

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：63801

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2023

課題番号：19K16223

研究課題名（和文）環境変動における迅速な進化と多種共存

研究課題名（英文）Rapid evolution and species coexistence under environmental fluctuations

研究代表者

山道 真人（Yamamichi, Masato）

国立遺伝学研究所・新分野創造センター・准教授

研究者番号：70734804

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：集団中の遺伝子頻度が適応的に変化し、生態学的プロセスに影響する「迅速な進化」は、形質の変化を通じて個体群動態・群集構造・生態系機能に影響し、生態学的プロセスは適応度を変えて進化に影響するため、生態と進化の間にはフィードバックが起こりうる。しかし、「資源をめぐって競争する種がどのようにして安定的に共存しているのか」という群集生態学の中心的な問いにおいて、迅速な進化が果たす役割については未解明の点が多い。そこで本研究では、時間的な環境変動のもとで遺伝的多様性と種多様性が相互作用する生態-進化動態を、数理モデル解析・数値計算を通じて明らかにし、Chessonの共存理論の枠組みを通して解釈を試みた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人間活動により地球環境が大きく変化し、外来種が増えていく中で、多くの種が絶滅し生物多様性が減少しつつある。生物多様性を安定的に存続させることを目指す際には、環境変動のもとでの迅速な適応進化と多種の安定共存の動態を理解することが重要となる。本研究は、個体数と進化の間に複雑なフィードバックが起こることで安定共存が起こりうることを示し、共存理論を発展させるとともに、種多様性と同時に遺伝的多様性を保全することの重要性を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：Rapid contemporary evolution, the adaptive change of gene frequencies in organismal populations, can affect ecological processes including population dynamics, community structure, and ecosystem functioning. As ecological processes change fitness landscape and affect evolution, feedbacks can occur between rapid evolution and ecological processes. However, few studies have explored the role of rapid evolution in the central question of community ecology: "how do competing species stably coexist despite competition for resources?" In this research project, we clarify the eco-evolutionary dynamics in which genetic and species diversity interact under temporal fluctuations of environments through mathematical model analyses and numerical simulations, and consider the eco-evolutionary feedbacks through the lens of Chesson's coexistence theory.

研究分野：生態学・進化生物学

キーワード：迅速な進化 多種共存 ストレージ効果 相対的非線形性 環境変動 絶滅 適応 表現型可塑性

1. 研究開始当初の背景

従来の生態学では、進化はゆっくりと起こるため、個体数変動などの生態学的プロセスには影響しないと考えられてきた。しかし近年になって、短い時間スケールで集団中の遺伝子頻度が変化する、迅速な進化 (rapid evolution) が野外で頻繁に起きており、迅速な進化による適応が個体群・群集動態に影響を及ぼしうるということがわかってきた (Hendry 2017)。そのような背景にもかかわらず、群集生態学の中心的な問いである、「共通の資源をめぐって競争している多くの種がどのようにして安定的に共存するのか」という問題 (Chesson 2000) において、迅速な進化が果たす役割については未解明の点が多い。共有資源をめぐって競争する種は共存できないという競争排除則 (competitive exclusion principle) に反して、野外の生態系では多くの種が共存しているように見える (Hardin 1960)。これはプランクトンのパラドックス (paradox of the plankton) と呼ばれ (Hutchinson 1961)、この問題を理解するために、群集生態学では共存を促進しうるさまざまなメカニズムが提唱されてきた。これまでに考えられてきた要素に加えて、迅速な進化も同様に多種共存を促進する可能性がある。

そこで本研究では、時間的な環境変動のもとで、遺伝的多様性によって生じる迅速な進化が種多様性と複雑に相互作用する生態-進化動態を、数理モデルの解析やシミュレーション、文献調査を通じて明らかにすることを目的とした。特に、近年群集生態学で普及してきた Peter Chesson の現代共存理論 (modern coexistence theory) の枠組み (Chesson 2000) において調べられてきた、時間的な環境変動のもとでストレージ効果 (storage effect) ・相対的非線形性 (relative nonlinearity) などの共存メカニズムが共存に与える影響を、迅速な進化を通じて捉え直すことを主眼とした。

