

## 乳児におけるモナリザ効果：視線データに基づく非言語的指標の検討

立命館大学 BKC 社系研究機構 森 田 磨里絵  
同志社大学赤ちゃん学研究センター 板 倉 昭 二

### The Mona Lisa effect in infant: Investigation of non-verbal indices

BKC Research Organization of Social Science, Ritsumeikan University, MORITA, M. Marie  
Center for Baby Science, Doshisha University ITAKURA, Shoji

#### 要 約

肖像画を正面からだけでなく斜めから観察しても、描かれる人物（対象人物）の視線が観察者に正対して知覚される現象をモナリザ効果という。本研究では、モナリザ効果がいつ頃から知覚されるかを検討するにあたり、乳児を対象とした検討を試みる。これに先立ち、本研究では、乳児を対象とする場合のモナリザ効果の非言語的評価指標を確立することを目的とした。5ヶ月児、7ヶ月児および成人を対象に、視線方向や画像の傾きを操作した顔画像を呈示し、顔画像の観察時の注視時間と瞳孔径を測定した。その結果、7ヶ月児および成人は、自身を直視していた人物の顔よりも、自身を直視していなかった人物の顔をより長く注視した。さらに、いずれの年齢群においても、自身を直視していた人物を見ていたときの瞳孔径が拡大した。これらの結果は、自身を直視していなかった顔に対する選好と、直視顔に対する瞳孔径の拡大により、モナリザ効果を評価可能であることを示している。

**【キーワード】モナリザ効果, 奥行き知覚, 直視の知覚**

#### Abstract

The gaze of a person depicted in a portrait painting appears to follow observers when they move around. This is called the Mona Lisa effect. We attempted to examine when the Mona Lisa effect is perceived by infants. Prior to this, the present study aimed to establish a nonverbal evaluation index of the Mona Lisa effect in infants. 5-month-olds, 7-month-olds, and adults were presented with face images in which the direction of gaze and rotation of the image were manipulated, and the looking time and pupil diameter during observation of the face images were measured. The results showed that 7-month-olds and adults observed longer at the face of the person who was not looking directly at them than at the face of the person who was gazing directly at them. In addition, the pupil diameter was enlarged in both age groups when they were looking at the person who was looking directly at them. These results indicate that the Mona Lisa effect can be evaluated by the preference for the face that was not looking directly at the observer and the pupil diameter expansion for the face that was

looking directly at the subject.

**【Keywords】** The Mona Lisa effect, Depth perception, Social interaction, The perception of the directed gaze

## 問題と目的

肖像画を正面からだけでなく斜めから観察しても、描かれている人物（以下、対象人物）の視線や顔、身体の向きが自身に正対して知覚される現象をモノリザ効果という（Rogers et al., 2003; 図1）。肖像画を斜めから観察すると、キャンパスの表面に与えられた両眼視差（左右眼の網膜像のずれ）は肖像画の物理的な傾きを示す一方、目や鼻など顔の構成要素の相対的な位置関係・遮蔽関係といった画像性の奥行き手がかり（顔の画像性手がかり）は、対象人物が正面を向いていることを示し、2つの手がかりが示す奥行きが矛盾する。このとき、対象人物の視線や顔は絵画の物理的な傾きには依存せず、観察者を直視しているかのように知覚される、つまり、モノリザ効果が生じる。モノリザ効果は、両眼視差と顔の画像性手がかりという2つの奥行き手がかりの相互関係により生じることが示されており（森田・藤井・佐藤, 2020）、複数の奥行き手がかりの統合過程を反映した知覚である可能性が示唆される。本研究の最終目標は、モノリザ効果の知覚がいつ頃から成立するかを検討することを通じて、発達初期における奥行き手がかりの統合過程を明らかにすることである。

