

ローラ台上における加速時タイヤ騒音の解析

-タイヤトレッド部の振動と騒音との関係-

環境研究領域 ※田中 丈晴 坂本 一朗 坂本 行 村上 孝行
 横浜ゴム (株) 桂 直之 古川 享

1. まえがき

市街地走行における加速時のタイヤ騒音は、駆動力が作用するため、タイヤ種類などにより差はあるものの惰行騒音よりも大幅に増加することが指摘されている。⁽¹⁾しかし、この加速時におけるタイヤ騒音の発生メカニズムは、検討が行われてきているが、現在、なお、十分な解明に至っていない状況にある。したがって、前年度では、タイヤ路面騒音実車台上試験装置上に、電気自動車を設置し、加速負荷時に発生するタイヤ騒音と車両側駆動力、タイヤローラ間のすべり率との関係について明らかにした。⁽²⁾

本報では、同様の台上試験により加速負荷時における騒音発生位置及びタイヤ接地部における3方向の振動の変化を把握し、タイヤ騒音の増加のメカニズムについて考察する。

2. 実験方法

2. 1. 台上加速走行実験の概要

試験車は前年同様の電気自動車とし、測定項目は、車両側では、駆動輪である前輪の軸トルク、タイヤ回転速度、タイヤトレッドブロック等の振動、ローラ側では、ローラ回転速度、台上でのタイヤ騒音は、タイヤ側面に近接した位置で、2次元のアレイマイクにより、過渡的な音場の変化を把握可能な時間領域音響ホログラフィ法による計測を実施した。その測定条件を表1に、台上実験の概要を図1に示す。また、タイヤとローラ面と

表1 時間領域音響ホログラフィの測定条件

アレイマイク数	X=8, Y=7
マイクピッチ	X=0.1m, Y=0.1m
測定面のY方向オフセット	0.05m
タイヤ側面と測定面との距離	0.1m
解析周波数帯域	490Hz~1.49kHz
サンプリングレート	4kHz

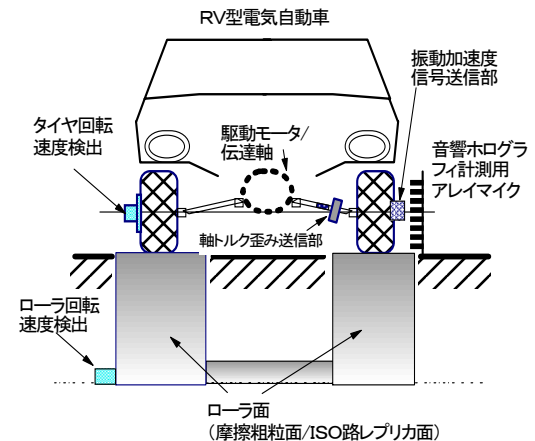


図1 台上加速走行実験の測定項目と測定方法

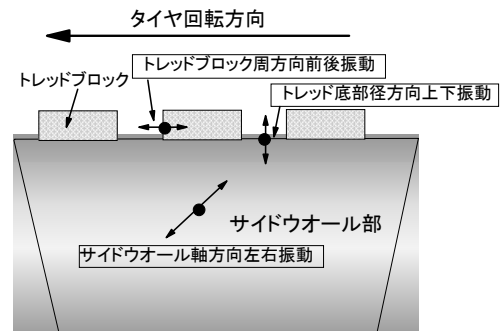


図2 タイヤの振動計測の部位

の組み合わせ条件は、Sタイヤ（スムースタイヤ）と摩擦粗粒面、SタイヤとISOパッド、Aタイヤ（溝あり）とISOパッドとの3条件である。⁽³⁾

2. 2. タイヤ各部の振動計測

タイヤの振動計測は、図2に示すように、Aタイヤについてトレッドブロックの周方向前後振動（以下、周方向振動）、トレッド溝底部の径方向上下振動（以下、径方向振動）、サイドウォール部の軸方向左右振動（以下、サイドウォール部振動）について行った。検出器は、超小型のピエゾ型振動加速度ピックアップ（NEC三栄製：9G10S）を用いた。左前輪の試験タイヤのホイール部に、ピエゾ素子対応FM変調方式トランスミッターを内蔵した送信部を装着し、タイヤハウジング部に

