



1154

줄다리기, 정말 누우면 이길까? 로봇 개발을 통한 줄다리기 핵심 메커니즘 탐구

다품요약설명

- 기존에 없던 줄다리기의 핵심 메커니즘을 각도를 유지하는 정역학, 반동을 주는 동역학 상황에 대해서 밝혀냄.
- 우리가 밝혀낸 줄다리기의 핵심 메커니즘을 반영하여 줄다리기 로봇(줄줄이)을 개발함.
- 개발한 줄다리기 로봇을 이용하여 최적의 줄다리기 반동 전략을 찾아냄.

- 출품자: 노수빈, 안연수, 이원호
(충북과학고등학교)
- 지도교사: 정도일 (충북과학고등학교)



연구내용

I. 탐구 동기 및 목적

“일단 누워! 그럼 이겨”

줄다리기와 관련된 민간 속설! 과연 타당할까?

어떻게 하면 줄다리기를 이길 수 있을까?

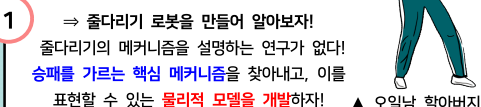
⇒ 줄다리기 로봇을 만들어 알아보자!

줄다리기의 메커니즘을 설명하는 연구가 없다!

승패를 가르는 핵심 메커니즘을 찾아내고, 이를

표현할 수 있는 물리적 모델을 개발하자!

▲ 오일남 할아버지

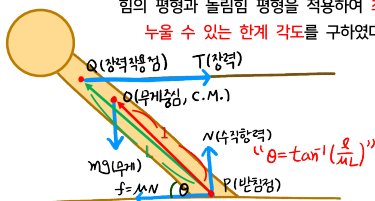


II. 탐구 내용

기초 탐구(정역학)

일단 누우면 이기는 게 맞을까?

힘의 평형과 돌림힘 평형을 적용하여 최대한 누울 수 있는 한계 각도를 구하였다.



▲ 줄을 잡고 누워 있는 상황

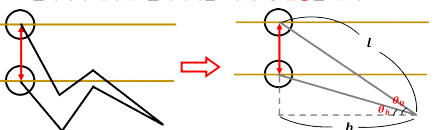
⇒ 실제 줄다리기에서는 발을 움직이며 최저의 각도를 유지한다.

양쪽이 같은 조건(질량, 마찰계수, 근력 등)을 가지고 똑같이 최적의 각도로 눕는다면 영원히 승부가 나지 않고 비기는 것일까?

기초 탐구(동역학)

미끄러지지 않고 상대방을 끌어오려면?

줄다리기 선수는 줄다리기를 할 때 수직 반동을 준다!



▲ 무릎과 허리를 움직여서 반동(좌), 줄의 길이가 변하면서 반동(우) 최적의 각도에서 더 누우어도 불구하고, 장력을 크게 하면서 순간적인 수직항력을 키워 상대를 끌고 올 수 있다.

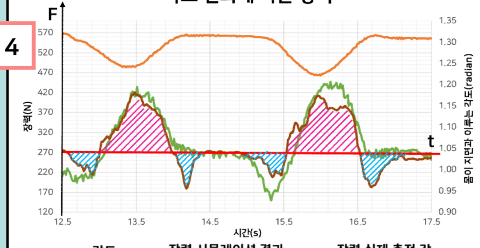
$$\Sigma \tau = \frac{d}{dt}(I\omega) = I \frac{d\omega}{dt} + \omega \frac{dI}{dt}$$

$$(\Sigma \tau = -M \sin \theta - mgl \cos \theta, I = ml^2, l \cos \theta = b)$$

$$T = mcsc \theta (b \sec \theta \frac{d^2 \theta}{dt^2} + 2b \tan \theta \sec \theta \frac{d\theta}{dt} + g \cos \theta)$$

▲ 반동의 물리적, 수학적 모델

각도 변화에 따른 장력



장력의 예측값과 측정값의 모습이 거의 일치하여 우리가 제안한 반동의 동역학적 모델이 타당함을 검증하였다.

또한, 반동을 줌으로써 장력의 평균값이 증가하였다.

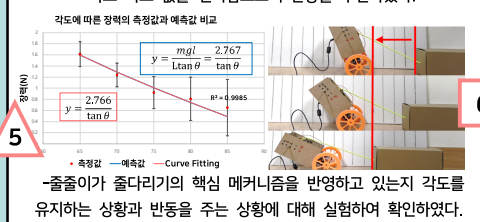
<줄다리기의 핵심 메커니즘>

1. 미끄러지지 않으면서 가장 큰 장력을 내기 위해 최적의 각도를 유지한다.
2. 몸이 들리면서 앞으로 가고 누우면 뒤로 가서 각도를 유지한다.
3. 더 큰 장력을 만들어 상대방을 끌고 오기 위해 반동을 준다.

응용 탐구 (로봇 개발)

줄다리기의 핵심 메커니즘을 반영한 로봇 개발

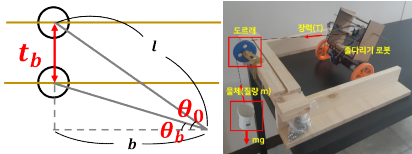
-발 대신 바퀴가 움직여 각도를 유지하도록 하였다.
-목표 각도 값을 변화함으로써 반동을 구현하였다.



-줄줄이가 줄다리기의 핵심 메커니즘을 반영하고 있는지 각도를 유지하는 상황과 반동을 주는 상황에 대해 실험하여 확인하였다.

심화 탐구

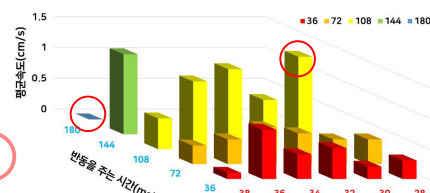
어떻게 반동을 주면 이길 수 있을까?



▲ 반동의 변수 설명 그림(좌), 도르레 실험 장치(우)

유지하는 각도를 θ_0 , 반동을 주는 각도를 θ_b , 반동을 주는 시간을 t_b 라 할 때, $\theta_0 = 42^\circ$ 로 고정하고 t_b 와 θ_b 를 바꾸어 가며 반동을 줄 때 끌어오는 평균 속도를 구하였다.

반동을 주는 각도와 시간에 따른 평균속도



8

-반동을 주는 각도가 같을 때, 반동을 주는 시간이 길수록 평균 속도가 크지만, 시간이 너무 길면 미끄러져서 끌고 올 수 없다.
-반동을 주는 시간이 같을 때, 평균 속도가 가장 큰 각도가 존재한다.
-최적의 반동 방법은 각도가 30° , 시간이 108ms일 때이다.
-선수들의 줄다리기와 비교한 결과 비슷한 경향을 보인다.

III. 탐구 결론 및 활용 방안

<탐구 결론>

1. 줄다리기의 승패를 결정하는 핵심 메커니즘을 최초로 밝혀내었다.
2. 밝혀낸 핵심 메커니즘을 반영하는 줄다리기 로봇을 개발하였다.
3. 줄다리기 로봇을 이용하여 최적의 반동 방법을 찾았다.

<활용 방안>

- 우리가 알아낸 줄다리기의 핵심 메커니즘 및 반동 모델을 활용하면 더 다양하고 심도 있는 줄다리기 연구가 시작될 것이다.
- 재난 구조 로봇, 행성 탐사 로봇 등 자신의 한계를 초과하는 물체를 끌어당기는 알고리즘으로 활용될 수 있다.