

令和 6 年 6 月 20 日現在

機関番号：12102

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K19291

研究課題名(和文)超巨大児を産むための安産形質

研究課題名(英文)Adaptive traits for easy delivery

研究代表者

小薮 大輔(Koyabu, Daisuke)

筑波大学・プレジジョン・メディシン開発研究センター・准教授

研究者番号：60712510

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,900,000円

研究成果の概要(和文)：難産を原因とする胎児の分娩中死亡も0.5%の割合で発生するとされ、ヒトにとって出産は母子ともに命懸けの生活史イベントといえる。母子比で最も大きな新生児を生むコウモリ類をモデルとして安産を可能にする生物学的基盤を明らかにすることを目指した。8科29種のCT画像データベースを構築し、これらから骨盤、骨盤筋群、靭帯、生殖器を含む腰帯形態の座標データを用いた幾何学的形態測定法による種間比較を行い、繁殖生態および系統による影響の評価を行った。さらにヒナコウモリをモデルとして周産期に骨盤近傍の靭帯においてどのような遺伝子発現変化がおきるのかをトランスクリプトーム解析を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

安産は人類永遠の願いであり、難産は人類永遠の悩みである。近代医学が十分に発達する以前の1900年の日本では妊産婦10万人中397人が死亡し、こんにちでも10万人中4人が子宮内大量出血などで死亡する(2018年度厚生労働省人口統計)。難産を原因とする胎児の分娩中死亡も0.5%の割合で発生するとされ、ヒトにとって出産は母子ともに命懸けの生活史イベントといえる。本研究課題はコウモリ類をモデルとして哺乳類における安産を可能にする生物学的基盤を明らかにできた。新規の創薬や出産制御、また出産を成功により導くための基礎知見を得ることができた。

研究成果の概要(英文)：We have created a CT image database of bat specimens from around the world, encompassing 29 species across 8 families, covering nearly all extant families. From these CT images, we generated three-dimensional visualizations of pelvic morphology, including the pelvis, pelvic muscles, ligaments, and reproductive organs. Using these images, we reconstructed the pelvic structures on a computer and conducted interspecies comparisons through geometric morphometrics based on coordinate data, evaluating the impact of reproductive ecology and phylogeny. Additionally, using the lesser short-tailed bat as a model, we performed transcriptome analysis to investigate the changes in gene expression occurring in the ligaments near the pelvis during the perinatal period.

研究分野：比較解剖学

キーワード：進化

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

安産は人類永遠の願いであり、難産は人類永遠の悩みである。近代医学が十分に発達する以前の1900年の日本では妊産婦10万人中397人が死亡し、こんにちでも10万人中4人が子宮内大量出血などで死亡する(2018年度厚生労働省人口統計)。難産を原因とする胎児の分娩中死亡も0.5%の割合で発生するとされ、ヒトにとって出産は母子ともに命懸けの生活史イベントといえる。児頭が上を向き、臀部が下を向くいわゆる逆子になる場合や、新生児が子宮から降下して骨盤に進入する際に顔が母体の側方を向かない場合、新生児の頭部が母親の骨盤に比して大きすぎる場合、新生児の骨盤通過をのぞむことができない。帝王切開率は近年でも18%超となっており(2014年度厚生労働省医療施設調査)、ヒトにとって自然分娩は決してたやすいものではないことがわかる。難産の原因は脳サイズ拡大に伴う児頭の巨大化と二足歩行による骨盤形態の制約である(Lovejoy, 2005, *Gait Postur.*)。脳を大きくするという選択と、より安定的な二足歩行を可能にする形状をつくるという選択のせめぎ合いのなかで、未だ最適化されない女性の骨盤は進化してきたと考えられている(Rosenberg & Trevathan, 2002, *Int. J. Obst. Gynaecol.*)。他方、近縁な霊長類を含め野生哺乳類のほとんどは安産であるとされる(Hermes, 2008, *Theriogenology*)。そのなかでも究極の安産動物といえるのがコウモリ類であり、コウモリ類以外の哺乳類の新生児体重は母親の3~12%に収まるのに対し、コウモリ類は母親の25~45%にも及ぶ哺乳類最大の新生児を産み、出産も極めて容易に完了する(Hayssen & Kunz, 1996, *J. Mammal.*; Kunz, 1971, *Am. Midl. Nat.*)。エコーロケーション能を獲得したコウモリ類はヒトと同じく哺乳類のなかで屈指の大脳化を遂げたグループとして知られるが(Smaers et al., 2012, *PNAS*)、どういった形態学的背景によって片や安産となり、片や難産となっているのかわかっていない。

