

令和 4 年 6 月 8 日現在

機関番号：32641

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K14479

研究課題名（和文）意識的知覚を支えるフィードバック視覚処理の初期発達過程の解明

研究課題名（英文）Development of recurrent processing underlying conscious visual perception

研究代表者

中島 悠介（Nakashima, Yusuke）

中央大学・文学部・特別研究員(PD)

研究者番号：50778686

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：解剖学的研究により、視覚皮質のフィードバック結合はフィードフォワード結合より発達が遅く、発達初期ではフィードバック処理が未発達である可能性が示唆されている。本研究は、この可能性を検証するため、フィードバック処理を妨害すると考えられている逆向マスクングを用いて、生後3-8ヶ月児におけるフィードバック視覚処理の発達を検討した。その結果、7-8ヶ月児では逆向マスクングが生じたが、3-6ヶ月児では生じず、高月齢児がマスクングによって知覚できない刺激を低月齢児が知覚できることを示した。この結果は、発達初期では、フィードバック処理が未発達で、フィードフォワード主体で視覚処理を行っていることを示唆する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

外界を認識するための視覚機能は、生まれてから1歳までの間に急激に発達することが知られているが、その発達の背景にあるメカニズムは未だ明確になっていない。本研究は、フィードバック処理と呼ばれる脳の高次領域から低次領域へ情報が送られる、通常とは逆の流れの視覚処理が生後半年頃に発達する可能性を示した。フィードバック処理は、不明瞭であったり、一部が欠けていたりするような曖昧な視覚像を安定して知覚するために必要であることがわかっている。本研究により、生後の発達期において、外界を安定的に知覚できるようになるための背景メカニズムの一端が明らかになった。

研究成果の概要（英文）：Anatomical studies have shown that feedback connections develop later than feed-forward connections in the visual cortex. This suggests that feedback processing is immature and visual information may be processed mainly in a feed-forward manner in early infancy. We examined this possibility by applying backward masking which possibly occurs because of disruption of feedback processing to infants at 3 to 8 months of age. We showed that backward masking occurs in 7- to 8-month-old infants, but not in 3- to 6-month-old infants. In other words, younger infants could perceive visual stimuli that older infant could not see because of masking. This result suggests that feedback processing is immature and visual processing is performed mainly through a feed-forward system until 6 months of age.

研究分野：実験心理学

キーワード：視覚 発達 乳児 逆向マスクング フィードバック処理 意識的知覚

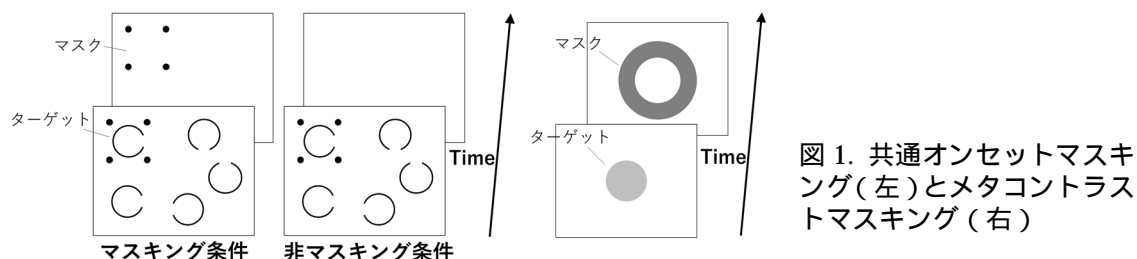
1. 研究開始当初の背景

視覚処理のメカニズムに対する従来の考え方は、ボトムアップの視覚信号が低次領域から高次領域へと送られることにより、徐々に複雑な情報を抽出していくという階層的フィードフォワード処理が中心であったが、近年、高次領域から低次領域へ逆向きに情報が流れるフィードバック処理も視知覚そのものに重要な役割を果たしていることが明らかになってきた。しかし、フィードバック処理の発達過程はこれまでほとんど明らかになっていない。

乳児の死後脳の解剖学的研究により、視覚皮質におけるフィードバック投射は、フィードフォワード投射より発達が遅いことが示されている。これは発達初期では、フィードバック視覚処理が未発達であり、フィードフォワード主体で視覚処理を行っている可能性を示唆する。しかし、この可能性はこれまで全く検討されて来なかった。

