

2018年に沖縄本島地方で発生した竜巻について

石川 美乃（沖縄気象台防災調査課）

1 はじめに

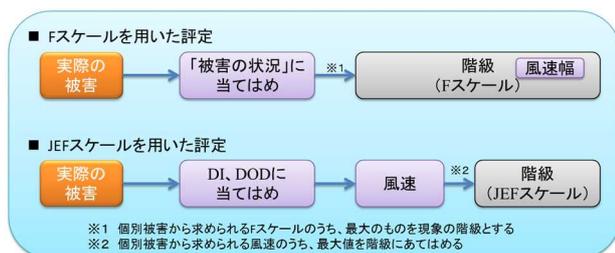
2018年に沖縄本島地方では竜巻を要因とする突風被害が4件発生した。そのうち、2018年6月16日に国頭郡伊江村及び、9月28日に名護市で発生した突風では顕著な被害が発生した。そのため、沖縄気象台では、突風をもたらした現象を明らかにするために職員を気象庁機動調査班（JMA-MOT）として派遣し、現地調査を実施した。その結果を報告する。

2 突風調査について

気象庁では、突風によるとみられる災害が発生した場合には、その現象を解明するため、被害状況や突風現象の痕跡を調査して突風現象の種類や強さ（風速）の推定を行っている。

突風の強さの評定には、平成28年4月より「日本版改良藤田スケール（JEFスケール）」を使用しており、評定では、被害状況（「何がどうなった」）を被害指標（DI）及び被害度（DOD）に対応づけ、そこで得られた風速からJEFスケールの階級を求めている。これにより、これまでの「藤田スケール（Fスケール）」を用いた評定に比べ、より絞り込んだ風速を推定することが出来るようになった（第1図参照）。

また、突風現象の種類の評定は、複数の根拠（評定可能な被害や痕跡・証言）及び、調査で得られた映像や聞き取りによる状況、気象観測データ等との整合性など科学的根拠を重ねて判断する。



第1図 FスケールとJEFスケールの評定手順の違い

3 2018年6月16日に国頭郡伊江村で発生した事例について

(1) 概要

2018年6月16日09時30分頃、沖縄県国頭郡伊江村東江上から伊江村西江前で突風が発生し、空港格納庫の屋根ふき材の一部が飛散するなどの被害が発生した。

現地調査の結果、被害や痕跡が帯状に分布してい

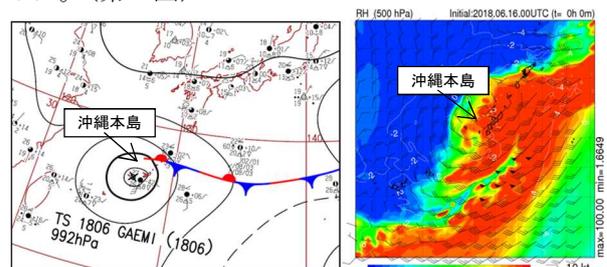
たことや、突風はごく短時間であったという証言が得られたことなどから、この突風は竜巻によるものと推定した。また、突風の強さは風速約70m/sと推定され、日本版改良藤田スケールでJEF3に該当した。なお、被害範囲は、幅約570m、長さ約4.1kmであった。

(2) 気象概況

6月16日09時の地上天気図（第2図）によると、梅雨前線が奄美付近に停滞し、台風第6号が沖縄本島近海を北東へ進んでいた。台風の接近に伴い、沖縄本島地方では暖かく湿った空気が流れ込み、大気の状態が非常に不安定となっていた。また、16日09時の500hPaのメソ解析（第3図）によると、トラフが東シナ海を南下し、中層の乾燥域が台風の南側を回り込んで沖縄本島付近まで流入していた。

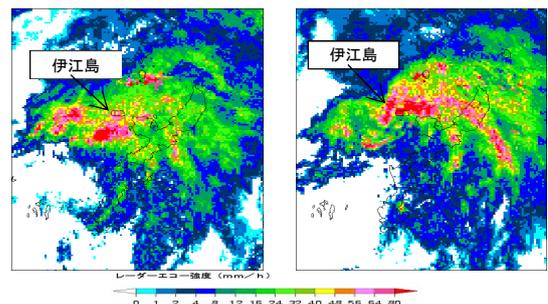
気象レーダー観測（第4図）では、09時頃には、積乱雲が急発達し、粟国島から本島北部にかけて、解析雨量80mm/h以上を解析した。また、竜巻が発生した09時30分頃には、伊江島付近にフックエコーが見られた。

伊江村が設置している風向風速計の観測データでは、09時29分に伊江島空港で南南東62.1m/s、09時31分に西崎公民館で東北東59.9m/sの最大瞬間風速（0.25秒毎に観測した前1分間の最大値）を観測した。（第5図）

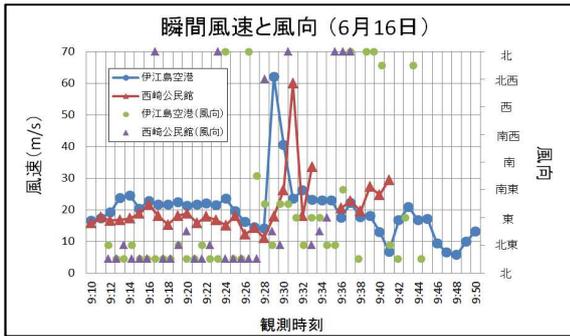


第2図 地上天気図
(6月16日09時)

第3図 500hPaメソ解析
要素：相対湿度、気温、風
(6月16日09時)



第4図 レーダー画像 左図：09時00分 右図：09時30分



第5図 伊江島空港と西崎公民館の瞬間風速（0.25秒毎に観測した前1分間の最大値）と風向

(3) 現地調査のまとめ

第6図に被害の発生場所を示す。現地調査などから次のことが分かった。

【現地調査より】

- ・突風発生時に活発な積乱雲が付近を通過中であった。
- ・被害や痕跡は帯状に分布していた。
- ・被害や痕跡から推定された風向は不規則であり、様々な方向がみられた。
- ・被害域の長さは、地点⑤のパイプハウス被害から地点⑥の倉庫の破損被害まで約4.1kmであった。
- ・被害幅は最も大きいところで約570mであった。
- ・移動速度や回転方向は特定できなかった。

【聞き取り調査より】

- ・突風が発生した時刻は、携帯電話の履歴等より、09時30分頃と判断した。
 - ・突風現象はごく短時間（1分程度）で、一瞬であった（急に風が強まり、急に弱まった）という証言が複数得られた。
 - ・「ゴー」という音を聞いた人がいた。
 - ・平屋建て屋根付近まで泥が付着していたという証言が得られた。
- 以上から、この突風は竜巻と推定した。

(4) 竜巻の規模

第6図の地点①～⑥の被害状況と、日本版改良藤田スケールから推定される風速は次のとおりである。

【風速約 70m/s】地点①：鉄骨造倉庫の屋根ふき材（鋼板折板屋根）の飛散（風上側壁面に開口ができていない状態）。(第7図 左図)

