

Wing Fence와 곡선형 날개를 적용한 사이클로디얼 프로펠러의 성능 검증

고교부 - 물리

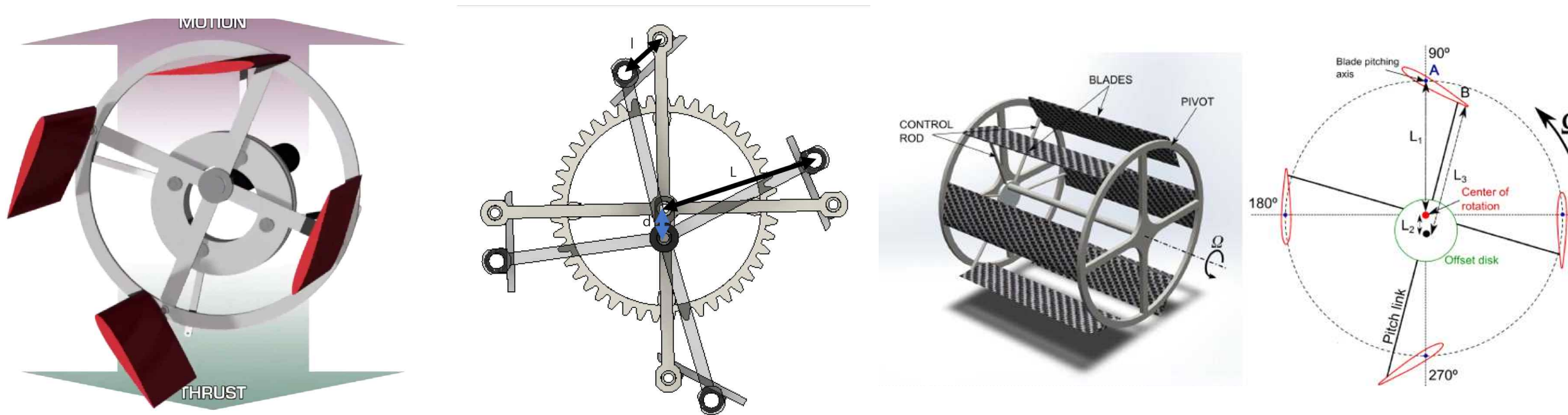
1. 탐구(연구) 동기

제가 드론을 처음 보았을 때, 저는 신기하면서도 두려웠습니다. 드론 날개의 소음 때문에 불쾌했고, 두려웠지만 동시에 미래를 느꼈습니다. 프로펠러의 소음 문제 해결 없이는 이러한 드론을 저희 삶에 더 가까이 접목하기는 쉽지 않을 것입니다. 저희의 목적은 저소음, 저전력 프로펠러인 Cyclodial Propeller(일명 Voith Schneider propeller)의 성능을 개선하는 것입니다. 비행기 날개에 사용되는 구조인 Wing Fence 구조와, 회전하는 날개의 상대적인 곡률을 고려하는 Relative Curvature 이론을 접목하여 성능 개선을 이룰 수 있습니다.

