

Perfact Game, ave 300



Perfect game조
2003007334 김진섭
2004021524 이재영

Step.1 Project Statement

- 인기 스포츠의 하나인 볼링에서 점수를 많이 따낼 수 있는 방법은 스트라이크를 해내는 것이다.
- 볼링 볼은 Aimspot 1에서 던져 핀 1과 핀3사이에 들어가면 스트라이크 확률이 가장 높다.
- 볼링 볼에 얼마의 속도와 회전력을 주어야 핀 1과 핀3사이에 들어가겠는가?

Assumption

- 공은 rigid body라고 가정함
- 동마찰계수는 일정하다고 봄
- 공의 회전은 x축과 y축이 독립적이라고 봄
- $t = 0$ 에서 $t = t_1$ 까지는 굴림 없이 미끄러짐만 있다고 봄
- Y축 회전은 미끄럼이 끝나는 시점부터 레일에 영향을 줌

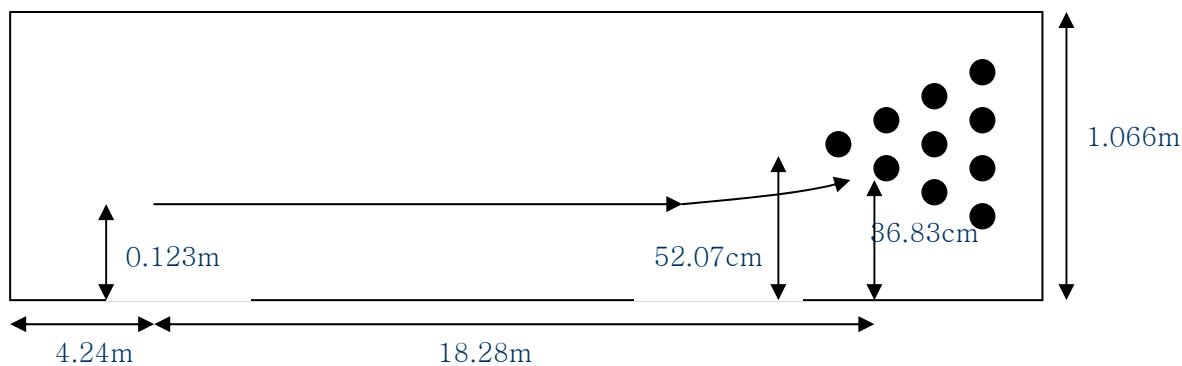
Step.2 Data and Information collection(1)

- 볼링 레인의 구조
전체 길이:(23.42m)
넓이: (1.066m)
- 볼링 볼의 무게:
12파운드(5.44kg)
볼링 볼의 반지름:
(0.109m)



Step.2 Data and Information collection(1)

- $m = 5.44\text{kg}$
- $r = 0.109\text{m}$
- $\mu_k = 0.45$
- $W = mg = 53.36 \text{ N}$
- $I = 2mr^2/5 = 0.02585$
- $X =$ 공이 굴러가는 x축 거리
- $Y =$ 공이 굴러가는 y축 거리
- $t_1 =$ 미끄럼이 끝나는 시간
- $t_2 =$ 총 볼이 움직인 시간



Step3. Design Variable

- 볼링 볼의 x방향 초기속도 : v_1 (m/s)
- 볼링 볼의 y방향 초기각속도: w (rad/s)
- 볼링 볼의 x축 이동거리 : x (m)

Step.4 A Criterion to Be Optimized(1)

- $\sum y$ 성분 : $Nt - Wt = 0 \dots (1)$
 $\sum x$ 성분 : $mv_1 - Ft = mv_2 \dots (2)$
 $\sum G$ 에 관한 모멘트 : $Ftr = Iw_x \dots (3)$
- 식 (1)에서 $N = W$, $t_0 \sim t_1$ 동안 점 c에서 미끄러짐이 일어나고 $F = \mu_k N = \mu_k mg$ 를 식 (2)에 대입
 $mv_1 - \mu_k mgt = mv_2 \Rightarrow v_2 = v_1 - \mu_k gt \dots (4)$
- $F = \mu_k mg$ 와 $I = 2mr^2/5$ 를 (3)에 대입
 $\mu_k mgtr = 2mr^2/5$
 $\therefore w_x = 5\mu_k gt/2r$

Step.4 A Criterion to Be Optimized(2)

- 접촉의 속도 v_c 가 0일 때 미끄럼이 없으므로
 $v_2 = rw_x$ 이고 $v_1 - \mu_k gt = r(5\mu_k g t / 2r)$
 $\therefore t = 2v_1 / 7\mu_k g$ (미끄럼이 끝나는 시간) ... (5)
 $\therefore v_2 = 5v_1 / 7$... (6)
- 미끄럼이 끝날 때까지의 거리
 $S = v_1 t - \mu_k g t^2 / 2$, 식 (5)를 대입
 $S = 12v_1^2 / 49\mu_k g$
미끄럼 없이 굴러가는 거리
 $S = x - 12v_1^2 / 49\mu_k g$... (7)

Step.4 A Criterion to Be Optimized(3)

