

2018 7<sup>th</sup> OpenFOAM Korea Users' Community Conference(7<sup>th</sup> OKUCC)

# Actuator Surface Method를 이용한 회전날개 해석

Date : 2018.11.01.

Presenter : 박재영

# 목차

## 1.개요

- ✓ OpenFOAM을 활용한 회전날개 해석

## 2.해석방법

- ✓ Improved Actuator Surface Method(IASM)

## 3.검증 및 해석

- ✓ IASM을 이용한 오픈 로터 해석 (ONERA 7A, KAMOV)
- ✓ IASM을 이용한 덕티드 팬 로터 해석 (KARI, KAMOV)

## 4.결론 및 정리

# 1. 개요

---

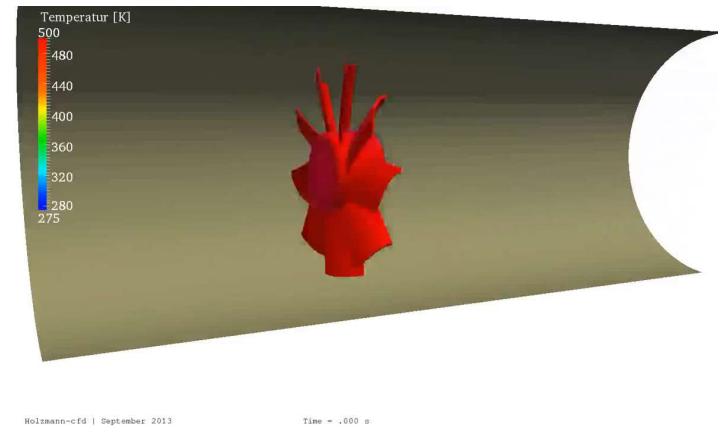
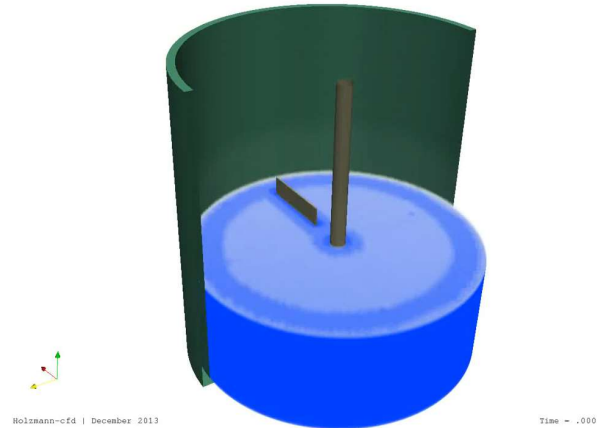
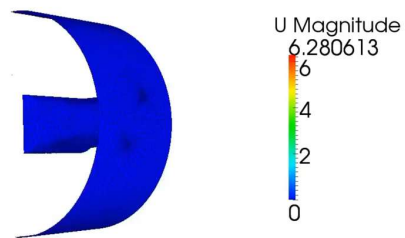
- ✓ OpenFOAM을 활용한 회전날개 해석

# 개요

## ● OpenFOAM을 활용한 회전날개 해석

- OpenFOAM 내부의 회전날개 해석가능 솔버
  - ✓ SRFSimpleFoam/SRFPimpleFoam
  - ✓ PimpleDyMFoam
- Cyclic AMI (Arbitrary Mesh Interface)의 활용
  - ✓ 서로 다른 surface를 통한 계산 가능

→ 격자 생성의 복잡성, Cyclic AMI 처리 문제,  
많은 계산 시간 소요 등의 단점



▲ Open Foam을 활용한 회전날개 해석 예시 (출처 : 유튜브)

## 2. 해석방법

---

- ✓ Improved Actuator Surface Method (IASM)

