

専攻	総合エネルギー工学	学籍番号	883121	指導教官氏名	蒔田 秀治 教授
申請者氏名		関下 信正			三田地 紘史 教授
					鈴木 新一 助教授

論 文 要 旨

論文題目	一様等方性乱流の統計的性質に関する実験的研究
------	------------------------

(要旨 和文 1,200 字程度)

(1)

流体力学的な問題のうち大部分は乱流と深く関わっている。近年の輸送機関の高速化、流体機械の高性能化、正確な気象予測、地球規模の環境問題の深刻化などに関して、乱流場の特性に関する高度な知識が要求されている。これら個別の問題に対する研究も必要であるが、それら乱流現象の本質に関わる普遍的な性質や法則に関する知識の集積も重要である。等方性乱流は最も単純な構造を有するため、理論的研究が進んでおり、それに関して局所等方性や普遍平衡理論など多くの理論が展開され、種々の乱流モデルが提案されている。

現在、新しい現象とその法則性の発見や、乱流モデルの検証は、乱流の実験的研究にとって最重要課題である。しかし、実験室内に十分に大きい乱流レイノルズ数を持つ乱流場を実現することが困難であったため、乱流の基本的特性に関してさえ十分な実験データの蓄積が行われていなかったのが現状である。本研究は、乱流の普遍的な性質を調べることを目的とする。乱流発生装置を用いて乱流レイノルズ数 R_λ の大きい ($R_\lambda = 80 \sim 393$) 一様準等方性乱流を風洞中に形成した。熱線流速計を用いた速度場の計測を通し、その基本的特性の統計的解析を行った。

以下に本研究の主な結果を示す。(1)乱流エネルギー方程式の再分配項に Rotta のモデルを用いて、等方化を

考慮した減衰法則を導入し、実験データから異方度に関わらず正確に減衰率を決定した。(2)一様性乱流場では減衰の特性時間が時間に比例することを示し、新しい仮想原点の決定法を提案した。(3)減衰率は、 $R_\lambda \geq 110$ で R_λ の増加とともに減少し、 $R_\lambda \rightarrow \infty$ で約1.4に漸近する。(4)上流の等方化区間では乱流場の等方化能力は R_λ とともに増加する。下流で乱流場が自己相似的な状態に移行するとともに、減衰が支配的となる。(4)慣性小領域の上限特性渦スケールは最大等方渦スケール l_0 で、下限特性渦スケールは、慣性小領域の最小渦スケール l_s 、最小非粘性渦スケール l_v で与えられる。(5)エネルギースペクトル中に慣性小領域が存在するための条件は、 $R_\lambda \geq 110$ である。(6)慣性小領域での渦構造は等方的である。(7)自己相似性が満足されるとき、Kolmogorov定数は流れ方向に変化しない。その時のKolmogorov定数 α_1 は、 $R_\lambda \geq 200$ で約0.55である。(8)Kolmogorov定数 α_1, α_2 の乱流レイノルズ数依存性は、普遍理論の成立条件 $R_\lambda \geq 1730$ (Stewart & Townsend, 1951)を支持する。(9)低波数領域の速度場はランダムであるのに対して、粘性散逸領域の乱流構造は間欠的であり、それは R_λ が大きいほど顕著になる。(10)慣性小領域にも弱い間欠性が存在する。(11)慣性小領域における構造関数の勾配と次数の関係から、既存のモデルの中では3D binomial Cantor setモデルが最も近似度が高いことを示した。

これらの結果は、乱流場の基本構造の理解を増すとともに、新しい乱流モデルの構築に役立つものと思われる。