

補助事業番号 2023M-278

補助事業名 2023年度 操縦安定性向上を目的としたブレーキトルク制御システムによる
自動車の高性能化に関する研究 補助事業

補助事業者名 東海大学 工学部 機械システム工学科 加藤 英晃

1 研究の概要

自動車の操縦安定性の向上を目指したブレーキトルクコントロール技術と車体の振動特性が操縦安定性に与える影響の2つのアプローチをシミュレーションと実験の双方から定量化し、自動車開発の設計指針と制御技術を構築するために、操縦安定性の向上を目指したブレーキトルクコントロール技術と走行中の車体振動によるタイヤへの接地荷重の変動が操縦安定性に及ぼす影響の検証の二つについて研究を行った。

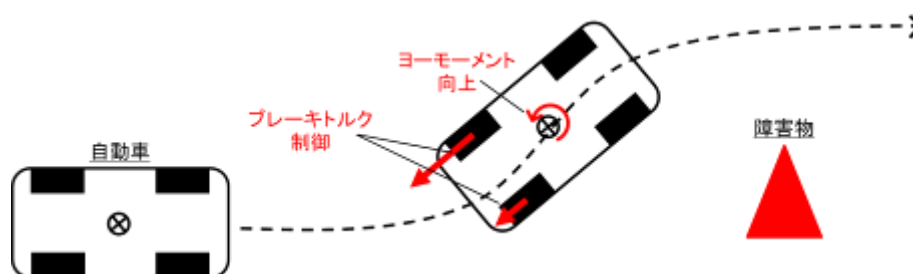


図1. ヨーモーメント制御の概略図

2 研究の目的と背景

近年、自動車の交通事故は減少傾向にあるものの年間数十万件と発生している。事故被害を最小にするためには、事故の可能性を減らす取り組みだけでは足りない。なぜなら、交通社会に参加する事象が多く、全ての課題解決をすることは不可能だからである。そのため、二次的な対策として様々なレベルの運転者が危機的状況に陥ってしまった際の緊急回避も考える必要がある。自動車の側面では、道路脇等から突然現れた障害物を回避する性能は極限状態での操縦安定性であり、これらを定量的に評価し開発をしている事例はまだ少ないため、改良の余地が多い。

本研究計画は自動車の操縦安定性の向上を目指し、2つのアプローチをシミュレーションと実験から定量化し、自動車開発の設計指針と制御技術を構築することを目指した。

3 研究内容 <http://www.ed.u-tokai.ac.jp/laboratory/katou/>

補助金を使用して購入した実験装置の納期が想定よりも大幅に遅延し、実験装置を使用した研究が行う事が困難であったため、解析モデルの構築とモデルを使用した制御則の設計を集中的に行った。2024年2月中旬以降に実験装置に必要な物品が届き始めた事から、動作確認を含めた実験装置の構築、準備に時間を費やした。

(1) 操縦安定性の向上を目指したブレーキトルクコントロール技術の開発

走行試験におけるブレーキトルクを使用したヨーモーメント制御のアルゴリズムを解析上で設計することを目標に7自由度車両運動解析モデルを構築した。本解析モデルを使用してシステム設計を行う事が妥当であるかを確認するために本学の学生フォーミュラ車両をモデル化し、実際のセンサーから取得したデータと解析結果を重ね合わせ比較した。絶対値の差を確認したが、傾向が似ていたため問題ないと判断し、モデルを使用した制御アルゴリズムの設計を行った。複数の制御アルゴリズムの案を解析により検証し、申請者の過去の検討から決定した車両の安定性指標を確保しながらヨーモーメントをより大きく変化させることのできる制御アルゴリズムを選択した。