【風速約 60m/s】地点②：広葉樹の幹折れ（腐朽なし、形状比の計測なし）。

【風速約 45m/s】地点③：幌つき軽自動車の横転（車体は静止中）。

地点④：道路交通標識の傾倒（支柱基部に錆なし）。

【風速約 35m/s】地点⑤：園芸施設、パイプハウスの鋼管の変形または倒壊（鋼管の直径 約25mm、著しい劣化はなし）。(第7図 右図)

【風速約 30m/s】地点⑥：鉄骨造倉庫の目視で分か

る程度の被害。

また、その他の被害として、建物の窓ガラス破損、自動車の窓ガラス損壊、コンテナの横転、樹木の被害、作物の倒伏等を確認した。

以上から、竜巻の強さは風速約70m/sと推定し、日本版改良藤田スケールでJEF3に該当すると判断した。

なお、この事例は日本版改良藤田スケールの運用を開始して初めてのJEF3の評定となった。



第6図 被害発生地域地図（上図、中図、下図）

- ①～⑥ 被害状況番号と対応、聞き取り調査地点（A, B, C, D, D'）
- 風向風速計、観測地点名、物が倒れたり、飛散した方向塗りつぶした丸印は被害や痕跡の地点（色は推定風速の違いによる）
- （推定風速不明）、●（39m/s未満）、●（39m/s以上 - 53m/s未満）
- （53m/s以上 - 67m/s未満）、●（67m/s以上 - 81m/s未満）



第7図 被害状況 左図：地点①被害 右図：地点⑤被害

4 2018年9月28日に名護市で発生した事例について

(1) 概要

2018年9月28日16時51分頃、名護市字久志で突風が発生し、車の横転、樹木の幹折れなどの被害があった。また、同日17時28分頃、名護市字済井出から国頭郡今帰仁村字上運天で突風が発生し、車の横転、家屋の倒壊などの被害があった。

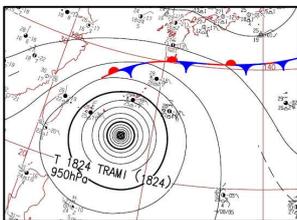
現地調査の結果、名護市字久志で発生した突風については、被害や痕跡が帯状に分布していたことや、突風はごく短時間であったという証言が得られた事などから、この突風は竜巻の可能性が高いと判断した。また、突風の強さは風速約40m/sと推定され、日本版改良藤田スケールでJEF1に該当した。なお、被害範囲は、幅約70m、長さ約1.0kmであった。

名護市字済井出付近で発生した突風については、突風発生時に活発な積乱雲が付近を通過中であったことや、渦を撮影した画像が得られたことなどから、竜巻と認められた。また、突風の強さは風速約50m/sと推定され、日本版改良藤田スケールでJEF1に該当した。なお、被害範囲は、幅約110m、長さ約1.0kmであった。

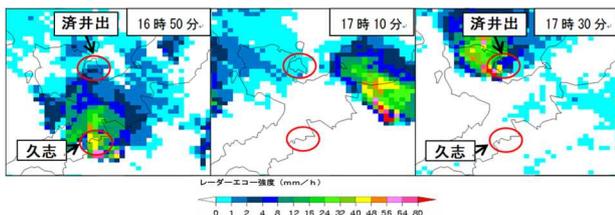
(2) 気象概況

9月28日18時の地上天気図(第8図)によると、非常に強い勢力の台風第24号が那覇の南約300kmを北北西へ進んでいた。沖縄本島地方は、台風の接近に伴い、大気の状態が非常に不安定となっていた。また、28日00時頃から台風の強風域に入り、台風の外側の雲がかかり始めた。

気象レーダー観測(第9図)では、久志付近を16時50分頃、済井出付近を17時20分から30分にかけて非常に発達した降水域が通過した。



第8図 地上天気図(9月28日15時)



第9図 レーダー画像
(9月28日16時50分~17時30分)

(3) 現地調査のまとめ(名護市久志の事例)

第10図に被害の発生場所を示す。現地調査などから次のことが分かった。

【現地調査より】

- ・突風発生時に活発な積乱雲が付近を通過中であった。
- ・被害や痕跡は帯状に分布していた。
- ・被害域の長さは、地点①の軽自動車の横転場所から地点②の広葉樹の幹折れ付近まで、約1.0kmであった。
- ・被害幅は、最も大きいところで約70mであった。
- ・移動速度や回転方向は特定できなかった。

【聞き取り調査より】

- ・突風が発生した時刻は、防犯カメラの映像等より16時51分頃と判断した。
 - ・突風現象はごく短時間(1分程度)であったことや、急に風が強まり白い風の塊が移動するのを見たという証言が複数得られた。
 - ・「ゴー」という音を聞いた人がいた。
- 以上から、この突風は竜巻の可能性が高いと判断した。

(4) 竜巻の規模(名護市久志の事例)

第10図(中図)の地点①~③の被害状況と、日本版改良藤田スケールから推定される風速は次のとおりである。

【風速約40m/s】地点①：軽自動車の横転(ワンボックス、車体静止中)。

地点②：広葉樹の幹折れ(腐朽なし、形状比92.8)。

【風速約35m/s】地点①：軽自動車の横滑り(ワンボックス、車体静止中)。

【風速約30m/s】地点③：広葉樹の枝折れ。

また、その他の被害として、住宅の屋根瓦やTVアンテナの飛散、物置の移動等を確認した。

以上から、竜巻の強さは風速約40m/sと推定し、日本版改良藤田スケールでJEF1に該当すると判断した。

(5) 現地調査のまとめ(名護市済井出の事例)

第10図に被害の発生場所を示す。現地調査などから次のことが分かった。

【現地調査より】

- ・突風発生時に活発な積乱雲が付近を通過中であった。
- ・突風発生時に渦を撮影した画像が複数得られた。
- ・被害や痕跡は帯状に分布していた。
- ・被害域の長さは、地点④の広葉樹の幹折れ付近から今帰仁村運天港付近まで、約2.9kmであった。
- ・被害幅は、最も大きいところで約110mであった。
- ・回転方向は、反時計回りであった(撮影された映像より確認)。移動速度は特定できなかった。

【聞き取り調査より】

- ・突風が発生した時刻は、動画の撮影時刻や携帯電話の履歴等より 17 時 28 分頃と判断した。
- ・竜巻の目撃証言が複数あった。
- ・突風現象はごく短時間（1 分程度）であったという証言が複数得られた。
- ・「ゴー」という音の移動を聞いた人や耳鳴り等の体感による証言が複数あった。
- ・今帰仁村仲宗根付近で、葉っぱが降り落ちてきたという証言があった。

