

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 21 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2010～2013

課題番号：22247036

研究課題名(和文) 霊長類の自然集団に注目した感覚関連遺伝子の多様性の探索と適応進化の検証

研究課題名(英文) Evolutionary diversity and adaption of sensory genes evaluated for natural populations of primates

研究代表者

河村 正二 (Kawamura, Shoji)

東京大学・新領域創成科学研究科・教授

研究者番号：40282727

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 33,500,000円、(間接経費) 10,050,000円

研究成果の概要(和文)：霊長類の色覚と味覚の進化に関して次の成果を得た。クモザル亜科はL/Mオプシンアレルの変異により採食果実検出能を独自に向上させた。均質な3色型色覚とされるホエザル属は実は色覚多型を獲得していた。野生オマキザルをモデルとして遠距離採食果実検出における3色型色覚の有利性を示した。一方野生オマキザル集団26年間の観察記録と照合して3色型色覚と2色型色覚の適応度に差がないことを示した。メガネザルL/Mオプシンの遺伝子解析から3色型色覚の起源が薄明時活動性にある可能性を提唱した。霊長類種間で苦味受容体のリガンド感受性差があることを示した。チンパンジーに苦味受容体の地域差があることを示した。

研究成果の概要(英文)：Our findings on evolutionary diversity and adaptation of color vision and gustation in primates are summarized as follows. Atelines improved chromatic discrimination of dietary fruits through unique mutations in L/M opsin alleles. Against a norm, howler monkeys regained color vision variation through recombination between L and M opsin genes. By modeling visibility of dietary fruit to variations of color vision in capuchin monkeys, we showed that trichromacy would have advantage in long-distance detection. However, this advantage is judged not translated into fitness advantage based on 26 years survival and fertility data. By studying L/M opsin gene of tarsiers, we proposed that trichromacy evolved under dim light conditions. By investigating sensitivities of TAS2R16 bitter taste receptor gene, we found that the sensitivity in fact varied among primate species. We presented an evidence of eco-geographical diversification of bitter taste receptor genes among subspecies of chimpanzees.

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：人類学・自然人類学

キーワード：霊長類 感覚受容遺伝子 野生集団 遺伝的多型 適応進化 国際情報交換 色覚 苦味受容体

1. 研究開始当初の背景

哺乳類は基本的に2種類の色覚用光センサー(赤-緑オプシンと青-紫外線オプシンを1種類ずつ)しか持たない2色型色覚なのに対し、霊長類は赤-緑オプシン(X染色体性)の遺伝子重複(狭鼻猿類[ヒト、類人猿、旧世界ザル類]と新世界ザルのホエザル)あるいは対立遺伝子多型化(大部分の新世界ザルと一部の原猿類)により吸収波長の異なる2種類の赤-緑オプシンを作り出した。これによりヒトを含む霊長類は2色型色覚から高度な3色型色覚へと進化を遂げた。霊長類は一方それと引き換えに嗅覚、フェロモン知覚、味覚などの化学物質感覚センサーを退化させつつあると考えられており、実際これらには欠損を持った偽遺伝子が多く含まれている。しかし、サルは実は匂いに対する高い感受性を持つとする研究結果もあり、色覚進化の適応的意義も霊長類の野生状態の行動に照らして検証した研究は乏しかった。

新世界ザルは色覚に大きな種内変異をもつため、色覚型と採食などの行動との関連を調査することで色覚の適応的意義を研究することが可能である。そこで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」と平成19~21年度の科学研究費補助金基盤研究A「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」を研究代表者として主催し、多型的色覚を有する新世界ザル(オマキザルとクモザル)の野生集団(コスタリカ・サンタロサ国立公園)に対して、糞DNAを収集して赤-緑オプシン遺伝子の塩基配列多型性を調査し、海外共同研究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(視覚情報の得にくい)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。これらは野生状態のサルで色覚と嗅覚の役割を評価し、3色型色覚の2色型色覚に対する優位性は自明ではなく、霊長類においても嗅覚の重要性は失われていないことを野生集団で示した国際的にも初めての成果である。

