

令和 6 年 5 月 15 日現在

機関番号：12608

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化(B)）

研究期間：2020～2023

課題番号：20KK0167

研究課題名（和文）東アフリカ産シクリッドの適応進化と平行進化の分子メカニズム解明

研究課題名（英文）Understanding the genetic mechanism of adaptive evolution and parallel evolution in East African cichlids

研究代表者

二階堂 雅人（Nikaido, Masato）

東京工業大学・生命理工学院・准教授

研究者番号：70432010

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 12,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究計画ではまず、ビクトリア湖シクリッド3種18個体の「全ゲノム比較解析」に基づいて、適応・種分化にかかわる候補遺伝子の網羅探索を実施した。これによって単離された候補遺伝子について東アフリカ三大湖シクリッドを含めた系統解析を実施したところ、99遺伝子のアレルの起源がビクトリア湖の共通祖先よりも古いことが分かり、これらは祖先多型由来であることが示された。このことは、シクリッドの適応放散のゲノム基盤として、集団中に保持されてきた祖先多型が貢献してきたことを示唆するものである。

研究成果の学術的意義や社会的意義

種分化やそれが連続して起こる適応放散、そしてその一環として起きた平行進化のメカニズムについては、現代進化学でも完全なる理解に至っていない命題といえる。本研究では適応放散や平行進化の典型例として知られる東アフリカ産シクリッドに着目して、この問題に取り組んだ。その結果、東アフリカ産シクリッドのゲノム中には、多くの祖先多型が存在していることが分かり、これが適応放散や平行進化の遺伝的基盤となった可能性を示唆することに成功し、この学術的意義は大きいと考えられる。

研究成果の概要（英文）：In this research plan, we comprehensively explored candidate genes involved in adaptation and speciation based on a whole-genome comparative analysis of Lake Victoria cichlids (three species, 6 individuals/species). Phylogenetic analysis of the candidate genes for the three major East African lake cichlids, revealed that the origin of the alleles of these 99 candidate genes were older than the common ancestor of Lake Victoria, indicating that they were derived from ancestral polymorphisms. This suggests that ancestral polymorphisms retained in the ancestral population have contributed to the genomic basis of the adaptive radiation and parallel evolution of cichlids.

研究分野：進化生物学

キーワード：シクリッド 平行進化 適応放散 祖先多型

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

東アフリカのビクトリア湖に生息するシクリッドは、わずか 15000 年の間に、少数の祖先種から数百種にまで種分化を遂げ、形態的・生態的にも莫大な多様性を獲得したことが分かっており、適応放散の典型的な例として研究者に注目されている。また、ビクトリア湖産シクリッドは遺伝的に単一のグループであるにもかかわらず、他の東アフリカの湖(マラウィ湖、タンガニカ湖)に生息するシクリッドと似た形質をもつ種が数多く存在しており、これは平行進化の典型的な例として注目されている。一般に種の分化や新規形態の獲得には、いくつかの形質が同時に(複合的に)進化する必要があり、段階的な進化を仮定する既存のダーウィン進化論では説明が難しいと考えられている。つまり、1つの形質のみが進化しただけではその器官は不十分なものとなり、個体の適応度が著しく低下し(適応度の谷)、複数の形質が同時に進化することで初めてその個体が適応的になると予想される。この複数の形質が一度に進化することで初めて可能となる新規形態の獲得、ひいては種分化の分子機構を明らかにするのが、現代進化論に残されたもっとも大きな課題の1つである。上述の通り、ビクトリア湖産シクリッドは極めて短期間で適応放散を遂げたことから、我々はそのシクリッド種間における DNA 配列にはほとんど差がないと予想し、その数少ないと予想される変異の中から、種分化候補遺伝子の探索を試みてきた。しかし、我々がこれまでに、シクリッドの集団遺伝解析(Mzighani, Nikaido et al. 2010 GNE)、全ゲノム配列の決定(Brawand et al. (Nikaido 75 人中 45 番目) 2014 Nature)、嗅覚・フェロモン受容体遺伝子解析(Nikaido et al. 2013 GBE, Nikaido et al. 2014 GBE)をおこなってきたところ、実はビクトリア湖産シクリッドの種や集団間においては、予想を超えて DNA 配列の多様性が高いことが分かってきた。特に興味深いことには、ビクトリア湖シクリッド種間の DNA 多型が、1000 万年前に放散を遂げたタンガニカ湖シクリッドとの共通祖先にまで遡ることも明らかにした(Nikaido et al. 2014 GBE)。以上のことから予想されるのは、ビクトリア湖産シクリッドの祖先集団では、すでに大きな祖先多型(Standing Genetic Variation: SGV)が存在し、その SGV に含まれる機能的なサイトに自然選択が働き各種ゲノムに固定されることで、急速な多様化が可能になったということである。さらには、その多型がタンガニカ湖やマラウィ湖のシクリッドとの共通祖先から維持されてきたことも予想される。これを我々は、適応放散における SGV 仮説と名付けて、その検証をおこなう予定である。この仮説は、適応放散と平行進化という二つの現象を、ゲノム中に存在する SGV (および自然選択)で同時に解決できる点において優れている。我々はこの SGV 仮説をゲノムレベルで検証することを目指して研究を続けている。

