

平成 22 年 5 月 20 日現在

研究種目：基盤研究（A）
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19207018
 研究課題名（和文） 野生新世界ザルをモデルとした霊長類色覚進化の適応的意義の検証
 研究課題名（英文） Testing adaptive significance of primate color vision by behavioral and genetic studies of wild populations of New World monkeys
 研究代表者
 河村 正二（KAWAMURA SHOJI）
 東京大学・大学院新領域創成科学研究科・准教授
 研究者番号：40282727

研究成果の概要（和文）：多型的色覚を有する新世界ザルの野生集団に対して糞 DNA を収集し赤-緑オプシン遺伝子の塩基配列多型性を調査し海外研究協力者とともに行動観察を実施した。結果は意外にも 3 色型色覚個体は果実採食においてさえ 2 色型色覚と採食効率が変わらず、色カモフラージュした昆虫の採食においてはむしろ 2 色型色覚の方が高い採食効率を示した。また、色度及び明度において葉とコントラストの低い果実に対しては、色覚型によらず果実の匂いを嗅いで取捨選択しており、嗅覚が採食行動において重要な役割を果たしていることを明らかにした。一方で塩基配列多型解析から色覚多型が自然選択により維持されていることを証明した。

研究成果の概要（英文）：Color vision is an important characteristic of primates and Neotropical monkeys are highly polymorphic for this trait. We have conducted a field study on spider monkeys (*Ateles geoffroyi*) and capuchin monkeys (*Cebus capucinus*) inhabiting Santa Rosa National Park, Costa Rica. In spider monkeys dichromats were not inferior to trichromats in detecting fruits because the luminance contrast of fruits to background leaves was the main determinant of the fruit detection. Olfactory inspection was also an important determinant for ingestion or rejection of fruits in the spider monkeys. In capuchin monkeys dichromats were more superior in foraging for surface-dwelling insects. On the other hand, the nucleotide sequence of the L-M opsin gene was more polymorphic and positive in Tajima's *D* than the sequences of the neutral references in these monkeys, indicating balancing selection operating on their L-M opsin gene. Taking the results of behavioral and genetic studies together, coexistence of different color vision types in the same population is adaptive.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	13,100,000	3,930,000	17,030,000
2008 年度	11,800,000	3,540,000	15,340,000
2009 年度	11,600,000	3,480,000	15,080,000
総計	36,500,000	10,950,000	47,450,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：人類学・人類学

キーワード：霊長類学、色覚多様性、オプシン、視物質、オマキザル、クモザル

1. 研究開始当初の背景

ヒトは赤・緑・青を光の3原色と呼んで、この3色をベースに世界を見ている3色型色覚であるが、それは最大吸収波長 560 nm の赤オプシン、530 nm の緑オプシン、そして 420 nm の青オプシンを有することによる。色覚は人類学の教科書にもヒトの重要特徴と位置づけられている。しかし、この3色型色覚は人類特有ではなく霊長類の特徴である。この霊長類の特徴の意義付けが揺らいでいる。

色覚とは光波長を弁別する感覚であり、吸収波長の異なる複数種類の視物質を必要とする。視物質とは網膜中の視細胞に産生される光受容分子であり、膜貫通型タンパク質であるオプシンとビタミンAアルデヒドであるレチナルから構成される。脊椎動物の視細胞には桿体と錐体の2種類があるが、色覚に関係するのは錐体である。脊椎動物の錐体特異的オプシンは SWS1 (青-紫外線型)、SWS2 (青型)、RH2 (緑型)、M/LWS (赤-緑型) の4種類である。鳥類や爬虫類が一般にこれら4種類のオプシンによる4色型色覚でありヒトより高度な色覚を有することや、魚類が4種類のオプシンのさらなる遺伝子重複により広い視物質レパートリーを持つこと、また同じ3色型でもハチなどの昆虫の方が視物質の光吸収波長の重なりが少ない分、ヒトより多くの色を見ることができるといった近年の発見は、ヒトが色覚進化の頂点にいないことを明らかにした。それどころか霊長類は、中生代に青型と緑型オプシンを喪失し青-紫外線型と赤-緑型オプシンによる2色型色覚に「退化」した夜行性哺乳類の末裔である。

