共同研究報告書
整理番号第３１７号

タイヤ／路面騒音測定方法の開発
共同研究報告書

平成１７年３月

独立行政法人土木研究所
東亜道路工業株式会社
大林道路株式会社
佐藤道路株式会社
東京鋪装工業株式会社
ニチレキ株式会社
日本道路株式会社
前田道路株式会社
株式会社渡辺組
福田道路株式会社
大有建設株式会社
株式会社パスコ
大成ロテック株式会社
株式会社ガイアートＴ・Ｋ
株式会社ＮＩＰＰＯコーポレーション
世紀東急工業株式会社
石川島播磨重工業株式会社
株式会社オリエンタルコンサルタンツ

共同研究報告書
第３１７号平成17年３月

タイヤ／路面騒音測定方法の開発
共同研究報告書

独立行政法人土木研究所　上席研究員　伊藤　正秀
主任研究員　寺田　剛
研究員　大橋　幸子

東亜道路工業㈱技術研究所	所長	雑賀　義夫、	技術部課長	松村　高志
大林道路㈱技術研究所	所長	石川　洋、	室長	光谷　修平
佐藤道路㈱技術本部	技術部長	内田喜太郎、	主任研究員	黒川　勤
東京舗装工業㈱技術研究所	所長	花木　和文、	副所長	佐々木昌実
ニチレキ㈱道路ｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ部	部長	柴崎　隆次、	開発課長	秋本　隆
日本道路㈱技術研究所	次長	田井　文夫、	副主任研究員	岡本　信人
前田道路㈱技術本部	技術部長	松本　光久、	室長	河田　久儀
㈱渡辺組技術研究所	所長	佐々木俊視、	室長	源　厚
福田道路㈱技術研究所	所長	帆苅　浩三、	副所長	田口　仁
大有建設㈱中央研究所	所長	中西　弘光、	技術支援課長	浅野　耕司
㈱パスコ企画開発部	部長	大河原重昭、	室長	谷黒　亘
大成ロテック㈱総合技術部	部長	野村健一郎、	研究室長	小林　昭則
㈱ｶﾞｲｱｰﾄT･K	所長	小島　逸平、	主席研究員	野中　政直
㈱NIPPOｺｰﾎﾟﾚｰｼｮﾝ技術研究所	取締役所長	井上　武美、	主任研究員	井原　務
世紀東急工業㈱技術研究所	所長	奥平　真誠、	主任研究員	増山　幸衛
石川島播磨重工業㈱事業開発部	課長	土屋　達、	事業開発部	大久保　智
㈱ｵﾘｴﾝﾀﾙｺﾝｻﾙﾀﾝﾂ	技術統括リーダー	薮内　一彦、	技術主幹	石川　賢一

要旨

近年、環境への負荷を軽減する舗装が求められており、騒音低減性能の高い低騒音舗装の整備が進められている。また、舗装工事の調達方式にも、タイヤ／路面騒音を性能指標とした性能規定発注方式が導入され始めている。

しかし現在、直轄国道の性能規定発注の竣工検査に用いられている舗装路面騒音測定車は数が限られているため、各工事においては測定実施時期の調整に苦慮している。今後、施工段階、管理段階でのタイヤ／路面騒音の評価を行う回数が更に増大するため、路面騒音を測定できる試験装置の開発の要望が高い。

このため、平成13年～15年度の3年間に共同研究「タイヤ／路面騒音測定方法の開発」を行った。

本報告書では、開発されたタイヤ／路面騒音測定方法について報告するとともに、同時に開発した測定装置および検定方法について報告するものである。

キーワード：タイヤ／路面騒音、性能発注、排水性舗装、低騒音舗装、舗装路面測定車、検定

目　　次

頁
1　はじめに・・・

7　評価方法および測定装置の開発・・・

７．６．４　測定結果及び今後の方策について・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・197
８　検定・・204
８．１　タイヤ路面騒音測定装置の検定方法（案）の作成・・・・・・・・・・・・・・・・・・・204
８．１．１　検定の適用範囲・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・204
８．１．２　検定の申請及び申請有効期間・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・204
８．１．３　測定装置の条件・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・204
８．１．４　検定時の測定条件・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・204
８．１．５　検定の実施・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・205
８．２　タイヤ／路面騒音測定装置の認定・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・208
８．２．１　検定の認定期間及び申請・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・208
８．２．２　認定・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・208
８．３　共同研究で開発したタイヤ／路面騒音測定装置の検定・・・・・・・・・・・・・・・209
８．３．１　検定方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・209
８．３．２　検定結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・210
８．３．３　合格装置の適用範囲（案）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・211
９　特許・・・212
９．１　光電検出方法、位置検出システム、測定車および位置検出装置・・・・・・・・・・・212
９．２　排水性舗装の騒音低減性能試験及び装置・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・215
１０　まとめ・・218
１０．１　要求性能の設定・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・218
１０．２　評価用路面の開発・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・218
１０．３　評価用路面を特定する指標・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・218
１０．４　評価方法及び装置の開発・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・218
１０．４．１　共通試験による評価方法の検討・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・218
１０．４．２　測定方法の開発・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・219
１０．４．３　タイヤ／路面騒音測定装置の開発・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・220
１０．４．４　環境騒音との関係・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・220
１０．４．５　測定用タイヤ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・220
１０．５　検定・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・220
１０．６　特許・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・221
１０．７　総まとめ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・221

付　　録
付録－１　タイヤ／路面騒音現場測定方法（案）（共　通　編）・・・・・・・・・・・・・・・225
Ⅰ　タイヤ/路面騒音現場測定方法(案)（各装置個別案：普通タイヤ編）・・・・・・・・・・・230
Ⅱ　タイヤ/路面騒音現場測定方法(案)（各装置個別案：吸音特性編）・・・・・・・・・・・235
Ⅲ　タイヤ/路面騒音現場測定方法(案)（各装置個別案：反射音編）・・・・・・・・・・・・243
付録－２　タイヤ／路面騒音測定装置の検定方法（案）・・・・・・・・・・・・・・・・・・248
付録－３　対外発表論文・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・263
付録－４　共同研究協定書・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・300
付録－５　適用範囲の求め方・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・305

１. はじめに

本書は、独立行政法人土木研究所（以下、土木研究所）の公募型共同研究「タイヤ／路面騒音の測定方法の開発」の成果を報告するものである。

(1) 舗装と交通騒音

沿道環境を害する要因の一つに道路を走行する自動車から発せられる交通騒音がある。自動車の走行騒音は、主としてエンジン等が駆動することで発生する「駆動騒音」と、タイヤが路面と接触する際に発生する「タイヤ／路面騒音」で構成される。「駆動騒音」を低減するには、自動車の走行規制や構造の改善が有効であり、「タイヤ／路面騒音」の低減にはタイヤと舗装（路面性状）の改良が有効である。

我が国では､道路交通騒音が公害として認識されるようになった昭和 40 年代後半から舗装を工夫することで騒音を低減させようとする取り組みがなされてきた。しかし、当時の交通騒音は、「駆動騒音」の寄与率が高く、舗装を改良することによる効果はほとんど認められなかった。舗装による騒音低減効果が認められるようになったのは､自動車の技術革新により「駆動騒音」が低減され、相対的に「タイヤ／路面騒音」の寄与率が上回るようになってからで、低騒音（排水性）舗装を使った路線で環境騒音が 3～5 dB 低減した昭和 62～63 年ころからであるといわれている。言い換えれば、舗装による騒音発生の減少機能の多くは「タイヤ／路面騒音」の低減によるものである。

(2) 性能規定指標

平成 13 年度、道路構造令の一部が改正され、これにあわせ「舗装の構造に関する技術基準」が制定された。同基準は、効果的かつ効率的な道路政策を展開するため性能規定の考え方を導入するとして、舗装に求める性能指標の設定方法を示している。

これに先立ち平成 10 年度から、舗装工事に性能規定を導入するための試行として、騒音が低減するという概念で一般に理解されやすい「騒音値」を性能指標とする低騒音（排水性）舗装工事が全国で実施された。

ここにいう「騒音値」とは、路面騒音測定車（通称 RAC 車）の特殊タイヤから発せられる「タイヤ／路面騒音」のエネルギー平均値である。RAC 車の特殊タイヤは、密粒と低騒音舗装を比較した場合に、人間の聴覚に敏感な 1000 Hz 付近の領域の音が強調される特殊なトレッドパターンを有しており、駆動輪から独立している。このため、測定対象外の暗騒音の影響を受けにくいという特徴があるとされる。

また、試行工事の実施に際して「騒音値」の基準として、工事完成時に求める；89 dB（LAeq）とライフサイクルコストを念頭に供用 1 年後に求める；90 dB（LAeq）が設定された。これらの基準値は､騒音低減効果が認められていた低騒音（排水性）舗装の実績データを平均して求められた。

現在行われている「騒音値」を指標とした性能規定発注方式による工事の性能評価は、上記試行工事の実績から定められた「舗装路面騒音測定車による測定方法（平成 14 年 4 月 16 日国土交通省道路局通達）」に基づいた測定値を使って実施されている。また、「舗装の構造に関する技術基準」を運用するための補完図書として編纂が進められている「（仮）舗装性能評価法；（社）日本道路協会」においても、同法が掲載される見込みである。

(3) 簡易な計測方法の必要性

「騒音値」による性能評価件数は年々急速に増加している（**図-1-1** 参照）。これに対し、路面騒音測定車の総数は現在全国に 6 台（国土交通省保有 4 台、民間保有 2 台）しかなく特に、工事の竣工が集中する年度末等で測定ニーズに応えられなくなる懸念が指摘される。また、路面騒音測定車は特殊な構造に改造した特注車両を用いるため高価であり、機械損料により測定コストが大きくなることからコスト縮減の意味で対応が望まれている。

このような背景から、独立行政法人 土木研究所と民間 17 社は、「タイヤ／路面騒音」を性能指標とした工事の評価に標準かつ少しでも安価に活用できる新たな測定方法の開発に共同で取り組んだ。

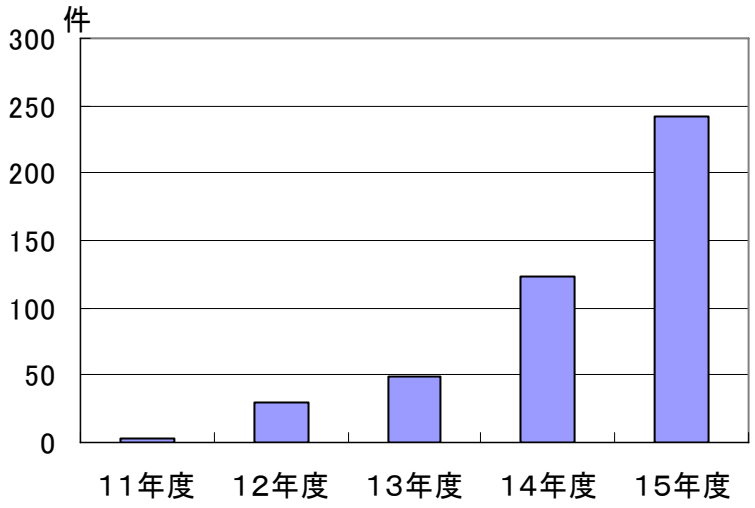


図-1-1　「騒音値」による性能評価件数の変化

２.目　的

環境への負荷を軽減する舗装が求められており、騒音低減性能の高い低騒音舗装の整備が進められている。また、舗装工事の調達方式にもタイヤ／路面騒音を評価のための性能指標とした性能規定発注方式や総合評価発注方式が導入されている。

直轄国道の性能規定発注の竣工検査に用いられている路面騒音測定車は数が限られているため測定実施時期の調整に苦慮している。また測定機械自体が高価であり、その操作にも特殊な技能を有するため、台数の増加も容易ではない。今後、施工段階、管理段階でのタイヤ／路面騒音の評価を行う回数が増大することが予想される。

そこで、本共同研究では、タイヤ／路面騒音を性能指標とする性能規定発注方式および総合評価方式の工事の施工段階、管理段階、竣工検査に用いることができ、50km/h 程度で走行しながらデータ収集が可能な測定方法の開発を目的として、「タイヤ／路面騒音評価用路面の開発」「タイヤ／路面騒音の測定方法の開発」「タイヤ／路面騒音測定装置の検定方法の開発」および「タイヤ／路面騒音検定装置の開発」を行った。

３．研究の概要と研究項目

本共同研究は、土木研究所の公募型共同研究として平成 13 年度に公募し、後述する民間 17 社が、各々所有する計 16 機の測定装置の実用化と測定方法の開発を目指して参加した。研究は平成 13 年度～15 年度に実施した。

平成 13 年度は、国内外の騒音測定に関する動向調査を行い、要求性能の設定を行った。また、土木研究所構内に暫定的に構築した「暫定路面」（騒音値測定装置と測定方法の検討および検定方法を検討するための路面）を用いて、各装置の計測特性を比較するとともに、暫定路面の物理的な路面特性を多角的に計測し、路面状態を特定する方法の検討を行った。

平成 14 年度は、前年度の結果を基に各装置を改良し、各々の測定値の再現性や舗装路面騒音測定車の測定値との整合性を暫定路面と現道を用いて検討した。また、天候その他の外的要因の測定値への影響度合いとその補正に関する検討を行った。

平成 15 年度は、土木研究所構内に新設した「完成路面」（騒音値測定装置を継続的に検定あるいは校正するための路面）を用いて、これまでの研究成果に基づき改良がなされた各測定装置とそれらを使った測定方法の検定を実施した。検定は、各測定装置とそれらを使った測定方法を、舗装の性能指標である「騒音値」を推定できるものとして公に認定するために実施したものである。

また、本研究の過程で得られた数々の知見は、(社)土木学会、(社)日本道路会議、その他関連出版物を通じて、その都度、積極的に発表するとともに、２件の特許も申請した。

以下に本共同研究で実施した研究項目とその研究概要を、また、**図**-3-1 に研究行程を示す。

3.1 国内外の騒音測定方法に関する動向調査と要求性能の設定

① 内外の騒音測定方法に関する動向調査

海外および国内の車両走行騒音の測定方法や規格等について調査を行った。

② 共調達及び道路管理上の精度の確認

公共調達及び道路管理上の精度の確認として、舗装路面騒音測定装置の測定方法、検定方法および騒音値が性能規定として発注されている工事の仕様書について調査を行った。

③ 要求性能の設定

タイヤ／路面騒音測定装置を開発するための要求性能として、特殊タイヤ音との相関性（初期値、供用後）、測定精度、路面騒音測定に影響される因子等を設定した。

3.2 評価用路面の開発

(1) 路面を特定する指標の選定

タイヤ／路面騒音測定装置を検定、調整することができる評価用路面を特定し、補修時期を判定できる指標として材質、密度、空隙率、テクスチャ（きめ深さ）、吸音率、温度、水分等の項目を検討した。

また、評価用路面を開発するに当たり規定する平たん性、最大粒径、厚さ等について、ISO 路面（ISO10844）や(社)日本自動車タイヤ協会や(財)日本自動車研究所で規定している方法について調査し、評価用路面の種類、形状に反映させた。

(2) 評価用路面の開発

タイヤ／路面騒音測定装置を検定、調整することができる完成路面を開発した。

3.3 測定方法と測定装置の開発

3.3.1 測定方法の開発

(1) 共通試験

共通試験として第１回～第３回まで実施した。第１回は各装置の現状調査、第２回は、測定方法の検討・測定装置の改良、第３回は測定方法の確立に関する試験を実施した。

(2) 現道における試行

各装置の検討結果や舗装路面騒音測定車の測定値との整合性を現道において試行した。

(3) 騒音測定に及ぼす影響因子の調査

タイヤの種類（トレッドパターン、大きさ、硬度、空気圧）、測定に用いる車種、気温、騒音計取り付け位置等騒音測定に及ぼす影響因子の調査を行った。

3.3.2 検定評価方法の開発

評価用路面を用いたタイヤ／路面騒音測定装置を検定することができる検定評価方法を開発した。

3.3.3 タイヤ／路面騒音測定方法の開発

開発したタイヤ／路面騒音測定装置の現場測定方法の開発を行った。

3.3.4 タイヤ／路面騒音測定装置の開発

性能規定発注工事の施工段階、管理段階、竣工検査に用いることができるタイヤ／路面騒音測定装置の開発を行った。

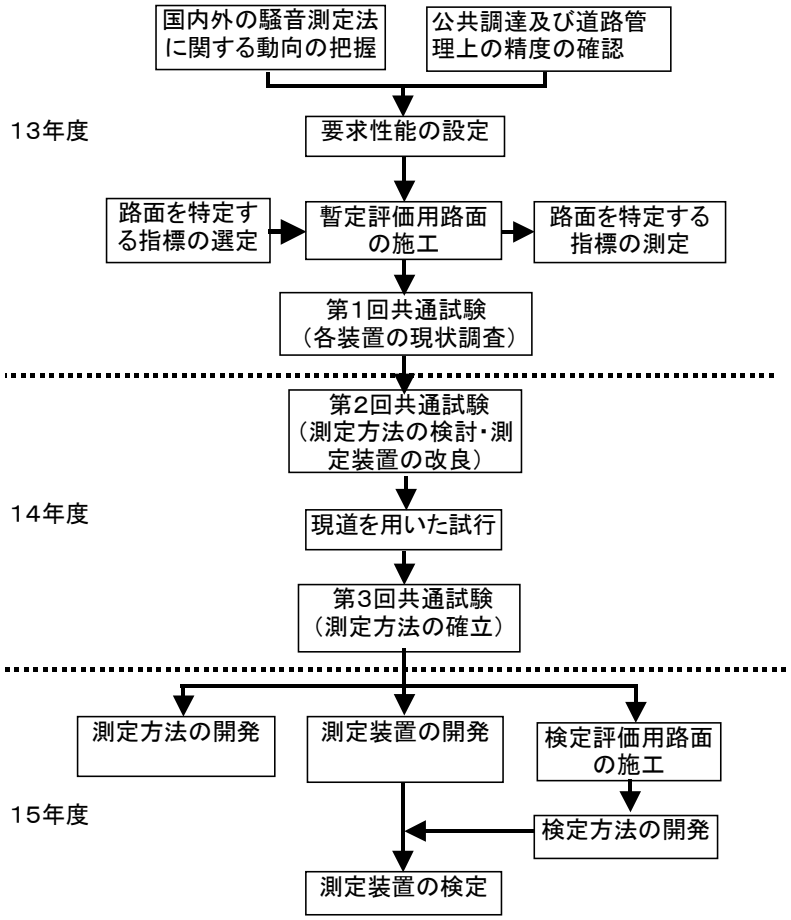


図-3-1-1　研究行程

４. 研究体制

4.1 共同研究の契約

本共同研究は共同研究協定書に基づき実施した。**付録-4** に共同研究協定書を示す。

4.2 委員会、幹事会

本共同研究は計画の立案、実施及び取りまとめを行う幹事会と計画及び結果の審議、承認を行う委員会を設置し、研究を行った。**表-4-2-1**，**表-4-2-2** に委員名と幹事名を示す。

4.3 参加団体名

本共同研究の参加団体は、**表-4-3-1** の通りである。

表-4-3-1　共同研究参加団体名

	会社名
－	土木研究所
A	東亜道路工業㈱
B	大林道路㈱
C	佐藤道路㈱
D	東京鋪装工業㈱
E	ニチレキ㈱
F	日本道路㈱
G	前田道路㈱
H	㈱渡辺組
I	福田道路㈱
J	大有建設㈱
K	㈱パスコ、大成ロテック㈱
L	㈱ガイアートＴ・Ｋ
M	㈱ＮＩＰＰＯコーポレーション
N	世紀東急工業㈱
O	石川島播磨重工業㈱
P	㈱オリエンタルサルタンツ

表-4-2-1　共同研究「タイヤ/路面騒音測定方法の開発」
委員会委員

【委員長】

土木研究所	上席研究員	伊藤 正秀（H15.4～）
	上席研究員	吉田 武　（～H15.3）

【Ａグループ】

東亜道路工業（株）	技術研究所 所長	雑賀 義夫
大林道路（株）	技術研究所 所長	石川 洋
佐藤道路（株）	技術本部 技術部長	内田 喜太郎
東京鋪装工業（株）	技術研究所 所長	花木 和文
ニチレキ（株）	道路エンジニアリング部 部長	柴崎隆次（H15.4～）
	道路エンジニアリング部 部長	緑川 宏（～H15.3）
日本道路（株）	技術研究所 次長	田井 文夫
前田道路（株）	技術本部 技術部長	松本 光久（H15.4～）
	技術研究所 所長	小林 信夫（～H15.3）
(株)渡辺組	技術研究所 所長	佐々木 俊視
福田道路（株）	技術研究所 所長	帆苅 浩三
大有建設（株）	中央研究所 所長	中西 弘光

【Ｂグループ】

(株)パスコ	企画開発部 部長	大河原 重昭
大成ロテック（株）	総合技術部 部長	野村 健一郎

【Ｃグループ】

(株)ガイアートＴ・Ｋ	技術研究所 所長	小島 逸平

【Ｄグループ】

(株)NIPPOｺｰﾎﾟﾚｰｼｮﾝ	取締役技術研究所所長	井上 武美

【Ｅグループ】

世紀東急工業（株）	技術研究所 所長	奥平 真誠

【Ｆグループ】

石川島播磨重工業（株）	物流・鉄構事業本部事業開発部 課長	土屋 達（H15.4～）
	機械鉄鋼事業本部プロジェクト開発部部長	森安 宏（～H15.3）

【Ｇグループ】

(株)ｵﾘｴﾝﾀﾙｺﾝｻﾙﾀﾝﾂ	東京事業本部 技術統括リーダー	薮内 一彦（H15.4～）
	東京事業本部環境文化部 部長	青木 滋（～H15.3）

表-4-2-2　共同研究「タイヤ/路面騒音測定方法の開発」
幹事会幹事

【幹事長】

土木研究所	舗装チーム主任研究員	寺田 剛
	舗装チーム研究員	大橋 幸子

【Ａグループ】

東亜道路工業（株）	技術部 課長	松村 高志
大林道路（株）	技術研究所 室長	光谷 修平
佐藤道路（株）	技術本部 技術研究所 主任研究員	黒川 勤
東京鋪装工業（株）	技術研究所 副所長	佐々木 昌実
ニチレキ（株）	道路エンジニアリング部 開発課長	秋本 隆
日本道路（株）	技術研究所 第二研究室副主任研究員	岡本 信人
前田道路（株）	技術研究所 試験研究室室長	河田 久儀（H15.4～）
	技術研究所 試験研究室室長	小林 良太（～H15.3）
(株)渡辺組	技術研究所 第一研究室室長	源 厚
福田道路（株）	技術研究所 副所長	田口 仁
大有建設（株）	中央研究所 技術支援課長	浅野 耕司

【Ｂグループ】

(株)パスコ	道路センター 技術開発室長	谷黒 亘
大成ロテック（株）	技術研究所第二研究室長	小林 昭則

【Ｃグループ】

(株)ガイアートＴ・Ｋ	技術研究所 主席研究員	野中 政直

【Ｄグループ】

(株)NIPPOｺｰﾎﾟﾚｰｼｮﾝ	技術研究所 2 グループ主任研究員	井原 務

【Ｅグループ】

世紀東急工業（株）	技術研究所 主任研究員	増山 幸衛

【Ｆグループ】

石川島播磨重工業（株）	物流・鉄構事業本部事業開発部	大久保 智（H15.4～）
	物流・鉄構事業本部事業開発部 課長	土屋 達　（～H15.3）

【Ｇグループ】

(株)ｵﾘｴﾝﾀﾙｺﾝｻﾙﾀﾝﾂ	東京事業本部 環境グループ 技術主幹	石川 賢一

５.国内外の騒音測定方法に関する動向調査と要求性能の設定

タイヤ／路面騒音を測定する装置への要求性能の設定や測定方法を開発するため、海外および国内の車両走行騒音の測定方法や規格等の調査と公共調達及び道路管理上の精度の確認として、舗装路面騒音測定車の測定方法、検定方法および騒音値が性能規定として発注されている工事の仕様書について調査を行った。

5.1 海外の動向調査

5.1.1 自動車の走行騒音の測定に係わる規格

(1) ISO の規格

自動車の走行騒音の試験方法は日本も含め各国で規定されているが、国際的な共通の試験方法はISO(International Organization for Standardization)によって規格化されている。

ISO で規格化あるいは提案されている試験方法を**表-5-1-1** に示す。表には、自動車の走行騒音の試験方法の他、騒音試験に関連する路面の規格や路面の吸音率およびテクスチャの試験方法も併記した。また、国内で対応する規格についても示した。

表中の①，③，⑤は自動車の走行騒音の試験方法で、⑥，⑦が自動車走行時のタイヤ／路面騒音の試験方法の規格である。また，②は停車中の排気消音器（マフラー）の排気口における騒音の試験方法の規格である。④は①や⑦の試験を実施する路面の規格で、⑧と⑨は路面の吸音率やテクスチャを評価するときの測定方法の規格である。なお、⑥，⑦，⑧は規格(案)である。

一般道路での自動車の走行騒音を対象とした試験方法の規格としては、⑤と⑥の ISO 11819-1, ISO/CD 11819-2 がある。その他の騒音試験方法は、自動車やタイヤの騒音性能の評価や確認を目的としていることから、テストコース等の構内施設での適用となる。

また、これらの ISO の規格に対して国内では、JIS 化された試験方法が自動車メーカや自動車の研究機関で一般に用いられている。

表-5-1-1　ISO の自動車走行の騒音試験関連および路面評価関連の規格

	規格番号	名称	規格事項	国内対応規格
①	ISO 362 (1998年)	Acoustics - Measurement of noise emitted by accelerating road vehicles - Engineering method	加速時車外騒音試験方法の規格	JIS D 1024 (1999年)
②	ISO 5130 (1982年)	Acoustics - Measurement of noise emitted by stationary road vehicles Survey method	近接排気騒音試験方法の規格	JIS D 1026 (1987年)
③	ISO 7188 (1985年)	Acoustics - Measurement of noise emitted by passenger cars under representative of urban driving	市街地走行状態での騒音試験方法の規格	
④	ISO 10844 (1994年)	Acoustics - Test surface for road vehicle noise measurement	騒音試験用路面の規格	JIS D 8301 (1993年)
⑤	ISO 11819-1 (1997年)	Acoustics - Method for measuring the influence of road surfaces on traffic noise - Part1:The Statistical Pass-by method	道路端での騒音測定から路面の騒音特性を評価する規格	
⑥	ISO /CD 11819-2 (2000年)	Acoustics - Method for measuring the influence of road surfaces on traffic noise - Part2:The Close Proximity method	タイヤ近傍の騒音測定から路面の騒音特性を評価する規格	
⑦	ISO/CD 13325 (1997年)	Tyres - Coast-by test method for measuring tyre/road sound emission	タイヤ／路面騒音の測定方法の規格	
⑧	ISO/DIS 13472-1 (1999年)	Acoustics - Measurement of sound absorption properties of road surfaces in situ - Part1:Extended surface mathod	現位置での路面の吸音率測定方法の規格	
⑨	ISO 13473-1 (1997年)	Characterization of pavement texture utilising surface profiles - Part1:Determination of mean profile depth	路面凹凸からMPDを評価する方法の規格	

(2) その他海外の規格

ISO の試験方法とは別途に、各国では新型自動車の騒音試験方法が規定されている。自動車製造の主要国である日本を含めた欧州、米国の各試験方法を**図-5-1-1**[1)]に示す。

何れの試験方法においても試験条件が若干異なるが、共通試験項目としては加速走行騒音と近接排気騒音がある。欧州では、タイヤ／路面騒音が試験項目として検討されている。また、日本の TRIAS（Traffic Safety and Nuisance Research Institute's Automobile Type Approval Test Standard）20 と欧州の 1999/101/EC（European Community）の試験を実施する測定路面は、ISO 規格の路面として、ISO 10844 の路面が規定されている。米国の SAE（Society of Automotive Engineers）J986MAY98 では測定路面の規定がない。

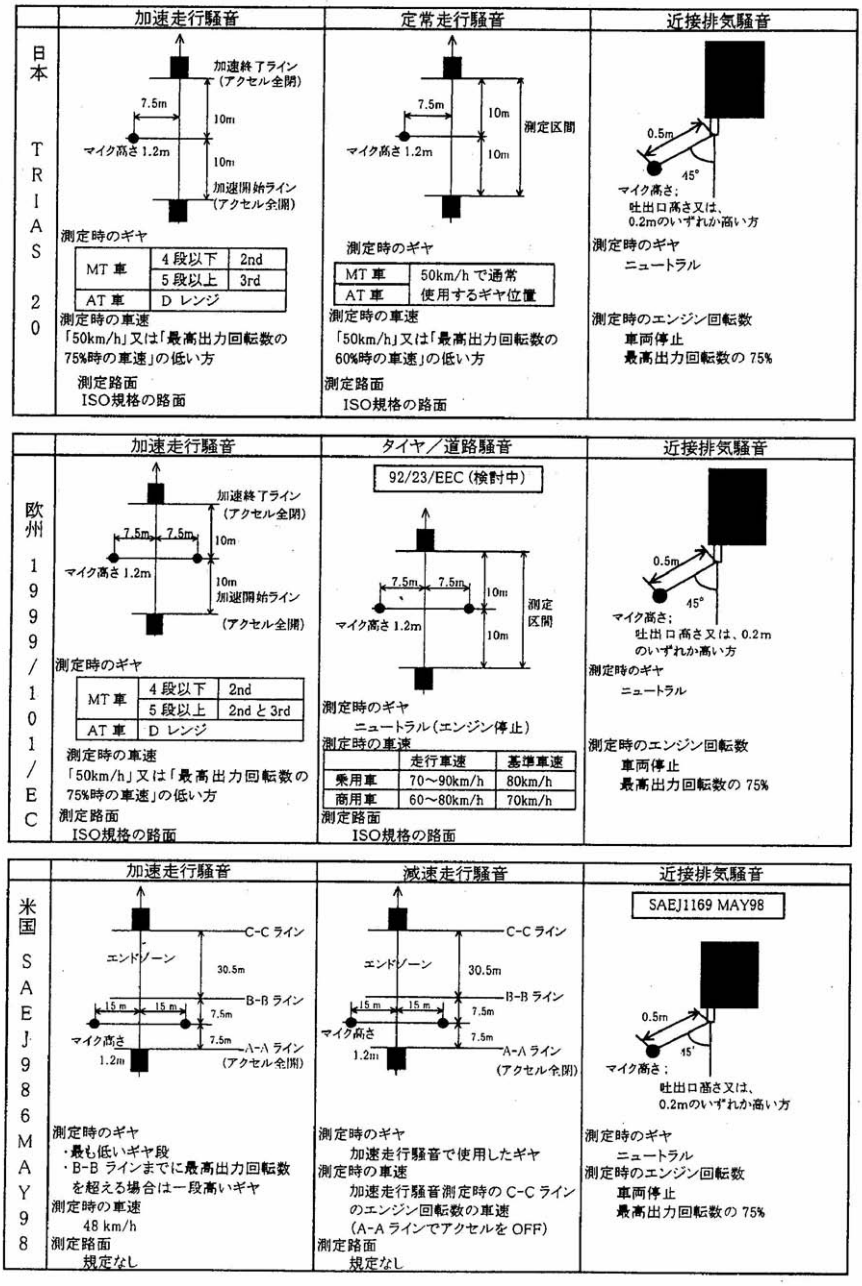


図-5-1-1　主要国における新型自動車（乗用車）の騒音試験方法 [1)]

欧州では、タイヤの騒音性能や路面の騒音特性の研究に用いられている測定方法が定義されている。その主な測定方法の概要を**表-5-1-2** [2)]に示す。表には各測定方法に対応する欧州各国の規格とISO の規格も示されている。

欧州におけるタイヤや路面の騒音に関する研究での測定方法には、6 種類の方法があるとされている。これらの測定方法において、CPB（Controlled Pass-by）と SPB（Statistical Pass-by）は、エンジン音や排気音を含めた車両全体の騒音を評価する方法で、CB（Coast-by）と CPX（Close-Proximity）および TCB（Trailer Coast-by）は、それらの音の影響を小さくあるいはなくした騒音のタイヤ／路面騒音を評価する方法である。また、DR（Laboratory Drum）は、室内でタイヤ／路面騒音を評価する方法である。

表-5-1-2 の各測定方法におけるマイクロホン位置は、CB，CPB，SPB，TCB では車線のセンターラインから 7.5 m で路面からの高さが 1.2 m である。また、CB と TCB では車線の両側での測定が一般的である。CPX と DR ではタイヤ近傍の位置で、タイヤの外側から 0.2 m あるいは 0.4 m で路面からの高さが 0.1～0.2 m となっている。

国内の舗装路面騒音測定車 [3)]は、この CPX に類似した測定方法と考えられる。また、米国におけるタイヤ／路面騒音の測定方法は、TCB による方法が規定されており、SAE Recommended Practice J57 に規格 [4)] されている。

図-5-1-2、写真-5-1-1～写真-5-1-2 に、SPB 法と CPX 法の測定例を示した。

表-5-1-2　欧州におけるタイヤあるいは路面の騒音評価のための主な測定方法 [2)]

測定方法の名称	測定方法の概要	適用範囲	規格・検討機関
Coast-by （CB） 惰性走行による方法	テストタイヤを装着した車輌を用いて、そのエンジンのスイッチを切ったまま、路肩あるいは試験路に設置したマイクロホンの前を惰性走行する。試験速度はある範囲を超えた速度に広げて行う。 一般に最大騒音レベルを記録する。また、回帰分析を用いて乗用車は 80km/h、大型車は 70km/h の評価速度の騒音レベルを計算する。	タイヤタイプの試験 タイヤの一般的試験 タイヤの詳細な研究 路面の詳細な研究	ISO/CD 13325 EU（欧州連合）の案 ECE（ﾖｰﾛｯﾊﾟ経済委員会）の案
Controlled Pass-by （CPB） 試験車の通常走行による方法	２台の試験車（小型乗用車と大型乗用車）を用いて、指定されたタイヤ（規格された４種のタイヤで２種/１台のタイヤ）を装着して、エンジンをかけたまま道路端のマイクロホンの前を通過する。その時の最大騒音レベルを記録する。指定された速度の最大騒音レベルの平均値を計算する。	路面の詳細な研究	フランスの規格：S31 119 ドイツの規格：GestrO'92
Statistical Pass-by （SPB） 一般車輌の騒音レベルの統計による方法	交通の一般車輌（走行障害がない車輌）が道路端のマイクロホンの前を通過する。その時の車種、走行速度と最大騒音レベルを記録する。評価速度 50,80,110km/h における標準化された騒音レベルを、乗用車 101 台以上、大型車 81 台以上のデータを用いて回帰分析により計算する。	路面種の試験 路面の一般的な研究	ISO 11819-1
Close-Proximity （CPX） タイヤ近傍音による方法	トレーラあるいは一般車輌に取り付けられたテストタイヤ（または、一般のタイヤ）の近傍にマイクロホンを設置して、試験区域内を走行させる。この時の平均のタイヤ近傍の騒音レベルを記録する 評価の速度は 50, 80, 100km/h とする。	路面の詳細な研究 表層工事後の確認 タイヤの詳細な研究	ISO/CD 11819-2
Trailer Coast-by （TCB） トレーラの走行による方法	２つのテストタイヤを装着したトレーラをトラックやバンにより試験区域内を牽引走行する。長い牽引装置（棒）により牽引車輌とトレーラの車軸の通過時間を分離する。トレーラの車軸が通過する時の最大騒音レベルを記録する。なお、牽引車輌の通過における補正を行う。	タイヤの一般的試験 タイヤの詳細な研究	ISO/CD 13325
Laboratory Drum （DR） 実験室内のドラムの回転による方法	実験室内のドラムを用いて回転するタイヤを試験する。マイクロホンはタイヤの近くに設置し、平均の騒音レベルを記録する。ドラムには疑似路面が装着されてなければならない。例えば温度や表面は試験条件と密接に関連している。	タイヤの一般的試験 タイヤの詳細な研究	ECE/WP29/GRB Doc R. 100

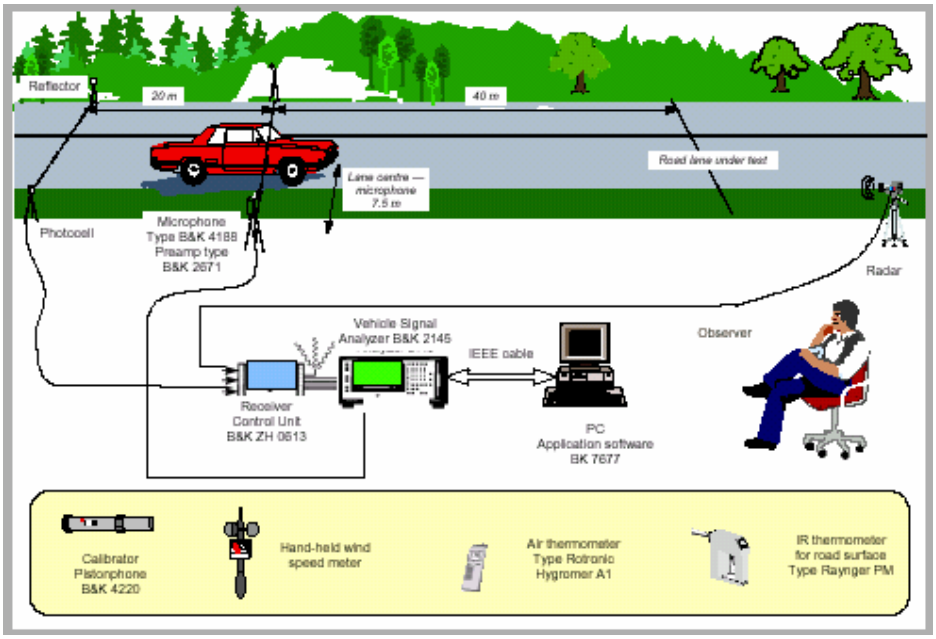


図-5-1-2　一般車両の走行騒音の測定方法例（ISO 11819-1、SPB 法）



写真-5-1-1　タイヤ／路面騒音の測定方法例（CPX 法）



写真-5-1-2　タイヤ／路面騒音の測定方法例（CPX 法、内部）

5.1.2 タイヤ／路面騒音の測定方法

(1) 各種の測定方法

タイヤ／路面騒音の測定方法は**図-5-1-3** に示すように、実車の惰行走行による方法と実車あるいはトレーラの定常走行による方法および室内のドラムの回転による方法とに分けられる。図には、国内で対応する試験方法の規格も併記した。

欧州では、タイヤ単体の騒音規制（基準路面におけるタイヤ／路面騒音）が検討されており、ECE（Economic Commission for Europe）およびEEC（European Economic Community）からそれに対応する試験方法が提案されている。また、ISO では、欧州のその試験方法の対応とタイヤの技術開発の試験を目的として ISO/CD 13325 を、また、舗装路面のタイヤ／路面騒音への影響を把握するために、ISO/CD 11819-2 を提案している。なお、国内における試験方法は、JASO C 606「タイヤ騒音試験方法」があり、これは日本自動車規格（Japan Automotive Standards Organization：JASO）で（社）自動車技術会から刊行されている。

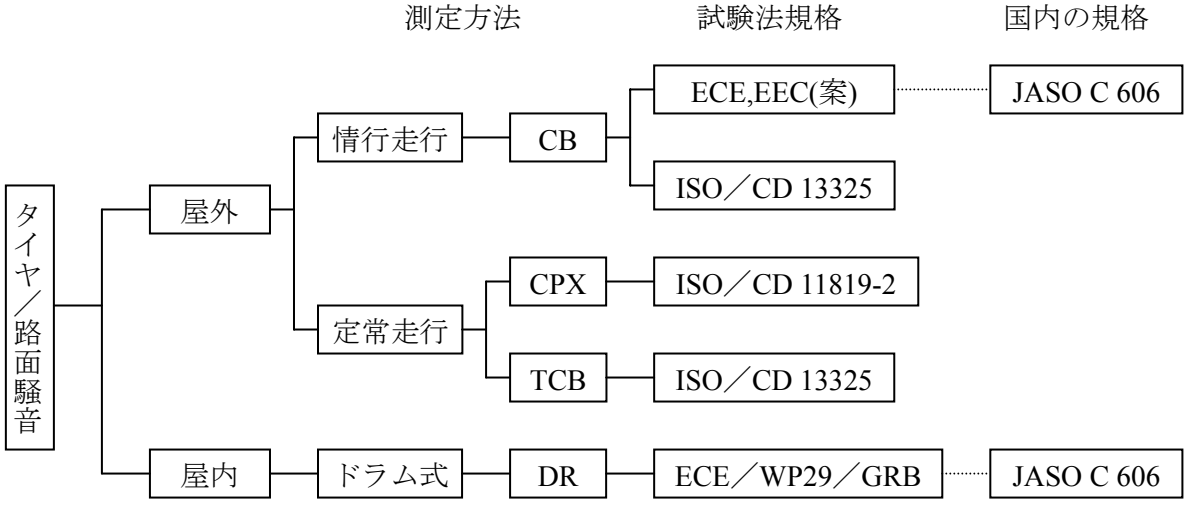


図-5-1-3　タイヤ／路面騒音の各種測定方法

タイヤ／路面騒音は、路面特性に直接影響されることから、室内のドラムに路面を再現する技術的難度があるため、測定方法として実路を用いる方法が主流となっている。実路を用いる試験方法を比較したものが**表-5-1-3** [4]である。表には国内の試験方法も併記した。

ECE,EEC や ISO/CD 13325 の実車惰行走行による方法は、試験するタイヤサイズから荷重、空気圧の条件を設定すること、騒音測定値を速度に対する対数で回帰し代表値を算出すること、測定に使用する路面が指定されていること、その測定値を路面温度あるいは大気温度で補正することなどが特徴として挙げられる。また、後者のトレーラによる方法では、牽引車の騒音値による補正が行われる。これらの測定方法の路面は、タイヤの騒音特性把握のために用いられる試験であることから ISO 10844 に従う路面としている。

表-5-1-3　タイヤ／路面騒音の試験方法比較 [4)]

機関名	ECE, EEC(案)	ISO/CD 13325		ISO/CD 11819-2	JASO C 606
試験路面	ISO 10844(密粒度アスコン)	同左		路面規定なし	アスファルトコンクリート
ﾏｲｸﾛﾎﾝ位置	左右両側 7.5m±0.05m 高さ 1.2m±0.02m	同左		タイヤ中心より前後に20cm 外側20cm、高さ10cm	左側 7.5m±0.05m 高さ 1.2m±0.05m
試験車両 (ﾎｲｰﾙﾍﾞｰｽ等)	2軸4輪 C1(PC)：3.5m以下 C2(LT), C3(TB)：5m以下	2軸4輪 同左 同左	牽引車＋トレーラ トレーラ：1軸フレーム 牽引長さ：5m以上	試験タイヤが設定されている車両	試験タイヤが設定されている車両
タイヤ荷重	ﾀｲﾔ最大負荷の50～90% 4輪の平均は75±5%	70～90%	75±2%	3200N±200N	定積荷重
タイヤ空気圧	荷重に見合う計算式	同左	同左	170kPa±10kPa	車両の指定空気圧
試験速度 （基準速度）	基準速度±10km/hで8点以上 C1,C2：80km/h, C3：70km/h	同左 同左	基準速度±1.5km/h 同左	50, 80, 110km/h±15km/h 目的に応じて選択	40,60,80,100km/h ±1.5km/h
データ処理	16個以上のデータを対数一次回帰し基準速度の騒音を算出	同左	5回以上測定の平均 牽引車の騒音で補正	5回以上測定の平均	2回測定の平均
温度補正 （補正係数K）	基準路面温度20℃に補正 C1：-0.06dB/℃（20℃未満） C1：-0.03dB/℃（20℃超） C2：-0.02dB/℃ C3：温度補正なし	基準大気温度20℃に補正 C1：-0.08dB/℃ C2：-0.08dB/℃ C3：温度補正なし		検討中	規定なし
備考	温度補正式： L=Lm+KΔT L：騒音レベル(補正値) Lm：測定値 ΔT：(20-路面温度)	温度補正式：同左	・温度補正式：同左 ・牽引車騒音補正あり		データ処理： 測定の差が2dB超で更に1回追加測定

(2) 路面の騒音特性を評価する試験方法

ISO/CD 11819-2（詳細は pp.5-12～5-16 の参考）の定常走行による方法（CPX）は、前述したように路面性状や路面種のタイヤ／路面騒音への影響や舗装路面の騒音特性を把握する目的等で提案された試験方法であることから、他の試験方法の試験条件と異なっている事項がある。それらは、乗用車用の 4 種類のタイヤが試験用として規定されており、タイヤの型式やトレッドパターン（夏用タイヤ 2 種：一般のラジアルタイヤ、冬用タイヤ 1 種：スタッドレスタイヤ、ブロックパターンのタイヤ 1 種）が指定されている。また、マイクロホン位置は**図-5-1-4** に示すように試験用タイヤの外側（自走車の場合）に 2 点以上とする。測定路面については乾燥状態としており、特に排水性舗装などのポーラスな路面については、吸取り紙によって水分の有無を確認するようになっている。その留意事項には、表面の水分の有無で 2 dB 以上の差がでることがあると示されている。測定位置（試験タイヤの走行位置）についてはわだち部となっているが、音響反射物（ガードレール、コンクリート壁、建造物等）がマイクロホンから 2 m 以内にあってはならないとしている。

この定常走行の CPX による方法では、同一走行速度における交通状況を想定して 3 通りの騒音の評価値を算出する。それらは、①4 種類のタイヤの騒音レベルの平均値（軽車両走行状態での騒音特性）、②ブロックパターンのタイヤの騒音値（大型車走行状態での騒音特性）、③4 種類のタイヤの騒音レベルに係数を乗じて計算する騒音値（一般交通状態での騒音特性：軽車両と大型車が混在）である。なお、温度補正については、現在検討中となっている。

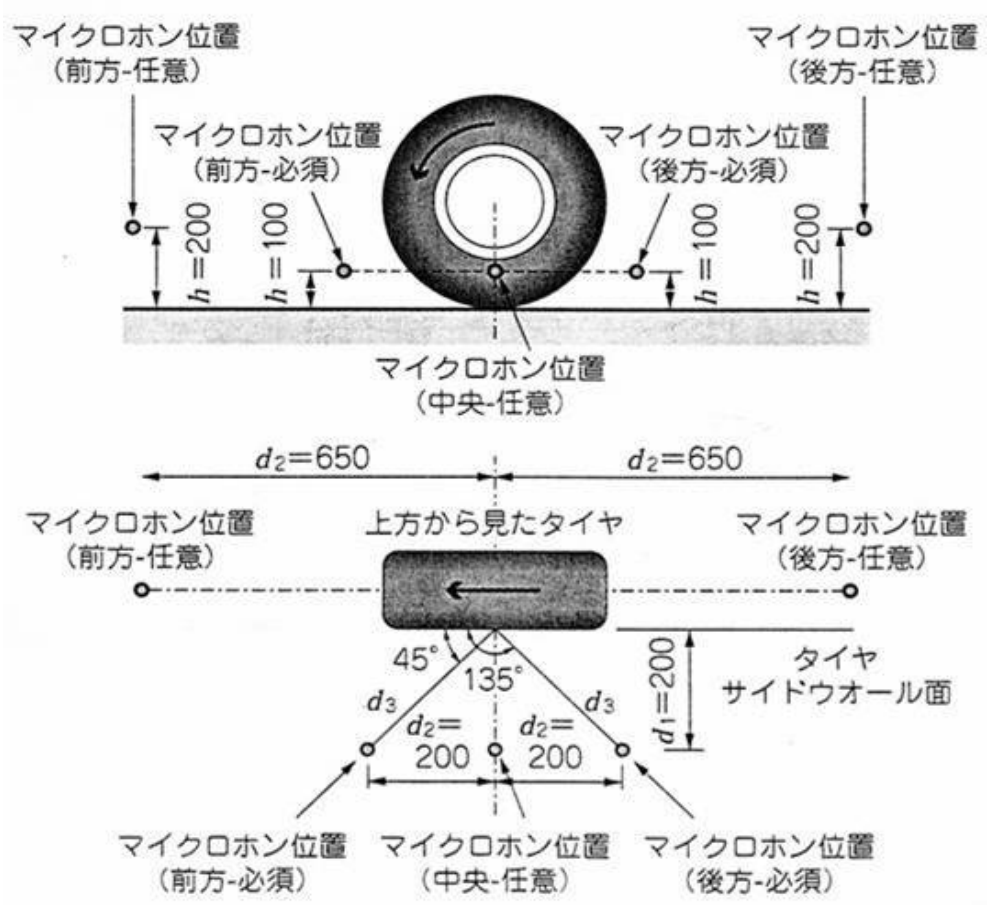


図-5-1-4　ISO/CD 11819-2 のマイクロホン位置 [5)]

(3) タイヤ／路面騒音の温度補正

実路を用いる試験方法は、屋外のために気象条件の影響が避けられず、特に環境温度に対する補正が重要視されている。各試験方法(案)には路面温度や大気温度で補正する方法が提案されているが、整合がとれていない現状にある。

ISO では、その標準化に向けた検討が行われており、現在は各国で実施された試験報告のデータ収集と整理が行われている。その各国の報告 [6),7),8)] における測定方法は、惰行走行の CB あるいは一般車の騒音レベルの統計による SPB 等により行われている。また、測定は ISO 10844 路面の他、密粒アスファルト、ポーラスアスファルト、砕石マスチックアスファルト、コンクリート舗装などの路面である。何れの報告においても舗装路面種によって、温度に対する騒音レベルの変化(温度勾配 : dB/℃)は異なっており、標準化に向けた検討では、より多くのデータが必要と考えられている。

①オランダ（M+P Raadgevende Ingenieurs B.V.）

・試験方法：惰行走行

・路面：ISO 路面、ポーラスアスファルト、サーフェスドレッシング、コンクリート

・タイヤ：スリットタイヤを含む 6 種のタイヤ

・温度範囲：気温 0～35℃、路面温度 3～50℃、タイヤトレッド温度 10～45℃

結果

・気温勾配：ISO 路面-0.09、ポーラスアスファルト-0.06、サーフェスドレッシング-0.08、コンクリート-0.04dB／℃

・温度勾配の係数は車速に関係しない。
・路面温度勾配／気温勾配＝0.7

②イギリス（TRL：Transport Research Laboratory）
・試験方法：SPB 法、20000 台以上の騒音レベルを測定。リファレンス速度 90km/h
・路面：ＳＭＡ、ポーラスアスファルト（PA)、ホットロールドアスファルト（HRA)、コンクリート（BC)、骨材露出コンクリート（EA）
・温度範囲：気温 0～35℃、路面温度～45℃

結果
・温度勾配は PA，EA と SMA，HRA，BC の２つのグループに分かれる。
・温度勾配：0.03（1/2（Ta＋0.7Ts）－20)、Ta（気温)、Ts（路面温度）

③フランス（LCPC：Laboratoire Central des Ponts et Chaussées）
・試験方法：CPB 法（S31 119）
・路面：密粒アスファルト（0/10）（DA)、ポーラスアスファルト（PA)、サーフェスドレッシング（8/10）（SD)、コンクリート（CO）
・温度範囲：気温 5～30℃

結果
・温度勾配：

	DA,SD	PA	コンクリート
気温勾配	-0.09～-0.13dB/℃	-0.06dB/℃	-0.02～-0.04dB/℃
路面温度勾配	-0.06～-0.07dB/℃	-0.04dB/℃	-0.01～-0.03dB/℃

④デンマーク（DELTA : Danish Electronics, Light & Acoustics)、アメリカ（テキサス大)、ドイツ（TÜV Automotive GmbH）
・密粒度アスコンや ISO 路面のデータから温度勾配の報告がある。
気温勾配：0（２軸トラックやあるタイヤ種）～0.08dB/℃（乗用車やあるタイヤ種）

⑤温度補正まとめ
・タイヤ／路面近接音を測定するＣＰＸ法では、検討中である。
・ＣＢ法では基準路面温度 20℃に補正している。ＴＣＢ法では、基準大気温度 20℃に補正している。
・補正係数は、0～0.08dB/℃である。（路面は密粒度アスファルト混合物）

5.1.3 騒音試験用路面

(1) 路面の騒音特性の基準路面

舗装路面の騒音特性を評価する試験方法の ISO 11819-1 や ISO/CD 11819-2 では、規格ではないが付録に、以下のような路面を基準路面(Reference road surface)として推奨している。

一般的な場合の基準路面は、最大粒径が 11～16 mm で平たんなきめとなっている密粒アスファルトの路面としている。音響的には、同じ最大粒径の砕石マスチックアスファルトとほぼ同等で、その路面は少なくとも 2 年供用され、また、ISO 10844 あるいは ISO 13473-1 に従って測定したマクロテクスチャの深さは 0.50 mm～1.00 mm 以内の路面とされている。

一方、ISO 362 や ISO/CD 13325 およびヨーロッパや日本の新型車両の騒音試験方法の路面は、ISO 10844 路面とすることが規定されている。海外において、騒音試験用路面として規定されているものは、ISO 10844 路面のみである。

(2) ISO 10844 路面

ISO 10844 は、異なった場所での車外騒音測定の変動を最小にする目的から、試験路面の材料、設計および品質を細かく規定した規格で、1993 年にドラフトが発行され、1994 年に規格となった。

国内においてはその規格を翻訳し、技術的内容および規格票の様式等を変更することなく作成した JIS D 8301「自動車の車外騒音測定のための試験用路面」として規格化されている。

1) 路面の要求性能

この路面の要求性能は、表層混合物の空隙率と吸音率および路面のきめ深さである。各性能の規格値は**表-5-1-4** のようになっている。

表-5-1-4　要求性能の規格値

性能項目	規　　格　　値	備　考
空隙率	平均値：8 %以下かつ各供試体：10%以下	コア供試体：4 個(最小)
吸音率	平均値：0.1 以下(各供試体の代表値：400～800 Hz, 800～1600 Hz の各最大値)	コア供試体：4 個(最小)
きめ深さ	平均値：0.4 mm 以上	試験走路：10 点(最小)

2) 試験路面の設計の規格

図-5-1-5 のように試験路面の最小領域の要求事項が示されている。また、路面に対する設計要求事項は、①表層用混合物は密粒アスファルトであること、②骨材の最大粒径は 8 mm(許容範囲は 6.3～10 mm)，③表層の厚さは 30 mm 以上、④バインダは添加材が入っていないストレートアスファルトとしている。

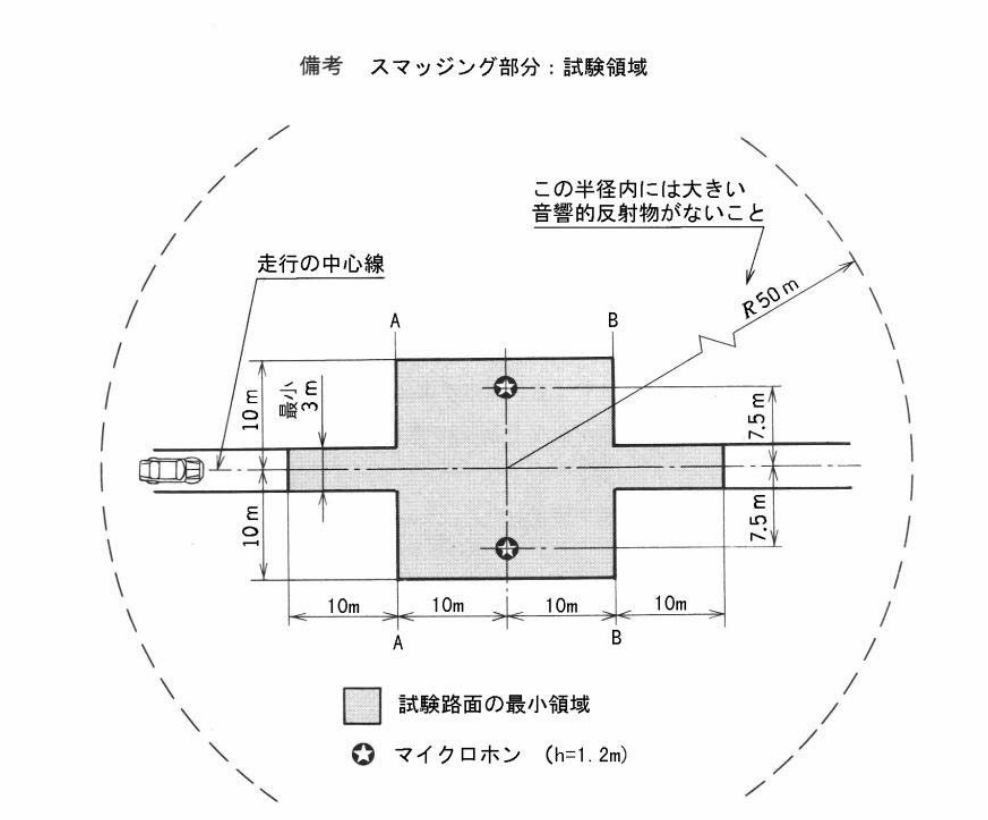


図-5-1-5　試験路面の最小領域要求事項 [9)]

3) 路面の要求性能の試験方法

①空隙率は理論最大密度とコア供試体の見かけまたはかさ密度から計算する。②吸音率は ISO 10534"Acoustics－Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes -Method using standing wave ratio"に準拠して測定する。この試験方法は、JIS A 1405「音響－インピーダンス管による吸音率及びインピーダンスの測定－定在波比法」と同じである。③きめ深さは ASTM E 965"Standard Test Method for Measuring Surface Macrotexture Depth Using a Volumetric Technique"に準拠して測定する。この試験方法は、ガラスビーズ(0.25 mm～0.18 mm)を用いたサンドパッチング法で、舗装試験法便覧の「舗装路面の粗さの測定方法」のサンドパッチング方法と比較して、使用材料や計量体積および拡散器具が異なるが、きめ深さの計算方法は同じである。

4) ISO 10844 路面としての特定指標

路面の要求性能、試験路面の設計の規格および要求性能を評価する試験方法によって、規格を満足すれば ISO 10844 路面として特定される。

その路面が規格に規定された要求事項に適合しているかの定期検査については、①空隙率、吸音率は路面新設時のみ、②きめ深さは路面新設時、騒音試験の開始時(施工後 4 週間以上経過)およびそれ以降 12 ヶ月毎と規定している。

路面新設以後の ISO 10844 路面を特定する指標はきめ深さのみとなっている。

［参考文献］

1）(社)日本自動車工業会騒音部会：自動車交通と騒音 第 5　版，p.20（2000.11）

2）U.Sandberg：Influence of Road Surface Texture on Traffic Characteristics Related to Environment, Economy and Safety,　Swedish National Road and Transport Research Institute（1998.10）

3）阿部忠行：話題　路面騒音測定車，舗装，Vol.35,No.7，pp.32～33（2000.7）

4）(社)日本自動車タイヤ協会：タイヤ道路騒音について　第 6 版，pp.6～10（1997.3）

5）ISO/CD 11819-2：Acoustics－Method for measuring the influence ofroad surfaces on traffic noise－Part2:The close-proximity method, 2000, ISO

6）A.H.W.M.Kuijpers, G.J.van Blokland：Temperature effects on tyer/road noise，M+P.MVM.99.3.1（2001.8）

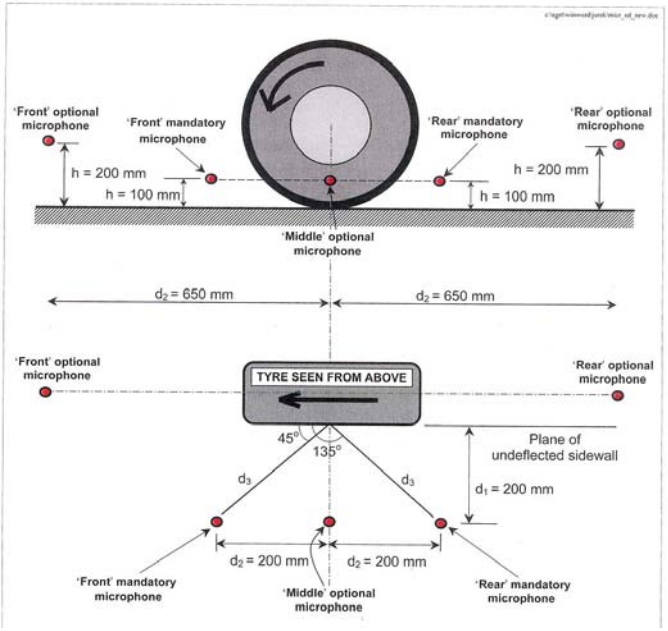
7）S M Phillips, P G Abbott：Factors affecting Statistical Pass-by measurements, The 2001 International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering,（2001.8）

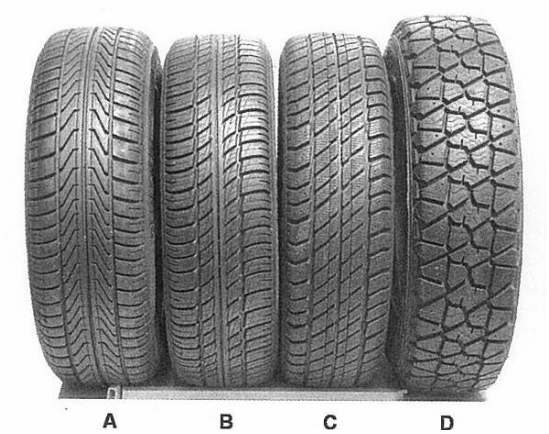
8）Brian J.Landsberger, Jeffrey DeMoss, Michael Mcnerney : Effects of Air and Road Surface Temperature on Tire Pavement Noise on an ISO 10844 Surface, 2001-01-1598, Society of Automotive Engineera,Inc,（2001）

9）JIS D 8301：自動車の車外騒音測定のための試験用路面, 1993，日本工業規格

参考 ISO/CD 11819-2 "Acoustics--measurement of the influence of road surfaces on traffic noise--Part 2:Close-proximity method"の概要

Ⅰ測定機器に関する規定		
項　　目	内　　容	備　　考
1.騒音測定機器		
a)騒音計	・適用規格 IEC60651 で type1 以上の騒音測定器 ・測定周波数範囲 315 Hz-4000 Hz 以上 ・ウィン ドスクリーンを装着	
b)周波数分析器	・周波数分析は推奨 ・1/3 オクターブ分析（適用規格 IEC61260 のフィルタ） ・分析周波数範囲 315 Hz-4000 Hz 以上	
c)校正許容誤差	・±0.5 dB 以内	
2.走行速度測定器	・測定精度が指定速度±2 %以内（±1 %以内を推奨）	
3.温度測定器	・測定精度が±1 ℃以内	
4. 輪荷重測定器	・測定精度が±3 %以内	
5.タイヤ空気圧測定器	・測定精度が±3 %以内	
Ⅱ測定路面に関する規定		
項　　目	内　　容	備　　考
1.試験箇所の選定		
a)延長	・延長 100 m 以上 ・但し、20 m 以上 100 m 未満の延長の区間は累計 200 m 以上の測定を実施 ・試験路面と同一の路面である 10m の助走区間が必要	
b)幅員	・試験タイヤのサイドウォールより水平方向に 0.5 m 以上（清浄かつ乾燥していること）	
c)平面線形	・原則直線区間とする ・但し、走行速度に対する曲線半径が 50 km/h-250 R 以上、80 km/h-500 R 以上、110 km/h-1000 R 以上の場合は、曲線も適合	
２．路肩構造物の影響	・マイクロホンとタイヤに囲い（エンクロージャ）を使用しない場合は、測定位置から２m以内に、音響反射物（ガードレール、コンクリート壁、盛土・切土面、駐車両、橋、建造物等）があってはならない	
Ⅲ　測定車に関する規定		
項　　目	内　　容	備　　考
1.共通事項		
a)車両	・自走車、もしくは牽引車＋被牽引車	
b)試験タイヤのキャンバ・トー角	・キャンバ角　±0.5 ° 以内 ・トー角　±0.1 ° 以内	
c)吸音材	・エンクロージャ内面に吸音材を設置	

項　　目	内　　容	備　　考
２．自走車に関する規定		
a)試験タイヤの装着	･少なくとも、１輪は試験タイヤを装着 ･操舵輪・駆動輪への装着は不可 ･試験タイヤ以外のタイヤを試験輪以外に装着する場合は、マイクロホンより 1.5 m 以上離れていること	
b)吸音材	･アンダーボディには吸音材の設置を推奨	
３．被牽引車に関する規定		
a)試験タイヤの装着	･被牽引車の補助輪は、低騒音タイプのタイヤとし、マイクロホンより 1.5 m 以上離れていること ･牽引車は、低騒音タイプのタイヤを装着し、マイクロホンより 3 m 以上離れていること	
b)被牽引車の構造	･被牽引車のエンクロージャ内には、荷重の作用する機械ユニット、補強構造を配置しないこと ･被牽引車のサスペンションは、通常車両と同様の構造とする	
４．マイクロホン位置		
	･マイクロホン位置は下図とする（図中、Front/Rear mandatory microphone の２箇所は必須） ･設置位置精度は、高さ・水平方向は±0.02 m 以内、角度は±5 ° 以内  	

項　　目	内　　容	備　　考
２．測定車の性能条件と検定		
a)エンクロージャ等による反射音の検定	･試験タイヤと試験路面による反射を除いた反射音が 1 dB 以上の場合は報告要 ･315 Hz-4000 Hz 周波数域で 3 dB 以上の場合はエンクロージャ内の吸音材を改良要	
b)測定車の暗騒音の検定	･暗騒音は 500 Hz-4000 Hz 域で 1 dB 以下、315 Hz-4000 Hz 域で 2 dB 以下 ･上り勾配走行時、他の一般車による騒音も暗騒音とする	
Ⅳ　測定方法に関する規定		
項　　目	内　　容	備　　考
１．音響ﾚﾍﾞﾙと走行速度の測定	･1 路面セグメントを 20 m ･各セグメントにおける 1)タイヤ路面騒音のエネルギー平均、2)1/3 オクターブバンド周波数音響レベル、を各マイク毎に測定 ･２箇所の必須のマイクロホン位置による測定結果を算術平均した値を算出 ･走行速度を測定する	
２．走行回数		
a)一般	･最小走行回数＝試験路面の総延長／路面セグメント数（総延長 100 m の場合、５回） ･試験路面が 20 m 以上 100 m 未満の総延長の場合累計 200 m 以上の繰返走行を実施	
b)試験路面が連続する区間	･暗騒音が影響するセグメントを除外（但し最低５セグメント以上の測定結果要） ･A 特性等価騒音レベルが±0.5 Db を超える場合は 2 回以上再測定	
c)試験路面が連続しない区間	･暗騒音が無い条件で最低 5 回以上測定	
３．試験タイヤ		
	･調査研究目的の測定方法は４種類の試験タイヤを使用（主方法） ･概略測定方法は（A)(D)の２種類の試験タイヤを使用 TyreA:Avon/Cooper ZV1 TyreB:Avon/Cooper Enviro CR 322 TyreC:Avon/Cooper Turbogrip CR65 TyreD:Dunlop SP Arctic  	

項　　目	内　　容	備　　考
４．測定位置	･タイヤ走行位置（わだち部）を測定	
５．周波数分析（推奨）	･1/3 オクターブバンド周波数分析	
６．試験速度	･50 km/h､80 km/h､110 km/h とし、測定目的に応じて選択	
７．試験速度許容誤差	･試験速度±20 %以内、もしくは±15 km/h のうち、大きい方 ･各走行回毎の平均速度は試験速度の±5 %以内	
８．輪荷重	･3200 N±200 N/ 1 輪	
９．タイヤ空気圧	･170 kPa±10 kPa （冷条件）	
１０．タイヤ温度	･タイヤ温度は通常走行時の温度とし、試験前に 15 分程度の準備走行要	
１１．気温	･気温（H=1.0-1.5 m）を 15 分毎に測定	
１２．路面温度	･わだち部の温度を１５分毎に測定（推奨）	
１３．暗騒音（風）	･タイヤ路面騒音の 10 dB 以下	
Ⅴ　測定データの整理に関する規定		
項　　目	内　　容	備　　考
１．測定騒音値	･必須マイクロホン（2 箇所）位置の騒音値は算術平均（Lmean） ･他のマイクロホン位置によるものは、個々に報告	
２．速度相関	･下記式にて整理する Lcorr=Lmeans+35*lg（Vref/V）	
３．調査研究目的測定方法	･下記式にて整理する（dB） 一般車交通用　CPXL=（LA+LB+LC+LD）/4 大型車交通用　CPXH=LD 一般・大型車混成用　CPXI=0.20（LA+LB+LC）+0.40LD LA,LB,LC,LD･･･各タイヤによる測定騒音値	
４．概略測定方法	･下記式にて整理する（dB） 一般車交通用　CPXL=LA+1.0 大型車交通用　CPXH=LD 一般・大型車混成用　CPXI=0.50LA+0.50LD+0.5	

Ⅵ　気象条件に関する規定		
項　　目	内　　容	備　　考
１．風	・エンクロージャを使用しない場合は 5 m/s 以下	
２．温度	・5 ℃～30 ℃（20 ℃が望ましい）	
３．路面	・乾燥していること（6%以上の空隙を有する路面は次項に従う）	
４．空隙を有する路面	・0.5 kpa-0.8 kpa の高圧空気を路面に垂直に噴きつけた後、吸取紙にて水分の有無を確認 （経験的に、ポーラスアスファルトでは水分の有無で 2 dB 以上の影響がある）	

5.2 公共調達及び道路管理上の精度の確認

舗装路面騒音測定車の測定方法及び検定方法、性能規定発注方式及び総合評価落札方式の工事特記仕様書に記載されている要求性能並びに道路管理上要求される性能･精度について調査を行った。

5.2.1 舗装路面騒音測定車の測定方法の調査

排水性舗装の騒音低減性能は現在、関東、近畿、中国、九州の各地方整備局が所有している舗装路面騒音測定車の特殊タイヤ騒音によって評価している。

以下に舗装路面騒音測定車の測定方法の概要を示す。この測定方法は次ページに示す「舗装路面騒音測定車による測定方法」（平成 14 年４月の国土交通省道路局国道課保全対策官通達）と「舗装路面騒音測定車による測定方法の一部見直しについて」（平成 16 年６月の国土交通省道路局国道・防災課保全企画官通達）により実施されている。

(1) 測定概要

対象道路において測定車を一定速度（50 km/h）で走行させ、特殊タイヤを舗装路面に対し約 4.9 kN の荷重で押し付けた状態で発生する音をタイヤ近接部に設置した単一指向性マイクロホンで捉え、データレコーダに記録する。

(2) 測定条件等

・測定位置　　：左側わだち部（外側線より約 0.7 m）
・標準走行速度　：50 km/h
・路面状況：乾燥状況（舗装体内に滞水が無いこと、降雨後は 24 時間以上乾燥）
・サンプリング間隔：0.1 秒
・サンプリング個数：約 70 個／100 m
・周波数補正回路　：A 特性
・音圧レベル　　：LAeq

(3) 結果の分析・解析

1)分析・解析手順

①当該区域の分析位置を確定するため、データレコーダに現場記録された時刻を抽出する。
②対象道路における音圧レベル（50 Hz～5000 Hz の周波数帯域）を 0.1 秒毎にサンプリングする。
③サンプリングしたデータから等価音圧レベル（L_{Aeq}）を求める。

2)除外データ

排水性舗装に敷設された路面標示（横断歩道速度表示など）やマンホール等を通過する事によりタイヤ音は**図-5-2-1** のように瞬間的に音圧レベルが上昇し，徐々に減衰する。

このため舗装単体の騒音を把握する上でレベル上昇範囲を除外する必要がある。

計測に際して，現場の路面標示等を確認した上で影響範囲を除外し，評価する。

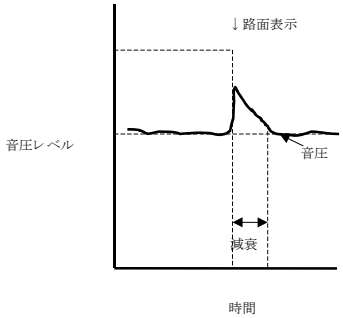


図-5-2-1　路面表示部の音圧レベルの上昇

国道国第　９　号
平成１４年４月１６日

各地方整備局道路部長
北海道開発局建設部長
沖縄総合事務局開発建設部長　殿

国土交通省道路局
国道課道路保全対策官

「舗装路面騒音測定車による測定方法」について

今般、別添の通り「舗装路面騒音測定車による測定方法」を定めたので、今後、舗装工事の発注にあたって性能指標に騒音値を用い、舗装路面騒音測定車で測定する場合には、これによられたい。

なお、要領は、平成１４年度の発注工事から適用するものだが、可能な範囲で平成１３年度工事にも活用されたい。

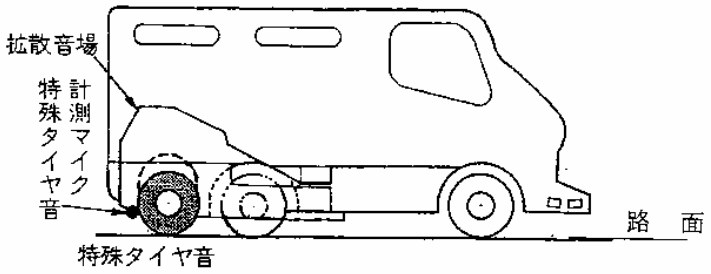
別　添

舗装路面騒音測定車による測定方法

1．騒音の測定

舗装の騒音低減性能を評価するため、舗装路面騒音測定車に搭載されている特殊タイヤと路面から発生するタイヤ／路面騒音（以下、「特殊タイヤ音」という。）を測定する。

舗装路面騒音測定車の概要を図－１に示す。



図－１　舗装路面騒音測定車の概要

2．測定方法

測定車を一定速度（標準 50km/h）で走行させ、特殊タイヤを舗装路面に対し約 500kg の荷重（１輪当たり 250kg）で押し付けながら走行時に発生する特殊タイヤ音をタイヤ近接部に設置した単一指向性マイクロホンで捉え、データレコーダに記録する。

なお、測定条件等、測定データの解析は下記による。

（１）測定回数

①性能指標（騒音値）の値が整数の場合――――→３回

②性能指標（騒音値）の値が 0.5dB 単位の場合――→５回（１回の連続測定区間延長２００ｍ以上・但し除外区間を含まず）

（２）測定条件等

① 交差点（停止線間）は対象外

② 測定位置：車線ＯＷＰ（外わだち部）

③ 標準走行速度：50km/h

④ 路面状況：乾燥状況（舗装体内に滞水がないこと、降雨後は 24 時間以上乾燥させる。）

⑤ サンプリング間隔：0.1 秒

⑥ サンプリング個数：約 70 個／ 100m

⑦ 周波数補正回路：Ａ特性

⑧ 音圧レベル：L_{Aeq}

（３）測定データの解析

特殊タイヤ音の計測値は、以下の手順によって解析する。

① 対象区間の分析位置を確定するため、データレコーダに現場記録された時刻を抽出する。

② 対象道路において、各車線毎に３回または、５回測定し、その全てのデータ（除外区間のデータを除く）を 0.1 秒毎にサンプリングし、騒音レベルのサンプル値を求める。

③ サンプリングした全データの等価騒音レベル（L_{Aeq}）を求め、特殊タイヤ音（全車線の平均値）とする。

④ なお、特殊タイヤ音の算出にあたっては、
小数第１位を四捨五入した整数（性能指標（騒音値）の値が整数の場合）
又は、
二捨三入した０．５ｄＢ単位（性能指標（騒音値）の値が 0.5dB 単位の場合）
とする。

３．本測定方法は、平成１４年度の発注工事から適用する。

国道国防第９３号
平成１６年６月３０日

各地方整備局道路部長
北海道開発局建設部長
沖縄総合事務局開発建設部長
殿

国土交通省道路局
国道・防災課　道路保全企画官

「舗装路面騒音測定車による測定方法」の一部見直しについて

舗装路面騒音測定車による測定については、「舗装路面騒音測定者による測定方法について」（平成14年4月16日付け 国道国第9号 道路保全対策官通達）により実施されているところであるが、今般、測定データの解析について、別添のとおり一部見直しを行ったので通知する。

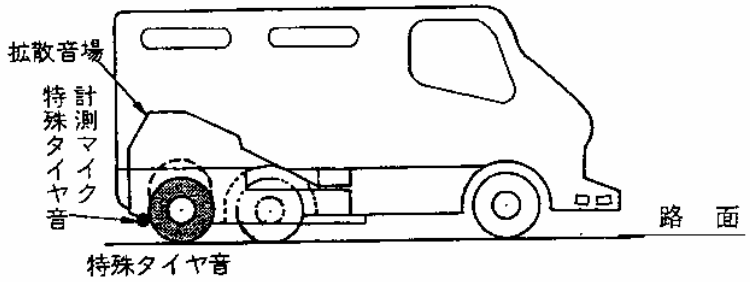
（別添）

舗装路面騒音測定車による測定方法

1．騒音の測定

低騒音舗装の騒音低減性能を評価するため、舗装路面騒音測定車に搭載されている特殊タイヤと路面から発生するタイヤ／路面騒音（以下、「特殊タイヤ音」という。）を測定する。

舗装路面騒音測定車の概要を図－１に示す。



図－１　舗装路面騒音測定車の概要

2．測定方法

測定車を一定速度（標準 50km/h）で走行させ、特殊タイヤを舗装路面に対し**約4.9kNの荷重（１輪当たり2.45kN）**で押し付けながら走行時に発生する特殊タイヤ音をタイヤ近接部に設置した単一指向性マイクロホンで捉え、データレコーダに記録する。

なお、測定条件等、測定データの解析は下記による。

１）測定回数

①性能指標（騒音値）の値が整数値の場合　　→３回

②性能指標（騒音値）の値が 0.5dB 単位の場合→５回（１回の連続測定区間延長２００ｍ以上・但し除外区間を含まず）

２）測定条件等

①　交差点（停止線間）は対象外

②　測定位置：車線ＯＷＰ（外わだち部）

③　標準走行速度：50km/h

④　路面状況：乾燥状況（舗装体内に滞水がないこと、降雨後は 24 時間以上乾燥させる。）

⑤　サンプリング間隔：0.1 秒

⑥　サンプリング個数：約 70 個／ 100m

⑦　周波数補正回路：Ａ特性

⑧　音圧レベル：L_{Aeq}

３）測定データの解析

特殊タイヤ音の計測値は、以下の手順によって解析する。

①　対象区間の分析位置を確定するため、データレコーダに現場記録された時刻を抽出する。

②　対象道路において、３回または、５回測定した全てのデータ（除外区間のデータを除く）を 0.1 秒毎にサンプリングし、騒音レベルのサンプル値を求める。

③　サンプリングした全データの等価騒音レベル（L_{Aeq}）を求め、特殊タイヤ音（全車線の平均値）とする。

④　なお、特殊タイヤ音の算出にあたっては、

性能規定発注方式は、完成時・１年後共、測定値の小数点以下１位を四捨五入した整数値とする。

総合評価落札方式は、完成時は測定値の小数点以下１位を二捨三入したＯ．５ｄＢ単位とする。１年後は「１年後の測定値－提案値」の小数点以下１位を四捨五入した整数値で評価する。

3．本測定要領は、平成１４年度の発注工事から適用する。

5.2.2 舗装路面騒音測定車の検定方法の調査

舗装路面騒音測定車が、適正な測定結果を得るために定期的（1 回／年）に検定を実施している。以下にその検定方法の概要、手順、方法を示す。

(1)概要

検定の対象となる特殊タイヤ音は、測定車に設備された特殊タイヤの走行騒音を各種音響機器の組み合わせによって測定記録するものである。従って、次の 2 種の検定を行う。

①測定車を構成している個々の機器が仕様に合致しているか検定する(仕様検定と称す)

②測定車により得られる測定値が基準値と合致しているか検定する（性能検定と称す）

(2)手　順

1） 仕様検定（測定機器の検定）

検定のフローを**図-5-2-2** に示す。

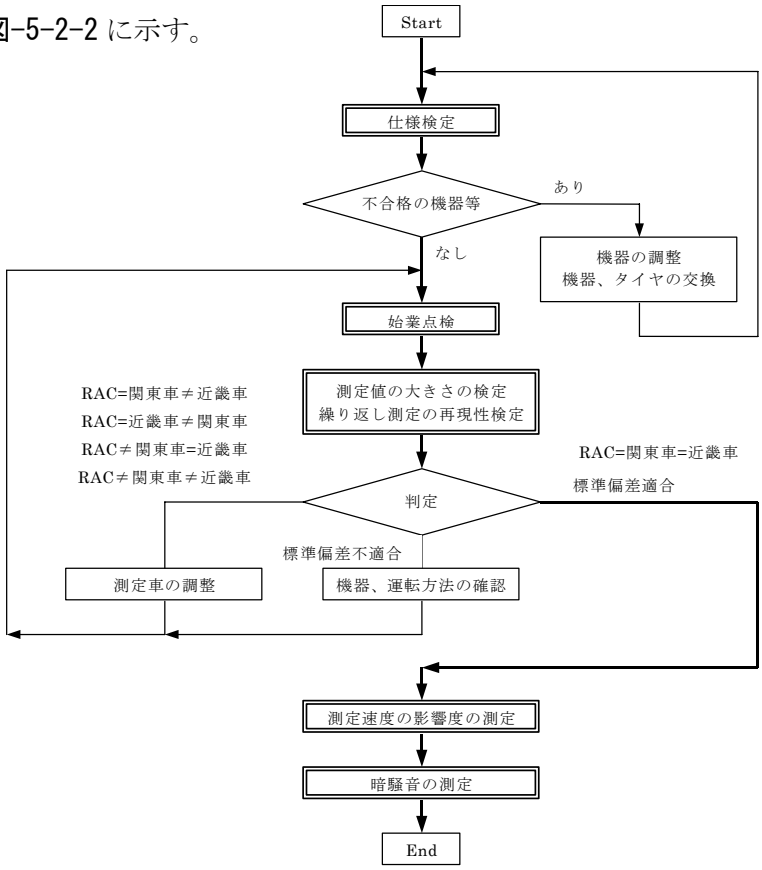


図-5-2-2　検定のフロー

2)性能検定（測定値の検定）

①検定路面：密粒舗装、排水性舗装

②検定項目：

a)測定値の大きさ：同じ完成路面における 3 台以上の舗装路面測定車同士を 5 回測定し、結果の平均値を比較する。測定値が一致していない場合には、各機器の仕様を再確認し、機器の取り付け位置，寸法、材質変化等について何故測定値が異なるか原因を究明し調整する。もし、基準値を設定する必要が生じた場合は、2 台以上で一致した測定値に併せて調整する。

b)繰り返し再現性：5 回測定の標準偏差

c)測定速度の影響：5 回測定平均値

d)暗騒音の大きさ：1 回測定

(3)方法

1)仕様検定

①測定機器の検定：

測定装置の各機器が仕様に合致して適正に作動することを確認する。

定期検定の他に、測定作業毎の点検（始業点検）が必要である。

測定車の仕様検定は下記の項目について行っている。

(a) 校正を必要とする機器の検定

校正を必要とする機器は、第三者機関により検定を行う。

校正を行う機器を**表-5-2-1** に示す。

表-5-2-1　仕様検定項目

判定資料	実施機関
校正証明書	（財）日本自動車研究所
校正証明書	（財）日本品質保証機構
検定済証	（財）日本品質保証機構
校正証明書	ソニー・プレジョン・テクノロジー（株）

2)性能検定

①測定値の大きさの検定

a)測定条件

・検定路面：排水性舗装・密粒舗装（2 路面）

・延　　長：100m

・測定速度：50km/h

・測定回数：5 回（同条件による繰り返し測定）

・路面状態：乾燥状態（排水性舗装は、降雨後 1 日以上乾燥させる）

・測 定 音：特殊タイヤ音

サンプリング間隔　0.1 秒

サンプリング個数　最小必要サンプリング数 50 個

周波数補正回路　　A 特性

音圧レベル　　LAeq

（測定音は以下の測定項目で全て同じ）

b)結果の整理：**表-5-2-2** の結果の整理様式により整理する。

c)判　　定：基準値：各測定車による測定値（LAeq）の 5 回の平均値

判　定：基準値との差±0.0 dB 以内

表-5-2-2　測定結果の整理表様式

	路面 1 （排水性舗装）						路面 2（密粒舗装）					
	1	2	3	4	5	平均	1	2	3	4	5	平均
測定車１												
測定車２												
差	－	－	－	－	－		－	－	－	－	－	
判　　定	－	－	－	－	－		－	－	－	－	－	

※測定範囲の許容範囲は平均速度で 50±0.5km/h

②繰り返し再現性の検定

a)測定条件

・完成路面：排水性舗装・密粒舗装（2 路面）

・延　　長：100 m

・測定速度：50 km/h

・測定回数：5 回（同条件による繰り返し測定）

・路面状態：乾燥状態（排水性舗装は、降雨後 1 日以上乾燥させる）

b)結果の整理：**表-5-2-3** の結果の整理様式により整理する。

c)判　　定：基準値：基準値から 5 回の測定結果の標準偏差 ±0.2 dB 以内とする。

判　定：舗装路面騒音測定車による 5 回の測定値の標準偏差±0.2 dB 以内

表-5-2-3　測定結果整理表

	測定車	1	2	3	4	5	平均	標準偏差
路面 1	被検定車							
	判　　定							
路面 2	被検定車							
	判　　定							

③測定速度の影響度の検定

測定速度の測定結果への影響度を把握する。

a)測定条件

・完成路面：排水性舗装・密粒舗装（2 路面）

・延　　長：100 m

・測定速度：40 km/h、45 km/h、55 km/h、60 km/h

・測定回数：5 回

b)結果の整理：**表-5-2-4** の結果の整理様式により整理する。

c)評　　価：走行速度と特殊タイヤ音の関係把握

表-5-2-4　測定結果の整理様式

	測定速度	40	45	50	55	60	関 係 式
		km/h					
路面　1	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	平 均						
路面　2	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	平 均						

④暗騒音の大きさの検定

特殊タイヤ音の大きさが暗騒音の影響を受けていないことを確認するために、測定輪を使用しない状態での測定を実施し、暗騒音の大きさを把握しておく。

a)測定条件

・完成路面：密粒舗装（1 路面）

・延　　長：100 m

・測定速度：50 km/h

・測定回数：1 回

・測定輪　：なし

b)結果の整理：**表-5-2-5** の結果の整理様式により整理する。

・測 定 音：測定車タイヤを路面に加圧した状態

・暗 騒 音：測定タイヤを路面に加圧しない状態での走行音（エンジン音、風きり音等）

c)評　　価：暗騒音の大きさを把握。特殊タイヤ音と暗騒音のレベル差が 10dB 以上であれば補正を行う必要がない。

表-5-2-5　暗騒音測定結果の整理様式

	ＡＰ（ｄＢ（A))
排水性舗装特殊タイヤ音	
〃　　暗騒音	
レベル差	
密粒舗装特殊タイヤ音	
〃　　暗騒音	
レベル差	

5.2.3 性能規定発注方式における記載状況

性能規定発注における特記仕様書の実際の記述例を**次ページ**に示す。

また、特記仕様書には騒音測定方法として「舗装路面騒音測定車の測定方法（案）による」と書かれている。その概要を以下に示す。

(1) 記述例の概要

・騒音値：

完成時：騒音測定車（特殊タイヤ音）で各車線毎に測定（走行速度 50 km／h）し、全線の平均が基準値 89 dB（L_{Aeq}）以下

1 年後：先測定により全線の平均が基準値 90dB（L_{Aeq}）以下

・騒音測定方法：舗装路面騒音測定車の測定方法（案）による。

(2) 舗装路面騒音測定車の測定方法（案）のデータの算出

特殊タイヤ音の算出として、性能規定発注方式は、完成時・１年共、測定値の小数点以下１位を四捨五入した整数値とする。と記述されている。

5.2.4 総合評価落札方式における記載状況

総合評価落札方式における特記仕様書には、以下に示すような記述例と測定方法条件が書かれており、また、騒音測定方法として「舗装路面騒音測定車の測定方法（案）による」と書かれている。その概要を以下に示す。

(1) 記述例の概要

・騒音値：

完成時：騒音測定車（特殊タイヤ音）で各車線毎に測定（走行速度 50 km／h）し、全線の平均が基準値 89 dB（L_{Aeq}）以下

1 年後：先測定により全線の平均が基準値 90dB（L_{Aeq}）以下

・騒音測定方法：舗装路面騒音測定車の測定方法（案）による。

(2) 舗装路面騒音測定車の測定方法（案）のデータの算出

特殊タイヤ音の算出として、総合評価落札方式は、完成時は測定値の小数点以下１位を二捨三入した 0.5dB 単位とする。１年後は「１年後の測定値－提案値」の小数点以下１位を四捨五入した整数値で評価する。と記述されている。

(3) 測定方法条件

・測定位置：左側輪跡部

・測定平均走行速度：50±0.5 km/h

・サンプリング間隔：0.1 秒（50 km/h の走行で 1.4 m 間隔）

・全車線の平均値は少数第 1 位を四捨五入した整数。

第２章　舗装工（性能規定対象範囲）

第１条　舗装の設計

乙は、下記設計条件により第２章第２条に規定する性能指標の値に適合する舗装構造及び施工方法等を、甲に提案するものとする。

①設計は「技術基準」によるものとする。

②舗装設計期間はα年とする。

③舗装計画交通量は○○台／日以上とし、路床の設計ＣＢＲは○○とする。

第２条　車道舗装の性能指標及びその値

性能指標	施工直後の性能指標の値	１年後の性能指標の値	試　験　方　法
疲労破壊輪数	35.000000×α年/10		第１章第４条２項に基づき提出された施工管理によって施工された場合は、性能指標の値に適合するものとみなす
塑性変形輪数	動的安定度で3,000回/mm以上		舗装試験法便覧のホイールトラッキング試験方法
浸透水量	現場透水量試験で1000ml/15秒以上		排水性舗装技術指針に基づく試験方法
平たん性	各車線毎に（σ）2.4mm以下		舗装試験法便覧の3mプロフィルメーター試験方法
騒音値	舗装路面騒音測定車（車両登録番号を記載する）で各車線毎に測定（特殊タイヤ音）し全車線の平均値が 89dB(LAeq)以下	左記測定により全車線の平均値が90dB(LAeq)以下	舗装路面騒音測定車の測定方法（案）

第３条　舗装施工直後の性能評価

１．乙は、舗装施工直後に第２章第２条に規定する性能指標に関して測定を行いその結果を甲に提出するものとする。

なお、騒音値の測定に関しては、甲が（乙が甲の指示する）公的機関に行わせるものとする。

２．甲は、前項に基づき提出された性能指標の値について評価を行うものとする。

３．第２章第２条に規定する車道舗装の施工直後の性能指標の値に適合できなかった場合、甲は乙に必要な修補を行わせるものとする。

修補の方法は、乙が甲に提示し甲は、現場条件等に照らして決定するものとする。

なお、次の事項は性能保持対象外とする。

- 交差点部（車の停止線から交差点内側の車道部分）
- 路面標示部
- その他（橋面部、マンホール部等）

ただし、前述以外で明らかにやむを得ない事情がある場合、乙は甲と協議できるものとする。

5.3 要求性能

タイヤ／路面騒音測定装置や方法を開発するに当たり、諸外国及び日本の測定装置や測定方法の規格等を調査した結果を参考に要求性能を下記のように設定した。

①舗装路面騒音測定車の騒音値に変換が可能なこと。
②法定速度で公道を走り測定できること。
③迅速、安全に測定できること。
④測定装置（車）を特定できること。
⑤測定速度を 0.5 km/h 単位以下で測れること。

６.評価用路面の開発

評価用路面として土木研究所構内に暫定路面と検定路面の二つを構築した。この路面の構築目的は本共同研究で進めたタイヤ／路面騒音測定装置の開発にある。さらに本開発装置と従来装置である舗装路面騒音測定車を含めた測定装置の性能評価あるいは検定に使用することにある。

暫定路面は平成 13 年度に構築し、タイヤ／路面騒音測定装置の開発、および測定に影響する要因についての詳細検討を行うために、種々の測定条件下でタイヤ／路面騒音測定を実施した。この結果を踏まえて、完成路面（検定路面）を平成 14 年度末に構築した。

この章では評価用路面を構築する際の考え方と構築結果、および評価用路面を特定する路面指標の検討結果について示す。

6.1 評価用路面の基本条件

6.1.1 暫定路面と完成路面の役割

表-6-1-1 に暫定路面と完成路面の役割を示す。主な役割として、タイヤ／路面騒音測定装置の開発と検定としての使用などである。

表-6-1-1 暫定路面と完成路面の役割

評価用路面	路面の役割
暫定路面	・タイヤ／路面騒音測定装置を開発するために、測定値に影響を与える要因とその程度を把握する （温度速度補正式・特殊タイヤ音変換式の構築、繰り返し精度の確認） ・タイヤ／路面騒音測定装置の検定方法決定のための基礎資料を得る ・完成路面を構築するための基礎データを得る ・タイヤ/路面騒音と関連付けられる路面指標を特定し、その路面指標を用いた低騒音性能の評価手法を確立する ・特定した路面指標を用いて評価用路面が変化のないことを調べる
完成路面	・タイヤ/路面騒音測定装置を検定する ・舗装路面騒音測定車を検定する

6.1.2 評価用路面が備えるべき要件

評価用路面はタイヤ／路面騒音測定装置の検定等に使用するため、**表-6-1-2** に示す要件を備えていなければならない。

表-6-1-2　評価用路面が備えるべき要件

評価用路面が備えるべき要件	舗装種	走行性	路面保護	機器装備
・時速 50km でスムースな走行が可能であること		○		
・他の路面の影響を受けずに必要なデータが取れること	○	○		
・タイヤ／路面騒音測定車が共通試験を行えること	○	○		○
・実道の路面と大差ない路面であること				
・路面として不動点であること			○	
・未使用時は雨水や日射を防げること			○	
・特殊タイヤ音 89 dB､90 dB に対応する路面があること	○			
・それ以外の舗装路面があること	○			
・今後、低騒音舗装として考えられる舗装があること	○			
・平均走行速度を 0.1 km/h の単位で表示できること				○
・気温などの外的要因を測定できること				○

また、上記の要件を満足するためには、路面構築の際には以下の項目を検討することが必要である。

・舗装種　：排水性（最大粒径、空隙率、厚さ）、多孔質、密粒度、その他
・走行性　：舗装規模（延長 50 m 以上、幅員 2.5 m 以上）、加減速路の確保、平たん性
・工区設定：残存音の影響を考慮した工区の並び順・位置
・路面保護：上屋の設置
・機器装備：速度の測定、風速・風向・気温・湿度・日射量・雨量などの気象特性を測定する装置の設置

6.2 評価用路面の構築

6.2.1 暫定路面の構築

(1) 施工の概要

暫定路面の施工場所は、土木研究所構内にある舗装走行実験場大ループの東側直線部分である。**図-6-2-1** に施工位置を示す。施工は以下の手順で行った。

①既設表層を 5 cm（一部 10 cm）切削

②基層工として 13mmTop の密粒度アスコン（以下、「密粒(13)」を厚さ 5 cm で舗設

③各表層を厚さ 5 cm で舗設



図-6-2-1　暫定路面施工位置

なお、実際の舗装工事にできるだけ近い施工幅員で舗設を行うために、既設路面の両側路肩部分を拡幅して幅員 2.8 m の走行レーンを 3 本確保することとした。

施工手順を**図-6-2-2** に示す。

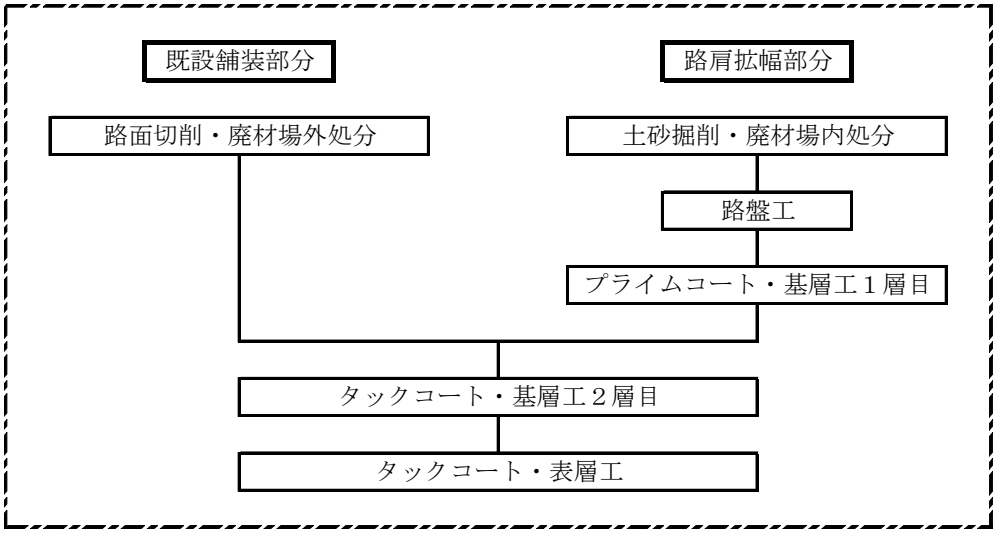


図-6-2-2　施工手順（暫定路面）

(2)施工平面図

施工箇所の平面図を**図-6-2-3** に示す。

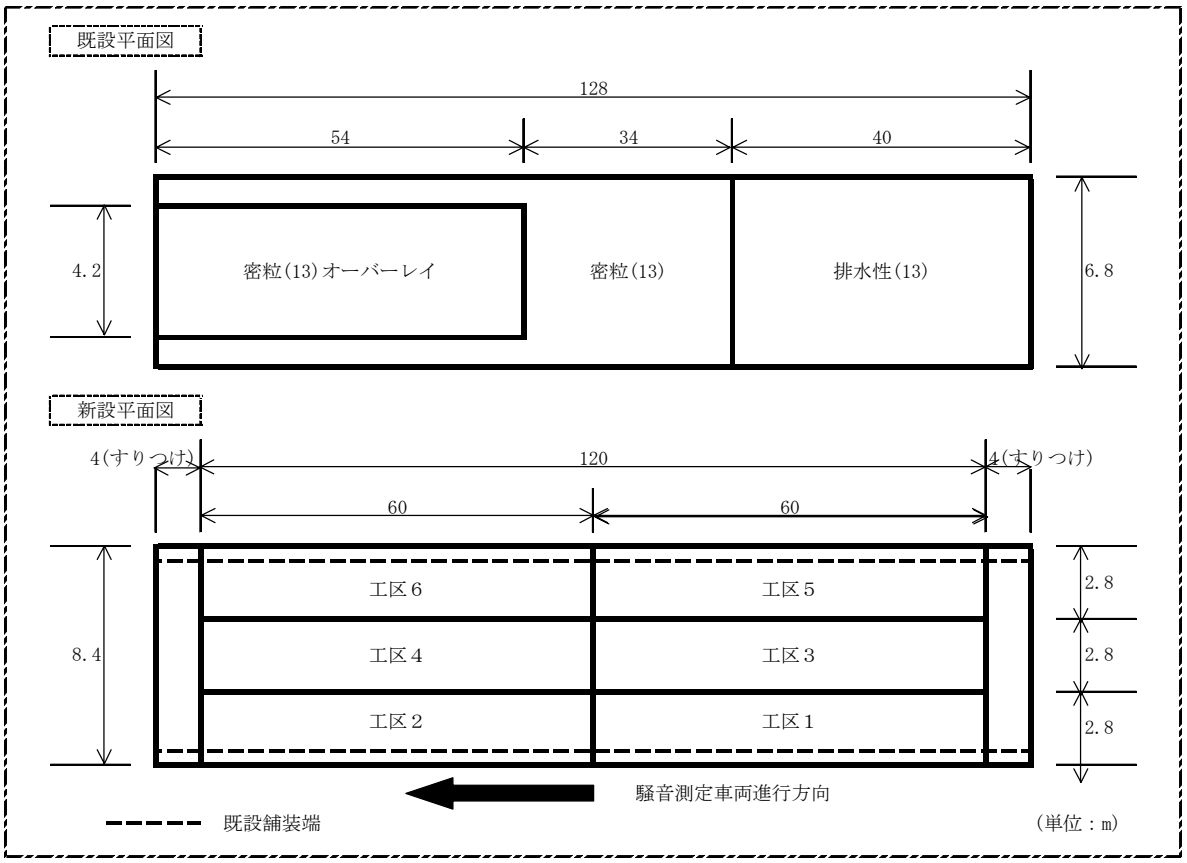


図-6-2-3　施工箇所平面図（暫定路面）

各表層混合物の配置は、タイヤ／路面騒音測定時に表層の種類が変わる中間のジョイント部分の影響を少なくするために、騒音値が小さいと想定されるものが車両走行方向に向かって手前に、大きいと想定されるものが奥になるようにした。

(3) 表層混合物

1)表層混合物の種類

暫定路面には、以下に示す理由により、**表-6-2-1** に示した 6 種類の混合物を適用することとした。

①低騒音舗装と比較するために、密粒の路面が必要となること。

②性能規定発注における評価値である、89 dB・90 dB 付近のデータを多く得るために、排水性舗装の路面を 4 種類施工すること。

③評価の幅を広げるために、排水性舗装よりも高い騒音低減効果が期待できる多孔質弾性舗装を評価用路面に加えること。

表-6-2-1　表層混合物の種類（暫定路面）

工区番号	表層混合物の種類
1	5mmTop 排水性アスコン、空隙率 23%(以下「排水性(5-23)」)
2	13mmTop 排水性アスコン、空隙率 20%(以下「排水性(13-20)」)
3	13mmTop 排水性アスコン、空隙率 17%(以下「排水性(13-17)」)
4	密粒(13)
5	多孔質弾性舗装(t=2 cm)＋排水性(13-20)(t=3 cm)(以下「多孔質弾性」)
6	10mmTop 排水性アスコン、空隙率 20%(以下「排水性(10-20)」)

2)アスファルト混合物製造プラント

アスファルト混合物を製造したプラントの概要を**表-6-2-2** に示す。なお、プラントから現場までの混合物運搬時間は約 20 分である。

表-6-2-2　アスファルトプラントの概要

工場名称	日本道路(株)・(株)霞工業共同企業体　茨城合材センター
所在地	茨城県新治郡新治村小高 772-8
プラント製造会社	日工(株)
型式および製造能力	NAP1202、120 t/h

3)材料

a)材料の種類・産地

アスファルト混合物に使用した材料の種類、および産地を**表-6-2-3** に示す。

表-6-2-3　使用材料の種類および産地（暫定路面）

材料の種類	製造会社名	産地	材質	使用混合物
6 号砕石	塚田陶管(株)	茨城県新治郡新治村	砂岩	密粒(13)
特 6 号砕石	日本砕石(株)	茨城県石岡市	砂岩	排水性(13-20)・ 排水性(13-17)
10～5mm 砕石	東京石灰工業(株)	栃木県安蘇郡葛生町	砂岩	排水性(10-20)
7 号砕石	塚田陶管(株)	茨城県新治郡新治村	砂岩	密粒(13)
7 号砕石	日本砕石(株)	茨城県石岡市	砂岩	排水性(5-23)
粗砂	石塚建材興業(株)	茨城県西茨城郡岩瀬町	砕砂	全ての混合物
細砂	小林建材(有)	千葉県佐原市	洗砂	密粒(13)
石粉	田政礦業(株)	栃木県栃木市	石粉	全ての混合物
St.60/80	昭和シェル石油(株)	神奈川県川崎市		密粒(13)
高粘度改質 As	日進化成(株)	埼玉県川口市		全ての排水性

b)アスファルト混合物の性状

アスファルト混合物の性状を**表-6-2-4** に示す。

表-6-2-4　アスファルト混合物の性状（暫定路面）

配合名称		排水性(13-20)	排水性(13-17)	排水性(10-20)	排水性(5-23)	密粒(13)
目標空隙率(%)		20	17	20	23	－
骨材配合比率(%)	6号砕石	85.0	80.0	－	－	37.0
	10～5砕石	－	－	81.0	－	－
	7号砕石	－	－	－	82.0	17.0
	粗目砂	10.0	15.0	14.0	13.0	26.0
	細目砂	－	－	－	－	15.0
	石粉	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
	合計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
通過質量百分率(%)	19mm	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	13.2mm	94.5	94.8	100.0	100.0	96.8
	9.5mm	－	－	97.1	100.0	－
	4.75mm	20.9	25.5	19.7	92.9	63.8
	2.36mm	13.5	17.5	16.5	17.9	42.2
	0.6mm	7.9	9.4	9.1	9.2	23.3
	0.3mm	6.8	7.8	7.6	7.4	13.7
	0.15mm	5.6	6.0	5.9	5.8	8.1
	0.075mm	4.3	4.5	4.5	4.4	5.4
最適アスファルト量(%)		4.8	5.0	5.0	5.2	5.7
理論密度(g/cm^3)		2.506	2.497	2.487	2.493	2.454
かさ密度(g/cm^3)		1.991	2.071	1.985	1.925	2.369
空隙率(%)		20.6	17.0	20.2	22.8	3.5
飽和度(%)		31.3	36.9	33.0	30.1	78.0
マーシャル安定度(kN)		5.70	6.94	4.98	5.98	10.76
フロー値(1/10mm)		28	31	25	22	32
透水係数(cm/秒)		0.154	0.155	0.267	0.108	－
カンタブロ損失率(%)		－	5.84	7.17	5.44	－
動的安定度(回/㎜)		5,250	3,938	3,706	3,500	－

c)多孔質弾性舗装

多孔質弾性舗装に使用した材料を**表-6-2-5** に、材料の配合比率と混合物性状を**表-6-2-6** にそれぞれ示す。

表-6-2-5　多孔質弾性舗装の使用材料

(1)ゴムチップ		
項目		内容
主成分		廃タイヤ粉砕品に特殊接着剤で珪砂を付着させたもの
比重		1.42
粒度	5mm 以下	100％
	1～4mm	80％以上
	1mm 未満	20％以下
外観		灰黒色粒状
(2)バインダー		
項目		内容
比重		1.09
外観		淡黄色微濁液体
粘度		3000Pa･S(25℃)
主成分		ジフェニルメータンイソシアネート(MDI)の変性物
MDI 含有量		100％
消防法による分類		危険物第 4 類第 4 石油類危険等級Ⅲ
(3)カーボンブラック		
使用目的：バインダーの紫外線劣化防止		

表-6-2-6　多孔質弾性舗装材料の配合比率と混合物性状

配合比率	
材料	配合比率(重量％)
ゴムチップ	79
バインダー	21
カーボンブラック	1.2(外割添加)
混合物性状	
空隙率(％)	35.0
CS 硬度(JIS K 6253)	75

(4) 施工上の留意点

表層の施工は 2 月に行われたが、アスファルトプラントからの混合物運搬時間が 20 分程度と比較的短く、また運搬中の保温対策に留意したこともあり、混合物の温度低下による施工不良などは見られなかった。

評価用路面を舗設するに当たっては、1 工区当たりの施工延長が 60 m であり、通常の舗装工事に比べて非常に短いので、良好な平たん性・路面性状を確保しにくいことが懸念された。したがって、以下の点に留意して施工を行った。

○　敷均し高さはセンサーを用いて自動制御し、均一な路面性状を確保する。

○　ローラの転圧距離をできるだけ長くして、ローラの停止・往復による「小波」の発生を防ぐ。

着工前の状況を**写真-6-2-1** に、完成後の状況を**写真-6-2-2** にそれぞれ示す。



写真-6-2-1　暫定路面（着工前）



写真-6-2-2　暫定路面（完成）

(5)出来形測定結果（締固め度・平たん性・浸透水量）

各工区共に平たん性は**図-6-2-4** に示す 3 測線で、浸透水量は同図に示す 3 測点で測定を実施した。また、締固め度の測定に用いるコアは、タイヤ／路面騒音測定に影響を与えない舗装端部で各工区から 2 個ずつ採取した。締固め度・平たん性・浸透水量の測定結果を**表-6-2-7** に示す。

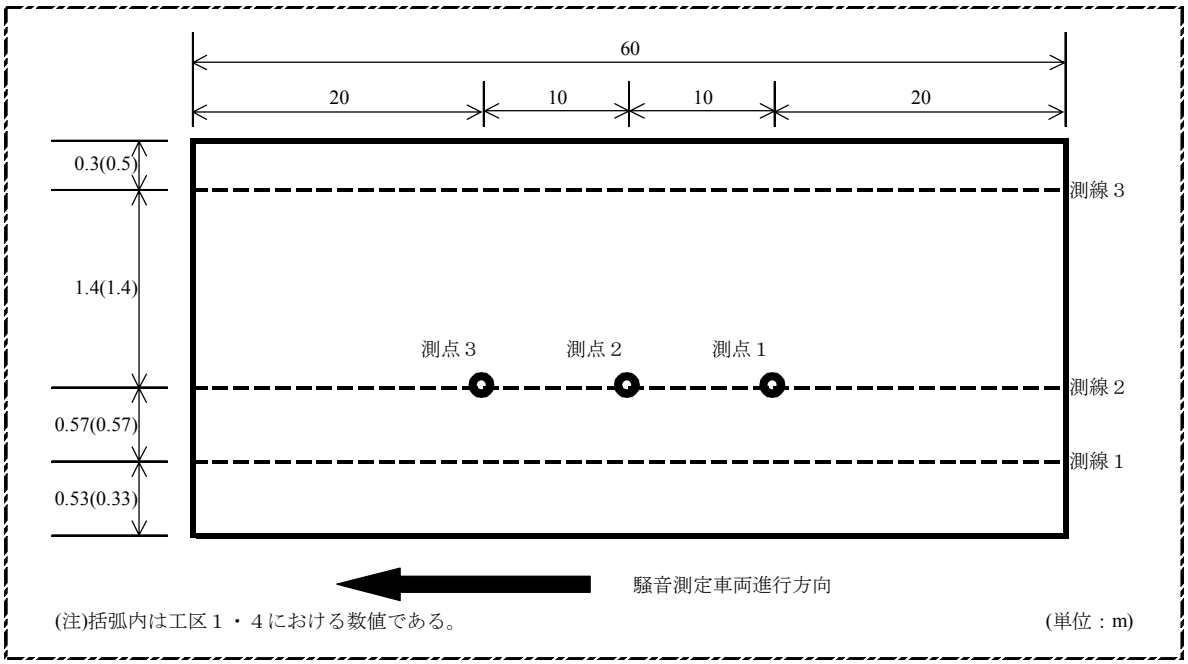


図-6-2-4　平たん性・浸透水量測定位置（暫定路面、工区毎）

表-6-2-7　締固め度・平たん性・浸透水量測定結果（暫定路面）

工区番号	表層の種類	締固め度 (%)	平たん性σ (mm)	浸透水量 (ml/15秒)
1	排水性(5-23)	97.5	1.26	1,132
2	排水性(13-20)	98.2	0.96	1,183
3	排水性(13-17)	98.0	1.49	1,075
4	密粒(13)	98.5	1.25	－
5	多孔質弾性	－	1.55	1,199
6	排水性(10-20)	97.3	1.36	1,254

(6) 外的要因等の測定方法

1)気象条件

暫定路面に隣接する箇所にウェザーステーションを設置し、これを用いて以下の項目が連続測定できるようにした。

○風速・風向
○気温
○湿度
○日射量
○雨量

ウェザーステーションの外観を**写真-6-2-3** に示す。



写真-6-2-3　ウェザーステーション（暫定路面）

2)車両走行速度

タイヤ／路面騒音は車両走行速度によって変化する。よって、各装置の走行速度を正確に計測するために、暫定路面には光電管を設置し、光電管設置区間（手前側工区・奥側工区共に 30 m）を車両が通過するのに要した時間が表示される。これによって、車両が走行した速度がわかるようにした。光電管、および通過時間のインジケータの写真を**写真-6-2-4** に示す。

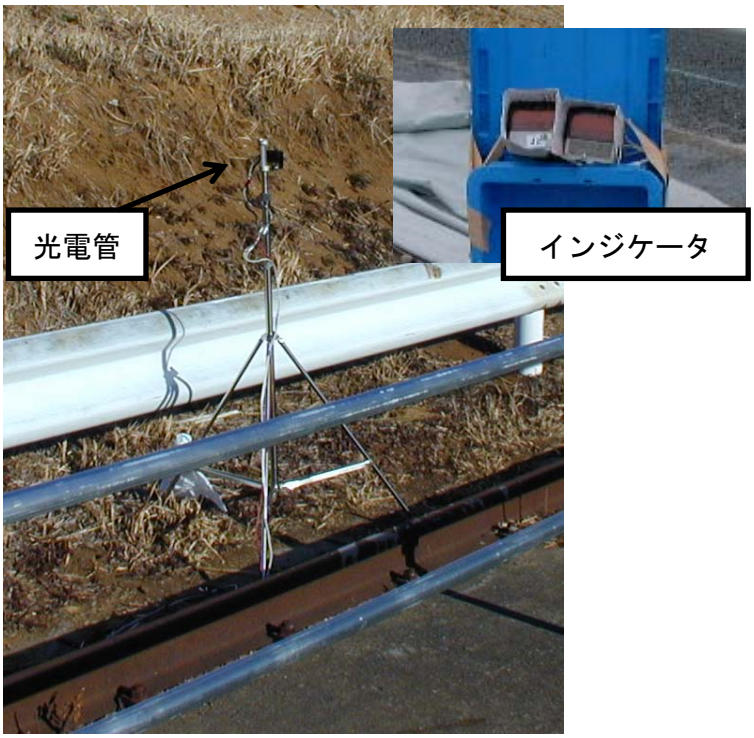


写真-6-2-4　光電管とインジケータ（暫定路面）

(7)路面の保護

評価用路面は、各社のタイヤ／路面騒音測定装置を用いた確認試験や検定を行うため、長期間に渡って路面性状が変化しない状態で使用する必要がある。また、測定を行わないときは、ゴミや粉塵等による空隙詰まり、日射によるアスファルトの劣化等を抑えるために路面を保護する必要がある。

よって、暫定路面では、路面を保護するための方法として、**写真-6-2-5** に示すようにシートによる養生を行うこととした。



写真-6-2-5　シートによる路面の保護（暫定路面）

6.2.2 完成路面の構築

(1) 暫定路面の問題点

暫定路面では、共同研究参加各社のタイヤ／路面騒音測定装置の現状把握と精度向上、測定値に影響を及ぼす要因の確認、測定方法の確立、等を目的として、共同研究参加全社による共通試験を3回実施した（7.1　**共通試験**の項参照）。その結果、以下に示す事項が暫定路面の問題点として挙げられた。

1)加速路の線形

暫定路面は、舗装走行実験場大ループの曲線部分が終わった直ぐの直線部分に舗設したために、測定車両が加速して速度を一定にするための路面がちょうど曲線部分となっている。そのため、50 km/h を超える速度で測定する場合に速度を合わせにくく、特にループの内側部分となる 5・6 工区の測定時には速度を一定に保つことが困難であった。

2)路面の保護方法

暫定路面では、**写真-6-2-5** に示すように測定に使用しないときはシートによって路面を保護した。延長 120 m、幅員 8.4 m の路面を保護するためにシートの枚数は十数枚となり、強風によって飛ばされることの無いように材質も厚手のものを使用した。その結果として、測定開始時のシート撤去、および測定終了後のシート敷設には多大な人力を必要とした。

3)光電管による測定値の表示

光電管による測定結果（センサー間を通過するのに要した時間）は**写真-6-2-4** に示したインジケータにデジタル表示されるので、日射の程度によっては判読しにくくなることがあった。また、表示されるのは通過時間なので、走行速度を確認するには事前に換算表（通過時間から走行速度を求める）を用意する必要があった。

完成路面の構築にあたっては、これらの問題点を踏まえて、以下の点に留意した。

①検定に用いる路面の前後に、直線で十分な距離を有する加速路・減速路を確保する。
②測定時には折り畳んで格納できる、路面保護のための上屋を設置する。
③走行速度を測定するための光電管は固定し、走行速度を自動計測できるようにする。

(2) 施工の概要

完成路面は、上記の問題点を解決できる場所として、土木研究所構内の流速計検定施設の南側に伐採・除根して切盛土工を行い新たに施工した。完成路面の位置図を**図-6-2-5** に、工事の施工手順を**図-6-2-6** にそれぞれ示す。

