

高速域のすべり摩擦に与えるテクスチャの 影響要因分析について

七五三野 茂¹・川村 和将²

¹正会員 工博 日本道路公団試験研究所 道路研究部 舗装研究室 室長 (町田市忠生1-4-1)

²正会員 工修 日本道路公団試験研究所 道路研究部 舗装研究室 (町田市忠生1-4-1)

すべり摩擦は、マクロおよびマイクロテクスチャと密接な関係があると言われている。しかし、これまではテクスチャがすべり摩擦に及ぼす定量的な影響は明らかではなかった。そこで、定置式変位計を用いてプロファイルを測定し、ヒストグラムの頻度や BPN によりすべり摩擦への定量的な影響を分析した。その結果、主な影響要因をタイヤの路面への貫入深さ(マクロテクスチャと関係)とタイヤと路面の接触数(マイクロテクスチャと関係)とした場合、高速域のすべり摩擦への影響についてはタイヤの路面への貫入深さが4分の3程度と圧倒的に大きかった。また、BPN が60未満のように低い場合にはマイクロテクスチャの形状がすべり摩擦の大きさに影響を及ぼすことが明らかとなった。

Key Words : *Texture, Skid Resistance, Laser Profilometer, Mean Profile Depth, Profile Depth Index, Tire Penetration Depth, Contact Number*

1. はじめに

すべり摩擦係数は、速度の上昇とともに急激に小さくなることが知られており、高速道路のように高速走行する場合、すべり摩擦の大きさは安全性に重大な影響を及ぼす。このすべり摩擦の大きさは、路面のきめ、即ち、テクスチャと密接な関係があり、特に、マクロおよびマイクロテクスチャと関係があると言われている¹⁾。

テクスチャについては、従来はサンドパッチングなどの容積法により測定した平均テクスチャ深さ(MTD: Mean Texture Depth)によりその大きさを評価し、すべり摩擦との関係を調べることが一般的であったが、最近では PIARC の第1回国際共通試験において、平均プロファイル深さ(MPD: Mean Profile Depth)を用いて精度よくすべり摩擦抵抗の大きさを推定している²⁾。このMPDは、測定された2次元のプロファイルにおいてタイヤが路面に貫入する深さを示した一種のテクスチャ深さである。

また、ゴムの摩擦発生メカニズムでは、やはりタイヤと路面の接触の状態に着目し、タイヤと路面の接触面積や凹凸の大きさが摩擦力の大きさを決定するとしている³⁾。

従って、タイヤが路面をすべる際のタイヤと路面の接触状態を定量的に分析することにより、テクスチャのどのような要因がすべり摩擦に影響を及ぼしているかを調べることができるが、これまでの研究ではタイヤと路面の接触状態を定量的に分析する手法が明らかでないのが実態である。

そこで、本研究ではタイヤが路面をすべる際のタイヤと路面の接触状態に着目し、プロファイルの波形をヒストグラムにより分析する手法(ヒストグラム法)⁴⁾を用いてタイヤと路面の接触状態を定量的に分析し、テクスチャがどのように高速域のすべり摩擦に影響を及ぼすかを明らかにしようとするものである。

2. 研究方法

(1) 目的と手法

図-1は、ゴムの摩擦発生メカニズムに基づき、タイヤがすべった時のゴムと路面の接触状況を示したものであり、主として凝着せん断による摩擦(Adhesion)とヒステリシスロスによる摩擦(Hysteresis)合計によりすべり摩擦の大きさが決定される。Adhesion は接触数あるいは面積と、Hysteresis はゴムの物性や路面の微小な凹凸の大きさに影響を受けるといわれている

