

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2007～2009

課題番号：19370032

研究課題名（和文） 汎熱帯海流散布植物の分子集団遺伝学的研究：長距離種子散布が種分化に与える影響

研究課題名（英文） Molecular population genetic study of Pantropical Plants with Sea-drifted seeds: Influence of long distance seed dispersal to speciation

研究代表者

梶田 忠 (KAJITA TADASHI)

千葉大学・大学院理学研究科・准教授

研究者番号：80301117

研究成果の概要（和文）： 汎熱帯海流散布植物が、全世界の熱帯海岸域に広がる広大な分布域をどのように獲得・維持してきたのかを、分子集団遺伝学的手法を用いて解析した。3年間の研究で、代表的な汎熱帯海流散布植物であるオオバヒルギ属、ナガミハマナタメ、ハマアズキ等について、地理的構造と系統関係を明らかにした。得られた結果を分類群横断的に比較することで、海流による長距離種子散布を妨げる共通の地理的障壁と、散布能力の影響を受ける種分化パターンを明らかにすることができた。

研究成果の概要（英文）： Pantropical Plants with Sea-drifted Seeds (PPSS) were studied by means of molecular population genetics to clarify how their distribution ranges were established over littoral areas all over the tropics. Geographic structure and phylogenetic relationships were studied in some representative plants of PPSS (genus *Rhizophora*, *Canavalia rosea*, *Vigna marina*, for example). Cross-species comparison of results revealed 1) the presence of common geographic barriers that prevent gene flow by long distance dispersal by sea-drifted seeds, and 2) patterns of speciation influenced by seed dispersability.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2008年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2009年度	1,700,000	510,000	2,210,000
年度			
年度			
総計	4,900,000	1,470,000	6,370,000

研究分野：植物系統分類学

科研費の分科・細目：基礎生物学・生物多様性・分類

キーワード：系統地理、種分化、海流散布、マングローブ、種子散布

1. 研究開始当初の背景

陸上植物は種子や果実などの散布体を様々な方法で分散させることで、分布域の維持と拡大を行っている。しかし、散布体の分散には物理的・生理的要因による制限があるため、ほとんどの植物はごく限られた広さの分布域しかもっていない。陸上植物の分散を妨げる制限要因の中でも最大のものは海で

あり、海を隔てた大陸同士には顕著な植物相の違いがあるのが普通である。ところが、陸上植物の中には、海を利用して散布体を分散させることで、全世界の熱帯・亜熱帯の海岸域に一樣に分布している植物が存在する。我々はこのような植物を、汎熱帯海流散布植物と呼んでいる。

汎熱帯海流散布植物の分布域は極めて広

く、単一種あるいはごく近縁の数種が、熱帯域を中心に地球を帯状に取り囲むように分布している。これほど広い分布域内では、理論的には、遠く離れた集団間の遺伝子流動の低下や地域的集団ごとの選択圧の違いが、集団の遺伝的分化や種分化の可能性を高めると予想される。そのため、汎熱帯海流散布植物の1種がこれほど広大な分布域を維持するには、長距離種子散布によって、集団間の遺伝的分化やそれに続く種分化を抑制しているはずである。そこで我々は、長距離種子散布が植物の種分化にどのような影響を与えるかを、汎熱帯海流散布を用いれば明らかにできるという着想を持った。そこで、(1) 分布域全体をカバーするような地域からのサンプリングと、(2) 分子集団遺伝学的解析を2つの柱とする「汎熱帯海流散布植物研究プロジェクト」を平成12年に立ち上げ、科学研究費補助金などの助成を受けて研究を行ってきた。その結果、6年間の海外現地調査で、汎熱帯海流散布植物のうちでも特に分布域の広い5つの種群について、分布域を大まかにカバーするような27カ国から集団サンプルを得ることができた。

2. 研究の目的

当初計画では、これまでに蓄積してきた集団サンプルと、研究期間内に新たに採集したサンプルを用いて、4年間の研究期間内に以下の研究を行うことを目的とした。

(1) 代表的な汎熱帯海流散布植物であるオオバヒルギ属植物、ナガミハマナタメ、ハマアズキ、オオハマボウ、モダマ等の種群について、それぞれ、分子マーカーを用いた解析を行い、系統関係と地理的構造を明らかにすること。

(2) 得られた地理的構造や、近縁種との地理的分化のパターンを、分類群横断的に比較することで、海流による頻繁な長距離種子散布が、全球的な分布域の維持にどのように貢献し、また、どのような共通要因のもとで種分化が生じたかを明らかにすること。

