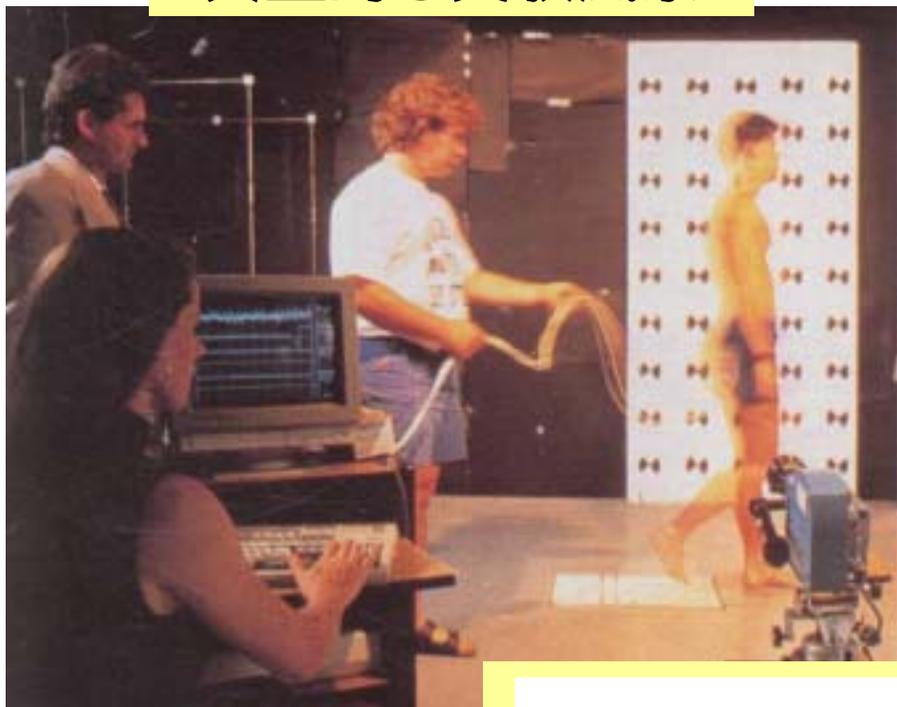


4 . 並進の運動学

《はじめに》 バイオメカニクスと並進運動

典型的な実験風景

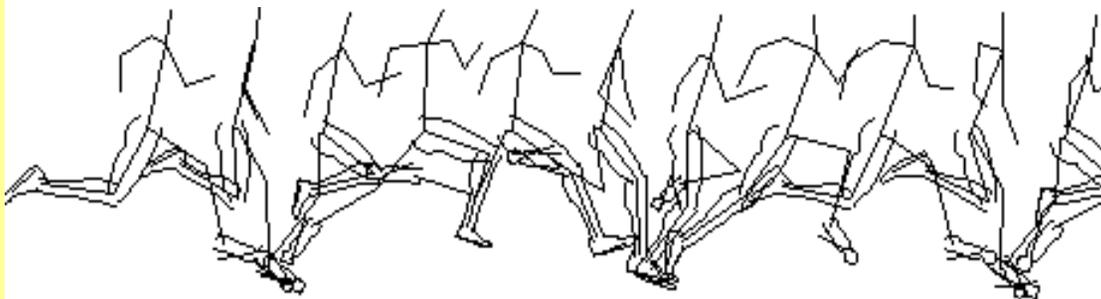


被験者にマーカールをつけ
ハイスピードカメラで撮影



↓
マーカールの座標値を
求める

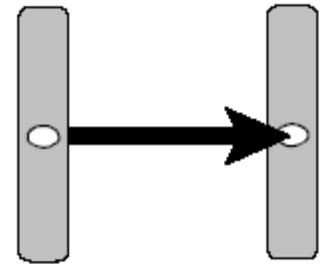
スティック
ピクチャー



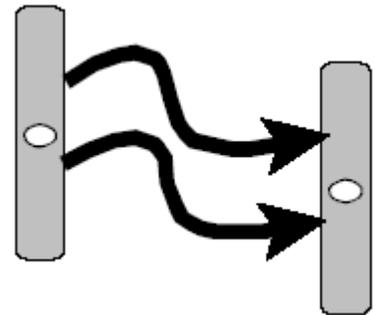
1. 並進運動

剛体上の全ての点が
同じ時間に 同じ方向へ 同じ距離を
移動する運動

(1) **直線運動**
(Rectilinear Translation)



(2) **曲線運動**
(Curvilinear Motion)