近年様々な化学物質感覚センサーの遺伝子が同定され、それらの作用機序が明らかにされている。色覚とこれらの化学物質感覚センサーが相互にどのような生態学的意義をもつのかを理解することはヒトを含めた霊長類の進化を理解する上で極めて重要である。そのためには1個体を種の代表として種間で遺伝子の比較を行うのではなく、野生の集団中でこれらの遺伝子がどのような多様

性を持つかを調査することで、現場で起こっている自然選択を検出する方法が極めて有効である。

2. 研究の目的

そこで本研究はこれまでの成果を踏まえ、調査地・調査種を増やし、オプシン遺伝子に加え、嗅覚、フェロモン知覚、味覚の受容体遺伝子を研究対象に含め、野生霊長類における感覚関連遺伝子の多様性という観点から霊長類進化の理解を特段に発展させることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) サンプリング: 色覚多型を示す新世界ザルとしてオマキザル、クモザル、ウーリーモンキー、新世界ザル中唯一恒常的3色型色覚を持つとされるホエザル、恒常的3色型色覚をもつ狭鼻猿類としてヒビ、ニホンザル、チンパンジーの野生群を調査対象とし、それらから糞サンプルを収集しDNAを抽出する。

(2) 中立対照: すべての集団について中立比較対照としてミトコンドリアDNAや核の偽遺伝子などの塩基配列決定及びマイクロサテライト(STR)多型調査を行ない、集団分化や集団間移出入(遺伝子流動)などの全ゲノムの影響をもつ基本的な集団の遺伝構造を明らかにする。

(3) 赤-緑オプシン: すべての集団についてこれまでに確立してきた方法に則り赤-緑オプシン遺伝子の塩基配列収集を行なう。多型的色覚をもつ新世界ザルについては赤-緑オプシン対立遺伝子頻度を決定しこれまでに確立した方法により塩基配列多型パターンから多型を維持する自然選択である平衡選択を検証する。新規のアミノ酸配列をもつ対立遺伝子に対しては既存のオプシンcDNAを鋳型に新規と同一アミノ酸配列をもつcDNAを作出し、オプシン再構成実験により吸収波長を決定する。ホエザルについては部分配列しか知られていないため初めて全塩基配列を決定しオプシン再構成により吸収波長を決定する。ホエザルが本当に恒常的3色型と言えるか塩基配列の多型性を検証する。森林居住性は色覚進化に重要とされるがその検証として森林性の低いヒビにおいて赤-緑オプシン遺伝子変異を調査し3色型色覚の維持される生態学的条件を検討する。

(4) 化学物質感覚センサー: すべての集団について味覚、フェロモン知覚、嗅覚に関連する受容体等の遺伝子の塩基配列多型性を調査する。これらは一般に遺伝子数が多く、偽遺伝子も多く含まれている。これらの感覚の「退化」がむしろ適応的である可能性も視野に入れ、それらの機能遺伝子だけでなく偽遺伝子の多型性も調査対象に含める。遺伝子数の比較的少ない甘味旨味受容体のTAS1R族、フェロモン受容体のV1R族、そのチャンネルタンパク質であるTRPC2、及びこれまでに機能が検討されている遺伝子(苦味受容体の

TAS2R38 など)を優先的に調査対象とする。これらの機能遺伝子及び偽遺伝子、赤-緑オプシン遺伝子、中立対照領域の間の塩基多様性の違いを集団内、集団間、種間で比較解析し、遺伝子特異的な集団分化、高多型性、低多型性などを指標に自然選択を検出する。こうして自然選択の予測された遺伝子に関しセンサー分子を再構成し、想定されるリガンドへの感受性の違いを実験により検証する。

(5) 行動観察：これまで行なってきたサンタロサ国立公園におけるオマキザルとクモザルの行動観察を継続し、チンパンジーについて採食行動観察を実施する。自然選択の予測される遺伝子の遺伝子型と果実採食効率などの行動との関連を検証する。

