

令和元年6月7日現在

機関番号：18001

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K14946

研究課題名（和文）大型台風が西表島のマングローブ林とその生態系へ及ぼす影響

研究課題名（英文）The effect of a super typhoon to a mangrove forest in Iriomote island

研究代表者

渡辺 信（WATANABE, Shin）

琉球大学・熱帯生物圏研究センター・准教授

研究者番号：10396608

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：西表島には日本国内に存在する7割のマングローブが分布し、天然記念物に指定されているだけでなく、世界自然遺産の候補地にも含まれている。本研究では西表島のマングローブ林が年々大型化する台風の影響で失われ続けている状況をドローン空撮で得られた三次元デジタルデータとフィールド調査結果から詳細に把握し、その崩壊メカニズムを解明した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究ではドローンと実地調査によるモニタリングを3年間継続し、西表島のマングローブ林が年々大型化する台風の影響で失われ続けている現状を確認し、その崩壊メカニズムを解明した。そしてマングローブ林が失われることにより、大量の土砂が林外へ流出していることも明らかとなり、河口域の汽水生態系と沿岸域珊瑚礁生態系へ及ぼす悪影響が懸念された。また本研究対象のマングローブ林大規模倒壊現象は、70年以上前の太平洋戦争に伴う過度のマングローブ伐採と近年大型化した台風による被害との複合災害であることが示唆された。

研究成果の概要（英文）：In Iriomote island located at south western islands of Japan, we monitored mangrove forest hit by a super typhoon. As the result of the traverse survey, it was found that the ground level of the devastated area was lower by 30 to 50 cm than the ground level covered by mangrove trees. It was also revealed by our flight researches that the devastated area has been growing year and year.

It was thought that the mangrove forest collapse in a fairly large area by typhoons induced soil erosion because the forest floor lost the forest crown to protect from rainfall. At the same time, the complex root system to keep mangrove peat stably from daily inundation was lost. And it was also suggested that the dynamics of large-scale soil degradation and inundation has caused continuous soil erosion, thus the continuous forest degradation has been also induced like domino effect. The changed ground level might not provide suitable ecological niche for the present mangrove species anymore.

研究分野：森林科学

キーワード：マングローブ 大型台風 ドローン

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

近年、地球温暖化現象の影響で大型化した熱帯低気圧による甚大な人的、経済的、自然環境的被害が全球的に増加する傾向にある（UNEP/WMO-IPCC 2014）。日本では勢力が最大化した台風が亜熱帯海洋性気候に位置する八重山諸島を直撃する頻度が高く、最大瞬間風速が秒速 70m を超えることも珍しくない（日本気象協会）。大型台風による森林の被害も甚大で、中でもマングローブ林が大面積で倒壊する被害が幾つも確認されている（西表森林生態系保全センター 2014）。右下の写真はその一例で、2008 年の大型台風直撃で倒壊した西表島自然保護区内の極相マングローブ林を 2015 年の防災科学技術研究所・東北学院大学との合同調査で撮影したものであるが、2019 年の時点でも回復が進まない状態が継続している。



2. 研究の目的

マングローブとは熱帯、亜熱帯の沿岸や河口域の潮間帯に生育する森林を構成する木本植物の総称である（Tomlinson 1986）。日本のマングローブ林の総面積は僅か 744ha で、その 7 割が八重山諸島の西表島に分布している。これらは世界のマングローブ分布の北限としても貴重な存在であることから、大部分は自然保護区に指定されている。その一方で近年大型化が著しい台風の直撃により、マングローブ林が大面積で倒壊する被害が頻発している。本研究は、大型台風が西表島のマングローブ林とその生態系へ及ぼす影響を明らかにすることを目的とし、この貴重なマングローブ生態系の保全に不可欠な施策決定に資する重要な科学的知見を提供する。

