

る [8]。また、このような遅延による影響を緩和する方法に関する研究も行われており、白井ら [9] は、通信の遅延が発生した際にキャラクタと文章をスマートフォンの画面に表示する手法を提案し、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。

以上のように、待機時間とユーザの満足度や行動の関係に関する研究が行われている。本研究では、実際の Web 閲覧と近い環境において待機画面にプログレスバーを表示し、プログレスバーに速度変化を加えることがユーザの離脱行動におよぼす影響を調査するという点でこれらの研究と異なる。

2.2 プログレスバーと時間知覚

プログレスバーに関する研究も様々行われている。Harrison ら [10] は、プログレスバーに進行速度の変化をつけることで体感時間が変化し、プログレスバーの途中で停止があると時間が長く感じられることや、進行が加速するプログレスバーが好まれること、進行が加速する部分が終了に近いほど好まれる傾向が強いことを明らかにしている。Kim ら [11] は、プログレスバーの形状は体感時間に影響しない一方で、後半に速度変化するプログレスバーを提示することによって体感時間が短縮されることも明らかにしている。また、ゆっくりと進んだ後に急に加速するプログレスバーと、速く進んだ後に急に減速するプログレスバーでは、体感時間に主観的な差はほぼ見られなかったと報告している。Gronier ら [12] は、10 秒間の待機時間において速度が加速、一定、減速のプログレスバーを提示してユーザの満足度を調査し、速度が減速するプログレスバーが最もユーザの満足度が高いが、ユーザの待機時間の認識には有意な差は見られないことを明らかにしている。

以上のように、プログレスバーにアニメーションを追加したり、進行速度を変化させたりすることで、体感時間や満足度が変化することが明らかになっている。それに対して本研究では、実際の Web ページと近い環境において、プログレスバーの進行速度変化が離脱に及ぼす影響を調査する。そのためユーザの体感時間ではなく、ユーザの行動を調査する点でこれらの研究とは異なっている。

3. 実験

3.1 実験目的

本実験の目的は、Web ページの読み込み中に提示されるプログレスバーの進行速度変化がユーザのページ離脱に及ぼす影響を調査することである。我々は、複数のページが検索結果のように一覧提示されている中から各ページを遷移して閲覧を行う場面において、各ページを読み込む際に遅延を挿入し、進行速度の異なる 5 つのプログレスバーのうち 1 つをランダムに選んで提示することで、プログレスバーの進行速度変化が待機時間におけるページ離脱に及ぼす影響を実験により明らかにする。

本実験で使用するプログレスバーの進行速度変化は、指数イージング関数に基づいて決定した。具体的には、下記の 5 条件のプログレスバーであり、図 1 のように経過時間に応じて進行位置が変化するようにした。

- **Linear 条件:** 進行速度が一定の条件

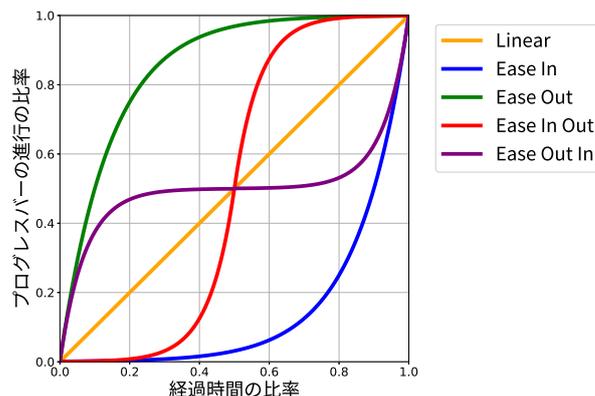


図 1: 実験で使用するプログレスバーの進行速度変化

- **Ease In 条件:** アニメーション開始時は進行速度が遅く、時間の経過とともに加速する条件
- **Ease Out 条件:** アニメーション開始時は進行速度が速く、時間の経過とともに減速する条件
- **Ease In Out 条件:** アニメーション開始時は進行速度が遅く、時間の経過とともに加速し、アニメーション終了時には減速する条件
- **Ease Out In 条件:** アニメーション開始時は進行速度が速く、時間の経過とともに減速し、アニメーション終了時は加速する条件

