

一様異方性乱流場の等方化に対する乱流レイノルズ数と異方度の影響

Influence of Turbulence Reynolds Number and Anisotropy on Return-to-isotropy of Homogeneous Anisotropic Turbulence

○久米 大郎, 豊橋技科大院, 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1, E-mail: kume@aero.mech.tut.ac.jp

蒔田 秀治, 豊橋技科大, 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1

宮田 仁奈, IHI, 神奈川県横浜市磯子区新中原町 1, E-mail: nina Miyata@ihi.co.jp

飯田 明由, 豊橋技科大, 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1, E-mail: iida@mech.tut.ac.jp

Taro, KUME, Toyohashi Univ. of Tech., Tenpaku-cho 1-1, Toyohashi-shi, Aichi

Hideharu MAKITA, Toyohashi Univ. of Tech., Tenpaku-cho 1-1, Toyohashi-shi, Aichi

Nina, MIYATA, IHI Corporation, 1 Shin-Nakahara-cho, Isogo-ku, Yokohama-shi, Kanagawa

Akiyoshi, IIDA, Toyohashi Univ. of Tech., Tenpaku-cho 1-1, Toyohashi-shi, Aichi

The process of return-to-isotropy was experimentally investigated in homogeneous strongly anisotropic three-dimensional turbulence fields with $R_\lambda = 38 \sim 668$. The trajectory of return-to-isotropy almost followed the SS model in anisotropy invariant map in $II^{1/2} - III^{1/3}$ phase space. The present result shows that the return-to-isotropy was progressed through three stages having different characteristic constant $\alpha = \tau_R / \tau_D$; the ratio between the time scales of energy decay and return to isotropy. The fact suggests the possibility of simplifying the Lumley's quadratic non-linear model describing the nature of anisotropic turbulence by revealing the apparent relationship between α and the model.

1. 緒言

著者らは風洞内に乱流レイノルズ数と異方度の大きな異方性乱流場を実現し、異方性乱流場の異方度や乱流渦形状、乱流レイノルズ数等のパラメータが等方化に及ぼす影響を明らかにしてきた。本研究では、異方度とレイノルズ数の異なる数種類の一様三次元異方性乱流場を形成し、等方化の特性時間 τ_R と減衰の特性時間 τ_D の比 α に着目し、実験的解明を行った。

2. 実験装置・条件

吹き出し型風洞の測定洞上流に設置した乱流発生装置¹⁾により、高 R_λ 乱流場を形成した。その下流に、120枚の薄い金属板から成るスリットを挿入し、水平方向の速度変動成分を抑制することにより、二次元異方性乱流場を実現した。

3. 実験結果および考察

図1に無次元化乱流エネルギー q^2/U_c^2 と異方度を表す不変量 II の関係を示す。このとき、乱流場は流れ方向に向かって減衰するとともに II が減少する。図中点線で示す勾配は減衰と等方化の時定数 $\alpha = \tau_R / \tau_D$ である。全 Case で II の各領域で図中点線に示すような勾配 α がほぼ一定値となる直線関係が存在することが分かる。特に Case 4, 5, 6においては、一様三次元異方性乱流場の減衰・等方化機構は ① 等方化が支配的な領域 ② 等方化と減衰が並行して進行する領域 ③ 減衰が支配的な領域の3つの領域を経て進行し、領域が遷移する断面で勾配 α は不連続的に変化している。図2に $1/\alpha$ の不変量 II 依存性を示す。プロットは定義式から直接計算した $1/\alpha$ 、実線は図1から得られた $1/\alpha$ である。プロットは実験値の微分から求められており、遷移領域で $1/\alpha$ の変化量が大きくなっているが、各領域で平均勾配より求めた実線とほぼ一致する。即ち、特性時間を使って詳細な解析を進めた結果、定数 $1/\alpha$ は不変量 II に対して不連続的に変化し、領域が遷移するに従い $1/\alpha$ は減少するという既報²⁾の仮説を支持している。

レイノルズ応力方程式中の圧力-歪相関項の汎用的なモデルを確立するためには、return-to-isotropy 項をモデル化する必要がある。これにはLumleyの2次非線型モデル⁴⁾中の線型項モデル関数と非線型項モデル関数を決定する必要がある。また、勾配 α と線型項モデル関数の間に関係式が成立することが報告されている³⁾。従って、Lumleyの2次非線型モデル⁴⁾中の線型項モデル関数と非線

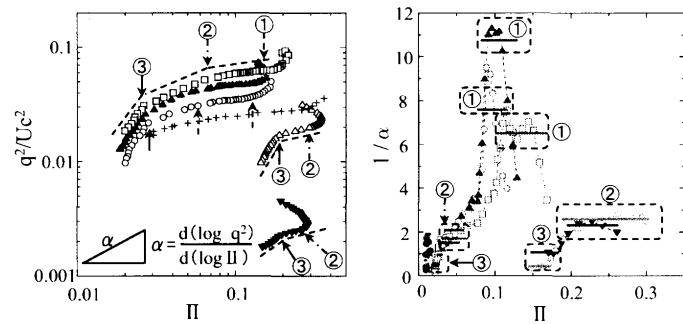


Fig. 1 Turbulence Energy q^2/U_c^2 and Invariant II . \blacktriangleleft : Case1 ($R_\lambda=37$), \triangleleft : Case2 ($R_\lambda=271$), \triangle : Case3 ($R_\lambda=240$), \blacktriangle : Case5 ($R_\lambda=510$), \square : Case6 ($R_\lambda=630$), $+$: Strong Axisymmetric Anisotropic Turbulence³⁾

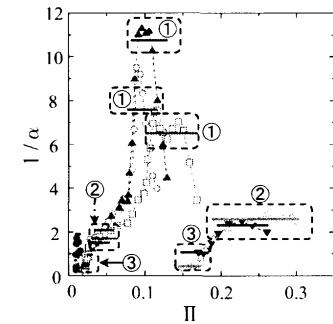


Fig. 2 Reciprocal of α and Invariant II . \bullet : Case1 ($R_\lambda=37$), \blacktriangledown : Case2 ($R_\lambda=271$), \triangle : Case3 ($R_\lambda=240$), \blacktriangle : Case5 ($R_\lambda=510$), \square : Case6 ($R_\lambda=630$), $-$: Case1, $-$: Case2, $-$: Case3, $-$: Case4, $-$: Case5, $-$: Case6

型項モデル関数の独立変数である不変量 II 、 III 、乱流レイノルズ数 Re_t と定数 α の関係を実験的に推定すれば、非線型現象である三次元異方性乱流場の等方化過程の正確なモデルの構築に寄与することが出来る。

4. 結言

- (1) 大規模一様異方性乱流場の等方化過程について実験的に調べ、等方化の特性時間 τ_R と減衰の特性時間 τ_D 比 α を用いて解析を進めた結果、 α の変化は既報²⁾で提案した仮説をよく説明する。
- (2) 本結果は、非線型現象である三次元異方性乱流場の等方化過程のモデルの簡略化に寄与する。

参考文献

- (1) Makita, H., Fluid Dyna. Res., 8 (1991), pp. 53 - 64.
- (2) 蒔田, 岩崎, 飯田, 機論, B55 - 516, (1989), pp. 2221 - 2229.
- (3) 蒔田, 岩崎, 機論, B55 - 517 (1989), pp. 2650 - 2656.
- (4) Lumley, J. L., et al., J. Fluid Mech., 82, 1, (1977), pp. 161 - 178.
- (5) Choi, K. S., Ph. D. Thesis, Cornell University, (1983), p.10.