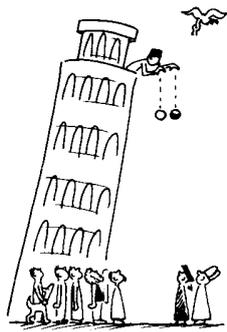
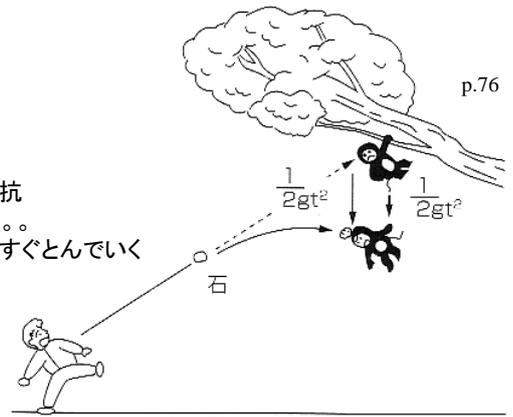


投射物の運動

- ①基礎:重力、加速度
- ②空気抵抗の要素
- ③スポーツパフォーマンスと空気抵抗
- ④円盤投げ 揚力
- ⑤ボールの回転
- ⑥臨界速度

p.76

重力や空気抵抗
がなかったら。。。
どこまでもまっすぐとんでいく



空気抵抗が同じなら

16世紀、ガリレオとピサの斜塔



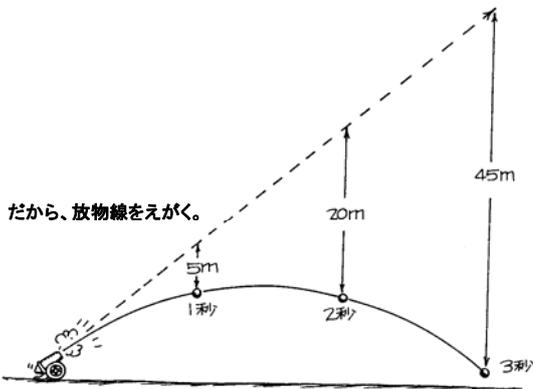
落下時間 (秒)	落下距離 (メートル)
0	0
1	5
2	20
3	45
4	80
5	125
⋮	⋮
t	$\frac{1}{2} 10 t^2$

重力加速度

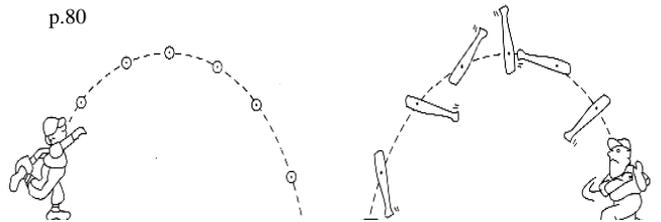
$g=9.8m/s^2 \rightarrow$ 約 $10m/s^2$

1秒ごとに約10m/秒ずつ
速くなっていく。

落下距離 = $\frac{1}{2}gt^2$



p.80



投射物の重心の飛行軌道は(空気抵抗がないと)放物状である。



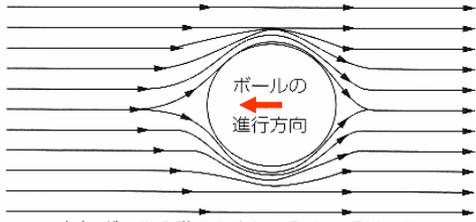
b) 正面からの空気抵抗で前進速度は抑えられてしまい
飛距離が短くなる

②空気抵抗の要素

p.77

$$\text{空気抵抗} = \frac{1}{2} C_q A V^2$$

相対速度: ボールにぶつかる空気
= 移動速度 + 向かい風の速度



(a) ボールの動きと空気の動きの相対変化

C 形状

周りの空気の流れやすさ

…体型、姿勢

q 空気の密度

標高

…高所では低い

A 投影面積

空気と衝突する面積

…体型、姿勢

V 相対速度

移動物体にぶつかる空気
移動速度 + 向かい風の速度

…2乗 → 影響大

p.76

表 4-5 砲丸、ハンマー、円盤、ヤリの物理的特徴.

	砲丸	ハンマー	円盤	槍
重量 (kg)	7.260	7.260	2.0	0.80
容積 (L)	0.70	0.70	0.90	1.25
密度 (kg/L)	10.37	10.37	2.22	0.64
リリース・スピード (m/秒)	15	30	25	30
計算飛距離 (m)	22	94	66	94
投影面積 (m ²)	0.0095	0.0138	0.039	0.063
kg 当たり指数 (/kg)	0.143	0.143	0.50	1.25
抵抗係数	0.47	0.7	1.0	1.2
空気力学指数 (F _{acro} /F _{grav})	0.0086	0.075	0.764	5.33

ハンマー、円盤、ヤリの投影面積は最大面積.



