

にした。Kuroki ら[9]は、プログレスバーのアニメーションの加速度を変化させることで、速度が一定の場合よりも速度を速く知覚することを明らかにした。Gronier ら[10]は、プログレスバーの提示時間が 10 秒の場合、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。松井ら[11]は、中心視野にプログレスバー、周辺視野に視覚刺激を提示することで体感時間が増減することを明らかにし、小川ら[12]は、PC やスマートフォンといったデバイスに適した視覚刺激を明らかにしている。

以上のように、Web の待機時間と進捗インジケータの時間知覚に関する研究は数多く行われてきた。本研究は、こうした実験をある程度環境統制し、Web 上で実施可能な基盤を提供するものである。

2.2. クラウドソーシングでの実験に関する研究

Jesse ら[13]は、大規模で多様なサンプルを用いた研究を行うために、多くの研究者がクラウドソーシングサービスを活用していると報告している。Crump ら[14]は、クラウドソーシングを利用してストループ課題やサイモン課題などの心理学実験を再現し、多くの課題で実験室での結果を再現することに成功したが、一部では差異が認められたことを報告している。

Li ら[5]は、オンラインでの心理学実験において、参加者と画面との距離に応じて刺激サイズを調整する手法を提案している。ここでは、クレジットカードを用いた調整により刺激サイズを統制したうえで、注視点と盲点領域の位置関係を検出して画面との距離を測定している。本研究は、Web ブラウジングにまつわる実験を、環境を統制しつつ実施可能とするものであり、Li らの手法の拡張にあたるものである。

3. Web 実験環境統制システムの実装

3.1. 環境統制における問題点

クラウドソーシングなどを利用して、実験を参加者の PC 上で実施してもらう場合、参加者により 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。特に時間知覚は視覚刺激の大きさに影

響を受ける[4]ため、刺激サイズを統制することが望ましい。また、実験中は動画の視聴や Web 閲覧といった無関係のことを禁止するため全画面表示に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は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、一般に Web ブラウザは、履歴やブックマーク、タブなどのように、実験統制上利用を禁止したい機能も多く存在する。さらに、ユーザ行動の分析のためには、データを収集するためのブラウザ拡張機能などを導入してもらう必要があるが、こうした機能の導入は実験におけるハードルが高い。

3.2. 環境統制手法とプロトタイプシステム

先述の問題点を解決するため、クラウドソーシングでの実験を前提とした Web ブラウジング実験環境統制システムを実現する。

具体的には、実験開始前に Li ら[5]と同様にクレジットカードを用いた調整により刺激サイズを統制し（図 1）、実験中はフルスクリーンとして他の作業ができないようにしたうえで、Web ブラウザの形態をしたインタフェース上でブラウジングを可能とすることで環境の統制を行う。また、インタフェース上で、リンクのクリック、戻る・進む・リロードといった操作を行えるようにすることで、実際の Web ページと同様の操作環境を実現する。なお、クレジットカードによる調整に応じて、刺激サイズだけでなくインタフェース自体のサイズも変更し、その周辺に情報を何も提示しないことによって刺激量を統制する。また、表示に関する遅延などを統制する場合、ネットワーク遅延などはノイズとなりうる。そのため、実験開始前に全ページのデータをダウンロードしたうえでページの切り替えを行うことで、ページを読み込む際に意図的でない遅延が発生しないようにする。

本提案手法を JavaScript 用いて実装した。ノート PC およびデスクトップでシステムが動作している様子を図 2 に示す。ディスプレイサイズが大きく異なるが、実験システムの表示サイズは揃っている。

- 画面サイズの調整を行ってください
- 下のカードの画像に対して物理的なクレジットカードを置き、物理的なカードのサイズと一致するまでサイズを拡大または縮小してください。
 - 物理的なカードをお持ちでない場合は、デビットカード、図書館カード、標準IDカードなどを使用できます。



