

視覚的注意と対象知覚
——視覚的特徴と知覚的表現の水準——

鵜 沼 秀 行*・長谷川 桐**

Visual Attention and Object Perception:
Levels of Visual Features and Perceptual Representation

Hideyuki UNUMA, Hisa HASEGAWA

Abstract

This paper gives a brief overview of recent research on object perception and visual attention processes. We suggest two object-based attention mechanisms; an early-selection mechanism that uses perceptual grouping principles, and a late-selection mechanism that operates on more abstract representation with higher visual features. We also argue the distinction between two levels of perceptual representation in object perception; entry level at which dissimilar objects are perceived, and subordinate level at which similar objects such as faces are discriminated.

Key Words: object perception, visual attention, visual features, perceptual representation

知覚世界の成立において知覚システムは入力情報やシステム内に保存された情報を選択的に処理すると考えられることから、情報を選択する働きとしての選択的注意 (selective attention) の果たす役割はきわめて重要である。近年の視覚的注意 (visual attention) の研究は選択される情報の特性について新たに具体的な提案をおこないつつある。特に対象あるいは物体 (object) レベルの情報が知覚システムにおいて選択されるプロセスについて、具体的かつ総合的なモデルが提示されつつある。一方、視覚システムが3次元空間内の対象全体につい

*教授 知覚・認知心理学

**青山学院大学大学院博士後期課程

ての知覚的表現 (perceptual representation) を達成するために必要な計算論的課題がしだいに明らかになりつつある。

そこで本稿では、これまでの視覚的注意に関する研究と対象知覚研究の関連を指摘しながら、対象知覚についての最近のいくつかのモデルを相互に関係づける新たな枠組みを提案する。まず、対象知覚 (object perception) を中心に視覚的注意についての近年の研究を概観し、視覚的注意研究において従来取り上げられてきた問題を整理する。その後、対象の知覚的表現 (perceptual representation) についての最近のモデルを吟味することによって、今後の対象知覚研究の理論的方向について考察する。

1 視覚的注意に関する近年の研究

ここでは、最初に視覚的注意研究の具体的なパラダイムを整理し、そこで仮定される注意の機能を具体的に検討する。次いで、注意によって選択される刺激の特性とそのメカニズムについての最近の議論を紹介する。特に「対象に基づく注意のメカニズム (object-based attention mechanism)」について、それ以外の注意メカニズムに関する説と比較しながら考察する。

1.1 視覚的注意の研究パラダイム

視覚的情報の選択過程としての注意の特性を検討するために、これまでいくつかの実験的パラダイムが用いられてきた。Luck と Vecera (2002) は、視覚を中心とした注意研究のパラダイムを、空間的手がかり提示パラダイム (Spatial Cuing Paradigms)、探索パラダイム (Search Paradigms)、フィルタリング・パラダイム (Filtering Paradigms)、二重課題パラダイム (Dual-Task Paradigms) に分類整理している。この枠組みにしたがって、それぞれの課題で取り上げられている注意の機能を簡単に整理すれば、以下のようなだろう。

空間的手がかり提示パラダイム (Spatial Cuing Paradigms)：このパラダイムでは、手がかり刺激 (cue) の提示に続いてターゲット刺激が提示されるが、先行する手がかりとターゲットが空間的に対応する試行 (valid trial: 妥当試行) と対応しない試行 (invalid trial: 非妥当試行) が設定される。一般に両条件で反応時間が比較され、妥当試行における反応時間がより短いことから、観察者は先行提示される手がかり刺激や教示によって内的に注意を移動 (shift) することで、問題とする刺激入力に対する準備状態を形成することが仮定される (Averbach & Coriel, 1961; Eriksen & Hoffman, 1972; Posner, 1980)。

探索パラダイム (Search Paradigms)：観察者は単一または複数の標的 (target) を一群の妨

害項目の中から探索する。この課題では探索に無関連な刺激からの干渉を除くために注意が果たす役割が刺激の視覚的特徴との関連で検討される。また、注意がどのように刺激配列間を空間的に移動するかが問題となる。探索する刺激セットの大きさが操作され、その関数として標的の有無を判断するまでの反応時間を指標として探索が並列的か (parallel) あるいは逐次的か (serial) が検討されることがある (例えば, Treisman & Gerade, 1980)。

