

2014年度 研究調査事業実績報告書

1. [研究調査テーマ名]

次世代低騒音タイヤの基本的技術アイデアの研究調査

2. [目的]

現在、国際調和の下でタイヤに関する規制の導入が検討されている。この規制では、転がり抵抗、ウェット路グリップ、放射騒音の三つの要件を総合的にクリアすることが求められる。タイヤの役割は「荷重を支える、走る・止まる、曲がる、衝撃吸収緩和」の四つを基本としたうえで、先の三要件が環境保全、交通安全の向上のために、今後ますます求められる。タイヤ開発においては、これらの複合的な多種の性能開発を、分子のマイクロレベルから車両運動・交通というマクロレベルまでの広範なスケール問題に対処せねばならない。

しかしながら、タイヤに係る学術的な研究の多くは、機能・性能ごとに相互関連をあまり考慮せずに進められている。また、自動車技術会の組織体制においても、研究動向と同様に、機能・性能別になっている。その結果、一つの性能を向上しようとするときに、トレードオフの関係が理論的・定量的に明確になっておらず、国際競争力のある製品開発の支障となっている。

このような背景の下、本特設委員会は、タイヤ路面騒音の低減を図るために、トレードオフ関係にある転がり抵抗、制動、操縦安定、摩耗、乗り心地などの多方面への影響について、調査・情報の一元的共有・必要技術課題の明確化・技術開発の方向明確化、を目的とし、特に、以下の点を留意し調査、整理を行うこととした。

- 1) 騒音発生抑制に関与するタイヤ構造減衰と転がり抵抗の原因となる減衰との変形機構の差や、騒音を放射しにくいタイヤ形状などのアイデアを、モデル計算や模型実験などで短期間に廉価に検討する。
- 2) 騒音だけでなく、車両運動（グリップ性能）、燃費（転がり抵抗）、乗り心地など技術分野横断的な研究調査をポイントとする。これこそが自動車技術会の強みを発揮すべきところである。
- 3) 中央環境審議会の自動車騒音専門委員会および国土交通省のタイヤ騒音規制検討会（どちらも複数の本委員会メンバーが委員）で大掛かりにタイヤ騒音低減技術の“現状”は整理済みだが、技術不足のため、十分な騒音低減が望めるレベルにはない。一方、タイヤ騒音の発生や伝播に関する研究は、欧州の中立研究機関で活発に行われ、わが国は大きく遅れている。研究者との直接的な情報交換が求められている。

3. [本研究調査事業の内容]

本事業では、具体的な以下について整理を行うこととした。

- 1) タイヤの主要機能とタイヤと直結する自動車の機能・性能
- 2) タイヤ騒音発生機構の理論、実験方法
- 3) タイヤ騒音と関係の強い他性能のタイヤ特性
- 4) タイヤ騒音を改善する方策の列举とその効果予測法
- 5) タイヤ騒音改善方策による他性能への影響
- 6) 次世代のタイヤ像
- 7) タイヤ騒音改善に必要な基盤的技術課題
- 8) 技術課題解決に必要な資源

また、調査および整理を進めるにあたっては、以下に留意した。

- 1) タイヤ騒音を低減するために必要な技術課題とその解決の方向を明らかにする
- 2) その結果は自動車技術会のフォーラムなどで公開する
- 3) 成果は、各研究機関・企業での研究開発課題設定などに自由に活用可能とする

2013年度および2014年の調査内容は以下のとおりである。

- 1) タイヤ騒音発生メカニズムの知見整理
- 2) タイヤ性能試験装置
- 3) サスペンション・タイヤと車両設計（モビリティづくり～ありうる未来、あるべきクルマ）
- 4) 欧州の道路交通騒音低減の総合政策とタイヤ路面に関する動向
- 5) 低騒音舗装に関する現況および今後の展望
- 6) タイヤと路面間摩擦モデル
- 7) 環境騒音予測シミュレーションに関する現況および今後の展望
- 8) 転動タイヤの空力音響波の数値解析の現況
- 9) ゴムの摩擦摩耗に関する研究動向
- 10) 高周波振動騒音解析（統計的エネルギー解析法：SEA）によるタイヤ単体振動騒音解析

4. [本研究調査事業の成果]