以上から、この突風は竜巻と認められると判断した。

（４）竜巻の規模【名護市済井出の事例】

第 10 図（下図）の地点①～⑤の被害状況と、日本版改良藤田スケールから推定される風速は次のとおりである。

【風速約 50m/s】地点①：軽自動車の横転（幌なし、車体静止中）。（第 11 図 左上図）

【風速約 35m/s】地点②：園芸施設の被覆材（ビニルなど）のはく離（全体の 50%以上）。（第 11 図 右上図）

【風速約 30m/s】地点③：木造の住宅被害（目視でわかる程度の被害）。（第 11 図 左下図）

地点④：広葉樹の幹折れ（腐朽あり、形状比なし）。

地点⑤：広葉樹の枝折れ（腐朽なし）

また、その他の被害として、木造住宅の全壊や破損、屋根瓦の飛散、トタン屋根の飛散、家畜小屋の破損、樹木の被害、作物の倒伏等を確認した。

以上から、竜巻の強さは、風速約 50m/s と推定され、日本版改良藤田スケールで JEF1 に該当すると判断した。

5 おわりに

2018 年は、沖縄本島地方で発生した突風による被害について 3 件の現地調査を行った。調査では被害状況や発生地域の確認、目撃の情報収集等を行い、「日本版改良藤田スケールに関するガイドライン」等に沿って評価を行った。その結果、3 件の被害とも気象現象の要因が竜巻であることを評価し、突風の強さ（風速）を推定した。

今回得られた結果を、今後の突風現象のメカニズム解明や突風予測や災害対策の資料として役立てていきたい。

謝 辞

風向風速計の観測値は、伊江村より提供して頂きました。ここに感謝の意を表します。

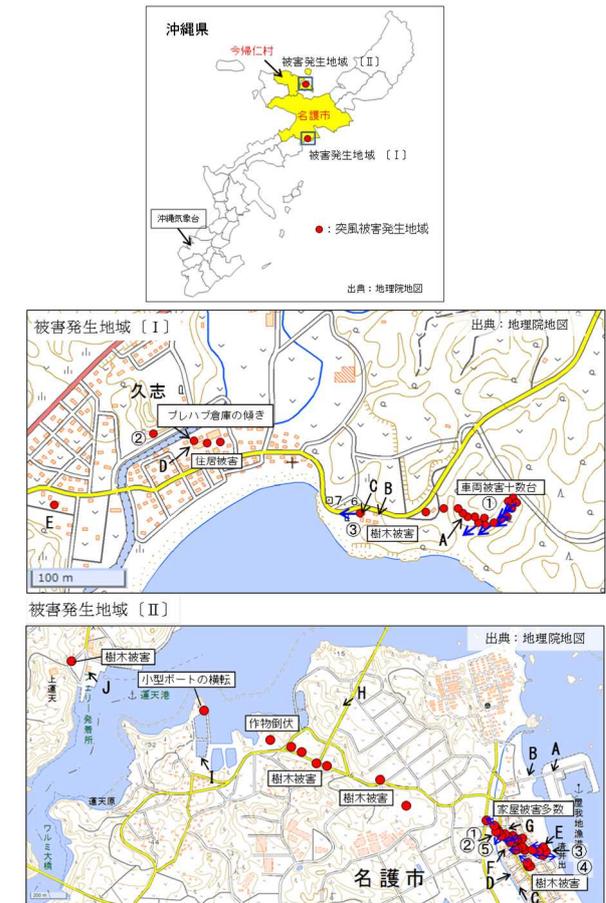
参考文献

沖縄気象台，2018:現地災害調査報告 平成 30 年 6

月 16 日に沖縄県国頭郡伊江村で発生した突風について

沖縄気象台，2018:現地災害調査報告 平成 30 年 9 月 28 日に沖縄県名護市で発生した突風について
気象庁，2017:日本版改良藤田スケールに関するガイドライン

※地図の作成に当たっては、国土地理院長の承認を得て、同院発行の『電子地形地図（タイル）』を複製した。（平 29 情復、第 958 号）



第 10 図 被害発生地域地図（上図、中図、下図）

①～⑤ 被害状況番号と対応、聞き取り調査地点（A～J）
● 被害や痕跡の地点



第 11 図 名護市済井出の被害状況

上図 左：地点①被害 右：地点②被害

下図 左：地点③被害 右：竜巻の写真（大宜味村より撮影）

沖縄沿岸における波浪の

長期変動傾向

ZHENG WANZHOU(鄭万周)

久木幸治(琉球大学理学部)

1 はじめに

波浪観測は、天気予報に必要とされるほか、沿岸施設の設計や防災にも利用されている。また特に 10 年以上の観測データに基づく高波統計などが活用されている。日本沿岸における波浪観測の代表的なものは全国港湾海洋波浪情報網 (NOWPHAS) であり、現在、全国で 78 観測地点において、波浪の定常観測を実施している。沖縄の波浪特性は、太平洋側ではそれぞれの年に台風の影響に左右されることが多い。本研究では沖縄沿岸の波浪観測データを用いて、年ごとの変化率と台風による高波の発生を検証する。

2 使用データと研究方法

波高の解析は全国港湾海洋波浪情報網 (NOWPHAS) の観測データを使用した。沖縄県内観測地点 (図 1) は那覇、中城、石垣、平良 (宮古島) の 4 つである。観測機種は海象計であり、これは海中超音波のドップラー効果を応用した波浪計である。また海底から多方向に超音波を発射し水粒子の運動を観測、解析によって波向きを求めることが可能である。この観測機器には故障や通信異常等があったため、異常値や欠測値が見つかった。そのためそれらのデータを解析前に取り除く作業を行った。観測は、1 日 12 回・2 時間毎、データの数は 1 年あたり最大で $365 \times 12 = 4380$ (平年)、 $366 \times 12 = 4392$ (閏年) である。観測期間は那覇と中城において 1973 年～2016 年の 44 年間であり、石垣と平良においては、1996 年～2016 年の 21 年間 (1996 年後観測開始) である。台風の進路は国立情報学研究所 (NII) の digital-typhoon のデータを利用した。解析

は毎年の有義波高と上位 10%、1%、0.1% を抽出し、平均波高と上昇率を求めた。

3 結果と考察

4 つ観測地点における平均有義波高の上昇率はすべて 1 cm/年未満であり、那覇では 0.03 cm/年の低下傾向が見られる。年平均有義波高はほぼ一定である。那覇と中城の平均有義波高が石垣、平良より高い。観測地点 (図 1) から見ると、石垣、平良が島の一部に囲まれていることが、波高低下の原因だと考えられる。有義波高上位 0.1% 平均値 (高波) の上昇率は特に中城では 7.6 cm/年で増加している (図 2)。中城における高波の発生時間を調べると、主に夏に高波が見られた。高波の発生時間の波観測データ (図 4) と同時間に発生した台風

(2015 年 9 号台風) の進路 (図 5) から見ると、高波の発生時刻と台風の到達時刻が一致している。従って台風が高波発生の要因だと考えられる。2015 年の 7 月 10 日 0 時に、13.24m の非常に高い波が観測され

