

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 9 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24370096

研究課題名(和文) 霊長類化学感覚の分子・細胞メカニズム

研究課題名(英文) Cellular and Molecular Mechanisms of Primate Chemical Senses.

研究代表者

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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,800,000円

研究成果の概要(和文)：霊長類の味覚・嗅覚等の化学感覚について分子・細胞レベルでの研究を実施した。ニホンザルで地域特異的に生じた苦味受容体TAS2R38の開始コドン変異を進化遺伝学的に解析した結果、TAS2R38は紀伊半島特異的に非感受性変異体が急速に増加したことがわかった。また、種特異的な反応を示す苦味受容体の機能的意義を検討した結果、ニホンザル等のマカク類ではTAS2R16の変異により樹皮等に含まれる苦味に対して耐性が高いことを発見し、このような種間差は他の受容体でも見られることが示唆された。さらに遺伝子発現量と部位の種間比較を行った結果、マーモセット類で盲腸に発現する味覚受容体が特異的に多いことがわかった。

研究成果の概要(英文)：We investigated the cellular and molecular mechanisms of primate chemical senses, mainly on taste and olfaction. We found that mutant of Tas2R38 non-functional genes in Japanese macaques are rapidly expanded in the specific region of Japan as a natural selection. We also found the inter-species differences in the function of taste receptors, like TAS2R16, TAS2R1, TAS2R4, and TAS1R1. We found inter-species differences in the expression patterns of taste receptors and related molecules, too. Especially, these molecules are expressed specifically in the cecum of marmosets. These phenomena would be related to the physiology and ecology of the species.

研究分野：霊長類分子生理学

キーワード：味覚 嗅覚 進化 霊長類 受容体

1. 研究開始当初の背景

ヒトゲノムが解読されて以来、ヒトの個人ゲノムや非ヒト霊長類のゲノム解析が進展してきた。その結果、遺伝子の塩基置換や発現パターンの違いが同定され、いくつかの表現型に関わる機構も同定されてきている。これらの研究の発端となった遺伝子やその調節因子における種間・種内変異に関する知見は、ここ数年で飛躍的に増大すると予想される。しかし、この知見を種や個体の特性となる表現型にまで結びつけるには、具体的なタンパク質の機能や、発現パターンについて実証的な研究を積み重ねる必要がある。霊長類を含め野生動物は、生息環境に適応し生態を進化させてきたため、採食など環境との相互作用がある場面で重要な視覚・味覚・嗅覚等の感覚に関わる表現型が適応的である可能性が高い。

申請者らは主に感覚系の分子を対象として、遺伝子の配列や発現領域の多様性とタンパク質・細胞・個体機能の関係を研究することにより、表現型との関係を解明してきた。まず、視覚については遺伝子レベルの解析から主に色覚系の機能について、タンパク質・細胞・個体機能の関係を解明してきた。味覚・嗅覚についても遺伝子レベルでの霊長類種間、個体間の差異をスクリーニングし、開始時点で以下のような手がかりを得ていた。

(1) 味覚の地域差として、ニホンザルで地域特異的な苦味受容体の機能変異を報告した(文献1)。この変異がどのような進化的・生態的意義を持っているのかが次の課題である。

(2) 味覚の亜種差として、チンパンジーの苦味受容体に多くの亜種特異的遺伝子変異を見出した(文献2)。このような変異がタンパク質の性質や個体・個体群の行動にどのように関係するかが次の課題である。

(3) 味覚の種間差として、各種霊長類が共通に持つ苦味受容体の機能をタンパク質レベルで比較検討した(文献3)。それぞれの種特異的な天然植物成分に対する反応パターンが示唆された。

上記以外にもゲノムワイドな解析により、化学感覚関連遺伝子の種間差・個体差として多数の遺伝子変異を同定している。特に嗅覚受容体は数百の遺伝子から種特異的なものを数十に絞り込んでいるため、これら遺伝子変異の機能的な意味を決定するのが喫緊の課題である。