2. 研究の目的

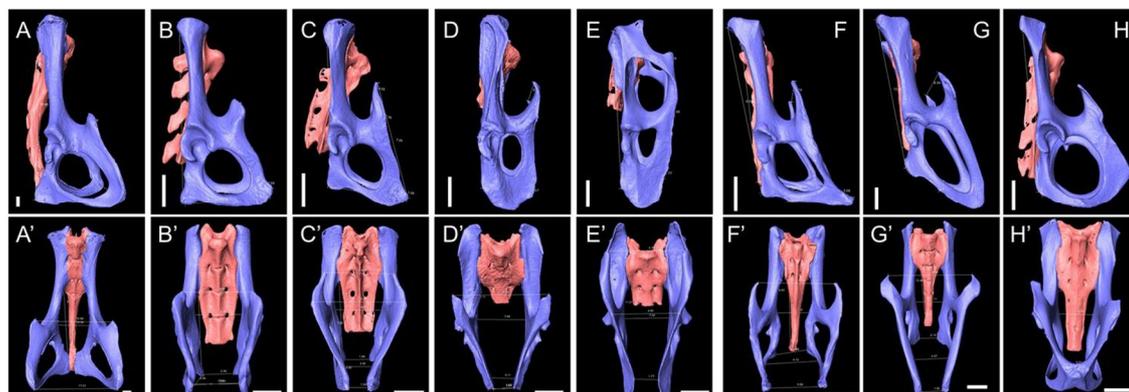
そこで本課題では、コウモリ類をモデルとして哺乳類における安産を可能にする形態学的、遺伝学的基盤を明らかにすることを目指した。四足動物の骨盤形態の規定因子は主に歩行様式と出産様式であるが、飛行能を獲得したコウモリ類の骨盤は歩行のための機能的な要求からほぼ解放されている。大半のコウモリ類は地上では肘を使って匍匐(ほふく)前進するのが一般的で、後肢に依存した歩行をすることがない。体重支持機能から解放されたコウモリ類のメスの骨盤は出産機能に特化していると考えられるが、これまでコウモリ類は翼とエコーロケーション関連器官ばかりが注目され、コウモリ類の骨盤に関する研究は皆無に近い。そこで、超巨大児を産む機能にほぼ特化していると想定できるコウモリ類をモデルとして哺乳類にとって安産を可能にする生物学的基盤(安産形質)を抽出することを目的とした。

3. 研究の方法

本研究は、コウモリ類の骨盤を対象にマイクロCTを用いた三次元撮像と、座標データを用いた幾何学的形態測定法による種間比較を行い、繁殖生態および系統による影響の評価を行った。また、非妊娠期および妊娠中期、周産期のヒナコウモリメスの骨盤近傍の靭帯において、どういった遺伝子が有意に発現が異なるかを検討した。

4. 研究成果

トランスクリプトーム解析ではヒナコウモリ1種を用いた。形態学的解析では合計8科15属29種85個体のコウモリの液浸標本あるいは骨格標本を使用した。内訳は、アラコウモリ科1属1種(G)、オオコウモリ科1属1種(A)、カグラコウモリ科1属1種(E)、キクガシラコウモリ科1属6種(D)、サシコウモリ科1属1種(H)、ヒナコウモリ科8属16種(B)、ヘラコウモリ科1属1種(F)、ユビナガコウモリ科1属2種である(C)。

