

2018 年度 修士学位請求論文

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及ぼす影響

明治大学大学院先端数理科学研究科

先端メディアサイエンス専攻

松井 啓司

Master's Thesis

Influence on subjective time evaluation with
the progress bar by presenting visual stimulus in
peripheral vision

Frontier Media Science Program,

Graduate School of Advanced Mathematical Sciences,

Meiji University

Keiji Matsui

概要

多くのアプリケーションにおいて、画面の読み込みやファイルのロードなどは必要不可欠な処理であり、これらの待機時間中にユーザへプログレスバーなどの視覚的なフィードバックを提供することで残りの待機時間を提示し、体感時間を短縮するのが一般的である。また、プログレスバーによる体感時間短縮効果を高めるため、プログレスバーへのアニメーション付与や、インタラクティブな要素の付与などによって体感時間がより短縮することもわかっている。

筆者は、過去の研究において、PC 作業時に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た。具体的には、PC で文字をタイピングしている際に、ディスプレイの外周部分に沿って運動する光点を提示することで、ユーザの体感時間を短縮する手法を提案し、実験から周辺視野を活用することで体感時間がより短縮することを示した。ここで筆者は、周辺視野を活用する体感時間短縮手法と、既存の体感時間短縮手法を組み合わせることで、体感時間をより短縮することが可能になると考えた。

そこで本論文では、中心視野へプログレスバーを提示し、合わせて周辺視野へ視覚刺激を提示することで体感時間の変化を強める手法を提案し、4つの実験によってその有用性を示す。

まず、提案手法の効果を検証するための実験を行った。具体的には、10 秒程度のプログレスバーを提示し、合わせて周辺視野へ視覚刺激を提示することで体感時間への影響を調査した。その結果、次第に減速する視覚刺激を周辺視野へ提示することで、プログレスバーのみによる効果と比較して体感時間がおよそ 3%短縮されることが確認された。

次に、周辺視野へ提示する視覚刺激と背景画像とのコントラスト比について調査を行った。最終的に Web ブラウザにおいて提案手法を使用する想定であるため、背景画像とのコントラスト比がどの程度確保された時に提案手法の効果が確認されるのかを検証した。また、周辺視野は運動する物体に敏感に反応する特性が知られているため、中心視野では見えない程度のコントラスト比であっても、提案手法の効果が見られることを期待した。結果としては、コントラスト比は 1.5 程度必要であり、中心視野で見えない程のコントラスト比では提案手法の効果が得られなかったものの、十分なコントラスト比であれば実験 1 と同様の効果が得られたため、提案手法の効果について再確認することができた。

3つ目の実験ではより短い待機時間を対象に実験を行った。実験 1 では、扱っていた時間条件が 8 秒から 12 秒であり、非常に限定的であった。そのため提案手法が他の時間条件であっても有効であるかを検証するため、時間条件を 2 秒から 12 秒に拡張し、より短い時間条件でも実験を行った。その結果、短い待機時間においても体感時間が短縮する傾向が見られることが明らかになった。

最後に、これら 3つの実験結果をもとに Web ブラウザを想定した実験を行った。提案手

法の目的は、画面読み込みなどで発生する数秒程度の待機時間を短く体感することである。そこで、画面読み込みを発生させるためのタスクとして、Web ブラウザを使って調べものを行っている状況を想定したタスクを設定した。また、この実験では体感時間が短縮するのではなく、短縮した際にユーザの行動や生理指標にどのような変化が見られるかを検証した。実験の結果、提案手法を提示した際にユーザのブラウザバック回数が減少する傾向が見られた。これは、普段であれば待ってられずブラウザバックしてしまうほど長い待機時間であっても、提案手法を用いることで短く体感できたことによる結果であると考えられる。

Abstract

For many applications, loading files is an essential process. It is common to provide visual feedback such as a progress bar during standby time to indicate the remaining time and shorten the sensed time. It is also known that the sensed time can be further reduced when the effect of the progress bar is increased by adding animation or interactive elements to the progress bar.

It was revealed in the author's past study that length of time can be sensed differently when the visual stimulus is presented in the peripheral visual field. The study was aimed to establish a method to shorten the sensed time by presenting the light spot moving around the outer periphery of the display when typing characters on a computer. The experimental results showed that the sensed time can be further shortened by using the peripheral visual field. This led to the assumption that the sensed time can be further shortened by combining the sensed time reduction method that utilizes the peripheral vision and the existing sensed time reduction method.

In this paper, we proposed a method to change the sensed time by presenting the progress bar to the central visual field and the visual stimulus to the peripheral visual field. We also examined its usefulness through four experiments.

First, we conducted experiments to verify the effectiveness of the proposed method. Specifically, we examined the influence to the sensed time when the progress bar was presented in the central visual field and the visual stimulus was presented in the peripheral visual field. The result confirmed that the sensed time was shortened by 3% when visual stimulus which gradually slows down was presented in the peripheral visual field, compared to the result only with the effect of the progress bar.

Next, we investigated the contrast ratio between the visual stimulus presented in the peripheral visual field and the background image. Since the proposed method is supposed to be used in the Web browser, it was necessary to examine how much contrast ratio with the background image is needed. Moreover, since the peripheral visual field is sensitive to the moving object, it was expected that the effect of the proposed method could be seen even if the contrast ratio is not visible in the central visual field. The result showed that a contrast ratio of about 1.5 was necessary. It was also reported that the effect of the proposed method could not be obtained with the contrast ratio which is invisible in the central visual field. However, the same effect as Experiment 1 was obtained when the contrast ratio was sufficient, so the effect of the proposed method was reconfirmed.

The third experiment was conducted with shorter waiting time. In Experiment 1, the time condition handled was very limited (8 to 12 seconds). Therefore, we tried to verify whether the proposed method is valid even under other time conditions. We extended the time condition from 2 seconds to 12 seconds, and also experimented with shorter time conditions. The experimental result proved that there was a tendency to shorten the sensible time even in short standby time.

Finally, based on these three experimental results, we conducted another experiment for the use of the proposed method with Web browser. The purpose of the proposed method is to experience a short waiting time of about several seconds that occurs in screen loading.

Therefore, we set up a task assuming a situation where we are conducting a search using a Web browser. Also, in this experiment, we examined what kind of change is seen in user's behavior and physiological index when the sensed time was shortened rather than merely shortening it. The result found that the number of browser back by the users decreased when the proposed method was presented. This can be due to the fact that the proposed method made the users feel the waiting time short enough to wait even though the waiting time was in fact so long that they normally cannot wait and browse back.

目次

第1章	はじめに	1
1.1.	体感時間を変化させる要因.....	1
1.2.	視野特性を利用した体感時間操作手法.....	2
1.3.	研究目的.....	3
第2章	関連研究	4
2.1.	体感時間を変化させる要因について.....	4
2.2.	プログレスバーについて.....	4
2.3.	周辺視野の特性について.....	5
第3章	提案手法	7
第4章	基礎実験	9
4.1.	2つの手法の組み合わせが及ぼす影響の調査.....	9
4.1.1.	実験目的.....	9
4.1.2.	実験条件.....	9
4.1.3.	実験手順.....	10
4.1.4.	実験結果と考察.....	11
4.2.	適切な輝度の調査.....	13
4.2.1.	実験目的.....	13
4.2.2.	実験条件.....	14
4.2.3.	実験手順.....	15
4.2.4.	実験結果と考察.....	16
4.3.	対象とする時間の長さについて.....	18
4.3.1.	実験目的.....	18
4.3.2.	実験条件.....	18
4.3.3.	実験手順.....	19
4.3.4.	実験結果と考察.....	21
第5章	使用実験	24
5.1.	実験目的.....	24
5.2.	実験用システム.....	24
5.3.	実験条件.....	24
5.4.	実験手順.....	26
5.5.	実験結果と考察.....	27
第6章	まとめ	30
第7章	応用	31

第1章 はじめに

退屈な時間は日常生活のどこにでも存在する。ここで言う退屈な時間とは電車の待ち時間や、PC操作時における画面の読み込みやファイルのアップロード・ダウンロードなどによるわずかな待ち時間のことを指すものとする。例えば電車の待ち時間などであれば読書をする、携帯電話を操作するなどして気を紛らわせ、退屈な待ち時間によるストレスを軽減することも可能である。しかし、画面読み込みなどで発生する待ち時間は数秒程度で終わるため、電車の待ち時間ほど長いものではなく、別の作業をするほどの時間を確保することも困難である。また、Webサービスにおいて画面読み込みなどによって発生する待ち時間は、そのサービス自体の評価にも影響するため、これまでも多くの研究者が待ち時間によるユーザの行動変容[1][2]やサービスへの印象変容[3][4][5][6][7][8]について調査を行い、その重要性を明らかにしてきた。

そこで本論文では、待ち時間を心理的に短く感じさせる手法、特にPC操作時のわずかな待ち時間のように日常的に発生する退屈な時間を対象とした手法について検討する。この手法を実現させることで日常的に発生するストレスの軽減を図る。

1.1. 体感時間を変化させる要因

ここで、同じ時間を過ごしていたとしても、個人によって時間を長く感じたり短く感じたりすることがある。例えばある講義を受けていた人が複数いたとして、その講義への興味が高い人は時間の流れを早く感じ、反対に興味が低い人は時間の流れを遅く感じることもある。このように感じられる時間の長さの違いは、心理学の研究分野において「体感時間」という名称で研究されてきた。これまでの研究によると、身体の代謝、年齢、緊張感、時間経過への注意、視覚や聴覚などへの刺激提示が体感時間を変化させる要因として挙げられている[9]。これらの要因について以下に具体的に述べる。

まず、身体の代謝が高い状態の時には時間を長く、低い状態の時には時間を短く感じる。一般的に起床直後は身体の代謝が上がりきっていないため、時間を短く感じる傾向にある。また、年齢は重ねるごとに時間の進み方が速くなる。これは体感する時間の長さが年齢に反比例するというジャンナーの法則[10]に基づいたものである。さらに、緊張感が高いほど時間を長く感じることも明らかになっている。例えば、クモ恐怖症の人がクモと同じ部屋にいた場合、クモに恐怖を感じない人よりも時間をより長く感じる。また、時間経過への注意については、何度も時計を確認するなど、時間のことを強く意識することで時間を長く感じる。また、体感時間と視覚情報の関連性について検討した研究には様々なものがある。視覚刺激や早回し再生された映像が提示された場合に、充実時程錯覚という錯覚現象が発生し、時間を遅く感じることを明らかにしたもの[11]、プログレスバーなどの視覚的フィードバックに対してアニメーションや、インタラクティブな要素を付与することで体感時間の短縮が可

能であることを明らかにしたものの[12][13][14]などがある。この節において述べた体感時間を変化させる要因は、それぞれの要因が固有の原理に基づき、独自に時間の進み方へ影響を及ぼしているものと考えられている。

上記に列挙したような研究はそれぞれの要因が体感時間にもたらす影響についての調査を行うに留まっており、ユーザが日常生活の中で体感時間の操作を行えるような手法の提案には至っていなかった。これは、先行研究においてすでに明らかになっている体感時間を変化させる要因が、年齢や性別など、ユーザにとって意図的な操作が困難なものであったことが原因の1つとして考えられる。また、時間的注意や視覚刺激など、ユーザによる意図的な操作が可能な要因も存在するが、これらの要因を操作し、日常的に意識を向けさせることが困難であったことも原因として考えられる。例えば、1日中視覚刺激を意識しつつ日常生活を送ることは非常に困難であり、むしろ視覚刺激を意識することがストレスを発生させる原因になってしまう。つまり「体感時間を変化させるためには視覚刺激を視界に入れなければならないが、その視覚刺激が目立ちすぎてしまうこと」が、この手法を日常的に利用することを困難にしていたのだと考えることができる。ここで、このような視覚刺激を「視界のすみで何か動いているのを感じる」程度に認識している状態においても、視覚刺激が体感時間に変化を与えることが可能であれば、ユーザにストレスを与えることなく、日常生活の中で体感時間を操作することが可能になると考えた。

