リスザル (*Saimiri sciureus*) とヒトの顔弁別における 手がかり情報の検討^{1 2}

立教大学 中田龍三郎・長田佳久^{3 4}

Information regarding discrimination of individual faces
by squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*) and humans

RYUZABURO NAKATA and YOSHIHISA OSADA
Rikkyo university

Abstract We investigated how squirrel monkeys and humans employ various facial cues to discriminate individual faces of their own and other species. After squirrel monkeys were trained to discriminate two individual faces, they were tested with a variety of modified stimuli. The test stimuli used in experiment 1 preserved specific facial features used in training and the test stimuli in experiment 2 were faces that included facial features not used in training and those used as test stimuli in experiment 1. We compared the results to those obtained in humans (experiment 3). We found that the eyes played a significant role as cues for discrimination of individual faces. Furthermore, unlike the human subjects, monkeys used the outer facial boundary of their own species as a cue for discrimination. We suggest that squirrel monkeys may use their faces for discrimination of individuals and that the information of faces for discrimination of their own species may differ from those of other species.

Key words : Face, squirrel monkey, individual discrimination, non-human primates

ヒトの顔認知は、部分情報（眼、鼻、口などの各パーツの情報）だけでなく布置情報（各パーツの構成情報）を併せて用いることが特徴である。ヒト以

外の霊長類、特に視覚が発達している真猿類でも顔が種や個体の認知に重要な役割を果たしていると考えられ、ヒトと同様の顔処理が予測されている。これまで霊長類を対象とした顔認知の研究はチンパンジー (*Pan troglodytes*) などの大型類人猿 (Parr, Winslow & Hopkins 1999, Tomonaga 1999 など) もしくはアカゲザル (*Macaca mulatta*) などの旧世界ザル (Parr, Dove & Hopkins 1998, Wright & Roberts 1996 など) を被験体としたものが中心であった。例えば Parr et al. (1998) はチンパンジーを被験体とし遅延見本合わせ課題を用いて顔の倒立効果を検討した。倒立効果とは顔が倒立された状態で提示されると、物理的には同一の刺激であるにも関わらず弁別が著しく困難になる現象のことであり、これまでヒトの研究では顔の倒立効果を用いて布置情報認知が詳細に検討されてきた

1. 本研究は文部科学省オープン・リサーチ・センター整備事業（平成17年度～21年度）の助成を受けた。
2. 本稿で紹介した実験の実施および論文作成にあたり、長坂泰勇氏（独立行政法人理化学研究所）、本間元康氏（立教大学）に大変貴重なご助言をいただきました。ここに記して感謝の意を表します。
3. Department of psychology, Faculty of Contemporary Psychology, Rikkyo University, 1-2-26 Kitano, Niiza-shi, Saitama 352-8558
4. Rikkyo Amusement Research Centre, 1-2-26 Kitano, Niiza-shi, Saitama 352-8558

Published online in J-STAGE: October 3, 2008
doi: 10.2502/janip.58.2.2

(Yin 1969など)。この研究では刺激としてチンパンジー、オマキザル (*Cebus apella*)、ヒトの顔画像および自動車の画像を用い、チンパンジーとヒトの顔画像で倒立効果が見られ、特に視覚経験の豊富なチンパンジーの顔画像、つまり自種の顔でその効果は最も強くなった。総じてチンパンジーや旧世界ザルにはヒトと同傾向の倒立効果が見られ、顔認知におけるヒトとの類似点が報告されている。

一方で新世界ザルを対象とした研究は、部分・布置情報の利用といった顔情報の処理様式はもとより、その前提にある顔による個体認識の有無においても不明な点が多い。嗅覚や聴覚など視覚以外の感覚が発達しているサルも多く、ヒトと比べて顔の持つ重要性が低いことも考えられる。しかし多くの種でヒトと同様に大規模な社会的集団を形成していることから、ヒトと共通した顔の認知処理を有している可能性も大いに考えられる。

新世界ザルを用いた顔認知研究のうち、最も初期に報告された研究にPhelps and Roberts (1994)がある。この研究ではヒトとリスザル (*Saimiri sciureus*)を対象に、遅延見本合わせ課題を用いて、ヒトと各種霊長類の顔画像を刺激として倒立効果を検討した。その結果、ヒトはすべての顔刺激条件に倒立効果を示した。一方リスザルは、ヒトの顔画像では倒立効果を示したが、ヒト以外の霊長類の顔画像では倒立効果を示さなかった。リスザルが自種であるリスザルの顔画像でなく他種であるヒトの顔画像に倒立効果を示した結果から、リスザルにおける倒立効果は視覚経験等に依らず、刺激に依存して生じる現象であると報告された。しかしこの結果はこれまでヒトの研究で明らかになった、視覚経験により布置処理が向上するという結果(例えばDiamond & Carey 1986やGauthier & Tarr 1997など)と相反するものであり、また使用した刺激が自種の顔と他種の顔という分類でなく、ヒトとヒト以外の霊長類という分類であった。例えばヒト以外の霊長類の顔刺激には類人猿から原猿類まで広範なサルの画像が含まれており、ヒトの顔画像に比べて各画像間の類似性が大きく異なっている。Phelpsらの研究は各画像カテゴリー間で等しく倒立効果を検討しているとは言い難いだろう。

