

運動誘発盲を用いた抑制中の視覚特徴検出

西村あかね¹⁾・高橋伸子²⁾

Visual feature detection during suppression in motion-induced blindness

Akane NISHIMURA and Nobuko TAKAHASHI

運動誘発盲とは、運動する刺激に囲まれたときに静止刺激が意識から消え、再び現れる現象である (Bonneh, Cooperman & Sagi, 2001)。本研究では、方位と空間周波数を組み合わせた静止刺激をターゲット刺激および Cue 刺激として用い、運動誘発盲による抑制中の刺激の処理における方位や空間周波数の選択性の有無について、正答率や抑制時間の結果から検討した。その結果(1)ターゲット刺激と、その近傍に呈示する Cue 刺激の異同判断による正答率は、ターゲット刺激の抑制の有無による差がなく、抑制の効果は見られないことが明らかになった。一方、(2)抑制時間については、抑制の有無による差が認められ、抑制中のターゲット刺激と Cue 刺激の視覚特徴が完全に一致するとき、ターゲット刺激の抑制時間は短縮することが示され、さらに(3)抑制中には方位選択性に加え、空間周波数選択性もあることが明らかになった。

Keywords : 運動誘発盲, 抑制, 視覚特徴検出
motion-induced blindness, suppression, visual feature detection

1. はじめに

日常生活の中には視覚の見落としがしばしば起こる。脳が視覚情報を処理する過程で不必要と判断した対象物は、認識されない場合がある。視覚の見落としの一例として運動誘発盲がある。運動誘発盲とは、運動する刺激に囲まれたときに静止刺激が意識から消え、再び現れる現象である (Bonneh, Cooperman & Sagi, 2001)。Bonneh, Cooperman & Sagi (2001)の実験で使用された運動誘発盲刺激を図1に示した。図1において、3つの大円が静止刺激で、周辺に点在するドットが回転運動をする背景運動刺激である。運動誘発盲が生じると静止刺激の知覚が抑制され、3つの大円が同時または単独に、消失や出現を不規則に繰り返す。静止刺激のコントラストが高くても、大きな刺激でも、また固視点に近くても(偏心 1° でも)数秒間消えると言われており、また、静止刺激の輝度や背景運動刺激の速さ・種類などが消失に影響を与え、さらに静止刺激の呈示位置が固視点の左上にあるときにより消えやすいと報告されている (Bonneh *et al.*, 2001)。

Meital-Kfir, Bonneh & Sagi (2016)と Meital-Kfir & Sagi (2018)は、Kawabe, Yamada & Miura (2007)によって導入された方法を用いて、抑制中のターゲット刺激(静止刺激)の近傍に Cue 刺激を呈示して、消失したターゲット刺激の再現率の違いについてターゲット刺激と Cue 刺激の類似性に基づいて検討し、抑制時の視覚特徴検出について調べた。図2に Meital-Kfir, Bonneh, & Sagi (2016), 図3に Meital-Kfir & Sagi (2018)で使用された刺激の呈示例を示した。

Meital-Kfir *et al.* (2016)の実験では、一定の方位を持つターゲット刺激の抑制中に、その近傍へ Cue 刺激を呈示することにより、ターゲット刺激の再現率を調べた。Cue 刺激の条件は、方位条件と距離条件

1) 愛知淑徳大学健康医療科学部医療貢献学科視覚科学専攻 学部生

2) 愛知淑徳大学健康医療科学部医療貢献学科視覚科学専攻

が設定され、方位条件としてはターゲット刺激との方位の違いが 0° , 30° , 45° , 90° の4条件、距離条件としては、 0.57° , 0.68° , 0.85° , 1.02° , 1.19° の5条件が設定された。また、消失したターゲット刺激の再現に必要な時間を調べるため、ターゲット刺激の消失が報告された後のターゲット刺激呈示時間を 200ms, 300ms, 400ms とした。Cue 刺激はターゲット刺激消失と同時に呈示を開始し、800ms の呈示時間であったため、ターゲット刺激と Cue 刺激の同時呈示時間は 200ms, 300ms, 400ms の3条件であった。Meital-Kfir *et al.* (2016)の実験の結果、ターゲット刺激と Cue 刺激の方位の違いが大きくなるほど再現率が低下し、距離が遠くなるほど再現率が低下することが示されたが、同時呈示時間条件の 200ms の条件では方位・距離ともに再現率への影響が少ないことが示された。これらの結果は、ターゲット刺激消失後のターゲット刺激呈示時間が 300ms 以上の条件においては運動誘発盲により消失した刺激の再現には、方位類似性およびターゲット刺激と Cue 刺激の距離が影響していることを示すものと考えられる。