モノリザ効果を実験的に検討した先行研究は、いずれも成人を対象として、参加者に対象人物の視線方向を直接的に回答させたり（Rogers et al., 2003; Todorović, 2009）、肖像画を傾けた際の対象人物の見えの顔幅を回答させ間接的に顔の向きを推定する（森田ら, 2020）などの手法が用いられている。そこで本研究では、乳児を対象としたモノリザ効果の検討にあたり、観察者の視線と瞳孔径に着目し、非言語的なモノリザ効果の評価指標を確立することを目的とする。アイコンタクトのように、他者から乳児自身に視線が向けられると、乳児は当該人物の目元をより長く注視することが知られている（Maurer & Salapatek, 1976）。したがって、モノリザ効果が生じた場合には、対象人物の目元に対する注視時間が長くなることが予測される。さらに、他者からの直視を知覚すると当該人物の顔の認知的処理が促進され、乳児の直視の顔に対する非選好傾向が確認されることが知られている（Farroni et al., 2007）。直視の人物の顔を観察させた後に当該人物と新規の人物の顔を呈示すると、新規の人物の顔をより長く注視する一方、逸視の人物の顔を観察させた後に当該人物と新規の人物の顔を呈示すると、注視時間はどちらの顔に対しても同程度となる。このことは、他者からの直視がその人物の顔の認知的処理を促進したために生じるとされる。したがって、モノリザ効果が生じた顔と生じていない顔とを比較した場合、モノリザ効果が生じなかった顔をより長く注視することが予測される。また、他者からの直視を知覚すると覚醒度が上昇することから（e.g. Senju & Johnson, 2009）、モノリザ効果が生じた顔を観察しているときの観察者の瞳孔が拡大する可能性が考えられる。対象人物の目元への注視傾向と、モノリザ効果が生じた顔以外への選好注視、瞳孔径の拡大の指標を用いて、モノリザ効果の生起を評価可能か否かを検討した。



図1 モナリザ効果の例（レオナルド・ダ・ヴィンチ《モナ・リザ》）

## 方 法

### 実験参加者

4-5ヶ月児（女児12名）、7-8ヶ月児（女児10名）および成人（女性10名）各20名ずつ計60名が実験に参加した。このほかに4-5ヶ月児10名、7-8ヶ月児5名が実験に参加したが、モニターを注視することができず課題実施中の視線の取得率が50%を下回っていた、または課題を中断したため分析から除外した。なお、本研究は、実験実施場所である同志社大学の倫理審査委員会の承認を受け実施した（承認番号21053-1）。

### 装置

Tobii Spectrum アイトラッカー（Tobii pro Lab 1.118, Tobii Technology, Stockholm, Sweden）を用いて、刺激の呈示と観察者の視線計測を実施した。視線計測のサンプリングレートは120 Hzであった。

### 刺激

3DCG ソフトウェア（Poser Pro 12, Smith Micro Software）を用いて、女性の人物モデルを作成した。これらの人物モデルの魅力度と好意度を、本実験には参加しない成人10名に評価させ、魅力度と好意度が同程度に評価された人物モデル4体を選出し、対象人物とした。4名の対象人物のそれぞれに対して、視線方向2条件（正視・逸視）と画像の向き2条件（正対・回転）を組み合わせた4条件の顔画像を作成した（図2）。各刺激条件にはそれぞれ異なる対象人物を割り当て、4条件で対象人物の重複がないようにした。各刺激条件への対象人物の割り当てはランダムとした。なお、直視・回転刺激は、モナリザ効果が生じると予測される刺激画像である。



図2 刺激画像の例。左から順に、直視・正対刺激、逸視・正対刺激、直視・回転刺激、逸視・回転刺激

### 手続き

実験は、1名ずつ個別に実施した。乳児参加者は、モニターに向かい合うように保護者の膝の上に座った状態で実験に参加した。視距離は約65 cmであった。視線計測を開始する前に、乳児参加者は5点、成人参加者は9点でキャリブレーションを行った。

実験は、顔画像を1枚ずつ連続的に提示する連続提示フェーズを行った後、続けて顔画像を2枚同時にモニターの左右に提示する対呈示フェーズで構成されていた。連続提示フェーズでは目元への注視傾向と瞳孔径の変化を、対呈示フェーズでは、連続提示フェーズにてモナリザ効果が生じた顔以外への選好注視と瞳孔径の変化を測定した。実験にかかる時間は、全体で約10分であった。