受信用アンテナを取り付け、受信装置において復調するテレメータ方式により振動計測をおこなった。

3. 実験結果と考察

3. 1. 惰行及び加速時におけるタイヤ騒音発生位置

ローラ側駆動による車両の惰行走行を行った場

合、また、ローラ側を走行抵抗 (RL) 制御として、車両側全負荷による加速走行を行った場合について、ともにローラ速度55km/h付近でのタイヤ騒音発生部位を比較した。

比較には、騒音発生部位の変化を把握するため、音源の強度を表すアクティブインテンシティのコンター図を用いた。本測定では、時間領域音

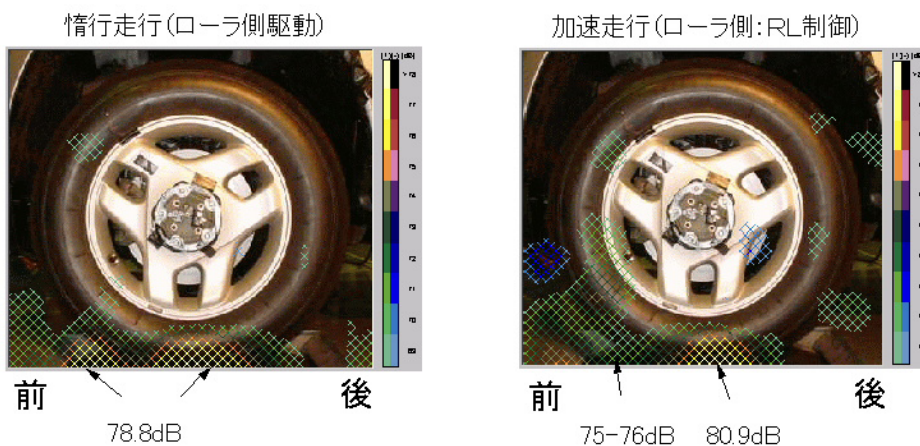


図3 Sタイヤのアクティブインテンシティ (630-1.25kHz, ローラ面: 摩擦粗粒面, 速度: 55km/h)

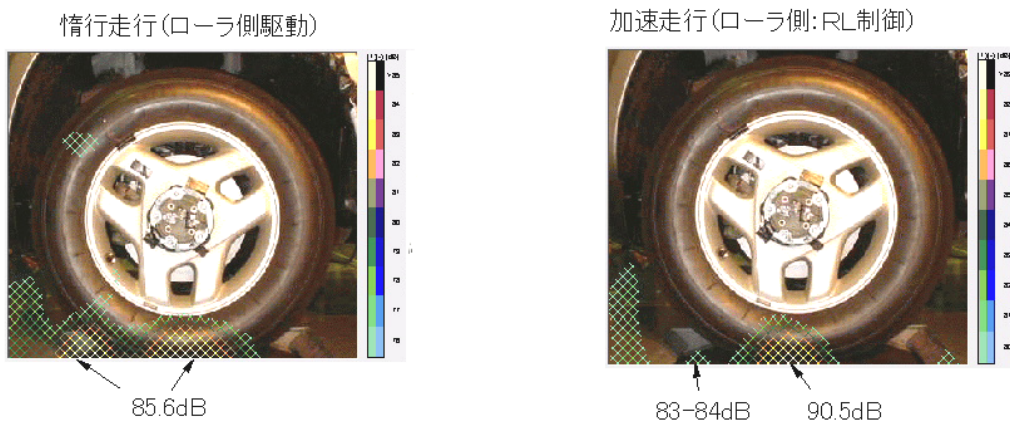


図4 Sタイヤのアクティブインテンシティ (630-1.25kHz, ローラ面: ISOパッド, 速度: 55km/h)

