

広い領域の動きを知覚する能力は 発達にしたがって低下する ～視覚の抑制メカニズムの発達過程を説明～

学校法人 中央大学

概 要

私たち大人では、広い領域の動きの方が、狭い領域の動きよりも知覚し難いことが知られています(図 1 参照)。一見直観に反するかもしれませんが、これは周辺抑制^{*1}という視覚神経細胞が持つ抑制メカニズムを反映した知覚現象であると考えられています。一方、この抑制機能は老化によって低下するため、その結果、高齢者では、広い領域の動きを若年者よりもむしろよく知覚できることが知られています。

今回、中央大学の中島悠介機構助教、山口真美教授と日本女子大学の金沢創教授は、乳児においてこの現象を調べ、生後 6 ヶ月未満の小さい赤ちゃんでは、老人と同じように、広い領域の動きを知覚するのが得意であることを明らかにしました。そして、生後 6 ヶ月以降になるとこの能力が失われ、成人と同じように、狭い領域の動きの知覚が得意になっていくことがわかりました。この結果は、周辺抑制の神経メカニズムが生後 6 ヶ月頃に獲得されることを示しており、これまで知られていなかった視覚抑制メカニズムの初期発達過程が明らかになりました。

周辺抑制の機能は、自閉症患者においても低下していることが示されており、本研究の知見は、発達、老化に加えて、自閉症の脳の発達メカニズムの新たな側面の解明につながることを期待されます。

本研究成果は、2019 年 9 月 5 日に、米国科学雑誌『Current Biology』に掲載されました(日本時間 9 月 6 日オンライン版掲載)。

【研究者】

中島 悠介 中央大学研究開発機構 機構助教・日本学術振興会 特別研究員 PD
山口 真美 中央大学文学部 心理学専攻 教授
金沢 創 日本女子大学人間社会学部 心理学科 教授

【発表雑誌】

Current Biology<論文タイトル> Development of center-surround suppression in infant motion processing
<著者> Yusuke Nakashima, Masami K. Yamaguchi, & So Kanazawa

【研究内容】

1. 背景

私たち大人では、動いている物体を見るとき、物体のサイズが大きくなるほど運動方向の知覚が困難になるという、一見直観に反するような現象がみられます。これは周辺抑制^{*1}という視覚皮質の神経細胞が持つ抑制メカニズムをよく反映した知覚現象であると考えられています(図 1)。一方、高齢者では、物体が大きくなって運動知覚の成績が低下せず、大きい物体を見る場合は、むしろ若年者より運動知覚能力が高くなることが知られています。これは、高齢者では周辺抑制の機能が低下しているためであるとされています。

しかし、このような知覚現象が乳児でも見られるかどうかは、これまで検討されてきませんでした。周辺抑制は、視覚系にとって非常に重要な神経メカニズムですが、その初期発達過程は未だに明らかになっていません。そこで本研究は、周辺抑制を反映する知覚現象を用いて、生後 1 歳未満の乳児において、抑制メカニズムがどのように発達していくかを検討しました。

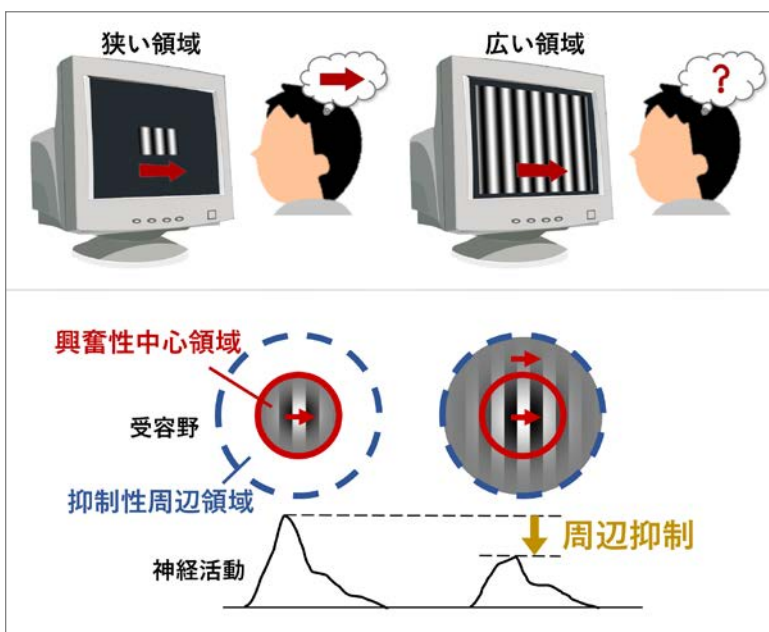


図 1. 周辺抑制の知覚現象 (上) と神経メカニズム (下)

(上) 左右いずれかに動く模様を見るとき、大人では模様の面積が大きくなるほど(広い領域になるほど)正しい運動方向を答えるのが難しくなるという現象がみられる。一方、高齢者では広い領域であっても動きをよく知覚することができる。

