

生物と非生物の弁別過程の発達 —未就学児の非意図的な視線計測による検討—

大阪総合保育大学 児童保育学部* 谷 口 康 祐
四天王寺大学 人文社会学部 藏 口 佳 奈
同志社大学 赤ちゃん学研究センター 板 倉 昭 二

Development of the discrimination processing between living and non-living objects: Unintentional gaze measurements in preschool children with

Faculty of Child Care and Education,
Osaka University of Comprehensive Children Education, TANIGUCHI, Kosuke
Faculty of Humanities and Social Sciences,
Shitennoji University, KURAGUCHI, Kana
Center for Baby Science, Doshisha University, ITAKURA, Shoji

要 約

本研究では、ポズナー課題を用いて、非意図的に物体を観察する際の視線の反応から生物と非生物の弁別過程を明らかにすることを目的として、2つの実験を実施した。いずれの実験も、4歳と6歳の未就学児、合計68名が参加した。実験1では、生物または非生物の写真を提示した。実験2では生物と非生物に加えてロボットの写真を提示した。これらの写真に対して、視線を向けるまでに要した時間（検出時間）、写真提示終了までの合計注視時間（総注視時間）、最初に写真を注視し続けた時間（第1注視時間）を測定し、写真のカテゴリによって違いが示されるか検討した。その結果、生物カテゴリは、ほかのカテゴリよりも第1注視時間が短いことが示された。他方、ロボットカテゴリの第1注視時間はほかのカテゴリよりも長かった。このことから、生物カテゴリには素早い処理過程が関与しており、ロボットカテゴリの処理にはより注視が必要であることが示唆された。

【キーワード】 生物 / 非生物, 物体弁別, 視線計測, ロボット認知

Abstract

In this study, we conducted two experiments to reveal the processing of discrimination between living and non-living objects based on gaze responses during unintentional observation of an object. In each experiment, a total of 68 preschool children aged from 4 to 6 years participated. In experiment 1,

* 現所属：京都先端科学大学人文学部

the children were presented with a picture of living or non-living objects. In experiment 2, they were presented with a picture of a robot in addition to living and non-living objects. For these pictures, we measured the time to first fixation on the picture (detection time), the total duration of fixation on the picture (total fixation time), and the duration of first fixation on the picture (first fixation duration). The results indicated that the first fixation duration of the living category was shorter than that of the other categories, while that of the robot category was longer than that of the other categories. This suggests that the living category involves rapid processing and that the processing of the robot category requires more gazing.

【Keywords】 living/non-living objects, object discrimination, eye measurement, perceiving robots

問題と目的

物体認知は生活を営む上でなくてはならない能力のひとつである。視界に入ったものが自分の身を脅かすものなのか、身の回りに食べ物が存在しているかなど、見えたものを素早く正確に認識することは生きていくために不可欠な機能である。また、視認した物体が生物か否かを迅速に処理することは、生存のために特に重要な機能であると考えられる。そのため、生物と非生物をどのように弁別しているのか、そのメカニズムを検討することは視覚機能の解明において重要な課題であるといえる。

成人を対象とした研究から、認識する対象が生物か非生物かによってその処理過程が異なることが示唆されている。たとえば、生物の認識には知覚的情報が重要であるが、非生物ではその機能的情報が重要であるとされている (McMullen & Purdy, 2006; Riddoch et al., 2008; Mahon et al., 2009)。また乳児においても、生物と非生物は弁別可能であることが示唆されている。Pauen (2002) は、10, 11 か月の乳児が生物と非生物の物体を区別できることを示した。Graham & Poulin-Dubois (1999) は、おおよそ1歳から1歳半の子どもが未知の物であっても生物と非生物を区別できることを示している。よって、生物と非生物の弁別に関する機能は乳児の早い段階から獲得される重要な機能であると考えられる。これらの知見をふまえ、本研究ではボズナー課題を用いて生物と非生物を非意図的に観察するときの視線から生物と非生物の弁別過程に違いがあるのかを検討する。

近年、ロボット技術や人工知能 (AI) の発達により、さまざまな形態や機能を持ったロボットが我々の身の回りに存在するようになってきている。そのため、ロボットに期待される役割も従来と比べて多様になってきている。こうした社会的背景からも、ヒトやイヌなどの生物とロボットのような非生物をどのように区別しているのかは、これからロボットと共生する社会を構築するためにも解決を要する課題である。

