

3. 研究教育活動

3.1. 研究部門及び附属施設（研究業績に記した#は共同利用研究の成果に基づくもの）

進化系統研究部門

3.1.1 進化形態分野

<研究概要>

アカゲザルとカニクイザルの進化

濱田穰、伊藤毅

カニクイザル(*Macaca fascicularis*)とアカゲザル(*M. mulatta*)はごく近縁であり、分布域は低緯度熱帯地域と中緯度温帯地域に分かれているが、インドシナ半島北部では両種は側所性分布であり、二種の間には遺伝子流動(hybridization, introgression)が認められ、インドシナ半島東半では両種の地域集団に、大なり小なりの admixture が認められる。それはタイの最南地域のカニクイザル集団においてもアカゲザル由来の常染色体 SNP が 15%にもなる(共同研究者 Bunlungsup, Malaivijitnond, 松平らによる)。形態学的分析でも、尾の長さ、性皮に地理的勾配のある遺伝子流動が明らかにされる。さらに事態を複雑にするのはミャンマーカニクイザル(*M.f. aurea*)である。その形態特徴はカニクイザルのみならず、アカゲザルのそれに似たものがあるが、分子系統発生的に由来はトクモンキー種群とカニクイザルの間の交雑起源であろうと示唆された。このためミャンマーカニクイザルの形態学的特徴に関して、体色パターン、体毛パターン、性皮、尾長に関して比較検討した。対象は、ミャンマーとタイのアンダマン海岸地域の地域集団、およびタイ湾岸地域の *M.f. fascicularis* 地域集団である。マレー半島の西から東へと admixture があつた(ある)ことが示されたが、タイ中部(13°48'N)のカニクイザル地域集団がかなりの程度、ミャンマーカニクイザルと遺伝子流動があつた(ある)ことが認められ、アカゲザル・カニクイザル基亜種・ミャンマーカニクイザルの分散と遺伝子流動は歴史的に変動していることが推測された。カニクイザル種群とトクモンキー種群はその共通祖先がシシオザル種群と分岐し、その後それぞれ種群へと分岐したと考えられているが、それぞれの系統地理学はまだ不明なところが多い。

外来マカクザルとニホンザルの交雑個体の形態学的・遺伝学的研究

濱田穰、伊藤毅

前年度までに撮影した和歌山タイワンザル交雑個体の CT 画像データを用いて、頭蓋と下顎の形態計測を行った。

マカクとチンパンジーの歯の萌出

濱田穰

これまでに観察された歯の萌出データに基づいて歯の萌出年齢・順序について、マカク類とチンパンジーに関して検討した。ニホンザルとアカゲザルについての歯の萌出スケジュールは、ほとんど違いがないが、チンパンジーとはかなりの違いが認められ、マカクでは既萌出歯数 32 で(マカクでは側切歯と第 2 大臼歯の萌出の間)、長めの無萌出フェーズがあるが、チンパンジーにはそれが認められない。霊長類における歯の萌出順序に見られるグレイディスティックなトレンドとして大臼歯の萌出が遅くなるという Schultz's rule があるが、ヒトの萌出スケジュールはむしろマカクのそれに近く、チンパンジーでは乳歯列のなかで乳犬歯が最も遅く、永久歯犬歯も最後の前の順序なるなど、特徴的な萌出スケジュールを示す。

Structure from Motion 法を用いた手指の運動解析

平崎鋭矢、William Sellers (Manchester 大学)

複数の高精細ビデオ映像から、被験体の体表面形状をポイントクラウドとして再構築する手法、および圧力分布計測手法を用い、ニホンザルのロコモーション時およびマニピュレーション時の手指の動きについて分析を行った。

軟部組織の影響を考慮した骨盤形態の解析

平崎鋭矢、Lia Betti、Todd Rae (Roehampton 大学)

2019 年度に CT 撮像した骨盤標本のデータに対し、独自に開発した 50 点以上のランドマークとセミランドマークを用いた幾何学的形態測定を行うことで、骨盤形態の種間差、雌雄差、ロコモーション適応、産科ジレンマについて検討した。

位相振動子を用いたニホンザル四足歩行モデルの作成

平崎鋭矢、長谷和徳、吉田真 (首都大学東京)

2019 年度までに作成したマカクザル四足歩行運動シミュレーションを改良するとともに、シミュレーションモデルを実装したサル型ロボットの 2 機目を試作した。現在、より実測データに近づけるための改良を継続中である。

ニホンザルの筋線維構築に関する組織学的研究

平崎鋭矢、荻原直道 (東京大学)、大石元治 (麻布大学)

ニホンザルにおけるロコモーション時の筋の収縮特性を知るために、2019 年度に採取した四肢体幹の骨格筋についての筋線維構築の調査を継続中である。

ニホンザルの受動関節特性計測

平崎鋭矢、荻原直道 (東京大学)

ニホンザル標本を用い、後肢関節の受動関節抵抗を計測している。2020 年度は 2 体の標本を用いて、計測を行う予定であったが、コロナ禍の影響を受け実施できなかった。既に得たデータの解析を継続中である。

霊長類歩行における体幹姿勢調節戦略の検討

木下勇貴、平崎鋭矢

ヒトを含む霊長類 (ニホンザル、テナガザル) の体幹運動について、歩行中の動きを運動学的に分析した。2020 年度は側屈運動と歩隔の関係に関するデータ解析を主に行い、絶対的な歩隔の広さの違いが体幹運動のパターンの違いと関連することを明らかにした。

霊長類の体幹運動の機能形態学的研究

木下勇貴、平崎鋭矢

CT 画像を用いた霊長類の胸椎および腰椎の機能形態解析を継続中である。2020 年度は、ニホンザル標本を用いた分析を行い、体幹の回旋には下部胸椎の椎間関節が大きく関与することを明らかにした。しかし、肋骨が無い状態で計測をすると上部胸椎の回旋が大きく、肋骨が回旋の大きな制約となっていることが示唆された。

ニホンザルの集団史と頭蓋の地理的変異に関する研究

伊藤毅

ニホンザルの系統地理に関する論文を投稿し受理された。さらに詳細に集団史を推定するために、4 集団 (屋久島、幸島、高知、山形) 13 個体の全ゲノムリシーケンスを行い、バイオインフォマティクス解析を進めた。また、頭蓋および下顎の CT 画像データの収集とデータベースへの登録を進めた。

<研究業績>

原著論文

Balasubramaniam KN, Malaivijitnond S, Kemthong T, Meesawat S, Hamada Y, Jamsripong S, Srisamran J, Koldee M, Thaoampitak V, McConan B, Atwill E. (2021) Prevalence of Enterobacteriaceae in Wild Long-tailed Macaque (*Macaca fascicularis*) in Thailand. *International Journal of Primatology*. Doi: 10.1007/s10764-021-00209-3.

Blickhan R, Andrada E, Hirasaki E, Ogihara N. (2021) Trunk and leg kinematics of grounded and aerial running in bipedal macaques. *Journal of Experimental Biology* 224(Pt 2):jeb225532. doi: 10.1242/jeb.225532.

Emura K, Hirasaki E, Arakawa T (2020) Muscle-tendon arrangement and innervation pattern of the m. flexor digitorum superficialis in the common marmoset (*Callithrix jacchus*), squirrel monkey (*Saimiri sciureus*) and spider

monkey (*Ateles* sp.). *J Anat* 237(5):907-915.

Ito T, Kanthaswamy S, Bunlungsup S, Oldt RF, Houghton P, Hamada Y, Malaivijitnond S. (2020) Secondary contact and genomic admixture between rhesus and long-tailed macaques in the Indochina Peninsula. *Journal of Evolutionary Biology* 33: 1164-1179.

Iwanaga J, Watanabe K, Kikuta S, Hirasaki E, Yamaki K, Bohm RP, Dumont AS, Tubbs RS. (2020) Anatomical study of the incisivus labii superioris and inferioris muscles in non-human primates. *The Anatomical Record* 304(2):366-371.

Kinoshita Y, Goto R, Nakano Y, Hirasaki E (2021) A comparison of axial trunk rotation during bipedal walking between humans and Japanese macaques. *American Journal of Physical Anthropology*, 174(1), 66-75.

Osada N, Matsudaira K, Hamada Y, Malaivijitnond S. (2020) Testing Sex-Biased Admixture Origin of Macaque species Using Autosomal and X-chromosomal Genomic Sequences. *Genome Biology and Evolution* 13(1), doi: 10.1093/gbe/evaa209.

Towle I, Loch C, Irish JD, Veneziano A, Ito T. (2020) Chipping and wear patterns in extant primate and fossil hominin molars: Functional cusps are associated with extensive wear but low levels of fracture. *Journal of Human Evolution* 151: 102923.

学会発表

姉帯(緑川)沙織、影山幾男、相澤幸夫、小島龍平、熊木克治、平崎鋭矢、遠藤秀紀 (2020) 頸神経の分岐パターンと頸部筋群との関係. 第126回日本解剖学会総会・全国学術集会 (2021/03, 名古屋大学, オンライン開催).

江村健児、平崎鋭矢、荒川高光 (2020) ニシローランドゴリラ (*Gorilla gorilla gorilla*) の浅指屈筋の筋束構成と支配神経パターンについて. 第36回日本霊長類学会大会 (2020/12, 中部大学, オンライン開催).
平崎鋭矢、William I. Sellers (2020) ニホンザルのロコモーション時における拇指の重要性—手指手掌圧分布の分析から. 第36回日本霊長類学会大会 (2020/12, 中部大学, オンライン開催).

加藤彰子、内藤宗孝、稲垣幸司、平崎鋭矢、近藤信太郎、本田雅規 (2020) ニホンザルの歯槽骨吸収と大白歯咬合面傾斜角の分析. 第126回日本解剖学会総会・全国学術集会 (2021/03, 名古屋大学, オンライン開催).

Kinoshita Y, Goto R, Nakano Y, Hirasaki E (2020) A comparison of axial rotation of the trunk during bipedal walking between human, white-handed gibbon and Japanese macaque. The 89th annual meeting of the American Association of Physical Anthropologists (LA, USA, 2020/04, 誌上開催).

Hirasaki E, Oishi M (2020) Variation in the arrangement of the foot interosseous muscles in great apes. The 89th annual meeting of the American Association of Physical Anthropologists (LA, USA, 2020/04, 誌上開催).

木下勇貴、後藤遼介、中野良彦、平崎鋭矢 (2020) テナガザルにおけるブラキエーション時の体幹姿勢制御戦略. 第74回日本人類学会大会 (2020/10, 山梨大学, オンライン開催).

木下勇貴、平崎鋭矢 (2020) DeepLabCut を用いたニホンザルのマーカーレス運動計測の試み. 第36回日本霊長類学会大会 (2020/12, 中部大学, オンライン開催).

木下勇貴、平崎鋭矢 (2020) ニホンザル体幹回旋時における胸腰椎の椎間関節角度に関する予備的報告. 第41回バイオメカニズム学会学術講演会 (2020/12, 東海大学, オンライン開催).

#小池魁人、時田幸之輔、小島龍平、平崎鋭矢 (2020) 霊長類大腿二頭筋支配神経の比較解剖学. 第36回日本霊長類学会大会 (2020/12, 中部大学, オンライン開催).

長田直樹、松平一成、濱田穰、Suchina Malaivijitnond (2020) マカク属7種のゲノム解析による進化モデルの構築. 第36回日本霊長類学会大会 (2020/12, 中部大学, オンライン開催).

櫻屋透真、関谷伸一、江村健児、平崎鋭矢、荒川高光 (2020) 霊長類間の神経支配パターン比較に基づくヒトのヒラメ筋羽状筋部と足底筋における新たな系統発生的仮説. 第36回日本霊長類学会大会 (2020/12, 中部大学, オンライン開催).

櫻屋透真、江村健児、平崎鋭矢、荒川高光 (2020) テナガザルヒラメ筋の支配神経における神経束分岐パターンと筋内分布. 第126回日本解剖学会総会・全国学術集会 (2021/03, 名古屋大学, オンライン開催).

Sellers WI & Hirasaki E (2020) A bio-robotic solution to achieve targeted hand and foot placement in primate musculoskeletal simulation experiments. *European Society for the Study of Human Evolution 2020* (2020/9, オンライン開催).

3.1.2 系統発生分野

<研究概要>

東部ユーラシア地域における霊長類進化に関する研究

ミャンマー産新第三紀霊長類化石の研究

高井正成, 浅見真生 (大学院生)

ミャンマーの中新世～更新世の地層を対象に霊長類を中心とした哺乳類化石の発掘調査をおこない、テピンガン地域の後期中新世初頭の地層から複数種ホミノイド類化石を発見した。現在、詳しい形態解析を行っている。

東部ユーラシア地域における古第三紀の霊長類進化に関する研究

高井正成

江木直子博士 (国立科学博物館) と共同で、ミャンマーのポンダウン地域に広がる中期始新世末の地層から産出する霊長類化石について研究を行っている。

東アフリカ産コロブス類化石の研究

西村剛

中新世東アフリカ産コロブス化石の記載と系統学的関係の検討を行った。フランス・パリ国立自然史博物館のチームが発見したコロブス化石標本をマイクロCT撮像し、その内部構造を解析した。副鼻腔や半規管形態を可視化した。それらの形態学的特徴について、他のアフリカ産コロブス化石種や現生種と比較検討した。

中国南部の更新世霊長類相に関する研究

浅見真生 (大学院生), 高井正成

中国科学院古脊椎動物・古人類研究所の金昌柱教授と張穎奇教授の調査隊に協力して、中国南部の広西壮族自治区の更新世の洞窟堆積物から産出する霊長類化石の解析を行った。特に同地域から見つかったマカク類 (オナガザル亜科) の化石の下顎第3大臼歯をもとに、幾何学的形態計測法を用いて種レベルの同定を試みている。

東南アジア島嶼域における霊長類の進化に関する研究

Halmi Insani (大学院生), 高井正成

更新世における東南アジア島嶼域 (インドネシア, フィリピン, マレーシア) のオナガザル科を中心とした霊長類の進化史について研究している。

ニホンザルにおけるマイクロウェアの地域差に関する研究

平田和葉 (大学院生), 高井正成

久保麦野博士 (東京大学) と共同で、ニホンザルの歯の咬合面に残るマイクロウェア (微細咬痕) を解析し、日本各地の個体群の食性の比較解析を行っている。霊長類研究所に保管されている下北, 金華山, 幸島, 屋久島各地の骨格資料の上下第2大臼歯から採取したモールドから共焦点顕微鏡でマイクロウェアの三次元座標データを取得し、表面性状解析ソフトウェアで解析している。

現生霊長類の機能形態学的研究

サル類の音声生理に関する総合的研究

西村剛, 宮地重弘 (高次脳機能分野), 香田啓貴 (高次脳機能分野), 兼子明久 (人類進化モデル研究センター)

サル類における声帯形態の機能的適応を明らかにするために、各種実験解析を行った。英・ケンブリッジ大と (公財) 日本モンキーセンターと共同して、マイクロCT及びマイクロMRIを用いてサル類の声帯形態の比較解析を行い、ヒトを含む真猿類での形態進化プロセスを明らかにした。オーストリア・ウィーン国立音楽大学および立命館大学と共同して、アカゲザルとチンパンジーの摘出喉頭を用いた声帯振動の吹

鳴実験と EGG 測定をし、それぞれの振動特性を明らかにした。また、生体アカゲザルを対象に、電気生理学的処置により発声を誘導し、その声帯振動の観測に成功した。さらに、立命館大学と共同して、サル類の声帯にみられる形態学的特徴の音響学的効果について、数値シミュレーションを用いて解析した。

哺乳類の鼻腔の生理学的機能に関する流体力学的研究

西村剛, 兼子明久 (人類進化モデル研究センター)

鼻腔内における温度および湿度分布の推定に関して、サル類を含む哺乳類一般に適用できる数値流体力学的シミュレーションモデルを開発した。

霊長類以外の生物を主な対象とした古生物学的研究

古第三紀を中心とした哺乳類相の解析

高井正成

江木直子博士 (国立科学博物館) らと共同で、古第三紀 (6500 万年前~2400 万年前) の陸棲脊椎動物相を解析することによって、哺乳類の進化の実態を明らかにすることを目指している。本年度は、始新世ミャンマーのポンダウン動物相の化石について、奇蹄類体肢骨と肉食哺乳類を中心に追加のデータ収集を行った。

ミャンマー中部における新第三紀哺乳類相の解析

高井正成, 江木直子, 西村剛, 西岡佑一郎, 浅見真生 (大学院生)

江木直子博士 (国立科学博物館), 西岡佑一郎博士 (静岡県立ふじのみや博物館), 飯島正也博士 (クレムソン大学) らと共同でミャンマーを中心とした東南アジアの新第三紀の動物相とその進化史を研究している。

<研究業績>

原著論文

Takai M, Khin Nyo, Kono RT, Thaung Htike, Kusuhashi N, Zin Maung Maung Thein (2021) New hominoid mandible from the early Late Miocene Irrawaddy Formation in Tebingan area, central Myanmar. *Anthropological Science* 129(1): 87-98. DOI: 10.1537/ase.2012131

Iijima M, Takai M, Nishioka Y, Thaung-Htike, Zin-Maung-Maung-Thein, Egi N, Kusuhashi N, Tsubamoto T (2021) Taxonomic overview of Burmese Neogene crocodylians. *Journal of Vertebrate Paleontology*, e1879100. DOI: 10.1080/02724634.2021.1879100.

