原著論文

鉄道車両に対するファジィ推論を用いた滑走防止制御の性能向上†

野中 俊昭*1・遠藤 靖典*2・吉川 広*3

安全性や騒音防止の観点から、鉄道車両の滑走防止制御に対する研究は非常に重要である。しかし、ブレーキというシステムにおいて、滑走という非常に不確実性の高い現象を防止することは容易ではなく、一般的な制御方法というものは存在しないのが実情である。ところで、ファジィ推論は、不確実性の高い制御対象に対して高い有効性を発揮することが知られており、滑走に対しても、同様の効果が期待できる。そこで、本論文では、ブレーキ距離の短縮を第一目的として、鉄道車両に対するファジィ推論を用いた新たな滑走防止制御手法を提案する。本論文で提案する制御手法は、同時に計算量の低減とチューニングの容易化も図っている。また、数値シミュレーションを通して、提案する制御手法によってブレーキ距離の短縮が実現されていることを示す。

キーワード：ファジィ推論、ABS、鉄道車両、粘着係数、代数積、滑走度合、簡略化推論法

1 はじめに

鉄道車両では、降雨時などにおけるブレーキで車輪が滑走・固着（車輪の完全停止）することがあるが、これは、以下の2点の問題を生む。

- ①ブレーキ距離を延ばす。
- ②車輪踏面が損傷する。

①の問題は、急停止を阻むばかりでなく、列車遅延にも繋がるため、安全面からも輸送サービス面からも大きな問題である。②の問題は、走行時における騒音や振動の大きな原因となることから、沿線に対する環境問題に繋がる。

また、滑走という物理現象は、レールと車輪の間の摩擦を伴うが、接触面の粗さやレール上の水膜の厚さ、汚れ、温度など、定量的に特定することが困難な多くの要因に依存した現象であるため、不確実性が非常に高い。一方、こうした不確実性の高い制御対象に対し

ては、ファジィ推論が高い有効性を発揮することが知られている。

そこでこれまで、滑走防止制御(以下、ABS)についての研究・開発が活発に行われ[1]～[12]、①および②の問題に対して一定の成果をあげているが、その中でも特に、ファジィ推論を用いたABS(以下、ファジィABS)[1]～[3]が高い成果をあげている。

ところで、ABSによって①および②の問題を同時に解決することは、困難である。車輪損傷を低減するためにはできるだけ滑走を許容しない方が良いが、ブレーキ距離を短縮するためには滑走をある程度許容する必要があるからである[11]。一方で、滑走を許容すると、固着に至るリスクが高まる。したがって、車輪損傷の低減に比べて、ブレーキ距離の短縮を図ることは容易ではなく、ファジィABSを含め、ブレーキ距離の短縮を図る余地は大きいのが実情である。

そこで本論文では、制御対象の特徴を踏まえ、ブレーキ距離の短縮を第一目的とした、新たなファジィABS(以下、新仕様)を提案する。新仕様は、現在用いられているファジィABS(以下、現状仕様)に比べ、計算量の低減とチューニングの容易化も図っている。また、数値シミュレーションにより、新仕様では現状仕様よりもブレーキ距離の短縮が実現されていることを示す。

2 鉄道車両の機械ブレーキ

2.1 機械ブレーキシステムの概要

鉄道車両の機械ブレーキは一般に、「運転士の操作」(または「ATCなどの保安装置からの指令」と「乗車

† Improvement of Control Performances of Anti-Lock Braking System with Fuzzy Reasoning for Rolling Stock
Toshiaki NONAKA, Yasunori ENDO, Hiroshi YOSHIKAWA

*1 (財)鉄道総合技術研究所 ブレーキ制御、東京都
Brake Control,Railway Technical Research Institute,
Tokyo 185-8540, Japan
小田急電鉄株式会社、東京都
Odakyu Electric Railway Corporation, Tokyo 160-8309,
Japan

*2 筑波大学大学院システム情報工学研究科、茨城県
Faculty of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba, Ibaraki 305-8573, Japan