霊長類が他の哺乳類と違うのは、赤-緑型オプシン (X染色体性) の遺伝子重複 (狹鼻猿類: ヒト、類人猿及び旧世界ザル) あるいは対立遺伝子多型化 (新世界ザル(下図)と一部の原猿類) により、吸収波長の異なる複数種類の赤-緑型オプシンを作り出し、常染色体性で青-紫外線型の青オプシンと併せて3色型という高度な色覚を「再生」できたことである。では霊長類の3色型色覚はどのような対象を見ることに進化したのだろうか?

もっとも古典的な仮説は、濃緑の葉の背景からオレンジや赤色の熟した果実を検出するためとする「果実説」である。実際アフリカの熱帯雨林で狹鼻猿類が食べる果実の色調は3色型に適しているとの報告がある。ところが一方で彼らの食べる果実の多くは2色型でも検出可能であり、果実の色も栄養価の指標としては一定性がないという批判があり、赤みを帯びた若葉こそが3色型進化の駆動力であるとする「若葉説」が近年提起されている。若葉は柔らかくタンパク質と遊離アミノ酸に富み、乾季の果実欠乏期の非常食

として機能するが、2色型には濃緑の成熟葉と色味の区別がつかないからである。しかし確かに熱帯では若葉は多くの種で赤いが、温帯では若葉はほとんどが緑であり、若葉食の3色型色覚を維持する選択圧としての普遍性には疑問がある。これまでの学説は全て視覚対象物の反射スペクトル、あるいは対象物とその背景の反射スペクトルのコントラストが、ある色覚型にとって視認しやすいかどうかを視覚生理学の理論あるいは行動実験によって検証することが中心となっている。しかし自然状態におけるある対象の視認性の高さがその生物学的重要性を反映するとは限らないはずである。

霊長類色覚の生物学的意義を明らかにするには、自然状態の動物に対して行動観察を行い、色覚、視覚対象物の視認性、対象に対する行動の効率の関係を評価する必要がある。新世界ザルは色覚に高度な多型性を示す点で絶好の研究対象である。種内、それも同一交配集団中に色覚の違う個体がいれば、色覚の違いと採食や警戒などの行動の違いをより直接的に関連付けることが可能である。また、新世界ザルは種によって食性をはじめ社会構造なども多様である。よって3色型色覚が2色型色覚に対しどのような点で有利なのか、また、2色型色覚の方が有利な点があるのかを、生態の異なる種間で比較検証することができ、3色型色覚の進化する生態学的条件を具体的に検討することが可能と考える。さらに、色覚多型が赤-緑オプシンという単一座位の対立遺伝子多型によって生じるという遺伝学的単純さから、赤-緑オプシン遺伝子に対する平衡選択の検証という形で色覚形成に関わる自然選択を検証することが可能である。

このような観点から本研究代表者は平成16~18年度の科学研究費補助金基盤研究B「野生新世界ザル集団に対する糞DNAを用いた色覚型判定と色覚変異関連行動の解析」において研究代表者として中米コスタリカに生息するオマキザルとクモザルを対象とした野外調査を実施してきた。新世界ザルの野生群での色覚多型調査は本研究代表者の研究以外ではペルーのタマリンの2種混合群という特殊な事例についてしかなく、これまでの新世界ザルの色覚多型に関する知見は主として研究所や動物園で飼育されている個体を基にしている。本研究代表者はオマキザルとクモザルという食性、社会構造、系統の異なる両種でそれぞれわずか20頭程度からなる群れに実際に赤-緑オプシンの各対立遺伝子が高い頻度で存在し、色覚多型が自然集団に実在することを単一種からなる通常の野生群としては世界で初めて明らかにした。さらに雑食性であるオマキザルについて野生下ではじめて隠蔽色昆虫の採食にお