連続提示フェーズでは、4名の対象人物の刺激画像をモニターの中心に1枚ずつ提示した(図3)。1枚の顔画像の提示時間は3秒間であった。その後、1秒間の黒色のブランク画面を提示し、再び顔画像を提示することを繰り返した。画像を回転させることによって生じるパースペクティブ(画像の最外郭の形状の変化)の影響を考慮し、直視・正対刺激と逸視・正対刺激を連続的に提示する正対系列と、直視・回転刺激と逸視・回転刺激を連続的に提示する回転系列を設けた。各系列では、2条件の刺激画像を3回ずつ提示し、提示順はABBABAの順でカウンターバランスをとった。各系列は3回ずつ連続で実施した。正対系列と回転系列の実施順はランダムであった。したがって、連続提示フェーズでは、参加者は4条件の各刺激画像を計9回観察した。各系列の開始前には、乳児参加者の場合はアニメーションを、成人参加者の場合は十字型の注視点をモニター中央に提示し、モニターに注意を引きつけた。

対呈示フェーズでは、4名の対象人物のうちの2名の顔画像を、モニターの左右に並べて同時に提示した(図3)。対呈示フェーズでは、4名の対象人物の直視・正対刺激の顔画像のみが提示された。4名の対象人物のすべての組み合わせ(6通り)を、ランダムな順番で提示した。各組み合わせは1回ずつ提示した。各組み合わせの提示時間は10秒間であった。2枚の顔画像の提示の直前には、乳児参加者の場合はアニメーションを、成人参加者の場合は十字型の注視点をモニター中央に提示し、モニターに注意を引き付けた。

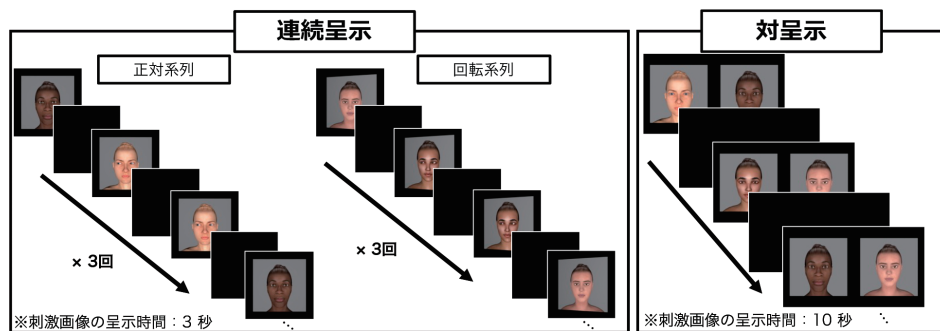


図3 実験の流れの模式図

## 結果

### 分析

注視は、モニター上のある箇所に視線が 200 ms 以上留まっていたデータとして定義した。目元への注視傾向を検討するため、連続呈示フェーズでは、呈示した顔画像それぞれの目元と口元に関心領域 (Area of interests, AOI) を設定した (図 4)。各 AOI における注視時間を元に、Eye-Mouth Index (EMI) を算出した。これは、目元の AOI と口元の AOI を注視した総時間のうち、目元の AOI を注視した時間の割合を求めたものであり、値が 1 であれば目元のみを、0 であれば口元のみを注視していたことを示す。

モナリザ効果が生じた顔以外への注視傾向は、対呈示フェーズでの視線データに基づき算出した。連続呈示フェーズにおける刺激画像の向きによる効果と対象人物の視線方向による効果をそれぞれ検討した。刺激画像の向きの効果については、連続呈示フェーズにて、直視・正対刺激に割り当てた対象人物と直視・回転刺激に割り当てた対象人物、または逸視・正対刺激に割り当てた対象人物と逸視・回転刺激に割り当てた対象人物が対呈示されていたときの各画像への注視時間を算出し、画像の向きごとの比較を行った。視線方向による効果については、連続呈示フェーズにて、直視・正対刺激に割り当てた対象人物と逸視・正対刺激に割り当てた対象人物、または直視・回転刺激に割り当てた対象人物と逸視・回転刺激に割り当てた対象人物が対呈示されていたときの各画像への注視時間を算出し、視線方向ごとの比較を行った。