2. 研究の目的

本研究では、迅速な進化が競争排除や多種共存にどのように影響するか、という問いに注目し、数理モデルを用いて、環境変動・適応進化・種間相互作用が複雑に絡み合った動態についての理解を深めることを目的とした。ここで得られた理論的予測にもとづいて、プランクトンを用いた培養実験や野外観測を行い、実際の生物の生態進化動態を検証していくことが期待される。主に、以下の4つのテーマについて解析を行った。

- (1) これまで、進化生態学・行動生態学において調べられてきた種内の性的・社会的な相互作用に対する適応が迅速に起きた場合、種の安定共存にどのように影響するだろうか？
- (2) 迅速な進化は変動環境において起きやすいと考えられるが、そのような変動環境が促進する振動依存の共存メカニズム (相対的非線形性・ストレージ効果) とはどのような関係を持つのだろうか？
- (3) 迅速な進化によって促進される共存動態は、現代共存理論の枠組みから見るとどのように捉えられるのだろうか？
- (4) 性的な相互作用を介した繁殖干渉 (reproductive interference) などが駆動する、正の頻度依存性 (positive frequency-dependence) がある群集において、迅速な進化がどのように共存をもたらすだろうか？

3. 研究の方法

すべての研究テーマにおいて、過去の実証研究で得られた知見を文献調査によって集め、それに基づいて数理モデルを構築し、解析的な解を求めるとともに、シミュレーションを行なって、新たな知見を得ることを目指した。

(1)のテーマについては、種内の「分け前競争」を表現する一般的な式を提案した。それに基づいて、いわゆる「利己的」な量的形質が、相加遺伝分散と適応度勾配の積によって進化する動態の式を得た。さらに、群集内の各種の頻度動態の式 (レプリケータ方程式) と進化動態の式を組み合わせてシミュレーションを行い、種内の相互作用に対して迅速に適応することで多種共存が促進されることを明らかにした。

(2)のテーマでは、捕食者と被食者の個体群動態を表現する標準的な式である Rosenzweig-MacArthur モデルを拡張した式に対して、解析とシミュレーションを行なった。定常環境において競争劣位である消費者 (捕食者) の種の資源消費 (被食者捕食) 率と死亡率の間のトレードオフを仮定し、量的形質が適応度勾配に従って進化する動態を考え、相加遺伝分散のパラメータを変化させることで共存動態がどのように変化するかを調べた。

(3)のテーマについては、Lotka-Volterra 競争モデルで競争係数が同種・他種の密度に依存して進化すると仮定した先行研究のシミュレーション結果を再現し、現代共存理論における重要な指標であるニッチの差 (niche difference) と競争能力の差 (competitive ability difference) がどのように変化するかを調べた。さらに、侵入増殖率に基づくニッチの差と競争能力の差を定義し、こちらの方がより正確に共存を理解できることを示した。

(4)のテーマでは、連続時間の Lotka-Volterra 競争モデルに対応する離散時間の Leslie-Gower モデルを考え、形質が種間相互作用と増殖率に影響し、適応度勾配に従って進化する場合に、形質置換による安定共存と、競争排除による絶滅が起こる条件を調べた。

4. 研究成果

(1) 種内の相互作用に対する迅速な進化が促進する安定共存

種内の性的・社会的な相互作用に対する適応によって生じる増殖率の低下を、種内適応荷重 (intraspecific adaptation load) と定義し、同性間競争や配偶者選択といった性選択・性的対立・協力行動の進化などといったさまざまな状況において種内適応荷重が起こりうることを示した。また、密度が高い集団では種内相互作用が強くなり、種内適応荷重が大きくなる、という密度依存性がある場合には、多種共存が促進されるという理論を構築した (Yamamichi et al. 2020)。さらに、従来の生態-進化動態の理論ではこのような増殖率を低下させるような適応進化が考慮されてこなかったという傾向を指摘し (Yamamichi et al. 2023a)、現代共存理論の枠組みから見ると、密度依存的な種内適応荷重がニッチの差を大きくして安定共存を促進することを明らかにした (図 1: Yamamichi et al. 2023c)。

