

視覚的注意とは何か？ いくつかの基本的な概念を中心として

熊田 孝恒

生命工学工業技術研究所 人間情報部

〒305 つくば市東 1-1

1. はじめに

"Everyone knows what attention is." とは W. James の有名な言葉であるが、だれでも知っているがゆえに生じる「注意」研究に対する誤解や偏見がいまだに後を断たないのも事実である。例えば、視覚研究や認知研究の分野においても視線を向けることと注意をすることとを同義に用いている研究が今だに見受けられるし、被験者の内的な要因に起因する知覚印象、あるいは、実験結果の違いなどをすべて注意で片付けてしまっている場合も少なくない。このような傾向の最も極端なものは、実験者の予期しない結果を注意で説明しているような例であろう。これらの研究は、我々のように注意にかかわる研究者が考え、実際に取り組んでいる注意の研究とは明らかに一線を画するものではあるが、その違いを説明することは容易ではない。

ここでは、現在の注意研究が寄って立つ概念的な枠組みのいくつかをキーワードを中心にまとめて見たい。最近の注意研究は、「注意」とは何かについて、その全体像を明らかにしようとしていると言うよりも、「注意」が関与していると考えうるさまざまな現象を切り出して、機序を詳しく調べるといった段階にあるといえる¹⁾。そのため、背景にある基本的な枠組みが共有され、さまざまな現象に関する研究が converging operation をしながら²⁾、注意のメカニズムの解明に向かうことが必要である。中には、それぞれの現象に関する研究が進めば、別の適切な概念に置き換えることができるような現象も含まれているかも知れない。実際に、現在でも、注意による効果として知られているい

くつかの現象と、ブライミングやマスキングなどの現象と関係はあいまいである。しかし、注意についての総合的な理解を目指すためには、あらゆる注意研究はここで述べるような概念的な枠組みと何らかの形で関連づけて議論されなくてはならない。

2. 前注意的と注意的

人間の情報処理系は大きく前注意過程と注意過程の2つに区別できると考えられている。

視覚探索課題によって人間の視覚情報処理における前注意的処理/注意的処理の区分を示すことができる。視覚探索課題とは、複数の妨害項目の中にあらかじめ決められた目標刺激があるか否かの判断を被験者に行わせるもので、刺激の提示から反応までの時間が探索時間として計測される³⁾。刺激画面上に提示された妨害刺激数に対する探索反応時間の関数に基づいて議論がなされる。まず、探索時間が妨害刺激数に依存しない現象は「ポップアウト」と呼ばれ、単一の特徴の違い(色、方向、形、運動など)のみで定義された目標刺激がポップアウトすることが報告されている⁴⁾。ポップアウトは各特徴処理モジュールによって前注意的に計算された結果と考えられている。各特徴処理モジュールは、刺激中の特徴を並列的に符号化することと、特徴次元上で最も顕著な対象を並列的な winner-take-all のような計算を行って決定していることが仮定されている⁵⁾。多くの種類の特徴がポップアウトすることが報告されていることは、多くの特徴処理モジュールが類似した計算処理を行なっていることを示している。つま

り、注意の研究が扱っているのは各特徴モジュールの処理特性に依存した問題ではなく、各特徴モジュールが共通に持っている機能に依存している問題であると考えられる。

一方、目標数が増加するに従って探索時間が直線的に増加する結果も報告されている。最も典型的な刺激事態は、結合探索と呼ばれるもので、2つの特徴の組み合わせによって目標が定義されているような場合である。例えば、緑色の垂直線分を、緑色の水平線分と赤色の垂直線分の中から探索するような場合で、この場合には色処理モジュールと方向処理モジュールの出力を結合することが必要となる。その際に注意が関与していると解釈されている。このように結合探索事態では、刺激全体が並列的に処理されず、何らかの処理容量の限界を有する注意過程が逐次的な処理を行っていると解釈できる⁹⁾。

