

において、速度が加速、一定、減速のプログレスバーを提示する実験を行い、プログレスバーの速度が加速する場合よりも減速する場合のほうがユーザの満足度が高いことを明らかにしている。

以上のように、プログレスバーの速度によって体感時間が変化することはすでに明らかになっている。本研究では、プログレスバー自体に視覚効果を加えるのではなく、プログレスバーの周辺に視覚刺激を提示しているという点でこれらと異なっている。

2.2. 視覚情報による時間知覚に関する研究

視覚情報が時間知覚に与える影響に関する研究も様々存在する。木村ら[8]は、方向性をもつ刺激が時間知覚に影響を与えることに加え、提示された視覚刺激が作り出す方向によって人間の体感時間に変化が起きることを明らかにした。また Thomas ら[9]は、大きな視覚刺激が提示されている時間は、小さな視覚刺激が提示されている時間と比較して長く知覚されることを明らかにしている。また松井ら[3]は、プログレスバーのみを提示したときに比べ、プログレスバーの周辺視野に刺激を提示したとき、その待機時間が 2, 3, 4, 10, 12 秒の場合には体感時間が短縮すること、待機時間が 5~8 秒の場合には体感時間が延長する傾向を明らかにしている。

2.3. Web の待機時間に関する研究

Web ページにおいて通信の遅延やコンテンツの読み込みによって発生する待機時間に関する研究もいくつか存在する。白井ら[10]は、通信の遅延が発生した際にコンシェルジュのキャラクタと文章をスマートフォンの画面に表示することによって、通信の遅延による QoE の低下を緩和できることを明らかにしている。また SmartBear 社によって行われた調査[11]では、Web サイトにおける待機時間とユーザの行動について報告されている。調査によると、Web ページが 3 秒以内に表示されない場合は 57% のユーザがそのページの閲覧を諦めて離脱するとされている。また待機時間が 1 秒増加するごとに、ページの閲覧数が 11% 減少し、ユーザの満足度が 16% 減少すると報告されている。さらにモバイルサイトの場合は、60% のユーザが 3 秒以内に表示されることを期待しており、5 秒以内に Web ペー

ジが表示されない場合は 74% のユーザが離脱してしまふと報告されている。

3. PC 向け Web 実験環境統制システムの実装

Web システムを用いた実験を実験参加者の PC 上で実施する場合、その PC の画面サイズなどが大きく異なるため、その環境に実験が影響を受ける可能性がある。例えば、実験中は動画の視聴やウェブ閲覧などながら作業で実施して欲しくないため、全画面で実施することが望ましいが、画面サイズや解像度などが異なる場合、コンテンツが過剰に大きく表示される問題やページに多くの空白が生じる問題が発生する。また、本研究ではページ離脱率を計測することが目的であるが、ブラウザには一気に履歴を遡る機能があるうえ、リロードや読み込み停止など、実験統制上クリックして欲しくないボタンも多く存在する。さらに、タブなどを使われてしまうとそのページから離れてしまうため、ユーザ行動の監視にはブラウザの拡張機能などを導入してもらう必要がある。こうした問題を解決することが実験実施上重要となる。

そこで本研究では、実験中はフルスクリーンとすることで他の作業をできないようにしつつ、ブラウザの形態をしたインタフェースを提示し、そのインタフェース上でブラウジングを行うことにより、上記の問題点に対して可能な限り対策を行う手法を提案および実装した。本研究で使用した実験システムでは、図 1 のようにフルスクリーンモードで表示されたウインドウ内部にブラウザを模したインタフェースを表示し、インタフェースのピクセル数を統一している。また実験システムでは、実際にインターネット上の Web ページで遷移は行わずに、実験開始時に全ページのデータをダウンロードさせたくてページの切り替えを行っている。そのため、ブラウザの履歴に残らない形でページ遷移を行うことができ、実験システムを新しいタブで開いた場合は、マウスの戻るボタンやショートカットなどによるページの移動を制限することが可能である。これによって、ページ遷移の方法をインタフェース内のリンクとボタンに限定することができる。