(図 4)、台風の中心気圧が最も低くなった。次に台風の影響を除いて解析すると、中城の高波の上昇率が約 2.1 cm/年となった

(図 3)。高波発生時間の頻度 (図 6) を月別で統計すると、高い順から 9 月 (28 回)、10 月 (25 回)、8 月 (19 回) となり、沖縄の高波の最大の要因は台風だと言える。また、PDO 指数 (太平洋十年規模振動) と高波に強い相関関係 (図 7) は見られなかった。

4 今後の課題

現在沖縄の観測地点が 4 つしかないので、今後新たな地点の観測データも検証したいと思う。また、波向きの変化は今後も解析する。

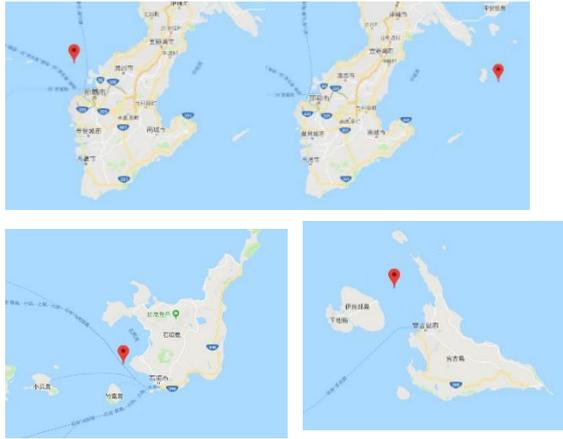


図1 観測地点：順に那覇、中城、石垣、平良（宮古島）

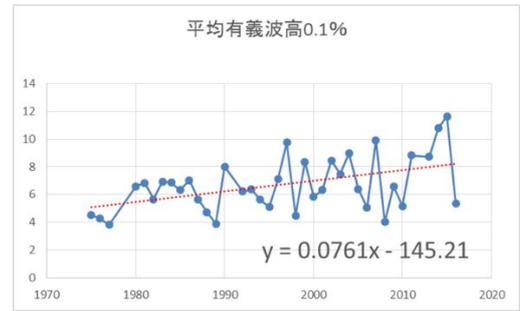


図2 中城の高波上昇率 7.6 c m/年

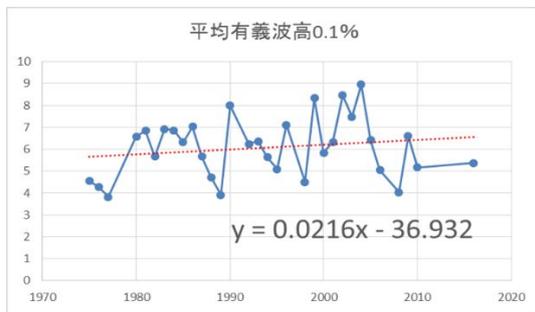


図3 2.1 c m/年

年	月/日/時	平均波高(m)
2015	7 9 18	10.23
2015	7 9 20	10.73
2015	7 9 22	12.05
2015	7 10 0	3.24
2015	7 10 4	11.85
2015	7 10 6	10.01

図4 観測機械のデータ

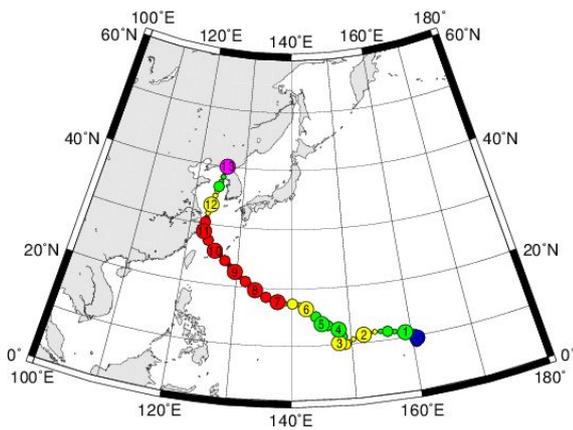


図5 2015年7月の9号台風進路

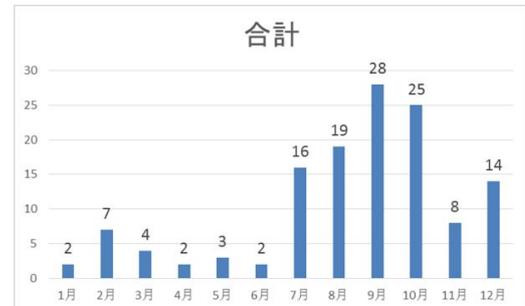


図6 高波発生頻度（月別）

観測地点	相関係数
那覇	-0.1324962
中城	0.29326792
石垣	0.28553532
平良	-0.2068473

図7 高波と PDO 指数の関係性

験潮データから見る高潮位トレンド

古宇利友哉, 久木幸治(琉球大学理学部)

1. はじめに

本研究では、験潮データより高潮位発生の長期変化傾向を検出し、近年の高潮潮位の増減についての認知する。また、防災に役立てる手立てを考えることを目的としている。

一般的に高潮とは、台風など、強い低気圧の来襲による、海面水位の上昇のことである。周期が数時間と長いのが特徴である。また、高潮位発生には主な二つの効果がある。一つ目が吸い上げ効果である。低気圧の中心は周囲より気圧が低い。そのため、気圧の高い周辺の空気は海水を押し下げようとして作用し、低気圧中心付近の海面が上昇する効果である。二つ目が吹き寄せ効果である。強い風が沖から海岸に向かって吹くと、海水は海岸に吹き寄せられ、海岸付近の海面が上昇する効果である。これらの効果の内低気圧の来襲が潮位に直接作用する、吸い上げ効果の高潮位発生への寄与を探り考察した。

2. 使用データ概要

本研究では、高潮位発生時、(調和解析後)高潮位発生時、平均潮位の各長期変化傾向(以下トレンド)の検出に国土地理院験潮場観測潮位データ(毎時潮位)を使用した。また各地(調和解析後)高潮位トレンドと海面気圧との比較に験潮場付近の気象庁海面更生気圧時別値を使用した。(図1)

3 解析方法

3-1 高潮位時トレンドの検出

年間験潮(毎時潮位)データ数 $365(\text{閏年 } 366) \times 24 = 8760(\text{閏年 } 8784)$ 個から欠測値を除き、上位 0.01% の値を高潮位発生時の値として抽出した。年ごとに高潮位発生時の平均値を算出し、20年間のグラフを

作成し、トレンドを求めた。また年ごとに欠測値を除いた全データ平均値を算出し、平均潮位トレンドを作成した。

3-2. (調和解析後)高潮位時トレンドの検出

験潮データに対し調和解析(4分潮)を行い、一日の潮汐周期にあらわれる主要4分潮を除外(後に行う気圧データとの相関関係をみる際、気圧に関わりなく独立している潮汐の影響を除外する必要がある)した。

年ごとに調和解析後データ値(欠測を除いたもの)より上位 0.01% を(調和解析後)高潮位発生時データとして抽出し、各年上位 0.01% 平均値から(調和解析後)高潮位時トレンドを求めた。