フィルタリング・パラダイム (Filtering Paradigms) : ここでは注意は情報源のひとつにのみ向けられ、他の情報をどのように処理したか、あるいはその影響が検討される。視覚に限らず注意研究でしばしば用いられ、両耳分離聴 (dichotic listening) 実験や、いわゆるストロープ課題 (Stroop task) もこのパラダイムと考えられる。また、最近では負のプライミング (negative priming) パラダイムもこのなかに加えることができる。2種の刺激が同一試行に提示され、一方のみに対する反応が求められるが、後の試行では反応を求める関係が逆転することで負の影響が一般に観察される。先の試行で無視された刺激が、後続の試行でどのような影響をあたえるかが問題となる (Fox, 1995)。

二重課題パラダイム (Dual-Task Paradigms) : 単一の課題において選択的注意の働きを問題とするのではなく、複数の課題を同時に遂行する際に課題間でどのように資源を配分 (resource allocation) するかを検討する。近年、複数の認知的課題を逐次的に遂行する事態では、注意の瞬き (attentional blink) と呼ばれる現象 (Raymond, Shapiro, & Arnell, 1992) が検討されている。

これらのパラダイムによって検討されてきた注意の問題には、資源の配分 (resource allocation)、決定ノイズ (decision noise)、情報処理のボトルネック (information processing bottleneck)、統合問題 (binding problem)、内的ノイズ (internal noise) などをあげることができる。資源の配分 (Kahneman, 1973) による説明は、循環論的な困難さを抱えながらも、注意をめぐるさまざまなパラダイムにおける現象を説明する枠組みとして用いられ続けている。これに代わる概念としての決定ノイズ (Palmer, 1994, 1998) のアイデアは、感覚入力におけるノイズを仮定することで、空間的手がかりパラダイムや視覚的探索での現象を説明しようとする。情報処理のボトルネックをどの処理段階に仮定するかは、フィルタリング・パラダイムにおいて基本的な問題であり続けている。視覚的特徴の統合問題は、視覚的探索における特徴の統合の説明としての注意の役割と関連づけて議論されてきた (Treisman & Gelade, 1980; Treisman, 1988)。近年、感覚入力のノイズのほかに脳内の活動における内的ノイズを仮定する注意のモデルが提案されており (Lu & Doshier, 1998)、注意の問題は知覚的な学習の問題へと広がりを見せている。

以上で述べてきたように、視覚的注意の問題として取り上げられてきた現象は、注意の名のもとに一括されることが多いにも関わらず、単一のメカニズムによって説明されるというより、むしろ上述したようないくつかのメカニズムにおける特性を反映していると考えることができる。

次に、注意によって選択される視覚的な刺激の特性は何か、という側面から視覚的注意の働きをとらえなおすことにしよう。そこでは、いくつかのメカニズムが異なる水準の刺激特性を選択的に処理することをみることができるだろう。

1.2 視覚的注意によって選択される刺激特性

1.2.1 刺激の出現に対する自動的反応

手がかり提示パラダイムで検討されてきたように、周辺視における手がかり刺激の予期しない提示が自動的な (automatic) 注意の移動をひきおこすことが示されてきた (Jonides, 1981)。近年の研究では、視覚的注意が空間的に異なる場所や、異なる刺激次元に強く向けられているときには、このような周辺視における刺激の出現が必ずしも視覚的注意を引き寄せるとは言えない事態が報告されている (Yantis & Jonides, 1990) が、予期しない周辺視野刺激が比較的自動的に注意を引きつけることは基本的と言える。ただ、明るさや色など、その刺激属性の影響については今後に残されている。

1.2.2 対象に基づく注意のメカニズム

ここまで取りあげてきたほとんどの研究は、フィルタリング・パラダイムが刺激の特性による選択を検討してきたことを除くと、視覚的注意が特定の空間的領域を選択する働き (space-based attention) を中心に検討していた。しかしながら、一方ではゲシュタルト心理学以来、視覚システムが空間内のまとまりをもった対象に対して選択的に処理を行なうことが示されてきた。通常の実験パラダイムでは視覚的刺激は特定の空間的位置に提示されるため、刺激の対象性と空間的位置の2つの要因を分離することは困難である。これに対して両要因を独立に操作することで対象のまとまりの要因に規定される視覚的注意 (object-based attention) のメカニズムを検討した研究には以下のような例がある。

まず、フィルタリング課題を用いて、対象のまとまりの要因が空間的な近接の要因をしのぐことを示した研究として Baylis と Driver (1992) をあげることができる。まとまりの要因として、色の類似性、よい連続 (good continuation) が検討され、標的は空間的に離れた刺激と知覚的に体制化された。空間的 hands-on 提示パラダイムを用いた代表的な例としては Egly,