また、遺伝子の発現調節について主に定量的 RT-PCR 法により

(4) 舌に加えて腸管など消化器系での味覚情報伝達関連分子の発現を同定し、そのパターンが種間で異なることを見いだしていた。

近年、味覚情報伝達関連分子が舌だけでなく消化管や気管などに発現していることが判明し、身体の様々な部位で摂食調節など多様な機能に関わっていることが注目されて

いる(例として文献4)。今まではヒトとマウスを用いた研究が主流であるが、我々の結果は種ごとに多様な内臓化学受容機構が存在していることを示唆している。遺伝的にヒトに近く実験条件を揃えることが可能な様々な霊長類で、このような多様な発現調節と多機能の存在が示唆されることは非常に興味深い。

2. 研究の目的

そこで、本計画ではこれまでの知見を(1) 遺伝子レベルで機能差異が示唆されるものはタンパク質や細胞レベルで、(2) タンパク質の発現差異が示唆されるものは細胞機能やそのネットワークレベルで機能を解明することをめざした。これらの結果を個体の行動や生態環境と比較することにより、それぞれの種や亜種、地域集団等に特異的な生物学的現象として解明する。また、このような実験系をゲノム解析の結果報告される様々な遺伝子型に適用する基盤を構築することを目的とした。

3. 研究の方法

これまで見出してきた霊長類の種間・種内の遺伝子変異が与える表現型への影響について、より高次の分子・細胞・個体レベルの解析を進めた。遺伝子レベルで変異が同定されているものについては分子レベルの発現実験を基盤として、細胞・個体レベルの知見を得ることを試みた。また、発現レベルで変異が同定されているものについては、発現細胞や、共発現分子を同定することによりその機能を推定した。一方で、個体レベルで表現型が表れているものについては、生態レベルでどのような要因が働いているか検討するとともに、遺伝子周辺領域を用いた進化遺伝学的方法により、進化的要因も検討した。霊長類では難しかったこれらの手法を組み合わせることにより、次世代の解析方法を確立した。

参考文献(下線は研究代表者、*は責任著者を表す)

1. Suzuki N., Sugawara T., Matsui A., Go Y., Hirai H. and *Imai H. (2010) Identification of non-taster Japanese macaques for a specific bitter taste. *Primates* 51, 285-289.
2. *Sugawara T., Go Y., Udono T., Morimura N., Tomonaga M., Hirai H. and *Imai H. (2011) Diversification of bitter taste receptor gene family in western chimpanzees. *Mol. Biol. Evol.* 28, 921-931.
3. Sugawara T. and *Imai H. (2012) Post genome biology of primates focusing on taste perception. (in In Hirai H, Imai H and Go Y (eds), *Post-Genome Biology of Primates, Primatology Monographs*, Springer, p. 79-92.
4. R.J. Lee and N.A. Cohen (2016) 体を守る

4. 研究成果

(1) ニホンザルで地域特異的に生じた苦味受容体の開始コドン変異の進化的解析

地域特異的に開始コドンに生じたこの変異がどのような進化的・生態的意義を持っているのか検討するため、進化遺伝学的方法により、この遺伝子(紀伊半島ニホンザルの TAS2R38)周辺の配列を比較し、この変異がいつ頃生じて集団の中に蓄積してきたのか検討した。TAS2R38 とその周辺の非コード領域の遺伝子配列を解析することにより、この変異は数千年のレベルで生成・蓄積してきた可能性が示唆された。一方、TAS2R38 以外の領域の塩基多様度を他地域と比較検討した結果、紀伊半島のニホンザルの集団特異性は他地域に比べて大きな違いがないことがわかった。タンパク質レベルや個体レベルの実験では、開始コドンに変異のある受容体は確かに受容体の機能を失い、個体が特異的な苦味を受容する能力も低下している。これらの結果、TAS2R38 は紀伊半島特異的に非感受性変異体が急速に増加し、その起源は数千年前~約1万年前であることがわかった。この時期に生じた生態学的な背景として、柑橘類の当該地域への移入が考えられると考察される。(論文 4,13, 学会発表 2,4,14)

