

# 注意と認知

横澤 一彦

東京大学大学院人文社会系研究科

My research project explores the nature of visual attention and cognition. This processing level is also called high-level vision. Recent research in my lab is concerned with contour extraction, surface extraction, change detection, repetition detection, negative priming, objectness, attentional setting, and task switching. My labs mainly use behavioral methods, but we have begun to study brain imaging and simulation modeling. Here, some recent results are introduced and discussed.

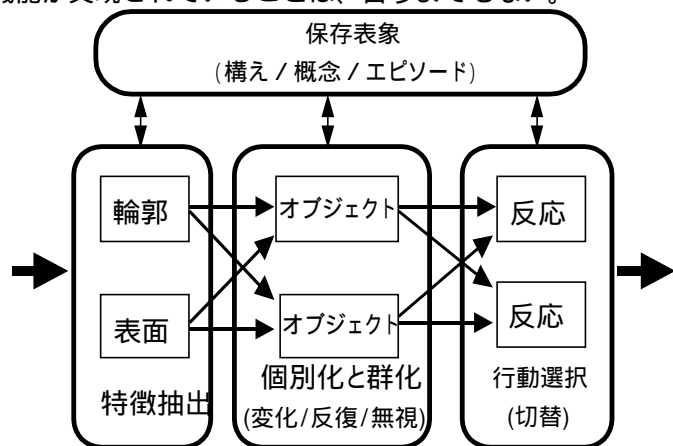
Keywords: high-level vision, attention, visual cognition, object.

## はじめに

我々は、視覚系の情報処理過程によって、視覚環境もしくは外的視覚世界についての豊富で詳細な情報を得ることができる。低次視覚で抽出される様々な属性、例えば、色、奥行き、運動、テクスチャなどの分析は、それぞれ単独でも階層的で相当複雑な過程である。更に、高次視覚では計算のゴールや特定オブジェクトの知識に依存するトップダウン的処理を含む。

「注意と認知」は視覚情報の選択と認知全般の領域を指しているが、特に視覚情報の選択機能に関する中心テーマは視覚的注意の問題であり、視覚情報の認知機能に関する中心テーマはオブジェクト認知の問題である(横澤, 1999, 2000)。従来の注意研究によれば、注意を向けたオブジェクトに対してオブジェクト・ファイルが生成されると考えられており、両者は密接な相互関係を有する。

ここでは、最近4年間我々のグループで取り組んできた「注意と認知」に関わる一連の研究を、輪郭、表面、変化、反復、無視、群化、構え、切替というキーワードをもとに整理し、それぞれの位置付けを明確にしたい。これらのキーワードは、想定される下図のような「注意と認知」に関わる処理プロセスの中におおまには位置付けられる。もちろん、処理プロセスの単純な切り分けが可能なわけではなく、相互に関係を持ちながら、高度な機能が実現されていることは、言うまでもない。



## 輪郭

我々は、様々な照明条件や観察角度で物体を観察する。物体認知の初期の処理段階においては、網膜に入力された物体の像から輪郭が抽出される。明るい照明条件のもとでは、物体の外側の輪郭だけではなく、内部の輪郭に至るまで詳細に輪郭情報を取り出すことができる。しかし、暗い照明条件下では、内部の詳細な情報を取り出すことは困難であり、シルエットとしての外側の輪郭情報だけで物体を認知しなければならない。物体の線画とシルエットを刺激として用いた場合の物体認知の成績を検討した研究によると、物体を斜めの角度から観察する場合には、シルエットの認知成績は、線画の認知成績とほぼ同等であると報告されている。ところが、物体を正面の角度から観察する場合には、シルエットの認知成績が線画に比べて著しく低下する。また、提示される物体が線画かシルエットかによらず、物体認知は、斜めの角度から観察する場合よりも正面から観察した場合の方が困難になる。

この主軸短縮効果が線画よりもシルエットの方が大きいという現象に着目し、内部輪郭が物体認知過程において果たす役割を検討した(Yokosawa & Mitsumatsu, 2002a; Mitsumatsu & Yokosawa, in press)。刺激は、単語の後に線画またはシルエットを提示した。線画またはシルエットの前に主軸の方向を手がかりとして与える矢印あり条件と、手がかりを与えない矢印なし条件の2条件があった。矢印あり条件では、線画またはシルエットの前に主軸の方向と一致する矢印が示された。課題は、単語と物体が一致するかどうかを判断する照合課題であった。実験の結果、矢印なし条件では、線画の主軸短縮効果に比べて、シルエットの主軸短縮効果が大きくなった。一方、矢印あり条件では、線画とシルエットの主軸短縮効果の大きさが等しくなった。この結果から、シルエットに不足している内部輪郭情報は、物体の主軸を抽出するための手がかりとなっていることが示唆された。尚、情景認知においても軸の抽出は重要である(Yokosawa & Mitsumatsu, 2002b)。

