

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 22 日現在

機関番号：18001

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H01414

研究課題名(和文) マングローブ林保全のためのグローバル景観ゲノミクス

研究課題名(英文) Global landscape genomics of mangrove trees for conservation

研究代表者

梶田 忠 (KAJITA, TADASHI)

琉球大学・熱帯生物圏研究センター・教授

研究者番号：80301117

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 32,700,000円

研究成果の概要(和文)：全世界の熱帯・亜熱帯の海岸域に分布するマングローブ林は、比較的少数の種が広域に分布することで成立している。マングローブ林の破壊が世界各地で進行する中、マングローブ林構成種が、過去の気候変動や環境の変化を経て、現在の分布域を形成してきたのかは、マングローブ林の保全に指針を与えることが期待される。そこで、種内の遺伝的変異の空間分布に注目して景観ゲノミクス研究を行った。国際研究ネットワークを構築して、研究を実施したところ、数種の広域分布種について、分布域内での遺伝的変異の空間分布と形成過程、過去の集団の拡大・縮小の歴史、適応遺伝子の地理的分布などが明らかになり、今後の保全を検討する上での指針が得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、アメリカヒルギ等のマングローブ林主要構成種に加え、ハマアズキ等、マングローブ植物と同様に広域分布する海流散布種(関連種)について、分布域を広く網羅するような地域集団からゲノムデータを取得することができた。また、得られたデータを解析することで、広域分布するマングローブ植物及び関連種の、分布域内での詳細な遺伝的変異の地理的分布パターンとその形成過程と、地域集団ごとの拡大・縮小の歴史、地域ごとの適応候補遺伝子等が明らかになった。これらのデータは海流散布を経て世界に広がった植物の分布域の形成過程を明らかにしただけで無く、今後のマングローブ林の保全について指針を与えるものとなった。

研究成果の概要(英文)：Mangrove forests, which spread across tropical and subtropical coastal areas worldwide, are formed by the widespread distribution of a relatively small number of species. Under the progressive destruction of world mangrove forests, we expected that the current distribution of mangrove forest species would provide directions for the conservation of mangrove forests by studying how they have formed their current distribution areas through past climatic and environmental changes. In this study, we conducted a landscape genomics study focusing on the spatial distribution of genetic variation within species. By establishing an international research network, the study revealed the spatial distribution and formation process of genetic variation within the distribution area, the history of population expansion and contraction, and the geographic distribution of adaptation genes for several widely distributed species, providing guidelines for future conservation.

研究分野：マングローブ学、保全生物学、植物系統地理学

キーワード：生物多様性保全 自然現象観測・予測 ゲノム解析 マングローブ

1. 研究開始当初の背景

全世界の熱帯・亜熱帯で、河口などの海岸部に広がるマングローブ林は、地球環境の維持に代替不可能な貴重な生態系を構成するものとして、その価値が高く評価されている。その一方で、土地改変等の影響により、マングローブ林はこの四半世紀のうちに保有国 120 のうちの 26 で消滅の危機に瀕し、2010 年の統計ではすでに総面積の 4 分の 1 が失われ、現在の総面積は 15 万 km<sup>2</sup> にまで減少したと言われている。このようなマングローブ林の減少を食い止めようと、IUCN、UN 等の国際機関が中心になって、マングローブ林の減少抑止と再生を目指した国際プロジェクトも世界各地で始まっている。

マングローブ林の保全・再生活動が各地で組織的に行われる一方で、これらの活動の科学的基盤情報となるべき主要構成樹種の遺伝的多様性は、十分には把握されてこなかった。研究が進展していなかった原因の一つは、分布域があまりにも広大で、かつ、多くの国にまたがっているため、統一的な研究が困難であったためと思われる。しかし、広域に分布するマングローブ林は、ごく少数の広域分布種によって構成されるというユニークな特性を持っていることは、マングローブ林の保全を考える上では極めて重要である。なぜなら、1 つの構成種が減衰したり絶滅してしまうと、その種の分布域全体に影響が出るため、マングローブ生態系全体に大きな影響を及ぼすことが予想できるからである。