2. 研究の目的

我々は SGV 仮説をゲノムレベルで検証するために、まず適応放散を遂げたビクトリア湖産シクリッドの種、個体についてそのゲノム配列を網羅的に比較し、種間の遺伝的分化度を指標とした適応進化に関わる候補遺伝子の単離をおこなう。そしてこの候補遺伝子に関して、他湖のシクリッドの全ゲノム配列を網羅的に比較・系統解析することで、そのアレル多様性が進化的にどの年代まで遡るのかを探索し、シクリッドゲノム中における SGV の存在の有無を検証する。我々は、この全ゲノム比較によるデータ駆動型解析に加えて、より具体的な進化現象である 2 テーマに着目して、その原因遺伝子を特定する現象駆動型解析も推進していく予定である。現象駆動で進める具体的な 2 テーマは「唇肥大化に関わる平行進化」および「VIR フェロモン受容体を介した種分化」である。前者は、東アフリカ産シクリッドの平行進化の典型例と評され、多くの研究者

が興味を持っているものの、現在までその原因遺伝子の単離や分子メカニズム解明には至っていない。我々は唇の肥大化に着目したシクリッドの異種間交雑系統の解析に成功しており (Kudo, Nikaido et al. 2015 GENE) この系統を用いた QTL マッピングにより世界に先駆けて候補遺伝子の単離に成功している。後者の、VIR フェロモン受容体については、SGV 由来のアリルがビクトリア湖の種間で分化しているデータを発表しており (Nikaido et al. 2014 GBE) 本計画ではこのリガンド特定から行動解析まで進めて行く予定である。

3. 研究の方法

本研究計画は全ゲノム配列の網羅比較に基づくデータ駆動型解析 (①)、2 テーマに絞った現象駆動型解析 (②, ③) をおこない、SGV と適応放散・平行進化の関連性を探る。また必要に応じて、研究に用いるためのシクリッドのサンプルを採集する目的で、タンザニアのビクトリア湖における野外調査も実施した (④)。