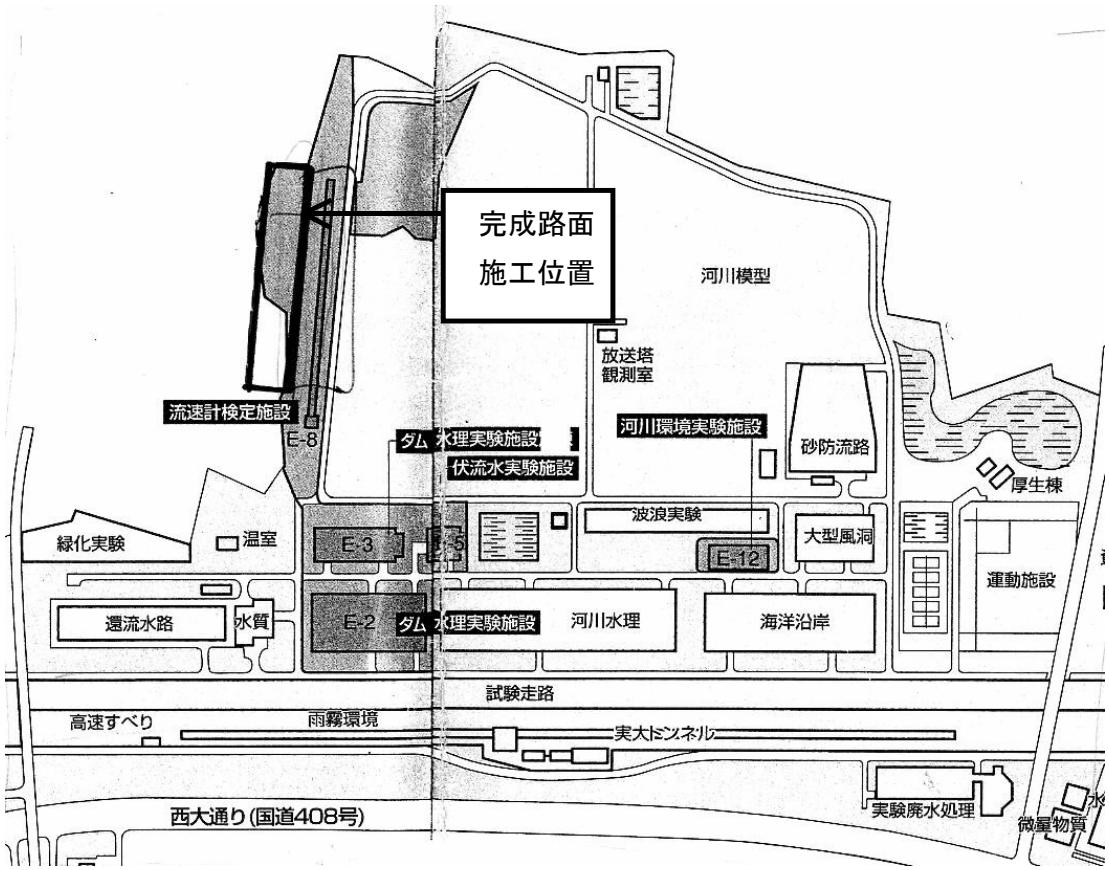


図-6-2-5　完成路面の位置図

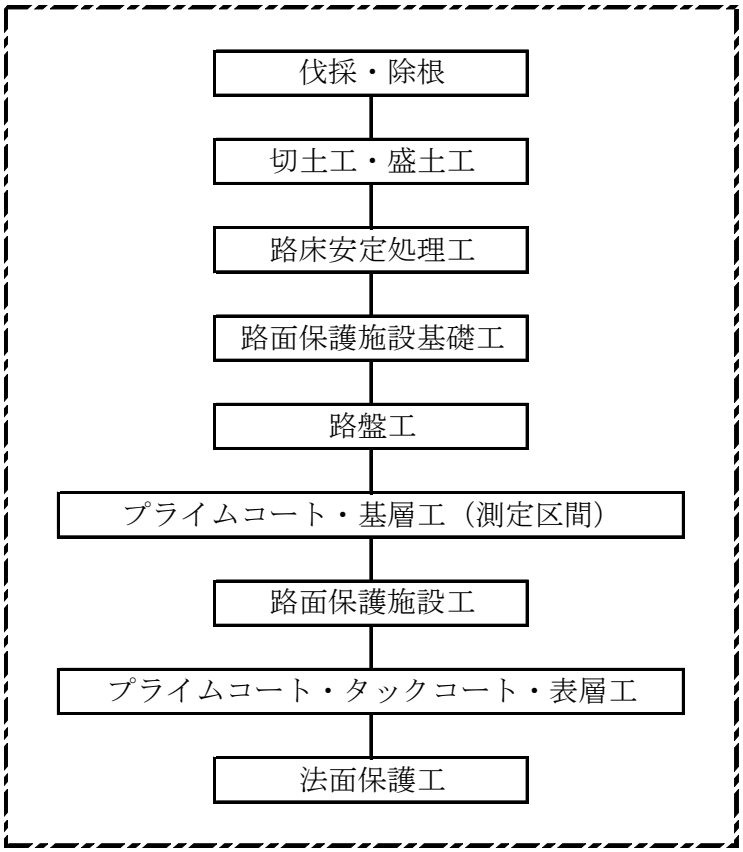


図-6-2-6　施工手順（完成路面）

(3) 平面図・断面図

完成路面の平面図および断面図を**図-6-2-7** に示す。暫定路面と同様に、タイヤ／路面騒音値が小さいものを車両走行方向に向かって手前側に、大きいものを奥側に配置した。

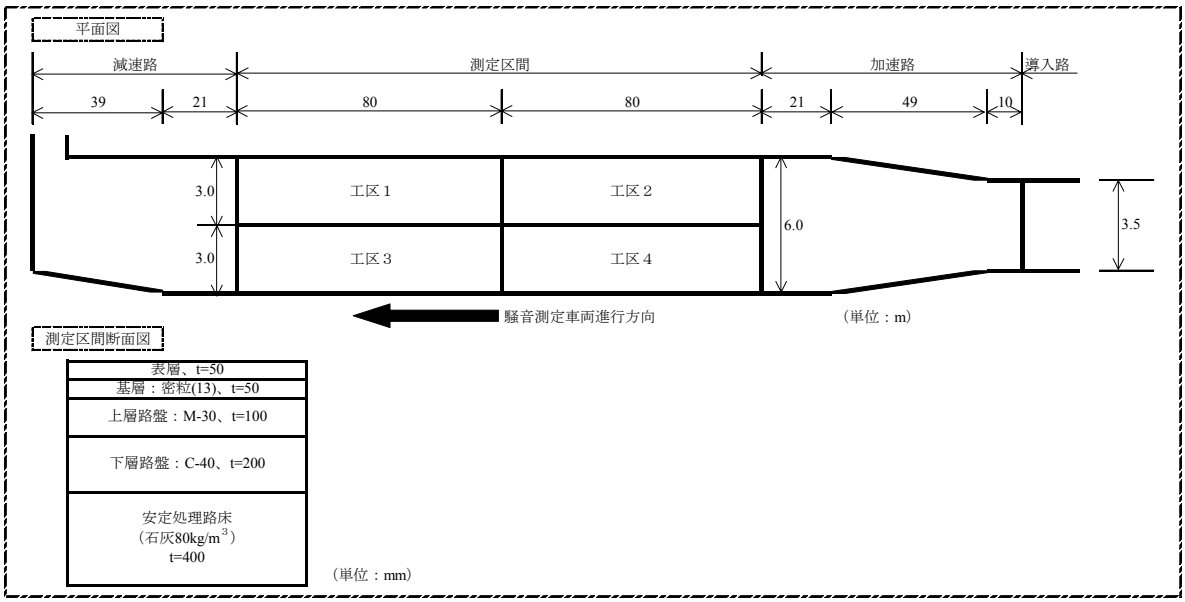


図-6-2-7　完成路面の平面図・断面図

(4) 表層混合物

1)表層混合物の種類

表層各工区に使用した混合物の種類は、**表-6-2-8** に示すとおりである。

表-6-2-8　表層混合物の種類（完成路面）

工区番号	表層混合物の種類
1	多孔質弾性舗装(t=2 cm)＋排水性(13-20) (t=3 cm)
2	排水性(5-23)
3	排水性(13-20)
4	密粒(13)

2)アスファルト混合物製造プラント

アスファルト混合物を製造したプラントは、暫定路面のときと同一である。プラントの概要は**表-6-2-2** に示したとおりである。

3)材料

a)材料の種類・産地

アスファルト混合物に使用した材料の種類、および産地を**表-6-2-9** に示す。

表-6-2-9　使用材料の種類および産地（完成路面）

材料の種類	製造会社名	産地	材質	使用混合物
6 号砕石	塚田陶管(株)	茨城県新治郡新治村	砂岩	密粒(13)
特 6 号砕石	日本砕石(株)	茨城県石岡市	砂岩	排水性(13-20)
7 号砕石	塚田陶管(株)	茨城県新治郡新治村	砂岩	密粒(13)
7 号砕石	日本砕石(株)	茨城県石岡市	砂岩	排水性(5-23)
粗砂	石塚建材興業(株)	茨城県西茨城郡岩瀬町	砕砂	全ての混合物
細砂	小林建材(有)	千葉県佐原市	洗砂	密粒(13)
石粉	田政礦業(株)	栃木県栃木市	石粉	全ての混合物
St.60/80	昭和シェル石油(株)	神奈川県川崎市		密粒(13)
高粘度改質 As	日進化成(株)	埼玉県川口市		排水性(13-20)・ 排水性(5-23)

b)アスファルト混合物の性状

アスファルト混合物の性状を**表-6-2-10** に示す。

表-6-2-10　アスファルト混合物の性状（完成路面）

配合名称		排水性(13-20)	排水性(5-23)	密粒(13)
目標空隙率(%)		20	23	－
骨材配合比率(%)	6号砕石	85.0	－	37.0
	7号砕石	－	82.0	16.0
	粗目砂	10.0	13.0	26.0
	細目砂	－	－	16.0
	石粉	5.0	5.0	5.0
	合計	100.0	100.0	100.0
通過質量百分率(%)	19mm	100.0	100.0	100.0
	13.2mm	93.4	100.0	97.1
	9.5mm	－	100.0	－
	4.75mm	19.5	92.9	63.6
	2.36mm	14.3	17.9	43.2
	0.6mm	8.1	9.4	24.2
	0.3mm	6.9	7.4	14.8
	0.15mm	5.7	6.0	8.7
	0.075mm	4.3	4.4	5.6
最適アスファルト量(%)		4.7	5.1	5.7
理論密度(g/cm^3)		2.498	2.499	2.462
かさ密度(g/cm^3)		2.011	1.938	2.357
空隙率(%)		19.5	22.5	4.2
飽和度(%)		32.1	30.1	75.4
マーシャル安定度(kN)		7.73	5.98	10.76
フロー値(1/10mm)		28	22	32
透水係数(cm/秒)		0.185	0.108	－
動的安定度(回/㎜)		5,250	3,500	－

c)多孔質弾性舗装

多孔質弾性舗装に使用した材料、およびその配合比率は、暫定路面のときと同一とした。材料は**表-6-2-5** に、配合比率は**表-6-2-6** にそれぞれ示すとおりである。

(5)施工時の留意点

暫定路面の施工時と同様に寒冷期の施工となったので、アスファルト混合物の保温対策には十分留意した。また、測定区間 1 工区当たりの延長は 80 m となり、暫定路面（1 工区当たり 60 m）よりは延びたものの通常の舗装工事に比べればやはり短いので、暫定路面のときと同様に、センサーによって敷均し高さを自動制御する、ローラの転圧距離を長くして小波の発生を防ぐ、等の対策によって良好な路面性状の確保に留意した。

着工前の状況を**写真-6-2-6** に、完成後の状況を**写真-6-2-7** にそれぞれ示す。



写真-6-2-6　完成路面（着工前）



写真-6-2-7　完成路面（完成）

(6)出来形測定結果（締固め度・平たん性・浸透水量）

各工区共に平たん性は**図-6-2-8** に示す 3 測線で、浸透水量は同図に示す 3 測点で測定を実施した。また、締固め度の測定に用いるコアは、各工区の舗装端部で 2 個ずつ採取した。締固め度・平たん性・浸透水量の測定結果を**表-6-2-11** に示す。

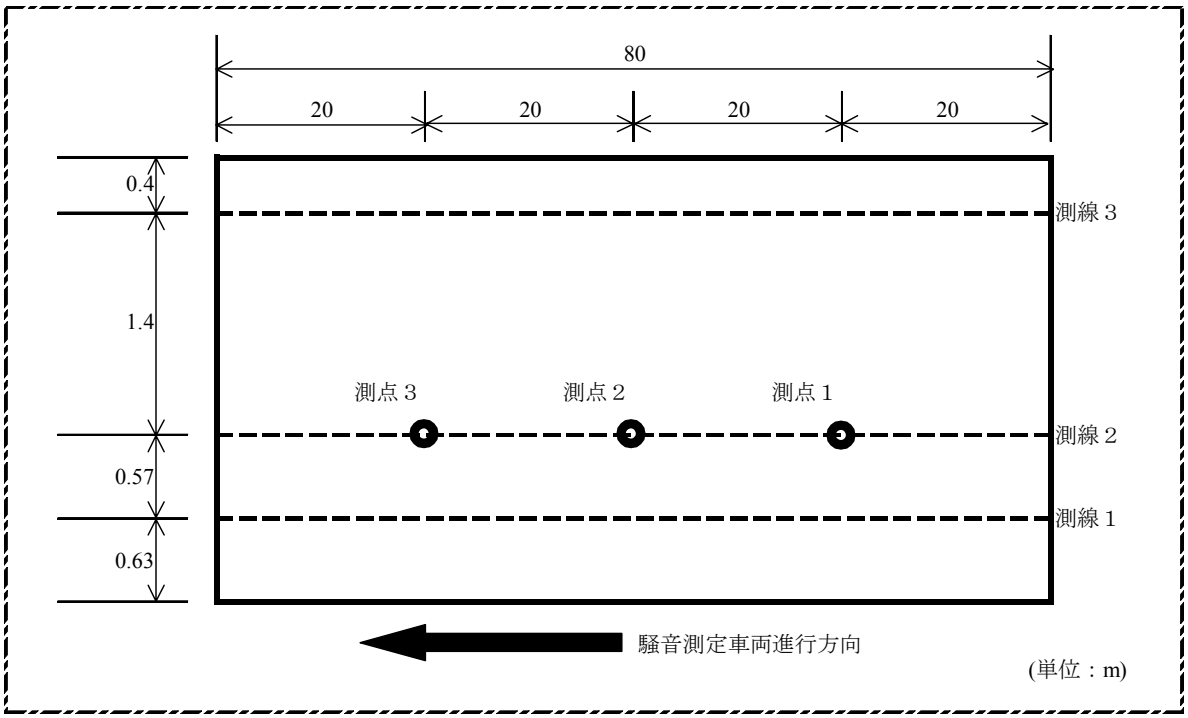


図-6-2-8　平たん性・浸透水量測定位置（完成路面、工区毎）

表-6-2-11　締固め度・平たん性・浸透水量測定結果（完成路面）

工区番号	表層の種類	締固め度 (%)	平たん性σ (mm)	浸透水量 (ml/15秒)
1	多孔質弾性	－	1.56	1,239
2	排水性(5-23)	97.0	1.12	1,145
3	排水性(13-20)	99.1	1.06	1,118
4	密粒(13)	97.3	1.13	－

(7) 外気温、および走行速度の測定

1)外気温の測定

タイヤ／路面騒音測定に影響を与える外気温は、百葉箱を設置し測定時の外気温を自動で計測できるようにした。百葉箱の写真を**写真-6-2-8** に示す。



写真-6-2-8　百葉箱（完成路面）

2)車両走行速度

暫定路面に設置した光電管では、車両が設置区間を通過するのに要した時間をデジタル表示していたが、日射の度合いによって表示が見にくくなることと、速度換算表が必要となることが問題となった。

完成路面では、測定車の走行速度を測定するため、光電管を**図-6-2-9** に示す位置に設置すると共に、光電管設置区間（手前側工区・奥側工区共に 50 m）を通過した車両の速度が直ちに表示される電光掲示板を設置した。デジタル表示は大型のものとし、日射によって表示が見にくくならないように、上部に庇を設置した。

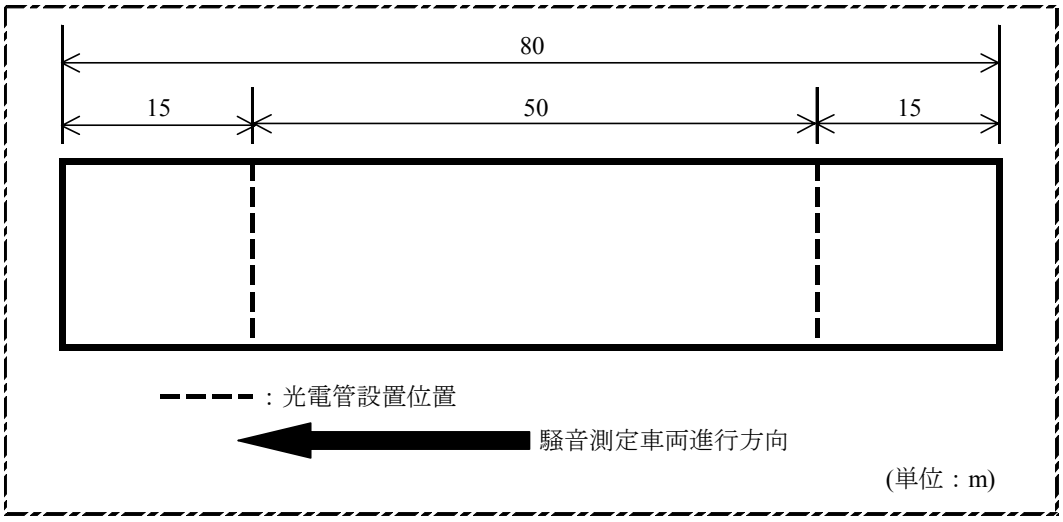


図-6-2-9　光電管設置位置（完成路面）

また、データ整理室に専用ソフトを有したパソコンを接続することによって、測定時刻と走行速度が記録できるようにした。

速度の電光掲示板、およびデータ整理室の写真を**写真-6-2-9**、および**写真-6-2-10** にそれぞれ示す。

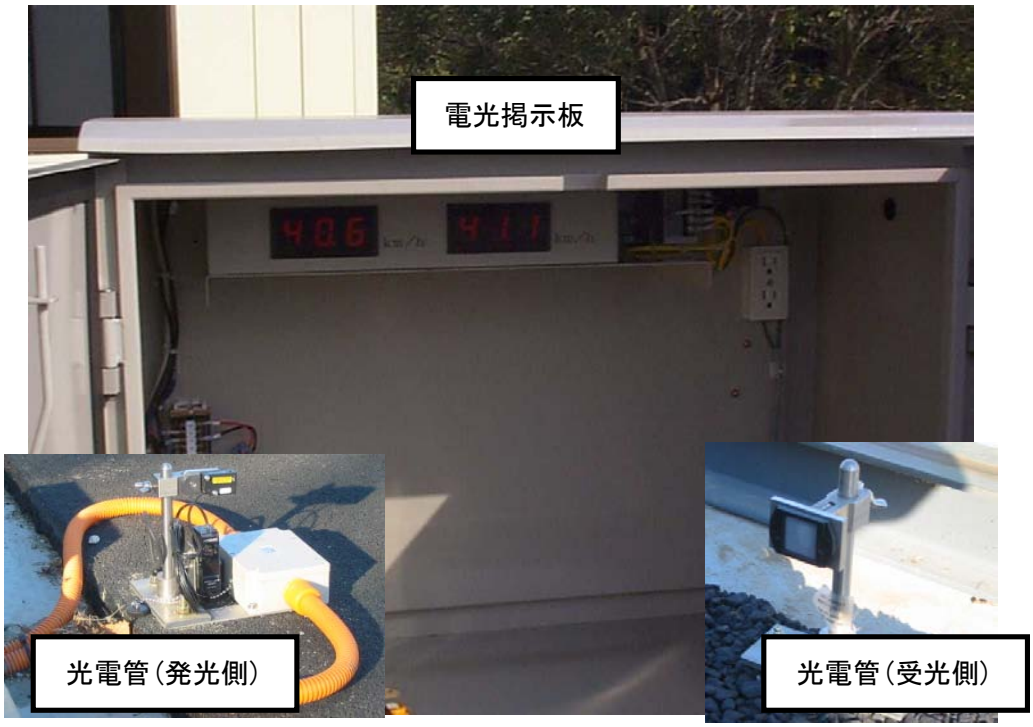


写真-6-2-9　速度の電光掲示板と光電管



写真-6-2-10　データ整理室

(8)路面の保護

暫定路面では路面を保護するのにシートによる養生を行ったが、測定前の撤去と測定後の再敷設に多大な労力を要することが問題となった。

完成路面ではこの問題を解決するために、測定区間に保護施設（覆い）を設置した。覆いは 8 個に分割できる開閉式のもので、測定時には評価路面部分の前後に 4 個ずつ折り畳んでおくことができる。両端部には左右開閉式のスライドカーテンを設置して、端部からの風雨の進入を防止している。

路面保護施設（覆い）を**写真-6-2-11** に示す。



写真-6-2-11　路面保護施設（完成路面）

(9)路面の性状

完成評価路面の路面性状の値は、表-6-2-12 のとおりであった。

表-6-2-12　完成路面の性状

測定時期	測定項目			路面種																測定方法	測定頻度
				排水性舗装								多孔質弾性舗装				密粒度舗装					
				排水性(13)				排水性(5)													
				目標空隙率 @@%				目標空隙率 @@%				ゴムチップ				密粒(@@)					
				1	2	3	平均	1	2	3	平均	1	2	3	平均	1	2	3	平均		
騒音測定時	平坦性 (mm)		$\sigma_{1.5}$	1.00	0.98	0.89	0.96	0.92	0.88	1.36	1.05	1.60	1.36	0.85	1.27	1.15	0.91	1.08	1.05	3mプロフィルメータ	3測線／路面
	現場透水 (cc/15s)			1177	1139	1133	1150	1157	1122	1155	1145	1239	1274	1203	1239	−	−	−	−	舗装試験法便覧	3点／路面
	簡易プロファイル	平坦性 (mm)	$\sigma_{1.5}$	1.16	1.10	1.04	1.10	1.81	1.81	1.34	1.65	1.85	2.29	1.38	1.84	1.60	1.36	1.78	1.58	DAM	3測線／路面
			$\sigma_{1.0}$	1.21	1.22	1.18	1.21	1.74	1.65	1.61	1.66	1.61	2.08	1.38	1.69	1.43	1.19	1.71	1.44		
			$\sigma_{0.75}$	1.32	1.29	1.20	1.27	1.72	1.68	1.48	1.63	1.77	1.98	1.35	1.70	1.40	1.17	1.77	1.45		
			$\sigma_{0.5}$	1.22	1.23	1.18	1.21	1.68	1.68	1.58	1.65	1.61	2.04	1.33	1.66	1.42	1.14	1.71	1.43		
			$\sigma_{0.25}$	1.27	1.26	1.19	1.24	1.69	1.66	1.56	1.63	1.60	2.01	1.30	1.64	1.39	1.11	1.72	1.41		
			$\sigma_{0.1}$	1.26	1.25	1.19	1.24	1.68	1.66	1.55	1.63	1.60	2.01	1.29	1.63	1.40	1.11	1.72	1.41		
		PSD (mm^3)	$PSD_{0.1}$	19.891	11.419	7.428	12.913	27.038	21.792	22.854	23.895	14.804	13.135	10.138	12.692	31.698	26.347	31.062	29.702		
			PSD_{1}	0.073	0.078	0.097	0.083	0.140	0.130	0.102	0.124	0.177	0.130	0.119	0.142	0.060	0.065	0.061	0.062		
			PSD_{10}	5E−06	6E−06	4E−06	5E−06	5E−06	5E−06	6E−06	5E−06	6E−06	8E−06	7E−06	7E−06	6E−06	7E−06	6E−06	6.E−06		
		IRI (mm/m)		1.89	1.94	1.91	1.91	2.37	2.56	2.29	2.41	2.33	2.53	1.84	2.23	2.18	1.97	2.39	2.18		
	テクスチャ	SMTD(mm)		0.78	0.82	0.84	0.81	0.40	0.40	0.42	0.41	0.45	0.43	0.44	0.44	0.24	0.23	0.27	0.25	MTM	3測線／路面
	テクスチャ2	MPD (mm)		1.63	1.67	1.75	1.68	0.81	0.90	0.84	0.85	1.30	1.14	1.24	1.23	0.44	0.41	0.37	0.41	CTM	3点／路面
		PSD (mm^3)	PSD_{10}	2.E−02	4.E−03	1.E−02	1.E−02	2.E−03	2.E−03	2.E−04	1.E−03	2.E−03	5.E−03	3.E−03	4.E−03	3.E−03	2.E−03	1.E−04	2.E−03		
			PSD_{100}	1.E−02	1.E−02	1.E−02	1.E−02	2.E−03	1.E−03	3.E−03	2.E−03	8.E−04	1.E−03	2.E−03	1.E−03	5.E−04	2.E−04	2.E−04	3.E−04		
			PSD_{1000}	4E−05	5E−05	5E−05	5E−05	5E−05	6E−05	8E−05	6E−05	3E−05	6E−05	4E−05	4E−05	2E−05	3E−06	4E−06	8.E−06		
	現場吸音率 (BWP)	ピーク吸音率(%)		57.4	44.6	58.4	53.5	45.4	51.6	72.9	56.6	88.9	82.6	85.7	85.7	8.7	−	−	−	※参考として密粒度も測定	3点／路面
		ピーク周波数(Hz)		1393.0	829.5	1409.0	1210.5	631.0	660.5	875.0	722.17	1600.0	1052.5	1464.5	1372.3	1600.0	−	−	−		
	現場吸音率 (IWP)	ピーク吸音率(%)		53.1	37.7	51.8	47.5	73.8	69.4	62.1	68.4	84.8	85.1	88.2	86.0	7.4	−	−	−		
		ピーク周波数(Hz)		1221.5	745.5	1248.0	1071.7	1574.0	1454.0	756.5	1261.5	1454.0	982.0	1232.0	1222.7	1600.0	−	−	−		
	透気性	平均透気時間(s)		11.74	17.54	11.71	13.66	9.73	9.78	6.91	8.81	4.53	3.70	4..94	4.12	−	−	−	−		
		平均透気係数(cm/s)		0.0126	0.0084	0.0126	0.0112	0.0152	0.0151	0.0214	0.0172	0.0326	0.0400	0.0300	0.0342	−	−	−	−		

6.3 路面を特定する指標

タイヤ／路面騒音は、タイヤが接触する路面性状に影響する。通常この路面性状は経時変化・車両の通過により変化する。よって、タイヤ／路面騒音測定車の検定・調整を行う場合、評価用路面に基準となる騒音を付加させるために測定を行った状況と変わらないことを確認することが重要である。

このことより、騒音に影響すると考えられる路面性状を測定し、タイヤ／路面騒音に影響を与える要因を把握し、タイヤ／路面騒音装置を検定・調整することができる路面性状を特定し、補修時期を判定できる指標の検討を行った。

また、評価用路面は主として排水性舗装であることから、吸音性を評価できる現場吸音率や通気性の測定も行った。

6.3.1 計測可能な路面性状とその測定方法

海外の文献[1), 2)]などを参考とし、タイヤ／路面騒音に影響を与える路面性状の要因を整理し、測定する項目を決定した。

決定した路面性状の測定項目と測定装置を**表-6-3-1** に示す。なお、空隙中の残存水分の定量化を目的として現場通気性試験[3)]も行った。

表-6-3-1　測定項目と測定装置一覧

測定項目	測定装置	算出した項目
平たん性	3 m プロフィルメータ、簡易プロファイラ(DAM)	σ_{3m}, $\sigma_{0.1}$～$\sigma_{1.5}$m,IRI,PSD
テクスチャ	MTM、CTM	SMTD,MPD,PSD
空隙状態	現場透水量試験器	透水量
吸音	現場吸音率測定装置	吸音率
通気性	通気試験器	通気時間

(1) 路面性状測定位置

暫定評価用路面における各路面性状の測定位置を**図-6-3-1** に示す。この図に示したように、路面性状の測定位置は、縦線状の情報となる 3 m プロフィルメータ、DAM、MTM については、タイヤ／路面騒音測定車のタイヤ走行軌跡の 3 測線、その他はポイント測定なので各工区 3 点とした。

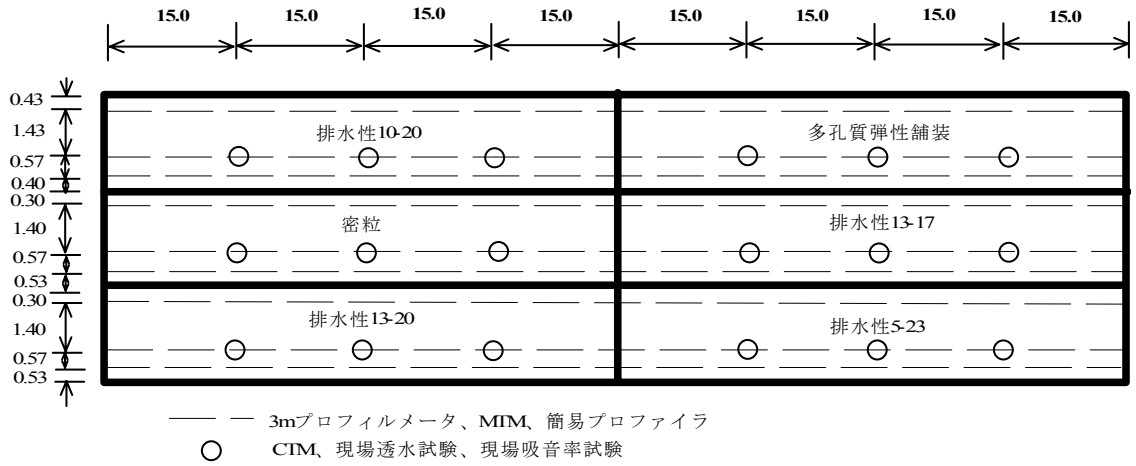


図-6-3-1　測定項目毎の測定位置概要

暫定評価用路面において、第 1 回、2 回の騒音測定共通試験が実施される直前の平成 13 年 2 月 26 日と 7 月 17 日に、路面性状の測定を実施した。

以下に、舗装試験法便覧に記載されていない測定方法のみを示す。

1) 平たん性測定

平たん性測定に 3 m プロフィルメータと簡易プロファイラ(Dual Purpose Automatic Measuring Kit: 以下 DAM と表す)を用いた。ここでは 1 cm 毎の形状の収集できる DAM の測定状況を**写真-6-3-1** に示す。



写真-6-3-1　DAM の測定状況

2)テクスチャ測定

テクスチャの測定として、歩行速度で線的にテクスチャを求めることができる MTM(Mini Texture Meter)と、ポイント測定であるが約 0.2 mm 毎にテクスチャデータが収集できる CTM(Circular Texture Meter)の 2 種類の装置を用いた。これらは共にレーザ変位計を用いた装置であり、ここでは CTM の測定状況を**写真-6-3-2** に示す。



写真-6-3-2　CTM 測定状況

3)空隙状態測定

排水性舗装においては、タイヤ／路面騒音は空隙率、層厚が影響するといえるが、この変化を路面を傷つけないで直接測定することが困難であることから、吸音率の変化によって推定するため、現場吸音率を行った。この測定状況を**写真-6-3-3** に示す。

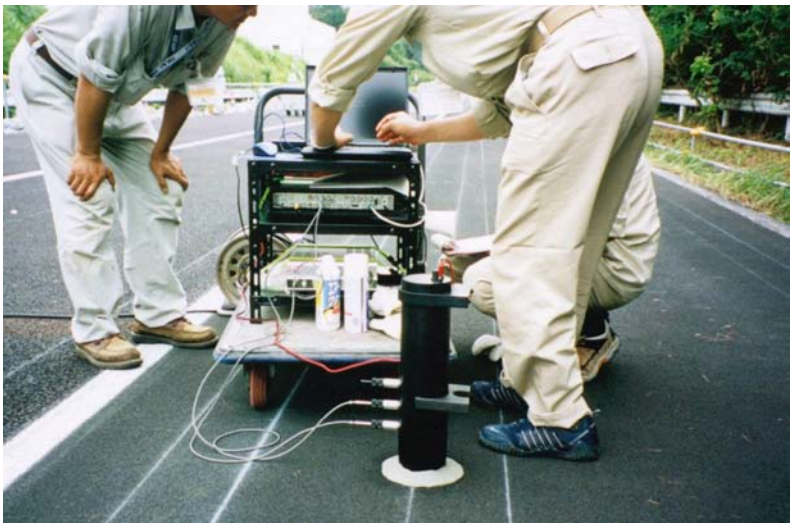


写真-6-3-3　現場吸音率測定状況

4)残存水分測定

排水性舗装における空隙中の残存水分の測定を目的として現場通気試験を実施した。この測定状況を**写真-6-3-4** に示す。

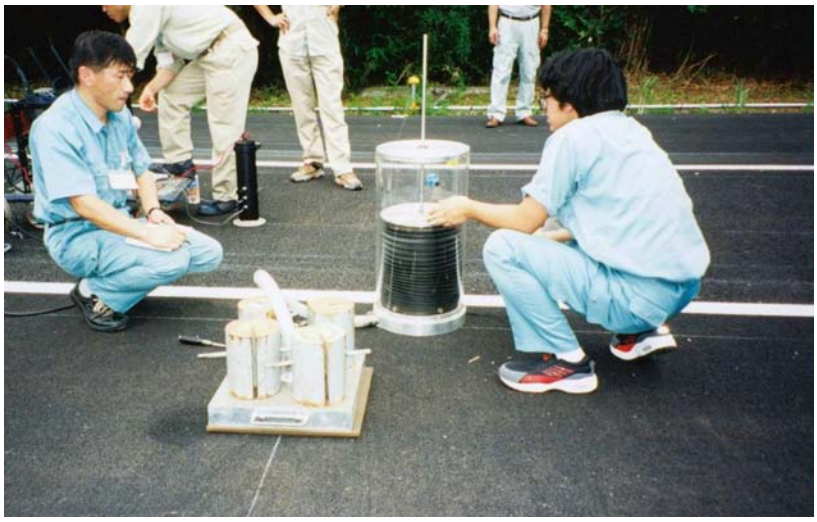


写真-6-3-4　通気試験状況

(2)路面性状測定結果の整理方法

路面性状の測定結果の整理方法を以下に示す。

1)平たん性

a)3 m プロフィルメータ

平たん性の算出としては、3 m プロフィルメータでは、通常の通り縦断凹凸量データの収集間隔を 1.5 m とし、**式（1）**により平たん性(標準偏差)を算出した。

$$\sigma = \sqrt{\left\{\sum d^2 - \left(\sum d\right)^2 / n(n\text{-}1)\right\}} \quad \cdots\cdots (1)$$

ここで、

σ ：平たん性（㎜）

d ：縦断凹凸量（㎜）

n ：縦断凹凸量のデータ数

b)DAM

DAM では、延長方向に 1 cm 間隔の路面のプロファイルが収集でき、様々な評価法について検討できるものである。この DAM によって得られる測定結果例を**図-6-3-2** に示す。

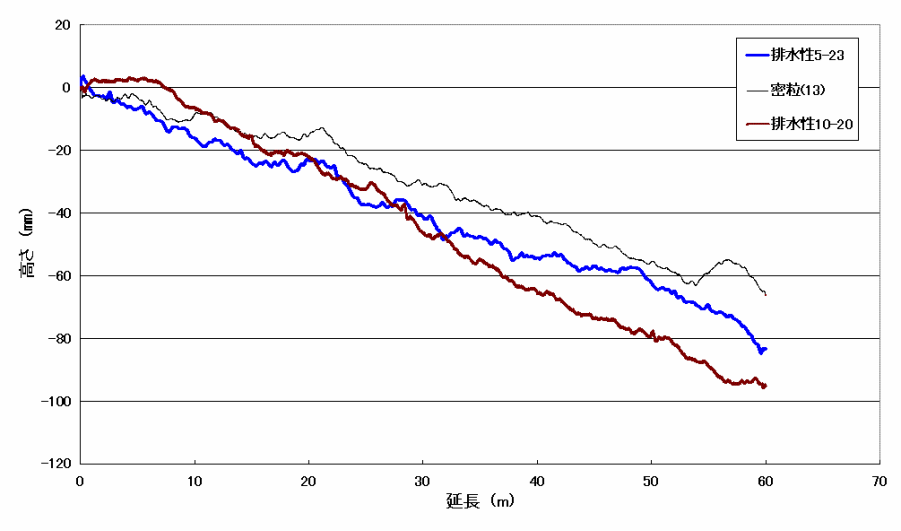


図-6-3-2　DAM による路面プロファイル測定例

①平たん性

DAM による平たん性としては、3 m プロフィルメータの前後輪の間隔を 3 m とし、データの収集間隔を 1.5 m、1.0 m、0.75 m、0.5 m、0.25 m、0.1 m と変化させ、1 cm 間隔で得られたプロファイル上を仮想測定した縦断凹凸量を求め、式 1 により平たん性(標準偏差)を算出した。

②国際ラフネス指数(IRI:International Roughness Index)

IRI は、2 軸 4 輪の乗用車の 1 輪だけを取り出し、抽象化された仮想車輪モデル（クォーターカーモデル、**図-6-3-3** 参照）を、一定速度で路面上を走行させたときの車が受ける上下方向の運動変位の累積値と走行距離の比(m/㎞または㎜/m)により求められる(**式（２）**参照)。

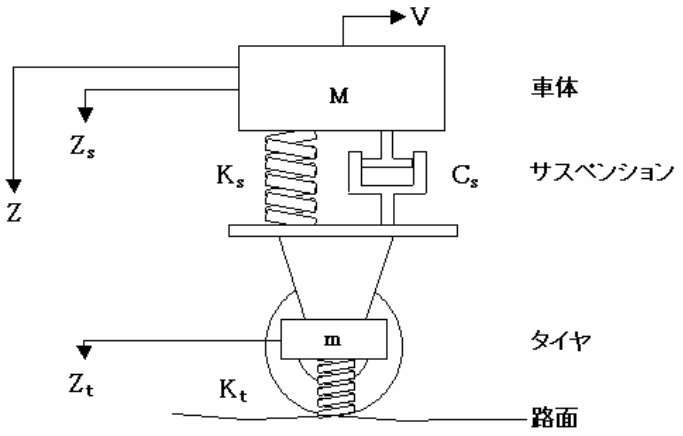


図-6-3-3　クォーターカーモデル

ＩＲＩ＝Σ Δ Ｚ／Ｌ　……（２）

ここで、

Z_s：車体の受ける変位

Z_t：タイヤの受ける変位

$Z=Z_s-Z_t$：車体とタイヤの相対変位

$\Delta Z=|Z_i-Z_{i+1}|$：車両の走行に伴い変化する Z の変化量

L：プロファイル長

③パワースペクトル密度(PSD:Power Spectrum Density)

路面の凹凸は短波長から長波長までの凹凸が組み合わさり、一般的には不規則であり、周期性がないといえる。

パワースペクトルとは、信号のパワーを一定の周波数帯域毎に分解し、各帯域毎のパワーを周波数の関数として表したもののことをいう。PSD とは、単位周波数あたりのパワースペクトルのことである。PSD は**式（３）**により求める。

$$S(\Omega) = S(\Omega_0)\left(\frac{\Omega}{\Omega_0}\right)^{-\omega} \quad \cdots\cdots（３）$$

ここで、

$S(\Omega)$：プロファイルのパワースペクトル密度関数

Ω　：空間的な各州波数(cycle/m)

Ω_0　：関連する空間的な各周波数(=1m^{-1})

ω　：角度

参考として、路面プロファイルの PSD の出力例を**図-6-3-4** に示す。

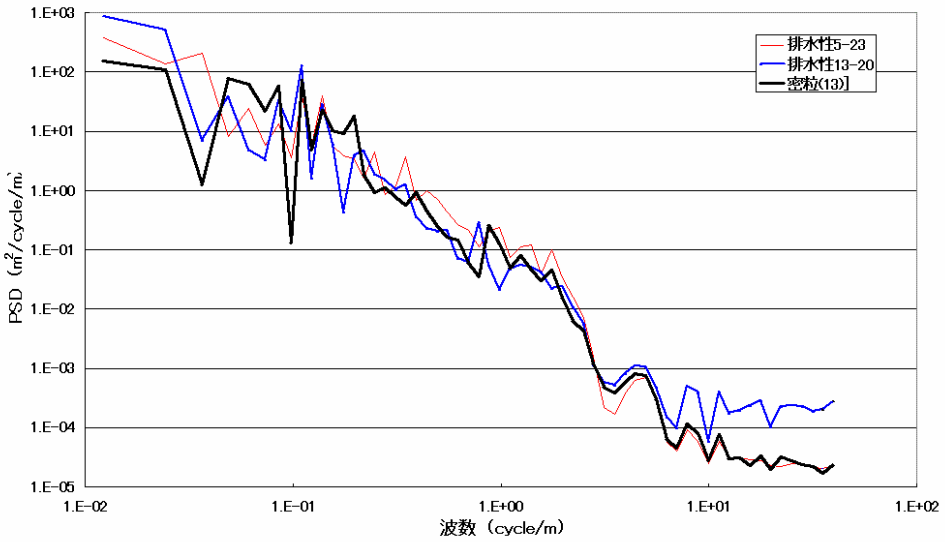


図-6-3-4　PSD の出力例

ここに示される線が下側の方にあるとその周波数部分は凹凸の変化が少ないことを示す。例えば、左側曲線箇所が上の方にあれば、その区間は全体的に大きなうねりがあることを示すものである。このように、PSD はその区間の全体的な路面の凹凸の傾向を把握することができるものである。今

回は、数回の騒音試験と行う上で路面性状が変化しているかを判断する目的であり、代表とし 0.1、1.0、10 cycle/m の PSD を用いることとした。

2)テクスチャ

a)MTM[4)]

レーザ変位計によりサンプリングしたデータから、単位区間 300 mm 毎に**式（４）**を用いて RMS(Root Mean Square)を算出する。測定区間の平均 RMS を SMTD(Sensor Measured Texture Depth)とする。

$$RMS = \sqrt{\left\{\sum d^2 - \left(\sum d\right)^2 / n(n\text{-}1)\right\}} \quad \cdots\cdots(4)$$

ここで、

ＲＭＳ：単位区間 300 mm 毎のセンサきめ深さ(㎜)

d　：単位区間 300 mm における個々のサンプリングデータ(㎜)

n　：単位区間 300 mm のサンプリングデータ個数

各工区のセンサきめ深さは、この平均値としている。

b)CTM[5)]

CTM は半径 142 mm の円周の路面凹凸を約 0.2 mm 間隔で測定する装置であり、これによりきめ深さ(MPD：Mean Profile Depth)と PSD を求めた。参考として、CTM の測定結果の例を**図-6-3-5** に示す。

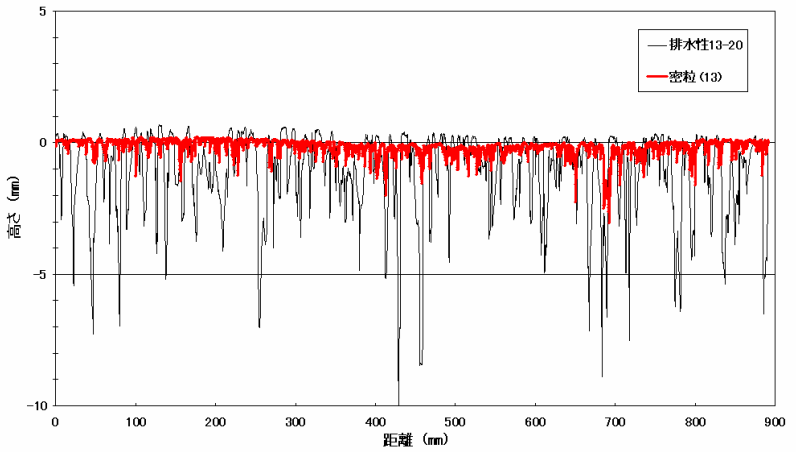


図-6-3-5　CTM の測定結果例

①MPD

MPD は、測定した円周を 8 等分した 111.5 mm の区間に対して、**図-6-3-6** に示したように凹凸形状の回帰直線とピーク高さの差で表現したものである。

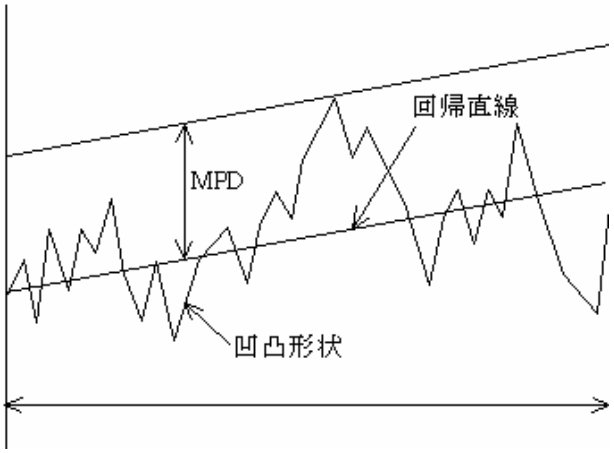


図-6-3-6　MPD の算出方法

②PSD

代表として波数が 10、100、1000 cycle／m の PSD を用いることとした。参考として、**図-6-3-7** に CTM 測定によるテクスチャ形状の結果の PSD の例を示す。

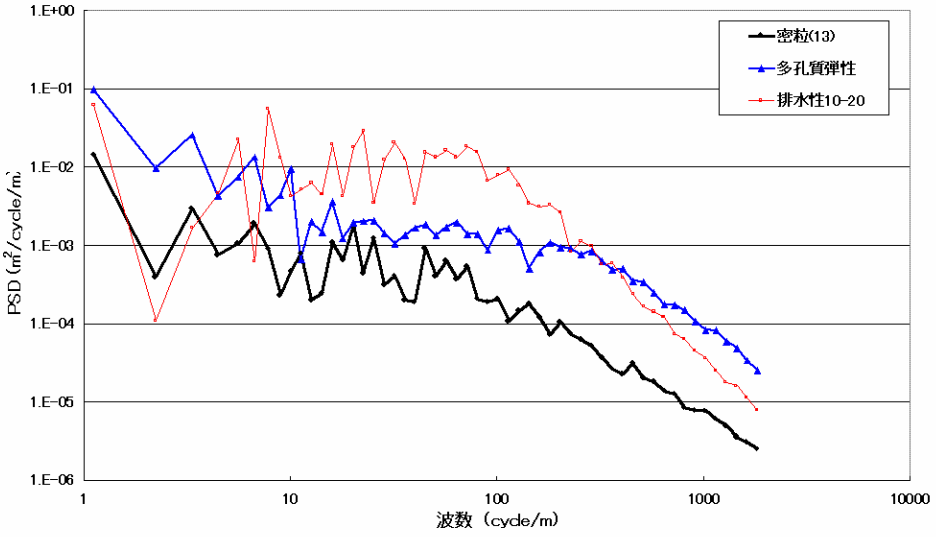


図-6-3-7　CTM 測定の PSD 例

3)浸透水量と現場吸音率の測定

a)浸透水量

現場透水量試験器を用い、400 ml の水が浸透するまでの時間を測定し、これより 15 秒当たりの流下した水量を算出し、浸透水量(ml／15 秒)とした。

b)現場吸音率

舗装表面が細い音響管の一端を固定し、正弦波の音波を送ることで、路面から反射される音の強さを測定するものであり、**式（５）**により求めたものである。

$$\alpha = \frac{j_i - j_r}{j_i} = 1 - \frac{j_r}{j_i} \quad \cdots\cdots(5)$$

ここで、

α ：吸音率

j_r：出力音レベル

j_r：入力音レベル

4)通気性

通気試験はシリンダー内のほぼ一定圧の空気が舗装体内を通過する時間を測定して評価するものである。なお、空気シリンダー内の平均空気圧 539 Pa、通気量は 23.6 l である。

6.3.2 暫定路面の路面性状の変化と計測値との関係

暫定路面において、第 1 回、第 2 回の騒音測定共通試験の前に各種路面性状値を測定した。１回目と２回目の路面性状値および共通試験で実施したタイヤ／路面騒音値と路面性状の関連を比較し、路面を特定する指標について検討した。

(1) 平たん性

3 m プロフィルメータで求めた平たん性と、DAM により得られたプロファイル結果をシミュレートした平たん性を以下に示す。

1) 3 m プロフィルメータ

第 1 回と第 2 回の共通試験前の縦断凹凸量の標準偏差（平たん性）の比較を**図-6-3-8** に示す。この図より、1 回目よりも 2 回目の測定結果が 81.1 %～98.6 %と小さくなっている。これは、若干の延長方向や延長方向の測定位置のずれが影響していると考えられる [6]。

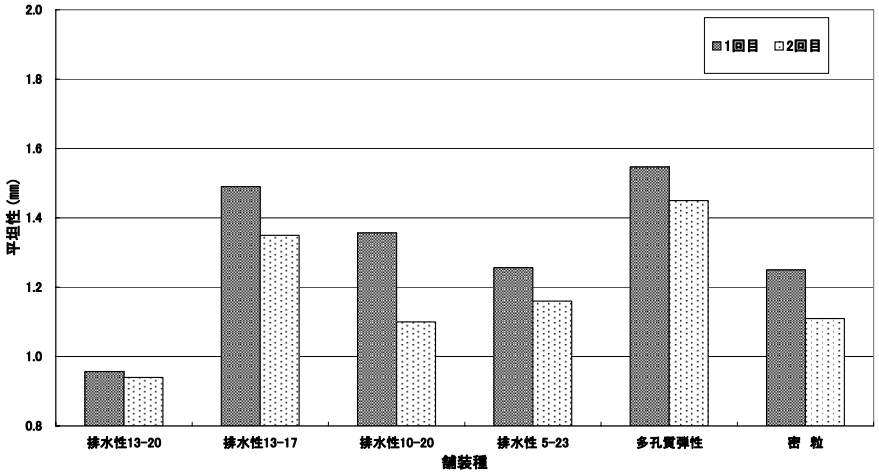


図-6-3-8　プロフィルメータによる平たん性比較

2)DAM

a)平たん性

1 回目、第 2 回目のプロファイル測定結果の、縦断凹凸量のデータの収集間隔を変化させた平たん性(標準偏差)を図-6-3-9 に示す。

この図より、3 m プロフィルメータの結果と同様に、1 回目と 2 回目で平たん性が若干変動しているといえる。特に排水性舗装の骨材最大粒径が 10-20 工区が 3 m プロフィルメータ測定結果と同様に変動が顕著であるといえる。また、同一のプロファイルから求められた、縦断凹凸量のデータの収集間隔を変化させた場合でも、変動することがわかった。

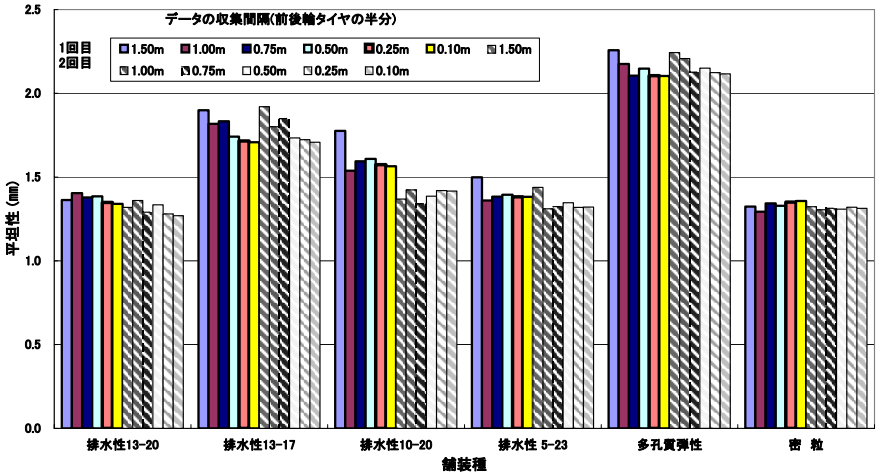


図-6-3-9　DAM による平たん性比較

b)IRI

DAM によるプロファイル測定結果による､1 回目と 2 回目の IRI の結果比較を図-6-3-10 に示す。

この図より、IRI は平たん性と異なり、１回目と２回目ではほとんど変化していないといえる。また、IRI の傾向は、全体的に平たん性と類似しているといえる。

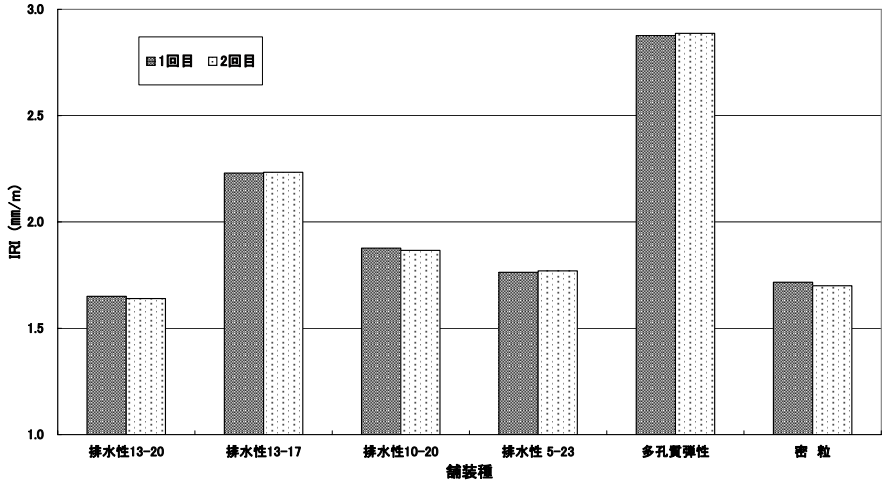


図-6-3-10　IRI の比較

c)PSD

DAM によるプロファイル測定結果による、１回目と２回目の PSD の結果比較を**図-6-3-11** に示す。

この図より、PSD は波数が 0.1、1 cycle／m では、ほとんど変化していないが、10 cycle／m では若干 PSD は大きくなる傾向となった。

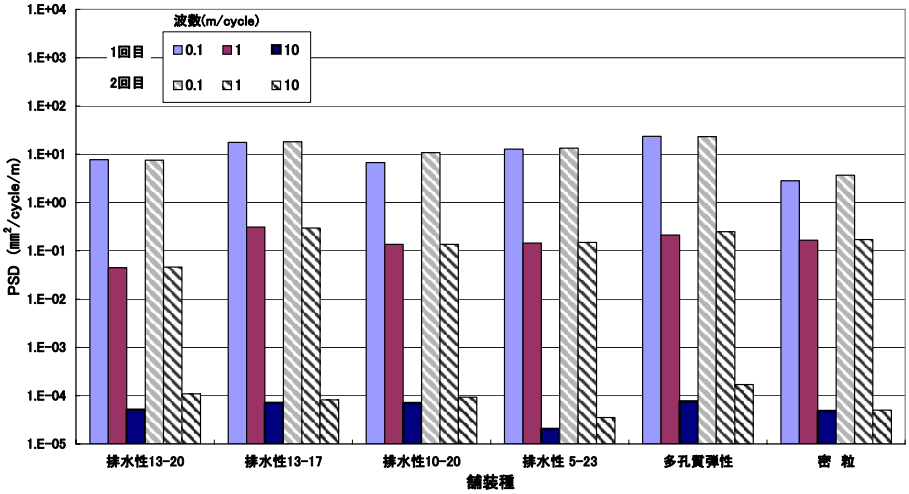


図-6-3-11　PSD の比較

3)平たん性のまとめ

1 回目と 2 回目の平たん性（縦断凹凸量の標準偏差）の若干の変動は、PSD から波数 10 cycle／m（波長 10cm）では若干値が変動していることから、共通試験による若干の圧密変動があったと考えられる。しかし、IRI なども考慮すると、平たん性は大きな変動はしていないといえる。

(2)テクスチャ

1)MTM

MTM 測定による、1 回目と 2 回目の SMTD の結果比較を**図-6-3-12** に示す。

この図より、１回目と２回目ではほとんど変化していないといえる。

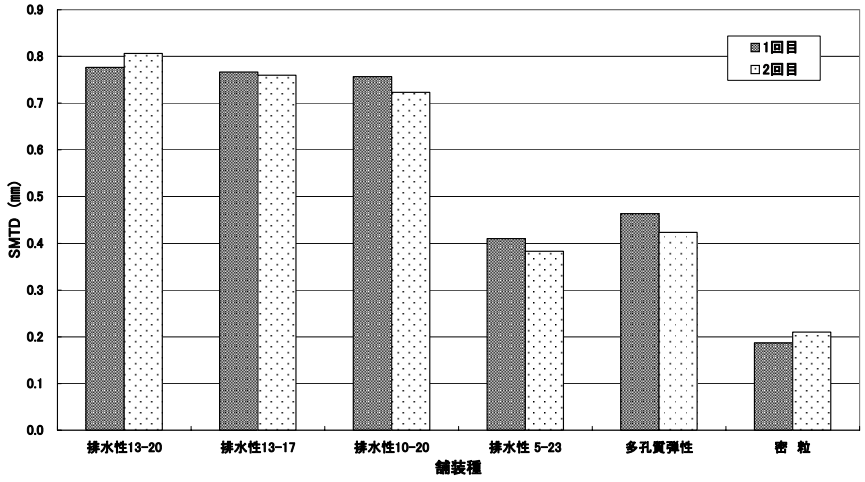


図-6-3-12　SMTD の比較

2)CTM

a)MPD

CTM 測定データによる、MPD の 1 回目と 2 回目の結果比較を**図-6-3-13** に示す。

排水性舗装の最大粒径（13-17）を除き、1 回目と 2 回目はほとんど同じ結果であるといえる。また、工区毎に評価した場合に、MPD の傾向としては MTM による SMTD と同じであるといえる。なお、これらの相関関係は、線状とポイント測定といった違いがあるものの、寄与率(R^2)が 0.98 と非常に強いものであった。

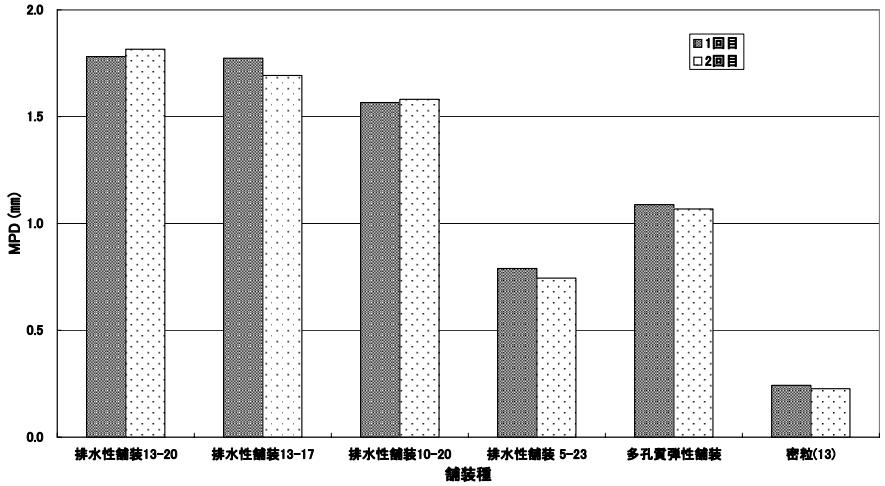


図-6-3-13　MPD の比較

b)PSD

CTM 測定データによる、PSD の 1 回目と 2 回目の PSD の測定結果比較を**図-6-3-14** に示す。

STMD、MPD 共に 2 回目の方が大きくなった排水性舗装の最大粒径 13-20 は波数が 10、1000 cycle／m で PSD は小さくなったが、100 cycle／m では PSD は大きくなった。

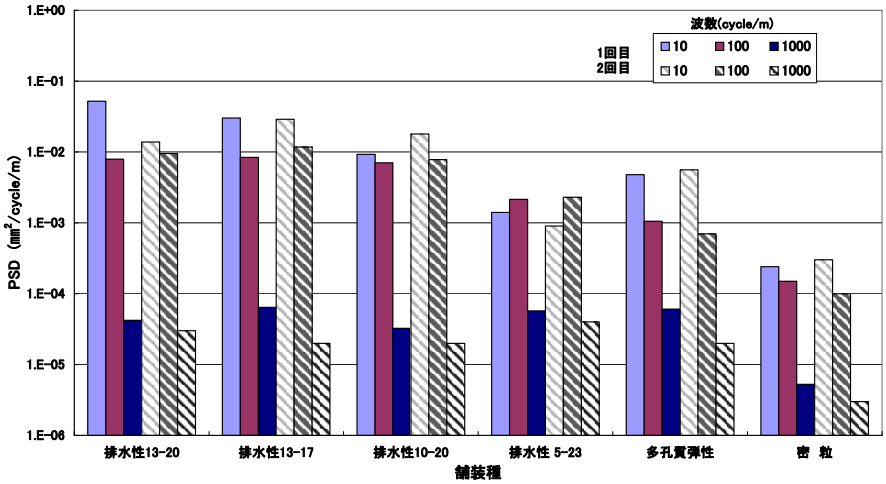


図-6-3-14　PSD の比較

3)テクスチャのまとめ

テクスチャを示す SMTD、MPD が大きくなったからといって、どの波数でも PSD が大きくなるとはいえないことがわかった。

PIARC によるプロファイルの分類と TYRE／ROAD NOISE REFERRENCE BOOK[2)]に示されているように、テクスチャとタイヤ／路面騒音に相関があるといえる。

(3) 浸透水量と現場吸音率測定

1) 現場透水試験

現場透水試験による､浸透水量の 1 回目と 2 回目の浸透水量の測定結果比較を**図-6-3-15** に示す。

密粒度を除いて、1 回目、2 回目共に浸透水量は 1,200 ml／秒程度と高くなっている。

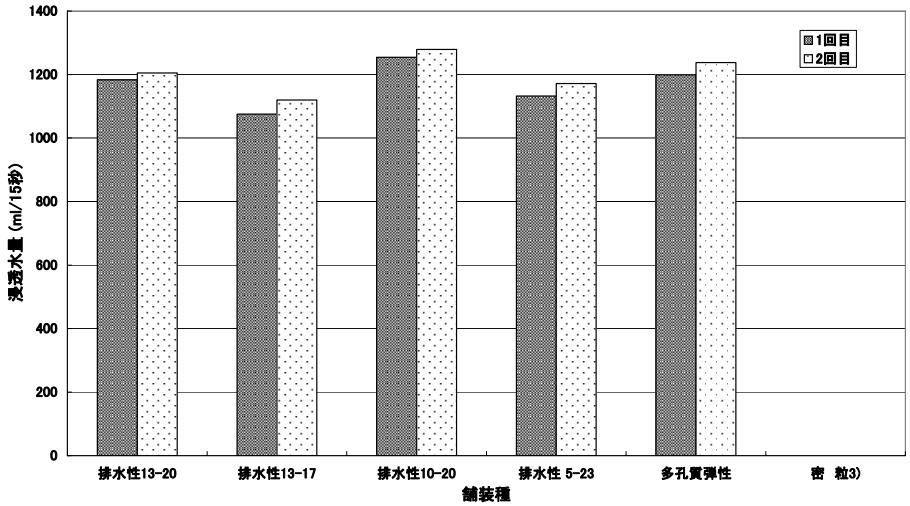


図-6-3-15　浸透水量の比較

2) 現場吸音率試験

現場吸音率試験による、吸音率の 1 回目と 2 回目の現場吸音率の測定結果比較を**図-6-3-16** に示す。

現場吸音率は、排水性舗装・多孔質弾性舗装において、1 回目よりも 2 回目の方が小さなものとなった。透水量は 1 回目、2 回目の差違はないこと、テクスチャもあまり変化していないこと、暫定評価用路面は通常シートをかけ保護していることから、空隙率は変動がないと考えられる。しかし、吸音率が 1 回目よりも 2 回目の方が小さくなった結果としては、2 日前の降雨の影響などにより、排水性舗装などの空隙に水分がわずかであるが、介在していたのではないかと推測している。

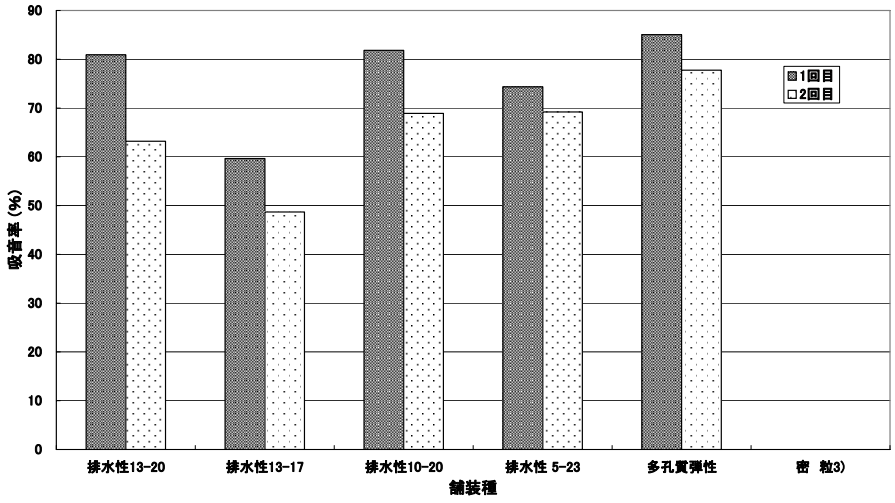


図-6-3-16　現場吸音率の比較

(4)通気試験

2回目騒音の共通試験前に実施した現場通気試験による、乾燥状態における通気時間を図-6-3-17に示す。

図-6-3-16 に示した現場吸音率とこの図と比較すると、音を媒体とした現場吸音率と、空気を媒体とした通気時間は、多孔質弾性舗装を除いた排水性舗装では同様な傾向を示しているといえる。

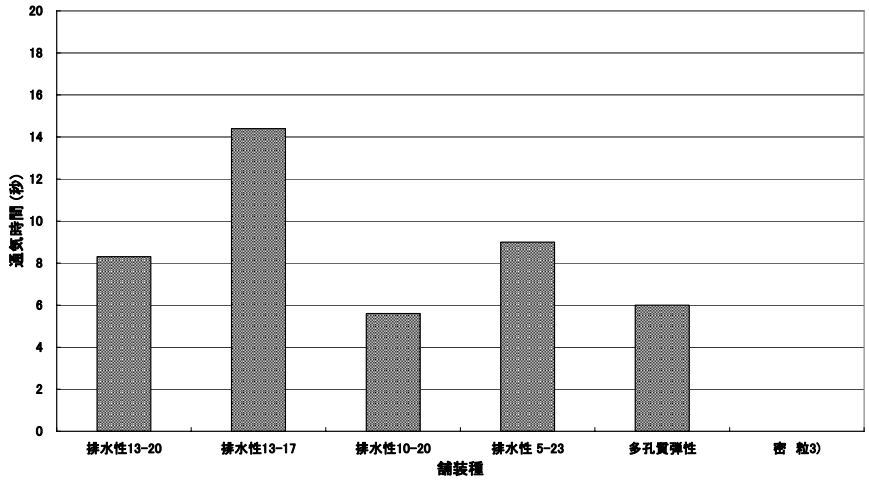


図-6-3-17　通気試験結果（2回目）

(5)路面性状とタイヤ／路面騒音の関係

第 1 回と第 2 回の共通試験時に測定した路面性状試験結果と舗装路面騒音測定車(RAC 車特殊タイヤ音)のタイヤ/路面騒音を**表-6-3-2** に示す。

表-6-3-2　路面性状と RAC 車タイヤ/路面騒音の測定結果

試験時期	調査項目			排水性13-20	排水性13-17	排水性10-20	排水性 5-23	多孔質弾性	密 粒	測定方法	測定頻度
構築時	平坦性 (mm)			0.96	1.49	1.36	1.26	1.55	1.25	3mプロフィルメータ	3測線／路面
	現場透水 (cc/15s)			1183.67	1075.33	1254.33	1132.33	1199.00	－	舗装試験法便覧	3点／路面
	空隙率 (%)			21.15	18.1	21.65	24.55	33.5	4.8	舗装試験法便覧	コア2個／路面
	室内吸音率1		ピーク吸音率(%)	92.25	77.95	96.25	93.5	94.1	12.3		
			ピーク周波数(Hz)	－	－	－	－	－	－		コア2個／路面
	室内吸音率2		ピーク吸音率(%)	91.1	69.2	84.35	94.05	86.75	13.2		
			ピーク周波数(Hz)	－	－	－	－	－	－		
	反発係数 (%)			－	－	－	－	34.67	－	GB	3点／路面
騒音測定時（第一回）	平坦性 (mm)		$\sigma_{1.5}$	0.96	1.49	1.36	1.26	1.55	1.25	3mプロフィルメータ	3測線／路面
	現場透水 (cc/15s)			1183.67	1075.33	1254.33	1132.33	1199.00	－	舗装試験法便覧	3点／路面
	DAM	平坦性 (mm)	$\sigma_{1.5}$	1.363	1.900	1.775	1.499	2.257	1.32	DAM	3測線／路面
			$\sigma_{1.0}$	1.405	1.818	1.538	1.360	2.175	1.29		
			$\sigma_{0.75}$	1.379	1.833	1.594	1.383	2.105	1.34		
			$\sigma_{0.5}$	1.385	1.741	1.609	1.395	2.147	1.33		
			$\sigma_{0.25}$	1.349	1.715	1.574	1.382	2.105	1.35		
			$\sigma_{0.1}$	1.340	1.708	1.564	1.382	2.104	1.36		
		PSD (mm^3)	$PSD_{0.1}$	7.74E+00	1.77E+01	6.75E+00	1.28E+01	2.37E+01	2.83E+00		
			PSD_1	4.50E-02	3.13E-01	1.37E-01	1.45E-01	2.12E-01	1.68E-01		
			PSD_{10}	5.12E-05	7.14E-05	7.07E-05	2.04E-05	7.63E-05	4.84E-05		
		IRI (mm/m)		1.65	2.23	1.88	1.76	2.88	1.72		
	テクスチャ1		SMTD1(mm)	0.78	0.77	0.76	0.41	0.46	0.19		3測線／路面
			SMTD2(mm)	0.80	0.76	0.74	0.40	0.48	0.18	MTM	3測線／路面
	テクスチャ2	MPD (mm)		1.78	1.77	1.57	0.79	1.09	0.24	CTM	3点／路面
		PSD (mm^3)	PSD_{10}	5.20E-02	3.02E-02	9.24E-03	1.41E-03	4.78E-03	2.40E-04		
			PSD_{100}	7.90E-03	8.38E-03	7.05E-03	2.15E-03	1.06E-03	1.50E-04		
			PSD_{1000}	4.20E-05	6.40E-05	3.26E-05	5.74E-05	6.05E-05	5.25E-06		
	現場吸音率	平均	ピーク吸音率(%)	80.92	59.63	81.87	74.35	85.05	－		
騒音測定時（第二回）	平坦性 (mm)		$\sigma_{1.5}$	0.94	1.35	1.10	1.16	1.45	1.11	3mプロフィルメータ	3測線／路面
	現場透水 (cc/15s)			1204.67	1120.00	1279.00	1171.67	1237.33	0.00	舗装試験法便覧	3点／路面
	DAM	平坦性 (mm)	$\sigma_{1.5}$	1.32	1.92	1.37	1.44	2.24	1.32	DAM	3測線／路面
			$\sigma_{1.0}$	1.36	1.80	1.42	1.31	2.21	1.31		
			$\sigma_{0.75}$	1.29	1.85	1.34	1.32	2.13	1.31		
			$\sigma_{0.5}$	1.34	1.73	1.39	1.35	2.15	1.31		
			$\sigma_{0.25}$	1.28	1.72	1.42	1.32	2.12	1.32		
			$\sigma_{0.1}$	1.27	1.71	1.42	1.32	2.12	1.31		
		PSD (mm^3)	$PSD_{0.1}$	7.55E+00	1.82E+01	1.09E+01	1.34E+01	2.32E+01	3.69E+00		
			PSD_1	4.61E-02	2.96E-01	1.36E-01	1.49E-01	2.49E-01	1.72E-01		
			PSD_{10}	1.09E-04	8.17E-05	9.26E-05	3.54E-05	1.70E-04	5.00E-05		
		IRI (mm/m)		1.64	2.23	1.87	1.77	2.89	1.70		
	テクスチャ1		SMTD1(mm)	0.81	0.76	0.72	0.38	0.42	0.21	MTM	3測線／路面
	テクスチャ2	MPD (mm)		1.82	1.69	1.58	0.74	1.07	0.23	CTM	3点／路面
		PSD (mm^3)	PSD_{10}	1.38E-02	2.90E-02	1.80E-02	9.00E-04	5.60E-03	3.00E-04		
			PSD_{100}	9.50E-03	1.17E-02	7.80E-03	2.30E-03	7.00E-04	1.00E-04		
			PSD_{1000}	3.00E-05	2.00E-05	2.00E-05	4.00E-05	2.00E-05	3.00E-06		
	現場吸音率 (平均)		ピーク吸音率(%)	63.2	48.68	68.92	69.23	77.77	0		
	通気試験		通気時間(秒)	8.3	14.4	5.6	9.0	6.0			
RAC車(タイヤ/路面騒音)			dB(A)	87.5	87.2	86.4	83.1	83.6	90.5		

表-6-3-2 に示した路面性状値と第 2 回共通試験におけるタイヤ／路面騒音の関係を直線回帰した結果を**表-6-3-3** に示す。

なお、全体とは、6 種類の舗装全てについて関係を求めたものであり、それから密粒のみを除したものを除密粒度、さらに多孔質を除して排水性舗装のみとしたものを排水性と称している。

表-6-3-3　特殊タイヤ音と路面性状の関係　　(R^2)

測定装置	測定項目		全体	除密粒度	排水性
3m プロフルメータ	平たん性(㎜)	$\sigma_{1.5}$	0.1909	0.1924	0.0140
DAM	平たん性(㎜)	$\sigma_{1.5}$	0.2151	0.1035	0.0452
		$\sigma_{1.0}$	0.1716	0.0591	0.2500
		$\sigma_{0.75}$	0.1485	0.0589	0.1212
		$\sigma_{0.5}$	0.2059	0.1015	0.1464
		$\sigma_{0.25}$	0.1835	0.0966	0.1323
		$\sigma_{0.1}$	0.1928	0.1063	0.1149
	PSD (㎜^{2}／ｃ／ｍ)	波数 0.1(c／m)	0.5189	0.2378	0.0198
		波数 1(c／m)	0.0224	0.0411	0.0006
		波数 10(c／m)	0.0874	0.0001	0.8826
	IRI(㎜/m)		0.2367	0.1487	0.0600
MTM	SMTD(㎜)		0.0001	0.9945	0.9928
CTM	MPD(㎜)		0.0151	0.9689	0.9952
	ＰＳＤ (㎜^{2}／ｃ／ｍ)	波数 10(ｃ／ｍ)	0.0208	0.7080	0.6558
		波数 100(ｃ／ｍ)	0.0275	0.9093	0.9068
		波数 1000(ｃ／ｍ)	0.5447	0.1627	0.5878
現場透水試験器	浸水量(ml/秒)		0.5503	0.0139	0.0041
吸音測定機	吸音率(%)		0.7299	0.4917	0.3099
現場通気試験機	通気時間(秒)		-	0.1308	0.0321

この表より、タイヤ／路面騒音と路面性状の関係が高い項目は以下の通りである。

①DAM によるプロファイルから求められた波数 10 cycle／m(波長 : 10 cm)の PSD は、排水性舗装のみを対象とした場合にタイヤ／路面騒音基準値と高い相関（R^2＝0.8826）を示した。

②SMTD、MPD に見られるように除密粒度、排水性において高い相関となっている。

③CTM 測定によるテクスチャのプロファイルの PSD は、除密粒度 10,100 cycle／m で、排水性で 10,100,1000 cycle／m において相関が高くなっている。

④透水量、吸音率の全体では相関が大きくなっている。これは、排水性舗装であまり強い関係となっていないことから、密粒度アスファルト混合物の吸音率＝0 %の影響であると考えられる。

(6) まとめ

以上の結果からタイヤ／路面騒音に影響の高い路面性状は、テクスチャであることが分かった。よって、このテクスチャをタイヤ／路面騒音を特定する指標とすることとした。

参考文献

1) International PIARC Experiment to Compare and Harmonaze Texture and Skid Resistance Measurements:PIARC Technical Committee on Surface Characreristics C1.1995

2)Ulf Sandberg,Jerzy A. Ejsmont:TYRE/ROAD NOISE REFERENCE BOOK,2002.

tance Measurements:PIARC Technical Committee on Surface Characterictics C1.1995.

3)大川秀雄，今井寿男：透気試験による排水性舗装の透気係数評価の検討，第 57 回年次学術講演会Ⅴ部門,9.2002.

4)(社)日本道路協会:舗装試験法便覧別冊(暫定試験方法),10.1996.

5)安倍 裕也:路面のポータブルすべり測定装置の開発と利用に関する研究.3.2000.

6)秋本 隆他：縦断凹凸データの収集に関する研究,舗装工学論文集 Vol.2,12.1997.

6.3.3 ISO 10844 路面と評価用路面との相違

自動車の騒音試験用路面(以下、ISO 10844 路面)を特定する指標と本研究で検討した評価用路面を特定する指標との相違点の考え方を以下に示す。

ISO 10844 路面は、p.5-9～10 に示したように、自動車の加速時あるいは定常走行時の騒音特性を評価するための試験用路面として規格化されたもので、表層に密粒度アスファルト混合物を用いた舗装である。また、タイヤ単体の騒音(タイヤ／路面騒音)特性を評価するための路面としても用いられている。その路面を特定する指標は**表-6-3-4** のようになっている。空隙率と吸音率は路面新設時のみの規格で、きめ深さは路面新設時および 12 ヶ月毎の定期検査の規格としている。このことは、同一路面の経年的な変化に関しては、路面テクスチャの一指標であるきめ深さによって評価することになる。

表-6-3-4　要求性能の規格値

指　標	規　　格　　値	備　考
空隙率	平均値：8 %以下かつ各供試体：10 %以下	コア供試体：4 個(最小)
吸音率	平均値：0.1 以下(各供試体の代表値：400～800 Hz,　800～1600 Hz の各最大値)	コア供試体：4 個(最小)
きめ深さ	平均値：0.4 mm 以上	試験走路：10 点(最小)

同様に、本評価用路面でも、タイヤ／路面騒音に影響の高いものは路面テクスチャとなり、そのテクスチャの評価値が路面を特定する指標になるとした。その指標には、MPD、SMTD 等とした。

ここで、ISO 10844 路面と本評価用路面の大きな違いは、前者の路面は複数の場所に構築されるが、本評価用路面は所定の一箇所のみの構築となる点である。このようなことから、ISO 10844 路面ではいろいろな地域、場所で同等の品質の路面を構築するため新設時に空隙率や吸音率の規格値を設定している。本評価用路面は他の場所で構築されることがないと判断されることから、同一箇所での再構築では同じ表層用混合物種で混合物の最大粒径と目標空隙率および層厚の設定でよいと考えた。

なお、本評価用路面での経年変化の把握では ISO 10844 路面と同種の路面テクスチャの評価指標となっている。

6.3.4 評価用路面の路面を特定する指標（維持管理指標）の提案

タイヤ／路面騒音の測定装置の検定に用いられる路面は一般のアスファルト舗装に求められる荷重支持やたわみ性、すべり抵抗性等の機能と違い、常に装置を検証すべき不動点として一定の機能を維持しなくてはならない点にある。

これまでの検討の結果、暫定路面、検定路面の諸特性の測定結果とタイヤ／路面騒音との対比から路面の空隙量と表面テクスチャが大きく寄与していることが明らかになってきた。

よって「路面を特定する指標」として空隙量を表す現場透水量と透気係数、路面の表面テクスチャを表す 3 m プロフィルメータによる平たん性、DAM 等による簡易プロファイル、MTM や CTM による路面テクスチャ等が提案出来る。

なかでも、表面テクスチャの評価指標である MTM による SMTD(mm)、CTM による MPD(mm)は**図-6-3-12**、**図-6-3-13**、及び**表-6-3-3** からも明らかな様に数値の変動が小さく、且つタイヤ／路面騒音との相関が非常に高いので、路面の変状の有無を確認し維持管理の指標として有用であると判断出来る。

なお、暫定路面や検定路面の路面性状変化の確認は 2 年であるが、特殊ヤイヤ音は変化していない。

今後、提案した路面性状と特殊ヤイヤ音を継続評価し最終的な判断が必要である。

7. 評価方法および測定装置の開発

7.1 暫定路面における共通試験

暫定路面では、共同研究参加各社の測定装置の現状把握と精度向上、騒音値に影響を及ぼす要因の確認、測定方法の確立、等を目的として、共同研究参加全社による共通試験を 3 回実施した。以下にその内容を示す。

7.1.1 第 1 回共通試験（平成 14 年 3 月実施）

(1) 目的

第 1 回共通試験は、各社開発中の測定装置の現状を把握すること、各社の測定値と特殊タイヤ音の特性を比較すること、等を主な目的として実施した。

(2) 試験方法等

1)測定車両の走行速度

測定車両の目標走行速度は 40,45,50,55 km/h とし、光電管によって確認した。

2)測定時の気温測定

測定時間帯は日中のみとし、測定時の気温はウェザーステーションによって測定した。

3)測定に用いるタイヤ（タイヤ／路面騒音測定車）

第 1 回共通試験の時点では、測定用のタイヤは特に統一せず各社任意とした。

4)その他

第 1 回共通試験では、データのサンプリング条件等は各社任意とした。

また、同時期に、国土交通省関東地方整備局・近畿地方整備局所有の舗装路面騒音測定車（以下、「関東車」「近畿車」）による測定も行われた。

(3) 試験結果の概要

1)タイヤ近接音測定装置

タイヤ近接音測定装置の測定結果を、関東車の測定結果と合わせて**図-7-1-1**、および**図-7-1-2**に示す。この結果から以下のことがいえる。

○ 排水性(13-20)と排水性(13-17)では、当初概ね 89～90dB の数値が予測されていたが、得られた数値は予測よりもやや小さくなった。

○ 排水性(13-20)、排水性(13-17)、排水性(10-20)の結果については、各測定装置の測定値と関東車の特殊タイヤ音の間には比較的高い相関が見られた。

○ 密粒(13)、排水性(5-23)、多孔質弾性舗装では、各測定装置の測定値と関東車の特殊タイヤ音では異なる傾向を示した。

このほかに得られた知見としては以下のことが挙げられる。

○ 各測定車共に、走行速度が上昇するに連れて測定値が大きくなる傾向が見られ、タイヤ近接音には速度依存性があることが確認された。

○ タイヤの温度は測定（走行）開始から徐々に上昇し、ある程度走行したところでほぼ一定の値に収束する。このことから、測定を行う際は事前に予備走行を行う必要があることがわかった。

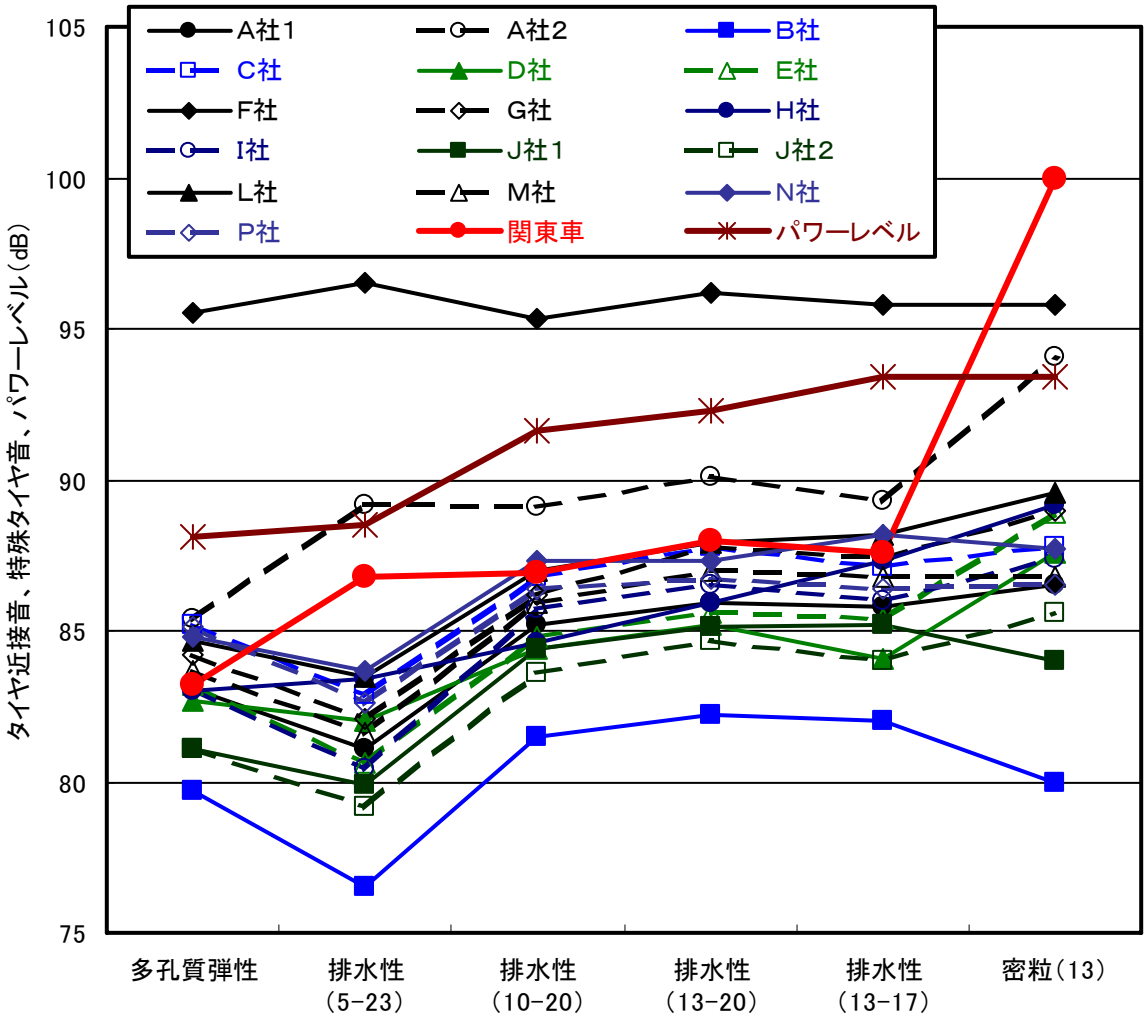


図-7-1-1　タイヤ近接音測定結果（第１回共通試験）

（注）図中の「パワーレベル」は、タイヤ近接音測定装置のうち１台を用いてパワーレベルを測定した結果である。

なお、図-7-1-1 については、本来の目的に則れば棒グラフとすべきものであるが、今回は各社の測定結果の差を明確にすること、および異なる路面での測定値の違いを見やすくすること、等の理由により折れ線グラフとしている。

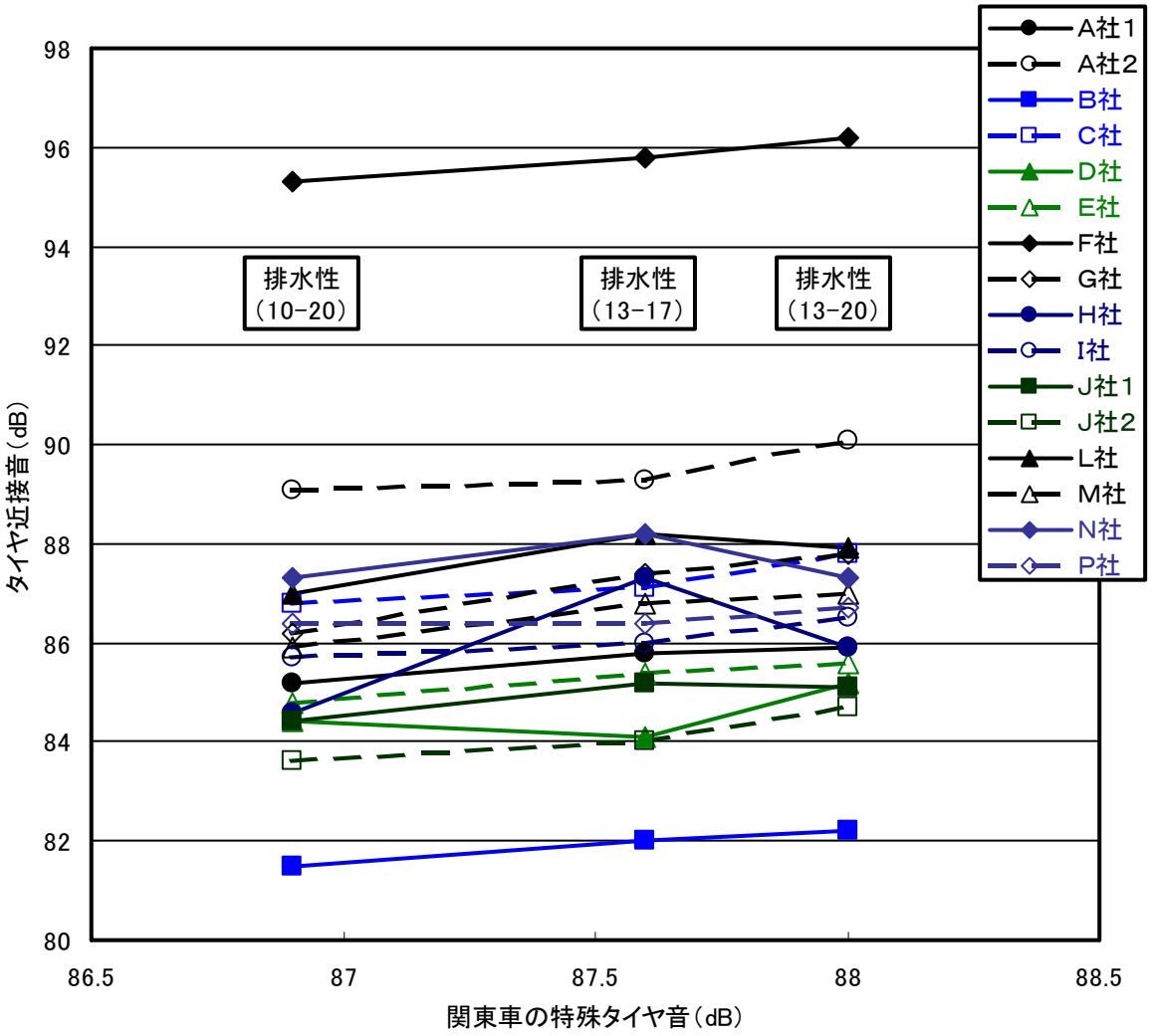


図-7-1-2　特殊タイヤ音とタイヤ近接音との関係（第１回共通試験）

2) 吸音特性・路面反射音測定装置

吸音特性測定装置と路面反射音測定装置の測定結果を、関東車の測定結果、およびタイヤ近接音測定車のパワーレベルと合わせて**図-7-1-3** に示す。なお、K 社（吸音特性値）のデータは特性上、路面種の違いによる数値増減が他のデータと逆になっている。

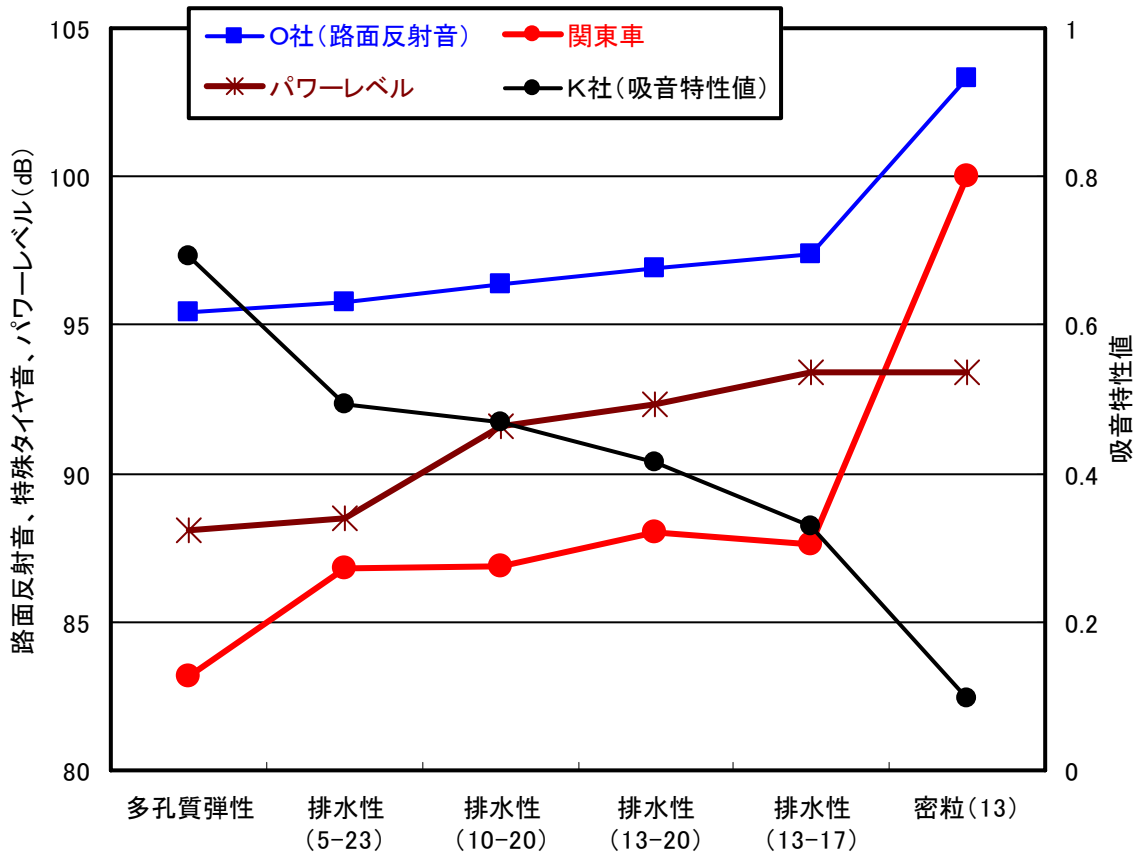


図-7-1-3　吸音特性値、路面反射音測定結果（第１回共通試験）

この結果から以下のことがいえる。

○ タイヤ近接音測定装置と同様に、排水性(13-20)、排水性(13-17)、排水性(10-20)の結果については、関東車の特殊タイヤ音と傾向が類似している。

○ 排水性(5-23)については、タイヤ近接音測定装置とはやや異なり、関東車の特殊タイヤ音に似た傾向が見られる。

○ 密粒(13)と多孔質弾性舗装では、関東車の特殊タイヤ音とは異なる傾向を示した。

また、各装置の測定結果を周波数分析した結果を**図-7-1-4** および**図-7-1-5** にそれぞれ示す。この結果から、1000Hz を越える高周波数の帯域では路面種によって数値の傾向に差が見られることがわかる。この傾向は両測定装置に共通して見られる。

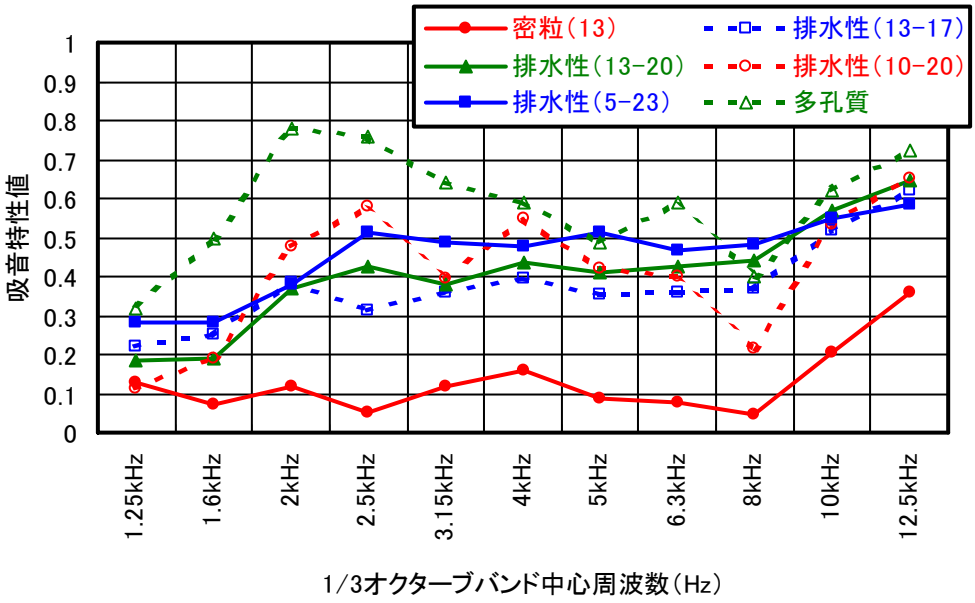


図-7-1-4　吸音特性値の周波数分析結果（第１回共通試験）

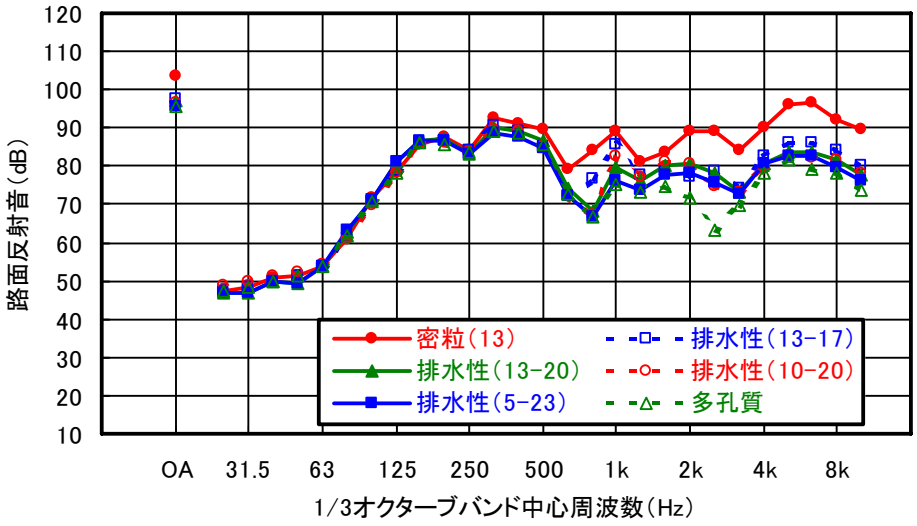


図-7-1-5　路面反射音の周波数分析結果（第１回共通試験）

7.1.2 第 2 回共通試験（平成 14 年 8 月実施）

(1) 目的

第 2 回共通試験は、共同研究各社の測定値の温度依存性・速度依存性を確認すること、測定用タイヤを統一したことによる特性の変化を確認すること、等を主な目的として実施した。

(2) 試験方法等

1)測定車両の走行速度

測定車両の目標走行速度は 35～55 km/h の範囲で 5 km/h 刻みとし、速度依存性を確認した。また、各測定車両に走行速度を連続的に測定・記録できる装置を装着し、その適用性についても検討した。

2)測定時の気温測定

温度依存性を確認するために測定時間帯は早朝と日中とし、測定時の気温はウェザーステーションによって測定した。また、その他の温度特性として、走行毎に路面温度・タイヤ温度を測定した。

3)測定に用いるタイヤ（タイヤ近接音測定装置）

測定用のタイヤを GOODYEAR 社の VECTOR3 に統一した。VECTOR3 のトレッドパターンを**写真-7-1-1** に示す。



写真-7-1-1　測定用タイヤ（VECTOR3）のトレッドパターン

4)その他

第 2 回共通試験では、暫定路面に加えて国土技術政策総合研究所（以下、「国総研」）の試走路にある 13mmTop 排水性アスコンの路面（以下、「試走路排水性(13-20)」）についても共通試験を行った。これは、供用年数を経た路面で、舗装路面騒音測定車の特殊タイヤ音で 90～91 dB 程度と推定される路面のデータを採取するためである。

また、ほぼ同時期に、関東車による測定も行われた。関東車による測定は、通常使用する特殊タイヤでの測定に加え、共同研究各車が使用する VECTOR3 を用いた「普通タイヤによる測定」も併せて実施した。

(3) 試験結果

第 2 回共通試験の主な結果として、以下のようなことが挙げられる。

○ タイヤ近接音と走行速度の相関性を確認し、任意の速度における騒音値を求めるための補正式を各車両毎に作成した。

○ タイヤ／路面騒音には温度依存性があることが確認された。第 2 回共通試験では 3 つの温度（気温・路面温度・タイヤ温度）を測定したが、路面温度は日陰・日なたで差が大きいこと、タイヤ温度は測定時に車両が停止するために値が大きく変化すること、等から補正に用いる温度は気温が最も適切であると判断された。この結果を踏まえて、任意の気温における騒音値を求めるための補正式を各車両毎に作成した。なお、温度依存性の詳細については、7.3.1.3 **測定時の温度の影響**　の項に記載されている。

○ 関東車の特殊タイヤ・普通タイヤによる測定値から決定した「基準値」と共同研究各車の測定値の相関式を作成した。

○ 上記の「速度・温度補正式」「基準値との相関式」を有することで、各社の測定装置が「タイヤ／路面騒音測定装置」として暫定的に「認定」された。

1)タイヤ近接音と特殊タイヤ音の関係

第 2 回共通試験では、暫定路面に加えて国総研試走路にある排水性(13-20)の路面についても共通試験を行った。タイヤ近接音の測定結果は**図-7-1-6** に示すとおりである。

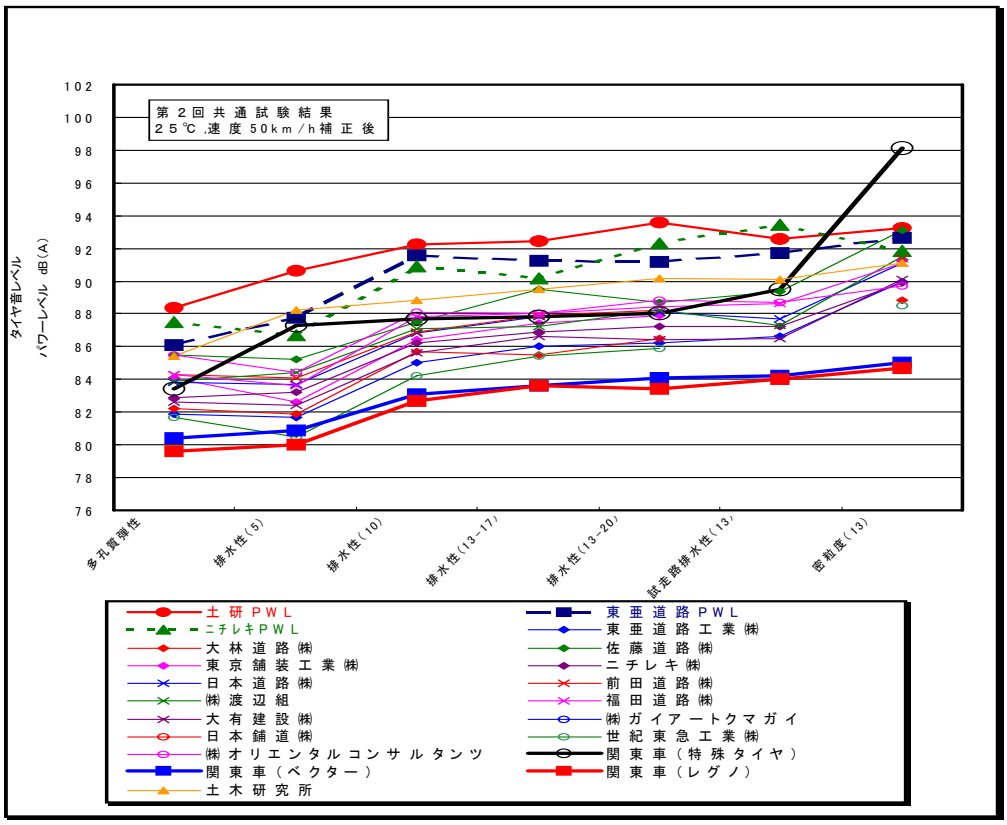


図-7-1-6　タイヤ近接音測定結果（第 2 回共通試験）

2)各測定装置の速度依存性

第 2 回共通試験の結果から、各測定装置の速度依存性を整理した結果を図-7-1-7 に示す。図からわかるように、走行速度の増加とともにタイヤ近接音の増加が確認された。

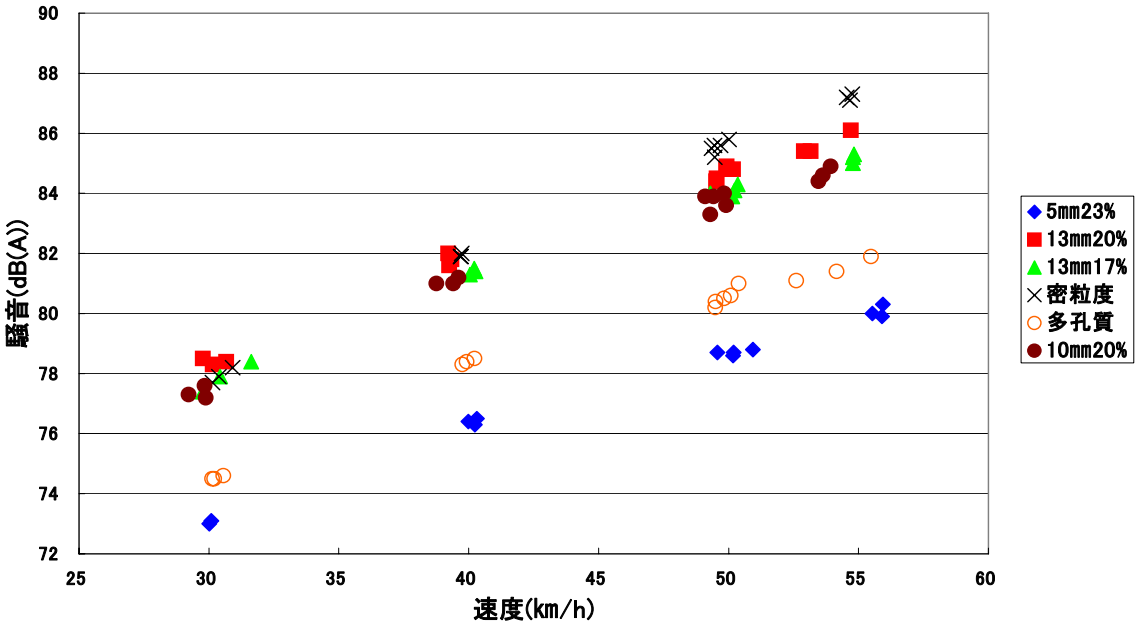


図-7-1-7　走行速度とタイヤ近接音の関係（第 2 回共通試験）

3)各測定装置の温度依存性

第 2 回共通試験の結果から、各測定装置の温度依存性を整理した結果を図-7-1-8 に示す。図からわかるように、温度の増加とともにタイヤ近接音が減少することが確認された。

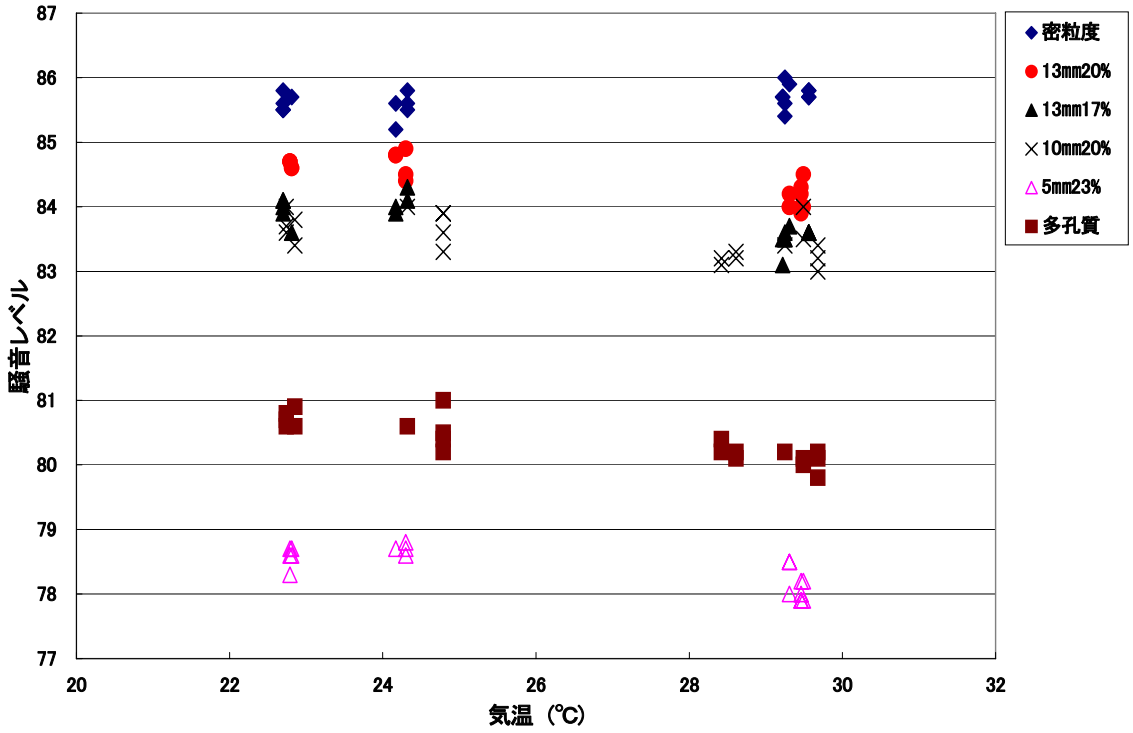


図-7-1-8　外気温とタイヤ近接音の関係（第 2 回共通試験）

4)各測定装置の速度・温度依存性（回帰分析結果）

第 2 回共通試験の結果から、各測定装置のタイヤ/路面騒音と速度・温度の関係を、単回帰・重回帰分析により舗装種別に整理した結果を**表-7-1-1~表 7-1-7** に示す。

＜回帰分析の考え方＞

a)単回帰分析

目的変数に対する温度依存性を速度精度 : 50±0.5km/h のデータのみを対象に分析した。次に、温度依存性に対する単回帰分析結果を用いて補正後に速度依存性に対する回帰分析を行った。

$y = a*x + b$　･･･（式１）

ここに　y：目的変数（タイヤ近接音 or 吸音特性値）

x：説明変数（気温 or 路面温度 or タイヤ温度）

$y = a*\log(x) + b$　目的変数がタイヤ近接音･･･（式２）

$y = a*x + b$　　目的変数が吸音特性値･･･（式３）

ここに　y：目的変数（タイヤ近接音 or 吸音特性値）

x：説明変数（速度）

b)重回帰分析

目的変数に対して、説明変数を速度と温度（気温 or 路面温度 or タイヤ温度）として重回帰分析を行った。

$y = a*\log(x_1) + b*x_2+c$　目的変数がタイヤ近接音･･･（式４）

$y = a*x_1 + b*x_2 +c$　　目的変数が吸音特性値･･･（式５）

ここに　y：目的変数（タイヤ近接音 or 吸音特性値）

x_1：速度

x_2：温度（気温 or 路面温度 or タイヤ温度）

表-7-1-1　走行速度と温度とタイヤ近接音の関係（密粒(13)）

混合物の種類　密粒(13)

単回帰分析結果

会社名	タイヤ/路面騒音を評価する指標	目的変数と気温			目的変数と路面温度			目的変数とタイヤ温度			目的変数と速度		
		係数:a	係数:b	寄与率	係数:a	係数:b	寄与率	係数:a	係数:b	寄与率	係数:a	係数:b	寄与率
A	タイヤ近接音	-0.1611	94.063	0.2217	-0.0889	92.898	0.7539	-0.1032	93.836	0.377	45.747	12.142	0.9775
B		-0.121	92.15	0.409	-0.1	92.47	0.71	-0.17	95.53	0.89	39.37	21.74	0.952
C		-0.07	94.79	0.505	-0.037	94.21	0.391	-0.041	94.62	0.381	41.31	22.76	0.942
D		-0.125	94.44	0.895	0.063	92.97	0.901	0.085	94.3	0.876	42.89	17.89	0.978
E		-0.1066	92.534	0.9573	-0.0481	91.169	0.9526	-0.0724	92.505	0.9516	16.92	23.458	0.9765
F		-0.0316	91.737	0.2137	-0.0089	91.188	0.1732	-0.0084	91.201	0.049	39.537	23.656	0.9874
G		0.0334	90.6	0.162	0.0177	90.9	0.141	0.0167	90.8	0.168	41.9	20.2	0.966
H		-0.1649	95.66	0.025	-0.08	94.12	0.053	-0.03	92.09	0.002	53.34	1.9	0.868
I		-0.083	93.189	0.5019	-0.0261	91.885	0.5205	-0.0415	92.532	0.2608	32.851	35.014	0.972
J		-0.0476	91.31	0.321	-0.01437	92.52	0.2958	-0.0258	91.01	0.2501	40.867	20.48	0.9893
L		0.0373	91.172	0.0215	-0.0019	92.214	0.0005	0.0173	91.428	0.0152	40.839	22.231	0.8723
M		-0.0035	90	0.0031	-0.001	89.9	0.0016	-0.0067	90.1	0.0245	42.36	17.8	0.9924
N		-0.0389	89.278	0.491	-0.008	88.641	0.462	-	-	-	34.43254	29.81298	0.984
P		-0.131	92.96	0.742	-0.028	90.84	0.739	-0.036	91.19	0.784	34.59	31.42	0.974
K	吸音特性値	0.0064	-0.089	0.7253	0.0017	0.025	0.4393	0.0035	-0.0602	0.428	0.001	0.0309	0.1406
O	路面反射音	-0.03133	93.9659	0.431228	-0.01705	93.67769	0.362755	-0.23197	93.2191	0.02734	-1.38313	95.35379	0.036915

備考
タイヤ近接音(y)と速度(x)のモデル式 : y＝a*log(x)+b、音圧レベル(y)と各温度条件のモデル式
O社の目的変数と速度の回帰は日中データを使用

重回帰分析結果

会社名	タイヤ/路面騒音を評価する指標	目的変数と速度および気温				目的変数と速度および路面温度				目的変数と速度およびタイヤ温度			
		係数:a	係数:b	係数:c	寄与率	係数:a	係数:b	係数:c	寄与率	係数:a	係数:b	係数:c	寄与率
A	タイヤ近接音	45.959	-0.0592	13.328	0.9794	45.748	-0.0414	13.548	0.9845	45.995	-0.0339	13.025	0.98
B		40.32	-0.099	22.82	0.966	39.8	-0.063	23.18	0.969	40.22	-0.079	23.37	0.972
C		42.06	-0.078	23.34	0.957	41.81	-0.039	23.07	0.953	41.99	-0.044	23.21	0.952
D		42.92	-0.105	20.87	0.994	43.15	0.062	19.57	0.995	42.97	-0.063	20.28	0.992
E		38.95607	-0.10277	26.4062	0.996	39.08505	-0.05156	25.00608	0.995	39.04591	-0.07034	26.18773	0.996
F		39.49	-0.019	24.298	0.9875	-	-	-	-	-	-	-	-
G		41.8	-0.127	23.7	0.974	41.4	-0.0631	23.2	0.976	42	-0.0665	22.7	0.974
H		54.102	-0.226	7.347	0.916	53.303	-0.079	5.302	0.921	54.959	-0.119	4.533	0.904
I		33.4388	-0.0698	36.0346	0.9843	33.6656	-0.0227	34.5627	0.9855	33.6208	-0.0338	35.1113	0.9791
J		40.98	-0.049	21.75	0.993	40.81	-0.018	21.32	0.994	41.12	-0.027	21.19	0.993
L		20.701	0.031	56.187	0.0309	27.133	-0.001	46.097	0.0176	24.573	0.015	49.773	0.0292
M		43.41	-0.117	19.2	0.9119	43.37	-0.0035	16.3	0.9052	43.36	-0.02	17	0.906
N		47.54029	-0.41259	16.99566	0.812	49.74512	-0.10075	6.825353	0.792	-	-	-	-
P		39.07	-0.15	27.1	0.887	39.06	-0.03	24.7	0.883	27.75	-0.04	44.2	0.862
K	吸音特性値	0.0014	0.0069	-0.1742	0.8001	0.0019	0.0019	-0.0831	0.5573	0.0016	0.004	-0.1661	0.5657
O	路面反射音	94.49286	-0.46087	-0.02503	0.249976	95.53373	-1.20509	-0.01492	0.244996	-	-	-	-