4. 研究成果

霊長類の色覚に関しては次の成果を得た。

(1) L/M オプシン遺伝子のアレル多型による色覚多様性が顕著な新世界ザル類の中で、クモザル亜科が独自にアレルの消長・獲得を経験し、他の脊椎動物に見られないアミノ酸変異によりアレルの波長感受性の分化を達成したこと、それにより採食果実と背景葉の弁別が向上していることを明らかにした。発表論文

(2) 分化したL/M オプシンの遺伝子重複を新世界ザル類で唯一経験し、均質な3色型色覚を獲得したと考えられてきたホエザル属に対し、2種の野生群調査を行い両種ともL-Mハイブリッド遺伝子の獲得により独自の色覚多型を生じていることを明らかにした。発表論文

(3) 多型色覚を示す典型的な新世界ザルのオマキザル野生群におけるL/M オプシンアレル波長感受特性と採食果実の分光特性から、3色型色覚が2色型色覚より遠距離からより多くの果実種を検出でき、それが食資源競争性の高い小木においても顕著であることを示した。発表論文

(4) オマキザル野生群の26年におよぶ観察データから、出生率と生存率において3色型色覚が2色型色覚に優っていないことを示した。発表論文

(5) メガネザル3種(スラウェシ、フィリピン、ボルネオ)のL/M オプシン遺伝子型を調べ、ボルネオ種がMタイプを持ち、スラウェシ種とフィリピン種はLタイプを持つことを示した。イントロンと同義塩基サイトで作成した系統樹では種の系統関係と同じようにスラウェシ種を外群とする樹形であったのに対し、非同義塩基サイトで作成した系統樹ではボルネオ種が外群となった。このことは3種の共通祖先ではLとMタイプがアレル多型として存在し、多型的3色型色覚であったことを意味する。多雨であったと考えられる古環境との関連から、3色型色覚が薄明時活動性を起源とする可能性を提唱した。霊長類3色型色覚の起源について再考を促す結果でもある。発表論文：掲載誌の表紙を飾り、

New York Times 紙
(http://www.nytimes.com/2013/04/02/science/tarsiers-hint-primates-developed-color-vision-at-night.html?ref=science&_r=0)としんぶん赤旗で紹介された。

(6) テナガザル3属8種152個体に対してL/M オプシンの遺伝子型構成をPCR-サンガーシーケンスにより調査した。L オプシン遺伝子あるいはM オプシン遺伝子の欠失も両者の融合遺伝子も見られず全個体が正常3色型色覚と考えられた。しかし、LとM間の塩基相違度がイントロンで低く、exon 3とexon 5で同等に高いという特徴を見出し、両遺伝子間の相違が遺伝子変換による均一化に晒されていることと、吸収波長の違いに重要なexon 3と5では自然選択で遺伝子変換が排除されていることを明らかにした。これは今後ヒトの3色型色覚を維持する選択圧の緩みを検出するための重要な視点を与えている。発表論文

これらの成果は霊長類の色覚進化の理解に大きく貢献する。

味覚に関しては次の成果を得た。

(7) 苦味受容体の機能の霊長類種差を発現タンパク質と行動実験を併用して解明した。発表論文：京都新聞、朝日新聞、産経新聞、日刊工業新聞等で紹介された。

(8) チンパンジーの苦味受容体の地域差を明らかにした。発表論文：京都新聞、朝日新聞、毎日新聞、日経新聞、産経新聞、中日新聞、日経サイエンス等で紹介された。

(9) 色覚と食性の大きく異なる新世界ザル類の間で苦味受容体TAS2R1とTAS2R4のリガンドに対する反応強度と感度をヘテロ培養細胞系カルシウムアッセイで調べた。TAS2R1の樟脳に対する感度は夜行性のヨザルが最も高かった。一方TAS2R4のコルヒチンに対する感度は恒常的3色型色覚ホエザルが他よりも有意に低いが、反応強度は多型色覚のマーモセットが他よりも有意に高かった。これらから、新世界ザル種間で苦味感覚に違いがあることが示唆された。しかし、色覚や食性との関連を含め、他の受容体も含めたさらなる研究が求められる。論文準備中。

