

# DEPLOYING FLASHER MECHANISM VIA TORSION

2019-14570 백채원

20210102~20210225

담당조교: 이종은, 채수환

# 목차

---

1. 연구 주제 및 목표 선정
2. 요구조건
3. 베이스 구조 제시
4. 선행연구
5. 메커니즘 고안 및 보완과정
6. 추후 보완 계획 및 제언

# 연구 주제 선정

현재 드론은 **체공시간이 짧다.**

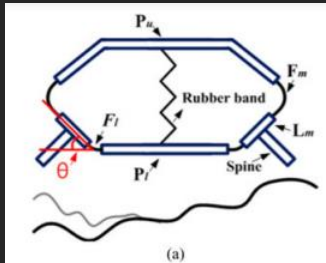
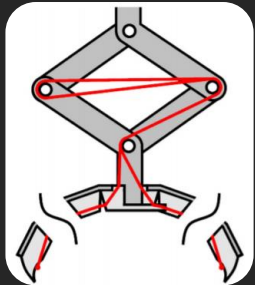
DJI의 고급라인인 인스파이어 2의 경우 체공시간이 **25분**,  
부속을 달 경우 더 감소.

또한 전동기의 효율 및 배터리의 효율 또한 종래의  
방법으로는 올리는 데에 **한계 존재**



Drone Perching & Climbing Mechanism 제작

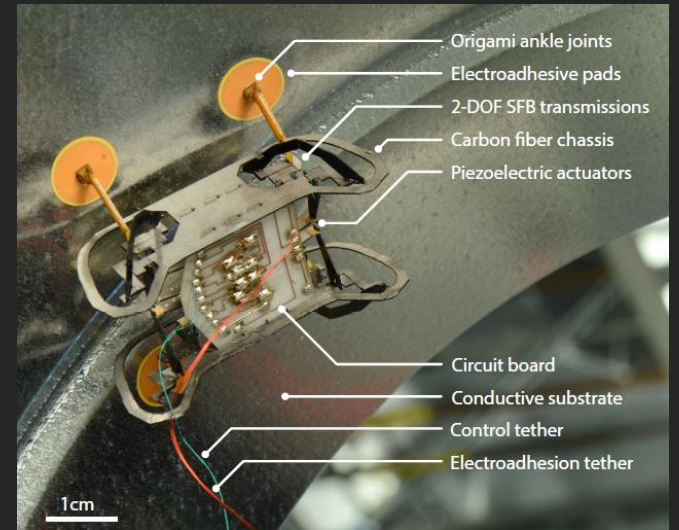
# 연구 주제 선정



참신성 부족



표면 손상  
거친 표면만 가능



면의 상태에 상관 없이  
부착 가능  
Control 용이

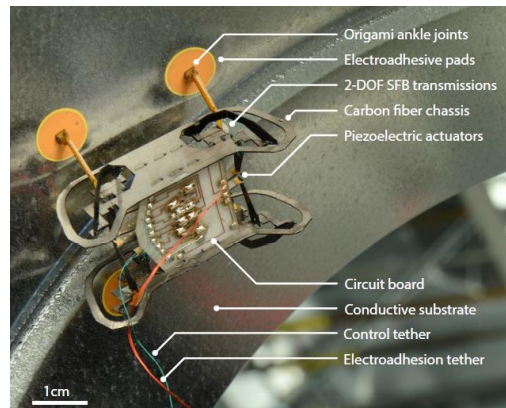
# 목표

수 g 이내의 초소형 로봇의 경우 Electroadhesion을 통한 Climbing Mechanism이 효과적임이 여러 연구를 통해 입증되었으나, 10cm 스케일의 소형 등반 로봇의 경우 가능성이 입증되지 않았다.

힘 스케일이 작은 Electrostatic Adhesion을 드론 크기의 로봇에 적용하기 위해서는 기존에 비해 더 큰 힘(넓은 면적)이 필요하다.

그러나 넓은 발판면적은 비행에 방해가 되므로 비행중에는 접힐 수 있어야 한다.

이를 위하여, 크기를 줄여 수납할 수 있고 Perching 시에 빠르게 펴질 수 있는 형태의 평평한 발판을 제작하는 것을 연구의 단기목표로 잡는다.



# 요구 조건

---

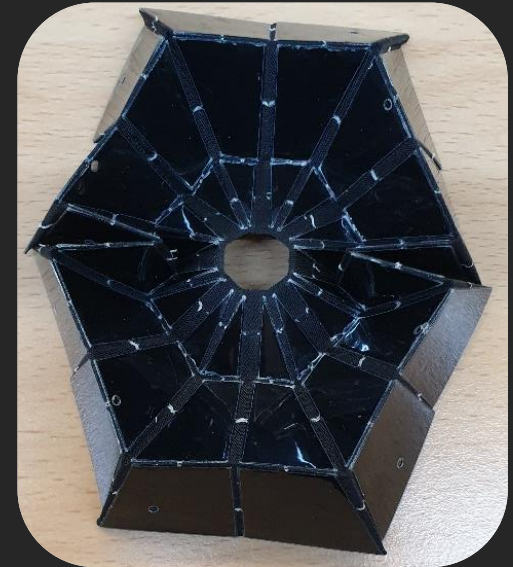
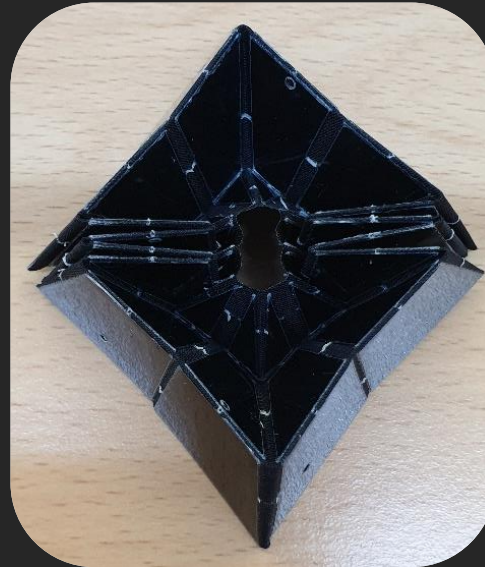
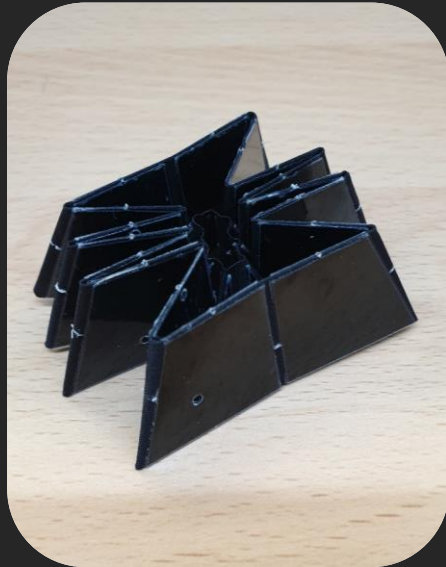
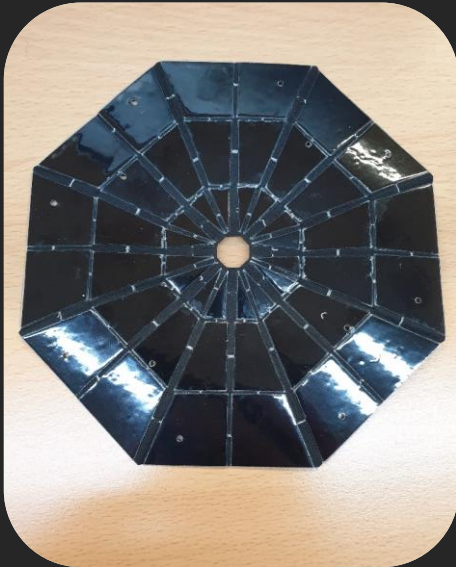
- Lightweight
- Small size
- Simple structure
- Minimum Power supply
- Fast Deployment
- Stable at both Deployed state and Folded state
- Target size:  $R = 75\text{mm}$  circle

