

I-A 162 粗密波伝搬を考慮した高 Re 数空気流体解析

住友重機械工業 正員 谷本 健

住友重機械工業 市嶋大路

1. はじめに

空気流体解析では一般的に非圧縮性外部粘性乱流，高レイノルズ数（ $Re \approx 10^6$ ），圧力分布，ブラフボディの動的境界，流体の剥離と再付着など数々の物理的問題点を抱えている。また方法論的にはFDM・FEM・BEM，空間・時間離散化方法，流体数値モデル（LES， $k-\epsilon$ ）など，各種の方法が採用されている。更に，使用マシンとしてPC，EWS，大型マシン，スーパーコンピュータなどがあり，最近PCの高速化・大容量化・低価格化は激しい。PCで動くソフトを開発しSWAN（Sound Wave propagation ANalysis）として昨年度発表した。今回は理論的な記述を中心にしたので，今回は抵抗係数 C_d ，揚力係数 C_l 値の計算結果を中心に述べる。

2. SWANの特徴

SWANの主な特徴として①FDMの高解像度法¹⁾の一種で陽解法，②非圧縮性仮定や流体モデルの代わりに音速方程式を採用，③CIP法²⁾の時間離散化を更に高精度化したMCS(Monotonicity Conserved Scheme)法を採用，④空間離散化はリーマン空間³⁾を使い，平行四辺形格子まで拡張してFDMの欠点を補う，⑤SOR法+チェビシェフ+デジタルフィルター法(TDSOR法)を採用して高速に解く，⑥ノイマン条件による自動時間巾決定などがある。

3. 2次元円柱問題の C_d ， C_l 値（ 80×100 の格子）

2次元円柱問題は Re 数により7相の領域に分類される。亜臨界域である $Re = 10^5$ の時， C_d ， C_l 値の時系列変化を図-1に掲げる。定常状態の C_l 値の±振動はカルマン渦を示している。 C_d 値が2波に1波の割合で非常に高周波の振動をしている。これを「さみだれ現象」と暫定的に呼んでおり， C_l 値の-側と C_d の+側の高周波振動がリンクしている。この高周波振動の推定原因の一つとして「風切り音」であるのかも知れない。

Wiselsbergerの実験 C_d 値と比較した結果を図-2に示す。これらは Re 数を逐次変更して計算し，定常状態になった時の平均 C_d 値である。亜臨界域（ $500 \leq Re \leq 3 \times 10^5$ ）では実験値と数%の一致度である。

4. 角柱タンデム問題の C_d ， C_l 値（ 76×100 の格子）

角柱タンデム問題で $Re = 10^2 \sim 10^5$ の C_d ， C_l 値の時系列変化を図-3～6に掲げる。まず図-3では， Re 数が低いので定常振動に達するまで長い時間が掛かり， C_l 値はまだ定常に達していない。図-4では，比較的早く定常状態に達する。 Re 数がまだ低いので，渦が角柱間の隙間に入り込まず，あたかも一体の角柱の様な挙動を示している。これに対して，図-5，6では渦が角柱間の隙間に入り込むために，定常状態に達せず， C_l 値もかなり複雑になる。ここで，同じ Re 数の図-1と図-6を比較する。2次元円柱では「さみだれ現象」が発生していたのに対し，角柱タンデムでは全く「さみだれ現象」が発生していない。尚，メッシュ図，圧力分布図，速度ベクトル図などは当日OHPで説明する。

5. 今後の課題

- ① 亜臨界域の「さみだれ現象」の原因究明
- ② C_d 値は超臨界域では合わず，極超臨界域ではデータが無い
- ③ 上記の原因として考えられる，3次元化または熱による渦消散効果の検討
- ④ 汎用的TDSOR法による高速化
- ⑤ 各種モデルの数値計算と実験値との整合性検討

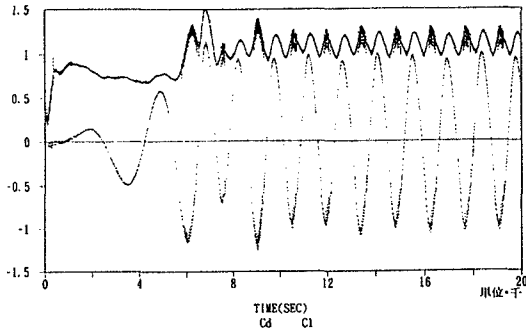


FIG. 1 CdとCl値の時系列変化 (CIRCLE $Re = 1.0D5$)

