

令和 5 年 6 月 16 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K06821

研究課題名(和文) ランダム行列を用いた生物人口学研究—個体群行列ビッグデータとの比較解析—

研究課題名(英文) Bio-demographic study using random matrix

研究代表者

高田 壯則 (Takada, Takenori)

北海道大学・地球環境科学研究所・名誉教授

研究者番号：80206755

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：3つのテーマ、(1)データベース(COMPADRE)とランダム個体群行列を用いた種間横断的比較研究。(2)ヘテロ接合度の時間変化を記述する新たな数理モデルの開発。(3)具体的な林床植物の調査、について研究が行われた。

(1)では、データベースの個体群行列とランダム個体群行列の弾性度、新たに開発した二つの個体群統計量を求め、両者の特性の違いを比較し、現有の個体群行列への進化の道筋を推測した。(2)では、新たな数理モデルを使って、どのような生活史戦略を持つ植物で遺伝的多様性が高く維持されるのかを理論的に検討した。(3)では、5種のエンレイソウ属植物の生活史調査および遺伝解析に関わる遺伝解析を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ビッグデータベースに収集されている個体群行列と、乱数を引くことによって得られるランダム個体群行列を用いることによって、突然変異によって生み出される様々な行列と現存する生物の個体群行列から求められる個体群統計量の特性の違いが明確になり、淘汰圧により選択された個体群行列への進化の道筋が予測された。また、生育段階ごとのヘテロ接合度の時間変化を記述する数理モデルをランダム行列に応用することによって、滞留する個体が多い生育段階において遺伝的変異が蓄積され、集団の遺伝的多様性が維持されることを示した。この成果は、遺伝多様性を維持できるように生物集団を保全する際の重要な学術的知見を提供している。

研究成果の概要(英文)：We studied three themes, (1) comparative study among plant species using a database named COMPADRE and randomly-generated population matrix, (2) development of a mathematical model to describe the dynamics of heterozygosity, (3) field research and genetic analysis of several woodland herbs.

In the theme (1), we obtained elasticity and two newly-developed population statistics of both matrices in the database and randomly-generated matrices, and determined the evolutionary path from random matrices to the existing database matrices. In theme (2), we used the new mathematical model and examined theoretically what kind of life histories of plants maintain high genetic diversity. In theme (3), we investigated the life histories of 5 species in Trillium genus and conducted the genetic analyses to apply the data to theme (1) and theme (2).

研究分野：数理生態学

キーワード：ランダム行列 数理モデル 個体群動態 データベース

## 1. 研究開始当初の背景

生物人口学では、年齢構造やサイズ構造（以後、「生育段階構造」と呼ぶ）をもつ生物集団（個体群）の動態を記述する方法として、個体群行列モデル（「推移行列モデル」とも呼ばれる）が用いられてきた。 $\mathbf{x}_{t+1} = \mathbf{A}\mathbf{x}_t$  という簡単な数式で表されるこのモデルの歴史は古く七十年前に遡るが、1970年代から個体群行列モデルを使った応用研究は大きく発展を遂げ、そのモデルを野外の長寿命の生物集団に応用した数多くの研究が行われてきた。そのため、現在までに動植物全体を合わせると約 2200 論文を数えるまでになった。そこで、ドイツのロストック市にあるマックスプランク研究所の人口統計学部門では、野外研究から得られた個体群行列のデータベース作成を始め、植物のデータベース (COMPADRE) に関しては、2014 年秋に、動物のデータベース (COMADRE) に関しては、2016 年秋に完成し、オンラインで公開された。