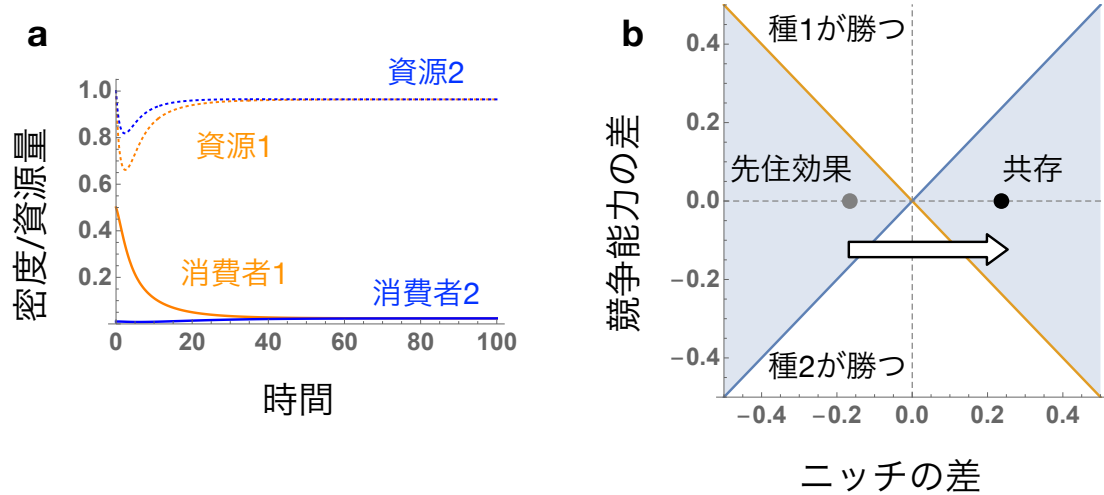


図 1. 密度依存的な種内適応荷重によって起こる消費者 2 種の安定共存 (a) は、ニッチの差が大きくなり、競争動態が先住効果 (priority effect) の領域から共存の領域に移動することで引き起こされる (b)。ここでは、局所配偶競争 (local mate competition) により、少数派の種はほぼメスのみを産み、密度が高い種はメスとオスを 1:1 で産むと仮定した。

(2) 迅速な進化が促進する振動依存の共存メカニズム

2 種の消費者が資源量の振動を介して共存する振動依存メカニズム (相対的非線形性) において、迅速な進化が果たす役割を示すため、数理モデルを解析した。結果として、変動環境において競争優位な日和見主義者の消費者 (opportunistic) が迅速に進化し、資源量の変動を安定化する場合、資源要求量 (R^*) が小さいために、定常環境において競争優位な落穂拾いの消費者 (gleaner) と共存することが明らかになった (図 2)。これは、日和見主義者の種が変動を好むにも関わらず変動を安定化し、落穂拾いの種が定常環境を好むにも関わらず変動を引き起こして、少数派が有利となる負の頻度依存性が働くためである。さらに、古典的な落穂拾いと日和見主義者のトレードオフに合致しない場合でも、資源量が小さい時に落穂拾いの種よりも進化する種