また本実験では、プログレスバーのアニメーション開始時の進行速度が遅い場合や、プログレスバーが停止しているように見える場合に離脱が発生しやすいという仮説を立てた。具体的には、Ease In 条件と Ease In Out 条件ではプログレスバーのアニメーション開始時の進行速度が遅く、Ease Out In 条件ではプログレスバーが停止しているように見える時間が長いため、これらの条件ではユーザが予測するページの読み込み時間が長くなりやすく、離脱率が高くなると考えられる。

3.2 実験条件

本実験では、我々が実装した Web システム (図 2) を用いて、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各ページを遷移しながら情報探索を行うタスクを実験参加者に行ってもらおう。本実験で使用するプログレスバーの進行速度変化は、図 1 で示したイージングを適用した 5 条件とした。また、ページの読み込み時間の条件は 1, 5, 6, 7, 8, 9, 10 秒の計 7 種類を用いた。各ページの読み込み時間は、75% の確率で 1 秒、25% の確率で 5~10 秒がランダムに設定されるようにすることで、通常は読み込み時間が 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ようにした。こうした理由は、ユーザを長い読み込み時間に慣れさせず、ユーザにとって予期せぬ遅延が発生した場合の離脱行動を調査するためである。

3.3 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、クラウドソーシングを利用して実験をそれぞれの参加者の PC 上で実施してもらう場合、参加者によって PC の



図 2: 実験システム

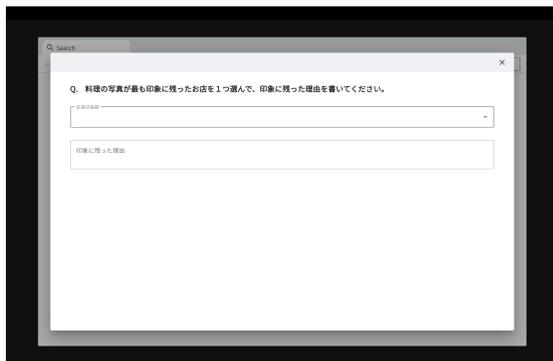


図 3: 質問回答画面

画面サイズが異なるため、表示される Web ページやプログレスバーの大きさに違いが生じ、実験結果に影響を与える可能性がある。そのため本実験では、これまでの研究 [5] で実装した Web 実験用環境統制システムを用いて、ブラウザのウィンドウサイズとプログレスバーの大きさを統制して実験を行う。具体的には、実験開始前に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 [13]。この作業を 2 回行った後、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、ページ一覧画面に遷移する。

実験が開始されると、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プログレスバーが表示される。なお、プログレスバーの速度変化は 3.1 節で述べた 5 条件のうちからランダムで 1 つの条件が適用されるようにした。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、ページ離脱が発生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 1 問の質問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質問に回答する。この際、実際の情報探索の場面と同様に閲覧する順番や回数は指定されていない。また、実験参加者が「問題を表示」ボタンをクリックすると、図 3 のようにモーダルウィンドウとして質問が提示され、回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 50 ページあ

り、内容は山形県のラーメン店のグルメサイトとなっている。実験参加者には、「料理の写真が最も印象に残ったお店を 1 つ選んで、印象に残った理由を書いてください」という質問に回答してもらった。

4. 結果

4.1 実験参加者

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ユーザを対象として実験参加者を募集し、期間内に 295 名の参加者が実験を完了した。ここで、クラウドソーシングを用いた実験では、不適切な回答が存在することが知られている。そのため、まず不適切なユーザ ID を入力した 4 名を除外した。また、実験開始前に行った画面サイズ調整において、結果が適正範囲外となった参加者に加えて、1 回目と 2 回目のサイズ調整結果の差が 20px 以上であった 86 名の参加者はクレジットカードを使用してサイズ調整を行っていないと判断して分析対象から除外した。

