

中央大学理工学部 正員 林 泰造
○中央大学大学院 学生員 有田 正光
中央大学大学院 学生員 首藤 啓

1.はじめに

密度噴流中の乱流測定に関する研究は最近各方面で行なわれているが、塩水を使用して実験を行なった例が多い。本研究は密度噴流中の乱流測定をホットフィルム流速計を使用し、流体と温度の同時測定を行い、その結果について述べるものである。

2.実験装置および方法

実験に使用した水槽は10.8×5.4×0.5 mの平面水槽であり短辺の中央には5×5 cmの亚克力製の放出口がつけられている。流速および温度測定は日本科学工業社製のホットフィルム流速計システム、測温ユニットを組み合わせ使用することによって行なった。図1はリニアライザー部の基本演算ブロック図である。リニアライザーにはコントロール・ユニットよりKingの式 $V = \{(a + b\sqrt{U})(T - T_a)\}^{1/2}$ で表わされるような出力 V が入力される。一方測温ユニットより流体温度の信号 $K_1 T_a$ が入力し、引算回路を経由して割算回路には $K_1(T - T_a)$ の入力が入る。そして、この割算回路により、

$$\frac{g_1}{K_1(T - T_a)} = \frac{g_1(a + b\sqrt{U})(T - T_a)}{K_1(T - T_a)} = \frac{g_1}{K_1}(a + b\sqrt{U}) \quad \text{----- (1)}$$

の出力が得られ、温度の影響が除去でき、流速のみについての出力が得られる。測温ユニットの原理は定電流法により流体温度変化によるセンサーの抵抗変化を電圧変化としてとり出すものである。また微弱電流をとることににより流速の影響は無視しうるとしている。したがって測温ユニットの出力とリニアライザーからの出力を同時にとり出すことにより流速と温度の同時測定が可能となる。乱れ計測は放出口から20 cmおよび23 cmの噴流軸上2断面を選び、水表面より0.5 cm間隔で深さ4.5 cmまで計10点ずつについて行なった。センサーは円すい型のものを使用してその間隔は2 mmとした。1点の計測時間は1分とし、データの読みとり間隔は1/10 secとした。表-1は実験例の要項を示したものであるが、諸量について20 cmと23 cmの値の平均を示したものである。なお表-1および以下の説明について用いた記号の説明を行う。図-2は使用した座標系を示したものである。また U は x 方向流速、 U_c は軸上流速、 ΔT は上昇温度、 ΔT_c は軸上上昇温度、 u' は x 方向流速の変動値、 w' は z 方向流速の変動値、 $\Delta T'$ は温度の変動値、 δ は層厚、 $x_r = x/\delta$ 、 A は放出口断面積である。

3.実験結果および考察

図-3は噴流軸上断面内の流速と上昇水温の z 方向分布形を(2)式で与えられるような相似分布形と比較したものである。

$$\frac{u}{U_c} = \exp\left[-\left(\frac{z}{\delta}\right)^2\right], \quad \frac{\Delta T}{\Delta T_c} = \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z}{\delta}\right)^2\right] \quad \text{----- (2)}$$

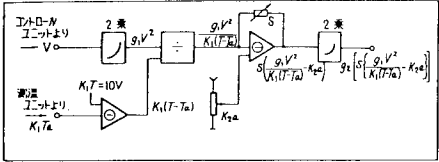
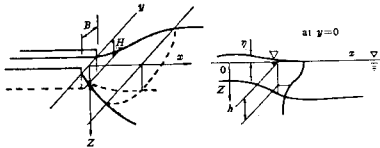


図-1 リニアライザーのブロック図

表-1 実験例			
放出流量:	0.276 l/s	周囲水流速:	0
放出水温:	30.4°C	周囲水温:	17.8°C
気温:	19°C	湿度:	79%
放出フルード数:	$F_r = 2.76$		
放出レイノルズ数:	6,900		
$u_c = 12.2$ cm/s		$du_c/dx = +0.133$ s ⁻¹	
$\Delta T_c = 11.2$ °C		$d\Delta T_c/dx = -0.247$ °C/cm	
$h = 1.78$ cm		$dh/dx = -0.145$	
測定点 $x = 21.5$ cm		$x_r = z/H = 4.3$	