2本の曲線と2つのプローブを提示し、プローブが同じ曲線上か、あるいは別々の曲線上に提示されていたかを判断させるとき、2つのプローブ間の直線距離は等し

## 横澤

くても、同じ曲線上と判断するのに要した時間は、プロープ間の曲線に沿った距離にともなって増加する。曲線の上をなぞるように走査するプロセスが存在するためであり、“曲線追跡”と呼ばれている。この曲線追跡の三次元特性の検討を行い、曲線追跡処理を規定する要因に関して検討した(菅沼、横澤, 2000; Suganuma & Yokosawa, 2000, 2001; 菅沼、横澤、佐藤, 2001)。三次元的な刺激に対する曲線追跡と、二次元的な刺激に対する曲線追跡を比較し、線分内の奥行き変化に関しては、曲線追跡における処理コストが増大する一方、線分間の奥行きに関しては、線分内の奥行きとは逆に曲線追跡の促進を引き起こした。曲線追跡は視覚的注意と深く関与しているということから、曲線追跡をいわば「道具」として扱うことで、三次元空間における視覚的注意やオブジェクトベースの注意に関して、新たな知見をうることが期待される。

## 表面

視覚物体の認知においては、知覚的に入力された物理的な情報に基づいて、その物体について私たちがもっている知識の表象を活性化する処理過程が不可欠である。例えば、ビーグル犬の絵を見てそれが“ビーグル犬”であることを分かるためには、“ビーグル犬”という名称に関する知識の表象を活性化する必要がある。しかし、私たちは通常、ビーグル犬を見たときに、まさきにそれを“ビーグル犬”とは命名せず、単に“イヌ”と命名するであろう。この場合、イヌはビーグル犬に関する“基本語 (basic-level words)”ということになる。一方、私たちは、ブルドックの絵を見たときにはそれを“イヌ”とは命名せず、“ブルドック”と命名するかもしれない。この場合には、ブルドックが基本語になっていると考えられるわけである。

私たちが日常的に目にする視覚物体について持っている知識は、これら基本語レベルの知識以外にも異なるレベルのものが存在する。例えば、“イヌ”という基本語レベルの知識に加えて、“哺乳類”という上位概念レベルの知識や、“ビーグル犬”や“プードル”といった下位レベルの知識がある。このように、視覚物体に関する私たちの知識はさまざまであり、それらはある階層構造を持っていることが示唆されている。

上位概念共有効果 (superordinate similarity effect: SSE) は、この基本語優先仮説に修正をせまる現象である。2つの物体の線画が継時的に提示され、被験者には両者が基本語レベルで同じか否かの判断を求めた結果、2つの物体が上位概念を共有している場合には、共有しない場合に比べ、照合に要する時間が遅延する。この上位概念共有効果 (SSE) においては、基本語レベルで照合を行えばよいにもかかわらず、上位概念による影響が現れることから、基本語レベルの処理に並行して上位概念レベルの処理が生じていることが示唆されてお

り、ゆえに基本語優先仮説とは相容れない現象と考えられるのである。

さて、物体の認知においては、知覚的な情報に基づいて内的な知識の表象を活性化する処理過程が必要である。知覚的な情報と内的表象の処理過程の関係を巡っては、色・明るさ・テクスチャなどの表面特徴 (surface features) の情報が、物体の認知に影響を及ぼすのかどうかという問題が一つの論点となっている。しかしながら、前述の上位概念共有効果 (SSE) の知見から、基本語レベルの処理には上位概念レベルの処理が常に並行して行われていることが示唆されている。このような現状をふまえ、表面特徴の情報によって SSE が影響を受けるかどうかを調べることにした (Nagai & Yokosawa, 2001; 永井、横澤, in press)。実験1では画像と画像の検証課題、実験2では基本語と画像の検証課題において、線画・モノクロ写真・カラー写真の3条件を設け、検証までの反応時間と上位概念共有効果にこれら表面特徴による相違が見られるかどうかを調べた。このうち、上位概念共有効果に関しては、実験1・実験2ともに表面特徴による差を見出すことはできなかった。他方、全体的な反応時間に関しては、実験1では表面特徴による差は見られなかったが、実験2では差が認められた。即ち、実験2の肯定試行では線画・モノクロ写真・カラー写真の順に反応時間が短縮される促進の傾向が見られたのに対し、否定試行ではカラー写真の条件で反応時間が長くなるという抑制の傾向が現れた。ここで、上位概念共有効果は否定試行において観察される現象であり、否定試行では表面特徴の影響が反映されにくいと考えられることから、実験3では肯定試行において上位概念の効果を測定するパラダイムを導入し、表面特徴によって差が見られるかどうかを調べた。その結果、実験2と同様に、反応時間に関しては表面特徴による促進傾向が認められたが、上位概念の効果に関しては表面特徴による影響を見出すことはできなかった。

