 紙でのページめくりの認知負荷が低かった理由について考察する. 比較した電子メディアのめくりの中では, 紙模倣スワイプがもっとも優れていた. しかし, この紙模倣スワイプも紙の書籍のめくりに及ばない. 紙模倣スワイプにはない利点が紙の書籍にあるということである. たとえば, 紙模倣スワイプでの読みでは, 読み手がページをめくる途中で指を離したために意図せずにページが戻ってしまうことが何度か確認された. これは画面上でどこまで指を滑らせればページめくりが完了するかを読み手が把握できていないためである. 同様のふるまいは, 紙の書籍の読みでは観察されなかった. この理由は, 紙の書籍のページめくりのフィードバックが視覚だけでなく聴覚や触覚によってももたらされるためと考える. 紙での操作ではページをめくっている最中にもページめくりが完了したかどうかを多様なフィードバックにより認識できる. 一方, 紙模倣スワイプでは, この確認を視覚のみに依存するため, めくっている最中に注意を画面に向ける必要がある. 紙模倣スワイプで認知負荷が高かった理由はこの点にあると考えられる.

4.5 結論

本章では, 娯楽を目的とした読みにおける紙の優位性の決定要因を明らかにすることを目的とし, 紙の書籍, iPad や Kindle といった電子書籍端末, PC の利用が読みに与える影響を分析した. 従来研究では, 電子書籍端末に比べて紙での娯楽を目的とした読みが速いことが示されていたが, その理由は明らかにされていなかった. 従来研究では, メディアの操作性の違いが読みに影響を与えることが指摘されている. また, 娯楽の読

みの大半を占める操作はページを1ページずつめくる操作であることが知られている。これらのことを踏まえ、ページを1ページずつめくる操作のしやすさが紙での読みの効率の高さの決定要因であると考え、これを検証することを試みた。具体的には、ページめくり前後の読みと、それ以外のページめくりを含まない読みを分離し、紙と電子メディアでの読みの速度や認知負荷を比較した。実験結果を表4-1にまとめ、概要を以下に示す。

まず、iPad, Kindle, PC に比べて紙の書籍の読みの効率が高いことが確認され、その原因がページめくりの操作性の違いにあることが明らかとなった。ページめくりを含まない場合、メディア間で読みの速度に違いはなく、ページめくりを含む場合は紙の書籍での読みが有意に速かった。このことから、全体としての読みの効率は紙の書籍が高く、その違いはページめくりの操作性の違いがもたらしていたことがわかる。比較した電子メディアの中ではiPadのめくりでの読みの効率が最も高かったが、紙の書籍のめくりには及ばないことが示された。

次に、紙でのめくりが優れている理由として、ページめくりの操作に必要な認知負荷が低いためであることが示された。二重課題法による検証の結果、ページめくりを含む部分での二次課題への反応時間はiPadに比べて紙の書籍が有意に短かった。さらに、iPadと異なり、紙の書籍ではページめくりを含む部分とページめくりを含まない部分での反応時間に違いがない。iPadに比べて紙の書籍でのめくりの認知負荷は低く、読み手の注意をほとんど必要としないレベルにあることがわかった。

最後に、紙の書籍でのめくりの認知負荷が低い理由として、電子メディアと異なり操作を視覚のみに依存していないためであることが示唆された。読みのプロセスの観察から、紙の書籍でのめくりと異なり、電子メディアではページめくりの完了を読み手が把握できていない場合があることが確認された。このことから、電子メディアではページをめくっている最中に画面に注意を向ける必要があることが、認知負荷の高さの一因であったことが伺える。一方、紙でのめくりの完了が把握しやすいのは、視覚だけでなく聴覚や触覚によってもめくりのフィードバックが得られるためと思われる。

表 4-1. 実験結果の概要
 (下線の箇所が数量データの比較にあたり、
 検定により有意差を確認した箇所を示す)

分析対象の読み	参加者	メディアの違いが読みに与える影響	影響要因	影響要因についての詳細分析
娯楽を目的とした読み	実験1-1: 24人 実験1-2: 24人 実験1-3: 24人	○読みの速度: 紙 > iPad, Kindle, PC <u>(ページめくり前後の読みの速度: 紙 > iPad, Kindle, PC)</u> ページめくりを含まない読みの速度: 紙 = iPad, Kindle, PC -ページめくりの有無を含めた全体としての読みは紙が速い。	○ページを1枚ずつめくる操作のしやすさ: 紙 > iPad, Kindle, PC ・ <u>ページめくり前後の読みの速度: 紙 > iPad, Kindle, PC</u> ・ <u>ページめくり前後の二次課題への反応時間(認知負荷の高さ): 紙 < iPad, Kindle, PC</u> -紙でのめくりの読みが速く、操作に必要な認知負荷も低い。	○操作を視覚に依存していることが電子メディアの認知負荷を高めている ・紙と異なり、電子メディアではめくっている最中に画面に注意を向ける必要があった。 -このことが認知負荷の高さの一因であることが示唆される。

第5章 業務の中で文書を1人で読む場合：複数の文書を相互に参照する読み

本章では、業務で頻繁に生じる複数の文書を相互に参照する読みを対象に、紙とPCの利用が読みを与える影響を分析する。これらのメディアの違いが読みのパフォーマンスに与える影響を定量的に検証し、影響が存在する場合には、その決定要因を明らかにすることを目的とする。なお、前章の実験と異なり、iPadやKindleといった電子書籍端末は分析対象とはしていない。これらの端末では、1度に複数の文書を同時に表示することができないため、この種の課題には不向きなことは自明であると判断したためである。

本章の構成は以下の通りである。第1節では、本実験の背景について述べる。第2節では、メディア間での読みの効率の違いを検証した実験について報告する。第3節では、第2節の実験で示された紙の優位性の決定要因を追求するため、メディア間で読みのプロセスを比較した実験について述べる。第4節では、第3節の分析により示された文書移動における紙の優位性の理由について、さらに追及を行った実験について報告する。第5節は実験結果のまとめである⁶⁾。

5.1 序論

前章では、電子メディアの利用が進んでいる読みとして、娯楽を目的とした読みを取り上げ、紙と電子メディアの利用が読みを与える影響を比較した。結果として、紙の優位性が示され、その理由がページめくりの操作性にあることが示された。

一方、同じく電子メディアの利用が進んでいる業務での読みでは、メディアの利用が読みを与える影響や、その影響要因が娯楽を目的とした読みとは異なることが予想される。娯楽を目的とした読みでは線形的な読みが主であるのに対し、業務の読みはページ間や文書間の行き来が頻繁に生じる読みである。業務での読みでは、娯楽を目的とした読みとは異なる操作が読みに影響を与えることが推測される。

⁶⁾ なお、本章の第3節の実験は著者が主体的に行ったものであるが、本章全体の内容としては著者と富士ゼロックス社の研究グループの協業による成果である。

ここで、3章で述べたとおり、業務では複数の文書を相互に参照する読みが頻繁に生じており、こうした読みを紙の優れた操作性が効果的に支援することが指摘されている。O'Haraらは、複数の文書を相互に参照しながら文章を作成する読みを観察し、文書を並置して相互閲覧できるようにしたり、持ち上げたり、重ねてまとめたりという行為を紙が効果的に支援していることを報告している [O'Hara 1997]。さらに、これらの文書操作は電子的にも可能であるが、操作性が不十分なため逆に読みを阻害する要因になっていると指摘している。

しかし、複数文書の操作における紙の利点は観察をもとに定性的に議論されることが多く、これまでその効果が定量的に示されることはなかった。そこで、本研究では複数の文書を同時に扱う相互参照の読みを課題として取り上げ、紙とPCが読みに与える影響を定量的に比較する。また、PCに比べた紙の優位性が示された場合には、その影響要因についても分析を行う。

5.2 実験 2-1：読みのパフォーマンスの比較

5.2.1 実験の目的と仮説

上述したように、日常業務での読みにおいては複数の文書を同時に扱うことが多い。そして、このような相互参照の読みにおいては、複数の文書を並べて比較したり、読みやすい位置に移動したりといった操作が頻繁に生じる。この種の読みにおいて、紙とPCにおける文書の移動や配置のしやすさが読みのパフォーマンスにどのような影響を与えるかを調べることを目的とし、実験では複数の文書を参照しながらの校正読みを課題として取り上げる。検証すべき仮説は、以下の2点である。

第1の仮説は、複数文書を用いた相互参照の読みにおいて、紙はPCよりも読みのパフォーマンスが高いというものである。読みの観察にもとづいたこれまでの分析結果 [Sellen 2001][O'Hara 1997, 2002] を踏まえれば、紙の優位性は明白なようにも思える。しかし、これを制御された環境において確認すること、その違いの程度がどれほどなのかを定量的に示すことが重要である。

第2の仮説は、作業スペースの広さに関するものである。Richardsonらの実験では、人は広いディスプレイを強く好むが、マニュアルや論文の読みにおいて、ディスプレイサイズがテキスト 20 行を超える場合にはそれ以上作業領域を広くしても読みのパフ

パフォーマンスに向上は見られなかった [Richardson 1989]. これをふまえ、ディスプレイサイズは読みのパフォーマンスの主要な決定要因ではないことが指摘されている. 彼らの実験は単一文書を対象にしたものであり, 本実験で取り上げる複数文書の相互参照の読みとは前提が異なるが, 広いスペースに文書を広げれば, それだけ視線の移動が増え, 文書間での比較が困難になる. 広い作業スペースが利用できるとしても比較的コンパクトな空間で文書を重ねる方が比較しやすいと考えられる. 以上の点をふまえ, 第2の仮説として, 複数文書の相互参照の読みにおいても, ある一定の広さがあればそれ以上の広さは読みのパフォーマンスに大きな違いをもたらさないと予想する.

5.2.2 実験方法

材料 実験材料の文書は, 紙・板紙の生産, 消費, 輸出入, 原材料などの統計資料⁷⁾を参考にして独自に作成した. 1回の校正課題で利用する文書は4つあり, いずれも1ページの文書である. 図5-1のように4つの文書のうち3つは棒グラフ, 折れ線グラフなどの図であり, 残り1つは他の3つの図をもとに作成したテキスト文書である. これら4つの文書からなる文書集合は, 実験用に6セット, 練習用に1セットを作成した. 各文書集合のテキスト文書には, 図から読み取れる情報と整合しないエラーを意図的に埋め込んである. エラーは2種類あり, 単一の図を参照することで検出できる「単一文書エラー」と複数の図を比較しないと検出できない「複数文書エラー」である. 以下に各々のエラーの例を示す.

- 単一文書エラーの例: 図では紙・板紙の生産量が7350万トンのはずだが, テキスト文書で「紙・板紙の生産量が7450万トン」と記載されている場合
- 複数文書エラーの例: 複数の図(紙・板紙の生産量と消費量の図)を参照するとノルウェーでは生産量が消費量を上回っているはずだが, テキスト文書で「ノルウェーでは生産量よりも消費量の方が多い」と記載されている場合

一般的には, 複数文書エラーは単一文書エラーに比べて検出のための操作負荷が高い. 複数文書エラーの検出ではテキスト文書と少なくとも2つの図の比較が必要なものに対して, 単一文書エラーの検出にはテキスト文書と1つの図の比較により検出可能である. このことから, 複数文書エラーは単一文書エラーに比べて検出が困難であり, エラー検出率が低くなることが予想される.

⁷⁾ 日本製紙連合会のホームページに掲載された統計情報(<http://www.jpa.gr.jp/docs/stats/inventory.php>)を利用した.

図1は日本における各国からのパルプ材の輸入元の1997年の比率、図2は2007年の比率、図3は2007年のデータにもとづく各国のパルプ材の生産量の比率を示す。

パルプ材の輸入元は1997年から2007年にかけて約10年間で大きく変化している。1997年には輸入元の1位が米国(43%)、2位がオーストラリア(28%)である。これに対して、2007年では順位が逆転し、1位がオーストラリア(41%)、2位が米国(28%)となっている。1997年、2007年ともに、米国、オーストラリアの上位2か国からの輸入が全体の70%以上を占めている。また、この10年間でブラジルからの輸入比率は4ポイント減少し、順位を2つ落としている。その他、カナダからの輸入比率は3ポイント減少している。ニュージーランドからの輸入比率は5ポイント増加している。フィジーからの輸入比率は2ポイント増加となっており、順位を1つあげている。

パルプ材の生産量については、米国が全世界の26.0%を生産しており、2位は中国で11.0%、3位の中国8.9%と米国が続く。さらには、4位のフィンランド6.4%、5位のスウェーデン6.2%と北米が続く。森林が多い国として知られる日本は8位であり、生産量の世界比率は5.4%である。

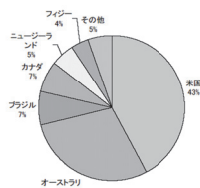


図1. 日本における各国からのパルプ材の輸入元 (1997年)

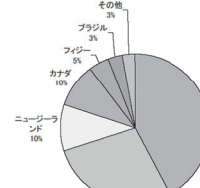


図2. 日本における各国からのパルプ材の輸入元 (2007年)

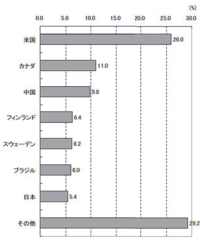


図3. 各国のパルプ材の生産量の比率 (2007年)

図 5-1 実験材料の例

テキスト文書には、単一文書エラー、複数文書エラーを各々4個ずつ埋め込んである。エラーは1文に最大1個であり、1文に2個以上のエラーを含まないようにした。テキスト文書の最初の段落は各図を説明したものであり、そこにはエラーを埋め込まなかった。実験用のテキスト文書の長さは、平均が577.5文字(最短が551文字、最長が633文字)であった。

課題 実験 2-1 の課題は、与えられた文書集合のテキスト文書を読んで間違いを見つけることである。図には間違いがないこと、テキスト文書に誤字脱字がないことを明示したうえで、図から読み取れる情報とテキスト文書での記述内容の矛盾点を見つけてもらった。テキスト文書の先頭の段落は図の説明を行うものであり、その段落には間違いがないこと、さらに第2段落以降の間違いについて、1文に2個以上の間違いはないことを明示した。各課題でのエラー数が何個かは事前に教えなかった。

間違いを見つけた場合、その箇所にアンダーラインを引いてもらった。ただし、読んでいるテキスト文書に書き込むのではなく、全く同じテキストを紙にプリントした修正用文書の対応する箇所にアンダーラインを引くようにした。これは、紙文書で校正を行う場合と電子文書で校正を行う場合とで書き込み方法の条件を等しくするためである。間違いを含んだ文について、文を正しく修正するのではなく、修正箇所の指摘のみを行ってもらった。修正用文書は修正を行うときだけ参照し、校正のための文書の閲覧は校正用の紙またはディスプレイにて行うよう指示した。制限時間を与えることはなく、自分の好みのペースで校正作業を行ってもらった。

参加者 実験参加者は日本語を母国語とする男女同数の24名である。全員が20代から30代であり、平均年齢は29.9歳であった。PC利用暦が3年以上であり、視力が両眼ともに0.7以上であることを事前に確認したうえで、参加者の募集を行った。

条件 実験環境として次の3種類を用意した。

- **Paper 条件** 文書を B5 サイズの紙にモノクロ/片面でプリントしたものを利用し，紙で校正を行ってもらった．作業スペースに制限は与えなかった．
- **Small-Desk 条件** 作業スペースの広さを制限する以外は Paper 条件と全く同じである．図 5-2 に示すように広さが PC 条件で利用するディスプレイでの表示スペースと全く同じになるような枠付きの机（内側のサイズが 58.2×36.3cm）を用意し，紙文書が枠からはみ出ないよう教示した．
- **PC 条件** PC は DELL Dimension C521，ディスプレイは EIZO FlexScan SX2761W の 27 インチディスプレイ（解像度は 1920×1200）を利用し，PDF 文書で校正を行ってもらった．電子文書の移動や切り替えはマウス（2 つのボタンとマウスホイールを備える DELL 製のマウス）を介して行ってもらった．

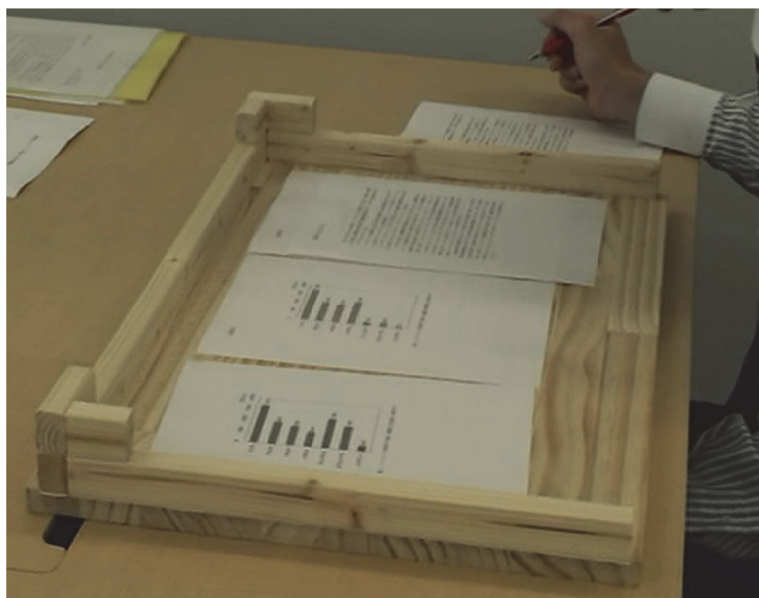


図 5-2 Small-Desk 条件での作業風景

Paper 条件と PC 条件との間にパフォーマンスの違いが見出された場合，それがメディアの操作性の違いによるものなのか，作業スペースの広さの違いによるものなのかの判断がつかない．そこで，操作性は Paper 条件と同じで，広さは PC 条件と同じという，Paper 条件と PC 条件の中間に位置づけられる Small-Desk 条件を人工的に作って条件として加えた．これにより，Small-Desk 条件のパフォーマンスが Paper 条件と同等の場合は，Paper 条件と PC 条件のパフォーマンスの違いがメディアの操作性の違いによるものだと判断できる．逆に，Small-Desk 条件のパフォーマンスが PC 条件と同等の場合は，Paper 条件と PC 条件のパフォーマンスの違いが作業スペースの広さの違いによるものだと判断できる．

紙文書で校正する条件（Paper 条件と Small-Desk 条件）では、紙の折り曲げを許した。また、手に持って読むことも許したが、Small-Desk 条件では作業スペースの枠からはみ出ない範囲で持ち上げるよう教示した。4 つの文書の初期配置は、PC 条件と同じになるよう、文書の左上を少しずつずらしたカスケード配置にした。

電子文書で校正する条件（PC 条件）では、OS として Windows XP、電子文書の閲覧に Adobe Reader 9 を利用した。電子文書の文字の大きさが紙での文字の大きさと物理的に同じになるよう、電子文書の縮尺を事前に調整し、作業中は表示文書の内容を拡大・縮小することを禁じた。文書全体が閲覧できるように初期のウィンドウサイズを調整し、スクロールの利用を不要にした。また、Small-Desk 条件と実験条件を揃えるため、PC 条件ではウィンドウをディスプレイ領域の外にはみ出すことを禁じ、ウィンドウがディスプレイ領域の外にはみ出すとビープ音が鳴るようにした。

全条件において、校正用のテキスト文書と全く同じものを修正用文書として紙で配布し、修正箇所の指摘を行ってもらった。修正用文書は修正箇所を指摘するときだけ参照し、校正作業は校正用の紙または電子文書にて行うよう指示した。図 5-2 に見られるように、Small-Desk 条件では、修正用文書は制限されたスペースの外に置いて作業してもらった。PC 条件では、マウスの右に修正用文書を置いた。PC 条件では、修正の記述の際、マウスからペンに持ち替える必要がある。そこで、紙で校正を行う場合にも、ペンを持ちながら校正することを禁じた。

手続き 最初に各条件で校正課題の練習を行った。また、Small-Desk 条件では作業机の位置、PC 条件ではディスプレイの位置や表示の設定（明るさやコントラスト）を各自の好みに調整してもらった。

実験では、参加者全員が 6 種類の文書を 3 種類の条件で校正読みした。実験条件と校正する文書集合の組み合わせ、またこれらが各参加者内で何回目に行われるかについては、振り分けが全体で均等になるように計画的に配置し、実験条件と文書集合の試行順の影響が実験全体で相殺されるよう配慮した。

5.2.3 結果と考察

校正の作業時間に関して、条件間での比較を図 5-3 に示す。作業条件（Paper 条件、Small-Desk 条件、PC 条件）を要因とする 1 要因分散分析を行った。その結果、条件間で有意差が認められた [$F(2, 46)=7.9, p<.001$]。LSD 法による下位検定を行うと、

Paper 条件と Small-Desk は同水準であり [$p>.1$], Paper 条件と PC 条件 [$p<.01$], Small-Desk 条件と PC 条件 [$p<.05$] の間に有意差が認められた. PC 条件に比べて, Paper 条件では 23.2%, Small-Desk 条件では 18.8%作業時間が短い.

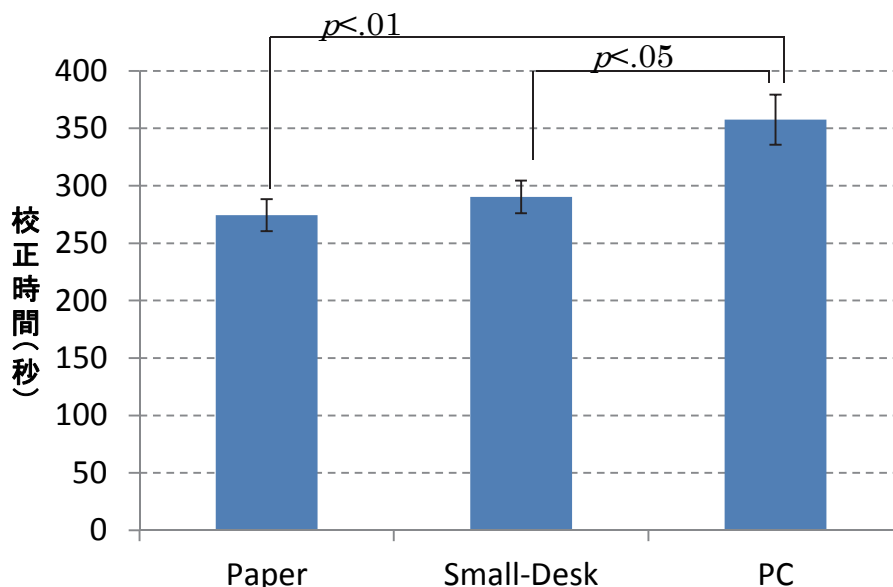


図 5-3 校正課題での作業時間

次に, エラー検出率の比較を図 5-4 に示す. 作業条件, エラーの種類 (単一文書エラー, 複数文書エラー) の 2 つの要因に関して 2 要因分散分析を行った. その結果, 作業条件の主効果が有意であった [$F(2, 46)=7.5, p<.01$]. エラーの種類の主効果に関しては, 複数文書エラーよりも単一文書エラーの方が検出率が高い傾向が認められた [$F(1, 23)=3.0, p<.1$]. 2 要因の交互作用は有意でなかった. 作業環境について LSD 法による下位検定を行うと, Paper 条件と Small-Desk 条件は PC 条件よりもエラー検出率が有意に高かった [$p<.01$]. Paper 条件と Small-Desk 条件の間に有意差は認められなかった [$p>.1$]. 単一文書エラーについて, PC 条件に比べて Paper 条件では 9.1%, Small-Desk 条件では 8.0%エラー検出率が高かった. 同様に, 複数文書エラーについて, PC 条件に比べて Paper 条件では 14.1%, Small-Desk 条件では 11.4%エラー検出率が高かった. 単一文書エラーと複数文書エラーの両方を合わせると, PC 条件に比べて Paper 条件では 11.5%, Small-Desk 条件では 9.6%エラー検出率が高いという結果になった.

