

## 乳児期における投射影知覚の検討 —不自然さへの選好を用いた実験的検討—

中央大学大学院文学研究科, 日本学術振興会 佐藤 夏月  
日本女子大学 金沢 創  
中央大学 山口 真美

### The influence of shadows on visual search in infancy

Chuo University, Japan Society for the Promotion of Science, SATO, Kazuki

Japan Women's University, KANAZAWA, So

Chuo University, YAMAGUCHI, K., Masami

#### 要 約

物体が光に照らされたとき面の受ける照明量に差が生じ、影が成立する。目の前の暗い領域が、影か、あるいは物体表面の反射率が低い領域なのかを正しく知覚することは、ヒトが物体を恒常的に知覚する上で重要であると考えられる。本研究では影の知覚について、生後5-8ヶ月の乳児を対象に検討する。研究1では、乳児が物体の形状と投射影の形状が異なることに気付けるか検討した。親近化法による実験の結果、生後7-8ヶ月児は物体の形状と投射影の形状の不一致を検出できることが示された。研究2では、乳児は影の中は暗いという前提を有するか検討した。親近化法による実験の結果、影を通過する物体が影の中で明るく変化する動画から、7-8ヶ月児は不自然さを検出できることが示された。これらの結果から、生後7-8ヶ月児は投射影を知覚することができ、成人と同様に影の中は暗いという前提を有することが明らかとなった。

【キー・ワード】視知覚, 投射影, 乳児, 親近化法

#### Abstract

We investigated 5- to 8-month-old infants' perception of shadow through two studies as follows. In Study 1, we hypothesized that infants could detect the incongruence between the object and the cast shadow. Results showed that 7- to 8-month-olds can detect the incongruence between the object's shape and cast shadow's shape only when the contrast polarity along shadow border was consistent. It is suggested that 7- to 8-month-old infants can perceive cast shadows.

Human has the assumption that the lightness in a shadow would be darker than out of that. In Study 2, we investigated whether infants use such an assumption to perceive the lightness of the object in shadows. Results showed that only 7- to 8-month-olds could detect the unnatural

changing of the luminance of duck's surface. It is suggested that suggested that 7- to 8-month-olds do perceive object's lightness by using the assumption that the surface of the object is darker when in shadows.

**【Key words】 visual perception, cast shadow, infant**

## 導 入

ある物体が光を遮るとき、物体表面に届く照明量に差が生じ、暗い部分は影と呼ばれる。影の中でも、物体が光源からの照明を遮ることにより他の物体に落とされた暗い部分を投射影 (cast shadow) と称する。また、光源からの照明に直接曝露された面に落とされる、反射光の変化により生じる輝度勾配を、陰影 (shading) と称する。

ヒトの視覚システムは影を知覚するための必要条件(Cavanagh & Leclerc, 1989)などを自動的に用い、効率的に影を知覚している。影のうち、物体が照明を遮り、他の物体表面に投射された影を投射影と呼ぶ。投射影は、奥行き(Kersten et al., 1998)を知覚する手がかりとなり、物体認知を促進すること(Castiello, 2001)などが成人を対象とした研究から明らかにされている。

投射影知覚の発達に関する先行研究では、生後 7 ヶ月頃から投射影を物体の空間位置を知覚する手がかりとして利用できることが示されている(Yonas & Granrud, 2006; Imura et al. 2006)。Yonas & Granrud (2006)は、生後 7 ヶ月児は投射影を手がかりに手前に知覚される物体に対するリーチング選好を示すが、生後 5 ヶ月児は選好を示さないことを示し、生後 7 ヶ月児は投射影を手がかりに物体の奥行きを知覚することを明らかにした。Imura et al.(2006)は、Kersten et al. (1997)の作成した“ball in box”錯視と呼ばれる投射影の運動軌道に依存して物体の運動軌道が知覚される錯視を用い、生後 6-7 ヶ月児は知覚される運動軌道の違いを弁別するが、生後 4-5 ヶ月児は弁別しないことを示した。この結果から、生後 6-7 ヶ月児は、Kersten et al. (1997)の示した物体と投射影を統合できる可能性が示された。

このように、影を手がかりとして利用する能力の発達は先行研究で検討されてきたが、乳児は成人と同じように投射影を知覚できるのかという問題は直接検討されていない。そこで本研究では、投射影知覚の発達時期を検討するため、乳児の不自然なものへの選好を利用した実験的検討を行った。

乳児を対象とした研究において、成人が不自然だと判断するような、自然法則に反するものや、実現不可能な 3 次元構造が描かれた図形を選好することが明らかにされている (Shuwairi et al., 2007; Csibra, 2001 など多数)。Csibra (2001)は不自然さへの選好を利用した親近化法により、生後 8 ヶ月児は主観的に知覚される面の奥行きと矛盾した動きをする物体を選好することを示している。Csibraらの示した 8 ヶ月児の選好は、8 ヶ月児はカニツア型主観的輪郭から知覚される面の奥行きを成人同様に誘導図形より手前に知覚し、この知覚に矛盾するアヒルの動きを検出したことを示唆する。先行研究のように、テスト刺激と構成要素の類似した刺激に親近化させた後、テスト刺激として自然な条件と不自然な条件を呈示し、注視時間を比較することで、乳児が不自然さを検出できるか検討できることが明らかにされている。

