

奥行方向へ刺激を配置した視覚探索

佐藤 基 治

はじめに

私たちは日常の生活で、大量の視覚情報の中から特定の対象刺激を探索し、選択している。例えば、人波の中から知人を探したり、商品棚から目当ての商品を探したりする。このように、複数の視覚刺激の中から対象刺激を探す作業を視覚探索という。視覚探索に際しての目標や目標以外の視覚刺激の数や形などは様々であり、それによって目標刺激を探しだす効率は大きく変化する。同一平面上で行う視覚探索はこれまでも多くの研究がなされてきたが、日常生活の中で同じ平面上で視覚探索をおこなうことは少なく、多くの場合で奥行き方向に広がりのある三次元空間で視覚探索を行っている。本研究では奥行き方向に広がりのある状況で視覚探索を行う際の、奥行き方向の刺激配置と探索効率との関連を検討する。

1. 視覚探索とは何か

はじめに、視覚探索に関する基本的な用語や概念について説明する。特定の視覚的对象（目標刺激、target）を、それとは異なった特性をもつ複数の対象（妨害刺激、distracter）のなかから見つけ出す行動を視覚探索（visual search）、そのような課題を視覚探索課題という。視覚探索課題は、大きく二つに分類することができる。特徴探索（feature search）課題と結合探索（conjunction search）課題である。特徴探索は、例えば、妨害刺激である多くの赤い円のなかから目標刺激である青い円を探したり、妨害刺激であるたくさんの円の中から目標刺激である四角形を探したりするように、ひとつの特徴を手がかりにして目標刺激を探索することである（図1）。結合探索は、例えば、妨害刺激である赤い三角形や青い四角形の中から、目標刺激である青い三角形を探すように、複数の特徴の組み合わせで目標刺激を探索すること

である（図2）。

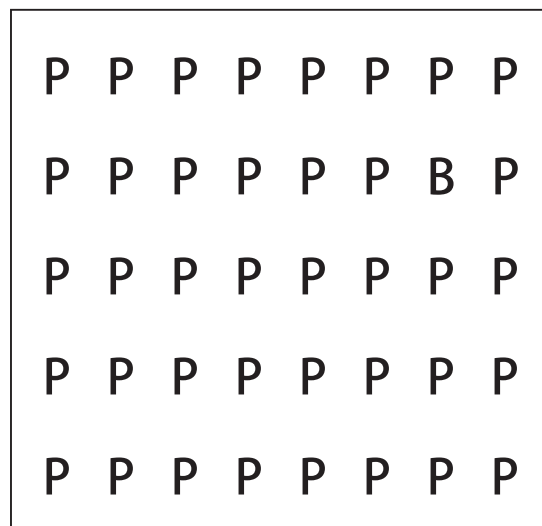


図1 特徴探索の例

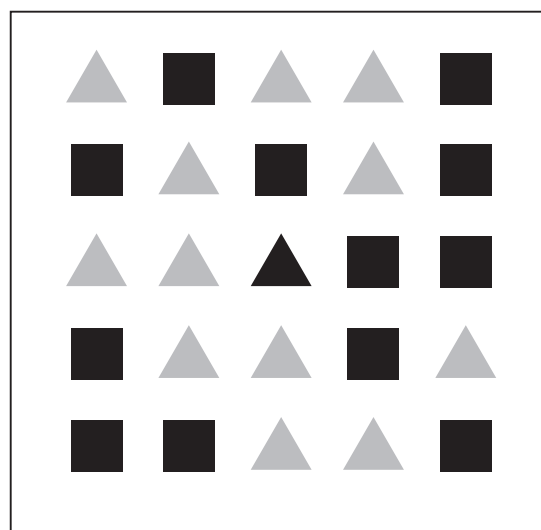


図2 結合探索の例

視覚探索研究では、妨害刺激の中から目標刺激を検出するまでの反応時間が指標とされることが多い。目標刺激の検出を妨害する妨害刺激の数を独立変数として操作し、刺激が提示されてから実験参加者が目標刺激を検出するまでの反応時間が従属変数として分析され、妨害刺激の個数を操作したときの視覚探索の反応時間の変化は探索関数と呼ばれる。多くの場合、探索関数は直線回帰され、その切片と勾配が比較される。探索関数の勾配は探索効率とよばれ、視覚探索のメカニズムを探るための最も重要な手がかりとされる。

視覚探索を主に取り扱っている認知心理学の領域では、認知処理にかかる時間の正確な測定が、そこにある機能を説明するのに重要であると考えられている。通常の反応時間と同様に、探索反応時間には、運動システムの処理が含まれるが、探索関数の勾配、すなわち探索効率は純粋に目標刺激もしくは妨害刺激に対する処理にかかる時間と考えられている (Neisser, 1963)。特徴探索は並列探索 (parallel search) の結果であり、結合探索は逐次探索 (serial search) を反映した結果と考えられている。というのは、特徴探索条件では、実験参加者の反応は早く、妨害刺激の数は増加しても、その反応時間は変化することなく、つまり、個々の刺激を順に探索していかなくても目標刺激がポップアウトするように見えるので、実験参加者のパフォーマンスに並列的な処理が表れていると考えられる。これに対し、結合探索条件では、妨害刺激の数が増加すると、それに比例して実験参加者の反応時間は長くなる。つまり、目標刺激はポップアウトすることなく、逐次的な処理 (逐次走査) がなされると考えられる。

