2 章 視野闘争

2.1 視野闘争研究 50 年のレビュー (Brascamp & Klink)

Brascamp & Klink (2015)は、Levelt(1965)の視野闘争研究をまとめたモノグラフの発表からちょうど 50 年を経過したので、Levelt のまとめた研究を中心にそれ以降今日までの研究を踏まえて視野闘争研究をレビューした。Levelt はそのモノグラフの中で視野闘争での初見時の片眼刺激優位度、平均片眼優位持続時間、視野闘争反転頻度に関わる刺激要因の特性を次のような４つの命題にまとめて提示した。

命題Ⅰ：片眼の刺激強度の増大はその眼に入力された刺激の知覚優位性を増大する。

命題Ⅱ：片眼の刺激強度の増大はその眼の平均優位持続時間に影響せずに、他眼の平均優位持続時間を縮小する。

命題Ⅲ：片眼の刺激強度の増大は視野闘争反転頻度を増大する。

命題Ⅳ：両眼への入力刺激を等強度に維持したままでの両眼の刺激強度の増大は視野闘争反転頻度を増大する。

これらの命題の提唱以来、この分野で多くの研究が蓄積された。刺激強度は、従来、刺激密度、輝度コントラスト輪郭のボケで操作されたが、現在ではカラーコントラスト、刺激の運動、空間周波数パターンが用いられ、また２つの刺激要素を独立に操作されてもいる。そこで Brascamp らは、先の４つの命題を新しい研究成果を踏まえて次のように書き換えた。

命題Ⅰ：片眼の刺激強度の増大はその眼に入力された刺激の知覚優位性を増大する。

命題Ⅱ：両眼間の刺激強度の差の増大はより強度の高い方の眼の平均優位持続時間を増大する。

命題Ⅲ：両眼間の刺激強度の差の増大は視野闘争反転頻度を縮減する。

命題Ⅳ：両眼への入力刺激を等強度に維持したままでの両眼の刺激強度の増大は視野闘争反転頻度を漸進的に増大するが、しかしこの効果は刺激の強度をきわめて小さくしその閾値近辺をとった場合には逆に反転頻度が増大に転じる。

最近の研究成果を踏まえて書き直された命題ⅡからⅣの発展を図示したものが図 2. 1 である。図のA（1965 年当時の命題Ⅱ）には、もし左眼の刺激強度が右眼の刺激強度と互

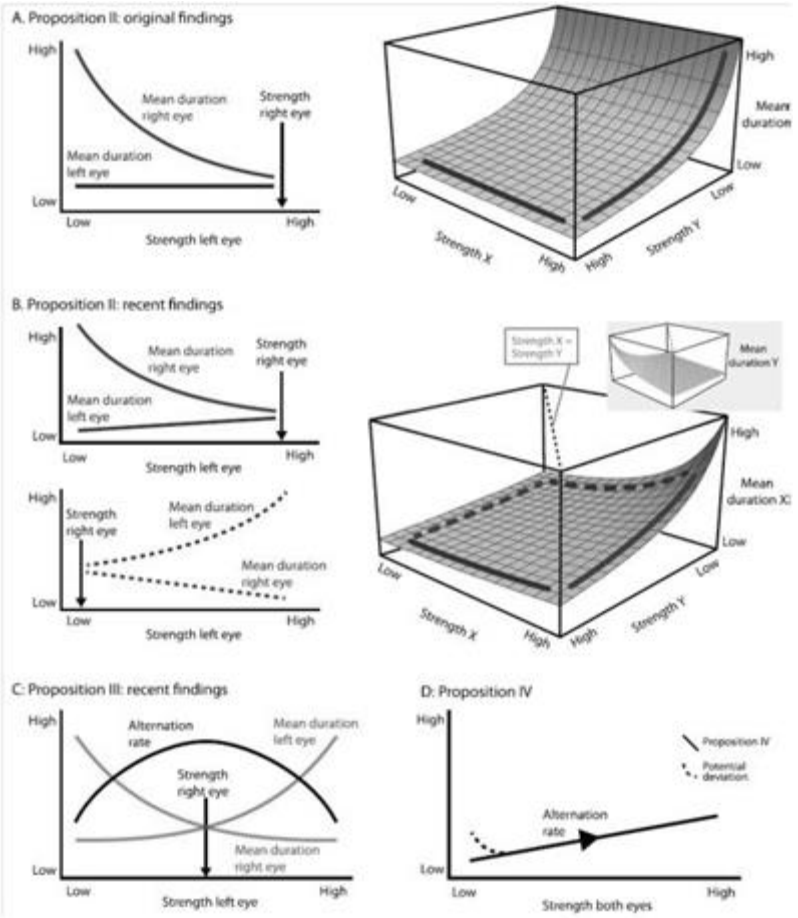

図 2.1 最近の研究成果を踏まえて命題ⅡからⅣの発展を図示したもの。A：1965 年の命題Ⅱ、B：命題Ⅱで最近の研究成果による改変、C：命題Ⅲで最近の研究成果による改変、D：命題Ⅳ（Brascamp et al.2015）。

いに等しい所から低減すると、左眼ではなく右眼の平均優位持続時間）に影響（左図）することが示されている。この結果を一般化したものがその右図で、刺激強度Ｘと刺激強度Ｙに対するＸ刺激の平均優位持続時間の変化（刺激－強度－空間）である。図のＢ（命題Ⅱで最近の研究成果による改変）には、両眼の刺激強度が弱い地点から左眼の刺激強度を増大すると左眼の平均優位持続時間を大きく増大することが示されている。このとき右眼の平均優位持続時間はほとんど変わらない(左図)。この結果を一般化したものが右図で、刺激強度ＸとＹに対するＸの平均優位持続時間の変化である(上端の小グラフはＹの平均優位持続時間の変化)。また、点線で表示されたグラフはＸとＹ刺激がともに強い場合を示す。図のＣ（命題Ⅲで最近の研究成果による改変）には、左右眼の刺激強度と視野闘争反転頻度との関係を示し、左右眼の刺激強度の差が大きいと視野闘争反転頻度が小さくなり、逆にその差が等しいと反転頻度は高くなることが示されている。図のＤ（命題Ⅳ）には、両眼の刺激強度が強くなると反転頻度が増大することを示す。しかし、コンピュータモデルによれば両眼間の刺激強度がきわめて小さい場合には反転頻度が増大（点線部分）に転じることが予測されている。　最近の研究成果を踏まえた命題の改変は、視野闘争現象ばかりでなく図地反転現象のようなバイステイブルな知覚現象(bistable perception、複数の視え方の間で知覚が常に反転)も予測できるという。とくに最近、新たな視点から研究が盛んになっているバイステイブル知覚現象を命題ⅢとⅣにもとづいての予測したものが図2.2に示されている。図のＡは改訂した命題ⅢとⅣによる要員配置デザインを示し、その上段は刺激強度を、下段は知覚反転頻度を予測したものである。これら６つのグラフでは反転頻度は常に２つの刺激が優位になる等価点でそのピークがくること、またこのピークの高さは刺激の強度に依存して変わることが示される。図のＢは、Brascamp et al.(2006)の視野闘争実験結果にもとづく反転頻度の予測である。右のグラフではＸ刺激の優位度と反転頻度との関係を示し、刺激Ｙのコントラスト比によって反転頻度が変わることを示す。図のＣは、Klink, Van Ee, & Van Wezel(2008)の運動による奥行視(structure from motion)実験結果にもとづく奥行反転頻度の予測を示し（A)の予測と一致する。図のＤは、Bonneh et al.(2014)の運動に誘導された盲視(motion-induced blindness)実験結果からの消失出現の反転頻度で（A)の予測と量的な相違はあるが質的には類似する。これ

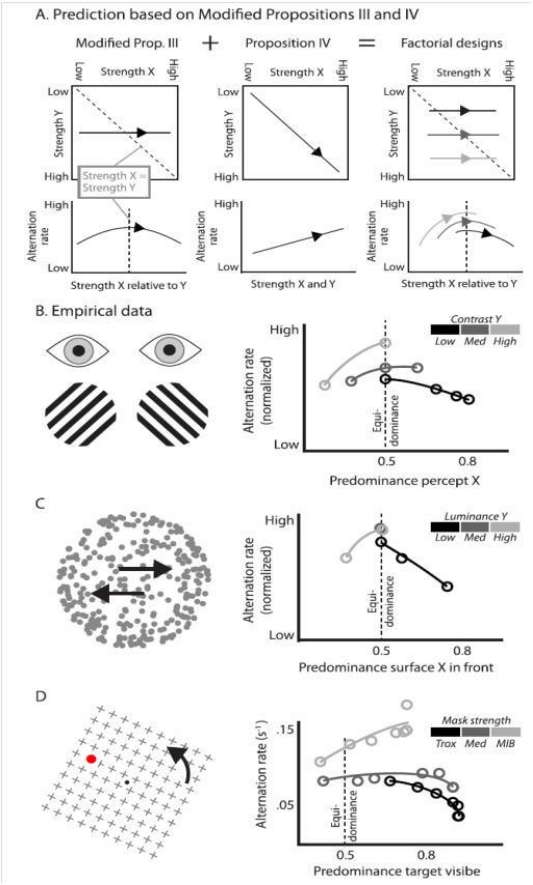

図2.2　改変した命題ⅢとⅣによる最近のバイステーブルな知覚現象(bistable perception)の予測。A：改変した命題ⅢとⅣによる要員配置デザイン。B：Brascamp et al.(2006)の視野闘争実験の結果にもとづく反転頻度予測。C：Klink, Van Ee, & Van Wezel(2008)の運動による奥行視(structure from motion)実験の結果にもとづく奥行反転頻度の予測。D：Bonneh et al. (2014)の運動に誘導された盲視(motion-induced blindness)実験にもとづく結果からの消失出現の反転頻度(Brascamp et al.2015)。

を見事に予測している点で興味深い。

Brascamp & Klink (2015)のこのレビューは、Levelt(1965)の視野闘争研究をまとめたモノグラフの発表からちょうど50年を経過した現時点での研究成果を概括し、これらの命題に集約された成果は、今後、神経生理学的領域あるいはコンピュータモデルの研究の指針となる。

2.2 視野闘争の促進と抑制

知覚意識には存在しない対象の実態

視野闘争事態で抑制された側のパターンでも、視覚残効(Blake & He 2005)、両眼視差の検出(Harrad et al.1994, Su et al. 2009)、明るさコントラストの増大の検出(Blake & Camisa、1979 Ling & Blake、2009 Nguyen,et al. 2001 Norman,et al.2000 、Watanabe,et al.2004)が可能である。これは、視野闘争上で実際には視えていない抑制された刺激対象が、比較的軽微な神経生理的変化によって知覚者には現象的に検出できていることを示している。この種の知覚現象は、これまで抑制された対象に新たな刺激を導入したり、あるいは抑制刺激を他の刺激に交換したりして得られていた。

Ling, et al.(16)は、視野闘争上で抑制下にある刺激対象自体の明るさコントラストを増・減した場合に、知覚者はそれを検出できるかを確かめた。実験では、片眼に「螺旋状に配した市松パターン」を、他眼には「水平方向のサイン波形パターン」を提示して視野闘争を誘導した。被験者には、観察にともなって生起する視野闘争の流れの中で、サイン波形にのみ、パソコンのスペースバーを操作して明るさコントラストを増加あるいは減少させるように求めた。明るさコントラストの増・減は、サイン波形の上半分もしくは下半分にのみ実施し、被験者にはそのコントラスト変化の境目（閾値）を求めた。実験ではどのパターンが視野闘争下で抑制されているかを被験者に報告させ、サイン波形の視野闘争時の視えの状態をチェックした。また、視野闘争を誘導する刺激には、「家」と[顔]パターンも加え（この場合に、「顔」パターンに明るさコントラストを増減させ、その検出閾値をしらべた)、視覚処理に続く認知処理過程での明るさコントラスト変化の検出効果もしらべられた。

実験の結果、(1)視えてはいない抑制された対象で、明るさコントラストを増減した場合にも、視えている対象（ドミナントな対象）でのそれと同様に、その変化は検出されること、(2) 抑制された対象での明るさコントラストの増大時の閾値は、ドミナントな対象でのそれよりも大きいこと、(3) 抑制された対象での明るさコントラストの減少時の閾値は、ドミナントな対象でのそれよりも著しく大きいこと、(4)視野闘争誘導パターンが「顔」と「家」のような有意味図形の場合も、従来の研究結果と相違して、抑制された対象での閾値の上昇の幅は幾何的パターンと同等であること、などが示された。

これらの結果から、両眼間の抑制過程は、入力値である明るさコントラストの増・減と出力値である明るさコントラスト増・減閾値の対比(gain)にもとづいて、明るさコントラストの変化に対する閾値を決定していると考えられる（明るさコントラストが強い場合には深い両眼間抑制が生起し、それが弱い場合には浅い抑制が生起する)。この結果は、知覚意識には存在しない対象でも、視覚経路の神経生理過程では存在することを示し、視覚情報処理を受けていることを示す。

2.3 突出した形状特性による視野闘争時の知覚交替の始動

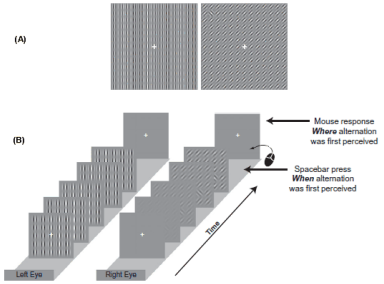

図2.3 (A) 突出した部分的刺激特性をもつ視野闘争刺激。右側刺激の左端上方に周囲の波型パターンとは方向の異なる小さいガボール刺激を挿入。(B)視野交替の始動をしらべるための実験手順で、右側刺激の明るさコントラストが段階的に増強(Stuit,wt al.2010)

視野闘争を開始させる刺激特性は抑制された刺激側の刺激全体あるいは部分的な明るさコントラストの増強、運動速度の増大、あるいは空間周波数の低下（(Lee, et al. 2005, 2007, Wilson et al.2001, Paffen, et al.2008)）などである。Stuit, et al.(2010)は、抑制された側の突出した刺激特性が、観察者がそれに気づかなくても、視野交替を始動させると考え実験した。図2.3のよう

に、視野闘争刺激は、左右ともにに小さなガボール刺激を縦・横に配することから構成されているが、その方向は45°相違している。この視野闘争刺激の１箇所に異なる方向をもつ小さなガボール刺激（方向の異なるガボール刺激で、たとえば左側刺激の右下に提示）を導入すると、これを導入した方の刺激側が視野交替してドミナントになる。実験では、左側の刺激の明るさコントラストを100 %（ドミナントに知覚）とし、右側のそれを０ %（抑制されて視えない）に設定し、次いで右側のコントラストを段階的に増強する。被験者には抑制された側で視野交替が出現したらスペースバーを操作して合図する。さらに、周辺刺激であるガボールパターンが除去されるので、このとき視野交替のきっかけになる刺激（ガボール刺激）に気が付いていたら、視えた位置をマウスで指定する。その結果、視野闘争での視野交替は眼球間の刺激差によって生起し、しかもこの視野交替の契機となるものは抑制された側の突出した刺激要素であった。眼球間で交互に抑制が生起すると仮定するこれまでの視野闘争理論では、抑制された側へのプローブ刺激は抑制を等しく受けるので、左右眼の刺激特性は視野交替に影響しないと考えられてきた。しかし、今回の結果は抑制された側での抑制は等質ではなく、眼球間抑制が一定に状態にあるときにも抑制された刺激内の突出した刺激特性によって眼球内抑制の状態を変化させ、それが視野交替に影響することを示した。

2.3 視野闘争における片眼刺激の中心円の輪郭の強度の効果

視野闘争は、対応する左右網膜に局所的な不一致刺激（刺激の方向が直交、刺激の運動方向が相反、輝度が相反など）によって誘導される。視覚領V1は局所的な刺激特徴と左右眼のどちらに依存した刺激かを処理するので、視野闘争における眼球間の抑制の起動に主要な役割を果たしている(Blake, 1989; Carlson & He, 2004; Ooi & He, 1999; Shimojo & Nakayama, 1990)。さらに、錯覚的輪郭、オクルージョン、面の刺激特徴、知覚的群化なども視野闘争に影響する。これらの視覚情報はV1領野以後で処理されるので、視野闘争にはV1の視覚野以後も深く関わっている(Alais & Blake, 1999; Su, He, & Ooi, 2009; van Bogaert, Ooi, & He, 2008など)。とくに、V2、V3、V4、V5の外線条皮質は、対象の面、および面の輪郭を決める役割を担っている(Bouvier, Cardinal, &

Engel, 2008; Fang, Boyaci, & Kersten, 2009; Qiu & von der Heydt, 2005, 2007 など)。

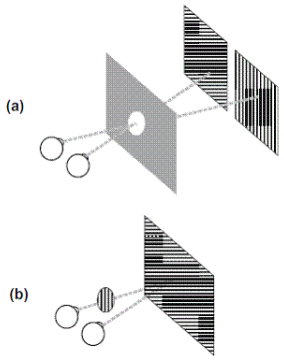

図 2.4　視野闘争を出現させる刺激条件。(a)視野闘争を出現させる左右眼への刺激（縦格子と斜め格子パターン）を単一円形窓のある遮蔽板を通して観察させ両眼に円形の境界輪郭を設定(Binocular Boundary Contour, BBC)、(b)片眼のみ円形窓を通して斜め格子パターンを観察させ片眼にのみ円形の境界輪郭を設定(Monocular Boundary Contour, MBC)(Xu, et al. 2010)。

Xu, et al.(2010)は、視野の境界に生じる輪郭(Boundary Contour)が視野闘争の抑止あるいは促進に与える影響をしらべた。ここでは、刺激面のパターンの左右眼の不一致をみるのではなく、視野の境界に生じる輪郭の左右眼の不一致が視野闘争に与える影響をみる。図2.4 (a)には、視野闘争を出現させる左右眼への刺激（縦格子と斜め格子パターン）を単一円形窓のある遮蔽板を通して観察する事態で、ここでは両眼に円形の境界輪郭（両眼境界輪郭、Boundary Contour, BBC)が作られる。しかし、図(b)には、片眼のみ円形窓を通して斜め格子パターンを観察する事態で、片眼にのみ円形境界輪郭（単眼境界輪郭、(Monocular Boundary Contour, MBC)が形成される。

図2.5には、このような単眼もしくは両眼の境界輪郭を設定した視野闘争ステレオグラムが示されている。図(a)は典型的な視野闘争パターン(Binocular Rivarly, BR)、(b)はMonocular Rivarly Contour (MBC)、(c)は 周囲の格子と中央の格子（グレーティング）パターンの間のフェースを36° シフトしたパターン(Binocular Boundary Contour、BBC)、(d)は、）同様に 72° フェーズシフトしたパターン(Binocular Boundary Contour、BBC)、(e) は108° フェーズシフトしたパターン(Binocular Boundary Contour、BBC)、 (f)は144° フェーズシフトしたパターン(Binocular Boundary Contour、BBC)、(g)は 180° フ

