

移動ロボットの軌道計画

■ 目的：

移動ロボットの**運動学**の基本及び**軌道計画**の基礎を取得する

■ 内容：

- 製作したロボットの運動学，逆運動学を導出する
- 書く文字の形状からロボットの速度曲線を計画・算出し各車輪の速度曲線を決定する
- ロボットの各車輪の速度曲線からグローバル座標系でのロボットの運動軌道を計算する。

移動ロボットの軌道計画

移動ロボットの順運動学：

ロボットの各車輪の速度（ V_{right} , V_{left} ）から、
ロボット本体の速度（ V , ω ）への変換

移動ロボットの逆運動学：

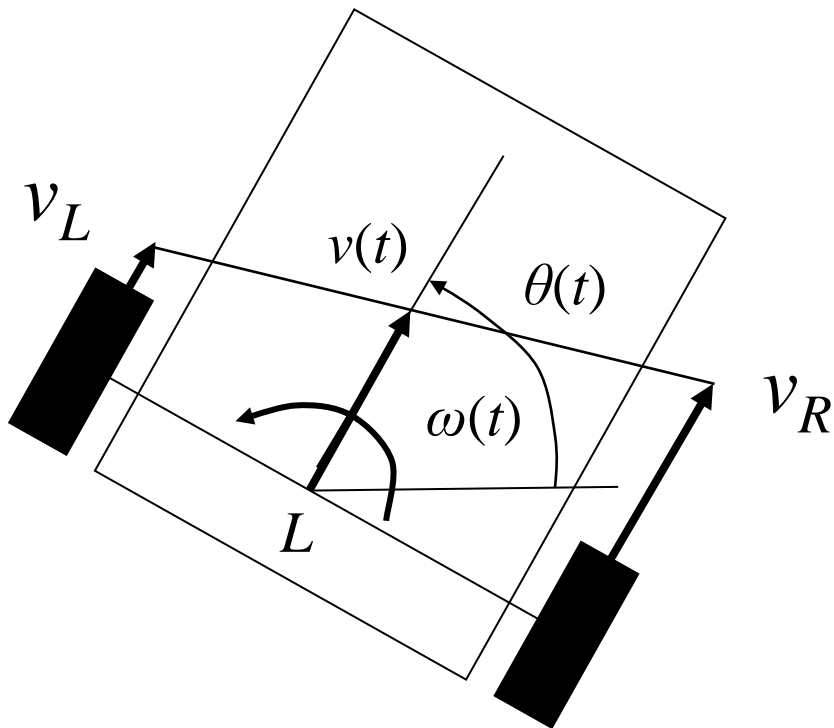
ロボット本体の速度（ V , ω ）から
ロボットの各車輪の速度（ V_{right} , V_{left} ）への変換