これらの他、色覚のモデル生物であるグッピーについて色覚の地域分化が自然選択によりもたらされていること、そしてゼブラフィッシュについて網膜発生の基盤的な知見を得た。

(10) トリニダッド島・トバゴ島の原産地で採集されたグッピー野生集団について、LWS オプシン遺伝子の多様性を調査した。その結果、LWS オプシン遺伝子クラスターの集団間分化がゲノム無作為抽出領域より有意に高いことを示し、その中には吸収波長の違いをもたらす変異が含まれることを示した。発表論文

(11) ゼブラフィッシュの紫外線型オプシン SWS1 と青型オプシン SWS2 の遺伝子制御領域を用いて、網膜の紫外線型視細胞と青型視細胞を生体蛍光マーカーGFP で可視化することで、錐体細胞の分化が対称分裂で生じる事例を始めて発見した。発表論文

(12) ゼブラフィッシュの緑型オプシン RH2 の制御領域と GFP を用いて緑型視細胞だけでなく、様々な組織が偶発的に可視化されることを示した。OPN 発現制御の有用なツールとなる。発表論文

(13) ゼブラフィッシュの赤型オプシン LWS、紫外線型オプシン SWS1、青型オプシン SWS2 の遺伝子制御領域を用いて、網膜の赤型視細胞、紫外線型視細胞、青型視細胞を GFP で可視化することで、網膜での視細胞と双極細胞の神経連絡パターンの理解を大幅に進めた。発表論文

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文](計 25 件)

すべて査読有 *責任著者

Tezuka, A., Kasagi, S., van Oosterhout, C., McMullan, M., Iwasaki, W. M., Kasai, D., Yamamichi, M., Innan, H., *Kawamura, S. and *Kawata, M. (2014). Divergent selection for opsin gene variation in guppy (*Poecilia reticulata*) populations of Trinidad and Tobago. *Heredity*, Published Online. DOI: 10.1038/hdy.2014.35

Matsumoto, Y., Hiramatsu, C., Matsushita, Y., Ozawa, N., Ashino, R., Nakata, M., Kasagi, S., Di Fiore, A. Schaffner, C. M., Aureli, F., Melin, A. D. and *Kawamura, S. (2014). Evolutionary renovation of L/M opsin polymorphism confers a fruit discrimination advantage to ateline New World monkeys. *Molecular Ecology*, 23: 1799-1812. DOI: 10.1111/mec.12703

Matsushita, Y., Oota, H., Welker, B. J., Pavelka, M. S. and *Kawamura, S. (2014). Color vision variation as evidenced by hybrid L/M opsin genes in wild populations of trichromatic *Alouatta* New World monkeys. *International Journal of Primatology*, 35: 71-87. DOI: 10.1007/s10764-013-9705-9

*Melin, A. D., Hiramatsu, C., Parr, N. A., Matsushita, Y., Kawamura, S. and Fedigan, L. M. (2014). The behavioral ecology of color vision: considering fruit conspicuity, detection distance and dietary importance. *International Journal of Primatology*, 35: 258-287. DOI: 10.1007/s10764-013-9730-8

*Fedigan, L. M., Melin, A. D., Addicott, J. F. and Kawamura, S. (2014). The heterozygote superiority hypothesis for polymorphic color vision is not supported by long-term fitness data from wild Neotropical monkeys. *PLoS One*, 9: e84872. DOI:

10.1371/journal.pone.0084872

Suzuki, S. C., Bleckert, A., Williams, P. R., Takechi, M., Kawamura, S. and *Wong, R. O. L. (2013). Cone photoreceptor types in zebrafish are generated by symmetric terminal divisions of dedicated precursors. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110: 15109-15114. DOI: 10.1073/pnas.1303551110

Fang, W., Bonaffini, S., Zou, J., Wang, X., Zhang, C., Tsujimura, T., Kawamura, S. and *Wei, X. (2013). Characterization of transgenic zebrafish lines that express GFP in the retina, pineal gland, olfactory bulb, hatching gland, and optic tectum. *Gene Expression Patterns*, 13: 150-159. DOI: 10.1016/j.gep.2013.02.006

