

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月7日現在

機関番号：17601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2010～2011

課題番号：22651069

研究課題名（和文）海面上の水しぶきの画像計測による海上竜巻の風速・強度推定

研究課題名（英文）Wind velocity and intensity presumption of the waterspout by picture measurement of the spray on a sea surface

## 研究代表者

宮城 弘守 (MIYAGI HIROMORI)

宮崎大学・工学部・助教

研究者番号：90219741

研究成果の概要（和文）：水しぶきを上げる水上竜巻を人工的に発生した。トレーサーとして流した煙と水しぶきが画像上で重なるため、旋回風速と水しぶきの飛散速度を同時に計測できなかった。風の影響のため竜巻渦が刻々と変化することも影響した。人工竜巻の画像解析が予定より遅れたため、水しぶきの画像計測による竜巻風速・強度の推定が遅れている。

研究成果の概要（英文）：Waterspouts which raises a spray were generated artificially. Since the tracer smoke and the spray overlapped on the image, the wind velocity and the spray velocity was simultaneously immeasurable. Since the image analysis of the artificial waterspouts was late for the schedule, presumption of the waterspouts wind velocity and intensity by image measurement of a spray is behind.

## 交付決定額

（金額単位：円）

|        | 直接経費      | 間接経費    | 合計        |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2010年度 | 2,000,000 | 0       | 2,000,000 |
| 2011年度 | 1,100,000 | 330,000 | 1,430,000 |
| 年度     |           |         |           |
| 年度     |           |         |           |
| 年度     |           |         |           |
| 総計     | 3,100,000 | 330,000 | 3,430,000 |

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学・自然災害科学

キーワード：気象災害・海上竜巻風速・強度推定

## 1. 研究開始当初の背景

竜巻発生数は陸上では海岸線に明確な集中があり、そのほぼ半数が海上で発生して上陸したと推定されることが明らかとなってきた(Suzukiら、ECSS 2009)。しかしながら、被害痕跡を残さない海上における竜巻については、位置、大きさ、強さ(最大風速)などの情報はほとんど無い。一方我々は、竜巻画像の解析方法を提案している(宮城・鈴木、風工学シンポジウム 2008)。

## 2. 研究の目的

本国での発生頻度が高い海上起源の竜巻の風速や強度を推定して、「竜巻等の突風データベース」(気象庁)に反映したい。

## 3. 研究の方法

本研究では、「海・水面付近のしぶきの性状または直径が竜巻周辺の風速に依存する」という、これまでにない斬新なアイデアを確

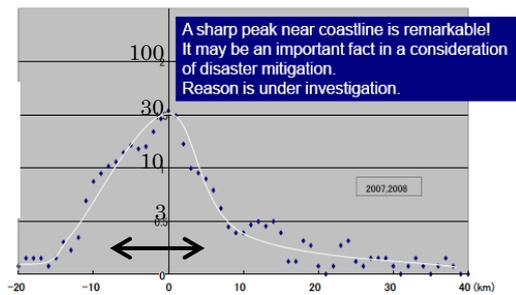
認する必要があることから、上陸して被害を発生した海上竜巻の事例調査・画像解析(研究1)と、竜巻状気流が巻き上げるしぶきの性状と風速を実測する実験(研究2)を行なった。

#### 4. 研究成果

##### ① 研究1

上陸して被害を発生した竜巻の事例ピックアップ:

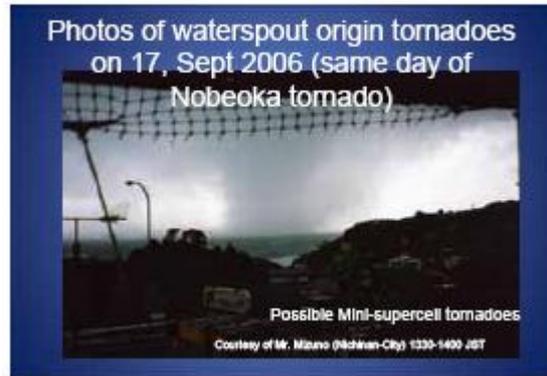
気象庁の竜巻等突風データベース(1961年～2010年)に記録された全事例から、海上で発生し、その後上陸した竜巻のみを抽出して、(1)竜巻を撮影した写真の有無調査、(2)全竜巻に対する水上起源竜巻の比率の調査、(3)海岸線との距離と全竜巻の発生地点分布図の作成を行なった。



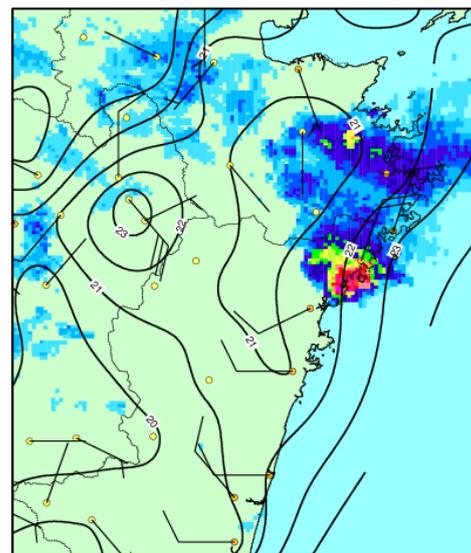
海岸線付近にみられる竜巻発生数のピーク

竜巻画像の解析:

