

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 28 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 稔 / 機械機能創成専攻・博士後期課程 3 年
学会名 Conference's name	THE 27 TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TRANSPORT PHENOMENA
開催地 Venue (Name of the facility, city & country)	Hawaii convention center, Honolulu, USA
日程 Conference period	September 20-23, 2016
発表タイトル Presentation Title	NUMERICAL SIMULATION OF THE BOUNDARY LAYER TRANSITION CAUSED BY A SHORT DURATION JET
【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を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。過去に行われてきた乱流斑点の研究では、乱流斑点の生成のために境界層に対して局所的に強い噴流を噴いたり、スパークを起こすといった非常に大きな刺激を与えていた。しかしバイパス遷移においてはそのような大きな刺激がなくとも乱流斑点が生じていることから、乱流斑点を弱い刺激で生成することができれば、乱流生成の勘所を抑えたと言える。本研究では、乱流遷移におけるどのような渦構造が乱流の初生に影響するのかを明らかにするため、3 次元の数値シミュレーションを行った。計算においては、Blasius 境界層を基本流として、壁面から短時間噴流を噴射することで境界層の不安定化を促した。また 2 つの場合について流れ場の解析を行い、それぞれ噴流の速度を一様流速の 18%及び 20%とした。 まず数値計算によって得られた流れ場において、噴射後に形成された渦構造の体積の時間変化を調べたところ、両方の場合において最初体積は増加した後に減少した。その後 18%の場合には体積はそのまま減少を続けるのに対して、20%の場合には増加に転じ、最終的に乱流化した。噴流直後に形成された渦構造は両者の場合とも、噴流孔の直下流を流下するヘアピン渦、その脇に存在する縦渦、さらに噴流孔の上流側で形成された首飾り渦の名残の 3 つから成り、流下と共にヘアピン渦の数が増える以外には時間的に大きな違いは見られない。しかし、渦構造の体積が増加に転じる時刻付近での渦構造の違いを観察すると、20%の場合には最も上流側に形成されていたヘアピン渦の頭部とその脇に存在する縦渦が接続するのに対して、18%の場合にはそれらの渦が弱まるだけで接続することなく消えてしまった。ここで接続された 2 つの渦は高さに差があるため、基本流である境界層の速度場によって伸長されて生き残り、より下流ではそのつながった渦の周囲にさらに新たな渦が次々と形成されることで、最終的に流れ場が乱流化することが分かった。 以上より、ヘアピン渦の頭部とより低い位置でを並走する縦渦が接続されることが、流れ場が乱流化するか否かに関わる重要な現象であることが分かった。	

【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.】

・摩擦応力計算のためのチャンネル乱流における壁面速度の LDV 計測

乱流状態における壁面摩擦応力は固体にかかる摩擦抵抗に他ならず、その計測は乱流制御の研究において不可欠である。これまでチャンネル乱流においては圧力勾配を元に固体壁面に加わる全体の摩擦抵抗を求めていたが、時空間的に変化の大きい場合にも計測を可能とするために、壁面近傍の速度場を計測することで壁面摩擦応力を計算しようという研究である

そもそも壁面近傍の速度分布から摩擦応力が算出されることは定義に立ち返っただけであり、ただ壁面近傍の速度場を計測したという発表に聞こえた。セッション終了後に発表者との議論をしたものの、研究自体の新規性が理解できなかった。

・乱流チャンネル壁面に設置した sin 波状リブレットによる摩擦抵抗低減についての DNS

リブレットと呼ばれる壁面上に加工された流れ方向に細長い溝が乱流摩擦抵抗低減に効果的であることは研究されてきたが、この研究ではその溝を流れ方向に波数を持たせた場合にどうなるのかを調べている。

タイトルを見た印象ではあまり期待をしていなかったものの、通常のリブレットを使用する場合に対して 15%程度の摩擦低減効果があった上に、sin 波状にすればより粗く大きな溝でより抵抗低減が可能であるという結果を示しており、その低減効果の大きさと加工の容易さの観点から大きな実用性があることに驚いた。通常のリブレットでの流れ場と異なり、sin 波状のリブレットが流れ場にどのような変化を及ぼしたのか、渦構造の観点から知りたいと感じ発表者と議論を行った。

・回転円盤の公転が及ぼす円盤上の速度場に対する影響

円盤上に液体を塗布する場合には円盤を自転させることで効率向上が見込めるが、自転円盤上の流体の持つ不安定性ゆえに縞状のムラが形成されてしまう。この研究ではその不安定性を変化させるために、自転する円盤を公転させる実験を行っており、円盤上での層流領域が拡張する部分と乱流領域が拡張する部分が生じたという報告をしていた。

工学的に目標とする結果を得られるかは分からないが、物理学として興味深い系・現象を対象とした研究であると感じた。

【写真 Pictures】



