

タスク周辺への視覚刺激提示時の刺激の種類が タスクおよび視線に及ぼす影響

桑原樹蘭¹ 中村聡史¹

概要: 我々の生活の中で、レポートやスライド作成やプログラミングなど、PC を用いたタスクを行うことは多い。タスクを効率よく行うためにはタスクに対して集中することが大事であるが、実際にタスクをはじめると長く集中が続かないという人は少なくない。我々はこのような問題に着目し、視覚刺激を提示することで集中を促す手法を検討してきた。これまでの研究で視線の動きの大きいタスクにおけるタスクパフォーマンスについて実験で検証したが、タスクの難易度が高かったことや試行ごとの条件の統制が困難だったことが原因で、主観疲労度や所要時間などのデータの比較が困難であった。本研究では、前回の実験の問題点を踏まえ、視覚刺激を周囲に提示するとタスクパフォーマンスがよくなり、集中しているときは視線がぶれにくくなるという仮説をたて、タスクを再設計し、タスクパフォーマンスと視線の動きのログから実験により検証した。実験の結果、数字刺激と文字刺激において視線移動量が抑制されていたが、パフォーマンスがよくなっていたのは視線移動量が多かった暗転明転刺激であり、仮説とは異なる結果となった。

キーワード: 集中, 視覚刺激, 視線計測, タスク

1. はじめに

PC の普及に伴い、我々の生活の中ではプログラミングやスライド作成など、PC を用いてタスクを行うことは多くなっている。また、2020 年には COVID-19 の影響で、学校や企業などでリモートワークを行うことが増えたことで、PC で作業することが多くなった。ここで多くの人はタスクを効率よく終わらせたいと考えており、そのためにはタスクに対して集中し、行うべきタスクに対してのみに意識を向けていることが望ましい。しかし、実際にタスクを行っているときに、集中が続かないということは珍しくない。ネクストレベルが 2021 年にリモートワーク中の男女 300 名を対象に行ったアンケート調査[1]では、「在宅勤務中にモチベーション・集中が下がったことがあるか」という質問に対し 97.7%の人が「はい」と回答しており、集中の継続が困難に感じていることがわかる。

集中の継続を阻害するものとして、PC でタスクに取り組んでいる最中にその先を人が通りかかったり、PC 上でのメール通知がポップアウトされたり、PC の横においているスマートフォンに何らかの通知が来て画面が光ったりするなどがある。こうしたものが視界に入り、タスクに向いていた集中が途切れてしまうことで、仕事やタスクの効率が下がってしまう。鎌田らの研究[2]では、タスク中に妨害するような動く視覚刺激を提示することで、実際に集中を阻害していることを確認している。そのため、集中を妨げる要因の影響を軽減し、集中を維持する必要がある。集中を高める方法としては、嗅覚刺激や聴覚刺激などがあるが[3][4]、これらの刺激には個人への提示が困難であるばかりか、提示するために専用の機材が必要になるといった問題がある。

我々はこれまでの研究において、集中の継続を支援する



図 1 提案手法イメージ図

ために、タスクの周辺に視覚刺激を提示し、タスクに意識を向け、集中を促す手法を提案してきた。提案手法は図 1 のようなものであり、タスク周辺を視覚刺激で囲むことによってディスプレイ内のタスクの存在を強調し、視線がタスク外に逸れることを防いでタスクに集中しやすくしている。また、これまでの研究[5]で、複数の刺激を比較した実験を行い、数字刺激や境界膨張刺激を用いた条件においてタスクのパフォーマンスが向上していることを明らかにした。しかしこの実験設計はタスクの提示範囲が狭く、実際にタスクを行う状況とは大きく異なっていること、タスク時間が短く、それほど大きな差は出ていなかったことなどの問題点があった。また、その結果をもとに、数字刺激の派生の刺激を用いて範囲の広いタスクを行う実験を実施し、図形刺激が有用である可能性が示唆された[12]。しかしこの実験はタスク設計に問題があり、刺激の影響のみの比較が困難であったこと、非対面式で行ったために信用できるデータが少なくなってしまうことなどの問題もあった。

そこで本研究では、これまでの研究の問題を踏まえたう

¹ 明治大学
Meiji University.

