

視覚的注意の時空間特性

横澤 一彦

NTT 基礎研究所 情報科学研究部

〒243-01 厚木市森の里若宮 3-1

1. はじめに

視覚的注意は、視覚情報の取捨選択と視覚環境への適応という2つの機能を持っている。視覚情報の取捨選択機能は、いわば受動的、ボトムアップ的であり、これまでフィルター、ズームレンズ、サーチライト、のぞき穴など様々なメタファーで説明されてきた¹⁾。一方、視覚環境への適応機能は、能動的、トップダウン的であり、視覚世界と行動の橋渡しをするために、意図的、もしくは意識的に視覚情報の増幅、強調を行っていると考えられる。

このような機能を持つ視覚的注意（以後、注意）が最近盛んに研究されるようになったが、研究手法は驚くほど限定されている。注意の存在を証明した損失利得法²⁾の他には、視覚探索、結合錯誤、RSVP (Rapid Serial Visual Presentation)、運動誘導などの課題によって、注意の空間特性や時間特性が研究されている。

視覚探索課題と結合錯誤課題は、主に注意の空間特性を調べることができる。視覚探索課題は、注意研究の主たる研究パラダイムになっている^{3, 4)}。主に視覚探索研究に基づいて構築された特徴統合理論^{5, 6)}は、注意の集中によって特徴統合が生ずることを明らかにした。注意の集中がなければ、複数の特徴が自由浮動し、結果として生ずる結合錯誤現象は特徴統合と表裏一体の関係である。もし単一の特徴でターゲットと妨害刺激との関係が定義されれば、ポップアウトする。更に、ターゲットと妨害刺激の空間的配置関係の効果も調べられている⁷⁾。

RSVP 課題と運動誘導課題は、主に注意の時

間特性を調べている。RSVP 課題によって、注意の瞬き (Attentional Blink) と呼ばれる処理不全状態など注意の様々な時間特性が明らかになってきた⁸⁻¹⁰⁾。一方、運動誘導課題とは、主に線運動錯視現象によって、注意の時空間的広がりを見ることができるといわれている^{11, 12)}。ただし、線運動錯視の基本現象は、1つの点と1つの線分の組み合わせであり、時間特性はともかく、空間特性の詳細を明らかにするためには、さらに様々な状況での研究が必要であろう。

このような現状を踏まえ、注意の時空間特性の解明を目指し、よりダイナミックな研究が待たれている。そこで、図1に示すように、上述の課題を組み合わせることによって、注意の時空間特性に関する2つの研究を行った。まず、結合錯誤と RSVP 課題を組み合わせ、時空間的結合錯誤を調べた。次に、視覚探索と運動誘導課題を組み合わせ、線運動錯視探索の特性を明らかにした。主に、これらの研究成果を紹介しながら、注意研究の現状を概説したい。

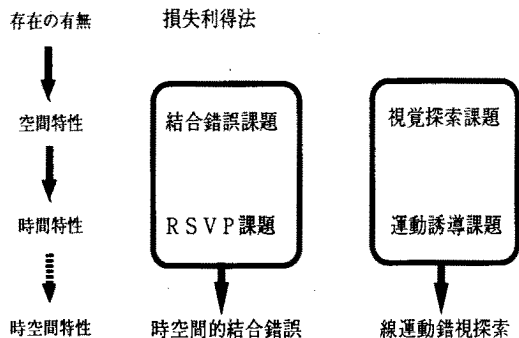


図1 視覚的注意の実験手法

2. 時空間的結合錯誤

連続して高速で提示される刺激系列の中から、ある特徴で定義されたターゲットを報告する RSVP 課題において、ターゲットと異なる刺激を答える誤答（すなわち、時間的結合錯誤）はシステマティックに生ずる⁸⁾。しかしながら、従来得られていた空間的結合錯誤特性との関係は明らかではなかった。