■ 軌道計算用の Excel シート

Manaba 「授業コンテンツ」：ロボットプログラミング演習（軌道計画）

順運動学

■ ロボットの各車輪の運動からロボット本体の運動への計算



時刻: t

車軸中心位置: $x(t), y(t)$

車体角度: $\theta(t)$

$$v(t) = (v_R(t) + v_L(t)) / 2$$

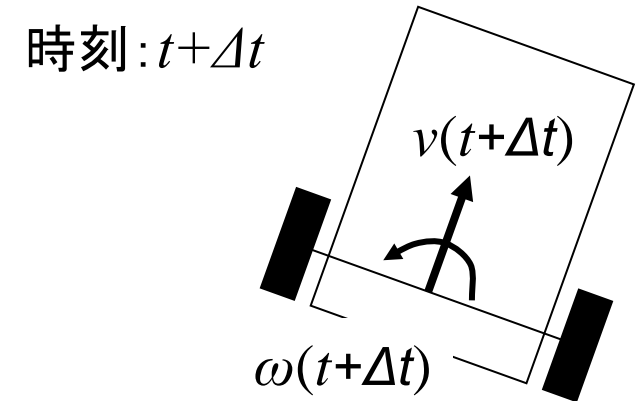
$$\omega(t) = (v_R(t) - v_L(t)) / L$$

L : 車輪間距離

ワールド座標系でのロボットの位置推定

■ オドメトリ

- ロボットの初期位置から
ロボット本体の**速度と角速度を積分**して
位置を推定する手法



■ 実際の計算

- 数値積分で t 時刻から $t + 1$ 時刻へ積分する

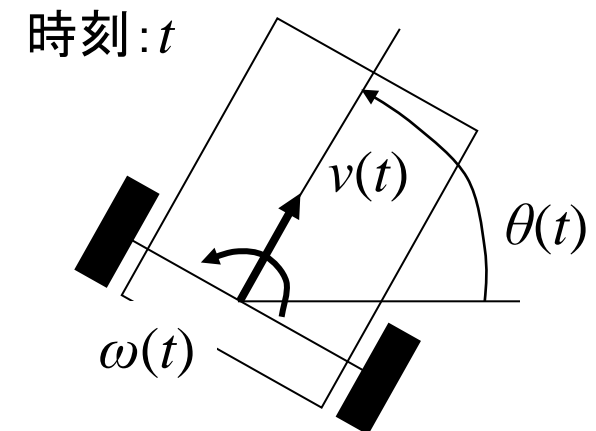
車軸中心位置: $x(t), y(t)$

車体角度: $\theta(t)$

$$\theta(t + \Delta t) = \theta(t) + \omega(t + \Delta t) \Delta t$$

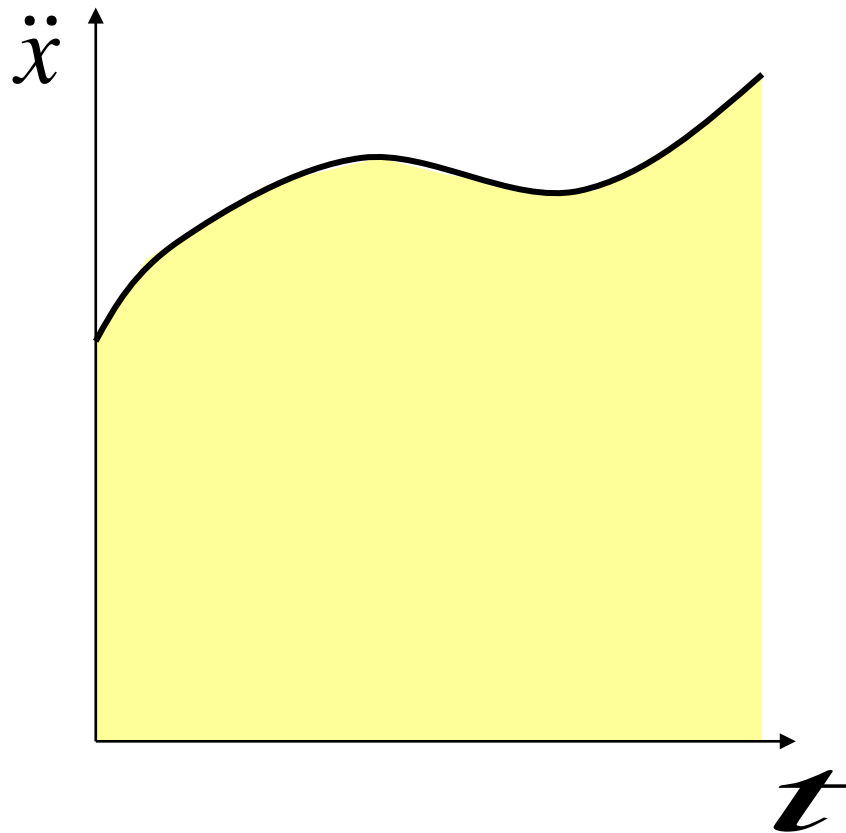
$$x(t + \Delta t) = x(t) + v(t + \Delta t) \Delta t \cos((\theta(t) + \theta(t + \Delta t))/2)$$

$$y(t + \Delta t) = y(t) + v(t + \Delta t) \Delta t \sin((\theta(t) + \theta(t + \Delta t))/2)$$

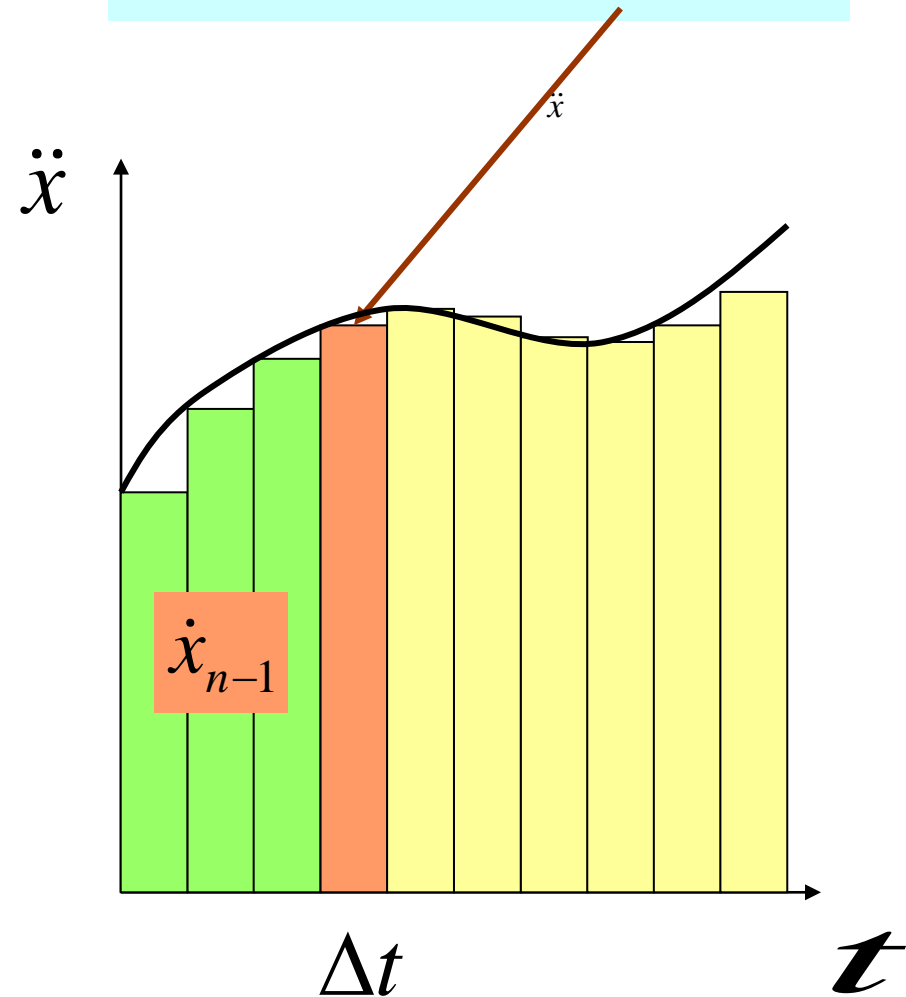


数値計算による積分

$$\dot{x} = \dot{x}_0 + \int \ddot{x} dt$$



$$\dot{x}_n = \dot{x}_{n-1} + \ddot{x}_{n-1} \Delta t$$



軌道計画レポート

(締め切り：12月12日(日) 23:50)