しかしながら、視覚探索課題における探索関数の傾きからその処理過程の並列性/逐次性を議論できないことが示されている⁹⁾。例えば、逐次探索の結果は、刺激要素数の増加に伴って処理時間が遅くなるような並列処理過程によっても説明は可能であるからである。また、実際に逐次的な処理過程を仮定せずに結合探索過程をシミュレートする計算機モデルも提案されている^{10,11)}。だが、結合探索場面では視覚情報のうちの一部分を選択するようなボトルネックが関与していると考えられ、ポップアウトとは明らかに異なる処理が仮定できる。ボトルネックの存在する処理過程を注意過程と呼び、ボトルネックの存在しない処理過程を前注意過程と呼んでいる。

3. 位置、特徴、対象

注意が情報の選択を行う過程であるとした場合に、どのような刺激特性に基づいて情報の選択が行われるのかを調べるのが注意研究の1つの中心的なテーマである。

あらゆる視覚的な対象が共通に持つ刺激属性は「位置」である。これまで、注意を視線方向とは独立にある視野内の空間位置に向けることができることが多くの実験によって示されてき

た¹²⁾。つまり、視線が向いているからといってその位置に注意されているとは限らないし、また、視線が向いていないからといってその位置に注意されていないとは限らない。このような注意の視野位置に基づく情報選択の特性を「スポットライト」にたとえ、スポットライトに関するさまざまな性質が明らかにされてきた¹³⁾。スポットライトの特性として、非隣接領域に分割できないこと、すなわち範囲は常に1つの空間であることなどが報告されている。さらに、スポットライトのサイズやスポットライト内での処理精度が課題状況に対応して変化することから、ズームレンズのような特性を仮定するモデル¹⁴⁾や、スポットライトの範囲内であっても、その中の対象に対して同じような処理がなされるわけではないことから、処理効率の勾配を持った注意の分布を仮定するモデル^{15,16)}が提案されている。いずれも注意はある空間的な範囲内の情報を促進的に処理するメカニズムとして考えられている。また、例えば、聴覚刺激において「女性の声」といった特徴に基づいて選択的な聴取が可能であると同様に、視覚においても特定の刺激特徴に基づいて情報の選択が可能である。しかし、特定の色などの特徴に対する注意と位置に対する注意は異なるメカニズムによっているわけではないと考えられている。むしろ、位置は対象の持つ特徴の一つであり、注意が働く特性としては特別なものではなく、注意は対象の持つあらゆる特徴に向けることができると考えられている¹⁷⁾。

一方、注意によって位置の選択ではなく、対象の選択が行われているとする説もある。同じ空間位置に重ねて提示された2つの対象についてその一方の対象の中の2つの属性を報告するほうが、2つの対象中の1つの属性を1つずつ報告するより易しい¹⁸⁾。注意のスポットライトがある空間位置に向けられ、その範囲内にある対象が等しく選択されるとすると、2条件間では差が見られないことが予想される。したがって、この研究は注意の向けられる単位が空間位置ではなく対象であるということを示している。内観的に考えても、何も対象が存在しない

空間位置に注意をすることは困難であり、対象に対して注意が向けられるとする説の方が妥当かもしれない¹⁹⁾。

4. ボトムアップとトップダウン

注意はどのようにしてある対象、特徴、位置などに向くのであろうか？ 大きく分けてボトムアップ的な制御とトップダウン的な制御があると考えられている。ボトムアップ的な制御は、刺激駆動型制御とも呼ばれる。例えば、突然出現した光点に注意が向けられるような場合である。このような被験者の意図や目的とは独立に、刺激中のある特性によって生じる注意の制御は刺激駆動型の注意の捕捉 (stimulus-driven attentional capture) と呼ばれている²⁰⁾。では、色や傾きなどのポップアウトする刺激特性も純粋にボトムアップ的に注意を捕捉するのであろうか？ 最近の研究では、刺激対象の「突然の出現」 (abrupt onset) という刺激特性のみが被験者の意図や目的とは独立に注意を駆動するための強力な手がかりとなることを明らかにされている²¹⁾。それ以外の刺激特性に注意を向けるためには、何らかのトップダウン的な制御が必要であると考えられている。

