

# 육공복합무인기 형상 모델링 및 유동해석 자동화 프로세스 개발

## The parametric modeling and flow analysis automation for COMVE

**Abstract** : 매개변수를 통해 다양한 무인이동체의 형상을 모델링하고, 이를 통해 생성된 형상으로부터 유동해석 격자 생성 및 전산 유체 해석을 자동화하는 프레임워크를 개발한다. 개발된 프레임워크의 유용성을 검증하기 위하여, 현재 개발중인 육공복합무인기의 형상 모델링 및 다양한 유동 조건에 대한 해석을 수행한다. 무인이동체 형상 매개 변수 집합으로부터 해석 결과 도출까지의 전 과정의 자동화 프로세스를 검증한다. 이 외에도, 다양한 형상에 대한 모델링과 해석의 신속성을 확보하기 위하여, 클라우드 컴퓨팅 플랫폼을 활용한다. 그리고, 다양한 무인이동체와 후처리 과정을 포함한 프레임워크의 발전 방향에 대해서 논한다.

**Key Words** : Unmanned Vehicle(무인이동체), COMVE(육공복합무인기), Parametric Modeling(매개변수 모델링), Automatic Meshing(자동격자생성, Cloud Computing(클라우드 컴퓨팅)

### 1. 서 론

자율지능 무인이동체의 개발에는 형상정의부터 유동해석 까지의 전과정을 자동화하여 손쉽게 해석결과를 도출하고 최적화할 수 있는 형상 및 해석 연계 자동화 프레임워크가 필요하다. 본 연구에서는 매개변수를 통해 도출된 형상에 대해 격자 생성, 다양한 유동 조건에 대한 유동해석 수행 및 해석 결과 도출 전과정을 자동화하는 프레임워크를 구성하고, 이에 대한 유용성을 검증하고자 한다.

### 2. 연구 내용

#### 2.1 매개변수 기반 형상 모델링 및 유동해석자동화

매개변수 기반 형상 모델링 및 유동해석 자동화 프레임워크는 다음의 세부 모듈들로 구성된다.

- 파라미터 기반 무인이동체 형상 설계 자동화 모듈
- 3차원 형상에 대한 유동해석 격자 생성 모듈
- 경계 조건 및 유동 조건 설정 자동화 모듈
- 로터/프로펠러 해석을 위한 Actuating disk 모듈
- 유동해석 결과 추출 등 후처리 모듈

세부 모듈의 입력 파라미터는 엑셀 파일을 사용하고, 이를 통해 3차원 형상 생성, 격자 생성, 유동 해석 및 후처리까지 각 세부 모듈이 수행된다. Fig. 1에 3차원 형상 생성을 위한 입력 파라미터가 나타나 있으며 Fig. 2는 유동 해석을 위한 입력 예이다.

#### 2.2 고성능 클라우드 컴퓨팅 플랫폼 구현

다양한 형상 및 유동 조건에 대한 신속한 수행을 위해 개발된 자동화 프레임워크는 고성능 클라우드 컴퓨팅 환경에서 수행된다.

The image shows a detailed Excel spreadsheet titled 'ComVe Input Parameters'. It is organized into several sections: Airfoil Parameters, Propeller Parameters, Vertical Stabilizer Parameters, Life Status, and Meshing. Each section contains multiple columns for different parameters such as dimensions, angles, and material properties. The spreadsheet is used to define the geometry and simulation settings for the 3D model.

Fig.1 Input parameters for the 3D modeling

	A	B	C	D	E
1	fluid properties				
2	density	1.225	kg/s		
3	kinematic viscosity	1.79E-05	m <sup>2</sup> /s		
4					
5	flow conditions				
6	flow speed	70	m/s		
7	alpha	4	deg		
8	beta	0	deg		
9	A ref	1	m <sup>2</sup>		
10	L ref	1	m		
11	center	(0 0 0)			
12					
13	simulation conditions				
14	maximum iteration	1000	step		
15	data write interval	1000	step		
16	nCores	-1			
17					
18	actuator disk	power coefficient (CP)	thrust coefficient (CT)	direction	area
19	CruisePropeller	0.386	0.58	(1 0 0)	0.810732

Fig.2 Input parameters for the flow analysis

### 3. 결과 검증

본 연구에서 개발된 자동화 프레임워크를 육공복합무인기에 적용하여 유용성을 검증하였다. Fig. 1의 입력 파라미터를 이용하여 생성된 3차원 형상은 Fig. 3에서와 같이 세부 파트별로 STL 파일의 형식으로 저장된다.