4. 研究成果

① 東アフリカ産シクリッドの全ゲノム比較解析

本研究では種の適応進化に関わる遺伝子を探索する目的で、生態や形態の異なるビクトリア湖産シクリッド 3 種 (*Haplochromis sauvagei*, *H. chilotes*, *Lithochromis rufus*) に着目して、それぞれの種について 6 個体 (計 18 個体) の全ゲノム配列を決定し、それらを集団遺伝学的手法を用いて解析した。我々がもっとも重要な研究目的として掲げていたのが、適応に関わる遺伝子やその遺伝的変異の特定であった。今回の研究では、種間における分化の程度を示す値 F_{st} (用語 5) に着目して、この F_{st} の高い領域を探索した。ビクトリア湖産シクリッドは適応放散から 15,000 年しか経過していないため、種間分化の程度も低く、実際にゲノム全体の F_{st} は平均すると 0.1~0.2 程度であった。それに対し、適応進化に関わり種間で異なる生態や形態を生み出すゲノム領域は、自然選択によって種間で分化し、 F_{st} の値も高くなると予想される。そこで今回は F_{st} の値が 0.58 - 0.75 以上 (上位 0.5%) のゲノム領域を、適応や分化に関わる候補とした。また今回の研究では F_{st} に加えて、塩基配列の違いの指標となる D_{xy} を推定し、 F_{st} と D_{xy} が共に高い領域を探索することで、近縁な種であるにもかかわらず、高度に分化した領域を積極的に探索した。その結果、行動や免疫機構などに関わる計 726 個の遺伝子を、特に種間で高度に分化している遺伝子として単離することに成功した。今回の研究結果で特筆すべき点として、上記の適応進化の候補遺伝子は、種間で分化していると同時に、多くの塩基置換が蓄積していることが挙げられる。常に一定とされる突然変異の速度から考えると、ビクトリア湖の適応放散から 15,000 年でこれほどの塩基置換が蓄積するとは考えにくい。我々は、この遺伝子がどのような過程を経ることで、予想を超えた塩基置換を蓄積するに至ったのかを明らかにするため、これら適応候補遺伝子の系統解析をおこなった。その結果、適応候補遺伝子の多くについて、ビクトリア湖のシクリッド種間で分化したアリルのどちらもが、マラウィ湖やタンガニカ湖のシクリッドにも存在している事が明らかとなった。これは三大湖のシクリッドの共通祖先の段階ですでに存在していた遺伝子の多様性が、シクリッドの進化の過程で失われずに維持されたまま、祖先多型として各湖に再分配されたことを意味している。種内における遺伝子の多様性は一定の時間の経過と共に徐々に失われていくことがわかっており、一般的な進化パターンを考えると、今回のように大規模な祖先多型が維持されることは論理的には考えにくい。東アフリカ産シクリッドの進化過程における交雑や集団サイズの増大、地理的なイベントなどいくつかの要因が重なることで、大規模な祖先多型が維持されたと予想される。そして、適応放散の前から祖先多型としてす

で存在していた遺伝的多様性(多様なアリル)に自然選択が働くことで、シクリッドの急速な適応進化が可能になったのだと考えられる。この研究成果は、米国の分子進化学専門誌である *Molecular Biology and Evolution* にて発表した。

② 唇肥大に関わる平行進化メカニズム

シクリッドの唇肥大をもたらす原因遺伝子を特定するため、シクリッド 8 種(肥大化した唇をもつ種 3 種を含む)の唇を用いた RNA-seq 解析による網羅的発現量比較をおこなった。これにより、所属研究室の先行研究でおこなわれた QTL 解析の結果とあわせて、MAGP4 遺伝子群の発現低下がシクリッドにおける唇肥大化をもたらしていることが示唆された。さらに、シクリッド 15 種を用いて qPCR による発現量比較をおこなうと、肥大化した唇をもつ種では MAGP4-A と MAGP4-B の両方が発現低下していた。すなわち、シクリッドの肥大化した唇は MAGP4-A と MAGP4-B の両方の唇における発現が低下することで生じることが示唆された。また、この肥大化した唇をもつ種での発現低下は三大湖すべての湖で共通していた(図 2)。このことから、MAGP4-A と MAGP4-B の両方の発現低下は東アフリカシクリッドにおける唇肥大化の平行進化メカニズムであると予想される。MAGP4-A,B の発現低下が唇肥大化をもたらすメカニズムを明らかとするために *in situ hybridization* を用いた MAGP4-A,B 発現局在解析をおこなった。その結果、シクリッドの MAGP4-A,B は唇や胃腸、鰓の杯細胞で発現することが明らかとなった(図 3)。杯細胞は粘液分泌細胞であり、自然免疫応答に関わることが知られている。また、肥大化した唇をもつ種の唇では免疫反応(炎症・線維化)に関わる遺伝子の発現が低下していたことが RNA-seq 解析で明らかとなった。加えて、所属研究室先行研究によりシクリッドの唇には弾性線維やコラーゲン線維が多く含まれていることが明らかとなっており、シクリッドの唇では免疫反応を通じた線維化が生じている可能性が考えられる。ナマズにおいて MAGP4 遺伝子が細菌に対するパターン認識受容体としての機能を持つことが報告されていることを踏まえると、シクリッドの唇肥大化は免疫反応のスイッチである MAGP4 遺伝子の発現低下が起こるべき線維化を抑制することで生じている可能性がある。以上の結果から MAGP4-A, B の発現低下がシクリッドの唇における平行進化メカニズムであることが示唆された。そこで、MAGP4-A,B 発現低下の原因メカニズムを明らかとするために東アフリカシクリッド 9 種からの MAGP4-A,B 探索および周辺配列のゲノム比較をおこなった。その結果、ヴィクトリア湖、マラウィ湖、タンガニカ湖の各湖に生息する肥大化した唇をもつ種の MAGP4-B は異なる要因により発現低下していた(それぞれ偽遺伝子化、大規模遺伝子欠失、シス調節変異)。さらに、MAGP4 遺伝子群の周辺領域にはきわめて多量の反復配列が存在し、転座や逆位といった構造変異が多数観察された。すなわち、MAGP4 遺伝子-A,B 周辺のゲノム構造はきわめて不安定であると予想される。免疫関連遺伝子の周辺は同様の不安定性を示すことが多く、シクリッドの唇肥大化はこうしたゲノム構造の不安定性により生じた可能性がある。