ロボットは生物ではないが、ヒトや動物のように生物のような特徴 (思考や感情など) を持つと認識されることがある。たとえば、Jipson & Gelman (2007) はネズミやヒトデといった生物とイヌ型ロボットや動物のぬいぐるみ、箱型センサー、おもちゃの車といった非生物の写真に対してどのような属性 (心理的属性, 知覚的属性, 人工物的属性など) を付与するか3歳から5歳の子どもと成人

に尋ねた。その結果、3歳児はイヌ型ロボットに対して知覚的屬性（ものを見ることができるといった）を付与することが示された。Okandaら（2021）は、日本の3歳児だけでなく、成人においてもロボットに知覚的屬性を付与する傾向を示した。このことから、成人はロボットを非生物であると認識しながらも、ロボットを生物に近い存在と捉えている可能性が考えられる。

そこで本研究では、さまざまな生物と非生物の物体を観察する際の視線の違いに焦点を当て、ヒトの顔やイヌなどの生物と自動車やロボットなどの非生物の物体の処理過程がどのように異なるのかを検討する。視線反応はヒトの高次認知機能と関わっているとされ、様々な認知処理過程の解明に用いられてきた。特にヒトの顔を対象とした視線反応の研究が知られており（e.g., Stacey et al., 2005）、ヒトの顔に対する視線反応は、ほかの物体と比べて特殊な反応が生じることが示唆されている（e.g., Peterson & Eckstein, 2013）。つまり、観察する物体によって、特徴的な視線反応が生じると考えられる。本研究では、4歳と6歳の未就学児にポズナー課題を実施し、非意図的に画像を注視させることで、その視線反応が生物と非生物またはロボットによって異なるのかを2つの実験から検討する。実験1では生物と非生物の画像を提示し、生物と非生物の視線反応の違いについて検討する。実験2では生物と非生物に加えロボットの画像を用いて、ロボットの視線反応が他のカテゴリの画像とどのように異なるのかを検討する。

実験1

方法

実験参加児 4歳児34名（男児16名、女児18名）と6歳児34名（男児18名、女児16名）、合計68名を実験の対象とした。なお、本研究は研究責任者が所属する研究機関における研究倫理委員会の承認を受けた（承認番号：23H01）。4歳の女児2名が実験の実施を拒否したため、実験を中止した。よって、合計66名分のデータが収集された。

刺激 生物の刺激として、ヒト、イヌ、ライオン、パンダ、オウム、サメ、花から8枚、非生物の刺激として、クルマ、時計、鍋、ピアノ、包丁、シャベル、テレビ、ティッシュボックスの8枚、計16枚の画像を用いた。これらの画像は、ヒトは「100人の姿 Vol.285」（マイザ株式会社）からニュートラルな表情（口が閉じていて歯が見えていないもの）の20代の男女をそれぞれ1枚、それ以外の画像については、Bank of Standardized Stimuli (BOSS; Brodeur et al., 2010; Brodeur et al., 2014)の刺激データセットから用いた。刺激の大きさは横幅が400pixelに揃え、縦横の比が変わらないよう調整した。

実験機器 刺激はノートパソコン（Dell Precision7730）の17inchディスプレイによって提示された。画像の提示、および反応時間の計測、視線の計測といった実験の制御はTobii Pro Labを用いて実施し、視線は視線計測装置（Tobii X3-120）によって測定された。課題に対する反応は、左右に割り当てたUSB接続の1ボタンキーボードを2つ用いた。

手続き 参加児は観察距離がおおよそ 60cmとなる位置に設置されたノートパソコンの前にある椅子に座った。最初に画面中央に注視点が 500ms 提示されたのち、画面中央に右向きまたは左向きの矢印が 300ms 提示された。その後、画面の左右どちらかに刺激が提示され、刺激は反応があるまで提示され続けた (図 1)。画像は矢印の向きに提示される場合 (一致条件) と矢印と反対の方向に提示される場合 (不一致条件) の 2 種類とした。一致条件と不一致条件はそれぞれ 16 試行を行い、計 32 試行行った。なお、いずれの刺激も左右それぞれ 1 回ずつ提示され、それぞれに一致条件と不一致条件が割り当てられた。またカテゴリ間で提示条件が同じになるようにした (i.e., 生物カテゴリの一致条件で右側提示が 4 種類, 左側提示が 4 種類)。刺激の提示順序はランダムとなるようにした。参加児には、提示された刺激に対応するボタンをひとつ押すように求め、できるだけ正確に反応するように教示した。実験の手続きを説明したあと、練習試行を行ってから実験を開始した。練習試行は、刺激の提示位置 (左右) と画像提示条件が 1 回ずつの 4 試行とし、刺激には丸を提示した。