前述したように、視覚探索において、妨害刺激の数がふえても目標刺激をすぐに見つけることができる現象、この探索関数の勾配がゼロ、すなわち運動系を除く処理時間が皆無に等しい現象を、ポップアウト (pop-out) と呼ぶ。ポップアウトの可否は、前注意課程と注意課程の境界を検討するために重要な現象とされている。多数の円の中からリングを見つける場合は円の数が増えてもポップアウトするが、多数のリングの中から円を見つける場合はリングの数が増えてくるとポップアウトしない。このようにどちらが妨害刺激になるかによって結果が変わってくる場合を探索非対称性 (search asymmetry) といい、そうした場合、どちらかの特徴が基本的であると考えられている。つまり、基本要素は基準や枠組みになるために、図として意識にはのほりにくいと考えられている。

視覚的注意の代表的な説明モデルである特徴統合理論 (feature integration theory) は、視覚探索課程の説明モデルでもあり、視覚系に入力された情報は継続する二段階の処理を経ると仮定されている。第一段階では、色や線分の向きなど様々な特徴次元において別々に存在する

特徴マップ (feature map) の集合が作られ、第二段階では、逐次的に次の項目へ向けられる視覚的注意が特徴マップの情報を結合し、刺激項目の照合が可能になるとされている。特徴統合理論によれば、特徴探索では、目標刺激を定義する特徴マップが空間的に並列処理可能であるので、目標刺激は妨害刺激の数に影響されることなく検出可能であり、結合探索では、視覚的注意によって複数のマップの特徴を結びつけて目標刺激を判断しなければならず、結果として、視覚的注意が順に移動するので、探索時間は妨害刺激の数に比例すると説明されている。

視覚探索は、刺激提示から目標刺激検出までの一連のプロセスを指すが、最近では複数の探索プロセス間の相互作用についても検討され、先行試行が後続試行に影響を及ぼすことが明らかにされている。たとえば、色で定義された目標刺激を探索する特徴探索課題で、直前の試行と同じ色の目標刺激の場合には、異なる色の目標刺激の場合よりも探索反応時間が短くなる。この現象は、一種のプライミング効果と考えられ、ポップアウトのプライミング (priming of pop-out) とよばれる (Maljkovic & Nakayama, 1994)。

逐次探索が必要な課題において、先行試行の目標刺激と妨害刺激の配置が後続試行で繰り返されると、実験参加者がその繰り返しに気が付かず、探索反応時間が短縮する。この現象は、実験参加者が配置を再認できなくても生じることから、配置が文脈情報として潜在的に学習され、目標刺激位置に注意を誘導する手がかりとなると考えられている。試行間で目標刺激の定義特徴が変化する場合にも探索効率は影響される。Treisman (1988) は、仲間はずれ探索において、いずれも特徴探索である目標刺激が、たとえば目標刺激線分の方位の異なるような、同一次元内で定義される条件と、たとえば、方位だけでなく、色や大きさのような、複数の次元間で定義される条件を比較し、次元間条件で探索が遅延することを明らかにした。

2. 視覚探索に関する最近の研究

ここでは、この数年の間になされた視覚探索に関連する研究をレビューする。

十河 (2007) は視覚探索課題における探索項目の配置と最初の注視時間の関係を取り扱っている。視覚探索において、探索項目の配置によって難易度が異なることは以前から報告されており、その要因を探るため、配置を反応時間の長さで順位づけし、平均順位が高い配置と低い配置での眼球運動を比較した結果、配置の違いは最初のサッカードの目標点の決定に影響を与えている可能性が考えられると十河は結論している。内藤 (2008) は垂直方向における視覚探索パフォーマンスに行為が及ぼす

影響を明らかにした。能動的に行為を行うために視覚探索を行う場合、単に検出することが目的である場合に比べて下半視野への注意配分が増加し、視覚情報処理の促進が見られることを報告している。武田（2008）は視覚探索研究において項目の配置パターンが探索効率に与える影響について、各項目配置パターンが特有の難易度を持っていることを明らかにし、探索効率を決定している要因について検討している。その結果、画面の第一象限中央付近に標的が提示された場合に反応時間が最も短く、そこから離れるに従って反応時間が長くなり、また、標的に隣接する妨害項目数が増加するに伴って反応時間がおおよそ線形に増加することを明らかにしている。

