

自動車の姿勢制御*

6B-5

○田中大輔

山田新一

藤川英司

志田晃一郎†

武蔵工業大学‡

1 はじめに

自動車は走行中に加減速したり、旋回したりすると姿勢が不安定になり、さらにタイヤの接地面積も減少するので、乗り心地や操縦安定性に悪影響を及ぼす。また、乗り心地と操縦安定性は互いに相反するところがあり、二つの性能を高いレベルで達成するために、近年アクティブサスペンションが導入されている。しかし、路面状況の急激な変化などの不慮の事態には完全に対応しているとはいえない。本研究ではアクティブサスペンションを持つ自動車を想定し、アクティブサスペンションの制御にファジー制御を用い自動車に操舵を与えたときのロール方向の運動に注目し解析を行った。

2 自動車のモデル

本研究では自動車の挙動を解析するのに図1のような2自由度の二輪モデルに図2のようなロール方向の運動を加えた3自由度のモデルを用いる。また図のモデルの運動方程式は次のようになる。

$$Mu\dot{\beta}_G + 2(k_f + k_r)\beta_G + \left\{ Mu + \frac{2(l_f k_f - l_r k_r)}{u} \right\} \dot{\gamma} - M_s h_s \ddot{\phi} - 2Y_\phi \phi = 2k_f \delta \quad (1)$$

$$2(l_f k_f - l_r k_r)\beta_G + I\dot{\gamma} + \frac{2(l_f^2 k_f + l_r^2 k_r)}{u} \dot{\gamma} - I_{xz} \ddot{\phi} - 2N_\phi \phi = 2l_f k_f \delta \quad (2)$$

$$-M_s h_s u \dot{\beta}_G - I_{xz} \dot{\gamma} - M_s h_s u \gamma + I_\phi \ddot{\phi} + C_\phi \dot{\phi} + (K_\phi - M_s g h_s) \phi = -F \quad (3)$$

$$\text{但し } Y_\phi = \left(\frac{\partial \alpha_f}{\partial \phi} k_f + \frac{\partial \alpha_r}{\partial \phi} k_r \right) - \left(\frac{\partial \phi_f}{\partial \phi} k_{cf} + \frac{\partial \phi_r}{\partial \phi} k_{cr} \right)$$

$$N_\phi = \left(\frac{\partial \alpha_f}{\partial \phi} l_f k_f - \frac{\partial \alpha_r}{\partial \phi} l_r k_r \right) - \left(\frac{\partial \phi_f}{\partial \phi} l_f k_{cf} - \frac{\partial \phi_r}{\partial \phi} l_r k_{cr} \right)$$

*Attitude Control of car

†Daisuke Tanaka, Shin-ichi Yamada
Hideji Fujikawa and Koichiro Shida

‡Musashi Institute of technology

M :車両重量, M_s :車両バネ上重量, I :ヨー慣性モーメント
 I_ϕ :ロール慣性モーメント, I_{xz} :慣性乗積モーメント
 l :ホイールベース, l_f :前輪-重心間距離, l_r :後輪-重心間距離
 h_s :ロール軸-重心間距離, F_f, F_r :前後輪コーナリングフォース
 C_f, C_r :前後輪キャンバラスト, k_f, k_r :前後輪コーナリングパワー
 k_{cf}, k_{cr} :前後輪キャンバラスト係数, β_f, β_r :前後輪横滑り角
 α_f, α_r :前後輪ロールステア角, ϕ_f, ϕ_r :前後輪キャンバステア角
 δ :前輪実舵角, γ :ヨー角速度, F :ロール制御モーメント
 β_G :重心点横滑り角, ϕ :ロール角, K_ϕ :ロール剛性
 C_ϕ :ロール減衰係数, u :前進速度, v :横速度

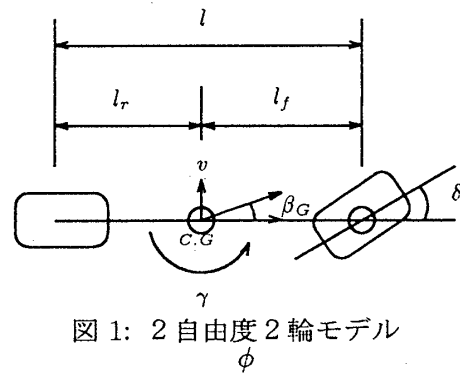


図1: 2自由度2輪モデル

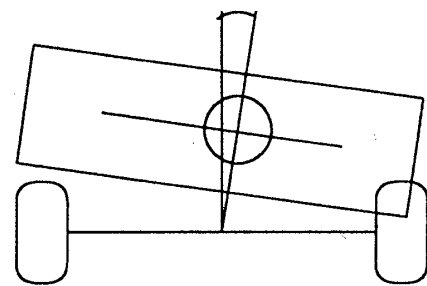


図2: 自動車のロール

3 ファジー制御

本研究では制御方式としてファジー制御を用いた。ファジー制御は例外処理が多い制御に向いていて、比較的滑らかな多入力制御ができるという特徴を持っている。よってアクティブサスペンションに用いることにより自動車に自然な動きを

もたすことができる。ファジー推論に用いる前件部変数として、ロール角 ϕ とロール角速度 $\dot{\phi}$ を用い、ファジー制御器の出力としてはロール制御モーメント F を用いた。本研究のシステムブロック図を次に示す。

