43 二つの二次元自由噴流の衝突に関する研究

東京工科第二専門学校 自動車科

長沢浩二[○] 松崎進一

Study on the impingement of two turbulent plane free jets

By Koji NAGASAWA[☆] and Shinichi MATSUZAKI[☆]

This paper presents an experimental study on impingement of two turbulent plane free jets. Flow visualization by dry-ice vaporizing method, the effects of impinging angle and velocity ratio on the concentration were investigated. As a result of this study, it is found that the mass transfer differs from the momentum transfer slightly and the concentration distributions are not similar as yet.

1. ま え が き

産業の各方面では、利用される流れが噴流状を呈していたり、または噴流状の流れをより積極的に利用することがしばしば見受けられる。例えば河川への温排水、純流体素子内の流れ⁽¹⁾、ウォータージェット技術、内燃機関関係などさまざまな分野に応用されている。しかし噴流と噴流の衝突に関しては、その利用例があるにも拘らず流れの複雑さともあいまって、これまであまり研究されてきていない。著者の一人は先に二つの二次元自由噴流の衝突実験を行い、合流噴流の流れ方向は二つの噴流のノズル出口における全運動量と衝突角によって決まることが確かめられ、また衝突後の速度・静圧分布なども測定している。しかし衝突による互いの噴流の粒子の混合、いわゆる乱流混合と拡散がいかになされるのか等の詳しいことはまだ不明な点が多い。⁽⁴⁾そしてこれらに関する研究は円管開口部からの乱流物質拡散の測定などが散見される⁽⁵⁾だけである。

そこで本研究では二つの二次元噴流を種々の角度と速度比で衝突させた時、二つの流れがどのように混合していくのかの解明の糸口として、ドライアイス蒸気法による衝突点付近の可視化を行った。これによりその後行った合流噴流の濃度分布測定のための概略をつかもうとしたものである。

Fig. 1 Experimental apparatus

[☆] Tokyo Technical College, 1-1-21 Kamata Setagaya-ku Tokyo 157.

2. 実験装置と実験方法

実験装置は図1に示される。装置全体は横置きとし、衝突角と衝突位置はガイドレールにより容易に任意に変更できる。ブロワーからの流れはフローコントロールバルブにより任意の速度比 U_B / U_A に設定でき、メッシュ、ハニーカムなどを通り幅 $d = 20 \text{ mm}$ (アスペクト比 10) のノズルから噴出される。ノズル出口における最大流速 $U_{\max} = 26 \text{ m/s}$ でこれに対するレイノルズ数 $Re_{\max} = 3.8 \times 10^4$ であった。

流れの可視化のためのドライアイス蒸気は流速が比較的速いため多量に必要であり、粉碎したドライアイスを熱湯にそそいで発生させ拡散筒部に設置した吸引装置により流れに混入した。幅 5 mm のスリット光源は下流から照射した。また濃度測定は一方の流れに窒素を混入し、噴流の各断面において吸引部 $\phi 1.5$ のサンプリング式 O_2 センサーによった。速度は同軸に $\phi 2$ のピトー静圧管を取付け、ゲッチングマンノメーターにより測定した。写真撮影条件は絞り 2.8、シャッタースピード $1/15 \sim 1/30$ 、ASA 400 を使用した。

測定範囲は衝突位置 $I_A = I_B = 10d$ で一定にし、幾何的な衝突角を $\alpha = 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ$ に変えた。各々に対し速度比 U_B / U_A を三種類に変えた。得られたデータは一旦ディスクに記憶、保存し、必要に応じてパソコン処理しグラフ化などを行いプリントアウトした。

3. 実験結果と考察

3.1 流れの可視化 写真1, 2は $\alpha = 30^\circ$ 、 $U_B / U_A = 1.1$ の同一条件で片側又は両側にドライアイス蒸気を混入したものである。これより衝突後の各々の噴流境界付近で相互の流体の貫流混合がみられるが、それは完全ではなくかなり下流まで続く。(文献4参照) 写真3, 4は $\alpha = 60^\circ$ 、 $U_B / U_A = 1.3, 1.5$ の場合で特に写真4の片側にドライアイス混入の場合に示されるように、流速の遅い側の流れの一部は速い側の境界に沿って巻上がり、そこで他方に巻込まれていく。写真5, 6は $\alpha = 90^\circ$ で $U_B / U_A = 0.8, 1.2$ の場合で写真6からは明らかな上流側への分割流が生じている。写真7は $\alpha = 120^\circ$ で $U_B / U_A = 0.7$ の場合で衝突角が大きくなるに従い合流噴流の広がりは大きくなっておりまた衝突点の

Photo. 1 $\alpha = 30^\circ$ $U_B / U_A = 1.1$

Photo. 2 $\alpha = 30^\circ$ $U_B / U_A = 1.1$

Photo. 3 $\alpha=60^\circ$ $U_B/U_A=1.3$

Photo. 4 $\alpha=60^\circ$ $U_B/U_A=1.5$

Photo. 5 $\alpha=90^\circ$ $U_B/U_A=0.8$

Photo. 6 $\alpha=90^\circ$ $U_B/U_A=1.2$

Photo. 7 $\alpha=120^\circ$ $U_B/U_A=0.7$

Photo. 8 $\alpha=120^\circ$ $U_B/U_A=0.7$

上流側での流れの停流がみられる。写真8は写真7と同条件であるがASA3200、シャッタースピード1/250での撮影であり、この写真や目視観察により $\alpha = 120^\circ$ では衝突点付近からの脈動流が生じていることが認められた。

3・2 濃度分布 図2は $U_B/U_A = 1.1$ の時の濃度分布を示す。図中の実線は各断面における最大濃度点を結んだもので、一点鎖線は幾何的な衝突点から書いた最大速度の偏向線で両ノズル出口における運動量から算出したものである。

Fig. 2 Concentration distributions

図3は $\alpha = 30^\circ$ で速度比を変えた時の $x/d = 24$ における無次元濃度分布である。図中の破線はAlbertson⁽⁶⁾らによる理論速度曲線である。これらより濃度分布は相似形とは言いがたく、速度分布=運動量移動に比べて濃度分布=物質移動は遅れているものと考えられる。

Fig. 3 Nondimensional Concentration distributions

4. あ と が き

二つの二次元自由噴流を種々の角度と速度比で衝突させた時の流れをドライアイス蒸気法にて可視化し、あわせて各断面の濃度分布も測定した。今後さらに詳細な検討を加えていく予定である。

参考文献

- (1) 尾崎・原, 純流体素子, 日刊工業新聞, (1967)
- (2) 小林, 日本機械学会誌, 92-842 (平成元), 112
- (3) 岡本・榎田, 機論, 47-419, B (昭56), 1207
- (4) 藤本・新美・長田, 機論, 53-486, B (昭62), 400
- (5) 大橋他3名, 機論, 53-491, B (昭62), 2000
- (6) Albertson, M. J., et al., Proc. Soc. Civ. Engrs., 74-10 (1948), 1571