## 変化

我々が生活する環境では、日中から夜間まで環境光が大きく変化する。ここでは、視覚刺激が提示される環境光のレベル (背景輝度) を実験変数として、注意が視覚探索のパフォーマンスに及ぼす効果を調べた。先行手がかりを伴う視覚探索課題で用い、背景輝度変化の影響を調べた (Takei, Takeuchi, & Yokosawa, 2002)。背景輝度の変化による最も顕著な視覚特性変化の一つに、時間応答特性の変化がある。注意の時間特性を推定するために、Speed - Accuracy Tradeoff (SAT) 課題を用いた実験の結果、背景輝度は視覚探索のパフォーマンスに大きな影響を及ぼすことがわかった。背景輝度の低下に伴い、視覚探索における正答率の低下や、SAT 関数から推定される時間特性における遅延が顕著であった。これらの結果は、背景輝度の低下に伴う初期視覚系の時空間特性の変化から予測できるものである。しかし

ながら、先行手がかりによる注意の効果は背景輝度の変化とほぼ独立であり、さまざまな観察条件下(背景輝度、刺激の提示される網膜位置、刺激のコントラスト)で大きな差異がなかった。注意は、背景輝度の変化とはほぼ独立にその効果を及ぼすことがわかった。さらに、(初期視覚系の時間特性を大きく変化させる)背景輝度の変化に関わらず、注意の時間特性はほぼ不変であることがわかった。注意の効果は、刺激が提示されてから0.1秒から0.4秒の間に増加、そして減少を示し、ある定常状態へ落ち着いていくことを見出した。注意の効果がピークを示す時間帯は、背景輝度の効果に関わらずほぼ一定であった。これらの実験結果は、注意が高次視覚過程で機能しており、独自の時間応答特性を持つものであることを示唆している。すなわち、入力された輝度情報が初期視覚系においてコントラスト情報に変換され(背景輝度情報はこの時点で捨てられる)、そして、高次視覚系に送られた時点で視覚的注意が機能するという仮説を支持している。

我々は、様々な視点から物体を観察し、更に身体運動に伴い、物体の見えが変化する。見えの変化に伴う認知的コストは、“視点依存効果”と呼ばれている。これまでに、ヘッドマウントディスプレイを使用することにより、運動物体を頭部回転によって随従する状況を設定し、物体認知が視点依存かどうかを検討した(Mitsumatsu & Yokosawa, 2001)。ヘッドマウントディスプレイは、頭部に装着するモニタ装置なので、頭部の向きに関わらず刺激を観察することを可能にする。刺激として、ジオンと日常物体の両方を用いて検討した。実験状況として、仮想空間内において、運動物体が、被験者の前を水平方向に通過した。課題は、第1刺激と第2刺激が同じ物体であったかどうかを判断することで、反応時間が測定された。結果は、観察方向固定条件では、視点依存効果が見られたが、観察方向変化条件では見られなかった。運動物体を頭部回転によって随従する場合に、物体認知が視点に非依存であることが示唆された。また、第1刺激を静止刺激として提示した実験も行った。結果は、観察方向固定条件と観察方向変化条件の両方において、視点依存効果が見られた。したがって、視点依存効果を消失させるためには、観察方向の変化だけでは不十分で、運動物体を随従することが必要であることが示唆された。

視覚的短期記憶は変化検出課題を用いて調べられており、変化検出ができないときでも視覚的短期記憶の表象が保持されているということを示唆している。しかしこれは表象を変化検出の可否によって評価している従来の視覚的短期記憶の研究と食い違う。そこで、プローブ法を用いて、変化検出課題における画像間に保持されている表象の性質を調べた(Ozeki & Yokosawa, 1999; 尾関、横澤, in press)。2つの画像の間のブランクの長さとして位置手がかりを操作する3つの実験により、比較刺激が呈示される前には通常の変化検出課題によって推定されるよりも多くの視覚的短期記憶が保持されており、それは時間とともに減衰すること、そして比較刺激に対

して表象が形成されると保持されていた表象の利用可能性が低下することが示唆された。本研究で示された性質が先行研究では見過ごされてきた原因は、視覚的短期記憶は変化検出課題において変化検出できなければその時点で保持されていないという暗黙の了解に基づいて議論されてきたことにある。変化検出課題は一種の再認法であり、確かに再生法に比べて感度の高い手法である。しかしそれ以上に感度の高い手法を用いた場合には、変化検出課題で捉えきれない視覚的短期記憶の性質を見いだせるという可能性が考慮されなかった。また変化検出課題は一般的に、画像が見えていたという感覚があるにもかかわらず、変化検出は困難である。比較刺激が呈示される前まではテスト刺激に対して形成された表象は利用可能であり、見えているという感覚がもたらされるが、比較刺激に対して形成された表象に処理資源が奪われてしまい、保持されていた表象の利用可能性が低下するために、変化検出ができなくなると考える。このような視覚的短期記憶の性質は、これまでの一定の保持容量や持続時間に基づくモデルでは説明が困難であり、注意を交えたよりダイナミックなモデルを考慮する必要がある。

