

特殊回転風洞を用いた竜巻状渦の性状に関する実験（第二報）

*中尾哲弥・板野稔久・内藤玄一・遠峰菊郎（防衛大・地球）

1. はじめに

層流の1セル渦から乱流の複合渦に至る様々な渦を発生させる事が出来る特殊回転風洞を作成した（2002年秋大会）。この風洞は軸対称な二重の円筒形となっており、内側の円筒の上部に設けられたファンによって上昇流を発生させ、底の方に設置した50枚のガイドベーンを用いて流入流に回転成分を与えることで渦を発生させる構造となっている。前回に引続き、発生した渦について、液体窒素を用いて可視化をおこなうとともに、新たに風洞の底に差圧計を接続し、圧力測定をおこなった。得られた圧力データについては、平均圧力と標準偏差を求めるとともに、スペクトル解析を実施した。

2. 無次元パラメーター

実験において発生する渦の形状は Reynolds 数、Swirl 比、aspect 比の3つの無次元パラメーターによって左右され、特に Swirl 比の与える影響が大きいことが知られている。ここで aspect 比 a は $a=h/r$ で与えられ、 h は収束層の高さ（30 cm）、 r は上昇口の半径（35 cm）であるため、 $a=0.857$ である。Swirl 比 S は、ガイドベーンの与える流入角を θ として、 $S=(\tan \theta)/2a$ で与えられる。

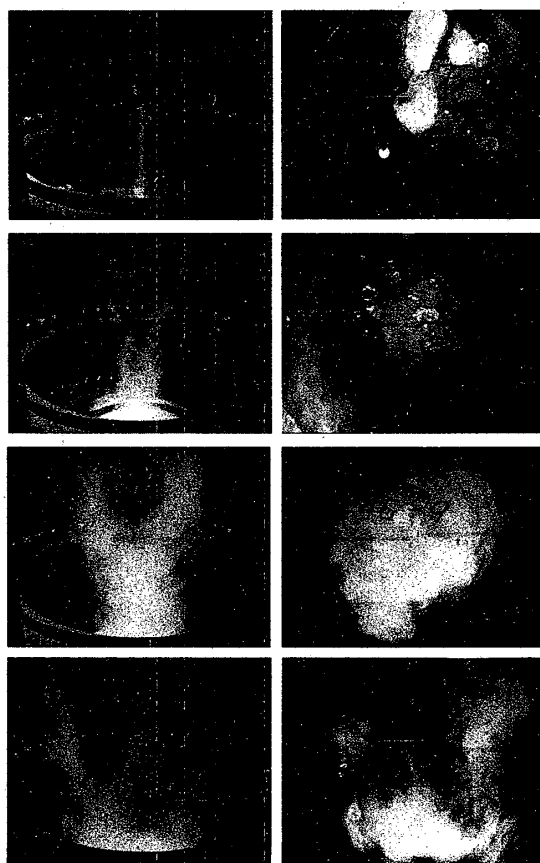


図1 発生した渦の全体像（左）と風洞の底から見たその根元の様子 上から $S=0.10, 0.34, 0.58, 1.01$ のときのもの

3. 結果

Swirl 比と Reynolds 数の組み合わせにより、いくつかの種類の渦を発生させることができたとされているが、本装置においても可視化により、層流の1セル渦から乱流の複合渦に至る渦の発生が確認できた（図1）。 $S=0.10$ では、1セルの層流渦が形成され、 $S=0.34$ では乱流渦が2つに分裂した状態となるが、渦の根元が円形に近い事から、分裂点は接地していないと考えられる。 $S=0.58$ では、渦の根元が楕円形に変形しており、分裂点が接地した波数2の複合渦形態であると思われる。楕円形の長軸側からは2次渦が立ち上がっているのが確認された。 $S=1.01$ になると、分裂した2次渦は3つとなり、親渦の中心に煙がまわらないことから、中心付近は下降流域と考えられる。このように、Swirl 比が増大するにつれて、渦は層流渦から乱流渦へと変化する、やがて分裂して複合渦形態となることから、発生する渦が、既存の風洞実験同様、Swirl 比に対する依存性が高いことが明らかになった。

発生した渦を、Monji（1985）で用いられた京都大学の特殊回転風洞のものと比較してみると、渦が分裂を始める前では、Swirl 比に対する相似性が認められたが、渦が複合渦形態へ変化する、2次渦の分裂が進行する際、より小さな Swirl 比の値でも渦の分裂が進む可能性のあることが示唆された。この原因については、風洞がひとまわりコンパクトなサイズであること、aspect 比において、より扁平な構造をしていること、流出口の半径あるいは高さが違うことなどが考えられる。

また、複合渦発生時における圧力データの標準偏差の値が最大となる半径と、複合渦に伴う2次渦の中心が通過する半径がほぼ一致し、また、渦の通過する周期に対応して圧力変動のスペクトルのピークがみられたことから、複合渦構造が形成されると、2次渦の通過に伴って高周波で振動の大きい気圧の変動が観測されることが明らかになった（図2）。

謝辞

風洞作成に関して文字教授よりたくさんの方のアドバイスを頂きました。深く感謝致します。

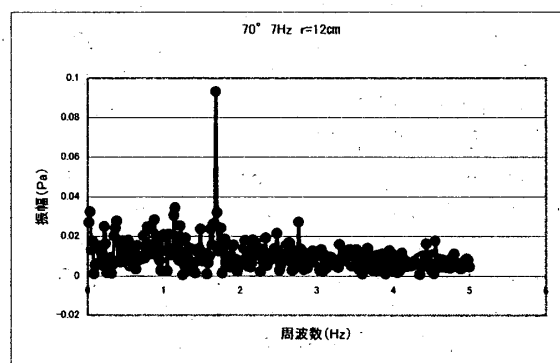


図2 複合渦発生時（ガイドベーンの流入角 70° 、ファンの回転数 7Hz、半径 12 cm）における圧力データのスペクトル解析結果 1.7Hz 付近のピークは2次渦の通過する周期に一致している。