

19．自動車タイヤ走行騒音の台上測定・評価法及びその低減手法に関する研究

担 当 機 関 国土交通省 独立行政法人交通安全環境研究所 田中 丈晴

分野 都市・生活

研究期間 平成11年～平成14年度

研究予算総額 61,437千円

研究の背景と目的

ブレーキ力や走行の安定性を確保するための重要な役割を担う自動車タイヤが走行時に発生するタイヤ騒音は、これまでの騒音規制の強化によってエンジン排気系等の騒音対策が進んできたことから、その影響が相対的に大きくなり、環境騒音改善の面から、騒音の低減が強く要請されている。路面舗装の対策による騒音低減は有効な対策の一つとされるが経年劣化が大きく、効果も局所的であるため、路面に依存しない車両やタイヤ側での低減対策が不可欠である。しかし、現在、一般には、惰行法による以外、走行時のタイヤ騒音を測定評価する手法が明確でないため、加速走行などを含む実走行条件下においても有効であると考えられるタイヤ騒音の低減手法は明らかにされていない。

一般に、惰行法では、実走行時においてタイヤに作用する駆動力がタイヤに作用しない。タイヤ駆動力は、タイヤ騒音を増加させることが知られているが、そのメカニズムは十分明らかにされていない。また、タイヤを車両に装着した状態でのタイヤ騒音放射特性には、車体による反射等が影響する場合があります、この場合、タイヤ単体の騒音放射特性と同一とはならない。

したがって、本研究は、実走行条件を考慮したタイヤ騒音の測定評価手法を明確化するとともに、タイヤ駆動力が作用する場合のタイヤ騒音の発生メカニズムを解明する。これらの結果から、走行時におけるタイヤ騒音の低減手法を明らかにすることを目的とする。

研究の成果

(1) タイヤ騒音の測定評価手法の研究

ローラ表面のISO路面模擬パッドの材質等の改良

従来、ローラ回転時に継ぎ目音を発生する等の欠点があったアルミ製パッドを硬質ウレタンを成型したものに変更したことにより、継ぎ目音のしない、回転数上限も95km/hまでの台上実験を可能にした。ISO模擬パッドのすべり摩擦係数はISO路面の85%程度でやや滑りが大きく、表面凹凸はISO路面に比べて表面のきめが細かいことが認められた。

CPX法（近接測定法）による測定と7.5mでの騒音との対応性

同一溝パターンの3種類のタイヤを対象に、CPX法を用いて台上及び試験路でタイヤ近接騒音を測定し結果、ISO路面ではタイヤ間の騒音レベル差が1～2dB(A)程度認められるものの、台上ではタイヤ間のレベル差が小さく、また、タイヤ近接騒音と側方7.5m位置での騒音との対応は、ともに比例関係が認められるがタイヤ間の大小関係は必ずしも一致しない。この原因の一つとして、台上ローラ面のISO模擬パッドの表面性状の影響が考えられる。（図1，図2）

音響インテンシティ法を用いたタイヤ騒音放射特性の比較

路面上とローラ上でのタイヤ騒音の発生形態がどのように異なるかを調べるため、トレーラを用いてタイヤ近傍で音響インテンシティを測定し、タイヤ騒音放射特性を比較した。その結果、ローラ上では路面上に比べて1.25kHz以上の周波数帯域で音響インテンシティレベルが上昇することが認められた。この原因を検討するため、平滑面上とローラ上でのタイヤ接地面形状を比較した結果、後者はローラの曲率により接地面積が小さくなるため、平滑面上より接地圧力が高く、ショルダー部だけでなく中心部も圧力が高いことが明らかとなった。したがって、ローラ上では接地面にかかる圧力が大きくなり、騒音が大きくなると考えられる。また、ローラ上では路面上に比べてピッチノイズが大きく発生することが認められた。この要因として、ローラの曲率が影響していると考えられる。ローラ表面上における音響インテンシティ測定は、ローラの曲率による音響反射が影響し、1kHzを超える周波数帯では、タイヤ騒音放射特性を詳細に把握することは困難であると考えられる。(図3, 図4, 図5)

加速時タイヤ騒音の分離測定法

RV型電気自動車を用いて、加速時タイヤ騒音を分離する測定方法として、スムーズタイヤを用いる方法とカーペットを用いる方法との測定精度について検討を行った結果、ともに、概ね1dB(A)程度の範囲にあることが認められた。