3. 研究の方法

(1) 分子マーカーには、葉緑体DNAと核DNAの塩基配列、および、マイクロサテライトマーカーを用いた。これらを用いて、ハプロタイプの系統関係と地理的分布、集団間の遺伝的分化の程度を明らかにした。

(2) 対象種のそれぞれについて、ハプロタイプの地理的分布パターンと、集団の地理的構造を解析した。得られた結果を、対象種全てで横断的に比較し、地理的分化パターンの相違点を明らかにした。

4. 研究成果

(1) 葉緑体マーカーを用いた解析：

①オオバヒルギ属植物については、系統解析の結果、新大陸東西での明瞭な遺伝的分化と、分布域を接する地域における近縁種間の遺伝的交流が明らかになった。

②ナガミハマナタメについては、系統解析の結果、汎熱帯種を母種とした種分化（ハワイ固有亜属を含む）が示された。また、集団解析の結果、新大陸の東西における明瞭な地理的構造と、インド洋から東太平洋に至る遺伝子流動が示された。さらに、集団遺伝学的解析の結果、新大陸を越えるような遺伝子流動は示唆されず、全球的な分布域は、大西洋からインド洋を越えて太平洋に至るような遺伝子流動で維持されていることが示唆された。

③ハマアズキとその近縁種である *Vigna luteola* については、系統解析の結果、明瞭な遺伝的分化が示された。また、集団解析の結果、ハマアズキでは太平洋の北半球・南半球間の遺伝的分化が示され、種子散布による遺伝子流動に制限がある可能性が示唆された。また、*V. luteola* については、アフリカ大陸における高い遺伝的多様性と、新大陸における緩やかな集団分化が示された。

(2) 核マーカーを用いた解析：

①オオバヒルギ属では2種について、複数のマイクロサテライトマーカーを開発した。このうちのいくつかは、同属の種全てに用いることのできる汎用性の高いものであった。集団解析を行った結果、新大陸の2種の集団間の遺伝的分化の詳細が明らかになった。

②また、オオバヒルギ属では、属内の全ての種について、全球的な種分化・集団分化の解析に利用できる、核のローコピー遺伝子マーカーを開発することができた。

(3) 得られた結果の分類群横断的比較により、アフリカ大陸と東太平洋は地理的障壁としての種分化をもたらす要因となり得たこと、また、それより新しい障壁である新大陸は種内の明瞭な遺伝的構造をもたらしていることが示された。

(4) なお、以上全ての研究は、研究協力者である高山浩司氏（研究実施当時日本学術振興会特別研究員 PD、現海外特別研究員・ウィーン大学所属）の全面的な協力のもとに行われた。

(5) 成果の位置づけと今後の展望

①汎熱帯海流散布植物という着眼点で研究を進めているのは、世界的にみても我々のグループだけである。得られたデータは、国際的にもユニークで、学術的評価は高いもの。

②成果は、学術論文7編、学会発表24件（うち招待講演8件）、図書2件に発表された。

③オオバヒルギ属については、全球レベルの遺伝的多様性解析を実施できる体制が、3年目にして整った。マングローブは世界各地で深刻な破壊にさらされており、科学的基盤情報である遺伝的多様性の把握が急務となっている。マングローブについては国内外に多くの研究者がいるが、全球的な範囲を対象としている研究者は非常に少なく、我々の研究グループの持つデータは世界でもトップクラスのものである。そこでこの研究を優先的に推進するために、本研究計画は3年目で一旦中断して、平成22年度からは、マングローブ林の主要構成樹種の遺伝的多様性を明らかにすることを目的とした新たな研究計画をスタートすることになった。

③ 3年目で一旦中断することになった研究計画は、今後、ナガミハマナタマメとハマアズキについて核マーカーを用いた解析を行えば、汎熱帯海流散布植物の4種について、統一的な複数のマーカーを用いた遺伝構造の分類群横断的比較を行うことができる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 7 件)

① Takayama, K., M. Tamura, J. Ono, Y. Tateishi and T. Kajita. 2011. Isolation and characterization of microsatellite loci in the large-leafed mangrove *Bruguiera gymnorhiza*. *Molecular Ecology Resources* (In Permanent genetic resource note) 11:219-222. 査読有

② Vatanparast, M, K. Takayama, M. S. Sousa, Y. Tateishi and T. Kajita. 2011. Origin of Hawaiian endemic species of *Canavalia* (Fabaceae) from sea-dispersed species revealed by chloroplast and nuclear DNA sequences. *Journal of Japanese Botany* 81:15-25. 査読有

