

라즈베리파이와 풍동실험장치를 활용한 **성능 예측 CNN 모델**

임베디드 캡스톤 프로젝트

소속	컴퓨터공학과
성명	김유정, 김하연, 강호석

목차

| 프로젝트 설명

| 현재 진행 상황

| 역할 분담

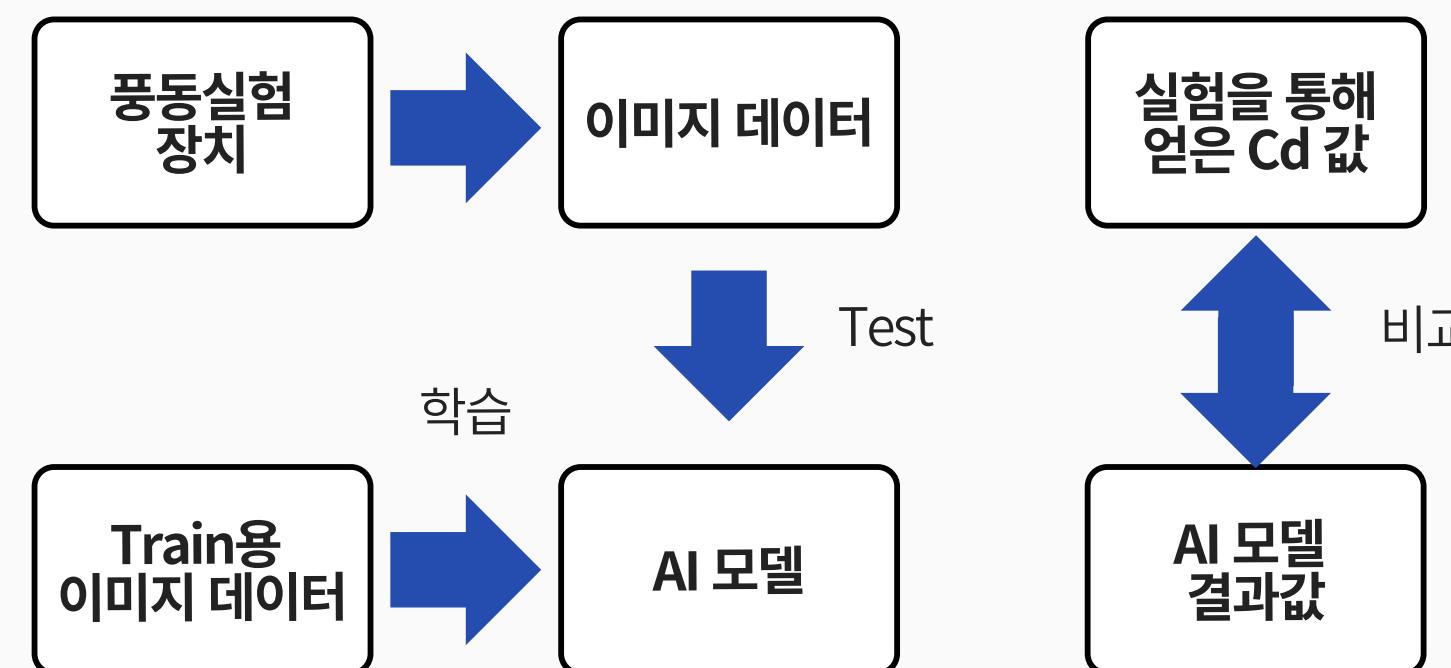
프로젝트 설명

풍동 실험 장치를 활용한 성능 예측 CNN 모델

개발 목표

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

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



02

현재 진행 상황

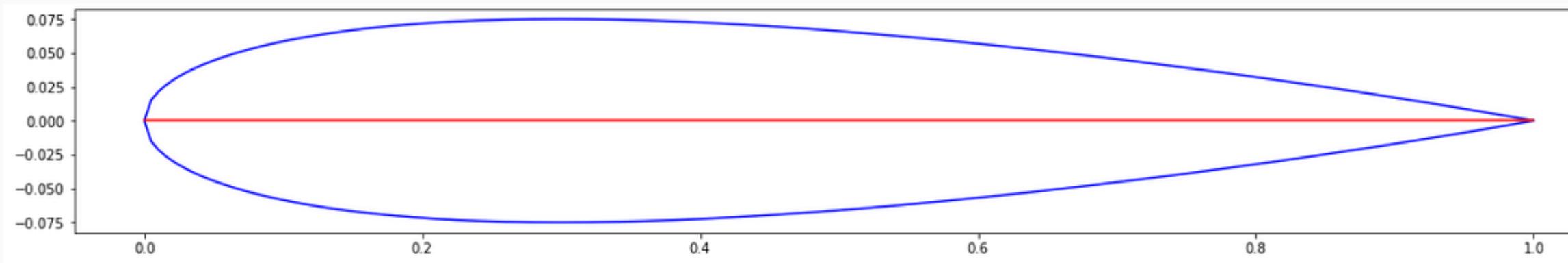
NACA0012 에어포일 선정 → 필라멘트 구입 후 3D 프린팅 예정

연기 발생기 구입 후 실험 셋업 예정

실험 방법 설립 완료

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 반음각(Angle of Attack, AoA)에 따른 양력·항력 특성을 단순하고 명확하게 분석할 수 있음.

