

# 라즈베리파이와 풍동실험장치를 활용한 성능 예측 CNN 모델

임베디드 캡스톤 프로젝트

소속	컴퓨터공학과
성명	김유정, 김하연, 강호석

# 목차

프로젝트 설명

현재 진행 상황

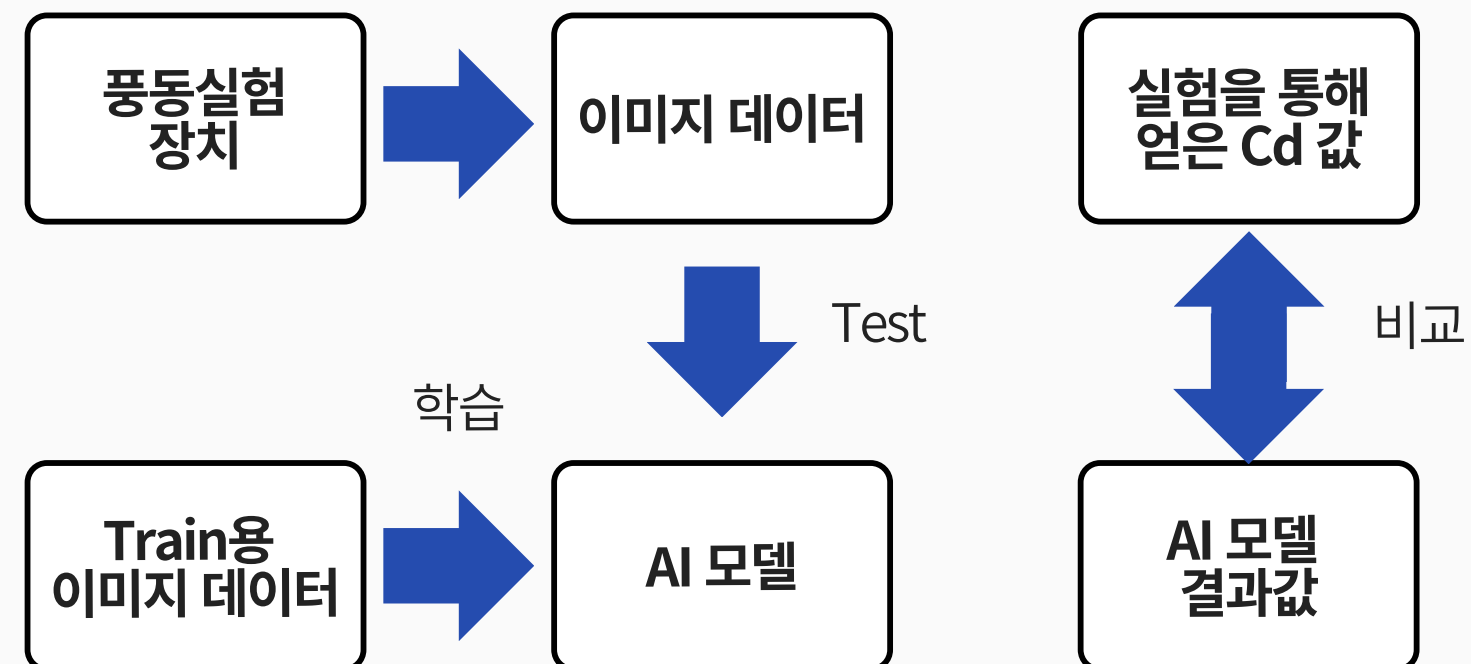
역할 분담

## 풍동 실험 장치를 활용한 성능 예측 CNN 모델

### 개발 목표

풍동실험에서 시각 데이터를 이용해 항력계수(Cd)를 예측할 수 있는 AI 모델 구현

- 기존의 풍동실험에서는 힘 센서(Load Cell)나 압력 센서 등을 이용해 Cd를 직접 측정하지만, 본 프로젝트에서는 유적선 이미지만으로 Cd를 예측하는 새로운 접근 방식을 시도함.
- 카메라 모듈로 촬영한 유동 이미지를 딥러닝 기반 CNN 모델 등에 입력하여, 시각적 패턴 → 유체역학적 계수로 매핑하는 모델을 개발



