

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

小川剣二郎¹ 青木柊八¹ 中村瞭汰¹ 中村聡史¹ 山中祥太²

概要：PC やスマートフォンの利用においてしばしば待機時間が発生する。これらはユーザにとって負荷となりやすく、離脱やモチベーションの低下にもつながるため、体感時間を短縮することは、ユーザビリティの向上に繋がる。これまでの研究では、ユーザの体感時間を短縮する手法として、周辺視野へ視覚刺激を提示することが有効であるという結果が複数確認されている。しかし、これらの研究はPCに限定しており、スマートフォンにおいてどのような体感時間短縮効果があるかは明らかになっていない。そこで本研究では、PCとスマートフォンを対象に、プログレスバーの周辺に視覚刺激を提示し、それが参加者の体感時間に与える影響を調査した。横、縦、円形の3種類の向きを持つ視覚刺激を用意して、デバイス間で比較し、PCとスマートフォンいずれでも視覚刺激により短縮効果があること、またデバイスの形に合った刺激がより強い短縮効果を持つことなどが確認された。

キーワード：プログレスバー、周辺視野、時間知覚、体感時間、視覚刺激、PC、スマートフォン

1. はじめに

PC やスマートフォンの利用において、ファイルのダウンロードやアップロード、Web ページのコンテンツの読み込みや動画や実行データの書き出しといったように、様々な場面で待機時間が発生する。こうした待機時間は、ユーザの離脱に繋がったり、モチベーション維持が難しくなったり、ストレスを引き起こしたりする要因となっている。

ユーザに待機時間を短く感じさせる手法として、プログレスバーのような経過時間を視覚的にフィードバックする手法が広く用いられている。Gronier ら[1]は、プログレスバーによる時間提示は、テキストによる時間提示や時間提示無しの場合に比べ、体感時間を短縮することを明らかにしている。また Harrison ら[2]は、プログレスバーに色やアニメーションによる変化を付与することで、より待機時間を短く感じさせることが可能であることを明らかにしている。さらに松井ら[3]は、中心視野にプログレスバーが提示されている際、周辺視野へ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ている。

我々もこれまでの研究において、プログレスバーに加えて周辺視野へ視覚刺激を提示することによって体感時間が短縮することを明らかにしている[4]。しかしこれは主にPCを利用している状況を想定しており、スマートフォン利用時における体感時間の短縮効果は検証していなかった。ここで、一般的にPCを利用する場合のディスプレイは横長であり、スマートフォンを利用する場合のディスプレイは縦長であるため、プログレスバー・周辺視野への視覚刺激の提示による体感時間に与える影響は、PCとスマートフォンで異なると考えられる。

ここでこれまでの研究では、PCのディスプレイが横長であることもあり、横向きの方向を持った視覚刺激を多く採

用していた。一方、スマートフォンは縦向きで使われることが多いため、縦向きの方向を持つ視覚刺激が効果的であると考えられる。また、PCとスマートフォンでは画面サイズに差があり、サイズの小さいスマートフォンの使用時の方がより待機時間にストレスを受けると考えた。つまり、ストレスの受けにくいPCの方がスマートフォン利用時に比べ体感時間が短縮されると思った。

そこで本研究では、「PCでは横向きの視覚刺激を、スマートフォンでは縦向きの視覚刺激を提示した際に、より体感時間が短縮される」という仮説を立て、視覚刺激を用いた実験をデバイス間で実施し、その効果を検証する。

2. 関連研究

2.1 プログレスバーに関する研究

プログレスバーに関する研究は様々行われている。Kuroki ら[5]は、プログレスバーのアニメーションの加速度を変更することによって、一定の速度のものに比べて速度を速く知覚することを明らかにした。Kim ら[6]は、プログレスバーの形状は体感時間に影響せず、後半に加速、あるいは減速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を明らかにしている。一方大坪ら[7]は、バー型、リング型の形状のプログレスバーを合わせて10種類用意し、それぞれ10、12、14秒の動作時間において評価実験を行った。その結果、リング型のプログレスバーにおいて、中心角が小さいものほどかかった時間が短く感じることを明らかにした。