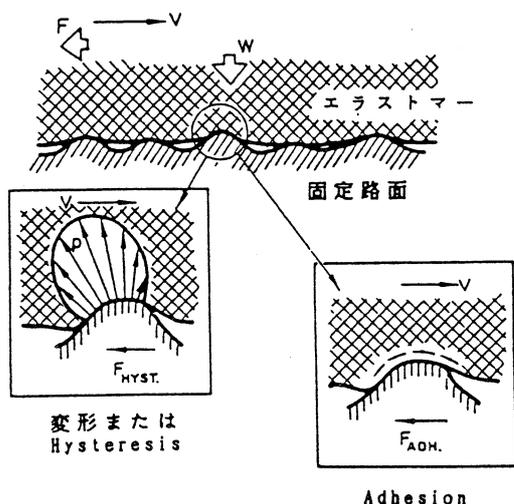


図-1 ゴムの摩擦発生メカニズムと主要構成要素

る⁵⁶⁾。この路面の微小な凹凸の大きさについては、MPDの定義に見られるように何点かの凸部を通る基準線からのタイヤの路面への貫入深さに置き換える事が可能である。

このため、すべり摩擦の大きさは(1)式に示すように、接触数による摩擦力とタイヤの貫入深さによる摩擦力の合計で表わすことができる。

$$F = F_{CN} + F_{PD} \quad (1)$$

- F : 全体のすべり摩擦力
- F_{CN} : 接触数によるすべり摩擦力
- F_{PD} : タイヤの貫入深さによるすべり摩擦力

次に、ヒストグラム法の概要について述べる。定置式変位計で測定されたプロファイルの水平・垂直変位データにより構成される波形を回帰分析し、回帰直線を得る。次に得られた回帰直線を波形の最も高い部分に平行移動して基準線として、この基準線から水平・垂直変位データについて深さ方向に0.5mmピッチのヒストグラムを求める⁴⁾。

図-2は、ヒストグラム法によって求めた混合物種別ごとの頻度の平均値を示したものである。密粒度混合物であるタイプAとタイプBを比較すると、タイプAの方が0.5~1.0mmに大きな頻度が見られた。ギャップ粒度混合物では更に深くに大きな頻度が見られ、1.0~1.5mmに最頻値が多く見られた。表面付近の頻度が小さく、より深い位置での頻度が大きくなることはタイヤの貫入深さが深くなるものと考えことができ、タイプB、タイプA、ギャップの順にすべり摩擦が大きくなる傾向と一致している。

ヒストグラムの頻度のうち1.0~1.5mmに最頻値が

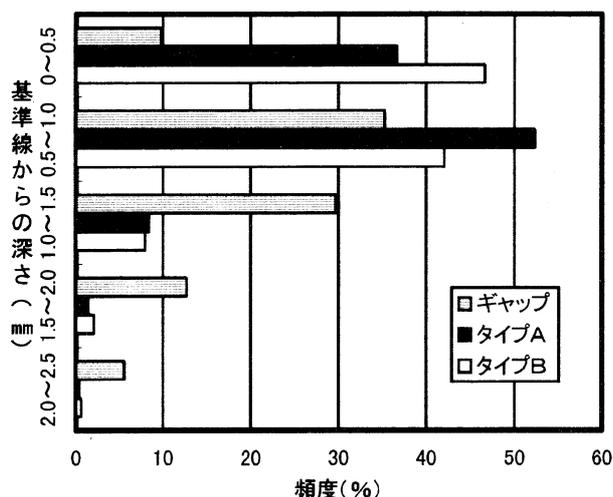


図-2 混合物種別によるテクスチャ分布の違い

多く表れることや、タイヤ接地圧のシミュレーションからテクスチャの深さを求めた研究事例⁷⁾では、最大貫入深さを1.5~2.0mm程度と推定しており、タイヤの最大貫入深さを1.5mm程度と見なすことができる。

以上より、本研究ではタイヤと路面の接触数と路面の微小な凹凸の大きさに着目して、ヒストグラムのうち、1.0~1.5mmの頻度の大きさをタイヤの貫入深さを示す尺度とみなし、0~1.5mmまでの頻度の合計を接触数を示す尺度とみなして、これらを用いてテクスチャがすべり摩擦に与える定量的な影響を調べるものとする。

なお、マイクロテクスチャについては定まった測定・評価方法はないが、過去の研究においてBPNによりマイクロテクスチャの状態を評価しており⁸⁾、本研究においてもBPNによるマイクロテクスチャの評価を行った。

(2) 測定内容

① 測定箇所

測定箇所別の舗装種別、使用粗骨材は、表-1に示すとおりである。表中、A,Bは密粒度混合物を、Gはギャップ粒度混合物を表わす。また、BBSGとはフランスの混合物を参考としたもので、ギャップ粒度混合物とほぼ同様の混合物である。

それぞれの測定箇所、すべり摩擦抵抗(計算によりすべり摩擦係数に換算)、プロファイルおよびBPNを測定した。なお、表-1に示す測定箇所のうち、1箇所を除き供用後、半年から数年程度経過している。

② 測定方法

a) すべり摩擦抵抗の測定⁹⁾

すべり摩擦抵抗は、すべり摩擦測定車(車輪ロック

表-1 測定個所別の舗装種別と配合内容

道路名	舗装タイプ	2.5 mm通過(%)	使用岩種	測定延長 (m)
館山道	A	40.7	砂岩	1,000
	G	37.4	硬質砂岩	1,000
上信越道	A	42.0	硬質砂岩	1,000
	B	43.8	硬質砂岩	1,000
仙台東部	A	39.2	玄武岩	800
	B B S G	38.1	玄武岩	800
	G 1	38.2	玄武岩	800
	G 2	38.2	玄武岩	800
	G 3	34.4	玄武岩	800
	G 4	30.0	玄武岩	800
中央道	B	42.4	安山岩	500
	G 1	32.9	安山岩	900
	G 2	34.3	緑色片岩	800
常磐道	G	33.6	硬質砂岩	600
	A 1	45.1	砂岩	500
	A 2	42.1	硬質砂岩	600
秋田道	B	44.8	安山岩	300