本事業では、調査、整理した以下の成果を得た。

- 1) わが国の自動車騒音行政
 - ・ 国と自動車産業との関わり
 - ・ 自動車交通騒音の環境基準の達成状況
 - ・ 自動車単体騒音規制の現状について
 - ・ 自動車単体騒音規制の今後の見直しについて
 - ・ 我が国の規制強化の方向性
 - ・ 今後求められるもの
 - (ア) 自動車の環境負荷を下げていくため、自動車騒音を低減させる努力を継続していく必要がある。
 - (イ) 規制強化の議論は、国内から国際の舞台へ大きな自動車産業を保有するわが国として、国連での発言は重い。国連において、騒音低減技術に関する情報の提供及び規制の方向性の提案が求められる。
 - (ウ) そのために、産学官連携によるアプローチが重要である。
- 2) 欧州の道路交通騒音政策とタイヤ/路面騒音低減への取り組み
 - ・ 1996年に欧州委員会から発表されたグリーンペーパーによると、欧州連合（EU）は、道路、鉄道、航空機、工場等からの騒音が人への健康影響あり（睡眠障害、心血管系の疾患、等）と捉え、総合的な政策立案に着手した。
 - ・ 2002年公布の欧州環境騒音指令で、管理責任団体にノイズマップの作成・アクションプランの策定、それらを市民に公表する事を義務化し、5年毎の見直しをルール化した。
 - ・ 管理責任団体がEU環境騒音指令を容易に執行できるよう、様々な支援プロジェクトを欧州委員会からの予算で立ち上げ、各種研究機関、大学関係者、行政機関の連携を強化し騒音低減に向けた研究をしている。
 - ・ 2014年4月に欧州議会を通過した新たな自動車騒音規制では、単体規制強化に加え「路

面性状のクラシフィケーションの検討を欧州委員会に課す」条項が入っている。

- ・ 2015年1月に開催されたWP29/GRBで、欧州各国の道路行政機関連携会議体(CEDR)から「道路交通騒音低減には、自動車・タイヤ・路面の三者の役割分担が重要」との情報提供あり。
- ・ オランダ政府から、「優良タイヤによる騒音・安全・燃費低減メリットについて」情報提供があり、将来の国連規則(R117)の改訂に向けた活動が示唆された。

3) 低騒音舗装に関する現況および今後の展望

- ・ 騒音比較のための基準路面
- ・ 道路分野での騒音測定技術
- ・ 日本の低騒音舗装の現状
- ・ 海外での低騒音舗装プロジェクト
- ・ 低騒音舗装に関する世界的な動向
 - (ア) 欧州では裁判で低騒音舗装の採用を促されたり、騒音による健康被害を受けて法令化されたりといった、低騒音舗装の採用の動きがある。
 - (イ) デンマークの報告では騒音が1dB上がるごとに不動産価値は1%下がる。健康被害も含めた1年間の騒音による社会的損失は10億米ドルに及ぶとされている。

4) タイヤ諸性能の計測システムと手法整理

- ・ ノイズマップ(騒音マップ)の特徴と計算原理
- ・ タイヤの諸性能の計測技術の現況
- ・ 今後の展望
 - (ア) タイヤの騒音や転がり抵抗は、実走行条件での試験が望ましく、今後の試験機には、少ない力の変化に対する性能を精度良く評価できることが望まれる。
 - (イ) 都市の交通騒音について、道路沿線の騒音測定が基本となるが、自動車の交通量などから、都市全体としての騒音評価をマクロ的に行うことが重要である。また、それによって、交通量の調整や騒音対策の効果予測を有効活用することが重要である。
 - (ウ) 自動車の騒音と生活の観点から、都市計画というマクロの視点と、タイヤの静音性能を検討、評価するミクロな視点の両方からアプローチが望ましい。また、これらのためのツールや試験装置を効果的に活用して行くことが重要である

5) 車両運動性能・乗り心地とタイヤ特性の知見整理

- ・ タイヤが果たす4つの基本的役割
- ・ たわむタイヤのスリップ率が前後力・横力を生む
- ・ 車両運動の基礎(車両の安定性と操舵性、タイヤの前後力と横力、タイヤの摩擦円)
- ・ 安全は妥協できない性能
- ・ 相反するタイヤ性能、タイヤ性能の変遷、クルマでできること(安全デバイスの追加、サスペンション・サスの応答遅れおよび車内音低減対応設計、タイヤを素直に転がす)
- ・ 安全・安心からみたタイヤ像(大径、幅狭、余裕のあるリム幅、弾性ホイール、空気なしタイヤ)

6) タイヤ性能の技術関連図

- ・ 性能関連図の作成の考え方
- ・ 性能関連図のタイヤ性能(操縦安定性、制動力、乗り心地、転がり抵抗、摩耗、騒音)
- ・ タイヤモデル等から見た性能関連図
- ・ タイヤ単体騒音の発生メカニズム

