

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 7 月 7 日現在

機関番号：14403

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K04426

研究課題名(和文) 視角が錯視知覚に与える影響の比較認知科学的分析

研究課題名(英文) Comparative cognitive analysis of the effect of visual angle on illusory perception

研究代表者

渡邊 創太 (WATANABE, Sota)

大阪教育大学・教育学部・講師

研究者番号：80738386

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、視角が錯視知覚に与える影響を3種で分析した。デルブーフ錯視(同心円錯視)知覚傾向を調べる行動実験から、デルブーフ錯視知覚をヒト以外の動物を対象に研究するにあたり、同時対呈示による弁別課題は不適であることが示唆された。また、セキセイインコとハトは、ヒトと異なりデルブーフ錯視図形観察時、概ね一貫して内側刺激を過大視する錯視傾向が見られた。ヒトもまた大視角では典型的なデルブーフ錯視知覚傾向と部分的に異なる錯視傾向が見られた。本研究では、視角が一部錯視知覚の強さに影響を与えたが、錯視傾向の反転など錯視傾向自体に対する影響は見られなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

錯視知覚は、視覚システムの特性を解明する上で意義深いとして長年研究が行われてきた。近年はヒト以外の種へと対象を拡張することによる視覚システムの比較認知科学的分析が盛んに行われているが、錯視図形の観察距離が研究によって大きく異なるにも関わらず、観察距離が錯視に与える影響にはヒトを含めほとんど分析がされていない。本研究では特にデルブーフ錯視図形を分析したが、本研究結果は、デルブーフ錯視に限らず錯視知覚は視角の影響を受け得ることを示唆するものであり、種間錯視研究を進める上で重要な観点を指摘するものである。

研究成果の概要(英文)：We analyzed the effect of visual angle on optical illusion in three species. A behavioral experiment to investigate the Delboeuf illusion suggests that it is inappropriate to study the Delboeuf illusion in animals by using the forced two-choice task presenting stimuli simultaneously. When observing the Delboeuf illusion, budgerigars and pigeons showed almost consistent tendencies to overestimate the inner stimulus, unlike humans. In a large visual angle, human participants also showed partially different tendencies from typical Delboeuf illusion in humans. In the present study, the viewing angle partially affected the magnitude of the illusion, but no significant effect, such as reversal of the illusion tendency, was observed.

研究分野：比較認知科学

キーワード：視角 錯視 セキセイインコ 対呈示課題

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

錯視知覚は、視覚システムの特性を解明する上で意義深いとして長年研究が行われてきた。近年はヒト以外の種へと対象を拡張することによる視覚システムの比較認知的科学的分析が盛んに行われているが、研究によって動物種・実験手続きの両方が異なるため、昨今の種比較錯視研究において議論は混迷の様相を呈し始めている。本研究代表者は、これら互いに矛盾する研究の実験手続きを詳細に吟味することで、視角 (visual angle) が錯視知覚に影響を与える可能性に気づいた。本研究代表者は、トリ・ヒトともに、少なくとも一部の錯視図形においては視角が錯視量のみならず錯視方向自体にも影響を与えると考えた。一方で、どの錯視図形において視角の効果が見られるかは、種によって異なる可能性もあり、それこそが種の体構造 (眼球位置、周辺視野角等)・視角システムの種差をダイレクトに示す可能性もある。

### 2. 研究の目的

セキセイインコ・ハト・ヒトの3種を対象に、同一刺激をほぼ同一視角にて呈示し、ほぼ同一の訓練手続きによって3種間でのデルブーフ錯視知覚傾向、ティルト錯視知覚傾向とをそれぞれ直接比較分析する。特に、視角は大条件 (近距離観察条件)・小条件 (遠距離観察条件) の2条件間でのデータ比較を行う。以上の方法により、これら3種の錯視知覚の背景にある視覚システムを比較検討することを目的とした。

デルブーフ錯視では、中心円と周囲円との大きさの比率を操作することでヒトでは過大知覚・過小知覚の両方が見られるが、本研究代表者らが提唱する同化対比仮説では、前者を同化効果、後者を対比効果で説明する。デルブーフ錯視図形は、これら両効果と視角との関係を体系的に検証する上で好材料である。