1.2. 視野特性を利用した体感時間操作手法

さて、人間の視野にはそれぞれ中心視野と周辺視野と呼ばれる部分が存在することが知られている。中心視野は視線を合わせた際に物体をはっきりと認識する能力を、周辺視野は物体をぼんやりとしか知覚できない代わりに全体像を瞬間的に知覚する能力を有しているとされている。特に周辺視野は、視覚情報の処理が無意識的に行われるため、目の疲労度が少ない[15][16][17]、光に対する感受性が強い[18]などの利点があるとされている。



図1 人間の視野範囲のイメージ図。赤が中心視野，青が周辺視野を表している。

本研究ではこれまでに、この特性に着目し、ユーザの周辺視野に視覚刺激を提示することで、視覚刺激の存在を強く意識させずに体感時間を変化させる手法を提案し、実験によって効果の検証を行ってきた。その結果、周辺視野に対して加速していく視覚刺激を提示することで体感時間が短縮し、減速していく視覚刺激を提示することで体感時間が延長する傾向にあることを明らかにしている[19]。また、その際に実験協力者に課していたタスクの達成度やアンケート回答内容、視線ログなどを分析したが、周辺視野へ視覚刺激を提示しても、中心視野で行われている別の作業のタスクパフォーマンスへの影響は見られなかった。つまり周辺視野に提示される視覚刺激と、中心視野に提示される情報は互いに大きく干渉し合うことはない可能性がある。本論文ではこの結果に着目し、周辺視野への視覚刺激提示に対して、既存の体感時間操作手法を組み合わせることで、体感時間の変化をより強めることが可能になると考えた。

1.3. 研究目的

これらを踏まえて、本論文では中心視野と周辺視野による体感時間の操作手法を組み合わせることで、より大きく体感時間を変化させることを目的とする。既存の体感時間短縮手法は数多く存在するが、本論文ではその中でもアニメーションの付与など、特に多くの応用可能性が検討されているプログレスバーを組み合わせの対象とした。プログレスバーと周辺視野への視覚刺激提示を実際に組み合わせた際にどのような効果が見られるのか、いくつかの基礎的な実験を行い、その結果をもとに Web 上で使用できるようなシステムの実装を行う。

本論文ではまず、1章で PC 操作時に待ち時間が発生してしまうという問題意識と本研究の目的について述べた。以下、2章では関連研究を挙げ本論文の位置付けを明確にし、3章で提案手法について具体的な説明を行う。続いて4章では基礎実験により提案手法の効果を分析し、その結果を基に5章で提案手法を Web 上で使用できるような実験用システムを実装し使用実験も行う。6章で本論文全体の総括を行い、最後に7章で提案手法の応用可能性について述べる。

第2章 関連研究

2.1. 体感時間を変化させる要因について

人間の体感時間についての研究にはすでに多くの研究者が取り組んでおり、体感時間が線形ではなく、様々な要因によって変化することが明らかになっている[20][21][22]。その中でも特に、視覚情報によって体感時間を変化させる研究について以下に述べる。一川ら[23]は、時間に関する錯視から理解される視覚の時間的特性について、眼球運動や刺激量によって体感時間が変化するなどの報告をしている。この中で、運動速度の効果についても述べられており、動画像の運動速度が速いほど動画像を観察している際の体感時間が長くなると解説している。小野ら[24]の研究では、エビングハウス錯視を用いて同じ形をした円を過大視させると、同じ大きさの円を同時間提示していたとしても、主観的に過大視させた円において、他と比較して長い時間提示されているような感覚を得られることを明らかにした。田山ら[25]は、前述した運動速度による体感時間への効果の内容に触れつつ、本来速度が遅いほど時間を短く感じるはずなのに、速度が0である静止刺激を見ている時間が低速刺激を見ている時間よりも長く感じる問題について実験を行い、時間周波数に原因があることなどを明らかにしている。また、田山[26]はこれまでに見出された体感時間に及ぼす運動速度の効果などの空間的影響を実験によって再確認し、実験協力者の注意を空間内の特定の地点に集中させた時に、その体感時間に及ぼす空間的影響が実験協力者の意識から消失、もしくは減少すると推定している。田山[27]は、充実時程錯覚という、情報量の多い感覚によって視覚的に感じた時間は、情報量の少ない感覚によって感じた時間よりも長く感じるという現象にも言及している。伴ら[28]はPC作業時にアナログ時計を提示し、その針の進行速度を操作することでユーザの作業速度が変化すること、また、実際には異なる時間作業を行っていた群においても時間の評価に有意な差がないことを明らかにした。つまり、視覚的な刺激によって体感時間が操作されることを実験から明らかにしている。

このように視覚刺激の提示や、物体の運動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。しかし、これらの研究は中心視野での効果について述べたものである。本研究は視覚刺激を提示する範囲として周辺視野に着目しているという点でこれらと異なっている。

2.2. プログレスバーについて

Web ページなどで画面読み込みが発生した際に、プログレスバーなどの視覚的フィードバックを提示することで体感時間が短縮することが知られている[29][30][31][32]。これは、発生した待機時間に対する認知リソースが、提示される視覚情報に分割されることによって起きる現象であると考えられている。この手法は非常に手軽であるため、多くの Web サ

ービス[33]などで取り入れられているが、より体感時間を短縮させることができるような視覚的フィードバックについての検討も多くなされている。Chrisら[12][13]はプログレスバーに点滅などのアニメーションを付与することで、ユーザの体感時間を短縮するシステムを提案している。Jessら[14]は一般的なプログレスバーとインタラクティブな要素を設けたロード画面を比較し、インタラクティブな要素を付与することで体感時間が短縮することを明らかにした。Woojooら[34]はプログレスバーの形状や、バーの進み方によって体感時間が変化することを、Hamadaら[35]はプログレスバーの色がほとんど体感時間に影響しないことをそれぞれ明らかにしている。本研究の目的はこれらと同様に、より体感時間を短縮させることができるような視覚的フィードバックを提案することであるが、本研究で提案する手法は周辺視野に着目しているためこれらとは異なっている。

また、プログレスバーを視覚情報以外の方法によって提示する手法も検討されている。例えば音などの聴覚情報[36][37]や、振動などの触覚情報[38]を用いた手法が検討されているが、これらの手法は視覚情報による体感時間の短縮効果とは独立したものと考えられているため、本研究で提案している手法と組み合わせることで、より体感時間を短縮できる可能性がある。これについては今後検討していく。

2.3. 周辺視野の特性について

周辺視野の特性についての研究も多くなされている。Poulton[39]や Rovamoら[40], Sivakら[41]が明らかにしたように、周辺視野は中心視野と比較して視力や細かい箇所の認識能力が劣っている。一方、中心視野よりも周辺視野のほうが優れている点も存在する。例えば周辺視野は運動知覚能力が優れている[42][43][44]。この特性を活かすことで、周辺視野へ視覚刺激を提示することで姿勢の制御が容易に行えるようになったという報告がされている[45][46]。本研究はこれらの研究と同様に、周辺視野の特性を利用し、適切な視覚刺激提示を行うことで人間の感覚に作用することを目指すものである。

また、周辺視野は中心視野と運動知覚能力が異なるため、錯覚現象が起こりやすいとされている[47]。これに着目した Berthozら[48]は自己運動感覚を呼び起こすベクション錯視が周辺視野において効果を増すことを明らかにした。福地ら[49]は、ディスプレイに表示された動画コンテンツの周辺視野部分へ動的に変化する錯視図形を提示することでコンテンツに抱く印象の変化を図り、錯視の種類によって動揺や不安、楽しさなどの印象値が向上することを明らかにしている。ディスプレイ以外への情報提示によって周辺視野を刺激するものとしては IllumiRoom[50]が知られている。これはゲームプレイ時のディスプレイ周辺の壁や床に、プロジェクタからゲームの内容に対応した映像を出力することで、臨場感や迫力を変化させている。FocusPlusContextDisplay[51]ではメインとなる映像を出力しているディスプレイの周辺に解像度を落とした映像を提示することで、大型のディスプレイを使用しているような感覚を得ることに成功している。本研究はこれらと同様に周辺視野の特性

を応用し、無意識的な情報処理による体感時間の変化を狙ったものである。

以上をまとめると、中心視野へのプログレスバー提示による体感時間操作は既に実現されており、また、周辺視野を活用することでコンテンツの印象や体感時間に影響を及ぼすことが可能であることも明らかになっているが、これらを組み合わせた際に出る影響（単純に効果が増加するのか、お互いの効果を阻害し合うのかなど）が未知であった。仮に単純に効果が増加するのであれば、待機時間をより短縮することが可能になるためユーザの感じるストレスなどをさらに軽減することが可能になると考えられる。また、もし阻害し合うのであれば、体感時間を延長させる要因として着目し、ストレス軽減という本研究の目的からは外れるが、映像コンテンツ視聴時などの楽しい時間を長く体感するなどの応用も考えられる。そのため、中心視野と周辺視野、2つの視野範囲にそれぞれ着目した体感時間操作手法を組み合わせた際に、どのような影響が発生するのかを明らかにするため、実際に組み合わせて提示した際の体感時間を実験によって調査する。

第3章 提案手法

本研究の目的は、PC 操作時の体感時間を、中心視野内に提示されたプログレスバーと、周辺視野へ提示された視覚刺激によって短縮することである。

ここで、体感時間は視覚刺激の提示など視覚情報によってある程度の操作が可能であること、また、周辺視野に提示された情報は脳によって無意識的に処理され意識せずとも物体の動きなどをぼんやりと知覚できることが明らかになっている。そのため、この周辺視野の特性を活かし、無意識的に視覚刺激の速度をユーザに知覚させることで、体感時間を操作することを考えた。つまり、プログレスバーなどの視覚的フィードバックを提示されているユーザの周辺視野に視覚刺激を提示し、その運動速度を調節することでユーザの体感時間を変化させる手法を提案する。

周辺視野に提示する視覚刺激としては様々なものが考えられるが、どういった視覚刺激が体感時間の操作に最も適しているかは明らかになっていない。また、周辺視野は色彩の認知には疎い代わりに、輝度の認知能力には長けているという特性が知られている[15]。そこで、色に関しては特定の色を使用することはせず、背景画像と輝度の近いモノトーン色をベースラインとして視覚刺激に採用した。

この手法を用いることで、ユーザは普段通りに時間を過ごしているが、脳が周辺視野に提示された視覚刺激の速度の変化を無意識的に知覚することで、待機時間をより短く感じる事が可能になると期待される。

本研究で提案している手法は、スマートフォンや PC の操作において、画面などを読み込む際に発生する待機時間の短縮を目的としたものである。特に今回は、情報収集や書類の作成など、多くの作業において使用する機会が多い PC 使用時の待機時間に着目した。提案手法では図 2 や図 3 のように、ディスプレイ内の中心視野にあたる部分にプログレスバーが表示され、周辺視野にあたる画面の外周部分（ディスプレイとコンテンツの境目）へ視覚刺激を表示するものである。



図2 提案手法イメージ図 (PC)



図3 提案手法イメージ図 (スマートフォン)

第4章 基礎実験

4.1. 2つの手法の組み合わせが及ぼす影響の調査

4.1.1. 実験目的

実験の目的は、中心視野へプログレスバーを提示しつつ、周辺視野へ視覚刺激を提示することによる体感時間への影響を確認することである。体感時間について研究したものとして過去に、中心視野へ提示されたプログレスバーを対象にした研究[12]と、筆者が取り組んでいた周辺視野を対象にした研究[19]がそれぞれ存在したが、これらを組み合わせた際にそれらがどのように影響しあうのかが明らかになっていなかった。すなわち、プログレスバーを目視して残りの待機時間を大まかに把握しつつ、周辺視野で時間短縮/延長効果のある視覚刺激を見たときに、体感時間がどのように変化するかを観察するのが目的である。

