

令和 5 年 6 月 7 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H03311

研究課題名(和文) ゲノム組成の変化を伴ってヨザルで実現した暗環境への適応：霊長類全般での再現性

研究課題名(英文) Adaptation of owl monkeys to dark environments accompanied by genome composition alterations: reproducibility in a wide range of primates

研究代表者

古賀 章彦 (Koga, Akihiko)

京都大学・ヒト行動進化研究センター・教授

研究者番号：80192574

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文)：昼行性から夜行性への移行に関連して、夜間視力の増強につながる適応が、霊長類のヨザル(夜猿)で観察されていた。視細胞の中での微小レンズの形成である。この現象に関して、ヨザルでの過去のゲノム構成の変遷、および、より広い範囲の生物種での一般性を、追求した。以下の知見が得られた。[1] 短期間(ヨザルとマーモセットの分岐以降)で進行した。[2] サテライトDNA(同じ塩基配列が繰り返し現れる領域)の新規形成および急速な増幅を伴っていた。[3] 新規サテライトDNAが短期間で増幅する例を、有袋類で見出した。以上から、サテライトDNAが関与するホスト生物の適応は広く起こり得るとの推察に至った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

適応進化にはゲノムの変化が伴う。真核生物のゲノムにはほぼ例外なく、従来の概念での遺伝子のほかに、サテライトDNAが大量に存在する。その機能が続々と明らかにされているものの、適応進化に直接関わったといえる例は、ほとんどない。この状況にあって、ヨザルでの視細胞内微小レンズの形成は、サテライトDNAがもたらす適応進化の明瞭な例である。進化の観点からは、これがヨザルに限られるのかとの疑問が、順当に生じる。この疑問に答えるための実験や解析を行い、広い範囲の生物種で同様の適応進化が起こり得るとの推測に至った。この先の課題としての具体的な実例の同定に、効率的な解析手法の選定の指針を、提供することになる。

研究成果の概要(英文)：Owl monkeys carry, in their photoreceptor cells, a microlens structure that leads to an elevated night vision. This is an adaptation associated with their shift to a nocturnal lifestyle. The purpose of the present study was to reveal the past evolutionary process of the acquisition of the microlens structure, and to infer its generality in a wide range of organisms. The following results were obtained: [1] the acquisition was a recent and rapid process (after the divergence between owl monkey and marmoset), [2] the acquisition was accompanied by formation of novel satellite DNA (tandemly repeated sequences on a large scale) and its rapid expansion in the genome, and [3] another example of a rapid expansion of a new satellite DNA was found in a marsupial. These results suggested that adaptation associated with satellite DNA formation or expansion could occur in a wide range of organisms.

研究分野：進化遺伝学

キーワード：適応 ゲノム サテライトDNA ヘテロクロマチン 染色体 内在性レトロウイルス

1. 研究開始当初の背景

(1) 哺乳類にみられる視細胞内微小レンズ

夜行性の哺乳類の多く(マウス、ムササビ、オオカミなど)で、桿体細胞(微弱な光を捕らえる視細胞)の核が特殊な構造をとり、これがレンズとなって夜間視力の増強をもたらす現象が、以前から知られている(引用文献1)。器官としての目でレンズの役割を果たす水晶体に加えて、光受容部の近くにレンズをもつことになり、夜間視力の増強をもたらしている。

視細胞内微小レンズは、ヘテロクロマチン(高度に凝集している状態のDNA-タンパク複合体)が核の中央部に集中することで形成される(図1)。ヘテロクロマチンの成分となるDNAは、サテライトDNA(同じ配列が縦列で繰り返しており遺伝子をほとんど含まない)の形状であることが多い。