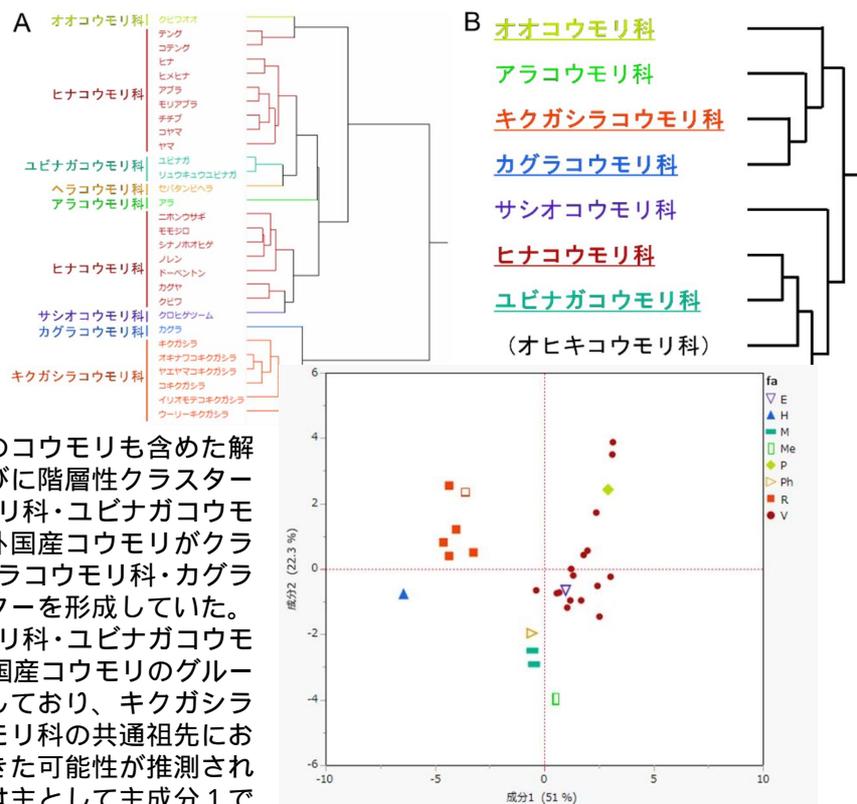


当初はリアルタイム PCR による解析を進めていたが、ヒナコウモリのアノテーション済み全ゲノム配列が利用できるようになったことを受けて、RNAseq による分析を2年度目から行うこととした。DEG 解析により、特に *RLN1*, *MMP*, *FIB5*, *LOXL1* の発現量が有意に異なることがわかった。形態学的解析からは、出産時の頭位・骨盤位の違いや新生児のサイズの違い、産子数といった繁殖生態の種間差と骨盤形態には明瞭な関連性が見られなかった。メスは出産時に、恥骨をつなぐ靭帯が弛緩することで、大きな胎児が通過できるようになっている。また本研究からは、新生児のサイズと恥骨間靭帯の長さが相関する可能性が示唆された。繁殖生態による違いは靭帯など軟部組織に反映され、骨盤形態には出にくい可能性が考えられる。コウモリにおいて、科レベルでの骨盤形態はねぐらでの姿勢が大きく関連していることが推測される。また、ヒナコウモリ科の属レベルでの骨盤形態は飛行の違いを反映している可能性が考えられる。一方で、繁殖生態は骨盤形態には大きく影響しないことも示唆された。以下では形態解析の各論の結果を述べる。

繁殖生態の視点に基づく種内比較ならびに科間比較、種内での比較では、分析したいずれの種においても雌雄差が最も顕著であった。コウモリの骨盤の性的二型はこれまでも数多く報告されており、クロオコウモリ、オーストラリアオコウモリ、ハイガシラオコウモリ、メキシコオヒキコウモリ、オナシケンショウコウモリなどで報告されている。それらの報告において、コウモリの骨盤ではオスは恥骨が癒合しており、メスは個体発生や妊娠状況により異なるものの、恥骨どうしは靭帯で結合しており、骨の癒合は認められないという点で一致している。メスの恥骨が癒合しておらず靭帯でつながっている理由として、コウモリは新生児の体サイズが大きいことがあげられる。コウモリのメスは成体の30%ほどの重さの子を産む。出産時に、恥骨をつなぐ靭帯が弛緩することで、大きな胎児が通過できるよう骨産道を拡大させており、出産時に靭帯は通常の15倍の長さになることもある。また、成獣に対する新生児の体重の割合は、オコウモリ科で14%、カグラコウモリ科で21%、キクガシラコウモリ科で29~43%、ヒナコウモリ科で21~32%、ユビナガコウモリ科で20~23%である。本研究で調査したコウモリ5科においても、既往研究と同様にオスは恥骨が癒合するがメスは恥骨が癒合しないことが確認された。また、メスにおいては左右の恥骨が接しているものや大きく離れるものなど、個体差が見られた。日本に生息するコウモリにおける、特徴的な骨盤形態と繁殖など生態との関連について表4に示す。オコウモリ科とキクガシラコウモリ科では、頭から生まれる頭位で出産を行い、ヒナコウモリ科とユビナガコウモリ科では足から生まれる骨盤位で出産を行う。同じ頭位で出産を行うにも関わらず、オコウモリ科とキクガシラコウモリ科の骨盤形態は類似していなかった。また、ユビナガコウモリ科では繁殖時期の調整として着床遅延が起こり、オコウモリ科と似た生態である。しかし、ユビナガコウモリ科は受精遅延と異なる出産調整を行うヒナコウモリ科と骨盤形態が類似していた。日本産コウモリにおいては、成獣に対する新生児の体重の割合はキクガシラコウモリ科が最も大きい。しかし、キクガシラコウモリ科はカグラコウモリ科と骨盤形態が類似しており、キクガシラコウモリ科に特有かつ出産と関連する特徴は見られない。よって、新生児のサイズと骨盤形態の関連性は現時点では不明であり、骨盤ではなく靭帯などの軟組織の弛緩による影響が大きな新生児の出産に寄与している可能性が考えられた。