# I. Base Structure

# Sink Fold Structure

## Sink Fold Structure

- Not Rigid Origami : Flexure in each cells, Unwanted elastic energy
- DOF is not 1, which leads to **many stable states**



# Miura-Ori Structure, Flasher Structure

## Miura-Ori Structure

- Rigid Origami
- $\text{DOF} = 1$
- Can be unpacked by pulling on its opposite ends.



## Flasher Structure

- Rigid Origami
- $\text{DOF} = 1$
- Can be controlled by applying Torsion at the center

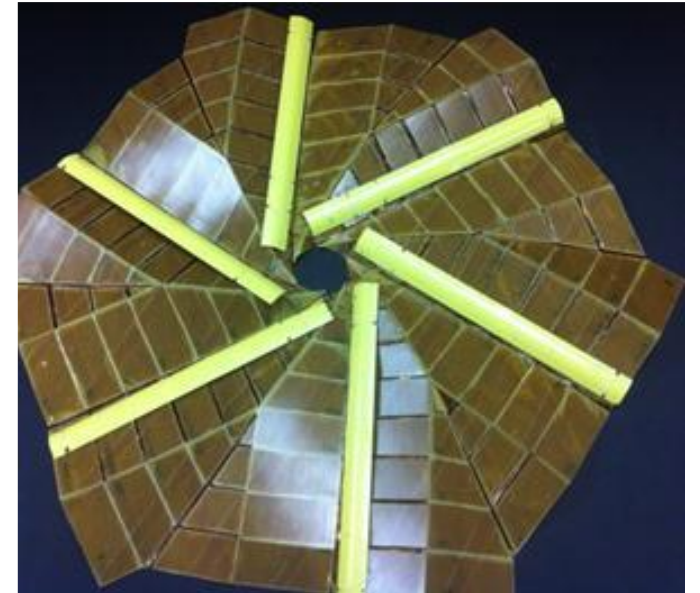
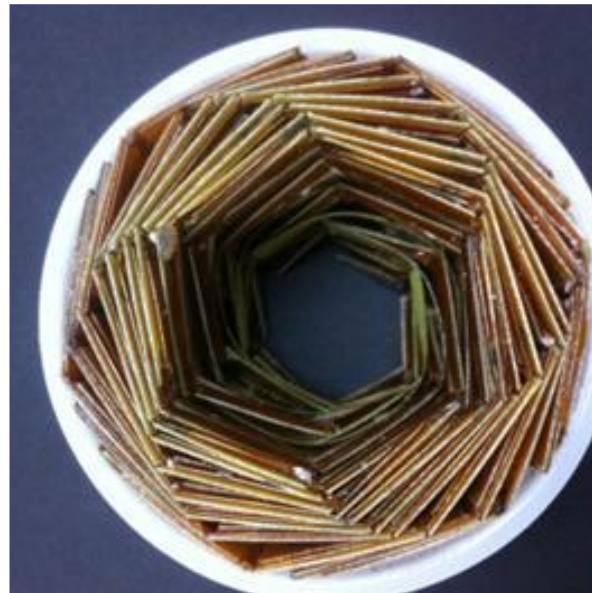


## 2. Precedent Research

# Deployment Methods for an Origami-Inspired Rigid-Foldable Array (Zirbel, et al)

Small scale Flasher model과 Large scale Flasher model의 Deployment Method를 각각 제시

- 1. Motor driven perimeter truss (L) : 부피가 너무 크다
- 2. pneumatic actuation (S) : 추가적인 공기펌프 필요
- 3. centripetal acceleration (S) : 완전히 평평하게 펴지지 않음
- 4. stored strain energy (S) : 완전히 평평하게 펴지지 않음
- 5. thermal activation(shape memory plastic) (S) : 속도가 느림



# Single Degree-of-Freedom Rigidly Foldable Cut Origami Flashers (Robert J. Lang, Spencer Magleby, Larry Howell)

---

Flasher 구조를 수학적으로 분석

접히는 물질의 두께까지 고려한 Flasher 구조 제시

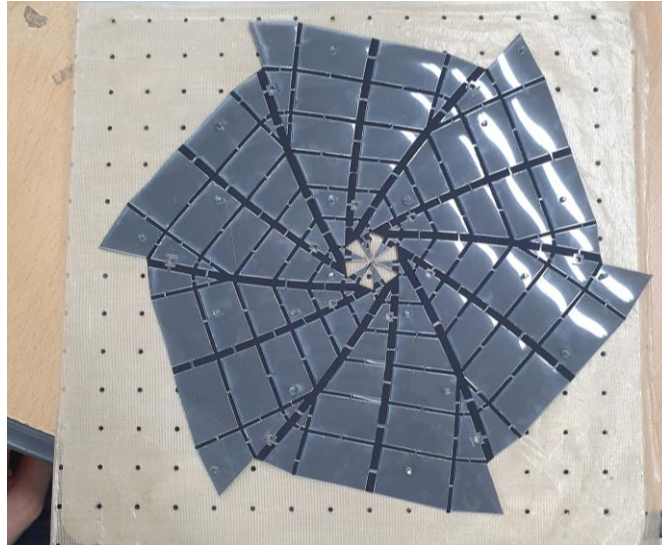
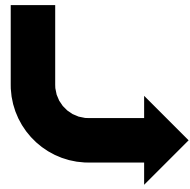