表-2 定置式変位計のレーザーセンサーの仕様

テクスチャ測定範囲	20 (±10) mm
作動距離	56mm
光スポット径	100~150 μm
テクスチャ分解能	±10 μm
応答周波数	4kHz

方式)により測定され、80km/hの走行時の縦すべり摩擦係数に換算される。測定は、普通乗用車とほぼ同様の標準タイヤ(寸法:165SR13, リブ, 空気圧:0.17N/mm² (1.7kgf/cm²), ゴム:ASTM E501, 524相当)の前面に散水して水膜を作りながら約4kNの荷重を載荷して、測定軸及びブレーキにかかる負荷を測定し、その負荷と載荷荷重の比からすべり摩擦係数を算出するものである。測定は、キロポストに従い200mごとに3秒間、測定用タイヤをロックすることを繰り返して行われる。測定で得られた負荷のうち、両端の0.5秒の変動の多い部分を取り除かれて、中央および両端(変動部分を取り除いた)の値を平均して、区間の負荷とする。

b) プロファイルの測定

表-2に示す仕様のレーザーセンサーを備えた定置式変位計によりプロファイルを測定した。外側わだち部中央線状に縦断方向に50cmの延長を1度に測定することができる。レーザー光のスポット径が約0.1mmであるから、1回の測定で5000点の(水平・垂直)変位データが測定される。プロファイルの測定位置は、

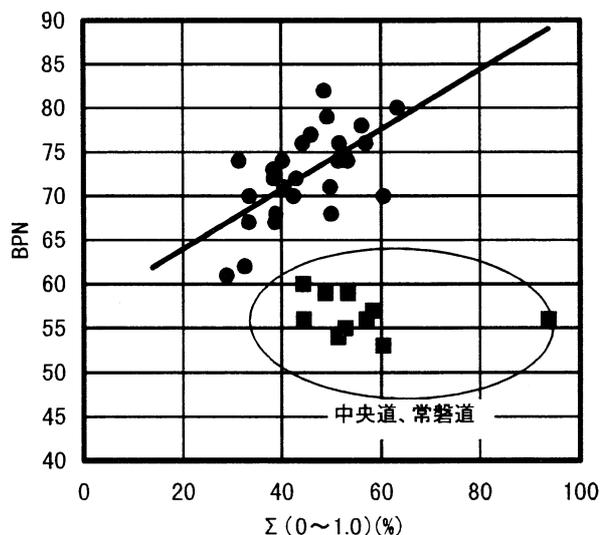


図-3 表面付近のテクスチャの分布とBPNの関係

200mごとのすべり摩擦測定個所に合わせて、3点とした。これは、すべり摩擦抵抗測定において、測定速度80km/h(22m/s)で3秒間測定輪をロックした場合、実質の測定長は66mに相当し、両サイドの0.5秒分(11mに相当)を除いた44mを対象として、この区間の両端及び中央の3点としたものである。

c) BPNの測定⁹⁾

BPNは、高速道路ではすべり摩擦抵抗を評価するひとつの指標として使用されている。測定は、振り子式ポータブルスキッドレジスタンステスターによる。BPNの測定個所は、プロファイルの測定と同じ個所である。

3. すべり摩擦への影響要因分析

ここでは、表-1に示す個所で測定されたプロファイルより求められたヒストグラムを用いて、頻度とすべり摩擦係数およびBPNの関係を分析することにより、テクスチャによるすべり摩擦への影響を明らかにしようとするものである。

ところで、図-3は表面付近のテクスチャ(0~1.0mmの頻度の合計)と同個所で得られたBPNの関係を示したものであるが、中央道と常磐道のグループはBPNの値が60以下と著しく低く、他の路線で得られたデータと異なった傾向を示しており(検定の結果からも平均値に有意差が見られる)、以下では別のグループとして取り扱う。

