

令和元年5月30日現在

機関番号：82617

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K07207

研究課題名(和文) フロラの空白地帯におけるショウガ属の種多様性の多面的解析と記載分類

研究課題名(英文) Multinagular analysis and descriptive taxonomy on Zingiber (Zingiberaceae) in Asian Floristic Blank

研究代表者

田中 伸幸 (Tanaka, Nobuyuki)

独立行政法人国立科学博物館・植物研究部・研究主幹

研究者番号：40393433

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：ミャンマーのショウガ科について、主として研究対象としたショウガ属では、4種の新種が明らかとなり、そのうちの2種について記載した。また、10分類群(9種1変種)のショウガ属が新たにミャンマーから記録された。その結果、21種が知られていたミャンマーのショウガ属は、少なくとも35種が分布することが明らかとなり、同地域の種多様性の研究がかなり進展した。さらに、成分と分子情報を加味した結果、成分では大きく5つのグループに分かれ、分子系統解析では、大きく3つのグループに分かれることがわかった。しかし、それらは従来の節分類を支持しなかった。節分類の見直しが必要であると考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ショウガ科植物は、アジアでは香辛蔬菜や薬用など重要な資源植物であるが、その種多様性は未だ解明には至っていない。特に日本でも古くから利用されるショウガの仲間であるショウガ属はモンスーンアジアである東南アジア大陸部が種の多様性の中心であるが、その全貌は明らかになっていない。本研究により21種が知られていたミャンマーから4種の新種を含む35種が明らかとなった。これまでタイ固有やヒマラヤ地域にしか記録がない種が見出され、それぞれの種の分布の情報も更新された。今後、この結果を基盤としてさらなるDNA解析での雑種の検証、種を特定する成分マーカーの探索を展開することで有用種の研究にも貢献すると考えられる。

研究成果の概要(英文)：Based on the study on the collections of gingers from Myanmar, total 10 taxa of Zingiber were newly recorded from the country. Four undescribed species were discovered. Among those two new species were described in this study. The number of taxon of Zingiber presently occurring in Myanmar is raised to 35 as the results of this study. Additionally nine species of Boesenbergia including two new records were recognized from Myanmar, and four new records of Hedychium were reported. This study contributed the species diversity clarification of the region. Molecular phylogenetic relationship based on nucleotide sequences of nuclear ribosomal ITS region were applied and the samples were also analyzed by UPLC. As the results, we recognized mainly three groups of Zingiber were recognized by molecular phylogeny, and five types chromatogram patterns were recognized by UPLC. Any of them did not support the sectional classification by Engler (1904).

研究分野：植物分類学

キーワード：生物多様性 種多様性 記載 成分 分子系統 ショウガ科

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

単子葉植物のショウガ科(Zingiberaceae)は、ショウガ目に属する大型多年生草本類で、最近の分子系統学的研究では、科内の属の系統関係を調べる研究例も複数報告され、研究課題としてホットな分類群である(Kress et al. 1990, Wood et al. 2000, Kress et al. 2002)。その一方で、属以下のレベル、つまり種の多様性解析は、多くの属で未だ科学的にほとんど未解明に近い状態にある。その理由として、ショウガ科は、1) 既存のさく葉標本からでは、正確な分類群の把握が困難であること、2) 分化中心である東南アジア大陸部では開花期である雨期の調査が困難を伴うこと、3) 形態の変異が大きく、種の範囲が不十分であること、などに起因していると考えられる。

一方、東南アジア大陸部の西北端のミャンマーでは、自然科学研究が周辺諸国より半世紀以上遅れており、市場で販売される植物が新種であった研究例が複数報告されている。このことは、植物の多様性の解明度の低さを顕著に示しており、フロラの空白地帯である。ショウガ属は、ショウガ科の中でも分類学的研究が進んでいないグループで、タイはここ20年で確認された種数は倍以上となった。ミャンマーではショウガ科の多様性の研究は現在までに数例に過ぎず、分類研究が極めて後れている。このことが、周辺地域での同科のモノグラフィックな分類研究に支障を来しており、ミャンマーが分布の中心と考えられる種がタイ固有種とされたり、科学的に精度の高い多様性研究が完結しない状況にある。Kress et al. (2003)では、ミャンマーからはショウガ属は18種が知られるに過ぎなかった。