3-3. Mann-Kendall rank statistic

検出されたトレンドが統計的に有意であるか確かめる。なお、今回検出した全15カ所の高潮位トレンドは Mann-Kendall rank statistic の適用により統計的に有意であると判定された。

3-4. 低気圧時トレンドの検出

年ごとにデータ数 $365(\text{閏年 } 366) \times 24 = 8760(\text{閏年 } 8784)$ 個の海面気圧から欠測値を除き、その内下位 0.01% に相当する値を低気圧時データとして抽出した。各年低気圧時データの平均値を算出し20年間(福井県三国験潮場は19年間)グラフを作成し、トレンドを求めた。(調和解析後)高潮位時トレンドとの関係をみる。

3-5. データ比較

得られた各年(調和解析後)高潮位時データ平均値と各年低気圧時データ平均値の散布図から相関を調査した。また、相関の度合いについては相関係数によって決定した。

4. 結果

4-1. 各潮位トレンドまとめ

図2は15カ所験潮場の場所、データ使用年数、各

トレンドの変化率(年)、平均潮位差(高潮位平均と平均潮位との差)をまとめたものである。

平均潮位差をみると、1~8の太平洋側地点での潮位差が、9~15の日本海側地点に比べ大きいことがわかる。

各験潮場での年変化率の符号(正負)に着目すると、高潮位時平均と平均潮位は宮崎県細島験潮場を除く14地点で等しい。(調和解析)高潮位時平均を含めて3つの年変化率の符号が一致する地点となると、15地点中11地点となる。

4-2. (調和解析後)高潮位発生時と低気圧時の相関
一般的に気圧が下がると潮位が上がるため負の相関がみられる地点では、気圧と潮位の対応関係の度合いが高い可能性がある。相関係数の算出によりこれを確かめる。

図3は15地点の高潮位、低気圧それぞれの年変化率(年)と相関係数をまとめたものである。

15地点中7地点において弱い相関(相関係数の絶対値0.2から0.4)がみられた、相関係数の絶対値は最大の地点(宮崎県細島/延岡)で0.36551であり、結果として高い相関が見られる地点はなかった。

図4は高潮位時平均、低気圧時平均の年変化率の正負が逆(対応関係の可能性あり)かつ、相関係数の値に弱い負の相関が見られた3地点験潮場を図示した。これら3地点においては高潮位発生 of 直接的な要因として地点気圧の低下を考慮することができると思われる。風の影響を受けにくい地形(相対的に地点気圧との相関が強まる)などの可能性がある。

5. まとめと考察

本研究で調査した15ヵ所験潮場において、高潮位時平均トレンド、平均潮位トレンドは場所によって大きく異なった。潮位(特に高潮位発生時)の増減に対してはより狭いスケールごとに調査する必要があるという結果となった。これは観測気圧(特に低気圧時)との間にほとんど相関が見られなかった(一部弱い相関がみられた)ことから読み取れる。験潮場付近の風向風速、地形の影響などよりローカルな要

素について検討することが課題となった。また、地点ごとに高潮位発生に対する各要素の寄与率を算出することが可能であれば、より良く緻密な防災計画の立案につながるのではないかと思う。

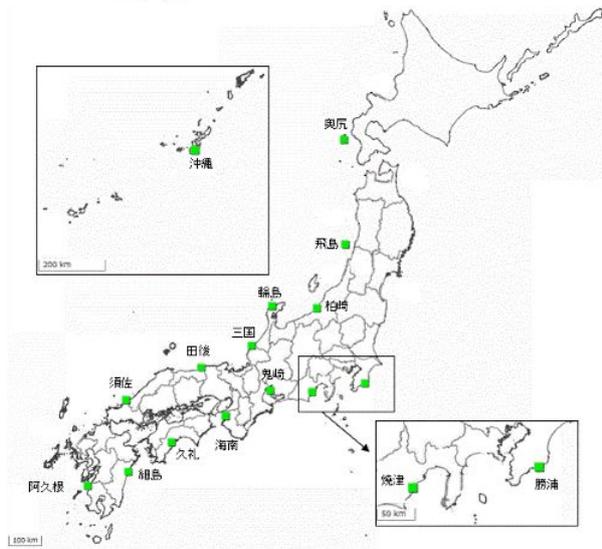


図1 データ使用験潮場地点

地点	N	E	使用年(年数)	0.01%a(normal)	0.01%a(調和解析)	a(平均潮位)	潮位差平均 (長期-平均潮位)
1 沖縄県南城市	26° 11'	127° 49'	1999-2018(20)	0.0041	-0.0048	0.0016	1.36312585
2 鹿児島県阿久根市波留	32° 01'	130° 11'	1999-2018(20)	0.0018	0.0012	0.0025	1.7614338
3 宮崎県日向市延岡	32° 26'	131° 40'	1999-2018(20)	-0.0002	-0.0037	0.0016	1.24320565
4 高知県高岡郡中土佐町	33° 20'	133° 15'	1999-2018(20)	-0.0025	-0.0076	-0.002	1.2335786
5 和歌山県海南市冷水	34° 09'	135° 12'	1999-2018(20)	-0.0013	-0.0047	-0.0012	1.1890968
6 愛知県常滑市港町	34° 54'	136° 49'	1999-2018(20)	-0.0025	-0.0053	-0.0023	1.45728005
7 静岡県焼津市中港	34° 52'	138° 20'	1999-2018(20)	0.0009	-0.0045	0.0019	1.06383175
8 千葉県勝浦市興津	35° 08'	140° 15'	1999-2018(20)	-0.0004	-0.009	-0.0002	1.00757315
9 山口県萩市	34° 38'	131° 36'	1999-2018(20)	0.002	0.0006	0.0036	0.63215
10 鳥取県岩美郡岩美町	35° 36'	134° 19'	1999-2018(20)	0.0047	0.0037	0.0054	0.4639638
11 福井県坂井市三国町	36° 15'	136° 09'	1999-2017(19)*	0.0036	0.0017	0.0032	0.434934632
12 石川県輪島市輪島崎町	37° 24'	136° 54'	1999-2018(20)	0.0015	-0.0005	0.0013	0.46330665
13 新潟県柏崎市藤波	37° 21'	138° 31'	1999-2018(20)	-0.0008	-0.0019	-0.0004	0.44576085
14 山形県酒田市飛鳥	39° 11'	139° 33'	1999-2018(20)	-0.0043	-0.0057	-0.0032	0.3908312
15 北海道奥尻郡奥尻町	42° 05'	139° 29'	1999-2018(20)	0.0013	0.001	0.0049	0.367175