サイズを大きくする サイズを小さくする

図 1 クレジットカードを用いたサイズ調整画面



図 2 ノート PC およびデスクトップでの動作例

4. 実験

4.1. 実験目的

Web ブラウジング実験環境統制システムが効果的に動作するか、また Web ページの読み込み中の待機画面に表示する進捗インジケータがユーザの離脱に及ぼす影響を調査するため、ページ遷移しながら情報探索を行う場面で各ページの読み込みに遅延を挿入し、読み込み中におけるユーザの離脱率と離脱タイミングを調査する実験を実施する。

本実験では、「サイズ調整を行わない実験参加者は実験で不適切な行動をとる」、「スロバー条件では残りの読み込みが可視化されていないため、プログレスバー条件と比べ離脱率が高く、離脱タイミングが分散する」という仮説を立て、検証を行う。

4.2. 実験条件

本実験では、3章で述べた Web 実験環境統制システムを用いて、クラウドソーシングにおいて刺激サイズが統制された状態で実験を行う。ここでは、クレジットカードを用いてサイズ調整を行うとブラウザの形態をしたインタフェースの横幅が 24cm に統制される。

本実験における Web ページの読み込み中の待機画面条件は、図 3 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。

視覚刺激は[12]で使用さ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ものとしている。なお、本実験では 1 人の実験参加者について、読み込み中の待機画面条件は 1 種類に限定している。

また、突発的に発生する長い読み込み時間における離脱を調査するため、各ページの読み込みに挿入する遅延は、75%の確率で 1 秒、25%の確率で 5 秒から 10 秒がランダムで発生するようにした。これにより、通常時は読み込み時間が 1 秒であり、突発的に読み込み時間が 5 秒以上となる状況が発生させる。

4.3. 実験手順

本実験は、Yahoo!クラウドソーシングを利用して実験を行う。まず、実験システムにアクセスすると図 1 のような画面が表示され、実験参加者はクレジットカードを用いてサイズ調整を行うことを求められる。ここでは、実物のクレジットカードと画面上のカード画像の大きさを一致させることで、ディスプレイの画素密度を計算して画面上の刺激サイズを統制する。この作業のほかに、データのダウンロードや実験手順の説明文へのチェックが完了すると実験が開始され、図 4 のページ一覧画面に遷移する。なお、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がランダムに割り振られる。



図 3 読み込み中の待機画面条件



図 4 実験の流れ

実験が始まると、図 4 に示すように複数のページが一覧提示されているページ一覧画面に遷移する。この画面でリンクをクリックすると、リンク先のページの読み込みが開始され、4.2 節に示す遅延により待機画面となり、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またはリロードボタンをクリックされた場合、ユーザが離脱したと判定することとした。

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 1 問の問題に回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回答する。この際、実際の情報探索の場面と同様に閲覧するページの順番や回数は指定されていない。回答は実験中にモーダルウインドウを利用して入力することができ、実験終了後にも回答を編集して提出することができる。閲覧可能なページは全部で 50 ページあり、内容は京都の飲食店のグルメサイトとなっている。

5. 結果

我々が過去に Yahoo!クラウドソーシングを用いて実施した実験の参加者のうち、不適切な行動をとらなかった 427 名を対象として実験参加者を募集した。実験を完了した参加者は 275 名であった。

図 5 は実験参加者によるクレジットカードを用いたサイズ調整結果とそのサイズにした人数の分布、図 6 はサイズ調整を行った回数とその人数の分布を示している。なお、サイズ調整に用いるクレジットカード画像の初期サイズを 1.00 としたとき、サイズをどれだけ変更したかを表す比率をスケールとしている。

図 5 および図 6 より、サイズ調整を 1 回も行っていない実験参加者が多くみられた。このような参加者は実験の指示を順守していないことから不真面目であると考えられるため、実験参加者をサイズ調整群（調整回数が 5 回以上）とサイズ未調整群（調整回数が 5 回未満）で分け、遅延のない状況として設定している読み込み時間が 1 秒の場合においてページ滞在時間の分

析を行った（滞在時間 1 分未満が対象）。その結果を表 1 に示す。この結果より、サイズ未調整群ではコンテンツの閲覧時間が短い傾向がみられた。

次に、実験参加者のうち、サイズ未調整群の 57 名、実験中のアクセス数が合計 5 未満の 26 名、離脱数が 20 以上の 2 名を除外し、190 名を対象としてページ離脱の発生について分析を行った結果を表 2 に示す。