分析方法 Tobii Pro Lab によって得られた視線データを分析に用いた。刺激画像の部分 AOI として設定し、刺激が提示されてから AOI に視線が到達するまでに要した時間 (検出時間)、刺激提示終了までの間に AOI を注視した合計時間 (総注視時間)、最初に刺激を注視し続けた時間 (第 1 注視時間) を計測した。これらの値を従属変数として、年齢 (4 歳, 6 歳) × 刺激カテゴリ (生物, 非生物) × 画像提示条件 (一致条件, 不一致条件) の 3 要因の混合要因計画の分散分析を行った。

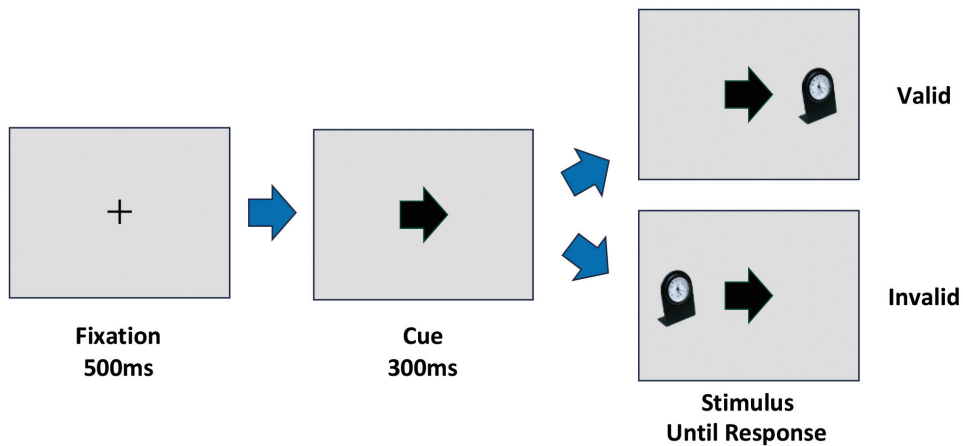


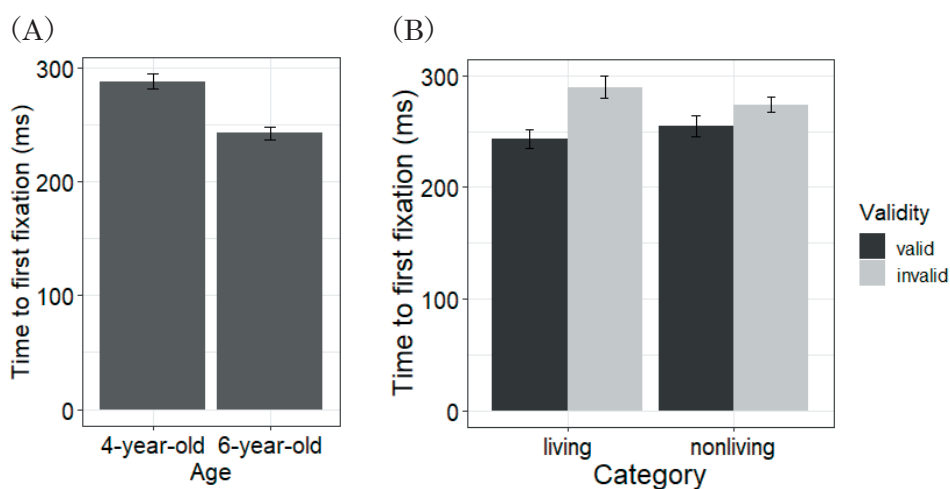
図 1 実験の手続き

結果

6 歳の男児 2 名のデータが、全試行の半数以上が計測できなかったため、これらのデータは除外された。また、AOI に視線が向かなかった試行についても除外して分析を行った。

検出時間においては、100ms より短く、723ms (平均値 +2SD) より大きいものは外れ値として分析から除外し、全体データの約 12% が除外された。参加児の年齢、刺激カテゴリ、画像提示条件に

