

空間的注意の奥行きに対する有用性の検討

筑波大学大学院(博)心理学研究科 粕川 正光

筑波大学心理学系 菊地 正

The validity of depth in spatial attention

Masamitsu Kasukawa and Tadashi Kikuchi (*Institute of Psychology, University of Tsukuba, Tsukuba 305-8572, Japan*)

This study explores the three-dimensional properties of spatial attention using the cost-benefit task. Three displays, with different depths, were made using a half-mirror device. Targets and spatial cues were presented at the same location on different depth planes (Experiment 1), or at different locations on different depth planes (Experiment 2). When the location was unchanged (Experiment 1), the effect of attentional cueing for depth was asymmetry in terms of depth, with the attentional costs of far-depth cues being greater than for near-depth cues. However, this asymmetry in depth was not observed when the cues and targets were presented at different locations (Experiment 2). This suggests that attention preferentially for surfaces rather than for depth.

Key words: spatial attention, depth in attention, spatial cueing, cost-benefit task, character discrimination.

空間的注意の奥行きに対する有用性の検討

視覚的注意とは、人間の視覚系に存在する情報の選択機構である。外界から視覚系に入力される莫大な情報は、注意の働きによって選択され、より重要だと考えられる情報から優先的に高次の処理に伝達されると考えられている。この視覚的注意による選択が外界の情報の持つどのような特性に基づいているかは明らかになっていないが、重要な特性の一つとして、注意が視野内の位置などの空間的属性に大きく影響を受けることが知られている。手がかりを用いた注意の統制は、視覚的注意の特性を調べる上で一般的な方法の一つであり、そのような方法は損失利得法(Posner, 1980)と呼ばれている。損失利得法の実験パラダイムでは、被験者が回答すべきターゲット刺激に先立ち、その空間的位置を指し示すキュー刺激を提示し、キューが正しい場合(valid 試行)とキューが誤っている場合(invalid 試行)との

ターゲットの反応時間や正答率の成績を比較する。ある空間的位置に手がかりを提示することによってその位置に注意が向けられるため、手がかりとターゲットが同一の位置に提示される valid 試行では注意によって情報処理に利得が得られ、ターゲットの反応が促進される。一方、手がかりとターゲットが異なる位置に提示された場合には、手がかりの位置からターゲットの位置に注意を移し替えるコストが必要となるためにターゲットの反応は抑制される。このような注意の働きはスポットライトを用いたメタファーで述べられる場合が多い(Posner, Nissen, & Ogden, 1978)。また、注意を向ける領域の大きさが注意の強さによって変化することも報告されており(Eriksen & St. James, 1986; Laberge, Carlson, Williams, & Bunney, 1997)、広い空間を注目する場合には注意は弱くなり、一部に注目する場合には注意は弱くなる。

従来このような空間に基づく注意の特性は平面空

間のみで考えられており、注意のスポットライトは基本的に2次元的な表象に基づいて働くとされてきた。しかし、注意が奥行きに対して特別な性質を持っていて、観察者から見た3次元的な表象に基づいていることを示唆する研究が報告されている。Downing & Pinker(1985), Gawryszewski, Riggio, Rizzolatti, & Umiltà(1987)や Miura, Shinohara, & Kanda(1994)はいずれも、現実の空間にLED等のターゲット刺激を提示し、損失利得法を用いて視覚的注意が奥行きに関して持つ性質を検討している。その結果、あらかじめ注意を向けていた位置から、観察者のより近くに注意を移動させる場合に注意の移動が速くなり、逆により遠くに移動させる場合には移動が遅くなるという結果を報告している。注意が奥行き方向に移動する場合において、近くに移動する場合と遠くに移動する場合との非対称性の存在が示唆されており、三浦(1996)はこの非対称性を RUBBER BAND METAPHOR OF ATTENTION (asymmetrical view centered mode of attentional shift)と呼んでいる。また、同様の非対称性を現実空間以外の立体鏡装置を用いて観察した研究もある(Atchley, Kramer, Andersen, & Theeuwes, 1997)。

また、手がかりを提示した以外の実験方法を用いたものとして、Andersen(1990)は妨害課題を利用した実験を行っている。Andersenは立体鏡を使用して奥行きを作り出し、刺激の周辺にターゲット課題遂行に干渉を与えるような妨害刺激を提示し、その妨害刺激がどれくらいの奥行きまで有効かを検討することで、ある対称に向けた注意が奥行き方向についてどれくらい影響を及ぼすかを検討した。その結果、妨害刺激による干渉は平面的な距離と同様に奥行き距離の差の増大に伴って減少してゆくことが示され、またその干渉は妨害刺激がターゲットよりも近くにある場合よりも遠くにある場合の方が大きく、視差が同じであっても妨害刺激が遠くに提示された場合に干渉がより持続するという結果が報告されている。このことからAndersen(1990)は、奥行き方向に対する注意分布は注意箇所近くよりも遠くにより広がりを持つ分布を示すという仮説を提唱した。

