

徳山高専 正員 大成博文・佐賀孝徳 山口大学 斎藤 隆

1. はじめに 壁近くの乱流構造の組織性は、壁に向う高速の運動(sweep $u > 0, v < 0$)と壁から遠ざかる低速の運動(ejection, bursting $u < 0, v > 0$)の二つに概略的に区別される。前者は、outer-layer内の運動に深く関与し、後者はinner-layer内を主とする運動である。最近の研究によればこの両者は深い相互作用過程を有するとされ相互作用過程自身の組織性の解明の必要性も指摘されている。^(1,2,3)ところが、個々の流れ場の現象を合せて今尚未解決の問題が少なくない。本論は、壁近くの流れ場での二つの組織運動の相互作用過程について検討したものである。高速運動の反映結果として形成される「鰻形状」、低速部での「streak対」の挙動が重要である。

2. 実験の主旨と方法 組織性の認識には、形象、構造、機構の解明という三段階が存在する。本論はオー段階を主とするものであり、可視化法を用いて粘性底層外端($y^+ \approx 10$)からbuffer層($10 < y^+ < 30$)にかけての「形象」を追跡する。この領域の運動は、従来から「ランダム性」と「三次元性」に最も富む運動とされ、組織性の抽出が最も困難な領域のひとつであり、有効な手法の確立もなかなかなされていない。本論では、それぞれ微妙に機能の異なる三つの可視化法の適用を試み、その比較検討を行う。同時に、可視化された形象の認識に実体視法を採用し、三次元的な挙動の把握に努める。実体視法を認識手段として用いる点については、木下の研究に多くの示唆を受けた。⁽⁴⁾三つの可視化法とは、AMD法、蛍光染料注入法、水素気泡法であり、A、F、H法と略称する。

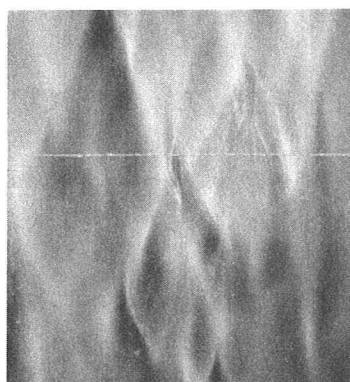
3. 比較可視化の結果 三者によるステレオ写真と実体視説明図をFig. 1に示す。三者の機能を比較をTable 2に示す。Fig. 1の可視化写真からもわかるように、鰻形状の可視化にはAとF法が比較的優れ、streakにはFとH法が優れるという相互関係が存在する。(それぞれの手法の詳細は文献5)の)にあり、省略する。)

これまでの結果から、鰻形状は平均的に粘性底層外端付近に形成され、縦横のスケールがそれぞれ200~300 y^+ と、100 y^+ であることが明らかになり、鰻形状の形象としての重要性は二つあり、ひとつは粘性底層からliftingするstreaksの平面的挙動を示す点にあり、もうひとつは鰻形状の側辺部の形成に小スケールの縦渦の寄与が存在している点である。(後者については文献7)の参照を願う。)(Fig. 2)

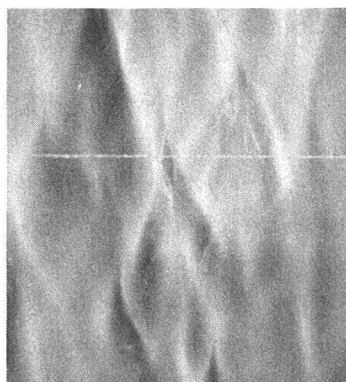
Fig. 1 (a), (b)より鰻形状の立体構造が明確となる。鰻形状は中央部が陥没し、側辺部が隆起する。この陥没と隆起は、高速部および低速部の横方向および流れ方向の相互作用の結果として生ずる。そして、側辺部では粘性底層からliftingしたlow-speed streaksが隆起の主要な役割りを果たす。この過程でstreakはほとんどの場合対をなして出現するが、(a)ではそれらがばんやりと浮かびあがり、(b)では比較的明瞭に観察される。また、buffer層内までstreaksが上昇してくると、挙動自身が不安定性を増し、鰻形状とは別の挙動を示すようになる。これは現象の複雑さのひとつであり、streaksが鰻形状の上にまで進入してきて重ねて見えたりもする。

(c)のH法では、streaksのそれぞれの三次元的挙動が明瞭に浮かびあがってくる。横には二本並べたレーザー光線(上流側が $y^+ = 10$ 、下流側が $y^+ = 30$ 高さ)との高さの対比で、粘性底層からliftingしているstreak対が一層明瞭である。さらには、buffer層を越えてlog layerまで急激に飛び出し、ゆくゆくstreaksも多数存在している。そして、対をなすstreakがじつは壁面に平行に並んでいるのではなく、様々な高さの違い、角度の違いで存在していることも気がつく。もとより三次元的な挙動を平面的に観察しているから、streak対の横幅も10~30%とある幅の値を持つ。縦断面図の一例をFig. 3に示す。さて、もうひとつのbuffer層内のstreakの挙動の重要な点は、streak自身の集中が行なわれる点である。streak集中の一例をFig. 4に示すが、この集中にはすぐ隣の高速部の運動が重要な役割りを果たす。集中点の両隣には、壁面を露出させる高速運動が必ず出現している。

