

強い衝撃波の斜め反射現象における動的遷移現象——表面粗さの効果

The Dynamic Transition Phenomena in Strong Shock Reflection:
The Effect of Surface Roughness

- 小林 晋, 埼玉工大・工, 埼玉県深谷市普濟寺 1690, E-mail: kobayasi@sit.ac.jp
 足立 孝, 埼玉工大・工, 埼玉県深谷市普濟寺 1690, E-mail: adachi@sit.ac.jp
 鈴木立之, 富山県大・工, 富山県射水郡小杉町 5180, E-mail: suzuki@pop.kcv-net.ne.jp
 Susumu KOBAYASHI, Saitama Institute of Technology, 1690 Fusaiji, Fukaya-shi, Saitama, 369-0293
 Takashi ADACHI, Saitama Institute of Technology, 1690 Fusaiji, Fukaya-shi, Saitama, 369-0293
 Tateyuki SUZUKI, Toyama Prefectural University, 5180 Kosugi-machi, Imizu-gun, Toyama, 939-0398

Although it has been considered that the oblique shock reflection is a pseudo-steady and self-similar phenomenon, the recent detailed experimental investigation revealed that actually it is not. The wave angles change as the incident shock proceeds. The most conspicuous phenomenon is so-called dynamic transition, in which the transition from regular to Mach reflection occurs during the incident shock propagation. The present paper reports the effect of surface roughness on the dynamic transition and compares with the results for smooth surface.

1. はじめに

平面衝撃波の斜め反射現象においては自己相似性が成り立つとされてきたが、近年の詳細な実験的研究によって、現実には非定常に変化していることが判明してきた。⁽¹⁾ すなわち、波面のなす角度（特に反射角）が入射衝撃波の伝播とともに変化することが確認されている。特に著しいのは、初期に正常反射(RR)だった反射形態が入射衝撃波の進行とともにマッハ反射(MR)へと遷移する、動的遷移現象⁽²⁾と呼ばれる現象である。この現象ほど自己相似性が厳密には成り立っていないことを端的に示すものはない。

本実験では輸送特性に起因する特性長さとして表面粗さという2つの特性長さから動的遷移現象に及ぼす影響を調べた。

2. 実験装置および実験方法

実験には破膜装置内蔵型の衝撃波管を使用した。実験装置の詳細については既報⁽¹⁾を参照されたい。

波面形態は影写真法によって可視化し、発光時間 180ns の瞬間光源（菅原研究所, NPL-5）を用いて写真撮影した。正常反射の場合は反射点 R, マッハ反射の場合は三重点 T の位置、そして入射波と反射波のなす角度 ω_r を測定した(MR の場合は Fig. 1 を参照)。

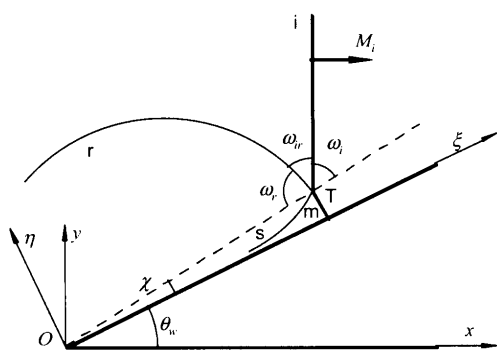


Fig. 1 Definition of coordinate system and nomenclature

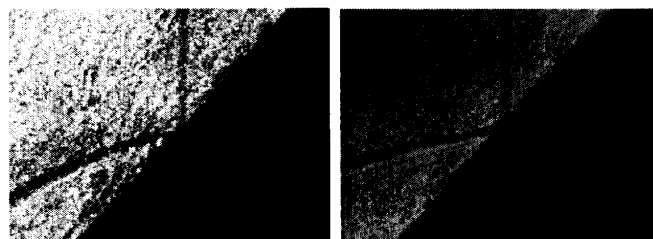
入射衝撃波マッハ数 M_i は 1.915 ± 0.005 , 使用した楔モデルの斜面傾斜角 θ_w は $47^\circ, 48^\circ, 49^\circ, 50^\circ$ である。モデル表面は #2000 のサンドペーパーで研磨し（表面粗さ $1\mu\text{m}$ 以下）、表面粗さを与える場合にはモデル表面に #240 のサンドペーパーを貼った。

3. 実験結果

3. 1 波面形態の変化

Fig. 2 に $\theta_w = 49^\circ$ の滑面における反射の可視化写真を示す。Fig. 2(a) は正常反射, Fig. 2(b) は遷移後のマッハ反射である。両者を比較すると、Fig. 2(a) では反射点近傍で反射波が曲率を有するの

に対して、Fig. 2(b) では三重点から直線状の反射波が伸びた後で曲率のある反射波が続いている。入射波と反射波のなす角 ω_r が Fig. 2(a) の方が小さいことが目視でもわかる。

Fig. 2 Dynamic transition over a smooth surface, $\theta_w = 49.17^\circ$
(a) $\xi = 17.87\text{mm}$, (b) $\xi = 39.59\text{mm}$.

3. 2 反射点・三重点の軌跡

Fig. 4 に RR に対する反射点, MR に対する三重点の位置を示す。

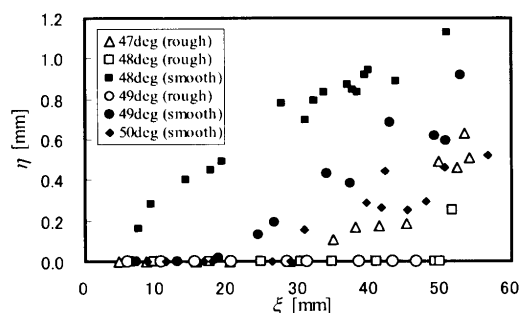


Fig. 4 Location of reflection and triple points

滑面の場合、 $\theta_w = 48^\circ$ では斜面の先端近くですでに MR になっているが、斜面傾斜角の増加とともに、遷移の起きる位置が斜面後方に移動することがわかる。表面粗さがあると離脱基準の示す $\theta_w = 50.59^\circ$ より小さい傾斜角でも MR にならない。これはもともと θ_w が θ_w よりも大きく隔たっている場合に粗面で観測された現象で、遷移遅れと呼ばれている。

参考文献

- (1) Kobayashi, S., Adachi, T. and Suzuki, T., "Non-self-similar behavior of the von Neumann reflection," Phys. Fluids, 12 (2000), pp. 1869-1877.
- (2) Itabashi, S., Henderson, L. F., Crutchfield, W. Y. and Takayama, K., "Effects of viscous and thermal dissipation on the eruption of Mach reflection on rigid steel ramps," Proc. 21st Symp. Shock Waves (1997), pp. 887-891.