2. 研究の目的

本研究は、上記の可能性を検討するために、再帰性処理(フィードバック処理)を妨害すると考えられている逆向マス킹を乳児に適用し、発達初期における再帰性処理の発達を検討した。具体的には、生後3-8ヶ月の乳児において共通オンセットマス킹およびメタコントラストマス킹(図1)が生じるかどうかを検討した。これらのマス킹の生起メカニズムについてはいくつか説があるが、そのうちの一つが再帰性処理の妨害仮説である。この仮説では、ターゲット刺激の後に提示されるマス킹刺激が、先行するターゲット刺激の再帰性処理を妨害することによってターゲット刺激の知覚が阻害されると考える。この仮説に従えば、もし乳児において再帰性処理が未発達であれば、再帰性処理を妨害するこれらの逆向マス킹が生じない可能性がある。言い換えれば、再帰性処理が未発達な低月齢児は、高月齢児がマス킹によって知覚できない刺激を知覚できる可能性が考えられる。



3. 研究の方法

生後3-8ヶ月の乳児を対象に、選好注視法を用いて、短時間提示される顔画像に対して共通オンセットマス킹が生じるかどうかを検討した。具体的には、マス킹あり・なしの2つの条件下で、顔画像を繰り返し短時間提示し、その際の乳児の画面への注視時間を測定して2条件間で比較した(図2上)。乳児には顔を好んでよく注視するという性質があるため、もしマス킹が生じていれば、マス킹条件では顔が知覚されず、顔が知覚できる非マス킹条件と比べて注視時間が短くなると予測される。

さらに、低月齢児でマス킹が生じないことをより積極的に検証するために、マス킹条件と顔なし条件の比較も行った(図2下)。この場合、もしマス킹が生じなければ、マス킹条件では顔が知覚されるが、顔なし条件では顔が知覚されないため、マス킹条件の方が注視時間が長くなるはずである。

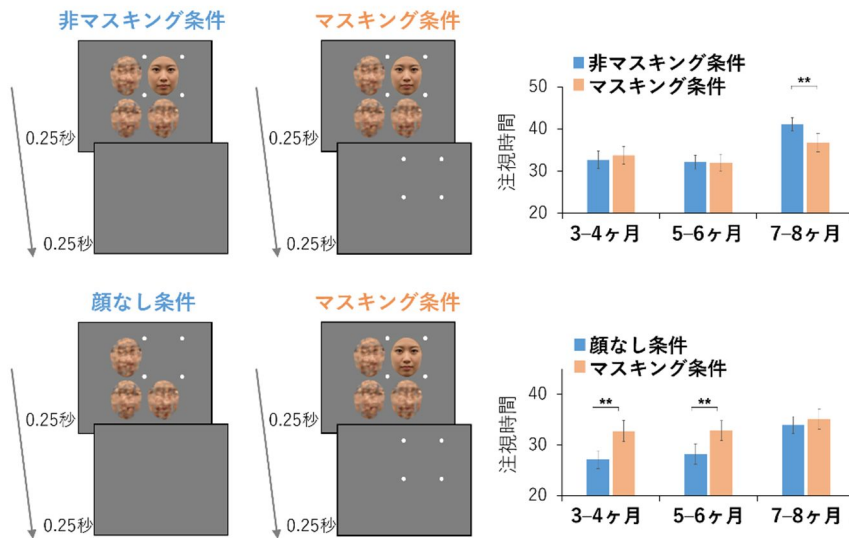


図 2. 共通オンセットマスクング実験の手続きと結果

4. 研究成果

1 つ目の実験の結果、7 - 8 ヶ月児ではマスクング条件の方が非マスクング条件より注視時間が短かったが、3 - 6 ヶ月児では両者に差はなかった（図 2 上）。これは 7 - 8 ヶ月児では共通オンセットマスクングが生じていることを示している。さらに、2 つ目の実験の結果、7 - 8 ヶ月児ではマスクング条件と顔なし条件で注視時間に差はなかったが、3 - 6 ヶ月児ではマスクング条件の方が注視時間が長かった（図 2 下）。これは 3 - 6 ヶ月児では共通オンセットマスクングが生じていないことを示している。これらの結果から、生後 3 - 6 ヶ月児ではマスクングが生じず、7 - 8 ヶ月児がマスクングによって知覚できない顔刺激を知覚できていることが示された（図 3）。

