

# 航空宇宙技術研究所資料

TECHNICAL MEMORANDUM OF NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

TM-399

滑走路面のすべり評価法に関する研究(第2報)

— 調布空港と東千歳場外着陸場での実験 —

山根 皓三郎 ・ 上田 哲彦 ・ 外崎 得雄

小野 幸一 ・ 竹内 和之

1979年11月

航空宇宙技術研究所  
NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

# 滑走路面のすべり評価法に関する研究(第2報)\*

## — 調布空港と東千歳場外着陸場での実験 —

山根 皓三郎\*\*      上田 哲彦\*\*      外崎 得雄\*\*

小野 幸一\*\*      竹内 和之\*\*

### 1. はじめに

前回の報告<sup>1)</sup>ではDBVの製作について述べ、その走行性能と路面のすべりについての基礎的な実験結果を示した。DBVの機能は充分満足するものであった。実験に際しての路面の状態は天候に依存するため、主な目的とする雪氷路面を得るのは、滑走路の使用許可の問題とも重って容易ではなく、前回は新潟空港で一部、雪氷が薄く路面を覆う状態とスラッシュ状態を得たのにとどまった。今回はその後引き続いて行った調布空港と東千歳場外着陸場での実験結果を報告する(表1参照)。調布空港の実験は梅雨時を狙ったもので、自然降雨による湿潤、半乾燥、および乾燥路面状態についての結果である。東千歳場外着陸場の実験は積雪路面を目的として行われた。当該地は冬期間閉鎖され着陸場として使用されていないが、DBV実験のための専用路を設け、設定期間中に降雪に恵まれて、積雪路面についての結果を得ることができた。この実験で、Tapley Meter, ML-Mu-Meterとの更に詳しい比較資料を得た。

表1 実験日程

実験名	年月日	場所	路面状態	比較計測器
E	53.6.23	調布空港	湿潤	
F	53.7.12	"	半乾燥	
G	53.7.13	"	乾燥	
K1	54.2.7	東千歳場外着陸場	積雪	Tapley Meter ML-Mu-Meter
K2	54.2.8	"	"	"
K3	"	"	"	"
K4	54.2.9	"	"	"
K5	"	"	"	"

### 主な記号

$a_M$  測定されたDBVの減速度  
 $C_D$  DBVの空力抵抗係数(0.43)  
 $c_1, c_0$  (1)式で定義される係数  
 $g$  重力加速度  
 $S$  制動距離(m)  
 $S_A$  DBVの代表面積(1.9 m<sup>2</sup>)  
 $V$  車速  
 $V_W$  風速の進行方向成分(追い風を正とする)  
 $V_0$  制動開始速度(km/h)  
 $W$  車体重量  
 $\mu_1$  平均摩擦係数( $\mu_1 = V_0^2 / (127 S)$ )  
 $\mu_f$  すべり摩擦係数(自由走行時の抵抗成分を用いて修正した値)  
 $\mu_R$  路面摩擦と空力抵抗以外の抵抗についての係数  
 $\rho$  大気密度  
 DBV 対角制動車(Diagonal Braked Vehicle)  
 SDR 制動距離比(Stopping Distance Ratio, 制動距離が乾燥路面での制動距離の何倍であるかという指標)

### 2. 調布空港での実験

調布空港で行った実験E, F, Gの内容と気象状況をそれぞれ表2と表3に示す。空港使用の制限により、いずれも20時から23時までの夜間実験である。

### 3. 東千歳場外着陸場での実験

東千歳場外着陸場で行った実験K1からK5までの内容と気象状況をそれぞれ表4と表5に示す。

### 4. 実験結果とその検討

#### 4.1 自由走行試験

DBV実験の制動時の減速度から路面のすべり摩擦係数を求める場合に、制動を掛けない自由走行試験(ドラッグ・テスト)の減速度を基にして摩擦以外の抵抗成分を

\* 昭和54年10月5日受付

\*\* 機体第1部

表2 調布空港での実験内容

実験番号	試験の種類 (注1)	路面状態	路面 (注2)	制動距離 (m)	制動開始速度 (km/h)	すべり率が80%に到達した時の速度 (km/h)		DBVの最大減速度(g)		μ <sub>1</sub>	修正係数		すべり摩擦係数		SDR	備考
						右前輪	左後輪	Tapley Meter (注3)	前後加減速度計		c <sub>1</sub>	c <sub>0</sub>	制動開始時の最大値	停止直前の最大値		
E-2	DRG	湿潤	17								5.76×10 <sup>-4</sup>	.016				実験Eでは距離マーキングバルスは記録していない。
E-3	"	"	35								"	"				
E-4	DBV	"	17	16.8	41.1	38.9	38.4	.44	.49	.79	"	"	.95	.87		
E-5	"	"	"	59.1	69.3	70.0	65.2	.50	.51	.64	"	"	.61	1.01		
E-6	"	"	"	153.2	99.5	97.4	97.4	.46	.46	.51	"	"	.65	.90	1.8	
E-7	"	"	35	16.3	40.5	38.5	36.6	.47	.49	.79	"	"	.94	.91		
E-8	"	"	"	63.2	71.5	69.2	68.2	.42	.43	.64	"	"	.76	.84		
E-9	"	"	"	150.0	99.0	95.8	7.6	.40	.41	.51	"	"	.74	.81	1.8	左後輪がロックしなかった。
E-10	"	"	17	14.7	39.7	39.1	30.5	.45	.45	.84	"	"	.82	.89		左後輪のロックが遅れた。
E-11	"	"	"	59.6	70.4	65.6	59.5	.44	.46	.65	"	"	.88	.88		"
E-12	"	"	"	130.5	96.0	93.1	92.9	.49	.48	.56	"	"	.60	.94	1.7	
E-15	"	"	35	130.9	91.6	90.3	88.4	.43	.44	.50	"	"	.60	.87	1.9	
F-2	DRG	半乾燥	17								3.06×10 <sup>-4</sup>	.014				
F-3	"	"	35								"	"				
F-4	DBV	"	17	14.3	41.4	40.8	39.4	.52	.50	.94	"	"	.97	.90		
F-5	"	"	"	45.5	71.7	71.2	68.3	.55	.53	.89	"	"	1.03	.98		
F-6	"	"	"	94.9	100.8	97.1	94.9	.50	.52	.84	"	"	.87	.93	1.1	
F-7	"	"	35	15.5	43.5	40.8	38.9	.51	.52	.96	"	"	1.02	.94		
F-8	"	"	"	45.3	72.2	69.6	67.2	.52	.49	.91	"	"	.95	.91		
F-9	"	"	"	97.2	100.5	98.6	94.9	.52	.51	.82	"	"	.98	.92	1.1	
F-10	"	"	17	14.4	41.6	38.6	35.4	.51	.52	.95	"	"	1.01	1.00		
F-11	"	"	"	43.8	72.3	70.2	67.2	.54	.52	.94	"	"	.98	.98		
F-12	"	"	"	90.6	103.2	101.0	91.3	.51	.54	.93	"	"	1.00	.95	1.0	
F-13	"	"	35	16.4	45.3	42.5	40.7	.50	.52	.99	"	"	1.01	.94		
F-14	"	"	"	45.5	73.5	69.8	66.2	.57	.53	.93	"	"	1.03	.93		
F-15	"	"	"	103.9	101.7	98.2	93.6	.54	.51	.78	"	"	.98	.97	1.2	
F-16	DRG	"	17								"	"				
F-17	"	"	35								"	"				
G-2	DRG	乾燥	17								3.24×10 <sup>-4</sup>	.012				
G-3	"	"	35								"	"				
G-4	DBV	"	17	93.3	103.7	99.8	6.7	.55	.57	.91	"	"	1.07	.95	1.0	左後輪がロックしなかった。
G-5	"	"	"	89.8	103.9	100.0	7.9	.48	.59	.95	"	"	1.11	.95	1.0	"
G-6	"	"	"	89.9	100.6	96.5	7.5	.57	.57	.89	"	"	1.08	.98	1.0	"
G-7	"	"	35	88.4	101.6	98.6	6.8	.58	.54	.92	"	"	1.03	.94	1.0	"
G-9	"	"	17	82.2	98.5	92.5	7.7	.56	.52	.93	"	"	.98	.94	1.0	"

注1) DBV: 対角制動試験, DRG: 自由走行試験 注2) 調布空港滑走路番号 注3) DBVに取付けたTapley Meter

表3 調布空港の気象状況

実験名	天候	気温 (°C)	湿度	気圧 (atm)	風向	風速 (m/s)	降雨量 (mm)
E	小雨	20	0.94	1.000	-	0	1.0
F	小雨 のち曇り	25	0.89	1.005	165	5.0	-
G	曇り	25	0.84	1.006	205	1.5	-

考慮し、修正する方法をとる<sup>1)</sup>。そのため、各実験毎に自由走行試験を行った。結果を図1-(1)~(3)に示す。実験K1とK2(図1-(9), 図1-(10))の路面は非常に荒れており、特にK1は直径20~30cmの雪の塊が散在する状態であった。このため、抵抗が大きくまたバラツキも大きい。前報<sup>1)</sup>においては、空力抵抗を除いた自由走行時の抵抗は速度に依存しないものとして摩擦以外の抵抗の評価を行ったが(文献(1)の(7)式)、今回の積雪路面での結果をみると速度に比例する成分を考慮しなければならないことが判った。原因として雪の変位抵抗や路面が粗いことによるDBVの懸架系でのエネルギーの吸収が考えられる。このため

$$\mu_R = c_1 V + c_0 \quad (1)$$

として自由走行試験結果から $c_1$ と $c_0$ を定めた。したがって自由走行時の減速度は次式となる。

$$\frac{a_M}{g} = \frac{1}{2} \frac{\rho}{W} (V - V_W) |V - V_W| S_A C_D + c_1 V + c_0 \quad (2)$$

実際に定めた $c_1$ と $c_0$ を使って(2)式を計算した結果を図1に計算値として記入した。また、用いた値は表2と表4の修正係数欄に示した。

## 4.2 調布空港

調布空港での実験E, F, Gの速度に対するDBVのすべり摩擦係数の変化を図2-(1)~(3)に示す。図2-(1)は湿潤路面について行った実験Eの結果である。実験中の降雨量は1.0mmで、路面が比較的粗い舗装であるため、極端なすべり摩擦係数の低下は顕われていない。しかし、速度の増加とともにすべり摩擦係数が減少する湿潤路面特有の結果<sup>1)</sup>を示している。参考としてICAO耐空性技術マニュアル<sup>2)</sup>で規定されている基準湿潤路面の摩擦係数を図中に点線で記入した。図2-(2)は半乾燥路面についての実験Fの結果である。速度に対してのすべり摩擦係数の変化は殆んど、乾燥路面のものに近い。ただし、局所的な水溜りによるすべり摩擦係数の低下がみられる。実験Gは乾燥路面について行ったが、すべての場合に左後輪が完全にはロックしなかった。参考までに