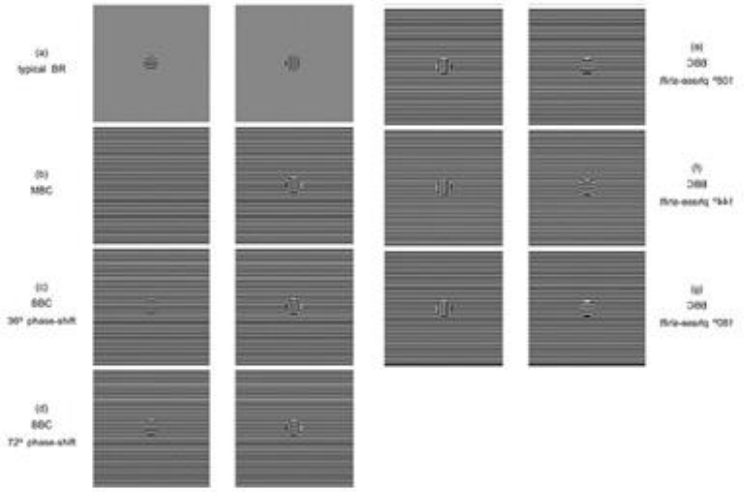

図 2.5　視野闘争を出現させる刺激パターン。(a)典型的な視野闘争パターン(Binocular Rivarly,BR)、(b)Monocular Rivarly Contour (MBC)、(c) 36° フェーズシフトしたBinocular Boundary Contour(BBC)、(d) 72° フェーズシフトしたBinocular Boundary Contour(BBC) (e) 108° フェーズシフトしたBinocular Boundary Contour(BBC) (f) 144° フェーズシフトしたBinocular Boundary Contour(BBC) (g) 180° フェーズシフトしたBinocular Boundary Contour(BBC)(Xu, et al.2010)

ェーズシフトしたパターン(Binocular Boundary Contour、BBC)である。周囲と中央の格子パターンのフェーズを増大させると、水平方向格子の境界領域を強化するばかりではなく、中心と周辺の格子パターンの誤配列を高める。この誤配列は、中心と周囲とが明らかに異なったテクスチャをもつように知覚されるので視野闘争を誘導する要因となる。実験では、各視野闘争条件で左右眼のどちらの刺激がドミナントになるかが 30 秒間にわたって測定された。

実験の結果、フェーズシフトが増大するにつれて視野闘争におけるドミナントが高くなること、また、このフェーズシフトのある中心輪郭を灰色のリングで囲んでも、視野闘争のドミナントには影響を与えないことがわかった。

これらの結果は、フェーズシフトによる中心と周囲の刺激間の相互作用による知覚効果は、境界輪郭と同等の影響を視野闘争においてもつことを示唆する。

2.4 片眼に限定された局所的視野闘争刺激による眼球間抑制

従来、視野闘争を誘導するパターンには、例えば、片眼に水平格子縞からなる円盤を、他眼には垂直縞からなる円盤(図 2.6-a)が用いられる。つまり左右両眼刺激は同一の形と大きさをもつが、両刺激の形状の違いの境界となるパターンの輪郭が両刺激間で相反する刺激 (BBC)を用いることが視野闘争研究の典型であった。そこでさらに、Su, et al.(2010)は、片眼に刺激全体に一様な水平縞パターンを、他眼には水平縞パターンを背景として水平格子縞からなる円形パターン (図 b) を視野闘争誘導刺激として考案した。ここでは、視野闘争を誘導する輪郭パターンの境界が両眼間ではなく片眼に限定される(MBC)。MBC タイプの視野闘争刺激は、視野闘争に両刺激間の形状の違いを示す境界にある輪郭(Boundary Contour)がどのように作用するのか、また両眼視による面の形状をどのように形成するのかを探るツールとして利用できる。例えば、図(c)は、周辺刺激は両刺激共に水平縞パターンとし、左刺激の中央には周辺刺激の格子パターン縞に対してフェーズシフトさせた円形水平縞パターンを、右刺激の中央には円形垂直パターンを配した BBC タイプの変形刺激である。この視野闘争刺激を用い左の円形水平縞パターンのフェーズシフトを増減させると、左側の円形水平縞パターンの優位度が強まる。しかし、この左の円形水平縞パターンをリングで囲むと、このリングが境界を画する輪郭となるためにフェーズシフトを高めても視野闘争における優位度は変化しない(Xu, et al.2010)。これは、MBS タイ MBC タイプの視野闘争刺激は、視野闘争に関連する皮質過程のしくみを明らかにするのにも有効で、これまでの研究によれば、皮質過程では２つのプロセス、すなわち両眼間の形状の相違を示す境界の輪郭からなる「面」の形成を担う過程、およびその面にあるテクスチャや色要因を面の内方向に拡延する過程である(van Bogaert et al. 2008; von der

Heydt, et al.2003)。形状輪郭情報にもとづく「面」のイメージの形成は視覚領のV2 で

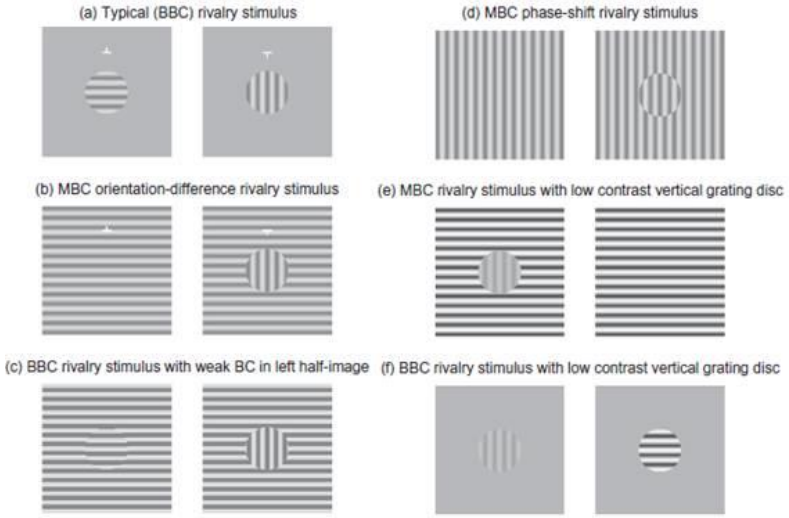

図2.6　視野闘争事態での明るさコントラストの変化の検出をしらべるための刺激パターン。(a)典型的な視野闘争パターン（BBC)、(b)左右眼の刺激パターンは同一であるが片眼にのみ異なる輪郭パターンを配した刺激MBC)、(c) BBC条件で左右の刺激の中央部分にいくぶん異なる輪郭パターンを配した刺激、(d)MBC条件で片眼にのみ配した円形水平格子パターンのフェーズをシフトした刺激、(e)MBC条件で片眼にのみ配した円形垂直パターンのコントラストを低めた刺激、(f)BBC条件で左右眼に配した方向の異なる円形格子パターンのコントラストを低めた刺激(Su, et al.2010)

担われているので、MBC タイプの視野闘争刺激による眼球間抑制のしくみは V2 にある(Bakin,et al. 2000; Qiu & von der Heydt 2005; Zhou, et al. 2000)。

もし視野闘争が起きると、眼球間抑制のしくみは、直接、あるいはV1 へのフィードバックを伴って、他眼からのイメージの抑制を引き起こす。したがって、図(b)のようなMBC タイプの視野闘争では、MBC タイプの刺激がトリガーとなる眼球間抑制がV2 で生起するのに加えて、視野闘争を引き起こす局所的刺激がV1 で眼球間抑制を活性化させる

と考えられる。一方、縞パターンの方向が異なる刺激やフェーズシフトが異なるMBCタイプの視野闘争刺激の場合、闘争における知覚優位を規定するのはこれら片眼に提示されたMBC刺激である(Ooi & He, 2005, 2006; Su et al. 2009)。この説は、図(e)に示したMBCタイプの視野闘争刺激、すなわち周辺刺激は両眼とも同一の高い明るさコントラストをもつ水平縞パターンであるが、片眼にのみ低い明るさコントラストをもつ円形垂直縞パターンを中心領域に加えた場合には、この低コントラストの円形垂直縞パターンが優位に知覚さることからも確認される。これとは逆に、BBCタイプの刺激の場合(図f)、高コントラストの円形水平縞パターンがドミナントになる。これは、局所的な境界

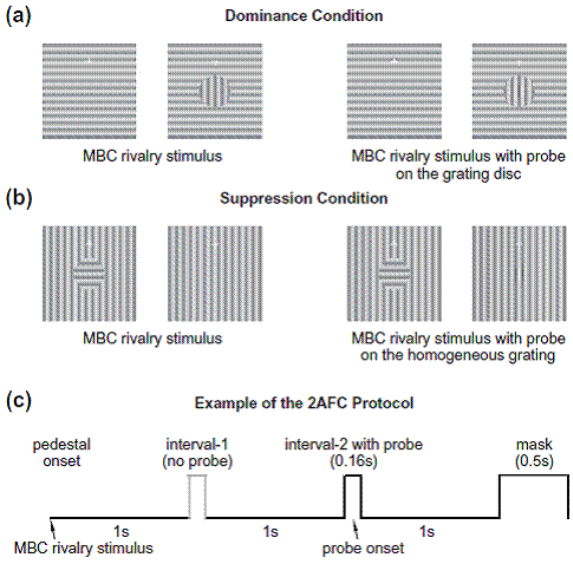

図2.7　実験で使用された視野闘争パターンと実験手順。(a)ドミナント条件 {左側の刺激パターン}、(b)抑止条件 {左側の刺激パターン}：MBC条件の視野闘争パターンで均質な垂直格子パターンの方が抑止されて視える、(c)実験手順：最初に視野闘争刺激を提示し、1秒後に事前プローブ刺激として何もない刺激を合図音とともに提示、さらに1秒後にプローブ刺激を0.16秒間提示、最後は1秒後にマスク刺激を提示して次のセッションに入る(Su, et al.2010)

輪郭によって活性化されるV1での眼球間抑制のしくみがMBCタイプの視野闘争の生起に関与していないことを示す。もし、この考え方が正しければ、抑制された側の眼球（中心に円形刺激のない周辺縞パターンのみを提示）における検出閾値は、MBCタイプの視野闘争刺激（周辺刺激と円形刺激の縞パターンの方向の相違するもの、あるいはフェーズシフトさせた円形刺激をもつもの）の検出閾値と同じように増大すると予測される(Su et al. 2009)。

そこで、Su et al.(2010)は、実験１で中心刺激の縞パターンの方向が周辺刺激と異なるMBCタイプの視野闘争刺激（図6-a,b）を用いて、抑制側の明るさコントラストを６段階に設定し、周辺刺激と中心刺激のコントラストを同じように変化させ、そのときのプローブ刺激のコントラスト閾値を求めた(図c)。この視野闘争刺激では、常に中心刺激のあるパターンがドミナントに視えるので、ドミナント条件は中心刺激のある側に、抑制される側の刺激は周辺刺激のみで中心刺激が無い側となる。したがって、ドミナント条件ではプローブ刺激は中心刺激に

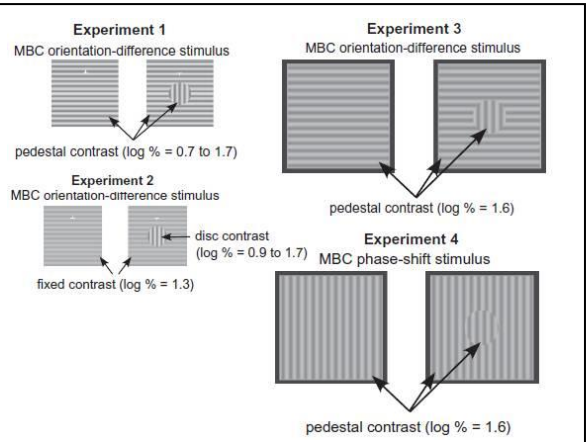

図 2.7　実験１ {Experiment 1}：基盤刺激の明るさコントラスト(pedestral contrast)は0.7から1.7 log %の間で６段階に設定し、導入したプローブ刺激のコントラストを変化させて閾値を測定、実験２ {Experiment 2}：基盤刺激の明るさコントラストは固定、その代わりに円形垂直格子パターンの明るさコントラスト５段階に変化して閾値を測定、実験３ {Experiment 3}：基盤刺激と円形垂直格子パターンの明るさコントラストを固定し、SOA(stimulus onset asynchrony)を４段階に変化して閾値を測定、Experiment 4：円形格子パターンのフェーズをシフトした視野闘争条件で、SOA を４段階に変化して閾値を測定(Su, et al.2010)

ちょうど重なるように、また抑制条件では周辺刺激の中央にプローブ刺激が提示される。実験２では実験１と同様な視野闘争刺激を用い、周辺刺激のコントラストを固定した事態で中心刺激のそれを変化させ、抑制側とドミナント側のコントラスト閾値をプローブ刺激で測定した。実験３では、実験１と同じ視野闘争刺激を用い、周辺刺激と中心刺激のコントラストを固定したまま、SOA(第一刺激の onset から第二刺激の onset までの間隔、stimulus onset asynchrony、80、120、180、270、410 ms)の増大に伴う弱いコントラスト値をもつプローブ刺激の検出の正確度と反応時間をドミナント側と抑制側で測定した。実験４では、中心刺激をフェーズシフト条件で周辺刺激と中心刺激のコントラストを固定した事態で SOA を変化させたときのプローブ刺激の検出の正確度と反応時間をドミナント側と抑制側で測定した。

実験の結果、(1) 中心刺激の縞パターンの方向が周辺刺激と異なる MBC タイプの視野闘争刺激（実験１）では、周辺刺激と中心刺激の明るさコントラストの増大に伴うプローブの明るさコントラスト検出閾値は、抑止条件とドミナント条件ともにリニアに高くなるが、全体に抑止条件で大きい。(2) 周辺刺激のコントラストを固定した事態で中心刺激のそれを変化させた実験２では、明るさコントラストの増大に伴うプローブのコントラスト閾値は、ドミナント条件ではリニアに高くなるが、抑止条件では一定となり変化しない。(3)実験３と４では、SOA の増加に伴うガボール刺激の検出の正確度は、ドミナント条件と抑止条件ともに、SOA が 80 から 120 ms までは高くなるが、それを過ぎると一定となる。また反応時間は、ドミナント条件と抑止条件ともに、SOA が 80 から 120 ms までは少なくなるが、それを過ぎると一定となる。

これらの結果から、視野闘争における眼球間抑止過程は刺激が提示されてから 80 ms の間で起きること、さらに中心刺激の縞パターンの方向が周辺刺激と異なる MBC タイプの視野闘争刺激の抑止条件での抑止効果は、中心刺激の縞パターンのフェーズが周辺刺激と異なる MBC タイプでのそれより抑止効果が大きいこと(Su, et al 2009)が示された。結局、MBC タイプの視野闘争では、周辺刺激の全体的な輪郭特性に加えて、その中心刺激に局所的な形状特徴がある側の刺激が選択され、他の側の刺激は抑制される。一方、各眼に同一の輪郭効果をもつ BBC タイプの視野闘争では、各眼に与えられた輪郭から形状の内部構造を形成しなければならない。したがって、MBC タイプの視野闘争では、両眼間での局所的

な知覚的抗争の結果、局所的な刺激特徴を持つ側の刺激が優性となり、視野闘争でドミナントとなると考えられる。

2.5 刺激の形状特徴による視野闘争の促進と抑制

視野闘争は各眼に刺激の不一致があって競合する場合、各眼のチャンネル間の抑止過程が相互に作用して生起する(眼球間闘争、eye rivalry)のが一般的である。これに対して、両眼間の刺激パターンの特徴によって両眼間で闘争が起きる(刺激イメージ間闘争、image rivalry)ことも報告されている(Alais & Blake, 1999、 Kovács et al. 1996、Logothetis et al.1996)。この種の視野闘争が生起するのは、両眼間での不一致刺激パターンが両眼視融合すると視野闘争ではなくひとつのまとまりをもって知覚される場合である。とくに、両眼間で刺激融合したときにゲシタルト要因によってまとまる場合には、知覚優位が顕著に生起する(Ooi & He, 2003a, b, van Lier & de Weert, 2003、De Weert et al. 2005、Suzuki & Grabowecky, 2002)。両眼間闘争は視覚情報処理過程の初期に関係し、刺激イメージ間闘争には高次過程が関与する。

Vergeer & van Lier(2010)は、刺激特徴の類似性による視野闘争の抑止と促進が単眼内で、あるいは両眼間で生起するかについて実験的に検討した。図 2.8 は、単眼内

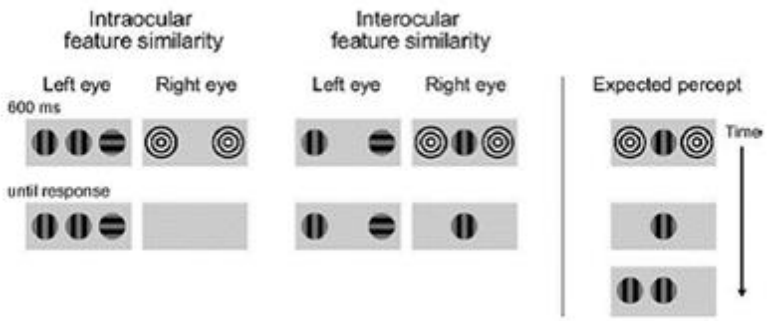

図 2.8　単眼内(intraocular)および両眼間(interocular)の刺激パターンの特徴の類似性が視野闘争での抑止後において視えの復活を促進するかの実験パラダイム。(Vergeer & van Lier 2010)

(intraocular)および両眼間(interocular)の刺激パターンの特徴類似性が、視野闘争での抑止後における視えの復活に際して促進されるか否かしらべるための実験パラダイムである。まず単眼内の刺激類似性の実験条件（左列）では、左眼に縦格子パターンを左端と中央に隣接して提示し、その右横に水平格子パターンを提示する。右眼には同心円パターンを左右端に提示する。このようにすると同心円パターンが刺激優位となり左右端の縦格子パターンを抑止する。600ms 後、２個の同心円パターンを除去すると、抑止を受けなかった中央の縦格子パターンと同類の縦格子パターンが左端に視えると期待される（図の右端の Expected percept 参照)。両眼間の刺激類似性の条件（中央の列）の場合は、左眼の左端に縦格子パターンを、右端に水平格子パターンを提示、また右眼の左右端に同心円パターン、中央に縦格子パターンを提示する。同心円パターンが知覚優位となるので右眼に提示された左右端の同心円と中央の縦格子パターンが視え、左眼の刺激は抑止される。600ms 後、右眼の同心円パターンを除くと、中央の縦格子パターンと類似した左眼の縦格子パターンが復活しそれらが横並びで視えると期待される（右端の Expected percept 参照)。図 2.9 は、単眼内(intraocular)および両眼間(interocular)の刺激パターンの特徴類似性が視野闘争後の視えの復活を抑止する効果をみるための実験パラダイムである。単眼内の刺激類似性の条件（左列）では、左眼に縦格子パターンを左端と中央に隣接して提示し、その右横に水平格子パターンを提示、右眼には同心円パターンを左右端と中央に提示する。このようにすると右眼の同心円パターンが刺激優位となり左眼の格子パターンを抑止する。600ms 後、右眼の左右端の同心円パターンを除去すると、右眼中央の同心円パターンのみが視えるがその後で刺激類似性をもたない水平格子パターンが復活し、刺激類似性を持つ縦格子パターンは抑止を受け続けると期待される（右端の Expected percept 参照)。両眼間の刺激類似性の条件（中央の列）の場合は、左眼の左端に縦格子パターンを、右端に水平格子パターンを、中央に同心円パターンをそれぞれ提示、また右眼の左右端に同心円パターン、中央に縦格子パターンを提示する。同心円パターンが知覚優位となるので左眼の中央と右眼の左右端に提示された同心円が優位となり知覚される。600ms 後、右眼の左右端の同心円パターンを除くと、左眼中央の同心円パターンのみが優位となるが、

