

乱流による衝撃波特性変化機構の解明

研究代表者：渡邊智昭（名古屋大学大学院 工学研究科 航空宇宙工学専攻）

衝撃波と乱流の干渉は超音速旅客機の飛行時に生じるソニックブームの伝播などの工学分野において見られる。衝撃波特性は乱流場による速度や温度変動により大きく変化することが実験により示されてきた。本研究では一様等方性乱流中を伝播する平面衝撃波の数値計算を行い、乱流との干渉による衝撃波特性の変化について調査した。支配方程式は質量保存、運動量保存、エネルギー保存の式であり、これらを有限差分法により数値的に解く。時間積分には四次精度 Runge-Kutta 法を用いた。空間の離散化には、衝撃波近傍に WENO 法で五次精度化した Roe 法を、衝撃波から離れた領域に六次精度中心差分を用いた。乱流レイノルズ数を 18, 乱流マッハ数を 2.96×10^{-4} とし、衝撃波については衝撃波マッハ数を 1.1, 1.3, 1.5 とした三つの条件で計算を行った。計算コード・条件の詳細は発表論文 1 に述べられている。図 1(a) に乱流中を伝播する衝撃波と乱流の渦構造を示す。衝撃波は x 方向に伝播しており、衝撃波による流体の圧縮のため衝撃波背後では渦構造が密に存在していることがわかる。図 1(b)には衝撃波背後の圧力変動の分布を示す。圧力変動はその rms 値で、 y と z 方向座標は乱流の積分スケール L_0 で無次元化されている。乱流により衝撃波背後圧力に変動が生じており、その特性長さスケールが乱流の積分スケールのオーダーであることが確認できる。本研究では数値計算結果から衝撃波の特性に関する統計量や圧力変動と乱流中の速度分布の関連を調査した(発表論文 1)。

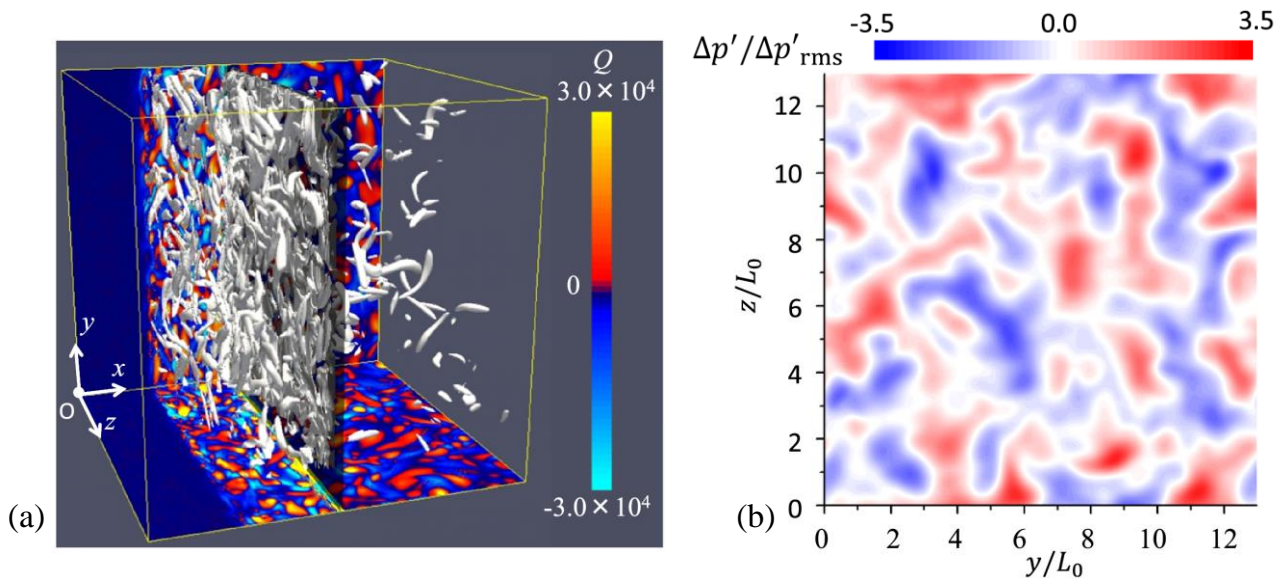


図 1(a) 乱流中を伝播する衝撃波と渦構造の可視化 (b) 衝撃波背後の圧力変動分布

発表論文 1: K. Tanaka, T. Watanabe, K. Nagata, A. Sasoh, Y. Sakai, T. Hayase, Amplification and attenuation of shock wave strength caused by homogeneous isotropic turbulence, Phys. Fluids. Vol. 30 (2018), 035105.