

超高レイノルズ数乱流における円柱後流の特性

岐阜大学工学部 正 員 藤田 一郎
○岐阜大学大学院 学生員 浅野 要

1. はじめに

円柱まわりの流れは、剥離流れの代表的な事例の一つとして取り上げることができる。流れの中に置かれた円柱の背後では、剥離した境界層が渦列として周期的に放出されることはよく知られており、こうした現象を含めてReynolds数の変化に伴う剥離流れの特性は、その工学的な重要性故に古くから論じられてきたテーマである。本研究で対象とした流れは10の8乗オーダーの超高Reynolds数における流れであり、自然界の大規模な流れ場の変動特性を連続ビデオ画像を用いた相関法により明らかにした。

2. 研究手法

本研究では、A海峡に設置された円柱ケーソン後流の流況が撮影された約30分間のビデオ画像に対して相関法を適用し、表面流速分布を2秒間隔で連続的に求めた。得られた約1000点の時系列データより、流速の時間変動特性を解析した。解析手順をまとめると図-1のようである。解析の対象としたビデオ画像の一例を図-2に示す。

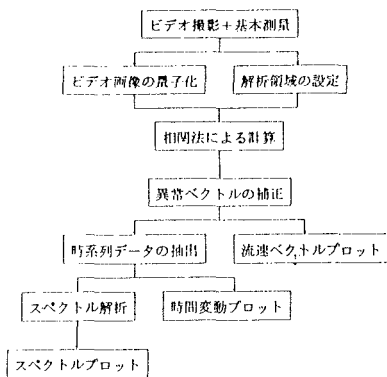


図-1 解析手順フローチャート

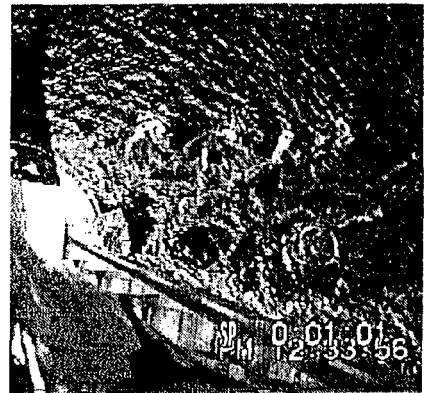


図-2 解析対象ビデオ画像の一例

3. 解析結果及び考察

図-3に相関法の解析結果として得られた表面流速ベクトルの分布図を示す。座標軸は円柱ケーソン中心より主流流下方向にX軸をとり、円柱の直径($D=7.8\text{ m}$)で無次元化してある。2つのベクトル分布図の時間間隔は80秒間であり、明らかな流向の変化が認められる。

流速変動特性を調べるために、特定のベクトル算出点に着目して流速の時間変動をプロットしたものが図-4である。ここに示したのは横断方向成分であり、データの抽出点は図-3の座標系でA(0.65D, 0.65D), B(1.51D, 0.65D), C(3.80D, 0.0D)の3点である。ただし、C点のデータに関しては歪みの大きな画像から直接解析した結果なので流速値そのものに意味はない。これらの波形の比較から特にC点では低周波成分の卓越がみられ、ケーソンから流下するにつれて供給された渦同士の合体が生じ、通過する渦列が大規模なものになっていくという流れの構造が想像される。

図-4のデータに対して、そのパワースペクトルを比較したものが図-5であるが、ピーク周波数の遷移を見て取ることができる。各点における第1及び第2ピーク周波数、それに対応する変動周期とStrouhal数 S_v を表-1にまとめる。これらより、それぞれのピーク周波数は流下に伴って低周波域側へ遷移し、また相対的に高周波成分が減衰し低周波成分が卓越していく様子がわかる。円柱の中心から初生渦の形成領域までの距離は、Reynolds数が10の4乗を越えると急激に減少するため¹⁾、渦の生成がA点近傍で行われていると考えれば、A点の流速変動周期は渦の放出周期に対応するものと思われる。これを S_v で評価すると、A点における流速変動スペクトルの第一ピークで $S_v=0.34$ が得られた。一般に円柱からの渦放出周期