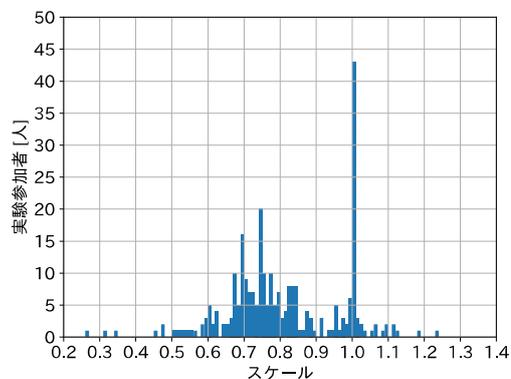


図 5 サイズ調整結果の分布

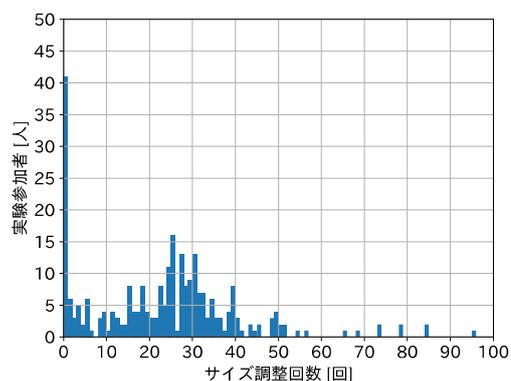


図 6 サイズ調整回数の分布

表 1 ページ滞在時間

	人数	件数	平均	標準偏差
サイズ調整群	218	2487	6.05s	8.09s
サイズ未調整群	57	680	4.21s	6.65s

表 2 各条件におけるページ離脱の発生

読み込み時間	スロバー (75名)			プログレスバー (64名)			プログレスバー+視覚刺激 (51名)		
	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
1s	1044	5	0.48%	855	4	0.47%	697	6	0.86%
5s	71	9	12.68%	51	1	1.96%	31	2	6.45%
6s	71	14	19.72%	54	2	3.70%	37	0	0.00%
7s	71	19	26.76%	45	2	4.44%	38	1	2.63%
8s	54	16	29.63%	43	4	9.30%	32	3	9.38%
9s	57	15	26.32%	61	1	1.64%	39	1	2.56%
10s	65	24	36.92%	37	4	10.81%	33	4	12.12%
5s~10s の合計	389	97	24.94%	291	14	4.81%	210	11	5.24%

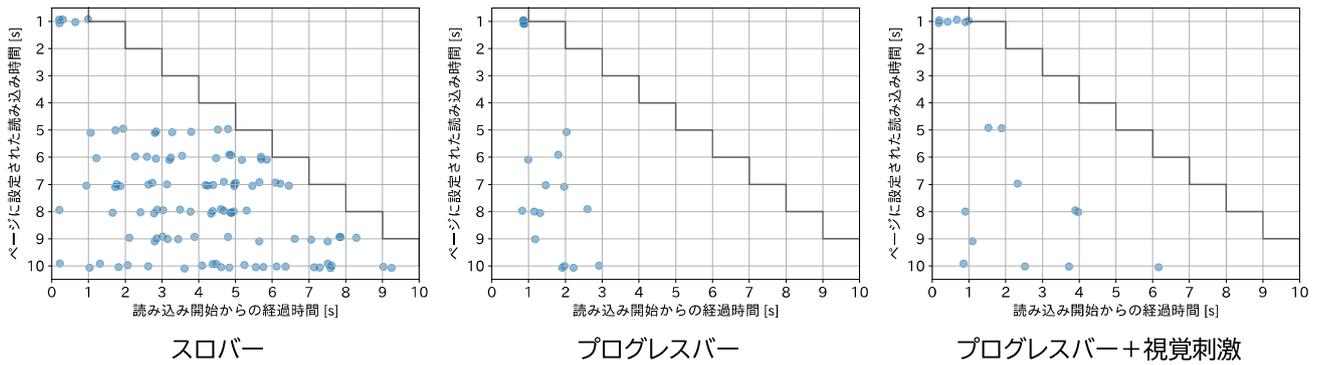


図7 各条件における離脱タイミングの分布

表2より、5秒から10秒の読み込み時間において、スロバール条件はプログレスバール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、プログレスバール+視覚刺激条件の離脱率においてプログレスバール条件との大きな差はみられなかった。