(2) チンパンジーの苦味受容体で発見された亜種特異的遺伝子変異の遺伝学的意義

国内飼育個体を対象としたチンパンジー亜種の苦味受容体を解析した結果、様々な亜種特異的変異が観察された。集団遺伝学的解析により、それぞれの地域ごとに受容体の配列や機能が多様化し、その進化的パターンも異なることがわかった。(論文 12,14, 学会発表 25,30,33,34)

(3) 種特異的な反応を示す苦味受容体の機能的意義

これまでにヒト、チンパンジー、ニホンザル、中国のラングール、中南米のマーモセットが共通に持つ苦味受容体 TAS2R16 の機能をタンパク質レベルで比較検討した結果、それぞれの種特異的な天然植物成分に対する反応パターンが観察された。

このうち、サリシンについてはニホンザルの行動実験で感度が著しく低いことを確認するとともに、特異的な採食活動との関係が示唆されたが、他種や他のリガンドについての機能は不明である。そこで、タンパク質レベルでの機構を様々なリガンドや変異体を用いて解析した。また、個体レベルでの感度やを二瓶法により解析した結果、タンパク質の機能レベルと相関がある結果が得られた。様々な変異体解析の結果、TAS2R16 のアミノ酸配列のうち、3つのアミノ酸残基の変異によりこれらの現象がほぼ説明できることが

わかった。(論文 1,6, 学会発表 1,15,16,18,20,27,28,31,35,37)

また、TAS2R16 だけでなく同様の現象は新世界ザルの TAS2R1,4 (論文 8, 学会発表 19,20,24,26) 旧世界ザルの TAS2R38 (学会発表 6,12) および旨味受容体 TAS1R1 (論文 9) 等でも観察されることが示唆された。

(4) 遺伝子発現量と部位の種間比較

これまでニホンザル・アカゲザルとコモンマーモセットを主な対象として、味覚情報伝達に関わる遺伝子の部位や時間変化を検討してきた。その結果、消化器系での味覚情報伝達関連分子の発現パターンが種間で異なることがわかった。具体的には、マーモセットでは舌に比べて盲腸と大腸で G タンパク質 gustducin やその下流の TRPM5 の発現量が非常に多いのに対して、アカゲザルではヒトやマウスで報告されているのと同様にそれほど多くはない。この結果を、免疫染色法を用いてタンパク質・細胞レベルで確認した結果、確かに盲腸の一部の細胞が味覚受容体と gustducin を共発現していることがわかった。(論文 10, 学会発表 21-23)

(5) 味覚受容体以外の遺伝子・タンパク質

研究期間中に化学感覚以外のいくつかの遺伝子やタンパク質について種間・個体間の違いをゲノムレベルで同定した。例えば、ドーパミンなどのカテコールアミンは摂食活動を制御する神経回路にも関わっているため、その代謝は化学感覚の制御に関わる。これまでにその代謝に関わるニホンザルとアカゲザルのカテコールメチル基転移酵素 (Catechol-O-Methyl Transferase) の遺伝子変異解析を行った結果、2か所のアミノ酸変異がニホンザル特異的に発見された。そこで、この変異がタンパク質の機能を変化させるのかどうかを発現タンパク質を用いた実験系により検討した。さらに、同様に摂食に関与する色覚受容体(論文 5,15)の構造機能解析や嗅覚に関する行動実験(学会発表 13)も実施した。