7) タイヤ騒音発生メカニズムの知見と研究の整理

- ・ タイヤの4大機能
 - ・ 欧州タイヤ単体騒音規制
 - ・ タイヤパターン及び構造
 - ・ 低転がり化（CO₂排出削減）と道路交通騒音
 - ・ 転がり抵抗ダウン（ロス低下，軽量化）の影響
 - ・ 路面による交通騒音レベルの変化
 - ・ パターン加振成分の発生と改良手法の例
 - ・ 音になり易い振動，なりづらい振動
 - ・ 接地摩擦振動音
 - ・ 気柱管共鳴音と共鳴器を用いた騒音低減事例
 - ・ 実測，予測技術を含めた高度化の必要性
- 8) タイヤ振動騒音シミュレーションの展望と今後の活動
- ・ タイヤ振動騒音モデル（統計的モデル，現象論的モデル，解析的モデル，計算力学モデル，ハイブリッドモデル）
 - ・ モデル視点:固有振動と伝搬.固有振動を制御しピーク周波数の騒音を下げるとともに，伝搬視点で広帯域周波数の騒音を下げるという両視点での取り組みが重要
 - ・ タイヤの音振解析の一考察.使用条件は様々，動特性はばらつきやすい.詳細設計と初期設計，詳細量予測と平均量予測で使い分けが重要.
 - ・ 各種タイヤの実験 SEA によるパワーフローの比較および考察事例
 - ・ タイヤ振動騒音 測定技術の整理は今後の課題
- 9) 次世代タイヤの動向
- ・ タイヤの歴史的な大発明のタイヤ業界への影響
 - ・ 2000年以降のタイヤ技術の変化の内容
 - ・ 非空気入りタイヤの現状
 - ・ タイヤ設計要素と環境性能（転がり抵抗，タイヤ騒音）
 - ・ タイヤ幅とタイヤ騒音
 - ・ 環境性能（転がり抵抗，タイヤ騒音）を改良するダウンサイジング設計（性能マップ，悪化性能の補完方法）
 - ・ 今後のタイヤ騒音規制のあり方
 - (ア) タイヤ単体騒音規制をしても，新型車で幅の広いタイヤに置き換えるとタイヤ騒音の低減効果が少なくなる
 - (イ) タイヤ単体騒音規制に加え，車企業の平均タイヤ騒音規制を含めることを検討した方がよい
 - (ウ) 車/タイヤ/道路を含めた騒音環境改善のためのビジョンが必要
 - (エ) 社会的費用を含めた道路騒音対策－EU：交通騒音による寿命低減（百万年/年）に関する社会的費用が見積もられている－合理的な規制案策定のために日本でも社会的費用に関する研究が必要（EUではタイヤ関連の研究に数億円/年の公的研究投資あり）

5. 委員会活動への影響

今回の研究調査において委員会活動へ影響した点についてご記入ください。

- 1) タイヤに係る多くの分野の研究者，企業研究者が活発な意見交換を行えた。

- 2) 環境騒音評価などにすでに導入されているマクロ的な予測概念を, 詳細を求める研究と並行することの重要性を認識した.
- 3) 共通技術と競争技術のすみわけにより, 共通技術について産官学連携での取組の重要性を改めて認識した.
- 4) 規制に係る事案に対し, 技術的観点からだけでなく, ソーシャルコスト (社会的価値) の視点の重要性を認識すると共に, 人文社会分野の研修者などとの連携の重要性を認識した.

6. 今回の研究調査結果について, 発表方法を下記より選択してください (複数回答可).

- 会誌への記事掲載 (____年____月号を予定)
 春季大会オーガナイズドセッションでの発表 (____年春季大会を予定)
 春季大会フォーラムでの発表 (2015年春季大会)
 シンポジウムでの発表 (____年____月を予定)
 出版物の発行 (印刷物, CD-ROM) (____年____月頃の発行を予定)
 その他 (具体的にご記入ください)

7. 受給額と執行額

| | |
|------|-----------|
| 受給総額 | 500,000 円 |
| 執行総額 | 484,873 円 |

| 費目 | 使用例 | 実際の使用内容 | 予算額(円) | 執行額(円) |
|-------|-----------------------------|---|---------|---------|
| 印刷製本費 | 資料印刷費, 複写費, 編集外注費, CD 製作費など | | 10,000 | |
| 諸謝金 | 原稿料 | | | |
| 通信運搬費 | 運送用レンタカー代, 宅配料 | | 50,000 | |
| 委託費 | 外部への委託費 | | | |
| 開発費 | システム開発費 | | | |
| 資料購入費 | 参考資料, 書籍等購入費 | Tire/Road noise generation, measurement and abatement | 40,000 | ¥24,873 |
| 物品購入費 | 実験に必要な部品類など | インパルスハンマ, 超小型 3 軸加速度センサ, ケーブル | 300,000 | 460,000 |
| 消耗品費 | 燃料代, 実験に必要な消耗品類 | | 100,000 | |
| 臨時雇用費 | アルバイト代 | | | |
| その他 | | | | |
| 合計(円) | | | 500,000 | 484,873 |

以上