



車両運動制御に関する“温故知新”

廣田 雄也（神奈川工科大学大学院）

1. はじめに

2019年7月5日（金）に、工学院大学 アーバンテックホールにて開催されたシンポジウム“車両運動制御の温故知新”（企画：自動車技術会 車両運動性能部門委員会）に参加いたしました。本シンポジウムは2020年に開催される“AVEC20”のプレ開催版とし、日本の技術者が開発した運動制御技術の原点から最新技術を見比べ、今後の方向性を考えることを目的としており、実際に研究・開発に携わった方々のお話を伺うことができました。



図1 工学院大学

2. 筆者紹介

学生 Web 活動委員を務めている神奈川工科大学大学院の廣田です。現在、私は車両運動に関する研究を行っています。本シンポジウムでは、自身の研究分野である四輪操舵やヨーモーメント制御などの制御則を実際に研究・開発に携わった方が講演することもあり、研究・開発における苦労した点などに興味を持ち、参加いたしました。

3. 講演内容

I. 四輪操舵システムによる操安性の改善

講演者：古川 修氏（芝浦工業大学）

予防安全をコンセプトに1975年に予防安全技術のひとつとして、四輪操舵システムの開発が始まりました。このシステムは前輪だけでなく、後輪にも操舵機能を設けることにより、前後の両輪が同時に向きを変えます。これにより、走行時の安定性や小回り性能が向上します。このシステムの研究・開発の過程において、後輪の向きを前輪と同じ方向にする「同位相方式」と逆方向にする「逆位相方式」の2種類があり、どちらにするかで激しい議論が行われたそうです。その結果、高速時に安定性を向上させる「同位相方式」が適用されたのですが、実走行実験において車庫からテストコースへ行く連絡路で取り回しが悪化していることに気付き、現在では当たり前となっている車速に応じて制御比を可変にする方式が誕生したそうです。また、興味深かったことは実走行実験車の製作過程です。同車種の市販車を2台用意し、それぞれを前後に切断し、2台のフロント側を繋ぎ合わせて四輪操舵可能な車両を作製していました。

II. ドライバ快適性と車両安定性を両立した横力・制動力の協調制御システムの開発

講演者：須田 理央氏（トヨタ自動車）

常用域や限界域などの走行において、快適性と安定性を高い次元で両立することを目的とする総合型走行安定システム（Vehicle Dynamics Integrated Management System、以下VDIM）とは、自動車の走る・曲がる・止まるを総合的に制御することにより、優れた予防安全や操縦安定性を可能としています。1つの例として、LDHシステム（Lexus Dynamic Handling System）があります。このシステムは目標車両特性（スリップ角、ヨーレイトの定常・過渡特性）を4つのゲインマップとして使用しており、ドライバ官能（楽しさ・快適性・安心感）から可能な限り違和感が少なくなるように調整されています。

III. ヨーモーメント制御による車両運動性能の向上について

講演者：芝端 康二氏（神奈川工科大学）

1980年代中ほどから「意のままに車両を操縦したい」という人間本来の欲求を満たす技術開発」を目的としてヨーモーメント制御の開発が開始されました。

開始当初において、運動特性は線形領域だけでは語る事ができず、非線形領域を含めた研究が重要になると考え、非線形領域を含めた車両の運動特性の全貌をシンプルに把握できる β -メソッドが考案されました。この β -メソッドを基に、旋回限界域における不安定さの低減をコンセプトとした技術開発が行われました。このコンセプトを達成するための手法として、左右輪駆動力配分制御が誕生しました。この制御によって旋回限界が拡大しました。

IV. 量産型 GVC Moment Plus 制御車両の開発

講演者：加藤 史律氏（マツダ）、
高橋 絢也氏（日立製作所）

人間中心の開発思想に基づいた新たな制御技術の1つとしてGVC Moment Plus制御が開発されました。この制御は旋回中の横運動と前後加速度を連係させることにより、通常の走行領域から限界域におけるドライバの運転操作の負担を低減することができるG-Vectoring 制御とESC(Electronic Stability Control)によるモーメント制御を連係させることにより、旋回時の車両応答性と安定性の改善を改善することが可能となります。ドライバの官能評価においても、制御有りの方が余裕を持って運転できるそうです。また、ダブルレーンチェンジ限界走行時の最大通過速度が約4km/h向上します。

V. アクティブサスペンションによる高速時の安定性・接地性の向上

講演者：福島 直人氏（福島研究所）

市販車に搭載された油圧アクティブサスペンションは油圧ポンプによる消費エネルギーの増大を抑制することが技術課題としてあり、圧力制御バブルと小さなアキュムレータと油圧シリンダの組み合わせが特徴となっています。悪路走行時の路面からの振動入力にはアキュムレータで吸収し、バネ上振動は油圧系の減衰作用とアクティブな減衰制御により振動を制御しています。これにより、エネルギー消費を抑えています。しかし、アクティブ制御において、路面からの振動入力を逃がしつつ最適な制御力を発生させることが要求されます。この要求を満たす制御がスカイフックダンパー制御とロール・ピッチ制御を組み合わせたアクティブサスペンションです。これにより、高速走行時の安定性・接地性が向上しました。

VI. トリプルスカイフック制御による乗り心地の研究

講演者：勝山 悦生氏（トヨタ自動車）

トリプルスカイフック制御は乗り心地と操縦安定性を現実的なシステム構成で両立させることを目的として開発されました。従来の乗り心地制御法(Skyhook damper control, Unsprung negative skyhook damper control, Preview control)と比べて、低コスト・高パフォーマンスとなるべくバネ上センサによって得られるバネ上情報のみを用いて、乗り心地・操縦安定性を向上させています。

4. まとめ

今回の「車両運動制御の温故知新」では、車両運動制御の原点から最新技術の内容を実際の研究・開発に携わった方から聴くことが出来、貴重な時間を過ごせました。新たな技術を開発するためには、多くの困難があり、これらの困難を乗り越えるために様々な工夫があつて初めて実車に搭載されていることを改めて実感する機会となりました。

謝辞

今回のシンポジウムの開催にあたり、貴重なお話をしてくださった講演者の方々をはじめ、このような機会を設けてくださった自動車技術会の皆様から感謝申し上げます。

参考情報

四輪操舵システム：

<https://www.honda.co.jp/50years-history/challenge/19874ws/index.html>

VDIM：

https://toyota.jp/safety/scene/condition/?padid=ag461_safety_about_common_scene_condition01

LDH システム：<https://toyota.jp/safety/scene/highway/>

左右駆動力配分制御：

<https://www.honda.co.jp/factbook/auto/PRELUDE/19961107/pr96-015.html>

G-Vectoring 制御：

<https://www.mazda.co.jp/beadriver/dynamics/skyactivvd/>

油圧アクティブサスペンション：

<https://motor-fan.jp/tech/10008741>

トリプルスカイフック制御：

自動車技術会論文集 第50巻1号 p.128-133