

LDV によるプロペラ後流の流場計測

輸送高度化研究領域 *川並 康剛、堀 利文、右近 良孝

1. はじめに

レーザー・ドップラー流速計（LDV、Laser Doppler Velocimeter）は非接触型流速計の一種であり、レーザー光線を交差させ、計測ボリュームを形成する。ここにできた干渉縞を流体中の微小粒子が通過するときに発するドップラー信号を計測・解析することによって、流体の速度を計測する。流速計測法としては古くから知られた技術であり、本計測で用いるアルゴンレーザー流速計自体も光学機器に本質的な進歩はなく、流速計として特段の目新しさはない。

これに対し、バースト信号解析処理システムは近年大きな進歩を遂げた。海技研では、船体・プロペラ周りの流場計測を高精度で効率よく行うために、老朽化したLDV計測装置を更新し、新たな信号処理器（BSA、Burst Signal Analyzer、Dantec Dynamics社製P60）を導入した。信号処理系のアルゴリズム、およびハードウェア各部の改善によりS/N比が大きくなり、データレート的大幅な向上がみられた。さらに、解析処理装置をPCで遠隔操作し、データ取り込みと同時に流速データの可視化が可能なソフトウェアも導入した。当研究所大型キャビテーション試験水槽（キャビ水槽）における計測では、旧型信号処理器に比べて同じ回流水でデータレートが10倍以上向上し、計測時間が大幅に短縮され、過去の様々な実験^{1),2),3)}に比べて複雑な流場計測が比較的短時間で精度よく行える見通しが立った。

本報告では、キャビ水槽において行った2次元LDVシステム導入後の試計測の結果を述べる。本計測は、プロペラ設計・性能解析・実験にとって極めて重要な意味を持つプロペラの伴流を対象とした。

2. 実験装置と供試模型

今回の実験はキャビ水槽第1計測部で行った。

供試プロペラ模型としてMPNo.576を用いた。これは、12,000TEU積載の大型コンテナ船のキャビテーション試験⁴⁾に用いられたMAU 6翼プロペラである。MPNo.576の主要目を表1に示す。

表1 供試プロペラ模型 MPNo576 主要目

Diameter [m]	0.200
Boss Ratio [-]	0.180
Pitch Ratio [-]	0.930
Number of Blade	6
Blade Section	MAU _w

プロペラ動力計は主動力計（K&R社製J26型、スラスト±600kg、トルク±30kgm）を用いた。プロペラ回転数は20[sec⁻¹]とし、このときの前進率はMPNo.576の設計点J=0.692である。流場計測時のLDV計測機器（トラバーサ、ファイバー）配置を図1に示す。

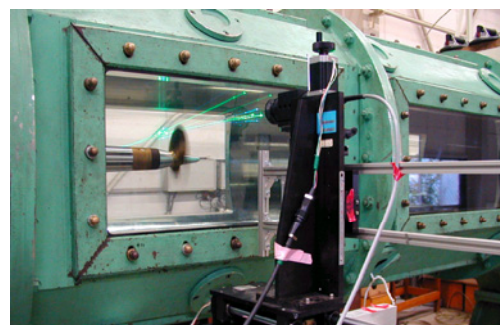


図1 第1計測部における流場計測

トラバーサは計測部下面に固定したアルミ製アングル上に設置した。レーザーの出力はアルゴンレーザーマルチラインで1[W]程度とした。

3. 計測結果

本計測中、解析処理ソフト上に表示された典型的なバースト信号のプロットを図2に示す。

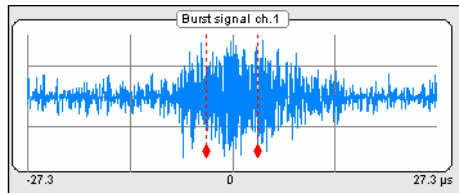


図2 2次元バースト信号

このようなバースト信号をFFTで解析し、流速、乱れ度などを求める。プロペラ後流の流場計測は、プロペラディスク面よりも0.5Dp下流におけるディスク面に平行な面内で行った。主流(x)方向の流速分布を図3に示す。黒く見える平面がLDVによる計測断面である。

