

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 27 日現在

機関番号：63905

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23730709

研究課題名(和文)三次元空間の知覚における情報の統合について：発達研究の視点から

研究課題名(英文)Perceptual integration of spatial information in infancy

研究代表者

鶴原 亜紀 (TSURUHARA, Aki)

生理学研究所・統合生理研究系・特別協力研究員

研究者番号：40342688

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円、(間接経費) 660,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、乳児における空間情報の統合について検討することであり、成果として、まず、乳児を対象とした研究の欧文論文2編が学術誌に採択された。1編は生後4-5ヶ月児が単眼手がかりと両眼手がかりによる空間情報を統合していることを示唆するものであった。もう1編では、生後5-7ヶ月児が両眼に映る像の水平方向のずれである水平視差だけでなく、垂直方向のずれである垂直視差を用いて空間を知覚していることを示し、乳児においても2種類の視差による情報を統合している可能性を示した。さらに、本研究は、乳児研究の基礎となる成人の脳活動の計測まで発展し、成人の脳活動計測に関する欧文論文も2編が学術誌に採択された。

研究成果の概要(英文)：With behavioral two experiments, this study examined infants' ability to perceive depth integrating various visual cues. The results of the first experiment suggested that 4-5 month-old infants integrate monocular and binocular information about depth. The results of the other experiment suggested that 5-7 month-old infants perceive depth from both of horizontal and vertical disparity. The results of these infants' study were reported as original papers in *Developmental Psychobiology* and *Optical Review*. In addition, we extended our study to measuring adults' visual-evoked magnetic fields. Measuring brain activity is necessary to examine perception in infancy who could not talk about how they perceive. The results of the adults' study were reported as original papers in *Experimental Brain Research* and *Neuroscience Letters*.

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：心理学・実験心理学

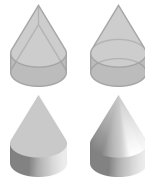
キーワード：空間情報処理

1. 研究開始当初の背景

自分と対象との距離関係や対象の立体形状といった空間情報は、おもちゃや食物に近づき、つかむ時のように、三次元空間での活動に必要な不可欠な情報である。このような空間情報は、おもに視覚的な奥行き手がかりによって獲得される。奥行き手がかりとなる情報は、陰影や線遠近法といった単眼視で得られるものと、両眼視差・輻輳といった両眼視によって得られるものに大別される。前者は単眼奥行き手がかり、後者は両眼奥行き手がかりと呼ばれる。自分から対象までの距離や対象の立体的な形状を安定して知覚するためには、様々な手がかりを統合する必要がある。

応募者らは、生後6-7ヶ月の乳児が、線のつながり方や陰影といった異なる単眼奥行き手がかりから、同じ1つの形状を知覚できることを示していた(Tsuruhara et al., 2010)。しかし、単眼手がかりと両眼手がかりを統合して奥行きを知覚する能力の発達は明らかではなかった。単眼から得られる情報は脳内の腹側経路で、両眼から得られる情報は脳内の背側経路で主に処理される可能性が示されていた(Brugman et al., 2007)。

図1. 生後6-7ヶ月の乳児は、線のつながり方(上)と陰影(下)というように手がかりが異なっても、同じ、ケーキのような形(左)および鉛筆の頭のような形(右)を知覚できる。(Tsuruhara et al. 2010, Journal of Vision より改変)



2. 研究の目的

本研究では、乳児を対象とした行動実験から、三次元空間の知覚における視覚情報の統合の発達を明らかにすることを目的とした。情報の統合について考えると、空間知覚においては、陰影や線遠近法といった個々の単眼手がかりが示す奥行き量がいったん統合された後で、両眼手がかりが示す奥行き量と統合される可能性と、個々の単眼手がかりが示す奥行き量と個々の両眼手がかりが示す奥行き量が、すべて一度に統合される可能性がある。本研究から、単眼手がかりと両眼手がかりの統合が、単眼手がかり同士との統合よりも発達の後に後になるのか、それとも差がないのかが明らかになり、単眼情報と両眼情報の統合メカニズムの解明につながる。さらに、様々な空間情報を統合する能力の発達過程を検討することで、空間情報の統合と学習経験との関係性を検討できると考えられた。