以上のように、プログレスバーの速度、形状によって時間評価が変化することは既に明らかになっている。本研究は、プログレスバー自体にではなく、周辺に視覚刺激を提

¹ 明治大学
Meiji University
² ヤフー株式会社
Yahoo Japan Corporation

示す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と速度知覚に関する研究

視覚情報が時間知覚や速度知覚に与える影響に関する研究も様々存在する。Thomas ら[8]は、視覚刺激が大きいほど、小さい場合に比べ提示された時間が長く知覚されることを明らかにした。木村ら[9]は、それぞれ上、下、左、右に伸長する視覚刺激による体感時間を比較し、左方向に伸びる刺激を見ている時は上方向に伸びる刺激を見ている時に比べ時間が遅く感じることを明らかにした。また松井ら[3]は周辺視野を刺激することで、プログレスバーのみを提示した時に比べ体感時間が平均 1.7%短縮することを明らかにした。この効果は時間条件が 2, 3, 4, 10, 12 秒の時に確認され、短い待機時間においても提案手法が有用であることを示した。

3. 実験

3.1 実験目的

本実験の目的は、画面中心にプログレスバーを提示した際に、その周辺に視覚刺激を提示することが短い待機時間における体感時間へどの程度影響するのかを、PC、スマートフォン間で比較することである。

比較するデバイス間で画面サイズの大きさに違いがあることから、画面サイズの小さいスマートフォンの方がより待機時間に受けるストレス値は高いと考えた。そのため、視覚刺激を提示することによる体感時間の短縮効果は、PCの方が大きく、スマートフォンの方が小さいという仮説を立てた。

また、どのデバイスにおいてどのような視覚刺激がより体感時間の短縮効果を持つのかも同時に調査する。ここで

は、画面の縦横の比から、「PC では横向きの視覚刺激を、スマートフォンでは縦向きの視覚刺激を提示した際に、より体感時間が短縮される」という仮説を立てて実験を設計する。

3.2 実験条件

実験に用いる視覚刺激の種類として、プログレスバーに何も表示を付加しない「刺激無し」に加え、図 1 に示す通り横方向 2 つ、縦方向 2 つ、回転 2 つの計 6 つ用意する。なお、刺激の量による時間知覚の影響が考えられるため、刺激無しを除く全ての視覚刺激において、画面に表示する光点の数は 8 つとした。

実験パターンには正の向き、負の向き、刺激無しを 1 つの組み合わせとしたものを用意した。種類は横向き刺激条件（右向き、左向き、刺激無し）、縦向き刺激条件（下向き、上向き、刺激無し）、楕円運動刺激条件（右回転、左回転、刺激無し）の 3 つであり、それぞれにおいて右向き、下向き、右回転を正の向きと定義し、その逆の方向を負の向きとした。また待機時間は、5～12 秒を 1 秒ごとに区切り、8 つの時間条件（5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 秒）とした。参加者には 1 回のデバイス条件において、上記の実験パターンの内 1 つと 8 つの時間条件を掛け合わせた合計 24 試行を行ってもらおう。

3.3 視覚刺激のデザイン

PC とスマートフォンにおける視覚刺激の比較にあたり、図 2 に示すように PC は MacBook Pro (14inch) を、スマートフォンは iPhone11 (6.1inch) を用いることとした。

