

令和元年6月30日現在

機関番号：43926

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2018

課題番号：17K13969

研究課題名（和文）両眼間抑制の起源の解明

研究課題名（英文）A study of the cause of the interocular suppression

研究代表者

高瀬 慎二（Takase, Shinji）

名古屋柳城短期大学・その他部局等・准教授（移行）

研究者番号：60565886

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,100,000円

研究成果の概要（和文）：両眼視の達成には左右眼間の視覚入力 of 促進的、抑制的な相互作用が関わっているが、そのメカニズムについては不明な部分も多い。本研究では、両眼間での抑制が生じる原因について検討を行った。研究代表者は、左右眼の背景刺激が一致する条件で、不一致な場合よりも単眼提示される領域の抑制の持続時間が長くなることを発見した。これは両眼間で抑制が生じる原因が単純に左右眼刺激の不一致に起因するのではないことを示している。これらの状況下での抑制の深さ（強さ）については一致、不一致で差はなかった。このことから両眼間抑制の抑制の持続時間と強さには異なるメカニズムが関与していることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、両眼間での抑制的な相互作用について検討を行った。研究代表者は、左右眼刺激が一致し、抑制が生じにくい条件で、不一致な場合よりも抑制が長い時間持続することを発見し、これに影響する要因の検討を行った。この持続した抑制には背景刺激の両眼間の輝度の一致が主に関与し、抑制深度（瞬間提示刺激の検出感度）には、両眼間での一致、不一致による差がなかった。これらから両眼間抑制の抑制時間と抑制深度を決定するメカニズムは異なる起源によることが明らかになった。また、社会的な意義として、本研究の両眼間抑制メカニズムの知見が斜視や不同視といった視覚入力の抑制の理解や治療手段の発展にも貢献することと思われる。

研究成果の概要（英文）：The present study revealed that underlying mechanisms of interocular suppression. The author found that a monocular region surrounded by the interocularly matched stimuli had longer suppression durations than that surrounded by the unmatched stimuli. This indicated that the cause of the interocular suppression was not simply due to the mismatch of the interocular stimuli. However, there was no difference in the suppression depth under these conditions. These results indicate that there are different underlying mechanisms between the suppression duration and suppression depth.

研究分野：実験心理学

キーワード：両眼視 両眼間抑制 視野闘争 Permanent Suppression

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ヒトは左右眼により両眼視を行っている。Wheatstone (1838) による実体鏡の発明と実証的な研究が契機となり、多くの両眼視に関わる研究がなされているが、依然として両眼視メカニズムには不明な部分が多く残されている。これまで、研究代表者は左右眼の刺激が不一致な条件において生じる視野闘争事態における両眼間の相互作用を明らかにすることで、この両眼視メカニズムを解明しようとしてきた (Takase, Yukumatsu, & Bingushi, 2008, 2009, 2013)。視野闘争とは左右眼で異なる刺激を観察したときに、左右眼間で知覚の入れ替わりが生じ、ある瞬間では左右眼刺激のどちらか一方が知覚され、他方の知覚は抑制される現象である。この視野闘争は、両眼間の相互作用を解明する上で有用なツールとして利用されてきた (Alais & Blake, 2005)。

また、視野闘争と同様な一眼からの視覚入力を抑制する現象として、Permanent Suppression (PS) がある。この PS は、一方の眼にしか刺激が提示されず、その刺激が安定的に知覚され、反対眼の様な面からの視覚入力が安定して抑制される。

これらの視野闘争によって生じる一眼の抑制と PS によって生じる一眼の抑制が異なるものであるとする考えもある。Ridder, Smith, Ronald, Harwerth, & Kato (1992) は PS と視野闘争時の抑制眼に様々な波長の光点を提示し、その検出感度を計測した。その結果、PS では全波長に対してまんべんなく抑制が生じていたが、視野闘争の場合には S 錐体が処理する短波長の抑制が顕著に生じていた。このことは、一見類似している両者において、両眼間の抑制メカニズムが異なることを示唆している。しかし、この PS と視野闘争の抑制メカニズムが異なるとする考え方には大きな矛盾がある。視野闘争では両眼で異なる刺激が提示されるが、一眼の刺激のコントラストを低下させていくと最終的には一眼のみしか提示されず PS と同じ条件となり、その途中の段階で抑制メカニズムが PS と視野闘争で急に入れ替わることを彼らの結果は予測している。事実、PS と視野闘争で抑制メカニズムが同一であり、輝度チャンネルよりも色チャンネルを強く抑制するという考え (Ooi & Loop, 1994) も存在し、明確な結論は得られていない。