残りの 205 名の参加者について、図 4 にページアクセス数ごとの実験参加者数の分布、図 5 に離脱数ごとの実験参加者数の分布を示す。ここで、実験参加者全体のページアクセス数の平均は 21.2 回であったため、実験中のページアクセス数が 10 回未満であった 37 名は真面目に取り組んでいないと判断して分析対象から除外した。また、実験中の離脱回数の平均は 0.80 回であったため、離脱回数が 10 回以上であった 3 名は極端に離脱回数が多く、参加者個人による実験結果への影響が大きいと判断して分析対象から除外した。その結果、295 名中 165 名が分析対象として残った。

4.2 実験結果

表 1 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、各条件におけるページの読み込み時間の出現頻度は 5~10 秒では一様であったことが分かる。表 1 より、各条件ごとに離脱率の平均値が大きく異なるため、プログレスバーに進行速度変化を加えることがユーザの離脱行動に大きく影響していることがわかる。また、各条件の離脱率を比較すると、Ease In 条件の離脱率が高く、Ease Out 条件の離脱率が低いことが分かる。さらに、各条件の離脱率を進行速度が一定の Linear 条件と比較すると、Ease In 条件、Ease In Out 条件、Ease Out In 条件では Linear 条件より離脱率が高く、Ease

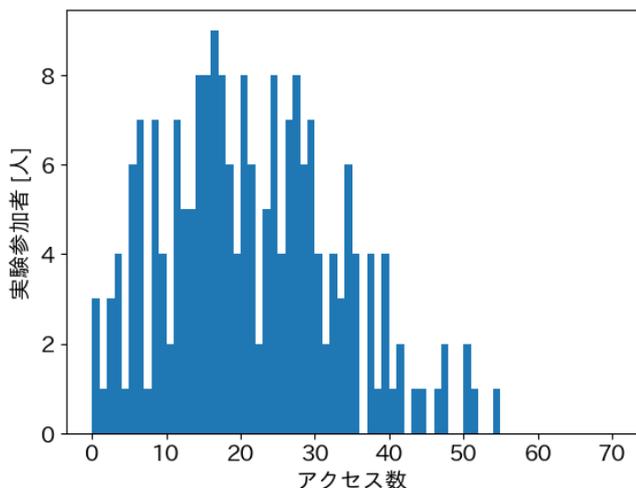


図 4: 分析対象を絞る前のページアクセス数

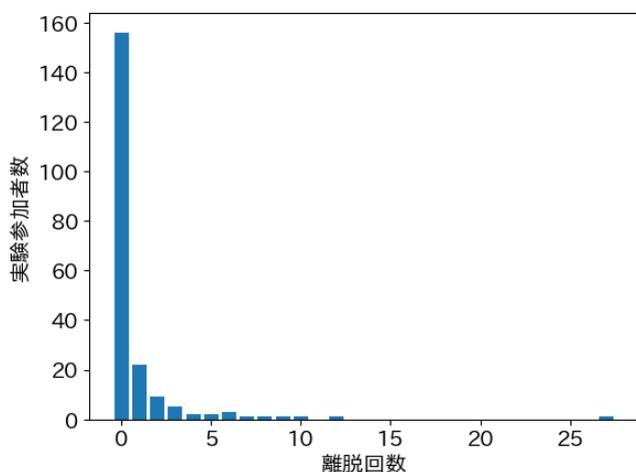


図 5: 分析対象を絞る前の離脱回数

Out 条件では Linear 条件より離脱率が低くなっている。この結果より、プログレスバーのアニメーション開始時の進行速度が遅い Ease In 条件と Ease In Out 条件に加えて、プログレスバーが停止しているように見える時間が長い Ease Out In 条件では Linear 条件と比較して離脱率が高いという仮説通りの傾向がみられた。

図 6 は、各条件ごとのページの読み込み時間と離脱率の関係を示したものである。グラフの横軸はページに設定された読み込み時間で、縦軸はその離脱率である。このグラフから、Ease In Out 以外の条件はページに設定された読み込み時間が長くなるにつれて離脱率が上昇する傾向があることがわかる。また、Ease In 条件は他の条件と比較して離脱率の上昇が急激であることがわかる。一方、Ease In Out 条件はページの設定時間が 5~6 秒では離脱率が上昇しているものの、それ以降は離脱率が減少傾向であることがわかる。