2. 탐구(연구) 내용

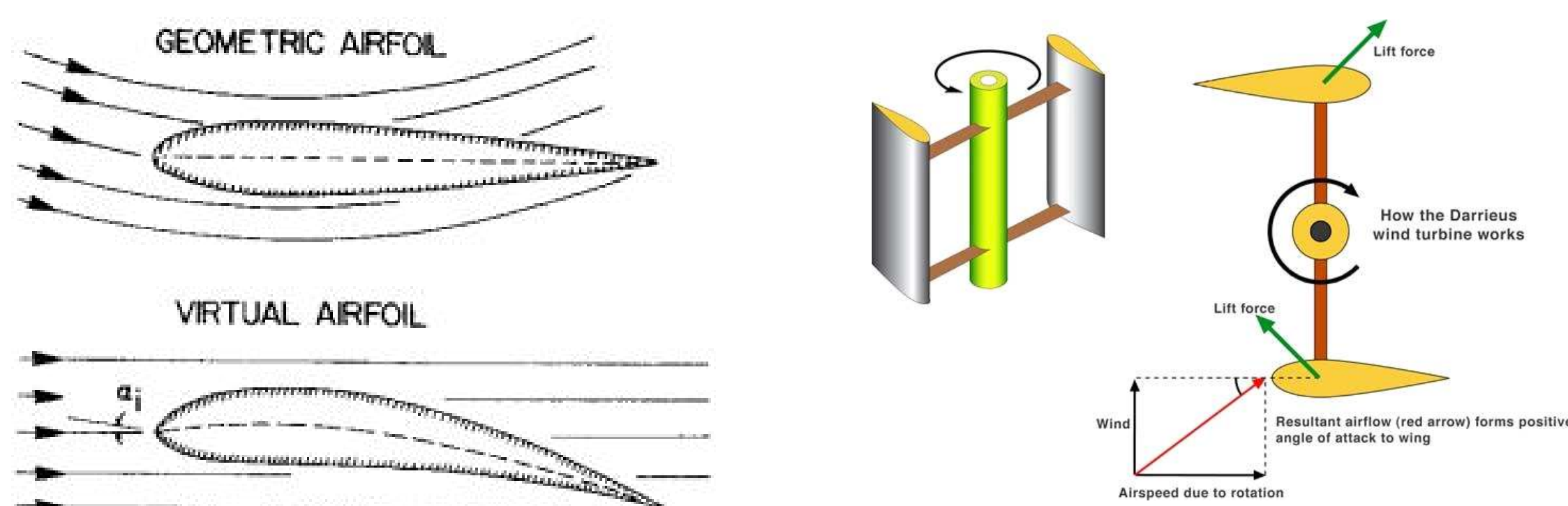
가. 선행 연구 고찰 및 탐구의 독창성

Cyclodial Propeller :

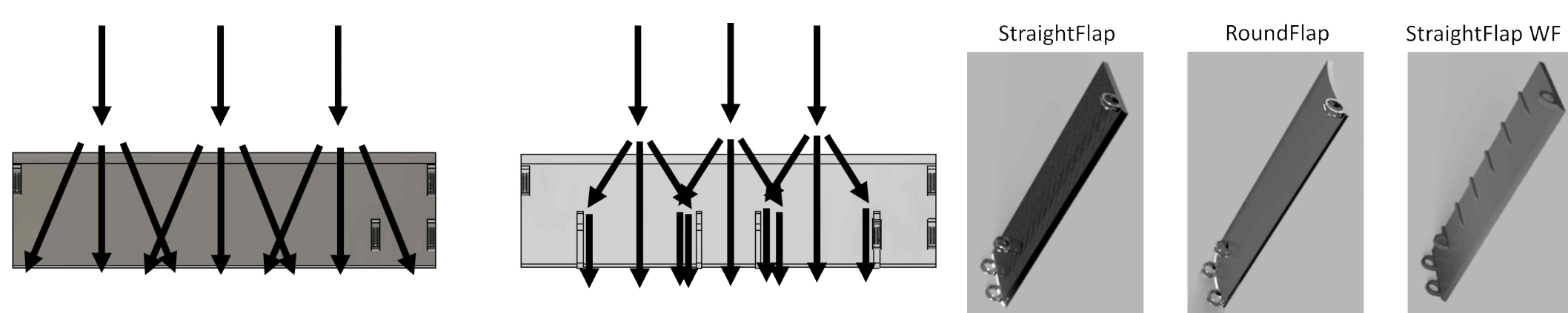


Cyclodial Propeller는 회전축과 날개의 축이 평행하여 회전하면서 날개의 각이 변해 추력을 발생시키는 프로펠러이다.

Relative Curvature : 곡선 운동을 하게 되는 날개에 대해, 공기에 대한 날개의 상대적인 움직임을 변환하는 Conformal Mapping Technique을 제안한 연구, P. G. Migliore의 'Flow Curvature Effects on Darrieus Turbine Blade Aerodynamics'를 참고하였다. 회전하는 상태에서 Cyclodial Propeller의 날개는 원형 경로를 따라 운동하기에 이러한 분석이 필수적이다.



