

Effect of Tone-excitation on Impingement Heat Transfer with Water Mist

機正 *金森 梓 (三菱重工) 機正 檜和田 宗彦 (岐阜大)
 機正 三松 順治 (岐阜大) 杉本 啓 (岐大工院)
 機正 親川 兼勇 (琉球大)

Azusa KANAMORI¹, Munehiko HIWADA², Junji MIMATSU²
 Hiraku Sugimoto² and Kenyuu OYAKAWA³

¹Mitsubishi Heavy Industry, 3-1, Nishibiwajimachou, Kiyosu, Aichi, 452-8561

²Gifu University, 1-1, Yanagido, Gifu, Gifu 501-1193

³University of the Ryukyus, 1, Senbaru, Nishihara, Okinawa 903-0213

Key Words : Impingement Heat Transfer, Evaporation Latent Heat, Water mist, Tone-excitation

1. 緒言

衝突噴流⁽¹⁾は、岐点において高い熱伝達率を与えるため、ガラス、製鉄などの製造プロセスにおける加熱、冷却、乾燥に広く用いられている。また、能動的制御法⁽²⁾として微量ミストによる蒸発潜熱⁽³⁾、⁽⁴⁾を用いた高効率の冷却法が最近注目されている。本研究は、その省力的冷却方法に着目し、正方形オリフィスからの衝突噴流にミストを付加することによる伝熱促進と特定周波数の音場付与による熱伝達率の平坦化の相乗効果について実験的に検討したものである。

2. 実験装置および方法

図1に使用した主な記号と座標系を示す。オリフィスには厚さ2mm、等価直径 $d=51\text{mm}$ の穴あき真鍮板を用い、 d を代表長さ、オリフィス出口速度 U_0 を代表速度とするレイノルズ数 $Re \approx 5.0 \times 10^4$ 一定で実験した。伝熱実験は、厚さ20 μm ステンレス箔の通電加熱による熱流束 $q(=1400\text{W/m}^2)$ 一定条件で行った。ヌセルト数は $Nu=(q \cdot d)/\{\lambda(T_o - T_w)\}$ と定義する。(ここで、 q :熱流束、 d :代表長さ(等価直径)、 λ :熱伝導率、 T_o :噴流出口温度、 T_w :衝突平板上温度) また、ミストはVicks超音波式加湿器(VUT102)を使用し、図1のようにオリフィスエッジ近傍から付加した。ミストのザウター平均粒径は $14\mu\text{m}$ である。付加したミスト量は予備伝熱実験において衝突平板上に液膜が形成されない範囲で選び、60, 120, 200g/hの3条件とし今回は120g/hの結果について示す。図中のミスト量は空気流量に対する水ミストの重量流量比をppmで表した。また付与した音場は既報⁽⁵⁾でもっとも顕著な影響を与えた周波数60Hzを用いた。音場とミスト付与の配置条件を図2に示す。(a)・(e)はミストも音場もなし、(b)・(f)はミストのみ付加、(c)・(g)はミストと音場を対向して与えた場合、そして(d)・(h)はミストと音場を同方向から与えた場合である。なお音場は正方形オリフィスの底辺側と頂角側から与えた場合についても

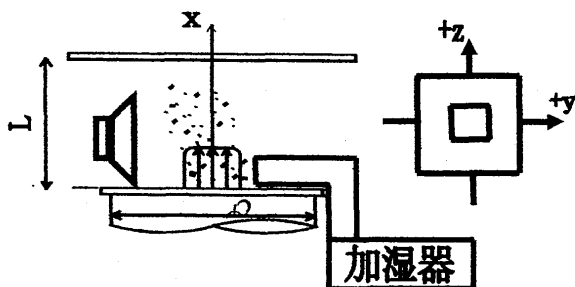


Fig.1 Main symbol and coordinate system

実験を行った。

3. 実験結果および考察

3.1 衝突面圧力分布

図3に、 $Re=5.0 \times 10^4$ 一定、 $L/d=8$ 一定における、ミストと音場を図2の配置条件で衝突平板上の圧力係数分布(C_{pw})を示す。A図が底辺から、B図が頂角から音場を付与した結果である。なお、図中の破線はオリフィスエッジを示す。ミストの付与はさほど圧力場に影響を与えないが、音場のみ付与の場合は絶対値が小さくなり、音場の付与(y軸)方向に広がる傾向が見られる。両方を同時に付加した場合、対向あるいは同方向から付加してもその差異はほとんど認められないが、音場付与方向に広がる傾向は保持されている。両図を比べても前述の傾向に特に変化はなく、頂角側からの結果が音場に対する広がり小さいように思われる。