2. 研究の目的

そこで、本研究では、新規の国際研究ネットワークを構築して、広域分布するマングローブ林構成種および関連する海流散布植物について、景観ゲノミクス研究を実施することを目的とした。景観ゲノミクスは、環境要因を反映する景観の違いと、ゲノムデータの相関を解析することで、環境変異に適応した遺伝子の挙動を研究する分野であり、ここ数年の次世代シーケンシング技術の急激な発達を受けて、大きな発展を遂げつつある分野である。野生生物の自然分布における適応現象を遺伝子レベルで捉えることができるため、マングローブのような広域分布種の研究に適した手法と言える。本研究を実施することで、マングローブ林主要構成種の中立遺伝子と適応候補遺伝子の遺伝的多様性の空間分布を認識することができ、また、適応候補遺伝子については、気候変動に対する将来の分布予測に基づいた保全ユニットの認識をもとにして、マングローブ林保全に新たな科学的指針を提供できると考えた。

3. 研究の方法

4 年間の研究期間のうちに、マングローブ林構成種のうち、ヤエヤマヒルギ属、ホウガンヒルギ、*Avicennia germinans* の 3 種と、マングローブ植物と同様の分布域を持つ広域分布海流散布植物であるハマアズキ、ナガマハマナタマメ、グンバイヒルガオについて、次世代シーケンシング解析等の方法を用いてデータを得た。地域集団間や緯度に沿った環境勾配を持つ集団間で、変化に特定のパターンが見られる適応候補マーカを探索した。また、その過程で得られた多数の中立マーカについては集団動態解析を行うことで、保全ユニットの策定も行った。また、環境勾配との比較やゲノムスキャンでみつかった適応候補マーカについては、候補遺伝子の同定も試みた。

4. 研究成果

(1) 新大陸のヤエヤマヒルギ属 (*Rhizophora*) :  
南北アメリカ大陸の太平洋側および大西洋側とアフリカ大陸の大西洋側のマングローブ林の多くでは、アメリカヒルギ (*Rhizophora mangle*)、*R. racemosa*、*R. x harisonii* が優占種となっている。また、このグループに近縁の *R. samoensis* は遺伝的にはアメリカヒルギに近いが、新大陸とは遠く離れた南太平洋域に分布している。

そこで、これら新大陸のヤエヤマヒルギ属の 43 サンプルについてリシーケンシングデータを取得した。得られた 48 コンティグ (染色体数 2n=36) について約 650 万 SNPs が得られた。Admixture 解析で示された遺伝構造は新大陸の東西で分化する明瞭な遺伝構造や、南太平洋の *R. samoensis* が新大陸太平洋側の *R. mangle* に由来すること等を明瞭に示した (図 1)。また、PopsizABC を用いて、Admixture 解析で示された 6 グループの集団動態の歴史を解析したとこ

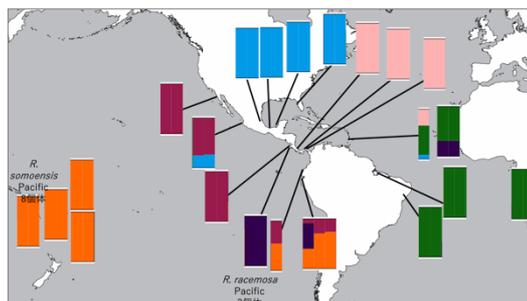


図 1. Admixture 解析の結果 (K=6) を地図上にプロット

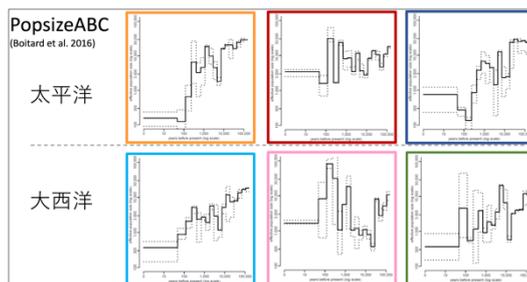


図 2. PopsizABC による集団動態解析

ろ、*R. mangle* の地域集団では、およそ 100 年程度前に集団サイズが減少し、現在まで集団サイズの増加は見られないことが示された (図 2)。集団サイズの減少要因は今後さらに精査する必要があるが、ここ 100 年程度の土地改変の影響が示されているのかもしれない。