結果を図2-(3)に示す。結果は乾燥路面の典型を示しており、値も前報<sup>1)</sup>で示した乾燥路面についての $\mu_1$ (平均すべり摩擦係数)を裏付けている。以上の実験のうち、目標制動速度100km/hのものについて、前報で求めた乾燥路面の標準停止距離を使ってSDRを求めた結果を図3に示す。

## 4.3 東千歳場外着陸場

積雪路面について行った東千歳場外着陸場での実験K1からK5までの、DBVによるすべり摩擦係数の速度に対する変化を図4-(1)~(5)に示す。実験K3はスノータイヤを用いた。他はASTM規格<sup>3)</sup>の計測用タイヤ(トレッドのないボールド・タイヤ)である。これらの結果は、前回に新潟空港で雪氷が薄く路面を覆った状態について得た結果と同様の傾向を示している。すなわち、積雪路面では、すべり摩擦係数の速度依存性は少ないが低速域でやや減少している。これらの実験のそれぞれの平均値を新潟空港での実験CおよびCAとともに図5に示す。路面の条件の違いにより値に若干の幅があるものの、いずれも同じ様な速度依存性がある。図5ではスノー・タイヤを用いた実験K3の結果は除いてある。実験K3の場合も、図4-(3)に見られるように、すべり摩擦係数は低速域でやや減少している。しかしスノー・タイヤのすべり摩擦係数の値は、ASTM規格のタイヤを使用した場合の2~3倍を示している。実験K1からK5までのDBVの減速度履歴を図6に示す。縦軸は重力加速単位で表わした減速度、横軸は時間で、記録上に記した数値はその時点の速度(単位はkm/h)である。路面摩擦以外の抵抗による修正成分を無視すると、対角制動試験の場合は減速度の2倍が摩擦係数に対応する。また、摩擦以外の抵抗は、自由走行試験の結果から明らかな様に速度の増加とともに増大するため、これらの減速度履歴においては摩擦係数の速度依存性(図4)より更に、高速域の減速度の増加が強調されることになる。ここで実験K4とK5(同一日の実験)の停止直前の減速度に注目してみると、実験K4では停止時の減速度にピークがみ

表 4 東千歳場外着陸場での実験内容

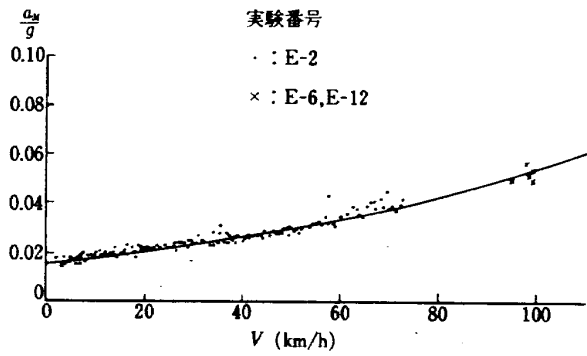
実験番号	試験の種類 (注1)	路面状態	路面 (注2)	制動距離 (m)	制動開始 速度 (km/h) (注3)	すべり率が80%に 到達した時の速度 (km/h)		DBVの最大減速度(g)		修正係数		すべり摩擦係数		備考
						右前輪 (注4)	左後輪 (注4)	Tapley Meter (注5)	前後加 速度計 (注6)	$\mu_1$	$c_1$	$c_0$	制動開 始時の 最大値	
K 1-1	DRG	積雪	36							$4.61 \times 10^{-3}$	.025			
K 1-3	DBV	"	"	105.2	62.0	62.0	62.0	.30	.23	"	"	.36	.20	3.3
K 1-4	"	"	"	133.0	72.8	72.5	72.7	.27	.23	"	"	.39	.26	トランスミッションがニュートラルでない
K 2-1	DRG	積雪	36							$1.80 \times 10^{-3}$	.025			
K 2-2	DBV	"	"	116.2	66.4	66.5	66.4	.21	.19	"	"	.31	.21	3.2
K 2-3	"	"	"	107.1	63.3	61.6	61.8	.22	.19	"	"	.32	.20	3.2
K 2-4	"	"	"	111.0	61.8	62.2	61.6	.24	.22	"	"	.38	.25	3.5
K 2-5	"	"	"	131.3	71.8	72.2	72.1	.20	.21	"	"	.34	.23	3.1
K 2-6	"	"	"	118.8	68.2	67.9	67.7	.24	.21	"	"	.34	.36	3.1
K 2-7	"	"	"	116.2	63.1	63.6	63.4	.15	.17	"	"	.27	.25	3.5
K 2-8	"	"	"	118.5	61.6	61.3	61.2	.19	.17	"	"	.25	.30	3.8
K 2-9	DRG	"	"							"	"			
K 3-1	DRG	積雪	36							$1.13 \times 10^{-3}$	.025			実験K 3はスノー・タイヤを使用 している。
K 3-2	DBV	"	"	62.5	70.4	70.5	70.5	.34	.36	"	"	.66	.59	1.5
K 3-3	"	"	"	71.3	75.8	76.0	76.0	.34	.36	"	"	.66	.54	1.5
K 3-4-1	DRL	"	"		19.9	19.8	19.7	.26	.28	"	"			
K 3-4-2	"	"	"		18.7*	18.4	18.3	.29	.29	"	"			
K 3-4-3	"	"	"		18.7*	18.6	18.5	.28	.30	"	"			
K 3-5	DBV	"	"	21.7	38.8	38.8	38.8	.34	.31	"	"	.58	.51	
K 3-6-1	4RL	"	"		20.0	19.6	19.5*	.46	.46	"	"			
K 3-6-2	"	"	"		18.9*	18.7	18.6*	.48	.52	"	"			
K 3-6-3	"	"	"		17.8*	17.4	17.6*	.52	.54	"	"			
K 3-7	4BV	"	"	10.7	38.7	39.1	39.2*	.63	.57	"	"	.56	.53	
K 3-8	DBV	"	"	74.9	75.9	75.3	74.7	.35	.36	"	"	.66	.55	1.6

(つづく)

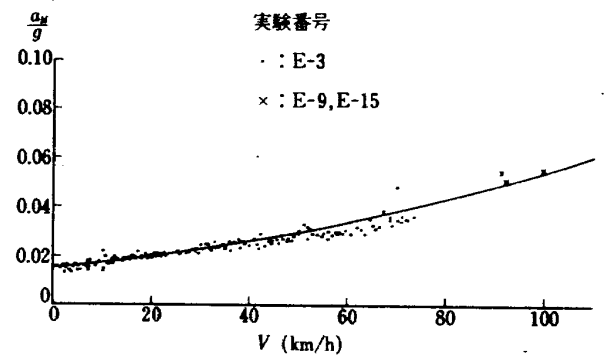
表4 東千歳場外着陸場での実験内容(つづき)

実験番号	試験の種類 (注1)	路面状態 (注2)	路面 (注2)	制動距離 (m)	制動開始 速度 (km/h) (注3)	すべり率が80%に 到達した時の速度 (km/h)		DBVの最大減速度(g)		修正係数		すべり摩擦係数		SDR	備考
						右前輪 (注4)	左後輪 (注4)	Tapley Meter (注5)	前後加 速度計 (注6)	c <sub>1</sub>	c <sub>0</sub>	制動開始 時の 最大値	停止直 前の 最大値		
K 4-1	DRG	積雪	36							1.29×10 <sup>-3</sup>	.025				
K 4-2	DBV	"	"	145.6	67.6	67.8	67.3	.15	.15	"	"	.24	.22	3.9	
K 4-3	"	"	"	152.0	66.6	66.6	65.7	.15	.14	"	"	.22	.26	4.2	
K 4-4	"	"	"	157.7	68.2	68.5	67.0	.15	.16	"	"	.23	.29	4.1	
K 4-5	"	"	"	139.8	62.4	62.9	62.3	.12	.13	"	"	.21	.22	4.4	
K 4-6	"	"	"	144.4	66.7	66.4	65.8	.12	.19D	"	"	.29	.18	3.9	前後加速度計の記録不良。
K 4-7	4BV	"	"	30.8	41.0	41.0	40.7*	.23	.24	"	"	.23	.20		
K 4-8	DBV	"	"	154.6	65.9	65.3	64.2	.16	.13	"	"	.21	.19	4.3	
K 4-9	"	"	"	182.6	74.6	75.4	76.2	.18	.16	"	"	.25	.18	4.0	
K 4-10	"	"	"	177.4	71.2	71.1	70.8	.14	.15	"	"	.23	.19	4.2	
K 4-11	"	"	"	193.1	75.9	75.1	75.1	.16	.14	"	"	.21	.18	4.1	
K 4-12	DRG	"	"							"	"				
K 5-1	DBV	積雪	36	152.8	65.5	65.5	65.4	.13	.13	8.75×10 <sup>-4</sup>	.025	.21	.16	4.3	
K 5-2	"	"	"	185.9	72.4	72.5	72.2	.17	.14	"	"	.23	.13	4.3	
K 5-3	DRG	"	"							"	"				

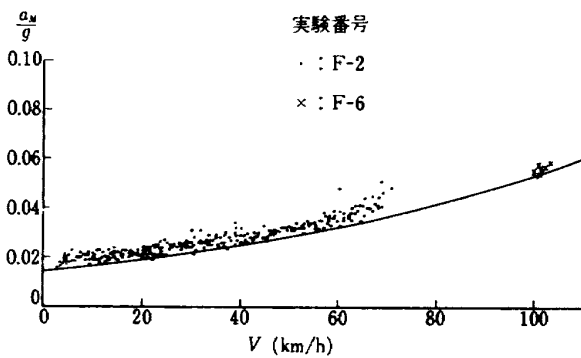
- (注1) DBV : 対角制動試験  
 DRG : 対角制動試験 (約10 km/h 以後制動解除)  
 4BV : 4輪制動試験  
 4RL : 4輪制動試験 (約10 km/h 以後制動解除)  
 DRG : 自由走行試験
- (注2) 東千歳場外着陸場
- (注3) 制動距離および制動開始速度にはデジタル計測値を用いたが、第5輪アログ速度から求めた場合は\*印を付した。
- (注4) すべり率の計算における車速には右後輪回転数を用いたが、第5輪アログ速度を用いた場合は\*印を付した。
- (注5) DBVに取付けたTapley Meter
- (注6) D印のあるものは減速度およびすべり摩擦係数を速度微分から求めた。