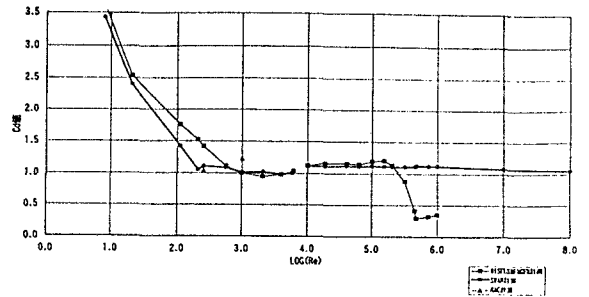


FIG. 2 Cd値の比較 (WESELSBERGER計算とSVAN計算)

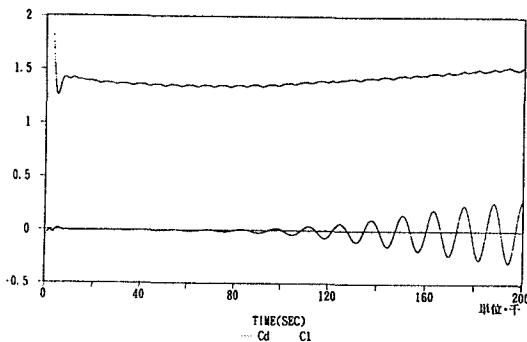


FIG. 3 CdとCl値の時系列変化 (TANDEM $Re = 1.0D2$)

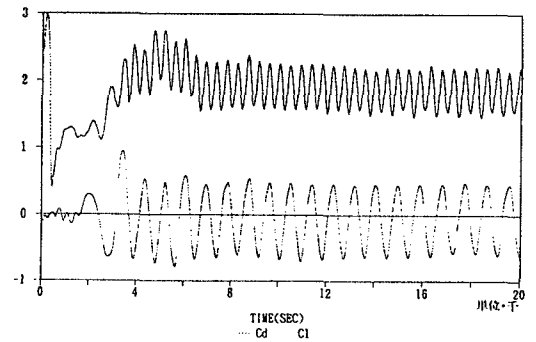


FIG. 4 CdとCl値の時系列変化 (TANDEM $Re = 1.0D3$)

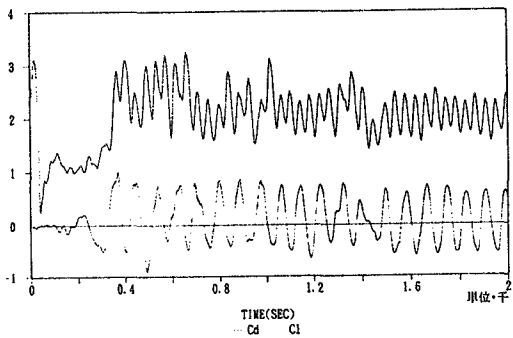


FIG. 5 CdとCl値の時系列変化 (TANDEM $Re = 1.0D4$)

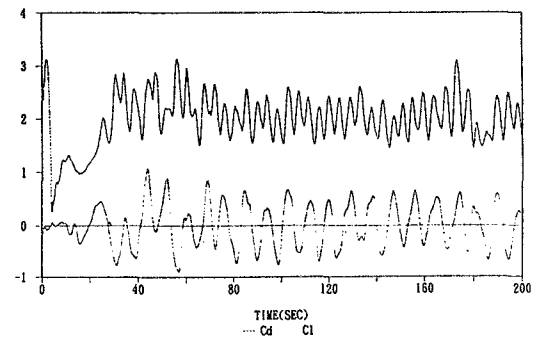


FIG. 6 CdとCl値の時系列変化 (TANDEM $Re = 1.0D5$)

参考文献)

- 1) 保原, 大宮司, 数値流体力学 基礎と応用, 東京大学出版会, 1992
- 2) H. Takewaki, A. Nishiguchi and T. Yabe, Cubic Interpolated Pseudo-particle Method (CIP) for Solving Hyperbolic-Type Equations, J. of Computational Physics, 1985
- 3) I. Demirdzic, et al. A Calculation Procedure for Turbulent Flow in Complex Geometries, Computer & Fluids Vol. 15, No. 3, 1987