# 해석방법

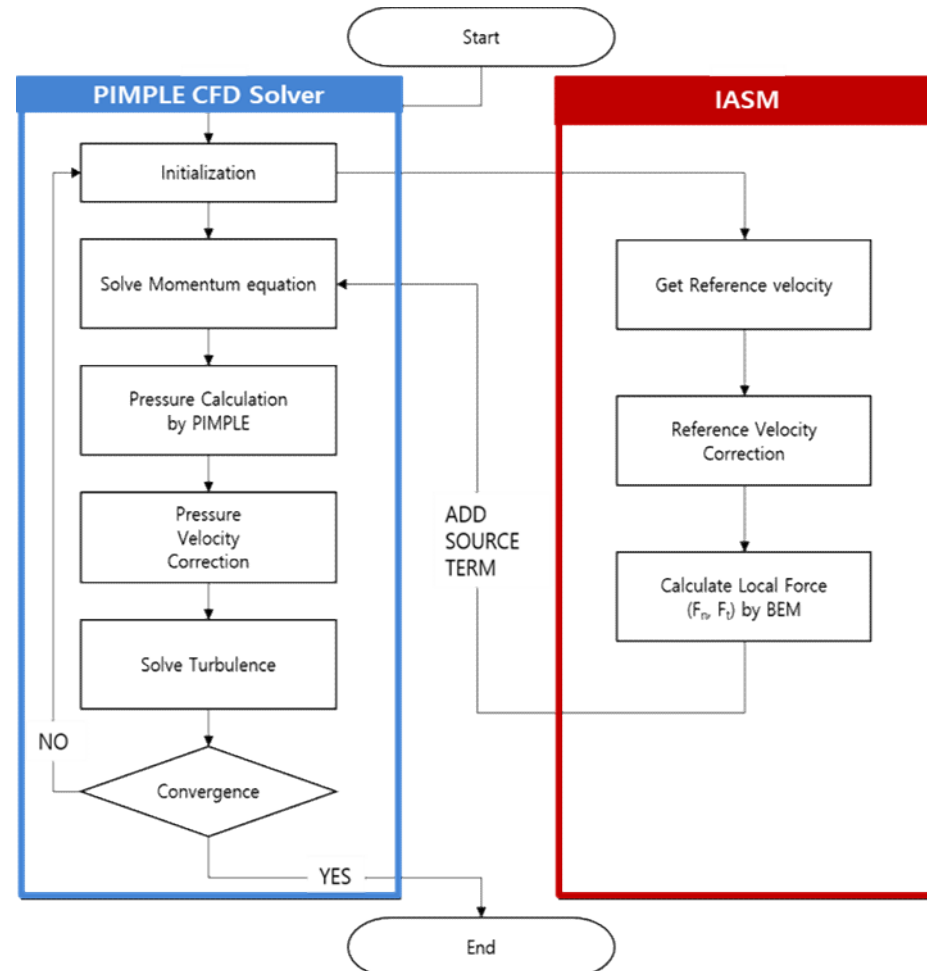
## ● Improved Actuator Surface Method (IASM) [1]

- Pimple solver + ASM(Actuator surface Method)
- Rotor Blade의 효과를 Momentum equation의 source term 으로 모사

$$\frac{\partial U}{\partial t} + (U \cdot \nabla)U - \nabla \cdot (v \nabla U) = s - \frac{1}{\rho} \nabla p$$

- 격자 생성의 간편함
  - ✓ 각 Blade를 wall로 구성할 필요가 없음
  - ✓ 격자 생성 시간 감소
- 계산 시간의 효율성
  - ✓ Cyclic AMI 계산을 적용 하지 않음
  - ✓ 블레이드의 wall boundary를 계산하지 않음

➔ IASM은 회전 날개 해석에 효율적



▲ IASM 순서도

[1] Kim, Taewoo, Sejong Oh, and Kwanjung Yee. "Improved actuator surface method for wind turbine application." *Renewable Energy* 76 (2015): 16-26.