備考
タイヤ近接音(y)と速度(X_1)および各温度条件(X_2)の重回帰モデル式 : $y = a*\log(X_1)+b*X_2+c$
吸音特性値(y)と速度(X_1)および各温度条件(X_2)の重回帰モデル式 : $y = a*X_1+b*X_2+c$

表-7-1-2　走行速度と温度とタイヤ近接音の関係（排水性(13-20)）

混合物の種類　排水性(13-20)

単回帰分析結果

会社名	タイヤ/路面騒音を評価する指標	目的変数と気温			目的変数と路面温度			目的変数とタイヤ温度			目的変数と速度		
		係数:a	係数:b	奇与率	係数:a	係数:b	奇与率	係数:a	係数:b	奇与率	係数:a	係数:b	奇与率
A	タイヤ近接音	−0.0288	86.798	0.103	−0.0101	86.408	0.1356	−0.0156	86.65	0.111	32.839	30.268	0.9852
B		−0.085	88.89	0.189	−0.1	90.11	0.84	−0.17	92.88	0.9	33.74	29.06	0.949
C		−0.029	89.35	0.129	−0.02	89.32	0.261	−0.017	89.3	0.106	34.58	29.88	0.977
D		−0.112	90.65	0.812	0.033	88.76	0.759	−0.066	90.05	0.659	30.93	34.94	0.969
E		−0.1285	90.38	0.9384	−0.0436	88.405	0.9475	−0.0897	90.346	0.896	14.436	30.086	0.9426
F		−0.0796	89.942	0.6399	−0.021	88.528	0.6107	−0.0322	89.027	0.6107	33.921	29.991	0.9719
G		−0.00286	88.2	0.000449	−0.00264	88.2	0.00168	−0.00611	88.3	0.00656	35.8	27.4	0.958
H		−0.1052	89.86	0.029	−0.033	88.16	0.028	−0.023	87.75	0.004	32.58	32.38	0.915
I		−0.0661	90.062	0.4079	−0.0187	88.941	0.3756	−0.0388	89.784	0.2551	28.985	38.942	0.9736
J		−0.05314	87.74	0.4117	−0.0161	86.89	0.4091	−0.02541	87.24	0.2384	33.469	29.46	0.9721
L		−0.1041	91.091	0.4275	−0.0086	88.727	0.028	−0.0525	90.572	0.2977	33.75	30.902	0.9615
M		−0.069	87.1	0.6857	−0.0266	86.3	0.7756	−0.0352	86.6	0.6335	27.25	39	0.9646
N		−0.0739	87.411	0.647	−0.0124	86.141	0.656	−	−	−	25.64206	42.21606	0.975
P		−0.016	89.21	0.04	−0.003	88.92	0.029	−0.008	89.11	0.04	35.493	28.73	0.991
K	吸音特性値	0.0049	0.2663	0.7577	0.0011	0.3604	0.3956	0.0021	0.3135	0.4045	0.0007	0.3666	0.0894
O	路面反射音	−0.02529	87.58364	0.228772	−0.01394	87.37688	0.237478	0.195759	86.3419	0.001894	−0.31813	87.43717	0.002749

備考

タイヤ近接音(y)と速度(x)のモデル式：y＝a*log(x)+b、音圧レベル(y)と各温度条件のモデル式

O社の目的変数と速度の回帰は日中データを使用

重回帰分析結果

会社名	タイヤ/路面騒音を評価する指標	目的変数と速度および気温				目的変数と速度および路面温度				目的変数と速度およびタイヤ温度			
		係数:a	係数:b	係数:c	奇与率	係数:a	係数:b	係数:c	奇与率	係数:a	係数:b	係数:c	奇与率
A	タイヤ近接音	32.894	−0.092	32.585	0.9945	32.264	−0.0249	32.137	0.994	32.901	−0.0469	31.969	0.9948
B		34.04	−0.049	29.86	0.953	32.94	−0.034	31.58	0.963	33.87	−0.055	30.91	0.964
C		35.07	−0.064	30.59	0.976	34.93	−0.031	30.27	0.975	35.38	−0.043	30.08	0.975
D		31.05	−0.1	37.62	0.993	31.97	−0.036	34.58	0.992	30.69	−0.062	37.81	0.992
E		33.30524	−0.14219	34.03902	0.994	32.73859	−0.04565	32.58928	0.985	33.16937	−0.09971	34.19667	0.991
F		34.189	−0.076	31.813	0.9867	−	−	−	−	−	−	−	−
G		36.1	−0.112	29.7	0.967	35.4	−0.0236	28.9	0.961	36.2	−0.0557	28.9	0.966
H		32.831	−0.127	35.737	0.957	32.778	−0.038	33.731	0.953	33.397	−0.07	34.141	0.95
I		29.115	−0.054	40.2506	0.9825	29.0422	−0.0138	39.3982	0.9817	29.3129	−0.0286	39.5309	0.979
J		33.73	−0.063	30.91	0.981	33.34	−0.019	30.51	0.983	33.86	−0.035	30.27	0.979
L		1.758	−0.104	88.11	0.4276	−11.302	−0.008	107.909	0.325	7.995	−0.054	77.035	0.2998
M		27.22	−0.095	41.5	0.9807	26.6	−0.017	40.7	0.9774	26.93	−0.042	41.1	0.9805
N		35.97528	−0.56135	37.29116	0.766	39.11112	−0.1119	22.63003	0.715	−	−	−	−
P		48.54	−0.02	6.9	0.323	48.55	0	6.5	0.311	48.28	−0.1	7.2	0.321
K	吸音特性値	0.0012	0.0053	0.1957	0.7793	0.0015	0.0012	0.28	0.467	0.0014	0.0024	0.2283	0.4864
O	路面反射音	87.47391	0.109019	−0.02797	0.262117	88.02124	−0.38462	−0.01462	0.236219	−	−	−	−

備考

タイヤ近接音(y)と速度(X_1)および各温度条件(X_2)の重回帰モデル式：$y = a*\log(X_1)+b*X_2+c$

吸音特性値(y)と速度(X_1)および各温度条件(X_2)の重回帰モデル式：$y = a*X_1+b*X_2+c$

表-7-1-3　走行速度と温度とタイヤ近接音の関係（排水性(13-17)）

混合物の種類　排水性(13-17)

単回帰分析結果

会社名	タイヤ/路面騒音を評価する指標	目的変数と気温			目的変数と路面温度			目的変数とタイヤ温度			目的変数と速度		
		係数:a	係数:b	奇与率	係数:a	係数:b	奇与率	係数:a	係数:b	奇与率	係数:a	係数:b	奇与率
A	タイヤ近接音	−0.0738	87.82	0.2097	−0.0276	86.868	0.4615	−0.0421	87.519	0.2824	34.28	27.612	0.9763
B		−0.105	88.36	0.478	−0.048	87.23	0.326	−0.129	90.44	0.759	34.93	26.01	0.958
C		−0.008	89.39	0.011	−0.013	89.62	0.101	−0.006	89.42	0.011	34.33	30.41	0.918
D		−0.098	89.83	0.842	−0.051	88.7	0.827	−0.066	89.74	0.836	36.83	24.45	0.987
E		−0.135	90.353	0.9184	−0.0625	88.665	0.9162	−0.0928	90.361	0.9349	15.003	27.738	0.9545
F		−0.0725	89.419	0.7822	−0.0202	88.151	0.6942	−0.0315	88.73	0.5278	35.972	26.144	0.9785
G		0.0541	86.5	0.102	0.0318	86.9	0.107	0.0273	86.8	0.106	37	25.1	0.954
H		−0.1765	92.6	0.08	−0.062	90.1	0.127	−0.084	91.1	0.043	34.73	29.62	0.876
I		−0.0064	90.93	0.5757	−0.0328	88.962	0.5049	−0.0714	90.554	0.3537	28.424	39.54	0.9592
J		−0.08513	88.72	0.7995	−0.02378	87.27	0.7202	−0.0503	8837	0.7281	36.88	23.68	0.9842
L		−0.011	88.184	0.0048	−0.0231	88.78	0.293	−0.0468	89.82	0.2993	29.913	37.132	0.9696
M		−0.064	86.7	0.6279	−0.0265	86.1	0.8665	−0.0423	86.6	0.6811	31.04	32.2	0.9846
N		−0.0849	87.197	0.846	−0.0162	85.789	0.845	−	−	−	25.99139	40.99881	0.949
P		−0.082	90.13	0.354	−0.015	88.78	0.354	−0.023	89.07	0.403	36.82	25.98	0.993
K	吸音特性値	0.0056	0.192	0.7039	0.0011	0.3029	0.3106	0.0024	0.2431	0.3199	0.0006	0.3128	0.0692
O	路面反射音	−0.0753	89.76239	0.70436	−0.03575	88.97976	0.730808	1.822701	84.07244	0.099945	−0.97381	86.49431	0.030515

備考

タイヤ近接音(y)と速度(x)のモデル式：y＝a*log(x)+b、音圧レベル(y)と各温度条件のモデル式

O社の目的変数と速度の回帰は日中データを使用

重回帰分析結果

会社名	タイヤ/路面騒音を評価する指標	目的変数と速度および気温				目的変数と速度および路面温度				目的変数と速度およびタイヤ温度			
		係数:a	係数:b	係数:c	奇与率	係数:a	係数:b	係数:c	奇与率	係数:a	係数:b	係数:c	奇与率
A	タイヤ近接音	34.683	−0.1202	30.065	0.9901	34.437	−0.0446	28.887	0.991	34.707	0.0608	29.223	0.9906
B		35.8	−0.098	27.17	0.976	35.47	−0.05	26.84	0.974	35.75	−0.076	27.58	0.983
C		34.57	−0.052	29.74	0.929	36.15	−0.036	28.49	0.931	35.65	−0.032	29.35	0.925
D		36.82	−0.071	26.51	0.997	36.95	−0.042	25.68	0.997	36.89	0.042	26.06	0.996
E		34.47027	−0.13597	31.75255	0.997	34.80409	−0.06816	29.64332	0.993	34.57662	−0.08958	31.34188	0.994
F		35.744	−0.08	28.907	0.993	−	−	−	−	−	−	−	−
G		36.8	−0.103	28.1	0.962	36.7	−0.0285	26.5	0.957	36.9	−0.0522	27.2	0.961
H		34.578	−0.168	34.79	0.948	33.76	−0.047	33.246	0.947	35.2	−0.103	33.35	0.941
I		28.5137	−0.0487	40.7579	0.9652	28.6292	−0.0199	39.9612	0.9681	28.6586	−0.0205	39.9622	0.9616
J		36.84	−0.073	25.91	0.995	36.88	−0.021	24.59	0.993	37.03	−0.041	25.16	0.994
L		30.259	0.001	36.478	0.0559	34.256	−0.024	30.614	0.365	12.756	−0.045	68.058	0.3086
M		31	−0.068	34	0.9896	30.99	−0.013	32.9	0.99	30.89	−0.032	33.7	0.9902
N		38.8933	−0.42217	28.78535	0.787	40.99458	−0.09593	18.54363	0.765	−	−	−	−
P		11.19	−0.08	71.1	0.363	11.74	−0.02	68.8	0.364	6.35	−0.02	78.3	0.406
K	吸音特性値	0.0003	0.0061	0.1624	0.7707	0.0009	0.0014	0.248	0.4282	0.0006	0.0029	0.19	0.4561
O	路面反射音	87.35614	1.485909	−0.07617	0.72335	89.23589	−0.15468	−0.03581	0.731012	−	−	−	−

備考

タイヤ近接音(y)と速度(X_1)および各温度条件(X_2)の重回帰モデル式：$y = a*\log(X_1)+b*X_2+c$

吸音特性値(y)と速度(X_1)および各温度条件(X_2)の重回帰モデル式：$y = a*X_1+b*X_2+c$

表-7-1-4　走行速度と温度とタイヤ近接音の関係（排水性(10-20)）

混合物の種類　排水性(10-20)
単回帰分析結果

会社名	タイヤ/路面騒音を評価する指標	目的変数と気温			目的変数と路面温度			目的変数とタイヤ温度			目的変数と速度		
		係数:a	係数:b	奇与率	係数:a	係数:b	奇与率	係数:a	係数:b	奇与率	係数:a	係数:b	奇与率
A	タイヤ近接音	−0.0275	85.676	0.0313	−0.015	85.473	0.1634	−0.0229	85.836	0.1048	31.866	30.823	0.9722
B		−0.054	87.07	0.114	−0.03	86.56	0.1	−0.12	90.26	0.5	30.89	32.87	0.938
C		−0.061	89.1	0.571	−0.023	88.38	0.322	−0.035	88.93	0.414	33.26	30.98	0.952
D		−0.06	87.93	0.638	−0.049	87.84	0.618	−0.038	87.75	0.603	34.55	27.51	0.977
E		−0.0826	88.099	0.9624	−0.0385	87.05	0.9668	−0.055	88.068	0.9731	13.937	31.096	0.9691
F		−0.0131	86.835	0.0258	−0.0081	86.785	0.084	−0.001	86.41	0.0004	34.894	27.21	0.9782
G		0.0181	86.2	0.0155	−0.0104	87	0.0185	0.00379	86.5	0.00251	35.4	26.6	0.956
H		−0.1341	90.46	0.036	−0.039	88.13	0.027	−0.039	88.23	0.008	35.56	27.1	0.87
I		−0.0499	88.932	0.198	−0.0156	88.132	0.2056	−0.0226	88.444	0.0608	29.56	37.415	0.9651
J		−0.06338	87.22	0.4638	−0.0237	86.36	0.614	0.03349	86.8	0.3523	33.432	28.71	0.9755
L		−0.0186	87.912	0.0053	−0.0165	88.064	0.0952	−0.0815	90.801	0.5091	31.608	33.799	0.9523
M		−0.0756	85.9	0.6057	−0.0152	84.3	0.5228	−0.0815	86.9	0.7367	28.14	36	0.9566
N		−0.08	85.966	0.67	−0.0139	84.61	0.671	−	−	−	26.85902	38.43073	0.986
P		−0.099	90.51	0.603	−0.052	89.63	0.578	−0.059	90.42	0.631	36.65	26.28	0.994
K	吸音特性値	0.0034	0.3773	0.5549	0.0019	0.4081	0.6582	0.0015	0.4042	0.2342	0.0005	0.4438	0.107
O	路面反射音	−0.1072	89.96399	0.915619	−0.0886	89.93904	0.814847	0.833131	84.8297	0.163354	−3.96637	93.70538	0.396713

備考
タイヤ近接音(y)と速度(x)のモデル式：y＝a*log(x)+b、音圧レベル(y)と各温度条件のモデル式
O社の目的変数と速度の回帰は日中データを使用

重回帰分析結果

会社名	タイヤ/路面騒音を評価する指標	目的変数と速度および気温				目的変数と速度および路面温度				目的変数と速度およびタイヤ温度			
		係数:a	係数:b	係数:c	奇与率	係数:a	係数:b	係数:c	奇与率	係数:a	係数:b	係数:c	奇与率
A	タイヤ近接音	32.48	−0.1046	32.53	0.9833	32.254	−0.0311	31.236	0.9797	32.531	−0.053	31.751	0.9844
B		31.13	−0.034	33.37	0.941	30.95	−0.024	33.57	0.942	30.89	−0.056	35.02	0.953
C		34.3	−0.065	30.81	0.971	34.33	−0.044	30.57	0.972	34.55	−0.04	30.25	0.967
D		34.52	−0.052	29.07	0.981	34.48	−0.043	29.09	0.981	34.72	−0.033	28.56	0.981
E		31.98125	−0.10051	34.15039	0.996	32.25495	−0.05551	32.69732	0.992	32.2162	−0.06221	33.45878	0.993
F		34.992	−0.05	28.522	0.9834	−	−	−	−	−	−	−	−
G		35	−0.0939	29.8	0.961	35.5	0.0294	25.4	0.958	35.1	−0.0436	28.8	0.96
H		36.363	−0.188	31.401	0.94	36.186	−0.056	28.441	0.924	37.62	−0.122	29.214	0.946
I		29.6975	−0.0368	38.2306	0.968	29.9915	−0.0167	37.3382	0.9694	29.6304	−0.0131	37.8216	0.9658
J		33.3	−0.056	30.59	0.982	33.1	−0.018	29.98	0.98	33.52	−0.035	30.04	0.982
L		−46.936	−0.056	168.497	0.2181	−42.791	−0.018	160.695	0.2886	−26.746	−0.075	135.875	0.5813
M		27.92	−0.087	38.6	0.9685	27.7	−0.014	37.3	0.9665	27.71	−0.047	38.5	0.9712
N		35.82709	−0.41551	32.59648	0.764	37.84704	−0.06535	21.27183	0.625	−	−	−	−
P		74.77	−0.12	36	0.771	71.34	−0.06	31.2	0.733	73.17	−0.07	33.4	0.794
K	吸音特性値	0.0008	0.0035	0.33	0.6516	0.0006	0.002	0.372	0.6797	0.0009	0.0018	0.3458	0.3673
O	路面反射音	91.07485	−0.67585	−0.10726	0.918488	93.11021	−1.89456	−0.09031	0.837084	−	−	−	−

備考
タイヤ近接音(y)と速度(X_1)および各温度条件(X_2)の重回帰モデル式：$y=a*\log(X_1)+b*X_2+c$
吸音特性値(y)と速度(X_1)および各温度条件(X_2)の重回帰モデル式：$y=a*X_1+b*X_2+c$

表-7-1-5　走行速度と温度とタイヤ近接音の関係（排水性(5-23)）

混合物の種類　排水性(5-23)
単回帰分析結果

会社名	タイヤ/路面騒音を評価する指標	目的変数と気温			目的変数と路面温度			目的変数とタイヤ温度			目的変数と速度		
		係数:a	係数:b	奇与率	係数:a	係数:b	奇与率	係数:a	係数:b	奇与率	係数:a	係数:b	奇与率
A	タイヤ近接音	−0.174	86.083	0.8848	−0.0403	83.075	0.6013	−0.0798	84.63	0.6974	29.669	31.142	0.9643
B		−0.206	87.32	0.637	−0.068	84.48	0.417	−0.139	87.16	0.515	32.29	26.72	0.91
C		−0.061	86.71	0.744	−0.026	89.19	0.736	−0.044	86.87	0.811	38.65	19.64	0.911
D		−0.086	84.75	0.679	−0.023	83.25	0.633	−0.05	84.23	0.521	32.54	27.13	0.968
E		−0.1217	86.27	0.9241	−0.0399	84.38	0.9245	−0.0831	86.167	0.8432	15.5	21.923	0.9366
F		−0.0606	85.02	0.4219	−0.0174	84.013	0.4428	−0.0265	84.419	0.2369	37.863	18.847	0.9727
G		−0.0942	86.2	0.114	−0.0344	85	0.14	−0.0543	85.8	0.12	43.3	10.4	0.955
H		−0.1356	87.79	0.059	−0.047	85.89	0.094	−0.055	86.22	0.023	31.17	31.87	0.83
I		−0.1375	86.864	0.7909	−0.038	84.521	0.7525	−0.0822	86.324	0.5314	27.641	36.092	0.8892
J		−0.0943	84.8	0.4683	−0.03249	83.37	0.8677	−0.05959	84.46	0.6135	36.737	19.56	0.9701
L		0.1282	88.862	0.2792	−0.0376	87.134	0.2681	−0.0692	88.359	0.2499	30.773	33.128	0.9393
M		−0.0822	82.6	0.8221	−0.024	81.5	0.823	−0.0442	82.1	0.842	23.21	41	0.9538
N		−0.2047	84.903	0.7	−0.0406	81.738	0.944	−	−	−	25.88306	36.46365	0.862
P		−0.167	88.71	0.669	−0.039	86.11	0.69	−0.081	87.86	0.701	38.26	20.35	0.981
K	吸音特性値	0.0044	0.3081	0.7243	0.001	0.3896	0.4071	0.002	0.3444	0.4361	0.0006	0.3999	0.0807
O	路面反射音	0.018712	84.11861	0.201488	0.010312	84.26595	0.228365	−1.30452	86.9167	0.140197	0.794129	83.30621	0.027606

備考
タイヤ近接音(y)と速度(x)のモデル式：y＝a*log(x)+b、音圧レベル(y)と各温度条件のモデル式
O社の目的変数と速度の回帰は日中データを使用

重回帰分析結果

会社名	タイヤ/路面騒音を評価する指標	目的変数と速度および気温				目的変数と速度および路面温度				目的変数と速度およびタイヤ温度			
		係数:a	係数:b	係数:c	奇与率	係数:a	係数:b	係数:c	奇与率	係数:a	係数:b	係数:c	奇与率
A	タイヤ近接音	29.731	−0.139	34.672	0.991	29.291	0.0326	33.007	0.9855	29.722	−0.0641	33.517	0.987
B		33.94	−0.193	29.11	0.97	33.18	−0.052	27.26	0.955	33.91	−0.102	27.95	0.966
C		40.01	−0.113	20.12	0.962	38.85	−0.04	20.65	0.943	39.59	−0.069	20.56	0.948
D		32.6	−0.072	29.09	0.979	33.02	−0.023	27.24	0.98	32.3	−0.045	29.29	0.978
E		35.77916	−0.14997	26.05928	0.987	36.03861	−0.04509	23.07628	0.982	35.63294	−0.10069	26.0515	0.98
F		38.075	−0.067	20.49	0.9812	−	−	−	−	−	−	−	−
G		43.5	−0.134	13.7	0.966	42.8	−0.0312	12.4	0.963	43.6	−0.0696	12.7	0.966
H		31.361	−0.147	35.848	0.899	30.711	−0.04	34.394	0.898	31.852	−0.084	34.406	0.884
I		28.3972	−0.1489	39.084	0.9599	27.3113	−0.0365	38.1851	0.9587	29.0346	−0.0917	37.4547	0.9486
J		37	−0.1	22.11	0.988	36.3	−0.028	21.55	0.99	37.16	−0.053	21.06	0.982
L		47.005	−0.126	8.87	0.3186	23.729	−0.036	46.702	0.2776	30.204	−0.066	36.852	0.2656
M		23.21	−0.078	43	0.968	22.97	−0.013	41.9	0.9637	22.96	−0.029	42.5	0.964
N		34.44531	−0.5742	34.89283	0.796	37.36613	−0.12029	20.63584	0.755	−	−	−	−
P		74.08	−0.15	37.6	0.728	71.67	−0.03	35.9	0.745	77.19	−0.07	43.7	0.766
K	吸音特性値	0.0002	0.0048	0.285	0.7679	0.0004	0.0012	0.3581	0.4641	0.0006	0.0024	0.2956	0.5004
O	路面反射音	84.79504	−0.40982	0.018576	0.209355	84.29751	−0.01877	0.010294	0.228381	−	−	−	−

備考
タイヤ近接音(y)と速度(X_1)および各温度条件(X_2)の重回帰モデル式：$y=a*\log(X_1)+b*X_2+c$
吸音特性値(y)と速度(X_1)および各温度条件(X_2)の重回帰モデル式：$y=a*X_1+b*X_2+c$

表-7-1-6　走行速度と温度とタイヤ近接音の関係（多孔質弾性）

混合物の種類　多孔質弾性舗装
単回帰分析結果

会社名	タイヤ/路面騒音を評価する指標	目的変数と気温			目的変数と路面温度			目的変数とタイヤ温度			目的変数と速度		
		係数:a	係数:b	奇与率	係数:a	係数:b	奇与率	係数:a	係数:b	奇与率	係数:a	係数:b	奇与率
A	タイヤ近接音	−0.1488	85.67	0.3779	−0.0258	82.752	0.5868	−0.0847	85.049	0.5906	30.939	29.226	0.9505
B		−0.19	87.32	0.716	−0.03	83.42	0.26	−0.187	89.47	0.937	33.48	24.98	0.914
C		−0.012	85.69	0.011	−0.013	85.84	0.297	−0.007	85.62	0.007	28.78	36.28	0.92
D		−0.132	87.42	0.92	−0.115	87.17	0.925	−0.083	87.05	0.904	33.97	26.01	0.967
E		−0.1502	86.801	0.9183	−0.0657	84.709	0.9224	−0.1002	86.761	0.9296	15.179	23.224	0.9604
F		−0.0813	85.551	0.5487	−0.0233	84.289	0.6546	−0.036	84.81	0.3214	32.568	27.864	0.9762
G		0.0121	84	0.035	−0.0432	85.5	0.449	−0.00211	84.3	0.000361	34.8	25	0.941
H		−0.065	85.53	0.012	0.005	83.34	0.001	0.004	83.39	0	30.3	32.96	0.858
I		−0.1486	88.061	0.6011	−0.0458	85.688	0.6306	−0.083	87.242	0.3488	29.068	34.402	0.9343
J		−0.09395	84.97	0.5608	−0.03108	83.67	0.8139	−0.05267	84.46	0.472	35.81	21.33	0.975
L		−0.0038	84.534	0.0001	−0.0394	86.163	0.5558	−0.0378	86.009	0.0427	28.505	35.941	0.8539
M		0.0347	81.3	0.1061	−0.028	83	0.8443	−0.1072	85.7	0.8949	31.08	29.1	0.9108
N		−0.112	83.971	0.479	−0.0193	82.221	0.857	−	−	−	27.75564	34.21102	0.96
P		−0.145	89.21	0.823	−0.067	87.69	0.57	−0.073	88.6	0.578	41.66	15.48	0.989
K	吸音特性値	0.0035	0.5518	0.6572	0.0008	0.6193	0.4373	0.0017	0.5741	0.3157	−0.00005	0.6509	0.0014
O	路面反射音	−0.11526	84.61582	0.842923	−0.04824	82.96361	0.215634	−1.75728	83.42106	0.204303	1.40491	79.34309	0.048008

備考
タイヤ近接音(y)と速度(x)のモデル式：y＝a*log(x)+b、音圧レベル(y)と各温度条件のモデル式
O社の目的変数と速度の回帰は日中データを使用

重回帰分析結果

会社名	タイヤ/路面騒音を評価する指標	目的変数と速度および気温				目的変数と速度および路面温度				目的変数と速度およびタイヤ温度			
		係数:a	係数:b	係数:c	奇与率	係数:a	係数:b	係数:c	奇与率	係数:a	係数:b	係数:c	奇与率
A	タイヤ近接音	31.839	−0.1502	31.644	0.9743	31.488	−0.0274	29.312	0.9679	31.963	−0.0801	30.594	0.9796
B		35.18	−0.164	26.56	0.965	34.51	−0.017	23.94	0.931	35.3	−0.114	26.47	0.975
C		29.72	−0.052	36.00	0.929	28.86	−0.011	36.55	0.923	29.87	−0.032	35.69	0.928
D		34	−0.064	27.8	0.974	33.79	−0.037	27.57	0.973	34.24	−0.039	27.13	0.974
E		34.77075	−0.12262	27.02419	0.995	35.36853	−0.05227	24.34516	0.981	35.05667	−0.08079	26.38187	0.996
F		32.592	−0.063	29.701	0.9859	−	−	−	−	−	−	−	−
G		33.9	−0.118	29.6	0.95	34.8	−0.0112	25.3	0.943	34.1	−0.0635	28.6	0.951
H		30.582	−0.096	35.358	0.884	30.553	−0.013	33.134	0.864	31.151	−0.056	34.086	0.881
I		30.1496	−0.1303	36.2886	0.9697	29.4863	−0.0351	35.1943	0.9638	30.005	−0.0661	35.4909	0.9542
J		36.17	−0.092	23.51	0.985	36.29	−0.029	21.91	0.988	36.48	−0.051	22.43	0.983
L		24.551	−0.005	42.862	0.0225	8.714	−0.039	71.346	0.5586	32.418	−0.045	31.24	0.0802
M		30.87	−0.062	31	0.915	30.53	−0.031	31.3	0.9848	30.1	−0.098	34.5	0.9561
N		36.28803	−0.44105	29.68642	0.756	40.16435	−0.07055	15.17274	0.664	−	−	−	−
P		53.45	−0.17	−1.1	0.716	50.03	−0.09	3.3	0.727	55.89	−0.1	−5.6	0.684
K	吸音特性値	0.0003	0.0036	0.5357	0.7091	0.0009	0.0008	0.5742	0.5239	0.0006	0.0018	0.5409	0.4288
O	路面反射音	84.36981	0.149424	−0.11523	0.843034	85.59007	−1.52723	−0.05138	0.226288	−	−	−	−

備考
タイヤ近接音(y)と速度(X_1)および各温度条件(X_2)の重回帰モデル式：$y＝a*\log(X_1)+b*X_2+c$
吸音特性値(y)と速度(X_1)および各温度条件(X_2)の重回帰モデル式：$y＝a*X_1+b*X_2+c$

表-7-1-7　走行速度と温度とタイヤ近接音の関係（試走路排水性(13-20)）

混合物の種類　試走路排水性（13-20）
単回帰分析結果

会社名	タイヤ/路面騒音を評価する指標	目的変数と気温			目的変数と路面温度			目的変数とタイヤ温度			目的変数と速度		
		係数:a	係数:b	奇与率	係数:a	係数:b	奇与率	係数:a	係数:b	奇与率	係数:a	係数:b	奇与率
A	タイヤ近接音	−0.0936	89.024	0.9429	−0.0623	88.769	0.914	−0.0385	87.846	0.9711	29.564	36.185	0.9684
B		−0.288	95.02	0.83	−0.081	90.43	0.725	−0.132	92.27	0.834	−	−	−
C		−0.082	91.5	0.185	−0.025	90.27	0.204	−0.033	90.58	0.207	−	−	−
D		−0.041	89.49	0.221	−0.015	88.91	0.282	−0.025	89.29	0.243	31.82	34.27	0.994
E		−0.0779	88.981	0.8674	−0.029	87.921	0.8702	−0.0513	88.804	0.8925	13.893	32.349	0.9779
F		−0.1025	90.365	0.7861	−0.0326	88.794	0.7909	−0.0832	90.864	0.7847	33.091	31.044	0.9707
G		−0.251	95.2	0.837	−0.0538	90.8	0.818	−0.0963	92.4	0.809	−	−	−
H		0.0165	86.89	0.001	0.011	86.86	0.003	0.086	83.69	0.031	32.34	33.29	0.973
I		−0.1376	92.062	0.8814	−0.0431	89.934	0.8825	−0.096	92.076	0.8968	27.915	40.688	0.9551
J		−0.03801	87.47	0.5147	−0.01206	86.89	0.5254	29.951	35.07	0.7522	−	−	−
L		−0.0513	89.803	0.7921	−0.0229	89.503	0.8403	−0.0359	90.091	0.8624	−	−	−
M		−0.0699	88	0.9614	−0.0278	87.5	0.955	−0.0421	88	0.958	−	−	−
N		0.1345	82.021	0.458	0.0281	84.23	0.489	−	−	−	−	−	−
P		0.066	87.07	0.614	0.013	88.18	0.595	0.022	87.85	0.555	37.37	25.06	0.996
K	吸音特性値	−0.0015	0.4094	0.0019	0.0006	0.3407	0.0537	0.0059	0.1182	0.4559	−	−	−
O	路面反射音	−0.00964	89.35791	0.334474	−0.03727	88.08585	0.323844	−	−	−	−	−	−

備考
タイヤ近接音(y)と速度(x)のモデル式：y＝a*log(x)+b、音圧レベル(y)と各温度条件のモデル式
O社の目的変数と速度の回帰は日中データを使用

重回帰分析結果

会社名	タイヤ/路面騒音を評価する指標	目的変数と速度および気温				目的変数と速度および路面温度				目的変数と速度およびタイヤ温度			
		係数:a	係数:b	係数:c	奇与率	係数:a	係数:b	係数:c	奇与率	係数:a	係数:b	係数:c	奇与率
A	タイヤ近接音	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
B		−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
C		−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
D		32.07	−0.05	35.27	0.996	32.18	−0.015	34.25	0.997	32.16	−0.028	34.79	0.997
E		32.34664	−0.1004	34.52901	0.995	32.3116	−0.03506	33.12035	0.994	32.29365	−0.05722	34.06063	0.996
F		33.295	−0.106	33.831	0.9957	−	−	−	−	−	−	−	−
G		−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
H		32.456	−0.032	34.019	0.975	32.509	−0.01	33.438	0.975	32.56	−0.016	33.597	0.974
I		28.3113	−0.1116	43.3333	0.9881	28.5655	−0.0351	41.1876	0.9891	28.6047	−0.0948	43.5276	0.9904
J		33.08	−0.021	30.81	0.994	33.13	−0.007	30.4	0.994	33.17	−0.018	30.79	0.994
L		32.581	−0.055	34.549	0.8474	23.97	−0.024	48.82	0.8713	35.056	−0.036	30.579	0.9078
M		−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
N		−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
P		23.78	0.7	46.5	0.679	23.32	0.1	48.5	0.657	22.57	0.2	49.4	0.613
K	吸音特性値	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
O	路面反射音	80.64919	5.416535	−0.10206	0.498996	79.46255	5.309953	−0.03916	0.482238	−	−	−	−

備考
タイヤ近接音(y)と速度(X_1)および各温度条件(X_2)の重回帰モデル式：$y＝a*\log(X_1)+b*X_2+c$
吸音特性値(y)と速度(X_1)および各温度条件(X_2)の重回帰モデル式：$y＝a*X_1+b*X_2+c$

7.1.3 第 3 回共通試験（平成 15 年 2 月実施）

(1) 目的

第 3 回共通試験は、低温域（0～10 ℃程度）での測定を行い、適用温度範囲を広めた新しい温度補正式を作成すること、暫定路面以外の多孔質弾性舗装についても測定を行い、その傾向を把握すること、等を主な目的として実施した。

(2) 試験方法等

測定時間帯は第 2 回共通試験と同様に早朝（気温 0 ℃程度を想定）および日中（気温 10 ℃程度を想定）とした。走行速度については第 2 回共通試験と同様とした。

(3) 試験結果

1)速度・温度補正式

第 2 回、および第 3 回共通試験の結果に基づき作成した、各社の速度・温度補正式を**表-7-1-8、表-7-1-9** に示す。

表-7-1-8　各社の速度・温度補正式（第 3 回共通試験）

会社名	舗装種	骨材最大粒径 (mm)	補正式		
			a	b	寄与率R^2
タイヤ近接音測定装置					
モデル式:Y＝a×log(50／v)＋b×(20－t)＋x Y:速度50km、気温20℃における補正値　v:測定時における測定車の平均速度 t:測定時における平均気温　x:任意の条件における測定値　a･b:定数					
A社	密粒	13	41.39	-0.04	0.98
	排水性	13～5	y＝(0.5159*s+24.791)*log(50/v)+(0.0048*s-0.0982)*(20-t)+x s:排水性舗装の最大粒径(mm)		
	多孔質	－	30.24	-0.08	0.96
B社	密粒	13	39.26	-0.09	0.99
	排水性	13～5	32.74	-0.08	0.69
	多孔質	－	32.11	-0.07	0.80
C社	密粒	13	42.02	-0.05	0.96
	排水性	13～10	33.85	-0.03	0.93
		8～5	33.20	-0.06	0.93
	多孔質	－	29.53	-0.03	0.96
D社	密粒	13	38.35	-0.04	0.97
	排水性	13～5	30.88	-0.03	0.44
E社	密粒	13	43.24	-0.22	0.91
	排水性	13～8	31.44	-0.10	0.93
		5	31.90	-0.20	0.86
	多孔質	－	32.83	-0.14	0.97
F社	密粒	13	40.77	-0.05	0.99
	排水性	13～5	33.24	-0.05	0.66
	多孔質	－	36.86	-0.09	0.78
G社	密粒	13	40.66	-0.09	0.97
	排水性	13～5	35.11	-0.10	0.66
	多孔質	－	32.96	-0.11	0.96

表-7-1-9　各社の速度・温度補正式（第 3 回共通試験）続き

会社名	舗装種	骨材最大粒径 (mm)	補正式		
			a	b	寄与率R^2
H社	密粒	13	45.13	-0.19	0.96
	排水性	5	24.73	-0.08	0.93
		10	28.62	-0.06	0.96
		13（空隙率17%）	24.52	-0.05	0.92
		13（空隙率20%）	28.64	-0.05	0.97
	多孔質	－	33.05	-0.07	0.96
I社	密粒	13	37.46	-0.09	0.96
	排水性	13～5	30.98	-0.05	0.91
	多孔質	－	32.68	-0.08	0.97
J社	密粒	13	38.49	-0.08	0.99
	排水性	13～8	34.92	-0.08	0.99
		5	36.70	-0.15	0.98
	多孔質	－	38.49	-0.08	0.99
L社	密粒	13	39.42	-0.05	0.82
	排水性	13	29.01	-0.10	0.89
		10～8	27.02	-0.07	0.93
		5	33.20	-0.10	0.82
	多孔質	－	32.04	-0.03	0.85
M社	密粒	13	41.67	-0.10	0.99
	排水性	13～5	27.98	-0.12	0.95
	多孔質	－	30.97	-0.13	0.98
N社	密粒	13	39.97	-0.13	0.96
	排水性	13～10	32.38	-0.09	0.92
		5	37.15	-0.19	0.95
	多孔質	－	33.78	-0.14	0.98
P社	密粒	13	44.12	-0.15	0.97
	排水性	13	33.48	-0.07	0.95
		10	26.42	-0.07	0.99
		5	25.29	-0.14	0.99
	多孔質	－	27.82	-0.11	0.96
吸音特性･路面反射音測定装置					
モデル式：Y＝b×（20－t）＋x Y：気温20℃における補正値　t：測定時における平均気温 x：任意の条件における測定値　b：定数					
K社	密粒	13	-	-	-
	排水性、多孔質	－	-	0.00	0.11
O社	密粒	13	-	-	-
	排水性	13～10	-	0.05	0.50
		8～5	-	0.07	0.70
	多孔質	－	-	-0.02	0.16

温度・速度依存性について検討した結果を以下に述べる。

a)タイヤ近接音測定装置

今回得られた重回帰式の寄与率が高いこと、温度勾配が一般的に示されているようなマイナス領域にあること、等から判断すると、得られた補正式は妥当であると考えられる。

各社の速度・温度勾配はタイヤを統一してもバラツキを有しているので　これを統一化して共通の補正式を適用することは困難であると思われる。すなわち、速度補正、温度補正に関しては各社固有値により対応することが望ましいと考えられる。

また、排水性舗装については、全ての路面で共通の補正式とした会社と、排水性アスコンの骨材最大粒径によって補正式を分けて作成した会社があるが、前述したように各社の速度・温度勾配にはバラツキがあるので、各社の判断に委ねるのが適切といえる。

参考資料として、速度勾配と温度勾配の数値のヒストグラムを、密粒(13)の場合を例として**図-7-1-9、図-7-1-10** に示す。

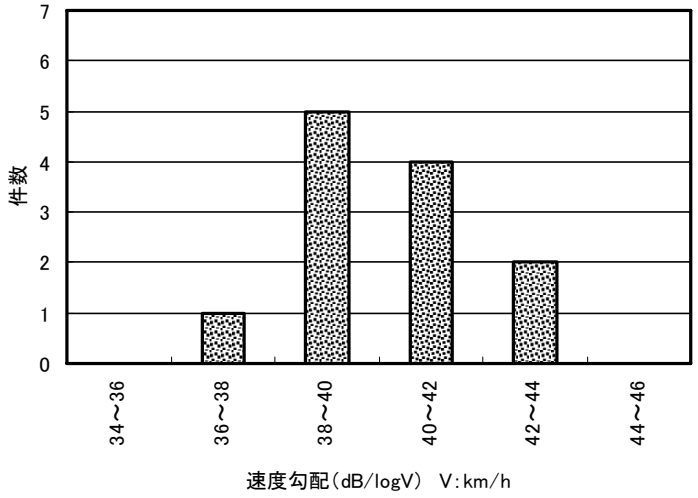


図-7-1-9　速度勾配のヒストグラム（第 3 回共通試験、密粒(13)）

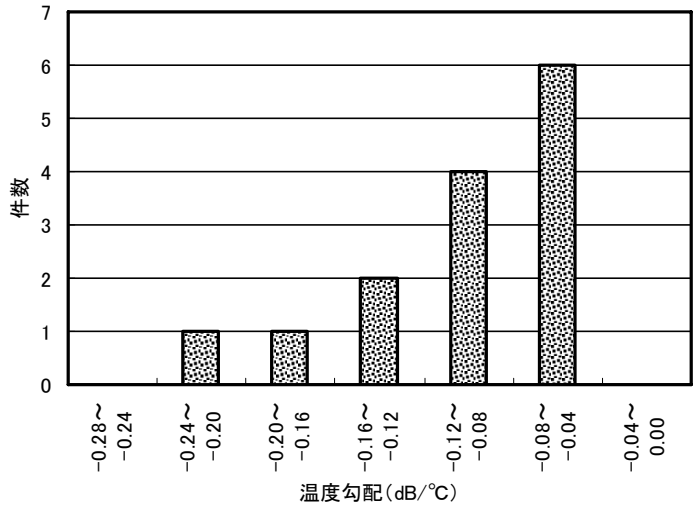


図-7-1-10　温度勾配のヒストグラム（第 3 回共通試験、密粒(13)）

最終的に補正式として用いるのは、**表-7-1-8、表-7-1-9** に示したように速度と温度を同時に補正する重回帰式であるが、速度と温度を各々単回帰した結果を、排水性(13-20)の場合を例として**表-7-1-10** に示す。

表-7-1-10　速度・温度を単回帰した例（第 3 回共通試験、排水性(13-20)）

会社名	目的変数と気温(単回帰)			目的変数と速度(単回帰)		
	係数a	定数b	寄与率R^2	係数a	定数b	寄与率R^2
A社	-0.03	86.88	0.68	30.62	33.91	0.98
B社	-0.03	88.24	0.81	33.24	31.10	0.97
C社	-0.01	88.88	0.11	32.41	33.30	0.97
D社	-0.05	88.87	0.84	28.23	40.71	0.96
E社	-0.08	89.04	0.96	32.97	30.87	0.98
F社	-0.06	89.39	0.83	30.62	36.38	0.77
G社	-0.09	90.30	0.86	32.55	32.73	0.95
H社	-0.04	89.21	0.83	29.58	38.49	0.87
I社	-0.05	89.28	0.53	31.11	35.71	0.89
J社	-0.10	89.07	0.98	35.07	27.30	0.99
L社	-0.06	88.01	0.42	26.06	43.15	0.94
M社	-0.10	87.79	0.97	26.91	38.91	0.97
N社	-0.14	88.33	0.90	32.57	28.94	0.91
P社	-0.01	90.42	0.00	37.55	26.38	0.93
モデル式	y=a*x+b y:タイヤ近接音 x:気温			y=a*log(x)+b y:タイヤ近接音 x:走行速度		

また、速度・温度勾配と定数項（切片）の関係を**図-7-1-11、図-7-1-12** にそれぞれ示す。

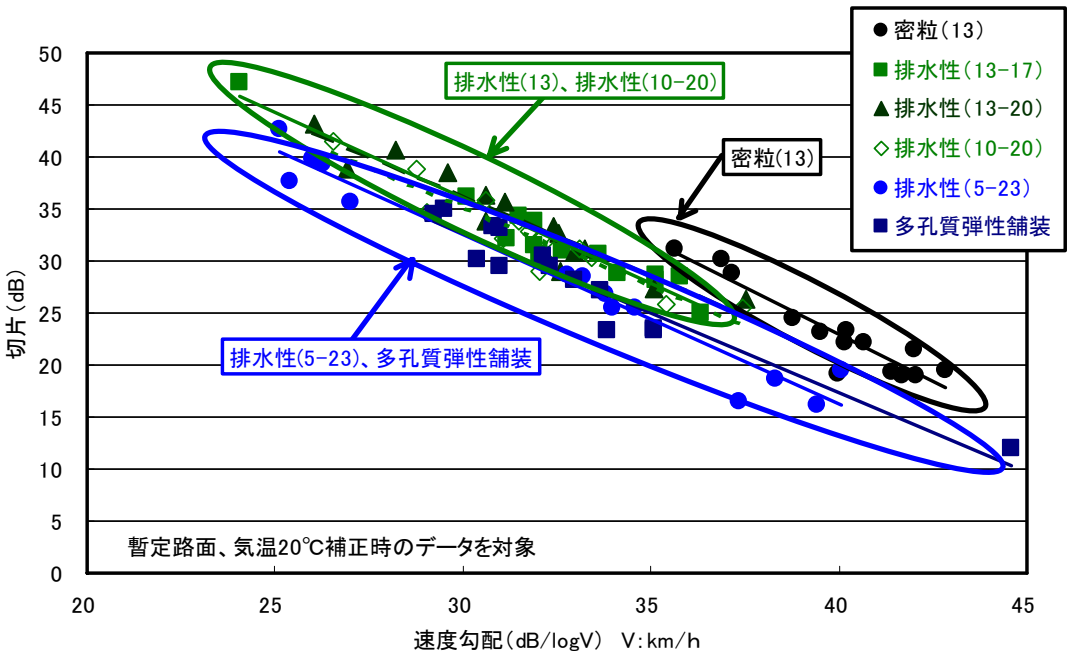


図-7-1-11　速度勾配と切片（定数項）の関係（第 3 回共通試験）

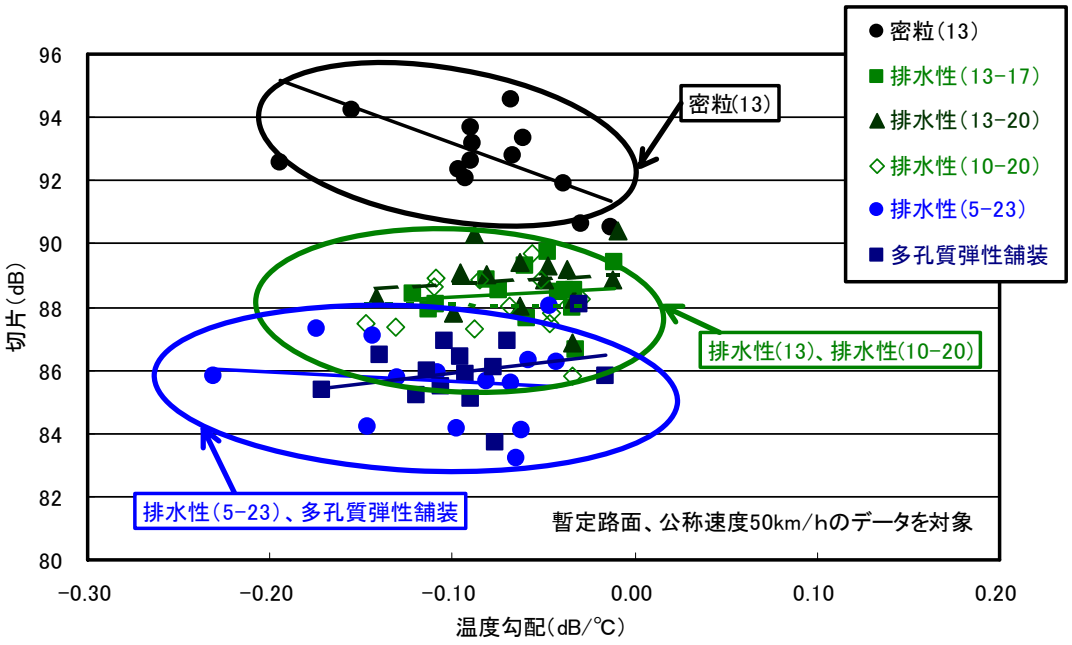


図-7-1-12　温度勾配と切片（定数項）の関係（第 3 回共通試験）

各社の速度勾配と定数項に着目すると、両者には高い負の相関が認められる（**図-7-1-11** 参照）。暫定路面で評価する限り、これらは、概ね密粒(13)、排水性(13-17)・排水性(13-20)・排水性(10-20)のグループ、排水性(5-23)と多孔質弾性舗装のグループ、の 3 つに大別できる。今後、速度勾配の妥当性を検証する上での一つの指標になると考えられる。

なお、温度勾配と定数項には相関は認められない。

b)吸音特性測定装置

後述する **7.3.1.2 測定速度の影響**の(2)**吸音特性測定装置の表-7-3-1-2-2、図-7-3-1-2-3** に示す回帰分析の結果、吸音特性値は速度依存性が認められない。温度では、直線回帰すると正の相関が認められる。しかし、気温 10℃以下では 2 次曲線的な変化を示している。

c)路面反射音測定装置

後述する **7.3.1.2 測定速度の影響**の(3)**路面反射音測定装置の表-7-3-1-2-3、図-7-3-1-2-4** に示す回帰分析の結果、路面反射音は速度に対して緩やかな勾配傾向を示した。温度の影響については、回帰式から判断する限り否定できないものになっている。

7.1.4 まとめ

第 1 回～第 3 回までの共通試験の内容、および主な成果を**表-7-1-11** に示す。

表-7-1-11　共通試験の内容と主な成果

		第1回	第2回	第3回
実施時期		平成14年3月	平成14年8月	平成15年2月
主な目的		○各社装置の現状把握 ○特殊タイヤ音との比較	○速度・温度依存性の確認 ○タイヤ統一後の特性把握	○速度・温度補正式の確立 ○多孔質弾性舗装のデータ収集
装置・測定方法	測定用タイヤ（タイヤ近接音測定装置）	各社任意	統一(VECTOR3)	統一(VECTOR3)
	データサンプリング	各社任意	0.1秒毎に統一 吸音特性値は1m毎	0.1秒毎に統一 吸音特性値は1m毎
	速度測定	光電管による	光電管と各社装置の併用	光電管と各社装置の併用
	温度測定	ウェザーステーションの気温のみ測定	ウェザーステーションの気温、路面温度、タイヤ温度を測定	ウェザーステーションと各社装置の併用
	測定時間帯	日中	早朝と日中	早朝と日中
	特殊タイヤ音のデータ	関東車・近畿車が同時期に測定	関東車が同時期に測定	道建協車が同時期に測定
主な成果	速度依存性	確認された	補正式の作成（温度と共に）	補正式の確立（温度と共に）
	温度依存性	―	○25～35℃の領域で確認された ○補正式の作成（速度と共に） ○補正に用いる温度は気温に決定	○低温域（0～10℃）で確認された ○第2回の結果と合わせて補正式の確立（速度と共に）
	特殊タイヤ音との相関	○排水性(13)と(10)では相関が認められる ○密粒(13)・排水性(5)・多孔質では傾向が異なる	○関東車の「特殊タイヤ音」と「普通タイヤ音」から決めた「基準値」との相関を確認した	○共通試験結果と試行結果を合わせて相関性を検討した
	その他	○予備走行の必要性を確認した	○「速度・温度補正式」「基準値への変換式」を有することで、測定車が暫定的に「認定」され、試行への適用が可能となった	

7.2 現道における試行

第 2 回共通試験で検討した速度・温度補正式および変換式を用いた現道での試行として，各測定装置による測定を実施し、特殊タイヤ音相当値の評価を行った。また、第 3 回共通試験において修正したその補正式や変換式の修正検討のため､環境騒音を測定した現道での測定を実施した。

7.2.1 タイヤ／路面騒音測定装置による測定

(1) 第 1 回目の試行

1) 目的

各装置の速度・温度補正式と特殊タイヤ音相当への回帰分析による変換式が、実際の現道に使用できるかを確認することを目的として実施した。各装置の変換式は、舗装路面騒音測定車の特殊タイヤ音と速度・温度補正式による補正値との一次回帰式である。

2) 概要

a) 実施期間は、平成 14 年 10 月～平成 15 年 3 月とした。

b) 試行箇所は、**表-7-2-1** に示す 7 箇所を全装置で測定する箇所（必須箇所）とし、その他各装置所有者が必要と判断した箇所で行うこととした。また、必須箇所の選定は、評価時期、表層の最大粒径に可能な限り幅を持たせ、広い範囲での評価が行えるようにした。

表-7-2-1 必須箇所の概要

舗装路面騒音測定車種	施工場所	工事名	表層最大粒径	路面評価時期
関東車	宮城県多賀城市八幡	八幡舗装維持修繕工事	10mm	施工直後
関東車	長野県上田市	一般国道18号上田舗装修繕その1工事	上層:5mm 下層:13mm	施工直後
関東車	千葉県稲毛区長沼町	長沼町舗装修繕工事	10mm	施工直後
関東車	千葉県八千代市村上	村上舗装修繕工事	上層:8mm 下層:13mm	供用1年後
関東車	東京都品川区八潮	八潮4丁目舗装修繕工事	上層:8mm 下層:13mm	供用3年後
近畿車	岐阜県岐阜市芋島	平成11年度21号芋島舗装修繕工事	10mm	供用2年後
近畿車	岐阜県可児市	平成13年度41号可児舗装修繕工事	上層:8mm 下層:13mm	施工直後

c) 測定区間は、測定の精度を高めるため、各測定箇所の路面騒音対象区間の中から、測定時に外部からの影響を受けにくく､運転がしやすいなどの条件を考慮して､走行車線の 150m～200m とした。

d) 測定方法は、第 2 回共通試験で検討した方法で行い、試行のために取り決めた条件を含めて以下に示す。

- 測定は、路面騒音測定車の測定時期に対し、施工直後はその測定車の測定後 10 日以内、それ以外は測定前後 10 日以内とした。
- 舗装体内部の滞水による影響を考慮し､降雨後 24 時間以上経過後に測定を行うこととした。
- 測定結果は、走行速度 50km/h，気温 25℃に速度温度補正し、特殊タイヤ音相当の変換値で評価した。測定速度は法定速度以内としたが，可能な限り速度 50km/h を目標とした。

3) 試行の結果

各装置の試行必須箇所の評価結果を**表-7-2-2** に示す。表中の変換値は、第 2 回共通試験で検討した各装置の速度・温度補正式および変換式から求めた特殊タイヤ音相当の変換値である。

表-7-2-2　各装置の試行必須箇所における変換値の評価結果

変換値：dB

番号 No.	1	2	3	4	5	6	7
工事名	八幡舗装維持修繕工事	一般国道18号上田舗装修繕その1工事	長沼町舗装修繕工事	村上舗装修繕工事	八潮4丁目舗装修繕工事	平成11年度21号芋島舗装修繕工事	平成13年度41号可児舗装修繕工事
施工場所	宮城県多賀城市八幡	長野県上田市	千葉県稲毛区長沼町	千葉県八千代市村上	東京都品川区八潮	岐阜県岐阜市芋島	岐阜県可児市
表層最大粒径	10mm	上層：5mm、下層：13mm	10mm	上層：8mm、下層：13mm	上層：8mm、下層：13mm	10mm	上層：8mm、下層：13mm
評価時期	施工直後	施工直後	施工直後	供用1年後	供用3年後	供用2年後	施工直後
舗装路面騒音測定車	関東車	関東車	関東車	関東車	関東車	近畿車	近畿車
特殊タイヤ音	88.3	86.5	88.4	87.8	90.0	90.8	88.9
A社	86.42	83.31	85.78	86.49	88.66	91.64	86.55
B社	88.00	84.49	87.71	87.44	88.17	93.79	87.56
C社	86.75	84.27	86.44	84.02	87.89	91.04	86.81
D社	86.62	82.47	86.37	86.47	89.10	91.90	87.09
E社	87.61	84.62	87.53	87.23	88.03	91.57	86.73
F社	86.54	83.06	86.62	86.76	88.87	91.78	87.23
G社	88.40	85.64	88.99	88.45	89.28	92.44	87.90
H社	90.42	87.44	90.44	89.92	89.42	93.38	90.24
I社	87.84	83.55	85.32	85.12	87.48	93.15	86.78
J社	87.96	84.84	87.98	87.93	88.64	91.55	87.95
K社	87.12	86.92	87.04	89.26	88.56	88.00	87.30
L社	90.52	87.06	89.52	90.78	92.08	94.36	90.40
M社	88.57	85.22	88.04	88.98	89.77	93.12	88.84
N社	89.00	82.86	89.54	88.92	90.10	93.96	88.42
O社	88.72	87.55	88.32	89.25	89.32	90.03	88.31
P社	88.13		89.80	88.13		93.30	88.51
全装置平均値	88.04	84.89	87.84	87.82	89.02	92.19	87.91
全装置σ	1.25	1.72	1.52	1.78	1.11	1.63	1.17

試行7箇所における各装置の変換値と舗装路面騒音測定車の特殊タイヤ音の関係を**図-7-2-1**に示す。

各試行箇所とも、特殊タイヤ音に対して装置の変換値はかなりのバラツキが認められる。第2回共通試験の暫定路面の基準値とした特殊タイヤ音88dB前後のレベルにある必須箇所においても変換値にかなりバラツキがある。

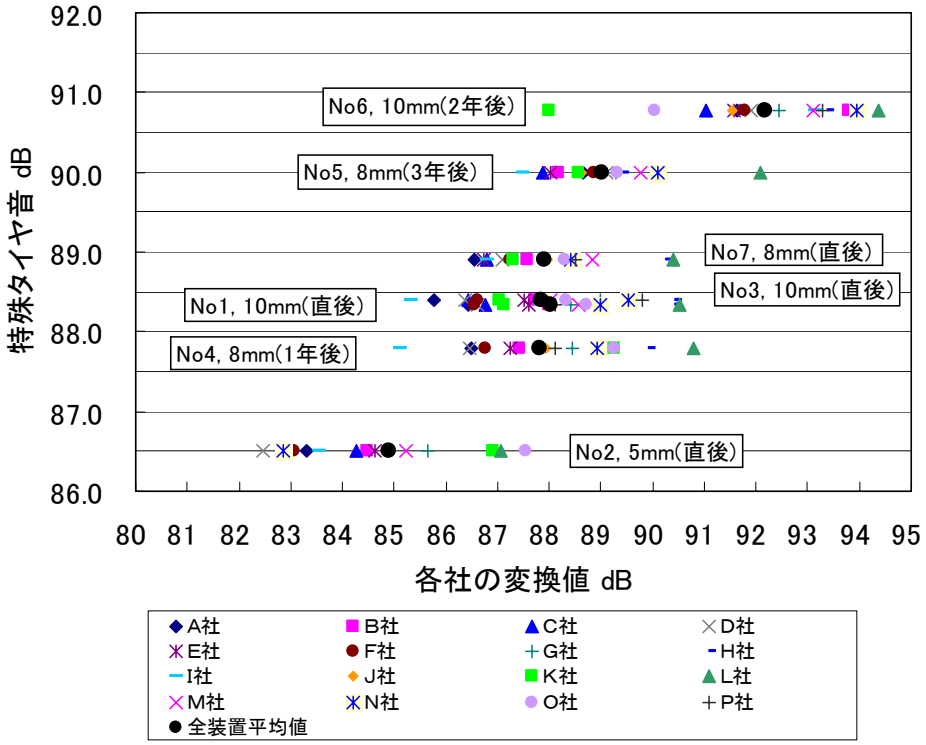


図-7-2-1　各装置の変換値と特殊タイヤ音との関係

第 2 回共通試験は夏場（気温 20℃～35℃程度の範囲）に実施しており、その測定データから検討した速度・温度補正式が今回実施した試行現場の測定時の気温（4℃～20℃）での適用の妥当性に問題が生じた。

温度補正式の見直しによって舗装路面騒音測定車の特殊タイヤ音と変換値との関係は、向上すると考えられるが、推定精度の±0.24dB 以内となる変換式を補正値のみの回帰式から導くのはかなり難しいと思われた。また、供用 1 年後以上の現場での測定では、タイヤの通過位置の影響も大きいと考えられた。

このようなことから、第 2 回共通試験で検討した補正式と変換式は夏場の測定データのみからのものであり、冬場の測定データも加味した検討が必要と考えられた。また、変換式は測定装置のデータ(測定値のみ)と舗装路面騒音測定車の特殊タイヤ音との回帰式でよいのかと重回帰式による検討が必要と判断された。

そこで、本共同研究では冬場の第 3 回共通試験とデータ数を増やして推定精度を向上させることを目的にして、環境騒音を測定した現道での測定を実施することとした。

(2) 第 2 回目の試行

1) 目的

各装置の修正検討した速度・温度補正式と特殊タイヤ音相当への重回帰の変換式が、実際の現道に使用できるかを確認することを目的として実施した。変換値は、第 1 回目の試行必須箇所と新たに環境騒音を測定する箇所の中から変換式の検討に用いた箇所について評価することとした。

2) 概要

a) 実施期間は、平成 15 年 7 月～平成 15 年 10 月とした。

b) 測定箇所は、**表-7-2-3** に示す環境騒音を測定する 7 箇所とし、各装置の所有者が変換式の修正・確認のため測定データの収集が必要と判断した箇所で行うこととした。

表-7-2-3 環境騒音測定の現場箇所の概要

舗装路面騒音測定車種	施工場所	工事名	表層最大粒径	路面評価時期
関東車	群馬県桐生市広沢町	広沢(2)舗装修繕工事	8mm	供用1年後
関東車	山梨県東八千代郡一宮町	末木舗装修繕工事	上層:8mm 下層:13mm	供用1年後
関東車	埼玉県越谷市中町	越谷舗装修繕その5工事	13mm	供用半年後
関東車	千葉県千葉市美浜区幕張	幕張舗装修繕工事	13mm	供用3年後
関東車	栃木県宇都宮市	鞘堂舗装修繕工事	上層:5mm 下層:13mm	供用半年後
関東車	栃木県塩谷郡氏家町	氏家舗装修繕工事	9mm	供用1年後
関東車	栃木県河内郡上三川町	上三川舗装修繕工事	上層:8mm 下層:13mm	供用1年後

c) 測定区間は、測定の精度を高めるため、各測定箇所の路面騒音対象区間の中から、測定時に外部からの影響を受けにくく、運転がしやすいなどの条件を考慮して、走行車線の 150m～200m とした。

d) 測定方法は、第 1 回目の試行の測定と同様にした。

なお、測定結果は、走行速度 50km/h，気温 20℃に速度温度補正し、特殊タイヤ音相当の変換値で評価した。測定速度は法定速度以内としたが，可能な限り速度 50km/h を目標とした。

e) 変換式は、各装置で定量的な説明ができる変数を用いた重回帰式とした。

3) 試行の結果

各装置の試行必須箇所の評価結果を**表-7-2-4** に示す。表中の変換値は、第 2 回、第 3 回共通試験で検討した各装置の速度・温度補正式および重回帰の変換式から求めた特殊タイヤ音相当の変換値である。

表-7-2-4 重回帰式の変換式による試行必須箇所の評価結果

変換値：dB

番号 No.	1	2	3	4	5	6	7
工事名	八幡舗装維持修繕工事	一般国道18号上田舗装修繕その1工事	長沼町舗装修繕工事	村上舗装修繕工事	八潮4丁目舗装修繕工事	平成11年度21号芋島舗装修繕工事	平成13年度41号可児舗装修繕工事
施工場所	宮城県多賀城市八幡	長野県上田市	千葉県稲毛区長沼町	千葉県八千代市村上	東京都品川区八潮	岐阜県岐阜市芋島	岐阜県可児市
表層最大粒径	10mm	上層：5mm、下層：13mm	10mm	上層：8mm、下層：13mm	上層：8mm、下層：13mm	10mm	上層：8mm、下層：13mm
評価時期	施工直後	施工直後	施工直後	供用1年後	供用3年後	供用2年後	施工直後
舗装路面騒音測定車	関東車	関東車	関東車	関東車	関東車	近畿車	近畿車
特殊タイヤ音	88.3	86.5	88.4	87.8	90.0	90.8	88.9
A社	88.57	86.69	88.35	89.11	89.68	90.34	88.18
B社	88.23	86.68	88.27	87.93	89.59	90.30	88.14
C社	88.25	87.20	88.13	88.26	89.40	91.23	88.19
D社	88.06	86.54	88.09	88.47	90.08	90.18	87.79
E社	88.26	85.92	88.33	88.23	88.13	90.50	87.52
F社	88.02	86.38	88.07	88.42	89.51	90.96	88.37
G社	88.08	86.75	88.06	88.67	89.16	89.89	87.71
H社	88.45	86.84	88.53	88.28	89.96	90.62	88.38
I社	88.22	86.24	88.10	88.27	89.93	90.41	87.70
J社	88.34	86.43	88.48	87.74	87.33	90.76	88.83
K社	88.25	86.55	88.15	88.58	90.03	89.74	87.67
L社	88.05	86.08	87.93	88.58	89.77	90.12	87.81
M社	88.39	86.56	88.12	88.46	89.13	90.77	88.54
N社	88.06		88.18	88.49	90.35	90.83	87.78
O社	88.30	86.80	88.40	88.59	90.76	90.09	87.83
P社	88.33			88.04		89.90	87.99
全装置平均値	88.24	86.55	88.21	88.38	89.52	90.42	88.03
全装置σ	0.16	0.33	0.17	0.32	0.86	0.42	0.37

図-7-2-2 は、試行必須箇所における各装置の変換値と舗装路面騒音測定車の特殊タイヤ音の関係を示したものである。前掲の**表-7-2-2**、**図-7-2-1** の関係と比べると装置の変換値のバラツキ（標準偏差）は、かなり小さくなっており、また、その変換値は各箇所の特殊タイヤ音の騒音レベルに近い値となっている。

なお、供用年数が長い現場ほど変換値のバラツキ（標準偏差）が大きくなる傾向にある。これは、各装置での走行位置の違いと路面の状態（わだち部と非わだち部が供用年数と伴に変化する）の影響等があるためと推察される。

各装置において、舗装路面騒音測定車の特殊タイヤ音相当への変換式は測定値の他に，複数の説明変数を用いた重回帰式から検討するのが妥当と考えられる。

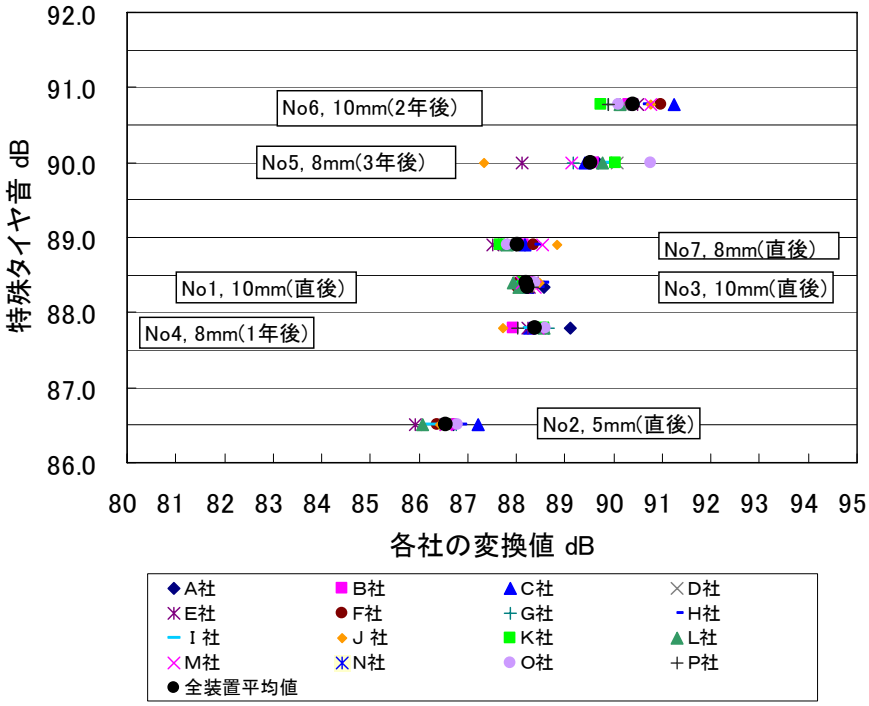


図-7-2-2　各装置の重回帰の変換式からの変換値と特殊タイヤ音の関係

また、環境騒音の測定箇所で変換式の検討に用いたデータの箇所の変換値を**表-7-2-5** に、その変換値と特殊タイヤ音との関係を**図-7-2-3** に示す。

表-7-2-5　環境騒音測定箇所の評価結果

変換値：dB

番号 No.	8	9	10	11	12	13	14
工事名	広沢(2)舗装修繕工事	末木舗装修繕工事	越谷舗装修繕その5工事	幕張舗装修繕工事	鞘堂舗装修繕工事	氏家舗装修繕工事	上三川舗装修繕工事
施工場所	群馬県桐生市広沢町	山梨県東八千代郡一宮町	埼玉県越谷市中町	千葉県千葉市美浜区幕張	栃木県宇都宮市	栃木県塩谷郡氏家町	栃木県河内郡上三川町
表層最大粒径	8mm	上層：8mm、下層：13mm	13mm	13mm	上層：5mm、下層：13mm	9mm	上層：8mm、下層：13mm
評価時期	供用1年後	供用1年後	供用半年後	供用3年後	供用半年後	供用1年後	供用1年後
舗装路面騒音測定車	関東車	関東車	関東車	関東車	関東車	関東車	関東車
特殊タイヤ音	88.6	89.1	88.9	91.1	88.3	89.0	88.6
A社		89.75		90.73	87.98	89.67	
B社	88.93	89.01	89.39			89.34	
C社				90.93	87.64		
D社	88.66	88.83	89.20	90.86	87.09	88.97	89.06
E社	88.50	88.77				88.70	89.21
F社	89.69						
G社	89.14	89.27	89.72	90.35	87.75		89.71
H社	88.81	88.54	89.45	91.06		88.94	88.58
Ｉ社	88.78	88.68	89.52	91.37		88.92	88.93
Ｊ社	88.52	89.02	89.21		88.23	88.93	88.77
K社	88.64	88.62	89.33	91.21		88.85	88.55
L社	89.06	89.23	89.37	90.00	87.89	89.05	89.32
M社		89.45			87.88		
N社	89.17	88.56	89.23		87.45	88.97	88.74
O社	88.77	88.77	89.10	91.62	87.26	88.93	88.84
P社	89.00	89.09		90.66		89.28	89.21
全装置平均値	88.90	88.97	89.35	90.88	87.69	89.05	88.99
全装置σ	0.32	0.36	0.18	0.48	0.36	0.26	0.35

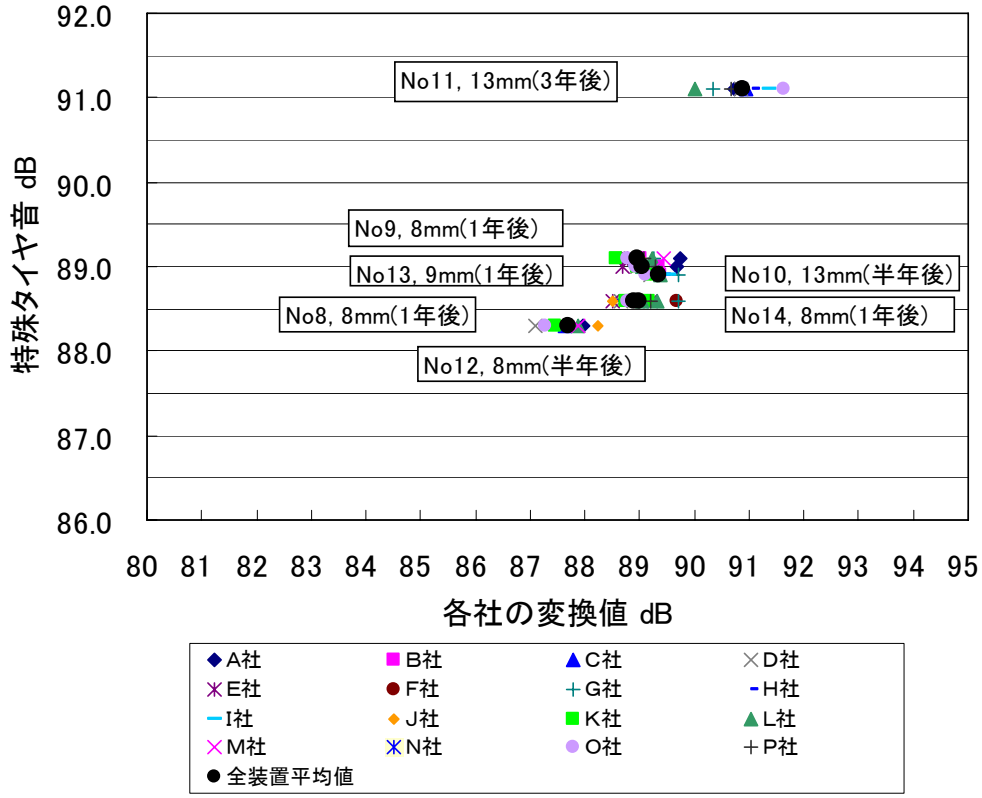


図-7-2-3　環境騒音測定箇所の変換値と特殊タイヤ音の関係

特殊タイヤ音に対する環境騒音測定箇所における各装置の変換値のバラツキ（標準偏差）は、試行必須箇所のバラツキ（標準偏差）とほぼ同様な結果となっている。

7.2.2　一般交通、試験車による環境騒音試験

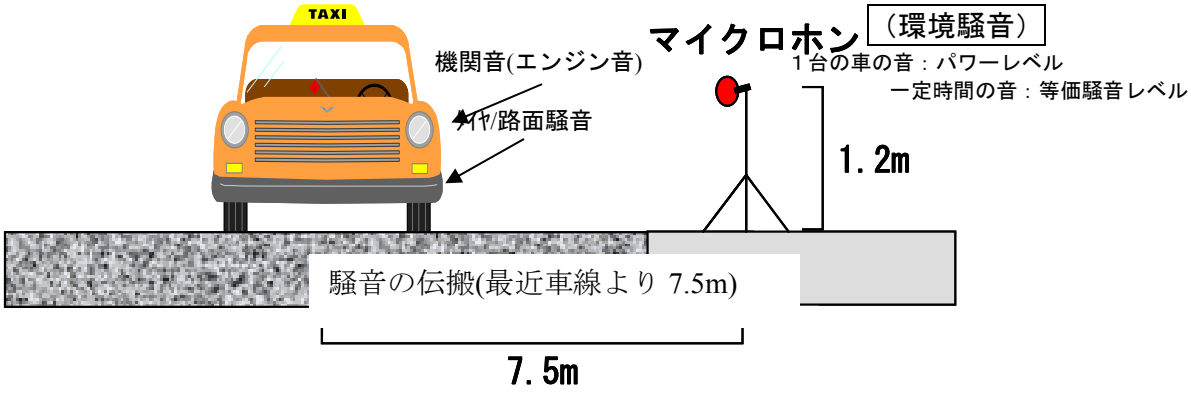
(1)　目的

一般交通騒音は、車１台から発生する騒音が一定時間に重なり合って生じている。

一方、1 台の車が走行して発生する騒音の主なものは、タイヤ／路面騒音と機関音（エンジン等）である。発生する騒音の大きさは、走行する路面の状態，走行速度，車種等により変化するが、タイヤ／路面騒音が発生音の大部分を占めている[*1]ことから、環境騒音とも相関は高いと考えられる。

そこで、本調査は、環境騒音(等価騒音レベル、一般単独車パワーレベル)、タイヤ近接音を現道で調査したものである。

出典１：環境省平成１２年調査報告によれば 50km/h 走行時の乗用車の騒音の内 90%以上、大型車の騒音の内 60%以上がタイヤ／路面騒音である。



図－7-2-4　環境騒音（等価騒音レベル，一般単独車ピークレベル）の測定概要

(2)　試験方法

調査対象区間の試験方法は、表-7-2-6 に示す。

表－7-2-6　試験方法

NO	測定項目	測　定　方　法
①	一般車による等価騒音レベル(L_{Aeq})の試験	・マイクロホン設置位置は、測定点側の最近車線中心線から側方7.5m、高さ1.2mの位置とした。 ・騒音レベルの測定は、道路環境センサスの調査要領及びJIS Z 8731に準ずるものとした。
②	一般単独車のパワーレベルの試験	・マイクロホン設置位置は、測定点側の最近車線中心線から側方7.5m、高さ1.2mの位置とした。 ・一般単独車の測定は、JIS D 1024に準ずるものとした。
③	タイヤ近接音の試験	・共通試験にて行った方法とした。 ・走行速度は50km/hの定常走行とした。

○環境騒音測定箇所の選定条件

一般交通による等価騒音レベル等の測定は、官民境界付近（歩車道境など）最近車線より7.5m,高さ1.2ｍの位置での測定とする。

今回の比較検討に用いるデータは、これらの一般的手法により収集された等価騒音レベルデータの内、路面の状態以外の等価騒音レベルに関わる要因を極力排除するため、以下の条件を満足する箇所を選定した。選定箇所は、**表-7-2-7** に示すとおりである。

① 測定断面の前後で車両が定常走行している、または非定常時を除外できること。
② 道路に大きな縦断勾配がないこと。
③ 上下全車線が同時期施工の箇所であること。(延長が測定点より±100m以上)
(一部車線が別施工では比較が難しい。)
④ 道路沿道に遮音壁等の環境対策施設が存在せず測定延長が十分確保できること。
⑤ 測定点周辺(道路向かい側を含む)建物が交通騒音を遮蔽、反射していないこと。
⑥ 暗騒音(対象道路以外の騒音)の影響が無視できる、または補正できること。
⑦ 騒音測定と同時に交通条件（上下別車種別交通量、車速）が把握できること。

車種分類:「道路交通騒音の予測モデル"ASJ Model 1998"」の 2 車種分類

表-7-2-7 調査対象箇所

調査対象箇所	供用後	対象延長(m)	Top 粒径(mm)	舗装厚(cm)
国道 50 号(広沢)	1 年	4000	8	4
国道 20 号(末木)	1 年	3700	8/13	2/3
国道 4 号(越谷)	1 年	400	13	4
国道 14 号(幕張)	1 年	300	13	5
国道 4 号(鞘堂)	半年	200	5/13	2/3
国道 4 号(氏家)	1 年	200	9	5
国道 4 号(上三川)	1 年	200	8/13	5

(3) 試験結果

1) 一般交通騒音（等価騒音レベル）の試験結果

調査個所別に、時間別の交通条件、等価騒音レベル等を**表-7-2-8～表 7-2-14** に示す。

表-7-2-8 一般交通騒音試験結果(広沢)

調査箇所: 国道50号 広沢 (29.7kp) 騒音測定／上り線側
調査期間: 平成15年8月4日 (月)～ 8月5日 (火)
測定点: 近車線中心よりL=7.5m 高さH=1.2m

		騒音ﾚﾍﾞﾙ【dB(A)】							交通量																
		等価騒音ﾚﾍﾞﾙ		時間率騒音ﾚﾍﾞﾙ					上り線(台/10min)					下り線(台/min)					断面(台/10min)					速度(km/h)	
		LAeq	時間区分平均	L5	L10	L50	L90	L95	小型	大型一種	大型二種	計	二輪	小型	大型一種	大型二種	計	二輪	小型	大型一種	大型二種	計	二輪	上り線	下り線
12		69.7		77	74	63	46	45	131	26	28	185	0	140	20	28	188	4	271	46	56	373	4	56.7	47.7
13		70.1		76	74	65	52	49	110	40	37	187	0	112	26	27	165	1	222	66	64	352	1	52.2	47.8
14		68.9		75	73	65	48	46	118	24	39	181	1	137	29	35	201	0	255	53	74	382	1	55.1	45.7
15		69.5		75	73	65	49	47	176	23	41	240	2	180	24	39	243	3	356	47	80	483	5	46.4	47.4
16	昼間	69.8	69.2	76	74	66	51	46	136	26	40	202	0	175	34	34	243	3	311	60	74	445	3	52.3	42.1
17		67.3		73	71	64	50	48	159	14	20	193	0	171	28	31	230	2	330	42	51	423	2	45.8	44.6
18		68.5		74	72	65	52	50	248	28	28	304	1	174	15	19	208	4	422	43	47	512	5	43.8	48.6
19		68.4		74	73	64	49	46	204	19	21	244	3	171	7	9	187	0	375	26	30	431	3	52.0	50.4
20		68.2		75	73	64	51	48	162	21	10	193	2	133	10	11	154	0	295	31	21	347	2	52.6	53.4
21		67.8		74	72	61	49	49	99	21	9	129	1	134	16	8	158	0	233	37	17	287	1	52.3	49.0
22		67.6		74	72	59	45	44	87	18	14	119	0	82	18	10	110	2	169	36	24	229	2	57.2	52.1
23		68.9		76	73	58	49	48	45	25	8	78	0	46	17	9	72	5	91	42	17	150	5	53.2	52.5
0		67.7		75	72	56	45	44	37	25	5	67	0	48	16	10	74	0	85	41	15	141	0	50.2	50.5
1	夜間	67.9	69.0	75	72	57	46	45	26	23	11	60	1	24	23	8	55	0	50	46	19	115	1	56.6	51.4
2		68.4		75	71	57	46	45	22	15	7	44	0	13	18	9	40	0	35	33	16	84	0	53.4	47.2
3		67.6		74	70	57	47	46	9	21	4	34	0	22	23	9	54	0	31	44	13	88	0	53.6	46.1
4		69.2		76	73	61	48	47	23	22	1	46	0	12	51	6	69	0	35	73	7	115	0	49.6	49.9
5		72.3		79	76	63	48	47	17	46	17	80	0	19	36	18	73	0	36	82	35	153	0	54.8	62.7
6		71.6		78	75	64	47	46	32	45	36	113	0	55	35	27	117	0	87	80	63	230	0	52.7	49.9
7		69.6		76	73	64	54	51	104	21	24	149	2	222	38	26	286	1	326	59	50	435	3	47.5	44.4
8	昼間	68.5	69.2	74	72	66	55	50	214	21	22	257	0	276	26	24	326	1	490	47	46	583	1	54.6	50.6
9		68.5		75	72	64	49	47	133	30	25	188	2	175	27	33	235	0	308	57	58	423	2	50.2	50.9
10		69.0		75	73	65	49	48	142	35	21	198	1	127	27	37	191	0	269	62	58	389	1	47.3	50.1
11		69.2		75	73	65	50	49	166	37	26	229	3	122	46	26	194	0	288	83	52	423	3	47.2	66.5
平均		-		75	73	62	49	47	108	26	21	155	1	115	25	21	161	1	224	52	41	316	2	51.6	50.1

※LAeqの時間区分平均はｴﾈﾙｷﾞｰ平均

表-7-2-9 一般交通騒音試験結果(末木)

調査箇所: 国道20号 末木 (123.5kp) 騒音測定／上り線側
調査期間: 平成15年8月25日 (月)～ 8月26日 (火)
測定点: 近車線中心よりL=7.5m 高さH=1.2m

		騒音ﾚﾍﾞﾙ【dB(A)】							交通量																
		等価騒音ﾚﾍﾞﾙ		時間率騒音ﾚﾍﾞﾙ					上り線(台/10min)					下り線(台/min)					断面(台/10min)					速度(km/h)	
		LAeq	時間区分平均	L5	L10	L50	L90	L95	小型	大型一種	大型二種	計	二輪	小型	大型一種	大型二種	計	二輪	小型	大型一種	大型二種	計	二輪	上り線	下り線
12		67.0		74	71	60	54	54	75	25	8	108	4	93	18	10	121	1	168	43	18	229	5	45.9	59.6
13		68.1		73	71	59	46	45	71	13	9	93	2	96	21	10	127	1	167	34	19	220	3	50.2	60.1
14		64.9		71	69	59	48	47	84	5	5	94	1	100	18	16	134	2	184	23	21	228	3	51.2	48.2
15		66.6		73	71	61	51	50	83	27	12	122	5	102	20	15	137	2	185	47	27	259	7	42.5	59.0
16	昼間	66.3	66.3	72	70	62	51	50	104	9	3	116	3	130	25	10	165	3	234	34	13	281	6	47.5	57.4
17		65.1		71	69	62	54	52	133	12	8	153	5	109	13	11	133	1	242	25	19	286	6	47.4	53.3
18		65.7		71	69	62	54	52	129	8	7	144	4	177	14	11	202	3	306	22	18	346	7	49.7	54.5
19		66.5		72	69	62	50	48	142	20	5	167	2	101	9	16	126	1	243	29	21	293	3	47.0	50.9
20		64.9		71	69	60	48	48	125	13	2	140	2	75	11	6	92	0	200	24	8	232	2	47.1	48.7
21		68.2		71	69	57	46	45	118	13	2	133	3	68	9	7	84	4	186	22	9	217	7	49.7	52.7
22		63.5		69	67	58	47	45	65	11	2	78	0	57	13	5	75	1	122	24	7	153	1	47.2	50.9
23		64.3		70	68	58	47	45	60	27	2	89	3	29	10	7	46	0	89	37	9	135	3	44.4	55.4
0		65.4		72	69	57	45	43	38	23	1	62	2	34	13	10	57	2	72	36	11	119	4	53.3	50.8
1	夜間	66.3	65.9	73	70	58	49	48	26	35	1	62	0	16	16	2	34	1	42	51	3	96	1	47.7	57.3
2		65.1		72	69	53	49	48	14	32	4	50	2	12	15	2	29	0	26	47	6	79	2	55.7	63.8
3		65.1		72	70	57	52	51	14	33	1	48	0	12	16	4	32	0	26	49	5	80	0	57.2	60.6
4		66.8		74	72	55	48	47	14	30	6	50	0	17	25	8	50	1	31	55	14	100	1	52.9	59.6
5		68.4		75	71	56	49	48	16	23	6	45	0	13	14	8	35	0	29	37	14	80	0	60.2	58.4
6		65.9		73	71	58	48	47	29	15	4	48	0	27	20	13	60	0	56	35	17	108	0	59.4	59.3
7		65.7		72	70	61	51	49	68	16	7	91	1	154	38	4	196	2	222	54	11	287	3	50.1	52.2
8	昼間	65.9	66.3	72	70	62	52	50	139	13	7	159	0	222	24	12	258	1	361	37	19	417	1	52.2	49.0
9		65.9		72	69	60	49	47	62	26	11	99	1	115	16	12	143	0	177	42	23	242	1	53.5	55.1
10		67.1		73	71	62	53	52	87	29	14	130	1	90	18	2	110	1	177	47	16	240	2	45.4	53.0
11		65.0		71	69	60	49	48	82	14	9	105	3	103	25	10	138	1	185	39	19	243	4	49.8	56.7
平均		-		72	70	59	50	48	74	20	6	99	2	81	18	9	108	1	155	37	14	207	3	50.3	55.3

※LAeqの時間区分平均はｴﾈﾙｷﾞｰ平均

表-7-2-10　一般交通騒音試験結果(越谷)

調査箇所:　国道4号 越谷 (22.85kp) 騒音測定／上り線側
調査期間:　平成15年9月29日 (月)～ 9月30日 (火)
測定点:　近車線中心よりL=7.5m 高さH=1.2m

		騒音ﾚﾍﾞﾙ【dB(A)】							交通量																
		等価騒音ﾚﾍﾞﾙ		時間率騒音ﾚﾍﾞﾙ					上り線(台/10min)					下り線(台/min)					断面(台/10min)					速度(km/h)	
		LAeq	時間区分平均	L5	L10	L50	L90	L95	小型	大型一種	大型二種	計	二輪	小型	大型一種	大型二種	計	二輪	小型	大型一種	大型二種	計	二輪	上り線	下り線
12		72.8		78	76	68	54	51	124	31	34	189	5	107	33	56	196	5	231	64	90	385	10	51.6	51.0
13		75.3		78	76	69	56	54	133	25	38	196	3	132	35	48	215	10	265	60	86	411	13	47.9	48.7
14		71.6		77	75	69	55	54	168	18	38	224	5	116	30	67	213	4	284	48	105	437	9	49.6	47.2
15		73.3		77	75	69	53	51	189	15	42	246	7	157	16	58	231	6	346	31	100	477	13	48.0	51.3
16	昼間	72.0	72.5	77	76	68	54	51	149	27	34	210	8	161	18	59	238	5	310	45	93	448	13	51.1	52.2
17		71.5		77	75	69	56	54	170	16	39	225	10	147	17	71	235	5	317	33	110	460	15	44.0	50.9
18		71.4		76	75	69	56	54	215	10	41	266	10	203	16	36	255	10	418	26	77	521	20	45.3	48.8
19		72.9		78	76	69	58	55	187	13	31	231	14	200	16	25	241	9	387	29	56	472	23	47.3	50.5
20		70.9		76	75	68	54	50	148	11	30	189	8	187	15	26	228	7	335	26	56	417	15	51.7	48.4
21		71.8		77	75	65	53	50	108	13	14	135	2	155	8	14	177	7	263	21	28	312	9	53.3	46.8
22		68.6		75	73	63	52	49	91	7	9	107	1	130	10	5	145	7	221	17	14	252	8	46.8	60.7
23		69.1		76	73	60	49	47	85	12	15	112	2	120	6	8	134	2	205	18	23	246	4	47.2	58.6
0		71.1		77	74	55	47	46	58	7	11	76	0	51	8	13	72	3	109	15	24	148	3	48.3	61.4
1	夜間	69.2	70.7	76	74	58	48	46	45	16	16	77	5	59	12	11	82	5	104	28	27	159	10	48.4	56.6
2		69.5		77	74	54	45	45	29	16	17	62	1	35	15	9	59	1	64	31	26	121	2	48.1	61.4
3		71.0		78	76	57	49	48	34	24	17	75	1	22	20	13	55	1	56	44	30	130	2	45.1	59.7
4		72.9		80	78	61	50	49	27	32	53	112	1	22	29	16	67	3	49	61	69	179	4	47.8	62.4
5		72.4		79	77	68	58	56	62	37	50	149	4	35	40	19	94	2	97	77	69	243	6	44.9	54.7
6		72.8		78	77	71	54	51	142	37	61	240	6	83	54	41	178	2	225	91	102	418	8	47.7	62.6
7		72.5		78	76	70	56	54	222	14	42	278	11	156	30	42	228	3	378	44	84	506	14	46.0	48.7
8	昼間	72.3	72.5	78	76	69	53	51	222	4	38	264	27	143	28	50	221	10	365	32	88	485	37	53.1	50.6
9		73.2		79	77	70	54	51	141	32	47	220	12	108	30	62	200	8	249	62	109	420	20	51.9	51.1
10		71.7		77	76	69	57	55	143	27	46	216	5	110	39	62	211	4	253	66	108	427	9	50.2	53.8
11		72.6		77	76	69	60	59	154	28	48	230	2	79	25	46	150	1	233	53	94	380	3	49.9	23.9
平均		-		77	75	66	53	51	127	20	34	180	6	113	23	36	172	5	240	43	70	352	11	48.5	52.6

※LAeqの時間区分平均はｴﾈﾙｷﾞｰ平均

表-7-2-11　一般交通騒音試験結果(幕張)

調査箇所: 国道14号 幕張(28.05kp)　騒音測定／上り線側
調査期間:　平成15年9月16日 (火)～ 9月17日 (水)
測定点:　近車線中心よりL=7.5m 高さH=1.2m

		騒音ﾚﾍﾞﾙ【dB(A)】							交通量																
		等価騒音ﾚﾍﾞﾙ		時間率騒音ﾚﾍﾞﾙ					上り線(台/10min)					下り線(台/min)					断面(台/10min)					速度(km/h)	
		LAeq	時間区分平均	L5	L10	L50	L90	L95	小型	大型一種	大型二種	計	二輪	小型	大型一種	大型二種	計	二輪	小型	大型一種	大型二種	計	二輪	上り線	下り線
12		67.0		72	70	63	56	55	189	10	8	207	6	201	15	4	220	10	390	25	12	427	16	49.2	52.1
13		66.3		72	70	63	59	58	185	10	8	203	9	186	20	10	216	7	371	30	18	419	16	51.2	49.9
14		65.8		71	69	63	56	55	218	6	5	229	10	196	19	10	225	5	414	25	15	454	15	48.9	47.6
15		65.3		70	69	64	56	55	215	6	6	227	8	195	17	12	224	7	410	23	18	451	15	55.6	49.3
16	昼間	67.6	66.3	72	71	63	56	55	213	10	15	238	11	206	11	6	223	5	419	21	21	461	16	47.8	48.8
17		65.9		71	70	63	55	55	225	7	3	235	11	199	9	8	216	11	424	16	11	451	22	50.2	48.8
18		66.5		72	70	63	55	54	268	2	4	274	22	231	4	2	237	13	499	6	6	511	35	49.5	50.0
19		65.2		70	68	62	54	53	216	0	1	217	11	222	2	2	226	14	438	2	3	443	25	54.2	48.5
20		64.4		70	68	60	53	52	180	2	3	185	12	188	1	4	193	11	368	3	7	378	23	53.2	56.0
21		65.2		70	68	60	52	51	127	3	1	131	3	193	1	8	202	11	320	4	9	333	14	53.4	53.8
22		65.8		71	70	60	52	51	135	1	1	137	5	148	0	6	154	6	283	1	7	291	11	58.9	59.4
23		66.1		72	69	59	53	52	116	2	1	119	5	137	0	0	137	10	253	2	1	256	15	58.8	50.1
0		63.0		69	68	55	47	47	64	4	3	71	2	85	2	3	90	4	149	6	6	161	6	57.9	53.7
1	夜間	63.1	65.3	70	68	55	50	49	71	4	2	77	0	65	0	5	70	1	136	4	7	147	1	56.9	61.7
2		63.8		70	68	55	46	46	56	1	3	60	5	62	2	3	67	3	118	3	6	127	8	59.1	61.6
3		65.0		72	69	49	43	42	32	11	5	48	1	36	1	6	43	2	68	12	11	91	3	59.8	67.4
4		66.1		74	71	54	43	42	29	13	2	44	7	31	5	8	44	0	60	18	10	88	7	57.5	70.4
5		67.5		74	72	58	45	44	116	32	0	148	0	37	13	11	61	1	153	45	11	209	1	58.6	63.9
6		66.8		73	71	59	48	46	100	15	10	125	1	81	7	14	102	0	181	22	24	227	1	59.9	69.5
7		67.0		73	71	61	51	49	170	11	7	188	9	182	10	20	212	9	352	21	27	400	18	61.5	55.3
8	昼間	66.5	66.3	72	71	61	54	53	171	8	7	186	12	166	6	18	190	11	337	14	25	376	23	61.0	57.4
9		67.5		73	71	64	55	54	175	6	14	195	16	189	17	23	229	18	364	23	37	424	34	52.8	55.0
10		65.9		72	70	62	55	54	190	7	16	213	7	187	30	16	233	4	377	37	32	446	11	50.2	54.0
11		67.2		73	70	64	56	56	202	16	9	227	4	194	35	29	258	7	396	51	38	485	11	47.6	54.1
平均		-		72	70	60	52	51	153	8	6	166	7	151	9	10	170	7	303	17	15	336	14	54.7	55.8

※LAeqの時間区分平均はｴﾈﾙｷﾞｰ平均

表-7-2-12　一般交通騒音試験結果(鞘堂)

調査箇所: 国道4号線 鞘堂 94.93kp　　騒音測定／上り線側
調査期間:　平成15年8月1日　(金)～　8月2日　(土)
測定点:　近車線中心よりL=7.5m 高さH=1.2m

		騒音ﾚﾍﾞﾙ【dB(A)】							交通量																	
		等価騒音ﾚﾍﾞﾙ		時間率騒音ﾚﾍﾞﾙ					上り線(台/10min)					下り線(台/min)					断面(台/10min)					速度(km/h)	
		LAeq	時間区分平均	L5	L10	L50	L90	L95	小型	大型一種	大型二種	計	二輪	小型	大型一種	大型二種	計	二輪	小型	大型一種	大型二種	計	二輪	上り線	下り線
12		62.3		67	-	57	-	45	83	48		131		100	11		111		183	59		242		51.3	61.2
13		62.1		68	-	58	-	46	100	54		154		94	15		109		194	69		263		57.5	62.5
14		61.2		66	-	57	-	47	89	57		146		91	9		100		180	66		246		51.7	54.8
15		60.5		66	-	57	-	47	101	36		137		106	4		110		207	40		247		53.1	60.4
16	昼間	61.3	61.7	66	-	57	-	48	100	60		160		89	5		94		189	65		254		43.8	57.0
17		60.5		66	-	58	-	47	110	36		146		109	6		115		219	42		261		49.9	57.8
18		60.7		65	-	57	-	47	104	30		134		106	4		110		210	34		244		45.9	57.7
19		60.3		65	-	57	-	48	109	12		121		106	5		111		215	17		232		46.7	54.4
20		60.7		65	-	57	-	44	98	18		116		86	4		90		184	22		206		50.0	63.5
21		59.1		64	-	55	-	43	78	9		87		69	1		70		147	10		157		50.1	61.2
22		59.7		65	-	52	-	43	68	18		86		36	2		38		104	20		124		54.9	69.1
23		57.6		63	-	49	-	42	55	8		63		31	1		32		86	9		95		49.9	69.5
0		58.9		64	-	46	-	41	36	10		46		28	1		29		64	11		75		55.9	71.5
1	夜間	58.6	58.5	64	-	47	-	41	25	12		37		20	3		23		45	15		60		60.0	66.5
2		57.7		63	-	44	-	39	18	16		34		14	2		16		32	18		50		56.1	71.6
3		57.8		64	-	43	-	39	18	16		34		10	4		14		28	20		48		56.5	60.6
4		57.5		62	-	43	-	39	15	24		39		7	3		10		22	27		49		59.0	74.1
5		59.6		66	-	46	-	40	20	32		52		13	6		19		33	38		71		67.7	75.2
6		61.7		68	-	50	-	43	24	34		58		28	9		37		52	43		95		65.7	71.3
7		62.4		68	-	56	-	46	47	57		104		58	11		69		105	68		173		57.1	65.3
8	昼間	64.1	61.7	69	-	58	-	48	79	42		121		103	11		114		182	53		235		54.1	66.6
9		63.5		70	-	57	-	48	65	87		152		94	14		108		159	101		260		53.5	62.3
10		62.6		69	-	58	-	47	82	90		172		88	14		102		170	104		274		49.9	69.6
11		61.3		67	-	57	-	44	110	54		164		97	6		103		207	60		267		45.6	67.1
平均		-		66	-	53	-	44	68	36	-	104	-	66	6	-	72	-	134	42	-	176	-	53.6	64.6

※LAeqの時間区分平均はｴﾈﾙｷﾞｰ平均

表-7-2-13　一般交通騒音試験結果(氏家)

調査箇所: 国道4号 氏家 124.75kp　　騒音測定／下り線側
調査期間:　平成15年9月2日　(火)～　9月3日　(水)
測定点:　近車線中心よりL=7.5m 高さH=1.2m

		騒音ﾚﾍﾞﾙ【dB(A)】							交通量																	
		等価騒音ﾚﾍﾞﾙ		時間率騒音ﾚﾍﾞﾙ					上り線(台/10min)					下り線(台/min)					断面(台/10min)					速度(km/h)	
		LAeq	時間区分平均	L5	L10	L50	L90	L95	小型	大型一種	大型二種	計	二輪	小型	大型一種	大型二種	計	二輪	小型	大型一種	大型二種	計	二輪	上り線	下り線
12		69.0		76	73	63	55	53	83	55	0	138	0	77	40	0	117	1	160	95	0	255	1	63.0	64.0
13		70.0		77	74	66	56	54	64	50	1	115	2	64	41	0	105	4	128	91	1	220	6	63.0	67.0
14		69.0		74	73	63	53	52	93	37	0	130	1	106	60	0	166	1	199	97	0	296	2	63.0	61.0
15		68.0		74	72	63	55	52	93	38	0	131	2	77	48	0	125	1	170	86	0	256	3	61.0	64.0
16	昼間	70.0	69.3	77	75	65	55	52	73	45	1	119	0	68	58	1	127	3	141	103	2	246	3	62.0	61.0
17		71.0		78	75	65	55	54	124	31	1	156	0	101	47	0	148	5	225	78	1	304	5	66.0	68.0
18		68.0		75	73	64	56	54	113	30	0	143	2	99	30	0	129	2	212	60	0	272	4	62.0	62.0
19		68.0		75	73	64	57	55	105	27	0	132	3	95	45	0	140	0	200	72	0	272	3	58.0	59.0
20		69.0		77	72	62	54	53	90	31	0	121	1	80	35	0	115	1	170	66	0	236	2	60.0	60.0
21		70.0		77	75	68	58	56	37	38	0	75	0	71	59	0	130	0	108	97	0	205	0	62.0	66.0
22		68.0		74	72	63	52	51	40	41	0	81	0	70	50	0	120	1	110	91	0	201	1	61.0	65.0
23		70.0		76	73	64	51	49	28	38	0	66	0	35	32	0	67	0	63	70	0	133	0	59.0	63.0
0		69.0		75	72	62	48	46	17	48	0	65	1	33	23	0	56	0	50	71	0	121	1	60.0	64.0
1	夜間	71.0	69.4	77	76	64	50	47	8	41	0	49	0	26	61	0	87	0	34	102	0	136	0	66.0	67.0
2		69.0		76	73	64	55	51	10	57	0	67	0	28	26	0	54	3	38	83	0	121	3	66.0	71.0
3		69.0		75	72	61	48	48	4	62	0	66	0	12	29	0	41	0	16	91	0	107	0	67.0	74.0
4		70.0		78	74	58	45	44	12	52	0	64	0	9	42	0	51	1	21	94	0	115	1	69.0	69.0
5		69.0		78	73	56	47	46	7	22	0	29	0	13	35	0	48	0	20	57	0	77	0	68.0	71.0
6		72.0		78	77	67	47	46	31	41	1	73	0	36	52	0	88	1	67	93	1	161	1	63.0	72.0
7		70.0		77	74	65	53	51	141	18	1	160	3	81	38	0	119	0	222	56	1	279	3	64.0	66.0
8	昼間	67.0	69.3	74	71	63	52	50	91	17	0	108	2	78	31	0	109	1	169	48	0	217	3	63.0	62.0
9		69.0		73	71	64	54	52	80	48	2	130	0	76	43	1	120	0	156	91	3	250	0	57.0	63.0
10		69.0		73	72	64	56	54	86	52	0	138	3	77	32	0	109	0	163	84	0	247	3	57.0	58.0
11		68.0		75	73	64	54	52	88	51	1	140	1	60	47	0	107	0	148	98	1	247	1	62.0	64.0
平均		-		76	73	63	53	51	63	40	0	103	1	61	42	0	103	1	125	82	0	207	2	62.6	65.0

※LAeqの時間区分平均はｴﾈﾙｷﾞｰ平均

表-7-2-14　一般交通騒音試験結果(上三川)

調査箇所: R-4 上三川　　騒音測定／上り線側
調査期間:　平成15年9月4日　(木)～　9月5日　(金)
測定点:　近車線中心よりL=7.5m 高さH=1.2m

		騒音ﾚﾍﾞﾙ【dB(A)】							交通量																
		等価騒音ﾚﾍﾞﾙ		時間率騒音ﾚﾍﾞﾙ					上り線(台/10min)					下り線(台/min)					断面(台/10min)					速度(km/h)	
		LAeq	時間区分平均	L5	L10	L50	L90	L95	小型	大型一種	大型二種	計	二輪	小型	大型一種	大型二種	計	二輪	小型	大型一種	大型二種	計	二輪	上り線	下り線
12		69.0		74	72	67	60	57	93	75	0	168	2	107	68	0	175	1	200	143	0	343	3	67.0	65.0
13		69.0		73	72	67	63	62	132	63	0	195	3	107	70	0	177	1	239	133	0	372	4	64.0	62.0
14		70.0		74	72	68	60	58	139	75	0	214	3	109	68	1	178	0	248	143	1	392	3	64.0	68.0
15		69.0		75	73	67	59	58	139	65	0	204	1	121	83	1	205	0	260	148	1	409	1	74.0	65.0
16	昼間	69.0	69.5	73	72	67	61	61	123	61	0	184	0	156	86	0	242	0	279	147	0	426	0	74.0	68.0
17		70.0		75	74	69	60	58	185	67	0	252	1	154	63	1	218	0	339	130	1	470	1	72.0	65.0
18		69.0		74	73	67	62	60	191	30	0	221	0	175	55	0	230	0	366	85	0	451	0	62.0	67.0
19		69.0		73	72	67	59	58	178	44	0	222	0	170	39	0	209	0	348	83	0	431	0	65.0	68.0
20		70.0		74	73	68	61	58	145	35	0	180	0	104	36	0	140	0	249	71	0	320	0	74.0	69.0
21		68.0		72	71	65	57	55	112	37	0	149	0	95	31	0	126	1	207	68	0	275	1	74.0	70.0
22		69.0		76	74	66	58	56	98	38	0	136	1	85	48	0	133	2	183	86	0	269	3	80.0	67.0
23		69.0		73	72	64	56	55	45	40	0	85	1	35	33	0	68	1	80	73	0	153	2	79.0	68.0
0		70.0		76	74	65	54	53	35	55	0	90	0	30	39	0	69	0	65	94	0	159	0	77.0	73.0
1	夜間	70.0	69.8	75	73	65	57	55	21	55	0	76	0	32	42	0	74	0	53	97	0	150	0	74.0	71.0
2		70.0		76	75	67	57	56	14	71	0	85	0	13	38	0	51	0	27	109	0	136	0	74.0	73.0
3		71.0		77	75	66	54	54	25	81	0	106	0	10	27	0	37	0	35	108	0	143	0	79.0	75.0
4		70.0		75	74	69	59	57	14	59	0	73	0	16	52	0	68	0	30	111	0	141	0	78.0	73.0
5		70.0		76	74	67	57	55	14	50	0	64	0	20	53	0	73	0	34	103	0	137	0	70.0	73.0
6		71.0		77	76	69	60	57	37	58	0	95	0	60	92	0	152	3	97	150	0	247	3	70.0	68.0
7		70.0		76	74	69	61	60	149	50	4	203	1	203	62	0	265	1	352	112	4	468	2	71.0	63.0
8	昼間	71.0	69.5	75	74	69	62	60	201	42	0	243	4	218	58	0	276	6	419	100	0	519	10	67.0	64.0
9		70.0		74	72	68	62	57	121	73	2	196	1	127	84	0	211	0	248	157	2	407	1	66.0	65.0
10		69.0		75	73	67	63	60	85	91	0	176	0	109	77	0	186	0	194	168	0	362	0	64.0	63.0
11		69.0		74	73	66	60	58	105	72	0	177	1	128	73	1	202	1	233	145	1	379	2	66.0	62.0
平均		-		75	73	67	59	57	100	58	0	158	1	99	57	0	156	1	199	115	0	314	2	71.0	67.7

※LAeqの時間区分平均はｴﾈﾙｷﾞｰ平均

2) 一般単独車パワーレベル試験結果

単独で走行する一般車両を対象にして、大型車類と小型車類の 2 車種分類で、対象個所のパワーレベル走行速度依存性の分析結果を、**表-7-2-15** および**図-7-2-8** に示す。

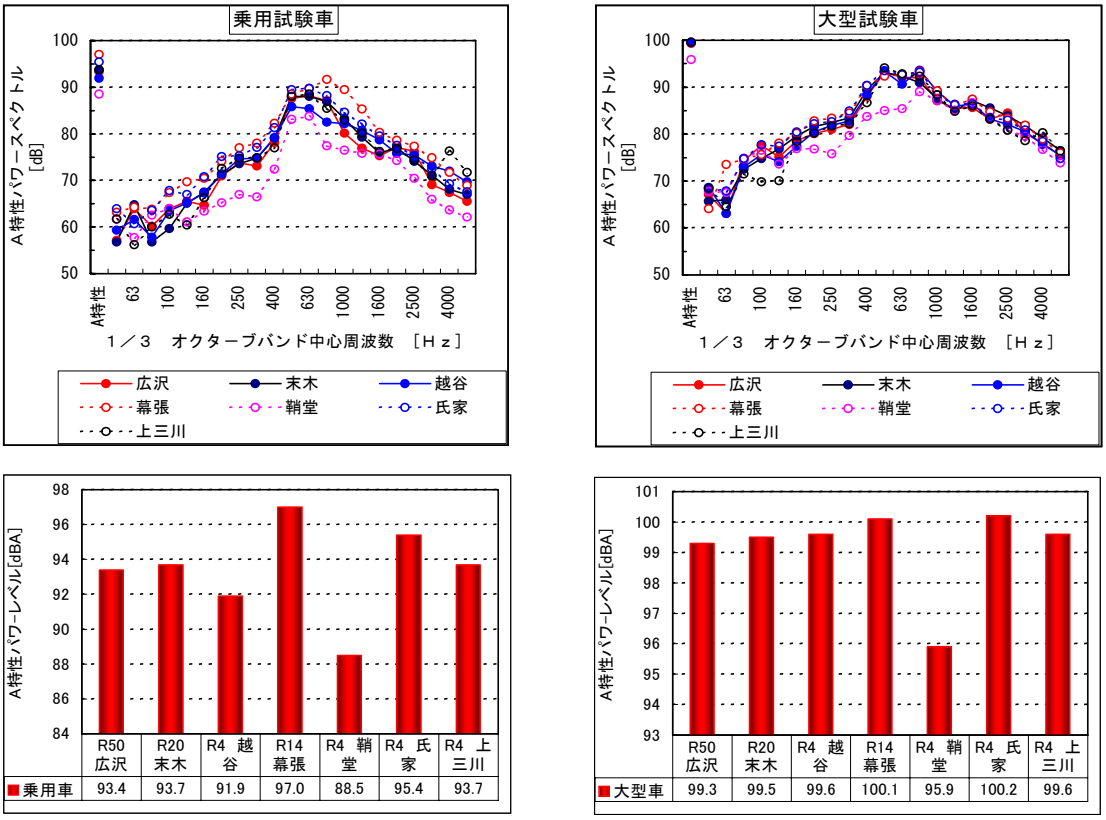
なお、パワーレベルは、**式（1）**を用いて算出した。

$Lw=Lp+20\log r+8$ ・・・

3) 試験車パワーレベル試験結果

大型試験車、乗用試験車別に、対象個所のパワーレベルおよびパワースペクトル分析結果を、**図-7-2-8** に示す。また、パワーレベルは、一般車と同様**式（1）**に試験車走行速度(V=50km/h)を代入して算出した。

なお、有効データは、現地においてレベルレコーダにより他車の影響が無く、排気音等に異常がないことが確認できた３回の測定データから算出した平均値とした。



図－7-2-5　試験車パワーレベル試験結果

4) タイヤ近接音試験結果

パワーレベルを測定した乗用試験車を用いて、パワーレベルおよび一般交通騒音測定断面を中心に 100m区間のタイヤ近接音を測定した結果を**図-7-2-6** に示す。

その結果から、タイヤ近接音の変化と前項のパワーレベルの変化に相関が見られる。なお、測定値は 3 回走行した測定値の平均値であり、舗装路面測定車の特殊タイヤ音への変換は行っていない。

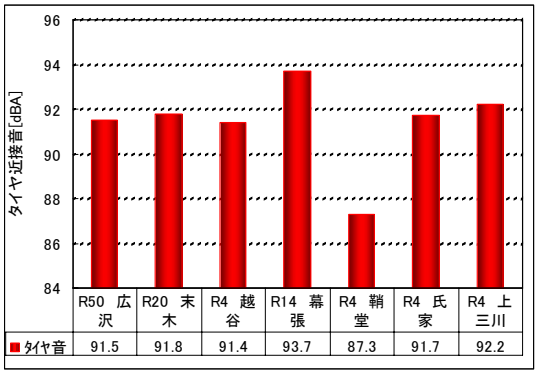


図-7-2-6　タイヤ近接音試験結果

7.3 測定方法の開発

7.3.1 タイヤ/路面騒音に及ぼす影響要因の検討

タイヤ/路面騒音測定を実施する際には、その測定誤差に影響を及ぼす様々な要因が存在する。内外の騒音測定にかかわる規格で示されている測定法、あるいは様々な機関がこれまで行ってきた測定から得た知見[1)]を参考にタイヤ/路面騒音に影響すると思われる影響要因の抽出し、検討を行った。測定誤差要因は，環境が影響する要因、測定装置（車両を含む）に関する要因など外的影響要因と、外的要因で解決できない測定値の精度に係わる内的影響要因に分類された。

測定に影響を及ぼす要因のうち，これまでに他機関等で検討を行っていない要因や測定装置毎に調査を要する項目に絞って試験を実施し、タイヤ/路面騒音測定方法の精度向上を目指した。また、内外の規格やこれまでの知見から確認されている場合にはその方法を採用した。

(1) タイヤ/路面騒音測定に及ぼす外的影響要因

外的影響要因としては、**表-7-3-1-1** に示す要因が挙げられた。今回検討を行った項目は、同表に示すうち他機関等で検討を行っていない項目､あるいは各測定装置で調査を要する項目として、「測定環境に係わる要因」では③測定時の温度（気温、路面、タイヤ），④路面水分、⑤速度、⑥速度の精度、⑦予備走行、⑧暗騒音、⑨併走・対向車両、⑩道路側近の壁、⑪測定除外区間の検出と、「測定装置に係わる要因」では④タイヤ溝深さと摩耗量、⑨タイヤ温度の項目について調査・検討を行った。

表-7-3-1-1 タイヤ/路面騒音測定に及ぼす外的影響要因

分類	要　因	分類	要　因
測定環境に係わる要因	① 風向・風速	測定装置に係わる要因	① 測定車両※1
	② 気温・湿度・気圧		② 輪荷重※1
	③ 温度（気温、路面、タイヤ）		③ タイヤ空気圧※1
	④ 路面水分		④ タイヤ溝深さと摩耗量
	⑤ 速度		⑤ マイクロホン位置※1
	⑥ 速度の精度		⑥ タイヤ銘柄※1
	⑦ 予備走行		⑦ タイヤサイズ※1
	⑧ 暗騒音		⑧ タイヤゴム硬度※1
	⑨ 併走・対向車両		⑨ タイヤ温度
	⑩ 道路側近の壁		⑩ 騒音計※1
	⑪ 測定除外区間の検出		

※1 については、つくば舗装技術交流会でH14年2月に調査を実施 [1)]

(2) タイヤ/路面騒音測定に及ぼす外内的影響要因

内的影響要因としては、外的要因で解決できない測定値の精度に係わる要因であり①有効データ数、②測定回数があるが、今回は「測定回数」について検討を行った。

表-7-3-1-2　タイヤ/路面騒音測定に及ぼす内的影響要因

要因
① 測定サンプリング間隔
② 有効測定回数（測定精度）

7.3.1.1　検討方法

(1) 検討を行った路面

タイヤ/路面騒音に及ぼす誤差要因の検討は、タイヤ/路面騒音が路面性状によって相違してくるため、路面性状が一定に保たれた路面で測定する必要があった。そこで暫定路面と国総研構内の試走路の一部を試験路として用いて実施した。

(2) 誤差要因毎の検討方法

各検討事項毎の検討方法の概要を**表-7-3-1-1-1**に示す。これらは、タイヤ近接音測定装置、路面反射音測定装置、および吸音特性測定装置に共通することを前提としているが、装置によっては、影響を受けない要因がある。

表-7-3-1-1-1　誤差要因毎の検討方法

分　類	要　　因	検討方法の概要
測定環境に係わる外的要因	③ 温度（気温、路面、タイヤ）	夏季と冬季にそれぞれ早朝と昼間に測定し、各種温度とタイヤ/路面騒音との関係を検討
	④ 路面水分	夏季と冬季に降雨量10mm相当分を試験路に散水後、13h～41h後までﾀｲﾔ/路面騒音測定と透気試験を10回実施し、水分の影響を検討
	⑤ 速度	夏季と冬季にそれぞれ早朝と昼間に測定し、温度毎の速度とタイヤ/路面騒音との関係を検討
	⑥ 速度の精度	暫定価路面に設置した光電管による測定と各測定車に車載した速度記録装置との性能を比較検討
	⑦ 予備走行	暫定路面で開始から30周(約30km)連続してタイヤ/路面騒音測定を実施し、タイヤ/路面騒音の変化を検討
	⑧ 暗騒音	測定車の走行時のタイヤ/路面騒音と測定車停止負荷時の騒音値の差を検討
	⑨ 併走・対向車両	現道でのタイヤ/路面騒音測定を数回繰返し、対向車・併走車の影響を検討
	⑩ 道路側近の壁	試験路に高さ1mの木製の模造壁を横断方向に1～4mに設置し、タイヤ/路面騒音への影響を検討
	⑪ 測定除外区間の検出	工区境や測定除外区間の割り出しを明確化のため、走行に支障を来たさない赤外線レーザーによる位置確認装置の検討を実施
測定装置に係わる外的要因	④ タイヤ溝深さと摩耗量	同共同研究で推奨しているタイヤで0～約9,000kmまでの走行を行い、任意の5水準でタイヤ/路面騒音測定を実施して、その磨耗量とタイヤ/路面騒音の変化を検討
内的影響要因	① 測定サンプリング間隔	測定間隔を0.05秒で測定を行い、0.1秒間隔に間引きした測定との精度を検討
	② 有効測定回数（測定精度）	測定間隔を0.1秒で測定を連続して14回実施し、必要最小限の測定回数を検討