2. 並進運動の記述

変位は？

方向は？

速さは？

加速している？減速している？

2.-1 運動学的指標の例

- ・セグメント(リンク)の末端の位置・変位
- ・跳躍高(大転子の鉛直方向最高点)
- ・ボールのリリースの速度
- ・最大速度
- ・接地(接触)時の速度
- ・体幹・骨盤の傾き
- ・ランニングやジャンプ中の脛骨加速度

etc etc etc

3. 位置・移動距離・変位

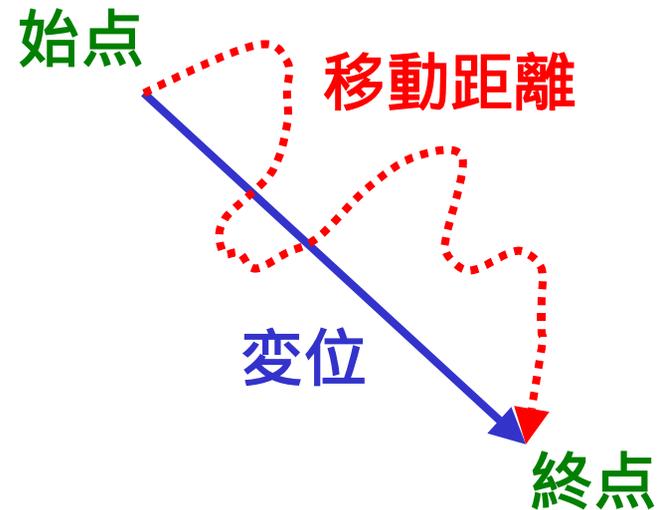
位置 (position)

移動距離 (distance)

- ・移動経路の長さ
- ・スカラー量

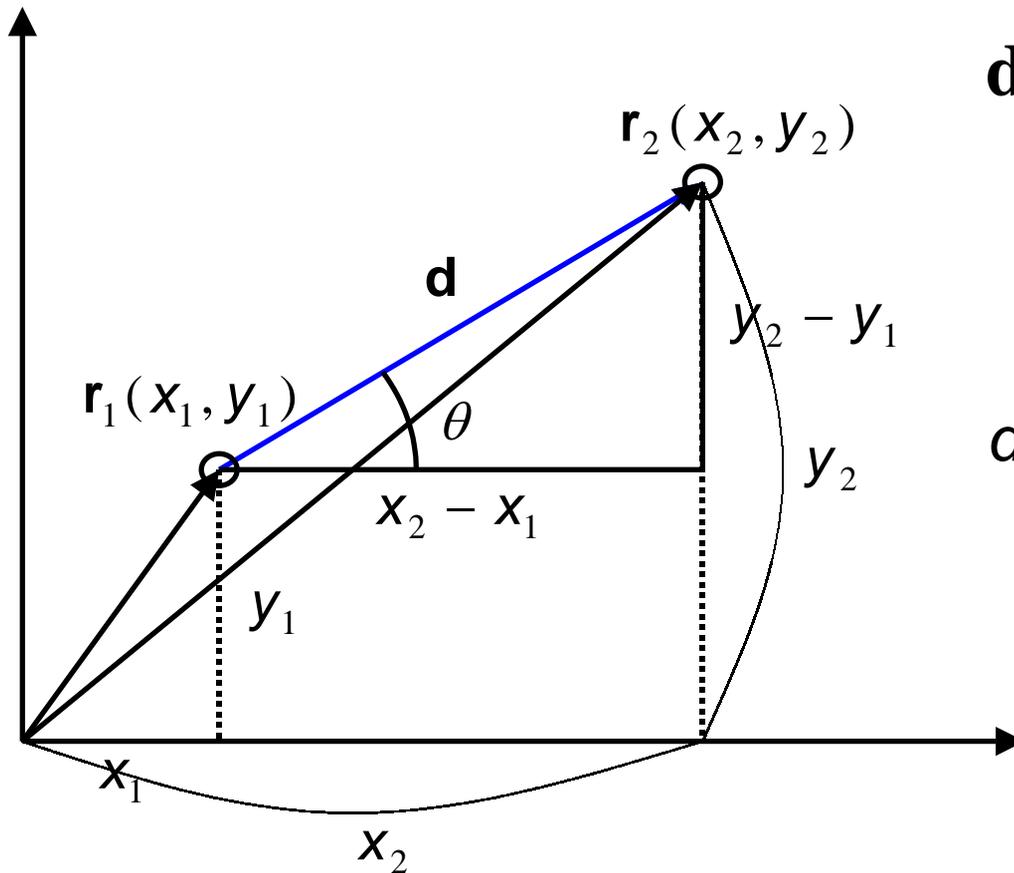
変位 (displacement)

- ・運動の始点と終点の直線距離 (位置の変化量)
- ・ベクトル量



3.-1 変位

r1地点からr2地点へ進んだ変位ベクトルdは



$$\begin{aligned} \mathbf{d} &= \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1 \\ &= (x_2, y_2) - (x_1, y_1) \\ &= (x_2 - x_1, y_2 - y_1) \end{aligned}$$