1. 製作したロボットの諸元(サイズ, 車輪径, 車輪間距離)を計測し表で示す
2. 移動ロボットの順運動学と逆運動学の関係式を示す
3. 描く予定の軌道を形状から複数のサブ軌道に分け, それぞれの移動軌道を計画する. それに基づいて各車輪の速度曲線を求め図で示す。
4. 各車輪の速度曲線からロボットの運動軌道を計算し図で示す

【ヒント】

実ロボットの軌道制御においては,
速度軌道計画の際に**速度の連続性**を考慮することが重要



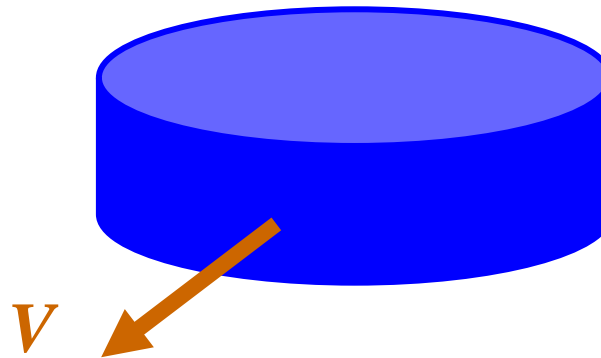
車輪型移動ロボットの運動

Motion of Mobile Robot

車輪移動ロボットの運動特性

■ 一般車輪の動きの特徴

速度: V



大きさ

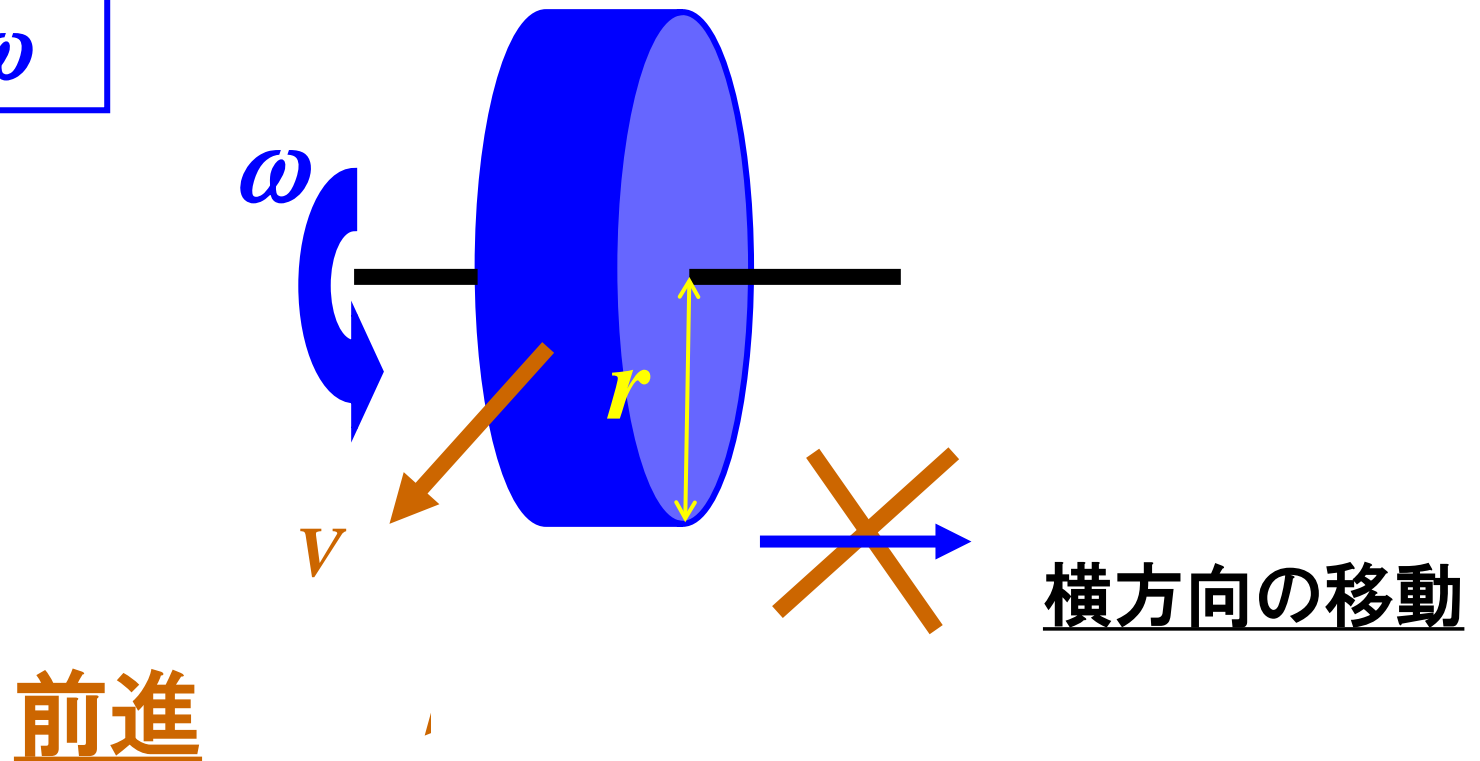
方向

速度ベクトル

車輪移動ロボットの運動特性

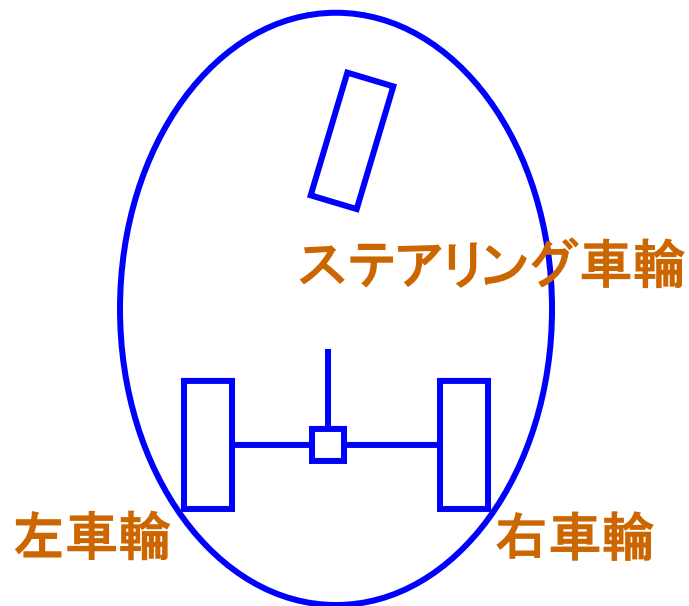
■ 一般車輪の動きの特徴

$$V = r\omega$$

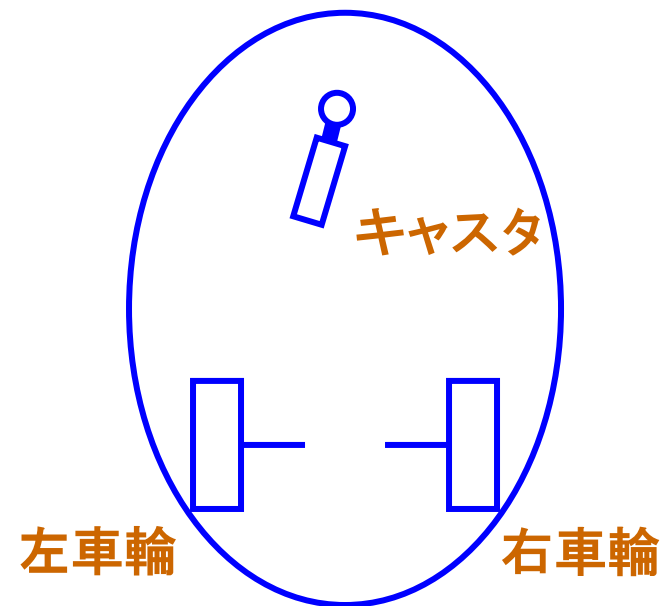


移動ロボットの基本構成

ステアリング型 (自動車型)

