

新

An Active Suspension System for Railway Vehicles

幹線車両の新技术

— 鉄道車両用動揺防止制御システムの開発 —

はじめに

東日本旅客鉄道(株)(以下、JR東日本)の新幹線ネットワークは、現在東北、秋田、山形、上越、長野の5方面に伸びているが、2002年末の東北新幹線八戸開業により、更なるネットワーク拡大をめざしている。新幹線車両についても、このネットワーク拡大に伴い新車両の投入が行われるが、新車両には高速化による到達時分の短縮や、車内快適性等のサービス向上が求められている。これらの要求、要望に対し、これまで採用されていなかった新技术を導入することにより解決を図るものもあり、本稿では特に高速走行時の乗り心地向上に関する新技术について紹介する。

鉄道車両用動揺防止制御システムの開発と導入

鉄道輸送において、今日高速化への取組みが種々行われており、新幹線車両においてもJR各社が盛んに最高速度向上の研究を行っている。こうした状況の中、高速走行時に良好な乗り心地を提供することは、鉄道事業者として非常に重要な課題であり、また務めでもある。従来、鉄道車両の乗り心地

の改善のためには、軌道の精度向上やサスペンションとしての台車を構成するばね・ダンパ等の特性を適切に選定することによって対応してきたが、高精度な軌道管理は大幅なコスト増を招くため、車両側での対応が望まれている。だが、最適なサスペンションを検討しても、現時点では2次ばね系、特に空気ばね系の固有振動数である1~3Hzの振動成分をさらに大幅に低減することは難しく、飛躍的な乗り心地改善のためにはアクティブサスペンションの開発が不可欠であり、アクティブ制御の技術を用いた空気圧式の車両動揺防止制御システムを開発し、導入することとした。

アクティブ制御の概要

アクティブ制御理論は、振動の制御に適する「 H_{∞} 制御」を採用している。車両の動揺防止には、1~3Hzの低い周波数帯の動揺成分を効果的に低減させ、そもそも制御できない高い周波数帯に対しては制御による悪影響を小さくするようにしている。「 H_{∞} 制御」は、この「周波数整形問題」と呼ばれる問題を解くことに適した制御として、いくつかの制御理論の中から採用した。

なお、アクティブ制御には、車体の振動に対し、ダンパ定数を制御するこ



藤野 謙司
Kenji FUJINO

1965年11月生まれ
1989年東京工業大学工学部制御工学科卒業
1991年東京工業大学大学院理工学研究科制御工学専攻修了

■主として行っている業務・研究
・新幹線車両の開発・設計

■所属学会および主な活動

計測自動制御学会、日本鉄道車両機械技術協会

■勤務先

東日本旅客鉄道(株) 鉄道事業本部 運輸車両部 企画課 車両開発PT 主席

(〒151-8578 東京都渋谷区代々木2-2-2/

E-mail : k-fujino@jreast.co.jp)

とにより減衰力を変化させるセミアクティブ制御と、車体の振動を外力により積極的に打ち消すフルアクティブ制御があるが、本稿ではフルアクティブ制御を取り上げることとする。

フルアクティブ制御システムの構成

フルアクティブサスペンションとは、従来のサスペンションがレールからの外乱をばねやダンパを用いて、車体の振動を受動的に遮断しているのに対し、フィードバック制御により、外部からエネルギー(空気圧)を供給して振動を積極的に打ち消すものである。フルアクティブ制御システムの主な構成要素は、空気圧により車体の動揺を制御するアクチュエータと制御効果向上を目的とした切替ダンパ、車体振動を測定する加速度センサ、加速度データから制御信号を演算して送り出す制御器と、制御信号に応じてアクチュエータへ空気を送る電磁弁である。アクチュエータと切替ダンパは台車と

図1 フルアクティブ制御システムの構成

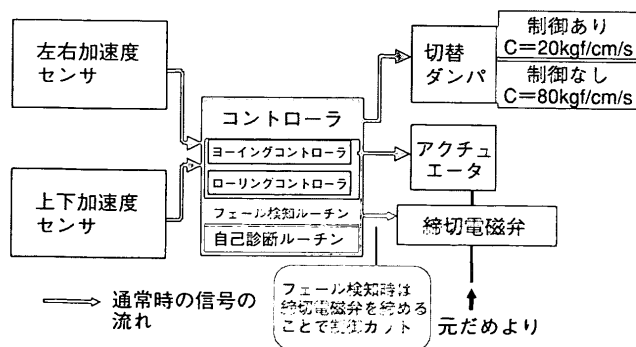
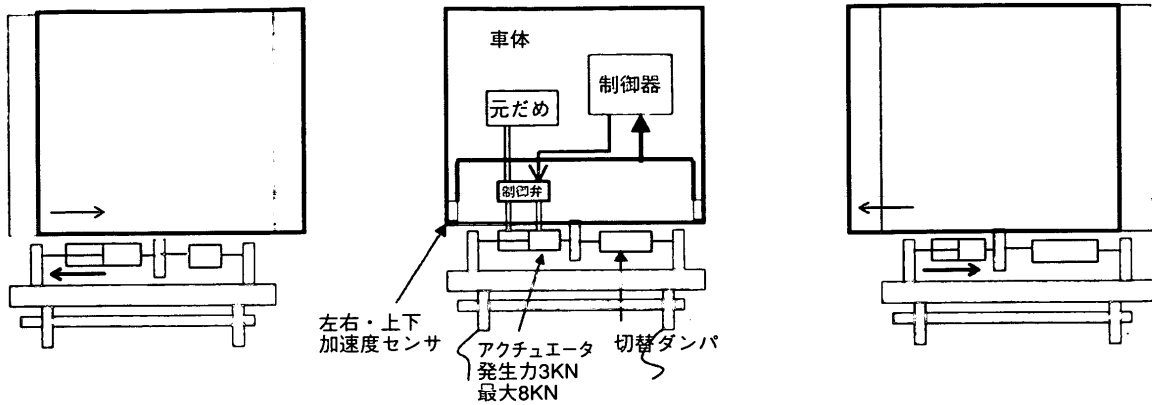


