

壁面領域内の乱流構造の空間的組織性

徳山高専	正員	大	成	博	文
徳山高専	〃〃	佐	賀	孝	徳
山口大学	〃〃	斎	藤	隆	

1. 寸えがき

開水路流れにおける壁面領域内の乱流構造を最も支配する乱流現象は、bursting現象であり、それに関する研究は、数多く行なわれてきている。しかし、依然として未解明なものも多く存在し、それらが障壁となって、壁面領域内の乱流構造を解明するには到っていない。著者らも、その一つである bursting 現象の横断方向構造を明らかにするため、有効な手法とされている可視化法を用いて一連の研究を行ってきた。その可視化法は、AMD 法と呼ばれる一種の混合トレーサー法であり、その特徴は、壁面近傍にトレーサーを注入する事によって、buffer 層内付近の立体的な挙動を、水路底壁面全体にわたって定量的に可視化できる点にある。その結果、興味ある鱗形状の現象が観察され、その形状の平均的な長さスケール、通過周期について bursting 現象と矛盾しない事が、ほぼ明らかにされてきた。²⁾

本報告は、bursting現象の横断方向構造、さらに壁面領域内の乱流構造の空間的組織性の解明を目的として、AMD鱗形状の現象観察を詳細に行ない、AMD鱗形状の構造を把握しなおし、種々の連続的な三次元挙動について検討しようとするものである。その際に、撮写ビデオカメラを用いた。

2. AMD 鱗形狀の空間的組織構造

Photo-1は、AMD鱗形状の写真であるが、その鱗形状の横幅スケール、流れ方向周期が、それぞれ粘性底層内の低速渦幅、burst周期に一致し、その形状についても、水素気泡膜法による可視化結果とほぼ一致し、一定の組織性を有しながらも一連の歴史過程、相互作用を繰り返して、ランダムに出現する事がわかっている。また、流速計測との同時併用も行なわれ、流速変動と鱗形状との対応性もほぼ明らかにされており、その一連の特性を以下に列挙する。あるいは、AMD鱗挙動の基本構造は、黒く映った高速流体の侵入による堰れ込み部分および路床底面の露出部分と、白く映った低速部に該当する隆起部分とによって構成されており、Fig-1に示す角度が、薄く、徐々に下流側に厚くなっている。また、B点、C点がもっとも隆起しているが、一般に両者は、等しくはない。これは乱流場に適切なトレーサの注入量を与えられれば、安定して鱗形状が形成され続ける。それらは、形成界面に強制擾乱を与えても、擾乱塊の流下とともに即座に流れ場のいたる所に鱗形

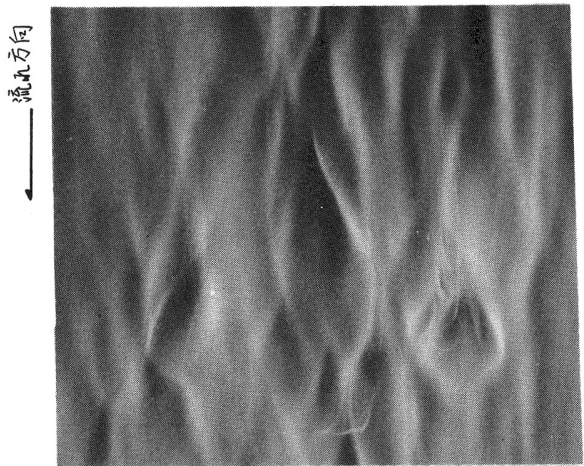


Photo.-1 AMD法による鱗形状 $R_e = 4400$
 $U = 5.72 \text{ cm/s}$
 $H = 9.15 \text{ cm}$

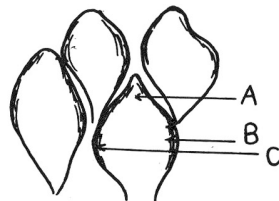


Fig.-1 AMD鱗形状のモデル

状が出現する。才三として、鱗形状は、最も一般的には、直斜め下流の2つの鱗形状と直下流のひとつの鱗形状の三者に影響を互いに、相互作用を繰り返しながら流下する事である。また不思議とその影響範囲は、2~3個に留まっており、これらがklineのoscillation現象の観察と一致し興味深い。才四は、流体がはいり込む際、AMD液を押しわけることにより、「そのこ」状のくぼんだ現象が現われ、その地先の平均流速よりも速い速度でそれが拡大してゆく。そして、ある大きさになると二次的に形成されるまき込み渦が出現し、そのくぼみを覆いかぶさるようになって、発生、発達と比較すれば、相対的に遅く減衰してゆく。またこのまき込み渦は、多くの場合非対称である。才五として、AMD鱗形状の集団が空間的に不均一に分布している事である。この事は、AMD鱗形状の相互作用、歴史過程、AMD鱗形状と大規模運動との相互作用などが要因として考えられる。

