

## 孤立粗度まわりの流れについて

本 橋 龍 郎\*

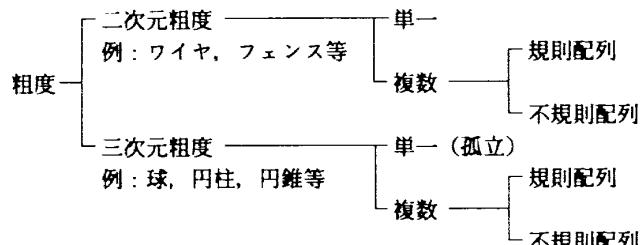
### (1) はじめに

翼面上の粗度の研究は、航空機設計上の許容粗さの指標を与えるものとして長い間注目をあびてきた。翼表面の加工技術の進歩に伴い、最近は重要な問題とは見なされなくなった。ところが、オイル危機以来航空機の経済性が大きく取り上げられようになり、特に燃料費の削減には、航空機に働く抵抗の軽減が必要なことから、この方面的研究が再び盛んに行われるようになってきている。特に、NASA の Langley 研究所はこの方面的研究の中心的役割を果してきた。それらの研究の中に『境界層を層流に保つ事によって抵抗を軽減する』方法がとりあげられている。多くの研究は、能動的に流れを制御し層流を保つものであるが、乱流への遷移の基本的な問題である『粗度による乱流の発生』については、未だ充分に理解されているとはいえない。特に、粗度がある程度大きく、大きな擾乱を生じ、それによって乱流が突発的に発生する過程は、未知な点が多い。この問題は、むしろ遷移の基本的性質を理解する観点から非常に重要であると思われる。

### (2) 孤立粗度まわりの流れ

粗度は大きく、表1のように分類される。

表1 粗度の分類



もっと基本的な粗度は、三次元単一粗さ（孤立粗度）である。ここでは、孤立粗度（境界層に埋没する微小円柱）まわりの流れについての実験について述べる。

孤立粗度周りの流れは、粗度レイノルズ数によって特徴づけられる。粗度レイノルズ数は、粗度上端における粗度のない場合の平均速度と粗度高さを用いて定義される。Gregory 等の可視化実験によると、粗度レイノルズ数によって粗度まわりの流れは3つのパターンに分けることができる。

#### ① 低い粗度レイノルズ数（約200以下）

粗度下流に渦のような streaks が観測されるが、下流でそれらは消滅する。

#### ② 中間の粗度レイノルズ数（約200～500）

上記の streaks が急激に崩壊し、乱流楔に発達する。

#### ③ 高い粗度レイノルズ数（約500以上）

直接粗度から乱流楔が発生する。

特に中間のレイノルズ数における流れでは、渦系と境界層との干渉を通して流れが不安定化し、最終的に乱流になる。図1は Gregory & Walker<sup>1)</sup>によって観測された粗度周りの流れを谷先生<sup>2)</sup>が模式的に描かれたものである。同図から、①粗度に絡みつく馬蹄型渦 (Horseshoe vortex) と②粗度上端から発生する後曳き渦 (Trailing vortices) の存在が認められる。2つの渦系の遷移における役割について調べる必要があると思われる。図2は、粗度（円柱）の下流で測定された等乱れ度線および等剪断応力線である。2つの渦に対応してそれぞれのピークが観測される。