3. 研究の方法

沖縄県八重山郡西表島の主要なマングローブ林から大型台風で倒壊した林分を数カ所選択し、本研究の調査地とする。倒壊地を含むマングローブ林を空撮し、得られた大量の画像情報を解析することにより被災規模を算出、現在の被害状況を明らかにする一方で、過去の衛星及び航空撮影画像と比較することで倒壊マングローブ林の回復過程と回復程度を明らかにする。台風で倒壊したマングローブ林と倒壊していないマングローブ林の生物画像データと生物音響データを収集、解析し、台風被害がマングローブ生態系の生物多様性に与える影響を明らかにする。

【研究調査地と研究設備】

西表島には 503 ha のマングローブ林が存在するが、本研究では仲間川 (132 ha)、仲良川 (80 ha)、浦内川 (51 ha)、船浦湾 (44 ha)、前良及び後良川 (26 ha) 流域の台風で倒壊した林分とその周辺部を調査する。

西表島には琉球大学の全国共同利用施設である熱帯生物圏研究センター西表研究施設があり、調査船、船外機付きゴムボート、カヤック、ユニック、他各種車輛を装備、マングローブ林を含むあらゆる野外調査に対応可能である。また島内の大部分のマングローブ林は、西表研究施設から二時間以内で到達可能な距離にある。西表島の面積の 9 割以上が国有林、全人口は 2300 人弱であることから、改正航空法基準でも島のほぼ全域でドローンの飛行調査が可能である。

【地形及び植生の画像データ収集】

調査対象に設定したマングローブ林全域の地形及び植生の概要を把握するため、ドローンによる空撮を行った。

（調査地全域の鳥瞰データ）ドローンで調査地上空 250m を時速 30km で飛行、3 秒間隔で自動撮影を行い、500~1000 枚程度の RAW 画像データを取得した。

（倒壊地の詳細な微地形画像データ）次にドローンでマングローブ林倒壊地の上空 50m を時速 20km で飛行、1 秒間隔で自動撮影を行い、200~500 枚程度の RAW 画像データを取得した。

【画像処理】

三次元形状を仮想空間に復元する Structure from Motion (SfM) アルゴリズムを用いて、収集した RAW 画像データ 1 枚毎に 3000 点のポイントクラウド（点群データ）抽出を行い、上記三つの用途毎に全ての画像をアッセンブルした。三次元モデルとオルソ画像を生成し、調査地全体の微地形と植生分布の概要を把握する。また過去の航空写真、衛星写真からも三次元モデルを生成し、数十年間のマングローブ林の変化と過去の台風の影響を調べた。

【地上基準点 (GCP) の設定】

生成した三次元モデルに地理空間座標を定義するため、各調査地で最低でも 3 点の地上基準点を設定し、全地球航法衛星システム計測 (GNSS) を実施した。生成した三次元モデルに測定した空間座標を与え、地理情報システム (GIS) による空間解析を行った。

【地盤高測量】

マングローブ林倒壊地と非倒壊地の間地盤高差を明らかにするために、縦断測量を実施した。測量データはGISの微地形データに組み入れ、空間解析に使用した。

【GIS解析】

GISを用いて、得られた地理情報と森林植生情報から倒壊地の面積、倒壊した林木の体積と本数を計算し、現段階でのマングローブ林の被害状況を明らかにした。

【植生調査】

倒壊地におけるマングローブ林再生の可能性を見極めるために、マングローブ林倒壊地と非倒壊地の全マングローブ樹種の実生分布状況を調査した。また胎生種子を供給可能な母樹の現存調査を実施した。また地盤高が高い地点のオヒルギの生育状況を調べ、大規模倒壊現象の起因となる可能性を検証した。

【生物多様性調査】

マイクロフォンによる音を発する昆虫、鳥類、ほ乳類等の生物音響情報収集を行った。マングローブ林の倒壊地と非倒壊地に録音装置を設置し、24時間の自動録音を実施した。音響データは解析ソフトで2次元スペクトルに置き換え、異なる波長毎に生物を特定した。