そこで、実際に中心視野へプログレスバーを、周辺視野へ視覚刺激を提示することで、体感時間がどう変化するかを検証する。この時、中心視野にはプログレスバーを常に提示し、周辺視野に提示された視覚刺激の運動速度を変化させることを実験条件とした。詳細については4.1.2項において述べることにする。また、実験協力者の実験中の視線ログを取得し、分析することで意図したとおりに視覚刺激が周辺視野に対してのみ提示されているかどうかを確認する。ここでは周辺視野へ視覚刺激提示を行うことで、過去の研究[19]と同様に体感時間が変化し、特に視覚刺激が加速するほど体感時間が短縮すると仮説を立てて実験の設計を行った。

4.1.2. 実験条件

中心視野へ提示されるプログレスバーの提示時間については5つの時間条件(8, 9, 10, 11, 12秒)を設定した。10秒前後の時間条件とした理由は、筆者が20~160秒という比較的長い待機時間を幅広く扱った実験をすでに実施しており[19]、その結果を踏まえたうえで、より日常的に発生しうる短い待機時間を対象とした実験を行うためである。プログレスバーはこの5つの条件のうち、いずれかの時間をかけて一定のフィードバックを提示するように設計されている。周辺視野へ提示される視覚刺激の運動速度についても5つの速度条件(0 radians/秒, 1.4 radians/秒, 2.0 radians/秒, 2.8 radians/秒, 4.0 radians/秒)を設定した。視覚刺激はこの5つの条件の中から実験開始時の速度と実験終了時の速度を1つずつ選出するように設計されている。例えば時間条件が10秒、選出された速度条件が1.4 (radians/秒)と4.0 (radians/秒)だった場合、実験開始時は1.4 (radians/秒)で動いていた視覚刺激が徐々に加速し10秒後にちょうど4.0 (radians/秒)になるという設計である。これらの速度条件は、人が受け取る感覚量と刺激量がその対数に比例することを述べたウ

エーバーフェヒナーの法則に則り、ユーザが受け取る感覚量の差が各条件間で一定になるように設定した。これらの3要因を用いて参加者内計画によって実験を行う。

実験協力者は20代の男子大学生10名（平均年齢22.9歳）であり、時計などの時間を測れるものが視認できない環境で実験を行った。実験協力者の目とディスプレイの距離はおよそ50cm、中心視野を視覚直径15°以内と仮定して視覚刺激の提示範囲などを設定した。また、実験に使用したPCはSONY社製VAIO（Core i7, 8GB, ノート型）、ディスプレイはEIZO社製のEV2316W（解像度1920×1080, 表示領域509.8×286.7mm）、視線検出装置にはTobii社製のアイトラッカーTobii EyeX（サンプリングレート70Hz）を用いた。

4.1.3. 実験手順

実験協力者は着席した状態で、プログレスバーと視覚刺激が提示されたディスプレイを見る。周辺視野へ提示する視覚刺激には図4のような二重になった楕円軌道上を時計回りに回転する光点を用いた。

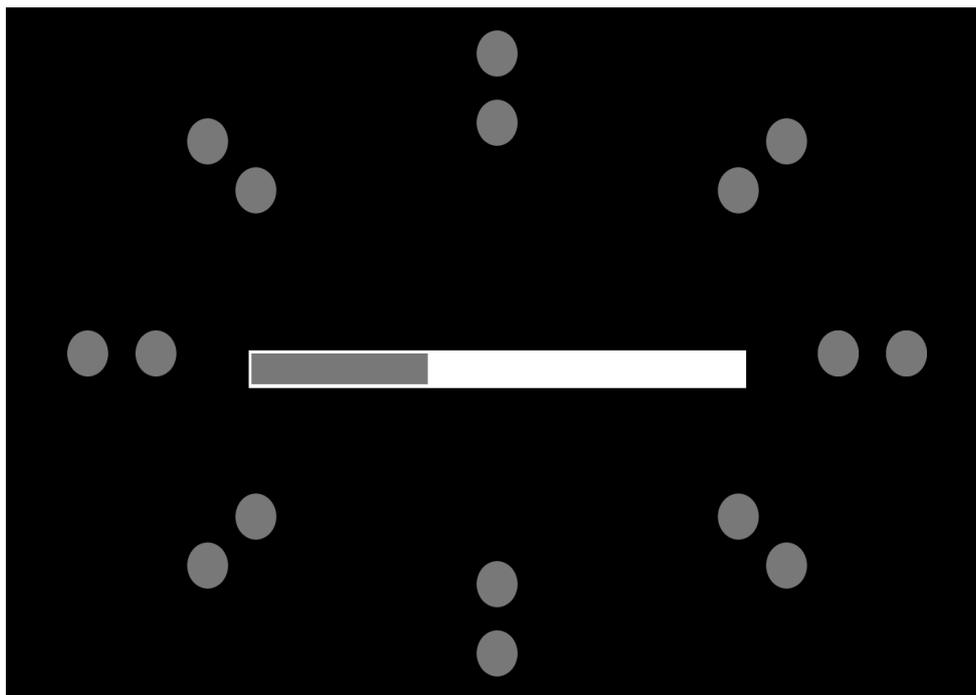


図4 実験で提示した視覚刺激

光点の初期位置は2つの楕円と、楕円の中心を通り順に45°の角度をなす4本の直線の交点の位置に配置した。この視覚刺激は田山[25]の研究を参考に作成している。ここで筆者は過去の研究[19]において、周辺視野への視覚刺激提示によって体感時間が増減することを明らかにしている。具体的な内容としては、視覚刺激の提示速度が加速するほど時間を短く感じ、減速するほど時間を長く感じるというものであった。この結果をもとに、今回の実験

においては、5つの速度条件からランダムに2つの条件を選出し、時間経過に応じて徐々に速度が変化するようなシステムの設計を行った。例えば時間条件が10秒、選出された速度条件が1.4 (radians/秒) と 4.0 (radians/秒) だった場合、実験開始直後は1.4 (radians/秒) で動いていた視覚刺激が徐々に加速し10秒後にちょうど4.0 (radians/秒) になるという設計である。速度に変化を持たせることで、周辺視野を用いた体感時間変化の効果をより強めることを意図した。

時間評価の方法には、視覚刺激同様に田山[25]の研究を参考にして、マグニチュード推定法を用いた。今回は実験を行う前に運動速度2.0 (radians/秒)、提示時間10秒の視覚刺激を実験協力者に1度のみ提示し、これを基準刺激とした。時間が経過しプログレスバーと視覚刺激の提示が終了した後に、基準刺激と比較して何倍の時間を体感したかをアンケート用紙へ記入し、キー入力を行うことで次の試行へ移行する。

このとき、5種類ある速度条件から実験開始時の速度と実験終了時の速度をそれぞれ1つずつランダムに選出し、それらを組み合わせるため、提示速度の変化パターンには25通りの組み合わせが存在する。この25通りの中からランダムに条件を設定し、計30回試行を行った。これにより実験協力者の時間感覚が提案手法によってどのように変化したかを分析する。また、慣れや実験順序によって偏りが生じることを防ぐために、提示時間および提示速度はタスクを1度終えるごとにランダムに変化するものとした。

4.1.4. 実験結果と考察

まず、実験協力者がアンケートで回答した体感時間を、プログレスバーが提示されていた実時間で除算し、百分率に換算する。この計算によって、その試行における実時間と体感時間の割合を求めることができる。この割合の値が100よりも小さければ、実時間と比較して体感時間が短くなっていたということを意味している。例えば実際には10秒間提示されていた時に、回答された体感時間が8秒であったのなら $(8/10) \times 100 = 80\%$ となり、試行中に体感時間が20%短縮していたことを意味する。この計算を全てのデータに対して行った。そして、それぞれの速度条件にも着目し、ランダムに選出された2つの速度条件によって視覚刺激が加速するのか減速するのか速度を保つのかで割合の値を場合分けし、それぞれの場合における平均値を算出した。

上記の計算結果およびその分散を表1に示す。また、それぞれの場合において視線が画面中央に向けられていた割合(プログレスバーを見ていた割合)も視線集中度として表1に示す。また、表1の内容を時間条件ごとに分類したものを表2に示し、表2の内容をグラフにしたものを図5に示す。

表1 体感時間(%)と分散と視線集中度(%)

	加速	速度一定	減速
体感時間	96.5	98.2	91.5
分散	0.0021	0.0036	0.0028
視線集中度	95.9	94.0	95.2

表2 表1を時間条件(秒)ごとに分類した体感時間(%)

	静止	加速	速度一定	減速
8	131.0	106.3	104.5	107.3
9	114.5	102.9	103.3	94.1
10	101.0	101.8	97.9	90.2
11	93.1	94.1	92.8	92.6
12	89.5	86.1	93.0	87.0

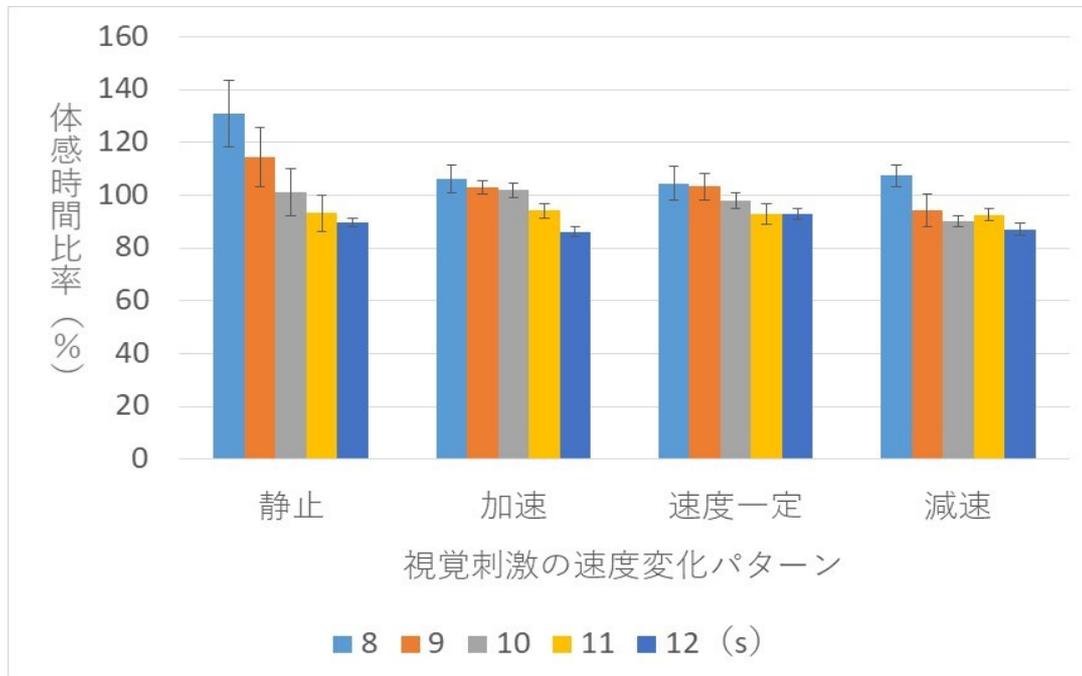


図5 時間条件ごとに分類した体感時間と標準誤差

表1より、提示速度の変化によらず体感時間は100%以下であることがわかる。つまり、中心視野へプログレスバーを提示し、周辺視野へ視覚刺激を提示することで、その速度変化

によらず体感時間が短縮されていたということになる。特に視覚刺激が徐々に減速していく際に、体感時間が91.5%に短縮、つまり8.5%の体感時間短縮が発生していることが明らかになった。また、視覚刺激が加速した場合や速度が一定であった場合にも、減速した際の効果ほどではないが、体感時間の短縮が確認された。過去の研究[19]においては、周辺視野へ提示された視覚刺激の提示速度が加速するほど体感時間が短縮され、減速するほど体感時間が延長される傾向にあったが、今回の実験ではその傾向は見られなかった。つまり今回の実験結果は、実験前に仮説としていた「視覚刺激が加速するほど体感時間が短縮する」という予想とは異なる結果であった。効果の傾向に違いが発生した原因については、対象とした時間の長さや、中心視野に提示された情報など様々なものが考えられるため、再実験を行う。詳細については4.3において述べる。

