

走行中の自動車に及ぼす横風の影響に関する一考察 (第2報)

— 横風評価曲線に及ぼすパラメタの影響 —

A Study on an Automotive Vehicle in Crosswind, 2nd Report

— Effects of Various parameters on Characteristic Curves. —

小林 敏 雄*・鬼 頭 幸 三**・浜 辺 薫**

蛭 川 雅 彦*・佐 賀 徹 雄*・長谷川 暁**

Toshio KOBAYASHI, Kozo KITOH, Kaoru HAMABE,
Masahiko HIRUKAWA, Tetsuo SAGA and Akira HASEGAWA

1. ま え が き

前報¹⁾では、走行中の舵固定の乗用車が横風を受けたときの挙動について従来用いられている理論的取扱いを空気力学的外力の分布を単純化することによって簡素化し、横変位量などに及ぼす単純化の影響が小さいことを明らかにした。さらに、この単純化した空気力学的外力を用いて同一の評価基準における横風風速と自動車車速との関係を示す横風評価曲線が容易に定まることを示した。

本報ではこの手法を実際に使われている多種類の自動車に適用し、幾つかの評価基準に対する横風評価曲線を算出し、横風遭遇時の自動車の安全走行に対する風速と車速との間の基礎的資料を与えることを目的としている。

2. パラメタの変化範囲

前報で提案した方法を用いて一定の評価基準に対する横風評価曲線をすべての自動車について求めることは歴大な作業を必要とする。したがってここでは横風を受けてもその影響が小さいと思われる大型重量車輛を除外し、乗用車、マイクロバス、小型幌付トラックおよび軽自動車の4車種に限定する。そしてそれぞれの車種に対して自動車諸元や空気力学的特性値などのパラメタ、すなわち、車輛重量、前後軸の重量配分、ヨー慣性モーメント係数、ステアリング系の剛性係数、タイヤのコーナリングパワーおよび車体の空力係数が実用上とり得る領域を調査し、その範囲内でパラメタを変化させて通常の自動車における横風評価曲線の概略の存在領域を例示する。表1に選定した4車種5車輛の概略排気量、車輛重量 W 、前後軸重量配分比、軸距 l および前面投影面積 S を示す。パラメタのうち車輛重量については最小荷重時(運転者1名乗車、*印で示す)と最大積載時の二つのケースを

表1 選定車種とその諸元

記号	車種	概略排気量 (CC)	車輛重量 W (kg)	前後軸重量配分比	軸距 l (m)	前面(鉗)投影面積 S (m ²)
I	乗用車	1800	1360	0.507/0.493	2.5	1.74
I*			1140	0.562/0.438		
II	乗用車	1200	1075	0.502/0.498	2.37	1.67
II*			855	0.563/0.437		
III	軽自動車	540	1095	0.434/0.566	1.84	1.93
III*			690	0.504/0.496		
IV	小型幌付トラック	1600	2425	0.412/0.588	2.29	2.74
IV*			1315	0.571/0.429		
V	マイクロバス	1500	2265	0.433/0.567	2.35	2.74
V*			1305	0.560/0.440		

(鉗) ただし S は次式による。 $S = 0.77BH$ (乗用車),
 $0.85BH$ (乗用車以外)
 B : 全幅, H : 全高

想定し、それぞれの前後軸重量配分比は諸元表²⁾によっている。

図1に各車種のヨー慣性モーメント係数 i 、ステアリング系の剛性係数 κ 、および路面が乾燥した状態での乗用車のコーナリングパワー K_f, K_r の存在領域の例を、図2に乗用車以外の車種の横力係数 C_s の存在領域の例を示す。これらの図中の各値は公表された文献および自動車メーカー、タイヤメーカー、自動車研究所から提供を受けた資料より集積したものである。これらの結果からパラメタ $i, \kappa, K_f, K_r, C_s, C_y$ の概略の存在領域を表2のように設定する(記号は前報を参照)。

評価基準(評価時間 T と評価横変位量 Y の組合せ)としては実験安全車仕様³⁾人間が横風に反応する時間⁴⁾道路の車線幅員と自動車全幅の幾何学的関係などを考慮して表3の5種類を選ぶことにする。また、横風評価曲線に及ぼす各パラメタの影響⁵⁾を考慮して、本報ではパラメタの組合せを次の3ケースに限定する。すなわち表2に示すように、ケースA:各パラメタの標準値の組合せ、ケースB: i, κ, K_f, K_r については存在領域の下限値、 C_s, C_y については上限値の組合せ、ケースC: $i, \kappa,$