このような背景から研究代表者は、両眼間抑制の抑制メカニズムの起源を解明するために一連の研究を行った。

2. 研究の目的

本研究の最終目標は、両眼間抑制の起源を Permanent Suppression (PS) や視野闘争事態から心理物理実験により解明することである。この目的を達成するために、研究代表者は PS と視野闘争において同様な刺激を用い、直接的に比較することによって検討した。先行研究において PS と視野闘争時の光点の検出感度の相違が得られたのは、PS と視野闘争時で用いる刺激が大きく異なったためではないかと考え、PS と視野闘争時で刺激の成分としては同様な刺激を利用して直接的に比較を行い、両眼間抑制のメカニズムの解明を試みた。研究代表者の予備的な実験では、PS と同等の条件において、視野闘争と同等の条件よりもターゲットとなる領域の抑制時間が長くなることがわかっていった。このことはまた、左右眼で一致 (融合) する刺激の方が不一致 (闘争的) な刺激よりも両眼間での抑制が強くなることを示唆しているが、刺激のどのような特性が関与しているのか、さらにどのような機構によってもたらされているのかについてはわかっていない。そこで、刺激の時空間パラメータを変化させ詳細な条件分析を行うことから検討していき、併せて PS や視野闘争事態での両眼間抑制の特性を波長ごとの光点の検出感度という観点から明らかにし、両眼間抑制の機構を解明しようとする。

本研究の特色は、従来、両眼間抑制の起源は左右眼刺激の不一致にあると考えられてきた (Lehky, 1988, Noest, van Ee, Nijs, & van Wezel, 2007, Wilson, 2005) が、抑制が生じるとはこれまで考えられてこなかった左右眼で一致する刺激によって、不一致な刺激よりも強い抑制が生じており、抑制の起源に関する説明に再度疑問を投げかける結果が既に得られている点である。また、先行研究における PS と視野闘争の波長による光点検出の結果の不一致が刺激の不一致によってもたらされていた可能性があるため、両者で同様な刺激を利用することで直接的に比較し、議論に決着をもたらすことができる。

3. 研究の方法

本研究の最終目的は、両眼間抑制の起源を Permanent Suppression (PS) や視野闘争事態から心理物理実験により解明することである。この目的を達成するために、研究代表者は PS と視野闘争において同様な刺激を用い、直接的に比較することによって検討を行った。具体的には、両事態での両眼間抑制の特性について詳細な刺激の条件分析を行い明らかにした。視野闘争と PS の光点の検出感度の相違について検討し、両眼間抑制の起源および機構について検討を行った。

4. 研究成果

研究機関内で行った主要な研究の成果を以下で示す。

Permanent Suppression (PS)、視野闘争事態と同等の事態での両眼間抑制について抑制の持続時間 (抑制時間) と抑制の強さ (抑制深度) という観点から比較を行うことで、両眼間抑制の特徴について検討した。

(1) 両眼間抑制における抑制時間への背景刺激の両眼間マッチングの影響

両眼視は左右眼刺激間の協調的、抑制的な相互作用により達成されている。両眼に同様な刺激

を提示すると左右眼刺激は融合し、1つに知覚される。一方、左右眼に異なる刺激を提示したとき、一方の刺激のみが知覚され、他方の知覚は抑制される。この現象は両眼視野闘争として知られている。視野闘争時には抑制眼からの顕著な視感度の損失が生じる (Blake & Camisa, 1978, 1979; Cogan, 1982; Fox & Check, 1966, 1972; Makous & Sanders, 1978; Nguyen, Freeman, & Wenderoth, 2001; Norman, Norman, & Bilotta, 2000; Watanabe, Paik, & Blake, 2004)。

同様に、一方の眼からの視覚入力が抑制される現象として、Permanent Suppression (PS) がある。PS では、左右眼の一樣な輝度の背景刺激の上に、一方の眼の中央に刺激 (例えば、正弦波縞のパッチ刺激) を提示したとき、その刺激が知覚され、対応する反対眼の領域 (一樣な輝度の背景) からの視覚入力が抑制される (Levelt, 1965)。この PS では、反対眼の対応する領域に輪郭を持った刺激が存在しないため、視野闘争よりも時間的な側面で持続し安定した反対眼の知覚の抑制が生じる。すなわち、単眼にのみ提示された顕著な刺激は、安定的に知覚され、反対眼からの視覚入力を抑制する。

この単眼提示された刺激の安定的な知覚は、背景刺激が一樣な輝度刺激ではなく、正弦波縞刺激であっても生じる。Su, He & Ooi (2009) は、左右眼で一致する正弦波縞を提示し、片眼の中央部に周囲と異なる位相の正弦波縞のパッチ刺激を提示した。これにより周囲の刺激との間に輪郭 (単眼境界輪郭) を持つことになる。彼らはその単眼境界輪郭を持つ中央刺激の優勢時間を測定したところ、観察時間のほとんどの間、その単眼境界輪郭を持つ刺激のみが知覚されており、対応する反対眼の領域からの視覚入力が抑制されていることを明らかにした。

