

沖縄県西表島におけるマングローブ樹木の成長量と成長輪の対応

宮城豊彦¹⁾, 馬場繁幸²⁾, 内山庄一郎³⁾, 柳沢英明⁴⁾, 渡辺 信⁵⁾

Visual inspection of mangrove growth rings in Iriomote Island, Okinawa JAPAN

Toyohiko MIYAGI¹⁾, Shigeyuki BABA²⁾, Shoichiro UCHIYAMA³⁾,
Hideaki YANAGISAWA⁴⁾, Shin WATANABE⁵⁾

Abstract: Generally, the tree rings are not easily identified regions such as tropics and subtropics where there is no clearly defined seasonality. Since mangrove trees are distributed in these areas, sometimes these tree rings are not easily detected. Although the mangrove species located in relatively high altitude area like the Iriomote island where there is a seasonal temperature variation, it may cause tree rings even in mangrove trees. The study was carried out to clarify the tree rings of the two mangrove species: *Bruguiera gymnorrhiza* and *Rhizophora stylosa*. The relationship between the number of growth ring structures and trunk circumference is analyzed in young trees and adult trees. We could identify considerable tree rings in two species in Iriomote island. This will lead the quantitative evaluations in relation to the tree growth and forest development dynamics.

Keywords: Mangrove tree ring, Tree growth, Forest dynamics, Iriomote Island

1. はじめに

寒暖という植物の成長に関わる条件が年周期的に変動する気候環境下にある暖温帯林やタイガなどでは、成長速度（細胞分裂の速度や細胞自体の寸法）の周期的な違いを示唆する「年々の縞」が発達し、これを年輪と称している。これに対して年間を通じた成長が見込まれる熱帯・亜熱帯環境の樹木には「年々を示唆する縞」の形成は不明瞭となり、併せて「縞」の形成に影響を与える条件には、乾季・雨季、非周期性の外的影響もある。このため、熱帯樹木には、いわゆる年輪は形成されにくく、同時に非周期性の「縞」を生み出す外的要因も多い。従って、仮に年輪様のそれが一年周期を示すとは限らないという可能性がある。

樹木の年齢を年輪の様な「判り易い物差し」を用いて判断できないことは、成長に関する見通しを構築しにくく、これが森林経営や森林生態系のダイナミクスを考察する上では大きな障壁となっている。

しかしながら年輪が年周期の気温変動に起因するので

あれば、今回議論に取り上げる西表島のようなマングローブ分布域の北縁にあり、年間の寒暖変動がある程度存在するような環境下であれば、年輪に相応すると思われる「縞」が見出せるのではないかと考えられる。この視点に基づいて、木材組織学的な解析を行うことが想定されるが、この分析事例は少ない。本報告では、組織学的分析の前提として、成長量と成長の過程で顕在化する「縞」を成長輪として計測し、これらの対応を明らかにする。

調査地の西表島では、2006年の台風襲来時に大規模に発生した仲間川の下流域マングローブ林の風破壊（斉藤ほか、2008）で生じた倒伏枯死木林（Uchiyama and Miyagi, 2016）が生じた。分析に供するサンプルは、主としてこの破壊された林から取得している。

2. マングローブ樹木の年輪に関連する議論

マングローブの年周期的な材の構造を示唆する分析として、Sun and Suzuki (2000) は、気候条件を異にする（ここでは低緯度域と西表島）条件下のマング

¹⁾ (株)アドバンテクノロジー E-mail: c1934009@mail.tohoku-gakuin.ac.jp Advantech Co., Ltd., Aoba-ku, Sendai, Miyagi 980-0013 Japan 国立環境研究所 客員研究員 National Institute for Environmental Studies, Tsukuba, Ibaraki 305-8506 Japan

²⁾ 国際マングローブ生態系協会 International Society for Mangrove Ecosystems, Nishihara, Okinawa 903-0129, Japan

³⁾ 公益研究法人 防災科学技術研究所 National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, Tsukuba, Ibaraki 305-0006 Japan

⁴⁾ 東北学院大学地域構想学科 Department of Regional Design, Tohoku Gakuin University, Izumi-ku, Sendai, Miyagi 981-3193 Japan