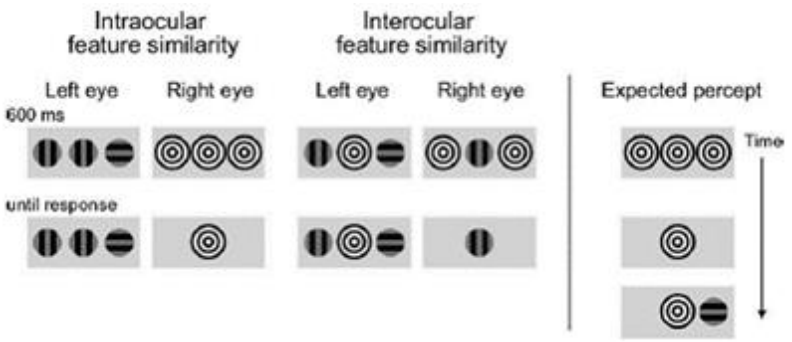

図 2.9 単眼内(intraocular)および両眼間(interocular)の刺激パターンの特徴類似性が視野闘争後の視えの復活を抑止する効果をみるための実験パラダイム。(Vergeer & van Lier 2010)

その後で、刺激類似性をもたない水平格子パターンが復活して知覚され、刺激類似性を持つ縦格子パターンは抑止を受け続けると期待される（右端の Expected percept 参照)。

これらの実験パラダイムに基づいた実験の結果、実験１では抑止された刺激パターンが刺激類似性を共有している場合、抑止からの知覚的復活の促進が刺激類似性を共有しない刺激パターンより単眼内および両眼間の視野闘争の両方で出現すること、また実験２では、抑止された刺激パターンが刺激類似性を共有する場合、抑止から解放されても抑止を継続して受け続けることをそれぞれ示した。これらの結果は、刺激イメージ間闘争において刺激類似性が抑止を促進したり、抑止を解除したりしていることを示唆する。

2.6 境界輪郭をもつ視野闘争パターンと境界輪郭が片方だけの視野闘争パターンの興奮と抑制過程

視野闘争では、左右眼に入力された相異なるパターンが交互に知覚される前にそれらのパターンが重複して知覚されるフェーズがあること、その時間は刺激提示から 150ms 以内であることが、Wolfe(1983) によって明らかにされている。これは刺激を提示してから 150ms 程度までは２つの刺激は融合し、その後で左右眼の抑止過程が出現することを意味する。これに対して、視野闘争には刺激に基づいて対象の面を全体的に統合する両眼視の

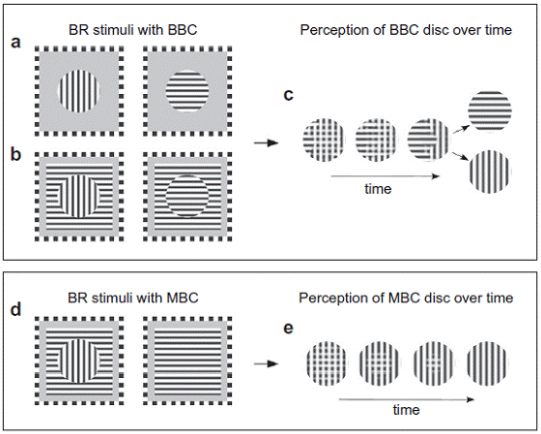

図2.10　左右眼のパターンを輪郭線で囲んだ視野闘争パターン（Binocular Boundary Contour,BBC）と片方だけが輪郭線に囲まれたパターン（Monocular Boundary Contour,MBC）、およびそれらの視野闘争（BR）の処理過程。(a)と(b)：BBCパターン、(c)：ローカルな視野競合過程を経過しグローバルなパターン視が成立、(d)：MBCパターン、(e)：ローカルな視野競合過程を経過しグローバルなパターン視が成立(Su et al.2011)

過程と両眼間の抑制過程があり、それらが共に働くために闘争が生じるとする考え方がある。局所的な両眼間の対応領域では、闘争する２つの刺激が競合し、一方が優勢となれば他方は完全に抑制され、その優勢となる刺激特性が隣接に波及し、こうしてより広い領域がある刺激特性のみで占有され、最終的には全視野が片方の刺激パターンのみの知覚が生じる。この仮説では、両眼間の局所的(local)な抑制過程とその後に生じる全体的(global)な面の統合にある一定の時間(150ms 以上)が必要になることを予測する。視覚システムはパターンをグローバルに統合する場合、「輪郭の縁側から内側への方略(border to interior)」を採用している(Caputo, 1998; Paradiso & Nakayama, 1991; Watanabe & Cavanagh,1991)。したがって、左右眼の異なる２つの刺激パターンが輪郭によって囲まれているかどうかが視野闘争におけるグローバルなパターンの成立にとって重要となる。いま、図2.10-a あるいはｂのように、方向が水平と垂直のように特徴が対比的に異なりしかもそれが輪郭線で囲まれたパターンの場合には眼球間抑止過程が始動し、左右眼のパターンのそれぞれで輪郭線の縁から内側へとパターンの部分的特徴が波及し、それらはローカルな両眼間競合過程で相互作用する（図ｃ）。

もし、左右眼からのパターンの特徴が一致すれば（方向が一致）、そこでグローバルなパターン視が成立する。しかし、左右眼からの特徴が一致しない場合には、ローカルな両眼間競合過程でどちらか一方の特徴が全体を占有するまで競合が継続される（図ｃ）。BBC 条件の場合には、グローバルなパターンが成立するまでには時間がかかる。一方、図ｄのように、輪郭線で囲まれたパターンが片眼のみの場合、他眼の輪郭線をもたないパターンに比較して知覚的に安定し、視野競合では他眼からのパターンと競合することなく輪郭線で囲まれたパターンが優勢となる。したがって、BBC 条件に較べて MBC 条件の方がグローバルなパターンが成立する時間が短いと予測される。

Su, et al.(2011)は、この予測を実験的に検証するために、安定したグローバルパターンが出現して視野闘争が起きるまでの時間を測定した。測定では、被験者には、「グローバルに知覚優位なパターン」、「部分的パターン」、「格子パターン」、「その他」の４つの選択肢を設けて、30、50、100、150ms の各提示時間でどのように視えているかを答えさせた。視野闘争パターンは BBC と MBC 条件の２種類であり、その輪郭円の直径は 1.0 度、1.3 度、1.6 度、1.9 度の４段階とした。

実験の結果、グローバルなパターン優位は、MBC 条件では 30ms 以下で、また BBC 条件では 150ms 以上要することが示された。

そこで、「輪郭の縁から内側への方略(border to interior」をさらに検証するために、MBC 条件で視野闘争パターンの左右眼のいずれかにガボールプローブ刺激を重ねて提示し、その探索の正確さと探索時間を測定した。もし、両眼間抑止が２つの視野闘争刺激のうち輪郭をもつパターンより輪郭をもたないパターンで弱ければ、探索の確率は輪郭をもたないパターンで高いと予測できる。実験の結果、探索確率は輪郭をもたないパターンの方が小さく、また探索時間は長くなることが示された。

以上のことから、視野闘争には、眼球間抑制過程とグローバルなパターン統合過程が関与していること、またこの２つの過程間では「輪郭の縁側から内側への方略(border to interior)」が働き、漸次的にパターンの知覚的優勢が得られることが明らかにされている。

2.7 視野闘争に関わる刺激の物理的方向と知覚的方向

視野闘争を引き起こすものが、物理的要因なのかあるいは知覚的要因なのかは定かではない。たとえば、図2.11の(b)にあるような左右の方向が異なる斜線分を左右眼にそれぞれ提示すると、奥行方向への3次元視が出現するが、この斜線分の方向差（方向視差）を大きくすると視野闘争が起きる。この場合、斜線分の方向差は物理的差かあるいは知覚的差かはいまだ確かめられていない。そこで、Chopin et al.(6)は、ツェルナー錯視を利用しこれの検証を試みた。ツェルナー錯視とは図(a)にあるように、平行な斜線分に短線分で区切りをいれると斜線分の平行が歪んで知覚される。また左右眼に斜線分方向が反対の斜線パターンを両眼融合すると奥行方向に傾斜した3次元視が出現する（図b、c）。

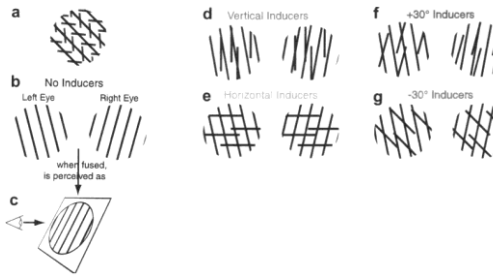

図2.11　(a)ツェルナー錯視、(b)斜線分から構成された左右眼視野融合刺激、(c)両眼融合すると奥行方向に傾斜した3次元視が出現、(d)～(g)斜線分に誘導短線分を付加したパターンでツェルナー錯視が出現(Chopin et al.2012)

実験では図(d)～(g)に示したように、斜線分に誘導短線分を付加して角度の逸脱度を変化させ、融合から闘争への移行過程がしらべられた。被験者に方向視差を両眼立体視可能な範囲から視野闘争が起きるまで段階的に変化させて提示し、その融合から闘争への移行点が求められた。その移行点は被験者に視えの奥行方向（奥行方向が手前に傾斜、あるいは向こう側に傾斜）を識別させることで測定された。

その結果、誘導短線分を追加したツェルナー錯視条件での融合－闘争移行点は、ノーマルな斜線分条件のそれに較べて変化することが示された。これは融合もしくは闘争を生起する方向視差が物理的角度ではなく知覚された角度に依存することを示唆する。

2.8 クラウディング(crowding)と視野闘争(rivalry)

クラウディングとは、対象の同定(identification)が視野の周辺に並置された複数の妨害刺激によって損なわれることを指す(Levi 2008, Whitney & Levi 2011)。これは周辺に刺激が配置されたことによる視力の低下によるものではなく、ターゲット刺激と妨害刺激間の距離が関係する(Pelli & Tillman 2008)。クラウディングは、妨害刺激がターゲット刺激の信号、あるいは特徴の不適切な統合によって生起する(Bi et al.2009, Chakravarthi & Cavanagh 2009, Freeman et al.2011,Greenwood et al.2012)。特徴検出モデルによれば、クラウディングは、ターゲットの特徴が失われるのではなくターゲットの検出された特徴が隣接する妨害刺激のそれと不適切に平均化されるために生起すると説明する(Parkes et al.2001)。一方、視野闘争は両眼への刺激が異なる場合に生起し、とくに刺激コントラストを両眼間で相違させる方法で視野交替の特性がしらべられてきた。

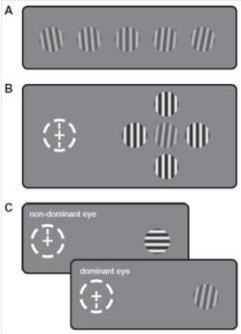

図 2.12 クラウディングと視野闘争を組み合わせた実験事態 (A) 6種類のターゲット刺激でグレーティング方向が垂直方向を基準として左右に変化、このうちのひとつをターゲットとして提示、(B) 片眼の左端には注視点を、右端の中央に明るさコントラストの低いターゲット、その周辺に明るさコントラストが高いフランカー (妨害刺激) を配置した刺激パターン、(C) 優位眼の右端にターゲット刺激、非優位眼のその位置に視野闘争刺激を配置(Kim et al.2013)

そこで、Kim et al.(2013)は、クラウディングと視野闘争を組み合わせた実験事態でクラウディングに及ぼす視野闘争の影響をしらべた。刺激パターンは、図2.12Aに示したように、サイン波形のグレーティングパターンで、コントラストの低いターゲットおよび同様なパターンでコントラストの高いフランカー (妨害) 刺激からなる。ターゲッ

ト刺激のグレーティング方向は垂直を0度として左右2度のステップで2段階ずつ計5種類が設定された。刺激パターンはステレオスコープに提示されるが、各眼それぞれの左端には注視点と両眼融合のためのマークが提示され、右端には中央にターゲットをその周辺にターゲットを囲むようにフランカー（妨害）刺激を配置（図B）した。この場合、ターゲットと周辺刺激を同一眼に提示する条件と、片眼にターゲットを他眼に周辺刺激を提示する条件とを設定した。両眼視野闘争条件では、図C に示したように、優位眼の右端にターゲット刺激を、非優位眼のその位置には視野闘争を起こすグレーティング方向と明るさコントラストの異なるフランカーをひとつ配した。被験者には、ターゲットのグレーティング方向の傾きが左あるいは右のいずれであるかの判断を求めた。

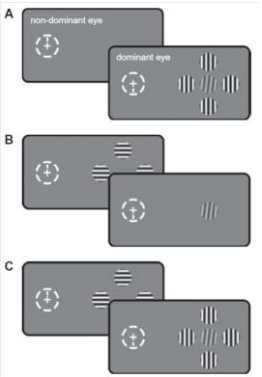

図2.13　クラウディングと視野闘争を組み合わせた実験事態（A)条件では、各眼それぞれの左端には注視点と両眼融合のためのマークを提示、また優位眼の右端の中央にターゲットをその周辺にフランカー（妨害）刺激を提示、一方、非優位眼には右端には刺激を非提示、(B)優位眼の右端の中央にターゲット刺激を、非優位眼の右端にはグレーティング方向が垂直のフランカーを提示、(C)優位眼の右端の中央にはターゲット、その周囲にフランカーグレーティング方向がターゲットと同一のフランカーを、非優位眼には優位眼とは異なる垂直のグレーティング方向をもつフランカーのみを提示(Kim et al.2013)

その結果、片眼にターゲット刺激を他眼にフランカーを提示した条件ではターゲットとフランカーを同一眼に提示した条件よりクラウディング効果は大きいことが示された。

次に、クラウディング効果が視野闘争下ではネガティブであることが、図2.13の条件で検討された。実験条件は3通りで、図(A)には、優位眼の右端の中央にターゲットをその周辺にフランカー(妨害)刺激を提示、非優位眼には右端には刺激を非提示した事態でのクラウ

ディング条件、(B)優位眼の右端の中央にターゲット刺激を、非優位眼の右端には垂直グレーティング方向をもつフランカーを提示した事態でのクラウディング条件、(C)優位眼の右端の中央にはターゲット、その周囲にフランカーグレーティング方向がターゲットと同一のフランカーを、非優位眼には優位眼とは異なる垂直のグレーティング方向をもつフランカーのみを提示しフランカーが視野闘争する事態でのクラウディング条件である。被験者には、ターゲットのグレーティング方向の傾きが左あるいは右のいずれであるかの判断を求めた。

その結果、左右眼のフランカーのグレーティング方向が異なるために視野闘争が生起しフランカーによる妨害が抑制されているにも関わらず、クラウディング効果が示された。この結果はフランカーによる妨害が低いにもかかわらずクラウディング効果が示されたことを意味する。

これらの結果をまとめると、クラウディング条件と視野闘争条件とが組み合わされた事態ではクラウディング効果が増強して生起することから、両要因は相互に影響していること（実験１の結果)、またフランカーによる妨害が抑制された事態でも生起すること（実験２）からクラウディング効果は不適切な特徴統合が関与することを示唆する。

2.9 ダイナミックな周辺刺激を導入した視野闘争における知覚優位

左右眼に入力する刺激が異なる事態は日常でも起きているが、このような日常場面では視野闘争が生起しない。これは視覚システムに視野闘争を抑制するしくみがあるからと考えられている。このしくみには眼球運動が関係し、眼球運動が１秒間に３回程度網膜像をリフレッシュするので視野闘争を生起する時間的余裕を与えないと考える (Otero-Millan et al. 2008, Arnold 2011, O’Shea 2011)。この考え方には、網膜像のリフレッシュが視野闘争誘導の時間的余裕を与えないという問題、およびリフレッシュが視野闘争を抑制するという問題が絡んでいる。

Takase et al.(2013)は、網膜像のリフレッシュが視野闘争を減じるかを、視野闘争を起こす静止したターゲット刺激の周囲にダイナミック刺激を導入することで検討した。こうすると、周辺刺激はリフレッシュされるが、ターゲット刺激は静止しているのでリフレッシュされず、網膜像のリフレッシュが視野闘争に与える効果をしらべることができる。

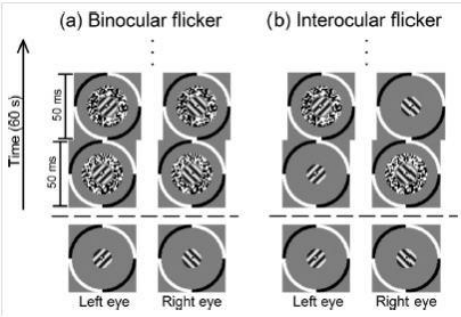

図 2.14　視野闘争を起こすターゲット刺激の周辺にダイナミックな刺激を導入した刺激(Takase et al. 2013)

図 2.14 には、視野闘争パターンとその周辺に導入したダイナミック刺激が示されている。ターゲット刺激は左右眼で方向が直交する静止したサイン波形のグレーティングパターンで、その周辺刺激には黒と白の小円形をドット状に不規則に配列し、両眼共に 50 ms ごとにフリッカーさせる条件（図 a：両眼フリッカー条件）、および各眼でのフリッカーを交替させる条件（図 b：眼球間交互フリッカー条件）が設定された。この 2 条件の他に、静止したターゲット刺激と静止した周辺刺激の条件（周辺刺激静止条件）、および周辺刺激がなくターゲット刺激のみの条件（周辺刺激の無い条件）が統制条件として加えられた。被験者には、知覚的交替が生起するごとに知覚しているグレーティングパターンの方向（時計方向、あるいは半時計方向）をキーで反応するように求めた。

その結果、視野闘争における知覚優位持続時間は眼球間交互フリッカー条件で長く、次いで長いのは両眼フリッカー条件であった。これはターゲット刺激の周辺でのダイナミック刺激が、今視えている知覚優位を維持するように働いていることを意味する。網膜像のリフレッシュは視野闘争を抑制し、視覚世界の安定を維持するように働くと考えられる。

3 視野闘争の高次過程

3.1 視野闘争の高次過程の関与

視野闘争には、各眼の単眼視処理過程間の闘争によって他眼の視野を排他的に抑制する初期過程と、各眼からの入力刺激を統合もしくは闘争する過程の視覚処理の高次過程とが関係している。後者の場合、たとえば各眼に入力した視野闘争刺激の一部に左右眼の刺激パターンを構成する要素が含まれていると、眼球間のグルーピングの結果として

刺激全体が明瞭に知覚される。これは、眼球間の闘争によるのではなく各眼からの知覚イメージ間での闘争が生起することを示唆する(Kovács et al. 1996)。視野闘争には初期と高次の視覚処理過程が関与することは、神経画像を利用した研究でも裏づけられている (Tong & Engel, 2001 Wunderlich et al.2005 Tong et al.1998 Buckthought et al. 2011)。

また、精神物理学的手法による研究では、コントラストや大きさなど低次の段階で視覚処理される刺激特性が視野闘争に強く関係する ((Bossink et al. 1993; Blake et al.1992; O'Shea et al.1997)。一方、輝度の視覚情報処理については、これまでの研究でパターンと背景との間が輝度差で構成されている刺激 (luminance-defined, first-order、L)とパターンと背景とのコントラスト差によって作成された刺激(contrast-modulated、second-order、CM)は、視覚処理過程において別々のメカニズムで処理されている (Schofield and Georgeson 1999)。