(1) タイヤの貫入深さと接触数の影響

筆者は、タイヤの路面への貫入深さと接触数からすべり摩擦の大きさを推定することを試み、

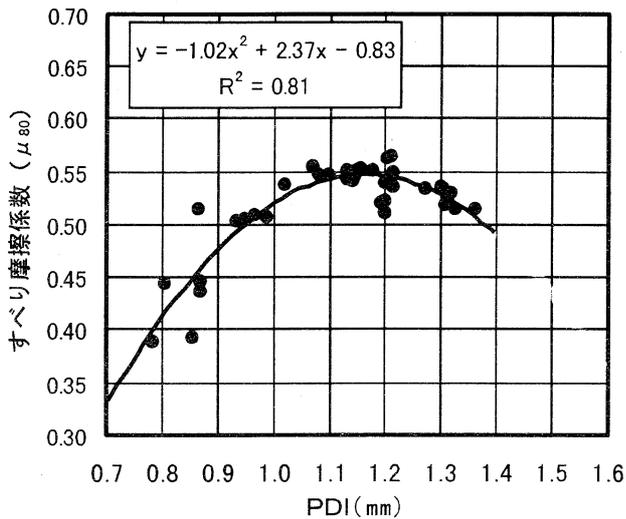


図-4 PDIとすべり摩擦係数の関係

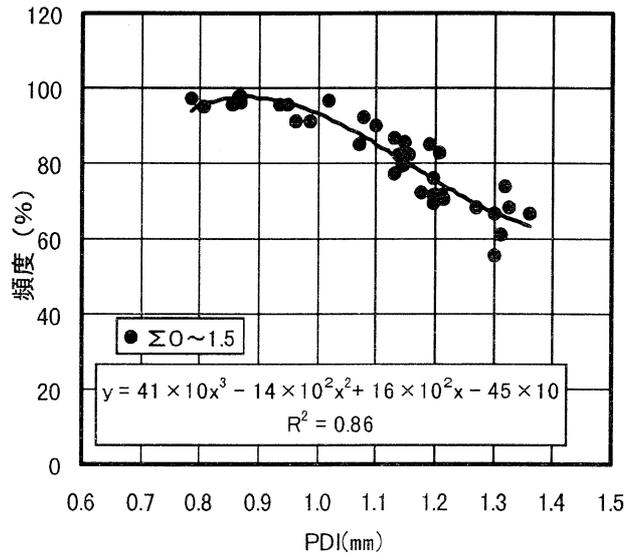


図-6 PDIと頻度の合計値との関係

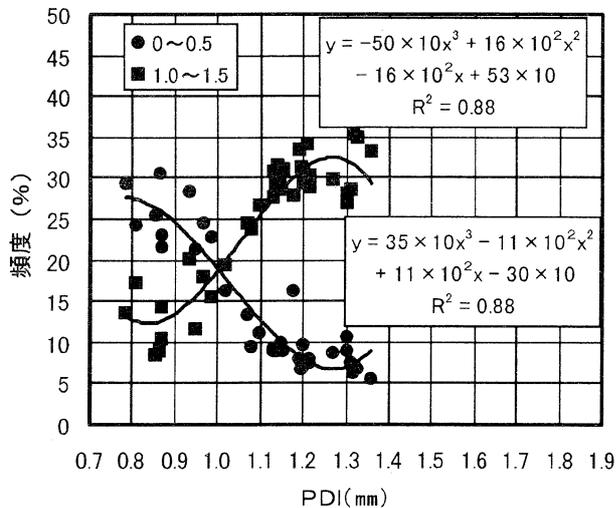


図-5 PDIとある深さでの頻度の関係

PDI (Profile Depth Index) と呼ばれる指数を提案し、PDI とすべり摩擦係数(測定速度 80km/h)の間に良好な相関関係が得られた⁴⁾。

$$PDI = \frac{(a_1 \cdot h_1 + a_2 \cdot h_2 + \dots + a_n \cdot h_n)}{(a_1 + a_2 + \dots + a_n)} \quad (2)$$

PDI : Profile Depth Index

a_i : プロファイルのヒストグラムのうち、基準線から i 番目における頻度(%)

h_i : 基準線からの深さ ($0.5 \cdot i$) (mm)

n : 基準線から対象となる箇所までの 0.5mm 間隔の数

図-4 は、PDI とすべり摩擦係数の関係を示したものであり、良好な関係が得られている。今回の測定結果では、PDI=1.2 付近をピークにして PDI が大き

くなるにつれてすべり摩擦係数は小さくなる傾向を示している。なお、PDI は、すべり摩擦測定と同じ個所で測定された3点のプロファイルから求められたPDIの平均値である。

図-5 は、PDI と 1.0~1.5mm の頻度の関係を示したものである。また、表面付近の状態を見るために 0~0.5mm の頻度を示した。両者とも PDI と良好な関係が見られる。これらの関係より、PDI が大きくなるにつれて 1.0~1.5mm の頻度は大きくなるものの PDI=1.2~1.3 付近で最大となり、すべり摩擦の大きさがやはり PDI=1.2 付近で最大となるのと同様の傾向を示している。