眼球運動あるいは視線と視覚探索との関係に関しては数多くの研究がなされている。竹内・パントゥステオドール（2010）は視覚探索の学習に伴う眼球運動の変化からパフォーマンスの向上が生じる理由を調査した。結果として、一度の固視の間に処理できる空間領域が学習により拡大したことがパフォーマンス向上の原因であり、学習により各視覚刺激に対する処理速度が高速化したわけではなく、特徴探索と結合探索の学習の効果は類似していると述べている。西田・小濱（2010）は、課題非依存性思考状態が、認知パフォーマンスに与える影響の客観的な評価を目的として、あらかじめ提示された特定の色と数字の組み合わせについての記憶を維持しつつ、同時に課せられた視覚探索課題を遂行する際の、目標探索時間や眼球運動の諸特性の変化を解析している。探索のために効率的な眼球運動の統制に乱れが生じていることが明らかにされた。大根田ら（2009）は、人の視線から潜在意識を読み取るための手がかりとして、人が何に注目しているかという情報、注目点の抽出を容易にすることを目的とした研究を行っている。視覚探索実験で得られた視線に関するデータを用いて、注視とマイクロサッカー、注目点を簡単に抽出、可視化するシステムの構築を行い、検証を試みている。その他、自動車運転時の眼球運動解析による視覚探索法略に関する研究、視覚探索時の視線移動に関する研究などが行われている。

山岡ら（2010）は、空間的な事前知識が、目立つ刺激を含む視覚探索課題に及ぼす影響を検討している。標的の顕著性を低くした上で、標的の出現位置についての事前知識がシングルTONを含む視覚探索課題に及ぼす効果についての実験の結果、標的の顕著性が低い場合には事前知識の効果は消失し、標的と妨害刺激の類似性が高いと、標的の出現が期待されない空間に対する抑制の効果が失われることを示している。正田ら（2010）は、先行する刺激の意味情報が視覚探索に与える負の影響を検討した。先行提示効果に加え、先行提示条件のうち、先行刺激と目標刺激が同一カテゴリに属している条件では、先行提示効果が減衰した。このカテゴリ情報に基づく負の持ち越しが、刺激の形態情報に基づく抑制によって生

起したのかを調査している。真野ら（2009）は、視覚探索課題での文脈手がかり効果の実験において、意識的に刺激配置画面を学習した場合とそうでない場合の差異を検討し、その結果から、意識的・無意識的記憶を処理するメカニズムが異なることを明らかにしている。

色彩が視覚探索に与える影響や単語と色識別性の関連性に関する研究も見受けられる。以前より、潜在的トップダウン要因であると考えられる単語から想起される色と単語色の関係は、探索時間に影響を及ぼすことが明らかにされていた。若林・伊丸岡（2009）は、単語の色識別性と単語色の関係について実験を行い、その結果、色識別性の高い単語より、低い単語の方が探索時間が早いことを報告している。その他、安全色の視覚探索に及ぼす周辺の色配置の影響、低照度条件化における安全色の視覚探索、安全色の視覚探索に及ぼす背景輝度の影響などの、安全色の有効性に関する心理学的研究がなされている。

スポーツの領域での視覚探索研究もまた数多くなされている。張剣ら（2008）はサッカー熟練者と非熟練者の予測正確性及び視覚探索方略に関する研究において、競技中の眼球運動の停留時の特性について検討し、球技選手の視覚探索能力の特性を明らかにすることを目的としたが、熟達度と各注視点について、平均停留時間の特徴を区別することは出来なかった。秋山ら（2007）は極めて複雑で瞬間的な打突運動を判定する剣道の審判員の視覚探索方略を探るため、剣道公式審判員及び初心者に打突場面のVTRを提示し判定させ、眼球運動を測定した結果、熟練者は効率的に判定するための情報を得るために視線を一点に集中させるのではなく視点を様々な箇所に移動させることで情報をできるだけ多く取り入れる方略を用いていると考えられている。その他にも、バスケットボールのフリースローの結果予測時における視線方向の影響などの研究が挙げられる。

高齢者の生活環境に関連して、高齢者の視覚探索特性に基づく環境の分かりやすさを取り扱った鯉坂（2010）の研究やパーキンソン病患者における視覚情報処理過程の特徴、視覚探索反応に見られる統合失調症患者の視覚認知特性などの研究が行われている。

その他にも白間ら（2010）による空間的注意が視覚探索の偏心度効果に及ぼす影響の研究、柴崎ら（2007）による恐怖関連刺激の視覚探索への影響の研究などがなされている。

石橋ら（2007）は目標の出現頻度が視覚探索の判断基準に与える影響が、刺激項目数に依存してどのように変化するかを、目標の出現頻度を10%から90%に操作した視覚探索によって調査している。結果は、視覚探索における判断基準が探索と意志決定・反応に関する判断基準によって構成されていることを示唆した。

3. 視覚探索課題における奥行き配置の影響

視覚探索において、異なる種類の視覚情報は、しばしば同一視野内に重ねて提示される。コンピュータ上のウィンドウやテレビ映像の字幕など同一画面上で不透明に重なって表示される場合や、透過型のヘッドアップディスプレイのように実空間とコンピュータの画面が重ね合わされる場合もある。しかし、視覚情報を重ねて提示する際、近距離の視野をさえぎったり、目の前の情報に注意が移動したりすることで、見落とし事故を誘発する可能性があるため、近距離の視野における視認性を阻害することなく情報を表示することが望まれる。そこで、近距離に提示する情報と遠距離にある情報がそれぞれどのように認知されるのかを明らかにする必要があると考えられる。