また、中立進化からの逸脱や、環境要因 (WorldClim) との相関を、PCAdapt と LFMM を用いて解析して適応的な遺伝子を探索し (例 図 3)、多型が多くあるサイトだけに注目して抜き出した 2555 SNPs について、Gradient Forest 用いて解析したところ、非中立と思われる SNPs の頻度の変化には、BI017 (乾期の降水量), BI05 (夏期の最高気温), BI015 (降水量の季節性), StanLat (絶対値にした緯度) が特に効いていることが分かった。また、各モデルへの適合度の大きい 255 SNPs については、何らかの適応に関わっていることが大きいことが示された。また、適応パターンを地図化したところ、新大陸のほとんどの場所では BI017 (乾期の降水量) と BI015 (降水量の季節性) 及び BI05 (夏期の最高気温) を強く反映するようなパターンが得られた。一方、季候変動の将来予測に当てはめた変化予測では、今回の 1 モデルを用いた解析では、特に大きな変化は見られなかったが (図 4)、今後、マングローブの分散過程を考慮した地域ベースでの解析を進め、景観ゲノミクス解析の結果を考慮した保全ユニットの抽出を行って行く予定である。

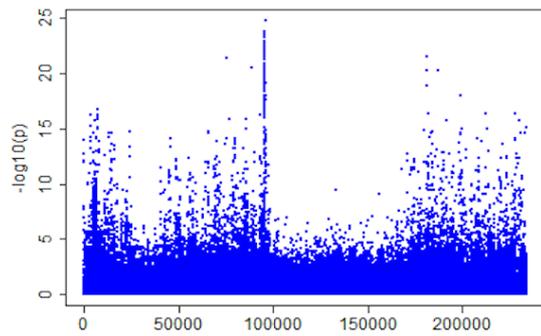


図 3. Contig 2, Bio17 (乾期降水量) の Manhattan Plot

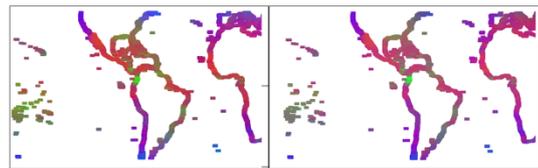


図 4. 季候変動の予測モデルに当てはめた現在 (左) と未来の適応パターンの地図化

## (2) アジアのハウガンヒルギ (*Xylocarpus granatum*):

ハウガンヒルギはインド洋、太平洋地域に広い分布域を持つマングローブ植物で、種子長距離分散されることが知られている。アフリカ東部から南太平洋にかけての広い分布域の中では、地域集団ごとに環境が大きく異なり、特に、分布周縁部 (南限および北限) と、分布中央部 (赤道域) では、異なる選択圧がかかっていることが予想される。そこで、全ゲノムデータを用いて、ハウガンヒルギの詳細な集団遺伝解析を行い、遺伝構造や分布変遷、集団動態を明らかにした。ハウガンヒルギではリシーケンシング解析に必要なリファレンス配列が得られなかったため、国内の植物園に植栽している個体から得た DNA を用いて、PacBio を用いて取得したロングリード配列と別個体のショートリード配列を用いてゲノムをアセンブリして、リファレンス配列を得た。これを用いて、分布域を広く網羅する地域から得たリシーケンスデータを用いて Admixture 解析を行ったところ、ハウガンヒルギの集団は大きく分けてアジア、オセアニア、アフリカの 3 つに分かれることが示された (図 5, K=3 の場合)。また、集団の分化パターンのモデルを dadi を用いて検定したところ、まずアジアとその他に分かれ、その後オセアニアとアフリカが分岐したモデルが支持された。また、各集団の過去の集団動態を PopsizerABC を用いて解析したところ、アジアの集団では最近数百年の間に大きな個体数の減少が生じたことが推定された (図 6)。同様の集団サイズの減少は、新大陸のヤエヤマヒルギ属でも観察されており、人間活動によるマングローブ林の減少を反映しているのかもしれないと考えている。また、各集団での自然選択の強さを DFE を用いて推定した結果、アフリカやオセアニアの分布辺縁の集団では選択が弱まっているというパターンが検出された。このことは、分布辺縁の集団は孤立しているため新しい対立遺伝子が供給されず、選択がかかりにくい状態になっているためと考えることができる。なお、GO 解析によって集団ごとに選択を受けている遺伝子を解析したが、地域集団間での共通性は検出されなかった。

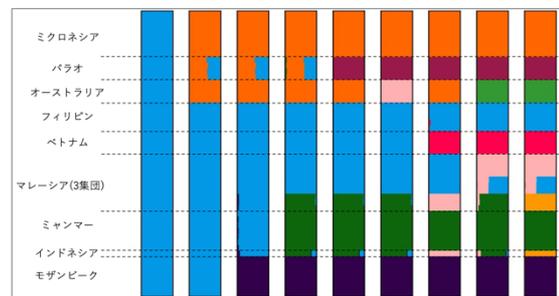


図 5. ハウガンヒルギの Admixture 解析の結果 (K=1~9)

