



사이클로로터 제작

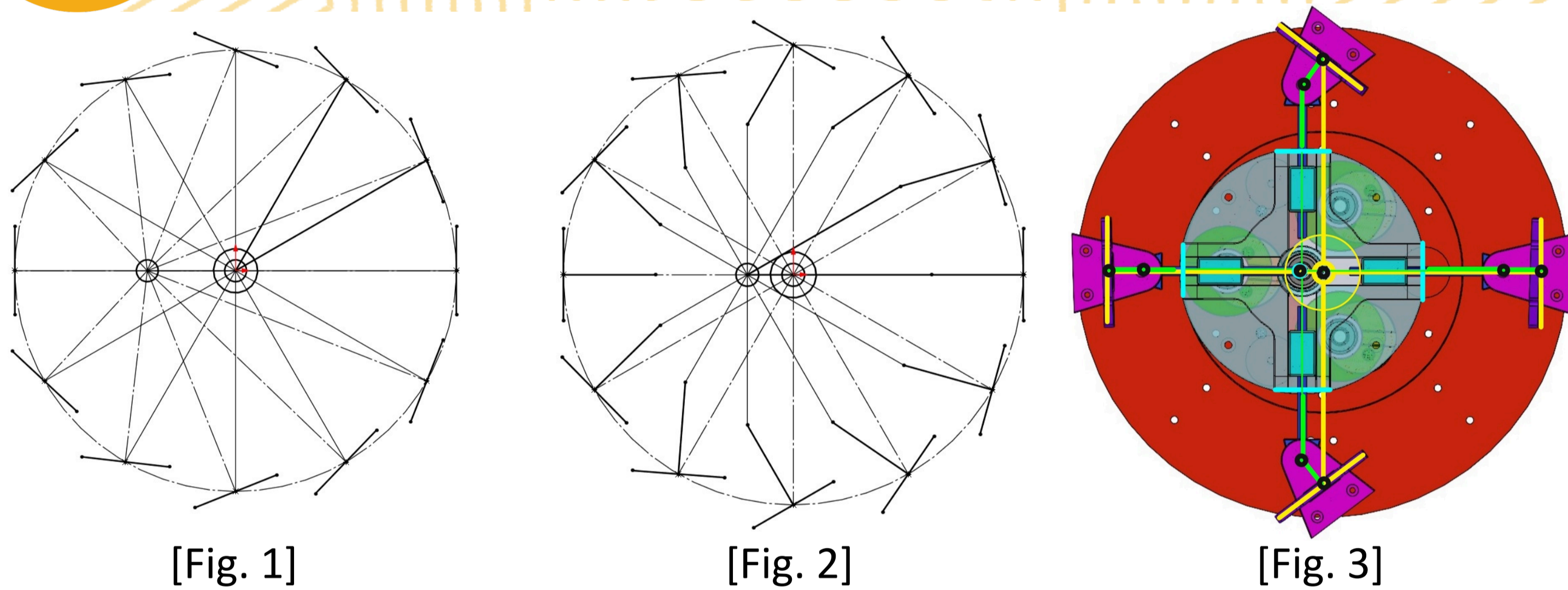
사이클로로터의 Low, High-피치 시스템 간 기계적 전이를 위한 등위상형 피치 제어 구조의 도입

21 최준빈 (기계) 21 박철민 (기계)