なお、視線集中度はほぼ一定の高水準を保っていたことから、周辺視野への視覚刺激提示によって視線が誘導されるようなことはなかったことが確認された。

続いて表2および図5の結果より、時間条件ごとの効果について検証する。まず、時間条件ごとの効果の出方を比較する。視覚刺激が静止していた際の体感時間と各速度条件の体感時間を比較すると、時間条件が短い時ほど体感時間が大きく短縮されていたことがわかる。例えば時間条件8秒の際の静止と減速の差分は23.7%であるが、時間条件12秒の際にはこの差分は2.5%であり、ほとんど提案手法の効果が見られない。このことから、より長い時間条件に対して提案手法を用いるのは有効でなく、より短い時間条件においてこそ強い体感時間短縮の効果が期待できると考えられる。これについては今後、より多くの時間条件を設定して実験することで検証を行う。

これらの結果をもとに、実際にシステムとして実装する際のことを検討する。まず、実験結果を整理すると中心視野へプログレスバーを提示している場合には、周辺視野に提示した視覚刺激を徐々に減速させる手法を用いることで体感時間が短縮することが明らかになった。しかし、この結果を活用して体感時間を短縮させるシステムを実装する際に、視覚刺激の輝度、形状、動きを制御する式など、システムを構成する各パラメータの最適な値がいまだに不明である。そのため、ユーザが提案手法の効果を十分に得られない可能性が考えられる。そこで、提示する視覚刺激の輝度値を複数パターン設定した実験を行うことで、提案手法の効果をえられる視覚刺激の輝度範囲を調査する。

4.2. 適切な輝度の調査

4.2.1. 実験目的

前章の実験により、中心視野へのプログレスバー提示と周辺視野への視覚刺激提示を組み合わせた際に、視覚刺激を徐々に減速させることで待機時間をより短く体感することが可能であることが明らかになった。実験で視覚刺激に用いた色などは先行研究[25]を参考に

設定したが、これを実際にシステムとして実装した際に、ユーザが視覚刺激の存在を気にしてしまい、提案手法の効果を十分に得られない可能性も考えられるため、視覚刺激の表現に必要な最低限のパラメータの種類や閾値を確認する必要がある。ここで、周辺視野には運動する物体に敏感に反応するという特性があることが知られている[16][17]。この特性を用いることで、前章で用いた視覚刺激の輝度などを調整し、ほとんど見えない程度の視認性であっても、周辺視野であれば視覚刺激の運動を認識可能であり、提案手法の効果も十分に維持できると考えた。

そこで、視覚刺激と背景画像とのコントラスト比に着目し、コントラスト比の違いによって提案手法にどのような影響があるのかを実験によって明らかにする。ここでは「コントラスト比が低くても、周辺視野の特性によって視覚刺激の動きを認識し、提案手法の効果を得ることが可能である」と仮説を立てて実験の設計を行った。

4.2.2. 実験条件

視覚刺激と背景画像とのコントラスト比を RGB の値から計算し、背景画像を 1 とした時のコントラスト比についての 3 条件 (1.1, 1.5, 2.0) を設定した。3 条件それぞれにおいて、前章と同様の実験を行うことで、コントラスト比による提案手法への影響を明らかにする。なお、前章の実験で用いていた視覚刺激と背景画像とのコントラスト比は 2.0 であった。コントラスト比による視覚刺激の見え方を以下の図 6 に示す。



図6 背景画像と視覚刺激のコントラスト比の違い
(左から 1.1, 1.5, 2.0)

他の実験条件については前章と同様である。実験協力者は 20 代の男子大学生 10 名 (平均年齢 22.3 歳) であり、時計などの時間を測れるものが視認できない環境で実験を行った。実験協力者の目とディスプレイの距離はおよそ 50cm, 中心視野を視覚直径 15° 以内と仮定して視覚刺激の提示範囲などを設定した。また、実験に使用した PC は SONY 社製 VAIO

(Core i7, 8GB, ノート型), ディスプレイは EIZO 社製の EV2316W(解像度 1920×1080 , 表示領域 $509.8 \times 286.7\text{mm}$), 視線検出装置には Tobii 社製のアイトラッカー Tobii EyeX (サンプリングレート 70Hz) を用いた.

4.2.3. 実験手順

実験手順についても前節とほぼ同様であるが, 実験で用いるシステムの一部に変更を加えた. まず, プログレスバーの提示範囲を前節と比較して小さくした. これはより実用的な場面を想定し, 一般的なプログレスバーの大きさでの効果を測定するためである. 変更内容を図7に示す.

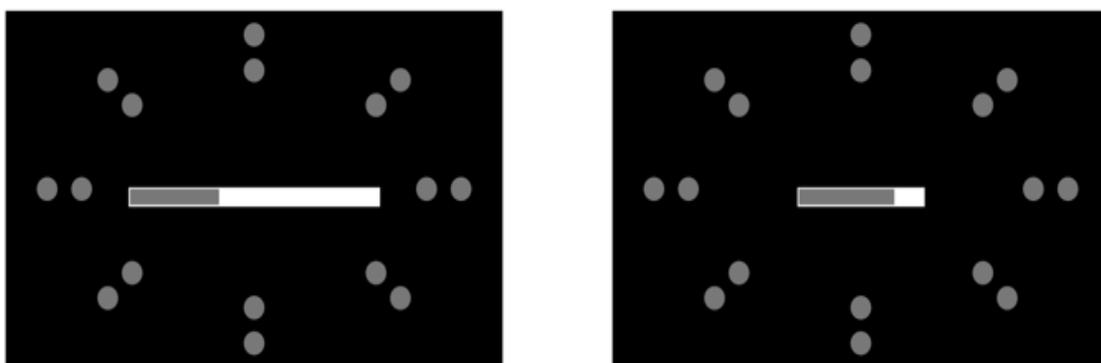


図7 提示範囲の変更 (左: 変更前 右: 変更後)

また, 視覚刺激の提示数を半分に減らすことにした. これも同様に実用的な場面を想定したためである. 2つの楕円軌道を描く視覚刺激の提示によってディスプレイ内の領域の多くを使用してしまい, 実用的ではないと判断したため提示する楕円軌道を1つにした. 変更内容を図8に示す.

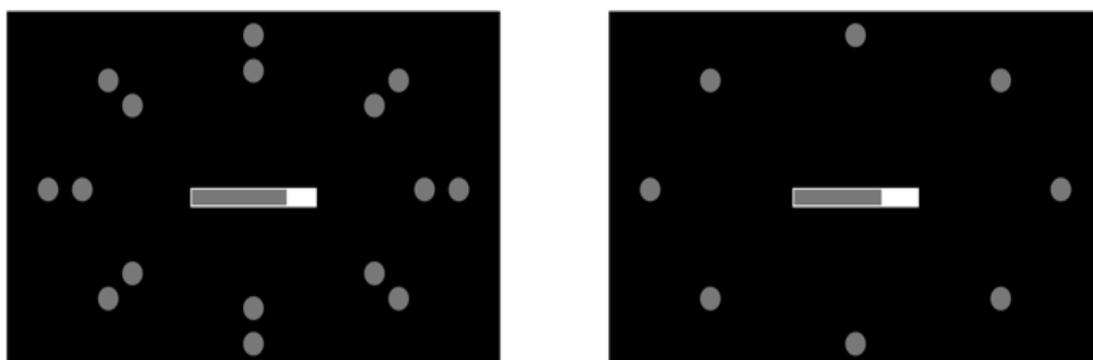


図8 提示数の変更 (左: 変更前 右: 変更後)

これら2点の変更を加えた。その他の実験条件は前節と同様である。5つの時間条件(8, 9, 10, 11, 12秒)と5つの速度条件(0 radians/秒, 1.4 r radians/秒, 2.0 radians/秒, 2.8 radians/秒, 4.0 radians/秒)を設定し、速度条件を組み合わせた25通りの中からランダムに実験条件を選出する。この時、中心視野にプログレスバーを、周辺視野に視覚刺激を提示する。この時の体感時間をアンケートによって調査し、この試行を30回行うことを1セットとした。各実験協力者はコントラスト比の3条件(1.1, 1.5, 2.0)それぞれについて1セットずつ、計90試行の実験を行った。また、慣れや実験順序によって偏りが生じることを防ぐために、提示時間および提示速度はタスクを1度終えるごとにランダムに変化するものとした。

4.2.4. 実験結果と考察

まず、コントラスト比の条件ごとに実時間と体感時間の割合を算出した。計算結果は前章と同様に提示速度の変化ごとに分類し、その平均体感時間、分散、視線集中度をそれぞれ表にまとめた。以下に表3, 4, 5とこれらの結果をまとめた図9を示す。

表3 時間評価値 (コントラスト比1.1)

	加速	速度一定	減速
体感時間(%)	94.9	95.6	94.2
分散	0.0064	0.0043	0.0068
視線集中度(%)	96.6	95.0	96.8

表4 時間評価値 (コントラスト比1.5)

	加速	速度一定	減速
体感時間(%)	95.1	96.6	92.4
分散	0.0046	0.0020	0.0122
視線集中度(%)	96.9	97.8	97.3

表5 時間評価値 (コントラスト比2.0)

	加速	速度一定	減速
体感時間(%)	97.5	97.9	92.8
分散	0.0056	0.0086	0.0036
視線集中度(%)	94.7	95.7	96.1

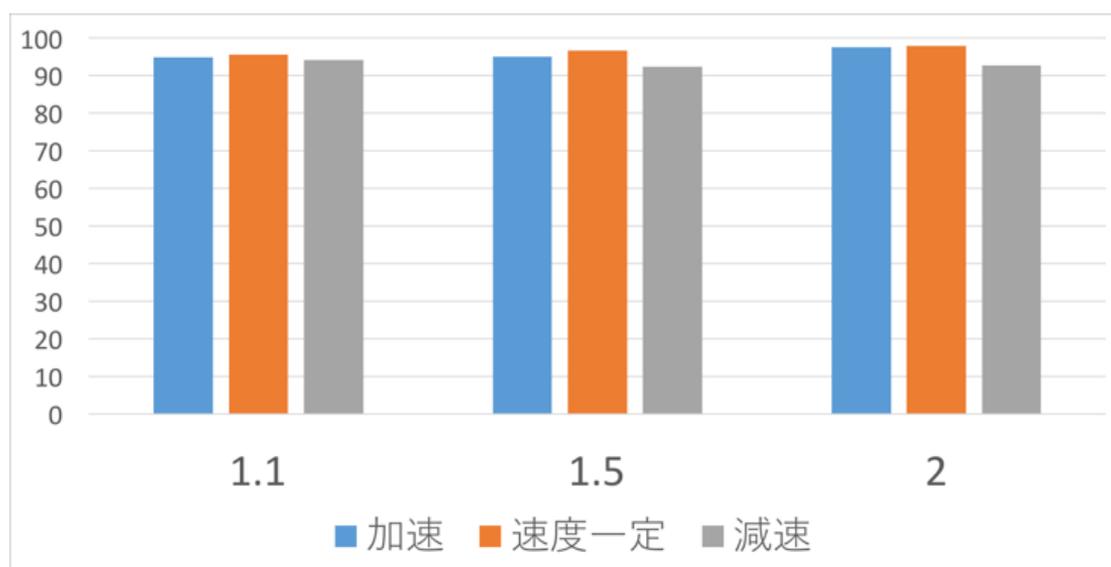


図9 各コントラスト比における実験結果 (%)

まず、背景とのコントラスト比が 1.1 であった表 3 によると、やはり視覚刺激を減速させた際に最も体感時間が短縮されており、平均すると 5.8% の体感時間短縮が可能であるという結果になった。しかし、前章の結果と比較して提示速度の変化による効果差は全体的に減少し、減速が特に有効であるとは言い難い結果となった。これはコントラスト比を過剰に小さく設定したために、運動刺激に敏感な周辺視野であっても視覚刺激を認識できなくなったことが原因の 1 つとして考えられる。つまり表 3 は、中心視野に提示されたプログレスバーの効果のみが適応された際の結果であるとも考えられる。そう仮定すると、視覚刺激の提示速度の変化は認識されていないので、表 3 の加速・一定速度・減速の結果を平均して以下の表 6 のように置換することができる。