えて、タスクを行う際に視覚刺激を提示した場合と提示しない場合（以下、無刺激とする）でタスクのパフォーマンスにどう差が出るのかを実験により明らかにする。また、タスクを実行している間の視線ログを分析することで、刺激提示によって視線の動きがどう変化するかについても調査する。ここでは最初の実験で行っていた矢印の提示方向を選択するタスクを用い、また刺激の提示範囲を狭めたものを利用して実験を行う。

2. 関連研究

視覚刺激を用いた集中に関する研究は多数存在している。橋ら[6]は、内側に向かう縞模様などを用いて視線をタスク側に誘導することで集中度を向上させるための作業用壁紙を提案している。この手法は実験によって有用性が明らかになっているが、刺激の提示範囲が広く、タスクの提示できる範囲が狭いという問題点がある。高橋ら[7]は、周辺視野の視野特性を考慮し、周辺視野に提示した縞模様を外側に広がっていき、時間経過で輝度値が下がって見えなくなっていく減衰型の刺激を用いることで集中状態に入ることができる可能性を示唆している。一方山浦ら[8]は、視線に追従して周辺視野領域をぼかすことでノイズとなる情報を削減し、知覚鋭敏化を抑制する手法を提案しており、実験によりその有用性を明らかにしている。本研究の手法は、他の機材を必要とせずに PC を使う環境だけで刺激を提示するものである。

一方、南里ら[9]は、タスク終了時間が近くなったタイミングでカウントダウンを提示することで、「カウントダウンが終わるまでに終わらせよう」と思うように働きかけ、再集中を促す手法を提案している。集中を促すという点で目的は同じであるが、本研究ではタスクを行う間刺激を提示し続けることでその間タスクの存在を意識させて集中を促すことを考えている。

集中の妨害になる視覚刺激に関する研究も行われている。Iti ら[10]や木村ら[11]は、顔情報や過去の経験に基づく情報など、トップダウン型の視覚探索に大きく関わるとされるものには注意が向きやすいということを明らかにしている。つまり、顔などは集中を妨害するものであるともいえ、人が通りかかったときなども適切に遮断しなければ、集中を妨害することになると言える。

3. 実験

3.1 実験の目的

本実験の目的は、視覚刺激を用いた条件と無刺激とでタスクのパフォーマンスと視線の動きを比較し、刺激の有用性について検証することである。刺激の周辺提示によりタスクに視線が向きやすくなり、視線の移動量は小さくなる

と考えられる。またそれに伴ってタスクに対する集中が継続しやすくなり、タスクのパフォーマンスが向上すると予測する。

3.2 用いる視覚刺激

今回の実験で視覚刺激として用いたのは以下の 4 種類である。

- **無刺激**：刺激提示範囲をただ黒く塗りつぶしたもの
- **数字刺激（数字）**：刺激提示範囲全体に、60fps で無作為に変化する 0~9 の数字を並列したもの（図 2）
- **文字刺激（文字）**：刺激提示範囲全体に、60fps で無作為に変化する平仮名 8 文字（"あ", "い", "う", "え", "お", "が", "に", "を"）を並列したもの（図 3）
- **暗転明転刺激（暗転明転）**：刺激提示範囲の右端から左端までを白と黒で交互に塗りつぶされ続けるもの（図 4）

これらの刺激は著者の過去の研究[3][12]で用いたものであり、数字刺激は無刺激と比較して所要時間の平均が短いという結果がでていたものである。文字刺激はその数字刺激の派生であり、文字はその並びが偶然知っている単語になることで、知覚的鋭敏化を起こし、視線を移動させ、集中を妨害するのではないかと考え、数字刺激との比較のために用いた。暗転明転刺激を用いたのは、刺激の動きが大きいため、視線もつられて大きく動き、比較する対象として適していると予測したためである。

3.3 タスクの設計

実験に用いるタスクの条件として、刺激の違いのみで比較するために、実験協力者の能力差の差が出にくい単純なタスクである必要がある。そこで本実験では、画面中央に提示される矢印と同じ向きの方角キーを入力するタスク 300 問分を 1 試行として用いた。このタスクは矢印キーに手を置いて画面の中心を見たまま進めることができ、実験協力者のキーボード操作の得手不得手も結果に反映されにくいものであると考えられる。