事例に 2011 年分を追加した。完成した事例集で抽出したのは、1961年～2011年8月末までに発生した全 1908 事例からの 103 事例となった。この中から、20041022 門別町厚賀、20080519 伊良湖岬(上陸なし)、20081015 新潟市、20060917 日南市、20060917 日向市、20110821 福岡竜巻(陸上竜巻)、20111013 延岡市(証言のみ)などの事例を解析・検討した。また、これらの情報を PC 上で表示できるように、GoogleEarth 利用の「会場から上陸した竜巻データベース」を作成した。



20060917 日向市竜巻の分析紹介



20111013 延岡市竜巻の調査紹介



20041022 門別町厚賀竜巻の分析紹介

② 研究 2-1

直噴気流によるしぶき発生装置製作と実験：  
装置を製作して実験した。風量にもよるの  
だろうが、左右から中央に吹き寄せ上昇する  
コーナー流れでは、顕著な水しぶき飛散は見  
られなかった。これに対し、竜巻のコアに相  
当する中央部に下降気流を与えると、風量変  
化にほぼ比例して水しぶきを飛ばすことが  
できた。風速と飛散するみずしぶきの粒径の  
関係整理は次年度回しとしたが、研究 2-2 で  
次年度に製作する装置の水しぶきの飛び具  
合が満足できなかった場合には、この結果を  
活用できることが分かった。



直噴気流によるしぶき発生装置



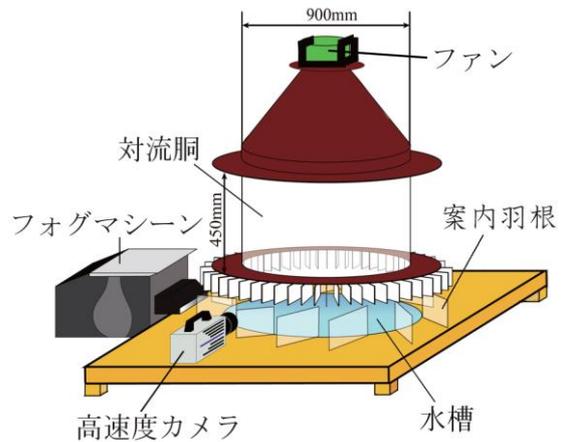
下降風量を増やすとしぶきが激しく飛散する

研究 2-2

人工竜巻実験(高知大)：

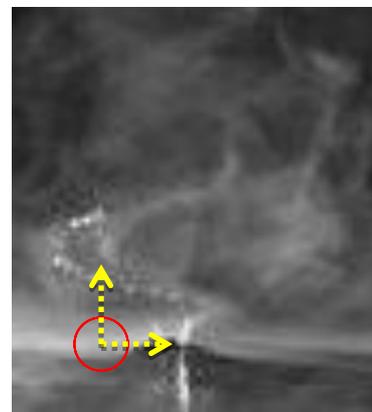
- 水しぶきが発生する臨界速度は、水平速度成分が2.3m/s、鉛直速度成分が1.5m/sであった。
- 圧力分布はランキン複合渦によりほぼ近似できた。
- 圧力測定により竜巻状渦の渦軸は大きく揺らいでいることが分かった。
- 竜巻状渦の圧力低下量は水しぶきの発生に殆ど寄与していなかった。

- 水しぶき発生メカニズムは主として吹き寄せ効果とコーナー流によるものだがコア半径の広がりでも変化が見られた。
- より現実に即した実験が必要であるので、大規模な海上竜巻実験装置(宮崎大学)で実験する必要がある。



分担者の水上竜巻実験装置(高知大)

案内羽角度とファンの吸い込み流量を変え、強度の違う竜巻を形成させる



PTV解析: スモークの動きを追い速度を求める

しぶき発生臨界速度

水平方向:  $u_c = 2.3\text{m/s}$

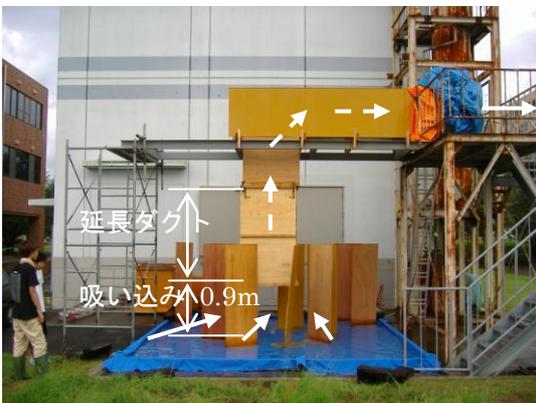
鉛直方向:  $w_c = 1.5\text{m/s}$

生成した水上竜巻の解析例(高知大)