田中ら (2010) は刺激を奥行きが異なる二つの面上に提示し、目標刺激と注視点の奥行き方向の距離を変化させることで注意の移動による視認性の変化を調査した。刺激図形として16種類の記号を用い、2台のディスプレイとハーフミラーを使用して、異なる奥行き距離（遠距離、近距離）に注視点と目標刺激を提示している。注視点と目標刺激の提示位置の関係と刺激提示時間を独立変数とし、正答率を従属変数とした結果、提示時間の長さとは正答率とは非常に高い関連性があること、奥行き方向の刺激提示位置により正答率に差がみられ、輻輳を調節するにあたって、手前から奥への調節より奥から手前への調節のほうが困難であるということが明らかにされた。

4. 予備的実験

目的

Neisser は視覚探索課題で同一目標刺激を検出するのに要する時間を測定することで、注意過程の並列処理が可能な場合と逐次処理が必要な場合があること、妨害刺激と目標刺激の形状の類似性が少ないほど効率よく検出可能であるということを明らかにした。本実験は液晶ディスプレイを使用して Neisser の実験の追試を行った。

方法

実験装置：パーソナルコンピュータ NEC MY28V/L-E とディスプレイ MITUBISHI RDF223H、心理学実験ソフト E-Prime2 を使用した。

刺激：目標刺激「Z」と、2種の妨害刺激群を使用した。ひとつは、目標刺激と形状の差が少ない直線的な形状の「N,M,W」などを使用し、もうひとつは目標刺激と形状の差が大きい曲線的な形状の「D,O,Q,U」などを使用した。前者を類似妨害刺激、後者を相違妨害刺激と呼び、前者を使用したものを類似条件、後者を使用したものを

相違条件と呼ぶ。(図3)

手続き：実験参加者には「画面上にたくさんの英字が出てきます。その中に『Z』があれば、スペースキー、ないときには『N』キーをできるだけ速く正確に押してください」という教示を与え、目標刺激「Z」を、前述した2種の妨害刺激群から検出するのに要した時間を測定した。試行数は128回であり、うち64試行では目標刺激「Z」が存在し、残りの64試行では目標刺激は存在しなかった。誤反応のデータは削除し、正反応のデータのみを使用した。目標刺激、妨害刺激の配置はランダムであった。また、類似条件と相違条件の配置もランダムであった。被験者は実験開始前に数回の練習試行を行った。

実験参加者：正常な視力あるいは矯正視力をもつ大学生6名が実験に参加した。

結果

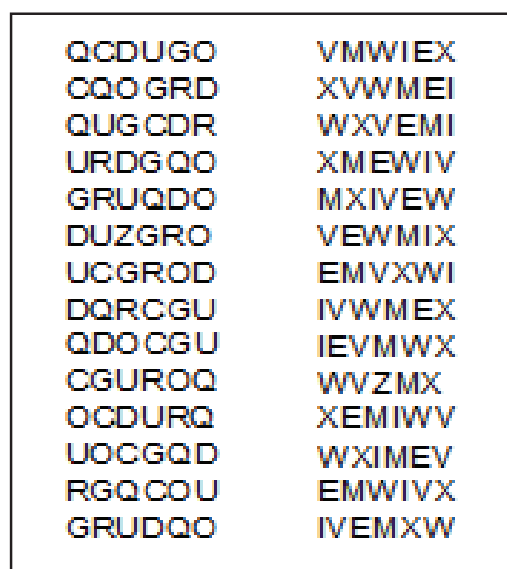


図3 予備実験での相違妨害刺激（左）と類似妨害刺激（右）の例

類似条件と相違条件の探索時間の平均は前者が3637.82ms、後者が2140.47msであり、(F(1)=10.319,p=.024) 有意な差が見られた。

考察

本実験の結果から、刺激に英字を用い、刺激表示装置に液晶ディスプレイを使用した視覚探索課題において、目標刺激と妨害刺激群の形状的な差があるとき視覚探索時間は小さくなり、注意過程の並列処理で探索可能であると考えられ、目標刺激と妨害刺激群の形状的な差が小さいとき、視覚探索時間は大きくなり、注意過程の逐次処理が必要であると考えられる。

5. 実験1

目的

田中ら（2010）は、視覚探索課題における奥行き方向への刺激配置の影響の研究において、刺激提示時間を変数として、目標刺激が画面上のどの領域に出現したかをキー押しによって回答させた。本実験では、視覚探索において、目標指示刺激と目標刺激が同一の奥行き距離にある場合と、異なる奥行き距離にある場合、さらに妨害刺激の奥行き距離が目標刺激の奥行き距離と同じ場合と異なる場合それぞれの探索効率について、探索時間を測定し、奥行き方向への刺激配置が視覚探索時間へ与える影響を検討する。