一方で、個体群行列モデルの理論的研究も精力的に行われ、この半世紀の間に行列  $\mathbf{A}$  から個体群成長率・世代時間・平均寿命・弾性度・繁殖価などの有用な個体群統計量を算出する方法が多数開発されてきた。ある一つの数理モデルが、これほどまでに野外研究に応用されるようになった理由は、そのモデルが生物集団の将来の動態予測に用いることができるために保全生態学分野の研究の中で多用されてきたというだけではなく、一つの個体群行列からさまざまな個体群統計量が求められるという点にあった。今までの生物人口学での個体群行列の利用法は、各生物種の集団の動態予測や環境変化への反応解析などに限定されていたが、上記のビッグデータの登場によって、今後は個体群統計量の種間横断的な研究が可能であり、いわば、「個体群統計の統計」の時代の到来を予感させる。

我々はこれらのビッグデータの応用価値の高さを認識し、データベースを解析する研究テーマを着想した。また、ランダム行列を帰無仮説モデルとして位置付け研究することを発想した。すでに弾性度分布に関しては、ランダム行列分布や在来種と外来種の比較研究が行われ、一定の研究成果も得られている (Yokomizo et al. 2017; Takada et al. 2018)。

## 2. 研究の目的

ビッグデータベースの完成と進化生物人口学の研究振興という新たな世界的潮流の中で、本研究課題は植物の個体群行列データベース (COMPADRE) を利用しつつも、それにとどまることなくランダム行列という数理的道具を備えた新たな進化生物人口学研究を企図するものである。ランダム個体群行列は、現存する生物では見られないような個体群行列になる可能性もあれば、データベース内に登録されている個体群行列に近いものになる場合もあるため、様々な突然変異によって実現される個体群行列に対応していると考えられる。ビッグデータベースの全体や部分を利用することによって、「現存する植物において個体群成長率、弾性度や遺伝的多様性などの様々な個体群統計量がどのような分布であるか」を明らかにし、ランダム個体群行列によって得られた同様の個体群統計量の分布と比較することによって、「ランダム個体群行列からどのような方向へと進化して現在の多様な個体群行列が実現されてきたか」という問いに答えたい。また、「遺伝的多様性を維持するために、どのような生活史を表現しているランダム行列が有利であるか」という問いに答えたい。

### 3. 研究の方法

すでに「1. 研究開始当初の背景」で述べたように、2014年には植物に関する個体群行列データベースが公表され、Yokomizo et al. (2017), Takada et al. (2018)では、具体的な観察に基づいて得られたデータベースと理論的に生成されたランダム行列を比較検討することによって新たな知見を得る試みがなされている。そこで、本研究課題では二種類の個体群行列を利用した。一つは、COMPADRE という名前の植物のビッグデータベースに収集されている個体群行列であり、もう一つは乱数を引くことによって得られるランダム個体群行列である。ランダム個体群行列とデータベースの個体群行列を用いることによって、突然変異によって生み出される様々な行列から求められる個体群統計量の特性と現存する生物の個体群行列から求められる個体群統計量の特性との違いが明確になり、淘汰圧により選択された個体群行列への進化の道筋も推測されると期待される。そのために、新たな個体群統計量を提案すると共に、新たな遺伝的構造を外挿したモデルを構築することとした。新たな個体群統計量としては、「個体の流れ」および「繁殖価の流れ」を考案し、種間横断的な統計量分布を解析する。また、新たな遺伝モデルとして、生育段階ごとのヘテロ接合度の時間変化を記述する数理モデルにランダム行列を応用することによって、遺伝多様性を維持しやすい生活史特性を同定する。

### 4. 研究成果

3年間の研究期間では、3つのテーマについて研究が行われた。一つめの研究は、植物の個体群行列を保有するデータベース(COMPADRE)を用いた種間横断的比較研究である。個体群行列の弾性度、新たに開発した二つの個体群統計量（「個体の流れ」および「繁殖価の流れ」）を軸に、基本個体群統計量の種間横断的比較研究を行なった。具体的には、(1)一回繁殖型植物のランダム行列を用いた弾性度分布とデータベースから求めた弾性度分布の比較、(2)草本・木本などの生活史/機能群間の統計量比較、(3)在来種と外来種の統計量比較、(4)栄養繁殖を行う植物と種子繁殖のみを行う植物の統計量比較、の4研究を行い、それぞれの比較研究において弾性度分布や、個体の流れ・繁殖価の流れに有意な差が見られた。