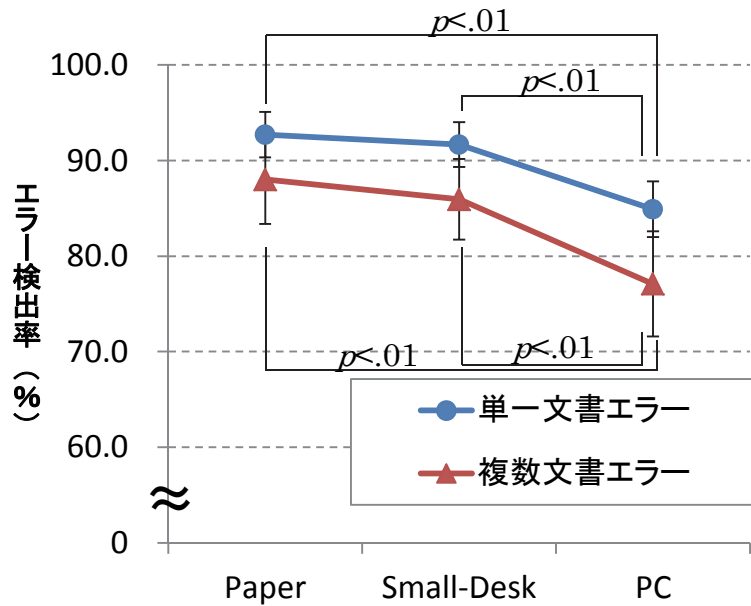


図 5-4 校正課題でのエラー検出率

以上の結果より，Paper 条件，Small-Desk 条件の紙での校正は，PC 条件よりも速く，エラー検出率が高いことが確認された．校正作業の速さと正確さの両方において，紙は PC よりも優位な位置にある．紙での校正読みが PC での校正読みよりもパフォーマンスが高いという本実験の第 1 の仮説が支持された．

次に，Paper 条件と Small-Desk 条件との間には，校正スピード，エラー検出率ともに有意差は見られなかった．Paper 条件と Small-Desk 条件はともに紙での校正であり，両者の違いは作業スペースに制限があるか否かだけである．紙での校正においては，少なくとも Small-Desk 条件と同程度の作業スペースが確保されていれば，作業スペースの広さは校正スピードやエラー検出率には大きな影響を与えないことを意味する．作業スペースに十分な広さがあれば，作業スペースの広さは読みのパフォーマンスの決定要因とはならないという本実験の第 2 の仮説が支持された．

最後に，紙と PC とでパフォーマンスに違いが生じる理由を考察する．PC 条件と作業スペースの広さが同じ Small-Desk 条件においても PC 条件とのパフォーマンスの違いが見られた．このことから，校正でのパフォーマンスの違いは作業スペースの広さではなく，メディアの違いによるものであることがわかる．実験での校正課題の遂行には，テキスト文書の記述内容の正当性を確認するために，頻繁に図を参照し，図から読み取れる情報とテキストでの記述を照合する必要がある．このプロセスでのメディアに対する操作のしやすさが読みのパフォーマンスに影響を与えた可能性が考えられる．実際，検出に多くの比較操作を必要とする複数文書エラーの検出率が，少ない比較操作で

検出できる単一文書エラーの検出率よりも低い傾向があることが、このことを裏付けている。実験後のインタビューでは、参加者 24 名中 15 名が紙での文書移動のしやすさ、あるいは PC でのウィンドウ移動のしにくさを報告した。PC での操作の困難さを示す意見として、「PC では（文書の）切り替えはしやすいけど、配置はしにくい」「文書をちょっと動かす際にもタイトルバーまでマウスを移動する必要がある」「（PC だと）うまく配置できなくて、どうしても目のふり幅が大きくなる」というものがあった。PC に対する操作は紙に対する操作よりも負荷が高く、これが校正読みでのパフォーマンスの違いをもたらしたと推察される。

5.3 実験 2-2：読みのプロセスの比較

実験 2-1 では、複数の文書を相互に参照する読みでの PC に比した紙の優位性が示された。そして、その理由が文書移動のしやすさの違いにあることが示唆された。

ただし、実験 2-1 では文書の移動以外にも読みを支援すると考えられる行為が観察された。具体的には、紙では文書の上に指を置き一時的な目印とする行為が頻繁になされ、このことが文書間の注意の行き来を支援していたと考えられる。別の文書を参照してすぐに元の位置に戻ることができるよう手をアンカーとして利用したり、複数の比較対象に指を置くことで視線の移動を容易にしている。相互参照の読みで紙が優位な理由を明らかにするためには、文書に対する指差しが読みに与える影響についても分析する必要がある。

また、実験 2-1 で読みのパフォーマンスの決定要因として示唆された文書移動についても、より細かな粒度で操作を区別し、分析することが必要と考える。先の実験では、紙での文書移動は、文書を持ったり滑らせたり、1 枚ずつ移動したり複数枚を同時に移動したりと、そのあり方は多様であった。そして、これらの行為は各々に異なる目的や利点を持つものと考えられる。たとえば、文書同士の位置を入れ替えるには 1 枚ずつ移動するより複数枚を同時に移動する方が効率的である。また、文書を滑らせて移動することで、ペンを握ったまま文書を移動できる。これにより、文書に書き込みをしていた状況から、すぐに文書移動に移ることができる。これらを区別し、紙にできて PC にできない操作は何かを議論することで、PC での文書移動操作の改善につながる示唆が得られると考える。

そこで、実験 2-2 では実験 2-1 の枠組みを援用し、相互参照読みの最中にどのような行為がどの程度行われ、それがメディアによってどのように異なるのかを分析する。先

の実験では、文書移動にはどのような種類のものがあり、それがどの程度行われているのかといった点が不明であった。今回の分析により、この点を明らかにすることが期待できる。また、文書移動の操作性以外にメディアのどのような特徴が読みのパフォーマンスに影響を与えるのかを議論できるようになる。

5.3.1 実験の目的と仮説

本実験では、相互参照読みで紙が優位な理由を明らかにすることを狙いとし、読んでいる最中に文書になされる操作行為を予め類型化し、紙で読んだ場合とPCで読んだ場合とで、どのような行為がどの程度行われるのかを比較する。分析方法の詳細については次節で述べるが、具体的には、文書进行操作の様子をビデオで撮影し、個々の動作がどのタイプの文書操作かを目視で判定する。ただし、ビデオ映像のみからではタイプを判別できないこともある。そこで、発話思考法と事後報告法を併用して、参加者からの言語報告をもとに行為の意図を取得する。これにより、読みのパフォーマンスを比較した先の実験では踏み込めなかった行為の意図を踏まえた読みのプロセスの分析が可能になる。

実験において、以下の3点を仮説あるいは分析の観点として定める。第1に、紙では読んでいる箇所へのポインティングが頻繁になされると予想する。これまでのわれわれの実験では、文書を指差したり、なぞったりすることにより校正課題でのエラー検出率が向上することが示されている [柴田 2011b]。また、既に述べたように実験 2-1 では、文書の上に指を置いて読む行為が頻繁に観察されている。これらのことから、紙は読みを支援するポインティング行為を促進するメディアであると考えられる。

第2に、PCに比べて紙では文書移動に要するコストが小さいと予想する。前述のとおり、先の実験ではPCより紙での文書の配置効率が高いことが示唆された。そのため、読みの最中になされる文書移動に費やすコストはPCより紙の方が小さいと予想する。

最後に、紙では状況に応じて多様な方法で文書の移動がなされると考える。紙では両手を使って複数の文書を同時に移動でき、移動する際に文書のどこを触っても操作できる。こうした紙の利点が紙文書の配置効率に寄与していると考えられる。そこで、文書を移動する行為の多様性を捉えるため、移動する文書の枚数や、移動する際に文書を持つ位置についても細かく分析することを試みる。

5.3.2 行為の分析の枠組み

実験方法の詳細に入る前に、読みのプロセスにおける行動分析のための方法論を体系的に整理する。これは、他の種類の読みを対象に同種の分析をする際にも援用できる枠組みとなることを意図するものである。

分析の流れは3段階からなる。読みの最中になされた操作行為と作業中の思考過程や行為の意図を収集する「データ収集」、収集したデータを可能な限り細かい単位へ分割し、予め定めた分類体系にもとづいてタイプを特定する「データの前処理」、分割、分類した操作行為のデータをもとに作業のプロセスを分析する「分析」のフェーズである。

以下では、各々の手順における一般的な方法を述べたうえで、読みの行動分析に対する本研究の考え方、本実験で採用した方法について説明する。

5.3.2.1 データ収集

一般的に、作業のプロセスの分析では、作業中になされた行為、作業中の思考過程や行為の意図が分析対象である。作業中になされた行為を収集する手段として、ビデオによる行為の記録と目視による確認、モーションキャプチャを使った身体的動作のセンシングがある。また、作業中の思考過程や行為の意図を取得する方法として、発話思考法や事後報告法がある。

本研究で収集するデータは、読みの最中になされた操作行為と、作業中の思考過程や行為の意図である。分析対象は文書に対する操作行為であるが、操作の分類や操作単位を決定するにあたり、行為中の思考過程や意図も参考にする。

行為を取得するために、作業の様子をビデオで撮影する。しかし、各行為が何を目的としているのかを、ビデオ映像のみから判定することはしばしば難しい。そこで、行為の意図を取得するために、作業中に心に浮かんだ事柄を言語として報告してもらう発話思考法 [Ericsson 1993] を採用する。行為の発生ごとに行為の目的を逐一報告してもらうことも考えられるが、行為に理由付けを求めることにより思考プロセスが変容する可能性がある [Ericsson 1993]。そこで、行為の発生の有無に関わらず、作業中に心に浮かんだ事柄に解釈を施さず、そのまま声にして報告することを求める。

これにより、発話が作業に与える影響を小さくできるが、取得した言語データは必ずしも実験者の期待する内容を含んでいるとは限らない。そこで、実験者は作業中、目視や発話内容だけでは意図が判別しきれない行為をメモし、作業後に参加者に確認する。その際、行為の前後のビデオ映像を見てもらい作業状況を想起するための手がかりとして利用する。

5.3.2.2 データの前処理

人間の行為のミクロな分析のアプローチとして、スケッチのデザインプロセスを解明する試み [Suwa 1998][Bilda 2003]、創造活動における人間の思考過程の分析 [網谷 2001]、多人数インタラクションでの人間の行為のログを分析する試み [坊農 2007][細馬 2008][中田 2011] があげられる。いずれも本研究での分析方法の検討に際して参考にしたが、読書中の行為について、どの行為を分析対象とするのか、また、どの行為とどの行為を同一とみなすのか、あるいは異なるとみなすのかは、本研究で独自に検討する必要がある。

分析対象とする行為を決定するにあたり、読みのプロセスに影響を与える行為をリストアップする。3章でも述べた様に、従来研究では「文書の移動・配置」「文書への書き込み」「内容へのポインティング」「ページ間移動」のしやすさが紙での読みを支援していることが指摘されている。

読みのプロセスにおける行動分析をするにあたっては、これらの行為を分析対象とする必要がある。分析対象の操作と、その定義を表5-1、表5-2に示す。紙とPCで定量的な比較を行うため、両者のメディアで操作の目的や効果が対応づけできるように配慮した。たとえば、PCで文書配置のために行うウィンドウの移動に近い操作として、紙では平面的な移動を伴う操作を平行移動と定義した。本実験では、単一ページの文書を扱うため、ページ間移動以外の行為を分析対象とする。

なお、メディアに対する操作の多様さを捉えるために、表5-1や表5-2で定義した操作がどのように行われていたかを各操作タイプに付随する属性として扱い、分析の対象とする。たとえば、文書の平行移動では、一度に移動する文書の数、片手操作か両手操作か、持って移動するか机の上で滑らせて移動するか、移動する際の手やカーソルの位置も分析対象とする。また、文書への書き込みでは、Marshallらの分類 [Marshall 2004] を踏襲し、文章に下線を引くことやハイライトすることでアンカーとする行為、文字やマークを付加する行為のいずれであるかに着目する。このように行為に対して詳細な属性情報を付与することにより、文書操作に対するミクロな分析が可能になる。

また、どのような操作がどの程度行われたかを定量的に分析するため、各操作の開始と終了の基準を規定する必要がある。分析では、宮本ら [佐々木 2001] がリハビリ患者の行動分析に用いた行為単位⁸⁾の定め方を参考に、持続した運動の停止、文書への接

⁸⁾ 一部分の持続的な運動の停止・対象物への接触・別の部位への運動転換により停止するポイントである。

触を分節点として個々の操作を区分した。運動の停止は、経験的にもっとも実情を反映しているのが、0.5秒以上の運動停止と考え、これを判断基準とした。分節は映像をコマ送りで確認することで行った。

ただし、予備実験では、紙での内容へのポインティングは必ずしも文書への接触を伴わないことが確認された。そこで、文書への接触を伴わない場合も、内容へのポインティングを意図した行為であればそのように見なした。この判別は作業中に実験者が内容へのポインティングの可能性があると考えた行為についてメモをとり、作業後に逐一ビデオを見せながら、その意図を確認することで内容へのポインティングか否かを判別した。

表 5-1. 紙条件で分析対象とした操作行為

操作行為		定義	例
文書移動・配置	平行移動	平面的な移動を伴う文書移動 (移動後の机上での紙の位置、あるいは持ち上げている場合には机の面に写像した位置に変化がある場合)	<ul style="list-style-type: none"> 紙を机の上で滑らせて文書を広げる 紙を持ち上げて移動し、他の紙の上に重ねる
	重ねた文書をめくる	手で持って束にしたり、机に重ねた紙をめくる行為で、かつめくった後 (0.5秒以内) に文書を平行移動しない	<ul style="list-style-type: none"> 持って束にした紙をめくって読む 机に重ねている紙をめくり、下に置いてある紙の内容をちら見する
	持ち上げ	文書を机から持ち上げる行為で、かつ持ち上げた後 (0.5秒以内) に平行移動や文書をめくることを伴わない	<ul style="list-style-type: none"> 机に重ねている紙を持ち上げ、下に置いてある紙の内容をちら見する
	置く	持ち上げた文書を机に置く行為で、かつ置いた後 (0.5秒以内) に平行移動しない	<ul style="list-style-type: none"> 持って読んでいた紙を机の上に置く
文書への書き込み		ペンを使って文書に書き込みをする行為	<ul style="list-style-type: none"> 余白にメモをとる 文書に下線を引く
内容へのポインティング		読み手が思考対象としている文章中の箇所を指やペンで指す行為	<ul style="list-style-type: none"> 文章を手やペンでなぞりながら読む 指を置くことで一時的な目印とする
ページ間移動	順に移動	ページを前あるいは後に順にめくっていく行為	<ul style="list-style-type: none"> ページを1枚めくる 次のページをちらっとめくる ばらばらめくる
	ジャンプ	2ページ以上を飛ばしてめくる行為	<ul style="list-style-type: none"> あたりをつけて開く しおりを挟んでいたページに戻る

表 5-2. PC 条件で分析対象とした操作行為

操作行為		定義	例
文書 移動 ・ 配置	平行移動	ウィンドウを上下左右に移動する行為	・文書作業スペース上に広げる
	入れ替え	ウィンドウの重なり順序を入れ替える操作で、かつ入れ替え後 (0.5 秒以内) に他の種類の移動を伴わない	・下にあるウィンドウを前面化し、内容を確認する
	最大化	ウィンドウの最大化	—
	最小化	ウィンドウの最小化	—
	拡大	ウィンドウの拡大	—
	縮小	ウィンドウの縮小	—
	元のサイズに戻す	最大化 (最小化) の状態から、元のウィンドウサイズに戻す	—
	ページ内移動	ページをまたがらないスクロール (スクロールをした結果として、複数ページの内容が表れたり隠れたりすることがない)	・ウィンドウに収まらない大きさで表示し、文書内容を確認するためにスクロールする
文書への書き込み		文書に対する注釈の付加	—
内容へのポインティング		読み手が思考対象としている文章中の箇所を指やカーソルで指す行為	・文章をマウスカーソルでなぞりながら読む ・カーソルを置くことで一時的な目印とする
ページ 間移動	順に移動	ページをまたがるスクロール、または 1 ページ単位で移動する行為	・ページ移動のためのアイコンをクリックする
	ジャンプ	2 ページ以上を飛ばして移動する行為	・ページ番号を入力する ・ブックマークをつけたページに移動する

5.3.2.3 分析

前処理のフェーズで分割、分類した情報 (コーディング結果) をもとに、作業プロセスを分析するアプローチとして大きく以下の 3 点が考えられる。

第 1 に、収集したデータの発生頻度などを条件間で定量的に比較することが考えられる。Bilda らは使用する道具の違い (紙とペン, CAD の 2 条件) がデザインのプロセスに与える影響を分析した [Bilda 2003]。この研究では、描く行為とアイディア生成が行われる頻度を条件間で比較している。結果として、紙とペンでは以前のアイディアを模写する行為が頻繁になされ、このことがデザインの再検討を促進すると指摘している。

第 2 に、時系列的なデータの発生パターンに着目した分析が考えられる。多人数インタラクションの研究では、ジェスチャがインタラクションに与える影響を分析するために、発話内容との共起性が調べられている [坊農 2007][細馬 2008]。

第 3 のアプローチは、データを大量に収集し、データマイニングにより知見を導くことである。中田らは多人数インタラクションの分析手法として、視線の向きなど人の行動をセンシングして大量のデータを自動的に取得し、データマイニングを行うことを提案している [中田 2011]。

本実験では、読みのプロセス分析の最初の試みとして、Bilda らが行った第 1 のアプローチにもとづいて行為の頻度や継続時間をメディア間で比較する。時系列的な分析は今回の実験をもとに仮説を踏まえて別途実施する必要がある。また、第 3 のアプローチは大量のデータが必要なため、今回の実験では採用できない。

5.3.3 実験方法

実験計画 実験デザインはメディアの種類（紙, PC）を要因とする参加者内要因計画である。全ての参加者が 2 種類のメディアで 1 回ずつ課題を行った。メディアと文書の組み合わせ、またこれらの各参加者内での試行順の影響が実験全体で相殺されるよう配慮した。

参加者 実験参加者は日本語を母国語とする 20~39 歳（平均 28.8 歳）の 16 名である（男性 7 名、女性 9 名）。参加者は PC 利用歴 3 年以上、矯正視力 0.7 以上を対象に募集した。

材料 実験 1 で用いた文書を利用した。1 ページの文書が 4 つあり、うち 3 つはグラフであり、残り 1 つは他の 3 つのグラフをもとに作成したテキスト文書である。テキスト文書には、グラフから読み取れる情報と整合しないエラーを意図的に埋め込んである。エラーは 2 種類あり、単一の図を参照することで検出できる単一文書エラーと、複数の図を参照しないと検出できない複数文書エラーがある。テキスト文書には、単一文書エラー、複数文書エラーを各々 4 個ずつ埋め込んだ。

課題 課題は与えられたテキスト文書を読んで間違いを見つけることである。グラフには間違いがないという前提のもと、グラフから読み取れる情報とテキストでの主張内容の矛盾点を間違いとして見つけてもらった。間違いを見つけた場合、紙ではその箇所に下線を引き、PC ではハイライトしてもらった。制限時間を設けず、自分のペースで校正作業を行ってもらった。

作業環境 作業環境は下記の 2 種類である。

- Paper 条件：文書を B5 サイズの紙にモノクロプリントしたものを使用した。
- PC 条件：PC は DELL Dimension C521, ディスプレイは BenQ LCD2700HD の 27 インチディスプレイ（解像度は 1920x1200）を利用し、PDF 文書で校正を行ってもらった。OS として Windows XP, PDF 文書の閲覧には Adobe Reader X を利用した。電子文書の移動や切り替えはマウスホイールを備えるマウスかキーボ

ードを介して行ってもらった。

本実験と同じ課題を用いた実験 2-1 では、27 インチディスプレイと同じスペースに作業スペースを制限しても、作業スペースを制限しない場合に比べて、紙では作業の効率や正確性が低下しないことが示された。そこで、27 インチディスプレイを使用すれば、課題を遂行するのに十分なスペースが提供できると考えた。文書の初期配置は Paper 条件では4つの文書を重ねて裏返しておき、参加者が文書を表に戻した段階で作業開始とした。また、PC 条件では4つの文書の左上を少しずつずらしたカスケード配置とし、作業開始までは画面をブラックアウトさせておいた。電子文書の文字の大きさは、紙での文字の大きさと物理的に同じなるように、電子文書の縮尺を事前に調整した。多様な操作が行われることを期待し、各条件ともにメディア特有の文書操作の仕方には特に制限を加えなかった。たとえば、PC 条件では文書の表示の拡大や縮小といった機能を使用することを許した。さらに、実験 2-1 と異なり、ウィンドウがディスプレイの領域の外にはみ出すことも許した。

手続き 実験に先立ち、各条件で発話思考法を交えた校正課題の練習を行った。また、PC 条件ではディスプレイの位置を各自の好みに調整してもらった。練習後、各条件で発話思考法を交えた校正課題を行い、校正後は間をおかずに事後報告のインタビューを行った。

5.3.4 結果と考察

作業時間とエラー検出率について、各々t検定を行った。図5-5に示すように作業時間はPC条件に比べて、Paper条件が短かった [$t(15)=2.1, p<.01$]。また、エラー検出率は条件間で違いはなかった [$t(15)=1.46, p>.1$] (Paper条件では89.8%, PC条件では83.6%)。PCに比べて紙での読みのパフォーマンスが高いという先の実験結果が確認された。

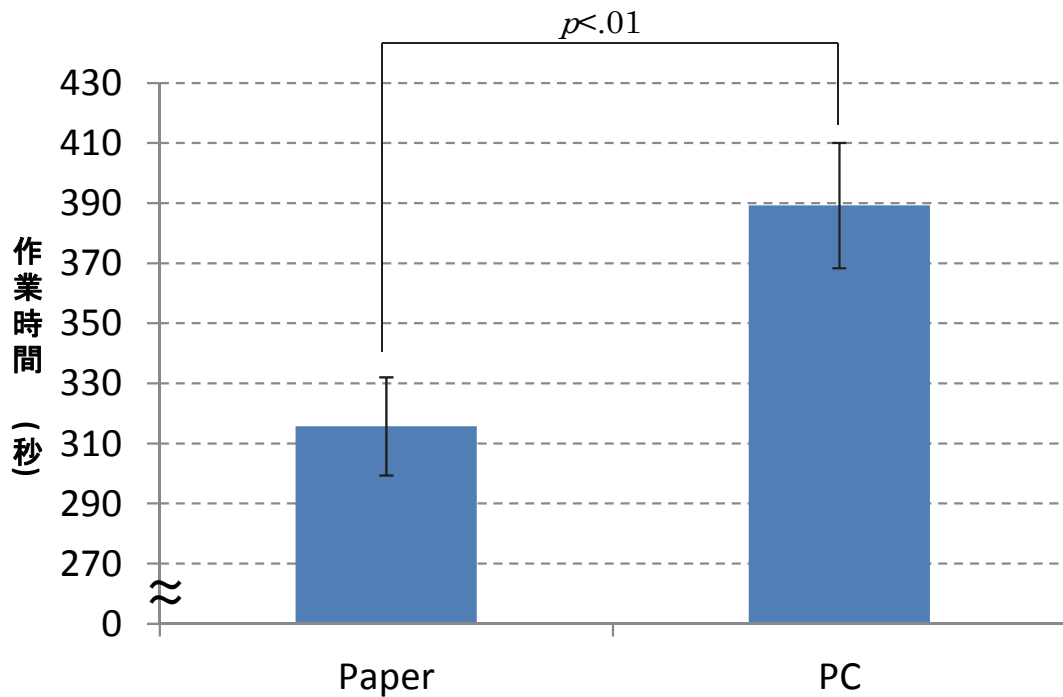


図 5-5 平均作業時間

5.3.4.1 各操作の発生回数

課題遂行中になされた各操作の平均回数を図5-6に示す。紙では拡大や縮小ができないように、メディア間に対応する操作がないものがある。そういった操作について図5-6では0回として表現した。また、分析対象とした行為のうち、両条件ともに1回も行われなかった行為については記載していない。

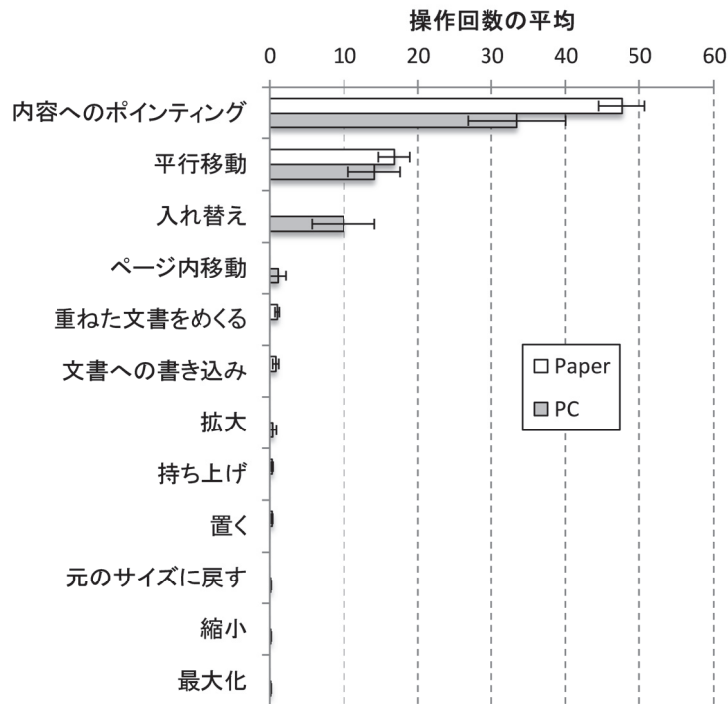


図 5-6 課題完了までに行われた各操作行為の平均回数

各条件ともに、内容へのポインティングがもっとも頻繁に行われた。内容へのポインティングについて、メディア間での違いを分析した結果を次条に示す。

5.3.4.2 内容へのポインティング

図5-7は内容へのポインティングの回数をメディア間で比較している。

ポインティングの回数についてメディア間でt検定を行ったところ、有意差が確認された [$t(15)=4.04, p<.01$]。PCに比べて紙でのポインティング回数が42.7%多かった。

前節で述べたようにこの種の読みでは、内容へのポインティングが頻繁になされる。そして、図5-7に示したようにPCに比べて紙は内容へのポインティングを促進するメディアといえる。紙では読んでいる箇所へのポインティングが頻繁になされるという第1の仮説が支持された。

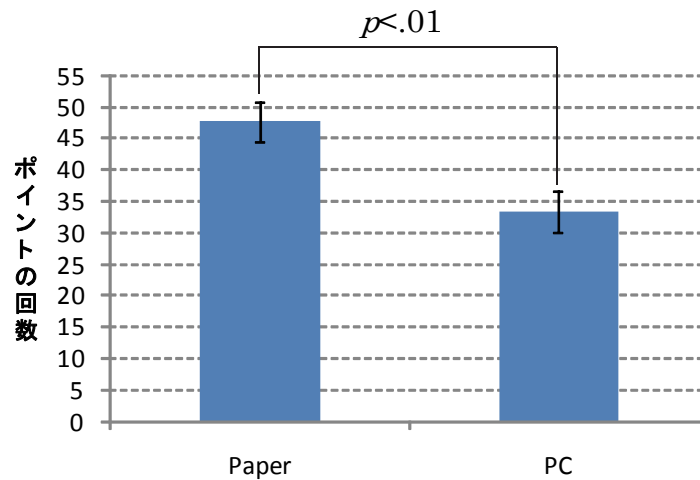


図 5-7 課題完了までに行われた内容へのポインティングの平均回数

PC に比べて紙でのポインティングの回数が多い理由は、ポインティングのたびに文書間で手を移動するコストが低いためと考える。PC では、ポインティングの際、文書間でカーソルを移動する必要がある。このとき、目標位置にカーソルが到達する前に参照を終えたため、カーソルの移動を途中で中断したと思われる行動が見られた。これに対し、紙ではこのような行動は見られなかった。カーソルに比べ手の移動コストが低いことに加え、文書の位置によって右手と左手を使い分けることで、手の移動距離が少なくなっているためと考える。

実際、文書の位置に応じて左右の手が使い分けられていることが観察された。参加者 16 名中の 9 名が 4 つの文書を横並び一列にして作業をしたが、テキスト文書については 5 名が左端、4 名が右端に置いた。テキスト文書を左端に置いた参加者は例外なく、左手でテキスト文書、右手でグラフ文書のポインティングを多く行った。一方、右端にテキスト文書を置いた参加者は、左右の手の使用傾向が上とは逆であった。紙では文書の位置によって右手と左手が使い分けられ、このことがポインティングをしやすくしていることが伺える。

さらに、紙でのポインティングではPCにはない使い方も見られた。頻度は多くないが、紙での内容へのポインティングの5.1%は両手を使って同時に2か所をポインティングしていた。複数箇所を同時にポインティングする理由について実験後のインタビューで興味深い報告がなされた。このタイプのポインティングは目的や効果の違いから以下の2種類に分けられる。

最初のタイプのポインティングは、文書間で視線を行き来する際の目印とするため

のものである。この種のポインティングは全体の 3.8%を占めた。たとえば、テキスト文書とグラフ文書の内容を照合する際に、各々の文書の参照箇所の近くに指を置いて見比べることがあった。この行為により「比較しやすくなる」「目の行き来を迷わずできる」という報告がなされた。紙では文書間の注意の行き来を支援できていることが伺える。

もうひとつのタイプのポインティングとして、片方の手で文章をなぞると同時に、別の手で文の始まりの位置をポインティングする行為が見られた。この種のポインティングは全体の1.3%を占めた。この行為について「なぞりながら読んで、かつ文の始めにすぐ目を戻せる」という参加者の意見があった。文章をなぞる行為には読みとばしや、読んでいる箇所を見失うことを防止する効果がある。PCでもカーソルを使って文章をなぞる行為が観察されたが、紙ではこれに加え、文の始めにすぐ戻ることが可能であった。このような行為は内容へのポインティング全体のなかで頻度は少ないが、これにより文の単位ごとの再読が容易になっていると考えられる。