表 6 プログレスバーのみによる時間評価値

	全体平均
体感時間(%)	94.7
視線集中度(%)	96.4

表 6 を中心視野に提示されたプログレスバーのみによる体感時間への影響について述べたものと仮定すると、前章での結果をこの表 6 と比較することで、提案手法の有用性をより詳細に分析することが可能であると考えた。例えば前章の表 1 において、視覚刺激の提示速度を減速させたことで体感時間が 8.5% 短縮することが明らかになっていたが、表 6 によれば中心視野へのプログレスバー提示のみで体感時間を 5.3% 短縮することが可能なので、周辺視野への視覚刺激提示によって、3.2% の体感時間短縮ができたと考えることが可能で

ある。

続いて表4によると、やはりこの場合にも減速が最も効果的で、体感時間が平均7.6%短縮されていた。加速、速度一定の際の時間評価値との差も出ているため、提案手法の効果を発揮できていると考えられる。つまりコントラスト比1.5でも提案手法の効果を十分に引き出せることが明らかになった。今後はコントラスト比をさらに下げていき、提案手法の効果を引き出せるコントラスト比の閾値を確定させる実験を計画している。具体的には、コントラスト比を1.1から0.1ずつ上げていくなどの、さらに細かい条件を設定し、本稿と同様の実験によって体感時間への影響などを調査する。この実験によって、周辺視野へ提示される視覚刺激はさらに目立たなくなり、提案手法がより汎用性の高いものになると期待している。最後に表5について考察する。表5も他と同様で、減速時に最も効果があり、体感時間が平均7.2%短縮されていた。表1と表5は同じ条件による実験の結果についてまとめたものであったため、表1とほぼ同様の結果を得たことで提案手法の有用性をより強く示す結果となった。

ここで、図9よりすべての条件において体感時間が100%以下であり、体感時間が短縮されている傾向が読み取れる。これは表1においても見られていた傾向である。実験協力者は中心視野に提示されたプログレスバーによって体感時間を短縮されていた状態で、さらに周辺視野へ視覚刺激を提示されることでより強く体感時間の短縮が発生したと考えられる。

4.3. 対象とする時間の長さについて

4.3.1. 実験目的

実験の目的は、中心視野へプログレスバーを提示しつつ、周辺視野へ視覚刺激を提示することで、より短い待機時間における体感時間への影響を確認することである。周辺視野を活用して体感時間を短縮させる手法については、既に4.1節において実験を行い、その有用性を検証しているが、この時に実験で扱った時間条件は8~12秒に設定されており、限定的すぎるなどの問題点が見られた。

そこで本節では、時間条件を2~12秒に拡張し、より短い待機時間においても提案手法が有効であるかを検証する。ここでは、前節の実験結果で見られた傾向をもとに、「短い待機時間においても提案手法を用いることで体感時間はより強く短縮する」という仮説を立てて実験を行った。

4.3.2. 実験条件

中心視野へ提示されるプログレスバーの提示時間については9つの時間条件(2, 3, 4,

5, 6, 7, 8, 10, 12 秒) を設定した。より短い待機時間における提案手法の効果を検証するためにこのような時間条件を設定した。8~12 秒については既に実験を行っているため、9, 11 秒については今回の実験から省略した。プログレスバーはこの9つの条件のうち、いずれかの時間をかけて一定のフィードバックを提示するように設計されている。また、後述するが、今回は実験において体感した待機時間を整数値で回答してもらうように教示する。この際に、実験協力者が待機時間を1秒より短いと感じた場合には0秒としか回答することができないため、1秒についても時間条件から除外した。周辺視野へ提示する視覚刺激の運動速度については、前節と同様に5つの速度条件(0 radian/秒, 1.4 radian/秒, 2.0 radian/秒, 2.8 radian/秒, 4.0 radian/秒)を設定した。

実験協力者は20代の大学生15名であり、時計などの時間を測れるものが視認できない環境で実験を行った。実験協力者の目とディスプレイの距離はおよそ50cm, 中心視野を視覚直径15°以内と仮定して視覚刺激の提示範囲などを設定した。また、実験に使用したPCはSONY社製VAIO(Core i7, 8GB, ノート型), ディスプレイはEIZO社製のEV2316W(解像度1920×1080, 表示領域509.8×286.7mm)を用いた。

4.3.3. 実験手順

実験協力者は着席した状態で、プログレスバーと視覚刺激が提示されたディスプレイを見る。周辺視野へ提示する視覚刺激は、同様に図10のような楕円軌道上を時計回りに回転する光点を用いた。前節と同様の動きをするように設計したが、背景画像の色のみ黒から白へ変更した。これも実際に使用するシーンを想定し、黒背景が不適であると判断したためである。なお、視覚刺激とのコントラスト比については前節の結果をもとに1.5とした。

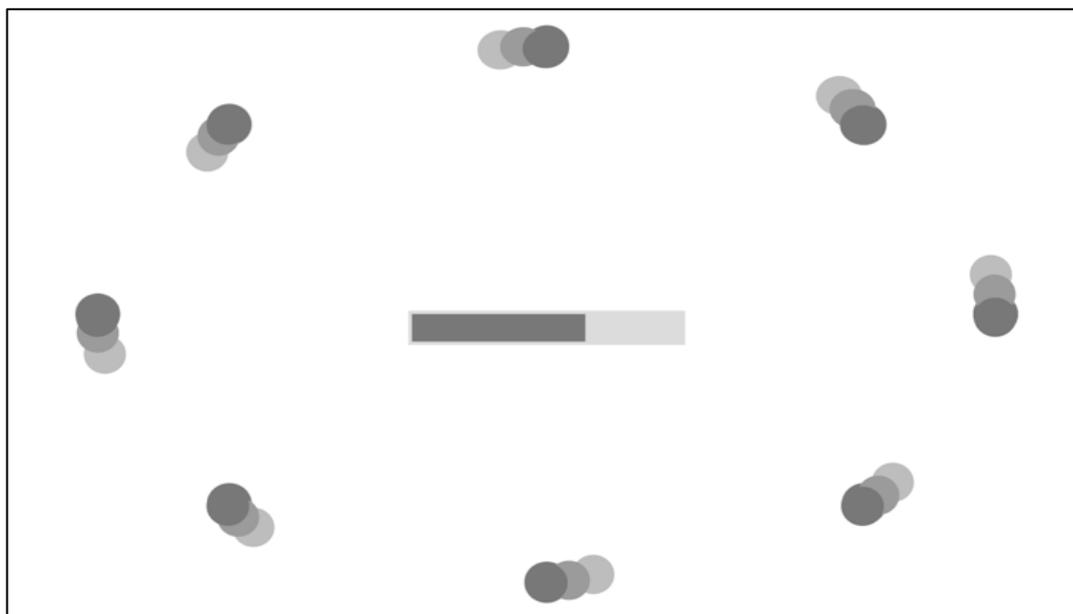


図10 実験画面

選出された時間条件に従い、プログレスバーと視覚刺激の提示が終了した後に、実験システムは図 11 のような回答画面へと遷移する。回答画面では、実験協力者自身が体感した待機時間の長さを 1~30 秒の範囲で回答を行う。回答は 1~30 のうちの該当するボタンをクリックすることで行えるよう設計した。

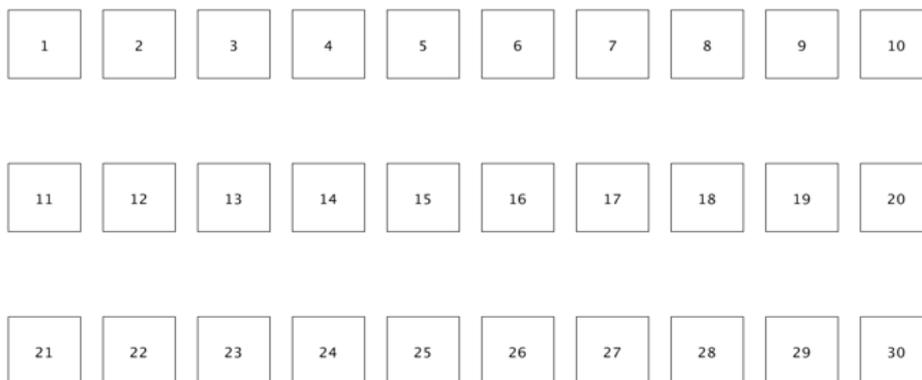


図 11 体感した待機時間の回答画面

回答が完了すると最後に図 12 のようなインターバル画面へと遷移し、再生時間がそれぞれ異なる短い動画コンテンツがランダムに 1 つ選出されて再生される。これは、実験協力者が直前に取り組んでいた試行の時間条件と、現在取り組んでいる施行の時間条件を比較し、相対的な体感時間を回答することを危惧したためである。動画コンテンツの提示により、実験協力者が直前の施行の時間条件をリセットした状態で次の施行に臨めると考えた。動画コンテンツの再生が終了すると、実験システムは再び図 10 のような画面へと遷移し、実験協力者は次の施行を行う。



図 12 インターバル画面

このとき、9種類ある時間条件から1つを選出し、5種類ある速度条件から実験開始時の速度と実験終了時の速度をそれぞれ1つずつ選出し、それらを組み合わせるため、提示速度の変化パターンには $9 \times 5 \times 5 = 225$ 通りの組み合わせが存在する。実験協力者はこの225通りの組み合わせ全てを1度ずつ体験し、その全てに回答を行う。これにより実験協力者の体感時間が提案手法によってどのように変化したかを分析する。また、慣れや実験順序によって偏りが生じることを防ぐために、実験施行を行う順序は実験協力者ごとにランダムに変化するものとした。

4.3.4. 実験結果と考察

前節までと同様に体感時間の割合、およびその分散を算出した。その計算結果を表7に示す。また、表7の内容を速度条件ごとに分類したものを表8に示し、表7の内容を時間条件ごとに分類したものを表9と図13に示す。

まず、表7において速度条件が静止であった際の結果について着目する。速度条件が静止であるということは、選出された2つの速度条件がどちらも0で、視覚刺激が動かなかった場合のことを意味している。つまり、速度条件が静止であった際の体感時間はプログレスバーのみによる効果として扱うことが可能であると考えられる。ここで、表7において静止であった際の体感時間の値は93.4%であり100%以下であった。すなわち、実験協力者は周辺視野への視覚刺激提示を行わずとも、プログレスバーのみによって体感時間が平均6.6%短縮されていることを確認できた。

表7 速度条件ごとに分類した体感時間(%)と分散

	静止	加速	一定	減速
体感時間	93.4	91.9	92.6	91.7
分散	0.025	0.031	0.026	0.033

表8 5つの速度条件(radians/秒)ごとに分類した体感時間(%)。列が試行開始時の速度、行が試行終了時の速度を表している

	0	1.4	2.0	2.8	4.0
0	92.8	92.5	92.7	87.1	92.0
1.4	88.8	91.0	91.2	90.8	87.3
2.0	91.6	88.4	90.7	93.1	91.0
2.8	89.3	92.8	96.2	94.8	96.3
4.0	90.7	92.2	88.9	92.4	91.3

次に表7の加速、一定、減速の値に着目する。これらの値は静止の値とは異なり、周辺視野に提示された視覚刺激が動いている状態、つまり提案手法が適応されている際の体感時間の値である。これら3つの値を静止の値と比較すると、いずれも静止の値より低い値であった。これにより、プログレスバーが単体で提示されている時と比較して、提案手法を用いて周辺視野を刺激することによって体感時間が短縮されることを確認できた。体感時間の短縮効果が最も強く見られたのは、過去の実験[19]の結果と同様に提示速度を減速させた

表9 時間条件(秒)ごとに分類した体感時間(%)