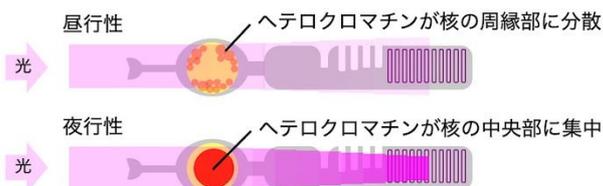


図1. 視細胞にみられる相違点

(2) ヨザルの視細胞内微小レンズ

真猿類(ヒト上科+旧世界ザル+新世界ザル)は昼行性の生活様式を示す。その中であってヨザル(ヨザル属の十数種からなる亜科)は唯一、夜行性である。他の亜科から分岐した後で夜行性に移行したと、考えられている。本研究課題に先立つ研究で、ヨザルが視細胞内微小レンズをもつこと、および2種類のサテライトDNAで構成されていることを、証明していた(引用文献2、3)。真猿類の系統樹でヨザルに近い位置にあるマーモセットやタマリンについても、同時に調べており、視細胞内微小レンズはないとの結果を得ていた。以上の結果は、ヨザルは夜行性への移行に伴い新規に視細胞内微小レンズを獲得したことを示す。

(3) ヨザルでの証明の意義

視細胞内微小レンズの新規の獲得が起こることの証明は、ヨザルを材料に使うことで、可能となった。過去のある時点で昼行性から夜行性に移行し、昼行性であった時期には視細胞内微小レンズがなかったことが、判明しているからである。他の夜行性哺乳類では、視細胞内微小レンズをもたなかった時期が過去にあったかどうか、明確ではない。爬虫類から分岐した後の哺乳類の共通祖先は、夜行性であったと考えられており、その時期から視細胞内微小レンズを保持しているという可能性を、除くことができない。

2. 研究の目的

(1) 進化の観点で生じる疑問

夜行性への移行に伴い、ヨザルは、視細胞内微小レンズを新規に獲得した。これがヨザルに限定されるのか、あるいは、より多くの生物種で広く起こり得るのかという疑問が、進化の観点からは当然に生じる。この疑問に応えることが、本研究課題の目的の上位にある究極の研究目的である。ただし、広く起こり得るとして、この究極の研究目的を達成するには、ヨザル以外の生物種で証明を追加する必要がある。しかし、1の(3)に記すように、この証明が可能な生物種は現在は知られていないことから、究極の研究目的の達成は今のところ望めない。

(2) この状況にあって、上記の疑問に応えることに準ずる具体的な目標として、次のような疑問を設定した。

- ヨザルでの適応はどのくらいの期間で達成されたか。
- ヨザルでどのような条件がそろったためにこの適応が実現したか。
- これに類似する現象や一部に相当する現象が他の生物種でみられるか。

これらの疑問に答えを得て、上位の研究目的への道筋をつけることを、本研究課題の目的とした。

3. 研究の方法

(1) 法令および倫理

本研究課題には組換えDNA実験が含まれている。京都大学組換えDNA実験安全委員会の事前の承認を得て実施した(承認番号140112、190058)。なお本研究課題は、動物実験には該当しない。

(2) 実験に用いた材料：霊長類

実験的研究ではアザラヨザル (*Azara's owl monkey, Aotus azarae*) を、材料の中で中心として用いた。京都大学霊長類研究所で飼育されていた個体であり、個体の由来、細胞株、ゲノム DNA の抽出、ゲノムライブラリーの作製に関して、以前の報告 (引用文献 2, 4, 5) に記載してある。

ヨザル属内での比較のために、コロンビアヨザル (Colombian owl monkey, *A. lemurinus*) を用いた。東京大学医科学研究所で飼育されていた個体であり、同様の情報の記載が以前の報告 (引用文献 6) にある。

さらに比較のために、霊長類の他の種も調べた。コモンマーモセット、ワタボウシタマリ、アカゲザル、チンパンジー等の種の組織また培養細胞から抽出したゲノム DNA を用いた。試料の元になった個体は、いずれも京都大学霊長類研究所で飼育されていた個体である。

(3) 実験に用いた材料：有袋類

類似の例が有袋類でみつかったため、有袋類の多数の種も解析の対象とした。中心となった種はアカクビワラビー (red-necked wallaby, *Notamacropus rufogriseus*) であり、高知県立のいち動物公園から、健康診断で採取した血液サンプルの余剰分の提供を受けた。他の種はパルマワラビー、オオカンガルー、コアラ等であり、自然に排出された糞便のサンプルを、国内各地の動物園に依頼して入手した。