ここで、刺激量の大小に応じて時間知覚が変化する充実時程錯覚が知られている。ディスプレイサイズ及び解像度が異なる条件において同一のプログラムを利用すると、そ

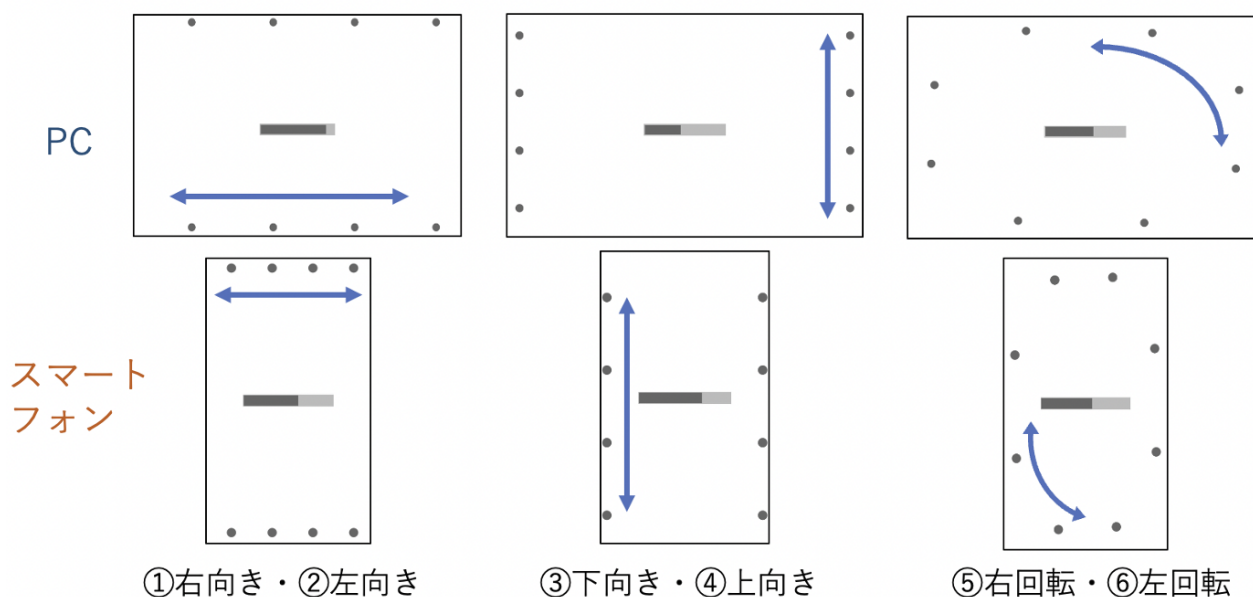


図 1：刺激の種類

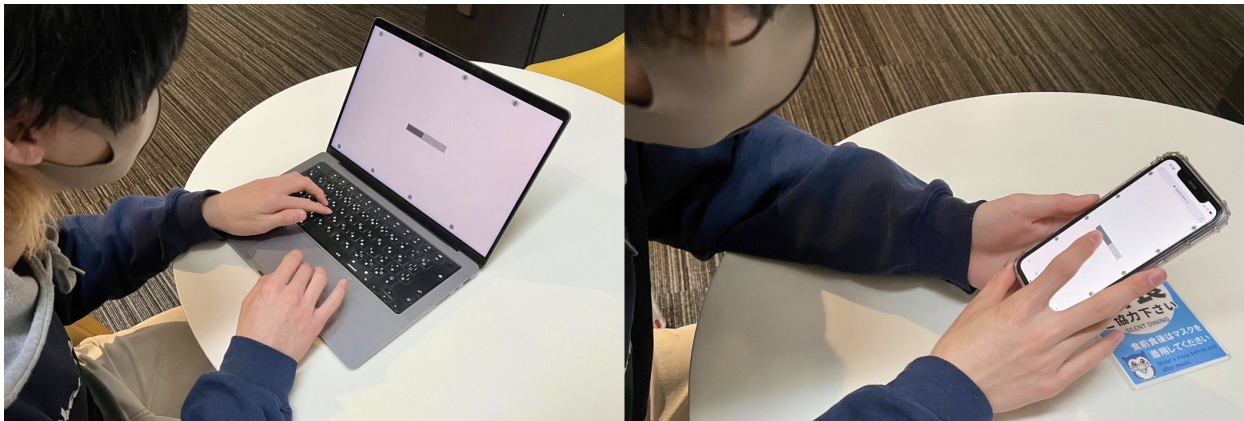


図 2：実験時の様子

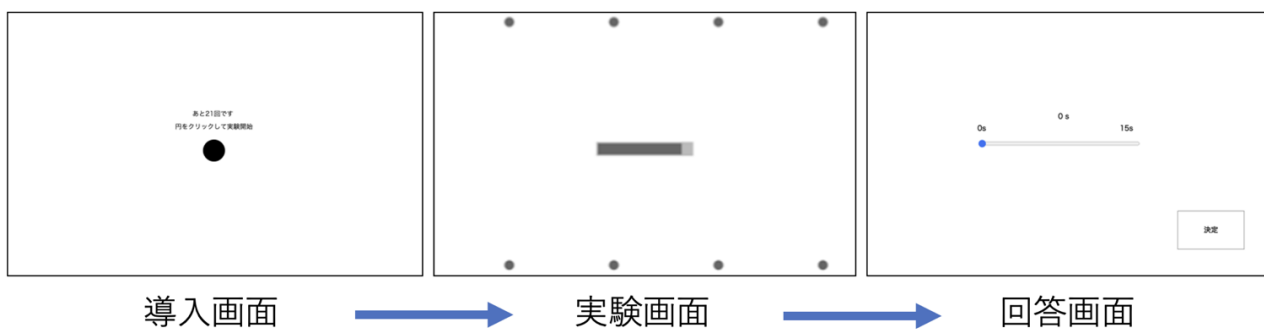


図 3：実験の流れ

の解像度及び物理的なディスプレイの大きさから、速度が大きく変化してしまう。この画面サイズが異なる2つのデバイス環境において、できるだけ両者の視覚刺激を共通化することが望ましい。

そこで本研究では、視覚刺激の動く速度は、秒数あたりに表示する刺激の個数を揃えることで統制し、PC及びスマートフォンでの実験システムの移動速度を調整した。ここでは、横向き条件、縦向き刺激条件それぞれにおいて12秒間に片側28個、もう片側が28個の合計56個の光点が画面の端を通過するようにした。また楕円運動刺激条件では、同じく12秒間に、ある角度に光点が28個通過するようにした。

視覚刺激は、ディスプレイの横幅を w 、縦幅を h としたとき、下記の位置に提示することとした。

- 横向き刺激条件: y 座標が $h/30$ と $29h/30$ の位置
- 縦向き刺激条件: x 座標が $w/30$ と $29w/30$ の位置
- 楕円運動刺激条件: $(w/2, h/2)$ を中心として、 $w \geq h$ の場合には長径が $28w/30$ 、短径が $28h/30$ の楕円円周上の位置、 $w < h$ の場合には長径が $28h/30$ 、短径が $28w/30$ の楕円円周上の位置

3.4 実験手順

各実験参加者は、刺激条件と最初に実験するデバイスが