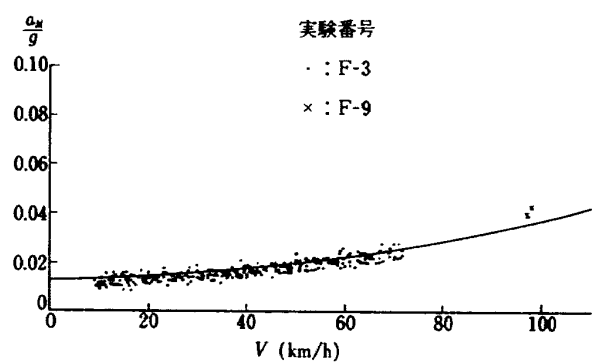
(1) 実験 E ( R/W 17 )



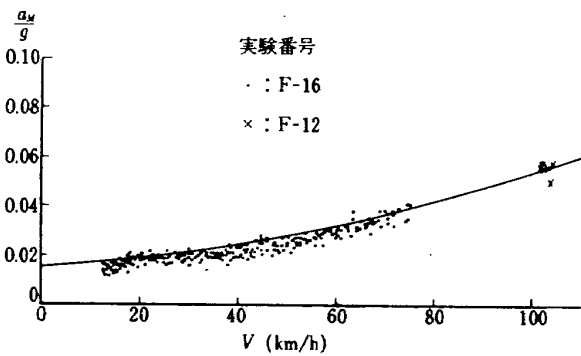
(2) 実験 E ( R/W 35 )



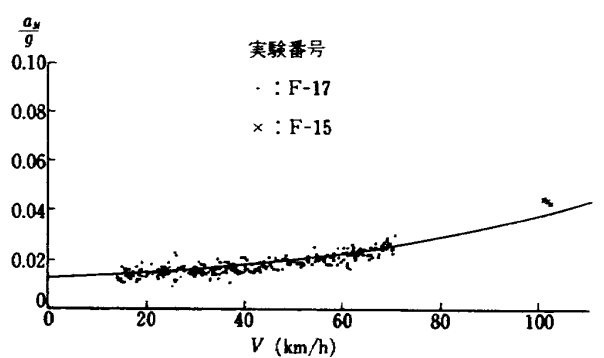
(3) 実験 F ( R/W 17 )



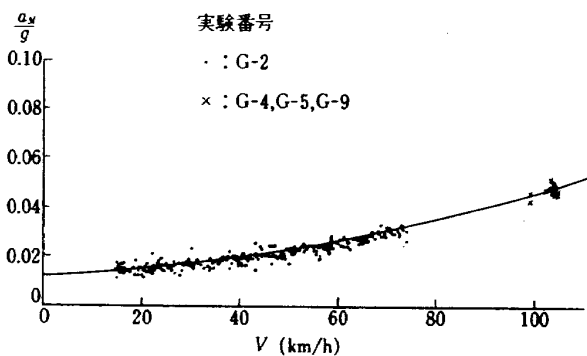
(4) 実験 F ( R/W 35 )



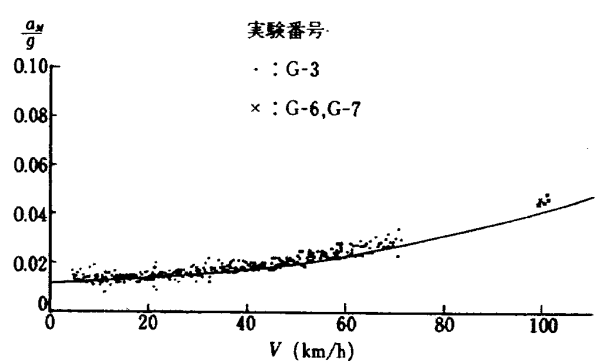
(5) 実験 F ( R/W 17 )



(6) 実験 F ( R/W 35 )



(7) 実験 G ( R/W 17 )



(8) 実験 G ( R/W 35 )

図 1 自由走行試験結果 (実線は(2)式による計算値)

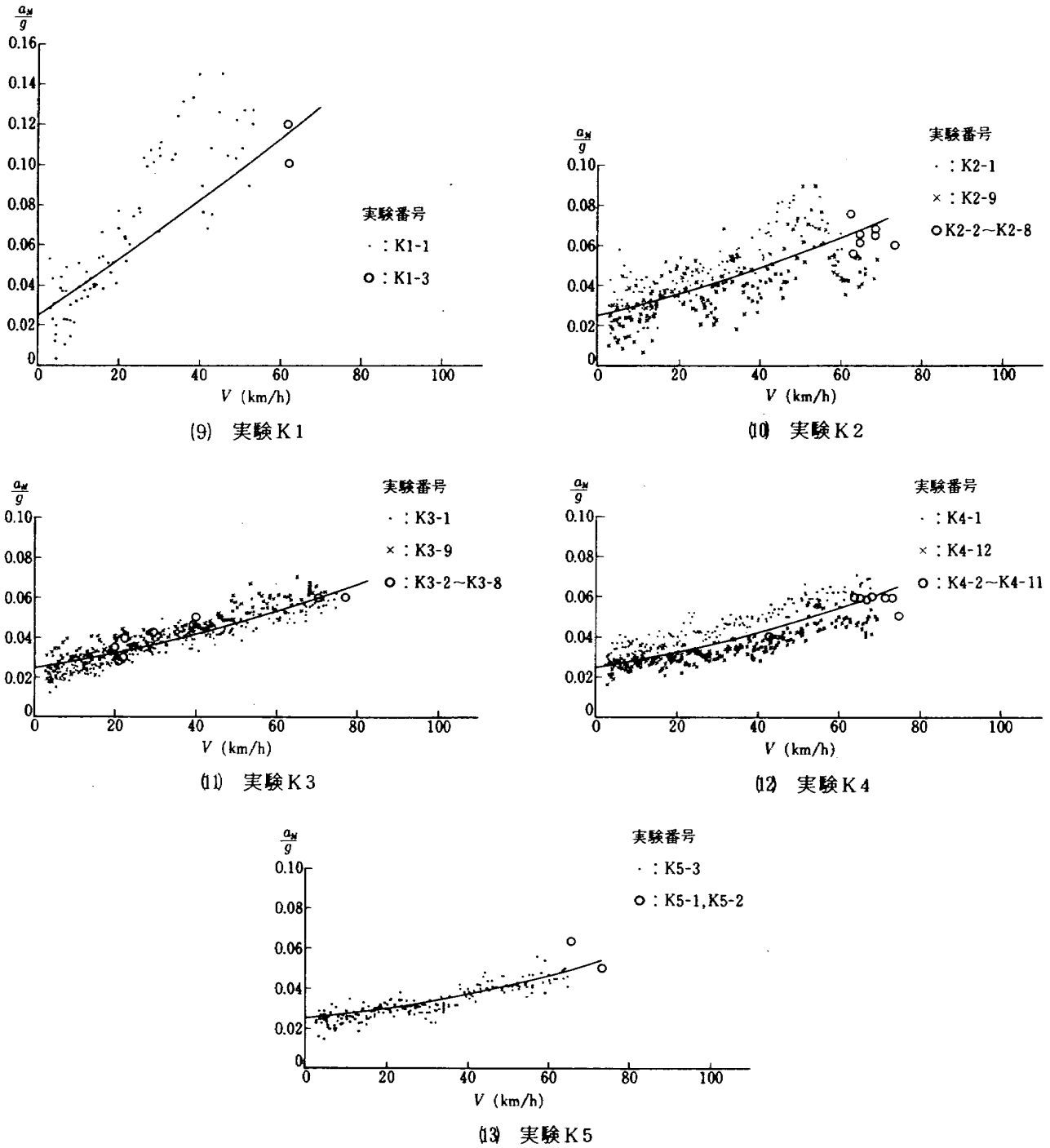


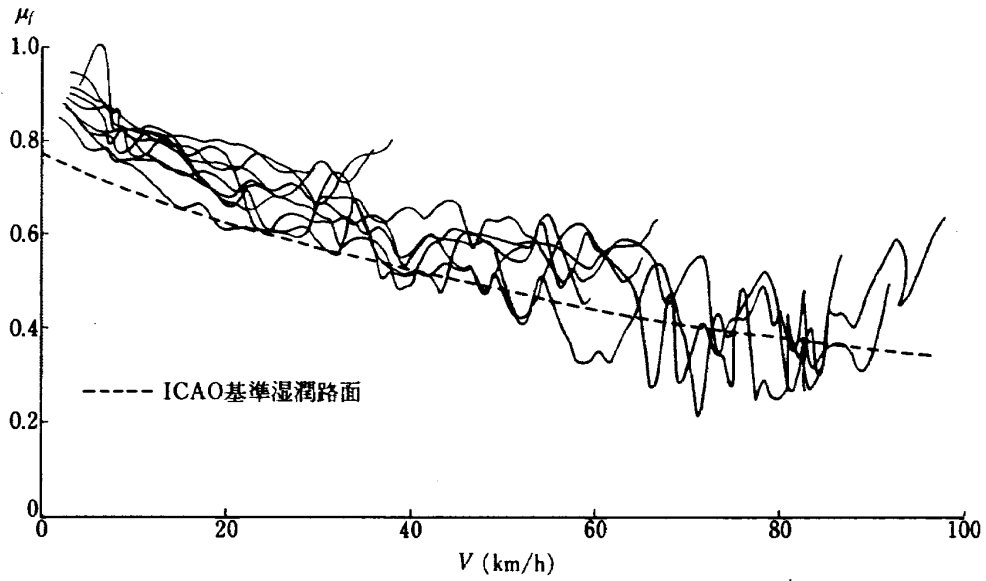
図1 (続き)