(4) 試料調整、実験、解析等

通常分子生物学および細胞遺伝学の実験手法、およびバイオフィンフォマティクスの解析手法を用いた。具体的な条件設定等は、研究成果の節に含めて記載する。

4. 研究成果

(1) 疑問 A. ヨザルでの適応は、どのくらいの期間で達成されたか

背景：以前の研究 (Koga et al. 2017) で、アザラヨザルが視細胞内微小レンズをもつことを示していた。その主要 DNA 構成成分が OwlRep と名付けたサテライト DNA であることも示し、さらに、その空間分布についても、明らかにしていた。また、コモンマーモセットは視細胞内微小レンズをもたず、ゲノム内に OwlRep が存在しないことも、判明していた。

結果：ヨザル属の別の種であるコロンビアヨザルの網膜サンプルに対して、3次元ハイブリダイゼーションの実験を行った。OwlRep が主要成分となる視細胞内微小レンズが存在し、OwlRep の空間分布もアザラヨザルと同じであることを、確認した。また、タマリヤリスザルなどの狭鼻下目、アカゲザルやチンパンジーなどの広鼻下目の多数の種につき、ゲノム内での OwlRep の存在を調べた。いずれも OwlRep をもたないという結果が得られた。

解釈：ヨザルはマーモセットが分岐したのはおよそ 20 Mya (1 Mya は 100 万年前遡ることを表す) と推定されている (図 1)。また、アザラヨザルとコロンビアヨザルの分岐は、およそ 5 Mya と推定されている (図 1)。したがって、視細胞内微小レンズの形成は 15 Mya またはそれ以降に始まり、5 Mya またはそれ以前に完了したことになる。

結論：視細胞内微小レンズの形成に要した時間は、最大で 15 My (1 My は 100 万年) である。これよりはるかに短い期間で進行した可能性は、十分に考えられる。

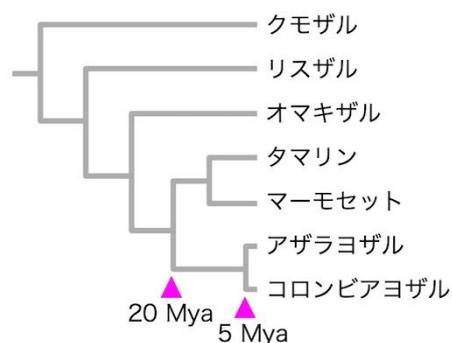


図 2. 広鼻下目での系統関係

(2) 疑問 B. ヨザルでどのような条件がそろったためにこの適応が実現したか

背景：視細胞内微小レンズの実体は、ヘテロクロマチンが核の中央部に集中したものである (図 1)。ヨザルの系統で昼行性の視細胞から夜行性の視細胞に移行した際の仕組みとしては、次の 2 つが考えられる。

B1. 中央部にヘテロクロマチンを集める機構を、ヨザルは新しく獲得した。

B2. 周縁部にヘテロクロマチンを保持する仕組みが元々あり、ヨザルはそれを停止した。

どちらが実際の経過であったかを推測するにあたり、考慮すべき点がある。細胞では一般的に、ヘテロクロマチンは核の周縁部に配置されており、これは LBR と Lamin A/C の 2 つのタンパクが核膜の内側表面につなぎ止めることが原因との知見である。

結果：ヘテロクロマチンを核の周縁部に繋ぎ止める仕組みに関して、昼行性の視細胞と体細胞一般とで仕組みが異なることを示唆する情報は、文献や資料の調査からは、なか

った。仕組みは同じであるとの前提に立てば、その仕組みを抑制あるいは阻害することで、B2 は成立する。そこで、LBR と Lamin A/C の遺伝子の発現をヨザルで調べる実験を計画した。これを実施するには、新鮮な網膜のサンプルが必要である。このための準備をして、動物園等でヨザルの自然死が起こる機会を待った。2021 年に機会が訪れたが、コロナウイルスに関する世情のため、実施できなかった。

結論：実験を通しての確認を行っていないため、B1 と B2 のどちらが正しいかについて結論は出ていない。とはいえ、B1 では遺伝子に新機能が生じることを必要とするのに対し、B2 では既存の機能が変化し、形状の移行が可能となる。しかもその変化は抑制や阻害の方向である、これから、B2 のほうが可能性が大きいとの推測が成り立つ。