③ Takayama, K, M. Tamura, Y. Tateishi and T. Kajita. 2009. Isolation and characterization of microsatellite loci in a mangrove species, *Rhizophora stylosa* (Rhizophoraceae). *Conservation Genetics Resources*. 5(9): 1323-1325. 査読有

④ Takayama, K., M. Tamura, Y. Tateishi and T. Kajita. 2008. Isolation and characterization of microsatellite loci in the red mangrove *Rhizophora mangle* (Rhizophoraceae) and its related species. *Conservation Genetics* 9: 1323-1325. 査読有

⑤ Takayama, K., Y. Tateishi, J. Murata and T. Kajita. 2008. Gene flow and population subdivision in a pantropical plant with sea-drifted seeds *Hibiscus tiliaceus* and its allied species: evidence from microsatellite analyses. *Molecular Ecology* 17, 2730-2742. 査読有

⑥ Wakita, N., Y. Tateishi, T. Ohi-Toma, J. Murata and T. Kajita. 2008. Presence of Two

Entada species in Japan evidenced by cpDNA phylogeny. *Acta Phytotaxonomica et Geobotanica*. 59(3): 183-193. 査読有

⑦ Tateishi, Y. N. Wakita and T. Kajita. 2008. Taxonomic Revision of the Genus *Entada* (Leguminosae) in the Ryukyu Islands, Japan. *Acta Phytotaxonomica et Geobotanica*. 59(3): 194-210. 査読有

[学会発表] (計 24 件)

① Kajita, T. Phylogeography of a pantropical legume with sea-drifted seeds, *Canavalia rosea*. V International Legumes Conference. 2010年8月9日. Buenos Aires, Argentina.

② Kajita, T. Global phylogeography of mangroves. The 2010 International Meeting of the Association for Tropical Biology and Conservation. 2010年7月22日. Bali, Indonesia

③ 高山浩司・梶田 忠. 全球レベルの系統地理: 海に浮かんで地球一周. 第42回種生物シンポジウム. 2010年12月11日. 京都大学.

④ Takayama, K. M. Tamura, Y. Tateishi and T. Kajita. Global phylogeography of the mangrove genus *Rhizophora* (Rhizophoraceae). East Asian Plant Diversity and Conservation. 2009年10月23日. Beijing, China

⑤ Kajita, T. 2009. Phylogeography of Pantropical Plants with Sea-drifted Seeds. International Symposium Commemorating the 20th Anniversary of Darwin's Birth: Evolution in Plants. 2009年8月21日. Daejeon University, Korea.

⑥ Kajita, T. 2009. Genetic diversity of mangroves: a case of pantropical genus, *Rhizophora*. First ASIAHORCS Joint Symposium, "Asian Biodiversity: Characteristics, Conservation and Sustainable Use". 2009年7月18-20日. 名古屋大学.

⑦ 永嶋礼子・高山浩司・立石庸一・梶田 忠. 汎熱帯海流散布植物 *Vigna marina* の系統地理. 日本植物学会 2009 第73回大会. 2009年9月19日. 山形大学.

⑧ Mohammad Vatanparast, 高山浩司, 立石庸一, 梶田 忠. Phylogeography and population genetic structure of a pantropical plant with sea-drifted seeds, *Canavalia rosea* and its allies. 日本植物学会 2009 第73回大会. 2009年9月19日. 山形大学.

[図書] (計 2 件)

① 梶田忠・高山浩司. 「汎熱帯海流散布植物と固有種」. 2011. 加藤雅啓・海老原淳編. 「日本の固有植物」p. 22-23 所収. 東海大学出版.

② 梶田忠. 「種の維持と分化はどう決まる」. 2010. 中村桂子編 「生命誌年刊号 Vol. 61-64」所収. JT 生命誌研究館.

[産業財産権]

○出願状況（計 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況（計◇件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

① JT 生命誌研究館ウェブジャーナル 64 号
・梶田忠 × 楠見淳子. BRH カード 「多様な生きものが続いていくには？」
http://www.brh.co.jp/seimeishi/journal/64/cross_index.html

・梶田忠. CROSS BRH をめぐる研究 「種の維持と分化はどう決まる」
http://www.brh.co.jp/seimeishi/journal/64/cross_1.html

② 研究室ホームページ： 研究紹介など
<http://bean.bio.chiba-u.jp/lab/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

梶田 忠 (KAJITA TADASHI)
千葉大学大学院・理学研究科・准教授
研究者番号： 80301117

(2) 研究分担者

立石 庸一 (TATEISHI YOICHI)
琉球大学・教育学部・教授
研究者番号： 80114544

(3) 連携研究者

()

研究者番号：