

# 気泡核計測装置および気泡核制御装置の調査

岸 本 隆  
三井造船昭島研究所

## 1. はじめに

日本船舶海洋工学会「若手研究者・技術者海外派遣制度」により、平成19年12月11日～23日の間、フランスおよびアメリカへ赴き、題記の調査を実施してきたので以下に報告する。

## 2. 目的

キャビテーション水槽試験の主目的は実機(プロペラ・水中翼等)でのキャビテーション特性を把握することである。キャビテーション特性とはキャビテーションの初生点、キャビテーションパターン、それらに伴うノイズやプロペラ等の特性変化、変動圧力などである。従来はキャビテーションパターンが良く観察できるなどの理由で使用流体を脱気することにより溶存酸素量を小さくして実験が行われていた。一方、水槽内にはキャビテーションの元となる気泡核が存在し、その分布状態によってキャビテーション特性は大きな差が生じることが知られている(写真1：2次元翼を設置した計測胴の上流側から、流路断面の半分に部分的に高濃度気泡核を注入した場合に発生するキャビテーションパターンの違いを示しており、写真奥はバブルキャビテーション、手前側はシートキャビテーションが翼面上に発生している)。

最近では実機対応のキャビテーション特性を得るためには水槽内の圧力・流速・溶存酸素量だけでなく、気泡核分布を調整しなければならないことが分かってきている。

そこで今回、気泡核計測・制御技術に関して先進的に研究を行っているフランス・アメリカの諸機関に赴き、試験施設の見学と併せて気泡核計測・制御装置に関する研究動向の調査を実施してきた。

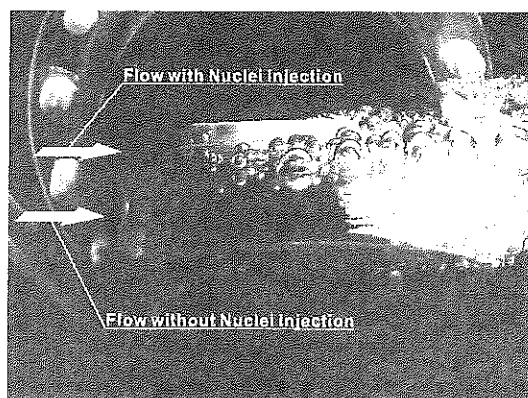


写真1 2次元翼に発生するキャビテーションパターンと気泡核分布の影響<sup>1)</sup>

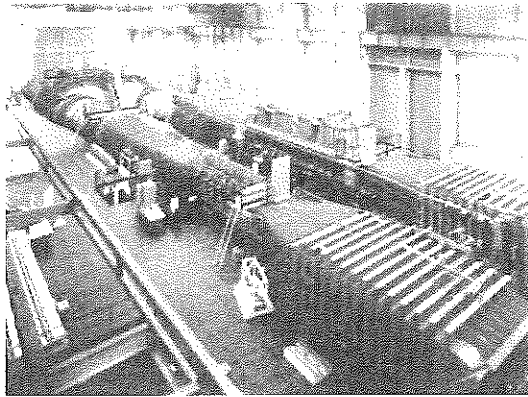


写真 2 GTH (Grand Tunnel Hydrodynamique)

### 3. 調査内容

#### 3.1 Bassin d'essais des Carenes

仏海軍研究施設 Bassin d'essais des Carenes はパリ郊外の Val de Reuil という町にあり、溶存酸素量と気泡核分布を個別に制御可能なキャビテーション水槽(通称「GTH」)を有している(写真 2)。

ここでは Dr. Didier Frechou と面会し、GTH の機構について詳しく説明して頂いた。計測洞上流側には加圧溶解方式によって微細気泡を発生させる気泡核注入装置が設置されている。さらに注入した微細気泡が水槽内を周回するのを防ぐため、計測洞下流側には大型の気泡除去機構を有しており、計測洞での安定した気泡核分布の制御を可能としている。軍事施設であるため、GTH 気泡核制御システムの詳細な構造・仕様等については割愛するが、注入される微細気泡を効率よく回収するために、計測洞下流側で流路が拡大しており、日本国内で見られるようなキャビテーション水槽とはその構造が大きく異なっているのが印象的であった。