## 02 현재 진행 상황

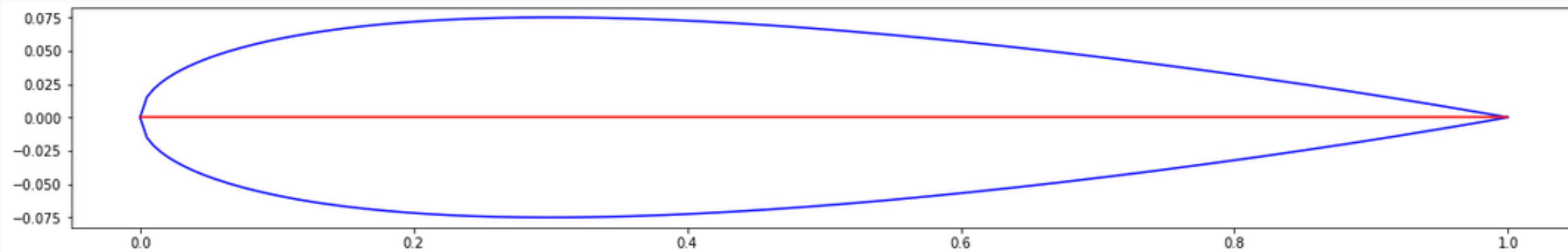
NACA0012 에어포일 선정 → 필라멘트 구입 후 3D 프린팅 예정

연기 발생기 구입 후 실험 셋업 예정

실험 방법 설립 완료

## 02 현재 진행 상황

### 에어포일은 NACA0012로 선정



선정 이유:

1) 가장 널리 연구된 기준(reference) 에어포일

: NACA 0012는 항공역학 분야에서 가장 많이 사용되고 검증된 대칭 에어포일 중 하나

수십 년간 다양한 연구 및 실험 데이터가 축적되어 있으며, 풍동 실험 및 CFD(OpenFOAM, ANSYS 등) 검증용 표준 레퍼런스로 활용됨.