(3) 疑問 C. 類似する現象や一部に相当する現象が他の生物種で見られるか

背景：視細胞内微小レンズを構成する DNA は、主成分が OwlRep、副次的成分が OwlAlp2 と名付けたサテライト DNA である。どちらのサテライト DNA も、ヨザルとマーモセットの分岐後に急速に反復のコピー数を増し、合わせてゲノムの数パーセントを占めるほどの規模になった。他の生物種で短期間にコピー数を増したサテライト DNA があれば、視細胞内微小レンズの獲得と同様に、何らかの適応に関わっているサテライト DNA の候補となる。

本研究課題と同時期に進めていた転移因子（トランスポゾン）に関する研究で、最近転移したと考えられる内在性レトロウイルスを発見した。メラニン色素の合成が起こらないアカクビワラビーの変異体で、メラニン色素の合成に必須の遺伝子に入り込んでいたもので、*walb* 因子と名付けた。そのコピー数や、コピー間の塩基配列変異を調べた結果から、*walb* 因子が縦列に並んだサテライト DNA を形成していることが、示唆された。

結果：このサテライト DNA は、急速にコピー数を増したサテライト DNA の候補となり得る。そのため、実態を調べて増幅の時期を推測することを、本研究課題で取り扱うことにした。クローニング、塩基配列の解析、染色体上の位置の解析、ゲノムデータベースの探索などを行い、得られた結果から、急速にコピー数の増加が起こったと判断した。根拠の核心部は、アカクビワラビーでは大規模なサテライト DNA となっているものの、近縁種であるダマヤブワラビーに存在しないことである。より系統関係の遠いパルマワラビー、オオカンガルー、コアラなども調べたが、みつからなかった。ヨザルとマーモセット（およびその他の霊長類）の関係が、アカクビワラビーとダマヤブワラビー（およびその他の有袋類）に対応する。さらに、このサテライト DNA の構造から、形成および規模の増大のメカニズムを推測した（図 3）。図中で、緑は内在性レトロウイルスの両端にある反復配列、青は内部領域である。このモデルでは、減数分裂時の対合のずれと、それに続く相同組換えのみで、反復配列の伸長の過程を説明できる。他の様式の DNA 再編成を組み入れる必要がなく、きわめて単純なモデルである。

解釈：*walb* 因子に起因するこのサテライト DNA は、アカクビワラビーとダマヤブワラビーの分岐の後に、アカクビワラビーの系統で急速に規模が拡大した。

結論：ヨザルでの OwlRep および OwlAlp2 の増大と類似する現象が、有袋類でみつかった。ただし、これがどのような表現型につながるのかは未解明である。宿主生物の適応に関わっている可能性を検討するための候補とみなしてよい。

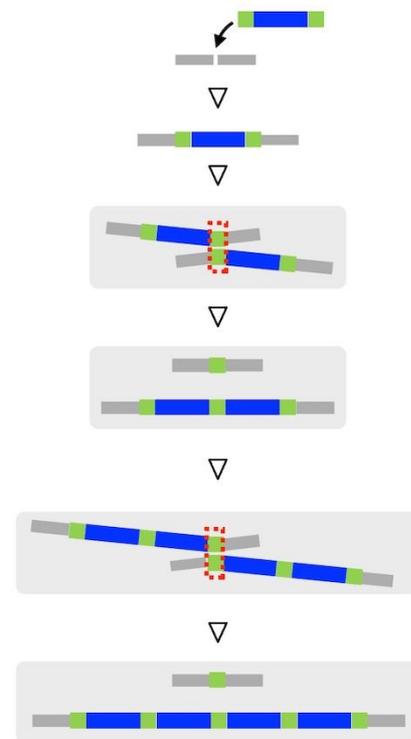


図 3. サテライト DNA 形成のモデル

(4) 総合的考察

サテライト DNA が宿主生物の適応に直接関わった事例はほとんどない中、ヨザルでの視細胞内微小レンズの獲得は、明確な事例である。その経過は、サテライト DNA の新規形成およびその急速な増幅を伴うものであった。この経過とほぼ同じ状況にあるサテライト DNA が、有袋類でみつかった。サテライト DNA が主体となる宿主生物の適応は、広い範囲の生物で生じている可能性がある。

<引用文献>

1. Solovei I, Kreysing M, Lanctôt C, Kösem S, Peichl L, Cremer T, Guck J, Joffe B (2009) Nuclear

architecture of rod photoreceptor cells adapts to vision in mammalian evolution. *Cell* 137:356-68. doi: 10.1016/j.cell.2009.01.052.