(2) 駆動力作用条件下におけるタイヤ騒音の発生メカニズムの解明

加速時におけるタイヤ騒音の増加要因

加速負荷に伴うタイヤ騒音増加のメカニズムを解明するため、スムーズタイヤ(Sタイヤ)と溝付きタイヤ(Aタイヤ)の2種類のタイヤと電気自動車を用い、ローラ面性状として、摩擦粗粒面、ISO路面模擬パッドの2条件について実車台上実験を行い、加速走行時におけるタイヤの駆動力、すべり特性とタイヤ騒音の音響パワーとの関係、騒音発生位置、タイヤトレッド振動を解析した結果、以下の結論を得た。(図6)

(a) タイヤ・ローラ間のすべり率は、駆動力が増加するにしたがい大きくなり、同時にタイヤ・ローラ間の駆動摩擦係数も増加することが明らかとなった。このすべり特性は、タイヤトレッド部の周方向のせん断剛性やローラ面の摩擦係数により異なることが認められた。(図7)

(b) 全開加速時のタイヤ騒音の音響パワーは、溝付きタイヤ(ISO路) > スムースタイヤ(ISO路) > スムースタイヤ(摩擦粗粒面)の順に大きく、駆動軸トルクに対する各すべり率の増加傾向と一致した。(図8)

(c) 溝付きタイヤの場合、全開加速時の駆動力が作用することによる影響は、今回の実験(630Hz ~ 1.25kHz)では、630Hz ~ 1kHzの帯域よりも、1.25kHzの帯域で強く表れることが確認できた。

(d) タイヤ騒音の発生位置は、惰行走行では、タイヤの踏み込み側と接地部付近の2カ所に認められ、加速走行では、このうち接地部付近の騒音が増加し、踏み込み側で発生する騒音は、惰行走行時と概ね同じレベルでありポンピングノイズであると推定された。(図9)

(e) タイヤに駆動力が作用することによってタイヤトレッドブロックとローラ面との接地部で周方向の摩擦による振動が増大することが認められ、その周波数が1.25kHzの帯域(1/3オクターブ)にあることが確認できた。以上より、加速時タイヤ騒音の増加のメカニズムを明らかにすることができた。(図10)

試験路における加速時タイヤ騒音の同定

タイヤ溝が同一、材質、構造を変化させ、タイヤ路面間のすべり特性が異なるタイヤを用いて、試験路にて移動音源に対する音響ホログラフィ法を適用し、加速時タイヤ騒音の発生傾向を解析した。タイヤ路面間のすべりが大きくなるタイヤほど、加速時にタイヤ騒音が増加する傾向があることが認められた。また、電気自動車を用いてタイヤ近傍において音響インテンシティを測定し、加速時における時間変化と定常走行時のタイヤ騒音放射特性を比較した結果、800Hzの帯域では、加速・定常ともにタイヤ前方のレベルが大きくなっているのに対して、1.25kHzの帯域では、ともにタイヤ中心付近のレベルが小さくタイヤ前後のレベルが大きいことが認められた。

研究のまとめ

(1) 台上等におけるタイヤ騒音の測定評価手法に関して、以下の成果を得た。

室内台上におけるタイヤ騒音の評価法としてCPX法を検討した結果、ISO路面での測定結果との対応が概ね得られるものの、騒音レベルの大小関係の対応が不十分であることが認められた。この改善のためには、ローラ表面に装着しているISO路面模擬パッドの路面粗さ及びすべり摩擦係数の更なる改良が必要であると考えられる。

音響インテンシティ法を用いた場合の台上測定と試験路測定によるタイヤ騒音放射特性を比較し、台上測定がタイヤ騒音の放射特性に及ぼす影響を明らかにした。

試験路における加速時タイヤ騒音を分離する測定方法として、スムーズタイヤを用いる方法とカーペットを用いる方法との測定精度は、概ね1dB(A)程度の範囲内にあることを明らかにした。

(2) 駆動力作用条件下におけるタイヤ騒音の発生メカニズムの解明に関して、以下の成果を得た。

タイヤ・ローラ間のすべり率は駆動力が増加するにしたがい大きくなり、同時にタイヤ・ローラ間の駆動摩擦係数も増加する傾向を示し、このすべり特性は、タイヤトレッド部の周方向のせん断剛性やローラ面のすべり摩擦係数により異なることが認められた。