⁵⁾ 琉球大学熱帯生物圏研究センター西表研究施設 Iriomote Station, Tropical Biosphere Research Center, University of the Ryukyus, Taketomi-cho, Yaeyama-gun, Okinawa 907-1541 Japan

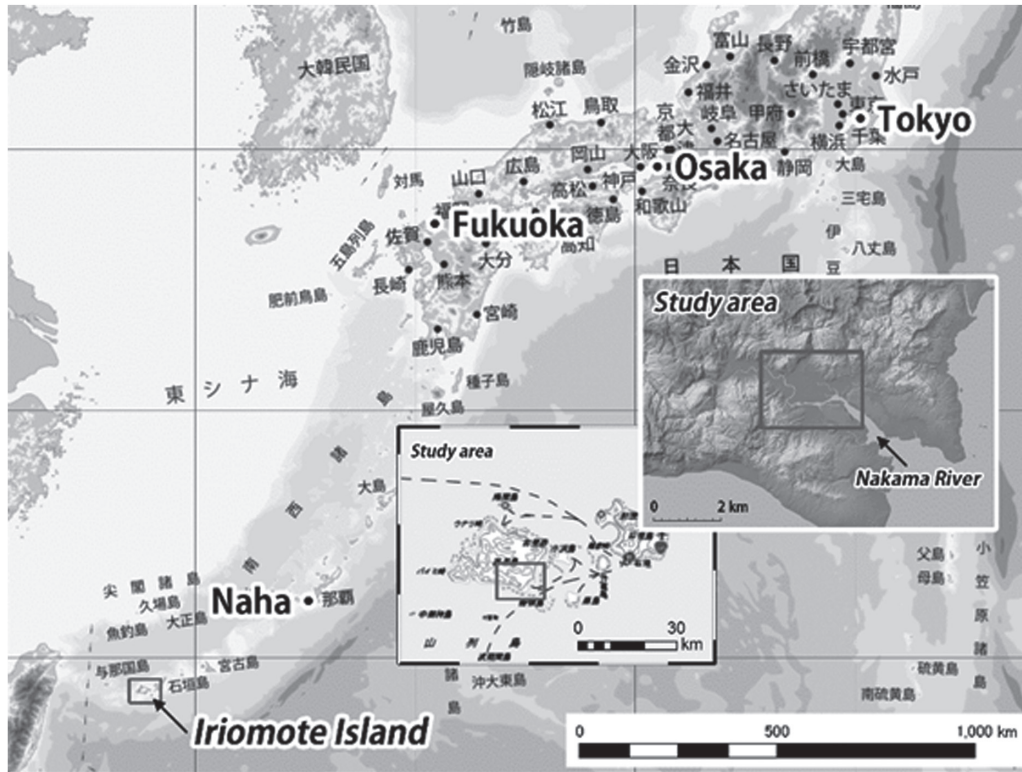


図1 調査地位置図

Fig.1 Location map of the study area.

ローブ樹木5種の材の解剖学的構造を分析し、例えば *Bruguiera gymnorhiza*, *Rhizophora stylosa* などでは両地域で明確な違いが存在することを明らかにした。また、Elisabeth et al. (2011) はアフリカ東海岸ケニアのマングローブ数種についての成長に関する解析を行い、年周期の気候変動が塩分濃度の変化を引き起こし、これがマングローブ樹木の成長輪の形成に関わっているとした。更に、富家 (2016) は、沖縄とタイのマングローブを対象に、酸素安定同位体比分析を行い、これらの樹木には年々の成長輪が存在する可能性を指摘した。これらの報告は、何れも年周期的な材構造の形成を指摘するものであり、特に季節変化が大きい西表島では「年周期的な成長輪である縞」の発達を強く示唆するものと考えられる。

他方、西表島のマングローブ林の発達については、森林の利用・伐採に関する記録、経年的な分布変動を示す画像情報などが存在している。従って、ここではマングローブ倒壊木の「縞の数」と画像などの場所の特性情報とを照らし合わせるというアプローチによっても、縞の数が樹齢に相応する可能性を評価できると考えられる。