既に述べたように、ポインティングが読みのパフォーマンスに影響を与える [柴田 2011b]。そして、今回の実験で、相互参照の読みでは内容へのポインティングが頻繁になされていることを確認した。このことから、ポインティングが相互参照の読みのパフォーマンスの決定要因であることがわかる。

5.3.4.3 文書の平行移動

課題完了までになされた文書の平行移動の平均時間を図5-8に示す。

文書の平行移動の時間についてメディア間でt検定を行ったところ、有意差が確認された [$t(15)=-2.5, p<.05$]。紙に比べてPCでは文書移動に費やす時間が長い。総作業時間に占める文書移動の時間の割合は紙では平均4.1%であるのに対し、PCでは倍に近い平均8.1%であった。PCに比べて紙での文書移動コストが小さいという第2の仮説が支持された。

ナレッジワーカのウィンドウ操作を分析した従来研究では、PC上での作業時間の7.4～9.1%がウィンドウの移動やリサイズといった操作に占められていた [柴田 2009]。この調査ではこの数値が多いのか少ないのかは不明であったが、紙との比較でいえばウィンドウの移動にかかる時間は半分近くまで短縮できる余地があることが本実験から示唆される。

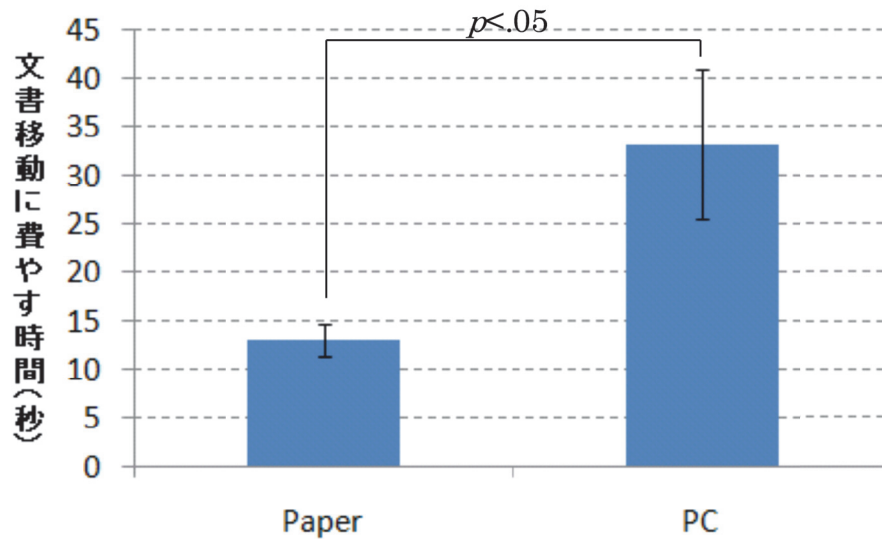


図 5-8 課題完了までに行われた文書の平行移動の平均時間

メディア間で文書の平行移動の時間に違いがある理由を明らかにするため、文書の平行移動の回数と1回の移動に費やされる時間を分析した。

まず、文書の移動回数についてメディア間でt検定を行ったところ、有意差は認められなかった [$t(15)=0.89$, $p>.1$] (Paper 条件では 16.8 回, PC 条件では 13.4 回)。紙と PC で文書移動の回数に違いはない。

次に、1回あたりの文書の平行移動に要する時間の比較を図 5-9 に示す。

1回あたりの文書の移動時間についてメディア間でt検定を行ったところ、有意差が確認された [$t(15)=-3.0$, $p<.01$]。紙に比べて PC では1回あたりの文書移動時間が長い。文書移動回数に違いがなかったことから、紙に比べて PC での文書の移動時間が長い理由は、1回あたりの文書移動に要する時間が長いからであることがわかる。この理由については追って考察する。

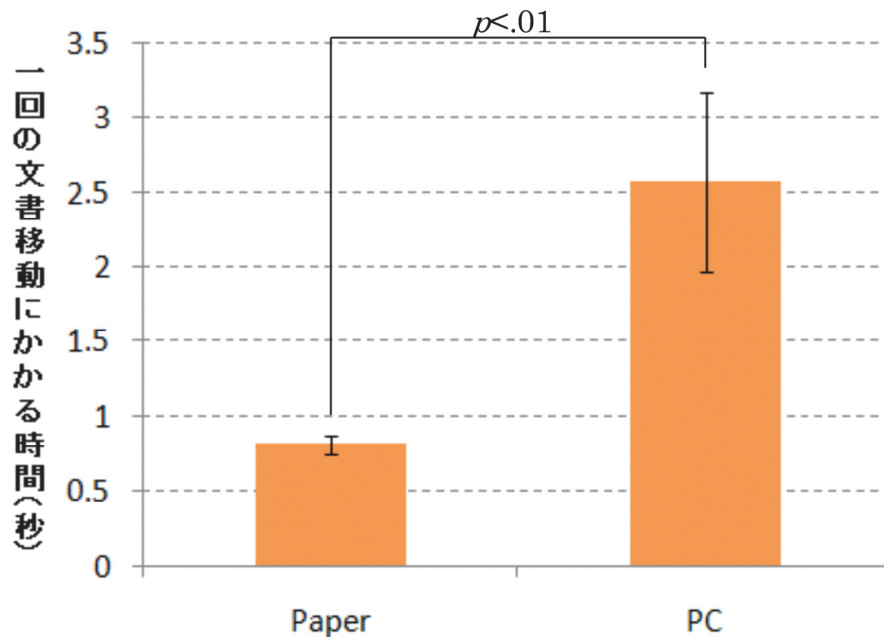


図 5-9 1回あたりの文書の平行移動の平均時間

5.3.4.4 紙での文書の平行移動のレパトリの整理

先の分析 (5.3.4.3) では文書の平行移動をひとまとめにして扱ったが、実際のところ、そのあり方は多様である。表 5-3 に紙での作業中に観察された文書の平行移動の種類と、各々の文書移動が文書移動全体の回数に占める比率を示す。

この分析から、以下のことが言える。第1に、紙では文書を持ちあげて3次的に移動する行為が頻繁になされた (1枚の文書に関して28.4%)。3次的に文書を移動できることで、電子文書での拡大・縮小に相当する行為 (文書と目との距離の調整) をしながら、平行移動を行うことができる。たとえば、持って目に近づけて読んでいた文書を読み終え、この文書をしばらく使わないと判断した際、文書を目から遠ざけながら机の離れた位置に置くことができる。これに対し、PCでは文書の拡大・縮小をしながら平行移動を行うことができない。このようなPCにはない紙の利点が読みを支援していると思われる。

第2に、紙では複数の文書を同時に移動することが少なくない (文書移動の 29.1%)。複数の文書を同時に移動できるのは紙の大きな利点であり、PC ではできない。このことが紙での文書移動の時間が短いことに寄与していると考えられる。

第3に、複数文書を同時に移動する行為の 40.4%が文書を異なる方向に移動するもの




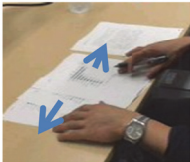
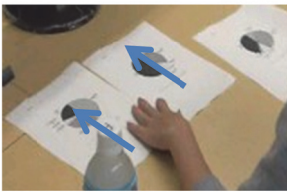

であった（移動の方向を上下左右に分類したうえで、同方向か否かを判定）。複数の文書を同時に異なる方向に移動できることで、文書を広げたり、文書同士の位置の入れ替えを効率的に行うことができる。すなわち、複数の文書を同じ方向だけでなく異なる方向にも移動することも紙の利点であり、文書の配置効率の高さに寄与していると思われる。

第4に、紙では1枚の文書を滑らせて移動することが多い（文書移動の39.5%）。その目的を分析すると意外な結果が見えてくる。事後報告のインタビューにおいて、実験者の質問（行為の意図の不明点）に全て答えてくれた1名の参加者の分析について述べる。結果として、1枚の文書を滑らせる移動の目的は、第1に文書に注意を向けたりそらしたりするため（37.5%）、第2に読んだり書いたりするために文書を手元に引き寄せたり、書きやすい向きに文書を回転させるといった文書の位置や角度の微調整（37.5%）、第3に文書の重なり除去や位置を入れ替えるため（25%）であった。第1のタイプの移動について、参加者のコメントを引用すれば「文書に触らないと自分のものになった感じがしない（触った際に紙が動いた）」「移動する必要はなかったが、こっちの文書は読んだので、別の文書に向かうつもりで、（読んだ文書を）突き放した」というものであった。すなわち、1枚の文書を滑らせる移動において、その目的の大半は配置の変更ではなく、自分がどの文書に注目するかの意図を表明したり、文書の位置や角度を微調整するためであった。

この分析は1人の参加者のみを対象としたものであるが、他の参加者でも同様の結果が得られることが推測される。この裏付けとして、文書移動の前後での他の文書との相対的位置関係の変化を分析してみた。結果として、移動前後で文書の内容が隠れたり表れたり、また他の文書との上下左右の並びが入れ替わることのない文書移動が全体の69.8%であった。他の参加者についても、1枚の文書を滑らせる移動の目的の大半は配置の変更ではなく、文書に注意を向けたりそらしたり、文書の位置や角度を微調整するためであったと思われる。

この種の文書移動は、これまでその重要性が指摘されることはなかったが、発生頻度が多いことに加えて、自分が注目すべき文書を明確にしたり、位置や角度の微調整により目との距離や光の反射を調整するといった効果がある。この種の文書移動が読みにどのような影響を与えているのか、今後さらに追究する必要がある。

表 5-3. Paper条件で観察された文書の平行移動のレパトリ

操作行為		行為の様子	相当するPCでの文書移動の有無	文書移動全体に占める比率(%)
1枚の文書を移動する	1枚の文書を滑らせて移動		○	39.5
	1枚の文書を持ちあげて移動		×	28.4
	1枚の文書を浮かせて滑らせて移動		○	3.0
複数枚の文書を同時に移動する	複数枚の文書を両手で異なる方向に同時に移動		×	11.8
	複数枚の文書を片手で同じ方向に同時に移動		×	10.7
	複数枚の文書を両手で同じ方向に同時に移動		×	6.6

次に、同じ文書の平行移動であっても、今度は文書移動での接触位置について分析を試みる。図 5-10 に文書を滑らせて移動した場合と持って移動した場合の接触位置の割合を示す。

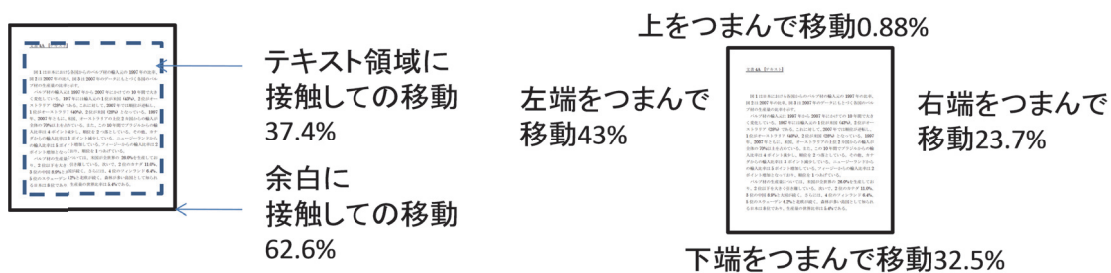


図 5-10 紙文書を滑らせて移動する場合（左）と
持って移動した場合（右）の接触位置の割合

文書への接触位置が多様なことから、紙文書に対する接触位置の自由度の高さが、紙文書の操作のしやすさにつながっていることが考えられる。紙文書を滑らせて移動する行為の 37.4%ではテキスト領域に手を触れていた。そして、その 25.4%がテキストをポインティングしていた指を使っての文書移動であった。このような移動では、ポインティングをしていた位置から指を動かさずに、その場で文書に力をかけることで文書を滑らせていた。これに対し、PCではテキストをポインティングしていた状態から文書を移動するためには、カーソルをウィンドウのタイトルバーまで移動する必要がある。紙文書は接触位置の自由度が高いため、他の操作をしている最中にも、すぐに文書移動に移行できる。また、文書を持って移動する際に、上下左右のどこを持っていても良いことも文書移動のしやすさに寄与していると思われる。PCのように文書の上部のみ保持位置が制限されている場合に比べて、保持位置まで手を移動する距離を短くできると考えられるためである。実際、図 5-10 の右に示すように、文書の上以外はまんべんなく持たれており、すぐに保持できる位置が選ばれていたことが伺える。このことも文書移動のための準備動作をしやすくしていると考えられる。

ここで見たように、紙での文書の平行移動では目的に応じて操作対象である文書の枚数や移動方法、文書の接触位置を柔軟に変えていた。こうした事柄が紙での読みを支援していると考えられる。

5.4 実験 2-3：文書の配置効率の比較

実験 2-2 では、複数の文書を相互に参照する読みでの PC に比した紙の優位性は、文書へのポインティングと、文書移動のしやすさにあることが示唆された。また、紙での文書移動は多様で、状況に応じて文書を移動する枚数や、文書の接触位置や移動の仕方を柔軟に変えていた。こうした文書移動の多様さが、紙での文書の配置変更を支援して

いると考えられる。

そこで、実験 2-3 では文書を指定した配置に並べる実験を実施し、紙と PC での文書の配置効率の違いと、配置効率に影響を与える要因について検証を行った。実験 2-2 から、PC に比べて紙での文書の配置効率が高く、先にあげたような様々な紙の利点が配置効率に寄与していたことは明白に思える。しかし、本実験のように制御された環境において確認し、その違いや影響の程度がどれほどなのかを定量的に確認することは重要である。

実験の仮説は以下の 4 点である。第 1 に、PC に比べて紙での文書の配置効率が高いと予想する。実験 2-2 では、PC に比べて紙での文書配置に費やされる時間が短かった。この実験では、読みの最中になされる文書移動を調べたが、文書の配置課題でも PC に比べて紙での文書配置に費やされる時間が短いと予想する。

第 2 に、両手を使って複数の文書を同時に移動できることが紙での文書配置効率に寄与していると予想する。実験 2-2 では、実験参加者はしばしば両手を使って複数の文書を同時に移動していた。このことが PC に比べて紙での文書配置に費やされる時間が短い一因であると考えられる。すなわち、両手で複数の文書を同時に移動できることが文書の配置効率の向上をもたらすと予想する。

第 3 に、文書の接触位置の自由度が高いことが紙での文書配置効率に寄与していると予想する。実験 2-2 では、紙での文書移動の際の接触位置が多様であることが示された。言い換えれば、紙では文書の接触位置の自由度が高い。これにより、接触位置が制限されている場合に比べて、接触位置まで手を移動する距離が短くなり、文書の移動がしやすくなっていると思われる。さらに、接触位置が制限されている場合に比べて、接触位置を確認する手間が少ないことも、文書の移動のしやすさに寄与していると思われる。これらのことから、文書の接触位置の自由度が高いことが、配置効率の向上をもたらすと予想する。

第 4 に、マウスを介した間接的な文書移動より、手による直接的な文書移動が速いと予想する。実験 2-2 では、PC に比べて紙での文書配置に費やされる時間が短い理由として、1 回あたりの文書移動時間が短いためであることが示された。このことから、マウスを介した間接的な文書移動より、手で直接的に文書を移動する方が速いと予想する。

5.4.1 実験方法

材料 実験 2-3 では、文書を指定した配置に並べる作業を行う。材料として、文書の左上に文書番号 (1~4) を記載した B5 サイズの紙文書、それと物理的に同じサイズに表示される電子環境でのウィンドウを利用した。

課題 課題は、文書を指定した配置に並べることである。最初に図 5-11 に示すような文書配置 (目標配置) をディスプレイ (10.5 インチのノート PC) で提示する。目標配置では、4×4 に 16 分割した作業スペースのどの位置にどの文書を配置するかが指定されている。紙またはディスプレイでの作業スペースも同様に 16 分割の格子が表示されており、指定された番号の文書を指定された位置に配置するよう指示した。

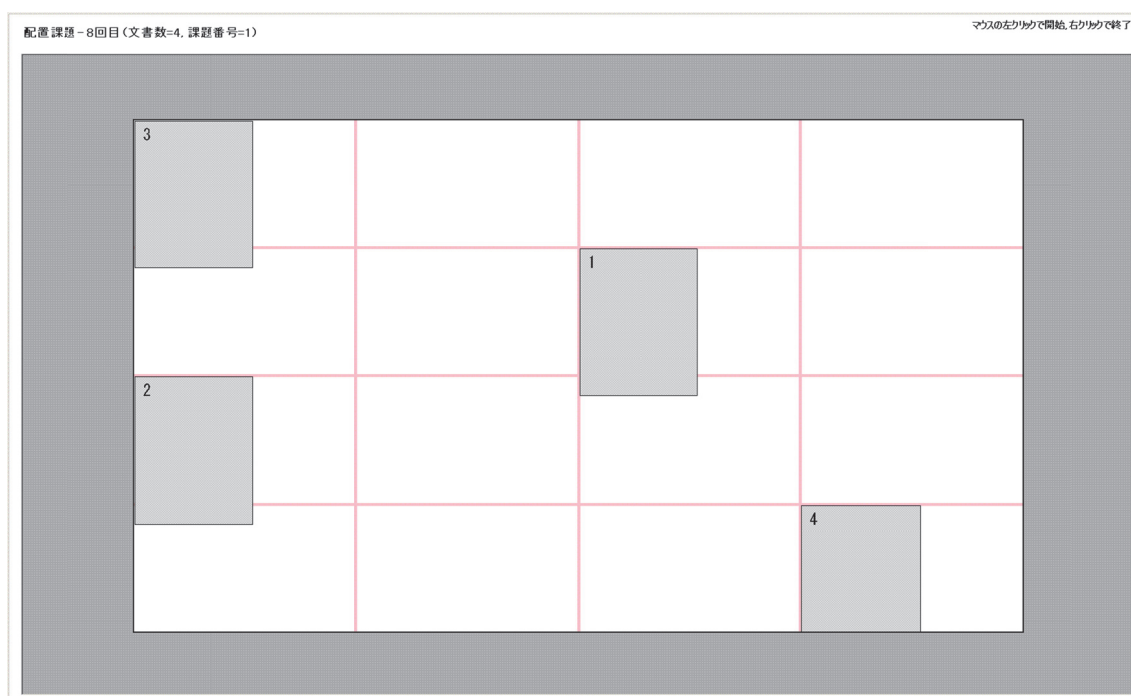


図 5-11 文書配置の提示例

PC での文書配置では、実験 2-1 と全く同じ PC とディスプレイ (27 インチ) を利用した。デスクトップの背景を水色にし、そこに 4×4 の 16 分割の格子を赤色で表示した。紙での文書配置では、水色の模造紙に PC 条件でのディスプレイの表示領域と同じサイズの作業枠 (58.2×36.3cm) を描画し、そのなかに 4×4 の 16 分割の格子を赤色で描画した。

実際の配置作業では、開始ボタンを押してから文書の配置作業を行い、最後に終了ボタンを押すという一連の作業をできるだけ速く、正確に行うよう指示した。開始と終了のボタンは、参加者の左側に参加者から全条件で等距離になるように置いた。目

標配置は、配置の作業中にも閲覧できるようにしたが、配置作業を速く行えるよう、出来る限り目標配置を覚えて、作業中は閲覧しなくてすむよう推奨した。

配置の正確さについて、PC、紙の両方の条件において、格子の角と文書の左上の位置とのずれが 1cm 以内になるように心がけてもらった。ただし、評価の段階では、明らかに別の位置に文書を配置した場合を除いて、数 cm 程度のずれについては正解とみなした⁹⁾。複数の文書が互いに重なり合う場合、どちらの文書を上に置くかという問題が生じるが、どちらでもよいことを明示した。また、格子に対して文書を斜めに置いても問題ないものとし、格子の位置と文書の左上の位置の関係のみから配置の正しさを判断した。

参加者 参加者は実験 2-1 に参加した 24 名である。

条件 実験環境として、次の2種類を用意した。

- 机上で紙文書の配置を行う
- ディスプレイ上でウィンドウの配置を行う

さらに、机上で紙文書の配置を行う際、必要に応じて以下の制約を課した。

- 片手 (利き腕) で作業を行う。この際、誤って利き腕の反対の手で操作することを避けるため、利用しない手にリストバンドを巻くことを推奨した。
- 紙に触る領域を限定して作業を行う。この際、B4の紙の上部7mm (ウィンドウのタイトルバーと物理的にはほぼ同じ高さ) が青色にプリントされた紙を利用し、紙に触る場合には、指の一部が青色の領域に触れていることを制約として課した。

片手で操作させるのは、両手を使って複数の紙文書に同時操作を行うことの利点を調べるためである。

以上、紙環境では、両手で作業する場合と片手で作業する場合、紙に触る位置が制限されていない場合と制限されている場合の 4 種類がある。これに PC 環境を加えた 5 種類の作業条件を表 5-4 にまとめる。

⁹⁾ 正確には文書の左上から最短の位置にある格子が配置の指定された格子位置の場合に正解とみなした。

表5-4. 文書配置課題での作業条件の整理

環境	条件	説明
紙	Free	制約なし(通常の紙に対する操作と同じ)
	Single-hand (略してSingle)	紙に対して片手で操作
	Area-restricted (略してArea)	紙に触る領域を制限
	Single-hand & Area-restricted (略してSingle & Area)	紙に対して片手で, 触る領域を制限して操作
PC	PC	マウス操作でウィンドウを配置

さらに, 配置する文書の数パラメータとして制御した. 文書数として, 1, 2, 4 の 3 水準を設定した.

手続き 最初に練習を 10 分間行った. 練習では, 特に普段行うことのない, 片手での紙の操作, 触る領域を制限した場合の紙の操作に慣れてもらうことを重視した.

作業条件が 5 水準, 文書数が 3 水準であり, 条件は全体で 15 ある. 各参加者が各条件で 3 回ずつを試行し, 全体で 45 回の文書配置を行った. 作業条件と文書数の組み合わせ, またこれらが各参加者内で何回目に行われるかについては, 振り分けが全体で均等になるように計画的に配置し, 作業条件と文書数の試行順の影響が実験全体で相殺されるよう配慮した.

5.4.2 結果と考察

図 5-12 に配置課題での作業時間の比較を示す. 文書が違う格子に配置された場合には配置エラーとして分類したが, 配置エラーの発生頻度は 2.0%と低く, 条件間での違いもなかった. 図 5-12 は配置エラーを除いた作業時間の平均である.

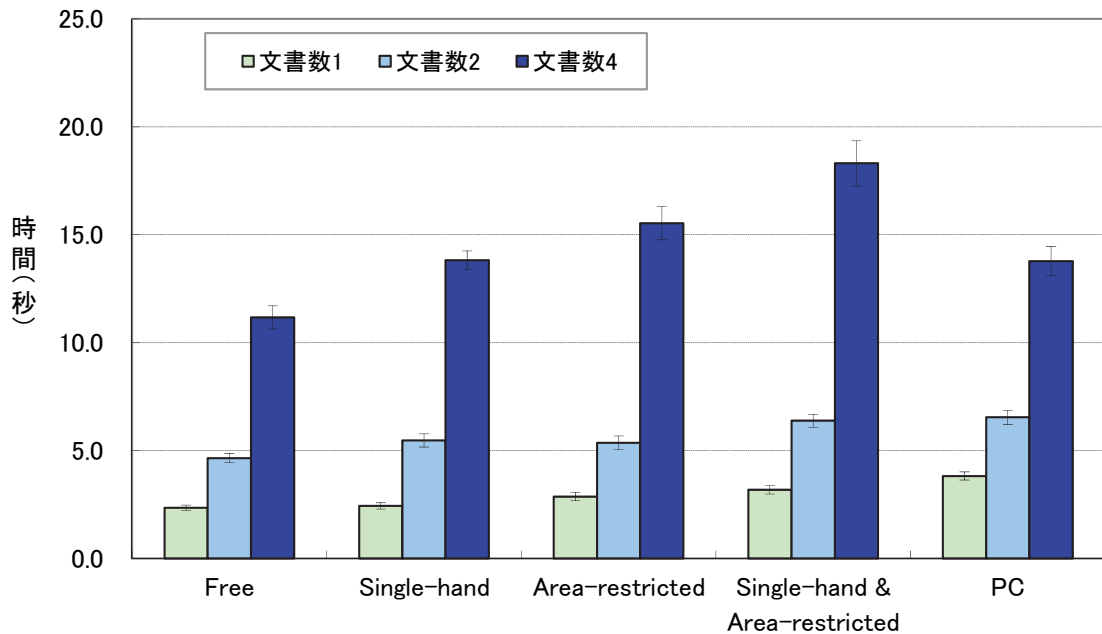


図 5-12 配置課題での作業時間

(グラフの視認性の低下を避けるため、このグラフのみ有意差を記載していないが、作業条件と文書数のいずれにおいても有意差が認められた)

作業条件 (Free, Single, Area, Single & Area, PC), 文書数 (1 つ, 2 つ, 4 つ) の要因に関して 2 要因分散分析を行った。その結果, 作業条件, 文書数のいずれにおいても主効果が認められた [それぞれ, $F(4, 92)=41.6, p<.001$; $F(2, 46)=457.7, p<.001$]. 2 要因の交互作用も有意であったため [$F(8, 184)=29.9, p<.001$], 文書数ごとに作業条件の要因の単純主効果を検討した。単純主効果はいずれも有意であり [文書数 1, 2, 3 の各々について, $F(4, 92)=32.6, p<.001$; $F(4, 92)=15.0, p<.001$; $F(4, 92)=38.1, p<.001$], LSD 法による下位検定の結果, 以下の順に作業時間が短いことがわかった [いずれも $p<.05$].

- 文書数 1 の場合

Free \doteq Single < Area \doteq Single & Area < PC

- 文書数2の場合

Free < Single \doteq Area < Single & Area \doteq PC

- 文書数4の場合

Free < Single \doteq PC < Area < Single & Area

さらに、作業条件ごとに文書数の要因の単純主効果を検討した。全てに主効果が認められ [Free, Single, Area, Single & Area, PC の各々について, $F(2, 46)=308.7$; $F(2, 46)=261.0$; $F(2, 46)=258.9$; $F(2, 46)=213.7$; $F(2, 46)=289.0$ であり, いずれも $p<.001$], LSD 法による下位検定の結果, 全作業条件において, 文書数 1, 文書数 2, 文書数 4 の順番で作業時間が短いことがわかった [いずれも $p<.001$].