これまで述べてきたように、空間的注意における奥行きの特性については未だ曖昧な点が多い。特に、従来の研究においては、実験の行われた環境が多様であり、実験環境の違いが影響を与えた可能性は否定できない。遠近非対称という点で共通してはいても、現実空間に刺激を配置した実験においては概して奥行きの影響が大きく(Downing & Pinker, 1985; Gawryszewski et al., 1987), 立体鏡を用いた実験

では奥行きの影響は比較的小さい(Atchley et al., 1997; Andersen & Kramer, 1993)。また、同様の実験パラダイムを利用しているにも関わらず、奥行きに対する注意の影響がみられていない研究もある(Iaveccia & Folk, 1995; Ghiradelli & Folk, 1996)。

このような結果の不一致に関する一つの可能な解釈は、先行研究において計測された結果は、注意以外の、実験環境等のアーティファクトに基づくものであるとするものである。現実空間への刺激提示を行った研究(Downing & Pinker, 1985; Gawryszewski et al., 1987; Miura et al., 1994)においては、刺激周囲の線遠近法や背景テクスチャによる奥行き情報が実験に副次的な影響を与えた可能性が考えられる。一方で、立体鏡装置を用いた研究においては、立体鏡装置は自由度が大きいという利点はあるが、両眼視差に基づいて立体像を知覚させる装置である以上、立体鏡による奥行き像は一部の奥行き手がかりのみによるものであるために、多様な奥行き手がかりに基づく自然な観察と同一であるとは言いきれない。また、立体鏡を用いた立体視はスムーズな立体視のためにはある程度の熟練を要するという問題もある。奥行きにおける注意の非対称性を見いだした研究の多くが現実空間におけるものであり(Downing & Pinker, 1985; Gawryszewski et al., 1987; Miura et al., 1994), 奥行きが注意に影響しないとする研究のすべてが立体鏡装置を用いたもの(Iaveccia & Folk, 1995; Ghiradelli & Folk, 1996)であることは、注目すべき点であると思われる。

本研究では先行研究とは異なる刺激提示法であるハーフミラー装置を利用した実験を試みる。ハーフミラーを利用した奥行き画面は、各種の立体鏡装置を用いた画面よりも自然に近い形で奥行きを作ることが可能であり、立体視にそれほど熟達していない被験者であっても比較的容易に奥行きを知覚することが可能である。また、現実場面に刺激を提示した場合に問題となる、背景テクスチャなどの奥行き知覚に影響を与える副次的な要因を最小限にすることが可能であると考えられる。本研究では、精密な刺激統制の可能なCRT画面を複数の奥行きに提示し、空間的注意に対する奥行きの影響の検討を行う。従来の先行研究とは異なる刺激提示方法を利用することによって、これまで報告されてきたような、注意が奥行きに対して持つ特性が一般的なものであるのかを検討することが可能であると考えられる。

実験 1

本実験では、奥行きの違いによる注意の効果について、文字弁別課題を用いて検討する。実験パラダイムとしては Posner(1980)による損失利得法を使用し、手がかりとターゲット文字を連続的に提示することで、手がかりによって引きつけられる注意がその後のターゲット文字の判断に与える影響について検討する。本実験では、刺激の提示される位置を視野中心に固定した上でハーフミラー装置を用いて、奥行きのみを変化させ、平面的移動を伴わない奥行き方向のみへの注意の誘導を試みる。視覚的注意の奥行き非対称性が見られるならば、注意の効果が手がかりおよびターゲットの提示される奥行きによって異なることが予測される。一方、奥行きに関して注意の特別な影響が見られない場合には、手がかりの影響のみが見られ、ターゲットの提示される奥行きの影響は見られないと考えられる。

方法

被験者。 大学生または大学院生 8 名(21から26才)が実験に参加した。いずれの参加者も裸眼または矯正によって正常な視力を持つことを、自己報告によって確認した。

装置。 ハーフミラーを利用して、3つの異なる奥行きを持つ画面が作成された。実験の制御は Pentium 搭載の IBM 互換コンピュータ(DEC: GL5133)によって行われた。コンピュータのグラフィックボードからの画像出力信号が信号分配機によって R, G, B の各成分に分離され、それぞれ別の CRT へ入力されることによって R, G, B それぞれの成分に基づく3つの異なる白色画像が3台の CRT に提示された。CRT の一台(SONY; CPD-20SF3)は顔面固定器の正面に120cm離れた位置に配置され、CRT と顔面固定器の間にハーフミラー 2 基が設置された。2 基のハーフミラーの側方に2台の CRT(SONY; GDM-20SHT, GDM-17SET)がそれぞれ設置され、顔面固定器から観察したときに2基のハーフミラーに写る画面と正面の CRT 画面が平行かつ等間隔に見えるように調整された。実験参加者から見える3つの画面までの距離はそれぞれ、70cm(奥行き“近”;以後 near-depth と呼ぶ)、95cm(奥行き“中”;以後 middle-depth)、120cm(奥行き“遠”;以後 far-depth)であった。これらの実験装置はすべて簡易暗室内に設置され、コンピュータに接続されたマウスによって実験参加者の反応が記録された。