本研究では、乳児期の影知覚の発達を明らかにするため、不自然なものへの選好を利用した実験を行い2つの研究を行った。研究1では、乳児が成人と同様に投射影を知覚できるのかを検討するため、物体と投射影間の形状の不一致を乳児が検出するか検討した。研究2では、乳児は「影の中は周囲より暗い」という前提を有するか検討するため、影を通過する物体が影の中で明るく変化する動画から、乳児が不自然さを検出できるか検討した。

## 研究1 (実験 1-1)

物体と投射影間で形状が一致または不一致な画像を用いた物体同定実験の結果、成人は物体と投射影間の一致を暗黙的に検出することが示されている (Castiello, 2001; Becchio et al., 2010)。本研究では、親近化法を用いた実験的検討から、生後5-8ヶ月児を対象に物体の形状と投射影の形状が異なることに気付けるか検討した。

## 方法

実験参加者： 実験には、生後5-6ヶ月児16名(149日齢～192日齢の平均日齢169.2日齢)、生後7-8ヶ月児16名(199日齢～253日齢の平均日齢230.3日齢)が参加した。上記の他に、実験途中で泣き出した乳児2名、実験中に立ち上がり目の位置が録画されていなかった乳児1名、サイドバイアス(2試行中1試行でも90%以上、ある片方の刺激を注視)を示した乳児2名、画面を注視する時間が極端に不足(呈示時間の60%以下)している乳児3名、合計8名のデータは分析から除外した。実験参加者の募集は、八王子・多摩地区周辺に配布された、乳児実験ボランティア募集の折り込みチラシや、研究室のホームページを通して行った。実験に参加した保護者からの紹介により、個別に参加希望のご連絡をいただく場合もあった。実験に参加した乳児の保護者には、交通費に代えて二千元分の図書券が謝礼として渡された。

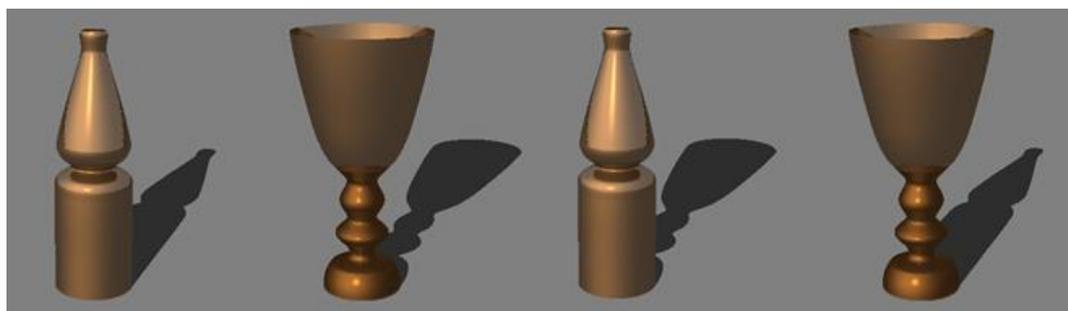


図1 実験1-1における刺激図形の例

左2つが一致図形、右2つが不一致図形

装置： 刺激は21インチCRTモニター(MITSUBISHI Diamond Pro 2070SB; 1024×768ピク

セルの解像度，8ビットカラー）に提示し，モニターの両脇にスピーカーを設置した。刺激観察距離はおおよそ 40cm であった。CCD カメラをモニターの下に設置し，実験中の乳児の様子を記録した。実験は中央大学多摩キャンパス第 1 体育館の行動観察室にある実験ブースで行われた。実験中は外部から音や光が室内に入らないように，2 重扉とカーテンが閉められた。

**刺激：** 3次元コンピュータグラフィックス（CG）作成ソフトである Pov-Ray を用い，ボトルとゴブレットの CG を作成した。作成した CG から，物体領域のみをレンダリングした物体画像と，各物体の投影領域のみをレンダリングした影画像を作成した。画像編集ソフトである Photoshop CS 5（Adobe 社製）を用い，物体画像と影画像を合成した。ボトルの物体画像とゴブレットの影画像の合成した画像と，ゴブレットの物体画像とボトルの影画像の合成した画像を作成し，これらを不一致図形とした。物体画像と影画像を合成したことによる不自然さが実験結果に影響する可能性を考慮し，一致図形についても，同様の手続きから物体画像と投影影画像を合成することで作成した（図 1）。刺激の提示サイズは，ボトルの一致図形 10.29×16.64 度，ゴブレットの一致図形 14.95×16.78 度，物体がボトルで投影影がゴブレットの不一致図形 12.55×16.64 度，物体がゴブレットで投影影がボトルの不一致図形 12.70×16.78 度であった。

**手続き：** 乳児は，実験ブース内で保護者の膝の上に座るように抱かれた状態で，個別にテストされた。実験者は CCD カメラから乳児の様子を確認しながら実験を進めた。保護者には実験はいつでも中断できることが伝えられ，実験中にモニターを見ることや，乳児への話しかけは控えるように教示された。実験はいつでも中断できる旨を教示の上，実験ブースの設置された部屋は消灯した状態で実験は行われた。