そこでSkerswetat et al.(2016)は、L、CM、そしてLM (L刺激にノイズパターンを付加した刺激) の３通りの刺激パターンで視野闘争現象を分析した。図2.15は視野闘争に使われた3種類の刺激パターンで、(A)は輝度によって構成されたサイン波形のグレーティングパターン(luminance-defined grating)で0.98の高コントラストをもつパターン、(B)は輝度を変調させたサイン波形のグレーティングパター ン(luminance-modulated grating)で0.78のコントラストをもちあわせて0.2のコントラストのバイナリなノイズを追加したパターン、(C)はコントラスト変調のサイン波形のグレーティングパターン(contrast-defined grating)でバイナルノイズキャリアによってそのグレーティングのコントラストを変調したパターン(modulation 1.0)である。ここではバイナリーノイズは左右眼の入力像で完全に相関させてある。またパターン大きさは、1°、2°、4°に変化し、それに伴って空間周波数も４、２、１c/deg変えた。図の各パターンの右には、パターンの位置による輝度波形値がグラフで示されている。これらの刺激パターンでは、たとえば右眼に水平グレーティング、左眼に垂直グレーティングを提示し、どちらの側のパターンが優位に知覚されるか、またその優位時間、さらに左右眼のパターンの混合知覚が生じるかを被験者にキー押しで答えるように教示した。LM と CM の視認度(visibility)が相違しないことをコントロール実験で確認した上で、LMとCMの視野闘争の出現をみる

と、CM パターン刺激が優位に出現する割合およびその持続時間はLM パターンに比較して有意に低いこと、刺激パターンを大きくするとCM、LM、L のすべてのパターンで出現割合が減じること、またCM パターンではL とLM パターンに比較して左右入力像の混合した知覚がより多く出現することが示された。

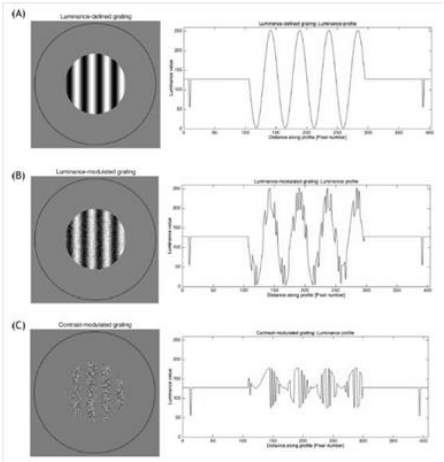

図 2.15 視野闘争に使われた 3 種類の刺激パターン。(A)輝度によって構成されたサイン波形のグレーティング(luminance-defined grating)で 0.98 の高コントラストをもつパターン、(B)輝度を変調させたサイン波形のグレーティング(luminance-modulated grating)で 0.78 のコントラストをもち併せて 2 次元のバイナリなノイズを追加したパターン、(C) コントラスト変調のサイン波形のグレーティング(contrast-defined grating)で 2 次元のバイナルノイズキャリアによってそのグレーティングのコントラストを変調したパターン(modulation 1.0)。各パターンの右には、パターンの位置による輝度波形値がグラフで示されている(Skerswetat et al. 2016)。

これらの結果から、CM 刺激は視野闘争より両眼視の統合を担うメカニズムによって視覚処理され、したがってここには高次視覚野が関与すると、考えられる。

3.2 視野闘争における運動刺激優位(Motion dominance)

視野闘争における運動刺激優位は左右眼への提示刺激のなかでどちらかに運動する刺激があると、その方が知覚優位になる知覚現象をいう。運動を定義する場合には網膜上

の運動（網膜座標での運動）、対象起因の運動（他の対象や背景との関連での運動）、そして観察者起因の運動（観察者の頭部や身体に起因する運動）が区別できる。

そこで、Nakayama et al.（2016）は、この３通りの運動座標のいずれが視野闘争における運動刺激優位に影響するかを確かめた。実験では、図 2.16 に示されたように、この４通りの実験事態が設定された。その１は、左眼のグレーティング刺激が下方に運動する条件で、この場合はグレーティング刺激が網膜座標上の運動となる（図 a）、その２は、左右眼の注視点が下方に運動、かつ左眼のグレーティング刺激が下方に運動する条件で、この場合右眼のグレーティング刺激が網膜上の運動となる(図 b)、その３は、左右眼のレファレンス（外枠）が下方に運動かつ左眼のグレーティング刺激も下方に運動する条件で、この場合右眼のグレーティング刺激が背景との関係で対

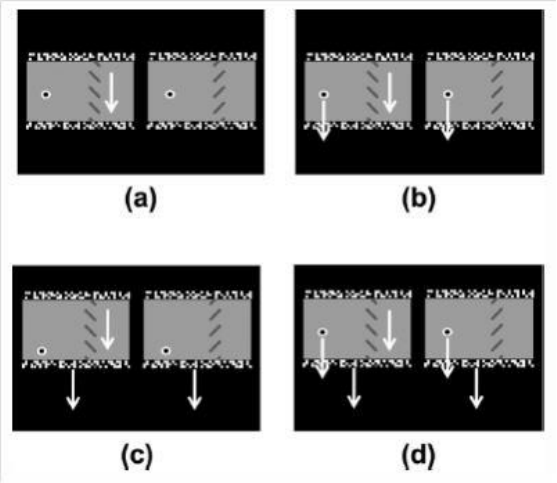

図 2.16　視野闘争における運動刺激の左・右眼への刺激提示。(a) 左眼のグレーティング刺激が下方に運動する条件で、この場合はグレーティング刺激の運動は網膜座標上となる、(b) 左右眼の注視点が下方にシフトかつ左眼のグレーティング刺激が下方に運動する条件で、この場合右眼のグレーティング刺激が網膜上を運動、(c) 左右眼のレファレンス（外枠）が下方に運動、かつ左眼のグレーティング刺激も下方に運動する条件で、この場合右眼のグレーティング刺激が背景との関係で対象の運動起因となる、(d) 左右眼の注視点およびレファレンスが下方に運動しかつ左眼のグレーティング刺激が下方に運動する条件で、右眼のグレーティングが網膜座標上で運動する（a のケースの反対条件）(Nakayama et al. 2016)

象の運動起因となる(図 c)、その４は、左右眼の注視点およびレファレンスが下方に運動しかつ左眼のグレーティング刺激が下方に運動する条件で、右眼のグレーティング刺激が網膜座標上で運動起因となる（a のケースの反対条件）（図 d)。被験者には優位に知覚される側（左・右眼）とその運動方向（上・下方向）を答えさせた。

実験の結果、運動刺激優位性は、網膜座標の運動条件に限定されずに対象起因運動条件および観察者起因運動条件でも同様に生起した。とくに、左右眼のいずれか片側でのみ網膜座標運動条件（図 a）あるいは網膜座標起因と対象起因運動条件（図 d）を設定した場合、運動刺激優位性が顕著に示されたが、片眼に網膜座標起因運動条件、他眼に対象起因運動条件を設定した場合には運動刺激優位性は一定しなかった。

これらのことから、視野闘争における運動刺激優位は網膜座標での運動条件に留まらず、対象起因運動条件あるいは観察者起因運動条件の組合せでも生じることが明らかにされている。

3.3 視野闘争におけるオプティク・フローのグルーピング

視野闘争は左右眼への異なる刺激入力による眼球レベルでの知覚闘争で生起するが、しかしそれだけに限らずに、隣接する類似刺激が非類似刺激より視野闘争において長く知覚優位になることから、より高次の視覚処理過程が関わっている。左右眼への２つの刺激パターンの類似した部分が同時に知覚されることは、視野闘争グルーピングと呼ばれる。Stuit et al.(2011)によれば、視野闘争グルーピングは刺激イメージの内容に依存する(image-based)よりは刺激を提示する眼球に起因して出現する(eye-based)傾向が強いことが示された。さらに、視野闘争グルーピングは、視野闘争刺激が動的パターンになると、眼球起因の貢献度が、とくに動的な速度の遅速で変わることも示された。動的な刺激変化が遅い場合には高次の知覚処理過程(stimulus rivalry)が、速い場合には低次の処理過程(eye rivalry)が関与すると考えられた。

そこで、Holten et al(2016)は、動的刺激パターンを用いて視野闘争を起こすとき、図 2.17 に示すように、時間が長くなり、逆に高次処理過程が関与するのであればＩ型

(image-based)の出現持続時間が長くなり、さらに低次と高次の両過程が関与するのであればI+E型（image-eye based）の出現持続時間が長くなると予測した。実験では、図2.18に示すように、動的刺激パターンに完全オプティクフロー(Full optic flow)および部分オプティクフロー(partial optic flow)からなる2種類の視野闘争刺激を用いた。完全オプティクフロー条件では、白あるいは黒のドットで構成されたドットパターンが小円(輪郭は描かれていない)領域の中心に向かう収束オプティクフローあるいは周辺への拡散オプティクフローがランダムな歩行オプティクフローと組み合わされて左右眼に提示された。部分オプティクフロー条件では、オプティクフローが注視点から

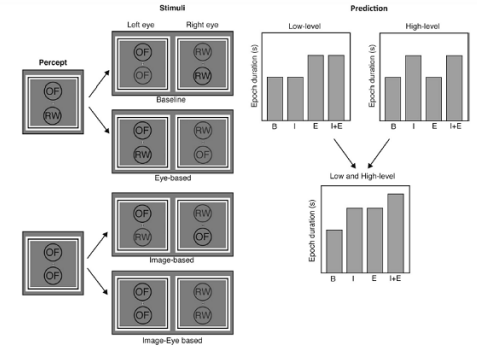

図2.17　視野闘争のグルーピング実験のパラダイム。知覚グルーピングで出現する４つの型（視野闘争中の出現持続時間）はB(baseline)，　I(image-based)、E(eye-based)、I+E(image-eye based)で表示。図中、OF：optic flow、RW：randaom walk motionを示す。左欄は視野闘争で知覚されるものおよびそれをもたらす左右眼への刺激パターン。右欄は視野闘争で知覚グルーピングの4通りの型の予測出現持続時間(Holten et al.2016)

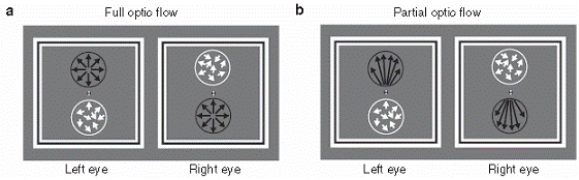

図2.18　完全オプティクフロー(Full optic flow)および部分オプティクフロー(partialoptic flow)からなる2種類の視野闘争刺激(Holten et al.2016)

下方へシフトするオプティクフローもしくは注視点から上方への拡散オプティクフローと組み合わされ、しかもひとつのフローパターンとしてホーリスティックに知覚解釈されるように設定されて左右眼に提示された。収束あるいは拡散フローにおけるドット速度は中心あるいは周辺に向かいにつれて速度勾配をつけて増大させ、またランダム歩行フローでは一定の速度で固定した。被験者には、視野闘争事態において、提示した２つの小円領域が両方とも白ドットならば左矢印キーを、小円領域の一方が白ドット、他方が黒ドットならば上矢印キーを、小円領域の両方が黒ドットならば右矢印キーを、それらが知覚されている間だけ押し続けるように求めた。

その結果、完全オプティクフロー条件で片眼にオプティクフロー（上側に提示）とランダム歩行フロー（下側に提示）を、他眼にオプティクフロー（下側に提示）とランダム歩行フロー（上側に提示）を提示しオプティクフローとランダム歩行フローが優位に出現する時間をベースに考察すると、(1)片眼にオプティクフロー、他眼にランダム歩行フローを提示すると、オプティクフローあるいはランダム歩行フローのいずれかが知覚優位になる時間が最も長いこと、(2)片眼にオプティクフロー（上側に提示）とランダム歩行フロー（下側に提示）を、他眼にオプティクフロー（下側に提示）とランダム歩行フロー（上側に提示）を提示した条件でもオプティクフローとランダム歩行フローが優位に出現する時間は同程度に多くなること、しかし(3)オプティクフローあるいはランダム歩行フローを別々の眼に提示した条件では、２つのオプティクフローあるいは２つのランダム歩行フローのどちらかが出現する時間は先の２条件に比較して短いことが示された。この結果は部分オプティクフロー条件でも同様であった。さらにオプティクフローとランダム歩行フローのいずれの出現時間が優位になるかをみると、オプティクフローの方が幾分長いことが示された。

このことから、視野闘争のグルーピングは眼球起因(eye-based)によっていること、しかもこれはフローパターンの処理に高次の過程が関与していても妥当することが見いだされている。

3.4 コントラストと輝度刺激および左右眼のノイズ条件での視野闘争

左右眼に提示するグレーティングパターンが左右で90度異なると視野闘争が生起する

が、左右で異なるグレーティングパターンが片眼内で混合すると断片的視野闘争(piecemeal rivarly)がある視野内の部分で生じる(Blake et al.1992)。刺激パターンが左右眼で90度異なるグレーティングの場合には、２つのグレーティングが重複(overlap)されたり (Liu, et al.1992) あるいは上書き(superimposition)されたりして視える(Brascamp, et al. 2006)。また、刺激パターンに異なる空間周波数を用いた場合、それらは異なる２つの奥行面があるように重複して知覚される(Yang, et al. 1992)。とくに断片的視野闘争の存在は、視野闘争が視野全体ではなく限定されたゾーンでも生起することを示す。断片的闘争は視覚 10° 程度の大きさ刺激で生起することから、それは隣接しているが重複しないで、独立し相互に作用する網膜領域で起きるとBlake et al.(2002)らは考えた。視野闘争中の相互に排他的に作用する領域の連鎖が断片的闘争をもたらし、また重複的闘争は両眼視融合の指標というわけである。視覚情報過程の初期に処理される刺激の大きさ(Blake et al. 1992; O'Shea, et al.1997)、コントラスト(Bossink, et al. 1993; Brascamp et al.2015)、方向(Schor, 1977; Wade, 1974)、そして空間周波数(Kitterle & Thomas, 1980; O'Shea, et al.1997)は混合した視野闘争を起こす、たとえば顔とか家屋とかの複雑な刺激 (Alais & Melcher, 2007; Nguyen, et al.2003; Kovács, et al. 1996) は左右眼のそれぞれで全体的闘争を起こす。これらの研究はすべて、輝度や色相を変化させることでそれらの背景からパターンを区別できる刺激特性 (第１順位の空間特性、first-order spatial stimuli、LM)に基づいた刺激で構成されていた。一方、第２順位の空間特性をもつパターン、たとえばコントラストで変調したノイズ刺激 (contrast-modulated noise stimulas、CM、刺激全体で輝度の変化がなくただコントラストの変化のみの手がかりで知覚できる刺激) を、用いた研究では、一致した結果が得られていなく、さらなる実験が必要とされる。

Skerswetat et al.(2018)は、第１の課題としてLMとCMの刺激に対する断片的闘争および重複的闘争がどのような割合で生起するかを量的にしらべた。もしCM刺激が両眼視融合過程の最初に処理されるならば、LM 刺激より多くの出現割合で重複的闘争が知覚されると予測される。第２の課題として、刺激の輝度ノイズの両眼対応(correlation) が異なる場合の視野闘争に対する影響をしらべた。もし視野闘争が輝度情報の抽出で開始されるならば、LMとCMの視野闘争はノイズの左右眼対応が十分でない場合に動的に生起する

と予測される。刺激は、図2.19に示すように、LM刺激条件（上のA図)およびCM刺激条件（下のB図)のグレーティングで、その輝度プロフィールはそれぞれ右側に示されている。図の(A)は、輝度を変調させたサイン波形グレーティングで0.10の輝度比をもち、輝度比2.0のバイナリーノイズを加えた。図の(B)は、コントラストを変調させたサイン波形グレーティングでバイナリーノイズキャリア1.00で変調した。ノイズの左右眼の構成する条件(Anti-correlated noise)、および全く左右眼で対応しない条件(Uncorrelatedは、左右眼で対応する条件(correlated noise)、左右眼で対応するがその輝度が反対となる条件（noise)を設定した。なおノイズはアーチファクトを避けるために動的に提示した。両刺激の融合の限界を示すために輪郭円でパターンをとりまき、その中心に0.20のコントラストの注視点を提示した。被験者には、ステレオスコープを用い左右眼それぞれの刺激パターン（CMあるいはLM）を提示し、図2.20に示したように、両眼間の視野闘争の出現順序と出現する知覚内容の変化をレスポンスボックス内のキーで反応させた。図中のｙ軸は4種類の知覚反応、すなわち左眼の水平方向のみ知覚（H)、右眼の垂直方向のみ知覚（V)、断片的知覚（P)、重複的知覚（S)を示す。ｘ軸は試行経過時間。

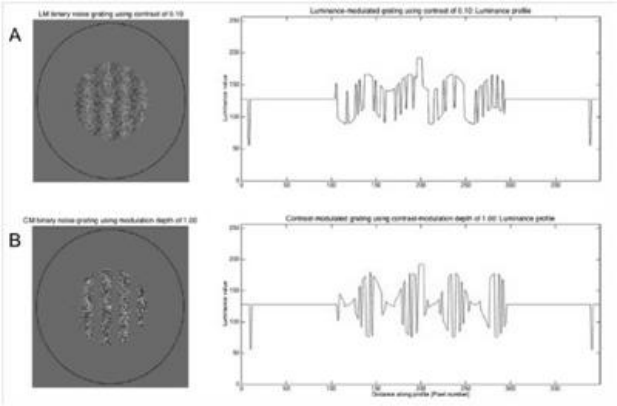

図2.19　LM（A)とCM（B)グレーティング刺激とその輝度プロフィール。(A)輝度変調させたサイン波形グレーティングで0.10の輝度比をもち、輝度比2.0のバイナリーノイズを加えた、(B)コントラスト変調させたサイン波形グレーティング、バイナリーノイズキャリア（1.00の変調）で変調。両刺激は融合限界を示すために円でとりまき、その中心に0.20のコントラストの注視点を提示した(Skerswetat et al.2018)。

図のAボタンは水平方向知覚、Bボタンは垂直方向知覚を、AとBの同時ボタン反応は断片的知覚、AとBとCの同時ボタン反応(図の点線)を考慮して反応するように指示した。

実験の結果、(1)すべてのLM刺激条件はCM条件より急激な左右眼の視野闘争が有意に生起した。(2)断片的および重複的視野闘争は correlated なノイズをもつCM条件で他のすべてのノイズ条件およびLM条件より有意に少なかった。(3)視野闘争観察中にトータルな知覚から断片的知覚さらには最初のトータルな知覚への戻り(Reversion)は、LMとCMの両方における correlated なノイズ条件で有意に生起した。しかし、Anti-correlated noise およびUn-correlated noise 条件では他眼のパターンへの知覚移行が観察された。CMとLM条件を比較すると、CM刺激はLM刺激より多くの逆戻り知覚を生起させた。(4)視野闘争が急激に変化するか、あるいはゆっくりかを見るとCMとLM条件間には差は無く、大部分の闘争はゆっくりと進行した。(5)CM刺激の correlated なノイズ条件では、一義的な闘争知覚の割合が全観察時間(50秒) 中で高く、Anti-correlated noise およびUn-correlated noise 条件ではゆるやかに増大した。LM刺激のすべての対応条件では、観察の初めの数秒で一義的な知覚出現が大きく出現した。断片的闘争の出現は、すべての CM と LM の条件で観察初期（６秒）には少なく有意差はなかった。重複的視野闘争の出現はCM条件で観察時間の経過につれ有意に大きくなったが、LM条件では有意差は無いもののわずかに縮小した。(6)CM と LM 刺激のすべての対応条件で、一義的な知覚出現は標準化したフェーズデュレーションに対してガンマ型の分布をしたが、ただ CM 刺激の correlated なノイズ条件では同様な分布をとるものの一義的な知覚出現数は他の条件に比較して小さかった。