これまで科学研究費補助金・海外学術基盤A「南ヒマラヤの植物多様性」および「日華植物区系の西端としての南ヒマラヤの植物多様性」(代表者: 邑田仁)の研究分担者として、ミャンマー天然資源・環境保全省林務局との共同研究協定による一連の調査研究でインドシナの植物多様性解明のブラックボックスとして知られるミャンマーやその周辺地域であるタイのクイーンシリキット植物園との共同研究などで126点のショウガ科研究資料を収集した。この収集した研究資料を用いてそれらの形態/分子情報による種の多様性解析研究を科学研究費補助金・若手研究B「熱帯モンスーンアジアにおけるショウガ科の種多様性」(代表者: 田中伸幸)として行ってきた。その結果、ミャンマーのショウガ属は、これまで21種を記録した他、複数の未記載種が明らかとなったが、隣国タイの60種と比較すると種多様性の解明は、依然として著しく遅れていた。

2. 研究の目的

本研究は、特にアジア大陸部においてショウガ科分類知見のブラックボックスであるインドシナ西北部のミャンマーにおいて、先行研究で収集されたショウガ科の研究資(試)料とそれに加えて毎年開花期に実施する現地調査に基づき、主としてショウガ属に焦点を当てて、形態、成分、分子の多面的解析により、種多様性を明らかにし、未記載種の記載を行い、種の関係性を検討することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 現地追加調査

本研究では、これまでの研究で収集したサンプルに加えて、現地の追加的調査によってサンプルの収集を行い、研究に供した。現地調査は、国立科学博物館とミャンマー天然資源環境保全省森林局との国際研究協定に基づいて、ミャンマーで森林研究所のムームーアウン博士らとともに現地フィールド調査を追加的に行った。調査許可申請、フィールド調査のロジスティックスは、現地のミャンマー森林研究所の協力を得た。

平成 27 年度: ミャンマー半島部、タニタリー地方。

平成 28 年度: インドシナ区系とインド区系の植物地理学的境界にあたるミャンマーのチンドウイン川上流域タマンティー野生生物保護区。

平成 29 年度: カヤ州からカイン州にかけての石灰岩地域および半島北部のモン州モーラマイン周辺地域。

平成 30 年度: 中央部のバゴー山地、南東部のカヤ州からカイン州にかけての石灰岩地域およびシャン州南部のタウンジー周辺。

上記の調査により、新たにショウガ科は、花の形態が損なわれやすいため、いずれも野外で花を解剖し、葉舌、苞、側仮雄蕊、唇弁などの各部位の測定、画像撮影などを行なった上で、液浸標本作製した。3 cm 角葉片を DNA 解析用にあらかじめシリカゲルで乾燥させ、それ以外の栄養器官をさく葉標本、生殖器官を液浸標本とした。

(2) 既存標本の調査

平成 29 年度に東南アジア大陸部、特に隣国のタイ産のショウガ科標本を数多く収蔵するデンマークのオーフス大学標本館(AAU)で標本調査を実施し、ミャンマーからの採集品と比較検討を行なった。予定していた同じく東南アジア大陸部、特にベトナム、ラオス、カンボジアのショウガ科標本を数多く収蔵するパリ自然史博物館での標本調査は、ウェブの標本データベースによる高解像度画像の提供があり、画像で標本の検討を行なった。