配置課題における各条件での作業時間の結果から, 以下のことがわかる。第 1 に, PC に比べて紙での作業時間が短い。Free 条件と PC 条件の比較において, 1, 2, 4 のいずれの文書数の場合においても, Free 条件は PC 条件よりも速くなっている。Free 条件は PC 条件に比べて, 文書数 1 の場合は 62.9%, 文書数 2 の場合は 40.6%, 文書数 4 の場合は 23.3%作業時間が短い。PC に比べて紙での文書配置効率が高いという第 1 の仮説が支持された。

第 2 に, 複数枚の文書を配置する必要がある状況では, 紙に対する操作可能な手を利き手のみに制限すると, 制限しない場合に比べて作業時間が長くなる。文書数 1 の場合において, Free 条件と Single 条件の間, さらには Area 条件と Single & Area 条件の間に有意差がない。一方, それ以外においては全て, Free 条件よりも Single 条件の方が作業時間が長く, Area 条件よりも Single & Area 条件の方が作業時間が長くなっている。これらの条件の違いは, 両手を使って複数の文書に対して同時に操作できるか否かであり, これが作業時間の違いをもたらしている。両手を使って複数の文書を同時に移動可能なことが紙での文書配置効率に寄与しているという第 2 の仮説が支持された。

第 3 に, 紙文書に対する接触領域を限定すると, 限定しない場合に比べて作業時間が長くなる。Free 条件よりも Area 条件の方が作業時間が長く, Single 条件よりも Single & Area 条件の方が作業時間が長くなっている。これらの条件の違いは, 操作位置が限定されているか否かである。文書の接触位置の自由度が高いことが, 紙での文書配置効率に寄与しているという第 3 の仮説が支持された。

第 4 に, 操作可能な手を利き手に制限し, さらに接触領域を限定しても, PC に比べて紙で文書を 1 枚配置する時間が短い。PC でのウィンドウの移動操作はマウスを使った片手での操作であり, これは紙での Single & Area 条件での操作に対応する。文書数が 1 の場合, Single & Area 条件は PC 条件に比べて 20.1%作業時間が短い。これは文書を手で直接移動する方が, マウスを介して間接的に移動するよりも高速であることを示している。マウスを介した間接的な文書移動より手による直接的な文書移動が速い

という第4の仮説が支持された。実験2-2では1回あたりの文書移動時間はPCに比べて紙が短いことが示されたが、その理由が紙では手で直接的に文書を移動できるためであることが示唆された。

最後に、PC条件とSingle & Area条件の処理時間の関係においては一貫した結果が得られていない。具体的には、文書数1ではSingle & Area条件の方がPC条件よりも作業時間が短く、文書数2では両者は同程度であり、文書数4では逆にSingle & Area条件の方がPC条件よりも作業時間が長くなっている。この理由について以下のように推察する。

文書数が2以上の場合、文書に重なりが生じることがある。紙の条件で重なっている下の文書を移動する際、以下で示すような厄介な問題が生じることがある（これを「重なり除去問題」と呼ぶことにする）。すなわち、片手での操作の場合（Single条件）、重なっている下の文書を移動すると、意図せずに上の文書も一緒に移動してしまうことがある。この場合、既に配置を終えたはずの文書の位置を再び調整しなくてはならない。また、操作位置が限定されている場合（Area条件）、下の文書の操作位置が上の文書に隠れてしまっていて見えないことがある。この場合、一旦、上の文書を移動して、下の文書の操作位置を見えるようにしてから移動操作を行う必要がある。これに対してPCでウィンドウを移動する際には、常に単一のウィンドウのみが移動対象であり、それに応じて他のウィンドウまでが移動してしまうことはない。また、操作対象のウィンドウが別のウィンドウに隠れている場合でも、下のウィンドウの任意のエリアあるいはタスクバーでアイコンのクリックにより、操作対象のウィンドウを簡単に前面化することができる。

重なり除去問題が頻繁に生じる文書数4の場合に、Single & Area条件における配置はPC条件よりも遅い。逆に、先に述べたように重なり除去問題が全く生じない文書数1の場合には、Single & Area条件はPC条件よりも高速である。文書数2の場合にも重なり除去問題が生じるが、その頻度は文書数4の場合ほどではなく、Single & Area条件とPC条件の作業時間は同程度である。重なり除去問題が生じない限りにおいて、Single & Area条件においても紙に対する操作はPCでの操作よりも高速だと考えられる。

5.5 結論

本章では、業務で頻繁に生じる複数の文書を相互に参照する読みを対象として、紙と

PCの利用が読みの効率に与える影響の検証と、読みの効率に違いがある場合には、その影響要因を明らかにすることを目的として、実験を行った。従来研究では、読みのプロセスの観察から、PCに比べて紙が複数の文書を相互に参照する読みを効果的に支援していることが指摘されていた。しかし、その効果は観察にもとづき定性的に議論されており、定量的に示されることはこれまでなかった。そこで、複数の文書を相互に参照しながら文書を校正する課題を対象として、紙とPCでの読みのパフォーマンスを比較した。また、メディア間で読みのパフォーマンスに違いが生じた理由を追求するため、読みのプロセスについても比較を行った。具体的には、読んでいる最中に文書になされる操作行為を予め類型化し、紙で読んだ場合とPCで読んだ場合とで、どのような行為がどの程度行われるのかを分析した。さらに、読みに影響を与えた要因として示唆されたメディア間での文書の配置効率の違いと、その影響要因を検証するための実験を実施した。実験結果を表5-5にまとめ、概要を以下に示す。

まず、PCに比べて紙での読みのパフォーマンスが高かった。PCに比べて紙での校正が有意に速く、エラー検出率も有意に高かった。

次に、読みのプロセスの分析から以下の2つの行為が紙での読みを支援していたことが示唆された。

第1に、紙では文書をポインティングする行為が読みを効果的に支援していた。紙とPCの両方においてポインティングが頻繁になされており、複数の文書を相互に参照する読みでは、ポインティングが重要な役割を果たしていることがわかる。読み手はポインティングをすることで、文書間での注意の行き来をしやすくしたり、読み飛ばしや読んでいない箇所を見失うことを防止していた。PCに比べて紙ではポインティングが有意に多くなされており、このことが読みの効率を向上させていたことがわかる。

第2に、紙では文書の配置変更により、読みが阻害されない。文書の移動に費やされる時間はPCに比べて紙が有意に短かった。さらに、そのあり方も多様で、操作対象となる文書の枚数や、移動の際の接触位置も状況に応じて使い分けられていた。PCと異なり紙では、複数の文書を同時に移動できることで、効率の高い文書移動が可能である。また、PCでは文書を移動するためにカーソルをタイトルバーまで移動する必要があるのに対し、紙では接触位置の自由度が高いため他の行為から文書移動への移行がしやすい。こうしたことが紙での読みを支援していたことがわかる。

最後に、PCに比べて紙での文書の配置効率が高く、その理由が両手を使って複数の文書を同時に移動できること、文書の接触位置の自由度が高いこと、手で直接文書を移動できるためであることが明らかとなった。文書の配置課題での作業時間はPCに比べ

て紙が有意に短かった。また、紙での操作について、操作に利用できる手を片手に制限したり、文書の接触領域を制限することで、作業時間が有意に長くなった。このことから、両手を用いて複数文書に対して同時操作が可能なこと、文書の接触位置の自由度が高いことが配置効率に寄与していることがわかる。さらに、操作可能な手を片手に制限し、文書の接触領域を制限したとしても、PCに比べて紙での文書移動が有意に速かった。このことから、マウスを介して間接的に文書を移動するよりも、手で直接文書を移動する方が速いことが明らかとなった。

表 5-5. 実験結果の概要
(下線の箇所が数量データの比較にあたり、
検定により有意差を確認した箇所を示す)

分析対象の読み	参加者	メディアの違いが読みに与える影響	影響要因	影響要因についての詳細分析
業務の中で文書を1人で読む活動(複数の文書を相互に参照する読み)	実験2-1: 24人 実験2-2: 16人 実験2-3: 24人	<p>○作業効率: 紙>PC <u>作業に要する時間: 紙<PC (23.2%紙が短い)</u></p> <p>○作業の正確性: 紙>PC <u>エラー検出率: 紙>PC (11.6%紙が高い)</u></p> <p>-作業のパフォーマンスはPCに比べて紙が高い</p>	<p>①ポインティングのしやすさ: 紙>PC ・<u>ポインティングの発生回数: 紙>PC (42.7%紙が多い)</u></p> <p>-紙では、文書間の注意の行き来を支援したり、読み飛ばしを防止するポインティングがしやすい。</p> <p>②文書の移動のしやすさ: 紙>PC ・<u>読みの最中に文書移動に要する時間: 紙<PC (総作業時間に占める文書移動時間の割合は紙では4.1%, PCでは8.1%)</u></p> <p>・<u>文書配置課題に要する時間: 紙<PC (文書数1の場合で62.9%, 文書数2の場合で40.6%, 文書数4の場合で23.3%, 紙はPCよりも作業時間が短かった)</u></p> <p>-紙では文書の配置変更により読みが阻害されない。</p>	<p>①ポインティング ○カーソルの移動が遅いことが、ポインティングすることを阻害 ・カーソルの移動が遅いため、ポインティングをする前に必要な情報の取得を終えてしまう事例が観察された。</p> <p>②文書の移動 ○紙では複数文書を同時に移動可能なことが配置効率に寄与 ・<u>文書配置課題に要する時間: 紙(片手)>紙(両手)</u></p> <p>・読みの最中になされた紙文書の移動の29.1%が複数文書の同時移動であった。</p> <p>○紙では操作を視覚に依存していないことが、文書の配置効率に寄与 ・<u>文書配置課題に要する時間: 紙(接触領域の制限有り)>紙(接触領域の制限無し)</u></p> <p>・読みの最中に、紙文書を移動した際の接触位置は多様。滑らせる場合の接触位置の37.4%がテキストであり、残りは余白に接触した。持って移動する際の0.88%が上端、23.7%が右端、32.5%が下端、43%が左端を保持していた。</p> <p>○手で直接文書を移動することが文書の配置効率に寄与 <u>文書配置課題に要する時間(文書数1): PC>紙(接触領域を制限し、片手で操作)</u></p>

第 6 章 業務の中で文書を複数人で読む場合：文書を参照しながら議論する

本章では、業務の中で文書を複数人で読む活動として、業務の中で頻繁に生じる文書を参照しながら議論する場面を取り上げる。文書をタブレット端末や PC で表示した場合と、紙文書を利用した場合での、文書を参照しながらの議論のプロセスを比較する。これらのメディアの違いが議論のプロセスに与える影響を定量的に検証し、影響が存在する場合には、その影響要因を明らかにすることを目的とする。

本章の構成は以下の通りである。第 1 節では本実験の背景について述べる。第 2 節で実験の目的と仮説、第 3 節で実験方法について説明する。第 4 節は実験結果と考察である。第 5 節で本実験の結果を結論としてまとめる。

6.1 序論

4 章、5 章の実験では娯楽を目的とした読みと、業務の中で頻繁に生じる複数の文書を相互に参照する読みを取り上げた。いずれの読みにおいても、紙の優位性が示され、その理由が文書の操作性の違いに起因していることが示された、

これらの実験は、いずれも個人が単独で文書を読む活動を対象としている。しかし、1 章でも述べたとおり、業務の中では複数人の会議や打ち合わせで文書を読むことも多い。読むためのメディアが紙から電子メディアへ移行することの影響を明らかにするためには、こうした読みについても分析対象とする必要がある。

ここで、3 章でも述べたとおり、業務の中で文書を複数人で読む活動として、文書を参照しながら議論することが頻繁に生じている。

そして、業務のプロセスの観察から、文書を参照しながらの対話を PC に比べて紙が効果的に支援していることが指摘されている。既に述べたとおり、PC に比べて紙では文書の配置変更がしやすく、必要に応じて相手と一緒に読める位置に文書を置いたり、

相手の顔が見える位置で文書を読むことがしやすい。また、PC と異なり、紙では文書操作に気を取られることなく、相手の状況を踏まえて対話を行うことができる。

しかし、これら PC に比べた紙の利点は観察をもとに定性的に議論されることが多く、その効果が定量的に示されることはなかった。

また、これらの研究での紙との比較対象は PC であり、iPad を代表とするタブレット端末を対象としたものではなかった。しかし、近年ではタブレット端末は個人での利用だけでなく、議論の場でも使われはじめている [Hess 2012]。こうした議論の場でタブレット端末が好んで利用される背景として、タブレット端末への次のような期待があると考えられる。すなわち、タブレット端末は PC に比べて軽くて持ちやすく、相手に見せたり、一緒に覗き込むことが容易である。また、マウスやキーボードに比べてタッチパネルによる直感的な操作が可能である。これらの特徴が使用者の期待通りであれば、相手の状況を把握する余裕が生じ、相手のペースで話を聞くなど、相手とのやりとりをおろそかにせず対話を行うことが可能になる。一方、紙に比べればタブレット端末は操作性に劣るという指摘がある [Shibata 2012]。使用者の期待に反し、議論に悪影響を与えている可能性もあるが、その影響は未検討のままである。

こうしたことを踏まえ、本実験では文書を参照しながら議論を行う場をとりあげ、紙、タブレット端末、ノート PC の利用が議論のプロセスに与える影響を定量的に比較する。また、メディア間で議論のプロセスに違いが生じた場合は、その影響要因についても検討を行っていく。

6.2 目的と仮説

6.2.1 目的

本実験では、業務の中で文書を参照しながら複数人で議論する場面をとりあげ、紙、タブレット端末、PC の利用が議論のプロセスに与える影響を定量的に比較する。業務での議論の場面は多岐に渡るが [Sellen 2001][Marshall 2009]、本章では同僚と文書を持ち寄って、問題解決のために意見を言い合い、意思決定を行っていく場面を想定して実験を行う。この種の議論はオフィスのオープンスペースやカフェなどで頻繁になされている。

実験では、業務中に文書を持ち寄って少人数で議論する場面を想定して、以下の3つ

の観点に着目する。第1の観点は、本質的な意見交換のしやすさである。問題解決においてはアイデアを出し、そのメリット・デメリットの検証を繰り返すという目的に対する本質的な意見交換が結論の質を向上させる。本質的な意見交換が効率的にできると、短時間で質の高い結論を導くことができる。業務での議論では質の高い結論を導くと同時に、短時間で結論を出せることも重要なため、本質的な意見交換のしやすさに着目する。

第2の観点は、作業文脈の共有のしやすさである。本稿で扱う小人数の打ち合わせでは、参加者が各々に自分の文書を持ち、各自のペースで文書閲覧を行うケースも多い。こうした状況では1つの文書を共有する場合に比べて各々が自分の見たいページを見ることができる。しかし、この特徴は参加者の作業の分離を促し、作業文脈が共有できずに円滑なコミュニケーションが阻害される危険性がある [Inkpen 2005]。このような状況でメディアがどのような役割を果たすのかを調べる必要がある。

第3の観点は、コミュニケーションへの配慮のしやすさである。本稿におけるコミュニケーションへの配慮とは、相手の感情や意図を確認しようとしたり、相手に自分の思いを伝えようとする社会的なやりとりである。業務での議論では、企画の立案や人事配置など正解が一つとは限らない問題を扱うことが多い。このような状況では、参加者間で満足できる妥当な解決策を見つけることが目標となる [McGrath 1984]。こうした場面では、コミュニケーションへ配慮することが納得感の高い結論を導くために重要である。自分だけでなく相手にとっても納得度の高い結論に至るためには、自分の意見や提案に対して、相手が許容しているか否かを確認していく必要がある。また、相手の考えを結論に反映させるためには、相手に発言を促し、相手の考えを知っていくことも重要である。さらに、自分にとって納得度の高い結論に至るためには、自分の思いを伝えていく努力も必要になる。

6.2.2 仮説

実験では以下の3点を仮説として定める。第1に、紙、タブレット端末、PCの順に本質的な意見交換はしやすいと予想する。文書の操作性が低いと、操作に手間取って対話を止めるケースが多くなるという指摘がある [Sellen 2001]。また、先の実験(4章)では、紙、タブレット端末、PCの順に文書を読む際に生じる操作の認知負荷が低いことが示唆された。これらのことから、操作に手間取って対話を止めることは、紙、タブレット端末、PCの順に少なくなり、本質的な意見交換が促進されると予想する。

第2に、紙、タブレット端末、PCの順に作業文脈を共有しやすいと予想する。相手

に文書を見せるために、文書を移動する行為は紙、タブレット端末、PCの順にしやすいと考える。また、机に垂直に画面を置いて読むPCより、水平に置いて読むことの多い紙やタブレット端末では、相手の文書を覗きこみやすいと考える。これらのことから紙、タブレット端末、PCの順に相手の文書を見る頻度が多くなり、互いの読んでいる箇所や議論のポイントなどの作業文脈の共有も促進されると予想する。

第3に、紙、タブレット端末、PCの順にコミュニケーションへの配慮がしやすいと予想する。操作に手間取ると、相手よりも画面に意識が向きがちになり、相手の状況を踏まえて対話しにくくなるという指摘がある [Sellen 2001][Margalit 2006]。また、先(4章)の実験から、紙、タブレット端末、PCの順に操作の認知負荷が低いと考える。操作の認知負荷が低いメディアでは、コミュニケーションに配慮する余裕が生じると予想する。

6.3 実験方法

実験計画 実験デザインはメディアの種類(紙, iPad, PC)を要因とするグループ内要因計画である。全てのグループ(2人1組)が3種類のメディアで1回ずつ課題を行った。メディアと文書の組み合わせ、これらの各グループ間での試行順の影響が実験全体で相殺されるよう配慮した。

参加者 実験参加者は日本語を母国語とする20~39歳(平均28.0歳)の24名である(男性14名, 女性10名)。PC利用歴3年以上, タッチパネル搭載端末の利用歴2か月以上¹⁰⁾, 矯正視力0.7以上, 実験前から互いに見知っている1グループ2名での募集を行った。最後の条件は, 実験が進むにつれ打ち解けていくことが議論のプロセスに与える影響を少なくするためである。

材料 ガイドブック『地球の歩き方 イタリア 2012-2013』(ダイヤモンド・ビッグ社)をもとに独自に実験用の文書を作成した。文書は「ヴェネツィア」「ミラノ」「フィレンツェ」の3つの地域に関する資料を抜粋した。各々の文書は17~23ページからなり, その地域の地図と観光名所, レストランの情報が記載されている。地図からは, 観光名所やレストランの位置, 場所の情報が記載されているページ番号を知ることができる。また, 観光名所やレストランの情報は入場料や食事代などの費用, 営業時間, どのような場所であるかといった説明からなる。さらに, 観光名所については, その場所の推

¹⁰⁾ タッチスクリーンの作法に慣れるのに2か月あれば十分であると言われている[Nielsen 2011]。本実験で使用したソフトウェアは特殊なものでなく, タッチスクリーンの作法に慣れたユーザであれば問題なく使いこなせると考え, 2か月間以上という使用期間を募集条件とした。

薦度が星の数で示されている（星 3 つがもっとも評価が高く、0 がもっとも低い）。図 6-1 に実験材料の例を示す。



図 6-1 実験材料の例

課題 業務で扱う多くの問題と同じく、正解が一つに定まらない問題として、ガイドブックを参照しながら、旅行のプランニングを行う課題を採用した。出発・到着地点、予算、自由行動の時間を予め定めただうえで、参加者の双方が満足いくプランを立ててもらった。以下、詳細を説明する。

まず、プランとして以下の事柄を決定してもらった。

- ガイドブックにある観光名所のどこに行き、どれくらいの時間滞在するか
- ガイドブックにあるレストランのどこで昼食をとって、食事代としてどれほど使い、どれくらいの時間滞在するか
- 観光名所やレストランを回るのに、どの道に行くか

プランを立てる際、以下の事柄を制約として課した。

- 予算を超えないようにする（予算は 1 人 100€）
- 制限時間を超えないようにする（規定の場所を 10 時に出発し、16 時 45 分から 17 時 15 分の間に出発地点に戻る）
- 営業時間外に観光名所やレストランに入らない
- 移動は徒歩のみ（料金の算出が困難なため）

これらの制約を守るためには、観光名所やレストランの営業時間、観光名所への入場

料，レストランでの食事代，地図の縮尺（移動時間を概算で見積もるため）の情報をガイドブックで参照する必要がある。

実施の冒頭で，これらの情報とともに，“これから，このガイドブックを見ながら 1 日の観光プランを立ててもらいます。各人で興味の対象が異なると思いますが，1 人の意見で全て決めてしまうのではなく，双方が満足いくプランになることを目指してください”と教示した。この教示は，互いに満足できるプランの立案を目標にすることで，コミュニケーションに配慮することを促進するためのものである。自分だけでなく相手も満足いくプランにするためには，自分の提案が相手に許容されるか否かを確認する必要がある。また，相手の嗜好や興味も反映したプランにするために，相手に意見を述べることを促し，相手の考えを知ることも重要である。さらに，自分が満足できるプランにするためには，自分の考えを相手に伝える必要がある。

ここで示したルールや目標は，課題遂行中も参照できるよう，箇条書きにして紙に印刷して各人に配布した。

2 組の参加者を対象にした予備実験では，各条件ともに 25 分以内にプランを作成できることを確認した。そのため，参加者を急かすことなく，かつ集中して議論するよう 1 試行あたりの制限時間を 25 分とした。制限時間を経過するか，プランを立て終わった時点で課題の終了とした。

作業環境 以下の 3 種類の表示メディアを利用した。

- **Paper**：文書を A5 サイズの紙にカラー/両面印刷でプリントし，2 分割に裁断してホッチキスで束ねた。ホッチキス留めは左側の上下 2 箇所で行った。
- **iPad**：タブレット端末の代表例として，Apple iPad2 Wi-Fi 16G モデルを利用した。表示サイズは 9.7 インチ（解像度は 768×1024），重量は 600g。
- **PC**：ノート PC として Panasonic Let's note CF-J10 を利用した。表示サイズは 10.1 インチ（解像度は 1366×768），重量は 970g。

実験用文書は PDF に変換し，横向き画面に見開き 2 ページを表示した。現状の会議や打ち合せでは，ページ間のリンクの無い PDF 文書を利用することが多いと考え，PDF 文書にはページ間のリンクは埋め込まなかった。紙では PDF 文書を印刷して利用した。iPad では PDF 文書の閲覧に文書に対する検索機能や注釈機能を備えた Adobe Reader を用いた。PC では OS として Windows 7，文書の閲覧には同じく検索機能や注釈機能を備えた Adobe Acrobat X Pro を用いた。iPad や PC では文書の表示の拡大や縮小を許したが，実験開始時は文字サイズなどの見た目が紙と概ね同一となるよう調整した。

図 6-2 に各条件での作業風景を示す。

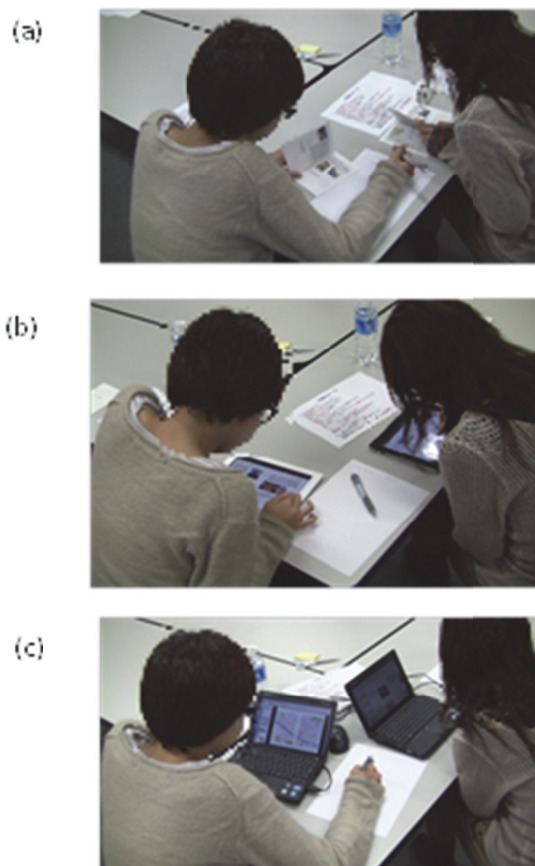


図 6-2 Paper 条件 (a), iPad 条件 (b), PC 条件 (c) での作業風景

手続き 各条件とも自由な姿勢で自由な位置にメディアを設定して読むことを許した。現実の作業状況に近づけるため、各条件ともにメディア特有の文書操作の仕方には特に制限を加えなかった。たとえば、各条件ともに文書に対して書き込みを許し、ページ移動の方法は各人の好みにゆだねた。さらに、Paper 条件では文書を折る・曲げる・ページの一部を切り取ることを許し、電子環境 (PC 条件, iPad 条件) では文書の表示の拡大や縮小、検索機能を使用することを許した。

実験では、オフィスのオープンスペースやカフェなどでの打ち合わせのシーンを想定し、図 6-2 に示すように机を挟んで対角に座る形式で机と椅子を配置した。また、各メディアは各々の参加者の正面に配置した。実験開始後はメディアの位置を自由に変更することを許した。机には報告用のメモ用紙と筆記用具を人数分用意し、メモ用紙にプランを書き出してもらった。ただし、先に述べたとおり、各条件ともに文書に書き込みを許しており、作業過程で気になった点や覚え書きを文書に残すことができる。

2名のうち1名をあらかじめ報告者として決めておき、試行後にメモを見ながらプランの詳細を口頭で報告してもらった。記載された報告用のメモ用紙の例を図6-3に示す。

実験に先立ち、各条件で課題の練習を行い、課題とソフトウェアの操作に慣れてもらった。

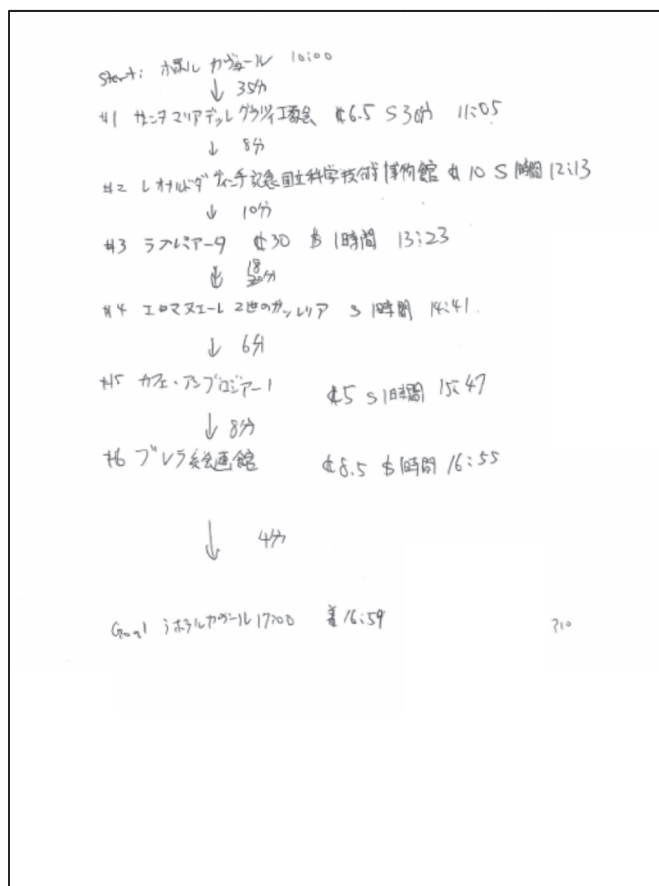


図 6-3 報告用のメモ用紙の記載例

6.4 結果と考察

仮説の検証を行う前に、立案したプランの正確さ、課題の達成度を比較する。プランの正確さについて、作成されたプランが予算の限度額を超えていないか、営業時間外に入店するなどの誤りが含まれていないかを確認した。結果として、誤りが含まれていたプランは Paper 条件, iPad 条件, PC 条件で各々, 2, 3, 3 個であった。