よって検出時間に違いが示されるか検討するため、年齢（4歳, 6歳）×刺激カテゴリ（生物, 非生物）×画像提示条件（一致条件, 不一致条件）の3要因の混合要因計画の分散分析を行った。その結果、年齢と画像提示条件の主効果が有意であった（年齢： $F(1, 62) = 10.40, p < .01, \eta^2_p = .14$ ；画像提示条件： $F(1, 62) = 48.53, p < .001, \eta^2_p = .44$ ）。また、刺激カテゴリと画像提示条件の交互作用が有意であった（ $F(1, 62) = 6.97, p < .05, \eta^2_p = .10$ ）。他の主効果と交互作用は有意ではなかった。交互作用が有意であったため、単純主効果の検定を行ったところ、不一致条件では、非生物カテゴリのほうが生物カテゴリよりも検出時間が有意に短く、一致条件では有意な差が示されなかった。生物カテゴリと非生物カテゴリではともに、一致条件のほうが不一致条件よりも有意に検出時間が短いことが示された（図2）。



(A) は年齢の主効果、(B) は刺激カテゴリと画像提示条件の交互作用である。

図2 実験1における検出時間の平均値。エラーバーは標準誤差を示す。

総注視時間においては、100msより短く、1,412ms（平均値+2SD）より大きいものは外れ値として分析から除外し、全体データの約14%が除外された。3要因の分散分析を行ったところ、年齢と刺激カテゴリの主効果（年齢： $F(1, 62) = 7.43, p < .01, \eta^2_p = .11$ ；刺激カテゴリ： $F(1, 62) = 7.78, p < .01, \eta^2_p = .11$ ）と年齢と刺激カテゴリの交互作用が有意であった（ $F(1, 62) = 4.93, p < .05, \eta^2_p = .07$ ）。年齢と刺激カテゴリの間で単純主効果の検定を行ったところ、生物カテゴリと非生物カテゴリにおいて6歳児のほうが4歳児よりも総注視時間が有意に短いことが示された。また4歳児において、生物カテゴリのほうが非生物カテゴリよりも総注視時間が有意に短いことが示された（図3）。

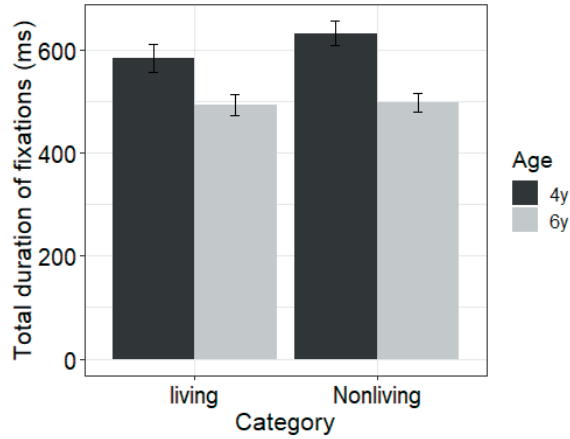


図3 実験1の年齢と刺激カテゴリにおける総注視時間の平均値。エラーバーは標準誤差を示す。

第1注視時間においては、50msより短く、568ms（平均値+2SD）より大きいものは外れ値として分析から除外し、全体データの約13%が除外された。3要因の分散分析を行ったところ、刺激カテゴリの主効果が有意であり（ $F(1, 62) = 102.79, p < .001, \eta^2_p = .62$ ）、他の主効果と交互作用は有意ではなかった。よって、生物カテゴリのほうが非生物カテゴリよりも有意に第1注視時間が短いことが示された（図4）。