Weiss, Kralik and Hauser (2001)は新世界ザルのワタボウシタマリン (*Saguinus oedipus*)を被験体として実験を行った。ヒトの顔、輪郭部分は同じであるが眼、鼻、口などの内部情報を無秩序に変化させたスクランブル顔の弁別を訓練した後、テスト刺激として様々な新奇顔刺激を提示し、「ヒトの顔」という認識が維持されるか検討した。その結果、毛髪や顎など顔の輪郭に相当する部分、つまり

外部の特徴変化が、訓練で形成した「ヒトの顔」への認識を最も損なわせるものであった。さらに布置情報の分析では、1頭は部分特徴(右眼)で弁別したのに対し、他の1頭は両眼と口の布置関係で弁別していた。正立、倒立の新奇刺激を用いて般化テストを行うと、被験体は刺激が倒立であっても速やかに般化した。つまり、ワタボウシタマリンが顔を観察する際に、顔の倒立効果は生じないが、部分的な特徴だけでなく布置的な要素も認知可能であった。彼らはヒトと新世界ザルの顔処理メカニズムは、共通性のない、種に独特のメカニズムであると推測している。この研究は新世界ザルに布置情報を利用する下地が存在することを示したが、一方でその布置情報がヒトと類似したものであるのか、また顔の布置情報が重要な役割を有しているのかについては明らかではない。

Neiworth, Hassett and Sylvester (2007)はヒトとワタボウシタマリンを被験体として、視覚的一対比較 (visual paired comparison ; VPC) 課題で実験を行った。自種(ヒトまたはワタボウシタマリン)・他種(チンパンジー)および一般的なオブジェクトの画像(例えば製氷器やマグカップ)を刺激カテゴリーとした。最初に1枚の画像を注視させ、後に全く同じ画像と別の画像(刺激の傾き、個体、カテゴリーが変化)を両方とも正立、もしくは倒立で再提示し、注視時間を測定した結果、ヒト、タマリン共に正立提示では他種の個体の同定に比べて、自種の個体の同定で注視時間が増加した。しかしながら倒立提示ではこの傾向は見られなかった。さらにタマリンに自種の顔刺激を提示した場合、刺激の傾き条件(同じ個体であるが提示角度が若干異なる刺激を提示)で正立提示の注視時間が倒立提示よりも長かった。つまり、タマリンの顔でもヒトの顔と同様の倒立効果があること、タマリンの顔にはヒトの顔に見られない顔の傾きに対する倒立効果もあることが明らかとなった。彼らはタマリンもヒトと同様に顔の個体同定で布置的処理を行っており、さらにタマリンの環境では顔の傾きは重要な意味を持ち、そのためにヒトにはない顔の傾きに関係する布置的処理を発達させたのではないかと考察している。

以上の研究は、新世界ザルにおいて、他のオブジェクト認知処理と異なる、顔に特異的とされる処理の存在を示唆しているが、自種の顔よりも他種の顔の検出が容易であり(Phelps & Roberts 1994)、顔の傾きの検出においてのみ自種の顔に優位性が見られる(Neiworth et al. 2007)など、いずれの研究でもヒトの研究で得られた布置情報処理とは必ずしも同一の結果ではない。さらに、大半の研究は倒立効果を用いて布置情報に焦点をあてて新世界ザルの

顔認知を検討しており、部分情報まで含めた包括的な検討はしていない。布置情報は顔認知における重要な要素であるが、布置情報だけでヒトは顔認知を行っているわけではない。例えば Martin-Malivel, Mangini, Fagot, and Biederman (2006) ではヒトと旧世界ザルであるギニアヒト (*Papio papio*) を対象とし、classification-image technique (Ahumada 1996) を用いて、種の識別の際に用いられる顔情報を兩種で検討し、眼や鼻といった部分が手掛かりとなることを示し、顔の各パーツによって顔認知への有効性に差異があることを示唆している。また部分情報にも自種間の顔識別と他種間の顔識別では処理の違いがあることが考えられるだろう。ヒトや類人猿では他種の顔よりも自種の顔の識別が明らかに容易である自種顔優位性が示されている (例えば、松沢 1991, 中田・長田 2005 など)。しかし新世界ザルの顔識別における部分情報利用について、特に種間による情報利用の違いについては未だ明確になっていない。自種顔優位性等、特定の情報の認知に種による違いがあることは、生物が自種と他種を明確に区別していることを意味している。したがって自種と他種の顔における認知の違いを検討することによって、これまでヒトの顔研究で得られた、自種の顔は単なる身体の一部としての存在だけでなく、社会的コミュニケーション機能の根幹を成しているという知見が新世界ザルでも共有されているのか明らかにすることができる。言い換えると、顔というほぼすべての生物が有している「個人的パーツ」が進化の過程でいかにして社会性と密接に関連する「社会的パーツ」となったのかを知るための重要な示唆が本研究から得られると考える。