変化検出に関して、オブジェクトから情景へと対象を変えて、検討を進めた(Mitsumatsu & Yokosawa, 2000; Yokosawa & Mitsumatsu, in press)。同定されたオブジェクトが短期記憶に送られる過程において、場面の文脈が影響するかどうかを検討した。情景の文脈は、オブジェクトの同定には影響を与えないとしても、同定されたオブジェクトが短期記憶に送られ、認知的操作の対象になる過程に対しては影響を与える可能性がある。この可能性を検証するために、変化の見落としという現象を用いた。変化の見落としは反復提示しても変化検出できない現象であり、情景刺激を用いて、注意や記憶の働きを検討することができる。ここでは、情景を構成する個々のオブジェクトが有意味なつながりを持つ場合に、変化の検出が促進されるかどうかを調べた結果、情景の文脈が成立することで、変化の検出が促進されることが示唆された。文脈の効果は、オブジェクトの知覚の段階でなく、知覚されたオブジェクトを短期記憶で保持する段階で生じる可能性が示唆された。

## 反復

RSVP (Rapid Serial Visual Presentation)法を用い、4文字のアルファベットを同じ順序で一文字ずつ、提示速度を高速から低速へ変化させながら繰り返し提示した場合、1度だけ提示した場合に比べて提示順序を正しく答えられない順序錯誤が数多く生起する。このMOD (Midstream Order Deficit)と呼ばれる現象を調べた(Yokosawa, 1999; Yokosawa & Chiba, 2001)。すなわち、MODは繰り返ししたオブジェクト系列が正しく答えることができない現象であり、順序の知覚における繰り返しの負の効果という直感に反した効果を示している。視覚刺激を提示した場合にも、順序の符号

化の段階で音韻情報に変換されている可能性がある。そこで、これまでに視覚処理と音韻処理との関連について検討を行なった。実験の結果、視覚情報の利用を促すと同時に、音韻情報の利用を制限した場合にはMODが生起せず、逆に視覚情報の利用を制限すると同時に、音韻情報の利用を促した場合には有意なMODが生起したことから、順序の符号化の段階で音韻処理が積極的に利用される場合にMODが生起することが示唆された。MODは順序の符号化の際に生起速度の遅い音韻処理を用いることによって頑強に生じたと説明することができる。更に、4文字の提示位置を空間的に離し、直前および直後の刺激と提示位置が繰り返さない場合にもMODが見られるかどうか検討を試みた。2つの繰り返しの意味を考慮して位置変化の要因を設定した。その結果、位置変化条件に比べて位置固定条件において生起したMODの大きさに違いが見られた。すなわち、各文字が固有の位置を持つ場合、繰り返しの促進効果があったことを示している。提示位置の反復に関わらず有意なMODの生起が認められたが、位置変化の要因によって生起するMODの大きさが変化したことから、提示順序の知覚には視覚的情報も影響することが示された。

更に、反復提示に関して、文字系列から文字へと対象を変えて、検討を進めた(Chiba & Yokosawa, 2001, 2002)。反復の見落としとは、時間的に近接して提示された同一の刺激は一つしか提示されなかったように知覚されやすいという現象である。二度目の出現を検出できないのではなく、一度目の出現と別の事象として区別できないために生じる現象と考えられている。4文字を継時提示するとき文字種の反復と位置の反復を独立に操作した実験を行い、提示された全ての文字を報告させた。反復ラグに関わらず位置の反復の見落としが生起しないのかどうか検討し、文字種および位置の反復における効果を調べた結果、文字種の反復の見落としの頑健性が確認された。また、文字報告課題においても反復ラグの不確実性によって位置の反復の見落としが生起することが示された。

報告特徴でなくとも位置情報は文字種反復の見落としに影響する。しかしながら、“位置”の反復というよりもむしろオブジェクト内の反復によって反復の見落としが生起した可能性があった。そこで、ここでは位置反復とオブジェクト内反復を分離した状況で反復の見落としの生起を検討した。仮想正方形の各頂点に配置した4つの#を注視点の回りに回転運動させた。#の一つを文字に置き換えることで文字提示を行い、提示された全ての文字の報告を求めた結果、位置反復条件、オブジェクト内反復条件、およびそれらの反復がない統制条件という全ての提示形式において文字種反復の見落としが認められた。また、位置反復の見落としやオブジェクト内反復の見落としは生起しなかったが、位置反復条件およびオブジェクト内反復条件では統制条件に比べてより大きな文字種反復の見落としが認められた。このことは、位置反復の効果が文字種反復と独立ではないことを示唆して

いる。しかし、位置反復の見落としの生起は一貫してはいなかった。高速連続提示においても位置の符号化は行われるが、位置反復の効果は文字種反復に依存することを示していると解釈できる。いずれにしても、ここで考案したパラダイムは、刺激配置や回転角などの自由度が高く、反復の見落とし研究において十分に利用可能であることが示された。