(3) 成分解析

成分解析試料は、根茎断片を乾燥したものを作成し、ミャンマー産ショウガ属植物46サンプルにコントロールとしてショウガ科ウコン属1種、ショウガ科ヘディキウム属1種、ショウガ科バンウコン属1種を加えた49サンプルを用いた。各サンプルは粉末化後、0.1g秤量し、5 mLの100%メタノールを加えて30分間超音波処理を行った。得られた抽出物は5,000 rpmで5分間遠心したのちに上清をUPLCのサンプルとして成分分析を行った。各サンプルは粉末化後、0.1 g秤量し、5 mLの100%メタノールを加えて30分間超音波処理を行いました。得られた抽出物は5,000 rpmで5分間遠心したのちに上清をUPLCのサンプルとして成分分析を行った。

(4) 分子系統解析

ミャンマーから採集されたショウガ属の未記載種と推定された分類群を含めた約 25 分類群 50 サンプルについて、近縁分類群の配列データと共に核 rDNA ITS 領域の塩基配列に基づく系統解析を行った。

4. 研究成果

(1) 新分類群の発見と記載

本研究による栽培開花個体及び追加現地フィールド調査、周辺域から記載された分類群の比較研究からショウガ属4種の新種が明らかとなった。そのうちの1種は、ミャンマー西部のチン丘陵の標高1600 m付近から見出された。同丘陵地帯からは本種を含む29分類群のショウガ科が明らかとなり、平成28年度にシンガポールで開催された第8回国際ショウガ科学会で発表した上で、新種は*Zingiber matupiense* sp. nov.として記載発表した。同じく、インドシナ区系とインド区系の植物地理学的境界にあたるミャンマーのチンドウィン川上流域における追加現地調査から発見された新種は、ショウガ属の花序が頂生するグループであるDymczewiczia節に属するものであった。Dymczewiczia節は、東南アジアから11種が知られていたが、本種はその12種目であり、花序形態の特徴から*Zingiber flavofusiforme* sp. nov.として新種記載を行った。このタイプの花序をもつ同属種は主にベトナム、タイなどからしか知られていなかった。さらに研究の最終年に実施した南東部カヤ州の石灰岩地域から新たに2種のショウガ属、1種のゲットウ属、1種のウコン属の新種が明らかとなった。

(2) ミャンマー新産種

平成 29 年度の調査で、*Zingiber thorelli* Gagnep.を新たにミャンマーから記録し、発表した。これまでの収集サンプルの栽培開花個体の形態調査および追加現地調査により、ショウガ属で新たに*Zingiber bradleyanum* Craib、*Z. chrysanthum* Roscoe、*Z. densissimum* S.Q.Tong & Y.M.Xia、*Z. mekongense* Gagnep.、*Z. ottensii* Valetton、*Z. parishii* Hook.f. subsp. *phuphanense* Triboun & K. Larsen、*Z. tenuiscapus* Triboun & K.Larsen の 7 分類群のショウガ属が発見された。このうち *Z. tenuiscapus* Triboun & K.Larsen は、これまでタイ固有と考えられていたものであった。また、*Z. chrysanthum* Roscoe は、ネパール・ヒマラヤ地域にしかこれまで知られていない種であった。このことから、ミャンマーは南東部であっても、標高の高い地域はヒマラヤ要素が出現することが明らかになった。同国のショウガ属の種多様性は、これで同定が確定した分類群 33 種を正式に記録した。また、新種の記載までには至らなかったが、本研究でこれまでのどの既知種にも当てはまらない2種のショウガ属が明らかとなった。また、一連の形態学的研究により、中国から記載された *Z. longiligulatum* S.Q.Tong は、インドから記載された *Z. ligulatum* Roxb.と同一種の可能性が高いことがわかった。また、ミャンマーで特に *Z. ligulatum* Roxb.の変異が大きく、白花品も見出された。今後、*Z. ligulatum* Roxb.の変異性の範囲の研究を行う必要がある。本研究により 21 種であったショウガ属植物は、ミャンマーに少なくとも 35 種が分布することが明らかとなった。