以上の問題をふまえ、実験1ではリスザルを対象にして、自種および他種の顔を用いて顔弁別を訓練した後に、トレーニングで用いた顔の一部分のみを提示するテスト刺激を用いてトレーニングの際に顔のどの部分を手掛かりとしていたか分析した。実験2では、合成顔刺激を用いて実験1と同様に顔のどの部分を手掛かりとしていたか検討した。さらに実験3ではヒトを対象として同条件で実験を行い、リスザルとヒトの結果を比較した。

実験 1

方法

被験体

野生由来のオスのコモンリスザル (*Saimiri sciureus sciureus*) 2頭 (Gokuh, Jojo) を用いた。実験開始時点で飼育開始から Gokuh が11年 (推定年齢13歳)、Jojo が3年 (推定年齢6歳) 経過して

いた。飼育室内は、常に室温22~24℃、湿度60~70%に保たれ、日照時間に合わせて室内の照明時間がコントロールされていた。両個体とも実験期間中は個別飼育されており、実験期間中、水は自動給水で自由に摂取することができ、餌は1日の実験終了後、ビスケット状の固形飼料と果実、野菜、ニボシ等を与えた。体重の統制は行なわなかった。以上に示した被験体の飼育環境や、以下に説明する本研究の実験方法は、日本動物心理学会「動物実験の指針」および立教大学現代心理学部「動物実験指針」に基づいており、立教大学現代心理学部動物実験委員会の許可を受けている。

装置

約30cm立方のオペラント箱を使用した。箱の側面に15×14cmの窓を開け、その窓に合わせて反応装置として赤外線式タッチパネル (Carrol Touch 社製 Uni Touch) を取り付け、さらに13インチCRTディスプレイ (Apple 社製 13inch Color Display) を設置した。刺激提示、反応時間の測定、強化子の提示等をコンピュータによって制御した (Apple 社製 Macintosh Power Mac G4 400MHz)。実験を制御するプログラムは Vision Shell ライブラリー (<http://www.visionshell.com/>) を用いたC言語によって記述した。強化子として5mm角のリング片とピーナッツ片を用いた。

刺激

訓練刺激 訓練試行では、被験体にとって未知のリスザル顔画像を4個体分各1枚ずつ、未知のヒト

Figure 1. The examples of stimuli used in the training phase of experiments 1, 2, and 3.

顔画像を同様に4人分各1枚ずつ、計8枚を使用した。各画像は実験者が撮影した動画画像から静止画キャプチャーしたものを画像編集ソフト(Adobe Systems社製 Photoshop 5.0)を用いて編集し作成した。すべての画像は正面顔であり、256階調のグレースケール画像で、顔の外部的な特徴(髪や輪郭など)を可能な限り省いた。またそれぞれの種の画像内で大きな輝度差がないように調整した(Figure 1)。各刺激は大きさ100×100pixelsで提示した。実際の画面上の大きさは約3.5×3.5cmであった。

テスト刺激 テスト試行では、上記訓練刺激に加え、テスト刺激として訓練試行で使用した画像の特

定の部分のみを提示し、それ以外の部分をマスクした刺激を作成した。テスト刺激は5種類作成した。すなわち、眼と鼻・口にあたる部分を示した画像、眼にあたる部分のみを示した画像、鼻・口にあたる部分を示した画像、片眼のみを示した画像、眼と鼻・口にあたる部分を除いた顔の周辺部分を示した画像であった(Figure 2)。各条件につき8枚、合計40枚のテスト刺激を使用した。

手続き

訓練セッション 訓練は弁別課題を用いた。4秒間の試行間隔の後、画面中央に円形(直径100 pixels)の白色のセルフスタートキーを提示した。サルがキーに触れると、キーは消失し、画面の左右に顔画像が提示された。1セッションに提示される刺激は条件に沿った2枚のみであり、リスザルの顔画像弁別条件では左右に別個体のリスザルの顔を、ヒトの顔画像弁別条件では同様にヒトの顔を提示した。刺激は各条件とも正答刺激(S+)と誤答刺激(S-)のペアで提示し、正誤が逆転することはない。個体間で提示条件に違いはなく、正答刺激(S+)となる刺激は共に共通していた。左右の提示位置はランダムにした。サルが正答の刺激に触れるとホロホロ音と共にエサによる強化を与え、誤答の刺激に触れるとブザー音と共に20秒のタイムアウトを挿入した。1セッションは48試行から成り、3セッション連続で正答率80%以上を訓練完成基準とした。基準達成後、テストセッションに移行し、テストセッション終了後、新奇刺激を用いて再度訓練セッションを開始した。

被験体のうち1頭には、リスザルの顔画像弁別訓練試行、ヒトの顔画像弁別訓練試行、新奇な顔画像を使用したリスザルの顔画像弁別訓練試行、新奇な顔画像を使用したヒトの顔画像弁別訓練試行の順番で行った。もう1頭にはヒトの顔・リスザルの顔について逆の順序で訓練した。

テストセッション 各テストセッションはベースライン試行とテスト試行で構成された。ベースライン試行は1セッション中48試行であり、訓練セッションと同様の刺激を用いた。テスト試行は1セッション中5試行であり、ベースライン試行で用いた画像を編集したテスト刺激を提示した。ベースライン試行とテスト試行は、セッション内でランダムな順番になるように構成し、計53試行となった。テスト刺激は訓練した顔画像の特定の部分のみが提示されるように作成し、テスト刺激に対する反応は強化せず(全消去)、反応後、試行間隔に移行した。テストセッションは40セッション繰り返した。

Figure 2. The examples of test stimuli used in experiment 1. A: all inner features. B: the eyes. C: the mouth and the nose. D: one eye. E: the outer facial boundary (created after all the inner features were removed from faces used in the training stimuli).