図2 フルアクティブ制御の構成図



車体間に配置し、制御器と加速度センサ、電磁弁は車体に取り付けられている。フルアクティブ制御システムの構成図を図1、2に示す。また、これらの機器の車体配線、配管を含めた構成図を図3に示す。

フルアクティブ制御システムの走行試験結果

フルアクティブ制御システムを実際の車両に搭載し、東北新幹線区間で乗り心地測定試験を実施した。その試験結果を図4に示す。このデータは、速度275km/h、直線明かり区間（トンネル以外の区間）での最後尾車両のものである。最後尾車両のデータとなっているのは、走行によって車体側面を流れる風が車両後方で乱れ、そのために最後尾車両がもっとも振動が大きいからである。この結果を見てわかるように、アクティブ制御を導入することにより左右振動加速度が抑制されており、乗り心地の改善が図られていることがわかる。

おわりに

自動車では普通の技術となっているアクティブサスペンションだが、鉄道車両ではようやく導入が始まったところである。特に、車体動揺を積極的に抑えるフルアクティブサスペンションは、本格的に導入した車両がこれまで存在していなかった。JR東日本では、八戸開業用に先行開発したE2系1000番代車両1編成にアクティブサスペンションを搭載し、すでに営業列車として運行している。また、今後は最高速度275km/hで走行するE2系、

図3 フルアクティブ制御システム配線・配管構成図

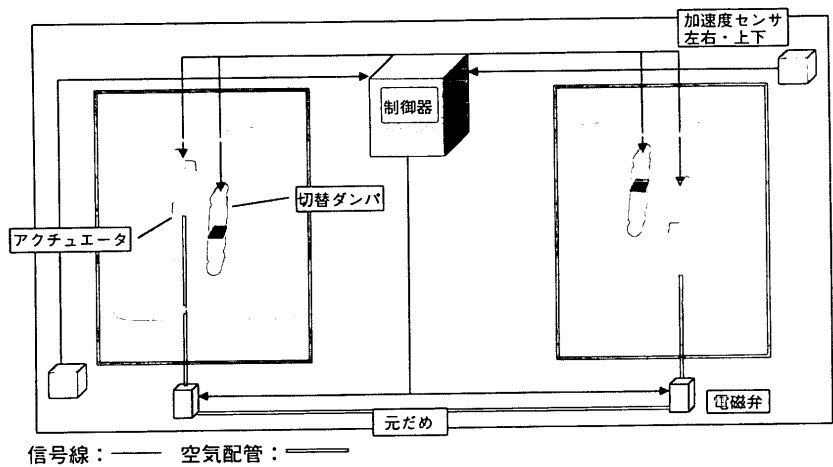
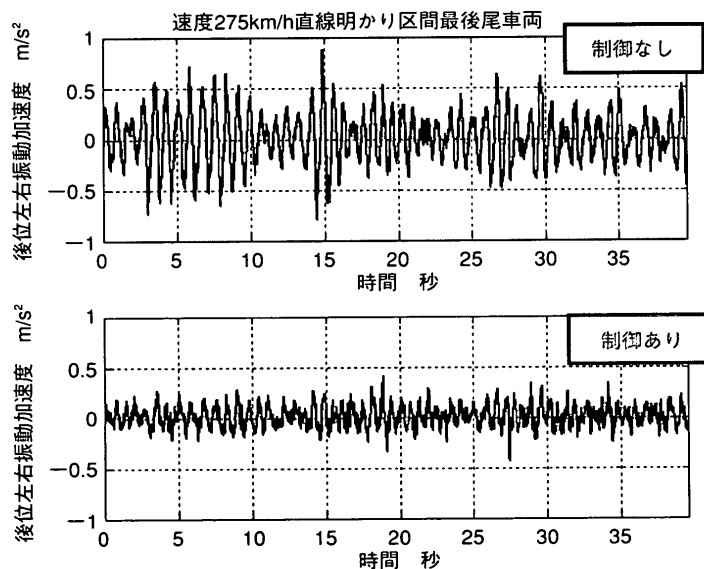


図4 フルアクティブサスペンションによる乗り心地改善試験結果



E3系全編成にアクティブサスペンションを搭載する計画である。フル・セミアクティブサスペンションは、具体的には両先頭車両とグリーン車両にはフルアクティブサスペンションが、その他の車両にはセミアクティブサスペンションが搭載される。また、一部の

E2系車両には、これも車体振動抑制効果のある車体間ダンバも搭載する。これら機器の搭載により、275km/hでの乗り心地が飛躍的に向上することになる。一度、アクティブ制御の乗り心地を体験してみたいでしょうか。