# 3. Mechanism

# Flasher Model 제작



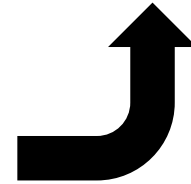
1. PET 150,  
레이저커팅기 11 9 1000 조건으로 커팅



2. 160도에서 1시간 30분 Heat Press



3. 완성



# 메커니즘 원리

---

Origami Flasher 구조:

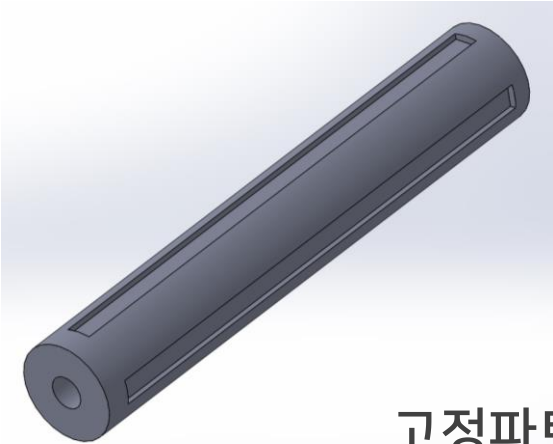
중심부 Torsion + 가장자리 radial force = 쉬운 조작

두 움직임을 주기 위해서는 고정파트, 회전파트, 직선운동 파트 3개가 필요