3. 玉切りデータ作成の経緯

西表島東部の仲間川(図1)から船浦に至る沿岸のマ

ングローブ林は、2006年の台風20号襲来時に、最大瞬間風速が70m/sを超す猛烈な風などにより広範な破壊をこうむった。倒木の数は数千を超すと考えられている。

筆者らは、西表島のマングローブ林は、明瞭な低温期を持つ環境にあり、なお森林の伐採や生育状況を示唆する時系列的な画像情報の蓄積があることから、こうした条件設定のもとで、倒壊したマングローブ樹木の材を得て解析し、そこに年輪様の構造があれば樹齢と林齢が特定できる可能性を持つと考えた。一方で、仲間川のマングローブ林は、国・県の環境保全林や特別保護地区などの指定がなされており、厳しい保全・保護策がとられている。これらの背景と狙いから、林野庁・環境省・文化庁・竹富町などの許可を得て枯死した倒木に限り玉切りした円板試料を採取する許可を得た。採取は、主に2016年から2017年に実施した。図2に倒木の状況と玉切り試料採取の状況を示した。

仲間川のマングローブ林は、主に *B. gymnorhiza* (オヒルギ) と *R. stylosa* (ヤエヤマヒルギ) からなり、これらを調査対象樹種とした。採取は、対象木の根元と、そこから約2m毎に厚さ5・20cmの円板を取得した。これを実験室に持ち帰り、サンプルの元口側を研磨機にて、最終的には1200番のコランダムシートで研磨を行い鏡面となるまで仕上げた。次に600dpiでスキャンし、Adobe



図2 西表島仲間川，中央水路一帯のマングローブ林に形成された大規模な倒木集中箇所（左），その倒木から円板試料を採取する玉切り作業の様子（右）

Fig.2 The vast fallen tree field in the mangrove forest along the central tidal channel area of the Nakama River, Iriomote island (Left). Disc sampling collected from the fallen trees using chain-saw (Right).

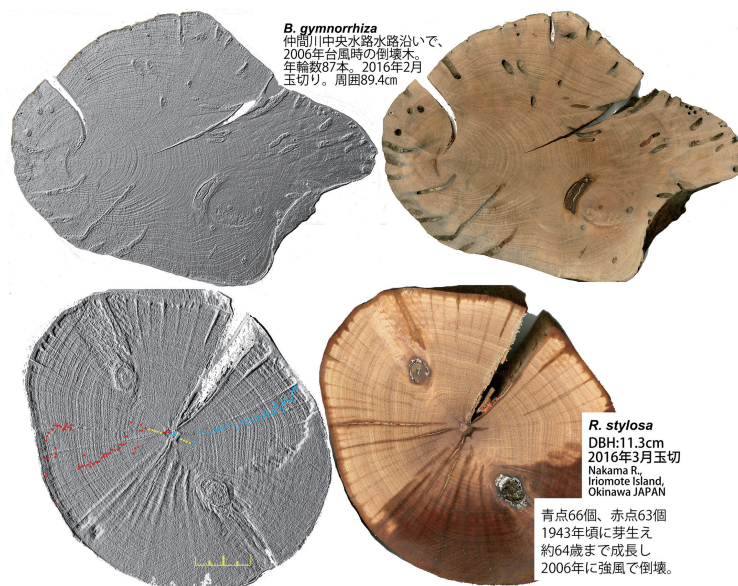


図3 仲間川中央水路沿い倒木エリアで採取した円板試料の画像調整状況

B. gymnorrhiza（上）と *R. stylosa*（下），左：画像処理により同心円構造を際立たせた画像，右：画像処理前の画像

Fig.3 Disc samples which were collected in the fallen-tree field along the central tidal channel area of the Nakama River.

Above: *B. gymnorrhiza*, Below: *R. stylosa*

Left: The image making concentric structure outstanding by image processing.

Right: The image before image processing.