López-Aguirre C, Czaplewski N, Link A, Takai M, Hand SJ (2021) Dietary and body mass reconstruction of the Miocene neotropical bat *Notonycteris magdalenensis* (Phyllostomidae) from La Venta, Colombia. *bioRxiv*. doi: <https://doi.org/10.1101/2020.12.09.418491>.

Herbst CT, Nishimura T, Garcia M, Migimatsu K, Tokuda IT (2020) Effect of ventricular folds on vocalization fundamental frequency in domestic pigs (*Sus scrofa domestica*). *Journal of Voice*. (doi: 10.1016/j.jvoice.2020.01.013)

Kawada M, Nakatsukasa M, Nishimura T, Kaneko A, Morimoto N (2020). Covariation of fetal skull and maternal pelvis during the perinatal period in rhesus macaques and evolution of childbirth in primates. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 202002112. (doi:10.1073/pnas.2002112117)

Mori F, Kaneko A, Matsuzawa T, Nishimura T (2021) Computational fluid dynamics simulation wall model predicting air temperature of the nasal passage for nonhuman primates. *American Journal of Physical Anthropology* 174: 839-845. (doi:10.1002/ajpa.24221)

Setiyabudi E, Kurniawan I, Halmi I, Takahashi A (2021) Late Pleistocene fossil record of *Cuora amboinensis* (Testudines: Geomydidae) from the Wajak site, East Java, Indonesia, and its paleogeographic and archeozoological. *Paleontological Research*, vol. 25(1), 25-31.

総説

Nishimura T (2020) Primate vocal anatomy and physiology: similarities and differences between humans and nonhuman primates. In: Masataka N (ed), *The Origins of Language Revisited: Differentiation from Music and the Emergence of Neurodiversity and Autism* (Springer, Tokyo), pp. 25-53.

西岡佑一郎・楠橋直・高井正成 (2020) 哺乳類の化石記録と白亜紀/古第三紀境界前後における初期進化。

「化石」60(2) : 251-267.

西村剛 (2021) ヘリウムを吸ったワニとサル. モンキー 5: 110-111.

学会発表

Leach R, Zirkle D, Nishimura T, Meindl R, Raghanti MA, Lovejoy O (2021) Examining long bone phenotypic plasticity: a case study of skeletal differences between northern and southern Japanese macaques. The 15th International Symposium on Primatology and Wildlife Science (2021/3/3, Leading Graduate Program in Primatology and Wildlife Science, Kyoto University, Online).

西村剛, Dunn JC, Sears JPP, 新宅勇太 (2020) ヨウ素造影 CT による霊長類の声帯の比較形態学的研究. 第 74 回日本人類学会大会 (2020/11/1, 山梨大学玉穂キャンパス, 甲府).

西村剛, Dunn JC, Sears JPP, 新宅勇太 (2020) ヨウ素造影 CT による霊長類の声帯の比較形態学的研究. 第 36 回日本霊長類学会大会 (2020/12/6, 中部大学, 春日井).

高井正成, 中務真人, タウンタイ, 江木直子, ジンマウンマウンテイン, 河野礼子, 楠橋直 (2021) ミャンマー中部で発見された後期中新世初頭の大型ホミノイド化石 (予報). 第 170 回日本古生物学会例会 (2021/02, 横浜国立大学, オンライン開催)

浅見真生, 高井正成 (2021) 日本列島でみつかるとマカク化石は全てニホンザルか? : 下顎第 3 大臼歯の幾何学的形態解析法による種判別の有効性. 第 170 回日本古生物学会例会 (2021/02, 横浜国立大学, オンライン開催)

高井正成, 中務真人, タウンタイ, 江木直子, ジンマウンマウンテイン, 河野礼子, 楠橋直 (2020) ミャンマー中部で発見された後期中新世の大型ホミノイド上腕骨化石. 霊長類学会大会 (2020/12, 中部大学, オンライン開催)

平山廉, 藪田哲平, 高井正成, タウンタイ, ジンマウンマウンテイン (2020) ミャンマーの新第三系より新たに発見された曲頸類. 第 169 回日本古生物学会例会 (2020/2/7-9, 東京).

講演

西村剛 (2020) ヘリウムを吸ったワニとサル. 第 66 回京大モンキー日曜サロン (2020/12/12, 日本モンキーセンター, 犬山).

西村剛 (2021) ヘリウムを吸ったワニとサル. 南山中学校文化委員会特別講演会 (2021/1/19, 南山中学校, 名古屋).

社会生態研究部門

3.1.3 生態保全分野

<研究概要>

ニホンザルの生態学・行動学

半谷吾郎、本田剛章、He Tianmeng

人為的影響の少ない環境にすむ野生のニホンザルが自然環境から受ける影響に着目しながら、個体群生態学、採食生態学、行動生態学などの観点から研究を進めている。屋久島の瀬切川上流域では、森林伐採と果実の豊凶の年変動がニホンザル個体群に与える影響を明らかにする目的で、「ヤクザル調査隊」という学生などのボランティアからなる調査グループを組織し、1998年以来調査を継続している。今年も夏季に一斉調査を行って、人口学的資料を集めた。屋久島海岸部では、食物の固さと咀嚼について研究した。屋久島の山頂部で、分布限界に住むニホンザルとニホンジカについての分布と植生に関する調査を行った。

霊長類とほかの生物との関係

湯本貴和、半谷吾郎

アフリカ熱帯林に生息する大型類人猿（チンパンジー、ボノボ、ゴリラ）が、植生の異なる多様な生息環境をどのように利用しているかについて調べた。屋久島のニホンザルを対象に、果実や葉、キノコの採食を通じて、霊長類が森林に与える影響について研究した。また、哺乳類のDNAを集めてくれる動物として、ヤマビルやハエの生態についての調査を行った。

腸内細菌の研究

半谷吾郎、Lee Wanyi

霊長類がさまざまな食物を食べるための適応として、腸内細菌に着目して研究を行っている。屋久島など各地のニホンザル、マレーシアのオランウータン、ウガンダのクロシロコロブス、マダガスカルのパンブーレムール、ガボン、タイ、中国、モロッコに生息する複数の野生霊長類を対象に、食性の季節変化と腸内細菌相の関連についての分子生態学的研究や、試験管内発酵実験による発酵能力の評価を行った。

野生チンパンジーとボノボの研究

橋本千絵、竹元博幸、毛利恵子

ウガンダ共和国カリンズ森林保護区、コンゴ民主共和国ルオー学術保護区でそれぞれチンパンジー、ボノボの社会的・生態学的研究を行った。遊動や行動と果実量との関係や、非侵襲的試料による生殖ホルモン動態の研究、非侵襲的試料による病歴や遺伝的間研究の研究、隣接する2集団の関係に関する研究などを行った。

アフリカ熱帯林の霊長類の生態学的研究

湯本貴和、橋本千絵、徳重江美、峠明杜

野生霊長類が同所的に棲息するウガンダ共和国カリンズ森林保護区で、チンパンジーの生態行動の研究、およびブルーモンキー、レッドテイルモンキー、ロエストモンキーのグエノン3種の採食生態と寄生虫の感染状況などに関する生態学的研究を行った。とくにグエノン3種の昆虫食について、野外観察と次世代シーケンサーを用いた糞内DNAの探索による研究を行なった。

新世界ザルの採食生態および浸水林生態系に関する研究

湯本貴和、武真祈子

ブラジル連邦共和国・マナウスの熱帯雨林で、サキ、リスザル、タマリンについて、植物との関係を中心にした採食生態に関する研究を進めた。また、マナウス郊外クイエiras川の浸水林において、水域と陸域をつなぐ生物間作用として、霊長類の役割についての研究をおこなった。

東南アジア熱帯林の霊長類の生態学的研究

半谷吾郎

マレーシア領ボルネオ島・サバ州で、多種の霊長類が共存する生態学的メカニズムと腸内細菌叢、レッドリーフモンキーの採食生態などについて、東南アジア熱帯林に特有の一斉開花結実現象に着目して研究を行った。

<研究業績>

原著論文

半谷吾郎, 好廣眞一, YANG Danhe, WONG Christopher Chai Thiam, 岡桃子, 楊 木萌, 佐藤侑太郎, 大坪卓, 櫻井貴之, 川田美風, F. FAHRI, SIWAN Elangkumaran Sagtia, HAVERCAMP Kristin, 余田修助, GU Ningxin, LOKHANDWALA Seema Sheesh, 中野勝光, 瀧雄渡, 七五三木環, 本郷峻, 澤田晶子, 本田剛章, 栗原洋介 (2020) 道路上の糞を採す踏査で明らかになった屋久島のニホンザルの全島分布(2017 - 2018年). 霊長類研究 36: 23-31. DOI: 10.2354/psj.36.014

Hanya G, Yoshihiro S, Hayaishi S, Takahata Y. (2020). Ranging patterns of Japanese macaques in the coniferous forest of Yakushima: home range shift and travel rate. American Journal of Primatology 82: e23185. DOI: 10.1002/ajp.23185

Hanya G, Kanamori T, Kuze N, Wong ST, Bernard H. (2020). Habitat use by a primate community in a lowland dipterocarp forest in Danum Valley, Borneo. American Journal of Primatology 82: e23157. DOI: 10.1002/ajp.23157

Hanya G, Tackmann J, Sawada A, Lee W, Pokharel SS, de Castro Maciel VG, Toge A, Kuroki K, Otsuka R, Mabuchi R, Liu J, Hatakeyama M, Yamasaki E, von Mering C, Shimizu-Inatsugi R, Hayakawa T, Shimizu KK, Ushida K (2020) Fermentation ability of gut microbiota of wild Japanese macaques in the highland and lowland Yakushima: in vitro fermentation assay and

genetic analyses. Microbial Ecology 80: 459-474. DOI: 10.1007/s00248-020-01515-8

橋本千絵 (2020)非侵襲的尿試料を用いたホルモン分析による野生ボノボ・チンパンジーの老齡メスの研究—国際共同研究によって長期的継続的調査が可能になる. アフリカ研究 97: 47-50.

He T, Lee W, Hanya G (2021) Effects of diet and age–sex class on the fecal particle size of wild Japanese macaques (*Macaca fuscata yakui*). American Journal of Primatology, February, e23245.

Kurihara Y, Kinoshita K, Shiroishi I, Hanya G (2020) Seasonal variation in energy balance of wild Japanese macaques (*Macaca fuscata yakui*) in a warm-temperate forest: a preliminary assessment in the coastal forest of Yakushima. Primates 61: 427-442. DOI: 10.1007/s10329-020-00797-3

Otani Y, Sawada A, Hanya G (2020) Spatial position-associated mating strategies employed by male Japanese macaques (*Macaca fuscata yakui*) in Yakushima. Primates 61: 415-426. DOI: 10.1007/s10329-020-00792-8

Mouri K Shimizu K (2021) Stability of chimpanzee (*Pan troglodytes*) urinary reproductive hormones during long-term preservation on filter paper. Primates 62: 289-296

Otani Y, Bernard H, Wong A, Tangah J, Tuuga A, Hanya G, Matsuda I (2020) Factors influencing riverine utilization patterns in two sympatric macaques. Scientific Reports 10: 15749. DOI: 10.1038/s41598-020-72606-2

その他の執筆

湯本貴和 (2020) ブラジル旅行記 世界最大の熱帯湿原パンタナールに行く「青淵」853 (2020年4月号) 18-20, 渋沢栄一記念財団

湯本貴和 (2020) ポストコロナの世界——いまこそグリーン・リカバリーへ「農業と経済」86 (11) (2020年12月臨時増刊号) 4-19, 昭和堂

湯本貴和 (2020) コロナ危機は生態系からの警告である「世界」935 (2020年8月号) 105-114, 岩波書店

湯本貴和 (2020) インドネシア・バンティムルンの旅「モンキー」 5 (1) : 6-7

湯本貴和 (2020) 南アフリカ・ナマクワランドの旅「モンキー」 5 (2) : 34-35

湯本貴和 (2020) タンザニア・ルアハの旅「モンキー」 5 (3) : 62-63

湯本貴和 (2021) 北海道・厚岸の旅「モンキー」 5 (4) : 90-91

学会発表

半谷吾郎, 金森朝子, 久世濃子, Wong ST, Bernard H ボルネオ島ダナムバレーの低地フタバガキ林の昼行性霊長類群集の生息地利用. 第36回日本霊長類学会大会, オンライン開催, 2020年12月4-6日

Hanya G. Functional and numerical responses by diurnal primates to mast fruiting in Danum Valley, Borneo. 第68回日本生態学会大会, オンライン開催, 2021年3月17-21日

橋本千絵, 竹元博幸, 古市剛史 野生チンパンジーのメスにおける隣接集団関係 日本アフリカ学会第 57 回学術大会 2020 年 5 月 (オンライン).

He T, Lee W, Hanya G. How diet composition, dietary toughness, age and sex influence fecal particle size in Yakushima Japanese macaques. 第 36 回日本霊長類学会大会, オンライン開催, 2020 年 12 月 4 - 6 日

He T, Lee W, Hanya G. Examining determinants of fecal particle size in Japanese macaques: The role of diet, toughness, age and sex in omnivore's chewing. 第 68 回日本生態学会大会, オンライン開催, 2021 年 3 月 17 - 21 日

本田剛章, 半谷吾郎. 屋久島山頂部のニホンザルとニホンジカの占有率の季節変化. 第 36 回日本霊長類学会大会, オンライン開催, 2020 年 12 月 4 - 6 日

本田剛章, 上田洋介, 半谷吾郎. 屋久島山頂部のニホンザルとニホンジカの土地利用. 第 68 回日本生態学会大会, オンライン開催, 2021 年 3 月 17 - 21 日

石塚真太郎, 竹元博幸, 坂巻哲也, 徳山奈帆子, 戸田和弥, 橋本千絵, 古市剛史 オスが分散しない大型類人猿の社会の進化—血縁選択の視点から 第 68 回日本生態学会 2021 年 3 月 (オンライン).

栗原洋介, 兼子明久, 夏目尊好, 愛洲星太郎, Broche N, 本田剛章, 伊藤毅, 澤田晶子, 半谷吾郎. 群間エンカウンターへの勝敗が野生ニホンザルの移動パターンにあたる影響. 第 36 回日本霊長類学会大会, オンライン開催, 2020 年 12 月 4 - 6 日

Lee W, Hayakawa T, Chapman C, Takenoshita Y, Fujita S, Hongo S, Tsubokawa k, Akomo-Okoue E, Hanya G. Local community shapes gut microbiome composition of the African primates. 第 36 回日本霊長類学会大会, オンライン開催, 2020 年 12 月 4 - 6 日

Lee W, He T, Kurihara Y, Shiroishi I, Hanya G. Fermentation ability of Japanese macaques' gut microbiome fluctuates seasonally with diet. 第 68 回日本生態学会大会, オンライン開催, 2021 年 3 月 17 - 21 日

大谷洋介, 澤田晶子, 半谷吾郎. ヤクシマザルにおける空間配置に関連したオスの交尾戦略. 第 36 回日本霊長類学会大会, オンライン開催, 2020 年 12 月 4 - 6 日

澤田晶子, 西川真理, 中川尚史 「サルによるシカ乗りは性的行動か？」第 68 回日本生態学会大会, 岡山 (オンライン大会), 2021 年 3 月

Take M, Spironello WR, Barnett AA, Yumoto T. Seed-eating primate still have the advantage in forest fragment? Comparison with a non-seed-eating primate. The 14th International Symposium on Primatology and Wildlife Science, P-02, Online, 11-12th September 2020

武真祈子, Spironello WR, Barnett AA, 湯本貴和. 二種の新世界ザルにおける給餌と森林内資源利用の季節変化 第 36 回日本霊長類学会大会, Oral Presentation A10, オンライン開催 (主催: 中部大学), 2020 年 12 月 4 日-6 日

Take M, Yumoto T Food transfer in Golden-faced saki. Developmental change in juveniles' begging behavior. The 15th International Symposium on Primatology and Wildlife Science, P-20, Online, 1-2 March 2021

武真祈子. 「キンガオサキとコドモの継続的な『添い寝』」第 65 回プリマーテス研究会, L-10, 日本モンキーセンター, 犬山, 2021 年 3 月 6 日

武真祈子, Spironello WR, Barnett AA, 湯本貴和. Food transfer in Golden-faced saki, a seed-eating primate: An explanation of juveniles' begging behavior. 日本生態学会第 68 回全国大会, 英語口頭発表 H01-07, オンライン開催 (主催: 岡山), 2021 年 3 月 17 日

横山拓真, 橋本千絵, 古市剛史 ボノボのメスの社会的・性的交渉における相手選択の傾向 第 68 回日本生態学会 2021 年 3 月 (オンライン).