結果

訓練セッションにおいて自種であるリスザルの顔刺激の弁別は平均48セッション、他種であるヒトの顔刺激弁別は平均82セッションで訓練完成基準に達した。Figure 3にテスト試行の結果を示す。チャンスレベルは50%であった。両眼を含んだ刺激を提示した場合、リスザルの顔刺激・ヒトの顔刺激共に、顔全体を提示した場合と同様にチャンスレベル以上の割合で訓練セッションと同じ刺激を選択した（二項検定 $p < .05$ ）。一方で鼻と口のみを刺激を提示した場合、選択率はチャンスレベルになった。片眼のみを提示した場合も同様であった。またリスザル顔刺激において眼・鼻や口など顔の特徴を構成する部分を含まない刺激を提示した場合、選択率は顔全体を提示した場合と同様にチャンスレベル以上となったが、ヒト顔刺激ではチャンスレベルであった（二項検定 $p < .05$ ）。被験体のうち1頭（Jojo）はリスザルの顔刺激において両眼が含まれた刺激を提示した場合も選択率はチャンスレベルとなった。

考察

訓練セッションにおいて、ヒト顔刺激の弁別はリ

スザル顔刺激の弁別と比べて平均で34セッション多く訓練する必要があった。これはリスザル顔刺激の弁別はヒト顔刺激の弁別と比べて約60%のセッション数で訓練が完成したことを示しており、自種顔刺激の弁別の容易さを示唆するものかもしれない。ただし、個体数が2と少ないため、統計的に有意な差は認められなかった（対応のある t 検定, $t(1)=5.59$, ns）。

テスト試行の結果、ヒト顔刺激のうち両眼を提示したテスト刺激（眼と鼻・口にあたる部分を示した刺激及び眼に当たる部分のみを示した刺激）で、2頭ともにチャンスレベルを超える成績を示した。リスザル顔刺激では2頭中1頭がチャンスレベルを超え、個体顔弁別では両眼の情報が自種だけでなく他種であるヒトの顔弁別でも手がかりとなり得ることを示した。2頭のサルに共通した条件の元で顔刺激を提示し、リスザル顔のペア、ヒト顔のペア共に2ペアを提示したが、2頭の反応傾向はほぼ一致していた。両眼の情報が手がかりとなることは、ヒトや類人猿で検討された従来の結果と一致した傾向であった（Gothard et al. 2004 ; Keating & Keating 1993）。一方で、片眼のみを示した刺激で

Figure 3. The mean percentage of choices of the positive testing stimuli used in experiment 1. The asterisks represent choices that were significantly above the chance. The dashed line shows the chance (50%). * $p < .05$ (two-tailed binomial test).

は2頭ともチャンスレベルであった。このことからリスザルが顔による個体画像弁別を行う際、片眼ではなく両眼の情報が必要であると推測できる。片眼と両眼ではテスト刺激の大きさが異なるため、単純な刺激の情報量の違いからこの結果が生じたとも考えられるが、両眼を提示することで両眼間の距離といった布置的な情報も利用できるため、その効果が結果に影響を与えた可能性も捨てきれない。

さらに眼、鼻・口など、顔を構成する部分を除いた周辺輪郭部位の刺激に着目すると、ヒトの顔刺激ではチャンスレベルであったが、リスザルの顔刺激では、訓練刺激と同等の選択率であった。つまり自種であるリスザルの顔で、ヒトの顔に存在しないリスザル特有の顔特徴も弁別に利用している可能性がある。ヒトとリスザルの顔の違いを考えると、ヒトの顔は髪や髭を除き、体毛が薄く皮膚が直接露出している。他方、リスザルの顔は体毛に覆われ、特に

眼の外側は特徴的な白い体毛に覆われていることがわかる。つまり日常の個体弁別ではリスザルは体毛の形や色合いを見ることで弁別を行っていると推測できる。

実験 2

顔刺激を弁別する際の手掛かりとして、自種、他種の顔に共通して有効な手がかり（両眼の情報）と、自種の顔にのみ有効な手がかり（顔の周辺輪郭部位）があることが実験1から示唆された。しかし実験1で使用したテスト刺激は訓練刺激の一部分のみを提示した刺激であって、顔そのものを提示した訓練刺激と大きな違いがある。例えば刺激の大きさに関して、リスザルの鼻・口のみを提示したテスト刺激は訓練刺激の約5分の1の大きさである。このようなテスト刺激と訓練刺激の物理特性の違いがリスザル

Figure 4. The examples of test stimuli used in experiment 2. Test stimuli (C) were generated by overlapping particular facial features used in training stimuli (A) and faces that subjects had never seen (B).