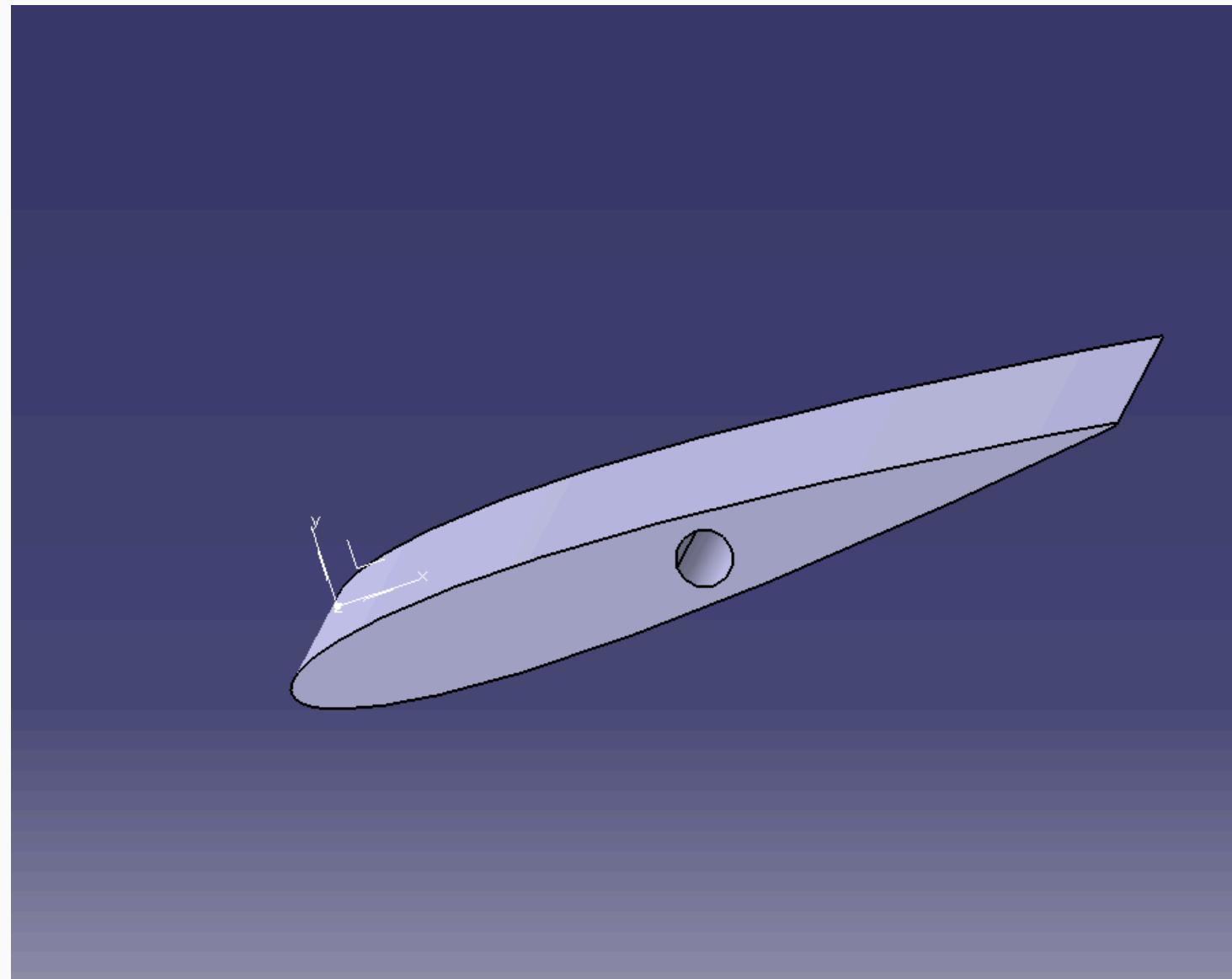
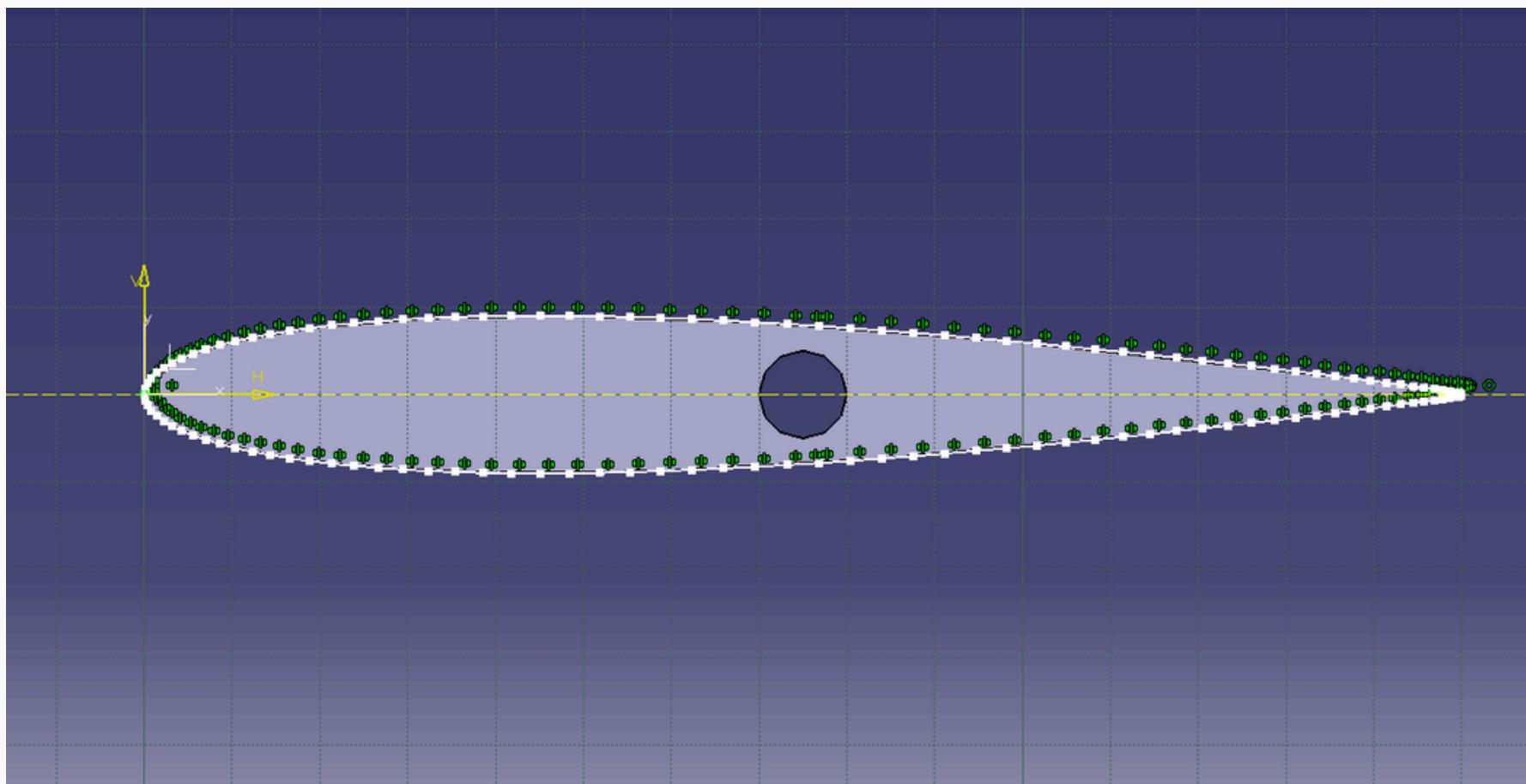
3) 풍동 실험 및 제작 용이성

: 형상이 단순하여 3D 프린팅, 가공, 설치가 용이함.