ランダムに割り振られる。各実験参加者には、実験パターンは1種類のみだが、デバイス条件はPCとスマートフォンの両方を利用して実験を行なってもらった。なお、一方のデバイスで実験を行なってもらった後、5分程度の休憩を挟み、その後もう一方のデバイスで実験を行なってもらうといった流れとした。

実験ではまず、図3(左)のように画面の中心に円が表示される。この円をクリックすると図3(中)のような画面へ切り替わり、プログレスバーが動き始める。プログレスバーが最後まで到達すると、図3(右)の体感時間を回答する画面に移る。体感時間の回答には、これまでの研究同様0~15秒の間を0.1秒刻みで選択できるスライダーを用いた。この画面にてスライダーを操作した後、参加者が決定ボタンを押すことで回答が完了する。

回答後、インターバル画面に切り替わる。ここでは、10秒程度のgif画像がランダムで提示される。これは、1つ前の試行の時の速度と比べられることが考えられるため、このことによる速度残効の影響を抑えるためのものである。gif画像を提示後、画面は再び図3(左)の導入画面に切り替わる。この一連の流れを1つの実験パターン内の3種類の視覚刺激と8つの時間条件を掛け合わせた24回繰り返した。

4. 結果

男女30名（男性22名，女性8名）を対象に実験を行った。横向き刺激条件，縦向き刺激条件，楕円運動刺激条件はいずれも10名ずつであり，それぞれの刺激条件において，PC，スマートフォンで開始した実験参加者は5名ずつであった。また実験参加者のうち，元々体感時間が短い人と長い人がいた。このことによる影響を小さくするため，実験参加者間の体感時間のばらつきが小さくなるよう整理したデータを用いる。

図4～10は，各刺激条件における体感時間をPC，スマートフォン間で比較したものである。横軸が実際の待機時間，縦軸が参加者の回答した体感時間であり，図中には刺激条件ごとに平均体感時間がプロットされている。また，折れ線グラフでその変化を可視化している。図中の灰色の直線は，実験参加者が待機時間と等しく回答した場合を表している。