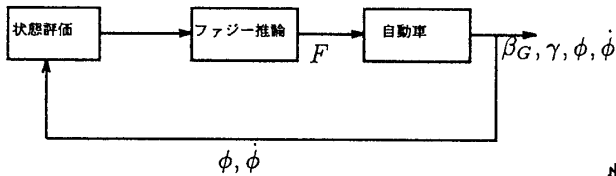


図 3: システムブロック図

4 シミュレーション結果

次に自動車定速走行中にハンドルを3秒間切って次の3秒間で戻したときの自動車の挙動を示す。

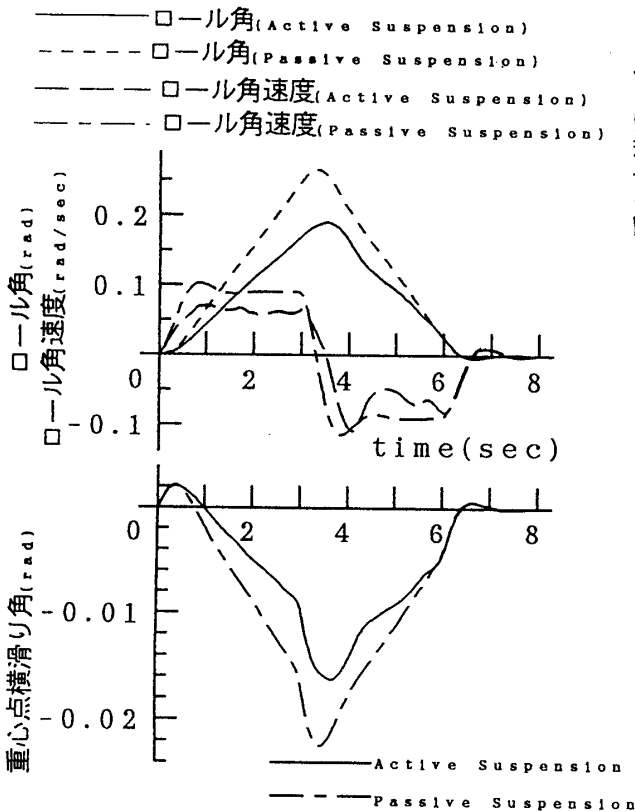


図 4: シミュレーション結果 1

結果 1 をみるとロール角、ロール角速度、横滑り角ともにファジー制御を用いたときの方が値が小さくなっている。結果 2 は結果 1 と同じハンドル操作を行い 1 秒後から 1.5 秒後までの 0.5 秒間滑りやすい路面の上に自動車がさしかかった状況を想定したときの結果である。このときはロー

ール角速度、横滑り角に影響がみられるが制御を加えないときよりも車の挙動の変化が小さくなっている。

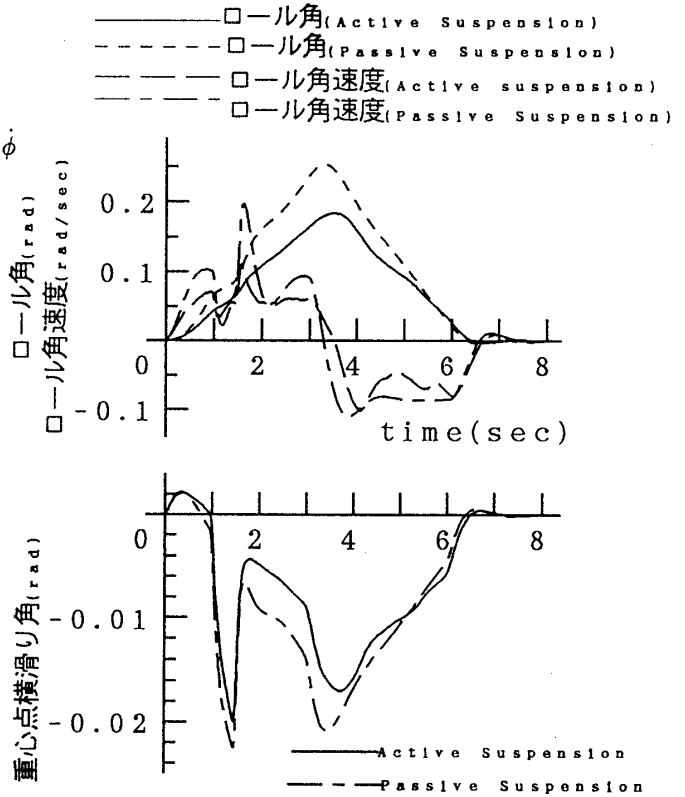


図 5: シミュレーション結果 2

5 まとめ

アクティブサスペンションにファジー制御を用いることにより自動車を操舵したときのロール方向の動きを抑えることができた。また路面状況の急激な変化に対しても自動車の姿勢変化を小さくでき、ファジー制御を導入することの有効性を確認することができた。

参考文献

- [1] 山崎 光仁：自動車のロール制御におけるモデル規範形適応制御に関する研究
武蔵工業大学修士論文, 1990
- [2] 田中, 原良, 滝沢：アクティブ制御サスペンション, 自動車技術 vol.41, No.5, 1987
- [3] 中川, 西田, 大崎：操安性に及ぼすロール特性の影響, 自動車技術 vol.43, No.3, 1989