	静止	加速	一定	減速
2	112.5	107.5	105.9	97.6
3	109.1	93.8	100.8	97.2
4	101.1	93.7	95.5	92.8
5	88.9	94.9	92.1	94.7
6	81.1	90.0	90.3	88.7
7	84.1	89.7	89.8	88.7
8	88.6	86.2	89.6	90.7
10	95.0	87.5	88.3	88.4
12	89.8	87.3	84.9	87.5

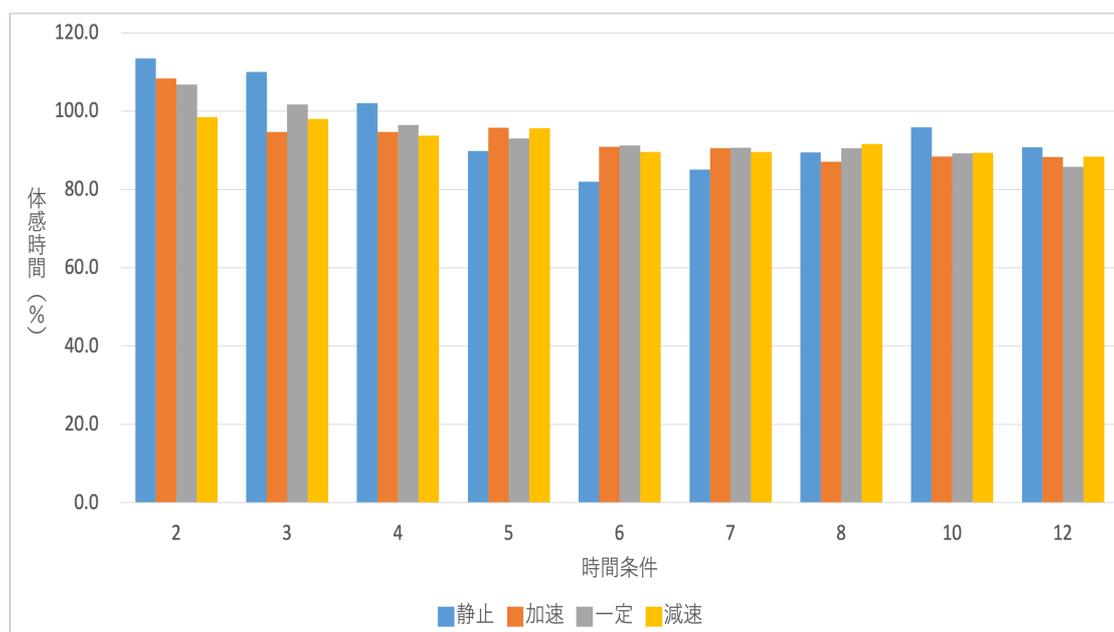


図13 時間条件(s)ごとに分類した体感時間(%)

場合で、プログレスバー単体を提示した時よりも 1.7%短縮しているという結果になった。また、視覚刺激が加速した場合や速度が一定であった場合にも、減速した際の効果ほどではないが、体感時間の短縮が確認された。これらの結果は我々の過去の実験結果とほぼ同じであったため、提案手法の有用性について再確認することができたと考えられる。

表 8 では選出された 2 つの速度条件ごとに体感時間の平均値を算出している。例えば試行の開始時の速度として選出された速度条件が 0(radians/秒)で、終了時の速度として選出された速度条件が 4.0(radians/秒)であった場合、体感時間は平均 92%であったということを読み取れる。このように 5 つの速度条件の組み合わせによる提案手法の効果をそれぞれ検証した。しかし、速度条件ごとの分類では加速/減速するほど体感時間が短縮/延長するなどの一意な傾向が見られなかった。つまり、提案手法の効果は詳細な速度条件にはあまり見られず、時間条件によって決定づけられている可能性が考えられる。

続いて表 9 および図 13 の結果より、時間条件ごとの効果について検証する。まず、時間条件ごとの効果の出方を比較する。視覚刺激が静止していた際の体感時間と各速度条件の体感時間を比較すると、時間条件が短い時ほど体感時間が大きく短縮される傾向が見られた。例えば時間条件 3 の際の静止と減速の差分は 14.9%であるが、時間条件 12 の際にはこの差分は 2.3%であり、ほとんど提案手法の効果が見られない。このことから、より長い時間条件に対して提案手法を用いるのは有効でなく、より短い時間条件においてこそ強い体感時間短縮の効果が期待できると考えられる。

ここで時間条件によって、提案手法の効果の出方に違いが見られた。表 9 の 2, 3, 4, 10, 12 秒において静止の値と比較すると、提案手法を適応することで体感時間が短縮する傾向を見ることができた。特に 2~4 秒においては静止の値が 100%以上になり、プログレスバー単体では体感時間が延長される傾向が見られていたが、視覚刺激を減速提示することでいずれも 100%以下の値にすることができた。この結果によって、我々の「短い待機時間においても提案手法を用いることで体感時間がより短縮する」という仮説を立証することができたと考えられる。

一方 5~8 秒においては、いずれの場合もプログレスバー単体を提示した際に最も体感時間が短縮されるという結果になった。我々が過去に行った、8~12 秒を対象にした実験においても提案手法を用いることで体感時間が延長する例は存在していたが、その多くは 11 秒や 12 秒といった、設定された時間条件全体の中でも長い条件の時に発生していた。そのため、提案手法は長い待機時間には適さず、より短い待機時間に対して有効な手法である、と結論づけていた。今回のように、設定された時間条件全体の中で中間程度の待ち時間に対して提案手法が有効でなかったことは想定外であるため、再び時間条件を拡張した実験を実施することで、この原因について調査を行う必要があると思われる。

第 5 章 使用実験

5.1. 実験目的

第 4 章の基礎実験によって「短い待機時間においても提案手法を用いることで体感時間がより短縮する」という仮説を一部立証することができた。そこで本章では、提案手法を Web ブラウザ上で使用可能とする実験用システムを実装し、より実際に近い状況を想定した使用実験を行うことで提案手法の利点や問題点を整理する。具体的には主観的なアンケートによって吐き気などの副作用を調査するとともに、体感時間短縮に伴うブラウザバック頻度などの行動変容についても観察を行う。

ここで、本研究の目的は第 1 章でも述べたとおり、画面読み込みなどで発生する数秒程度の待機時間を短く体感することである。そこで、画面読み込みを発生させるためのタスクとして、今回は調べものを行っている状況を想定したタスクを設定した。

5.2. 実験用システム

実験用システムは「指定された秒数の遅延が発生してから画面読み込みを開始する Web ページ」と「プログレスバーや視覚刺激などの視覚的フィードバックを描画するプログラム」によって構成されている。いずれも JavaScript によって実装を行った。

Web ページにアクセスすると、HTML 要素を読み込む前に各ページに設定された遅延が発生する。これは何秒程度の待機時間で実験用システムが有効であったかを検証するためである。プログレスバーや視覚刺激などの視覚的フィードバックは、この遅延が発生されている間のみ描画される。

5.3. 実験条件

画面読み込み時に発生する遅延には、1~20 秒の計 20 個の時間条件を設定した。第 4 章で扱った条件よりもさらに実際に使う状況に近づけるため、時間条件の拡張を行っている。

周辺視野へ提示する視覚刺激の運動速度は、2.0(radians/秒)に設定した。これは第 4.3.4 項で述べられていた、提案手法の効果は速度依存ではなく、対象とする時間依存であるという仮説を考慮したためである。これまでの実験結果より、一定速度の視覚刺激提示であっても提案手法の効果は確認されているため、今回の実験ではこの速度条件のみを採用した。

そして、この実験では「待機時間が発生した時に提示されるもの」による体感時間への影響を調査する。つまり、待機時間が発生した時に何も提示されない場合と、プログレスバーのみが提示された場合 (図 14)、周辺視野へのみ視覚刺激が提示された場合 (図 15)、プログレスバーと視覚刺激がどちらも提示された場合 (図 16) の 4 パターンを比較する。図 14、

15, 16 を以下に示す。これらを比較することにより、提案手法の有用性について確認を行う。ここでは、プログレスバーと視覚刺激がどちらも提示された場合に体感時間が最も短縮されると予想されるため、ブラウザバックの回数は他の場合と比較して減少すると仮定して実験を行った。