図-2 座標系



本実験の場合、上昇温度分布形についての一致の度合はあまりよくないが、流速分布については良く一致している。図-4は噴流軸面内の x 方向移流熱量 $\overline{u\Delta T}$ と乱流熱輸送フラックス $\overline{w\Delta T}$ を示したものであり、さらに図-5に両者の比值が示してある。これより乱流熱輸送量は移流熱量にくらべて最大1割程度であり、十分に無視できる量であることが解る。また鉛直乱流熱輸送はその値が小さいにもかかわらず温度密度流の拡がりを大きく支配するものであるが、本報における実験では測定されなかったで、Launder¹⁾の理論を使用する事により推定した。Launderは密度成層中における乱流諸量の理論解析を行なっているが、その中で図-6に示すものは $\overline{w\Delta T}/\overline{u\Delta T}$ についてであり、リチャードソン数の関数として示されている。実験はWebsterのものである。本報では図中に示すように $\overline{w\Delta T}/\overline{u\Delta T} = \exp(-3.5 Ri)$ と近似して使用することとし、またリチャードソン数の推定には(2)式の相似性の仮定を使用して次式で与える。

$$Ri = -g\beta \frac{\partial T/\partial z}{(\partial u/\partial z)^2} = \frac{\beta \Delta T_c g h}{u_c^2} \frac{1}{4} \frac{1}{z/h} \exp\left\{\frac{3}{2}\left(\frac{z}{h}\right)^2\right\} \quad \text{-----(3)}$$

ここに β は体積膨張率であり、 Fr (内部フルード数) $= (u_c^2/\beta \Delta T_c g h)^{1/2}$ である。このようにして求められた、 $\overline{w\Delta T}$ と $\overline{u\Delta T}$ を比較して図-7に示した。この図より $\overline{w\Delta T}$ は $\overline{u\Delta T}$ より常に小さく局所リチャードソン数に応じてその比值が変化する様子が解る。図-8は x 方向の流速の乱れ強度と流速を比較したものである。図-8中に著者等の実験結果とBradbury²⁾の実験曲線との比較を示してあるが非常に良く一致している。図-9は温度の乱れ強度と温度分布を示したものである。

4. 結 語 温度密度流中の流速と温度の同時測定を行い、いくつかの興味ある結果を示すことができたと考える。なお本実験の実施に当り日本科学工業社の名越正稔氏から多くの助言を得た。記して謝意を表す。

本研究は昭和51~52年度文部省科学研究費一般研究「噴流型温度密度流の拡がり」と乱れ特性に関する研究の補助により行ったものである。

参 考 文 献

- 1) Launder, B.E.: On the effect of a gravitational field on the turbulent transport of heat and momentum, JFM, Vol. 67, pp. 569-581, 1975
- 2) Bradbury, L.J.S.: The structure of self-preserving turbulent plane jet, JFM, Vol. 23, pp. 31-64, 1965
- 3) 小松利光・橋本一郎・松山龍太郎: 密度噴流における連行現象について, 第31回年鑑, pp. 375-376, 1976.

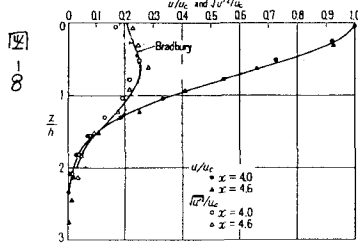
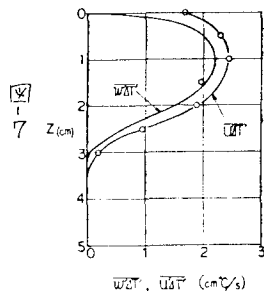


図 7

図 8

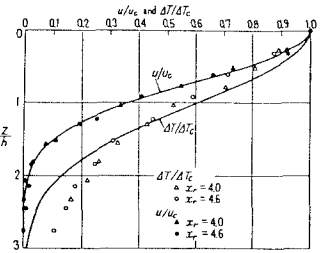


図 - 3

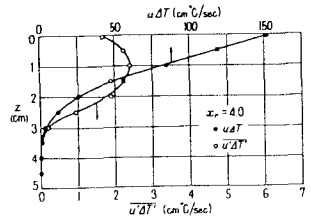


図 - 4

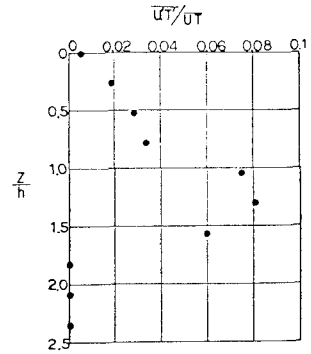


図 - 5

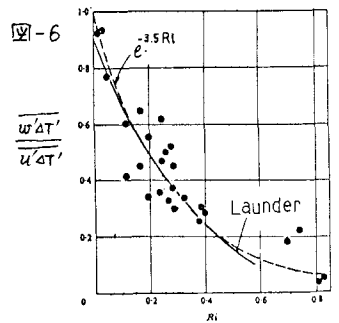


図-6

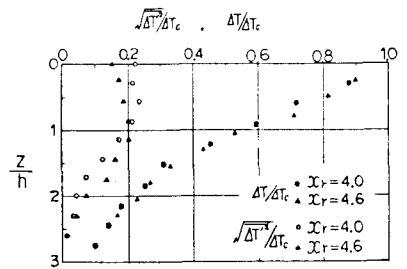


図 9