

Harvard Vision Lab における視覚的注意の研究

千葉大学 工学部 塩 入 諭

文部省の在外研究員として、昨年7月より今年の3月までハーバード大学心理学科の視覚研究室に在籍した。ハーバード大学はボストン市のとなりのケンブリッジ市にあるアメリカ最古の大学であり、メイフラワー号での移民が行われたわずか16年後には設立されている。建物の多くは歴史を感じさせる重厚なものであり、落ち着いた雰囲気やキャンパスに漂わせていた。季節にかかわらず多くの観光客が訪れて、学生アルバイトの説明による walking tour が行き来している。心理学科の建物は、William James Hall と呼ばれる15階建の近代的なものであり、視覚研究室は7階にある。周囲に他に高いビルがないため研究室からの眺めは心地好いものであった。一方の窓からはチャールズ川をはさんでボストン市街まで一望でき、もう一方の窓からは、木々に囲まれたケンブリッジの住宅街が見えた。

ハーバード大学心理学科の視覚研究室は Patrick Cavanagh と Ken Nakayama の共同研究室であり、大学院生とポストドクトラル研究員がそれぞれ5、6人、さらにサバティカルなどの研究休暇で滞在している研究員が2、3人という規模である。多くの若い研究者が同じフロアで毎日接しているという環境は、帰国したあとますますうらやましく思う。私の滞在の目的は、Patrick Cavanagh 教授と一緒に視覚的注意の研究をすることであったが、それ以外にも多くのことが学べた。本稿では、彼の研究室で行われていた注意の研究のいくつかを紹介したい。

数年前までの Cavanagh 教授の主な研究対象は、視覚処理過程の初期レベルでの運動、立体、色、テクスチャー、輝度などの経路に関するものであったが、ここ数年は視覚的注意につ

いての研究が増えている。その出発点といえるのは、注意によるトラッキングと運動視の関係を扱った研究である (Cavanagh, 1992)¹⁾。その研究では、刺激の時空間的な変化に伴って生じる、いわば受動的な運動印象とは別に、対象物を(眼球によってではなく)注意によって追いかけている場合、その注意の移動を基にして生じる運動印象が存在することを示している。このような2種類の運動視処理が存在することを示すもっとも興味深い現象は、注意による刺激の追跡を行う場合と受動的に観察する場合での運動印象が逆転する事態である。それは、輝度変化と色度変化の和からできている正弦波パターン刺激(図1に示す様に円環状の形状)を用い、輝度変化と色度変化を逆方向に動かす場合に生じる。輝度のコントラストが高いときには、輝度変化の運動が優勢となり色度変化の動きを知覚することはできない。輝度のコントラストを低くしていくと、あるコントラスト範囲では、注意を向けて色パターンを追跡すると色パターンの運動が見え、その追跡をやめると輝度パターンの運動が見える。このとき、運動方

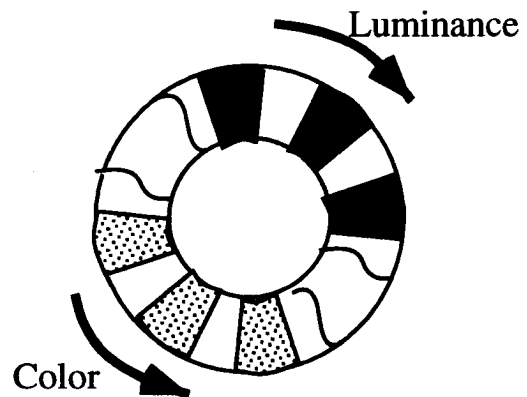


図1 Sinusoidal gratings of luminance and color are superimposed and they moves in opposite direction.