7.3.1.2　タイヤ近接音測定装置

タイヤ近接音に影響を与える要因として、測定時における速度が挙げられる。タイヤ近接音測定装置の速度を変化させてタイヤ近接音測定を行った一例を**図-7-3-1-2-1** に示す。各社ともに同様な傾向を示し、速度の増加とともにタイヤ近接音は増加し、その関係は片対数で表されることが確認された。これよりタイヤ近接音は速度依存性を有することが明らかとなった。よって必要に応じてタイヤ近接音は速度補正しなければならない。**表-7-3-1-2-1** に暫定路面で実施した各社の速度勾配の結果を示す（全測定装置の速度勾配は pp7-9～7-12　表-7-1-1～表-7-1-7 参照）。各社とも密粒（13）の速度勾配が空隙を有する排水性舗装用混合物と比べて大きくなっている。また、各社間の速度勾配は一定ではなく、車両やタイヤサイズの違い、あるいはマイクロホンの取り付け位置の相違などによる測定車固有の勾配と考えられる。

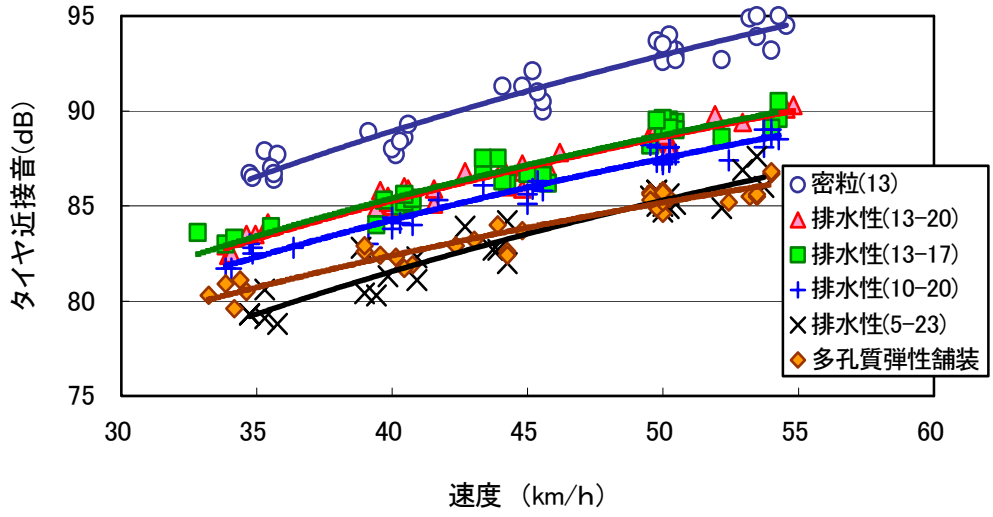


図-7-3-1-2-1　速度とタイヤ近接音の関係（例）

表 7-3-1-2-1　タイヤ近接音の回帰分析結果（例）

舗装種 ＼ 項目		密粒 (13)	排水性 (13-20)	排水性 (13-17)	排水性 (10-20)	排水性 (5-23)	多孔質 弾性舗装
速度勾配 dB/logV (km/h)	平均値	41.11	31.44	32.41	31.19	32.23	32.422
	最大値	47.08	36.73	36.31	35.41	39.40	35.465
	最小値	36.88	25.76	23.97	26.42	24.88	27.820
	標準偏差	2.383	2.861	3.087	2.544	5.010	2.194

速度 50 km/h を目標として､測定区間 100 m を 0.1 秒間隔で測定した結果から、速度とタイヤ近接音それぞれのバラツキを調べた。71 個の測定データから得られた速度とタイヤ近接音の標準偏差の関係を**図-7-3-1-2-2** に示す。測定時における速度の標準偏差が大きくなる程、タイヤ近接音の標準偏差も大きくなる傾向にあることから、タイヤ近接音測定時における速度は出来るだけ一定に保つことが望ましいといえる。以上より、測定精度を向上させるための 1 測定区間の平均速度は速度±0.5 km/h を目標とした。

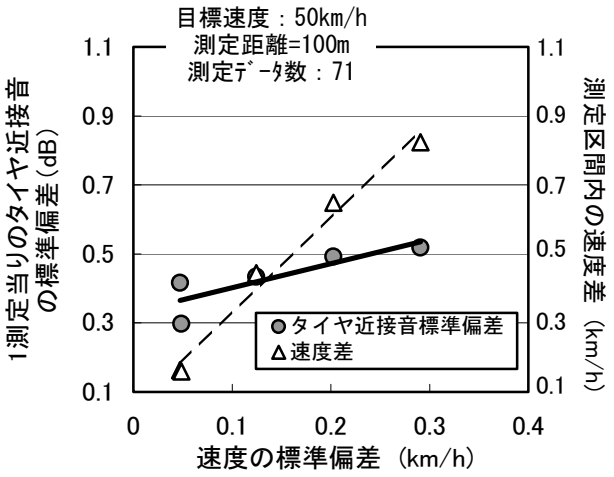


図-7-3-1-2-2　速度のばらつきによるタイヤ近接音のばらつきと区間内速度差

なお公道における測定では、周辺の交通状態や縦断線形などから一定速度での測定が困難な場合も想定されるが、任意の速度条件でのタイヤ近接音を基準速度に速度補正を行うことで対処が可能となる。

(2)吸音特性測定装置

測定データに影響を与える要因として、測定時における速度や温度が挙げられる。暫定路面で、速度と温度を変化させて測定した結果を**表-7-3-1-2-2** に示し、**図-7-3-1-2-3** には吸音特性値の速度依存性を示す。吸音特性値は、速度に対する依存性が認められない。

表-7-3-1-2-2　吸音特性測定装置の温度、速度特性の回帰分析結果

各説明変数と目的変数の回帰分析結果

舗装の種類		回帰式		寄与率（R^2）	a	b
①密粒(13)	暫定路面	目的変数と気温	y＝a*X+b	0.06	0.0019	-0.0259
		目的変数と速度	y＝a*X+b	0.00	0.0001	0.0004
②排水性(13-20)		目的変数と気温	y＝a*X+b	0.06	0.0010	0.3343
		目的変数と速度	y＝a*X+b	0.00	-0.0002	0.3589
③排水性(13-17)		目的変数と気温	y＝a*X+b	0.10	0.0016	0.2508
		目的変数と速度	y＝a*X+b	0.00	-0.00006	0.2821
④排水性(10-20)		目的変数と気温	y＝a*X+b	0.22	0.0020	0.3775
		目的変数と速度	y＝a*X+b	0.00	-0.00007	0.4170
⑤排水性(5-23)		目的変数と気温	y＝a*X+b	0.01	0.0005	0.3893
		目的変数と速度	y＝a*X+b	0.00	-0.0002	0.4070
⑥多孔質弾性舗装		目的変数と気温	y＝a*X+b	0.17	0.0010	0.6012
		目的変数と速度	y＝a*X+b	0.01	-0.0002	0.6298

*）目的変数は音圧レベル、吸音特性値のうちいずれかを採用する

各説明変数と目的変数の重回帰分析結果

舗装の種類		重回帰式		寄与率（R^2）	a	b	c
①密粒(13)	暫定路面	目的変数と速度：X_1と気温：X_2	$y=a*X_1+b*X_2+c$	0.08	-0.0024	0.0020	0.0861
②排水性(13-20)		目的変数と速度：X_1と気温：X_2	$y=a*X_1+b*X_2+c$	0.09	-0.0018	0.0012	0.4172
③排水性(13-17)		目的変数と速度：X_1と気温：X_2	$y=a*X_1+b*X_2+c$	0.12	-0.0015	0.0017	0.3197
④排水性(10-20)		目的変数と速度：X_1と気温：X_2	$y=a*X_1+b*X_2+c$	0.25	-0.0016	0.0021	0.4523
⑤排水性(5-23)		目的変数と速度：X_1と気温：X_2	$y=a*X_1+b*X_2+c$	0.05	-0.0018	0.0006	0.4738
⑥多孔質弾性舗装		目的変数と速度：X_1と気温：X_2	$y=a*X_1+b*X_2+c$	0.18	-0.0002	0.0010	0.6102

*）目的変数は音圧レベル、吸音特性値のうちいずれかを採用する

**）a、b、cは重回帰式における偏回帰係数

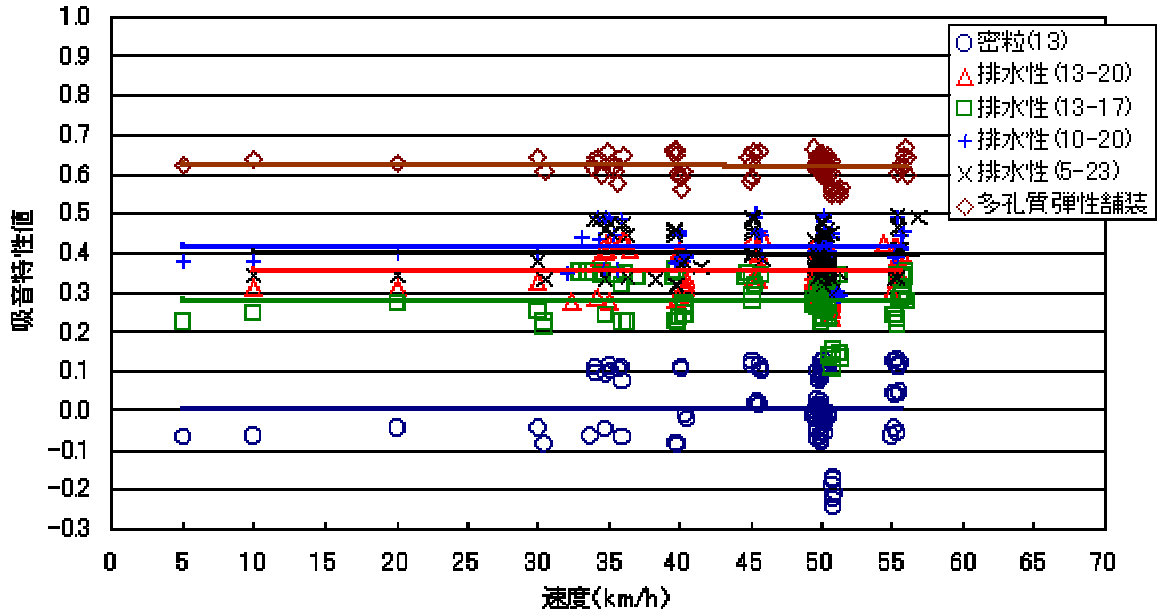
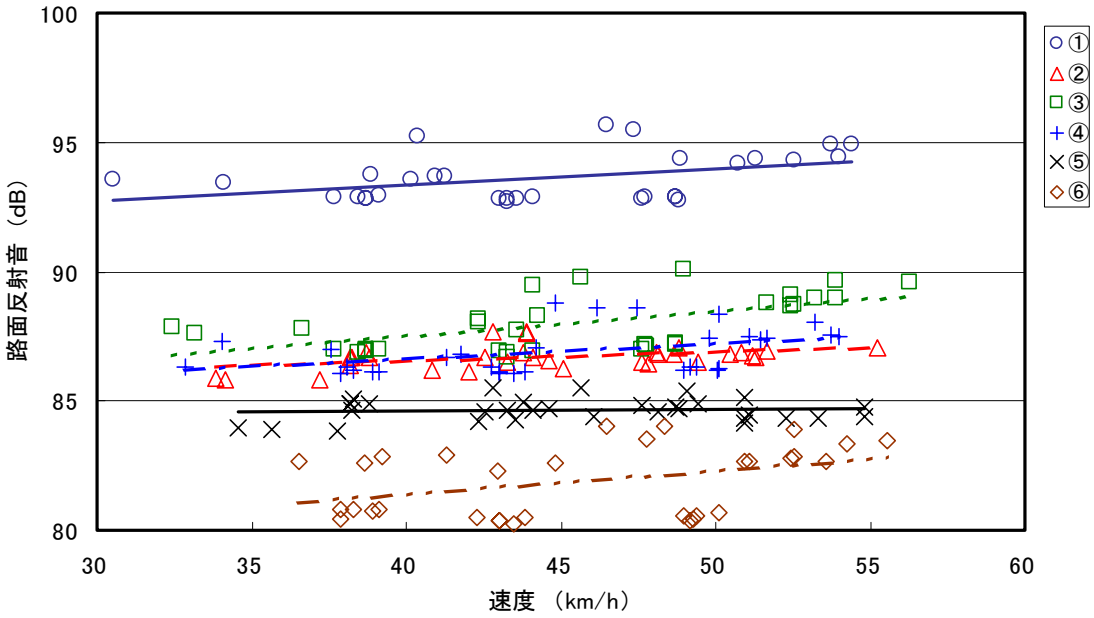


図-7-3-1-2-3　速度と吸音特性値の関係

(3)路面反射音測定装置

路面反射音に影響を与える要因として、測定時における速度が挙げられる。暫定路面において路面反射音測定装置の速度を変化させて路面反射音の測定を行った結果を**図-7-3-1-2-4** と**表-7-3-1-2-3** に示す。路面反射音は、速度に対して測定値が一定または緩やかな勾配傾向を示した。この理由は、路面反射音が路面に帯域雑音を放射していることにより、音速約 340m/秒に対して、速度 50km/h で約 14m/秒と到達時間的に差が大きいためと考えられる。ただし、舗装種によってバラツキや若干の勾配変化が見られるので、全体的に速度補正を行う方が安定した測定値を得ると考えられる。



①密粒(13)、②排水性(13-20)、③排水性(13-17)、④排水性(10-20)、⑤排水性(5-23)、⑥多孔質弾性舗装

図-7-3-1-2-4　速度と路面反射音の関係

表 7-3-1-2-3　路面反射音の回帰分析結果

各説明変数と目的変数の回帰分析結果

舗装の種類		回帰式		寄与率(R^2)	a	b
①密粒(13)	暫定路面	目的変数と気温	y＝a*X+b	0.06	0.008	92.686
		目的変数と路面温度	y＝a*X+b	0.36	−0.017	93.678
		目的変数と速度	y＝a*X+b	0.15	0.060	90.953
②排水性(13-20)		目的変数と気温	y＝a*X+b	0.51	0.028	85.893
		目的変数と路面温度	y＝a*X+b	0.24	−0.014	87.376
		目的変数と速度	y＝a*X+b	0.19	0.036	85.068
③排水性(13-17)		目的変数と気温	y＝a*X+b	0.00	−0.002	87.381
		目的変数と路面温度	y＝a*X+b	0.73	−0.036	88.979
		目的変数と速度	y＝a*X+b	0.32	0.095	83.710
④排水性(10-20)		目的変数と気温	y＝a*X+b	0.13	−0.016	87.110
		目的変数と路面温度	y＝a*X+b	0.81	−0.089	89.939
		目的変数と速度	y＝a*X+b	0.17	0.060	84.198
⑤排水性(5-23)		目的変数と気温	y＝a*X+b	0.70	0.065	82.611
		目的変数と路面温度	y＝a*X+b	0.23	0.010	84.265
		目的変数と速度	y＝a*X+b	0.01	0.070	84.323
⑥多孔質弾性舗装		目的変数と気温	y＝a*X+b	0.16	−0.021	81.617
		目的変数と路面温度	y＝a*X+b	0.22	−0.048	82.963
		目的変数と速度	y＝a*X+b	0.15	0.090	77.750

各説明変数と目的変数の重回帰分析結果

舗装の種類		重回帰式		寄与率(R^2)	a	b	c
①密粒(13)	暫定路面	目的変数と速度:X_1と気温:X_2	$y=a*X_1+b*X_2+c$	0.11	0.031	0.012	91.104
②排水性(13-20)		目的変数と速度:X_1と気温:X_2	$y=a*X_1+b*X_2+c$	0.53	0.047	0.057	82.726
③排水性(13-17)		目的変数と速度:X_1と気温:X_2	$y=a*X_1+b*X_2+c$	0.21	0.057	0.016	84.275
④排水性(10-20)		目的変数と速度:X_1と気温:X_2	$y=a*X_1+b*X_2+c$	0.20	0.045	0.021	83.709
⑤排水性(5-23)		目的変数と速度:X_1と気温:X_2	$y=a*X_1+b*X_2+c$	0.67	0.026	0.068	81.238
⑥多孔質弾性舗装		目的変数と速度:X_1と気温:X_2	$y=a*X_1+b*X_2+c$	0.14	0.040	−0.003	79.286

*）a、b、cは重回帰式における偏回帰係数

7.3.1.3　温度の影響

(1)タイヤ近接音測定装置

タイヤ近接音に影響を与える要因には、直接接触する面の弾性率や硬度に影響を及ぼす路面温度・タイヤ温度、およびそれらの温度に間接的に影響を与える外気温（以下：気温）が挙げられる。気温、路面温度、タイヤ温度とタイヤ近接音の相関を検討した一例を**表-7-3-1-3-1、図-7-3-1-3-1～3** に示す（全測定装置の温度勾配は pp7-9～7-12　表-7-1-1～表-7-1-7 参照）。全舗装種において高い相関関係が認められたことから､タイヤ近接音は温度依存性を有することが明らかとなった。よって、必要に応じてタイヤ近接音は温度補正をしなければならない。なお、気温は暫定路面近傍に設置した観測装置(ウェザーステーション)で測定し、路面温度はタイヤ走行軌跡の一定点で、タイヤ温度は測定車待機場所に到着後測定している。また、タイヤ近接音測定は、10 分以上もしくは 10km 以上の予備走行を行い、タイヤ温度がほぼ一定になった状態で行った。

タイヤ近接音と 3 種類の温度（路面温度・タイヤ温度・気温）を比較すると、気温との相関関係は高いが、路面温度、タイヤ温度では若干小さくなっている。

各種温度の適用性に関する評価を**表-7-3-1-3-2** に示す。タイヤ近接音測定において温度を同時に測定する場合には、外的要因に影響を受けにくいこと、測定時の簡便性に優れている等の理由を考慮すれば、温度の指標としては気温が望ましいと判断した。

なお、タイヤ近接音と各種温度における回帰係数が負の値（右下がり勾配）を示すのは、気温及び路面温度の上昇に伴ってタイヤ温度も上昇し、タイヤ構成材料の剛性が低くなり、パターンおよび路面加振音が低下することが原因と推測される。

表-7-3-1-3-1　各種温度とタイヤ近接音の関係(例)

工区	路面温度			タイヤ温度			気温		
	係数	相関係数(R)	寄与率(R^2)	係数	相関係数(R)	寄与率(R^2)	係数	相関係数(R)	寄与率(R^2)
密粒(13)	-0.0452	-0.95	0.90	-0.0691	-0.93	0.86	-0.1023	-0.93	0.86
排水性(13-20)	-0.0549	-0.87	0.75	-0.0793	-0.84	0.71	-0.1442	-0.94	0.89
排水性(13-17)	-0.0605	-0.92	0.85	-0.0917	-0.90	0.81	-0.1442	-0.95	0.91
排水性(10-20)	-0.0553	-0.82	0.67	-0.0899	-0.87	0.75	-0.1322	-0.93	0.87
排水性(5-23)	-0.0624	-0.79	0.62	-0.1127	-0.84	0.71	-0.1824	-0.92	0.84
多孔質弾性舗装	-0.0461	-0.82	0.67	-0.1003	-0.89	0.79	-0.1448	-0.93	0.86

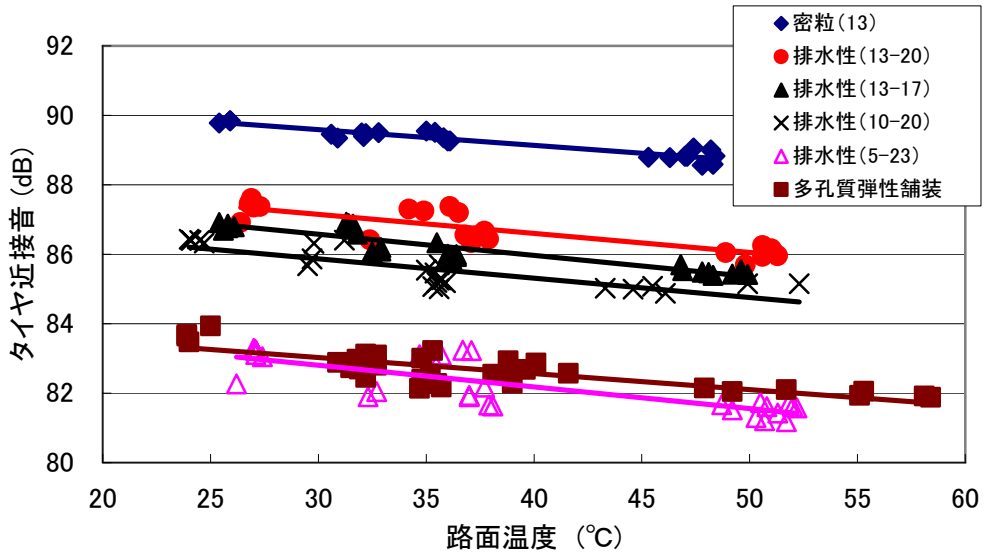


図-7-3-1-3-1　路面温度とタイヤ近接音の関係(例)

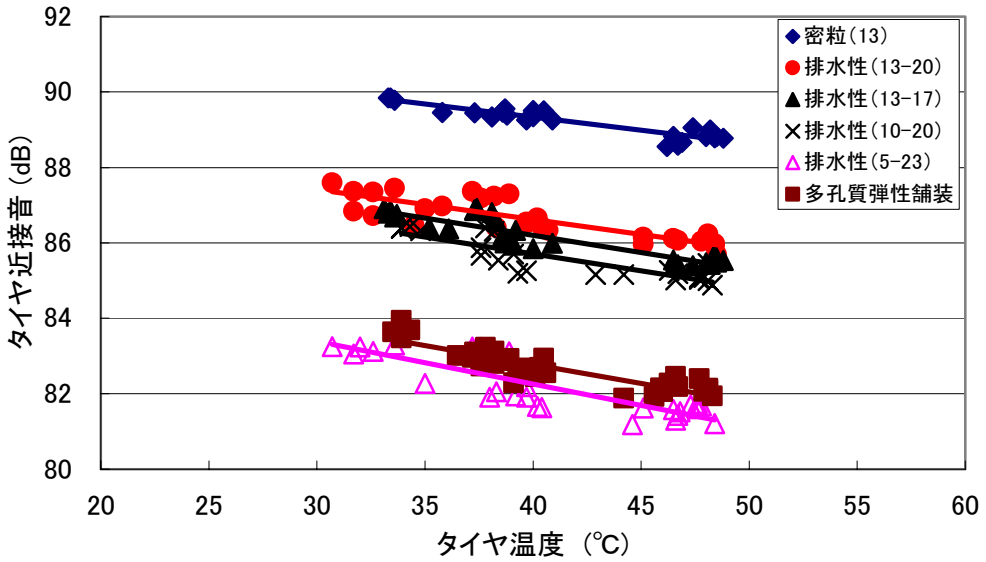


図-7-3-1-3-2　タイヤ温度とタイヤ近接音の関係(例)

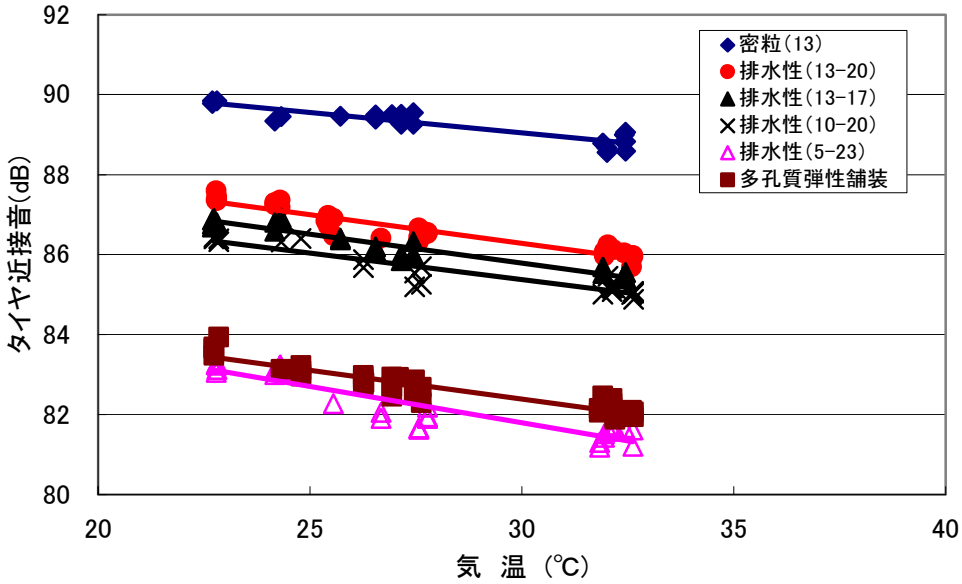


図-7-3-1-3-3　気温とタイヤ近接音の関係(例)

表-7-3-1-3-2　各種温度の適用性に関する評価

温度種別	気温	路面温度	タイヤ表面温度
測定の容易さ（簡便性）	・比較的容易 ・車両に測定装置を搭載して連続測定が可能	・困難 ・走行中の連続測定は不可能	同左
考えられる誤差要因	少ない	・太陽光の影響（日向・日陰の温度差） ・風の影響	・走行前の待機時間 ・走行開始から測定までの距離、時間 ・タイヤ近接音測定終了からタイヤ温度測定までの距離、時間
その他	暫定路面・完成路面では、設置してある気温測定装置との比較が可能	・実路での測定には危険が伴う	・実路での測定では車両の安全な停止場所が必要
温度の指標としての適用性	適	不適	不適

測定車での気温測定は、**写真-7-3-1-3-1** に示すように小型の気温計をルーフ上部に設置することで可能である。この共同研究で標準気温としたウェザーステーションの気温と車載気温測定装置で測定した気温（車載気温）を比較した例を**図-7-3-1-3-4** に示す。これによれば、車載気温測定装置は走行しながらの測定でも、標準とした気温計と高い相関で計測が可能である。

その他の気象条件（風向・風速、湿度、気圧）に関しては、これまでの共通試験から補正式を確立するまでの明確な結果が得られていないことから、JIS D 1024 などの既往の規準に則った方法を採用した。



写真-7-3-1-3-1 車載気温測定装置の例

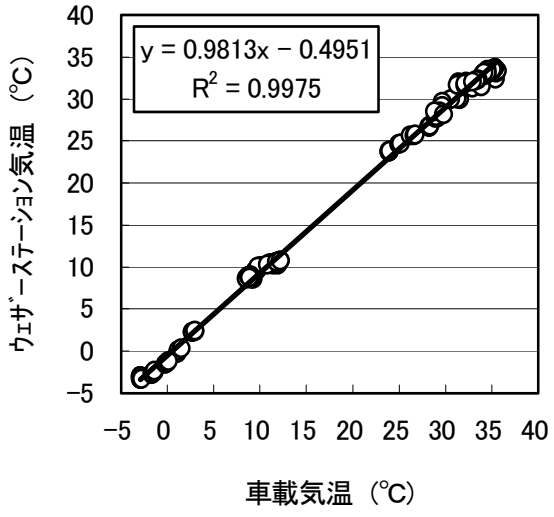


図-7-3-1-3-4　車載気温とウェザーステーション気温の関係

(2)吸音特性測定装置

吸音特性値の温度依存性を示した**図-7-3-1-3-5** および前述の**表-7-3-1-2-2** より、温度では、直線回帰すると正の相関が認められる。気温 10 ℃以下では 2 次曲線的な変化をしている。気温 10 ℃で区分して、温度補正を検討することが考えられる。今後データを蓄積した検証が必要と思われる。

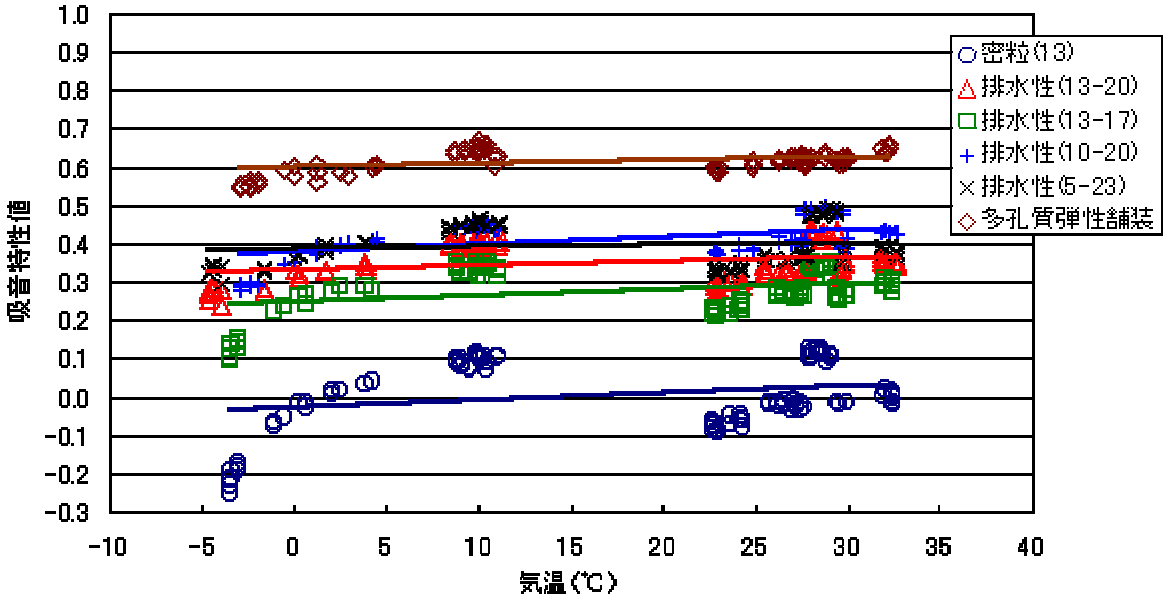


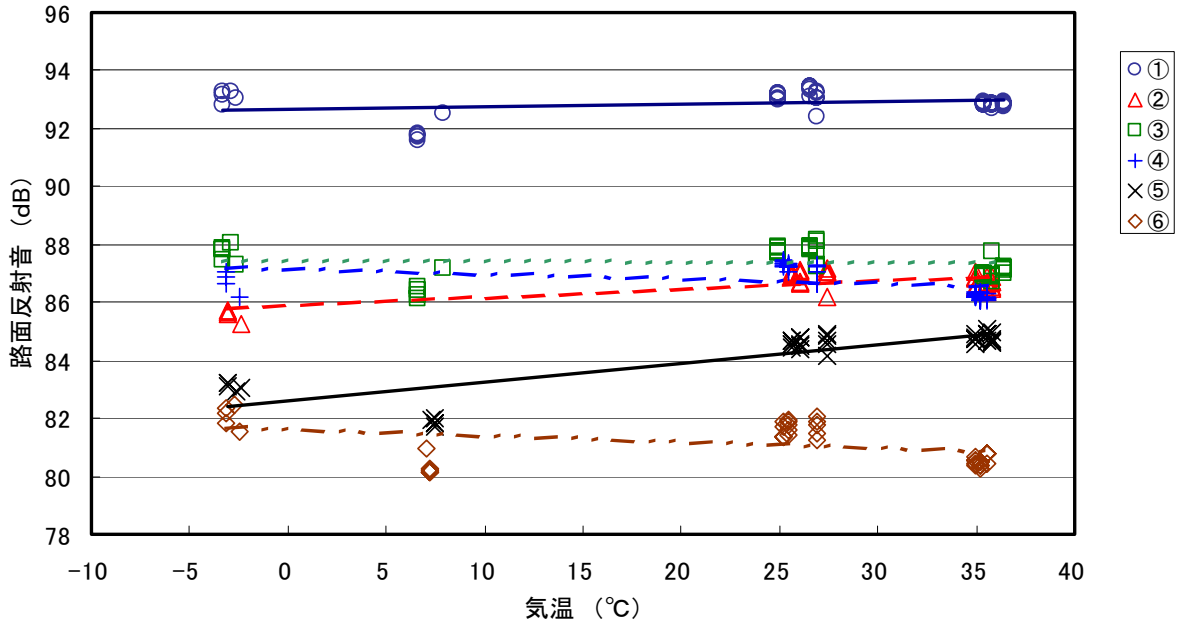
図-7-3-1-3-5 温度（気温）と吸音特性値の関係

(3)路面反射音測定装置

気温、路面温度と路面反射音の相関を検討した一例を**図-7-3-1-3-6～7**に示す。気温は暫定路面近傍に設置した観測装置(ウェザーステーション)で測定し、路面温度はタイヤ走行軌跡の一定点にて測定を行ったものである。全体的な傾向から気温、路面温度と路面反射音の相関関係を示す一次回帰直線は平たんな勾配であり、それぞれで依存性が低い傾向を示した。しかし、排水性(13-20)及び排水性（5-23）において、気温の変化によって若干の勾配が確認された。一般的に音の速さは気温1℃上がるごとに0.6m/秒増し、音速＝波長・振動数の関係がある。路面反射音は舗装に放射した音の反射を捉える方式のため、この関係が比較的空隙率の大きい舗装に対して影響を生じたと推定する。この傾向から必要に応じて測定値を温度補正することが、適切な評価になると考える。

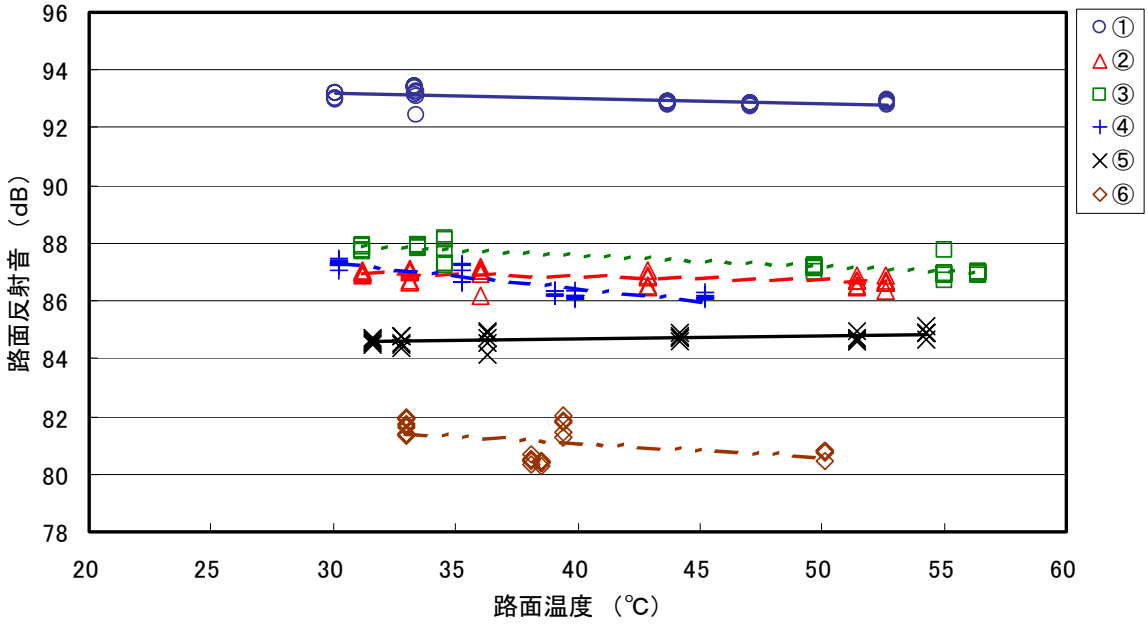
なお、路面温度は測定値が外気温のみならず太陽光(天候)や風に影響され、さらに測定箇所が日陰、日向が混在するなど外的要因の変化が大きい事と測定車両が移動しながらの路面温度の連続的な測定は困難であると考えられる。これらの事を踏まえて、温度の指標として気温が望ましいと考える。

また、路面反射音の立ち上がりから連続７回の測定値における変化を**図-7-3-1-3-8** に示す。これによると概ね３回以降で測定値が安定する傾向を示した。これは走行位置のずれや速度安定性等が起因したと考えられる。したがって、走行３回以上又は 10 分程度の慣らし運転が必要と思われる。



①密粒(13)、②排水性(13-20)、③排水性(13-17)、④排水性(10-20)、⑤排水性(5-23)、⑥多孔質弾性舗装

図-7-3-1-3-6　気温と路面反射音の関



①密粒(13)、②排水性(13-20)、③排水性(13-17)、④排水性(10-20)、⑤排水性(5-23)、⑥多孔質弾性舗装

図-7-3-1-3-7　路面温度と路面反射音の関

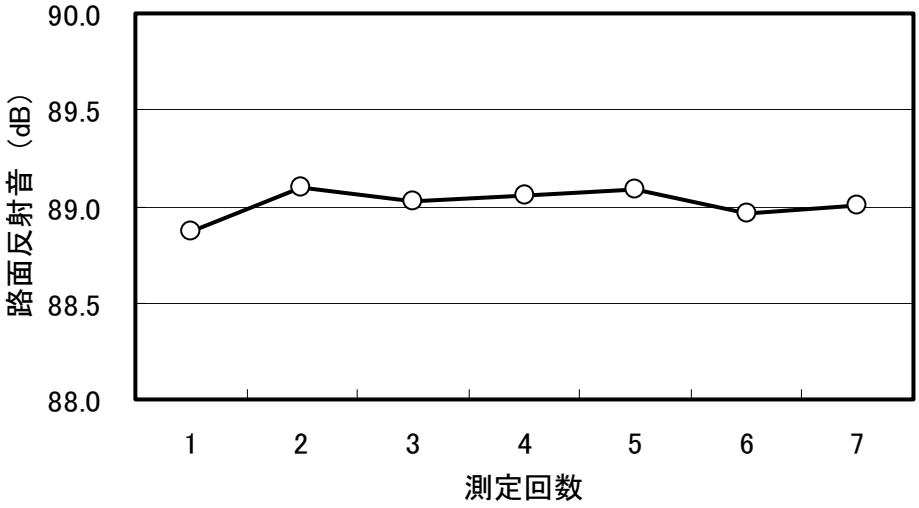


図-7-3-1-3-8　路面反射音の測定回数

測定車での気温測定は、**写真-7-3-1-3-2** に示すように小型の気温計をルーフ上部に設置することで可能である。この共同研究で標準気温としたウェザーステーションの気温と車載気温測定装置で測定した気温（車載気温）を比較した例を**図-7-3-1-3-9** に示す。これによれば、車載気温測定装置は走行しながらの測定でも、標準とした気温計と高い相関で計測が可能である。

その他の風向・風速、湿度、気圧気象条件に関しては、これまでの共通試験から明確な結果が得られていないことから、JIS D 1024 などの既往の規準に規準に則った方法を採用した。

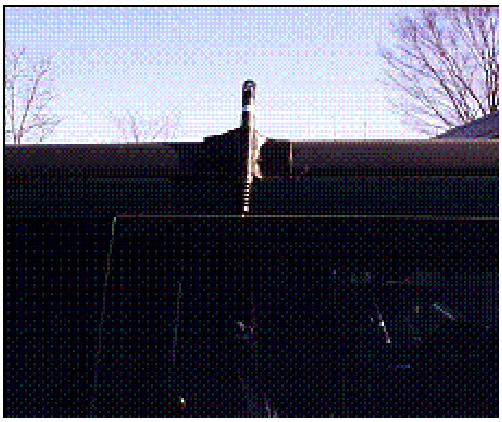


写真-7-3-1-3-2 車載気温測定装置の例

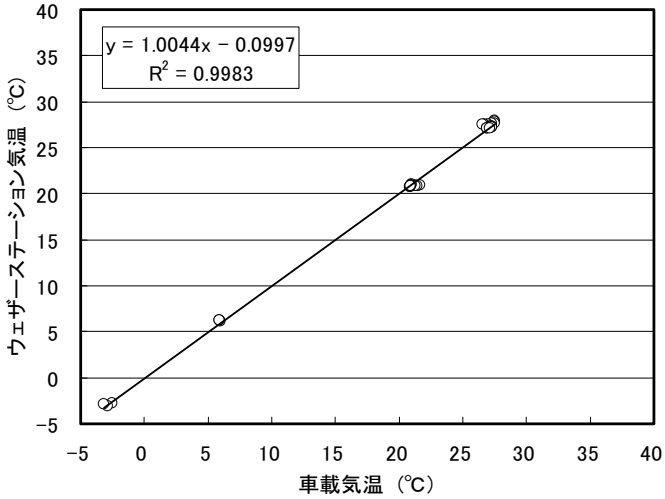


図-7-3-1-3-9　車載気温とウェザーステーション

7.3.1.4　表層内に残存する水分のタイヤ／路面騒音への影響

(1)測定方法

表層内に残存する水分の影響を確認するために、2 台のタイヤ近接音測定装置を用いて普通タイヤによるタイヤ近接音の測定と、ガラス板への水滴付着および透気試験を用いての水分確認を行った。測定は暫定路面を用いて 2 回、夏季（H14　9/2～4）と冬季(H15　2/25～27)に実施している。測定概要を**表-7-3-1-4-1** に示す。

表-7-3-1-4-1　測定概要

測 定 時 期	使用したタイヤ近接音測定車	水分の確認
夏季(H14 9/2～4)	L 車	ガラス板への水滴付着　透気試験
冬季(H15 2/25～27)	L 車　　I 車	透気試験

<table>
<tr><td>測 定 項 目</td><td colspan="3">測　定　条　件　等</td></tr>
<tr><td>降 雨 条 件</td><td colspan="3">散水車を用い、10mm深に相当する水量を測定前日(9/2及び2/25) に散水</td></tr>
<tr><td rowspan="2">測定対象路面</td><td>夏季</td><td>4路面</td><td>外側ﾚｰﾝ：5mm-23%、13mm-20%
中央ﾚｰﾝ：13mm-17%、密粒度</td></tr>
<tr><td>冬季</td><td>6路面</td><td>外側ﾚｰﾝ：5mm-23%、13mm-20%
中央ﾚｰﾝ：13mm-17%、密粒度
内側ﾚｰﾝ：多孔質弾性舗装、10mm-20%</td></tr>
<tr><td rowspan="3">タイヤ／路面騒音</td><td colspan="3">計測　　：　タイヤ近接音　50±0.5km/hで5回
測定車輌：　夏季：L車　　(1台)
冬季：L車　　I車　　(2台)</td></tr>
<tr><td>測定時刻</td><td colspan="2">9/3：7，9，11，13，15，17時(24時間後)に計測（6回）
9/4：7，9，11，13時(44時間後)に計測（4回）</td></tr>
<tr><td>測定時刻</td><td colspan="2">2/26：9，11，13，15，17時（24時間後）に計測(5回)
2/27：7，10，13時（41時間後）に計測　(3回)</td></tr>
<tr><td>水 分 確 認</td><td colspan="3">・ガラス板への水滴付着を目視確認
・透気試験：透気時間（透気係数の算出）、路面への水分吸い上げ状況確認
（測定状態：透気の繰り返し、吸引と透気の繰り返しの2パターン）</td></tr>
<tr><td>気 象 条 件</td><td colspan="3">H14　9/3，9/4：晴れ時々曇り、気温　23～34℃
H15　2/25，2/26：晴れ　　、気温　4～15℃</td></tr>
</table>

(2)夏季測定結果

1)タイヤ近接音（L 車）

測定結果を**図 7-3-1-4-1～2** に示す。騒音測定を散水後半日経過時から実施したが、時間経過とタイヤ近接音とに一意な関係はみいだせず、騒音値には路面温度の高低による影響が現われていると考えられる。

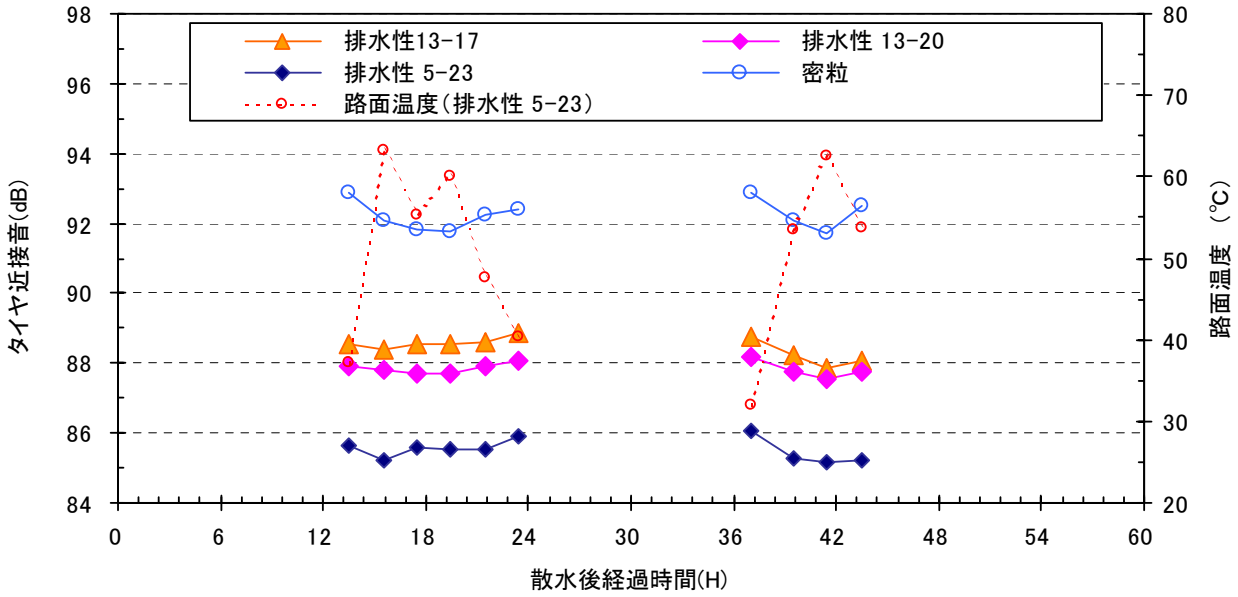


図 7-3-1-4-1　散水経過時間とタイヤ近接音の関係（夏季：L 車）

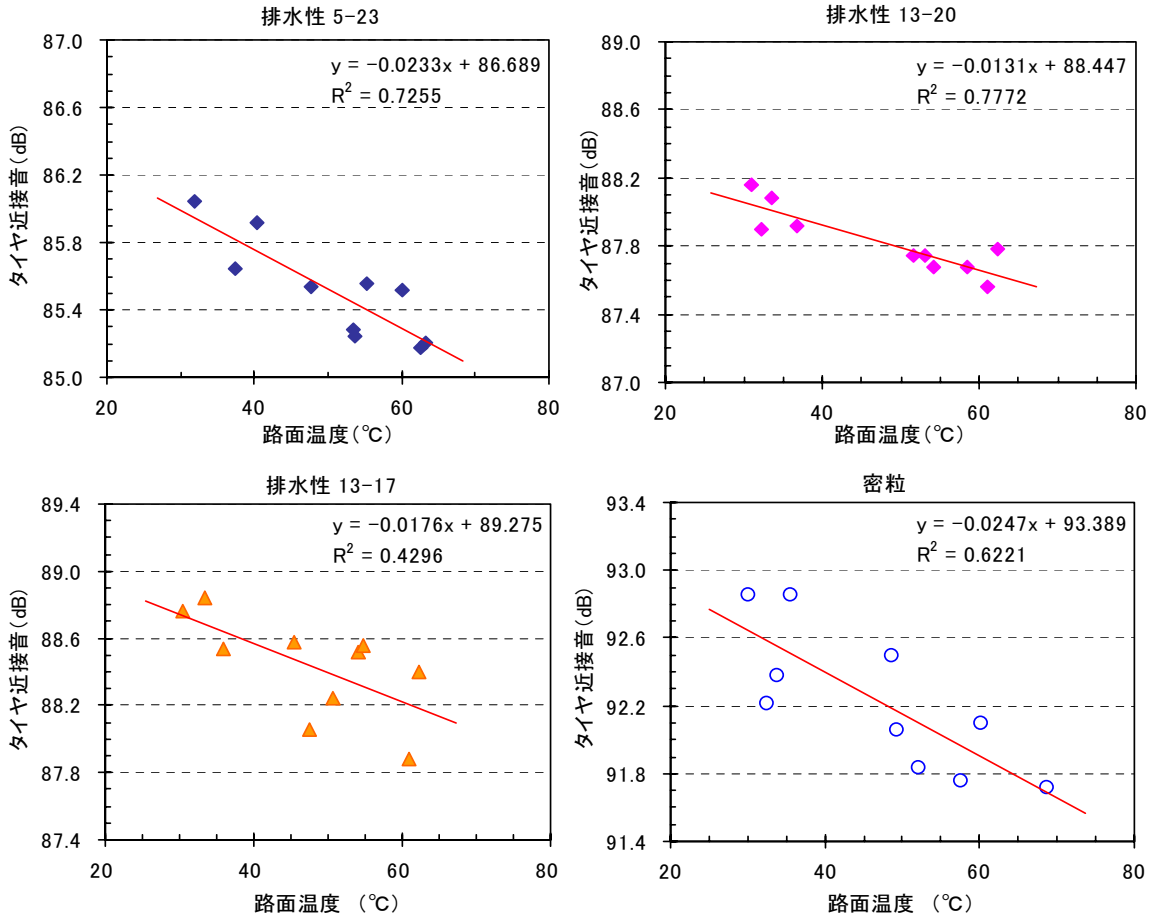


図 7-3-1-4-2　各測定路面の路面温度とタイヤ近接音の関係（夏季：L 車）

2) 水分の確認

舗装体内にある水分を透気試験器を用い強制的に吸い上げると、舗装表面に水分が浮き上がる。その水の浮き上がり量は今回実施した 4 路面では 5mm-23%の工区が最も少ない。しかし、最終測定（散水後 44 時間経過）時においても、吸い上げた路面には水分が見られ、夏季、1 日以上経過しても水分が残存していることが確認できた。

散水後経過時間と透気時間の関係を**図 7-3-1-4-3** に示す。透気時間は経過時間とともに減少し、水分を含まない乾燥状態（H14 7/29 測定）の値に回復するのに 20 数時間を要している。

散水後経過時間と透気係数回復率の関係を**図 7-3-1-4-4** に示す。測定した透気時間から透気係数を求め、乾燥状態の値を基準として比率を算出した透気係数回復率は、24 時間経過時の値を推定すると 95%以上の値となっている。

$$\text{透気係数回復率}\quad(\%) \quad = \quad \frac{\text{任意の測定状態の透気係数}\quad(\text{cm/s})}{\text{水分を含まない状態の透気係数}\quad(\text{cm/s})} \quad \times \quad 100$$

ガラス板を散水後路面に設置にすることによる水分の確認においては、散水の翌日、早朝の試験ではガラス板に水滴が付着したが、その後の試験では若干曇った程度で推移した。この試験法で定量的に舗装体内水分量を把握することは難しいと考えられる。

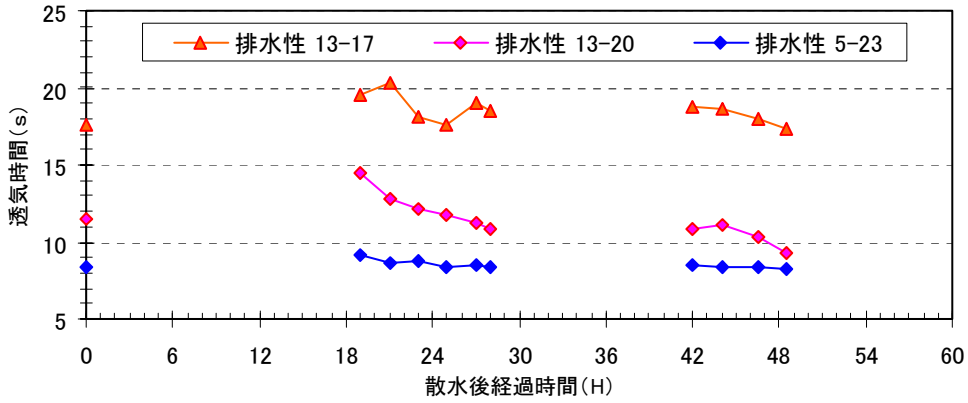


図 7-3-1-4-3　散水後経過時間と透気時間の関係（夏季）

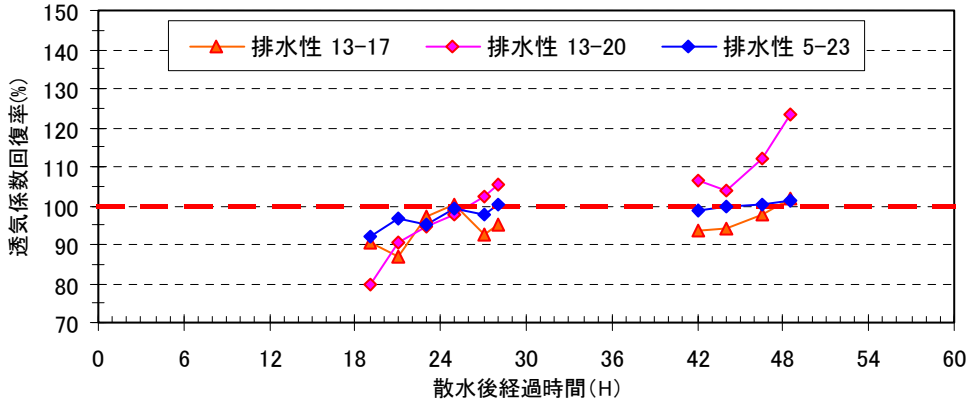


図 7-3-1-4-4　散水後経過と透気係数回復率の関係（夏季）

(3) 冬季測定結果

1) タイヤ近接音（I 車　L 車）

測定結果を、I 車の場合を**図 7-3-1-4-5** に、L 車の場合を**図 7-3-1-4-6** に示す。騒音測定結果の特徴は以下の通りである。

・多孔質の路面を除き、散水後の経過時間が経つほど、タイヤ近接音は低下する傾向にある。

・測定 2 日目の早朝のタイヤ近接音は、測定 1 日目の経過最終値より大きくなる場合がみられる。測定 2 日目の早朝、路面に結露が見られたことから、結露が測定値に影響を与えている可能性があると考えられる。

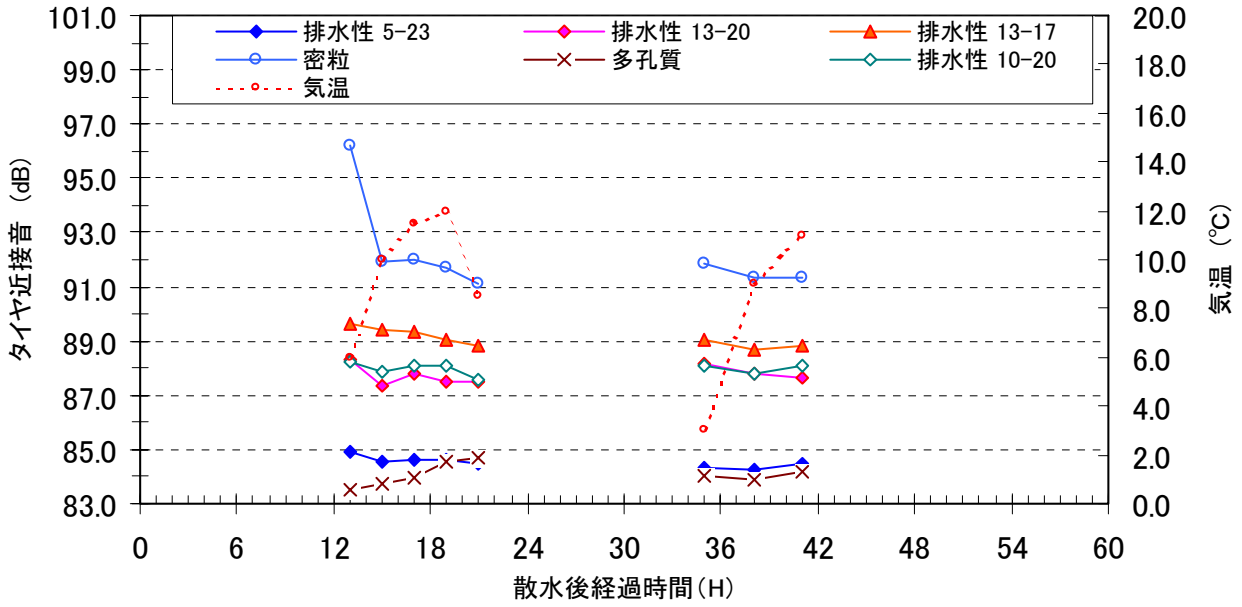


図 7-3-1-4-5　散水経過時間とタイヤ近接音の関係（冬季：I 車）

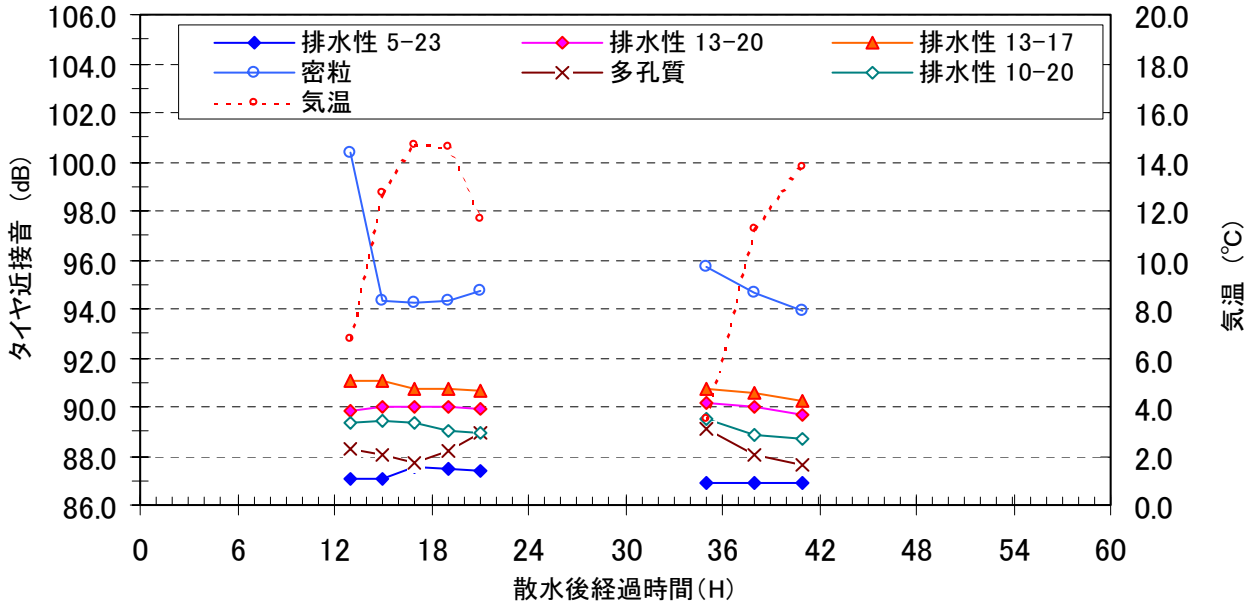


図 7-3-1-4-6　散水経過時間とタイヤ近接音の関係（冬季：L 車）

2)タイヤ近接音データからの水分の影響の推定（I 車）

図-7-3-1-4-7 に、各測定時間における測定値を、乾燥状態の値（測定日の直近で降雨が 5 日以上なく、ほぼ完全に乾燥した状態での騒音レベル）との差として示した。ここでのタイヤ近接音は温度速度補正式を用いて温度 20℃、速度 50kn/h に補正している。

タイヤ近接音の低下傾向には路面種による違いがみられる。残存水分の影響がなくなったことの判断基準を乾燥状態の値±0.3dB とすると、13mm-20%と 10mm-20%の路面では散水後 21 時間経過後で回復したとみなせる。一方、13mm-17%と 5mm-23%の路面では最終測定の 41 時間経過時でも乾燥状態との差が大きく、残存水分の影響が残っていると考えられる。

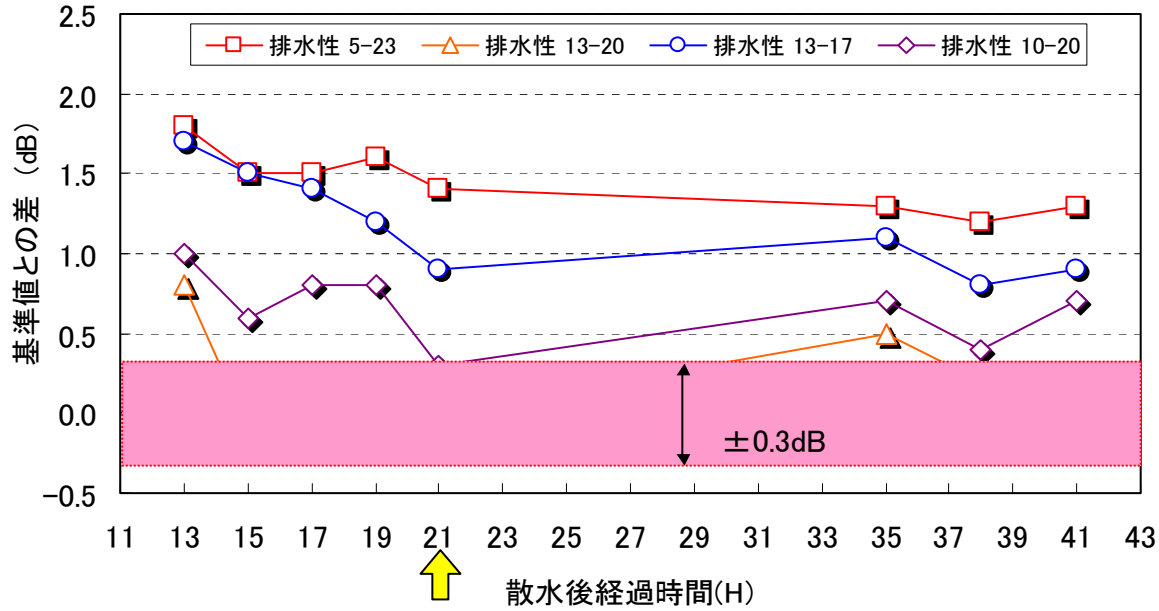


図 7-3-1-4-7　散水経過時間と騒音レベルの差（冬季：I 車）

3)タイヤ近接音の周波数特性（I 車）

図-7-3-1-4-8 に、乾燥状態（標準値）と散水後 13 時間、21 時間および 38 時間経過時の周波数分析結果を示す。

周波数 800Hz より低周波側では乾燥状態と散水経過後の波形がほぼ一致しているのに対して、周波数 800Hz より高周波側では散水後の値は乾燥状態の値より大きくなっており、経過時間とともに乾燥状態の波形に漸近している。また、散水後 13 時間経過時には周波数 2500Hz 付近にピークがみられる。

周波数 800Hz より高周波側データだけで評価すると、各散水後の乾燥状態への回復程度は、13mm-20%路面の値が最も早く、13mm-17%路面の値が最も遅い結果となっている。

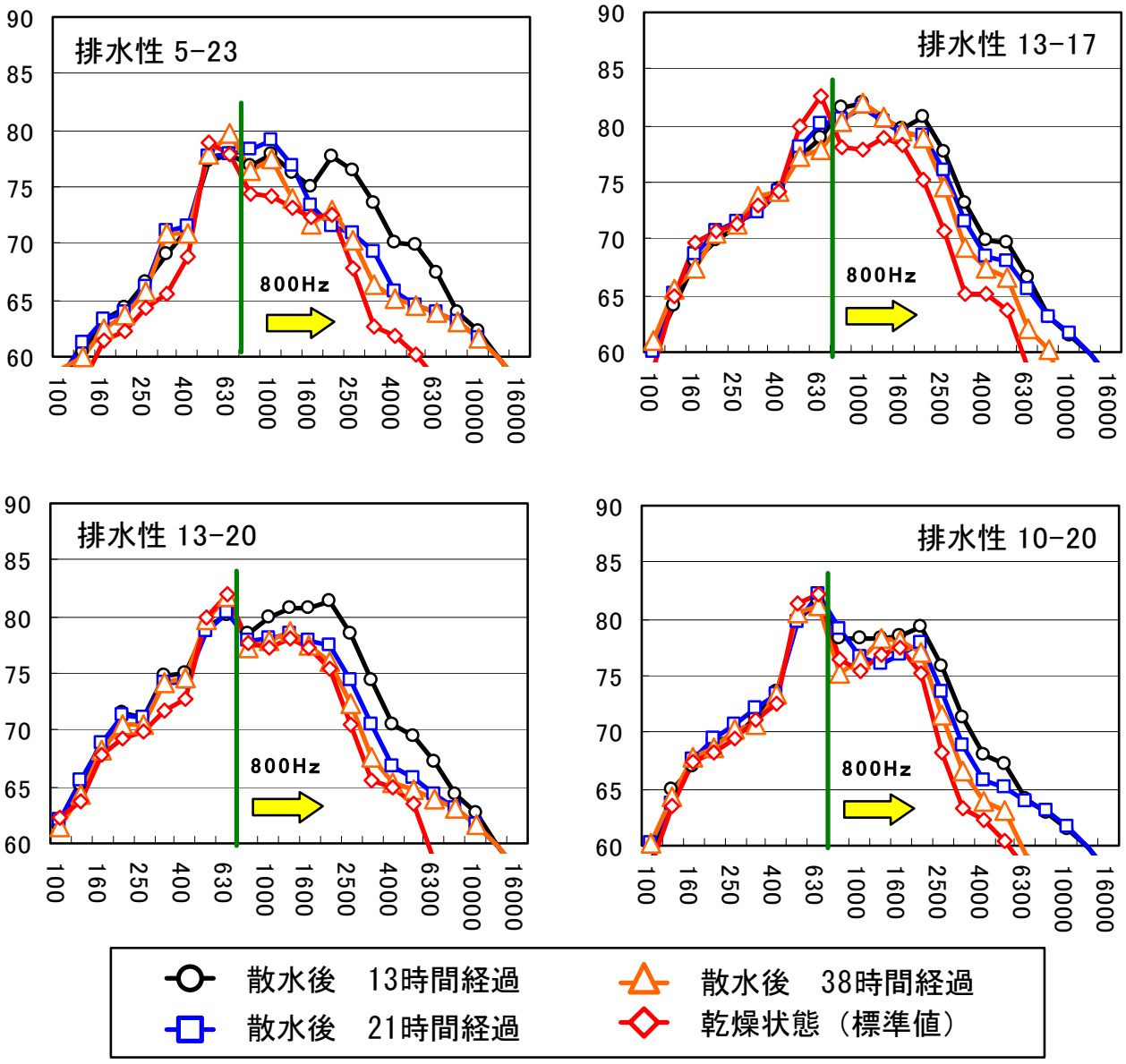


図 7-3-1-4-8　散水経過時間毎の周波数分布の変化（冬季：L 車）

4)水分の確認

舗装体内にある水分を透気試験器を用い強制的に吸い上げると、多孔質を除く全ての路面において舗装表面に水分の浮き上がりが見られた。その水分量は夏季の測定時より多い。

散水後経過時間と透気時間の関係を**図 7-3-1-4-9** に示す。透気時間は経過時間とともに減少するものの、水分を含まない乾燥状態（H14 7/29 測定）の値に全路面とも回復していない。

散水後経過時間と透気係数回復率の関係を**図 7-3-1-4-10** に示す。乾燥状態の値を基準として比率を算出した透気係数回復率は、36 時間を経過しても 80%程度の値に留まっている。

透気係数回復率と騒音レベルの差を**図 7-3-1-4-11** に示す。透気係数回復率が大きくなるほど騒音レベルは乾燥時の値に回復しているが、透気係数回復率が散水後の騒音測定実施時間を規定するほどのデータになっていない。

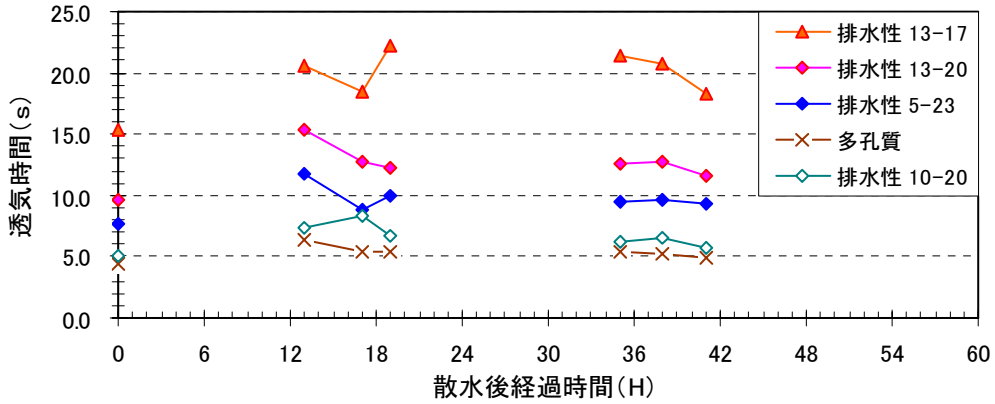


図 7-3-1-4-9　散水後の経過時間と透気時間の関係（冬季）

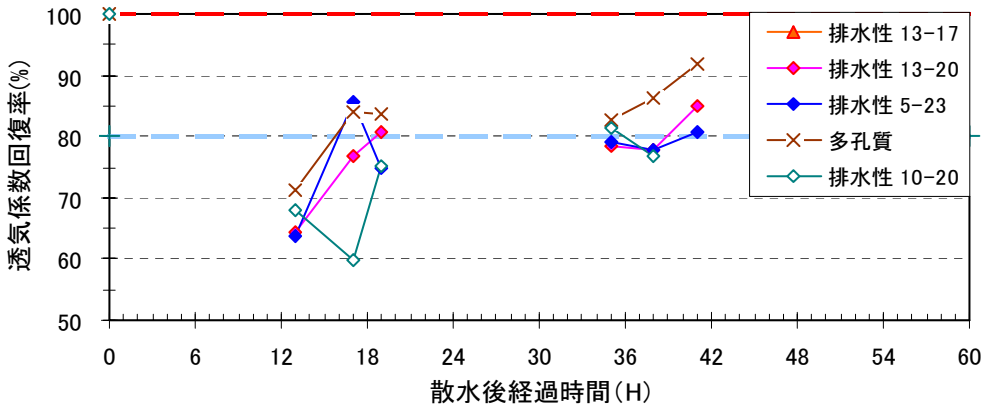


図 7-3-1-4-10　散水後の経過時間と透気係数回復率の関係（冬季）

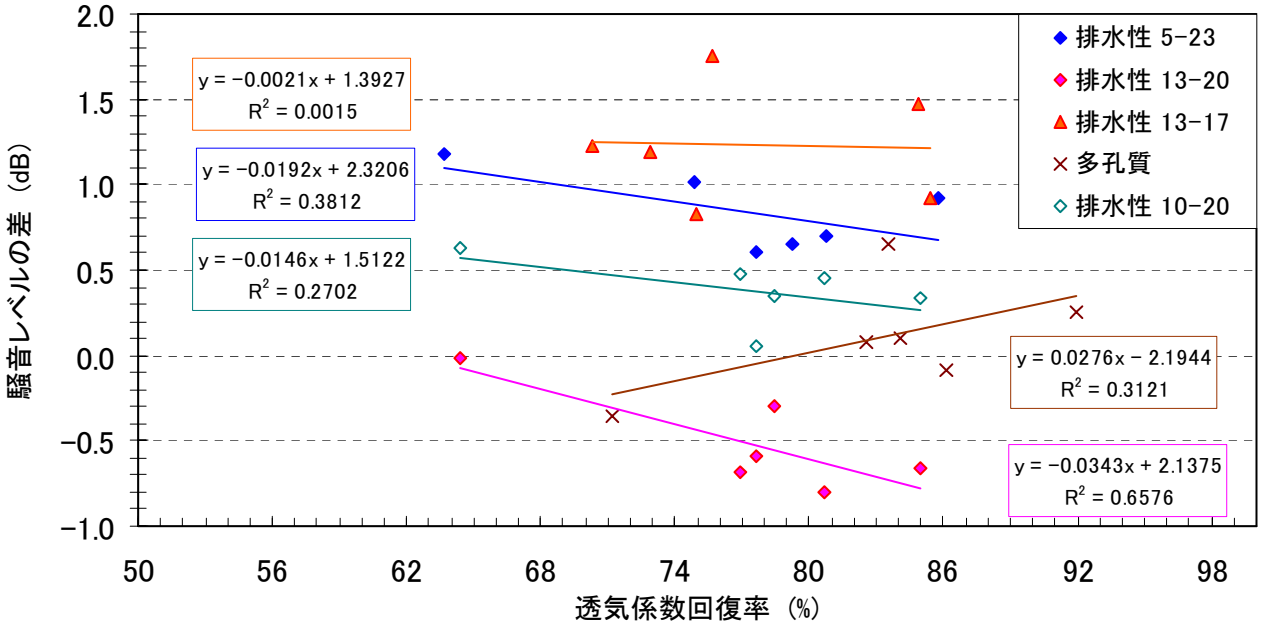


図 7-3-1-4-11　透気係数回復率と騒音レベルの差の関係（冬季：L 車）

⑷ まとめ

夏季の測定では、散水後 24 時間経過でほぼ乾燥状態の騒音レベルまで回復することが確認できた。しかし、最高気温 10℃程度の冬季の測定では、24 時間経過した状態においても、乾燥状態の騒音レベルまで回復しない路面があった。

これらの結果から、測定日までの降雨履歴や気温によっては、長期にわたり滞水した雨水が排水されず、タイヤ/路面騒音に残存水分の影響が現れる可能性のあることが分かった。特に気温の低い冬季においてはその可能性が高い。また、路面の種類により騒音レベルの回復程度が異なり、空隙率と空隙径（骨材粒径）が大きい路面のほうが騒音レベルの回復が早い傾向にあることも確認された。

騒音レベルが回復しやすい舗装種：　13mm20％、10mm20％（多孔質弾性）
騒音レベルが回復し難い舗装種　：　5mm23％、13mm17％

表-7-3-1-4-2　路面水分とタイヤ近接音の変化（夏季測定）

測定車輌：Ｌ車

排水性 5-23　　散水時刻　2002/9/2　17:40

測定期日	測定時刻	散水後経過時間	タイヤ近接音測定値（dB）								路面温度	タイヤ温度
			1	2	3	4	5	平均値	標準偏差	変動係数	℃	℃
9月3日	7:04	13.5	85.6	85.6	85.3	85.9	85.8	85.6	0.230	0.21	37.3	50.4
	9:14	15.6	85.0	84.7	85.4	85.5	85.4	85.2	0.339	0.30	63.3	63.2
	11:09	17.5	85.7	85.9	85.3	85.5	85.4	85.6	0.241	0.22	55.3	56.5
	13:07	19.5	85.4	85.2	85.7	85.0	86.3	85.5	0.507	0.45	60.0	55.6
	15:07	21.5	85.2	85.6	85.7	85.8	85.4	85.5	0.241	0.22	47.6	45.6
	17:07	23.4	86.0	85.9	86.4	85.6	85.7	85.9	0.311	0.28	40.4	47.3
9月4日	6:38	37	85.9	86.1	85.8	86.3	86.1	86.0	0.195	0.17	31.9	42.9
	9:08	39.5	84.8	85.6	85.3	85.4	85.3	85.3	0.295	0.26	53.4	54.1
	11:06	41.4	84.8	84.9	85.4	85.1	85.7	85.2	0.370	0.33	62.5	58.5
	13:08	43.5	85.4	84.8	85.3	85.3	85.4	85.2	0.251	0.22	53.7	56.9

排水性 13-20

測定期日	測定時刻	散水後経過時間	タイヤ近接音測定値（dB）								路面温度	タイヤ温度
			1	2	3	4	5	平均値	標準偏差	変動係数	℃	℃
9月3日	7:04	13.5	88.0	88.2	87.8	87.8	87.8	87.9	0.179	0.16	36.7	50.4
	9:14	15.6	87.6	87.5	87.8	88.3	87.7	87.8	0.311	0.28	62.4	63.2
	11:09	17.5	87.6	87.6	87.8	87.7	87.7	87.7	0.084	0.07	54.1	56.5
	13:07	19.5	87.6	87.6	87.5	87.5	88.2	87.7	0.295	0.26	58.6	55.6
	15:07	21.5	87.8	87.8	87.6	87.9	88.4	87.9	0.300	0.27	32.2	45.6
	17:07	23.4	88.3	87.8	88.0	88.1	88.2	88.1	0.192	0.17	33.5	47.3
9月4日	6:38	37	88.1	88.4	88.5	88.0	87.8	88.2	0.288	0.26	30.9	42.9
	9:08	39.5	88.0	88.2	87.6	87.6	87.3	87.8	0.358	0.32	51.6	54.1
	11:06	41.4	87.6	87.6	87.6	87.3	87.7	87.6	0.152	0.14	61.1	58.5
	13:08	43.5	87.8	87.7	87.7	87.6	87.9	87.7	0.114	0.10	53.1	56.9

排水性 13-17

測定期日	測定時刻	散水後経過時間	タイヤ近接音測定値（dB）								路面温度	タイヤ温度
			1	2	3	4	5	平均値	標準偏差	変動係数	℃	℃
9月3日	7:04	13.5	88.6	88.1	88.9	88.4	88.7	88.55	0.305	0.27	36.0	50.4
	9:14	15.6	88.4	88.4	88.9	88.3	88.0	88.41	0.324	0.29	62.2	63.2
	11:09	17.5	88.1	88.3	88.8	88.6	88.8	88.53	0.311	0.28	54.2	56.5
	13:07	19.5	88.7	88.6	88.2	88.3	89.0	88.57	0.321	0.29	54.8	55.6
	15:07	21.5	87.8	88.6	88.4	88.9	89.2	88.61	0.531	0.47	45.4	45.6
	17:07	23.4	88.9	88.9	88.9	88.9	88.6	88.84	0.134	0.12	33.5	47.3
9月4日	6:38	37	88.9	88.5	89.2	88.8	88.4	88.77	0.321	0.29	30.5	42.9
	9:08	39.5	88.0	88.6	88.3	88.0	88.3	88.25	0.251	0.22	50.6	54.1
	11:06	41.4	87.6	88.0	88.1	87.9	87.8	87.88	0.192	0.17	61.0	58.5
	13:08	43.5	87.9	87.9	88.0	88.2	88.3	88.06	0.182	0.16	47.5	56.9

密粒

測定期日	測定時刻	散水後経過時間	タイヤ近接音測定値（dB）								路面温度	タイヤ温度
			1	2	3	4	5	平均値	標準偏差	変動係数	℃	℃
9月3日	7:04	13.5	92.8	92.8	92.8	92.3	93.6	92.9	0.467	0.42	35.5	50.4
	9:14	15.6	92.0	92.4	92.0	91.7	92.4	92.1	0.300	0.27	60.2	63.2
	11:09	17.5	91.0	91.5	92.6	91.5	92.6	91.9	0.723	0.65	62.1	56.5
	13:07	19.5	91.1	91.9	91.6	91.5	92.7	91.8	0.598	0.54	57.6	55.6
	15:07	21.5	92.2	92.4	92.3	92.5	91.7	92.2	0.311	0.28	32.5	45.6
	17:07	23.4	91.8	92.3	92.2	92.4	93.2	92.4	0.512	0.46	33.8	47.3
9月4日	6:38	37	92.9	92.2	92.0	93.3	93.9	92.9	0.783	0.70	30.1	42.9
	9:08	39.5	93.2	91.6	90.8	91.7	93.0	92.2	1.014	0.91	49.2	54.1
	11:06	41.4	91.7	91.5	91.8	92.0	91.6	91.7	0.192	0.17	68.7	58.5
	13:08	43.5	92.4	92.7	91.4	92.4	93.6	92.6	0.787	0.70	48.6	56.9

表-7-3-1-4-3　路面水分とタイヤ近接音の変化（冬季測定－１）

測定車輌：Ｌ車

排水性 5-23　　散水時刻 2003/2/25 20:00

測定期日	測定時刻	散水後経過時間	タイヤ近接音測定値 (dB)								気温
			1	2	3	4	5	平均値	標準偏差	変動係数	℃
2月26日	9:00	13	87.26	86.65	87.33	87.08	86.97	87.06	0.263	0.31	6.8
	11:00	15	87.24	87.39	86.82	87.00	87.07	87.10	0.220	0.25	12.7
	13:00	17	87.24	87.84	87.33	87.73	87.52	87.53	0.257	0.29	14.7
	15:00	19	87.74	87.25	87.56	87.56	87.30	87.48	0.206	0.24	14.6
	17:00	21	87.64	87.38	87.29	87.10	87.37	87.36	0.197	0.23	11.7
2月27日	7:00	35	86.85	86.64	86.48	87.72	86.80	86.90	0.418	0.55	3.5
	10:00	38	86.92	87.10	86.77			86.93	0.168	0.19	11.3
	13:00	41	86.92	86.85	86.87	87.04	86.99	86.93	0.082	0.09	13.8

排水性 13-20

測定期日	測定時刻	散水後経過時間	タイヤ近接音測定値 (dB)								気温
			1	2	3	4	5	平均値	標準偏差	変動係数	℃
2月26日	9:00	13	90.24	89.63	90.06	89.78	89.63	89.87	0.273	0.30	6.8
	11:00	15	89.93	90.07	89.88	90.13	89.90	89.98	0.111	0.12	12.6
	13:00	17	89.84	90.07	89.88	90.19	89.97	89.99	0.142	0.16	14.7
	15:00	19	90.05	90.25	90.00	90.08	89.77	90.03	0.173	0.19	14.6
	17:00	21	90.08	90.02	89.88	89.72	89.77	89.89	0.155	0.17	11.5
2月27日	7:00	35	90.25	90.04	90.10	90.04	90.46	90.18	0.179	0.20	3.2
	10:00	38	89.92	89.85	90.10			89.96	0.131	0.15	11.3
	13:00	41	90.00	89.65	89.68	89.57	89.46	89.67	0.201	0.22	13.8

排水性 13-17

測定期日	測定時刻	散水後経過時間	タイヤ近接音測定値 (dB)								気温
			1	2	3	4	5	平均値	標準偏差	変動係数	℃
2月26日	9:00	13	91.46	91.21	90.81	90.98	90.89	91.07	0.263	0.29	6.4
	11:00	15	91.16	91.05	91.10	90.95	91.21	91.09	0.099	0.11	13.1
	13:00	17	90.63	90.59	90.81	90.60	90.89	90.70	0.136	0.15	15.1
	15:00	19	90.64	90.80	90.44	90.59	91.03	90.70	0.227	0.25	14.8
	17:00	21	90.47	90.59	90.73	90.75	90.73	90.66	0.119	0.13	11.4
2月27日	7:00	35	90.80	90.71	90.78	90.70	90.51	90.70	0.116	0.13	3.9
	10:00	38	90.51	90.62	90.41	90.55	90.71	90.56	0.115	0.13	11.3
	13:00	41	89.84	89.95	90.03	90.71	90.68	90.24	0.421	0.47	14.8

密粒

測定期日	測定時刻	散水後経過時間	タイヤ近接音測定値 (dB)								気温
			1	2	3	4	5	平均値	標準偏差	変動係数	℃
2月26日	9:00	13	101.52	100.11	100.26	99.89	100.11	100.38	0.652	0.65	6.0
	11:00	15	94.47	94.44	94.24	94.02	94.47	94.33	0.200	0.21	13.1
	13:00	17	94.01	94.29	94.47	94.33	94.29	94.28	0.165	0.18	15.6
	15:00	19	94.44	94.56	94.58	94.11	94.11	94.36	0.235	0.25	14.8
	17:00	21	94.60	94.45	94.52	94.97	94.95	94.70	0.246	0.26	11.4
2月27日	7:00	35	95.72	95.68	95.76	94.33	95.91	95.68	0.212	0.22	3.8
	10:00	38	94.69	94.37	94.48	94.80	94.78	94.62	0.190	0.20	11.2
	13:00	41	94.12	93.92	94.13	93.60	93.62	93.88	0.261	0.28	14.7

多孔質

測定期日	測定時刻	散水後経過時間	タイヤ近接音測定値 (dB)								気温
			1	2	3	4	5	平均値	標準偏差	変動係数	℃
2月26日	9:00	13	87.97	88.15	88.17	88.57	88.49	88.27	0.253	0.29	7.4
	11:00	15	87.67	88.01	88.16	88.27	88.23	88.07	0.244	0.28	13.5
	13:00	17	87.98	87.79	87.68	87.34	87.61	87.68	0.237	0.27	15.4
	15:00	19	88.58	87.96	88.09	88.05	88.36	88.21	0.256	0.29	14.7
	17:00	21	88.64	88.75	88.87	89.40	89.03	88.94	0.295	0.33	11.0
2月27日	7:00	35	88.80	89.13	89.07	89.34	89.03	89.07	0.194	0.22	4.6
	10:00	38	87.85	88.22	87.78	88.05	88.15	88.01	0.192	0.22	11.2
	13:00	41	87.54	87.67	87.41	87.38	88.18	87.64	0.328	0.37	14.9

排水性 10-20

測定期日	測定時刻	散水後経過時間	タイヤ近接音測定値 (dB)								気温
			1	2	3	4	5	平均値	標準偏差	変動係数	℃
2月26日	9:00	13	89.42	89.39	89.20	89.34	89.44	89.36	0.098	0.11	6.9
	11:00	15	89.32	89.41	89.41	89.41	89.62	89.43	0.109	0.12	13.2
	13:00	17	89.38	89.36	89.25	89.37	89.46	89.36	0.077	0.09	15.7
	15:00	19	88.93	89.05	88.91	89.10	89.20	89.03	0.122	0.14	14.5
	17:00	21	88.95	89.03	88.90	88.97	88.98	88.97	0.045	0.05	10.9
2月27日	7:00	35	89.34	89.38	89.26	89.92	89.58	89.50	0.266	0.30	4.4
	10:00	38	88.88	88.94	88.83	88.70	88.79	88.83	0.089	0.10	11.5
	13:00	41	88.85	88.67	88.52	88.58	88.66	88.66	0.126	0.14	14.7

表-7-3-1-4-4　路面水分とタイヤ近接音の変化（冬季測定－２）

測定車輌：Ｉ車

排水性 5-23　　散水時刻　2003/2/25　20:00

測定期日	測定時刻	散水後経過時間	タイヤ近接音測定値 (dB)								気温
			1	2	3	4	5	平均値	標準偏差	変動係数	℃
2月26日	9:00	13	84.54	85.34	84.64	84.96	85.01	84.91	0.319	0.29	6.0
	11:00	15	84.78	84.58	84.67	84.42	84.41	84.57	0.160	0.14	10.0
	13:00	17	84.64	84.49	84.49	84.82	84.70	84.63	0.142	0.13	11.5
	15:00	19	84.61	84.45	84.45	84.82	84.85	84.64	0.193	0.17	12.0
	17:00	21	84.72	84.48	84.25	84.41	84.57	84.49	0.176	0.16	8.5
2月27日	7:00	35	84.31	84.12	84.55	84.39	84.12	84.30	0.184	0.16	3.0
	10:00	38	84.29	84.23	84.09	84.13	84.46	84.24	0.146	0.13	9.0
	13:00	41	84.30	84.60	84.38	84.60	84.41	84.46	0.136	0.12	11.0

排水性 13-20

測定期日	測定時刻	散水後経過時間	タイヤ近接音測定値 (dB)								気温
			1	2	3	4	5	平均値	標準偏差	変動係数	℃
2月26日	9:00	13	88.58	88.02	88.44	88.36	88.26	88.34	0.210	0.19	6.0
	11:00	15	87.35	87.27	87.56	87.34	87.41	87.39	0.109	0.10	10.0
	13:00	17	87.38	87.83	87.95	87.93	87.69	87.76	0.234	0.21	11.5
	15:00	19	87.48	87.60	87.54	87.35	87.66	87.53	0.119	0.11	12.0
	17:00	21	87.46	87.20	87.85	87.38	87.63	87.51	0.248	0.22	8.5
2月27日	7:00	35	87.93	88.43	88.00	88.20	88.06	88.13	0.198	0.18	3.0
	10:00	38	87.59	87.79	87.97	87.89	87.75	87.80	0.145	0.13	9.0
	13:00	41	87.61	87.67	87.62	87.93	87.57	87.68	0.144	0.13	11.0

排水性 13-17

測定期日	測定時刻	散水後経過時間	タイヤ近接音測定値 (dB)								気温
			1	2	3	4	5	平均値	標準偏差	変動係数	℃
2月26日	9:00	13	89.44	89.62	89.64	89.91	89.60	89.64	0.169	0.15	6.0
	11:00	15	89.17	89.56	89.57	89.26	89.47	89.41	0.181	0.16	10.0
	13:00	17	89.25	89.13	89.41	89.42	89.42	89.33	0.131	0.12	11.5
	15:00	19	89.18	88.92	88.91	88.99	89.25	89.05	0.156	0.14	12.0
	17:00	21	88.85	88.90	88.76	88.72	88.88	88.82	0.078	0.07	8.5
2月27日	7:00	35	88.96	89.06	89.25	89.12	88.95	89.07	0.124	0.11	3.0
	10:00	38	88.60	88.66	88.53	88.70	88.84	88.67	0.117	0.10	9.0
	13:00	41	88.80	88.73	88.64	88.85	88.93	88.79	0.111	0.10	11.0

密粒

測定期日	測定時刻	散水後経過時間	タイヤ近接音測定値 (dB)								気温
			1	2	3	4	5	平均値	標準偏差	変動係数	℃
2月26日	9:00	13	96.61	96.33	95.99	96.02	95.89	96.18	0.297	0.27	6.0
	11:00	15	92.02	91.94	91.82	91.88	92.00	91.93	0.083	0.07	10.0
	13:00	17	92.02	91.82	92.07	91.95	92.05	91.98	0.101	0.09	11.5
	15:00	19	91.84	91.74	91.81	91.82	91.48	91.74	0.149	0.13	12.0
	17:00	21	91.20	91.08	91.18	90.99	91.29	91.15	0.116	0.10	8.5
2月27日	7:00	35	91.69	92.06	91.84	91.86	91.94	91.88	0.136	0.12	3.0
	10:00	38	91.38	91.39	91.34	91.36	91.39	91.37	0.022	0.02	9.0
	13:00	41	91.22	91.29	91.40	91.30	91.54	91.35	0.124	0.11	11.0

多孔質

測定期日	測定時刻	散水後経過時間	タイヤ近接音測定値 (dB)								気温
			1	2	3	4	5	平均値	標準偏差	変動係数	℃
2月26日	9:00	13	83.56	83.59	83.65	83.60	83.32	83.55	0.129	0.12	6.0
	11:00	15	83.49	83.61	83.77	83.92	83.88	83.74	0.182	0.16	10.0
	13:00	17	83.98	84.04	83.91	83.99	83.94	83.97	0.050	0.04	11.5
	15:00	19	84.44	84.37	84.87	84.76	84.34	84.56	0.242	0.22	12.0
	17:00	21	84.88	84.76	84.44	84.74	84.68	84.70	0.162	0.15	8.5
2月27日	7:00	35	84.20	84.05	83.86	83.98	83.99	84.02	0.124	0.11	3.0
	10:00	38	84.51	83.65	83.67	83.68	83.86	83.89	0.365	0.33	9.0
	13:00	41	84.03	84.36	83.97	84.30	84.26	84.19	0.173	0.15	11.0

排水性 10-20

測定期日	測定時刻	散水後経過時間	タイヤ近接音測定値 (dB)								気温
			1	2	3	4	5	平均値	標準偏差	変動係数	℃
2月26日	9:00	13	88.31	88.09	88.33	87.84	88.55	88.23	0.269	0.24	6.0
	11:00	15	87.95	87.84	87.83	87.90	87.66	87.84	0.110	0.10	10.0
	13:00	17	88.02	88.02	87.99	88.36	88.08	88.10	0.152	0.14	11.5
	15:00	19	88.15	88.24	88.05	87.95	88.22	88.12	0.122	0.11	12.0
	17:00	21	87.60	87.59	87.45	87.58	87.59	87.56	0.063	0.06	8.5
2月27日	7:00	35	88.39	88.20	87.74	87.79	88.21	88.07	0.286	0.26	3.0
	10:00	38	87.53	87.53	88.22	87.73	87.87	87.78	0.287	0.26	9.0
	13:00	41	87.37	87.87	88.71	88.08	88.14	88.06	0.484	0.43	11.0

(5) 表層内の水分の影響

路面反射測定装置および吸音特性測定装置は、路面と非接触の状態で測定するものであり、タイヤ近接音のように、タイヤの接触によって表層内部をポンピングすることはない。よって、両測定装置はタイヤ近接音測定装置より空隙内に残存する水分の影響は受けにくいと考えられる。これらのことから、タイヤ近接音測定装置と同様の条件で測定すれば、水分の影響は受けないものとして測定条件を設定する。

7.3.1.5 タイヤ溝深さの影響

タイヤの溝深さがタイヤ／路面騒音に影響を与えると考えられることから、走行距離とタイヤ摩耗量およびタイヤ／路面騒音の関係について調査を行った。その結果からタイヤ／路面騒音測定用のタイヤとしての使用限度について見解が得られたのでここに示す。

(1) 実験概要

調査用タイヤの新品時におけるタイヤ溝深さおよび、一定距離を走行した時のタイヤ溝深さをレーザー変位計によって測定し、その時のタイヤ／路面騒音値を測定することにより、タイヤ溝深さと騒音値との関係について調査した。

調査は、簡易式のタイヤ／路面騒音測定車で行い、調査用タイヤは共同研究で推奨されている共通タイヤを用いた。騒音測定は土木研究所構内に施工されている暫定路面で行った。

表-7-3-1-5-1 調査概要

測定車	世紀東急車
車輌重量	1830kg(前軸 960kg,後軸 870kg)
調査用タイヤ	Vector3RV(195/65R15)
対象路面	排水性 13mm(17%), 密粒舗装
調査速度	50km/h
溝深さ測定器	レーザー変位計(LK-080)



写真-7-3-1-5-1 タイヤ溝深さ測定状況

(2) 実験方法および結果

1) タイヤ溝深さの測定

タイヤの溝深さは、レーザー変位計によって測定した。タイヤ溝深さの測定位置にはあらかじめマーキングしておき、毎回同じ側線を測定するようにようにした。

測定は、走行距離が 1,000ｋｍ以上に達してから任意に行った。測定結果を**表-7-3-1-5-2、図-7-3-1-5-1** に示す。この結果、タイヤの摩耗は直線的に変化するのではなく、曲線的に変化しており、走行距離が約 2,000km 付近までが急激に摩耗していることが分かる。また、前輪は後輪に比べ約 2 倍の早さで摩耗する。

摩耗量の算出は、各走行時の溝深さから走行 0ｋｍの時の摩耗量を引いたものである。

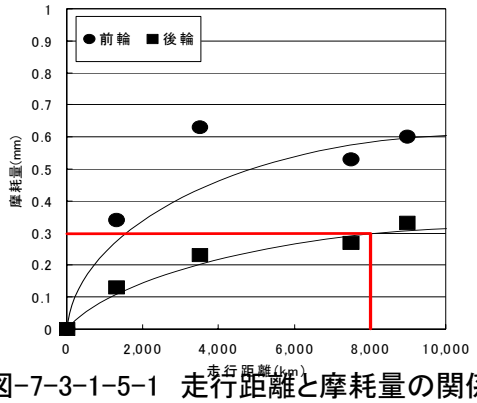


図-7-3-1-5-1 走行距離と摩耗量の関係

表-7-3-1-5-2 走行距離と摩耗量の関係

走行距離 (km)	溝深さ(mm)		磨耗量(mm)	
	前輪	後輪	前輪	後輪
0	8.44	8.44	0	0
1,300	8.1	8.31	0.34	0.13
3,500	7.81	8.21	0.63	0.23
7,500	7.91	8.17	0.53	0.27
9,000	7.84	8.11	0.6	0.33

2) 騒音の測定

騒音の測定は、共同研究における測定手順に沿って行い、土木研究所構内に設けている暫定路面の中央走行部の排水 13-17 と密粒舗装を対象として行った。暫定路面の概略を図-7-3-1-5-2 に示す。

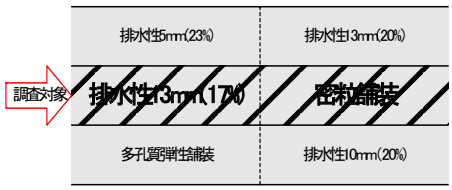


図-7-3-1-5-2 暫定路面走行場所

表-7-3-1-5-3 および図-7-3-1-5-3 は測定の結果を示したものである。この結果から、摩耗量が増加するにつれて騒音レベルも増加することが解るが、摩耗の初期の段階では騒音の増加が見られない。この傾向は、排水性舗装、密粒舗装両方に共通して見られる。また、騒音の増加についても同様な傾向を示しており、その変曲点も 0.35mm 付近となっている。

表-7-3-1-5-3 タイヤ摩耗量と騒音値

dB(A)

タイヤ磨耗量 (mm)	排水性 13mm(17%)	密粒
0	83.7	86.6
0.13	83.7	86.1
0.63	85.9	90.1
0.53	85.1	88.6
0.71	86.7	89.5

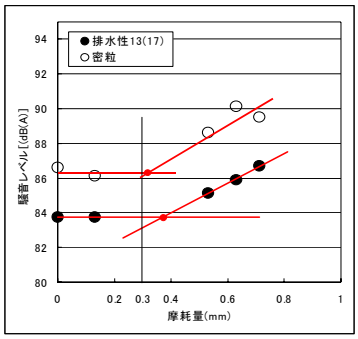


図-7-3-1-5-3 タイヤ摩耗量と騒音値の関係

3) 考察

今回の測定結果にはデータのばらつきが見られるが、タイヤの摩耗量と騒音値の関係についての傾向は捉えていると判断し、測定によって得られたタイヤの摩耗量とタイヤ／路面騒音の関係から、タイヤ／路面騒音を安定して測定する方法について考察すると以下のことが考えられる。

a. タイヤ／路面騒音測定は、±0.2dB の精度が要求されることから、騒音値の変化が無いことが望ましい。測定結果の図-7-3-1-5-3 に示す関係から、摩耗量が 0.3mm 位までなら変化が少ないと考えられる。

b. a. の考察によるタイヤ摩耗量が 0.3mm までの走行距離は、図-7-3-1-5-1 によって見てみると約 8,000km の走行距離時の摩耗量であることが分かる。

4) まとめ

- タイヤの摩耗は、初期段階で大きく変化するが、タイヤ／路面騒音値には変化は見られない。
- ある程度タイヤの摩耗が進行すると、タイヤ／路面騒音は大きくなる傾向にあり、その変曲点は 0.35mm 付近に存在する。
- タイヤ／路面騒音測定を考慮すると、タイヤの摩耗量は騒音値に変化が見られない 0.3mm 付近が限界と考えられ、走行距離は約 8,000km と推定される。
- 以上の結果から、タイヤ／路面騒音測定における測定用タイヤの使用限界は、摩耗量で 0.3mm、走行距離で 8,000km を本研究による規定値（案）とする。

7.3.1.6　予備走行の必要性

タイヤ近接音測定装置において測定時にける予備走行の必要性を検証するため、暫定路面において停止時から 30 周（約 20km）の連続測定を実施した。この結果を**図-7-3-1-6-1** に示す。

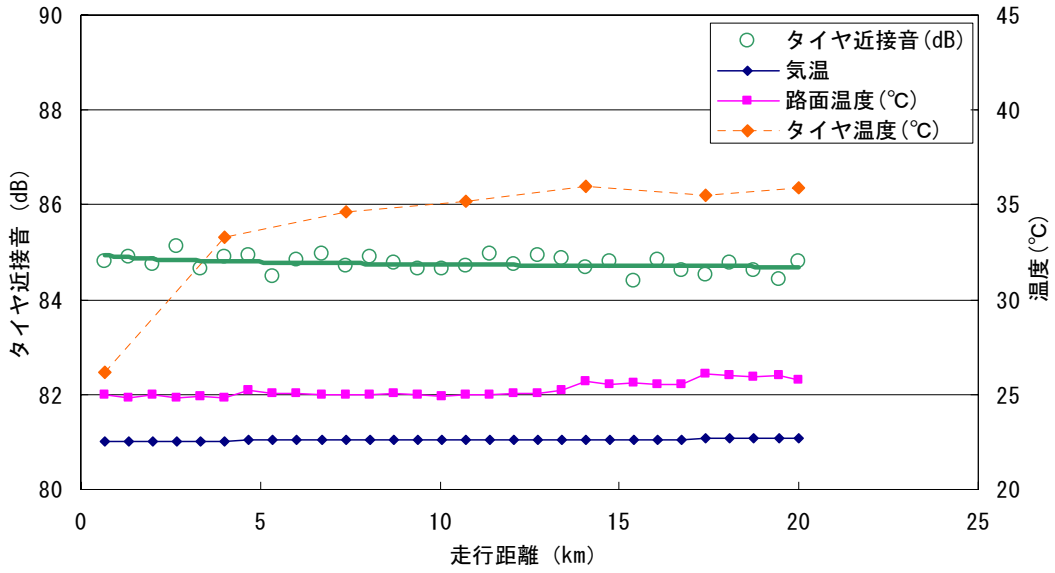


図-7-3-1-6-1　走行距離と騒音値の関係

この結果、気温は 22.5～22.7(℃)、路面温度は 24.8～26.1(℃)とほとんど変化していないのに対し、タイヤ温度は測定開始直後 26.2℃だったものが約 10km 程度走行するまでに 36℃まで上昇しその後落ち着く傾向にあった。騒音値に関しても測定開始直後から若干ではあるが低下し 10km 程度の走行で落ち着く傾向にあった。これより、測定前に 10km 以上の予備走行を実施してから測定を実施することとした。

なお、吸音特性測定装置は人工音源の入射波と反射波の比率、路面反射音測定装置が規定の音圧を持った人工音源の放射で測定する方式である。各測定装置は路面と非接触で測定するため、ウォーミングアップのための予備走行を必要としない。

7.3.1.7　近接する壁の騒音への影響

タイヤ近接音測定装置においては測定時に近傍に存在する壁により音の反射が起こり、騒音値へ影響を及ぼす可能性が考えられる。これを検証するために、測定車線左側（マイクロホン位置から1～4mの位置）に高さ約 1m の板を設置して、測定車と板の間隔を変化させて測定を実施した。板を設置しない場合に対する差について**図-7-3-1-7** に示す。

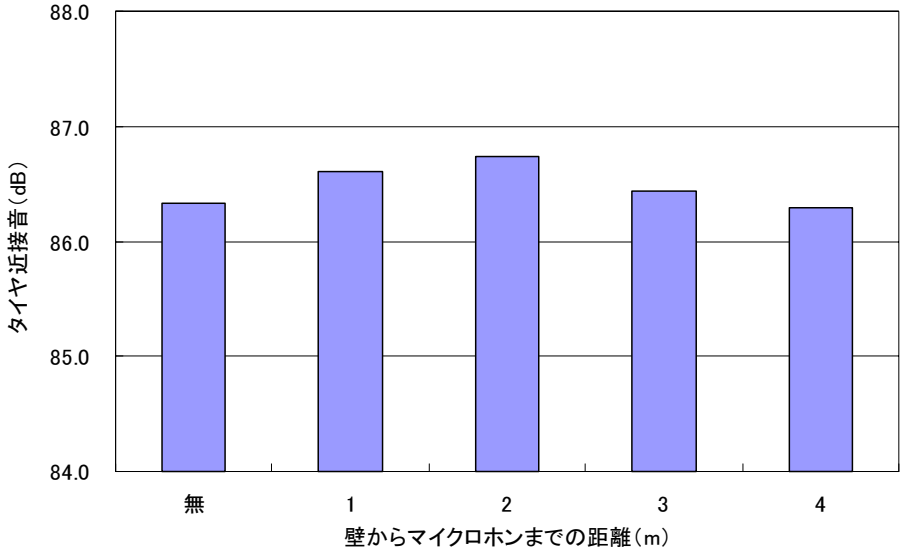


図-7-3-1-7-1　測定車近傍の壁と騒音値の関係

この結果より、板を設置しない場合と比較して、マイクロホンと板の間隔が 2m 程度まではその影響により 0.3dB 程度騒音値が上昇しており、それ以上離れるとその影響は小さくなる傾向にある。また、測定車右側に板を設置した場合は明確な差は見られない結果となっている。これより測定時に近傍に壁がある場合、除外区間に設定する等の検討が必要になってくると考えられる。

なお、吸音特性測定装置は後述 **7.4.2 吸音特性測定装置の通り**、スピーカ、マイクロホンを内蔵した音響測定部が箱に格納され、箱の内側には外部ノイズを軽減する吸音材が貼ってある。また、**図-7-3-1-7-2** に示すようにスピーカからマイクロホンへの入射音、路面からの反射音の計測時間を制御して、外部ノイズの影響を受けにくいようにしている。路面反射音測定装置はスピーカ、騒音計を内蔵した音響測定部が箱に格納され、路面に近接して測定する。これらのことから、双方の装置は、外部ノイズの影響を受けにくい構造となっている。

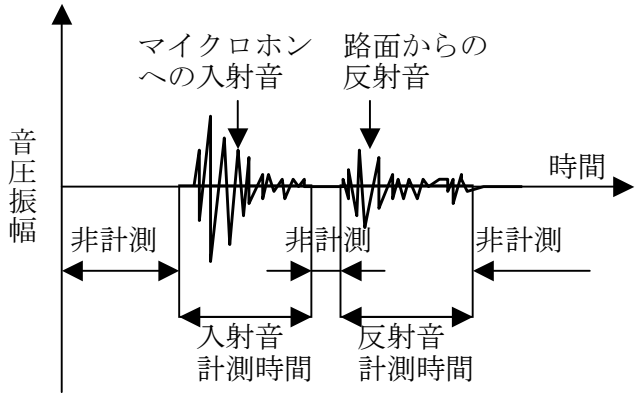


図-7-3-1-7-2　吸音特性測定装置の計測時間制御

7.3.1.8　併走・対向車両の影響

一般道におけるタイヤ近接音の測定例を**図**-7-3-1-8-1 に示す。測定開始地点よりおよそ 80～120 m 地点で測定車と大型貨物車が併走し、その間のタイヤ近接音は併走車がない場合に比べて 2 dB 以上大きくなっていた。大型貨物車以外にも自動 2 輪車や消音器を改造している普通車等が対向車線を走行している場合でもこのような影響がでる場合がある。

測定時に併走車や対向車によって、測定値に影響が疑わしい場合には、測定回数を多くして他のデータと照合し、測定データとしての採否を判断することが望ましい。

吸音特性測定装置と路面反射音測定装置は、前述の 7.3.1.7 近接する壁の騒音への影響で述べた通り、外部ノイズの影響を受けにくい構造となっている。

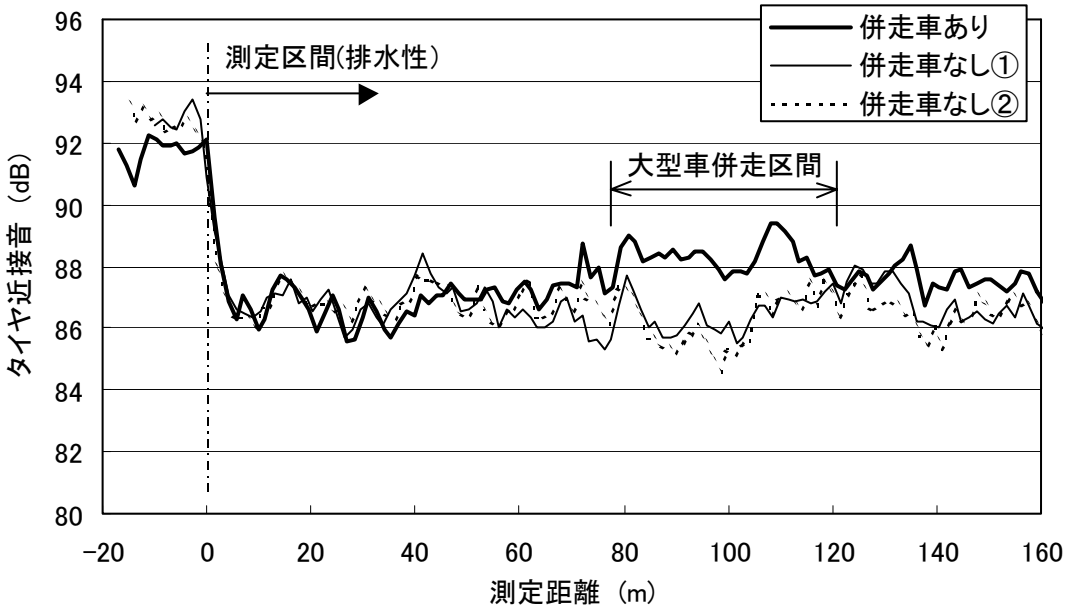


図-7-3-1-8-1　大型車が併走した場合のタイヤ近接音測定結果

7.3.1.9 暗騒音の影響について

(1)想定される暗騒音

一般に、暗騒音とは「ある場所において特定の音を対象として考える場合、対象の音がないときのその場所における騒音※」と定義されている。

本共同研究に参加している各車両がタイヤ／路面騒音を測定する場合、上記定義の「特定の音」は、タイヤ／路面騒音、あるいは測定車両から地面に向けて放射される音となる。

したがって、タイヤ／路面騒音の現場測定時に想定される暗騒音としては、以下のものが考えられる。

○測定車両自身のエンジン音

○測定時に、測定車両の付近を走行する対向車・併走車等のエンジン音、あるいはタイヤ／路面騒音

(2)暗騒音が測定対象騒音に与える影響範囲※

対象の音があるときとないときで、騒音計の指示値が 10dB 以上の差を示せば、暗騒音の影響はほぼ無視できる。

差が 10dB 未満の場合は、**表-7-3-1-9-1** によって指示値を補正することにより、対象の音が単独にあるときのレベルを推定できる。

表-7-3-1-9-1　暗騒音の影響に対する補正

対象音の有無による指示値の差(dB)	4	5	6	7	8	9
補正値(dB)	-2		-1			

(3)測定車両のエンジン音が与える影響

タイヤ近接音で評価する装置の場合、通常の測定時と同様にマイクを装着し、車両が停止した状態でタイヤ近接音を測定することで影響を評価できる。タイヤ近接音の実測値の一例を**表-7-3-1-9-2** に示す。

表-7-3-1-9-2　タイヤ近接音の測定例

	タイヤ近接音(実測値)	備考
車両走行時	約 81	多孔質弾性舗装、40km/h
車両停止時	69～70 程度	車両を停止させてエンジン回転数を 40km/h 走行相当にしたときの騒音値
(走行時－停止時)	約 11～12	

結果を見てわかるように、現在測定の対象としている路面で最もタイヤ近接音が小さいと考えられる多孔質弾性舗装においても、車両停止時のタイヤ近接音とは 10dB 以上の差があることから、測定車両自身のエンジン音はタイヤ近接音の測定値に影響を与えないと判断できる。

(4) 吸音特性測定装置・路面反射音測定装置への暗騒音の影響

吸音特性測定装置は人工音源の入射波と反射波の比率、路面反射音測定装置が規定の音圧を持った人工音源の放射で測定する方式である。SN 比の高い周波数をデータ解析に使用、あるいは暗騒音に対して十分な SN 比を持つ人工音源を発射することにより、暗騒音の影響を排除している。

一例として、吸音特性測定装置の SN 比の測定例を**表-7-3-1-9-3** に示す。速度別に、人工音源を発射しない無音状態と、人工音源を発射した場合の反射率の比で示している。データ解析は 15dB 以上の SN 比を持つ 2kHz～6.3kHz の周波数帯の内、さらに 30dB 以上の SN 比を持つ 2.5kHz～4kHz の周波数を使用している。

表-7-3-1-9-3　吸音特性測定装置の周波数別 SN 比

単位:dB

速度	1/3オクターブ中心周波数(kHz)																
(km/h)	0.80	1.00	1.25	1.60	2.00	2.50	3.15	4.00	5.00	6.30	8.00	10.00	12.50	16.00	20.00	25.00	31.50
40	13.3	12.1	17.1	31.8	33.7	39.8	38.3	42.0	39.2	28.2	12.7	23.4	14.8	9.0	7.3	1.9	0.2
45	15.4	10.9	13.6	30.4	33.2	41.7	36.2	42.1	36.9	27.8	11.7	22.0	13.5	8.6	7.4	3.0	1.7
50	17.7	12.3	9.0	30.1	34.3	43.4	36.7	38.0	41.0	25.9	11.4	22.6	13.6	7.1	6.0	1.9	-0.3
55	16.9	17.5	15.8	14.1	17.0	38.8	41.9	42.9	32.5	29.4	7.5	23.2	10.4	5.6	5.0	-0.8	-1.3

注)　:SN比が15dB以下

※（参考資料）リオン（株）製精密騒音計 NA-27 取扱説明書

7.3.1.10　光電管と測定車の計測速度との関係

前述の 7.3.1.2 でタイヤ近接音測定装置は、測定速度の計測値への影響があることが確認されたことから、測定装置に搭載されている速度計の計測精度について光電管を用いた測定により確認する試験を行った。

なお、各装置の速度計の仕様における出力精度では、フルスケールの±0.5%以内となっている装置がほとんどとなっている。また、速度は 0.1km/h 単位で計測されるようになっている。

以下に、2 機種の測定装置における計測精度の確認試験の結果について示す。

なお、光電管による速度と各装置の計測速度の関係は、タイヤ近接音測定装置と路面反射音測定装置および吸音特性測定装置とも同様な結果となった。

(1)　A 装置における結果

速度計測の区間距離 30m で設置した光電管間を測定車が通過する時間によって求められた速度換算値と、測定車に組み込んだ速度記録による速度の比較を行った結果を図-7-3-1-10-1 に示す。

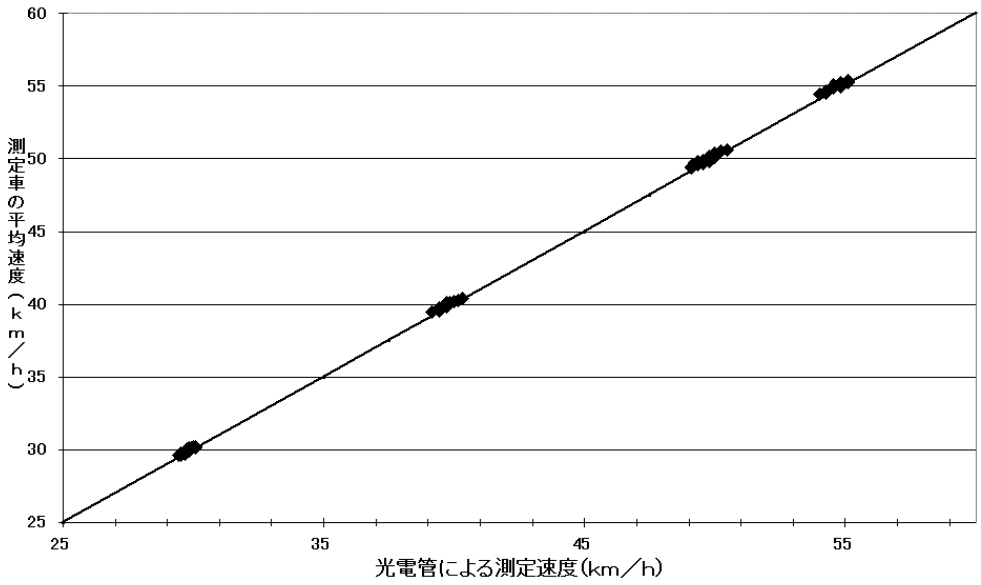
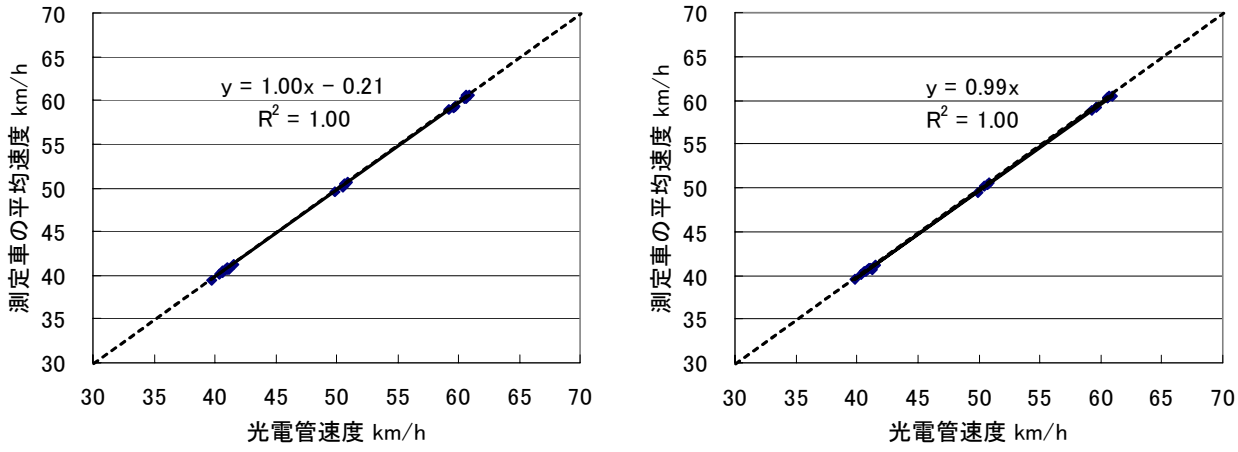