全開加速時におけるタイヤ騒音の音響パワーのタイヤ・ローラ面の組み合わせにおける増加傾向は、駆動軸トルクに対するすべり率の増加傾向と一致した。

惰行走行における騒音発生位置は、タイヤの踏み込み側と接地部付近の2カ所にあり、加速走行では、このうち後者の接地部付近の騒音が増加する傾向が認められた。

タイヤに駆動力が作用することによって、タイヤトレッドブロックとローラ面との接地部で周方向の摩擦による振動が増大することが認められた。今回の試験タイヤでは、その周波数が1.25kHzの帯域(1/3オクターブ)にあることが確認できた。

試験路における加速時タイヤ騒音に関する音響ホログラフィ法及び音響インテンシティ法による解析結果は、台上実験による解析結果と概ね一致していることが認められた。

以上の結果から、タイヤに駆動力が作用する加速走行時における騒音の増加は、タイヤ周方向の摩擦振動によるものであることが明らかとなった。また、加速時タイヤ騒音の低減のためには、タイヤ周方向剛性の増加、トレッド部の剪断剛性の増加及び摩擦抵抗力の増加の他、サイドウォール部の振動抑制などを考慮したタイヤ対策が必要であると考えられる。



図1 ISO試験路でのタイヤ近接騒音測定のためのマイク位置

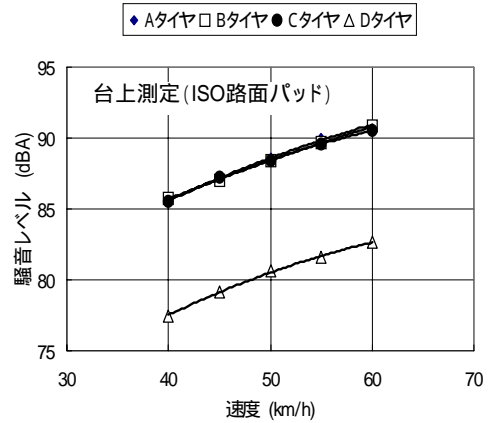
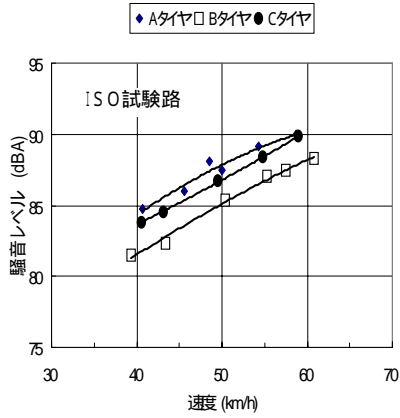


図2 実車走行時におけるタイヤ近接騒音と速度との関係

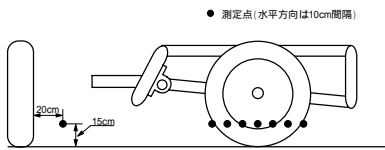


図3 タイヤ近傍における音響インテンシティの測定位置

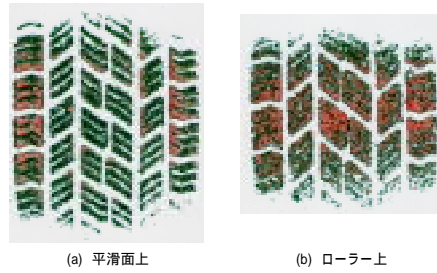
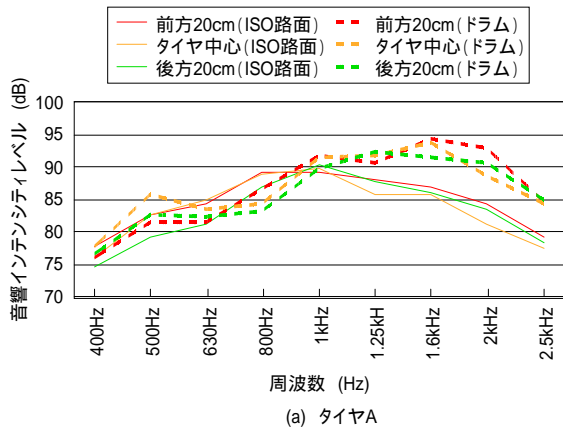
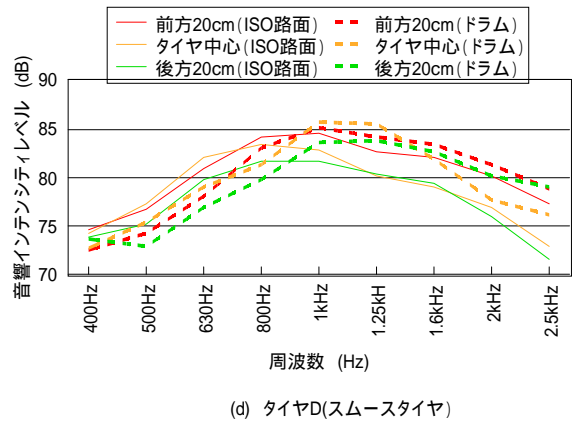