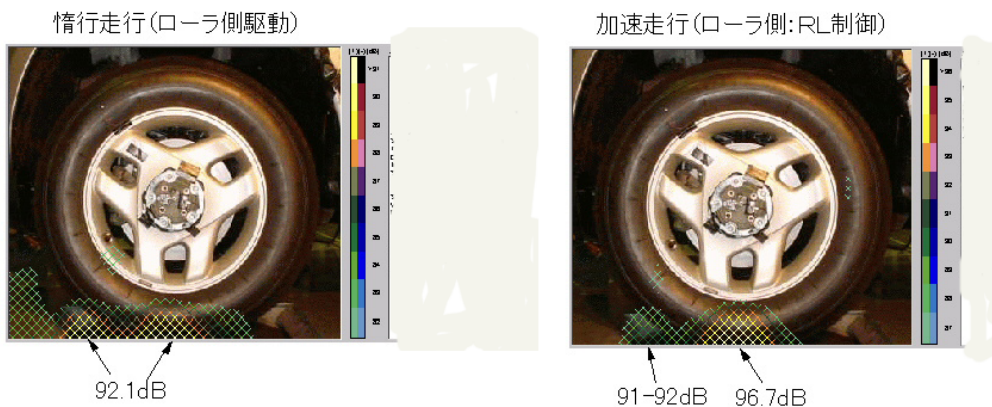


図5 Aタイヤのアクティブインテンシティ (630-1.25kHz, ローラ面: ISOパッド, 速度: 55km/h)

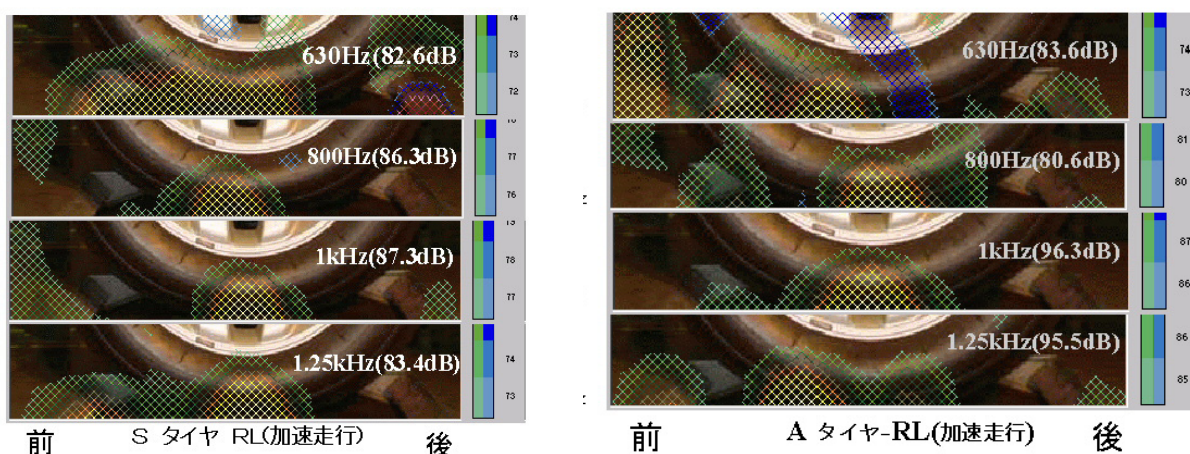


図6 Sタイヤ（スムーズ面）とAタイヤ（溝有り）のアクティブインテンシティの帯域別レベル分布（ローラ面：ISOパッド、速度55km/h、括弧内数値：最大レベル）

響ホログラフィ法を用いているため、アクティブインテンシティは、音圧及び粒子速度のヒルベルト変換の積によって計算されるエンベロープアクティブインテンシティで表される。⁽⁴⁾

図3、図4及び図5に、タイヤとローラ面との組み合わせ別にSタイヤ及びAタイヤの630Hz-1.25kHz帯域におけるアクティブインテンシティのレベル分布を示す。図から、いずれの場合も、惰行走行における騒音発生は、タイヤの踏み込み側と接地点付近の2カ所で大きいことがわかる。加速走行の場合では、いずれも、騒音の発生が大きな部分は、タイヤとローラ接地点付近に限られており、踏み込み側は、惰行走行時と概ね同じレベルである。これらから、踏み込み側のエッジ部で発生している騒音は、ローラ面凹凸やタイヤ溝に起因するポンピングノイズであると推定される。また、接地点付近で発生しているタイヤ騒音は、タイヤに全負荷時の駆動トルクが作用することにより、いずれも、この部位の騒音が増加しており、Sタイヤと摩擦粗粒面の組み合わせでは2dB程度、Sタイヤ及びAタイヤとISO面の組み合わせでは5dB程度の増加を示している。