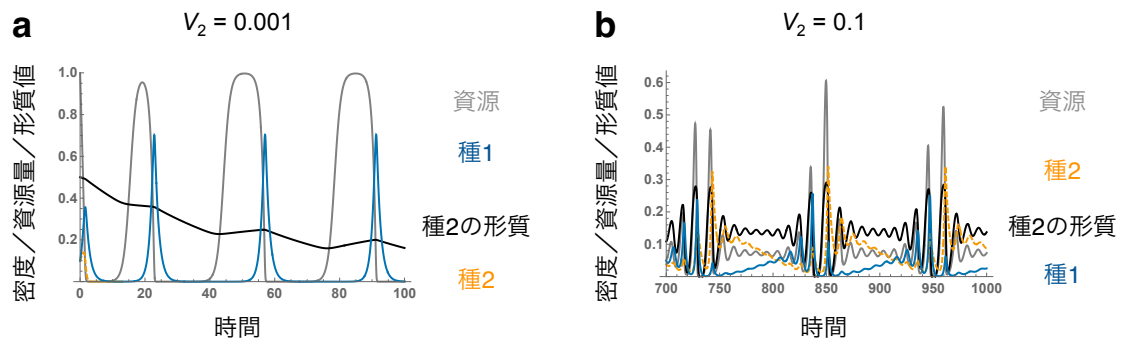


図 2. 迅速な進化と相対的非線形性。(a) 相加遺伝分散が小さい ($V_2 = 0.001$) ために進化が遅い場合、種 2 (オレンジ点線) が絶滅して、種 1 (青実線) が存続する。種 1 の個体群密度と資源量 (灰色実線) は大きく変動する。(b) 相加遺伝分散が大きい ($V_2 = 0.1$) ために種 2 の形質 (黒実線) の進化が速い場合、相対的非線形性によって共存する。資源量の変動が小さい時期には種 1 が増加し、それによって資源量の変動が大きくなり、結果として種 2 が増加し、それによって資源量の変動が小さくなり、といった動態が繰り返される。

の増殖率が相対的に大きければ、迅速な進化による相対的非線形性が働いて共存が起こることがわかった (Yamamichi & Letten 2021)。また、資源をめぐる消費者間の搾取的競争 (exploitative competition) のみならず、捕食者を介した被食者間の見かけの競争 (apparent competition) においても、定常環境で競争不利の種が、捕食者が増えると増殖率を減らして防御する、誘導防御 (inducible defense) によって個体数振動を安定化すれば、共存が促進されることが明らかになった (Yamamichi & Letten 2021, 2022)。

一方、もう一つの時間的な振動依存の共存メカニズムであるストレージ効果でも、迅速な進化によって安定共存が促進されうる。例えば、離散時間で世代重複があり、種ごとに有利となるタイミングが異なるロッターモデルにおいて、有利な環境が生じる頻度が低い競争者同士が可逆的な変異によって表現型を変化させる場合には、競争優位な種とストレージ効果を介して共存することが可能となる (Yamamichi et al. 2023b)。さらに、生物多様性の階層性に注目し、群集生態学で種多様性の維持メカニズムとして調べられてきたストレージ効果と、集団遺伝学において遺伝的多様性の維持メカニズムとして調べられてきた理論の類似性と、その歴史的背景を指摘し、両分野を統合することでより効率的に研究を進める展望を議論した (Yamamichi et al. 2023b)。

(3) 現代共存理論と迅速な進化の統合

Peter Chesson の提唱した共存理論 (現代共存理論あるいは Chesson の共存理論) では、ニッチの差と競争能力の差を定量し、ニッチの差を大きくする安定化メカニズムと、競争能力の差を小さくする均一化メカニズムが働けば、安定共存が起こるとされる (図 1b: Chesson 2000, 篠原・山道 2021)。しかし、迅速に進化する系においてニッチの差と競争能力の差がどのように変化するか、そしてどのように共存を理解するために用いられるか、といった点が整理されていなかった。そこで、Lotka-Volterra 競争モデルにおいて迅速な進化で振動しながら安定共存する状況において、2つの指標を定量した場合にはうまく共存を予測できないが、低密度で侵入する際の競争係数を考慮することで、安定共存が予測できることを示した (Yamamichi et al. 2022)。

(4) 性的な相互作用による正の頻度依存性と多種共存

同所的に存在する近縁種間で形質の差が見られる現象は形質置換 (character displacement) と呼ばれる。形質置換には2種類があり、一つは生態的形質置換 (ecological character displacement) で、もう一つは繁殖的形質置換 (reproductive character displacement) である。これらが迅速な進化によって引き起こされる過程を理解するため数理モデル解析を行なったところ、繁殖的形質置換では繁殖干渉が働くために、正の頻度依存の動態となり、進化がじゅうぶん速く起きないと絶滅が起こることが明らかになった (Morita & Yamamichi 2023)。さらに、現代共存理論の枠組みから考慮することで、密度依存的な種内適応荷重がニッチの差を大きくする (図 1) 一方、繁殖干渉がニッチの差を小さくすることを明らかにした (Yamamichi et al. 2023c)。