図4 平滑面上とドラム上でのフットプリントの比較 (タイヤA)



(a) タイヤA



(d) タイヤD (スムースタイヤ)

図5 ISO路面上とローラー上でのタイヤ近傍における音響インテンシティレベルの比較

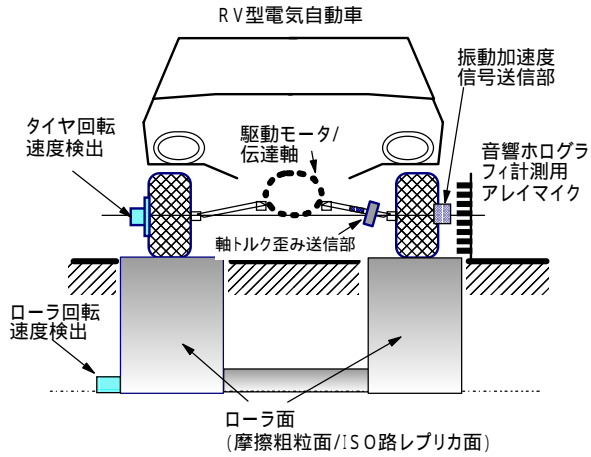


図6 台上加速走行実験の概要

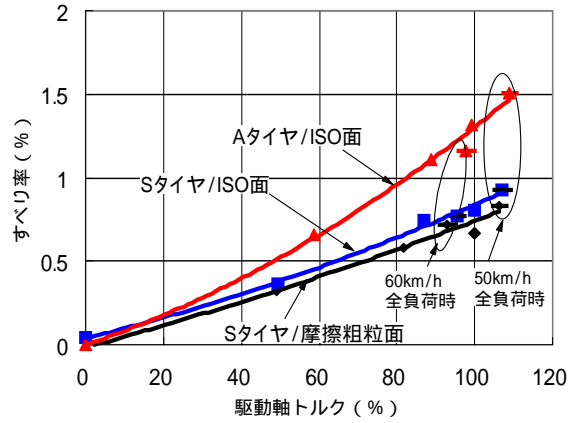


図7 すべり率と駆動軸トルクの関係 (Sタイヤ: スムースタイヤ)

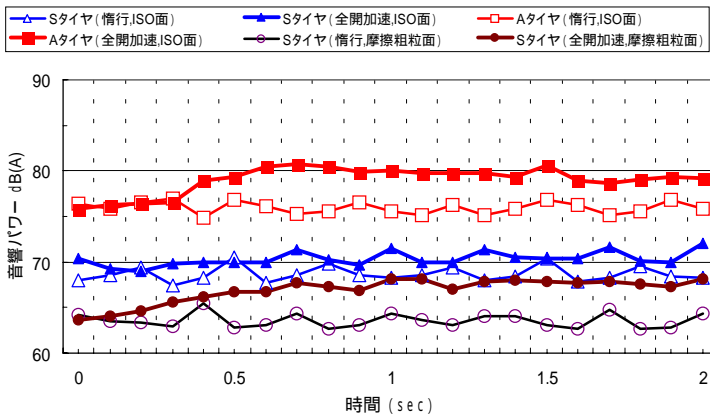


図8 惰行及び加速時タイヤ騒音の音響パワーの時間変化 (ローラ速度55km/h)

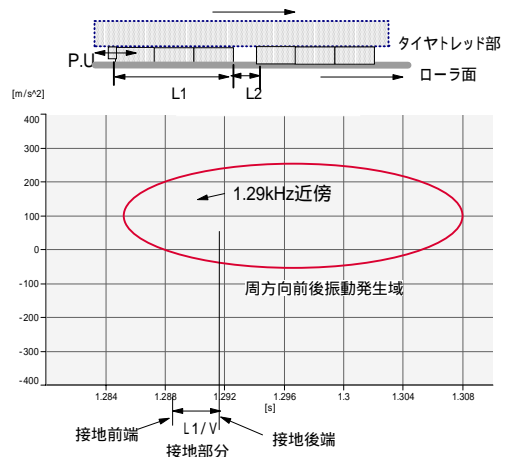


図10 加速時におけるトレッドブロック接地後の振動加速度の変化 (タイヤA)