錯視知覚の背景にある視覚システムを検討する上で、「近接か遠隔か」という重要な要因があるが、ティルト錯視を構成する2本の線分が互いに近接しているため、中心円と周囲円との大きさの比率が大きいデルブーフ錯視とティルト錯視との結果を比較検討する上で好適であるため、ティルト錯視を選出した。

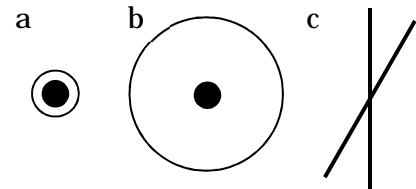


図1: デルブーフ錯視図形(a,b)とティルト錯視図形(c)の例

### 3. 研究の方法

#### (1) 視距離操作装置の作製

まず視距離の操作・統制が可能な実験装置を作製した。研究代表者が設計図を作製し、業者に製作を依頼した。装置は、通常の汎用オペラントボックスと前面・右面・下面の3面から成る距離操作ボードから成り、オペラントボックスを距離操作ボードの上に乗せ、ボックス右面外側とボード右面内側とを密着させた状態でボックスをボード上前後の任意の位置に設置することで視距離を操作できるという簡易な作りである(図2)。なお、ボックス前面およびボード前面はいずれも一定の大きさの窓が切り抜かれており、これらの窓の奥(前方)にディスプレイモニタが設置され視覚刺激が呈示される。また、ボックス前面の窓にはタッチセンサを設置し、被験体によるつつき行動が計測する。研究代表者らによる従来型の実験を行う際には、ボックス前面・タッチセンサ・ディスプレイモニタが互いに密接した状態での刺激呈示となるため、視距離は極めて短く、視角は極めて大きいのに対し、タッチセンサとディスプレイモニタの間にボード前面が挿入され、かつタッチセンサからボード前面までの距離を操作することで、実験視距離・視角をある程度操作しながら研究代表者らによる従来型の実験および従来との直接比較が可能となった。

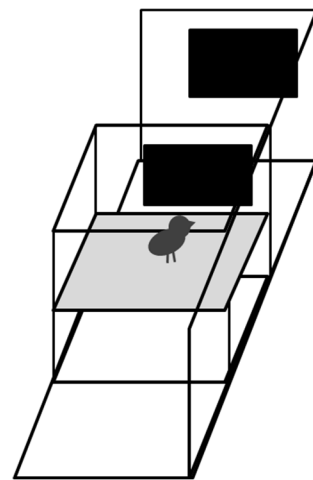


図2: 視距離操作装置概略図。黒色箇所は開放(くり抜き)部。セキセイインコの身長に合わせボックス床がやや高い位置(灰色部)にある。

#### (2) 実験1: セキセイインコ・ヒトにおけるデルブーフ錯視知覚実験(近距離)

まず、近距離からの観察時のデルブーフ錯視知覚傾向を、セキセイインコ・ヒトでそれぞれ調べた。セキセイインコは以下の ~ の手順で訓練をおこなった。

##### Training Phase1 目標刺激弁別訓練

赤色正方形刺激を目標刺激とし、画面中央付近に2つの赤色正方形刺激を同時対呈示し、大きい方(or 小さい方、個体間カウンターバランス)を選択しつつくことで正解とし一定確率で餌を呈示した。不正解の場合はタイムアウトを与えた。2つの正方形の大きさの差は、大きい(易しい)ペア・中程度のペア・小さい(難しい)ペアの3条件があった。各被験体が十分に高い正答率になったら次のPhaseに移行した。

##### Training Phase2 枠内目標刺激弁別訓練

課題はPhase1と同じであるが、左右いずれか一方の目標刺激の周囲同心円状の位置に、緑色

の正方形枠を呈示した。何らかの錯視が生じても訓練やこの後のテストに支障が無いよう、目標刺激の大きさの差は極めて大きい(易しい)ペアを用いた。また枠はセッションごとに段階的に明るく呈示した。枠の大きさは試行ごとに擬似ランダムに変動したが、いずれも続く Test Phaseでの枠サイズと同じものであった。

#### Test Phase

これまでの Phase と同様の課題による Baseline 試行と、全強化プロープによる Test 試行にて構成された。Baseline 試行では、Training Phase1 の最終段階と同様のペア(枠無)あるいは Training Phase2 の最終段階と同様のペア(枠有)が呈示された。Test Phase では、目標刺激の大きさの差が小さいか無いかであり、枠サイズはその枠が囲む目標刺激の 0 倍(枠無)・1.5 倍・4 倍・10 倍のいずれかの大きさであった。