* 東京大学生産技術研究所 第2部

** 日本自動車研究所

研究速報

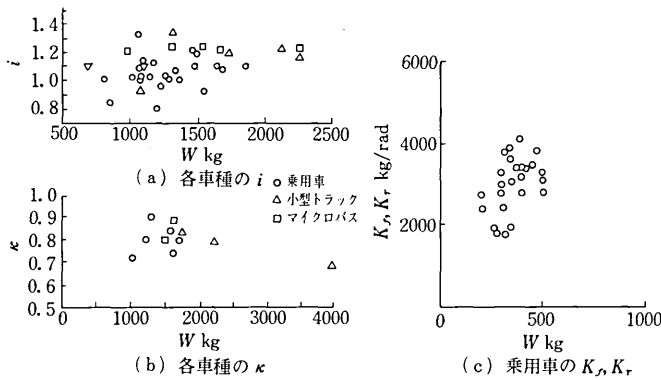


図1 パラメタ i , κ , K_f , K_r の存在領域例

表2 各パラメタの存在領域

パラメタ	車種	存在領域	ケースA (標準)	ケースB	ケースC
i	I~V	0.8~1.3	1.0	0.8	1.3
κ	I, II, IV, V	0.7~0.9	0.8	0.7	0.9
	III	0.8~1.0	0.9	0.8	1.0
K_f, K_r (kg/rad)	I, II	2000~4000	3000	2000	4000
	IV, V	2000~6000	4000	2000	6000
	III	900~1500	1200	900	1500
		80%~160%	100%	160%	80%

(注) 1名乗車の場合も同じ

表3 評価基準

評価基準	評価時間 (T_s)	評価横変位量 (Y_m)
Na 1	0.5	0.2
Na 2	1.0	0.5
Na 3	1.0	0.8
Na 4	2.0	1.0
Na 5	2.0	1.6

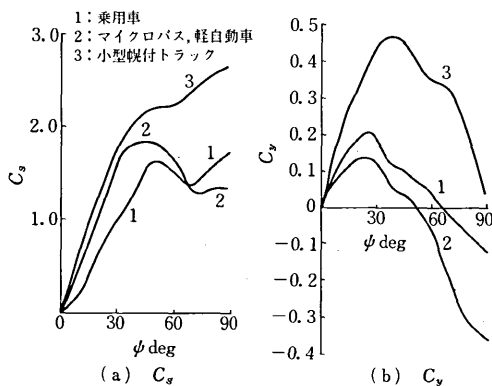


図3 C_s , C_y の標準分布

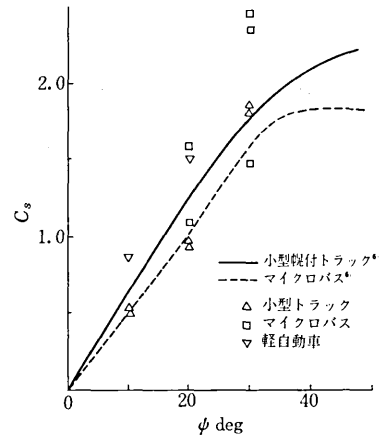


図2 横力係数の存在領域例

K_f , K_r については存在領域の上限値, C_s , C_y については下限値の組合せ. なお, C_s , C_y については同一車種でも車輻間のばらつきが大きく, また広範囲の偏揺角 ψ に対するデータも少ないため, 本報では標準値として図3に示すように模型車での実験値⁶⁾を用いるとともに1800CC級乗用車Iと1200CC級乗用車II, および軽自動車IIIとマイクロバスVの $C_s(\psi)$, $C_y(\psi)$ が同一であると仮定している.

3. 計算結果と考察

本報では, (i) 横風の送風帯は $l_w = 15m$, (ii) ハンドル角は $\alpha = 0^\circ$ に固定, (iii) 前後輪のコーナリングパワー K_f , K_r は等しいという条件の下で計算を行う.

3.1 評価基準と横風評価曲線

図4に車種V, ケースAの各評価基準に対する評価曲線を示す. 横風帯に突入後 T 秒の横変位量が Y_m 以下であるためには風速 U と車速 V との関係が評価曲線より左下にあるべきことを示している. 図より車種V, ケースAにおいては評価基準Na4が横風の影響を最も厳しく評価していることがわかる.

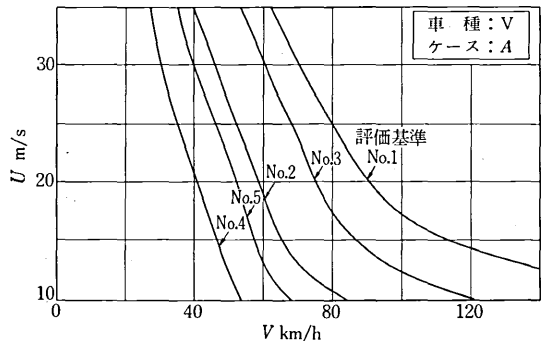


図4 評価基準と横風評価曲線

3.2 車種と横風評価曲線

図5に評価基準No.3, 1名乗車の場合の車種の相違による評価曲線の変化例を示す。それぞれの車種に対して、ケースBとケースCの計算結果が示してあり、その車種の評価曲線がおおむねこの斜線領域に含まれることを示している。また、交通規制例として関門橋のそれを併記してある。図より一定の風速に対し、軽自動車Ⅲ*,マイクロバスV*,乗用車Ⅱ*の順に評価曲線が车速の大きな領域に移り、横風の影響が小さくなることがわかる。また、評価曲線の存在する領域を車種別に分離することが可能であることを示している。