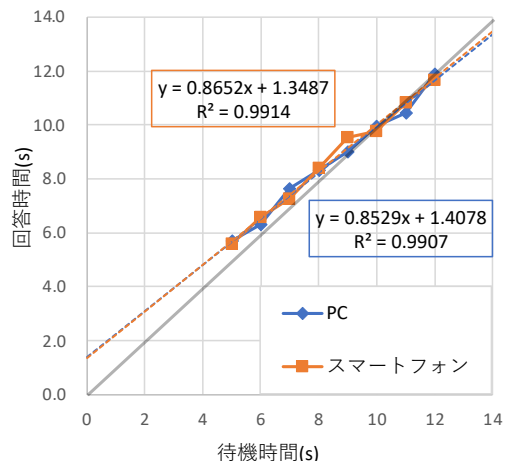


図4：デバイスごとの回答時間の平均（刺激無し）

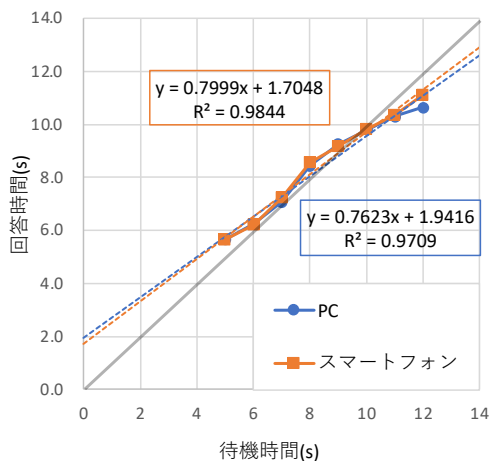


図5：デバイスごとの回答時間の平均（右向き）

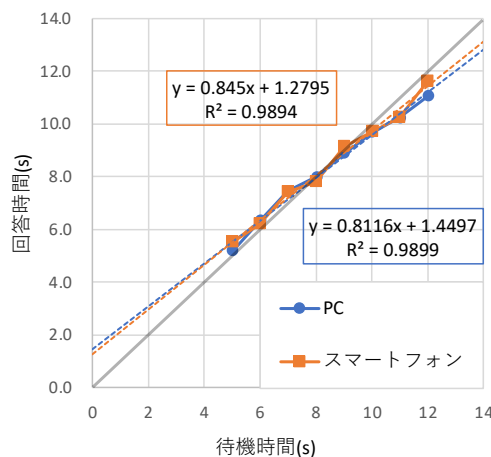


図6：デバイスごとの回答時間の平均（左向き）

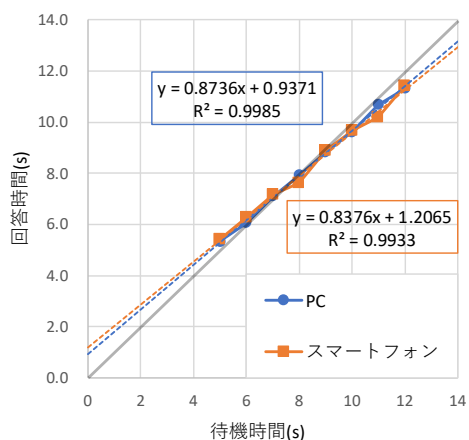


図7：デバイスごとの回答時間の平均（下向き）

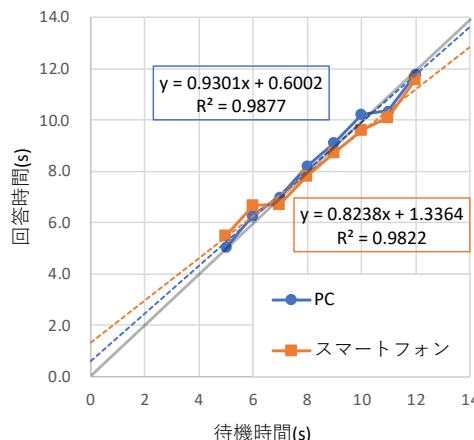


図8：デバイスごとの回答時間の平均（上向き）

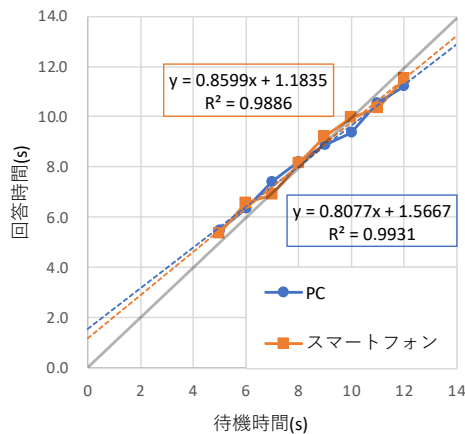


図 9：デバイスごとの回答時間の平均（右回転）

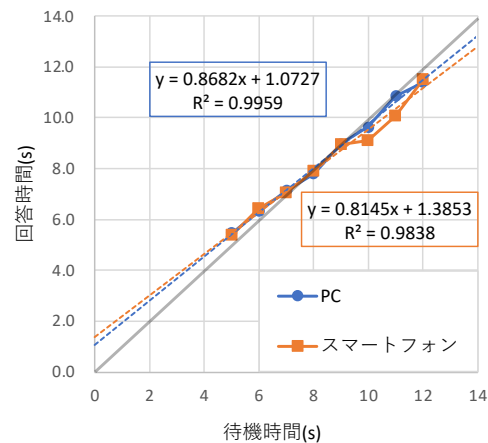


図 10：デバイスごとの回答時間の平均（左回転）

図 4 より，刺激無しでは両デバイスにおける時間知覚の差はなく，5～9 秒では実際の待機時間よりも長く，10～12 秒では実際の待機時間と同等に感じられていることがわかる。また待機時間と比べると平均で PC では 0.15 秒，スマートフォンでは 0.19 秒延長されていた。さらに図 5，6 より，横向きの刺激でも，両デバイスにおいて体感時間は同じ程度に感じられていることがわかる。なお時間条件が 10～12 秒の時は，両デバイスにおいて体感時間が待機時間に比べて短くなっていることがわかる。次に，図 7，8 より，縦向き刺激において，スマートフォンではどちらの刺激も待機時間に比べて体感時間が短くなっているのに対し，PC では上向きにおいてあまり体感時間が短くないことがわかる。さらに図 9，10 より，楕円運動の刺激では，デバイス，回転の方向にかかわらず，10～12 秒において待機時間に比べて体感時間が短くなっていることがわかる。特に右回転では PC の方が，左回転ではスマートフォンの方が，体感時間は短くなっている。