<引用文献>

- Chesson P (2000) Mechanisms of maintenance of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics* 31: 343-366
- Hendry AP (2017) *Eco-evolutionary Dynamics*. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Hardin G (1960) The competitive exclusion principle. *Science* 131: 1292-1297
- Hutchinson GE (1961) The paradox of the plankton. *The American Naturalist* 95: 137-145
- Morita K, Yamamichi M (2023) How does the magnitude of genetic variation affect ecological and reproductive character displacement? *Population Ecology* 65: 220-230
- 篠原直登・山道真人 (2021) 群集生態学における共存理論の現代的統合. *日本生態学会誌* 71: 39-63
- Yamamichi M (2022) How does genetic architecture affect eco-evolutionary dynamics? A theoretical perspective. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 377: 20200504
- Yamamichi M, Ellner SP, Hairston NG Jr (2023a) Beyond simple adaptation: Incorporating other evolutionary processes and concepts into eco-evolutionary dynamics. *Ecology Letters* 26: S16-S21
- Yamamichi M, Gibbs T, Levine JM (2022) Integrating eco-evolutionary dynamics and modern coexistence theory. *Ecology Letters* 25: 2091-2106
- Yamamichi M, Kyogoku D, Iritani R, Kobayashi K, Takahashi Y, Tsurui-Sato K, Yamawo A, Dobata S, Tsuji K, Kondoh M (2020) Intraspecific adaptation load: a mechanism for species coexistence. *Trends in Ecology & Evolution* 35: 897-907
- Yamamichi M, Letten AD (2021) Rapid evolution promotes fluctuation-dependent species coexistence. *Ecology Letters* 24: 812-818
- Yamamichi M, Letten AD (2022) Extending the gleaner-opportunist trade-off. *Journal of Animal Ecology* 91: 2163-2170
- Yamamichi M, Letten AD, Schreiber SJ (2023b) Eco-evolutionary maintenance of diversity in fluctuating environments. *Ecology Letters* 26: S152-S167
- Yamamichi M, Tsuji K, Sakai S, Svensson EI (2023c) Frequency-dependent community dynamics driven by sexual interactions. *Population Ecology* 65: 204-219

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計26件（うち査読付論文 23件 / うち国際共著 15件 / うちオープンアクセス 19件）