3. 研究の方法

本研究では、下記(1)、(2)に示す乳児を対象とした行動実験から、三次元空間の知覚における、情報を統合する能力の発達を検討した。さらには、下記(3)、(4)に示すとおり、乳児研究の基礎となる成人の脳活動の計測を

施した。なお、すべての実験は倫理委員会です許可を受けたものであり、被験者もしくは被験者の保護者より同意書を得た。

(1) 乳児における単眼奥行き手がかりと両眼手がかりの統合に関する実験

この実験では、乳児が近くにあるものを遠くにあるものよりも長く見る性質を利用して実験を実施した。この性質を利用して、同一の視覚刺激を画面の上端と下端に対提示し、生後4-5ヶ月の乳児が、単眼視では両眼視よりも、下にある顔をより長く見るかを調べた。両眼視条件では両眼視差手がかりにより2つの刺激が等距離にあると知覚し、一方、単眼視条件ではそのような情報がないため、乳児が、成人と同様に、下にある視覚刺激のほうが近くにあると知覚するならば、単眼視では両眼視よりも、下にある顔をより長く見ると考えられる。

(2) 乳児における水平視差と垂直視差による奥行き知覚に関する実験

この実験では、乳児は奥行きに変化があるものを変化がないものよりも長く見る性質を利用して実験を実施した。乳児でも、成人と同様に、両眼に映る像の水平方向のずれである水平視差だけでなく、垂直方向のずれである垂直視差を用いて奥行きを知覚しているかを調べた。コンピュータディスプレイに、視差がなく成人には平面に知覚される視覚刺激と、水平視差もしくは垂直視差があり、成人には奥行きに変化のあるように知覚される視覚刺激とを対提示し、乳児が視差のある視覚刺激をより長く見るかを調べた。

(3) 脳磁図による成人の視覚誘発脳活動の計測

この実験では、脳磁計(MEG)を用いて、成人の脳活動の計測研究を実施し、空間周波数によるヒト視覚領野の活動の違いを検討した。視覚誘発電位を用いた研究では、P100成分の潜時・振幅への空間周波数の影響が示されている。しかし、領野間での影響の違いは不明である。実験では、視覚刺激として0.28~18.1 cycle per degreeの7段階の空間周波数のサイン波縞刺激を提示し、脳磁場を306チャンネル全頭型脳磁計で計測し、視覚刺激誘発活動に対する空間周波数の影響を視覚諸領野で比較した。本実験は、被験者からの直接の応答を取れない乳児実験において、比較的初期の処理の影響を分離するために必要なものである。

(4) 脳磁図による成人の定常的視覚誘発脳磁場の計測

この実験では、脳磁計(MEG)を用いて、成人の定常的視覚誘発脳磁場(Steady-State Visual Evoked Field: SSVEF)を計測した。視覚刺激を短い時間間隔で提示すると、刺激周波数とその調和周波数にピークを持つ定

常的視覚誘発脳活動が生じることが示されている。定常的視覚誘発脳活動は非常に安定して観察され、また、計測時間も短いという利点がある。さらに、MEG を用いることにより部位による活動の違いを比較できる。実験では、正立顔を模した図と、それを上下反転させた倒立顔図を11名の健常者に刺激を6Hzで提示し、SSVEFを解析した。脳磁場は306チャンネル全頭型脳磁計で計測し、204チャンネルの平面型グラジオメーターの記録を分析した。本実験は、長時間画面を観察させることが困難である乳児実験において、短時間の計測で、明確な脳活動の計測を実施できる可能性を検討することにつながる研究である。