そこで、複数の文字を同時に提示する RSVP 課題によって、色と文字形態の時空間的結合錯誤特性を調べることにした。具体的には、図2のような、色が定義特徴で、漢字単語が報告特徴の RSVP 課題を行った^{13, 14)}。凝視点に続いて水色の文字が1文字づつ同一位置に連続して提示される。被験者は1試行10個の水色の単語系列中に1つだけ含まれる白色の単語（ターゲット）を検出することを求められた。漢字単語を用いた RSVP 課題はこれまでも実験されている¹⁵⁾が、ここで用いた漢字単語系列は、時間的結合錯誤を調べるために特殊な組み合わせを使っている。図2は、ターゲットが“法規”の例を示しているが、前後の漢字単語“規律”と“原案”を構成する漢字と組み合わせると、“規則”、“法律”、“原則”、“法案”という漢字単語ができる。すなわち、様々な時空間的結合錯誤によって生ずるであろう漢字の組み合わせがすべて単語になるように設定されている。実験の結果、“規律”と“原案”という誤答ばかりでなく、“規則”、“法律”、“原則”、“法案”という誤答も生ずることが分かった。この結果を各漢字の知覚確率を変数として、各漢字が独立して知覚されるという仮定の下に計算機シミュレーションしてみると、

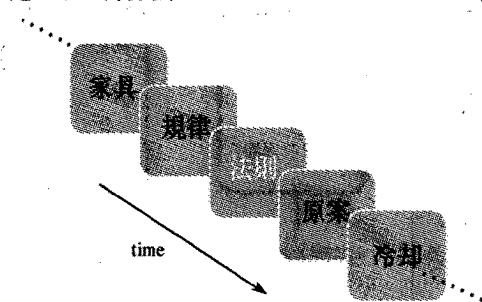


図2 漢字単語系列の RSVP 課題

すべての漢字単語の誤答率を正確に予測することができた。すなわち、漢字単語を連続的に提示するこの実験からは、時間的に同時に提示された2つの漢字が構成する、単語としてのまとまりによる効果を示唆する証拠は何も得られない結果となった。

次に、色が定義特徴で、漢字が報告特徴の RSVP 課題を行った¹⁶⁾。凝視点に続いて水色の漢字が1文字づつ同一位置に連続して提示される。被験者は1試行12個の水色の漢字系列中に1つだけ含まれる白色の漢字（ターゲット）を検出することを求められた。漢字の画数を操作し、刺激を各条件50漢字に限定して実験を行った。画数の少ない漢字を用いる単純条件と画数の多い漢字を用いる複雑条件を比較した。ISIは両条件の正答率がほぼ同じになるように調整した。誤答の出現位置に関して分析を行った結果、単純条件では直前と直後の刺激を誤答することが他に比べて多く、また直後の方が直前よりも多かった。複雑条件では、ターゲットの直前の刺激を答えることが他に比べて有意に多かった。この結果は、誤答パターンの違いが刺激形態の複雑性に影響されることを示している。

これらの実験結果から、誤答の発生は次のような過程であると考えられる。すなわち、文字の有する色と形態という2つの特徴の処理速度の違いと、文字の形態の複雑さの違いから説明できる。文字の形態と色は同時にかつ独立に処理される。単純な形態の場合、ターゲットの色の処理が完了しないうちに次の刺激が入力され、ターゲットの色と直後の形態の結合が生じる。一方、複雑な形態の場合は、ターゲットの直前の刺激の色の処理が終了した後も形態の処理は継続し、ターゲット色と直前の形態の結合が知覚されやすいと考えられる。

3. 線運動錯視探索

視野内のある位置に光点を提示し、その後には光点を一方の端点とする直線を瞬間に提示すると、この線分は実際には同時に描かれたにもか

かわらず、光点の提示された側から提示されなかった側へ徐々に描かれたように知覚される（線運動錯視）^{11, 12)}。この錯視は光点の出現によって視覚的な注意が光点の位置にひきつけられ、局所的な視覚処理が促進されたために生起すると説明されている。しかしながらこの現象は仮現運動と類似した事態であり、前注意的な運動視機構が関与していることが考えられる。そこで、視覚探索課題を用いてこの可能性を検討した。線運動錯視の生起に及ぼす運動視機構および注意の影響を調べるため、提示刺激数（光点と線分の対の数）、光点と線分のコントラスト極性、ISIを操作した¹⁷⁻¹⁹⁾。