方法

実験装置：予備の実験で使用した装置と同様である。ただし、実験1では2台の液晶ディスプレイを刺激提示に使用し、実験参加者の反応のためにPSTシリアルレスポンスボックスを使用した。近距離刺激提示用ディスプレイは左半分を、遠距離刺激提示用ディスプレイでは右半分を表示するようにし、ハーフミラーを通して見ると、近距離刺激提示用ディスプレイの画像は実験参加者から1000mm、遠距離刺激提示用ディスプレイの画像は1250mmの位置に提示された。（図5）

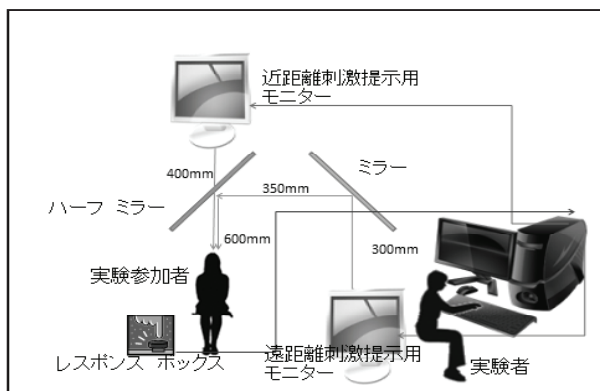


図5 実験装置の概要

刺激条件：探索すべき文字を目標刺激、目標刺激を指示する刺激を目標指示刺激と呼ぶ。妨害刺激として英字『H』、目標刺激として英字『L』と『T』の2種類が用いられた。刺激配置条件としては、目標指示刺激は「遠距離、近距離」の2水準、目標刺激は「遠距離、近距離、目標刺激なし」の3水準、妨害刺激は「遠距離、近距離、遠距離+近距離、妨害刺激なし」の4水準で、全24条件となった。試行数は24 × 2(TL) × 2（繰り返し）の96試行とした。

実験参加者：実験参加者は19歳から21歳の大学生9名で、男性3名女性6名であった。裸眼あるいは矯正により全員正常な視力を有していた。

手続き：実験開始前に、「注視点を見ていてください。

英字が1文字現れます。その後、1個から20個の英字が表れます。その中から、最初に出てきた英字を、可能な限り早く正確に探し、英字がある場合はスイッチボックスのボタンの「1」を、ない場合は「2」を押してください」との教示文を見せ、口頭でも説明した。10回の練習試行を行った後、実験を行い、各試行の反応時間を計測した。

結果と考察

要因計画は3要因計画で、要因Aは目標指示刺激の提示位置（遠距離と近距離）、要因Bは目標刺激の提示位置（遠距離と近距離）、要因Cは妨害刺激の提示位置（妨害刺激なし、遠距離、近距離、遠距離+近距離）であった。

表1 実験1の結果

	A1		A2	
	B1	B2	B1	B2
C1	628.88 (SD=149.117)	639.806 (SD=155.572)	599.259 (SD=122.333)	633.056 (SD=151.261)
C2	773.778 (SD=155.572)	705.574 (SD=124.925)	941.028 (SD=246.986)	839.287 (SD=194.076)
C3	774.472 (SD=263.409)	756.88 (SD=171.979)	707.343 (SD=243.394)	857.75 (SD=289.967)
C4	661.25 (SD=135.988)	675.259 (SD=171.988)	778.028 (SD=263.688)	690.25 (SD=126.172)

分散分析の結果、A、Cに有意な差が見られた。Aについては、平均値がA1=701.987、A2=755.758となり、A1>A2となった。Cについては多重比較を行ったところ、平均値はC1=625.266、C2=814.916、C3=774.111となり、C2-C1間とC3-C1間に有意な差が見られた。本実験の結果、目標指示刺激が遠距離にある場合の方が、近距離にある場合より探索時間が小さいことがわかった。また妨害刺激については、妨害刺激が提示されない場合と近距離と遠距離とどちらにも提示される場合では前者のほうが探索時間は短い、妨害刺激が提示されない場合と遠距離にのみ提示される場合でも前者の方が探索時間は短かった。さらに、AC間の交互作用においては、妨害刺激が近距離と遠距離のどちらにも提示される時、目標指示刺激が遠距離に提示される場合の方が、手前に提示される場合より探索時間が短い。また、目標指示刺激が近距離に提示される時、妨害刺激がない場合のほうが近距離と遠距離の両方に提示される場合より速く、同じく目標指示刺激が近距離に提示される時、妨害刺激無しの場合のほうが、妨害刺激が遠距離に提示される場合より探索時間が短いことが明らかになった。

6. 実験2

目的

実験1では、3要因の実験計画でそのうちの妨害刺激提示が4水準であったため、比較する項目が多く、実験条件が煩雑であった。実験2では奥行きのある視覚探索

課題において、目標刺激と妨害刺激の奥行き距離が同じ場合と異なる場合の探索時間の違いを検証する。

方法

実験装置：予備実験で使用した装置と同様である。ただし、実験2では2台の液晶ディスプレイを刺激提示に使用し、実験参加者の反応のためにPSTシリアルレスポンスボックスを使用した。近距離刺激提示用ディスプレイは左半分を、遠距離刺激提示用ディスプレイでは右半分を表示するようにし、ハーフミラーを通して見ると、近距離刺激提示用ディスプレイの画像は実験参加者から1000mm、遠距離刺激提示用ディスプレイの画像は1250mmの位置に提示された。