*3 三菱電機株式会社、兵庫県
Mitsubishi Electric Corporation, Hyogo 661-8661, Japan

図1 ファジィ推論を用いたABSブロック図

図2 BC 圧の流れ

率」に応じた圧縮空気を BC (ブレーキシリンダ)に込めることで車輪踏面に制輪子を押付けている。この押付力と車輪・制輪子間の摩擦係数との積である摩擦力を、ブレーキ力として車軸単位(各軸 2 車輪)に与え、編成としての減速度を生み出している。なお、鉄道車両の減速度は最大で4.5~5.0km/h/s 程度である。

一方、降雨時など、レール面が滑りやすい状態のときに大きなブレーキ力を与えると、車輪が滑走・固着

してしまう。鉄道車両の ABS では、各車軸に TG (速度発電機)を設置し各車軸の速度と加減速度を常時算出することで滑走を検知し、BC 圧 (BC に込めた空気圧力)を AV (作用電磁弁)と RV (弛め電磁弁)の 2 つの電磁弁により速やかに給排気させてブレーキ中の滑走防止を図っている。具体的には、AV は ON 状態で BC 圧の入力を締め切る電磁弁であり、RV は ON 状態で BC 圧を排気させる電磁弁である。従って、通常走行時に

は AV, RV とも OFF 状態 (給気モード) であるが, 滑走を検知した際には, AV, RV とも ON 状態 (排気モード) とすることで BC 圧を速やかに減圧させる。その後滑走が改善してくると, AV を ON 状態, RV を OFF 状態 (保ちモード) とすることでその時点での BC 圧を維持させ, さらに滑走が改善し通常走行に回復しはじめると AV, RV とも OFF 状態 (給気モード) とすることで, 本来のブレーキ力となるよう BC 圧を元の圧力まで給気する。

図 1 には ABS のシステム構成例として, ファジィ推論を用いた ABS のブロック図を, 図 2 には BC 圧の流れを示す。なお, ABS の制御単位は一般に 1 両 = 4 車軸である。

2.2 レール・車輪間の粘着係数

鉄道車両のブレーキ力・加速力は, レール面を車輪が転がる接触面で発生する接線方向の力により得られる。この接線方向の力は粘着力と呼ばれ, 正常状態では静摩擦的な特性を, 滑走・空転・固着状態では動摩擦的な特性をそれぞれ示す。また, このレール・車輪間の粘着力は, 輪重 (車輪にかかる重量) とレール・車輪間の粘着係数により決定される (図 3 参照)。なお, 粘着係数は, 厳密には, 滑走に至る前の最大粘着力を輪重で除した値を指すが, 本論文では, 滑走時を含め, 粘着力を輪重で除した値を指すものとする。

一方, 設計段階では, 押付力から得られるブレーキ力を, 設計上の輪重と粘着係数から算出される粘着力以下となるように決めているが, レール・車輪間の粘着係数は特に変動が激しく, 降雨時には粘着係数が設計値を大きく下回ることがある。このため, 滑走を発生さないためにはいかに粘着係数の低下を防ぐかが重要である。

降雨時の粘着係数は車両の走行速度と車輪のすべり率 (= (走行速度 - 自軸速度) / 走行速度) に依存することが知られており, 高速域ほど, また巨視すべり領域 (すべり率が 0.5% 程度以上の状態で, 動摩擦的な特性を示す領域) においては, すべり率が大きくなるほど, 粘着係数は低下する傾向がある。しかしながらこの傾向は, レールと車輪の接触面の粗さや水膜の厚さ, レ

図 3 ブレーキ力・加速力と粘着力の関係

ール面の汚れ, 温度などによって大きく変化してしまう。また, 巨視すべり領域において, すべり率が 20% 程度までは, レール・車輪間の摩擦による仕事の影響で, 水膜の除去と車輪踏面の粗面化のために, 粘着係数が緩やかに上昇するという試験結果も報告されている [11], [13]。