図1 Bonneh, Cooperman & Sagi (2001)の実験で使用された運動誘発盲刺激

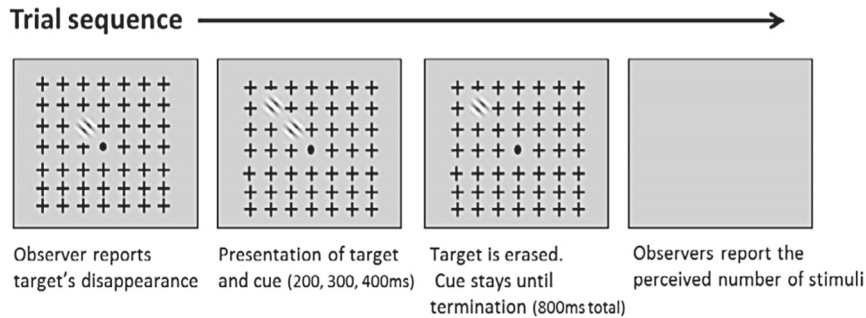


図2 Meital-Kfir, Bonneh & Sagi (2016)の実験で使用された刺激の呈示例

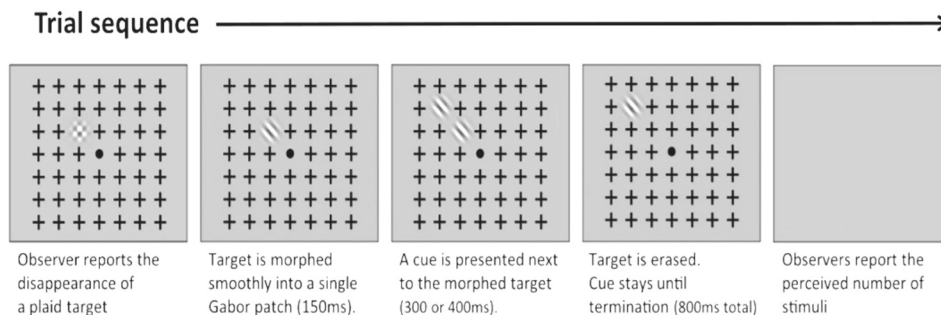
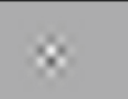














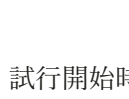
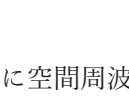
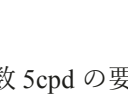
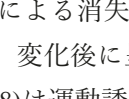
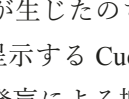
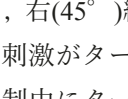
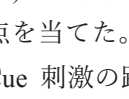
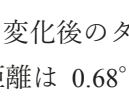
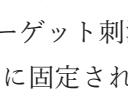
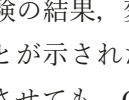
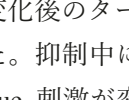
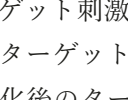
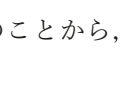
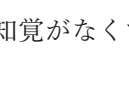
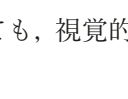


図3 Meital-Kfir & Sagi (2018)の実験で使用された刺激の呈示例

表 1 変化後のターゲット刺激と Cue 刺激の組み合わせ (Meital-Kfir & Sagi, 2018)

	(格子縞)	(左縞)	(右縞)
Morphed target			
Cue			
Same			
Plaid - Component			
Component - Plaid			
Same (collinear)			
Orthogonal			
Component - Plaid			
Orthogonal			
Same (Parallel)			

Meital-Kfir & Sagi (2018)の実験では、試行開始時に空間周波数 5cpd の要素縞を組み合わせたターゲット刺激(格子縞)を呈示し、運動誘発盲による消失が生じたのち、右(45°)縞、左(-45°)縞または格子縞のいずれかに 150ms かけて変化させ、変化後に呈示する Cue 刺激がターゲット刺激の再現率に及ぼす影響を調べた。Meital-Kfir & Sagi (2018)は運動誘発盲による抑制中にターゲット刺激を変化させることにより、抑制時の視覚特徴検出に焦点を当てた。変化後のターゲット刺激と Cue 刺激の組み合わせを表 1 に示した。ターゲット刺激と Cue 刺激の距離は 0.68° に固定され、両刺激の同時呈示時間は 300ms または 400ms が設定された。実験の結果、変化後のターゲット刺激と Cue 刺激が一致したとき最もターゲット刺激の再現率が高いことが示された。抑制中にターゲット刺激を変化させても、すなわち格子縞から右縞または左縞に変化させても、Cue 刺激が変化後のターゲット刺激と同じときに再現率が高いという結果が得られた。このことから、知覚がなくても、視覚的特徴の変化を処理していることが示された。

Meital-Kfir & Sagi (2018)の実験より、運動誘発盲により抑制された刺激においても方位の検出が行われていることが示された。Meital-Kfir & Sagi (2018)は空間周波数については常に一定の条件を用いたため、空間周波数の効果については検討されていないが、視覚の初期過程においては方位のほかに空間周波数や運動、奥行き、色彩など基本的な視覚属性について処理されており、同じ空間位置に受容野を持ち、様々な方位や空間周波数選択性を持つ細胞が存在することが知られている(花沢, 2007)。方位と同様に、視覚の初期過程において処理されているとされる空間周波数についても抑制中の視覚特徴検出が行われていると考えられる。そこで本研究では、方位と空間周波数を組み合わせ刺激を用い、運動誘発盲による抑制中の刺激における、空間周波数選択性の有無について検討する。さらに統制条件として非抑制条件を設定し、運動誘発盲が生じていない状態における空間周波数選択性と比較を行う。

2 目的

本研究では運動誘発盲における視覚特徴処理について検討するため、Meital-Kfir & Sagi (2018)の実験を基に、抑制中にターゲット刺激を変化させて、変化したターゲット刺激と Cue 刺激の異同判断を行い、異同判断にかかる反応時間を測定する。ターゲット刺激として空間周波数および方位の異なる要素縞を組み合わせ格子縞を用いて、運動誘発盲によるターゲット刺激の抑制中または知覚中の異同判断の結果から、正答率と抑制時間を算出し、運動誘発盲による抑制中における方位および空間周波数選択性の有無や視覚特徴の要素における処理について検討する。