刺激条件：妨害刺激として英字『H』、目標刺激として英字のLとTの2種類が用いられた。刺激配置条件としては、目標指示刺激提示位置は遠距離、近距離の2水準、目標刺激提示位置は遠距離、近距離、なしの3水準、妨害刺激提示位置は遠距離、近距離の2水準で行い、各条件の繰り返し4回により、試行数は96試行であった。実験参加者：実験参加者は19歳から21歳の大学生6名。全員が裸眼あるいは矯正により正常視力を有した。

手続き：実験開始前に、「注視点を見ていてください。英字が1文字現れます。その後、1個から20個の英字が表れます。その中から、最初に出てきた英字を、可能な限り早く正確に探し、英字がある場合はボタンの1を、ない場合は2を押してください。」との教示文を見せ、口頭でも説明した。10回の練習試行を行った後、実験を行い、各試行の反応時間を計測した。

結果と考察

要因計画は3要因計画で、要因Aは目標指示刺激の提示位置、要因Bは目標刺激の提示位置、要因Cは妨害刺激の提示位置とし、水準数は要因Aが2、要因Bが2、要因Cが2とした。

表2 実験2の結果

	A1		A2	
	B1	B2	B1	B2
C1	671.343 (SD=91.319)	713.148 (SD=113.663)	723.173 (SD=82.214)	686.51 (SD=92.571)
C2	714.716 (SD=80.224)	692.145 (SD=84.551)	884.5 (SD=115.662)	673.936 (SD=90.715)

分散分析の結果、ABの交互作用に有意な差がみられ、単純効果の検定を行った。A(b1)とB(a2)に有意な差が見られた。本実験の結果、目標刺激が遠距離の場合、目標指示刺激が遠距離に提示される場合の方が手前に提示される場合より探索時間は短く、目標指示刺激が近距離に提示される場合、目標刺激が近距離に提示される場合の方が遠距離に提示される場合より探索時間は短かった。

考察

結果から、目標指示刺激と目標刺激の奥行きが同じ場

合、有意に探索時間が短いことが明らかになった。目標指示刺激と目標刺激が同じ平面上にあるため、注意の奥行き移動を行う必要がないためと考えられる。

7. 実験3

目的

奥行きのある視覚探索課題において、目標指示刺激と目標刺激、目標刺激と妨害刺激の奥行きが同じ場合と異なる場合の探索時間の違いを検討する。

実験2では、妨害刺激が全て近距離か遠距離かのどちらかに提示され、妨害刺激の数が圧倒的に多いため、妨害刺激が提示された方の奥行きに注意が向いたため、目標刺激と妨害刺激の奥行きにおいては有意な差が見られなかった。そのため、本実験では目標刺激が提示される行の妨害刺激は目標刺激の奥行きと同一の距離に提示して実験を行う。

方法

実験装置：予備実験で使用した装置と同様である。ただし、実験3では2台の液晶ディスプレイを刺激提示に使用し、実験参加者の反応のためにPSTシリアルレスポンスボックスを使用した。近距離刺激提示用ディスプレイは左半分を、遠距離刺激提示用ディスプレイでは右半分を表示するようにし、ハーフミラーを通して見ると、近距離刺激提示用ディスプレイの画像は実験参加者から1000mm、遠距離刺激提示用ディスプレイの画像は1250mmの位置に提示された。

刺激条件：妨害刺激として英字のH、目標刺激として英字のLとTの2種類を用いる。刺激配置条件としては、目標指示刺激提示位置は遠距離、近距離の2水準、目標刺激提示位置は遠距離、近距離、なしの3水準、妨害刺激提示位置は遠距離、近距離の2水準で行い、試行数は176試行とした。なお、目標刺激なしの条件は分析データからは除外した。

実験参加者：実験参加者は19歳から21歳までの大学生7名。裸眼あるいは矯正により全員正常視力を有した。

手続き：実験開始前に、「注視点を見ていてください。英字が1文字現れます。その後、1個から20個の英字が表れます。その中から、最初に出てきた英字を、可能な限り早く正確に探し、英字がある場合はボタンの1を、ない場合は2を押してください。」との教示文を見せ、口頭でも説明した。10回の練習試行を行った後、実験を行い、各試行の反応時間を計測した。

結果

要因計画は3要因計画で、要因Aは目標指示刺激提示位置（遠距離と近距離）、要因Bは目標刺激提示位置（遠距離と近距離）、要因Cは妨害刺激提示位置（遠距離、近距離、遠距離と近距離、なし）であった。分散分析の結果、要因A及びAB間、BC間の交互作用に有意な差が見られた。Aについては、A1の平均値が697.838で