### (3) 結び

境界層中の粗度後流に生ずる breakdown のメカニズムは、乱流発生の基本的性質を研究する上

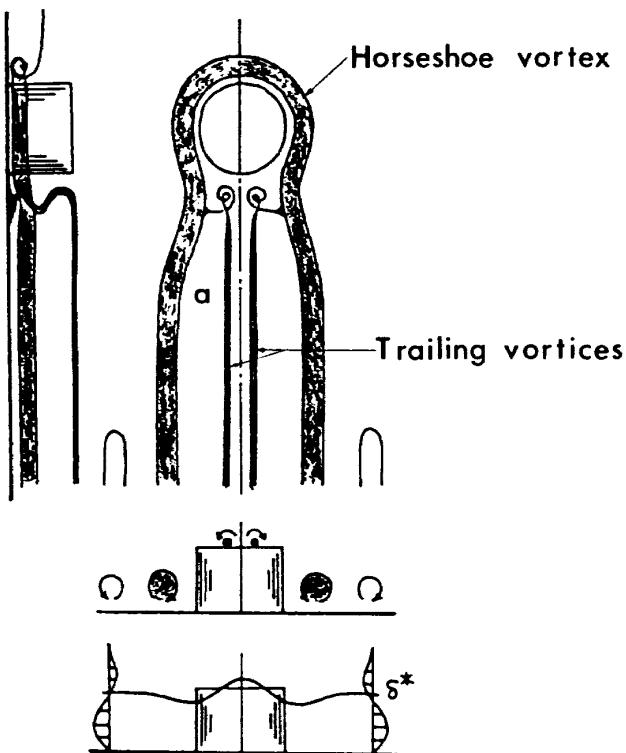


図1 粗度(円柱)まわりの流れ

で重要である。定量的な測定と可視化の両面から詳細な研究を行う予定である。NS 方程式を用いた数値計算も計画されている。

### 参考文献

- 1) Gregory, N. & Walker, W.S. 1956 The effect on transition of isolated surface excrescences in the boundary layer. ARC R & M No. 2779.
- 2) Tani, I. 1981 Three-dimensional aspects of boundary-layer transition. Proc. Indian Acad. Sci. 4, 219–238.

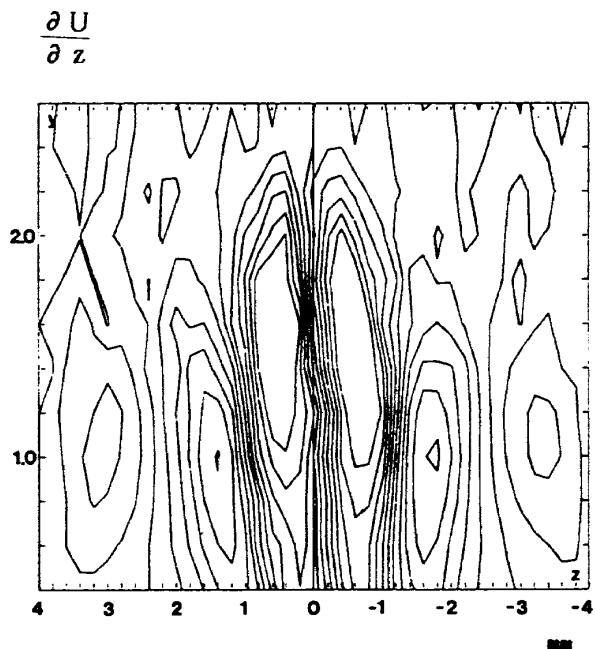
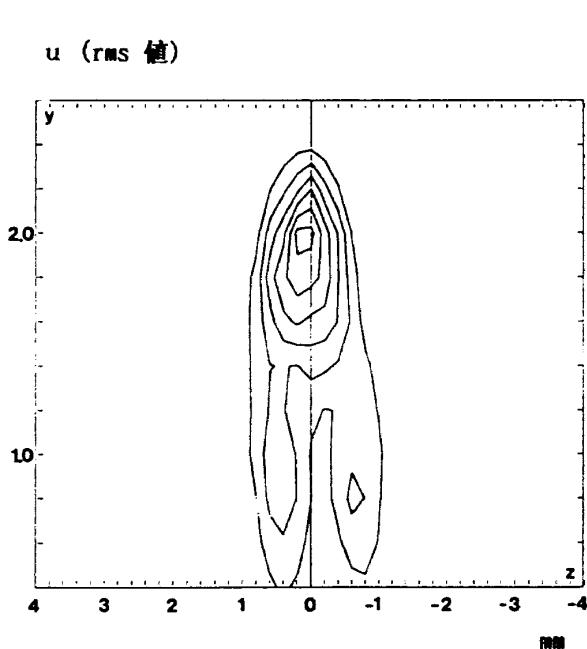


図2 等乱れ度線と等剪断応力線

粗度: 円柱  $d = h = 2 \text{ mm}$

$x = 15 \text{ mm}$