



Title	Modeling, Decoupling and Robust H^∞ Control of Automobile Active Suspension Systems
Author(s)	早川, 喜三郎
Citation	大阪大学, 1994, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/38775
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 ＜a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed >大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名 早 川 喜 三 郎

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 1 1 3 8 3 号

学 位 授 与 年 月 日 平 成 6 年 3 月 25 日

学 位 授 与 の 要 件 学位規則第4条第1項該当
工学研究科産業機械工学専攻

学 位 論 文 名 Modeling, Decoupling and Robust H^∞ Control of Automobile
Active Suspension Systems (自動車のアクティブサスペンション
系のモデリングと非干渉化およびロバスト H^∞ 制御)

論 文 審 査 委 員 (主査)
教 授 木 村 英 紀
教 授 土 屋 和 雄 教 授 児 玉 慎 三

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、車両の全体モデルに基づいた自動車のアクティブサスペンション系に対するロバスト制御方法を提案したものである。非干渉化法が H^∞ コントローラ設計に組み込まれることによって実装が容易になり、また得られた制御系は優れた性能を達成することが実験により示されている。

油圧アクチュエータのダイナミクスを含んだ 10 自由度の非線形モデルを系統的にしかも簡単に導くために Kane の力学を用いている。そのモデルの妥当性を実験データの検証を通して示している。サスペンションの制御で現在用いられている状態フィードバックは測定器を数多く必要とするため、観測量が少なくすむ出力フィードバックが実装の観点から望ましい。しかし、ロバスト性を考慮した出力フィードバック制御がアクティブサスペンション系のような多変数系に対して用いられる場合にはその設計は一般に複雑でそのコントローラは高次になる。したがって、ロバスト性を考慮した出力フィードバック制御は計算時間が多くかかり制御性能の向上が期待できない。本研究では、設計の容易さとコントローラの次数低減のためにアクティブサスペンション系を入出力非干渉化することを提案し、車両系の入出力関係が非干渉化できることを Freund の方法に基づいて示し、その物理的な意味を明らかにしている。さらに、入出力非干渉化したシステムの非干渉性に対するパラメータ変動の影響をシミュレーションと理論解析によって調べている。車体の運動に対して（ヒープ、ピッチ）モードと（ロール、ワーブ）モード間の非干渉性がシステムのパラメータ変動に対して非常にロバストであることを示している。そして線形化したモデルに対してはこの性質に対応した 2 つの部分システムに非干渉化できることを示している。 H^∞ コントローラの導出において車両モデルの不確かさに対してロバスト性を保証するように H^∞ コントローラを設計している。そのコントローラを実車に実装し、その制御性能をシミュレーションと実験により検討している。その結果、提案したアクティブサスペンション系の出力フィードバック制御は従来のパッシブサスペンションに比べて乗り心地と操縦性を向上させていることがわかった。提案した方法がモード間の非干渉化を利用して計算時間を短縮させ、さらに状態フィードバックと比べてセンサが少なくすむことはその実装における優位性を示唆している。

論文審査の結果の要旨

自動車のサスペンションシステムは、自動車と路面の接点となり自動車の走行性能を左右する重要な部分である。サスペンションシステムの主要な機能は次の2つである。ひとつは路面の凹凸の影響を車体から遮断することによって乗り心地を向上させることであり、他のひとつはタイヤが路面と十分にしかも無理なく接触することによって操縦安定性を保持することである。従来のコイルバネとショックアブソーバを用いたサスペンションでは乗り心地の向上と操縦安定性の保持は互いに矛盾する関係にあり両者を両立させることは難しい。この限界を超え乗り心地と操縦安定性の両方を満足させるために開発が進められているものが、直接パワーを注入することによってサスペンション力を制御する能動サスペンションシステムである。

本論文では自動車を1つの剛体と4つの質点（車体と4つの車輪）が結合した動力学系として捉え路面環境との相互作用を力学的に記述するトータルな自動車のモデルにもとづく能動懸架系の総合的な制御系を提案している。得られた成果を要約すると以下ようになる。

- (1) Kaneの剛体力学を用い、自動車のトータルな走行モデルを体系的な手法で簡単に導出し、表現した。
- (2) 非線形フィードバックによって各モードが完全に非干渉化できることを示し、その動力学的根拠を明らかにした。
- (3) 線形化されたモデルは、主要な4つのモード（ヒープ、ロール、ピッチ、ワープ）の内、適当な相似変換によって（ヒープ、ピッチ）モードと（ロール、ワープ）モードが完全に非干渉化されることを示した。
- (4) 非干渉化された線形モデルに対し、モデルの不確かさを考慮したロバスト制御を H^∞ 制御理論を用いて構成し、その性能をシミュレーションによって検証した。
- (5) 得られた制御系を実際の商用車に実装し、走行実験によってその性能が良好であることを検証した。

以上得られた結果は、先端的な制御理論をきわめて複雑な機械動力学系に適用することによってその有効性を示した。また、制御系を商用車に実装することによってその効果を実証した点で、シミュレーションにとどまっていたこの分野の水準を一步超えたものである。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。