

論文審査の結果の要旨

論文提出者氏名 齋藤慈子

色覚に関して、哺乳類では2色型色覚(赤緑色盲)が一般的である中で、旧世界霊長類は、赤緑色盲の割合が男性で5~8%程度に上るヒトを除いて、ほぼすべての個体が3色型色覚を有している。これに対して新世界ザルの多くの種では、同種内に色覚の多型が存在する。すなわち、メスのほぼ3分の2は3色型色覚となるが、残りのメスと全てのオスは2色型色覚である。本論文では、このような多型が維持される機構を解明する手がかりの一つとして、新世界ザルのフサオマキザルと、旧世界霊長類のカニクイザル、チンパンジー及びヒトを対象にして、2色型色覚が3色型色覚よりも有利な条件を探索した。その結果、カラーカモフラージュ図形の弁別において、2色型色覚個体の有利さを示すことができ、その生態学的意義について考察した。

先行研究で2色型色覚の有利さを実験的に示した例は、ヒトを対象とした「きめ」の異なる領域の検出課題だけであり、ヒト以外の霊長類を対象とした研究では、直接的な証拠は挙げられていない。本研究は、新世界ザルの1種であるフサオマキザルと、近年遺伝子分析より色盲・色弱の個体が確認された、カニクイザルとチンパンジーを対象に、カラーカモフラージュされた図形の弁別課題を用いて、2色型色覚の有利性を検討した。

色覚タイプは遺伝子型からの特定だけでなく、行動により確認する必要がある。実験1では、遺伝子型判定により色覚タイプを特定された個体のうち、行動による色覚タイプの確認がおこなわれていなかったフサオマキザル(*Cebus apella*:2色型色覚:n=4;3色型色覚:n=2)とチンパンジー(*Pan troglodytes*:異常3色型色覚:n=1;3色型色覚:n=4)について、遺伝子型と表現型の対応を確認する実験を行った。課題は、石原色覚検査票を模して作成した刺激を用いた弁別課題であった。被験体の課題は、緑のドットの中にある、茶色いドットの集まりで構成された丸印のある刺激(S+)と、緑のドットのみ刺激(S-)を弁別することであった。刺激の提示にはWGTA(Wisconsin General Test Apparatus:被験体に実際のオブジェクトを提示し、弁別訓練をおこなう装置)を用いた。刺激は5セット用意され、P100は明るさの違いにより容易にS+とS-を弁別できるものであり、E0は緑と茶がヒト2色型第1異常の混同色である図形であった。これら2つを合成してE50,E25,E12を作成した。被験体はP100、E50で訓練され、その後E0、E25、E12を用いてテストされた。その結果、フサオマキザルとチンパンジーの3色型色覚の個体は、ヒト2色型第1異常にとつての混同色で描かれたE0の刺激を有意に弁別することができたが、フサオマキザルの2色型色覚の個体とチンパンジーの異常3色型の個体は弁別できなかった。したがって、遺伝子型判定の結果と行動による色覚タイプの対応が確認された。

実験2では、カラーカモフラージュ図形の弁別課題により、2色型色覚の有利性を検討した。対象は、実験1により色覚の表現型を確認したフサオマキザル(*Cebus apella*:2色型色覚:n=4;3色型色覚:n=2)と

チンパンジー (*Pan troglodytes*: 異常3色型色覚:n=1; 3色型色覚:n=3)に加え、インドネシア、ボゴール農科大学で飼育されているカニクイザル (*Macaca Fascicularis*: 2色型色覚:n=2; 3色型色覚:n=2)、さらにヒト(石原色覚検査表により正常と判定された成人12名、同検査により2色型色覚あるいは異常3色型と判定された成人12名)であった。被験体および参加者の課題は円(S+)とそれ以外の三角形、ひし形、四角形(S-)を弁別することであった。これらのパターンを形成する要素は線の向きと太さが背景と異なり、「きめ」の違いからパターンが見えるようになっていた。ヒト以外の被験体にはWGTAを用いて、ヒト参加者にはノート型パーソナルコンピュータの液晶画面により刺激が提示された。ヒト以外の被験体ははじめ、緑または赤一色で描かれた容易に弁別できる図形で訓練され、その後ヒト2色型第1異常にとって混同色となる赤と緑によってカラーカモフラージュされた図形を用いてテストされた。テストでは正解数、フサオマキザルとカニクイザルについてはさらに反応時間を記録した。ヒト参加者には緑または赤一色で描かれた図形の提示と、カラーカモフラージュ図形の提示がセッション内でランダムにおこなわれ、反応時間と正解率をコンピュータで記録した。フサオマキザル、カニクイザルの2色型色覚の個体、チンパンジーの異常3色型の個体は、カラーカモフラージュされた図形を用いたテスト試行で、有意に正解することができた。一方3種すべての3色型の個体の正解率は、チャンスレベルと変わらなかった。

反応時間に関しては、各個体でカラーカモフラージュ条件と単色条件で比較をおこなったところ、カニクイザルの3色型の1個体でカモフラージュ条件のほうが単色条件よりも反応時間が長くなったが、それ以外の個体では有意差はみられなかった。一方、ヒトでは正解率において、色覚タイプ、条件による違いはみられなかったのに対し、反応時間を上記2要因で分散分析した結果、色覚タイプの主効果はみられなかったが、条件の主効果と、色覚タイプの交互作用がみられた。そこで単純主効果を調べたところ、正常3色型の参加者でのみ条件による効果がみられた。

これらの結果から、ヒト以外の霊長類3種において、2色型色覚、異常3色型色覚の個体は、3色型色覚の個体が弁別できなかった刺激を弁別でき、ヒト以外の霊長類で初めて2色型色覚の有利性が示された。2色型色覚の有利さが、どのような生態学的条件と関連するかについては、野外調査を含めた今後の研究課題であるが、採食対象や捕食者の発見での有利さが議論された。

以上要約した本論文では、1)ヒト以外の霊長類について遺伝子解析から行動測定まで、色覚に関する統合的な研究が行われたこと、2)独創的な提示刺激を開発し、ヒト以外ではじめて2色型個体の3色型個体に対する知覚の優位性を示すことに成功したこと、3)研究結果について、国際学会のシンポジウムで招待講演を行い、注目を集めたことなどが高く評価された。

したがって、本審査委員会は博士(学術)の学位を授与するにふさわしいものと認定する。