2) 대칭형(대칭 캠버) 에어포일

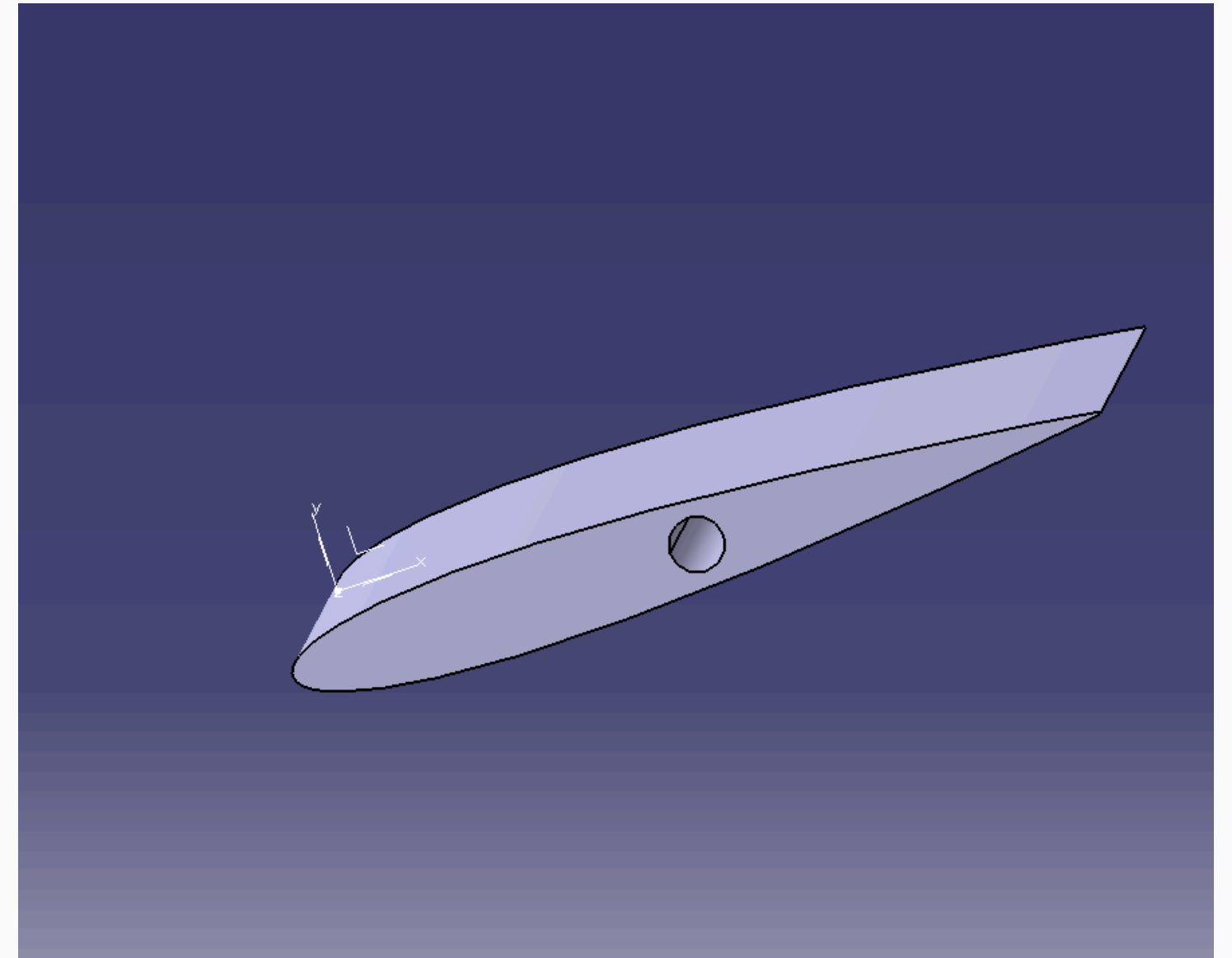
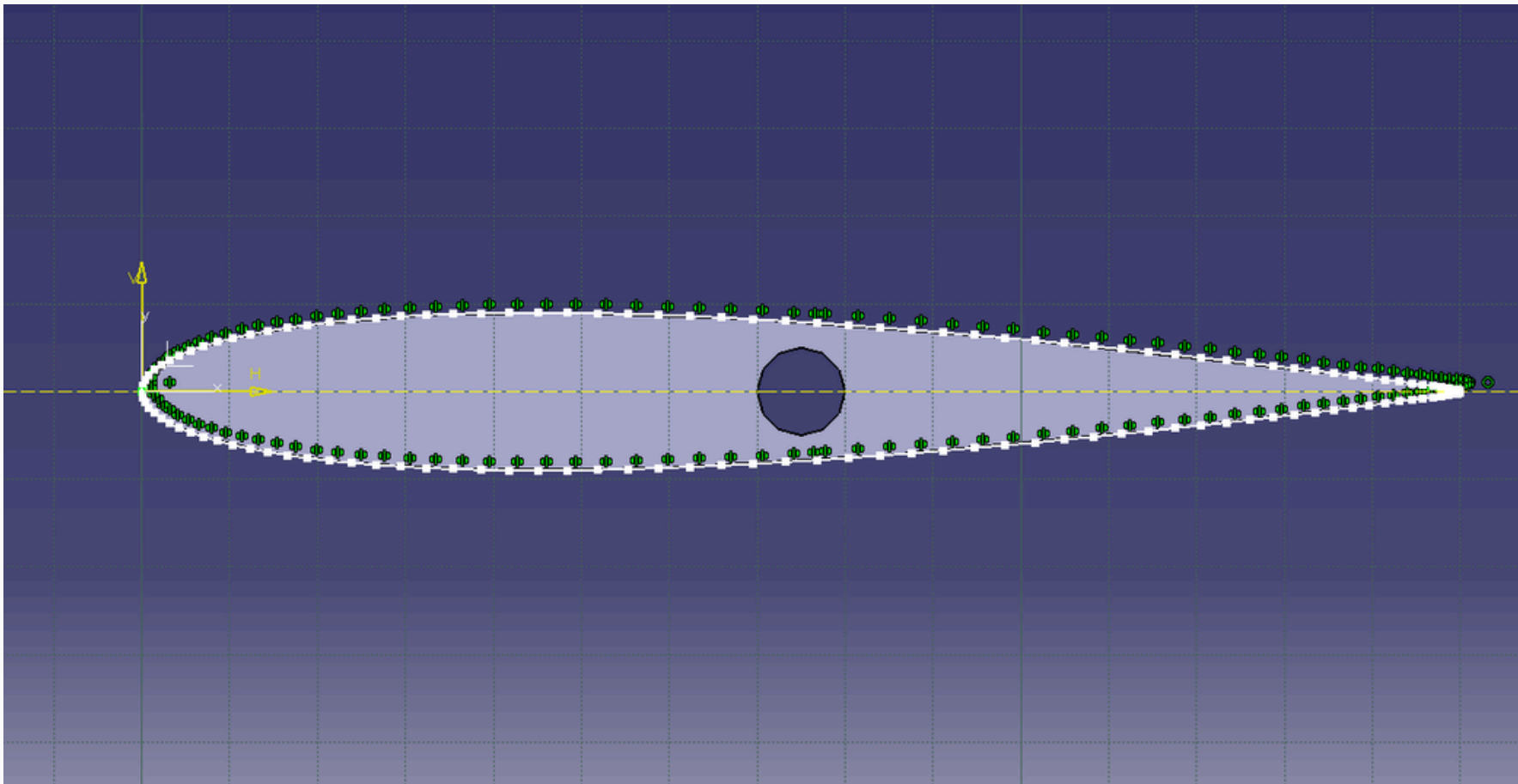
: NACA 0012는 위·아래대칭 에어포일임. 이를 통해 받음각(Angle of Attack, AoA)에 따른 양력·항력 특성을 단순하고 명확하게 분석할 수 있음.