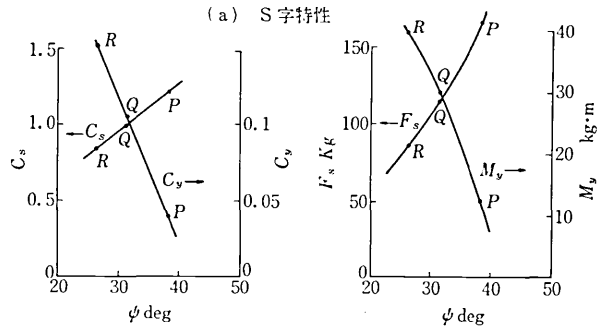
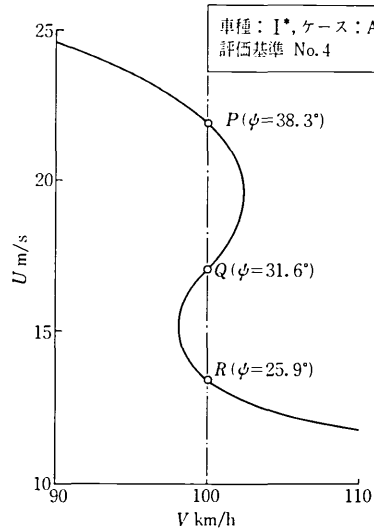
3.3 横風評価曲線のS字特性

図5の乗用車に対する評価曲線に現れているように評価曲線のある部分では一定の车速Vに対して対応する複数の風速Uをもつ。本報の計算範囲ではこの性質は乗用車および小型幌付トラックに現れており、これをS字特性とよぶことにする。典型的な例として車種Ⅰ*,ケースA, 評価基準No.4のS字特性を図6(a)に示す。図において、たとえばV=100 km/h のとき評価基準を満足するUとして21.9, 17.1, 13.5 m/sの3点P, Q, Rが存在する。これらに対応するφはそれぞれφ=38.3°, 31.6°, 25.9°でそのときのCs, Cyおよび横力Fs, ヨーイングモーメントMyは図6(b)のようになる。図よりS字特性は一定の车速で同一の評価基準を満足するFs, Myの組合せが複数個(図では3個)存在するために生じ、したがってCs, Cyの分布の影響を受けることが予想される。図7に図6のP, Q, R点に対応する風速での車輛重心点の軌跡を示す。評価時間T=2sの前後で横風Uの影響の逆転が現れている。図8にS字特性に及ぼすCs, Cyの分布の影響を示す。ここではCsとして同一の分布を、Cyとして2種類の分布②, ③を用いている。S字特性は分布②の場合は現れるが、分布③の場合には現れないことが示されている。このS字特性の存在は、その車輛について车速と風速の両方が増加しても横変位量