#### ヒト実験

セキセイインコ実験と同じ刺激を用いた。枠は無視して赤色正方形のうち大きい(or 小さい、実験参加者間カウンターバランス)方を選択し、左右それぞれに対応するキーボードのキーを押すことで解答することを求めた。練習問題を実施し課題を正しく理解できていることを確認した後、セキセイインコの Test Phase とほぼ同様の刺激パターンを呈示した。なお、刺激の視角がセキセイインコのそれと揃うよう、視距離および刺激サイズを設定した。

#### 結果と考察

ヒトにおいて、目標刺激を大きいと判断した割合は、1.5 倍枠付着時が最も低く、続いて 4 倍枠、そして 10 倍枠時が最も高かった(図 3a)。この傾向は、典型的観察距離(遠距離)でのヒトのデルブーフ錯視傾向と同様である。典型的デルブーフ錯視図形が同心円から構成されるのに対し本研究では同心正方形を用いたが、この結果から、刺激の妥当性が実証された。

一方、セキセイインコにおいては、既知で易しい baseline 試行においては高い正答率が見られたのに対し、未知で難しい test 試行においては、枠が付着した方の目標刺激をより高い頻度で選択する傾向が見られた。これは実験者が意図しない反応傾向であり、デルブーフ錯視知覚とも無関係のものと考えられる。

#### (3) 実験 2: セキセイインコ・ハト・ヒトにおけるデルブーフ錯視知覚実験(近距離)

##### 方法

実験 1 の反省を踏まえ、刺激単独呈示による目標刺激(赤正方形)の大きさの条件性位置弁別課題に課題を変更して訓練・テストを行なった。用いた刺激や基本的な訓練の進め方は概ね実験 1 と同様であった。

##### 結果

結果は図 4 の通りである。セキセイインコもハトも訓練刺激に対しては実験者の意図どおり極めて正確な反応をし、その反応が維持されていることは新奇刺激である枠無しテスト刺激に対する反応からも伺われる。一方、新奇なテスト刺激に対し、特にセキセイインコで枠サイズに関係なく一貫した過大視傾向が見られ、似た傾向はハトでも見られた。加えて、セキセイインコ・ハトにおいては反応傾向に個体差が見られた。またヒトにおいて典型的には 10 倍枠で見られる目標刺激の過小視は、本研究ヒト実験参加者において十分に見られず、枠無し条件と 10 倍枠条件との間に有意差は見られなかった。その他の傾向は実験 1 (図 3a) と同様であった。

得られた結果をもとに、各実験参加個体(参加者)の主観的等価点を算出し、その値をもとに、目標刺激に対する過大視割合を算出した(図 5)。4 倍枠においてセキセイインコとヒトとに、10 倍枠においてセキセイインコとハト・ヒトとに、それぞれ種差が見られた。