図7は、各条件において発生した離脱について、読み込み開始からの時間をプロットしたものである。図7と読み込み時間が5秒以上の場合における離脱までの時間の標準偏差（スロバール条件：1.99秒、プログレスバール条件：0.59秒、プログレスバール+視覚刺激条件：1.58秒）より、スロバール条件において離脱タイミングが分散しているという仮説通りの傾向がみられた。一方、図7と離脱までの平均時間（スロバール条件：4.27秒、プログレスバール条件：1.74秒、プログレスバール+視覚刺激条件：2.63秒）より、プログレスバール条件では離脱タイミングが早い傾向がみられる。また、プログレスバール条件では、読み込み開始から3秒以内の離脱が多くみられた。

なお、実験を完了せずに脱落した参加者も数多く存在した。実験システムにアクセスしてから実験開始前に210名が脱落し、このうち124名はクレジットカードを用いたサイズ調整のログが残っていない。また、実験開始後にも44名が脱落していた。

6. 考察

図5と図6より、クレジットカードを用いたサイズ調整結果と調整回数が一定範囲に分布しており、多くの実験参加者について環境統制ができたと考えられる。一方、サイズ未調整の参加者や実験開始前の脱落者も一定数存在したことから、サイズ調整は実験参加者への負荷が高いと考えられる。そのため、クレジットカードを用いたサイズ調整は、環境統制に効果的であるだけでなく、不真面目な参加者を脱落させて実験の質を向上させることに利用できる可能性がある。

表1より、サイズ未調整群ではコンテンツの閲覧時間が短い傾向がみられ、ページ滞在時間が平均で5秒未満であった。この原因として、サイズ未調整群は実

験の指示を順守していないため不真面目な参加者が多く、比較的雑にページ遷移を行っていたことが考えられる。この結果はサイズ調整を行わない実験参加者の特性を反映しており、実験において不適切な行動をとる参加者を判別できる可能性がある。

表2と図7より、スロバール条件ではプログレスバール条件に比べて離脱率が高く、離脱タイミングが分散していた。この原因として、スロバールが読み込みの進捗状況を可視化しておらず、ユーザが読み込み時間を予測できないことが考えられる。図7のスロバール条件では読み込み完了まで残りわずかでの離脱が一定数みられることから、ユーザにとって読み込み時間が不確実であることが離脱につながる可能性がある。

一方、プログレスバール条件では、スロバール条件に比べて離脱率が低く、読み込み開始から3秒以内の早いタイミングでの離脱が多かった。この原因として、実験で用いたプログレスバールが一定の速度で進むため、ユーザが読み込み時間を容易に予測できることが考えられる。なお、プログレスバール+視覚刺激条件ではプログレスバール条件と離脱率と離脱タイミングに大きな差はみられなかった。この原因として、視覚刺激による体感時間の短縮効果は1.7%程度[11]と、離脱に与える影響としては小さいものであったことが考えられる。

以上より、スロバール条件ではプログレスバール条件と比べて離脱率が高く、離脱タイミングが分散しており仮説に沿う結果が得られた。ここで、実際のブラウザではプログレスバールは速度変化や途中停止といった動きを含むことが多く、ユーザにとって動きを予測できないことが離脱に影響すると考えられる。そこで今後は、プログレスバールの進み方が離脱に与える影響を調査する予定である。また、本研究ではPCを対象として実験を行ったが、スマートフォン上では結果が異なる可能性がある。PCとスマートフォンでは画面サイズやブラウザバック方法などが異なるため、スマートフォン上での実験を今後実施する予定である。