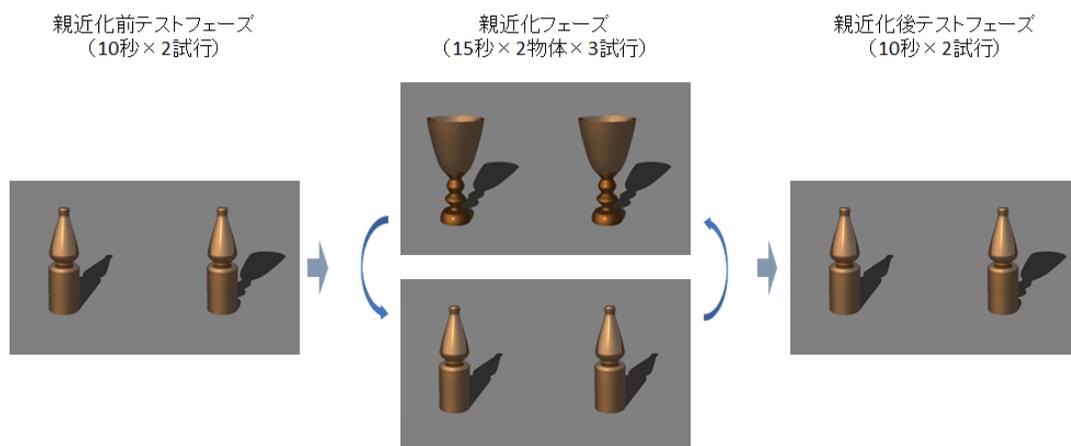


図 2 研究 1 における手続きの例

実験では，各試行の開始前にモニター中央に音声と花のイラストを提示し，乳児の注意が画面中央に向くことを実験者が確認した上で，各試行が開始された。

乳児の反応を測定するために、親近化法を用いた。実験は、親近化前テストフェーズ（10秒×2試行）、親近化フェーズ（15秒×6試行）、親近化後テストフェーズ（10秒×2試行）の順に行われた（図2）。

テストフェーズでは、ゴブレットまたはボトル、どちらかの一致図形と不一致図形を画面左右に対提示した。物体の種類は乳児間でランダムに決定され、被験者内において、親近化前・親近化後で同じ物体が提示された。各テストフェーズでは、画面左右に一致図形と不一致図形が10秒間対呈示された。一致図形と不一致図形の呈示位置を左右入れ替え、2試行実施された。テストフェーズは親近化フェーズの前と後に実施された。刺激の呈示順序および物体の種類については乳児間でカウンタバランスをとった。

画面左右に一致図形が15秒間呈示され、6試行実施された。奇数試行はゴブレットの一致図形、偶数試行はボトルの一致図形が呈示された。奇数と偶数で呈示される物体の種類は乳児間でカウンタバランスをとった。

分析： 実験中に乳児が画面を観察する様子は録画された。実験終了後に各刺激に対する注視時間が計測された。ビデオ分析は1名の観察者により、画面に提示されている内容がわからない状態で計測を行った。ビデオ分析では、観察者は乳児の目の動きから左右に呈示された刺激に対する注視時間がミリ秒単位で計測された。

更に、計測の信頼性を確認するため、全データの31.25%について、呈示されている刺激がわからない状態で計測する第2観察者により同様の方法で注視時間の計測が行われた。観察者間一致率は $r = .92$ であり、十分に高かった。

## 結果と考察

テストフェーズの各試行で乳児が左右に呈示された一致図形と不一致図形を注視した時間のうち、不一致図形を注視した時間の割合を算出し、選好率とした。図3に親近化前後のテスト試行における選好値を月齢ごとに示した。

本実験では、生後5-8ヶ月児は物体と投射影形状の矛盾を検出できるのか、親近化法を用い検討を行った。実験では物体と投射影の一致した一致図形に親近化後、物体と異なる形状の投射影を合成した不一致図形に対し新奇選好を示すか検討した。乳児は新奇刺激を選好することから、乳児が物体と投射影間の形状の不一致を検出するならば、親近化前より親近化後に、不一致図形に対する注視率が増加することが予測された。この予測に基づき、テストフェーズにおける不一致図形選好率に差がみられるか、検討するためテスト（親近化前、親近化後）×月齢（5-6ヶ月、7-8ヶ月）×物体タイプ（ゴブレット、ボトル）の3要因のANOVAを用い、生後5-6ヶ月児と生後7-8ヶ月児の親近化前のテストフェーズと親近化後のテストフェーズ間の不一致図形選好率を比較した。その結果、テストの主効果（ $F(1, 28) = 5.04, p = .03, \eta_p^2 = .15$ ）と、テストと月齢の交互作用が示された（ $F(1, 28) = 6.11, p = .02, \eta_p^2 = .18$ ）。その他に有意な差は示されなかった（ $p > .05, ns$ ）。更に単純効果の検定を

行い、生後 7-8 ヶ月児の選好率について、親近化前 (47.8%) と親近化後 (56.3%) に有意な差が示された ( $F(1, 14) = 15.73, p = .001, \eta_p^2 = .53$ )。これは、生後 7-8 ヶ月児が親近化後に不一致図形に対する新奇選好を示したことを示唆する。

生後 7-8 ヶ月児は不一致図形に対する新奇選好を示したという結果から、この月齢の乳児は物体の形状と投射影の形状の不一致を検出できることが示唆された。このことから、投射影知覚は生後 7-8 ヶ月頃に発達する可能性が明らかにされた。