表 1 は，短い時間（5～8 秒），長い時間（9～12 秒）にお

いて待機時間と比べた体感時間の割合を示したものである。この結果を見ると，どちらのデバイスにおいても刺激の種類に関係なく短い時間では延長傾向，長い時間では短縮傾向が見られる。また短い時間ではデバイス間で大きな差は見られないが，長い時間では左向き，右回転において PC の方が，上向き，左回転においてスマートフォンの方がより体感時間が短くなっている。

表 2 は，刺激無しの時間知覚と比べた体感時間の割合を条件ごとに平均したものである。この結果より，視覚刺激を提示したとき，どの刺激においても刺激無しに比べて体感時間が短くなっていることがわかる。ここでデバイスと刺激の関係性に注目すると，横向き刺激条件では PC の方がスマートフォンに比べ 2.5～3.3%短縮されており，縦向き刺激条件では，スマートフォンの方が PC に比べ 2.8～3.6%短縮されていることがわかる。これは，「PC では横向きの視覚刺激を，スマートフォンでは縦向きの視覚刺激を提示した際に，より体感時間が短縮される」という仮説を支持する結果となっている。なお，回転の刺激においては，

表 1：各デバイスにおける短い時間，長い時間ごとの待機時間に対する割合

	右向き	左向き	下向き	上向き	右回転	左回転	平均
PC (短い時間)	1.059	1.039	1.021	1.021	1.058	1.035	1.039
PC (長い時間)	0.957	0.951	0.964	0.990	0.954	0.974	0.965
スマートフォン (短い時間)	1.063	1.044	1.025	1.037	1.041	1.037	1.041
スマートフォン (長い時間)	0.964	0.972	0.958	0.953	0.979	0.946	0.962

表 2：各デバイスにおける刺激無しの体感時間に対する割合

	右向き	左向き	下向き	上向き	右回転	左回転	平均
PC	0.966	0.953	0.971	0.983	0.977	0.975	0.971
スマートフォン	0.991	0.986	0.943	0.947	0.978	0.959	0.968