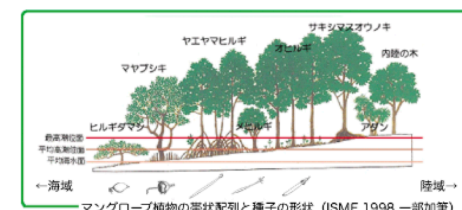
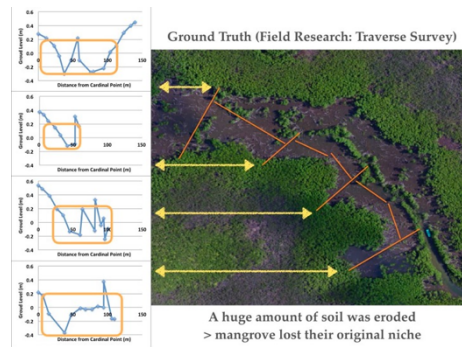
4. 研究成果

実地踏査により、マングローブ林の倒壊はオヒルギの純林だけで発生しており、倒壊現場の地盤は通常のマングローブ林よりも非常に緩い泥土となっていた。その地盤高は周辺のマングローブ林の地盤高よりも平均で50センチ、深いところでは80センチ低くなっていた。倒壊面積は2ヘクタールを超えており、少なく見積もっても2万トンの土壌が流出したと推測された。年次毎に得られたデジタルサーフェイスデータを比較したところ、仲間川流域では既存倒壊地の面積拡大だけでなく、新たな倒壊地も複数確認された。新たな倒壊地の地盤高も周辺のマングローブ林床よりも低くなっており、調査対象地同様大量の土壌が流出した可能性が示唆された。このことによる河口域の汽水をニッチとする諸生物、そして沿岸域の珊瑚礁への悪影響が懸念される。

調査地の生物情報を音響データで収集する調査も実施したところ、倒壊裸地はマングローブ林内よりも音響スペクトルが乏しい結果となり、音を発生する生物の多様性が低下していることがわかった。

調査地のマングローブ林の変遷を調べるために太平洋戦争直後からの航空写真、衛星写真を調査したところ、2007年の大型台風によって倒壊した森林面積は僅かであり、大型台風は直接マングローブ林の大量倒壊を引き起こしたのではなく、最初のトリガーとして作用したものであることが示唆された。従って西表島マングローブ林の大量倒壊現象は基盤構造の中長期的な変化によって引き起こされた可能性が高いと考えられた。また太平洋戦争直後に当該地域のマングローブが半分以上択伐されていることも明らかとなった。このことに起因して仲間川のオヒルギ林の林齢が揃い、大部分の樹木は70年程度であることが推測された。実際に共同研究者の宮城が文化庁の許可を得た上で5本のオヒルギ倒木の年輪を確認したところ69年と70年であった。これらの事実から本研究調査地の大量倒壊現象は、過去の人為的活動と近年の大型台風により発生した複合被害であると結論した。

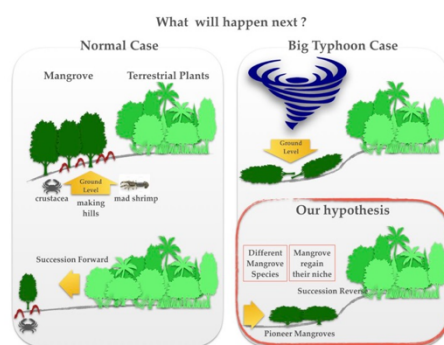
端的には大型台風によりマングローブ生態系が破壊され、多大な森林資源が失われた現象と捉えられるが、長期的生態学的観点から見ると、この現象はマングローブ林の生態的地位（ニッチ）を延命する効果があるのではないかと申請者は考えた。一般にはマングローブ林が成立すると、呼吸根や支持根を沢山水面上に出すために泥土の堆積が促進される。堆積速度の緩急はあるものの徐々に地盤高が高まり、やがてマングローブは陸上植物群落到に席を譲ることになる（久馬1994）。即ち、泥土の堆積が著しい極相マングローブ林が大型台風等より倒壊すると、長年月堆積した地盤が降雨や潮汐で削られ、マングローブ林の遷移が時間的に巻き戻されると着想したのである。一般にマングロ