3.4 実験環境および手順

実験用プログラムは Processing を用いて実装した。また、実験用 PC として、アイトラッカーを内蔵した ALIENWARE 17 (Intel Core i7-8750H, 17.3 インチディスプレイ, Tobii Eye Tracker 内蔵) を利用した。

実験では、まず実験協力者ごとに視線のキャリブレーションを行った。次に、実験プログラムを起動するとまず待機画面が表示され、この待機画面で Enter キーを押すと、タスクが開始される。また、開始してから方向キーを押すたびに、それまでにかかった時間やエラーなどを記録するようにした。間違えた場合でも次の問題に変わり、300 問正解した時点でプログラムが自動的に終了するものとした。

なお、実験協力者がディスプレイ外で目に入るものを少なくするように、窓に向かって着席してブラインドを閉めるなどの配慮をし、実験中は音を流さない状態でノイズキ

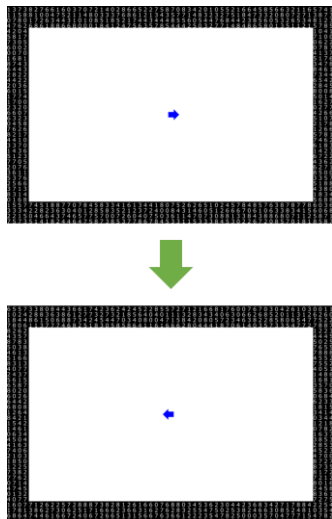


図2 数字刺激

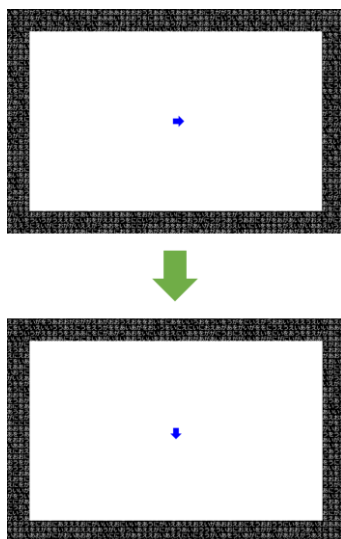


図3 文字刺激

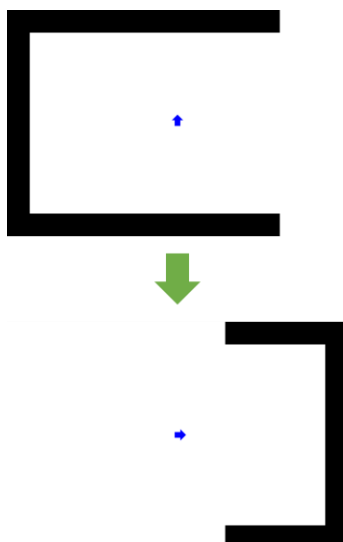


図4 暗転明転刺激

キャンセルヘッドホンを装着してもらった。

実験協力者には実験本番に入る前に、タスクの仕様に慣れるための練習として 50 問のタスクを行ってもらった。本番では無刺激を含めた 4 種の条件をそれぞれ 3 回ずつの計 12 試行行ってもらい、行う順序は 4 種ずつ無作為に指定した。また、1 試行終わるごとにアンケートに回答してもらった。アンケートの内容は主観集中度に関する 1 項目 (1: できなかった～5: 集中できた) と、主観疲労度に関しては SSQ (Simulator Sickness Questionnaire) [13] から眼精疲労に関する項目を引用した 7 項目について 4 段階 (1: 激しく～4: なし) で評価してもらった。

実験の合計時間は約 90 分であり、実験における疲労を軽減するために、アンケート後は 3 分以上の休憩をとってから次の試行に移るように指示した。

4. 実験結果

実験協力者 (A～L) は 20 代の男女 12 名 (男性 6 名、女性 6 名) であった。

主観集中度 (1～5 の 5 段階) について回答してもらった全員分の結果の平均を、刺激ごとに整理したものを図 5 に示す。図の縦軸は、刺激ごとの全実験協力者の主観集中度の平均である。この結果より、暗転明転刺激が最も主観集中度が高く、文字刺激が最も主観集中度が低いことがわかる。各刺激間で分散分析を行ったところ、文字刺激と暗転明転刺激との間に有意差が認められた (* $p < 0.05$)。