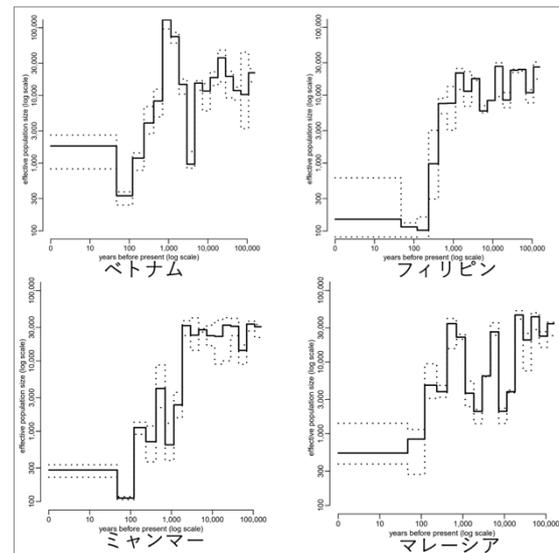


図 6. PopsizerABC によるハウガンヒルギの集団動態解析

### (3) ヤエヤマヒルギ属の全球分布と分化過程の解明：

マングローブ林は全世界の熱帯・亜熱帯の沿岸域に広がっており、地球環境の維持に重要な役割を果たしている。しかし、マングローブがどのようにして現在の全球的な分布域を持つに至ったかについては、これまでの研究では十分には示されていなかった。そこで、マングローブ植物の代表であり、かつ、全球的に分布するヤエヤマヒルギ属植物に注目して、世界各地で解析用のサンプルを採集し、核と葉緑体の複数の遺伝子の塩基配列を用いて、分布域網羅的な系統解析を行った(図7)。その結果、ヤエヤマヒルギ属のインド洋-西太平洋グループと大西洋-東太平洋グループは約1100万年前に分岐し、その後、それぞれのグループでの多様化と分布拡大を経て、現在の分布域を持つに至ったことが明らかになった。また、分岐の時期は、大陸移動によるチシス海の消滅、季候の寒冷化、赤道海流の減衰の時期と一致していた。その後、アメリカ大陸太平洋側から南太平洋に至る、極めて長距離の海流散布による移動が最近になって生じたことで、2つのグループが南太平洋諸島で再会して、雑種を形成するようになったことも示された。

この研究は、1100万年もの長い歴史の中で起こった地史的変動、季候変動、海流による分散が、現在のマングローブ植物の分布形成に大きな役割を果たしたことを示している。

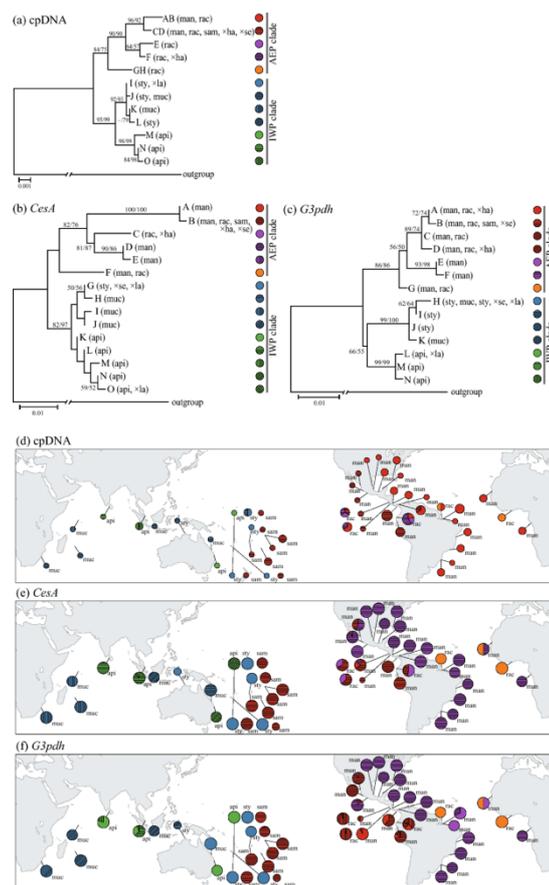


図7. 複数遺伝子によるヤエヤマヒルギ属の系統関係と地理的分布. (Fig.1 in Scientific Reports. 11, 7228)