3 方法

i 被験者

裸眼または矯正視力が 1.0 以上の大学生女子 4 名(21.75±0.5 歳)。

ii 装置・刺激

PsychoPy(ver.1.82.02)にて作成した。ターゲット刺激は方位 -45° (以下左)で空間周波数 3.5cpd(以下太縞) のガボールパッチである要素縞と、方位 45° (以下右)で空間周波数 7cpd(以下細縞)のガボールパッチである要素縞を組み合わせた格子縞(左太・右細格子縞) であり直径 0.6° で、50%コントラストであった。非抑制条件においてはターゲット刺激知覚中、抑制条件においてはターゲット刺激消失中の被験者のキー押し後に、ターゲット刺激は左太・右細格子縞、左太縞、右細縞の3種類に変化した。同時に8種類の Cue 刺激(左太・右細格子縞、左細・右太格子縞、左太縞、左細縞、右太縞、右細縞、対照群として方位が 90° および 180° で空間周波数 5cpd のガボールパッチである要素縞を組み合わせた十字縞、さらに縞を持たないガウスパターン、いずれも直径 0.6° で50%コントラスト)が呈示された。変化後のターゲット刺激と Cue 刺激の組み合わせを表2に示した。変化後のターゲット刺激と Cue 刺激が方位・空間周波数ともに一致する条件を完全一致、方位も空間周波数も異なる条件を完全不一致とした。ターゲット刺激は固視点(直径 0.31°)から左上 45° 方向で、 1.5° の位置に呈示された。Cue 刺激はターゲット刺激の位置から、さらに 0.7° 離れた位置(すなわち固視点から左上 45° の方向で、 2.2° の位置)に呈示された。ターゲット刺激と Cue 刺激は 10×10 の黒い「+」パターン(幅 0.7° , 間隔 1.4°)で構成された運動刺激であるマスクの中に位置していた。マスクは 0.41cycle/s の速度で固視点の周りを反時計回りに回転した。背景色は灰色(48cd/m^2)であった。ターゲット刺激と Cue 刺激は回転するマスクと重ならないよう、それぞれが背景色で直径 0.88° である「保護ゾーン」で囲まれていた。

刺激は高さ 32cm×幅 51cm (高さ 32° ×幅 51°)のモニター(Dell, Alienware X51R3)に呈示された。視距離は 57cm で、部屋は暗室であった。

iii 手続き

被験者は画面に表示される教示を読み、準備ができたなら Space キーを押して実験を開始した。非抑制条件と抑制条件はセッションごとにランダム順で設定し、その他の実験条件はセッション内でラン

表2 変化後のターゲット刺激と Cue 刺激の組み合わせ

	Cue刺激	左太・右細格子縞	左細・右太格子縞	左太縞	左細縞	右太縞	右細縞	十字縞	縞なし
変化後のターゲット刺激		完全一致							
				完全一致			完全不一致		
				完全不一致			完全一致		

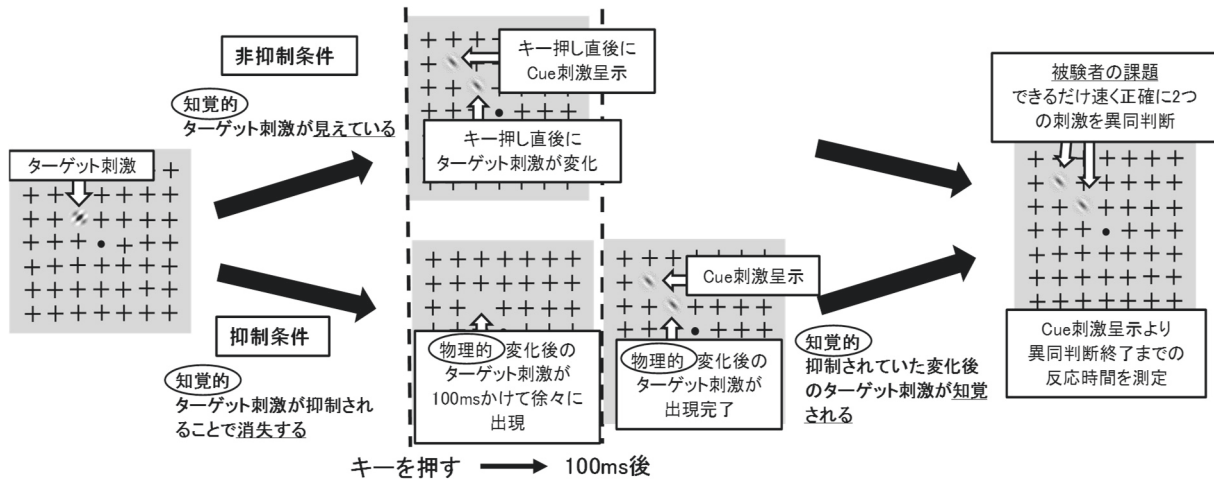


図4 非抑制条件・抑制条件における実験の流れ

ダム順に行った。非抑制条件・抑制条件における実験の流れを図4に示した。

非抑制条件では、固視点を見て、ターゲット刺激が見えている状態でSpaceキーを押すよう指示した。Spaceキーを押すとターゲット刺激が変化し、同時に左上にCue刺激が呈示された。被験者は、変化後のターゲット刺激とCue刺激が同じであったか否かをできるだけ速く正確に報告することを求められた。被験者の異同判断の結果と、キー押しから異同判断終了までの反応時間を測定した。

抑制条件では、固視点を見て、ターゲット刺激が消失したらSpaceキーを押して報告するよう指示した。知覚的な消失を報告するSpaceキーが押されるとターゲット刺激は物理的にも消え、100msかけて変化後のターゲット刺激が出現した。Cue刺激はSpaceキーが押されて100ms後にターゲット刺激の左上に呈示された。被験者は消失したターゲット刺激と同じ位置に呈示される変化後のターゲット刺激が、Cue刺激と同じであったか否かをできるだけ速く正確に報告することを求められた。被験者が報告するまで変化後のターゲット刺激とCue刺激は同時呈示された。被験者の異同判断の結果と、Cue刺激呈示から異同判断終了までの反応時間を測定した。

すべてのCue刺激は各セッション内で無作為かつ等確率で呈示され、非抑制/抑制条件2種類×変化後のターゲット刺激条件3種類×Cue刺激条件8種類の繰り返しを30回、12セッションに分けて行った。