(下) この現象は、周辺抑制という神経細胞の受容野(個々の神経細胞が担当する視野の特定の領域)の特性を反映したものだと考えられている。視覚神経細胞は、自分の担当する視野の領域(受容野の興奮性領域)に画像が提示されると神経活動が生じる。しかし、その担当領域の周辺の領域にも同じ画像が提示された場合、逆に神経活動が弱まる(周辺抑制)。

2. 研究内容と成果

実験では、生後 3 ヶ月から 8 ヶ月までの赤ちゃんを対象に、広い領域と狭い領域の運動方向の知覚能力を、馴化法^{*2}を用いて調べました(図 2、3)。まず、乳児に対して、縞模様が左右いずれか一方に動く映像を飽きるまで繰り返し見てもらいました。その後、左右それぞれに動く縞模様を画

面の左右に同時に提示して、それぞれの動きへの注視時間を測定しました。赤ちゃんは、新しいものを好んでよく見るという傾向を持っています。したがって、繰り返し見て飽きた方向の動きと新しい方向の動きへの注視時間を比較して、どのくらい新しい動きを長く注視していたかを調べることで、2つの運動方向の違いがどの程度認識できていたかを知ることができます。この方法により、大きい縞模様と小さい縞模様を使って、それぞれの運動知覚能力を調べました。

その結果、生後6ヶ月以上の赤ちゃんでは、大きい縞模様より、小さい縞模様の方が、運動方向の違いをよく認識できており、大人と同様の現象が赤ちゃんでも見られることがわかりました。一方、生後6ヶ月未満の赤ちゃんでは、大きい縞模様の方が運動方向をよく認識できており、大人とはまったく逆の傾向を示しました。すなわち、生後6ヶ月未満では、広い領域の運動知覚が得意ですが、6ヶ月以降になるとこの能力が失われ、逆に狭い領域の運動知覚が得意になることが明らかになりました(図4)。この結果は、周辺抑制の神経メカニズムが、生後6ヶ月頃に獲得されることを示しています。

6ヶ月未満の低月齢の赤ちゃんの結果は、高齢者の運動知覚の性質と同じような傾向を示しています。低月齢の赤ちゃんと高齢者はどちらも、周辺抑制機能が弱いため、大きいサイズの動きの知覚が優れていると言えます。

なぜ、大きい物体の動きを知覚する優れた能力は、発達の初期に失われるのでしょうか。周辺抑制は、物体の動きを背景の動きから区別して検出する機能に寄与していると考えられています。したがって、周辺抑制が未発達な低月齢の赤ちゃんでは、雑多な動きの中から、見たい物体の動きを正確に切り分けて知覚することが苦手だと考えられます。私たちは、大きいサイズの動きへの感度を低下させることによって、物体の動きという生きる上でより重要な情報を正確に知覚する能力を獲得していると考えられます。