表5 東千歳場外着陸場の気象状況

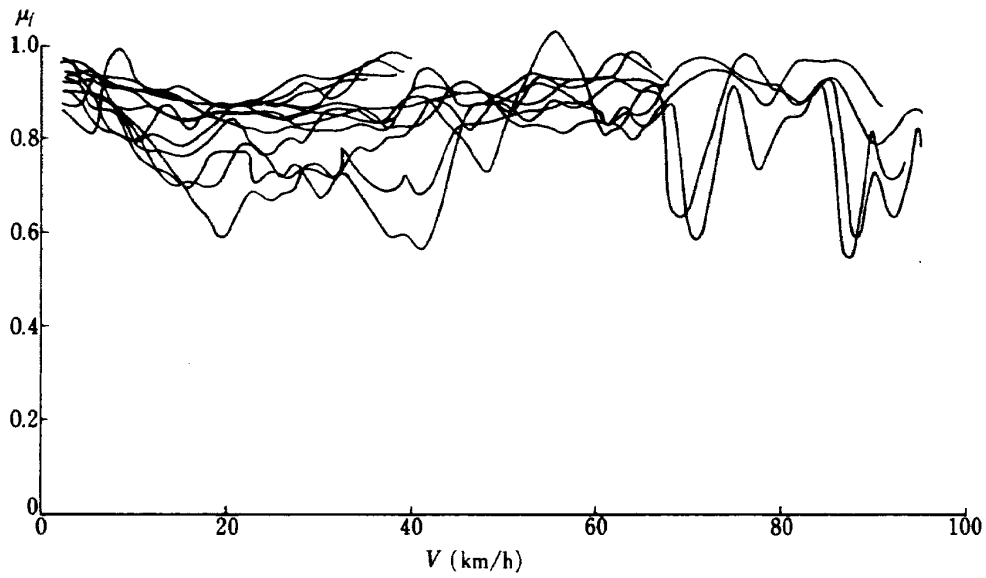
実験名	天候	気温 (°C)	湿度	気圧 (atm)	風向	風速 (m/s)	雪温 (°C)	雪比重*	新雪 (cm)
K1	晴れ	-1	0.47	0.999	310	3.0	-2	0.34	-
K2	晴れ	-3	0.63	1.003	-	0	-8	0.31	-
K3	曇り	-4	0.68	1.003	-	0	-4	0.21	-
K4	晴れ	-12	1.00	1.013	150	1.5	-11	0.08	2.6
K5	晴れ	-4	0.58	1.012	150	2.5	-7	0.10	-

\*路面上の雪の比重

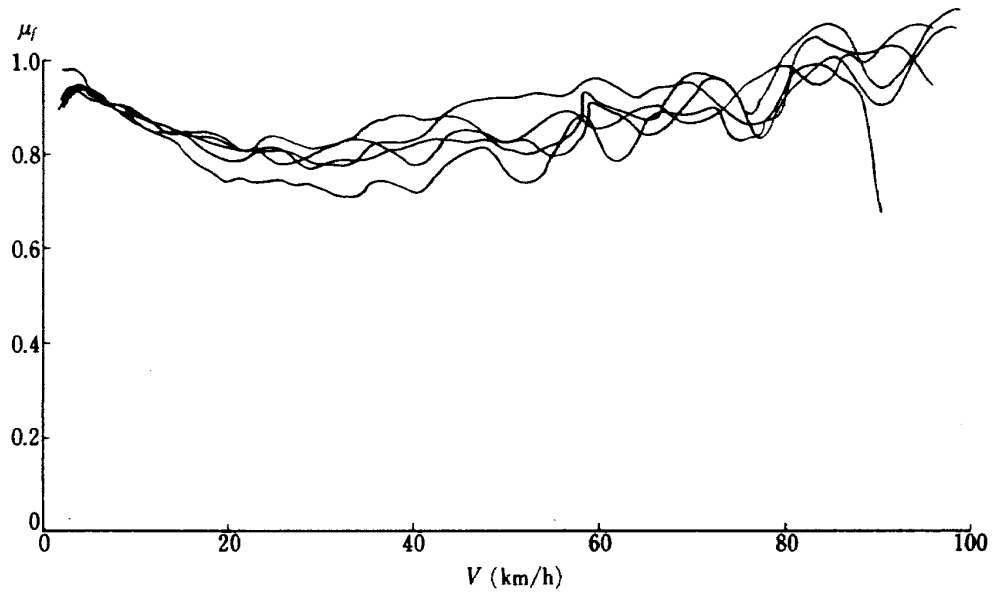




(1) 実験E (湿潤路面)



(2) 実験F (半乾燥路面)



(3) 実験G (乾燥路面, 実験Gでは総て左後輪がロックしなかった)

図2 速度に対するすべり摩擦係数の変化

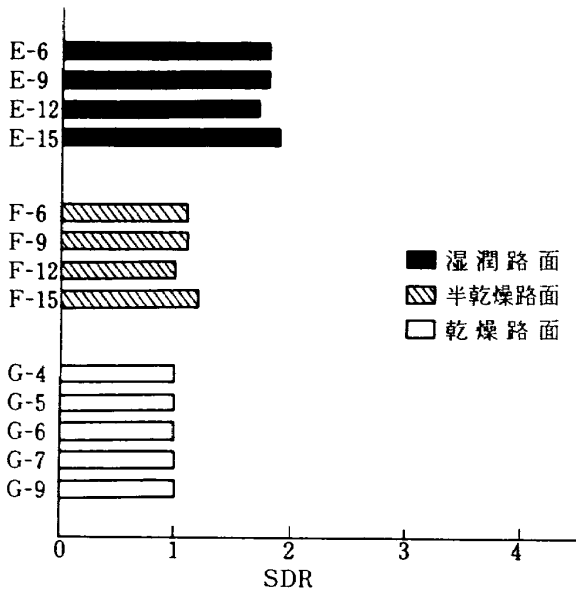
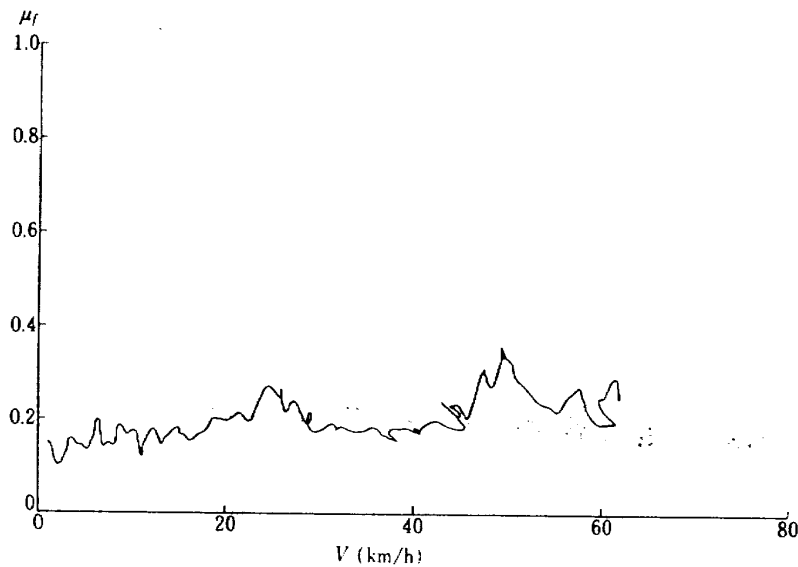
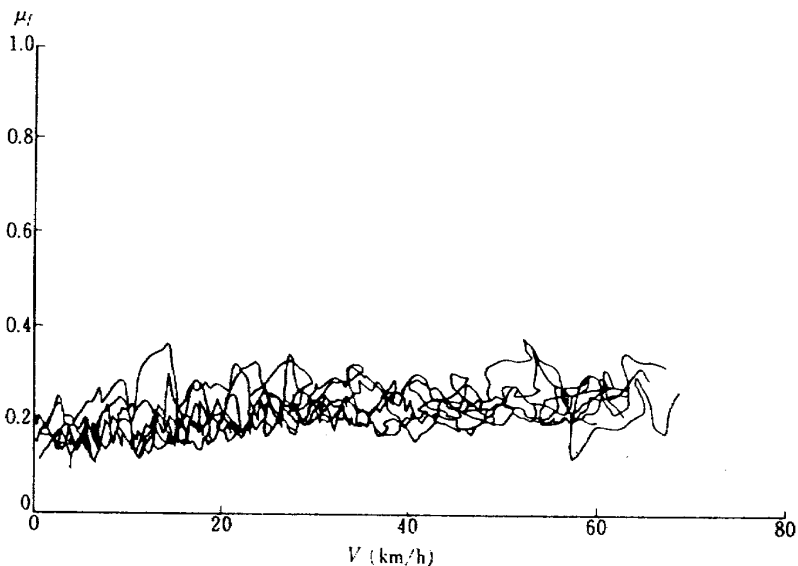


図3 調布空港のSDR

られる一方実験K5,特にK5-2では全く減速度の増加なしに停止に至っている。両者の違いは減速度の値としては僅かなものであるが、実際に制動を行う人間の感覚では、低い減速度のまま停止する場合には、「まだ止まっていない」、「まだすべる」といった非常にすべるといふ感じになる。このK5-2の停止点のタイヤ位置において、雪が融けた跡がみられた(図7)。停止時間は約1分である。実験K5では日照があり急温も上昇していたが氷点下(-4℃)であった。図7の写真で濡れたようにみえるところは、撮影の時点で表面は完全に凍った状態にあった。定量的な評価はできないが、この状況を生じる条件が停止直前の減速度の増加をなくすることに寄与しているものと推察される。この現象は航空機のタクシー中での問題となると考えられる。