4 結果と考察

運動誘発盲におけるターゲット刺激の非抑制条件および抑制条件において、被験者4名における変化後のターゲット刺激とCue刺激の異同判断を行い、「同じ」と答えた確率(%)を表3に示した。表3より、非抑制条件・抑制条件ともに視覚特徴が完全に一致する四角の実線枠で囲んだCue刺激(正答)の確率が高いことが示されたが、被験者AN以外の3名において変化後のターゲット刺激が左太・右細格子縞の場合、円の点線枠で囲んだ部分的に一致する右細縞の確率も高く、格子縞の要素縞に対しても「同じ」と判断していることが分かった。しかし、同じ要素縞でも左太縞と混同する確率はすべての被験者において低かった。左太・右細格子縞と右細縞の混同が起る原因としては、刺激の低輝度領域(黒い領域)が関係していると考えられる。変化後のターゲット刺激、Cue刺激ともにコントラストはすべて統一してあるが、低空間周波数刺激は低輝度領域の面積が広く、高空間周波数刺激と格子縞刺激は面積が狭い。このことから、低空間周波数刺激のみ他の2つの刺激からはっきりと区別されたと

考えられる。

4.1 正答率

表3において示した異同判断の結果において正答を1、誤答を0とし、それぞれ変化後のターゲット刺激と Cue 刺激の正答率を算出した。被験者4名の結果に対し、SPSS(IBM SPSS Statistics 24.0)により正答率についての非抑制/抑制条件×変化後のターゲット刺激×Cue 刺激の3要因分散分析を行った。非抑制/抑制条件の主効果はすべての被験者において有意差が認められず、非抑制条件と抑制条件の正答率に差は認められないことが示された。Meital-Kfir *et al.* (2016)および Meital-Kfir & Sagi (2018)では、ターゲット刺激と Cue 刺激の同時呈示時間は200~400msのみであったため、抑制が解けるまでの時間によって再現率の差が生じたと考えられるが、本研究においては、ターゲット刺激・Cue 刺激ともに異同判断終了時まで呈示されたため、正答率の差が認められなかったと考えられる。また、このことは抑制条件における抑制が解けてから行う異同判断においても、非抑制条件と同等の正確さであったことを示すと考えられる。

一方、変化後のターゲット刺激の主効果は被験者3名において認められ、左太縞、右細縞の正答率に比べて左太・右細格子縞の正答率が低く、要素が組み合わさっている格子縞の正答率が縞に比べて低いことが示された。特徴統合理論(Treisman & Gelade, 1980)によれば、変化後のターゲット刺激が縞のような単純特徴であった場合は特徴探索に相当し、格子縞のような結合特徴であった場合は結合探索に相当すると考えられる。特徴探索においては素早く正確な判断が可能であるが、結合探索では困難であるため、縞と格子縞の異同判断においても差が生じたと解釈できる。

表3 非抑制/抑制条件の被験者4名における変化後のターゲット刺激と Cue 刺激の混同行列の結果 (単位：%)

変化後のターゲット刺激	非抑制条件										抑制条件									
	Cue刺激										Cue刺激									
	✖	✖	↖	↗	↘	↙	+	縞なし	✖	✖	↖	↗	↘	↙	+	縞なし				
RA	✖	57	20	0	3	0	63	0	0	50	3	0	7	0	50	0	0			
	↖	0	3	97	6	3	0	0	0	0	0	90	0	0	0	0	0			
	↗	13	0	3	3	7	90	0	0	10	3	3	3	7	93	10	0			
MT	✖	37	0	0	7	0	57	0	0	67	0	0	3	0	57	0	0			
	↖	0	3	90	7	7	0	0	0	0	0	83	0	3	0	0	0			
	↗	10	0	0	0	0	90	0	0	3	0	0	0	0	93	0	10			
AN	✖	80	3	0	3	0	0	0	0	83	7	0	0	0	10	0	0			
	↖	0	0	93	0	0	0	0	0	0	0	93	0	0	0	0	10			
	↗	3	3	0	0	0	83	0	0	0	0	0	0	3	97	0	0			
RH	✖	50	13	0	23	0	63	50	7	77	13	13	27	3	77	50	3			
	↖	0	0	97	3	0	10	0	10	13	3	83	3	0	0	0	0			
	↗	0	3	0	10	3	83	10	0	0	3	0	23	0	80	0	0			

※四角の実線枠で囲んだものは視覚特徴完全一致
 ※円の点線枠で囲んだものは左太・右細格子縞と部分一致する右細縞

4.2 反応時間

異同判断にかかる反応時間を測定し、被験者4名の結果に対して、SPSSにより非抑制/抑制条件×変化後のターゲット刺激×Cue刺激の3要因分散分析を行った。

変化後のターゲット刺激の主効果はすべての被験者で有意であった(被験者 RA ; $F(2, 1199)=29.529$, $p<.001$, 被験者 MT ; $F(2, 1199)=11.589$, $p<.001$, 被験者 AN ; $F(2, 1199)=58.849$, $p<.001$, 被験者 RH ; $F(2, 1199)=18.298$, $p<.001$)。図5に被験者4名の変化後のターゲット刺激ごとの反応時間の結果を示した。Bonferroni法による多重比較を行った結果、すべての被験者において左太縞の反応時間がその他の刺激と比べて速いことが分かった(すべて $p<.001$)。また、左太・右細格子縞と右細縞の間に有意差は認められなかった。