図 7 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経過時間をプロットしたものである。また、表 2 に各条件においてページの読み込み開始から離脱が発生するまでにユーザが待機した時間の平均と標準偏差を示している。

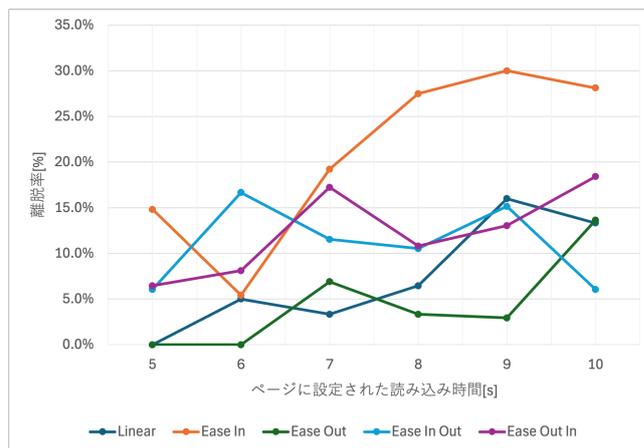


図 6: 設定された待機時間ごとの離脱率

Ease Out 条件における読み込み開始から離脱が発生するまでの待機時間の標準偏差は 3.24 秒であり、本研究で用いた進行速度条件の中で最も高く、Ease Out 条件の離脱発生時間が分散していることがわかる。一方、Ease In 条件では離脱タイミングが読み込み開始から 2~5 秒に集中していることがわかる。また、Linear 条件と Ease In Out 条件では離脱タイミングが読み込み開始から 2 秒以内に特に集中している傾向がみられる。さらに、Ease Out In 条件では、ページに設定された読み込み時間によらず離脱タイミングが分散していること、Ease Out 条件では待機した時間が長いことがわかる。一方、Ease In Out 条件では待機時間が短く、プログレスバーに進行速度変化を加えた条件で唯一 Linear 条件よりも待機時間が短い結果となった。

図 8 はプログレスバーの進行度と離脱のタイミングを示したものである。図の横軸はプログレスバーの進行度、縦軸はページに設定された読み込み時間である。この結果より、Ease In 条件と Ease In Out 条件は進行度が 0~10% のような早いタイミング、Ease Out 条件と Ease In Out 条件では進行度が 90~100% のような遅いタイミング、Ease Out In 条件では 40~60% のような中間のタイミングでの離脱が多いことがわかる。ここで図 1 より、Ease In Out 条件において進行度が 0~10% の場合、Ease Out 条件と Ease In Out 条件において進行度が 90~100% の場合、Ease Out In 条件において進行度が 40~60% の場合は、すべて進行速度が非常に遅いタイミングである。そのため、プログレスバーの進行速度が遅くなったタイミングで離脱が発生していることがわかる。また、プログレスバーの進行の終盤で徐々に進行速度が遅くなる Ease Out 条件や Ease In Out 条件ではプログレスバーの進行度が 100% に近いタイミングでの離脱も観察できる。一方で Linear 条件は、進行度が 20~40% のタイミングでの離脱が集中している。

5. 考 察

表 1 より、各条件における離脱率は大きく異なるためプログレスバーに進行速度変化を加えることがユーザの離脱に大きく影響することがわかった。図 8 において、Ease Out 条件や Ease In Out 条件において読み込み完了まで残りわずかのタイミング