*Melin, A. D., Matsushita, Y., Moritz, G. L., Dominy, N. J. and *Kawamura, S. (2013). Inferred L/M cone opsin polymorphism of ancestral tarsiers sheds dim light on the origin of anthropoid primates. *Proceedings of the Royal Society B*, 280: 20130189. DOI: 10.1098/rspb.2013.0189

*Li, Y. N., Tsujimura, T., Kawamura, S. and Dowling, J. E. (2012). Bipolar cell-photoreceptor connectivity in the zebrafish (*Danio rerio*) retina. *The Journal of Comparative Neurology*, 520: 3786-3802. DOI: 10.1002/cne.23168

*Imai, H., Suzuki, N., Ishimaru, Y., Sakurai, T., Yin, L., Pan, W., Abe, K., Misaka, T. and Hirai, H. (2012). Functional diversity of bitter taste receptor TAS2R16 in primates. *Biology Letters*, 8: 652-656. DOI: 10.1098/rsbl.2011.1251

Hayakawa, T., Sugawara, T., Go, Y., Udono, T., Hirai, H. and *Imai, H. (2012). Eco-geographical diversification of bitter taste receptor genes (*TAS2Rs*) among subspecies of chimpanzees (*Pan troglodytes*). *PLoS ONE*, 7: e43277. DOI: 10.1371/journal.pone.0043277

Hiwatashi, T., Mikami, A., Katsumura, T., Suryobroto, B., Perwitasari-Farajallah, D., Malaivijitnond, S., Siriaroonrat, B., Oota, H., Goto, S. and *Kawamura, S. (2011). Gene conversion and purifying selection shape nucleotide variation in gibbon L/M opsin genes. *BMC Evolutionary Biology*, 11: 312. DOI: 10.1186/1471-2148-11-312

[学会発表](計 113 件)

河村正二、松本圭史、平松千尋、松下裕香、小澤範宏、蘆野龍一、中田真紀子、笠木聡、Di Fiore, A., Schaffner, C. M., Aureli, F., Melin, A.:クモザル亜科 L/M オプシン多型の進化的改編による果実と背景葉の色識別能の向上 . 第 29 回日本

霊長類学会・日本哺乳類学会 2013 年度合同大会、岡山理科大学、岡山市、2013 年 9 月 6-9 日。(口演)

河村正二、松本圭史、平松千尋、松下裕香、小澤範宏、蘆野龍一、中田真紀子、笠木聡、Di Fiore, A.、Aureli, F.、Schaffner, C. M.、Melin, A.:クモザル亜科にみられる L/M オプシン多型の進化的改編がもたらした果実と背景葉の色識別能の向上。第 15 回日本進化学会、筑波大学筑波キャンパス、つくば市、2013 年 8 月 28-31 日。(口演)

松下裕香、太田博樹、Welker, B.、Pavelka, M.、河村正二:ホエザル属 3 色型色覚の多様性実証による霊長類における定向の色覚進化モデル妥当性の検討。第 15 回日本進化学会、筑波大学筑波キャンパス、つくば市、2013 年 8 月 28-31 日。(口演)

河村正二、櫻井児太摩、白須未香、松下裕香、Melin, A.、Bergstrom, M.、今井啓雄、東原和成、太田博樹、Aureli, F.、Fedigan, L.:色覚多型を示す新世界ザル野生集団における苦味受容体遺伝子群の種内変異と採食果実の香気成分分析。第 66 回日本人類学会、慶應義塾大学日吉キャンパス、横浜市、2012 年 11 月 2-4 日。(口演)

河村正二、松下裕香、Melin, A.、Moritz, G.、Dominy, N.:夜行性メガネザル 3 種の L/M オプシン遺伝子と共通祖先に維持された色覚多型の検討。第 84 回日本遺伝学会、九州大学医学部百年講堂・同窓会館、福岡、2012 年 9 月 24-26 日。(口演)