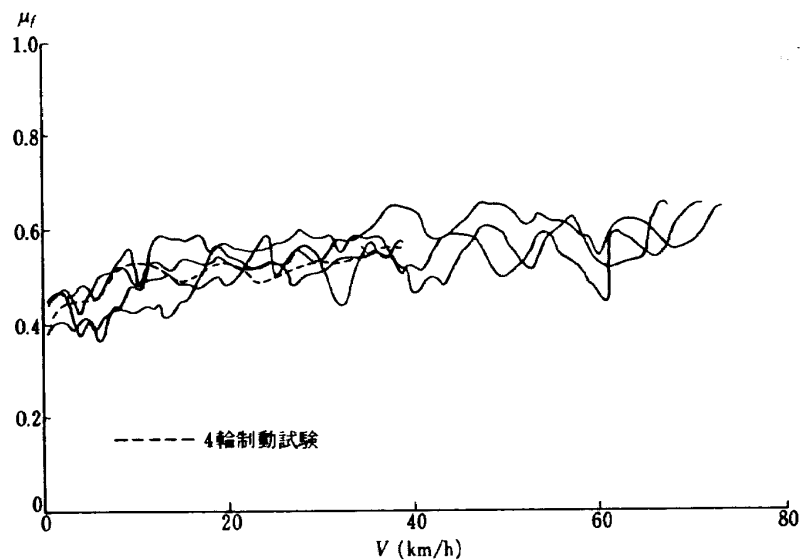


(1) 実験K1

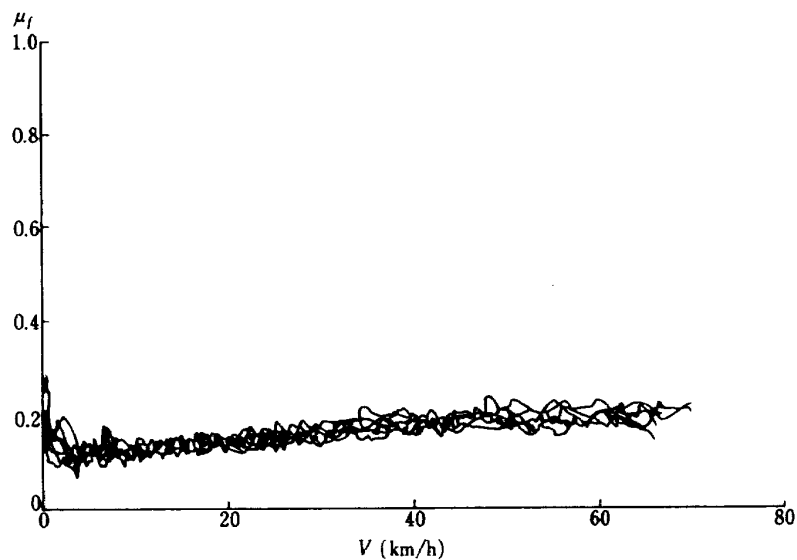


(2) 実験K2

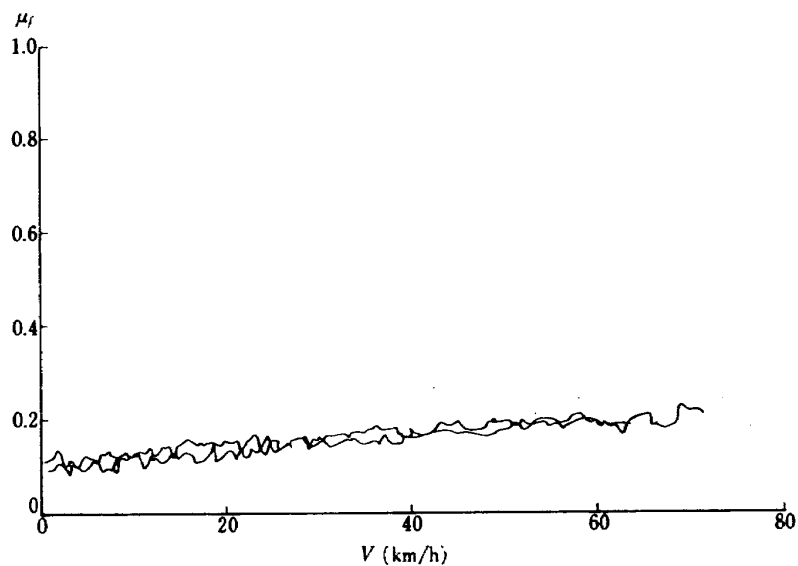
図4 速度に対するすべり摩擦係数の変化



(3) 実験K3 (スノータイヤ)



(4) 実験K4



(5) 実験K5

図4 (続き)

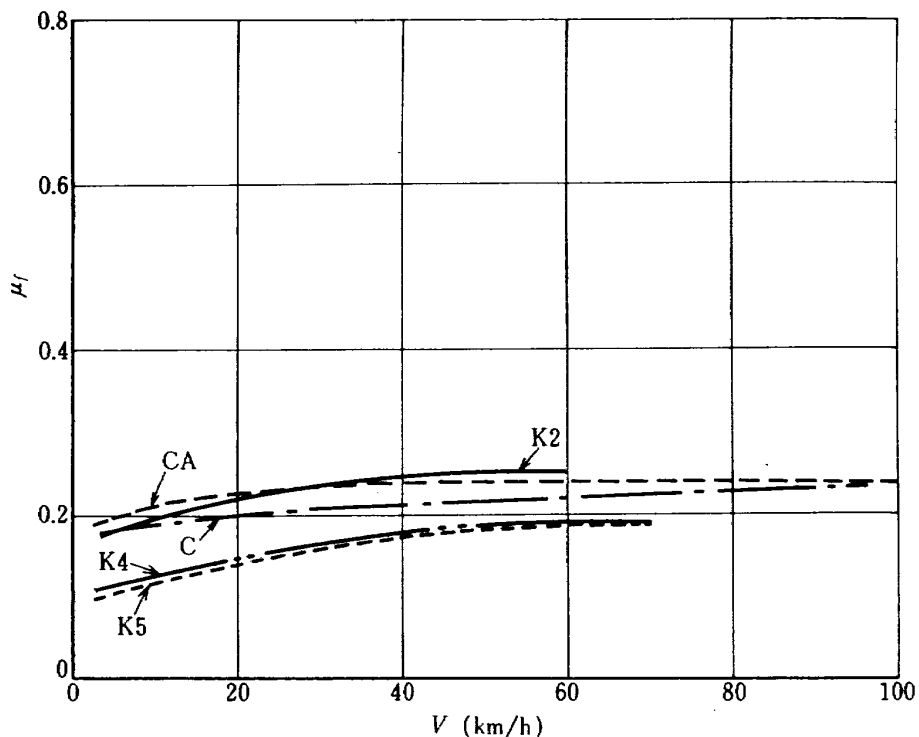


図5 雪氷路面のすべり摩擦係数の速度依存性  
(K3はスノータイヤであるため除いてある)