### 3. 검증 및 해석

---

- ✓ IASM을 이용한 오픈로터 해석
- ✓ IASM을 이용한 덕티드 팬 해석

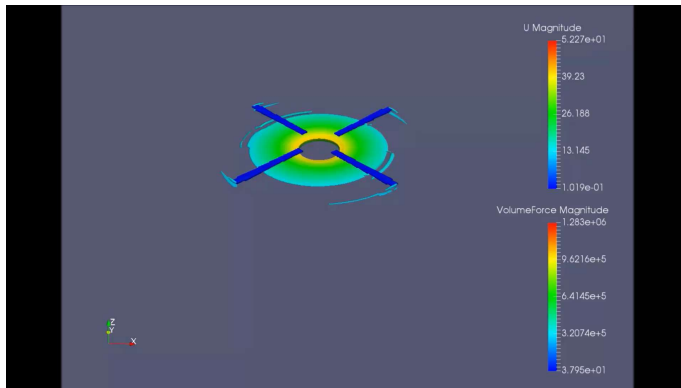
# 검증 및 해석

## ● IASM을 이용한 오픈 로터 해석

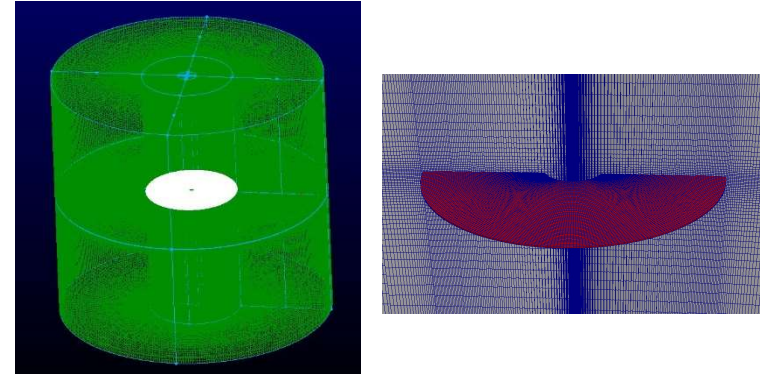
### • ONERA 7A 오픈 로터 (제자리 비행)

- ✓ 실험치 및 CFD(EROS-Chimera) [2]와 단면 추력 분포 비교
- ✓ 실험치 및 CFD(EROS-Chimera) 결과와 경향성 유사
- ✓ 날개 깃면 하중 계수 비교

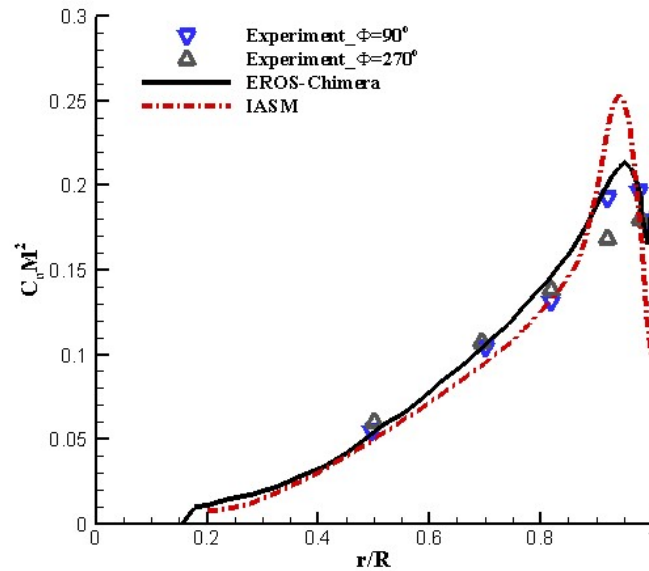
	깃면 하중 계수( $C_T/\sigma$ )
EXP	0.08
IASM	0.078977
오차	1.28 %