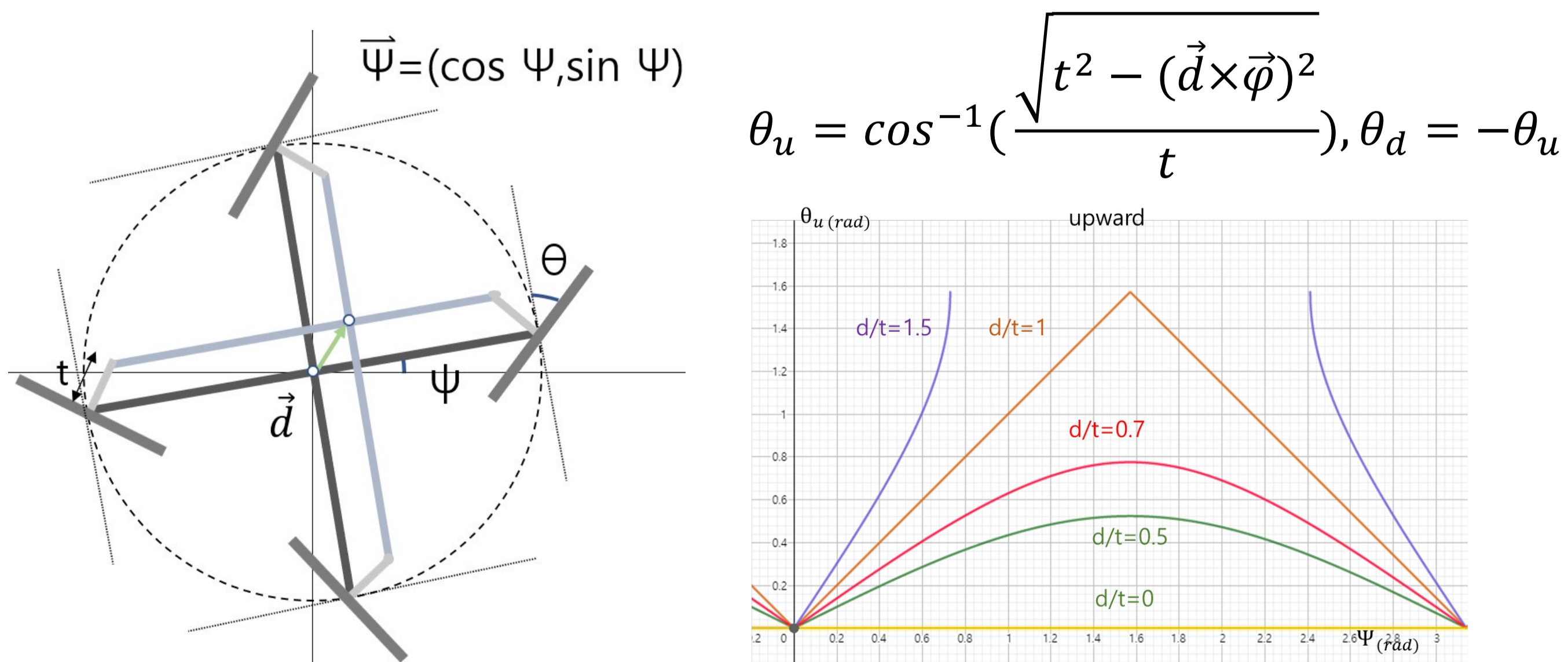
서론

- 기존 사이클로로터 피치 제어 구조:
 - 저속 비행에 유리한 low-피치 시스템, 고속 비행에 유리한 high-피치 시스템에서의 피치 운동 궤적이 크게 다름
 - 때문에 둘 간 전이를 기계적인 방법으로 수행하기 어려움
- 본 연구에서는 전이를 용이하게 하는 형태를 가진 피치 제어 구조를 제시, 이를 이론적으로 해석하고 실제 제작함
 - 해당 구조의 특성과 장단점을 분석하는 것이 본 연구의 목적
 - 해당 구조를 도입한 로터를 제작해 추력 측정 실험을 진행, 구조의 현실성을 검증하고 이론적 추력과 실제 추력을 비교함