研究(1)では、COMPADRE データベースの中から一回繁殖型植物の個体群行列（17種68集団）を選び出し、弾性度解析を行った。また、一回繁殖型植物の生活史を記述する3種類の異なるタイプのランダム行列を作成し、それぞれの弾性度解析を行い、現実の一回繁殖型植物68集団の結果との比較を行った。その結果、現実の一回繁殖型植物の弾性度分布は、ランダム行列の弾性度分布と大きく異なっていた。その違いを進化生態学な視点から説明するために、多回繁殖型植物のランダム行列を繁殖・生存のトレードオフのもとで進化させ、個体群行列の進化動態を再現した。その結果、現実の一回繁殖型植物の弾性度分布は、多回繁殖型から一回繁殖型への進化の結果として実現されていることが確認された（図1）。

研究(2)では、新たな個体群統計量として「個体の流れ行列」を提案した。また、「個体の流れ行列」の要素の和は個体群増加率と等しいという特徴を持つことを証明した。さらに、COMPADRE データベースの中から758種の個体群行列を用いて、それぞれの「個体の流れ行列」を求め、生活史で分類した機能群ごとの繁殖・成長・滞留に関する生態学的特徴を明らかにした。同様に、「繁殖価の流れ行列」についても、行列要素の和が個体群増加率と等しいという特徴を持つことを証明し、機能群ごとの繁殖・成長・滞留に関する特徴を分析した。

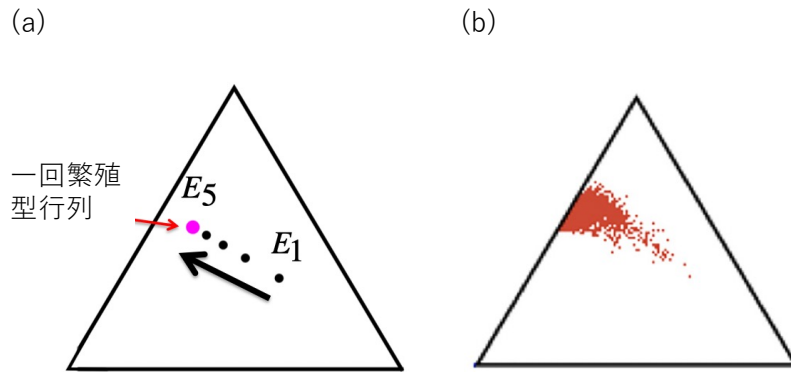


図1 進化シミュレーションの結果  
 (a) 一回繁殖型行列への進化軌跡（黒点は多回繁殖型行列）  
 (b) 3000回のシミュレーションによって得られた1回繁殖型の弾性度分布

研究(3)では、COMPADRE データベースと Global Naturalized Alien Flora データベースを用いて、在来種と外来種の個体群行列から「個体の流れ行列」と「繁殖価の流れ行列」を求め、在来種・外来種間の違いを比較検討した。その結果、個体群増加率と「個体の流れ」・「繁殖価の流れ」の間には強い相関関係があること、外来種の方が繁殖に関する個体の流れが大きいが、滞留と成長に関する繁殖価の流れは小さいことがわかった。研究(4)においても、栄養繁殖を行う植物と種子繁殖のみを行う植物を対象に同様の解析を行い、「個体の流れ行列」と「繁殖価の流れ行列」の違いを比較検討した。これらの研究成果は、招待講演・国際学会5件を含む15回の学会発表、2件の成果論文として公表された。また、1件の論文が現在国際学術誌に投稿中である。