これらの結果をまとめると、すべてのノイズ条件でLM刺激は視認性が明瞭で重複的視野闘争が低く、逆にCM刺激ではその出現割合が大きく出現時間も長かった。またLM、CM刺激とも correlated なノイズ条件では Anti-correlated noise および Un-correlated noise 条件より重複的視野闘争の出現割合が大きかった。断片的視野闘争は、LM、CMの刺激タイプ間、あるいはノイズ条件間で有意差が生じなかった。CM刺激でAnti-correlated noise およびUn-correlated noise 条件では視野闘争の変化数は高かった。

これらの結果は、刺激タイプがCMでノイズが両眼間で対応していない場合には、相互の抑制作用が輝度ノイズ（第１順位刺激成分）とコントラストノイズ（第２順位刺激成

分）の神経生理的プロセス間で起きていることを示唆する。視野闘争に第１と第２順位の刺激成分が関わっているLMよりCMタイプの方が重複的闘争の割合が高く、これはCM刺激の一方の眼の局所的コントラストの変調領域が他眼の平均輝度に近接した領域を優勢に支配するためと考えられる(図2.20参照、AとBの青の円)。断片的あるいは重複的視野闘争のいずれが知覚されるかは、左右眼でCMが交じわる領域があるかどうかで決ま

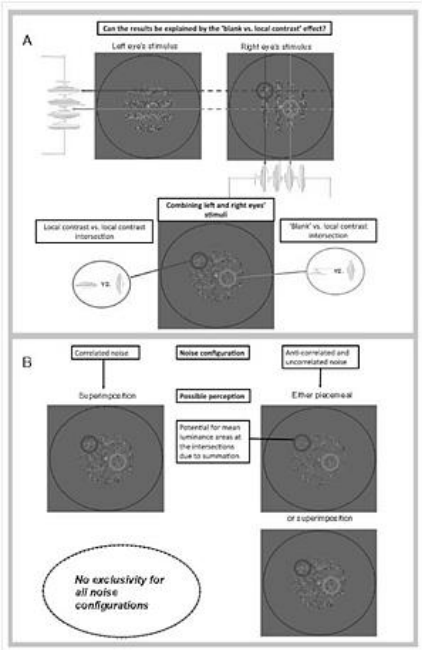

図2.20　視野闘争出現過程の２つの仮説図式。(A)「ブランク対局所コントラスト効果」説。左右眼の刺激が結合するとき２つの局所的知覚の出現が図示されている。左右眼の局所的コントラストが交わる領域（赤の円）および平均輝度に近接した左右眼の交わる領域（ブランク）と局所的コントラスト領域（青の円）。(B) 異なるノイズの左右眼対応から生起する知覚に対する３通りの説明図式(Skerswetat et al.2018)。

る（図Aと Bの赤の円)。ノイズが correlated 条件で視野闘争出現せず、重複的闘争が多くなると予測される（図Bの左)。Anti-correlated noise および Un-correlated noise 条件では左右眼の交わる領域で局所的な視野闘争が起きれば重複的あるいは断片的闘争が知覚される（図Bの右)。また、輝度の平均化（総和）が左右眼の交わる領域で起きれば、断片的闘争が知覚され、Anti-correlated noise および Un-correlated noise 条件の方が correlated noise 条件より多くなる。CM あるいは CM の左右眼の交わる領域は重複的もしくは断片的視野闘争を誘導すると考えられる。視野闘争の新しいモデルの実験的検証が求められよう。

3.5 左右眼で異なる自然な入力像からのシーンの統合

両眼で自然なシーンを観察するときには、左右の各眼でオクルージョンのために各眼にしか視えないという意味で単眼領域が生じるが、しかしそれらの単眼領域は視野闘争のような抑止は生起せずにひとつのシーンに統合されて知覚される。たとえば、図2.21(a)に示したように、前面にオクルーダーがある場合には、左右の網膜像には不一致の領域が生じる。同様に、前面にフェンス状のオクルーダーがある場合に左右眼の網膜像で視える背景は異なるので左右眼は交互にストリップ状の背景を視ることになり、また両眼視できるのはオクルーダーのみである(図b)。しかし図(c)のように前面のフェンス状のオクルーダーを背景に近づけた場合には背景は単眼でも両眼でも視える。このように、左右眼からの入力刺激が少し異なってもひとつのシーンが知覚されるのは、一種の知覚的補完が生じるからと考えられる。この知覚的補完には背景領域の奥行がどのように知覚

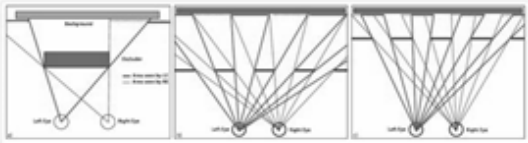

図2.21　(a)オクルーダーが前面にある場合の左右眼の網膜像、(b)前面にフェンス状のオクルーダーがある場合の左右眼の網膜像で左右眼で視える背景像は異なり、両眼視できるのはオクルーダーのみである、(c)前面のフェンス状のオクルーダーを背景に近づけた場合で単眼でも両眼でも視えるのは背景である (Zeiner et al.2014)

されるかが一定の役割をはたしている(Grove et al.2006)。両眼立体視問題の一つであるダ・ヴィンチ・ステレオプシスの研究からも、左右眼で一致しない手がかりが対象間の奥行についての手がかりとなることが見いだされている(Nakayama & Shimojo 1990)。

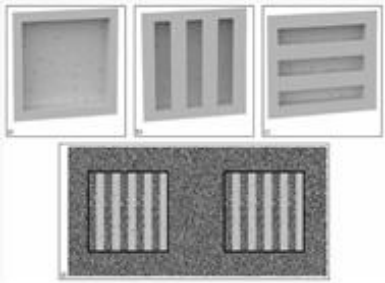

図2.22　(a)左右眼とも同一の両眼立体視刺激、(b)垂直方向にオクルーダーのある刺激、(c)水平方向にオクルーダーのある刺激、(d)実験に使用した実際のステレオグラム(Zeiner et al.2014)

そこで、Zeiner et al.(2014)は、左右眼の入力像が不一致の場合、ひとつのシーンとして知覚されたものがどのような視覚特性をもつか、とくにオクルーダーによって片眼に部分的に隠されたものがどのように視えるのかを吟味した。実験は、図2.22に示されたステレオグラム(図d)で 前面にオクルーダーをもち、背景にはランダムにドットを提示し、また、次の3通りの実験条件を設定して実施された。すなわち図(a)はオクルーダーをもたないために左右眼とも同一の刺激条件（標準条件)、図(b)は垂直方向にオクルーダーのある刺激条件で左右眼は交互にストリップ状の背景を視ることになるので両眼視できるのはオクルーダーのみである、図(c)は水平方向にオクルーダーのある刺激条件で、背景のランダムドットは前面のオクルーダーで隠されるが各眼は同一パターンのドットを視る。被験者には、標準刺激のステレオグラムを提示し、次いで実験条件のそれを提示し、どちらの刺激がよりドット数が多いかを答えるように求めた。標準条件のドット数は80個で固定し、実験条件のそれは45、53、64、69、80、93、100、120、140個に変化させた。

実験の結果、ドット数識別の主観的等価値(PSE)を３つの実験条件で比較すると、個人差は大きいものの条件間には有意差は生じなかった。これはオクルーダーによるドット数の遮蔽が左右眼で異なっても、左右眼で同一の刺激が入力された場合と同一のシーン

が形成されたことを示した。しかしこの結果には個人差があり、両眼視でのシーンの統合が起きない被験者がいることを示した。

そこで、隣接する単眼的領域と両眼的領域が知覚的に統合されるのか、あるいは視野闘争事態のためにどちらかが抑止されるのかを図2.21(c)の両眼視事態を設定し、次の5通りの実験条件でしらべた。標準刺激条件（単眼と両眼領域は同一のドット密度に設定、ドットの半分は両眼領域、後の半分は単眼領域）、両眼領域高密度条件１（両眼領域にドットの2/3、単眼領域に1/3を提示）、両眼領域高密度条件２（両眼領域にドットの3/4、単眼領域に1/4を提示）、単眼領域高密度条件１（両眼領域にドットの1/3、単眼領域に2/3を提示）、単眼領域高密度条件２（両眼領域にドットの1/4、単眼領域に3/4を提示）。実験では標準刺激条件と他の4条件を順次にペアにして組み合わせ、どちらのドット密度が高いかを判定させた。このような実験事態では、単眼領域が完全に無視され両眼領域からの入力情報に頼れば、ドット密度は両眼領域に視えるものに基づいて判断され、両眼領域高密度条件1と2では標準刺激条件に比較して16.7%と25%の過大視、単眼領域高密度条件1と2では16.7%と25%の過小視がそれぞれ生起すると予測される。また、単眼領域を無視し両眼領域からのみサンプリングでドット密度がシーン全体で一定であると仮定すれば、両眼領域高密度条件１と２では33.3%と50%の過大視、単眼領域高密度条件1と2では33.3%と50%の過小視がそれぞれ生起するはずである。

実験の結果、ドット密度のPSEは、単眼領域を無視し両眼領域のみからの入力情報に基づいて判断されていることが示された。これは、両眼領域が利用できる場合には単眼領域からの情報は視覚システムによって効果的に無視されることを意味する。

3.6 視野闘争(binocular rivalry)と盲点の知覚的充鎮(filling-in)の機能的順序関係

近年の研究によれば、知覚的視野闘争は中枢の低位のメカニズム（V1)で生起し、高位レベルである意識レベルとは関係してない((Zou et al. 2016, Brascamp et al. 2015)。一方、盲点の知覚的充鎮は盲点の周囲の刺激によって補完されるしくみで、物理的に存在しない刺激を主観的に知覚し、したがって知覚的視野闘争とは逆の現象である。知覚的充鎮現象が存在しない刺激を内的に生み出したものであれば視野闘争とは関係しないし、また視野闘争で抑止された刺激は知覚的充鎮を誘導しないと考えられる。

Qian et al.(2017)は、これらの疑問に答えるために視野闘争と知覚的充鎮間の関係を実験でしらべた。実験１では、片眼の盲点周囲への刺激パターンが他眼のそれと対応する位置（非盲点位置）に提示した別のパターンの間に視野闘争が起きるかどうかしらべた。もし、盲点に提示されたパターンが知覚的充鎮によって知覚表示されているならば、他眼に提示したパターンとの間で視野闘争が起きると考えられる。また、実験２では片眼の盲点上にある刺激（誘導刺激）が他眼の刺激と視野闘争するかがしらべられた。

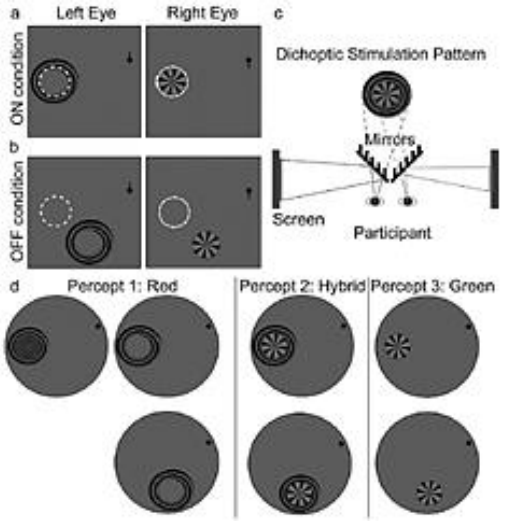

図 2.23　視野闘争と盲点の知覚的充鎮の関係をしらべる実験パラダイム。(a)片眼の盲点（白点線で表示）の隣接周囲にリング状に刺激パターン（リング）を、他眼には片眼の盲点に対応する位置（非盲点で白実線で表示）に別の刺激パターン（ギア）を提示、(b)両眼とも盲点をはずした位置に提示、(c)各眼への刺激提示装置、(d)3 通りの知覚可能なパターン、知覚１は赤色リングのみ、知覚２はリングとギア(Hybrid)、知覚３は緑色ギアのみ。上段は片眼の盲点に刺激パターンを提示する条件、下段は盲点をはずして刺激パターンを提示する条件(Qian et al.2017)

実験１は、図 2.23 に示したような実験パラダイムで行われた。刺激パターンは両眼に別々にハーフミラー提示装置で提示された(図-c)。片眼には赤色リングパターンが盲点の周囲（白い点線で表示）に提示され、他眼には片眼と対応するがしかし盲点ではない位置（非盲点で白い実線で表示）に緑色ディスクが提示された。このように、各眼に刺激パターンを提示すると、3 通りの知覚可能なパターン、すなわち赤色リングのみ（知覚１）、赤色リングと緑色ディスク(知覚２、Hybrid)、緑色ディスクのみ（知覚

３）が予測される（図中上段は片眼の盲点に刺激パターンを提示する条件（ON 条件）で、下段は左右眼の盲点をはずして刺激パターン提示する条件（OFF 条件）のそれぞれを知覚予測されるものを示す)。赤色リングの中に緑色ディスクが知覚されるケース（Hybrid）の頻度は、盲点に提示された場合（ON 条件）の方が盲点に提示されない場合（OFF 条件）より少ないと予測される。というのも、盲点に提示され知覚的充鎮による緑色ディスクの方が他眼に提示された緑色ディスクより抑止され、他方盲点に提示されない緑色ディスクは左右眼ともに抑止は起きないからである。15 名の被験者には、両眼視事態で右眼に緑色ディスクを提示しそれを左眼の盲点位置に完全に消失するまで移動させ、次に部分的に視えるまで拡大させて盲点位置を確定させた。この後、赤色リングと緑色ディスクを該当眼に 65 秒間提示し、知覚１、２、３の 3 通りの知覚のいずれが生起するかを ON 条件と OFF 条件別にキー操作によって答えさせた。もし、ON 条件で盲点での知覚的充鎮知覚と緑色ディスクとが知覚闘争にあれば、Hybrid（知覚 2）の出現は OFF 条件よりは少なくなるはずである。しかし、実験の結果は、Hybrid （知覚２）の持続割合を ON 条件と OFF 条件でみると、両条件間には差がないことを示した。ON 条件と OFF 条件で条件間には差がないことは、盲点領域での知覚的充鎮による情報が他の網膜領域の情報と知覚闘争を起こすものではなく、盲点周囲に提示された刺激パターン（緑色ディスク）が視野闘争条件では知覚的に鮮明に生起しないことを示した。そこで、盲点領域に直接提示する誘導刺激のパターンを盲点周囲に提示するリングからその全体を取り囲むディスクパターンに換え、他眼に提示したリングが部分的に抑止されている間、誘導刺激として提示されたディスクが知覚的充鎮を強めるか否かが実験２で試された。

実験 2 では、図 2.23-a のように、2 通りの盲点提示刺激（赤色リングと赤色ディスク）のいずれかを片眼の網膜位置に提示し、他眼の対応位置に緑黒色リングを提示(ON 条件)、あるいは盲点では無い網膜位置に同様に片眼に赤色リングあるいは赤色ディスクを他眼に緑黒色リングを提示した（OFF 条件)。この事態での予測される 3 通りの視え方は、赤色リングあるいは赤色ディスクのみ（知覚１)、赤色ディスクと緑黒色リング(知覚、Hybrid)、緑黒色リングのみ（知覚３）である。

実験の結果、ON 条件では盲点位置に提示した赤色ディスクあるいは赤色リングと他眼からの緑黒リングの組み合わせた知覚(Hybrid) の持続時間の比率は、リングとディスク

間で差がでなかった。また、全試行数を母数にし、Hybrid 知覚が出現する持続時間の比率でも同様だった。盲点位置をはずした OFF 条件では、各眼がリング状パターンで盲点の中央領域が存在しない提示条件の持続時間比率は ON 条件とほぼ同じだったが、片眼の網膜位置にディスク、他眼がリングパターンで片眼の盲点中央領域に物理的パターンが存在する提示条件での持続時間比率は大きかった。Hybrid 知覚の出現優先度は、盲点位置にリングあるいはディスク提示条件（ON 条件）と盲点位置をはずして各眼にリング提示条件（OFF 条件）と同等だったが、盲点位置をはずして片眼にディスクを他眼にリングを提示する条件（OFF 条件）ではその出現優先度は高かった。

これらの結果から、視野闘争のしくみによって誘導刺激が抑止されている間は知覚的充鎮が行われないことが明らかにされた。視野闘争における抑制は盲点の知覚的充鎮に先行し、視覚領 V1 あるいは外側膝状体(LGN)が関与 すると考えられる。

3.7 視野闘争におけるイメージと眼球の影響

Stuit et al.(2014)は、左右眼のパターンの不一致による視野闘争、あるいは左右で異なるパターンの一部によるパターンのグルーピング知覚は、おもに、左・右眼の入力基づく情報処理レベルによって生起し、左右眼のパターンのイメージの不一致にからくる情報処理レベルのものではないことを明らかにした。これは、視野闘争が低次の視覚情報処理レベルで起きていることを示唆するが、視覚情報処理のいくつかのレベルで同時に起きているとの報告もある(Blake, 1989; Logothetis et al.1996,Silver & Logothetis 2007, Tong & Engel, 2001,Tong et al.,2006,Wilson 2003)。

Stuit et al.(2017)は、視野闘争の高次レベルでの情報処理過程を各眼に提示する刺激パターンを操作して実験した。とくに高次の情報処理に関係する受容野の大きさと単眼でのシグナルの強さが操作された。図 2.24 は視野闘争のための刺激パターンで、(A) 片眼の刺激パターンは上下で同一、左・右眼のそれは異なるように操作した条件（イメージ条件）、(B)片眼の刺激パターンを相違させ、左・右眼では交差（たすきの位置）の位置で同一のパターンを提示する条件を示す。刺激パターンは注視点から 3° の位置に提示、各眼の 2 つの刺激パターン間の距離は 0° から 6° まで 1° ステップで変化させ、視野闘争が眼球に原因 (eye-origin)するか、あるいはイメージの一致(image-coherence)によるのか

をしらべた。図のAの条件には同一のイメージが同一眼にあり、図のBの条件には同一の

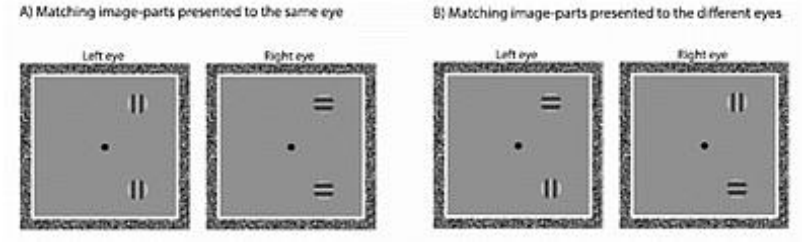

図2.24　視野闘争のための刺激パターン。(A) 片眼の刺激パターンを上下で同一、左・右眼のそれは異なるように操作した条件（イメージ条件）、(B) 片眼の刺激パターンを上下で相違、左・右眼に同一のパターンを提示する条件（提示位置は左右眼で交差）。刺激パターンは注視点から3°の位置に提示、各眼の2つの刺激パターン間の距離は0°から6°まで1°ステップで変化(Stuit et al.2017)。