Driver と Rafal (1994) がある。図形の閉合性 (closure) と結合性 (connectedness) が注意の配分に影響を与え対象に基づく反応を促進したが、同時に空間的近接の影響も認められた。すなわち、視覚的注意が閉じた領域内に拡散すると考えられた。

一方、対象に基づく注意の研究は、注意研究に共通する理論的問題である情報選択の位置、すなわち情報処理過程のどこにボトルネックを設定するか、という点についても検討を行ってきた。具体的には、選択位置が空間的近接の影響があると考えられる知覚的分凝 (perceptual segregation) が成立する水準か、それとも空間的近接の影響が生じないより高次の表現の水準か、という問題である。この点に関しては、対象に基づく注意の水準が知覚的分凝の水準であるという主張 (Vecera, 1994; Vecera & Farah, 1994) と、より高次の抽象的表現の水準であるとするもの (Kramer, Weber, & Watson, 1997; Lee & Chun, 2001) がある。

情報選択の位置に関するこれらの問題は今後も検討の余地が残されているが、Luck ら (2002) が提案している2つの水準を区別しようとするアプローチは現時点で有効なものと考えられる。すなわち、Luck ら (2002) では2つの対象に基づく注意のメカニズムが区別されており、ひとつは知覚的群化 (perceptual grouping) によって注意の配分が決定される初期選択メカニズム、他方はより抽象的な表現に対してはたらく後期選択メカニズムである。また、これらの異なるメカニズムのいずれが作動するかを決定するのは、特定の課題において要求される認知的特性の違いであり (Vecera & Farah, 1994)、課題によって知覚的水準と作動記憶水準の注意のメカニズムが機能すると考えられる。

Unuma と Hasegawa (2002) は、群化が生じる知覚的水準において選択された視覚的特徴が時間的に統合されて視覚的補間 (visual interpolation) が成立する事態と、より高次の認知的水準で特徴が選択される事態を時間条件によって比較し、両条件間で弁別閾などの心理物理的指標に差が見られることを示した。すなわち、視覚的注意による選択と統合のための時間条件によって、知覚的群化の水準における知覚表象の形成が、作動記憶水準の高次の認知的表象における統合から区別されることが示唆されている。

1.3 特徴統合理論の展開：視覚的特徴の水準とオブジェクト・ファイル仮説

視覚的探索課題を用いた Treisman と Gerade (1980) において、特徴は視覚的注意によって統合され、その結果オブジェクト・ファイル (object files) として表現されると仮定された。この特徴統合理論 (Feature Integration Theory) を概観すると、その初期のモデルでは、特徴として初期視覚処理における特徴、たとえば Marr (1982) で仮定された primal sketch における特徴に対応する視覚的特徴が検討された。一方オブジェクト・ファイルは知覚的分析と統合

の結果から形成される対象や事象についての一時的な表現であり、注意によって統合された特徴を空間内の対象の位置に対応づける、と考えられている。オブジェクト・ファイルに含まれる情報には、時間情報、空間的位置、大まかな対象の形と色、などがあげられている (Kahneman & Treisman, 1984)。

特徴統合理論によって説明された視覚的探索をめぐるポップ・アウト (pop-out)、探索の非対称性 (search asymmetry)、結合錯誤 (illusory conjunction) などの現象をめぐるその後行われた実験的研究の結果、特にそこで仮定される特徴とその処理に関して次のようないくつかの理論的な修正が行われた。例えば、特徴間の結合で定義された標的 (target) でも並列的に探索されることを示す実験結果 (Nakayama & Silverman, 1986) をふまえて、探索される標的と妨害項目 (distractor items) の関係について、示差性の高い特徴 (distinctive feature) の存在が標的以外の特徴へのアクセスを抑制すること、その結果、特徴の結合で標的が定義されていてもポップ・アウトする、すなわち探索は並列的 (parallel) となる、とされた (Treisman, 1988; Treisman & Sato, 1990; Cave & Wolfe, 1990)。また、特徴そのものが定義される知覚的処理の水準についても、例えばポップ・アウトが初期視覚の水準の特徴ではなく3次元的な特徴 (Enns & Rensink, 1990) や視覚的完結化 (visual completion) の事態 (He & Nakayama, 1992) でも生じることから、より高次の知覚表現の水準で特徴を定義することも必要と考えられる。