河村正二、櫻井児太摩、白須未香、松下裕香、Melin, A.、Bergstrom, M.、今井啓雄、東原和成、太田博樹、Aureli, F.、Fedigan, L.:新世界ザル野生集団における苦味受容体遺伝子群の種内変異と採食果実の香気成分分析。第 14 回日本進化学会、首都大学東京南大沢キャンパス、八王子、2012 年 8 月 21-24 日。(口演)

Kawamura, S.、Matsumoto, Y.、Matsushita, Y.、Ozawa, N.、Nakata, M.、Kasagi, S. and Hiramatsu, C.: Improvement of chromatic resolution of L/M opsin alleles in atelid New World monkeys. The 24th Congress of the International Primatological Society (IPS 2012), Cancun Convention Center, Cancun, Mexico, August 12-17, 2012. (Oral)

Kawamura, S.、Sakurai, K.、Bergstrom, M.、Shirasu, M.、Matsushita, Y.、Melin, A.、Imai, H.、Touhara, K.、Oota, H.、Aureli, F. and Fedigan, L.: Assessment of bitter taste receptor gene variation and dietary fruit odorants in natural populations of color-vision polymorphic New World Monkeys. The 24th Congress of the International Primatological Society (IPS

2012), Cancun Convention Center, Cancun, Mexico, August 12-17, 2012. (Oral)

Matsushita, Y.、Oota, H.、Welker, B.、Pavelka, M. and Kawamura, S.: Possible anomalous trichromacy of color vision by hybrid L/M opsin genes in wild howler monkeys, *Alouatta*. The 24th Congress of the International Primatological Society (IPS 2012), Cancun Convention Center, Cancun, Mexico, August 12-17, 2012. (Oral)

河村正二、櫻井児太摩、白須未香、松下裕香、Melin, A.、Bergstrom, M.、今井啓雄、東原和成、太田博樹、Aureli, F.、Fedigan, L.:新世界ザル野生集団における苦味受容体遺伝子群の多様性と採食果実の香気成分分析。第 28 回日本霊長類学会、椙山女学園星ヶ丘キャンパス、名古屋、2012 年 7 月 6-8 日。(口演)

松下裕香、Melin, A.、Moritz, G.、Dominy, N.、河村正二:メガネザル 3 種の L/M オプシン遺伝子解析による共通祖先色覚多型の検討。第 28 回日本霊長類学会、椙山女学園星ヶ丘キャンパス、名古屋、2012 年 7 月 6-8 日。(口演)

Kawamura, S.: Molecular mechanism and adaptive significance of evolutionary diversification of visual opsins. The 89th Annual Meeting of the Physiological Society of Japan: Symposium 38: Functional evolution of sensing receptors: Toward the comprehensive understanding by fusion of research in the different fields (Organized by Makoto Tominaga and Hioo Imai), Shinshu University Matsumoto Campus, Matsumoto, Japan, March 29-31, 2012. (Oral) (Invited)

Kawamura, S.: Color vision polymorphism in wild New World monkeys and adaptive significance of primate color vision. The 8th Okazaki Biology Conference (OBC8): Speciation and Adaptation II - Environment and Epigenetics -, Okazaki Conference Center, Okazaki, Japan, March 18-23, 2012. (Oral) (Invited)

河村正二:魚類と霊長類の研究から見えてきた色覚進化の秘密。日本塗装技術協会 第 27 回塗料・塗装研究発表会、東京大学生産技術研究所、駒場リサーチキャンパス・コンベンションホール、駒場、2012 年 3 月 9 日。(口演) (Invited)

松下裕香、太田博樹、Welker, B.、Pavelka, M.、河村正二:ヒトを含む旧世界霊長類型 3 色型色覚とされてきた新世界ホエザル野生群における色覚多型性調査。第 65 回日本人類学会、沖縄県立博物館・美術館、那覇、2011 年 11 月 4-6 日。(口演)
櫻井児太摩、Bergstrom, M.、白須未香、今井啓雄、東原和成、太田博樹、Aureli, F.、Fedigan, L.、河村正二:色覚種内多型を示