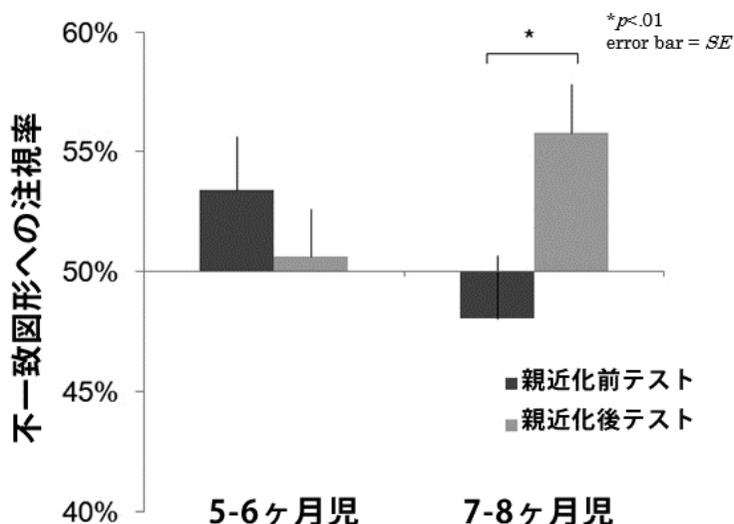


図 3 実験 1-1 の結果  
不一致図形への選好率

### 研究 1 (実験 1-2)

実験 1-1 では、生後 7-8 ヶ月児は、不一致図形に対し新奇選好を示した。この結果が物体と投射影間の形状の違いを検出した結果であることを確認するため、第 1 実験と乳児は投射影が知覚され難いとき、物体と投射影間の形状の不一致を検出できるか検討した。実験 1-1 で示された不一致図形への新奇選好が投射影知覚に基づくものであれば、投射影の知覚できない実験 1-2 では不一致図形への新奇選好は示されないと予測された。投射影として知覚できない図形は、実験 1-1 で用いた一致図形・不一致図形について、投射影と背景の境界に白色の輪郭線 (Cavanagh & Leclerc, 1989) を付加することで作成した。

### 方法

実験参加者： 実験には、生後 5-6 ヶ月児 12 名 (137 日齢～193 日齢の平均日齢 167.9 日齢)、生

後 7-8 ヶ月児 12 名 (209 日齢~251 日齢の平均日齢 232.7 日齢) が実験に参加した。上記の他に、実験途中で泣き出した乳児 3 名、サイドバイアス (2 試行中 1 試行でも 90%以上、ある片方の刺激を注視) を示した乳児 2 名、画面を注視する時間が極端に不足 (呈示時間の 60%以下) している乳児 4 名、出生体重が低体重の乳児 1 名のデータを取得したが、分析からは除外した。実験参加者の募集方法および謝礼 (二千元分の金券) は実験 1-1 と同様であった。

装置： 装置および実験環境は実験 1-1 と同様であった。

刺激： 実験 1-1 で作成した一致図形と不一致図形の、影領域に ( $106.2\text{cd/m}^2$ ) の輪郭線を付加することで、投射影として知覚されない一致図形と不一致図形を作成した (図 4a)。線の付加には Photoshop CS 5(Adobe 社製)を用い、線の太さは視覚 0.15 度であった。刺激の提示サイズは、実験 1-1 と同じく、ボトルの一致図形  $10.29 \times 16.64$  度、ゴブレットの一致図形  $14.95 \times 16.78$  度、物体がボトルで投射影がゴブレットの不一致図形  $12.55 \times 16.64$  度、物体がゴブレットで投射影がボトルの不一致図形  $12.70 \times 16.78$  度であった。

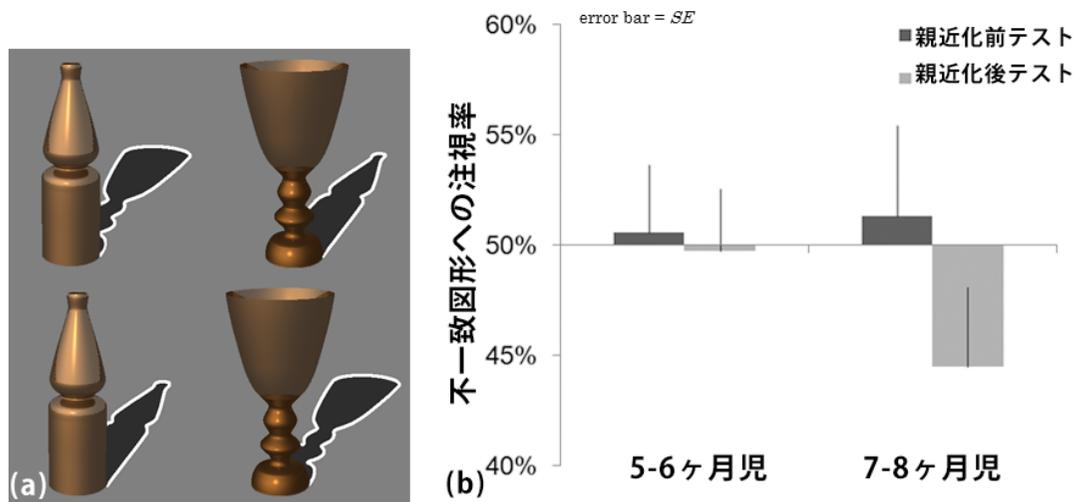


図 4 実験 1-2 における刺激図形と結果

(a) 上 2 つが不一致図形, 下 2 つが一致図形 (b) 実験 1-2 の結果

手続き： 実験は、実験 1-1 と同様の環境・手続きで行われた。

分析： 実験 1-1 と同様の方法で実験中の乳児のビデオ映像は分析された。更に、計測の信頼性を確認するため、全データの 31.25%について、呈示されている刺激がわからない状態で計測する第 2 観察者により同様の方法で注視時間の計測が行われた。観察者間一致率は  $r = .89$  であり、十分に高かった。