Photoshop CS6 を用いて陰影・トーンカーブ・浅浮彫・照射角調整などの画像処理を施して，リング状の縞の数を数えた。対象とした樹木本数は22本である。この際，研磨と画像処理両方の段階で材の放射状構造を弱め，リング状構造が際立つように，研磨盤の回転方向とリング方向とを合わせるよう工夫した。研磨後と画像処理後の材表面を図3に示す。

4. 成長輪と直径の関係

ここでは，前章の要領で採取した2種のマングローブについて，成長輪と樹高および直径との関係を検討した。

4.1 *B. gymnorrhiza* と *R. stylosa* の若木による成長輪の垂直分布

樹木は一般に，内樹皮内側の形成層で細胞分裂するこ

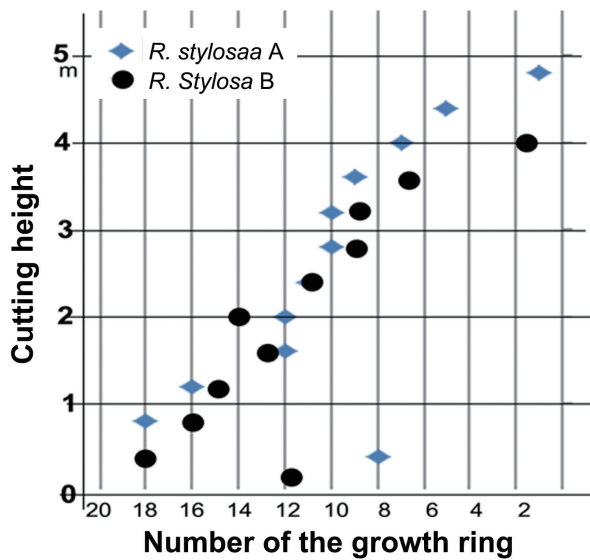


図4 2本の若い*R. stylosa*の地上部40cm毎で計測した樹幹周囲長と成長輪数との関係

Fig.4 The relationship between the trunk circumference and the number of growth rings measured at every 40cm above ground of two young *R. stylosa* trees.

とで肥大成長を行い、その上端部が伸長成長する。樹木の年輪は換言すれば「筍のように成長するもの」で、細胞のサイズや分裂の速度に影響を与える年周期的な環境因子の影響を受けている。*R. stylosa*は支柱根が発達するにつれて、樹木脚部で主幹が消滅していることが普通にみられ、支柱根の最上部付近で最大樹幹径を示すことが多い。このような外観の特徴は成長の過程で作られものであるものであり、それが成長輪の数に反映するかを検討した。

仲間川のマングローブ林の分析に先立ち、西表島船浦地区において、約20年前に植えたとされる植林木2本を用いて検討した(図4)。この2本の樹幹周囲長ごとに見る成長輪の数は、それぞれの樹木に発達する支柱根最上部を起点として、その直上部で18本と最大で、その上方にむかうにつれ成長輪数は低減した。また、起点の下位30cmの部位では10本と8本であった。このことは、上述したように、樹木は成長輪を形成しながら肥大成長していること、先に記したように主幹の先端は支柱根の発達につれて主幹下端から消滅傾向があるが成長輪そのものは残存していること、主幹下端部脚部が消滅することや植林初期に散布体からの成長が微弱で木部形成が未発達な場合などの生理的要因が関わって、明瞭な成長輪が形成されにくい状況もあり得ることなどが推測された。

仲間川マングローブ林のほぼ中央部において、*B. gymnorhiza*の若木が倒伏した場所があり、そこで得ら

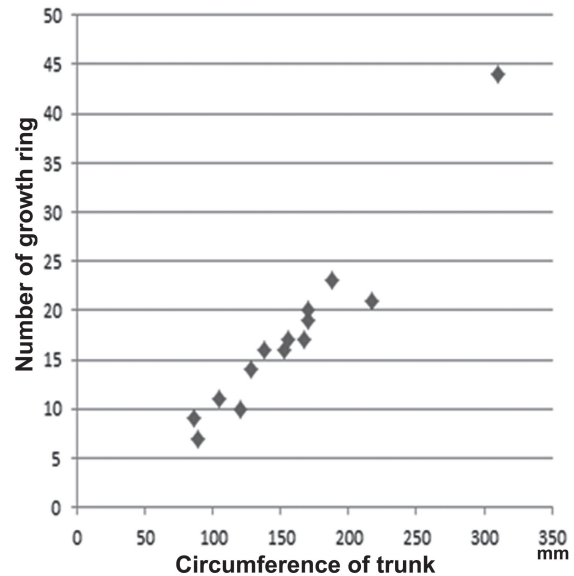


図5 *B. gymnorhiza*の若齢木14本の樹幹周囲長と成長輪数との関係

Fig.5 The relationship between the trunk circumferences and the number of growth rings of 14 young *B. gymnorhiza* trees.