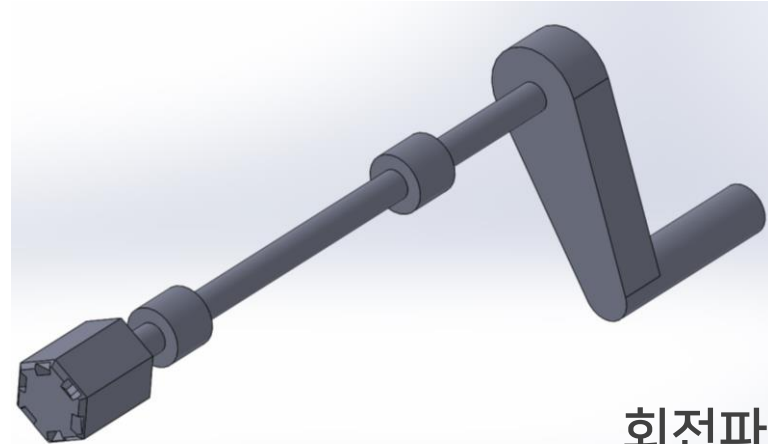


# Prototype I

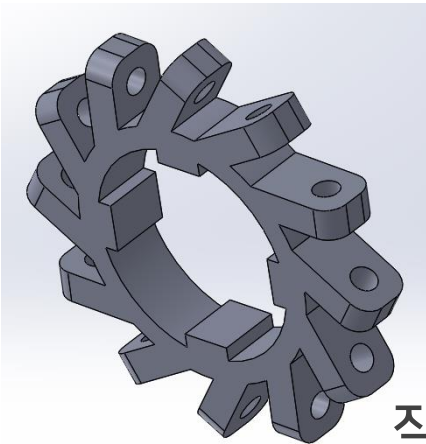
---



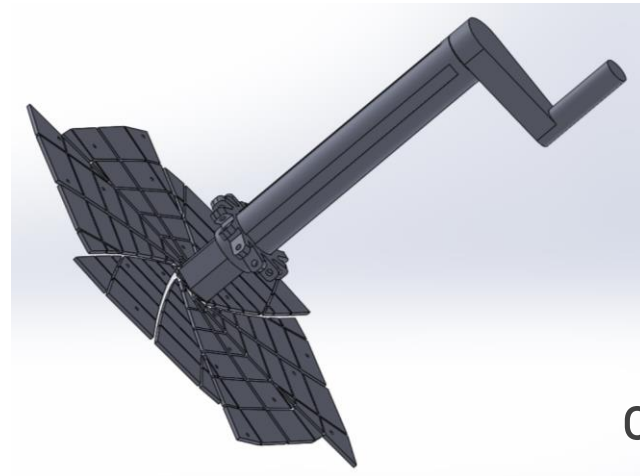
고정파트



회전파트



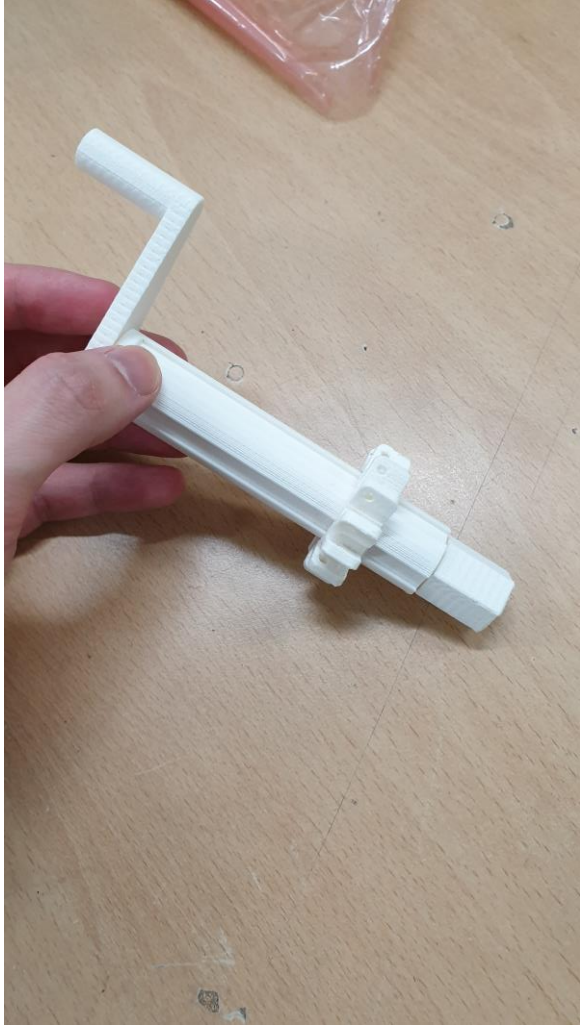
직선운동파트



어셈블리

공차를 적절히 조절해 일체형으로 프린트

# Prototype I



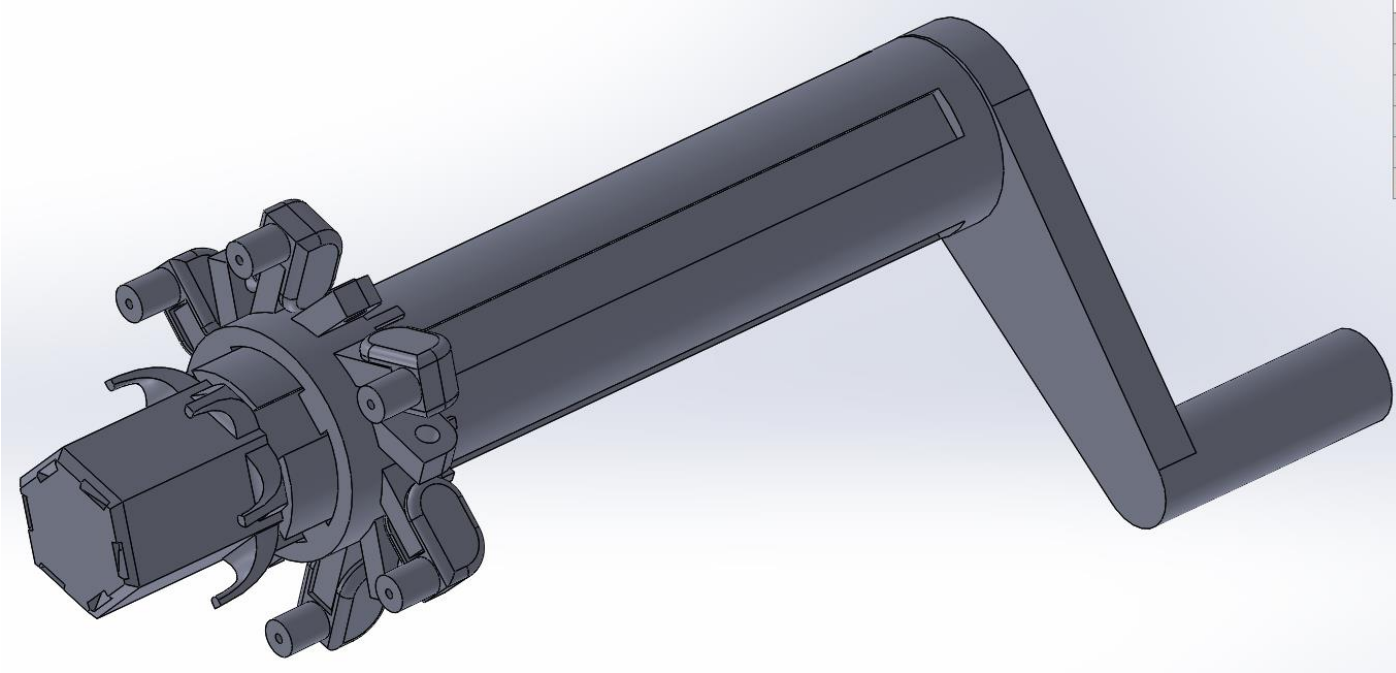
메커니즘이 Flasher 구조를  