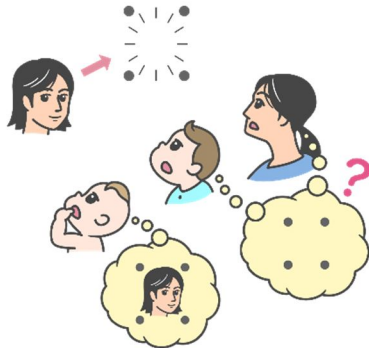


図 3. 生後 6 ヶ月以下の低月齢児は高月齢児がマスクングによって知覚できない視覚刺激を知覚できる

これらの結果は、生後半年以下の低月齢の乳児では再帰性処理が未発達であり、主にフィードフォワード主体で視覚処理を行っていることを示唆する。すなわち、低月齢児では、本来共通オンセットマスクングが妨害するはずの再帰性処理が備わっていないためにマスクングが生じず、その結果、顔刺激を知覚できたと考えられる。今回の結果から、生後半年頃を境に、ボトムアップのみの処理からフィードバックを組み込んだ処理へと、視知覚のメカニズムが大きく変化することが示唆された（図 4）。本研究の成果は PNAS 誌に掲載された（文献 1）。

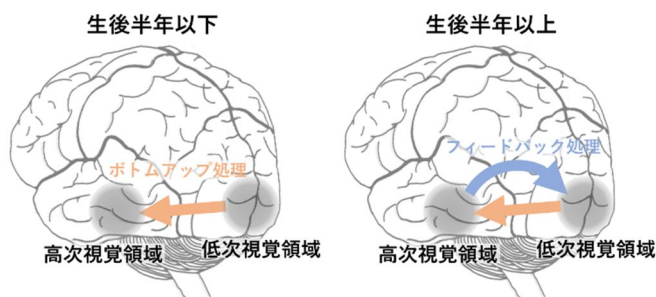


図 4. 生後半年頃を境に、ボトムアップ処理からフィードバックを組み込んだ処理へと、視知覚のメカニズムが変化する

さらに、メタコントラストマスクングを用いて同様の実験を実施した結果、共通オンセットマスクングと同じように、生後7-8ヶ月児ではマスクングが生じるが、3-6ヶ月児では生じないという結果が得られた。この結果から、メタコントラストマスクングも共通オンセットマスクングと類似のメカニズム、すなわち再帰性処理の妨害が関わっていることが示唆された。

本研究が示した、低月齢の時に見えていたものが発達によって見えなくなるという現象は、一見不自然に思われるが、再帰性処理の発達によって、他の重要な視覚機能が獲得されていると考えられる。例えば、不明瞭であったり、一部が欠けていたりするような曖昧な視覚像を安定して知覚するためには、再帰性処理が必要であることがわかっている。したがって、再帰性処理が未発達な低月齢児は、日常の光景を曖昧なまま知覚している可能性がある。それが生後半年以降になり、再帰性処理が獲得されると、それらの光景をはっきりと知覚できるようになると考えられる。本研究の成果により、このような外界を安定的に知覚する能力の発達の背景となるメカニズムが明らかになったと言える。

文献

1. Nakashima, Y., Kanazawa, S., & Yamaguchi, M. K. (2021). Perception of invisible masked objects in early infancy. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118, e2103040118

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Nakashima Yusuke, Kanazawa So, Yamaguchi Masami K.	4. 巻 118
2. 論文標題 Perception of invisible masked objects in early infancy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the National Academy of Sciences	6. 最初と最後の頁 e2103040118
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1073/pnas.2103040118	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Nakashima Yusuke, Kanazawa So, Yamaguchi Masami K.	4. 巻 -
2. 論文標題 Perception of invisible masked objects in early infancy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 bioRxiv	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1101/2021.02.15.431195	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Nakashima Yusuke, Yamaguchi Masami K., Kanazawa So	4. 巻 29
2. 論文標題 Development of Center-Surround Suppression in Infant Motion Processing	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Current Biology	6. 最初と最後の頁 3059 ~ 3064.e2
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.cub.2019.07.044	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Nakashima Yusuke, Kanazawa So, Yamaguchi Masami K.
2. 発表標題 Metacontrast masking in early infancy
3. 学会等名 Vision Sciences Society 22th Annual Meeting（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中島悠介, 金沢創, 山口真美
2. 発表標題 乳児におけるメタコントラストマスクングの検討
3. 学会等名 日本基礎心理学会第40回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nakashima Yusuke, Kanazawa So, Yamaguchi Masami K.
2. 発表標題 Absence of object substitution masking in early infancy
3. 学会等名 Vision Sciences Society 21th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中島悠介・金沢創・山口真美
2. 発表標題 乳児におけるオブジェクト置き換えマスクングの検討.
3. 学会等名 日本視覚学会2020年冬季大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------