ープは海岸線や河口域の河岸に沿って樹種毎に帯状分布することが知られており、西表島に分布する8種類のマングローブも概ね帯状分布している (ISME 1998)。マングローブ林が成立した後は、地上部に露出した特殊な形状の根で水流が弱まることにより泥土の堆積が促進され、その地盤高が潮間帯の最高潮位面を超えた段階で陸上植物群落に遷移する (久馬 1994)。西表島におけるマングローブ生態系の極相形態はオヒルギ (*Bruguiera gymnorrhiza*) 林で、その純林の殆どは内陸の亜熱帯林に隣接している (宮城ら 2003)。樹種毎の分布を決定づける主な環境要因は、立地毎の湛水頻度、塩分濃度、光量であると考えられるが (Alongi et al. 2009, Watanabe et al. 2012)、オヒルギは潮間帯とはいえ湛水頻度が低く低塩分濃度の生育環境を好む樹種と言える (Popp et al. 1984)。申請者は本研究の対象であるマングローブ林の倒壊は、全てオヒルギの純林で発生していることを確認しており、今迄の実地踏査の結果から以下に記す仮説が考えられた。

①極相状態のオヒルギ林は地盤高が高く、陸上植物群落への遷移直前の場所では樹勢も弱まり強風で倒壊する可能性も高まっていた。大型台風により極相状態のオヒルギ林が大面積で倒壊すると、②泥土一杯に張り巡らされていた根系も枯死し、林冠を失って露出した林床表面が降雨や潮汐作用で浸食された。③その結果地盤高が低下し、オヒルギの生育に適した低湛水頻度と低塩類ストレスの好適環境が失われた。④大面積の林分倒壊により、胎生種子を供給する母樹が減少したことに加え、たとえ胎生種子が散布されたとしても地盤高の低下により実生が困難な環境へと変化した。

オヒルギ樹種にとって台風による倒壊イベントはマイナス効果ではあるが、高湛水頻度と高塩分濃度を適地とした他のマングローブ樹種にとっては生態ニッチ拡大の好機である。陸上植物に関してもギャップ形成等類似の現象があるが、本現象がそれと異なるのは、潮間帯で発生した大面積倒壊のため、マングローブ林構成樹種限定の好機という点である。一般的に台風は「破壊」という負のイメージが強いが、数十年程度のタイムスパンで捉えた場合、長期的な海面変動と相まって、大型台風はマングローブ生態系の再構築を促し、マングローブ生態系のニッチを維持するための重要なイベントとも考えられる。



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計 0 件)

〔学会発表〕 (計 5 件)

1. Shin Watanabe (Invited Speaker), Shoichiro Uchiyama, Toyohiko Miyagi
Damage by Super Typhoon could be a crucial key to re-establish mangrove forests.
Annual Meeting of Japan Society for Mangroves, Dec 2018
2. Shin Watanabe, Shoichiro Uchiyama, Toyohiko Miyagi, Shigeyuki Baba
Applying drone into mangrove rehabilitation.
Mangrove symposium, Thailand Forestry Department, Bangkok, Thailand, Aug 23, 2018
3. Shin Watanabe, Shoichiro Uchiyama, Toyohiko Miyagi
Super typhoons offer an opportunity for Japanese mangrove forest to regain the ecological niche?
54th Annual meeting of the Association for Tropical Biology and Conservation
Merida, Mexico, July 2017
4. Shin Watanabe
A challenge to support mangrove rehabilitation by drone (unmanned aerial vehicle)
International Conference on Sustainable Mangrove Ecosystem 2017 (ITTO, UN)
Inna Grand Bali Beach Hotel, Bali, Indonesia, Apr 18th, 2017
5. Shin Watanabe (Invited Speaker)
Do you want Bird's Eye?
The 5th International Symposium on Primatology and Wildlife, The Leading Graduate

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

○取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔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：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：宮城豊彦

ローマ字氏名：MIYAGI Toyohiko

研究協力者氏名：内山庄一郎

ローマ字氏名：UCHIYAMA Shoichiro