4. 研究成果

本研究の結果から、まず、生後4-5ヶ月児が単眼手がかりと両眼手がかりによる空間情報を統合していることが示唆された。生後4-5ヶ月児が、成人と同様に上下位置という単眼手がかりから奥行きを知覚でき、そして、単眼手がかりから奥行きを知覚できる月齢においても、単眼手がかりと両眼手がかりが競合した場合には、両眼手がかりも用いて知覚することが示された。さらに、生後5-7ヶ月児が両眼に映る像の水平方向のずれである水平視差だけでなく、垂直方向のずれである垂直視差を用いて空間を知覚していることを示した。これは、乳児が垂直視差を手がかりとして奥行き知覚ができる可能性を世界で初めて示したものである。この研究成果から、乳児も成人と同様に水平視差と垂直視差で異なる情報処理をしている可能性が示唆された。これは、乳児でも、同じ両眼奥行き手がかりでも、2種類の視差による情報の統合が必要であることを意味するものである。これらの乳児を対象とした研究の成果は2編の欧文学術論文として *Developmental Psychobiology* 誌および *Optical Review* 誌に発表した。

さらに、本研究では、乳児研究の基礎となる成人の脳活動の計測まで発展した。実験結果から、視覚領野間で空間周波数の影響が異なることを示す知見、および、定常的視覚誘発脳磁場(SSVEF)と通常誘発反応では発生機序が異なることを示唆する知見が得られた。これらの成人の脳活動計測に関する成果は、欧文論文として *Experimental Brain Research* 誌および *Neuroscience Letters* 誌に掲載された。これらの成人の脳活動計測実験は、被験者からの直接の応答を取れず、長時間画面を観察させることが困難である乳児実験において、短時間の計測で、明確に比較的初期の処理の影響を分離するための手続きを検討することにつながる研究であると考えられる。さらに、これらの成人の脳活動計測実験における手法を他の実験の実施および解析に応用し、それらの研究成果は第2著者として国際誌に4編の欧文学術論文と

して発表した。

5. 主な発表論文等

(雑誌論文)(計8件)

1 Steady-state visual-evoked response to upright and inverted geometrical faces: A magnetoencephalography study

Aki Tsuruhara, Koji Inui, Ryusuke Kakigi
Neuroscience Letters, 562, 19-23. 2014.
査読あり.

2 Measuring young infants' sensitivity to height-in-the-picture-plane by contrasting monocular and binocular preferential-looking.

Aki Tsuruhara Sherryse Corrow, So Kanazawa, Masami K. Yamaguchi, Albert Yonas
Developmental Psychobiology, 56, 109-116. 2014. 査読あり.

3 Prepulse inhibition of change-related P50m no correlation with P50m gating

Koji Inui, Aki Tsuruhara, Kei Nakagawa, Makoto Nishihara, Minoru Kodaira, Eishi Motomura, Ryusuke Kakigi
SpringerPlus, 2:588. 2013. 査読あり.

4 Effects of acute nicotine on prepulse inhibition of auditory change-related cortical responses

Minoru Kodaira, Aki Tsuruhara, Eishi Motomura, Hisashi Tani, Koji Inui, Ryusuke Kakigi
Behavioural Brain Research, 256, 27-35. 2013. 査読あり.

5 Infants' sensitivity to vertical disparity for depth perception

Aki Tsuruhara, Hirohiko Kaneko, So Kanazawa, Yumiko Otsuka, Nobu Shirai, Masami K. Yamaguchi
Optical Review, 20, 277-281. 2013. 査読あり.

6 Effects of spatial frequency on visual evoked magnetic fields.

Aki Tsuruhara, Yuko Nagata, Masaya Suzuki, Koji Inui, Ryusuke Kakigi
Experimental Brain Research, 226, 347-355, 2013. 査読あり.

7 Effects of acute nicotine on auditory change-related cortical responses.

Naofumi Otsuru, Aki Tsuruhara, Eishi Motomura, Hisashi Tani, Makoto Nishihara, Koji Inui, Ryusuke Kakigi
Psychopharmacology, 224, 327-335. 2012. 査読あり.