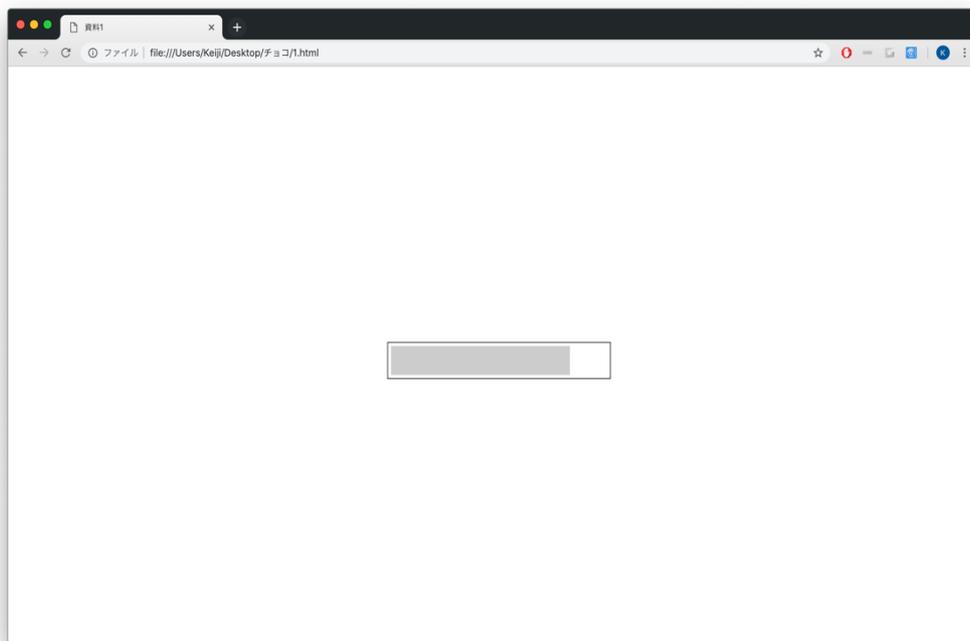


図 14 プログレスバーのみを提示した読み込み画面

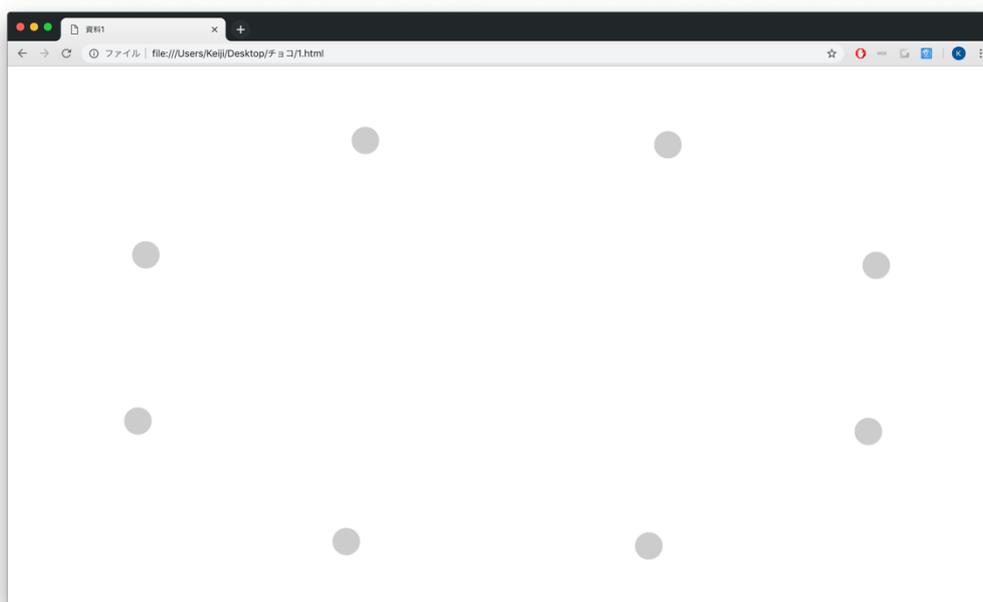


図 15 周辺視野へ視覚刺激のみを提示した読み込み画面

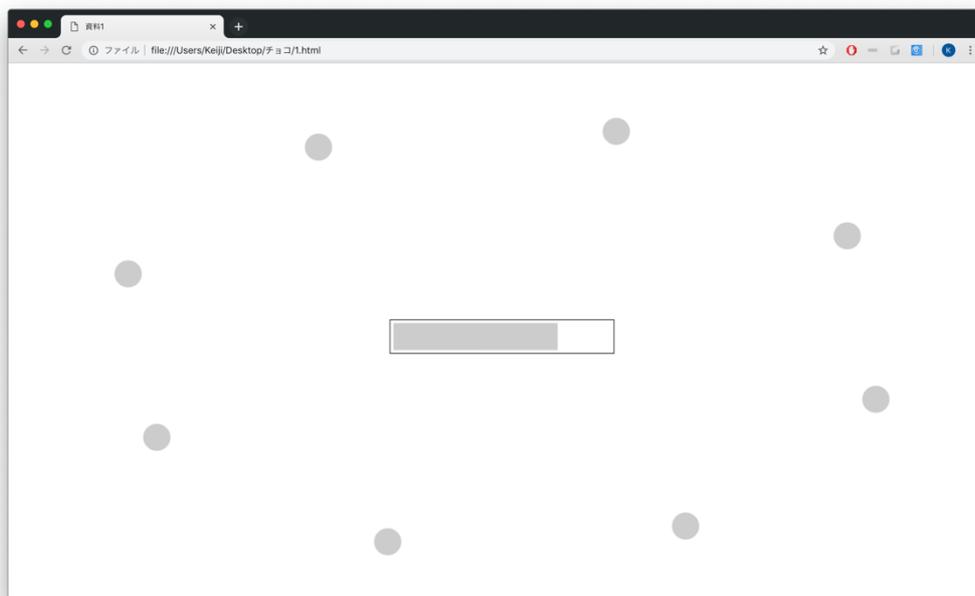


図 16 プログレスバーと視覚刺激がどちらも提示された読み込み画面

実験協力者は 20 代の大学生 10 名であり、時計などの時間を測れるものが視認できない環境で実験を行った。実験協力者の目とディスプレイの距離はおよそ 50cm、中心視野を視覚直径 15° 以内と仮定して視覚刺激の提示範囲などを設定した。また、実験に使用した PC は SONY 社製 VAIO (Core i7, 8GB, ノート型)、ディスプレイは EIZO 社製の EV2316W (解像度 1920 × 1080, 表示領域 509.8 × 286.7mm) を用いた。

5.4. 実験手順

実験協力者は着席した状態でタスクに取り組む。タスクの内容は前述のとおり、実際に Web ブラウザを使用する状況を想定して調べものタスクとした。調べる内容には、実験協力者の事前知識によって影響が出ないように、全ての実験協力者が同程度の認識をしているものが望ましいと考えた。そこで「チョコレートの歴史」「十二星座の歴史」「ボードゲームの歴史」「相撲の歴史」を調べもののテーマとして主観で選定した。

それぞれのテーマについて資料となる Web ページを 20 個ずつ事前に作成し、各ページに 1~20 秒の遅延時間を設定した。各ページへアクセスすると設定された時間だけ遅延が発生し、その後に HTML 要素の読み込みが開始される。実験協力者には「20 個の資料ページを参考に、テーマの概要をまとめること」と「調べものが十分だと感じた時点で概要を提出すること」、「読み込み中は視線を画面中央に向けておくこと」「読み込み時間が長いと感じた場合、ブラウザバックを行っても良いこと」を教示して実験を行った。

実験協力者は 1 つのテーマについての概要を提出した後に、アンケートに回答する。ア

アンケートはSSQを参考に、ストレスや吐き気に関する項目をピックアップし、4段階（0：全く感じない～3：激しく感じる）で回答するものとした。アンケートの回答が終了し次第休憩を取り、次のテーマについての調べものを開始する。これを4つのテーマそれぞれについて行うため、実験協力者は最大で $20 \times 4 = 80$ 個のWebページにアクセスを行うことになる。

この時、前節で述べたように画面読み込み時に提示する視覚情報をテーマ毎に変更する。すなわち何も提示されない場合と、プログレスバーのみが提示された場合、周辺視野への視覚刺激が提示された場合、プログレスバーと視覚刺激がどちらも提示された場合をそれぞれのテーマにランダムに割り振り、その効果を比較する。つまり、提示された情報によって体感時間の短縮が発生することで、ブラウザバック回数の減少などの行動変容が観測されるかを調査する。慣れや実験順序によって偏りが生じることを防ぐために、実験施行を行う順序は実験協力者ごとにランダムに変化するものとした。

5.5. 実験結果と考察

まず、平均ブラウザバック回数を視覚情報の提示パターンごとに分類したものを表10に示す。実験協力者は1つのパターンにつき最大20個のWebページを閲覧するため、ブラウザバックは最大で20回発生する。つまり、表10の提示なしに該当する箇所は、20個のWebページのうち平均して10.6個のWebページにおいてブラウザバックが発生していたことを示している。また、この結果を用いて計算されたブラウザバックの発生率も合わせて記載してある。提示なしを例にすると、平均して $(10.6/20) \times 100 = 53.0\%$ の確率でブラウザバックが発生した、ということを表している。表10を見ると、提案手法であるプログレスバーと視覚刺激の両方を提示した際にブラウザバックが発生する確率が最も低くなっていることがわかる。プログレスバーのみ提示した際にブラウザバック発生率が若干上がり、周辺視野への視覚刺激提示、提示なしの順にブラウザバック発生率が増加するという結果になった。

表10 提示パターンごとに分類した平均ブラウザバック（回・％）

	提示なし	プログレスバー	周辺視野	両方提示
回数	10.6	4.8	9.1	4.5
発生率	53.0	24.0	45.5	22.5

これらの4パターンのうち、プログレスバーのみを提示していた際のブラウザバック率と両方提示していた際のブラウザバック率は、プログレスバーを提示していなかった他2

パターンのブラウザバック率のおよそ半分の値となっている。このことから、従来手法であるプログレスバーが有用であることが改めて明らかになった。ここでプログレスバーのみ提示した際と両方提示した際のブラウザバック率を比較すると、両方提示した際のブラウザバック率が1.5%低くなった。この1.5%の差は、周辺視野への視覚刺激提示によって発生したものであると考えることができる。つまり、4章の実験と同様に、実験協力者が提案手法を用いたことで体感時間が短縮したためにブラウザバックをする回数が減少したことを示している。

次に、表10の結果をさらに詳細に分析するため、時間条件ごとに分類した平均ブラウザバック発生率を表11に示す。これによると、何も提示しない場合にはおよそ4秒程度の待機時間が発生した時点でブラウザバックが発生し始めることがわかる。特に、9秒の待機時間が発生した際には、提案手法を用いた場合のみブラウザバックが発生せず、他の3パターンではブラウザバックが発生していた。これは、提案手法を用いることでブラウザバックが発生し始める待機時間の閾値を変化させることができたと考えることができ、提案手法の有用性を確認することができる結果となった。10秒以上の待機時間に対しては全てのパターンにおいてブラウザバックが発生しているため、やはり長い待機時間に対しては視覚情報を提示しても限度があるということも再確認できた。

最後にアンケートの結果を表12に示す。ここでは吐き気に関する3項目（不快感、疲労感、吐き気）、眼球運動に関する2項目（目の疲れ、目の霞み）、頭痛に関する2項目（頭痛、頭が重い）についての回答をそれぞれ平均した値をまとめている。表12によると全体的に値が低く、吐き気などの生理的影響がほとんどないことがわかる。しかし、4パターンの中では提案手法である両方提示がすべての項目で最も高い値を取っていた。体感時間が短縮できるとはいえ、生理的影響が高くなってしまうことは問題であるが、既存手法として一般的に使われているプログレスバーとほぼ同様の値をとっているため、現状では提案手法を使用しても副作用などの影響はないと判断した。今後、4.2節のように提案手法の効果を確保できるパラメータの閾値を調査することで、生理的影響を下げることも可能であると思われる。

表 11 時間条件ごとに分類した平均ブラウザバック発生率 (%)

	提示なし	プログレスバー	周辺視野	両方提示
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	10	0	0	0
5	10	0	0	0
6	20	0	0	0
7	30	0	20	0
8	40	10	20	0
9	70	30	40	0
10	60	40	40	20
11	80	30	50	30
12	70	30	60	30
13	80	30	70	30
14	80	30	90	40
15	80	50	70	40
16	90	50	90	50
17	70	30	90	40
18	90	50	90	60
19	90	50	90	50
20	90	50	90	60

表 12 アンケート結果 (各 4 点満点)

	提示なし	プログレスバー	周辺視野	両方提示
吐き気	0.30	0.33	0.27	0.40
眼球運動	0.05	0.30	0.35	0.45
頭痛	0.05	0.05	0.10	0.10

第6章 まとめ

本論文では、中心視野へのプログレスバー提示と、周辺視野への視覚刺激提示を組み合わせることで、体感時間にどう影響するかを調査し、2つの手法を組み合わせることで、体感時間を短縮させる効果がより強くなることを明らかにした。また、複数の基礎実験により、提示する視覚刺激の輝度値や手法の対象となり得る時間条件の範囲を大まかにではあるが決定することができた。また、基礎実験の結果をもとにシステムを実装し、使用実験も行った。その結果、提案手法を用いることでユーザの行動が変容し、待機時間が発生してもブラウザバックの回数が減少することが確認できた。これは提案手法によって実験協力者の体感時間が短縮され、多少長い待機時間であっても気にならなくなった結果であると考えられる。

このように、複数の実験によって提案手法の有用性を示すことができたが、提案手法にはまだ改善可能な点が存在する。4.2節のように提案手法の効果を確保できるパラメータを確定する実験を行うことで、より実用可能な手法としての有用性を向上させることは可能であると思われる。また、4.3節の実験において確認された、提案手法が有効でない時間条件が発生する現象についても実験を行い検証する必要がある。これらの点に対応することが、日常的に発生する退屈な時間を短縮するという本研究の目的の達成につながると思われる。

第7章 応用

最後に、提案手法の応用可能性について述べることにする。本論文で提案していた手法は「中心視野へプログレスバーを、周辺視野へ視覚刺激を提示することで体感時間をより短縮させる手法」である。つまり、「既存の体感時間短縮手法に、周辺視野への視覚刺激提示を付随させることでさらなる体感時間の短縮を図った手法」である。今回は既存手法として様々な応用が可能なプログレスバーを採用したが、組み合わせる既存手法はプログレスバーに限らない、と筆者は考えている。周辺視野への視覚刺激提示のみであっても多少の体感時間短縮効果があることは5章の実験により明らかになったため、プログレスバー同様にWeb ページなどでよく使われるプログレスサークル、2.2節で挙げたような聴覚刺激[36][37]や触覚刺激[38]を用いた手法などとも組み合わせることは可能だと思われる。これらについては今後も検討していきたい。

また、VR コンテンツへの応用も考えられる。例えばゲームコンテンツであればマップの読み込みや、対人戦のマッチングなどでどうしても待機時間が発生してしまう。この時、VRゴーグルのようなヘッドマウントディスプレイであれば、周辺視野への視覚刺激提示は一般的なディスプレイよりも容易に行えるはずである。その一点に限ればVR コンテンツは提案手法に最も適していると言える。同様に、本論文では対象としていなかった長い待機時間、例えば電車を待っている時間などについても体感時間を短縮させたいと考えている。ウェアラブルデバイスの発展により、日常生活に支障のないような視覚情報提示を行えるヘッドマウントディスプレイが実用化されれば、こちらについても周辺視野を刺激することは容易となるため、この応用可能性についても検討していきたい。

謝辞

Web 公開版からは謝辞を削除しました.