図6に、加速走行時におけるSタイヤとAタイヤの630Hz～1.25kHzの帯域別のアクティブインテンシティのレベル分布を示す。図から、630Hzでは、両タイヤともに接地点から踏み込み側へ広がる分布を示し、レベルはほぼ同程度である。Aタイヤの場合、踏み込み側の広い範囲で騒音が大きくなっているのは、タイヤハウス内でのピッチノイズ等の反射による干渉等が考えられる。

800Hz及び1kHzの場合には、両タイヤともに、騒音はサイドウォール部から発生しており、Aタイヤの場合、Sタイヤに比べ800Hzで約6dB騒音が減少し、1kHzでは約9dB増加している。前者の場合、ISOパッドを用いているためローラ表面凹凸による振動の励起がAタイヤでは、溝の効果によりSタイヤに比べ減少し、騒音も小さくなったと考えられる。また、後者の場合、Aタイヤは、ピッチノイズの2次成分の影響によって騒音が増加したことが考えられる。また、1.25kHzの場合、騒音発生位置は、Sタイヤではサイドウォール部にあるが、Aタイヤでは接地中心よりも踏み込み側に進んだ位置にあり、後者の方が約12dB大きくなっている。前報での結果と同様に、1.25kHzの帯域では、Aタイヤのトレッドブロックの剪断剛性がSタイヤよりも低いため、タイヤローラ間のすべりが大きくなるとともに騒音も増加することが認められるが、そのメカニズムは明らかでない。⁽²⁾

3. 2. 駆動トルクと各測定点における振動との関係

図7、図8及び図9に、ローラ速度55km/hでの定速度試験におけるトレッドブロックの周方向振動、トレッド溝底部の径方向振動、サイドウォール部の振動の各帯域別振動加速度レベルとタイヤに作用した駆動軸トルクとの関係を示す。

図から、各帯域の振動加速度レベルは、駆動軸トルクが増加するにともない、共通に増加傾向を示すが、とくにトレッドブロック周方向振動の増加が大きくなっている。図7から、帯域別には

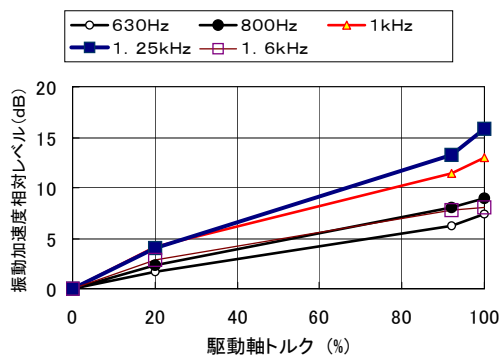


図7 タイヤ駆動軸トルクとトレッドブロック周方向前後振動レベルとの関係 (ローラ速度55km/h)

1.25kHzの帯域で著しく、駆動軸トルク0%から100%の変化に対して15dB程度の増加が認められる。他の2方向の振動では、1.25kHzの帯域は、駆動軸トルクの上記の変化に対して少なく、3~6dB程度の増加である。これらの結果から、タイヤに駆動力が加わることによって、タイヤのトレッドブロックの周方向振動が著しく増加し、サイドウォールやトレッド溝底部もこれに伴って振動が増加することが伺われる。

これらの試験条件のうちトレッドブロック周方向振動とサイドウォール部振動における振動加速度の時系列変化について考察した。

3. 3.3. トレッドブロック周方向前後振動の検討

駆動軸トルクが0%と100%の場合について、トレッドブロック周方向振動の振動加速度の時系列変化を図10に示し、図中のD1、D2の時間軸を拡大したものを図11、図12に示す。図10から、周方向振動では、ローラ1回転毎の振動加速