A2の平均値が742.029と、A1の方が有意に探索時間が短かった。AB間とBC間に単純効果の検定を行った。AB間においてはA(b1)とB(a2)に有意な差が見られた。B1においてA1はA2より探索時間が有意に短く、A2においてB2はA2より探索時間が有意に短かった。BC間においてはB(c2)とC(b1)に有意な差が見られた。C2においてB2のほうがB1より探索時間が有意に短く、B1においてC1のほうがC2より探索時間が有意に短かった。

本実験の結果、まず目標指示刺激と目標刺激については、目標刺激が遠距離に提示された場合、目標指示刺激が遠距離に提示された場合の方が近距離に提示された場合より探索時間は短く、目標指示刺激が近距離に提示される場合、目標刺激が近距離に提示される場合の方が遠距離に提示される場合より探索時間が短いことがわかった。

次に目標刺激と妨害刺激については、妨害刺激が近距離に提示される場合、目標刺激が近距離に提示される場合の方が遠距離に提示される場合よりも探索時間が有意に短く、目標刺激が遠距離に提示される場合、妨害刺激が遠距離に提示される場合の方が近距離に提示される場合より探索時間が有意に短かった。

表3 実験3の結果

	A1		A2	
	B1	B2	B1	B2
C1	634.975 (SD=95.424)	653.225 (SD=118.576)	679.913 (SD=92.26)	621.366 (SD=80.503)
C2	675.418 (SD=69.586)	663.734 (SD=99.694)	834.288 (SD=114.331)	629.015 (SD=80.868)

考察

本実験では、目標指示刺激と目標刺激、目標刺激と妨害刺激それぞれ奥行き条件が同じ場合に探索時間が短くなるということが明らかになった。

このことから、視覚探索を行う際、同じ奥行き距離に刺激がある場合は注意の移動を行わずに済むため、探索時間が短くなると考えられる。

8. 実験4

目的

奥行きのある視覚探索課題において、目標刺激と妨害刺激の奥行き距離が同じ場合と異なる場合、目標指示刺激と目標刺激の奥行きが異なる場合と同じ場合の探索時間の違いを検証する。実験1～3までは、2つのディスプレイの距離が異なるため、刺激の網膜上でのサイズも異なっていたが、本実験では刺激に使用する英字のサイズを、遠距離に提示されるもののみ18mm×18mmに設定し、網膜像サイズを揃え実験行う。(基準は14mm×14mm)

方法

実験装置：予備実験で使用した装置と同様である。実験4では2台の液晶ディスプレイを刺激提示に使用し、実験参加者の反応のためにPSTシリアルレスポンスボックスを使用した。近距離刺激提示用ディスプレイは左半分を、遠距離刺激提示用ディスプレイでは右半分を表示するようにし、ハーフミラーを通して見ると、近距離刺激提示用ディスプレイの画像は実験参加者から1000mm、遠距離刺激提示用ディスプレイの画像は1250mmの位置に提示された。

刺激条件：妨害刺激として英字のH、目標刺激として英字のLとTの2種類を用いた。刺激配置条件としては、目標指示刺激提示位置は遠距離、近距離の2水準、目標刺激提示位置は遠距離、近距離、なしの2水準、妨害刺激提示位置は遠距離、近距離の2水準で行い、試行数は176試行とする。なお、目標刺激なしのA条件は分析データからは除外した。

実験参加者：19歳から22歳までの大学生8名。裸眼あるいは矯正により全員正常な視力を有していた。

手続き：実験開始前に、「注視点を見ていてください。英字が1文字現れます。その後、1個から20個の英字が現れます。その中から、最初に出てきた英字を、可能な限り早く正確に探し、英字がある場合はボタンの1を、ない場合は2を押してください」との教示文を見せ、口頭でも説明した。10回の練習試行を行った後、実験を行い、各試行の反応時間を計測した。

結果と考察

要因計画は3要因計画で、要因Aは目標指示刺激、要因Bは目標刺激、要因Cは妨害刺激とし、水準数は要因Aが2、要因Bが2、要因Cが2とした。

分散分析の結果、本実験では、すべての要因において有意な差が見られなかった。このことから、奥行きの違いよりも、網膜像サイズの大小の方が注意を喚起するのに有効なのではないかと考えられる。

表4 実験4の結果

	A1		A2	
	B1	B2	B1	B2
C1	718.607 (SD=137.425)	720.748 (SD=163.654)	709.662 (SD=174.203)	722.489 (SD=176.382)
C2	705.311 (SD=172.853)	737.961 (SD=177.992)	772.114 (SD=220.790)	719.874 (SD=127.902)

9. 総合考察

実験1～4を通して、異なる奥行きでの視覚探索を行った場合、有意に探索効率が低下することが明らかになった。注意の奥行き移動がおこるため、探索時間が遅くなると考えられる。注意の移動については近距離から遠距離、もしくは遠距離から近距離のどちらが負荷が大きいのかは今回の研究では明らかにならなかった。しか