<招待講演>

武真祈子 第 36 回日本霊長類学会大会イベント・動物園飼育員と研究者が語る霊長類学オンライン体験講座「リスザルのくらしを語る～飼育・野生・半野生～」, 日本モンキーセンター, 愛知県犬山市, 2020 年 8 月

3.1.4 社会進化分野

<研究概要>

ボノボとチンパンジーの攻撃性と集団間関係についての研究

古市剛史、戸田和弥、徳山奈帆子、石塚真太郎

集団間関係が平和的とされるボノボでも、出会いの際にはオス間の敵対的行動がある程度の頻度で見られることがわかった。また、出会いの際にオスが他集団のメスに攻撃的行動を仕掛けた場合、異集団のメスが協力してこういったオスに対抗するという興味深い傾向が見られ、ボノボの平和的集団関係に対するメスの貢献が明らかになった。

霊長類の採食行動と自己治療行動に関する研究

M. A. Huffman, Paula Pebsworth (Univ. of Texas at San Antonio), Alexa McGrath (Byram Hills High School, NY)
サハラ砂漠以下のアフリカに生息するヒヒ類の植物性食物に含まれている生理活性物質と寄生虫感染疾患の低減についての調査とデータ解析を継続した。

A twenty-three year population dynamics study of the Affenberg translocated troop of Japanese monkeys in Southern Austria

Michael A Huffman, Lena S. Pfluger, Bernard Wallner (University of Wien)

The Affenberg troop, a sub-group of the Mino-H troop translocated to southern Austria in 199X has been under study from the beginning of their transfer to the Affenberg Monkey Park. The longitudinal data was analyzed and compared with other long-term captive and wild populations of Japanese macaques to provide base-line data for management and future research purposes.

ボノボのメスの移籍に関する至近要因の解明

戸田和弥、古市剛史

ボノボのメスがチンパンジーよりかなり若い年齢で出自集団を出ることから、メスの移籍を促す至近・究極要因の分析を行った。その結果、ワカモノ期にオスが母親との距離を置くようになるチンパンジーと異なり、ボノボではかなり若い年齢でメスが母親との距離を置くようになっていることがわかった。また、移出の年齢には個体差があるが、性ホルモンの分泌が盛んになってから移出することがわかり、性的成熟が移出の重要な要因になっていることが示唆された。

ボノボとチンパンジーの隣接集団の個体間の血縁に関する研究

石塚真太郎、徳山奈帆子、戸田和弥、古市剛史

ワンバのボノボとカリングのチンパンジーのそれぞれの地域個体群を対象に、集団内と集団間のオスの血縁度を比較する研究を行った。すべての組み合わせをプールした分析では集団内のオス間の血縁度が集団間のオス間の血縁度より優位に高く、Pan 属の父系社会の構造を裏付ける結果となった。一方種ごとに見ると、ボノボではこの違いが有意であったが、チンパンジーでは統計的な有意差はなかった。ボノボでとくにこの差が大きいのは、第1位オスによる繁殖の独占傾向が強く、そのため集団内のオス間の血縁関係がより近くなっているためだと考えられた。

小豆島のニホンザルの行動生態学的研究

石塚真太郎

香川県小豆島に生息するニホンザルの調査を行なった。珍しい養子どりの事例や、オスの順位に応じたハドリング行動(猿団子)の違いについて報告した。

Behavioral Ecology of Central Himalayan langurs

H. Nautiyal, H. Tanaka, M.A. Huffman

Four main questions were investigated, based on long-term behavioral observations and mtDNA genotyping of a wild group of langurs living in a high-altitude human dominated landscape in NW India: 1) How do social grooming networks help to maximize individual fitness; 2) What is the source of conflict between CHL and people in a human-modified landscape; 3) What kinds of interactions occur between CHL and their potential predators in an environment not affected by humans; and 4) What are the behavioral strategies of CHL in response to predation by dogs in the agricultural fields.

Animal welfare in two primate species: Japanese Macaques and Pygmy Loris

Josue Alejandro, Michael A. Huffman

We explored if one particular behavior in a group of Japanese macaques, known as bar hanging, is related to stress management. We also included females in our study to represent all age-sex classes and added substrates to the places

where they exhibited the behavior most frequently to see if there was any preference for substrate. We concluded our data collection on lorises at the Japan Monkey Center, and continued our project at the Endangered Primate Rescue Center in Vietnam, to understand how to better keep the species in captivity by looking at behavioral and physiological markers. Additional analyses and manuscripts were written up.

ボノボのメスの同性間性交渉における相手選択の傾向と生理的基盤の解明

横山拓真、古市剛史

ボノボでは、オス間の性的競合にまつわる攻撃的行動が少ないにもかかわらず、第一位オスの子が多く生まれている。この理由を解明するために、メスがどういう時期にどういうオスと近接あるいは交尾を行っているかを分析した。その結果、メスが性皮腫脹を見せる時期には、高順位オスがより頻繁にメスと近接・交尾を行っていることが確認され、高順位オスが母親とともにメスの集まりに参加していることがこういった傾向に関係していると考えられた。一方、前の出産から年数が経っているほどメスの妊娠可能性は高いと考えられるが、こういった年数は高順位オスの行動に統計的に有意な影響を及ぼして折らず、妊娠の可能性が低い授乳期におけるメスの発情がオス間の性的競合を緩和しているという仮説を支持する結果となった。

Studying the acute stress response of the monkeys at Koshima

Nelson Broche Jr., Michael A. Huffman

In a previous study, we found that salivary alpha-amylase responds quickly to stress in captive Japanese macaques. The goal of the present study was to expand non-invasive saliva collection in a semi wild group of Japanese macaques in order to monitor salivary stress hormones within minutes from their behavior. Monkeys on the island of Koshima were monitored by continuous behavioral sampling and saliva was collected after behaviors such as grooming, foraging, and conspecific aggression. This research is important because it contributes to stress monitoring using salivary hormones in a field environment.

ヒト科におけるオスの共存メカニズムの進化—Pan 属 2 種のオス間関係の比較

柴田翔平、橋本千絵、古市剛史

ウガンダ共和国カリンズ森林保護区のチンパンジー、コンゴ民主共和国ワンバのボノボを対象に、オスの個体追跡法を用いた観察を行った。両種のオスのパーティ形成傾向や近接関係が、オス間の攻撃交渉頻度に与える影響を分析した。

Predicting infection using social network analysis: Where, why and how

Zhihong Xu, Andrew JJ MacIntosh

In the past year, I mainly focused on organizing and concluding data collected from different field sites, and put them together to complete the “Where” part of my study. In the second half of the year, I started preparation for the next part of my study, as applying for sampling permissions and conducting pilot study on Yakushima. My research focused on understanding the process how sociality can be used to predict infection, and how to do so, by testing the mechanism in a model species: Japanese macaques. This research will help better understand pathogen transmission in the wild, and supporting wildlife conservation, captive animal management and potentially human public health.

Primate and Parasite communities in Sabah: the biodiversity-disease relationship across a Bornean landscape

Kenneth Keuk, Andrew MacIntosh

This project investigates how primate host assemblages and landscape characteristics influence parasitism and infectious disease risk in Sabah, by studying how patterns of (gastrointestinal) parasite infection vary across habitats harbouring different degrees of biodiversity (e.g. variations in primate sympatry) and under varying levels of human influence. In the past year, I also investigated how uncertainty is assessed in animal social networks, and developed new tools and approaches related to this issue.

Infant social development in Yakushima Japanese macaques – from infant’s point of view

Boyun Lee, Takeshi Furuichi

The goal of my study was to reveal how infant actively builds its social relationships for a year after its birth in wild Japanese macaques. 12 Infant-mother pairs of a macaque group on Yakushima island were traced with focal/continuous behavioral sampling. From infant’s point of view, two categories of infant behaviors were mainly recorded: (1) social partner choice behaviors made by an infant, which include approach/contact or leave/avoid; (2) responses made by an infant to non-mother individuals who approached/handled/threatened it. This study provides a better understanding of infant development—and of an infant itself as an active agent in its growth.

Investigating the Effects of Japanese Macaque Hot Spring Bathing Behavior on Parasitism and Gut Microbiome

Abdullah Langgeng, Andrew JJ MacIntosh

The population of Japanese macaques at Jigokudani Monkey Park, Nagano, display hot spring bathing behavior during the cold season. In several human cases the behavior has been shown to accommodate transmission of heat-resistant waterborne parasites and host physiological functions, including gut microbiome. At the same time, it may also reduce ectoparasite load. My research aims to investigate the effects of hot spring bathing on gastrointestinal parasite infection risk, gut microbiome, and ectoparasite loads in Japanese macaques. The current study has the potential to contribute to our understanding of this behavior and its potential outcomes.

Bonobo Foraging Patterns Across Their Home Range

David Fasbender, Takeshi Furuichi

Decades of observations of bonobo feeding and movement at Wamba provide an opportunity to look more closely at how bonobos use their homeranges from season to season and year to year. I hope that spatial analysis of this data can reveal how bonobos avoid aggressive competition when co-feeding in large cohesive groups and even with other communities. I will therefore look at movement between food patches and food selectivity to try to identify any foraging strategies and mechanisms that could reduce competition and the need for resource defense. I hope that the combination of years of detailed observations, new spatial analysis tools and a botany survey in the field can give some insight into how these close relatives live and feed together so peacefully.

京都・嵐山のニホンザル群における母親以外の個体による養育的行動に関する研究

南 俊行、古市剛史

京都府西京区の嵐山モンキーパークいわたやまで観察できる餌付けニホンザル群を対象に、個体追跡法による幼齢個体の行動観察を実施し、母親以外の個体による養育的な行動が幼齢個体の行動や発達に及ぼす影響を分析した。また、対象群全個体の顔写真を撮影し、ニホンザルにおいて幼齢個体らしさを示す顔特徴を特定した。

<研究業績>

原著論文

Yamanashi Y, Nemoto K, Alejandro, J. 2020. Social relationships among captive male pygmy slow lorises (*Nycticebus pygmaeus*): Is forming male same-sex pairs a feasible management strategy? *American Journal of Primatology*, 83:e23233. <https://doi.org/10.1002/ajp.23233>

Castellano-Navarro A, Macanás-Martínez E, Xu Z et al. 2020. Japanese Macaques' (*Macaca fuscata*) sensitivity to human gaze and visual perspective in contexts of threat, cooperation, and competition. *Scientific Reports*, 11, 5264. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84250-5>

Costa R, Tomonaga M, Otsuka R, Huffman MA, Bercovitch FB, Kalema-Zikusoka G, Hayashi M. 2020. The Dispersal Dilemma Among Female Mountain Gorillas: Risk Infanticide and Gain Protection. *African Journal of Ecology*

Graham KE, Furuichi T, Byrne R. In press. Context, not sequence order, affects the meaning of bonobo (*Pan paniscus*) gestures. *Gesture*.

Greene AM, Panyadee P, Inta A, Huffman MA. 2020. Asian elephant self-medication as a source of ethnoveterinary knowledge among Karen mahouts in northern Thailand. *Journal of Ethnopharmacology*, 259, e112823. doi.org/10.1016/j.jep.2020.112823.

Hasegawa H, McLennan MR, Huffman MA, Matsuura K. 2021. Notes on morphology and life history of *Probstmayria gombensis* (Nematoda: Cosmocercoidea: Atractidae), parasitic in eastern chimpanzees, *Pan troglodytes schweinfurthii*, in Bulindi, Uganda. *Journal of Parasitology* 2021 107(2) 155–162 doi: 10.1645/20-88

Ishizuka S 2020. Fake twins? Two cases of intensive allomaternal care by female Japanese macaques before and after their own partum. *Primates* 61(3): 351–355. <https://doi.org/10.1007/s10329-020-00812-7>

Ishizuka S. 2021. Do dominant monkeys gain more warmth? Number of physical contacts and spatial positions in huddles for male Japanese macaques in relation to dominance rank. *Behavioural Processes* 185: 104317. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2021.104317>

Nijman V, Ardiansyah A, Hendrik R, Langgeng A, Manson S, Hedger K, Imron MA, Nekar KA. 2021. Trade in a

small-range songbird, the Javan crocias, gives insight into the Asian Songbird Crisis, *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, <https://doi.org/10.1016/j.japb.2021.01.001>

Takeshita RSC, Huffman MA, Kinoshita K, Bercovitch FB. 2020. Changes in social behavior and fecal glucocorticoids in a Japanese macaque (*Macaca fuscata*) carrying her dead infant. *Primates*, 61: 35-40. <https://doi.org/10.1007/s10329-019-00753-w>

Toda K, Ryu H, Furuichi T. 2021. Age and sex differences in juvenile bonobos in party associations with their mothers at Wamba. *Primates* 62, 19–27. <https://doi.org/10.1007/s10329-020-00853-y>

Tokuyama N, Toda K, Poiret M, Iyokango B, Bakaa B, Ishizuka S. 2021. Two wild female bonobos adopted infants from a different social group at Wamba. *Scientific Reports* 11: 4967. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83667-2>

その他の執筆

Huffman, M.A. 2021 Animal self-medication, *The New Evolutionary Enlightenment*, (Spanish and English; uploaded March 2021) <https://ilevolucionista.blogspot.com/2021/02/automedicacion-animal-entrevista.html>

学会発表

Alejandro J. Behavioral and physiological changes in the formation of all-female groups of pygmy lorises (*Nycticebus pygmaeus*)" at the International Society for Applied Ethology-Bangalore, August 6-7, oral presentation (Zoom oral presentation)

石塚真太郎、竹元博幸、坂巻哲也、徳山奈帆子、戸田和弥、橋本千絵、古市剛史 「オスが分散しない大型類人猿の社会の進化—血縁選択の視点から」 第 68 回日本生態学会、P2-197、岡山、2021 年 3 月。

石塚真太郎 「ボノボの隣接複数集団の血縁構造と集団間関係」 第 36 回日本霊長類学会大会、高島賞受賞記念講演、愛知、2020 年 12 月。

南俊行、石川大輝、古市剛史. 2020. 京都・嵐山のニホンザル群における老齢メスの死体へのグルーミング行動. 第 36 回日本霊長類学会大会. オンライン (12 月 4 日-6 日, ポスター発表)

南俊行. 2021. ニホンザルにおける「アカンボウらしい顔」: 嵐山群 125 個体の顔特徴計測. 第 65 回プリマーテス研究会. 犬山/オンライン. (3 月 6 日, 口頭発表)

南俊行, 明和政子, 古市剛史. 2021. 母親以外の個体による養育的行動がニホンザルのアカンボウの発達に及ぼす影響: 「allomaternal care」は本当に「ケア」? 日本発達心理学会第 32 回大会. オンライン. (3 月 29 日, 口頭発表)

柴田翔平, 古市剛史, 橋本千絵. *Pan* 属二種におけるオスの集団内攻撃交渉とアソシエーションパターンの比較. 第 36 回日本霊長類学会大会. 愛知 (12 月 5 日, 口頭)

横山拓真, 橋本千絵, 古市剛史. 2020. ボノボのメスの社会的・性的交渉における相手選択の傾向. 第 36 回日本霊長類学会大会. オンライン, 日本, 12 月 5 日 (口頭)

古市剛史. 2020. 何が父系社会を進化させたのか: ヒト亜科とクモザル亜科の比較から. 第 57 回日本アフリカ学会学術大会. 東京外国語大学 (オンライン) (5 月 23 日) .

橋本千絵, 竹元博幸, 古市剛史. 2020. 野生チンパンジーのメスにおける隣接集団関係. 第 57 回日本アフリカ学会学術大会. 東京外国語大学 (オンライン) (5 月 23 日) .

シンポジウム

Fasbender D, Hart J, Hart T, Furuichi T. Socioecological Implications of the Unusual Distribution of Bonobos in the TL2 Landscape. 15th International Symposium on Primatology and Wildlife Science. Kyoto, Japan. (poster) March 1st, 2021.

Keuk K, MacIntosh AJJ. Primate and Parasite communities in Sabah: the biodiversity-disease relationship across a Bornean landscape. The 14th International Symposium on Primatology and Wildlife Science. September 11th, 2020.

Keuk K, MacIntosh AJJ. Enter SimuNet: a social network simulation framework, with a zest of empiricism. The 15th International Symposium on Primatology and Wildlife Science. March 1st, 2021.