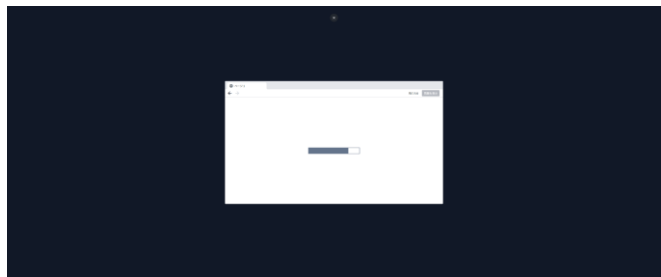
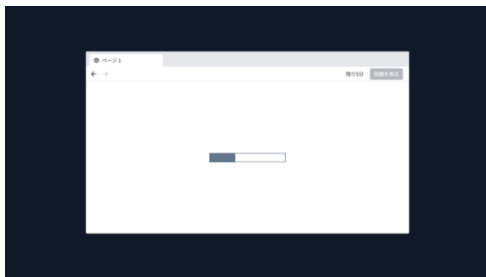


図 1 実験システム（左：解像度 1920×1080，右：解像度 3840×1600）



図 2 読み込み中の画面表示方法

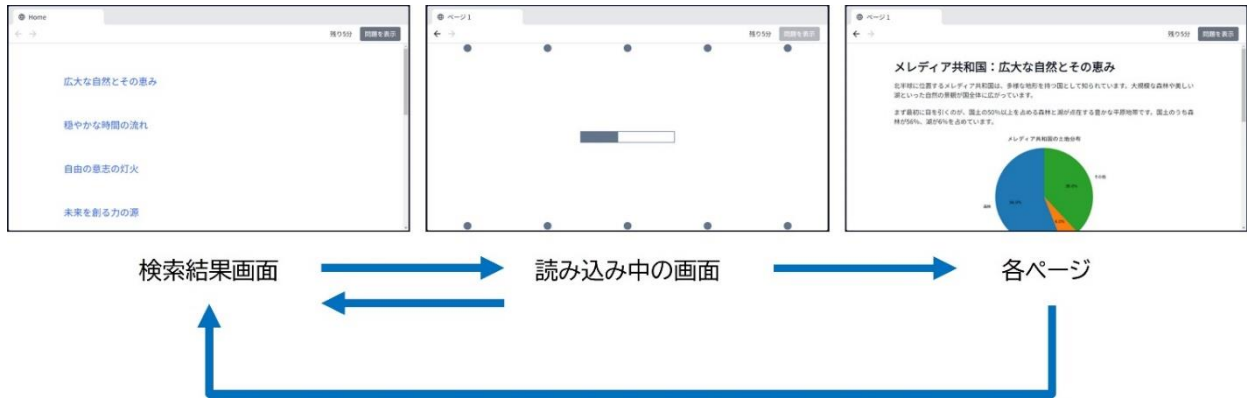


図 3 実験の流れ

4. 実験

4.1. 実験目的

本実験の目的は、Web ページの読み込み中におけるプログレスバーと視覚刺激の提示がユーザのページ離脱率に及ぼす影響を調査することである。本実験では、複数のページが検索結果のように一覧提示されている状況で必要な情報をページ遷移して探す場面において、各ページの読み込みにランダムな遅延を入れ、その読み込み時間におけるユーザのページ離脱率を調査する。

読み込み中の画面表示方法として、図 2 のように、スロバーのみ(スロバー条件)、プログレスバーのみ(プログレスバー条件)、プログレスバーと周辺視野への視覚刺激(プログレスバー+視覚刺激条件)の 3 種類を用意し、それぞれのページ離脱率を比較した。ここでは、下記のように仮説を立てた。

- 残りの読み込み時間が可視化されていないため、スロバー条件ではプログレスバーを利用する条件と比べ離脱率が高くなる。
- プログレスバーの周辺視野に視覚刺激を提示することで体感時間が短縮することが明らかになっている[3]ため、プログレスバー+視覚刺激条件では、体感時間が短縮されて離脱率が減少する。