被験者が、ある特定の刺激の提示を期待しているとき、つまり注意がトップダウン的に制御されているときには、他の特徴が提示されてもその刺激からの干渉を受けることが報告されている²²⁾。例えば、被験者が探索刺激中の形の異なる要素を探索しようとしているときには、色で異なる要素が提示されると、それを無視することはできない。このような事態では刺激要素内における最も顕著な刺激要素に注意が捕捉される²³⁾。つまり、トップダウンの制御が行われている状況でもボトムアップによる注意の捕捉を抑制することはできない。

しかしながら、先行手がかりによって被験者があらかじめある空間位置に注意をしている場合には、別の位置に提示された顕著な刺激要素は注意を捕捉しないことが報告されている^{22,24)}。したがって、先行手がかりによる空間的注意の移動と特徴による注意の捕捉は、同じ過程に起

因していることが予想される。このように、注意を制御する情報として、刺激の特性に由来するボトムアップ制御と、刺激に対する被験者の意図や構えといったトップダウン制御が密接に関連していることが示されてきている。

また、「突然の出現」がなぜ注意を捕捉するかについても対象に対する注意の理論にもとづいて説明がなされている²⁵⁾。それによると「突然の出現」の刺激属性の中で輝度の増加自体が重要ではなく、新しい対象の出現が重要であり、注意が視野内に新規に出現した対象に自動的に向けられ、新たな対象に対する「オブジェクトファイル」が出来上がると説明されている。

さらに、位置に対する注意については、ボトムアップとトップダウンの区分に対応して、外発的 (exogenous)・自動的 (automatic) と内発的 (endogenous)・意図的 (voluntary) という区分も用いられる。これらのさまざまな特性が明らかにされてきている^{26,27)}。時間的な特性を比較すると、外発的な注意過程は注意を喚起する刺激が提示された後 100 ms 程度で最も有効に働くのに対し、内発的な注意過程は 300 ms 程度の時間を必要とする。この2つの過程は時間的な特性以外にも、別の課題からの干渉の程度、手がかりの強度との効果などが異なる。

5. 1つあるいは多数の注意システム

視覚的注意を人間の情報処理機能の中で位置づけるには、注意は何のためにあるのかを考慮することが有効である。現在の視覚的注意研究では注意は情報選択を行うための一種のフィルターのようなものと考えている。これまで、フィルターが情報処理過程のどの段階にあるかが主要な論点になってきた²⁸⁾。最近、注意による情報選択過程が、視覚入力に対応した多くの脳領域に分布した活動が、最終的な行動の目的にしたがって競合しながら統合されていく過程であるという「統合化競合仮説」が提案されている²⁹⁾。「統合化競合仮説」は、単一の注意のボトルネックを仮定する多くの注意モデルに対して、多数のボトルネックの存在を示唆していると言う意味で、今後の空間的注意研究の新たな

な方向性を示していると言える。

6. おわりに

本論文では最近の視覚的注意研究の背景にある基本的な枠組みについて考えた。他にも取り上げるべきトピックスはたくさんあるが、それらについては別の機会に試みたい。ここで取り上げたテーマが、今後どのように発展し、注意の理解を深めていくのか、また、最近盛んになった脳機能イメージングなどの研究成果とどのような関連していくのか、我々の興味は尽きない。

