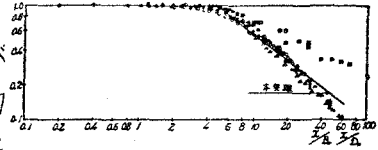


東北大学工学部 正員 岩崎 敏夫  
 東北大学工学部 正員 松川 正彦  
 東北大学大学院 学生員 田中 博通

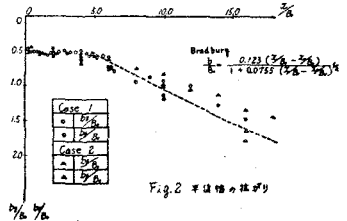
§1. はじめに 噴流の研究は、気体力学の分野から発展したものであり、非圧縮性流体に関する研究は Tollmien (1926) が Prandtl の混合距離を導入して理論的・実験的に研究したのが始まりである。その後いくつかの代表的な研究が発表され、工学的にも河口流出や各種排水や噴流が境界面に衝突する時の Stagnation 効果、また応用例として water curtain などの方面にわたって研究されてきた。しかし、Submerged な噴流に対しては数々の研究はあるが、3次元表層噴流に対しては詳細な研究がないのが現状である。そこで本研究において、軸上流速・噴流の拡がりおよび平均流速分布について実験的研究を行った。



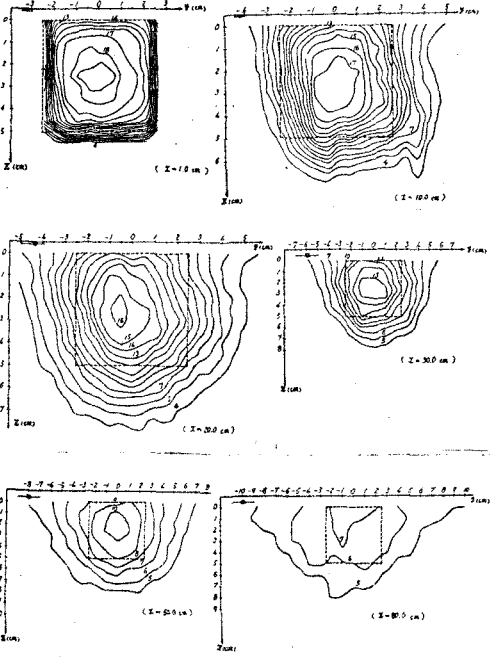
実験者	本実験	M. Albertson, Y.H. Du, R.A. Jensen & Hester (1956)	W. Chinglin (1956)
記号	○	●	△
Umax	17.48, 29.21, 12.20, 30.50, 48.80	31.28, 50.33, 51.85	
B0cm	5.0, 5.0	0.635, 0.635, 0.813	
U0cm		2.54, 1.27, 0.635	
Re	0.72 × 10 <sup>5</sup> , 1.45 × 10 <sup>5</sup> , 2.75 × 10 <sup>5</sup> , 1.96 × 10 <sup>5</sup>	7.76 × 10 <sup>4</sup> , 7.61 × 10 <sup>4</sup> , 6.37 × 10 <sup>4</sup>	3.29 × 10 <sup>4</sup> , 2.01 × 10 <sup>4</sup> , 7.00 × 10 <sup>4</sup>

Fig. 1 Umax/U0 と X/B0 の関係と既往の研究との比較

§2. 実験装置及び実験方法 実験水槽は 4.7m × 5.0m × 0.5m の底水槽と 1.0m × 5.0m × 0.5m の貯水槽及び 0.8m × 1.0m × 0.8m の高水槽から構成されている。放出口は 5.0cm × 5.0cm の正方形をしており、高水槽と水平に取り付けられている。なお、静水時の水面が放出口上端と一致するように底水槽下流端に刃形堰があり越流して再び貯水槽に流入するようになっている。



流量は、高水槽と底水槽の間にある流量調節バルブとベンチュリメーターで測定した。流速測定は、超小型プロペラ流速計を使った。この測定範囲は 3.0 cm/sec から 100 cm/sec である。プローブを高水槽上の平面移動可能な測定台に設置したポイントゲージに固定して、トランシットとレベルを用いて測定点を決めた。なお、流速は、積分時間 1 秒のパルス数を 20 個連続記録し平均して求めた。



§3. 軸上流速及び噴流の拡がり幅 座標を放出口中心を原点として流下方向に X 軸、Z 軸に直角に Y 軸、水深方向に Z 軸とする。放出口からの流れが Pipe Flow になっているため X 軸上流速を Umax とした。Case-1 は U0 = 20 cm/sec、Case-2 は U0 = 30 cm/sec であり、この 2 ケースについて実験した。Fig. 1 は Umax/U0 と X/B0 との関係である。X/B0 < 4 では Umax/U0 = 1 であり X/B0 > 6 からは直線的に減少している。Case-1, Case-2 とほぼ一致するので Umax/U0 ≤ 0.8 の両ケースのデータをを用いて減少割合を求めると次式の様になる。

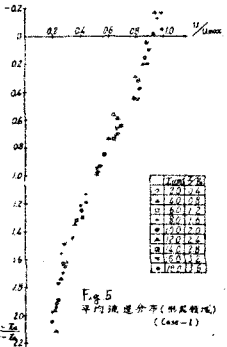
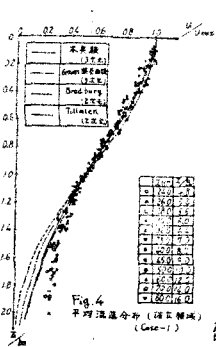
$$U_{max}/U_0 = 3.26 (X/B_0)^{-0.760} \quad (1)$$

