T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ
Tokyo Tech Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	乱流生成・散逸機構と大規模構造に関する研究
Title(English)	Large-scale Coherent Structures and Turbulent Energy Production / Dissipation Mechanism
著者(和文)	大沢耕介
Author(English)	Kosuke Osawa
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11121号, 授与年月日:2019年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:店橋 護,野﨑 智洋,堀内 潔,伏信 一慶,志村 祐康
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11121号, Conferred date:2019/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	要約
Type(English)	Outline

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

論 文 要 約

著　　者：大沢　耕介

論文題目：Large-scale Coherent Structures and Turbulent Energy Production / Dissipation Mechanism (乱流生成・散逸機構と大規模構造に関する研究)

要　　約：

本論文は「Large-scale Coherent Structures and Turbulent Energy Production / Dissipation Mechanism（乱流生成・散逸機構と大規模構造に関する研究）」と題し，以下の 5 章より構成される．

第 1 章“Introduction”(緒論)では，乱流現象の工学的な応用に関連して，乱流構造，特に大規模構造と普遍的微細構造に関する過去の研究を概観し，本論文の目的を述べている．すなわち，乱流エネルギーの消散を担う普遍的な微細構造（散逸構造）については従来の研究からその詳細が明らかにされているが，乱流エネルギー生成を担う大規模構造に関しては系固有の構造として理解されているに過ぎず，工学的に用いられる複雑な乱流場を解明するには散逸構造と大規模構造の共存により生じる現象と，それによる乱流生成・散逸機構を解明する必要があることを指摘している．散逸構造と大規模構造が共存する乱流場として，Taylor-Couette 乱流，平行平板間乱流及び一様等方性乱流について乱流生成・散逸を担う空間構造の詳細を検討し，乱流構造の形成・維持に対する大規模構造の役割を解明することが，本論文の目的であると述べている．

第２章“Torque transition process of turbulent Taylor-Couette flow”(Taylor-Couette 乱流のトルク遷移機構)では，内円筒が回転する Taylor-Couette 乱流の直接数値計算(DNS)結果を用い，レイノルズ数 10000 前後で生じる平均トルク遷移機構を大規模構造と散逸構造の観点から解明している．平均速度と速度変動強度の特性から，遷移過程の流れに大規模 Taylor 渦と壁乱流の散逸構造が同時に存在することを明らかにし，Taylor 渦構造が周方向平均速度で抽出できることに着目して，速度変動を Taylor 渦成分と乱流を含むその他の速度変動成分に分解できることを明らかにしている．この分解法に基づいて，平均トルクに対する各速度変動成分の寄与を評価する手法を提案し，平均トルクのレイノルズ数依存性の遷移が大規模 Taylor 渦成分と乱流成分の競合によって引き起こされることを明らかにしている．また，遷移過程の散逸構造を詳細に検討することで，Taylor 渦が散逸構造の局所的な密集を引き起こす一方，壁面近傍では発達した壁乱流への連続的な変化が生じることを解明している．

第３章“Turbulence production process in near-wall region”(壁面近傍の乱流生成機構)では，従来乱流生成に重要な役割を持つとして認識されてきた局所レイノルズ応力の定義に恣意性が含まれることを指摘し，局所レイノルズ応力に対応する代替量として optimal flux を導入している．壁乱流の乱流生成機構として optimal flux に基づくコヒーレント構造を抽出し，その特性を明らかにしている．摩擦レイノルズ数 1000 以上の平行平板間乱流において，optimal flux によるコヒーレント構造と局所レイノルズ応力によるコヒーレント構造を比較し，両者は統計平均値として大きな差を示すが，抽出されたコヒーレント構造はどちらも壁面から離れるに従い空間的に大きい構造が支配的となり，空間構造に自己相似性を持つ等の類似点も有することを明らかにしている．加えて，壁面近傍の高速・低速領域との関係から，コヒーレント構造は共に古典的な sweep，ejection 及び roller 構造に対応することを解明し，これらの構造が壁面近傍の普遍的な乱流生成機構であることを明らかにしている．

第４章“Fine scale eddy cluster in turbulent flow”(乱流中の微細渦クラスター)では，減衰一様等方性乱流と大スケールで外力加振を伴う非減衰一様等方性乱流を対象として，乱流の微細渦（散逸構造）のクラスター構造を明らかにしている．微細渦の位置を特定し，その位置まわりの Voronoi 線図に基づいて，微細渦のクラスター形成の有無を定量的に評価する手法を提案している．この手法をテイラー長に基づくレイノルズ数が 400 程度までの一様等方性乱流に適用することで，減衰一様等方性乱流において微細渦はクラスターを形成しないことを明らかにしている．一方で，非減衰一様等方性乱流と減衰一様等方性乱流であっても強い微細渦に条件づけた場合ではクラスターが確認できることから，クラスターは大規模運動によって形成されることを明らかにしている．さらに，クラスター内部では速度勾配に関連する事象がより強化される一方で，クラスター内外の間欠性と微細渦の配向は類似することを明らかにし，これらのことからクラスター内部の流れ構造は事象の強度を除いて外部と同様であることを明らかにしている．

第５章“Conclusions”(結論)では，各章で得られた結論を総括している．