一方, 複数車両の編成として見た場合, 先頭の車輪ほどレール面における水膜の影響を受け, 後続の車輪ほど水膜の影響が薄れる。さらに, 前の車輪が滑走すると水膜の除去効果が高まり, 後続の車輪は一層滑走しにくくなることも知られている。

これらのことから, 滑走は, 粘着係数のばらつきのために非常に不確実性の高い現象であると言える。また, ファジィ推論を用いたものを含め, 鉄道車両の ABS では, 特に高速域においてある程度の滑走を許容させる設計をしている場合が多い [4], [5], [11] ~ [14]。

3 現状仕様と新仕様

3.1 現状仕様

ファジィ ABS は, 1990 年代はじめに開発・実用化され, 在来線を中心とした鉄道車両に採用されている [1] ~ [3]。以下に, 図 1 に基づき, 現状仕様のファジィ推論部の詳細について示す。

【手順 1】 (図 1—⑤)

基準速度を算出する。なお, ここでいう基準速度とは, ABS の制御で使う走行速度のことであり, ABS 制御対象 (一般に 4 車軸) に含まれる各軸の速度と, 減速度 6.5 km/h/s として仮想的に算出する速度のうち最大速度のものとする。基準速度は, 実際の車両の走行速度と同値ではない。

【手順 2】 (図 1—⑥)

各軸の速度と基準速度から, 各軸の『速度差』と『減速度』を下式により算出する。

$$\text{速度差} = \text{基準速度} - \text{自軸速度}$$

$$\text{減速度} = (\text{自軸速度の前回演算値} - \text{自軸速度の今回演算値}) / \text{演算周期}$$

【手順 3】 (図 1—⑦)

前件部として, 図 4 のようなメンバーシップ関数を設定しておき, 各軸の『速度差』と『減速度』のグレードを算出する。

【手順 4】 (図 1—⑧)

『速度差』AND『減速度』⇒『滑走度合』からなる図 6 の制御規則を構成することで『滑走度合』を推定する。なお, 前件部 AND, 含意規則 (⇒) とともに, min を用いる。

【手順 5】 (図 1—⑨)

後件部『滑走度合』に対して, ファジィ集合として図

5のようなメンバーシップ関数を設定しておく。なお、推論形式は「min-max 合成」であるが、非ファジィ化は重心法ではなく図7のような簡略化推論法に近い方法としている。非ファジィ化して得られた『滑走度合』は0～600の間の値をとり、300で「保ち」、300より大きいと「排気」、300より小さいと「給気」とする。

【手順6】(図1—⑩)

非ファジィ化して得られた『滑走度合』より、AV, RVのON/OFFを決定する。このAV, RVのON/OFFの決定は、『滑走度合』を前件部、『弁のON/OFF』を後件部としたファジィ推論により行っており、手順4と合わせ、多段ファジィ推論を構成している。

【手順7】(図1—⑪)

「高速域での滑走を許容させること」と「外乱による弁の誤動作防止」を主な目的として、一定の速度差が生じるまで弁を動作させない(制御出力をマスクする)よう、基準速度に応じて図8のような制御開始速度差を設定する。

なお、現状仕様では、固着防止を徹底するためにひとつの滑走時間をできるだけ短くすることを優先し、そのためには、必ずしもファジィ推論による推論結果に忠実に出力する必要はないものとしている。そのために後件部のパラメータ設定と合わせ、制御開始速度差を制御出力に活用している。

3.2 新仕様

新仕様について、以下(1)～(6)に示す。

- (1) 前件部『速度差』の代わりに『すべり率』を用いる(図4参照)。

この理由は、以下の2点である。

- ① レール・車輪間の粘着係数は『すべり率』に依存するため、前件部に『速度差』を用いると、車両の速度域に応じて検知感度が異なってしまう。特に、滑走すると固着に至りやすい低速時において、