피치 제어 구조의 특징

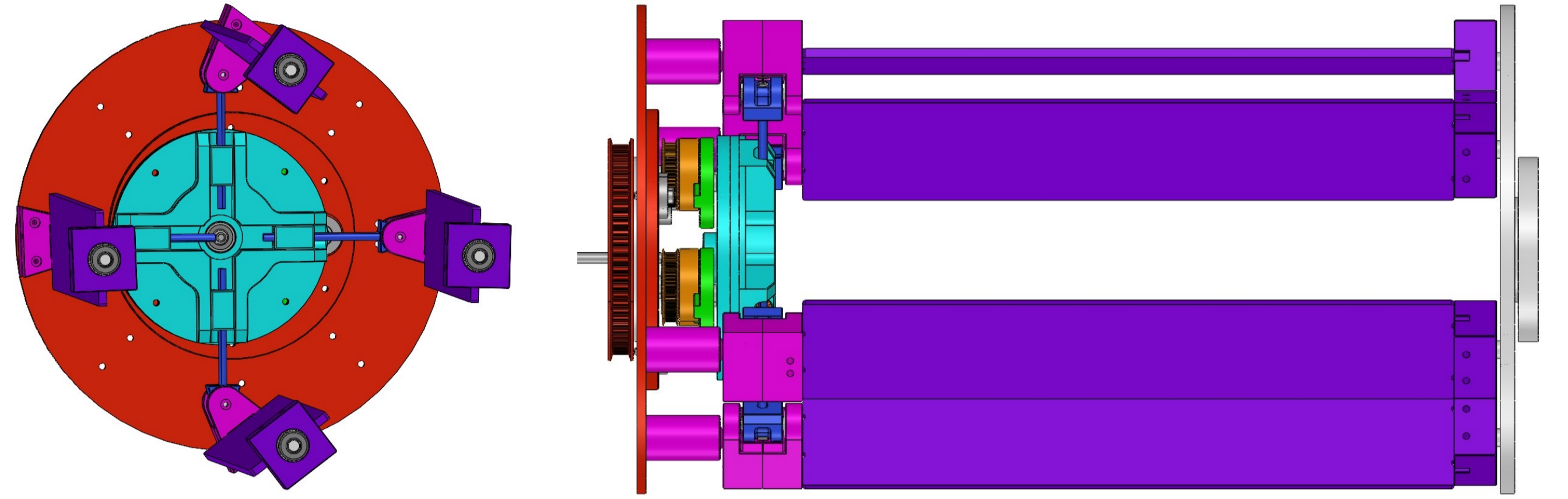


- [Fig. 1]: 기존 피치 제어 구조의 예시
 - 피치 제어 링크가 고정된 길이를 갖고 자유 회전하는 구조
- [Fig. 2]: 등위상형 피치 제어 구조의 회전 시 골격 형태
 - 피치 제어에 사용되는 링크의 길이가 변화하며 블레이드의 위치각과 항상 동일한 위상을 갖는 구조
- [Fig. 3]: [Fig. 2]를 설계 이미지에 덧그린 모습
- low-피치 상태(최대 피치 45도 미만)에서는 기존의 것과 유사한 피치 운동 궤적을 보이거나, high-피치 상태에서 low-피치 상태와 유사한 피치 운동 궤적을 유지한다는 차별점을 가짐
 - low, high-피치 상태의 전이를 기계적 방식으로 구현 가능
- 기타 구조적 특징:
 - 적은 편심도 변화로 최대 피치 조절이 가능함
 - high-피치 상태일수록 순간적인 피치 변화가 커짐