(3) 成分から見たショウガ属の分類

Zingiber ligulatum Roxb., *Z. rubens* Roxb., *Z. flavomaculosum* S.Q.Tong, *Z. squarrosum* Roxb., *Z. thorelii* Gagnep., *Z. orbiculatum* S.Q.Tongには特徴的なクロマトグラムは検出されなかった。一方で、*Z. montanum*と *Z. idae*のクロマトグラムで9.72分と9.75分にそれぞれ検出されるピークの吸収波長を確認したところ、*Z. montanum*の極大吸収が208 nm, 290 nm, 311 nmに検出されるのに対し、*Z. idae*の極大吸収が208 nm, 280 nm, 333 nmに検出された。このことから二つのピークは別の化合物である可能性が高いことが推測された。成分分析の結果、ショウガ属植物46サンプルにおいて次の5つのクロマトグラムパターンA: *Z. officinale*群、B: *Z. montanum*群、C: *Z. barbatum*群、D: *Z. zerumbet*群、E: *Z. ligulatum*群 にグループ分けすることができると考えられた。今回の研究で明らかとなったヒマラヤ要素の*Z. chrysanthum*, *Z. ligulatum* Roxb.の白花品、*Z. thorelii* はともに、成分パターンがあまりないE: *Z. ligulatum*群 に入った。これはそれぞれの形態的特徴をある程度反映したものであると考えられたが、節の分類とは一致しなかった。

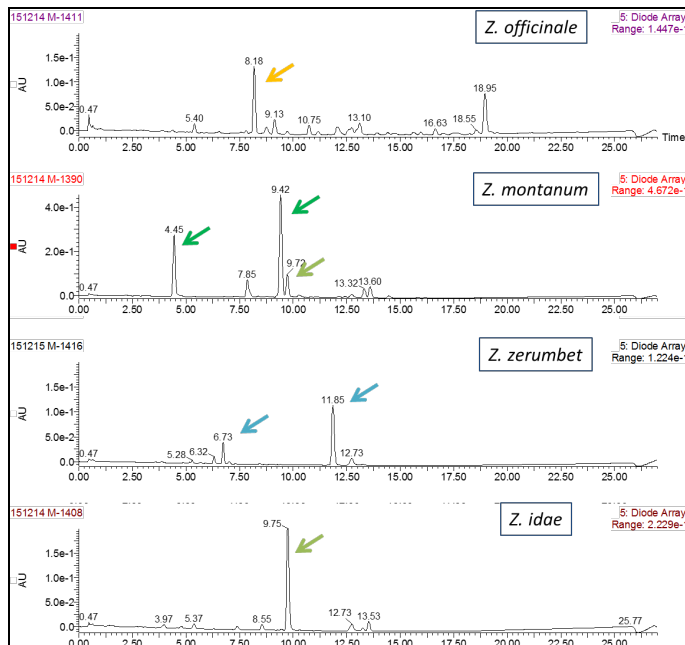


図1 ショウガ属植物のクロマトグラムパターン

(4) DNA から見たショウガ属の分類

系統解析の結果、花序を根出して直立した花序柄に付ける *Zingiber* 節に属する種と、花序を根出して平伏した花序柄に付ける *Cryptanthium* 節に属する種は、それぞれおおむね単系統群を形成した。花序を葉が付いた茎に頂生する *Dymczewiczia* 節に属する種は多系統的であった。ミャンマー固有種のうち、*Z. popaense* (*Cryptanthium* 節) は *Z. montanum* (*Zingiber* 節) に近縁であったが、*Z. flavofusiforme* (*Dymczewiczia* 節) は他種との系統関係が不明であった。