向は観察者の注意のみで変わることになり、同一刺激でいずれの運動も知覚しうることから、独立な2つの処理があることがわかる。

この注意追跡運動の特性については、Jody Culham という学生が精力的に調べていて、運動捕獲 (motion capture) が存在する (Culham and Cavanagh, 1995)³⁾、注意追跡運動によっても運動残効が生じる (Culham and Cavanagh, 1994)³⁾などを明らかにしている。注意追跡運動による運動残効の測定では、刺激として、運動方向を一意的には決定できないあいまいな運動を持つものを用いている。図2はその刺激であるが、輝度コントラストが時間的に正弦波状の変化をして、コントラスト反転を繰り返している (あるいは180度移動している)。このコントラスト反転に対し、一般に観察者は、時計周りか反時計周りかのいずれかの回転運動を知覚する。そして、注意をいずれの方向に向けるかによって、どちらの回転を知覚するかを観察者自身が決めることができる。この刺激を一方に観察し続けるのが順応時の被験者の課題である。一定時間の順応の後、テスト刺激が提示され被験者はその運動方向を答える。テスト刺激は順応刺激と同じ空間パターンであるが、2フレームのみの呈示である。その移動量は位相が0度付近の条件と、180度付近の2条件がある。それぞれにおいて、運動方向の判断が時計、反時計で同等である移動量を測定するわけであるが、前者は静止刺激に対する運動残効、後者はフリッカー刺激に対する運動残効を測定するこ

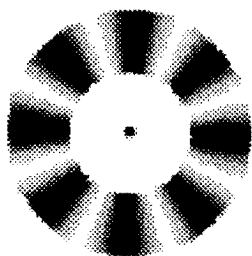


図2 Motion signal is ambiguous when an observer sees counterphase grating shown, but tracking features (white or black bars) of the grating by attention disambiguate the direction of motion.

とになる。実験結果は、フリッカー刺激に対してのみ運動残効が生じることを示す。一般にフリッカー刺激に対する運動残効は2次の運動メカニズム (コントラスト変調, ランダムドットステレオグラムなど刺激の2次的な特長の時空間変化を捕える) の順応効果を取り出していると考えられるが、この実験の結果はそのような2次運動に対する運動残効も注意追跡運動の残効である可能性を示唆する。さらに、彼らは注意運動に対する運動残効が局所的な機構によって決まるのではなく、図形の全体的特徴を検出する機構によっていることも報告した (Culham and Cavanagh, 1995)⁴⁾。この実験では、順応を図3 (a)の位置で行い、その残効を (b)の位置で測定している。もし、局所的な機構が運動残効を決めているのであれば、順応刺激とテスト刺激の重なっている部分では、時計周りの順応に対して時計周りの運動残効が得られるはずである。逆に刺激図形の相対的な位置関係が重要であれば、反時計周りの運動残効が得られること

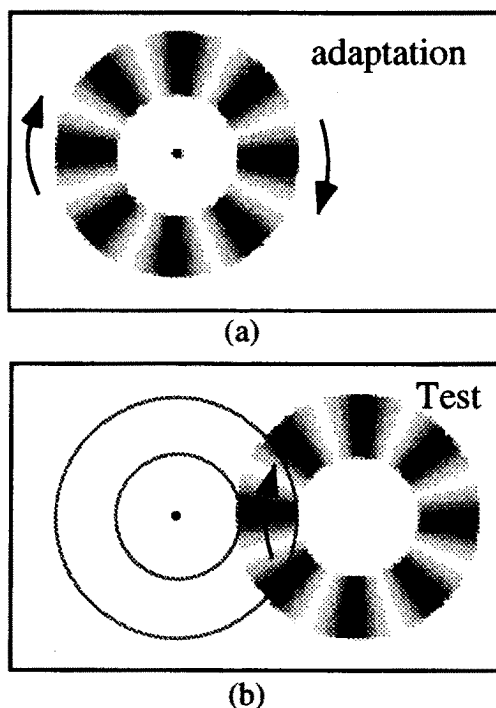


図3 Motion aftereffect is measured with a test pattern (b) shifted from adapted location (a), partially overlapping with the adapted region.