検知感度が低下してしまう。

- ② 全軸滑走時、制御で用いている走行速度と実際の走行速度は同一とならないため、『速度差』も『すべり率』も制御で用いる値と実際の値とで誤差が生じるが、その誤差割合は『速度差』の方が『すべり率』よりも大きい。
- (2) 前件部からVPM, BPMを削除し、BNS, BNM, BNBをBNに統合する(前件部パラメータを9個⇒5個、制御規則を28個⇒12個にそれぞれ削減、図4, 6参照)。

この理由は、以下の2点である。

- ① 現状仕様では、前件部にVPM, BPM(減速度中、速度差中)を設定しているが、人間の感覚として減速度やすべり率の大-中-小の3段階選別は難しい。うえ、滑走が回復していく過程(再粘着過程)であるBNS, BNM, BNB(加速度小-中-大)は、制御上、細分して緻密に制御するほどの状態ではない。
- ② 現状仕様では、前件部パラメータ、制御規則がそれぞれ9個、28個と多く、チューニングが難しい。
- (3) 前件部『減速度』のBZOを三角形から台形に変更する。(図4参照)

この理由は、三角形の場合、4.5km/h/s程度以下の減速度が正常なブレーキ中であるにも関わらず、BPS(滑走小)のグレードが現れてしまうためである。

- (4) 前件部ANDの演算子をminから代数積に変更する(図7, 9参照)。

この理由は、以下の2点である。

- ① minは強い非線形性を持つため、一般に代数積の方が高い制御性能を示す場合が多い[15]。
- ② 代数積は、後件部を算出する際に分母が常に1となる[15]～[17]ため、演算回数の低減にも貢献する。

図4 前件部メンバーシップ関数

なお、前件部 AND の演算子として限界積を比較対象としないのは、2つの前件部のグレードがすべて0.5近傍となった場合、限界積の演算結果が0近傍となることから、すべての制御規則で後件部のグレードが0近傍となり制御不能となる恐れがあるためである。図9—①～③を比較しても限界積のグラフには滑らかさがなく、制御の不安定さが確認できる。

(5) 後件部『滑走度合』をシングルトンとし、簡略化推論法を用いる (図5参照)。

この理由は、以下の2点である。

- ①現状仕様では、後件部『滑走度合』をファジィ集合としているが、人間の感覚として『滑走度合』をファジィ集合で表現することは不自然なうえ、結果的に後件部の設定の自由度を奪っている。
 - ②現状仕様における非ファジィ化の計算方法は簡略化推論法に近いことから、後件部をファジィ集合にしているメリットが失われているうえ、簡略化推論法よりも計算量は多くなっている。
- (6) 制御開始速度差による制御出力マスク領域を大幅

図5 後件部メンバーシップ関数

減速度 速度差	減速度						
	BNB	BNM	BNS	BZO	BPS	BPM	BPB
VZ0	NB	NM	ZO	ZO	ZO	ZO	ZO
VPS	NM	NM	NS	ZO	PS	PS	PS
VPM	NS	NS	NS	ZO	PS	PS	PM
VPB	ZO	ZO	ZO	ZO	PM	PM	PB

減速度 すべり率	減速度			
	BN	BZO	BPS	BPB
SZ0	0	0	330	400
SPS	80	150	400	500
SPB	150	300	500	600

図6 制御規則

図7 滑走度合の算出

に縮小する (図 8 参照)。

この理由は、以下の 2 点である。

- ①現状仕様では、制御開始速度差の設定により制御出力を大きくマスクしているため、ファジィ推論による推論結果を十分に活かしていない。
- ②現状仕様では、不連続な制御出力が多くなる。

図 8 制御開始速度差比較

4 数値シミュレーション

4.1 数値シミュレーションの方法および結果

現状仕様と新仕様を数値シミュレーションにより比較する。数値シミュレーションの制御条件を表 1 に、レール・車輪間の粘着係数モデルを図 10 に示す。表 1、図 10 とともに、実際の在来線車両や実験値に則したものである。