また、本実験ではクラウドソーシングを利用して大規模に実験する。

4.2. 実験条件

本実験では、複数のページが検索結果のように一覧提示されている状況で必要な情報をページ遷移して探す状況を再現するため、3 章で述べたような仕組みを利用して実験システムを構築した。

本実験におけるページの読み込み中の画面表示方法は 4.1 節および図 2 に示すスロバー条件、プログレスバー条件、プログレスバー+視覚刺激条件の 3 種類とした。なお、周辺視野への視覚刺激は先行研究において PC 上で最も強い体感時間短縮効果が認められた画面の上端と下端において横方向に光点が移動する刺激を採用した。また、ページの読み込み時間の条件は 1 秒から 10 秒を 1 秒ずつ区切ったものとした。

本実験では 1 人の実験参加者について、読み込み中の画面表示方法は 1 種類に限定し、読み込み時間の秒数はページにアクセスするごとにランダムに決定されるようにした。

4.3. 実験手順

本実験では、Yahoo!クラウドソーシングを利用して実験を行う。ここでは、実験開始前に実験手順と注意事項に関する説明を提示し、各説明文についてチェックしないと実験を開始できないようにすることで実験に真面目に取り組むことを促した。また、実験開始時にスロバー条件、プログレスバー条件、プログレスバー+視覚刺激条件のいずれかをランダムに割り当てた。

実験が開始されると、図3に示すように複数のページが検索結果のように一覧提示されている検索結果画面に遷移する。この画面において各ページのリンクをクリックすると読み込みが開始されて読み込み中の画面となり、読み込み時間に応じて設定された視覚効果（スロバー、プログレスバー、プログレスバー+視覚刺激）が表示され、読み込みが完了すると各ページの内容が表示される。ここで、ページの読み込みが完了する前に戻るボタンがクリックされた場合、ユーザがページを離脱したと判定するようにした。本実験の参加者は5分間の制限時間内で各ページの情報をもとに5問の問題に解答することが求められており、各ページを閲覧しながら問題に解答する。この際、実際の検索の場面と同様に閲覧する順番や回数は指定されていない。実験参加者が「問題を表示」ボタンをクリックすると、図4のようにモーダルウィンドウとして問題が提示され、解答が入力できるようになっている。閲覧可能なページは全部で10ページあり、とある架空の国について生成した記事となっている。



図4 問題回答画面

5. 結果

Yahoo!クラウドソーシングにおいてPCを対象として、男女300名ずつに実験を依頼した。得られた計600名の実験参加者のうち、不適切なユーザIDを入力した6名、実験中のページアクセス数が合計5未満であった24名、参加者が解答するように求められた問題に対し正解が1問もなかった141名を分析対象から除外した（問題の正解は文章中に書かれているため、難易度が高いものではなく、時間内に複数正解できるものだった）。その結果、600名中429名が分析対象として残った。各条件における実験参加者を表1に示す。

表1 実験参加者

	男性	女性	合計
スロバーのみ	66	73	139
プログレスバーのみ	81	68	149
プログレスバー+視覚刺激	73	68	141
全体	220	209	429

表2は各条件におけるページ離脱の発生について実験結果を示したものである。結果より、各条件における読み込み時間の出現頻度は一様であったことがわかる。またスロバー条件は、プログレスバー条件やプログレスバー+視覚刺激条件に比べて離脱率が高くなるという仮説通りの傾向がみられている。一方、プログレスバー+視覚刺激の離脱率はプログレスバー条件との差がなかった。

図5は、各条件において、ある待ち時間までの累積の離脱率を求め、折れ線グラフで示したものである。この結果より、プログレスバー条件ではプログレスバー+視覚刺激条件に比べ離脱率が上昇するのが早いことがわかる。

図6は各条件において発生したページ離脱について、読み込み開始からの時間をプロットしたものである。ここで、各条件における読み込み開始から離脱が発生するまでの平均時間は、スロバー条件は3.87秒、プログレスバー条件は2.09秒、プログレスバー+視覚刺激条件は2.71秒であった。この結果から、プログレスバーを利用する条件は、スロバー条件と比較して離脱が発生するまでの平均時間が短い傾向がみられる。また、プログレスバー+視覚刺激条件は、プログレスバー条件と比較して離脱が発生するまでの平均時間が長い傾向がみられる。

