

## 高速水中突入現象の解明 Elucidation of the phenomenon of high-speed water entry

○佐藤旭<sup>1</sup>, ○瀬名駿太<sup>1</sup>, 菊池崇将<sup>2</sup>, 村松旦典<sup>2</sup>  
\*Akira Sato<sup>1</sup>, \*Shunta Sena<sup>1</sup>, Takamasa Kikuchi<sup>2</sup>, Akinori Muramatsu<sup>2</sup>

Abstract: A vertical single-stage light gas gun, which was able to shoot a projectile at supersonic speed, was developed in order to clarify the whole phenomena of high-speed water entry by experiment. The deep closure occurred in numerical simulation calculated by AUTODYN. The deep closure did not occur in condition eliminating a pressure wave reflected from wall boundaries, so it guessed that reflected pressure wave caused the deep closure. However, this mechanism disagrees previous theory. The mechanism of generating the deep closure and, in addition the surface closure are focused on.

### 1. 緒言

高速水中突入現象とは、物体が高速で水面に突入するとき発生する現象であり、水上の空気、水、突入物体の固気液三相が混在する複雑な現象である。水上では、水上液滴が発生し時間経過とともに中心軸へ向かって閉鎖する。この現象を Surface Closure と呼ぶ。また、水中では突入物体周りに生じた空洞が時間経過とともに閉鎖する。この閉鎖を Deep Closure と呼ぶ。

本研究では、実験計測と数値計算によって得られたデータから高速水中突入現象の物理モデルを作成することを目的としている。本稿では、高速水中突入実験に用いる発射速度約 350m/s 以上で直径 5.99mm, のプラスチック製の BB 弾を射出可能な縦型一段式軽ガス銃の開発、数値計算による実験では行えない Surface Closure・Deep Closure の発生メカニズムの解明に関する概要を報告する。

### 2. 縦型一段式軽ガス銃の開発

開発した縦型一段式軽ガス銃を Fig.1 に示す。内径 6mm の加速管、電磁弁、駆動気体タンクを接続している。電磁弁を開くことで、タンク内部の軽ガスを加速管に一気に流入させ、装填した球を加速、射出する。マズルは、外部へ開放されており、発生する噴流圧力が逃げやすくなっている。タンクから電磁弁までコの字に配管され、噴流の強さを緩和している。試射の結果、充填圧力 3.0MPa で 350m/s を記録し、水面に対する噴流の影響はほとんどなかった。



Fig.1  
vertical  
single-stage  
light gas gun

### 3. 数値計算

数値計算では、ANSYS 社の衝撃解析ソフトウェア AUTODYN を用いている。

水上を真空とおいた先行研究の再現を試みたところ

る Deep Closure が発生した。その結果を Fig.2 に示す。同時に境界からの圧力波の強い反射も観測された。しかし、反射が起きないように計算領域を拡大すると Deep Closure は発生しなかった。よって、境界からの圧力波の反射が Deep Closure 発生要因の一つになっている可能性がある。しかし、この発生要因はこれまで考えられてきた Deep Closure メカニズムとは異なる。今後、理論に基づいた Deep Closure の発生がなぜ再現できないのかに着目していく予定である。



Fig.2 Deep Closure, numerical calculation result

その後、数値計算の最終目標である Surface Closure の発生メカニズムの解明を目指す。まず、実験条件と同一条件で数値計算を行い、実験結果と比較することで数値計算結果の正当性を確保する。確保できた後、その結果から高速水中突入現象周りの圧力・流動を議論し、Surface Closure の発生メカニズム、雰囲気大気圧が高速水中突入現象に及ぼす影響を調べる。

### 4. まとめ

- ・ 気中音速を超える射出速度で球を射出可能な縦型一段式軽ガス銃の開発に成功した
- ・ 数値計算において、境界からの圧力波の反射が Deep Closure 発生要因の一つだと考える

### 5. 今後の予定

開発した縦型一段式軽ガス銃で高速水中突入実験を行う。数値計算では圧力波の反射が起こる時刻をずらしたモデルで数値計算を行い、反射波が Deep Closure 発生要因か調べる。