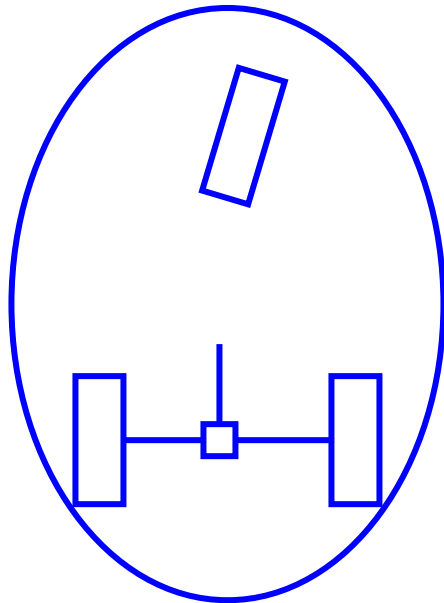


二輪独立駆動型



ステアリング型

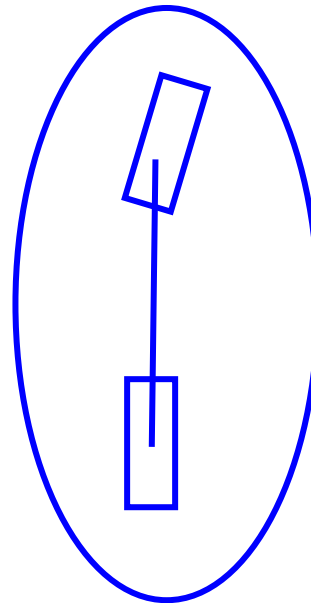
ステアリング車輪



左車輪

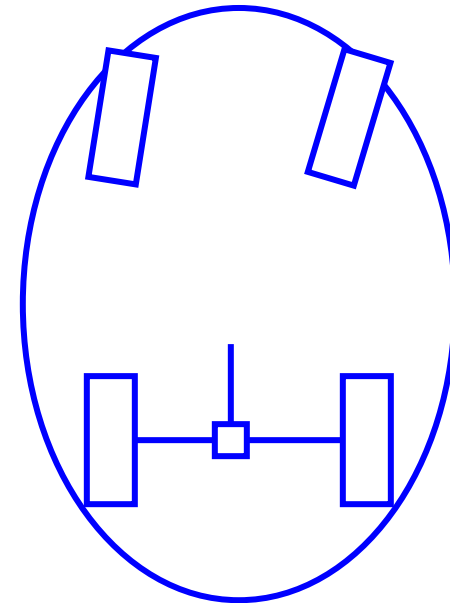
右車輪

ステアリング車輪



後輪