イメージが他眼にある。前者は片眼に眼球基因とイメージ一致の両方があるので、それらが協同して同時に視野闘争を促進、一方、後者の条件では、眼球基因とイメージ基因が視野闘争のグルーピング知覚において競合すると考えられる。ここでは、刺激パターン間の距離を大きくとることで、視野闘争におけるグルーピング知覚を消失させることができる。左右眼の刺激パターンの提示の仕方とパターン間の距離を操作したときの闘争パターンの優位出現は図2.25のように予測される。図のAとB（各眼へのパターンの提示の仕方は上段に示す）には、各眼に提示する刺激パターン間の距離の大きさに応じて視野闘争の優位パターンの出現変化が強く出る場合を示し、ここではイメージ基因 (A)の方が眼球基因 (B)条件よりパターン間の距離効果が大きいことを予測。一方、図のCとDには刺激パターン間の距離の大きさによっては視野闘争の優位パターンにあまり差が生じない場合を予測する。これらの予測では、視野闘争がイメージ基因あるいは眼球基因のいずれにあっても刺激パターン間の距離が小さいほど出現優位は大きいことを示している。さらに、イメージ基因と眼球基因の両方が働いて視野闘争のパターン優位性が生起しイメージ基因が勝る場合にはパターン間の距離効果が大きい場合には図のBのような予測が、それが

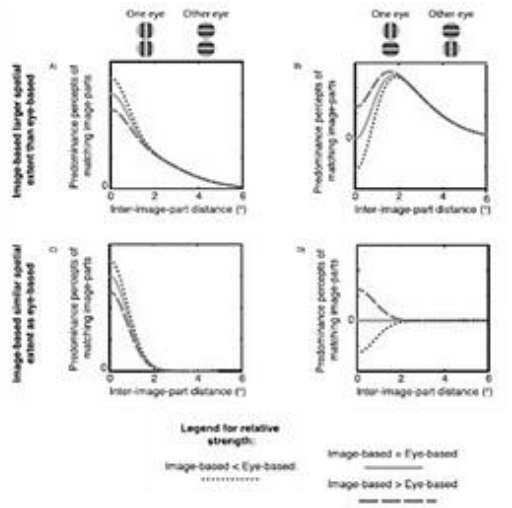

図 2.25　左右眼の刺激パターンを操作したときの視野闘争パターンの優位出現の予測。図のＡとＢ（各眼へのパターンの提示の仕方は上段に示す）には、各眼に提示する刺激パターン間の距離の大きさ（グラフ横軸）に応じて視野闘争の優位パターン（縦軸）の出現変化が強い場合を示し、ここではイメージ主導（A）の方が眼球主導（B）条件よりパターン間の距離効果が大きいことを予測。一方、図のＣとＤには刺激パターン間の距離に大きさによっては視野闘争の優位パターンに差が生じない場合を予測。図中、点線表示はイメージ主導の方が眼球主導より大きいことを、実線はそれらが等しいことを、破線はイメージ主導の方が眼球主導より小さいことをそれぞれ示す(Stuit et al.2017)。

小さい場合には図のＤのような予測が成り立つ。とくにイメージ基因がパターン間の距離要因に大きく依存する場合には、知覚優位はパターン間の距離が中程度のときに最大となり、眼球基因ではこの効果はこの種の知覚優位に対抗するので最小となる。もし、イメージ基因と眼球基因によるグルーピングが異ならないならば、パターン間距離が中程度で最大となる効果は生起しない。実験では、被験者に視野の上部にあるパターンもしくはマジェンダ色が知覚される否か、視野の下部にあるパターンもしくはマジェンダ色が知覚されるかを問い、それぞれ割り当てたキー操作で答えるように、またシアン色が知覚された場合にはキー操作をしないように、それぞれ教示した。

実験の結果、知覚的グルーピングが優位に生起したのは、同一眼に同一の刺激パターンが提示された条件であり、眼球基因とイメージ基因の両条件が視野闘争における知覚優位をもたらした。さらに、この知覚優位は、パターン間の距離が増大するとともに距

離間が2°までは減衰するがそれ以降は平準となった。一方、提示パターンが左・右眼で異なる場合には特定のパターンの知覚優位は生起せず、またパターン間の距離が増大しても増減せずに変化は生じなかった。これは眼球基因とイメージ基因のグルーピング知覚は互いに競合する関係になった。

これらの結果から、視野闘争における知覚優位の出現には眼球基因とイメージ基因の両要因が関わっているが、パターン間の距離に伴っては知覚優位が変動しないことから、イメージ基因の知覚グルーピングは眼球基因のそれと同様に空間的に類似した大きさという拘束条件があり、その範囲では類似した知覚優位が出現すると考えられる。これは眼球基因とイメージ基因の知覚グルーピングが同じ受容野の大きさによって生じるためと示唆される。

4 視野闘争の神経生理的基礎

4.1 健常脳と分割脳における眼球による視野闘争と対象による視野闘争

視野闘争には刺激側の要因である明るさコントラスト差、空間周波数差などが影響、また観察者側の要因として注意、意志、恐怖などが、その知覚優位性に影響する。一方、視野闘争に影響する要因としては、眼球側の要因を重視する説と刺激側の要因が重要とする考え方がある。眼球側要因説では知覚優位眼がしだいに抑制される結果刺激に対する感度が落ち、逆側眼が優位となると考える。刺激側要因説では、刺激のもつパターン特性が知覚優位を決めると考える。たとえば、2つの視野闘争パターンのそれぞれを半分に分けてひとつに合成し、その合成したパターン(Diaz-Caneja パターン）を各眼に提示すると、合成する前のノーマルなパターンが優位

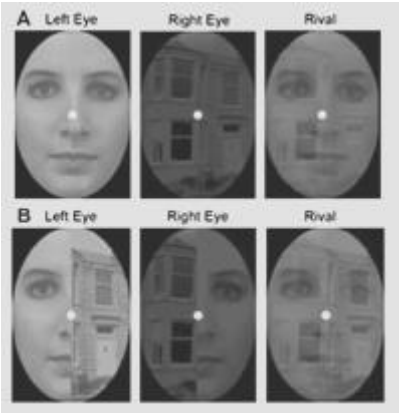

図2.26　視野闘争パターン。A：顔と家の視野闘争が出現、B:半分の顔と半分の家とで合成されたDiaz-Caneja パターン(Ritchie et al 2013)

に出現し、また各眼にフリッカーで提示すると、その優位性が高まるという結果もある(Kovacs et al. 1996, Knapen et al. 2007, Bartels & Logothetis 2010)。

Ritchie et al.(2013)は、脳梁を切断した分割脳被験者に、このDiaz-Canejaパターンを提示して視野闘争における知覚優位性がどのように出現するかをしらべた。分割脳被験者は59歳の女性で重度てんかん症のために脳梁切断手術を受けている。統制群である健常者は8名の女性である。視野闘争パターンは、図2.26に示したように2種類で、ひとつは顔と家の通常の視野闘争パターン(A)、他は半分の顔と家とで合成されたDiaz-Canejaパターン (B) である。被験者には60秒間の観察中に左眼刺激あるいは右眼刺激のいずれが見えているか、キーボードのキーで反応するように求めた。なお、左右眼パターンの注視点を注視するように教示し、注視点の動きをビデオレコーダーでモニターした。

その結果、脳梁を切断された分割脳被験者の場合、片眼に提示された顔あるいは家の通常の視野闘争パターンが左あるいは右の視覚領に別れて入力されるにもかかわらず、統合されて顔あるいは家の出現時間が長くなること、これは健常群と差がないがやや合成パターンの出現が分割脳被験者で長くなること、Diaz-Canejaパターン条件では健常群と分割脳被験者ともに顔と家の合成パターンの出現時間が長くなること、分割脳幹者では顔と家の合成パターン (Diaz-Canejaパターン) の出現時間が健常群より若干多くなること、などが示された。Diaz-Canejaパターンで顔と家の合成パターンの出現時間が長いという結果は、視野闘争で刺激側が優位というよりは眼球側が優位になることを意味し、また通常の刺激パターンが脳梁を切断されたために２つのパターンに分割された場合には、通常の視野闘争が若干減少することを意味した。これらのことから、視野闘争は初期視覚領で生起するのではなく、半視野間の相互作用を担う他の処理過程で生起していることが示唆される。

4.2 異なる運動方向の視野闘争における側抑制

視野闘争についてもっとも最新のニューラルモデルは、図2.27に示されたようなしくみを想定している。各眼からの入力 (X)を受けた局所的活動ユニット (H) は、スパイク (Y)を側抑制ユニット(γ)に出力する。側抑制ユニットからは対側の局所的活動ユニットに対して抑制をかける。また、局所的活動ユニットではゆっくりした順応 (A) が生起す

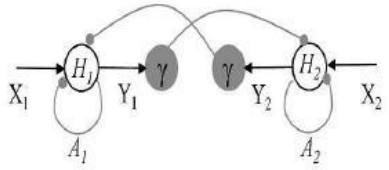

図 2.27　視野闘争における対側抑制。H：各眼からの局所的活動ユニット、X：視覚的入力、A:順応、Y：スパイク出力、γ：対側への抑制(Platonov & Goossens 2013)

る(Blake, et al.1998, Freeman, 2005; Lehky 1988, Noest et al.2007,Wilson 2003)。このモデルは、一方のパターンの興奮と抑制、他方の抑制と興奮を説明する。すなわち、はじめはどちらかの局所的活動ユニットが興奮して優位となり他を抑制するが、抑制された側の局所的活動ユニットはもう一方を対側抑制(cross inhibition)するとともに順応過程が機能して活性化する。活性化していた方の局所的活動ユニットは他方からの対側抑制を受けてしだいに衰える。こうして視野闘争の反転が起きるというわけである。

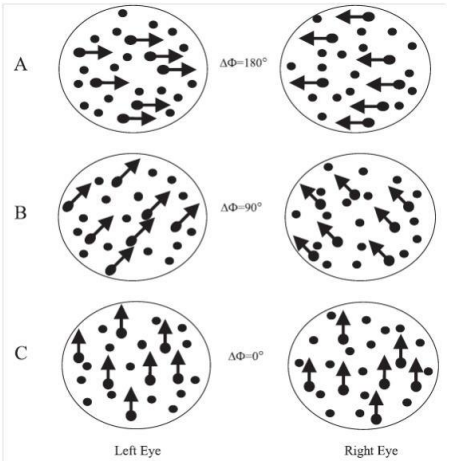

図 2.28　視野闘争図形パターン。A:各眼のドットは水平方向で相互に逆方向に運動（180 度の運動方向差ϕ)、B:各眼のドットは斜め上方向、相互に直角を形成するに運動（90 度の運動方向差ϕ)、C: 各眼のドットは垂直方向に運動（運動方向差は 0 度）(Platonov & Goossens 2013)

そこで、Platonov & Goossens(2013)は、各眼への方向が種々異なる運動刺激を提示すれば、両眼間での対側抑制の強度を操作でき、その結果から視野闘争のしくみを明らかにできるのではないかと考えた。もし視野闘争が両眼間の対側抑制に規定されるのであれば、両眼間の運動方向差を減じれば各眼側の側抑制を強めるために両眼間の対側抑制は逆に促進され、したがって視野闘争事態で最初に優位に知覚された刺激の

優位度とその出現持続時間を増大すると予想される(対側抑制仮説)。一方、知覚優位となった側の運動方向チャンネルの対側のチャンネルが最も強く相互を抑制するならば、対側抑制は両眼間の運動方向差が大きいほど強くなると予想される。そこで、図 2.28 に示したような左右眼でドットの運動方向が異なるキネマトグラムを両眼に提示し、左右眼のどちらの刺激が知覚優位か、またその優位出現時間を測定した。左右眼の運動方向角度差(motion direction disparity)は、0、30、40、60、90、150、180 度の 6 段階、垂直子午線に対する運動方向は、左あるいは右方向に 0、15、20、30、45、75、90 度に、また刺激の明るさコントラストも高低の 2 段階に設定した。

その結果、両眼間の運動方向角度差が減じると、視野闘争で知覚優位に出現した刺激の優位度とその出現持続時間が増大すること、これは非利眼より利眼側で大きいこと、さらにこの変化は刺激の明るさコントラストが低い場合に大きく現れることなどが示された。これは視野闘争における対側抑制仮説を支持する。

4.3 視野闘争(binocular raivalry)と刺激闘争(stimulus rivalry)の神経生理的基礎

両眼視野闘争は各眼に大きく異なるパターンを同時に提示すると各眼のパターンが知覚的交替する現象を言う。刺激闘争は同様に各眼に大きく異なるパターンを 3Hz でフリッカーさせて提示すると、間歇提示にも関わらず視野闘争が起きる現象を言う。視野闘争の起きるメカニズムの仮説には 2 通りがあり、ひとつは V1 における単眼視ニューロンの抑制によるというもの(Blake & Logothetis, 2002; Tong et al.2006)であり、もう一つは単眼の闘争を迂回するパターン知覚に関わる高次中枢による(Leopold & Logothetis,1999; Wolf & Hochstein, 2011)というものである。視野闘争が眼球レベルあるいは高次の刺激レベルのニューロンのいずれで生起するかはいまだ明らかではない。

Petruk et al. (2018)は、刺激闘争が定常の視覚誘発電位 (steady state visually evoked potentials 、SSVEP)において両眼視野闘争と類似した反応をとるかを、とくに神経生理的競合を追跡するために両方の知覚闘争で出現する SSVEP の周波数に注目してしらべた。そのために、被験者に知覚変化を報告させるとともに誘発電位の周波数振幅変化から神経生理的競合を特定した。こうすることにより、両眼視野闘争と刺激闘争における知覚競合の神経生理的根拠を側頭葉の特定箇所でそれぞれつきとめられると考え

た。刺激パターンは45°あるいは135°の赤色あるいは緑色グレーティングで平均輝度は36.0cd/m2、25%のコントラストとし、フリッカーは25%から0%の範囲でonあるいはoffを操作した。緑色グレーティングはフリッカー頻度12.0Hzで、赤色グレーティングは14.4Hzで提示し、目印とした。このフリッカー頻度の組合せにすると、刺激闘争と両眼視闘争における知覚優位の割合が明瞭に出現するからである。

図2.29は、刺激闘争(stimulus rivalry)と両眼視闘争(binocular rivalry)の刺激パターンを示す。図のAには、刺激闘争のパターンの提示順序を示し、各眼に異なるパターン

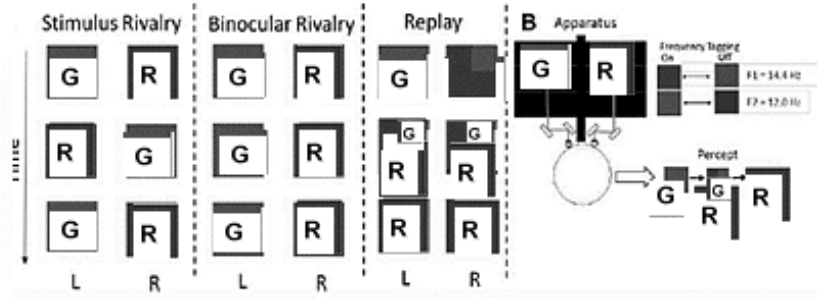

図2.29　刺激闘争(stimulus rivalry)と両眼視闘争(binocular rivalry)の刺激パターン。A：刺激闘争のパターンの提示順序で各眼に異なるパターンを3.1Hz の間隔で提示、リプレー条件では知覚の変化を刺激の上方の角にスイープさせて提示。B：両眼視闘争のパターンで、ステレオ視提示装置および被験者の3通りの報告（赤あるいは緑あるいはその混合グレーティング）を示す。周波数のためのマーキング(tag)はパターンの高/低あるいは平均輝度の間を変えて実施した(Petruk et al.2018)。

を3.1 Hz の間隔で提示、リプレー条件ではひとつの知覚からもう一つの知覚への変化をスイープさせて提示した。図Bには両眼視野闘争のパターン、ステレオ視のための提示装置および被験者の3通りの報告（赤あるいは緑あるいはその混合グレーティング）、および緑色グレーティングと赤色グレーティングのフリッカーをつけた場合(on)とつけない場合(off)の提示を示す。また被験者（40人）にはミラーステレオスコープにパターンを

提示し、刺激闘争条件、両眼視闘争条件そしてリプレー条件の順序で実験が行われた。リプレー条件では両眼に同じ一つのグレーティングパターンを提示し、ついでフェードアウトあるいはくさび形に放射状にスイープする、あるいはもう一つのグレーティングパターンに換えて提示した。SSVEP の測定では、刺激闘争条件の場合には赤色グレーティングと緑色グレーティングを 3.1Hz で交替させ、また両眼視闘争条件では各眼に別々に提示した緑色と赤色のグレーティングをフリッカーさせないで持続提示した。実験では頭部を固定した被験者に電極を配したキャップを装着、両眼視闘争条件では赤色グレーティングあるいは緑色グレーティングのいずれが知覚しているか、またその知覚持続時間をキー、あるいはキーの長押しを指定して反応させ、同時に口頭でも報告させた。刺激闘争、両眼視闘争およびリプレーの各実験条件ではフリッカーオンとフリッカーオフ事態を 60 秒継続し、3 試行反復した。

実験の結果、刺激闘争条件と両眼視闘争条件で知覚優位となる刺激持続時間を比較すると、刺激闘争条件より両眼視闘争条件の方が長いことが示され、両条件間に神経生理的処理に相違がある可能性を示唆した。そこで、両闘争条件間の脳の後頭部からの定常の視覚誘発電位（SSVEP)の相違を tag 付けしたフリッカーの頻度（12.0Hz と 14.4Hz）に対するシグナル対ノイズ比(SNR, signal-to - noise ratio、「フリッカーon の値」÷「フリッカーoff」で算出)のスペクトラムを作成して分析すると、SNR を指標とすると両闘争条件ともに SSVEP が両フリッカー頻度に対して顕著に出現し、これはフリッカー頻度を倍増したところでも成立した。また 12.0Hz の頻度の SNR は 14.4Hz のそれよりも高い値が示された。一方、リプレー条件ではフリッカー12.0 頻度の SSVEP 反応は両眼視闘争のそれと比較すると低く、14.4 頻度では反応が出現しなかった。両眼視闘争条件の 12.0HZ の SSVEP をリプレー条件と比較すると、その出力値は大きいことが示された。また、両闘争条件を同一の電極の出力値で比較すると、両眼視闘争条件の SSVEP は 12.0 Hz タグでのみ頻度が大きいが、刺激闘争条件では SSVEP は同等であった。両眼視闘争条件と刺激闘争条件ともにフリッカー頻度のタグ付けによる脳の後頭部における知覚闘争が SSVEP 値で確認された。これらの結果は、タグ付けされた刺激パターンをフリッカーさせると、刺激闘争と両眼視闘争条件とも初期覚中枢で特有のスペクトラルパワーを出現させることが確かめられた。　そこで、得られたデータから刺激闘争と両眼視闘争の各条件の後頭部における空

間的トポグラフ(topography)を描き、各実験条件間で電極位置の反応差を求めたところ、すべての条件において後頭部の電極のみ他の部位と比較して有意差が示された。これは刺激闘争と両眼視闘争条件の知覚闘争において同等の神経過程が初期後頭部に生起し、さらに、両実験条件における神経過程の抑制のレベルは同等であることを示した。

これらのことから、知覚闘争のメカニズムは後頭部（大脳後頭極と中側頭回）で同一の深さで起きていると考えられる。

4.4 自閉症者の視野闘争の特性

自閉症は、知覚、認知、情動、言語、対人コミュニケーション、社会行動など広範囲に発達障害をもつ先天的脳機能障害と考えられている。この脳障害を説明する神経生理学的な仮説の一つに、興奮／抑制アンバランス説がある。この仮説では、大脳の興奮と抑制のバランスが崩され、この混乱が脳全体に波及すると考える(Rubenstein & Merzenich 2003、Vattikuti & Chow 2010)。自閉症には音、触覚刺激、明るい刺激に対する過敏があり、これを回避する行動傾向があるが、これは興奮と抑制のアンバランスによって感覚刺激に対する過敏が生じているためと説明する(Baron-Cohen et al.2009, Leekam et al.2007, Tomchek & Dunn 2007)。しかしながら、この興奮－抑制アンバランス説にはいまだ十分には実証されていない。