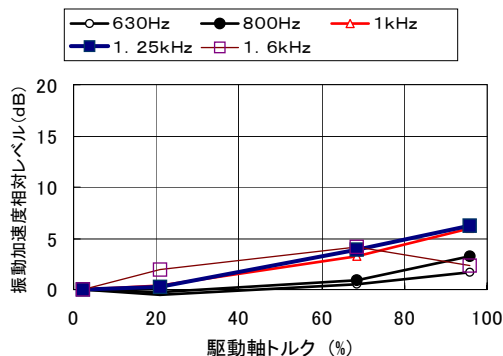


図8 タイヤ駆動軸トルクとトレッド溝底部径方向上下振動レベルとの関係 (ローラ速度55km/h)

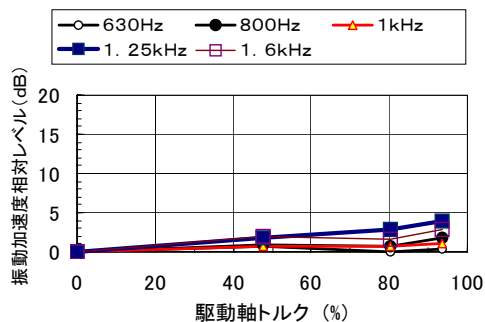


図9 タイヤ駆動軸トルクとサイドウォール軸方向左右振動レベルとの関係 (ローラ速度55km/h)

度の変化が繰り返し発生している。これは、ローラ面のISOパッド継ぎ目部分等から生じるパッドの厚さの変化により発生したものと考えられる。図から、トレッドブロック離地時に振動加速度は大きく変化し、惰行走行では1kHz近傍の振動が、

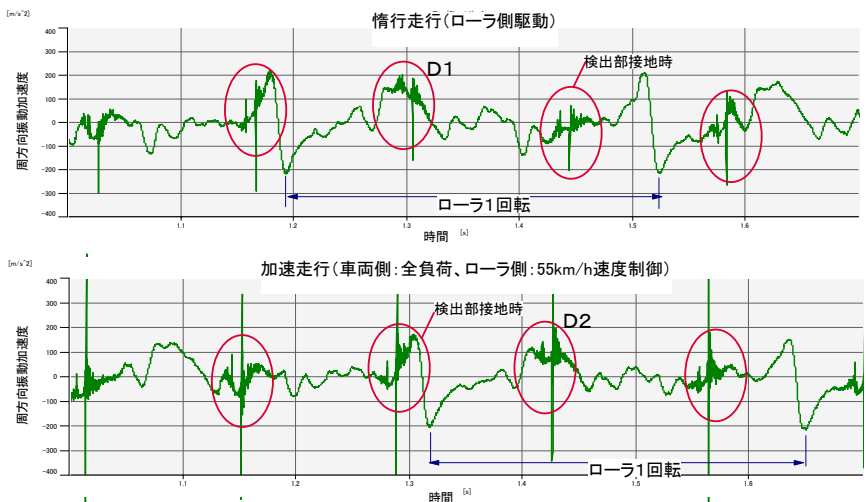


図10 惰行走行及び加速走行時におけるトレッドブロック周方向前後振動波形



図 1 1 惰行走行時におけるトレッドブロックの振動加速度の変化 (図10のD 1 部分の詳細)

加速走行では1.29kHz近傍の振動が発生していることが認められる。これらの振動加速度の振幅は、加速走行の場合、駆動トルクによるトレッドブロックの剪断変形が大きくなるため、惰行走行に比べ数倍大きくなっている。

したがって、これらの結果から、タイヤに駆動力が作用することによってトレッドブロックとローラ面との接地後、離地時において周方向の振動が増大することが認められ、さらに、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。

3. 4. サイドウォール部の振動の検討

図 1 3 に、惰行走行及び加速走行時におけるタイヤサイドウォールの振動加速度の時系列変化を示す。図から、サイドウォールの振動加速度波形には、ローラ1回転毎の振動の変化は認められな