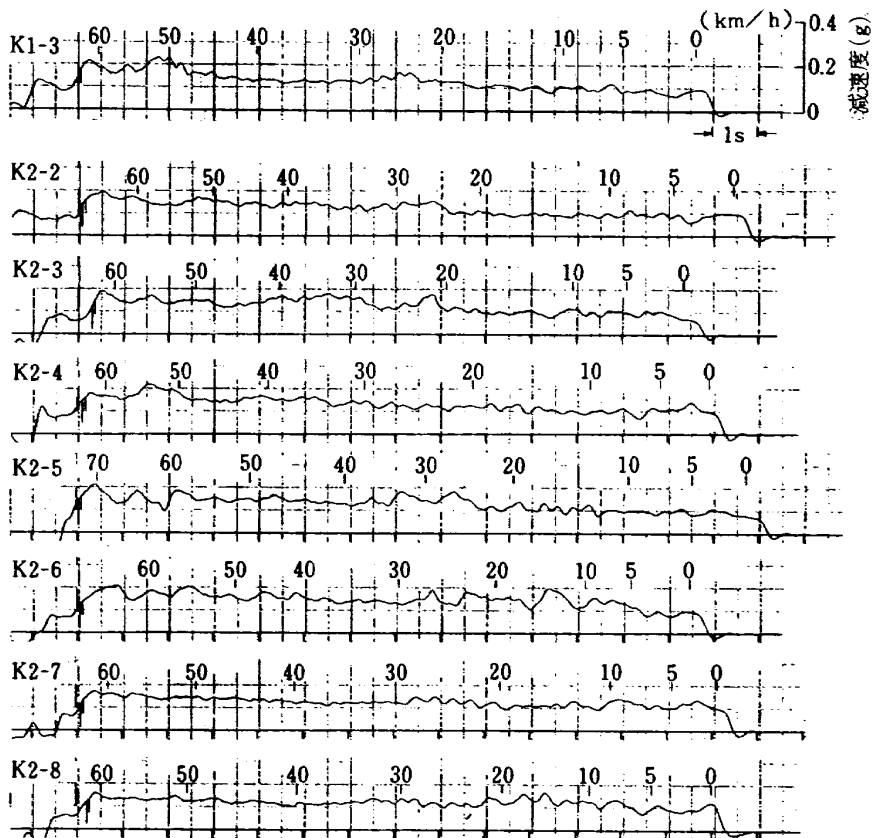


図6 DBVの減速度履歴

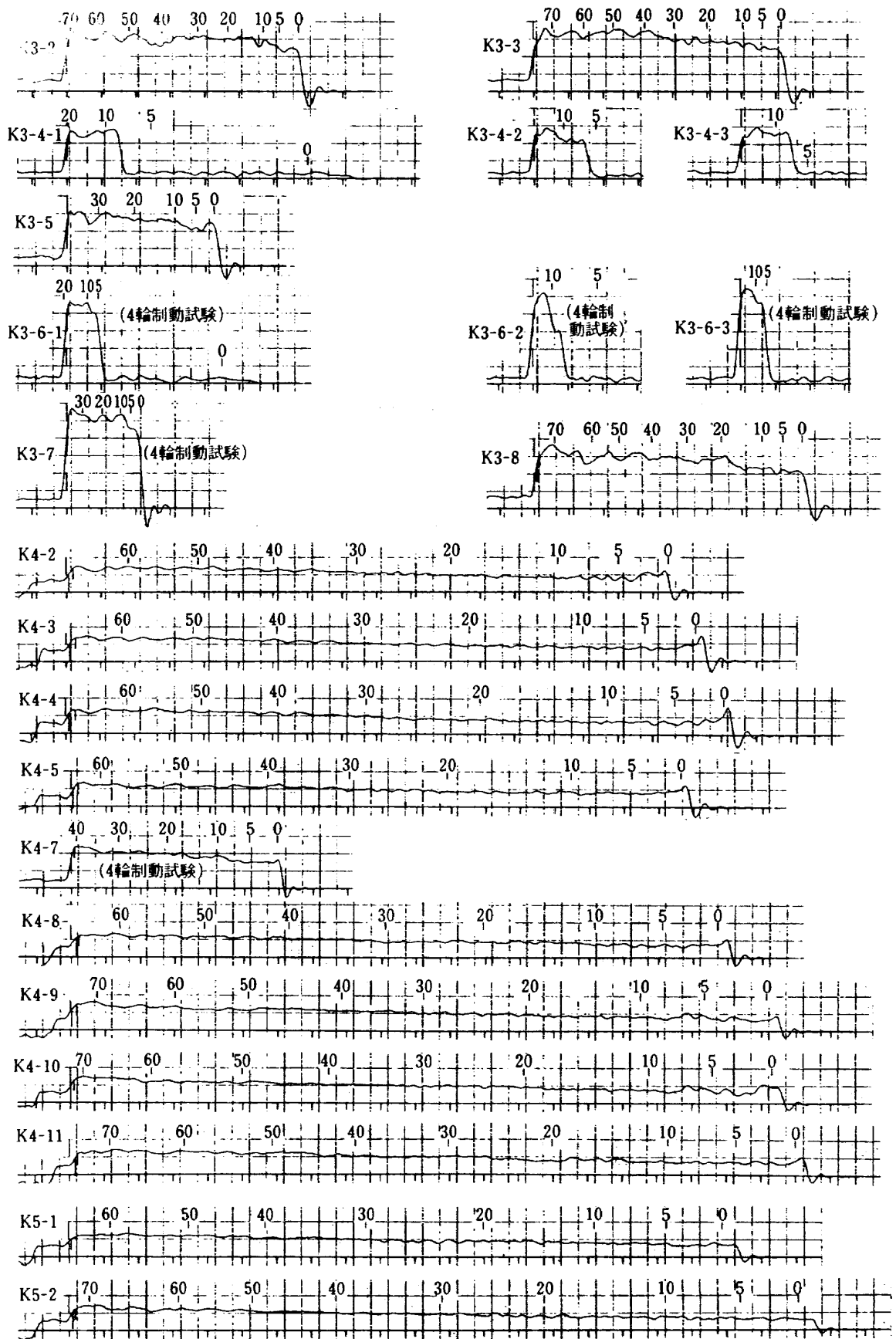


図6 (続き)

東千歳場外着陸場でのDBVの実験は加速距離の制約から目標制動開始速度を70 km/hで行った。SDRは標準として100 km/hからの制動結果を用いているが、ここでは、これら70 km/hからの結果をSDRで表わしたものを図8に示す。路面の状態はK1からK5までそれぞれ異なるが、スノー・タイヤを用いた実験K3では1.5位であるのに対して、ASTM規格の計測用タイヤを用いた実験K1, K2, K4およびK5では3.1~4.4であった。

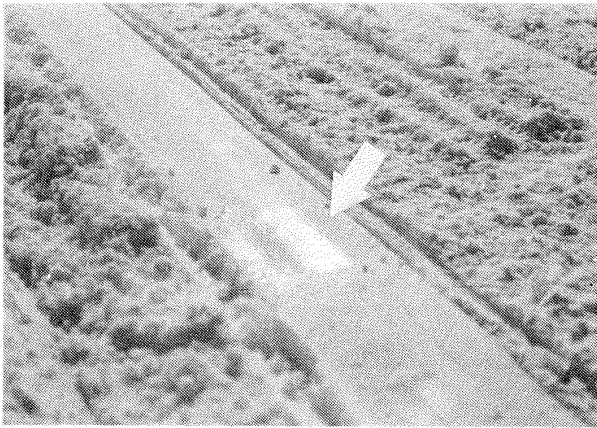


図7 タイヤの停止位置の写真(実験K5-2)

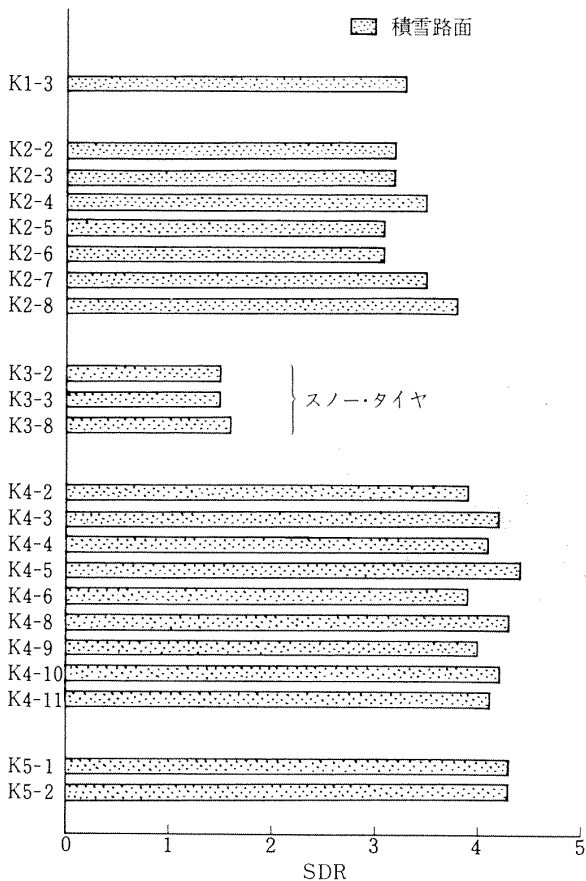
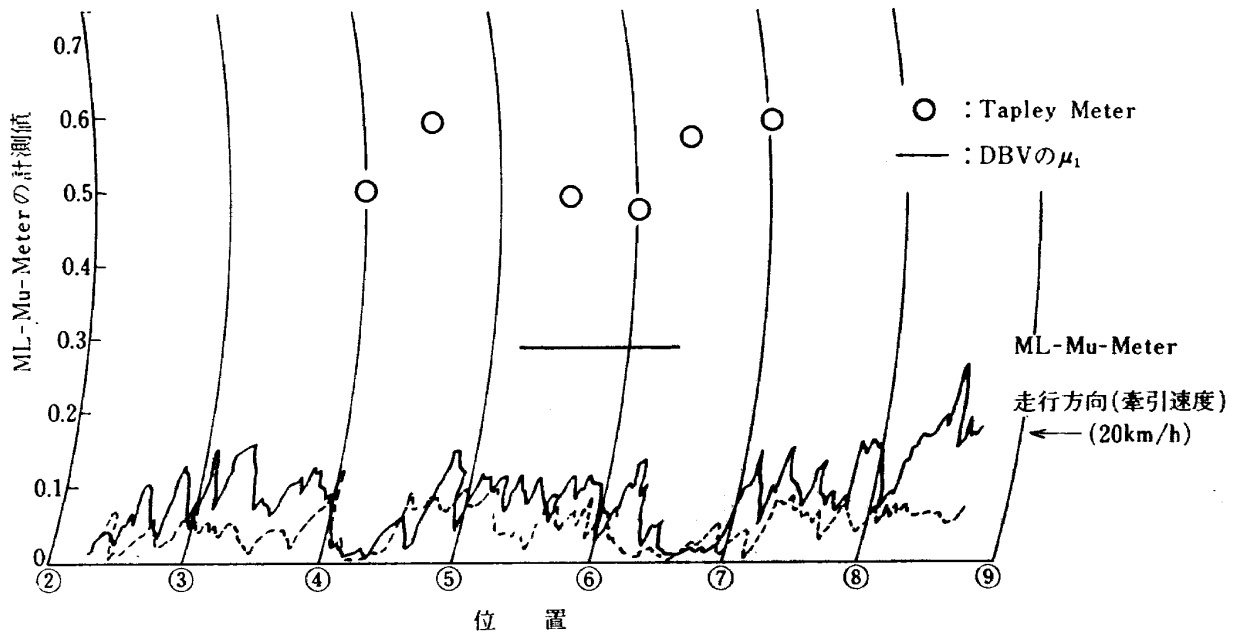


図8 東千歳場外着陸場のSDR

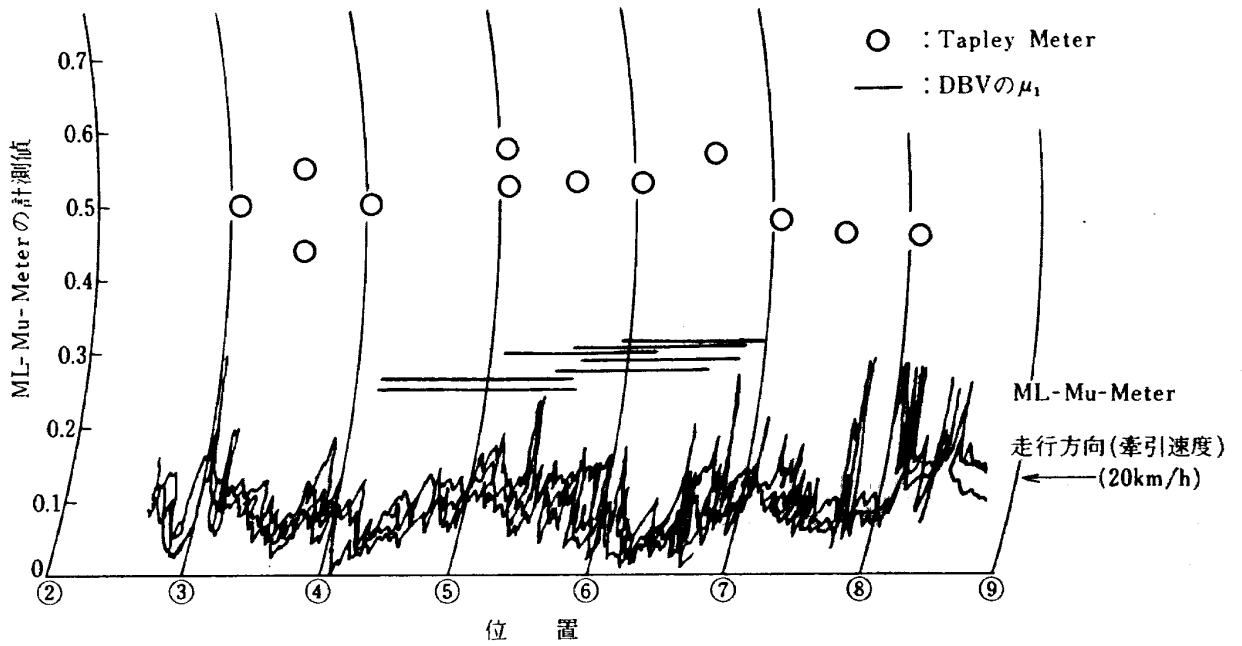
ML-Mu-Meter, Tapley Meter とDBVの $\mu_1$ との比較を図9-(1)~(5)に示す。横軸は測定位置を示し軸上の数字は試験路傍に100 m間隔で置いた標識番号に対応する。DBVとTapley Meterの計測は全て標識10から1に向う方向で行った。Tapley Meterの計測値(以後、単にTapley Meterと呼ぶ)をその測定点に示し、DBVの $\mu_1$ の値を線分が制動区間に対応するように横線で示した。ML-Mu-Meterの結果をみると、計測値の重なり方から位置による路面状態の変化を概略表わしていると云える。計測方法が牽引方式であるために、路面が荒れている場合には計測器の飛び跳ねが起り、特に実験K1とK2でそれが顕著であった。牽引速度によってもその程度が異なるため、標準の60 km/hの他に、20および40 km/hの低速での測定を試みた。ML-Mu-Meterによる計測値は、積雪路面についてDBVとは逆に低速の方が高い値を示す傾向がみられる。横軸に牽引速度、縦軸に標識3から8の区間での平均値をとってプロットすると図10の様になり、この傾向がより明らかとなる。しかし、いずれの場合にも、ML-Mu-Meterは極端に低い値を示している。