いて2色型が3色型より採食効率が有意に高いことを示した。また、果実食であるクモザルにおいて果実採食効率は2色型と3色型で有意差が検出されない上、色覚型によらず果実採食効率と正相関するのは果実と背景葉との色のコントラストではなく明度のコントラストであるという結果を得ている。これらの結果は3色型色覚が必ずしも有利とは限らないという、一般の通念を覆す興味深い成果ではあるが、なぜ3色型色覚が存在するのか、なぜ色覚多型が存続しているのかには答えていない。3色型と2色型に淘汰上の優劣がなければ遺伝的浮動により対立遺伝子多型は消失してしまうし、2色型が実は有利であるなら(異なる2色型間の拮抗がなければ)自然選択で3色型は淘汰され、いずれの場合も2色型だけになってしまうからである。これらの結果を受け、本研究では野生新世界ザルの野外観察とDNA分析を通して我々霊長類に特有な3色型色覚進化の適応的意義を解明する。

2. 研究の目的

コスタリカ国サンタロサ国立公園に生息するノドジロオマキザル (*Cebus capucinus*)、とチュウベイクモザル (*Ateles geoffroyi*) を調査対象動物とし、それらの色覚を糞のDNA分析により明らかにし、彼らの採食対象物の反射スペクトル及び環境光スペクトルを測定し、採食効率を行動観察により計測することから、色覚と行動との関連を検証することで、霊長類3色型色覚進化の適応的意義を明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 調査地の概要

調査地はコスタリカ共和国の北西端に位置する中米最大の熱帯乾燥林地帯であるグアナカステ自然保護区の一部として世界遺産に指定されているサンタロサ国立公園(北緯10度50分、西経85度40分)である。5月半ばから12月半ばが雨季で1月から5月のはじめが乾季である。樹木のほとんどは落葉樹で乾季にはほとんど落葉するが雨季には濃密な樹冠を形成する。

(2) 調査対象種と群れの概要

ノドジロオマキザルは雑食性、母系で集合的な群れを構成するのにに対し、チュウベイクモザルは果実食が中心で父系であり、顕著な離合集散性を示す。赤-緑オプシンの対立遺伝子はノドジロオマキザルでは3種類なのに対してチュウベイクモザルでは2種類である。このように両種は系統、食性、社会構造、色覚の点で異なり、それらの比較検討は色覚変異の生態学的意義の研究に有意義である。

これらの群れの社会生態、人口動態、個体

識別データは海外研究協力者である野外霊長類行動研究者のリンダフェディガン(Linda Fedigan)教授(カナダ カルガリー大学)及びフィリッポ アウレリ(Filippo Aureli)教授(英国 リバプール ジョン ムアス大学)による長期継続的調査により蓄積されている。

(3) DNA 実験・解析

①糞サンプルの収集

キアゲン社 QIAamp DNA Stool Mini Kit の糞サンプル溶解液(ASL 溶液)を 15 ml 容量試験管に約 5 ml ずつ分注しておく。個体識別されている個体が糞をしたときその糞を綿棒で1グラム程度掻き取り ASL 溶液の分注された試験管に入れ液中に懸濁させる。採集時にはヒト細胞の混入を防ぐためマスクとラテックス手袋を着用する。試験管に個体名と採集日時を記載し、液漏れによるサンプル間の混合を防ぐため試験管は個別にビニール袋に隔離する。サンプルは室温のままこの状態で半永久的に保存ができる。サンプルの取り違い、混入、実験ミス等によるオプシン遺伝子型の誤判定を防ぐために、1個体につき少なくとも2回のサンプリングを異なる機会に行う。

