533.6.011.5 : 532.529

圧縮性噴霧二相流体に関する研究*

(実験結果)

木 下 豊 弘**
Toyohiro KINOSHITA

高速液噴流技術を開発するに必要な高速液噴流の内部構造の解明, 高速液噴流のターゲットに与える衝撃力の算出, また湿り蒸気中におかれたタービン羽根の運動, 大雨中を走行の高速走行体の運動特性の解明, さらにはディーゼル機関などの内燃機関における燃料噴霧特性の解明などのために, 噴霧二相流体の圧縮性に関する諸特性(すなわち, 音速, 衝撃波など)を実験的に研究している。

実際に, 噴霧状気液二相流体の圧縮特性を実験的に調べるために, 多孔ノズルを用いた噴霧二相流体の超音速流れ発生装置により超音速で流れる均質な噴霧二相流体流れを作り出し, これを透明壁を有する風洞(噴霧二相流体用超音速風洞)内に導き, 種々の実験を行っている。該流体の発生装置より発生した噴霧二相流体の流れは観測上の観点から $30 \times 10 \text{ mm}$ の二次元流れを想定し, しかも, 気相, 液相の混合比ならびに各流速を任意に変え, 気相, 液相のかく種の混合割合からなる噴霧二相流体の超音速流れが得られるようになっている。

このような風洞中に, 収縮流路を設けると, そのスロート部に垂直衝撃波の形成を見ることができる。この衝撃波の存在は流れの急激な変化として確認することができる。すなわち, 反射光による観測の場合, 衝撃波の上流側では液滴が高速で流れているために適当な写真の露出時間に対して液滴の静止像が得られないことおよび, 液滴の密度が小さく光線の透過度が大きいなどの理由により, 写真上には暗くうつるが, 衝撃波の下流側は上流側より低速であり, 流れの乱れが大きくなり, 液滴の静止像がとらえられる事, および液滴の数密度が大きくなり, その結果光線の反射率が大きくなり, 写真上にはより明るく映ることになる。このような理由により, 衝撃波の上流側, 下流側は写真上に明

暗としてはっきりとその区別を認めることができる。この明暗の境界が衝撃波頭ということになる。このような垂直衝撃波の上, 下流側における静圧力の比 P_{s2}/P_{s1} は理論的には

$$\frac{P_{s2}}{P_{s1}} = \frac{(S_1 - S_2)f_{ma} + (1 + S_1 f_{ma})r_{v1}}{(1 + S_1 f_{ma})r_{v1}} M_1^2 \dots (1)$$

ここで,

P_s : 静圧力, S : すべり比, f_{ma} : 気液質量流量比, M : マッハ数, r_v : 気相, 液相体積比, 添字 1: 上流側, 2: 下流側。

により与えられるが, 本実験では, 実験領域が $r_v \gg 1$ のために衝撃波の幅が厚くなり, 衝撃波下流の圧力の回復が十分行えないため, 実験値は理論値よりも小さめとなっているがよい一致を示している。またかく種形状の物体を風洞内に設置することにより, 斜め衝撃波, 離れ衝撃波などを形成させることができるが, 特に超音速で流れる噴霧二相流体の計測のために全圧力計測用ピトー全圧管をそう入した時のよどみ点圧力に関してはこの離れ衝撃波の形成の考慮が必要となる。理論的にはこのようなよどみ点圧力 P_3 は垂直衝撃波プラスその下流の等温減速過程を考慮することにより解析され, その結果は $u_{11}(M_1), S_1, r_{v1}, f_{ma}, P_{s1}$ の関数として与えられている。実際, この P_3 実験値は, プロブの先端の開口が衝撃波の緩和領域の途中に位置するために少し小さめな値であることを除けば, 良く理論値と一致しているといえる。

さらにこのようにして得られた, 衝撃波の上流, 下流における静圧力と全圧力の測定値から, たとえば, 静圧力の場合は式(1)により, この噴霧二相流体の局所マッハ数 M を得, この値と該流体の局所等価流速 u_m から, 局所音速 C_s を得ることができた。この結果は理論値

$$C_s = \sqrt{\frac{1+r_v}{r_v} \frac{P_s}{\rho_m}} \dots \dots \dots (2)$$

よりも少し大きめな値ではあったが, 良い一致であった。

* 昭和52年10月29日 創立80周年記念講演会(仙台)において講演, 原稿受付 昭和52年12月12日。本論文の詳細は Bulletin of the JSME. 23巻180号に掲載。

** 正員, 鉄道技術研究所(〒185 国分寺市光町 2-8-38)。