非抑制/抑制条件、変化後のターゲット刺激および Cue 刺激の3次の交互作用が認められ、被験者 AN, RH において有意であった(被験者 AN ; $F(14, 1199)=1.795$, $p<.05$, 被験者 RH ; $F(14, 1199)=1.709$, $p<.05$)。図6(a)~(c)に被験者4名における変化後のターゲット刺激ごとの非抑制/抑制条件別の各 Cue 刺激と反応時間の変化を示した。図中の矢印は、変化後のターゲット刺激と Cue 刺激の視覚特徴が完全に一致している条件を示す。単純・単純主効果検定を行った結果、変化後のターゲット刺激が左太縞や右細縞のような要素縞のときは視覚特徴が完全に一致するとき、非抑制条件と抑制条件の反応時間の差が小さいことが分かった(被験者 AN ; 左太縞と左太縞は n.s., 右細縞と右細縞は $p<.05$, RH ; 左太縞と左太縞は $p<.05$, 右細縞と右細縞は $p<.01$)。被験者 MT でも有意差は認められなかったが、同様の傾向が認められた。一方、変化後のターゲット刺激が格子縞のときは、図6(a)に示すように縞なし以外の Cue 刺激では非抑制条件と抑制条件の反応時間の差はほとんどなく、縞なしのように大きく異なる場合以外は、変化後のターゲット刺激と Cue 刺激の組み合わせによって異なることが示された。

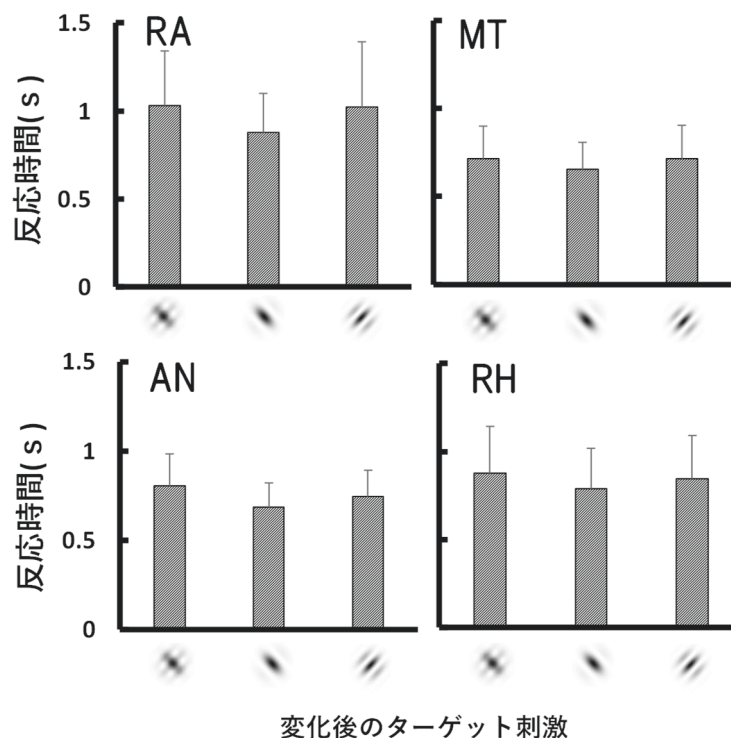


図5 被験者4名における変化後のターゲット刺激条件ごとの反応時間(s)