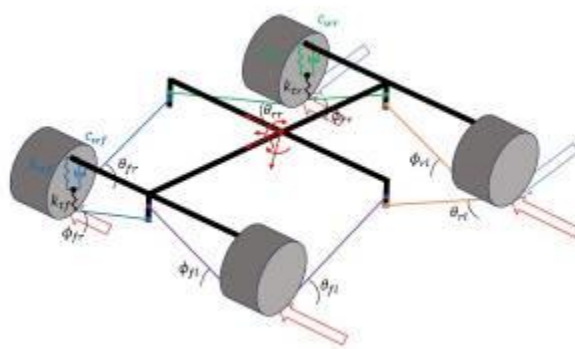


図2. 7自由度車両運動解析モデル

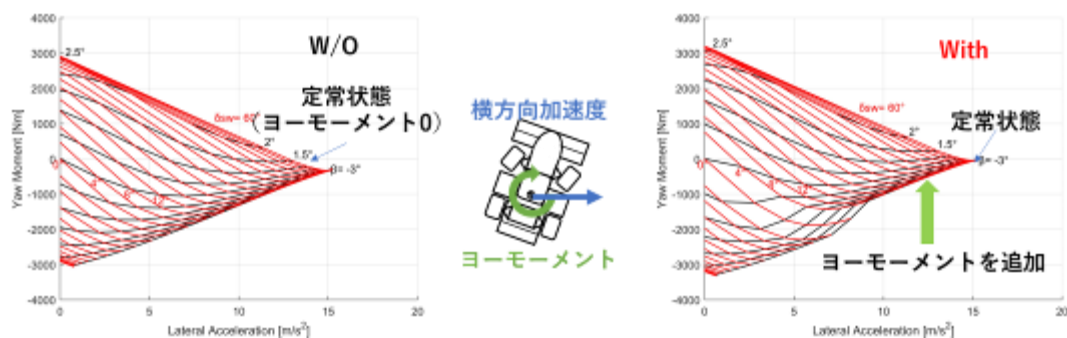


図3. 車両運動解析結果

(2) 車体振動によるタイヤへの接地荷重変動が操縦安定性に及ぼす影響の検証

車両の加振試験を想定した解析モデルを作成した。本モデルは空力の影響も考慮できる7自由度の車両モデルである。解析結果から、路面加振に対してのばね上（ボディ）変位の応答とタイヤに加わる接地荷重の応答を算出し、車両の特性との関係性を明らかにした。また、操縦安定性の観点では、タイヤの力（グリップ）が重要である。本研究室で所持しているタイヤ試験データからタイヤ特性を数式でモデル化し、このタイヤモデルから実際に接地荷重の周波数応答がグリップに与える影響を算出し、解析上でタイヤ接地荷重の変動の大きさとタイヤ横力、旋回性能の関係を評価する手法を確立したこ

とからメカニズムの一端を明らかにすることができた。また、旋回中の前後のサスペンションロール減衰特性を変化させた際の接地荷重の応答についても解析し、過渡領域でのタイヤグリップの発生状況についての関係性も明らかにすることができた。

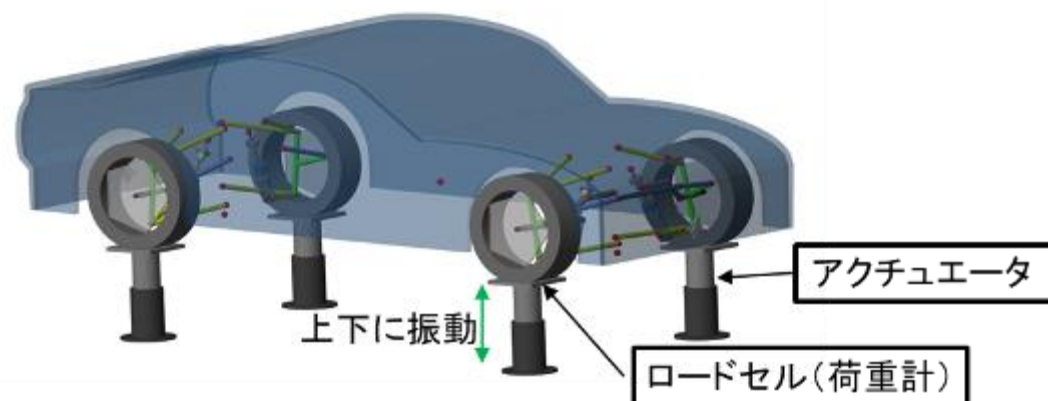


図4. 加振試験の計算モデル

(3) 実験装置の構築と加振・走行実験による検証

ファンクションジェネレータを使用してサイン波を入力し単体の動作の確認を行った。実際の加振試験では、デジタル信号処理装置を使用した4つのモータを動かすため準備を行ったが、DSPと通信するためのパソコンが故障していることが判明したため、それらの調達に時間がかかり加振実験にまで至らなかった。ヨーモーメント制御の方では、実験に使用する1/5スケールカーに4輪独立のマスターシリンダの取り付けに関する設計とマイクロコンピュータとの連動の走行テストに向けたシステムの搭載準備を行った。



図5. 車体加振実験装置

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

車両運動解析モデルとブレーキトルクコントロール技術は本研究対象の実験車両のみだけでなく、4つのタイヤが発生する力とモーメントが車両の運動に与える影響は同じであるため、各システムのパラメータを適切にモデル化することで自動車メーカーの扱うような市販車にも適用することが可能である。なお、走行・加振テストで使用する実験車両では1/5スケールカーを用いるが、このようなスケールカーであれば実車との相関が取れるため、様々な車種の量産車への発展性が期待できると考えている。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

申請者がこれまで行ってきた車両の操縦安定性向上に関する検討は、舵角量を入力した際の車両の応答のみに着目したものがほとんどであり、緊急時の走行状態と様々な走行路面を想定した制御開発事例はなく、交通事故被害を低減するための検討としては不十分であった。そこで、本補助事業では、新たに緊急時の限界走行時を想定した車両運動解析モデルと実際に想定した実験車両用の加振実験機を用いて解析と実験の両アプローチから操縦安定性向上を目的にブレーキトルク制御とタイヤの振動について検討・検証した。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

学会発表 計4件

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

該当なし

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

該当なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 東海大学工学部(トウカイダイガク コウガクブ)

住 所： 〒259-1292

神奈川県平塚市北金目4-1-1

担 当 者： 准教授 加藤 英晃(カトウ ヒデアキ)

担 当 部 署： 機械システム工学科(キカイシステムコウガクカ)

E - m a i l: kato@tokai.ac.jp

U R L: <https://www.u-tokai.ac.jp/facultyguide/faculty/3851/>

<http://www.ed.u-tokai.ac.jp/laboratory/katou/>