瞳孔径の大きさは、連続呈示フェーズと対呈示フェーズのどちらの視線データにおいても算出した。黒色のブランク画面から顔画像が呈示された際の輝度変化による生理的な瞳孔径の変化の影響を避けるため、両フェーズとも、顔画像が呈示されてから 500 ms 以降に観察者が顔画像を注視していたときの瞳孔径を分析の対象とした。連続呈示フェーズでは、参加者は 4 条件の刺激画像を 1 枚あたり 9 回観察したため、各刺激画像に対し 9 回分の瞳孔径の平均的な値を算出した。

### Eye-Mouth Index

Eye-Mouth Index (EMI) について、年齢 3 (5 ヶ月, 7 ヶ月, 成人) × 画像の向き 2 (正対, 回転) × 視線方向 2 (直視, 逸視) の分散分析を行った (図 5)。その結果、年齢および画像の向きの主効果と、

年齢と画像の向きの一次の交互作用が有意であった（年齢の主効果： $F(2, 57) = 15.26, p < .001$ ，画像の向きの主効果： $F(1, 171) = 5.51, p < .05$ ，交互作用： $F(2, 171) = 3.93, p < .05$ ）。交互作用が有意であったためホルム法を用いて下位検定を行ったところ、画像の向きと視線方向にかかわらず、5ヶ月児と7ヶ月児のEMIは、成人のEMIよりも有意に高かった（ $ps < .05$ ）。このことは、対象人物の視線や画像の向きにかかわらず、5ヶ月児と7ヶ月児は対象人物の目元を長く注視していたことを示している。

### 連続呈示フェーズにおける瞳孔径

連続呈示時に顔画像を見ている際の瞳孔径の大きさについて、年齢3×画像の向き2×視線方向2の分散分析を行ったところ、画像の向きの主効果のみが有意であった（ $F(1, 171) = 13.74, p < .001$ ；図5）。ホルム法を用いて補正を行った多重比較の結果、観察者の瞳孔径は、正対画像を観察していたときよりも回転画像を観察していたときに有意に大きかった（ $t(171) = 11.27, p < .001$ ）。

### モニリザ効果が生じた顔以外への注視傾向：画像の向きの効果

連続呈示フェーズでの画像の向きによる効果を検討するため、対呈示フェーズでの左右の画像への注視時間に対し、年齢3（5ヶ月、7ヶ月、成人）×画像の向き2（正対、回転）の分散分析を行った。その結果、年齢の主効果のみが有意であった（ $F(2, 57) = 16.14, p < .001$ ；図6）。ホルム法を用いて補正を行った多重比較の結果、成人は5ヶ月児と7ヶ月児よりも刺激画像に対する注視時間が有意に長かった（ $ps < .01$ ）。このことは、対呈示フェーズを通じて成人は乳児よりも呈示された顔画像を長く注視しているが、いずれの年齢群においても画像の向きによる注視時間の長さには違いはないことを示している。

### モニリザ効果が生じた顔以外への注視傾向：視線方向の効果

連続呈示フェーズでの対象人物の視線方向による効果を検討するため、年齢3（5ヶ月、7ヶ月、成人）×視線方向2（直視、逸視）の分散分析を行った（図6）。その結果、年齢と視線方向の主効果およびそれらの交互作用のいずれも有意であった（年齢の主効果： $F(2, 57) = 11.62, p < .001$ ，視線方向の主効果： $F(1, 57) = 8.80, p < .01$ ，交互作用： $F(2, 57) = 13.89, p < .01$ ）。交互作用が有意であったためホルム法を用いて下位検定を行ったところ、5ヶ月児においては、視線方向の違いによる有意な差は確認されなかったが（ $p = .49$ ），7ヶ月児および成人においては、連続呈示フェーズにて直視・正対条件または直視・回転条件に割り当てられた対象人物に対する注視時間よりも、逸視・正対条件または逸視・回転条件に割り当てられた対象人物に対する注視時間の方が有意に長かった（ $ps < .05$ ）。この結果は、7ヶ月児と成人においては、連続呈示フェーズにて視線方向が直視であった対象人物よりも、逸視であった対象人物の方をより長く注視していたことを示している。