Tapley Meterは、今回の実験ではすべて0.4以上、すなわち、航空保安業務処理規定<sup>4)</sup>のブレーキング・アクションの分類では"Good"となる値を示した。図9-(3)のTapley Meterには、DBVで行ったTapley Meter実験(K3-6-1~K3-6-3)の結果も同時に記入した。これらの値はTapley Meter計測車によるものと同程度の値を示しており、したがってTapley Meterは計測車の特性に影響されていないと考えられる。実験K3でのTapley MeterとDBVのすべり摩擦係数との比較を図11に示す。この実験ではDBVはスノー・タイヤを用いているため、タイヤの条件はTapley Meter計測車と同じとみなすことができる<sup>注)</sup>。このことから、Tapley Meterは、その目標制動開始速度である20 km/hの位置に重ねて記入した。この図より、Tapley Meterは10~20 km/hでのスノー・タイヤのすべり摩擦係数をよく表わしていることが判る。Tapley Meterと実験K1からK5までのDBVの $\mu_1$ との相関を図12に示す。この図で、K3の $\mu_1$ がTapley Meterより高くなっているのは、積雪路面では速度が増加するとすべり摩擦係数も大きくなり、したがってもしタイヤが同じであれば、より高速から計測するDBVの結果の方が高い値を示す

注) 使用したタイヤは、DBVがブリジストン・スノーマスター7, 6.95-14でTapley Meter計測車はヨコハマ・スノーセーフティ, 6.95-14, 共にスパイクナシ。

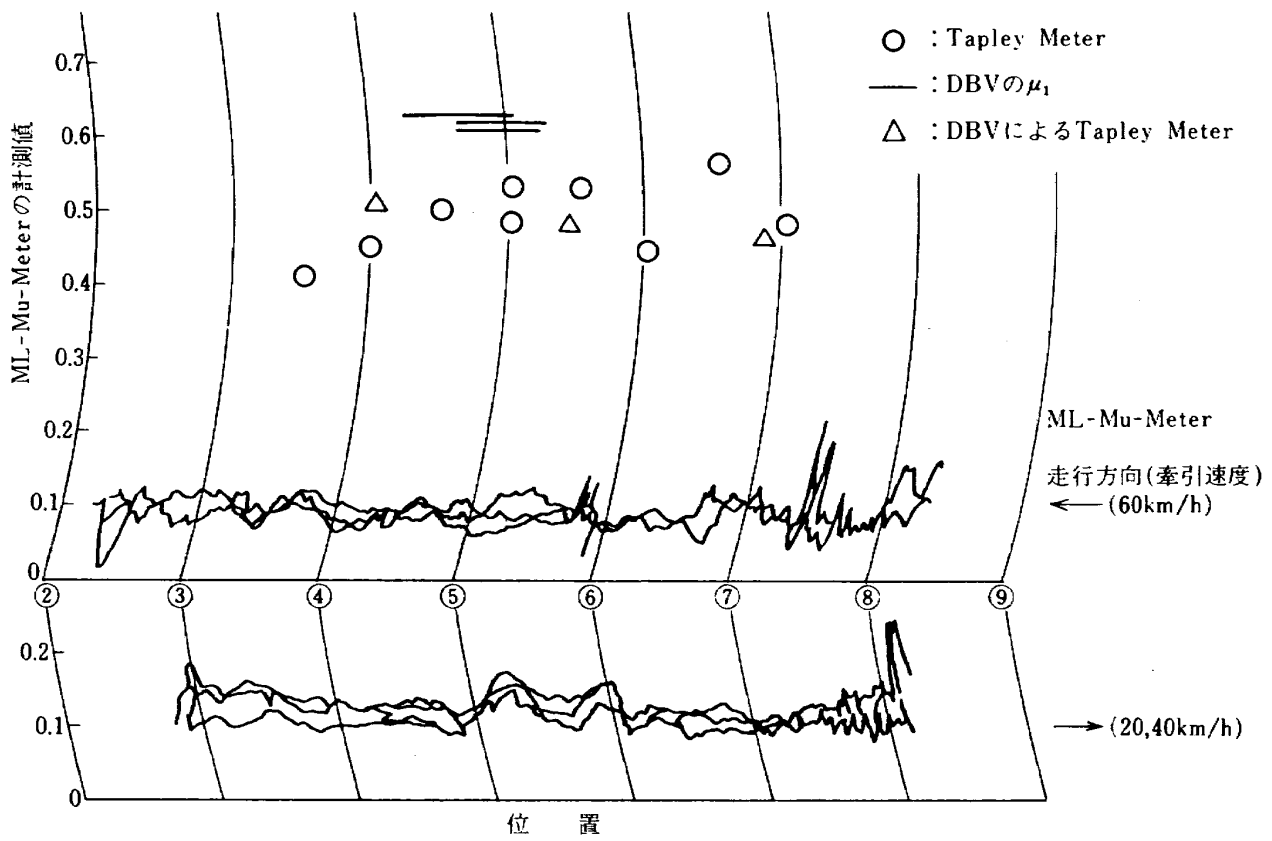


(1) 実験 K1 (点線は 40 ~ 60 km/h の牽引速度の変動があった)