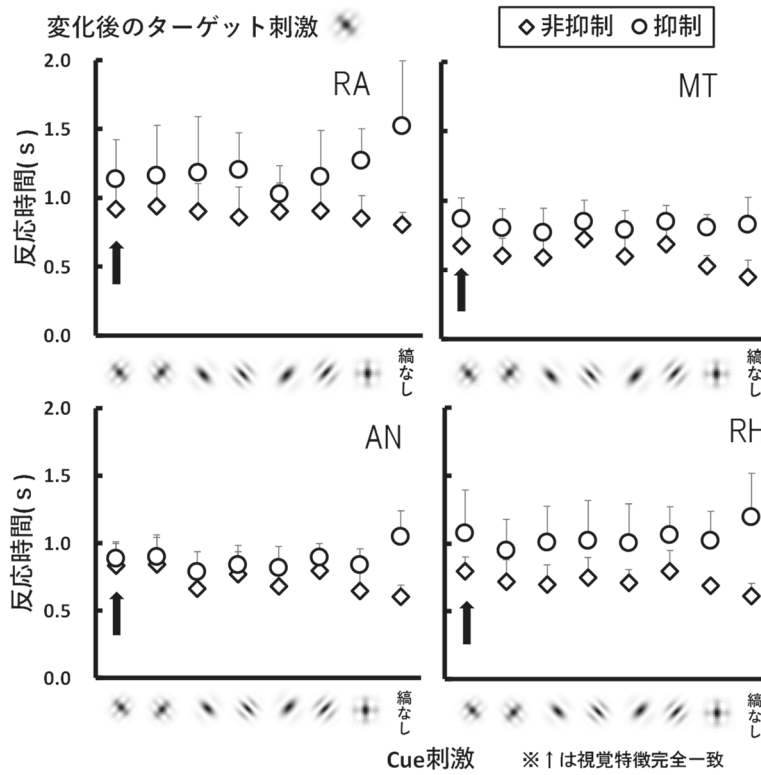


図 6(a) 被験者 4 名における変化後のターゲット刺激が左太・右細格子縞のときの非抑制/抑制条件別の各 Cue 刺激と反応時間の変化

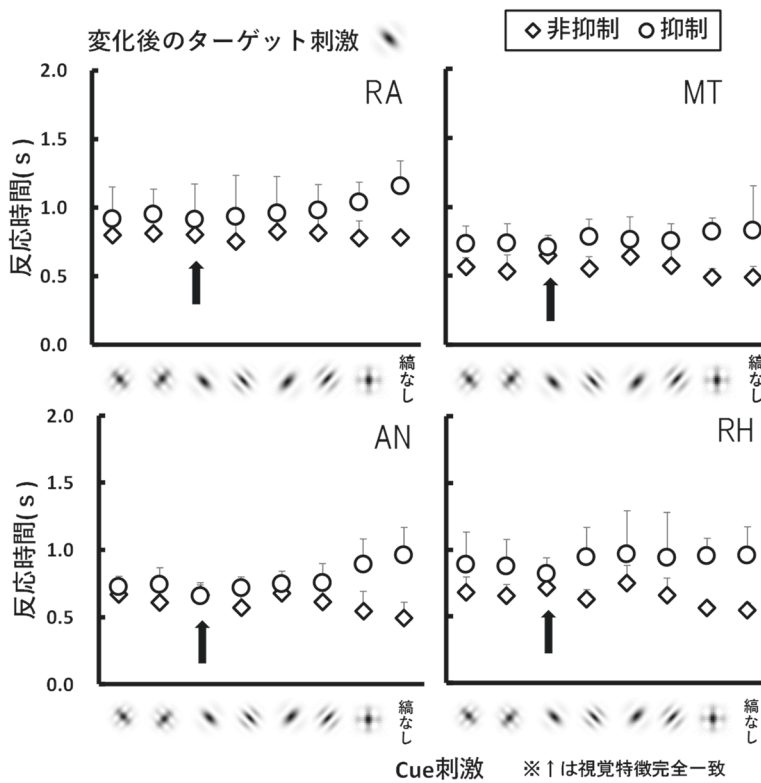


図 6(b) 被験者 4 名における変化後のターゲット刺激が左太縞のときの非抑制/抑制条件別の各 Cue 刺激と反応時間の変化

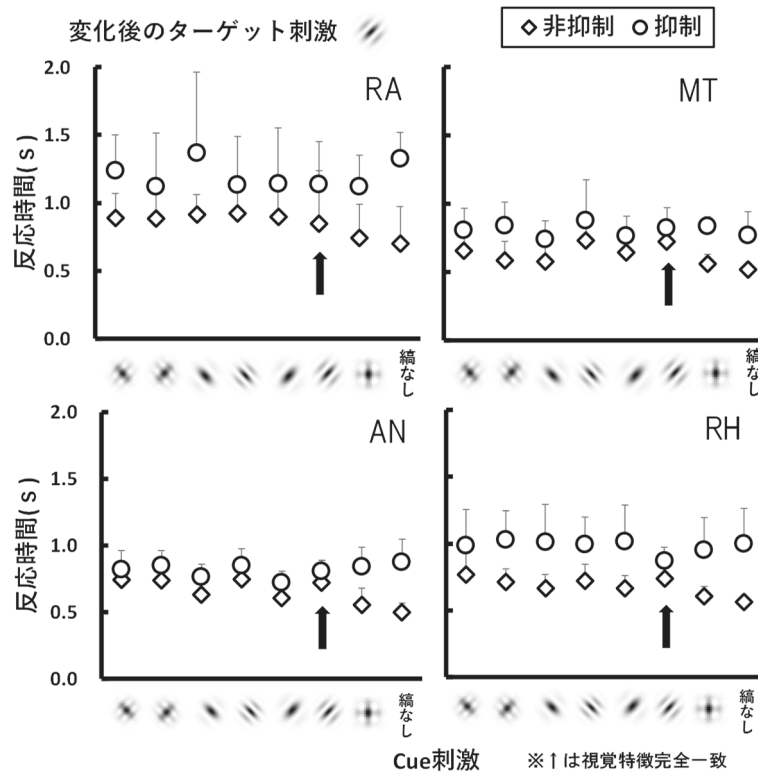


図 6(c) 被験者 4 名における変化後のターゲット刺激が右細縞のときの非抑制/抑制条件別の各 Cue 刺激と反応時間の変化

4.3 抑制時間（抑制条件の反応時間 - 非抑制条件の反応時間）

要素縞では変化後のターゲット刺激と Cue 刺激の視覚特徴が完全に一致する条件で、非抑制条件と抑制条件の差が小さいことが示されたが、この差は運動誘発盲による抑制時間と考えられる。そこで、抑制条件の反応時間から非抑制条件の反応時間を引くことにより抑制時間を算出し、被験者 4 名の抑制時間の結果に対し、SPSS により変化後のターゲット刺激×Cue 刺激の 2 要因分散分析を行った。

変化後のターゲット刺激の主効果は被験者 RA, RH において有意であった(被験者 RA ; $F(2, 599)=18.022, p<.001$, 被験者 RH ; $F(2, 599)=3.298, p<.05$)。図 7 に被験者 4 名における変化後のターゲット刺激の種類別に抑制時間の結果を示した。Bonferroni 法による多重比較を行った結果、被験者 RA では左太縞が他の刺激と比べて(すべて $p<.001$)、被験者 RH では左太縞が右細縞と比べて($p<.05$)、抑制時間が短いことが分かった。また、左太・右細格子縞と右細縞の間には有意差は認められなかった。このことから、低空間周波数の要素縞の抑制時間は高空間周波数の要素縞や格子縞と比べて差がない、または短いことが示された。

変化後のターゲット刺激と Cue 刺激の交互作用は、すべての被験者において有意であった(被験者 RA ; $F(14, 599)=1.969, p<.05$, 被験者 MT ; $F(14, 599)=1.916, p<.05$, 被験者 AN ; $F(14, 599)=2.935, p<.001$, 被験者 RH ; $F(14, 599)=1.851, p<.05$)。図 8 に被験者 4 名における変化後のターゲット刺激別の Cue 刺激による抑制時間の変化を示した。縞なしの Cue 刺激が呈示されたときもっとも抑制時間が長く、単純主効果検定の結果、すべての被験者において変化後のターゲット刺激が格子縞であった場合は、縞なしの Cue 刺激が縞なし条件以外の抑制時間に比べて有意に長いことが示された(すべての被験者において十字縞以外で $p<.001$)。被験者 AN では、変化後のターゲット刺激が左太縞や右細縞であった場合にも同様の結果が認められた(十字縞以外で $p<.001$)。それ以外の Cue 刺激間では被験者 AN の