## 無視

反復提示に関して、注意から無視へとアプローチも検討した。“負のプライミング”という、無視された先行刺激の影響によって後続刺激の処理が抑制される現象、すなわち同じオブジェクトの反復による抑制現象を取り上げた(永井、横澤, 2000, 2001a, 2001b; Nagai & Yokosawa, 2000, 2002, in press; 永井、横澤、高野, 2000)。先行する試行(プライム)でディストラクターとして無視した刺激を、後続の試行(プローブ)でターゲットとして選択しようとする場合に、反応時間が遅延するという現象である。もし、ディストラクターに対する抑制が、ターゲットの選択を効率化するための合目的な処理であるならば、ディストラクターによる“干渉”が大きいほど、抑制の効果も大きいことが予想される。実験の結果、ディストラクターに対する抑制処理が、その干渉を防止し、ターゲットの選択を効率化するための機能であることが示唆された。それゆえ、負のプライミングが人間の合目的な情報処理を反映しているという基本的立場は妥当であると結論した。

一方、負のプライミングの生起メカニズムを巡っては、無視されたディストラクターの処理効率が一時的に低下するというメカニズムを想定した“選択的抑制説”と、無視されたときに形成されたディストラクターの表象の想起メカニズムを想定した“エピソード想起説”の間で、論争が展開されてきている。特に、刺激の親近性の問題を巡っては、先行研究の間に明らかな結果の食い違いがみられている。実験の結果、先行研究の互いに相反する知見がいずれも再現可能であることが明らかになった。このことから、負のプライミングは、内的表象の抑制・入力表象の想起という二つのメカニズムによって生じうるという可能性が推察された。

視野闘争も同時に提示された複数の刺激の選択現象である。右眼それぞれに方位の異なる2種類の縞をフリッカー提示した上で、一定間隔で左右入れ替える研究から、視野闘争現象は左右眼の競合ではなく刺激の競合であると考えられている。これまでに、図形付加による視野闘争の変化を調べるため、2種類の縞刺激に加え円形を同時提示し、見えの変化を測定した(Ohtani, Yokosawa, Suganuma, & Hasegawa, 2001)。実験の結果、円環を一方の縞に随伴提示した場合には、その縞の傾き知覚の割合が高くなった。すなわち、縞の知覚は、円環の知覚とは独立しているが、図形を同時提示することにより、随伴図形がある縞の知覚が優勢となった。

## 群化

視覚的注意の研究において、しばしば“オブジェクト”という概念が用いられる。通常、オブジェクトとは輪郭線で囲まれた領域や、背景に対して輝度や色などの特徴によって分離される領域を視覚系の処理単位として指して用いられている。空間的距離によらず、このようなオブジェクトに対する処理を促進する注意機能としてオブジェクトベースの注意 (Object based attention) の研究が行われてきた。

しかし、これらの研究はいずれも一つのオブジェクトが一つの空間を占有する、もしくはそこに固定されているという点で共通であり、真の意味で“空間に依存しない”オブジェクトの検証はあまり行われていない。この問題を解決する方法として、提示されるオブジェクトを移動させ、それを追跡・追従させるという実験課題を用いた検討が行われている。複数のオブジェクトに対する追跡のパフォーマンスを検証する実験課題が複数オブジェクト追跡 (Multiple Object Tracking: MOT) 課題とよばれる。複数 (通常 8 から 10) の提示オブジェクト (以下、アイテムと呼称) を提示し、その中から標的となるアイテム (通常 4、5 アイテム) を指定する。標的指定後、提示されている全アイテムが観察者に予測不可能な不規則運動を行う。通常 4 アイテム程度までは追従が可能であるといわれている。MOT 課題は、課題の遂行自体が困難であり、高度に視覚的注意に依存した課題であると考えられている。MOT 課題において提示されるアイテムを二つずつ組にした状況下 (Item Merging ; アイテム連結) で、2 ないし 1 アイテムの追跡しかできない。

アイテム連結を伴う MOT 課題に関して、ここでは、二次元的な刺激提示による MOT 課題を通して検証を行った (Suganuma & Yokosawa, 2002a, 2002b)。二次元的刺激と比較した実験の結果、線分の奥行き情報が明確であり、線分の奥行き形状の復元が容易である場合にはアイテム連結による成績の低下が軽減された。特に、異なる奥行きに存在するアイテムどうしを連結した場合に正答率が上昇したことから、アイテム間に存在する奥行きの違いによって、個々のアイテムの独立性を保持できたのではないかと考えられる。奥行き情報の寄与がみられたことから、奥行き情報は視覚的注意を対象に向ける際に有効な手がかりとなっていることが示唆された。アイテム連結における剛体性に関しては、線分の剛体性が知覚されやすい状況下での正答率の上昇がみられた。これは、奥行き情報と同様に線分の各端点の独立性を保持する上で線分の剛体性が有効に機能したためであると考えられる。