図3に示したような視覚探索課題では、複数の光点を短時間提示した後、ISIをおいて水平線分をそれぞれの光点の左右いずれかに同時に提示した。被験者の課題は、1つだけ他の線分とは異なる側に提示された線分（ターゲット）の有無を判断することであった。ターゲットが提示される試行は、1つだけ反対方向への線運動が知覚される。ターゲットは半数の試行で提示された。

注意は同時に複数の位置に向けることはできないといわれているため、線運動錯視が注意によって引き起こされているならば、ターゲットの検出成績は提示刺激数が増加するにしたがって低下すると予測される。一方、コントラスト極性の反転は運動視の成立を大きく妨げることが知られているため、この錯視が運動視によって生起しているならば、検出成績はコントラスト極性が反転した場合には低下するであろう。また、

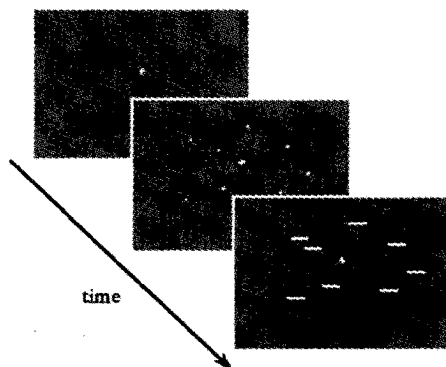


図3 線運動錯視探索課題

ISIが非常に長い場合は仮現運動刺激では運動印象はほとんど生じないため、ターゲット検出成績は低下すると考えられる。

実験の結果、光点と線分のコントラスト極性が一致しており、ISIが0秒のとき、8個の線分が提示された事態でも線運動錯視が知覚され、ターゲット検出に関して高い正答率を得た。一方、ISIが0秒でもコントラスト極性が反転している場合は、ターゲット検出成績が低かった。ISIの増加に伴い検出成績は低下した。ISIが長いとき、提示刺激数が増えるとターゲット検出はコントラスト極性に関らずほとんど不可能であった。

ISIが0秒のときに空間的に並列的な探索を示す傾向にあったこと、コントラスト極性の反転の効果がみられたことから、線運動錯視の生起には注意メカニズムだけでなく運動視機構が関与していると考察された。

4. おわりに

視覚的注意の時空間特性を解明する目的で行った2つの研究を紹介したが、その研究はいずれも緒についたばかりである。時空間的結合錯誤の特性は、1文字単位で独立した時空間的特徴統合が示唆され、同時に提示された2つの漢字の単語としてのまとまりでの特徴統合は顕著ではなかった。また、線運動錯視の生起は空間的に並列であるなど仮現運動と同様な特性を示し、注意というよりも前注意的な運動視機構の関与が明らかになった。

注意は視覚情報の低次から高次処理に至るまで関わる機能であり、その時空間特性の解明は一朝一夕には進まない。したがって、様々なアプローチで研究を進展させていく必要がある²⁰⁾。たとえば、注意の時空間特性を説明する計算機モデルの研究も進められており²¹⁻²⁴⁾、注意に関する新現象の発見に並行して、今後とも発展していくはずである。注意に関連する神経生理学的研究も盛んに行われている²⁵⁾。

注意に関する研究は、人間の基本的機能の解明という興味ばかりでなく、応用面でも重要な

側面をもっている。たとえば、自動車運転事態のフィールド研究²⁶⁾によって、実際場面での注意特性が明らかにされ、マンマシンインタフェースの設計における重要な指針を与えるだろう。更に、注意の重要な機能が視覚情報の取捨選択機能だとすれば、たとえばロボットビジョンを考えていく上で、人間の注意特性や探索特性を積極的に参考にすべきである²⁷⁾。一目でわかることは限られている²⁸⁾にも関わらず、高度な処理が可能である人間の視覚情報処理の本質を解く鍵が、注意の機能にあるように思えてならない。