二つめの研究では、遺伝的構造を外挿することによって生育段階ごとのヘテロ接合度の時間変化を記述する新たな個体群行列モデルを開発し、そのモデルを使って、どのような生活史戦略を持つ植物で遺伝的多様性が高く維持されるかについて理論的に検討した。具体的には、(5)ランダム行列によって生成される様々な生活史を持つ植物の遺伝的多様性の変化率を調べ、遺伝的多様性が保たれやすい個体群サイズや生育段階間の移行率・滞留率の特徴を調べ、(6) 遺伝的多様性の年変化率と世代時間・寿命・純繁殖率・成長速度などの8つの主要な生活史形質の間の関係を調べた。

研究(5)では、ランダム行列によって生成されたモデルを解析することで、滞留する（次の生育段階に成長せずに同じ生育段階に留まる）個体が多い生育段階において遺伝的変異が蓄積され、集団の遺伝的多様性が維持されることを示した。ただし、集団サイズが大きい場合はどのような生活史であっても遺伝的多様性が維持されやすくなるため、滞留という生活史過程による遺伝的多様性維持の効果は顕著に見られなくなることがわかった（次頁の図2）。

研究(6)では、やはりランダム行列モデルを用いて解析し、滞留への依存度が高い生活史や、世代時間が長くゆっくり成長する生活史の場合に遺伝的多様性の減少率が低いことがわかった。その結果、ゆっくりと成長・滞留し、世代が重複する生活史で遺伝的多様性が維持されやすいと考えられる。これらの成果は、国際学会発表を含む4回の学会発表、2件の成果論文として公表された。

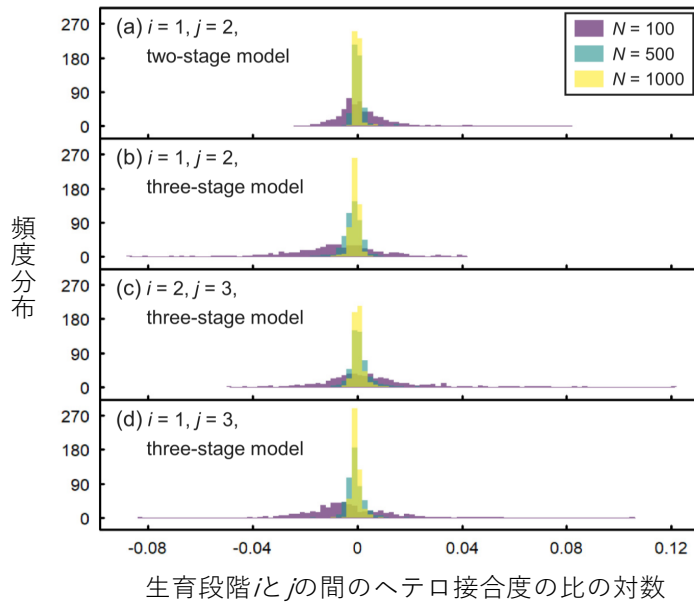


図2 集団サイズ( $N$ )を変えた時のヘテロ接合度の比の分布。図中、横軸は、生育段階  $j$  のヘテロ接合度に対する生育段階  $i$  のヘテロ接合度の比の対数。(a)2行2列モデルの場合、(b)–(d)3行3列モデルの場合。

いずれの場合も、個体数の多い生育段階でヘテロ接合度が大きくなりやすい。集団サイズが大きい場合には、頻度分布に大きい違いは見られない。

三つめの研究では、数種のエンレイソウ属植物、オオウバユリ、コウライテンナンショウ、バイケイソウ、スズラン、ムカゴイラクなどの林床植物群の生活史に関する調査ならびに個体群構造解明に関わる遺伝解析を行った。研究(5), (6)において理論的に求められた遺伝的多様性が維持されやすい生活史を実証・確認するために、これらの生活史調査・遺伝解析によって得られた結果を今後用いる予定である。これらの研究の成果は、種生物学会、日本生態学会での12件の学会発表で公表され、5本の成果論文として公表された。

#### <参考文献>

Yokomizo H., Takada T., Fukaya K., Lambrinos J. (2017) The influence of time since introduction on the population growth of introduced species and the consequences for management., *Population Ecology* 59:89–97.