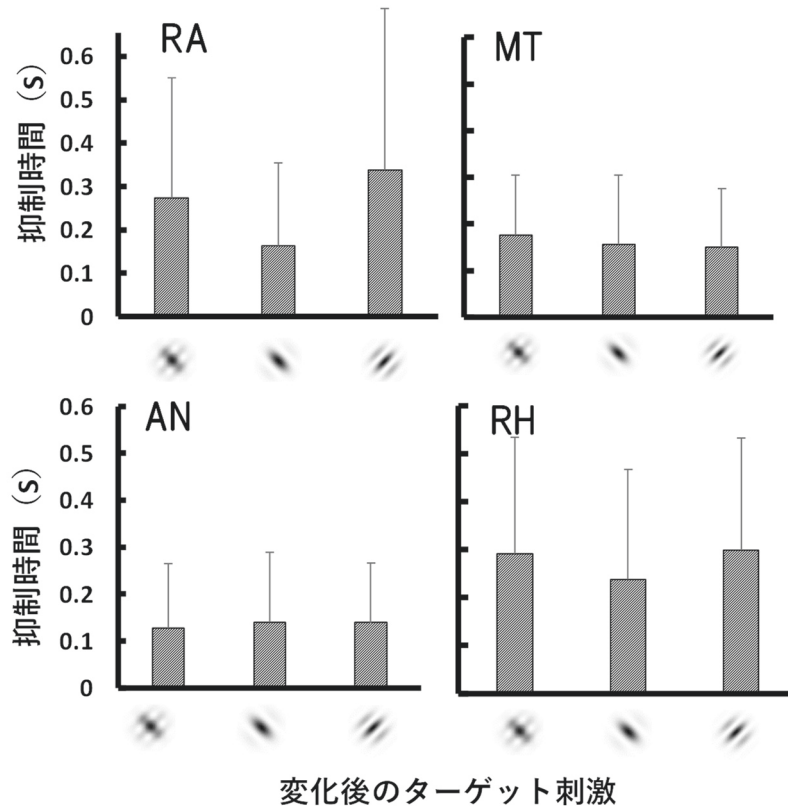


図7 被験者4名における各変化後のターゲット刺激の抑制時間

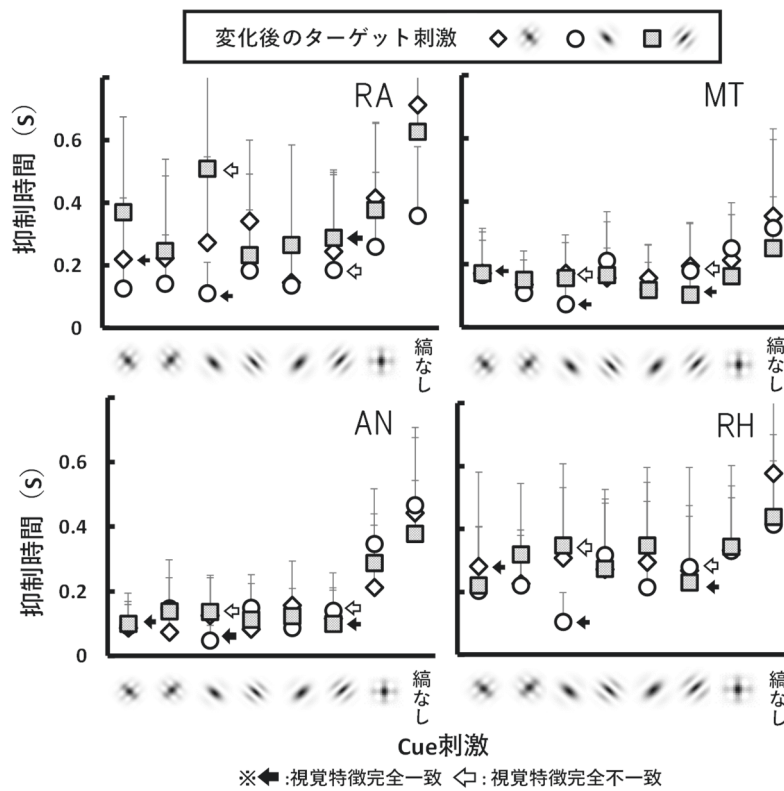


図8 被験者4名における変化後のターゲット刺激別のCue刺激による抑制時間の変化

十字縞と左太・右細格子縞の組み合わせを除いて有意な差は見られなかったが、図8をみると Cue 刺激が十字縞であったときは縞なしに次いで抑制時間が長い傾向が読み取れた。Cue 刺激が格子縞の条件と、格子縞の要素である方位や空間周波数を持つ要素縞条件間に有意差はなく、これらの条件においては方位・空間周波数のいずれかが変化後のターゲット刺激と一致する類似度が高い刺激であったためであると考えられる。このことは、抑制中の視覚特徴において、抑制中のターゲット刺激の視覚特徴が要素分解されていることを示唆する。

また、抑制時間は変化後のターゲット刺激と Cue 刺激の視覚特徴の一致度によって異なることが示され、図8の黒矢印は変化後のターゲット刺激と Cue 刺激の視覚特徴が完全に一致する条件、白矢印は全く一致しない条件を示す。変化後のターゲット刺激が左太縞であった場合は、被験者 RA 以外の3名で Cue 刺激として同じ視覚特徴を持つ左太縞が呈示されたときに左細縞、右細縞が呈示されたときと比べて抑制時間が短くなった($p < .05$)。被験者 RA は左太縞と左細縞、右細縞との有意差は認められなかった。Cue 刺激ごとに見ると、縞条件の場合、視覚特徴が完全に一致するときに最も抑制時間が短い傾向がみられた。特に左太縞のときはその傾向が強くみられ、静止刺激の呈示位置が左上にあるときに消えやすいという報告(Bonneh *et al.*, 2001)と何らかの関係があるかもしれない。抑制時間において、差が認められたということは、反応時間の分析において認められた視覚特徴の一致による効果が、視覚特徴の違いに基づく処理過程の差ではなく、運動誘発盲に基づく抑制時間の差によるものと考えられる根拠と解釈できる。