以上のように、特徴統合理論は理論的な修正を経ながらも視覚的注意の機能と対象 (object) の水準での知覚的表現の成立過程に関する代表的なモデルとして位置づけられており (Palmer, 1999)、今後もその枠組で視覚的注意の検討が続けられると考えられる。

2. 対象知覚の問題とその内的表現

視覚システムへの入力情報が視覚的注意によって選択された後、それらが統合されて対象についての内的な知覚的表現が成立することによって、はじめてその対象全体の知覚が成立すると考えられる。本稿の後半では、そのような知覚が成立する際の内的な対象表現 (object representation) について、最近の代表的なモデルを検討しながら考察することにしよう。ここで取り上げるモデルに共通する解決すべき情報処理的課題は、2次元の網膜像から3次元空間内の対象の表現を生成することであり (Marr, 1982)、また対象の様々な特性を表現することで異なる対象の差異に敏感 (sensitivity) であると同時に、本質的ではない変化には頑健であって不変的な (invariant) 特性を表現することである。

視覚システムの計算論的な目的は、このような3次元構造の表現、および対象弁別の敏感さと不変構造の表現を同時に達成することと言えるが、この目的を達成するために解決すべき問題は、そのような情報処理の出発点となる視覚システムへ入力される画像が時々刻々変化することに起因する。例えば、観察条件の変化による対象の大きさ、位置、明るさ、色などの変化のみならず、観察者と対象の移動に伴い可視表面は他の表面により遮蔽されることによって画像の持つ情報は量的にも質的にも変化すると言える。そこで、以下ではまずこれらの問題を情報処理の水準ごとに具体的に取りあげて、その説明モデルを概観することにしよう。

2.1 視覚的对象知覚の水準

視覚システムがその初期の入力画像の変化から対象知覚を成立させる過程については、観察する視点の変化に伴う対象の知覚をいかに説明するかという観点から、大きく2つの理論的アプローチを区別することができる (Tarr & Vuong, 2002)。視点不変 (view-point invariant) アプローチでは、視点の変化によっても不変な対象についての情報が視覚システムによって回復することが可能であると考えられる (Marr & Nishihara, 1978; Biederman, 1987)。これに対して、視点依存 (view-point dependent) アプローチでは、そのような不変な情報 (invariants) は存在せず、視覚システムはその時点での入力画像に含まれる特徴、すなわち視点依存型の特徴や表面の情報を保持する。この入力画像が標準化 (normalization) されて記憶表象と比較される (Bülthoff & Edelman, 1992; Tarr, 1995) か、あるいは入力画像と記憶表象の等価性を統計的に推定する (Perrett, Oram, & Ashbridge, 1988; Riesenhuber & Poggio, 1999) ことによって対象知覚が成立すると仮定するモデルが提案されている。一般に視点不変アプローチでは、画像の変化に対して対象知覚による遂行行動、例えば反応時間などの指標に変化がないことが仮定されるのに対して、視点依存アプローチでは視点の変化による画像変化が遂行行動に影響を与えることを予測する。

対象知覚の問題は、視点の変化による画像上の変化によらない知覚の成立の水準だけではなく、一群の対象に対して等価な知覚的反応を成立させることを説明しなければならない点にある。この問題はさらに、同一カテゴリーに属する事例に対しては安定した等価な反応を生むこと (安定性: stability) と、異なるカテゴリーの間では感度の高い弁別性を持つこと (感度: sensitivity) の2つの問題に分けて考えることができる (Marr & Nishihara, 1978)。

カテゴリーの事例としての対象の知覚を説明するために、人間の対象知覚に基づく行動がいくつかのカテゴリーの水準 (category levels) ごとに異なる特性をもつことを考慮する必要がある。カテゴリーの認知に関する研究においてはこれまでカテゴリーの水準を上位

(superordinate), 基礎 (basic), 下位 (subordinate) の各水準に分けることが提案されてきた (Rosch, Mervis, Gray, Johnson, & Boyes-Braem, 1976)。ここで一般的なカテゴリー認知において認知システムが利用するカテゴリー水準と, 視覚的な対象知覚において一般的に用いられるカテゴリー水準のデフォルト・レベル (default levels) が異なること (Jolicoeur, Gluck, & Kosslyn, 1984) に注意する必要がある。しばしば引用される例をあげれば, ペリカンのカテゴリーの成員として認知する際には鳥という基礎レベルで符号化されると考えられるが, 視覚的に知覚する際にはまずペリカンとしてとらえられ, この水準はエントリー・レベル (entry levels) と呼ばれる (Murphy & Brownell, 1985)。ペリカンの場合にはその視覚的特徴を強調する下位水準がエントリー・レベルになるのに対して, 雀の場合には典型的な鳥カテゴリーの成員としての特徴を備えており, 鳥という基礎水準がエントリー・レベルになると考えられる。

