

合流部における流線解析

岐阜大学工業短期大学部 正員 ○ 藤田一郎

岐阜大学工学部 正員 河村三郎

1. まえがき

前報⁽¹⁾においては、合流部の非粘性モデルとして自由流線理論を用い、分離流線の起点であるよどみ点S(図-1)が頂点Aに一致すると仮定したモデルを示した。しかしながら、実際には合流部におけるよどみ点S(図-1)は頂点Aには必ずしも一致せず、流量比に応じて本川側壁か、または、支川側壁へ移動すると考えられる。本報においては、よどみ点Sと点Aが厳密に一致する場合の流量比を求める解析方法を示すとともに、このことを実験的に検証するために可視化実験を行った。

2. 解析方法

前報では、 ζ -面上(図-2)の点Eに強さ $m_1=1$ の吸い込み、点C、点Dにそれぞれ $m_2=Qr$, $m_3=1-Qr$ の湧き出しを置いて速度場を表現し、複素速度ポテンシャル $W=\phi+i\psi$ を

$$W = -\log \zeta + Qr \cdot \log(\zeta - c)$$

$$+ (1 - Qr) \cdot \log(\zeta + d) \quad (1)$$

とおいた。ここに、 $Qr = Q_2/Q_3$ である。一方、よどみ点Sが頂点Aに一致する場合の複素ポテンシャル面をあらわすと図-3のようになる。この面の内部を点F、C、Dが一致するように ζ -面上の上半分の領域に写像すると次の関係が得られる。

$$W = \psi_2/\pi \left[-(c+d)/d \log \zeta + \log(\zeta - c) + c/d \log(\zeta + d) \right] \quad (2)$$

また、点Cと点DをW-面と ζ -面で一致させる条件から次式が得られる。

$$c/d = (\psi_3 - \psi_2)/\psi_2 = Q_1/Q_2 \quad (3)$$

この式から

$$Qr = d/(c+d) \quad (4)$$

なる関係が得られる。式(1)と式(2)は、 $Q_2=\psi_2$, $Q_3=\pi$ とおき、式(4)を用いると完全に一致する。すなわち、厳密によどみ点Sと頂点Aが一致するのは式(4)を満たす流量比(ここでは Qrs とよぶ)のみであることがわかる。例として、合流角 30° 、水路幅比 $B_2/B_3=1/3$ の場合の Qr , b , c , d 及び $d/(c+d)$ の値を表-1に示す。図-4に流量比と $d/(c+d)$ の関係を示す。これより、この水路に対する Qrs は $Qrs=0.218$ であることがわかる。すなわち、流量比がこの値より大きければ、よどみ点は本川側へ、小さければ支川側へ移動すること

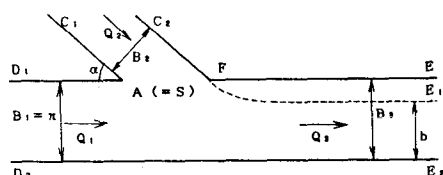


図-1 物理面

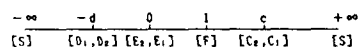
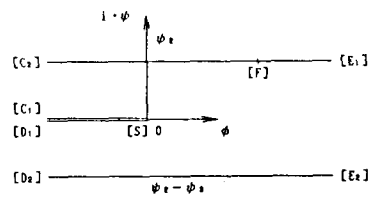
図-2 ζ -面

図-3 W-面

表-1 流量比と写像係数の関係

Qr	b	c	d	$d/(c+d)$
0.10	2.875	900.2	0.7848	0.00087
0.20	2.599	17.21	2.495	0.1266
0.22	2.589	10.16	3.059	0.2315
0.24	2.579	8.370	3.751	0.3706
0.26	2.568	4.235	4.611	0.5213
0.28	2.556	2.882	5.705	0.6567
0.30	2.539	2.224	7.128	0.7822
0.40	2.364	1.097	29.01	0.9636
0.50	2.306	1.086	101.8	0.9894

になる。ただし、剝離域幅や分離流線に対する流量比の影響を検討するためには、式(4)からのずれが大きくない範囲で式(1)を用いる必要がある。

3. 実験

上述の理論を実験的に検討するために、合流角 30° 、水路長10m、本川水路幅30cm、支川水路幅10cmの合流水路を用いて可視化実験を行った。可視化は図-1のAD₁及びAC₁の側壁面にミルクを注入・塗布し、塗布面のミルクのはがれる様子を写真撮影することによって行った。表面流況は、発泡スチロール粒子を用いたトレーサー法により、また、底面流況は白色のボスターカラーを用いた油膜法により可視化した。全流量は10.0(l/s)、流量比は0.04から0.6まで増大させた。合流後流れのフルード数は0.26である。

4. 結果および考察

写真-1は、流量比が0.4のケースにおいて、合流点の本川側の側壁面上にミルクを注入し、約3分経過後のよどみ点付近の様子を示す。注入されたミルクは支川からの流れの巻き込み等の影響により帯状に取り残されており、この領域内の上流側付近の位置によどみ点が存在することが推測される。この領域は側壁面に付着したような非常に平たく薄い面的な形状をしており、発泡スチロール粒子による表面流況の可視化では明確には現われなかった。このような領域は流量比が0.3の場合には、幅がさらに小さくなり、0.2では現れなかった。2.で計算した $Q_{rs}=0.218$ はちょうどこの間の値であり、理論で予測した値はほぼ妥当であると考えられる。写真-2は油膜法による底面の流況を示す。油膜により生じる筋は境界層内の平均的な流れの方向を示している。本川上流から伸びてきた油膜の筋は流量比が0.4の場合には頂点Aに至る前に本川中央に向かって剝離し、円弧状の軌跡を描きながら下流へ流下する。流量比が0.2の場合は剝離点の位置は頂点Aにさらに近づき、流量比が0.04では支川側へ移動する様子がわかる。支川側から伸びてきた筋は、点Fの隅角部で発生している強い渦の影響を受け、点Fに向かって収束するような表面流とは際立って異なる特徴的なパターンを描く。合流部で油膜が到達していない領域があるのは、合流によって下降流が生じているためと考えられる。

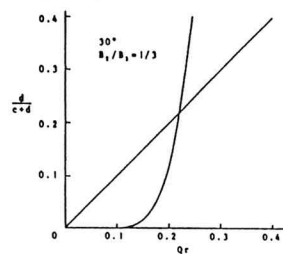


図-4 Q_r vs. $d/(c+d)$

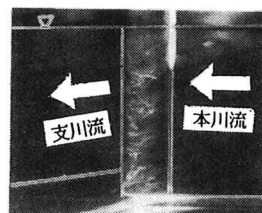
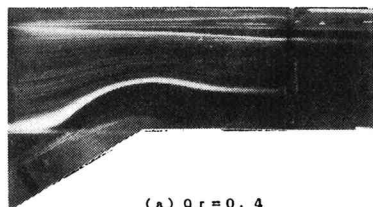


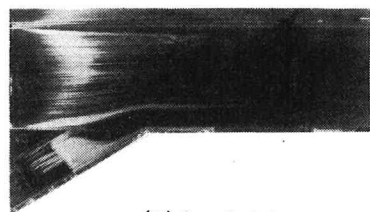
写真-1



(a) $Q_r = 0.4$



(b) $Q_r = 0.2$



(c) $Q_r = 0.04$

写真-2 底面流況

5. 参考文献 1) 藤田・河村, 写像による合流部の解析, 昭和60年度中部支部研究発表会講演概要集, 1986, pp.126-127