第3部

第6章 運動方程式の計算と今後の課題

制御量を計算して自律走行させる

桂谷 なおき

走行経路に対して追従するような制御量を計算する

● 目標との差を小さくするよう制御する

まずは走行経路を定義します．走行経路とは，マップの中に仮想的に引かれた始点と終点のある線分と，その線分上で走行すべき速度を定義したものです（**図1**）．このような走行経路をコース内に仮想的に順番に配置することで，順次，それらの走行経路をたどるよう制御します．

走行経路は，マップ生成時に作成されたマップを元に，GUI上でユーザが入力したものを用いるという想定です．走行経路をたどる際に達成すべき目標が3つあります．

- 車体の位置がなるべく線分の近くになること
- 車体の向きがなるべく線分と同じ向きになること
- 車体の速度を目標速度に近づけること

つまり，目標との残差である線分からの距離，線分と車体の向きの差分，目標速度と車体速度の差分という3つの値を含んだ残差ベクトルを小さく保つことが制御の目標になります．

● 走行経路と車体の関係から運動方程式を立てる

図2に走行経路と車体の関係性を示します．1番目の目標との残差が，図中のdにあたる車体と走行経路の距離です．2番目の残差値である，車体と線分の向きの角度差が$\Delta\phi$です．そして，3番目の残差値は，車体の速度vとターゲット速度v_{path}の差になります．

走行経路が，法線ベクトルnや角度ϕ_{path}，そして終点x_{path}で定義されているとき，これらの残差値は以下のように求めることができます．

$$\begin{bmatrix} d \\ \Delta v \\ \Delta\phi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (x_{car} - x_{path}) \cdot \hat{n} \\ v_{car} - v_{path} \\ \phi_{car} - \phi_{path} \end{bmatrix} \quad \cdots\cdots(1)$$

この残差ベクトルの運動は，どのように表せるのかを考えてみます．幾何学的な関係性を利用して式(1)の車体状態を表す部分を書き換えると，以下の運動モデルが得られます．

$$\begin{bmatrix} \dot{d} \\ \dot{\Delta v} \\ \dot{\Delta\phi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v(a\cos\phi + \beta\sin\phi) \\ -av + bE \\ \dfrac{1}{wb} v\sin\theta \end{bmatrix} \quad \cdots\cdots(2)$$

式(2)を見ると，前項と同じように非線形な運動方

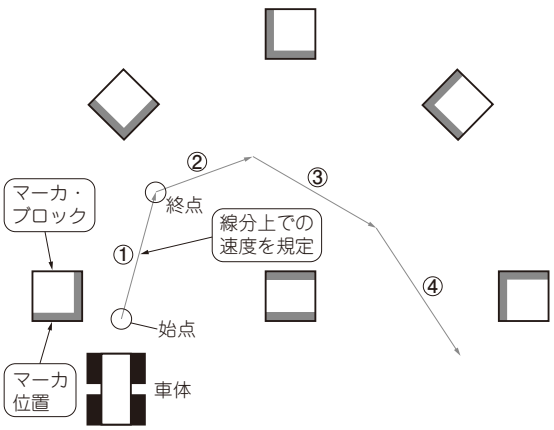

図1　仮想的に走行経路をコース内に順番に配置しマシンがたどるよう制御する

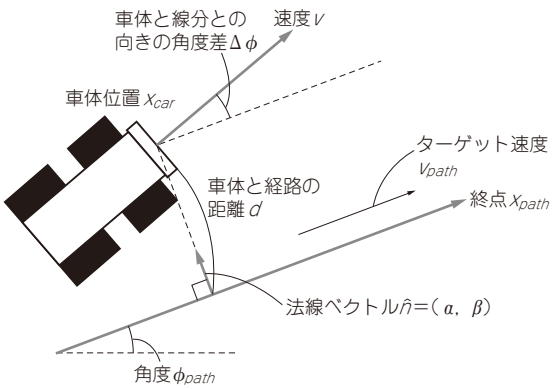

図2　走行経路と車体の関係