表 1: 各条件におけるページ離脱の発生

読み込み時間	Linear			Ease In			Ease Out			Ease In Out			Ease Out In		
	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	アクセス数	離脱数	離脱率	アクセス数	離脱数	離脱率
1	608	3	0.49%	637	0	0.00%	587	0	0.00%	597	2	0.34%	600	1	0.17%
5	35	0	0.00%	27	4	14.81%	44	0	0.00%	33	2	6.06%	31	2	6.45%
6	40	2	5.00%	37	2	5.41%	32	0	0.00%	24	4	16.67%	37	3	8.11%
7	30	1	3.33%	26	5	19.23%	29	2	6.90%	26	3	11.54%	29	5	17.24%
8	31	2	6.45%	40	11	27.50%	30	1	3.33%	38	4	10.53%	37	4	10.81%
9	25	4	16.00%	30	9	30.00%	34	1	2.94%	33	5	15.15%	23	3	13.04%
10	30	4	13.33%	32	9	28.12%	22	3	13.64%	33	2	6.06%	38	7	18.42%
全体	799	16	6.37%	829	40	17.87%	778	7	3.83%	784	22	9.48%	795	25	10.61%
5s~10sの平均			7.35%			20.85%			4.47%			9.48%			12.35%

表 2: 各条件における離脱までの平均待機時間と標準偏差 [s]

	Linear	Ease In	Ease Out	Ease In Out	Ease Out In
平均待機時間	2.58	3.23	5.96	2.43	3.93
標準偏差	1.84	1.17	3.24	1.94	2.05