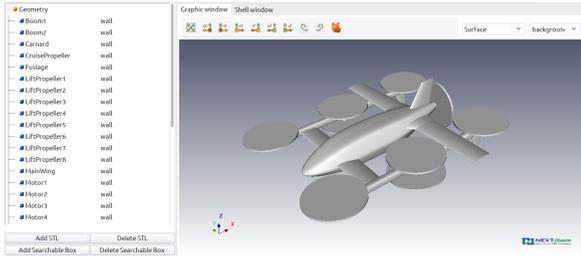


Fig.3 STLfiles from the 3D modeling

Figure 3의 STL 파일에 대해서 다음의 명령을 사용하여 유동 해석을 위한 격자를 생성한다.

```
python uvarcaero.py -mesh inputfile.csv stlfile.zip
```

위의 명령어를 사용하여, 생성된 격자가 Fig. 4에 나타나 있다.

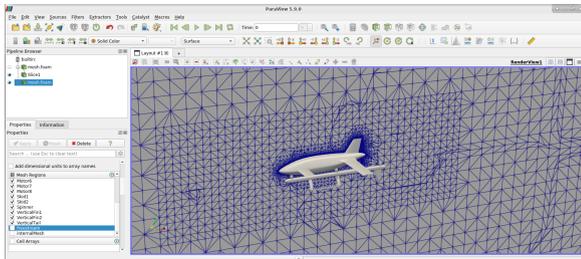


Fig.4 Mesh generated by the framework

Figure 4의 격자에 대해서 클라우드 컴퓨팅 플랫폼에서 받음각을 -6도에서 16도까지 2도 간격으로 DoE (Design of Experiment) 해석을 수행하였다. 총 12 개의 해석에 대해 Fig. 5와 같이 각 60 코어로 6개의 해석을 총 360개의 코어를 사용하여 수행하였다.

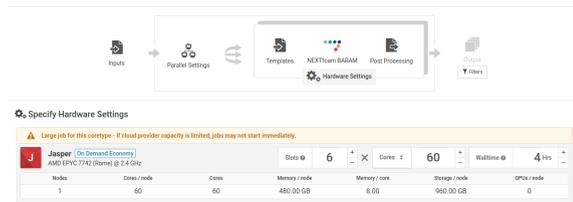


Fig.5 Six concurrent simulations using 360 cores

받음각에 따른 항력계수는 Fig. 6에서와 같이 클라우드 컴퓨팅 플랫폼에서 동시에 해석이 수행된 후 후처리 스크립트를 통해서 도출된다.

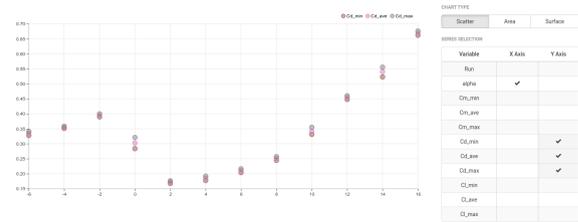


Fig.6 Drag coefficients versus angle of attacks

### 4. 결론

본 논문에서는 매개변수를 통해 다양한 무인이동체의 형상을 모델링하고, 이를 통해 생성된 형상으로부터 유동해석 격자 생성 및 전산 유체 해석을 자동화하는 프레임워크의 유용성을 육공복합무인기에 대해서 검증하였다. 이와 더불어 클라우드 컴퓨팅 환경에서 자동화 프레임워크를 구현하여, 다양한 형상 및 유동 조건에 대해서 신속한 해석이 가능함을 보였다. 향후 수중 무인이동체 등 다양한 기술실증기 해석에 적합하도록 정확도 향상 및 후처리 편의성 향상 등 확장이 계속될 예정이다.