次に、SSQ を用いた主観疲労度 (1～4 の 4 段階) について、刺激ごとに全実験協力者の結果の平均を求めたものを図 6 に示す。図の縦軸は、全実験協力者の主観疲労度の平均である。この結果より、刺激間には差がないことがわかる。実際に各刺激間には有意差は認められなかった。

表 1 は実験協力者の各刺激で 1 問ごとにかかった時間 (1 つの矢印が提示されてからその方向を指示するまでの時間) の平均を表したものである。この表では、各実験協力者の結果の中で最も時間が短いものの背景色をオレンジで、最も時間が長くかかっているものの背景色を青で示している。全員の平均をみると、無刺激と暗転明転刺激の時間が短くなっていた。また、文字刺激が最も時間がかかっており、12 名が文字刺激で最も時間がかかっていることがわかる。また、暗転明転刺激の時間が最も短かった実験協力者は 12 名中 10 名となっており、多くの実験協力者にとって効果的な刺激だった可能性がある。

表 2 は実験協力者の各刺激におけるエラー数の平均を表したものである。各実験協力者の結果の中でエラー数の少ないものの背景色をオレンジで、多いものの背景色を青で示している。全員の平均をみると文字刺激の平均エラー数が最も多く、暗転明転刺激の平均エラー数が最も少ないことがわかる。また実験協力者の各刺激の結果の中で、文字

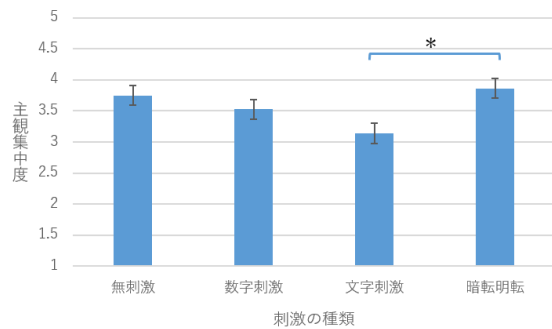


図5 各刺激の主観集中度の平均

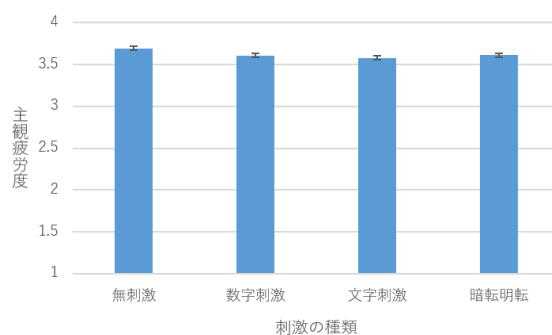


図6 各刺激の主観疲労度の平均

刺激で最もエラーが多かった実験協力者は12名中7名で最も多かった。

全員のタスクにおける300問を60問ごとに5等分し、回答時間の平均を算出した結果を図7に示す。図の横軸は300問を60問ごとに5等分したまとまりであり、図の左側が序盤、右にいくにつれて終盤を示している。また縦軸は60問ごとの回答時間を秒単位で表している。図から、数字刺激と文字刺激は、序盤から終盤まで無刺激と暗転明転刺激よりも長く時間がかかっていることがわかる。

図8は視線ログから算出した視線の移動距離について、全実験協力者の視覚刺激毎の比較を行ったものである。ここでは、実験協力者によって総移動量に違いがあったため、実験協力者の視覚刺激ごとに平均を求め、また実験協力者毎に正規化を行い（その実験協力者の全視覚刺激における移動量平均で各々を割ったものを計算）、その結果をさらに平均したものとなっている。なお、144個の視線ログのデータのうち23個のデータは、座標の変化がなく、うまく視線取得ができていないと思われる区間があったために除外した。この結果より、数字刺激と文字刺激は視線移動量が少なく、無刺激と暗転明転刺激は視線の移動量が多いことがわかる。なお、各刺激間で分散分析を行ったところ、無刺激と数字刺激、無刺激と文字刺激、数字刺激と暗転明転

表1 1問ごとにかかる時間の平均

協力者	無刺激	数字刺激	文字刺激	暗転明転
A	0.60	0.65	0.67	0.59
B	0.52	0.58	0.59	0.54
C	0.54	0.59	0.61	0.53
D	0.58	0.64	0.64	0.61
E	0.57	0.63	0.65	0.56
F	0.57	0.63	0.64	0.56
G	0.60	0.66	0.67	0.60
H	0.54	0.59	0.61	0.54
I	0.54	0.60	0.62	0.53
J	0.59	0.64	0.65	0.58
K	0.54	0.60	0.61	0.53
L	0.58	0.62	0.65	0.57
平均	0.56	0.62	0.63	0.56