8 Prepulse inhibition of auditory change-related cortical responses.

Koji Inui, Aki Tsuruhara, Minoru Kodaira, Eishi Motomura, Hisashi Tani, Makoto Nishihara, Sumru Keceli & Ryusuke Kakigi
BMC Neuroscience vol.13, article135 1-9 2012. 査読あり.

〔学会発表〕(計9件)

1 定常的視覚誘発脳磁場に対する空間周波数の影響:上下視野の比較
鶴原亜紀, 乾 幸二, 柿木隆介
日本視覚学会 2014 年冬季大会, 工学院大学(東京都), 2014 年 1 月 22 日.

2 Geometrical aspects in the face inversion effect: a magnetoencephalography study
Aki Tsuruhara, Koji Inui, Ryusuke Kakigi
The 5th Asian-Oceanian Congress of Clinical Neurophysiology, Bali Nusa Dua Conference Center(Bali, Indonesia), 2013 年 8 月 29 日.

3 正立顔および倒立顔に対する定常的視覚誘発脳磁場
鶴原亜紀, 乾幸二, 柿木隆介
第 28 回日本生体磁気学会大会, 朱鷺メッセ:新潟コンベンションセンター(新潟県), 2013 年 6 月 7 日.

4 視覚刺激誘発大脳活動(VEF)に対する空間周波数の影響:脳磁計(MEG)による計測
鶴原亜紀, 永田裕子, 鈴木雅也, 乾幸二, 柿木隆介
第 59 回 中部日本生理学会, 自然科学研究機構 岡崎カンファレンスセンター(愛知県), 2012 年 11 月 16 日.

5 視覚刺激誘発大脳活動に対する空間周波数の影響:脳磁計(MEG)による計測.
鶴原亜紀, 永田裕子, 鈴木雅也, 乾幸二, 柿木隆介
第 42 回日本臨床神経生理学会学術大会, 京王プラザホテル(東京都), 2012 年 11 月 9 日.

6 Young infants' perception of depth from a pictorial cue: Comparing monocular and binocular preferential-looking.
Aki Tsuruhara, Sherryse Corrow, So Kanazawa, Masami K. Yamaguchi, Albert Yonas
XVIII Biennial International Conference on Infant Studies, Minneapolis (Minnesota, USA), 2012 年 6 月 7 日.

7 視覚刺激誘発大脳活動に対する空間周波数の影響:MEG による計測.
鶴原亜紀, 永田裕子, 鈴木雅也, 乾幸二, 柿木隆介
第 27 回 日本生体磁気学会大会, 東京電機大学千住キャンパス(東京都), 2012 年 5 月 31 日.

8 Infants' perception of depth from familiar size, and effect of moving information: Comparing monocular and binocular preferential-looking.
Aki Tsuruhara, Sherryse Corrow, So Kanazawa, Masami K. Yamaguchi, Albert Yonas
The 34th European Conference on Visual Perception, Toulouse (France), 2011 年 8 月 30 日.

9 Infants' ability to perceive depth produced by vertical disparity.
Aki Tsuruhara, Hirohiko Kaneko, So Kanazawa, Yumiko Otsuka, Nobu Shirai, Masami K. Yamaguchi
Vision Sciences Society 11th Annual Meeting, Naples (Florida, USA), 2011 年 5 月 8 日.

〔図書〕(計1件)

1 鶴原 亜紀、誠信書房、「空間知覚の成立」(山口真美・金沢創(編)「心理学研究法4 発達」)、2011年、pp93-109.

〔産業財産権〕
なし

〔その他〕
なし

6. 研究組織
(1)研究代表者
鶴原 亜紀 (TSURUHARA, Aki)
生理学研究所・統合生理研究系・特別協力研究員
研究者番号: 4 0 3 4 2 6 8 8

(2)研究分担者
なし

(3)連携研究者
なし