## 結果と考察

テストフェーズにおける不一致図形に対する選好率を実験 1-1 と同様に算出し、分析を行った (図 4b)。乳児は新奇刺激を選好することから、乳児が投射影として知覚し難い図形でも、物体と投射影間の形状の不一致を検出できるのであれば、乳児は親近化前より親近化後に、不一致図形に対する注視率が増加することが予測された。この予測に基づき、テスト (親近化前, 親近化後) × 月齢 (5-6 ヶ月, 7-8 ヶ月) × 物体タイプ (ゴブレット, ボトル) の 3 要因の ANOVA を用い、生後 5-6 ヶ月児と生後 7-8 ヶ月児の親近化前のテストフェーズと親近化後のテストフェーズ間の不一致図形選好率を比較した。その結果、有意な主効果・交互作用は示されなかった ( $p > .05$ , ns)。

以上の結果から、投射影が知覚されないとき、乳児は物体と投射影間の形状の不一致を検出しないことが示された。投射影が知覚できた実験 1-1 では物体と投射影間の形状の不一致を検出できたことから、生後 7-8 ヶ月児は投射影を知覚することが明らかにされた。

## 研究 2 (実験 2-1)

影を通過する物体表面が暗く変化する様子を観察する際、ヒトは、物体表面の反射率が変化したのではなく、他の物体が照明を遮ったことで物体表面の明るさが減少したと知覚する。本研究では乳児期から同様の知覚が成立するか明らかにするため、影を通過する物体が影の中で明るく変化する動画から、乳児が不自然さを検出できるか検討した。

## 方 法

実験参加者： 実験には、5-6 ヶ月児 16 名 (143 日齢～186 日齢の平均日齢 159.86 日齢)、7-8 ヶ月児 16 名 (212 日齢～252 日齢の平均日齢 236.75 日齢) が実験に参加した。上記の他に 6 名が実験に参加したが、実験途中で泣き出したため分析からは除外された。実験参加者の募集方法および謝礼は研究 1 と同様であった。

装置： 刺激は 21 インチの CRT モニター (Sony ; 1024×768 ピクセルの解像度) に提示し、モニターの両脇にスピーカーを設置した。刺激観察距離はおよそ 40cm であった。CCD カメラをモニターの下に設置し、実験中の乳児の様子を記録した。実験者はカメラから乳児の様子を確認しながら実験を行った。

刺激： 3次元 CG 作成ソフトである LightWave 11.5 (NewTek 社製)を用い画面手前に 2 つの立て板を設置し、その投射影が画面奥に向けて投射される 3 次元的なシーンを作成した。床面はチェッカーボード柄であり、パースペクティブが付けられていた (図 5)。このシーンの中を、黄色のヒヨコ

が画面右から左へ通過する 2 条件の動画を作成し、テスト刺激とした。ヒヨコが 2 つの立て板の投射影を通過する際に、自然に明るさが変化する動画を作成し、自然条件とした。更に、ヒヨコが 2 つの立て板の投射影を通過する際に明るく、投射影の外側で暗く変化する動画を作成し、不自然条件とした。

ヒヨコの明るさは、自然条件で投射影の外に位置するときと不自然条件で投射影の中に位置するときで、同じ平均輝度 ( $55.6 \text{ cd/m}^2$ ) であった。自然条件において投射影の中に位置するときと、不自然条件で投射影の外に位置するときで、同じ平均輝度 ( $25.2 \text{ cd/m}^2$ )、画面を横切る際の座標とスピード ( $6.6 \text{ 度/秒}$ ) は一定であった。