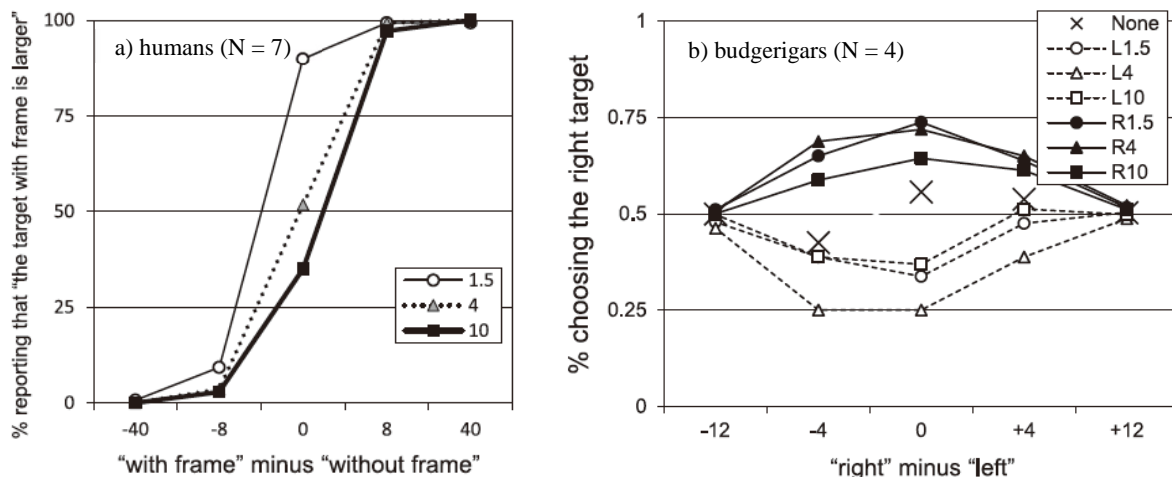
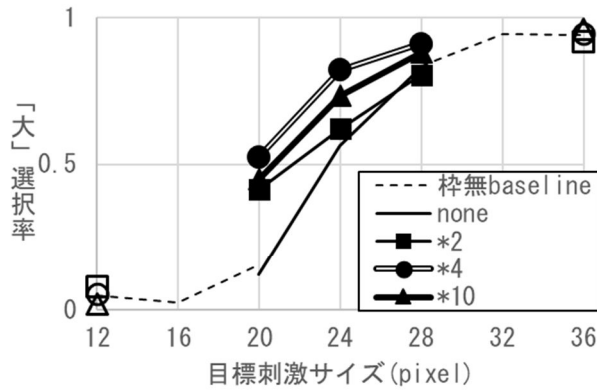
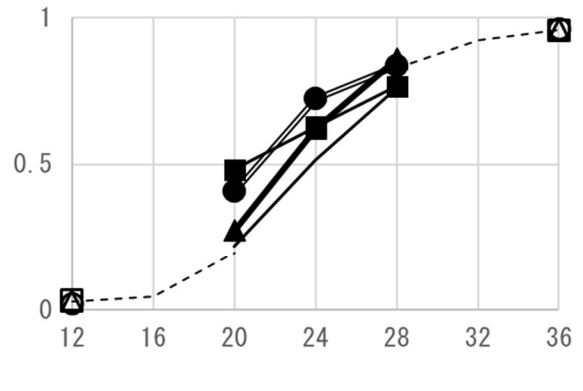


図 3: 実験 1 のヒト(a)とセキセイインコ(b)の結果。a) 横軸は、枠が付着した目標刺激の一边長からもう一方の目標刺激の一边長を引いた値、縦軸は実験実験者が前者を「より大きい」と判断した割合、凡例は枠の付着目標刺激に対する大きさの倍率である。b) 横軸は、右側目標刺激から左側目標刺激の一边長を引いた値、縦軸は実験実験者が右側目標刺激を選択した割合、凡例は枠が付着した目標刺激が左右(LR)いずれであるかと、枠の付着目標刺激に対する大きさの倍率とを記したものである。

a) セキセイインコ (N = 4)



b) ハト (N = 4)



c) ヒト (N = 7)

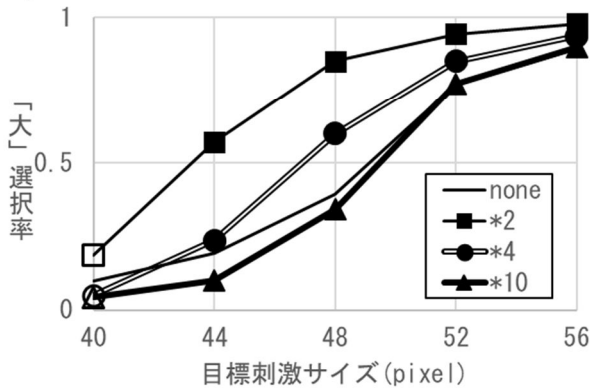


図4: 実験2のセキセイインコ(a)、ハト(b)、ヒト(c)の結果。横軸は、目標刺激(内側正方形)の一辺長であり、縦軸は目標刺激を「大きい」と判断した割合であり、凡例は目標刺激の周囲に呈示された枠刺激(外側正方形)が内側正方形に対し何倍の大きさであったかである。トリ実験では baseline 試行と test 試行があったのに対しヒト実験では test 試行のみであった点、視角を統制するため刺激の絶対サイズが異なる(a, bでは基準となるのは24pixelであったのに対しcでは基準は48pixelであった)点などはa,bとcとで違いがあるが、刺激や基本的な課題等は3種で同じであった。