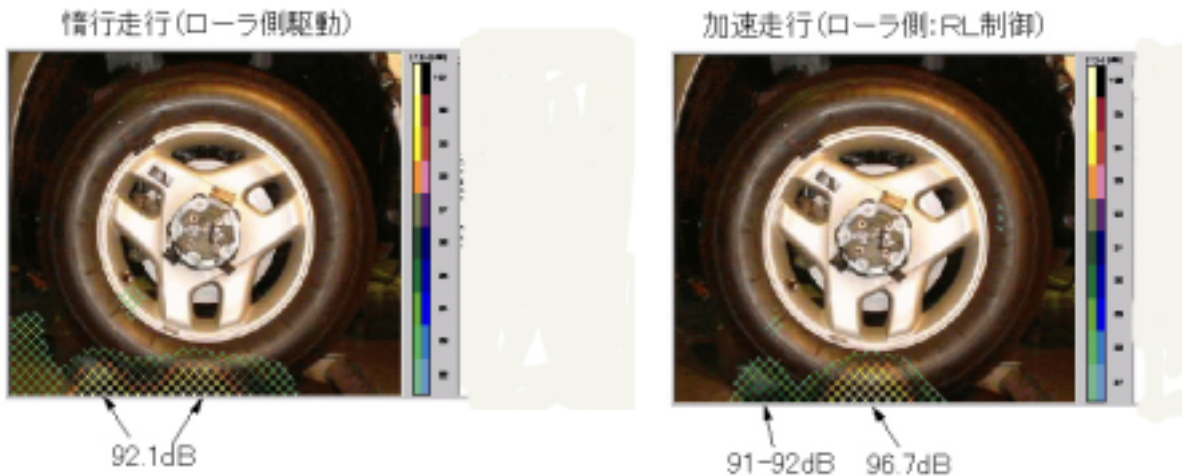


図9 タイヤAのアクティブインテンシティ測定結果 (630-1.25kHz, ローラ面: ISOパッド, 速度: 55km/h)

研究発表

発表題目	掲載法/学会等	発表年月	発表者
(誌上発表) ・音響ホログラフィ法を用いた加速時タイヤ騒音の解析	(社)日本機械学会/ (社)日本音響学会、 VSTech2001振動・音響新技術シンポジウム	H13.6	田中、村上、李、桂
・音響ホログラフィ法を用いた加速時タイヤ騒音の解析	(社)自動車技術会2001年春季学術講演会	H13.5	田中、村上、李、桂
・音響ホログラフィを用いた自動車加速走行時のタイヤ騒音の解析(第1報、シミュレーションによる基礎的検討)	(社)日本機械学会論文集C編、Vol.69、No.680	H15.4	田中、村上、中川、李、桂
・音響インテンシティによる実路面上とローラー上のタイヤ騒音放射特性の比較	(社)自動車技術会春季学術講演会	H15.5	坂本(一)、田中、桂、藤河
・ Comparison of Sound intensity measured close to tires attached to trailer between on road and on roller bench	Inter-Noise 2003	H15.8	坂本(一)、田中、桂、藤河
(口頭発表) ・音響ホログラフィ法を用いた加速時タイヤ騒音の解析-2次元マイクアレイによる試験路実験結果について	平成12年度(第30回)交通安全公害研究所研究発表会講演概要	H12.11	田中、坂本(行)、村上、緒方、李、桂、後藤、古川
・音響ホログラフィ法を用いた加速時タイヤ騒音の解析-(第2報)路面反射の影響について	平成13年度(第1回)交通安全安全研究所研究発表会講演概要	H13.11	田中、坂本(行)、坂本(一)、緒方、村上
・時間領域音響ホログラフィ法を用いた加速時タイヤ騒音の解析-タイヤ駆動力、すべり率と発生音との関係	平成14年度(第2回)交通安全環境研究所研究発表会講演概要	H14.11	田中、坂本(一)、桂

工業所有権

特許等の名称	願書年月日	公告番号	登録番号	
車輪用騒音低減装置	H11.5.31			特許3366989号
ホイールカバー	H15.6.12			特願2003-167773