2022 May.11

Name 平野貴也

3.2 Inverse Instantaneous Kinematics

はじめに

エンドエフェクタの基準座標からみた速度$\boldsymbol{v_e}$、角速度$\boldsymbol{\omega_e}$を用いて、6×1ベクトル$\dot{\boldsymbol{p}}$を式$(3-16)$のように表す。

$$\dot{\boldsymbol{p}} = \begin{pmatrix} \boldsymbol{v_e} \\ \boldsymbol{\omega_e} \end{pmatrix} \qquad (3-16)$$

また、各関節のそれぞれの座標からみた速度$\dot{q_i}(1 \le i \le n)$を縦に並べたベクトルを$\dot{\boldsymbol{q}} = [\dot{q_1}, \cdots, \dot{q_n}]^T$とする。

$\dot{\boldsymbol{p}}$は$6\times n$行列のヤコビアン$\boldsymbol{J}$と$\dot{\boldsymbol{q}}$を用いて、式$(\boldsymbol{3-17})$のように線形的に表すことができる。

$$\dot{\boldsymbol{p}} = \boldsymbol{J}\dot{\boldsymbol{q}} \qquad (\boldsymbol{3-17})$$

本セクションでは、式$(\boldsymbol{3}-17)$を用いて、所望のエンドエフェクタの速度$\dot{\boldsymbol{p}}$から、適切な各ジョイントの速度$\dot{\boldsymbol{q}}$を求めること、つまり、速度におけるマニピュレータの逆問題を解くことを目的とする。

3.2.1. Resolved Motion Rate

エンドエフェクタを任意の位置に制御するには、マニピュレータは 6 自由度以上必要である。これと同様に、エンドエフェクタを任意の速度に制御するためにも、6 自由度以上が必要となる。3.2.1 節では 6 自由度のマニピュレータの逆問題について考える。

3.2.1.1. 6 自由度の逆問題と特異点

6 自由度のマニピュレータにおいて、ヤコビアン$\boldsymbol{J}$は6×6行列となる。

ヤコビアンが正則行列のとき、式$(\boldsymbol{3}-17)$の両辺にヤコビアンの逆行列をかけることにより、各ジョイントの速度$\dot{\boldsymbol{q}}$は式$(3-33)$のように表され、マニピュレータの逆問題が解くことができる。

$$\dot{\boldsymbol{q}} = \boldsymbol{J}^{-1}\dot{\boldsymbol{p}} \qquad (3-33)$$

この方法による逆問題の解法は resolved motion rate control と呼ばれます。

しかし、ヤコビアンはマニピュレータの形状によって変化するので、ヤコビアンが正則にならないときもある。このとき、ヤコビアンに逆行列が存在しないため、式$(3-33)$を計算することはできない。ヤコビアンが正則でないときを特に、特異点と呼ぶ。特異点では、ヤコビアンの各列が全て独立にならないので、各ジョイントの速度$\dot{q_i}(1 \le i \le 6)$を決定したとしても、エンドエフェクタが動けない方向がある。