刺激。 刺激はすべて黒い背景上に白色で描画された。刺激の輝度に基づいて奥行きの推測を行うこと

のないように、3つの画面すべてにおいて画面の輝度は等しくなるよう調節され、背景輝度は 0.1 cd/m^2 で刺激図形の輝度は約 9.5 cd/m^2 であった。各試行では、注視点、手がかり画面、ターゲット画面が提示された。各刺激は、近・中・遠の3つの奥行きのいずれかに提示された。刺激図形は、提示される奥行きによって被験者から観察される位置および大きさの違いがほとんどないように調整されて提示された¹⁾。

各試行の最初に注視点として画面中央にドットが提示された。実験全体を通じて注視点は middle-depth に提示された。

手がかり画面では、先行手がかりとして一辺が視角 2 度の大きさの正方形が提示された。手がかりは注視点と同じ中心を持つよう提示された。手がかりの提示される奥行きは far-depth または near-depth のいずれかであった。

ターゲット画面では画面中央に C, H, S, K の 4 種類のアルファベット文字(視角 1 度×1 度)のどれかが提示された。アルファベット文字の提示される奥行き画面は、far-depth または near-depth のいずれかであった。

手続き。 被験者は着席し、机に据え付けられた顔面固定器に頭をのせて実験を実施した。被験者の課題は、注視点の位置を注視したままで、画面中央に手がかりに続いて提示されたターゲット文字を判断し、文字に割り当てられたマウスのボタンを押して回答することであった。マウスには2つのボタンがあり、一方のボタンが C または H に割り当てられ、もう一方のボタンは S または K に割り当てられた。ターゲットが左右どちらのボタンに割り当てられるについては被験者ごとにカウンターバランスが取られた。また、手がかりとターゲット文字は同じ奥行きに提示される可能性が高く、手がかりの提示される奥行きがターゲットを判断する上で有効であることが実験に先立って被験者に教示された。

1) 全被験者に一定の設定で実験を行ったため、目の高さや両眼間の距離の個人差によって、被験者ごとに各奥行き画面に提示される刺激にわずかなずれが存在することが予想された。そこで実験 1 と 2 の両方で、実験に先立って同一の平面位置に手がかりとターゲットを経時的に異なる奥行きで提示した場合の奥行きの見えとその平面的位置のずれについての主観的報告を求めた。その結果、実験 1 と 2 の両方において、奥行きによって手がかりとターゲットの位置がずれて見えることを報告した被験者は存在しなかった。よって、本研究では奥行きの違いによるずれの個人差については考慮しない。

実験の一試行は、被験者が注視点を注視してマウスのボタンを押すことで開始された。ボタンが押されると、約600msのインターバルに続いて手がかり画面が提示された。手がかりは実験ブロック内ではfar-depthまたはnear-depthのどちらかに200ms提示された(neutralブロックでは手がかりはmiddle-depthのみに提示された)。手がかりが消えた後、200msの間隔をおいて(よって、手がかりのSOAは400msであった)ターゲット画面が50ms提示され空白画面に切り替わった。空白画面は被験者が反応するまで提示された。被験者はターゲット画面に提示された文字が何であったかを判断し、文字に割り当てられたボタンを押して反応を行った。ターゲット提示開始から回答までの反応時間が計測され、約1秒のインターバルの後で再び注視点が提示された。以上の手続きが被験者ペースで繰り返された。

ターゲット文字に先行して提示される手がかりについて3条件が設定された。(1)valid条件:手がかりとターゲットが同じ奥行きに提示された。(2)invalid条件:手がかりとターゲットが異なる奥行きに提示された。(3)neutral条件:手がかりがターゲットの提示されないmiddle-depthのみに提示された。

neutral条件は他の2つの条件と別のneutralブロックとして実験の最後に実施された。neutral条件を除く、validとinvalid条件は同一の実験ブロックとして実施され、ブロック内の70%の試行がvalid条件で残る30%がinvalid条件であった。

また、ターゲット画面でターゲット文字が提示される奥行きについて2条件が設定された。(1)near-depth条件ではターゲット文字はnear-depthに提示された。(2)far-depth条件ではターゲット文字はfar-depthに提示された。