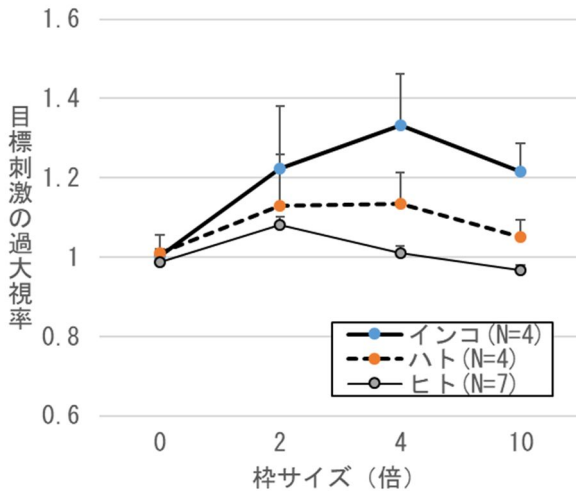


図5: 実験2のセキセイインコ(a)、ハト(b)、ヒト(c)の結果を元に算出した、各種における目標刺激の過大視率。横軸は目標刺激に対する枠の相対サイズである。エラーバーは標準誤差を示す。

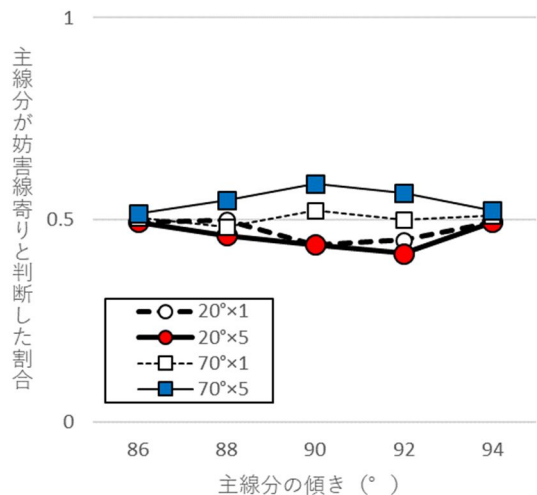


図6: 実験4結果。凡例は、妨害線の主線分に対する傾きおよびその本数を示す。

#### (4) 実験3: セキセイインコにおけるデルブーフ錯視知覚実験(遠距離)

##### 方法

(2)の課題にて高い正答率が確認できた個体に対し、上述の装置を用いることで刺激の視距離を徐々に長くし、最終的に遠距離(約25cm)に刺激を呈示した状態で実験1と同様の訓練・テストを実施した。

##### 結果と進捗

2個体はスムーズにテストまで終わることができた。結果は、視距離がデルブーフ錯視知覚傾

向に若干の影響を与える可能性を示唆するものではあったが、データが十分でないため現時点では結論を出すことはできない。残る3個体は視距離を長くする過程で課題成績の著しい低下が見られ、研究期間までに訓練を終えることができなかった。現在、よりスモールステップを刻んだ訓練段階への変更等、手続きにいくつかの修正を加えた上での訓練を実施している。

#### (5) 実験4：ヒトにおけるティルト錯視知覚実験（近距離）

##### 方法

ヒト実験参加者9名を対象に、画面に呈示される主線分の傾きは右（右肩上がり）か左かの弁別課題を与えた。主線分の傾きは86, 88, 90（垂直）, 92, 94°のいずれかであり、主線分に対し $\pm 20^\circ$ 、 $\pm 70^\circ$ いずれかである妨害線分が1本ないし5本等間隔に付着することがあった。

##### 結果

グラフの見かけ上は、典型的観察距離におけるヒトのティルト錯視と同様の傾向、すなわち、妨害線分が20°の時に鋭角過小傾向が見られた（図6）。また妨害線分が5本のときに限って妨害線分が70°の時に鋭角過大傾向が見られた。しかし、個人差が大きく、検定上での有意差は見られなかった。