②オプシン遺伝子による色覚型判定

収集した糞サンプルから QIAamp DNA Stool Mini Kit を用いて DNA を抽出する。実験室内でのコンタミネーションを防ぐため、抽出実験は専用の部屋で行う。研究代表者の先行研究により色覚型判定には赤-緑オプシン遺伝子の第3と第5エクソンにコードされる計3アミノ酸座位(スペクトラルチューニングサイト 180、277、285 と呼ぶ)を決定すれば十分であることが既知であるため、これら2エクソンを色覚型判定実験の対象とする。非特異的 DNA 増幅を抑えるためホットスタート PCR 法を用い、増幅 DNA の純度を上げるため増幅断片をゲル精製し、さらに塩基配列決定時のノイズを低減させるため PCR 時の DNA プライマーよりも内側に設計したプライマーを用いて多検体同時塩基配列決定装置で配列決定する。1個体につき2サンプルで同じ結果が得られたときその結果を採用する。メス個体の場合、サンプル含有 DNA 量の不足のためにヘテロ接合をホモ接合と誤判定することを防ぐため、ホモ接合と判定した個体については、文献に従い少なくとも1つのサンプルで一度の PCR 実験当たり 200 pg 以上の当該個体の核 DNA を使用するよう調整する。核 DNA の定量にはヒト胎盤 DNA を対照として配列保存性の高い常染色体性の青オプシン遺伝子を指標にしたリアルタイム PCR を行なう。これらの方法の有効性は先の基盤研究時に確認済みである。

③平衡選択の検証

赤-緑オプシン遺伝子のスペクトルチュー

ニングサイトを含むエクソン3と5、そしてそれを含まないエクソン4につき、それらと周辺のイントロンを含めた約1キロ塩基対(kb)の領域を糞DNAからPCR法で増幅し塩基配列を決定する。中立対照領域として新世界ザルで塩基配列の報告のある偽遺伝子あるいは機能遺伝子のイントロン各約1kbを赤-緑オプシン遺伝子と同じDNAサンプルから増幅し配列決定する。

赤-緑オプシン遺伝子と中立対照群についてそれぞれのサルの群れにおける塩基多様度 π (平均塩基相違度)と塩基多型度 S/a_n (S は多型塩基サイト数の割合、 a_n はサンプル数に規定されるある関数)を求め、両者の差を検定するTajima's D testを行なう。有効集団サイズが一定で自然選択が働いていなければ(中立であれば) π と S/a_n は等しく、Tajima's D 値は0になることが期待される。しかし集団サイズが縮小したり分化集団が融合するとゲノム中のどの遺伝子も D 値の期待値は正になる。ある遺伝子に平衡選択が働けばその遺伝子だけ D 値が正になる。 D 値の有意性はcoalescence simulationで検定する。これらにより赤-緑オプシン遺伝子に平衡選択が働いているか否かをはじめて厳密に評価できる。

(4) 行動観察

観察者は先入観によるデータの偏りを防ぐために各個体の色覚型を知らない状態でデータ採りを行なう。1つの観察時間には1個体だけに集中するfocal samplingを行ないその間に起こる行動を全て時間系列にしたがって記録する。1回の連続データ収集は基本的に15分間行い(クモザルの場合は樹冠の上層にいることが多く見失いやすいため5分間)、途中で見失うなど規定時間に満たないデータは採用しない。採食、移動、休息、発声等の状態をさらに細かくカテゴリー化したエソグラムに従い、ポータブルデータ入力装置に行動データを記録していく(クモザルの場合は見失いやすいため録音装置に観察者の音声で行動データを記録する)。その際、採食品目(果実、葉、昆虫など)、その状態(色、成熟具合など)、樹冠の葉の密度、果樹であれば果実の密度とその中の熟した果実の割合の概略、樹冠中のサルの位置、近隣個体名、時刻、天候等も記録していく。観察個体は年齢・性別で偏らないようにランダムに選び順次ローテーションしていく。観察担当者にはアシスタント(国立公園に勤める地元コスタリカ人)を付け、データ収集労力を分散させるとともに定期的に同時観察を行い観察者によるデータの偏りをチェックする。