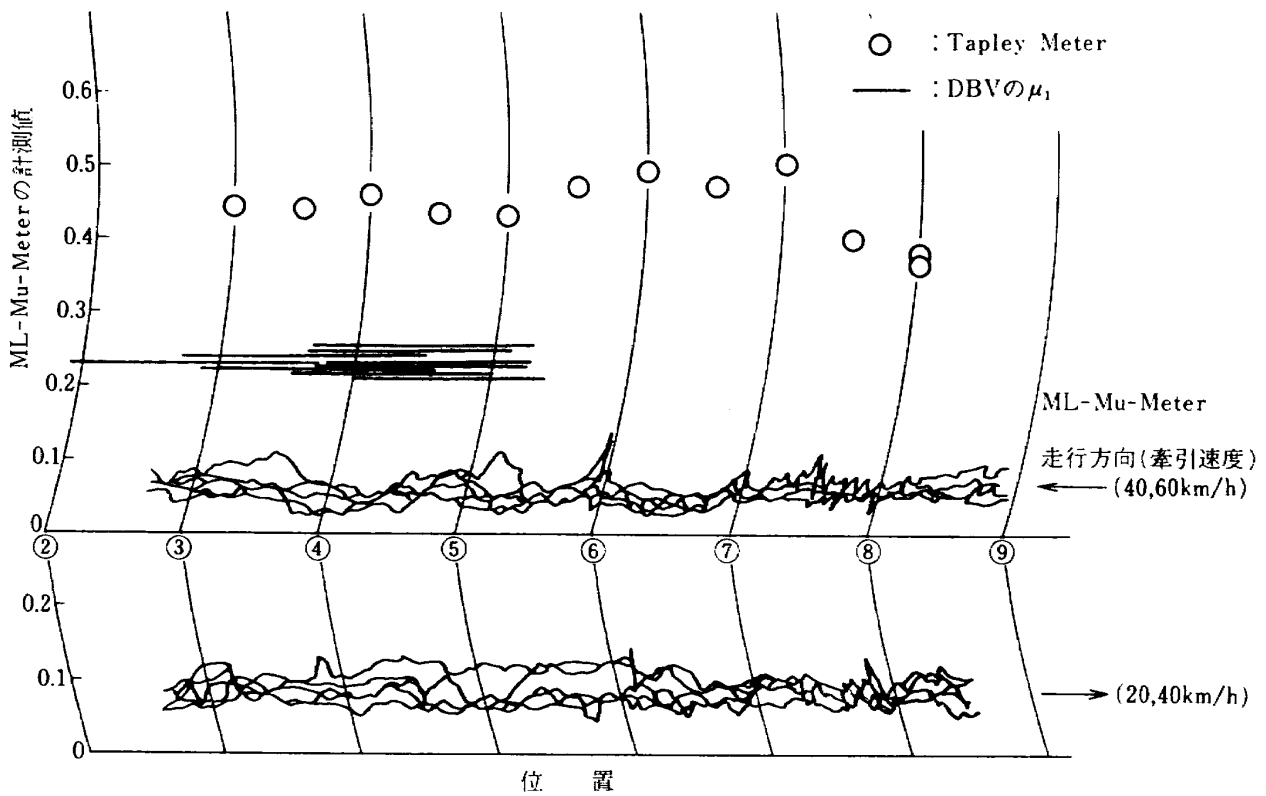


(2) 実験 K2

図 9 ML-Mu-Meter, Tapley Meter と DBV の  $\mu_1$  との比較



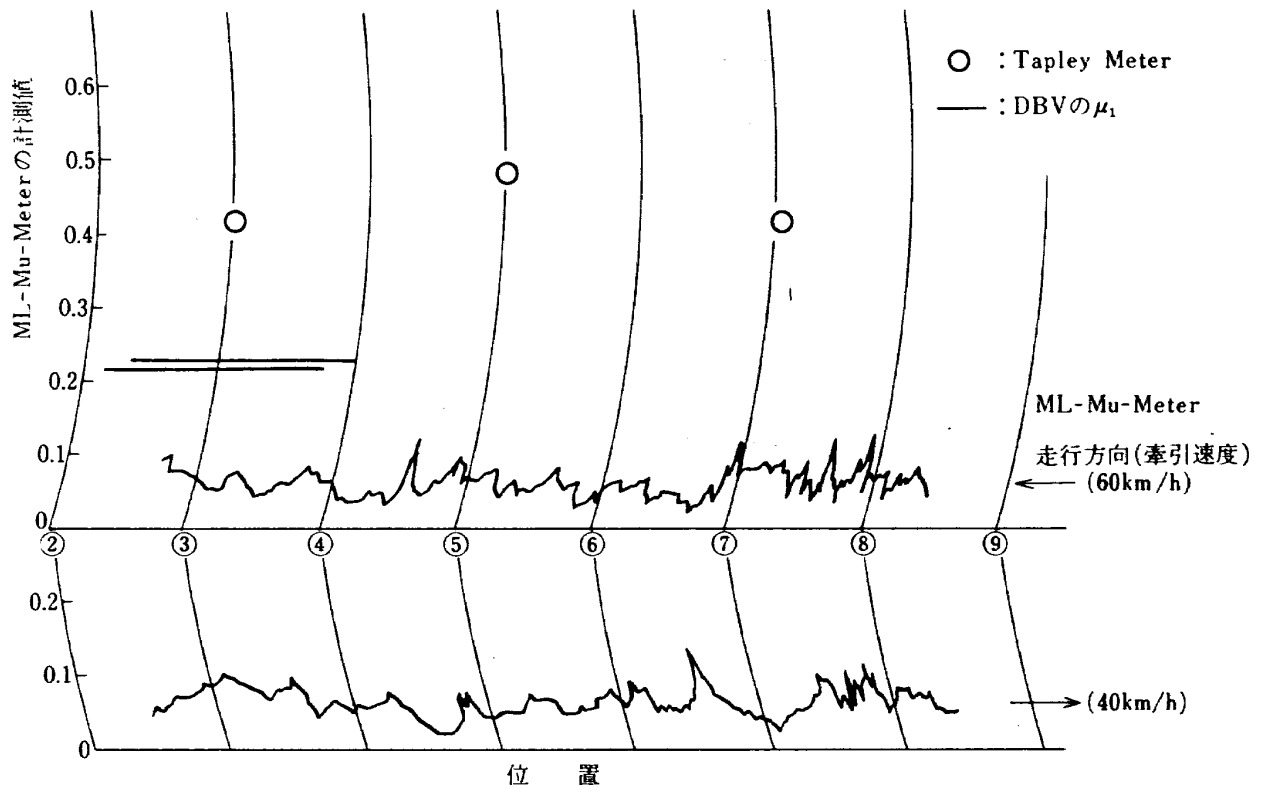
(3) 実験K3



(4) 実験K4

図9 (続き)





(5) 実験 K5

図 9 ( 続き )

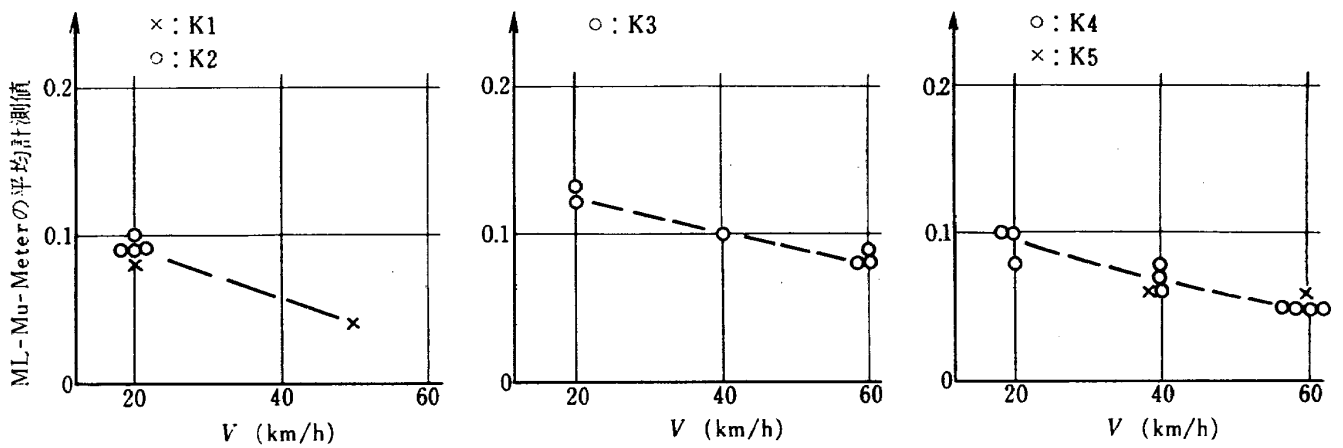


図 10 ML-Mu-Meter の速度依存性 ( 積雪路面 )

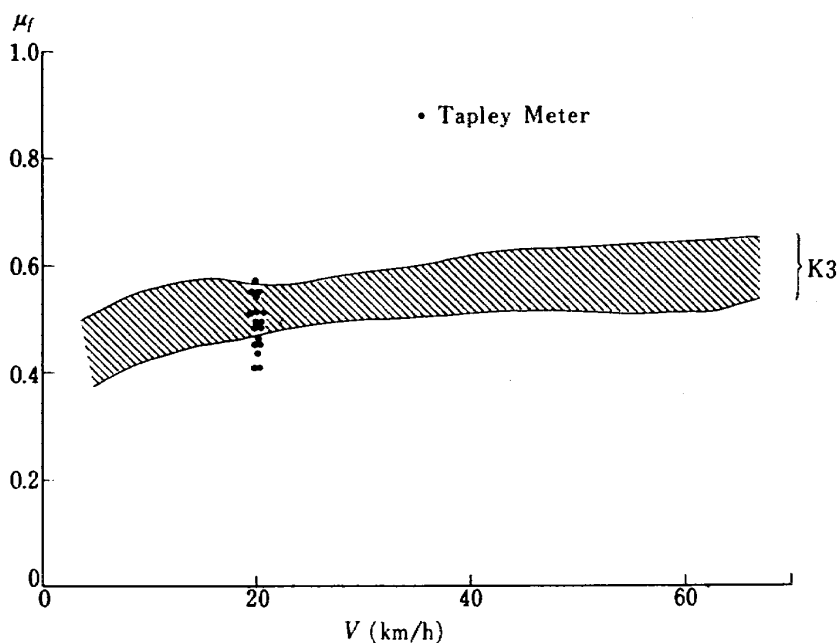
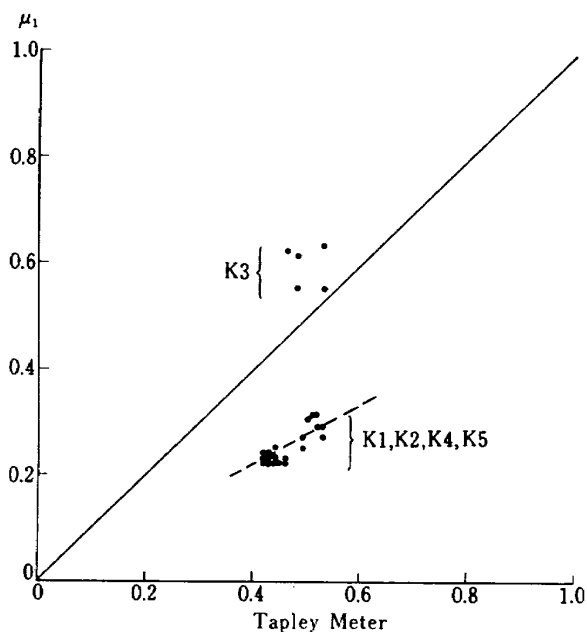


図 11 Tapley Meter と DBV によるすべり摩擦係数

図 12 Tapley Meter と DBV の  $\mu_1$  との相関

ことになるためである。Tapley Meter は、ASTM 規格のタイヤを用いた DBV の  $\mu_1$  の 1.8 倍程度である。なお、図 9 によると、Tapley Meter と DBV の  $\mu_1$  との位置についての相関は顕著ではない。

## 5. 結 論

- (1) 二つの実験場における DBV の実験結果を示し、すべり摩擦係数の速度依存性を定量的に示した。
- (2) 湿潤路面については前回得た結論と同じ結果を得た。

(3) 積雪路面では、DBV のすべり摩擦係数は速度の減少とともにやや減少することがわかった。

(4) また、停止前に低いすべり摩擦係数を示し、そのまま停止してしまう現象がみられた。

(5) スノー・タイヤは ASTM 規格の計測用タイヤの 2～3 倍のすべり摩擦係数を示した。

(6) ML-Mu-Meter は積雪路面で極端に低い値を示した。また牽引速度を低くすると計測値は高くなる。

(7) Tapley Meter は、DBV のスノー・タイヤを用いた 10～20 km/h のすべり摩擦係数をよく表わす。

(8) Tapley Meter は DBV の  $\mu_1$  の 1.8 倍程度を示した。

東千歳場外着陸場での実施にあたっては、陸上自衛隊東千歳駐とん地部隊、陸上幕僚監部および千歳空港事務所、調布空港での実験では調布空港事務所および東京航空地方気象台の、各関係部所に全面的な御支援をいただいた。また東千歳場外着陸場での実験には運輸省航空局、千歳空港事務所、日本航空、全日本空輸および東亜国内航空の方々に参加していただき実験計測に御協力いただいた。ここに、これらの御好意に対して厚く感謝の意を表わす。なお、東千歳場外着陸場での実験では当研究所管理部、山上琢二企画課長、調布空港での実験では、機体第 1 部、古賀達蔵熱弾性研究室長、野原利雄、松崎雄嗣、安藤泰勝、大竹邦彦主任研究官、江尻宏、石川隆司、松嶋正道技官の助力を得た。さらに、機体第 1 部、峰岸正勝技官には両実験ともに協力していただいたことを付記する。

## 参 考 文 献

- (1) 滑走路面のすべり評価法に関する研究(第1報)  
- DBVの製作と基礎実験 -, 航技研報告 TR-576,  
1979.
- (2) Airworthiness Technical Manual, III-1-22,  
ICAO, 1976.
- (3) American Society for Testing and Materi-  
als, Designation : E524-75, 1975.
- (4) 航空保安業務処理規定「雪氷調査」, 空用第463号,  
航空局管制保安部運用課, 昭和52年12月.

---

## 航空宇宙技術研究所資料399号

昭和54年11月発行

発行所 航空宇宙技術研究所  
東京都調布市深大寺町1880  
電話武蔵野三鷹(0422)47-5911(大代表)〒182

印刷所 株式会社 東京プレス  
東京都板橋区桜川2-27-12

---