になる。結果は後者であり、注意運動のメカニズムが図形の全体的な特徴に依存する処理であることを示した。

注意による空間の歪みに関する研究も興味深い。これは、学生の鈴木 哲 (Suzuki Satoru) が行っていた実験であるが、注意を向けていることによって、正しい位置の判断ができなくなるというものである。cue刺激に続いて提示される副尺視力タイプの刺激を用いて (図4 (a))、見かけの副尺がゼロとなる点を測定すると、cue刺激の位置に依存してゼロ点からずれた結果が得られる (Suzuki and Cavanagh, 1994)⁵⁾。これは、注意がcueの位置に向けられた直後にその周囲に提示された刺激は注意の位置から遠ざかる方向に定位されることを意味する (図4 (b))。この現象は、刺激の呈示時間に影響され、呈示時間が長くなると刺激は物理的に正しい位置に定位される。これは、刺激のずれを評

価するために注意がcueの位置から刺激位置に移動するためであると説明される。この現象はまた、voluntaryな注意、つまり被験者が意識的に注意を向けることによって生じることから、単純な刺激呈示に伴う現象ではなく、注意の影響であると考えられる。

この空間の歪みは、細胞レベルでの注意による受容野の変化を用い説明できる。電気生理のデータに、注意を向ける位置の周囲の細胞が注意位置にその受容野を移動していることを示唆するものがあるが (Conner, Gallant and van Essen, 1994)⁶⁾、もし、実際にそのような効果があるとすると、この受容野の移動は、注意を向けていない所での位置の判断を誤らせる可能性がある。ある位置に呈示された刺激は受容野の重なりによって、いくつかの細胞の受容野を刺激するが、刺激位置に対応する細胞の応答ももっとも大きくなる (図5 (a))。もし各受容野が全体に注意を向けている位置の方向へ広がり、その分逆方向へ狭くなったとすると、さっきと同じ刺激に対して応答の分布の中心は注意の点から逆方向へシフトすることになる。こう考えると、この現象を説明することができる (ただし、これを説明できる受容野の変化はいくつか考えられるが)。

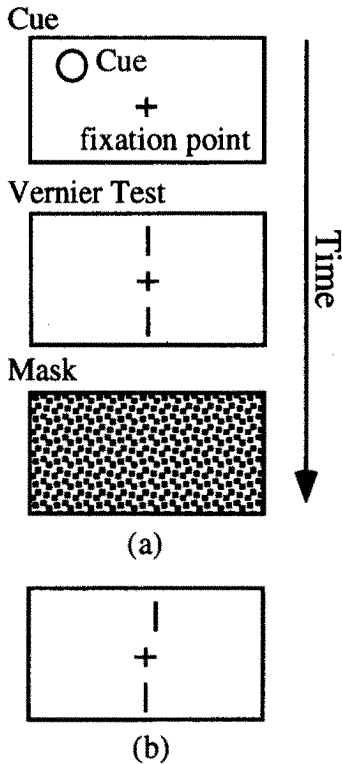


図4 (a) Sequence of a trial and (b) percept of the test pattern in the distortion experiment (Suzuki & Cavanagh, 1994)⁵⁾

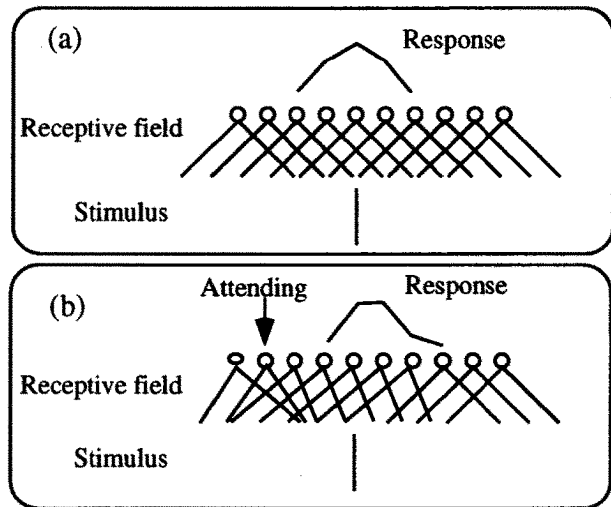


図5 (a) Responses of cells for a line stimulus without attention. (b) Responses of cells for the same line stimulus with attending a location (see the shift of receptive field).