(5) 光学データ収集

行動観察担当者はサルの採食したのと同様な品目を観察場所からベースキャンプに

持ち帰る。その場で収集できない場合は翌日までに梯子や長ハサミを使って収集する。また、それらの背景としてあった果実や葉など収集可能なものも収集する。ポータブル分光測色計(USB2000、オーシャンオプティクス社)でそれらの反射スペクトルを測定する。樹幹など観察場所でなければ測定できないものは翌日までにUSB2000を持って行って測定する。定期的には様々は樹冠状態、天候、時刻(特に日の出日の入時)の環境照度をUSB2000で測定する。

(6) 色覚、行動、光学データの統合

採食対象を嗅ぐ、触る、見つめる、捕まえるなど、口に入れる前のinspectionあるいはcatch attemptの段階と口に含んで飲み込むか吐き捨てるかする段階に採食行動を段階分けする。サルが単位時間当たりにinspectあるいはattemptした採食品目(果実、昆虫など)の個数をattempt rateと定義する。そういう試行個数に対する実際に食べた個数の割合をacceptance indexと定義する。両者の積である単位時間当たりの食べた個数をfeeding rateと定義する。採食効率とはこれらすべての総称とする。これら採食効率と個体、性、年齢、色覚型、品目、光環境などとの相関を解析する。また、attemptした個数中と食べた個数中でそれぞれ嗅行動のあった割合も算出し、色覚型による嗅覚への依存度を評価する。また、色覚型と移動時のリーダーシップや警戒音発声頻度との相関を検証する。

視覚対象の反射光に対する各視物質の相対吸収光子量を環境照度のスペクトル分布、反射光のスペクトル分布そして視物質吸収スペクトル分布により計算する。視覚対象とその背景のコントラストの大きさはそれぞれに対する各視物質の相対吸収光子量の違いから計算される。調査地で収集した果実や昆虫などの採食物とその背景との間のコントラストを算出し、採食効率との相関を評価する。色調コントラストと採食効率に正の相関がなければ、色の点でその採食物がその色覚型にとって目立って見えているとしても、そのことは採食物の選択において色が有効な指標となっていないことを示す。海外研究協力者である視覚生理学者のミシャ・ボロブイェフ(Mish Vorobyev)教授(ニュージーランドオークランド大学)のアドバイスを受けてこれらのデータ統合を行う。

4. 研究成果

(1) コスタリカの野生オマキザルの昆虫採食に注目し、色カモフラージュした昆虫の採食効率は野生下でも2色型の方が3色型より実際に高いことを世界ではじめて示した(原著論文①)。

(2) オマキザルの雑食性に注目し野生下での色覚型による食性の違い、昆虫食と果実食への時間配分の違い、赤黄色系果実と隠蔽色系果実への採食時間配分の違いを調査した結果、色覚型による違いはなく、色覚多型を維持するメカニズムとして従来提唱されていた仮説の一つである niche divergence の信憑性は低いことを示した(原著論文⑥)。

(3) 果実食であるクモザルの野生下での果実採食効率において2色型と3色型間に有意差がなく、色覚型によらず果実採食効率と正相関するのは果実と背景葉との色のコントラストではなく明度のコントラストであることを示した(原著論文⑤)。

(4) クモザルの果実食に注目し、色度及び明度において葉とコントラストの低い果実に対しては、色覚型によらず果実の匂いを嗅いで取捨選択しており、野生下において嗅覚が採食行動において重要な役割を果たしていることを明らかにした(原著論文④)。