なお、滑走軸が発生した場合には、後続軸の粘着係数が増加するようなモデルとしているほか、レール・車輪間の接触面の粗さや温度などの要素を考慮し、各軸の粘着係数に、個別に外乱 (有色ノイズ) を加えている。

また、数値シミュレーション結果として、ブレーキ距離、AV, RV の動作回数、BC 圧の給気総量比較を表 2 に、現状仕様に対して、3.2 節で述べた新仕様の (2), (4), (5) を個別に加味した場合のブレーキ距離を表 3 に、現状仕様と新仕様の制御状態グラフを図 11 に示す。なお、各制御パラメータは、実際の在来線車両に則した範囲でチューニングを行っている。

図 9 前件部 AND に用いる演算子ごとの滑走度合

表 1 数値シミュレーションの制御条件

項目	値	単位
ブレーキ初速度	100	km/h
演算周期	20	ms
輪重	4000	kg
制輪子の摩擦力/1軸	11000	N
制輪子摩擦係数	一定	
車輪直径	860	mm
1軸当たりの慣性	60	kg・m ²
BC 圧の無駄時間	0.05	s
BC 圧の時定数	1.2	s
制御軸数	4 軸 (1 両)	
制御方式	各軸

図10 数値シミュレーションの粘着係数モデル

4.2 数値シミュレーションに対する考察

- (1) 現状仕様と比べて、新仕様の方が約8.5m ブレーキ距離が短くなっている。新仕様ではブレーキ距離の短縮を第一目的としていることから、このことは現状仕様に対する新仕様の優位性をもっとも表していると言える。
- (2) 新仕様のブレーキ距離が短くなった理由として、3.2節で述べた新仕様(1)～(6)の他、後件部の設定に対する設計思想の違いがある。

3.1節の手順7でも触れたが、現状仕様では、設計思想として、固着防止を徹底するためにひとつの滑走時間を短くすることを優先し、そのためには、必ずしもファジィ推論による推論結果に忠実に出力する必要はないものとしている。従って、前件部が、再粘着過程 (VP* and BN*) や滑走のない正常状態 (VZO and BZO) における出力を、保ちモードとすることで速やかな再粘着を促し、制御開始速度差によって、保ちモードから給気モードに切り替えるような制御としている。つまり、現状仕様は、制御開始速度差を活用することを前提とした推論構成で設計している。

一方、新仕様では、設計思想として、ブレーキ距離を短くすることを優先するために無理に再粘着を促さず、かつ、制御開始速度差に依らず、ファジィ推論による推論結果にできるだけ忠実に出力することを目指している。従って、再粘着過程や正常状態における出力を、給気モードとなるような推論構成で設計している。

現状仕様、新仕様のこうした違いから、図11からもわかるとおり、新仕様は無理に正常状態に戻さず、いわゆる連続滑走状態を許容することでレール・車輪間の粘着改善を図り、結果として、現状仕様に比べてブレーキ距離が短くなっているものとする。

- (3) 表2より、新仕様は現状仕様に比べ、BC 圧の給排気量が少ない一方、AV, RV の動作回数は多くなっている。

これらのことは、ブレーキ距離を短くするには、BC 圧をなるべく排気させないようにすることが有利であり、そのためには緻密に給排気をさせるよう、弁の動作回数を増やす必要があることを示している。また、保守低減の観点では、新仕様には、空気消費量の低減というメリットと、弁の動作回数増加というデメリットがあることを示している。

- (4) 表3より、新仕様(2)によって、前件部パラメータを9個⇒5個、制御規則を28個⇒12個としても、

表 2 数値シミュレーション結果

	ブレーキ距離 [m]	AV, RV の動作回数 [回]			BC 圧の給気総量比較 [kN] ※制輪子摩擦力換算
		AV	RV	合計	
現状仕様	375.6	45	35	80	89.4
新仕様	367.1	68	24	92	62.1

表 3 現状仕様に対して新仕様(2), (4), (5)を個別に加味した場合のブレーキ距離

	現状仕様	現状仕様+新仕様(2)	現状仕様+新仕様(4)	現状仕様+新仕様(5)
ブレーキ距離 [m]	375.6	374.4	375.6	370.9

図11 AV, RV の動作回数, 制輪子の摩擦力, 速度の比較 (数値シミュレーションチャート)

また, 新仕様(4), (5)によって, 前件部 AND の演算子を代数積に, 後件部をシングルトンとして簡略化推論法を用いても, 現状仕様よりもブレーキ距離が延びていないことがわかる. このことは, 新仕様では制御性能を下げることなく, チューニングの容易化と計算量の低減を図っていることを示

している.