### (4) その他の成果：

#### ①国際研究ネットワークの構築：

本研究の初年度には、Mangrove Conservation Genetics と題した国際ワークショップを中国(深セン)で開催した。また、同時期に中国で開かれた International Botanical Congress 2017 (IBC2017)において、Evolution of mangroves: phylogeny, conservation genetics and genomics と題したシンポジウムを開催した。これらの国際研究集会には、本研究課題の日本人メンバーの他に、ブラジル、中国の研究者が参加し、本研究課題の成果論文の一つである、Wee et al. (2018)の出版に繋がった。

#### ②先進ゲノム支援(16H06279(PAGS))でのゲノムデータの決定

2020年度の先進ゲノム支援事業のサポートを受け、*Avicennia germinans*, ナガミハマナタマメ、グンバイヒルガオの全ゲノム決定の支援を受けることができた。

#### ③マングローブ関連植物のリシーケンシングデータの取得

マングローブ植物と同様の分布域を持ち、同じく海流分布する植物であるナガミハマナタマメとグンバイヒルガオのリシーケンシングデータを、それぞれの分布域内から採集したサンプルから取得することができた。また、ナガミハマナタマメについては、葉緑体の全ゲノムデータを決定し、論文発表した。上記先進ゲノム支援でのゲノムデータが得られれば、それをリファレンス配列として上記(1),(2)と同様の解析を行う予定である。この解析を行うことで、マングローブと同様の分布域内で同様の選択圧を受けていると考えられる植物の、集団動態や適応のパターンが明らかになり、マングローブの適応パターンが広域分布する海流散布植物に共通のものかどうかを検討できる。

#### ④その他のマングローブ植物や海流散布植物の系統地理学的研究

本研究を実施する過程で、複数のマングローブ植物や海流散布植物について、中立遺伝マーカーで得られた遺伝構造や系統地理学的パターンについて解析した。ハウガンヒルギ、マヤブシキ、ハマアズキ、オオバヒルギ等については、インド洋から太平洋域にかけての遺伝構造と地理的分布パターンが、それぞれの植物種について示された。これらの研究により、マレー半島域などの陸域の障壁だけでなく海流が遺伝子流動の障壁となって遺伝構造を形成することや、散布体の大きさによる遺伝子流動のパターンの違いなども明らかになった。