文 献

- 1) 熊田孝恒, 菊地 正: 注意とは何か. *科学*, 64, 207-215, 1994.
- 2) A. F. Kramer, M. G. H. Cole and G. D. Logan: Converging operations in the study of visual selective attention. American Psychological Association, Washington, 1996.
- 3) A. Treisman and G. Gelade: A feature integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97-136, 1980.
- 4) 横澤一彦, 熊田孝恒: 視覚探索. *テレビジョン学会誌*, 48, 1509-1515, 1994.
- 5) 横澤一彦, 熊田孝恒: 視覚探索研究の展望. *数理科学*, 356, 53-56, 1993.
- 6) 熊田孝恒: ポップアウト. *数理科学*, 345, 78-82, 1992.
- 7) C. Koch and S. Ullman: Shifts in selective visual attention: Towards the underlying neural circuitry. *Human Neurobiology*, 4, 219-227, 1985.
- 8) 喜多伸一: 視覚探索の神経機構. *数理科学*, 353, 64-67, 1992.
- 9) J. T. Townsend: A note on the identification of parallel and serial processes. *Perception and Psychophysics*, 10, 161-163, 1971.
- 10) G. W. Humphreys and H. J. Muller: Search via recursive rejection (SERR): A Connectionist model of visual search. *Cognitive Psychology*, 25, 43-110, 1993.
- 11) 横澤一彦, 熊田孝恒: 視覚探索: 現象とプロセス. *認知科学*, in press.
- 12) M. I. Posner: Orienting of attention. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3-25, 1980.
- 13) 熊田孝恒, 菊地 正: 視覚における注意研究の動向: スポットライト・アナロジーを中心として. *筑波大学心理学研究*, 10, 17-25, 1988.
- 14) C. W. Eriksen and J. D. St. James: Visual attention within and around the field of focal attention: A zoom lens model. *Perception and Psychophysics*, 40, 225-240, 1986.
- 15) 熊田孝恒, 菊地 正: 位置の再認における空間的注意の分布. *心理学研究*, 59, 99-105, 1988.
- 16) 熊田孝恒, 菊地 正: 位置の再認における空間的注意の分布 (II): ある位置にあらかじめ注意を向けた場合について. *筑波大学心理学研究*, 12, 21-27, 1990.
- 17) C. Bundesen: A theory of visual attention. *Psychological Review*, 97, 523-547, 1990.
- 18) J. Duncan: Selective attention and the organization of visual information. *Journal of Experimental Psychology: General*, 113, 501-517, 1984.
- 19) 彦坂興秀: 注意の神経機構. 安西祐一郎 (編): 注意と意識. 岩波書店, 1994.
- 20) S. Yantis: Stimulus-driven attentional capture and attentional control setting. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 19, 676-681, 1993.
- 21) S. Yantis and J. Jonides: Abrupt visual onsets and selective attention: Evidence from selective search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 10, 601-621, 1984.
- 22) J. Theeuwes: Exogenous and endogenous control of attention: The effect of visual onsets and offsets. *Perception and Psychophysics*, 49, 83-90, 1991.
- 23) 河原純一郎: 注意の捕捉に及ぼす刺激駆動的要因の効果: 静的刺激と動的刺激を含む視覚探索による検討. *心理学研究*, 67, 25-32, 1996.
- 24) S. Yantis and J. Jonides: Abrupt visual onsets and selective attention: Voluntary versus automatic allocation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16, 121-134, 1990.
- 25) S. Yantis and A. P. Hillstrom: Stimulus-driven attentional capture: Evidence from equiluminant visual objects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, 95-107, 1994.
- 26) K. Nakayama and M. Mackeben: Sustained and transient components of focal visual attention. *Vision Research*, 29, 1631-1647, 1989.
- 27) 熊田孝恒, 横澤一彦: 特徴統合と視覚的注意. *心理学評論*, 37, 19-43, 1994.
- 28) D. E. Broadbent: Perception and communication. Pergamon, 1958.
- 29) J. Duncan: Cooperating brain systems in selective perception and action. T. Inui and J. L. McClelland (eds): *Attention and Performance*, XVI, pp. 549-578, 1996.