対象知覚の問題に関連づけるならば, 対象の弁別の感度をあげることは, より下位の水準で対象を符号化することに対応する。一方, 対象知覚の安定性はエントリー・レベルでの符号化に関連する。対象知覚を説明しようとする理論の多くは, これらのどの水準における現象を説明しようとするか, という観点から整理することができる (Tarr & Vuong, 2002)。対象知覚の有力な理論のひとつである Biederman (1978) はエントリー・レベルにおいて視覚システムがどのようにして対象知覚の問題を解決しているかを検討するべきであると主張している。これに対して視覚システムの柔軟性を重視し, 課題の性質や観察者の経験に応じて対象知覚がカテゴリーの各水準で柔軟に問題を解決していると考えられる立場がある (Bülthoff & Edelman, 1992; Tarr, 1995; Hayward & Williams, 2000)。

このような理論的な観点に関連して, そのメカニズムについての説明も同様に位置づけることが可能である。すなわち, 特定のカテゴリーの対象を知覚する場合に焦点を当てて, 例えば顔認識のための特殊化されたモジュールを仮定するような, 特定の目的に特殊化された装置を仮定するアプローチがある (例えば, Kanwisher, 2000)。その一方で, 特殊化された多くのモジュールを仮定せずに, 単一のメカニズムが課題の性質や観察者の経験などに応じて多くの水準で対象知覚を達成すると考える立場がある (Tarr & Gauthier, 2000)。以上で述べた対象知覚の水準という観点をふまえて, 次に知覚的に表現される情報について具体的に検討する。同時にそれらを表現しようとするモデルの問題点を整理する。その後, あらためてそれらの情報表現が異なる知覚の水準でどのようにモデル化されるか, それらをどのように総合的に位置づけることができるか, について考察することにしよう。

2.2 表現される情報

内的に表現される視覚情報とはどのようなものであろうか。ここでは、視覚的な特徴 (visual features), 空間的次元性 (dimensionality), 空間的な関係 (spatial relationships) を取り上げて、それらを表現しようとする最近のモデルを具体的に吟味したい。

対象に関する視覚的な内的表現の重要な単位が、何らかの視覚的特徴であることは多くのモデルに共通している (Marr & Nishihara, 1978)。しかし具体的にどのような特徴を仮定するかという点では必ずしも一致していない。まず、視覚的入力を受容野レベルでの局所的特徴の表現に基礎をおくモデルがあり、そのレベルの表現を初期視覚の表現としてモデルの一部に位置づけたものがある (Marr, 1982)。局所的な特徴としては、明るさ、色、方位をもった線分、T接合など、初期の視覚情報処理において検出される特徴がある (Tanaka, 1996)。一方、対象の3次元性の表現を達成するために、より全体的な対象の特徴を表現するモデルがある。対象の全体的特徴としては、対象の3次元形状をおおまかに表現する部分的な物体を仮定するモデルが提案されてきた (Biederman, 1987; Marr & Nishihara, 1978)。

これらのアプローチのうち、局所的特徴の表現に基礎をおくモデルは、網膜レベルの入力と初期視覚処理から形成される表現を基礎とする点で、きわめて簡潔で根拠の明確なモデルと言える。しかし、3次元性を表現するという視覚システムの課題の達成という点では、局所的で2次元的な画像から出発するために容易には解決できない基本的な問題を抱えている。また、局所的特徴の表現と、そこから対象の不変項 (invariance) を表現することとの間にも大きな隔たりがある。すなわち、視覚システムに入力される局所的な特徴は、たとえば対象を観察する観察者の視点の移動とともに大きく変化する。これに対して、システムは対象についての不変の表現を形成しなければならないからである。

このような局所的な特徴の抱える困難さに対して、より全体的な特徴を仮定するモデルでは3次元の対象表現がより容易に構成できること、また対象の見かけの変化によらない不変構造の表現が可能であることが一般的な特徴となる。ただし、このような全体的特徴を表現しようとするモデルがすべて3次元性を表現することを要請しているわけではないし、また明るさや観察する視点の変化などの近刺激の変化に影響されることを認めるモデルも存在する。例えば、Marr と Nishihara (1978) においては完全な3次元の構造が最終的に表現されると仮定された。これに対して、Biederman (1987) ではその知覚表現は3次元の構造を表現するが、視点の変化による可視特徴の影響を受けることが認められた。さらに、Edelman (1993) は対象の2次元的画像の表現のみから対象を知覚するモデルを提案している。