す新世界ザル野生集団における苦味受容体遺伝子の多型解析と採食果実匂い物質の同定．第 65 回日本人類学会、沖縄県立博物館・美術館、那覇、2011 年 11 月 4-6 日．(口演)

Kawamura, S.: Evolution of visual opsin genes in fish and primates. 15th Evolutionary Biology Meeting at Marseilles (15th EBM), Regional Center of Educational Documentation ("Centre Regional de Documentation Pédagogique"), Marseilles, France, September 27-30, 2011. (Oral) (Invited)

松下裕香、太田博樹、Welker, B., Pavelka, M., 河村正二:新世界ホエザル野生群に対する旧世界霊長類型 3 色型色覚の多型性調査．第 83 回日本遺伝学会、京都大学吉田キャンパス北部構内、京都、2011 年 9 月 20-23 日．(口演)

松下裕香、太田博樹、Welker, B., Pavelka, M., 河村正二: Finding a polymorphism of the L-M opsin gene in howler monkeys which have been supposed to have uniform trichromacy in New World monkeys. 第 13 回日本進化学会、京都大学百周年時計台記念館、京都、2011 年 7 月 29-31 日．(口演)

Kawamura, S.: Evolutionary study of vertebrate color vision: from fish transgenesis to field primatology, and to human variation. Annual Conference of Society for Molecular Biology and Evolution 2011 (SMBE 2011), Kyoto University (Clock Tower Centennial Hall and Shiran Kaikan) and Miyako Messe, Kyoto, Japan, July 26-30, 2011. (Oral) (Invited) Plenary Talk

21 松下裕香、太田博樹、Welker, B., Pavelka, M., 河村正二:恒常的 3 色型色覚とされてきたホエザル属における種内 L-M オプシン多型の発見．第 27 回日本霊長類学会、犬山国際観光センター・フロイデ、犬山、2011 年 7 月 16-18 日．(口演)

22 櫻井児太摩、今井啓雄、東原和成、太田博樹、Aureli, F., Fedigan, L., 河村正二:色覚種内多型を示す新世界ザル野生集団における化学物質感覚センサーの多型解析(経過報告)．第 27 回日本霊長類学会、犬山国際観光センター・フロイデ、犬山、2011 年 7 月 16-18 日．(口演)

23 Kawamura, S.: Color vision polymorphism in wild New World monkeys as a model system to understand the adaptive significance of primate color vision. The 4th International Symposium of the Biodiversity and Evolution, Kyoto University Global COE project "Evolution of Sensor, Communication and Society", Shiran Kaikan, Kyoto University, Kyoto, Japan, September 11-12, 2010. (Oral)

(Invited)

〔図書〕(計 5 件)

*Melin, A. D., Hiramatsu, C., Fedigan, L. M., Schaffner, C. M., Aureli, F. and *Kawamura, S. (2012). Polymorphism and adaptation of primate colour vision. In: Evolutionary Biology: Mechanisms and Trends (Pontarotti, P. ed.), pp. 225-241, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

*Kawamura, S., Hiramatsu, C., Melin, A. D., Schaffner, C. M., Aureli, F. and Fedigan, L. M. (2012). Polymorphic color vision in primates: evolutionary considerations. In: Post-Genome Biology of Primates (Hirai, H., Imai, H. and Go, Y. eds.), pp. 93-120, Springer, Tokyo.

*Kawamura, S. (2011). 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.), pp. 329-349, Springer, Tokyo.

〔その他〕

ホームページ等

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

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

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・教授

研究者番号: 40282727

(2)研究分担者

東原 和成 (TOUHARA Kazushige)

東京大学・大学院農学生命科学研究科・教授

研究者番号: 00280925

太田 博樹 (OTA Hiroki)

北里大学・医学部・准教授

研究者番号: 40401228

今井 啓雄 (IMAI Hiroo)

京都大学・霊長類研究所・准教授

研究者番号: 60314176

松本 晶子 (MATSUMOTO Akiko)

琉球大学・環境産業科学部・教授

研究者番号: 80369206