本研究では、この顕著な単眼刺激の安定的な知覚に対する背景刺激の影響について検討する。上述の両眼間抑制の研究では、PS や単眼境界輪郭を持つ刺激事態での単眼提示された刺激の安定的な知覚は、左右眼間で同一輝度あるいは同一方位の背景となる条件で生じている。このことは、その安定的な知覚は背景刺激の左右眼間でのマッチングが影響している可能性がある。しかし、背景刺激の両眼間でのマッチングの影響については、不明な部分も多い。本研究では、背景刺激の刺激特徴の両眼間での一致あるいは不一致による単眼刺激の知覚への影響について検討を行った。

実験条件としては図 1 に示したように、背景刺激として両眼で一致する方位、あるいは不一致な正弦波縞刺激を提示し、両事態において一方の眼の中心部に一樣な輝度刺激 (ターゲット刺激) を提示した。両眼で背景が一致する条件は PS と同等の条件となり、不一致な条件は視野闘争と同等な条件となる。抑制時間の指標としてターゲット刺激の 30 秒間中の累積知覚時間 (すなわち、反対眼の対応領域の抑制時間) を計測した。このことによって両眼間での背景の一致、不一致によるターゲット領域の知覚時間 (すなわち反対眼のターゲットに対応する領域の抑制時間) への影響を検討した。

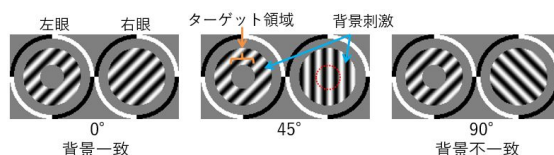


図 1 実験で用いた刺激

背景刺激が 45° の方位差となる条件でのターゲット領域の輪郭に対応する反対眼の点線は、実際には提示されない。

図 2 に実験結果を示した。横軸は背景刺激の方位差であり、縦軸はターゲットの知覚時間 (すなわち、反対眼のターゲットに対応する領域の抑制時間) である。左右眼刺激の方位差が少ないほど、ターゲットの優勢時間は長くなっていった。このことは、左右眼の背景刺激の方位差が一致する場合には、不一致な場合よりも単眼境界輪郭を持つ刺激が知覚されやすくなることを示している。さらにそのターゲット刺激の知覚のされやすさは、背景刺激の方位差の増加に伴い段階的に変化していくことが明らかになった。

このように方位差に伴い連続的に抑制時間が変化していくことから、背景一致と同等である PS と不一致と同等である視野闘争の抑制メカニズムは少なくとも一部は共有しているものと考えられる。

こうした背景刺激の一致、不一致によるターゲットの知覚時間の差をもたらす要因を検討するため、背景刺激の輝度とパターンの影響を取り上げ検討した。このために、背景刺激をドット・

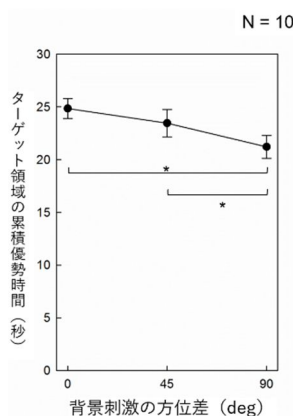


図 2 背景刺激の方位差によるターゲットの知覚時間

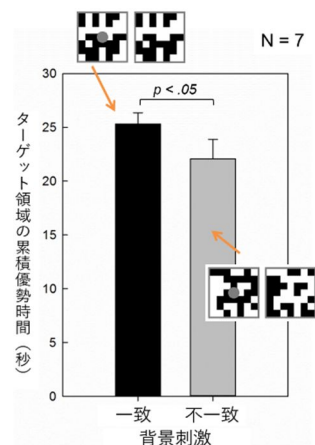


図 3 輝度、パターンの一致、不一致によるターゲットの知覚時間

パターンにし、一致刺激では左右眼間で輝度もパターンも一致するが、不一致刺激では輝度は左右眼で不一致となり、パターンだけが異なる条件下で検討を行った。図3に実験結果を示した。その結果、パターンのみが一致する不一致条件よりも、輝度とパターンが一致する一致条件の方がターゲットの知覚時間が長く、反対眼領域を長く抑制しており、両眼間での輝度とパターンの一致が持続した抑制に関与していることを示唆している。