열고 닫을 수 있음을 확인

철사들의 길이가 맞지 않고,  
직선운동부품이 충분히 내려  
오지 않아서 모델이 평평하게  
펼쳐지지 않음

Flasher 모델의 자체강성에  
의해 제대로 접히지 않는 현상  
이 발생

# Prototype 2

---



직선운동파트와 Flasher에 추가 관절부를 달아 carbon fiber로 연결

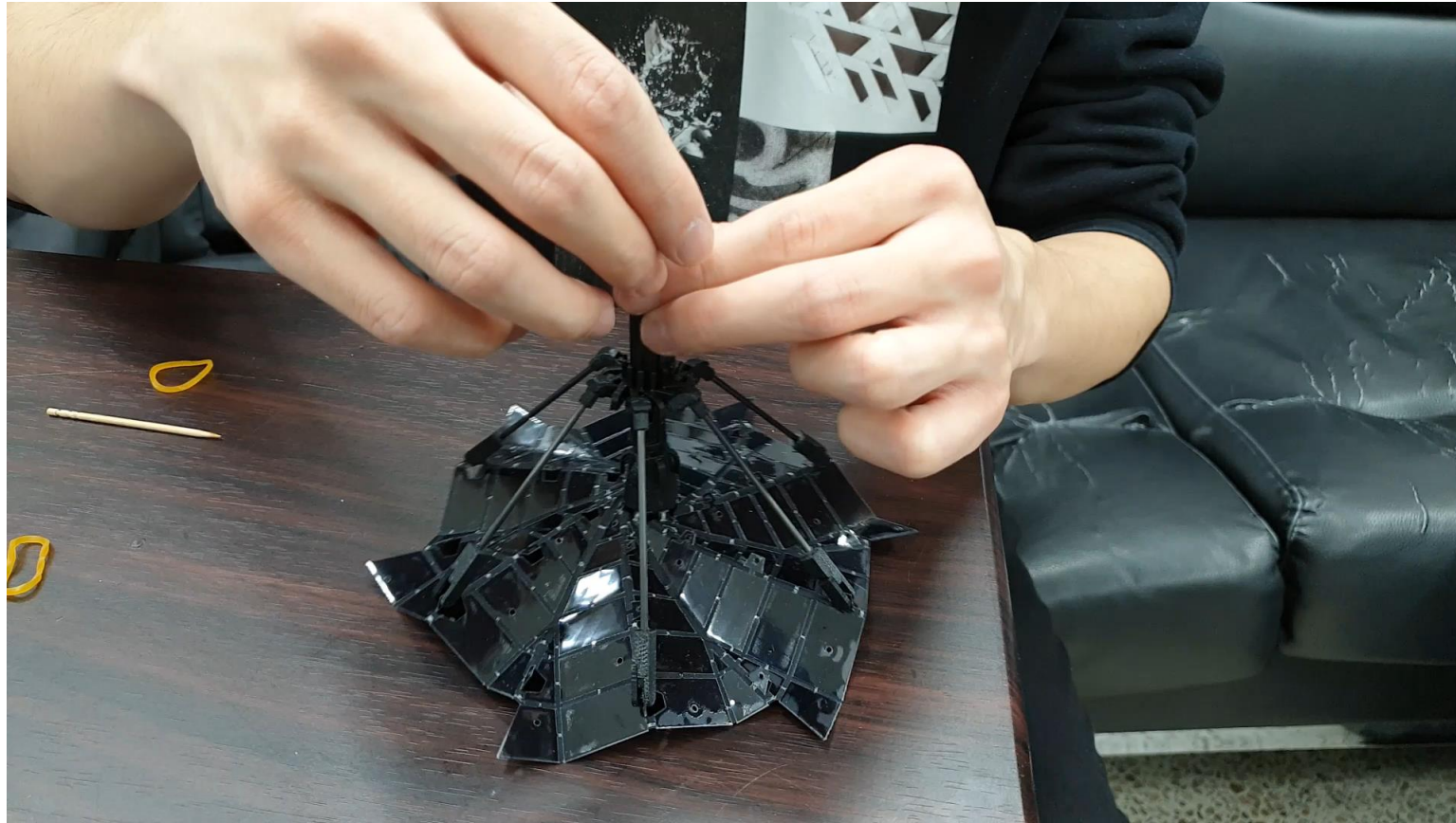
모델의 전체적인 크기를 줄임

모델 내에 고무줄 연결부 추가



# Prototype 2

---



Flasher 구조가 접히는 과정에서 직선운동파트가 너무 아래로 이동해  