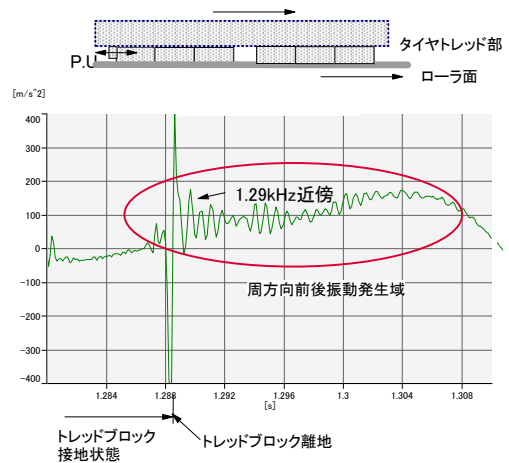


図 2 加速走行時におけるトレッドブロックの振動加速度の変化 (図10のD 2 部分の詳細)

いが、タイヤ1回転毎でみれば、振動検出部がローラ接地点に最も近づく位置とタイヤ1回転中のほぼ中間位置とで、振動加速度の大きな変化が両走行条件ともに発生していることが認められる。前者の場合、図 1 3 のD 3 及びD 4 部分について時間軸を拡大すると、図 1 4 に示すように、振動加速度波形は、ともに、トレッドブロック接地時の衝撃による影響と思われる複雑な非正常信号となっており、トレッドブロック周方向の振動加速度の変化とは異なったものとなっている。

以上の結果から、図 1 5 に示すように、加速時におけるタイヤ騒音の増加のメカニズムは、以下のようにまとめられる。

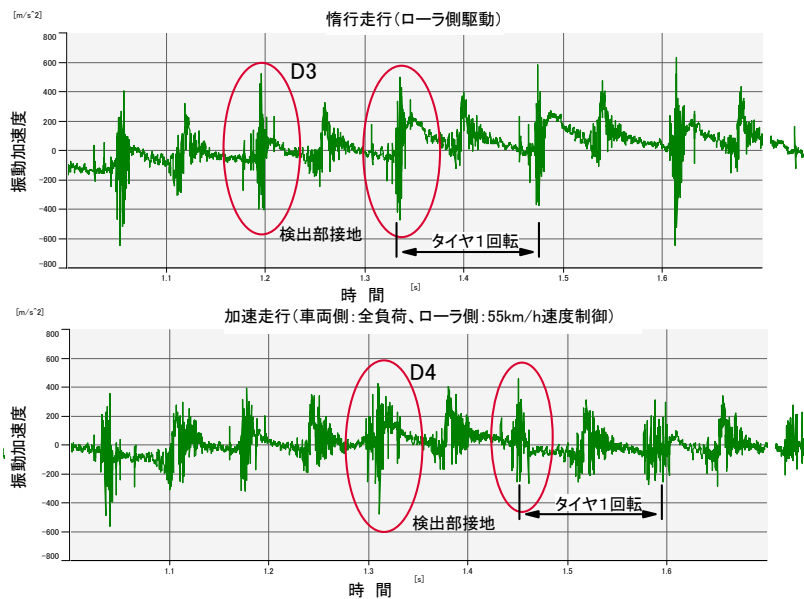


図 1 3 惰行時及び加速走行時におけるタイヤサイドウォールの振動加速波形 (Aタイヤ、ISOパッド面)

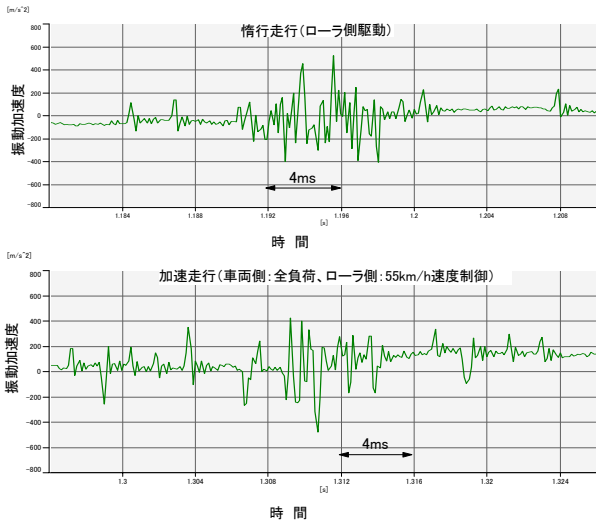


図 1 4 惰行時及び加速走行時におけるサイドウォール振動の波形(Aタイヤ、ISOパッド面、図13のD 3及びD 4部分の詳細)

