

氏名	ぐえん ちい ほん NGUYEN CHI HUNG
学位(専攻分野)	博士(工学)
学位記番号	博甲第 518 号
学位授与の日付	平成 20 年 9 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 3 条第 3 項該当
研究科・専攻	工芸科学研究科 設計工学専攻
学位論文題目	Studies on Design of Passive Suspension System for Railway Vehicles (鉄道車両のパッシブサスペンションシステムの設計に関する研究)
審査委員	(主査)教授 曽根 彰 教授 村田 滋 教授 木村 浩 准教授 増田 新

### 論文内容の要旨

本研究は鉄道車両のパッシブサスペンションシステムの設計を取り扱っている。

第 1 章は、サスペンションシステムのバックグラウンドを与えることによって、この論文における調査に関する動機を提示している。さらに、パッシブサスペンションシステムとアクティブ・サスペンションシステム、そして定点理論が適用された古典的設計法と制御理論が適用された新しい設計法の一般的な比較を提示している。この研究への目的とアプローチについて議論している。

第 2 章はこの研究に伴うパッシブサスペンションシステムを設計するために適用される 2 つの設計法の方法論を与えている。まず最初に、2 自由度のシステムのための古典的な設計法の適用が提示されている。車体加速度の周波数応答曲線の 3 つの定点の存在を調べている。これらの 3 ポイントの最適の位置を選ぶことによって、設計者はサスペンションシステムのための最適のパラメータを設計できる。2 番目に制御理論を用いた新しい方法が確立されて、フィードバック制御の視点から問題を見ることができて、パッシブサスペンションシステムのパラメータの選択と最適化は制御問題になる。したがって、パッシブの機械システムの多くの難問が構造的な制御のフレームワークで御しやすくなる。本章は、古典的な方法の制限を避けるためにパッシブサスペンションシステムを設計する際にフィードバック制御理論を適用するのが、解の 1 つであることを示している。

第 3 章は 2 自由度パッシブサスペンションシステムを設計することにおける、新しい方法の適用について記述している。2 つの方法の結果と適切な能力の間の比較を与えることによって、それぞれの方法の弱点と利点を明らかにしている。

第 4 章において、システムの自由度は 6 自由度に増加された。6 自由度でパッシブサスペンションシステムを検討することによって、本章では、モデルが現実の状況に近づくまでにシステムの自由度が増加できるかもしれないことを表している。これは古典的な設計法と比較してパッシブサスペンションシステムのデザインに制御理論を適用する利点を明らかにしている。

第 5 章では新しい方法でサスペンションシステムを設計するために適用されるロバストな設計について議論している。本章は、エンジニアリング・システムを設計することにおける重要な要素がいくつかのパラメータの不確実性であると言及している。それは、システムの自然な偶発性、限られたデータ、または知識不足から発している。本章の良いパッシブサスペンションシステムの概念は自重の最も一般的な変化に対して良い操作を提供するパッシブサスペンションシステムである。本章では車体が満員か空での荷重の 2 つの状態でロバスト性能を持った 2 自由度のパッシブサスペンションシステムの設計法を提案している。本章は、特に制御理論の利用によってロバストネスを持った 2 自由度のパッシブサスペンションシステムを設計できるように確認して、さらに一般に、多自由度パッシブサスペンションシステムの設計のロバストネスにおける制御理論の適用性の見通しを確認した。

第 6 章は研究の結論と概要をまとめている。本章の目的は、この論文をまとめて、提示したそれぞれの方法の弱点と利点を決定することである。また、鉄道車両サスペンションの分野での今後の調査のための課題を章の終わりで議論した。

### 論文審査の結果の要旨

申請者は、鉄道車両のパッシブサスペンションシステムの新たな設計法に取り組み、特に、フィードバック制御理論を利用することによって、設計上の問題はフィードバック制御の問題に置き換えることに着目した。その結果、フィードバックゲインは最適化されるためのサスペンションパラメータで構成された分散マトリクスになることが分かった。系の  $H$  ノルムを最小にすることは、系の周波数特性の大きさのピークを抑圧することを意味するので、パッシブサスペンションシステムのパラメータ最適化が、双線形行列不等式(BMI)問題によって解かれる  $H$  ノルムの静的な出力フィードバック問題になる。この BMI 問題を解決する最も簡単な方法の 1 つは代替のアルゴリズムである。そのアルゴリズムは線形行列不等式(LMI)によって解析と統合との交互の繰り返しの計算から得られる。したがって、パッシブサスペンションシステムの設計による多くの難問が構造化されたコントロールの枠組みで御しやすくなる。この設計法を適用することによって、設計モデルが現実の状況に近づくまで、その自由度は増加でき、そして、そのうえ、2 以上のサスペンションシステムのパラメータのロバスト性を考慮して設計することができる。この提案した方法の性能と計算効率を示すために 2 自由度系、6 自由度系、およびロバスト設計に対応する 3 つの設計上の問題を取り上げ、従来の方法と比較した。本研究成果は、鉄道車両設計技術において新規な提案を与えたものであると共に、この技術の発展に大いに貢献できるものであると考えられる。

以上により、本論文は学位論文としての水準を満たしていると判断した。尚、本学位論文は、以下 3 編のレフリー制のある学術論文誌、国際会議等の論文集を基に構成されており、そのいずれも申請者が筆頭著者である。

- (1) Hung Chi Nguyen, Akira Sone, Daisuke Iba and Arata Masuda, Design of Passive Suspension System of Railway Vehicles via Fixed Points Theory and Control Theory, Proceedings of 12<sup>th</sup> Asia Pacific Vibration Conference (AVC2007) CDROM, Paper No.21,

- (2) Hung Chi Nguyen, Akira Sone, Daisuke Iba and Arata Masuda, Design of Passive Suspension System of Railway Vehicles via Control Theory, Journal of System Design and Dynamics(JSDD), Paper No. 06-0193, Vol.2, No.2, pp.518-527. 2008..
- (3) Hung Chi Nguyen, Akira Sone, Daisuke Iba and Arata Masuda,, Robust Design of Passive Suspension System of Railway Vehicles via Control Theory, Proceedings of 2008 ASME Pressure Vessels and Piping Division Conference, CDROM, Paper No.PVP2008-61060, pp.1-6.2008