表2 エラー数の平均

協力者	無刺激	数字刺激	文字刺激	暗転明転
A	15.66	17.33	18.00	11.67
B	16.33	9.33	22.33	19.00
C	17.00	16.67	23.33	13.33
D	18.00	27.00	30.00	31.67
E	7.00	6.67	10.33	5.33
F	4.67	7.00	5.00	2.00
G	0.33	1.33	1.33	0.67
H	18.09	16.33	16.67	10.67
I	34.67	32.00	42.00	26.67
J	17.33	15.00	15.67	19.33
K	29.67	50.33	55.67	31.00
L	35.67	28.33	31.33	29.00
平均	17.87	18.94	22.64	16.69

刺激、文字刺激と暗転明転刺激との間に有意差が認められた (** $p < 0.01$).

図9は、各視覚刺激について、開始からの60秒間と、終了からの60秒間で視線の移動量の推移を表したものである。図の縦軸はその60秒間の視線の総移動量（ピクセル）を表している。このグラフから、最初も最後まで数字刺激や文字刺激は視線移動が少なく、無刺激、暗転明転刺激は最初も最後まで視線移動量が多くなっており、開始時点や終了時点での差はないことがわかる。

次に、刺激ごとについて実験協力者全員の開始から終了までの視線のヒートマップを示したものを図10～13に示す。このヒートマップは、そのエリアにおける視線の滞留時間がながければ長いほど赤色に、次いで緑色、青色の順になっている。この結果より、無刺激と暗転明転刺激は数

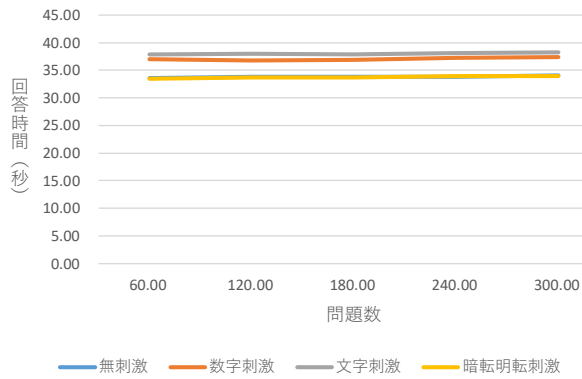


図7 60問ごとの回答時間の推移

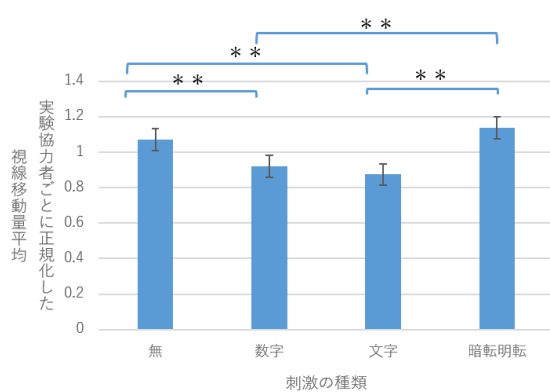


図8 各刺激の視線移動量（正規化後）の平均

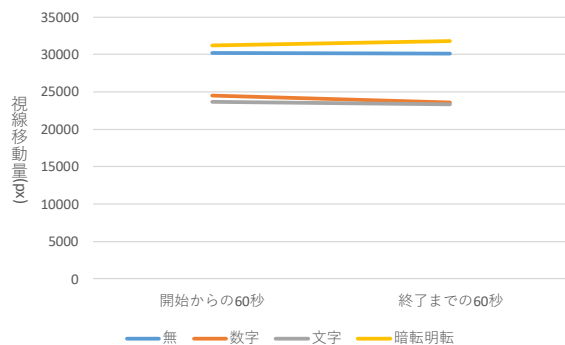


図9 視線移動量の合計の推移

字刺激と文字刺激に比べ、上下に視線が分布する傾向があることがわかる。

図14は、視線ログのヒートマップのなかにあった、視線が縦にブレているケースである。この実験における実験協力者のコメントにおいて、途中で明らかに集中が切れたという自覚があるものや、刺激の動きに意識を持っていた自覚があるものがみられた。そのため、集中が切れると視線のブレが大きくなる可能性が示唆された。