1. 著者名 Yamamichi Masato	4. 巻 377
2. 論文標題 How does genetic architecture affect eco-evolutionary dynamics? A theoretical perspective	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences	6. 最初と最後の頁 20200504
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1098/rstb.2020.0504	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 Yamamichi Masato, Gibbs Theo, Levine Jonathan M.	4. 巻 25
2. 論文標題 Integrating eco evolutionary dynamics and modern coexistence theory	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Ecology Letters	6. 最初と最後の頁 2091 ~ 2106
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/ele.14078	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 Yamamichi Masato, Letten Andrew D.	4. 巻 91
2. 論文標題 Extending the gleaner-opportunist trade off	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Animal Ecology	6. 最初と最後の頁 2163 ~ 2170
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1365-2656.13813	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 Hirama Fumiya, Urabe Jotaro, Doi Hideyuki, Kazama Takehiro, Noguchi Takumi, Tappenbeck Tyler H., Katano Izumi, Yamamichi Masato, Yoshida Takehito, Elser James J.	4. 巻 10
2. 論文標題 Terrigenous subsidies in lakes support zooplankton production mainly via a green food chain and not the brown food chain	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Ecology and Evolution	6. 最初と最後の頁 956819
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fevo.2022.956819	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 Yamamichi Masato	4. 巻 -
2. 論文標題 Single-Gene Speciation, Balanced Polymorphism, and Antagonistic Coevolution in Left-Right Asymmetry of Land Snails	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Lateral Asymmetry in Animals: Predator-Prey Interactions, Dynamics, and Evolution	6. 最初と最後の頁 275 ~ 295
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-19-1342-6_10	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 Fujita Hiroaki, Ushio Masayuki, Suzuki Kenta, Abe Masato S., Yamamichi Masato, Iwayama Koji, Canarini Alberto, Hayashi Ibuki, Fukushima Keitaro, Fukuda Shinji, Kiers E. Toby, Toju Hirokazu	4. 巻 11
2. 論文標題 Alternative stable states, nonlinear behavior, and predictability of microbiome dynamics	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Microbiome	6. 最初と最後の頁 63
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40168-023-01474-5	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 Hairston Nelson G., Fox Jennifer A., Yamamichi Masato	4. 巻 6
2. 論文標題 Dormancy and Diapause	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Encyclopedia of Biodiversity 3rd edition	6. 最初と最後の頁 15 ~ 20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/B978-0-12-822562-2.00075-X	査読の有無 無
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 Yamamichi Masato, Letten Andrew D.	4. 巻 24
2. 論文標題 Rapid evolution promotes fluctuation dependent species coexistence	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Ecology Letters	6. 最初と最後の頁 812 ~ 818
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/ele.13707	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 Morita Keiichi, Yamamichi Masato	4. 巻 65
2. 論文標題 How does the magnitude of genetic variation affect ecological and reproductive character displacement?	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Population Ecology	6. 最初と最後の頁 220 ~ 230
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/1438-390X.12097	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 Kasada Minoru, Yamamichi Masato	4. 巻 37
2. 論文標題 Idea paper: Controlling trait adaptation to decrease population densities for conservation and management	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Ecological Research	6. 最初と最後の頁 475 ~ 480
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1440-1703.12300	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 篠原 直登, 山道 真人	4. 巻 71
2. 論文標題 群集生態学における共存理論の現代的統合	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本生態学会誌	6. 最初と最後の頁 35 ~ 65
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18960/seitai.71.2_35	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 山道 真人	4. 巻 67
2. 論文標題 迅速な進化が促進する振動依存の多種共存	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 オペレーションズ・リサーチ	6. 最初と最後の頁 27 ~ 33
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Andrew D. Letten, Masato Yamamichi	4. 巻 118
2. 論文標題 Gleaning, fast and slow: In defense of a canonical ecological trade-off	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America	6. 最初と最後の頁 e2022754118
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1073/pnas.2022754118	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 Takehiro Kazama, Jotaro Urabe, Masato Yamamichi, Kotaro Tokita, Xuwang Yin, Izumi Katano, Hideyuki Doi, Takehito Yoshida, Nelson G. Hairston Jr.	4. 巻 4
2. 論文標題 A unified framework for herbivore-to-producer biomass ratio reveals the relative influence of four ecological factors	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Communications Biology	6. 最初と最後の頁 49
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s42003-020-01587-9	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