以上の研究を実施するにあたっては、今井亮介博士(Ryosuke Imai)と山本崇博士(Takashi Yamamoto)が研究協力者として参加した。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 7件/うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Takayama Koji, Tateishi Yoichi, Kajita Tadashi	4. 巻 11
2. 論文標題 Global phylogeography of a pantropical mangrove genus <i>Rhizophora</i>	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 7228
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-021-85844-9	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 -
1. 著者名 Imai Ryosuke, Kajita Yui, Yamamoto Takashi, Takayama Koji, Kajita Tadashi	4. 巻 6
2. 論文標題 The complete chloroplast genome of a pantropical legume, <i>Canavalia rosea</i>	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Mitochondrial DNA Part B	6. 最初と最後の頁 295 ~ 296
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/23802359.2020.1859341	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 Mori Gustavo Maruyama, Madeira Andr? Guilherme, Cruz Mariana Vargas, Tsuda Yoshiaki, Takayama Koji, Matsuki Yu, Suyama Yoshihisa, Iwasaki Takaya, de Souza Anete Pereira, Zucchi Maria Imaculada, Kajita Tadashi	4. 巻 248
2. 論文標題 Testing species hypotheses in the mangrove genus <i>Rhizophora</i> from the Western hemisphere and South Pacific islands	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Estuarine, Coastal and Shelf Science	6. 最初と最後の頁 106948 ~ 106948
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.ecss.2020.106948	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 Nishimura Akihiro, Kajita Tadashi, Takayama Koji	4. 巻 5
2. 論文標題 The complete chloroplast genome of a hemiparasitic plant <i>Santalum boninense</i> (Santalaceae), endemic to the Bonin (Ogasawara) Islands	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Mitochondrial DNA Part B	6. 最初と最後の頁 1386 ~ 1387
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/23802359.2020.1735963	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 Wee Alison K. S., Noreen Annika M. E., Ono Junya, Takayama Koji, Kumar Prakash P., Tan Hugh T. W., Saleh Mohd N., Kajita Tadashi, Webb Edward L.	4. 巻 0
2. 論文標題 Genetic structures across a biogeographical barrier reflect dispersal potential of four Southeast Asian mangrove plant species	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Biogeography	6. 最初と最後の頁 1-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jbi.13813	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 Alison K.S. Wee Gustavo M. Mori Catarina F. Lira Juan Nunez-Farfan Koji Takayama Leanne Faulks Suhua Shi Yoshiaki Tsuda Yoshihisa Suyama Takashi Yamamoto Takaya Iwasaki Yukio Nagano Zhengzhen Wang Shin Watanabe Tadashi Kajita.	4. 巻 33
2. 論文標題 The integration and application of genomic information in mangrove conservation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Conservation Biology	6. 最初と最後の頁 206-209
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/cobi.13140	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 Yamamoto Takashi, Tsuda Yoshiaki, Takayama Koji, Nagashima Reiko, Tateishi Yoichi, Kajita Tadashi	4. 巻 9
2. 論文標題 The presence of a cryptic barrier in the West Pacific Ocean suggests the effect of glacial climate changes on a widespread sea dispersed plant, <i>Vigna marina</i> (Fabaceae)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Ecology and Evolution	6. 最初と最後の頁 8429 ~ 8440
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ece3.5099	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 A.K.S. Wee, J. X. H. Teo, J. L. Chua, K. Takayama, T. Asakawa, S. H. Meenakshisundaram, Onrizal, B. Adjie, E. R. Ardli, S. Sungkaew, M. Suleiman, X. T. Nguyen, S. G Salmo III, O. B. Yllano, M. N. Saleh, K. K. Soe, Y. Tateishi, Y. Watano, Y. Tsuda, T. Kajita, E. L. Webb	4. 巻 8
2. 論文標題 Vicariance, oceanic barriers and geographic distance drive contemporary genetic structure of widespread mangrove species <i>Sonneratia alba</i> in the Indo-West Pacific	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Forests	6. 最初と最後の頁 483-483
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/f8120483	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 Y. Tomizawa, Y. Tsuda, M. N. Saleh, A. K. S. Wee, Koji Takayama, T. Yamamoto, O. B. Yllano, S. G. Salmo III, S. Sungkaew, B. Adjie, E. R. Ardli, M. Suleiman, N. X. Tung, K. K. Soe, K. Kandasamy, T. Asakawa, Y. Watano, S. Baba, T. Kajita	4. 巻 8
2. 論文標題 Genetic structure and population demographic history of a widespread mangrove plant <i>Xylocarpus granatum</i> (Meliaceae) across the Indo - West Pacific region	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Forests	6. 最初と最後の頁 480-480
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/f8120480	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26件 (うち招待講演 8件 / うち国際学会 16件)