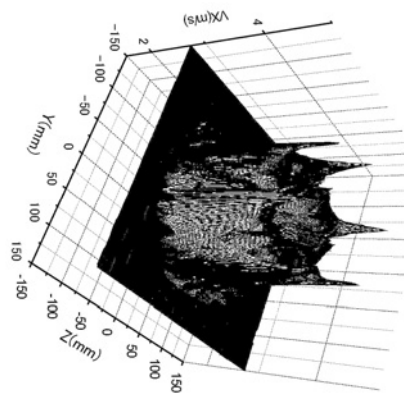


図3 主流方向流速分布

一見して明らかなように、プロペラが推力を発生させるために、後方に向かって水を加速させている。また、流速の大きい部分が翼端側に6箇所見られるが、これは6翼のチップボルテックスに対応する。

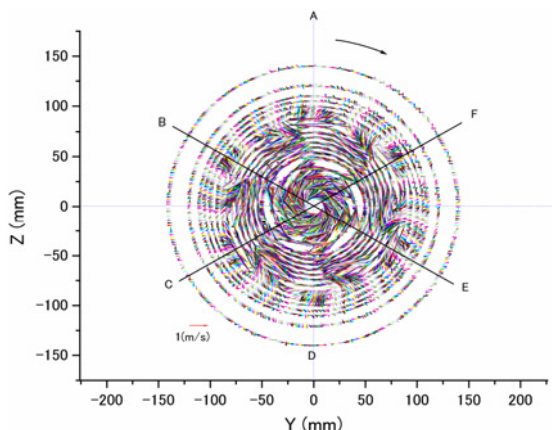


図4 計測断面内の流速分布

図4は計測断面内の流速成分（円周方向と半径方向）をプロットしたものである。全体としてはプロペラの回転方向（時計回り）と同方向の流れと

なっているが、チップボルテックスの部分は逆方向の回転流が生じている様子が計測されている。最後に、キャビテーションが発生した流場を計測中の様子を図5に示す。

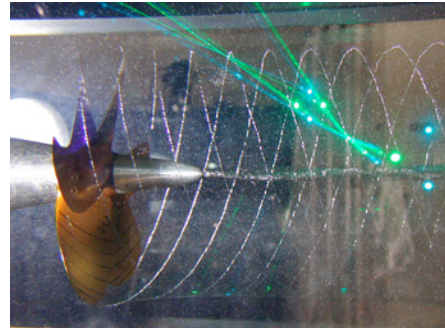


図5 キャビテーション流場の計測

4. おわりに

現在、キャビ水槽ではLDVをはじめとしてPDA、PIV、高速度ビデオカメラなどの可視化計測装置の導入・整備を進めている。ここでは試計測結果の報告のみであるが、今後船体周り、ポッド推進器周り、二重反転プロペラ周りの流れなどを計測し、船体および推進器の数値性能解析法や設計法の検証データを取得する。

5. 謝辞

今回の計測で用いたレーザー信号処理装置の一部は、国土交通省海事局からの受託研究「次世代内航船に関する研究開発」において二重反転プロペラ周りの複雑な流場を計測し、二重反転プロペラ理論設計・理論解析を行うための実験装置である。ここに海技研スーパーエコシッププロジェクト関係各位に感謝の意を示す。本実験装置を活用するとともにより高度な研究を実施する所存である。

参考文献

- 1)黒部 雄三他、「二重反転プロペラまわりの流場計測」、第48回船研発表会講演集、1986
- 2)黒部 雄三他、「斜流プロペラまわりの流場計測」、第54回船研発表会講演集、1989
- 3)黒部 雄三他、「Pre-Propeller Fin 流場のLDV計測」、第58回船研発表会講演集、1996
- 4)右近 良孝他、「メガ・コンテナ船のプロペラの流体力学上の問題」、第4回海技研発表会講演集、2004