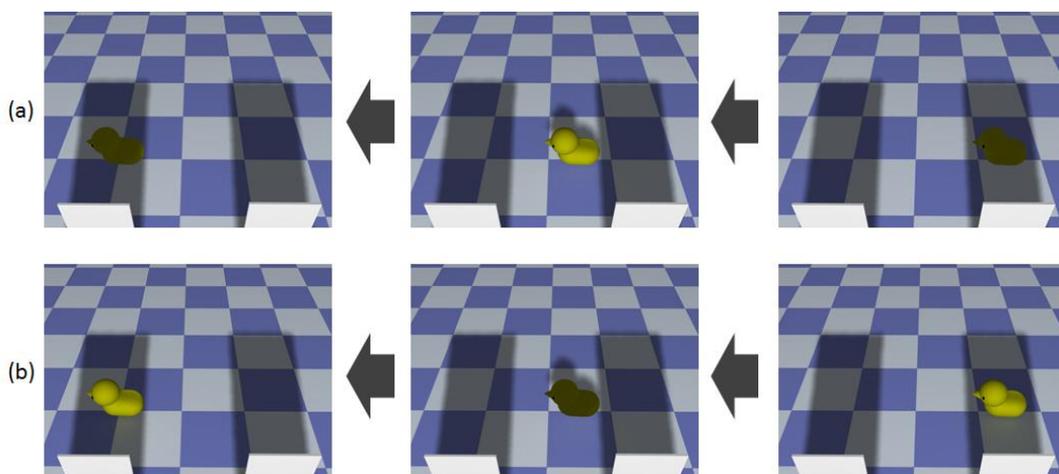


図 5 テスト刺激の例

各条件における動画刺激の例。(上) 自然条件 (下) 不自然条件

親近化刺激として、テスト刺激と同じ 3 次元的なシーンを基に、ヒヨコが 2 つの立て板の投射影の外側を通過する動画を作成した。この動画では、ヒヨコ表面の明るさはテスト刺激におけるヒヨコ表面が明るい状態と同一 ( $55.6 \text{ cd/m}^2$ ) であった。ヒヨコが画面を横切る際のスピードは  $5.4 \text{ 度/秒}$  であった。全ての動画は、 $18.2 \times 25.4 \text{ 度}$  の大きさで、画面中央に呈示された。

手続き： 実験環境は研究 1 と同様であった。

実験では、各試行の開始前にモニター中央に乳児の注意を引くための短い音声と共に花のイラストを呈示し乳児の注意を画面にひきつけ、乳児の注意が画面中央に向くと同時に試行が開始された。試行開始時には、刺激画像の呈示と同時に再度音声も呈示した。

乳児の反応を測定するために、親近化法を用いた。実験は、親近化フェーズ ( $15 \text{ 秒} \times 6 \text{ 試行}$ )、テストフェーズ ( $30 \text{ 秒} \times 2 \text{ 試行}$ ) の順に行われた。テストフェーズでは、自然・不自然条件が交互に 1 試行ずつ呈示された。

親近化フェーズでは、各試行最大 15 秒間の呈示時間で 6 試行行った。各試行では、画面中央に親

近化刺激が呈示された。乳児が 3 秒以上画面から目を離した場合、その時点で実験者の操作により、次の試行に移行した。

テストフェーズは各試行 30 秒であり、自然条件が呈示される試行と不自然条件が呈示される試行が交互に呈示された。テストフェーズは親近化フェーズ後すぐに開始された。自然・不自然条件の呈示順序は乳児間でカウンタバランスをとった。

**分析：** 実験中の様子はビデオ録画され、実験終了後に各刺激に対する注視時間が計測された。ビデオ分析は 1 名の観察者により、呈示されている刺激がわからない状態で計測を行った。ビデオ分析では、観察者は乳児の目の動きから画面に呈示された刺激に対する注視時間がミリ秒単位で計測された。観察者は全ての分析において、呈示されている刺激がわからない状態で計測を行った。

計測の信頼性を確認するため、全データの 25% について、呈示されている刺激がわからない状態で計測する第 2 観察者により同様の方法で注視時間の計測が行われた。観察者間一致率は  $r = .98$  であり、十分に高かった。

## 結果と考察

本実験では、乳児は影の中を通過するヒヨコの表面が明るく変化する動画から、不自然さを検出できるか検討するために、ヒヨコが影の中で暗く変化する自然条件と、ヒヨコが影の中で明るく変化する不自然条件の注視時間を比較した (図 6)。乳児は実際にはあり得ない不自然な視覚刺激を選好することから、乳児が影の中では物体表面の明るさは減少するという前提を有するのであれば、影の中で明るくなる動画から不自然さを検出し、不自然条件を選好すると予測された。この予測に基づき、テストフェーズにおける自然・不自然条件への注視時間に差がみられるか分析を行った。条件 (自然・不自然条件) × 月齢 (5-6 ヶ月, 7-8 ヶ月) × テスト刺激の呈示順序 (自然条件先, 不自然条件先) の 3 要因の ANOVA を用い、5-6 ヶ月児, 7-8 ヶ月児の不自然選好への注視時間を比較した。その結果、条件の主効果が示された ( $F(1, 28) = 13.31, p = 0.001, \eta_p^2 = 0.32$ )。その他に有意な差は示されなかった ( $p > .05, ns$ )。下位検定として単純効果の検定を行ったところ、7-8 ヶ月児の自然条件 (21.42 秒) と不自然条件 (25.47 秒) に対する注視時間に有意な差が示された ( $F(1, 14) = 50.67, p < .0001, \eta_p^2 = 0.78$ )。この結果は、7-8 ヶ月児が不自然条件に対する新規選好を示したことを示唆する。