3.2 衝突面上での熱伝達率

図4は $Re=5.0 \times 10^4$ 一定、 $L/d=8$ 一定における衝突面上でのy、z軸方向のヌセルト数分布である。図(A)が底辺側からの結果、図(B)が頂角側からの結果である。両図ともに上側からミストのみ、ミストと音場(対向、同方向には優位な差はない)、ミスト・音場ともになし、そして最下段の結果が音場のみ付与した結果となっている。また、音場ありの場合でもy、z軸の分布に大きな差異はなく、音場による影響よりもミストによる影響の方が優勢であることが想定できる。ただミストと音場の両方を付与した結果はミストのみの結果よりもNu値は小さく、分布も平坦になっていることからオリフィスエッジ内の衝突噴流領域では音場によるNu分布の平坦化がみられるが $C_p=0$ の壁噴流領域ではもはやその影響は弱くなっているものと推定される。

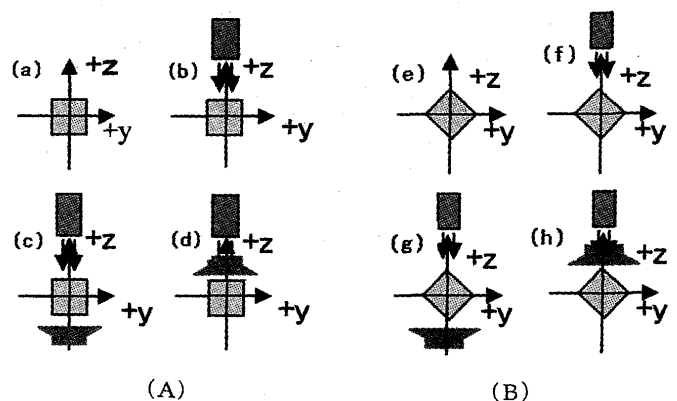


Fig.2 Experimental conditions

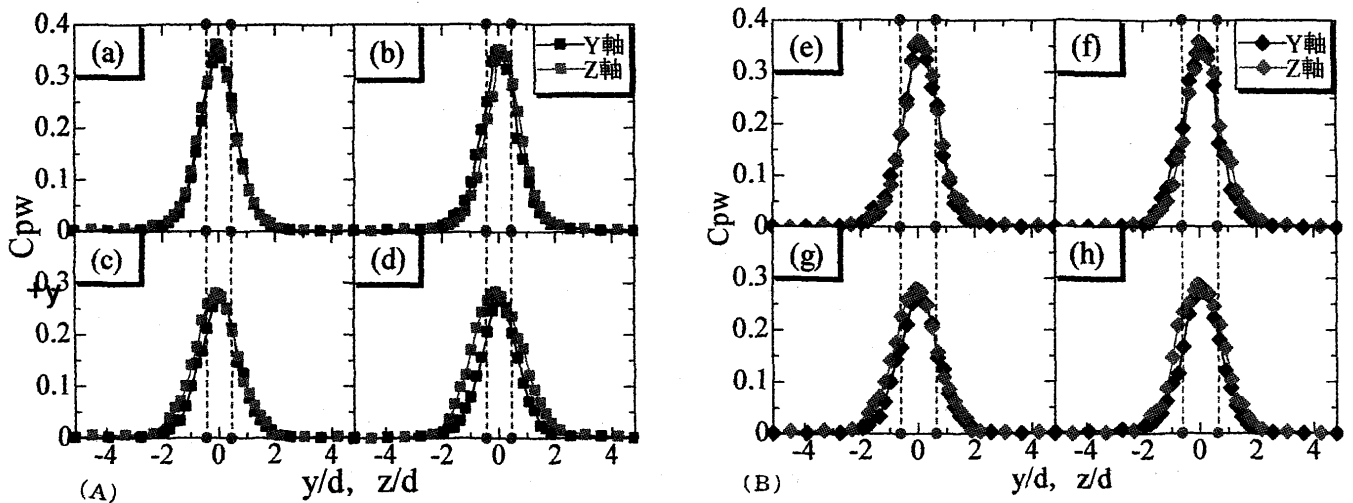


Fig 3 Influence of water mist and tone-excitation on Local Cp_w profiles

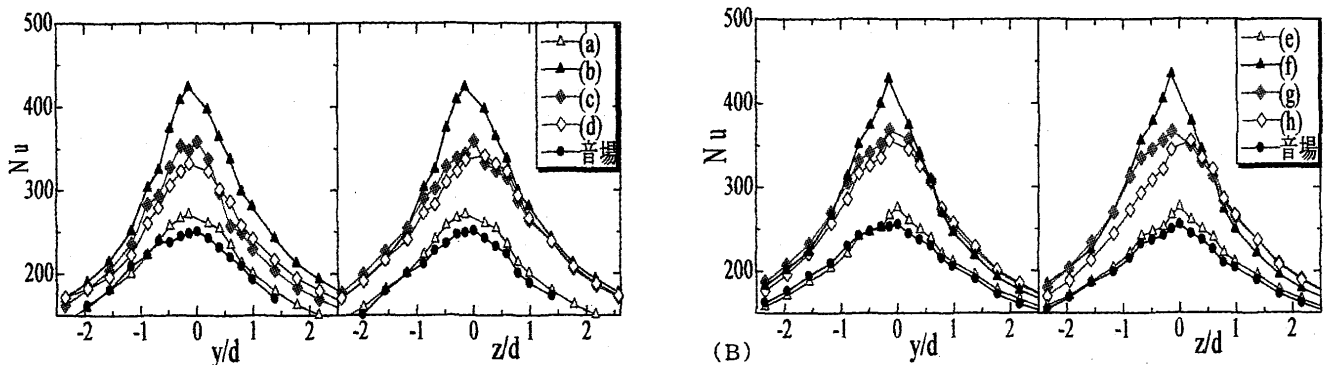


Fig 4 Influence of water mist and tone-excitation on Local Nu profiles