1. 発表者名 Ryosuke Imai, Yoshiaki Tsuda, Takashi Yamamoto, Yuki Tomizawa, Nazre Saleh, Alison K. S. Wee, Koji Takayama, Orlex B. Yllano, Severino Iii Salmo, Sarawood Sungkaew, Bayu Adjie, Erwin Ardli, Monica Suleiman, Nguyen X. Tung, Khinkhin Soe, Kathiresan Kandasamy, Takeshi Asakawa, Yasuyuki Watano, Shigeyuki Baba, Tadashi Kajita
2. 発表標題 ゲノムデータを用いたホウガンヒルギの遺伝的多様性と自然選択の検出
3. 学会等名 日本植物学会第84回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tadashi Kajita
2. 発表標題 Toward the Global Assessment of Species Diversity of Fish and Macrobenthos in Mangroves Through DNA Metabarcoding
3. 学会等名 The 2nd International Conference on Natural Resources and Technology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ryosuke Imai, Yoshiaki Tsuda, Takashi Yamamoto, Yuki Tomizawa, Nazre Saleh, Alison K. S. Wee, Koji Takayama, Orlex B. Yllano, Severino Iii Salmo, Sarawood Sungkaew, Bayu Adjie, Erwin Ardli, Monica Suleiman, Nguyen X. Tung, Khinkhin Soe, Kathiresan Kandasamy, Takeshi Asakawa, Yasuyuki Watano, Shigeyuki Baba, Tadashi Kajita
2. 発表標題 ゲノムデータを用いたホウガンヒルギの遺伝的多様性と自然選択の検出
3. 学会等名 第26回日本マングローブ学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 津田吉晃、今井亮介、岩崎貴也、山本崇、高山浩司、梶田忠
2. 発表標題 リシークエンスデータから読み解く大西洋・東太平洋・南太平洋に分布するヤエヤマヒルギ属複数種の遺伝構造、集団動態および環境適応
3. 学会等名 森林遺伝育種学会第9回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 今井亮介、梶田結衣、山本崇、高山浩司、梶田忠
2. 発表標題 ゲノムデータが示す汎熱帯海流散布植物ナガミハマナタマメの遺伝的分化
3. 学会等名 日本植物分類学会第19回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Koji Takayama
2. 発表標題 Global phylogeography of mangrove plants and evolutionary consequences of extreme long-distance sea-drifted seed dispersal
3. 学会等名 ICoMIRE 2019, Purwokerto, INDONESIA (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Koji Takayama
2. 発表標題 Around the world in 11 million years: separation and reunion of a pantropical mangrove genus <i>Rhizophora</i>
3. 学会等名 Symposium of Integrative Biology: World Tour, Kyoto University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Tadashi Kajita, Severino Salmo, Katsuya Ito, Hironori Toyama, Rintaro Shimoda, Takashi Yamamoto, Tetsuya Sado, Ryo Gotoh, Tomoyuki Komai, Masaki Miya
2 . 発表標題 Understanding Mangrove Through DNA Metabarcoding: a Case Study from Iriomote Island.
3 . 学会等名 5th International Mangrove, Macroenthos and Management Meeting ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Yoshiaki Tsuda,Ryosuke Imai, Takaya Iwasaki, Takashi Yamamoto, Munemitsu Akasaka, Koji Takayama, Tadashi Kajita.
2 . 発表標題 Multi-species Genetic Structure, Demography and Adaptation of the Mangrove Genus Rhizophora, Revealed by Re-sequencing Data: Implications for Conservation Genomics Under Climate Change
3 . 学会等名 5th International Mangrove, Macroenthos and Management Meeting ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Aidan William Short, V.S. John Sunoj, Zhong Cai Ma, Chen Dan, Tadashi Kajita, Alison K S Wee
2 . 発表標題 The Cold Stress Response of Indo-West Pacific Mangrove Species with Varying Latitudinal Limits.
3 . 学会等名 5th International Mangrove, Macroenthos and Management Meeting ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Alison K S Wee, Aidan William Short, Tianhui Yu, Huaitong Shi, Zhong Cai Ma, V.S. John Sunoj, John Parker,Tadashi Kajita, Kun-fang Cao
2 . 発表標題 Genome-wide Insights into Low Temperature and Drought Stress Regulated Genes in Bruguiera gymnorhiza
3 . 学会等名 5th International Mangrove, Macroenthos and Management Meeting ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名	Gustavo Maruyama Mori, Andre Guilherme Madeira, Mariana Vargas Cruz, Koji Takayama, Yu Matsuki, Yoshihisa Suyama, Takaya Iwasaki, Yoshiaki Tsuda, Anete Pereira Souza, Maria Imaculada Zucchi, Tadashi Kajita
2. 発表標題	Delimiting Species In The Red Mangrove Rhizophora mangle Species Complex
3. 学会等名	5th International Mangrove, Macroenthos and Management Meeting (国際学会)
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	Imai R, Tsuda Y, Yamamoto T, Tomizawa Y, Saleh MN, Wee AKS, Takayama K, Yllano OB, Salmo III SG, Sungkaew S, Adjie B, Ardli E, Suleiman M, Tung NX, Soe KK, Kandasamy K, Asakawa T, Watano Y, Baba S, Tadashi Kajita
2. 発表標題	ゲノムデータを用いたマングローブ植物ハウガンヒルギの集団動態解析
3. 学会等名	日本植物学会第83回大会
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	今井亮介・梶田結衣・山本崇・高山浩司・梶田忠
2. 発表標題	ゲノムデータが示す汎熱帯海流散布植物ナガミハマナタマメの遺伝的分化
3. 学会等名	日本植物分類学会第 19 回大会