また、図6における離脱点の分布と、離脱までの時間の標準偏差（スロバー条件は2.37秒、プログレスバー条件は1.27秒、プログレスバー+視覚刺激条件が1.68秒）から、スロバー条件において離脱の発生時間が分散していることがわかる。また、スロバー条件では読み込み完了まで残りわずかで離脱が発生している場合が一定数みられる。一方、プログレスバー条件とプログレスバー+視覚刺激条件では、読み込み開始から3~4秒までに発生した離脱が多くを占めており、プログレスバー+視覚刺激条件ではプログレスバー条件に比べ離脱の発生が少し遅くなる傾向が観察された。

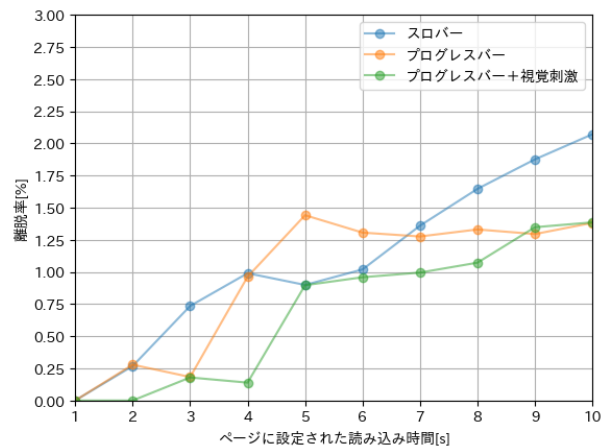


図5 特定の待ち時間までの累積離脱率

表 2 各条件におけるページ離脱の発生

読み込み時間[s]	スロババー			プログレスバー			プログレスバー+視覚刺激		
	アクセス数	離脱数	離脱率[%]	アクセス数	離脱数	離脱率[%]	アクセス数	離脱数	離脱率[%]
1	181	0	0.00	192	0	0.00	201	0	0.00
2	192	1	0.52	167	1	0.60	181	0	0.00
3	171	3	1.75	188	0	0.00	176	1	0.57
4	163	3	1.84	180	6	3.33	161	0	0.00
5	183	1	0.55	175	6	3.43	173	7	4.05
6	189	3	1.59	170	1	0.59	151	2	1.32
7	171	6	3.51	182	2	1.10	163	2	1.23
8	147	6	4.08	174	3	1.72	193	3	1.55
9	149	6	4.03	194	2	1.03	159	6	3.77
10	144	6	4.17	187	4	2.14	174	3	1.72
全体	1690	35	2.07	1809	25	1.38	1732	24	1.39