(5) オマキザルの採食行動のうち果実の主要な割合を占め色合いの多様なイチジク属への野生下での採食に注目し、オマキザルにおいても3色型、2色型とも赤黄色系のイチジクの方が隠蔽色系の果実よりも採食効率が高く、隠蔽色系の方がより頻繁に匂いを嗅ぎをされることを示した。ただし、クモザルとの違いとして2色型の方が3色型より嗅覚への依存度が高いことを示した。また、時間当たりの摂食量には色覚型間で差は見られないものの、より感受波長域の離れた組合せの赤-緑オプシンアレルを持つ3色型色覚はそれ以外よりも、食べられるイチジクをより正確に選択していることを示した(原著論文③)。

(6) オマキザルとクモザルの野生集団で赤-緑オプシン遺伝子の塩基配列多型性を中立対照ゲノム領域と比較することで、色覚多型性が実際に自然選択で維持されていることをはじめて証明した(原著論文②)。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 24 件)

* Corresponding author

(1) 原著論文 16 件 (すべて査読有) (内主要 6 件表示)

- ① *Melin, A. D., Fedigan, L. M., Young, H. C. and Kawamura, S. (2010). Can color vision variation explain sex differences in invertebrate foraging by capuchin monkeys? **Current Zoology**, 56: 300-312.
- ② Hiwatashi, T., Okabe, Y., Tsutsui, T., Hiramatsu, C., Melin, A. D., Oota, H., Schaffner, C. M., Aureli, F., Fedigan, L. M.,

Innan, H. and *Kawamura, S. (2010). An explicit signature of balancing selection for color-vision variation in New World monkeys. **Molecular Biology and Evolution**, 27: 453-464.

- ③ *Melin, A. D., Fedigan, L. M., Hiramatsu, C., Hiwatashi, T., Parr, N. and *Kawamura, S. (2009). Fig foraging by dichromatic and trichromatic white-faced capuchin monkeys in a tropical dry forest. **International Journal of Primatology**, 30: 753-775.
- ④ Hiramatsu, C., Melin, A. D., Aureli, F., Schaffner, C. M., Vorobyev, M. and *Kawamura, S. (2009). Interplay of olfaction and vision in fruit foraging of spider monkeys. **Animal Behaviour**, 77: 1421-1426.
- ⑤ Hiramatsu, C., Melin, A. D., Aureli, F., Schaffner, C. M., Vorobyev, M., Matsumoto, Y. and *Kawamura, S. (2008). Importance of achromatic contrast in short-range fruit foraging of primates. **PLoS ONE**, 3: e3356.
- ⑥ *Melin, A. D., Fedigan, L. M., Hiramatsu, C. and *Kawamura, S. (2008). Polymorphic color vision in white-faced capuchins (*Cebus capucinus*): Is there foraging niche divergence among phenotypes? **Behavioral Ecology and Sociobiology**, 62: 659-670.

(2) 総説 8 件 (内主要 4 件表示)

- ① *Kawamura, S. (2010). Evolutionary diversification of visual opsin genes in fish and primates. In: *From Genes to Animal Behavior: Social Structures, Personalities, Communication by Color* (Inoue-Murayama, M., Kawamura, S. and Weiss, A. eds.). Springer, Tokyo, Japan. (in press) (査読有)
- ② *Kawamura, S., Hiramatsu, C., Melin, A. D., Schaffner, C. M., Aureli, F. and Fedigan, L. M. (2010). Polymorphic color vision in primates: evolutionary considerations. In: *Post Genome Biology of Primates* (Hirai, H., Imai, H. and Go, Y. eds.). Springer, Tokyo, Japan. (in press) (査読有)
- ③ *Melin, A. D., Hiramatsu, C., Schaffner, C. M., Aureli, F., Linda M. Fedigan and *Kawamura, S. (2010). Color vision polymorphism in wild New World monkeys as a model system to understand the adaptive significance of primate color vision. In: *Molecular Primatology* (Di Fiore, A. ed.). Cambridge University Press, Cambridge. (in press) (査読有)
- ④ *河村正二 (2009 Aug). 錐体オプシン遺伝子と色覚の進化多様性: 魚類と霊長類に注目して. **比較生理生化学**, 26(3):110-116. (査読有)