表 3：1 回目，2 回目ごとの刺激無しの体感時間に対する割合

	右向き	左向き	下向き	上向き	右回転	左回転	平均
PC (1 回目)	0.948	0.941	1.001	1.026	0.983	0.982	0.980
PC (2 回目)	0.994	0.972	0.951	0.955	0.970	0.968	0.969
スマートフォン (1 回目)	0.992	0.988	0.960	0.942	0.997	0.991	0.978
スマートフォン (2 回目)	0.991	0.984	0.972	0.985	0.959	0.929	0.970

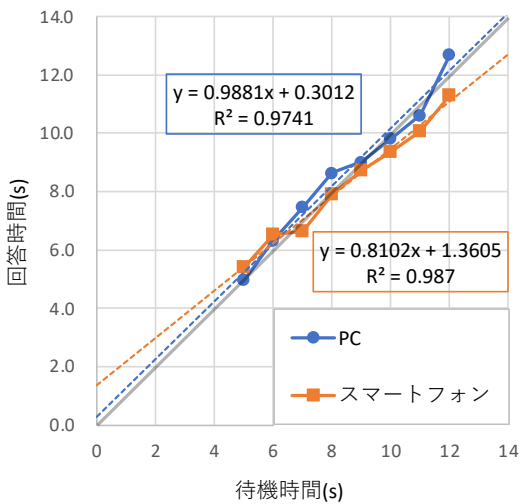


図 11：1 回目の上向き刺激における回答時間の平均のデバイスによる比較

右回転ではデバイス間で差は見られないが，左回転ではスマートフォンにおける体感時間が 1.6%短くなっていることがわかる。

ここで 1 回目の実験と 2 回目の実験ではデバイスが変わるようにしているが，両実験での時間の条件が同一であるため，1 回目の実験が 2 回目の実験に影響している可能性がある。そこで，結果を 1 回目と 2 回目に分け，またデバイスおよび刺激ごとの体感時間を，刺激無しにおける体感時間で除算した結果を表 3 に示す。この表より，1 回目において，PC では横向き刺激条件が，スマートフォンでは縦向き刺激条件がより体感時間を短縮していることがわかる。特に 1 回目の上向きでは PC とスマートフォンとの間に大きな差がある。ここでこの上向きの刺激の 1 回目について，PC およびスマートフォンでの体感時間をグラフ化したものが図 11 である。この結果からも，PC に比べてスマートフォンでの体感時間が大幅に短縮されていることがわかる。一方，2 回目においては，短縮効果は弱くなっていることもわかる。

5. 考察

図 4 から，PC とスマートフォンでは各秒数において体感時間は同じように感じられており，また待機時間と比べると体感時間は PC では 0.15 秒，スマートフォンでは 0.19 秒延長していた。このことから，全体としてデバイス間で体感時間の感じ方には差はないことがわかる。また図 4～10，表 1 から，刺激の種類に関係なく，短い時間では延長傾向，長い時間では短縮傾向が見られた。そのためそれぞれの秒数条件で分けて実験を行うことで，より部分的に体感時間の調査を行えると考えられる。

表 2 から，どの刺激においても刺激無しと比べると体感時間は短縮されていることがわかる。そのため，種類に関わらず，プログレスバーの周辺に視覚刺激を提示することは，PC，スマートフォンの両者において有効であることがわかる。また PC においては右向き，左向きの刺激が特に短縮効果があり，スマートフォンと比べると 2.5～3.3%程値が小さくなっている。これは秒数に直すと平均で 0.21～0.28 秒程である。比べてスマートフォンでは下向き，上向きの刺激が特に短縮効果があり，PC と比べると 2.8～3.6%程値が小さくなっている。これは秒数に直すと平均で 0.23～0.30 秒程である。これらのことから，PC においては横向き刺激条件が，スマートフォンでは縦向き刺激条件が特に体感時間の短縮に有効であると考えられる。

表 2 の結果より，どの刺激においても向き正負で刺激無しと比べた増減の割合はあまり変わらず，秒数に直すと 0.03～0.16 秒である。これらの結果から，両デバイスにおいて，向きの正負による体感時間短縮効果への影響はあまりないものだと考えられる。