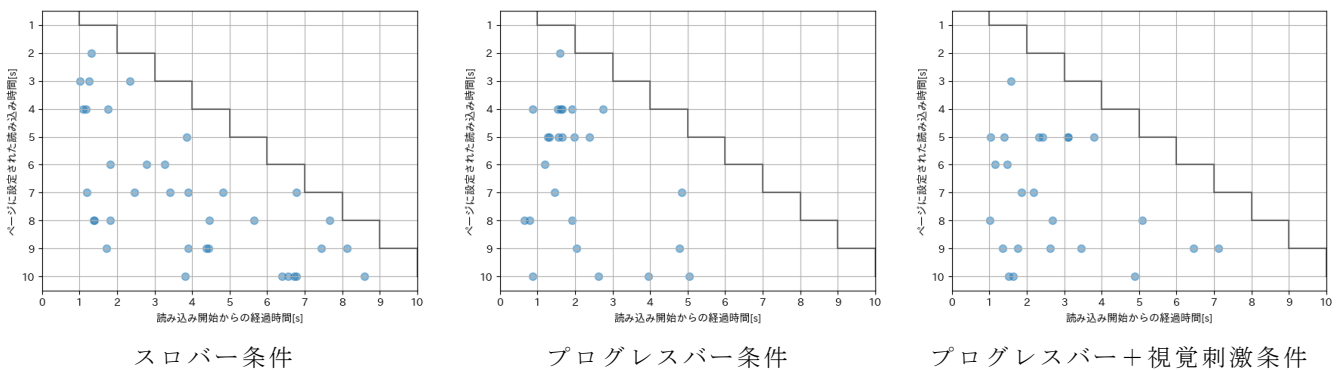


図 6 各条件においてページ離脱が発生したタイミング

6. 考察

表 2 の結果より、スロババー条件ではプログレスバー条件に比べてページ離脱率が高い傾向がみられた。図 6 において、スロババー条件では読み込み完了まで残りわずかのタイミングでの離脱が一定数みられることから、スロババーでは残りの読み込み時間が可視化されていないことが原因で離脱が発生していると考えられる。一方、プログレスバー条件では、スロババー条件に比べ、読み込み開始から離脱までの平均時間は短く、図 6 より、プログレスバー条件は読み込み開始から 3 秒までに発生した離脱が多くを占めていることがわかる。そのため、プログレスバーが表示された場合には、ユーザは読み込みが長いことを知るとすぐにページから離脱する可能性がある。

さらに表 2 より、プログレスバー+視覚刺激条件において、プログレスバー条件に比べ離脱率は変わらないが、離脱が発生するまでの平均時間が長い傾向がみられた。この要因として、プログレスバー周辺への視覚刺激による体感時間の短縮効果が 1.7%程度である [3]ということが原因として考えられる。図 6 より、プ

ログレスバー+視覚刺激条件ではプログレスバー条件に比べ少し遅れて離脱が発生していた。このように、わずかな体感時間の短縮によって離脱が少し遅れて発生していることから、ユーザが待機できる時間が少し長くなっていると考えられる。また、[3]によると視覚刺激を用いることで 2~4 秒では短縮効果があるものの、5~8 秒では体感時間の延長効果があるとされている。本実験においても、表 2 より、読み込み時間が 4 秒まではプログレスバー+視覚刺激の離脱は少ないが、5 秒以上において離脱率が急に高まっており、このことが全体の離脱率に影響を及ぼしていると考えられる。

以上より、スロババー条件ではプログレスバーを利用した条件と比べ離脱率が高くなるという仮説に沿うような結果が得られた。また、プログレスバー+視覚刺激条件では、プログレスバー条件に比べ体感時間が短縮され離脱率が減少するという仮説に沿う結果は得られなかったが、離脱率が上昇するタイミングが 4 秒から 5 秒と違いが観察された。このことから、離脱率が上昇する待ち時間周辺に絞った実験を再度実施

することで、さらなる検証を行う予定である。

本研究における実験では離脱の発生が非常に少なかった。この要因として、コンテンツがあるとある架空の国についてでありユーザにとって興味がない情報であったことや、ページ数が全部で 10 ページであり代替のページが存在しなかったことが考えられる。このような問題を解決するために、今後はより適切な実験設計を行う予定である。また、[11]によると PC とスマートフォンといったページを閲覧する環境によってページ離脱率が異なることが示唆されている。本実験についてもスマートフォン上での実験では結果が異なる可能性があるため、今後調査する予定である。

最後に、本稿では PC 向け Web 実験環境統制システムの実装を行い、実験参加者の PC 上で実施する場合の問題点を可能な限り対策するために、フルスクリーン上にインタフェースを提示して、そのインタフェース上で実験を行う手法を提案した。Web を用いたクラウドソーシング実験には Yokoyama ら[12]の研究があるが、こうした研究でも画面サイズなどの問題が影響している可能性があった。また、Web システム上で実施する実験については常に 3 章で述べたような問題が生じうるため、その対策をとることが望ましいと考えられる。ここで、本稿で実現した実験用システムは、環境によって画面の解像度などが異なるため実際の画面サイズを統一することはできていない。そのため、高解像度の環境などでは、表示されるブラウザが小さくなりすぎる問題が生じている可能性もある。そこで今後は、設定としてある程度の大きさを変更できる仕組みを実現し、調整可能とする予定である。