次に、課題の達成度について述べる。表 6-1 に示すように制限時間内にプランを作成できなかったケースは Paper 条件, iPad 条件, PC 条件で各々, 2, 4, 4 個であった。

表 6-1. 各条件での作業時間

	Paper	iPad	PC
被験組1	24分35秒	25分(プラン作成未了)	25分(プラン作成未了)
被験組2	24分40秒	25分(プラン作成未了)	25分(プラン作成未了)
被験組3	24分2秒	25分	25分
被験組4	25分(プラン作成未了)	25分(プラン作成未了)	25分(プラン作成未了)
被験組5	18分53秒	20分25秒	18分53秒
被験組6	23分53秒	25分(プラン作成未了)	25分
被験組7	22分57秒	25分	24分24秒
被験組8	20分22秒	25分	25分
被験組9	25分(プラン作成未了)	25分	25分
被験組10	25分	20分43秒	25分(プラン作成未了)
被験組11	25分	25分	25分
被験組12	25分	25分	25分

プランの作成時間については、紙に比べて iPad や PC ではプランの作成が制限時間直前までかかった組が多い (Paper 条件, iPad 条件, PC 条件で各々, 3, 6, 6 組)。

統計的に有意な違いが得られているわけではないが、iPad や PC に比べて紙での議論は効率的であったことが示唆される。

以下では、仮説の検証とともにメディア間で議論の効率に違いが生じた理由を考察する。

6.4.1 本質的な意見交換

本質的な意見交換のしやすさを調べるため、議題とは関係のない言いよどみや操作方法に関する発話などを除いた、議題そのものに関する意見の発生頻度を計測した。この課題では意見の発生頻度の計測にあたり、旅行日程で、どこをどのように回るかを決めるのに必要なやりとりを分析した。すなわち、観光名所の入場料などの情報の提供、滞在する場所についての提案、相手の意見への反論、相手の好みの確認などである。プランの作成に直接関係のないトピックは分析から除外した。例えば、メディアの操作性についての感想や、「日本にも同じ名前の店が…にあって」のように一時的に関係のない話題に話が逸れた場合である。また、相手の作業文脈がわからないために生じる冗長な

やりとりも本質的な意見交換でないとみなした。たとえば、「どこのこと?」「何を言っているの?」といった質問や、これに対する返答である。

やりとり 1 回の単位はターンテーキングか 1 秒以上の沈黙が発生した時点を分節点として発話を区分した。ただし、分節後、前後の節の内容が同一の事柄を扱っていると判断した場合は統合している。これらの判断はいずれも実験者が行った。図 6-4 に 1 分ごとの意見の発生回数を示す。

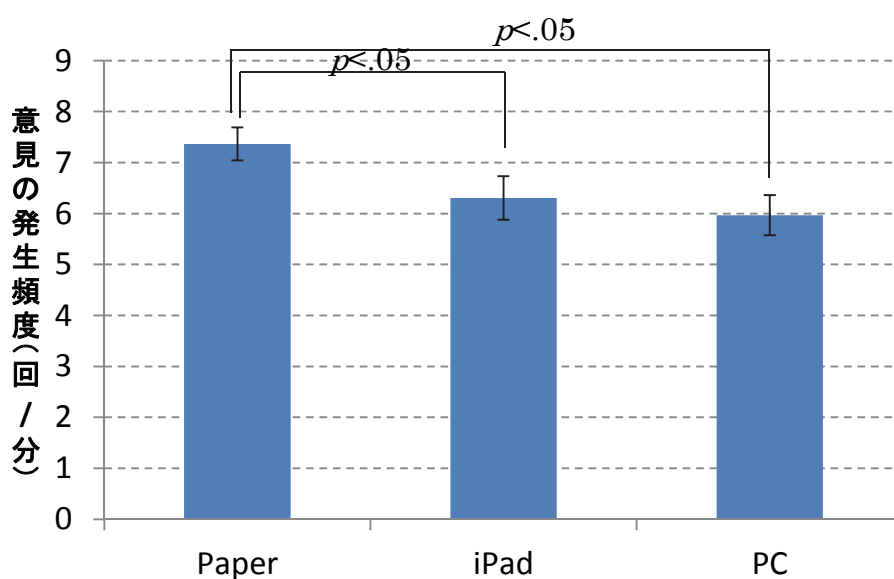


図 6-4 意見の発生頻度 (回/分)

表示メディアを要因とする 1 要因分散分析を行ったところ、有意差が認められた [$F(2,22)=16.0, p<.01$]. LSD 法による下位検定の結果、意見の発生頻度は Paper 条件に比べ他の条件が低く [$p<.05$], iPad 条件と PC 条件の間には違いが認められなかった [$p>.1$].

以上の結果から 2 つのことがいえる。第 1 に、意見の発生頻度は紙が高い。第 1 の仮説のうち、iPad や PC に比べて紙では本質的な意見交換がしやすいという点が支持された。これは短時間で十分に意見交換できることを意味し、議論の効率や達成度に影響を与えるものと考えられる。

第 2 に、iPad と PC の間で意見の発生頻度に違いがない。第 1 の仮説のうち、PC に比べてタブレット端末では本質的な意見交換がしやすいという点は支持されなかった。この結果は当初のわれわれの予想に反するものである。実験後のインタビューでは

「iPad とか PC だと、相手とのやりとりより操作に気をとられる」という報告がなされた。PC と同様、iPad についても参加者は不満であり、iPad の操作性の低さが対話を阻害していたことが示唆される。

iPad や PC で対話を阻害した可能性のある操作を特定するため、iPad や PC での操作が対話を阻害したと報告した参加者の作業履歴を分析した。結果として、ページ移動が頻繁になされており、それ以外の操作はごくわずかであった。たとえば、検索機能は iPad でも PC でも使用されず、注釈付けも PC では使用されなかった。iPad では注釈付けが 3 回行われたが、使用時間の総計は 10.9 秒と作業時間全体の 0.73% にすぎない^[11]。したがって、報告者が気をとられると指摘した操作はページの移動と考えるのが妥当である。特に、地図や観光名所などの離れたページ間の行き来に手間取る場面が頻繁に観察された。隣接しない離れたページを行き来するのに iPad ではスワイプかスライダーを利用するが、前者ではスワイプを何度も繰り返す必要があり、後者では目的のページを探すのに手間取っていた。PC ではもっぱらページサムネイルが利用されたが、目的のサムネイルまで移動することに手間取っていた。

最後に、紙ではページ間の行き来に手間取ることがなかった理由について考察する。紙ではページめくりの際に、ページの間に指を挟んですぐに元のページに戻るよう工夫が頻繁になされていた。紙ではページ間の行き来に手間取らず、相手とのやりとりに集中できた理由は、iPad や PC にはないこの工夫にあると考える。こうした工夫が読みの効率を向上させる事実はすでに指摘されているが [柴田 2011a]、協調作業で活発な議論を促す点においても有用なことが示唆される。

6.4.2 作業文脈の共有

相手の作業文脈をどれくらい把握しているかを調べるため、議論中に使用された指示代名詞の頻度を比較した^[11]。相手が何をしているかがわかるからこそ、「あれ」「これ」という縮約した表現でコミュニケーションが可能になる [Kraut 2003]。すなわち、指示代名詞の使用頻度が高いということは、それだけ相互に相手の作業文脈が共有されていることを示す。図 6-5 に 1 分ごとに使用された指示代名詞の回数を示す。

¹¹ 議論に必要な不可欠なやりとりか否かに関わらず、すべてのやりとりを分析対象としている。

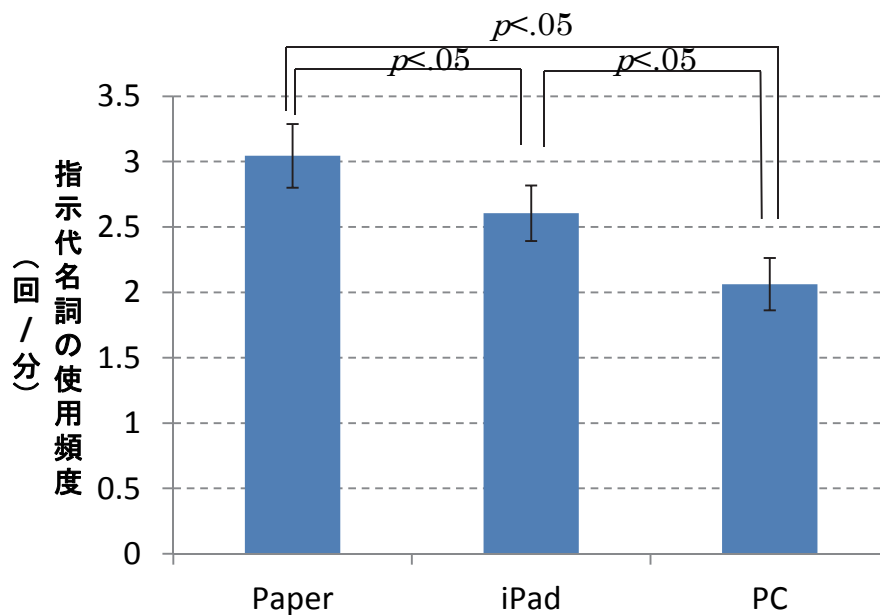


図 6-5 指示代名詞の使用頻度 (回/分)

表示メディアを要因とする 1 要因分散分析を行ったところ、有意差が認められた [$F(2,22)=14.9, p<.01$]. LSD 法による下位検定の結果、指示代名詞の使用頻度は Paper 条件, iPad 条件, PC 条件の順に高かった [$p<.05$]. 紙, タブレット端末, PC の順に作業文脈を共有しやすいという第 2 の仮説が支持された.

メディア間で指示代名詞の使用頻度に違いが生じた理由を考える. 指示代名詞で話が通じるためには, 相手が何を見ており, 何を議論しているのかを知る必要がある. そこで, 相手の文書を見た頻度, 相手に自分の文書を見せた頻度, 相手の文書を指差した頻度を比較した. 図 6-6 に 1 分ごとの相手の文書を見た回数を示す.

表示メディアを要因とする 1 要因分散分析を行ったところ、有意差が認められた [$F(2,22)=13.0, p<.01$]. LSD 法による下位検定の結果、相手の文書を見た頻度は Paper 条件, iPad 条件, PC 条件の順に高かった [$p<.05$].

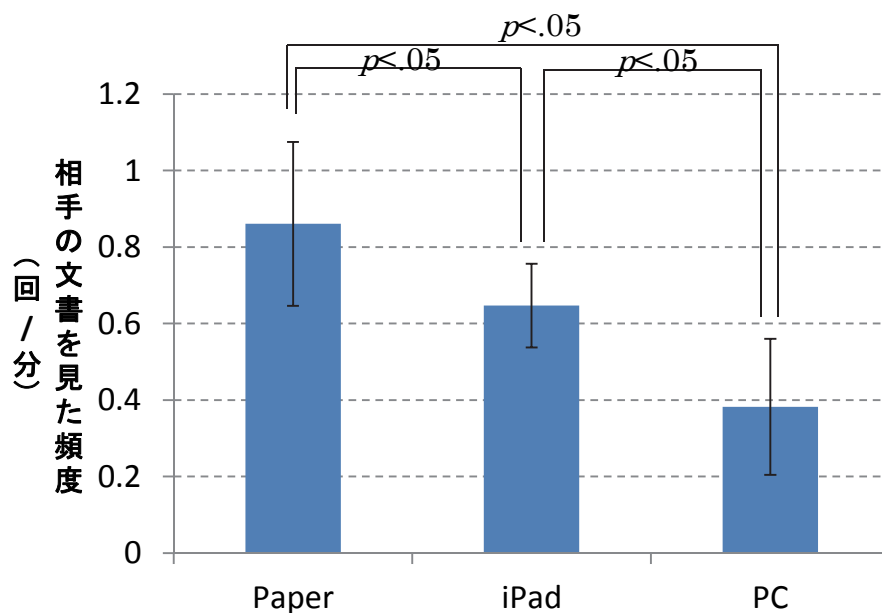


図 6-6 相手の文書を見た頻度 (回/分)

次に, 図 6-7 に 1 分ごとの相手に自分の文書を見せた回数を示す. 表示メディアを要因とする 1 要因分散分析を行ったところ, 有意差が認められた [$F(2,22)=10.5, p<.01$]. LSD 法による下位検定の結果, 相手に自分の文書を見せた頻度は Paper 条件に比べ他の条件が低く [$p<.05$], iPad 条件と PC 条件の間には違いが認められなかった [$p>.1$].

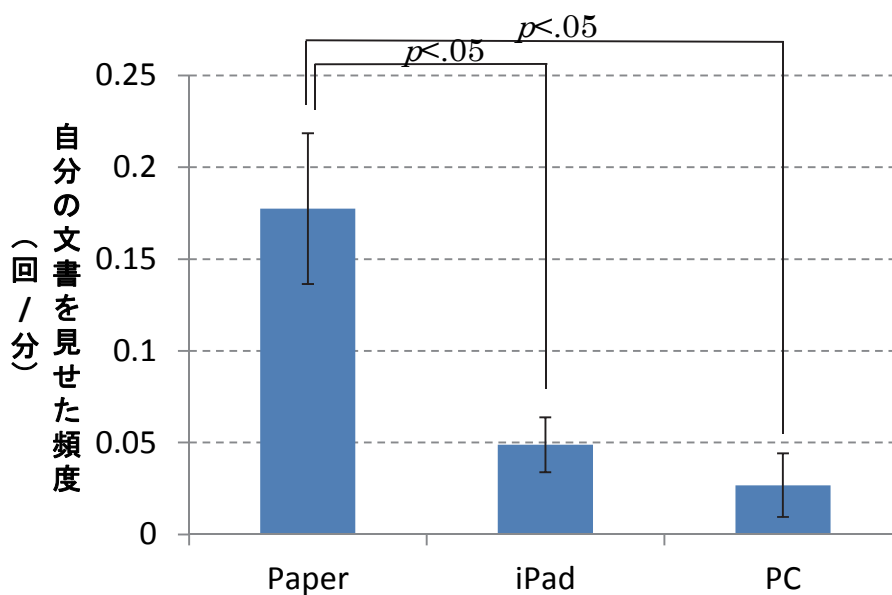


図 6-7 相手に自分の文書を見せた頻度 (回/分)

最後に、図 6-8 に 1 分ごとの相手の文書を指差した回数を示す。表示メディアを要因とする 1 要因分散分析を行ったところ、有意差が認められた [$F(2,22)=3.8, p<.05$]。LSD 法による下位検定の結果、相手の文書を指差した頻度は PC 条件に比べて他の条件が高く [$p<.05$]、Paper 条件と iPad 条件の間には違いは認められなかった [$p>.1$]。

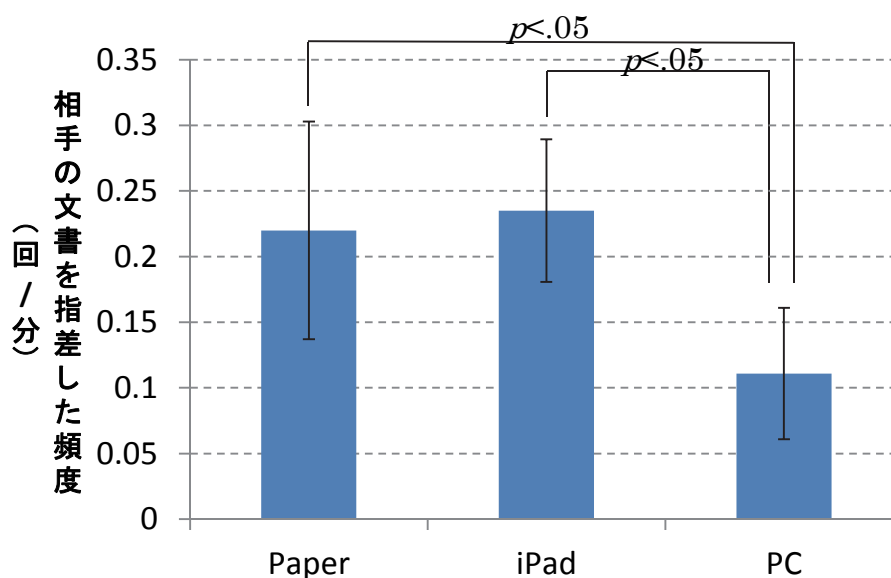


図 6-8 相手の文書を指差した頻度 (回/分)

相手の文書を見ることで相手が何を見て発言しているかを知ることができる。相手と同じものを見ているからこそ指示代名詞で会話が通じるようになる。相手に文書を見せながら「ここ」「これ」で意図した箇所を頻繁に伝えていたことが、紙で指示代名詞の使用頻度が高かった一因であると考えられる。また、相手の文書を指差しながら、「あれ」「これ」でページ内の意図する箇所を伝えやすいことが、紙や iPad で指示代名詞の使用を促進したと考える。

続いて、相手の文書を見た頻度、自分の文書を見せた頻度、相手の文書を指差した頻度においてメディア間で違いが生じた理由を考察する。

まず、紙で相手の文書を見たり、相手の文書を指差す頻度が高いのは、相手に文書を見せる行為がしやすく、操作に気を取られずに相手の文書を見る余裕があるためと考える。図 6-7 に示したように、紙では相手に文書を見せる頻度が高い。このことが相手の文書を見たり、指差すことを促進していたと考えている。さらに、先に述べたように、紙ではページ移動の操作に気を取られることが少なく、相手の様子を伺う余裕があることも、相手の文書を見ることを阻害しなかったと思われる。

次に、PC に比べて iPad で相手の文書を見たり、相手の文書を指差す頻度が高かった理由は、机に平置きされているためと考える。実験後のインタビューでは「こう（机に水平に）置かれてある方が（相手の文書を）見易い」との報告がなされた。従来研究でも利用者の視点から会議における iPad の利点として、机に平置きすることで PC に比べて相手の文書が見易いことがあげられている [Hess 2012]。本実験の結果は、このことを実証的に示したものと見える。また、相手の文書が見えなければ目的の箇所を指差すことができないため、相手の文書を見易いことが指差しを促進したことは容易に想像できる。

最後に、紙で相手に文書を見せる頻度が高かった理由として、文書を読む行為から相手に文書を見せる行為に移行しやすいことがあげられる。iPad や PC と異なり紙では文書を保持して読むことが多く、文書の移動のために改めて文書を保持するケースが少なかった。また、紙では文書を持つ手を少しひねり、文書の角度を変えるだけで、相手に文書を見せることが可能である。文書を保持していることが、相手に文書を見せる行為を促進したと考える。文書を手を持って読めることが疲労を軽減するという指摘があるが [岡野 2006]、複数人で読む際には作業文脈の共有を向上させる効果もあることが示唆される。

6.4.3 コミュニケーションへの配慮のしやすさ

コミュニケーションへの配慮のしやすさの指標として、議論中に相手の顔を見た頻度に着目した。相手の顔を見る行為には、相手の感情や意図を読み取ったり、発言権の授受を調整したり、相手に自分の思いを伝える効果がある [Kendon 1967]。相手の表情や視線から、相手の感情や意図を読み取ることができる [Kendon 1967][Merabian 1968]。また、相手の顔を見ることで、相手に自分が情報を伝える準備があることを知らせたり、相手に発言を促すことができる [Kendon 1967]。さらに、表情に感情が表れるからこそ [Merabian 1968]、自分の思いが伝えやすくなる。つまり、相手の感情や意図を確認しようとしたり、相手に自分の思いを伝えようとするコミュニケーションへの配慮のために相手の顔を見ると言える。すなわち、相手の顔を見る頻度が高いほど、コミュニケーションへの配慮がしやすいと考えられる。

相手の顔を見たかどうかの判断は実験者が目視で行った。予備実験では、作業の様子をビデオで記録し相手の顔を見たか否かの判別を試みた。しかし、奥行き情報が無いため視線の方向がわからず、相手の顔を見ているのか判別できない場合があった。そこで、作業中の参加者の様子をリアルタイムで観察することで相手の顔を見たか否かを判断

した。図 6-9 に 1 分ごとの相手の顔を見た平均回数を示す。

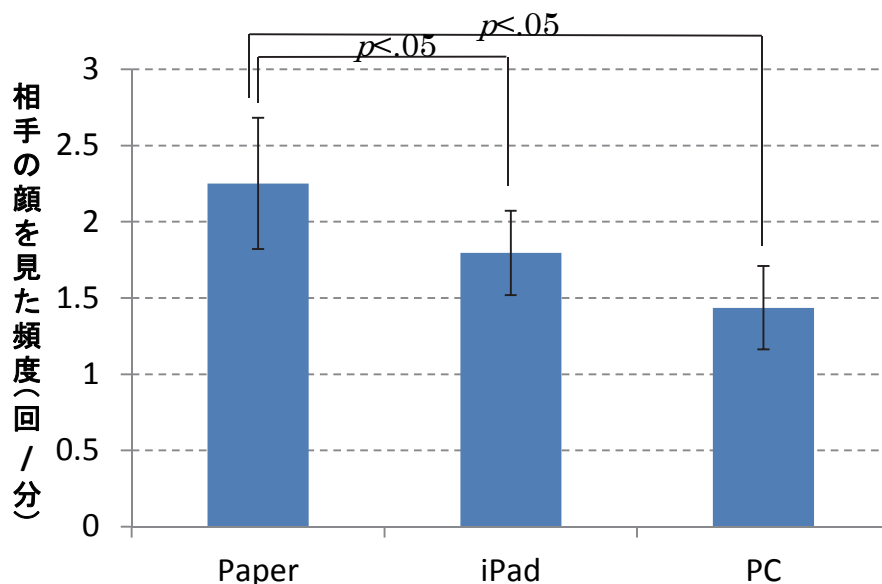


図 6-9 相手の顔を見た頻度 (回/分)

表示メディアを要因とする 1 要因分散分析を行ったところ、有意差が認められた [$F(2,22)=7.2, p<.01$]. LSD 法による下位検定の結果、相手の顔を見た頻度は Paper 条件に比べ他の条件が低く [$p<.05$], iPad 条件と PC 条件の間には違いが認められなかった [$p>.1$].

以上の結果から 2 つのことがいえる。第 1 に、相手の顔を見た頻度は紙が高い。第 3 の仮説のうち、タブレット端末や PC に比べて紙ではコミュニケーションへの配慮がしやすいという点が支持された。紙で相手の顔を見た頻度が高かった理由として、先に述べたとおり紙文書の操作性が高く、相手の様子を伺う余裕があったことに加え、相手の顔が見やすい位置で文書を読んでいたことがあげられる。紙では文書を持ち上げて読むことが多く、このことが文書から相手の顔までの視線の移動量を減らし、相手の顔を見ることを促進したと考える。

第 2 に、iPad と PC の間で相手の顔を見た頻度に違いがない。第 3 の仮説のうち、PC に比べてタブレット端末ではコミュニケーションへの配慮がしやすいという点が支持されなかった。先ほど述べたように、iPad はページ間の行き来の操作性に難があり、このことが相手よりも画面に意識を向けさせ、コミュニケーションへ配慮することを阻害したと考える。

6.5 結論

本章では、紙と電子メディアの利用が議論のプロセスに与える影響の検証と、その影響要因を検討することを目的とし、実験を行った。従来研究では、業務プロセスの観察から、PCに比べて紙が文書を参照しながらの議論を効果的に支援していることが指摘されていた。しかし、その効果は観察にもとづき定性的に議論されており、定量的に示されることはこれまでなかった。また、紙との比較対象はPCであり、近年、議論の場で使われはじめているタブレット端末を対象としたものではなかった。こうしたことを踏まえ、紙、タブレット端末、PCの利用が議論のプロセスに与える影響を定量的に比較した。さらに、議論のプロセスに違いが生じた理由を追及するため、議論の最中になされた文書操作についても分析を行った。実験結果を表6-2にまとめ、概要を以下に示す。

まず、議論に要する時間は電子メディアに比べて紙が短いことが示唆された。統計的に有意な違いが得られているわけではないが、制限時間直前まで議論を要した参加組や、制限時間内に議論を終えることができなかった参加組は、電子メディアに比べて紙が少なかった。短時間で重要な決断を迫られる場面では、このような点に留意して利用メディアを選択すべきである。

次に、課題達成のために必要不可欠な意見のやりとりの発生頻度、指示代名詞の使用頻度、相手の顔を見る頻度はタブレット端末やPCに比べて紙が有意に高かった。すなわち、活発な意見交換や、相手に配慮しながら議論することが求められる場面では、タブレット端末やPCより紙を使う方が望ましいことがわかる。

最後に、課題達成のために必要不可欠な意見のやりとりや、相手の顔を見る頻度に関して、紙での頻度が高かった理由はページ間の行き来のしやすさにあることが示唆された。実験後のインタビューでは、タブレット端末やPCでは文書操作に気を取られ、相手とのやりとりに集中できなかったことが報告された。そして、作業プロセスの観察から、報告者はページ移動以外の操作をほとんどしておらず、なかでもページ間の行き来を手間取っていることが確認された。これに対し、紙ではページに指を挟んで元のページにすぐ戻れる工夫がページ間の行き来を容易にしていた。こうした工夫により、紙ではページ間の行き来の手間で相手とのやりとりが阻害されず、本質的な意見交換に集中したり、相手の顔を見ながら話す余裕が生まれていたことが伺える。

また、紙での指示代名詞の使用頻度が高かった理由は相手に自分の文書が見せやすい

ためであることが示唆された。タブレット端末や PC に比べて紙では相手に自分の文書を見せる頻度が有意に高かった。このことが、相手と同じものを見る頻度を向上させ、指示代名詞の利用を促進していたことが伺える。

表 6-2. 実験結果の概要
(下線の箇所が数量データの比較にあたり、
検定により有意差を確認した箇所を示す)

分析対象の読み	参加者	メディアの違いが読みに与える影響	影響要因	影響要因についての詳細分析
業務の中で文書を複数人で読む活動(文書を参照しながら議論する)	実験: 24人 (12組)	<p>○議論の効率:紙>iPad, PC</p> <p>・議論が制限時間直前まで必要だった参加組数:紙<iPad, PC</p> <p>・議論が制限時間を超過した参加組数:紙<iPad, PC</p> <p>一紙では効率的に議論できていたことを示唆。</p> <p>○意見交換のしやすさ:紙>iPad, PC</p> <p><u>本質的な意見交換の発生頻度:紙>iPad, PC (紙はiPadに比べて16.8%, PCに比べて23.5%高い)</u></p> <p>一紙では活発な意見交換がしやすい</p> <p>○作業文脈の共有のしやすさ:紙>iPad>PC</p> <p><u>指示代名詞の使用頻度:紙>iPad>PC (紙はiPadに比べて16.8%, PCに比べて47.5%高い)</u></p> <p>一紙では作業文脈を共有しながら、効率的に議論しやすい</p> <p>・コミュニケーションへの配慮のしやすさ:紙>iPad, PC</p> <p><u>相手の顔を見た頻度:紙>iPad, PC (紙はiPadに比べて25.3%, PCに比べて56.8%高い)</u></p> <p>一相手に配慮しながらの議論は紙がしやすい</p>	<p>①ページ間移動のしやすさ: <u>紙>iPad, PC</u></p> <p>・文書操作の大半がページ移動操作</p> <p>一紙ではページ間の行き来に気を取られず、本質的な意見交換に集中でき、相手を見る余裕も生じる。</p> <p>②文書の見せやすさ:紙>iPad, PC</p> <p>・<u>相手に自分の文書を見せる頻度:紙>iPad, PC(紙はiPadに比べて2.6倍, PCに比べて6.6倍高い)</u></p> <p>一紙では相手と同じものを見る頻度が高いことで、指示代名詞の利用が促進される。</p>	<p>①ページ間移動</p> <p>○元ページにすぐ戻れる工夫がページ間の行き来を支援</p> <p>・ページに指を挟む工夫が紙でのページ間の行き来を支援していた。</p> <p>②文書の見せやすさ</p> <p>○<u>文書を持って読めることが、文書を移動する行為に移行することを支援</u></p> <p>・紙では文書を持つ手を少しひねり、文書の角度を変えるだけで、相手に文書を見せることが可能であった。</p>