これからの結果を踏まえて、アイテム連結によるオブジェクト性の操作という点での検討から、オブジェクトの定義そのものに関わる研究に展開する必要性が生じている。

## 構え

単一の特徴次元において妨害刺激と顕著に異なる属性を持つ標的が、即時に検出できるポップアウト現象は、前注意的過程、すなわち低次視覚に基づく現象としてとらえられてきた。したがって、標的の属性に関する事前知識はポップアウト検出には影響せず、逐次探索においてのみ有効であると考えられてきた。ところが、もし標的定義次元が実験前に知られているならば、ポップアウトでも検出時間が短縮する。これは、事前知識によって、特定の次元が重み付けられるトップダウンの処理過程に基づく説明され、次元加重説と呼ばれる。ここでは、特徴探索課題において、探索刺激の提示に先行して標的定義次元 (色または線分方向) を知らせる音手がかりを与え、音手がかりの有効性や先行時間を操作することによって、探索促進の時間特性などを明らかにした

(Yokosawa & Kumada, 2000a, 2000b, in press)。実験の結果、探索促進の効果は手がかりの先行時間の増加によって大きくなった。少なくとも 2.5 秒以上前に手がかりが与えられなければ、十分な探索促進効果が得られなかった。これは、次元加重の比較的遅い時間特性を反映している。また、音手がかりが不確かなときには、探索促進は生じなかった。したがって、単に音の有無による単純な促進効果ではない。ここで得られた促進効果は、従来数多く検討されてきた空間的な注意ではなく、視覚属性に対する注意である。しかも、促進効果を生み出すまでにゆっくりとした時間特性を持っている。そこで、促進効果が得られたときの脳活動を特に前頭葉の活動に注目して fMRI で計測した。促進効果が得られる条件では、角回および右前頭葉の 6 野、4 6 野などの領野の活動が顕著であった。

初期段階の注意と考えられている位置、特徴、オブジェクトへの注意を、心理物理実験と fMRI 実験を組み合わせ総論的に検討した (横澤、武田、熊田, 2002; Takeda, Yokosawa, & Kumada, 2002)。心理物理実験の結果、全注意条件で、統制条件と比較してパフォーマンスが向上し、各注意のトップダウン的制御は可能であることが明らかになった。被験者が観察していた刺激は条件間での変化がほとんどなく、刺激の物理的特性の変化というボトムアップ制御により処理が促進されたと考えることは困難であり、各要因に注意を向けるというトップダウン制御により、注意が制御可能であることを示している。fMRI による検討では、頭頂葉での活動が認められた部位に、下頭頂小葉 (inferior parietal lobe) がある。この部位は位置条件で有意な活動の増強が認められた。各要因が空間的な線分の配置により定義されていることから、時空間的な相互作用が生じたとも考えられる。また、中側頭回 (middle temporal gyrus) も位置条件に特有の活動であり、中側頭回は位置ベースの注意に関連する部位と考えられる。オブジェクト条件に関しては、前頭葉の中側頭回 (middle frontal gyrus) での活動が認められた。8 野が活動していたが、

この部位は作動記憶（中央実行機能）に関わる課題でも活動が認められており、オブジェクトベースの注意に関しては、作動記憶のメカニズムが関与しているとも考えられる。特徴条件では、下側頭回(inferior temporal gyrus)、上側頭回(superior temporal gyrus)など、側頭葉に大きな活動が認められた。この結果は特徴に対する注意が腹側経路での処理に関わっていることを示していると考えられる。このように、位置、特徴、オブジェクトそれぞれの注意によって、異なる脳部位が活動することが示された。これらの部位は、関連した先行研究で得られた結果と対応しており、3種類の注意機能は、脳の異なる部位の活動によって発現することが示唆された。注意の認知神経科学的研究において、心理学的に確立されたモデルに基づいて実験を計画し、同一の実験パラダイムを用いて被験者内での条件間比較を行った研究の意義は大きいと考えられる。今後は、本研究で得られた活動部位がそれぞれの注意機能の発現にどのように関与しているのかを、さらに検討する必要がある。

## 切替

我々は絶えずある認知操作から別の認知操作に高速に遂行課題を切り替えている。しかし、実験室における実験環境においては、通常、被験者は遂行課題の切り替えを求められず、ある1つの課題を継続するように求められる。このような生活環境と実験環境のギャップを埋める「課題切り替え」研究の重要性が高い注目を集めている。課題切り替えにおける遂行つまり反応処理過程を検討するため、視覚刺激に対して数回の反応を課すことによって、反応したという経験的情報と既に経験した反応を切り替えるときの処理負担について検討した(Hibi & Yokosawa, 2002a, 2002b, 2002c)。同じ反応を繰り返す反応反復では促進効果を、複数の異なる課題に切り替える課題切り替えでは抑制効果を検討することが可能である。