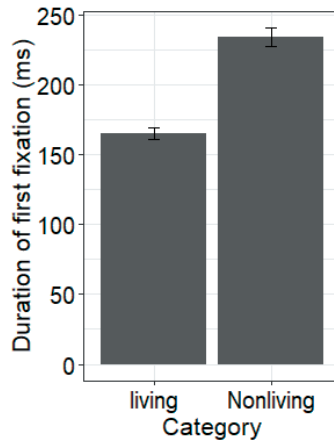


図4 実験1の刺激カテゴリにおける第1注視時間の平均値。エラーバーは標準誤差を示す。

実験2

方法

実験参加児 実験1と同じ参加児が実験に参加した。

刺激 ロボットに対する刺激として8枚、ロボット以外の刺激として8枚用いた、ロボットの画像はABOTデータベース (Phillips et al., 2018; <https://www.abotdatabase.info/>), またはWeb上からダウンロードした画像を用いた。ロボット以外の刺激は、生物カテゴリからヒト (男女1枚ずつ) とネコ、非生物カテゴリから赤ちゃんの人形、ぬいぐるみの人形、市松人形、マネキン、扇風機の画像から用いられた。これらは、ロボットと似た形をしているものから選択された。なお、ヒトの画像は「100人の姿 Vol.285」(マイザ株式会社) から実験1と異なる画像が選択され、ネコとマネキン、扇風機はBOSSの刺激データセットから選択された。なお、これらの画像については、Web調査から、「不気味さ」、「好ましさ」、「魅力度」、「自立して動く」、「感情がある」の項目について、成人60名を対象に7件法で評定させ、それらの結果を基に選定した。

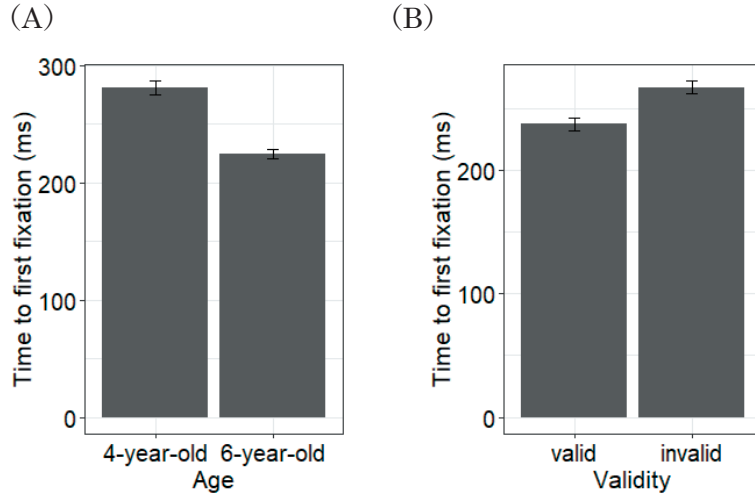
実験装置, 手続き 実験1と同じであった。

分析方法 刺激カテゴリの要因が3水準 (生物, 非生物, ロボット) になっていることを除いて実験1と同じであった。

結果

4歳の男児2名と女児2名, 6歳の男児3名のデータが全試行の半数以上, 測定できなかつたため, データの分析から除外された。また, 実験1と同様にAOIに視線が向かなかつた試行についても除外して分析を行った。

検出時間においては, 100msより短く, 681ms (平均値+2SD) より大きいものは外れ値として分析から除外し, 全体データの約9%が除外された。年齢 (4歳, 6歳) × 刺激カテゴリ (生物, 非生物, ロボット) × 画像提示条件 (一致条件, 不一致条件) の3要因の混合分散分析を行ったところ, 年齢と画像提示条件の主効果が有意であった (年齢: $F(1, 58) = 23.71, p < .001, \eta^2_p = .29$; 画像提示条件: $F(1, 58) = 34.98, p < .001, \eta^2_p = .38$)。よつて, 6歳児のほうが4歳児よりも, 一致条件のほうが不一致条件よりも, 有意に検出時間が短いことが示された (図5)。



(A) は年齢の主効果, (B) は画像提示条件の主効果である。
 図5 実験2における検出時間の平均値。エラーバーは標準誤差を示す。

総注視時間においては, 100ms より短く, 1,481ms (平均値 +2SD) より大きいものは外れ値として分析から除外し, 全体データの約 13% が除外された。3 要因の分散分析を行ったところ, 年齢と画像提示条件の主効果が有意であった (年齢: $F(1, 58) = 8.00, p < .01, \eta^2_p = .12$; 画像提示条件: $F(1, 58) = 4.51, p < .05, \eta^2_p = .07$)。また, 年齢と画像提示条件の交互作用が有意であった ($F(1, 58) = 15.14, p < .001, \eta^2_p = .20$)。他の主効果および交互作用は有意ではなかった。単純主効果の検定を行ったところ, 不一致条件において, 6 歳児の総注視時間が 4 歳児よりも有意に短く, 4 歳児における一致条件の総注視時間が不一致条件よりも有意に短いことが示された (図 6)。