(6) 霊長類以外の味覚受容体

果実食・葉食を基本とする霊長類の化学感覚の特徴に対する理解を深めることを目的に、食肉目哺乳動物種および鳥類種の味覚受容体について解析をおこなった。まず、肉食・魚食を基本とするイタチ科各種で Tas1r1 の配列を決定して比較した結果、ユーラシアカワウソで Tas1r1 が偽遺伝子化していることを発見した。また、花蜜や果物を常食とするメジロとヒヨドリで Tas1r1 と Tas1r3 の全配列を決定し、鳥類の中で唯一甘味受容の化学メカニズムが解明されているハチドリと比較したところ、甘味受容の鍵となるアミノ酸が両者の間で異なることが明らかになった。ヒヨドリについて機能解析をおこなったところ、ショ糖をはじめとする糖に対する反

応性が確認された。飼育下のメジロの餌にシヨ糖を加えて選択実験をおこなったところ、通常の餌と比較して有意に多く摂取することが確認された。(学会発表 8,9)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 15 件)

1. *H. Imai, N. Suzuki-Hashido, Y. Ishimaru, T. Sakurai, L. Yin, W. Pan, M. Ishiguro, K. Masuda, K. Abe, T. Misaka, and H. Hirai (2016) Amino acid residues of bitter taste receptor TAS2R16 that determine sensitivity in primates to β -glycosides. *Biophysics and Physicobiology* in press. 査読有
2. F. N. Carelli, T. Hayakawa, Y. Go, H. Imai, M. Warnefors and H. Kaessmann. (2016) The life history of retrocopies illuminates the evolution of new mammalian genes. *Genome Research* 26, 301-314. 査読有 DOI: 10.1101/gr.198473.115
3. S. Bunlungsup, H. Imai, Y. Hamada, M.D. Gumert, A.M. San, and S. Malaivijitnond. (2016) Morphological characteristics and genetic diversity of Burmese long-tailed Macaques (*Macaca fascicularis aurea*). *Am J Primatol.* 78, 441-455. 査読有 DOI: 10.1002/ajp.22512
4. N. Suzuki-Hashido, T. Hayakawa, A. Matsui, Y. Go, Y. Ishimaru, T. Misaka, K. Abe, H. Hirai, Y. Satta, and *H. Imai. (2015) Rapid expansion of phenylthiocarbamide non-tasters among Japanese macaques. *PLoS ONE* 10, e0132016. 査読有 DOI: 10.1371/journal.pone.0132016
5. K. Katayama, T. Okitsu, H. Imai, A. Wada, and H. Kandori (2015) Identical Hydrogen-Bonding Strength of the Retinal Schiff Base between Primate Green- and Red-Sensitive Pigments: New Insight into Color Tuning Mechanism. *J Phys Chem Lett.* 6, 1130-1133. 査読有 DOI: 10.1021/acs.jpcclett.5b00291
6. 今井啓雄, 西栄美子 (2016) 味覚受容体タンパク質の進化と多様性. *生物科学* 67, 75-84.
7. 今井啓雄 (2015) サルの味覚を追ってフィールドに. *フィールドプラス* 15, 22-23.
8. 筒井圭、今井啓雄 (2015) 霊長類苦味受容体の機能的多様性 比較生理生化学 32, 24-29 査読有 DOI: <http://doi.org/10.3330/hikakuseiriseika.32.24>
9. Y. Toda, T. Nakagita, T. Hayakawa, S. Okada, M. Narukawa, H. Imai, Y. Ishimaru, *T. Misaka (2013) Two distinct determinants of ligand specificity in T1R1/T1R3 (the umami