1. 著者名 門脇 浩明, 山道 真人, 深野 祐也, 石塚 航, 三村 真紀子, 西廣 淳, 横溝 裕行, 内海 俊介	4. 巻 25
2. 論文標題 進化を考慮した保全生態学の確立と生態系管理に向けて	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 保全生態学研究	6. 最初と最後の頁 221 ~ 234
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18960/hozen.1933	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 Masato Yamamichi, Daisuke Kyogoku, Ryosuke Iritani, Kazuya Kobayashi, Yuma Takahashi, Kaori Tsurui-Sato, Akira Yamawo, Shigeto Dobata, Kazuki Tsuji, Michio Kondoh	4. 巻 35
2. 論文標題 Intraspecific adaptation load: A mechanism for species coexistence	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Trends in Ecology & Evolution	6. 最初と最後の頁 897 ~ 907
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tree.2020.05.011	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 山道 真人	4. 巻 2165
2. 論文標題 進化か、絶滅か：間接進化的救助とヒドラ効果	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 数理解析研究所講究録	6. 最初と最後の頁 54～58
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Masato Yamamichi, Kelsey Lyberger, Swati Patel	4. 巻 61
2. 論文標題 Antagonistic coevolution between multiple quantitative traits: Matching dynamics can arise from difference interactions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Population Ecology	6. 最初と最後の頁 362-370
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/1438-390X.12022	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 Masato Yamamichi, Ichiro Koizumi	4. 巻 35
2. 論文標題 Toxic males: Density-dependent male mating harassment can explain geographic parthenogenesis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ecological Research	6. 最初と最後の頁 281-288
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1440-1703.12097	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 Yamamichi Masato, Tsuji Kaoru, Sakai Shoko, Svensson Erik I.	4. 巻 65
2. 論文標題 Frequency dependent community dynamics driven by sexual interactions	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Population Ecology	6. 最初と最後の頁 204～219
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/1438-390X.12165	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 Yamamichi Masato, Ellner Stephen P., Hairston Nelson G.	4. 巻 26
2. 論文標題 Beyond simple adaptation: Incorporating other evolutionary processes and concepts into eco evolutionary dynamics	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Ecology Letters	6. 最初と最後の頁 S16 ~ S21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/ele.14197	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 Yamamichi Masato, Letten Andrew D., Schreiber Sebastian J.	4. 巻 26
2. 論文標題 Eco evolutionary maintenance of diversity in fluctuating environments	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Ecology Letters	6. 最初と最後の頁 S152 ~ S167
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/ele.14286	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 Fujita Hiroaki, Ushio Masayuki, Suzuki Kenta, Abe Masato S., Yamamichi Masato, Okazaki Yusuke, Canarini Alberto, Hayashi Ibuki, Fukushima Keitaro, Fukuda Shinji, Kiers E. Toby, Toju Hirokazu	4. 巻 14
2. 論文標題 Facilitative interaction networks in experimental microbial community dynamics	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Frontiers in Microbiology	6. 最初と最後の頁 1153952
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fmicb.2023.1153952	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 Nakazawa Takefumi, Katayama Noboru, Utsumi Shunsuke, Yamawo Akira, Yamamichi Masato	4. 巻 11
2. 論文標題 When to help juveniles, adults, or both: analyzing the evolutionary models of stage-structured mutualism	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Frontiers in Ecology and Evolution	6. 最初と最後の頁 1138138
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fevo.2023.1138138	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 Fujita Hiroaki, Ushio Masayuki, Suzuki Kenta, Abe Masato S., Yamamichi Masato, Okazaki Yusuke, Canarini Alberto, Hayashi Ibuki, Fukushima Keitaro, Fukuda Shinji, Kiers E. Toby, Toju Hirokazu	4. 巻 14
2. 論文標題 Metagenomic analysis of ecological niche overlap and community collapse in microbiome dynamics	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Frontiers in Microbiology	6. 最初と最後の頁 1261137
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fmicb.2023.1261137	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 Otake Yurie, Yamamichi Masato, Hirata Yuka, Odagiri Haruka, Yoshida Takehito	4. 巻 291
2. 論文標題 Different photoperiodic responses in diapause induction can promote the maintenance of genetic diversity via the storage effect in <i>Daphnia pulex</i>	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences	6. 最初と最後の頁 20231860
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1098/rspb.2023.1860	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 -

[学会発表] 計21件 (うち招待講演 12件 / うち国際学会 9件)