ここまで述べてきた対象の次元性の表現は、局所的特徴あるいは2次元的な画像から、3次

元性の全体的な表現まで、階層的な関係として位置づけることが可能である (Tarr & Vuong, 2002)。すなわち、前述した対象知覚の水準という問題が対象の次元性の表現においても同様な問題として存在することを指摘しておきたい。

さて、空間的次元性とならんで特徴をもとに知覚的に表現されなければならない情報に特徴間の空間的關係がある。例えば顔の知覚に見られるように、特徴間の関係は対象知覚の成立においてきわめて重要である。この空間的關係に関しても、それらの関係を階層的な構造において表現するか、それとも単一の水準において表現するか、という点でモデルを区別することができる。Marr と Nishihara (1978) では対象内の部分間の関係は階層的な構造として表現されている。そこでは対象が視覚的に知覚されるエントリー・レベルは階層構造のうちのより高い水準となる。これに対して、階層的な構造を表現せずに比較的少数の部分間の関係を符号化する、と仮定するモデルがある (Biederman, 1987; Hummel & Biederman, 1992)。これらのモデルはいずれも構造記述モデル (structural description models) の代表的なものと言える。

さらに、特徴間の関係を表現する第3のモデルとして、画像に基づくモデル (image-based models) をあげることができる (Tarr, 1995)。画像とはある時点での見え (view) をそのまま表現するもので、視覚的特徴やその関係をそのまま保持すると考えられている。対象全体の知覚は複数の画像を総合することによって推定されるもので、構造記述モデルと同様に最終的に対象の次元性や空間的關係が表現される。

2.3 対象知覚のモデル相互の関係

これまで見てきた対象知覚のモデル相互の関係を整理しながら、あらたな観点からそれらをとらえ直すための枠組みについて考察することにしよう。取りあげられてきた対象知覚のモデル群は、従来大きく2つに分けて整理されてきた。すなわち、ひとつはエントリー・レベルにおける対象知覚を扱うモデルで、相互に類似性の低い対象 (例えば、鳥と椅子) の弁別を問題とする。この場合、対象はさらに下位のレベル、すなわち部分に分割されて表現されている。もう一つのモデルは、類似性の高い対象 (例えば、顔) の弁別を問題とし、階層構造で表現されるネットワークの下位水準 (subordinate level) における対象の知覚を説明する。ここでは、対象はその階層のみで全体としての関係が表現され、全体としての特性が表現 (holistic representation) される (Farah, 1992; Humphreys & Riddoch, 1984)。

このような観点からのモデルの区分は、特に顔の知覚の他の対象の知覚に対する特殊性 (Farah, 1992; Kanwisher, 2000) に支えられている。しかし、顔の知覚の特殊性は、非常に類似性の高い対象間の弁別という課題の特性と、人間が通常顔の弁別における経験が豊富なため

に、ネットワークの下位水準、すなわち個別事例の水準へのアクセスがデフォルトになっているため、とも考えられる (Tarr & Vuong, 2002)。この場合、対象知覚は2つの異なるモデルではなく、課題の性質や観察者の経験を考慮した単一のモデルで説明される可能性が指摘できる。実際、顔以外の対象に対しても、経験の効果によって顔と同様の弁別が成立することを示す行動的データや生理的データも存在する (Gauthier, Tarr, Anderson, Skudlarski, & Gore, 1999)。

同様に、空間的關係や3次元性の表現という対象知覚の解決すべき問題についても、すでに低次の画像処理水準から高次の構造の水準まで異なるモデルが提案されていることを見てきたように、現時点においてはそれぞれの水準におけるモデルが並存している状況といえる。しかし、視覚システムの課題や経験に応じた処理の柔軟さに注目する立場から、単一のメカニズム、特に画像水準の処理の総合による知覚表現形成のモデルが提案されていること (Bülthoff & Edelman, 1992 ; Tarr, 1995 ; Hayward & Williams, 2000 ; Tarr & Vuong, 2002) は注目される。