- 공이 미끄럼이 끝나고 굴러가는 시간=식(7)/식(6)

$$t_1 = 7x/5v_1 - 12v_1/35u_k g$$

공이 레일을 굴러가는 총시간

$$t_2 = t_1 + \text{식}(5) = 7x/5v_1 - 2v_1/35u_k g$$

∴ 미끄럼이 끝나고 w에 의하여 이동하는 y축거리

$$= wr(7x/5v_1 - 12v_1/35u_k g)$$

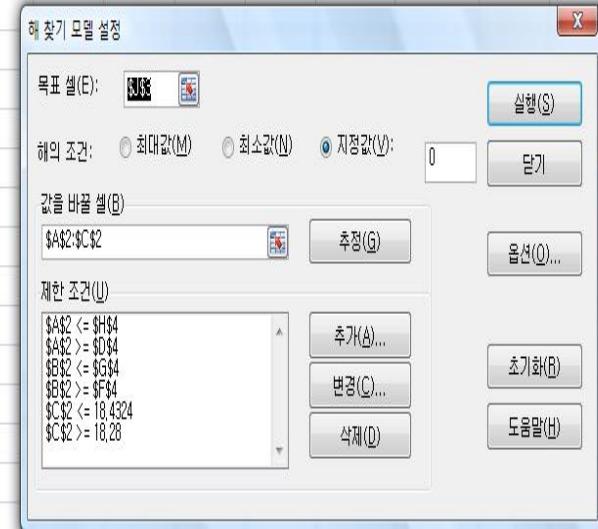
step.5 Identification of Constraints

- $g1=v^2 - 49x\mu_k g/12 \leq 0$
- $g2=t_2\mu_k g - v \leq 0$
- $g3=w - 0.3967/(rt_1) \leq 0$
- $g4=0.2453/(rt_1) - w \leq 0$
- $g5=x - 18.4324 \leq 0$
- $g6=18.28 - x \leq 0$

Result by Excel

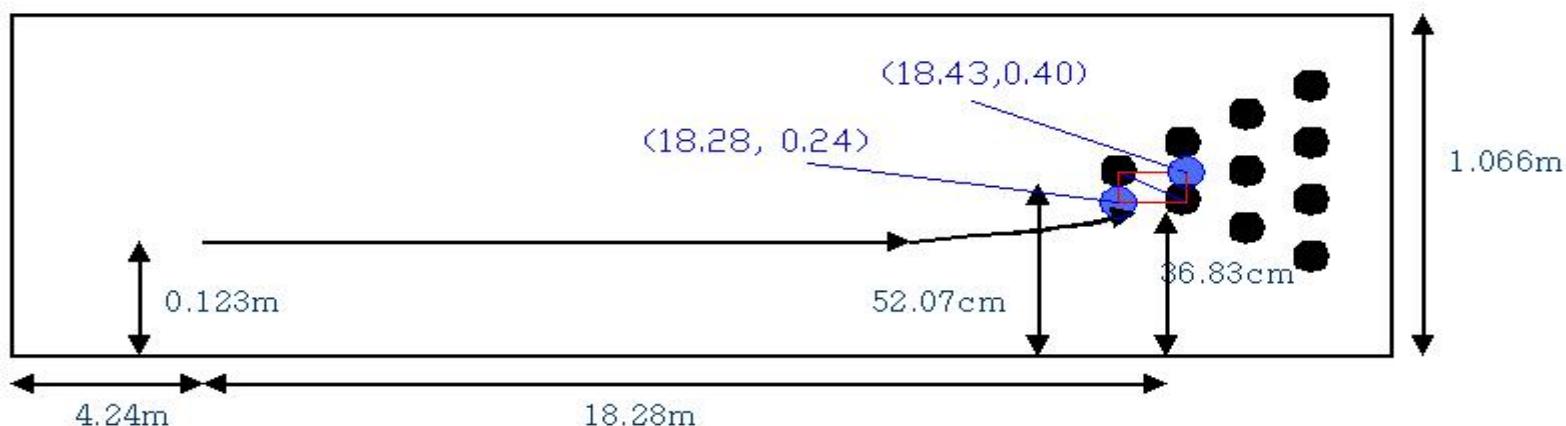
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	v	w	x	r	uk	g	t1	t2		
2	13.34	2.53	18.28	0.11	0.45	9.81	0.88	1.75		f(v,w,x)
3				ukgt	미.끌.이.거	0.2435/(rt1)	0.3967/(rt1)			0.24
4				7.71	9.87	2.53	4.12	18.15		
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	v	w	x	r	uk	g	t1	t2		
2	14.43	5.45	18.43	0.11	0.45	9.81	0.67	1.60		f(v,w,x)
3				ukgt	미.끌.이.거	0.2435/(rt1)	0.3967/(rt1)			0.40
4				7.07	11.55	3.34	5.45	18.23		
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										



Discussion about Result

- 엑셀을 통하여 다음의 점을 통과하기 위한 속도와 각속도의 값을 추정



- $13.34\text{m/s} \leq V(\text{초기 속도}) \leq 14.43\text{m/s}$
- $2.53\text{rad/s} \leq w(y\text{축 각속도}) \leq 5.45\text{rad/s}$