1. 発表者名 Yamamichi Masato, Gibbs Theo, Levine Jonathan M.
2. 発表標題 Evolutionary rescue of coexistence theory
3. 学会等名 Annual Meeting of Ecological Society of America and Canadian Society for Ecology and Evolution (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Morita Keiichi, Yamamichi Masato
2. 発表標題 Character displacement or priority effects: Immigration timing can affect community assembly with rapid evolution
3. 学会等名 Annual Meeting of Ecological Society of America and Canadian Society for Ecology and Evolution (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yamamichi Masato
2. 発表標題 Eco-evolutionary dynamics and species coexistence
3. 学会等名 第70回日本生態学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山道 真人
2. 発表標題 迅速な進化と間接効果
3. 学会等名 第69回日本生態学会大会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masato Yamamichi
2. 発表標題 Coexistence theory with eco-evolutionary feedbacks
3. 学会等名 DynaTrait Conference（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山道 真人
2. 発表標題 性的形質の迅速な進化が多種共存に及ぼす影響
3. 学会等名 日本進化学会第23回大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Keiichi Morita, Masato Yamamichi
2. 発表標題 How does the magnitude of genetic variation affect eco-evolutionary dynamics in character displacement?
3. 学会等名 106th Annual Meeting of the Ecological Society of America (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masato Yamamichi, Andrew D. Letten
2. 発表標題 How to make a gleaner-opportunist trade-off from the slow-fast continuum
3. 学会等名 106th Annual Meeting of the Ecological Society of America (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 篠原 直登, 山道 真人
2. 発表標題 共存理論をどのように実証するか
3. 学会等名 第68回日本生態学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山道 真人
2. 発表標題 多種共存理論の現代的統合
3. 学会等名 第68回日本生態学会大会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masato Yamamichi
2. 発表標題 Coexistence theory with eco-evolutionary dynamics of sex
3. 学会等名 第3回環境DNA学会・第36回個体群生態学会合同大会（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masato Yamamichi, Andrew D. Letten
2. 発表標題 Rapid adaptation promotes species coexistence via relative nonlinearity
3. 学会等名 105th Annual Meeting of the Ecological Society of America（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山道真人, 小泉伊知郎
2. 発表標題 単為生殖の進化における密度依存性
3. 学会等名 日本進化学会第21回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山道真人
2. 発表標題 生態と進化のフィードバックを理解するための理論研究
3. 学会等名 2019年度日本数理生物学会年会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山道真人
2. 発表標題 マクロスケールでの生命現象
3. 学会等名 2019年度日本数理生物学会年会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masato Yamamichi
2. 発表標題 Rapid evolution and community dynamics
3. 学会等名 Mathematical modeling and models of population dynamics in biological and social systems（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山道真人
2. 発表標題 進化生物学と群集生態学の統合に向けて
3. 学会等名 第67回日本生態学会大会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masato Yamamichi
2. 発表標題 Evolutionary rescue with interspecific interactions
3. 学会等名 Mathematical models of evolutionary rescue（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山道真人
2. 発表標題 迅速な進化と共存理論
3. 学会等名 第3回数理解生物学夏の学校（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山道真人
2. 発表標題 多種共存の数理モデル
3. 学会等名 第71回日本生態学会大会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Masato Yamamichi
2. 発表標題 Eco-evolutionary dynamics of plankton communities
3. 学会等名 総合学術高等研究院生物圏研究ユニット特別セミナー（招待講演）
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 Gary G. Mittelbach、Brian J. McGill、門脇 浩明、山道 真人、内海 俊介	4. 発行年 2023年
2. 出版社 丸善出版	5. 総ページ数 380
3. 書名 ミッテルバッハ・マギル群集生態学	

1. 著者名 Akihiko Mougi	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Springer Nature Singapore Pte Ltd.	5. 総ページ数 213
3. 書名 Diversity of Functional Traits and Interactions	

1. 著者名 Michio Hori, Satoshi Takahashi	4. 発行年 2022年
2. 出版社 Springer Nature Singapore Pte Ltd.	5. 総ページ数 295
3. 書名 Lateral Asymmetry in Animals	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>植物と動物の存在比は何によって決まるか？ 4つの要因説を野外で同時に検証 https://www.tohoku.ac.jp/japanese/2021/01/press20210122-02-four.html 自然界の「ムダの進化」が生物多様性を支える https://www.tohoku.ac.jp/japanese/2020/07/press20200710-01-muda.html 自然界の「ムダの進化」が生物多様性を支える https://www.u-tokyo.ac.jp/focus/ja/press/z0109_00389.html 進化を考慮した保全生態学の確立と生態系管理に向けて https://fserc.kyoto-u.ac.jp/wp/blog/archives/30358 現象と数理モデルの双方向性をもたらす美しさ https://academist-cf.com/journal/?p=14231 微生物生態系の崩壊は予測できる 医療・工業・農業における微生物叢制御の基盤情報学 https://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research-news/2023-03-30-2 休眠しやすさの違いが維持する遺伝的多様性 異なる日長応答によるミジンコ2遺伝子型の共存 https://www.nig.ac.jp/nig/ja/2024/02/research-highlights_ja/pr20240214.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

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

オーストラリア	クイーンズランド大学			
米国	プリンストン大学	コーネル大学	カリフォルニア大学デービス校	他3機関
ドイツ	コンスタンツ大学			
カナダ	ブリティッシュコロンビア大学	ゲルフ大学		
スウェーデン	ルンド大学	カールスタード大学		
ベルギー	ナミュール大学			