### 対呈示フェーズにおける瞳孔径

対呈示フェーズにて顔画像を観察しているときの瞳孔径の大きさについて、年齢3（5ヶ月、7ヶ月、成人）×画像の向き2（正対、回転）×視線方向2（直視、逸視）の分散分析を行った（図6）。その結果、視線方向の主効果のみが有意であった（ $F(1, 171) = 6.09, p < .05$ ）。ホルム法を用いて補正を行っ

た多重比較の結果、対呈示フェーズでの観察者の瞳孔径は、連続呈示フェーズにて視線方向が直視であった対象人物を見ているときに、逸視であった対象人物を見ているときよりも有意に大きかった ( $t(171) = 14.23, p < .05$ )。

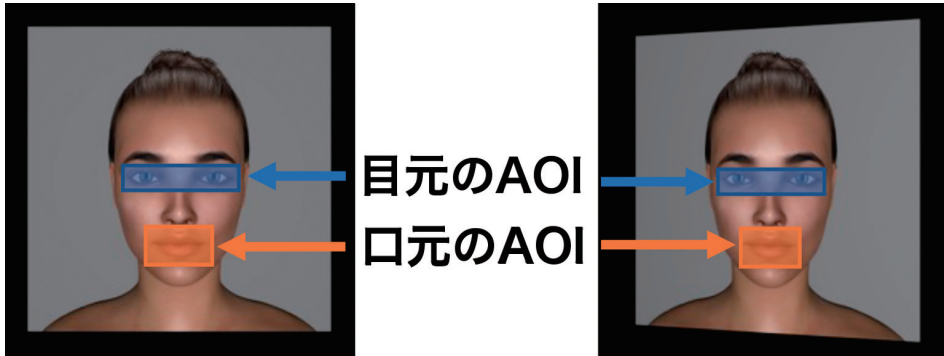


図4 目元と口元に設定した関心領域 (AOI)