완전히 펴기 위해서 바닥에 대고 눌러주어야 함

# Prototype 2

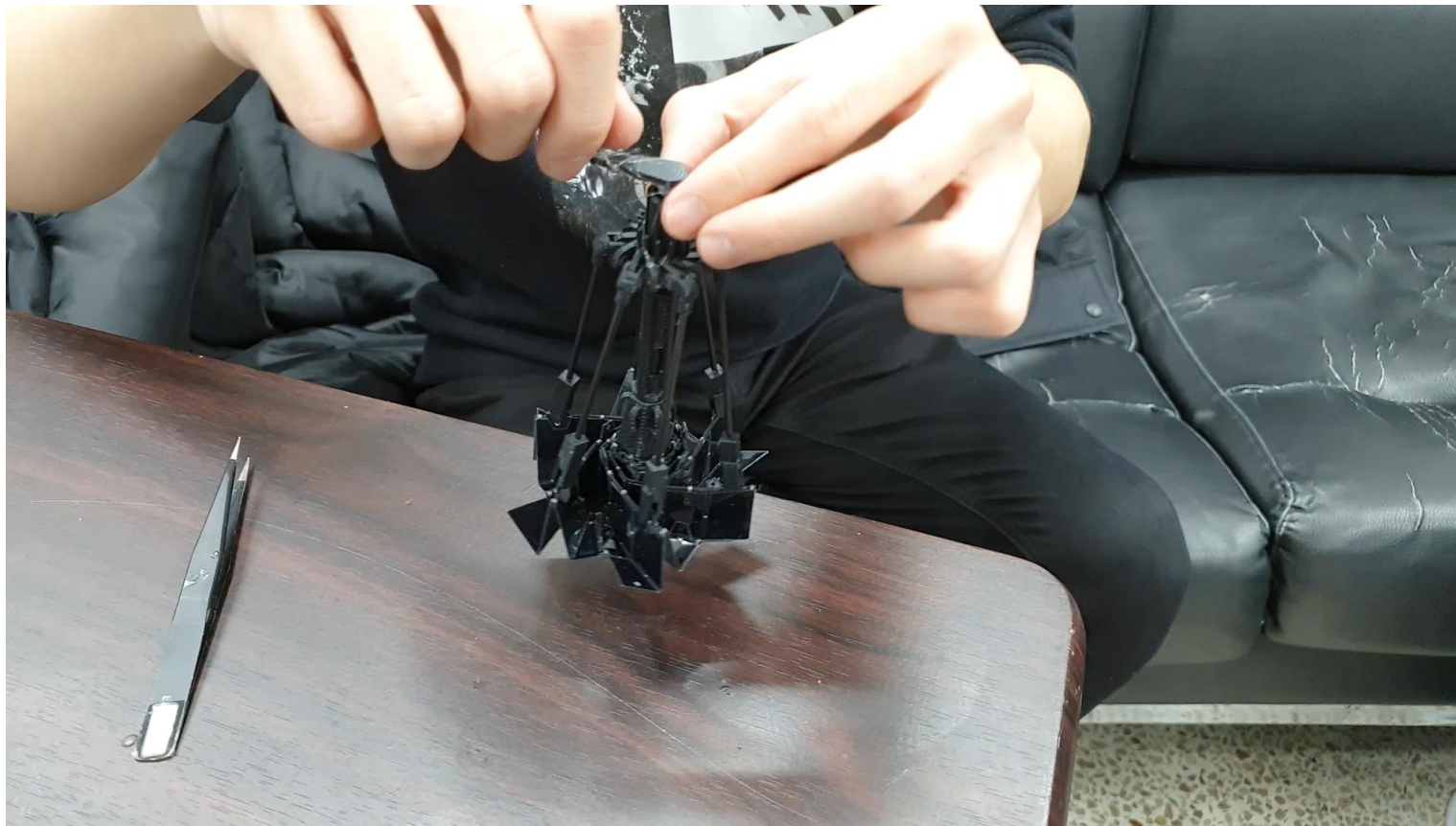
---



직선운동파트를 고무줄과 연결해 위로 힘을 받을 수 있도록 함

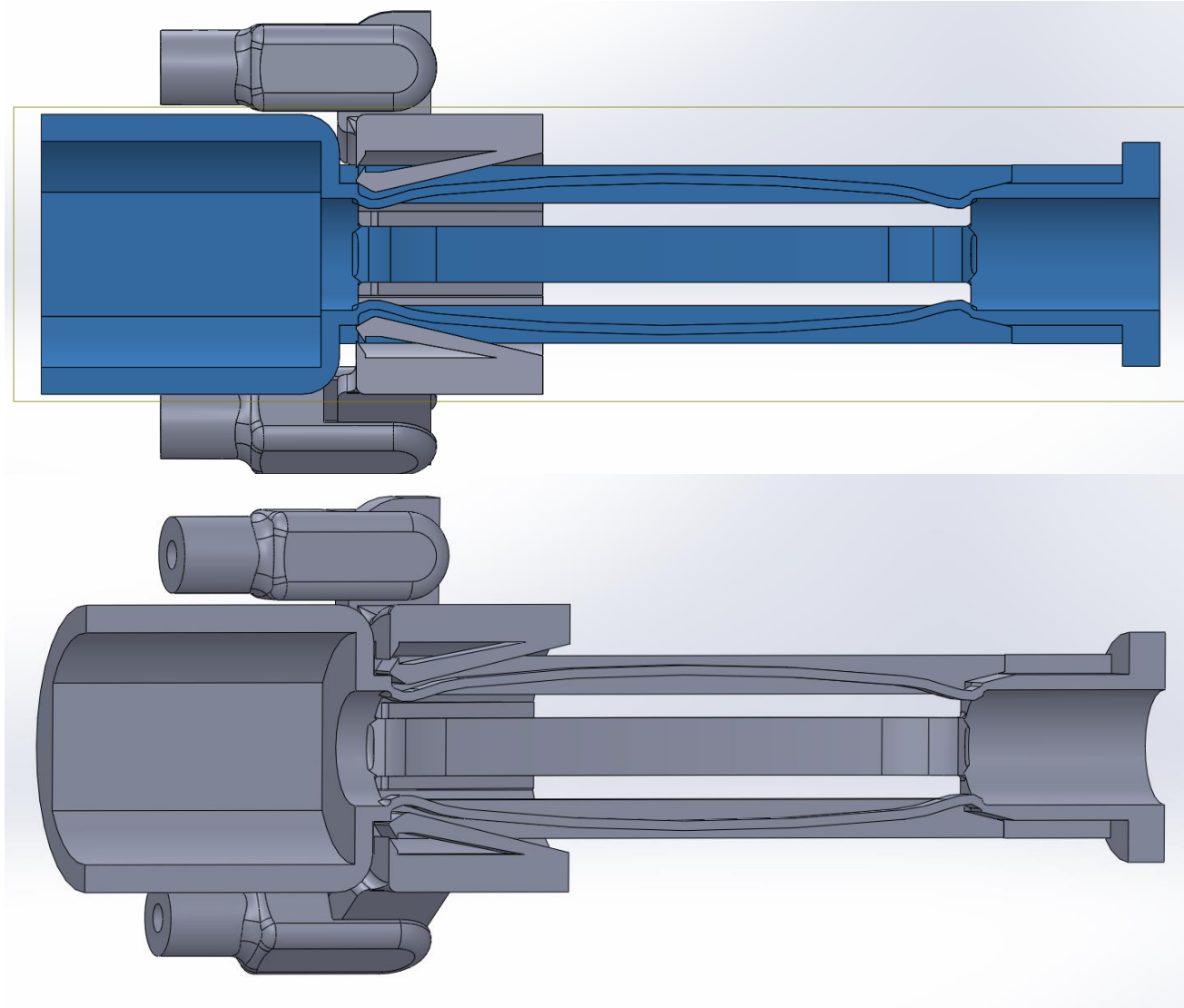
# Prototype 2

---



의도했던 대로 정상 작동

# Prototype 3

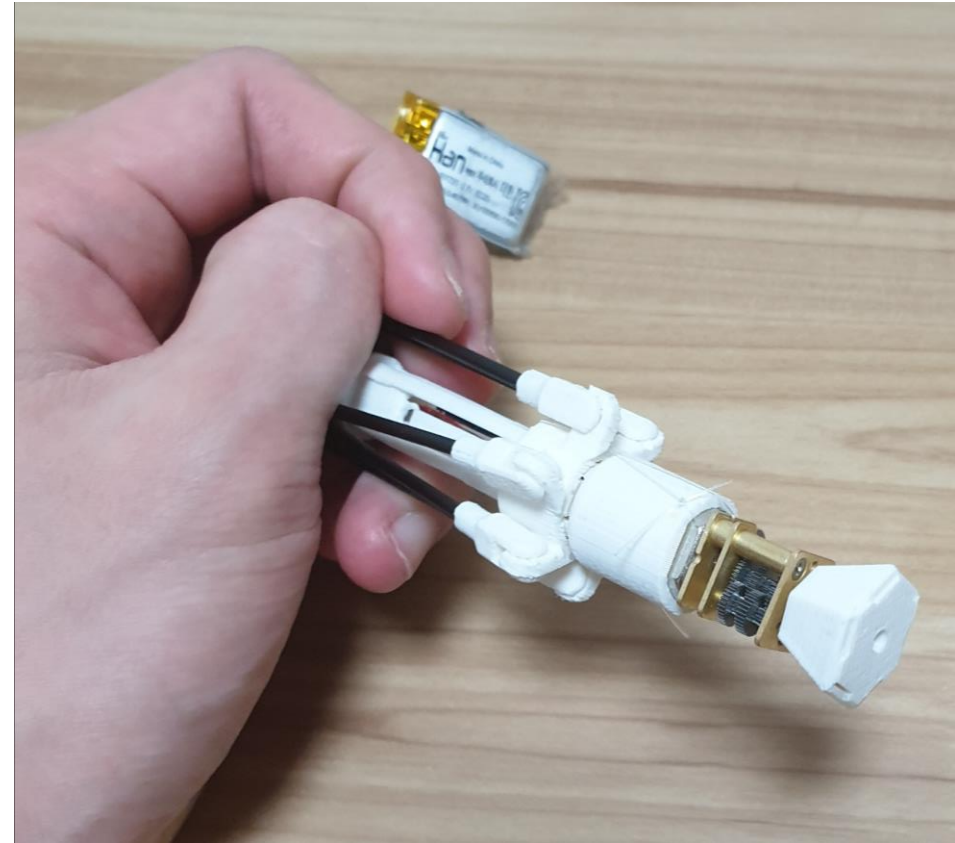
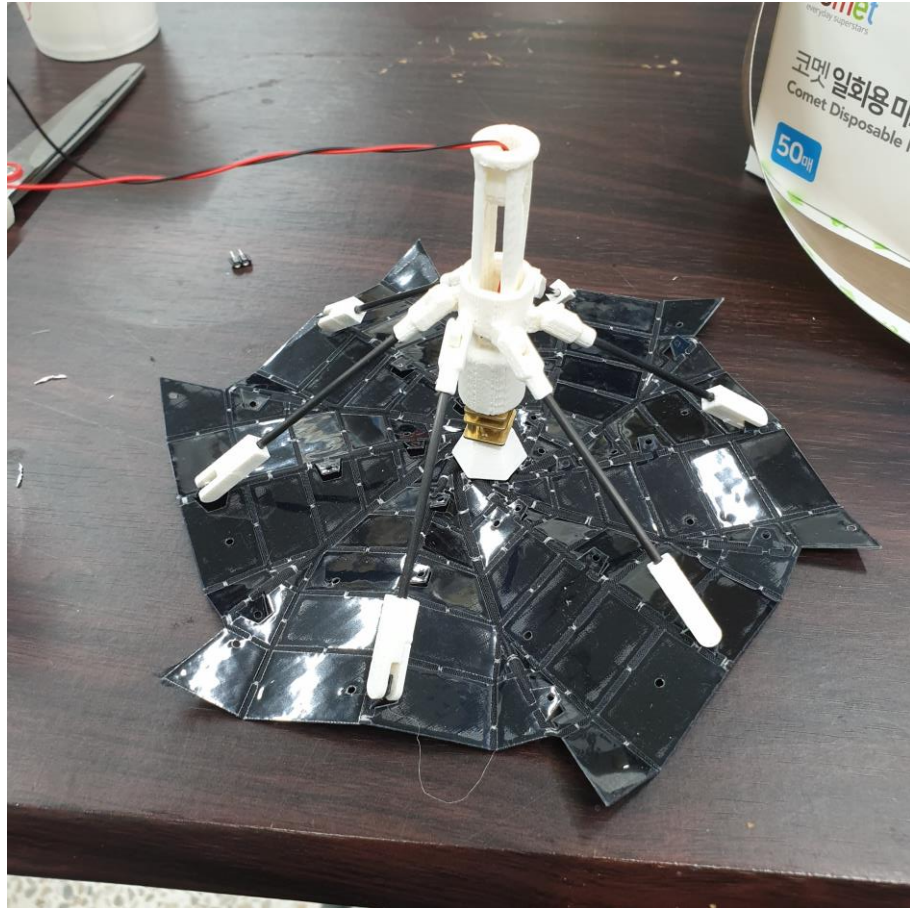