それぞれの実験条件およびターゲット文字が、条件ごとに試行数が偏らないよう均等に割り振られた。試行提示の順序は被験者ごとにランダムに決定された。実験に先立って32試行の練習試行が実施され、それに続いて手がかりがvalidまたはinvalidな実験ブロックが全部で80試行行われた。実験の最後に、neutralブロックを32試行実施して実験は終了

した。

実験の独立変数はいずれも被験者内要因であり、手がかり(valid, invalid, neutralの3条件)とターゲットの奥行き(near-depth, far-depthの2条件)の2要因計画であった。

結果と考察

ターゲットの奥行きを正しく回答できなかった試行、および反応時間が1000msを越えていた試行が誤反応として分析対象から除外された。データ全体のうち、6%が以下の分析から除外された。ターゲットの反応時間を被験者ごとに集計し、各実験条件ごとに平均値が算出された。Table 1に条件別の反応時間および誤反応率を示した。全条件を通じて誤反応率にはそれほど差が無かった。反応時間については、ターゲットが奥行きfarに提示された条件では手がかりによる反応時間の差は少ないが、nearに提示された条件では手がかりによって反応時間の差が大きくなった。手がかりによる反応時間の促進効果を明確にする目的で、奥行き条件ごとにneutral条件の結果とvalid, invalidの各条件の結果の差分を取り、注意の利得(benefit)の大きさを求めた(Fig. 1)。この利得の大きさに基づいて、手がかりと奥行きに関して2要因の分散分析を行った。その結果、手がかりの主効果($F(1,5)=5.34, p<.10$)および手がかりと奥行きの変異作用($F(1,5)=6.39, p<.10$)に有意傾向が認められた。LSD(least significant difference)法を用いた下位検定の結果、ターゲットが奥行きnearに提示されたnear条件において、手がかりの効果に有意な差が認められた($MSe=2453.4, p<.05$)。

実験1においては、手がかり提示によるターゲット反応への促進効果が認められ、先行研究と同様に奥行きに対しても注意が有効に働くことが示された。従って、ハーフミラー装置を利用した奥行き刺激提示でも注意が奥行き間で働くことが確認された。ターゲットが被験者に対して近い奥行きに提示されたnear-depth条件においては、手がかりとターゲットの両方がnear-depthに提示されたvalid試行においてneutral試行と比較してターゲットに対す

Table 1 実験1におけるターゲットの奥行き(near-depth, far-depth)と手がかり(Cue Validity)ごとの、平均反応時間(mean RT)、誤反応率(error)、手がかりによる促進(benefit)

Cue Validity	near-depth			far-depth		
	mean RT	error	benefit	mean RT	error	benefit
valid	472.7	0.05	16.00	489.3	0.08	12.70
invalid	501.3	0.04	-12.60	481.6	0.07	20.36
neutral	488.7	0.05	—	502.0	0.08	—

る反応が速くなった。逆に、ターゲットが手がかりと異なる奥行きに提示された invalid 試行においてターゲットへの反応が遅くなった。これは、従来の損失利得法を用いた注意研究と一致する結果であり、注意が奥行きに対して有効に働いたことを示している。しかし、ターゲットが被験者に対して遠い奥行きに提示された far-depth 条件においては near-depth 条件とは結果のパターンが異なっていた。far-depth 条件においては、手がかりとターゲットが同じ奥行きに提示された valid 試行と異なる奥行きに提示された invalid 試行の両方において手がかりによるターゲット処理の促進が観察された。near 条件でみられたような、invalid 試行におけるターゲットへの反応の遅れは見られなかった。これは、先行研究とは異なる傾向である。Gawryszewski et al.(1987) や Miura et al.(1994) からは、被験者に近い奥行きに向けられた注意をより遠くに移動させるためには注意の移動に比較的多くの時間を要し、逆に被験者から見てより近くに移動させることは比較的容易であるという結果が得られている。この仮説に従うならば、near-depth 条件では invalid な手がかりは被験者から見てより遠くに提示されるため注意が遠くに向けられ、より近い奥行きにターゲットが提示されることで注意が遠くから近くに移動する。よって、手がかりとターゲットが異なる奥行きに提示される invalid 試行においては、far-depth 条件よりも near-depth 条件において手がかりによる利得が大きくなるはずである。しかし、実験1の結果はこれとは全く逆の結果であり、far-depth 条件において、invalid な手がかりに対するターゲット反応への遅れが全く

観察されなかった。

これに対する解釈の一つは、実験1の実験条件では刺激が視野の中心のみに提示されたために、いわゆるスポットライト的な注意の移動は起こらなかったとするものである。Gawryszewski et al.(1987)らの主張するような非対称性は、注意が視野内を移動する場合のみに生起するもので、視野の一点のみで奥行きが変化するような刺激に対しては当てはまらないとも考えられる。