taste receptor). *J Biol Chem.* 288, 36863-36877 査読有

DOI: 10.1074/jbc.M113.494443

10. S. Gonda, *S. Matsumura, S. Saito, Y. Go and *H. Imai (2013) Expression of taste signal transduction molecules in the caecum of common marmoset. *Biology Letters* 9, 20130409 査読有 (京都新聞、朝日新聞、産経新聞、中日新聞等で紹介) DOI: 10.1098/rsbl.2013.0409
11. *今井啓雄、筒井圭 (2013) 霊長類苦味受容体の多様化 生体の科学 64, 430-431 査読無 DOI: 10.11477/mf.2425101500
12. 早川卓志、*今井啓雄 (2013) チンパンジーにおける苦味感覚の地域差と進化 遣伝 67, 418-424 査読無 ISSN : 0387-0022
13. *今井啓雄、鈴木南美 (2013) 生息環境に応じた感覚受容体の機能進化 生物物理 53, 194-197 査読有 DOI: 10.2142/biophys.53.194
14. T. Hayakawa, T. Sugawara, Y. Go, T. Udono, H. Hirai, and *H. Imai (2012) Eco-Geographical Diversification of Bitter Taste Receptor Genes (TAS2Rs) among Subspecies of Chimpanzees (*Pan troglodytes*). *PLoS ONE* 7, e43277. 査読有 京都新聞、朝日新聞、毎日新聞、日経新聞、産経新聞、日経サイエンス等で紹介 DOI: 10.1371/journal.pone.0043277
15. K. Katayama, Y. Furutani, H. Imai, and *H. Kandori (2012) Protein-Bound Water Molecules in Primate Red- and Green-Sensitive Visual Pigments. *Biochemistry* 51, 1126-1133. 査読有 DOI: 10.1021/bi201676y.

[学会発表](計 37 件)

1. H. Imai Functional analysis of bitter and sweet receptors of primates by cellular and behavioral experiments. 日本進化学会第 17 回大会 2015 年 8 月 21 日 中央大学(東京都)
2. 鈴木-橋戸 南美 霊長類における苦味感覚の多様性. 生理学研究所 研究会 生物学的階層構造をまたぐセルセンサー情報伝達に関する戦略的研究開発 2015 年 9 月 14-15 日 岡崎カンファレンスセンター(岡崎市)
3. 西栄美子 行動実験と分子実験によるヒトとニホンザルの甘味感受性比較. 第 31 回日本霊長類学会大会 2015 年 2015 年 7 月 18-20 日 京都大学(京都市)
4. 鈴木-橋戸 南美 ニホンザルにおける PTC 味盲多型の急速な拡がり. 第 31 回日本霊長類学会大会 2015 年 7 月 18-20 日 京都大学(京都市)
5. S. BUNLUNGSUP Subspecific hybridization between *Macaca fascicularis fascicularis* and *Macaca fascicularis aurea* 第 31 回日本霊長類