③ VIR2 受容体を介した種分化メカニズム

本研究ではまずシクリッドにおける匂い受容検出系の確立を目指した。魚類は嗅覚を利用して水中から様々な手がかりを得ており、特定の行動を引き起こす匂いとその受容体の解明は魚類の多様性の理解に不可欠である。しかし、そのような研究は一部のモデル生物に限定されている。そこで本研究ではシクリッドの嗅覚受容体のリガンド選択性を明らかにするため、神経活動マーカー *c-fos* のリポプローブを用いた 2 色 *in situ hybridization* による匂い受容の評価系を確立した。はじめに餌抽出物の曝露によってシクリッドの *c-fos*+細胞数が増加することを確かめた。ま

た、他の真骨魚と同様にアミノ酸受容に微絨毛細胞 (Trpc2+細胞) が大きく寄与していることを示した。次に大多数の微絨毛細胞で発現していることが知られる 2 型鋤鼻受容体 V2R のアミノ酸に対する応答を検証し、V2R のサブファミリーごとのアミノ酸に対する応答性の違いを示した。特にシクリッドで系統特異的にコピー数が増加している V2R サブファミリー14 ではアルギニンに反応し、サブファミリー14 内のコピー間でアルギニンに対する応答性に違いがあることが分かった。これはシクリッドにおける嗅覚受容体のコピー数増加が識別できる匂いの増加を介して環境適応や種分化に貢献したことを示唆している。また本研究ではシクリッドの尿採取方法を確立し、シクリッドのオスの尿に対するリガンド応答を評価した。特に 1 型鋤鼻受容体 V1R が尿に反応していること示し、V1R 受容体がフェロモンの受容などを担う可能性を示した。次に本研究ではシクリッドの V1R2 受容体に着目した。哺乳類等でフェロモン受容体として知られる V1R は繰り返し重複することによって種ごとに極めて多様なレパートリーが存在しており、種特異的なフェロモン受容を担っている。一方で魚類の V1R は保存的であり、6 つのオーソログが種間で共有されている。そのことから魚類の V1R は魚類で共通した基盤的な機能を持つことが予想されるが明らかにはされていない。当研究室が実施した分子系統解析では東アフリカのシクリッドの V1R の一つ V1R2 遺伝子の大きく配列の異なる 2 種類のアリル (cladeI と cladeII) が遺伝子多型として存在することを明らかにしている。2 種類のアリル間で異なる残基は推定上のリガンド結合部位周辺に集合しており、異なるリガンドを受容することが示唆される。そのことから V1R2 の 2 種類のアリルがお互いに異なるフェロモンを受容することで選択的交配が生じ、東アフリカにおけるシクリッドの多様性創出に寄与したことが予想される。本研究ではゼブラフィッシュの V1R2 受容体のアゴニストとして知られる 4-ヒドロキシフェニル酢酸 (4HPAA) とその誘導体など、複数のリガンド候補を用いて V1R2 受容体のリガンド反応性を評価し、V1R2 のアリル間でリガンド選択性が異なることを明らかにした。また、シクリッドの尿の LC-MS/MS 解析から cladeI 型 V1R2 がリガンド反応した化合物の一つ、3-ヒドロキシフェニル酢酸 (3HPAA) が cladeI 型のシクリッドの尿中に多量に存在することも明らかになった。さらにシクリッド尿の画分に対するリガンド反応を評価したところ、V1R2 受容体は尿中の複数の化合物を受容することが示唆された。今後 V1R2 受容体のリガンド選択性のより詳細な解析や、尿中の V1R2 受容体のリガンド存在量の動態を明らかにしていくことで V1R2 の多型のシクリッドの多様性創出への寄与を明らかにできることが期待される。この研究成果は、米国 Journal of Experimental Biology 誌に報告した。

