

卓越した大学院
「流動ダイナミクス知の融合教育研究世界拠点」
平成 26 年度 博士課程後期学生国際会議派遣 参加報告書

氏名／専攻・学年 Name / Department	吉川 穰 / 機械システムデザイン工学専攻・博士後期過程 1 年
学会名 Conference's name	67 th Annual Meeting of the American Physical Society Division of Fluid Dynamics
開催地 Venue (Name of the facility, city & country)	Moscone (West) Convention Center, San Francisco, CA, USA
日程 Conference period	November 23-25, 2014
発表タイトル Presentation Title	Wavelet-based Identification of Localized Turbulent Regions in a Transitional Boundary Layer
【発表概要 Brief summary of your presentation】 境界層の乱流遷移によって壁面での摩擦抵抗は層流の時に比べ 10 倍程度増大する。したがって高速輸送器や流体機器においてより長く層流保つことができれば莫大な省エネルギー化が実現できる。以上の工学的理由から境界層遷移は古くから研究が行われてきた。中でも主流乱れが 1%以上の時に起こるとされているバイパス遷移においては高速・低速領域がスパン方向に交互に並ぶストリーク構造が発達し、その低速部の下流において孤立した乱流領域である乱流斑点が生じる。この乱流斑点が境界層を埋め尽くすことによってバイパス遷移は完了する。過去の研究では、ストリーク構造の二次不安定による崩壊過程や乱流斑点の構造はよく調べられてきたが、どのようなメカニズムで乱流が初生するかについては依然として不明である。本研究では、渦構造の相互作用に着目して乱流が初生するメカニズムを解明することを目的としている。 本研究ではバイパス遷移中に現れるストリーク構造を模擬し、刺激を与える事で境界層の不安定化を促して乱流化する流れ場を 3 次元数値シミュレーションによって再現した。まず予備計算において、層流境界層中に物体列を置くことでストリーク構造を形成した。次に本計算では物体列下流にできた低速ストリークに対して、短時間噴流を吹くことで境界層の不安定化を促した。 本計算の結果、噴流導入後に形成された渦構造は変形しながら流下し、ある程度下流からは渦構造は増加して、最終的に流れ場が乱流化する様子が観察された。そこで渦構造の体積が時間によってどのように変化するかを見たところ、回転の強い渦の体積は初めは減少するものの、ある時刻から増加に転じることが分かった。そこで本研究ではその時刻を乱流の初生時刻と定義した。 次に局所的にどの位置から乱流が開始しているのかを特定するために、ある位置における波数成分を調べることができる Wavelet 変換を用いることを考えた。まずは乱流の初生時刻の前後における非乱流と乱流、2 つの流れ場からある壁面垂直方向高さ(y)、スパン方向位置(z)における流れ方向速度変動の空間波形を抽出し、それぞれの Wavelet 変換結果からそれらの区別を試みた。その結果、ある位置(y=3, z=0)における変換結果からは、乱流領域における速度変動波の Wavelet 変換結果は、非乱流領域に比べて幅広い波数帯域において高い Wavelet 係数が見られたため、波数帯域の幅から 2 つの流れ場は区別可能かと考えられた。しかしその近傍位置(y=4.5, z=1)における速度変動波の Wavelet 変換結果からは 2 つの波数帯域に違いは見られなかった。したがって Wavelet 変換を用いて乱流領域と非乱流領域の区別はできなかった。	

【他の講演等から得られた知見、感想等。What you learned from other presentations, general impression you had, etc.】

・乱流境界層中の非線形項の影響を実験的に調べる手法を確立する研究

ある流れ方向波数，スパン方向波数，周波数の組よりどのようなモードが乱流境界層中で発達するのかを調べる．最初に既知の組の攪乱を上流側から導入し，下流に設置した３本の熱線流速計における流れ方向，スパン方向距離を変えることで，得られる速度の時間データより位相の変化を検出し，どのような波数と周波数の組が出力されたかを計算しマッピングする．

・平板境界層における渦擾攪乱の受容性に関する研究

境界層の乱流遷移は，主流中の乱れが境界層内に取り込まれた後，その乱れが成長するという過程を経る．この成長率については安定性理論より既知のものであるため，中立安定点における乱れの強度が分かれば遷移点のより正確な予測が可能となる．その基礎研究としてこの研究では，主流中に渦擾攪乱を導入し，いかなるメカニズムで平板前縁付近に渦度が受容されるかを調べる．壁面垂直方向の渦度を導入した場合，壁面近くでは渦度が傾き，流れ方向の渦度に変換されることが分かった．また主流中に周期的に導入した渦度攪乱によって壁面に受容される渦度がどのように壁面付近に取り込まれるかを調べるために単発の攪乱を導入した結果と比較すると，主流中に存在する壁面垂直方向の渦度を構成するスパン方向速度が壁面付近では滑りなし条件を満たすために流れ方向渦度として受容されることが分かった．

・回転円板流における移流不安定と絶対不安定に関する研究

回転円板上の境界層は，航空機の後退翼面上と同様な３次元的な境界層となることから，その遷移過程が研究されている．回転円板上の境界層遷移では流れ方向に攪乱が成長する移流不安定により縦渦が発生し，その２次不安定の結果，乱流遷移するものと考えられてきたが，近年絶対不安定による乱流遷移の可能性も示唆されている．この研究ではこれら２つの遷移過程を区別するために，数値計算によって全面が層流境界層となるような状況を設定した後，上流側及び下流側から乱れを導入することで乱流遷移を促した．絶対不安定により乱流領域が計算領域上流まで到達している状況で上流側から乱れを導入すると，移流不安定によって乱流領域が下流側へ後退する様子が観察された．

【写真 Pictures】