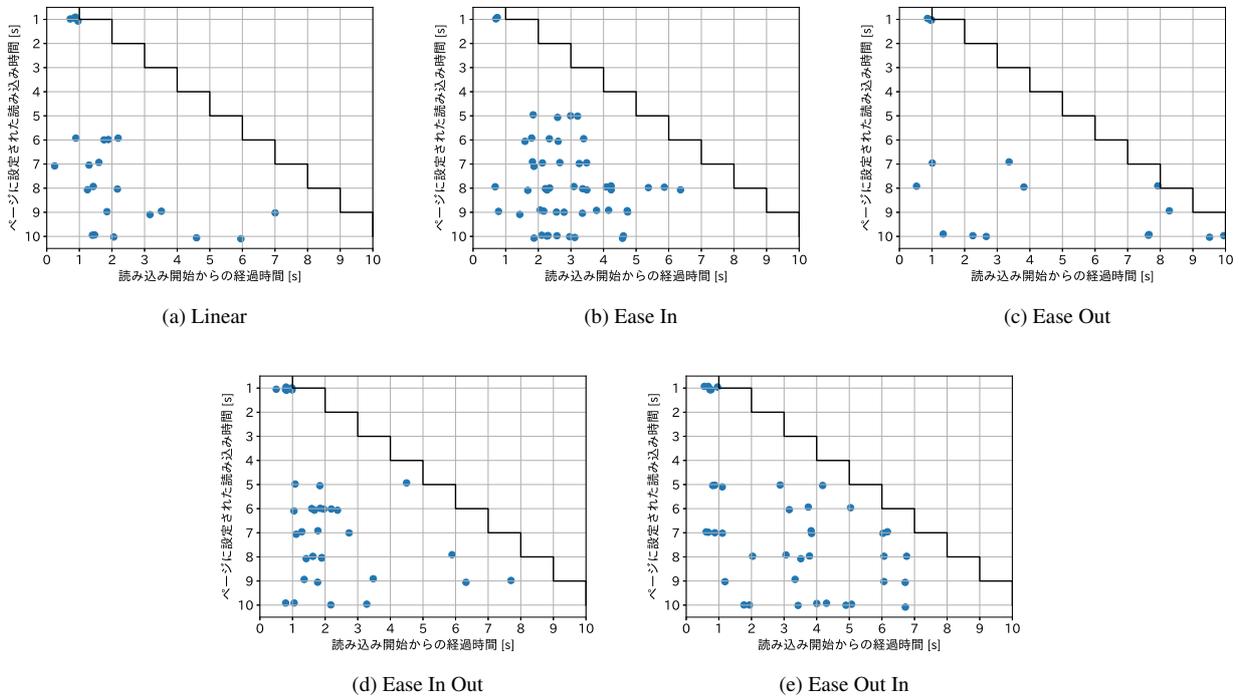


図 7: 各条件における経過時間ごとの離脱が発生したタイミング

での離脱が一定数見られることから、プログレスバーに進行速度変化を加えることがページの読み込みに要する時間の予測を困難にすると考えられる。

図 8 より、プログレスバーの進行速度が遅いタイミングでの離脱が多い傾向がみられた。また表 1 より、アニメーション開始時の進行速度が遅い Ease In 条件の離脱率が高く、アニメーション開始時の進行速度が速い Ease Out 条件の離脱率が低い傾向がみられた。このことから、プログレスバーのアニメーション開始直後の進行速度が遅い場合、プログレスバーの進行度が低い状態の時間が長くなり、ユーザが予測するページの読み込み時間が長くなることで離脱が発生しやすと考えられる。反対に、アニメーション開始直後の進行速度が速い場合、プログレスバーの進行度が低い状態の時間は短く、比較的早く進行度が

高い状態に到達するため、ユーザが予測するページの読み込み時間が短くなり、離脱が発生しにくいと考えられる。このようなことから、Web ページを閲覧する状況では、ページを開いた直後のプログレスバーの進行速度が離脱に大きな影響を与えると考えられる。そこで今後は、プログレスバーのアニメーション開始時の進行速度変化に絞った条件による実験を実施し、さらなる検証を行う予定である。

図 1 より、Ease In Out 条件は Ease Out In 条件に比べてプログレスバーのアニメーション開始時の進行速度が遅い。しかし表 1 より、Ease In Out 条件に比べ Ease Out In 条件の方が離脱率が高い結果となった。この原因として、図 1 より Ease Out In 条件では進行度が 30~70% のタイミングでプログレスバーの進行速度が 0% に近い時間が長く存在し、プログレスバーが停止

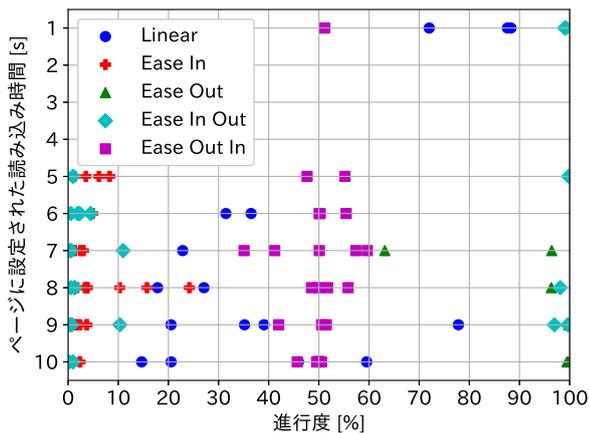


図 8: 各条件における進行度ごとの離脱が発生したタイミング

しているように見えることが考えられる。図 8 より、Ease Out In 条件では 40～60% のタイミングでの離脱が多いことから、プログレスバーのアニメーション開始時の進行速度が速いとしても、プログレスバーが停止しているように見える時間がプログレスバーの進行度が早めの段階で存在すると離脱が発生しやすいと考えることができる。

表 2 や図 8 より、プログレスバーの進行速度が遅いタイミングでの離脱が多いことがわかる。図 1 より Ease In 条件は Ease In Out 条件と比較してアニメーションの早い段階での進行速度が遅いにも関わらず、離脱するまでの平均待機時間は Ease In 条件の方が長い結果となった。また図 7 から、Ease In 条件の方が Ease In Out 条件に比べ離脱タイミングが遅く離脱が多いことがわかる。この原因として、図 1 より、Ease In 条件に比べ Ease In Out 条件は進行速度が速くなるまでにかかる時間が短いことが考えられる。そのため、進行速度が遅い時間が長いと離脱が発生しやすいと考えられる。

図 8 より、プログレスバーの進行の終盤で徐々に進行速度が遅くなる Ease Out 条件や Ease In Out 条件ではプログレスバーの進行度が 100% に近いタイミングでの離脱も観察できる。これは、進行速度が遅くなることでユーザがページの読み込み時間の終了時間を予測する際に読み込み終了までの予測時間を大きく遅らせるからであると考えられる。そのため、徐々に進行速度が遅くなることは離脱を誘発させている可能性があると考えられる。