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	Yoshiaki Tsuda, Takashi Yamamoto, Ryosuke Imai, Takaya Iwasaki, Koji Takayama, Tadashi Kajita
2. 発表標題	Multi-species genetic structure, demography and adaptation of the mangrove genus Rhizophora in the Atlantic East Pacific and South Pacific region, revealed by re-sequencing data
3. 学会等名	SMBE 2018 (国際学会)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名 Koji Takayama, Takashi Yamamoto, Yoshiaki Tsuda, Reiko Nagashima, Yoichi Tateishi, Ryosuke Imai, Yu Takahashi, Norihiko Tomooka, Ken Naito, Tadashi Kajita
2. 発表標題 Post-glacial expansion and admixture effects on the intra-oceanic genetic structure of widespread sea-dispersed plants <i>Vigna marina</i> in the Asia-Pacific region
3. 学会等名 7th International Legume Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 津田吉晃, 山本崇, 今井亮介, 岩崎貴也, 高山浩司, 梶田忠
2. 発表標題 リシークエンスデータからみたヤエヤマヒルギ属の遺伝構造および集団動態パターン
3. 学会等名 日本植物分類学会第17回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本崇, 今井亮介, 高山浩司, 津田吉晃, 梶田忠
2. 発表標題 広域分布する 海流散布植物の比較系統地理学研究
3. 学会等名 日本植物分類学会第17回大会,
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Koji Takayama
2. 発表標題 Global phylogeography of the mangrove genus <i>Rhizophora</i> : separation and reunion across the ocean
3. 学会等名 XIX International Botanical Congress (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Alison K.S. Wee, Gustavo M. Mori, Aidan W. Short, Tianhui Yu, Catarina F. Lira-Medeiros, Juan Nunez-Farfan, Koji Takayama, Leanne Faulks, Suhua Shi, Yoshiaki Tsuda, Yoshihisa Suyama, Takashi Yamamoto, Takaya Iwasaki, Yukio Nagano, Zhengzhen Wang, Shin Watanabe, Tadashi Kajita
2. 発表標題 The integration and application of genetics in mangrove conservation
3. 学会等名 XIX International Botanical Congress (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Gustavo Maruyama Mori, Takaya Iwasaki, Mariana Vargas, Stephanie Karenina Bajay, Koji Takayama, Yu Matsuki, Rafael Silva Oliveira, Yoshihisa Suyama, Anete Pereira De Souza, Suhua Shi, Maria Imaculada Zucchi, Tadashi Kajita
2. 発表標題 A multiple disciplinary approach to unveil the evolutionary history of New World Rhizophora
3. 学会等名 XIX International Botanical Congress (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takashi Yamamoto, Yoshiaki Tsuda, Koji Takayama, Reiko Nagashima, Yoichi Tateishi, Tadashi Kajita
2. 発表標題 Genetic structure and population demography of widespread sea-dispersal legume <i>Vigna marina</i> in the Pacific
3. 学会等名 XIX International Botanical Congress (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tadashi Kajita
2. 発表標題 What you will know about mangroves by studying DNA
3. 学会等名 2nd International Scientists Forum on Mangroves Seacology Sudeesa Sri Lanka (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山本 崇、今井 亮介、高山 浩司、津田 吉晃、梶田 忠
2. 発表標題 次世代シーケンシングデータで示された <i>Rhizophora mangle</i> および近縁種の遺伝構造
3. 学会等名 平成29年度 第23回日本マングローブ学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 梶田忠、山本崇、今井亮介、津田吉晃、高山浩司、岩崎貴哉、伊藤克哉、下田凜太郎、佐土哲也、後藤亮、宮正樹
2. 発表標題 西表研究施設から発信するゲノムベースのマングローブ研究紹介
3. 学会等名 平成29年度 第23回日本マングローブ学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kajita T., Mori G.M. Iwasaki T., Tsuda Y., Koji T., Wee A.K.S., Yamamoto T., Nunez-Farfan J., Munemitsu A., Suyama Y
2. 発表標題 Global landscape genomics of mangrove plants
3. 学会等名 IUCN Mangrove Symposium 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

Workshop: Mangrove Conservation Genetics <a href="http://nesseiken.info/?page_id=67&amp;lang=english">http://nesseiken.info/?page_id=67&amp;lang=english</a> Workshop: Mangrove Conservation Genetics <a href="http://nesseiken.info/?page_id=67">http://nesseiken.info/?page_id=67</a>
--

## 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	岩崎 貴也  (Iwasaki Takaya)  (10636179)	神奈川大学・理学部・助教    (32702)	
研究分担者	津田 吉晃  (Tsuda Yoshiaki)  (40769270)	筑波大学・生命環境系・准教授    (12102)	
研究分担者	高山 浩司  (Takayama Koji)  (60647478)	京都大学・理学研究科・准教授    (14301)	

## 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2件

国際研究集会 Evolution of mangroves: phylogeny, conservation genetics and genomics. T2-33 at the the XIX International Botanical Congress in 2017, Shenzhen, China	開催年 2017年～2017年
国際研究集会 Workshop: Mangrove Conservation Genetics, Shenzhen, China	開催年 2017年～2017年

## 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			
ブラジル	Universidade Estadual Paulista			
メキシコ	Universidad Nacional Autonoma de Mexico			
中国	広西大学	中山大学		