▲ Q criterion



▲ IASM 사용 격자



▲ 반경 방향  $C_n M^2$  분포

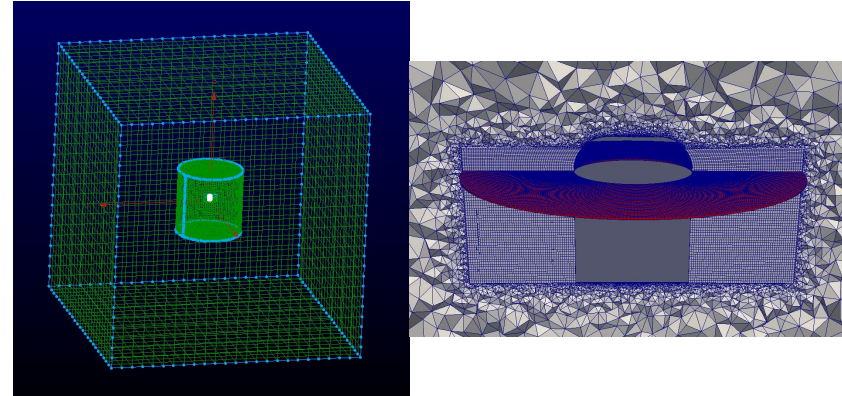
[2] Renzoni, P., D'Alascio, A., Kroll, N., Peshkin, D., Hounjet, M. H., Boniface, J. C., ... & Schöll, E. "EROS—a common European Euler code for the analysis of the helicopter rotor flowfield" *Progress in aerospace sciences*, 36(5), 437-485.



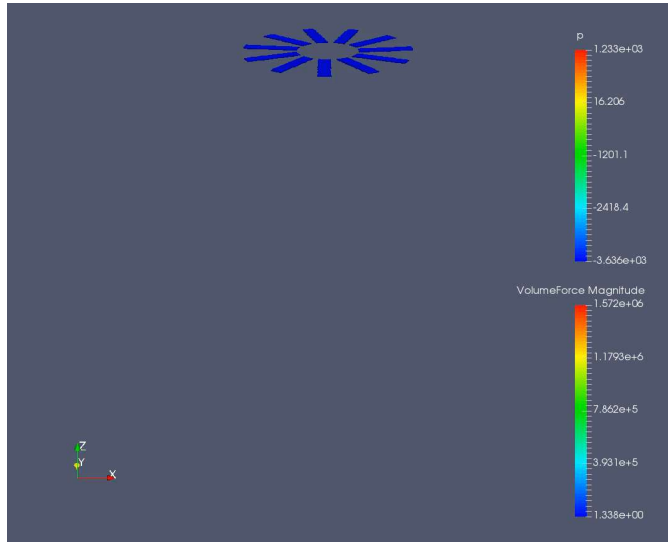
# 검증 및 해석

## ● IASM을 이용한 오픈 로터 해석

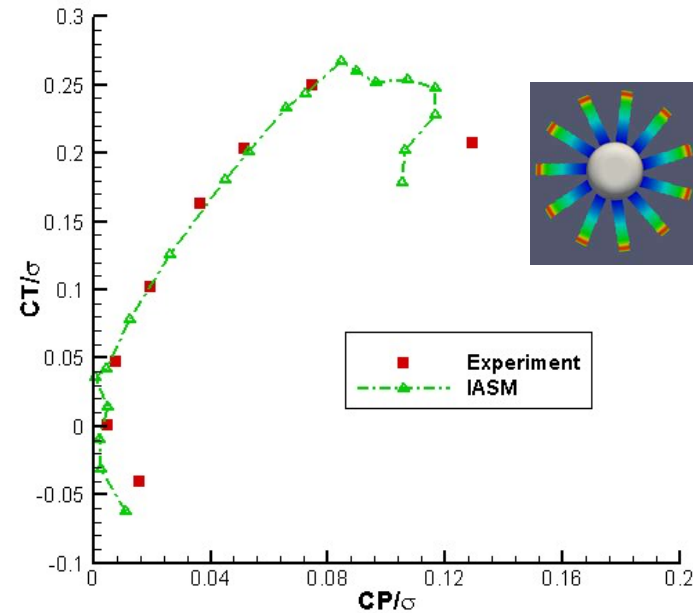
- KAMOV 오픈 로터 (제자리 비행)
  - ✓ 실험치와 제자리 비행 성능 비교 [3]
  - ✓ 실험치와 유사한 제자리 비행 성능 예측
  - ✓ 높은 고형비의 로터 해석에도 IASM 적용 가능