図2.30　自閉症者を対象にしての視野闘争測定のステレオグラム。両眼立体視すると右傾斜のグレーティングパターン、左傾斜のグレーティングパターン、あるいはこの2つのグレーティングが混在したパターンが知覚される(Said, et al.2013)。

そこで、Said, et al.(2013)は、自閉症者と健常者での視野闘争反応の特性をしらべた。実験では、図2.30と図2.31の視野闘争刺激が用いられた。図2.30のステレオグラムを両眼立体視すると、右傾斜のグレーティングパターンのみ、左傾斜のグレーティングパターンのみ、あるいはこの2つのグレーティングが混在したパターンが知覚される。ここでは、この混在したパターンが全知覚時間のなかでどのくらいの割合を占めるかがしらべられた。また、図2.31 のステレオグラム(A)の左眼用図形は緑色の円

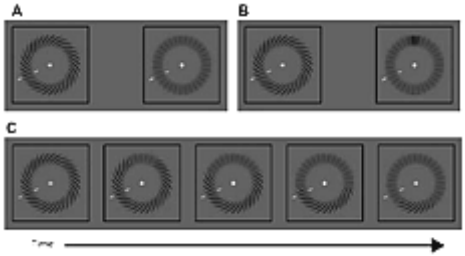

図 2.31(A)ステレオグラムの左眼用図形は緑色の円環状に配置したスパイラルグレーティングで構成、右眼用図形は赤の円環状に配置した放射状グレーティングで構成され、これを両眼立体視すると左眼用図形が優勢となる。(B)右眼用図形の円環の一部の明るさコントラストを増強すると、これがトリガーとなり円環の上を知覚的な波が動くように知覚される。(C) コントラストの増強に伴う知覚的な波運動(perceptual travelling wave)の一例(Said, et al.2013)。

環状に配置したスパイラルグレーティングで構成、右眼用図形は赤の円環状に配置した放射状グレーティングで構成され、これを両眼立体視すると左眼用図形が優勢となるが、図(B)のように右眼用図形の円環の一部の明るさコントラストを増強すると、これがトリガーとなり円環の上を知覚的な波が動くように知覚される。図(C)には、その コントラストの増強に伴う知覚的な波運動(perceptual travelling wave)の一例が示されている。実験では、波が起きてから円環上に記したマーカーを通過するまでの時間を測定し、その速度を算定した。興奮／抑制アンバランス説によれば、興奮あるいは抑制のどちらかのウエイトが増して興奮／抑制の比が大になれば、左右片眼どちらかのパターンが常に優勢となり、逆にそれらのウエイトが減じて興奮／抑制の比が小さくなれば、視野闘争時の混在パターンの出現割合が減少すると考えられる。また、視野闘争での知覚的な波運動の場合には、興奮が強い場合には周辺のニューロンを次々と興奮状態に置くので知覚的な波運動速度は増大、一方抑制が弱い場合にも興奮の波が弱い抑制にあるニューロンを次々と興奮状態に変えるので知覚的な波運動速度は増大すると予測される。したがって、成人自閉症者と健常者とでは興奮と抑制のアンバランスの程度に相違があるので、視野闘争の混在パターンの出現割合、および知覚的な波運動速度値に差が出ると考えられた。

実験の結果、成人自閉症者と健常者とでは視野闘争の混在パターンの出現割合、および知覚的な波運動速度値の有意な差は示されなかった。これは興奮／抑制アンバランス

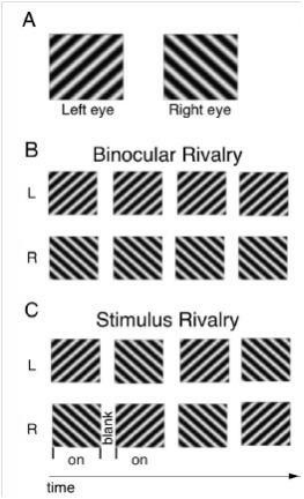

図 2.32　視野闘争時の f MRI 測定のための実験パラダイム。左右眼への提示時間は 90ms、刺激提示の間隔時間は 60ms、したがって空間周波数パターンは 6.67Hz でオンオフされる。A：空間周波数パターンの方向角度を左右眼で異ならせた視野闘争刺激、B：両眼間視野闘争(Binocular Rivalry)条件の刺激提示パターンとその順序で、左眼には同方向の空間周波数パターンを右眼にはこれと直交する空間周波数パターンを常に提示する、C：刺激闘争(Stimulus Rivalry)条件の刺激提示パターンとその順序で、左・右眼には提示ごとに空間周波数パターンの方向を左右眼で入れ替える(Buckthought et al. 2015)。

説を否定する。しかし自閉症者での興奮と抑制のアンバランスが小さすぎて視野闘争における測定には引っ掛からなかったとも考えられる。

4.5 視野闘争時の f MRI 測定

視野闘争を生起させる刺激提示方法は 2 通りある。一つは、従来からある左右眼で相異なる刺激パターンを提示する両眼間視野闘争(Binocular Rivalry)のやり方である。もう一つは左右眼に提示する刺激パターンを高速で左右眼で入れ替える(Stimulus Rivalry)法である(図 2.32)。Logothesis et al.(1996)によれば、後者の場合、実際の刺激パターンの提示は高速なために次の段階にはすでに刺激提示が移行しているにも関わらず、視えているパターンは前段階のものでその一つは V1 における単眼視ニューロンの眼球間闘争であり、その二つは両眼間統合後のパターンに依存した闘争である。

Buckthought et al.(2015)は、 f MRI を用いてこの二つの型の視野闘争を脳のレベルではどのように異なるかについて両眼間視野闘争と刺激視野闘争の 2 条件で測定した。測定では、図 2.33 に示すように、両眼間視野闘争条件と刺激視野闘争条件を連続提示

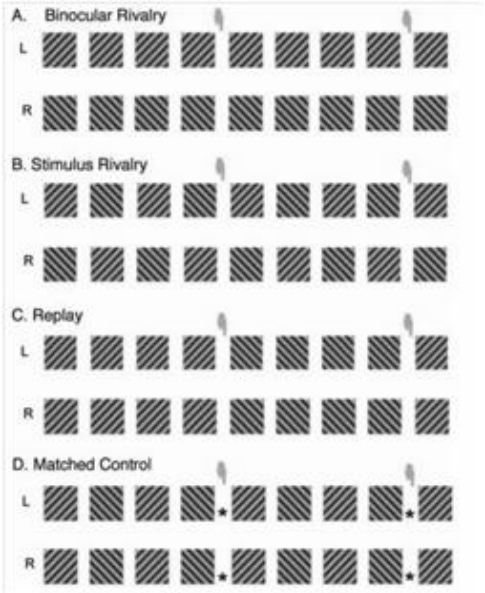

図2.33　fMRI測定でのアクティブ・タスクの刺激提示順序（図中の色彩表示は説明を容易にするために着色したもので、実際は無色である）。手の表示は視野闘争時に被験者がボタンを押す位置を示す。(A)：両眼間視野闘争条件で空間周波数グレーティング・パターンは6.67Hzで刺激と無刺激が反復される。(B)：刺激視野闘争条件、(C)：リプレー(Replay)条件、ここでは両眼間に同一の刺激パターンを提示するが、刺激の交替は直前に行われる両眼間視野闘争条件と刺激視野闘争条件での被験者のボタン反応の記録を再生することによって行われる、(D)：マッチドコントロール条件(matched control)で刺激が高速交替する度にグレーティングの方向が変わり、また幾分長い時間間隔の刺激の空白を挿入し視覚探索を容易にする（アスタリスク表示）。この条件は左右眼への高速交替による両眼間視野交替の影響を見るために設定される(Buckthought et al. 2015)。

し、次いで両眼間視野闘争が生起しないコントロール条件であるに留まる。このことは、視野闘争を担う神経過程には2段階あり、リプレー条件とマッチドコントロール条

件を提示した。

両眼間視野闘争条件と刺激視野闘争条件では被験者に視野交替が生じたときにボタンを押させるアクティブ条件、またリプレー条件とマッチドコントロール条件ではボタン反応のないパッシブ条件を設定した。リプレー(Replay)条件では、両眼間に同一の刺激パターンを提示するが、刺激の交替は直前に行われる両眼間視野闘争条件と刺激視野闘争条件での被験者のボタン反応の記録を再生することによって行われた。マッチドコントロール条件(matched control)は、左右眼への高速交替による両眼間視野交替の影響を見るために設定され、ここでは刺激が高速交替する度にグレーティングの方向が変わり、また幾分長い時間間隔の刺激の空白を挿入し視覚探索を容易にした。 fMRI の測定に先立って両眼間視野闘争条件と刺激視野闘争条件で反転頻度と優先パターン持続時間を精神物理的に測定したところ、両条件間には有意差は生じなかった。

fMRI の測定結果は次のようである。(1) 両眼間視野闘争条件での脳活動は、総体的に、刺激視野闘争条件より強くまた広範囲にわたること、(2) 大脳の外側面にある脳回のひとつで頭頂葉の後方に位置する右上頭頂小葉(Right Superior parietal lobule) および側頭葉と頭頂葉が接する領域の側頭頭頂接合部 (Temporo-parietal junction) は、パッシブな両眼間視野闘争条件で顕著に活動性が高いこと、(3) 両眼間視野闘争条件と刺激視野闘争条件は腹側視覚領の高次領域がとくにアクティブな課題で関係するが、一方刺激視野闘争条件の活動は V1 から V3 にいたる視覚領の初期過程で弱いこと (これは眼球間そして眼球内の抑制のためにフィードフォワード信号が弱く、刺激のコントラスト性を減じるためである)、などが明らかにされた。結局、鮮明な視野闘争をもたらす両眼間視野闘争条件のみが視覚領の初期過程を活性化し、さらに刺激視野闘争課題が遂行されていなくても空間認識に関わる背側視覚路 (dorsal stream) の協応的機能を活性化した。両眼間視野闘争条件は視覚処理の初期では刺激視野闘争条件より強く活性化されると考えられる。

5 両眼視融合の促進と視野闘争

5.1 視野闘争における一時的単眼オクルージョンによる両眼視融合の促進

一時的な単眼視の剥奪 (Monocular Deprivation、MD)は成人の視覚にさまざまな影響を及ぼす(Baldwin & Hess 2018)。MD あるいは一眼パッチングは神経レベルで眼球優位性

(eye dominance)を変える（Tso et al.2017)。幼児期における長期の一眼の剥奪は、非剥奪眼への優位へとシフトするが、成人への数時間の一眼パッチングは剥奪眼への優位性が一時間後までしか続かない((Lunghi et al.2011)。これは成人の視覚システムに潜在する柔軟性を示唆する。視野闘争においては、一つの眼が他眼を抑制する程度を測定して眼の知覚的優位性が推測される。そのために、視野闘争で出現する５通りの左・右眼の知覚相（L：左眼知覚優位、ML：右眼のパターン部分を含む左眼知覚、M：左眼と右眼パターンの混合、MR：左眼の部分パターンを含む右眼知覚、R:右眼知覚優位）から抑制の程度が推測される。とくに、左右眼パターンの混合相知覚の出現は眼球間の完全な抑制が行われていないことを、そして両眼間の脱抑制は両眼のパターンの重複知覚相が出現することで示唆される。Klink et al.(2010)は、この種の混合相知覚が直近の視覚経験で優位性が変わることを報告した。これは、混合相知覚の出現割合が視野闘争パターンを継続知覚させると増大すること、そして非視野闘争パターンを提示すると視野闘争での交替頻度と知覚相をベースラインの状態まで戻すことを意味する。

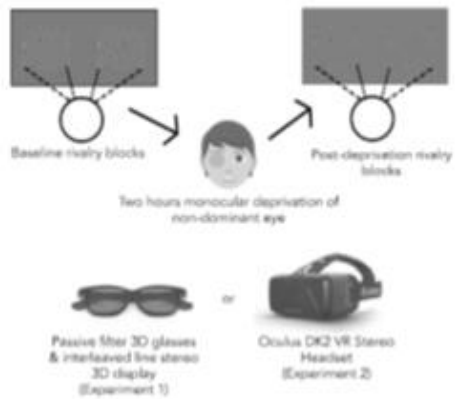

図2.34　眼球剥奪の手続きと3Dグラスあるいは VR ステレオ装置。ベースラインとなる視野闘争を左右眼に 90°異なるグレーティングを提示して測定し、その後で被験者の非優位眼を 2 時間アイパッチを装着させて剥奪、最後にアイパッチ除去後にポストパッチングの視野闘争を左右眼に 90°異なるグレーティングでの測定を３ブロック実施してベースラインとした(Sheynin et al. 2019)。

Sheynin et al.(2019)は、そこで、視野闘争知覚において一眼のパッチングによって知覚眼球優位性を誘導し左右眼パターンの５通りの知覚がどのように変わるかをしらべた。実験は、図2.34に示したよ

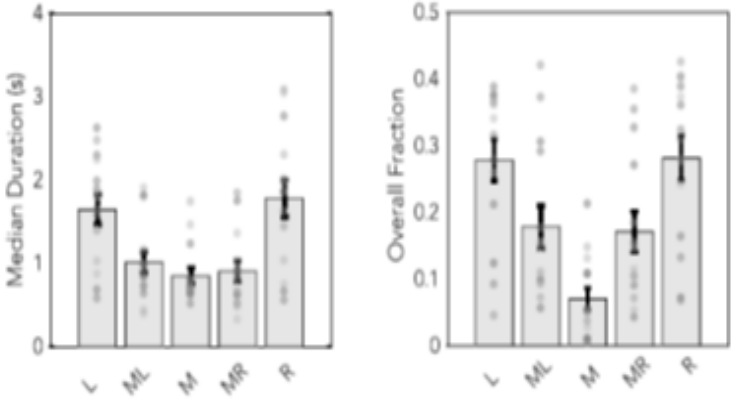

図2.35　ポストパッチ後のベースラインとする視野闘争の結果。視野闘争における５通りの知覚（L：左眼優位、ML：右眼のパターン部分を含む左眼知覚、M：左眼と右眼の混合、MR：左眼部分を含む右眼知覚、R：右眼知覚優位）のいずれが優位にあるか、その持続時間（左グラフ）およびその出現割合（右グラフ）を示す(Sheynin et al. 2019)。

うに、一眼パッチングによる視覚経験剥奪の手続きおよびパッチング後の３D グラスあるいはVR ステレオによる左右眼の視野闘争の測定の手続きを示す。はじめにベースラインとなる視野闘争パターンを左・右眼に90°異なるグレーティングを提示して測定し、その後で被験者の非優位眼を２時間アイパッチを装着させて知覚経験剥奪、最後にアイパッチ除去後にポストパッチングの視野闘争を左・右眼に90°異なるグレーティングパターンでの測定を３ブロック実施してベースラインとなるパターン部分を含む左眼の知覚優位（L)、左眼と右眼の融合した混合知覚（M)、MR 左眼部分を含む右眼の知覚優位（MR)、右眼の知覚優先（R)、に分類して測定し、それらのいずれが優位にあるか、その持続時間（左グラフ）およびその出現割合（右グラフ）にまとめられた。図2.36 は、視野闘争における左・右眼５通りの知覚相パターンで、優先相(exclusive phase)、混合相（mixed phase）を示し、図2.37 には視野闘争における混合相知覚をさらに部分混合相と重複相混合に分類したことを示す。

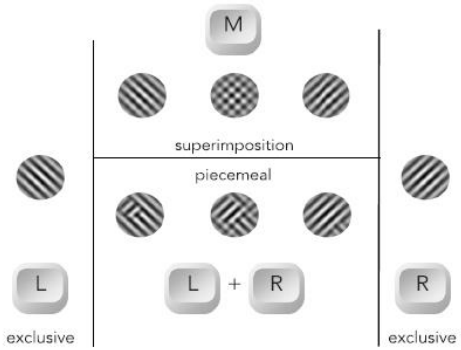

図 2.37　視野闘争における混合知覚をさらに部分混合と重複混合に分類(Sheynin et al. 2019)。

さらに、パッチングは眼球間の抑制を弱めるので両眼からの部分混合相知覚より両眼パターンの重複相知覚の割合と持続時間を増大させると予測する。実験では測定の前に、４通りの知覚パターンの類型を提示し被験者の判断の参考に提示した（左眼パターンの方向が９０％以上の優先、左パターンの方向が優位だが５０％程度の混合相知覚、右パターンの方向が優位だが５０％程度の混合相知覚、右パターンの方向が９０％以上の優先)。非利眼の２時間のアイパッチによる視覚経験剥奪後、左右眼へは方向が９０°異なるサイン波形のグレーティングパターンを９分間提示し、被験者に４通りの知覚パターンのいずれが視えているかを４通りのキー操作でこたえるように、そしてその知覚が続いている間はキー押しを持続するように教示した。

実験の結果、遮蔽眼側の優先(exclusive) 相知覚は出現割合と持続時間とも有意に増大しないこと、また非遮蔽眼側の優先相知覚は出現割合と持続時間とも有意に減少しないことが示された。これは、パッチング後の非遮蔽眼（知覚眼）側への優位性のシフトが遮蔽眼の入力強度が強まるよりは非遮蔽眼の入力強度の減少によって起きていると考えられる。

さらに、非遮蔽眼側の混合相知覚、とくに非遮蔽眼からのイメージに偏重した混合相知覚の持続時間はパッチング後に有意に増大し、また混合相知覚の出現割合が全体に増大した。これは、一眼の遮蔽に関わらずに混合相知覚が高められるためと考えられる。パッチング後における知覚交替については、混合相知覚の出現割合と持続時間がともに有意に増大した。優先相知覚でみた利眼側へのシフトも有意に増大したが、混合相知覚が利眼側に

シフトする傾向は観察されなかった。これは知覚が利眼側に優勢にシフトすることと混合相知覚の増大とはパッチングにおける別々の影響であることを示唆する。さらに、眼球パッチングの前のベースラインデータとパッチング後の3種類の知覚相（左眼あるいは右眼の知覚相および混合知覚相）データを設定し、その持続時間データに基づいて主成分分析（principal component analysis; PCA）が実施された。その結果、パッチングに誘導された3つの成分、混合相知覚の中央値による持続時間、優先相知覚の中央値による持続時間および眼球優位性が抽出された。

これらの結果から、パッチングによる視覚経験剥奪効果は、一眼の排他的な優位性によるというよりは両眼間の相互作用と眼球優位性に基づくと考えられる。

そこでさらにSheynin et al.(2019)はパッチング後のテスト時間を短縮したときに視野闘争で出現する重複相知覚と部分的混合相のどちらに影響するかを実験（実験2）した。パッチング後のテスト時間は0、15、30、60分とし、左・右眼に90°角度の異なるグレーティングを提示し、4通りの知覚相（左・右眼どちらかのパターンが優先、パターンの重複でひとつに融合、左右眼からの部分的混合）のいずれかおよびその持続時間を測定した。その結果、眼球優位性は剥奪眼側へシフトすること、また重複融合相知覚はポストパッチングのテストが間を置かないで連続実施された条件で生起することが示された。これは部分相知覚より重複融合相知覚が増大することを示した。眼球の知覚優位性、混合相知覚および部分的相知覚についてはポストパッチング後の4通りの時間条件間には有意な差はなく、剥奪後の時間間隔差による視覚剥奪の効果の減衰はないと考えられる。しかし、剥奪直後の眼球優位性へのシフトは有意に生起し、この効果が30分間継続した。