第7章 本研究の結論

本章では、本研究で得られた成果をまとめ、さらに今後の展開について述べる。まず、本研究で示した3つの実験の結論を述べる。次に、実験から得られた知見にもとづき、現状の電子メディアの改善の方向性について考察する。最後に、今後の課題と、将来の展望も含めて読みを支援する電子メディアの設計についての考察を行い、本研究のまとめとする。

7.1 実験結果の結論

本研究では、電子メディアの利用が進んでいる娯楽と業務を目的とした読みを対象に、紙と電子メディアの利用が読みに与える影響と、その影響要因を検討することを目的とした一連の実験を実施した。具体的には、娯楽を目的として文書を読む場合、業務の中で文書を1人で読む場合、業務の中で文書を複数人で読む場合での代表的な3つの読みについて、読みのパフォーマンスやプロセスを比較した。実験結果を表7-1にまとめ、概要を以下に示す。

実験1. 娯楽を目的とした読み

本実験では、娯楽を目的とした読みを対象に、紙の書籍、iPadやKindleといった電子書籍端末、PCの利用が読みに与える影響を分析した。従来研究では検討されていなかった、娯楽を目的とした読みでの、読みの速度における紙の優位性の決定要因を明らかにすることを目的とした。

まず、娯楽を目的とした読みにおける紙の書籍の優位性が、娯楽を目的とした読みでの文書操作の大半を占めるページめくりの操作性に起因していると考え、これを検証することを試みた。具体的には、ページめくりの前後の読みとそれ以外のページめくりを含まない読みとを分離し、紙と電子メディアでの読みの速度を比較した。ページめくり前後の読みでのメディア間での読みの速度の違いが、ページめくりの操作性のメディア間での違いを反映していると言える。次に、実験で示されたページめくりの操作性における紙の優位性の理由を探るため、操作に必要な認知負荷のメディア間での違いを二重課題法により検証した。具体的には、読みの最中に、ブザー音に反応して、できるだけ速くフットペダルを踏むことを二次課題として課した。二次課題への反応時間が長いほど、ページめくりの操作に要する認知負荷が高いと言える。実験参加者は24名である。

結果として、まず、電子メディアに比べて紙の書籍での読みが速いことが確認され、その原因がページめくりの操作性の違いにあることが明らかとなった。ページめくりを含まない限りにおいてメディア間での読みの速度に違いは無く、ページめくり前後の読みは iPad, Kindle, PC に比べて紙が有意に速かった。このことから、全体としての読みは紙の書籍が速く、その理由はページめくりの操作性にあることがわかった。

次に、紙でのめくりが優れている理由として、ページめくりの操作に必要な認知負荷が低いためであることが示された。二重課題法による検証の結果、ページめくり前後の読みでの二次課題への反応時間は iPad に比べて紙の書籍が有意に短かった。さらに、iPad と異なり、紙の書籍ではページめくりを含む部分とページめくりを含まない部分での反応時間に違いが無かった。iPad に比べて紙の書籍でのめくりの認知負荷は低く、読み手の注意をほとんど必要としないレベルにあることがわかった。

最後に、紙の書籍でのめくりの認知負荷が低い理由として、電子メディアと異なり操作を視覚のみに依存していないためであることが示唆された。読みのプロセスの観察から、紙の書籍でのめくりと異なり、電子メディアではページめくりの完了を読み手が把握できていない場合があることが確認された。電子メディアではめくっている最中に画面に注意を向ける必要があったことが、認知負荷の高さの一因であることが示唆された。一方、紙でのめくりの完了が把握しやすいのは、視覚だけでなく聴覚や触覚によってもめくりのフィードバックが得られるためと思われる。

以上の結果をまとめると、娯楽を目的とした読みでは、iPad, Kindle, PC に比べて紙の書籍での読みが速く、その理由はページめくりの操作性にあることが実証的に明らかとなった。娯楽を目的とした読みでは、ページめくりの操作性において現状の電子メディアは改善の余地があることが明らかとなった。

実験 2. 業務の中で文書を 1 人で読む活動（複数の文書を相互に参照する読み）

本実験では、業務の中で文書を 1 人で読む場面で頻繁に生じる複数の文書を相互に参照する読みを対象に、紙と PC の利用が読みに与える影響を分析した。従来研究では、こうした読みを紙の操作性が効果的に支援することが指摘されているが、その効果が定量的に示されることはなかった。そこで、紙と PC の違いが読みのパフォーマンスに与える影響を定量的に検証すること、さらに影響が存在する場合には、その影響要因を明らかにすることの 2 点を目的とした。

実験参加者 24 名に、複数の文書を相互に参照しながら文章の誤りを見つける課題

(校正) を紙と PC で行ってもらい、読みのパフォーマンスとして、作業のスピードと正確性を比較した。次に、読みのパフォーマンスの比較で明らかになった紙の優位性の理由を探るため、読みのプロセスについて分析した。実験参加者 16 名に紙と PC で複数の文書を相互に参照する校正読みを行ってもらい、読みの最中になされる行為と、参加者からの言語報告をもとに行為の意図を収集した。こうして得られたデータをもとに、読んでいる最中に文書になされる操作行為を類型化し、紙で読んだ場合と PC で読んだ場合とで、どのような行為がどの程度行われるのかを分析した。さらに、読みのプロセス分析で示唆されたメディア間での文書の配置効率の違いの検証と、その影響要因についても追求を行った。具体的には、実験参加者 24 名に指定した配置に文書を並べる課題を行ってもらった。

結果として、**PC に比べて紙での読みのパフォーマンスが高いことが確認された**。作業の速さと正確性の両面において、PC に比べて紙が有意に優れていることがわかった。PC に比べて紙は作業時間において 23.2% 短く、エラー検出率にして 11.6% 高かった。

次に、紙の優位性が次の 2 つの行為のしやすさに起因していることが示された。

第 1 に、**紙では文書をポインティングする行為が読みを効果的に支援していた**。紙と PC の両方においてポインティングが頻繁になされており、複数の文書を相互に参照する読みでは、ポインティングが重要な役割を果たしていることがわかった。読み手はポインティングをすることで、文書間での注意の行き来をしやすくしたり、読み飛ばしや読んでいる箇所を見失うことを防止していた。そして、PC に比べて紙でのポインティングの回数が 42.7% 多かった。PC に比べて紙ではポインティングが有意に多くなされており、このことが読みを支援していたと考えられる。

第 2 に、**紙では文書の配置変更により、読みが阻害されない**。文書の移動に費やされる時間は PC に比べて紙が有意に短かった。総作業時間に占める文書移動の時間の割合は紙では平均 4.1% であるのに対し、PC では倍に近い平均 8.1% であった。さらに、そのあり方も多様で、操作対象となる文書の枚数や、移動の際の接触位置も状況に応じて使い分けられていた。紙での文書の移動の 29.1% が複数の文書を同時に移動することであり、PC にはできないこうした行為が文書移動の効率を向上している。また、PC では文書を移動するためにカーソルをタイトルバーまで移動する必要があるのに対し、紙では接触位置の自由度が高い。読みの最中に、紙文書を滑らせて移動した場合の接触位置は 37.4% がテキスト領域であり、残りは余白であった。また、紙文書を持って移動する際の 0.88% が上端、23.7% が右端、32.5% が下端、43% が左端を保持していた。そして、読みのプロセスの観察から、こうした文書の接触位置の自由度の高さが、他の行為

から文書移動への移行を容易にしていることが示唆された。これらの文書移動を支援する紙の特徴が、読みを阻害しなかったと考えられる。

最後に、PC に比べて紙での文書の配置効率が高く、その理由が両手を使って複数の文書を同時に移動できること、文書の接触位置の自由度が高いこと、手で直接文書を移動できるためであることが明らかとなった。文書の配置課題での作業時間はPC に比べて紙が有意に短かった。文書数 1 の場合で 62.9%、文書数 2 の場合で 40.6%、文書数 4 の場合で 23.3%、紙は PC よりも作業時間が短かった。また、紙での操作について、操作に利用できる手を片手に制限したり、文書の接触領域を制限することで、作業時間が有意に長くなった。このことから、両手を用いて複数文書に対して同時操作が可能なこと、文書の接触位置の自由度が高いことが文書の配置効率に寄与していることがわかる。さらに、操作可能な手を片手に制限し、文書の接触領域を制限したとしても、PC に比べて紙での文書移動が有意に速かった。このことから、マウスを介して間接的に文書を移動するよりも、手で直接文書を移動する方が速いことがわかる。

このように、複数の文書を相互に参照する読みでは、PC に比べて紙での読みのパフォーマンスが高いことを実証した。さらに、紙の優位性が文書をポインティングしたり、文書を移動するといった行為のしやすさに起因していることが明らかになった。

実験 3. 業務の中で文書を複数人で読む活動（文書を参照しながら議論する）

本実験では、業務の中で文書を複数人で読む活動として、業務の中で頻繁に生じる議論のための読みを分析対象とした。従来研究では、紙の優れた操作性が議論を効果的に支援することが指摘されているが、その効果が定量的に示されることはなかった。また、そこでの分析対象のメディアは紙と PC であり、タブレット端末の利用が議論に与える影響は未検討のままであった。そこで、文書を参照しながら議論をする場面を対象に、文書をタブレット端末や PC で表示した場合と、紙文書を利用する場合とで、議論のしやすさを定量的に比較した。これらのメディアの違いが議論のプロセスに与える影響の定量的な検証と、影響が存在する場合には、その影響要因を明らかにすることを目的とした。

実験参加者 24 名（2 名 1 組の 12 組）に文書を参照しながら議論する課題を、紙、iPad、ノート PC の 3 種類の表示メディアを用いて行ってもらい、議論のプロセスを分析した。具体的には、議論の最中になされる、課題達成のために必要不可欠な意見のやりとりの発生頻度、指示代名詞の使用頻度、相手の顔を見る頻度をメディア間で比較した。さらに、メディア間での議論のプロセスの違いの理由を探るため、議論の最中に文書になさ

れる操作についても分析した。

結果として、まず、議論に要する時間は電子メディアに比べて紙が短いことが示唆された。統計的に有意な違いが得られているわけではないが、制限時間直前まで議論を要した参加組や、制限時間内に議論を終えることができなかつた参加組は、電子メディアに比べて紙が少なかった。短時間で重要な決断を迫られる場面では、このような点に留意して利用メディアを選択すべきである。

次に、課題達成のために必要不可欠な意見のやりとりの発生頻度、指示代名詞の使用頻度、相手の顔を見る頻度はタブレット端末やPCに比べて紙が有意に高かった。本質的な意見交換の発生頻度は、紙はタブレット端末に比べて16.8%、PCに比べて23.5%高かった。また、指示代名詞の使用頻度については、紙はタブレット端末に比べて16.8%、PCに比べて47.5%高かった。さらに、相手の顔を見る頻度も、紙はタブレット端末に比べて25.3%、PCに比べて56.8%高かった。すなわち、活発な意見交換や、相手に配慮しながら議論することが求められる場面では、タブレット端末やPCより紙を使う方が望ましいことがわかる。

最後に、課題達成のために必要不可欠な意見のやりとりや、相手の顔を見る頻度に関して、紙での頻度が高かった理由はページ間の行き来のしやすさにあることが示唆された。実験後のインタビューでは、タブレット端末やPCでは文書操作に気を取られ、相手とのやりとりに集中できなかつたことが報告された。そして、作業プロセスの観察から、報告者はページ移動以外の操作をほとんどしておらず、なかでもページ間の行き来に手間取っていることが確認された。これに対し、紙ではページに指を挟んで元のページにすぐ戻れる工夫がページ間の行き来を容易にしていた。こうした工夫により、紙ではページ間の行き来の手間で相手とのやりとりが阻害されず、本質的な意見交換に集中したり、相手の顔を見ながら話す余裕が生まれていたことが伺える。

また、紙での指示代名詞の使用頻度が高かった理由は相手に自分の文書を見せやすいためであることが示唆された。タブレット端末やPCに比べて紙では相手に自分の文書を見せる頻度が有意に高かった。相手に文書を見せる頻度は、紙はタブレット端末に比べて2.6倍、PCに比べて6.6倍高かった。このことが、相手と同じものを見る頻度を向上させ、指示代名詞の利用を促進していたと考えられる。紙は軽くて持ちやすく、文書を保持しながら読むことが多かった。そのため、文書を移動するために改めて文書を保持するケースが少なく、保持した手を少し移動するだけで相手に見せることができた。こうした特徴が、文書を読む行為から相手に見せる行為への移行を容易にし、相手に文書を見せる行為を促進したと思われる。

以上のように、課題達成のために必要不可欠な意見のやりとりの発生頻度、指示代名詞の使用頻度、相手の顔を見る頻度は電子メディアに比べて紙が高い。すなわち、活発な意見交換や、相手に配慮しながら議論することが求められる場面では、電子メディアより紙を使う方が望ましいことがわかる。そして、その理由がページ間の行き来や、相手に自分の文書を見せる行為のしやすさの違いにあることが明らかとなった。

表 7-1. 実験結果の概要
(下線の箇所が数量データの比較にあたり、
検定により有意差を確認した箇所を示す)

分析対象の読み	参加者	メディアの違いが読みに与える影響	影響要因	影響要因についての詳細分析
娯楽を目的とした読み	実験1-1: 24人 実験1-2: 24人 実験1-3: 24人	○読みの速度: 紙>iPad, Kindle, PC (<u>ページめくり前後の読みの速度: 紙>iPad, Kindle, PC</u>) ページめくりを含まない読みの速度: 紙=iPad, Kindle, PC) -ページめくりの有無を含めた全体としての読みは紙が速い。	○ページを1枚ずつめくる操作のしやすさ: 紙>iPad, Kindle, PC ・ <u>ページめくり前後の読みの速度: 紙>iPad, Kindle, PC</u> ・ <u>ページめくり前後の二次課題への反応時間(認知負荷の高さ): 紙<iPad</u>	○操作を視覚に依存していることが電子メディアの認知負荷を高めている ・紙と異なり、電子メディアではめくっている最中に画面に注意を向ける必要があった。
業務の中で文書を1人で読む活動(複数の文書を相互に参照する読み)	実験2-1: 24人 実験2-2: 16人 実験2-3: 24人	○作業効率: 紙>PC <u>作業に要する時間: 紙<PC (23.2%紙が短い)</u> ○作業の正確性: 紙>PC <u>エラー検出率: 紙>PC (11.6%紙が高い)</u>	①ポインティングのしやすさ: 紙>PC ・ <u>ポインティングの発生回数: 紙>PC (42.7%紙が多い)</u> -ポインティングは文書間の注意の行き来などを支援する。 ②文書の移動のしやすさ: 紙>PC ・ <u>読みの最中に文書移動に要する時間: 紙<PC (総作業時間に占める文書移動時間の割合は紙では4.1%, PCでは8.1%)</u> ・ <u>文書配置課題に要する時間: 紙<PC (文書数1の場合で62.9%, 文書数2の場合で40.6%, 文書数4の場合で23.3%, 紙はPCよりも作業時間が短かった)</u> -紙では文書の配置変更により読みが阻害されない。	①ポインティング ○カーソルの移動が遅いことが、ポインティングすることを阻害 ②文書の移動 ○紙では複数文書を同時に移動可能なことが配置効率に寄与 ・ <u>文書配置課題に要する時間: 紙(片手)>紙(両手)</u> ・読みの最中になされた紙文書の移動の29.1%が複数文書の同時移動であった。 ○紙では文書の接触位置の自由度が高いことが、文書の配置効率に寄与 ・ <u>文書配置課題に要する時間: 紙(接触領域の制限有り)>紙(接触領域の制限無し)</u> ○手で直接文書を移動することが文書の配置効率に寄与 <u>文書配置課題に要する時間(文書数1): PC>紙(接触領域を制限し、片手で操作)</u>
業務の中で文書を複数人で読む活動(文書を参照しながら議論する)	24人(12組)	○議論の効率: 紙>iPad, PC (議論が制限時間を超過した参加組: 紙<iPad, PC) ○意見交換のしやすさ: 紙>iPad, PC <u>本質的な意見交換の発生頻度: 紙>iPad, PC (紙はiPadに比べて16.8%, PCに比べて23.5%高い)</u> ○作業文脈の共有のしやすさ: 紙>iPad>PC <u>指示代名詞の使用頻度: 紙>iPad>PC (紙はiPadに比べて16.8%, PCに比べて47.5%高い)</u> ○コミュニケーションへの配慮のしやすさ: 紙>iPad, PC <u>相手の顔を見た頻度: 紙>iPad, PC (紙はiPadに比べて25.3%, PCに比べて56.8%高い)</u>	①ページ間移動のしやすさ: 紙>iPad, PC -紙ではページ間の行き来に気を取られず、本質的な意見交換に集中でき、相手を見る余裕も生じる。 ②文書の見せやすさ: 紙>iPad, PC ・ <u>相手に自分の文書を見せる頻度: 紙>iPad, PC (紙はiPadに比べて2.6倍, PCに比べて6.6倍高い)</u> -相手と同じものを見ることで、指示代名詞の利用が促進される。	①ページ間移動 ○元にページにすぐ戻れる工夫がページ間の行き来を支援 ・ページに指を挟む工夫が紙でのページ間の行き来を支援していた。 ②文書の見せやすさ ○文書を持って読めることが、文書を移動する行為に移行することを支援 ・紙では文書を持つ手を少しひねり、文書の角度を変えるだけで、相手に文書を見せることが可能であった。

ここまで述べてきたように、本研究では電子メディアの利用が進んでいる娯楽や業務を目的とした読みを対象に、メディアの違い（紙と電子メディア）が読みに与える影響の検証と、その影響要因の検討を行ってきた。

結果として、いずれの読みでも、電子メディアには紙に及ばない点があることが確認された。読みの種類は多様であり、上記の3種類ですべての読みを網羅しているわけではないが、これらの読みは娯楽や業務を目的とした読みで頻繁に生じることが知られている。紙を廃し、電子メディアを導入することこそが知的活動を支援すると信じられているのであれば、本研究の知見はその考えに再考を迫るものとして捉えることができる。

ただし、紙に比べて電子メディアが優れている局面があるのも事実である。たとえば、小説や雑誌に先駆けて辞書が電子化されたように、全文検索機能などの電子メディアならではの利点が効果を発揮する場面では、紙に比した電子メディアの優位性は自明である。少なくとも現状においては、紙か電子かという二元論で話を単純化するのではなく、各々のメディアがどのような局面でどのような利点を持っているかを踏まえて使い分けることこそが重要であると考えられる。

メディアの使い分けに関していえば、本研究の知見から、以下のような場面での電子メディアの利用には注意が必要であることがわかる。

- ページ間の移動が頻繁に生じる場面：電子書籍端末やPCではページめくりの操作性が不十分であり、個人の読みや複数人での議論を阻害する場面があることが示された。ページ間の行き来が頻繁に生じることが予想される場合は、紙を利用することを考えるのも有効と考える。
- 複数の文書を同時閲覧する場面：紙に比べてPCでは、複数の文書を相互に参照する読みの効率や正確性が低かった。こうした事実は、複数の文書を同時閲覧する場面での、メディアの選択の際のひとつの判断材料となると考える。
- 短時間で十分な検討をすることが求められる議論の場面：紙に比べてタブレット端末やPCでは本質的な意見交換の頻度が低かった。短時間で重要な決断を迫られる場面では、紙の利用を検討することが望ましいと考える。
- 相手との社会的なやりとりが絶対的に必要になる場面：相手に配慮しながらの議論のしやすさにおいて、タブレット端末やPCは紙におよばない。重要顧客との商談などの場合、このような点に留意すべきである。

また、電子メディアに比した紙の優位性はメディアの操作性に起因しており、各々の読みでどのような操作が読みに影響をもたらしていたかが明らかになった。これらの知見は、現状の電子メディアのどこに改善の余地があるかを示すものであり、読みを支援

するためのシステムの設計に少なからず寄与するものと考えている。実験結果を踏まえた具体的な電子メディアの改善の示唆については、追って次節で考察する。

本研究の特徴は、紙と電子メディアの違いが読みに与える影響を定量的に検証し、その影響要因の検討も数量的なデータに基づき実施している点にある。利用者や観察者の主観で語られることの多かった、メディアの効果の違いを実際に確認し、その要因についても客観的なデータに基づき分析したことが、本研究の学問的貢献である。

7.2 娯楽と業務を目的とした読みを支援するための電子メディア改善への示唆

前節で述べたとおり、上記の3つの実験から、電子メディアは紙に及ばない点があり、その理由がメディアの操作性の違いにあることが示された。そこで、本節では電子メディアに比べて紙の操作性が読みを効果的に支援しているという前提のもと、紙を模範とした電子的システムの改善の方向性について検討する。

1. 娯楽を目的とした読みでは、ページめくりの操作の認知負荷を減らすため、操作のフィードバックを視覚以外の感覚を通して提供することが望ましい。4章でも述べたとおり、紙でのめくりの認知負荷が低い原因は、ページめくりが完了したか否かのフィードバックを聴覚や触覚によっても得ることができるためと考察した。従来研究でもページめくりのフィードバックを音や触覚で伝えることが提案されている [Schilit 1998] [渡邊 2008]。このようなアプローチはページめくりの認知負荷の軽減に有効であり、さらに可能ならば同時に複数の感覚チャネルによりフィードバックを与えることが望ましいと考える。
2. 業務の中で文書を1人で読む場面（複数文書の相互参照読み）では、文書の移動に要する時間を短縮するため、手で直接的に文書を移動できるインターフェースを使用することが有効と考える。5章で述べたとおり、PCでの文書移動時間が長いのは1回あたりの文書移動時間が長いためであった。そして、その理由としてマウスを介した間接的な文書移動より手による直接的な文書移動が速いためであることが示唆された。そこで、タッチパネルのように、文書を手で直接的に移動できるインターフェースを使用することで、文書移動時間を短縮できると考える。
3. 業務の中で文書を1人で読む場面（複数文書の相互参照読み）では、複数の文書を同時に移動できるようにすることで文書の配置効率が向上すると考える。5章の実

験では、複数の文書を同時に移動する行為の 40.4%が文書を異なる方向に移動していた。したがって、電子メディアでも同じ方向だけでなく異なる方向に文書を同時に移動できることが望ましい。マウスを使って複数のウィンドウをグループ化して、一括して移動する仕組みも提案されているが [Kandogan 1997], 異なる方向に同時に移動することは難しい。この点について、マルチタッチパネルを用いたアプリケーションでは、複数のオブジェクトを同時に異なる方向に移動することも容易であり、改善が期待できる。

さらに、並置してある文書だけでなく、積み重なった複数の文書をまとめて移動できるようにする工夫も必要と考える。紙では机の上に重ねた文書をまとめて移動する行為が観察された。これに対し、現状のウィンドウシステムは前面にあるウィンドウと背面にあるウィンドウをまとめて移動できない。文書を束にして持つことに相当するジェスチャを電子的に再現することで改善が見込めると考える。

4. 業務の中で文書を1人で読む場面（複数文書の相互参照読み）では、文書の配置効率を向上させるため、文書の接触位置の自由度を高くすることが望ましい。これにより、文書配置効率の向上だけでなく、ポインティングなどの行為から文書を移動する行為への移行も容易になると考える。
5. 業務の中で文書を複数人で読む場面（文書を参照しながら議論する）では、多様なページナビゲーションを実現して、対話を阻害させない必要がある。iPad や PC ではページ間の行き来に手間取り、これにより対話が阻害されるケースが多かったと考えた (6章)。これに対し、紙ではページの間に指を挟み、すぐに元のページに戻るようにすることで（以降、「指しおり」と呼ぶ）ページ間の行き来が容易であった。そこで、指しおりのように、簡易な方法で一時的にページをブックマークし、必要に応じてすぐに元のページに戻れる工夫が有効と考える。

さらに、指しおりを電子的に再現する際には、紙での指しおりの多様なあり方に対応することが望ましい。研究レベルでは電子的に指しおりの機能を再現することが提案されているが [渡邊 2008][Yoon 2011], 同時にブックマークできる箇所は何か所のみである。これに対し、紙では複数の指を異なるページに挟み複数箇所を同時にブックマークでき、これにより情報の比較・検討を効率的に行える。また、図 7-1 のようにページの束を指でつまんでページ間を行き来する工夫も見られた。操作に必要な動作がページの束を左右にわずかにずらすことのみなので、高速に特定のページ間を行き来できる。これらの多様な指しおりを電子的に再現することで、ページナビゲーションの操作性を向上し、議論のプロセスを改善できると考える。



図 7-1 ページを中央付近でつまんで保持して
ページ間の行き来を支援する行為

7.3 今後の課題

本研究では、電子メディアの利用が進んでいる娯楽や業務を目的とした読みを対象に、現在普及している電子書籍端末や PC の利用が読みに与える影響を評価した。これらの読みやデバイスを分析対象とすることは、現在起こりつつある紙から電子メディアへの移行が、読むことに与える影響を検討するうえで、適当であると考えられる。

しかし、今後のメディアの利用動向によっては、他の種類の読みやデバイスも分析対象としていく必要があると考えている。特に、将来のメディアの発展や利用予測を踏まえると、次の種類の読みやデバイスについても、今後注目していく必要があると思われる。

1. 教育現場での読みを対象とした紙と電子メディアの比較

本研究では、電子メディアの利用が進んでいる読みとして、娯楽や業務を目的とした読みを取り上げた。しかし、今後教育現場でも電子メディアの導入が進むことが予想されており、このような読みについても分析対象とする必要がある。

電子教科書の利用割合が今後増えていくことが予想されている。米国のシンクタンク Xplana が実施した調査によれば、電子書籍の先進国である米国でさえ、2010年の段階では教育書市場に占める電子教科書の割合は 0.5%を占めるにすぎなかった [Xplana

2011]. しかし、2012年2月に米政府は2018年までに電子教科書へ全面移行する計画を発表しており、今後急速に普及することが見込まれる。我が国においても、小学校、中学校、高等学校について2020年までに電子教科書を導入する政府目標が立てられている [前原 2011].

