



Title	壁乱流の縦渦構造の維持・生成機構に関する研究
Author(s)	辻本, 公一
Citation	大阪大学, 2000, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/43071">https://hdl.handle.net/11094/43071</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> 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

氏 名	辻 本 公 一
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 5 0 5 0 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 1 2 年 1 月 3 1 日
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 名	壁乱流の縦渦構造の維持・生成機構に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 三 宅 裕 (副査) 教 授 辻 裕 教 授 稲 葉 武 彦 助 教 授 梶 島 岳 夫

## 論 文 内 容 の 要 旨

流体関連装置における摩擦抵抗の削減や伝熱特性の改善のために、壁近傍乱流場の微細渦構造を対象にした乱流制御に関心が集まっており、その際、必要とされるシステムの構築やデバイスの概念を創出するための微細渦構造に関する基礎的な知見の拡充が要請されている。とくに壁近傍では流れ方向に軸を持つ縦渦が支配的な微細渦構造で、この維持・生成機構の解明が効果的な乱流制御手法の開発に貢献すると考えられる。従って、本論文では微細渦構造の解像を可能とする高精度な大規模数値シミュレーションを実施し、縦渦の維持・生成機構に関し詳細な解析を行っている。本論文は6章からなり、

第1章では研究の背景と壁近傍乱流研究の歴史的経過および従来の研究成果について総括している。

第2章では渦度輸送方程式の生成率および瞬時の三次元渦線構造の可視化結果から、壁近傍に存在する成熟した縦渦の維持・生成機構について解析している。また、縦渦をモデル化した準三次元計算を行い縦渦の再生機構についても評価している。

第3章では主流と直交方向に壁を面内振動させた場合に起こる摩擦抵抗削減現象に関して、流れ場の平均特性や縦渦の挙動について示すとともに、縦渦を構成する渦糸の姿勢とその際の渦度生成率の時間変化から、抵抗減少の要因について説明を行っている。

第4章では流れ場から縦渦を抽出するための同定指標の検討と、縦渦の維持機構とダイナミクスに関し統計的な評価を行っている。その際、渦のダイナミクスを評価するために、渦度生成率を伸びの寄与と渦軸の転向の寄与に分解する方法を提案している。さらに維持機構の知見に基づく乱流制御の数値実験を行い、抵抗削減効果を評価している。

第5章では縦渦が単独ではなく、集中して発生し、維持される様子に着目し、その挙動について、Wavelet変換を用い、流れ場を大スケールと小スケールに分解し解析している。数値実験および渦度生成率から大スケール構造が縦渦の様な小スケール渦構造の維持に関する役割について評価している。

第6章では本論文の成果を総括し、各章で得られた結論をまとめている。

## 論文審査の結果の要旨

壁近傍乱流に発生する縦渦は壁近傍での熱輸送や運動量交換に重要な役割を果たし、その制御のために縦渦に関する生成維持機構の正確な理解が求められている。本論文は、壁近傍の縦渦の維持・生成機構に関し数値シミュレーションデータから詳細な検討を行っている。その成果は以下のとおりである。

(1)壁近傍で十分成熟した縦渦は、自身の誘起する回転流れによりスパン方向渦の巻き込みと主流方向への引き伸ばしにより維持されること、縦渦上流側での縦渦の再生は成熟した縦渦の上部の強いせん断層が原因で生じること、二次元渦のモデル計算からこの再生が普遍的に起こることを明らかにしている。

(2)壁を流れ方向と直交する方向に振動させた場合について解析した結果、振動壁近傍では、振動壁と同周期で変動しながら強い縦渦から順に減衰すること、この強い渦を弱める要因は、壁振動に伴う縦渦の壁に対する傾き角の変化のためで、傾き角が小さくなると引き伸ばし効果が弱まり渦生成が抑制されることを明らかにしている。

(3)縦渦の同定とダイナミクスに関し統計的な評価を行った結果、縦渦が主流方向渦度と渦軸の姿勢で特徴づけられ、主流方向渦度の特定の数値により抽出できること、縦渦の維持は、スパン方向の渦糸が巻き上げられ、主流方向に変換されることで行われることが統計的に保証されることを見い出している。この縦渦の維持機構の知見を反映した壁垂直方向の渦度の制御を行い、有意な抵抗低減が得られることも明らかにしている。

(4)縦渦が集中した縦渦群の挙動について解析し、縦渦群は発達・維持・減衰しながら空間内で間欠的に存在し、個々の縦渦の数倍程度のスケールを持つことを見い出している。この渦群のパターン形成は縦渦の再生機構が反映されて起こる可能性があること、縦渦群はその構造を維持するために縦渦群スケールの大規模構造が必要であることを明らかにしている。この結果は、壁近傍の微細渦構造制御にはそれに比べて比較的大スケール構造の制御が有効である可能性を示唆している。

以上から、本論文は壁近傍の縦渦構造の維持・生成機構の理解に大きく貢献しており、乱流制御のための基礎的知見に寄与すると考えられる。よって、本論文は博士論文として価値のあるものと認める。