3) 풍동 실험 및 제작 용이성

: 형상이 단순하여 3D 프린팅, 가공, 설치가 용이함.

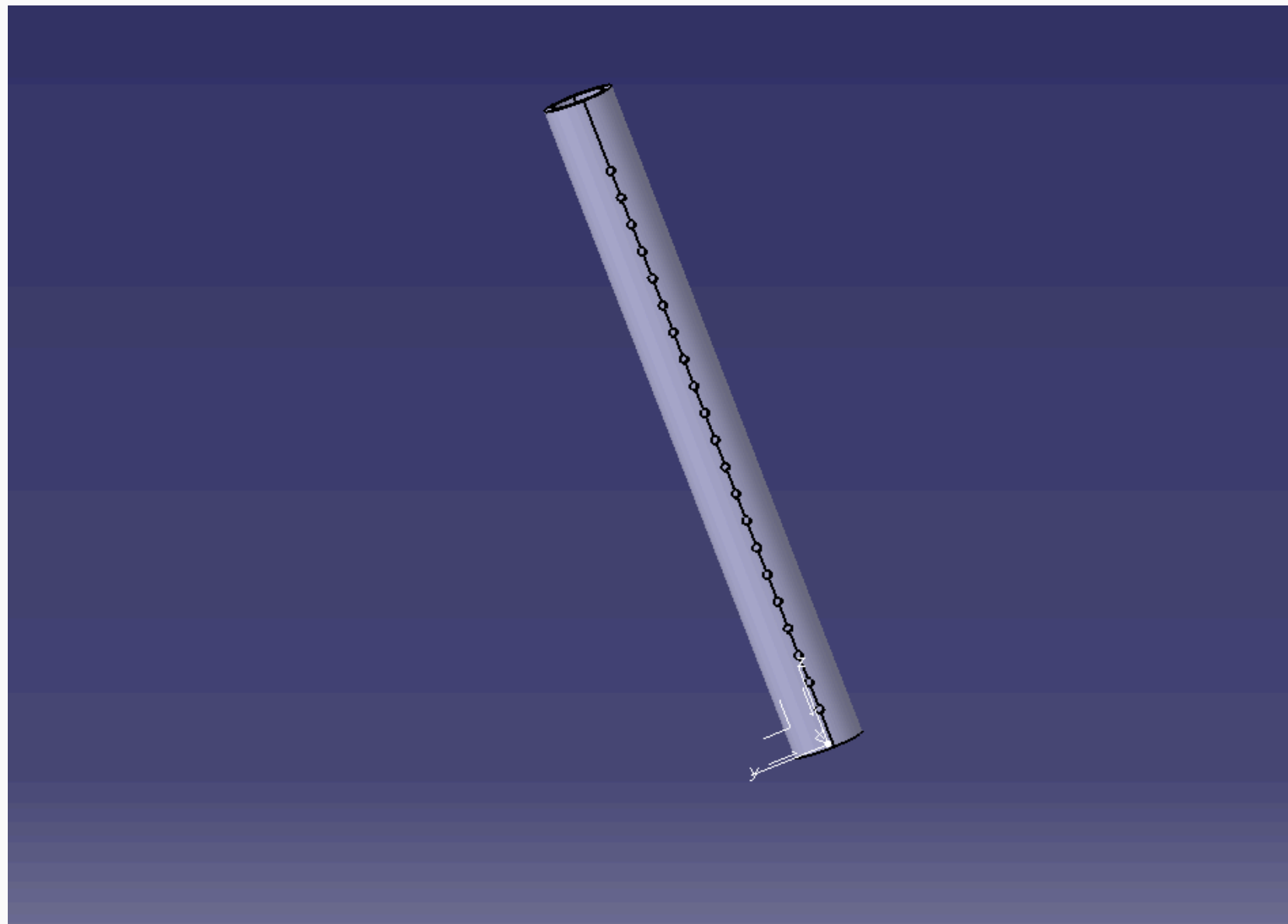
## 02 현재 진행 상황

### CATIA 로 모델링



02

## 현재 진행 상황



$d = 3\text{mm}$  로 설계, 구멍 개수: 12개

$$A = \frac{\pi}{4} * 0.003^2 * 12 = 0.0000848$$

$$Q = A * V$$

$V = 20 \text{ m/s}$  예상

$$\begin{aligned} Q &= 0.0000848 * 20 \\ &= 0.0017 \text{ m}^3 / \text{s} \\ &= \text{약 } 0.1 \text{ m}^3 / \text{min} \text{ 의 연기량 필요} \end{aligned}$$

→ 유량  $20 \text{ m}^3 / \text{min}$ 의 연기 발생기 구매

## 현재 진행 상황

- 풍동 실험 셋업 (Wind Tunnel Experimental Setup)
  1. 배경 처리: 내부 관측면 전체를 무광 흑색 시트로 처리하여 배경 반사 및 광학적 노이즈를 최소화하고, 유동 가시화(smoke streaklines)의 대비를 극대화함
  2. 광원 구성: 상단부에 고휘도 LED 라인 조명을 설치하여 입자(연기)의 산란광을 통해 유적선(Flow Streakline)을 명확히 시각화
  3. 유속 제어: 풍속 센서를 이용해 유동 조건을 모니터링하며 10–20 m/s 범위 내에서 유속을 정밀 제어 및 유지 (유동 패턴이 안정적으로 형성되는 영역에 해당)
- 실험 절차 (Experimental Procedure)
  1. 유동 안정화 단계: 송풍기 및 유선 발생기(연기 발생 장치) 구동 후 유동이 안정 상태(Steady-State Flow)에 도달할 때까지 대기
  2. 고속 영상 촬영: 라즈베리파이 고해상도 카메라 모듈을 이용해 유적선의 시공간적 변화(Time-resolved Streakline Imaging)를 취득 (연속 프레임 기반 유동 구조 분석 가능)
  3. 데이터 수집 및 저장: 촬영된 영상 데이터를 로컬 저장 후 AI 기반 유동 특성 추출 및 공력계수(C<sub>L</sub>, C<sub>D</sub>) 추정 모델 학습에 활용