T. Takada, Y. Kawai, R. Salguero-Gómez (2018) A cautionary note on elasticity analyses in a ternary plot using randomly generated population matrices. *Population Ecology* 60: 37-47

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Hiroyuki Yokomizo, Keiichi Fukaya, John G. Lambrinos, Yuka Kawai and Takenori Takada	4. 巻 -
2. 論文標題 Interstage flow matrices: population statistic derived from matrix population models	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 bioRxiv	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1101/2023.06.14.545022	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 該当する
1. 著者名 Araki Kiwako S., Shimatani Ichiro K., Ohara Masashi	4. 巻 2023
2. 論文標題 Genet dynamics and its variation among genets of a clonal plant <i>Convallaria keiskei</i>	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Oikos	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/oik.09367	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 Tsuzuki Yoichi, Ohara Masashi	4. 巻 109
2. 論文標題 Temporal skewness of pollination success in the spring ephemeral <i>Trillium camschatcense</i>	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Science of Nature	6. 最初と最後の頁 35
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00114-022-01807-8	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 Tsuzuki Yoichi, Takada Takenori, Ohara Masashi	4. 巻 148
2. 論文標題 Modeling temporal dynamics of genetic diversity in stage-structured plant populations with reference to demographic genetic structure	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Theoretical Population Biology	6. 最初と最後の頁 76 ~ 85
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tpb.2022.11.001	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 Tsujimoto Ryutaro, Ohara Masashi	4. 巻 37
2. 論文標題 Explosive wind pollination in a monoecious plant, <i>Laportea bulbifera</i> (Urticaceae)	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Plant Species Biology	6. 最初と最後の頁 327 ~ 331
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1442-1984.12384	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 Masaka, K., & Takada, T	4. 巻 475
2. 論文標題 Transition model for the hermaphroditism-dioecy continuum in higher plants	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Ecological Modelling	6. 最初と最後の頁 110135
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ecolmodel.2022.110135	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 Tsuzuki, Y., Sato, P. M., Matsuo, A., Suyama, Y. and Ohara, M.	4. 巻 64
2. 論文標題 Genetic consequences of habitat fragmentation in a perennial plant <i>Trillium camschatcense</i> are subjected to its slow-paced life history.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Population Ecology	6. 最初と最後の頁 5-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/1438-390X.12093	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 Maekawa, R., Takuya Mitani, T., Ishizaki, S., Kubota, S. and Ohara, M.	4. 巻 308
2. 論文標題 Asymmetrical hybridization between <i>Trillium apetalon</i> and <i>T. tschonokii</i> for the formation of a hybrid <i>T. miyabeana</i> (Melanthiaceae).	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Plant Systematics and Evolution	6. 最初と最後の頁 13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00606-022-01806-2	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 Tsuzuki, Y., Takada, T. and Ohara, M.	4. 巻 -
2. 論文標題 Potential effects of life history on demographic genetic structure in stage-structured plant populations.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 bioRxiv	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1101/2021.11.30.470535	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 Takada Takenori, Kawai Yuka	4. 巻 431
2. 論文標題 An analysis of elasticity vector distribution specific to semelparous species using randomly generated population projection matrices and the COMPADRE Plant Matrix Database	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ecological Modelling	6. 最初と最後の頁 109125 ~ 109125
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ecolmodel.2020.109125	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 稲葉 寿、高田 壮則	4. 巻 56
2. 論文標題 数理人口学の最近の発展について	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 人口学研究	6. 最初と最後の頁 51 ~ 59
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24454/jps.2003004	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計31件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 Yokomizo H., Tomimatsu H., Kamo M., Takada T.
2. 発表標題 A novel ecological impact assessment by using life-table response experiment and interstage flow matrices: Effects of habitat fragmentation and temporal environmental variation on <i>Trillium camschatcense</i> .
3. 学会等名 Evolutionary demography society, 8th annual meeting (国際学会)
4. 発表年 2023年