本稿では、これまでの研究[6]と比較して特にスロバール条件において多くの離脱行動が観測された。この原

因として、実際の Web ページを用いて閲覧数が多くなるようなタスク設計を行い、突発的に長い読み込みが発生するように実験設計を変更したことが考えられる。これにより、ページの読み込みが長い場合は離脱して代替のページを閲覧するという選択肢を実験参加者に提供できたと考えられる。

本稿ではクラウドソーシングでの実験を前提として Web 実験環境統制システムを提案および実装した。クラウドソーシングでの実験には Yokoyama ら[15]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、クラウドソーシング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発生する可能性があるため、その対策をとることが望ましいと考えられる。一方で脱落する参加者も多かったことから、クラウドソーシングでの実験では注意が必要だと考えられる。

7. おわりに

本稿では、クラウドソーシングでの実験を前提として Web ブラウジング実験環境統制システムを提案および実装し、Web ページの読み込み中に表示する進捗インジケータがユーザの離脱に与える影響を調査した。具体的には、異なる実験環境においても刺激サイズの統制を行い、独自のインタフェース上で実験を行う仕組みを導入し、代表的な進捗インジケータであるスロバーとプログレスバーについて離脱率と離脱タイミングを比較した。その結果、クレジットカードによるサイズの調整の有無は不適切な行動をとる実験協力者の検出に有効であることがわかった。またスロバー条件では離脱率が高く、離脱タイミングが分散しており、プログレスバー条件では離脱率が低く、離脱タイミングが早い傾向がみられた。さらに、実験設計を変更したことによって、これまでの研究[6]と比較して多くの離脱行動を観測することができた。

今後は、実環境に近い進捗インジケータを用いた実験や PC・スマートフォン間での比較実験などによって、離脱要因をより詳しく検証する予定である。また、本稿で実装した Web 実験環境統制システムを改良し、デュアルディスプレイ環境に対応するとともに、本システムをベースとした実験を他者が実施できるようにする予定である。

謝辞 本研究の一部は JSPS 科研費 JP22K12135 の助成を受けたものです。

文 献

- [1] 大島寛斗, 小松孝徳, 山田誠二, “ユーザの待ち時間に影響を及ぼすスロバーの構成要素の探究,” 人工知能学会全国大会論文集 第 34 回全国大会, vol.JSAI2020, p.3J5OS9b02, Jun.2020.
- [2] 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, Sep.2008.
- [3] 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, Georgia, USA, Apr.2010.
- [4] E. A. C. 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.
- [5] Q. Li, S. J. Joo, J. D. Yeatman, and K. Reinecke, “Controlling for Participants’ Viewing Distance in Large-Scale, Psychophysical Online Experiments Using a Virtual Chinrest,” Scientific reports, vol.10, no.1, pp.1-11, Jan.2020.
- [6] 三山貴也, 小川剣二郎, 青木柊八, 中村瞭汰, 中村聡史, 山中祥太, “周辺視野への視覚刺激の提示が読み込み中のページ離脱率に及ぼす影響,” 信学技報 ヒューマンコミュニケーション基礎研究会(HCS), vol.123, no.188, pp.35-40, Sep.2023.
- [7] D. An, “Find out how you stack up to new industry benchmarks for mobile page speed,” <https://www.thinkwithgoogle.com/marketing-strategies/app-and-mobile/mobile-page-speed-new-industry-benchmarks/>, Feb.2018, (参照 2024-04-11) .
- [8] 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.
- [9] 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, California, USA, Aug.2015.
- [10] 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.
- [11] 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 (HCI), vol.2019-HCI-181, no.25, pp.1-6, Jan.2019.
- [12] 小川剣二郎, 青木柊八, 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 (HCI), vol.2023-HCI-202, no.55, pp.1-7, Mar.2023.
- [13] C. Jesse, and S. Danielle, “Conducting Clinical Research Using Crowdsourced Convenience Samples,” Annual Review of Clinical Psychology, vol.12, pp.53-81, Mar.2016.
- [14] M. J. C. Crump, J. V. McDonnell, and T. M. Gureckis, “Evaluating Amazon’s Mechanical Turk as a Tool for Experimental Behavioral Research,” PLoS One, vol.8, no.3, e57410, Mar.2013.
- [15] 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, Sep.2021.