以上より, 新仕様は, 現状仕様に比べ, 弁の動作回数は増加するものの, ブレーキ距離を短縮させたうえで, 計算量の低減, チューニングの容易化および空気消費量の低減を図っていることがわかる.

5 おわりに

本論文ではファジィ推論を用いた ABS に対して、ブレーキ距離の短縮を第一目的とした新たな制御構成(新仕様)を提案し、数値シミュレーションによって、新仕様が現状仕様に比べてブレーキ距離の短縮が図れることを示した。このことから、新仕様は、安全面および輸送サービス面に大きく寄与することが期待できる。

また、新仕様では、ブレーキ距離の短縮だけでなく、計算量、チューニングにおいて、現状仕様よりも優位性を与えることができた。これらのことは、ABS の制御プログラムの簡素化とともに、ABS を使用開始する前に行う現車試験の簡略化が図れることを示しており、ABS の品質管理面に対する貢献が大きいと言える。

今後は、現車試験によって新仕様の制御性能を実証していく。

謝 辞

本研究を進めるにあたり協力いただいた、財団法人鉄道総合技術研究所 OB の大山忠夫氏ならびに同研究所ブレーキ制御研究室各位に対し、心より感謝の意を表します。

参 考 文 献

- [1] 塩見：New Anti-Skid Control System Applying Fuzzy Control Technique, 鉄道高速化国際会議論文集, Vol.2, No.2, pp.128-222, 1993-11
- [2] 塩見, 板野：FUZZY 制御応用 ANTI-SKID 制御装置, 日本機械学会第 3 回交通物流部門大会講演論文集, No.940-57, pp.237-240, 1994-12
- [3] 宮路, 佐藤, 飯田：各停通勤車両の滑走防止制御装置の使用実績と在来線車両への展開の模索, 日本機械学会第 6 回交通物流部門大会講演論文集, No.97-13, pp.111-114, 1997-7
- [4] 熊谷, 長谷川：「すべり率滑走制御」の導入による高速化・高減速度化, RRR, Vol.53, No.10, pp.18-21, 1996-10

- [5] 長谷川, 茅島：在来線140km 化のためのブレーキ技術, 鉄道総研報告, Vol.13, No.10, pp.35-40, 1999-10
- [6] 電気学会：鉄道車両における粘着制御技術, 電気学会技術報告第673号, 1998-4
- [7] 熊谷, 長谷川, 川口：車輪滑走およびフラット発生のメカニズム, 鉄道総研報告, Vol.5, No.7, pp.33-41, 1991-7
- [8] 川口, 渡邊, 大江, 玉置：高粘着・高減速ブレーキシステムの開発, 日本機械学会第 3 回交通物流部門大会講演論文集, No.940-57, pp.241-244, 1994-12
- [9] 四方, 塩見, 増田：ファジィ制御を用いた滑走再粘着制御, 電気学会全国大会, No.988, pp.8-212-8-213, 1992-3
- [10] M. Boiteux : Les antienrayeurs modernes Principes constructifs, Revue generale des chemins de fer, Vol.105, No.61, pp.73-81, 1986-2
- [11] M. Boiteux : Le probleme de l'adherence en freinage, Revue generale des chemins de fer, Vol. 105, No.61, pp.59-72, 1986-2
- [12] 大山, 内田：車輪/レール接触における巨視滑りまでの粘着力の挙動, 日本機械学会論文集60巻574号 C 編, pp.2096-2102, 1994-6
- [13] 大山：粘着の話, レールアンドテック出版, 2002-12
- [14] 内田：新幹線のブレーキシステム, レールアンドテック出版, 2001-3
- [15] 日本ファジィ学会：講座ファジィ第 2 巻「ファジィ集合」, 日刊工業新聞社, pp.187-226, 1992-12
- [16] 水本：ファジィ制御の改善法(IV), 第 6 回 Fuzzy System Symposium, pp.9-13, 1990-9
- [17] 水本, 山田：ファジィ推論法による補間(2), 第 8 回 Fuzzy System Symposium, pp.217-220, 1992-5
(2003年 8 月10日 受付)
(2004年 5 月24日 採録)

