

下層の渦における非定常性が竜巻の発生に及ぼす影響の実験的検討

東京理科大学 学生員 ○若林 祐樹
 東京理科大学 非会員 伊藤 遼
 東京理科大学 フェロー 木村 吉郎

1. はじめに

2012 年つくば市, 2013 年野田市にて発生した竜巻が記憶に新しいように, 竜巻は防災上重要な現象であるが, 極めて局所的, 突発的に発生し, 継続時間も通常 15 分程度と短いため, 現地観測で発生条件や生成メカニズムを明らかにすることは困難である. 以上のことから, 竜巻状旋回流を生成する装置を用いた実験的研究が行われてきた.^{1),2)} 本研究では同様の装置を用いて, 特に地表付近の流入風に時間変化を与えることが, 旋回流の生成に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした.

2. 実験装置

実験装置の諸元を図 1 に示す. 本研究で作成した装置は Word 型装置を参考にして作成し, 装置は基本的に収束域, 対流域の 2 つの部分から成り立

っている. 対流域の上端部に設置したファンを用いて上昇流を発生させると, 装置内には収束域(高さ h)の周辺から空気が流入し, その上端の上昇気流孔(半径 r)を通る. 流入した空気は収束域に設置された 12 枚のガイドベーンによって流入角 θ を与えられ, 収束域の中央部で渦を形成する.

3. 実験方法

装置底部より水のスミストを供給し, 対流域の亚克力製の円筒内部に形成される竜巻状渦の形状を可視化する. 装置底部に取り付けられたガイドベーンについて次の 2 ケースの実験を実施する.

(1) 流入をコントロールするガイドベーンの流入角を 0 度から 75 度まで 5 度刻みで変化させて, それぞれの場合について, 形成される竜巻状渦の形状を検討する.

(2) ガイドベーンを, 上昇気流が発生している 0 度の状態から (1) のケースの流入角まで変化させ, 渦にどのような影響を与えるかを検討する.

本研究で使用するパラメータを表 1 に示す. ここで, スワール比は $S = r \tan \theta / 2h$ である.

4. 実験結果と考察

4.1 流入角が渦の形状に及ぼす影響

図 2 に層流渦の可視化画像 $S=0.1$ ($\theta=15$ 度),

表 1 使用するパラメータ

パラメータ	本実験	Matsui2005
収束層の高さ h	0.2m	0.2m
上昇気流孔半径 r	0.15m	0.15m
流入角 θ	5~75(deg)	10~70(deg)
アスペクト比 h/r	1.3	1.3
スワール比 S	0.03~1.4	0.07~1.0

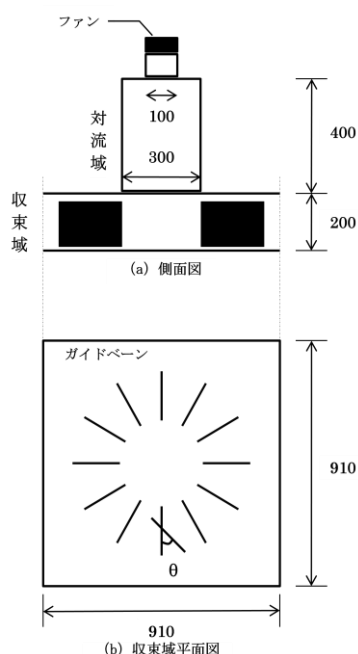


図 1 実験装置の諸元 (単位=mm)

キーワード 竜巻, 室内実験, 渦形状, スワール比

連絡先 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 東京理科大学理工学部土木工学科橋梁研究室

図3に乱流渦の可視化画像 $S=0.45$ ($\theta=50$ 度), 図4に渦の拡大画像 $S=1.0$ ($\theta=70$ 度)を示す. $S=0.22$ ($\theta=30$ 度)までは層流渦であり, スワール比が大きくなるにつれて層流状の渦も安定していく様子がみられた. $S=0.26$ ($\theta=35$ 度)では層流渦の上部から崩壊していき, $S=0.31$ ($\theta=40$ 度)以降は乱流渦が確認された. また, $S=1.0$ ($\theta=70$ 度)からは渦が拡大し, 文字や松井の研究と比較した. これらを, 図5に示す. なお, 文字¹⁾の様な複数セルは, 本実験において確認することはできなかった.



図2 層流渦の可視化 $\theta=15$ 度



図3 乱流渦の可視化 $\theta=50$ 度



図4 渦の拡大 $\theta=70$ 度

スワール比	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2
Monji1985	層流渦	乱流渦	2セルの渦	3セル			
Matsui2005	層流渦	乱流渦	渦のコアが拡大				
本実験結果	層流渦	乱流渦	渦のコアが拡大				

図5 渦形状の傾向

4.2 流入角の時間変化が渦に与える影響

図6, 図7に, 流入角を $S=0.38$ ($\theta=45$ 度)に時間変化させた際, 渦が $\theta=0$ 度から形成される直前と, 形成された後の可視化画像を示す. 流入角を変化することにより, 下層で図6のような渦が発生し, 渦がある程度の大きさとなった際に吸い上げられ, その後定常な流入角における渦の形状となる傾向が見られた. 今後の課題として, 吸い上げられるような下層の渦の特性を明らかにするために, 実験の試行回数を増やす, 流速の測定を行うなど検討していきたい.

参考文献

- 1) 文字信貴, 竜巻渦の室内実験, 京都防災研究所年報, 第25号A
- 2) 松井正宏, 流れ場の状態が竜巻状旋回流の形成に与える影響, 東京工芸大学, 日本機械学会流体工学部門講演会講演論文集, 2007



図6 流入角変化直後



図7 渦形成後