- 学会大会 2015 年 7 月 18-20 日 京都大学 (京都市)
6. L.H. PERMITA Functional identification of gene encoding receptor of PTC bitter taste compound in leaf-eating monkeys 第 31 回日本霊長類学会大会 2015 年 7 月 18-20 日 京都大学 (京都市)
 7. 北島龍之介 霊長類 Evo-Devo 研究ツールとしてのチンパンジー-iPS 細胞の利用 第 31 回日本霊長類学会大会 2015 年 7 月 18 日-20 日 京都大学 (京都市)
 8. 植村佳菜 メジロとヒヨドリにおける「うま味」受容体遺伝子 Tas1r1 および Tas1r3 の塩基配列決定. 第 49 回日本味と匂学会大会、2015 年 9 月 24 - 26 日、じゅうろくプラザ (岐阜市)
 9. 樽澤優芽子 イタチ科におけるうま味受容体遺伝子 Tas1r1 の種間比較. 第 49 回日本味と匂学会大会、2015 年 9 月 24 - 26 日、じゅうろくプラザ (岐阜市)
 10. 西栄美子 ヒトとニホンザルにおける甘味感受性と甘味受容体機能の比較 第 49 回日本味と匂学会大会、2015 年 9 月 24 - 26 日、じゅうろくプラザ (岐阜市)
 11. 鈴木-橋戸南美 野生ジャワルトンの苦味受容体遺伝子の多様性解析 第 60 回プリマーテス研究会 2016 年 1 月 30-31 日 日本モンキーセンター (犬山市)
 12. L.H. PERMITA Functional characterization of bitter taste perception in leaf-eating monkeys. 第 60 回プリマーテス研究会 2016 年 1 月 30-31 日 日本モンキーセンター (犬山市)
 13. 糸井川壮大 繁殖期のワオキツネザルのオスは臭腺分泌物をどのような目的で利用しているのか 第 60 回プリマーテス研究会 2016 年 1 月 30 日 ~ 31 日 日本モンキーセンター (犬山市)
 14. N. Suzuki-Hasido Genetic and functional variation of bitter taste receptor TAS2R38 in primates. The 13th International Symposium on Molecular and Neural Mechanisms of Taste and Olfactory Perception. November 3-4, Kyushu University (Fukuoka)
 15. 今井啓雄 「霊長類味覚受容体の遺伝子・タンパク質・個体レベルの解析」東京農業大学 先端研究プロジェクト「消化管幹細胞を用いた新規培養系の確立と消化管機能解析」中間報告会 2016 年 1 月 20 日 東京農業大学 (東京都)
 16. H. Imai Intra-species difference in the taste receptors of primates. International Union of Anthropological and Ethnological Sciences 2014. "Local differences in ecology and behavior of non-human primates: genetic variation or culture?" 幕張メッセ、千葉、2014 年 5 月 14-18 日、招待講演
 17. 松村秀一: Studies on genomic diversity at Gifu University. Kyoto University and Bogor Agricultural University International Symposium "Diversity and Conservation of Asian Primates", 18-21 August 2014, Bogor, Indonesia.
 18. 今井啓雄 分子系統学と霊長目の適応進化 - サルの味覚地域変異の謎 - 日本哺乳類学会 2014 年度大会、京都大学、京都 2014 年 9 月 04-07 日
 19. K. Tsutsui Interspecific variation in ligand sensitivity of G-protein-coupled bitter taste receptors in New World monkeys. 16th International Conference on Retinal Proteins, Nagahama Royal Hotel, Nagahama, Japan, October 5-10, 2014.
 20. 今井啓雄 新世界ザル苦味受容体機能の種間差. 第 30 回日本霊長類学会、大阪大学・大阪科学技術センター、大阪、2014 年 7 月 4-6 日.
 21. 今井啓雄 マーモセット盲腸における味覚情報伝達分子群の発現. 第 3 回日本マーモセット研究会大会シンポジウム、九州大学、福岡、2013 年 12 月 12 日 招待講演
 22. 今井啓雄 霊長類の感覚: 色覚と味覚. オプトバイオテクノロジー研究センター設立シンポジウム、名古屋工業大学、名古屋、2013 年 12 月 26 日 招待講演
 23. 今井啓雄 コモンマーモセット盲腸における味覚情報伝達分子の発現. 生理研研究会「細胞センサーの分子機構・相互関連・ネットワーク研究会」生理学研究所、岡崎、2013 年 11 月 28 日 特別講演
 24. K. Tsutsui Functional diversity of bitter taste receptors TAS2R1 and TAS2R4 in New World monkeys. The 11th International Symposium on Molecular and Neural Mechanisms of Taste and Olfactory Perception. Kyushu University, Fukuoka, October 31-November 2, 2013.
 25. 早川卓志 チンパンジー野生集団における苦味受容体遺伝子の多様性と進化. 日本進化学会第 15 回つくば大会 2013 年 8 月 28-31 日、筑波大学、つくば
 26. 筒井圭 新世界ザルにおける苦味受容体 TAS2R4 のリガンド感受性の種間差. 生理研研究会「細胞センサーの分子機構・相互関連・ネットワーク研究会」生理学研究所、岡崎、2013 年 11 月 28 日
 27. H. Imai Functional evolution of bitter taste receptors of Asian primates. THE 3RD INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SOUTHEAST ASIAN PRIMATES, Bangkok, Thailand, August 28, 2012. 招待講演