結論：対象知覚と視覚的注意における知覚的水準

本稿は、対象にもとづく視覚的注意のメカニズムが、空間的關係が保持される知覚的群化の生じる水準における選択と、より高次の抽象的な表現の水準での選択の2つに区別されることを指摘した。近年の特徴統合理論の展開も、視覚的特徴の類似性と示差性にもとづく注意の働きを示唆しており、高次の知覚的水準における情報選択の役割を示している。

一方、対象知覚においても対象の次元性や空間的關係の知覚的表現に関して、その知覚的水準の差異により、エントリー・レベルの対象表現と顔などのより類似性の高い対象の弁別を行う際の対象表現が、階層的ネットワークの差異として位置づけられることが指摘された。すなわち、課題の認知的特性と観察者の経験を考慮に入れながら、対象知覚のモデルはこれまでの断片的な現象の説明の傾向から、より包括的なモデル化へとその可能性を広げつつあると言えるだろう。

引用文献

- Averbach, E., & Coriel, A. S. 1961, Short-term memory in vision. *Bell System Technical Journal*, 40, pp.309-328.
- Baylis, G.C., & Driver, J. 1992, Visual parsing and response competition : The effect of grouping factors. *Perception & Psychophysics*, 51, pp.145-162
- Biederman, I. 1987, Recognition-by-components : A theory of human image understanding, *Psychological Review*, 94 (2), pp.115-147.

- Bülthoff, H. H., & Edelman, S. 1992, Psychophysical support for a 2D view interpolation theory of object recognition, *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 89, pp.60-64.
- Cave, K.R., & Wolfe, J.M. 1990, Modeling the role of parallel processing in visual search. *Cognitive Psychology*, 22, pp.225-271.
- Edelman, S. 1993, Representing three-dimensional objects by sets of activities of receptive fields. *Biological Cybernetics*, 70, pp.37-45.
- Egley, R., Driver, J., & Rafal, R. 1994, Shifting visual attention between objects and locations : Evidence from normal and parietal lesion subjects. *Journal of Experimental Psychology : General*, 123, pp.161-177.
- Enns, J. T. & Rensink, R. A. 1990, Influence of scene-based properties on visual search. *Science*, 247, pp.721-723
- Eriksen, C. W. & Hoffman, J. E. 1972, Temporal & spatial characteristics of selective encoding from visual displays. *Perception & Psychophysics*, 12, pp.201-204.
- Farah, M. J. 1992, Is an object an object an object? Cognitive and neuropsychological investigation of domain-specificity in object recognition. *Current Directions of Psychological Science*, 1 (5), pp.164-169.
- Fox, E. 1995, Negative priming from ignored distractors in visual selection : A review. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2, pp.145-173.
- Gauthier, I., Tarr, M. J., Anderson, A. W., Skudlarski, P., & Gore, J. C. 1999, Activation of the middle fusiform "face area" increases with expertise in recognizing novel objects. *Nature Neuroscience*, 2 (6), pp.568-573.
- Hayward, W. G., & Williams, P. 2000, Viewpoint dependence and object discriminability. *Psychological Science*, 11 (1), pp.7-12.
- He, Z. J., & Nakayama, K. 1992, Surfaces vs. features in visual search. *Nature* 359 : pp.231-233,
- Hummel, J. E., & Biederman, I. 1992, Dynamic binding in a neural network for shape recognition. *Psychological Review*, 99, pp.480-517.
- Humphreys, G.W., & Riddoch, M.J. 1984, Routes to object constancy : Implications from neurological impairments of object constancy. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 36A, pp.385-415.
- Jolicoeur, P., Gluck, M. A., & Kosslyn, S. M. 1984, Pictures and names : Making the connection. *Cognitive Psychology*, 16, pp.243-275.
- Jonides, J. 1981, Voluntary versus automatic control over the mind's eye's movement. In J. Long & A. Baddeley (Eds.), *Attention and Performance*. IX, 187-203. Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum.
- Kahneman, D. 1973, *Attention and Effort*. New Jersey, Prentice Hall
- Kahneman, D. & Treisman, A. 1984, Changing views of attention and automaticity. In R. Parasuraman & D.R. Davies (Eds.) *Varieties of Attention*. London : Academic Press.
- Kanwisher, N. 2000, Domain specificity in face perception. *Nature*, 3, pp.759-763.
- Kramer, A.F., Weber, T. & Watson, S. 1997, Object-based attentional selection : Grouped-arrays or spatially-invariant representations? *Journal of Experimental Psychology : General*, 126, 3-13.
- Lee, D., & Chun, M. M. 2001, What are the units of visual short-term memory : Objects or spatial locations? *Perception & Psychophysics*, 63, pp.253-257.
- Lu, Z. & Doshier, B. A. 1998, External noise distinguishes attention mechanisms. *Vision Research*, 38, pp.1172-1198.
- Luck, S. J. & Vecera, S. P. 2002, Attention. In H. Pashler (Series Ed.) & S. Yantis (Volume Ed.), *Stevens' Handbook of Experimental Psychology : Vol. 1. Sensation and Perception* (3rd ed., pp. 235-286). New York :