図-7-3-1-10-1　光電管による速度と A 装置の測定速度の比較

測定車の平均速度は光電管による速度と比較して平均で+0.25 ㎞/h、最高で+0.5 ㎞/h、最低で+0.03 ㎞/h となった。なお、差にバラツキが生じた理由の一つとして、光電管が 1/100 秒単位であることから、50 ㎞/h では 0.01 秒違うと 0.23 ㎞/h 変動することが挙げられる。

(2)　B 装置における結果

完成路面(速度計測の区間距離 50m)での回帰式および原点回帰式を**図-7-3-1-10-2** に示す。

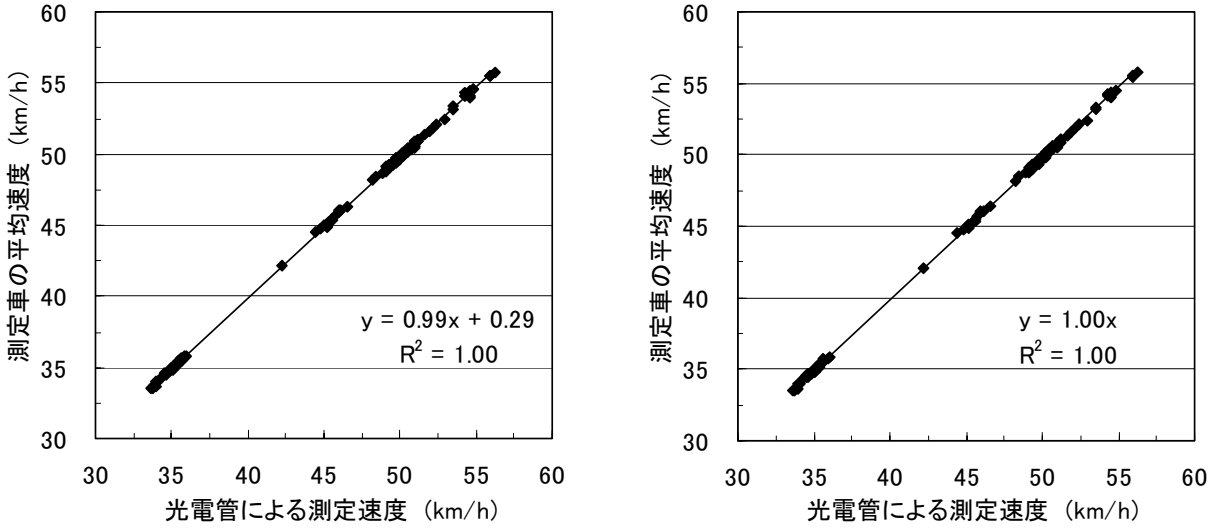


回帰式　　原点回帰式

図-7-3-1-10-2　計測区間 50m における光電管による速度と B 装置の測定速度との関係

光電管の速度と測定車の速度測定装置は高い相関となり、両者の速度の差は±0.5km/h の範囲内となっている。

また、暫定路面（速度計測の区間距離 30m）での回帰式および原点回帰式を**図-7-3-1-10-3** に示す。



回帰式　　原点回帰式

図-7-3-1-10-3　計測区間 30m における光電管による速度と B 装置の測定速度との関係

光電管での計測区間が 30m になっても測定車の速度測定装置との関係は、その距離が 50m での関係とほぼ同じ結果となった。

以上の結果から、測定車に装備された速度測定装置は、光電管での測定値と同等の走行速度が計測できると考えられる。このようなことから、現場での測定車の走行速度は装備された装置によって評価できるものと判断した。

7.3.1.11　必要な測定回数

騒音データを統計処理するにあたり、騒音データの正規性について調べた。

(1)騒音データの正規性

排水性舗装の騒音データ（サンプリング間隔 0.05 秒、0.1 秒）をヒストグラムにしたものである。**表-7-3-1-11-1** は、**図-7-3-1-11-1** のデータから尖度・歪度を計算し、正規性を調べたものである。図の形状、尖度・歪度の数値の範囲から、測定値が正規分布することが推察される。

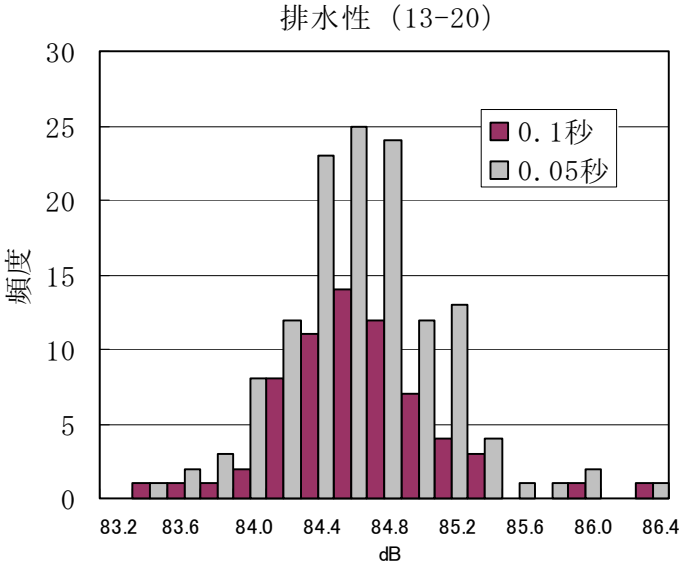


図-7-3-1-11-1　騒音データのヒストグラム

表-7-3-1-11-1　尖度・歪度

N=132	騒音データ	正規分布の範囲
尖度	1.223	−0.4　～　1.8
歪度	0.42	−0.7　～　0.9
摘要	尖度＝ $\frac{\mu_4}{\sigma^4}$　　歪度＝ $\frac{\mu_3}{\sigma^3}$ $\mu_3=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(Xi-\mu)^3$　　$\mu_4=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(Xi-\mu)^4$	

図-7-3-1-11-2 は、排水性 13-17、排水性 13-20、排水性 10-20、密粒舗装で測定された騒音データの正規分布の累積分布関数を正規確率紙にプロットしたものである。プロットされた点は、ほぼ直線に並んでおり測定データは正規分布しているものと考えられる。

以上のことから、これら騒音データを統計処理しても問題ないと考えられる。

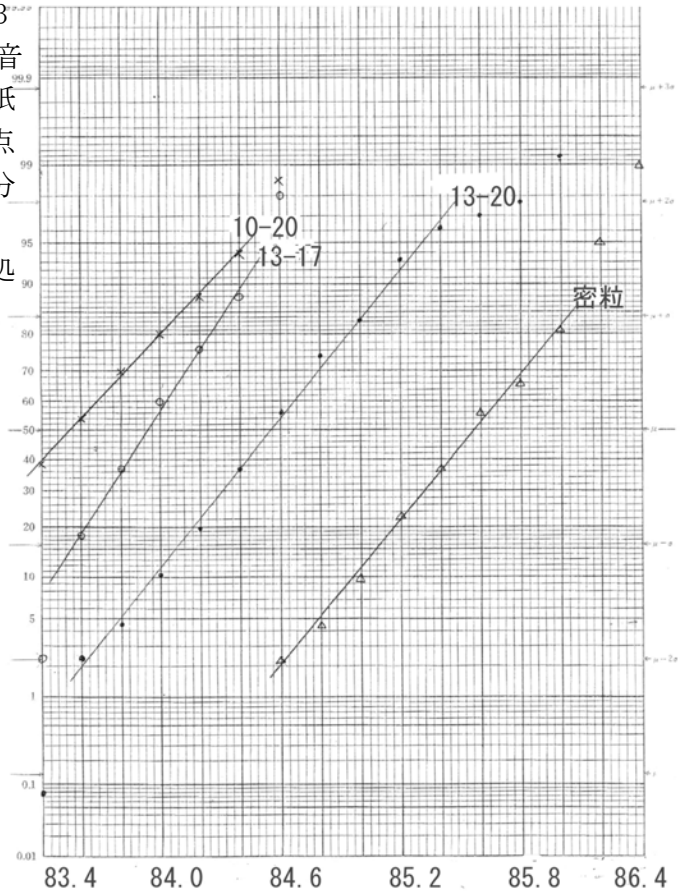


図-7-3-1-11-2　舗装種類別騒音データの正規性

（正規確率紙　品質管理便覧　日本規格協会　pp. 92、93）

⑵測定回数と精度の関係

タイヤ／路面騒音測定において、いくつのデータを採取すれば、対象とする現場の騒音値（母標準偏差σ）を統計上正確に表現しているか統計的に検討した。

母標準偏差σを精度よく推定するにはデータ数は多い方がよいが、実際の測定・試験では様々な制約から、データの採取数が制限されてしまうのが現状である。したがって、必要最小限のデータ数を以下のように決めた。

母集団から採取されたデータから求められるばらつき√ｖ（不偏分散平方根または標準偏差ｓとも呼ばれ、母標準偏差σと区別されている）は、母標準偏差σと以下の関係がある。

$$\sigma\ (\text{推定値}) = \sqrt{v} / c_2^* \quad \cdots\cdots\cdots (1)$$

式1の$1/c_2^*$は、データの√ｖの補正値で、データ数によって**表-7-3-1-11-2**のように決まっている。表から、補正値$1/c_2^*$が、データ数2～4個で大きく減少し、データ数5個以上で緩やかに減少し1に近づいていくことが分かる。これは√ｖが母標準偏差σに近づいていくことと同じである。このようなことから、母標準偏差σを精度良く推定できる必要最小限のデータ数は5個程度である。

表-7-3-1-11-3 の共同研究の測定データ例からランダムに 5 個抽出したデータの統計量を**表-7-3-1-11-4**に示す。その結果**表-7-3-1-11-4**に示すようにデータ数14個と5個の平均値、ばらつきσ（補正後）には差がなく、データ数5個でも十分な精度があると推察できる。

以上のことから本研究では、性能値の判定に必要な精度が得られる必要最小限のデータ数として測定回数を5回とした。

表-7-3-1-11-2　√ｖの補正値

データ数	$1/c_2^*$	データ数	$1/c_2^*$
2	1.253	14	1.019
3	1.128	15	1.018
4	1.085	16	1.017
5	1.064	17	1.016
6	1.051	18	1.015
7	1.042	19	1.014
8	1.036	20	1.013
9	1.032	25	1.010
10	1.028	30	1.009
11	1.025	40	1.006
12	1.023	50	1.005
13	1.021	100	1.003
データ数20以上　1+1/4n			

品質管理便覧　日本規格協会　pp.794

表-7-3-1-11-3　測定データ（例）

日付	時刻	ｄＢ	日付	時刻	ｄＢ
7月23日	4:43	89.46	7月23日	7:06	89.26
7月23日	5:41	89.21	7月23日	7:09	89.55
7月23日	5:43	89.46	7月23日	7:17	89.21
7月23日	6:25	89.49	7月23日	7:48	89.26
7月23日	6:32	89.39	7月23日	7:51	89.35
7月23日	6:34	89.47	7月23日	7:53	89.51
7月23日	6:36	89.78	7月23日	7:55	89.50

表-7-3-1-11-4　測定データ（例）の統計量

データ数	平均値	√ｖ	$1/c_2^*$	σの推定値
14	89.42	0.156	1.019	0.159
5	89.40	0.151	1.064	0.161

⑶数値の丸め方および有効桁数

数値の丸め方（四捨五入）は、JIS Z 8401に従う。ｎ＋１けた目の処理は、ｎけた目が偶数であればｎ＋１けた目の5は切り捨て、ｎけた目が奇数であればｎ＋１けた目の5は切り上げる。

例えば、

88.455dBは　→　88.46dB

88.445dBは　→　88.44dB

となる。

数値の有効桁数は、**表-7-3-1-11-5** に従うものとする。平均値は、データより 1 桁多く（データ数 2 ～ 20）、またはデータより 2 桁多く（データ数 21 ～ 200）、標準偏差はデータより 3 桁多く求めることができる。

本共同研究では煩雑さを避けるため平均値、標準偏差は0.001dB単位まで計算し、有効桁数0.01dB単位とした。

表-7-3-1-11-5　データ数と桁数

データの測定単位	0.1	
データの個数	2 ～ 20	21 ～ 200
平均値のけた数	データより 1 けた多く　0.01	データより 2 けた多く　0.001
標準偏差の有効数字	最大 3 けたまで 0.001	

品質管理便覧　日本規格協会　pp.77

7.3.1.12 現場における測定位置の検出

(1)現状の問題

タイヤ／路面騒音測定において、測定位置を特定することは、測定した区間を明確にする、除外区間のデータであることを明確にする、等の理由から必要と考えられる。しかし現状では、工区境に段差がある場合などを除いては、明確に位置を特定することはできない。そのため、測定位置が明確に特定できる手法の開発を行った。

(2)測定において必要と考えられた要因

測定は一般車両の走行している道路で行うため、他の車両の走行に影響が生じるような方法であってはならない。また、あまり高価であってもならないと同時に、簡単にできる方法であること等が必要と考えられた。

従って開発は、以下を目標として行った。

- 走行車両の障害とならない
- 測定時に簡単な操作を行うことで位置を特定できる
- 安価な装置である。
- 最大３車線での測定が可能である
- 測定の準備が簡単にできる

(3)位置の検出方法

上記の条件を満たす方法として、赤外線レーザーを用いた光電スイッチと、反射板を組み合わせた位置の検出方法を開発した。

原理は、を**図-7-3-1-12-1** 示す様に、測定車が測定区間の開始点に到達したとき、反射板に当たった光電スイッチの信号によって、位置信号が入力され、終了地点に達したとき、同様に位置信号が入力されるものである。また、後部から見た状況を**図-7-3-1-12-2** に示す。

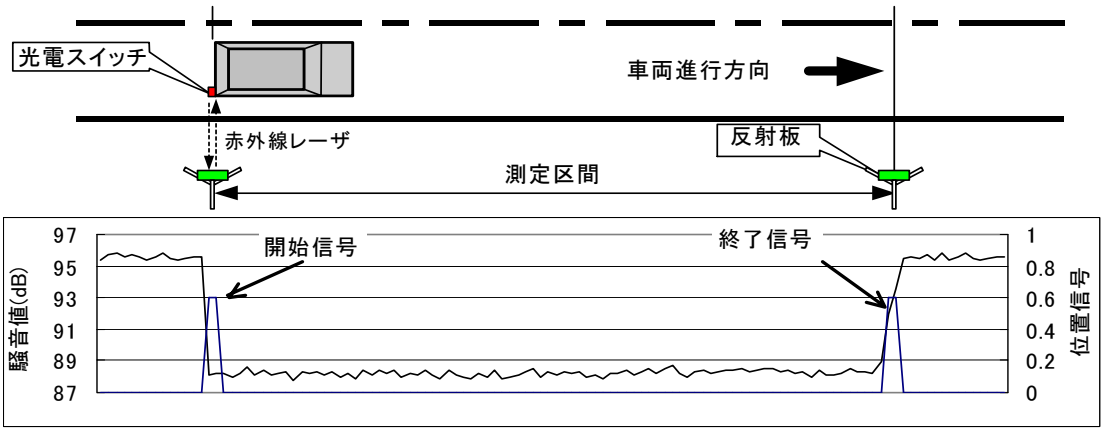


図-7-3-1-12-1　測定原理

図-7-3-1-12-1 において、計測された騒音値に対し、反射板からの反射によって信号が入力され、開始点と終了点が明確に示すことができる。

例示した装置では位置信号として記録装置に、1 つのチャンネルを確保しているが、チャンネルに余裕のない場合には、音の信号として取り込み、起終点部の騒音値が大きく測定されるようにして、他の区間と区別する方法も可能である。

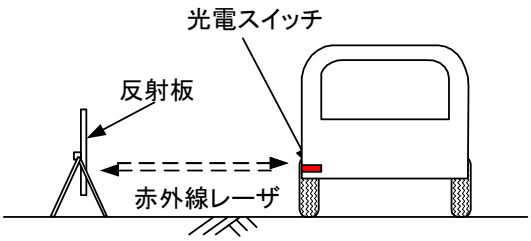


図-7-3-1-12-2　後部から見た測定状況

また、起終点の信号によって、計測の開始・終了を決定する。従って、起点に達すると自動的に測定が開始され、終点に達すると自動的に調査が終了される。

図-7-3-1-12-2 に示した光電スイッチの取り付け位置についても、車両によってはボンネットの上に取り付けるなど、任意の位置に設置している。

(4)効果

本装置を取り付けることによって、以下の効果が確認された。

1) 測定位置を明確にすることができるため、特に今回のように調査位置を厳密に測定したいときには、位置測定の精度が向上した。
2) 解析作業において、位置の抽出が簡単に行えるようになったため、解析時間の短縮が可能となった。
3) 現地測定において、位置を気にすることなく、走行すればよいことから、測定時の負荷が減少した。

7.3.1.13　騒音測定に影響する要因のまとめ

タイヤ/路面騒音に影響する誤差要因を検討した結果の概略を**表**-7-3-1-13-1 に示す。タイヤ近接音測定装置では影響を受けるが、路面反射音測定装置、吸音特性測定装置では影響を受けない外的影響要因として、タイヤに起因する要因などがある。

表-7-3-1-13-1　タイヤ/路面騒音測定に及ぼす誤差要因の検討結果

分類	要因	影響する装置※1			共通試験等による成果の概略
		ﾀｲﾔ	反射	吸音	
測定環境に係わる外的要因	③ 温度(気温,路面,ﾀｲﾔ)	○	△	△	温度依存性が確認され、測定の容易性等から測定時の外気温(車載式)を測定し、気温 20 ℃に補正を行う
	④ 路面水分	○	○	○	空隙径が小さい舗装では水分が残留し易い傾向である。夏季では降雨後 24 時間以上経過してから測定を開始すれば問題なかった。しかし、冬季においては騒音値が回復しない可能性がある
	⑤ 速度	○	△	×	タイヤ近接音測定装置では速度依存性が確認され、測定誤差を少なくするために、目標速度±0.5 km/h を目安に走行し，必要に応じて速度補正を行う
	⑥ 速度の精度	○	○	○	速度を 0.1km/h 単位で測定する速度測定装置を装備することで、定置式の速度測定装置との整合が得られる。
	⑦ 予備走行	○	○	×	タイヤ近接音測定装置では 50 km/h で 10 km を予め実施する
	⑧ 暗騒音	○	△	△	測定値に対して周辺暗騒音が 10 dB 以下であれば測定可(JIS D 1024 他)。路面反射音測定装置では、暗騒音に対して十分な SN 比（音圧）を持つ音源を放射するため、殆ど影響しない
	⑨ 併走・対向車両の影響	○	△	△	測定車以外の車両が併走・対向し，測定値に影響が確認された場合（その恐れがある場合）は、測定回数を増やして実施しておく
	⑩ 道路側近の壁	○	△	△	測定車のマイクロホンとの距離が 2m 以下に壁等がある場合は除外区間に設定する等の処置を検討する
	⑪ 測定除外区間の検出	○	○	○	ジョイント上及び通過後 10 データ 赤外線レーザー(車載)と反射板(測定路の路肩)を用いることで，位置が正確に割りだせる
測定装置に係わる外的要因	① 測定車両	○	○	○	測定装置毎に、変換式を作成する。
	② 輪荷重	○	×	△	燃料や乗車人員等の重量(車高)変化がないように測定する※2
	③ タイヤ空気圧	○	×	×	常に適正空気圧で測定する※2
	④ タイヤ溝深さ	○	×	×	摩耗量 0.3 mm(走行距離 8,000 km)までは影響なし
	⑤ マイクロホン位置	○	○	○	マイクロホン位置が変化しない構造とする※2
	⑥ タイヤ銘柄	○	×	×	統一のタイヤ銘柄を使用(Goodyear Vector3RV)
	⑦ タイヤサイズ	○	×	×	測定車に装着できるサイズを使用※2
	⑧ タイヤ ゴム硬度	○	×	×	温度に影響するため気温で管理
	⑩ 騒音計	○	○	○	JIS C 1502 或いは JIS C 1505 に適合する騒音計（風防装置の装着を推奨）※2
内的要因	①測定サンプリング間隔	○	○	○	0.1 秒間隔で測定
	②有効測定回数 （測定精度）	○	○	○	5 回の測定データの平均値を用いる

※ _____の要因は、本共同研究での検討結果

※1　装置毎の影響度合い　○：影響する、△：影響し難い、×：影響しない

※2　つくば舗装技術交流会で H14 年 2 月に調査結果を反映させた [1)]

(1) 速度の影響について

タイヤ近接音測定装置では、速度とタイヤ近接音の関係は相関があることが確認され、速度依存性があることがわかった。路面反射音測定装置も若干速度依存性が確認されたが、吸音特性測定装置では速度依存性が認めらなかった。

測定精度を向上のため、1測定区間の平均速度は目標速度±0.5 km/hを目安とする。なお公道における測定では、一定速度での測定が困難な場合も多く、目標速度（例えば50km/h）時への速度補正を行うことで対処可能である。

(2) 測定時の温度影響について

外気温、路面温度並びにタイヤ温度はタイヤ/路面騒音との相関が認められ、温度依存性があることがわかった。測定精度と測定の容易さから、温度測定として外気温を用い、基準温度を20℃として必要に応じて温度補正を行うこととした。

(3) 舗装内に残留している水分の影響について

最大粒径が5㎜や空隙率が17%程度に小さくなる排水性混合物では水分が残留し易く、タイヤ近接音に影響する傾向が見られた。夏季では何れの舗装種も降雨後24 時間以上経過してから測定を開始すれば問題なかった。しかし、冬季においては水分蒸発が進まず、透気係数は80%程度しか回復せず、タイヤ近接音が回復しない可能性がある。

また、路面反射音測定装置および吸音特性測定装置は、タイヤ近接音測定装置のようにタイヤの接触によって表層内部をポンピングすることはないため、両測定装置はタイヤ近接音測定装置より空隙内に残存する水分の影響を受けにくい傾向である。

(4) タイヤ溝深さの影響について

タイヤ近接音に影響するのは、摩耗量0.3 mm、走行距離8,000 km であり、これを測定タイヤの使用限度の目安とした。

(5) 予備走行について

タイヤ近接音の場合は、タイヤ温度変化が概ね安定する10 km 以上の予備走行を行うと良いことが分かった。なお、路面反射音測定装置と吸音特性測定装置は、タイヤを介さない測定方法であるため、ウォーミングアップのための予備走行を必要としない。ただし、音源の定期的な点検やキャリブレーションは必要である。

(6) 近接する壁の影響について

壁がない場合と比べて、測定車のマイクロホンと壁との距離が2 m 程度までは反射音によって騒音値が0.3 dB(A)程度大きくなることが確認された。そのような状況がある場合には、除外区間に設定する等の処置を検討する。なお、路面反射音測定装置、吸音特性測定装置は、ともに音響測定部が箱に格納され、壁の影響等は受け難い構造になっている。

(7) 併走・対向車両の影響について

大型車が併走するとタイヤ近接音は、併走車がない場合に比べて2 dB 以上大きくなった。このため、測定車以外の車両が併走・対向し、測定値に影響が確認された場合、或いはその恐れがある場合は、測定回数を増やして実施する。

(8) 暗騒音の影響について

測定箇所周辺の暗騒音は、タイヤ近接音に対して－10dB以下であれば測定は可能である。また、路面反射音測定装置と吸音特性測定装置は、暗騒音に対して十分なSN比を持つ人工音源の発射、あるいはSN比の高い周波数をデータ解析に使用することにより、暗騒音の影響を排除している。

(9) 光電管と試験車測定速度の関係

タイヤ/路面騒音測定車の速度を0.1km/h単位で測定する速度測定装置を装備することで、定置式の速度測定装置との整合が得られる。

(10) 測定回数と精度の関係

タイヤ/路面騒音の測定間隔が0.1秒で測定した場合の精度は、0.05秒で測定した場合の精度と遜色ないことが確認された。タイヤ/路面騒音の判定に必要な精度が得られる必要最小限のデータ数として測定回数は5 回とした。

(11) 現場における測定位置の検出

工区境のジョイントや路面表示などの除外は，直上及び通過後10データを除外することとした。また、測定位置の検出は舗装種が同じ場合などでタイヤ/路面騒音では不明確な場合がある。その場合、赤外線レーザー(車載)と反射板(測定路の路肩)を組み合わせて用いて、タイヤ/路面騒音と同時に測定データとして記録することで、位置が正確に割りだせる。

[参考文献]

1) つくば舗装技術交流会：TPT Report No2，P18-52，平成14年8月

7.3.2　測定精度（基準精度）の検討

「従前の計測装置（RAC 車）の計測値」（以下 RAC 車）と「一般車両のタイヤ／路面騒音測定値」（以下タイヤ／路面騒音測定車）の整合性を統計的に判断するため、両者の繰り返し精度およびこれら繰り返し精度による判定基準について検討した。以下に検討結果を示す。

(1)測定器の精度の判定

ラック車の測定精度の母標準偏差は σ ＝0.17dB であることが過去の測定実績から分かっている。それに対し、本共同研究で用いられている測定車のばらつきがラック車と同等であるか検討した。ラック車と同等と考えられる範囲をラック車のばらつきと一般車／タイヤ騒音測定車のばらつきのＦ検定（両側 5%）を行ない以下のように求めた。

$V_1 > V_2$のときの両側Ｆ検定の式を式（1）に示す。

$$F(\phi_1, \phi_2, 1-\alpha/2) < F_0 < F(\phi_1, \phi_2, \alpha/2) \cdots\cdots\cdots \text{式（1）}$$

ここに、

$F(\phi_1, \phi_2, \alpha/2)$　：ラック車と同等と考えられるばらつきの範囲の最大値

$F(\phi_1, \phi_2, 1-\alpha/2)$：ラック車と同等と考えられるばらつきの範囲の最小値

ただし、範囲の最小値は $V_2 > V_1$ とすると

$F(\phi_1, \phi_2, 1-\alpha/2) = F(\phi_2, \phi_1, \alpha/2)$ と表されるので

式３は、　$F(\phi_2, \phi_1, \alpha/2) < F_0 < F(\phi_1, \phi_2, \alpha/2) \cdots\cdots\cdots\cdots$ 式（2）

となる。

両側のＦ検定の式（2）から、上側 2.5%の$\sqrt{V_{MAX}}$ を求めると以下のようになる。

一般車のばらつきの最大値　$\sqrt{V_{MAX}}$　　，自由度 $\phi_{MAX}=4$

ラック車のばらつき　　$\sqrt{V_{RAC}}=0.17$　，自由度 $\phi_{RAC}=\infty$

危険率　　$\alpha=0.05$　($\alpha/2=0.025$　)

$F(4, \infty, 0.025) = 2.79$

から、

$$F(4, \infty, 0.025) = V_{MAX}/V_{RAC} = V_{MAX}/0.17^2 = 2.79$$

$$V_{MAX} = 2.79 \times 0.17^2 = 0.0806$$

$$\sqrt{V_{MAX}} = \mathbf{0.283}$$

同様に下側 2.5%の$\sqrt{V_{MIN}}$ を求めると以下のようになる。

一般車のばらつきの最大値　$\sqrt{V_{MAX}}$　　，自由度 $\phi_{MAX}=4$

ラック車のばらつき　　$\sqrt{V_{RAC}}=0.17$　　，自由度 $\phi_{RAC}=\infty$

危険率　　$\alpha=0.05$　($\alpha/2=0.025$　)

$F(\infty, 4, 0.025) = 8.26$

から、　　$\sqrt{V_{MIN}} = \mathbf{0.003}$

以上の結果からタイヤ／路面騒音測定車のばらつきは以下の範囲であればラック車と同等といえる。

0.003≦一般車のばらつき≦0.283

表-7-3-2-1 ラック車のばらつき$\sqrt{v}$と同等と思われるタイヤ／路面騒音測定車のばらつき$\sqrt{v}$

ラック車の$\sqrt{v}$（dB）	タイヤ／路面騒音測定車の$\sqrt{v}$の最大値（dB）	摘　　要
0.17	0.28	Ｆ検定 $\sqrt{v_{MIN}} = 0.003$

注：ラック車の自由度を $\phi=\infty$ としたのは、測定数が多いことによる。

(2)測定値の判定（繰り返し再現性）

本共同研究では、検定路面に付与された騒音値、性能規定の 89dB、90dB、総合発注の提案値を母集団として、そこから測定された値の判定を以下の検定方法で行っている。

検定方法は、5 個の測定値のばらつき$\sqrt{v}$が、母標準偏差と違いがあるかどうかを母分散の検定（χ^2の両側検定）で判定する。なおここでは、母標準偏差より大きくなる場合についてとりあげている。

H_0：$\sigma^2=\sigma_0^2$ ・・・・・・・・ 母分散σ^2と 5 回の騒音測定値のσ_0^2が等しいという仮説

$$\chi^2{}_0=\frac{S}{\sigma^2}=\frac{V(n-1)}{\sigma^2}>\chi^2(\phi,\ \alpha/2)\quad\cdots\cdots\cdots\text{式（3）}$$

$\chi^2{}_0>\chi^2(\phi,\ \alpha/2)$ でH_0は棄却され$\sigma^2\neq\sigma_0^2$となる。

ここに、

S：n 個のデータの偏差平方和　　V：n 個のデータの不偏分散平方根
n：データ数（5 個）*1　　ϕ：n－1（5－1＝4）
σ：母標準偏差　　α：危険率 5%
$\chi^2(\phi,\ \alpha/2)$：ϕ，$\alpha/2$ の表より求める。

式（5）より、$\sigma=0.17$，$\phi=4$，$\alpha=0.05$，$\chi^2(4,\ 0.025)=11.1433$ とすると、

$\chi^2{}_0=V(n-1)/\sigma^2=V(n-1)/0.17^2=11.1433$
$V=11.1433\times0.17^2/4=0.0805$
$\sqrt{V}=$ **0.283**

表-7-3-2-2 は、各σのときの、σと違いがないと思われる$\sqrt{v}$の最大値を求めたものである。

表-7-3-2-2　母標準偏差σと$\sqrt{v}$の最大値

母標準偏差σ（dB）	σと同等と思われる$\sqrt{v}$の最大値（dB）	摘　　要
0.17	0.28	χ^2の検定

(3)即定値の判定（測定値のずれの許容範囲）

測定値のずれの許容範囲は、式（4）の母平均の検定から求める。

$$U=(\bar{X}-\mu)/(\sigma_1/\sqrt{n_1}+\sigma_2/\sqrt{n_2})\quad\cdots\cdots\cdots\cdots\text{式（4）}$$

検定路面（性能規定、総合発注路面）の母標準偏差σ_1と一般車のばらつきσ_2が、χ^2の検定で違いがないと判定されていることから式（4）は、

$$U=(\bar{X}-\mu)/(\sigma_{\text{母標準偏差}}(1/\sqrt{n_1}+1/\sqrt{n_2}))\quad\cdots\cdots\text{式（5）}$$

と表すことができる。

ここに、

n_1：検定路面（性能規定、総合発注路面）に規定されている測定回数
n_2：測定車の測定回数

以下に性能規定および総合発注方式における測定値のずれの許容範囲について示す。

【性能規定】

式（5）より、$\sigma_{\text{母標準偏差}}$（＝0.17dB，n=3），測定回数　$n=5$，$k_{\alpha/2}=1.962$（$\alpha=0.05$）とすると、

$$U=(\bar{X}-\mu)\ /\ (\sigma_{\text{母標準偏差}}(1/\sqrt{n_1}+1/\sqrt{n_2}))$$
$$=(\bar{X}-\mu)\ /\ (0.17\times\sqrt{(1/3+1/5)})$$
$$=(\bar{X}-\mu)\ /0.124=1.962$$
$$(\bar{X}-\mu)=1.962\times 0.124=0.243$$

から、ずれの範囲は　**0.24 dB** となる。

【総合発注】

式（7）より、$\sigma_{\text{母標準偏差}}$（＝0.17 dB，n=5），測定回数　$n=5$，$k_{\alpha/2}=1.962$（$\alpha=0.05$）とすると、

$$U=(\bar{X}-\mu)\ /\ (\sigma_{\text{母標準偏差}}(1/\sqrt{n_1}+1/\sqrt{n_2}))$$
$$=(\bar{X}-\mu)\ /\ (0.17\times\sqrt{(1/5+1/5)})$$
$$=(\bar{X}-\mu)\ /0.108=1.962$$
$$(\bar{X}-\mu)=1.962\times 0.108=0.211$$

から、ずれの範囲は　**0.21 dB** となる。

以上、まとめると**表-7-3-2-3** のようになる。

表-7-3-2-3　母平均とのずれ

判定項目	$\sigma_{\text{母標準偏差}}$ (dB)	母平均からのずれの許容範囲　(dB)	摘　　要
性能規定	0.17	0.24	RAC 車　$\sigma_{\text{母標準偏差}}$＝0.17dB，n=3 タイヤ／路面騒音測定車 $\sigma_{\text{母標準偏差}}$＝0.17dB，n=5
総合発注		0.21	RAC 車　$\sigma_{\text{母標準偏差}}$＝0.17dB，n=5 タイヤ／路面騒音測定車 $\sigma_{\text{母標準偏差}}$＝0.17dB，n=5

注１　σとσ／√ｎの関係

母標準偏差σ_Aの分布Ａからランダムにデータｎ個をサンプリングし平均を求め、その**平均値の分布**を求めたものを分布Ｂとする。このとき分布Ａの母標準偏差σ_Bと分布Ｂの母標準偏差σ_Aの間には、次の式が統計的に成り立つ。

$$\sigma_B=\sigma_A/\sqrt{n}$$

σ_A：分布Ａの母標準偏差
σ_B：分布Ｂの母標準偏差
ｎ：分布Ａからサンプリングしたデータ数

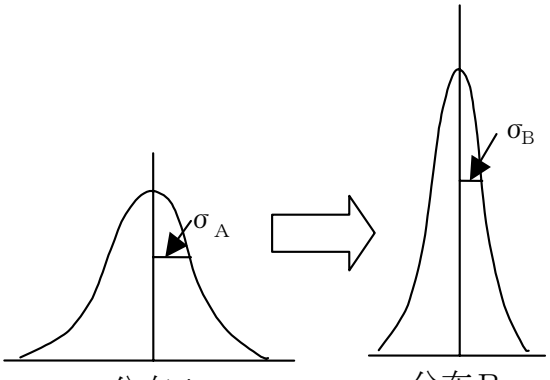


図-7-3-2-1 σとσ／√ｎの関係について
品質管理便覧　日本規格協会　pp. 94

7.3.3 骨材の最大粒径による騒音値の傾向

路面性状とタイヤ／路面騒音の結果から、タイヤ／路面騒音との相関関係が最も高かったのがテクスチャである。舗装路面騒音測定車(RAC 車)、タイヤ近接音測定車のタイヤ／路面騒音とテクスチャの関係を図-7-3-3-1、図-7-3-3-2 に示す。

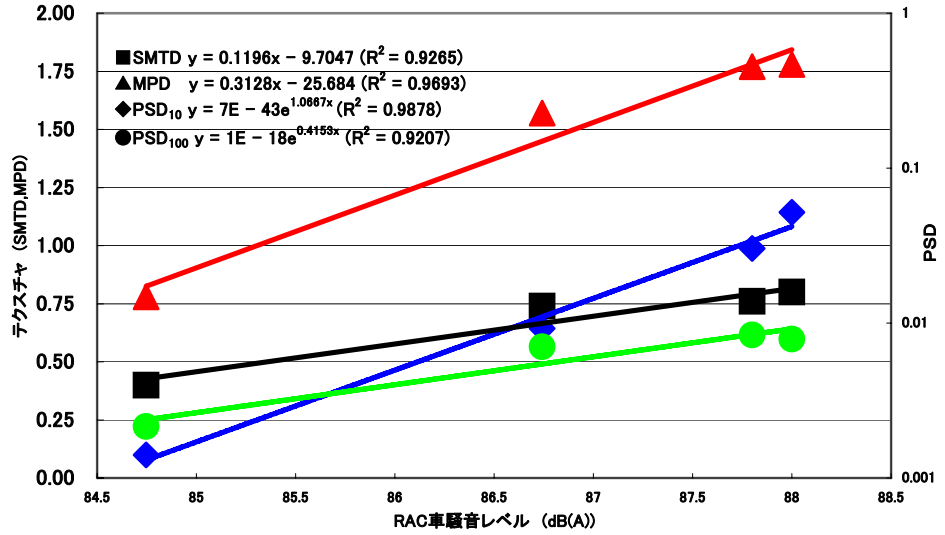


図-7-3-3-1　RAC 車の騒音レベルとテクスチャの関係

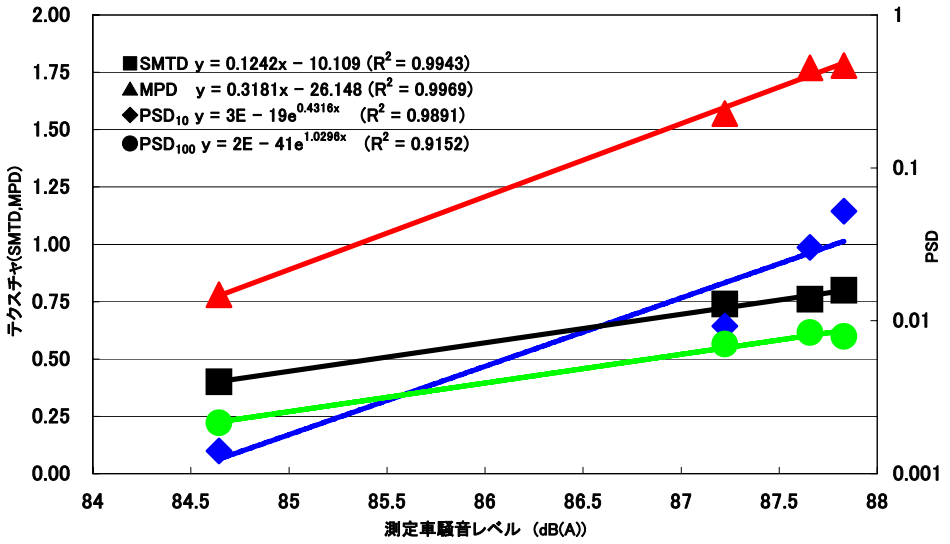


図-7-3-3-2　タイヤ近接音測定車の騒音レベルとテクスチャの関係

ここに示したように、テクスチャとタイヤ／路面騒音の関係は、表示した全ての項目で寄与率(R^2)が 0.9 以上となり、非常に関係が高いことを示している。

一方、排水性舗装の使用骨材の最大粒径とテクスチャとの関係を示したものが図-7-3-3-3 である。

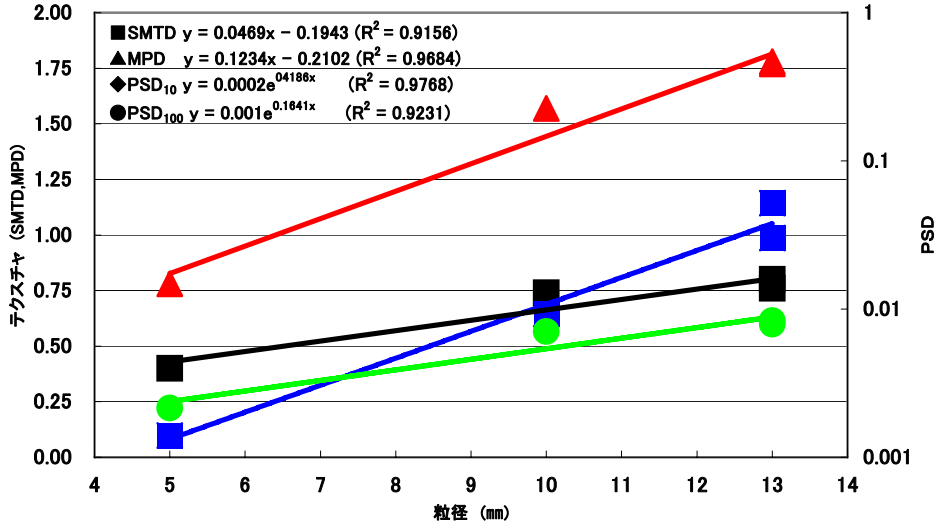


図-7-3-3-3　排水性舗装の最大粒径とテクスチャの関係

ここに示したように、排水性舗装の最大粒径とテクスチャの関係が高かったことから、排水性舗装の最大粒径とタイヤ／路面騒音の関係を求め、これを図-7-3-3-4 に示す。

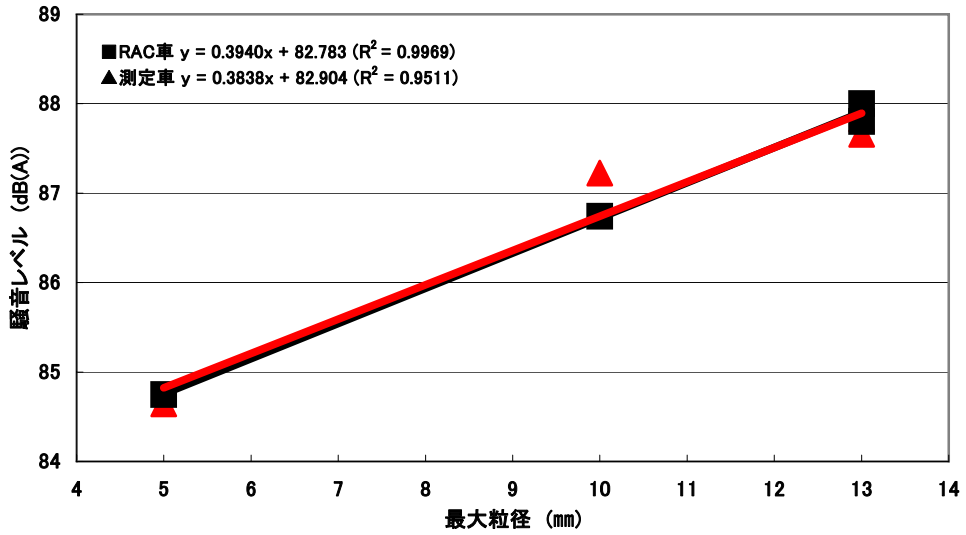


図-7-3-3-4　排水性舗装の最大粒径と騒音レベルの関係

ここに示したように、排水性舗装の最大粒径が小さくなると騒音レベルが低下する傾向となっている。また、RAC 車と測定車の係数・定数が異なることから、RAC 車騒音に換算するためには、最大粒径による測定車騒音の変換式が必要とであるといえる。

7.3.4　変換式の検討

本共同研究では、RAC 車とタイヤ／路面騒音測定車で測定した騒音値に曲線関係があることから、両者に直線関係とするため重回帰式を用いた。以下に検討結果および計算例、必要データ数について示す。

(1)重回帰式における目的変数と説明変数

目的変数を検定路面に付与されている騒音値または RAC 車で測定された騒音値とし、説明変数を測定値 X_1、粒径 X_2、大型車交通量 X_3としている。一般的に室内実験で重回帰式、多項式等を構築する場合の説明変数は、実験条件を表す特性値または実験から得られた特性値となる。しかし、本共同研究で測定対象とするのは現場の測定であり、しかも測定後短時間でデータを解析し提出することから、重回帰式に使用する説明変数は現場で簡単に入力でき、且つ測定値を精度良く変換できることが必要である。以下に今回用いた説明変数の内容および根拠について示す。

1)　測定値 X_1

タイヤ／路面騒音測定車で測定した騒音値（ｄＢ）を用いる。

2)　粒　径 X_2

重回帰は、要因毎に層別されたデータの回帰式に対する係数を、ラック車と各測定車の推定値が１対１になるように計算している。粒径は、タイヤ騒音値と正の相関があることから重回帰の説明変数として選定している。なお、重回帰では、目的変数と説明変数が直線関係にあることが重要であることから、本共同研究では粒径をそのまま入力せず、タイヤ騒音値と直線関係になるように変換している。ここでは、log(粒径mm/13)としている。

3)　大型車交通量 X_3

供用後の路面の変化を表す指標としては、経過年数、すべり抵抗、表面のテクスチャ等が考えられたが、全体的に安定した計算結果が得られたことから、大型車交通量（または経過月数）を説明変数にとりあげている。数値は、万台の単位で入力する。

(2)計算例

a)計算に用いた説明変数とデータ

表-7-3-4-1 に計算に用いた説明変数とデータ、および重回帰計算結果から求めた回帰係数から算出した特殊タイヤ音の推定値を示す。

表-7-3-4-1　説明変数とデータおよび推定値

変数	目的変数	説明変数1	説明変数2	説明変数3
場所	特殊ﾀｲﾔ	測定値	log(粒径/13)	大型車交通量 万台
10 多賀城	88.3	89.34	-0.11	13
10 長沼	88.4	89.69	-0.11	13
5 上田	86.5	88.19	-0.41	13
8 可児	88.9	89.03	-0.11	13
8 村上	87.8	87.50	-0.21	236
8 八潮	90.0	88.48	-0.21	708
5 芋島	90.8	92.70	-0.11	472
8 広沢	88.6	89.94	-0.21	233
8 末木	89.1	88.67	-0.21	236
13 越谷	88.9	89.88	0	138
9 幕張	91.1	89.16	0	708
8 氏家	89.0	89.46	-0.16	236
8 上三川	88.6	88.83	-0.21	236
10 庄	88.3	87.64	-0.11	13
7 南国	87.8	88.08	-0.27	13

b)重回帰計算結果

表-7-3-4-1 の説明変数、データを用いて重回帰計算結果を以下に示す。

表-7-3-4-2 重回帰計算結果（説明変数 X_1 ～X_3）

回帰統計	
重相関 R	0.958543
重決定 R2	0.918805
補正 R2	0.896661
標準誤差	0.373599
観測数	15

分散分析表

	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F
回帰	3	17.37399	5.7913308	41.4921788	2.74E-06
残差	11	1.535341	0.1395764		
合計	14	18.90933			

	係数	標準誤差	t	P-値	下限 95%
切片	69.06932	7.905966	8.7363543	2.8012E-06	51.6684
測定値	0.222008	0.088196	2.517224	0.02861646	0.027891
log(粒径/13)	4.495774	1.061012	4.2372518	0.0013953	2.160502
大型車交通量 万台	0.003138	0.000436	7.1915088	1.7717E-05	0.002178

※エクセル分析ツール、回帰分析より

表-7-3-4-3 重回帰計算結果（目的変数と推定値）

回帰統計	
重相関 R	0.958534
重決定 R2	0.918787
補正 R2	0.91254
標準誤差	0.3437
観測数	15

分散分析表

	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F
回帰	1	17.37364	17.373644	147.072302	1.84E-08
残差	13	1.535689	0.11813		
合計	14	18.90933			

	係数	標準誤差	t	P-値	下限 95%
切片	-0.60348	7.373146	-0.081849	0.93601385	-16.5322
変換値Y dB	1.006902	0.083027	12.127337	1.8411E-08	0.827532

c)特殊タイヤ音と推定値

図-7-3-4-1 重回帰計算結果（説明変数 X_1 ～X_3）に特殊タイヤ音と推定値の関係を示す。**表-7-3-4-4**から、推定値が検定路面に付与された値に対して粒径13㎜は範囲以内（±0.24dB以内）、粒径5㎜は範囲を若干はずれていることがわかる。

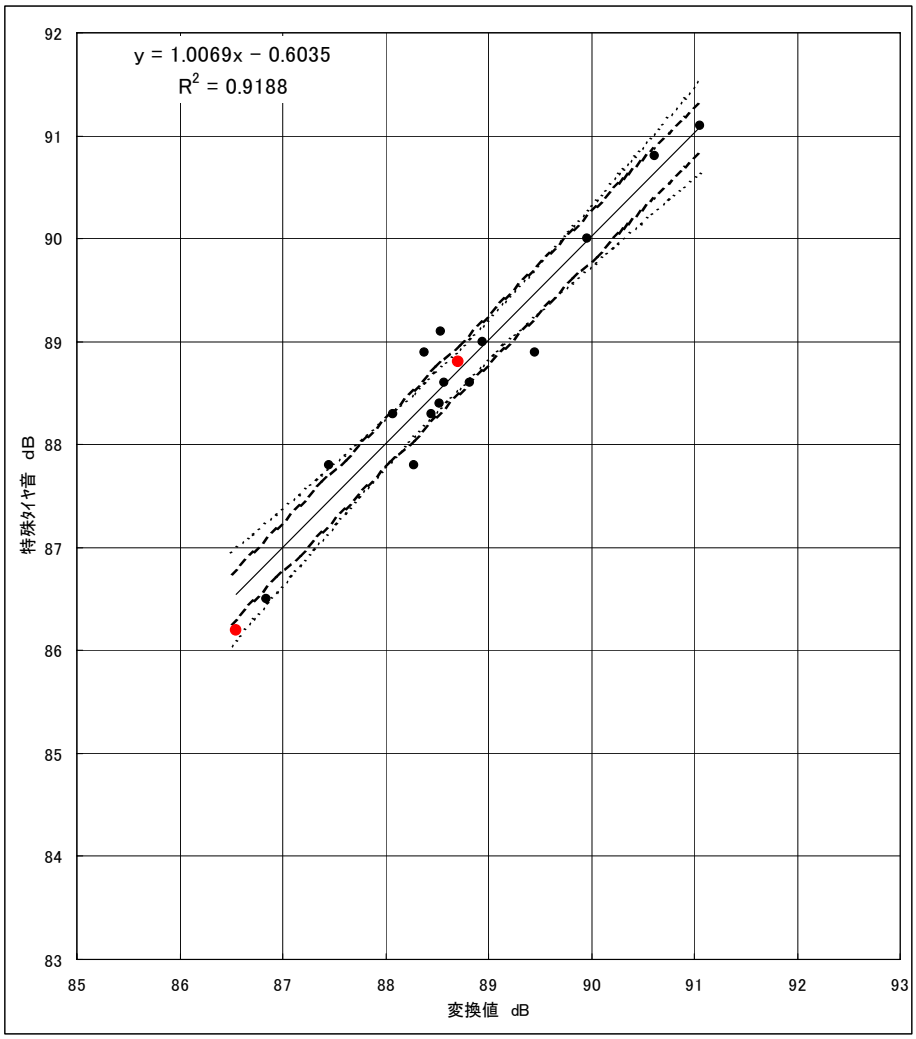


図-7-3-4-1　特殊タイヤ音と推定値

表-7-3-4-4 変換値の計算変換値の計算

検定路面	定数項X_0	**測定値 X_1**	log(粒径/13) X_2	大型車交通量X_3 万台	**変換値 dB**	検定路面騒音値 dB	検定路面騒音値との差 dB	母回帰式95%信頼区間 dB	検定ﾃﾞｰﾀの適合範囲幅 dB
	69.069	0.222	4.496	0.003					
13mm	69.069	88.46	0	0	**88.71**	88.8	−0.09	±0.192	±0.24
5mm	69.069	87.06	−0.41	0	**86.55**	86.2	0.35		

判定	下限	上限	
検定ﾃﾞｰﾀの適合範囲幅 dB	**0.24**	**0.24**	
変換値の検定適合範囲 dB	**87.877**	**88.616**	**X軸値**
特殊タイヤ音（推定値） dB	**87.640**	**88.625**	**Y軸値**

(3)検定評価方法（案）の変換式における必要データ数の検討

必要な測定回数を n、既知の標準偏差をσとした場合、信頼区間は式（１）で与えられる。ここでのσは、変換式における特殊タイヤ音と特殊タイヤ音の換算値の偏差（**図-付１-1** ではε_αに相当する）に対する標準偏差（**図-付１-1** ではσに相当する）を意味する。

信頼区間＝$X_{mean}\pm K_{\alpha/2}\times(\sigma/\sqrt{n})$　・・・式（１）

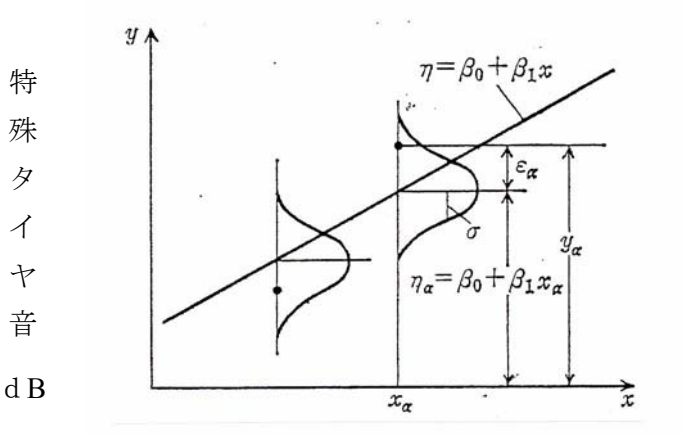


図-7-3-4-2　特殊タイヤ音と特殊タイヤ音の換算値の偏差

信頼区間(特殊タイヤ音との許容差)には性能規定の場合は 0.24dB、総合評価は 0.21dBが与えられる。$K_{\alpha/2}$は危険率 1%では 2.576、危険率が 5%では 1.96 が与えられる。

すなわち下記のような組み合わせになる。

性能規定の場合（危険率 1%）：$0.24=2.576\times(\sigma/\sqrt{n})$

性能規定の場合（危険率 5%）：$0.24=1.96\times(\sigma/\sqrt{n})$

総合評価の場合（危険率 1%）：$0.21=2.576\times(\sigma/\sqrt{n})$

総合評価の場合（危険率 5%）：$0.21=1.96\times(\sigma/\sqrt{n})$

信頼区間(特殊タイヤ音との許容差)をパラメーターとした場合の必要な測定回数：n と既知の標準偏差（変換式における偏差の標準偏差）：σの関係をは、σが大きいほどnが大きくなる。変換式の精度が劣るケースで多くの測定回数が必要になることは、一般な常識感覚からしても妥当な結果であるといえる。

7.3.5　タイヤ／路面騒音測定装置現場測定方法

本共同研究では、タイヤ／路面騒音測定装置として①タイヤ近接音測定装置、②吸音特性測定装置、③路面反射音測定装置の3種類を開発した。前述のように測定時には測定値に影響を及ぼす様々な要因があり、その影響について検討を行ってきた。この結果を反映させ、現場での測定が可能となるようにタイヤ／路面騒音現場測定方法（案）を作成した。

また、測定条件や測定方法、解析方法には全測定装置に共通する項目と各測定装置によって異なるものがあるため、構成として全測定装置に適用する共通編と各測定装置が個別に規定する個別編の2種類を作成した。各測定方法（案）の構成概要について下記に示す。なお、タイヤ／路面騒音現場測定方法（案）については付録に示す。

(1)共通編

① 測定装置　　：（独）土木研究所での認証を受けた装置であること
② 測定条件　　：測定位置や測定速度等の規定
③ 測定方法　　：準備作業や測定方法の規定
④ 測定データの解析　：解析手順や補正・変換方法の規定
⑤ 報告事項　　：測定年月日、測定路線の概要等

(2)個別編

① 測定装置　　：装置の構成、概要
② 測定条件　　：個別に設定する測定条件
③ 測定方法　　：個別に設定する測定方法
④ データ解析　　：個別に設定する解析方法
⑤ 報告　　：結果総括表、測定路線表、測定機器一覧等

7.4　タイヤ／路面騒音測定装置の開発

タイヤ／路面騒音測定装置は、以下に示す４つの目標を掲げて開発を行った。

①タイヤ／路面騒音を評価できること。

②法定速度で公道を走り測定ができること。

③速度が 0.5km/h まで測れること。

④舗装路面騒音測定車（ＲＡＣ車）と同等以上の精度を有すること。

開発したタイヤ／路面騒音測定装置は、タイヤ近接音測定装置（15 台）、吸音特性測定装置（１台）、路面反射音測定装置（１台）の３種類に分類できる。各々の代表例を**写真-7-4-1～写真-7-4-3** に示す。



写真-7-4-1
タイヤ近接音測定装置



写真-7-4-2
吸音特性測定装置



写真-7-4-3
路面反射音測定装置

7.4.1 タイヤ近接音測定装置

タイヤ近接音測定装置は、以下に示す特徴を有している。

①交通規制を実施せずに測定が可能である。

②タイヤ／路面間に発生する音を直接計測する。

③普通乗用車を測定車としている。

④自動車交通騒音の車両が装着しているタイヤと、同種の市販の普通タイヤを使用している。

タイヤ近接音測定装置の装置車両は、乗用車タイプ（１台）、ステーションワゴンタイプ（９台）、ワンボックスタイプ（４台）、ＲＶタイプ（１台）の４種類に分類でき、測定機器は、全車ほぼ同様な構成となっている。タイヤ近接音測定装置の代表例を**写真-7-4-4～写真-7-4-7** に示し、測定装置の機器構成例を**図-7-4-1** に示す。



写真-7-4-4
乗用車タイプ



写真-7-4-5
ｽﾃｰｼｮﾝﾜｺﾞﾝﾀｲﾌﾟ



写真-7-4-6
ﾜﾝﾎﾞｯｸｽﾀｲﾌﾟ



写真-7-4-7
ＲＶタイプ

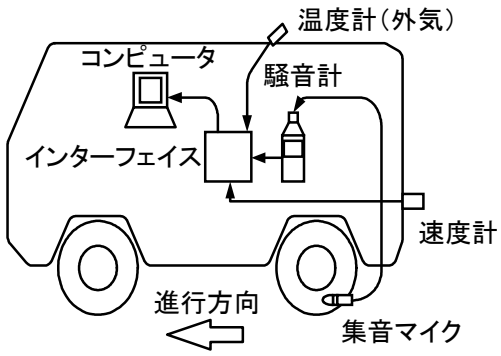


図-7-4-1 測定装置の機器構成例

以下に、タイヤ近接音測定装置の主な装置（タイヤ、騒音計、速度計、温度計）の緒元を記述する。なお、参考として国土交通省関東技術事務所所有の舗装路面騒音測定車（以下、関東車という）の緒元も併記した。

(1) タイヤ

表-7-4-1 は、各社のタイヤに関する仕様を示す。また、**表-7-4-2** はタイヤのサイズごとに測定装置の台数を整理したものであり、**写真-7-4-8～写真-7-4-9** にはタイヤのトレッドパターンを示す。

表-7-4-1　タイヤに関する各社の仕様

会　社 名	タイヤの種類	タイヤのサイズ
東亜道路工業㈱	Vector3RV	175-60 R14
大林道路㈱		195-65 R15
佐藤道路㈱		
東京鋪装工業㈱		215-60 R16
ニチレキ㈱ No.1		185-65 R14
ニチレキ㈱ No.2		195-65 R15
日本道路㈱		185-65 R14
前田道路㈱		195-65 R15
㈱渡辺組		205-70 R15
福田道路㈱		195-65 R15
大有建設㈱		
㈱ｶﾞｲｱｰﾄ T･K		185-65 R14
㈱NIPPO ｺｰﾎﾟﾚｰｼｮﾝ		215-65 R16
世紀東急工業㈱		195-65 R15
㈱ｵﾘｴﾝﾀﾙｺﾝｻﾙﾀﾝﾂ		195-65 R14
関東車	特殊タイヤ	195-65 R15

表-7-4-2　タイヤのサイズと測定装置の台数

タイヤのサイズ	タイヤ近接音 測定装置の台数
175-60 R14	1 台
185-65 R14	3 台
195-65 R14	1 台
195-65 R15	7 台
205-70 R15	1 台
215-60 R16	1 台
215-65 R16	1 台
合　計	15 台





(2)騒音計

表-7-4-3 は、各社の騒音計に関する仕様を示す。また、**表-7-4-4** は騒音計の種類ごとに測定装置の台数を整理したものである。

表-7-4-3　騒音計に関する各社の仕様

会　社 名	種　類	製造事業者名	形 式	データの Output 方法
東亜道路工業㈱	普通騒音計	リオン㈱	NA-27A	デジタル変換後に Excel ファイル化
大林道路㈱	精密騒音計		NA-27	
佐藤道路㈱	普通騒音計		NA-27A	
東京鋪装工業㈱	精密騒音計		NA-27	デジタル変換後に Excel ファイル化、瞬時値は記録紙に打出し
ニチレキ㈱ No.1				各種データは記録計に搭載されているﾌﾗｯｼｭﾒﾓﾘに記録。出力ファイルは、CSV 形式
ニチレキ㈱ No.2				
日本道路㈱				デジタル変換後に Excel ファイル化
前田道路㈱				
㈱渡辺組	普通騒音計	㈱小野測器	LA-2111	
福田道路㈱	精密騒音計	リオン㈱	NA-27	
大有建設㈱	普通騒音計		NL-05A	
㈱ｶﾞｲｱｰﾄ T･K	精密騒音計		NA-27	
㈱NIPPO ｺｰﾎﾟﾚｰｼｮﾝ				
世紀東急工業㈱	普通騒音計		NL-05A	
㈱ｵﾘｴﾝﾀﾙｺﾝｻﾙﾀﾝﾂ	精密騒音計		NL-18	
関東車	普通騒音計	リオン㈱	NL-05	デジタル変換後に Excel ファイル化

表-7-4-4　騒音計の種類と測定装置の台数

騒音計の種類	形 式	製造事業者名	タイヤ近接音 測定装置の台数
普通騒音計	NL-05A	リオン㈱	２台
	NA-27A		２台
	LA-2111	㈱小野測器	１台
精密騒音計	NL-18	リオン㈱	１台
	NA-27		９台
合　　計			15 台

(3) 速度計

表-7-4-5 は、各社の速度計に関する仕様を示す。また、**表-7-4-6** は速度計の名称ごとに測定装置の台数を整理したものであり、**写真-7-4-10** には速度計の一例を示す。

表-7-4-5　速度計に関する各社の仕様

会　社 名	名　称	出 力 精 度	データの Output 方法
東亜道路工業㈱	非接触速度計	速度±0.5%	デジタル変換後に Excel ファイル化
大林道路㈱	ユニバーサル回転計・速度指示計	0.1%フルスケール以内	
佐藤道路㈱			
東京鋪装工業㈱	デジタル回転／パルス計	読み値の±0.006%±1digit（測定精度）	デジタル変換後に Excel ファイル化、及び瞬時値打出し
ニチレキ㈱ No.1	計測車両車軸回転パルス計測（自社開発装置）	―	各種データは記録計に搭載されているﾌﾗｯｼｭﾒﾓﾘに記録。出力ファイルは、CSV 形式
ニチレキ㈱ No.2		±0.20km/h	
日本道路㈱	デジタル回転パルス計	不明	デジタル変換後に Excel ファイル化
前田道路㈱	自社装置	―	
㈱渡辺組	デジタル回転/パルス計	±0.5%フルスケール以内	
福田道路㈱	デジタル回転パルス計	±0.5 % FS	
大有建設㈱			
㈱ｶﾞｲｱｰﾄｸﾏｶﾞｲ	デジタル回転/パルス計	0.5%フルスケール以内	
㈱NIPPO ｺｰﾎﾟﾚｰｼｮﾝ	空間フィルタ方式非接触速度センサ	0.002	
世紀東急工業㈱	デジタル回転パルス計	±0.5 % FS	
㈱ｵﾘｴﾝﾀﾙｺﾝｻﾙﾀﾝﾂ	自社開発速度監視計	0.1ｋｍ/ｈ(0.1秒間隔)	
関東車	デジタル周波数モニタ	0～999.9mV	デジタル変換後に Excel ファイル化

表-7-4-6　速度計の名称と測定装置の台数

速度計の名称	タイヤ近接音 測定装置の台数
非接触速度計	２台
回転／パルス計	７台
回転計・速度指示計	２台
自社開発装置	４台
合　　計	15 台



写真-7-4-10　速度計の一例

(4) 温度計

表-7-4-7 は、各社の温度計に関する仕様を示す。また、**表-7-4-8** は温度計の名称ごとに測定装置の台数を整理したものであり、**写真-7-4-11** には温度計の一例を示す。

表-7-4-7　温度計に関する各社の仕様

会　社 名	名　称	測 定 精 度	データのOutput方法
東亜道路工業㈱	温湿度トランスミッター	±0.2℃±測定値の±0.15%	デジタル変換後にExcelファイル化
大林道路㈱	記憶計（温度）	-20～80℃：±0.3℃ -40～-20℃,80～110℃：±0.5℃	
佐藤道路㈱		標準型外部センサ(LT-31)、-40.0～－0.1℃　±（3%rdg＋0.3）℃または±0.5℃の大きい値、0.0～105.0℃　±（１%rdg＋0.3）℃または±0.5℃の大きい値	
東京鋪装工業㈱	熱電対→データロガー(記録)	0.5℃	デジタル変換後にExcelファイル化　及び瞬時値打出し
ニチレキ㈱ No.1	計測車両付属の温度計	―	手動にてCSVファイルに付加
ニチレキ㈱ No.2	温湿度トランスミッター	±0.2℃±測定値の±0.15%	各種データは記録計に搭載されているﾌﾗｯｼｭﾒﾓﾘに記録。出力ファイルは、CSV 形式
日本道路㈱	温度ロガーおよびセンサ	0～35.0℃：±0.5℃ -20～-0.1℃、35.1～70.0℃：±1℃	CSVファイル化
前田道路㈱	温湿度トランスミッター	±0.2℃±測定値の±0.15%	デジタル変換後にExcelファイル化
㈱渡辺組	熱電対	±0.2%	
福田道路㈱		±0.3℃	手動にてテキストファイルに付加
大有建設㈱		±0.5℃または±0.4%	デジタル変換後にExcelファイル化
㈱ｶﾞｲｱｰﾄｸﾏｶﾞｲ		±0.1%fs	
㈱NIPPOｺｰﾎﾟﾚｰｼｮﾝ	ﾃﾞｼﾞﾀﾙ温度計	±1.3℃（100℃における精度）	
世紀東急工業㈱	温湿度トランスミッター	±0.2℃±測定値の±0.15%	
㈱ｵﾘｴﾝﾀﾙｺﾝｻﾙﾀﾝﾂ	無線温湿度ロガー	-5～50℃：±0.5℃、 上記以外：±1digit	
関東車	デジタル温度湿度計	10～40℃：±0.5℃	目視記録

表-7-4-8　温度計の名称と測定装置の台数

温度計の名称	タイヤ近接音 測定装置の台数
温湿度トランスミッター	４台
記憶計（温度）	２台
熱電対＋データロガー	１台
熱電対	４台
センサ＋温度ロガー	１台
デジタル温度計	１台
無線温湿度ロガー	１台
車両付属温度計	１台
合　　計	15 台



写真-7-4-11　温度計の一例

(5)開発車両

写真-7-4-12～写真-7-4-26 は、開発した各社のタイヤ近接音測定装置を示す。



写真-7-4-12
東亜道路工業㈱



写真-7-4-13
大林道路㈱



写真-7-4-14
佐藤道路㈱



写真-7-4-15
東京鋪装工業㈱



写真-7-4-16

ニチレキ㈱No.1



写真-7-4-17

ニチレキ㈱No.2



写真-7-4-18

日本道路㈱



写真-7-4-19

前田道路㈱



写真-7-4-20

㈱渡辺組



写真-7-4-21

福田道路㈱



写真-7-4-22

大有建設㈱



写真-7-4-23

㈱ｶﾞｲｱｰﾄT･K



写真-7-4-24

㈱NIPPO ｺｰﾎﾟﾚｰｼｮﾝ



写真-7-4-25

世紀東急工業㈱



写真-7-4-26

㈱オリエンタルコンサルタンツ

7.4.2 路面反射音測定装置

(1)装置の概要

走行車両の騒音は、エンジンの放射音とタイヤからのエアポンピング音に大別される。エンジンから放射される騒音は**図-7-4-2** のように路面と車体シャーシ間を経て、周囲へ伝搬される。
本装置は、この音の伝搬過程を模擬したものであり、**図-7-4-3** の装置構成により、人工音源を路面に放射し、路面からの反射音を捉える事で、舗装の騒音低減性能を定量的に測定するものである。

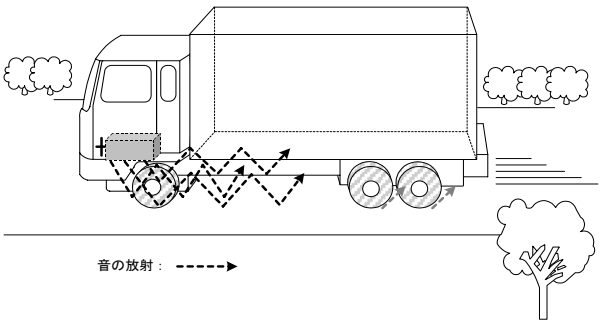


図-7-4-2　走行車両における騒音放射の模式

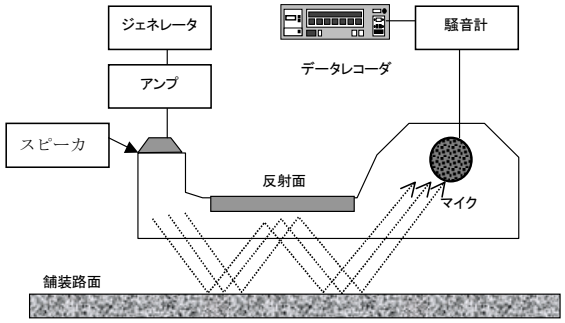


図-7-4-3　測定方式の概要

(2)特徴

特徴は以下のとおりである。

① 交通規制を実施せずに測定が可能である。
② 路面と非接触方式のため、速度依存性がほとんどない。
③ 音響測定部が独立し、台車に格納しているため、他車等からの音の影響を受けない。

(3)機器構成

機器構成を図-7-4-4 に示す。測定機器の構成は以下のとおりである。

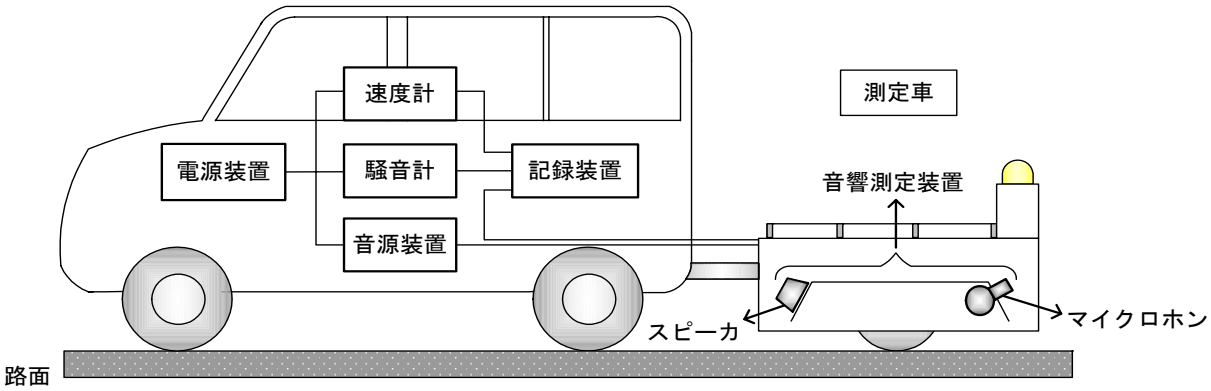


図-7-4-4　反射音測定装置の装備

①測定車

測定車は測定装置を牽引式車両内に搭載。

②スピーカ

音源装置により周波数範囲 500Hz～10kHz の帯域雑音を一定の音圧レベルに設定し、スピーカから放射する。

③騒音計(マイクロホン)

路面と装置反射板を多重に経由した帯域雑音をマイクロホンにて捉えて、測定する。

④速度計

測定速度を測定する。

⑤温度計

測定時の外気温を測定する。

⑥記録装置

測定データを同時に測定、記録する。

(4) 測定装置

実際の測定装置を**写真-7-4-27～写真-7-4-29** に示す。



図-7-4-27　牽引車と測定装置



図-7-4-38　測定装置の外観



図-7-4-29　現場測定状況

(5) 測定装置の諸元

反射音測定装置の諸元を**表-7-4-9** に示す。

表-7-4-9　反射率測定装置の諸元

項目		仕様	備考
測定車輌	車番	足立 500 せ 6108・足立 40 を 72	
	車名	ステップワゴン・IHI 牽引測定車	
	形式	牽引型	
	車輌重量	1410 kg・170 kg	
	車輌総重量	1685 kg・520 kg	
	乗車定員	２名	
スピーカ	メーカー	BOSE	
	形式	101HI	屋外仕様
	サイズ	236(W)×154(H)×191(D)	
	放射音源	500 Hz～10000 Hz	
騒音計	メーカー	リオン	
	形式	NL-20	
	測定周波数	10 Hz～10000 Hz	
	指向性	無指向性	
速度計	メーカー	オムロン	
	形式	K3NR	
	測定範囲	0.0-110 km/h	
	測定精度	±0.006 % rdg	
温度計	メーカー	A&D	
	形式	AD-5647	
	測定範囲	-50-70 ℃	
	測定精度	±1.0 ℃/5%RH	
記録装置	メーカー	SONY	
	形式	PC-204A x	
	記録速度	リアルタイム記録	
	記録容量	2 Hour	
	サンプリング周波数	44.1 kHz	
	記録項目	日付（西暦年月日） 時刻（時分秒） 速度（0.1 km/h 単位） 騒音データ（周波数 10 Hz～10000 Hz） 任意マーク（起終点、除外区間等）	

(6) 測定方法

1)データサンプリング間隔

固有データサンプリング間隔は 0.1（秒）である。

2)測定方法

路面へ帯域雑音を放射させ、装置内入射される音圧レベル（反射音）を騒音計により測定・記録した騒音レベルを評価値として用いる。データの整理方法は以下のとおりである。

①騒音レベルの算出

対象区間から 0.1 秒間隔でサンプリングされたデータから除外データを控除し、次式により区間の騒音レベルの平均値を求める。なお、評価は除外処理をしたデータをパワー平均して得られる等価騒音レベル(LAeq)で評価する。

$$騒音値＝10\times\log\left\{\sum_{i=1}^{n}10^{(Li/10)}/n\right\} \quad \cdots\cdots \text{式（１）}$$

ここに、Ｌi：0.1 秒ごとにサンプリングされた瞬間値

ｎ：データ数

②報告事項

各車線で算出した等価騒音レベルを基準速度 50(km/h)、基準外気温 20(℃)に補正した「測定車固有の騒音値」、及び「特殊タイヤ音相当値」に変換した値を報告する。

また、その現場の代表値として各車線の値の平均値を報告する。

7.4.3 吸音特性測定装置

(1) 装置の概要

走行しながらパルス状の音波(例：パンというような瞬間音)を路面へ発信し（入射波）、路面から返ってきた音波（反射波）の反射比率を、コンクリート路面の反射比率（基準値）と対比し、吸音特性値（率）を算出する。吸音特性値を用いてタイヤ／路面騒音値へ換算する。

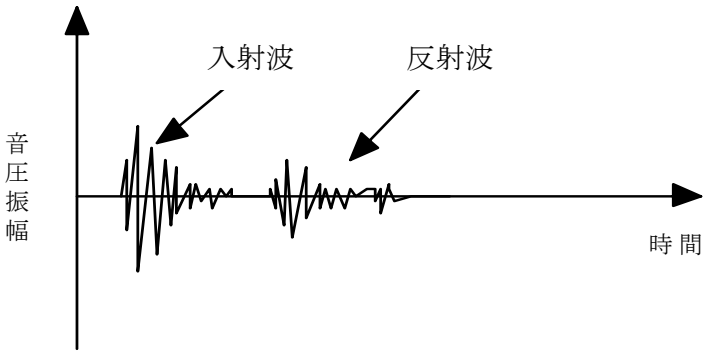


図-7-4-5 入射波と反射波

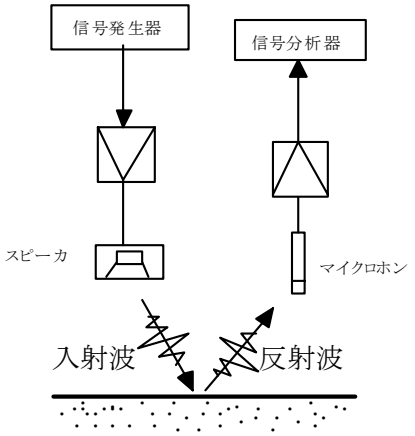


図-7-4-6 測定方式の概要

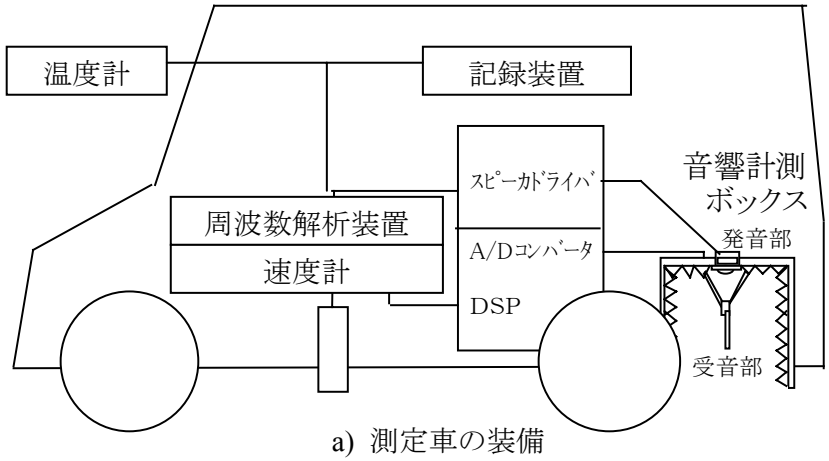
(2) 特徴

特徴は以下のとおりである。

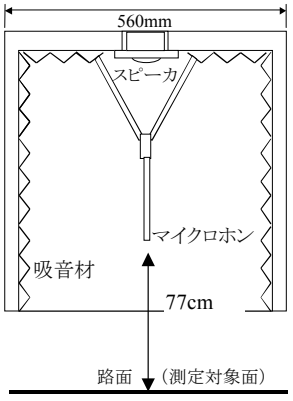
① 交通規制を実施せずに測定が可能である。
② 路面と非接触、非破壊で測定する。
③ 測定速度に依存しない。
④ 距離と緯度経度の測定を同時に行うため、位置確認や地図への表示が容易である。
⑤ 長距離の連続測定ができるので、管内全体（ネットワーク）調査が可能である。

(3) 機器構成

機器構成を**図-7-4-7** に示す。測定機器の構成は以下のとおりである。



a) 測定車の装備



b) 音響計測ボックス

図-7-4-7　測定車および測定機器

①測定車

測定機器を搭載し、装置に電源を供給、走行測定する。

②スピーカ

路面に音を発射する。

③マイクロホン

スピーカからの入射音、路面からの反射音を測定する。

④周波数解析装置

入射音、反射音を周波数分析する。

⑤速度計

測定速度を測定する。

⑥温度計

測定時の外気温を測定する。

⑦記録装置

測定データを同時に測定、記録する。

(4) 測定装置

実際の測定装置を**写真-7-4-30～写真-7-4-31** に示す。



写真-7-4-30　測定車の外観



車両後部　　路面側開口部

写真-7-4-31　音響計測ボックス

(5) 測定装置の諸元

吸音特性測定装置の諸元を**表-7-4-10** に示す。

表-7-4-10　吸音特性測定装置の諸元

項目		仕様	備考
測定車	車番	品川 800 さ 6794	
	車名	メルセデスベンツ	
	形式	不明	
	車輌重量	2450kg	
	車輌総重量	2615kg	
	前前軸重	1230kg	
	後後軸重	1220kg	
	乗車定員	3 人	
スピーカ	メーカー	フォステクス(株)	
	形式	FF225K	
	サイズ	路面から 100cm±2cm	
	発射音源	有効音域 800Hz～5000Hz	
マイクロホン	メーカー	(株)小野測器	
	形式	1/4 インチマイクロホン	
	測定周波数	800Hz～5000Hz	
	指向性	無指向性	
	マイクロホン位置	高さ 77cm±2cm	
周波数解析装置	メーカー	(株)小野測器	
	形式	FFT アナライザ（DS-2000）	
	解析周波数	（パーシャルオーバーオール）、800Hz～5000Hz	
	周波数補正	なし	
速度計	メーカー	(株)小野測器	
	形式	空間周波数方式（LC-500S）	
	測定範囲	1.5km/h～320km/h	
	測定精度	±0.5km/h	
温度計	メーカー	T&D	
	形式	TR-71S	
	測定範囲	-20～+80℃	
	測定精度	±0．3℃	
記録装置	メーカー	DELL	
	形式	PC への HDD 記録	
	記録速度	リアルタイム記録	
	記録容量	連続測定距離 1km 以上／1 測定回	
	記録間隔	1m ごと	
	記録項目	路線情報（路線名、車線、上下、区間） 日付（西暦年月日） 時刻（時分秒） 速度（0.1km/h 単位） 走行距離（1m 単位で記録） 騒音データ（周波数 800Hz～5000Hz） 任意マーク（起終点、除外区間入力など）	

(6) 測定方法

1)データサンプリング間隔

固有データサンプリング間隔は 1(m)である。

2)測定方法

路面へ音波を放射し、路面から返ってきた音波との反射比率を測定する。測定値を基準値（コンクリート路面の反射率）と対比した吸音特性値を測定車固有の騒音値として用いる。データの整理方法は以下のとおりである。

①吸音特性値の算出

対象区間から 1 m 間隔でサンプリングされたデータを用いて、次式により区間の吸音特性値を求める。1 m 間隔のデータは、10 m（個）単位で移動平均を行なう。さらに不適切なデータを除外して、区間の総平均値を求める。

- **基準面の入射波と反射波の比率（現基準面：コンクリート路面）**

  Ro(f)＝反射波のエネルギー(f)／入射波のエネルギー(f)
- **対象路面の入射波と反射波の比率**

  Rx(f)＝反射波のエネルギー(f)／入射波のエネルギー(f)
- **求める対象路面の吸音特性値**

  $\alpha = 1 - Rx(f) / Ro(f)$ ……**式(2)**

②報告事項

各車線で算出した吸音特性値を基準速度 50(km/h)、基準外気温 20(℃)に補正した「測定車固有の騒音値」、及び「特殊タイヤ音相当値」に変換した値を報告する。

また、その現場の代表値として各車線の値の平均値を報告する。

7.5 環境騒音との関係

7.5.1 検討概要

(1)検討目的と調査項目

本検討は、粒径の異なる排水性舗装路面上において、共同研究で開発中の普通タイヤ音測定装置と RAC 車の特殊タイヤ音のどちらが環境騒音（車両のパワーレベル、等価騒音レベル）との関連性が高いかについて検討したものである。比較項目は、①舗装種の違いによる測定値の変化、②タイヤ音の周波数特性の変化、③試験車パワーレベルとの対応、④等価騒音レベル(路側の交通騒音)との対応である。

(2)普通タイヤと特殊タイヤのタイヤトレッドの違い

共同研究で用いている乗用車のタイヤ(以下、普通タイヤ)と RAC 車の特殊タイヤ音（以下、特殊タイヤ）について、その外観を比較した。

写真のように、特殊タイヤは、大きな横溝と円形の凹みからトレッドが形成されており一般乗用車のタイヤと大きく異なる(**写真-7-5-1**、**写真-7-5-2** 参照)。



写真-7-5-1 ＲＡＣ車で用いる特殊タイヤの外観



写真-7-5-2 共同研究で用いる乗用車普通タイヤの外観
（グッドイヤー:Vector3RV　195/65　R14）

7.5.2 普通タイヤ音と特殊タイヤ音の比較

(1)普通タイヤ音と特殊タイヤ音の舗装種によるレベルの大小

密粒舗装を基準としたタイヤ音の測定結果を**表-7-5-1**、**図-7-5-1** に示す。

その結果は、以下の通りである。

① 普通タイヤ音は、全体的に密粒舗装とのレベル差は小さい。ただし、舗装間の比較では、5 mmtop と他の舗装との差は明確に現れている。

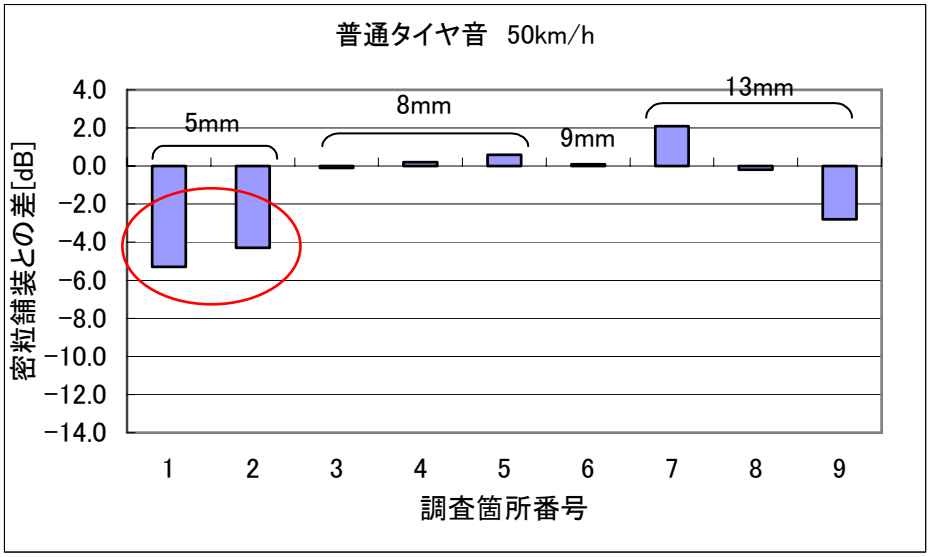
② 密粒舗装での特殊タイヤ音は約 100 dB、普通タイヤ音が約 92 dB と両者には大きな差がある。

③ 特殊タイヤ音は、密粒舗装とのレベル差は大きいが、表層粒径の異なる舗装間のレベル差は小さい。

したがって、特殊タイヤ音は、密粒舗装に対するレベル差が大きいため排水性舗装の評価には適しているが、表層粒径の違いを評価するのは普通タイヤ音の方がより有効であることを確認した。

表-7-5-1　普通タイヤ音と特殊タイヤ音の舗装種の違いによる変化

調査箇所		普通タイヤ音　50km/h		特殊タイヤ音　50km/h	
		測定結果	密粒舗装との差	測定結果	密粒舗装との差
1	試験走路　排水性　5mmtop	86.3	-5.3	87.7	-12.7
2	R4鞘堂　上り　94.93kp　5mmtop	87.3	-4.3	88.3	-12.1
3	R50広沢　上り　29.7kp　8mmtop	91.5	-0.1	88.6	-11.8
4	R20末木　上り　123.5kp　8mmtop	91.8	0.2	89.1	-11.3
5	R4上三川　上り　92.8kp　8mmtop	92.2	0.6	88.6	-11.8
6	R4氏家　下り　124.75kp　9mmtop	91.7	0.1	89.0	-11.4
7	R14幕張　上り　28.04kp 13mmtop	93.7	2.1	91.1	-9.3
8	R4越谷　上り　22.85kp　13mmtop	91.4	-0.2	88.9	-11.5
9	試験走路　排水性　13mmtop	88.8	-2.8	89.0	-11.4
密粒舗装		91.6	―	100.4	―



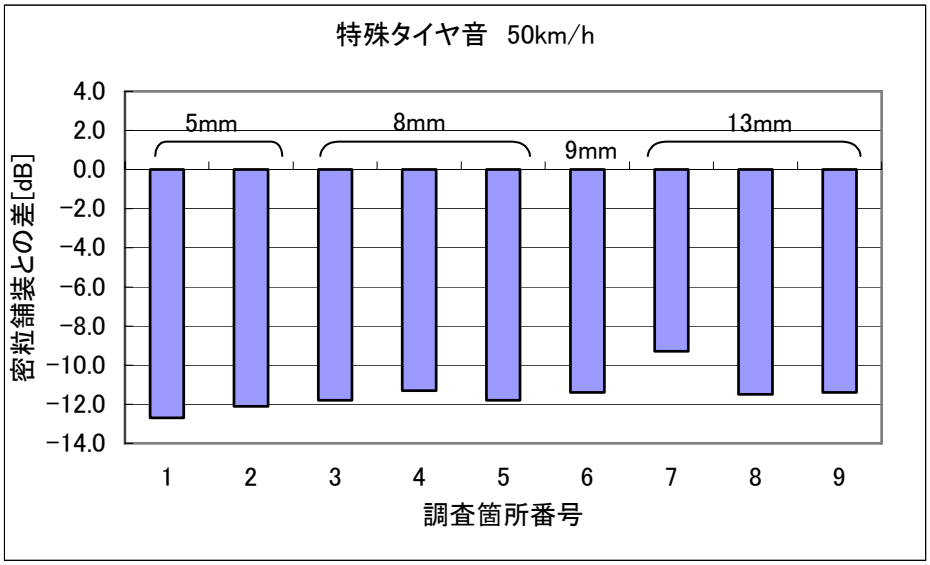


図-7-5-1　普通タイヤ音と特殊タイヤ音の舗装種の違いによる変化

(2) 普通タイヤ音と特殊タイヤ音の周波数特性の比較

共同研究当初に、市販 9 種類のタイヤの平均タイヤ音を用いて特殊タイヤ音との周波数特性を比較した。その結果を**図-7-5-2** に示す。

①4 舗装とも、200 Hz 以下の低い周波数で、両タイヤ音に差が生じているが、合成音に影響を与える領域ではない(合成音に対して 10dB 以上小さい)。

②排水性舗装 13 mm top では、周波数特性が類似しているが、top 粒径が小さくなると 500 Hz 付近を中心に特殊タイヤ音が普通タイヤ音に比べ大きくなる傾向がある。

③密粒舗装は、特に 1250 Hz 付近を中心に特殊タイヤ音のレベルが大きくなる。

したがって、普通タイヤ音は、小粒径の排水性舗装で 500 Hz を中心とした周波数帯域の変化が現れるが、特殊タイヤ音は現れにくいことを確認した。

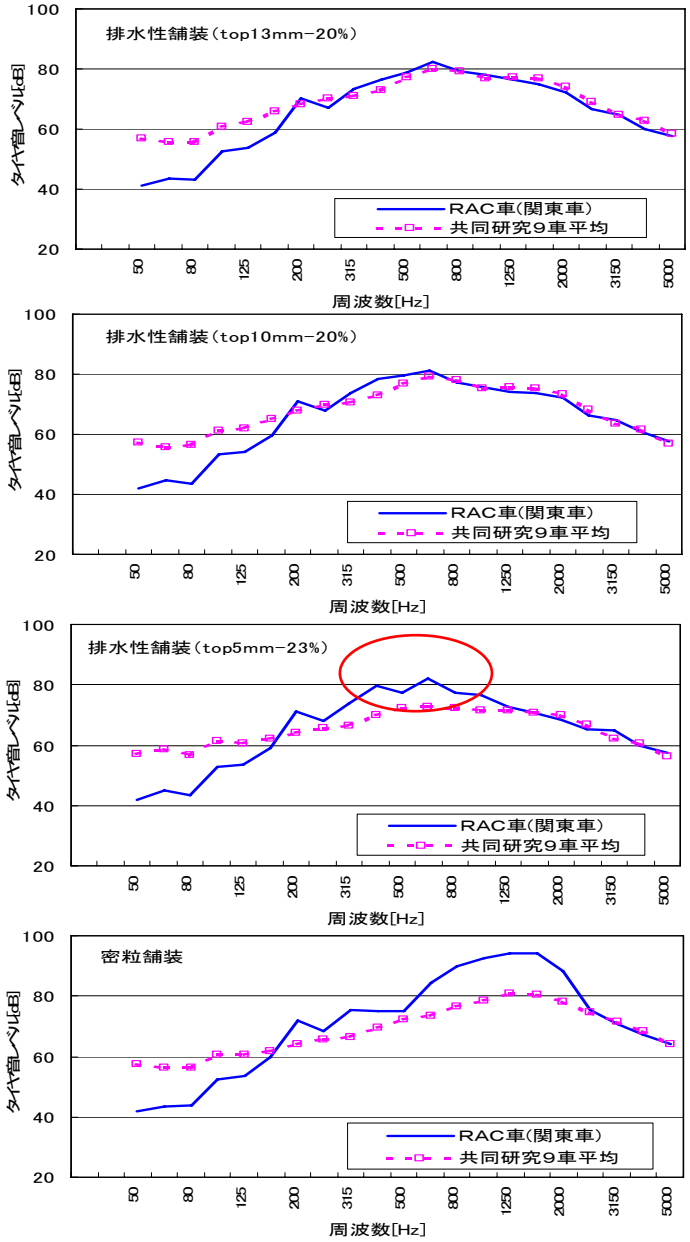


図-7-5-2　普通タイヤ音と特殊タイヤ音の周波数特性の比較

7.5.3 環境騒音との対応

(1)試験車パワーレベルとタイヤ音の対応

現道及び国総研試験走路にて、10 種類の排水性舗装等の路面上を走行する試験車（小型、大型：**写真-7-5-3** 参照）の路側騒音から求めたパワーレベル(JIS D 1024 に定める配置にて測定)とタイヤ音(Ｐ社)を測定し、両者の増減関係について検討した。なお、タイヤ音は、普通タイヤ音と特殊タイヤ音であり、測定時の走行速度は 50 km/h である。対象箇所は、**表-7-5-2** に示す通りである。測定結果を**図-7-5-3**、**図-7-5-4** 及び**表-7-5-3** に示す。その結果は、以下の通りである。

①普通タイヤ音は、特殊タイヤ音に比べて乗用・大型試験車パワーレベルに対する寄与率(R^2)が大きく、バラツキ(s)も小さく、全体的な相関は高い。

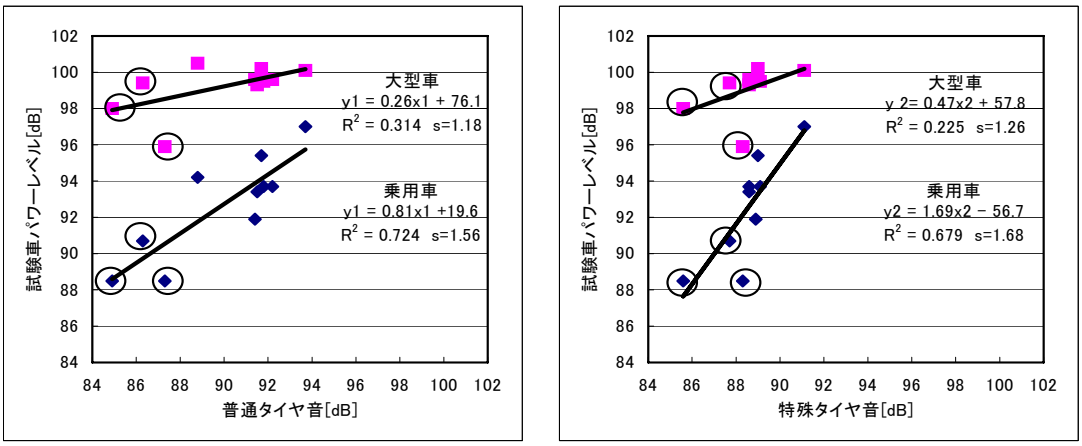
②特に普通タイヤ音は、乗用車パワーレベルに対する寄与度が約 0.7 以上有り回帰式が有効であることを示している。

③収集データの範囲では、普通タイヤ音は、特殊タイヤ音より 5mm の舗装におけるパワーレベルとの対応がよい。

したがって、タイヤ音とパワーレベルの相関は、普通タイヤ音の方が特殊タイヤ音よりも比較的高いことを確認した。また、普通タイヤ音の方が、特殊タイヤ音よりも 5mmTop 等の小さい粒径との整合も良いことを確認した。

表-7-5-2　調査対象箇所の概要

道路名	対象箇所	舗装種別
国道５０号	29.70kp上り（広沢）	排水性舗装top8mm
国道２０号	123.50kp上り（末木）	排水性舗装top8mm
国道１４号	28.04kp上り（幕張）	排水性舗装top13mm
国道　４号	22.85kp上り（越谷）	排水性舗装top13mm
国道　４号	124.75kp下り（氏家）	排水性舗装top9mm
国道　４号	92.8kp上り（上三川）	排水性舗装top8mm
国道　４号	94.93kp上り（鞘堂）	排水性舗装top5mm
国総研内	試験走路	多孔質弾性舗装
国総研内	試験走路	排水性舗装top5mm
国総研内	試験走路	排水性舗装top13mm(20%)



注）図中の○で囲った値は、骨材は 5 mm top，多孔質弾性舗装である。

図-7-5-3　試験車パワーレベルと普通タイヤ音、特殊タイヤ音の相関関係

表-7-5-3　試験車パワーレベルとタイヤ音の測定結果

単位:dB

調査箇所	車種	試験車 50km/h ﾊﾟﾜｰ ﾚﾍﾞﾙ	普通ﾀｲﾔ音 50km/h (x1)	普通ﾀｲﾔ音から換算したﾊﾟﾜｰﾚﾍﾞﾙ (y1)	特殊ﾀｲﾔ音 50km/h (x2)	特殊ﾀｲﾔ音から換算したﾊﾟﾜｰﾚﾍﾞﾙ (y2)
R50広沢 上り 29.7kp	小型	93.4	91.5	94.0	88.6	92.7
	大型	99.3	91.5	99.6	88.6	99.2
R２０末木 上り 123.5kp	小型	93.7	91.8	94.2	89.1	93.6
	大型	99.5	91.8	99.7	89.1	99.4
R１４幕張 上り 28.04kp	小型	97.0	93.7	95.7	91.1	96.9
	大型	100.1	93.7	100.2	91.1	100.4
R４越谷 上り 22.85kp	小型	91.9	91.4	93.9	88.9	93.2
	大型	99.6	91.4	99.6	88.9	99.4
R４氏家 下り 124.75kp	小型	95.4	91.7	94.1	89.0	93.4
	大型	100.2	91.7	99.7	89.0	99.4
R４上三川 上り 92.8kp	小型	93.7	92.2	94.5	88.6	92.7
	大型	99.6	92.2	99.8	88.6	99.2
R４鞘堂 上り 94.93kp	小型	88.5	87.3	90.5	88.3	92.2
	大型	95.9	87.3	98.5	88.3	99.1
試験走路 多孔質弾性舗装	小型	88.5	84.9	88.6	85.6	87.7
	大型	98.0	84.9	97.9	85.6	97.8
試験走路 排水性 5mmtop	小型	90.7	86.3	89.7	87.7	91.2
	大型	99.4	86.3	98.3	87.7	98.8
試験走路 排水性 13mmtop	小型	94.2	88.8	91.8	89.0	93.4
	大型	100.5	88.8	98.9	89.0	99.4

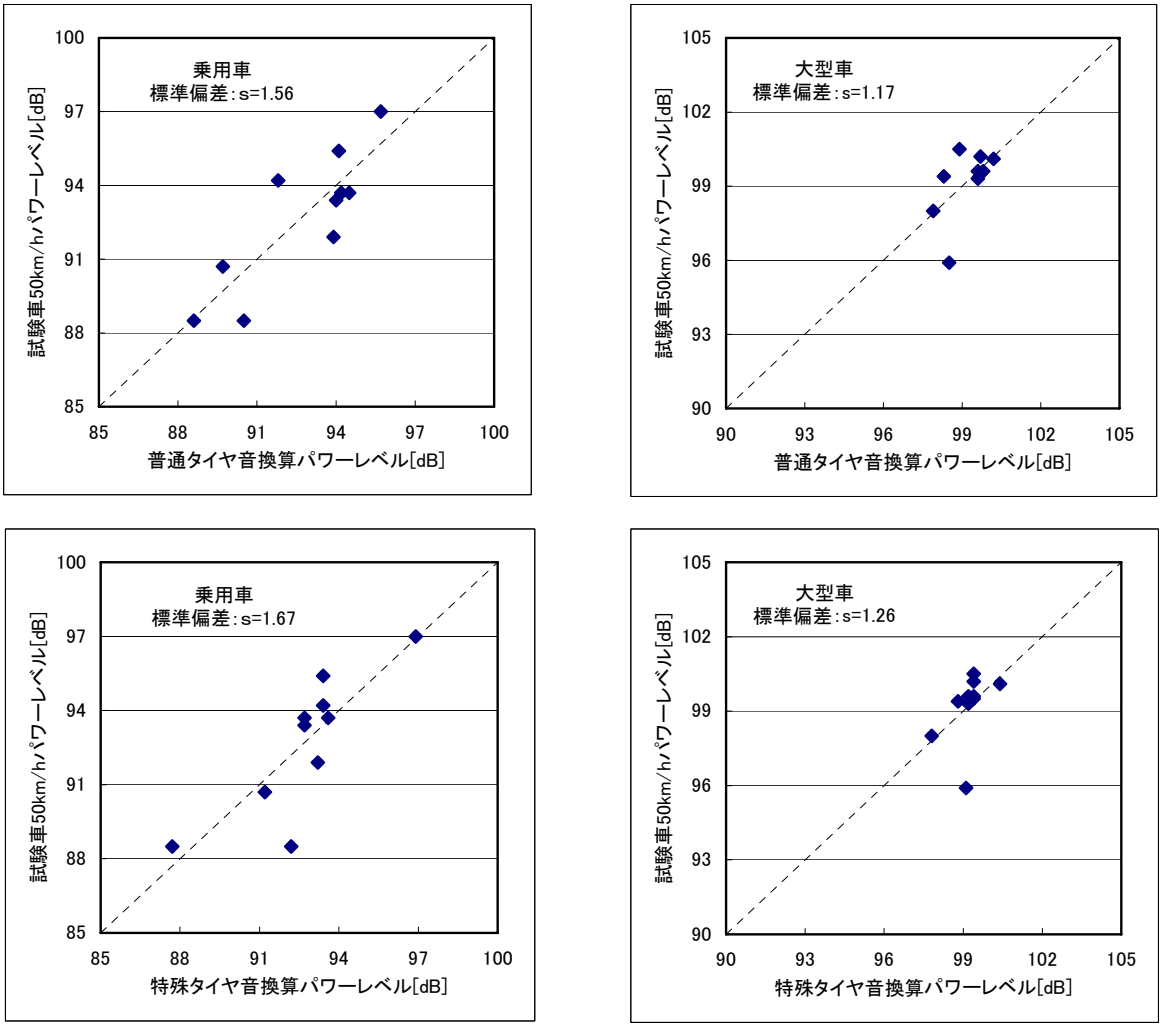


図-7-5-4　試験車パワーレベルとタイヤ音換算パワーレベルの比較





写真-7-5-3　パワーレベル測定に用いた試験車の外観

(2) タイヤ音を基にした等価騒音レベルの予測値と実測値の対応

排水性舗装区間の路側の交通騒音（等価騒音レベル）実測値とタイヤ音の関係を検討するため、タイヤ音から等価騒音レベルを推定する方法を検討した。

等価騒音レベル予測手法は、**図-7-5-5** に示すように ASJ Model 1998*のを参考に設定した。

この算出手順の中で、路面条件(赤線部分)が直接関わるのは車種別パワーレベルであり、路面条件により変化する。この路面条件を評価することができると考えられる普通タイヤ音、特殊タイヤ音の実測から、排水性舗装の路面条件を含む車種別パワーレベルを推定し、その結果を用いて等価騒音レベルを予測することとした。

なお、検討対象データは、**表-7-5-2** の現道 7 箇所各 24 時間の等価騒音レベルと測定時の交通条件データである。

* ASJ Model 1998：日本音響学会「道路交通騒音の予測モデル“ASJ Model 1998”」

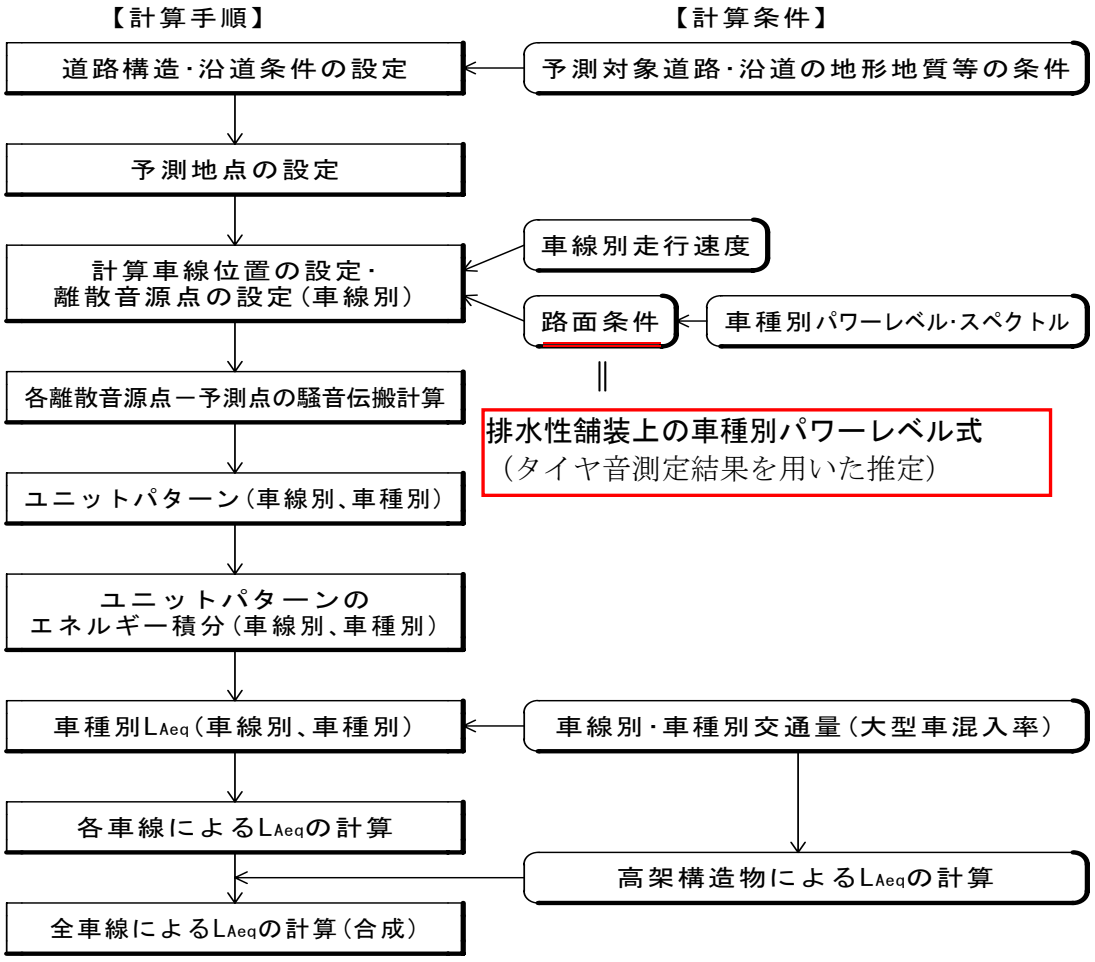


図-7-5-5 ASJ Model 1998 を基にした等価騒音レベルの予測手順

1）車種別パワーレベル式の推定

タイヤ音と試験車パワーレベルの関係は、走行速度 50 km/h において前項で比較を行った。その結果、乗用車についてはタイヤ音とパワーレベルの回帰式に有意な相関関係が得られた。大型車も同様の検討を行ない回帰式を作成した。この 50 km/h 時のパワーレベル($L_{WA(50)}$)と現地で測定した一般車のパワーレベル走行速度依存性から**式（１）**の係数 c を具体的に決定し車種別パワーレベルの推定式を求めた。

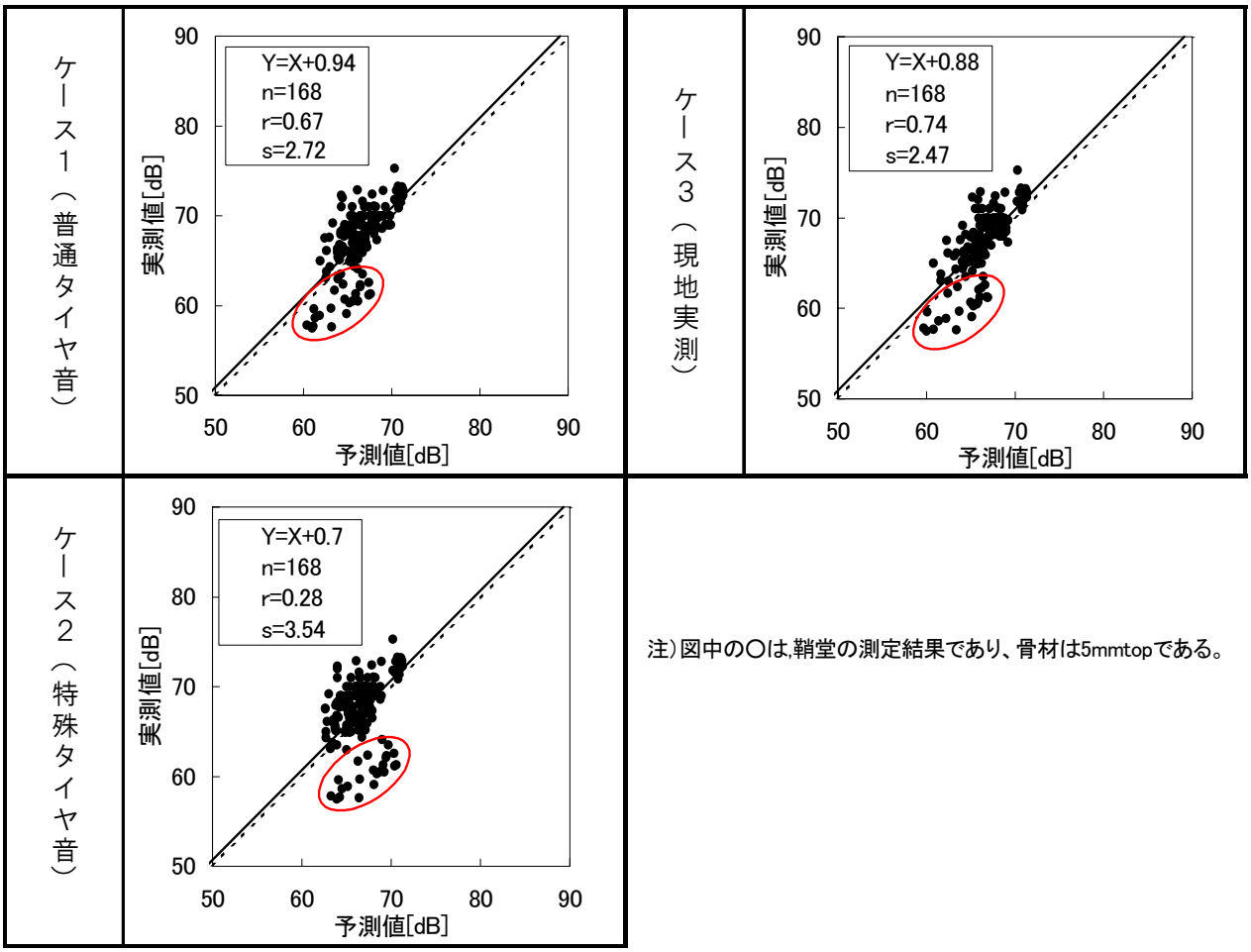
$$L_{WA} = L_{WA(50)} + c \log V / V_{50} \quad \cdots\cdots\cdots\

①現地実測でパワーレベル式を作成したケース３[現地実測]の等価騒音レベルとの相関が最も高い。

②普通タイヤ音を基にしたパワーレベル式を用いたケース１[普通タイヤ音]は、ケース３[現地実測]に次いでバラツキが小さく、相関が高い。

③特殊タイヤ音を基にしたパワーレベル式を用いたケース２[特殊タイヤ音]は、5 mm top との対応がやや劣るため（**図-7-5-6** 中の赤枠参照）、全体の相関もやや低い。

したがって、今回検討した推定方法を用いて等価騒音レベルが推定可能であり、特殊タイヤ音からの換算よりも普通タイヤ音から推定した方が、等価騒音レベル実測値との相関がやや高いことを確認した。



注）図中の〇は,鞘堂の測定結果であり、骨材は5mmtopである。

図-7-5-6 等価騒音レベル予測の比較

7.5.4 検討結果のとりまとめ

粒径の異なる排水性舗装路面上にて、環境騒音（車両のパワーレベル、等価騒音レベル）等を用いて共同研究で開発中の普通タイヤ音と RAC 車特殊タイヤ音との比較を行った。その結果を以下にとりまとめた。

①舗装種の違いによる測定値の変化

特殊タイヤ音は、密粒舗装に対するレベル差が大きいため排水性舗装の評価には適しているが、表層粒径の違いを評価するのはやや難しい。

②タイヤ音の周波数特性、を把握

粒径の異なる排水性舗装の違いは、普通タイヤ音で 500 Hz を中心とした周波数帯域に変化が現れるが、特殊タイヤ音では明確な傾向は現れにくい。

③試験車パワーレベルとの対応

表層粒径が 5～13mmTop においては、普通タイヤ音の方が、特殊タイヤ音よりもパワーレベルとの相関は高い。

④等価騒音レベル（路側の交通騒音）との対応

今回検討に用いた普通タイヤ音から等価騒音レベルを推定した結果、現地で測定したパワーレベル式に次いで精度よく推定できることを確認した。

参考：現地一般車の車種別パワーレベル式とその走行速度依存性算出例

表-7-5-4　現地一般車の車種別パワーレベル式

単位：dB

調査箇所	車種	第一（走行）車線			一般車ﾊﾟﾜｰﾚﾍﾞﾙ(50km/h)		
		パワーレベル式	R^2	n	ﾊﾟﾜｰﾚﾍﾞﾙ実測値	普通ﾀｲﾔ音から換算した $L_{WA(50)}$	特殊ﾀｲﾔ音から換算した $L_{WA(50)}$
R50広沢上り 29.7kp	小型	L_{WA}= 16.1 log(V/50) + 93.0	0.530	40	93.0	92.5	91.3
	大型	L_{WA}= 12.8 log(V/50) + 102.0	0.064	69	102.0	101.1	100.7
R２０末木上り 123.5kp	小型	L_{WA}= 26.7 log(V/50) + 92.3	0.567	71	92.3	92.8	92.3
	大型	L_{WA}= 13.9 log(V/50) + 101.9	0.139	100	101.9	101.3	101.0
R１４幕張上り 28.04kp	小型	L_{WA}= 34.2 log(V/50) + 93.2	0.504	60	93.2	95.3	96.6
	大型	L_{WA}= 15.0 log(V/50) + 103.3	0.115	117	103.3	102.7	102.6
R４越谷上り 22.85kp	小型	L_{WA}= 25.4 log(V/50) + 92.1	0.630	68	92.1	92.3	91.9
	大型	L_{WA}= 7.6 log(V/50) + 101.0	0.037	65	101.0	101.0	100.9
R４氏家下り 124.75kp	小型	L_{WA}= 21.1 log(V/50) + 94.7	0.378	102	94.7	92.7	92.1
	大型	L_{WA}= 19.1 log(V/50) + 102.7	0.276	90	102.7	101.3	101.0
R４上三川上り 92.8kp	小型	L_{WA}= 24.9 log(V/50) + 92.6	0.543	89	92.6	93.4	91.3
	大型	L_{WA}= 18.8 log(V/50) + 100.5	0.261	133	100.5	101.6	100.7
R４鞘堂上り 94.93kp	小型	L_{WA}= 27.7 log(V/50) + 88.2	0.333	68	88.2	87.1	90.6
	大型	L_{WA}= 17.8 log(V/50) + 95.8	0.339	64	95.8	98.1	100.4

ASJ Model 1998 の定常走行時(排水性舗装)のパワーレベルは以下のとおり。

ただし、 V：走行速度(km/h)　　小型車：30log$V$+46.7-3.5log+3.2

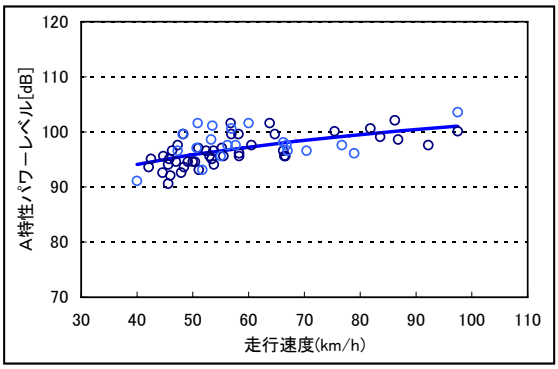
y :ﾊﾟﾜｰﾚﾍﾞﾙ PWL　　大型車：30log$V$+53.2-3.5log+3.2