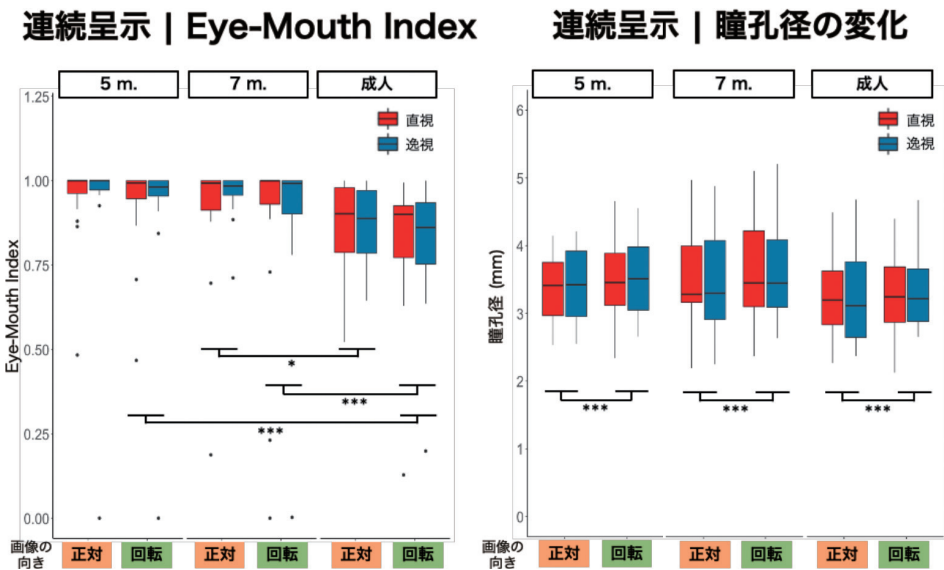


図5 連続呈示フェーズにおける Eye-Mouth Index と瞳孔径の結果

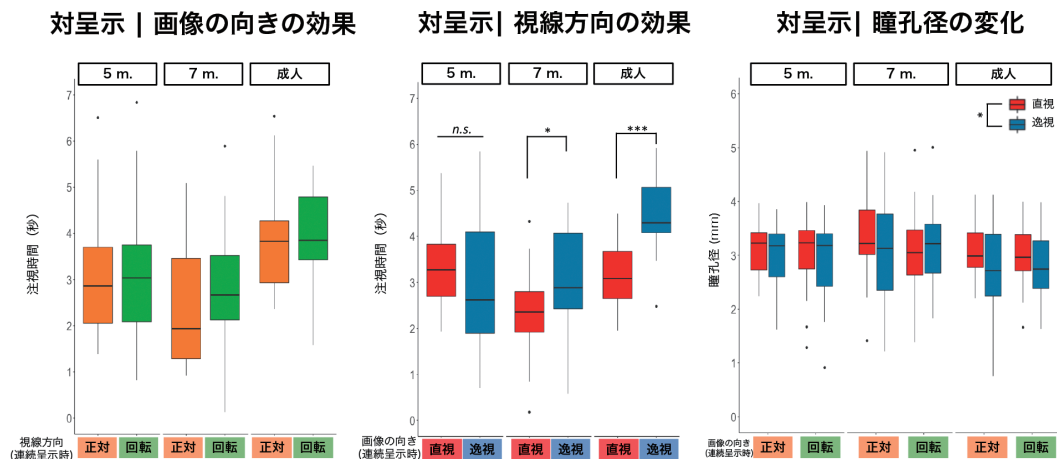


図6 対呈示フェーズにおける注視時間と瞳孔径の結果

### 考 察

本研究の目的は、モノリザ効果の発達の推移の検討にあたり、非言語的なモノリザ効果の評価指標を確立することであった。視線方向（直視・逸視）と画像の向き（正対・回転）を操作した人物の顔画像を、5ヶ月児、7ヶ月児および成人に呈示し、その際の観察者の視線を計測した。肖像画に描かれた人物（対象人物）に対する目元への注視傾向、モノリザ効果が生じない顔への選好注視、および瞳孔径の変化によってモノリザ効果の評価可能性を検討した。

対象人物からの直視を知覚した際の目元への注視傾向をとして連続呈示フェーズの視線データから Eye-Mouth Index を算出したところ、いずれの年齢群も対象人物の目元をより長い時間注視していた。対象人物の視線方向や画像の向きによる違いが確認されなかったことから、目元への注視傾向はモノリザ効果の評価指標として有効ではないと言える。特に、5ヶ月児と7ヶ月児は、成人よりもより長く目元を注視しており、目元への注視に関する天井効果が生じていたと考えられる。このような結果が得られた理由として、特に乳児にとっては、他者の視線方向を知覚することが周囲の環境に関する情報獲得の際に重要であることが挙げられる。ヒトは発達初期から他者の視線方向の情報を活用し、対象物の名称を学習し (Baldwin & Moses, 2001)、他者が視線を向けている方向に注意を向けその方向から出来事が生じることを予測し (Corkum & Moore, 1998)、他者とのコミュニケーションの開始を知覚する手がかりを得ていることなどが示されている (Csibra & Gergely, 2009)。したがって、他者の視線が自身を直視していなくても、他者の目元を注視することは乳児にとって有効な情報を得られる可能性が高く、このことが対象人物の目元への注視傾向を強めていた可能性が考えられる。

対呈示フェーズでは、連続呈示フェーズでの対象人物の画像の向きおよび視線方向の効果をそれぞれ検討した。その結果、7ヶ月児と成人においてのみ、連続呈示フェーズにて逸視だった対象人物に対する注視時間が、直視だった人物に対する注視時間よりも長かった。対象人物の視線が逸視であった場合は、顔画像を傾けてもモノリザ効果は生じない。また、連続呈示フェーズにおいて直視・回転



刺激が逸視であると知覚されていたのであれば、直視・回転刺激の対象人物と逸視・回転刺激の対象人物に対する注視時間を比較した際に有意な差は確認されないと予測される。したがって、直視・回転刺激の対象人物の視線は観察者に正対していると知覚されており、当該人物の顔の認知的処理を高めたことから、モナリザ効果が生じない顔に対する選好が生じたと解釈することができる。また、このときの瞳孔径は、いずれの年齢群においても連続呈示フェーズにて直視だった対象人物を見ているときに拡大していた。連続呈示フェーズにて自身を直視していた対象人物を見た場合に覚醒度が上昇し、その結果瞳孔径が拡大していたと解釈することができる。したがって、視線方向と画像の向きを組み合わせた顔画像をあらかじめ呈示し、その後の逸視の対象人物への選好と瞳孔径の拡大を組み合わせることでモナリザ効果の生起を評価可能であり、この2つの指標が非言語的なモナリザ効果の指標となりうると言える。

