

ニューラルネットワークを適用した ブレーキアシストシステム

指導 小林邦夫 教授 榎徹雄 教授
山崎大生 准教授 堺英男 講師
0511112 宮澤慎一 0511118 村田智大

1. 緒言

近年は高齢化が進んでおり,高齢者ドライバーの交通事故が増えてきている¹⁾.交通事故の原因の多くは高齢による運動能力の衰えによる認知や判断ミスにから引き起こる,ブレーキ操作の遅れ,強くブレーキを踏めない等であると考えられる.認知や判断ミスを予測して,何らかの手段でドライバー操作をアシストすることは予防安全の観点から重要なことである.

ブレーキアシストシステム²⁾とは万一事故に遭遇しそうな時に,ドライバーのブレーキ操作から非常事態であることを推測して,自動的に制動力を高めるシステムである.本研究では油圧式ブレーキアシストシステムに柔軟な学習能力を持つニューラルネットワークによる制御の有効性を検討する.

2. 主な記号

- A_b :ブレーキパッド断面積
- A_{ms} :マスターシリンダ面積
- C :流量係数 d :ホイールシリンダ内径
- E_b :ブレーキ倍率 F :ドライバー踏力
- F_x :制動力 F_z :タイヤ重量
- g :重力加速度 J :タイヤの慣性質量
- K :油の体積弾性係数
- l :ブレーキキャリパーピストンストローク
- M :1/4車両質量 m :タイヤ質量
- n :ブレーキ効率 P_h :マスターシリンダ圧力
- P_l :低压側圧力 q :ホイールシリンダ流量
- R :タイヤ半径 r_b :タイヤのブレーキ有効半径
- s :スリップ率 s_1 :増圧バルブ絞り形
- s_2 :減圧バルブ絞り形 T_b :ブレーキトルク
- u_1 :増圧信号 u_2 :減圧信号
- V :ホイールシリンダ容積 v :車両速度
- v_w :車輪速度 η :学習係数
- λ :ブレーキパッド摩擦係数 $\mu(s)$:制動力係数

3. 理論

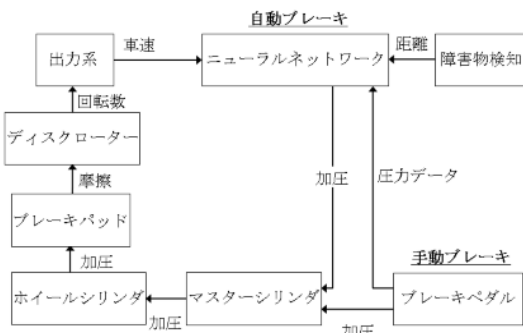


図1 ブレーキアシストシステム構成

本研究では,センサによりブレーキ圧,車間距離,車輪速度が検出可能とし,ニューラルネットワークを適用したブレーキアシストシステム³⁾をシミュレーションにより検討する.ブレーキアシストシステムの概要を図1に示す.

3.1 車両のモデル化

本研究で用いた車両モデルは図2に示す一輪モデル⁴⁾である.図2より車両・車両の運動方程式は次式で表される.

$$M \cdot \frac{dv}{dt} = -\mu(s) \cdot M \cdot g \quad (1)$$

$$\frac{J}{R} \cdot \frac{dv_w}{dt} = \mu(s) \cdot M \cdot g \cdot R - T_b \quad (2)$$

$$T_b = K_b \cdot P \quad (3)$$

$$K_b = 2 \cdot \lambda \cdot A_b \cdot r_b \cdot E_b \cdot n \quad (4)$$

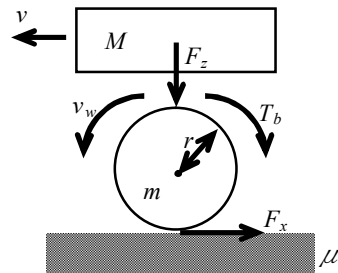


図2 1/4車両モデル

3.2 油圧ブレーキシステムのモデル化

ホイールシリンダ管内の流量を示す

$$q = C_d \cdot s_1 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (P_h - P)}{\rho}} \cdot (l - u_1) - C_d \cdot s_2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (P - P_l)}{\rho}} \cdot u_2 \quad (5)$$

$$q = A \cdot \frac{dy}{dt} + \frac{V}{K} \cdot \frac{dP}{dt} \quad (6)$$

$$\dot{y} = 0 \quad (7)$$

(7),(8),(9)式より,ホイールシリンダ内の圧力変化は次式となる.

$$\dot{P} = \frac{K}{V} \{ C_d \cdot s_1 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (P_h - P)}{\rho}} \cdot (l - u_1) - C_d \cdot s_2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (P - P_l)}{\rho}} \cdot u_2 \} \quad (8)$$

本研究では ABS モデルを考慮する.スリップ率は車輪速度 v_w と車両速度 v から次式で定義される.

$$s = \frac{v - v_w}{v} \quad (9)$$

前式より算出されたスリップ率 s が 0.2 程度のとき,制動力係数 $\mu(s)$ はピークを迎え最大の制動力が得られる.目標スリップ率(≒0.2)に近づけるために ABS アクチュエータのルールベース制御

則を以下のように定める.