図-6 は、PDI と 0~1.5mm の頻度の合計の関係を示したものであり、PDI と良好な関係が見られる。PDI が 1.0 を超えたあたりから 0~1.5mm の頻度の合計が急に小さくなっており、図-4に見られるすべり摩擦の大きさが PDI=1.0 付近から増加率が小さくなることや減少に転じるのに影響を及ぼしていることが伺われる。

以上より、すべり摩擦に対するタイヤの貫入深さ (1.0~1.5mm の頻度) と接触数 (0~1.5mm の頻度の合計) の定量的な影響を調べるために、図-4~6で得られた PDI、頻度およびすべり摩擦係数の関係式から PDI を基にすべり摩擦係数、1.0~1.5mm の頻度、及び 0~1.5mm の頻度の合計を計算した (表-3)。

ここでは、すべり摩擦係数の大きさの変化 (PDI=1.2 付近で最大) に着目して、すべり摩擦係数の変化量に与える影響を分析する。そのため、(1)式を基にすべり摩擦係数の大きさの変化 ($\Delta \mu_{80}$) に対する 1.0~1.5mm の頻度の変化量 (タイヤの貫入深さの変化: ΔPD) と 0~1.5mm の頻度の合計の変化量 (

表-3 PDIの違いによるすべり摩擦係数と頻度の変化

PDI	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.4
μ_{80}	0.41	0.48	0.52	0.54	0.55	0.53	0.49
$\Delta \mu_{80}$	0.07	0.04	0.02	0.01	-0.02	-0.04	
(1.0~1.5)%	14	15	21	29	35	37	31
ΔPD	1	6	7	6	2	-6	
$\Sigma(0\sim 1.5)\%$	96	98	94	86	76	67	62
ΔCN	2	-4	-8	-10	-9	-5	

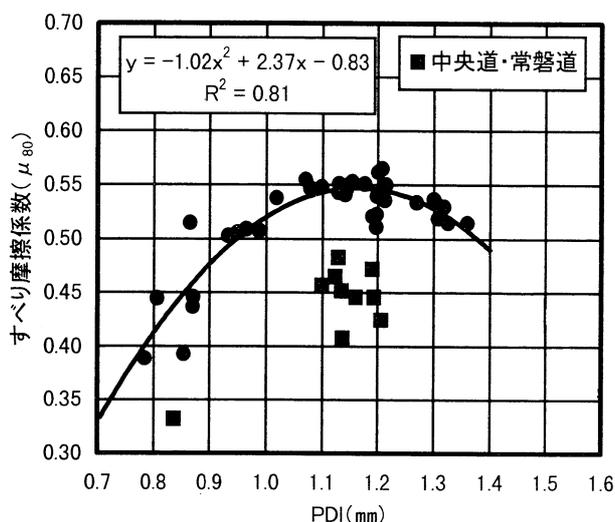


図-7 BPNの大小別のPDIとすべり摩擦係数の関係

接触数の変化： ΔCN ）の関係を(3)式のように表わす。

$$\Delta \mu_{80} = a \times \Delta PD + b \times \Delta CN \quad (3)$$

$\Delta \mu_{80}$: PDI が 0.1 変化する場合のすべり摩擦係数の変化量

ΔPD : PDI が 0.1 変化する場合の 1.0~1.5mm の頻度の変化量 (%)

ΔCN : PDI が 0.1 変化する場合の 0~1.5mm の頻度の合計の変化量 (%)

a, b : 定数

(3)式に表-3の数値をあてはめて回帰分析を行った結果、良好な相関関係が認められ ($R^2=0.93$) , その時の(3)式の係数は、 $a=0.0063$, $b=0.0019$ となった。このことから、今回の測定結果では ΔPD と ΔCN のすべり摩擦に与える影響はほぼ 3 : 1 の比率であり、タイヤの貫入深さの影響が 4 分の 3 程度を占めることを示している。

(2) ミクロテクスチャの影響

図-7は、平均 PDI とすべり摩擦係数の関係を示したものであるが、■印は図-3の中央道と常磐道の

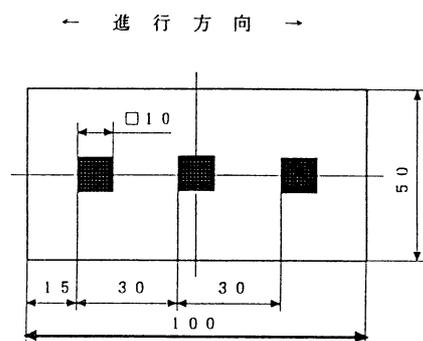
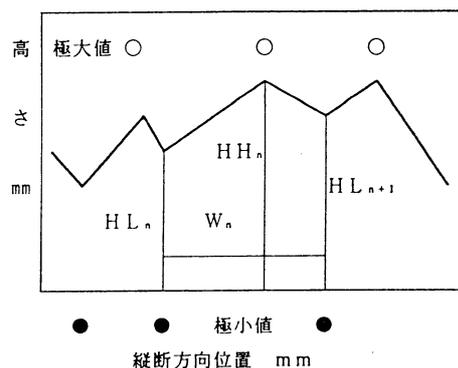