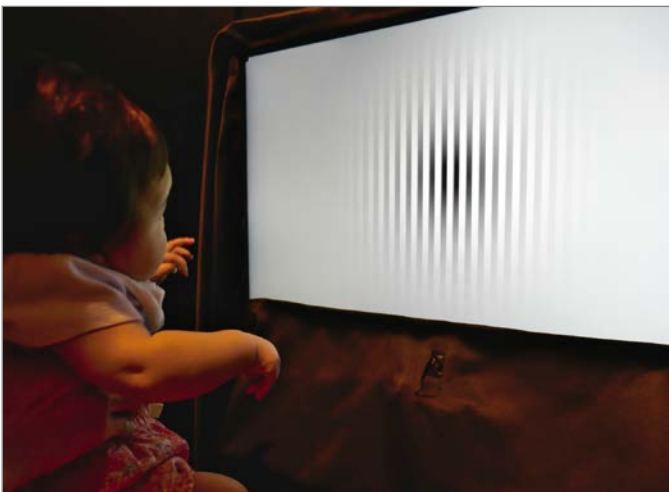


図2. 実験風景

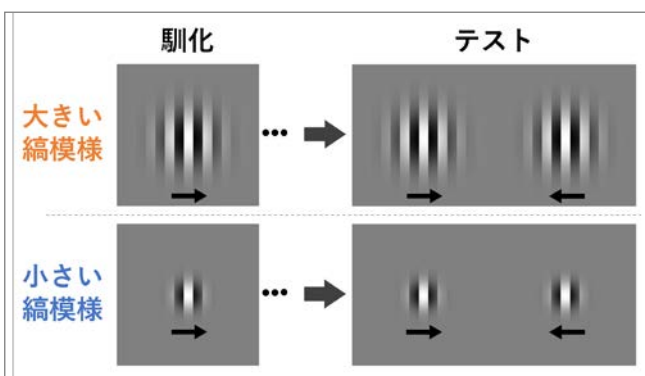


図3. 馴化法を用いた実験方法

もし左右の運動方向の違いを認識できていれば、テストにおいて、馴化した方向とは逆方向に動く縞模様をより長い時間注視する。

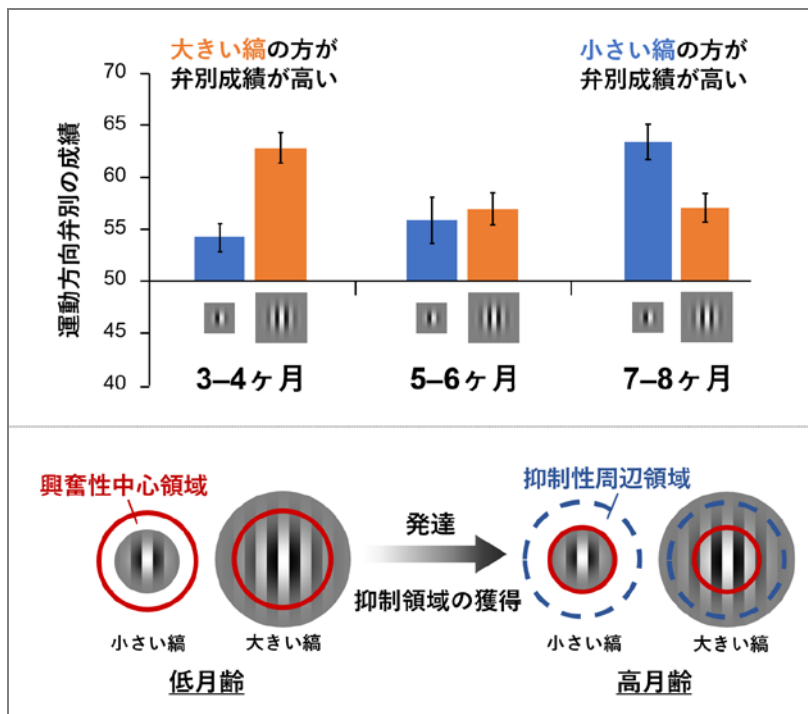


図 4. 乳児の運動方向の弁別成績（上）と周辺抑制の発達メカニズム（下）

- (上) 生後 7-8 ヶ月の乳児では、小さい縞模様の方が運動方向の知覚の成績が高くなっていて、生後 3-4 ヶ月の乳児では逆に、大きい縞模様の方が運動方向の知覚の成績が高くなっていて。
- (下) 低月齢の乳児では、より情報量の多い、広い領域の動きの方が運動の知覚が簡単になる。しかし、生後 6 ヶ月を超えると周辺抑制が獲得されることにより、狭い領域の動きの方が知覚しやすくなる。

3. 今後の展開

脳の視覚システムは、単に感覚情報を伝達するだけでなく、不要な情報を抑制することによって高度な知覚処理を実現しています。抑制メカニズムは視覚処理にとって非常に重要な役割を果たしていますが、その発達過程は十分に明らかにされていません。本研究の知見により、視覚抑制メカニズムの発達の理解が大きく進むと期待されます。

また、自閉症患者では周辺抑制機能が低下していると示されていることから、自閉症傾向を有する乳幼児は、周辺抑制の発達が遅い可能性が考えられます。本研究の知見が基となり、周辺抑制の初期発達過程を調べる手法が確立されれば、自閉症の脳の発達メカニズムの理解が促進されるものと期待されます。

●本研究は、日本学術振興会 科学研究費補助金 特別研究員奨励費(19J00760)、新学術領域研究(JP17H06343、JP18H05014)の助成を受けて行われました。

【お問い合わせ先】

< 研究に関するお問合せ >

中島 悠介 (ナカシマ ユウスケ)

中央大学研究開発機構 機構助教・日本学術振興会 特別研究員 PD

TEL / FAX : 042-674-3843

E-mail: ynakashima214@gmail.com

<広報に関するお問合せ>

学校法人中央大学 広報室

TEL : 042-674-2050 / Email : kk@tamajs.chuo-u.ac.jp

【用語解説】

※1. 周辺抑制

視覚野の神経細胞の受容野(個々の神経細胞が担当する視野の特定の領域)に関する特性。視覚神経細胞は、自分の担当する視野の領域(受容野)に画像が提示されると神経活動を生じさせる。しかし、その担当領域の少し外側の周辺領域にも同じ画像が提示された場合、逆に神経活動が弱まる(周辺抑制; 図 1)。

※2. 馴化法

特定の画像に馴化した(飽きた)後に、新しいものを好んでよく見るという乳児の性質を利用して、2つの視覚情報が弁別できているかどうかを調べる方法。馴化した画像と新しい画像を同時に提示したとき、2つの画像の違いが認識できていれば、新しい画像への注視時間が長くなるが、違いを認識できていなければ注視時間に差がなくなる。