人工竜巻実験(宮崎大) :

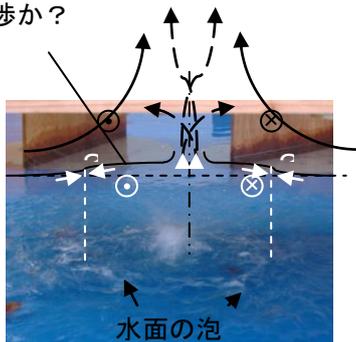
人工竜巻発生装置は、風洞吹出し気流を屋外に吹き上げて利用する方法や分担者の室内実験装置をスケールアップするなど、いくつかを検討したが、東京大・新野宏教授指導の水上竜巻実験が我々の目的に合うことを知った。それに倣って、大型軸流送風機を利用して水面付近の空気を吸上げる方法を採用することを決定した。

装置を完成し、水しぶきを激しく巻き上げさせる、吸い込みダクトの開口高さや気流偏向板の設定について検討した。検討結果をふまえて、研究分担者と2回の水上竜巻実験を実施した。



水上竜巻実験装置(宮崎大)

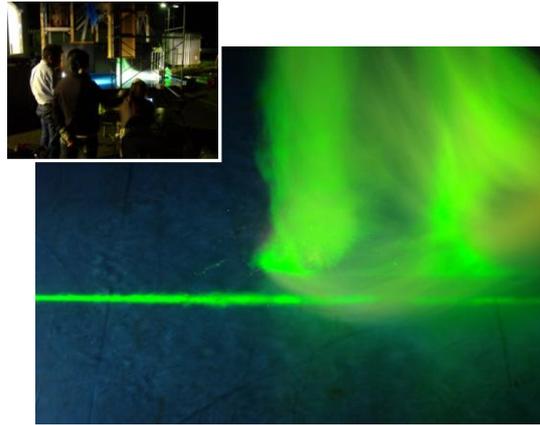
気流と水流の相互作用、あるいは水流ごとの干渉か？



Spray ring の兆しか不明

水滴飛散の様子

(吸い込みダクトの開口高は水面上 0.32m)



夜間を利用した共同実験の様子と高速カメラで撮影したしぶき飛散

- ・ 室内実験とは違って、しぶきを激しく巻き上げる、スケールの大きい水上竜巻が容易に発生した。
- ・ フォグマシーン、キセノンサーチライト、レーザーで可視化された渦を見ると、渦軸の揺らぎが相当に大きかった。
- ・ 高速度カメラを用いて相当量の映像を収録したが、渦軸の揺らぎが激しく狙った断面を捉えることが難しい、レーザー光源を水槽の外に置いたため光量が不足し、撮影間隔が開いた(250fps)。そのためPIV解析が難しくなった。
- ・ トレーサーとして流した煙と水しぶきが画像上で重なるため、旋回風速と水しぶきの飛散速度を同時に計測できない、風の影響のため竜巻渦が刻々と変化する影響も無視できない、などの課題が明らかになった。

### ③ 仮説の検討

人工竜巻の画像解析が予定より遅れたため、水しぶきの画像計測による竜巻風速・強度の推定が遅れている。今後は安定した竜巻

状気流を発生できるよう実験装置を改良し、準定常な流れ場を形成して気流と水しぶきを別々に計測できるようにして、目的の達成を図る。

#### 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4件)

- ① 宮城弘守、2006年延岡竜巻、九州大学西部地区自然災害資料センターニュース、査読無、42巻、2010、15-20
- ② 宮城弘守、鈴木修、竜巻の発生位置の画像解析による把握、日本風工学会風災害研究会「強風災害の変遷と教訓(改訂版)」、査読無、2011、189-190
- ③ 佐々浩司、宮城弘守、他、海上竜巻による水しぶきの模擬実験、日本風工学会誌、査読有、36巻、2011、193-194
- ④ 宮城弘守、佐々浩司、田代吉満、模擬実験結果を利用した海上竜巻の風速推定、査読有、第22回風工学シンポジウム、2012 投稿予定

[学会発表] (計2件)

- ① 佐々浩司、宮城弘守、他、海上竜巻による水しぶきの再現実験、日本流体力学会年会 2011、2011.9.7 東京
- ② 佐々浩司、宮城弘守、他、竜巻による水しぶき発生時の再現実験、西日本乱流シンポジウム、2011.8.25、広島

[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：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況 (計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

[その他]

ホームページ等

宮城弘守、竜巻に注意を、宮崎大学元気通信、<http://myaoh.tv/>

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

宮城 弘守 (MIYAGI HIROMORI)

宮崎大学・工学部・助教

研究者番号：90219741

##### (2) 研究分担者

鈴木 修 (SUZUKI OSAMU)

気象庁気象研究所・気象衛星・観測システム研究部・研究室長

研究者番号：30354517

佐々 浩司 (SASA KOJI)

高知大学・自然科学系・教授

研究者番号：50263968

##### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：