実験1の結果は、むしろ Andersen(1990)の結果と一致するものである。Andersen は注意の移動ではなく、ある対称に向けられた注意の奥行きに対する空間的分布について論じている。本実験においても、注意が奥行きに対して移動したというよりは、手がかりに向けられた注意によって Andersen の主張したような奥行きに対して非対称な広がり形成され、それによって実験1のような結果が得られたと解釈することが可能である。この注意の広がりには被験者からみて奥に広がっているために、手前の奥行き画面に手がかりが提示されるとそれによって奥の奥行き画面の範囲まで注意の広がりが及び、その結果としてターゲットが手前に提示されても奥に提示されても手がかりによる反応の促進が見られたと解釈することも可能である。Andersen(1990)においても本実験と同様に刺激は視野中心のみに提示されており、刺激が視野中心のみに提示されることによってこのような影響が見られるのかもしれない。

実験2ではこれらの点について明らかにするために、奥行きと同時に視野内の位置も同時に変化させ、奥行きと視野内の位置が同時に変化する場合における注意の働きについて検討する。実験1においては手がかりやターゲットが提示されるのは視野の中心のみであったが、実験2においては手がかりやターゲットを視野の中心から少し離れた視野位置に提示する。手がかりとターゲットの奥行きと同時に空間位置も変化させることによって、注意が視野空間内を移動する場合に奥行きがどのような影響を及ぼすかを検討する。

実験 2

方法

被験者. 大学生または大学院生 7 名(21から27才)が実験に参加した。いずれの参加者も裸眼または矯正によって正常な視力を持つことを、自己報告によって確認した。

装置および刺激. 実験装置には実験1で用いられたのと同じものを用い、ハーフミラーを利用して3つ

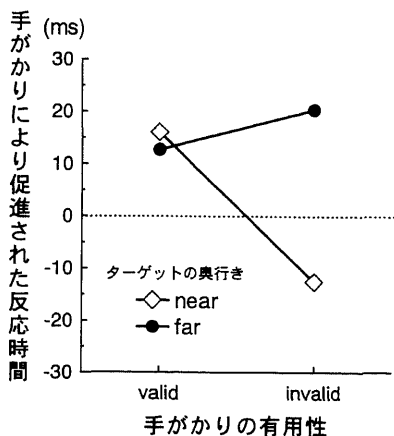


Fig. 1 実験1における各条件(target depth, cue validity)ごとの、反応時間の利得(neutral 試行との差分)

の奥行き画面(near-depth, middle-depth, far-depth)を提示した。

実験の刺激についても基本的に実験1と同じ物が用いられた。各試行では、注視点、手がかり画面、ターゲット画面が提示された。実験1と同様に、提示される奥行きによって被験者から観察される位置および大きさにずれが生じないように、提示される奥行きによって画面上の大きさを変化させて提示された。従って、同一の網膜位置に提示される刺激の視角はどの奥行きでもすべて等しく、観察距離の違いによる相対的な大きさの差異はなかった。

各試行の最初に注視点提示された。注視点は画面中央のドットであり、いずれの試行でも middle-depth に提示された。

手がかり画面では先行手がかりとして正方形(視角2度×2度)が提示された。実験2においては、手がかりとなる正方形は画面の左上、右上、左下、右下のいずれかの位置であり、それぞれ手がかりの中心が注視点から視角5.7度離れた位置になるよう提示された。従って、手がかりは注視点提示された位置を中心とする一辺約8度の正方形のいずれかの頂点を中心になるよう提示された。手がかりの提示される奥行きは near-depth, far-depth のいずれかであった。よって奥行きと位置の組み合わせによって、手がかりは8ヶ所のいずれかに提示された。ターゲット画面では、C, H, S, K のいずれかのアルファベット文字(視角1度×1度)が提示された。ターゲット文字が提示される座標も、手がかりで述べた8ヶ所のどれかであった。

手続き。 基本的な実験手続きおよび実験で提示された各画面の提示時間については実験1と同じであった。被験者の課題は注視点を注視したまま手がかりに続いて提示されるターゲット文字を判断し、できるだけ速くかつ正確にボタンを押して回答することであった。実験1と同様にマウスの2つのボタンにはC, H および S, K がそれぞれ割り当てられた。手がかりの有用性についてもあらかじめ被験者に教示された。

ターゲット文字の提示される奥行きの条件について、(1)ターゲットが near-depth に提示される near-depth 条件および (2)ターゲットが far-depth に提示される far-depth 条件の2条件が設定された。手がかりの有用性の条件については、手がかりの提示される座標と奥行きの組み合わせによって次の5条件が設定された。(1)valid 条件：手がかりとターゲット文字が位置・奥行きの両方について完全におなじ座標で提示された。ブロック内の試行の50%(160試行)が valid 条件であった。(2)invalid-depth 条件：手