1. 発表者名 高田壮則・横溝裕行
2. 発表標題 個体群行列モデルから導かれる「個体・繁殖価・感度」の流れに潜む共通則
3. 学会等名 第70回日本生態学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 高田壮則・横溝裕行
2. 発表標題 行列モデルに見える保存則
3. 学会等名 第38回個体群生態学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 横溝裕行, 山本裕史, 加茂将史, 高田壮則
2. 発表標題 個体の流れ行列と生命表反応テストによる生態影響評価
3. 学会等名 環境化学物質3学会合同大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 横溝裕行
2. 発表標題 生命表反応解析(LTRE)と個体の流れ行列を用いた生態影響評価手法 : オオバナノエンレイソウの生息地の分断と時間的環境変動の影響
3. 学会等名 北海道大学地球環境科学院EESセミナー(招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 横溝裕行
2. 発表標題 個体群行列から動態を把握する：個体群成長率などの算出
3. 学会等名 環境化学物質3学会合同大会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 都築洋一、佐藤光彦、大原雅
2. 発表標題 遺伝情報から推定されたオオバナノエンレイソウの生活史サイクル
3. 学会等名 第54回種生物学会シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 都築洋一、佐藤光彦、高田壮則、大原雅
2. 発表標題 How life history drives genetic diversity fragmented perennial plant populations?
3. 学会等名 第70回日本生態学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 石田隆悟、都築洋一、大原雅
2. 発表標題 温暖化が引き起こすオオバナノエンレイソウと送粉昆虫のフェノロジーのミスマッチ
3. 学会等名 第70回日本生態学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 早川貴将、相田大輔、高木雄登、大原雅
2. 発表標題 新種として報告されたカワユエンレイソウの生息状況に関する生態学的研究
3. 学会等名 第70回日本生態学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 早川貴将、相田大輔、高木雄登、大原雅
2. 発表標題 カワユエンレイソウはどこに?
3. 学会等名 第54回種生物学会シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 辻本隆太郎, 大原雅
2. 発表標題 ムカゴイラクサの弾発型花粉散布による種子形成とムカゴ形成の役割(ポスター発表)
3. 学会等名 第53回種生物学シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 芳賀奨平, 大原雅
2. 発表標題 一回繁殖型多年生草本オオウバユリにおける開花臨界サイズと個体成長量の集団間比較(ポスター発表)
3. 学会等名 第53回種生物学シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松窪祐介, 大原雅
2. 発表標題 一回繁殖型多年生草本オオウバユリの開花当年葉の役割(ポスター発表)
3. 学会等名 第53回種生物学シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yoichi Tsuzuki, Takenori Takada, Masashi Ohara
2. 発表標題 Mathematical derivation of the temporal dynamics of genetic diversity in stage-structured plant populations gives population genetic insights into life history (Poster Presentation)
3. 学会等名 Ecology Across Borders 2021: the joint conference of the British Ecological Society (BES) and the French Society for Ecology and Evolution (SFE2)[Liverpool, UK (online)] (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 都築洋一, 佐藤 光彦, 松尾歩, 陶山佳久, 高田壮則, 大原 雅
2. 発表標題 多年生草本植物における遺伝的多様性の時間変化: 遺伝解析と理論的導出
3. 学会等名 第69回日本生態学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 辻本隆太郎, 松尾歩, 陶山佳久, 大原雅
2. 発表標題 雌雄異花同株多年生草本ムカゴイラクサの集団維持機構 種子とムカゴに着目して (口頭発表)
3. 学会等名 第69回日本生態学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 芳崎優華, 牧野海斗, 塩尻かおり, 高橋空, 大原雅
2. 発表標題 雌雄異株植物コウライテンナンショウの雄株から雌株への送粉順序に及ぼすにおいの効果 (ポスター発表)
3. 学会等名 第69回日本生態学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 横溝裕行、ランプリノス ジョン、深谷肇一、高田壮則