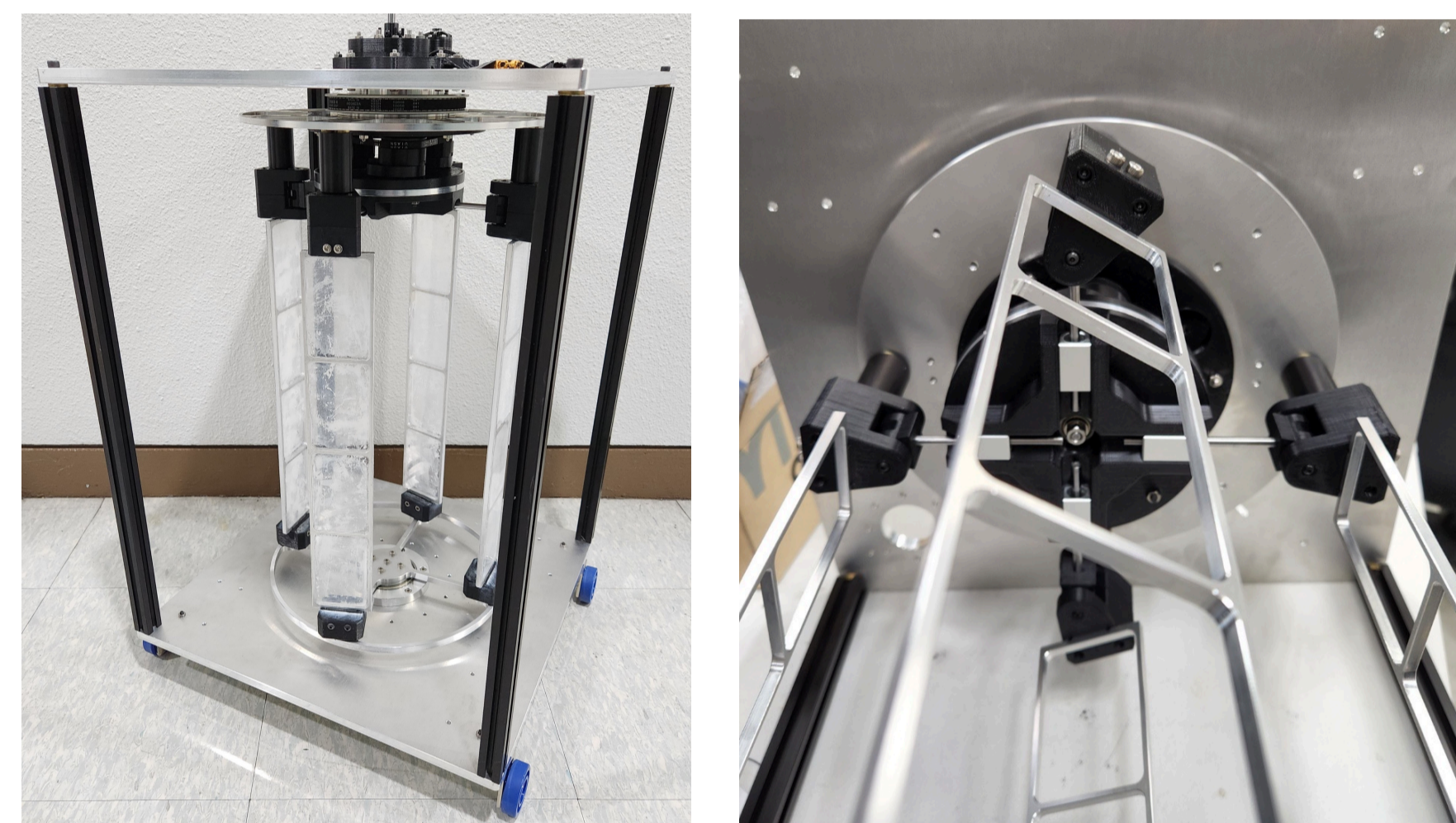
- d/t가 각각 0, 1일 때 최대 피치가 0°, 90°
 - 그 사이에서 상승-하강-하강-상승의 피치 변화 경향을 유지
- 본 연구에서는 Double-Multiple-Stream Tube(DMST) 모델을 바탕으로, Reynolds Transport Theorem 및 Blade Element Theory로 도출한 유체 속도와 추진력에 대한 식을 연계해 연직 상방 양력 F_y 를 추정함