図-8 レプリカサンプル上のテクスチャ測定位置



突起高さ： $H_n = (HH_n - (HL_n + HL_{n+1})) / 2$
突起幅： W_n

図-9 突起高さと突起幅の定義

データである。この関係から PDI がほぼ同じであるにもかかわらず、すべり摩擦係数が小さいことがわかる。中央道と常磐道のデータの 1.0~1.5mm の頻度および 0~1.5mm の頻度の合計を調べたところ、それ以外の路線のデータの値とほぼ同じであることから、タイヤの貫入深さと接触数以外の要因がすべり摩擦の大きさの違いとなって表れているものと推定される。図-3より、中央道と常磐道のデータは BPN の値が他と比べて著しく低いことから、ミクロテクスチャに関する何らかの要因がすべり摩擦に影響を及ぼしていることが考えられる。

そこで、IC チップの微小な傷を検査するための μm 単位で凹凸を測定できるレーザー光線を用いた特殊

表-4 BPNの大きさによるグループ別各指標の算出結果

グループ	μ_{80}	BPN	累計突起高さ(mm)(a)	突起度	突起数 (b)	平均突起高さ (μ m)(a/b)	平均突起巾(μ m)(10000/b)	$\theta (^{\circ})$	斜辺長 (1/cos θ)
BPNの大きなグループ	0.551	76	1.944	31	181	11	55	68	
	0.551	76	2.307	40	193	12	52	65	
	0.536	72	2.395	36	168	14	60	65	
	0.536	72	1.695	30	195	9	51	71	
	0.511	71	1.837	32	188	10	53	69	
	0.511	71	1.646	31	196	8	51	73	
	0.550	74	1.772	30	190	9	53	71	
	0.550	74	1.872	28	167	11	60	70	
	0.530	73	1.505	31	212	7	47	73	
平均値	0.536	73	1.886	32	188	10	54	69	2.84
標準偏差	0.015	1.8	0.278	3.4	13.4	2.0	4.0	2.8	
BPNの小さなグループ	0.472	56	2.183	46	215	10	47	67	
	0.472	56	2.493	43	190	13	53	64	
	0.472	56	2.772	54	205	14	49	60	
	0.425	55	2.092	37	194	11	51	67	
	0.425	55	2.140	40	201	11	50	66	
	0.452	54	2.447	47	202	12	50	64	
	0.483	59	2.500	54	222	11	45	64	
	0.446	60	3.408	67	218	16	46	55	
	平均値	0.456	56	2.504	49	206	12	49	63
標準偏差	0.021	1.9	0.403	9.0	10.7	1.9	2.5	3.8	

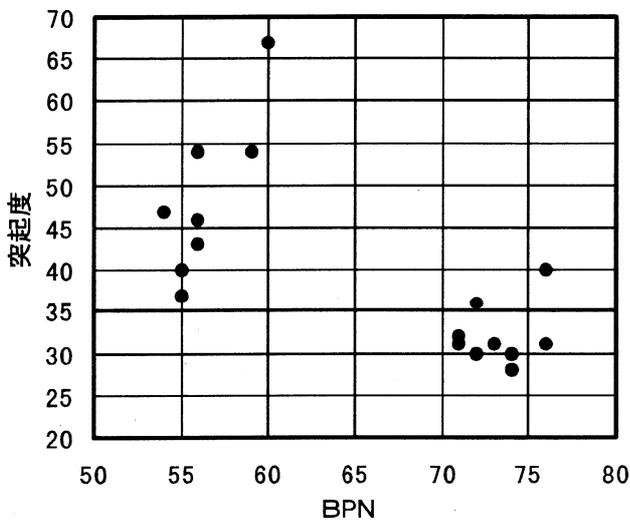


図-10 BPNと突起度の関係

な非接触型測定装置により、マイクロテクスチャの性状を詳細に調べた。はじめに現地の BPN 測定個所において、幅 5cm、長さ 10cm 程度の大きさの舗装表面のテクスチャの状態を樹脂製レプリカ材により写し取り、表面に 1000 オングストローム程度のアルミニウムのコーティング処理を行った。以上のような処理を行ったレプリカ材について、図-8に示すような位置の 10mm×10mm の面積について凹凸を測定した。