れた14本の若齢木について、高さ1.3mにおける樹幹周囲長と成長輪数の関係を示した(図5)。若齢木のステージにおける両者の関係は、ほぼ直線的で正の相関を示していると考えられた。

これらの2つの若木の事例は、成長輪が何れも確認できること、それがほぼ樹齢に相応する可能性を示唆しており、今後年々の成長過程のデータが得られれば西表島のマングローブにおける成長輪数が樹齢を示すものと言えるようになるのではないかと。

4.2 *B. gymnorhiza*と*R. stylosa*の成木における樹高・樹幹周囲長と成長輪との関係

西表島仲間川の中央水路の帯では特にマングローブ林の風倒木を対象に、*B. gymnorhiza*は地際に密生している垂下根の上部の直上部を起点とし、*R. stylosa*は支柱根直上部を起点として約2m間隔で玉切りを行い、円板を採取した。その木口面を先に示した要領で画像処理し、それを視認しやすいサイズに印刷して成長輪を数えた。なお、対象木は何れも倒伏しており、倒伏後10年経ち、梢端は既に大きく失われている。従って樹高の計測は不可能だが倒木全長は計測でき、その最長値は11mを超した。

図6に*B. gymnorhiza*18本の、図7に*R. stylosa*4本の樹幹周囲長と年輪数との関係を示した。対象木それぞれ異なるプロットとした。成長輪数と樹幹周囲長との間には明瞭な相関がある。ここで、成長輪を年輪と言

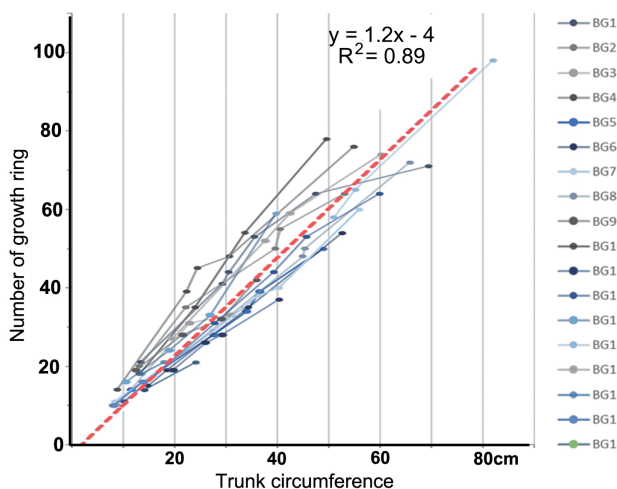


図 6. 仲間川中央水路沿いの倒木から得られた *B. gymnorrhiza* の成木 18 本での樹幹周囲長と年輪数との関係

Fig.6 The relationship between the trunk circumference and the number of growth rings of 18 adult *B. gymnorrhiza* sampled from the fallen trees along the central tidal channel area of the Nakama River.

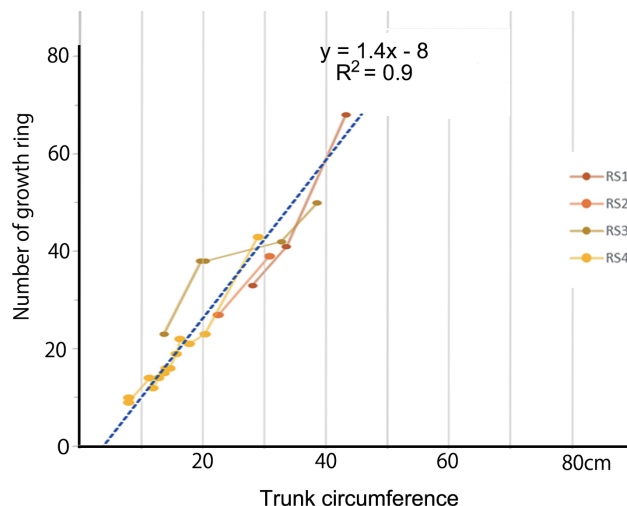


図 7. 仲間川中央水路沿いの倒木から得られた *R. stylosa* の成木 4 本での樹幹周囲長と成長輪数との関係

Fig.7 The relationship between the trunk circumference and the number of growth rings of 4 adult *R. stylosa* sampled from the fallen trees along the central tidal channel area of the Nakama River.