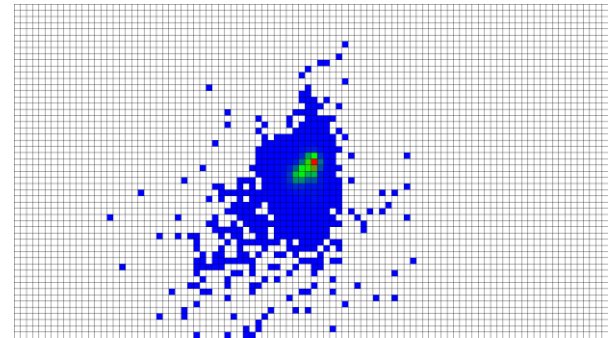


図10 無刺激のヒートマップ

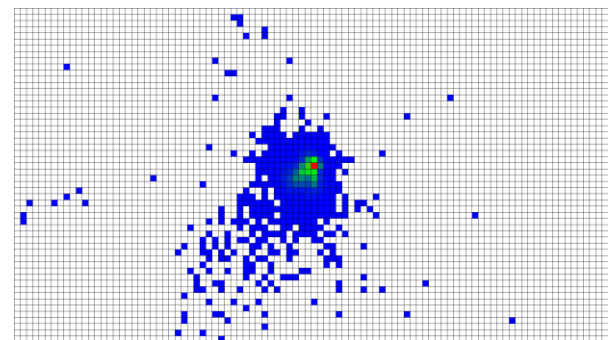


図11 数字刺激のヒートマップ

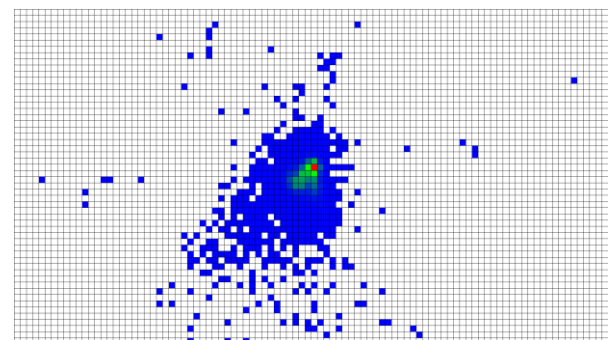


図12 文字刺激のヒートマップ

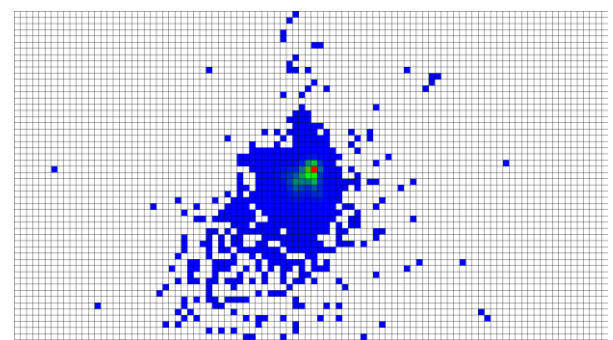


図13 暗転明転刺激のヒートマップ

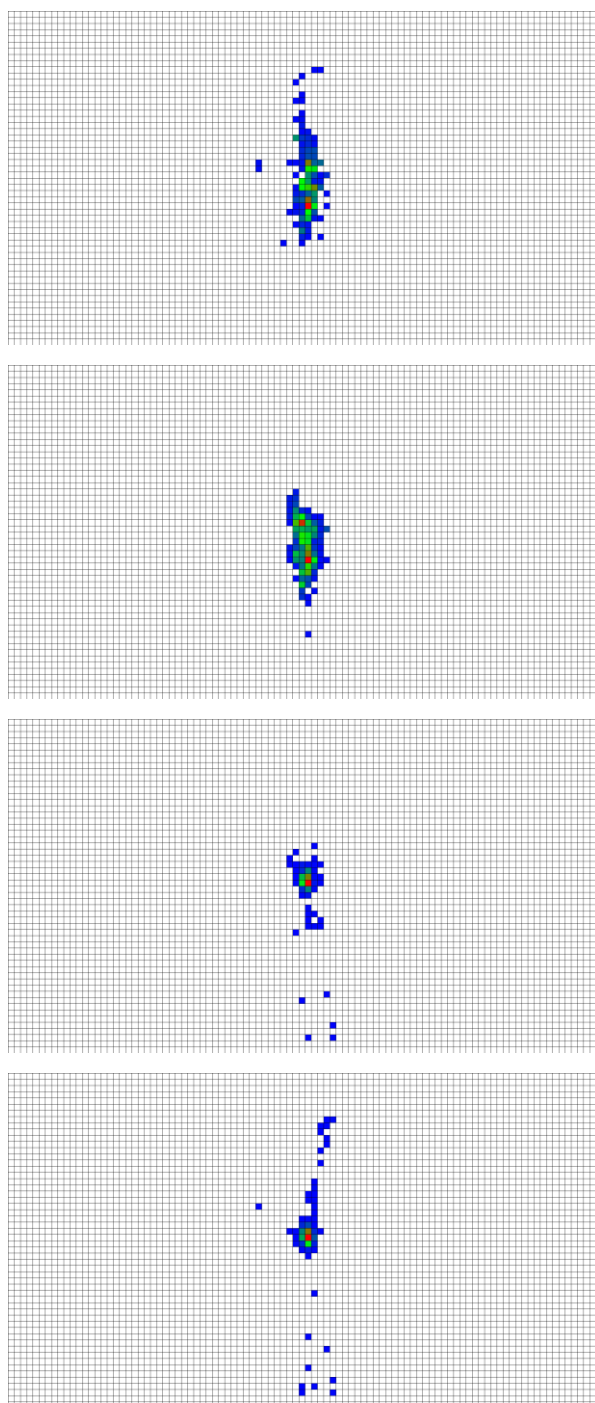


図 14 視線が縦にブレている例

5. 考察

実験の仮説として、刺激の周辺提示によりタスクに視線が向きやすくなり、視線の移動量は小さくなると考えていた。視線ログから得られた結果から、無刺激と暗転明転刺激は視線移動量が大きく、数字刺激と文字刺激は少なくなっていることがわかった。このことから、数字刺激と文字刺激を用いることによって、視線の移動量の抑制が可能になることが示唆された。

一方で、タスクのパフォーマンスにおいては暗転明転刺

激が主観集中度、所要時間、エラー数において無刺激以上の結果をだしていた。つまり、視線の移動が抑制されていてもパフォーマンスが向上するというわけではなく、予測していた結果にはなっていなかった。これは、今回用いた矢印タスクのような、必ずしも注視しておらずとも目の端などで確認し、操作できるようなものであるがために、効果が出にくいものであったことが原因として考えられる。そこで、今後は、視線移動があった場合や、集中が切れた場合にそのパフォーマンスに影響が出るような大野ら[14]が使用している記憶タスクでも検証する予定である。