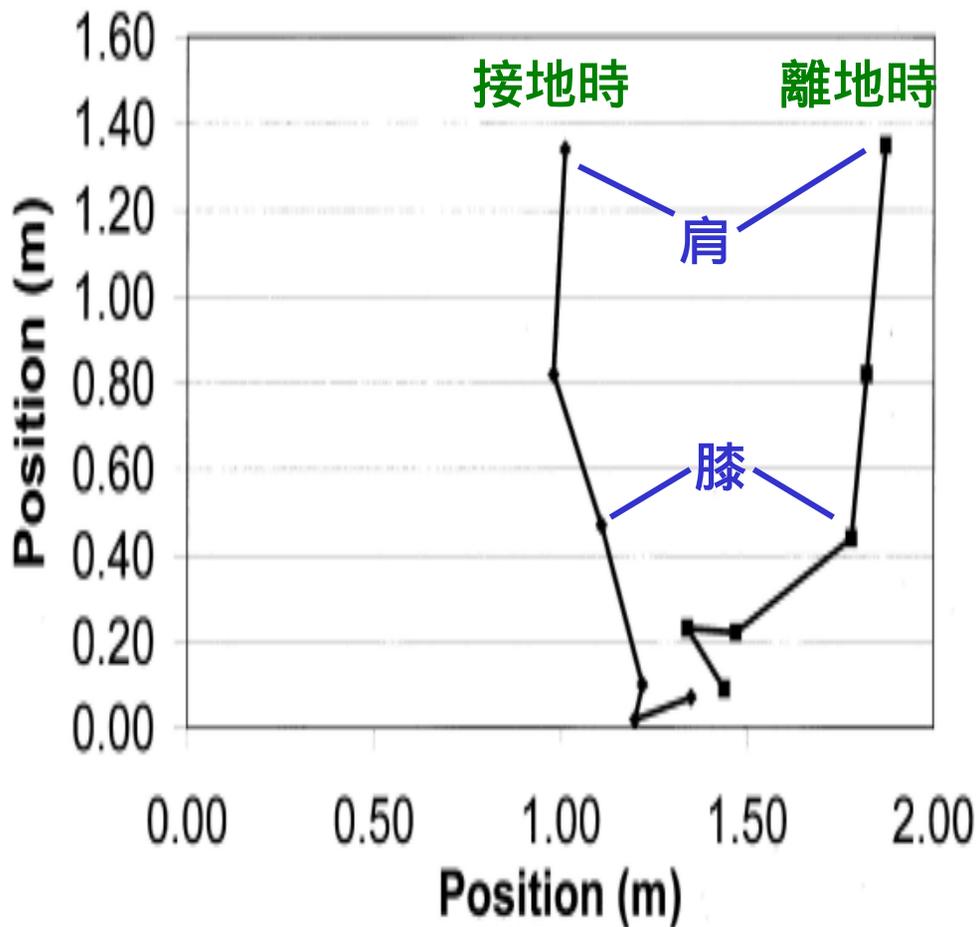
$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

$$\tan \theta = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right)$$

3.-2 2次元解析における変位

《例》歩行時の胴と下腿(矢状面)



位置(座標)

・接地時 肩(1.01, 1.34)

膝(1.11, 0.47)

・離地時 肩(1.87, 1.35)

膝(1.78, 0.44)

変位

$$\text{肩 } d = \sqrt{(1.87-1.01)^2 + (1.35-1.34)^2}$$

0.86

$$\text{膝 } d = \sqrt{(1.78-1.11)^2 + (0.44-0.47)^2}$$

0.67

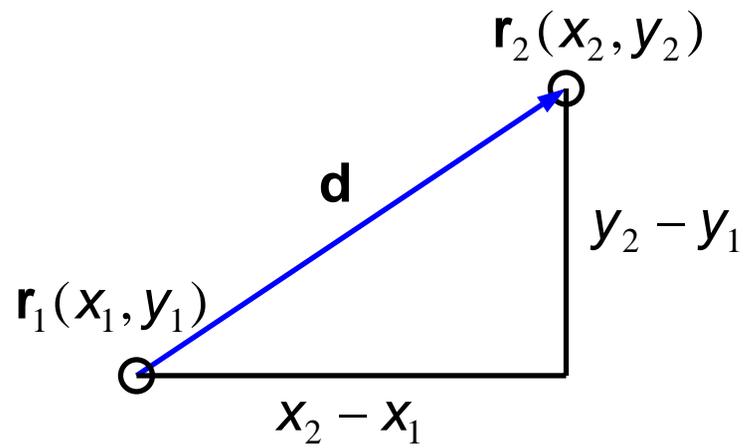
4. 速度

速さ (speed) : スカラー量

速度 (velocity) [平均速度 (average velocity)]