Broche Jr, N, Takafumi Suzumura, Michael A. Huffman. Studying the acute stress response of the monkeys at Koshima. The 14th International Symposium on Primatology and Wildlife Science. September 11th, 2020.

Broche Jr, N. Exploring non-invasive methods to better understand the stress response of Japanese Macaques (*Macaca fuscata*). The 15th International Symposium on Primatology and Wildlife Science. March 1st, 2021.

- Lee B. High- & Middle-ranked Mothers Aggressively Handle Little Higher ranked 2–3-month-old Infants in Yakushima Japanese Macaques (*Macaca fuscata yakui*). The 15th International Symposium on PWS (Mar. 1st 2021)
- Lee B. Interest Shown in Infants by Non-mother Individuals in Yakushima Japanese Macaques (*Macaca fuscata yakui*): Changes in the first 8 weeks after birth. The 14th International Symposium on PWS (Sep. 11th 2020)
- Minami T., Ishikawa H., Myowa M., Furuichi T. Grooming to a dead monkey in Japanese macaques & Effects of infant handling on behaviors and development of infant/juvenile Japanese macaques. The 14th International Symposium on Primatology and Wildlife Science, On-line (Sep. 11th-12th, 2020 poster presentation).
- Minami T., Furuichi T. 2021. New trends of infant handling by Japanese macaques (*Macaca fuscata*) in a provisioned group” The 15th International Symposium on Primatology and Wildlife Science, On-line. (Mar. 1st-2nd 2021, poster presentation)
- Shibata S, Chie Hashimoto. Takeshi Furuichi. Aggressive interactions and spacing pattern among Male Bonobos in Wamba, Luo Scientific Reserve, Democratic Republic of the Congo. The 14th International Symposium on Primatology and Wildlife Science. Online (Sep, 11th, 2020, Poster).
- Shibata S, Chie Hashimoto. Takeshi Furuichi. What did he see on the surface of the puddle? A male chimpanzee produced an alarm call at a water puddle. The 15th International Symposium on Primatology and Wildlife Science. Online (Mar. 1st, 2021, Poster)
- Yokoyama T. Variable Functions of Genito-Genital Rubbing among Female Bonobos (*Pan paniscus*). The 15th International Symposium on Primatology and Wildlife Science. Online, Japan (March 1-2 2021, Poster)

3.1.5 思考言語分野

<研究概要>

チンパンジーの比較認知発達研究

友永雅己, 足立幾磨, 林美里; 服部裕子(国際共同先端研究センター), 松沢哲郎 (高等研究院, 霊長類研究所兼任); 鈴木樹理, 宮部貴子, 前田典彦, 兼子明久, 山中淳史, 井上千聡, ゴドジャリ静 (以上, 人類進化モデル研究センター); 高島友子, 市野悦子, 村松明穂, Duncan Wilson, Morgane Allanic, Gao Jie, 川口ゆり, 横山美玖歩, 徐沈文, 三田歩 (以上, 思考言語分野), 平田聡, 森村成樹, 狩野文浩, 佐藤侑太郎(野生動物研究センター), 平栗明実 (中部大学, 創発学術院)

1群12個体のチンパンジーとヒトを対象として, 比較認知発達研究を総合的におこなった。認知機能の解析として, コンピュータ課題, アイトラッカーを用いた視線計測, 対象操作課題など各種認知課題を継続しておこなった。主として, 1個体のテスト場面で, 数系列学習, 色と文字の対応, 視線の認識, 顔の知覚, 身体の知覚, 赤ちゃん図式の知覚, 注意, パターン認識, 視覚探索, カテゴリー認識, 物理的事象の認識, 視聴覚統合, 情動認知, 運動知覚, 推論, 行動の同調・身振りコミュニケーションなどの研究をおこなった。また, チンパンジー2個体を対象とし, チンパンジーの行動が他者に影響されるかどうかを社会的知性の観点から検討した。熊本サンクチュアリのチンパンジーとボノボを対象とした研究もおこなった。

飼育霊長類の環境エンリッチメント

友永雅己, 足立幾磨, 林美里; 市野悦子, 打越万喜子 (思考言語分野), 松沢哲郎, 鈴木樹理, 前田典彦, 山中淳史, 井上千聡, ゴドジャリ静, 橋本直子 (以上, 人類進化モデル研究センター)

動物福祉の立場から環境エンリッチメントに関する研究をおこなった。3次元構築物の導入や植樹の効果の評価, 認知実験がチンパンジーの行動に及ぼす影響の評価, 新設した実験スペースを活用した認知エンリッチメント, 毛髪等の試料を利用した長期的なストレスの評価, エンリッチメント用の遊具の導入, 採食エンリッチメントなどの研究をおこなった。2015年に犬山第2大型ケージの本格稼働がはじまり, 住空間の拡大が達成され, 離合集散の生活が可能となった。

各種霊長類の認知発達

友永雅己, 市野悦子, 平栗明実, 打越万喜子, 松沢哲郎, 多々良成紀, 山田信宏 (以上, 高知県のいち動物公園), 安藤寿康 (慶応大), 岸本健 (聖心女子大), 竹下秀子 (滋賀県立大学), 櫻庭陽子(京都市動物園), 川上文人(中部大学), 高塩純一(社会福祉法人びわこ学園)

アジルテナガザルを対象に, 種々の認知能力とその発達について検討をおこなった。さらに, 高知県のいち動物公園において脳性まひのチンパンジー幼児の行動発達を縦断的に観察している。

鯨類、ウマ、大型類人猿等の比較認知研究

友永雅己, 三田歩, 山本知里, 森阪匡通 (三重大学), 中原史生 (常磐大), 三谷曜子(北海道大学), 栗田正徳, 神田幸司(以上, 名古屋港水族館), 柏木伸幸, 大塚美加 (以上, かごしま水族館), 櫻井夏子 (南知多ビーチランド), 樋口友香, 寺澤夏菜 (須磨海浜水族園), 熊崎清則 (ホースマンかかみが原)

名古屋港水族館、九十九島水族館、かごしま水族館、南知多ビーチランド、須磨海浜水族園との共同研究として, 鯨類の認知研究を進めている。とくに, イルカ類における視覚認知, サインの理解, 空間認知, 視覚的個体識別, 道具使用などを大型類人猿との比較研究として進めている。さらに, 北海道羅臼での野生シャチの生態調査に参加した。また, ウマを対象とした認知研究も進めている。

国外の大型類人猿の比較認知研究

林美里, Raquel Costa, 松沢哲郎, 幸島司郎, Sinun Weide (ヤヤサンサバ財団), Hamid Ahmad Abdul (マレーシア・サバ大), Dharmalingam Sabapathy (オランウータン島財団), Mashhor Mansor (マレーシア科学大学)

マレーシアのサバ州で野生オランウータンの生態と行動の調査をおこなった。また, マレー半島の飼育オランウータンを対象とした認知研究と, 母子ペアの行動観察をおこなっている。ギニア共和国。ボソウの野生チンパンジー, コンゴ民主共和国・ワンパの野生ボノボ, ウガンダ・ブウィンディ国立公園の野生マウンテンゴリラでおこなってきた行動調査研究の成果をまとめた。

WISH 大型ケージを用いた比較認知科学研究

友永雅己, 林美里, 川上文人, 松沢哲郎, 足立幾磨, 高島友子, 市野悦子, 平栗明実

2011 年度に WISH 事業で導入された比較認知科学大型実験ケージ設備(犬山第 1 および第 2)の運用を進めている。犬山第 1 ではチンパンジーの飼育環境の中に実験装置を導入し、いつでもどこでも好きな時に実験に参加できる環境を構築し、数時系列課題や見本合わせ課題などを実施している。

<研究業績>

原著論文

- Allanic M, Hayashi M, Furuichi T, Matsuzawa M. Body site and body orientation preferences during social grooming: A comparison between wild and captive chimpanzees and bonobos. *Folia Primatologica*. DOI: 10.1159/000512901
- Allanic M, Hayashi M, Matsuzawa M. Investigating the function of mutual grooming in captive bonobos (*Pan paniscus*) and chimpanzees (*Pan troglodytes*). *Folia Primatologica* 91: 481–494
- Costa R, Tomonaga M, Otsuka R, Huffman MA, Bercovitch F, Kaema-Zikusoka G, Hayashi M (2020) The dispersal dilemma among female mountain gorillas: Risk infanticide and gain protection
- Gao, J., Kawakami, F., & Tomonaga, M. (2020). Body perception in chimpanzees and humans: The expert effect. *Scientific Reports*, 10(1), 7148. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63876-x>
- Gao, J., & Tomonaga, M. (2020). How chimpanzees and children perceive other species' bodies: comparing the expert effect. *Developmental Science*, e12975. <https://doi.org/10.1111/desc.12975>
- Kawaguchi Y, Nakamura K & Tomonaga M(2020). Colour matters more than shape for chimpanzees' recognition of developmental face changes. *Scientific Reports*, 10, <https://doi.org/10.1038/s41598-020-75284-2>.
- Hattori Y., Tomonaga M. (2020) Rhythmic swaying induced by sound in chimpanzees (*Pan troglodytes*), *Proceedings of the National Academy of Sciences* Jan 2020, 117 (2) 936-942; DOI: 10.1073/pnas.1910318116

書籍

- Martin, C. F., & Adachi, I. (2020). 8 Automated Methods and the Technological Context of Chimpanzee Research. In *Chimpanzees in Context* (pp. 189-207). University of Chicago Press.

総説

- Goncalves, A., Carvalho, S., & Tomonaga, M. (2020, May). Comparative Thanatology of Primates: Exploring the Form and Function of Interactions Towards Dead Conspecifics. In *FOLIA PRIMATOLOGICA* (Vol. 91, No. 3, pp. 256-256). ALLSCHWILERSTRASSE 10, CH-4009 BASEL, SWITZERLAND: KARGER.
- Metin, IE., Stephen JL., Masaki T. (2020). Underestimating Kanzi? Exploring Kanzi-Oldowan comparisons in light of recent human stone tool replication., *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*
- 川口ゆり, 中村航洋, 友永雅己(2021). 『比較認知科学的に見る「幼児図式」の認知の進化』エモーション・スタディーズ, 6.

その他執筆

- 三田 歩. シャチの認知研究への挑戦. モンキー. 公益財団法人日本モンキーセンター. Vol. 5. No. 3. p. 54-55. 2020

学会発表等

- Gao, J., & Tomonaga, M. (2020). Chimpanzees detect strange body parts: an eye-tracking study. The 36th Annual Congress of the Primate Society of Japan, Online, 4 – 6 December. (Poster)
- Gao, J., & Tomonaga, M. (2020). Chimpanzees detect strange body parts: an eye-tracking study. The 80th Annual Meeting of the Japanese Society for Animal Psychology, Online, 11 – 13 October. (Poster)
- Kawaguchi, Y., Nakamura, K., Tomonaga, M., (2020) Color matters more than shape for chimpanzees' recognition of developmental face changes. *Animal Behavior Society, Virtual* (Oral)
- Kawaguchi, Y (2020) Cognitive responses to infants in apes: Comparative cognitive studies. The 14th International Symposium on Primatology and Wildlife Science, online (Oral)
- Kawaguchi, Y, Nakamura, K, Tomonaga, M. (2020). Colour matters more than shape for chimpanzees' recognition of developmental face changes. The 80th Annual Meeting of the Japanese Society for Animal

Psychology, online. (Oral)

Santa A, Adachi I, Kanda K. The effect of brightness contrast in luminance discrimination tasks for chimpanzees and killer whales.. The 15th International Symposium on Primatology and Wildlife Science, 2021 年 3 月 (Oral)

Santa A, Tomonaga M, Kanda K. Comparative research about the illusion “brightness contrast” in primates and cetaceans.. The 14th International Symposium on Primatology and Wildlife Science, 2020 年 9 月 (Poster)

Xu S., Tomonaga M. Chimpanzees use video as a representation of next-door situation to locate hidden food. The 14th International Symposium on Primatology and Wildlife Science, Kyoto (online), Japan, 2020 年 9 月 12 日

Xu S., Adachi I. Socially contingent video can facilitate referential information utilization in chimpanzees: A progress report, Kyoto (online), Japan, 2021 年 3 月 1 日

Xu S., Tomonaga M., Adachi I. Chimpanzees may referentially use video to locate food hidden in another room. The 80th Annual Meeting of the Japanese Society for Animal Psychology, 鹿児島 (オンライン開催), 2020 年 11 月 21 日

Xu S., Tomonaga M., Adachi I. Chimpanzees may referentially use video to locate food hidden in another room. The 36th Annual Congress of the Primate Society of Japan, 岐阜 (オンライン開催), 2020 年 12 月 5 日

Xu S., Naito AM., Keuk K., Gris V., Maeda T., Kadam S., Sigaud M., Fitzgerald M., Sarabian C., #PrimatesAreNotPets: Conserv’Session の活動から学んだこと, 第 36 回日本霊長類学会大会自由集会, 岐阜 (オンライン開催), 2020 年 12 月 4 日

川口ゆり, 中村航洋, 友永雅己(2020). チンパンジーは顔の年齢カテゴリーを弁別する際に形態情報より色情報を利用する. 日本基礎心理学会第 39 回大会, online (Poster), 11 月 7-17 日

講演等

川口ゆり (2021). チンパンジー・ボノボの乳児に対する認知. 日本学術会議行動生物学分科会主催公開シンポジウム「動物たちの意図共有」

3.1.6 認知学習分野

<研究概要>

行為嗜癖の認知・情動機能障害とその脳神経基盤解明にむけた研究

後藤幸織、浅岡由衣、Sanjana Kadam、元武俊（共和病院）、石川恵己（共和病院）、森田智也（共和病院）
病的窃盗症や性嗜好障害などの行為嗜癖（行為依存症）患者を対象に、行為嗜癖に関連する認知機能や情動機能の特徴、またそれらに関連する脳神経基盤を光トポグラフィーや視線追跡技術、全ゲノムメチル化解析といった手法を用いて調査している。

発達障害における社会認知機能研究

後藤幸織、金子杏日香、浅岡由衣、小川詩乃(子どもの発達・学習支援研究所)、上田祥行（京都大学こころの未来研究センター）、Young-A Lee (Daegu Catholic University)

他者の社会的地位の推測や社会的親密度の影響など、社会情報が処理される認知メカニズム、また、自閉症スペクトラムをはじめとする発達障害において、その社会認知メカニズムがどのように変化しているかを調査している。さらにげっ歯類などの動物を用いて、注意欠陥・多動性障害などの発達障害の脳神経基盤の解明にむけた研究を行っている。

悲しみの情動機能研究

後藤幸織、Srishti Tripathi

他者の悲しみを認識する情動機能の文化的背景の影響（西洋と東洋での相違など）ならびにその脳神経基盤を光トポグラフィーや視線追跡技術といった手法を用いて調査している。

<研究業績>

原著論文

Asaoka Y, Won MJ, Morita T, Ishikawa E, and Goto Y (2020) Higher risk taking and impaired probability judgment in behavioral addiction. *International Journal of Neuropsychopharmacology*, 23: 662-672.

Asaoka Y, Won MJ, Morita T, Ishikawa E, Lee YA, and Goto Y (2020) Monoamine and genome-wide DNA methylation investigation in behavioral addiction. *Scientific Reports*, 10: 11760.

Asaoka Y, Won MJ, Morita T, Ishikawa E, and Goto Y (2020) Heightened negative affects associated with neurotic personality in behavioral addiction. *Frontiers in Psychiatry*, 11: 561713.

Kim YJ, Jeon SY, Choi JS, Kim NH, Goto Y, and Lee YA (2021) Alterations of amygdala-prefrontal coupling and ADHD-like behaviors induced by neonatal habenula lesion: Normalization by *Ecklonia stolonifera* and its active compound fucosterol. *Behavioural Pharmacology*, in press. doi: 10.1097/FBP.0000000000000620.

学会発表

Tripathi T, and Goto Y (2020) Prefrontal activity in response to mourning images and videos: A functional near-infrared spectroscopy study. 43rd Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society, LBA-030, Online meeting.

Kim NH, Kim YJ, Choi JS, Jin JS, Goto Y, and Lee YA (2020) Ameliorative effects of puerarin on motor dysfunction of Parkinson's disease rodent model. 43rd Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society, 1P-223, Online meeting.

Lee YA, Choe WH, Goto Y, and Lee KA (2020) Alterations of mesocorticolimbic dopamine and serotonin transmission by excessive sucrose intake during childhood. 43rd Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society, 1P-229, Online Meeting.

Kim YJ, Kim NH, Choi JS, Goto Y, and Lee YA (2020) Modulation of dopamine transmission by *Sargassum fusiforme* in an in vitro cell culture preparation. 43rd Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society, 1P-230, Online meeting.