7. おわりに

本稿では、Web ページの読み込み時間における画面表示法が離脱に与える影響を調査するため、PC 向け Web 実験環境統制システムを実装し、スロバー条件、プログレスバー条件、プログレスバー+視覚刺激条件の 3 種類の比較実験を実施した。その結果、スロバー条件はプログレスバー条件に比べページ離脱率が高く、またプログレスバー条件ではスロバー条件に比べ読み込み開始から離脱までの時間が短い傾向が観察された。さらに、プログレスバー+視覚刺激条件では、プログレスバー条件に比べ離脱率は変わらないが、離脱が発生するまでの時間が長くなる傾向があることが観察された。

今後は、ページ離脱がより多く発生するような実験設計によって離脱の性質をより詳しく検証する予定である。また、本稿では PC を対象として実験を行ったが、PC とスマートフォンといったページを閲覧する環境による違いについても検証する予定である。さらに、本稿

で実装した PC 向け Web 実験環境統制システムの改良を行い、様々な実験環境に対応することによって適切な統制条件下で Web 上での実験を実施できるようにする予定である。また、我々の構築したシステム上で、実験実施者が望む実験システムを構築可能な拡張機能を実装予定である。

文 献

- [1] G. Gronier, and S. Gomri, "Etude des métaphors temporelles sur la perception du temps d'attente," Proceedings of the 20th International Conference of the Association Francophone d'Interaction Homme-Machine, pp.205-208, Metz, France, Sept.2008.
- [2] C. Harrison, Z. Yeo, and S. E. Hudson, "Faster progress bars: manipulating perceived duration with visual augmentations," Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp.1545-1548, Atlanta, USA, Apr.2010.
- [3] 松井啓司, 中村聡史, 鈴木智絵, 山中祥太, "周辺視野への視覚刺激提示によるプログレスバーの主観的な待機時間短縮手法," 情報処理学会研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), vol.2019-HCI-181, no.25, pp.1-6, Jan.2019.
- [4] 小川剣次郎, 青木終八, 中村瞭汰, 中村聡史, 山中祥太, "PC とスマートフォンにおけるプログレスバーと周辺視野への視覚刺激の提示による体感時間短縮効果の調査," 情報処理学会研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション(HCI), vol.2023-HCI-202, no.55, pp.1-7, Mar.2023.
- [5] Y. Kuroki, and M. Ishihara, "Manipulating Animation Speed of Progress Bars to Shorten Time Perception," HCI International 2015 - Posters' Extended Abstracts, pp.670-673, Los Angeles, USA, Aug.2015.
- [6] W. Kim, and S. Xiong, "The Effect of Video Loading Symbol on Waiting Time Perception," Design, User Experience, and Usability: Understanding Users and Contexts, pp.105-114, Vancouver, Canada, July 2017.
- [7] G. Gronier, and A. Baudet, Does Progress Bars' Behavior Influence the User Experience in Human-Computer Interaction?, Psychology and Cognitive Sciences - Open Journal, vol.5, no.1, pp.6-13, Feb.2019.
- [8] 木村彩也華, 牧岡省吾, "方向性を持つ視覚刺激が時間知覚に与える影響," 日本心理学会第 81 回大会, no.2B-035, pp.449-449, Sept.2017.
- [9] E. Thomas, and N. E. Cantor, On the duality of simultaneous time and size perception, Perception & Psychophysics, vol.18, no.1, pp.44-48, Jan.1975.
- [10] 白井丈晴, 藤田真浩, 荒井大輔, 大岸智彦, 西垣正勝, "スマートフォンの通信遅延におけるユーザのアウェアネスと QoE の関係に関する基礎検討," 情報処理学会論文誌, vol.58, no.12, pp.1901-1911, Dec.2017.
- [11] K. Peiguss, "The Cost of Poor Web Performance [INFOGRAPHIC]," SmartBear, <https://smartbear.com/blog/the-cost-of-poor-web-performance-infographic/>, Nov.2012.
- [12] K. Yokoyama, S. Nakamura, and S. Yamanaka, Do Animation Direction and Position of Progress Bar Affect Selections?, Human-Computer Interaction - INTERACT 2021, vol.12936, pp.395-399, Sept.2021.