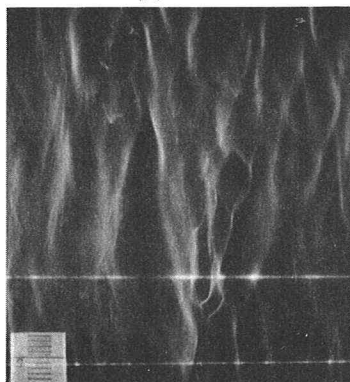
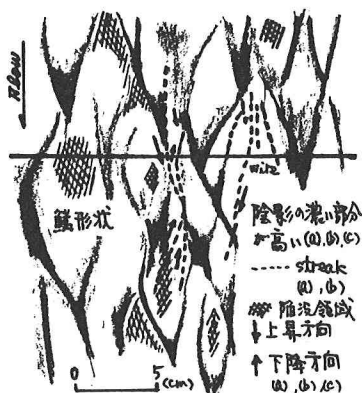
鰻形状とstreak対は三次元的な挙動を示し、それらが流れなどのような機構によって形成されるかますます重要となってきた。現在、横断面可視化を行っており、三次元的な情報にさらに蓄積されるであろう。



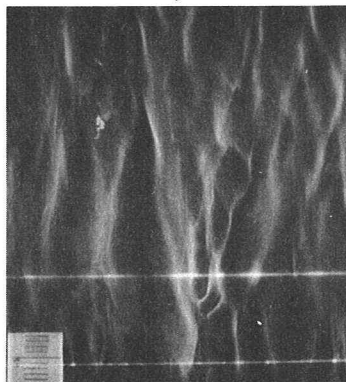
(a)



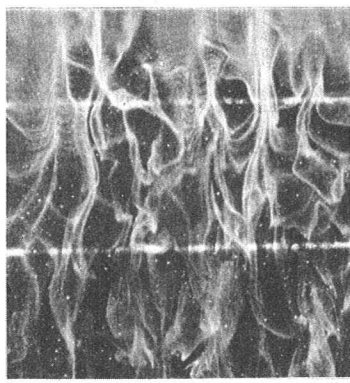
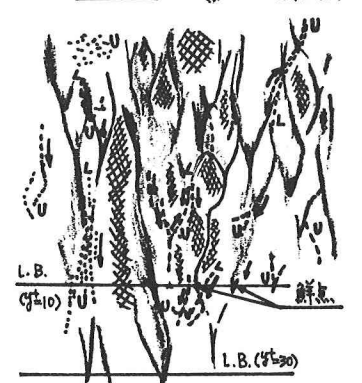
(a)



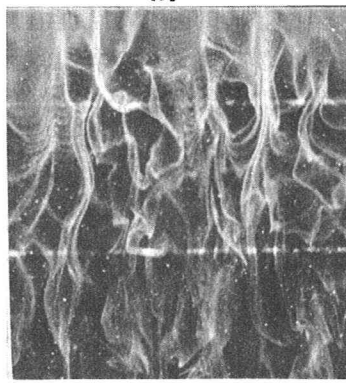
(b)



(b)



(c)



(c)

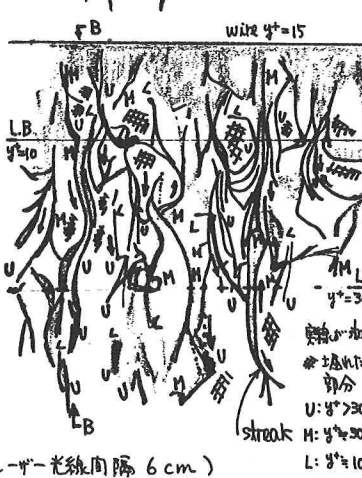


Fig. 1 (a) AMD法, (b) 蛍光染料注入法, (c) 気泡膜法 (陰極線高 $y^+ = 15$, 二本のレーザー光線間隔 6 cm)

Table 1

	Re	U(m/s)	H(mm)	U_w (m/s)	ρ
(a)	4400	5.72	9.1	0.44	1.026
(b)	3720	6.87	6.70	0.42	1.07
(c)	4650	7.13	6.57	0.47	

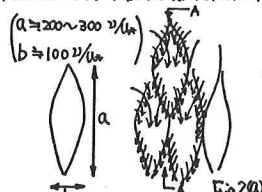


Fig. 2(a)

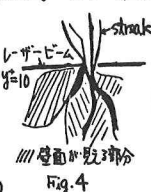


Fig. 2(b)

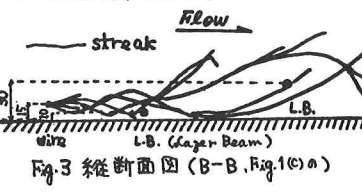


Fig. 3 糸断面図 (B-B, Fig. 1(c) の)

Table 2 可視化機能の比較

	鱗形状の可視化	streakの可視化
A法	○	×
F法	○	△
H法	×	○

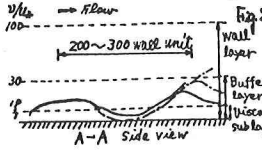


Fig. 4

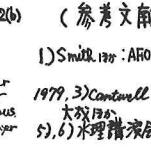
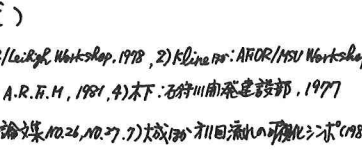


Fig. 5



- (参考文献)
- 1) Smith: AFOR/Laifys Workshop, 1978, 2) Kline: AFOR/MSU Workshop 1979, 3) Cantwell: A.R.F.H., 1981, 4) 木下: 石狩川南築建設部, 1977
 - 5) 大塚: 大塚
 - 6) 水理講演会論文集 10, 24, 10, 27, 7) 大塚: 初回編の可視化シミュレーション (1983)