#### 3.2 Grenoble University

パリからフランス国鉄が運行する高速鉄道 TGV に乗車し、約 3 時間で Grenoble という街にたどり着く。ここでは Dr. Jean Pierre Frac に Grenoble 大学構内の様々な研究設備を見学させて頂いた。構内には GTH のような大型の設備は無いものの、これまでに気泡核計測装置の性能に関する基礎実験を行うために用いられた小型の回流水槽 MODULAB など、非常に興味深いものをたくさん拝見させて頂いた(写真 3: キャビテーション水槽と同様に圧力・流速を制御可能で、気泡核注入装置と気泡除去機構を備えている)。

また、前述の GTH の設計を担当された Prof. Yves Lecoffre と面会し、キャビテーション水槽における気泡核計測・制御の重要性や気泡除去機構のメカニズム、気泡核分布の模型～実機間の尺度影響の考え方等について詳しくお話を伺うことができた。

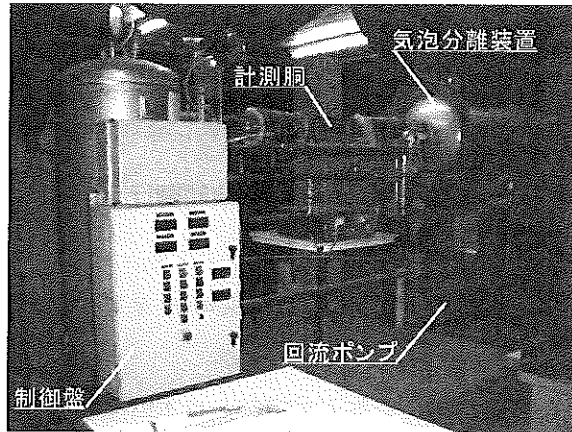


写真3 MODULAB

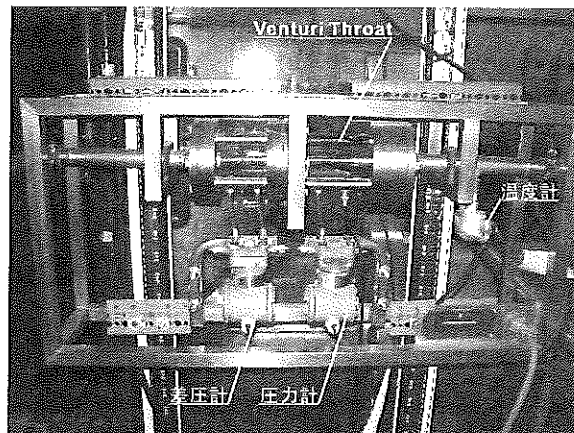


写真4 CSM キャビテーション感度計

### 3.3 University of Michigan

フランスに9日間滞在した後、大西洋を渡ってアメリカへ入国した。Michigan 大学は Detroit 郊外の Ann Arbor という町にあり、学生が多いので町は非常に活気が溢れていた。Michigan 大学では Naval Architecture and Marine Engineering 学科の Prof. Steven Ceccio と Prof. Armin W. Troesch と面会し、North Campus にある 9-inch Water Tunnel をはじめ Central Campus 構内にある曳航水槽(築 125 年)や米海軍所有のキャビテーション水槽 LCC(Large Cavitation Channel)の 1/14 模型を案内して頂いた。9-inch Water Tunnel には水槽内の気泡核分布を計測する CSM キャビテーション感度計(Cavitation Susceptibility Meter)が設置されており、ここでは高速度カメラを用いて CSM の Venturi throat 部を通過する気泡が成長～崩壊していく過程を観察しながら、CSM カウンタによる計測結果を比較することで CSM の計測精度について研究が進められていた(写真4)。

---

また、キャビテーション水槽での気泡核計測のみならず、今後は実機対応のキャビテーション特性を把握していくためにも、実海域における気泡核計測の必要性について非常に有意義なディスカッションを行うことができた。

#### 4. おわりに

今回の訪問によって、キャビテーション水槽において気泡核制御を行うために必要となる各種装置や水槽の基本構造について、理解を深めることができた。

今回得られた知見や人脈を最大限に活用し、今後は実機対応のキャビテーション特性の把握に向けて尽力していこうと考えている。

最後となりましたが、このような貴重な機会を与えて頂いた日本財団ならびに日本船舶海洋工学会の関係者各位に心から御礼申し上げます。

#### 参考文献

- 1) L.Briançon-Marjollet, J.P.Franc and J.M. Michel: Transient bubbles interacting with an attached cavity and the boundary layer. J. Fluid Mech.(1990),vol.218, pp355-376