最後に、注意の瞬き (attentional blink) について述べたい。ポストクの Marvin Chen が、注意の瞬きと仮限運動についての研究をしているために、私もその周辺の知識を得ることができたのであるが、彼自身の研究はまだ未発表段階であるため、ここでは注意の瞬きについてのみ説明する。注意の瞬きについては、ハーバードの研究室でも今後のさらに発展するであろうとの見方も多かったのですが、ご存じの方も多いたと思うが、ここで触れる。この実験では、例えば文字を連続的に呈示し、ターゲット文字の検出を被験者に課す。ターゲットはいくつかあり一回の呈示に最高で2つのターゲットが呈示される。被験者は呈示されたターゲットをすべて答える。注意の瞬きというのは、同一文字が時間的に近く呈示されるとき、その両方を検出することが難しくなるという現象である (つまり、ただひとつの文字のみが呈示されたように知覚される)。ある文字を処理しているときに、同じ文字が呈示されると注意がそこに向けられず (?) その文字の検出ができなくなるということである。私は、この注意の瞬きという用語がどの程度妥当なものであるかは評価できないが、十分な説明にはなっていないと思う。この現象は、多種の刺激について観察されて、例えば絵を用いると同じ物のしかし別の絵でも生じるという。

私は、注意の瞬きの測定は、働いているシステムの時間分解能を測定していることになると思う。おそらくほとんどの処理過程で、ある刺激の処理 (文字なり絵の意味するものなり) をして次刺激がやはり同じ処理を必要とするなら、両者はひとつのものとして認識されるのではなからうか。もっとも低次レベルでは、2つの光点を連続して提示したとき両者の間隔が短ければ弁別できなくなる。それと同様に、ある文字を処理しているシステムに、同じ入力がある文字の遅れをもって入力された場合は弁別できないということである。この時、その処理が絵の意味なり名前なりを処理しているのであれば、刺激の絵が異なっても同じ入力にな

りうるであろう。このように考えると、注意の瞬きを処理の様々な刺激や課題で検討することで各レベルでの処理を探れることになる。この実験が注目される理由は辺りにあるであろうと思う。

私の視覚的注意に対する興味は、学生時代から続いているのであるが、扱いにくいものもあることもあり、それほど真面目に研究したことはなかった。近年、多くの心理物理学の研究者が注意の研究に向けているが、これは、ランダムドットステレオグラムに代表されるような、初期視覚での前注意的な処理に対する膨大な研究に対する反動ようにも思える。しかし、一方で、多くの新しい実験手法が開発されてきたことによる実験の精緻化の影響も大きいと思う。このような状況のなか、私も注意を研究対象とすることにしたわけであり、なんとか少しでも注意の正体を暴く手助けをしたいと思っている。

文 献

- 1) P. Cavanagh: An attention-based motion perception. *Science*, 257, 1563-1565, 1992.
- 2) J. C. Culham and P. Cavanagh: Motion aftereffects of attentive tracking are rotation-specific but independent of position. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 36 (suppl), S857, 1995.
- 3) J. C. Culham and P. Cavanagh: Motion capture of luminance stimuli by equiluminous color gratings and by attentive tracking. *Vision Research*, 34, 2701-2706, 1994.
- 4) J. C. Culham and P. Cavanagh: Attentive tracking of a counterphase grating produces a motion aftereffect. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 35, 1622, 1994.
- 5) S. Suzuki and P. Cavanagh: Focused attention distorts visual space. *Investigative Ophthalmology and Vision Science*, 35, 2081, 1994.
- 6) C. E. Connor, J. L. Gallant and D. C. van Essen: Modulation of receptive field profiles in area V4 by shifts in focal attention. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 35, 2147, 1994.