平成 26 年度 風工学研究拠点 共同研究成果報告書

研究分野：強風防災
研究期間：H25 ～ H27 ［平成 26 年度も研究継続］
課題番号：132001
研究課題名（和文）： 漏斗雲の形状から竜巻の強度を評価する方法の検討

研究課題名（英文）：Investigation on the method estimating tornado intensity by using the outline of funnel cloud
研究代表者：佐々浩司

交付決定額（当該年度）： 310,000 円

※平成26年度で終了となる研究課題は最終成果報告書となりますので，下記項目について詳細な報告をお願いします。
※ページ数の制限はありません。
※成果等の説明に図表を使用していただいて構いません。(カラーも可)
※提出して頂いた成果報告書をホームページでの公開を予定しております。

１．研究の目的

竜巻が被害を与える地面付近の速度場は観測が極めて難しい。高分解能の移動式レーダー複数台による集中観測を行ってきた米国のVORTEX,VORTEX２プロジェクトにおいても､地上付近の風はごく一部があきらかになっているだけ(Koshiba et al. 2013)であり、レーダー観測だけでは竜巻の速度場解明に限界が見えてきている。申請者らのグループは竜巻の特性を画像により評価する手法を提案してきた（宮城・鈴木 2010）が、漏斗雲の概形を画像計測することにより竜巻の最大接線速度と半径を推定可能なことを発見した(宮城ら 2013)。この評価手法の精度を高めるには竜巻の３次元速度場をモデル化することが必要であるが、室内実験のPIV計測(Sassa & Takemura 2011)と、LES解析(野田ら 2012)により詳細なデータを蓄積することにより可能となるものと期待される。そこで、レーダー観測、室内実験、LESを総合的に活用し、竜巻状渦の３次元速度場を明らかにするとともに、その結果を用いてランキン複合渦モデルに替わる竜巻渦モデルを確立することによって漏斗雲の画像により竜巻の最大風速や循環、さらには想定される被害幅の評価を可能とする手法を作り出すことを目的とする。本研究は他の観測機器に頼ることなく漏斗雲の映像のみにより竜巻の最大風速、循環、被害幅などを推定可能とする手法を確立するものであることが独創的な点である。この結果、画像のみしか入手できなかった海上竜巻も強度の統計評価に加えることができるようになるだけでなく、監視カメラ映像よりナウキャスト情報を提供できれば減災に大きく貢献することが期待される。

２．研究の方法

本研究の主な役割分担を以下のように定め、個別の研究を進めるとともに、研究打合せを開催し，個別の成果報告と相互討論を通じ、竜巻の３時限速度場に関する共通認識と今後の課題を整理する。

竜巻モデルの検討：宮城弘守、佐々浩司
室内実験： 松井正宏、野田稔、佐々浩司、宮城弘守
LES解析： 野田稔
レーダー観測： 佐々浩司

（１）昨年度に引き続き共同利用施設の竜巻状気流発生装置および、高知大学と徳島大学所有の竜巻模擬装置を用いて異なるスワール比の竜巻状渦の３次元速度場を詳細に調べる。
（２）LESによる竜巻状渦の計算を異なるスワール比について実施する。
25年度内に高知大学に設置される2重偏波ドップラーレーダーを用いて竜巻速度場の観測を開始する。
（３）これらの成果に基づいて新たな竜巻モデルを検討し、漏斗雲の概形と速度場の対応関係を明らかにする。また、つくば竜巻などの詳細な画像と調査データが得られている事例を解析し、検証する。

３．研究成果

平成26年度は，下記の項目を実施した。

（１）竜巻の画像解析（宮城，佐々）

今年度は、これまでに収集した竜巻画像の測定方法の開発を重点的に進め、ステレオ視の原理を応用して漏斗雲の空間座標を正確に測定する方法を完成させ、図１に示すようにつくば竜巻の渦軸の挙動を把握できるようになった。

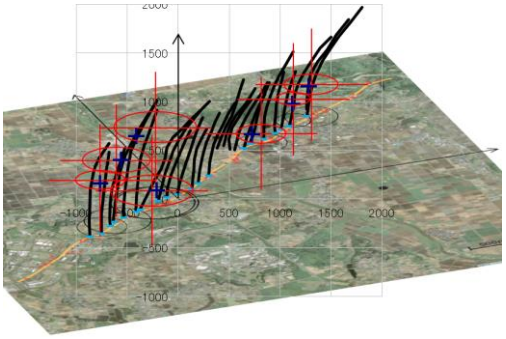

図１　画像から求めた10秒毎のつくば竜巻の渦軸と気象研レーダーで捉えた渦の概形（赤丸）

（２）竜巻画像処理によるスケール評価に関する手法に関する検討（宮城）

原子力規制員会の竜巻モデルのほか､日本保全学会がまとめた竜巻モデルの情報も収集して、検討している。後者は、ランキン複合渦モデルにはない風の収束成分や上昇成分の記述も含むため、本研究への応用が期待されるところではあるが、十分に検討できなかった。3、4の結果を見ながら来年度も検討を継続する。

（３）数値流体解析による竜巻状流れ場の検討（野田）

LESによる実寸法スケールの竜巻状流れの流体解析を、OpenFOAMを使って実施し、水平シアによる竜巻状流れを生成し，圧力変化から導かれる温度分布によって飽和水蒸気量を算出し、図２に示すように生成された竜巻状流れに対する漏斗雲の概形を数値的に再現した。

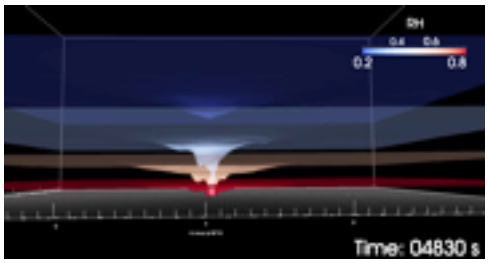

図２ 生成された漏斗雲

（４）竜巻シミュレータによる竜巻状流れ場の検討（松井）

竜巻シミュレータにより竜巻状気流が移動する場合の気圧場の性質について整理した。

（５）竜巻のレーダー観測（佐々）

2014年7月10日に高知県で同時発生した２件の竜巻について高知大学物部キャンパスに設置したレーダーにより上空100mまでの渦の様子を捉えた。

（６）総括（佐々）

上記の実施事項と過去の室内実験結果などを通じて討論を行い、以下の成果を得た。

(1) 実際の映像により竜巻の立体形状を捉える解析システムはほぼ確立された。

(2) 移動竜巻に関するモデル解析、実験解析の成果を得るとともに、実観測データも得ることができた。

一方、昨年度掲げた以下の課題については、実験やモデル解析で再現する困難や観測事例が少ないことからも、次年度以降も引き続き検討していく予定である。

(3) LESおよび室内実験装置における境界条件の取り方、特に収束層と対流層との仕切り版、収束域の広さなどに関する課題。

(4) 実現象と比較対照可能な渦領域の範囲をどのように捉えるか。
２セルの竜巻渦の漏斗雲を１セルの竜巻渦のものと同様に扱うことが可能かどうか。

４．主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者には下線）

・宮城，佐々，漏斗雲画像解析による竜巻の空間座標測定，第23回風工学シンポジウム，2014.

・宮城，佐々，漏斗雲画像解析による竜巻の空間座標測定その2，日本風工学会年次研究発表会，2015(発表予定).

５．研究組織

(1)研究代表者

佐々浩司（高知大学）

(2)研究分担者

野田稔（徳島大学）

宮城弘守（宮崎大学）

松井正宏（東京工芸大学）