階層型クラスター解析は、分子系統樹と多くの点で異なることがわかった。カグラコウモリ科とキクガシラコウモリ科は分子系統解析からひとつの単系統群を形成することが示されているが、形態の類似性も高かった。一方で系統的に近縁ではないオコウモリ科とヒナコウモリ科、ユビナガコウモリ科の骨盤において類

似性が高かった。海外産のコウモリも含めた解析から、主成分分析ならびに階層性クラスター分析において、ヒナコウモリ科・ユビナガコウモリ科・オコウモリ科と外国産コウモリがクラスターを形成し、キクガシラコウモリ科・カグラコウモリ科が別のクラスターを形成していた。このことから、ヒナコウモリ科・ユビナガコウモリ科・オコウモリ科・外国産コウモリのグループが祖先的な形質を保持しており、キクガシラコウモリ科とカグラコウモリ科の共通祖先において、特異的な変化が起きた可能性が推測される。これらのクラスターは主として主成分1で



分別されており、主成分 1 は主として恥骨枝長、閉鎖孔長径長、坐骨枝腹側長が正の方向で寄与し、恥骨角度、腸恥隆起背側長、腸恥隆起腹側長が負の方向で寄与していた。主成分 1 に寄与する計測箇所は主に恥骨の腹側への張り出しと腸恥隆起の長さの 2 要素に分けられる。また、主成分 1 でオオコウモリ科・ヒナコウモリ科・ユビナガコウモリ科と分かれたキクガシラコウモリ科・カグラコウモリ科は、恥骨枝・坐骨枝が板状という特徴がある。このことから、主成分 1 は恥骨枝～恥骨結合～坐骨枝に付着部を有する筋の発達程度が影響している可能性が考えられる。この部分に付着する筋は薄筋・長内転筋がある。これらの筋は後肢の動きに関与し、オヒキコウモリ科、ヒナコウモリ科のコウモリにおいては飛行時・歩行時の動作に関連する可能性が示唆されている。恥骨が腹側に張り出さず、恥骨枝や坐骨枝が板状になっているキクガシラコウモリ科・カグラコウモリ科ではこれらの筋の付着部が大きく、休息時の懸垂姿勢において後肢を安定し、体幹と大腿骨をより強固に固定することが予想される。一方で、恥骨が腹側に大きく張り出すオオコウモリ科・ヒナコウモリ科・ユビナガコウモリ科ではキクガシラコウモリ科・カグラコウモリ科ほど後肢を固めずに自由度を大きくしていることが予想され、これはオオコウモリのように懸垂しながら木の枝の間を移動する際や、ヒナコウモリのように匍匐姿勢を取る際に適応的であると考えられる。