- ・ベクトル量 (運動の軌跡の接線方向)
- ・相対位置の時間的変化率

$$\begin{aligned}\mathbf{v} &= \frac{\mathbf{d}}{\Delta t} = \frac{\mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1}{\Delta t} \\ &= \frac{(x_2 - x_1, y_2 - y_1)}{\Delta t} \\ &= \left(\frac{x_2 - x_1}{\Delta t}, \frac{y_2 - y_1}{\Delta t} \right)\end{aligned}$$

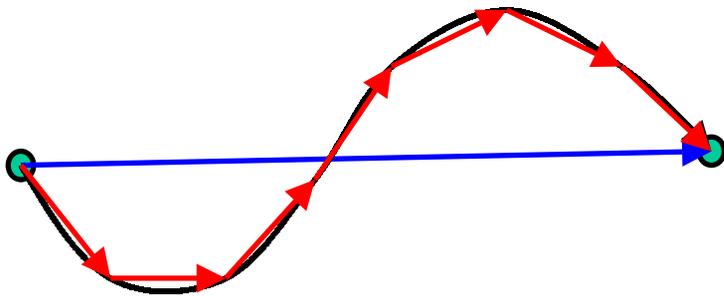


4.-1 平均速度・瞬間速度

平均速度(average velocity)

- ・物体の変位を、移動に要した時間で除して求めた速度

$$\mathbf{v} = \frac{\mathbf{d}}{\Delta t} = \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t}$$



瞬間速度

(instantaneous velocity)

- ・瞬間的時間な速度
- ・変位を時間で微分して求める
(極端に小さい時間はゼロに近似できる)

$$\mathbf{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}$$

5. 加速度

加速度 (Acceleration)

- ・速度の時間的变化率
- ・加速度の変化は運動 (motion) の変化を表す
- ・逆動力学解析に用いる ($F = ma$)

$$a = \frac{\text{速度変化}}{\text{時間変化}} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$
$$= \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \left(\frac{v_{x2} - v_{x1}}{\Delta t}, \frac{v_{y2} - v_{y1}}{\Delta t} \right)$$

6. まとめ

速度 = 変位の微分

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}$$



変位 = 速度の積分

$$\Delta\mathbf{r} = \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1 = \int_{t_1}^{t_2} \mathbf{v} \cdot dt$$

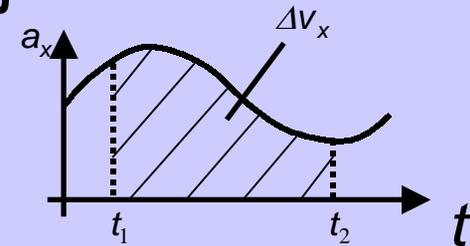
加速度 = 速度の微分

$$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2}$$



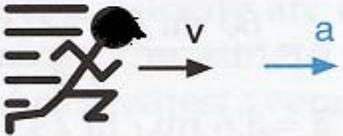
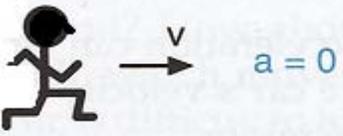
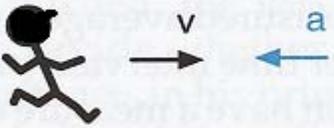
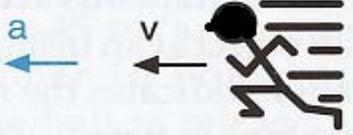
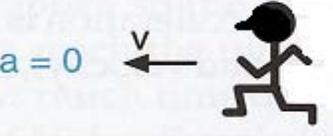
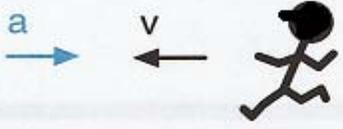
速度 = 加速度の積分

$$\Delta\mathbf{v} = \mathbf{v}_2 - \mathbf{v}_1 = \int_{t_1}^{t_2} \mathbf{a} \cdot dt$$



多次元の物体の並進運動は、**各軸ごとに独立に運動を考えてから**、ベクトル成分に含まれるパラメータについて結果を融合する
位置データに誤差(ノイズ)が多く含まれていると、それを**微分して**
求めた速度、**加速度データ**ではさらに**誤差が大きくなる**。

6.-1 速度・加速度の方向

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> - 方向 + </div> 	v 運動の方向	運動の種類 加速 + 減速 -	a 加速の方向
加速 	+	+	+
変化なし 	+	0 (速度一定)	0
減速 	+	-	-
加速 	-	+	-
変化なし 	-	0 (速度一定)	0
減速 	-	-	+