R^2:寄与率(決定係数)

n:調査データ数

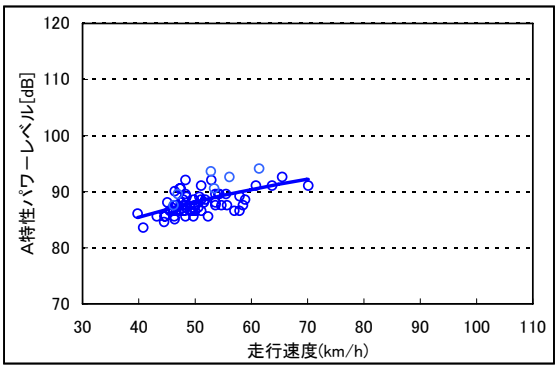
■国道４号 鞘堂における走行速度依存性【２車種分類】

・大型車類



回帰式：	L_{WA}=	17.8 log10V＋65.6			
ｻﾝﾌﾟﾙ数n=	64	相関係数r=	0.582	標準偏差s=	2.32
速度	50	60	70	80	90
計算値	95.8	97.3	98.4	99.5	100.4

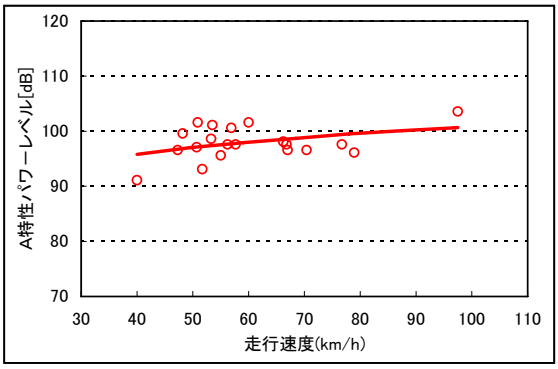
・小型車類



回帰式：	L_{WA}=	27.7 log10V＋41.1			
ｻﾝﾌﾟﾙ数n=	68	相関係数r=	0.577	標準偏差s=	1.81
速度	50	60	70	80	90
計算値	88.2	90.4	92.2	93.8	95.2

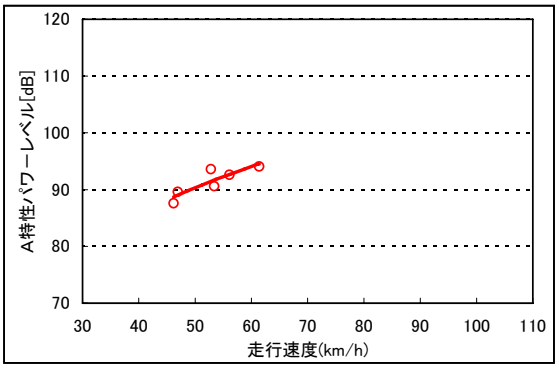
■国道４号 鞘堂における走行速度依存性【４車種分類】

・大型車



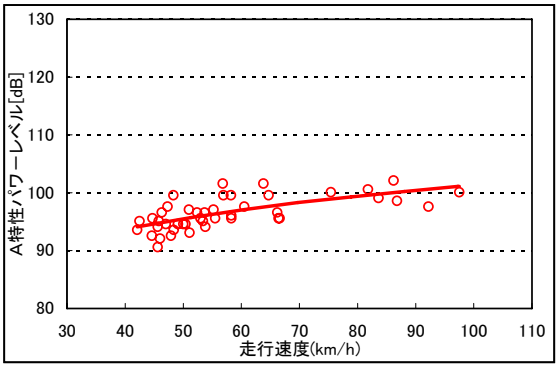
回帰式：	L_{WA}=	12.5 log10V＋75.8			
ｻﾝﾌﾟﾙ数n=	20	相関係数r=	0.381	標準偏差s=	2.65
速度	50	60	70	80	90
計算値	97.0	98.0	98.9	99.6	100.2

・小型貨物車



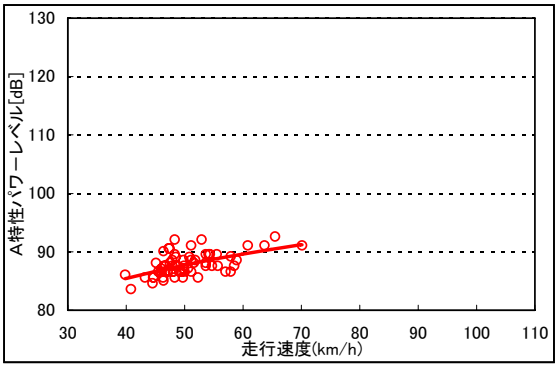
回帰式：	L_{WA}=	47.0 log10V＋10.5			
ｻﾝﾌﾟﾙ数n=	6	相関係数r=	0.873	標準偏差s=	1.12
速度	50	60	70	80	90
計算値	90.4	94.1	97.2	99.9	102.3

・中型車



回帰式：	L_{WA}=	19.2 log10V＋62.9			
ｻﾝﾌﾟﾙ数n=	44	相関係数r=	0.667	標準偏差s=	2.04
速度	50	60	70	80	90
計算値	95.5	97.0	98.3	99.4	100.4

・乗用車



回帰式：	L_{WA}=	23.8 log10V＋47.3			
ｻﾝﾌﾟﾙ数n=	62	相関係数r=	0.561	標準偏差s=	1.62
速度	50	60	70	80	90
計算値	87.7	89.6	91.2	92.6	93.8

図-7-5-7　パワーレベル式と速度依存性の算出例(鞘堂)

7.6 測定用タイヤについて

7.6.1 目　的

本共同研究で現在使用している共通タイヤ（GOODYEAR VECTOR 3RV） の生産中止に伴い、“代替共通タイヤ”について検討する必要性が生じた。

本検討の目的は、現在の共通タイヤでの測定結果と新たに選定した４種類のタイヤ（市販タイヤ２種類、更生タイヤ２種類）による測定結果をとりまとめ、代替共通タイヤを選定するための一資料を得ることである。なお、ここでは、各社で使用したタイヤを装着して 50km/h 走行時のタイヤ近接音（dB）を単純に比較して整理したものであり、速度・温度補正などは行っていない。

7.6.2 測定箇所

測定箇所は、**表-7-6-1** に示すような７現場に加えて、土木研究所構内の完成路面および暫定路面である。

表-7-6-1　測 定 箇 所

No.	工事名又は測定箇所	詳 細 場 所	表層断面	
			厚さ	最大粒径
1	広沢舗装(2)工事	群馬県桐生市広沢町	4cm	8mm
2	末木舗装修繕工事	山梨県東八代郡一ノ宮町	2cm+3cm	8mm+13mm
3	越谷舗装修繕その５工事	埼玉県越谷市谷中町	5cm	10mm
4	千葉市美浜区幕張	千葉県千葉市美浜区幕張	5cm	13mm
5	鞘堂舗装修繕工事	栃木県宇都宮市下都賀郡	2cm+3cm	5mm+13mm
6	氏家舗装修繕工事	栃木県塩谷郡氏家町	5cm	9mm
7	上三川舗装修繕工事	栃木県河内郡上三川町	2cm+3cm	8mm+13mm

7.6.3 タイヤの種類と測定会社及び測定速度

本検討におけるタイヤの種類と測定会社および測定速度は、**表-7-6-2** のとおりである。なお、測定日については、平成 15 年 7 月下旬～10 月中旬の約 3 ヶ月の期間で、それぞれの会社の測定状況ならびに現場の路面状態に応じて適宜測定することとした。

表-7-6-2　タイヤの種類と測定会社および測定速度

タ イ ヤ の 種 類					測定会社	測定速度 (km/h)
分　類		メーカー	品 名（呼び名）	写　真		
現共通タイヤ	市 販	GOOD YEAR	VECTOR3RV	**写真-7-6-1**	N	50±0.5
					J	
					G	
代替タイヤ	更 生	バンダグ	BRAWNY RIB（更生タイヤ１）	**写真-7-6-2**	N	
			METROMAX RIB（更生タイヤ２）	**写真-7-6-3**		
	市 販	BRIDGE STONE	REGNO 8000	**写真-7-6-4**	J	
		GOOD YEAR	VECTOR5	**写真-7-6-5**	G	



写真-7-6-1
VECTOR３RV



写真-7-6-2
BRAWNY RIB（更生タイヤ１）



写真-7-6-3
METROMAX RIB（更生タイヤ２）



写真-7-6-4
REGNO 8000



写真-7-6-5
VECTOR５

7.6.4 測定結果及び今後の方策について

(1)測定結果

図-7-6-1～図-7-6-4 は、代替タイヤとして新たに選定した４種類のタイヤと VECTOR 3 RV のタイヤ近接音の関係を示したものである。これらの結果を選定タイヤごとに整理すると、以下のとおりである。

①更生タイヤ１：現共通タイヤよりもタイヤ近接音は小さい傾向を示した。

②更生タイヤ２：タイヤ近接音が 87dB 付近を境として下側では小さい傾向を、上側では大きい傾向を示した。また、選定した４種類のタイヤの中で、VECTOR 3 RV との相関性が最も低い結果であった。

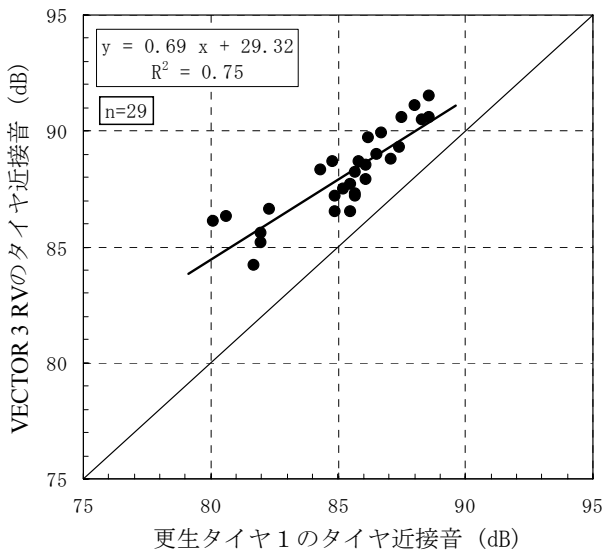


図-7-6-1　更生タイヤ１と VECTOR３RV との
タイヤ近接音の関係

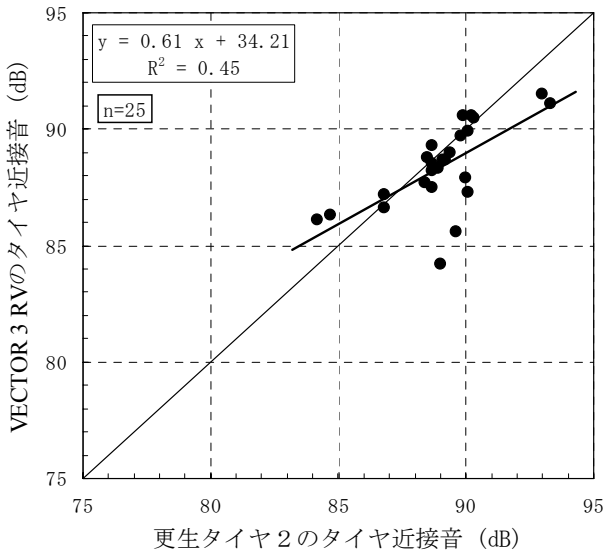


図-7-6-2　更生タイヤ２と VECTOR３RV との
タイヤ近接音の関係

③REGNO 8000：現共通タイヤよりもタイヤ近接音は小さい傾向を示した。

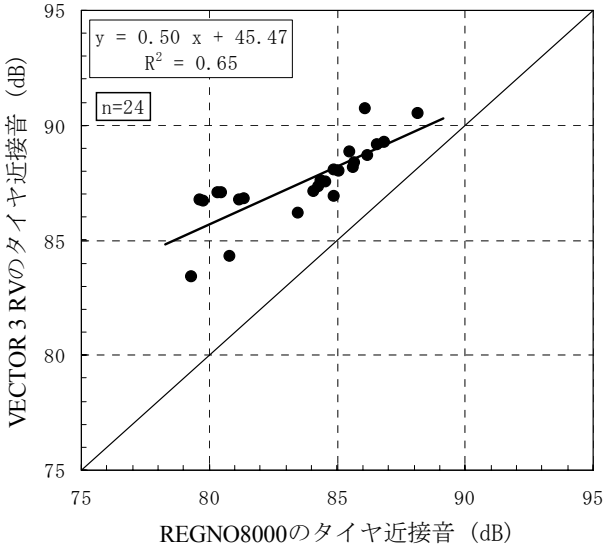


図-7-6-3　REGNO8000 と VECTOR３RV との
タイヤ近接音の関係

④VECTOR 5:ほとんどの路面において現共通タイヤよりもタイヤ近接音は小さい傾向であった。なお、当該タイヤは、今回の調査箇所の測定範囲内では、選定タイヤの中で最も現共通タイヤに近似した値を示した。

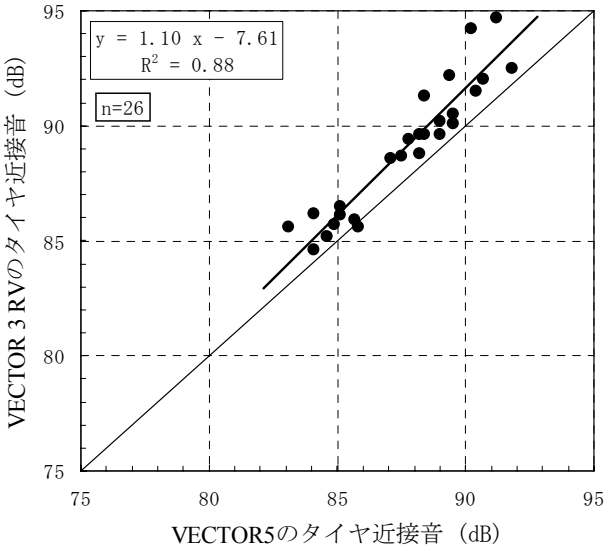


図-7-6-4　VECTOR５と VECTOR３RV との
タイヤ近接音の関係

ここで、これらの差となって現れた主な原因は、タイヤのトレッドパターンやコンパウンドの違いによるものと考えられる。

(2) 今後の方策

今後の方策としては、

①タイヤ販売店ストック分の VECTOR3RV を購入し、当面の対応を行う。

②更生タイヤ（例えば今回検討した２種類の更生タイヤの内１種類）を購入し対応する。（更生タイヤのトレッドパターンやコンパウンドは、市販タイヤと異なるものの、貼替えによる再生が可能なため長期的なライフサイクルが期待できる）

③市販タイヤ（例えば今回検討した２種類の市販タイヤの内１種類）を購入し対応する。（市販タイヤのライフサイクルは３年～５年程度である）

などが考えられる。

いずれにせよ、タイヤ／路面騒音測定車の新共通タイヤとして代替タイヤを選定する場合には、現共通タイヤとの相関性、速度・温度依存性を明らかにして、それぞれの民間会社で独自に選定する必要があると考える。

(1) 目　的

本共同研究で使用している基準タイヤ（GOODYEAR VECTOR 3RV） の生産中止に伴い、現在の基準タイヤに代わる“代替え基準タイヤ”について検討する必要性が生じた。

本検討の目的は、現在の基準タイヤでの測定結果と新たに選定した４種類のタイヤ（市販タイヤ２種類、更生タイヤ２種類）による測定結果をとりまとめ、代替え基準タイヤを選定するための一資料を得ることである。なお、ここでは、各社で使用したタイヤを装着して 50km/h 走行時の騒音値（dB（A））を単純に比較して整理したものであり、速度・温度補正などは行っていない。

(2) 測定箇所

測定箇所は、**表-7-6-1** に示すような７現場に加えて、土木研究所構内の完成路面および暫定路面である。

表-7-6-1　測 定 箇 所

No.	工事名又は測定箇所	詳 細 場 所	表層断面		施工業者
			厚さ	最大粒径	
1	広沢舗装(2)工事	群馬県桐生市広沢町	4cm	8mm	日本道路
2	末木舗装修繕工事	山梨県東八代郡一ノ宮町	2cm+3cm	8mm+13mm	NIPPO ｺｰﾎﾟﾚｰｼｮﾝ
3	越谷舗装修繕その５工事	埼玉県越谷市谷中町	5cm	10mm	東京舗装工業
4	千葉市美浜区幕張	千葉県千葉市美浜区幕張	5cm	13mm	NIPPO ｺｰﾎﾟﾚｰｼｮﾝ
5	鞘堂舗装修繕工事	栃木県宇都宮市下都賀郡	2cm+3cm	5mm+13mm	東亜道路工業
6	氏家舗装修繕工事	栃木県塩谷郡氏家町	5cm	9mm	ニチレキ
7	上三川舗装修繕工事	栃木県河内郡上三川町	2cm+3cm	8mm+13mm	NIPPO ｺｰﾎﾟﾚｰｼｮﾝ

(3) タイヤの種類と測定会社および測定速度

本検討におけるタイヤの種類と測定会社および測定速度は、**表-7-6-2** のとおりである。なお、測定日については、2003 年 7 月下旬～10 月中旬の約 3 ヶ月の期間で、それぞれの会社の測定状況ならびに現場の路面状態に応じて適宜測定することとした。

表-7-6-2　タイヤの種類と測定会社および測定速度

タイヤの種類					測定会社	測定速度 (km/h)
分　類		メーカー	品　名	写　真		
現基準タイヤ	市　販	GOOD YEAR	VECTOR3RV	写真-7-6-1	世紀東急工業㈱	50±0.5
					大有建設㈱	
					前田道路㈱	
代替えタイヤ	更　生	バンダグ	BRAWNY RIB	写真-7-6-2	世紀東急工業㈱	
			METROMAX RIB	写真-7-6-3		
	市　販	BRIDGE STONE	REGNO 8000	写真-7-6-4	大有建設㈱	
		GOOD YEAR	VECTOR5	写真-7-6-5	前田道路㈱	



写真-7-6-1
VECTOR３RV



写真-7-6-2
BRAWNY RIB（更生タイヤ１）



写真-7-6-3
METROMAX RIB（更生タイヤ２）



写真-7-6-4
REGNO 8000



写真-7-6-5
VECTOR５

(4) まとめ及び今後の方策について

1) まとめ

今回の測定結果を選定タイヤごとにまとめると次のとおりである。

a)更生タイヤ１：いずれの路面においても現基準タイヤよりも騒音値は小さい傾向を示し、多孔質弾性舗装や小粒径の排水性舗装ではより顕著な差となって現れた。［**図-7-6-1** および**図-7-6-2 参照**（図中の数値は VECTOR3RV との差を意味する）］

b)更生タイヤ２：現場７箇所のデータのみから判断すると現基準タイヤとほぼ同様な関係を示した。なお、土木研究所構内の暫定路面のデータについては、特異な傾向が認められた。［**図-7-6-1、図-7-6-2** 参照］

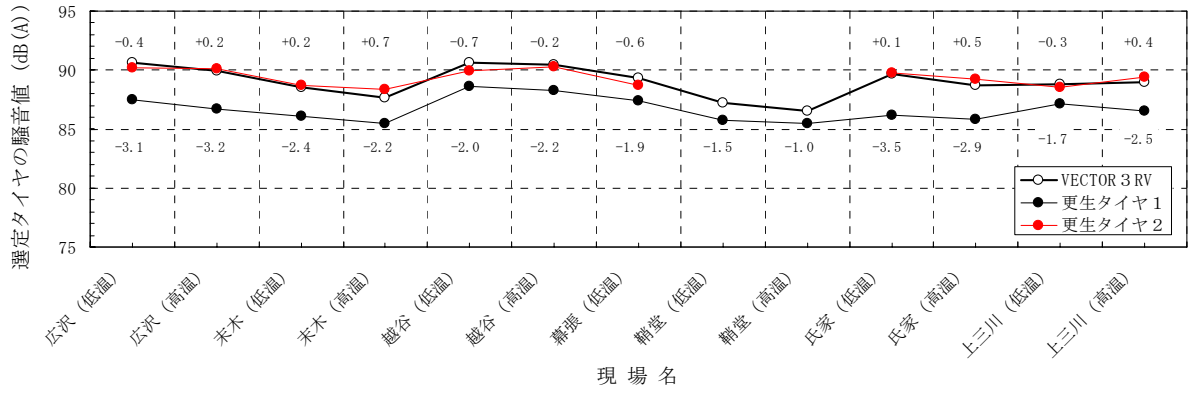


図-7-6-1　VECTOR３RV と更生タイヤの関係（７現場）

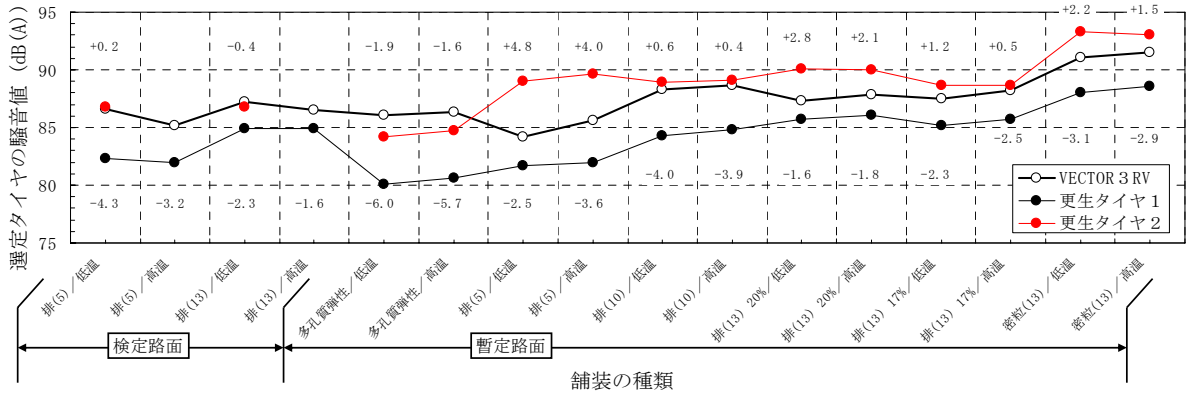


図-7-6-2　VECTOR３RV と更生タイヤの関係（土研構内）

a)REGNO 8000：いずれの路面においても現基準タイヤよりも騒音値が小さい傾向を示し、多孔質弾性舗装や小粒径の排水性舗装では上述の更生タイヤ１以上に、より顕著な差となって現れた。［**図-7-6-3** および**図-7-6-4**（図中の数値は VECTOR3RV との差を意味する）］

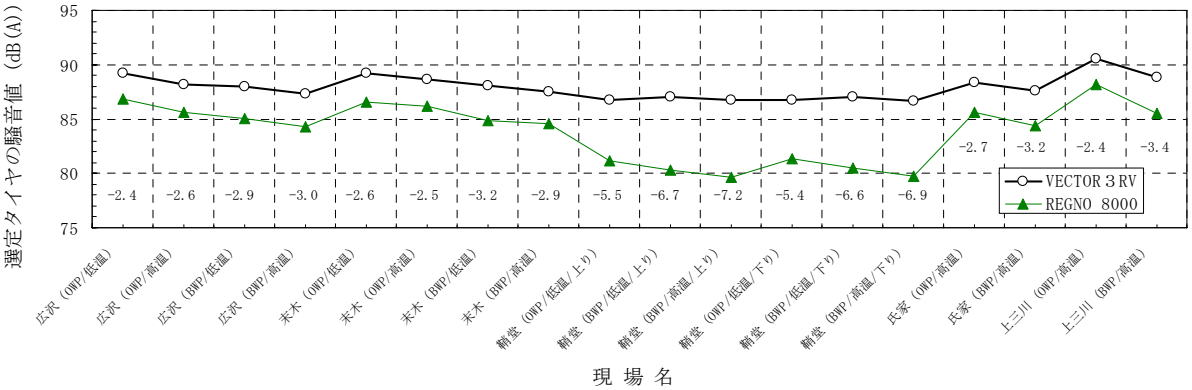


図-7-6-3　VECTOR３RV と REGNO8000 の関係（５現場）

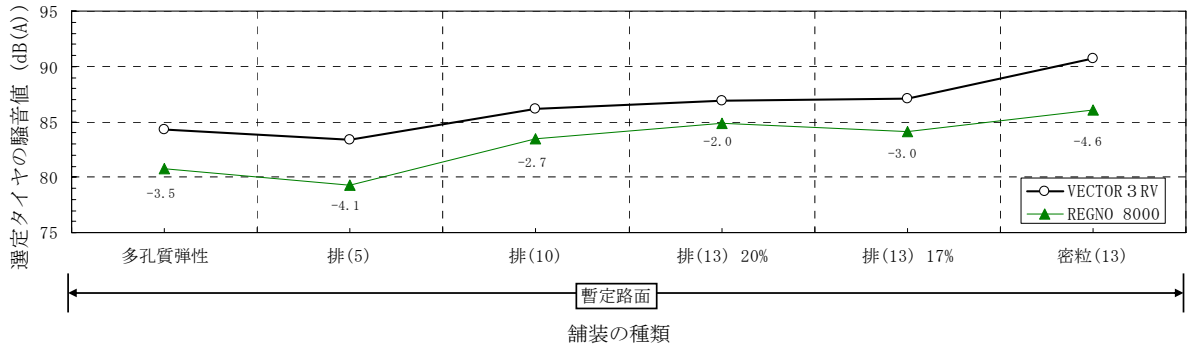


図-7-6-4　VECTOR３RV と REGNO8000 の関係（土研構内）

b)VECTOR 5：ほとんどの路面において現基準タイヤよりも騒音値が小さい傾向を示し、特に完成路面の排水性舗装(5)や密粒(13)ではより大きな差となって現れた。［**図-7-6-5** および**図-7-6-6 参照**（図中の数値は VECTOR3RV との差を意味する）］　なお、当該タイヤは排水性舗装を対象にした場合には、選定タイヤの中で最も現基準タイヤに近い値を示す結果であった。

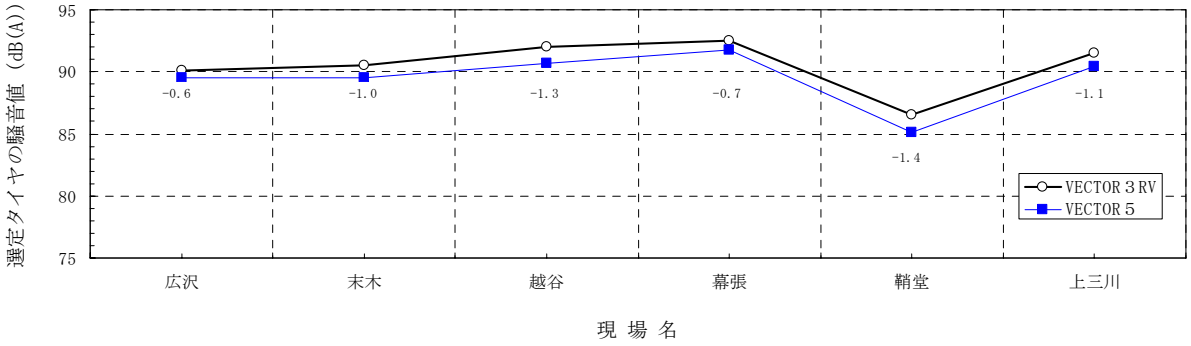


図-7-6-5　VECTOR３RV と VECTOR５の関係（６現場）

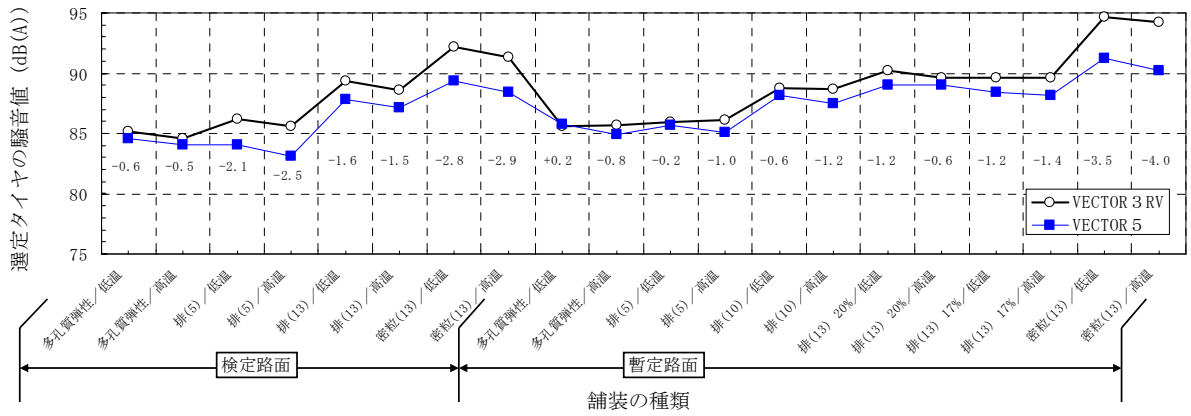


図-7-6-6　VECTOR３RV と VECTOR５の関係（土研構内）

ここで、これらの差となって現れた主な原因は、タイヤのトレッドパターンやコンパウンドの違いによるものと考えられる。

2) 今後の方策

今後の方策としては、

a)タイヤ販売店ストック分の VECTOR3RV を購入し、当面の対応を行う。

b)更生タイヤ（例えば今回検討した２種類の更生タイヤの内１種類）を購入し対応する。（更生タイヤのトレッドパターンやコンパウンドは、市販タイヤと異なり長期的なライフサイクルが期待できる）

c)市販タイヤ（例えば今回検討した２種類の市販タイヤの内１種類）を購入し対応する。（市販タイヤのライフサイクルは３年～５年程度である）

などが考えられる。

いずれにせよ、タイヤ／路面騒音測定車の新基準タイヤとして代替えタイヤを選定する場合には、現基準タイヤとの相関性、速度・温度依存性を明らかにして、それぞれの民間会社で独自に選定する必要があると考える。

8. 検定

タイヤ／路面騒音測定装置を検定・認定することができる検定方法（案）の作成と、作成した検定方法（案）に従い共同研究で開発したタイヤ／路面騒音測定装置について検定した結果と、合格した装置の適用範囲（案）を作成したので以下に示す。

8.1 タイヤ路面騒音測定装置の検定方法（案）の作成

本共同研究では、タイヤ／路面騒音測定装置として①タイヤ近接音測定装置、②吸音特性測定装置、および③路面反射音測定装置の 3 種類について開発することができた。しかし、これらの装置が正確な騒音値を測定できか検定する方法が必要なためタイヤ／路面騒音測定装置を検定・認定することができる検定方法（案）を検討し作成した。なお、これらの測定装置以外のタイヤ／路面騒音測定装置も検定・認定を受けることが出来る検定方法（案）とした。概要を以下に示す。なお、作成した「タイヤ／路面騒音測定装置の検定方法（案）」は付録－２に示す。

8.1.1 検定の適用範囲

検定は､検定を受けようとする測定装置が現場でタイヤ/路面騒音騒音値を適切に測定できることを評価するために行うものであり、検定により完成路面に付与された特殊タイヤ音を推定することができる測定装置であることを土木研究所が確認するものである。検定は、測定装置が申請書の仕様と合致することを確認する仕様認定とタイヤ/路面騒音測定装置としての性能を満足している装置であるか確認する性能検定からなる。

8.1.2 検定の申請及び認定有効期間

タイヤ/路面騒音測定装置として認定を受けようとする機関は、検定方法（案）に準じて必要な書類を検定申請時に提出しなければならない。主な申請提出書類は、①タイヤ/路面騒音測定車検定申請書（様式-1, -2）、②計測機器の検定票、③自動車車検証、および④測定装置の特性や装置の測定原理についての概要資料等を添付しなければならない。

検定の認定有効期間は､原則として 12 ヶ月であるが書類手続き上の問題により交付に遅延が発生することを考慮して認定書の交付より 13 ヶ月とした。

8.1.3 測定装置の条件

測定装置は、測定の方式のによらず外気温 20 ℃、走行速度 50 km/h 相当の特殊タイヤ音を推定することが可能な装置で、交通規制を行わずに測定することが可能な装置でなければならない。

完成路面に付与する特殊タイヤ音は、年 1 回、4 月に 3 台以上の路面騒音測定車によって測定し結果をもとに土木研究所が決定する。なお、この特殊タイヤ音は検定の公正、透明性確保の点より非公開とする。

8.1.4 検定時の測定条件

検定は、土木研究所内に設けた完成路面(pp6-16 **図-6-2-7** 参照)で行う。測定条件は以下に示すとおりである。

- 測定位置は、舗装左端から約 1.2m 付近を目標とするが、正確な位置は土木研究所が指示する。
- 測定時の路面は濡れていたり、凍結してはいけない。

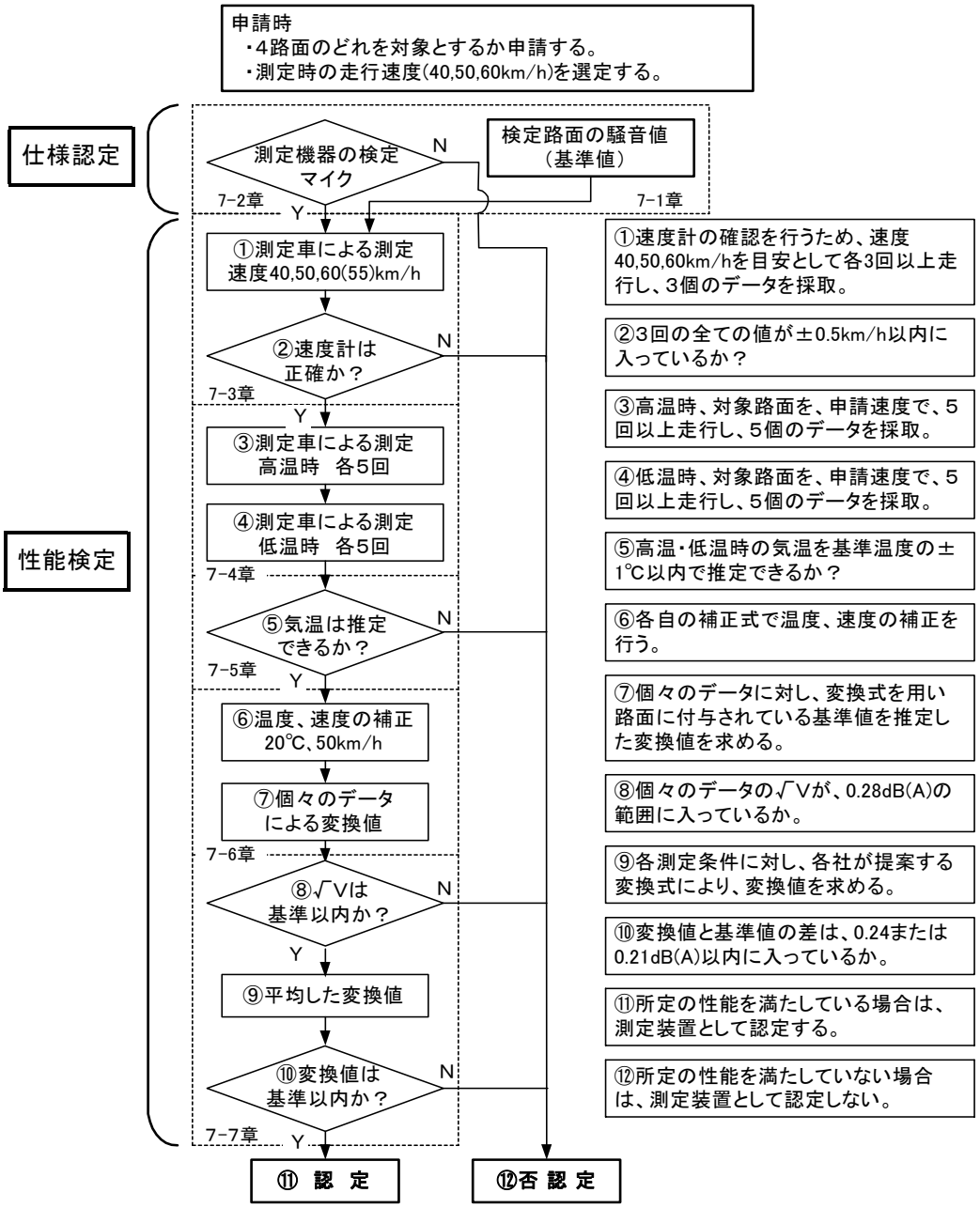
・ 気温は、完成路面内に設置されたウェザーステーションの計測値を基準とし、5℃以上の時に測定を行う。
・ 測定時の温度は、申請された特殊タイヤ音への変換式の精度確認として高温時と低温時の 2 条件でデータを採取する。なおこの時の高温時と低温時の温度差は 10℃以上あることが望ましい。
・ 検定は、申請された対象舗装種別および走行速度で実施する。

8.1.5 検定の実施

検定を受けようとする機関は、仕様認定、性能検定の順に検定を受ける。検定のフローを**図-8-1-1**に示す。

(1) 仕様認定

仕様認定とは、申請時の提出書類と測定装置とが合致していることを確認するものである。仕様認定の項目と内容および性能を**表-8-1-1、表-8-1-2** に示す。



仕様認定：性能が明示してある機器類について、所定の性能のものを使用していることの確認
性能検定：要求される性能を有していることの確認

図-8-1-1　検定フロー

表-8-1-1 仕様認定の項目と内容

様式	項　　目	認　　定　　内　　容
1	測定方式	認定を受ける装置が、記載されている方式によることを確認
1	測定装置	認定を受ける装置が、記載されている車両を使用し、記載通りのタイヤを使用し、かつ記載されている人員によって測定を行うことを確認
1	騒音計検定票	**表-8-1-2** に示す性能の確認
1	温度計カタログ等	**表-8-1-2** に示す性能の確認
2	測定装置全景写真	認定を受ける装置であることを確認
2	タイヤのアップ写真	認定を受けるタイヤであることを確認
2	騒音測定装置などの写真	認定を受ける装置であることと同時に、装置の位置を確認
2	温度計などの写真	認定を受ける装置であることと同時に、装置の位置を確認

表-8-1-2　仕様認定項目及び性能

項　　目		機能及び性能		備　　考
計測機器	騒音計		分解能　0.1dB	検定票の提出
	温度計	計測機能	分解能　0.1℃	カタログ等の提出
	その他			検定票の提出
測定装置	測定間隔	ｻﾝﾌﾟﾘﾝｸﾞ	間隔 0.1 秒 or1.0m 以下	
		出力機能	即時出力が可能	
その他				

(2) 性能検定

性能検定とは、測定装置がタイヤ/路面騒音測定装置としての性能を満足している可否を確認するものである。性能検定の項目および性能を**表-8-1-3** に示す。

表-8-1-3　性能検定項目及び性能

<table>
<tr><th colspan="2">項　　目</th><th colspan="2">機能及び性能</th><th>備　　考</th></tr>
<tr><td rowspan="2">計測機器</td><td>温度計</td><td>計測機能</td><td>精度　±1.0℃</td><td>高温、低温において 50km/h で測定した３回の値の平均値と、ウェザーステーションとの比較</td></tr>
<tr><td>速度計</td><td>計測機能</td><td>分解能　0.1km/h
精度　±0.5km/h</td><td>完成路面の密粒度舗装で行う。40,50,60km/h で各 3 個のデータを求め路面に設置している速度センサーと比較を行う</td></tr>
<tr><td rowspan="3">変換値</td><td rowspan="3">補正及び変換値</td><td rowspan="3">基準値との比較</td><td>有効桁　小数第２位</td><td rowspan="3">5 回の測定データより温度補正値、速度補正値、変換値を求める</td></tr>
<tr><td>基準値との差
レベル 1　±0.24dB
レベル 2　±0.21dB</td></tr>
<tr><td>繰り返し精度
√V≦0.28dB</td></tr>
<tr><td>その他</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

注1)　レベル 1 : 小数第一位を整数値に四捨五入する場合。レベル 2 定義 : 少数第一位を 0.5 単位で二捨三入する場合

注2)　基準値とは、完成路面に付与された特殊タイヤ音

8.2 タイヤ／路面騒音測定装置の認定

認定は、検定方法に従い、検定を受けようとする測定装置が、現場において、タイヤ／路面騒音値を適切に測定できる装置であることを評価するために行うものであり、本検定においては、完成路面に付与された基準値を推定することによって、8.1.2 で定めた性能を有することを独立行政法人土木研究所（以下土木研究所）等の公的機関が確認するものとした。

8.2.1 検定の認定期間及び申請

本検定によって受けた、タイヤ／路面騒音測定装置としての有効期間及び申請は、以下に記すとおりとする。

有効期間：認定書の交付から 13 ヶ月。

申　　請：検定を受けようとする機関は、様式－１，２に従い申請を行う。

申請時期：随時受付。ただし、検定の実施は、測定装置の条件を満足する状態で実施される。

提出書類：申請時には、様式－１，２の申請書のほか、以下に示す書類を提出する。

検　定　票：騒音計など、公的機関の検定が受けられる機器について。

測 定 方 法：各測定装置の特性、及び測定手順の詳細が適切に明記されているもの。主な内容として、・補正式・推定式、・補正・推定手順、・車両の詳細、および各測定装置固有の条件を含む。

自動車検査証：道路における走行、測定に問題がないことを証明。

そ　の　他：上記以外の測定装置に関して、必要なもの。

8.2.2 認定

上記により申請があったタイヤ／路面騒音測定装置に対して、**タイヤ路面騒音測定装置の検定方法（案）**に従い、土木研究所等の公的機関が検定を行い、検定基準をクリアーした装置に対して、土木研究所等の公的機関が認定を行う。

8.3　本共同研究で開発したタイヤ／路面騒音測定装置の検定

8.3.1　検定方法

本共同研究で開発したタイヤ／路面騒音測定装置 17 台（タイヤ近接音測定装置 15 台、吸音率測定装置１台および反射音測定装置１台）が最終的に舗装路面騒音測定車と同等であると設定した精度を満足するか 8.1 で検定方法（案）に準拠し、平成 16 年２月に検定を実施した。

検定、は**図-8.3.1** に示す手順で構築した完成評価用路面における排水性舗装 5㎜、13㎜ を用い、繰り返し再現性（√V≦0.28dB）及び基準値との差（±0.24dB、または±0.21dB）を検証した。

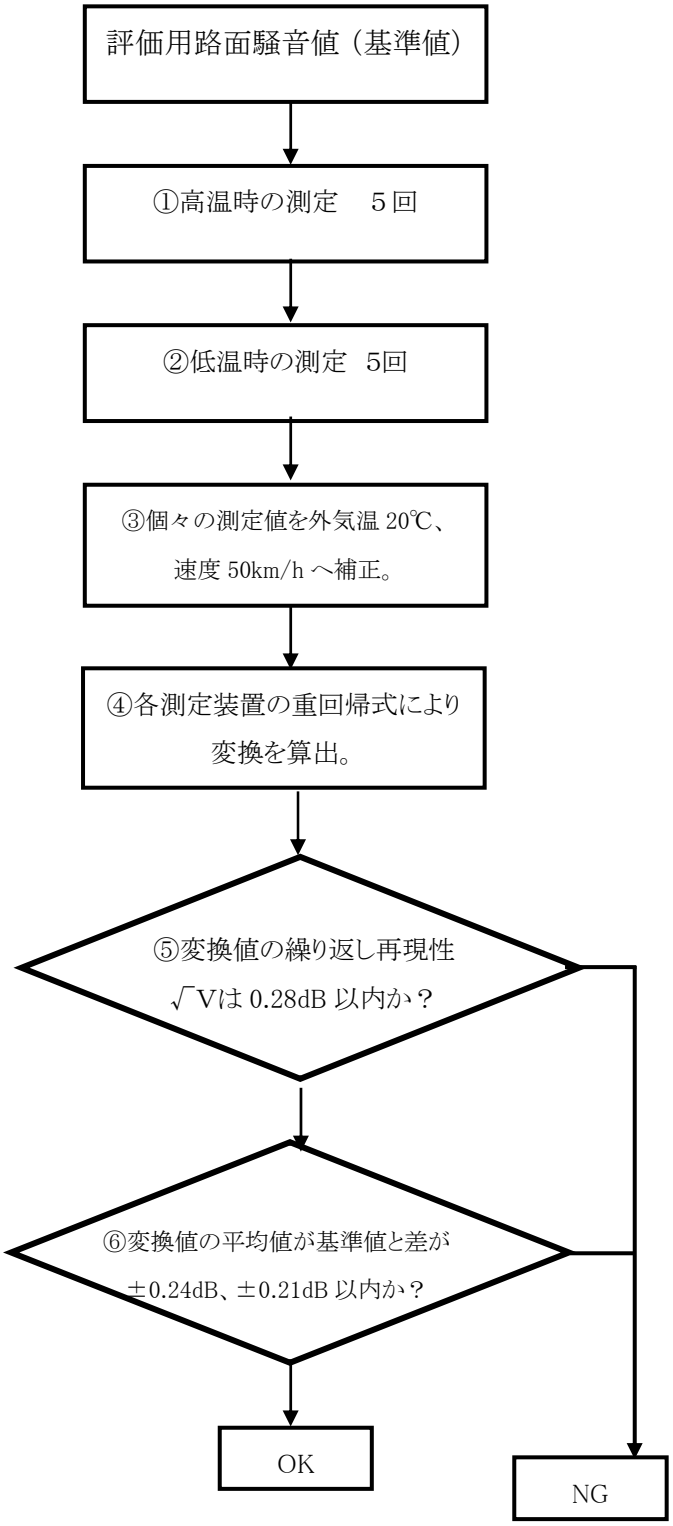


図-8.3.1　測定装置の精度確認の流れ

8.3.2　検定結果

本共同研究で開発したタイヤ／路面騒音測定装置 17 台の検定結果**表-8.3.1** に示す。

検定の結果、合格した装置（車）は以下の通り。

１）基準値との差

①レベル１（性能規定方式対応）を合格（合格基準：±0.24dB）

・排水性(13)と(5)とも合格　：17 台中 5 台

・排水性(13)のみ合格　　：17 台中 15 台

・排水性(５)のみ合格　　：17 台中 6 台

②レベル２（総合規定方式対応）を合格（合格基準：±0.21dB）

・排水性(13)と(5)とも合格　：17 台中 4 台

・排水性(13)のみ合格　　：17 台中 13 台

・排水性(５)のみ合格　　：17 台中 5 台

２）繰り返し精度（合格基準：$\sqrt{V} \leqq 0.28$dB）

・排水性(13)と(5)とも合格　：17 台中 17 台

表-8.3.1　検定結果

装置	繰返し精度				舗装路面騒音測定車とのずれ	
	排水性5mm		排水性13mm		排水性5mm	排水性13mm
	高温時	低温時	高温時	低温時		
a	0.202	0.173	0.118	0.035	0.453	-0.145
b	0.121	0.116	0.116	0.146	1.070	-0.220
c	0.140	0.220	0.260	0.140	0.610	-0.130
d	0.090	0.088	0.052	0.053	0.699	-0.125
e1	0.080	0.038	0.043	0.041	0.140	0.180
e2	0.036	0.085	0.066	0.054	-0.130	0.210
f	0.070	0.080	0.090	0.140	1.310	0.100
g	0.190	0.060	0.170	0.160	0.210	-0.930
h	0.199	0.183	0.251	0.188	0.350	-0.090
i	0.061	0.049	0.078	0.025	0.106	-0.014
j	0.111	0.032	0.056	0.041	-0.024	0.181
k	0.002	0.032	0.008	0.012	0.470	-0.240
l	0.081	0.083	0.065	0.053	1.340	0.060
m	0.064	0.078	0.094	0.020	1.170	0.080
n	0.090	0.050	0.020	0.020	1.540	-1.300
o	0.235	0.094	0.108	0.142	0.370	-0.090
p	0.248	0.066	0.121	0.084	0.230	-0.170

8.3.3　合格装置の適用範囲（案）

本共同研究で開発したタイヤ／路面騒音測定装置の適用範囲(案)を整理した。各装置が適用できる適用範囲は**表-8.3.2** のとおりである。

なお、適用範囲は、舗装路面騒音測定車との許容差の範囲に入る排水性舗装の表層粒径範囲で整理したものである。(適用範囲の求め方は付録－5を参照)

表-8.3.2　共同研究で開発したタイヤ／路面騒音測定装置の適用範囲（案）

装置	レベル1(性能規定方式対応) ±0.24		レベル2(総合評価方式対応) ±0.21	
	適用範囲		適用範囲	
	小粒径側	大粒径側	小粒径側	大粒径側
a	7	13	8	13
b	10	13	10	13
c	9	13	9	13
d	8	13	8	13
e1	5	13	5	13
e2	5	13	5	13
f	12	13	12	13
g	5	7	5	7
h	7	13	7	13
i	5	13	5	13
j	5	13	5	13
k	7	13	8	7
l	12	13	12	13
m	11	13	11	13
n	12	8	12	8
o	7	13	7	13
p	5	13	6	13

9.　特許

9.1光電検出方法、位置検出システム、測定車および位置検出装置

（土研、世紀東急、ガイアートクマガイ）

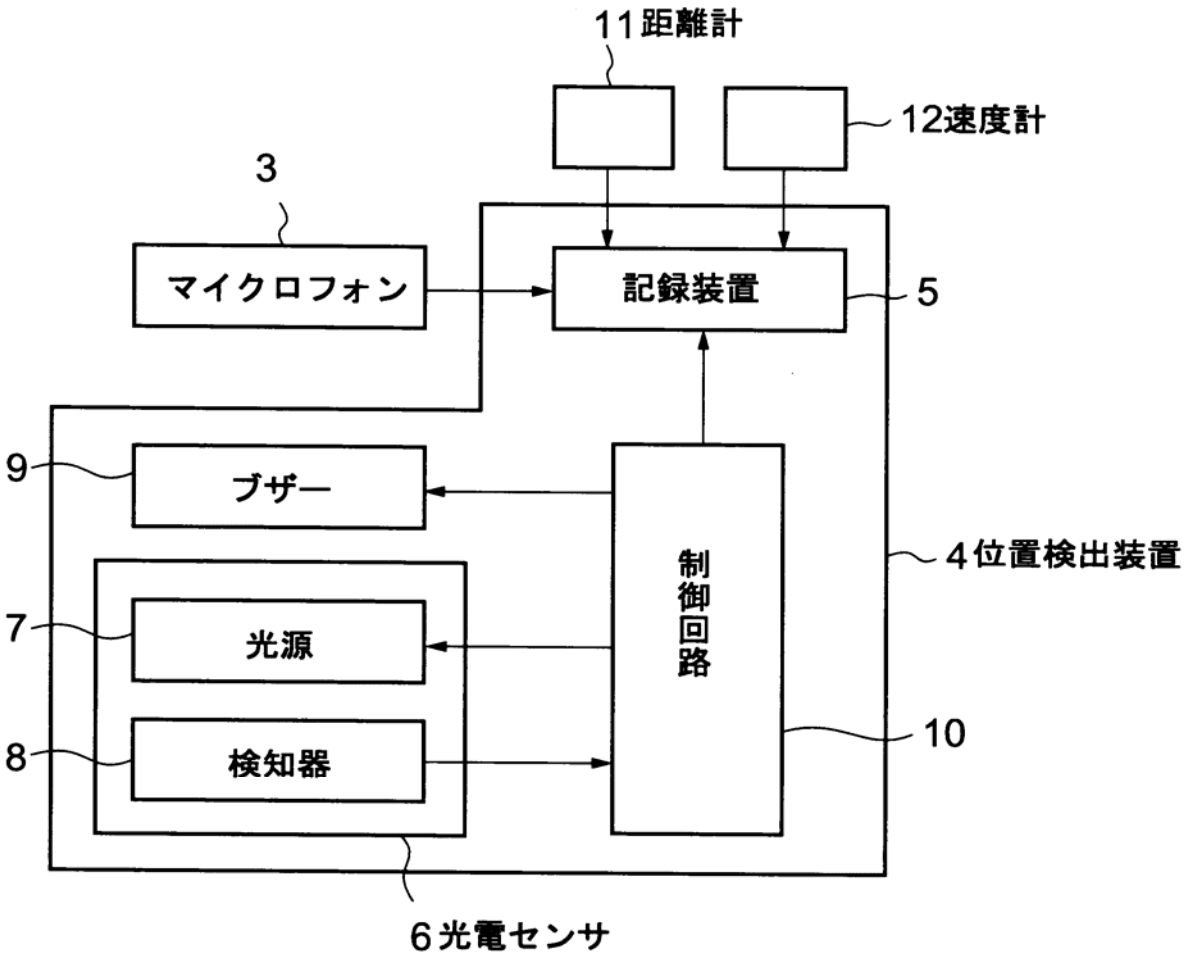
【書類名】　　要約書

【要約】

【課題】　測定の開始位置や終了位置、測定除外区間など、測定対象区間内の所望の位置を常に一定のタイミングで検出して測定位置を明確にすることにより、測定車による測定の再現性や精度を向上させることが可能な位置検出方法、位置検出システム、測定車および位置検出装置を提供する。

【解決手段】　光源７から路肩R’方向に光信号を発信しながら走行し、路肩R’に配置されたリフレクタの横を通過し光信号の反射光が検知器８により検知されると、検知器８は検知信号を制御回路１０に送信する。制御回路１０は、受信した検知信号に対応して、ブザー９からブザー音を出力するとともに、記録装置５にタイミング信号を送信する。記録装置５は、ブザー音の影響を反映させた騒音レベルの測定データと、タイミング信号に基づくマークとを記録する。

【選択図】



【書類名】　特許願
【整理番号】　Ｐ－９７７８
【提出日】　平成１５年　７月２８日
【あて先】　特許庁長官　殿
【国際特許分類】　Ｅ０１Ｃ　２３／００
　Ｇ０１Ｄ　５／２４７
【発明の名称】　位置検出方法、位置検出システム、測定車および位置検出装置
【請求項の数】　２２
【発明者】
　【住所又は居所】　茨城県つくば市南原１番地６　独立行政法人土木研究所内
　【氏名】　寺田　剛
【発明者】
　【住所又は居所】　茨城県つくば市南原１番地６　独立行政法人土木研究所内
　【氏名】　吉田　武
【発明者】
　【住所又は居所】　茨城県つくば市南原１番地６　独立行政法人土木研究所内
　【氏名】　大橋　幸子
【発明者】
　【住所又は居所】　埼玉県さいたま市本郷町１４５１－３
　【氏名】　増山　幸衛
【発明者】
　【住所又は居所】　東京都葛飾区西亀有３－２２－６
　【氏名】　草刈　憲嗣
【発明者】
　【住所又は居所】　茨城県筑波郡谷和原村小絹２１６－１　株式会社ガイアートクマガイ技術研究所内
　【氏名】　野中　政直
【発明者】
　【住所又は居所】　茨城県筑波郡谷和原村小絹２１６－１　株式会社ガイアートクマガイ技術研究所内
　【氏名】　村岡　健市
【特許出願人】
　【識別番号】　３０１０３１３９２
　【氏名又は名称】　独立行政法人土木研究所
【持分】　１／３
【特許出願人】
　【識別番号】　０００１９４５１６
　【氏名又は名称】　世紀東急工業株式会社
【持分】　１／３

【特許出願人】
【識別番号】　５９２１７９０６７
【氏名又は名称】　株式会社ガイアートクマガイ
【持分】　１／３
【代理人】
【識別番号】　１００００８１４１１
【弁理士】
【氏名又は名称】　三澤　正義
【電話番号】　０３－３３６１－８６６８
【手数料の表示】
【予納台帳番号】　００７９８４
【納付金額】　１４０００
【その他】　国等以外のすべての者の持分の割合　００２／００３
【提出物件の目録】
【物件名】　明細書　１
【物件名】　図面　１
【物件名】　要約書　１

9.2排水性舗装の騒音低減性能試験及び装置

（土研、石川島播磨重工業（株））

【書類名】　　要約書

【要約】

【課題】　排水性舗装は，アスファルト舗装表層に空隙率の高いアスファルト混合物を用いることにより路面に滞留する水を排除し，雨天時の車両走行安全性を向上させると共に，空隙内にエンジン音を取り込むなどして車両の走行騒音をていげんするという機能をもった舗装である。

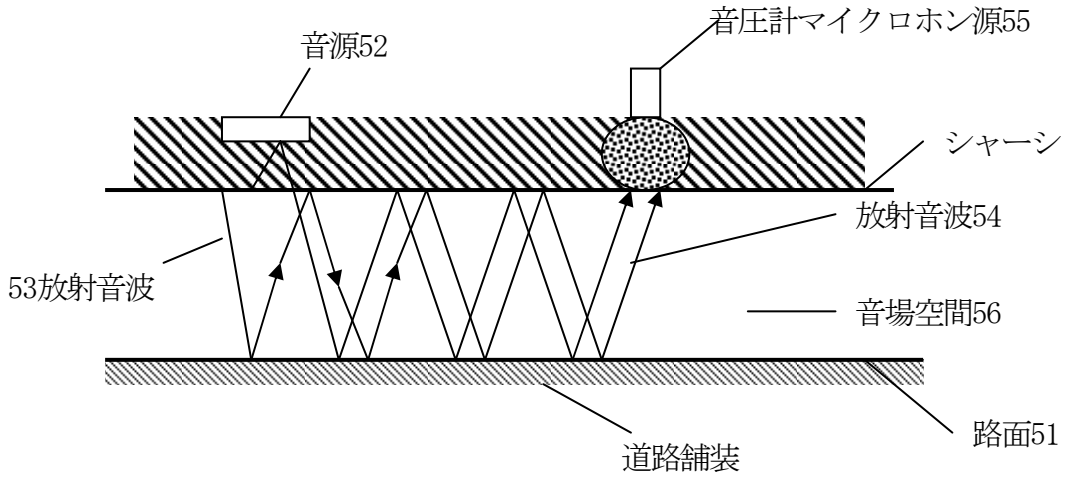
従来，その機能を測定する指標として現場透水試験を用いて透水量の測定を行うことが一般的であった。しかし，この方法は交通規制を行うことから安全面や効率面が懸念される。そこで，これに変わる試験手段の１つとして「道路舗装の透水性能試験方法」が提案されている。（例えば特許文献1　特許第2559658号公報

特許文献１による道路舗装の透水性能試験装置は，周波数250～5000Hzの範囲にある音波を舗装路面51に対して放射しうるスピーカ52と，放射音波53が舗装路面で反射することにより形成される反射音波54の音圧を測定しうる音圧計55と、放射音波に対する反射音波の音圧減量を演算しうる演算器（図示せず）と、シャーシと路面との間に拡散音場56と，を有し，該拡散音場内に場気温圧計のセンサーを備えたものである。

【解決手段】　しかし、上述した性能試験手段には，走行中に路面との接触（干渉）を回避するため，路面との間に十分な隙間（例えば30㎜以上）を設ける必要があり，これにより測定データのS/N比が低くなる問題があった。

本発明は，上述した問題点を解決するために創案されたものである。すなわち本発明の目的は，高価な測定車両を用いることなく，高いS/N比で騒音低減性能をリアルタイムに試験することができる排水性舗装の騒音低減性能試験方法及び装置を提供することにある。

【選択図】



【書類名】　特許願

【整理番号】　Ｐ６７０５

【提出日】　平成１５年１０月２日

【あて先】　特許庁長官　殿

【国際特許分類】　Ｇ０１Ｎ　２９／００

【発明の名称】　排水性舗装の騒音低減性能試験及び装置

【請求項の数】　６

【発明者】

【住所又は居所】　茨城県つくば市南原１番地６　独立行政法人土木研究所内

【氏名】　吉田　武

【発明者】

【住所又は居所】　茨城県つくば市南原１番地６　独立行政法人土木研究所内

【氏名】　伊藤　正秀

【発明者】

【住所又は居所】　茨城県つくば市南原１番地６　独立行政法人土木研究所内

【氏名】　寺田　剛

【発明者】

【住所又は居所】　茨城県つくば市南原１番地６　独立行政法人土木研究所内

【氏名】　大橋　幸子

【発明者】

【住所又は居所】　東京都江東区豊洲２丁目１番１号　石川島播磨重工業株式会社

【氏名】　大久保　智

【発明者】

【住所又は居所】　東京都江東区豊洲２丁目１番１号　石川島播磨重工業株式会社

【氏名】　土屋　達

【発明者】

【特許出願人】

【識別番号】　０００００００９９

【氏名又は名称】　石川島播磨重工業株式会社

【持分】　５０／１００

【特許出願人】

【識別番号】　３０１０３１３９２

【氏名又は名称】　独立行政法人　土木研究所

【持分】　５０／１００

【代理人】

【識別番号】　１００９７５１５

【住所又は居所】　東京都港区５丁目２６番２０号　建築会館４階　アサ国際特許事務所内

【氏名又は名称】　堀田　実

【手数料の表示】

【予納台帳番号】　０２７０１８

【納付金額】　１０，５００円

【その他】　国等以外のすべての者の持分の割合　０５０／１００

【提出物件の目録】

【物件名】　特許請求の範囲　1

【物件名】　明細書　1

【物件名】　図面　1

【物件名】　要約書　1

【包括委任状番号】　０１１３４１５

10. まとめ

本共同研究は「安価で簡易なタイヤ／路面騒音測定方法の開発」を目的に実施した。。これを達成するために，「要求性能の設定」，「タイヤ／路面騒音評価用路面の開発」，「タイヤ／路面騒音評価用路面を特定する指標」，「タイヤ／路面騒音の測定方法の開発」，「検定方法の検討」を行った。これらについて総括すると以下のとおりである。

10.1 要求性能の設定

タイヤ／路面騒音を測定する計測装置への要求性能を設定するため、国内外の車両走行騒音の測定方法等を調査するとともに、公共調達及び道路管理上の精度の確認を行った。開発するタイヤ／路面騒音測定装置の要求性能は、性能規定発注工事に使用されている舗装路面騒音測定車（RAC 車）と同等の性能を有することが前提であることから、**5.3 要求性能**としてまとめた。

10.2 評価用路面の開発

タイヤ／路面騒音測定装置を検定、調整することができる評価用路面は、ISO 11819-1、ISO/CD 11819-2、ISO 10844 等を基に、評価用路面が備えるべき用件を整理（**表-6-1-2**）し、（独）土木研究所舗装走行実験場に暫定路面（**図-6-2-1、図-6-2-3**）を構築した。さらに、暫定路面の問題点（**6-2-2(1)**）を踏まえ、（独）土木研究所構内流速計検定施設脇（**図-6-2-5**）に**表-6-2-8** に示す 4 種類の表層を設けた「基準路面（**図-6-2-7**）」を構築した。

10.3 評価用路面を特定する指標

タイヤ／路面騒音は、路面性状に影響されることから騒音値に影響すると考えられる路面性状を測定し、タイヤ／路面騒音装置を検定・調整することができる路面性状を特定し、補修時期を判定できる指標の検討を行った。

その結果、タイヤ／路面騒音値に影響の高いものは路面テクスチャ（**表-6-3-3**）となり、路面を特定する指標として MPD、SMTD 等とした。なお、本評価用路面（暫定路面・基準路面）における経年変化把握では、ISO 10844 路面と同種の路面テクスチャの評価指標である。

10.4 評価方法及び装置の開発

10.4.1 共通試験による評価方法の検討

第 1 回共通試験は、各社開発中の測定装置の現状を把握すること、各社の測定値と特殊タイヤ音の特性を比較すること、等を主な目的として暫定路面で実施した。

第 2 回共通試験は、共同研究各社の測定値の温度依存性・速度依存性を確認すること、第 1 回共通試験における各社間のばらつきを小さくするため測定用タイヤ統一後の測定装置の特性を確認すること、等を主な目的として暫定路面で実施した。

第 3 回共通試験は、第 2 回共通試験結果を補完するため、低温域での測定を行った。これら 3 回の共通試験から，各社（装置）毎の速度・温度補正を行った舗装路面騒音

測定車相当騒音値が得られる変換式を作成した。さらに、実道での試行として，各測定装置による測定を実施し、作成した変換式に修正を加えた。

10.4.2 測定方法の開発

(1) 騒音測定に及ぼす要因の検討

本共同研究では、タイヤ／路面騒音測定に及ぼす要因として**表-7-3-1** に示す要因が挙げられた。そこで、測定時の測定速度、温度（気温、路面、タイヤ）、路面水分、速度の精度、測定回数、予備走行、暗騒音、併走・対向車両、道路側近の壁、タイヤ溝深さ、測定除外区間の検出等の調査・検討を行った。速度、温度については、それぞれ 50km/h、20℃に補正することとした。なお，影響要因検討結果の詳細については、**表-7-3-17** を参照されたい。

(2) 測定精度の検討

測定器の精度の判定は、舗装路面騒音測定車（RAC）の計測値と一般車両の普通タイヤ／路面騒音測定値の整合性を統計的に判断するため、両者の繰り返し精度およびこれら繰り返し精度による判定基準について検討した。その結果、

① 普通タイヤ／路面騒音測定車のばらつきは、0.003≦測定値ばらつき≦0.283 に入れば舗装路面騒音測定車（RAC 車）同等の精度が得られる。

② 繰り返し再現性については、**表-7-3-2-2** に示すとおり母標準偏差σと同じ$\sqrt{v}$の最大値は 0.28dB であることを明らかにした。

③ 測定値の判定（測定値のずれの許容範囲）は、母標準偏差σが 0.17dB のとき、性能規定の場合 0.24dB、総合評価方式の場合は 0.21dB であることを明らかにした。

(3) 最大粒径と騒音値の検討

排水性舗装の最大粒径とテクスチャの関係が高かった（**図-7-3-38**）ことから、舗装路面騒音測定車（RAC）騒音値に換算するため、各測定方法（装置）毎の変換式には最大粒径による補正が必要である。

(4) 変換式の検討

本共同研究では、舗装路面騒音測定車（RAC）とタイヤ／路面騒音測定車で測定した騒音値が曲線関係にあることから、両者を直線関係とするため重回帰式を用いた。

重回帰式における目的変数は、検定路面に付与されている騒音値または舗装路面騒音測定車（RAC）で測定された騒音値、説明変数を測定騒音値（X1）、最大粒径（X2）、大型車交通量または経過月数（X3）とした。

(5) タイヤ／路面騒音現場測定方法の検討

本共同研究では、タイヤ／路面騒音測定装置として①タイヤ／路面騒音を直接測定する装置、②吸音特性値測定装置および③反射音測定装置の 3 種類について検討を行った。前述のように測定時には測定値に影響を及ぼす様々な要因があり、これらの影響を排除するために測定条件や測定方法、解析方法を規定する必要があることから、現場での測定が可能となるように「**タイヤ／路面騒音現場測定方法（案）－共通編**」を作成し**付録-1** に示した。また、各測定方法別のタイヤ／路面騒音測現場測定方法についても，各装置個別案（普通タイヤ編、吸音特性編、反射音編）として**付録-1** のⅠ、Ⅱ、Ⅲに示した。

10.4.3 タイヤ／路面騒音測定装置の開発

(1) 一般車両のタイヤ近接音による方法

一般車両の普通タイヤで測定する方法は 14 社で、その仕様詳細については **7.4.1 タイヤ近接音測定装置**を参照されたい。

(2) 路面反射音による方法

路面反射音による方法は 1 社で、詳細は **7.4.2 路面反射音測定装置**を参照されたい。

(3) 路面吸音特性値による方法

路面吸音特性値による方法は 1 社で、詳細は **7.4.3 吸音特性測定装置**を参照されたい。

10.4.4 環境騒音との関係

本共同研究で開発したタイヤ/路面騒音測定装置と環境騒音（車両のパワーレベル、等価騒音レベル）との関係を検討した結果、

①表層粒径が 5～13mmTop において、普通タイヤ音の方が、特殊タイヤ音よりもパワーレベルとの相関は高いことを確認した。

②普通タイヤ音から等価騒音レベルを推定した結果、現地で実測した等価騒音レベルと比較的よく一致することを確認した。

10.4.5 測定用タイヤ

本共同研究で使用している基準タイヤ（GOODYEAR VECTOR3-RV） の生産中止に伴い、現在の基準タイヤに代わる“代替え基準タイヤ”について検討した結果、

①タイヤ販売店ストック分の VECTOR3-RV を購入し、当面の対応を行う。

②更生タイヤを購入し対応する。

③市販タイヤを購入し対応する。

などが考えられるが、タイヤ／路面騒音測定車の新基準タイヤとして代替えタイヤを選定する場合には、現基準タイヤとの相関性、速度・温度依存性等を明らかにして、新たな変換式を作成する必要がある。

10.5 検定

10.5.1 タイヤ／路面騒音測定装置の検定方法(案)

本共同研究では、タイヤ／路面騒音測定装置として①タイヤ近接音測定装置、②吸音特性測定装置、および③路面反射音測定装置の 3 種類について開発することができた。しかし、これらの装置が正確な騒音値を測定できか検定する方法が必要なためタイヤ／路面騒音測定装置を検定・認定することができる検定方法（案）を検討し作成した。詳細は、**付録-2　タイヤ／路面騒音測定装置の検定方法(案)**を参照されたい。

10.5.2 タイヤ／路面騒音測定装置の認定

検定によって土木研究所等の公的機関より認定受けたタイヤ／路面騒音測定装置の有効期間は、認定書の交付から 13 ヶ月とした。

10.5.3 検定結果

本共同研究で開発したタイヤ／路面騒音測定装置 17 台（タイヤ近接音測定装置 15 台、吸音率測定装置 1 台および反射音測定装置 1 台）が最終的に舗装路面騒音測定車と同等であると設定した精度を満足するか平成 16 年 2 月に検定を実施した。

検定の結果、合格した装置（車）は以下の通り。

１）基準値との差

①レベル１（性能規定方式対応）を合格（合格基準：±0.24dB）

・排水性(13)と(5)とも合格　：17 台中 5 台

・排水性(13)のみ合格　　：17 台中 15 台

・排水性(５)のみ合格　　：17 台中 6 台

②レベル２（総合規定方式対応）を合格（合格基準：±0.21dB）

・排水性(13)と(5)とも合格　：17 台中 4 台

・排水性(13)のみ合格　　：17 台中 13 台

・排水性(５)のみ合格　　：17 台中 5 台

２）繰り返し精度（合格基準：√Ｖ≦0.28dB）

・排水性(13)と(5)とも合格　：17 台中 17 台

10.5.4 本共同研究で開発したタイヤ／路面騒音測定装置の適用範囲（案）

本共同研究で開発したタイヤ／路面騒音測定装置の適用範囲（案）舗装路面騒音測定車との許容差の範囲に入る排水性舗装の表層粒径範囲で整理した。

10.6　特許

本共同研究において、2 件の特許出願を行った。詳細は、**９　特許**を参照されたい。

出願１：光電検出方法、位置検出システム、測定車および位置検出装置

（土木研究所、世紀東急工業（株）、(株)ガイアート T･K）

出願２：排水性舗装の騒音低減性能試験及び装置

（土木研究所、石川島播磨重工業（株））

10.7　総まとめ

本共同研究の成果をまとめると以下のとおりである。

10.7.1　評価法の検討

①タイヤ／路面騒音測定に及ぼす要因として速度・温度依存性があることが分かったため、それぞれ 50km/h、20℃に補正することとした。

②重回帰式における目的変数は、騒音値と相関が高い、完成評価路面に付与されている騒音値または舗装路面騒音測定車（RAC）で測定された騒音値、説明変数を測定騒音値（X1）、骨材最大粒径（X2）、大型車交通量または経過月数（X3）とした。

③舗装路面騒音測定車とタイヤ／路面騒音測定車で測定した騒音値が曲線関係にあることから、変換式は重回帰式とした。

10.7.2　精度の確認

①測定装置の精度の判定基準は、舗装路面騒音測定車とタイヤ／路面騒音測定値の整合性を統計的に判断するため、繰り返し再現性（√v）は、≦0.28、ばらつきは、総合評価は 0.21dB 以下、性能規定は 0.24dB と設定した。

②各社が開発したタイヤ／路面騒音測定装置を、上記の判定基準に従い確認し、骨材最大粒径により使用できる適用範囲を区分した。

10.7.3　成果

共同研究の最終成果として「タイヤ／路面騒音測定方法」、「タイヤ／路面騒音評価用路面」、「タイヤ／路面騒音検定方法」、「タイヤ／路面騒音測定装置」を開発することができた。

１１．今後の課題

舗装路面騒音測定車を推定できるタイヤ／路面騒音測定装置および方法を開発することができた。今回の研究は、タイヤ／路面騒音を評価できる方法を開発したが、道路利用者や沿道住民のニーズは環境騒音の低減であるため、今後、環境騒音との関連について更にデータを収集し検討が必要である。

謝　辞

本共同研究を実施するに当たり、ご協力を頂いた国土交通省関東地方整備局関東技術事務所、国土交通省近畿地方整備局近畿技術事務所、（財）道路保全技術センター関係各位に感謝の意を表します。

タイヤ／路面騒音測定方法の開発
共同研究報告書付録

付録－１　タイヤ／路面騒音現場測定方法（案）（共　通　編）
　Ⅰ　タイヤ/路面騒音現場測定方法(案)（各装置個別案：普通タイヤ編）
　Ⅱ　タイヤ/路面騒音現場測定方法(案)（各装置個別案：吸音特性編）
　Ⅲ　タイヤ/路面騒音現場測定方法(案)（各装置個別案：反射音編）

付録－２　タイヤ／路面騒音測定装置の検定方法（案）

付録－３　対外発表論文

付録－４　共同研究協定書

付録－５　適用範囲の求め方

付録１　タイヤ／路面騒音現場測定方法（案）
（共　通　編）

1. 騒音の測定
タイヤ/路面騒音を評価するため、舗装路面騒音測定車、あるいは(独)土木研究所で認証を受けた騒音測定装置を用いて測定する。

2. 測定条件
測定条件は下記のとおりとする。

(1) 除外区間

原則として、交差点内部や路面標示のある箇所は測定対象外とする。詳細については、対象となる工事の特記仕様書等に準じるものとする。

(2) 測定位置

各車線の OWP(外わだち部)を測定位置とする。

(3) 測定速度

対象区間の規制速度以内で、一定速度で走行する。

(4) 路面状態

乾燥状態で測定する。降雨後は 24 時間以上乾燥させる。

(5) データサンプリング間隔

0.1 秒以下、または 1m 以下とする。

3. 測定方法
(1) 準備作業

① 内的要因の確認

（独）土木研究所で認証を受けた騒音測定装置の仕様と同等であることを確認する。

② 測定対象路面と区間の確定

測定対象区間の位置確認を容易にするため、起終点や除外区間にはカラーコーン等の目印を設置する。また、各区間距離を測定する。

③ 交通条件の確認

一定速度で測定を行うために、交通量・交差点・信号等の状況を確認する。

④ 予備走行

測定区間の確認、タイヤ温度の一定化、および測定装置の動作確認のため、予備走行を 15 分(または 10km)以上行う。予備走行終了後、直ちに測定を開始する。

(2) 測定

① 測定

測定区間内では規制速度内で一定速度で走行し、舗装路面の「騒音値」、「測定速度」、「外気温」を記録装置に記録する。

② 外的要因の測定

測定開始時と終了時に外的要因の測定を行う。

③ 再測定

測定速度が補正範囲を超えた場合には再度測定を行う。

④ 測定回数(報告データ数)

1測定区間当たり 5 個のデータを報告する。報告する 5 個のデータは、所定の標準偏差(0.5 以内)を満足するものとする。

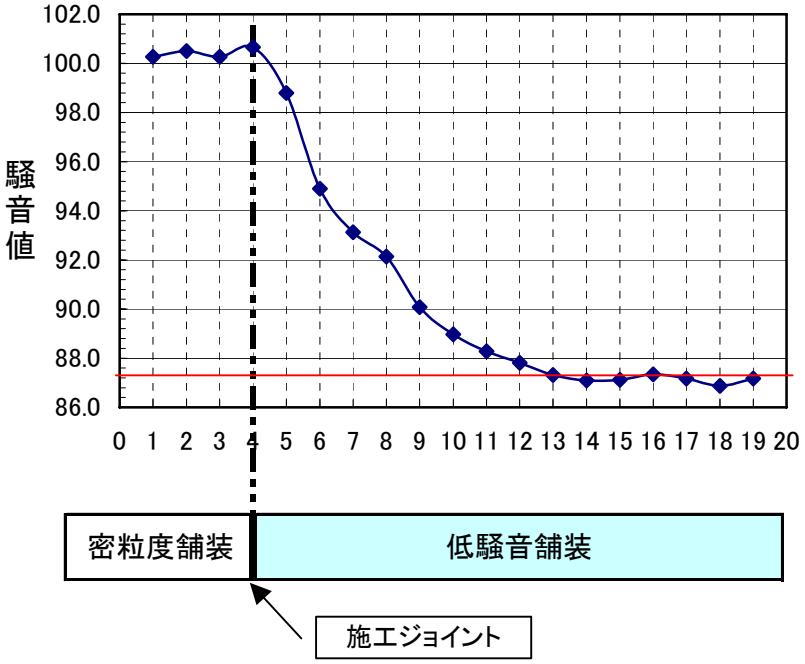
4. 測定データの解析

(1) 解析手順

① 測定毎の分析位置、および測定距離を確定する。
② 対象区間における全てのデータから、所定の間隔でサンプリングする。
③ サンプリングしたデータから除外区間のデータを除外する(詳細は後述)。
④ 平均値を測定区間毎に求める。平均値の計算方法については、各装置個別編に示すものとする。
⑤ ④で求めた値を、補正式を用いて温度・速度補正する。補正の詳細については後述する。
⑥ 測定毎に③～⑤の操作を行い、5 個のデータの平均値を測定区間毎に求める。
⑦ ⑥で求めた測定区間毎の補正値を平均し、これを「測定車固有の騒音値」とする。なお、値は小数点 3 桁まで算出する。

(2) 除外データ

舗装路面騒音の測定では、下図に示すように、対象区間進入前の舗装の騒音レベルや施工ジョイントによる騒音値への影響がある。これは測定路面の騒音値を正確に評価できない要因となるので、影響範囲のデータを除外する。除外範囲は、ジョイント通過後 10 データを標準とする。



(3) 補正

騒音値は測定車両の走行速度や外気温によって変化することから、騒音測定時の走行速度や外気温が基準とずれた場合には、補正式を用いて補正を行う。補正は以下について実施する。なお、値は小数点3桁まで算出する。また補正式は各測定車個別に検定申請時に記載した式を用いる。

① 測定騒音値を基準速度 50km/h に補正する。
② 測定騒音値を基準外気温 20℃に補正する。

(4) 報告値への変換

「測定車固有の騒音値」は、変換式を用いて共通指標の報告値（走行速度 50km/h、外気温 20℃における等価騒音レベルLAeq）へ変換する。四捨五入を行い、1.0dB 単位(総合評価方式の場合は二捨三入・七捨八入を行い、0.5dB 単位)で表示する。

変換式は、検定申請時に用いたものを使用する。

5. 報告事項

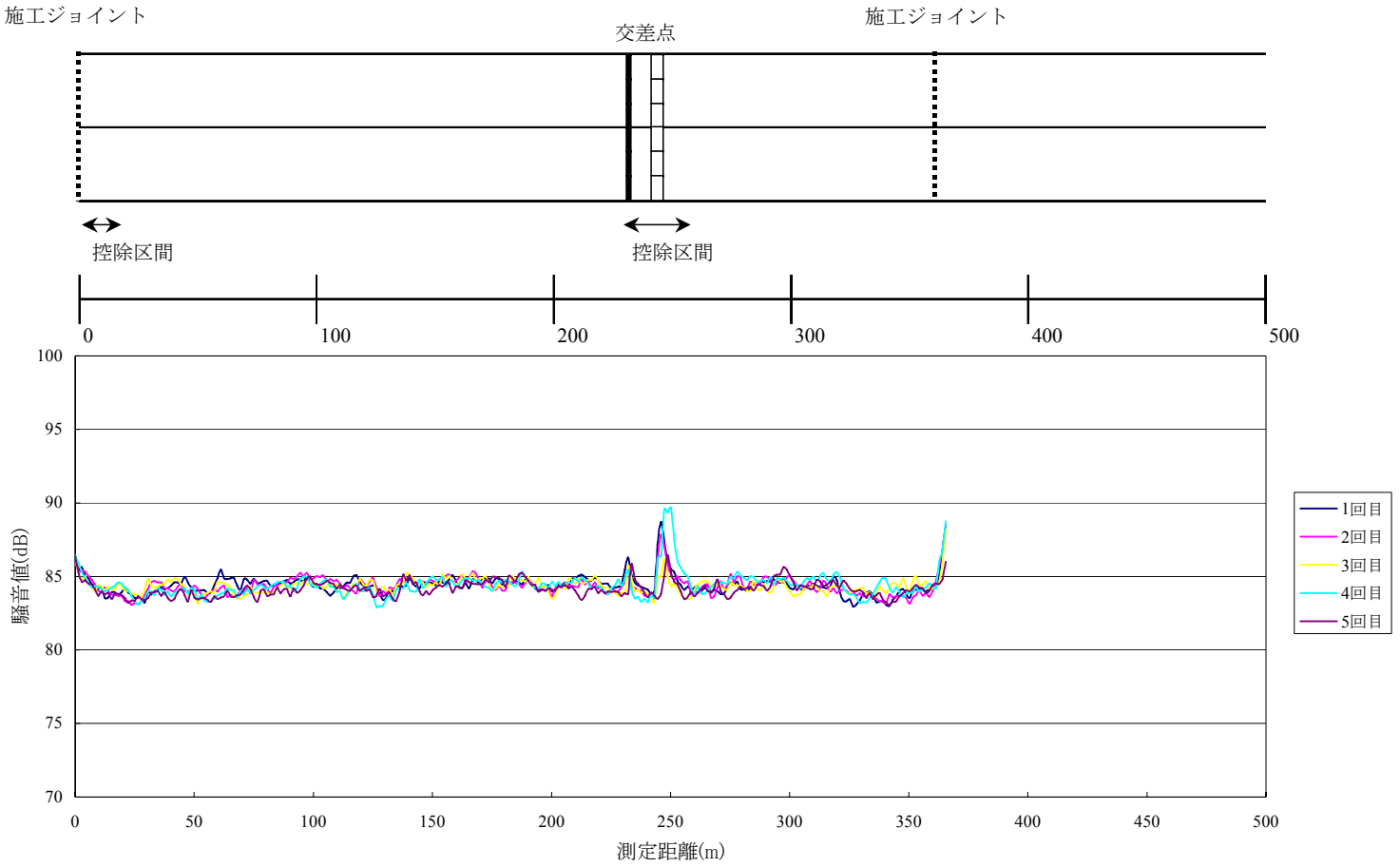
測定成果をとりまとめ報告する。報告事項は以下のとおりとする。

① 測定年月日
② 測定路線名
③ 舗装種別（舗装構成）
④ 測定箇所（路線、車線、上下、測定・除外区間）
⑤ 測定車の種類
⑥ 内的要因の確認結果
⑦ 外的要因の測定結果
⑧ 速度、温度補正式
⑨ 測定区間の測定車固有の騒音値、速度、外気温
⑩ 変換式
⑪ 測定区間の基準騒音値
⑫ 対象外データとして除外した範囲
⑬ 各測定回のバックデータ(騒音レベル波形)

工事名 ○○舗装修繕工事

測定日：平成○年○月○日 ○○:○○ ～ ○○:○○

測定車線： 上り走行車線



バックデータ(騒音レベル波形) 上り走行車線

測定車線： 上り走行車線

距離（m）	測定値					除外区間
	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	
0	86.44	86.30	86.14	86.44	86.38	
	85.46	85.32	85.30	85.94	85.28	
	85.64	85.38	84.80	85.30	84.64	
	85.02	85.32	85.02	84.88	84.74	
	84.90	85.04	84.54	84.58	84.52	
	84.50	84.80	84.26	84.26	84.46	
10	84.42	84.46	84.02	84.36	84.14	
	84.18	84.04	84.38	84.28	83.70	
	84.24	83.94	84.32	84.14	83.96	
	83.54	84.24	84.04	83.98	83.78	
	83.58	84.02	84.32	84.10	83.86	
	83.92	83.76	84.14	84.24	83.48	
	83.88	83.76	84.14	84.38	83.84	
	83.74	83.66	84.54	84.60	83.80	
20	83.92	83.70	84.36	84.52	83.74	
	84.14	83.32	84.02	84.22	83.52	
	83.90	83.32	84.02	84.08	83.20	
	83.74	83.08	83.84	83.64	83.36	
	83.54	83.20	83.76	83.34	83.34	
	83.56	83.10	83.74	83.08	83.64	
	83.60	83.32	83.56	83.32	83.44	
30	83.22	83.76	84.08	83.48	83.40	
	83.98	84.14	84.84	83.98	83.52	
	83.76	84.58	84.42	83.96	83.84	
	83.98	84.68	84.24	83.72	83.94	
	84.08	84.58	84.34	84.20	83.98	
	84.26	84.60	84.44	84.08	83.70	
	84.12	84.18	84.52	83.74	83.92	
40	84.20	84.20	84.78	83.96	83.54	
	84.36	84.04	84.62	83.64	83.34	
	84.58	84.00	84.90	83.88	83.48	
	84.58	84.30	84.80	83.98	83.92	
	84.50	84.44	84.46	84.10	84.14	
	84.96	84.04	84.30	84.20	83.74	
	84.60	83.96	83.76	83.84	83.30	
50	84.26	84.14	84.02	84.18	84.04	
	84.04	84.36	83.70	84.08	83.56	
	84.04	84.14	83.14	83.42	83.44	
	84.04	83.80	83.64	83.74	83.52	
	84.06	83.52	83.80	83.36	83.52	
	83.86	83.78	83.90	83.26	83.40	
	83.92	83.98	83.96	83.30	83.28	
60	84.40	84.08	83.94	83.50	83.64	
	84.86	83.98	84.62	83.70	83.48	
	85.46	84.24	84.58	83.82	83.58	
	84.86	84.34	84.54	83.90	83.66	
	84.82	83.62	84.44	84.20	84.02	
	84.86	83.72	84.24	84.06	83.64	
	84.90	83.62	83.64	84.04	83.60	
	84.36	83.72	83.52	83.56	83.72	
70	84.08	84.04	83.48	84.02	83.78	
	84.82	83.92	83.66	83.80	84.14	
	84.80	84.18	83.78	84.08	84.36	
	84.52	83.86	84.30	83.90	84.12	
	84.84	84.74	83.92	84.08	83.62	
	84.54	84.46	83.90	84.30	83.26	
	84.60	84.44	83.92	84.44	84.02	
80	84.68	84.46	83.88	84.26	84.10	

Ⅰ　タイヤ/路面騒音現場測定方法(案)

(各装置個別案：普通タイヤ編)

1. 測定装置

測定装置は(独)土木研究所における検定試験に合格している。

測定車の概要を**図-付 1-1** に示す。測定装置の構成は以下の通りとし、各装置の仕様を報告する。

① 測定車	：	測定機器を搭載し、走行測定する
② 騒音計(マイクロホン)	：	タイヤ/路面騒音を測定する
③ 速度計	：	測定速度を測定する
④ 温度計	：	外気温を測定する
⑤ 記録装置	：	騒音値、速度、外気温を同時に測定、記録する

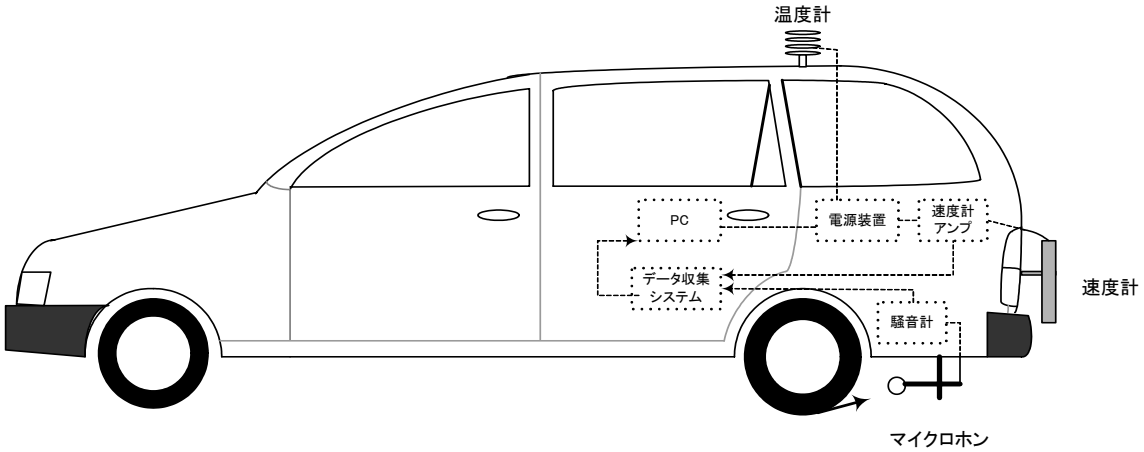


図-付 1-1　測定車の装備概要

2. 固有測定条件

測定条件は以下のとおりとする。

a.　サンプリング間隔：一定時間間隔（0.1 秒）

b.　サンプリング個数：下式による

サンプリング個数（個）＝測定延長（m）/（測定速度(m/秒)＊サンプリング間隔（秒）

3. 測定方法

測定はタイヤ/路面騒音現場測定方法(案) (共通編)に従って実施する。

4. データ解析

規制速度以内で定速走行した5回の各測定騒音値をタイヤ/路面騒音現場測定方法(案)(共通編)に従って解析する。なお、データの整理方法に関しては以下のとおりとする。

騒音値の計算方法:対象区間から0.1秒間隔でサンプリングされたデータから除外データを控除し、次式により区間の騒音レベルの平均値を求める。

$$\text{騒音値} = 10 \times \log \left\{ \Sigma_{i=1}^{n} 10^{(L_i / 10)/n} \right\}$$

ここに、Li：0.1秒ごとにサンプリングされた瞬間値

n：データ数

5. 報告

報告は別紙報告様式に従い下記の項目について行う。

各車線で算出した等価騒音レベルを基準速度50(km/h)、基準外気温20(℃)に補正した「測定車固有の騒音値」、及び「タイヤ/路面騒音値」に変換した値である。

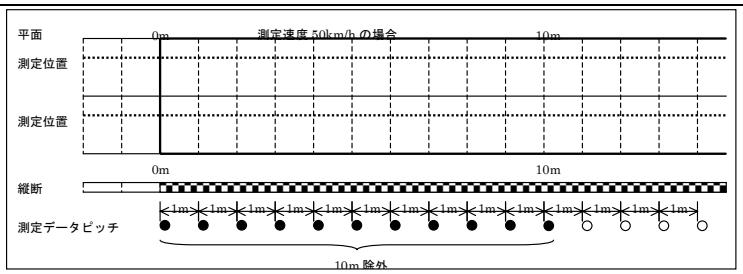
また、その現場の代表値として各車線の値の平均値を報告する。

報告内容は次の通りである。

別紙

（１）結果総括表

騒音測定結果総括表

工事名	○○舗装修繕工事	発注者	国土交通省
工種	切削オーバーレイ	評価時期	完成時・~~1年後~~
測定日	平成 ○年 ○月 ○日	表層完成日	平成 ○年 ○月 ○日
気象条件	天候：晴れ　　平均気温： ○ (℃)		
路面状態	乾燥状態（降雨後 24 時間以上経過）		
測定	測定車：○○株式会社　平均走行速度： ○ (km/h) 測定位置：OWP 位置　サンプリング間隔：0.1 （s）		
平面図 (除外区間)			
測定結果	補正式 測定車固有の騒音値	基準速度：50km/h　基準外気温：20℃ 測定車固有の騒音値＝A×log(50/V)+B×(20-T)+C 下り第 1 車線： dB (L1) 下り第 2 車線： dB (L2) 上り第 1 車線： dB (L3) 上り第 2 車線： dB (L4)	
	変換式 共通指標の報告値	共通指標の報告値＝a×Li+b 下り第 1 車線： dB 下り第 2 車線： dB 上り第 1 車線： dB 上り第 2 車線： dB	
	タイヤ／路面騒音値 (代表値)	タイヤ／路面騒音値 ： dB	

（２）測定帳票

測定路線表

項目		内容	備考
測定年月日		H○年○月○日	
測定路線		一般国道○号	
舗装種別		排水性舗装(13)	
測定箇所	車線	片側 2 車線	
	上下	上下線	
	測定区間	K.P.○○○.○~ K.P.○○○.○	
	評価区間	K.P.○○○.○~ K.P.○○○.○	
	除外区間	K.P.○○○.○~ K.P.○○○.○	施工ジョイント、路面表示より 10 データ分

別紙

測定装置仕様一覧表（例）

項目		内容	備考
測定車輌	車番	ナンバープレート	
	車名	トヨタ　カローラ	
	形式	GG-EE103V	
	車輌重量	980(kg)	
	車輌総重量	1230(kg)	
	前前軸重	660(kg)	
	後後軸重	570(kg)	
測定タイヤ	メーカー	Goodyear	
	形式	Vector3　RV	
	サイズ	175/60R14 79H	
	外径	568(mm)	
	幅	166(mm)	
	空気圧	220(kPa)	
	接地面積	152(cm^2)	
	溝深さ		
騒音計	メーカー	RION	
	形式	NA-27A	
	測定範囲	28～130(dB)	
	測定周波数	20～8000(Hz)	
	指向性	無	
	マイクロホン位置	D:45cm、H:15cm	D:タイヤ中心から H:路面から
速度計	メーカー	小野測器	
	形式	SF-660B	
	測定範囲	1.5～320(km/h)	
	測定精度	±0.25(km/h)	
温度計	メーカー	タスコジャパン	
	形式	TMS-40E	
	測定範囲	-40~60 (℃)	
	測定精度	±0.2℃±0.15%rgd	
記録装置	メーカー	KEYENCE	
	形式	NR-110	
	記録速度	リアルタイム	
	記録間隔	0.1(s)	
	記録項目	騒音値、速度、外気温	

（内容に関しては例を記述）

（3）補正式のバックデータ

補正式：Leq(50km/s,20℃)=A×log(50／測定時の速度)+B×(20-測定時の気温)+C A：速度補正係数＝○　、　B：外気温補正係数＝○　、　C：騒音データ		
バックデータ		
騒音値（dB）	速度（km/s）	外気温（℃）

（4）変換式のバックデータ

変換式：Leq（変換後）＝D+E×Leq（補正値）+F×log(骨材の最大粒径/13)+G×log(供用日数) D：切片、E：測定値係数＝○、F：粒径係数＝○、G：供用日数係数＝○			
バックデータ			
舗装路面騒音測定車 測定値	Leq（補正値）	log(骨材の最大粒径/13)	log(供用日数)

Ⅱ　タイヤ/路面騒音現場測定方法(案)

(各装置個別案：吸音特性編)

1. 目的

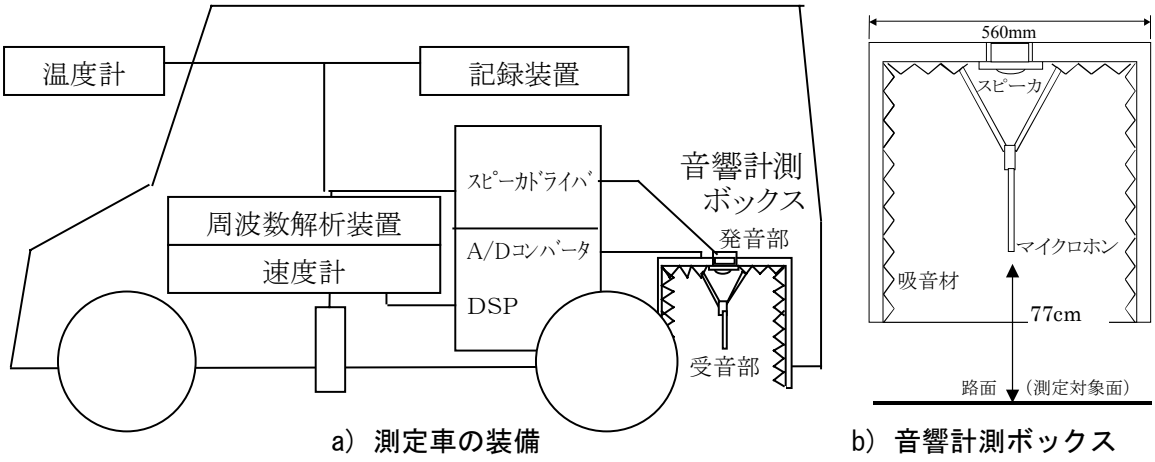
舗装路面のタイヤ/路面騒音を測定する事を目的とする。

2. 適用範囲

路面騒音測定車の特殊タイヤ音によるタイヤ／路面騒音値を吸音特性で評価するために、現場で実施する。主に排水性舗装に代表される低騒音舗装が有する騒音低減効果を評価するものである。

3. 測定機器

測定装置の概要を**図-付-1-2** に示す。測定機器の構成は以下の通りであり、各機器の仕様は巻末に示す。なお、測定装置は(独)土木研究所における検定試験に合格している。



a) 測定車の装備　　b) 音響計測ボックス

図-付属-1-2　測定車および測定機器

(1)　**測定車**

測定機器を搭載し、装置に電源を供給、走行測定する。

(2)　**スピーカ**

路面に音を発射する。

(3)　**マイクロホン**

スピーカからの入射音、路面からの反射音を測定する。

(4)　**周波数解析装置**

入射音、反射音を周波数分析する。

(5)　**速度計**

測定速度を測定する。

(6)　**温度計**

測定時の外気温を測定する。

(7)　**記録装置**

測定データを同時に測定、記録する。

4. 測定方法

タイヤ/路面騒音現場測定方法(案)(共通編)の「2. **測定方法**」に従って測定を実施する。なお、固有データサンプリング間隔は 1(m)である。

5. 結果の整理

吸音特性値を測定車固有の騒音値として用いる。規制速度以内で、一定速度で走行した 5 回の測定車固有の騒音測定値を、タイヤ/路面騒音現場測定方法(案)(共通編)の「3.結果の整理」に従って整理する。

(1) 結果の算出

1) 対象区間を記録した距離を抽出して、各測定回の分析位置を確定する。
2) 対象区間における入反射比率を、１ｍごとにサンプリングする。
3) 基準路面との比率を計算し、吸音特性値を求める。小数点以下３位の四捨五入した数値で示す。
4) 対象区間内の除外データを分析し、有効な延長方向の入反射比率をサンプリングする。
5) サンプリングした全データの吸音特性値を平均し、車線全体の平均値とする。

(2) データの整理方法

対象区間から 1m 間隔でサンプリングされたデータを用いて次式により区間の吸音特性値を求める。次に、10m（個）単位で移動平均を行なう。さらに不適切なデータを除外して、区間の総平均値を求める。

- **基準面の入射波と反射波の比率（現基準面：コンクリート路面）**
  Ro(f)＝反射波のエネルギー(f)／入射波のエネルギー(f)
- **対象路面の入射波と反射波の比率**
  Rx(f)＝反射波のエネルギー(f)／入射波のエネルギー(f)
- **求める対象路面の吸音特性値**
  $\alpha = 1 - Rx(f) / Ro(f)$

(3) 報告事項

各車線で算出した吸音特性値を基準速度 50(km/h)、基準外気温 20(℃)に補正した「測定車固有の騒音値」、及び「特殊タイヤ音相当値」に変換した値を報告する。

また、その現場の代表値として各車線の値の平均値を報告する。さらに、タイヤ/路面騒音現場測定方法(案)(共通編)の「4. **報告事項**」に従って、所定の成果を報告する。

＜解説＞

(1) 温度測定

温度は走行しながら測定・記録する。測定精度は±1℃以内である。装置は（独）土木研究所で認定を受けた機器を用いる。

(2) 速度測定

速度は走行時の速度を記録する。測定精度は±0.5km/h 以内である。装置は（独）土木研究所で認定を受けた機器を用いる。

(3)　補正式

補正式は測定した吸音特性値を温度 20℃、速度 50km/h の値へ補正する。補正式は（独）土木研究所で認定を受けた式を用いる。

(4)　変換式

変換式は吸音特性値を温度 20℃、速度 50km/h の値へ補正した値を、特殊タイヤ音相当値へ変換する。変換式は（独）土木研究所で認定を受けた式を用いる。

(5)　除外データ

舗装路面騒音の測定では下図に示すように、対象区間進入前の舗装の騒音レベルや施工ジョイントによる騒音値への影響がある。これは測定路面の騒音値を正確に評価できない要因となるので、影響範囲のデータを除外する。除外範囲は、ジョイント通過後 10 データを標準とする。

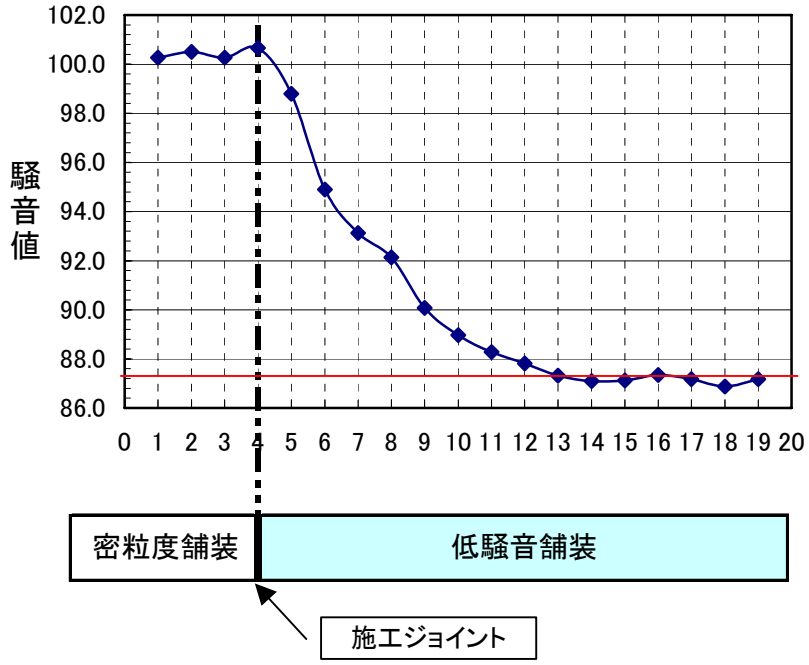


図-付属-1-3　除外データ

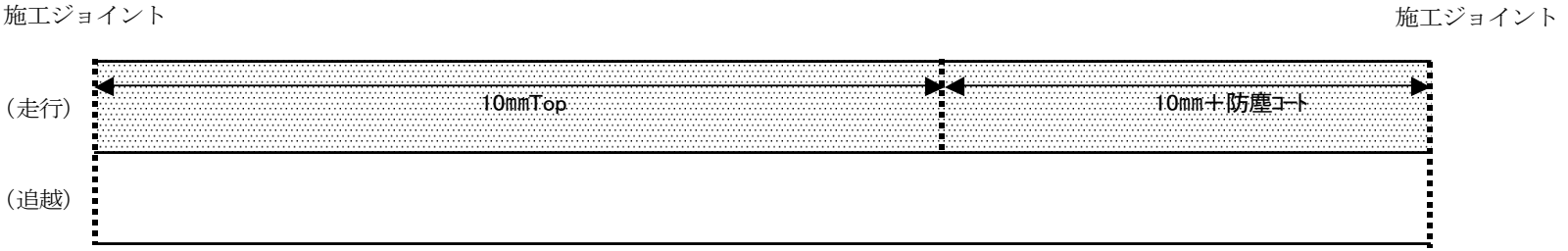
(6)　報告データ

除外データを処理した後、報告データをとりまとめる。

1)　縦断図：測定区間の平面図、補正前の吸音特性値を図示する。
2)　バックデータ：補正前の吸音特性値を記入する。
3)　結果総括表：測定区間、測定条件、測定結果を記入する。
4)　測定帳票：測定区間、除外箇所を記入する。

工事名 AA舗装修繕工事

測定日：平成〇〇年△△月××日 12:45～13:15　　測定車線：　下り走行車線



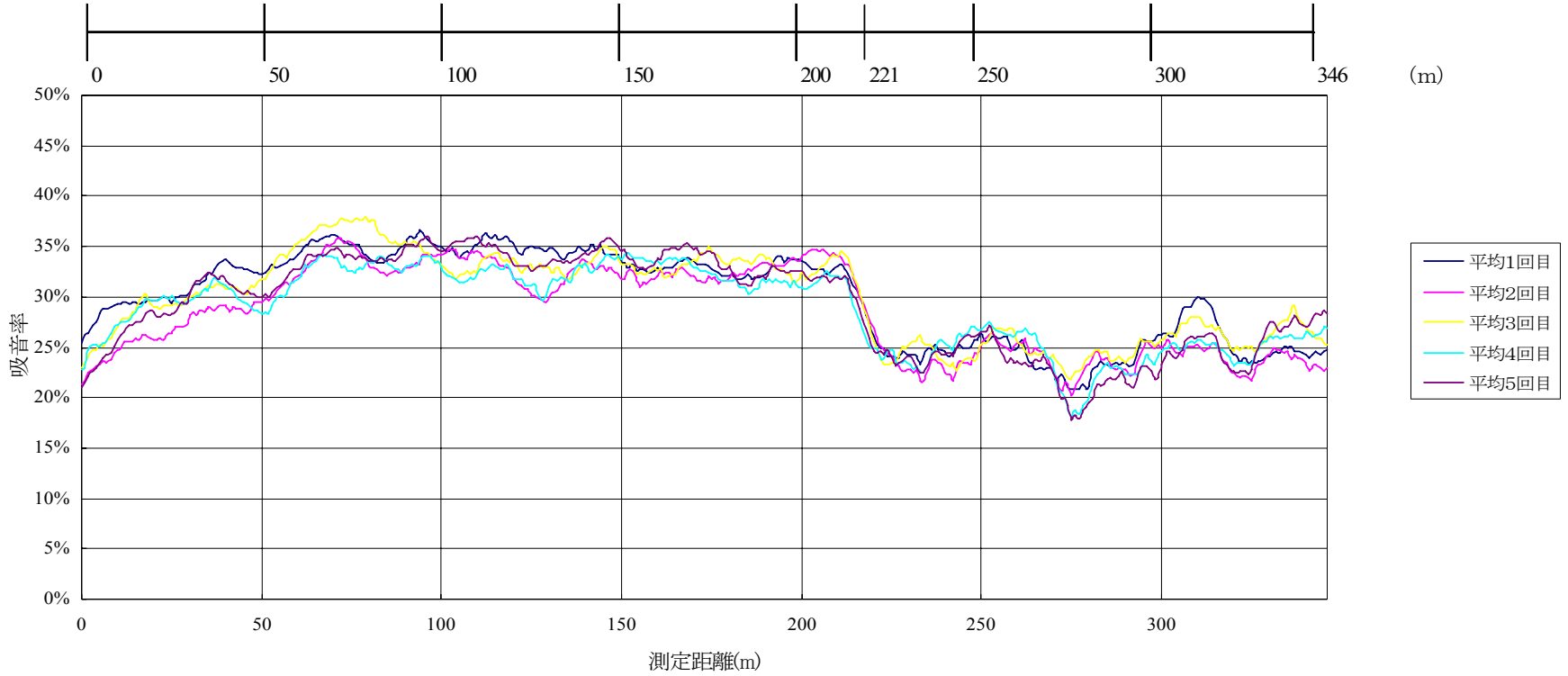


図-付-1-4　縦断図

表-付-1-1　バックデータ

測定車線：　下り走行車線

距離（m）	測定値					除外区間
	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	
0	0.254857	0.212669	0.22903	0.22766	0.209773	
	0.262646	0.216434	0.234914	0.230214	0.214471	
	0.263985	0.224006	0.241825	0.246844	0.221907	
	0.27213	0.228666	0.246926	0.252	0.226331	
	0.275495	0.231878	0.248273	0.252551	0.229524	
	0.283293	0.233376	0.25225	0.251546	0.234748	
	0.288196	0.235932	0.251173	0.254204	0.239992	
	0.288454	0.234651	0.255847	0.256426	0.243178	
	0.289947	0.238027	0.259417	0.263469	0.244446	
	0.290916	0.244591	0.266095	0.269651	0.250608	
10	0.292451	0.247501	0.270509	0.272522	0.258049	
	0.29333	0.249862	0.27626	0.27458	0.262659	
	0.294479	0.255379	0.278558	0.275652	0.266152	
	0.293251	0.256469	0.279058	0.276387	0.272637	
	0.294537	0.255262	0.284483	0.282333	0.27173	
	0.295491	0.258455	0.285978	0.285105	0.275083	
	0.29366	0.256715	0.295925	0.290597	0.275153	
	0.294477	0.261892	0.298917	0.29218	0.277322	
	0.295248	0.261828	0.302622	0.2973	0.282915	
	0.296793	0.259682	0.293905	0.295655	0.286287	
20	0.297163	0.256815	0.290575	0.296371	0.28511	
	0.296846	0.257262	0.290327	0.297217	0.280041	
	0.298226	0.258974	0.287757	0.297257	0.279578	
	0.299183	0.257899	0.291519	0.300555	0.282879	
	0.298449	0.264484	0.29105	0.297243	0.281892	
	0.293704	0.263479	0.290753	0.302022	0.28313	
	0.298944	0.269783	0.292797	0.295906	0.284821	
	0.299865	0.270782	0.292222	0.294133	0.289612	
	0.300816	0.269655	0.292301	0.29301	0.294762	
	0.301542	0.271349	0.297736	0.295088	0.293665	
30	0.304697	0.281416	0.299926	0.296997	0.302853	
	0.311259	0.28508	0.300753	0.298076	0.31066	
	0.31256	0.282159	0.304576	0.301928	0.315879	
	0.312485	0.287219	0.303365	0.301208	0.315356	
	0.315845	0.285616	0.307737	0.307428	0.321607	
	0.323745	0.289885	0.310473	0.306332	0.323489	
	0.323082	0.2878	0.309335	0.314381	0.322075	
	0.326755	0.287423	0.311332	0.318459	0.320914	
	0.332048	0.290297	0.313192	0.315458	0.317551	
	0.335885	0.291481	0.311543	0.31259	0.320256	
40	0.336561	0.291065	0.3083	0.310468	0.3162	
	0.333744	0.285788	0.308558	0.308147	0.312809	
	0.330909	0.290143	0.308891	0.306764	0.311752	
	0.329567	0.28748	0.31001	0.302029	0.307826	
	0.329263	0.287974	0.304235	0.295706	0.30506	
	0.327972	0.284306	0.302941	0.295373	0.302637	
	0.326872	0.283845	0.303126	0.292663	0.306988	
	0.326329	0.286424	0.311033	0.290203	0.303697	
	0.324122	0.294135	0.310155	0.286624	0.302815	
	0.324379	0.295439	0.314079	0.286316	0.299852	
50	0.322408	0.294547	0.317145	0.283701	0.299938	
	0.323636	0.298786	0.31748	0.285069	0.303682	
	0.326703	0.296716	0.323857	0.283431	0.29938	
	0.331988	0.299836	0.328073	0.29223	0.305216	
	0.328696	0.302696	0.335008	0.296774	0.307606	
	0.330581	0.308652	0.341879	0.300528	0.311317	
	0.33184	0.31196	0.341365	0.299837	0.314049	
	0.33443	0.31471	0.339085	0.302893	0.319439	
	0.336622	0.310635	0.345625	0.312364	0.324212	
60	0.336562	0.316816	0.34857	0.314622	0.327504	

表-付-1-2　測定結果総括表

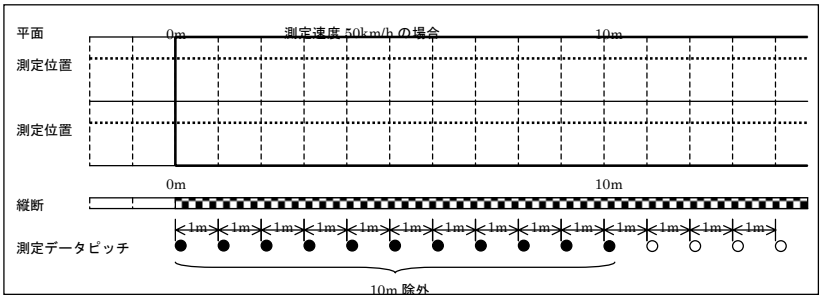
<table>
<tr><td>工事名</td><td colspan="2">○○舗装修繕工事</td><td>発注者</td><td>国土交通省</td></tr>
<tr><td>工種</td><td colspan="2">切削オーバーレイ</td><td>評価時期</td><td>完成時・~~1 年後~~</td></tr>
<tr><td>測定日</td><td colspan="2">平成 ○年　○月　○日</td><td>表層完成日</td><td>平成 ○年　○月　○日</td></tr>
<tr><td>気象条件</td><td colspan="4">天候：晴れ　　平均気温：　○　(℃)</td></tr>
<tr><td>路面状態</td><td colspan="4">乾燥状態（降雨後 24 時間以上経過）</td></tr>
<tr><td>測定</td><td colspan="4">測定車：○○株式会社　　平均走行速度：　　○　(km/h)
測定位置：OWP 位置　　サンプリング間隔：1　(m)</td></tr>
<tr><td>平面図</td><td colspan="4"> 
</td></tr>
<tr><td rowspan="3">測定結果</td><td>補正式と補正値</td><td colspan="3">基準速度：50km/h　　基準外気温：20℃
外気温、速度補正値＝Y(v=50,t=20) = Yv,t + 0.0007(50 - Xv) + 0.0050(20 - Xt)
補正値
下り第 1 車線：　.　　(L1)
下り第 2 車線：　.　　(L2)
上り第 1 車線：　.　　(L3)
上り第 2 車線：　.　　(L4)</td></tr>
<tr><td>変換式と変換値</td><td colspan="3">タイヤ／路面騒音値＝a×Li+b
下り第 1 車線：　　dB
下り第 2 車線：　　dB
上り第 1 車線：　　dB
上り第 2 車線：　　dB</td></tr>
<tr><td>タイヤ／路面騒音値
(代表値)</td><td colspan="3">タイヤ／路面騒音値：　　dB</td></tr>
</table>

表-付-1-3　測定路線表

項目		内容	備考
測定年月日		H○年○月○日	
測定路線		一般国道○号線	
舗装種別		排水性舗装(13)	
測定箇所	車線	片側 2 車線	
	上下	上下線	
	測定区間	K.P.○○○.○~ K.P.○○○.○	
	評価区間	K.P.○○○.○~ K.P.○○○.○	
	除外区間	K.P.○○○.○~ K.P.○○○.○	施工ジョイント、路面表示より 10 データ分

(7)　測定装置の仕様

吸音特性値による測定装置の仕様例を**表-付-1-4** に示す。

表-付-1-4　測定装置の仕様例

項目		仕様	備考
測定車	車番	品川 800 さ 6794	
	車名	メルセデスベンツ	
	形式	不明	
	車輌重量	2450kg	
	車輌総重量	2615kg	
	前前軸重	1230kg	
	後後軸重	1220kg	
	乗車定員	3 人	
スピーカ	メーカー	フォステクス(株)	
	形式	FF225K	
	サイズ	路面から 100cm±2cm	
	発射音源	有効音域 800Hz～5000Hz	
マイクロホン	メーカー	(株)小野測器	
	形式	1/4 インチマイクロホン	
	測定周波数	800Hz～5000Hz	
	指向性	無指向性	
	マイクロホン位置	高さ 77cm±2cm	
周波数解析装置	メーカー	(株)小野測器	
	形式	FFT アナライザ（DS-2000）	
	解析周波数	（パーシャルオーバーオール）、800Hz～5000Hz	
	周波数補正	なし	
速度計	メーカー	(株)小野測器	
	形式	空間周波数方式（LC-500S）	
	測定範囲	1.5km/h～320km/h	
	測定精度	±0.5km/h	
温度計	メーカー	T&D	
	形式	TR-71S	
	測定範囲	-20～+80℃	
	測定精度	±0．3℃	
記録装置	メーカー	DELL	
	形式	PCへのHDD記録	
	記録速度	リアルタイム記録	
	記録容量	連続測定距離 1km 以上／1 測定回	
	記録間隔	1m ごと	
	記録項目	・ 路線情報（路線名、車線、上下、区間） ・ 日付（西暦年月日） ・ 時刻（時分秒） ・ 速度（0.1km/h単位） ・ 走行距離（1m単位で記録） ・ 騒音データ（周波数800Hz～5000Hz） ・ 任意マーク（起終点、除外区間入力など）	

以　上

Ⅲ　タイヤ/路面騒音現場測定方法(案)

(各装置個別案：反射音編)

1. 目的

舗装路面のタイヤ/路面騒音を測定する事を目的とする。

2. 適用範囲

路面騒音測定者の特殊タイヤ音によるタイヤ/路面騒音値を反射音で評価する為に、現場で実施する。主に排水性舗装に代表される低騒音舗装が有する騒音低減効果を評価するものである。