図2 潮位各トレンドまとめ

地点	使用年(年数)	潮位上位0.01% 平均トレンド(調和解析) (m)	気圧下位0.01% 平均トレンド (hPa)	相関係数 (気圧-潮位)
1 沖縄県南城市/那覇	1999-2018(20)	-0.0048	0.1233	-0.01
2 鹿児島県阿久根市/阿久根	1999-2018(20)	0.0012	0.1229	-0.29682
3 宮崎県日向市/延岡	1999-2018(20)	-0.0037	-0.07	-0.36551
4 高知県高岡郡/高知	1999-2018(20)	-0.0076	-0.2132	-0.18841
5 和歌山県海南市/和歌山	1999-2018(20)	-0.0047	-0.1828	-0.12884
6 愛知県常滑市/名古屋	1999-2018(20)	-0.0053	-0.1493	0.132288
7 静岡県焼津市/静岡	1999-2018(20)	-0.0045	-0.073	0.13784
8 千葉県勝浦市/勝浦	1999-2018(20)	-0.009	-0.0564	0.150665
9 山口県萩市/萩	1999-2018(20)	0.0006	-0.0049	-0.32558
10 鳥取県岩美郡/鳥取	1999-2018(20)	0.0037	-0.1012	-0.35185
11 福井県坂井市/福井	1999-2017(19)*	0.0017	-0.1322	-0.32062
12 石川県輪島市/輪島	1999-2018(20)	-0.0005	-0.127	-0.27514
13 新潟県柏崎市/高田	1999-2018(20)	-0.0019	-0.1283	-0.01414
14 山形県酒田市/酒田	1999-2018(20)	-0.0057	-0.0632	-0.20761
15 北海道奥尻郡/江差	1999-2018(20)	0.001	-0.1381	-0.01732

図3 潮位-気圧比較

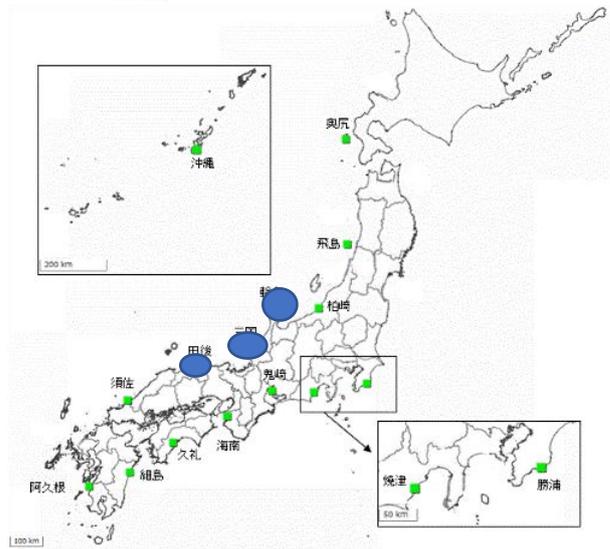


図4

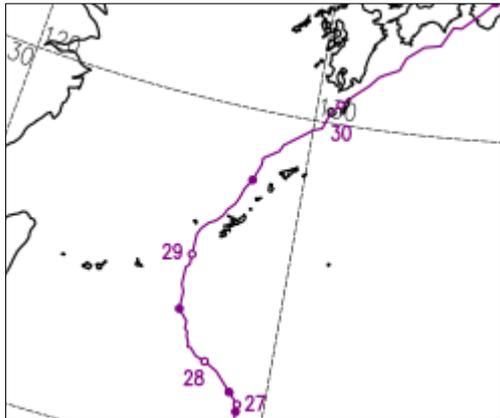
1 はじめに

平成 30 年 9 月 29 日に大型で非常に強い台風第 24 号が沖縄本島地方にかなり接近し、沖縄本島の沖縄市泡瀬と南城市玉城字糸数に高潮による浸水害が発生した。また、嘉手納町水釜及び名護市山入端では高波による浸水害及び施設損壊が発生した。これらの災害の発生要因について考察したので報告する。

2 気象概況

(1) 台風の経路と勢力

9 月 21 日 21 時にマリアナ諸島で発生した T1824 は発達しながら西北西に進み、25 日 00 時にはフィリピンの東で猛烈な勢力となった。25 日 21 時には沖縄の南で非常に強い勢力となり停滞した。26 日にはゆっくりと北上し、29 日午前中にかけて宮古島地方の東の海上を北へ進んだ後、29 日午後、中心気圧 950hPa、最大風速 45m/s と大型の非常に強い勢力で沖縄本島と久米島の間を北東へ進んだ(第 1 図)。



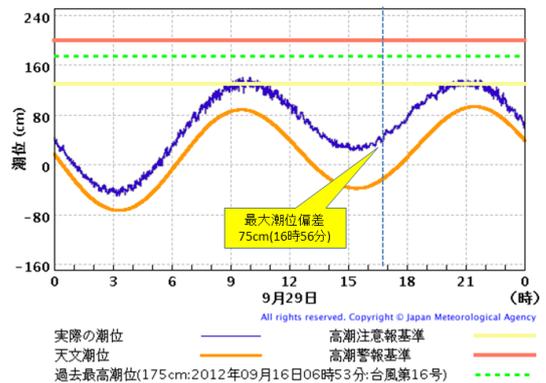
第 1 図 平成 30 年台風第 24 号の経路

(2) 観測値

南城市の玉城糸数及びうるま市の宮城島(アメダス)では 29 日朝から昼前にかけて 30m/s を超える東～南東の猛烈な風が観測され、最大風速は南城市糸数で 37.4m/s (09 時 59 分、南東の風)、宮城島(29 日 11 時以降欠測)で 36.6m/s (09 時 10 分、東南東の風)であった。また、那覇市樋川では、最接近後の 29 日 18 時 18 分に最大風速 34.0m/s (西南西の風)が観測された。

那覇市樋川(沖縄気象台)では 29 日 14 時 54 分に 954.2hPa、名護市宮里(特別地域気象観測所)では 29 日 15 時 54 分に 953.7hPa の最低海面気圧が観測された。

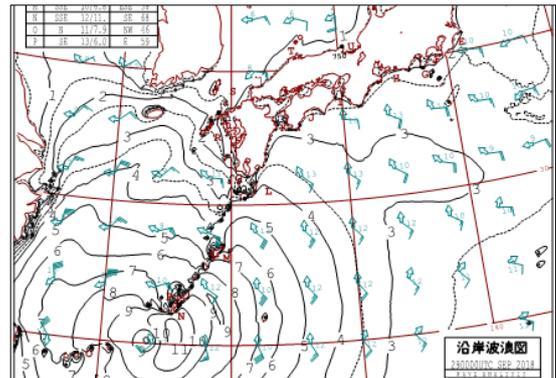
那覇検潮所(那覇港)で 9 月 29 日に観測された潮位の変化を第 2 図に示す。昼前の満潮(09 時 32 分)と夜の満潮(21 時 27 分)の頃に高潮注意報基準値(標高 130cm)に達している。最高潮位は 09 時 59 分の標高 140cm、最大潮位偏差は 16 時 56 分の 75cm であった。