は増加せずに減少することがあり得ることを計算上では示しており、走行試験による確認が今後必要であろう。

3.4 横風の風向と横風評価曲線

いままでは横風の方向と自動車の進行方向とのなす角δが直角な場合について考察した。図9に示すようにδ≅π/2の場合は前報でのFs, My, およびφの定義式を



(b) Cs, Cy, Fs, Myの組合せ

図6 評価曲線のS字特性

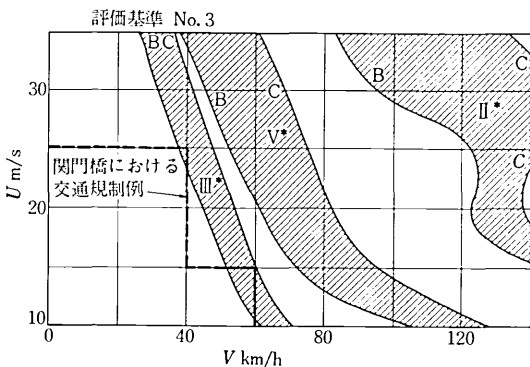


図5 横風評価曲線におよぼす車種の影響

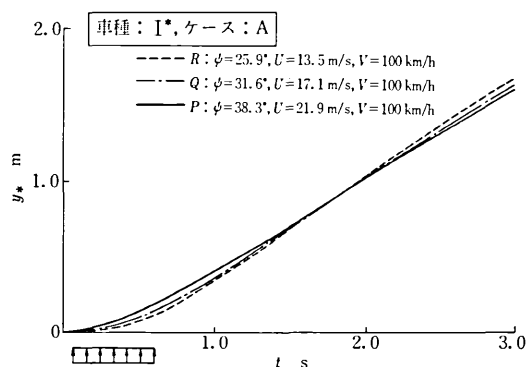


図7 重心の軌跡

研究速報

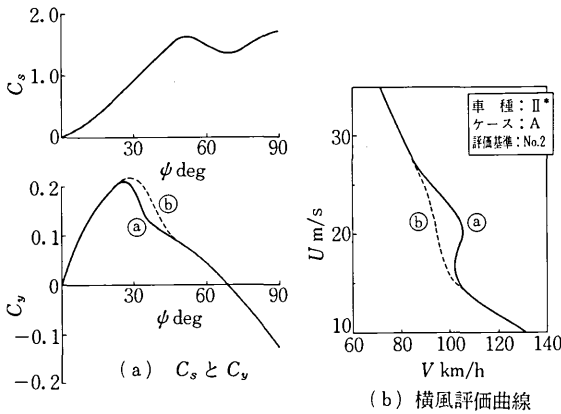


図8 C_y の分布とS字特性

車種: I, ケース: A, 評価基準 No.4

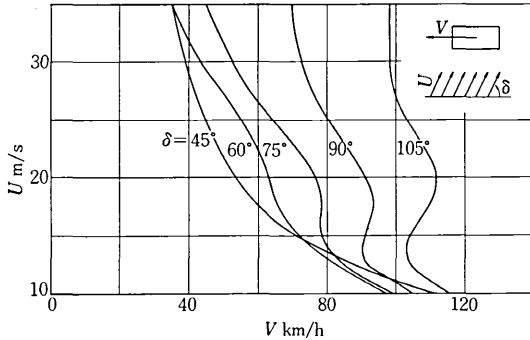


図9 横風風向の影響

$$F_s = (1/2) \rho (U^2 + V^2 + 2UV \cos \delta) S C_s(\psi)$$

$$M_y = (1/2) \rho (U^2 + V^2 + 2UV \cos \delta) S l C_y(\psi)$$

$$\psi = \tan^{-1} \{ U \sin \delta / (V + U \cos \delta) \}$$

と置き換えてやればよい。図には車種 I, ケース A, 評価基準 No.4 の場合の評価曲線に及ぼす δ の影響を示してある。 δ が $\pi/2$ より減少するにしたがって評価曲線は左へ移ることがわかる。すなわち、風速が同じとき、自動車の進行方向斜め前方より横風を受ける場合の方が真横

より受ける場合よりも影響が大きいことを示している。この理由としては次のように考えられる。 δ が $\pi/2$ より減少するにしたがって動圧 $\rho(U^2 + V^2 + 2UV \cos \delta)/2$ は増加する。一方、 ψ の減少に伴い ψ のある値 (乗用車については図3に示されるように $\psi \approx 25^\circ$) 以下で C_s, C_y の値は減少する。 $\pi/2$ に近い範囲では動圧増加の F_s, M_y に対する寄与が空力係数減少の寄与を上まわり F_s, M_y は増加し、 δ の減少に伴い横風の影響は強くなる。 δ がさらに減少すると逆に空力係数減少の寄与が動圧増加の寄与を上まわり、 F_s, M_y は減少し横風の影響は緩和されるものと思われる。

4. ま と め

本報では横風を受けて走行する舵固定の自動車の運動をロールの影響を無視し、空気力学的外乱を単純化した運動方程式を用いて計算し、実際に走行している自動車についての横風評価曲線の概略範囲を示した。また、横風評価曲線に及ぼす風速風向の影響を明らかにするとともに空力係数の偏揺角に対する分布によってS字特性が生じることを示した。本研究に対して討論、助言をいただいた日本自動車研究所巨厚所長、本所石原智男教授、本学大橋秀雄教授、井口雅一教授に謝意を表す。本研究の一部は本州四国連絡橋公団の委託により日本自動車研究所に設置された横風に対する自動車の走行安全性に関する研究委員会で行われたものである。関係各位および資料提供を受けた自動車メーカ、タイヤメーカの各位に感謝する。

(1978年11月20日受理)

参 考 文 献

- 1) 小林他 生産研究, 30-7 (1978), p. 278
- 2) 自動車諸元表, (1977), 自動車技術会
- 3) 日本実験安全車仕様, (1971), 自動車工業会
- 4) E. Fiala, ATZ, 62-3 (1960), p. 71
- 5) 鬼頭他, 自動車技術会, 782 (1978), p. 673.
- 6) R. K. Heffley, SAE Paper 730235, (1973)