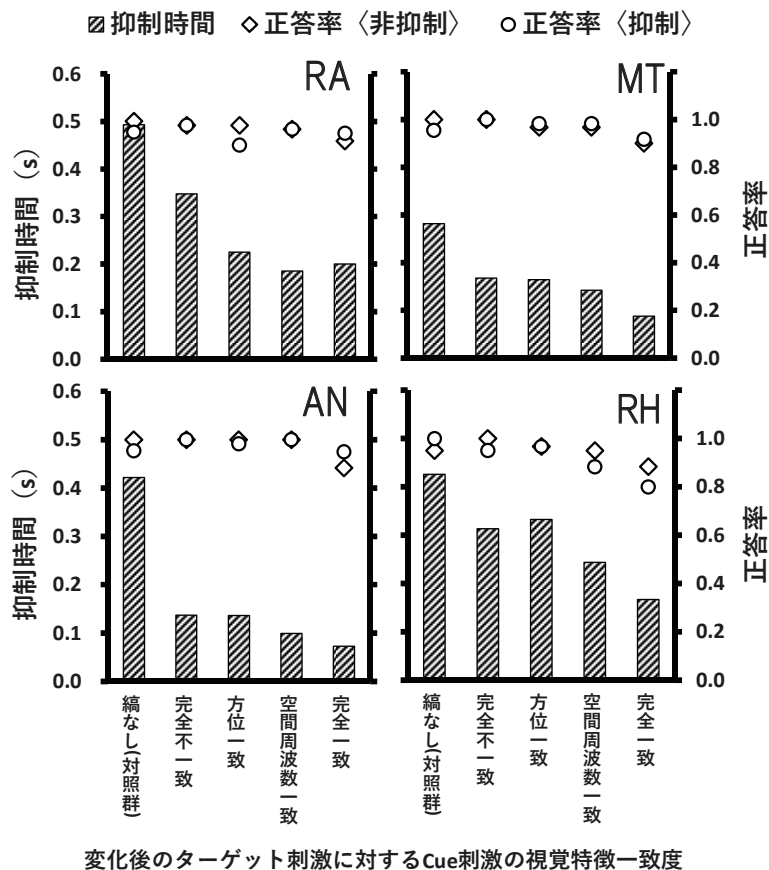


図9 被験者4名における縞条件の変化後のターゲット刺激に対する Cue 刺激の視覚特徴一致度と抑制時間および非抑制/抑制条件ごとの正答率

4.4 まとめ

運動誘発盲による抑制中の刺激の処理における方位や空間周波数の選択性の有無について、正答率や抑制時間の結果から検討した結果、抑制中には方位選択性に加えて、空間周波数選択性もあることが認められた。そこで、方位および空間周波数の相対的な効果について調べるため、変化後のターゲット刺激のうち縞条件(左太縞・右細縞)で、方位(左右)・空間周波数(太細)の一致度ごとに抑制時間および正答率の結果を整理し、図9に示す。図9は、変化後のターゲット刺激に対する Cue 刺激の視覚特徴一致度と、抑制時間および非抑制/抑制条件ごとの正答率の関係を整理したもので、4名すべての被験者において完全不一致よりも完全一致の抑制時間が短いことが示された。さらに、すべての被験者において方位一致よりも空間周波数一致の抑制時間が短い傾向が示された。一方で、正答率については非抑制条件でも抑制時間でも大きな差は認められず、一致度によっても差は認められなかった。Meital-Kfir *et al.* (2016), Meital-Kfir & Sagi (2018)の研究において、ターゲット刺激と Cue 刺激の同時呈示時間は200~400msであったが、本研究においては異同判断終了時まで同時呈示されたため、異同判断は運動誘発盲による抑制が解けた後に行われたと解釈でき、正答率において視覚特徴の一致度による差が認められなかったことは抑制後の異同判断においても非抑制条件と同等の正確さであったことを示すと考えられる。これらの結果から、異同判断の正答率には差は認められないが、抑制時間は完全不一致、方位一致、空間周波数一致、完全一致の順に短いことが示唆された。

本研究の結果から、運動誘発盲を用いた抑制中の視覚特徴検出において、方位選択性とともに空間周波数選択性についても認められ、特徴の一致度に応じて抑制時間が異なることが示された。本研究で用いた方位($\pm 45^\circ$), 空間周波数(3.5cpd/7.0cpd)においては方位の影響が空間周波数より大きいことが示唆されたが、この関係は用いる刺激の方位・空間周波数等によって異なる可能性があり、今後の検討が必要である。

引用文献

- Bonneh, Y. S., Cooperman, A. & Sagi, D. (2001). Motion-induced blindness in normal observers. *Nature* 411, 798-801.
- 花沢明俊 (2007). 神経生理—網膜から V1 まで— 篠森敬三(編) 視覚 I —視覚系の構造と初期機能— 朝倉書店, 34-35.
- Kawabe, T., Yamada, Y., & Miura, K. (2007). How an abrupt onset cue can release motion-induced blindness. *Consciousness and Cognition*, 16(2), 374-380.
- Meital-Kfir, N., Bonneh, Y. S., & Sagi, D. (2016). Asymmetric visual interactions across the boundary of awareness. *Journal of Vision*, 16(10):4, 1-9.
- Meital-Kfir, N. & Sagi, D. (2018). Real-time visual interactions across the boundary of awareness, *Scientific REPORTS*.8.
- Treisman, A. M. & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, Vol. 12, No. 1, 97-136.