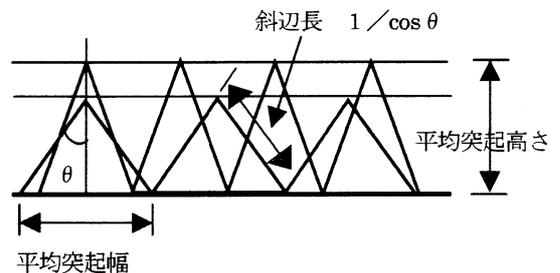


図-11 微少な凸部の平均突起高さおよび平均突起幅の概念図

1 個所につき 1 測線 10mm を 1mm 間隔で 10 測線測定した。データ処理したものについて極大値及び極小値を読み取り、図-9に示すように突起高さおよび突起幅を定義した。また、1 測線当たりの極大値の数の合計を突起数とし、図-9に示すような個々の突起高さを突起幅で割った値を 1 測線分合計したものを突起度と定義した。なお、実際のデータの読み取りには大変時間を要することから、測定した 3 箇所うち 1~2 個のみ読み取りを行った。1 個当たりの読み取ったデータは、10 測線の平均値として表示した。表-4に読み取り結果について整理した内容を示す。表中、BPN の大きいグループとは仙台東部道路のデータであり、BPN の小さいグループとは中央道、常磐道のデータである。それぞれ、8~9 個の測定を行った。

図-10 は、BPN と突起度の関係を示したものであり、BPN の大きいグループ (BPN 大) と小さいグループ (BPN 小) では突起度の大きさが異なる傾向を示している。そこで、図-11 に示すように突起の形状に着目して、平均突起高さ、平均突起幅および両者から得られる角度 θ の関係を調べた。

この結果、BPN 大のグループの θ は BPN 小のグループのものより大きくなる傾向が見られ、これにより計算される斜辺長 (表-4 の $1/\cos \theta$) が長くなることを示している。このことから、微小な突起の斜辺長と突起数がゴムが微小な突起を滑る際の抵抗の差となって表れるものと推定される。

以上より、表-4 の値を用いて突起の斜辺長と数の影響を試算すると、BPN 小と BPN 大の平均斜辺長 ($1/\cos \theta$) の比、2.20 : 2.79 と平均突起数(b)の比、206 : 188 より、斜辺長と突起数の影響は、BPN 小と BPN 大の比で見ると $0.84(=2.2/2.79 \times 206/188)$ である。これは、実際に測定された BPN 小と BPN 大の比である $0.77(=56/73)$ とほぼ同程度の値である。

今回の測定結果では、BPN の大きさが 60 を下回るような小さな場合にはマイクロテクスチャの微小な凹凸の形状と単位長さ当たりの突起数が通常の状態と異なり、すべり摩擦係数の大きさに 15% 程度の影響をおよぼすことがわかった。

(3) テクスチャがすべり摩擦に及ぼす定量的影響

本研究でテクスチャの高速域のすべり摩擦への定量的な影響を分析した結果については、(4)式のようにまとめることができる。

$$SR=SR(PD)+SR(CN) \times Sp(MICT) \quad (4)$$

- SR : すべり摩擦係数 (測定速度 80km/h)
 SR(PD) : マクロテクスチャに関係し、タイヤの貫入深さがすべり摩擦に影響を及ぼす因子
 SR(CN) : ミクロテクスチャに関係し、タイヤと路面の接触数がすべり摩擦に影響を及ぼす因子
 Sp(MICT) : ミクロテクスチャの形状がすべり摩擦に影響を及ぼす因子

(4)式のうち、SR(PD)の項の影響が全体の4分の3程度と非常に大きいことがわかった。タイヤの貫入深さを表わす凹凸の大きさとすべり摩擦の大きさの相関の高いことが確認された。また、ヒストグラム法により、テクスチャのすべり摩擦への影響を定量的に分析できることが確認された。

また、図-4、5において PDI が 1.1~1.3 の範囲はギャップ舗装の領域であるが、必要以上にマクロテクスチャを大きくしてもタイヤの貫入深さへの影響が少なく、すべり摩擦の大きさを最大にする適切なマクロテクスチャの大きさが存在することを示しており、舗装の耐久性を考えた場合¹⁾、重要な示唆である。

(4)式の Sp(MICT)に関しては、高速道路で通常見られる BPN=70 程度 (一般には 60~80 の範囲) では Sp=1 と見なせるが、BPN<60 のように低い場合には、Sp=0.4 程度となる (すべり摩擦係数が 15%程度低くなった)。このため、プロファイルの測定結果から得られるヒストグラムのみではマイクロテクスチャの影響を把握できない場合があり、プロファイルの測定個所と同じ個所での BPN の測定が必要である。