主成分 1 以外では、主成分 2 に負の方向に寄与している寛骨臼角度において、同様にヒナコウモリ科・ユビナガコウモリ科・オオコウモリ科とキクガシラコウモリ科・カグラコウモリ科で分かれる傾向が見られた。寛骨臼角度は、ヒナコウモリ科・オオコウモリ科で小さく、キクガシラコウモリ科・カグラコウモリ科で大きかった。寛骨臼角度が小さいと、大腿骨骨頭がしっかり寛骨臼にはまり込むと予想され、寛骨臼角度が大きい種と比較してより大腿骨の可動に適應していることが予想された。寛骨臼角度は各科における後肢の運動や体重支持の程度を反映している可能性もある。前述の通りオオコウモリ科では樹上で枝から懸垂しながら移動する。ヒナコウモリ科では捕食時に、尾膜を使用し掬い上げるように餌昆虫を捕捉する。この動作は後肢において股関節を外旋した状態で膝関節を内転させていると予想される。これらのオオコウモリ、ヒナコウモリの後肢の利用形態は、股関節の安定を必要とするため、寛骨臼角度が小さいことは適応的であると考えられる。寛骨臼角度が小さいことで、匍匐姿勢での移動や懸垂時の移動の際に、脱臼を防ぐ役割を果たしている可能性がある。一方で、キクガシラコウモリ科では歩行は限定的で休息時には後肢での懸垂姿勢を取る。したがって股関節での運動は限定的であると考えられる。またキクガシラコウモリ科・カグラコウモリ科とヒナコウモリ科ユビナガコウモリ属のコウモリで腸骨翼・腸骨稜が発達している特徴が見られた。この部位には両端が腸骨翼・腸骨稜付近と大腿骨に付着する腸骨筋、大腰筋、大腿筋膜張筋、中殿筋、大腿四頭筋があり、それらは主に後肢を安定させる役割を果たす (Vaughan, 1959, Appendix 表 A4、図 A4)。これらコウモリはねぐらとして洞穴の天井を利用しており、ねぐらで後肢による懸垂姿勢を取るため、後肢を安定させる役割のある筋が発達しておりその付着部も発達している可能性が考えられる。他のヒナコウモリ科コウモリは樹洞や岩の隙間をねぐらとし匍匐姿勢で休息するものが多く、前述のコウモリほどぶら下がることが少ないために腸骨稜の発達が弱いことが考えられる。また、主成分 2 では寛骨臼角度と同様に坐骨結節角度が負の方向に寄与している。坐骨結節角度は、坐骨結節がどれほど突出するのかを示す値となっている。坐骨結節には、大内転筋や外閉鎖筋、半腱様筋、半膜様筋といった筋が付着する。これらの筋は、大腿骨の伸展や回旋を担う。寛骨臼と坐骨結節は距離が近傍ではあるものの、性質は異なる部位であり、主成分 2 において連動して寄与するのは興味深い。主成分 2 が大きな値を示す種では、寛骨臼角度は小さく、坐骨結節角度は鋭角になることから、大腿骨頭を包み込んで股関節の安定を図るとともに、坐骨結節の発達とともに大腿骨を進展・回旋される筋が発達し後肢の運動性を高めているといえる。ヒナコウモリ科やオオコウモリ科で坐骨結節が発達するのに対し、キクガシラコウモリ科・カグラコウモリ科では発達が弱いことは、前述の通り後者のグループにおいて後肢の股関節での運動が限定的であることと整合的である。また、腰椎に起始があり腸恥隆起で停止する小腰筋はコウモリが着地や離陸、飛行中に衝撃を受けた際に脊椎を支え、衝撃を吸収する役割を果たす可能性が示唆されている。腸恥隆起の形態は分析に用いた標本が複数個体ある種においても個体差は少ない。これより、腸恥隆起の形態の違いは、加齢に伴い進行する骨化によるものではなく、種としての特性である可能性が高い。このことから、腸恥隆起の形態の差異は科・属ごとの飛行の違いを反映している可能性が考えられる。これについては、より詳細な行動観察データと対応させて今後検討する必要がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 15件／うち国際共著 14件／うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 Tu Vuong Tan, Furey Neil M., Gorfel Tamas, Hassanin Alexandre, Arai Satoru, Koyabu Daisuke, Douangboubpha Bounsavane, Csorba Gabor	4. 巻 73
2. 論文標題 A taxonomic reassessment of <i>Rhinolophus rex</i> Allen, 1923 and its allies (Chiroptera: Rhinolophidae)	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Vertebrate Zoology	6. 最初と最後の頁 545 ~ 556
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3897/vz.73.e101487	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 Hoshino Yukiko, Takechi Masaki, Moazen Mehran, Steacy Miranda, Koyabu Daisuke, Furutera Toshiko, Ninomiya Youichirou, Nuri Takashi, Pauws Erwin, Iseki Sachiko	4. 巻 242
2. 論文標題 Synchondrosis fusion contributes to the progression of postnatal craniofacial dysmorphology in syndromic craniosynostosis	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Anatomy	6. 最初と最後の頁 387 ~ 401
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/joa.13790	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 Higashiyama Hiroki, Koyabu Daisuke, Kurihara Hiroki	4. 巻 25
2. 論文標題 Evolution of the therian face through complete loss of the premaxilla	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Evolution & Development	6. 最初と最後の頁 103 ~ 118
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/ede.12417	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 Tsutsumi Masato, Saito Nen, Koyabu Daisuke, Furusawa Chikara	4. 巻 9
2. 論文標題 A deep learning approach for morphological feature extraction based on variational auto-encoder: an application to mandible shape	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 npj Systems Biology and Applications	6. 最初と最後の頁 30
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41540-023-00293-6	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 Brualla Nicolas L M, Wilson Laura A B, Tu Vuong Tan, Nojiri Taro, Carter Richard T, Ngamprasertwong Thongchai, Wannaprasert Thanakul, Doube Michael, Fukui Dai, Koyabu Daisuke	4. 巻 in press
2. 論文標題 Comparative anatomy of the vocal apparatus in bats and implications for the diversity of laryngeal echolocation	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Zoological Journal of the Linnean Society	6. 最初と最後の頁 zlad180
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/zoolinnean/zlad180	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 Nojiri Taro, Takechi Masaki, Furutera Toshiko, Brualla Nicolas L. M., Iseki Sachiko, Fukui Dai, Tu Vuong Tan, Meguro Fumiya, Koyabu Daisuke	4. 巻 15