換えると、樹齢が大よそ求められることになる。それぞれの図からは大径木では多くの樹齢がそれぞれ 60 年～80 年程度と見積もられた。今村 (2000) が実施した西表住民への聞き取り調査によれば、西表島では、1939 年 (昭和 14 年) に、漁網や軍靴の染料として用いられるカッチを採取するためにマングローブの伐採が国から認められ、また石垣島と西表島にはカッチの生産工場も存在したとされた。すなわち、この時期には仲間川で広範な伐採が行われたと思われる。成長輪を年輪とすれば、それが示す先の数字は、この伐採で森林は大きく破壊されたが、大径木の年輪数は当時の大規模伐採からの再生によってこの森が作られた可能性を示唆している。大径木の存在していた仲間川の中央水路一帯では、肥大成長速度は *B. gymnorrhiza* が約 2.5mm/yr, *R. stylosa* が 1.97mm/yr である。ここで多少不可解な点が指摘できる。図 4 からは極めて良い相関が確認できるが、肥大成長は樹齢が 100 年になろうとしても順調に見える。一般に伸長成長はある程度で限界に達するが、ここでは伸長成長の詳しいデータが取れなかったために、その検証は出来ていない。外観の観察に留まるが、一見して肥大成長量・伸長成長量・成長輪数の 3 者間には正の相関がありそうである。森林の成熟にかかわる課題であり、今後検討すべきであろう。

5. 西表島仲間川マングローブ樹木の成長輪に関する視点

沖縄県八重山郡竹富町の西表島は、陸域のほぼ全体はイタジヤオキナワウラジロガシなどの常緑広葉樹林で覆われるが、その潮間帯域には日本最大規模のマングローブ林が存在する。この森林を構成する主要樹種である *B. gymnorrhiza* と *R. stylosa* では成長量に対応した数の成長輪の存在が確認された。仲間川中央水路に発達していた大径木の林分は、2006 年の台風時に広大に倒壊したが、この倒木 22 本の試料からは、株元で 60～80 の成長輪を数えた。この数値は、約 70 年前 (破壊が生じた 2006 年から数えて) に生じた大規模伐採後の再生林である可能性を示唆している。

西表島のマングローブに限れば、これを年輪と言い換えることに大きな矛盾は無いように考えられるが、対応を確認したものでしかない。今後は、木材組織学的な分析を重ねることで、年周期的な成長を検証することが必要であろう。

謝辞

本報告をまとめることが出来たのは林野庁九州森林管理局、同八重山森林管理署、環境省野生生物管理センター、文化庁、沖縄県教育委員会、竹富町教育委員会の各機関から承認を頂けたことによるものであり、記して深く感謝申し上げます。また、玉切り・搬出・分析の過程では多くの方々から協力があったことを特記し、心から感謝申し上げます。

文 献

Elisabeth, M., Robert, R., Schmitz, N., Auma, J., Boeren, O. I., Beeckman, I. H. and Koedam, N. (2011) : Mangrove growth rings: fact or fiction?. *Trees* 25: 49-58. DOI 10.1007/s00468-010-0487-9

今村祐子 (2000) : 西表島仲間川流域におけるマングローブ生態系の利用. 東北学院大学大学院文学研究科アジア文化史専攻平成 11 年修士論文.

斉藤綾子・宮城豊彦・馬場繁幸 (2009) : 西表島船浦湾のオヒルギ林における台風破壊と修復過程に関する基礎的研究. *Mangrove Science* 6: 41-52.

Sun, Q. and Suzuki, M. (2000) : Wood anatomy of

mangrove plants in Iriomote Island of Japan: a comparison with mangrove plants from lower latitudes. *Acta Phytotaxonomica et Geobotanica* 51: 37-55.

富家佑妃 (2016) : 酸素安定同位体比分析を用いたマングローブ樹種における材成長の年変動の検出. 京都大学修士論文 (要旨)

Uchiyama, S. and Miyagi, T. (2016) : Acquisition and utilization of high definition digital surface models through aerial photography using a small unmanned aerial system: an example of typhoon damage in Iriomote Island mangrove forests. *Transactions, Japanese Geomorphological Union* 37: 159-173.