がかりとターゲットが奥行きを異にして同じ平面位置で提示された。ブロック内の10%の試行がこの条件であった。(3)invalid-location 条件：手がかりとターゲットが同じ奥行きの異なる位置に提示された。ブロック内の試行の20%がこの条件であった。(4)invalid-both 条件：手がかりとターゲットが奥行きも位置も異なる座標に提示された。全試行の20%がこの条件であった。

invalid-location 条件および invalid-both 条件においては、手がかりとターゲットが注視点を挟んだ対角線上に提示されることはなく、ターゲット文字は手がかりの上下または左右にずれた位置(手がかりが右上に提示された場合、右下または左上)に提示された。

(5)neutral 条件：注意の損失・利得を求めるための統制条件として、手がかりが8つの座標のすべてに提示される neutral 条件が実施された。実験1と同様に neutral 条件は実験ブロックとは別のブロックにまとめられて実験の最後に実施された。

実験に先だって32試行の練習試行が実施された。neutral 条件の試行を除いた実験試行(320試行)は80試行ずつ4ブロックに分割され、ブロックとブロックの間には少しの休憩が取られた。4ブロック終了後、neutral 条件のみからなる neutral ブロックを64試行実施した。

各実験条件およびターゲット文字は、条件によって試行数に偏りが出ないように均等に割り振られた。また、試行の実行される順序は被験者ごとにランダムであった。

実験の独立変数はすべて被験者内要因であり、ターゲットの奥行き(near-depth, far-depth の2条件)×手がかり(valid, invalid-depth, invalid-location, invalid-both, neutral の5条件)の2要因計画であった。

結 果

実験1と同様に、ターゲットの奥行きを正しく回答できなかった試行、および反応時間が1000msを越えていた試行を誤反応として分析対象から除外した。データ全体のうち、約8%が分析から除外された。Table 2に条件別の反応時間および誤反応率を示した。

手がかりの違いによって、valid, invalid-depth, neutral, invalid-location, invalid-both の順を追って反応時間が上昇する傾向があり、この傾向は near-depth, far-depth どちらの奥行き条件でも同様であった。一方で、奥行き条件による反応時間の違いはあまり見られなかった。奥行きごとに反応時間を

neutral 条件と比較すると, near-depth, far-depth いずれの奥行きでも valid 条件および invalid-depth 条件の反応時間が neutral 条件よりも速く, 反対に invalid-location および invalid-both 条件の反応時間が neutral 条件よりも遅くなった. この点についてより明確にするために, 奥行き条件ごとに neutral 条件の結果を各条件の結果から減算し, 注意の利得の大きさを求めた (Fig. 2). この利得量に基づいて, 手がかりと奥行きに関して 2 要因の分散分析を行った. その結果, 手がかりの主効果に有意差が認められた ($F(3, 18) = 9.69, p < .01$). LSD 法を用いた下位検定の結果, valid および invalid-depth 条件と invalid-location および invalid-both 条件の間に有意な差が認められた ($MSe = 713.4, p < .05$).

各条件ごとの誤反応率に関しては, neutral 条件の誤反応率が他の条件と比較してわずかに高い傾向は観察されるが, 全体的に条件間の差異はほとんどみられなかった.

ターゲットに先行して提示される手がかりの違い

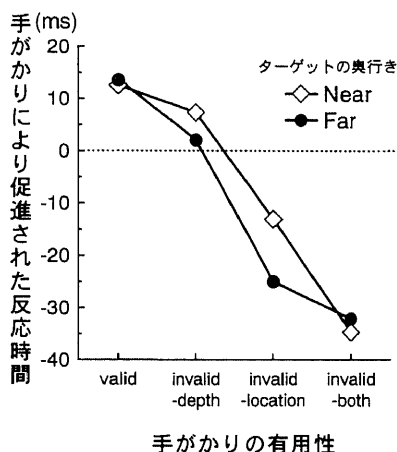


Fig. 2 実験 2 における各条件 (target depth, cue validity) ごとの, 反応時間の利得 (neutral 試行との差分)

による影響は, 先行研究と類似したパターンが示された. 手がかりとターゲットが完全に同じ位置に提示される valid 試行が最も速い反応時間を示し, 手がかりとターゲットが奥行きのみを異にして提示される invalid-depth 試行がそれに次いで速い反応時間を示した. neutral 試行よりも速い反応時間を示したのはこの 2 つの手がかり条件だけであったことは, 同一の視野位置に手がかりが提示されることによって, 手がかりの位置に注意が向けられ, その位置に対するターゲットへの反応が促進されたことを示している. 一方, invalid-location 試行および invalid-both 試行の反応時間は neutral 試行よりも遅くなっており, 手がかりとターゲットの視野位置が異なっていたことによって, ターゲットへの反応が遅れたことを示している. これらの結果は, Posner 他 (Posner et al., 1978; Posner, 1980) による同一平面上での一般的な注意特性と一致している.