3. AMD鱗形状の連続的な三次元的挙動

前章で述べたように、AMD鱗形状の連続的な三次元的挙動は、かなり複雑な機構を有する。それらの代表的な形状特性を単純化してパターン化したものをFig-2にそれぞれ示す。以下、それらの簡単な説明を行う。

(1): 鱗形状の発生は最も一般的には斜め下流方向に起こる。また、発生と発達、消滅と発達といった相互作用形態も存在する。

(2): 鱗形状が直線的に流下方向に配列している場合があり、発生ケースは幾つである。三者の発生は、(a)→(b)→(c)と続く場合と、(a)→(c)→(b)と派生的に(b)が生ずる場合の二通りがある。この鱗形状の配列は、三個以上続くことはなく興味深い。

(3): 横断方向に二つの鱗形状の発達に伴い、その側面部分での干渉によって比較的小さい水塊の上昇と下降に別れる現象が見える。この挙動は、klineらのbreak-downモデル⁽⁴⁾によく似ている。

(4): 規模も形状も完全に非対称のケースである。流下方向に長縦渦が移動することによって、派生的に鱗形状が出現している。

(5): 鱗形状は左右が非対称になるのが一般的であり、この挙動は、Kimら⁽³⁾(1971)が指通している"wavy motion"に非常によく似ている。

(6): 減衰過程で最も一般的な現象であるが、ゆるやかな縦渦の変形現象がみられる。

(7): 鱗形状のなかにもうひとつの鱗形状が発生し、文字通りの二重構造性を示す。

今後さらに、鱗形状の連続的な三次元的挙動の詳細な検討を行い、壁面領域内の乱流構造の空間的組織構造の系統的な解明を行なうべく取り組むことである。

参考文献 1) 先賢他: 徳山高専紀要(1981) 2) 大成他: 水理講演会論文集(1982)

3) Kim 他: J.F.M. (1971) 4) Offen 他: J.F.M. (1975)

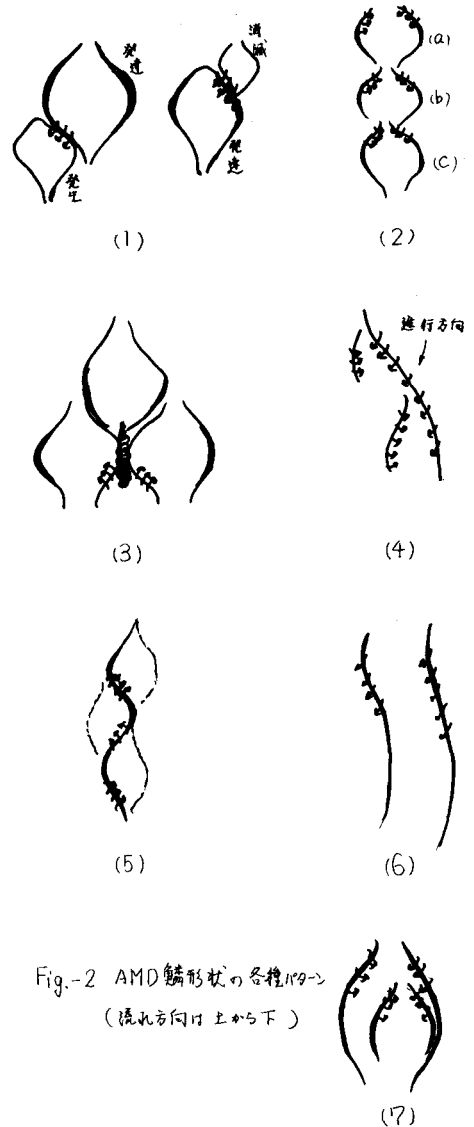


Fig-2 AMD鱗形状の各種パターン
(流れ方向は上から下)