第 2 図 那覇検潮所における潮位の変化

沖縄気象台の調査業務の一環として本部町の浜崎漁港に設置した簡易水位計では、標高 1.9m の最高潮位が確認された。

29 日 09 時の沿岸波浪図(第 3 図)によると沖縄本島の南東海上では猛烈なしけとなっており、沿岸代表点のうち N 点(北緯 26° 00'、東経 128° 00')の波高は 11.0m であった。また、29 日 21 時には P 点(北緯 26° 40'、東経 127° 30')の波高は 8.2m であった。



第 3 図 沿岸波浪実況図(2018 年 9 月 29 日 09 時)

(3) 報道等により把握できた被害

新聞（県内 2 紙）による報道及び自治体から県への報告により把握できた災害を第 1 表に示す。高潮による浸水害は沖縄本島の太平洋側であり、東シナ海側では高波による被害が主となっている。

第 1 表 台風第 24 号による高潮・高波災害

自治体	被害
沖縄市	高潮による住宅等浸水
南城市	高潮による住宅等浸水
与那原町	高波による船の乗揚げ
嘉手納町	高波による施設損壊及び住宅等浸水
名護市	高波による住宅等浸水、施設損壊、道路冠水等
本部町	高波による施設損壊、道路冠水等
東村	打ち揚げられた砂による国道通行止め
久米島町	高波による施設損壊
北谷町	高波による施設損壊
宜野座村	高波による浸水害（県の記録は高潮）
中城村	高潮による浸水害
座間味村	高波による施設損壊
国頭村	高波による施設損壊

3 現地調査

(1) 調査方法

沖縄市泡瀬、南城市玉城字奥武及び嘉手納町水釜では、沖縄気象台の JMA-MOT として現地で浸水痕跡の標高を測定した。また、自治体の防災担当者や付近の住民に対して聞き取りを行った。自治体防災担当者や付近の住民に対する聞き取り調査は、名護市についても実施した。

(2) 浸水痕跡高の測量結果

沖縄市泡瀬では民家のガレージ、南城市玉城字奥武では飲食店内において、嘉手納町水釜ではホテル、マンション建設現場及び公共トイレにおいて浸水痕跡を確認し、その標高を測定した。その結果、浸水痕跡の標高は沖縄市泡瀬で 2.1m、南城市玉城字奥武で 3.4m、嘉手納町水釜で最大 3.8m であることが分かった。

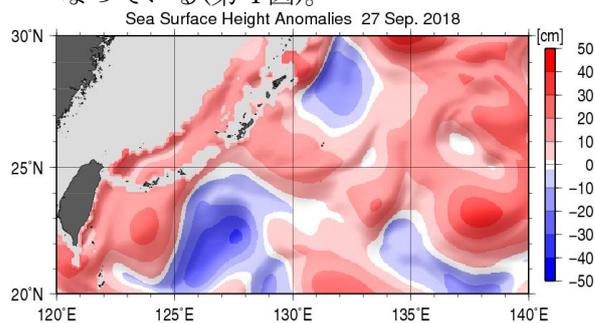
(3) 災害発生時刻

住民からの聞き取りにより、災害の発生時刻は沖縄市泡瀬と南城市玉城字奥武が 29 日 09 時頃、嘉手納町水釜で 29 日 19~20 時頃、名護市山入端で 20 時過ぎであることが分かった。

沖縄市泡瀬と南城市玉城字奥武は、天文潮による満潮時刻（那覇港で 09 時 32 分）と良く一致している。また、那覇検潮所で観測された最高潮位の発現時刻ともほぼ一致している。

(4) 潮位偏差

災害発生時間帯である 29 日 09 時の那覇港における天文潮位は 0.9m であった。これが沖縄市泡瀬及び南城市玉城字奥武でもほぼ同じであったと仮定すると、浸水痕跡高との差から潮位偏差は沖縄市泡瀬で 1.2m、南城市玉城字奥武で 2.5m であったと推定される。9 月 27 日の気象庁の海況旬診断によると、沖縄本島の東海上には暖水渦があり、海面高度が平年よりも 0.1~0.2m 高くなっている(第 4 図)。



第 4 図 沖縄近海の海面高度偏差分布図

(2018 年 9 月 27 日)

4 考察

(1) 沖縄市泡瀬の住宅等浸水

29 日 09 時には、那覇市樋川で 969.1hPa、名護市宮里で 981.1hPa の海面気圧が観測された。沖縄市泡瀬での海面気圧は不明であるが、これらの観測点と台風との位置関係から、970hPa~980hPa であったと考えられる。那覇市樋川の 9 月下旬における海面気圧の平年値が 1011.0hPa であることから、吸い上げ効果による潮位の上昇は 0.3~0.4m であったと推定される。沖縄市泡瀬は、水深の浅い中城湾の奥に位置していることから、潮位上昇に対する吹き寄せ効果が大きく波浪の効果は小さいと考えられる。潮位偏差 1.2m から吸い上げ効果 0.3~0.4m 及び暖水渦による潮位上昇（最大で 0.2m）を引いた残りを吹き寄せ効果による潮位上昇と解釈すると、それは 0.6~0.9m であったと推定される。

(2) 南城市玉城字奥武の住宅等浸水

29 日 09 時には、南城市玉城奥武から台風までの距離は、那覇市樋川から台風まで

の距離とほぼ同じ 120km であった。これにより、南城市玉城字奥武の 29 日 09 時の海面気圧を那覇市樋川と同じ約 970hPa であったと仮定すると、吸い上げ効果による潮位上昇は約 0.4m であったと推定される。気象庁の高潮モデルのハインドキャストは、気象による潮位上昇について南城市玉城字奥武に隣接する八重瀬町港川で 0.6m と解析している。この値から吸い上げ効果の 0.4m を差し引いた 0.2m が吹き寄せ効果による潮位上昇となる。

気象及び暖水渦による潮位上昇を最大の 0.8m と見積もっても、浸水痕跡高により推定される潮位偏差には 1.7m 不足であり、それは波浪の効果による潮位上昇分と解釈される。田口他(2017)が求めた港川における実験式によって求めた波浪の効果による潮位上昇は、波高 11m で 1.7m、10m で 1.4m であった。

(3) 嘉手納町水釜と名護市山入端の施設損壊及び住宅等浸水

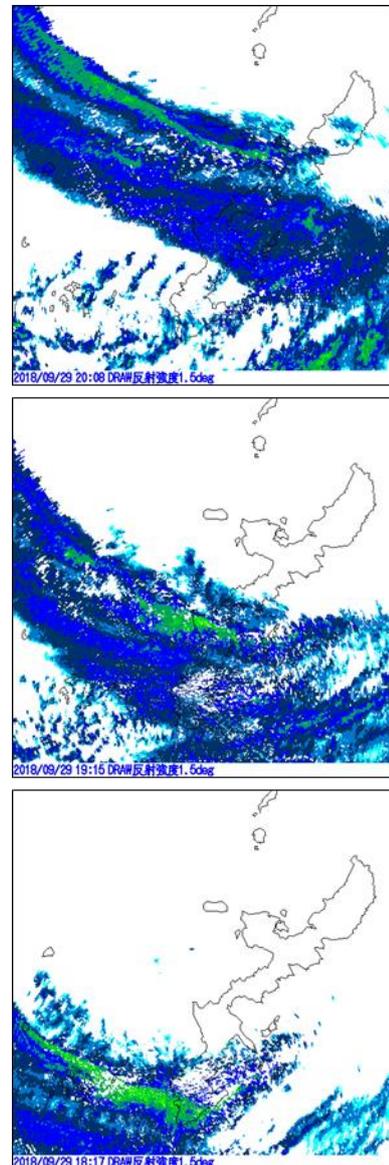
目撃情報等から、これらは高波が護岸を損壊するとともに、越波したと推測される。浜崎漁港の水位計のデータから、越波には台風接近に伴う潮位の上昇も関与していたと考えられる。