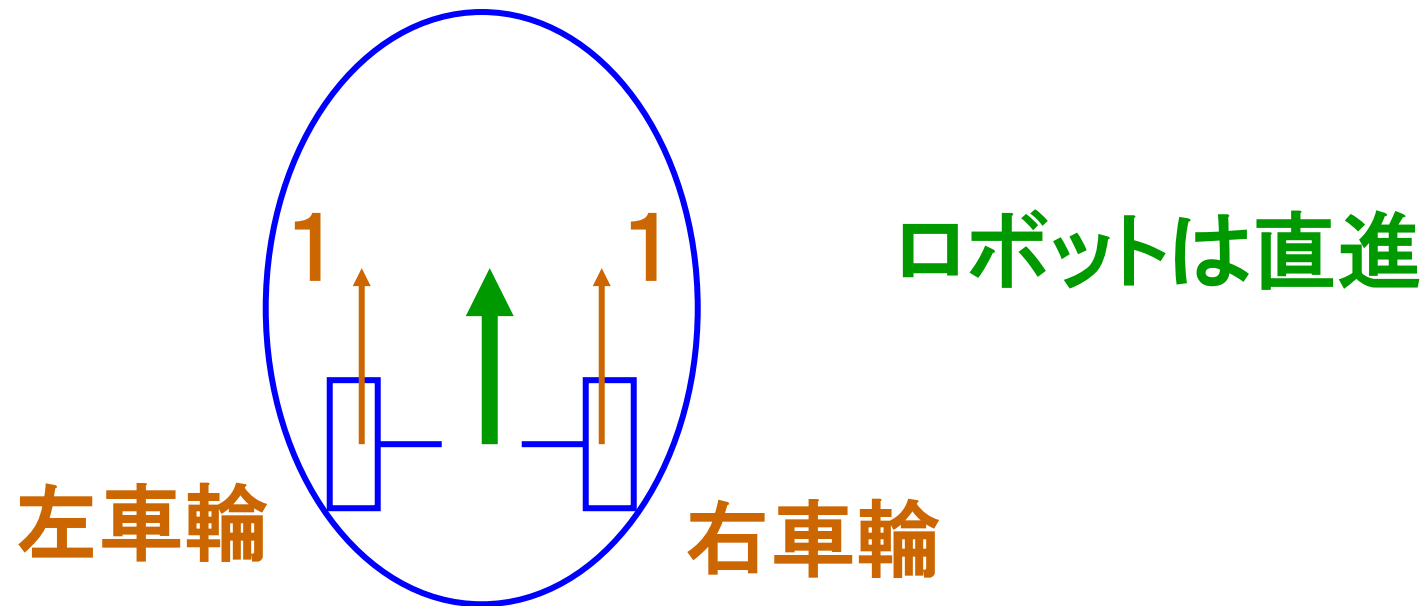
ステアリング車輪



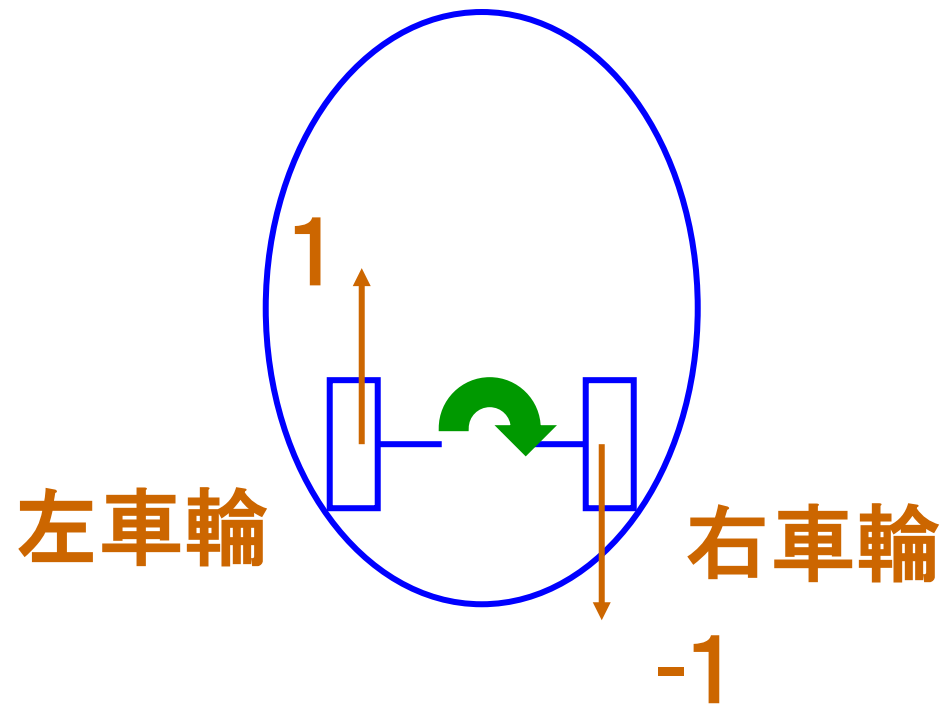
左車輪

右車輪

独立駆動型移動ロボットの運動



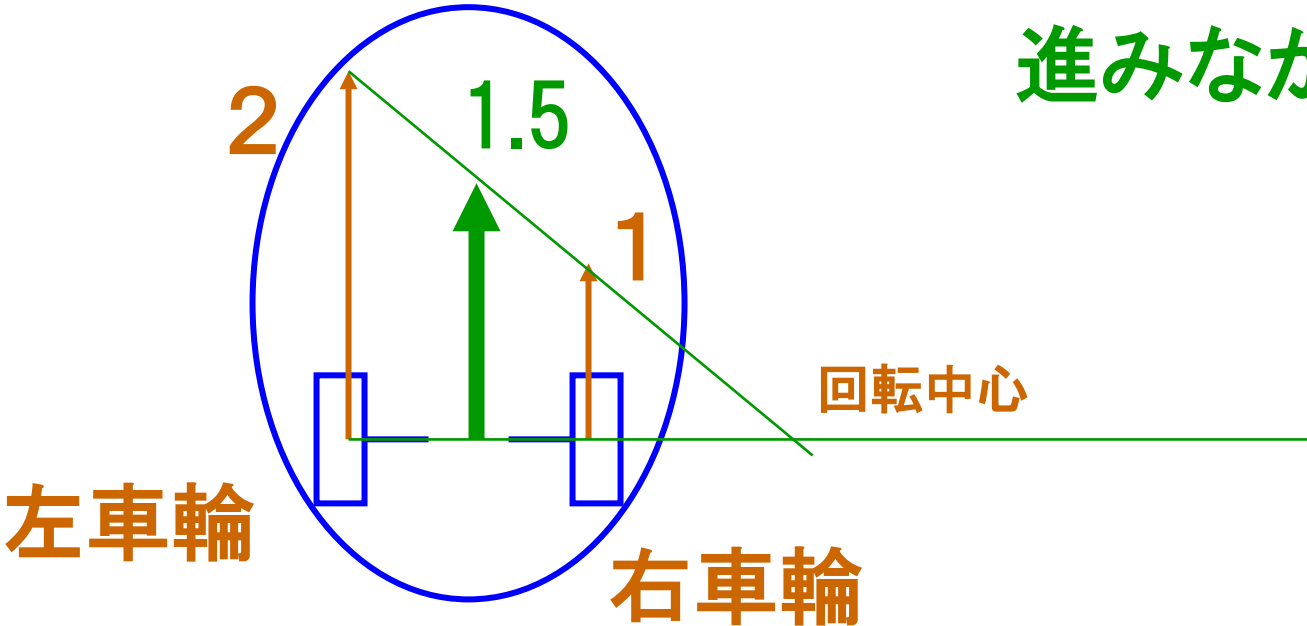
独立駆動型移動ロボットの運動



ロボットは