3. 測定装置

測定装置の概要を**図-1**に示す。測定機器の構成は以下の通りであり、各機器の仕様は巻末に示す。なお、測定装置は(独)土木研究所における検定試験に合格している。測定装置は(独)土木研究所における検定試験に合格している。

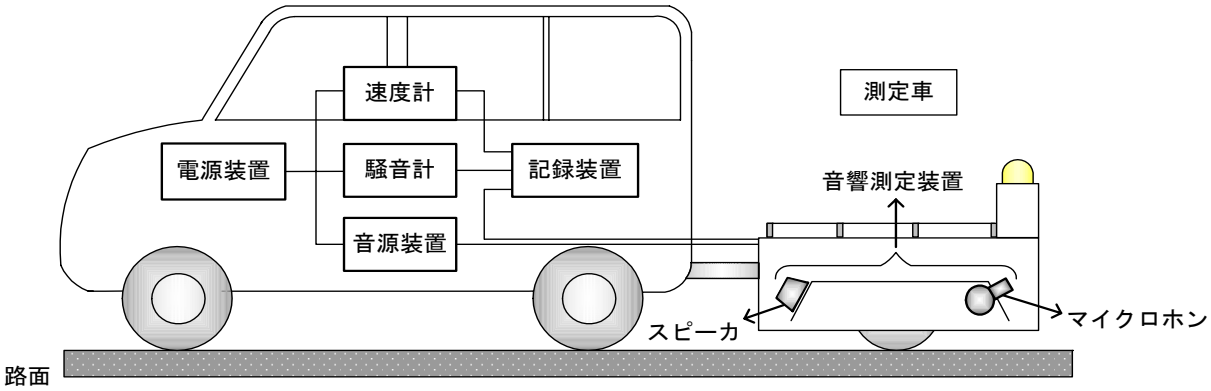


図-付-1-5　測定車の装備

(1)　**測定車**

測定機器を搭載し、装置に電源を供給、走行測定する。

(2)　**スピーカ**

路面に帯域雑音を放射する。

(3)　**騒音計(マイクロホン)**

路面に放射した帯域雑音を測定する。

(4)　**速度計**

測定速度を測定する。

(5)　**温度計**

測定時の外気温を測定する。

(6)　**記録装置**

測定データを同時に測定、記録する。

4. 測定方法

タイヤ/路面騒音現場測定方法(案) (共通編)の「2. **測定方法**」に従って測定を実施する。なお、固有データサンプリング間隔は 0.1(s)である。

5. 結果の整理

本装置により路面へ帯域雑音を放射させ、装置内入射される音圧レベル（反射音）を騒音計により測定・記録した騒音レベルを評価値として用いる。

規制速度以内の定常走行した 5 回の各測定騒音値をタイヤ／路面騒音現場測定方法(案)(共通編)に従って解析する。なお、データの整理方法は以下のとおりとする。

（１）等価騒音レベルの算出

対象区間から0.1秒間隔でサンプリングされたデータから除外データを控除し、次式により区間の騒音レベルの平均値を求める。なお、評価は除外処理をしたデータをパワー平均して得られる等価騒音レベル(LAeq)で評価する。

$$\text{騒音値} = 10 \times \log \left\{ \sum_{i=1}^{n} 10^{(L_i / 10)} / n \right\}$$

ここに、Ｌi：0.1秒ごとにサンプリングされた瞬間値

ｎ：データ数

（２）報告事項

各車線で算出した等価騒音レベルを基準速度 50(km/h)、基準外気温 20(℃)に補正した「測定車固有の騒音値」、及び「特殊タイヤ音相当値」に変換した値を報告する。

また、その現場の代表値として各車線の値の平均値を報告する。さらに、タイヤ/路面騒音現場測定方法(案)(共通編)の「**4. 報告事項**」に従って、所定の成果を報告する。

＜解説＞

(8)　温度測定

温度は走行しながら測定・記録する。測定精度は±1℃以内である。装置は（独）土木研究所で認定を受けた機器を用いる。

(9)　速度測定

速度は走行時の速度を記録する。測定精度は±0.5km/h 以内である。装置は（独）土木研究所で認定を受けた機器を用いる。

(10)　補正式

補正式は測定した騒音値を温度 20℃、速度 50km/h の値へ補正する。補正式は（独）土木研究所で認定を受けた式を用いる。

(11)　変換式

換算式は騒音値を温度 20℃、速度 50km/h の値へ補正した値を、特殊タイヤ音相当値へ変換する。変換式は（独）土木研究所で認定を受けた式を用いる。

（12）　**除外データ**

舗装路面騒音の測定では下図に示すように、対象区間進入前の舗装の騒音レベルや施工ジョイントによる騒音値への影響がある。これは測定路面の騒音値を正確に評価できない要因となるので、影響範囲のデータを除外する。除外範囲は、ジョイント通過後 10 データを標準とする。

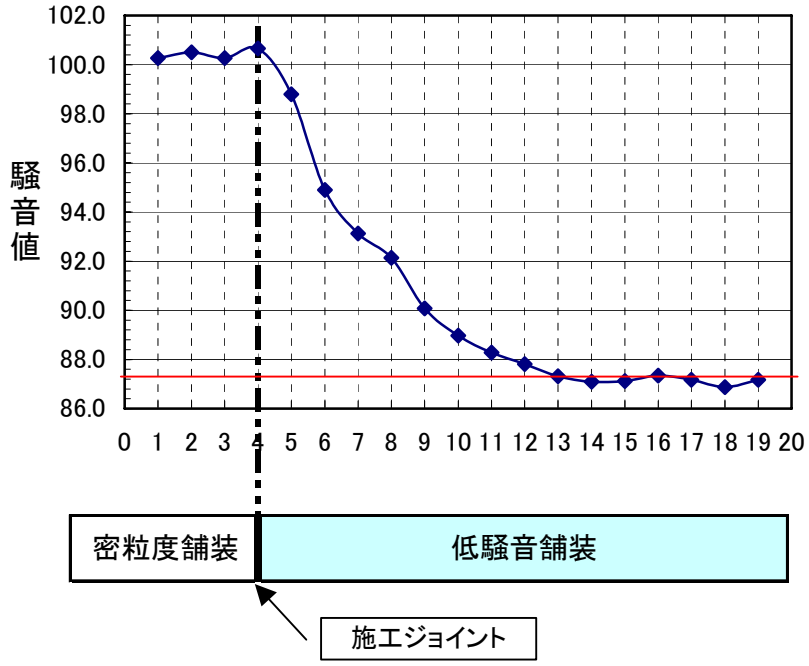


図-付-1-6　除外データ

（13）　**報告データ**

除外データを処理した後、報告データをとりまとめる。

1)　縦断図：測定区間の平面図、補正前の騒音値を図示する。
2)　バックデータ：補正前の騒音値を記入する。
3)　結果総括表：測定区間、測定条件、測定結果を記入する。
4)　測定帳票：測定区間、除外箇所を記入する。

表-付-1-5 測定結果総括表

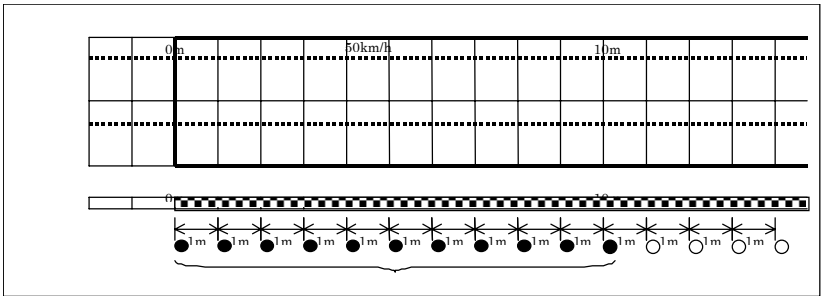
工事名	○○舗装修繕工事	発注者	国土交通省
工種	切削オーバーレイ	評価時期	完成時・~~1 年後~~
測定日	平成 ○年 ○月 ○日	表層完成日	平成 ○年 ○月 ○日
気象条件	天候：晴れ　　平均気温： ○ (℃)		
路面状態	乾燥状態（降雨後 24 時間以上経過）		
測定	測定車：○○株式会社　平均走行速度： ○ (km/h) 測定位置：OWP 位置　サンプリング間隔：0.1 (秒)		
平面図			
測定結果	補正式と補正値	基準速度：50km/h　基準外気温：25℃ 外気温補正値：Y = -0.041(Xt－25) 補正値 下り第 1 車線： . (L1) 下り第 2 車線： . (L2) 上り第 1 車線： . (L3) 上り第 2 車線： . (L4)	
	変換式と変換値	タイヤ／路面騒音値＝a×Li+b 下り第 1 車線： dB 下り第 2 車線： dB 上り第 1 車線： dB 上り第 2 車線： dB	
	タイヤ／路面騒音値 (代表値)	タイヤ／路面騒音値： dB	

表-付-1-6 測定路線表

項目		内容	備考
測定年月日		H○年○月○日	
測定路線		一般国道○号線	
舗装種別		排水性舗装(13)	
測定箇所	車線	片側 2 車線	
	上下	上下線	
	測定区間	K.P.○○○.○~ K.P.○○○.○	
	評価区間	K.P.○○○.○~ K.P.○○○.○	
	除外区間	K.P.○○○.○~ K.P.○○○.○	施工ジョイント、路面表示より 10 データ分

（14） **測定装置の仕様**

反射音による測定装置の使用例を**表-付-1-6** に示す。

表-付-1-7 測定装置仕様

項目		仕様	備考
測定車輌	車番	足立 500 せ 6108・足立 40 を 72	
	車名	ステップワゴン・IHI 牽引測定車	
	形式	牽引型	
	車輌重量	1410kg・170kg	
	車輌総重量	1685kg・520kg	
	乗車定員	２名	
スピーカ	メーカー	BOSE	
	形式	101HI	屋外仕様
	サイズ	236(W)×154(H)×191(D)	
	発射音源	90Hz～16000Hz	
騒音計	メーカー	リオン	
	形式	NL-20	
	測定周波数	10Hz～10000Hz	
	指向性	無指向性	
速度計	メーカー	オムロン	
	形式	K3NR	
	測定範囲	0.0-110km/h	
	測定精度	±0.006%rdg	
温度計	メーカー	A&D	
	形式	AD-5647	
	測定範囲	-50-70℃	
	測定精度	±1.0℃/5%RH	
記録装置	メーカー	SONY	
	形式	PC-204A x	
	記録速度	リアルタイム記録	
	記録容量	2Hour	
	サンプリング周波数	44.1kHz	
	記録項目	・ 日付（西暦年月日） ・ 時刻（時分秒） ・ 速度（0.1km/h単位） ・ 騒音データ（周波数10Hz～10000Hz） ・ 任意マーク（起終点、除外区間等）	

付録-2. タイヤ／路面騒音測定装置の検定評価方法（案）

（平成１６年１月２８日　独立行政法人土木研究所）

1. 適用範囲

本検定は、検定を受けようとする測定装置が、現場において、タイヤ/路面騒音値を適切に測定できる装置であることを評価するために行うものであり、本検定においては、検定路面に付与された基準値を推定することによって、上記性能を有することを独立行政法人土木研究所（以下土木研究所）が確認するものである。

2. 検定の申請及び認定期間

タイヤ／路面騒音測定装置としての、認定を受けようとする機関（以下、受験者）が行うべき申請および認定の有効期間は、以下に記すとおりとする。

申　　請　：検定を受けようとする機関は、様式－１，２に従い申請を行う。
申 請 時 期　：随時受付。ただし、検定の実施は、「４章測定条件」を満足する状態で実施される。
提 出 書 類　：申請時には、様式－１，２の申請書のほか、以下に示す書類を提出する。
検　定　票　：騒音計など、計量法に基づく検定が受けられる機器について。
測 定 方 法　：各測定装置の特性、及び測定手順の詳細が適切に明記されているもの。主な内容として、補正・変換式、補正・変換手順、車両の詳細、および各測定装置固有の条件を含む。なお変換式は、現場で測定したデータなどによってあらかじめ求めておくものとする。
自動車検査証　：道路における走行、測定に問題がないことを証明。
そ　の　他　：上記以外の測定装置に関して、必要なもの。
有 効 期 間　：認定書の交付から 13 ヶ月。

留意点

- 申請書に記載した事項に関して、タイヤの交換等、測定装置の変更があった場合には、再度検定を受けなければならない。
- 申請は随時受け付けるが、検定は、天候等の条件を考慮しながら実施する。
- 提出する「測定方法」は、土木研究所が示す共通編に対し、各機関が保有する装置によって、現場測定を行うときにとるべき手順（以下、個別編）を明記したものであり、現場測定は、共通編と、個別編に従って行う。
- 申請時に示された変換式は、現場における測定データなどによってあらかじめ求めておくものであり、検定時に訂正することは認められない。
- 温度に関する補正式は、測定は夜間が多いと想定されること、凍結するような温度での測定は行われないことなどから、５～35℃程度の範囲の測定データによって、求めるものとする。

・各機関は、騒音計など検定が義務づけられている装置については、検定票の提出によって検定に変えることができる。従って、検定の義務がない装置については、土木研究所における検定を受けることが必要となる。ただし、吸音特性などのように、土木研究所で機械性能の検定が困難と思われる機器を使用する装置については、各機器について、検定票に準ずる書類を、提出するものとする。
・有効期間は、本来 12 ヶ月であるが、書類手続き上の問題等により、交付時期に多少の遅延の発生する可能性があるため、認定書の交付から 13 ヶ月とする。
・12 ヶ月程度ごとに認定が必要とした根拠を以下に示す。
ｲ:タイヤ／路面騒音は、タイヤ摩耗量 0.3mm で測定値に影響が現れるとのデータが示されている。しかし 0.3mm 摩耗するまでの走行距離は約 8,000km であること、１回の測定で走行する距離は 100km 程度と考えられることから、12 ヶ月間は、測定に大きな影響が生じるほどの変化はないものと判断した。
ﾛ:タイヤは、オゾンなどによって劣化することが知られており、通常走行に使用しているタイヤでも３年程度での交換が望ましいとされている。また、オゾンなどの影響は、走行していないタイヤの方が大きいとされている事から、測定用タイヤの劣化はもっと早いものと想定される。
ﾊ:同じ季節に試験を行うことによって、温度依存性を有する装置における温度の影響を排除できる。

3. 測定装置

検定の対象となる装置は、検定路面に付与された、外気温 20℃、走行速度 50km/h 相当の特殊タイヤによるタイヤ／路面騒音値を推定することが可能であれば、測定の方式は問わない。ただし、測定装置は、交通規制をせずに測定を行うことが可能な装置でなければならない。

留意点
・検定は全ての装置を対象とする。
・測定方式は問わないが、規制をしないで測定することができなければならない。

4. 測定条件

測定方法　　：後述する「7. **検定方法**」に従って行う。
対象路面　　：測定は、土木研究所内に設けた検定路面で行う。位置を**図－付属-2-１**に示す。
測定位置　　：測定位置は、基準値を路面に付与した時の走行位置と同じ位置とし、舗装左端から　1.2m付近を目標とする。測定位置を**図-付属-2-2** に示す。
路面条件　　：路面が濡れていない状態で、かつ周辺からの水の持ち込みがない状態で行う。

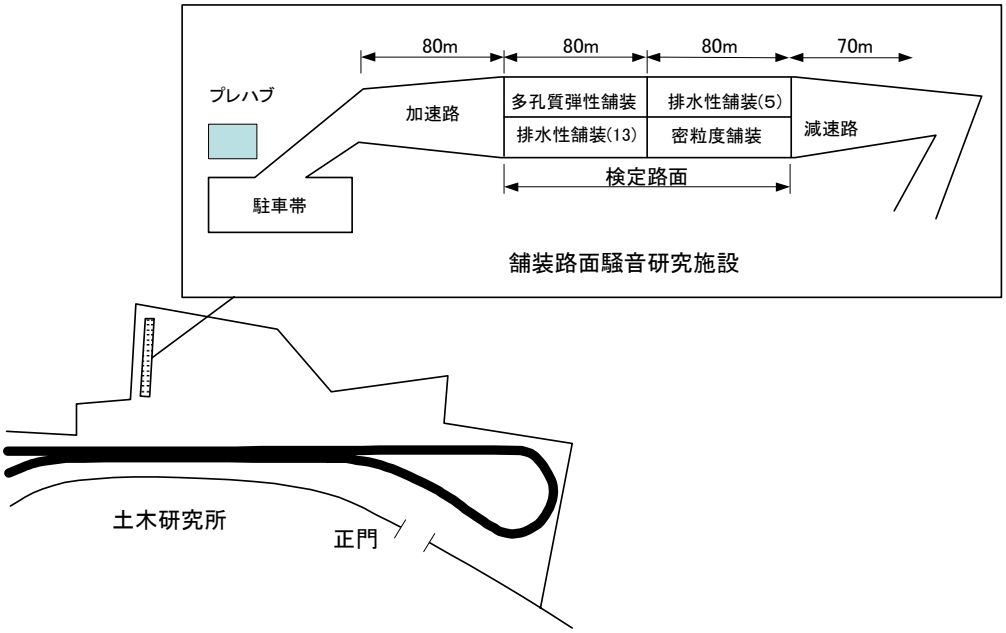


図-付属-2-1　検定路面位置図

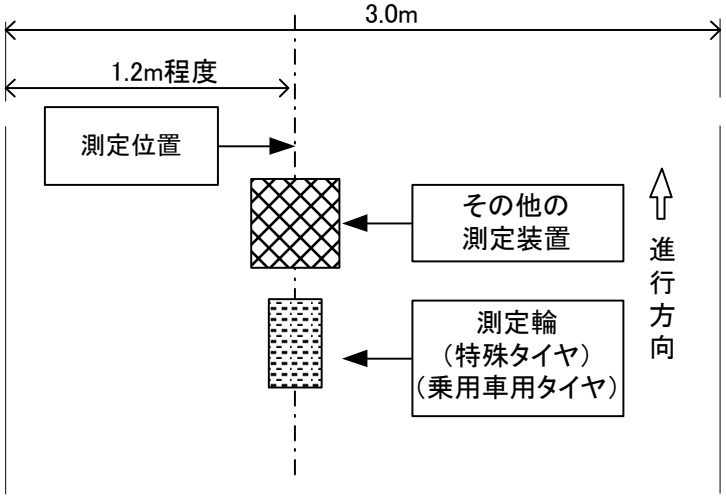


図-付属-2-2　検定路面の測定位置

測定温度：高温時と低温時で測定を行う。同一条件における全ての測定は、高温時と低温時の温度差が 10℃以上で行われることが望ましい。また、低温時の測定温度は５℃以上で行うものとする。

対象路面：検定を受けようとする機関は、申請時に測定の対象とする舗装種別を明記し、対象とする舗装についてのみ、検定を受ける。

留意点

・各機関は、測定可能と考えられる舗装種別を選定し、申請時に明記する。
・各機関は、測定時の走行速度を選定し、申請書に明記する。
・検定を受ける各社は、装置の測定方法をまとめ、提出する。
・各機関は、あらかじめキャリブレーションを行い、測定装置が所定の性能を発揮できるように調整をした状態で検定を受ける。
・測定位置は、走行位置が異なることによって生じる誤差を防ぐため、検定時に、土木研究所が正確な位置を指示する。
・高温時と低温時における測定温度の差は、対象舗装、対象速度が同じ場合には、全ての測定で 10℃以上あることが望ましいが、すでに提出されている式の精度を検定する事が目的であり、以下の理由から、５℃以上あれば、評価を行うことは可能と判断した。
気温による騒音値の変化は、普通タイヤの場合１℃当たり 0.08dB(A)程度、検定時の繰り返し精度は 0.28dB(A)である。従って４℃の温度差があれば 0.32、５℃であれば 0.40dB(A)の差が発生するため、所定の繰り返し精度であれば、充分検出できる値と考えた。
・タイヤ／路面騒音値は、気温 20℃での値を求めるものであるが、補正式は 20℃を内挿出来る５～35℃程度の測定値補正式は５～30℃程度の測定値を元にして求めているため、検定においては、20℃を含まなくても、式の精度を検定することは可能と考えた。
・気温が氷点下まで下がった場合、舗装体内部の水分が凍結するなどによって、空隙の状態が変化する可能性があると同時に、温度補正式を５～30℃で求めているため、検定は、５℃以上で行うものとする。

5. 検定項目および合格基準

検定は、仕様認定と、性能検定によって行われる。仕様に関する認定は、提出された書類に基づき、検定を受けようとする装置と書類の内容とが合致している事を確認するものである。

性能に関する検定は、対象とする装置が、タイヤ／路面騒音測定装置としての性能を満足していることを確認するために行うものである。検定の項目及び性能値を**表-付属-2-1，表-付属-2-2** に示す。

変換値に対する検定は、対象とする舗装種別、速度種別、温度種別の各種別ごとに行うものとし、それぞれ５回のデータによって評価する。

表-付属-2-1　仕様認定項目及び性能

項目		機能及び性能		備　　考
計測機器	騒音計		分解能　0.1dB	検定票の提出
	温度計	計測機能	分解能　0.1℃	カタログ等の提出
	その他			検定票の提出
測定装置	測定間隔	ｻﾝﾌﾟﾘﾝｸﾞ	間隔　0.1 秒 or1.0m 以下	
		出力機能	即時出力が可能	
その他				

表-付属-2-2　性能検定項目及び性能

項目		機能及び性能		備　　考
計測機器	温度計	計測機能	精度　±1.0℃	高温、低温において 50km/h で測定した３回の値の平均値と、ウエザステーションとの比較
	速度計	計測機能	分解能　0.1km/h	
			精度　±0.5km/h	検定用路面設置の速度計と比較
変換値	補正及び変換値	基準値との比較	有効桁　小数第２位	温度補正値、速度補正値、変換値の検定
			基準値との差 レベル１ ±0.24dB レベル２ ±0.21dB	
			繰り返し精度 $\sqrt{V} \leqq 0.28$dB	
その他				

留意点

・計測機器は個々の装置、測定装置は騒音測定装置を意味する。
・計測機器のその他は、吸音や反射音などの装置を対象として記している。
・温度計については、騒音計のように、計量法に基づく規定がないため、カタログなどに基づいて仕様認定を行い、また、測定値により基準温度を推定することができることを検定する。
・測定装置の出力機能は、検定時において出力可能な状態を示すものであり、現場測定において即時出力が可能であることは意味していない。ただし、信頼性の問題から、何らかの形でデータの提出が求められる可能性がある。
・変換値は、排水性舗装２種、速度３種で検定を受ける場合、温度、舗装、速度の計１２の条件について検定することとなる。

・レベル１，２の定義は以下のとおりである。

レベル１：小数第一位を整数値に四捨五入する場合

レベル２：小数第一位を 0.5 単位で二捨三入する場合

・気温は、検定路面内に設置されたウェザステーションの計測値を基準とする。検定を受けようとする装置の温度計の性能は、高温時と低温時に測定を行い、両者ともに基準温度の推定値が所定の範囲内に入っていなければならない。

・今回使用する温度計は、計量法の対象とはなっていない。従ってその精度については、今までの測定結果から、１℃当たりの騒音値の変化が 0.02dB 程度未満であること、基準値との差がレベル２で±0.21dB 程度であることから、±１℃を推定できればよいとした。

6. 検定路面

検定路面は、密粒度舗装(13)、排水性舗装(13)、排水性舗装(5)、多孔質弾性舗装の４種類の舗装で構成されており、走行車両の速度を測定する装置及び、温度測定のためのウエザステーションを設置している。検定路面を**図-付属-2-3** に示す。

検定は、速度センサーと速度センサーに挟まれた検定区間での測定値を対象として行う。ただし速度計の検定は、密粒度舗装を対象区間（速度検定区間）として行う。

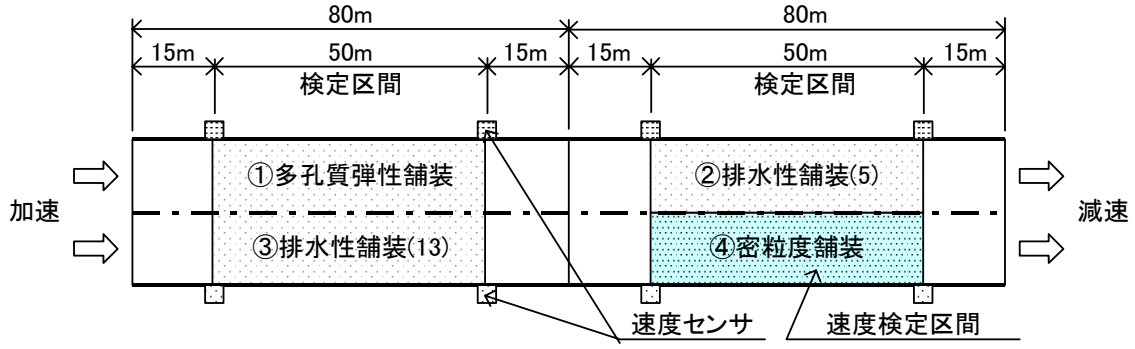


図-付属-2-3　検定路面

留意点

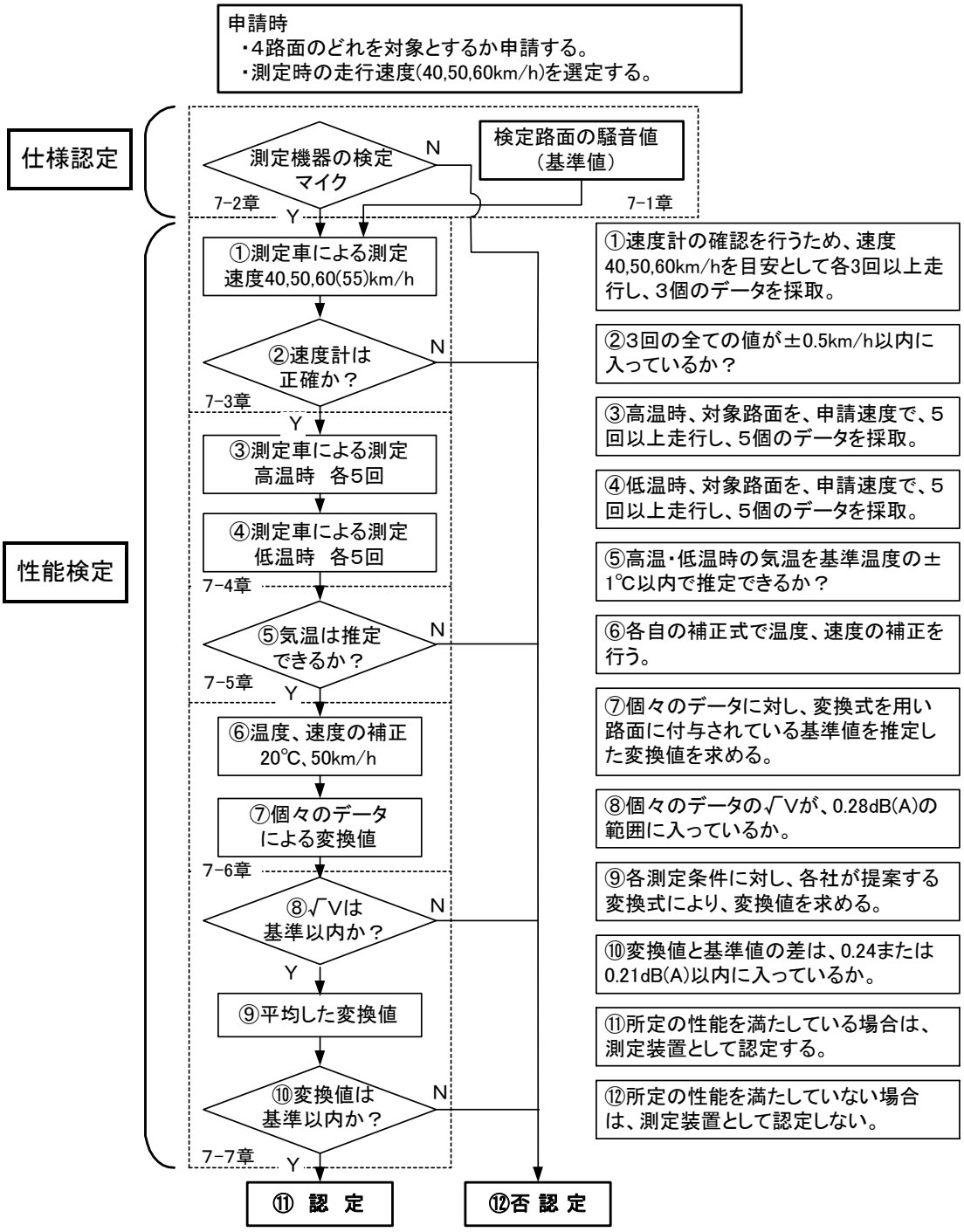
・測定区間は、舗装端部から 15m離れているため、境界線において騒音値が大きく変化したとしても、検定区間では測定装置の値は安定するものと考えられる。従って検定区間においては除外区間を設定する必要はない。

・排水性舗装(5mm)と排水性舗装(13mm)は別車線にあるため、排水性舗装を対象として選定した機関であっても、両方の車線を走行することが必要となる。

・速度計の検定においては、余裕を持って加速ができること、急停車をしても路面の損傷が少ないと考えられることから、密粒度舗装を対象とした。

7. 検定方法

検定は、**図-付属-2-4** に示す検定フローに従って行う。なお、受検者は、検定における測定結果を様式－３に記述し、速やかに提出する。



仕様認定：性能が明示してある機器類について、所定の性能のものを使用していることの確認

性能検定：要求される性能を有していることの確認

図-付属-2-4　検定フロー

7.1　検定用路面の基準値

検定用路面に付与する基準値は、年１回、４月に３台以上の路面騒音測定車（特殊タイヤ）によって測定を行い、その結果に基づき、土木研究所が決定する。

留意点

・検定路面に付与した基準値、検定時の計測速度および気温は、公平、透明性を確保するため、受検者には非公開とする。検定においては、舗装路面騒音研究施設の計測用機器の動作不良や、ドライバーの操作ミスなどによって適切なデータを得られない可能性があり、このような場合受検者は、複数の測定データから所定個数のデータを抽出することとなるが、基準値によって測定データの選別などが行われないように配慮した。

7.2　測定装置の仕様認定

測定装置は､様式－１，２によって申請した機器および測定法個別編に記載された内容について、必要な仕様認定を受けなければならない。仕様認定は、表-付属-2-1 に示した性能に関わる認定以外に、**表-付属-2-2** に示す項目について、各装置と、検定申請書に記載されている内容の整合がとれている事を確認することによって行う。

表-付属-2-2　仕様認定の項目と内容

様式	項　　目	認　　定　　内　　容
1	測定方式	認定を受ける装置が、記載されている方式によることを確認
1	測定装置	認定を受ける装置が、記載されている車両を使用し、記載通りのタイヤを使用し、かつ記載されている人員によって測定を行うことを確認
1	騒音計検定票	**表-付属-1-1** に示す性能の確認
1	温度計カタログ等	**表-付属-1-1** に示す性能の確認
2	測定装置全景写真	認定を受ける装置であることを確認
2	タイヤのアップ写真	認定を受けるタイヤであることを確認
2	騒音測定装置などの写真	認定を受ける装置であることと同時に、装置の位置を確認
2	温度計などの写真	認定を受ける装置であることと同時に、装置の位置を確認

留意点

・測定装置は、確認現在開発されているものだけではなく、今後開発されるであろう全ての方式を対象とするため、様式－１に示す以外の項目についても提出を求めることがある。
・測定は、一般道で走行しながら行うことから、車両登録番号を明記する。また、タイヤ／路面騒音を測定する装置については、測定値に大きい影響を与える可能性があることから、タイヤ、車両総重量、計測時の乗車人数を示す。
・検定希望路面は、受験者が今後測定を行いたいと考える路面を対象として選定する。
・測定希望速度は、受験者が今後測定を行いたいと考える測定速度を対象として選定する。
・車両本体、騒音計その他の計測機器、測定用タイヤ、騒音計などの取り付け状況等については、検定を受けた状態と、現場で測定を行う状態が常に確認できるような、写真、図を記すことが必要である。
・温度補正式は、５～35℃程度の範囲の測定データを元に導き出されたものであることを確認する。

7.3　速度計の検定

速度計の検定は、以下によって行う。

・検定は、密粒度舗装の路面において行う。
・測定装置は、40,50,60km/h で走行し、各３個のデータから各走行における速度検定区間の速度を求める。
・求めた全ての速度が、検定路面に設置された光電管の表示速度に対し、±0.5km/h 以内に入っていることを確認する。
・速度計のデータは、測定終了後速やかに提出をし、検定を受けるものとする。以降の検定は、速度計の検定に合格した装置だけが受けることができる。

留意点

・タイヤ／路面騒音を測定する方式においては、速度によって測定値の変わることが明らかであるため、50km/h での測定しか行わない装置においても、速度計の検定を行う。
・舗装路面研究施設における線形の関係から、60km/h で測定することが困難な装置については、40,50,55km/h で検定を行う。
・検定においては、運転手の操作ミスや、検定路面における装置の不具合などにより、適切なデータが得られない場合があるため、適切な３回のデータが得られるまで、測定を行う。また４回以上の測定を行った場合には、選定したデータを明示する。
・タイヤ／路面騒音値は、速度によって大きく変化するため、速度計の検定に合格しない装置は、測定データに信頼性が無いことから、否認定とし、以降の検定は受けられない。

7.4　測定

測定は、以下の手順で行う。

・測定は、「**4. 測定条件、留意点**」に示す路面条件を満足した状態で行う。そのため検定は複数日となる場合がある。

・測定区間は、申請時に記載した路面を対象とする。

・測定は、申請書に記載した速度を目安に走行し、各５個のデータを採取する。ただし、50km/h だけを対象とした場合は 50±0.5km/h、40、60km/h も対象とした場合には 50km/h に加えて、40、60km/h を目安に測定を行う。

留意点

・検定においては、運転手の操作ミスなどにより、適切なデータが得られない場合があるため、適切な５回のデータが得られるまで、測定を行う。また６回以上の測定を行った場合には、選定したデータを明示する。

7.5　温度の推定

測定時の気温は、舗装路面騒音研究施設に設置されている温度計（以下、基準温度計）を基準とし、受験者は、高温、低温時の基準温度計の値を示す。

基準温度計の値を±１℃以下の範囲で示すことができない場合は、非認定とする。

留意点

・ウエザステーションが固定式であるのに対し、各装置は走行しながら温度を測定するため、温度計自体に充分な精度があったとしても、同じ値を示すとは限らない。従って、温度については基準温度を推定できれば良く、推定する場合には補正式と、推定値を示さなければならない。

7.6　解析

解析は、以下の手順で行う。

・速度、温度ごとに測定した個々のデータを用い、温度補正、速度補正を行った後、補正式により、検定路面の基準値を推定した変換値を求める。

・５回の測定データから求めた変換値を用いて、√Ｖを求める。

7.7　評価

合否は、計測機器の性能、変換地の繰り返し精度及び基準値の差によって判定するものとし、検定票および様式－１の数値によって評価する。

①繰り返し精度

・７－５で求めた、ｎ＝５における繰り返し再現性(√Ｖ)に対し、基準値との比較を行う。ここで√Ｖの基準値は、0.28 以下とする。

・√Ｖの基準値を満足できない場合は、否認定とする。

②基準値と変換値との比較

・繰り返し精度を満足した場合、５個の測定値用いて検定路面の基準値を推定し、変換値を求める。

・検定路面の基準値と変換値との差を求める。合格判定値は、レベル１を推定できる精度は±0.24dB(A)以上、レベル２を推定できる精度は±0.21dB(A)以上とする。

・基準値との偏差の許容範囲を満足できない場合は、否認定とする。

留意点

・測定精度は、速度ごとに認定を行う。従って、50km/h では評価できるのに対し、40km/h では評価できないなどのように、測定速度を制限して認定される場合がある。

・検定用路面の基準値は、年１回、４月をめどに、路面騒音測定車（特殊タイヤ）数台によって検定を行い、大きくはずれたものを除いた、平均値を採用する。

・検定の各段階で、所定の性能が確認されなかった装置については、非認定となる。ただし、温度、速度依存性のない装置については、温度、速度に関する検定基準の適用外となる。

・速度検定においては、測定値をすぐに確認することが必要であるため、走行速度の結果を即時提出する。ただし提出方法は、電子データである必要はなく、手書きであっても、土木研究所が確認できる状態であればよい。

・検定においては、透明性が必要であるため、測定データは、即日提出する。ただし、解析に時間がかかる方式を採用している機関もあることから、提出データは、土木研究所が、追加確認を行うことができるようなデータであれば電圧や電流を記録したものなどでも良く、騒音値である必要はない。

・温度、速度依存性のない測定装置についても、一連の検定を受け、依存性のないことを確認することが必要となる。

7.8　認定

上記の手順に従って、全ての条件を満足した場合は、精度に応じてレベル１として±1.0dB、レベル２として±0.5dB を評価できる、路面騒音測定車として認定する。認定された装置には、認定書として様式－４，５が土木研究所より発行される。

様式－1

タイヤ/路面騒音測定車　検定申請書（受検者記入用）

申請年月日：平成　　年　月　　日

申請機関名者					
問合わせ・担当者名	所属		氏名		
	電話番号		FAX番号		
	Eメール				
検定希望年月日※1	平成　　年　月　　日 ～ 平成　　年　月　　日				
測定方式※2	①タイヤ近接音(特殊タイヤ　普通タイヤ)　②吸音　③反射音　④その他(　　)				
測定装置	車両登録番号	本体			
		牽引車	なし　、　あり（　　）		
	測定タイヤ型式	メーカ		商品名・サイズ	
	車輌総重量（kg）			計測時の乗車人数	人
検定希望路面※3	①密粒度舗装　②排水性舗装13mm　③排水性舗装5mm　④多孔質弾性舗装				
測定希望速度※4	①40km/h　②50km/h　③60km/h　④その他(　　)				

提出書類	計測機器名	測定項目	型式	製造番号	検定票の有無		備考
	騒音計						検定票
	温度計						カタログなど
	個別測定方法						認定を受けようとする装置に特有の部分を示したもの
	自動車検査証						有効期間内のもの
	その他						

		温度・速度補正式、RAC変換式	凡例※5
温度計		補正式	
舗装種別	①密粒度舗装	補正式	
		変換式	
	②排水性舗装13mm	補正式	
		変換式	
	③排水性舗装5mm	補正式	
		変換式	
	④多孔質弾性舗装	補正式	
		変換式	

様式－2

認証を受ける車両の写真等	測定装置全景※6	タイヤのアップ写真
	騒音測定装置など※7 写真	図示
	温度計等※8 写真	図示

記入注意事項　※1：申請者が希望日を記入。土研が検定日を決定しお知らせします。

※2：装置の方式を〇で囲む。その他の場合は（　）に記入

※3：検定希望路面を〇で囲む

※4：測定を希望する速度の範囲を〇で囲む。その他の場合は（　）に記入

※5：補正式・変換式に用いた記号の説明を示す。

※6：車両登録番号（ナンバー）と騒音計等が分かる方向から全景を撮影のこと。

※7：測定装置の中心となる機器類（タイヤ／路面近接音の場合は騒音計）が、認定を受けたときと同じ状態で測定することが解るような写真を示す。

※8：温度依存性のない装置については、記入する必要はない。ただし依存性のないことを示す資料を提出すること。

様式－3

タイヤ/路面騒音測定車　検定時の測定結果記入表（受検者記入用）

記入年月日：平成　　年　　月　　日

記入者・問合わせ・担当者名	会社名			氏名	
	所属			FAX番号	
	電話番号			Eメール	
検定年月日	平成　　年　　月　　日 ～ 平成　　年　　月　　日				
測定方式	①タイヤ近接音(特殊タイヤ　普通タイヤ)　②吸音　③反射音　④その他(　　)				
測定装置	車両登録番号	本体			
		牽引車			
検定路面	①密粒度舗装　②排水性舗装13mm　③排水性舗装5mm　④多孔質弾性舗装				
検定速度	①40km/h　②50km/h　③60km/h　④その他(　　)				

測定機器	測定条件	測定値 1回	測定値 2回	測定値 3回	平均値
速度計（km/h）	目標速度　40				
	目標速度　50				
	目標速度　60(55)				
	その他(　　)				
温度計　(℃)	低温				
	高温				

測定結果(繰返し精度)	舗装種別	速度	気温	5回の補正値 1回	2回	3回	4回	5回	繰返し精度（√V）
	①密粒度舗装	①40km/h	低温						
			高温						
		②50km/h	低温						
			高温						
		③60km/h	低温						
			高温						
	②排水性舗装13mm	①40km/h	低温						
			高温						
		②50km/h	低温						
			高温						
		③60km/h	低温						
			高温						
	③排水性舗装5mm	①40km/h	低温						
			高温						
		②50km/h	低温						
			高温						
		③60km/h	低温						
			高温						
	④多孔質弾性舗装	①40km/h	低温						
			高温						
		②50km/h	低温						
			高温						
		③60km/h	低温						
			高温						

測定結果(基準値の差)	舗装種別	速度	気温	5回の変換値 1回	2回	3回	4回	5回	平均値
	①密粒度舗装	①40km/h	低温						
			高温						
		②50km/h	低温						
			高温						
		③60km/h	低温						
			高温						
	②排水性舗装13mm	①40km/h	低温						
			高温						
		②50km/h	低温						
			高温						
		③60km/h	低温						
			高温						
	③排水性舗装5mm	①40km/h	低温						
			高温						
		②50km/h	低温						
			高温						
		③60km/h	低温						
			高温						
	④多孔質弾性舗装	①40km/h	低温						
			高温						
		②50km/h	低温						
			高温						
		③60km/h	低温						
			高温						

様式－4

認定書（案）

タ／路騒証第〇〇〇号

タイヤ／路面騒音測定装置検定認定書

〇〇〇（株） 殿

貴社から申請のあった下記装置は、タイヤ／路面騒音として

密粒度舗装		0．5dB， 1dB
排水性舗装	（5mm、13mm）	0．5dB， 1dB
多孔質弾性舗装		0．5dB， 1dB

を評価できる装置であることを認証する。

平成〇年〇月〇日

公的認定機関名

1．タイヤ／路面騒音測定装置

所有者　〇〇〇（株）
住所
車両番号　土浦　500　ま　〇〇－〇〇

2．検定試験

試験月日	平成〇年〇月〇日
検定試験方法	検定方法（案）に準拠

3．試験結果

速度計（km/h）	目標速度 40	：合格
	目標速度 50	：合格
	目標速度 60(55)	：合格
温度計 （℃）		：合格
提出書類 装置	騒音計	：合格
書類	個別測定方法	：合格
	自動車検査証	：合格
繰り返し精度		：合格
基準値との差		：合格

4．本装置の有効期間　平成〇年〇月〇日

5．適用可能範囲　測定時の気温：5℃～35℃

公的認定機関名

付録－３対外発表論文

本研究における成果を表－付－１に示す論文で発表している。

表－付－１　対外論文発表

No.	表題		掲載書	年月日
1	車両走行騒音の測定に関する海外の動向	寺田　剛 井原　務	舗装	2002年4月
2	共同研究「タイヤ/路面騒音測定装置の開発」に関する中間報告	寺田　剛	舗装	2003年4月
3	タイヤ/路面音の測定方法に関する一研究	光谷修平 黒川　勤 大久保　智	第３０回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集	2003年3月
4	各種舗装の路面性状とタイヤ/路面騒音値の関係	寺田　剛 大橋　幸子 吉田　武 秋本　隆	第58回年次学術講演会講演概要集	2003年9月
5	タイヤ/路面騒音と環境騒音の関連性に関する検討	石川　賢一 大橋　幸子 伊藤　正秀	第25回日本道路会議論文集	2003年11月
6	タイヤ/路面騒音測定装置の速度・温度依存性について	黒川　勤 寺田　剛 伊藤　正秀	第25回日本道路会議論文集	2003年11月
7	タイヤ/路面騒音の周波数特性に関する一考察	光谷　修平 藤原　栄吾 寺田　剛	第59回年次学術講演会講演概要集	2004年9月
8	路面テクスチャの評価値の変動に関する検討	片山　潤之助 草刈　憲嗣 増山　幸衛 寺田　剛	第59回年次学術講演会講演概要集	2004年9月
9	排水性舗装の残存水分がタイヤ/路面騒音へ与える影響	田口　仁 野中　政直 寺田　剛	第59回年次学術講演会講演概要集	2004年9月
10	タイヤ/路面騒音に及ぼす影響要因の検討	寺田　剛 源　厚 伊藤　正秀	H16舗装工学論文集投稿論文	2004年12月

特　集

車両走行騒音の測定に関する海外の動向

タイヤ/路面騒音の測定方法の開発に関する共同研究委員会

環境への負荷を軽減する舗装が求められており，騒音低減性能の高い低騒音舗装の整備が進められている．独立行政法人土木研究所では，タイヤ/路面騒音の測定方法の開発と題した公募型の共同研究を平成13年11月より開始した．共同研究の開発目標は，①タイヤ/路面騒音評価用路面の開発，②その路面を特定する指標の選定，③タイヤ/路面騒音の測定方法の開発である．本文は，海外の騒音測定方法の動向として，これまでに共同研究で調査した自動車の走行騒音の測定に関連する欧米の規格等について紹介し，タイヤ/路面騒音の測定方法等の概要を取りまとめたものである．

キーワード：騒音測定方法，タイヤ/路面騒音，海外規格，騒音特性，騒音試験用路面

はじめに

環境への負荷を軽減する舗装が求められており，騒音低減性能の高い低騒音舗装の整備が進められている．また，舗装工事の調達方式にもタイヤ/路面騒音を性能指標とした性能規定発注方式が導入されてきている．現在，直轄国道の性能規定発注の竣工検査に用いられている路面騒音測定車[1]は，台数が限られているため測定実施時期の調整に苦慮しているなどの問題が生じてきている．

独立行政法人土木研究所では，タイヤ/路面騒音の測定方法の開発と題した公募型の共同研究を平成13年11月より17社７グループと開始した．表−１に参加している17社を示す．この研究は，騒音に関する性能規定発注工事で，その性能値を評価する簡便な測定方法を確立することを目的としている．

共同研究の開発目標は，①タイヤ/路面騒音評価用路面の開発，②その路面を特定する指標の選定，③タイヤ/路面騒音の測定方法の開発である．

ここでは，海外の騒音測定方法の動向として，これまでに共同研究で調査した自動車の走行騒音の測定に関連する欧米の規格等について紹介する．

表−1　共同研究に参加の17社

グループ	会社名
A	東亜道路工業（株），大林道路（株），佐藤道路（株），東京舗装工業（株），ニチレキ（株），日本道路（株），前田道路（株），（株）渡辺組，福田道路（株），大有建設（株）
B	（株）パスコ，大成ロテック（株）
C	（株）ガイアートクマガイ
D	日本鋪道（株）
E	世紀東急工業（株）
F	石川島播磨重工業（株）
G	（株）オリエンタルコンサルタンツ

1．自動車の走行騒音の測定にかかわる規格

1−1　ISOの規格

自動車の走行騒音の試験方法は日本も含め各国で規定されているが，国際的な共通の試験方法はISO（International Organization for Standardization）によって規格化されている．

ISOで規格化あるいは提案されている試験方法を表−２に示す．表には，自動車の走行騒音の試験方法のほか，騒音試験に関連する路面の規格や路面の吸音率およびテクスチャの試験方法も併記した．また，国内で対応する規格についても示した．

表中の①，③，⑤は自動車の走行騒音の試験方法で，⑥，⑦が自動車走行時のタイヤ/路面騒音の試験方法の規格である．また，②は停車中の排気消音器（マフラー）の排気口における騒音の試験方法の規格である．④は①や⑦の試験を実施する路面の規格で，⑧と⑨は路面の吸音率やテクスチャを評価するときの測定方法の規格である．なお，⑥，⑦，⑧は規格（案）である．

一般道路での自動車の走行騒音を対象とした試験方法の規格としては，⑤と⑥のISO 11819-1，ISO/CD 11819-２である．その他の騒音試験方法は，自動車やタイヤの騒音性能の評価や確認を目的としていることから，テストコース等の構内施設での適用となる．

また，これらのISOの規格に対して国内では，JIS化された試験方法が自動車メーカーや自動車の研究機関で一般に用いられている．

1−2　その他海外の規格

ISOの試験方法とは別途に，各国では新型自動車の騒音試験方法が規定されている．自動車製造の

表−2　ISOにおける自動車走行騒音の試験関連および路面評価関連の規格

	規格番号	名　称	規格事項	国内対応規格
①	ISO 362 (1998年)	Acoustics - Measurement of noise emitted by accelerating road vehicles - Engineering method	加速時車外騒音試験方法の規格	JIS D 1024 (1999年)
②	ISO 5130 (1982年)	Acoustics - Measurement of noise emitted by stationary road vehicles Survey method	近接排気騒音試験方法の規格	JIS D 1026 (1987年)
③	ISO 7188 (1985年)	Acoustics - Measurement of noise emitted by passenger cars under representative of urban driving	市街地走行状態での騒音試験方法の規格	
④	ISO 10844 (1994年)	Acoustics - Test surface for road vehicle noise measurement	騒音試験用路面の規格	JIS D 8301 (1993年)
⑤	ISO 11819-1 (1997年)	Acoustics - Method for measuring the influence of road surfaces on traffic noise - Part 1 : The Statistical Pass-by method	道路端での騒音測定から路面の騒音特性を評価する規格	
⑥	ISO/CD 11819-2 (2000年)	Acoustics - Method for measuring the influence of road surfaces on traffic noise - Part 2 : The close- proximity method	タイヤ近傍の騒音測定から路面の騒音特性を評価する規格	
⑦	ISO/CD 13325 (1997年)	Tyres - Coast-by test method for measuring tyre/road sound emission	タイヤ/路面騒音の測定方法の規格	
⑧	ISO/DIS 13472-1 (1999年)	Acoustics - Measurement of sound absorption properties of road surfaces in situ - Part 1 : Extended surface method	原位置での路面の吸音率測定方法の規格	
⑨	ISO 13473-1 (1996年)	Characterization of pavement texture utilising surface profiles - Part 1 : Determination of Mean Profile Depth	路面凹凸からMPDを評価する方法の規格	

主要国である日本，欧州および米国の各試験方法を図−2[2]に示す．

いずれの国においても試験条件が若干異なるが，共通試験項目としては加速走行騒音と近接排気騒音がある．欧州では，タイヤ/路面騒音が試験項目として検討されている．また，日本のTRIAS（Traffic Safety and Nuisance Research Institute's Automobile Type Approval Test Standard）20と欧州の1999/101/EC（European Community）の試験を実施する測定路面には，ISO 10844の路面が規定されている．米国のSAE(Society of Automotive Engineers) J986MAY98では測定路面の規定がない．

欧州では，タイヤの騒音性能や路面の騒音特性の研究に用いられている測定方法が定義されている．その主な測定方法の概要を表−3[3]に示す．表には各測定方法に対応する欧州各国の規格とISOの規格も示されている．

欧州におけるタイヤや路面の騒音に関する研究での測定方法には，6種類の方法があるとされている．これらの測定方法において，CPB（Controlled Pass-by）とSPB（Statistical Pass-by）は，エンジン音や排気音を含めた車両全体の騒音を評価する方法で，CB（Coast-by）とCPX（Close-Proximity）およびTCB（Trailer Coast-by）は，それらの音の影響を小さくあるいはなくした騒音のタイヤ/路面騒音を評価する方法である．また，DR（Laboratory Drum）は，室内でタイヤ/路面騒音を評価する方法である．

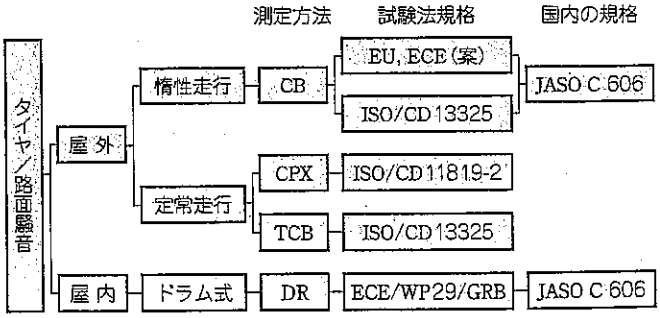
表−3の各測定方法におけるマイクロホン位置は，CB，CPB，SPB，TCBでは車線のセンターラインから7.5mで路面からの高さが1.2mである．また，CBとTCBでは車線の両側での測定が一般的である．CPXとDRではタイヤ近傍の位置で，タイヤの外側から0.2mあるいは0.4mで路面からの高さが0.1〜0.2mとなっている．

国内の路面騒音測定車[1]は，このCPXに類似した測定方法と考えられる．また，米国におけるタイヤ/路面騒音の測定方法は，TCBによる方法がSAE Recommended Practice J57として規定[4]されている．

2．タイヤ/路面騒音の測定方法

2−1　各種の測定方法

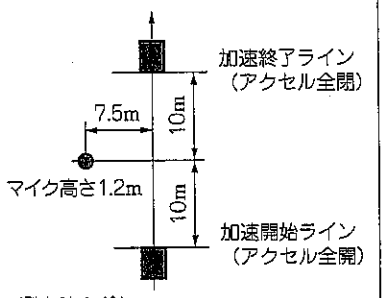
タイヤ/路面騒音の測定方法は図−1に示すように，実車の惰性走行による方法と実車あるいはトレーラの定常走行による方法および室内のドラムの回転に



図−1　タイヤ/路面騒音の各種測定方法

日本 TRIAS 20

加速走行騒音

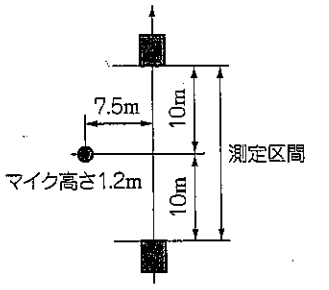


測定時のギヤ

MT車	4段以下	2nd
	5段以上	3rd
AT車	Dレンジ	

測定時の車速
「50km/h」または「最高出力回転数の75%時の車速」の低いほう
測定路面
ISO規格の路面

定常走行騒音

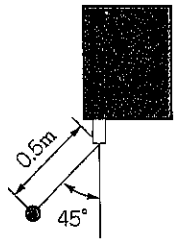


測定時のギヤ

MT車	50km/hで通常使用するギヤ位置
AT車	

測定時の車速
「50km/h」または「最高出力回転数の60%時の車速」の低いほう
測定路面
ISO規格の路面

近接排気騒音



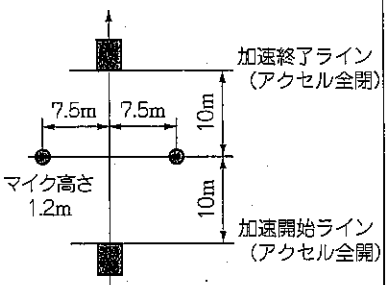
マイク高さ：
吐出口高さまたは，
0.2mのいずれか高いほう

測定時のギヤ
ニュートラル

測定時のエンジン回転数
車両停止
最高出力回転数の75%

欧州 1999/101/EC

加速走行騒音



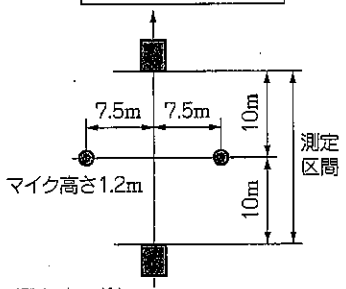
測定時のギヤ

MT車	4段以下	2nd
	5段以上	2ndと3rd
AT車	Dレンジ	

測定時の車速
「50km/h」または「最高出力回転数の75%時の車速」の低いほう
測定路面
ISO規格の路面

タイヤ／道路騒音

92/23/EEC（検討中）



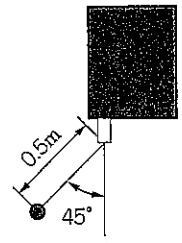
測定時のギヤ
ニュートラル（エンジン停止）

測定時の車速

	走行車速	基準車速
乗用車	70～90km/h	80km/h
商用車	60～80km/h	70km/h

測定路面
ISO規格の路面

近接排気騒音



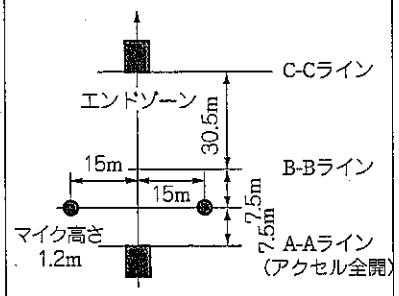
マイク高さ：
吐出口高さまたは，
0.2mのいずれか高いほう

測定時のギヤ
ニュートラル

測定時のエンジン回転数
車両停止
最高出力回転数の75%

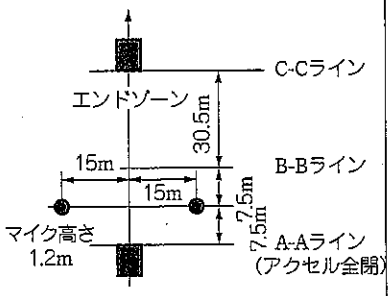
米国 SAEJ986MAY98

加速走行騒音



測定時のギヤ
・最も低いギヤ段
・B-Bラインまでに最高出力回転数を超える場合は一段高いギヤ
測定時の車速
48km/h
測定路面
規定なし

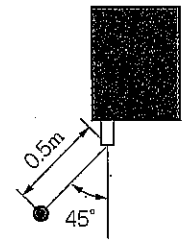
減速走行騒音



測定時のギヤ
加速走行騒音で使用したギヤ
測定時の車速
加速走行騒音測定時のC-Cラインのエンジン回転数の車速
（A-Aラインでアクセルを OFF）
測定路面
規定なし

近接排気騒音

SAEJ1169MAY98



マイク高さ：
吐出口高さまたは，
0.2mのいずれか高いほう

測定時のギヤ
ニュートラル

測定時のエンジン回転数
車両停止
最高出力回転数の75%

図－2　主要国における新型自動車（乗用車）の騒音試験方法[2]

表-3　欧州におけるタイヤあるいは路面騒音評価のための主な測定方法[3]

測定方法の名称	測定方法の概要	適用範囲	規格あるいは検討機関
Coast-by (CB) 惰性走行による方法	テストタイヤを装着した車両を用いて，そのエンジンのスイッチを切ったまま，路肩あるいは試験路に設置したマイクロホンの前を惰性走行する．試験速度はある範囲を超えた速度に広げて行う．一般に最大騒音レベルを記録する．また，回帰分析を用いて乗用車は80km/h，大型車は70km/hの評価速度の騒音レベルを計算する．	タイヤタイプの試験 タイヤの一般的な試験 タイヤの詳細な研究 路面の詳細な研究	ISO/CD 13325 EU（欧州連合）の案 ECE（ヨーロッパ経済委員会）の案
Controlled Pass-by (CPB) 試験車の通常走行による方法	2台の試験車（小型乗用車と大型乗用車）を用いて，指定されたタイヤ（規格された4種のタイヤで2種/1台のタイヤ）を装着して，エンジンをかけたまま道路端のマイクロホンの前を通過する．そのときの最大騒音レベルを記録する．指定された速度の最大騒音レベルの平均値を計算する．	路面の詳細な研究	フランスの規格：S31 119 ドイツの規格：GestrO'92
Statistical Pass-by (SPB) 一般車両の騒音レベルの統計による方法	交通の一般車両（走行障害がない車両）が道路端のマイクロホンの前を通過する．そのときの車種，走行速度と最大騒音レベルを記録する．評価速度50，80，110km/hにおける標準化された騒音レベルを，乗用車101台以上，大型車81台以上のデータを用いて回帰分析により計算する．	路面種の試験 路面の一般的な研究	ISO 11819-1
Close-Proximity (CPX) タイヤ近傍音による方法	トレーラあるいは一般車両に取り付けられたテストタイヤ（または，一般のタイヤ）の近傍にマイクロホンを設置して，試験区域内を走行させる．このときの平均のタイヤ近傍の騒音レベルを記録する．評価の速度は50，80，100km/hとする．	路面の詳細な研究 表層工事後の確認 タイヤの詳細な研究	ISO/CD 11819-2
Trailer Coast-by (TCB) トレーラの走行による方法	2つのテストタイヤを装着したトレーラをトラックやバンにより試験区域内を牽引走行する．長い牽引装置（棒）により牽引車両とトレーラの車軸の通過時間を分離する．トレーラの車軸が通過するときの最大騒音レベルを記録する．なお，牽引車両の通過における補正を行う．	タイヤの一般的な試験 タイヤの詳細な研究	ISO/CD 13325
Laboratory Drum (DR) 実験室内のドラムの回転による方法	実験室内のドラムを用いて回転するタイヤを試験する．マイクロホンはタイヤの近くに設置し，平均の騒音レベルを記録する．ドラムには疑似路面が装着されていなければならない．例えば温度や表面は試験条件と密接に関連している．	タイヤの一般的な試験 タイヤの詳細な研究	ECE/WP29/GRB Doc R. 100

よる方法とに分けられる．図には，国内で対応する試験方法の規格も併記した．

欧州では，タイヤ単体の騒音規制（基準路面におけるタイヤ/路面騒音）が検討されており，ECE (Economic Commission for Europe) およびEEC (European Economic Community) からそれに対応する試験方法が提案されている．また，ISOでは，この提案されている試験方法の対応とタイヤの技術開発の試験を目的として，ISO/CD 13325を，また，舗装路面のタイヤ/路面騒音への影響を把握するために，ISO/CD 11819-2を提案している．なお，国内における試験方法は，JASO C 606「タイヤ騒音試験方法」があり，これは日本自動車規格 (Japan Automotive Standards Organization: JASO) で（社）自動車技術会から刊行されている．

タイヤ/路面騒音は，路面特性に直接影響されることから，室内のドラムに路面を再現する技術的難度があるため，測定方法として実路を用いる方法が主流となっている．実路を用いる試験方法を比較したものが表-4[4]である．表には国内の試験方法も併記した．

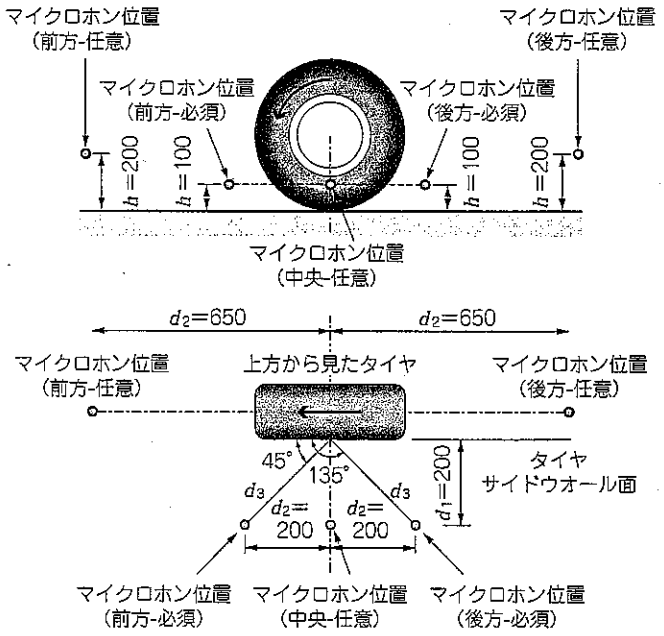
ECE，EECやISO/CD 13325の実車惰性走行による方法は，試験するタイヤサイズから荷重，空気圧の条件を設定すること，騒音測定値を速度に対する対数で回帰し代表値を算出すること，測定に使用する路面が指定されていること，その測定値を路面温度あるいは大気温度で補正することなどが特徴として挙げられる．また，後者のトレーラによる方法では，牽引車の騒音値による補正が行われる．これらの測定方法は，タイヤの騒音特性の把握のために用いられる試験であることから測定用路面をISO 10844と規定している．

2-2　路面の騒音特性を評価する試験方法

ISO/CD 11819-2の定常走行による方法（CPX）は，前述したように路面性状や路面の違いによるタイヤ/路面騒音への影響や舗装路面の騒音特性を把握する目的等で提案された試験方法であることから，他の試験方法の試験条件と異なっている事項がある．それらは，乗用車用の4種類のタイヤが試験用として規定されており，タイヤの型式やトレッドパターン（夏用タイヤ2種：一般のラジアルタイヤ，冬用タイヤ1種：スタッドレスタイヤ，ブロックパターンのタイヤ1種）が指定されている．また，マイクロホンの位置は図-3に示すように試験用タイヤの外側（自走車の場合）に2点以上とする．測定路面については乾燥状態としており，特に排水性舗装な

表−4　タイヤ/路面騒音の試験方法比較（実路）[4]（一部加筆修正）

機関名	ECE，EEC（案）	ISO/CD 13325		ISO/CD 11819-2	JASO C 606
試験路面	密粒度アスファルト混合物 ISO 10844	同左		路面規定なし	アスファルトコンクリート
マイクロホン位置	左右両側7.5m±0.05m 高さ1.2m±0.02m	同左		タイヤ中心より前後に20cm， 外側20cm，高さ10cm	左側7.5m±0.05m 高さ1.2m±0.05m
試験車両 （ホイールベース等）	2軸4輪 C_1（PC）：3.5m以下 C_2（LT），C_3（TB）：5m以下	2軸4輪 同　左 同　左	牽引車＋トレーラ トレーラ：1軸フレーム 牽引長さ：5m以上	試験タイヤが設定 されている車両	試験タイヤが設定 されている車両
タイヤ荷重	タイヤ最大負荷の50〜90% 4輪の平均は75±5%	70〜90%	75±2%	3,200N±200N	定積荷重
タイヤ空気圧	荷重に見合う計算式	同　左	同　左	170kPa±10kPa	車両の指定空気圧
試験速度（km/h） （基準速度）	基準速度±10で8点以上 C_1，C_2：80，C_3：70	同　左 同　左	基準速度±1.5 同　左	50，80，110±15 目的に応じて選択	40，60，80，100±1.5
データ処理	16個以上のデータを対数一次回帰し 基準速度の騒音を算出	同　左	5回以上測定の平均 牽引車の騒音で補正	5回以上測定の平均	2回測定の平均
温度補正 （補正係数K）	基準路面温度20℃に補正 C_1：−0.06dB/℃（20℃未満） C_1：−0.03dB/℃（20℃超） C_2：−0.02dB/℃ C_3：温度補正なし	基準大気温度20℃に補正 C_1：−0.08dB/℃ C_2：−0.08dB/℃ C_3：温度補正なし		検討中	規定なし
備　考	温度補正式： $L = L_m + K\Delta T$ L：騒音レベル（補正値） L_m：測定値 ΔT：（20−路面温度）	温度補正式 ：同　左	・温度補正式：同左 ・牽引車騒音補正 あり		データ処理： 測定の差が2dB超で さらに1回追加測定



図−3　ISO/CD 11819-2のマイクロホン位置[5]（単位：mm）

どのポーラスな路面については，吸取り紙によって水分の有無を確認するようになっている．その留意事項には，表面の水分の有無で2dB以上の差が出ることがあると示されている．測定位置（試験タイヤの走行位置）についてはわだち部となっているが，音響反射物（ガードレール，コンクリート壁，建造物等）がマイクロホンから2m以内にあってはならないとしている．

この定常走行のCPXによる方法では，同一走行速度における交通状況を想定して3通りの騒音の評価値を算出する．それらは，①4種類のタイヤの騒音レベルの平均値（軽車両走行状態での騒音特性），②ブロックパターンのタイヤの騒音値（大型車走行状態での騒音特性），③4種類のタイヤの騒音レベルに係数を乗じて計算する騒音値（一般交通状態での騒音特性：軽車両と大型車が混在）である．なお，温度補正については，現在検討中となっている．

2−3　タイヤ/路面騒音の温度補正

実路を用いる試験方法は，屋外のために気象条件の影響が避けられず，特に環境温度に対する補正が重要視されている．各試験方法（案）には路面温度や大気温度で補正する方法が提案されているが，整合がとれていない現状にある．

ISOでは，その標準化に向けた検討が行われており，現在は各国で実施された試験報告のデータ収集と整理が行われている．その各国の報告[6)〜8)]における測定方法は，惰性走行のCBあるいは一般車の騒音レベルの統計によるSPB等により行われている．また，測定は，ISO 10844路面のほか，密粒アスファルト，ポーラスアスファルト，砕石マスチックアスファルト，コンクリート舗装などの路面である．いずれの報告においても舗装路面の違いによって，温度に対する騒音レベルの変化（温度勾配：dB/℃）は異なっており，標準化に向けた検討では，より多くのデータが必要と考えられている．

3．騒音試験用路面

3－1　路面の騒音特性の基準路面

舗装路面の騒音特性を評価する試験方法のISO 11819-1やISO/CD 11819-2では，規格ではないが付録に，以下のような路面を基準路面（Reference road surface）として推奨している．

一般的な場合の基準路面は，最大粒径が11～16 mmで平たんなキメとなっている密粒アスファルトの路面としている．音響的には，同じ最大粒径の砕石マスチックアスファルトとほぼ同等で，その路面は少なくとも2年供用され，また，ISO 10844あるいはISO 13473-1に従って測定したマクロテクスチャの深さは0.50～1.00mm以内の路面とされている．

一方，ISO 362やISO/CD 13325およびヨーロッパや日本の新型車両の騒音試験用路面は，ISO 10844路面とすることが規定されている．海外において，騒音試験用路面として規定されているものは，ISO 10844路面のみである．

3－2　ISO 10844路面

ISO 10844は，異なった場所での車外騒音測定の変動を最小にする目的から，試験路面の材料，設計および品質を細かく規定した規格で，1993年にドラフトが発行され，1994年に規格となった．

国内においてはその規格を翻訳し，技術的内容および規格票の様式等を変更することなく作成したJIS D 8301「自動車の車外騒音測定のための試験用路面」として規格化されている．

（1）路面の要求性能

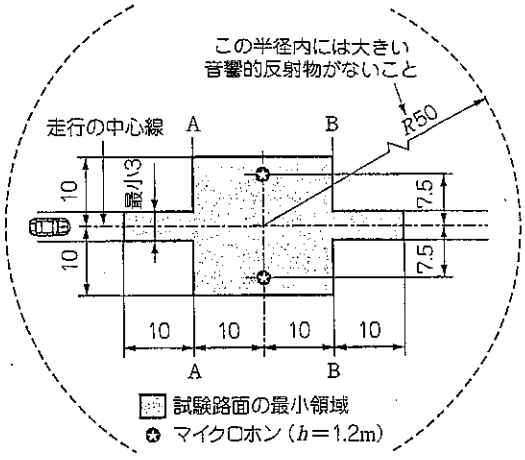
この路面の要求性能は，表層混合物の空隙率と吸音率および路面のキメ深さである．各性能の規格値は表－5のようになっている．

表－5　要求性能の規格値

性能項目	規格値	備　考
空隙率	平均値：8%以下かつ各供試体：10%以下	コア供試体：4個（最小）
吸音率	平均値：0.1以下（各供試体の代表値：400～800Hz，800～1,600Hzの各最大値）	コア供試体：4個（最小）
キメ深さ	平均値：0.4mm以上	試験走路：10点（最小）

（2）試験路面の設計の規格

図－4のように試験路面の最小領域の要求事項が示されている．また，路面に対する設計要求事項は，①表層用混合物は密粒アスファルトであること，②



図－4　試験路面の最小領域の要求事項[9]（単位：m）

骨材の最大粒径は8 mm（許容範囲は6.3～10mm），③表層の厚さは30mm以上，④バインダは添加材が入っていないストレートアスファルトとしている．

（3）路面の要求性能の試験方法

①空隙率は理論最大密度とコア供試体の見掛け，またはかさ密度から計算する．②吸音率はISO 10534“Acoustics－Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes－Method using standing wave ratio”に準拠して測定する．この試験方法は，JIS A 1405「音響－インピーダンス管による吸音率及びインピーダンスの測定－定在波比法」と同じである．③キメ深さはASTM E 965“Standard Test Method for Measuring Surface Macrotexture Depth Using a Volumetric Technique”に準拠して測定する．この試験方法は，ガラスビーズ（0.25～0.18mm）を用いたサンドパッチ法で，舗装試験法便覧の「舗装路面の粗さの測定方法」のサンドパッチング方法と比較して，使用材料や計量体積および拡散器具が異なるが，キメ深さの計算方法は同じである．

（4）ISO 10844路面としての特定指標

路面の要求性能，試験路面の設計の規格および要求性能を評価する試験方法によって，規格を満足すればISO 10844路面として特定される．

その路面が規格に規定された要求事項に適合しているかの定期検査については，①空隙率，吸音率は路面新設時のみ，②キメ深さは路面新設時，騒音試験の開始時（施工後4週間以上経過）およびそれ以降12か月ごとと規定している．

路面新設以後のISO 10844路面を特定する指標はキメ深さのみとなっている．

おわりに

車両交通騒音に関連した試験方法は，ISOを中心に各種目的に応じたものが規格化されている．また，新型自動車においては，日本を含め欧米で独自の騒音試験方法があり，試験項目が若干異なっている．欧州では，タイヤ単体の騒音規制の導入も検討されていることから，その騒音測定方法の提案も行われている．

道路交通騒音におけるタイヤ/路面騒音の寄与率は，40km/hの速度以上の定常走行の四輪車では50～80%といわれている[4]．この定常状態でその騒音を評価するための測定方法には，惰性走行による方法と定常走行による方法とがある．

また，これらの測定方法は，路面の騒音特性を把握するための方法と，タイヤの騒音性能の評価のための方法とに分けられる．

平成13年から2か年計画で開始した「タイヤ/路面騒音の測定方法の開発」の共同研究では，これらの海外における車両交通騒音関連の試験方法や規格を参考に，舗装路面の騒音性能の検査や把握に適用できるタイヤ/路面騒音の測定方法とその評価用路面の開発に取り組んでいきたいと考えている．

問合わせ先
〒305-8516　茨城県つくば市南原1番地6
独立行政法人土木研究所
基礎道路技術研究グループ　寺田　剛
TEL：0298-79-6789　FAX：0298-79-6738
〒140-0002　東京都品川区東品川3-32-34
日本鋪道(株)技術研究所　井原　務
TEL：03-3471-8541　FAX：03-3450-8806

〔参考文献〕
1）阿部：話題　路面騒音測定車，舗装，pp.32～33（2000.7）
2）(社)日本自動車工業会騒音部会：自動車交通と騒音　第5版，p.20（2000.11）
3）U.Sandberg, Influence of Road Surface Texture on Traffic Characteristics Related to Environment, Economy and Safety, Swedish National Road and Transport Research Institute（1998.10）
4）(社)日本自動車タイヤ協会：タイヤ道路騒音について　第6版，pp.6～10（1997.3）
5）ISO/CD 11819-2：Acoustics-Method for measuring the influence of road surfaces on traffic noise-Part 2：The close-proximity method, 2000, ISO
6）A.H.W.M.Kuijpers, et al., Temperature effects on tyer/road noise,M+P.MVM. 99.3.1（2001.8）
7）S.M.Phillips, et al., Factors affecting Statistical Pass-by measurements, The 2001 International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering（2001.8）
8）Brian J.Landsberger, et al., Effects of Air and Road Surface Temperature on Tire Pavement Noise on an ISO 10844 Surface, 2001-01-1598, Society of Automotive Engineers, Inc（2001）
9）JIS D 8301：自動車の車外騒音測定のための試験用路面，1993，日本工業規格

原稿募集・ご投書・ご質問を

1．原稿募集
・舗装技術に関する報文・資料・会議報告・紀行文など
・投稿をご希望の方は予定の内容を400～1,000字程度に要約してお知らせください．
・採用分については執筆依頼状と，必要であれば原稿用紙をお送りします．
・掲載後，本誌規定の原稿料をお送りします．

2．ご投書を歓迎します．
：本誌に掲載された記事，あるいは舗装技術全般についてご意見をお寄せください．
・字数は400～1,000字程度．
・掲載分については弊社発行雑誌，書籍の図書券をお送りします．

3．ご質問をお受けします．
・舗装技術に関連する身近なご質問をお寄せください．
・過去にお答えした「質疑応答」との重複を避けて本誌特集号で解答します．

「舗装」編集委員会

ご送付方法：
郵便：〒101-0021 東京都千代田区外神田2-2-17　電話 03-3255-6684
ファクシミリ：東京03－3253－7967
E-mail：pave@kensetutosho.com

報　文

共同研究「タイヤ/路面騒音測定装置の開発」に関する中間報告

寺田　剛*
（てらだ　まさる）

現在，性能規定発注方式や総合評価落札方式等の騒音竣工検査に用いられている舗装路面騒音測定車は数が限られているため，各工事においては測定実施時期の調整に苦慮している．今後，施工段階，管理段階でのタイヤ/路面騒音の評価を行う回数がさらに増大するため，これを測定できる試験装置の開発の要望が高い．

このため，独立行政法人土木研究所では，平成13年８月に共同研究「タイヤ/路面騒音測定装置の開発」を公募し，応募のあった17社７グループと共同研究を開始した．本文では中間報告として，現状について報告する．

キーワード：性能規定発注，総合評価，騒音測定，タイヤ/路面騒音，舗装路面騒音測定車

はじめに

近年，環境への負荷を軽減する舗装が求められており，騒音低減性能の高い低騒音舗装の整備が進められている．また，舗装工事の調達方式にも，タイヤ/路面騒音を性能指標とした性能規定発注方式や総合評価落札方式が試行されている．

しかし現在，竣工検査に用いられている舗装路面騒音測定車は数が限られているため，各工事においては測定実施時期の調整に苦慮しているが，舗装路面騒音測定車自体が高価であるため，台数の増加も容易ではない．

同時に今後，施工段階，管理段階でのタイヤ/路面騒音の評価を行う回数がさらに増大するため，これを測定できる試験装置の開発の要望が高い．

このため，独立行政法人土木研究所（以下，土木研究所）では，平成13年８月に共同研究「タイヤ/路面騒音測定装置の開発」を公募し，表−１に示す応募のあった17社７グループと共同研究を開始した．現在研究中であるが，今後，性能規定発注方式の増大など，タイヤ/路面騒音測定の果たすべき役割がさらに大きくなると予想されるため，中間報告として，現状について紹介する．

表−１　共同研究参加会社

グループ	会社名
A	東亜道路工業(株)，大林道路(株)，佐藤道路(株)，東京舗装工業(株)，ニチレキ(株)，日本道路(株)，前田道路(株)，(株)渡辺組，福田道路(株)，大有建設(株)
B	(株)パスコ，大成ロテック(株)
C	(株)ガイアートクマガイ
D	日本舗道(株)
E	世紀東急工業(株)
F	石川島播磨重工業(株)
G	(株)オリエンタルコンサルタンツ

＊共同研究「タイヤ/路面騒音測定装置の開発」委員会（独立行政法人土木研究所基礎道路技術研究グループ舗装チーム）

１．研究内容

本研究では，表−２に示す項目について研究を行っているが，本報では以下の項目について紹介する．

１）海外の動向（国際標準）の把握
２）暫定評価用路面の開発
３）測定方法の検討
４）共通試験
５）評価用路面での測定方法と検定方法の検討
６）試行

表−２　研究項目

1. 要求性能の設定
　1) 海外の動向（国際標準）の把握
　2) 公共調達および道路管理上の精度の確認
　3) 要求性能の設定
2. 暫定評価用路面の開発
　1) 路面を特定する指標の選定
　2) 評価用路面の建設
　3) 路面を特定する指標の測定
3. 測定方法の開発
　1) 測定方法の検討
　2) 評価用路面での共通試験
　3) 測定方法と検定方法の検討

２．海外の動向（国際標準）の把握

２−１　目的および概要

共同研究の開発目標に対して，既存の技術基準等との整合性を検討するため，自動車の走行騒音の測定に関連した海外および国内の規格等についての調査を行った．調査は，①自動車の走行騒音の測定に

かかわる規格，②タイヤ/路面騒音の測定方法，③騒音試験用路面の規格を対象に，国際的な共通の試験方法を規定しているISO（International Organization for Standardization）と欧米各国および国内の規格について行った．

2－2　調査結果[1)]

（1）自動車の走行騒音の測定に関する規格

ISOでは加速時の車外騒音と市街地走行状態での走行騒音の試験方法および道路端での騒音測定から路面の騒音特性を評価する方法が規格化されている．

また自動車製造の主要国である日本，欧州および米国等では，ISOの試験方法とは別途に，新型自動車の騒音試験方法がそれぞれ規定されており，試験条件が若干異なるものの，いずれの国においても加速走行騒音と近接排気騒音が共通項目の試験として挙げられている．

（2）タイヤ/路面騒音の測定方法

実車の惰性走行による方法と実車あるいはトレーラの定常走行による方法および室内のドラムの回転による方法とに分けられており，各試験方法が欧州およびISOから提案されている．

このうち実車による試験方法は，騒音測定値を速度に対する対数で回帰して基準速度の騒音値を算出すること，その騒音値を大気温度あるいは路面温度で補正することなどが特徴として挙げられる．

また，国内における試験方法は，JASO C 606「タイヤ騒音試験方法」があり，これは日本自動車規格（Japan Automotive Standards Organization：JASO）で（社）自動車技術会から刊行されている．

（3）騒音試験用路面

ISOによって規格化されており，国内ではその規格がJIS化されている．この路面は，路面の性能項目として表層混合物の空隙率と吸音率および路面のキメ深さが示されており，各性能の規格値が規定されている．また，路面が規定された要求事項に適合しているかの定期検査については，路面新設時は空隙率，吸音率，キメ深さを測定，騒音試験の開始時およびそれ以降12か月ごとにキメ深さを測定するとしている．

3．暫定評価用路面の開発

タイヤ/路面騒音値に対する各装置の差および測定に関する留意点などについての詳細検討を行うことを目的に，不動点として，一定の騒音性能を有するタイヤ/路面騒音の基準となる暫定評価用路面を土木研究所構内に構築した．暫定評価用路面は，将来同様の性能を有する路面を再構築することが想定されるため，タイヤ/路面騒音に影響すると考えられる路面性状を測定することとし，路面を特定する要因に関する調査・検討を行った．

3－1　暫定評価用路面の建設

今回施工する暫定評価用路面には，①低騒音舗装と比較するための密粒度，②性能規定発注における評価値である，89・90dB付近のデータを含めた排水性舗装4種類，③騒音評価の幅を広げるために，排水性舗装よりもさらに高い騒音低減効果が期待できる多孔質弾性舗装，の計6種類の混合物を適用した．

混合物の種類を，表－3に示す．なお，各混合物の厚さは多孔質弾性舗装の2cmを除き，5cmである．

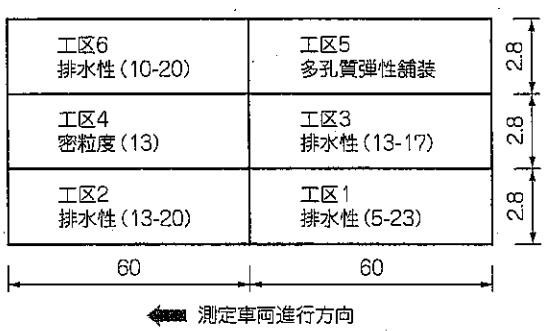
表－3　各工区に使用した表層混合物の種類

工区番号	混合物の種類	目標空隙率（%）	施工厚さ（cm）
1	排水性（5）	23	5
2	排水性（13）	20	5
3	排水性（13）	17	5
4	密粒度（13）	—	5
5	多孔質弾性舗装	—	2
6	排水性（10）	20	5

注）多孔質弾性舗装の下層には，排水性（13）を厚さ3cmで施工した．

また，各表層混合物の配置に当たっては，タイヤ/路面騒音測定時に，表層の種類が変わる中間のジョイント部分における残響音の影響を少なくするために，騒音値が小さいと想定されるものを車両走行方向に向かって手前に，大きいと想定されるものを奥に配置した．施工箇所の平面図を図－1に示す．

完成時の平たん性（3mプロフィル），現場透水



図－1　施工箇所平面図（単位：m）

表-4　平たん性ほかの測定結果

工区番号	混合物の種類	目標空隙率 (%)	平たん性 σ (mm)	現場透水量 (mℓ/15s)
1	排水性（5）	23	1.26	1,132
2	排水性（13）	20	0.96	1,183
3	排水性（13）	17	1.49	1,075
4	密粒度（13）	—	1.25	—
5	多孔質弾性舗装	—	1.55	1,199
6	排水性（10）	20	1.36	1,254

量の測定結果，採取したコアの締固め度を表-4に示す．

3-2　路面性状の測定

共通試験の騒音測定が実施された2月中旬～下旬と8月中旬～下旬の直前に，路面性状の測定を実施した．測定項目を表-5に示す．

なお，空隙中の残存水分の定量化が一つの課題となっており，現在，その評価方法についても検討を進めている．

路面性状の測定位置は，測線として測定する3mプロフィルメータ，DAM，MTMについては，騒音測定車のタイヤ走行軌跡，その他は各工区3点とした．現場吸音率測定状況を写真-1に示す．

これらの調査による測定結果を以下に示す．

表-5　測定項目と測定装置

測定項目	測定装置
平たん性	3mプロフィルメータ，DAM
テクスチャ	MTM，CTM
空隙状態	現場透水試験器，現場吸音率測定装置

- DAM（縦横断形状測定装置）：
  軽量のポータブル路面プロファイル測定装置
- MTM（路面テクスチャ測定装置）：
  レーザセンサによる縦断方向テクスチャ測定装置
- CTM（路面テクスチャ測定装置）：
  レーザセンサによる円周上テクスチャ測定装置
- 現場吸音率測定装置：
  2マイクロホンインピーダンス測定管による路面倒立式垂直入射吸音率測定

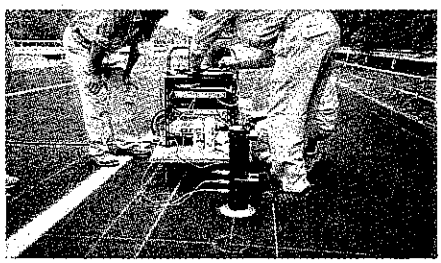


写真-1　現場吸音率の測定

（1）平たん性

3mプロフィルメータによる平たん性を図-2，DAMによる平たん性，IRIをそれぞれ図-3，4に示す．なお，DAMによる平たん性は，3mプロフィルメータの前後輪の間隔を3mとし，データの収集間隔を1.5，1.0，0.75，0.5，0.25，0.1mと変化させ，1cm間隔で得られたプロファイル上を仮想測定した縦断凹凸量を求め，標準偏差を算出したものである．3種類の測定結果ともすべて同じ傾向となり，1回目と2回目で平たん性は測線のバラツキ程度で変化していないといえる．

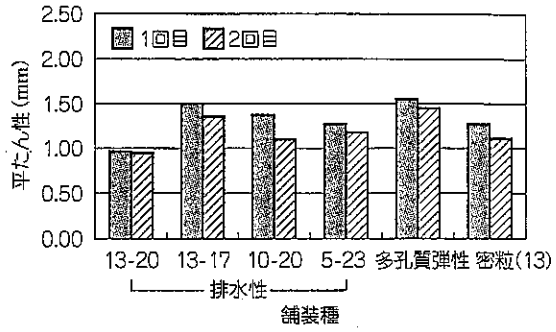


図-2　3mプロフィルメータによる平たん性

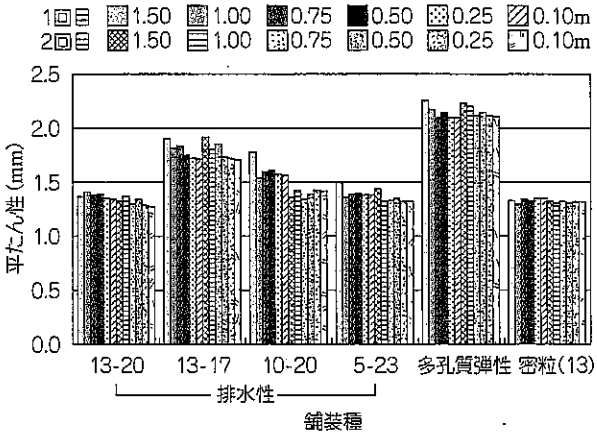


図-3　DAMによる平たん性

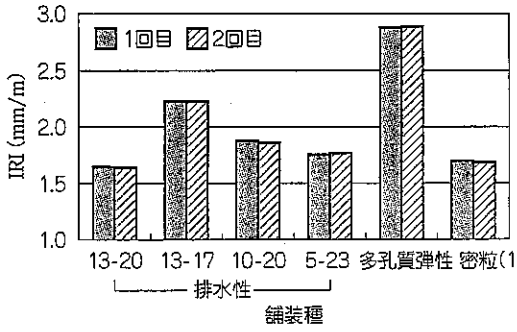


図-4　DAMによるIRI（測定延長：60m）

（2）テクスチャ

テクスチャの測定結果として，MTMによるSMTD（Sensor Measured Texture Depth）と，CTMによるMPD（Mean Profile Depth）を，それぞれ図-5，6に示す．さらに，CTMの測定結果から求めた3種の波数におけるPSDを図-7に示す．

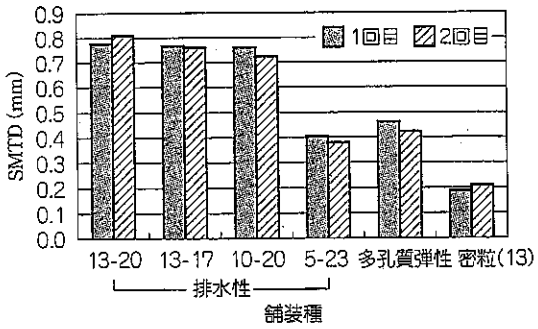


図-5　MTM による SMTD

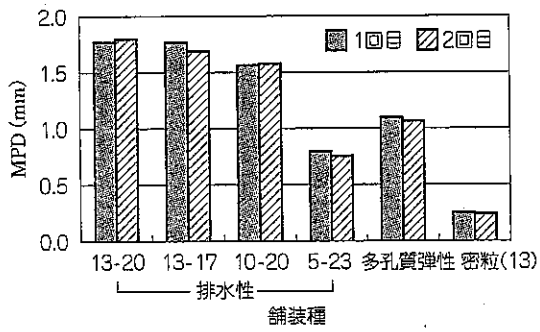


図-6　CTM による MPD

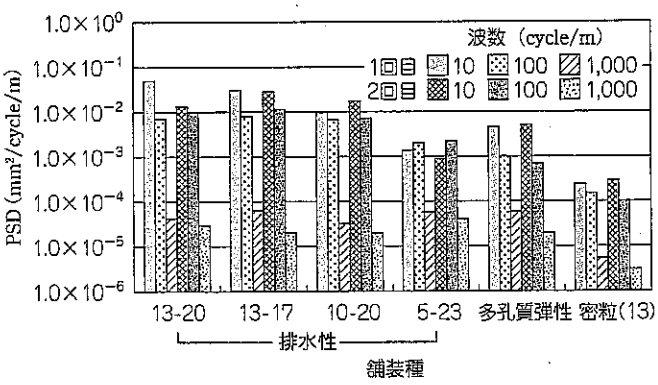


図-7　CTM による PSD

排水性舗装については，骨材の粒径が小さくなるほど SMTD，MPD も小さくなる傾向となった．また，SMTD と MPD の相関関係は，線状とポイント測定といった違いがあるものの，R>0.985と非常に強いものであった．PSD の結果から，波数が10cycle/m が SMTD や MPD と同じ傾向となっていることが分かる．これらの結果からテクスチャの測定においても１回目，２回目の変化はないと考えられる．

（3）空隙状態

現場透水試験による透水量と現場吸音率測定による吸音率を，それぞれ図-8, 9 に示す．

透水量は１回目，２回目の差違はない．またテクスチャも変化していないことから，空隙率は変動がないと考えられる．しかし，吸音率が１回目よりも

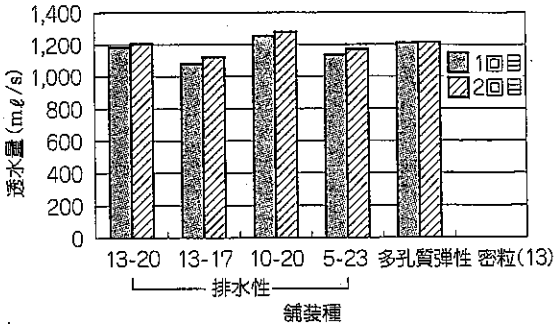


図-8　透　水　量

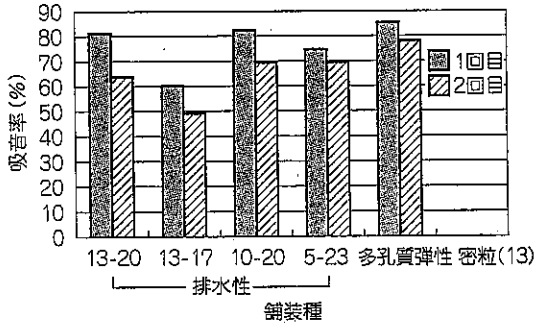


図-9　吸　音　率

２回目の方が小さくなっているが，その原因としては２日前の降雨の影響などにより，排水性舗装などの空隙に水分がわずかであるが，残留していたのではないかと推測される．

（4）路面性状とタイヤ/路面騒音の関係

第２回共通試験において設定された各路面におけるタイヤ/路面騒音の基準値と，路面性状の関係を一次回帰により調べた．この結果，密粒度を除いた相関関係（R^2）が0.9以上と高いものは，SMTD と MPD と波数が100cycle/m の PSD となった．このことより，タイヤ/路面騒音に影響の高いものはテクスチャであることが確認できた．

4．測定方法の検討

4-1　舗装路面騒音測定装置の測定方法の調査[2)]

共同研究において，タイヤ/路面騒音測定装置を開発するため，舗装路面騒音測定装置の測定方法と条件を詳細に調査した．以下にその概要を示す．

（1）舗装路面騒音測定車の概要

舗装路面騒音測定車は，舗装表面と車体後部に取り付けた特殊タイヤの間に発生する音を一定速度で走行しながら測定，記録する装置であり，路面騒音を測定するマイクと音圧計およびデータレコーダにより構成される計測装置，機構を搭載し，さらに自車のエンジン音や外来騒音の影響のない構造をもつ．図-10に舗装路面騒音測定車の概略図を，写真-2 に

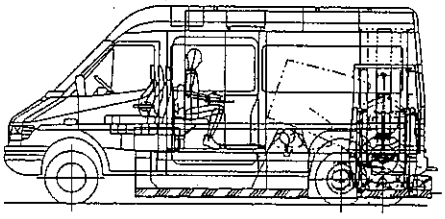


図-10　舗装路面騒音測定車の機構

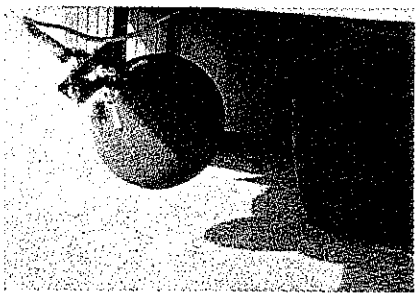


写真-2　特殊タイヤおよびマイクロホン

特殊タイヤとマイクロホンを示す．

特殊タイヤは，800Hz および1,000Hz 音域の騒音レベルが高く発生する独特なトレッドパターンを有し，溝の深さ10mm，空気圧245kPa で左右２輪で構成される．

（２）舗装路面騒音測定車の測定条件

舗装路面騒音測定車の測定条件は以下のとおりである．

①平均走行速度：50±0.5km/h
②測定位置：車線 OWP（外わだち部）
③路面状態：乾燥状態（舗装体内に滞水がなく，降雨後は１日以上乾燥させる）
④サンプリング間隔：0.1秒
⑤サンプリング個数：約70個/100m
⑥周波数補正回路：A 特性
⑦音圧レベル：L_{Aeq}

4-2　タイヤ/路面騒音測定装置の概要

共同研究で開発したタイヤ/路面騒音測定装置は，タイヤ/路面から発生する騒音を直接測定する装置（タイヤ近接音測定装置），反射音を用いた装置および吸音特性を用いた装置の３種類であり，その概要を以下に，舗装路面騒音測定装置との比較を表-6に示す．

３種類の装置のうち，反射音，吸音特性を用いた装置については，タイヤ近接音測定装置と基本的には同一条件で検討を行ったが，タイヤの温度や空気圧など影響がない項目については，測定の対象外とした．

表-6　測定装置の比較

	舗装路面騒音測定装置 道路保全対策官通達	タイヤ/路面騒音測定装置 （簡便な騒音測定装置）		
装置の種類	舗装路面騒音測定車	タイヤ近接音 測定装置	反射音 測定装置	吸音特性 測定装置
測定方法	路面/特殊タイヤ音	路面/普通タイヤ音	反射音	吸音率
予備走行	指定なし	15分または10km		
測定速度	50km/h	測定路線の指定速度以内で測定時の速度を0.5km/h単位で記録		
測定位置	車線OWP(外わだち)			
路面状態	舗装体内に滞水がないこと，降雨後は24h以上乾燥させる	舗装体内に滞水がないこと，降雨後24h以上経過していること		
外的要因	気温,路面,タイヤ温度は指定なし	気温25℃，速度50km/hに補正を行う		
	輪荷重,タイヤ溝深さは指定あり	タイヤ：摩耗量0.3mm,または8,000kmで交換		
サンプリング間隔	0.1s	0.1s		1m
サンプリング個数	約70個/100m	$L/(V*P)$ ここで，L：測定距離(m) V：測定速度(km/h) P：サンプリング間隔(s)		L/P
測定回数	①性能指標値が整数の場合:3回 ②性能指標値が0.5dB単位の場合:5回	①任意の速度で5回測定 ②再現性$\sqrt{n}$：0.45以内		
L_{Aeq}（測定値）	音圧レベル：L_{Aeq}	土木研究所評価用路面において確認された方法により補正された値		

（１）タイヤ近接音測定装置

特殊タイヤではなく，市販されているタイヤを使用してタイヤ/路面騒音を測定する装置であり，現在使用されている特殊タイヤを用いた測定装置と異なり，従動輪を測定の対象としている．

装置の構成例を図-11に示す．

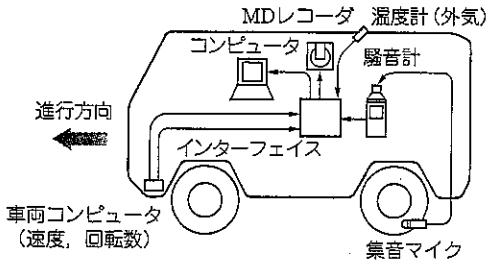


図-11　タイヤ近接音測定装置の構成例

（２）反射音測定装置

スピーカから路面に向けてピンクノイズ（20～8,000Hz）を発射し，帰ってくる音量を測定するこ

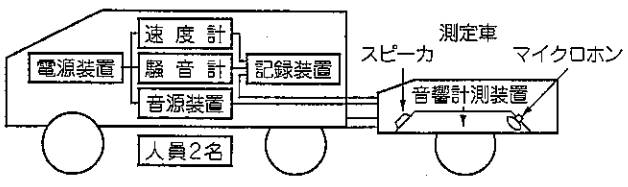


図-12　反射音測定装置の構成例

とによって，タイヤ/路面騒音を推定する装置であり，直接タイヤ/路面騒音を測定する装置のように，タイヤの影響を考慮する必要がない．装置の構成例を図-12に示す．

（3）吸音特性測定装置

スピーカから路面に向けて音（800～5,000Hz）を発射し，吸音率と同様の吸音特性値によってタイヤ/路面騒音を推定する装置であり，反射音を用いた装置と同様，タイヤの影響を考慮する必要がない．

装置の構成例を図-13に示す．

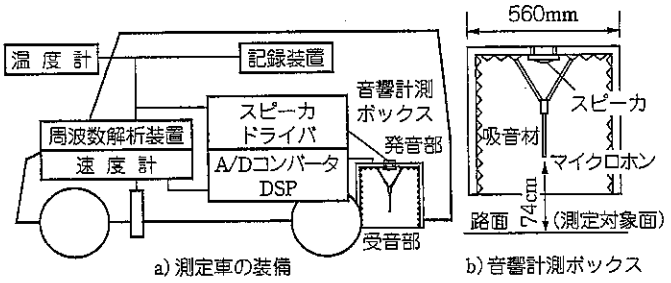


図-13　吸音特性測定装置の構成例

4-3　タイヤ/路面騒音測定に及ぼす影響要因の検討

タイヤ/路面騒音測定を実施する際には，その測定に影響を及ぼす様々な要因が存在する．様々な機関がこれまで行ってきた測定から得た知見[3),4)]，また内外の騒音測定にかかわる規格で示されている測定法を参考に影響要因の抽出を行い，その影響についての調査・検討を行った．

（1）タイヤ/路面騒音測定に及ぼす外的影響要因

外的影響要因は，環境にかかわる要因，測定装置（車両を含む）に関する要因に大別できる．各要因は，内外の規格やこれまでの知見から確認されている場合にはその結果を採用し，それ以外の項目については暫定評価用路面での2回の共通試験によって，調査・検討を行った．

（2）タイヤ/路面騒音測定に及ぼす内的影響要因

内的影響要因は，外的要因で解決できない測定値の精度にかかわる要因であり，これら要因の影響を検討することによって，適切な測定値の統計的処理方法を確立していく．

（3）共通試験結果

暫定評価用路面を用いた共通試験結果を以下に示す．

1）騒音測定結果

第1回共通試験において，各研究グループで基本実験を行った結果，測定用タイヤの違いからデータにバラツキが生じることが確認されたため，第2回共通試験では，各研究グループで共通のタイヤを用いて試験を行った．対象路面は，暫定評価用路面の6舗装〔排水性舗装（5），排水性舗装（10），排水性舗装（13）空隙率17%，排水性舗装（13）空隙率20%，多孔質弾性舗装，密粒度舗装〕および国総研試験走路〔排水性舗装（13）〕である．

各試験車のタイヤ/路面騒音と国土交通省関東技術事務所が所有する舗装路面騒音測定車の測定結果を図-14に示す．なお，本来であれば図-14に折れ線グラフを適用することは不適切であるが，今回は，各機関別の測定結果の傾向を明確にすると同時に，異なった舗装間での騒音値の大小が確認しやすいように，あえて折れ線グラフを使用した．

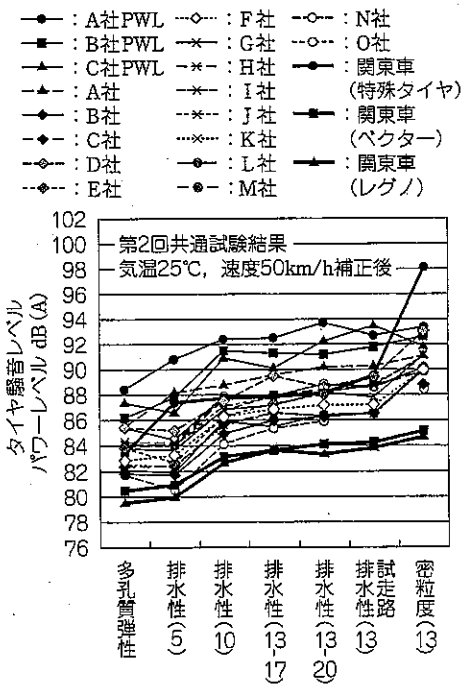


図-14　第2回共通試験結果

その結果，各研究グループ間で10dB程度のレベル幅をもつものの，舗装間のレベルの大小は，舗装路面騒音測定車〔図中関東車（特殊タイヤ）〕の密粒度舗装と排水性舗装(5)を除きほぼ同傾向を示した．また，同時に測定したパワーレベル（PWL）の増減傾向とタイヤ/路面騒音の増減が類似した傾向を示すことを確認した．

2）外的要因・内的要因の影響

タイヤ/路面騒音に関する外的要因について，第1回，第2回共通試験により得られた結果を表-7，8に示す．

その結果，定量化できる部分については，定量化し，その他の項目については，測定条件に規定でき

表-7　外的影響要因の試験結果

分類	要因	共通試験による成果
測定環境にかかわる要因	①風向・風速	風速5m/s以下で測定（JIS D 1024 ほか）
	②気温・湿度・気圧	本文4-3(3)3）に記載
	③路面温度	本文4-3(3)3）に記載
	④路面水分	散水後18時間までは影響なし
	⑤測定速度	速度の誤差は50±0.5km/h
	⑥速度の精度	光電管と試験車計測速度にて確認
	⑦予備走行	50km/hで15分（約10km）
	⑧暗騒音	タイヤ/路面騒音値より10dB以下
	⑨測定車以外の車両の影響	測定車以外の車両が併走しない
	⑩測定除外区間	ジョイント後10データ
測定装置にかかわる要因	①測定車両	任意(各測定装置ごとに変換式作成)
	②輪荷重	TPTの試験結果より[4] 燃料や乗車人員等の重量変化がないように測定
	③タイヤ空気圧	TPTの試験結果より[4] 常に適正空気圧で測定する
	④タイヤ溝深さ	摩耗量0.3mm（走行距離8,000km）までは影響なし
	⑤マイク位置	TPTの試験結果より[3] マイク位置が変化しない構造
	⑥タイヤ銘柄	統一のタイヤを使用
	⑦タイヤサイズ	今回未検討
	⑧タイヤゴム硬度	温度管理により対応
	⑨タイヤ温度	本文4-3(3)3）に記載
	⑩騒音計	JIS C 1502 あるいは JIS C 1505 に適合する騒音計 TPTの試験結果より[3] 風防装置を装備すること

表-8　内的影響要因の試験結果

要因	確認事項
①測定サンプリング間隔	0.1秒単位のサンプリング（0.05間隔と差異なし）
②有効データ数	本文4-3(3)4）に記載
③測定精度（測定回数）	本文4-3(3)4）に記載

るように整理した．

3）速度・温度依存性

第1回，第2回共通試験によって得られた，タイヤ騒音の走行速度と温度依存性について以下に示す．

①速度依存性

図-15に示すように，舗装の種別に関係なく，走行速度の増加とともにタイヤ騒音レベルは増加する．したがって，測定時の速度は一定に保つことが非常に重要となる．

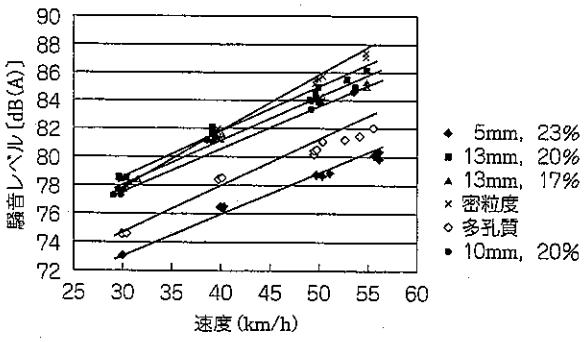


図-15　速度とタイヤ騒音の関係例

②温度依存性

測定は，10分以上もしくは10km 以上の慣らし運転を行い，タイヤ温度がほぼ一定になった状態で行った．その結果，気温，路面温度，タイヤ温度いずれもタイヤ騒音との相関があることが確認された．しかし路面温度，タイヤ温度は，気温に比べて現地計測が難しく値がばらついていることから，表-9に示すようにタイヤ騒音との相関が気温に比べて低い結果となった．

気温との関係については，図-16に示すように気温の増加とともにタイヤ騒音レベルが減少することが確認された．したがって，測定時の気温については，基準となる温度についての補正が必要と考えられる．

表-9　温度とタイヤ騒音の回帰係数と寄与率例

工区	路面温度		タイヤ温度		気温	
	回帰係数	R^2	回帰係数	R^2	回帰係数	R^2
密粒	0.012	0.125	0.013	0.143	0.023	0.159
排水性13-20	−0.022	0.710	−0.047	0.660	−0.092	0.726
排水性13-17	−0.017	0.513	−0.041	0.523	−0.073	0.585
排水性10-20	−0.042	0.132	−0.037	0.223	−0.064	0.320
排水性 5-23	−0.018	0.542	−0.038	0.477	−0.094	0.603
多孔質	−0.026	0.070	−0.059	0.571	−0.081	0.709

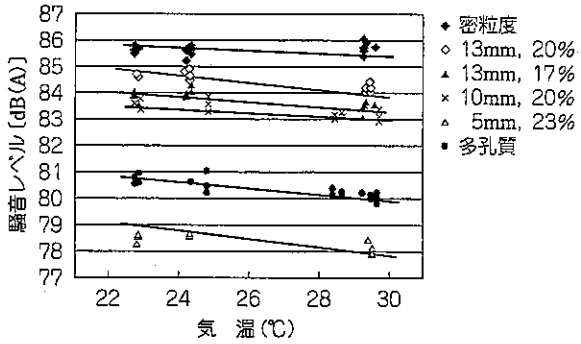


図-16　気温とタイヤ騒音の関係例

以上の結果から，気温を測定の容易さ，タイヤ騒音との相関の高さから温度補正の代表指標とした．

ただし，図-16からも分かるように測定した気温の範囲が23～30℃と狭く温度水準が少ないことから，気温とタイヤ騒音の寄与率は最大でも0.7程度の値しか得られなかった．このことから，第3回の共通試験では，不足している低い気温時のタイヤ騒音データを採取し，これを第1回，第2回共通試験の結果に加えて寄与率の高い温度補正式を構築する予定である．

4）測定回数と精度の関係

タイヤ/路面騒音測定において，いくつのデータを採取すれば，対象とする現場の騒音値（母標準偏

差σ）を統計上正確に表現しているか，統計的な検討を行い，採取するデータ数について決定した．

母標準偏差σを精度よく推定するにはデータ数は多い方がよいが，実際の測定，試験では様々な制約から，データの採取数が制限されてしまうのが現状である．したがって，必要最小限のデータ数を決めるために，目的とする統計的判定が可能であるかどうかについての検討を行った．

母集団から採取されたデータから求められるバラツキ$\sqrt{v}$（不偏分散平方根または標準偏差sとも呼ばれ，母標準偏差σと区別されている）は，母標準偏差σと以下の関係がある．

$$\sigma\ (\text{推定値}) = \sqrt{v}/c_2^{*}\ ^{5)} \quad \cdots\cdots(1)$$

式(1)の$1/c_2^{*}$は，データの$\sqrt{v}$の補正値で，データ数によって表-10のように決まっている[6]．表から，補正値$1/c_2^{*}$が，データ数2～4個で大きく減少し，データ数5個以上で緩やかに減少し1に近づいていくことが分かる．これは$\sqrt{v}$が母標準偏差σに近づいていくことと同じである．このようなことから，母標準偏差σを精度よく推定できる必要最小限のデータ数は5個程度である．

次に共同研究の測定結果において，共同研究の測定データ例を示す表-11の全データ（$n=14$）およびランダムに5個抽出したデータの統計量を求めた．その結果表-12に示すようにデータ数14個と5個の平均値，バラツキ，σ（補正後）には差がなく，

表-10　データ数と$\sqrt{v}$の補正値[6]

データ数	$1/c_2^{*}$	データ数	$1/c_2^{*}$
2	1.253	14	1.019
3	1.128	15	1.018
4	1.085	16	1.017
5	1.064	17	1.016
6	1.051	18	1.015
7	1.042	19	1.014
8	1.036	20	1.013
9	1.032	25	1.010
10	1.028	30	1.009
11	1.025	40	1.006
12	1.023	50	1.005
13	1.021	100	1.003
データ数20以上　$1+1/4n$			

表-11　測定データ（1例）

	時　刻	dB		時　刻	dB
7月23日	5：39	89.46	7月23日	7：06	89.26
	：41	89.21		：09	89.55
	：43	89.46		：17	89.21
	6：25	89.49		：48	89.26
	：32	89.39		：51	89.35
	：34	89.47		：53	89.51
	：36	89.78		：55	89.50

表-12　測定データ（例）の統計量

データ数	平均値	$\sqrt{v}$	$1/c_2^{*}$	σの推定値
14	89.42	0.156	1.019	0.159
5	89.40	0.151	1.064	0.161

データ数5個でも十分な精度があると推察できる．

以上のことから本研究では，性能値の判定に必要な精度が得られる必要最小限のデータ数として測定回数を5回とした．

4－4　検定方法および認定（案）

舗装の技術基準に記述されているように，測定装置として用いるためには，土木研究所による認定が必要であり，現在検討が進められている認定方法について，図-17に騒音値の認証フロー（案）を示すとともに以下に概要を示す．今後の検討結果によっては，変更する可能性がある．

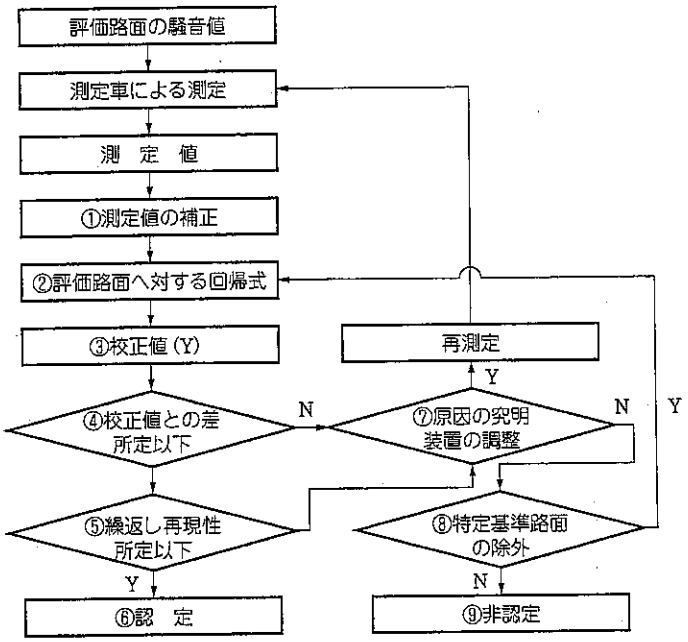


図-17　タイヤ/路面騒音測定装置の認証フロー（案）

（1）基本方針（案）

検定は，測定装置が現場において，タイヤ/路面騒音値を適切に測定できることを確認するために行うものであり，評価用路面に付与された，外気温25℃，走行速度50km/h相当の騒音値との相関を示すことが可能であり，交通規制を要しない方式であれば，測定の方式は問わない．

ただし，速度の表示装置については所定の機能を満足するとともに，JISの基準などによって規定されている機器は，その基準を満足していなければならない．またタイヤ/路面騒音測定車の測定用タイヤの摩耗量は0.3mm未満（走行距離8,000km程

度）とする．

検定は，安定した測定が行える状態で行う．測定は，50±0.5km/h，もしくは50km/hの騒音値を推定するために必要な所定の速度（以下両者を含め，所定速度）で行う．

（2）測定車の騒音値の評価方法および認定

測定車の騒音値の評価および認定は，（1）によって得られたデータを元に以下の手順で行う．

①測定結果に対し，温度や速度等の補正を行い，外気温25℃，測定速度50km/h相当の値に変換する．

②測定結果から，基準騒音値に対する測定車によって得られた値の回帰式を求める．

③回帰式における測定値のバラツキを確認する（校正）．

④評価用路面の基準騒音値と測定結果の校正値を比較する．

⑤測定車の測定結果の標準偏差から繰返し再現性を評価する．

⑥上記を満足した場合に舗装路面騒音測定車として認定する．

⑦上記④，⑤を満足しない場合には，原因を究明および調整を行った後，再度測定をし，再評価を行う．

⑧上記⑦によっても認証を与えられない場合は，測定対象とする基準路面を限定して評価を行い，上記④，⑤を満たしていれば，条件付きで認証する．

⑨上記⑥から⑧によっても諸条件を満たさない装置については非認定とする．

4－5　現場における測定方法（案）

現場における測定は，すべての測定装置に共通する「タイヤ/路面騒音測定方法（案）共通編」と，測定装置それぞれの特性に基づいて測定装置ごとにまとめた「タイヤ/路面騒音測定方法（案）各装置個別編」に準じて行う．

（1）共　通　編

すべての測定装置に共通する現場測定条件は，以下のとおりである．

1）測定条件

測定においては，交差点等を除外区間とすること，測定位置はOWPとすること，測定は一定速度で行うこと，路面は乾燥状態で測定すること，データサンプリングの間隔は0.1秒または1m以下で行うことを条件とする．

2）測定方法

準備作業として測定対象区間における測定位置の確認，定速走行を行うための交通条件の確認，測定装置の動作確認と同時に必要であれば，タイヤを暖めるために予備走行を行う．