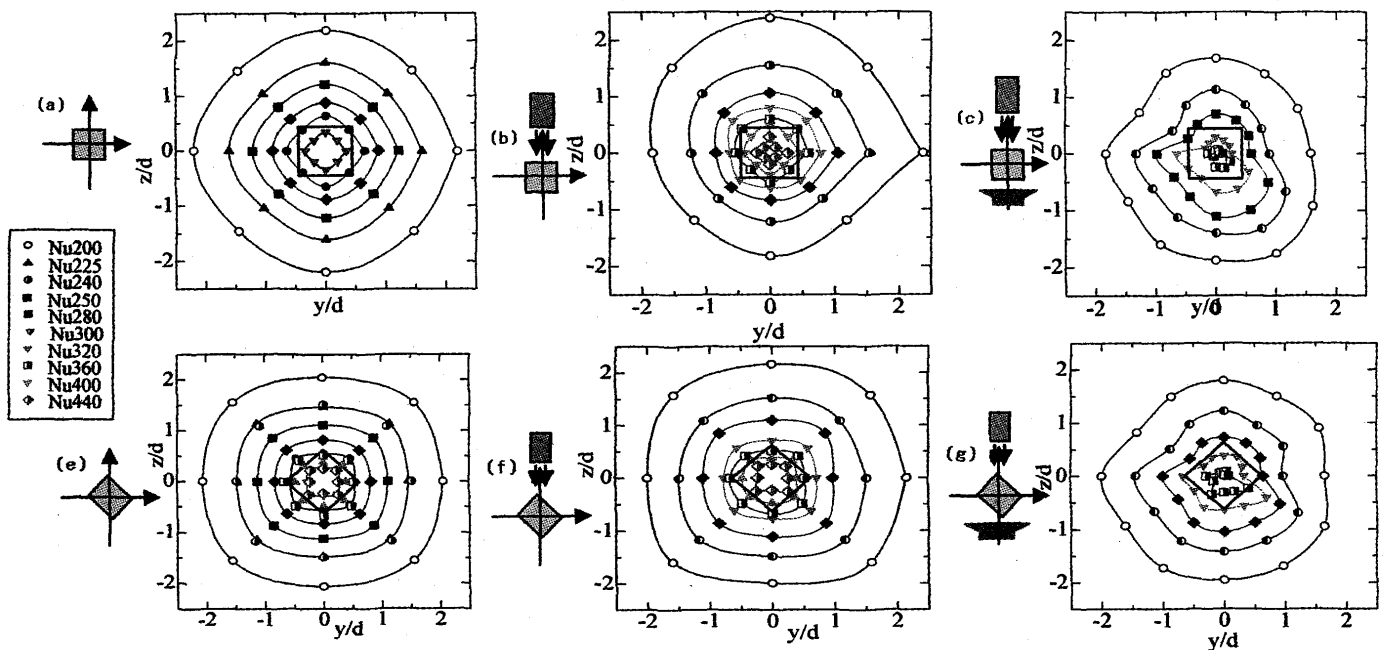


Fig 5 Influence of water mist and tone-excitation on Iso- Nu Maps

衝突平板におけるミストおよび音場の影響を平面的にみるために、図5に上記の結果の代表例を等ヌセルト数線図の形で示す。縦軸は z/d 、横軸は y/d である。ミストのみ付加した結果では Nu 最大値の閉曲線がともオリフィス形状の軸を反転させた分布を示しており、ミストを加えても Axis-Switching 現象が発生していることがわかる。ミストと音場の両方を対向方向より付与した結果は、底辺側、頂角側の両結果ともに有意な差異は認められなかった。

4. 結言

噴流にミストと音場の双方を付加した場合、衝突噴流の圧

力場は音場を加えた方向に引き伸ばされる分布となるが、ミストの影響はほとんど見られない。一方熱伝達率分布は、ミストの影響により高い熱伝達率を示し、かつ音場の影響により分布も平坦化されることがわかった。

参考文献

(1)社河内, 噴流工学, 森北出版, 2004年
 (2) 檜和田ほか4名, 第43回日本伝熱シンポジウム講演集, E344, (2006)
 (3) 瀬名波ほか3名, 第41回日本伝熱シンポジウム講演集, G324, (2004),
 (4) 檜和田・金森ほか3名, 第44回日本伝熱シンポジウム講演集, A112, (2007)
 (5) 檜和田ほか4名, 流体熱工学研究 35-2 (2000)