$s \leq 0.15$ 増圧 $u_1 = 0, u_2 = 0$
 $0.15 < s < 0.25$ 保持 $u_1 = 1, u_2 = 0$
 $s \geq 0.25$ 減圧 $u_1 = 1, u_2 = 1$

自動的にブレーキシリンダー圧を増減させることで制動力を増減し,スリップ率を制御する⁴⁾.

3.3. ニューラルネットワーク

本研究では,ニューラルネットワークは入力層,隠れ層,出力層各1層からなる3層構造のニューラルネットワークを使用した.入力層には自車速度,障害物との距離を入力し,出力層にはブレーキ力を教師信号として入力した.したがって入力層のユニット数は2,出力層のユニット数は1,また隠れ層のユニット数は30と設定した.図3にニューラルネットワークの構成⁵⁾を示す.

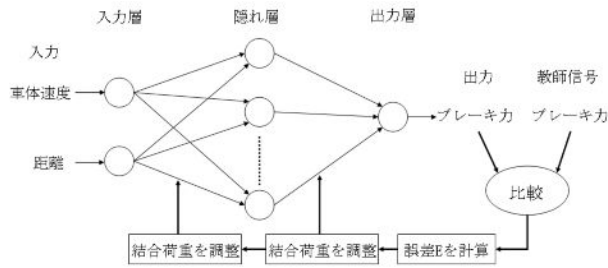


図3 ニューラルネットワークの構造

3.4 ニューラルネットワークの学習

本研究ではニューラルネットワークの学習をバックプロパゲーション法⁶⁾で行った.バックプロパゲーション法のアルゴリズムにおける重みの修正量を計算する式に現れる学習係数の値は $\eta=1.5$ を用いた.本研究では学習に300組の教師信号を用い,教師信号は,車体初速度,車間距離,ブレーキ踏み力を車両モデルの制動シミュレーションより生成した.この教師信号を正規化しニューラルネットワークを学習させた結果,5000回の学習により全教師信号のR.M.S.(二乗平均平方根)値で示す誤差平均は0.0677まで収束した.

4. シミュレーション結果と考察

5000回の学習済みニューラルネットワークを1/4車両モデルを用いて以下の条件でシミュレーションを行った.初期車両速度,27.8[m/s],障害物との初期車間距離を80[m]としてドライバーがブレーキを動作させたときに学習済みニューラルネットワークで時々刻々と算出される必要ブレーキ力を車両に入力しブレーキアシストの効果を確認した.

シミュレーション結果の時系列応答を図4に示す.上から,ドライバーのブレーキ踏み力とニューラルネットワークによる推定された必要ブレーキ力,車両に入力されたブレーキ力,ホイールシリンダ圧,車輪速度と車両速度,障害物との車間距離を示している.図4より,障害物との距離の応答を見ると車両は障害物との距離が0[m]より手前の地点で停止していることから障害物との追突を回避していることが言える.推定された必要ブレーキ力の応答を見ると,学習済みニューラルネットワークにより障害物との距離と自車速度に対応

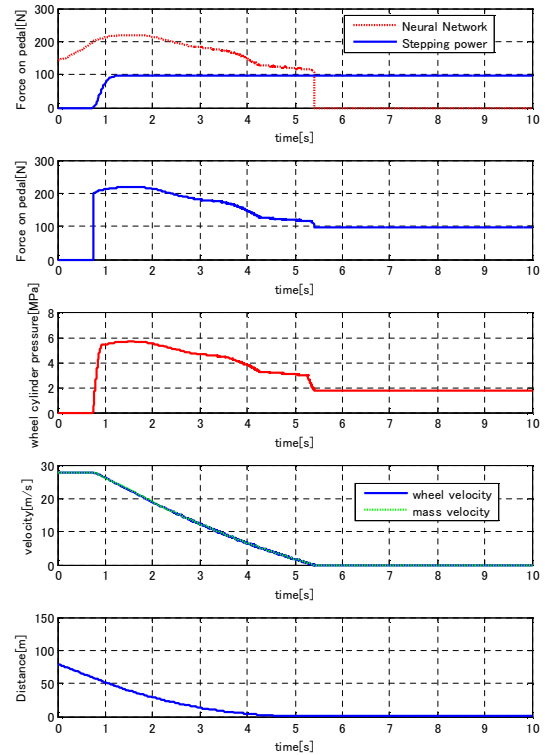


図4 制動シミュレーション結果

して変化し,本シミュレーションでは一旦増加してから減少するような応答となっている.

5. 結言

本研究ではニューラルネットワークを適用したブレーキアシストシステムを提案し,その可能性についてシミュレーションを行いその結果を考察した.その結果ニューラルネットワークにより適切にブレーキアシストが行われ,障害物との衝突を回避できることがシミュレーションから確認できた.

参考文献

- 1) 警視庁,70歳以上高齢運転者事故推移,(2008)
- 2) 熊野学,クルマの新技术用語 車体・新システム編,株式会社グランプリ出版,pp.81,(1999)
- 3) 五十嵐信貴,油圧サーボ系による自動車用追突防止装置の開発,武蔵工業大学修士論文,pp.7-21,(2005)
- 4) 大川進,本田昭,自動車のモーションコントロール技術入門,山海堂,pp.184,(2006)
- 5) 応用事例ハンドブック ニューラルコンピューティング,共立出版株式会社, pp18-35,(2001)
- 6) NEUROSIM/Lによる ニューラルネットワーク入門,日刊工業新聞社, pp75-83,(2003)