28. H. Imai Functional diversity of bitter taste receptor TAS2R16 in primates to natural ligands. XVI International Symposium on Olfaction and Taste, Stockholm, Sweden June 23-27, 2012.
29. Hayakawa T. Eco-Geographical Differences of the Sense of Bitter Taste in Chimpanzees. The 1st International Seminar on Biodiversity and Evolution Kyoto University, Kyoto, September 26, 2012
30. 早川卓志 霊長類味覚受容体レポーターの進化史 第28回日本霊長類学会大会、椋山女学院大学、名古屋、2012年7月7日
31. 今井啓雄 部位特異的変異体による霊長類苦味受容体 TAS2R16 の機能解析. 第28回日本霊長類学会大会椋山女学院大学、名古屋、2012年7月7日
32. 今井啓雄 アミノ酸変異による苦味受容体 TAS2R16 機能の多様化. 日本生物物理学会、名古屋大学、名古屋、2012年9月24日
33. 早川卓志 チンパンジーの苦味感覚の地域差. 日本味と匂学会第46回大会、大阪大学、豊中、2012年10月3日
34. T. Hayakawa Geography and evolution of bitter taste receptor genes in chimpanzees. The 10th International Symposium on Molecular and Neural Mechanisms of Taste and Olfactory Perception Kyushu University, Fukuoka, November 2-3, 2012.
35. H. Imai Functional diversity of bitter taste receptors within and between primate species. The 10th International Symposium on Molecular and Neural Mechanisms of Taste and Olfactory Perception Kyushu University, Fukuoka, November 2-3, 2012.
36. 早川卓志 (2012) 真主齧類における苦味受容体の進化. 日本進化学会第14回東京大会、東京大学、東京、2012年8月21-22日
37. 今井啓雄 (2012) 遺伝子変異によって生じた霊長類の味覚多様性. DNA多型学会第21回学術集会・公開シンポジウム「DNAが明かす生き物の謎」京都教育文化センター、京都、2012年11月7日

〔図書〕(計4件)

1. 今井啓雄 (2016) 昼間視(明所視). 光と生命の事典. (朝倉書店) pp238-239 (分担執筆)
2. H. Imai (2013) "Bitter taste receptors of primates" In Evolution and Senses: Opsins, Bitter Taste, Olfaction. *Springer Briefs* (Y. Shichida, T. Yamashita, H. Imai, T. Kishida) pp23-34. 査読有
3. H. Imai (2013) "Primate Genome Database" In Monkeys, Apes, and Humans. Primatology in Japan. *Springer Briefs* (M. Huffman, N. Nakagawa, Y. Go, H. Imai, M.

Tomonaga) pp35-40. 査読有

4. 今井啓雄 ポストゲノム霊長類学「新・霊長類学のすすめ」(京都大学霊長類研究所編)分担執筆, pp162-177 丸善出版 京大人気講義シリーズ(2012) ISBN:4621085336

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

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

(2)研究分担者

松村秀一 (MATSUMURA, Shuichi)
岐阜大学・応用生物科学部・教授
研究者番号: 30273535

(3)連携研究者

郷康広 (GO, Yasuhiro)
大学共同利用機関法人自然科学研究機構
(新分野創成センター)・准教授
研究者番号: 50377123

松井淳 (MATSUI, Atsushi)

東京大学・農学生命科学研究科・研究員
研究者番号: 70455476

(4)研究協力者

平井 啓久 (HIRAI, Hirohisa)
京都大学・霊長類研究所・教授

筒井 圭 (TSUTSUI, Kei)
京都大学・霊長類研究所・研究員

鈴木-橋戸南美 (SUZUKI-HASHIDO Nami)
京都大学・霊長類研究所・研究員

早川卓志、西栄美子、北島龍之介、
伊藤聡美、西山瑠衣、糸井川壮大
京都大学・霊長類研究所・大学院生

権田彩、赤尾大樹、榊原朱乃、樽澤優芽子、
植村佳菜、河本悠吾
岐阜大学・応用生物科学部・大学院生

Bambang Suryobroto, Kanthi Widayati,
Laurentia Henrieta Permita Sari Purba
Bogor Agricultural University, Indonesia