その場回転

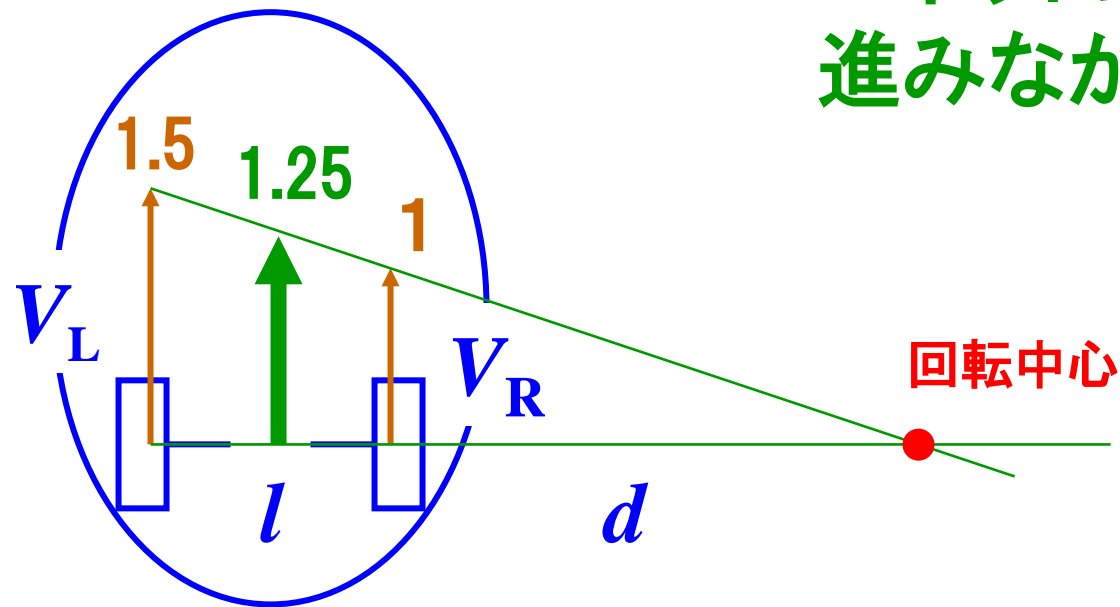
1000 JOURNAL OF CLIMATE

ロボットは 進みながら曲がる



独立駆動型移動ロボットの運動

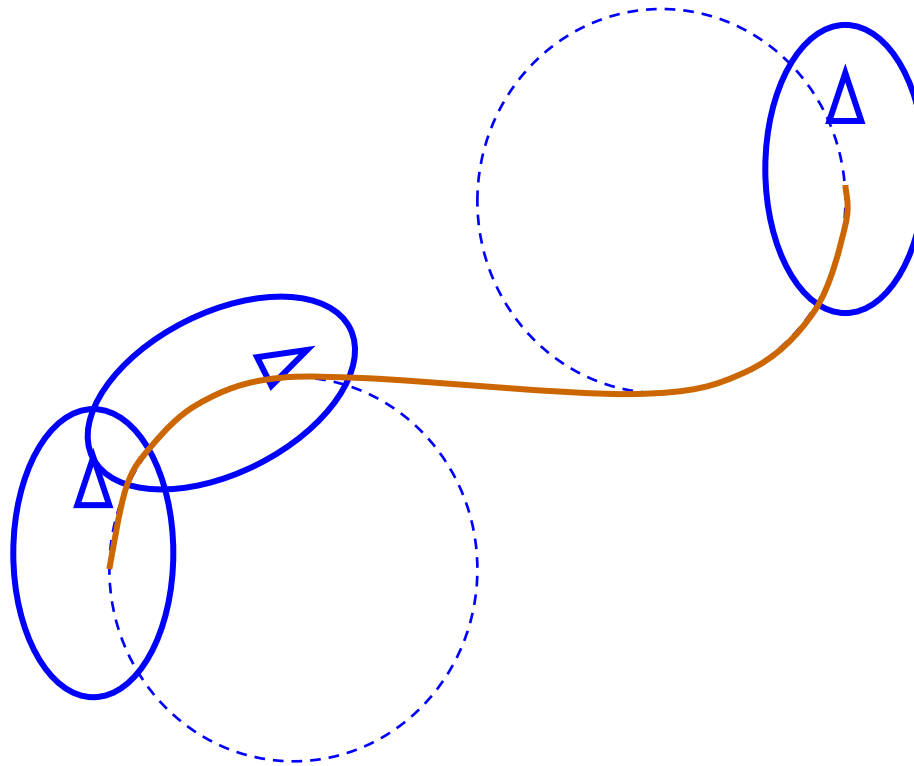
ロボットは
進みながら曲がる



$$\frac{V_L}{l + d} = \frac{V_R}{d}$$