02

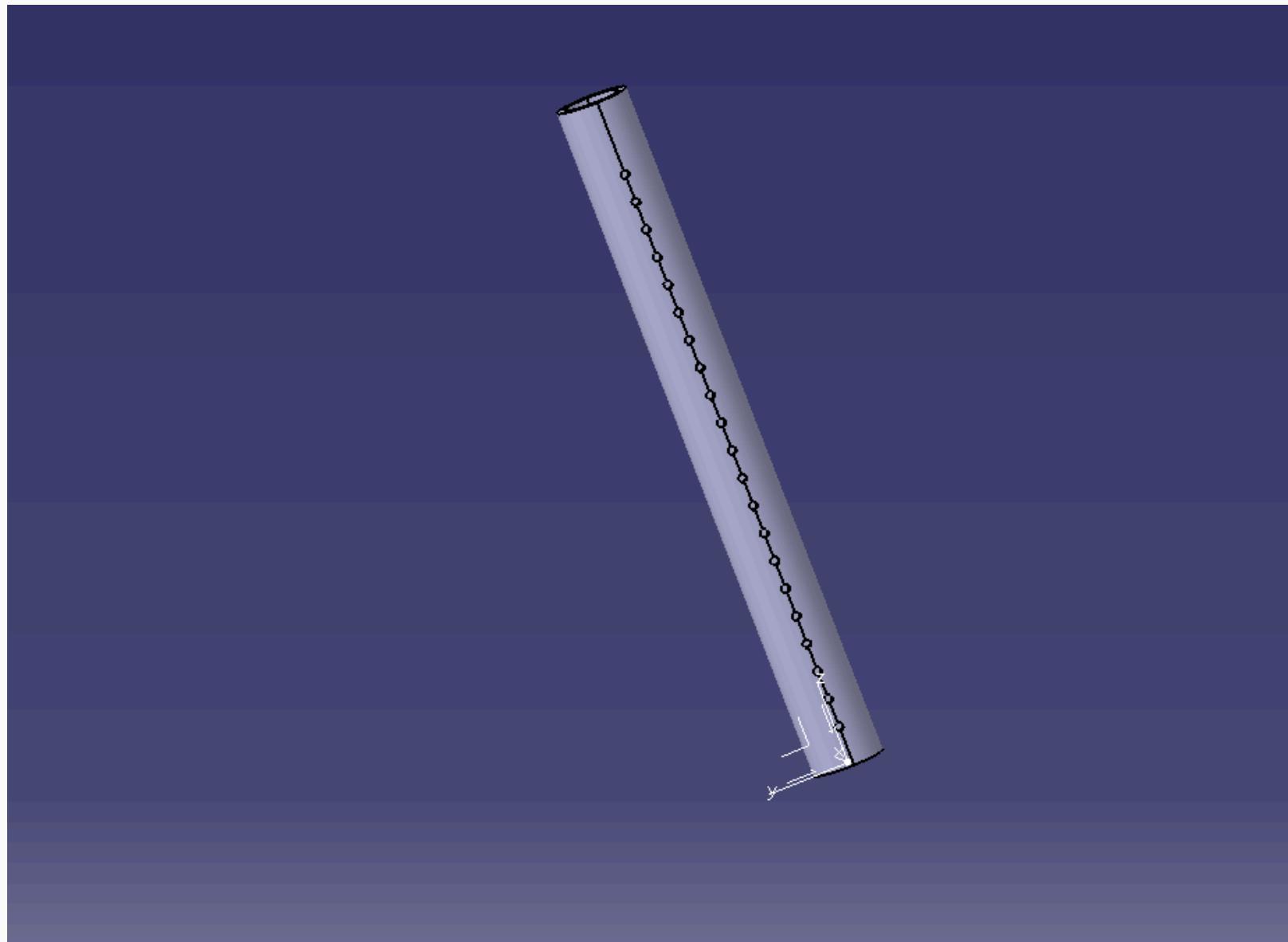
현재 진행 상황

CATIA로 모델링



02

현재 진행 상황



$d = 3\text{mm}$ 로 설계, 구멍 개수: 12개

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

$$Q = A * V$$

$$V = 20 \text{ m/s} \text{ 예상}$$