로터 구조



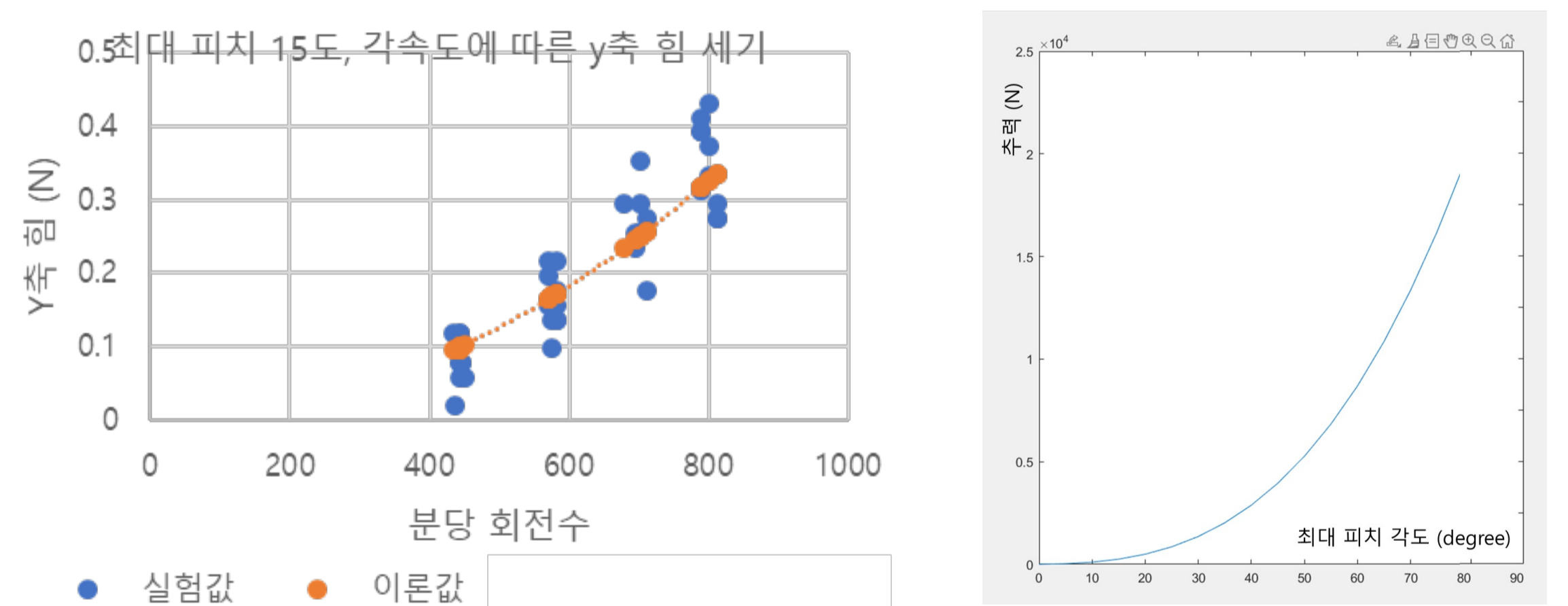
- 동력원 - 메인 프레임 - 편심 커플링 - 서브 프레임 - 피치 제어 링크 - 피치 제어 시스템(T자형 구조물) - 블레이드 - 반대편 메인프레임 및 베어링으로 구성됨

로터 제작 및 실험 결과



- 소재: Al, Poly Acetal, ABS
- 가공방식: CNC, 3D 프린팅
- 전원: 4cell Li-Po 배터리
- 모터: 880KV BLDC, 기어 비 7.2:1(감속)
- 피치 범위: 0°~75°

- 최대 피치가 5°, 10°, 15°...일 때 RPM 값에 따른 추력을 측정함
 - 이론상 최대 RPM의 45% 정도를 상한선으로 하여 진행
 - 하단에는 바퀴를 부착해 추진력 중 F_y 성분만 추출하여 비교



- [Fig. 1]: 최대 피치가 15°일 때의 이론값과 실험값을 비교한 그래프
 - 해당 피치 범위에서 이론적 모델링이 신뢰할 만 함
- [Fig. 2]: 최대 피치가 0°~90° 범위에 있을 때의 양력(F_y) 그래프
 - 최대 피치가 증가할수록 추력이 빠르게 커짐

결론

- 이론적 모델링: 피치 상승 시 양력 변화 경향성 유지
 - low, high-피치 상태의 피치 변화 경향성이 같다는 특징에 부합함
 - high-피치 상태에서의 신뢰도는 CFD를 통한 추가 검증 필요(ex. 실속)
 - high-피치 상태에서의 정확한 양력 획득 경로 확인 필요
 - 피치 상승 시 순간적 피치 변화가 커짐; 이론적 안정성 확보 필요
- 실 제작 결과:
 - 정지 상태) 적은 편심도 조작으로 최대 피치를 0°~75°로 변형 가능
 - 회전 상태) 제작상 정밀도(ex. 편심 커플링에서의 양 축 회전각 오차) 문제, ABS 소재 내구성 문제 -> 회전 시 높은 피치에서 원활히 작동 x
 - 추후 장치를 개선, 피치 20°부터 재실험할 필요성이 있다고 판단됨