고무줄 없이도 Flasher이 완전히 펴질 수 있도록 Bistable Mechanism을 설계:

Flasher가 완전히 펴진 상태와 완전히 접힌 상태에서만 직선운동부품이 안정하도록 의도

Torsion을 모터로 줄 수 있도록 설계

# Prototype 3

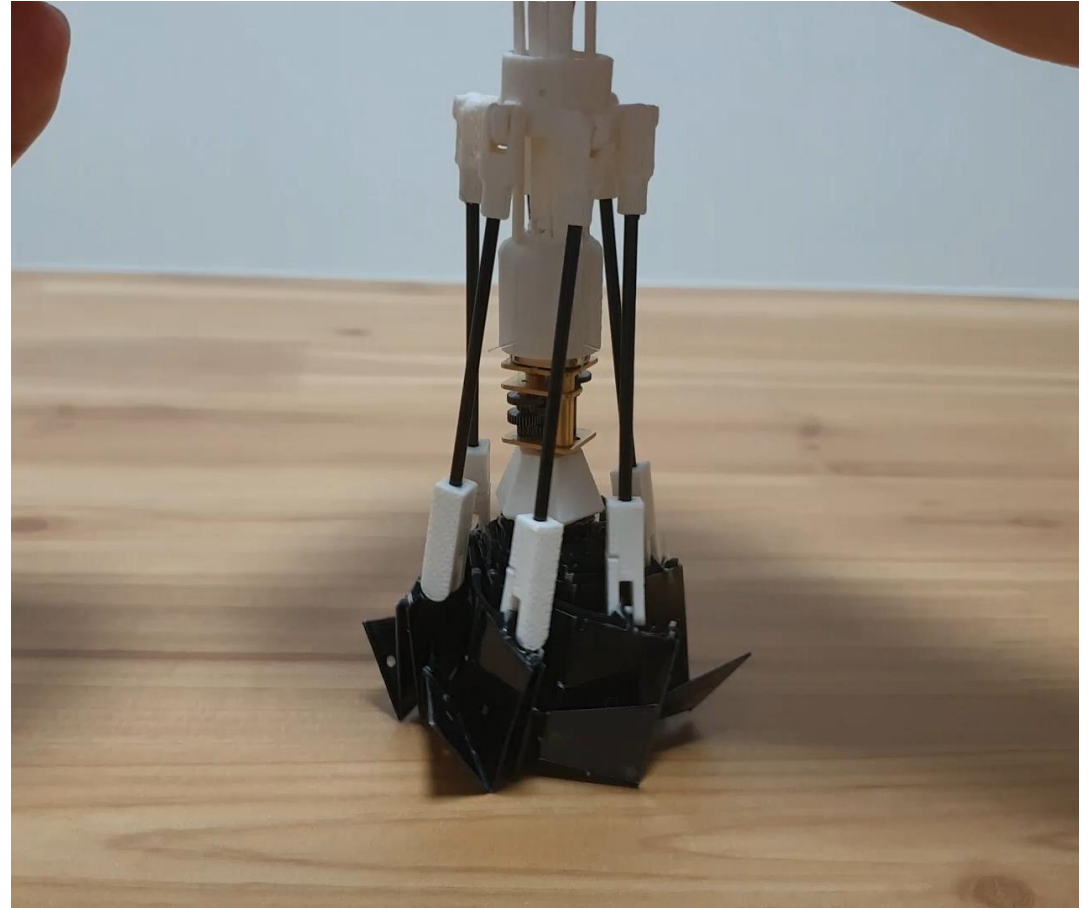
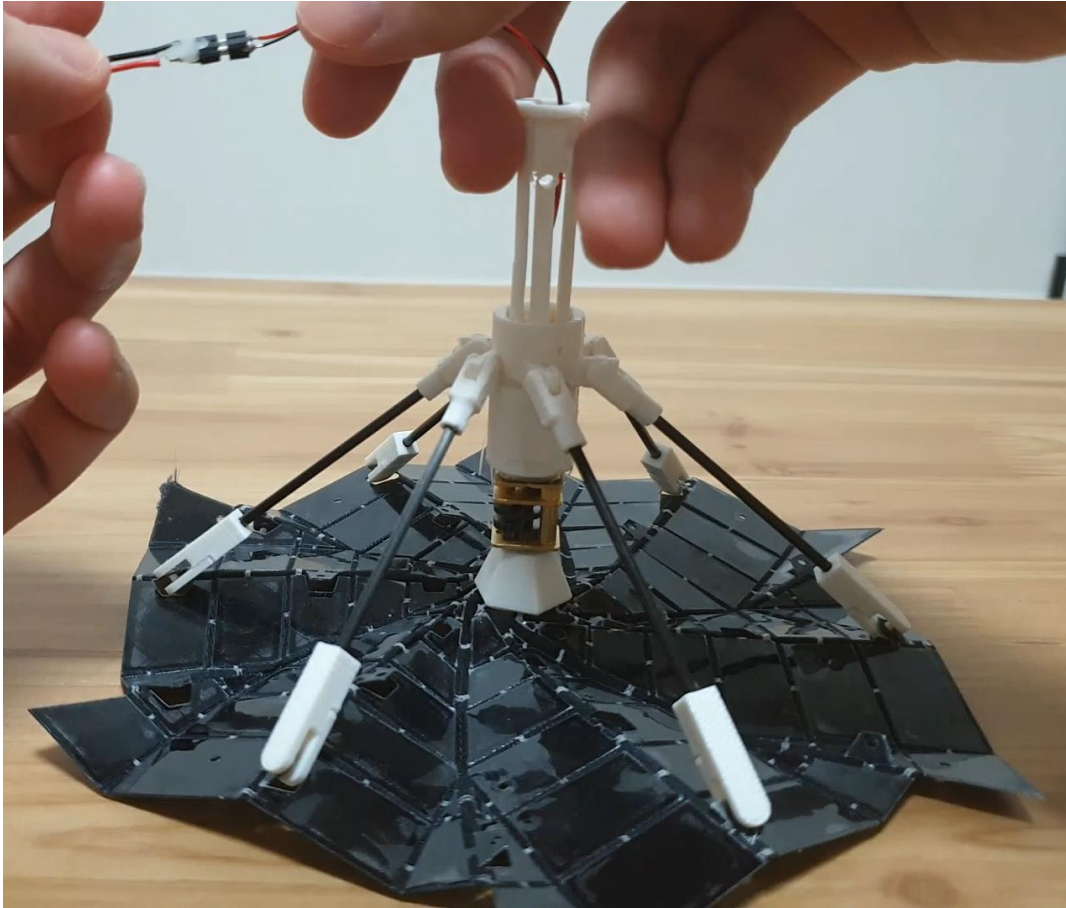