2. 論文標題 Development of the hyolaryngeal architecture in horseshoe bats: insights into the evolution of the pulse generation for laryngeal echolocation	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 EvoDevo	6. 最初と最後の頁 2
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s13227-024-00221-7	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 Koyabu Daisuke	4. 巻 378
2. 論文標題 Evolution, conservatism and overlooked homologies of the mammalian skull	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences	6. 最初と最後の頁 20220081
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1098/rstb.2022.0081	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 CHI Tzu-Chin, TU Vuong Tan, SOHN JoonHyuk, KIMURA Junpei, KOYABU Daisuke	4. 巻 in press
2. 論文標題 Caudal auricular muscle variations and the evolution of echolocation behavior in pteropodid bats	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Veterinary Medical Science	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1292/jvms.23-0128	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 CHI Tzu-Chin, MEGURO Fumiya, TAKECHI Masaki, FURUTERA Toshiko, TU Vuong Tan, HIGASHIYAMA Hiroki, SOHN JoonHyuk, NOJIRI Taro, KIMURA Junpei, KOYABU Daisuke	4. 巻 85
2. 論文標題 Anatomy and homology of the caudal auricular muscles in greater short-nosed fruit bat (<i>Cynopterus sphinx</i>)	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Veterinary Medical Science	6. 最初と最後の頁 571 ~ 577
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1292/jvms.23-0088	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 Nojiri Taro, Werneburg Ingmar, Tu Vuong Tan, Fukui Dai, Takechi Masaki, Iseki Sachiko, Furutera Toshiko, Koyabu Daisuke	4. 巻 290
2. 論文標題 Timing of organogenesis underscores the evolution of neonatal life histories and powered flight in bats	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences	6. 最初と最後の頁 20221928
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1098/rspb.2022.1928	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 Brualla Nicolas L. M., Wilson Laura A. B., Doube Michael, Carter Richard T., McElligott Alan G., Koyabu Daisuke	4. 巻 30
2. 論文標題 The vocal apparatus: An understudied tool to reconstruct the evolutionary history of echolocation in bats?	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Mammalian Evolution	6. 最初と最後の頁 79 ~ 94
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10914-022-09647-z	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 Amson Eli, Scheyer Torsten M., Martinez Quentin, Schwermann Achim H., Koyabu Daisuke, He Kai, Ziegler Reinhard	4. 巻 6
2. 論文標題 Unique bone microanatomy reveals ancestry of subterranean specializations in mammals	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Evolution Letters	6. 最初と最後の頁 552 ~ 561
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/evl3.303	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 Ito Kai, Kodeara Ryo, Koyasu Kazuhiko, Martinez Quentin, Koyabu Daisuke	4. 巻 72
2. 論文標題 The development of nasal turbinal morphology of moles and shrews	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Vertebrate Zoology	6. 最初と最後の頁 857 ~ 881
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3897/vz.72.e85466	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 Cao Rui, Li Jun, Koyabu Daisuke	4. 巻 69
2. 論文標題 A bibliometric analysis of research trends in bat echolocation studies between 1970 and 2021	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Ecological Informatics	6. 最初と最後の頁 101654 ~ 101654
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ecoinf.2022.101654	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 Cao Rui, Takechi Masaki, Wang Xiuwan, Furutera Toshiko, Nojiri Taro, Koyabu Daisuke, Li Jun	4. 巻 12
2. 論文標題 Temporal and regulatory dynamics of the inner ear transcriptome during development in mice	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 21196
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-022-25808-9	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

〔学会発表〕 計0件

〔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	武智 正樹	東京医科歯科大学・大学院医歯学総合研究科・講師	
	(Takechi Masaki)		
	(10455355)	(12602)	

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
---------	---------