ここでは、課題切り替えにおける反応処理過程を取り上げ、反応が単なる出力結果ではなく、刺激と同様の反応表象を有する可能性を検討した。反応表象の検討を行うため、被験者に連続する2つの課題に対して選択GO/NO-GO反応を求め、刺激表象や刺激に対する予測とは独立した反応表象やその予測を操作した。その結果、先行課題における反応の有無や反応の数が後続課題への反応を遅延させた。これは、先行課題での反応表象が、後続課題の視覚刺激の認知に影響したと考えられる。さらに、この反応表象の抑制効果には、反応実行を伴う効果と実際の実行を伴わない効果があることが示唆された。この結果は、刺激と反応の結合により課題構成が形成される過去の知見から、課題切り替えにおいて、刺激だけでなく反応を検討する必要性を示唆する。

## おわりに

様々な心理現象を取り上げ、「注意と認知」のメカニズムを明らかにすることを目指した最近の研究を取り上げた。視覚というモダリティにこだわりながらも、関連する高次機能や行動まで視野に入れた研究の重要性に言及した。低次視覚のメカニズムさえ複雑で未解明な部分が多いことは事実であるが、「注意と認知」という高次視覚の解明が待たれている。それは、脳の多くの領野に関わる視覚情報処理のゴールを見定めることになるからであろう。今後、この分野の研究が益々盛んになっていくと予想される。

fMRIなどの脳機能測定装置の普及により、基礎心理学研究の将来は大きな変革をとげることは間違いなく、その意味で現在は過渡期にあると考えられる。脳機能計測ばかりではなく、更に別のアプローチも必要であろう。たとえば、視覚的注意に関する様々な心理現象が知られているが、それぞれ異なる心理実験パラダイムを用い、時間特性も異なるので、個別の説明理論が展開されている。しかし、パラダイムの違いに関わらず、同一のモデルにより各現象をシミュレーションで再現するようなモデル研究も必要であると考えている(Kawahara & Yokosawa, 2001; Sakamoto & Yokosawa, 2002)。更に、脳機能計測のような先端的測定装置ばかりではなく、心理実験そのものの環境も、IT環境の変化とともに徐々に変わりつつある(松崎、繁樹、伊藤、横澤, 2001; Matsuzaki, Shigemasa, Ito, & Yokosawa, in press)。このような点にも無関心ではいけないと考えている。欧米で急速に進んでいるように、心理学者を中心に、脳科学や人工知能の専門家を加えた研究プロジェクトの必要性が増してくると考えられる。

## 謝辞

ここで紹介した研究は、何も無い広い空間だけの実験室でスタートしてから約4年の間に行われた。研究成果のすべては、引用文献に挙げたように20名近くの共同研究者と20名以上の卒論生(すなわち、東京大学文学部/大学院人文社会系研究科心理学研究室高次視覚研究グループ、通称横澤組)の協力の賜物であり、皆さんの努力に敬意を表すると共に、深く感謝したい。

これらの研究を遂行するにあたり、科学研究費補助金(基盤研究(C)(2) 課題番号14510092 2002-2003年度; 特定領域研究(C)(2) 課題番号13224021 2001年度; 基盤研究(B)(1) 課題番号12551001 2000-2001年度; 萌芽的研究 課題番号12871012 2000-2001年度; 基盤研究(B)(2) 課題番号11410024 1999-2000年度)と、NTTコミュニケーション科学基礎研究所委託研究費を受けたことを明記したい。