測定は，法定速度内で一定の速度で行い，外的要因としての外気応答を記録しておく．また測定は5個のデータが採取できるまで行う．

3）測定データの解析

測定データの解析は以下の手順で行う．

・測定位置の確認
・除外区間を除いたデータの抽出
・各測定区間における個々のデータを求めた後，5個のデータの平均値を求める
・平均値に対する25℃への温度，50km/hへの速度補正を行う
・タイヤ/路面騒音値に変換する

解析において注意しなければならないのは，タイヤ/路面騒音値は温度によって変化する性質を有すると同時に，測定装置によっては速度依存性を有するため，補正を行うことが要求される点である．

4）報告事項

報告においては，現場を特定できる測定年月日や路線名などのほかに，測定の信頼性を高めるため，各測定におけるバックデータを提出する．

（2）各装置個別編

個別編においては，測定装置によって測定方式が異なるため，各社固有の条件を示すと同時に，認定を与えられた装置であることを確認することができる条件を記述する．

個別の測定条件としては，測定装置としての特徴，固有の測定条件，測定方法，データの解析方法などが挙げられる．

4－6　試　　行

以上の検討結果を踏まえ，暫定認定された各タイヤ/路面騒音測定方法による実際の現場での試行を実施した．

（1）目　　的

性能規定発注工事や総合評価工事において舗装路面騒音測定車が騒音測定するときに合わせて各暫定測定装置での測定を行った．

本試行の目的は，両者の測定値を比較検討することにより，暫定認定された測定装置および現場測定方法（案）の妥当性を検証することと，正式測定方

タイヤ／路面音の測定方法に関する一研究

大林道路　　正会員　○光谷　修平
佐藤道路　　黒川　勤
石川島播磨重工業　　大久保　智

道路を走行する自動車から発せられる騒音は、エンジン等が駆動することで発生する「駆動音」と、タイヤが路面と接触する際に発生する「タイヤ／路面音」に大別される。「駆動音」を低減するには、道路の構造（線形，勾配，交差等）の検討が有効であり、「タイヤ／路面音」の低減には舗装（路面性状）の改良が有効である。現在、沿道環境騒音対策として採用されている排水性舗装は、主としてこの「タイヤ／路面音」の発生抑制作用により、結果的に官民境の騒音を２～５ｄＢ低減する効果をあげている。

（独）土木研究所と民間１７社は、自動車走行騒音を低減するための舗装の性能指標として「タイヤ／路面音」を標準的に測定する方法の開発に共同で取り組んでいる。以下、これまでに得られた一知見を紹介する。

１．実験概要

「タイヤ／路面音」は、文字通りタイヤと路面の相互関係により発生する音である。このため、同一路面でもタイヤの種類によって、発生音量に差異を生ずる。路面の状態を評価するために適したタイヤを選定するため、５種類のタイヤ（表－１参照）と６種類の路面（表－２参照）を用意し、その応答の違いを比較検討した。

表－１　実験に使用したタイヤ

区分	サイズ	外径	幅	空気圧	全接地面積	接地部面積	溝深さ	溝容積
		(mm)	(mm)	(kPa	(cm^2)	(cm^2)	(mm)	(cm^3)
①	145/80R13 75S	562	146	220	147.0	105.4	8.0	33.3
②	145R13 6PRLT	570	160	196	116.2	76.8	5.4	21.3
③	185/65R14 86H	594	185	186	270.1	172.2	8.1	79.3
④	195/65R15	639	199	196	139.6	89.5	7.5	37.6
⑤	155SR13	578	155	220	112.0	88.3	8.0	19.0

表－２　実験に使用した路面

指標	計測方法	種類	密粒度アスコン	排水性舗装(13-1)	排水性舗装(13-2)	排水性舗装(10)	排水性舗装(5)	多孔質弾性舗装
空隙率	切取供試体	%	4.8	18.1	21.2	21.7	24.6	33.5
平坦性	σ1.5	mm	1.25	1.49	0.96	1.36	1.26	1.55
PSD10	簡易プロファイル	mm^2・m/c	0.00005	0.00007	0.00005	0.00007	0.00002	0.00008
パワーレベル	乗用車(50km/hr)	dB(A)	93.4	92.3	93.4	91.6	88.5	88.1

尚、ここにいう多孔質弾性舗装とはゴムチップを樹脂で結合したポーラスタイプの舗装のことである。

２．実験結果

各タイヤを使って計測した「タイヤ／路面音」を表－３に示す。

表－３　タイヤ別「タイヤ／路面音」計測結果

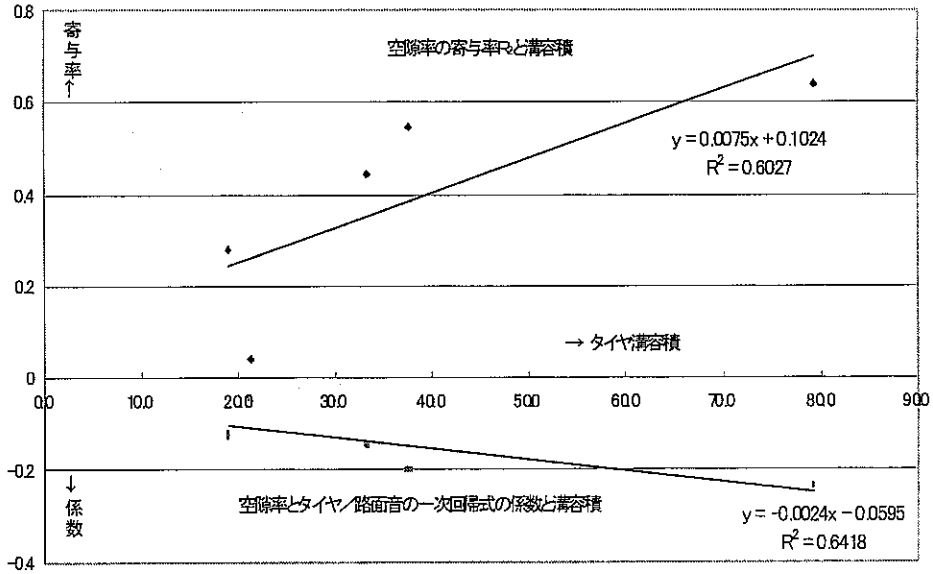
種類	密粒度アスコン	排水性舗装(13-1)	排水性舗装(13-2)	排水性舗装(10)	排水性舗装(5)	多孔質弾性舗装
①	86.5	85.8	85.9	85.2	81.1	83.1
②	80.0	82.0	82.2	81.5	76.5	79.7
③	88.9	85.4	85.6	84.8	80.6	83.2
④	89.0	87.4	87.8	86.2	82.1	84.2
⑤	84.0	85.2	85.1	84.4	79.9	81.1

キーワード　タイヤ／路面音，沿道環境騒音対策，性能指標，トレッドパタン

連絡先　〒336-0027　さいたま市沼影2-12-36　大林道路技術研究所　TEL048-863-7787　E-mail：shuuhei-mitsutani@obayashi-road.co.jp

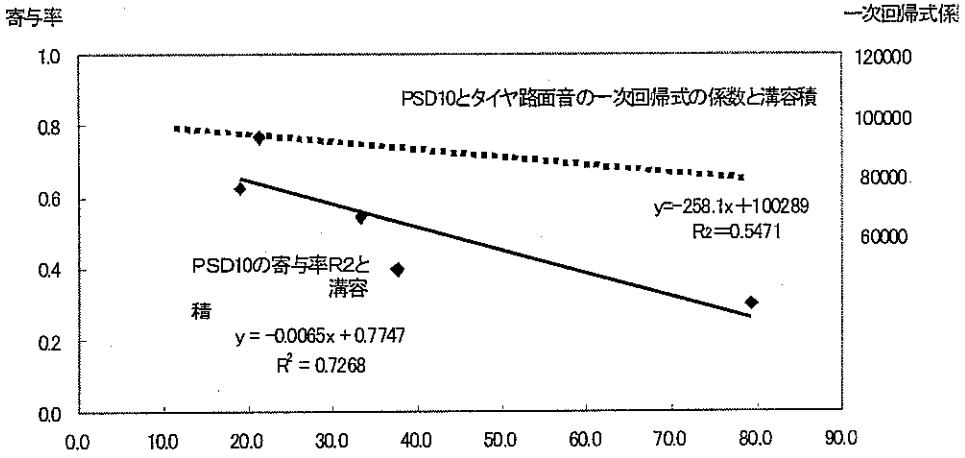
「タイヤ／路面音」は、主としてポンピング音（トレッドパタンを形成しているタイヤの溝の内の空気が急激に圧縮→解放される音）と加振音（タイヤの振動音）からなる。排水性舗装のように空隙が多い舗装の場合、トレッドパタン内の空気の圧縮を緩和するため、ポンピング音が小さくなる。また、骨材の最大粒径を小さくするなどして細かなテクスチャをもつ路面はタイヤに余分な振動を生じさせないため加振音が小さくなる。このため、溝内に大量の空気を抱え込み、圧縮変形の大きなタイヤの「タイヤ／路面音」は、ポンピング音の寄与率が高く、舗装の空隙に敏感となり、逆に溝内に空気を抱え込みにくく圧縮変形の小さなタイヤの場合は、相対的に加振音の寄与率が高く、路面のテクスチャに敏感になると推定される。

図－１に、〔①各タイヤで計測された「タイヤ／路面音」と各舗装体の空隙率の一次回帰式を算出〕→〔②回帰式の係数とその時の寄与率R^2を算出〕→〔③各タイヤの接地面あたりの溝容積と②の結果の相関性を算出〕を整理した。溝容積が大きいほど空隙の影響が大きく、相関性も高くなる傾向にあり上記仮説と一致している。



図－１　接地面当たり溝容積と空隙率ータイヤ／路面音

また、簡易プロファイルを使って求められる 10 ㎝単位のテクスチャ；PSD10 とタイヤ／路面音に対する溝容積の関係を図－２に示す。溝容積が小さいほど凹凸の影響が大きく、その相関性も高くなる傾向にあり、やはり仮説と一致している。



図－２　接地面当たり溝容積とテクスチャータイヤ／路面音

３．まとめ

以上の実験から、溝の深いタイヤを用いた「タイヤ／路面音」は、溝の浅いタイヤの場合に比べて舗装の材質によらず、空隙率の影響を受けやすいことが判明した。また、沿道環境騒音の低減機能に代えて各路面の乗用車走行パワーレベルを計測し、「タイヤ／路面音」との相関性を確認した結果、最も相関性の高いタイヤでR^2＝ 0.88 を得、少なくとも、乗用車混入率の高い路線においては、適切な評価が可能であることが確認された。

今後、沿道環境騒音の低減機能に寄与する舗装の性能指標として「タイヤ／路面音」を標準化するために、

①溝の深いタイヤを着用した大型車混入率の高い路線にも摘要可能な方法を選定する。

②計測値の精度、再現性を高めるために邪魔になる外的要因を排除する。

等、研究を進めていく所存である。　以上

各種舗装の路面性状とタイヤ／路面騒音値の関係

独立行政法人土木研究所　正会員　○寺田　剛
同上　正会員　大橋幸子
同上　吉田　武
ニチレキ（株）　正会員　秋本　隆

1．まえがき

近年、環境への負荷を軽減する舗装が求められており、騒音低減性能の高い低騒音舗装の整備が進められている。また、公共工事におけるタイヤ／路面騒音を性能指標とした性能規定発注方式や総合評価方式による契約でも、道路騒音低減を目的とした排水性舗装が施工されている。タイヤ／路面騒音は、タイヤが接触する舗装の路面性状に影響するが、どういう路面性状なら低騒音となるか明確になっていない。

そこで、各種の舗装における路面性状とタイヤ／路面騒音との関係を求め、タイヤ／路面騒音に影響する路面性状が明らかとなったのでここにその結果を報告する。

2．試験方法

タイヤ／路面騒音と路面性状の関係を求めるため、土木研究所構内に６種類の評価用路面を施工し、路面性状とタイヤ／路面騒音としてタイヤの違う舗装路面騒音測定車とタイヤ近接音測定装置の２種類で騒音を測定した。

2．1　測定に用いた路面

測定に用いた路面は、表－1に示す①密粒度、②排水性舗装4種類、③多孔質弾性舗装、の計6種類の舗装である。各表層混合物の厚さは多孔質弾性舗装の2cmを除き、5cmである。

表-1　測定に用いた路面の表層混合物の種類

工区番号	混合物の種類	目標空隙率（%）	施工厚さ（cm）
1	排水性(5)	23	5
2	排水性(13)	20	5
3	排水性(13)	17	5
4	排水性(13)	－	5
5	多孔質弾性舗装	－	2
6	排水性(10)	20	5

（注）多孔質弾性舗装の下層には、排水性(13)を厚さ3cmで施工した。

2．2　路面性状の測定

測定した路面性状の項目を表－2に示す。路面性状の測定位置は、測線として測定する3mプロフィルメータ、DAM、MTMについては，騒音測定車のタイヤ走行軌跡、その他は各工区3点とした。

表－2　測定項目と測定装置

測定項目	測定装置
平坦性	3mプロフィルメータ,DAM
テクスチャ	MTM, CTM
空隙状態	現場透水試験器,現場吸音率測定装置

・DAM(縦横断形状測定装置)：
　軽量のポータブル路面プロファイル測定装置
・MTM(路面テクスチャ測定装置)：
　レーザセンサによる縦断方向テクスチャ測定装置
・CTM(路面テクスチャ測定装置)：
　レーザセンサによる円周上テクスチャ測定装置
・現場吸音率測定装置：2マイクロホンインピーダンス測定管による路面倒立式垂直入射吸音率測定

2．3　測定したタイヤ／路面騒音測定装置

(1)低騒音舗装機能測定車

舗装表面と車体後部に取り付けた特殊タイヤの間に発生する音を一定速度で走行しながら測定、記録する装置である。図－1に低騒音舗装機能測定車の概略図を示す。

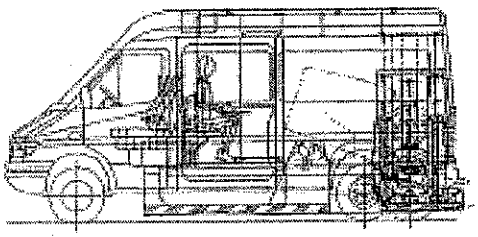


図-1　低騒音舗装機能測定車の概略図

(2)タイヤ近接音測定装置

特殊タイヤではなく、普通自動車に市販されているタイヤを使用してタイヤ／路面騒音を測定する装置であり、従動輪を測定の対象としている。図－2に装置の概略図を示す。普通タイヤによる騒音値は、温度依存性があるため、今回は25℃に補正して検討を行った。

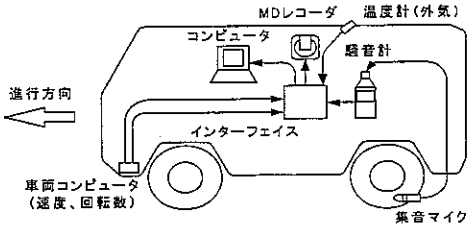


図-2　タイヤ近接音測定装置の概略図

キーワード：路面性状、平坦性、テクスチャ、タイヤ／路面騒音、タイヤ近接音
連　絡　先：茨城県つくば市南原１番地６　　TEL：029-879-6789、FAX：029-879-6738

3．試験結果

3.1　路面性状測定結果

(1)平坦性

3mプロフィルメータによる平坦性を図－3に示す。平坦性は多孔質弾性舗装が大きく、排水性13-20（最大粒径13mm、空隙率20%、以下同様の表現）が一番小さかった。この傾向は、DAMによる平坦性及びIRIとも同じ傾向を示した。

(2)テクスチャ

テクスチャの測定結果として、MTMによるSMTD(Sensor Measured Texture Depth)を図－4に示す。この結果からSMTDは、排水性舗装13-20が一番大きく、密粒(13)が一番小さな値を示した。排水性舗装については、骨材の粒径が小さくなるほどSMTDも小さくなる傾向となった。この傾向は、テクスチャを測ることが出来るCTMによるMPD(Mean Profile Depth)とPSDも同様の結果であった。

(3)空隙状態

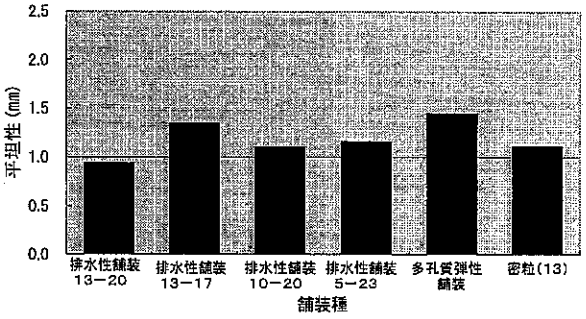
現場吸音率測定による吸音率の結果を図－5に示す。この結果、吸音率は、多孔質弾性舗装が一番大きく、排水性舗装13-17が一番小さく、密粒(13)はまったく吸音しない結果であった。これより、吸音率は、空隙率に比例した結果となることが分かった。この傾向は、現場透水性試験による透水量も同じ傾向であった。

3.2　路面性状とタイヤ／路面騒音の関係

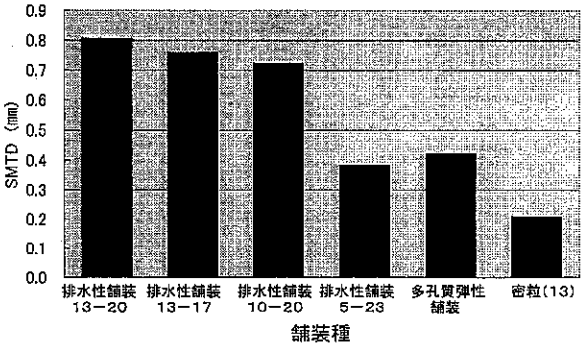
各舗装の路面性状と2種類のタイヤ／路面騒音値の関係を一次回帰により調べた。結果を表－3に示す。密粒度を除いた寄与率(R^2)が0.9以上と高いものは、SMTDとMPDと波数が10cycle/m（波長10cm）と100cycle/m（波長1cm）のPSDであった。また、吸音率が、密粒を入れた全舗装で相関が高くなっているが、これは密粒が吸音率0%であるため、この数値に引っ張られ相関係数が高くなったものであり、排水性舗装のみでは相関係数は高くなっていない。このことより、タイヤ／路面騒音に影響の高い路面性状は、テクスチャであることが分かった。

4．あとがき

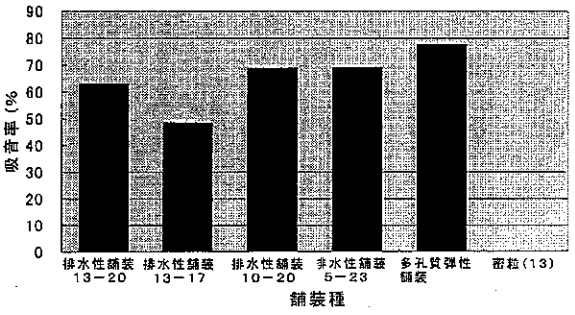
本報は、土木研究所と民間17社が行っている共同研究「タイヤ／路面騒音測定法の開発」において行った研究成果の一部である。また、測定データを提供頂いた関東地方整備局関東技術事務所に謝意を表する次第である。



図－3　3mプロフィルメータによる平坦性



図－4　MTMによるSMTD



図－5　吸音率

表－3　路面性状と騒音値との寄与率（R^2）

測定装置	測定項目		タイヤ近接音		特殊タイヤ音	
			全体	排水性	全体	排水性
3mプロフィルメータ	平坦性(mm)	σ1.5	0.1913	0.0138	0.6529	0.0019
DAM	平坦性(mm)	σ1.5	0.2166	0.0449	0.6373	0.0026
		σ1.0	0.173	0.2501	0.3672	0.1056
		σ0.75	0.1498	0.1209	0.3035	0.0327
		σ0.5	0.2074	0.1462	0.3673	0.0436
		σ0.25	0.1846	0.1328	0.3325	0.026
		σ0.1	0.1939	0.1155	0.3364	0.0177
	PSD(mm2/cm)	波数0.1(cycle/m)	0.5204	0.0198	0.3887	0.0103
		波数1(cycle/m)	0.0225	0.0006	0.0287	0.0316
		波数10(cycle/m)	0.0085	0.8834	0.3887	0.9183
	IRI(mm/m)		0.2379	0.0605	0.3619	0.0011
MTM	SMTD(mm)		0.0002	0.9943	0.2221	0.9114
CTM	MPD(mm)		0.0154	0.9869	0.3512	0.9688
	PSD(mm2/cm)	波数10(cycle/m)	0.0272	0.9152	0.0912	0.911
		波数100(cycle/m)	0.0272	0.9891	0.0674	0.8528
		波数1000(cycle/m)	0.5455	0.5924	0.4141	0.3497
現場透水試験器	透水量(ml/秒)		0.5512	0.0047	0.887	0.0065
吸音測定機	吸音率(%)		0.7307	0.3078	0.9234	0.2066
現場通気試験機	通気時間(秒)		−	0.0311	−	0.0103

タイヤ／路面騒音と環境騒音の関連性に関する検討

株式会社 ｵﾘｴﾝﾀﾙｺﾝｻﾙﾀﾝﾂ　石川　賢一
独立行政法人土木研究所　大橋　幸子
独立行政法人土木研究所　伊藤　正秀

１．はじめに

現在、独立行政法人土木研究所では表－１に示す民間会社 17 社と共同研究「タイヤ/路面騒音測定方法の開発」（以下：共同研究）において、タイヤ／路面騒音測定装置及び方法の開発を行っている。

本稿では、開発中のタイヤ／路面騒音測定装置のタイヤ／路面騒音と路側で測定したパワーレベルの関連について調査検討した結果を報告する。

表－1　共同研究参加会社

グループ	会社名
A	東亜道路工業㈱、大林道路㈱ 佐藤道路㈱、東京舗装工業㈱ ニチレキ㈱、日本道路㈱ 前田道路㈱、㈱渡辺組 福田道路㈱、大有建設㈱
B	㈱パスコ、大成ロテック㈱
C	㈱ガイアートクマガイ
D	日本舗道㈱
E	世紀東急工業㈱
F	石川島播磨重工業㈱
G	㈱オリエンタルサルタンツ

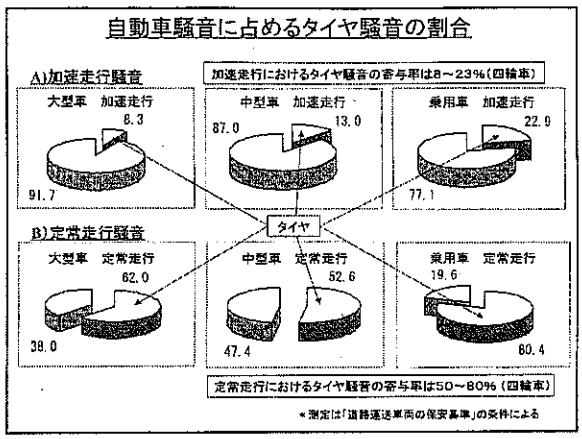
２．タイヤ／路面騒音と環境騒音の関係

(1) 発生騒音とタイヤ／路面騒音の関係

車両通過時の発生騒音は、大別すると路面とタイヤの接触で生じるタイヤ／路面騒音と車両自体の機関音等に分類できる。この寄与率は、図－１に示すように密粒舗装上の定常走行では、乗用車の発生騒音(パワーレベル)の 80%以上、大型車の発生騒音の 60%以上がタイヤ／路面騒音である[1]。

(2) 環境騒音とタイヤ／路面騒音の関係

路側で測定される環境騒音（等価騒音レベル）は、タイヤ／路面騒音の増減だけでなく、伝搬時の超過減衰や交通条件により大きく変化する。これに対して、路側で測定される車両１台のパワーレベルは、上記(1)で述べたようにタイヤ／路面騒音の増減との関連性が高い。また、パワーレベルを把握することにより、ASJ Model 1998[2]を用いて環境騒音の推計が可能となる。そこで、今回は共同研究で開発中の装置のタイヤ近接音とパワーレベルの関係を調査した。



図－１　自動車騒音に占めるタイヤ音の割合

３．測定方法

(1) 測定した舗装種

国土技術政策総合研究所試験走路内の表－２に示す４舗装で調査を行った。

表－２　調査対象の舗装表層混合物の種類

混合物の種類	目標空隙率 (%)	施工厚 (cm)
密粒（13）	－	5
排水性（13）	20	5
排水性（5）	23	5
多孔質弾性舗装	－	5

注）多孔質弾性舗装は、現場施工ﾀｲﾌﾟで施工している
（　）内は Top 粒径（mm）

(2) タイヤ／路面騒音（ﾀｲﾔ近接音）の測定方法

今回は代表車１台と低騒音舗装機能測定車で測定を行った。また、代表車の測定方法は、普通乗用車を用いて図－２に示すように測定用タイヤに ISO 11819-2 に準じてマイクを設置し、走行速度 50km/h で測定した。

(3) パワーレベルの測定方法

パワーレベルの測定は、JIS D 1024 に示された「自動車の車外騒音の測定方法」に準じて行った。

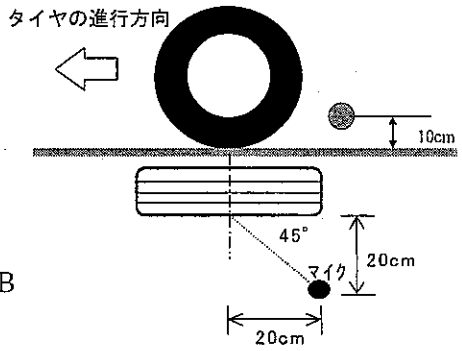
パワーレベルに用いた車は、大型車(10t,空荷)と乗用車(1500cc,セダン)でピークレベルと走行速度を測定した。マイクロホンの設置位置は、車線中心線から側方 7.5m、高さ 1.2m の位置とした。

4．測定結果および考察

(1)実験に使用した試験車のパワーレベルの確認

実験に使用した大型車、乗用車は、通常パワーレベルの試験に用いられている試験車と同程度かどうか、密粒舗装の 50km/h 定常走行時のパワーレベルを ASJ Model 1998[2]に示された密粒舗装の標準的なパワーレベル(大型車 105.4dB、乗用車 97.4dB)と比較した。

その結果、実験に使用した大型車は、ASJ Model 1998 より約 3 dB 小さいが、周波数特性には問題なく、乗用試験車のパワーレベルは、ASJ Model 1998 と同程度であることを確認した。



図－２　ﾀｲﾔ近接音の測定位置

(2)タイヤ近接音とパワーレベルの相関関係

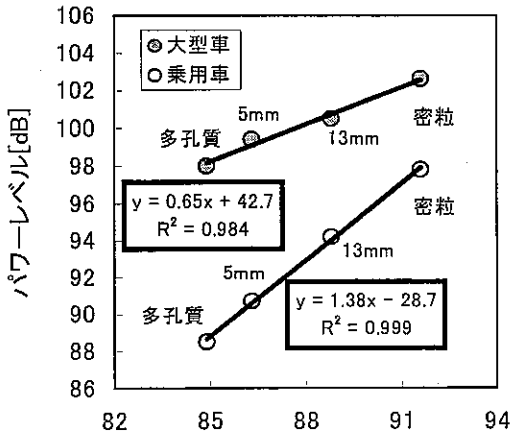
タイヤ近接音と各車のパワーレベルについて、舗装種毎に１０回走行した平均値で増減関係を整理した結果を図－３に示す。

この結果からタイヤ近接音と乗用車パワーレベルの増減に関する寄与率は、R^2=0.999 と高い相関が見られる。また、大型車パワーレベルとの関係は、回帰式の傾きが緩やかになるが、寄与率はR^2=0.984 と乗用車と同様に高い。

このことからパワーレベルとタイヤ近接音には式(1)の関係が成り立つことが分かった。

$$y = a \times (x_1) + b \qquad (1)$$

ここで　y：パワーレベル　x：タイヤ近接音レベル



図－３　ﾀｲﾔ近接音とﾊﾟﾜｰﾚﾍﾞﾙの関係

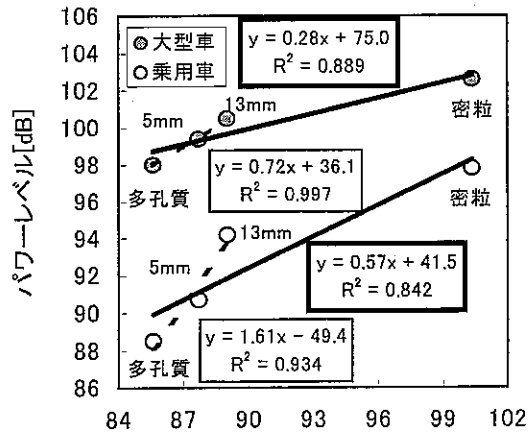
(3)特殊タイヤ音とパワーレベルの相関関係

前項と同様にして、低騒音舗装機能測定車の特殊タイヤ音と各車のパワーレベルの増減関係を図－４に示す。

この結果から特殊タイヤ音と乗用車パワーレベルの増減に関する寄与率はR^2=0.842 と相関が見られる。また、大型車パワーレベルの関係は、回帰式の傾きが緩やかになるが、寄与率はR^2=0.889 と乗用車より高くなる。

なお、それぞれ、密粒舗装を除いた相関(図中の点線)を求めると、乗用車はR^2=0.934、大型車R^2=0.997 となり、相関関係がさらに良くなる。

以上の検討結果から、今回開発中のタイヤ／路面騒音測定車は、低騒音舗装機能測定車とはやや傾向は異なるものの、パワーレベルの増減と高い相関関係が得られることが分かった。



図－４　特殊ﾀｲﾔ音とﾊﾟﾜｰﾚﾍﾞﾙの関係

5．まとめと今後の課題

今回の調査は、試験走路の４舗装と限られたデータであったが、タイヤ／路面騒音測定装置のタイヤ近接音と車両のパワーレベルの増減に相関関係があることが確認された。今後は、より多くの測定データを収集し回帰式の信頼度を向上させるとともに、一般道路での環境騒音調査を行い、環境騒音と開発中のタイヤ／路面騒音測定装置の関係を明確にしていきたい。

最後に、低騒音舗装機能測定車の測定データを提供頂いた関東地方整備局関東技術事務所に謝意を表す次第である。

参考文献

1) 道路交通騒音低減のための総合的取り組み、日本自動車研究所、(2002.11)、pp28
2) 道路交通騒音の予測モデル"ASJ Model 1998"、日本音響学会誌、(1999.4)、pp283-286

タイヤ／路面騒音測定装置の速度・温度依存性について

佐藤道路株式会社技術研究所　○黒川　勤
独立行政法人土木研究所　寺田　剛
独立行政法人土木研究所　伊藤　正秀

1．はじめに

現在、性能規定発注方式や総合評価落札方式等の騒音性能評価には舗装路面騒音測定車が用いられている。しかし、舗装路面騒音測定車の台数が限定されているため、測定時期の調整に苦慮している。そこで、独立行政法人土木研究所（以下：土研）では、平成14年に民間会社17社との共同研究「タイヤ/路面騒音測定方法の開発」（以下：共同研究）を行い、簡便にタイヤ／路面騒音を測れる測定装置および方法の開発を行っている。

ここでは、各タイヤ／路面騒音測定装置の評価指標であるタイヤ／路面騒音値に対する速度・温度依存性について報告する。

2．評価方法

（1）評価対象舗装

タイヤ／路面騒音値の速度・温度依存性は、土研構内に設置された表－1に示す舗装を用いて検討を行った。本報文では、密粒13、排水性13（空隙率＝20%）、排水性5（空隙率＝23%）について報告する。なお、共同研究に参加している7グループ17会社名および各測定装置における評価方法を表－2に示す。

表－1　各工区に使用した表層混合物の種類

混合物の種類	目標空隙率（%）	施工厚（cm）
密粒13	－	5
排水性13	20	5
排水性13	17	5
排水性10	20	5
排水性5	23	5
多孔質弾性舗装	－	2

注）多孔質弾性舗装の下層には、排水性（13）を厚さ3cmで施工している

表－2　共同研究参加会社

グループ	会社名	評価方法
A	東亜道路工業㈱、大林道路㈱ 佐藤道路㈱、東京舗装工業㈱ ニチレキ㈱、日本道路㈱ 前田道路㈱、㈱渡辺組 福田道路㈱、大有建設㈱	タイヤ近接音
B	㈱パスコ、大成ロテック㈱	吸音特性値
C	㈱ガイアートクマガイ	タイヤ近接音
D	日本舗道㈱	
E	世紀東急工業㈱	
F	石川島播磨重工業㈱	路面反射音
G	㈱オリエンタルサルタンツ	タイヤ近接音

（2）試験条件

1) 速度条件：速度は35～55（km/h）の範囲で設定している。なお、速度測定は各測定装置に設置された車速計で行っており、車速計は、土研構内に設置された光電管により予め検定を行っている。

2) 温度条件：測定時の簡便性等の理由から気温を温度の指標とした。気温は－5～35（℃）の範囲で測定を行った。なお、気温の測定は、舗装脇に設置されたウェザーメータにより行った。

3) タイヤ近接音でのタイヤ種：タイヤ近接音では、タイヤ種をGoodyear Vector3RVに統一した。

（3）分析方法（重回帰モデル式）

タイヤ／路面騒音値に対する速度・温度依存性を評価するにあたり、式1、式2に示す重回帰モデル式を用いた。偏回帰係数により、速度、気温がタイヤ／路面騒音値に与える影響を定量化することが可能になる。なお、ここで得られる速度、温度の偏回帰係数は、それぞれ速度勾配、温度勾配を意味している。

$y_1 = a \times \log(x_1) + b \times x_2 + c$ …式1、$y_2 = a \times x_1 + b \times x_2 + c$ …式2

ここに　y_1：タイヤ近接音で測定された音圧レベル（dB(A)）、y_2：吸音特性値（%）or 路面反射音（dB(A)）

x_1：速度（km/h）、x_2：気温（℃）、a、b：偏回帰係数、c：定数項

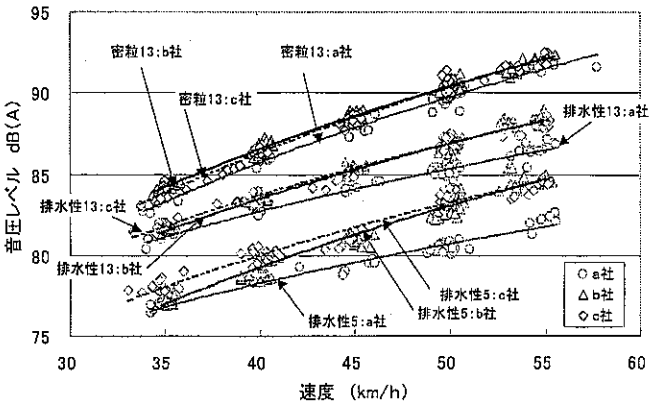
3．分析結果および考察

タイヤ近接音における音圧レベルと速度および気温の関係は、全社同様な傾向を示したため、代表3社の

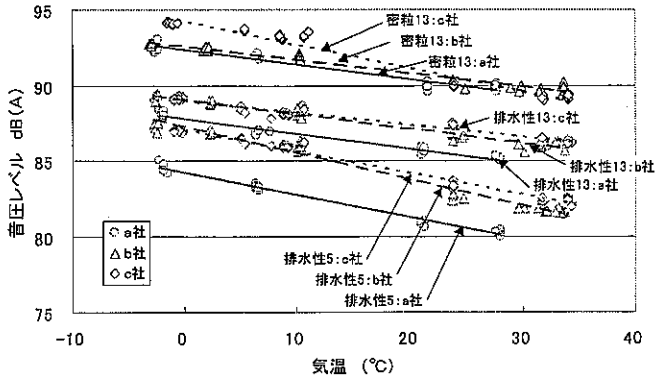
結果を図－１、２に示す（図－１では基準温度を 25℃にした場合の音圧レベルと速度の関係を、図－２には基準速度を 50km/h にした場合の音圧レベルと気温の関係を示している)。表－３には各測定装置の速度・温度勾配と重回帰式の寄与率の一覧を示す。各評価方法の考察は以下のとおりである。

（１）タイヤ近接音

図－１、２及び表－３より、タイヤ近接音で測定した音圧レベルは速度依存性、温度依存性を有することが明らかとなった。また、表－３に示すように、得られた重回帰式の寄与率が高いことから、基準速度・温度に相当する音圧レベルに変換が可能であるといえる。各測定装置間で比較した場合、タイヤのトレッドパターンを同じにしても、同一舗装種に対する各測定装置の速度・温度勾配は異なる値を示すことが分かった。これは、車種やマイクの設置位置、タイヤサイズの相違が影響していると考えられる。舗装種で比較した場合、各測定装置で速度・温度勾配が異なる値を示していることが分かった。これは、路面のテクスチャの相違や空隙の有無などがタイヤ近接音に影響しているためであると考えられる。温度勾配が負の値（右下がり勾配）を示すのは、気温および路面温度の上昇に伴ってタイヤの温度も上昇し、タイヤ構成材料が軟化し、パターンおよび路面加振音が低下することが原因であると推測される[1)]。



図－１ 音圧レベルと速度の関係(タイヤ近接音)



図－２ 音圧レベルと気温の関係(タイヤ近接音)

表－３ 各測定装置の速度・温度勾配と重回帰式の寄与率

舗装種			密粒 13	排水性 13	排水性 5
タイヤ近接音	速度勾配 dB/log(km/h) (n＝14)	平均値	41.11	31.44	32.23
		最大値	47.08	36.73	39.40
		最小値	36.88	25.76	24.88
	温度勾配 dB/℃ (n＝14)	平均値	−0.097	−0.069	−0.115
		最大値	−0.043	−0.027	−0.063
		最小値	−0.203	−0.109	−0.190
	重回帰式R^2の範囲		0.822 ～0.996	0.874 ～0.993	0.823 ～0.990
吸音特性値	速度勾配%/(km/h)		−0.24	−0.18	−0.18
	温度勾配%/℃		0.20	0.12	0.06
	重回帰式R^2		0.084	0.094	0.051
路面反射音	速度勾配 dB/(km/h)		0.031	0.047	0.026
	温度勾配 dB/℃		0.009	0.055	0.065
	重回帰式R^2		0.637	0.762	0.623

（２）吸音特性値、路面反射音

回帰分析から、路面反射音、吸音特性値には速度依存性は認められない。吸音特性値は概ね 10℃以下の領域で気温と正の相関を示す傾向にあり、路面反射音は空隙を有する舗装種で気温と正の相関を示したが密粒 13 では温度の影響は小さくなっている。

４．まとめ

（１）タイヤ近接音は、速度、温度依存性を有しており、それらは重回帰モデル式により評価できる。

（２）測定装置の相違（車種やマイクの設置位置、タイヤサイズ）や舗装種により、タイヤ近接音の速度、温度勾配は異なる値を示す。

（３）吸音特性値、路面反射音には速度依存性は認められない。温度依存性は明確にならなったが、今後のデータの蓄積により、モデル式で評価することが可能になると考えられる。

参考文献 1) 尾崎、タイヤ道路騒音とその低減対策、自動車研究、22-12、(2000)、pp573～578

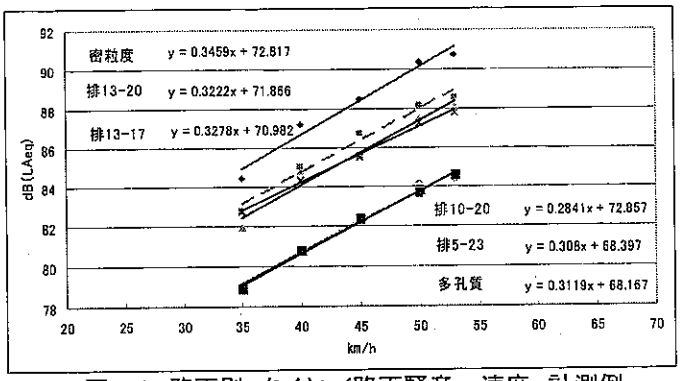
タイヤ／路面騒音の周波数特性に関する一考察

大林道路株式会社　正会員　○光谷　修平
同　藤原　栄吾
独立行政法人 土木研究所　正会員　寺田　剛

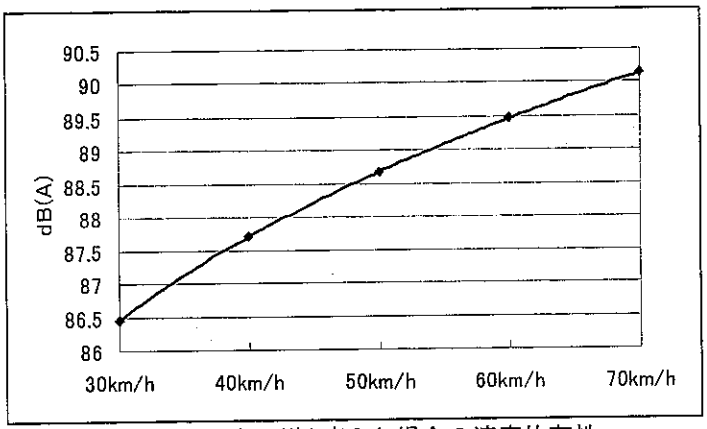
現在，独立行政法人土木研究所と民間17社は、「タイヤ／路面騒音測定方法の開発」に係る共同研究を実施している。本稿は当該研究に関連して得られた一知見を報告するものである。

1．目　的

「タイヤ／路面騒音」が走行速度に依存することは従前から知られている。本共同研究においても、両者の相関性を自動車別，路面別に確認[1]している。図－1に特定の乗用車（以後A車と称す）の外側後輪が発する「タイヤ／路面騒音」の速度依存性を路面の種類を変えて計測した事例を示す。計測した範囲では、概ね1 km/h あたり 0.3ｄＢの変化が認められる。「タイヤ／路面騒音」がタイヤのトレッドパタン個々が路面と接触する際に発生する音の時間あたりのエネルギー平均と考えれば、その変化は速度増加に伴う時間あたりの発生回数の増減から算出されるはずである。しかし速度比率で単純に求められる騒音レベルの変化は、図－2に示すごとくこの速度域では1 km/h あたり 0.1ｄＢの変化に止まるはずである。そこで、「タイヤ／路面騒音」の速度変化のメカニズムを検討するために周波数解析を実施した。



図－1　路面別　タイヤ／路面騒音－速度　計測例



図－2　音源増と考えた場合の速度依存性

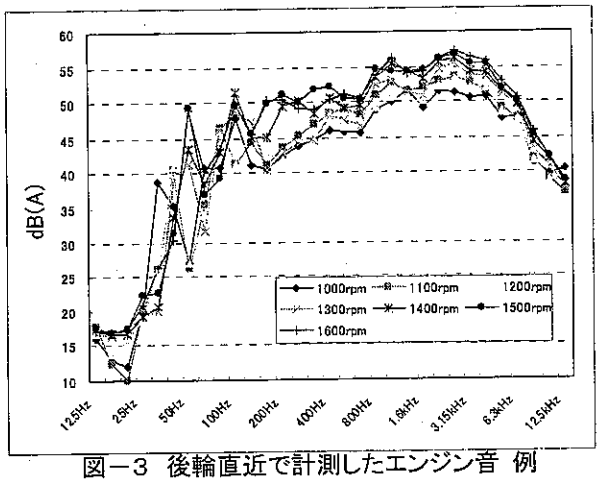
2．実験結果

2．1　エンジン音の影響

前述A車の「タイヤ／路面騒音」に対するエンジン・排気系統が発する暗騒音の影響を確認するため、駐車状態でエンジンの回転数を変化させ、外側後輪直近の騒音を計測した。結果を図－3に示す。「タイヤ／路面騒音」をこの音とその他の音の合成音と仮定し、「タイヤ／路面騒音」が最も小さくなる多孔質弾性舗装の計測値を使ってその減分を試算した結果（表－1参照）、計測値には殆ど影響がないことが解った。

表－1　速度依存性に対するエンジン音の影響　dB(A)

	①タイヤ／路面騒音	②タイヤ直近エンジン音	①－②
50km/h	83.9	64.0	83.855→83.9
60km/h	86.4	66.2	86.358→86.4



図－3　後輪直近で計測したエンジン音　例

2．2　周波数帯別速度変化

複数の種類の路面を有する試験路を使って速度別に「タ

イヤ／路面騒音」を計測し、各々速度と計測値の一次近似式を周波数帯毎に求め、その係数を整理した。A車の結果は図－4に示すとおり、

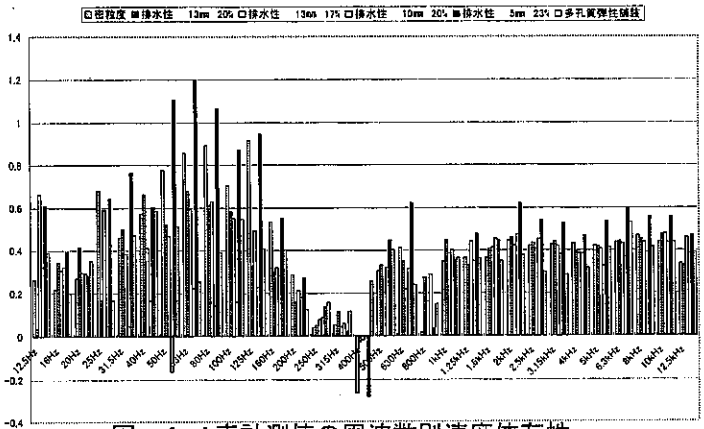
①400Hz未満の低周波域の変化は概ね凸形に分布する傾向を示す。

②多孔質弾性舗装を除き400Hz付近の発生音の変化は速度に対して負の関係となる。

③800Hzの変化は前後の周波数帯と比較して変化が小さい。

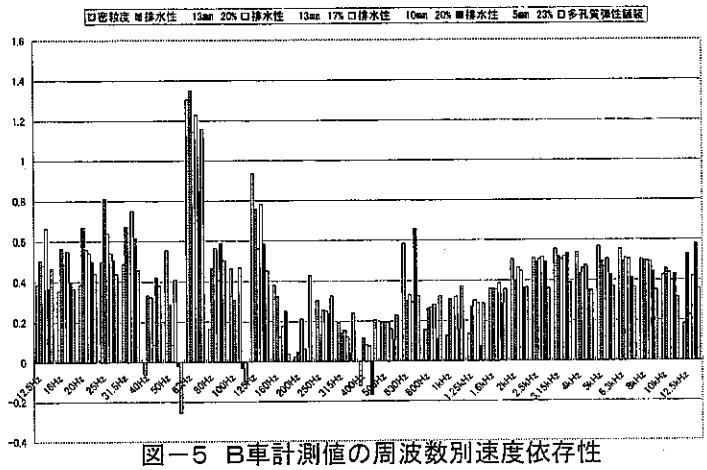
④1kHz以上の高周波域の変化は何れの路面でも類似の傾向を示す。

等の特徴を示した。



図－4 A車計測値の周波数別速度依存性

この傾向はA車特有のものかどうか、異種のタイヤを装着した他種の車両（以後B車と称す）の解析結果（図－5）と比較した。結果、若干のズレを生ずるものの全体的な傾向は一致した。

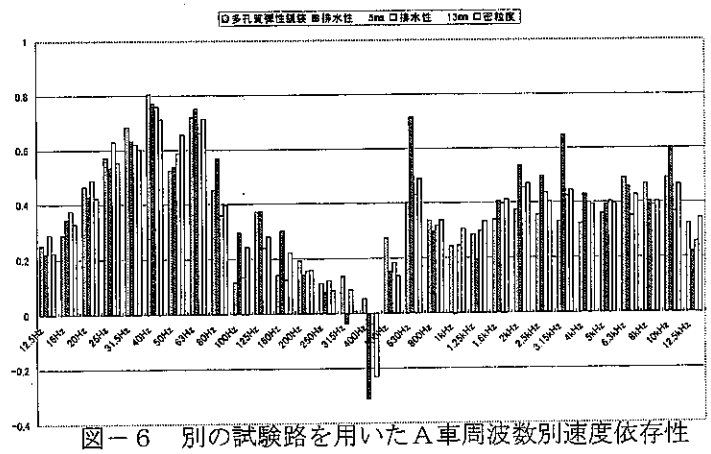


図－5 B車計測値の周波数別速度依存性

また、試験路のロケーションの影響を確認するため、別の試験路を使ったA車の計測結果（図－6）と比較した。結果、400Hzと800Hzに現れた特徴がそれぞれ低高音側に若干移行するものの、やはり全体的な傾向は一致した。

3．考　察

今回、確認された「タイヤ／路面騒音」の特徴は、各音域の騒音発生メカニズムの差によるものと推定される。低音域の特徴は、車体の振動等に関係している可能性があり、高音域は気柱共鳴に係る路面性状に関係している可能性がある。



図－6 別の試験路を用いたA車周波数別速度依存性

例えば今回確認された400Hz付近の特徴は、

①車体のあるパーツの振動は、タイヤのトレッドパタンと路面のテクスチャの関係から、この速度域では、速度に対して負に変化する。

②その周波数帯の騒音と打ち消し合う逆位相の騒音が存在し、速度に対して正に変化する。

といった発生メカニズムの仮説が考えられる。

今後、それぞれの特徴を路面のテクスチャ他と組み合わせて解析していく必要がある。

4．おわりに

「タイヤ／路面騒音」は、トレッドパタンの気柱共鳴音，タイヤの加振音，タイヤ－路面間の摩擦音他が複合されたものといわれている。「タイヤ／路面騒音」は、自動車（車種，タイヤ）、その走行条件（速度他）、道路のロケーションと環境、そして路面の性状で変化する。「タイヤ／路面騒音」を路面の性能指標として用いていくためには、各要因の影響を解析し補正する方法を確立する必要がある。今回、確認された事象も、今後、さらに解析することで、標準的な計測条件の設定に役立てるものと期待している。

参考文献 1)タイヤ／路面騒音測定装置の速度・温度依存性について 黒川他 第25回日本道路会議

路面テクスチャの評価値の変動に関する検討

世紀東急工業株式会社　正会員　○片山潤之介　世紀東急工業株式会社　正会員　草刈憲嗣
世紀東急工業株式会社　正会員　増山幸衛　独立行政法人土木研究所　正会員　寺田　剛

1．はじめに

独立行政法人土木研究所と民間17社は、「タイヤ／路面騒音測定法の開発」に関する共同研究を実施しているが、本報告では、当共同研究に関連して得られた知見について報告する。

これまでの研究で「タイヤ／路面騒音」は、キメ深さなどの路面テクスチャに影響されることを報告[1)]している。

路面テクスチャは、レーザ式テクスチャメータなどを用いてMPDやSMTDなどを評価しているが、ほとんどの測定は一測線のみの評価である。しかしながら、実際の舗装面は一様になっているとは考えられず、二次元平面的に評価することができれば、「タイヤ／路面騒音」との関係がより明確になると思われる。

そこで、本研究の目的として複数の測線が測定できるレーザ式テクスチャメータを用いて、測線間に対する評価値の変動および評価値間の相関を検討した。

2．測定装置および測定方法の概要

(1)測定装置

路面のテクスチャの測定には、写真-1に示すレーザ式テクスチャメータを用いた。

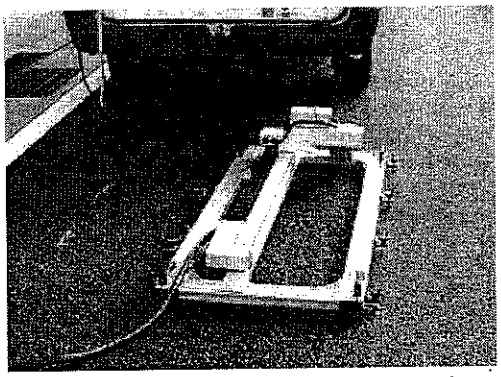


写真-1　レーザ式テクスチャメータ

この装置は、計測する路面上に設置し路面の凹凸をレーザ変位計(精度3μm)で測定する。測定範囲は縦断方向に1m及び横断方向には10cmである。データ数1万個／測線×11測線を約7分で計測する。

(2)測定方法

レーザ式テクスチャメータを用いて、図-1に示す測定範囲を計測し、路面の状態を把握した。

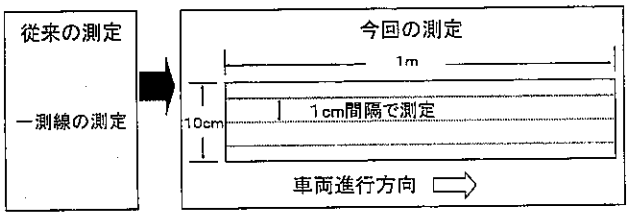


図-1　レーザ式テクスチャメータの測定範囲

計測した路面は、新設、供用路線の排水性(13)，(6)および(5)である。各測定ともに縦断方向には0.1mm横断方向には1cm間隔で測定し測線間に対する変動を求めた。テクスチャの評価としては、従来から使用されているキメ深さの評価値であるMPDよる方法と、骨材の配列の指標として凹凸量2mm累積延長比[2)]および接触部分比[3)]を算出し、それぞれの比較を行い、それらの関係について求めた。

3．測定結果

(1)測線間の変動

図-2に供用路線におけるMPDと変動を示した。測線間で変動していることがわかる。特に、排水性(13)は最小と最大の差が0.6mm以上もあり、測定範囲内で舗装面のキメ深さが一様でないことがわかる。

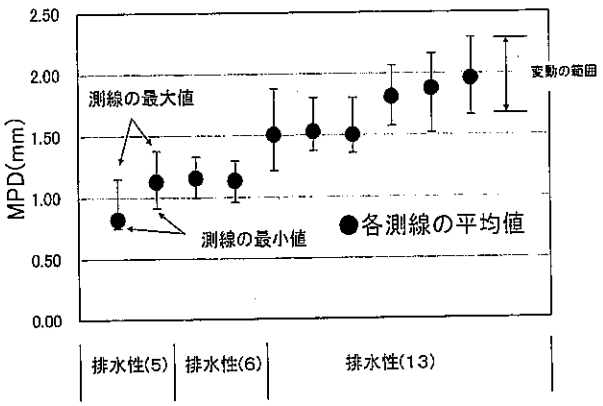


図-2　各路線のMPDと変動

キーワード　排水性舗装，テクスチャ，MPD，累積延長比，接触部分比
連絡先　〒329-4304 栃木県下都賀郡岩舟町静和2081-2　世紀東急工業株式会社技術研究所℡0282-55-2711

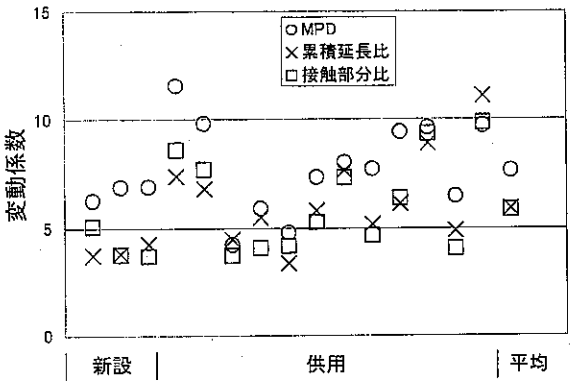


図-3　排水性(13)の変動係数

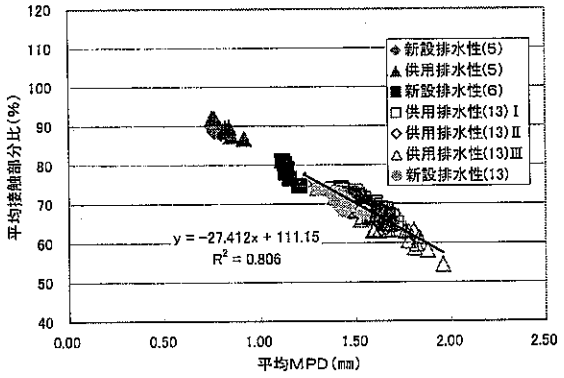


図-4　平均接触部分比と平均 MPD の関係

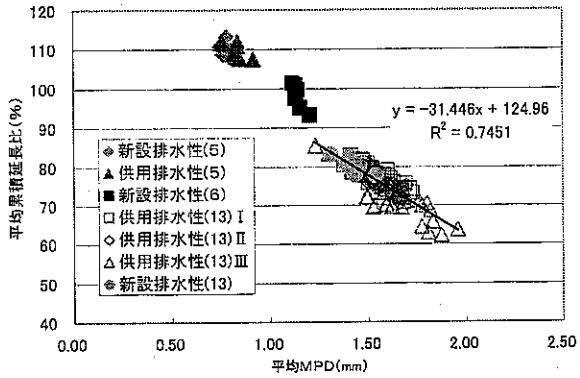


図-5　平均累積延長比と平均 MPD の関係

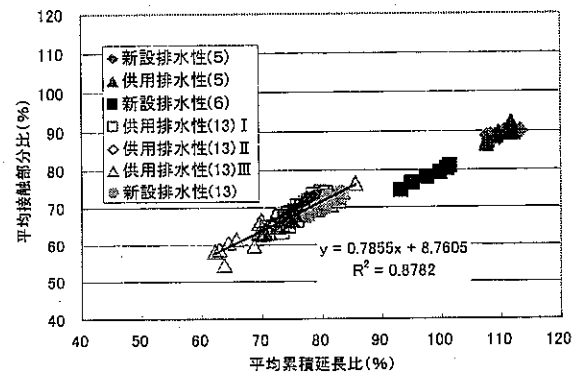


図-6　平均接触部分比と平均累積延長比の関係

従って平均を算出することにより、一様でない舗装のバラツキの影響を除くことができると思われる。以降、測線間で平均した評価値を用いて検討する。

(2)評価値間の関係

図-3は各評価の変動係数を排水性(13)の例で示した。その結果、累積延長比および接触部分比はMPDよりも変動係数が小さい傾向にある。

図-4，5は接触部分比とMPDの関係および累積延長比とMPDの関係を示したものである。図-6は接触部分比と累積延長比の関係を示したものである。いずれもの関係も骨材粒径ごとにまとまっている。

骨材粒径が小さくなると骨材間が狭まり、キメ深さ小さくなるのが確認できた。又、累積延長比および接触部分比とMPDに相関があることがわかった。

4．まとめ

本研究から以下の結果を示す。

(1)路面のテクスチャは一様でない事から、一測線で評価するより、測線間で平均化することによって評価値のバラツキの影響を除くことが出来ると考えられる。

(2)路面のテクスチャの評価値の変動は、MPDよりも接触部分比および累積延長比の方が小さい。

(3)接触部分比および累積延長比とMPDには相関がある。

(4)排水性(13)においては供用年数が経つに従って接触部分比および累積延長比は減少し、MPDは増加する傾向にある。

5．おわりに

本報は、共同研究で行った、路面のテクスチャの評価に関する研究の一部をまとめたものである。現在、騒音との関係について検討中であるので機会をみて発表する予定である。

参考文献

1)寺田剛，大橋幸子，吉田武，秋本隆：各種舗装の路面性状とタイヤ／路面騒音値の関係，土木学会第58回年次学術講演会講演概要集，pp1357-1358，2003.9

2)井原務，石垣勉，井上武美：排水性舗装の路面テクスチャとタイヤ／路面騒音に関する検討，土木学会舗装工学論文集，第7集，pp.1-1－1-6，2002

3)橋本喜正，新田弘之，吉田武：路面性状からのタイヤ／路面騒音の予測に関する検討，土木学会舗装工学論文集，第7集，pp2-1－2-9，2002

排水性舗装の残存水分がタイヤ/路面騒音へ与える影響

福田道路㈱　正会員　○田口　仁
㈱ガイアートT・K　正会員　野中　政直
(独)土木研究所　正会員　寺田　剛

1. はじめに

タイヤ/路面騒音を性能指標とした性能規定発注方式や総合評価方式による舗装工事が発注されており，それらに対応するため，小粒径化した排水性舗装(以下，小粒径舗装)が用いられている場合が多い．小粒径舗装は空隙構造が細かくなるため，最大粒径 13mm(空隙 20%)の排水性舗装(以下、従来排水性舗装)と比較して排水や水分の蒸発散が異なり，舗装体に残存する水分がタイヤ/路面騒音に影響を与えるが想定される．これまでの研究では，吸音特性[1]，車輌単独通過騒音[2]，実路の道路交通騒音[3]などで残存水分の影響を評価したものがある．これら報告はいずれも従来排水性舗装を対象としたもので，小粒径舗装の評価はほとんどされていない．

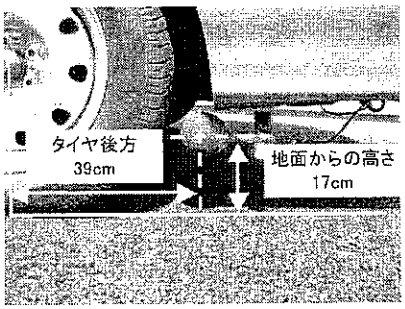
本報告は，4 種類の排水性舗装路面を対象に，人工散水した後，水分がタイヤ/路面騒音測定に与える影響についてオールパスと騒音スペクトルで検討した結果を示すものである．

2. 測定対象路面および測定方法

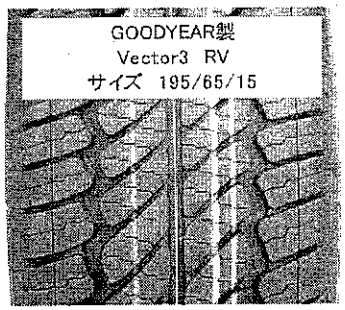
測定路面には土木研究所構内に施工された評価用路面を使用し，表-1 に示す工区のうち最大粒径と空隙率の異なる 4 種類の排水性舗装を対象として騒音測定を行った．評価用路面は通常，紫外線劣化や土砂の流入を防ぐためにシートで保護されている．評価用路面の舗装厚は 4 工区とも 5cm であり，実際の道路と同様な排水状態であると考えられる．

表－1　測定路面の混合物種類

	混合物の種類	目標空隙 %	舗装厚 cm	乾燥状態 dB(Laeq)
1	排水性(5)	23	5	83.0
2	排水性(13)	20	5	87.5
3	排水性(13)	17	5	87.9
4	排水性(10)	20	5	87.3
5	多孔質弾性	—	2	—
6	密粒	—	5	—



マイクロフォン設置状況



測定タイヤ

写真-1　マイクロフォン設置状況および測定タイヤパターン

散水は水深 5mm に相当する水量を、測定前日の夕方に散水車を用いて行い、空隙が水で十分に満たされた状態とした．測定は翌日(散水後 13 時間経過)から 2 日間に渡って日中の 2～3 時間ごとに，写真-1 に示すようにマイクロフォンを設置したタイヤ近接音測定車を用いて速度 50km/h 測定を行い，5 回の平均で評価した．測定時，晴れていたものの 2 月であり，日中の気温は 3～12℃と比較的低い条件であった．

3. 結果結果

3-1　オールパス騒音レベルでの検討

図-1 に，各測定時間における測定値を，乾燥状態の値（測定日以前に，降雨が 5 日以上無く完全に乾燥した状態での騒音レベル）と比較して示した．測定された騒音レベルは測定車固有の温度速度補正式を用いて，速度 50km/h，気温 20℃の値に補正している．

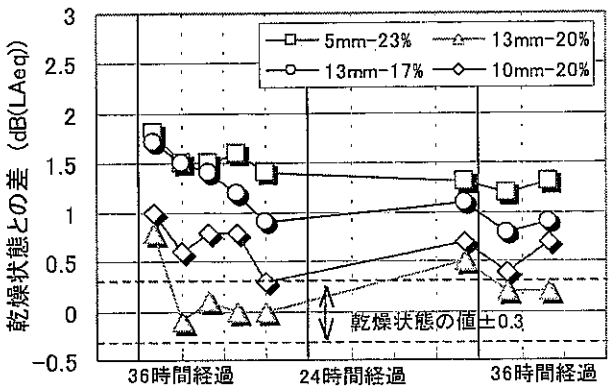


図-1　散水経過時間によるオールパス騒音レベルの変化

キーワード：　水分，タイヤ/路面騒音，騒音レベル，小粒径，排水性舗装
連絡先　：　〒959-0415 新潟県西蒲原郡西川町大潟字中ノ島 2031　福田道路㈱　技術研究所　TEL 0256-88-5011

全ての工区において，測定開始の散水後 13 時間経過時から時間が経過するにつれて騒音レベルは低下している．ただし散水後 35 時間経過時の騒音レベルが前の測定値より上昇しており，夜露による結露が原因となっている可能性もある．騒音レベルの低下傾向には舗装種による違いがみられ，残存水分の影響がないとの判断基準を，乾燥状態の値±0.3dB とすると，13mm-20%と 10mm-20%の工区では散水後 21 時間経過時で影響がなくなるのに対して，13mm-17%と 5mm-23%の工区では最終測定の 41 時間経過時でも残存水分の影響が残っていると考えられる．この原因として排水性混合物の最大粒径と空隙率が考えられ，最大粒径が小さく，空隙率が少なくなるほど空隙径が小さくなり，舗装体内に残存した水分を排水するのに時間を有すると考えられる．

3-2 騒音スペクトル分析の検討

図-2 に標準値と散水後 13 時間，21 時間，および 38 時間経過時の騒音スペクトル分析を示す．なお，各周波数の騒音レベルについては温度補正を行っていない．全ての工区で 800Hz より低周波数側では，波形がほとんど相違ない結果となった．一方，800Hz より高周波数側では，騒音レベルが標準値より大きくなっていることがわかる．また 2500Hz 付近が，散水後 13 時間経過時では明確なピークが現れている．これらのことから，タイヤ/路面騒音には以下のような影響があったものと推察する．

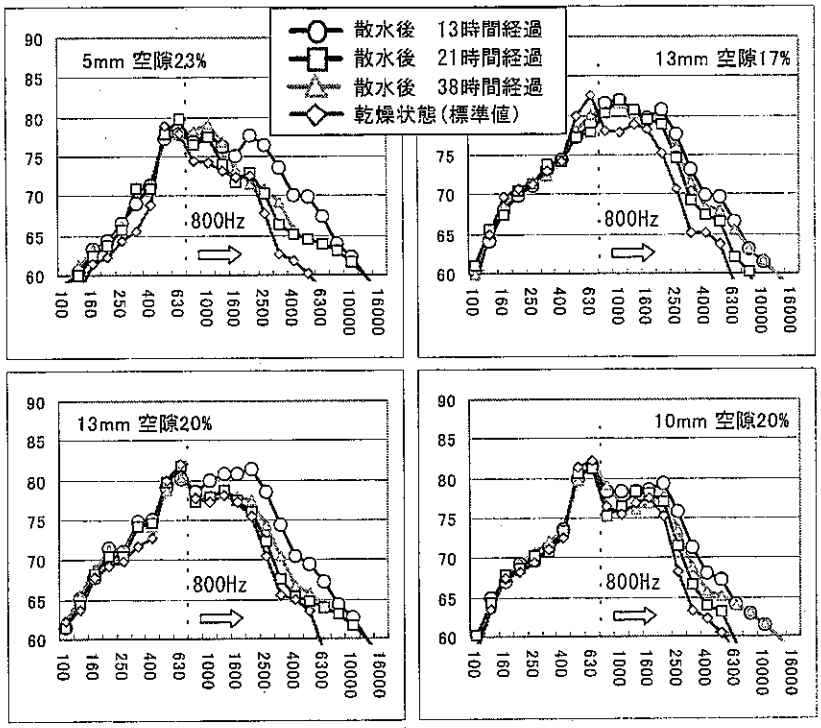


図-2 周波数分布の変化

舗装体内に水分が残存することは，空隙の一部が閉塞されることによる空隙量の減少および，走行タイヤでの吸い上げ作用による舗装内部での水分の移動が原因としていると想定される．いずれにしても，現時点において原因は明確ではないが，残存水分が長時間にわたりタイヤ/路面騒音を悪化させている．

4. まとめ

- 最高気温 10℃程度の測定環境では，舗装の粒径や空隙が小さい場合，長期にわたり帯水した水が排水されず，タイヤ/路面騒音は残存水分の影響を受ける可能性があることが確認された．
- 残存水分の影響は 800Hz 以上の高周波側の騒音レベルに顕著に現われることが確認された．
- 特定周波数の変動により舗装体に残存する水分の状況を評価できる可能性がある．

5. 終わりに

本報は土木研究所と民間 17 社が行っている共同研究「タイヤ/路面測定法の開発の開発」において実施した研究成果の一部である．今後は残存水分量の定量化とともに，舗装の粒径・空隙率・端部構造・測定に至るまでの気象条件の影響を，騒音スペクトル分析を含めたタイヤ/路面騒音により評価をしていく必要がある．

参考文献

1)ﾉｰﾙﾃﾞﾝ・ﾉｰﾙ・ｱｸﾏﾙほか：排水性舗装の残存水分が吸音特性に与える影響,土木学会第 47 回年次学術講演会,pp.132-133(1992.9)

2)大沢清志ほか：排水性舗装の低騒音持続性(第 2 報)，第 21 回日本道路会議、pp.424-425(1995.10)

3)島広志：騒音低減効果の持続性，ﾎﾟｰﾗｽﾌｧﾙﾄ研究会第 2 回研究発表会資料、pp.39-47(1996.1)

タイヤ／路面騒音に及ぼす影響要因の検討

寺田剛[1]・源　厚[2]・伊藤正秀[3]

[1]正会員　独立行政法人土木研究所　基礎道路技術研究グループ　主任研究員
（〒305-8516　茨城県つくば市南原1-6）E-mail:terada@pwri.go.jp
[2]非会員　　株式会社渡辺組　技術研究所　第一研究室　室長
（〒300-0421　茨城県稲敷郡美浦村大字木原2801-1）E-mail: minamoto@watanabegumi.co.jp
[3]正会員　独立行政法人土木研究所　基礎道路技術研究グループ　上席研究員
（〒305-8516　茨城県つくば市南原1-6）E-mail: m-ito@pwri.go.jp

現在、性能規定発注方式や総合評価受注方式等の騒音竣工検査に用いられている舗装路面騒音測定車は数が限られているため、各工事においては測定実施時期の調整に苦慮している。今後、施工段階、管理段階でのタイヤ／路面騒音の評価を行う回数が更に増大するため、路面騒音を測定できる試験装置の開発の要望が高い。このため、土木研究所では、民間 17 社 7 グループと平成 13 年～15 年度の 3 年間に共同研究「タイヤ／路面騒音測定装置の開発」を行った。
本報告では、この中で検討したタイヤ／路面騒音測定に影響する要因について報告する。

Key Words : *noise measurement, tire/road noise, the tire approaching method, influence factor*

1. はじめに

近年、環境への負荷を軽減する舗装が求められており、騒音低減性能の高い低騒音舗装の整備が進められている。また、舗装工事の調達方式にも、タイヤ／路面騒音を性能指標とした性能規定発注方式が数多く発注されている。

しかし現在、直轄国道の性能規定発注の竣工検査に用いられている舗装路面騒音測定車は数が限られているため、各工事においては測定実施時期の調整に苦慮している。今後、施工段階、管理段階でのタイヤ／路面騒音の評価を行う回数が更に増大するため、路面騒音を測定できる舗装路面騒音測定装置に替わる試験装置の開発の要望が高い。

このため、土木研究所では表-1 に示す民間 17 社7グループと平成 13 年～15 年度の3年間に共同研究「タイヤ／路面騒音測定装置の開発」を行った。

本報告では、この中で検討したタイヤ／路面騒音測定に影響する要因について報告する。

2. 試験内容

(1) タイヤ／路面騒音測定に及ぼす影響要因の検討

タイヤ／路面騒音測定を実施する際には、その測定に影響を及ぼす様々な要因が存在する。様々な機関がこれまで行ってきた測定から得た知見[1]、また内外の騒音測定にかかわる規格で示されている測定法を参考にタイヤ／路面騒音に影響すると思われる影響要因の抽出を行い、その影響についての調査・検討を行った。なお、今回検討を行った項目は、これまでに他機関等で検討を行っていない要因に絞って試験を実施し、タイヤ／路面騒音測定方法に反映させた。

表-1　共同研究参加会社

グループ	会社名
A	東亜道路工業㈱, 大林道路㈱, 佐藤道路㈱, 東京舗装工業㈱, ニチレキ㈱, 日本道路㈱, 前田道路㈱, ㈱渡辺組, 福田道路㈱, 大有建設㈱
B	㈱パスコ, 大成ロテック㈱
C	㈱ガイアートT・K
D	㈱NIPPOコーポレーション
E	世紀東急工業㈱
F	石川島播磨重工業㈱
G	㈱オリエンタルコンサルタンツ

タイヤ/路面騒音に影響する誤差要因は外的影響要因と内的影響要因に分けられる。

a) タイヤ／路面騒音測定に及ぼす外的影響要因

外的影響要因としては、表-2 に示すような要因が考えられるが、今回検討を行った項目は、表-2 に示すうち他機関等で検討を行っていない項目として、「測定環境に係わる要因」では③測定時の温度（気温、路面、タイヤ）、④路面水分、⑤測定速度、⑦予備走行、⑨併走・対向車両、⑩道路側近の壁と「測定装置に係わる要因」では④タイヤ溝深さと摩耗量、⑨タイヤ温度の項目について調査・検討を行った。

表－2 タイヤ／路面騒音測定に及ぼす外的影響要因

分類	要因	分類	要因
測定環境に係わる要因	①風向・風速	測定装置に係わる要因	①測定車両
	②気温・湿度・気圧		②輪荷重
	③温度(気温、路面、タイヤ)		③タイヤ空気圧
	④路面水分		④タイヤ溝深さと摩耗量
	⑤測定速度		⑤マイク位置
	⑥速度の精度		⑥タイヤ銘柄
	⑦予備走行		⑦タイヤサイズ
	⑧暗騒音		⑧タイヤゴム硬度
	⑨併走・対向車両		⑨タイヤ温度
	⑩道路側近の壁		⑩騒音計
	⑪測定除外区間		

表-3 各工区に使用した表層混合物の種類

工区番号	混合物の種類	目標空隙率(%)	施工厚さ(cm)
1	排水性(5)	23	5
2	排水性(13)	20	5
3	排水性(13)	17	5
4	密粒度(13)	－	5
5	多孔質弾性舗装	－	2
6	排水性(10)	20	5

(注) 多孔質弾性舗装の下層には、排水性(13)を厚さ3cmで施工した。

b) タイヤ／路面騒音測定に及ぼす内的影響要因

内的影響要因は、外的要因で解決できない測定値の精度に係わる要因であり①有効データ数、②測定精度③測定回数等があるが、今回は「測定回数」について検討を行った。

(2) 検討を行った評価用路面

タイヤ／路面騒音は，タイヤが接触する路面性状が大幅に影響することから、今回新しく土木研究所構内にある舗装走行実験場大ループの東側直線部分に評価用路面を構築した。

a) 表層混合物

今回施工した評価用路面には，①低騒音舗装と比較するために密粒度，②性能規定発注における評価値である，89dB・90dB 付近のデータを多く得るために，排水性舗装を 4 種類，③騒音評価の幅を広げるために，排水性舗装よりもさらに高い騒音低減効果が期待できる多孔質弾性舗装の 6 種類の混合物を適用することとした。表層各工区に使用した混合物の種類は，表-3 に示すとおりである。なお，各混合物の厚さは 5 cmである。

b) 施工箇所の平面図

施工した評価用路面の平面図を図-1 に、概観を写真-1 に示す。幅員 2.8m×60m の走行レーンを 3 本確保し、各舗装は延長 60m とした。

また，各表層混合物の配置にあたっては，タイヤ／路面騒音測定時に，表層の種類が変わる中間のジョイント部分における残響音の影響を少なくするために，騒音値が小さいと想定されるものを車両走行方向に向かって手前に大きいと想定されるものを奥に配置している。

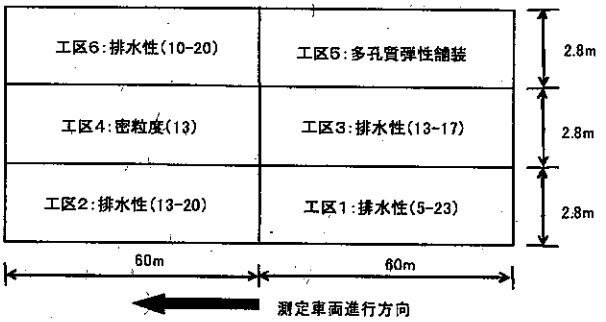


図-1 施工箇所平面図

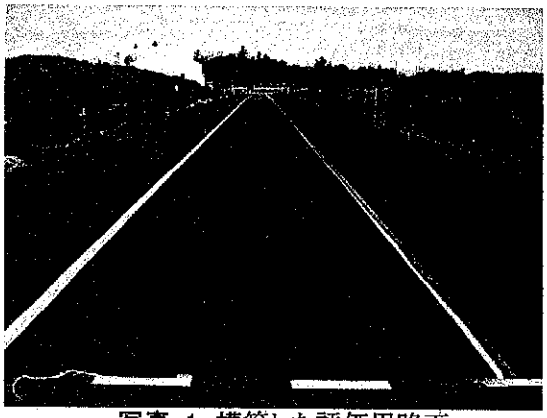


写真-1 構築した評価用路面

c) 検討したタイヤ／路面騒音測定装置

本共同研究で検討したタイヤ／路面騒音測定装置は、14 社 14 装置がタイヤ近接音測定装置、２社１装置が吸音特性測定装置（スピーカから路面に向けて音を反射し、吸音率と同様の吸音特性値によってタイヤ／路面騒音を推定する装置）、１社１装置が反射音測定装置（スピーカから路面に向けてピンクノイズを反射し、帰ってくる音量を測定することによってタイヤ／路面騒音を推定する装置）であるが、本報告では、このうちのタイヤ近接音測定装置の検討結果について報告する。

3. 試験結果

(1) 測定速度の影響について

測定速度を変化させて騒音測定を行ったＡ装置の一例を図-2 に示す。各装置とも同様の傾向を示し、測定速度の増加とともにタイヤ/路面騒音レベルは増加することが確認された。表-4 に各装置毎に速度と騒音レベルから求めた回帰式の速度勾配を比較した結果を示す。各装置の密粒舗装の速度勾配が空隙を有する排水性舗装と比べて大きくなっている。また、各装置間の速度勾配は一定ではなく、車両やタイヤサイズの違い、或いはマイクロホンの取り付け位置の相違などによる測定車固有の勾配と考えられる。

また、速度依存性があることが分かった。よって、必要に応じて速度補正をしなければならない。

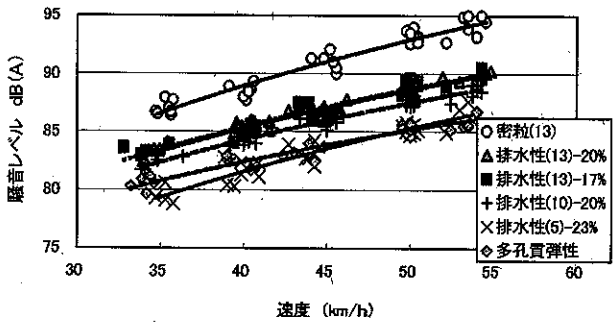


図-2 測定速度とタイヤ/路面騒音の関係
(A 装置)

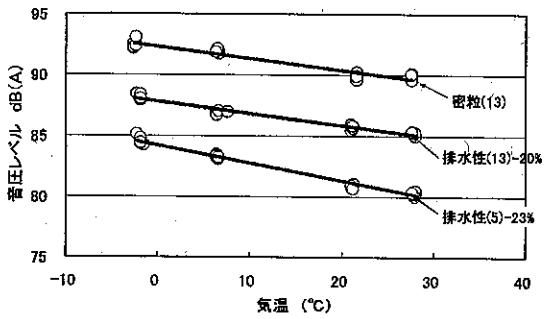


図-3 気温とタイヤ騒音の関係例(A 装置)

表-4 タイヤ／路面騒音の回帰分析結果(全装置)

項目＼舗装種		密粒13	排水性(13) 20%	排水性(13) 17%	排水性(10) 20%	排水性(5) 23%	多孔質弾性舗装
速度勾配 dB/log(km/h)	平均値	41.11	31.44	32.41	31.19	32.23	32.422
	最大値	47.08	36.73	36.31	35.41	39.4	35.465
	最小値	36.88	25.76	23.97	26.42	24.88	27.82
	標準偏差	2.383	2.861	3.087	2.544	5.01	2.194

表-5 各温度とタイヤ/路面騒音値との相関(A 装置)

工区	路面温度		タイヤ温度		気温	
	回帰係数	相関係数(R)	回帰係数	相関係数(R)	回帰係数	相関係数(R)
密粒度	-0.0452	-0.9470	-0.0691	-0.9286	-0.1023	-0.9261
排水性(13)20%	-0.0549	-0.8675	-0.0793	-0.8438	-0.1442	-0.9422
排水性(13)17%	-0.0605	-0.9209	-0.0917	-0.8988	-0.1442	-0.9547
排水性(10)20%	-0.0553	-0.8160	-0.0899	-0.8673	-0.1322	-0.9308
排水性(5)23%	-0.0624	-0.7894	-0.1127	-0.8415	-0.1824	-0.9192
多孔質弾性舗装	-0.0461	-0.8169	-0.1003	-0.8892	-0.1448	-0.9278

(2) 測定時の温度影響について

1回の騒音測定終了後に気温、路面温度、タイヤ温度を測定した。また、騒音測定は、10 分以上もしくは 10km 以上の慣らし運転を行い、タイヤ温度がほぼ一定になった状態で行った。気温、路面温度、タイヤ温度とタイヤ/路面騒音値の関係は表－５に示すとおり、いずれもタイヤ/路面騒音との相関が認められた。しかし、路面温度とタイヤ温度は、気温に比べて現地計測が難しく値がばらついていることから、**表-5** に示すようにタイヤ/路面騒音値との相関が気温に比べて低い結果となった。気温の関係は、**図-3** に示すように気温の増加とともにタイヤ/路面騒音レベルが減少することが確認された。よって、測定の容易さ、タイヤ騒音との相関の高さから、温度補正に気温を用いることにした。

なお表中、回帰係数が負の値（右下がり勾配）を示すのは、気温及び路面温度の上昇に伴ってタイヤ温度も上昇し、タイヤ構成材料の剛性が低くなり、パターンおよび路面加振音が低下することが原因と推測される。

また、温度依存性があることがわかった。よって、必要に応じて温度補正をしなければならない。

(3) 舗装内に残留している水分の影響について

排水性舗装のタイヤ/路面騒音の測定では、降雨後の舗装内に残留している水分が騒音値に影響することが考えられる。暫定路面において、散水約 12 時間後と約 36 時間後に測定を実施し、騒音値の変化を調べた結果を**図-4** に示す。

騒音値の変化は、舗装種によって差異があり、10㎜と 13㎜は 24 時間程度で最小となり、5㎜と多孔質弾性は 36 時間程度で最小となっていることから、小粒径の混合物や空隙率が小さくなっている排水性の場合、小粒径の混合物や空隙率が小さくなっている排水性舗装の場合、36 時間後でも水分による騒音値への影響が若干認められるが、降雨後 24 時間以上経過してから測定を開始すれば問題ないと思われる。なお、小粒径混合物の場合や供

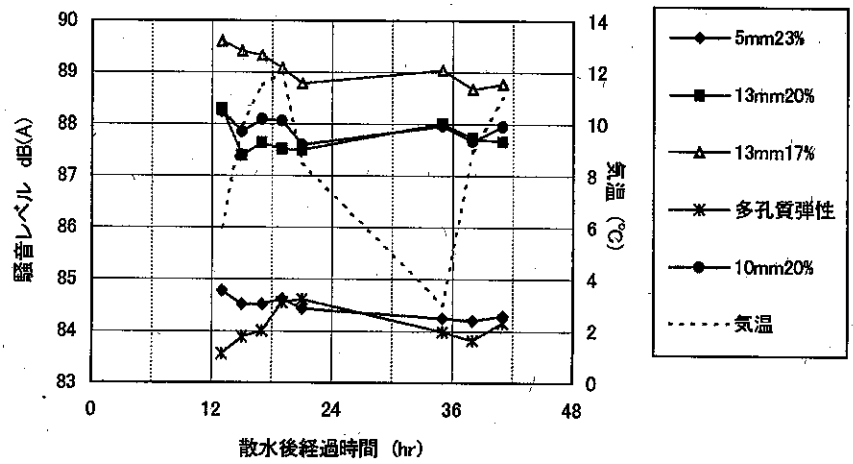


図-4 散水後のタイヤ/路面騒音値の変化(I装置)

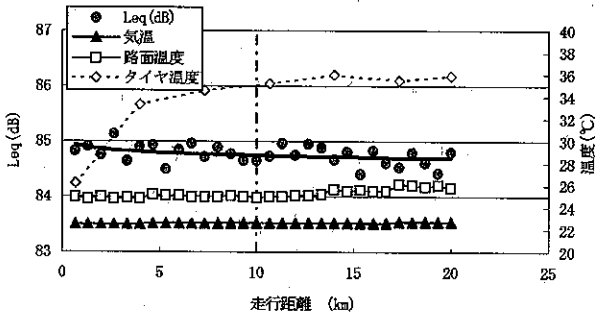


図-5 走行開始から距離と騒音値の関係(A 装置)

用後の舗装を測定する場合、特に冬季では降雨後 36 時間以上空けて測定を行った方が良い場合がある。

(4) 予備走行について

タイヤが冷えた状態で測った場合と測定で暖まった状態で、騒音値に与える影響を試験した。

停止状態からの走行距離と騒音値の変化を調べた結果を図-5 に示す。20 km 走行後の気温は 22.5 ℃から 22.7 ℃、路面温度が 24.8 ℃から 26.1 ℃と殆ど変化がなかったが、測定車のタイヤ温度は 26.2 ℃から 36 ℃と 10 ℃上昇した。この影響から騒音値も減少傾向が見られた。予備走行は、騒音値やタイヤ温度変化が概ね安定する 10 km 以上で行うことが良いことが分かった

(5) タイヤ溝深さの影響について

タイヤの摩耗が騒音値に与える影響として、タイヤのトレッド溝深さの摩耗量と走行距離の変化と騒音値の関係を調べた。タイヤのトレッド溝深さと騒音値の変化を調べた結果を図-6 に示す。タイヤ／路面騒音測定は、総合評価発注方式では±0.2dB(A)以下のの精度が要求されることから、騒音値の変化が無いことが望ましい。図-6 に示す結果から、排水性と密粒では若干の差はあるものの摩耗量が 0.3mm 位までなら変化が少ないと考えられることから、これを測定タイヤの使用限度の目安とした。この摩耗量は走行距離にして、図-7 に

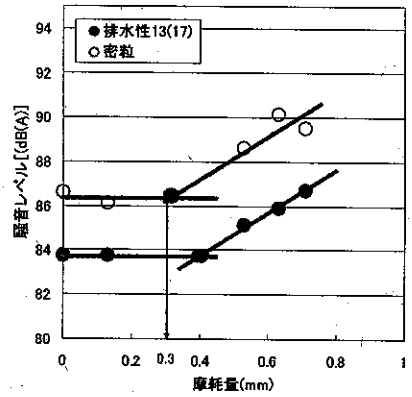


図-6 タイヤ摩耗量と騒音値の関係(N装置)

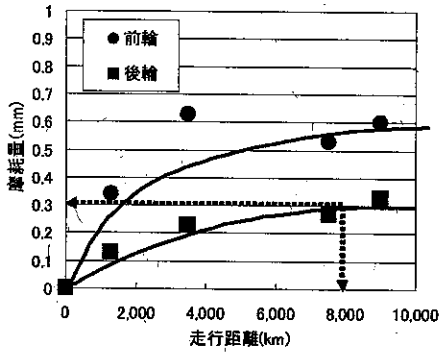


図-7 走行距離とタイヤ摩耗量の関係(N装置)

示すとおり、測定タイヤ（後輪）でおよそ 8,000 km であった。

(6) 道路側近の壁の影響について

タイヤ近接音測定装置にはマイクロホンが舗装路面騒音測定車のように音響箱に覆われておらず、暗騒音の影響を受ける可能性がある。よって、この影響を調べるため、測定車線の左側に高さ約 1 m の木製パネルを設置し、測定車と壁との距離を変えた際の騒音値の変化を調べた。14 装置は音響箱に覆われていない同じ機構であるため、代表として A 装置を用いて試験した。その結果を図-8 に示す。壁がない場合と比べて 2 m 程度までその反射

音によって騒音値が 0.3 dB(A)程度大きくなることが確認された。また、右側に壁がある場合の測定も試みたが、明確な差異は確認できなかった。このような測定車線の側近に壁がある場合の測定では、除外区間にするのか、或いは一定数値で減じて評価していくのかなど、更に検討する必要がある。

(7) 併走・対向車両の影響について

タイヤ近接音測定装置にはマイクロホンが舗装路面騒音測定車のように音響箱に覆われておらず、暗騒音の影響を受ける可能性がある。よって、大型車が併走した場合の影響を調べるため、一般道におけるタイヤ/路面騒音の測定例を図-9 に示す。測定は３回行い、２回は大型車の併走なし、１回は 80～120mの区間だけ大型車が併走した。その間のタイヤ/路面騒音値は、併走車がない場合に比べて 2 dB 以上大きくなっていた。このような影響は対向車の場合でも大型ディーゼル車では影響するため、測定データから除外、あるいは再測定する必要がある。

また乗用車クラスのガソリン車の場合では、大型車のような明確な違いが把握できていないが、影響がありそうな場合は、測定回数を多くして他のデータと照合し、測定データとしての採否を判断することが望ましい。

(8) 測定回数と精度の関係

タイヤ／路面騒音測定において、いくつのデータを採取すれば、対象とする現場の騒音値（母標準偏差σ）を統計上正確に表現しているか、統計的な検討を行い、採取する測定回数（データ数）について検討した。

母標準偏差σを精度よく推定するにはデータ数は多い方がよいが、実際の測定、試験では様々な制約から、データの採取数が制限されてしまうのが現状である。したがって、必要最小限のデータ数を決めるために、目的とする統計的判定が可能であるかどうかについての検討を行った。

母集団から採取されたデータから求められるばらつき$\sqrt{v}$（不偏分散平方根または標準偏差 s とも呼ばれ、母標準偏差σと区別されている）は、母標準偏差σと以下の関係がある。

$$\sigma\ (\text{推定値}) = \sqrt{v} / c_2^{*}\ ^{2)} \quad \cdots\cdots \text{式（1）}$$

式（1）の$1/c_2^{*}$は、データの$\sqrt{v}$の補正値で、データ数によって表-6 のように決まっている。表から、補正値$1/c_2^{*}$が、データ数 2～4 個で大きく減少し、データ数は 5 個以上で緩やかに減少し１に近づいていくことが分かる。これは$\sqrt{v}$が母標準偏差σに近づいていくことと同じである。このようなことから、母標準偏差σを精度良く推定できる必要最小限のデータ数は 5 個程度である。

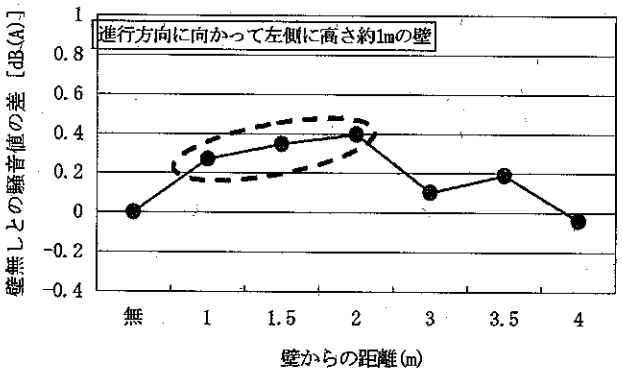


図-8 道路側近の壁と騒音値の関係(A 装置)

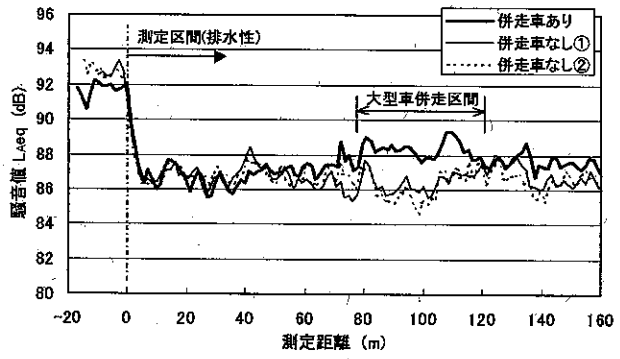


図-9 大型車が併走した場合のタイヤ/路面騒音測定結果(J装置)

表-6 データ数と$\sqrt{V}$の補正値

データ数	$1/c_2^{*}$	データ数	$1/c_2^{*}$
2	1.253	14	1.019
3	1.128	15	1.018
4	1.085	16	1.017
5	1.064	17	1.016
6	1.051	18	1.015
7	1.042	19	1.014
8	1.036	20	1.013
9	1.032	25	1.010
10	1.028	30	1.009
11	1.025	40	1.006
12	1.023	50	1.005
13	1.021	100	1.003
データ数20以上 1+1/4n			

表-7 測定データ(例)

日付	時刻	dB
7月23日	5:34	89.46
7月23日	5:41	89.21
7月23日	5:43	89.46
7月23日	6:25	89.49
7月23日	6:32	89.39
7月23日	6:34	89.47
7月23日	6:36	89.78
7月23日	7:06	89.26
7月23日	7:09	89.55
7月23日	7:17	89.21
7月23日	7:48	89.26
7月23日	7:51	89.35
7月23日	7:53	89.51
7月23日	7:55	89.50

表-8 測定データ(例)の統計量

データ数	平均値	$\sqrt{V}$	$1/c_2^*$	σの推定値
14	89.42	0.156	1.021	0.159
5	89.40	0.151	1.085	0.164

次に共同研究の測定結果において、表-7 の全データ（n＝14）とそこからランダムに5個抽出したデータの統計量を求めた。その結果を表-8 に示す。この結果ではデータ数 14 個と5個の平均値、ばらつき、σ（補正後）には差がなく、データ数 5 個でも十分な精度があると推察できる。

以上のことから、性能値の判定に必要な精度が得られる必要最小限のデータ数として測定回数を 5 回とした。

4. まとめ

タイヤ／路面騒音測定に影響する要因について、検討した結果をまとめると以下の通りである。

(1) 測定速度の影響について

測定速度とタイヤ/路面騒音レベルの関係は相関があることが確認された。また、速度依存性があることがわかった。よって、必要に応じて速度補正をしなければならない。

(2) 測定時の温度影響について

路面温度とタイヤ温度は、気温に比べて現地計測が難しく値がばらついていることからタイヤ/路面騒音値との相関が気温に比べて低い結果となった。よって、測定の容易さ、タイヤ騒音との相関の高さから、温度補正に気温を用いることにした。また、温度依存性があることがわかった。よって、必要に応じて温度補正をしなければならない。

(3) 舗装内に残留している水分の影響について

騒音値の変化は、舗装種によって差異があるものの降雨後 24 時間以上経過してから測定を開始すれば問題ないと思われる。

(4) 予備走行について

予備走行は、騒音値やタイヤ温度変化が概ね安定する 10 km 以上で行うことが良いことが分かった。

(5) タイヤ溝深さの影響について

騒音に影響するのは、摩耗量 0.3 mm、走行距離 8,000 km であり、これをを測定タイヤの使用限度の目安とした。

(6) 道路側近の壁の影響について

壁がない場合と比べて壁との距離が 2 m 程度までは反射音によって騒音値が 0.3 dB(A)程度大きくなることが確認された。

(7) 併走・対向車両の影響について

大型車が併走するとタイヤ/路面騒音値は、併走車がない場合に比べて 2 dB 以上大きくなった。このため、騒音値に影響のある場合は測定データから除外、あるいは再測定する必要がある。

(8) 測定回数と精度の関係

性能値の判定に必要な精度が得られる必要最小限のデータ数として測定回数を5回とした。

おわりに

本報告は、共同研究の中で検討したタイヤ／路面騒音測定に影響する要因の検討結果のみであり、共同研究の最終成果である検定方法、現場測定方法、開発したタイヤ／路面騒音測定装置については、別の機会に報告する予定である。

参考文献

1）岡部俊幸、寺田剛：タイヤ／路面騒音（タイヤ近接法）の測定条件に及ぼす各種影響因子の検討、舗装、pp13～18、2003. vol. 38、No. 4

2）新版品質管理便覧、日本規格協会、p794、1982. 9

A STUDY OF THE INFLUENCE FACTOR EXERTED ON TIRE/ROAD NOISE

Masaru TERADA, Atushi MINAMOTO, Masahide ITO

Since there are few tire/road noise measurement cars used for completion inspection of performance regulation formula construction, comprehensive evaluation formula construction, etc., the owner is anxious by adjustment of measurement time. Since the number of times which evaluates the tire/road noise in a construction stage and a management stage will increase further from now on, the request of development of the examination equipment which can measure tire/road noise is high. For this reason, in the Public Works Research Institute, joint research "development of tire/road noise measurement equipment" was performed in three years [2001- 2003] with 17 companies (7 groups). This paper reports the factor which influences the tire/road noise measurement considered in this development.

付録−４　共同研究協定書

共　同　研　究　協　定　書

独立行政法人土木研究所理事長　坂本忠彦（以下「甲」という。）及び東亜道路工業株式会社技術研究所所長　雑賀義夫、大林道路株式会社技術研究所所長　石川洋、佐藤道路株式会社技術本部技術部長　内田喜太郎、東京鋪装工業株式会社技術研究所所長　花木和文、ニチレキ株式会社研究開発センター長　小林耕平、日本道路株式会社技術研究所所長　橋本修治、前田道路株式会社技術研究所所長　松本光久、株式会社渡辺組技術研究所所長　佐々木俊視、福田道路株式会社技術研究所所長　帆苅浩三､大有建設株式会社中央研究所所長　中西弘光､株式会社パスコ代表取締役社長　大嶽貞夫、大成ロテック株式会社技術研究所所長　木下庄次、株式会社ガイアートクマガイ代表取締役社長　山口憲夫、日本鋪道株式会社取締役社長　仁瓶義夫、世紀東急工業株式会社代表取締役社長　奥沢靖司、石川島播磨重工業株式会社代表取締役社長　伊藤源嗣、株式会社オリエンタルコンサルタンツ代表取締役社長　廣谷彰彦（以下これらを総括して「乙」という。）は、次の各条項に従い、「タイヤ／路面騒音の測定方法の開発」に関する共同研究の実施について協定を締結する。

（用語の定義）

第１条　この共同研究協定書（以下「協定書」という）において「知的財産権」とは、以下に掲げる権利をいう。

一　特許法（昭和３４年法律第１２１号）に規定する特許権及び特許を受ける権利

二　実用新案法（昭和３４年法律第１２３号）に規定する実用新案権及び実用新案登録を受ける権利

三　意匠法（昭和３４年法律第１２５号）に規定する意匠権及び意匠登録を受ける権利

四　商標法（昭和３４年法律第１２７号）に規定する商標権及び商標登録を受ける権利

五　著作権法（昭和４５年法律第４８号）第２条第１項第１０号の２のプログラムの著作物又は同項第１０号の３のデータベースの著作物（以下「プログラム等」という。）に係る同法第２１条から２８条に規定する著作権

六　半導体集積回路の回路配置に関する法律（昭和６０年法律第４３号）に規定する回路配置利用権及び回路配置利用権の設定の登録を受ける権利

七　種苗法（平成１０年法律第８３号）に規定する育成者権及び品種登録を受ける地位

八　前七号に掲げる権利の対象とならない技術情報のうち、秘匿することが可能なものであって、かつ財産的価値のあるもの（以下「ノウハウ」という。）

九　上記一から八の各権利に相当する外国における権利

２　この協定書において「発明等」とは、特許権の対象となるものについては発明を、実用新案権の対象となるものについては考案を、意匠権、商標権、プログラム等の著作権又は回路配置利用権の対象となるものについては創作を、品種登録に係る権利の対象となるものについては育成を、ノウハウを使用する権利の対象となるものについて案出をいう。

３　この協定書において「専用実施権」とは、特許法、実用新案法若しくは意匠法に規定する専用実施権、商標法に規定する専用使用権、半導体集積回路の回路配置に関する法律若しくは種苗法に規定する専用利用権又はプログラム等の著作権に係る著作物について優先的に実施をする権利をいう。

４　この協定書において「通常実施権」とは、特許法、実用新案法若しくは意匠法に規定する通常

実施権、商標法に規定する通常使用権、半導体集積回路の回路配置に関する法律若しくは種苗法に規定する通常利用権又はプログラム等の著作権に係る著作物について実施をする権利をいう。
５　この協定書において「優先実施権」とは、共同研究において発生し甲及び乙が共有する知的財産権又は当該知的財産権に係わる甲が自ら所有する知的財産権について、甲が乙又は乙が指定する者（以下「乙等」という。）以外には実施の許諾を行わないことによって生じる乙等が保有することとなる独占的な通常実施権をいう。

（共同研究協定の締結）
第２条　甲及び乙は、次の研究を共同で実施する。
一　研　究　名　称
　　タイヤ／路面騒音の測定方法の開発
二　研　究　目　的　及　び　内　容
環境への負荷を軽減する舗装が求められており、騒音低減性能の高い低騒音舗装の整備が進められている。また、舗装工事の調達方式にもタイヤ／路面騒音を評価のための性能指標とした性能規定発注方式が導入されつつある。
現在、直轄国道の性能規定発注の竣工検査に用いられている路面騒音測定車は数が限られているため測定実施時期の調整に苦慮している。また測定器械自体が高価であり、その操作にも特殊な技能を有するため、台数の増加も容易ではない。
今後、施工段階、管理段階でのタイヤ／路面騒音の評価を行う回数が増大するため、時速 50 ㎞程度以上で走行しながらデータ収集が可能な測定方法の開発を行うものである。
三　実　施　計　画　書
研究項目、参加する研究員、費用、研究分担、実施場所及び施設の使用については、本協定書に附属する実施計画のとおりとする。

（共同研究の実施期間）
第３条　共同研究の実施期間は、平成１５年４月１日から平成１６年３月３１日までとする。

（知的財産権の持分）
第４条　共同研究において発生した知的財産権の甲と乙の持分は、甲及び乙が協議の上、定めるものとする。

（単独で所有する知的財産権の出願等）
第５条　甲は、前条において甲が単独で所有することとなった知的財産権の出願若しくは申請（以下「出願等」という。）をしようとするときには、あらかじめ、乙の同意を得なければならない。
２　乙は、前条において乙が単独で所有することとなった知的財産権の出願等をしようとするときには、あらかじめ、甲の同意を得なければならない。
３　前２項に係わらず､共同研究にかかる成果が既に公知になっていることが書面により立証でき、かつ、ノウハウに関連しないもの及び守秘義務が課される情報に関連しないものの場合には、この限りでない。

（共有する知的財産権の出願等）
第６条　甲と乙は、第４条規定に基づいて甲と乙が共有することとした知的財産権の出願等を行うときは、共同して行うこととし、当該出願等にあたっては、甲と乙が、共同出願に関する取扱いを規定する契約を締結するものとする。
２　共有することとなった知的財産権のうちノウハウを指定するときは、甲と乙が協議の上、指定する。なお、ノウハウの指定にあたっては、秘匿すべき期間を明示する。

（共有する知的財産権の管理費用）
第７条　甲及び乙は、前条の規定に基づいて知的財産権を共有することとなった場合、その持分に応じて当該知的財産権の取得及び管理に要する費用を負担する。

（優先実施権の付与等）
第８条　乙等は、第６条の規定に基づいて発生し甲及び乙が共有することとなった知的財産権に係る優先実施権の付与を当該知的財産権の出願等の日から１年半以内の期間の範囲において甲に求めることができる。
２　甲は、前項の規定により乙等から知的財産権に係る優先実施権の付与を求められた場合は、乙等に対して当該知的所有権に係る優先実施権を付与するものとする。優先実施権の付与期間は、甲と乙等が協議の上、定めるものとする。
３　甲は、前項に規定する知的財産権に係る優先実施権を付与された乙等から当該優先実施権の付与期間の延長を求められたときには、乙等と協議の上、期間を延長することができる。
４　乙等は、甲が前２項の規定により知的財産権に係る優先実施権を付与した場合には、甲乙協議の上、当該知的財産権の優先実施権の付与の対価を甲に支払う。

（優先実施権の付与の中止）
第９条　甲は、次の各号のいずれかに該当するときは、知的財産権に係る優先実施権の付与を中止することができる。
一　正当な理由がないのに、優先実施権が付与された知的財産権が実施されなかったとき。
二　知的財産権の優先実施権を付与された者以外の者が当該知的財産権を実施できないことが、公共の利益を著しく損なう恐れがあると認められるとき。

（甲の意志による実施の許諾等）
第１０条　第６条の規定に基づいて甲及び乙が共有することとなった知的財産権であって、優先実施権が付与されていない又は優先実施権の期間が経過した知的財産権については、乙は、甲が当該知的財産権の実施を許諾しようとする者に対する甲の実施許諾に同意するものとする。

（実施契約）
第１１条　甲は、甲以外の者が第６条の規定に基づいて共有することとなった知的財産権を実施しようとするときは、甲以外の者と実施料の支払等を定めた実施契約について、甲乙連名で締結する。
２　甲は、共有する知的財産権を自ら実施しようとするときは、実施料の支払等について定めた実施契約を乙と締結する。

（既存知的財産権の取扱い）
第１２条　甲又は乙が保有する既存知的財産権を使用しなければ共同研究を実施したことに伴い発生した研究成果を実施できない場合、甲又は乙は、相手方が当該知的財産権を実施することを許諾するものとする。その取扱いについては、甲及び乙が別途協議して定めるものとする。
２　前項において、甲又は乙が乙又は甲以外の機関と共有している既存知的財産権について、乙又は甲が当該既存知的財産権を実施する場合は、甲又は乙は、乙又は甲以外の当該既存知的財産権の共有権者より乙又は甲の実施について同意を得なければならない。

（譲渡等）
第１３条　甲は、事前に乙に通知し同意を得られた場合、共有する本知的財産権の自らの持分を譲渡し、それを目的として質権を設定し、又は専用実施権を設定することができる。
２　乙は、事前に甲に通知し同意を得た場合、共有する知的財産権の自らの持分を譲渡し、それを目的として質権を設定し､又は専用実施権を設定し､若しくは通常実施権を許諾することができる。
３　甲又は乙のいずれかが共有している本知的財産権を放棄しようとする場合には、あらかじめその旨を相互に相手方に通知し、同意を得るものとする。

（著作者人格権）
第１４条　共同研究において、共有するプログラムの著作物及びデータベースの著作物が得られた場合には、それらの著作物に係る発明等を行った者は、著作権法（昭和４５年法律第４８号）第１８条第１項､第１９条第１項及び第２０条第１項に規定する著作者人格権を行使しないものとする。

（研究成果の公表等）
第１５条　甲又は乙は、相手方の同意なしに、共同研究の結果知り得た秘密を甲及び乙以外のものに漏らしてはならない。
２　甲又は乙は、共同研究実施期間中又は実施期間が終了した後において、研究成果を甲又は乙以外の者に知らせようとするとき、又は公表しようとするときは、事前に文書で相手方の同意を得るものとする。

（派遣者の受入）
第１６条　甲は、共同研究の実施に必要があると認めたときは、乙が派遣する者を甲に受け入れることができる。派遣者の受入にあたっては、独立行政法人土木研究所交流研究員受入規程を適用するものとする。

（施設の使用）
第１７条　甲又は乙は、共同研究の実施に必要があると認めたときは、甲又は乙の施設の一部を相手に使用させることができる。

（共同研究への参加解除）
第１８条　甲は、乙が共同研究の遂行に寄与していないと認めた場合は、共同研究の遂行に寄与していないと認めた者を当該共同研究への参加から解除できるものとする。

（実施計画の変更）
第１９条　第２条第３号に規定する実施計画の内容に変更がある場合は、甲及び乙が協議のうえ変更するものとする。

（共同研究の中止）
第２０条　甲及び乙は、天災その他やむを得ない理由により共同研究を継続することが困難となったときは、甲乙協議の上、当該共同研究を中止することができる。

（災害時の取扱い）
第２１条　甲又は乙に属する研究員が共同研究の実施に関して被った災害の補償については、当該研究員の属する当事者が負担するものとする。

（付属書）
第２２条　甲、乙は共同研究を効率的かつ合理的に実施するため、グループを編成するものとし、当　該グループの編成に伴い、知的財産権の帰属並びに本協定書の読替え等については、巻末の共同研　究協定書付属書でこれを定める。

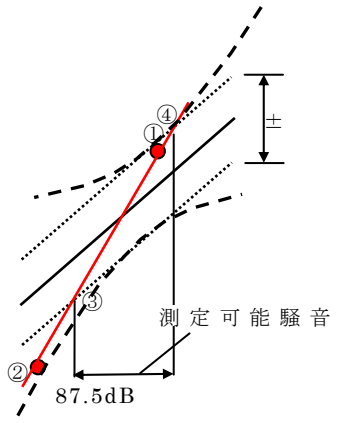
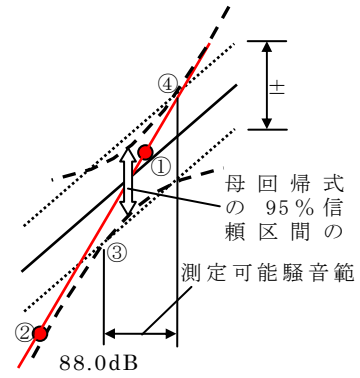
（協　議）
第２３条　この協定で定めるもののほか、この協定について疑義が生じた場合、その他必要な事項については、甲及び乙が協議して定めるものとする。

付録－５　適用範囲の求め方

適用範囲は、舗装路面騒音測定車との許容差の範囲に入る排水性舗装の表層粒径範囲で整理した。以下にその方法を示す。

①適用範囲の考え方を付表-5.1 に示す。

付表-5.1　適用範囲の考え方

判定方法	概略図	判定の考え方	適用範囲の考え方
±0.24dB の幅に検定路面の数値①②が入っているかどうか、または①②を結んだ直線と±0.24dB の直線の交点③④で判定する。		・検定値①②が±0.24dB 幅に入っているかどうか。 ・検定値①②を結んだ直線と±0.24dB の直線の交点③～④までを測定可能騒音範囲とする。なお測定可能騒音範囲は、変換式の説明変数に粒径が入っているので騒音値（dB）で表される。 【問題点】 変換式がどのように構築され、どのような精度であるか不明。	・検定値①②が±0.24dB 幅に入っていれば、13～5 ㎜の低騒音排水性舗装は使用可能とする。 ・③～④の測定可能騒音範囲を下記の方法により粒径に置き換え、適用粒径範囲とする。
±0.24dB の直線と母回帰式の95％信頼区間との交点③④で判定する。		・±0.24dB の直線と母回帰式の 95％信頼区間との交点③～④までを測定可能騒音範囲とする。なお測定可能騒音範囲は、変換式の説明変数に粒径が入っているので騒音値（dB）で表される。 ・変換式の精度が分かる。 【問題点】 ・母回帰式の 95％信頼区間中央幅が十分小さくなければ、適用可能範囲が狭くなる。 ・検定値が反映されない。	・変換式の説明変数に粒径が入っているので、適用範囲は騒音値（dB）で表される。下記の方法により、この適用可能騒音範囲を粒径に置き換え、適用粒径範囲を決める。

②検定結果の舗装路面騒音測定車（RAC車）のずれより alog(粒径/13)の傾きaを求める。

a=(排水性 5mm のずれ-(排水性 10mm のずれ)/(log(5/13))にて算出

a装置の場合：a=(0.453-(-0.145))/(log(5/13))にて算出。付表-5.2 参照。

③性能評価（±0.24）の小粒径側を以下のように求める。算出結果は付表-5.2 のとおり。

（算出イメージは付図-5.1 参照）

0.24＝a（傾き）*log(粒径 A/13)+(13mm のズレ)

0.24＝-1.441*log(粒径 A)-(-1.441*log(13))+(-0.145)

log(粒径A)＝(0.24+(−1.441*log(13)−(−0.145))/(−1.441)＝0.8468

粒径 A=10^(0.8468)＝7.02　→5mm より大きいため 7mm を採用

④同様に性能評価(±0.24)の大粒径側、総合評価(±0.21)の小粒径側、大粒径側を求める。
算出結果は付表-5.2 のとおり。

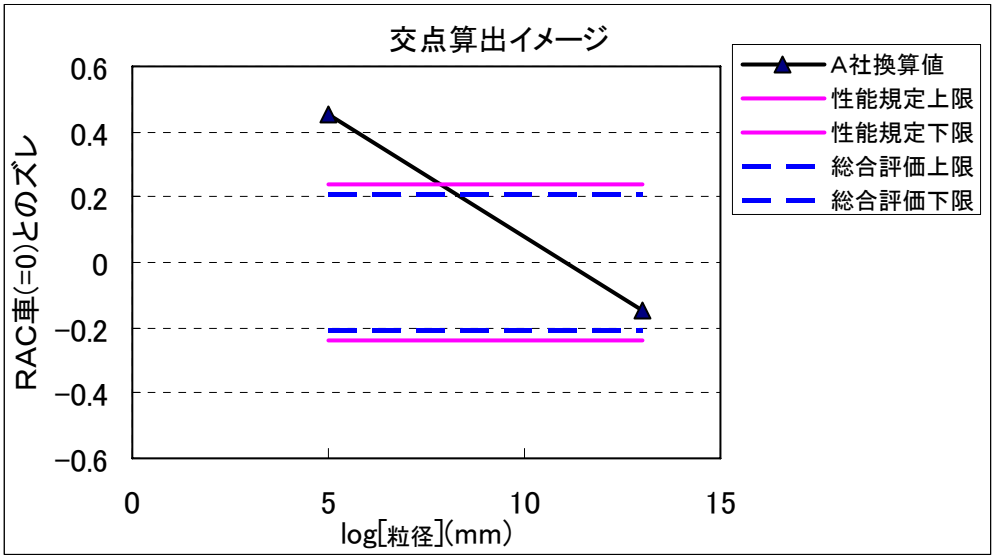
⑤求めた値を小粒径側は切り上げ、大粒径側は切り捨てて、適用範囲とする。**付表-5.3**

付表-5.2　aの傾きおよび適用範囲の算出

会社名	RAC車とのズレ		性能評価 ± 0.24			総合規定 ± 0.21		使用説明変数			
	排水性5mm	排水性13mm	alog(粒径/13)	適用範囲		適用範囲		測定値	log(粒径/13)	大型車交通量	log(経過日数)
			aの値:傾き	小粒径側	大粒径側	小粒径側	大粒径側				
a	0.453	−0.145	−1.441	7.0	13	7.4	13	○	○		○
b	1.000	−0.180	−2.844	9.3		9.5	13	○	○		
c	0.640	−0.080	−1.735	8.5		8.8	13	○	○		○
d	0.530	−0.230	−1.831	7.2	13	7.5	12.7	○	○		
e1	0.140	0.180	0.096	5	13	5	13	○	○	○	
e2	−0.130	0.210	0.819	5	13	5	13	○	○	○	
f	1.310	0.100	−2.916	11.6	13	11.9	13	○	○		○
g	0.210	−0.930	−2.747	5	7.3	5	7.1	○	○		○
h	0.350	−0.090	−1.060	6.3	13	6.8	13	○	○	○	
i	0.106	−0.014	−0.289	5	13	5	13	○	○	○	
j	0.190	−0.060	−0.602	5	13	5	13	○	○	○	
k	0.320	0.050	−0.651	6.6	13	7.4	13	○	○	○	
l	1.340	0.060	−3.085	11.4	13	11.6	13	○	○		○
m	0.940	0.000	−2.265	10.2	13	10.5	13	○	○		
n	1.540	0.020	−3.663	11.3	13	11.5	13	○	○		
o	0.370	−0.090	−1.109	6.6	13	7.0	13	○	○	○	
p	0.230	−0.170	−0.964	5	13	5.2	13	○	○		○

説明シート参照

	切り上げ	切り捨て	切り上げ	切り捨て
適用基準例:d装置	8mm～	13mm	8mm～	12mm



付図-5.1　適用範囲の算出イメージ

付表-5.3　共同研究で開発したタイヤ／路面騒音測定装置の適用範囲（案）

装置	レベル1(性能規定方式対応) ±0.24		レベル2(総合評価方式対応) ±0.21	
	適用範囲		適用範囲	
	小粒径側	大粒径側	小粒径側	大粒径側
a	7	13	8	13
b	10	13	10	13
c	9	13	9	13
d	8	13	8	13
e1	5	13	5	13
e2	5	13	5	13
f	12	13	12	13
g	5	7	5	7
h	7	13	7	13
i	5	13	5	13
j	5	13	5	13
k	7	13	8	7
l	12	13	12	13
m	11	13	11	13
n	12	8	12	8
o	7	13	7	13
p	5	13	6	13