の弁別に影響を与え、一部のテスト刺激と訓練刺激を同じ「顔」として認知することが困難になった可能性がある。したがって、より訓練刺激に近い刺激をテスト刺激とすることで、実験1で低選択率となったテスト刺激であっても、識別の手がかりとして利用される可能性がある。加えて実験1で使用した刺激はリスザル顔・ヒト顔共に8枚と少数であり、さらに新奇な顔刺激を用いて検討することが必要となる。そこで実験2では、弁別に必要な特徴を残したうえで、より訓練刺激に近い合成顔刺激をテスト刺激とし、実験1と同様の結果が示されるかを検討した。

方法

被験体

被験体としてコモンリスザル1頭 (Gokuh) を用いた。Jojoは著しい体重の減少が見られたため、動物実験指針に基づき実験を途中で中止した。

刺激

訓練刺激 訓練刺激として、実験1で未使用のリスザルの顔画像とヒトの顔画像を各4個体分、計8枚使用した。刺激の作成方法等は実験1と同じであった。

テスト刺激 テスト刺激の例を Figure 4 に示す。実験1のテスト刺激と同様の方法で作成した刺激、つまり訓練刺激の特定部分 (Figure 4A) をトレーニングで用いなかった顔刺激 (Figure 4B) の上に合成することでテスト刺激 (Figure 4C) を作成した。テスト刺激は4種類作成され、眼と鼻・口にあたる部分が訓練刺激と同様な刺激、両眼に相当する部分が訓練刺激と同様な刺激、鼻・口にあたる部分が訓練刺激と同様な刺激、両眼と鼻・口にあたる部分を除いた顔の周辺部位が訓練刺激と同様な刺激であった。各条件につき8枚、計16枚のテスト刺激を使用した。

装置および手続き

装置および訓練セッション、テストセッションの基本的手続きは実験1と同様であったが、テストセッションは1セッション中48試行がベースライン試行、4試行がテスト試行、計52試行で構成された。

結果

訓練セッションにおいて、自種顔 (リスザル顔) の弁別は平均21セッションで、他種顔 (ヒト顔) の弁別は平均36セッションで基準となる成績に達した。Figure 5 にテストセッションの結果を示す。自種

Figure 5. The mean percentage of choices of the positive test stimuli used in experiment 2. The asterisks represent the choices that were significantly above the chance. * $p < .05$ (two-tailed binomial test).

顔弁別において、顔の周辺部位を訓練刺激と同様にしたテスト刺激に対して、約81%の選択率となり、ベースライン試行と同じくチャンスレベル以上の選択率を示した（二項検定 $p < .05$ ）。一方で他種顔弁別においては、訓練刺激で用いられた両眼部位を合成したテスト刺激に対して、75%の選択率を示した（二項検定 $p < .05$ ）。それ以外のテスト刺激は自種顔、他種顔共にすべてチャンスレベルの選択率であった。

実験1と実験2で共にチャンスレベル以上の選択率になった部位は、自種（リスザル）の顔刺激における顔の周辺部位および、他種（ヒト）の顔刺激における両眼であった。自種の両眼を示したテスト刺激は実験1のみ、2頭中1頭（実験2でも使用したサル）でチャンスレベル以上の選択率になった。それ以外のテスト刺激は実験1、2共にチャンスレベルとなった。

考察

実験2ではテスト刺激として合成顔を用い、実験1で得られた結果との差異を検討した。その結果、リスザルの顔刺激において、両眼のみを訓練刺激と同じものに編集したテスト刺激がチャンスレベルを示したが、それ以外のテスト刺激は実験1と同様の選択率であった。実験2の顔刺激は実験1とは別個体の顔刺激を使用したにも関わらず、リスザルの顔刺激における周辺輪郭部位の情報、ヒトの顔刺激における両眼の情報が両実験で共通して手がかりとして用いられた。このことから、リスザルは別個体の顔にも実験1と共通する特徴を見いだしていたことがわかる。つまり実験1の結果は実験1で用いた刺激のみが有する特徴に起因して生じたのではなく、両実験の訓練刺激、テスト刺激に共通した「顔の特徴」を元に個体弁別した結果であることが強く示唆される。一方でリスザルの顔刺激において両眼のみを訓練刺激と同じものに合成した刺激がチャンスレベルを示したが、この刺激は実験1においてはチャンスレベル以上の選択率を得ていた。この傾向が実験2の刺激にのみ存在する特徴により生じた可能性は否定できない。しかし仮にリスザルにとって実験1と実験2の訓練刺激が共通した「リスザル顔」として弁別されていたとすると、この部位（リスザル顔の両眼）は実験1のように特定部分を提示した刺激においては手がかりとして用いられるものの、合成顔においては手がかりとして用いるのが困難であると推測される。この刺激は両眼部分のみは訓練刺激で用いた部分であり、同時に提示される刺激間で違いがあるが、それ以外の部分には違いが見られないように合成されている。つまりリスザルにとって

周辺輪郭部位に差が無い場合は、たとえ実験1において手がかりとされた両眼に違いがあったとしても、刺激選択が困難になったと考えられる。よってタマリンを用いた先行研究（Weiss et al. 2001）でも指摘されていたように、実験1でリスザルにとって顔弁別の手がかりであった情報のうち、周辺輪郭部位の情報がより強固に支配的に作用すること、複数の弁別手がかりを総合して顔弁別を行っているというよりも、それぞれの手がかり情報が独立して作用している可能性がある。