6. おわりに

本稿では、Web ページの読み込み時間における待機画面に表示するプログレスバーの進行速度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用いて、Linear 条件、Ease In 条件、Ease Out 条件、Ease In Out 条件、Ease Out In 条件の 5 種類の速度条件を比較する実験を実施した。その結果、Ease In 条件や Ease In Out 条件のようなプログレスバーのアニメーション開始時の進行速度が遅い条件は、離脱率が高くなる傾向が観察された。また、Ease Out 条件のようなプログ

レスバーのアニメーション開始時の進行速度が速い条件は、離脱率が低くなることが明らかになった。しかし、Ease Out In 条件のようなプログレスバーの進行速度が 0% に近い時間が長く存在し、プログレスバーが停止しているように見えるタイミングがある条件では、プログレスバーのアニメーション開始時の進行速度が速いにも関わらず、離脱率が高くなる傾向も観察された。

今後は、Ease Out 条件のようにプログレスバーのアニメーション開始時の進行速度が速いものに絞って離脱率がより低くなる条件を検証する予定である。また、複数の速度変化条件を組み合わせることで、離脱率を低くすることが可能であるかについても検証したいと考えている。さらに、PC とスマートフォンでの比較も行っていくことで PC とスマホではユーザの離脱行動にどのような違いがあるのかを明らかにする予定である。

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] G. Gronier and S. Gomri: “Etude des métaphores temporelles sur la perception du temps d’attente”, Proc. of IHM ’08, pp. 205–208 (2008).
- [2] C. Harrison, Z. Yeo and S. E. Hudson: “Faster progress bars: manipulating perceived duration with visual augmentations”, Proc. of CHI ’10, pp. 1545–1548 (2010).
- [3] Y. Kuroki and M. Ishihara: “Manipulating animation speed of progress bars to shorten time perception”, Proc. of the HCI’15 - Posters’ Extended Abstracts, pp. 670–673 (2015).
- [4] 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”, 電子情報通信学会ヒューマンコミュニケーション基礎研究会 (HCS), **123**, 188, pp. 35–40 (2023).
- [5] 三山貴也, 中村聡史, 山中祥太: “Web ブラウジング実験環境統制システムの実装と待機画面の表現が離脱に及ぼす影響の調査”, 電子情報通信学会ヒューマンコミュニケーション基礎研究会 (HCS), **124**, 19, pp. 85–90 (2024).
- [6] F. Bielen and N. Demoulin: “Waiting time influence on the satisfaction - loyalty relationship in services”, Managing Service Quality: An International Journal, **17**, 2, p. 174–193 (2007).
- [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/> (参照 2024-07-14) .
- [8] S. S. Krishnan and R. K. Sitaraman: “Video stream quality impacts viewer behavior: inferring causality using quasi-experimental designs”, Proc. of IMC’12, pp. 211–224 (2012).
- [9] 白井文晴, 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AwAネスと QoE の関係に関する基礎検討”, 情報処理学会論文誌, **58**, 12, pp. 1901–1911 (2017).
- [10] C. Harrison, B. Amento, S. Kuznetsov and R. Bell: “Rethinking the progress bar”, Proc. of UIST ’07, pp. 115–118 (2007).
- [11] W. Kim and S. Xiong: “The effect of video loading symbol on waiting time perception”, Proc. of DUXU’17, pp. 105–114 (2017).
- [12] G. Gronier and A. Baudet: “Does progress bars’ behavior influence the user experience in human-computer interaction?”, Psychology and Cognitive Sciences – Open Journal, **5**, 1, p. 6–13 (2019).
- [13] Q. Li, S. J. Joo, J. Yeatman and K. Reinecke: “Controlling for Participants’ Viewing Distance in Large-Scale, Psychophysical Online Experiments Using a Virtual Chinrest”, Sci Rep, **10**, pp. 1–11 (2020).