

時系列ステレオ PIV による音源の実験的同定

Sound Source Investigation by the Time-Resolved Stereoscopic PIV

○尾花 功一, 東工大, 〒152-8550 東京都目黒区大岡山 2-12-1, E-mail: kobana@navier.mes.titech.ac.jp
 店橋 護, 東工大, 〒152-8550 東京都目黒区大岡山 2-12-1, E-mail: mtanahas@mes.titech.ac.jp
 宮内 敏雄, 東工大, 〒152-8550 東京都目黒区大岡山 2-12-1, E-mail: tmiyauch@mes.titech.ac.jp
 Koichi OBANA, Mamoru TANAHASHI and Toshio MIYAUCHI
 Dept. of Mechanical and Aerospace Engineering, Tokyo Institute of Technology,
 2-12-1 Ookayama, Meguro-ku, Tokyo, 152-8550, Japan

To reduce aerodynamic sound, investigation of the sound generation mechanism in flow field is very important. The detailed investigation of the sound source requires velocity measurements with high temporal and spatial resolution and the development of sound source exploration. In this study, sound source in the turbulent mixing layer have been investigated by the time-resolved stereoscopic particle image velocimetry (TRSPIV). Powell's sound source and Reynolds stress component of the Lighthill's sound source have been evaluated from the experimental results and compared with those obtained from direct numerical simulation.

1. 結論

流体騒音は流れの非定常運動に起因し、交通輸送機関の高速化に伴い大きな問題となっている。騒音を低減させるためには騒音源の探査が重要となるが、これには高精度な流体速度計測法とそれらの結果を用いた音源探査法の開発が必要不可欠である。本研究では、高時間・高空間分解能の時系列 Stereoscopic PIV (TRSPIV)⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾を用いて乱流混合層において速度計測を行い、得られた速度データから音響学的アナロジーにおける音源項を算出し、それらの特性を解析する。さらに、実験的に流体騒音の音源を探査する方法を開発することを目的としている。

2. 実験装置及び時系列 Stereoscopic PIV システム

本研究で用いた混合層の実験装置は、高速側と低速側に二つの送風機を持つゲッチング型風洞である。混合層が形成されるテスト・セクションはアクリル及びガラス製であり、レーザ計測が可能となっている。本研究では、高速側と低速側の流速をそれぞれ 7.5m/s, 5.0m/s と設定して実験を行った。図 1 に本研究で用いた TRSPIV システムを示す。このシステムは、工業加工用の高出力・高周波数 Nd:YAG Laser 2 台と高速度 CMOS カメラ 2 台、パルス・ジェネレータ及び各種光学系より構成され、最大 26.7kHz での計測が可能である⁽³⁾。2 台のレーザからの出力は、レーザ・ビーム合成光学系を介してダブルパルス化され、レーザ・シート生成光学系によってシート状に引き伸ばされた後、計測領域を照射する。トレーサ粒子による前方散乱光を 2 台の CMOS カメラによって撮影し、PC に取り込む。本実験ではトレーサ粒子として平均粒径 1 μ m のセバシン酸ジオクチルの液滴を用いた。

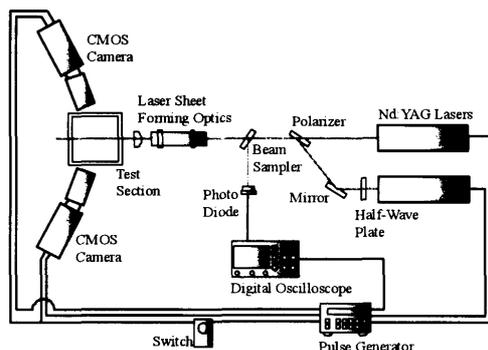


Fig.1 Schematic of the time-resolved stereoscopic PIV system.

3. 混合層における流体騒音の音源探査

熱線流速計による予備実験の結果から TRSPIV の計測位置と計測条件を決定した。得られた速度 2 成分のデータから Lighthill⁽⁴⁾の音源項のレイノルズ応力成分とその一部である Powell⁽⁵⁾の音源項を算出した。どちらの音源項も共に大規模構造の中心付近において大きな負の値を示しており、その周囲では正の値を示す。これらは直接数値計算の結果⁽⁶⁾とよく一致する。また、本研究では TRSPIV を採用しているため、速度 3 成分と速度勾配 7 成分が得られている。図 2 は速度 2 成分から算出した Powell 音源と速度 3 成分・速度勾配 7 成分から算出した Powell 音源を示している。白及び実線は正の値を、黒及び破線は負の値を示している。Powell 音源は、可能な限りの情報を用いて算出した場合と速度 2 成分のみを用いて算出した場合とでは渦周囲において比較的大きな差異が現れる。すなわち、前者の場合の方が渦周囲の音源項の絶対値が大きくなり、音源項の変動が強調されている。一方、レイノルズ項には大きな違いは現れない。以前の直接数値計算の結果から⁽⁶⁾、Powell 音源を用いた場合の方が遠方場場の予測精度が高いことが明らかになっている。従って、実験的に音源探査を行う際には可能な限りの情報から Powell 音源を算出することが望ましい。

参考文献

- (1) Tanahashi, M. et al., Proc. 4th Int. Symp. Turbulence, Heat and Mass Transfer, (2003), 245.
- (2) van Doome, C. W. H. et al., Proc. 5th Int. Symp. on PIV, (2003).
- (3) Tanahashi, M. et al., Proc. 12th Int. Symp. Appl. Laser Techn. Fluid Mech., (2004).
- (4) Lighthill, M. J., Proc. Roy. Soc. London, A 211 (1952), 564-587.
- (5) Powell, A., J. Acoust. Soc. Am. 36 (1964), 177-195.
- (6) Li, Y. et al., JSME Int. J., 44B, 4 (2001), 505-512.

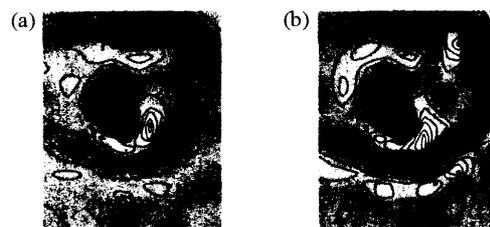


Fig.2 Powell's sound source estimated from two velocity components (a) and that estimated from three velocity components and seven velocity gradients (b).