④ 野外調査

本課題における全ゲノム解析は、申請者が保有している DNA サンプルおよび NCBI に登録された公開データを用いて実施されたが、その過程で DNA の品質に由来するデータ欠損が多く確認された。これを補う目的で、2023 年 9 月 28 日から 10 月 14 日にかけて、研究協力者である相原がタンザニアにてビクトリア湖産シクリッドの採集を行った。共同研究期間であるタンザニア水産研究所 (TAFIRI) のサポートを受けてビクトリア湖南部のムワンザ湾で標本採集を行い、湖を超えた平行進化の一例と目される唇肥大種 *Haplochromis chilotes* や、近過去に極端な集団サイズ縮小を経験したと目される卵・稚魚食種 *H. sp. matumbi hunter* の組織標本、魚体標本および生鮮時のカラー写真を採集し、種同定の根拠を伴う高品質の DNA 標本を採集する事に成功した。これらのサンプルは本研究において利用しており、さらにも今度の研究にも利用する予定となっている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Kawamura Riki, Nikaido Masato	4. 巻 225
2. 論文標題 c-fos expression in the olfactory epithelium of the East African cichlid (<i>Haplochromis chilotes</i>) in response to odorant exposure	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Experimental Biology	6. 最初と最後の頁 jeb244737
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1242/jeb.244737	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Kocher Thomas D., Behrens Kristen A., Conte Matthew A., Aibara Mitsuto, Mrosso Hillary D. J., Green Elizabeth C. J., Kidd Michael R., Nikaido Masato, Koblmueller Stephan	4. 巻 13
2. 論文標題 New Sex Chromosomes in Lake Victoria Cichlid Fishes (Cichlidae: Haplochromini)	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Genes	6. 最初と最後の頁 804 ~ 804
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/genes13050804	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Vu Trieu-Duc, Iwasaki Yuki, Oshima Kenshiro, Chiu Ming-Tzu, Nikaido Masato, Okada Norihiro	4. 巻 38
2. 論文標題 Data of RNA-seq transcriptomes in the brain associated with aggression in males of the fish <i>Betta splendens</i>	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Data in Brief	6. 最初と最後の頁 107448 ~ 107448
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.dib.2021.107448	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Kimura Yuki, Nikaido Masato	4. 巻 113
2. 論文標題 Conserved keratin gene clusters in ancient fish: An evolutionary seed for terrestrial adaptation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Genomics	6. 最初と最後の頁 1120 ~ 1128
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ygeno.2020.11.008	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 Nakamura Haruna, Aibara Mitsuto, Kajitani Rei, Mrosso Hillary D J, Mzighani Semvua I, Toyoda Atsushi, Itoh Takehiko, Okada Norihiro, Nikaido Masato	4. 巻 in press
2. 論文標題 Genomic Signatures for Species-Specific Adaptation in Lake Victoria Cichlids Derived from Large-Scale Standing Genetic Variation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Molecular Biology and Evolution	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) 10.1093/molbev/msab084	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 Vu Trieu-Duc, Iwasaki Yuki, Oshima Kenshiro, Chiu Ming-Tzu, Nikaido Masato, Okada Norihiro	4. 巻 784
2. 論文標題 A unique neurogenomic state emerges after aggressive confrontations in males of the fish <i>Betta splendens</i>	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Gene	6. 最初と最後の頁 145601 ~ 145601
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.gene.2021.145601	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33件 (うち招待講演 6件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 河村理輝, 二階堂雅人
2. 発表標題 東アフリカ産シクリッドのV1R2受容体のリガンド分化