Asaoka Y, Won MJ, Ishikawa E, Morita T, and Goto Y (2020) Cognitive characteristics associated with behavioral addiction. 43rd Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society, 1P-140, Online meeting.

Asaoka Y, Won MJ, Ishikawa E, Morita T, and Goto Y (2020) Alterations of peripheral monoamine and DNA methylation in behavioral addiction. 59th Annual Meeting of the American College of Neuropsychopharmacology, M47, Virtual Meeting.

Lee YA, Kim YJ, Jeon SY, Goto Y, and Choi JS (2021) Ameliorative effects of the brown alga *Ecklonia stolonifera* on ADHD-related behavior and neural activity. 32nd CINP World Congress of Neuropsychopharmacology, P105, Virtual Congress.

Asaoka Y, Won MJ, Ishikawa E, Morita T, and Goto Y (2021) Affective dysfunction and its association with cognitive bias in behavioral addiction. 32nd CINP World Congress of Neuropsychopharmacology, P179 Virtual Congress.

3.1.7 高次脳機能分野

<研究概要>

コモンマーモセットの認知機能計測

中村克樹, 岩沖晴彦, 眞下久美子, 三輪美樹

コモンマーモセットの認知機能(知覚・記憶等)を調べるために新たなシステムを用いて実施した。課題実施に際し、糖分に依存しない高嗜好性固形報酬も開発した。

血漿タンパク成分による老齡ザルの若返り法の開発

中村克樹, 三輪美樹, 鴻池菜保, 今村公紀 (ゲノム進化分野)

サル類を対象に血漿タンパク成分を投与することにより、体細胞を活性化させ加齢により低下した機能を回復する方法の確立を目指す。このため、投与前データとして老齡ニホンザルの血液・体細胞サンプルを採取し、血漿成分および体細胞増殖能を調べた。

発達初期のサイトカイン暴露に誘導される行動異常の検討

中村克樹, 三輪美樹, 鴻池菜保, 那波宏之 (新潟大学)

発達初期のマーモセットとアカゲザルをサイトカインに暴露し、発達とともにどのような行動異常が出現するかを検討している。マーモセットでは活動量や認知機能に加え、アイコンタクトや異性に対する行動に異常が見られることが分かってきた。また、コントロール個体およびサイトカイン暴露個体での経時的な脳MRI撮像を実施した。アカゲザルでも行動異常が確認された。今年度は実験個体を増やした。

グルテンフリー飼料がマーモセットの成長に及ぼす影響の検討

中村克樹, 三輪美樹, 正村聡美, 眞下久美子, 渡邊紀子, 菅井晴菜

飼料中のグルテンはコモンマーモセットに下痢を引き起こす一因であると考えられている。試作開発中のグルテンフリー飼料をコモンマーモセットの家族に給餌し、下痢の頻度や程度、生まれてきた個体の成長に及ぼす影響、飼料形態による嗜好性の差などを検討している。

両手の協調運動の基盤となるサル運動関連皮質領野の半球間神経連絡の解析

宮地重弘, 勝山成美, 鴻池菜保, 岩沖晴彦

両手の協調運動制御の基盤となる半球間神経連絡を明らかにする目的で、ニホンザル2頭の一次運動野手指領域と肘領域に神経トレーサーを注入し、半球間の神経連絡を比較した。

発声制御に関わる神経連絡の解析

宮地重弘, 西村剛 (系統発生分野), 香田啓貴, 兼子明久 (人類進化モデル研究センター)

アカゲザルにおいて、発声に関わる中脳領域を電気刺激により同定し、刺激による発生時の声帯振動を観測するとともに、当該部位に神経トレーサーを注入した。

リズムに「乗る」神経メカニズムの解明

宮地重弘

運動リズム制御におけるドーパミンの役割を明らかにする目的で、2頭のニホンザルに行動課題を訓練し、ドーパミンD2受容体およびD1受容体の作動薬、拮抗薬の投与を行ない、課題遂行への影響を解析した。

情動行動に関わる脳領域の神経結合様式の研究

宮地重弘, 鴻池菜保, 禰占雅史 (筑波大学), 金 侑璃, 酒多穂波 (新潟大学), 池田琢朗, 中村克樹

情動行動に関わる神経回路を解明することを目的に、ニホンザルの脳の前部帯状回に複数の神経トレーサーを注入し、前頭葉各領域において標識された神経細胞体及び神経終末の分布を解析した。

サルにおける音列知覚機構の解明

脇田真清

コモンマーモセットを用いて聴覚弁別訓練を行った。要素は共通であるが配列の異なる二つの音列の弁別課題を行い、これまでに得られた結果を詳細に調べ直した。結果、音列の変化を検出することはできても、規則性を知覚したり長期記憶に貯蔵したりできないために、音列知覚ができないことが明らかになった。

ヒト児童下前頭葉の音楽ドメインにおける音列処理の解明

脇田真清

児童を対象に、下前頭葉におけるメロディ処理の発達の様子を調べた。複数の条件下で音列のマッチング課題を行なっているときのF7・F8の近傍からNIRSによる脳活動を記録した。現在までのところ、児童において、この領域にメロディ表現を示唆する脳活動は認められなかった。

情動情報処理における前部帯状回の役割の解明

鴻池菜保, 岩沖晴彦, 中村克樹

情動情報の処理におけるサル前部帯状回の役割を明らかにするため、アカゲザルの前部帯状回から単一ニューロン活動を記録し、他個体の表情などの刺激に対する応答性を調べた結果を論文として発表した。

コモンマーモセットにおける聴覚情報処理に関わる神経基盤の解明

鴻池菜保, 眞下久美子, 中村克樹

マーモセットの聴覚野および前頭前野に16チャンネルのシート電極を埋め込み、自由行動下のマーモセットに特定の周波数の音や他個体の鳴き声など様々な聴覚刺激を呈示した。この間の脳活動をワイヤレスシステムにて記録し、刺激ごとの応答性を調べた。

サル類における聴覚事象関連電位の記録

鴻池菜保, 岩沖晴彦, 三輪美樹, 中村克樹, 酒多穂波 (中京大学), 伊藤浩介 (新潟大学)

コモンマーモセットおよびアカゲザルを用いて頭皮上から無麻酔・無侵襲記録で聴覚誘発電位を計測した。さまざまな聴覚刺激に対する応答を計測・解析し、論文を作成した。

距離画像センサーを用いたサルの三次元行動モニタリングシステムの開発

鴻池菜保, 花沢明俊 (九州工業大学), 中村克樹

飼育ケージ内でのサルの自然な行動を定量化するため、距離画像センサーを用いて飼育ケージ内のコモンマーモセットの行動を三次元で推定・追跡するシステムを開発した。

コモンマーモセットの活動量計測の試み

勝山成美, 三輪美樹, 正村聡美, 渡邊紀子, 菅井晴菜, 中村克樹

活動量計測は、動物の行動解析においてもっとも基本となる指標のひとつである。本研究では、コモンマーモセットの個体に活動量計をとりつけるためのウェアラブルデバイスの開発を行ない、様々な環境下での活動量を計測するとともに、ストレス度など他の指標と比較・検討することで、よりよいマーモセットの飼育環境を探る。

マカクザルを用いたラバーハンド錯覚モデルの確立

勝山成美, 中村克樹

身体所有感は重要な脳機能のひとつであるが、その神経メカニズムは明らかになっていない。そのため、サルでラバーハンド錯覚を誘導し、映像の手を自身の手と錯覚させた時に生じる到達運動のずれを指標とし、ラバーハンド錯覚の動物モデルの確立を目指す。

多感覚統合による主観的な触知覚とその脳内メカニズムの研究

勝山成美, 中村克樹

触知覚は、手からの触覚入力だけでなく、視覚の影響を強く受ける。我々はこれまでに、触覚と視覚の統合による主観的な触知覚には、頭頂間溝と頭頂弁蓋部(第二次体制感覚野)が関与することを、機能的MRI実験によって明らかにした。本研究では、これらの脳部位視覚野と体性感覚野を含め、多感覚統合による主観的な触知覚に関与する神経ネットワークを、Dynamic causal modeling法によって明らかにする。

視線計測に基づく視覚認知トレーニングの効果

勝山成美, 中村克樹

野球選手を対象に、打率や盗塁成功率の高い選手はプレー中に投手の動きのどこを、どのように見ているのかを視線計測装置によって調べ、その結果を他の選手の練習に取り入れることで、新たなトレーニング方法の開発を目指す。

コモンマーモセットの歯周病に対する抗ジンジパイン IgY 含有卵黄粉末の効果

三輪美樹, 正村聡美, 渡邊紀子, 菅井晴菜, 中村克樹

歯周病罹患マーモセットに抗ジンジパイン抗体含有卵黄粉末を投与し、歯周病に対する効果を検討する。病変好発部位や歯垢の細菌検査などこれまでの知見を踏まえ、齧り木などデンタルケアグッズの検討を実施し、その結果をマーモセット研究会大会で発表した。

コモンマーモセットにおける筋肉量評価

三輪美樹, 中村克樹

コモンマーモセットの栄養状態と体格評価の指標としての筋肉量測定方法を確立するため、超音波での条件検討を開始した。

コモンマーモセットの体調不良早期発見を目的としたバイオマーカー探索

三輪美樹、兼子明久(技術部)、中村克樹

コモンマーモセットは小型であるが故に体調不良に陥ると急変しやすく、異常の早期発見が重要となる。検出に有用なバイオマーカー探索を目的として、平常時のデータ収集を開始し、血清アミロイドA値と血小板数の検討に着手した。

集合体恐怖症の進化的基盤-非ヒト霊長類モデル確立

三輪美樹、香田啓貴、岩沖晴彦、濱寄裕介、中村克樹

集合体恐怖症の非ヒト霊長類モデル確立を目指し、コモンマーモセットで集合体恐怖症が惹起されるかどうか評価するため、実験装置およびプログラム、行動解析およびストレス評価についての検討を進めた。

コモンマーモセットのTwin-Fight発生機序とその意義の解明

三輪美樹, 濱寄裕介, 中村克樹

コモンマーモセットのTwin-Fight発生がどのようなタイミングで起こるのか、その後の個体間の上下関係がどうなっているのかについて観察や実験を実施することによって調べた。また、発生に関与する内分泌機構を探るため、個体から継時的な尿サンプルの収集を実施した。

扁桃核・前帯状皮質ニューロンにおける情動情報処理の検討

岩沖晴彦, 戸塚めぐみ, 中村克樹

サル扁桃核における情動情報の符号化メカニズムを明らかにすることを目的として、特定の視覚刺激の情動価や覚醒度を定量化可能な行動実験課題を設計し、課題を遂行中のサル扁桃核ニューロンから神経活動を記録している。また、前帯状皮質ニューロンからも神経活動記録を行うために、課題の設計やサルの訓練を行った。

言語能力を支える認知・運動機能の認知生物学実験

香田啓貴, 森田堯, 國枝匠, 石田恵子, 中村克樹

ヒトに固有と考えられる言語能力が発現する仕組みについて, 系列的運動や構成的な推論といった関連する認知機能と運動制御の状態について, ヒト以外の霊長類で実験的に調べた。

霊長類の音声コミュニケーションの可視化と行動評価についての実験的研究

香田啓貴, 森田堯, 三輪美樹, 中村克樹

サル類の音声コミュニケーションの状態を自動的に関する手段として, 声のやり取りの可視化をする実験的設備を開発するために, 飼育環境を整え, さまざまな社会状態のサル類の声のやり取りを評価する観測系の準備を進めた。

霊長類の行動分析に関する認知モデリング

森田堯, 香田啓貴, 中村克樹

汎用的な行動データについての認知モデリングをするための先端的な分析手法の開発, およびそれらを用いたデータ解析をおこなった。

ミラーニューロンシステムにおける視線と行為の統合に関する研究

大原峻太郎, 臼井信男, 鴻池菜保, 勝山成美, 中村克樹

ヒトのミラーニューロンシステム(MNS)の活動に対する他者の視線方向の影響を明らかにすることを目的に, 他者行為観察時の被験者の脳波を記録し, MNS活動の指標となる mu リズム抑制の強度を条件間で比較した。

マカクザルの視知覚に及ぼす聴覚刺激の影響

西村洋志, 勝山成美, 中村克樹

視知覚は, 視覚情報のみではなく聴覚情報の影響を強く受ける。近年ヒトにおいて, 先立って提示された視覚情報の知覚が, 後から提示された聴覚情報の影響を受けて変化することが分かった。この知覚機能の神経メカニズムを解明するためには動物実験によって神経活動を記録することが重要である。本研究では, マカクザル1頭において, ヒトと同様の現象が確認できた。

コモンマーモセットの養育環境が脳形態, 神経伝達物質システムに与える影響

濱寄裕介, 三輪美樹, 中村克樹

コモンマーモセットを用いて, 早期養育環境が個体に及ぼす影響について調べることを目的として, 養育環境の異なる同腹仔から脳脊髄液と尿を経時的に収集した。

コモンマーモセットの音声を介した社会行動と内分泌基盤との関連性に関する研究

濱寄裕介, 香田啓貴, 三輪美樹, 中村克樹

コモンマーモセットの鳴き交わし行動を調節する内分泌基盤を調べることを目的とし, 実験環境の整備やプログラムの設計を進めた。

情動情報処理における帯状膝下野の役割の解明

戸塚めぐみ, 岩沖晴彦, 鴻池菜保, 中村克樹

情動情報の処理におけるサル帯状膝下野の役割を明らかにする目的で, ニホンザルの帯状膝下野から単一ニューロン活動を記録するため実験を進めた。

<研究業績>

原著論文

1. Naho Konoike, Haruhiko Iwaoki and Katsuki Nakamura (2020) Potent and Quick Responses to Conspecific Faces and Snakes in the Anterior Cingulate Cortex of Monkeys. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, August 2020, 14:156. doi: 10.3389/fnbeh.2020.00156
2. Takako Miyabe-Nishiwaki, Miki Miwa, Naho Konoike, Akihisa Kaneko, Akiyo Ishigami, Takayoshi Natsume, Andrew J. J. MacIntosh, Katsuki Nakamura (2020) Evaluation of anaesthetic and cardiorespiratory effects

after intramuscular administration of alfaxalone alone, alfaxalone-ketamine and alfaxalone-butorphanol-medetomidine in common marmosets (*Callithrix jacchus*) Journal of Medical Primatology, doi: 10.1111/jmp.12482

3. Mutsumi Matsukawa, Narumi Katsuyama, Masato Imada, Shin Aizawa, Takaaki Sato. (2020) Simultaneous activities in both mirror-image glomerular maps in the olfactory bulb may have an important role in stress-related neuronal responses in mice. Brain Research, doi:10.1016/j.brainres.2020.146676.
4. Kosuke Itoh*, Haruhiko Iwaoki, Naho Konoike, Hironaka Igarashi, & Katsuki Nakamura(2021) Noninvasive scalp recording of the middle latency responses and cortical auditory evoked potentials in the alert common marmoset. Hearing Research, in press.
5. Masumi Wakita. (2020) Common marmosets (*Callithrix jacchus*) cannot recognize global configurations of sound patterns but can recognize adjacent relations of sounds. Behavioural Processes 176, 104136. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2020.104136>
6. A. Toyoda, T Maruhashi, S Malaivijitnond, H. Koda. 2020. Dominance status and copulatory vocalizations among male stump-tailed macaques in Thailand. Primates. doi: <https://doi.org/10.1007/s10329-020-00820-7>.
7. H Koda, Z Arai, I Matsuda. 2020. Agent-based simulation for reconstructing social structure by observing collective movements with special reference to single-file movement. PLoS ONE. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243173> (preprint in bioRxiv doi:<https://doi.org/10.1101/2020.03.25.007500>).
8. I Matsuda, DJ Stark, DAR Saldivar, A Tuuga, SKSS Nathan, B Goossens, CP van Schaik, H Koda. 2020. Larger male proboscis monkeys have smaller canines. Communications Biology 3, Article number: 522. (preparing in bioRxiv 848515. <https://doi.org/10.1101/848515>)

総説等

英文

- Naho Konoike and Katsuki Nakamura (2020) Cerebral substrates for controlling rhythmic movements. Brain Sciences, Review, Published: 3 August 2020, 10, 514; doi:10.3390/brainsci10080514
- Ricki J. Colman, Saverio Capuano 3rd, Jaco Bakker, Jo Keeley, Katsuki Nakamura Corinna Ross (2021) Marmosets: Welfare, Ethical Use, and IACUC/Regulatory Considerations. The ILAR Journal, doi: 10.1093/ilar/ilab003

和文

- 持田浩治, 香田啓貴, 北條賢, 高橋宏司, 須山巨基, 伊澤栄一, 井原泰雄 (2020) 「社会学習による行動伝播の生態学における役割」日本生態学会誌, 70 巻, 3 号, 177 - 195.