実験 3

実験1、2から、リスザルが顔刺激を弁別する際に、両眼の情報は提示される顔カテゴリー（種）に関わらず有益な弁別手がかりとなり、自種の顔を弁別するうえで最も有益な情報は自種の顔のみに特徴的な顔の周辺情報であることが示唆された。実験3ではリスザルの結果と比較するため、実験1と同様な手続きと刺激を用いて、ヒト実験参加者において自種、他種の顔弁別について検討した。

方法

実験参加者

矯正視力が正常範囲内である成人日本人男女4名（男性1名）を実験参加者とした。平均年齢は20.2歳であり、実験前1年間にわたり、平均して1週間に2時間ほどリスザルと接触する経験を経ていた。

装置

実験を正確かつ簡便に行うため、刺激提示、反応取得、反応時間測定等をコンピュータ（Apple社製 Macintosh Power book G4 800MHz）によって制御した。実験を制御するプログラムとして実験1で使用したプログラムをもとに、ヒトでの実験に適するように一部を変更したプログラムを使用した。被験者への刺激提示用にディスプレイ（Sony社製 Multiscan 17GS）、を使用した。観察距離を一定に保つ目的でチンレストを使用した。観察距離は57cmであった。反応は被験者の手元に置いたテンキーで報告させた。

刺激

訓練刺激、テスト刺激ともに、実験1と同様の条件で作成した。実験参加者にとって未知のリスザル顔画像を8枚、未知のヒト顔画像を8枚使用した。うち各4枚は実験1と同じ刺激であり、別の4枚は実験2と同じ刺激であった。

手続き

基本的な手続きは実験1と同様であった。ただし実験の難易度を調節するため、1セッション中に4組の顔画像を提示した。1セッションは36試行であり、4組全ての顔画像で正答率が80%を越えることによりテストセッションに移行した。テストセッションでは訓練と同じ刺激を提示したベースライン試行16回と5条件のテスト刺激が8回ずつのテスト試行40回の計56試行から構成され、合計で20セッション行われた。ヒト顔を用いる条件とリスザル顔を用いる条件は個別のセッションで行われ、セッションの順番は実験参加者間でカウンターバランスが取られた。正答となる刺激は実験参加者間で一致していた。

結果

訓練セッションにおいて、実験参加者はヒトの顔の訓練で平均3.5セッション、リスザルの顔の訓練では平均6セッションで達成基準に達した。対応のある t 検定を行ったところ、訓練セッション数に有意差があった ($t=3.22$, $df=3$, $p<.05$)。テスト試行の成績を Figure 6 に示す。リスザル刺激において鼻と口のみ画像、眼・鼻や口など顔の特徴を構成する部分を含まない刺激はチャンスレベルの成績となった。またヒトの顔刺激において眼・鼻や口

など顔の特徴を構成する部分を含まない刺激はチャンスレベルと変わらない成績であったが、それ以外の刺激ではチャンスレベルより有意に弁別可能であることが示された (二項検定 $p<.05$)。

考察

一連の結果から、ヒトは顔を学習する際に自種であるヒト顔の学習が速やかであることがわかる。つまり、本研究においても先行研究(中田・長田 2005)で示された自種顔の優位効果が確認されたといえる。さらにテスト刺激ではヒトの顔、リスザルの顔共に、眼が最も重要な手掛かりであり、片眼のみの提示であっても両眼を提示した刺激と同等の選択率になることが示された。またヒトの顔刺激においては鼻や口のみ刺激においても眼と同様に高い選択率となった。一方でリスザルの顔に関しては鼻や口のみ刺激はチャンスレベルとなった。これは眼がヒトにとっては種を超えて顔の特徴として重要な部分であるとともに、鼻や口といった部分はヒトの顔に限定的に効果を持つ部分であることを示唆している。加えて、両種の顔で周辺輪郭部位を提示した刺激がチャンスレベルの選択率となった。この部位はリスザルが自種の顔刺激を弁別する際に最も手がかりとしている部分であり、リスザルの顔では特徴的な白い体毛から、物理特性の違いが比較的大きい部分と

Figure 6. The mean percentage of choices of the positive test stimuli used in experiment 3. The asterisks represent the choices that were significantly above the chance. * $p<.05$ (two-tailed binomial test).

も考えられる。しかしヒト実験参加者においては有効な手がかりとならず、ヒトがリスザルの顔を弁別する際には、両眼の情報以外の部分情報の弁別は困難であることが示された。

総 合 考 察

本研究はヒトとリスザルを対象に、ヒト顔とリスザル顔の個体顔弁別の際に顔のどの部分を顔弁別の手がかりとしているかを検討した。結果をまとめると、ヒトとリスザルの両方の顔で両眼が弁別の手がかりとなり、特にヒトの顔を弁別する際には最も有効な手がかりとなることが共通していた。さらに、自種の顔において眼以外に手がかりとする部分が存在することも共通していたが、ヒトでは鼻や口といった顔内部の特徴的な部分が使用されるのに対し、リスザルではその部分が使用されず、周辺輪郭部位の情報を手がかりとしていた。