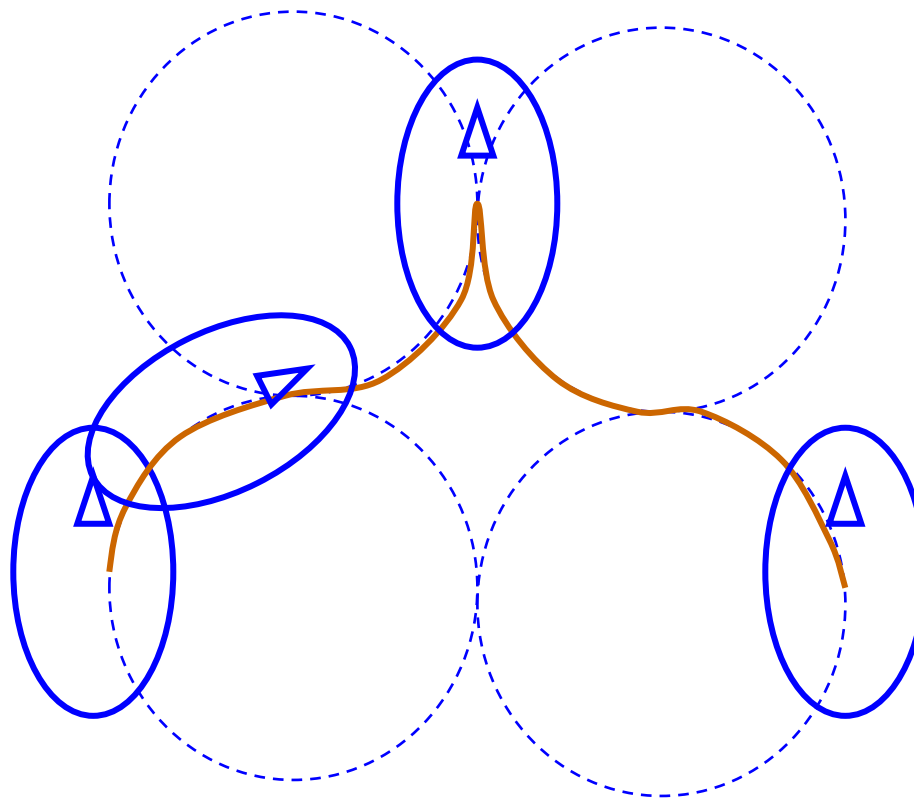
縦列駐車

■ 直線と円弧で軌道を作る



幅寄せ

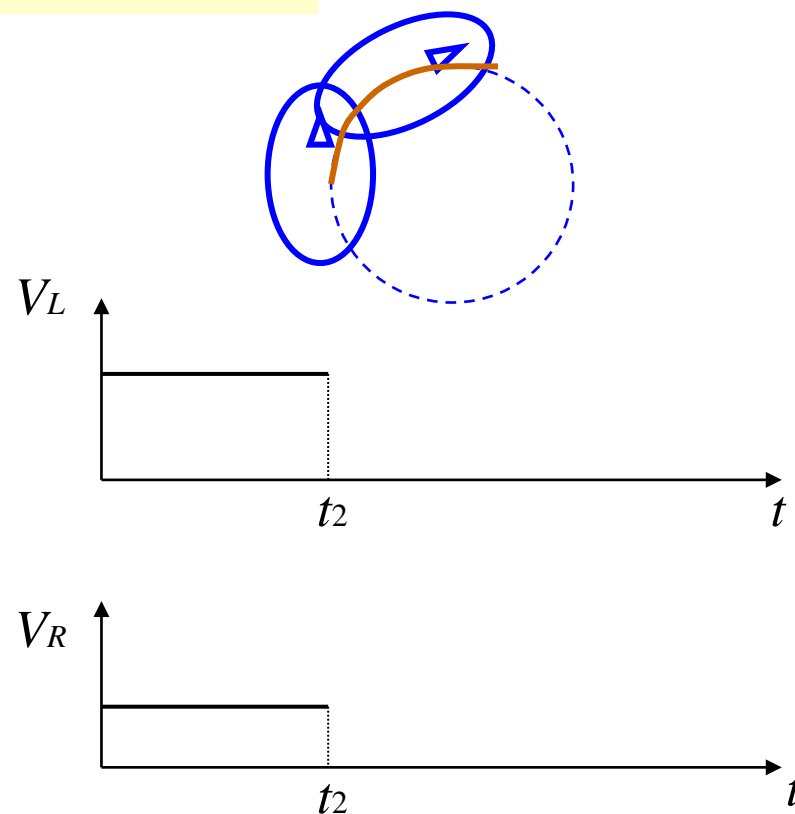
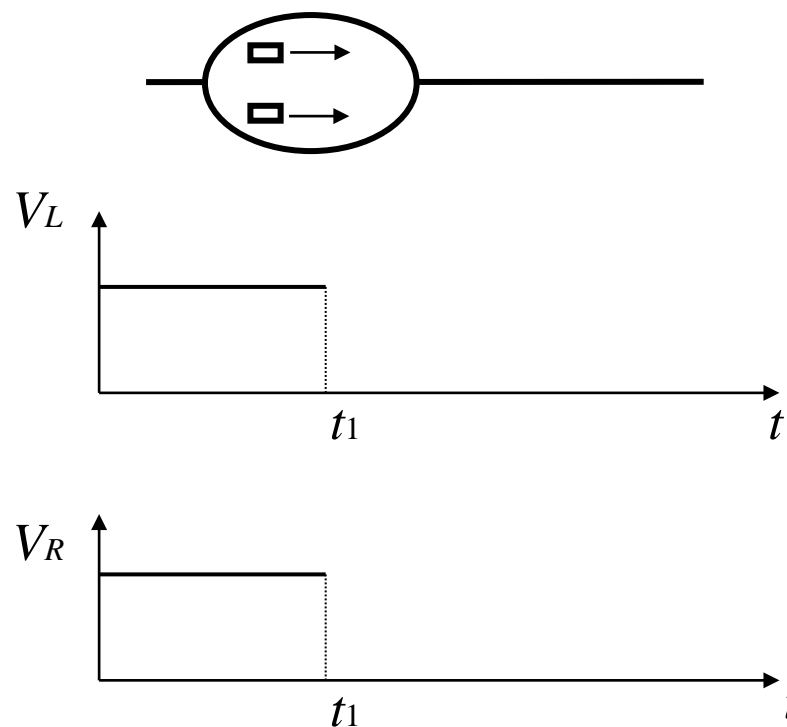
■ 直線と円弧で軌道を作る