表 3 から，1 回目と 2 回目では短縮効果の傾向が変わっていることがわかる。PC では 1 回目で横向き条件がより体感時間を短縮しているが，2 回目では短縮効果が弱くなっており，他の条件はより短縮するようになっている。スマートフォンでは 1 回目で縦向き条件がより体感時間を短縮しているが，2 回目では短縮効果が弱くなっており，他の条件はより短縮するようになっている。これは，1 回目の実験で提示時間の傾向をつかみ，それと同様の時間であると推測してしまった可能性が考えられる。そこで今後は，同一の実験協力者に対しては 1 回目と 2 回目で同じデバイスで実験を行ったり，待ち時間を別のものでしたりするこ

とが考えられる。

今回の実験では、充実時程錯覚を考慮した速度設定にしたが、速度だけを見るとデバイスや秒数ごとにも視覚刺激の速さは異なっていた。こういった速度の差による影響を受けていた可能性が考えられる。そこで今後は、こうした速度差も考慮した視覚刺激のデザインも行っていく予定である。

今回は扱わなかったが、スマートフォン特有の問題として、一般的に同時並行で複数のことをできないというものがある。日常的な使用において、PCでは待機時間が発生したときに、別のウインドウを表示して他のタスクに取り組むなどして待つことができるため、待機画面のみを注視する必要はない。そのため、今後より日常的な使用感に近づけた実験を行うには、こうした状況を考慮した実験設計が必要であると考えられる。

6. まとめ

本研究では「PCでは横向きの視覚刺激を、スマートフォンでは縦向きの視覚刺激を提示した際に、より体感時間が短縮される」という仮説を立て、注視しているプログレスバーの周りに視覚刺激を提示することで体感時間を短縮する効果の度合いをPC、スマートフォン間で比較した実験を実施し、デバイスごとにどの視覚刺激がより効果的であるかを調査した。その結果、PCとスマートフォンでは体感時間に差は無く、短い時間では延長傾向、長い時間では短縮傾向が見られた。また、プログレスバーの周辺に視覚刺激を提示することは、刺激の種類に関係なく体感時間の短縮に有効であり、特にPCでは横向き、スマートフォンでは縦向きといった、仮説通りのデバイスの形状に沿った刺激がより短縮効果があることがわかった。

今回の実験では実験順序が結果に影響している可能性があるため、今後は実験参加者ごとにデバイスを切り替えて実験を行う必要があると考えられる。また今後は、体感時間を延長する区間、短縮する区間に分けることによる部分的な体感時間や、プログレスバーと視覚刺激の速度の差による体感時間を調査する予定である。

参考文献

- [1] Gronier, G. and Gomri, S.. Etude des metaphors temporelles sur la perception du temps d'attente. Proceedings of the 20th Conference on l'Interaction Homme-Machine, 2008, p. 205-208.
- [2] Harrison, C., Yeo, Z., Hudson, S. E.. Faster progress bas: manipulating perceived duration with visual augmentations. Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM, 2010, p. 1545-1548.
- [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がプログレスバー待機時間に与える影響. 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, 2018, vol. 176, no. 23, p. 1-7
- [4] 中村瞭汰, 松山直人, 中村聡史, 山中祥太. プログレスバーと

- 周辺の視覚刺激の進行方向が体感時間に与える影響. 情報処理学会ヒューマンコンピュータインタラクション(HCI), vol. 2021-HCI-191, no. 2, pp. 1-8, 2021.
- [5] Kuroki, Y., Ishihara, M.. Manipulating Animation Speed of Progress Bars to Shorten Time Perception. HCI 2015: HCI International 2015 – Posters' Extended Abstracts, p. 670-673.
 - [6] Kim, W., Xiong, S.. The Effect of Video Loading Symbol on Waiting Time Perception. DUXU 2017: Design, User Experience, and Usability: Understanding Users and Contexts. 2017, p. 105-114.
 - [7] 大坪正和, 吉田香. プログレスバーの形状が時間評価に及ぼす影響. バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌, 2016, vol. 18, no. 2, p. 31-39.
 - [8] Thomas, E. and Cantor, N.E.. On the duality of simultaneous time and size perception, Attention Perception & Psychophysics, 1975, vol. 18m no. 1, p. 44-48.
 - [9] 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. 日本心理学会大会発表論文集 81(0), 2017, 2B-035-2B035.