本研究で用いた他種顔はヒト顔のみであり、より多くの他種顔を用いてさらなる検討は必要であるが、ヒトとリスザルに共通して自種だけでなく他種の顔を弁別する際にも眼を有効な手がかりとしていた。これは少なくとも両種にとって眼が自種の顔の弁別だけに意味をなす手がかりではなく、種を超えたより普遍的な意味を持つ顔部分である可能性を示している。

一方で、両眼以外の手掛かりとなる顔部分にヒトとリスザルで違いが見られた理由としては、両種にとって顔刺激を弁別するために必要とする情報に違いがあったことが考えられる。ヒトは輪郭周辺部位以外の両眼や口といった顔の内部情報を満遍なく全体的に弁別の手がかりとしていた。リスザルは両眼と周辺輪郭部位という限られた部位を手がかりとしていた。本研究ではリスザルにとって両眼のみを提示した刺激と両眼に加えて鼻と口を提示した刺激の間で成績の差は無かった。つまりヒトとは異なり、部分単体としての情報も、両眼との間の布置情報もリスザルにとって個体顔弁別の手がかりとなる情報ではなかったといえる。一方で両眼を提示した刺激と片眼のみの刺激ではリスザルの弁別成績に大きな差異が認められたため、リスザルが両眼の間の距離に由来する布置情報を手がかりの1つとしている可能性はある。顔は数多くのパーツから構成されているが、どの顔パーツ間に付加的な布置情報が生じ、顔弁別に用いられるかはすべての種に共通しているわけではなく、その種が手がかりとするパーツに起因して布置情報が生じると考えられる。

本研究の結果全体を通して、リスザルは自種顔弁別の際に両眼よりも周辺輪郭部位をより有効な手が

かりとしていた。周辺輪郭部位のみの提示であっても顔全体を提示したベースライン試行とほぼ同様の成績を得ているため、他の部分との布置関係が手がかりとなっているのではなく、周辺輪郭部位のみで手がかりとして機能していると推測される。つまりリスザルにおける周辺輪郭部位は顔の内部にあるにも関わらず、ヒトの顔における髪の毛、耳、顎といった外部輪郭部位と同等に部分単体で処理されることが多い部位であり、リスザルは両眼と周辺部位という特定の部分情報を手掛かりにして顔弁別を行っていると考えられる。ただし本研究では顔内部のうち、眼や鼻といった、通常ヒトの顔認知において用いられる顔部分以外の領域を周辺輪郭部位として規定した。そのため周辺輪郭部位のうち最も手掛かりとして重要な部分がどこであるのか、例えば、眼に近い部分であるのか、といった点に関しては、さらなる検討の必要がある。

以上のように、本研究ではリスザルが顔全体を捉えて個体顔弁別を行っているわけではなく、両眼とその周辺を含めた輪郭周辺部位を中心に弁別していることが示された。これまでヒトを対象とした顔研究では顔全体の布置情報の取得が顔認知の特徴であるとされてきた（例えば Valentine 1988など）が、対象をヒトだけでなく動物まで広げると、リスザルとヒトでは顔認知に必要な顔の部分情報が異なるように、布置情報も決してヒトと同様の布置情報利用ではなく、それぞれの種に必要とされる情報に限定されたかたちで特定部分間の布置情報を利用していることが考えられる。

ヒトの場合、顔は年齢、性別、魅力、親和性、感情など、多くの社会コミュニケーション上必要となる社会的情報を包含している（総合的な文献として、竹原・野村 2004や吉川・益谷・中村 1993など）。つまりヒトの特徴である、顔全体の部分情報から成る布置情報の利用は、社会性と密接に関連しており、社会性の進化の過程で顔に社会的情報が集約され、より多くの顔部分が情報としての意味を持つことで生じた可能性がある。リスザルでヒトと同様の社会的情報が顔に含まれていることは未だ明確になっておらず、ヒトほど顔に社会的情報が含まれていないことが推測される。リスザルは基本的に樹上性のサルであり、類人猿などと比べても表情の変化に乏しいとされる（杉山ら 1996）。感情表出に伴う、眼や口などの顔の中心部分全体の微細な変化を捉えるよりも、より大まかな変化であり、距離的な遠近があっても捉えやすい、眼とその周りの体毛の違いなどにより個体顔弁別を行うことが、環境や生態とも合致しているのかもしれない。

本研究では両種で顔弁別の差異が認められたが、

多くの種に共通する顔部分（例えば両眼）が自種顔、他種顔を問わず個体顔弁別の手がかりと成り易いこと、自種の顔ではそれに加えて、その種に特有な最も使いやすい手がかりが利用可能であることは両種に共通した傾向であった。おそらく後者の手がかりが自種顔優位性の一因となっていると考えられるが、今回対象とした動物はリスザルとヒトのみであり、刺激とした顔もリスザルとヒトの顔のみである。それ故、あくまでリスザルとヒトに限った結果である可能性も否定できない。加えて被験体としたリスザルは飼育環境下で日常的にヒトの顔を観察する機会を有しており、実験参加者であったヒトも実験以前にリスザルとの接触経験を有していた。そのため、他種顔における選択が視覚経験に影響を受けていた可能性は捨てきれず、まったく視覚経験のない種の顔では異なる結果となる可能性がある。今後本研究の結果がヒトやリスザルだけでなく他の動物にも見られる普遍的な認知であることを明らかにするためには、視覚経験に対する統制を行い、自種や他種の顔の違いを規定している情報についてより広範な種を対象とし、より広範な種の顔刺激を用いて検討することが必要となろう。