- Wiley.
- Marr, D. 1982, *Vision*. San Francisco : Freeman. (乾, 安藤訳 (1987). 『ビジョン—視覚の計算理論と脳内表現—』, 東京 : 産業図書.)
- Marr, D., & Nishihara, H.K. 1978, Representation and recognition of three-dimensional shapes. *Proceedings of the Royal Society of London Series B*, 200, pp.269–294.
- Murphy, G. L., & Brownell, H. H. 1985, Category differentiation in object recognition : Typicality constraints on the basic category advantage. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 11, pp.70–84.
- Nakayama, K. and Silverman, G.H. 1986, Serial and parallel processing of visual feature conjunctions. *Nature* 320, pp. 264–265
- Palmer, J. 1994, Set-size effects in visual search : The effect of attention is independent of the stimulus for simple tasks. *Vision Research*, 34, pp.1703–1721.
- Palmer, J. 1998, Attentional effects in visual search : Relating search accuracy and search time. In R. Wright (Ed.), *Visual Attention*. New York : Oxford University Press.
- Palmer, S. 1999, *Vision Science : Photons to Phenomenology*. MIT Press.
- Perrett, D. I., Oram, M. W., & Ashbridge, E. 1998, Evidence accumulation in cell populations responsive to faces : An account of generalisation of recognition without mental transformations. *Cognition*, 67, pp.111–145.
- Posner, M. I. 1980, Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32 (1), pp.3–25.
- Raymond, J.E., Shapiro, K.L., & Arnell, K.M. 1992, Temporary suppression of visual processing in an RSVP task : An attentional blink? *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 18, pp.849–860.
- Riesenhuber, M., & Poggio, T. 1999, Hierarchical models of object recognition in cortex. *Nature Neuroscience* 2, pp.1019–1025.
- Rosch, E., C. Mervis, W. Gray, D. Johnson, and P. Boyes-Braem. 1976, Basic objects in natural categories. *Cognitive Psychology*, 8, pp.382–439.
- Tanaka, K. 1996, Inferotemporal cortex and object vision. *Annual Review of Neuroscience*, 19, pp.109–139.
- Tarr, M. J. 1995, Rotating objects to recognize them : A case study of the role of viewpoint dependency in the recognition of three-dimensional objects. *Psychonomic Bulletin and Review*, 2 (1), pp.55–82.
- Tarr, M. J., & Gauthier, I., 2000, FFA : A flexible fusiform area for subordinate-level visual processing automatized by expertise. *Nature Neuroscience*, 3 (8), pp.764–769.
- Tarr, M. J., & Vuong, Q. C. 2002, Visual Object Recognition. In H. Pashler (Series Ed.) and S. Yantis (Ed.), *Stevens' Handbook of Experimental Psychology : Vol. 1. Sensation and Perception* (3rd ed., Vol. 1, pp.287–314). New York, NY : John Wiley & Sons.
- Treisman, A. 1988, Features and objects : the Fourteenth Bartlett Memorial Lecture. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 40, pp.201–237.
- Treisman, A. & Gelade, G. 1980, A feature integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, pp.97–136.
- Treisman, A., & Sato, S. 1990, Conjunction search revisited. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 16, pp.459–478.
- Unuma, H., & Hasegawa, H. 2002, Spatio-temporal interpolation and perception of illusory contour. European Conference on Visual Perception, *Perception*, 31, p.73.

- Vecera, S. P. 1994, Grouped locations and object-based attention : comment on Egly, Driver, and Rafal (1994) *Journal of Experimental Psychology : General*, 123, pp.316-320.
- Vecera, S. P., and Farah, M. J. 1994, Does visual attention select objects or locations? *Journal of Experimental Psychology : General*, 123, pp.146-160.
- Yantis, S., & Jonides, J. 1990, Abrupt visual onsets and selective attention : Voluntary versus automatic allocation. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 16, pp.121-134.