その他の執筆

★著書(執筆分担)

- 中村克樹「脳を鍛えたい 皆伝!新あたま道場」問題作成 毎日新聞, 2020-2021
- 中村克樹「なるほど脳」(月1連載) 毎日新聞, 2020-2021.
- Masumi Wakita. (2020). Language Evolution from a Perspective of Broca's Area. In N. Masataka (Ed.), The Origins of Language Revisited (pp.97-113). Singapore: Springer-Nature. http://doi.org/10.1007/978-981-15-4250-3_5

学会発表等

- 三輪美樹, コモンマーモセットの Positive Reinforcement Training ことはじめ. 第2回京都大学霊長類研究所技術部セミナー(2021年3月4日, Zoomを用いたオンライン形式.)
- 三輪美樹, 正村聡美, 渡邊紀子, 菅井晴菜, 中村克樹, コモンマーモセットにおけるデンタルケア2 歯石付着と歯肉炎の現状調査. 第10回マーモセット研究会大会(2021年1月26-27日, Zoomによるオンライン開催.)
- 勝山成美, 金侑璃, 臼井信男, 宮崎 淳, 土師友巳, 松元健二, 泰羅雅登, 中村克樹, Hardness perception by multimodal integration and the underlying cortical mechanisms revealed by an fMRI experiment, 第10回生理研-霊長研-脳研合同シンポジウム (2021年3月12-13日, ZoomとRemoを用いたオンライン形式)
- 西村洋志, 勝山成美, 中村克樹 (2020) Effect of auditory stimulation on visual perception in macaque monkeys, 第10回生理研-霊長研-脳研合同シンポジウム (2021年3月12-13日, ZoomとRemoを用いたオンライン形式)
- 香田啓貴, 荒井迅, 松田一希, 霊長類の動物の隊列観察をどれぐらいすると社会の階層性を推定できるか?数値実験を通じた考察, 第36回日本霊長類学会大会(2021年12月6-7日, Zoomによるオンライン開催)

大石高生, 香田啓貴, 森本真弓, 井戸みゆき, 安江美雪, 田中洋之, 霊長類研究所のニホンザル繁殖集団若桜群における産子数の解析. 第36回日本霊長類学会大会(2021年12月6-7日, Zoomによるオンライン開催)

Morita, H Koda. 2020. Exploring TTS without T Using Biologically/Psychologically Motivated Neural Network Modules (ZeroSpeech 2020). Proceedings of Interspeech. pp. 4856 – 4860.
doi: <https://doi.org/10.21437/Interspeech.2020-3127>

講演

香田啓貴:「コミュニケーションの未来のカたち」, 第10回超異分野学会, (2021年3月6日, 東京都)

教育業績

中村克樹:藤田保健衛生大学医学部,「人の行動と心理II」, (任期中1時間/年1回)令和2年4月1日~令和3年3月31日

香田啓貴:岡山理科大学理学部動物学科,「動物学特別講義」, 令和2年12月

香田啓貴:慶應義塾大学薬学部,「動物行動学」, 令和2年4月~令和2年9月

その他の教育業績

- 1) 中村克樹:「脳の発達に大切なこと」, 公文教育研究会 八木事務局・奈良事務局の指導者相手に 乳幼児講座を実施, (2020年9月9日, 公文教育研究会 八木事務局, 橿原市, 奈良県)
- 2) 中村克樹:兵庫県小野市教育講演会において小学生児童に対する脳機能に関する知識を普及、講演. 小野市, 兵庫県, 2020年11月11日.
- 3) 中村克樹:「脳の発達に大切なこと」, 公文教育研究会 八木事務局・奈良事務局の指導者相手に 乳幼児講座を実施, 2021年1月20日. 公文教育研究会 徳島事務局 オンライン講演。

【運営業績】

外部委員等 (期間,委員会名等,年間会議回数)

中村克樹: 令和元年4月1日~令和3年3月31日,生物遺伝資源委員会委員, 年1~2回

中村克樹: 令和2年12月1日~令和3年11月30日, 科学研究費委員会専門委員

中村克樹: 令和3年1月8日~令和6年3月31日, 非ヒト霊長類を用いた研究に関する生命倫理委員会 (革新脳)(年1回)

学会活動 (期間,学会名等,年間会議回数)

中村克樹: 日本神経科学学会 動物実験委員

中村克樹: 日本神経科学学会 神経科学分野における霊長類を対象とする実験ガイドラインの策定に関する専門委員会委員長

中村克樹: 日本マーモセット研究会 世話人

中村克樹: 学習療法研究会 理事

中村克樹: 日本霊長類学会 評議員

香田啓貴: 日本霊長類学会 監事

その他の運営業績

中村克樹: ナショナルバイオリソースプロジェクト「ニホンザル」 代表機関課題管理者

【その他】

中村克樹: 藤田保健衛生大学医学部 客員教授

国内共同研究

中村克樹: 大日本住友製薬株式会社

中村克樹: 日本クレア

3.1.8 統合脳システム分野

<研究概要>

発達障害に関わる神経生物学的機構の霊長類の基盤の解明

高田昌彦, 大石高生, 井上謙一, 野々村聡

5つの研究項目に関する進捗は以下のとおりである。

<研究項目1>神経路選択的な光遺伝学的/化学遺伝学的活動操作を同時適用できる新規介入手法の開発:現時点での必要性に鑑みて、オプシン遺伝子と DREADD レセプター分子の両者を同時に搭載したウイルスベクターシステムの開発には至っていないが、いつでも着手できる状態にある。また、霊長類脳においてニューロン種特異的プロモータを搭載した新規ウイルスベクターの開発を進めている。

<研究項目2>全脳的かつ全ニューロンの遺伝子導入技術の開発:キャプシド改変によるモザイクベクターを開発、改良し、新生児への血管内投与により従来のベクターに比べてニューロンへの遺伝子導入効率が全脳レベルで向上したことを検証した。また、血液脳関門が閉鎖している幼弱期や成体期における全脳的遺伝子導入を実現するため、マイクロバブルおよび経頭蓋集束超音波照射を利用した外来遺伝子導入システムの最適化にも着手した。

<研究項目3>神経回路操作による発達障害霊長類モデルの作出と行動・神経活動解析:神経路選択的活動制御による発達障害モデル作出の基盤となる、前部帯状皮質から側坐核と扁桃体への局在投射を解剖学的解析によって見出すとともに、作出したモデルに適用する社会的認知行動課題を開発し、すでに健常個体から予備知見を得ている。

<研究項目4>全脳的遺伝子操作による発達障害霊長類モデルの作出と行動・神経活動解析:発達障害に関わるリスク遺伝子 POGZ を標的とする shRNA 配列を搭載したウイルスベクターの作製に成功し、当該ベクターの全脳導入による発達障害モデルマーマセットの作出に着手する準備を進めている。

<研究項目5>集団行動特性解析システムの構築:集団ケージを利用した社会的行動特性解析システムの基盤の構築をおこなうとともに、日立製作所と連携し、多個体行動同時トレースシステムの構築に向け、長期の記録が可能な個体装着型ロガーを共同開発した。

新規ウイルスベクターシステムを用いた霊長類脳への遺伝子導入技術に関する研究開発

高田昌彦, 井上謙一, 兼子峰明

3つの研究開発項目に関する進捗は以下のとおりである。

<研究開発項目1>長期発現型狂犬病ウイルスベクターを利用した神経回路選択的活動制御法の確立:優れた逆行性感染能を有するとともに、細胞毒性を誘発せず長期間安定して外来遺伝子発現を持続できる伝播能欠損型の新規狂犬病ウイルス (RV) ベクターを開発するため、改変型 RV ベクターの作製に着手し、回収に成功した3種類の候補ベクターのラット脳への注入実験によって、それらの性状比較・解析をおこなった。

<研究開発項目2>改変順行性感染型ウイルスベクターを利用した神経回路選択的活動制御法の確立:開発したキャプシド改変型アデノ随伴ウイルスベクター (AAV2.1) を広く提供し、光遺伝学的あるいは化学遺伝学的手法を用いた神経活動操作やカルシウムイメージングに関する共同研究を展開するとともに、AAV2.1 を利用した順行性多重蛍光トレーシングや研究開発項目1と同様にして低細胞毒性化を実現した順行性感染型 RV ベクターの開発を進めている。

<研究開発項目3>改変アデノ随伴ウイルスベクターを利用した全脳的遺伝子導入技術の開発:キャプシド改変型アデノ随伴ウイルスベクター (AAV9.2) の開発・改良を完了し、特に新生児マーマセットへの静脈内投与によりニューロンに対する外来遺伝子導入効率が全脳レベルで向上していることを検証するとともに、研究開発分担者の関と連携し、全脳的外来遺伝子導入技術を確立するため、成体マーマセットへの経頭蓋超音波照射による非侵襲的な血液脳関門開放術を用いたベクターデリバリーシステムの構築を進めている。

光操作技術による基底核ドーパミン回路の機能局在解明と機能再建

高田昌彦, 井上謙一, 網田英敏

前年度に引き続き、ドーパミンニューロン選択的にチャンネルロドプシン2を発現させるチロシン水酸化酵素 (TH) プロモータを搭載したアデノ随伴ウイルス (AAV) ベクターや TH プロモータの下流に α シヌクレイン遺伝子ないしは抑制性 DREADD 遺伝子 (hM4Di) を挿入した逆行性感染型 AAV ウイルスベク

ターを他の研究グループに提供するとともに、マカクザル脳に適用できるドーパミンイメージング技術の構築を進めている。具体的には、蛍光ドーパミンセンサー (dLight: 放出されたドーパミンが結合すると蛍光を発する受容体分子) を発現する AAV ベクターを開発し、まずラット脳において GFP による蛍光シグナルが計測できることを検証した。ここでは、線条体に放出されるドーパミンが関与していることがよく知られている報酬応答をテストシステムとして、「音刺激—報酬」連合学習課題を遂行中のラットにおいて、線条体に刺入した光ファイバーを介して励起光を照射し、報酬に応答して放出されたドーパミンに相当する蛍光シグナルを計測した。その結果、報酬条件下では音刺激後に dLight の蛍光強度の増加がみとめられたのに対して、無報酬条件に切り替えると音刺激後に dLight の蛍光強度が減少した。このことは、行動課題遂行中のラットにおいて脳内ドーパミン動態が計測可能であることが示しており、今後、本手法をマカクザル脳に適用する予定である。

自然発症の難病と考えられるニホンザルに関する研究

大石高生, 高田昌彦, 香田啓貴 (高次脳機能), 今井啓雄 (ゲノム進化), 今村公紀 (ゲノム進化), 釜中慶朗 (NBRP), 森本真弓 (技術部), 兼子明久 (技術部), 宮部貴子 (人類進化モデル研究センター), 橋本直子 (技術部), 平崎鋭矢 (進化形態), 木下こづえ (野生動物研究センター), 郷康弘 (自然科学研究機構), 伊藤孝司 (徳島大), 北川裕之 (神戸薬科大)

ムコ多糖症 I 型自然発症サルがこれまでに 4 頭出現している若桜群に関して、家系解析を進め、繁殖 4 世代目で初めて発症個体が出た原因などを考察した。個別飼育下の酵素補充療法実験対象個体を個別飼育に対し、各種検査を実施した。糖鎖の異なる組換えカイコ由来ヒト IDUA を、休薬期間を置きながら順次投与して、それぞれの効果を検討する研究計画を立てた。

霊長類におけるニューロン種選択的な遺伝子発現制御技術の開発

井上謙一

霊長類におけるニューロン種選択的な遺伝子発現のための候補プロモーター配列を GFP 発現 LV ベクターに挿入し、マウスを利用した候補プロモーターの絞り込みを行った結果、高い特異性を持つプロモーターが複数同定された。次いで、霊長類における検証を行った結果、TH,TPH,PV プロモーターなど一部において比較的高い特異性を持つプロモーターが得られたため、実用性の検証実験を開始した。また、マカクサルにおいて部位特異的な活性化が認められるエンハンサー領域をターゲットに、マカクサルにおける特異性と活性の検証を実施したところ、異所性発現のほぼない黒質選択的な発現などの興味深い結果が得られた。一方、ゲノム編集技術を利用したニューロン種選択的な遺伝子発現の開発として、Tet-Off システムを利用したベクターシステムを構築し、様々な発現制御配列を組み込んだ AAV ベクターにおいて、高いノックイン効率を示す Cas9 発現ベクターを探索する実験を行った結果、マウスおよびマーモセットにおいて従来型と比べ約 2.6 倍高いノックイン効率を示す組み合わせを得た。さらに、マーモセット新生児における全脳的な遺伝子導入に適したウイルスベクターの開発を進め、静脈からの注入で高効率なニューロンへの遺伝子導入を実現する新規ベクター系を見いだすと同時に、プルキンエ細胞選択的な遺伝子発現や黒質選択的な遺伝子発現の可能性を示唆する結果を得た。

手続き学習に関わる霊長類大脳皮質—大脳基底核ループ回路の構造と機能の解明

井上謙一

これまでに開発したベクターより更に感染伝播速度を低下させた高発現型 RV ベクターの開発を行い、複数の異なる感染伝播速度を有するベクターを得ることに成功した。また、Tet-Off 法を利用した超高発現型 AAV ベクターの遺伝子発現スピードをさらに向上させることを試み、これに成功した。今後開発したベクターを用いて、逆行性越シナプスのトレーシングと、軸索トレーシングの同時適用による入出力同時解析法を確立し、大脳皮質・大脳基底核ループの構築様式の解析に適用する。逆行性ラベルを半自動的に解析する手法の構築に関しては、AI を利用して、少ない教師データで全脳のラベルを高精度で推定するアルゴリズムの開発に成功した。一方で、研究分担者の東京工業大学小池教授と共同で、詳細かつ精微な運動の自動解析を可能とする、力覚フィードバックデバイス (Spider) を利用した迷路課題装置をおおむね完成させた。

スキルを制御する大脳基底核回路の解明

網田英敏

スキルを制御する大脳基底核回路メカニズムを解明するため、マカクザルに対し、タッチパネル式装置を

用いた「図形—報酬」連合学習のトレーニングをおこなった。この行動課題では、正解図形と不正解図形のペアを同時提示し、正解図形をタッチすることでサルは報酬を得た。この学習によって、サルは5日ほどでおおよそ9割の正答率に達した。しかし、コンドロイチナーゼを黒質外側部に局所注入し、ペリニューロナルネット除去をおこなったところ、「図形—報酬」連合学習が遅延した。このことから、ペリニューロナルネットがスキル形成に重要な役割を担っていることが示唆される。

また、課題遂行中のサル大脳基底核から神経活動記録を開始し、課題関連活動を記録することができた。今後、局所電気刺激法や神経薬理学的手法を用いてスキルにかかわる大脳基底核回路の解明を進めていく予定である。

全半球皮質脳波計測による視覚入力から眼球運動にいたる大脳情報ダイナミクスの解明

兼子峰明

自然な視覚行動における大脳半球全体の情報ダイナミクスを明らかにすることを目的とした。マーマモセットを対象として、自然動画の自由観察課題を実施して、その際の眼球運動パターン及び96チャンネル広域皮質脳波記録を行った。自然な視覚行動においては、求心性と遠心性の両者を反映した信号が背側視覚野において先にたちあがり、それに続いて腹側視覚系が駆動するという活動パターンが観察された。また、皮質の情報ダイナミクスは、のっぺりと一様なものではなく、局在した情報パケットが背側から腹側系にめぐっていくというダイナミクスとなっていることを確認した。さらに、自然な視覚行動では平均すると200–250ms間隔でサッカードが生起するが、それはちょうど先の情報パケットが側頭葉前端まで到達して、皮質全体の活動がサイレントになるタイミングと一致しているようだった。ただし常にそうなるわけではなく、サッカード自体は、情報パケットが皮質のどの段階にあっても発生するパラレルなシステムであることが示唆された。これらの結果は、視線行動と皮質情報ダイナミクスの調和により、いかに効率的な視覚認知が実現されているかを示している。

運動発現の制御と目標指向行動に関わる大脳基底核・直接路および間接路の神経基盤研究

野々村聡

本研究の目的は、運動発現の制御と目標指向行動に関わる線条体内の小区分（背外側・背内側・腹側）における直接路および間接路の神経活動特性を明らかにすることである。頭部固定下で課題遂行中のラット背外側(DLS)・背内側線条体(DMS)の直接路・間接路の神経活動同定と記録を完了させ、解析の結果、線条体内小区分における特徴的な神経活動を見いだすことができた。特に、間接路におけるDMSは、行動選択を弱化するためのOutcome関連活動が確認されたのに対し、DLSにおいてはこの特徴は見られなかった。また、両領域共通の特徴として報酬予測的行動選択信号が運動関連活動として確認された。

<研究業績>

原著論文

Amita H, Kim H, Inoue K, Takada M, Hikosaka O 2020: Optogenetic manipulation of a value-coding pathway from the primate caudate tail facilitates saccadic gaze shift. *Nat Commun* 11: 1876.