4. まとめ

本研究では、定置式変位計により測定されたプロファイルから求めたヒストグラムや BPN を用いてすべり摩擦係数との関係を分析し、テクスチャがどのように高速域のすべり摩擦に影響を与えるかを調べたものである。分析の結果、以下の内容が明らかとなった。

- (1) ヒストグラムから求めた頻度、PDI、と BPN からテクスチャのすべり摩擦への定量的な影響を把握することが可能である。
- (2) タイヤの貫入深さ (マクロテクスチャと関係) と接触数 (ミクロテクスチャと関係) がすべり摩擦係数の大きさに影響を及ぼすが、タイヤの貫入深さの影響が圧倒的に大きい (全体の4分の3程度を占める)。
- (3) ミクロテクスチャに関しては接触数以外の要因として、微小な凹凸の形状や単位長さ当たりの突起の数量がすべり摩擦に影響を及ぼす場合があり、BPN の大きさがその影響を推定できる。BPN の大きさが高速道路で見られる通常の場合にはその影響を無視できるが、BPN<60 のように低い場合にその影響が現れ、すべり摩擦係数が 15%程度低くなった。

5. おわりに

すべり摩擦は、タイヤと路面の接触時の相互作用により発生するものであり、そのメカニズムは複雑であるといわれている。本研究では、ゴムの性状をすべり摩擦抵抗測定用の標準タイヤに固定して、プロファイルヒストグラム法により分析することにより、テク

スチャがどのようにすべり摩擦に影響を与えるかを調べたものである。その結果、従来、不明確あるいは定性的に述べられていたテクスチャの影響をある程度定量的に把握することができたものと思われる。

今後は、本研究によって明らかとなったテクスチャとすべり摩擦の関係を基に、テクスチャを路面管理の指標のひとつとして利用できるように更に検討を進める予定である。

最後に、本研究は日本道路公団試験研究所が実施した共同研究で測定したプロファイルやマイクロテクスチャなどのデータを利用したものである。共同研究参加の東エン(株)、コマツエンジニアリング(株)、福田道路(株)、ブリヂストン(株)に感謝の意を表す次第である。

参考文献

- 1) 土木学会：舗装機能の評価法，P5，P73，1992.5
- 2) Henry,J,J：舗装路面のテクスチャーとすべり抵抗測定の比較と基準化に関する PIARC 国際共同実験成果の報告，日本道路協会講演会資料（斎藤 和夫訳）P11~12，1996.4
- 3) 市原 薫，小野田 光之：路面のすべり，P12，P32，技術書院，1986.10
- 4) 七五三野 茂：アスファルト舗装のテクスチャーの特性とすべり摩擦への影響について，舗装工学論文集，Vol.1，P143~150，1996.12
- 5) Moore,D.F.：The Friction and Lubrication of Elastomers, Pergamon Press, New York, 1972
- 6) 大原 利一郎：摩擦の理論，日本ゴム協会誌，第68巻，第9号，P587~594，1995
- 7) Clapp,T.G., Eberhardt,A.C., Kelly,C.T.：Development and Validation of a Method for Approximating Road Surface Texture Induced Contact Pressure in Tire Pavement Interaction, Tire Science and Technology, TSTCA, Vol.16, No.1, January-March, P2~17,1988
- 8) Diringer,K.T., Barrors,R.T.: Predicting the Skid Resistance of Bituminous Pavements through Accelerated Laboratory Testing of Aggregates, Surface Characteristics of roadways: International Research and Technologies STP1013, ASTM, P61~76, 1990
- 9) 日本道路公団：日本道路公団試験法，1992.4
- 10) 和達 三樹，十河 清：キーポイント確率・統計，岩波書店，1992.9
- 11) 皆方 忠雄，七五三野 茂，神谷 恵三，竹田 豪文：ギャップアスファルト混合物の疲労特性について，土木学会第51回年次学術講演会講演概要集 第5部，P90~91，1996.9

ANALYSIS ON VOLUMETRIC EFFECT OF SURFACE TEXTURE TO THE SKID RESISTANCE ON EXPRESSWAYS

Shigeru SHIMENO, Kazumasa KAWAMURA

It is said that skid resistance has close relation to the macroµtexture. So far, volumetric effect of surface texture to the skid resistance was not clear. Therefore, we measured profiles by using stationary model of profiler and analyzed volumetric effect to the skid resistance. As a result, both penetration depth of tire which is related to the macrotexture and contact number generated by tire and pavement surface which is related to the microtexture, have influence to the skid resistance and effect by former one occupied three fourth of total skid resistance. The shape property of microtexture also gives influence to the skid resistance in case of very low BPN and the effect can be predicted by magnitude of BPN.