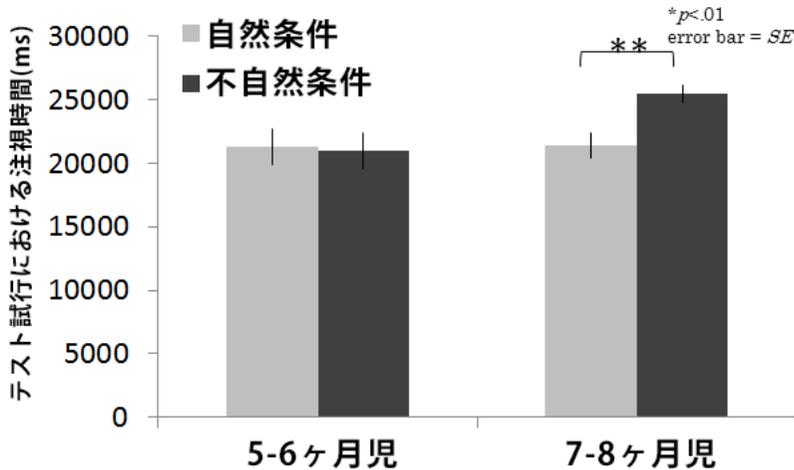


図6 実験2-1の結果

テストフェーズにおける注視時間

実験の結果、自然・不自然条件に対する注視時間は月齢を問わず呈示順序の影響を受けるが、生後7-8ヶ月児のみ呈示順序に関わらず自然条件より不自然条件を選好することが示された。生後5-6ヶ月児は不自然さを検出せず、生後7-8ヶ月児のみ影の中での不自然な明るさ変化を検出するという結果は、研究1で示した投射影知覚が発達する月齢と一致するものである。先行研究で明らかにされている、上方光源の仮定や単一光源の仮定などの、影知覚にも関連する視覚システムにおける上方光源の仮定 (Ramachandran, 1988a; 1988b) などの発達時期も7ヶ月周辺であり (Granrud et al., 1985), 影の中は暗いという前提も同時期に発達することが示唆された。

## 研究2 (実験2-2)

実験2-1で示された選好が、影の中は周囲より暗い領域であるという前提との矛盾を検出した結果であることを確認するため、実験2-2を行う。実験2-2では、実験2-1で用いた全ての動画から投射影を取り除き、ヒヨコの明るさが影と無関係に変化する動画への選好を検討した。影を取り除くこと以外は全て実験2-1と同じ方法で、第5実験と同様にテストフェーズにおける各条件への注視時間を比較した。乳児が、特定の明るさ変化の順序に選好を持たない場合、テストフェーズにおいて注視時間の偏りは示されないと予測された。

## 方法

実験参加者： 実験には、7-8ヶ月児16名(209日齢～251日齢の平均日齢232.7日齢)が実験に参加した。その他5名が実験に参加したが、実験途中で泣き出したり(4名)、立ち上がり録画範囲から乳児の目が外れたため(1名)、分析からは除外された。実験参加者の募集方法および謝礼は研究

1 と同様であった。

装置： 全て実験 2-1 と同様の刺激装置を用いた。

刺激： 実験 2-1 で用いた親近化刺激，テスト刺激である自然・不自然条件から，ヒヨコが通過した 2 つの立て板の投射影を取り除いた。ヒヨコの明るさは第 5 実験における自然・不自然条件と同じように変化した。ヒヨコの座標や移動速度，ヒヨコの大きさなどは全て第 5 実験と同一であった。

手続き： 実験環境および手続きは実験 2-1 と同様であった。

分析： 実験中に乳児が画面を観察する様子は録画され，1 名の観察者によりこれまでの実験と同じ手続きで乳児の各図形に対する注視時間を記録した。

計測の信頼性を確認するため，全データの 25% について，呈示されている刺激がわからない状態で計測する第 2 観察者により同様の方法で注視時間の計測が行われた。観察者間一致率は  $r = .97$  であり，十分に高かった。

## 結果と考察

テストフェーズにおける自然条件・不自然条件に対する注視時間を分析した（図 7）。

本実験では親近化法を用い，ヒヨコが明るさ変化を伴わず画面を通過する動画に親近化させた後，第 5 実験における自然・不自然条件と同じ順序で明るさ変化する 2 種の動画に対する注視時間を比較した。乳児が単に特定の明るさ変化の順序を選好するのであれば，有意な選好が示されることが予測された。この予測に基づき，ヒヨコの明るさ変化（自然条件と同じ，不自然条件同じ）×月齢（5-6 ヶ月，7-8 ヶ月）×テスト刺激の呈示順序（自然条件先，不自然条件先）の 3 要因の ANOVA を用い，5-6 ヶ月児，7-8 ヶ月児の自然条件・不自然条件への注視時間を比較した。その結果，有意な主効果・交互作用は示されなかった ( $p > .05$ , ns)。これらの結果から，全月齢で特定の明るさ変化の順序に対する選好は示されないことが明らかにされた。

実験 2-1 で用いた自然・不自然条件からヒヨコが通過する影を取り除いた場合に，乳児は有意な選好は示されないことが示された。この結果は，実験 2-1 において示された生後 7-8 ヶ月児は不自然条件を選好するという結果が，影の中での不自然な明るさ変化を検出した結果であることを示す。以上から生後 7-8 ヶ月児は影の中は暗いという前提を有することが示唆された。