(5) ショウガ属以外の分類群の研究成果

ショウガ属の研究の過程で現地調査により明らかになったショウガ属以外の分類研究成果が副次的に得られた。本研究の過程で、ヘディキウム属の新分類群の発表およびミャンマーにおけるボエセンベルギア属の新産種を報告し、ハワイ大学との共同研究により同国のボエセンベルギア属を整理した。先行研究で明らかとなったボエセンベルギア属の未同定種1種について、本研究過程で詳細な形態的特徴を調べ、中国から記載されている同属の種の基準標本などと比較検討を行なった結果、本種は、中国南西部から記載された *Boesenbergia albomaculata* S.Q.Tong と結論し、ミャンマー新産分類群として報告を行なった。さらに、ミャンマー南部から採集されたサンプルの開花個体の調査から *Boesenbergia purpureorubra* Mood & L.M.Prince が新たに記録された。これでミャンマーからは9種のボエセンベルギア属が記録された。一方、ミャンマーの周辺地域の東南アジア大陸部から収集された標本調査により、カンボジアからグロッパ属の新種を見出し、産地の名称から *Globba bokorensis* sp. nov. として記載発表した。本研究にとり、ショウガ属以外で計3分類群を記載した。

HPLCによる成分分析を波長を変えて実施したところ、同じようにA: *Z. officinale*群、B: *Z. montanum*群、C: *Z. barbatum*群、D: *Z. zerumbet*群、E: *Z. ligulatum*群の成分的に5つのグループができることが確認された。また、ITS領域の分子系統解析では、*Zingiber*節のクレードに *Dymczewiczia*節の1種が入り、系統的に区別できないことが再度確認された。形態学的特徴はある程度反映していると考えられたが、いずれもEngler(1904)のショウガ属の節分類体系を支持しなかった。花序の出方による節分類は系統を反映していない可能性が高く、今後、分類の見直しが必要であると考えられる。

形態、成分、分子の解析を同時に行い、種の分類を検討することを初めて試みたが、これらの結果は、花序形態に基づいた節の分類に再検討が必要であることを示した。また、今後は、ITS 配列のハプロタイプを検出することで、ショウガ属には報告が少ない雑種化の検証を行う必要がある。今回得られた塩基配列データは、ショウガ属植物の識別同定にも役立てることができると考えられる。

一方、成分解析では、種に特異的なマーカーとなりうる成分は、今回は判明しなかった。しかし、今回の解析により、UPLCによるクロマトグラムでは5つのグループに大別することができた。今後、グループに特徴的な成分を単離・同定するとともに、グループ内の種間でも種を鑑別することのできるマーカーの探索を行うことが望ましいと考えられた。

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計11件)

1. Tanaka, N., S. Tagane, P. Chhang and T. Yahara 2015. A purple flowered new *Globba* (Zingiberaceae), *G. bokorensis*, from southern Cambodia. Bulletin of the National Museum of Nature and Science, Series B 41: 155–159.
2. Aung, M. M., N. Tanaka and N. Miyake. Two gingers, *Zingiber orbiculatum* and *Z. flavomaculosum* (Zingiberaceae), newly recorded from Myanmar. Bulletin of the National Museum of Nature and Science, Series B 41: 107 – 112.
3. Aung, M. M., N. Tanaka and N. Miyake. 2015. *Larseninathus arunachalensis* (Zingiberaceae): A new distributional record for the flora of Myanmar. Rheedeia 25: 94–96.
4. Tanaka, N. T. Ohi-Toma., M. M. Aung, J. Murata. 2016. Systematic Notes on the genus *Hedychium* (Zingiberaceae) in Myanmar. Bulletin of the National Museum of Nature and Science, Series B, 42: 57–66.
5. Mood, J., N. Tanaka, M.M. Aung, J. Murata. 2016. The genus *Boesenbergia* (Zingiberaceae) in Myanmar with two new records. Gardens' Bulletin Singapore 69: 299–318.
6. 松野倫代・田中伸幸. 2017. 成分分析から見たショウガ属植物の多様性. FFI ジャーナル Vol. 222(1): 35–43.
7. Aung, M. M., N. Tanaka and N. Miyake. 2017. A New Species of *Zingiber* (Zingiberaceae) from Mt. Victoria, Western Myanmar. Bulletin of the National Museum of Nature and Science, Series B, 43: 51–55.
8. Tanaka, N. and M. M. Aung, 2017. A new species of Zingiber (Sect. *Dymczewiczia*: Zingiberaceae) from northwestern Myanmar. Phytotaxa, 316: 195–199.
9. Tanaka, N., S. Tagane, A. Naiki, M. M. Aung, N. (Noriyuki) Tanaka, S. Dey, J. Mood and J. Murata, 2018. Contributions to the Flora of Myanmar I: Nine taxa of monocots newly recorded from Myanmar. Bulletin of the National Museum of Nature and Science, Series B, 44: 1–9.
10. Tanaka, N. and M. M. Aung, 2019. Taxonomic studies on Zingiberaceae of Myanmar I: A new species of *Curcuma* (Subgenus *Ecomatae*) from Myanmar. Phytotaxa, 387: 241–248.
11. Aung, M. M. and N. Tanaka. 2019. Seven taxa of *Zingiber* (Zingiberaceae) newly recorded for the Flora of Myanmar. Bulletin of the National Museum of Nature and Science, Series B, 45: 1–8.