要 約

本研究ではヒト顔とリスザル顔の個体顔弁別の際に顔のどの部分情報を手がかりとするのかをヒトとリスザルで検討した。リスザルを対象にした実験のうち、実験1ではテスト刺激として、訓練で使った刺激のうち特定の部分だけを提示した刺激を、実験2では訓練に使用しなかった刺激と訓練で使った刺激の特定の部分を合成した合成顔を刺激とした。実験3ではヒトを対象に実験1と同様の検討を行った。その結果、自種、他種の両方の顔で眼が手がかりとなっていることが共通していた。さらに、自種の顔において眼以外に手がかりとする部分が存在することも共通していたが、ヒトは鼻や口といった部分を使用するのに対し、リスザルでは眼や鼻といった部分を手がかりとして使用せず、周辺輪郭部位の情報を手がかりとしていた。これは部分情報の利用に関してはヒトと共通する認知と非共通の認知の両方が存在することを示す。おそらくヒトとリスザルにおいて顔の持つ意味が大きく異なっており、今回の結果として示されたものと考えられる。

引 用 文 献

Ahumada, A. J., Jr 1996 Perceptual classification images from vernier acuity masked

- by noise [Abstract], *Perception*, **26**, 18.
- Diamond, R. & Carey, S. 1986 Why face are and are not special: An effect of expertise, *Journal of Experimental Psychology: General*, **115**, 107-117.
- Gauthier, I. & Tarr, M. J. 1997 Becoming a "Greeble" expert: Exploring mechanisms for face recognition, *Vision Research*, **37**, 1673-1682.
- Gothard, K. M., Erickson, C. A. & Amaral, D. G. 2004 How do rhesus monkeys (*Macaca mulatta*) scan faces in a visual paired comparison task? *Animal Cognition*, **7**, 25-36.
- Keating, C. F. & Keating, E. G. 1993 Monkeys and mug shots: Cues used by Rhesus monkeys (*Macaca mulatta*) to recognize a human face, *Journal of Comparative Psychology*, **107**, 131-139.
- Martin-Malivel, J., Mangini, M. C., Fagot, J. & Biederman, I. 2006 Do humans and baboons use the same information when categorizing human and baboon faces? *Psychological Science*, **17**, 599-607.
- 松沢哲郎 1991 チンパンジーから見た世界, 東京大学出版会.
- (Matsuzawa, T. 1991)
- 中田龍三郎・長田佳久 2005 顔による個体認知における種の効果, 立教心理学研究, **57**, 19-24.
- (Nakata, R. & Osada, Y. 2005)
- Neiworth, J. J., Hassett, J. M., & Sylvester, C. J. 2007 Face processing in humans and new world monkeys: the influence of experimental and ecological factors, *Animal Cognition*, **10**, 125-134.
- Parr, L. A., Dove, T., & Hopkins, W. D. 1998 Why faces may be special: evidence of the inversion effect in chimpanzees, *Journal of Cognitive Neuroscience*, **10**, 615-622.
- Parr, L. A., Winslow, J. T., & Hopkins, W. D. 1999 Is the inversion effect in rhesus monkeys face-specific? *Animal Cognition*, **2**, 123-129.
- Phelip, M. T. & Roberts, W. A. 1994 Memory for pictures of upright and inverted primate faces in Humans (*Homo sapiens*), squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*), and pigeons (*Columbia livia*), *Journal of Comparative Psychology*, **108**, 114-125.

- 杉山幸丸・相見満・斉藤千映美・室山泰之・村松秀一・浜井美弥(編) 1996 動物百科 サルの百科, データハウス.
(Sugiyama, Y., Aimi, M., Saito, C., Muroyama, Y., Muramatsu, S., & Hamai, M. 1996)
- 竹原卓真・野村理朗(編著) 2004 「顔」研究の最前線, 北大路書房.
(Takehara, T. & Nomura, M. 2004)
- Tomonaga, M. 1999 Inversion effect in perception of human faces in chimpanzee (*Pan troglodytes*), *Primates*, **40**, 417-438.
- Valentine, T. 1988 Upside-down faces: A review of the effect of inversion upon face recognition, *British Journal of Psychology*, **79**, 471-491.
- Weiss, D. J., Kralik, J. D., & Hauser, M. D. 2001 Face processing in cotton-top tamarins (*Saguinus oedipus*), *Animal Cognition*, **4**, 191-205.
- Wright, A. A. & Roberts, W. A. 1996 Monkey and human face perception: Inversion effect for human faces but not for monkey faces or scenes, *Journal of Cognitive Neuroscience*, **8**, 278-290.
- Yin, R. K. 1969 Looking at upside-down faces, *Journal of Experimental Psychology*, **81**, 141-145.
- 吉川左紀子・益谷真・中村真(編) 1993 顔と心—顔の心理学入門—, サイエンス社.
(Yoshikawa, S., Masutani, M., & Nakamura, M. 1993)
(2008. 1. 17 受稿, 2008. 7. 17 受理)