▲ IASM 사용 격자



▲ Q criterion



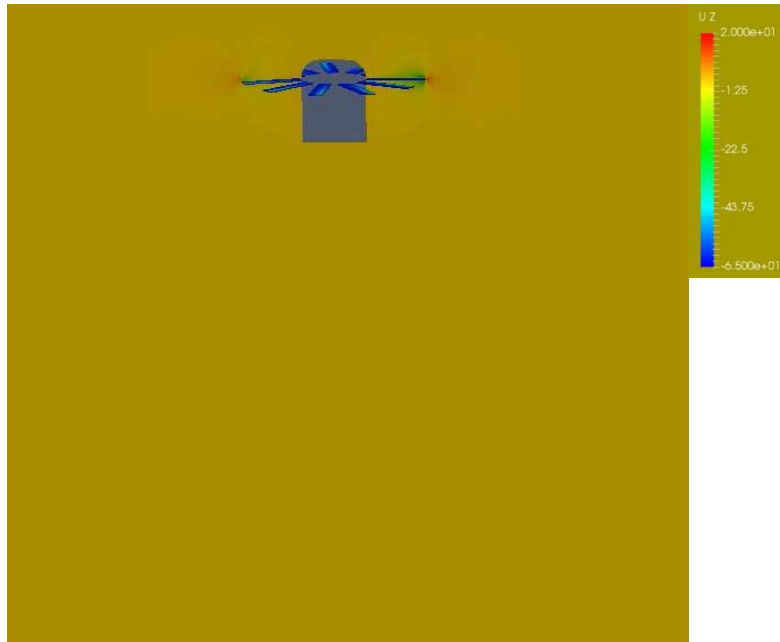
▲ 제자리 비행 성능

[3] Bourtsev, Boris N., and Serguei V. Selemenev. "Fan-in-fin performance at hover computational method." (2000).