し、実験4で奥行きは異なるが網膜像サイズを同じにした実験を行ったところ、目標指示刺激-目標刺激間と目標刺激-妨害刺激間のどちらにも有意な差が見られなかった。どの程度までの網膜像サイズの差なら探索効率が悪くならないのかということは今回の研究では追及しなかったため、今後の課題となる。以上の点から、注意の奥行き移動は視覚探索の探索効率を悪くするが、手がかり刺激と目標刺激、妨害刺激の網膜像サイズを同じにすることで注意の移動の負荷を減らすことができると考えられる。

現在実用化されているヘッドアップディスプレイを搭載した車は、従来のように車外とナビゲーションシステムを交互に見るといった視線の移動は比較的小さくなるが、同じ視野内に提示される情報量が増えることに加え、少なからず奥行き方向への注意の移動による負荷がかかるうえに、実際に見えている景色と、提示する情報の網膜像サイズを同じにすることは不可能なため、普及させることによる効果は低いのではないかと考えられる。今回の研究では、多方向への注意の移動の際に生じる負荷と、奥行き方向への注意の移動の際に生じる負荷の比較は行っていないため、一概に必要な性がないとは言えないが、普及させるにあたっては実際に見えている景色と提示される情報の量やサイズのバランスなどをさらに検討する必要があると考えられる。

引用文献

- 鯉坂誠之 (2010) 高齢者の視覚探索特性に基づく環境のわかりやすさ, 日本建築学会計画系論文集, 75(658), 2799-2807
- 秋山雅美, 星野聡子 (2007) 剣道公式審判員の視覚探索方略, 日本体育学会大会予稿集 (58), 163
- 張劍, 渡部和彦 (2008) サッカー熟練者と非熟練者の予測正確性及び視覚探索方略に関する研究, 体育学研究 53(1), 29-37
- 石橋和也, 喜多伸一 (2007) 刺激項目数が視覚探索の判断基準に与える影響, 電子情報通信学会技術研究報告 . HIP, ヒューマン情報処理 107(332), 155-159
- Maljkovic&Nakayama(1994) Priming of pop-out. *Memory & Cognition* Volume 22, Issue 6,657-672
- 真野拓郎 (2006) 視覚探索における刺激配置と時間配列の無意識的学習効果, 電子情報通信学会技術研究報告 . HIP, ヒューマン情報処理 106(410), 87-90
- 真野拓郎, 塩入論 (2009) 視覚探索における意識的、無意識的学習効果の違い, 映像情報メディア学会技術報告 33(17), 49-52
- 内藤宏 (2008) 垂直方向での視覚探索パフォーマンスに行為が及ぼす影響, 基礎心理学研究 26(2), 204
- Neisser, U.(1964).Visual Search. *Scientific American*,Vol 210(6),94-102
- 西田彩, 小濱剛 (2010) 眼球運動解析に基づく課題非依存性思考状態の客観的評価, 映像情報メディア学会技術報告, 映像情報メディア学会技術報告 34(11), 35-38
- 小野史典 (2003) 視覚探索における文脈記憶の事象関連電位による測定, 広島大学心理学研究 (3), 11-19
- 大根田知也 (2009) ヒトの視覚探索行動における注目点の抽出, 映像情報メディア学会技術報告 33(20), 9-12
- 大杉尚之, 小澤良基 (2010) 視覚探索における視覚的印付けへの課題関連性の影響, 基礎心理学研究 28(2), 201-211
- 柴崎全弘, 川合伸幸 (2007) ニホンザルにおける恐怖関連刺激の視覚探索, 動物心理学研究 57(2), 109
- 白間綾, 石口彰 (2010) 視覚探索の偏心度効果に及ぼす空間的注意とクラウディング効果の影響 基礎心理学研究 28(2), 286
- 正田真利恵, 石口彰 (2010) 先行する刺激の意味情報が視覚探索に与える負の影響, 基礎心理学研究 28(2), 287
- 武田裕司 (2008) 項目の配置が視覚探索効率に与える影響, 基礎心理学研究 26(2), 204
- 竹内龍人, バントゥステオドル (2010) 視覚探索の学習に伴う眼球運動の変化, 基礎心理学研究 28(2), 287
- 田中彩乃, 伊藤裕之, 須長正治 (2010) 視覚探索における奥行き配置の影響, 電子情報通信学会技術研究報告 . HIP, ヒューマン情報処理 110(279), 87-91
- 十河宏行 (2007) 視覚探索課題における項目の配置と最初の注視時間の関係, 電子情報通信学会技術研究報告 . HIP, ヒューマン情報処理 107(332), 155-159
- Treisman, A.Gormican, S.(1988) Feature analysis in early vision, *Psychological Review*, Vol 95(1), 15-48.
- 内川恵二 (2010) 眼球運動に基づく課題非依存性試行状態の客観的評価映像情報メディア学会誌: 映像情報メディア, 1182-1189
- 若林信吾, 伊丸岡俊秀 (2009) 色が視覚探索に与える影響, 基礎心理学研究 27(2), 171
- 山岡香央, 道又爾 (2010) 空間的な事前知識が目立つ刺激を含む視覚探索課題に及ぼす影響, 基礎心理学研究 28(2), 287