モナリザ効果が生じない顔への選好は、7ヶ月児と成人でのみ確認された。このことは、生後7ヶ月の乳児は成人と同様の選好注視傾向を示し、生後7ヶ月ごろからモナリザ効果が知覚される可能性があることを示唆する。奥行き視発達の研究においては、生後5ヶ月ごろまでに両眼視差に基づく奥行き視が、7ヶ月ごろまでに画像性の奥行き手がかりに基づく奥行き視が成立すると考えられている (Norcia & Gerhard, 2015)。モナリザ効果は、両眼視差が示す物理的な肖像画の傾きではなく、顔や視線方向に関わる画像性の奥行き手がかりに基づき対象人物の向きが知覚されることが示されていることから (森田ら, 2020)、発達に伴う奥行き手がかりの活用可能性の違いが、5ヶ月児および7ヶ月児・成人のモナリザ効果が生じない顔への選好度合いの結果を生じさせた可能性がある。しかし、本研究では顔画像の向きを示す両眼視差を刺激画像に与えていなかった。顔画像の向きは、画像の回転に伴い変化するパースペクティブ (画像の最外郭の形状の変化) や、画像を傾けることによる顔の左右の大きさの非対称性という画像性の奥行き手がかりに基づいて判断する必要がある。典型的なモナリザ効果が生じる状況とは奥行き手がかりの有無が異なる。したがって、モナリザ効果の発達の推移についてはさらなる検討が必要である。今後は、顔画像を呈示するモニターを物理的に回転させるなどにより画像の向きを示す両眼視差を与えた状況で同様の実験を行い、モナリザ効果が生じない顔に対する選好と瞳孔径の変化が生じる年齢をさらに検討する必要がある。

## 引用文献

- Baldwin, D.A., & Moses, L.J. (2001). Links between social understanding and early word learning: challenges to current accounts. *Social Development*, 10, 309–329.
- Corkum, V., & Moore, C. (1998). The origins of joint visual attention in infants. *Developmental Psychology*, 34, 28–38.
- Csibra, G., & Gergely, G. (2009). Natural pedagogy. *Trends in cognitive sciences*, 13 (4) , 148–153.
- Farroni, T., Massaccesi, S., Menon, E., & Johnson, M. H. (2007). Direct gaze modulates face recognition in young infants. *Cognition*, 102(3), 396–404.

- Maurer, D., & Salapatek, P. (1976). Developmental changes in the scanning of faces by young infants. *Child development*, 523-527.
- 森田磨里絵・藤井芳孝・佐藤隆夫 . (2020). モナリザ効果における「顔らしさ」の効果 . 日本バーチャルリアリティ学会論文誌 , 25(4), 439-450.
- Norcia, A. M., & Gerhard, H. E. (2015). Development of Three-Dimensional Perception in Human Infants. *Annual Review of Vision Science*, 1(1), 569-594.
- Rogers, S., Lunsford, M., Strother, L., & Kubovy, M. (2003). The Mona Lisa effect: Perception of gaze direction in real and pictured faces. In S. Rogers & J. Effken (Eds.) *Studies in Perception and Action VII*, pp.19-24. Psychology Press.
- Senju, A., & Johnson, M. H. (2009). The eye contact effect: mechanisms and development. *Trends in cognitive sciences*, 13(3), 127-134.
- Todorović, D. (2009). The Effect of Face Eccentricity on the Perception of Gaze Direction. *Perception*, 38(1), 109-132.

## 謝 辞

本研究にご協力いただきましたお子様、保護者のみなさま、および成人参加者の皆様に心より感謝申し上げます。また、乳児参加者のリクルートをはじめとして研究実施にご協力いただきました同志社大学赤ちゃん学研究センター（JPMXP0619217850）のみなさま、実験計画や分析にあたりご助言をいただきました石川光彦先生（一橋大学）にも御礼申し上げます。最後に、本研究の実施にあたり助成をいただきました公益財団法人発達科学教育研究センターに心より感謝申し上げます。