

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 14061 号
------	---------------

氏 名 陳 曉楠

論 文 題 目

Experimental Study on Large-scale Structures in Turbulent
Boundary Layer
(乱流境界層における大規模構造に関する実験的研究)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	工学研究科	教授	長野 方星
委員	名古屋大学	未来材料・システム研 究所	教授	内山 知実
委員	名古屋大学	工学研究科	教授	長田 孝二
委員	名古屋大学	国際機構	特任教授	酒井 康彦
委員	名古屋大学	工学研究科	准教授	伊藤 靖仁

論文審査の結果の要旨

陳曉楠君提出の論文「Experimental Study on Large-scale Structures in Turbulent Boundary Layer (乱流境界層における大規模構造に関する実験的研究)」は、自然に発達する乱流境界層内に存在するコヒーレント構造、特に大規模構造に着目し、それと壁面近傍の乱流構造の関係を明らかにすることを目的とした実験研究である。また得られた知見をもとに、新規の壁面抵抗低減の手法として、壁面上に設置したプラズマアクチュエーターのアレーを用いて乱流境界層に大規模構造を人工的導入する方法を提案し、実験によりその有効性について調査した。各章の概要は以下の通りである。

第1章では、乱流境界層の壁近傍領域で発生するバースト現象に関する構造と対数領域に存在する大規模構造 (LSMとVLSM) とヘアピン渦に関する理解について詳細な文献レビューを行った。また、乱流境界層に関する未解明の問題と本研究の目的について述べている。

第2章では、本研究の目的を達すために、風洞と実験部、熱線流速計システム、プラズマアクチュエーターを含む実験系のセットアップについて詳しく説明している。

第3章では、熱線流速計による計測した対数領域の変動速度の分布から大規模構造を抽出する手法について述べている。また、大規模構造の蛇行の特徴評価法について説明している。さらに、計測した変動速度信号から、壁近傍のバースト現象と対数領域に存在するヘアピン渦の検出手法について述べている。

第4章では、自然に発達した乱流境界層について調べた結果について議論している。まずは、LSMとVLSMの蛇行長さ、蛇行振幅、蛇行角度などの蛇行特徴を明らかにした。そして、蛇行する大規模構造とヘアピン渦の空間分布を可視化した。その結果、ヘアピン渦は低速の構造の上流側、あるいは高速の構造の下流側に存在する傾向があることが確認された。この結果は、LSMとVLSMがヘアピン渦のパケットから形成されていることを示している。また、ヘアピン渦の非対称性と大規模構造の蛇行方向との関係を調査した結果、対数領域で検出された小さなヘアピン渦の非対称性は、LSMやVLSMの蛇行方向と独立であることがわかった。さらに、大規模構造が壁近傍のバースト現象に及ぼす影響について調査した。その結果、バースト現象が高速の大規模構造下に活発になり、低速の大規模構造の下に抑制されることがわかった。最後に、壁近傍のバースト現象は対数領域のヘアピン渦と同時に発生することがあることが確認された。このことは、壁近傍のバースト現象の一部はヘアピン渦の足によって引き起こされることを示唆する。

第5章では、プラズマアクチュエーターアレーによって干渉した乱流境界層に関する調べた結果について述べる。プラズマアクチュエーターアレーを使うことで、乱流境界層の壁近傍の領域では低速の人工大規模構造 (AVLSM) が高速の構造に挟まれ、長時間連続的に検出されることが確認された。壁近傍より高い位置では、低速と高速のAVLSMが蛇行し、スパン方向に不安定になることが観察された。また、AVLSMが乱流強度に及ぼす影響について検討した。その結果、高速のAVLSMの中では乱流強度が低下し、低速のAVLSMの中では乱流強度が上昇することがわかった。さらに、AVLSMが壁近傍のバースト現象に及ぼす影響について調べた。その結果、AVLSMの中での壁近傍のバースト現象の発生周波数の変化は、乱流強度の変化と一致することがわかった。

第6章では、本研究で得られた結果を総括するとともに残された課題を述べている。

以上のように本論文では自然に発達する乱流境界層内に存在するコヒーレント構造の特徴及び構造間の関係を明らかにしている。また、プラズマアクチュエーターアレーによる作った人工大規模構造が壁面摩擦低減の有効性について調べた。本研究から得られた結果は学術的価値が高いことに加えて、飛行機や自動車などの壁面摩擦低減への応用を実現するために重要であり、工学の発展に寄与するところが大きいと判断できる。よって、本論文の提出者である陳 曉楠君は博士 (工学) の学位を受けるに十分な資格があると判断した。