奥行きの違いによる反応時間の差に注目した場合, valid 試行よりも invalid-depth 試行はわずかに反応が遅れており, 同様に invalid-location 試行よりも invalid-both 試行の反応が遅れている. このことは手がかりとターゲットが異なる奥行きに提示されたことによって反応が遅れたことを示している. しかし, 視野位置の違いによる手がかりの影響が数十 ms もの反応時間の違いを生み出していることと比較すると, 奥行きに基づく反応時間の差は 10ms 程度と比較的小さいものであり, Atchley et al. (1997) などで観察されたような大きな奥行きの影響は観察されなかった. 実験 1 の結果と比較しても実験 2 における奥行きの影響はわずかなものであった.

また, ターゲットの提示された奥行きの違い (far-depth か near-depth か) の影響もそれほど大きなものではない. 先行研究では, 同様の実験パラダイムで注意が移動する場合の遠近不均衡性の存在を示唆する実験結果が報告されており, ターゲットを手がかりよりも近い奥行きに提示した場合に注意の移動が速いことが示されている (Downing & Pinker, 1985;

Table 2 実験 2 におけるターゲットの奥行き (near-depth, far-depth) と手がかりの有用性 (Cue Validity) ごとの, 平均反応時間 (mean RT), 誤反応率 (error), 手がかりによる促進 (benefit)

Cue Validity	near-depth			far-depth		
	mean RT	error	benefit	mean RT	error	benefit
valid	515.0	0.07	12.6	504.9	0.08	13.5
invalid-depth	520.2	0.05	7.4	516.3	0.05	2.1
invalid-location	549.6	0.09	-22.0	543.4	0.07	-25.0
invalid-both	562.3	0.05	-34.7	550.5	0.08	-32.1
neutral	527.6	0.12	-	518.4	0.10	-

Gawryszewski et al., 1987; Miura et al., 1994). しかし本実験では、全体的にターゲット文字が手前に提示された near-depth 条件の方が反応時間が遅く、ターゲットが奥に提示された far-depth 条件で反応時間が速い傾向はわずかに認められたが、基本的な反応パターンはほぼ同じであり、先行研究で見られたような遠近での非対称性は観察されなかった。

全体的に、実験2においては平面的な視野位置の影響は大きく現れたが、先行研究や実験1でみられているような奥行きに対する注意の影響が認められるとは言えなかった。

全体的考察

本研究は3次元空間における注意の特性について検討することを目的としていた。実験1においては、刺激が提示される位置は視野中心のみとされ、手がかりとターゲットの提示される奥行きのみを変化させた実験を行った。実験1においては、Andersen (1990)が報告したのと同様の結果がみられ、奥行きに対する注意の非対称性が観察された。ハーフミラー装置を利用した本研究においても奥行きに対して注意が機能したことが確認された。異なる刺激提示方法を用いた場合でも奥行きによる反応時間の違いが観察されたことは、先行研究の結果が単なる装置上のアーティファクトではなく、注意が奥行きに対して特別な特性を持つことに対する一つの証拠を提供するものであると考えることができるだろう。

しかし、実験1では奥行きの影響が大きかったものの、奥行きと視野位置の両方を変化させた実験2においては、平面的な視野位置の影響は比較的大きく観察されたものの、奥行きを変えたことによる影響はわずかなものにとどまった。つまり、視野位置の変化を伴わない奥行きのみの変化においては奥行きに対する注意の影響は大きく現れるが、実験2のように視野位置が変化することによってそのような奥行きへの影響は減少し、平面的な特性がより優位に作用したと考えられる。

この結果の解釈の一つとしては、平面的な視野位置が変化する場合と変化しない場合で作用した注意の形態が実験1と実験2で異なっており、2つの注意形態の相互作用によって視覚的注意が機能しているとするものである。すなわち、視野位置が視野中心から変化しない、本研究の実験1やAndersen (1990)のような条件においては、Andersenの提唱したような奥に広がった形の注意分布が形成される。そのような注意分布は、ある領域に注意を向

けることによって自動的に形成され、その分布は奥行きに対して非対称な分布を持つ。一方、注意を向ける視野位置が視野中心から変化する場合、注意が視野内を移動する(Posner et al., 1978; Posner, 1980)。そして、そのような注意の移動が行われる場合に、前に述べたような自動的な注意の分布はその効力を失うかあるいは弱められ、結果として奥行きに対する影響は小さくなると考えることができる。本実験においては被験者のターゲットに対する課題は文字弁別であり、ターゲットに対する反応に対して、奥行きの判断は必要な要因とはなっていない。そのために、奥行きに対する注意分布が再び形成されなくとも、視野位置の移動だけで十分な注意の利得が得られたと考えられる。