軌道計画

■ 直線と円弧の軌道を作る

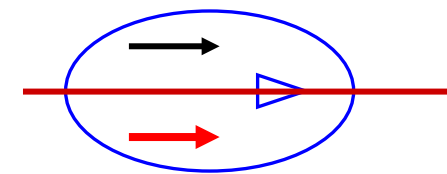
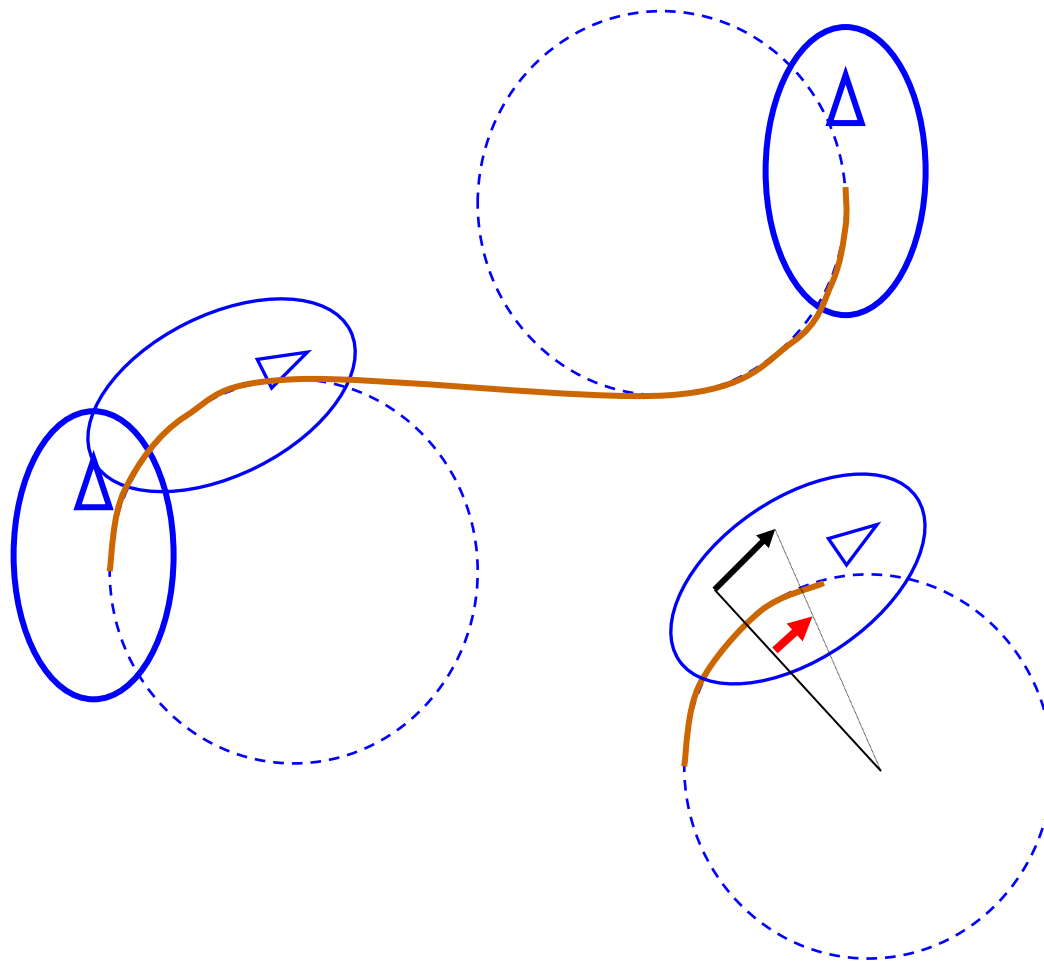
【ポイント】直線と円弧を走る間は速度が一定



軌道計画 = $t_1, V_{L1}, V_{R1}, t_2, V_{L2}, V_{R2}$ を計算すること

実現できる状況とできない状況

- 一定速度でこの軌道は走れない



ものの速度は急に
変えられない

数学＋物理の原理