加速にともなう駆動力が、車両の駆動輪にトルク増加として伝達されることにより、この駆動力がローラ面に作用し、車両は加速走行を始める。この駆動力がローラ面に伝達されるためには、タイヤとローラ間において、伝達に必要な駆動摩擦係数が得られるまで、タイヤローラ間のすべり率が増加する。

このタイヤローラ間のすべり率の増加は、トレッドブロックの剪断変形を増加させ、トレッドブロック離地時に発生するブロックの周方向振動を大きくするとともに、サイドウォール部などのタイヤ接地部での各振動を増加させる。トレッドブロック離地時におけるブロックの周方向振動の増加は、トレッド部の主溝における気柱共鳴音と重なり空気振動を大きくし、騒音を増加させる要因となっていることが考えられる。今後、荷重や空気圧を変更した検討が必要であろう。

今回の実験結果からは、Aタイヤの加速走行の場合、1.25kHzで騒音発生位置がタイヤ接地部より踏み込み側に進んだ位置に認められるが、この原因については明らかでない。

これらの点から、加速時におけるタイヤ騒音の増加を抑制するタイヤ対策としては、タイヤ周方向剛性及びトレッド部剪断剛性の向上、摩擦抵抗力の増加、サイドウォール部振動の抑制などが考えられる。

4. まとめ

以上の結果、以下にまとめられる。

(1) 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タイヤとローラ接地部付近の2カ所にあり、加速走行の場合、後者の部位からの騒

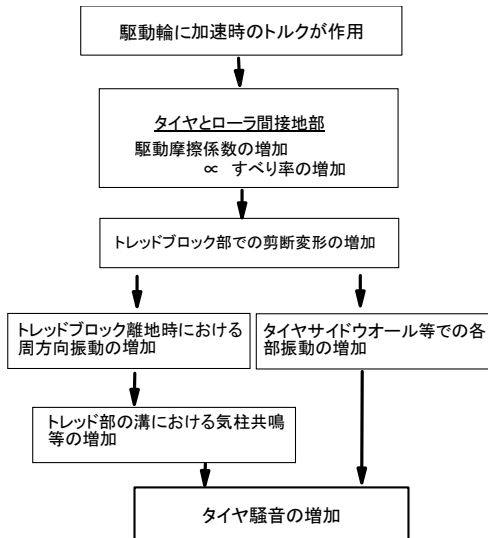


図 1 5 加速時におけるタイヤ騒音の増加のメカニズム

音のみが増加することがアクティブインテンシティの結果から明らかとなった。

(2) 溝を有する試験タイヤ (Aタイヤ) では、加速走行の場合、800Hz、1kHzの帯域の騒音はサイドウォール部から、630Hz、1.25kHzの帯域の騒音は接地中心よりは踏み込み側に進んだ部分から発生することを確認した。

(3) タイヤに駆動力が加わることによって、トレッドブロックの周方向振動が著しく増加し、サイドウォールやトレッド溝底部もこれに伴って振動が増加することが認められた。

(4) トレッドブロックの周方向振動は、タイヤに駆動力が作用することによって、トレッドブロックとローラ面との接地後、離地時において増大することが認められ、さらに、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。

(5) 加速時におけるタイヤ騒音の増加のメカニズムを考察し、このタイヤ対策を明らかにした。

(参考文献)

- (1) 三上他、自動車技術会講演前刷集、9634251(1996-5)
- (2) 田中他、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、H14年度交通安全環境研究所研究発表会講演概要、(2002-11)
- (3) 田中他、自動車技術会論文集, Vol. 30, No. 3, Vol. 3, No. 3, (1999-7)
- (4) J. Hald, Non-stationary STSF, B&K Technical Review, No. 1-200