その他の解釈としては、注意はあくまで視野位置に基づく平面的な表象によって作用していると考えられることもできる。視覚的注意が視野内の位置にもとづいて働くと考えられるモデルは一般的なものであり、(Treisman & Gelade, 1980; Posner, 1980; Eriksen & St. James, 1986)、視野内の位置が注意において重要な要因の一つとなっていることは確かであると思われる。注意が働くのは平面的な位置に基づいてのみであり、奥行きの要因は付加的なものであると考えるとすると、Gawryszewski et al. (1987)やMiura et al. (1994)の結果は、位置に基づく視覚的注意に奥行きの違いが副次的な影響を与えた結果であるとの解釈も可能であろう。本研究の結果について考えるならば、視野位置の変化が注意の空間的特性については重要な要因であり、奥行きの違いは副次的な要因であると考えられることができる。したがって、視野位置が変化した実験2においては、視野位置が主な影響を与え、奥行きの違いが妨害として動いたのかもしれない。これと関連して、He & Nakayama (1995)は視覚的注意が働く表象は単純に視野位置に基づくものではなく、内的に形成された表面の表象に基づいているとの主張を行っている。この仮説に従って本研究の結果を考えるならば、実験2では内的に形成された表面表象が視野位置に基づくものであったために視野位置に対する影響が顕著であり、いっぽう実験1では視野位置は一定であったために奥行き方向に対する表面表象が形成され、奥行きに対する注意の影響が見られたと考えられることも可能であろう。しかし、この仮説の単純な適用では、本研究や従来の奥行き注意研究で観察されているような遠近非対称性を説明することは困難であると思われる。

本研究の結果だけではこれらの仮説のどれが正しいかを明確にすることはできない。しかし、本研究

において先行研究とは必ずしも一致しない結果が得られたことは非常に興味深い。この結果が、本研究で用いられたハーフミラー装置特有のバイアスによるものか、それとも視覚的注意の一般的特性の一部を示したものであるかは明らかではないが、その点については今後も検討を要する点であると思われる。奥行きにおける注意特性の問題は、日常生活への応用という点でも注意すべき問題である。環境心理学やバーチャルリアリティ分野などの観点からも興味深い問題であり、奥行きに対する注意の特性を解き明かしてゆくことは重要であるといえるだろう。基礎的データの収集だけでなく、このような応用面に対して貢献してゆくことも、今後必要とされる重要な課題の一つであると考えられる。

引用文献

- Andersen, G.J. 1990 Focused attention in three-dimensional space. *Perception and Psychophysics*, **47**, 112-120.
- Andersen, G.J. & Kramer, A.F. 1993 Limits of focused attention in three-dimensional space. *Perception and Psychophysics*, **53**, 658-667.
- Atchley, P., Kramer, A.F., Andersen, G.J. & Theeuwes, J. 1997 Spatial cueing in a stereoscopic display: Evidence for a "depth-aware" attentional focus. *Psychonomic Bulletin and Review*, **4**, 524-529.
- Downing, C.J. & Pinker, S. 1985 The spatial structure of visual attention. In M.I. Posner & O.S. Marin (Eds.), *Attention and performance xi* (p.171-187). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Eriksen, C.W. & St. James, J.D. 1986 Visual attention within and around the field of focal attention: A zoom lens model. *Perception and Psychophysics*, **40**, 225-240.
- Gawryszewski, L., Riggio, L., Rizzolatti, G. & Umiltà, C. 1987 Movements of attention in the three dimensions and the meaning of "neutral" cues. *Neuropsychologia*, **25**, 19-29.
- Ghiradelli, T.G. & Folk, C.L. 1996 Spatial cueing in a stereoscopic display: Evidence for a "depth-blind" attentional spotlight. *Psychonomic Bulletin and Review*, **3**, 81-86.
- He, Z.J. & Nakayama, K. 1995 Visual attention to surfaces in three-dimensional space. *Proceedings of National Academy of Sciences*, **92**, 11155-11159.
- Iavecchia, H.P. & Folk, C.J. 1995 Shifting visual attention in stereographic display: A timecourse analysis. *Human Factors*, **36**, 606-618.
- Laberge, D., Carlson, R.L., Williams, J.K. & Bunney, B.G. 1997 Shifting attention in visual space: tests of moving-spotlight models versus an activity distribution model. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **23**, 1380-1392.
- 三浦利章 1996 行動と視覚的注視 風間書房.
- Miura, T., Shinohara, K. & Kanda, K. 1994 Attentional shift in three-dimensional space for moving observers. *Perception and Psychophysics*, **23**, Supplement, 43.
- Posner, M.I. 1980 Orienting of attention. *The Quarterly Journal of Psychology*, **32**, 3-25.
- Posner, M.I., Nissen, M.J. & Ogden W.C. 1978 Attended and unattended processing modes: The role of set for spatial location. In H.L. Pick & E.J. Saltzman (Eds.), *Modes of perceiving and processing information* (p.171-187). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Treisman, A. & Gelade, G. 1980 A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, **12**, 97-136.