Kaneko T, Takemura H, Pestilli F, Silva AC, Ye FQ, Leopold DA 2020: Spatial organization of occipital white matter tracts in the common marmoset. *Brain Struct Funct* 225:1313-1326

Maeda K, Inoue K, Kunimatsu J, Takada M, Hikosaka O 2020: Primate amygdalo-nigral pathway for boosting oculomotor action in motivating situations. *iScience* 23: 101194.

#Nagai Y, Miyakawa N, Takuwa H, Hori Y, Oyama K, Ji B, Takahashi M, Huang X-P, Slocum ST, DiBerto JF, Xiong Y, Urushihata T, Hirabayashi T, Fujimoto A, Mimura K, English JG, Liu J, Inoue K, Kumata K, Seki C, Ono M, Shimojo M, Zhang M-R, Tomita Y, Suhara T, Takada M, Higuchi M, Jin J, Roth BL, Minamimoto T 2020: Deschloroclozapine: a potent and selective chemogenetic actuator enables rapid neuronal and behavioral modulations in mice and monkeys. *Nat Neurosci* 23: 1157-1167.

Ueno M, Nakamura Y, Nakagawa H, Niehaus JK, Maezawa M, Gu Z, Kumanogoh A, Takebayashi H, Lu QR, Takada M, Yoshida Y 2020: Olig2-induced semaphorin expression drives corticospinal axon retraction after spinal cord injury. *Cereb Cortex* 30: 5702-5716.

Tremblay S, Takada M, et al. 2020: An open resource for non-human primate optogenetics. *Neuron* 108: 1075-1090.

Kawabata M, Soma S, Saiki-Ishikawa A, Nonomura S, Yoshida, Rios A, Sakai Y, Isomura Y 2020: A spike analysis method for characterizing neurons based on phase locking and scaling to the interval between two behavioral events. *J Neurophysiology* 124(6): 1923-1941

#Labuguen RT, Matsumoto J, Negrete SB, Nishimaru H, Nishijo H, Takada M, Go Y, Inoue K, Shibata T 2021: MacaquePose: a novel 'in the wild' macaque monkey pose dataset for markerless motion capture. *Front Behav*

Neurosci 14: 581154.

Takata Y, Nakagawa H, Ninomiya T, Yamanaka H, Takada M 2021: Morphological features of large layer V pyramidal neurons in cortical motor-related areas of macaque monkeys: analysis of basal dendrites. Sci Rep 11: 4171.

#Suzuki T W, Inoue K, Takada M, Tanaka M 2021: Effects of optogenetic suppression of cortical input on primate thalamic neuronal activity during goal-directed behavior. eNeuro.

学会発表

網田 英敏, Hyoung F Kim, 井上 謙一, 高田 昌彦, 彦坂 興秀. 価値にもとづく眼球運動を制御する霊長類大脳基底核回路. 第 43 回日本神経科学大会(2020/7/29) 神戸コンベンションセンター、神戸コンベンションセンター、兵庫県神戸市 (オンラインによる開催)

#稲垣 未来男, 井上 謙一, 田辺 創思, 木村 慧, 高田 昌彦, 藤田 一郎. マカク属サルにおける上丘から扁桃体への多シナプス性経路. 第 43 回日本神経科学大会(2020/7/30) 神戸コンベンションセンター、神戸コンベンションセンター、兵庫県神戸市 (オンラインによる開催)

井上 謙一, 田辺 創思, 吉田 哲, 藤原 真紀, 木村 慧, 上野 瑠惟, 高田 裕生, 木村 活生, 兼子 峰明, 篠本 有里, 中野 真由子, 田中 江美子, 今度 ゆりこ, 角谷 絵里, 岡野 栄之, 高田 昌彦. 改変 AAV ベクターを用いた新生児霊長類への全脳的遺伝子導入. 第 43 回日本神経科学大会(2020/7/30) 神戸コンベンションセンター、神戸コンベンションセンター、兵庫県神戸市 (オンラインによる開催)

小口-田中 峰樹, 蔭 嘉森, 吉岡 敏秀, 田中 康裕, 井上 謙一, 高田 昌彦, 菊水 健史, 野元 謙作, 坂上 雅道. マカク一次視覚野における微小内視鏡を用いたカルシウムイメージング. 第 43 回日本神経科学大会(2020/7/30) 神戸コンベンションセンター、神戸コンベンションセンター、兵庫県神戸市 (オンラインによる開催)

#小山 佳, 堀 由紀子, 永井 裕司, 宮川 尚久, 三村 喬生, 平林 敏行, 井上 謙一, 高田 昌彦, 樋口 真人, 南本 敬史. DREADD を用いた経路選択的阻害法による、サル前頭前野と視床 MD 核及び線条体を結ぶ神経経路のワーキングメモリにおける役割の解明. 第 43 回日本神経科学大会(2020/7/31) 神戸コンベンションセンター、神戸コンベンションセンター、兵庫県神戸市 (オンラインによる開催)

#吉野 倫太郎, 木村 慧, 田辺 創思, 大原 慎也, 中村 晋也, 井上 謙一, 高田 昌彦. マカクザル内側前頭皮質の側坐核及び扁桃体への投射様式の違いによる領域区分. 第 43 回日本神経科学大会(2020/7/31) 神戸コンベンションセンター、神戸コンベンションセンター、兵庫県神戸市 (オンラインによる開催)

#宮川 尚久, 永井 裕司, 堀 由紀子, 松尾 健, 鈴木 隆文, 井上 謙一, 小山 桂, 平林 敏行, 高田 昌彦, 須原 哲也, 樋口 真人, 川寄 佳祐, 南本 敬史. 扁桃体が腹側視覚皮質における社会・情動性の視覚情報表現に果たす役割 ~化学遺伝学神経操作によるアプローチ. 第 43 回日本神経科学大会(2020/8/1) 神戸コンベンションセンター、神戸コンベンションセンター、兵庫県神戸市 (オンラインによる開催)

河合 せりな, 志和 希, 君付 和範, 山田 健太郎, 井上 謙一, 井上 智, 朴 天鎬. 街上毒狂犬病ウイルスの脳内侵入経路に関する実験病理学的研究. 第 163 回日本獣医学会学術集会(2020/9/14-30) オンラインによる開催

大石 高生, 香田 啓貴, 森本 真弓, 井戸 みゆき, 安江 美雪, 田中 洋之. 霊長類研究所のニホンザル繁殖集団若桜群における産子数の解析. 第 36 回日本霊長類学会大会(2020/12/6) 中部大学、中部大学、愛知県春日井市 (オンラインによる開催)

#Negrete SB, Labuguen R, Matsumoto J, Go Y, Inoue K, Shibata T. Multiple Monkey Pose Estimation Using OpenPose. 25th International Conference on Pattern recognition (ICPR 2021) (2021/1/10-15) Hybrid (Milano, Italy)

五藤 花, 大石 高生, 郷 康弘, 早川 卓志. シロテテナガザルにおける脳領域の遺伝子発現解析~歌の分子メカニズム解明に向けて~. 第 65 回プリマーテス研究会(2021/3/6) 日本モンキーセンター、日本モンキーセンター、愛知県犬山市 (オンラインによる開催)

網田 英敏. The role of the substantia nigra pars lateralis in object skill learning. 第 10 回 生理研—霊長研—新潟脳研 合同シンポジウム(2021/3/12) (オンラインによる開催)

講演

Inoue K. Pathway-selective activity manipulation in the primate brain by means of modified viral vectors. 7th ESI Systems Neuroscience Conference 2020 (ESI SyNC 2020) (2020/8/24-26) Online

Nonomura S. Neuronal Activity of the Striatal Direct and Indirect Pathways for Goal Directed Behavior. The 98th Annual Meeting of The Physiological Society of Japan, International Symposium: In search of new concepts of the basal ganglia by new techniques (2021/3/30), Aichi, Japan

3.1.9 ゲノム細胞研究部門

ゲノム進化分野

<研究概要>

キツネザル類の苦味受容体の機能解析

糸井川壯大、早川卓志（北海道大学）、Morgan E. Chaney、Anthony J. Tosi（以上ケント州立大学）、Fabrizio Fierro、Masha Y. Niv（以上ヘブライ大学）、M. Elise Lauterbur（アリゾナ大学）、今井啓雄

キツネザル類の苦味受容体 TAS2R16 の機能解析を行った。特に竹食に特化した種間で機能の差が観察されたため、その差を生み出すアミノ酸残基を同定し、モデリングも行った。

消化管内味覚受容体の発現解析

林 美紗、稲葉明彦、岩槻健（東京農業大学）伯川美穂、今井啓雄

消化管内で味覚受容体やその関連分子の発現解析を、RT-qPCR や免疫組織染色等により進めた。マカク類については、ヒトと同様の発現パターンが TAS2R14 や TAS2R38 で得られたことから、ヒトのモデルとして比較できる可能性を示した。また、機械感覚受容体やミネラル受容体との関連についても検討中である。

スラウエシマカク類のゲノム解析

Yan Xiaochan、寺井洋平（総合研究大学院大学）、Kanthi Arum Widayati、Bambang Suryobroto（以上ボゴール農科大学）、鈴木-橋戸南美（中部大学）、糸井川壯大、今井啓雄

短期間に種分化したスラウエシマカクについて、ゲノム解析を進めている。また、毛色に関する遺伝子機能の種間差も検討した。

精巣における味覚受容体の発現と季節性の検討

杉山宗太郎、今村公紀、吉村崇（名古屋大学）、今井啓雄

季節性を示すアカゲザルの生殖調節機能を解明するため、2ヶ月に一度精巣サンプルを採材して、様々な遺伝子の発現パターンを検討している。

味覚受容体の機能と食行動の関連

沼部令奈、伯川美穂、梅村美穂子、Laurentia Purba（ボゴール農科大学）、今井啓雄

ヒトやチンパンジー、マカク類やコロブス類の苦味受容体の機能を培養細胞系で比較検討すると共に、食行動との関連を考察した。

霊長類 iPS 細胞を用いた初期神経発生動態の解析

仲井理沙子、今村公紀

チンパンジーiPS 細胞の初期神経発生動態について、神経上皮細胞から放射状グリア細胞への移行に着目し、トランスクリプトームデータに基づく時期特異的遺伝子の探索やシグナル伝達経路の作用検証を行った。また、ニホンザル iPS 細胞の初期神経発生過程における遺伝子発現やニューロン分化能の継時的解析を行った。

チンパンジー iPS 細胞を用いた神経堤細胞の分化誘導

小塚大揮、今村公紀

チンパンジーiPS 細胞から神経堤細胞への分化誘導を行い、その過程における遺伝発現の継時的な解析とシグナル伝達に作用する低分子化合物の効果の検証を行った。

<研究業績>

原著論文

Itoigawa A, Fierro F, Chaney ME, Lauterbur ME, Hayakawa T, Tosi AJ, Niv MY, Imai H. (2021) Lowered sensitivity of bitter taste receptors to β -glucosides in bamboo lemurs: An instance of parallel and adaptive functional decline in TAS2R16? *Proc. R. Soc. B* 288, 20210346.

Hayashi M., Inaba A, Hakukawa M, Iwatsuki K, Imai H, Masuda K. (2021) Expression of TAS2R14 in the intestinal endocrine cells of non-human primates. *Genes & Genomics* 43, 259–267

Inaba A, Kumaki S, Arinaga A, Tanaka K, Aihara E, Yamane T, Oishi Y, Imai H, Iwatsuki K. (2021) Generation of intestinal chemosensory cells from nonhuman primate organoids. *Biochemical and Biophysical Research Commun.* 536, 20-25

Ruiz CA, Chaney ME, Imamura M, Imai H, Tosi AJ. (2020) Predicted structural differences of four fertility-related Y-chromosome proteins in *Macaca mulatta*, *M. fascicularis*, and their Indochinese hybrids. *Proteins* 89, 361-370

Okada S, Kuroki K, Ruiz C. A, Tosi A. J, Imamura M. (2020) Molecular Histology of spermatogenesis in the Japanese macaque monkey (*Macaca fuscata*). *Primates* 62, 113-121.

Katayama K, Takeyama Y, Enomoto A, Imai H, Kandori H. (2020) Disruption of Hydrogen-Bond Network in

- Rhodopsin Mutations Cause Night Blindness. *J. Mol. Biol.* 432, 5378-5389.
- Nonaka Y, Hanai S, Katayama K, Imai H, Kandori H. (2020) Unique Retinal Binding Pocket of Primate Blue-Sensitive Visual Pigment. *Biochemistry* 59, 2602-2607.
- Lee HE, Park SJ, Huh JW, Imai H, Kim HS. (2020) Enhancer Function of MicroRNA-3681 Derived from Long Terminal Repeats Represses the Activity of Variable Number Tandem Repeats in the 3' UTR of SHISA7. *Molecules and Cells* 43, 607 - 618.
- Shirasu M, Ito S, Itoigawa A, Hayakawa T, Kinoshita K, Munechika I, Imai H, Touhara K. (2020) Key male glandular odorants attracting female ring-tailed lemurs. *Current Biology* 30, 2131-2138

学会発表

- Akihiko Inaba, Ken Iwatsuki, Hiroo Imai. Generation of intestinal organoids from macaques as ex vivo tools for the functional analysis. International Conference of The Genetics Society of Korea and Asia Pacific Chromosome Colloquium 7 (ICGSK-APCC7), Busan Korea オンライン 2020/11/25-27
- Akihiro Itoigawa, Fabrizio Fierro, Morgan E. Chaney, M. Elise Lauterbur, Takashi Hayakawa, Anthony J. Tosi, Masha Y. Niv, Hiroo Imai. Lemurs feeding on cyanogenic bamboo evolved the bitter taste receptor TAS2R16 with lowered sensitivity to β -glucosides., 日本比較生理生化学会第42回大会 山形 2020/11/23
- Masanori Imamura. Modeling of early neural development in vitro by direct neurosphere formation culture of human/non-human primate induced pluripotent stem cells. 第43回日本分子生物学会年会ワークショップ「分子進化人類学の進展開」 オンライン 2020/12/2
- Misa Hayashi, Miho Hakukawa, Hiroo Imai. Expression pattern of taste- and mechano- sensors in intestinal epithelial cells of lower guts in primates. 2020 ICGSK-APCC7. BEXCO & online, Busan, Korea オンライン 2020/11/27
- Rena Numabe, Hiroo Imai. The change of bitter sensitivity to PTC in each of individuals and the relationship between TAS2R38 polymorphism and food preference. The 14th PWS symposium オンライン 2020/09/12
- Rena Numabe, Hiroo Imai. The change of bitter sensitivity to PTC in each of individuals and the relationship between TAS2R38 polymorphism and food preference. The 15th PWS symposium オンライン 2021/03/02
- Risako Nakai, Ryunosuke Kitajima, Takuya Imamura, Tomonori Kameda, Daiki Kozuka, Hiroo Hirai, Haruka Ito, Hiroo Imai, Masanori Imamura. Modeling of early neural development in vitro by direct neurosphere formation culture of chimpanzee induced pluripotent stem cells. 2020 ICGSK-APCC7. BEXCO & online, Busan, Korea オンライン 2020/11/27
- Risako Nakai, Ryunosuke Kitajima, Takuya Imamura, Tomonori Kameda, Daiki Kozuka, Hirohisa Hirai, Haruka Ito, Hiroo Imai, Masanori Imamura. Modeling of early neural development in vitro by direct neurosphere formation culture of chimpanzee induced pluripotent stem cells. 第43回日本神経科学大会(Neuroscience 2020) オンライン 2020/07/29-08/01
- Sotaro Sugiyama, Masanori Imamura, Akihiro Itoigawa, Takashi Yoshimura, Hiroo Imai. Histomorphometrical seasonal changes of spermatogenesis in testis of rhesus macaque monkey (*Macaca mulatta*). 第43回日本分子生物学会年会 オンライン 2020/12/04
- Xiaochan Yan, Kanthi Arum Widayati, Fahri Bajeber, Laurentia Henrieta Permita Sari Purba, Bambang Suryobroto, Yohey Terai, Hiroo Imai. Functional divergence of species-specific *MC1R* variants in seven endemic *Macaca* species in Sulawesi island. The 14th PWS symposium オンライン 2020/09/12.
- Xiaochan Yan, Kanthi Arum Widayati, Fahri Bajeber, Laurentia Henrieta Permita Sari Purba, Bambang Suryobroto, Yohey Terai, Hiroo Imai. Specie-specific loss of function of melanocortin-1 receptor gene (*MC1R*) in seven endemic species in Sulawesi island. The 15th PWS symposium オンライン 2021/03/02.
- Xiaochan Yan, Kanthi Arum Widayati, Fahri Bajeber, Laurentia Henrieta Permita Sari Purba, Bambang Suryobroto, Yohey Terai, Hiroo Imai. A species-specific marker in the seven allopatric *Macaca* species in Sulawesi island. The 65th Primate Conference オンライン 2021/03/06.
- Xiaochan Yan, Kanthi Arum Widayati, Fahri Bajeber, Laurentia Henrieta Permita Sari Purba, Bambang Suryobroto, Yohey Terai, Hiroo Imai. Functional divergence of pigmentation gene melanocortin-1 receptor (*MC1R*) in six allopatric *Macaca* species in Sulawesi island. The 68th Annual Meeting of the Ecological Society of Japan オンライン 2021/03/18.
- Zacahry Yu-Ching Lin, Risako Nakai, Hiroo Hirai, Daiki Kozuka, Seiya Katayama, Shin-ichiro Nakamura, Sawako Okada, Ryunosuke Kitajima, Hiroo Imai, Hideyuki Okano, Masanori Imamura. Reprogramming of chimpanzee fibroblasts into a multipotent cancerous state by transducing iPSC factors in 2i/LIF culture. 2020 ICGSK-APCC7. BEXCO & online, Busan, Korea オンライン 2020/11/27
- 糸井川壯大, F. Fierro, M. E. Chaney, M. E. Lauterbur, 早川卓志, A. J. Tosi, M. Y. Niv, 今井啓雄. 霊長類における苦味受容体 TAS2R16 の機能変化と食嗜好. 第五回食欲・食嗜好の分子・神経基盤研究会 オンライン 2020/09/15
- 稲葉明彦, 熊木竣佑, 有永理峰, 岩槻健, 今井啓雄. 消化管 Tuft 細胞の機能解析に向けたマカク由来新規三次元培養系の構築. 第36回霊長類学会大会 オンライン 2020/12/05
- 杉山宗太郎, 今村紀紀, 糸井川壯大, 吉村崇, 今井啓雄. アカゲザル(*Macaca mulatta*)季節性精子形成を制御