を S_v で表すと、 $Re \leq 3 \times 10^3$ においては概ね $S_v = 0.2$ の一定した値をとり、その後は値に大ききばらつきがみられるが、 $3 \times 10^3 \leq Re \leq 3 \times 10^7$ において再び $S_v = 0.2 \sim 0.3$ の一定した値をとることが確認されている²⁾。今回の解析結果はこれらの値より若干大きめの値を示しており、Reynolds数が10の7乗のオーダーを越えるような超高Reynolds数領域においてはStrouhal数が微増傾向にある可能性が考えられる。

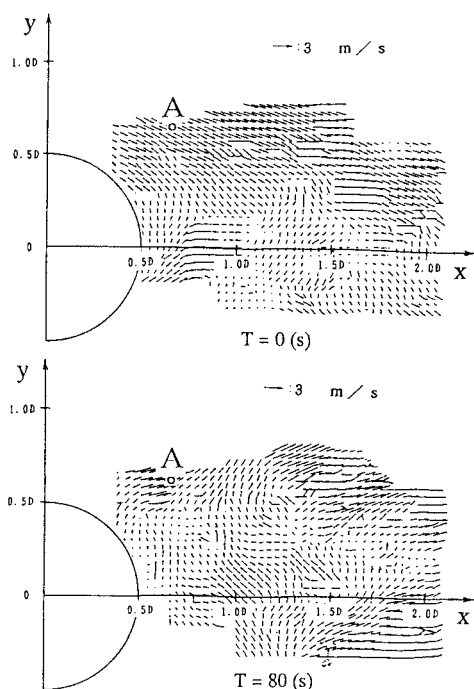


図-3 流速ベクトル分布図

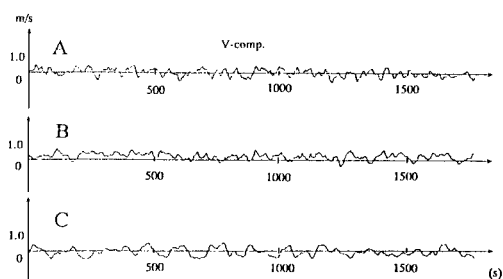


図-4 流速の時間変動プロット

表-1 流速時間変動の諸量

Position		Frequency f (Hz)	Cycle (T)	Strouhal number S_v
A	1st Peak	0.013	76.9	0.34
	2nd Peak	0.020	50.0	0.52
B	1st Peak	0.007	142.8	0.18
	2nd Peak	0.018	55.6	0.41
C	1st Peak	0.007	142.8	0.18
	2nd Peak	0.016	62.5	0.42

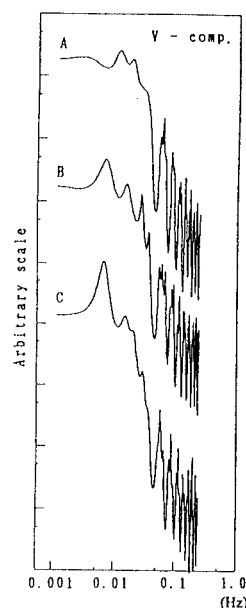


図-5 流速時間変動のパワースペクトル

4. おわりに

超高Reynolds数における剥離渦の時間変動特性をある程度明らかにしたが、今後は数値シミュレーションによって3次元的な流れ場の構造を解明していく予定である。

参考文献

- 1) Bloor, M. S.: The transition to turbulence in the wake of a circular cylinder, J. Fluid Mech. 19, pp. 290-304, 1964.
- 2) Bearman, P. W.: On vortex shedding from a circular cylinder in the critical Reynolds number regime, J. Fluid Mech. 37, pp. 577-585, 1969.