これらの結果は、一眼の短時間の視覚経験剥奪が一時的な両眼間の知覚優位性をシフトするが、混合相知覚の反応の割り当てを高めることを明らかにした。このことから、短時間の一眼剥奪が視覚領における興奮と抑制をアンバランスにするが、しかし剥奪側の機能を強めることによって両眼融合を促進する可塑性があることを示唆する。

6. 視野闘争の統合モデル

6.1 選択的ニューロンの統合回路モデル(両眼コントラスト、両眼視および視野闘争の統合モデル)

左右眼の方向線分角度の相違が小さければ立体視され、それが大きいと視野闘争が起きる。また、左右眼に明るさコントラストの相違する刺激を提示すれば非リニア（両方の明るさコントラストの加算値の平方根、Legge, 1984; Legge & Rubin, 1981）の両眼コントラストが生じる。Wilson(2017)は、ニューラルモデルでこれらの関係を説明しようと試みた。このモデルは、両眼コントラストのコントロール回路、方向刺激に基づくステレオ視回路および視野闘争に関わる抑制回路からなる。これらの回路は、3 種類のニューロンからなり、それらは両眼視セルに入力する方向線分に選択的なニューロン、常態的な局所的抑制回路(local inhibitory nomalization neurons, IN)、および視野闘争を媒介する長期的抑制ニューロン(long range inhibitory mediating rivalry, IR)である。このモデルでは、両眼コントラストを媒介する IN ニューロンからなる局所的抑制回路が作動し、続いて視野闘争を媒介する IR ニューロンからなる抑制回路に信号を送り、最後に IN 回路から IR 回路への抑制相互作用によって視野闘争を止めて安定した知覚を生じさせる。これを図示すると、図 2.38-A に示すように、左・右眼のコントラスト刺

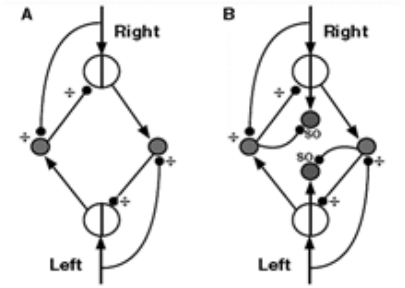

図 2.38　左・右眼からの方向線分刺激に選択的なニューロン（垂直方向の回路のみを表示）の統合回路モデル。A：左・右眼のコントラスト刺激を局所的抑制ニューロンで統合する基礎回路（IN）で、左・右眼から方向線分を受容し、それを他眼の分割抑制に回す。B:視野闘争を仲介する長期(long range)抑制回路（IR）を追加。ここでは線分刺激の方向が左右で大きく相違する場合には広範囲に抑制をかける。このとき、これらのニューロンは他眼からの IN ニューロンによってそれを切断する強度をもつ回路（SO）から抑制される（Wilson　2017)。

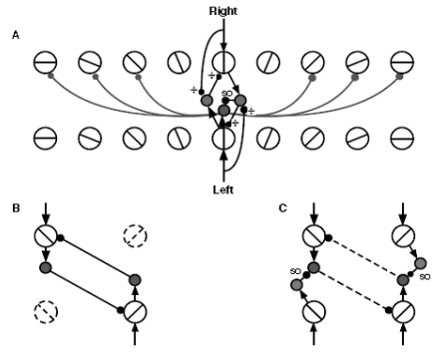

図 2.39　IR ニューロンに媒介された視野闘争回路。A:左眼からの IR（赤色表示）は右眼の±30°から±90°までのすべての方向線分を抑制する。右眼からの抑制も同様。B:単眼ニューロンが左右眼で異なった方向線分（±45°）で活性化されると、2 個の IR ニューロンで相互に強く抑制され、視野闘争が生じる（この場合破線で表示した方向線分のニューロンは刺激されない）。C: ±45°方向線分が各眼に提示されると、IN ニューロンが IR ニューロンを遮断すると視野闘争は止み、格子パターン（プレード）が安定的に出現する。同様な回路は左下と右上±45°の間に存在する(Wilson 2017)。

激を局所的抑制ニューロンで統合する基礎回路(IN、SO 表示)で受容し、それを他眼の分割抑制に回す。続いて、図 B に示すように、線分刺激の方向が左右で大きく相違する場合には視野闘争を仲介する長期(抑制回路（IR、赤色表示）で広範囲に抑制をかける。このとき、これらのニューロンは他眼からの IN ニューロンによる回路（SO）で強く抑制され視野闘争を止める。視野闘争が起こる場合、IR ニューロンに媒介された視野闘争回路が作用する。図 2.39-A のように、まず左眼からの IR は右眼の±30°から±90°までのすべての方向線分を抑制する（赤色線分で表示）。右眼からの抑制も同様になされる。単眼ニューロンが左・右眼で異なった方向線分で活性化されると、図 B のように、2 個の IR ニューロンで相互に強く抑制されて視野闘争が生じる(この場合破線で表示した方向線分のニューロンは刺激されない)。さらに図 C に示すように、角度が異なる方向線分（+45°と-45°）が各眼に提示されると、IN ニューロンが IR ニューロンを遮断し、その結果、視野闘争は止み、格子パターン（プレード）が安定的に出現する。このモデルでは、2 種類の両眼間の抑制ニューロン、すなわち、一つは両眼間の線分方向が類似する場合に働いて明るさコントラストを標準化(mormalize)する IN ニューロン、もう一つは線分方向が大きく異なる場合に働

き視野闘争を起こすIRニューロンを設定し、さらにINニューロンは他眼のIRニューロンを切断して融合を回復させる点に特徴がある。

実験では、両眼に提示した明るさコントラストおよび格子パターンであるグレーテング角度のマッチング実験を、各眼に明るさと格子パターン角度（4.0cpdのコサイングレーテング）が異なる刺激を与え、シャッターグラスを用いて両眼視させた。両眼に提示するグレーテングパターンの明るさコントラス（右眼対左眼）は、3:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3の5通りとし、一定のコントラストをもつ標準刺激を一方の眼に提示して（他眼には平均輝度スクリーンを提示）完全上下法で明るさのマッチングを被験者に求めた。また片眼に明るさコントラスト1.0、他眼のそれを0.1、0.25、0.5に変えて提示し、さらにグレーテングの傾きを片眼に＋5°、他眼-5°を提示して視えの角度を被験者に求めた。このモデルは、両眼視融合したグレーテングの左右眼の明るさコントラストが異なる場合、傾き知覚が縮小されることを予測する。また、視野闘争実験では、両眼に方向が同じグレーテングを提示し、一方の角度を少しずつ変化させ融合から闘争になるまでの角度を測定した。

両眼融合したグレーテング間に明るさコントラストの差を設け、その傾き知覚を測定した結果、両眼間の明るさコントラストが小さくなると傾きが縮小されて知覚されることが示された。また、左右眼の視野闘争は各眼のグレーテングを垂直線分（0°）からスタートし相互に拡大させると、15秒後の角度が±18°のとき突然に両眼視融合から視野闘争に変じた。±24°からスタートし縮小させる場合には、9.8秒間視野闘争が続いてから融合が生起した。開散からの視野闘争の生起と輻輳からの融合の生起の差が5.4秒となり、これが融合と闘争の間のヒステレシスループ(hysteresis loop）となる。さらにこのヒステレシスループは明るさコントラストの増大とともに減じた。

これらの結果をノンリニアのニューラルモデルの予測値と照合すると、両眼視コントラスト、両眼視融合、そして両眼視のヒステレシスのいずれにおいてもよく一致することが示された。

7. 視野闘争研究で得られた知見

(1) 視野闘争上で抑制下にある刺激対象自体の明るさコントラストを増・減した場合に、明るさコントラストが強い場合には深い両眼間抑制が生起し、それが弱い場合には浅い抑制が生起し、知覚意識には存在しない対象でも、視覚経路の神経生理過程では存在することを示し、視覚情報処理を受けていることを示す。

(2)視野闘争での視野交替は眼球間の刺激差によって生起し、しかもこの視野交替の契機となるものは抑制された側の突出した刺激要素であったことから、抑制された側での抑制は等質ではなく、眼球間抑制が一定に状態にあるときにも抑制された刺激内の突出した刺激特性によって眼球内抑制の状態を変化させ、それが視野交替に影響することを示す。

(3 視野闘争パターンの周囲と中央の格子パターン間のフェーズを増大させて境界領域を強化することによる中心と周囲の刺激間の相互作用は、境界輪郭と同等の影響を視野闘争においてもつ。

(4) MBC(Monocular Boundary Contour)タイプの視野闘争では、両眼間での局所的な知覚的抗争の結果、局所的な刺激特徴を持つ側の刺激が優性となり、視野闘争でドミナントとなる。

(5)抑止された刺激パターンが刺激類似性を共有している場合、抑止からの知覚的復活の促進が刺激類似性を共有しない刺激パターンより単眼内および両眼間の視野闘争の両方で出現する。また、抑止された刺激パターンが刺激類似性を共有する場合、抑止から解放されても抑止を継続して受け続ける。刺激イメージ間闘争において刺激類似性が抑止を促進したり、抑止を解除したりしている。

(6)両眼視野闘争での左右眼不一致刺激をもつステレオグラムを両眼立体視した場合、両眼間で一致する刺激要素群の中から非一致の刺激要素を探索する場合の探索時間が両眼間で非不一致の刺激要素群の中から一致する刺激要素の場合より速いことから探索における非相称性がある。

(7)視野闘争には刺激に基づいて対象の面を全体的に統合する両眼視の過程と両眼間の抑制過程があり、それらが共に働くために闘争が生じる。局所的な両眼間の対応領域では、闘争する２つの刺激が競合し、一方が優勢となれば他方は完全に抑制され、その優

勢となる刺激特性が隣接に波及し、こうしてより広い領域がある刺激特性のみで占有され、最終的には全視野が片方の刺激パターンのみの知覚が生じる。グローバルなパターン統合過程では「輪郭の縁側から内側への方略(border to interior)」が働き、漸次的にパターンの知覚的優勢が得られる。

(8)視野闘争において 恐怖顔刺激および中性顔刺激はともに家刺激より優位に知覚されるが、とくに恐怖顔刺激は中性顔刺激より優位性が強いことから、視野闘争の知覚優位性には情動要因が影響を与える。

(9)知覚的ポップアウトを利用し、輝度、色、運動、残像、フリッカーを検出ターゲットとして設定し、その検出閾値を両眼視と単眼視でそれぞれ測定した結果、ターゲットの検出閾値は両眼視より単眼視の方が精度が高いことから、各眼からの刺激情報は両眼視過程に伝達される間に棄てられ、各眼の刺激情報の平均値のみが保持されたことから、各眼からの情報はいったん抑制された上で両眼視過程で可能な限り統合され、ひとつの3次元対象として復元されると考えられる。

(10)両眼立体視と視野闘争が同等に出現するステレオグラムではそれらが同時に同等に出現すること、また一方の出現を弱め他方を強めたステレオグラムでは一方の出現が抑えられ他方が高進する逆相関の結果を得たことから、両眼立体視と視野闘争過程は知覚的に同時共存でき、さらにこれらの知覚的同時共存は、両眼立体視と視野闘争の出現がそれらを誘導するパターンの刺激強度に依存するので、それらに対する知覚的な注意過程が関係する。

(11)「時間周波数／空間周波数」比が大きくなると両眼間転移は減少することを示し、これには単眼視と両眼視の処理過程における大細胞(Magno)と小細胞(Parvo)の働きが関係するので、異なる空間周波数刺激への順応に対する単眼視と両眼視の処理過程についてのモデルが、高空間周波数の場合(a)、低空間周波数の場合で１出力の条件(b)、低空間周波数の場合で３出力の条件(c)に分けて示された。

(11)クラウディング条件と視野闘争条件とが組み合わされた事態ではクラウディング効果が増強して生起することから、両要因は相互に影響していること、またフランカーによる妨害が抑制された事態でも生起することから、クラウディング効果は不適切な特徴統合が関与することを示唆する。

(12)視野闘争における知覚優位持続時間は眼球間交互フリッカー条件で長く、次いで長いのは両眼フリッカー条件で、これはターゲット刺激の周辺でのダイナミック刺激が、網膜像のリフレッシュは視野闘争を抑制し、視覚世界の安定を維持するように働く。
(13)Diaz-Caneja パターン条件では健常群と分割脳被験者ともに顔と家の合成パターンの出現時間が長く、また分割脳幹者では顔と家の合成パターンの出現時間が健常群より若干長くなることから、視野闘争は初期視覚領で生起するのではなく、半視野間の相互作用を担う他の処理過程で生起している。
(14)両眼間の運動方向角度差が減じると、視野闘争で知覚優位に出現した刺激の優位度とその出現持続時間が増大すること、これは非利眼より利眼側で大きいこと、さらにこの変化は刺激の明るさコントラストが低い場合に大きく現れることなどから視野闘争における対側抑制仮説を支持する。
(15)単眼知覚交替における注視作用の影響をパターンの残像を利用して実験した結果、注視面の知覚的優位の平均持続時間は非注視面のそれより有意に長く、単眼知覚交替でも注視作用が知覚優位に影響することを示した。
(16) fMRI を用いて両眼間視野闘争と刺激視野闘争という二つの型の視野闘争を脳のレベルで測定した結果は、鮮明な視野闘争をもたらす両眼間視野闘争条件のみが視覚領の初期過程を活性化し、さらに刺激視野闘争課題が遂行されていなくても空間認識に関わる背側視覚路の協応的機能を活性化した。両眼間視野闘争条件は視覚処理の初期では刺激視野闘争条件より強く活性化される。
(17) L (luminance-defined, first-order、L)、CM(contrast-modulated、second-order、CM)、そしてLM (L 刺激にノイズパターンを付加した刺激) の３通りの刺激パターンで視野闘争現象を分析し視野闘争の出現をみると CM パターン刺激が優位に出現する割合およびその持続時間は LM パターンに比較して有意に低いこと、刺激パターンを大きくすると CM、LM、L のすべてのパターンで出現割合が減じること、また CM パターンでは L と LM パターンに比較して左右入力像の混合した知覚がより多く出現することが示され、CM 刺激は視野闘争より両眼視の統合を担うメカニズムによって処理され、高次視覚野が関与すると考えられる。

(18) 視野闘争における運動刺激優位性は、網膜座標の運動条件に限定されずに対象起因運動条件および観察者起因運動条件でも同様に生起し、運動刺激優位は網膜座標での運動条件に留まらず、対象起因運動条件あるいは観察者起因運動条件の組合せでも生じる。

(19)動的刺激パターンを用いて視野闘争を起こし、その出現持続時間を測定したところ、視野闘争には眼球感覚優位が強く関係し、その結果、出現する知覚パターンの偏在が起き、両眼視の知覚過程で異なるパターンを処理する際の相互抑制のメカニズムが深く関わり、さらに視覚的注意と関係した視覚的意識のメカニズムの問題が関わる。

(20)視野闘争における知覚優位性、知覚交替頻度、知覚優位刺激の持続時間の測度のすべてにわたって視野闘争フィーリングイン効果が有意に認められ、視野闘争フィーリングインは網膜レベルの局所的なイメージ闘争が存在しないグローバルな知覚交替現象であると考えられる。

(21)盲点領域での知覚的充鎮による情報が他の網膜領域の情報と知覚闘争を起こすものではなく、盲点周囲に提示された刺激パターンが視野闘争条件では知覚的に鮮明に生起しないことが示され、視野闘争のしくみによって誘導刺激が抑止されている間は、知覚的充鎮が行われないことが明らかにされ、視野闘争における抑制は盲点の知覚的充鎮に先行し、視覚領 V1 あるいは外側膝状体(LGN)が関与 すると考えられる。

(22)視野闘争における知覚優位の出現には眼球基因とイメージ基因の両要因が関わっているが、パターン間の距離に伴っては知覚優位が変動しないことから、イメージ基因の知覚グルーピングは眼球基因のそれと同様に空間的に類似した大きさという拘束条件があり、その範囲では類似した知覚が優位に出現する。

(23) SSVEP で得られたデータから刺激闘争と両眼視闘争の各条件の後頭部における空間的トポグラフを描き、各実験条件間で電極位置の反応差を求めたところ、すべての条件において後頭部の電極のみ他の部位と比較して有意な差が示され、刺激闘争と両眼視闘争条件の知覚闘争において同等の神経過程が初期後頭部に生起し、さらに、両実験条件における神経過程の抑制のレベルは同等であることを示した。これらのことから、知覚闘争のメカニズムは後頭部（大脳後頭極と中側頭回）で同一の深さで起きていると考えられる。

(24) LM（第１順位の輝度特性）とCM（第２順位のコントラスト特性）の刺激に対する断片的闘争および重複的闘争がどのような割合で生起するかを量的にしらべた結果、すべてのノイズ条件でLM刺激は視認性が明瞭で重複的視野闘争が低く、逆にCM刺激ではその出現割合が大きく出現時間も長く、またLM、CM刺激ともcorrelatedなノイズ条件ではAnti-correlated noiseおよびUn-correlated noise条件より重複的視野闘争の出現割合が大きかった。これらの結果は、刺激タイプがCMでノイズが両眼間で対応していない場合には、相互の抑制作用が輝度ノイズ（第１順位刺激成分）とコントラストノイズ（第２順位刺激成分）の神経生理的プロセス間で起きていることを示唆する。視野闘争に第１と第２順位の刺激成分が関わっているLMよりCMタイプの方が重複的闘争の割合が高く、これはCM刺激の一方の眼の局所的コントラストの変調領域が他眼の平均輝度に近接した領域を優勢に支配するためと考えられる。

(25) 視野闘争の時間的知覚交替過程における個人差は視覚残効の順応過程における個人差および多義的知覚における知覚交替頻度とは無関係である。

(26) OKNの測定結果を累積スムース追跡眼球運動（CPS）を求めて各眼への刺激の抗争事態における知覚反転時を決定し、それを言語による知覚抗争に関わる意識的報告の結果および物理的に運動方向が反転する事態と比較すると、一致していた。これは健常者、児童と青年など発達途上にある者、そして自閉症などの患者に明瞭に当てはまった。

(27) 視野闘争における一時的単眼オクルージョンによる両眼視融合の促進でのパッチングによる視覚経験剥奪効果は、一眼の排他的な優位性によるというよりは両眼間の相互作用と眼球優位性に基づく。さらに、一眼の短時間の視覚経験剥奪が一時的な両眼間の知覚優位性をシフトするが、混合相知覚の反応の割り当てを高めた。短時間の一眼剥奪が視覚領における興奮と抑制をアンバランスにするが、しかし剥奪側の機能を強めることによって両眼融合を促進する可塑性があることを示唆した。

(28) 視野闘争における連続フラッシュによる抑制の個人差 では、両眼間の抑制によるBR のダイナミックスと CFS のマスク効果には個人差が安定的にみられ、しかもこれらはゆるく関係している。

(29) サル (Macaca radiata) で視野闘争の時間的ダイナミックスを明らかにするために闘争時の V1 の神経生理的反応を測定し、両眼から入力された刺激信号をトランジェントとサステインドの時間的過程で処理されてパターンの一致と不一致を検出、統合され、これらの V1 ニューロンの反応が視野闘争につながると考えられた。

(30) 刺激パターンを変えた事態での視野闘争とバイステーブル現象の反転持続時間の個人内相関の有無からそれらの神経過程を探った結果から、視野闘争は眼球間のコンフリクト処理に関わる刺激特性にチューニングしたメカニズム (feature tuned mechanism)、および視野闘争や図地反転で両眼間に働く刺激パターン処理に関わる一般的メカニズムによって生起すると考えられた。