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

→ 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(CL, CD) 추정 모델 학습에 활용

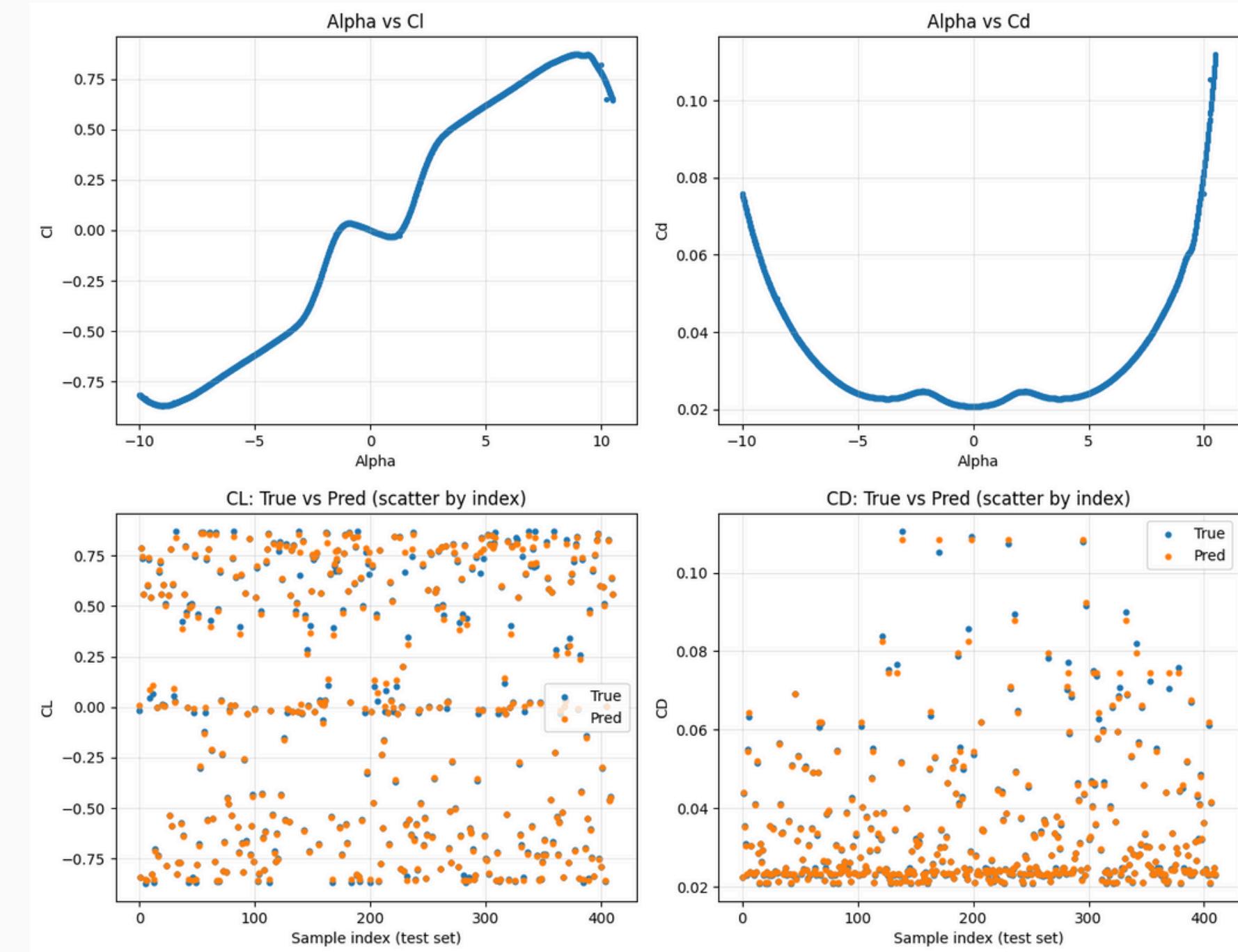
현재 진행 상황

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.