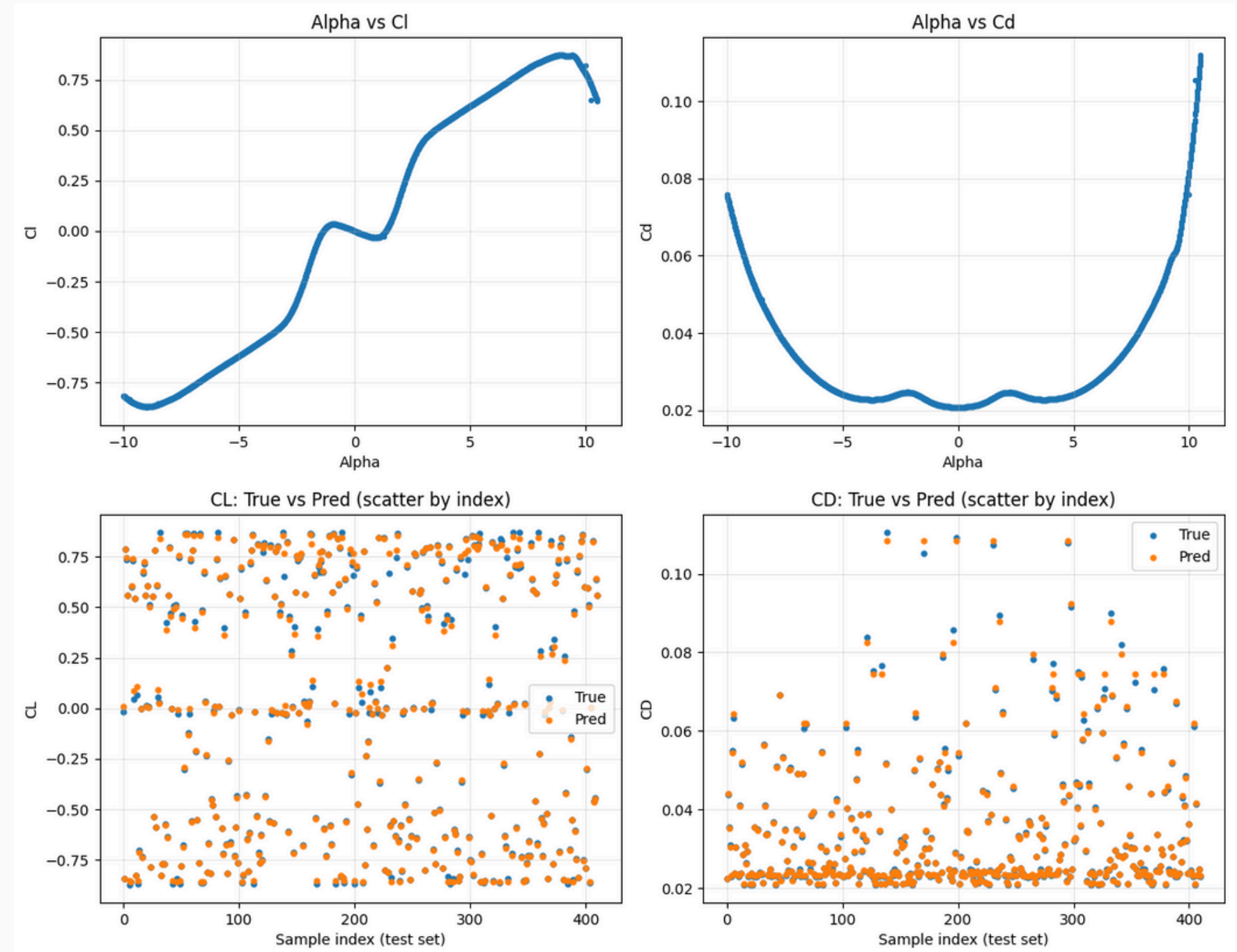
## 02 현재 진행 상황

UIUC Airfoil Coordinates Database 데이터셋 활용  
NACA0012 데이터 활용

데이터 분석, input: aoa / output: cl, cd 인 ai 모델 구현

데이터 증강 기법 이용, 2051개의 데이터 사용

	CL (MLP)	CD (XGBoost)
RMSE	0.017	0.0005
MAE	0.001	0.0003
R2	0.99	0.998



## 03 역할 분담

성명	역할
김유정 (팀장)	실험 셋업, 실험, 데이터셋 서칭, AI 모델 구현
김하연	실험, 데이터셋 서칭, 데이터 전처리, AI 모델 구현
강호석	실험, 데이터 전처리, AI 모델 구현

경청해주셔서  
감사합니다.