[学会発表] (計 102 件) (内主要 6 件表示)

- ① **Kawamura, S.:** Polymorphic color vision in primates: evolutionary considerations. **Hominization Conference 2010 Primate Genomics for Globalization of Collaboration Program: Post-genome biology of primates as the hub-research for understanding our species and neighbors**, Inuyama International Sightseeing Center "Freude", Inuyama, Japan, March 4-6, 2010. (Oral) (**Invited**)
- ② **Kawamura, S.:** Evolutionary diversification of visual opsin repertoires in primates and fish: functional differentiation, behavioral significance and natural selection. **Neotropical Primate Sensory and Cognitive Ecology Workshop**, University of Calgary, Calgary, Canada, March 5-6, 2009. (Oral) (**Invited**)
- ③ **Kawamura, S.,** Matsumoto, Y., Ozawa, N., Hiwatashi, T., Okabe, Y., Tsutsui, T., Hiramatsu, C., Melin, A. D., Innan, H., Schaffner, C. M., Aureli, F. and Fedigan, L. M.: Mutations creating novel spectral types of Atelid L/M opsin alleles and the natural selection acting to maintain allelic polymorphism of L/M opsin genes in wild populations of New World monkeys. **International Primatological Society XXII Congress**, The Edinburgh International Conference Centre, Edinburgh, UK, August 3-8, 2008. (Oral)
- ④ **Kawamura, S.:** Evolutionary diversification of visual opsin subtypes in fish and primates: spectral differentiation, expression patterning and natural selection. **The Asia-Pacific Conference on Vision (APCV 2008): Comparative Colour Vision**, Brisbane Convention Centre, Brisbane, Australia, July 18-21, 2008. (Oral) (**Invited**)
- ⑤ **Kawamura, S.,** Matsumoto, Y., Ozawa, N., Hiwatashi, T., Okabe, Y., Tsutsui, T., Hiramatsu, C., Melin, A. D., Innan, H., Schaffner, C. M., Aureli, F. and Fedigan, L. M.: Detection of natural selection acting to maintain allelic polymorphism of L/M opsin genes in wild populations of New World monkeys. **Annual Meeting of the Society of Molecular Biology and Evolution (SMBE) 2008**, Palau de Congressos de Barcelona, Barcelona, Spain, June 5-8, 2008. (Poster)
- ⑥ **Kawamura, S.:** Color vision polymorphism in New World monkeys and its implication in primate evolution. **The 1st International Symposium of the Biodiversity Global COE Project, "from Genome to Ecosystem"**, Shiran Kaikan, Kyoto

University, Kyoto, Japan, March 19-20, 2008. (Oral) (**Invited**)

[その他]

(1) ホームページ

① <http://www.jinrui.ib.k.u-tokyo.ac.jp/kawamura-home.html>

② <http://www.jinrui.ib.k.u-tokyo.ac.jp/kawamura-home-E.html> (英語版)

(2) 研究紹介記事

① Nature DIGEST 日本語編集版 5: 22-27, 2008 年 5 月号 「メダカに集まる熱い視線」

② 日本経済新聞 2007 年 12 月 9 日 サイエンス欄: 「色覚とコミュニケーション」

③ 日経産業新聞 2007 年 7 月 25 日 先端技術欄: 「魚の複雑な色覚解明」

(3) 解説

① TBS 「カラダのキモチ」 2009 年 5 月 3 日 放送「百聞は一見にしかず 驚きだらけの眼の不思議！」

6. 研究組織

(1) 研究代表者

河村 正二 (KAWAMURA SHOJI)

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・准教授

研究者番号: 40282727

(2) 研究分担者

太田 博樹 (OTA HIROKI)

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・助教

研究者番号: 40401228

(3) 連携研究者

なし