こうした電子教科書の利用は学習の動機付けに有用であるとの指摘がある [赤堀 2012]. 一方、大学教育での電子書籍端末の受容性を確認するためになされたユーザスタディでは、電子書籍端末の使用が必ずしも学習を支援しなかったことも指摘されている [Cliatt 2010][Thayer 2011]. たとえば、学生は日常的に重要な箇所に書き込みを入れながら読んだり、関連する箇所を参照しながら文書を読むが、こうした行為を電子書籍端末は効果的に支援できなかった。マルチメディア教材としての電子メディアの有効性は明らかだが、テキストの読みが従来の紙の教科書と変わらないことの保証は十分に検討する必要がある。教育現場での読みでも電子メディアの利用が進み、それにより弊害が生じる可能性があるのであれば、その影響についても実証的に検証する必要がある。

2. テーブルトップ型デバイスの利用が読みに与える影響の評価

本研究では、現在広く普及している電子書籍端末やPCを紙との比較対象として取り上げた。しかし、オフィスにおいてはテーブルトップ型のデバイスも今後普及していく可能性があり、普及の割合によっては分析対象とする必要があると考える。

テーブルトップ型デバイスも市場販売がなされており、代表的なデバイスとして、マイクロソフト社のPixel Senseがある。現在は、電子書籍端末やPCに比べて価格は格段に高いが、マイクロソフト社は一般消費者にも手が届く価格を目指しており、今後広く普及していく可能性がある。

こうしたデバイスでは、両手で直接文書を操作できることにより、文書移動の操作性の向上が見込める。そのため、複数の文書を相互に参照する読みにおいて、文書の配置変更により読みが阻害されず、PCより読みの効率が向上する可能性がある。一方、物理的な対象と異なり、テーブルトップ型デバイスに表示された電子的なオブジェクトは両手を同時に使用した操作を促進しないことも指摘されている [Terrenghi 2007]. 直感に反し、読みの効率を劇的には向上させない可能性もあり、実証的に効果の検証を行う必要がある。

7.4 読みを支援する電子メディアの設計に向けて

本研究の知見を踏まえ、読みを支援する電子メディアの設計について考察する。7.2節と同様に、紙を模範とした電子メディア設計の方向性について議論する。ただし、7.2節では、読みごとに改善が求められる重要な操作について考察したが、ここでは統合的に読みを支援するための電子メディアの設計に向けた検討を行う。なお、情報を簡単に複製できるなどの電子メディアならではの利点を強調するアプローチもあるが [Tashman 2011b]、この種の工夫の検討は他の研究に委ねる。

まず、7.4.1 では統合的に読みを支援するメディアが備えるべき特徴の示唆を得るため、紙と電子メディアの操作性の特徴の違いについて考察する。紙を模範とした電子メディアの設計の方向性について検討するため、電子メディアの制約や紙の利点の特徴について議論する。次に、7.4.1 での分析を踏まえ、7.4.2 では読みを支援する電子メディアの設計指針について検討する。もちろん、これまで述べてきたように、読みを支援するための電子メディアは、紙のように直感的で柔軟なページナビゲーションや複数文書のハンドリングを実現することが望ましい。7.4.1 と 7.4.2 では、こうした支援を電子メディアで実現するために、メディアが備えるべき特徴を検討する。最後に、7.4.3 では 7.4.2 で示した設計指針を具現化するための活動として、現在着手中の読みの最中に紙文書になされる操作の分類と体系化について紹介する。緒についたばかりの研究であるが、将来の展望として述べる。

7.4.1 紙と電子メディアの操作性の違いの特徴

文書操作における紙の利点と電子メディアの制約を捉えるにあたり、文書操作における以下の4つの側面を定義した。

①操作対象の把握：操作対象となる文書やページ、アイコンなどを把握することである。ここでは、ページや文書の状態を把握するだけでなく、手やカーソルなどとの関係から操作が実行可能な状態にあるか否かの確認も含む。たとえば、操作対象のアイコンが表示されていることを確認するだけでなく、アイコン上にカーソルがあり、クリックすることで操作ができる状態にあることの確認も含む。さらに、ページをめくるためにアイコン上にカーソルを置くことや、文書を移動するために文書の上に手を置くといった準備動作も操作対象の把握のための行為に含める。

②操作行為の選択：実行する操作を選択することである。

③操作の実行：操作を実行することである。意図通りの操作ができるか否かといったことに着目する。

④操作結果の把握：操作の進捗や、正しく完了できたか否かを把握することである。たとえば、文書の移動であれば、文書を正しい方向に移動しているか否かといった状況や、目的の位置へ正しく配置できたことの確認に該当する。

以降、これらの側面での紙と電子メディアの操作性の違いについて考察する。

①操作対象の把握

紙と電子メディアでは、操作対象の把握に以下のような違いがあると考えられる。

- 紙：視覚以外の複数の感覚（触覚や力覚）を通して手がかりを得ることができる。
- 電子メディア：視覚的手がかりに依存している。

紙では、紙の手触りや重さから、操作対象となる文書やページを把握することができる。たとえば、文書を保持しているという状態や、ページをつまんでいるといった状態を紙の重さや手触りから判別することができる。また、文書の上に手を置いているという状態や、ページに指を挟んでいる状態も、紙の重さや手触りから常に把握することができる。

これに対し、電子メディアでは操作対象の把握は視覚に依存している。画面上に表示された文書の上にマウスカーソルや指を置いても、文書の上にカーソルや指があるということは手の感覚だけでは把握することができない。また、マウスをクリックしたり、タッチパネル上に指を置いて、文書やページを保持した状態にあることも手の感覚だけでは把握できない。

こうした違いは、文書を移動したり、ページをめくったりという行為の準備をする動作に影響を与えていると推察される。紙では、相手の顔を見ながら話しつつページに指をかけたり、文書に目を向けたまま別の文書に手を置くといった行為が観察された。これに対し、電子メディアでは文書から目を離れた状態で文書をクリックしたり、タッチするといった行為は観察されなかった。電子メディアでは、操作対象の把握を視覚に依存しているため、画面を見ずに手を触れたり、マウスをクリックすることで意図しない動作が生じる不安があるためと思われる。一方、紙では、文書やページに触れていることを手の感覚だけで把握できるからこそ、視線を向けずに文書の上に手を置いたり、ページに指をかけることが促進される。このことは他の行為から、文書の移動やページめくりへの移行をしやすくしていると考えられる。

実際、操作対象の把握を視覚に依存しているか否かは、操作の効率に影響を与えると
思われる。5章の実験では、文書の接触領域を制限することで、文書の配置効率が低下
した。この理由として、手を移動する必要がある距離が長くなったことに加え、文書に
触れる前に接触位置を見て確認する必要があることも影響していると推察する。

さらに、電子メディアでは文書の量や現在開いているページの位置はスクロールバー
などを通して、視覚的に確認する必要がある。これに対し、紙では文書を保持した際の
重さやページの厚みから、文書の量や現在開いているページの位置を手の感覚からも把
握することができる。このような、記載内容とページの位置関係の対応付けを手の感覚
で把握することは、当たりをつけて目的のページを開くことで、迅速に必要な情報にア
クセスすることに寄与する [Yang 2011]。実際、6章の実験後のインタビューでは、「(紙
では) 感覚的に、このあたりだと思って、ぱっと開ける」との報告がなされた。手の感
覚でページの位置関係を把握できることも、ページナビゲーションを支援し、6章での
紙での議論のしやすさに寄与していたと思われる。

②操作行為の選択

紙と電子メディアでは、操作行為の選択に以下のような違いがあると考えられる。

- 紙：両手や複数の指を使った多様な操作が実行可能である。
- 電子メディア：たいていの操作は片手で行う操作である。

紙では、ページをめくりつつ指を挟んだり、片手でページを途中までめくりつつ、も
う片方の手で書き込みをするといった両手や複数の指を使った多様な操作が可能であ
る。こうした多様な操作が読みのパフォーマンスを向上させたり、議論を支援していた
ことは5章や6章で述べたとおりである。

これに対し、複数の指を同時に認識可能なタブレット端末でも、両手や複数の指を利
用した操作はピンチアウトなど、ごくわずかな操作に限られる。片手でページを途中ま
でめくりつつ、もう片方の手で書き込みをするといった複数の異なる操作を同時に行う
ことはできない。

また、操作対象や操作結果の把握を視覚に依存していることも、両手による操作を阻
害する一因となることが予想される。先に述べたように、テーブルトップ型デバイス
を利用しても、複数のオブジェクトを両手で同時に操作(移動)することは促進されな
いことが指摘されている [Terrenghi 2007]。この理由は、複数のオブジェクトの保持や
移動の状態を視覚だけで同時に確認することは困難な場合があり、片手で逐次的に操
作せざるを得ないためと思われる。つまり、操作を視覚に依存していることが、両手によ

る同時操作を阻害する要因になると推察する。

③操作の実行

紙と電子メディアでは、操作の実行において以下のような違いがあると考える。

- 紙：意図と反する操作が生じにくい。
- 電子メディア：(タブレット端末では) しばしば画面に触れることで、意図しない操作が発生する。

紙では、読み手の意図に反する操作が生じた場面は、ほとんど観察されなかった。6章の実験では、保持していた紙文書を手元から落とした場面が観察されたが、こうしたケースは非常にまれといえる。これに対し、タブレット端末では、文書を指差した際に画面に触れたことで、意図しない拡大・縮小やページめくりが生じるケースがしばしば観察された。

タブレット端末で意図しない操作が発生するのは、利用者のメンタルモデルとメディアの設計に隔たりがあることが影響していると思われる。具体的には、利用者は習慣通りに、文書を指差し触れながら読もうとするが、そうしたジェスチャに操作が割り当てられてしまっているため、意図しない操作が発生したと推察する。5章でも述べたとおり、文書を指差したり、なぞったりという行為は文書間の注意の行き来を支援したり、読み飛ばしを避ける効果がある。そのため、こうした作法ができないことで、読みが阻害される可能性がある。実際、われわれの研究では、文書に触れることができない場合、読みの正確性が低下することを実験的に確認している [柴田 2011b]。

④操作結果の把握

紙と電子メディアでは、操作結果の把握に以下のような違いがあると考える。

- 紙：視覚以外の複数の感覚（触覚・力覚・聴覚）や、自らの身体の動きを手がかりにできる。
- 電子メディア：視覚的手がかりに依存している。

紙では、操作に対するフィードバックを触覚や力覚、聴覚から得ることができ、かつ自らの身体の動きも操作状況を知るための手がかりにすることができる。ページめくりについていえば、めくりの際に発生する音、手にページが触れていることや離れたこと、ページがしなることで発生する応力といったことから、めくりの状況を把握できる。また、文書移動では、文書を保持した手を移動した位置が文書の配置先になる。

これに対し、電子メディアでは、操作結果の把握は視覚に依存している。ボタンを押

したり、画面を叩いたり、画面上で指を滑らせることの感触だけでは、操作の状況を判断することはできない。4章で述べた様に、こうした操作結果の把握の視覚への依存が認知負荷の増加をもたらしていると考える。

以上のことをまとめると、各側面における紙と電子メディアの操作性の違いの特徴は表 7-2 のようになる。

表 7-2. 紙と電子メディアの操作性の違いの特徴

	紙	電子メディア
①操作対象の把握	視覚だけでなく、触覚や力覚からの手がかりも利用可能	視覚的手がかりに依存
②操作行為の選択	両手や複数の指を使った多様な操作が実行可能	(たいていは)片手操作。 -同時に異なる操作はできない -操作対象や操作結果の把握を視覚に依存することも、両手操作を阻害しうる
③操作の実行	意図と反する操作が生じにくい	(タブレット端末では)しばしば画面に触れることで、意図しない操作が発生
④操作結果の把握	視覚以外の複数の感覚(触覚・力覚・聴覚)や、自らの身体の動きを手がかりにできる	視覚的手がかりに依存

最後に、紙での操作が表 7-2 に示したような特徴を持つ理由(根本要因)と、その根本要因が実験で示した読みの影響要因としての紙の操作にどう寄与しているのかについて考察する。根本的には、ページの1枚1枚が実体を持つモノであり、軽く、薄く、しなやかで、表面の細かな凹凸や指先の汗の吸水性により、独特の手触りや適度な摩擦を提供するといった特徴が紙の操作に寄与していると考えられる。文書全体だけでなく、1枚1枚のページに触れることができ、各々のページについても重さや手触り、力を加えた際の抵抗といった操作対象や操作結果を把握するための手がかりが得られる。こうした手がかりにより、操作結果の把握を視覚に依存せずに済むことが、4章での紙のめくりの認知負荷の低さに寄与していると考えたことは既に述べたとおりである。また、視覚に依存せずに1枚1枚のページを操作できることで、5章で述べた両手による文書の同時移動や、6章で述べた指しおりといった、両手や複数の指を使った操作が容易になる。さらに、モノである紙の操作は直感的でわかりやすく、操作に習熟していることも

あり、意図に反する操作が生じにくい。文書に触れることで意図に反する操作が生じる心配もないため、5章で述べた手による直接的なポインティングが促進される。もちろん、適度な軽さや薄さや摩擦があり、しなやかであることがめくったり、移動したりといった操作のしやすさ全般に貢献している。たとえば、紙が重ければ、6章の実験で観察されたような相手に文書を見せる行為は促進されなかったと考える。

7.4.2 読みを支援するための電子メディアの設計指針

7.4.1 での議論を踏まえ、読みを支援するための電子メディアの設計にあたっては、以下の4点に留意すべきと考える。

- ①. 視覚に依存しない操作対象の把握を支援する設計
- ②. 両手や複数の指の利用を促進する設計
- ③. 文書の内容に注意を向けるために文書に触れることを阻害しない設計
- ④. 視覚に依存しない操作結果の把握を支援する設計

以降、これらについて説明を加える。

①. 視覚に依存しない操作対象の把握を支援する設計

次の行為への準備をスムーズに行うために、文書やページを保持したり、どこを開いているかを手の感覚として把握するための支援が必要と考える。たとえば、タッチパネルを備えたデバイスであれば、画面上に物理的な凹凸を浮かび上がらせたり、触覚検出器を皮膚上から直接電氣的に刺激することが考えられる [梶本 2001]。また、PC であれば触覚からのフィードバックを提供するマルチモーダルマウスを利用することも有用と思われる [赤松 1994]。

さらに、文書を重ねてまとめて移動したり、離れたページにジャンプすることを踏まえると、操作対象の文書や飛ばしてめくる予定のページの枚数によってフィードバックを変える工夫も必要となる。これにより、文書の量や現在開いているページの位置を手の感覚で把握することにも寄与できると思われる。

また、触覚を通して状態を伝えるだけでなく、操作体系についても見直しが必要と考える。たとえば、タッチパネルでの操作についていえば、画面に触れるだけで操作が発生しているのは、画面に触れて操作対象を把握することはおぼつかなくなる。少なくとも画面に触れるだけのジェスチャに操作を割り当てることは止め、画面の接触後に指の動きを伴うジェスチャに操作を割り当てるなどの検討が必要である。

②. 両手や複数の指の利用を促進する設計

読みを支援する多様な操作の実現のため、両手や複数の指の利用を促進する設計を行うべきである。そのために、複数の異なる操作を同時に行うことを許容した設計にすることが考えられる。たとえば、片手でページを途中までめくりながら、もう片方の手で書くといった操作を許容することが望ましい。また、両手による操作を促進するためには、操作を視覚に依存させないことも求められる。先に述べた操作対象の把握や、追って述べる操作結果の把握を視覚に依存させない工夫が必要となる。こうしたことにより、片手で文書を保持して読みつつ、もう片方の手で別の文書を少しずつ自分に近づけるといった行為を促進できると考える。

もちろん、両手や複数の指を使って、どのようなジェスチャを、どのような操作に割り当てていくべきかといったことは細かく検討していく必要がある。多様な操作が可能になる反面、利用者にとって直感的に使い分けができる設計でなければ、意図しない操作結果を招くことは容易に想像できる。こうした設計をするにあたり、多様で直感的な紙の操作を模倣することも検討に値すると考える。現在、そうした検討をするための示唆を得ることを目的とし、読みの最中に紙文書になされる行為を網羅的に収集し、細かく類型化することを企画中である。詳細は追って述べる。

③. 文書の内容に注意を向けるために画面に触れることを阻害しない設計

文書を指差したり、なぞったりする行為を促進するために、画面に対して直接指で触れることを阻害しない工夫が必要と考える。殊に、タッチパネルを備えたデバイスでは文書を指差したり、なぞったりする行為が他の操作と競合しないようにする工夫が必要である。

たとえば、ジェスチャの競合を回避するために、文書を手で押さえるジェスチャを併用することが有効と考える。紙では文章をなぞる際、文書が動かないように、もう一方の手で文書をしばしば押さえていた。文章をなぞる際にもう一方の手で文書を押さえるのは自然な行為であり、このジェスチャに文書移動やピンチアウトなどの操作を割り当てないようにすれば、文章をなぞる行為と文書操作を自然に分離できると考える。従来研究では、机上で紙面を押さえる行為を模したジェスチャにより、操作のモードを切り替えることが提案されている [椎尾 2007]。この研究では、文書を押さえるジェスチャ（文鎮メタファと呼ばれている）を書き込みや文書の拡大に割り当てている。本研究の結果から、文鎮メタファの枠組みは、書き込みと文書操作のモードの切り替えだけでなく、なぞりと文書操作のモードの切り替えにも有効であることが示唆される。

また、画面にかかる圧力の強弱で操作を区別する方法も検討に値すると考える。紙では文書をなぞる際に、手で押さえることなく、文書に軽く触れることで文書を移動しないようにすることが観察された。このような事実から考えるに、人は文書を押さえる力の強弱で、文書を移動するか否かを制御するのに慣れていていると思われる。そのため、画面にかかる圧力によりジェスチャの区別を直感的に制御できるのではないかと考える。

さらに、文書を指差すことを阻害しないために、画面に触れるだけのジェスチャには操作を割り当てないべきである。このことは、先に述べた様に、手の感覚で操作対象を把握するためにも必要なことである。

④. 視覚に依存しない操作結果の把握を支援する設計

文書を移動したりページをめくったりという操作に触覚や力覚、聴覚のフィードバックを合せて提示する工夫が必要と考える。たとえば、先に述べた様なマルチモーダルマウスや指への直接的な電気刺激を与えることが考えられる。また、3章で紹介したような回転ローラーなどにより、ページがめくれている感覚を提示することも有効である。

また、身体の動きも操作結果の把握に寄与する場合がある。その意味では、画面を叩くだけの動作のタップより、ページめくりに合わせて指を動かすスワイプのような操作の方が望ましい。より少ない動作で操作可能なことは電子メディアのメリットではあるが、操作結果の把握に役立つような動作はあえて省略しないことも有用と考える。さらに、操作に身体の動きを伴わせることは、自分自身の操作結果だけでなく、議論中の相手が文書を使って何をしているかを把握することにも寄与すると思われる。6章での実験後のインタビューでは、「(紙では) 相手がしていることがだいたいわかった」との報告が得られた。この理由として、紙では相手の様子を伺う余裕があったことに加えて、相手の身体の動きを通して、相手が行っている文書操作を簡単に知ることができるためと推察する。このことから、操作に身体の動きを伴わせることで、相手が何をしているかといった作業文脈の共有を促進することが期待できる。

7.4.3 読みの最中に紙文書になされる行為の類型化

読みを支援する電子メディアの設計のため、読みの最中に紙文書になされる行為を細かい粒度で分類し、分析することを検討している。紙ではページをめくる行為を取り上げてみても、多様なめくりがある。たとえば、ページの右上をつまんで軽く持ち上げて次のページをちらりと見たり、指を挟んでおいて異なるページ間を行き来したり、連続的にぱらぱらめくるといったことがなされている。そして、これらの行為は各々に異なる目的や利点を持つものと考えられる。実際、本研究でも示したとおり、ページ間の行

き来を支援するために、各々に少しずつ効果が違う多様な指しおりが行われていた。これまでも、そうした読みを支援する多様な行為の重要性は指摘されてきたが [Marshall 2005]、それらを区別し体系化して示されることはほとんどなかった。そうした紙の操作のカタログともいえるべき操作体系を整理することは、読みを支援する電子メディアが提供すべき機能を把握するための有用な示唆を提供し得る。さらに、それらの機能をどのようなジェスチャに割り当てるかといった検討の材料にすることも期待できる。たとえば、7.4.2 で述べた様に、どの操作とどの操作を同時に実行可能にすべきかといったことの示唆が得られると考える。

この分析は 5 章で述べた行為を細かく類型化するアプローチに近いが、電子メディアとの比較より、むしろ紙の多様な操作パターンをカバーすることに焦点をあてる。そのため、本研究のように特定の読みに着目する実験室実験だけでなく、現実の紙の利用環境を観察し、様々な読みの事例を収集することも想定している。

現在、実験により読みの事例を収集し、そこでの文書操作を分類し体系化している最中である。今後は、現実の紙の利用環境を観察し、操作事例を増やすとともに、操作体系の精緻化を図っていく予定である。

7.5 むすび

本研究では、娯楽や業務を目的とした読みを対象に、紙と電子メディアの利用が読みに与える影響と、その影響要因を明らかにするための一連の実験を実施した。結果として、娯楽を目的とした読み、業務の中で文書を 1 人で読む場合、業務の中で文書を複数人で読む場合のいずれの読みでも紙の優位性が示され、その理由が文書の操作性に起因していることが明らかとなった。

これらの実験結果は、状況に応じて最適なメディアを選択するうえで、有用な基礎データを提供し得る。殊に、業務で頻出する読みでの紙の優位性が示されたことは、業務効率を落とさない紙の節減施策の検討のために重要な示唆を与えるものと考えている。現在、多くの企業や役所で何らかのペーパーレス施策が取り組まれているが [大村 2010b]、過剰なペーパーレス化が業務を阻害してしまった事例も報告されている [Sellen 2001]。こうした中、業務での紙の利用をやみくもに制限するのではなく、不要な紙に絞って利用を減らすことを目標とする企業も少なくない。ナレッジワーカーの業務の大半が文書を読む行為であることを踏まえれば [Adler 1998]、文書を読む際に紙を利用すべきか電子メディアを利用すべきかの判断は、業務効率を落とさない紙の節減施

策の検討の上で重要であると考える.

また, 現状の電子メディアの改善の示唆を提示することで, 次世代の読むためのメディアの設計に対しても, 若干なりとも寄与できたと信ずるものである. 本研究で明らかにした読みのパフォーマンスの決定要因となる操作を改善することで, 各々の読みのパフォーマンスの向上に一定の効果が見込めるはずである. 知的活動の根源的な活動である「読む」ことの支援を目指す研究者に対し, 本論文が有益な資料として機能することを期待する.

謝辞

本研究を行うにあたり、多くの方々にご指導、ご協力を賜りました。この場を借りて御礼申し上げます。

本論文をまとめるにあたり、懇切なる御指導、御鞭撻を賜りました指導教員である田野俊一教授に厚く御礼申し上げます。知的・創造活動支援に関わる広い知識に基づき、多方面からの御指導・御支援を頂きました。また、折につれ一段高い視点から研究を概観することの重要性を説いてくださったとともに、自由な環境で研究に従事させていただいたことに深く感謝申し上げます。

本研究の遂行にあたり、有益な御助言と御鞭撻を賜りました橋山智訓准教授、市野順子助教に心より御礼申し上げます。橋山先生からは論文の構成について多くの御助言をいただきました。また、市野先生からはコミュニケーション支援の観点から、メディアの利用が議論に与える影響について丁寧な御指導を頂きました。こうしたご支援なくしては、議論を対象とした研究を完遂することはできなかったものと思います。心より感謝いたします。

本論文の審査教員として加わって頂きました阪口豊教授、多田好克教授、田中健次教授、野嶋琢也准教授には、本研究に対する的確かつ有益な御指導と御助言を賜りました。ここに深く感謝の意を表します。

東海大学の面谷信教授には、折につれ、さまざまな御助言、激励をいただきました。また、国際会議 NIP でご一緒させていただき、大変お世話になりました。ここに深く感謝いたします。

富士ゼロックス株式会社 齊藤潔フェローには本研究を包含するプロジェクトであるペーパーレスオフィス研究の発起人として、さまざまな形でご支援をいただきました。本研究への着手という得難い機会を与えていただき、心より感謝申し上げます。

富士ゼロックス株式会社 柴田博仁氏には、本研究の全般に関して熱心な御指導・御鞭撻を賜りました。氏の忍耐強い指導により、本研究は完遂に至ったものであります。心よりお礼申し上げます。

同じく、富士ゼロックス株式会社 大村賢悟氏には折りにつれ、研究内容に関するご指導、御助言を賜りました。氏の深い学識にもとづく指摘により、成果を論文としてま

とめることができました。心より厚くお礼申し上げます。

社会人にも関わらず、2年間にわたる電気通信大学での学生生活をフルタイムで過ごせたことは、富士ゼロックス株式会社の社費留学制度の支援によるものです。教育部林友美氏を初め、関係者の方々に厚く感謝申し上げます。

社費留学以前から上司としてさまざまな御支援を賜りました富士ゼロックス株式会社 澤山敦コミュニケーションデザインオフィス室長、ならびに川本浩研究主幹に感謝申し上げます。両氏の理解と支援なくしては、本研究を継続することは叶いませんでした。ここに深く感謝いたします。

情報メディア学講座の秘書である岸本雅代氏には、2年間に渡り、研究活動をさまざまな面から支えていただきました。深く感謝いたします。

勉学を共にした情報メディア学講座の学生諸氏には、さまざまな形でご支援をいただきました。特に、認知実験の際に、貴重な時間を割いて御協力頂き、心より厚く感謝いたします。

友人として、折につれ、励ましを与えてくれた富士ゼロックス株式会社 伊東敦氏、新宮淳氏、杉原大悟氏、根本啓一氏、三浦康秀氏に、この場を借りて感謝の意を表明します。

最後に、折につれ、励ましを与えてくれた親、兄弟、そして、著者の研究の最大の理解者であり、家庭において支えてくれた妻もりえに感謝します。

関連研究の印刷公表の方法及び時期

- [1] 高野 健太郎, 柴田 博仁, 大村 賢悟: ページめくりの操作性に着目した電子書籍端末の評価; ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.14, No.1, pp.89-100, (2012). (第4章の内容)

- [2] 高野 健太郎, 柴田 博仁, 大村 賢悟: 複数文書を相互に参照する読みでの文書操作のミクロな分析の試み; ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.14, No.4, pp.487-496, (2012). (第5章の内容)

- [3] Shibata, H., Takano, K. and Omura K.: Why Paper is Superior to Computer Displays in Cross-Reference Reading for Multiple Documents?; Proc. IDW'13, (2013). (第5章の内容)

- [4] Takano, K., Shibata, H., Omura, K., Ichino, J., Hashiyama, T. and Tano, S.: Do tablets really support discussion?: Comparison between paper, a tablet, and a laptop PC used as discussion tools; Proc. OzCHI 2012, pp.562-571, (2012). (第6章の内容)

- [5] Takano, K., Shibata, H., Omura, K., Ichino, J., Hashiyama, T. and Tano, S.: Effects of tablet devices on reading to support discussion: Analyzing conversations process of discussion; Proc. NIP29, pp.23-27, (2013). (第6章の内容)

参考文献の印刷公表の方法及び時期

- [1] 高野 健太郎, 大村 賢悟, 柴田 博仁: 短編小説の読みにおける紙の書籍と電子書籍端末の比較; 情報処理学会 第 141 回 HCI 研究会, No.4, pp.1-8, (2011).
- [2] 高野 健太郎, 柴田 博仁, 大村 賢悟: 読書中の文書操作に対するミクロな分析の試み; ヒューマンインタフェースシンポジウム 2011, pp.147-150, (2011).
- [3] 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, pp.139-146, (2011).
- [4] 高野 健太郎, 柴田 博仁, 大村 賢悟, 市野 順子, 橋本 智訓, 田野 俊一: 議論をするための読みにおける紙とタブレット端末の比; ヒューマンインタフェースシンポジウム 2012, pp.687-696, (2012).
- [5] 柴田 博仁, 高野 健太郎, 大村 賢悟: ペーパーレスはオフィスの理想像か? ~紙の効用を解明する試み~; 印刷雑誌, Vol.95, No.5, pp.13-18, (2012).
- [6] 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, (2012).
- [7] Shibata, H., Takano, K., and Omura K.: Impact of the use of a touch-based digital reading device in immersive reading; Proc. SID '13, pp.45-48, (2013).
- [8] 柴田 博仁, 高野 健太郎, 大村 賢悟: 読むためのデバイスとしての電子書籍端末の評価; 紙パルプ技術タイムス, Vol.56, No.4, pp27-32, (2013).
- [9] 柴田 博仁, 高野 健太郎, 大村 賢悟: 文書の角度を変えた場合の読み書きのパフォーマンス比較; ヒューマンインタフェースシンポジウム 2013, pp.133-142, (2013).

