

平成19年2月14日

ファイバーアメニティ工学 助教授 鈴木崇夫

萌芽的研究 研究題目：

数値流体解析と光学流体計測を融合したハイブリッド流体シミュレーション技術の開発

研究報告：

光学系を使った流体実験計測と数値流体力学を組み合わせることで、互いの欠点を補い合う非定常流のハイブリッドシミュレーション技術の開発を進めた。実験方法は本研究室にある回遊型水槽の試験部に模型（翼型およびジェットノズル）を取り付け、トレーサー粒子にレーザー光を当てることで PTV 法と呼ばれる画像計測法を用いて速度場を計測した。数値解析法には Navier-Stokes 方程式を直接解く DNS 法を用いて非圧縮性粘性流を計算した。実験データを数値計算に取り込むため、ハイスピードカメラのフレームレートと計算の時間ステップを一致させ、計測で得られた速度場を逐次線形結合により数値計算に組み込み、シミュレーションを行った（図1参照）。

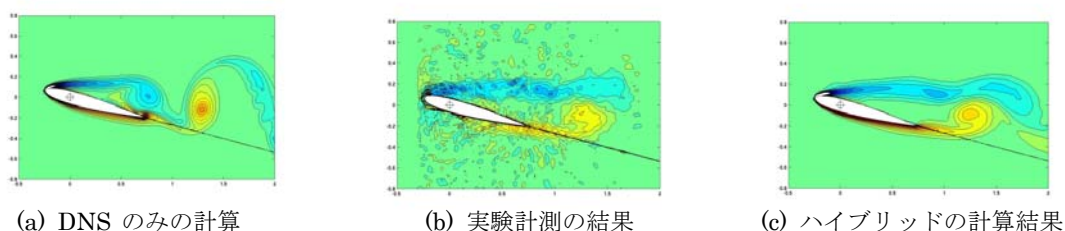


図1 NACA0012 まわりの渦度場の比較 ($Re = 1300, \alpha = 15.\text{deg}$)

本研究では大きく分けて二種類の流れ場を解析した。第一に翼型 NACA0012 を使った研究では、Reynolds 数が $1000 \leq Re \leq 8900$ の範囲で実験を行い、ハイブリッドシミュレーションを適用して揚力・抗力を算出し、数値計算のみの結果（DNS 法および URANS 法）、および過去の文献の実験結果（Sunada, *et al.*, 1997）と比較した。結果は図2に示すとおり、ハイブリッドシミュレーションの方が数値計算単体よりも実験値に近い結果を算出した。この結果は、光学系流体計測では直接得られない圧力場を速度場計測のみから計算で

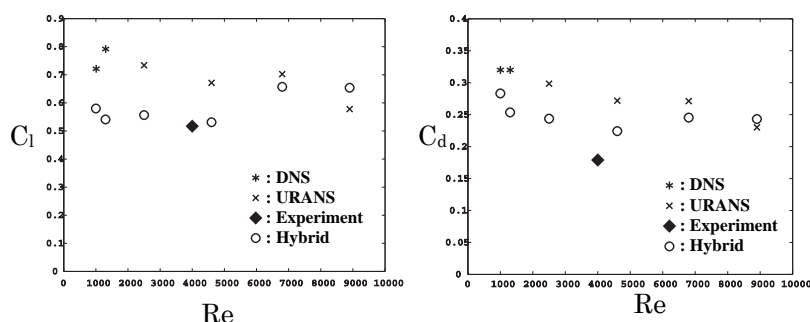


図2 NACA0012 の揚力係数（左）、抗力係数（右）の結果比較

できることを示したといえる。この研究では、既に作成した DNS 法の計算コードだけでなく、乱流モデルを解く URANS 法の開発も同時に完成させた。この成果は論文に投稿する段階である。

第二に2次元ジェット流を解析するため、ノズル設計・製作を行い（図3の二次元ノズルの写真参照）、初期段階ではあるが低レイノルズ数 ($500 \leq Re \leq 2000$) でハイブリッドシミュレーションの結果を得た。この手法により、せん断層に起因する不安定波が作り出す渦列の様子を鮮明に捉えることが確認された（図4参照）。



図3 ジェットノズル

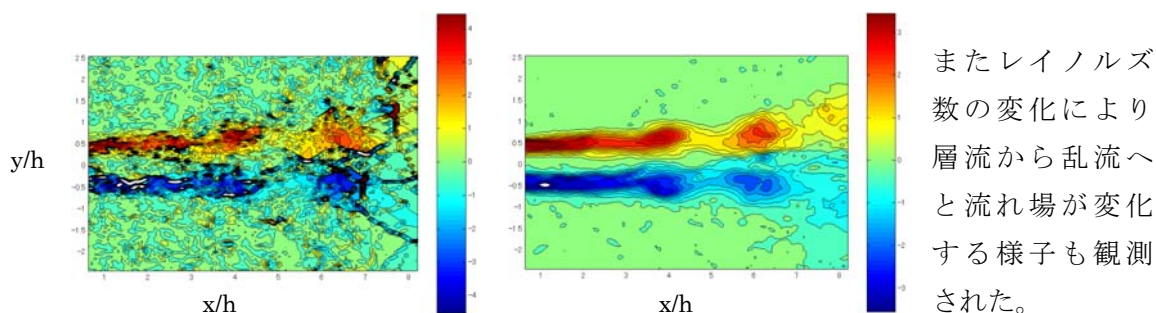


図4 2次元ジェット流の渦度場の比較 ($Re = 1000$)

またレイノルズ数の変化により層流から乱流へと流れ場が変化する様子も観測された。

支出報告（予算 [] 円）：

[]	¥ []	
[]	¥ []	
[]	¥ []	
[]	¥ []	
[]	¥ []	
[]	¥ []	合計： ¥ []

来年度以降の研究計画：

- (1) 翼まわりの流体解析：迎角を変化させた時の揚力・抗力の変化を、ハイブリッドシミュレーションを使って解析し、この手法の更なる精度評価を行う。また、非定常のトルク計測実験を行い、ハイブリッドシミュレーションの非定常流動現象の追従性を評価する。
- (2) ジェット流の流体解析：ハイブリッドシミュレーションにより得られた高解像度の非定常流れ場データから、ジェット騒音の原因とされる不安定波の抽出を試みる。これは今日までの実験では直接測定を行うことができなかった流体现象を初めて定量的に測定する試みである。この研究により、低周波のジェット騒音を支配する現象の解明につながると期待される。

来年度は外部資金（科研費）を獲得した場合は、高レイノルズ数での実験を可能とするため水槽を全面改修し大型化する。引き続き同額の工学部重点予算のみ獲得の場合は、上記（1）に使用するトルク計またはロードセルとそのアンプの購入費（ [] 程度）、研究成果発表のための旅費（ [] 程度）、ソフトウェアライセンスとその維持費（ [] 程度）、その他備品・消耗品、学生帯同費（ [] 程度）に支出する予定である。