

論文の内容の要旨

論文題目 自動車の操縦性安定性の基本設計と
これに基づくシャシー制御に関する研究

氏名 山本 真規

線形域から限界域にわたり、シンプルなモデルを用いて、見通しの良い操縦性安定性の解析設計手法を構築するとともに、それらに基づき、各運動領域で有用な、論理的で実用的なシャシー制御手法を提示し、その具現化に導いた研究である。

第1章は「序論」であり、研究の目的と論文の構成を述べた。

第2章は、「操縦性安定性の基本計画」と題し、操縦性安定性の基本計画手法について述べた。実際の車両諸元と対応が取りやすい正規化パラメータを用いて、線形2自由度モデルを表現することにより、見通しの良い性能計画が実施できることを示した。このモデルの表現は、非線形域や限界域でのタイヤ力記述との整合性も良く、以降この表現を用いて解析を行った。

第3章は、「ドライバの感覚に合う操舵特性」と題し、従来研究例の少ない車両応答特性と操舵トルク特性の関係を勘案した評価指標の研究を行った。前後輪舵角と操舵トルクを任意に設定可能な特性可変実験車を用いて、ドライバの操舵感覚を調査、横加速度とヨーレイトの応答時定数の差が大きく、両者の応答時定数の平均値が小さいほど、ドライバが必要とする操舵トルクの位相進み時定数が大きくなることなどの評価指標を見出した。導出した評価指標と車両設計パラメータとの関係を定式化し、等価コーナリングパワーの設計手法に組み込んだ。

第4章は、「後輪アクティブステアによる操舵応答性・外乱安定性の向上」と題し、ドライバの操舵感覚に合致し、外乱に対してもロバストな後輪操舵制御に関する研究を行った。簡易モデルを用いてヨーレイト情報を用いる制御の構造を明らかにし、操舵入力に対しスリップ角がゼロとなり、ヨーレイト、横加速度の応答が1次遅れ系となること、セルフライニングトルクの位相遅れが解消すること、外乱に対して非振動的な応答になることなどの基本性質を有すことを示した。次に、これの実用化に向けて、システムの応答遅れの影響を安定判別と特性根解析により明らかにし、遅れ量と制御係数の設定範囲を提示した。また、後輪操舵はロール挙動が表れやすいことを、根軌跡解析などにより明らかに

し、ロールモーメントをコントロールできるサスペンション制御との併用の有用性を示した。以上の解析を基に、シミュレーションと実験により、ヨーレイト情報を用いる後輪操舵システムの効果を検証した。

第5章は、「非線形性を考慮した操縦性安定性設計」と題し、旋回非線形特性の解析手法について論じた。タイヤおよび操舵系の主要な非線形要因を勘案した局所コーナリングパワーを定式化し、これを線形2輪モデルに拡張適用することで、実車特性に対応する非線形性が大域的に表現できることを示した。構築した解析モデルを用いて、操舵系の剛性分布、荷重移動配分比、重心高／トレッド比などの車両設計諸元の寄与を示した。また、ステア角制御、ロール剛性配分制御、制駆動力左右差制御に大別できる3種類のシャシー制御の寄与を対比して示し、各制御の効果領域を明らかにした。

第6章は、「スリップ角位相平面を用いた限界運動解析」と題し、限界での動的性質を論じた。タイヤ横力特性を折れ線で単純化し、平衡点を解析的に求めた。限界以降の正規化横力勾配の前後大小関係により平衡点の性質が変わること、平衡点の数と種類は、車速と操舵角により8領域5分類されることを示した。また、スリップ角位相平面を導入することで、解軌跡の特徴把握が容易になることを示した。平衡点が異なる代表的な走行条件ごとに、スリップ角位相平面での解軌跡を示し、タイヤ特性、走行速度、操舵角に対する限界動特性の性質の違いを明らかにした。

第7章は、「4輪アクティブ制動力制御によるスタビリティコントロール」と題し、限界横滑りを抑制する制御に関する研究を行った。はじめに、旋回限界における車両挙動とドライバ操作の調査を基に、スタビリティコントロールのコンセプトを示した。次に、シミュレーションにより、横滑り挙動を抑制するために加えるべき外力を明らかにした。プラウ挙動抑制には、減速力と適正な回頭ヨーモーメント付加が、スピン挙動抑制には、復元ヨーモーメント付加が有効であることを示した。その結果、4輪独立の制動力制御が、横滑り抑制の手段となることが明らかとなり、スピン挙動抑制には前外輪への制動力の付加が、プラウ挙動抑制には4輪への制動力の付加が効果的であることを示した。これらに基づき構築した制御論理により、旋回限界における安定性やコーストレース性が向上することをシミュレーションと実験で検証、スタビリティコントロール機能が具現化することを示した。

第8章は「結論」であり、本研究で得られた結果を総括してまとめた。