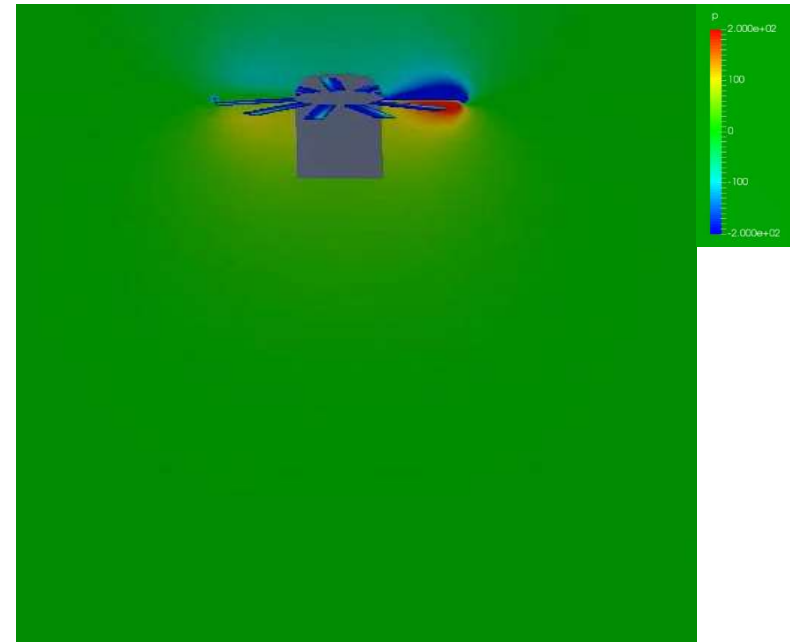
# 검증 및 해석

## ● IASM을 이용한 오픈 로터 해석

- KAMOV 오픈 로터 (제자리 비행)
  - ✓ 로터의 끝단 와류의 효과를 유동장으로 확인 가능



▲ Axial velocity



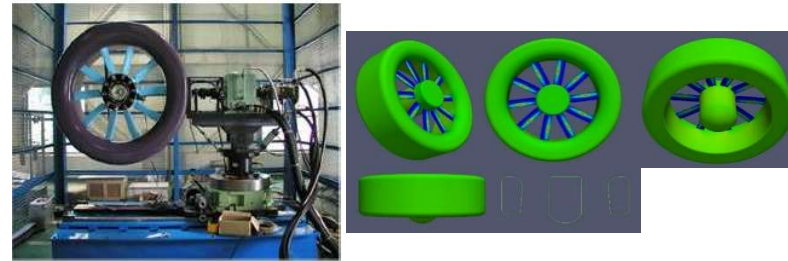
▲ Pressure

# 검증 및 해석

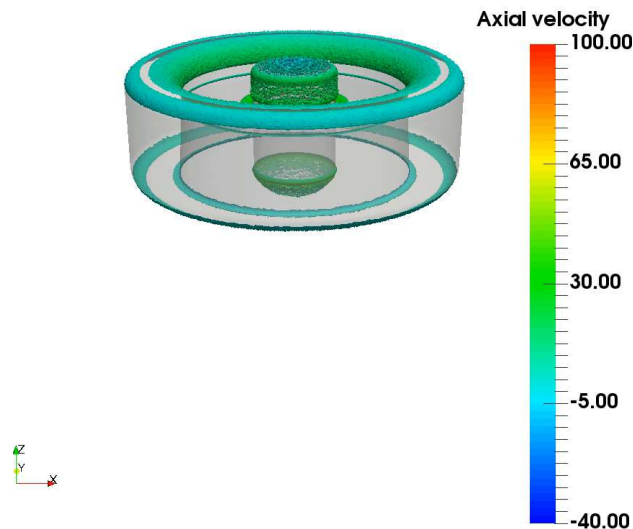
## ● IASM을 이용한 덕티드 팬 해석

### • KARI 덕티드 팬

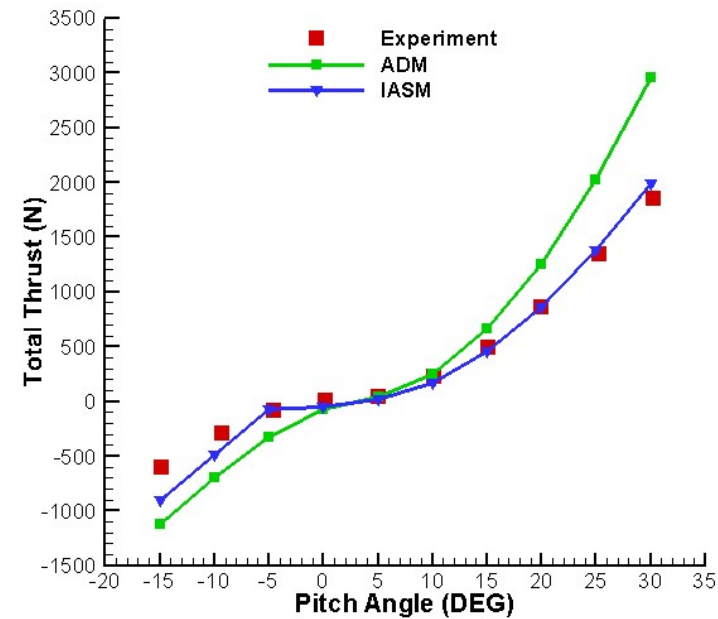
- ✓ 실험치 및 ADM과 총 추력(덕트 + 로터) 비교 [4]
- ✓ IASM의 결과가 실험치와 유사한 경향
- ✓ 덕티드 팬 해석에 IASM 적용 가능



▲ KARI 덕티드 팬 형상



▲ Q criterion



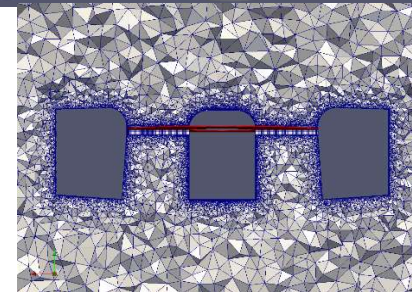
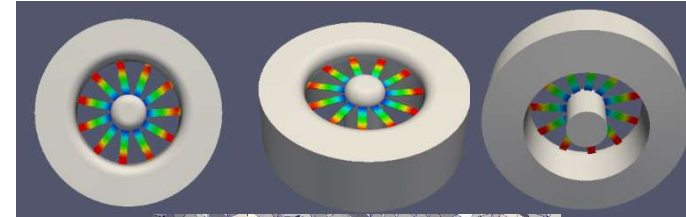
▲ 피치각에 따른 총 추력