2007 年度若手研究者・技術者海外派遣

派遣者氏名	岸本 隆
派遣者所属	株式会社三井造船昭島研究所
調査テーマ	気泡核計測装置および気泡核制御装置の調査
訪問国	フランス・アメリカ合衆国
派遣期間	2007 年 12 月 11 日～23 日
紹介者	
1. Didder Frechou	DGA(Delegation Generale pour l'Armement), Bassin d'essais des Carenes, System Evaluation and Test Directorate
2. Yves Lecoffre	Grenoble 大/Laboratoire des Ecoulements Geophysiques et Industriels
3. 古川嘉男	防衛省技術研究本部艦艇装備研究所
訪問先面談者 所属	
a. . Didder Frechou	DGA(Delegation Generale pour l'Armement), Bassin d'essais des Carenes, System Evaluation and Test Directorate
b. Yves Lecoffre	Grenoble 大/Laboratoire des Ecoulements Geophysiques et Industriels
c. Jean Pierre Franc	Grenoble 大/Laboratoire des Ecoulements Geophysiques et Industriels
d. Steven Ceccio	Michigan 大, Naval Architecture and Marine Engineering
e. Armin W. Troesch	Michigan 大, Naval Architecture and Marine Engineering
調査内容(1)	GTH(Grande Tunnel Hydrodynamique)における気泡核制御機構
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 昭島キャビテーション水槽で実施した CSM(Cavitation Susceptibility Meter)試験計測について討論</li> <li>・ GTH における気泡核注入装置および気泡核除去機構の詳細構造について</li> <li>・ 気泡核制御に用いるマイクロバブル生成方法について</li> <li>・ 気泡除去装置における気泡分離メカニズムについて</li> <li>・ GTH での気泡核制御方法および気泡核分布の安定性について</li> <li>・ GTH における CSM を用いた気泡核計測方法について</li> <li>・ CSM 計測における希釈回路用 Resorber Tank の必要性について</li> <li>・ GTH における水槽内試験水の水質維持方法について</li> <li>・ GTH における CSM 配管と CSM 取水口の製作および設置方法について</li> </ul>
調査内容(2)	気泡核制御装置のメカニズムと気泡核制御技術の重要性について

- ・キャビテーション水槽における気泡核制御の重要性について  
 (例) 気泡核分布の違いによる翼面上のキャビテーションパターンと圧力分布の相違
- ・Prof. Lecoffre 設計の GTH やその他キャビテーション水槽 (Grenoble 大, Australian Maritime College)の気泡核制御を可能とした水槽の基本構造について
- ・CSM Venturi の変遷について (約 30 年前～現在)
- ・水中における微細気泡の溶解メカニズムについて
- ・キャビテーション水槽計測胴に対する CSM 設置高さ と 取水口～CSM 間の配管寸法の決定方法について
- ・小型キャビテーション水槽 (MODULAB)の基本構造とその用途について
- ・気泡核分布の模型～実機間の尺度影響の考え方について
- ・昭島研究所の既存キャビテーション水槽に対して、付加的に気泡核制御装置を導入することによる気泡核制御実現の可能性について

調査内容(3)

気泡核技術の今後について

- ・昭島キャビテーション水槽で実施した CSM(Cavitation Susceptibility Meter)試験計測について討論
- ・ミシガン大 9-inch キャビテーション水槽を見学
- ・高速度カメラを用いて気泡崩壊過程が観察可能な強化ガラス製 CSM Venturi を見学
- ・高速度カメラによる気泡崩壊の観察結果と CSM カウンタによる計測結果との比較、ならびに CSM 計測精度について
- ・各国のキャビテーション水槽で行われた気泡核分布の計測結果比較  
 (昭島・GTH・Michigan・Italy Navy, NSWCCD)
- ・実海域における気泡核分布計測の必要性について
- ・米海軍キャビテーション水槽(LCC)の 1/14 模型 (実際に試験水槽として機能)を見学

#### 特記事項

- ・実機 (プロペラ・ハイドロfoil等) 対応のキャビテーション特性を知るために水槽試験での気泡核計測および同制御の重要性を改めて認識することができた。
- ・キャビテーション水槽の気泡核計測において、CSM 設置の際に考慮すべき配管要領や CSM 計測精度を踏まえた上での計測方法ならびに計測結果の解釈について理解を深めることができた。
- ・キャビテーション水槽において気泡核制御を行うために必要となる各種装置や水槽の基本構造が明らかとなった。今後、キャビテーション試験における気泡核制御の機会が得られれば、本調査で得られた知見や人脈を活用し新たなキャビテーション水槽設計に適用できるものと考えている。