[問い合わせ先]

〒185-8540 東京都国分寺市2-8-38

財団法人 鉄道総合技術研究所

車両制御技術研究部 ブレーキ制御

野中 俊昭

TEL: 042-573-7286

FAX: 042-573-7259

e-mail: nonaka@rtri.or.jp

toshiaki nonaka@odakyu-dentetsu.co.jp

著者略歴

の なか としあき
野中 俊昭 [非会員]

平成3年 早稲田大学理工学部電子通信学科卒, 平成5年 同大学院理工学研究科修了, 同年小田急電鉄株式会社入社, 平成14年 鉄道総合技術研究所へ派遣となり, 現在に至る. 鉄道車両のファジィABS制御に関する研究, 鉄道車両の設計に従事. 日本機械学会会員.

よしかわ ひろし
吉川 広 [非会員]

平成6年 大阪市立大学理学部化学科卒, 平成6年 株式会社カコテクノス入社, 同年三菱電機株式会社へ派遣となり, 現在に至る. 鉄道車両のファジィABS制御に関する研究, 鉄道車両のブレーキに関する設計・開発に従事.

えんどう やすのり
遠藤 靖典 [正会員]

平成2年 早稲田大学理工学部電子通信学科卒, 平成7年 同大学院理工学研究科博士後期課程了, 博士(工学), 平成6年 早稲田大学理工学部助手, 平成9年 東海大学工学部講師, 平成13年 筑波大学機能工学系講師を経て, 平成16年 筑波大学大学院システム情報工学研究科助教授となり, 現在に至る. 鉄道車両のファジィABS制御に関する研究, ファジィ理論を用いたシステムの変動解析に関する研究, クラスタリングに関する研究に従事. 電子情報通信学会平成5年度論文賞, 同学会同年度米澤ファウンダーズ・メダル受賞記念特別賞, 同学会平成6年度学術奨励賞, 日本ファジィ学会平成8年度奨励賞各受賞. 日本知能情報ファジィ学会, 電子情報通信学会各会員.

Improvement of Control Performances of Anti-Lock Braking System with Fuzzy Reasoning for Rolling Stock

by

Toshiaki NONAKA, Yasunori ENDO, Hiroshi YOSHIKAWA

Abstract :

From the viewpoint of safety and noise reduction, the study on anti-lock braking systems of rolling stock is very important. But, the skid of wheels of rolling stock is strongly uncertain phenomenon so that it is too hard to control it and there are no general guides to construct anti-lock braking systems. By the way, it is well-known that fuzzy reasoning is available to controlled systems with strong uncertainty. Thus, we can consider that fuzzy reasoning is also available to braking systems of rolling stock. In this paper, we propose a new anti-lock braking system with fuzzy reasoning for rolling stock in order to shorten braking distance. The proposed system can realize not only shortening of braking distance but also reduction of calculational volume and facilitation of tuning. Moreover, we show that the proposed system can shorten braking distance through numerical simulation.

Keyword :

Contact Address : **Toshiaki NONAKA**

Brake Control, Railway Technical Research Institute, Tokyo 185-8540, Japan

TEL : 042-573-7286

FAX : 042-573-7259

e-mail : nonaka@rtri.or.jp

toshiaki nonaka@odakyu-dentetsu.co.jp