**引用文献 (99年以降の誌上発表と国際会議発表)**

- Chiba, Y. & Yokosawa, K. (2001). The effect of temporal lag for repetition in location and letter identity. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 42, 4, S865.
- Chiba, Y. & Yokosawa, K. (2002). Repetition of location and object cause larger repetition blindness for letter. *Journal of Vision*, 2, 7, 457.
- Hibi, Y. & Yokosawa, K. (2002a). The effect of response representation in a task switch. *基礎心理学研究*, 21, 1, 57-58.
- Hibi, Y. & Yokosawa, K. (2002b). Response mapping in a task switch. *Journal of Vision*, 2, 7, 450.
- Hibi, Y. & Yokosawa, K. (2002c). Distractor inhibition for selection in task switching. *Technical Report on Attention and Cognition*, 1, 15.
- Kawahara, J. & Yokosawa, K. (2001). Preattentive perception of multiple illusory line motion: A formal model of parallel independent-detection in visual search. *Journal of General Psychology*, 128, 4, 357-383.
- 松崎、繁樹、伊藤、横澤 (2001). インターネットを利用した心理実験環境の提案. *日本教育工学会論文誌*, 24, 4, 217-226.
- Matsuzaki, N., Shigemasu, H., Ito, N., & Yokosawa, K. (in press). Environment for Psychological Experiments on the Internet. *Educational Technology Research*.
- Mitsumatsu, H. & Yokosawa, K. (2000). Effect of background presence and display set size in change detection. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 41, 4, S420.
- Mitsumatsu, H. & Yokosawa, K. (2001). View dependent effect in head rotation. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 42, 4, S868.
- Mitsumatsu, H. & Yokosawa, K. (2002). How does the internal detail of the object contribute to recognition? *Perception*. 31, 11, 1289-1298
- 永井、横澤 (2000). 負のプライミングにおける刺激の回転の影響：文字同定課題を用いた検討. *基礎心理学研究*, 19, 1, 35-36.
- Nagai, J. & Yokosawa, K. (2000). On the relationship between negative priming and stimulus familiarity. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 41, 4, S41.
- 永井、横澤 (2001a). 負のプライミング・現象の合目的性と生起メカニズム. *心理学評論*, 44, 3, 289-306.
- 永井、横澤 (2001b). ディストラクターの干渉は回転文字によって生ずるか・負のプライミングとの関係の検討. *基礎心理学研究*, 20, 1, 31-32.
- Nagai, J. & Yokosawa, K. (2001). Surface features do not affect the superordinate similarity effect in object verification. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 42, 4, S867.
- Nagai, J. & Yokosawa, K. (2002). Interference by rotated distractors depends on target rotation. *Perception*, 31 Supplement, 79-80.
- 永井、横澤 (in press). 視覚物体認知における上位概念と表面特徴の影響. *認知科学*.
- Nagai, J. & Yokosawa, K. (in press). Negative priming and stimulus familiarity: What causes opposite results? *Memory & Cognition*.
- 永井、横澤、高野 (2000). 負のプライミングは回転文字によって生ずるか. *心理学研究*, 71, 5, 395-402.
- Ohtani, T., Yokosawa, K., Suganuma, M., & Hasegawa, T. (2001). Effects of eccentricity and figure-inside on binocular rivalry. *Perception*, 30 Supplement, 76-77.
- Ozeki, M. & Yokosawa, K. (1999). What cause change blindness? *Third Annual Vision Research Conference Abstract Book*, 62, 167.
- 尾関、横澤 (in press). 変化検出課題における視覚的短期記憶の性質. *心理学研究*.
- Sakamoto K. & Yokosawa, K. (2002). A network model for the inhibitory phenomena of post-attentive vision. *Perception*, 31 Supplement, 77.
- 菅沼、横澤 (2000). 奥行き方向の視覚走査に関する基礎的検討. *基礎心理学研究*, 19, 1, 43-44.
- Suganuma, M. & Yokosawa, K. (2000). Effect of depth on 3-D curve tracing. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 41, 4, S235.
- Suganuma, M. & Yokosawa, K. (2001). What regulates curve tracing? *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 42, 4, S612.
- Suganuma, M. & Yokosawa, K. (2002a). Visual object in three-dimensional space. *Journal of Vision*, 2, 7, 238.
- Suganuma, M. & Yokosawa, K. (2002b). Effect of depth on item merging MOT. *Technical Report on Attention and Cognition*, 1, 11.
- 菅沼、横澤、佐藤 (2001). 3次元の曲線追跡に関する検討. *心理学研究*, 72, 5, 387-396.
- Takeda, Y., Yokosawa, K., & Kumada, T. (2002). Feature-, object-, and location-based visual attention: An fMRI study. *8th International Conference on Functional Mapping of the Human Brain*, 20124.

- Takei, S., Takeuchi, T., & Yokosawa, K. (2002). Signal enhancement by covert attention in visual search. *Proceeding of the Second Asian Conference on Vision*, 67.
- 横澤 (1999). 高次視覚の認知心理学と脳機能計測. *認知神経科学*, 1, 2, 152-156.
- Yokosawa, K. (1999). Confusion of relative order in cycling character sequence presentation, *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 40, 4, S47.
- 横澤 (2000). 注意の認知心理学. *心理学ワールド*, 10, 5-8.
- Yokosawa, K. & Chiba, Y. (2001). Robust midstream order deficit requires change of locations. *Journal of Vision*, 1, 3, 219.
- Yokosawa, K. & Kumada, T. (2000a). Voluntary control of attentional setting for singleton-target detection. *Fourth Annual Vision Research Conference Abstract Book*, PS5-5, 141.
- Yokosawa, K. & Kumada, T. (2000b). Voluntary control of attentional setting. *The 26th SEIRIKEN International Symposium "Neural Mechanisms of Visual Perception and Cognition"*.
- Yokosawa, K. & Kumada, T. (in press). Voluntary Aspects of Attentional Control Setting for Detecting A Feature-Defined Target. *Japanese Psychological Research*.
- Yokosawa, K. & Mitsumatsu, H. (2002a). The role of the internal detail of the object in recognition, *Journal of Vision*, 2, 7, 673.
- Yokosawa, K. & Mitsumatsu, H. (2002b). Availability of intrinsic axis affects view-dependency in spatial reasoning, *Perception*, 31 Supplement, 115.
- Yokosawa, K. & Mitsumatsu, H. (in press). Does disruption of a scene impair change detection? *Journal of Vision*.
- 横澤、武田、熊田 (2002). 位置、特徴、オブジェクトへのトップダウン的注意とその脳活動. *認知神経科学*, 3, 3, 198-203.