(2) 両眼間抑制における抑制深度への背景刺激の両眼間マッチングの影響

背景刺激の両眼間での一致、不一致といったマッチングが抑制されている間の抑制の強さ(抑制深度)に、どのように影響するのか検討するため、左眼中心部の一様な輝度刺激によって抑制されている右眼側の領域(図4参照)に瞬間的にコントラストが増加するプローブ刺激を提示し、その増分閾を計測することで抑制深度を計測した。

実験の結果を図4に示した。横軸は順に背景刺激が一致、不一致、そしてプローブ刺激が提示される右眼刺激のみが提示される統制条件である。縦軸は、プローブ刺激の検出に必要なコントラストの増分閾となり、数値が大きいほど抑制が強いことを示している。PSと同等の事態となる背景一致条件、視野闘争と同等の事態である背景不一致条件ともに統制条件よりもコントラスト増分閾は高くなっており、抑制が生じていたが、両者で差は認められなかった。このことは、周囲刺激の一致、不一致は抑制深度の差を生じさせないことを示している。

また、背景一致、不一致となる条件でプローブ刺激の波長による検出感度の差異について検討を行ったが、一致、不一致間で検出感度に顕著な差は認められなかった(図5)。

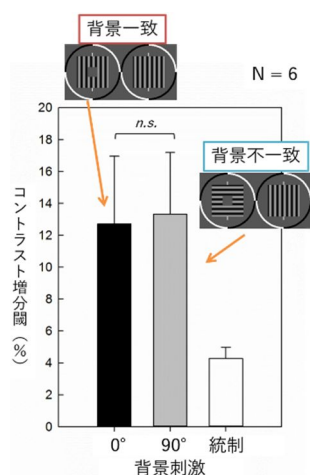


図4 背景刺激の方位差による
コントラスト増分閾

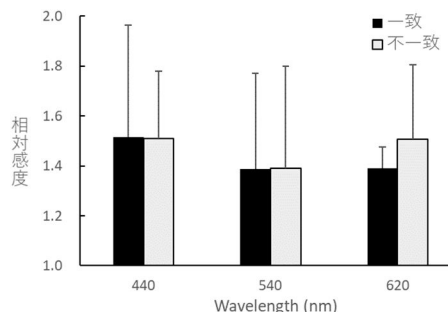


図5 プローブ刺激の波長と検出感度

(3) 研究成果のまとめ

本研究では、両眼間抑制の起源をPSや視野闘争事態から解明しようと試みた。実験事態としてPSと同等の事態となる背景一致条件、視野闘争と同等の事態である背景不一致条件の抑制の比較から抑制の特徴について検討を行った。

抑制時間に関しては、背景刺激の両眼間での方位差が小さいほど、すなわち一致するほどターゲット刺激に対応する反対眼の抑制時間が長くなり、抑制が強くなることが明らかになった。また、抑制時間は連続的に変化することから、共通した抑制メカニズムを利用していることが考えられる。この背景刺激の一致による抑制時間の増大には、パターンだけではなく、輝度とパターンの両方が一致することが重要となることがわかった。このことからPS事態での安定した一眼からの抑制には輝度とパターンの一致が関与していることが示唆される。

抑制深度に関しては背景刺激の一致、不一致による差はコントラスト増分閾、プローブの波長の違いの両者とも認められなかった。先行研究では、PSと視野闘争事態でプローブの波長によって検出感度に差が認められている。この先行研究と本研究との結果の差異は、刺激の差異によってもたらされていた可能性がある。本研究で用いた背景一致条件と不一致条件はそれぞれPSと視野闘争事態に相当するものであるが、刺激としては左右眼で方位が異なるだけで構成する刺激の要素は条件間で同じである。しかし、先行研究ではPSと視野闘争事態で異なる刺激を用いていたため、このことが検出感度の差異をもたらした可能性がある。本研究で得られたように検出感度に背景の一致、不一致で差異がないとするのであれば、PSと視野闘争事態で抑制深度の決定について両者が共通する両眼間抑制メカニズムに起因していることが示唆される。

こうした抑制時間と抑制深度に関する結果からPSと視野闘争では両眼間抑制の抑制メカニズムは共通している部分が多く、そのメカニズムは同じものであるか、あるいは大部分を共有しているものと考えられる。これらの研究成果から両眼間抑制の起源について、一部ではあるが明らかにすることができたのではないかと考える。

〔学会発表〕(計1件)

高瀬慎二, 行松慎二, 鬢櫛一夫 (2018) 眼間抑制における抑制時間と抑制深度の関係. 日本視覚学会夏季大会

6. 研究組織

(1) 研究代表者

研究代表者氏名: 高瀬 慎二

ローマ字氏名: TAKASE Shinji

所属研究機関名: 名古屋柳城短期大学

部局名: 保育科

職名: 准教授

研究者番号(8桁): 60565886

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。