3. 学会等名 第8回 ケモビ研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Imamoto, M., Nakamura, H., Aibara, M., Ito, T. and Nikaido, M.
2. 発表標題 Exceptional evolutionary history and population bottleneck of egg eating cichlids in Lake Victoria
3. 学会等名 Cichlid Science 2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 待井長敏, 畑島諒, 中村遥奈, 丹羽達也, 長澤竜樹, 二階堂雅人
2. 発表標題 東アフリカ産シクリッドにおける肥大化した唇の分子実態解明
3. 学会等名 日本進化学会第24回沼津大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 今本南, 中村遥奈, 相原光人, 伊藤武彦, 二階堂雅人
2. 発表標題 卵泥棒・マタンビハンターのボトルネックと進化史
3. 学会等名 日本進化学会第24回沼津大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 畑島諒, 豊田敦, 梶谷嶺, 伊藤武彦, 二階堂雅人
2. 発表標題 免疫関連遺伝子の発現消失がもたらしたシクリッドの唇肥大化平行進化
3. 学会等名 日本進化学会第24回沼津大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 滝隼輔, 二階堂雅人
2. 発表標題 シクリッドにおけるV1R遺伝子の種間比較解析
3. 学会等名 日本進化学会第24回沼津大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 久保田和樹, 中村遥奈, 長澤竜樹, 二階堂雅人
2. 発表標題 ヴィクトリア湖産シクリッドにおけるcollagen 6a6遺伝子の機能解析
3. 学会等名 日本進化学会第24回沼津大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 畑島諒, 待井長敏, 豊田敦, 梶谷嶺, 長澤竜樹, 伊藤武彦, 二階堂雅人
2. 発表標題 免疫システムがもたらしたシクリッドの唇肥大化平行進化
3. 学会等名 第2回日本遺伝学会春の分科会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 河村理輝, 村田健, 東原和成, 二階堂雅人
2. 発表標題 東アフリカ産シクリッドのV1R2受容体の多型によるリガンド受容能の違いの検証
3. 学会等名 第2回日本遺伝学会春の分科会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 今本南, 中村遥奈, 相原光人, 伊藤武彦, 二階堂雅人
2. 発表標題 卵を食べるシクリッドの系統的起源
3. 学会等名 日本動物学会関東支部第74回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中村遥奈, 相原光人, 伊藤武彦, 二階堂雅人
2. 発表標題 肥厚した唇を持つヴィクトリア湖シクリッドの進化史推定
3. 学会等名 日本動物学会関東支部第74回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鈴木海理, 相原光人, 二階堂雅人
2. 発表標題 ヴィクトリア湖産シクリッド嗅上皮の外部形態の種間比較
3. 学会等名 日本動物学会関東支部第74回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 滝隼輔, 二階堂雅人
2. 発表標題 シクリッドにおけるV1R遺伝子の網羅的解析
3. 学会等名 日本動物学会関東支部第74回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 待井長敏, 畑島諒, 中村遥奈, 丹羽達也, 田口 英樹, 長澤竜樹, 二階堂雅人
2. 発表標題 マルチオミクス解析で探る「シクリッドの唇肥大化」の平行進化メカニズム
3. 学会等名 日本動物学会関東支部第74回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 河村理輝, 村田健, 清水翔子, 川辺悠士郎, 二階堂雅人
2. 発表標題 東アフリカ産シクリッドのフェロモン受容体候補V1R2受容体の多型による選択的交配の可能性の検証
3. 学会等名 日本味と匂学会第55回福岡大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 今本南, 中村遥奈, 相原光人, 伊藤武彦, 二階堂雅人
2. 発表標題 全ゲノムから迫るビクトリア湖産シクリッド <i>Haplochromis</i> sp. “matumbi hunter” の集団史
3. 学会等名 日本遺伝学会第93回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中村遥奈, 相原光人, 二階堂雅人
2. 発表標題 ヴィクトリア湖産シクリッド <i>Haplochromis chilotes</i> の集団遺伝解析
3. 学会等名 日本遺伝学会第93回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川辺悠士郎, 清水翔子, 河村理輝, 二階堂雅人
2. 発表標題 シクリッドフェロモン受容体 V1R2 の成長に伴う発現量解析
3. 学会等名 日本遺伝学会第93回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 河村理輝, 二階堂雅人
2. 発表標題 匂い暴露による東アフリカ産シクリッドの嗅神経細胞の応答
3. 学会等名 日本動物学会第92回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 待井長敏, 畑島諒, 中村遥奈, 長澤竜樹, 二階堂雅人
2. 発表標題 シクリッドの適応形質・肥大化した唇の遺伝的基盤の解明
3. 学会等名 日本動物学会第92回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 二階堂雅人
2. 発表標題 東アフリカ産シクリッドにおける遺伝子系統樹間の大規模な不一致
3. 学会等名 日本進化学会第23回東京大会シンポジウム (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nakamura, H., Aibara, M. and Nikaido, M.
2. 発表標題 Whole-genome comparative analyses among subpopulations in Lake Victoria cichlid, <i>Haplochromis chilotes</i>
3. 学会等名 The 2nd AsiaEvo Conference (招待講演)
4. 発表年 2021年