〔学会発表〕(計9件)

1. Tanaka, N., T. Ooi-Toma, M. M. Aung and J. Murata. 2015. The species diversity of Zingiberaceae in Mt. Victoria, western Myanmar. 7th International Symposium on the Zingiberaceae, Chiang Mai, Thailand.
2. Aung, M. M., N. Tanaka and M. Miyake. 2015. New or noteworthy taxa of Zingiber (Zingiberaceae) from Myanmar. 7th International Symposium on the Zingiberaceae, Chiang Mai, Thailand.
3. 松野 倫代, Mu Mu Aung, 田中伸幸. 2016. ミャンマー産ショウガ属植物の網羅的成分解析. 日本食品化学学会 第22回総会・学術大会. 2016.6.2. 高知市

4. Tanaka, N., M. M. Aung, S. Tagane, A. Naiki, N. Tanaka, H. Nagamasu, T. N. Oo and T. Iwashina, 2017. Plant Inventory Research in Myanmar: Materials towards the Flora of Myanmar. International Botanical Congress XIX. 2017.7.23–29, Shenzhen, China.
5. 田中伸幸, Mu Mu Aung, 田金秀一郎, 田中法生, 秋山 忍, 伊藤 優, 東馬哲雄, 保坂健太郎, 辻 彰洋, 大村嘉人, 樋口正信, 永益英敏, 内貴章世, 岩科司, 邑田仁, Phyu Phyu Hni, Wah Wah Lin, Thaung Naing Oo. 2017. インベントリーによるミャンマーの生物多様性解明と植物誌編纂のための基盤構築. 日本植物分類学会第17回大会.
6. Tanaka, N. and M. M. Aung, 2018. The genus *Zingiber* (Zingiberaceae) in Myanmar. 8th International Zingiberales Symposium, 2018.7.23–27, Singapore. Abstract, p76.
7. Tanaka, N., M. M. Aung, S. Tagane and T. N. Oo., 2018. Plant Inventory in Myanmar: A last puzzle piece for SE Asian Flora. International Symposium “Updating of Flora and Fauna of Myanmar” 2018.12.13, Yezin, Myanmar.
8. 平尾 昂大, 内山 寛, ムームーアウン, 田中 伸幸, 2018. ITS 配列に基づくミャンマー産ショウガ属植物の系統解析. 日本植物学会第 82 回大会, 広島. 日本植物学会第 82 回大会研究発表記録, p.236.
9. 田中伸幸, M. M. Aung, 2019. ミャンマー産ショウガ科ショウガ属の新知見. 日本植物分類学会第 18 回大会 (八王子市), 3 月. 研究発表要旨集, p. 76.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：内山 寛

ローマ字氏名：Uchiyama Hiroshi

所属研究機関名：日本大学

部局名：生物資源科学部

職名：教授

研究者番号 (8 桁)：40232871

研究分担者氏名：松野 倫代

ローマ字氏名：Matsuno Michiyo

所属研究機関名：公益財団法人高知県牧野記念財団

部局名：資源植物研究センター

職名：研究員

研究者番号 (8 桁)：30574909

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：Mu Mu Aung

ローマ字氏名：ムームーアウン

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。