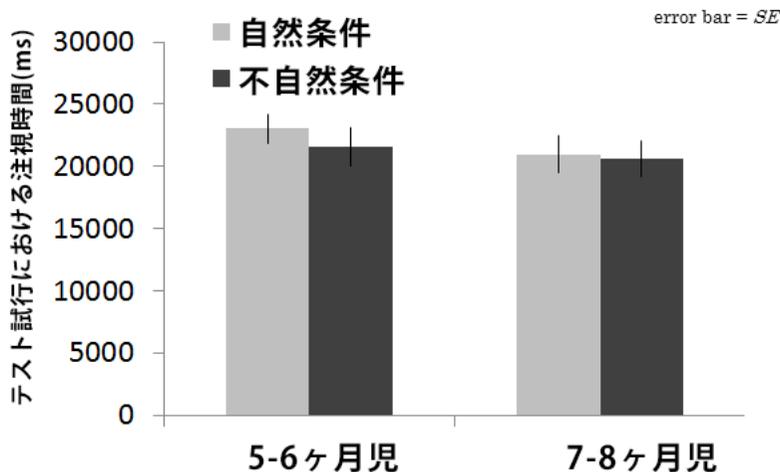


図7 実験2-2の結果

テストフェーズにおける注視時間

### 総合考察

研究1では、乳児は投射影を知覚するか調べた。物体の投射する影の形状が物体と異なるとき、物体の命名が遅延することから、ヒトの視覚システムは暗黙的に物体とその影を関連付けることが示唆されている(Castiello, 2001)。本研究では乳児が成人同様に影を知覚するか明らかにするため、乳児が物体と投射影の形状の不一致に気付くか検討した。実験では5-8ヶ月児を対象に、親近化法を用い、物体と投射影の形状が一致した図形に親近化後、一致・不一致図形を対提示し、不一致図形を嗜好するか検討した。その結果、投射影が知覚できる場合(研究1-1)には7-8ヶ月児のみ物体と投射影の形状の不一致を検出したが、投射影知覚を崩すため(Cavanagh & Leclearn, 1989)、投射影と背景の境界に白色の線を付加した場合(研究1-2)には不一致を検出しなかった。この結果は、7-8ヶ月児以降の乳児は物体とその投射影の形状の一致を検出できることを示し、乳児期から物体と投射影の暗黙的な関連付けが行える可能性を示唆した。

研究2では、乳児は影の中は暗いと知覚するか調べた。影を通過する物体表面が暗く変化する様子を観察する際、ヒトは、物体表面の反射率が変化したのではなく、他の物体が照明を遮ったことで物体表面の明るさが減少したと知覚する。本研究では乳児期から同様の知覚が成立するか明らかにするため、影を通過する物体が影の中で明るく変化する動画から、乳児が不自然さを検出できるか検討した。実験では5-8ヶ月児を対象に、Csibra(2001)らの用いた期待背反法に類似した方法を用い、影の中を物体(ヒヨコ)が自然に通過する自然動画と、影領域では不自然に明るく変化する不自然動画に対する視覚的嗜好を比較した。実験2-1の結果、7-8ヶ月児のみ不自然動画を嗜好した。コントロール実験である実験2-2において各動画から影を取り除いた場合には、嗜好を示さないことを確認した。これらの結果から、7-8ヶ月児は影の中で不自然な明るさ変化を検出できることが明らかにされた。この結果は、生後7-8ヶ月児は、影は照明量の減少した領域であるという前提から、影を通過する物

体表面の明るさを知覚する可能性を示した。

研究 1,2 の結果から、生後 7-8 ヶ月児は成人と同じように影を知覚することが示唆された。更に、生後 7-8 ヶ月児は投射影の形状や、投射影内外での明るさの変化が自然法則と異なるとき、不自然さを検出できることが示唆された。生後 7 ヶ月という月齢は、先行研究から投射影を手がかりとした奥行き知覚や運動軌道知覚の発達時期として示された月齢と一致する。このことから、空間知覚の発達とほぼ同時期に投射影知覚が発達することが明らかにされた。

## 引用文献

- Castiello, U. (2001). Implicit processing of shadows. *Vision Research*, 41(18), 2305-9.
- Cavanagh, P., & Leclerc, Y. G. (1989). Shape from shadows. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 15(1), 3-27.
- Csibra, G. (2001). Illusory contour figures are perceived as occluding surfaces by 8-month-old infants. *Developmental Science*, 4(4), F7-F11.
- Imura, T., Yamaguchi, M. K., Kanazawa, S., Shirai, N., Otsuka, Y., Tomonaga, M., & Yagi, A. (2006). Perception of motion trajectory of object from the moving cast shadow in infants. *Vision Research*, 46(5), 652-7.
- Kersten, D., Mamassian, P., & Knill, D. C. (1997). Moving cast shadows induce apparent motion in depth. *Perception*, 26(2), 171-192.
- Shuwairi, S. M., Albert, M. K., & Johnson, S. P. (2007). Discrimination of possible and impossible objects in infancy. *Psychological Science*, 18(4), 303-7.
- Yonas, A., & Granrud, C. E. (2006). Infants' perception of depth from cast shadows. *Perception & Psychophysics*, 68(1), 154-60.

## 謝 辞

実験に参加して下さった多くの赤ちゃんやご家族の方々にお礼を申し上げます。また、データの取得にご協力いただきました中央大学山口研究室の皆様へ感謝申し上げます。なお本研究の一部は、文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域研究「多元質感知」(研究代表者：山口真美, 領域番号 4705 課題番号 16H01677), 日本学術振興会 特別研究員奨励費(研究代表者：佐藤夏月, 課題番号 26・6887), そして公益財団法人発達科学研究教育センターのご支援を頂きました。