# 검증 및 해석

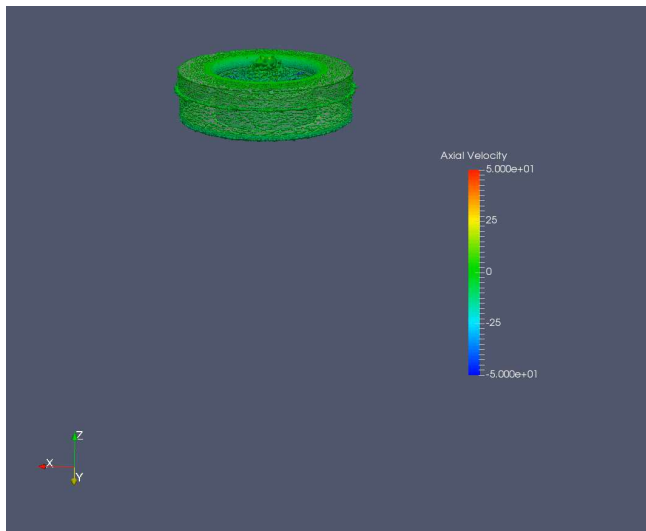
## ● IASM을 이용한 덕티드 팬 해석

### • KAMOV 덕티드 팬

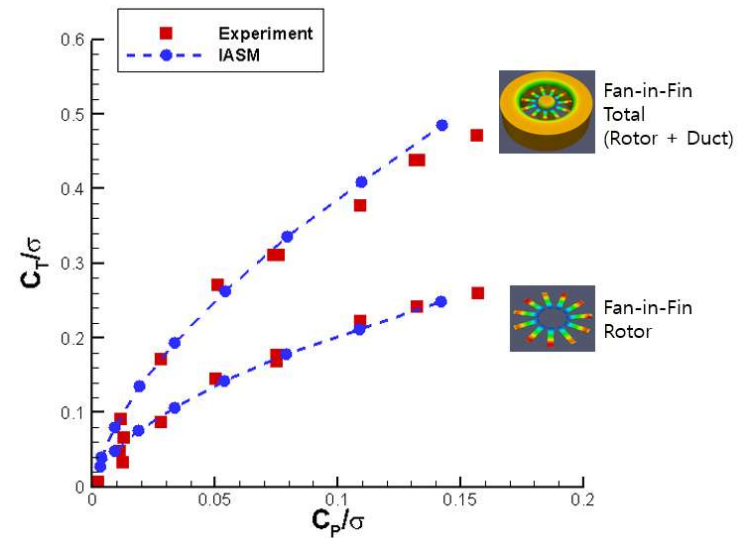
- ✓ 실험치와 제자리 비행 성능 비교 [3]
- ✓ 로터 성능만 비교시, 실험값과 유사한 예측
- ✓ 덕트 + 로터 성능 비교시, 실험값과 유사한 예측
- ✓ 높은 고형비의 덕티드팬 해석에 IASM 적용 가능



▲ KAMOV 덕티드 팬 형상



▲ Q criterion



▲ 제자리 비행 성능

[3] Bourtsev, Boris N., and Serguei V. Selemenev. "Fan-in-fin performance at hover computational method." (2000).

## 4. 결론 및 정리

---



# 결론 및 정리

## ● IASM을 이용한 회전 날개 해석

### • IASM을 이용한 오픈 로터 해석

- ✓ ONERA 7A 오픈 로터 해석을 통한 단면 추력 분포 예측 검증
- ✓ KAMOV 오픈 로터 해석을 통한 제자리 비행 성능 예측 검증

### • IASM을 이용한 덕티드 팬 해석

- ✓ KARI 덕티드 팬 해석을 통한 총 추력(덕트 + 로터) 예측 검증
- ✓ KAMOV 덕티드 팬 해석을 통한 제자리 비행 성능 예측 검증

➔ IASM을 이용한 정확도 높고 효율적인 회전 날개 해석 가능성 확인