那覇空港気象ドップラーレーダー(DRAW)の観測によると、那覇市樋川で最大風速が観測された 29 日 18 時 18 分頃には那覇市付近に強いエコーがかかっていた。このエコーは、台風の移動とともに北上し、19 時頃には嘉手納町付近に、20 時頃には名護市付近に達している(第 5 図)。台風後面の特に風が強い領域が、このエコーの動きに従って移動していたと仮定すると、その風による高波が災害のトリガーとなった可能性がある。

5 まとめ

- (1) 沖縄市泡瀬の住宅等の浸水害は、台風第 24 号の接近に伴う 0.3~0.4m の吸い上げ効果と 0.6~0.9m の吹き寄せ効果による潮位上昇が、満潮の時間帯と重なったことによると考えられる。
- (2) 南城市玉城字奥武の住宅等の浸水害は、0.4m の吸い上げ効果、0.2m の吹き寄せ効果、満潮の時間帯と重なったことに加え、1.7m 程度の波浪の効果による潮位上昇が要因であったと考えられる。

- (3) 嘉手納町水釜と名護市山入端の施設損壊及び住宅等浸水は、吹き返しの暴風による高波によって発生したものであり、吸い上げ効果等による潮位の上昇も越波を助長していたと考えられる。



第 5 図 那覇空港気象ドップラーレーダー反射強度仰角 1.5 度 2018 年 9 月 29 日 18 時 17 分(下) 19 時 15 分(中) 20 時 10 分(上)

参考文献

田口他、沖縄地方における簡易水位計を用いた波浪効果による潮位上昇 (wave setup) の調査、測候時報第 83 巻(2016)

東シナ海の黒潮流域における表層ベクトルの空間変動

真栄田 幸平・久木 幸治（琉球大学理学部）

1. 研究目的

本研究では沖縄近海における黒潮の変動パターンを理解し、その変動と ENSO（エルニーニョ・南方変動指数）や PDO（太平洋十年規模振動）等の太平洋規模変動との関係を解明することを目的とする。これは、(町田 2018) で示された課題を同時に解決するものである。近年の黒潮研究の要望のうち、気候システムにおける黒潮の役割を理解するために重要である。

2. 使用データと研究方法

本研究では、NASA の OSCAR: third degree resolution ocean surface currents を用い、EOF 解析を行う。欠測データを考慮し、東シナ海の黒潮流軸を覆う範囲で 5 日ごとデータを使用した。太平洋で起こる大規模変動との関係を見るため、OSCAR の EOF 解析で導出した時間係数と比較対象について相関を見る。比較対象は SOI、MEI、PDOmode1、PDOmode2 の 1 ヶ月ごとの値を使用した。

3. 結果と考察

解析の結果、固有ベクトルは黒潮に沿う。各指数との比較は、解析 mode1 と海洋変動も考慮した指数の MEI との相関係数が -0.40 であった。解析 mode2 との相関は小さい。解析 mode2 が黒潮近傍の渦を表し、近海の地形や変動に依存すると考えられる。太平洋変動の影響が時間差で波及する可能性を考慮し、解析結果の 1~12 か月のラグ相関を見た。解析 mode1 と SOI、MEI では共にラグ 0 ヶ月、PDOmode1 は 3 か月ラグ、PDOmode2 は 12 ヶ月ラグで相関が最大であった。PDOmode1 の 3 ヶ月ラグ相関は全体で最大の -0.46 であり、PDO と沖縄近海の関係を示唆する結果となった。各 mode の変動パターンを分析し、局所的な影響も加味すること、季節変動を取り除いた解析を行い、経年変化を調べることが今後の課題として挙げられる。

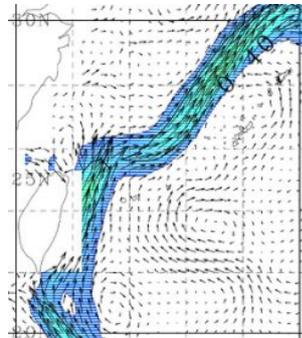


図1. 2000年から2017年の沖縄近海流速ベクトル平均

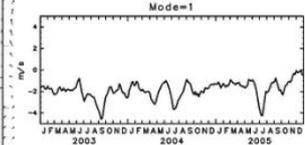


図2. 解析 mode 1 時間係数の偏差図

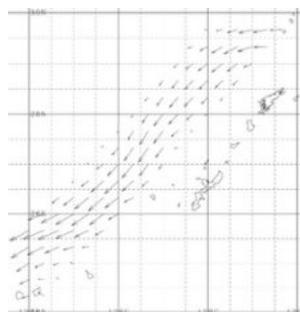


図3. 解析 mode 1 固有ベクトル図

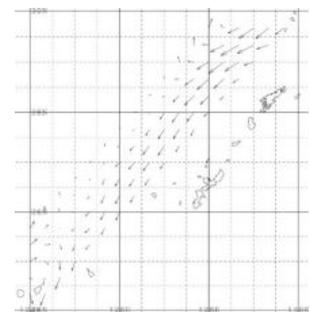


図4. 解析 mode 2 固有ベクトル図

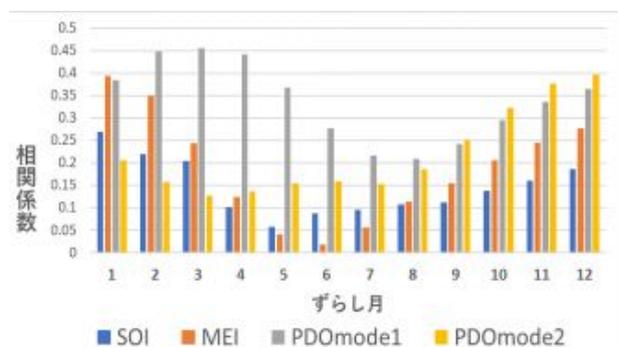


図5. 解析モード1と各比較対象とのラグ相関（1-12 ヶ月）

各指数	相関係数（最大）	ラグ（ヶ月）	解析mode
SOI	0.28	0	解析mode1
MEI	-0.40	0	
PDOmode1	-0.46	3	
PDOmode2	-0.34	12	

図6. 解析モード1と各比較対象の相関係数最大値とラグ（ヶ月）