기어비 1000:1의 모터 사용

예상과는 달리, 판스프링이 직선운동부품에 충분한 힘을 주지 못해 Bistable Mechanism 실패

# Prototype 3

---



직선운동파트를 고무줄과 연결해 아래로 힘을 받을 수 있도록 함

## 4. Discussion

# 추후 설계 방향

---

## 1. Bistable Mechanism 완성

직선운동부품이 두 위치에서만 안정할 수 있도록 새로운 메커니즘을 도입할 예정

## 2. Flasher 구조가 바닥에 밀착될 수 있도록 구조 개선

Flasher의 관절부에 Vein 구조를 넣어 Flasher이 더 쉽게 펼쳐지도록 조정

## 3. 예상치 않은 움직임이 나오지 않도록 구조 개선

낮은 확률이지만 Flasher이 제대로 접히지 않고 구겨지는 상황 존재 – 이유 분석 예정

## 4. Electrostatic Adhesion

Electrostatic Adhesion을 사용할 수 있도록 셀 설계 예정

# 제언

---

Flasher Model을 Climbing Mechanism에 사용하기 위해서는 최소 두 개 이상이 필요

다수의 Flasher Model을 최대한 적은 개수의 모터로 제어하기 위해서는 다리의 모션을 Torsion으로 변환하는 구조를 설계해 Passive한 Actuation을 목표로 하는 것이 현실적

Electrostatic adhesion의 사용을 위해서는 Flasher Model이 최대한 평평하게 펴지도록 하는 것이 관건

Flasher 구조를 Torsion으로 완전히 제어할 수 있음을 보이는 것 또한 별개의 좋은 연구주제라고 생각

# 참고문헌

---

- [1] W.C.Myeong et al, “Development of a Drone-Type Wall-Sticking and Climbing Robot”, The 12th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI 2015), pp. 386-389.
- [2] Kaiyu Hang et al, “Perching and resting—A paradigm for UAV maneuvering with modularized landing gears”, Science Robotics Vol.4, Issue 28.
- [3] Wancheol Myeong and Hyun Myung, “Development of a Wall-Climbing Drone Capable of Vertical Soft Landing Using a Tilt-Rotor Mechanism”, IEEE Access Vol.7.
- [4] Pu Xie, “Development of a Bio-Inspired UAV Perching System”, ProQuest Dissertations Publishing.
- [5] Paul M. Nadan, “A Bird-Inspired Perching Landing Gear System”.
- [6] D. Horsin, et al, “Bird-inspired foot and limb for perching drones preliminary considerations”.
- [7] Sangbae Kim, et al, “Smooth Vertical Surface Climbing with Directional Adhesion”.
- [8] VertiGo – A Wall-Climbing Robot including Ground-Wall Transition.
- [9] SCAMP: The Stanford Climbing and Aerial Maneuvering Platform.
- [10] Sebastian D. de Rivaz et al, “Inverted and vertical climbing of a quadrupedal microrobot using electroadhesion”
- [11] Shannon A. Zirbel et al, “Deployment Methods for an Origami-Inspired Rigid-Foldable Array”
- [12] Nicholas Turner, Bill Goodwine, Mihir Sen, “A review of origami applications in mechanical engineering”, Journal of Mechanical Engineering Science Vol.230.
- [13] Robert J.Lang, Spencer Mangleby, Larry Howell, “Single Degree-of-Freedom Rigidly Foldable Cut Origami Flashers”, Journal of Mechanisms and Robotics.
- [14] Stuart B.Diller, Steven H.Collins, Carmel Majidi, “The effects of electroadhesive clutch design parameters on performance characteristics”, Journal of Intelligent Material Systems and Structures, Vol.29.
- [15] Vivek Ramachandran, Jun Shintake, Dario Floreano, “All-Fabric Wearable Electroadhesive Clutch”, Advanced Material Technologies.