するメカニズムの解明. 第 65 回プリマーテス研究会 犬山 2021/03/06
杉山宗太郎, 今村公紀, 糸井川壮大, 吉村崇, 今井啓雄. アカゲザル(*Macaca mulatta*)精巣の精子形成における組織学的な季節変動. 第 36 回霊長類学会大会, オンライン 2020/12/05
杉山宗太郎, 今村公紀, 糸井川壮大, 吉村崇, 今井啓雄. アカゲザル(*Macaca mulatta*)精巣の精子形成における組織学的な季節変動. Cryopreservation Conference 2020 オンライン 2020/11/26
仲井理沙子, 北島龍之介, 今村拓也, 亀田朋典, 井藤晴香, 平井啓久, 今井啓雄, 今村公紀. 霊長類 iPS 細胞を用いたダイレクトニューロスフェア形成培養による初期神経発生の再現. 第 65 回プリマーテス研究会 犬山 2021/03/06
仲井理沙子, 北島龍之介, 今村拓也, 亀田朋典, 井藤晴香, 平井啓久, 今井啓雄, 今村公紀. 霊長類 iPS 細胞を用いたダイレクトニューロスフェア形成培養による初期神経発生の再現. 第 10 回日本マーモセット研究会大会 オンライン 2021/01/26
仲井理沙子, 北島龍之介, 今村拓也, 亀田朋典, 小塚大揮, 平井啓久, 井藤晴香, 今井啓雄, 今村公紀. チンパンジー iPS 細胞を用いたダイレクトニューロスフェア形成培養による初期神経発生の再現. 第 36 回日本霊長類学会大会 オンライン 2020/12/05
沼部令奈, 今井啓雄. TAS2R38 の遺伝子多型と食行動及び PTC の苦味感受性変化との関係. 第 36 回日本霊長類学会大会 オンライン 2020/12/05
林美紗, 伯川美穂, 今井啓雄. 霊長類の下部消化管上皮細胞における味覚関連分子と機械イオンチャネルの発現. 第 10 回日本マーモセット研究会大会 オンライン 2021/01/26

講演(すべてオンライン)

H. Imai Evolution of taste receptors in primates. 7th Asia and Pacific Chromosome Colloquium. Busan Korea 2020/11/27
今井啓雄 ヒトとサルの間には ~多様な味覚受容の役割~. 日本味と匂い学会第 54 回大会シンポジウム 2020/10/19
今井啓雄 多様な霊長類の味覚受容体機能 第 4 回感覚研究フロンティア・シンポジウム 2020/10/31
今井啓雄 マーモセットの採食行動と味覚受容体の発現 第 10 回 日本マーモセット研究会大会シンポジウム「マーモセットの多角的理解」2021/01/26
糸井川壮大. マダガスカル産霊長類における苦味受容体の機能進化: リガンド感受性と食性の関係. 日本進化学会第 22 回大会企画シンポジウム「感覚進化学の異分野協奏」, 2020/9/7
阿野隆平, 糸井川壮大. 動物園飼育員と研究者が語る霊長類学オンライン講座「第 3 回 キツネザルの味覚を語る」, 日本モンキーセンター, 2020/8/9

総説

糸井川壮大. 糞中 DNA から探るキツネザルの味覚. 『モンキー』5 巻 2 号. 公益財団法人日本モンキーセンター発行, 2020/9/1
糸井川壮大, 今井啓雄. 食にかかわる感覚の種差 「もっとよくわかる! 食と栄養のサイエンス~食行動を司る生体恒常性維持システム~」 p.35-46 分担執筆, 羊土社, 2021/2/10
今村公紀. (2021) 生命医科学における霊長類の iPS 細胞. 遺伝子医学 11 巻 1 号 (通巻 35 号, 復刊 10 号), 162-166.

報道

ライフサイエンス情報誌「NEXT」(2020/December No.56) NEXT Pursuit ライフサイエンスの未来に挑む人「霊長類 iPS 細胞から人類進化の分子基盤の実証へ」今村公紀

3.1.10 細胞生理分野

<研究概要>

夜行性への適応をもたらすゲノムの変化：核内レンズの獲得をもたらした要因

古賀章彦

夜行性の哺乳類で、視細胞の核が特殊な構造をとることで夜間視力の増強をもたらす現象が、広くみられる。特殊な構造とは、細胞核の中央部での、ヘテロクロマチン（タンパクをコードする遺伝子をほとんど含まない領域）の凝集である。細胞一般ではヘテロクロマチンは、核の周縁部に追いやられているが、桿体細胞（微弱な光を捕らえる視細胞）でのみ、中央部での凝集が起こる。この構造物がレンズとして機能し（以後、核内レンズと称する）、光を効率よく集める。

真猿亜目（ヒト、アカゲザル、マーモセット、リスザルなどを含む大きなグループ）は昼行性である中、ヨザル（夜猿）は唯一の例外で、夜行性を示す。昼行性から夜行性に移行したものであり、形態・生理・行動などに、移行に伴う変化がみられる。変化の1つに、桿体細胞での核内レンズの獲得がある。

核内レンズの獲得には、ヨザルにつながる系統で遺伝情報の変化があったはずである。どの遺伝子あるいは染色体の、どの部分にどのような変化が起こったかを、最終的に明らかにすることを目指し、本年度は候補の選定を行った。文献の調査と、そこでの実験結果の再現性の検討が、主な作業となった。ズラミン B 受容体 (LBR) 遺伝子が、有力な候補となった。この遺伝子から作られるタンパクは、ヘテロクロマチンを核膜の内側につなぎ留める役を担う。この遺伝子、またはその発現を調節する因子に関わる遺伝子に、変化が起こったことが想定できる。つなぎ留めるためには、ヘテロクロマチンの特定のメチル化部位を認識する。そしてそのメチル化部位もまた、有力な候補となる。認識から逃れるように、部位の変化がヘテロクロマチンに生じていることが、想定できる。以上の2種類が、現時点での有力な候補である。

アルビノ体色の原因となる変異遺伝子が広域に拡散していることの初事例

古賀章彦（飯田市立動物園・大内山動物園との共同研究）

上皮の細胞で沈着するメラニン色素は、紫外線からの防御、保護色などの体色の形成に、貢献する。また眼球の最外層にもメラニンは大量にあり、余分な光が眼球内に入り込むことを防いでいる。遺伝的にメラニン色素が欠如する状態はアルビノとよばれ、遺伝子の変化の状況に応じて程度の差がある。メラニン合成の反応系では、チロシナーゼとよばれる酵素が関与する。この酵素の遺伝子が欠けると、完全なアルビノ体色となる。

完全アルビノの変異個体は、自然での生存で不利になる。このため、チロシナーゼ遺伝子に欠損が生じて、その遺伝子は自然では短期間に消失するものと予想される。この予想に反する状況が、タヌキで現出した。長野県飯田市と三重県松阪市で見つかった白いタヌキ各1匹で、チロシナーゼ遺伝子の構造を調べたところ、起源を同じくする同一の変異であるとの結果が得られた。両地点は直線距離で 170 km ほど離れており、間には名古屋都市圏や、木曽川や長良川などの大きな川がある。移動に人間が関与していないと仮定すると、この変異型遺伝子は世代から世代へ受け継がれて移動したことになる。すなわち、自然で長期間維持されたことになる。変異型チロシナーゼ遺伝子が広域に拡散していることの、哺乳類での初事例となった。

原因としては、人間の直接の関与がまず考えられる。ペットとしていた個体を他の地点で放したなどの状況である。人間の直接の関与がないとすると、タヌキの都会への適応が考えられる。残飯を食糧に、排水溝などの建造物をねぐらとして利用することで、タヌキの個体間の生存競争が緩んだとの説明が、可能となる。これらの解釈を結果とともに記した論文を、2編発表した。

サルマラリアの疫学に関する研究

岡本宗裕・桂有加子

サルマラリアは、東南アジアのマカク類を中心に 30 種ほどが報告されており、そのうち 10 種ほどがヒトへも感染するとされているが、野生マカク類のサルマラリアに関する情報は極めて限られている。本研究は、タイの野生由来マカク類に寄生しているサルマラリア原虫を網羅的に調べる感染状況を把握するとともに、それらを分離・凍結保存すること、各サルマラリア原虫の媒介蚊の種を特定すること、宿主特異性を規定する宿主側の遺伝的要因を特定する。2020 年度は、新型コロナウイルス流行のため、タイ国立霊長類センターを訪問することができなかった。そこで、共同研究者が保管していた各種マラリアの DNA を用い、ナノポアシーケンシングによるマラリア同定法を検討した。

サルマラリアの感染モデルに関する研究

岡本宗裕

Plasmodium knowlesi, *Plasmodium cynomolgi* は、共にマカク類に寄生するサルマラリアだが、近年人への感染が確認されており、特に *P. knowlesi* は第 5 のヒトマラリアと呼ばれるほどヒトへの感染が拡大している。しかし、ヒトの病態を再現する実験モデルは未だ確立されていない。そこで、*P. knowlesi* をコモンマーモセットに、*P. cynomolgi* をアカゲザルに感染させて、病態モデルとしての有用性を検討した。実験は、2019 年度から継続中であり、2020 年度は感染個体の病態解析と採取したサンプルの分析を行った。しかし、新型コロナウイルス流行のため、新規の感染実験は実施できなかった。

哺乳類の線虫類に関する研究

岡本宗裕

2019 年度に、第 3 放飼場中国群のアカゲザル全頭にイベルメクチン、ミルベマイシン、アルベンダゾール、メベンダゾールの 4 剤の同時投与し、鞭虫を完全に駆虫した。虫卵を殺滅・除去するため、土壌を掘り返し消石灰等を散布した後、駆虫後のアカゲザルを放飼場に戻した。2020 年度は、再感染の有無を確認するため、一部の個体について虫卵検査を実施した。その結果、少数ではあるが再感染が認められた。また、4 剤同時投与による肝障害について検討した。

霊長類の繁殖工学に関する研究

岡本宗裕

北海道大学の柳川助教のグループならびに広島大学の信清助教・外丸教授とのグループと共に、ニホンザルの繁殖工学に関する研究を実施している。2020 年度は、性周期の同期化のため、プロスタグランジンを投与したが、性周期を正確にコントロールすることはできなかった。また、体外受精に用いる精子を採取する個体を決めるため、精巣上体より精子を採取し、精子の活性を調べた。新型コロナウイルスの流行のため、北大グループ・広大グループ共に来所することができず、移植等の実験は実施できなかった。

AI を用いたゲノム比較

桂有加子

性染色体の進化について調べるために、同一種内に XY と ZW 染色体をもつツチガエルに着目し、研究を展開している。ツチガエルはゲノムが解読されていなかったため、新たにゲノムシーケンスを決定することを計画した。文部科学省科学研究費助成 先進ゲノム支援によりツチガエルの新規ゲノムシーケンス、およびゲノムのアッセンブルを実施した。ツチガエルのゲノムは大きく、従来の方法ではゲノム解析を行うことが難しかったが、それを克服するために長浜バイオ大学の池村淑道教授らとの共同研究で AI を用いたゲノム解析を導入した。教師なし型 AI(BLSOM)を用いたゲノム解析を行い、ヒトを含む哺乳類ゲノムと比較してゲノムの塩基組成は CG が特に多いことがわかった。また、6 種の無尾両生類ゲノムとツチガエルゲノムを詳細に比較した。その結果、ゲノムサイズの大きさと CG 頻度に相関があることがわかった。ツチガエルと近縁種であるウシガエルゲノムとの比較により、W 染色体に特徴的なリピートを同定し、その中にアカガエル科に特異的なトランスポゾンが含まれることがわかった。以上の結果を論文として発表した。

また、総合研究大学院大学の颯田葉子教授・ラオ研究員らとの共同研究で、アフリカツメガエルとネットアイツメガエルのゲノム配列に関しても AI を用いたゲノム解析を行い、CG 頻度の違いとシノニマス変異率に相関があることが示された。

<研究業績>

原著論文

Tanabe H, Kusakabe K, Imai H, Yokota S, Kuraishi T, Hattori S, Kai C, *Koga A (2021). The heterochromatin block that functions as a rod cell microlens in owl monkeys formed within a 15 million year time span. *Genome Biology and Evolution* 13: 3, evab021

Yamamoto S, Murase M, Miyazaki M, Hayashi S, *Koga A (2021). A mutant gene for albino body color is widespread in natural populations of tanuki (Japanese raccoon dog). *Genes & Genetic Systems*, early online.

Mae Y, Nagara K, Miyazaki M, Katsura Y, Enomoto Y, *Koga A (2020). Complex intra-gene deletion leads to oculocutaneous albinism in tanuki (Japanese raccoon dog), *Genome* 63: 517-523.

Kinoshita K, Indo Y, Tajima T, Kuze N, Miyakawa E, Kobayashi T, Nakamura T, Ogata M, Okumura F, Hayakawa T, Morimura N, Mori Y, Okamoto M, Ozaki Y, Hirata S. (2021). Comparative analysis of sperm motility in liquid and seminal coagulum portions between Bornean orangutan (*Pongo pygmaeus*) and chimpanzee (*Pan troglodytes*). *Primates* 62: 467–473.

Hashimoto-Gotoh A, Yoshikawa R, Nakagawa S, Okamoto M, Miyazawa T. (2020). Phylogenetic analyses reveal that simian foamy virus isolated from Japanese Yakushima macaques (*Macaca fuscata yakui*) is distinct from most of Japanese Hondo macaques (*Macaca fuscata fuscata*). *Gene* 734: 144382.

*Katsura Y, Ikemura T, Kajitani R, Toyoda A, Itoh T, Ogata M, Miura I, Wada K, Wada Y, Satta Y. Comparative genomics of *Glandirana rugosa* using unsupervised AI reveals a high CG frequency. *Life Science Alliance* 4:e202000905

Lau Q, Igawa T, Ogino H, Katsura Y, Ikemura T, Satta Y (2020) Heterogeneity of synonymous substitution rates in the *Xenopus* frog genome. *PLoS ONE* 15(8): e0236515.

学会発表

古賀章彦・久川智恵美・吉澤未来 シャム猫みたいなマントヒヒ 2020年12月 第36回日本霊長類学会大会 (オンライン開催)

林咲良・古賀章彦・築山拓司 ヒト培養細胞におけるイネ活性型 MITE・mPing の転移 2020年12月 第43回日本分子生物学会年会 (オンライン開催)

徳重江美, 兼子明久, 前田典彦, 大石高生, 鈴木樹理, 宮部貴子, 森本真弓, 橋本直子, 山中淳史, 石上暁代, 愛洲星太郎, 夏目尊好, 井戸みゆき, Kenneth KUEK, Andrew MACINTOSH, 岡本宗裕. なぜこんなに偏るのか? : 飼育下アカゲザルにおける鞭虫の偏向寄生. 日本生態学会第68回全国大会. オンライン (2021年3月、岡山)