参考文献

- [1] Bruce D. Weinberg: Don't keep your Internet customers waiting too long at the (virtual) front door. *Journal of Interactive Marketing* Volume 14, Issue 1.(2000).
- [2] Virpi Roto , Antti Oulasvirta: Need for non-visual feedback with long response times in mobile HCI. *Proceeding WWW '05 Special interest tracks and posters of the 14th international conference on World Wide Web* Pages 775-781.(2005).
- [3] Fiona Fui-Hoon Nah: A Study of Web Users' Waiting Time. *Intelligent Support Systems: Knowledge Management*.(2007).
- [4] Anna Bouch , Allan Kuchinsky , Nina Bhatti: Quality is in the eye of the beholder: meeting users' requirements for Internet quality of service. *CHI '00 Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems* Pages 297-304.(2000).
- [5] Benedict G.C. Dellaert Barbara E. Kahn: How tolerable is delay?: Consumers' evaluations of internet web sites after waiting. *Journal of Interactive Marketing* Volume 13, Issue 1.(1999).
- [6] Nina Koiso-Kanttila: Time, attention, authenticity and consumer benefits of the Web. *Business Horizons* Volume 48, Issue 1, Pages 63-70.(2005).
- [7] Pratibha A. Dabholkar , Xiaojing Sheng: Perceived Download Waiting in Using Web Sites: A Conceptual Framework with Mediating and Moderating Effects. *Journal of Marketing Theory and Practice* Volume 16, Issue 3.(2008).
- [8] S. Egger, T. Hossfeld, R. Schatz, M. Fiedler: Waiting times in quality of experience for web based services. *Fourth International Workshop on Quality of Multimedia Experience*.(2012).
- [9] 一川誠: 大人の時間はなぜ短いのか. 集英社新書. (2008).
- [10] ピエール・ジャネ: 記憶の進化と時間概念. (1928).
- [11] 田山忠行: 運動パターンを見ている時の持続時間の知覚. *基礎心理学研究* 25(2), p. 212-220. (2007).
- [12] Chris Harrison , Brian Amento Stacey Kuznetsov , Robelt Bell: Rethinking the Progress Bar. *UIST'07*.(2007).
- [13] Chris Harrison, Zhiquan Yeo, Scott E. Hudson: Faster Progress Bars: Manipulating Perceived Duration with Visual Augmentations. *CHI'10*.(2010).
- [14] Jess Hohenstein , Hani Khan , Kramer Canfield , Sam Tung , Rocio Perez Cano: Shorter Wait Times:The Effects of Various Loading Screens on Perceived Performance. *CHI'16*.(2016).
- [15] Hans Strasburger, Ingo Rentschler, Martin Jüttner: Peripheral vision and pattern recognition: A review. *Journal of Vision*, Vol.11, 13.(2011).
- [16] 福田忠彦: CFF で示される中心視と周辺視の感度差. *テレビジョン学会誌* 32(3), p. 210-216. (1978).

- [17] 福田忠彦: 図形知覚における中心視と周辺視の機能差. テレビジョン学会誌 32(6), p. 492-498. (1978).
- [18] 倩穎戴, 中村芳樹: 周辺視野における明るさ知覚に関する研究. 照明学会誌 96(11), p. 739-746. (2012).
- [19] 松井啓司, 中村聡史: 周辺視野への視覚刺激提示が時間評価に及ぼす影響, 情報処理学会論文誌 若手特集, Vol 59, No. 3, p. 970-978.(2018).
- [20] Allan, L. G.: The Perception of Time. Perception and Psychophysics, Vol. 26, pp. 340-354. (1979).
- [21] Block, R.: Cognitive Models of Psychological Time, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ. (1990).
- [22] Hogan, W. H.: A Theoretical Reconciliation of Competing Views of Time Perception. The American Journal of Psychology, Vol. 91, No. 3, pp. 417-428. (1978).
- [23] 一川誠, 西村好古: 動画像と音楽の再生速度が視聴覚刺激の時間知覚に及ぼす効果. 基礎心理学研究 25(1), p. 136.(2006).
- [24] 小野史典, 河原純一郎: 時間知覚に与える主観的大きさの影響: エビングハウス錯視を用いた検討. 基礎心理学研究 24(2), p. 236. (2006).
- [25] 田山忠行, 中村直人, 相場覚: 回転運動パターンに対する持続評価. Japanese Psychological Research 29(4), p. 173-183.(1987).
- [26] 田山忠行: 集中的注意による時間評価に及ぼす空間的影響の減少. 心理学研究 57(2), p. 95-99. (1986).
- [27] 田山忠行: 時間知覚のモデルと時間評価のモデル. 心理学評論 30(4), p. 423-451.(1987).
- [28] 伴祐樹, 櫻井翔, 鳴海拓史, 谷川智洋, 廣瀬通考: 時計の表示 時間速度制御による単純作業の処理速度向上手法(<特集>VR 心理学 6). 日本バーチャルリアリティ学会論文誌 21(1), p. 109-120. (2016).
- [29] Anna Bouch, Allan Kuchinsky, and Nina Bhatti: Quality is in the eye of the beholder: meeting users' requirements for Internet quality of service. In Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '00), 297-304. (2000).
- [30] Fiona Fui-Hoon Nah: A study on tolerable waiting time: how long are Web users willing to wait? Behaviour & Information Technology 23, 3: 153-163. (2004).
- [31] Myers, B. A.: The importance of percent-done progress indicators for computer-human interfaces. In Proceedings of the 1985 SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (San Francisco, California). CHI '85. ACM Press, New York, NY, pp. 11-17. (1985).
- [32] Masakazu Ohtsubo, Kaori Yoshida: How does Shape of Progress Bar Effect on Time Evaluation. International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems.(2014).
- [33] Hipmunk. <http://www.hipmunk.com>, (最終閲覧日: 2018年12月21日)

- [34] Kentaro Hamada, Kaori Yoshida, Kei Ohnishi, Mario Koppen: Color Effect on Subjective Perception of Progress Bar Speed. Third International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems.(2011).
- [35] Woojoo Kim, Shuping Xiong, Zhuoqian Liang: Effect of Loading Symbol of Online Video on Perception of Waiting Time. International Journal of Human-Computer Interaction.(2017).
- [36] Philip Kortum, S. Camille Peres, Kurt Stallmann: Extensible Auditory Progress Bar Design: Performance and Aesthetics. International Journal of Human-Computer Interaction Volume 27, Issue 9.(2011).
- [37] Murray Crease, Stephen Brewster: Making progress with sounds - the design & evaluation of an audio progress bar. International Conference on Auditory Display. (1998).
- [38] S.A. Brewster, A. King: The design and evaluation of a vibrotactile progress bar. First Joint Eurohaptics Conference and Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems. World Haptics Conference.(2005).
- [39] E. C. Poulton: Peripheral Vision, Refractoriness and Eye Movements In Fast Oral Reading. British Journal of Psychology Volume 53, Issue 4.(1962).
- [40] Rovamo J, Virsu V, Näsänen R.: Cortical magnification factor predicts the photopic contrast sensitivity of peripheral vision. Nature volume 271, p. 54-56. (1978).
- [41] Barbara Sivak, Christine L.MacKenzie: Integration of visual information and motor output in reaching and grasping: The contributions of peripheral and central vision. Neuropsychologia Volume 28, Issue 10, p.1095-1116.(1990).
- [42] Aidan Macfarlane, Paul Harris, Ian Barnes: Central and peripheral vision in early infancy. Journal of Experimental Child Psychology Volume 21, Issue 3, June, p.532-538.(1976).
- [43] Th. Brandt, J. Dichgans, E. Koenig: Differential effects of central versus peripheral vision on egocentric and exocentric motion perception. Experimental Brain Research March, Volume 16, Issue 5, pp 476-491.(1973).
- [44] Shizuko Matsuzoe: Intuitive Visualization Method for Locating Off-screen Objects Inspired by Motion Perception in Peripheral Vision. AH'17.(2017).
- [45] Park Du-Jin: Effect of visual stimulus using central and peripheral visual field on postural control of normal subjects. Journal of Physical Therapy Science.(2016) .
- [46] C.Assaiante, B.Amblard: Peripheral vision and age-related differences in dynamic balance. Human Movement Science Volume 11, Issue 5, p.533-548.(1992).
- [47] Stephen J. Anderson, Robert F. Hess: Post-receptoral undersampling in normal human peripheral vision. Vision Research Volume 30, Issue 10, p.1507-1515.(1990).
- [48] A. Berthoz, B. Pavard , L. R. Young: Perception of linear horizontal self-motion induced by peripheral vision (linearvection) basic characteristics and visual-vestibular interactions. Experimental Brain Research, Volume 23, Issue 5, pp 471-489.(1975).

- [49] 福地翼, 松井啓司, 中村聡史: 周辺視への錯視図形提示によるコンテンツ視聴手法の提案. 情報処理学会論文誌「インタラクションの理解および基盤・応用技術」特集 59(2). (2018).
- [50] Brett R.Jones, Hrvoje Benko, Eyal Ofek, Andrew D.Wilson. : IllumiRoom Peripheral Projected Illusions for Interactive Experiences. CHI'13.(2013).
- [51] Sebastian Boring, Otmar Hilliges, Andreas Butz: A Wall-Sized Focus Plus Context Display. Fifth Annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications, PerCom'07.(2007).

研究業績

- [1] 松井啓司, 中村聡史, 大島遼: 周辺視へのエフェクト提示による動画の視聴体験拡張, エンターテインメントコンピューティングシンポジウム 2015 論文集, pp.543-550.(2015).
- [2] 松井啓司, 中村聡史: 周辺視へのエフェクト提示による動画の印象変化に関する調査, 情報処理学会第 78 回全国大会論文集.(2016).
- [3] 福地翼, 松井啓司, 中村聡史: 周辺視への錯視図形提示によるコンテンツ視聴手法の提案, 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI) ,p.1-8.(2016).
- [4] 福地翼, 又吉康綱, 松井啓司, 中村聡史: IllumiFrame : 錯視図形を利用した額縁型視聴体験拡張システム, 24th Workshop on Interactive Systems and Software (WISS 2016), 1-2. (2016).
- [5] 松井啓司, 中村聡史: 周辺視野への視覚刺激提示が時間評価に及ぼす影響, 第 171 回ヒューマンコンピュータインタラクション研究発表会 (SIGHCI171) .(2017).
- [6] 松田滉平, 松井啓司, 佐藤剣太, 久保田夏美, 佐々木美香子, 斎藤光, 中村聡史: ノイズキャンセリングミュージック. エンターテインメントコンピューティングシンポジウム 2017 論文集, p. 249-256.(2017).
- [7] 高橋 拓, 福地 翼, 山浦 祐明, 松井 啓司, 中村 聡史: 周辺視野における妨害刺激の減衰が集中度に及ぼす影響, 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI) , p. 1-8.(2017).
- [8] 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及ぼす影響, 第 176 回ヒューマンコンピュータインタラクション研究会 (SIGHCI176) .(2018).
- [9] 福地 翼, 松井 啓司, 中村 聡史: 周辺視への錯視図形提示によるコンテンツ視聴手法の実現. 情報処理学会論文誌, Vol.59, No.2, pp.681-689.(2018).
- [10] 松井 啓司, 中村 聡史: 周辺視野への視覚刺激提示が時間評価に及ぼす影響. 情報処理学会論文誌, Vol.59, No.3, pp.970-978 (2018).
- [11] 徳久弘樹, 佐藤剣太, 松田滉平, 松井啓司, 中村聡史: ノイズキャンセリングミュージック : 音楽の提示により騒音の不快感を低減する手法. 第 178 回ヒューマンコンピュータインタラクション研究会(SIGHCI178). (2018).
- [12] 高橋拓, 福地翼, 山浦祐明, 松井啓司, 中村聡史: タスク作業中の周辺視野への視覚刺激提示が集中に及ぼす影響の調査. 信学技報, vol. 118, no. 49, pp. 1-6. (2018).
- [13] 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の主観的な待機時間に及ぼす影響, 第 176 回ヒューマンコンピュータインタラクション研究会 (SIGHCI176) .(2019).