2. Koga A, Tanabe H, Hirai Y, Imai H, Imamura M, Oishi T, Stanyon R, Hirai H (2017) Co-opted megasatellite DNA drives evolution of secondary night vision in Azara's owl monkey. *Genome Biol. Evol.* 9: 1963-1970. doi: 10.1093/gbe/evx142.

3. Nishihara H, Stanyon R, Kusumi J, Hirai H, Koga A. (2018) Evolutionary origin of OwlRep, a megasatellite DNA associated with adaptation of owl monkeys to nocturnal lifestyle. *Genome Biol. Evol.* 10: 157-165. doi: 10.1093/gbe/evx281.

4. Prakhongcheep O, Hirai Y, Hara T, Srikulnath K, Hirai H, Koga A. (2013) Two types of alpha satellite DNA in distinct chromosomal locations in Azara's owl monkey. *DNA Res.* 20: 235-240. doi: 10.1093/dnares/dst004.

5. Prakhongcheep O, Chaiprasertsri N, Terada S, Hirai Y, Srikulnath K, Hirai H, Koga A (2013) Heterochromatin blocks constituting the entire short arms of acrocentric chromosomes of Azara's owl monkey: formation processes inferred from chromosomal locations. *DNA Res.* 20: 461-470. doi: 10.1093/dnares/dst023.

6. Thapana W, Sujiwattanasat P, Srikulnath K, Hirai H, Koga A. (2014) Reduction in the structural instability of cloned eukaryotic tandem-repeat DNA by low-temperature culturing of host bacteria. *Genet. Res.* 96: e13. doi: 10.1017/S0016672314000172.