参考文献

- [Adler 1998] Adler, A., Gujar, A., Harrison, B., O'Hara, K. and Sellen, A.J.: A diary study of work-related reading: Design implications for digital reading devices; Proc. CHI'98, pp.241-248, (1998).
- [Alexander 2009] Alexander, J., Cockburn, A., Fitchett, S., Gutwin, C. and Greenberg, S.: Revisiting read wear: analysis, design, and evaluation of a footprints scrollbar; Proc. CHI'09, pp.1665-1674, (2009).
- [Askwall 1985] Askwall S.: Computer supported reading vs. reading text on paper: a comparison of two reading situations; International Journal of Man-Machine Studies, Vol.22, No.4, pp. 425-439, (1985).
- [Bilda 2003] Bilda, Z. and Demirkan, H.: An insight on designers' sketching activities in traditional versus digital media; Design Studies, Vol. 24, No. 1, pp. 27-50, (2003).
- [Broek 2001] Broek, P.V., Lorch, JR, R.F., Lnderholm, T., and Gustafson, M.: The effects of readers' goals on inference generation and memory for texts; Memory & Congnition, Vol.29, No.8, pp.1081-1087, (2001).
- [Buchanan 2007] Buchanan, G. and Loizides, F.: Investigating document triage on paper and electronic media; Proc. ECDL'07, Vol.35, pp.416-427, (2007).
- [Buchanan 2008a] Buchanan, G. and Owen, T.: Improving navigation interaction in digital documents; Proc. JCSDL'08, pp.383-392, (2008).

- [Buchanan 2008b] Buchanan, G. and Owen, T.: Improving skim reading for document triage; Proc. IIX'08, pp.383-392, (2008).
- [Business Week 1975] Business Week: The office of the future : An in-depth analysis of how word processing will reshape the corporate office; Business Week, June 30, (1975).
- [Carpenter 1966] Carpenter, E. and McLuhan, M.: Explorations in Communication: An Anthology; Beacon Press, (1966).
- [Carr 2011] Carr, N.: The Shallows: What the Internet Is Doing to Our Brains; W.W.Norton and company, (2011).
- [Chaparro 2004] Chaparro, B., Baker, J. R., Shaikh, A. D., Hull, S. and Brady, L.: Reading online text: A comparison of four whitespace layouts; Usability News, Vol.6, No.2, pp.1-7, (2004).
- [Chen 2008] Chen, N., Guimbretiere, F., Dixon, M., Lewis, C. and Agrawala, M.: Navigation techniques for dual-display e-book readers; Proc. CHI'08, pp.1779-1788, (2008).
- [Chen 2012] Chen, N., Guimbretiere, F. and Sellen, A.: Designing a multi-slate reading environment to support active reading activities; TOCHI, Vol.19, No.3, Article.18, (2012).
- [Cliatt 2010] Cliatt, C. : Kindle pilot results highlight possibilities for paper reduction, News at Princeton; <http://www.princeton.edu/main/news/archive/S26/64/38E35/> Posted February 22, (2010).
- [Cockburn 2006] Cockburn, A., Gutwin, C. and Alexander, J.: Faster document navigation with space-filling thumbnails; Proc. CHI'06, pp.1-10, (2006).
- [Dillon 1992] Dillon, A.: Reading from paper versus screens: A critical

review of the empirical literature; *Ergonomics*, Vol.35, No.10, pp.1297-1326, (1992).

- [Ericsson 1993] Ericsson, K.A. and Simon, H.A.: *Protocol analysis: Verbal reports as data* (revised edition); Cambridge, MA, MIT Press, (1993).
- [Fujita 2012] Fujita, K., Kidokoro, H. and Itoh, Y.: *Paranga: an interactive flipbook*; *Proc. ACET'12*, pp.17-30, (2012).
- [Geilser 2001] Geisler, C., Bazerman, C., Doheny-Farina, S., Gurak, L., Haas, C., Kaufer, D., Lunsford, A., Miller, C., Winsor, D. and Yates, J.: *IText: Future directions for research on the relationship between information technology and writing*; *Journal of Business and Technical Communications*, Vol.15, No.3, pp.269-308, (2001).
- [Golovchinsky 2008] Golovchinsky, G.: *Reading in the office*; *Proc. BooksOnline'08*, pp.21-24, (2008).
- [Golovchinsky 2011] Golovchinsky, G., Carter, S. and Dunnigan, A.: *ARA: the active reading application*; *Proc. MM'11*, pp.799-800, (2011).
- [Gould 1987a] Gould, J.D., Alfaro, L., Barnes, V., Finn, R., Grischkowsky, N. and Minuto, A.: *Reading is slower from CRT displays than from paper: Attempts to isolate a single-variable explanation*; *Human Factors*, Vol.29, No.3, pp.269-299, (1987).
- [Gould 1987b] Gould, J.D., Alfaro, L., Barnes, V., Finn, R., Haupt, B., and Minuto, A.: *Reading from CRT displays can be as fast as reading from paper*; *Human Factors*, Vol.29, No.5, pp.497-517, (1987).
- [Gugerty 2004] Gugerty, L., Tyrrell, R. A., Aten, T. R. and Edmonds, K. A.:

The effects of subpixel addressing on users' performance and preferences during reading-related tasks; ACM TAP, Vol.1, No.2, pp.81-101, (2004).

- [Guimbretière 2003] Guimbretière, F: Paper augmented digital documents; Proc. UIST'03, pp.51-60, (2003).
- [Hess 2012] Hess, S. and Jessica, J.: Does the ipad add value to business environments?; Proc. CHI EA'12, pp.335-350, (2012).
- [Hornecker 2008] Hornecker, E., Marshall, P., Dalton, N.S. and Rogers, Y.: Collaboration and interference: Awareness with mice or touch input; Proc. CSCW'08, pp.167-176, (2008).
- [Hupfeld 2013] Hupfeld, A., Sellen, A., O'Hara, K. and Rodden, T.: Leisure-Based Reading and the Place of E-Books in Everyday Life; Proc. INTERACT'13, pp.1-18, (2013).
- [Inkpen 2001] Inkpen, K., Hancock, M., Mandryk, R. and Scott, S.: Collaboration around a tabletop display: Supporting interpersonal interactions; SFU Tech Report, (2001).
- [Inkpen 2005] Inkpen, K., Hawkey, K., Kellar, M., Mandryk, R., Parker, K., Reilly, D., Scott, S. and Whalen, T.: Exploring display factors that influence co-located collaboration: angle, size, number, and user arrangement; HCI international, (2005).
- [Johnston 1978] Johnston, W.A. and Heinz, S.P.: Flexibility and capacity demands of attention; Journal of Experimental Psychology: General, Vol.107, No.4, pp.420-435, (1978).
- [Kandogan 1997] Kandogan, E. and Shneiderman, B.: Elastic Windows: Evaluation of multi-window operations; Proc. CHI '97, pp. 250-257, (1997).

- [Kay 1972] Kay, A.: A personal computer for children of all ages; Proc. ACM National Conference, (1972).
- [Kay 1977] Kay, A. and Goldberg, A.: Personal Dynamic Media; Computer Vol.10, No.3, pp.31–41, (1977).
- [Kendon 1967] Kendon, A.: Some functions of gaze-direction in social interaction; Acta Psychologica, Vol.26, pp.22-63, (1967).
- [Kim 2013] Kim, S., Kim, J. and Lee, S.: Bezel-flipper: design of a light-weight flipping interface for e-books; Proc. CHI EA'13, pp.1719-1724, (2013).
- [Kolers 1981] Kolers, P.A., Duchnicky, R.L. and Ferguson, D.C.: Eye movement measurement of readability of CRT displays; Human Factors, Vol.23, No.5, pp.517-527, (1981).
- [Kraut 2003] Kraut, R.E., Fussell, S.R. and Siegel, J.: Visual information as a conversational resource in collaborative physical tasks; Human–Computer Interaction, Vol.18, pp.13-49, (2003).
- [Kruk 1984] Kruk R. and Muter, P.: Reading of continuous text on video screens; Human Factors, Vol.26, No.3, pp.339-345, (1984).
- [Liao 2005] Liao, C., Guimbretière, F. and Hinckley, K.: PapierCraft: a command system for interactive paper; Proc. UIST'05, pp.241-244, (2005).
- [Liesaputra 2008] Liesaputra, V. and Ian, W.: Seeking information in realistic books: a user study; Proc. JC'DL'08, pp.29-38, (2008).
- [Lorch 1993] Lorch Jr, R.F., Lorch, E.P., and Klusewitz, M.A.: College students' conditional knowledge about reading; Journal of Educational Psychology, Vol.85, No.2, pp.239-252, (1993).
- [Luff 1998] Luff, P. and Heath, C.: Mobility in Collaboration; Proc.

CSCW'98, pp.305-314, (1998).

- [Makoul 2001] Makoul, G., Curry, R. H. and Tang, P. C.: The use of electronic medical records communication patterns in outpatient encounters; *Journal of the American Medical Informatics Association*, Vol.8, No.6, pp.610-615, (2001).
- [Margalit 2006] Margalit, R.S., Roter, D., Dunevant, M.A., Larson, S. and Reis S.: Electronic medical record use and physician-patient communication: an observational study of Israeli primary care encounters; *Patient Education and Counseling*, Vol.61, No.1, pp.134-141, (2006).
- [Marshall 1997] Marshall, C.: Annotation: from paper books to the digital library; *Proc. JCDL'97*, pp.131-140, (1997).
- [Marshall 2004] Marshall, C. and Brush, A.J.: Exploring the Relationship between Personal and Public Annotations; *Proc. JCDL '04*, pp. 349-357, (2004).
- [Marshall 2005] Marshall, C. and Bly, S.: Turning the page on navigation; *Proc. JCDL'05*, pp.225-234, (2005).
- [Marshall 2009] Marshall, C.: Reading and writing the electronic book; *Synthesis lectures on information concepts, retrieval, and services*, (2009).
- [Matulic 2012] Matulic, F. and Norrie, M.: Supporting active reading on pen and touch-operated tabletops; *Proc. AVI'12*, pp.612-619, (2012).
- [McGrath 1984] McGrath, J.E.: *Groups: Interaction and performance*; Englewood Cliffs, NJ, (1984).
- [Merabian 1968] Merabian, A.: Communication without words; *Psychological Today*, Vol.2, pp.53-55, (1968).

- [Nielsen 2010] Nielsen, J.: iPad and Kindle reading speeds; <http://www.useit.com/alertbox/ipad-kindle-reading.html>, (2010).
- [Nielsen 2011] Nielsen, J.: iPad Usability: Year One; <http://www.nngroup.com/articles/ipad-usability-year-one/> (2011).
- [Obendorf 2003] Obendorf, H.: Simplifying annotation support for real-world-settings: a comparative study of active reading; Proc. HT'03, pp.120-121, (2003).
- [O'Hara 1997] O'Hara, K. and Sellen, A.J.: A comparison of reading paper and on-line documents; Proc. CHI '97, pp.335-342, (1997).
- [O'Hara 2002] O'Hara, K.P., Taylor, A., Newman, W. and Sellen, A.J.: Understanding the materiality of writing from multiple sources; International Journal of Human-Computer Studies, Vol. 56, No.3, pp.269-305, (2002).
- [Pearson 2011] Pearson, J., Buchanan, G. and Thimbleby, H.: The reading desk: applying physical interactions to digital documents; Proc. CHI'11, pp.3199-3202, (2011).
- [Piolat 1997] Piolat, A., Roussey, J.Y. and Thunin, O.: Effects of screen presentation on text reading and revising; International Journal of Human-Computer Studies, Vol.47, No.4, pp.565-589, (1997).
- [Ramussen 2013] http://www.rasmussenreports.com/public_content/lifestyle/general_lifestyle/july_2013/75_prefer_traditional_book_to_electronic_reading_device, (2013).
- [Richardson 1989] Richardson, J., Dillon, A. and McKnight, C.: The effect of window size on reading and manipulating electronic text;

In E. Megaw (ed.) Contemporary ergonomics, London, Taylor and Francis, pp.474-479, (1989).

- [Rogers 2004] Rogers, Y. and Lindley, S.: Collaborating around vertical and horizontal large interactive displays: which way is best?; Interacting with Computers, Vol.16, No.6, pp.1133-1152, (2004).
- [Ryall 2004] Ryall, K., Forlines, C., Shen, C. and Morris, M.: Exploring the effects of group size and table size on interactions with tabletop shared-display groupware; Proc. CSCW'04, pp. 284-293, (2004).
- [Sanchez 2009] Sanchez, C. and Wiley, J.: To scroll or not to scroll: Scrolling, working memory capacity, and comprehending complex texts; The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, Vol.51, No.5, pp.730-738, (2009).
- [Schilit 1998] Schilit, B.N. and Golovchinsky, G, Price, M.N.: Beyond paper: Supporting active reading with free form digital ink annotations; Proc. CHI '98, pp.249-256, (1998).
- [Sellen 1997] Sellen, A. and Harper, R.: Paper as an analytic resource for the design of new technologies; Proc. CHI'97, pp.319-326, (1997).
- [Sellen 2001] Sellen, A.J. and Harper, R.J.: The myth of the paperless office; The MIT Press, (2001).
- [Sheedy 2005] Sheedy, J. E., Subbaram, M. V., Zimmerman, A. B. and Hayes, J. R.: Text legibility and the letter superiority effect; Human Factors, Vol.47, No.4, pp.797-815, (2005).
- [Shibata 2012] Shibata, H. and Omura, K.: Comparing paper books and electronic media in reading to answer questions; Proc. NIP28, (2012).

- [Sovik 2000] Sovik, N., Arntzen, O. and Samuelstuen, M.: Eye-movement parameters and reading speed: A study of oral and silent reading performances of twelve-year old children; *Reading and Writing*, Vol.13, pp.237-255, (2000).
- [Sun 2005] Sun, L. and Guimbretière, F.: Flipper: a new method of digital document navigation; *Proc. CHI EA'05*, pp.2001-2004, (2005).
- [Suwa 1998] Suwa, M., Purcell, T. and Gero, J.S.: Macroscopic analysis of design processes based on a scheme for coding designers' cognitive actions; *Design Studies*, Vol. 19, No.4, pp. 455-483, (1998).
- [Tajika 2008] Tajika, T., Yonezawa, T. and Mitsunaga, N.: Intuitive page-turning interface of e-books on flexible e-paper based on user studies; *Proc. MM'08*, pp.793-796, (2008).
- [Tashman 2011a] Tashman, C. and Edwards, W.: Active reading and its discontents: the situations, problems and ideas of readers; *Proc. CHI'11*, pp.2927-2936, (2011).
- [Tashman 2011b] Tashman, C. and Edwards, W.: LiquidText: a flexible, multitouch environment to support active reading; *Proc. CHI'11*, pp.3285-3294, (2011).
- [Terrenghi 2007] Terrenghi, L., Kirk, D., Sellen, A. and Izadi, S.: Affordances for manipulation of physical versus digital media on interactive surfaces; *Proc. CHI'07*, pp.1157-1166, (2007).
- [Thayer 2011] Thayer, A., Lee, C. P., Hwang, L. H., Sales, H., Sen, P. and Dalal, N.: The imposition and superimposition of digital reading technology: the academic potential of e-readers; *Proc. CHI'11*, pp.2917-2926, (2011).

- [The Wall Street Journal 2013] <http://jp.wsj.com/article/SB10001424127887324890804578229060733893492.html>, (2013).
- [Wästlund 2008] Wästlund, E., Norlander, T. and Archer, T.: The effect of page layout on mental workload: A dual-task experiment; *Computers in Human Behavior*, Vol.24, No.3, pp.1229-1245, (2008).
- [Wightman 2010] Wightman, D., Ginn, T. and Vertegaal, R.: TouchMark: Flexible document navigation and bookmarking techniques for e-book readers; *Proc. GI'10*, pp.241-244. (2010).
- [Xplana 2011] Reynolds, R.: Digital textbooks reaching the tipping point in u.s. higher education; http://info.xplana.com/report/pdf/Xplana_Whitepaper_2011.pdf, (2011).
- [Yang 2011] Yang, S. J., Chen, G. D. and Li, L. Y.: How students use contextual cues in finding information in paper and electronic textbooks; *Proc. ICALT'11*, pp.302-304, (2011).
- [Yoon 2011] Yoon, D., Cho, Y., Yeom, K. and Park, J.: Touch-Bookmark: a lightweight navigation and bookmarking technique for e-books; *Proc. CHI EA'11*, pp.1189-1194, (2011).
- [Zhai 1997] Zhai, S., Smith, B.A., Selker, T.: Improving browsing performance: A study of four input devices for scrolling and pointing tasks; *Proc. INTERACT'97*, pp.286-292, (1997).
- [アイゼンステイン 1987] アイゼンステイン: 印刷革命; みすず書房, (1987).
- [赤堀 2012] 赤堀 侃司, 和田 泰宜: 学習教材のデバイスとしての iPad・

- 紙・PC の特性比較; 白鷗大学教育学部論集, Vol.6, No.1, pp.15-34, (2012).
- [赤松 1994] 赤松幹之: ポインティング操作におけるマルチモーダルインタフェースの効果, 電子情報通信学会論文誌 Vol.J77-D-II, No.8, pp.1457-1464, (1994).
- [朝日新聞 2010] 朝日新聞 2010年7月20日, (2010).
- [網谷 2001] 網谷 重紀, 堀 浩一: 作曲者のメンタルスペースの外在化による作曲支援環境の研究; 情報処理学会論文誌, Vol.42, No.10, pp.2369-2378, (2001).
- [井澤 2012] 井澤 謙介, 鈴木 宣也, 赤羽 亨, 山川 尚子, 丸山潤, 相坂常朝, 小林茂.: 直接操作可能なめくりインタフェースによる新しいインタラクションの提案; インタラクション 2012, (2012).
- [石崎 2005] 石崎 昌子: 日本語の音読において学習者はどのようにポーズをおくか: 英語・フランス語・中国語・韓国語を母語とする学習者と日本語母語話者の比較; 世界の日本語教育, Vol.15, pp.75-89, (2005).
- [磯野 2005] 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).
- [市野 2012] 市野 順子, 金山 尚史, 田野 俊一, 橋山 智訓: 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; 情報処理学会論文誌, Vol.53, No.5, pp.1570-1580, (2012).
- [魚崎 2003] 魚崎 祐子, 伊藤 秀子, 野嶋 栄一郎: テキストへの下線ひき行為が内容把握に及ぼす影響; 日本教育工学雑誌, Vol.26, NO.4, pp.349-359, (2003).
- [大西 2011] 大西康昭: ドキュメントの新たな価値提供; 富士ゼロックス

テクニカルレポート, Vol.20, pp.4-13, (2011).

- [大村 2010a] 大村 賢悟, 柴田 博仁: 紙と電子メディアの読み書きに関する意識調査; 紙業タイムス, Vol.62, No.10, pp.18-30, (2010).
- [大村 2010b] 大村 賢悟, 柴田 博仁: ペーパーレスワークスタイルへの転換と紙の未来; 紙業タイムス, Vol.62, No.15, pp.28-41, (2010).
- [大村 2010c] 大村 賢悟, 柴田 博仁: 高解像度ディスプレイでの校正読みが紙より遅くなる時; 情報処理学会 創立 50 周年記念全国大会, pp.27-28, (2010).
- [岡野 2006] 岡野 翔, 面谷 信: 読みやすい電子ペーパーの具備すべき条件の検討: 媒体呈示条件, 媒体重量, 表示面サイズが読みやすさに及ぼす影響の評価; 日本印刷学会誌, Vol.43, No.5, pp.356-363, (2006).
- [面谷 2003] 面谷 信: 紙への挑戦: 電子ペーパー; 森北出版, (2003).
- [面谷 2005] 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).
- [梶本 2001] 本裕之, 川上直樹, 前田太郎, 舘暲: 皮膚感覚神経を選択的に刺激する電気触覚ディスプレイ, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J84-D-II, No.1, pp.120-128, (2001).
- [清原 2003] 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).
- [佐々木 2001] 佐々木 正人, 三嶋 博之, 宮本英美, 鈴木健太郎, 黄倉雅広: アフォーダンスと行為; 金子書房, (2001).

- [椎尾 2007] 椎尾 一郎, 辻田 眸: 文鎮メタファを利用した小型情報機器向けインタフェース; 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.3, pp.1221-1228, (2007).
- [柴田 2009] 柴田 博仁: 大画面ディスプレイ・多画面ディスプレイの導入による業務効率化の測定; 情報処理学会論文誌, Vol. 50, No. 3, pp.1204-1213, (2009).
- [柴田 2010] 柴田 博仁, 大村 賢悟: 「読むこと」での紙と電子メディアの比較実験; 紙業タイムス, Vol.62, No.11, pp.46-52, (2010).
- [柴田 2011a] 柴田 博仁, 大村 賢悟: ページ間の行き来を伴う読みにおける紙と電子メディアの比較; ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.13, No.4, pp.345-356, (2011).
- [柴田 2011b] 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, (2011).
- [柴田 2013] 柴田 博仁, 高野 健太郎, 大村 賢悟: 文書の角度を変えた場合の読み書きのパフォーマンス比較; ヒューマンインタフェースシンポジウム 2013, (2013).
- [島田 2005] 島田 恭宏, 宇都 宮毅, 鏡原 篤男, 田中 圭, 島田 英之, 大倉 充, 東 恒人: 仮想書籍ブラウジングシステムの試作; 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.7, pp.1646-1660, (2005).
- [水口 2012] 水口 実, 小野 進, 吉田 幸司, 林 真彩子, 深谷 拓吾: スマートフォンで読むマニュアルの操作方法を認知科学的に検証する; 第4回国際ユニヴァーサルデザイン会議, (2012).
- [高橋 1993] 高橋 誠: 企画会議のすすめ方; 日本能率協会マネージメントセンター, (1993).
- [田野 1999] 田野 俊一: 人間の知的で創造的な活動を支援・阻害する情報システムの分析; ヒューマンインタフェースシンポジウム

1999, (1999).

- [田野 2001] 田野 俊一: 高度ユーザインタフェースの研究動向と創造性への影響; 教育システム情報学会, Vol.17, No.4, pp.588-600, (2001).
- [中田 2011] 中田 篤志, 角 康之, 西田 豊明: 非言語情報の出現パターンによる会話状況の特徴抽出; インタラクション 2011, (2011).
- [日経コミュニケーションズ 2011] 日経コミュニケーションズ: 特集『iPad 時代のペーパーレス』, 2011 年 2 月号, (2011).
- [日経トレンドィネット 2012] <http://trendy.nikkeibp.co.jp/article/column/20121205/1045111/?ST=life&P=2>, (2012).
- [西田 2010] 西田 宗千佳: iPad VS. キンドル 日本を巻き込む電子書籍戦争の舞台裏; エンターブレイン, (2010).
- [寇 2005] 寇 冰冰, 椎名 健: 新時代の表示媒体: 電子ペーパー: その現状と媒体評価研究; 図書館情報メディア研究, Vol.3, No.1, pp.121-131, (2005).
- [寇 2006a] 寇 冰冰, 椎名 健: 異なる表示媒体の読みに関する統制条件下における比較研究: 読書媒体としての読みやすさについて; 図書館情報メディア研究, Vol.4, No.1, pp.29-44, (2006).
- [寇 2006b] 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).
- [深谷 2011] 深谷 拓吾, 小野 進, 水口 実, 中島 青哉, 林 真彩子, 安藤 広志: PDF は紙を超えるか?: 電子校正改善へ向けた, 液晶ディスプレイにおける校正作業ミス分析; 情報処理学会研究報告, Vol.3, pp.1-8, (2011).
- [細馬 2008] 細馬 宏通: 非言語コミュニケーションのための分析単位—

ジェスチャー単位一；人工知能学会誌，Vol.23，No.6，pp.390-396，(2008).

- [坊農 2007] 坊農 真弓，高梨 克也：多人数インタラクション研究の方法—言語・非言語コミュニケーション研究のための分析単位とその概念—；人工知能学会誌，Vol.22，No.6，pp.838-845，(2007).
- [前原 2011] 前原 孝章，川元 麻衣子，石田 樹生：2015年の電子書籍—現状と未来を読む—；東洋経済新報社，(2011).
- [松原 2013] 松原聡，山口翔，岡山将也，池田敬二：デジタル教科書プラットフォームの検討—アクセシビリティを中心に—；東洋大学「経済論集」，Vol.38，No2，(2013).
- [ムハマド 2008] ムハマド・ズルキフリー，田野 俊一，岩田 満，橋山 智訓：日本語のメモ書き作業における手書き入力の有効性；電子情報処理学会論文誌，Vol.J91-D，No.3，pp.771-783，(2008).
- [ローター 2013] ローター・ミュラー，三谷 武司：メディアとしての紙の文化史；東洋書林，(2013).
- [渡邊 2008] 渡邊 純一郎，望月 有人：フレキシブルディスプレイへ応用可能な曲げを利用した操作デバイス；インタラクション 2008 論文集，pp.211-217，(2008).

著者略歴

高野健太郎（たかのけんたろう）

2003年3月 埼玉大学大学院理工学研究科情報システム工学専攻博士前期課程修了

2003年4月 富士ゼロックス株式会社 入社（現職）

2012年4月 電気通信大学大学院情報システム学研究科情報メディアシステム学専攻
博士後期課程入学

2014年3月 電気通信大学大学院情報システム学研究科情報メディアシステム学専攻
博士後期課程修了予定

富士ゼロックス株式会社にて，人間と紙とのインタラクションの研究に従事．

日本認知科学会，ヒューマンインタフェース学会会員．