



Title	Numerical and experimental studies on subcritical transition to turbulence in rectangular-duct flows
Author(s)	武石, 恵介
Citation	大阪大学, 2016, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/55879
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論 文 内 容 の 要 旨

氏 名 (武石 恵介)	
論文題名	Numerical and experimental studies on subcritical transition to turbulence in rectangular-duct flows (矩形ダクト流における亜臨界乱流遷移に関する数値的及び実験的研究)
<p>論文内容の要旨</p> <p>流れの層流から乱流への遷移は、レイノルズによる研究以来の長い歴史があるにもかかわらず、現在でも活発に研究が行われている。管内流においては亜臨界乱流遷移により乱流が出現するが、近年高精度な数値シミュレーションとよく制御された実験により亜臨界乱流遷移現象の理解が進んでいる。本論文では、数値シミュレーションと実験の両面から、矩形ダクト流における亜臨界乱流遷移域で観察される過渡的乱れの性質を明らかにした。</p> <p>【第一章】 本論文の研究背景と目的について記した。</p> <p>【第二章】 本論文で用いた、スペクトル法による直接数値シミュレーション手法について述べた。</p> <p>【第三章】 数値シミュレーションにより、様々なアスペクト比を有する矩形ダクト流に対して、過渡的乱れの下限臨界レイノルズ数を明らかとした。また、下限臨界レイノルズ数より高いレイノルズ数において、矩形ダクトに特有の流れ方向に傾きを有する局在化した乱流構造を発見した。さらに、それら局在乱流構造が有する性質について述べた。</p> <p>【第四章】 本論文で用いた、アスペクト比可変の矩形ダクトについて記した。また、矩形ダクトにおける亜臨界乱流遷移を計測するために、リアルタイムの多面PIVシステムを開発し、その概要について示した。</p> <p>【第五章】 矩形ダクトの亜臨界乱流遷移域で生じる過渡的乱れの性質について実験的に調べた。過渡的乱れの判別方法を定義するとともに、過渡的乱れが生じる下限臨界レイノルズ数を明らかにした。また、過渡的乱れの性質について、無記憶性と平均寿命に関するアスペクト比依存性を示した。</p> <p>【第六章】 本論文の結論を総括して記した。</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (武石 恵介)			
論文審査担当者	(職) 氏 名		
	主 査	教 授	河原源太
	副 査	教 授	川野聡恭
	副 査	教 授	杉山和靖
	副 査	教 授	後藤 晋

論文審査の結果の要旨

本論文は、矩形断面を有するダクト内を圧力勾配によって駆動される非圧縮粘性流体の層流状態の不安定化と乱流遷移について実験および数値シミュレーションによる検討を加えたものである。この種の流れでは、層流が線形安定であっても、有限振幅攪乱の導入によって乱流が発生する。すなわち、矩形ダクトにおける乱流遷移はいわゆる亜臨界遷移の典型であり、乱流遷移の解明には有限振幅攪乱の振舞いを非線形力学系として理解することが不可欠となる。

本論文では、この問題に対して、まずスペクトル法による高精度直接数値シミュレーションを実施した。アスペクト比が1から9までの発達した矩形ダクト乱流のレイノルズ数を低下させ、乱流が短時間すら持続しない下限レイノルズ数を評価した。この下限レイノルズ数における矩形ダクト乱流は空間的に局在することを確認し、さらに空間局在の様相がアスペクト比に依存することを見出した。アスペクト比が4より小さい場合には、乱れはダクト軸方向にのみ局在し、いわゆる乱流パフと類似した形態をとるが、アスペクト比が4より大きい場合には軸方向に加えダクトの長辺方向にも局在する斑点状の乱れが現れることを発見した。次に、アスペクト比が変更可能な独自の実験装置を製作し、かつ独自の多点PIV（粒子画像流速計測）システムを構築し、有限振幅攪乱の導入による矩形ダクトにおける乱流遷移を時空間的に観測した。その結果、導入した攪乱を契機に発生する乱れが有限寿命をもち、その寿命の分布関数が指数分布で記述されることを示した。これは円管流の遷移に現れる乱流パフの性質と一致する。また、乱れの平均寿命も乱流パフと同様、レイノルズ数の増加に伴い二重指数関数的に増加することを示し、この性質がアスペクト比3, 5に共通することを明らかにした。

以上のシミュレーション及び実験によって得られた本論文の知見は、工学的に多用される矩形ダクトにおける亜臨界乱流遷移の解明に有用であり、博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。