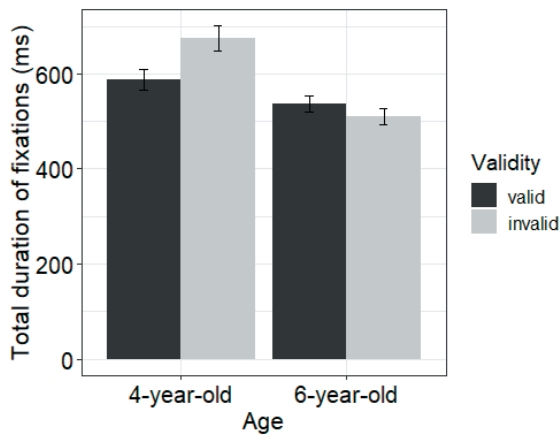


図6 実験2の年齢と画像提示条件における総注視時間の平均値。エラーバーは標準誤差を示す。

第1注視時間においては、50msより短く523ms（平均値+2SD）より大きいものは外れ値として分析から除外し、全体データの約11%が除外された。3要因の分散分析を行ったところ、刺激カテゴリの主効果が有意であり（ $F(1, 116) = 14.76, p < .001, \eta_p^2 = .20$ ）、他の主効果と交互作用は有意ではなかった。Sequentially Rejective Bonferroni(SRB)法を用いて多重比較を行ったところ、生物、非生物、ロボットの順で第1注視時間が有意に短いことが示された（ $p < .05$ ；図7）。

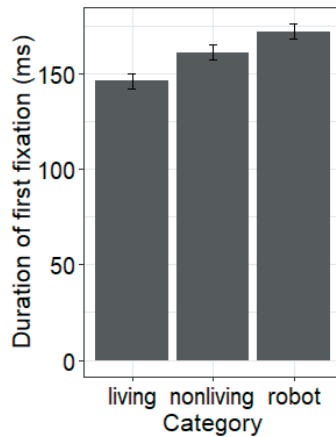


図7 実験2の刺激カテゴリにおける第1注視時間の平均値。エラーバーは標準誤差を示す。

考 察

本研究では、ポズナー課題を用いて画像を非意図的に観察させたときの視線の特徴から生物を見たときと非生物を見たときの処理過程の違いを検討した。その結果、生物カテゴリとそれ以外のカテゴリで画像に向けられる視線反応に違いがあることが示された。ここでは、刺激のカテゴリによって視線反応の違いが生じた理由を中心に考察していく。

まず、両実験において、生物カテゴリの第1注視時間はほかのカテゴリよりも有意に短かった。このことから、生物カテゴリは一度注意に向けられたあとの処理過程がほかのカテゴリよりも速いことが示唆され、4歳児にはすでにこのシステムが備わっていると考えられる。この傾向は、実験1の4歳児の生物カテゴリの総注視時間が非生物カテゴリよりも短かったことから支持されるだろう。

しかしながら、実験1の検出時間においては、非生物カテゴリのほうが生物カテゴリよりも短いことが示された。これは、本研究で用いた生物カテゴリの多くに顔があったことが理由のひとつとして考えられる。顔は注意を引き付けやすい対象として知られており（e.g., Langton et al., 2008）、事実、本研究においても顔に視線が向けられることが多く、画面の上側に視線が向くことが多かった。一方で、非生物カテゴリに関しては画像の中心、つまり左右中央あたりに視線が向けられることが多かった。そのため、生物カテゴリに対する視線の移動距離が非生物カテゴリよりも長くなったため、

不一致条件で非生物カテゴリの検出時間がより短くなった可能性が考えられる。実験2において検出時間にカテゴリに違いが示されなかったのも、人形やぬいぐるみなどの非生物であるが顔のある刺激を多く使用したためである可能性が考えられる。

また、本研究はロボットに対する処理過程の違いも検討した。ロボットに関しては、第1注視時間において生物や非生物のカテゴリよりも長く注視する傾向が示された。これはロボットを生物でも非生物でもないものとして判断するため、ほかのカテゴリよりも余分に処理が必要になったためではないかと考えられる。ただ、子どもがロボットを見慣れていないことなど、他の要因も考えられるため、どうしてロボットに対して目を留めてしまう傾向があるのかについては今後さらに検討していく必要があるだろう。