1 . 発表者名 Kawamura, R., Murata K., Shimizu, S., Kawabe, Y., Touhara, K., and Nikaido, M.
2 . 発表標題 Possibility of assortative mating via putative pheromone receptor V1R2 in East African Cichlid
3 . 学会等名 The 2nd AsiaEvo Conference (招待講演)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Hatashima, R., Toyoda, A., Kajitani, R. Itoh, T. and Nikaido, M.
2 . 発表標題 A key factor for parallel evolution of hypertrophied lips in East African cichlid fishes
3 . 学会等名 The 2nd AsiaEvo Conference (招待講演)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Imamoto, M., Nakamura, H., Aibara, M., Ito, Takehiko. and Nikaido, M.
2 . 発表標題 Evolutionary history of egg hunting cichlids in Lake Victoria
3 . 学会等名 The 2nd AsiaEvo Conference (招待講演)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Machii, N., Hatashima, R., Nakamura, H., Nagasawa, T. and Nikaido, M.
2 . 発表標題 Elucidating genetic mechanism of cichlid hypertrophic lips, using differentially expressed gene analysis
3 . 学会等名 The 2nd AsiaEvo Conference (招待講演)
4 . 発表年 2021年

1. 発表者名 畑島諒, 豊田敦, 梶谷嶺, 伊藤武彦, 二階堂雅人
2. 発表標題 東アフリカ産シクリッドで見られる唇肥大化平行進化の分子メカニズム
3. 学会等名 日本進化学会第23回東京大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 今本南, 中村遥奈, 相原光人, 伊藤武彦, 二階堂雅人
2. 発表標題 卵泥棒の起源からシクリッドの適応放散を探る
3. 学会等名 日本進化学会第23回東京大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 待井長敏, 畑島諒, 中村遥奈, 長澤竜樹, 二階堂雅人
2. 発表標題 東アフリカシクリッドにおける唇肥大化の遺伝的基盤の解明
3. 学会等名 日本進化学会第23回東京大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 二階堂雅人
2. 発表標題 東アフリカ産シクリッドの唇肥大化に関わる平行進化の遺伝的機構
3. 学会等名 第43回日本分子生物学会年会ワークショップ(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 今本南, 中村遥奈, 相原光人, 伊藤武彦, 二階堂雅人
2. 発表標題 ヴィクトリア湖に生息する卵・稚魚食性シクリッド <i>Haplochromis</i> sp. “matumbi hunter” の進化の歴史
3. 学会等名 日本動物学会関東支部第73回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中村遥奈, 相原光人, 二階堂雅人
2. 発表標題 東アフリカ産シクリッドにおける VI 型コラーゲンの進化
3. 学会等名 日本動物学会関東支部第73回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 河村理輝, 二階堂雅人
2. 発表標題 熱帯魚シクリッドの匂い受容の検出
3. 学会等名 第7回 ケモビ研究会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>二階堂研究室 http://www.nikaido.bio.titech.ac.jp シクリッドゲノム中に適応進化の痕跡を発見 (プレスリリース) https://www.titech.ac.jp/news/2021/049658.html</p>

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	長澤 竜樹 (Nagasawa Tatsuki) (60782828)	東京工業大学・生命理工学院・助教 (12608)	
研究分担者	高橋 鉄美 (Takahashi Tetsumi) (70432359)	兵庫県立大学・自然・環境科学研究所・教授 (24506)	

	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
研究協力者	相原 光人 (Aibara Mitsuto) (10432014)	東京工業大学・生命理工学院・研究員 (12608)	

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			
スイス	ベルン大学			
タンザニア	タンザニア水産研究所			
米国	メリーランド大学			