

# 農業用車両の斜面横滑り対応のための 駆動輪機構制御法

秋元 大河<sup>†</sup> 阪田 治<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 東京理科大学大学院 工学研究科 電気工学専攻

## 1. はじめに

日本の農業従事者人口は減少を続け、高齢化の割合は増加している。加えて、悪路の農作業は高齢者に負荷が大きい。そのため、様々な路面状況を走破可能な人間の作業を補助する四輪車両に関して検討を行う。農業機械電動化が進めば懸架装置で回転軸の占める空間が減少してキャンバ角を用いた以下の図 1.1 の横力を発生するタイヤ制御が可能となる。

機械的構造は吉野・野崎<sup>[1]</sup> が実現性を示してモーメント法での限界性能向上を確かめた。また、渡邊<sup>[2]</sup> が斜面での力学的解析を行った。本研究では、キャンバ角を後輪操舵と協調させて連続可変制御による斜面横滑り抑制効果を検証する。

## 2. 車両モデル

本研究の二輪等価モデル車両運動方程式を示す。

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} \dot{\beta} \\ \dot{r} \end{bmatrix} &= \mathbf{A} \begin{bmatrix} \beta \\ r \end{bmatrix} + \mathbf{B} \begin{bmatrix} \delta_f \\ \delta_r \end{bmatrix} + \mathbf{C} \cdot \zeta + \mathbf{D} \begin{bmatrix} \phi \\ \dot{\phi} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1/mV \\ 0 \end{bmatrix} F \\ \phi &= \frac{(m_s h_s V \dot{\beta} + I_{xz} \dot{r} + m_s h_s V r - I_\phi \ddot{\phi} - C_\phi \dot{\phi})}{K_\phi - m_s g h_s} \\ \mathbf{A} &= \begin{bmatrix} -\frac{2(C_f + C_r)}{mV} & -\left\{1 + \frac{2(C_f l_f - C_r l_r)}{mV}\right\} \\ -\frac{2(C_f l_f - C_r l_r)}{I} & -\frac{2(C_f l_f^2 + C_r l_r^2)}{IV} \end{bmatrix} \\ \mathbf{B} &= \begin{bmatrix} \frac{2C_f}{mV} & \frac{2C_r}{mV} \\ \frac{2C_f l_f}{I} & -\frac{2C_r l_r}{I} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{C} = \begin{bmatrix} \frac{2(C_{Sf} + C_{Sr})}{mV} \\ \frac{2(C_{Sf} l_f - C_{Sr} l_r)}{I} \end{bmatrix} \\ \mathbf{D} &= \frac{2}{mV} \begin{bmatrix} (\alpha_f C_f + \alpha_r C_r) & m_s h_s \\ -(\zeta_f C_{Sf} + \zeta_r C_{Sr}) & \\ (\alpha_f C_f l_f - \alpha_r C_r l_r) & I_{xz} \\ -(\zeta_f C_{Sf} l_f - \zeta_r C_{Sr} l_r) & \end{bmatrix} \end{aligned}$$

## 3. 舵角制御・キャンバ制御

前輪舵角軌道追従偏差算出前方注視点モデル、人間モデル、微分操舵全輪制御、前輪舵角比例ヨーレイト FF 制御、そして新規に提案するキャンバ最適制御を示す。

$$\begin{aligned} \varepsilon(t) &= \{Y(t) - L \sin \psi(t)\} - y_d(t + t_p) \\ \delta_f(s) &= -\frac{G_h}{n} \cdot \varepsilon(s) \cdot \left\{1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s\right\} \cdot \frac{1}{1 + T_L} \cdot e^{-\tau s} \\ \delta_{f,real}(t) &= \delta_f(t) + n \cdot \dot{\delta}_f(t) \\ \delta_r(t) &= -\frac{C_f}{C_r} \cdot \delta_f(t) + \frac{mV^2 + 2(l_f C_f - l_r C_r)}{2C_r V} \cdot r(t) \\ [\zeta_f \quad \zeta_r] &= \min: p_1 |\dot{\beta}| + p_2 |\dot{\phi}| + p_3 |\dot{r}| \end{aligned}$$

## 4. 模擬実験

連続可変キャンバ機構の最適制御による操舵制御との協調による斜面横滑り効果を検証するために、車体重心部に重力と傾斜角に伴った横方向の外乱入力を想定して模擬試験を行った。

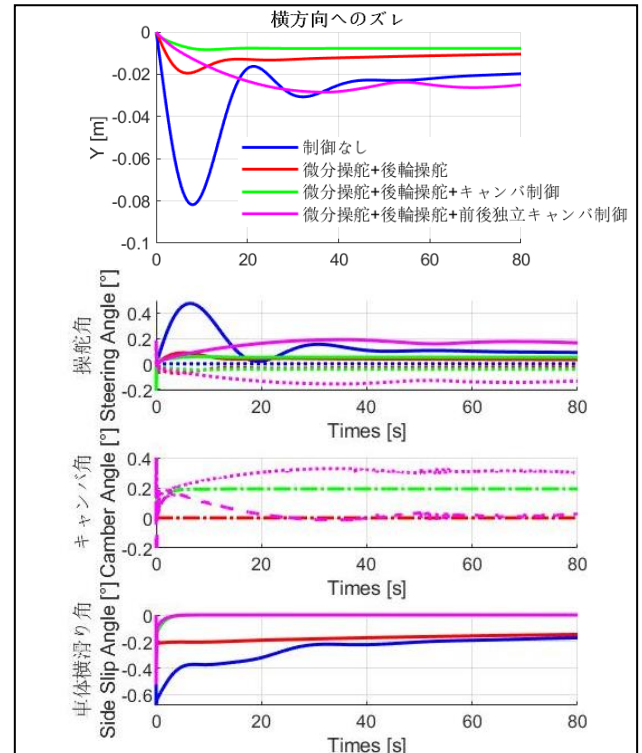


図1. 模擬実験結果

一定傾斜路では横滑り角とロール角ともに減少し、収束も改善した。既存の全輪操舵制御にキャンバ制御を追加することで横滑り抑制効果が確認できた。また、キャンバ角制御で操縦者は余計な操舵角を入力する必要がなくなり、車両限界性能と走行安定性能を高められると言える。

## 5. まとめ

本研究では事象を単純化してキャンバ制御の効果を明確にすることを狙い二輪等価車両モデルを計算に用いた。事象の複雑化でさらなる検証が求められる。

## 参考文献

[1] 吉野貴彦, 野崎博路: "電気自動車時代に対応した操縦性・安定性向上手法", 日本自動車殿堂機関誌 No.17, p.p. 1-4 (2017).  
[2] 渡邊智洋, 飯塚浩二郎, 岳濟也, 伊藤和寿: "キャンバ角可変機構車両の斜面動作に関する研究", 自動制御連合講演会, 60, Fr-A3-6, p.p. 1-6 (2017).