一方、今回は画面外に妨害刺激を出さなかったために、手法の効果が弱かった可能性もある。そこで、今後は鎌田らの研究[2]を参考に、画面の外に妨害刺激を提示して、視線移動の抑制効果があるかどうかを検証する予定である。

文字刺激と数字刺激の違いは提示するもののみであるが、文字刺激はタスクパフォーマンスの指標全てにおいて他の刺激よりも劣った結果になっていた。このことから、提示するものの違いによってタスクのパフォーマンスが変化していることがわかった。この2つの刺激が暗転明転刺激と比較してタスクパフォーマンスが悪かったのは、刺激の数字や文字を無意識に意味のあるものと認識してしまっていた可能性がある。文字や数字よりも意味の認識ににくい、普段なじみのない言語や図形を提示して実験することで詳しい検証ができると思われる。

アンケートの自由記述において、「刺激がなくなると集中がきれると思った」「安定感がなくなるような感じがしてミスが増えた」などの、無刺激で集中できないという内容のコメントがいくつか見られた。これは、画面に動きが少ないタスクを行っている、タスクが進行している感覚が得られずに虚無感や疲労感が生じるのではないかと考えられる。

また、何人かの実験協力者が「刺激の文字や数字が一つずつずれて回っているような気がした」といったコメントをしていた。これらは実際のタスクの提示の仕方とは異なっているが、中心のタスクを注視できていたからこそタスク周辺の情報が正確に把握できていないのだとも捉えることができる。なお、このような現象は一部の実験協力者のみにみられており、見え方が違っていった要因の特定にはデータが不足しているため、今後実験データを増やし、検証していく必要がある。