理論的・実験的に乱流噴流において軸上流速減少割合は、2次元、3次元各々 X<sup>1/2</sup>, X<sup>1</sup> となることがいわれている。表

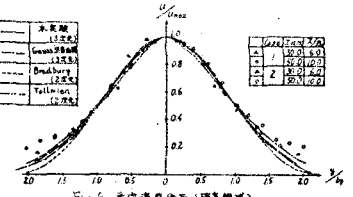
Fig. 3 等流速線図 (Case-1)

層水平噴流の場合、上方向の拡がりがないため中間的値と併せている。形成領域の長さ式より  $U_{max}/U_0 = 1.0$  とする  $x/B_0$  の値として求めると 4.73 となる。Fig. 1 に表わしたものは Reynolds 数がたい同じオーダーであるためさほど相違がない。

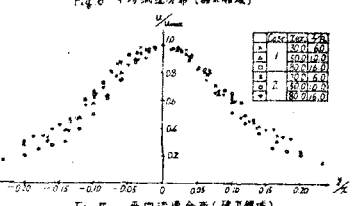
次に、Fig. 2 は、流速が中心流速の  $1/2$  とする  $y, z$  の値として  $b_y, b_z$  (半幅) を定義し、 $x/B_0$  と  $b_y/B_0$  ( $b_z/B_0$ ) との関係を表わしたものである。形成領域では、両ケースともほぼ一定であるが、多少  $b_y$  の方が  $b_z$  よりも拡がる傾向がある。確立領域においては直線的に拡がるが、 $b_y > b_z$  の傾向があり、本深方向の拡がりの



方が小さい。破線は Braulbury が求めた半幅の式であり、比較的一致する。  
 3.4. 平均流速分布 Fig. 3 は等流速線図である。  $x=20.0$  cm までは 5mm メッシュ、30.0 cm からは 1.0cm メッシュで測定し補間して求めたものである。  $z=0.0$  cm は放出口上端、破線は放出口の位置である。流程が増すにつれて自由表面方向に拡がり、等流速線間隔が平均化されてくる。



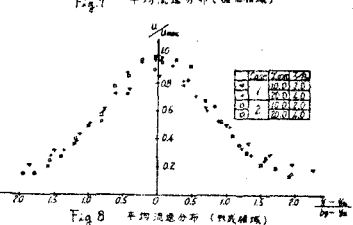
次に、確立領域における平均流速分布について述べる。Fig. 4, Fig. 6 は  $x-z$  面、 $x-y$  面流速分布について  $U/U_{max}$  と  $z/b_z$  ( $y/b_y$ ) が表わしたものである。2 の値に關係がよく一致している。従って分布形を  $z/b_z$  ( $y/b_y$ ) の關係として表わすことができる。各々の分布形を求めると、次の様になる。



$$U/U_{max} = \exp[-\ln 2 (z/b_z)^{1.675}] \quad \text{----- (2)}$$

$$U/U_{max} = \exp[-\ln 2 (y/b_y)^{1.905}] \quad \text{----- (3)}$$

Fig. 4, Fig. 6 の実線が各々式 (2), 式 (3) であり、主要領域とよく一致するが噴流の終端での収束がよくない。これは、プロペラ流速計が 0 の付近の流速を測定できずするための誤差である。Fig. 7 は  $U/U_{max}$  と  $x/B_0$  との關係を表わしたものである。多少ばらつきがあるが、比較的好く一致するのは、 $b_y > b_z$  の時であり、Fig. 2 より確立領域における  $b_y$  は  $b_z$  よりも上に近い拡がりとなっている。



次に、形成領域における平均流速分布について述べる。Fig. 5, Fig. 8 は  $x$  軸から Potential core 境界面までの距離を  $z_e, z_c$  とし、各々  $U/U_{max}$  と  $(z-z_e)/(b_z-z_e)$ ,  $U/U_{max}$  と  $(y-y_e)/(b_y-y_e)$  との關係を表わしたものである。すなわち Mixing region の平均流速分布である。  $y_e, z_e$  の長さは、式 (1) より求めた。形成領域の長さがいぶん長いため  $(y-y_e)/(b_y-y_e)$ ,  $(z-z_e)/(b_z-z_e) = 0.0$  の時、 $U/U_{max}$  は 1 より小さく付た。確立領域の流速分布よりも形成領域の Mixing region の流速分布の方がいぶん扁平である。

なお、乱流の取扱いについては現在解析中であるので発表時に報告する。

3.5. あとがき (1) 表層水平噴流の場合、軸上流速減速割合は 2, 3 次元噴流との中間的値  $x^{-0.76}$  で減少し、形成領域の長さは  $x/B_0 = 4.76$  となった。(2) 確立領域における  $x-z$  面、 $x-y$  面流速分布は、各々式 (2), (3) と併り主要領域は既往の研究と一致し、自己保存的噴流である。(3) 形成領域内の混合領域での平均流速分布は、半幅幅  $b_y, b_z$  と求めるとよく一致し、両ケースとも同傾向がある。(4) 表層水平噴流において  $U_{max}$  とする  $b_y, b_z$  の値は、形成領域はほぼ一定であり、確立領域は両方とも直線的に拡がり、いぶん  $b_y > b_z$  の傾向がある。

3.6. 参考文献

(1) L.S. BRAULBURY; The structure of a self-preserving turbulence plane jet, Journal of Fluid Mech., vol 23 (1965)  
 (2) M.L. ALBERTSON, R.A. JENSEN & H. ROOSE; Diffusion of Submerged jets, Transaction, A.S.C.E, vol 115 (1950)