

## 農業用多機能ロボットに関する悪路走行制御法の検討

渋谷 法澄† 阪田治†† 佐藤康之††

† 東京理科大学大学院工学研究科電気工学専攻 †† 東京理科大学工学部電気工学科

## 1.はじめに

果樹園等、地形的に大型機械の導入が不可能な現場に農地に農業用多機能ロボットを導入したい。そのロボットが安定して諸作業を行うため悪路走行制御の手法を検討した。

## 2.理論

## 2-1 車両モデル

図1は半径  $R$  の車輪が駆動する質量  $m$  の剛体と慣性モーメント  $I$  からなる車両モデルである。各車輪に作用する力は、 $F_n$  を地面の法線方向に、牽引力  $F_t$  を接触点の接ベクトル  $t$  の方向に与える。

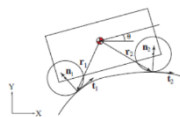


図1. 平面車両モデル

## 2-2 運動学

与えられた地形と後部接触点  $X1$  について、前輪の接触点  $X2$  を計算する必要がある。これにより、質量中心  $x$  の位置と車両の向き  $\theta$  を得る。これは、車輪の中心と接触点を閉鎖運動学連鎖としてモデル化することで計算される。軌道の弧の長さを  $s$  とすると、車両の直線加速度と角加速度は経路に沿った速度  $\dot{s}$  と加速度  $\ddot{s}$  で表される。加速度  $\ddot{x} \in R^2$  は、 $\dot{s}$  と  $\ddot{s}$  で表すことができる。

$$\ddot{x} = x_s \dot{s} + x_{ss} \dot{s}^2 \quad (1)$$

同様に、角速度は次式で表せる。

$$\ddot{\theta} = \theta_s \dot{s} + \theta_{ss} \dot{s}^2 \quad (2)$$

## 2-3. 車両の動力学

車両の運動方程式は以下で表せる。

$$m\ddot{x} = F_{t1}t_1 + F_{n1}n_1 + F_{t2}t_2 + F_{n2}n_2 + mg$$

$$I\ddot{\theta} = |r_1 \times (F_{t1}t_1 + F_{n1}n_1) + r_2 \times (F_{t2}t_2 + F_{n2}n_2)| \quad (3)$$

(3)式に(1)、(2)式を代入すると、

$$m(x_s \dot{s} + x_{ss} \dot{s}^2) = F_{t1}t_1 + F_{n1}n_1 + F_{t2}t_2 + F_{n2}n_2 + mg \quad (4)$$

$$I\theta_s \dot{s} + \theta_{ss} \dot{s}^2 = |r_1 \times (F_{t1}t_1 + F_{n1}n_1) + r_2 \times (F_{t2}t_2 + F_{n2}n_2)| \quad (5)$$

車輪  $i = 1, 2$  の地面力は、摩擦により制限される。

$$F_{ti} \leq \mu F_{ni} \quad (6)$$

$$F_{ti} \geq -\mu F_{ni} \quad (7)$$

## 2-4. 速度、加速度の設定

実現可能な速度と加速度 (The Feasible range of Speed and Acceleration, FSA) の集合は、図2に示すような平面の凸多角形である。この図は(4)~、(7)式を用いて算出される

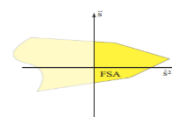


図2. 実現可能な速度、加速度の多角形

## 3.シミュレーション

当面の目標として、どんな農地でも安定して作業させることができる理論を確立することを目標に、様々な理論をシミュレーションし、安定して諸作業を行うことができるか検証することを想定している。現在移動ロボットの土台は完成しており、この土台に手となる機構を取り付け、シミュレーションにて検証していく。

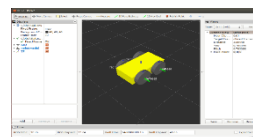


図3. 移動ロボットの土台

## 4.今後の展望

理論を ROS 上で実装し、様々な状況下でロボットが安定に作業できるかどうか検証する。

## 参考文献

- [1] Asher Stern, et al. 2013 IEEE/RSJ International Conference on IROS.  
 [2] 松日楽信人、大明準治『ロボットシステム入門』、オーム社、2010