本研究の実験1, 2ともに、検出時間と総注視時間において6歳児のほうが4歳児よりも処理時間が素早いことが示唆された。これは、認知発達の成熟度合の違いを示していると考えられ、6歳では刺激のカテゴリに関わらず、対象物への認識と反応が素早くできるようになったためであると考えられる。ただし、4歳児であっても一致条件の検出時間が不一致条件よりも短かったことから、本研究の課題遂行においては4歳児・6歳児ともに問題なく取り組んでいたと考えられる。

本研究では、視線の反応から生物カテゴリと非生物カテゴリの処理過程の違いを示した。しかしながら、本研究で用いた刺激には、顔のあるものとなないものが混在しており、特に検出時間においては顔の有無が大きく影響していた可能性が考えられる。そのため、生物であっても顔のないもの（たとえば、植物や貝類など）を用いての検討が必要になるだろう。

また、本研究ではロボットカテゴリに対する処理過程がほかのカテゴリと異なることも示唆した。この違いは素早い処理過程においてみられているため、脳波などを用いて、処理経路が生物や非生物のカテゴリと異なっているのか、成人や子どもを対象としてより詳細な処理過程を調べていくことが必要になるだろう。

引用文献

- Brodeur, M. B., Dionne-Dostie, E., Montreuil, T., & Lepage, M. (2010). The Bank of Standardized Stimuli (BOSS), a new set of 480 normative photos of objects to be used as visual stimuli in cognitive research. *PloS one*, 5(5), e10773.
- Brodeur, M. B., Guérard, K., & Bouras, M. (2014). Bank of standardized stimuli (BOSS) phase II: 930 new normative photos. *PloS one*, 9(9), e106953.
- Graham, S. A., & Poulin-Dubois, D. (1999). Infants' reliance on shape to generalize novel labels to animate and inanimate objects. *Journal of Child Language*, 26(2), 295–320.
- Jipson, J. L., & Gelman, S. A. (2007). Robots and rodents: Children's inferences about living and nonliving kinds. *Child Development*, 78(6), 1675–1688.
- Langton, S. R., Law, A. S., Burton, A. M., & Schweinberger, S. R. (2008). Attention capture by faces. *Cognition*, 107(1), 330–342.

- Mahon, B. Z., Anzellotti, S., Schwarzbach, J., Zampini, M., & Caramazza, A. (2009). Category-Specific Organization in the Human Brain Does Not Require Visual Experience. *Neuron*, *63*(3), 397–405.
- McMullen, P. A., & Purdy, K. S. (2006). Category-specific effects on the identification of non-manipulable objects. *Brain and Cognition*, *62*(3), 228–240.
- Okanda, M., Taniguchi, K., Wang, Y., & Itakura, S. (2021). Preschoolers' and adults' animism tendencies toward a humanoid robot. *Computers in Human Behavior*, *118*, 106688.
- Pauen, S. (2002). Evidence for knowledge-based category discrimination in infancy. *Child Development*, *73*(4), 1016–1033.
- Peterson, M. F., & Eckstein, M. P. (2013). Individual Differences in Eye Movements During Face Identification Reflect Observer-Specific Optimal Points of Fixation. *Psychological Science*, *24*(7), 1216–1225.
- Phillips, E., Zhao, X., Ullman, D., & Malle, B. F. (2018, February). What is human-like? decomposing robots' human-like appearance using the anthropomorphic robot (abot) database. In Proceedings of the 2018 ACM/IEEE international conference on human-robot interaction (pp. 105–113).
- Riddoch, M. J., Humphreys, G. W., Akhtar, N., Allen, H., Bracewell, R. M., & Schofield, A. J. (2008). A tale of two agnosias: Distinctions between form and integrative agnosia. *Cognitive Neuropsychology*, *25*(1), 56–92.
- Stacey, P. C., Walker, S., & Underwood, J. D. M. (2005). Face processing and familiarity: Evidence from eye-movement data. *British Journal of Psychology*, *96*(4), 407–422.

謝 辞

ご協力いただきました保護者および参加児の皆様に心より御礼申し上げます。また、本研究は文部科学省特色ある共同研究拠点の整備の推進事業 JPMXP0619217850（同志社大学赤ちゃん学研究センター）の支援のもと実施されました。本研究を助成いただきました公益財団法人発達科学研究教育センターに御礼申し上げます。