③スポーツパフォーマンスと空気抵抗

身体の移動運動
消費エネルギー、効率

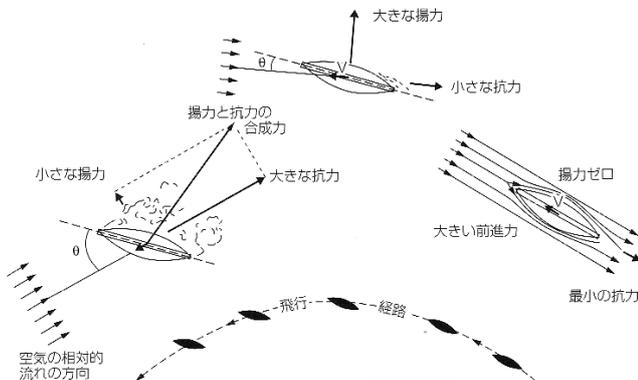
移動する物体は、空気に衝突して速度が弱まる.

空気抵抗に対抗するために消費されるエネルギー

	全消費量の何%か	後に着くと得する%
ランニング	4-8	2-4
自転車競技	80-90	30-44
スケート	60?	
車(90km/h)	50	

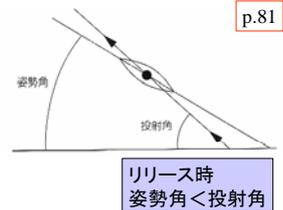
④円盤投げ…揚力

p.81

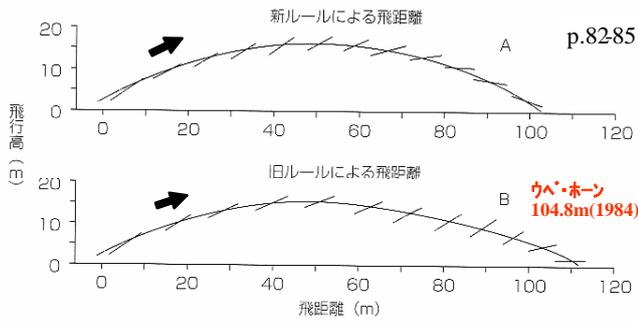


抵抗力: 動きと逆向き
揚力: 動く方向に垂直

円盤投げ



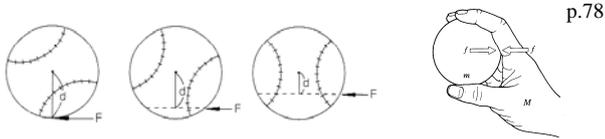
- ①上昇局面
姿勢角は投射角よりやや小さい。
空気抵抗は背面からうける。
リリース時に回転を加えて姿勢角を安定させる
- ②最高点
空気抵抗は腹面にうける。
- ③落下局面
空気抵抗を下側から受ける
→揚力 空中を滑り、距離が伸びる。



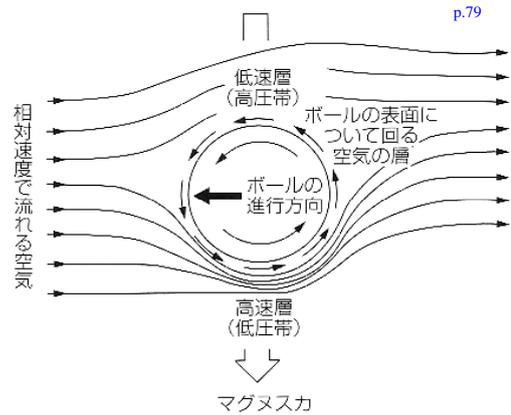
重心の位置と揚力の関係

ヤリの重心が前方にあるとヤリの先端が早く下向きになり揚力はあまり働かず飛距離は伸びない。

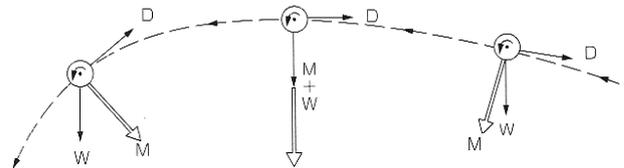
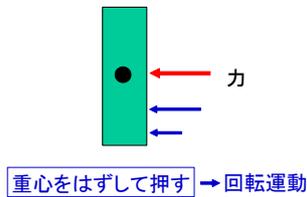
⑤ボールの回転



リリース時、指先はボールの表面を押して力を加えることになるので、ボールの回転が生じる。



重心を押す → 直進運動



臨界速度はボールの重さや大きさ等により決まる。

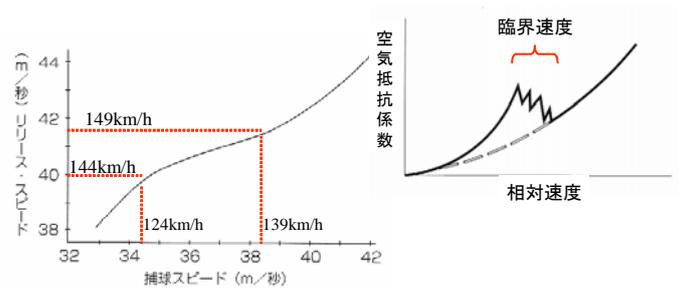
	重さ (kg)	直径 (m)	臨界速度 (m/秒) 推定値
砲丸(成人男子用)	7.257	0.12	29
野球(硬式)	0.146	0.074	40
ゴルフ	0.046	0.043	60
テニス	0.057	0.064	45
バスケットボール	0.595	0.243	13
バレーボール	0.259	0.214	15
ピンポン	0.0025	0.035	120

(渡川侃二：運動力学, p.171, 大修館書店, 1969)

⑥ 臨界速度

空気抵抗が低下する速度の範囲がある。

p.77



(渡川侃二：運動力学, p.171, 大修館書店, 1969)