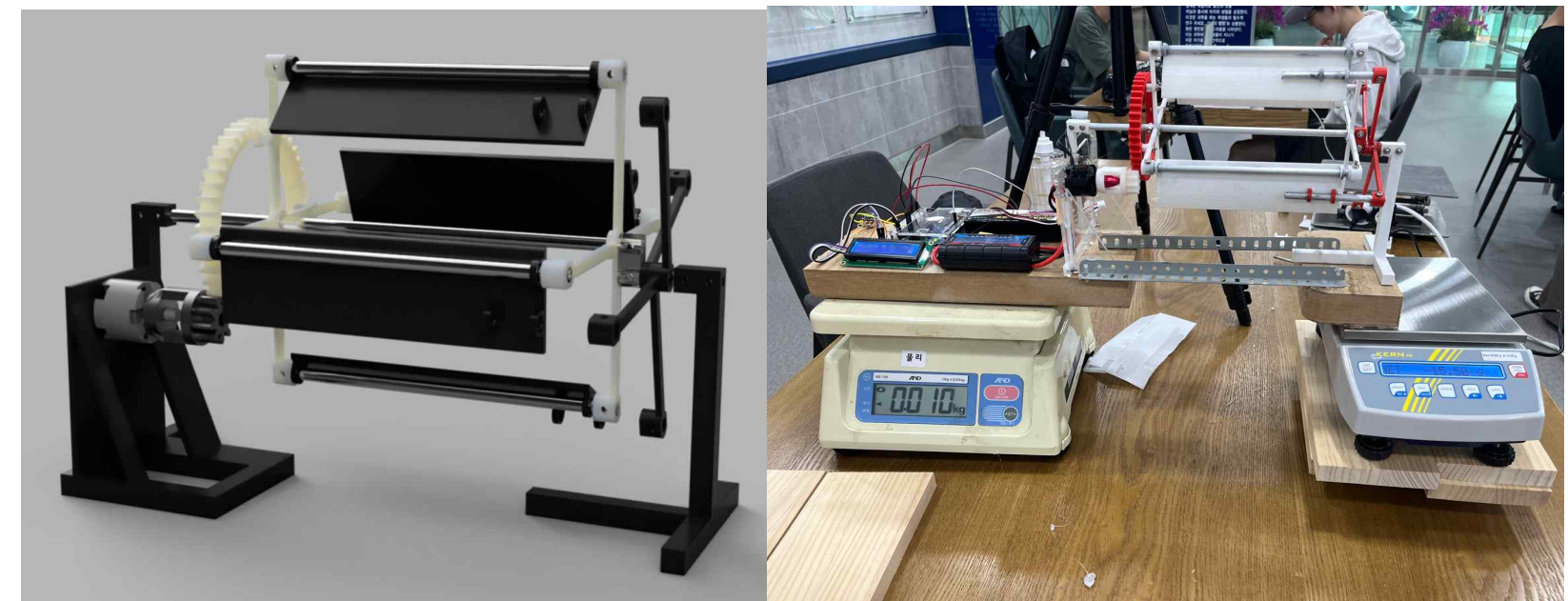
Wing Fence : Swept-Wing 항공기에 설치되는 Wing Fence의 구조를 차용하였다. Wing Fence는 Wingtip Vortice의 감소로 인한 Lift Coefficient 증가, Lift to Drag Ratio 증가, Stall Angle와 Effective AoA의 증가 효과를 가져다 준다.



다. 작품의 주요 내용

[A - 1] : 파이썬을 이용한 Flap Angle Distribution 찾기

[A - 2] : Cyclodial Propeller 3D 모델링 이후 조립



[A - 3] : Cyclodial Propeller 날개 구조별 추력 테스트

[B - 가설 1 검증] : CFD를 이용한 날개에 가해지는 Drag 비교 실험

[C - 가설 3 검증] : CFD를 이용한 날개로 얻어지는 추력 비교 실험

상기 구조들을 Cyclodial Propeller에 맞는 목적으로 해석하여 접목하기로 결정하였다.

나. 탐구 절차 및 방법

가설 1, **Relative Curvature 1** : Cycloidal propeller의 회전 반경과 같은 곡률 반지름의 날개를 이용하면 Drag이 감소한다.

가설 2, **Relative Curvature 2** : Cycloidal propeller의 회전 반경과 같은 곡률 반지름의 날개를 이용하면 추력을 증가한다.

가설 3, **Wing Fence** : Cycloidal propeller의 날개에 wing fence 구조를 설치하면 추력 개선 효과가 있다.

3. 탐구(연구) 결과

가설 1.

RoundFlap을 이용한 날개의 경우, StraightFlap을 적용한 날개에 비해서 15.77% 성능 증가가 있었다. 이는 앞서 제시한 유선형 저항 감소의 원인으로 파악된다.

가설 2.

RoundFlap을 이용한 날개의 경우, StraightFlap을 적용한 날개에 비해서 15.77% 성능 증가가 있었으며, 이는 앞서 제시한 Pitch Angle의 증가로 인한 것으로 예상된다.

가설 3.

실험적으로 StraightFlap 보다 Wing fence를 적용한 Straightflap을 사용하였을 때 54.55%의 성능 증가가 있었다. 이는 선행 연구들에서 밝혀졌듯, Rectilinear Flow에서의 성능 증가 요인이 Cyclodial Propeller의 움직임에서도 그대로 적용되기 때문일 것으로 예상된다.