## 4. 研究成果

実験1より、デルブーフ錯視の比較研究においては同時対呈示課題が不適であることが示唆された。

実験2より、ヒトにおいて刺激の視角が大きい時には典型的なデルブーフ錯視傾向とは異なり、内側刺激の過小知覚（対比効果によると考えられている）が確認されなかった。このことは、錯視知覚において、視角という要因が少なくとも錯視量には影響を与えることを示唆する。一方、本研究一連の実験からは、視角が錯視傾向を反転させる（例えば過大視ではなく過小視など）という結果は一切見られなかった。以上と実験2の結果から、セキセイインコおよびハトがデルブーフ錯視図形に対しヒトと異なる錯視知覚を示すことが示唆される。これら2種は、ヒトと異なり一貫して過大知覚をする可能性が考えられるが、個体差が大きかったこと、遠距離（小視角）での錯視傾向を未だ十分に調べられていないことから、これら2種における錯視傾向はさらなる分析が必要である。

視角を大きく操作することによる奇妙な錯視傾向は、実験2のセキセイインコ・ハトのみならず実験4のヒトでも見られた。いずれも、個体差（個人差）が大きかったことである。これは視角に起因する現象であるか、実験方法に何か問題があるに過ぎないのかは、今後さらなる分析を重ねて解明する必要がある。

本研究においてはデルブーフ錯視・ティルト錯視のみを研究対象としたが、特にデルブーフ錯視はヒトおよびヒト以外の動物における錯視知覚全般、そしてそれら知覚を司る視覚システムの解明の一助となる重要な図形である。デルブーフ錯視の種比較研究は、他の錯視図形と比べて方法を考案するのが難しいが、本研究によって、有効な分析方法の一つを提案できたのではないかと考える。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Watanabe, S., Hase, Y., Nakamura, N.	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Do Budgerigars ( <i>Melopsittacus undulatus</i> ) Perceive the Delboeuf Illusion? A Preliminary Study with a Simultaneous Discrimination Task.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Psychologia	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 中村哲之	4. 巻 25
2. 論文標題 ハトにおける運動情報処理の研究と展望	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 東洋学園大学紀要	6. 最初と最後の頁 1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 中村哲之・藤田和生(著, 編集)・日本動物心理学会(監修)	4. 巻 35
2. 論文標題 動物たちは何を考えている? 動物心理学の挑戦	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 基礎心理学研究	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 中村哲之	4. 巻 35
2. 論文標題 “違う” 見えから見える世界 比較錯視研究の意義 (Visual world revealed by “ different ” perception: The importance of comparative research on visual illusions)	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 The Japanese Journal of Psychonomic Science	6. 最初と最後の頁 36-42
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 中村哲之	4. 巻 48
2. 論文標題 認定心理士資格の取得とその現状 全国のデータと東学のデータの比較	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 学校法人東洋学園大学発行「研究室だより」	6. 最初と最後の頁 42-47
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 渡邊創太・中村哲之・藤田和生
2. 発表標題 セキセイインコ・ハトにおけるデルブーフ錯視知覚
3. 学会等名 行動2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Watanabe, S., Yamada, M., Hase, Y., Fujita, K., Ishida, M
2. 発表標題 Can multiple-item array task test same / different concept in budgerigars ( <i>Melopsittacus undulatus</i> ) and pigeons ( <i>Columba livia</i> )?
3. 学会等名 The 76th Annual Meeting of the Japanese Society for Animal Psychology
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Watanabe, S., Yamada, M., Hase, Y., Ishida, M., & Fujita, K.
2. 発表標題 Entropy detection?: Same-different discrimination training using multiple-item array task in budgerigars ( <i>Melopsittacus undulatus</i> ).
3. 学会等名 Combined Meeting of the International Society for Comparative Psychology and The Australian Learning Group (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Okouchi, H., Nakamura, S., & Watanabe, S.
2. 発表標題 Stimulus generalization of behavioral history in pigeons.
3. 学会等名 The 31st International Congress of Psychology (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Watanabe, S., Yamada, M., Hase, Y., Fujita, K., & Ishida, M.
2. 発表標題 Discriminative response to multiple-item array task in budgerigar and pigeons.
3. 学会等名 The 31st International Congress of Psychology (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 中村哲之・渡辺創太・藤田和生
2. 発表標題 ニワトリにおけるエビングハウス逆錯視
3. 学会等名 日本基礎心理学会第35回大会サテライトオーラルセッション
4. 発表年 2016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
研究 分担者	中村 哲之  (NAKAMURA Noriyuki)  (10623465)	東洋学園大学・人間科学部・准教授    (32520)	