6. おわりに

本研究では、PC タスク中にタスク周辺に視覚刺激を提示することによってパフォーマンスや視線の動きにどう影響するのかについて実験を再設計し、無刺激、数字刺激、文字刺激、暗転明転刺激の4種の刺激を対象に実施した。実験の結果、数字刺激と文字刺激において狙い通り視線の移

動量を抑えることができていた。しかし、視線の移動量を抑えることができていた数字刺激と文字刺激は、視線の移動量が多い無刺激や暗転明転刺激に比べパフォーマンス面では劣っており、仮説に反する結果となった。

今後は、タスクを改めて再設計し、記憶タスクのようなものを用意したり、画面の外に妨害刺激を提示したりすることによって、視線の移動抑制効果とそのタスクパフォーマンスへの影響などについて調査を行っていく予定である。また、実際に本システムを常利用できるようにするため、タスクが提示されているウインドウの背後に視覚刺激を提示可能なシステムを実装し、検証を行っていく予定である。なお、実現においては、提示する刺激による疲労を軽減するため、刺激の輝度を変えるような工夫も行っていく予定である。

参考文献

- [1] “98%がテレワーク中の集中力低下を経験！アンケート対象の300人が実践し効果を感じた“集中力アップ”対策とは？”
<https://primes.jp/main/html/rd/p/000000071.000032757.html> (参照: 2021/2/15)
- [2] 鎌田安住, 金田大輔, 中村聡史. デスクワーク時の集中を阻害する周辺視野領域での視覚妨害刺激の基礎検討, 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.2021-HCI-192, No.19, pp.1-8, (2021).
- [3] 阪野貴弘. 香りが運動パフォーマンスと精神集中に及ぼす影響. 愛知教育大学保健体育講座研究起要 No. 33, 2008.
- [4] 阿部麻美, 新垣紀子. BGM のテンポの違いが作業効率に与える影響. 日本認知科学大会発表論文集(27), 2010, pp. 3-47.
- [5] 桑原 樹蘭, 高橋 拓, 中村 聡史. 一点注視型タスクにおける周辺視野への視覚刺激提示が集中度に及ぼす影響, 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 (HCI) , Vol.2018-HCI-180, No.13, pp.1 - 7, 2018.
- [6] 橘卓見, 岡部浩之, 佐藤未知, 福島政期, 梶本浩之. PC 作業時の集中力向上のための作業用壁紙. 情報処理学会シンポジウム論文集(情報処理学会ワークショップ論文集). 2012. Vol. 2012, no. 3, pp. 843-849, (2012).
- [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, 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.2017-UBI-56, No.7, pp.1-8, (2017).
- [8] 山浦祐明, 中村聡史. 周辺視野に対するぼかしエフェクトが作業時の集中力に及ぼす影響の調査, 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.2019-HCI-184, No.10, pp.1-8, (2019).
- [9] 南里英幸, 中村聡史. カウントダウン提示によるタスクへの再集中手法の検討, 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.2021-HCI-192, No.35, pp.1-7, (2021).
- [10] Itti, L. and Koch, C.. Model of Saliency-Based Visual Attention for Rapid Scene Analysis. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 1998. pp. 1254-1259.
- [11] 木村昭悟, 米谷竜, 平山高嗣. 人間の視覚的注意の計算モデル. 電子情報通信学会技術研究報告. 2012. vol. 111, no. 499. p. 89-100.
- [12] 桑原樹蘭, 南里英幸, 中村聡史. タスク周辺への視覚刺激を用いた PC 上タスクに対する集中度向上手法の検討, 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研究会 (HCI) , Vol.2021-HCI-193, No.21, pp.1-7, 2021.
- [13] R. S. Kennedy, N. E. Lane, K. S. Berbaum and M. G. Lilienthal, Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness, The International Journal of Aviation Psychology, Vol.3, pp.203-220, (1993).
- [14] 大野直紀, 中村聡史. 周辺視野における知覚的鋭敏化による中心視野への影響の調査, 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) , Vol.118, Issue.49, No.HCS2018-4, pp.17 - 21, 2018.