7. Kuniyoshi N, Yoshida Y, Itoh Y, Yokota SI, Kuraishi T, Hattori S, Kondo T, Yoshizawa M, Kai C, Kiso Y, Kusakabe KT. (2018) Morphological analyses of the retinal photoreceptor cells in the nocturnally adapted owl monkeys. *J. Vet. Med. Sci.* 80: 413-420. doi: 10.1292/jvms.17-0418.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件／うち国際共著 3件／うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Tanabe H, Kusakabe KT, Imai H, Yokota SI, Kuraishi T, Hattori S, Kai C, *Koga A	4. 巻 13
2. 論文標題 The heterochromatin block that functions as a rod cell microlens in owl monkeys formed within a 15-Myr time span	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Genome Biology and Evolution	6. 最初と最後の頁 evab021
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/gbe/evab021	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 *Koga A, Hisakawa C, Yoshizawa M	4. 巻 63
2. 論文標題 Baboon bearing resemblance in pigmentation pattern to Siamese cat carries a missense mutation in the tyrosinase gene	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Genome	6. 最初と最後の頁 275-279
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1139/gen-2020-0003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Mae Y, Nagara K, Miyazaki M, Katsura Y, Enomoto Y, *Koga A	4. 巻 63
2. 論文標題 Complex intragene deletion leads to oculocutaneous albinism in tanuki (Japanese raccoon dog)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Genome	6. 最初と最後の頁 517-523
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1139/gen-2020-0049	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Thongchum R, Nishihara H, Srikulnath K, Hirai H, *Koga A	4. 巻 94
2. 論文標題 Alpha satellite DNA-repeat OwlAlp1 forms centromeres in Azara's owl monkey	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Genes & Genetic Systems	6. 最初と最後の頁 301-306
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1266/ggs.19-00042	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 *Hirai H, Hirai Y, Udono T, Matsubayashi K, Tosi AJ, Koga A	4. 巻 27
2. 論文標題 Structural variations of subterminal satellite blocks and their source mechanisms as inferred from the meiotic configurations of chimpanzee chromosome termini	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chromosome Research	6. 最初と最後の頁 321-332
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10577-019-09615-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Oizumi Y, Koga A, *Kano J	4. 巻 24
2. 論文標題 Alpha satellite DNA repeat OwlAlp1 forms centromeres in Azara's owl monkey	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Genes to Cells	6. 最初と最後の頁 511~517
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/gtc.12701	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hayashi S, Tsukiyama T, Iida A, Kinoshita M, *Koga A	4. 巻 65
2. 論文標題 The medaka fish <i>Tol2</i> transposable element is in an early stage of decay: identification of a nonautonomous copy	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Genome	6. 最初と最後の頁 183~187
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1139/gen-2021-0010	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nishihara H, Stanyon R, Tanabe H, *Koga A	4. 巻 26
2. 論文標題 Replacement of owl monkey centromere satellite by a newly evolved variant was a recent and rapid process	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Genes to Cells	6. 最初と最後の頁 979~986
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/gtc.12898	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Hayashi S, Shimizu K, Honda Y, Katsura Y, *Koga A	4. 巻 65
2. 論文標題 An endogenous retrovirus presumed to have been endogenized or relocated recently in a marsupial, the red-necked wallaby	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Genome	6. 最初と最後の頁 277 ~ 286
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1139/gen-2021-0047	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hayashi S, Honda Y, Kanesaki E, *Koga A	4. 巻 65
2. 論文標題 Marsupial satellite DNA as faithful reflections of long-terminal repeat retroelement structure	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Genome	6. 最初と最後の頁 469 ~ 478
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1139/gen-2022-0039	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 *Koga A, Hashimoto K, Honda Y, Nishihara H	4. 巻 28
2. 論文標題 Marsupial genome analysis suggests that satellite DNA formation from walb endogenous retrovirus is an event specific to the red-necked wallaby	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Genes to Cells	6. 最初と最後の頁 149 ~ 155
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/gtc.12999	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 古賀章彦・久川智恵美・吉澤未来
2. 発表標題 シャム猫みたいなマントヒヒ
3. 学会等名 第36回日本; 霊長類学会大会 (オンライン開催)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 林咲良・古賀章彦・築山拓司
2. 発表標題 ヒト培養細胞におけるイネ活性型MITE・mPing の転移
3. 学会等名 第43回日本分子生物学会年会（オンライン開催）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 古賀章彦
2. 発表標題 なくてもよいけれど、あれば多少は有利と言えそうな、DNA の短いモチーフ
3. 学会等名 日本進化学会第21回年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 古賀章彦
2. 発表標題 中央アルプスの白タヌキは黒色素合成に必須の遺伝子で5個のエクソンのうちの1個が欠けている
3. 学会等名 日本遺伝学会第91回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 古賀章彦・清水小波・本田祐介・林咲良
2. 発表標題 哺乳類で最近転移したと推測できるLTRレトロトランスポゾン
3. 学会等名 日本遺伝学会第93回大会(オンライン)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 林咲良・桂有加子・古賀章彦
2. 発表標題 有袋類の新規LTRレトロトランスポソンの進化的起源
3. 学会等名 日本遺伝学会第93回大会(オンライン)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 古賀章彦・林咲良・田辺秀之
2. 発表標題 内在性レトロウイルスが縦列に重複して大規模サテライトを形成する:カンガルーでの実例2つ
3. 学会等名 日本遺伝学会第94回大(北海道大学)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Koga A, Hirai A, Stanyon R, Tanabe H, Prakhongcheep O, Srikuinath K
2. 発表標題 Evolution of the microlens structure in photoreceptor cells clarified through owl monkey studies
3. 学会等名 1st Animal Genomics and Bioresource for ESG & SDG Seminar (Kasetsart University) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	田辺 秀之 (Tanabe Hideyuki) (50261178)	総合研究大学院大学・統合進化科学研究センター・准教授 (12702)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	飯田 敦夫 (Iida Atsuo) (90437278)	名古屋大学・生命農学研究科・助教 (13901)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
タイ	Kasetsart University			
米国	Kent State University			
イタリア	University of Florence			