2. 発表標題 個体の流れ行列を用いて栄養繁殖を行う個体群の特徴を理解する
3. 学会等名 第69回日本生態学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 横溝裕行、深谷肇一、ランプリノス ジョン、高田壮則
2. 発表標題 繁殖価の流れ行列による在来種と外来種の比較
3. 学会等名 第69回日本生態学会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高田 壮則
2. 発表標題 一回繁殖型植物に特有の弾性度分布
3. 学会等名 第30回日本数理生物学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 横溝 裕行、深谷 肇一、ジョン ランプリノス、川合 由加、高田 壮則
2. 発表標題 植物個体群の生態学的特徴を知るための新たな個体群統計量：個体の流れ行列
3. 学会等名 第36回個体群生態学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 都築 洋一、高田 壮則、大原 雅
2. 発表標題 構造化個体群の遺伝動態モデルで解き明かす生活史戦略の進化的帰結
3. 学会等名 第36回個体群生態学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高田 壮則
2. 発表標題 一回繁殖型植物のEvolutionary demography -数理モデル解析とデータベース解析の融合-
3. 学会等名 第72回日本人口学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 横溝 裕行、深谷 肇一、ジョン ランプリノス、川合 由加、高田 壮則
2. 発表標題 個体の流れ行列：新たな個体群基本統計量により植物個体群の特徴を明らかにする
3. 学会等名 第三回デモグラファー会議（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋空、芳崎優香、塩尻かおり、大原雅
2. 発表標題 コウライテンナンショウの雌雄個体間の花粉授受メカニズム 雌雄における匂いと個体サイズの違いに着目してー
3. 学会等名 第52回種生物学シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 芳賀奨平、大原雅
2. 発表標題 開花個体サイズが異なるオオウバユリ集団間での開花個体の成長の差の有無
3. 学会等名 第52回種生物学シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 都築洋一、高田壯則、大原雅
2. 発表標題 遺伝的多様性と適応進化速度のトレードオフに着目した生活史戦略の存続可能性解析
3. 学会等名 第52回種生物学シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tsunami, Y., Takada, T., Ohara, M.
2. 発表標題 Genetic dynamics subjected to life history trade-offs: viable demographic strategies under changing environments
3. 学会等名 第68回日本生態学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高田 壮則
2. 発表標題 野生生物と人口問題，感染症をあつかうデモグラフィー理論
3. 学会等名 第68回日本生態学会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 横溝 裕行、深谷 肇一、ジョン ランプリノス、高田 壮則
2. 発表標題 個体の流れ行列と繁殖価の流れ行列による在来種と外来種の比較
3. 学会等名 第68回日本生態学会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 島谷 健一郎、高田 壮則	4. 発行年 2022年
2. 出版社 近代科学社	5. 総ページ数 160
3. 書名 個体群生態学と行列モデル	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>数理生態学・高田壮則のホームページ  <a href="https://taktakada.github.io">https://taktakada.github.io</a>          国立環境研究所環境リスク健康領域横溝裕行主任研究員ホームページ  <a href="https://www.nies.go.jp/risk_health/members/yokomizo/hyokomizo/hyokomizo.html">https://www.nies.go.jp/risk_health/members/yokomizo/hyokomizo/hyokomizo.html</a>          Ohara lab top  <a href="https://noah.ees.hokudai.ac.jp/e_and_g/ohara/">https://noah.ees.hokudai.ac.jp/e_and_g/ohara/</a></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	大原 雅  (Ohara Masashi)  (90194274)	北海道大学・地球環境科学研究所・教授   (10101)	
研究 分 担 者	横溝 裕行  (Yokomizo Hiroyuki)  (30550074)	国立研究開発法人国立環境研究所・環境リスク・健康研究センター・主任研究員   (82101)	

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			
米国	オレゴン州立大学			