文 献

- 1) 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.
- 2) M. I. Posner: Orienting of attention. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3-25, 1980.
- 3) 横澤一彦: 視覚探索における最近の諸問題. *日本認知科学会パターン認識と知覚モデル研究分科会資料*, 10-1, 1990.
- 4) 横澤一彦: 視覚探索とは. *数理科学*, 2月号, 66-69, 1992.
- 5) A. Treisman and G. Gelade: A feature integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97-136, 1980.
- 6) 横澤一彦: 特徴統合理論. *数理科学*, 9月号, 76-79, 1992.
- 7) 横澤一彦: 視覚探索における刺激配置の効果. *基礎心理学研究*, 14, 67-73, 1996.
- 8) 下村満子, 横澤一彦: 特徴統合と視覚的注意の時間的特性. *認知科学*, 2, 2, 21-32, 1995
- 9) J. E. Raymond, K. L. Shapiro and K. M. Arnell: Temporary suppression of visual processing in an RSVP task: An attentional blink? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18, 849-860, 1992
- 10) K. L. Shapiro, J. E. Raymond and K. M. Arnell: Attention to visual pattern information produces the attentional blink in rapid serial visual presentation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, 357-371, 1994.
- 11) O. Hikosaka, S. Miyauchi and S. Shimojo: Focal visual attention produces illusory temporal order and motion sensation. *Vision Research*, 33, 1219-1240, 1993.
- 12) O. Hikosaka, S. Miyauchi and S. Shimojo: Voluntary and stimulus-induced attention detected as motion sensation. *Perception*, 22, 517-526, 1993.
- 13) M. Shimomura and K. Yokosawa: Letter migration in RSVP tasks. *Perception*. 23 (Supplement), 97, 1994.
- 14) 下村満子: 横澤一彦: RSVP タスクにおける文字の Migration, *日本心理学会第 58 回大会発表論文集*, 認知 4-P89, 720, 1994.
- 15) T. Kikuchi: Detection of Kanji words in a rapid serial visual presentation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22, 332-341, 1996.
- 16) 下村満子, 横澤一彦: 文字形態と色の時間的結合特性, *日本心理学会第 57 回大会発表論文集*, 5-P27, 795, 1993.
- 17) J. Kawahara, K. Yokosawa, S. Nishida and T. Sato: Illusory line motion in visual search. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 35, 4, S373, 1995.
- 18) 河原純一郎, 横澤一彦, 西田眞也, 佐藤隆夫: 前注意的ラインモーション錯視. *日本心理学会第 59 回大会発表論文集, 感覚・知覚* 3-88, 540, 1995.
- 19) J. Kawahara, K. Yokosawa, S. Nishida and T. Sato: Illusory line motion in visual search: Attentional facilitation or apparent motion? *Perception*, in press.
- 20) 横澤一彦, 熊田孝恒: 視覚探索研究の展望. *数理科学*, 2月号, サイエンス社, 53-56, 1993.
- 21) 横澤一彦, 熊田孝恒: 視覚探索. *テレビジョン学会誌*, 48, 12, 1509-1515, 1994.
- 22) 横澤一彦: 視覚的注意と視覚探索. *日本認知科学会第 10 回大会発表論文集*, C2, 104-105, 1993.
- 23) 横澤一彦: 多解像度モデルによる視覚的注意と視覚探索の分析. *認知科学*, 1, 64-82, 1994.
- 24) 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.
- 25) 横澤一彦: 視覚的注意. 乾 敏郎 (編): *認知心理学 (1) 知覚と運動*. 東京大学出版会, 169-192, 1995.
- 26) 三浦利章: 行動と視覚的注意. 風間書房, 1996.
- 27) 横澤一彦: 視覚探索とロボットビジョン. 第 11 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 2D31, 2, 771-772, 1993.
- 28) 横澤一彦: 一目でわかること: 形状認知にかかわる視覚過程. *科学*, 62, 356-362, 1992. (宮下保司, 下條信輔 (編): *脳から心へ: 高次機能の解明に挑む*. 岩波書店, 25-31, 1995. に再録)