

道路交通事故解析に関する二、三の実験

長 浜 友 治

Some Experiments on the Analysis of Traffic Accidents on Road

Tomoharu NAGAHAMA

Statistic approaches to the analysis of traffic accidents are apt to end merely in developing mathematical techniques without attaining any research purpose.

In this sense, the experimental data obtained by this study concerning human engineering and slips on roads are themselves useful for analysing traffic accidents.

The real state of the traffic accidents of children and old men who are liable to meet with them, was elucidated by the C. C. No. (Cybernetical Controllability Number) experiments performed under the instruction of Mr. Inaba of University of Tokyo.

With regard to slips on roads, the relationship between air pressures of tires and the frictional coefficients was determined, and the frictional coefficients of snow-iced road surfaces were measured.

This paper is an intermediate report of the study.

1 ま え が き

道路交通事故を交通科学の面よりアプローチするための手法として、近年研究者の間に統計解析、特に多変量解析への適用がクローズアップされてきた。

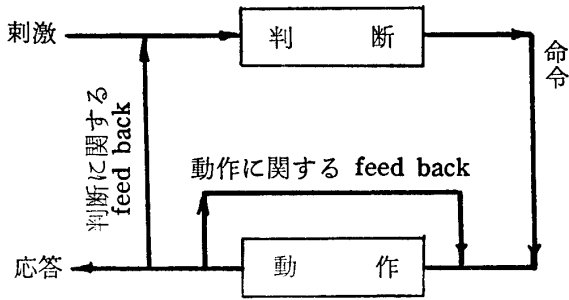
さきに著者は、Polya-Eggenberger's distribution を事故発生モデルとして、交通事故が疑伝播現象であるとし、また、林の数量化理論による踏切事故の発生予測を行ったのはその例である。

この経験から統計解析の欠陥として、結果の精度、信頼度を高めるためには膨大な、しかもバランスのとれたデータが必要であるばかりでなく、その適用いかんによっては、問題の実質を捉えることができず、数学的手法の展開のみに終り研究目的を達し得ないこともある。

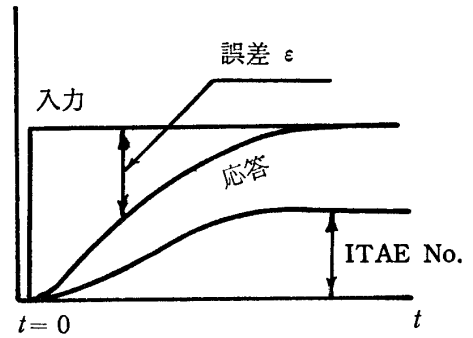
今回行った実験は統計解析と対比して、実験データ、観察データが問題アプローチの有力手法として寄与するところが大きいと考える。取り上げた実験内容は、人間工学および路面のすべりに関するものであり、特に C. C. No. の実験については、東大生産技術研究所、稲葉正太郎氏の指導助言により行った。

2 人間の適応性

図一1の人間工学制御回路において



図一1 人間の Mechanism



図一2 応答と ITAE No.

T_1 = 動作時間

T_2 = 判断時間

T = 反応時間 = $T_1 + T_2$

E = 応答の悪さ = ITAE No.

E は階段状入力に対する応答から

$$E = \text{ITAE No.} = \int_0^{\infty} |\varepsilon| dt$$

最適応答 $T/T_1 = K$ は、自動制御理論と振動工学の面から、ほぼ3である。人間の通性と T , T_1 の測定法に対する補正係数 K' を導入して

$$\text{Cybernetical Controllability Number} = \frac{(K - K'T/T_1)}{T} = \frac{K}{T} - \frac{K'}{T_1}$$

今回実験に使用した C. C. No. tester は (1) 不確定な応答に対する適応性, (2) 条件変化に対する順応性, (3) 測定時間の変化に対する緊張の持続性を測定するもので、特に (2), (3) について研究用として試作されたものである。

select test, motion test 各 10sec の測定から

n = 選別応答数 = (正答数 - miss count)

n_1 = 動作応答数 = (正答数 + miss count)

として n , n_1 を定めると、被験者の応答 pace と n , n_1 の組合せは表一1のとおりである。

表一2に C. C. No. と行動特性の関係を示す。

表一1 応答 Pace と応答数の組合せ

Pace	High	Mean	Low	Start
n	最大値	平均値	最小値	初頭値
n_1	最大値	平均値	最小値	初頭値
記号	$(C)_h$	$(C)_m$	$(C)_l$	$(C)_s$
	$(T_2)_h$	$(T_2)_m$	$(T_2)_l$	$(T_2)_s$
	$(T/T_1)_h$	$(T/T_1)_m$	$(T/T_1)_l$	$(T/T_1)_s$

C. C. No. 実験の case study として、最近、福井県下で多発している子供と老人の事故に注目し、その実態を解析した。実験結果は表一3～表一6のとおりである。これは彼等が（1）危険からの脱出、（2）適切な行動において、どの程度の性能をもっているか評価するものである。C.C. No. 値は、幼児、老人とも平均値が 0.92～1.03 で行動特性のカテゴリーは Careless に該当し、青年層、中年層の一般的な値2.00～2.60のカテゴリー Quick および Moderately quick に比べて

表一2 C. C. No. と行動特性

C. C. No.	Characteristic
0.49 以下	Very careless
0.50 ～ 1.49	Careless
1.50 ～ 1.74	Rather careless
1.75 ～ 1.99	A bit too quick
2.00 ～ 2.49	Quick
2.50 ～ 2.99	Moderately quick
3.00 ～ 3.49	Fairly prudent
3.50 ～ 3.99	Prudent
4.00 以上	A bit too prudent

表一3 幼児（男子）実験 Data

No.	Age	Hand			Foot			T ₂	T/T ₁	Hand/Foot	
		Select	Motion	C. C. No.	Select	Motion	C. C. No.			Select	Motion
1	5	8	18	1.50	6	16	1.00	0.69	2.3	0.75	0.89
2	5	9	25	1.45	7	18	1.20	0.71	2.8	0.78	0.72
3	6	7	38	0.20	6	22	0.70	1.17	5.4	0.86	0.58
4	6	7	18	1.20	6	20	0.80	0.87	2.6	0.86	1.11
5	6	8	25	1.15	6	19	0.95	0.85	3.2	0.75	0.68
6	5	7	23	0.95	4	14	0.50	0.99	3.3	0.57	0.61
7	6	9	33	1.05	9	23	1.55	0.81	3.7	1.00	0.70
8	5	7	29	0.65	7	20	1.10	1.09	4.2	1.00	0.69
9	6	9	26	1.40	7	19	1.15	0.72	2.9	0.78	0.73
10	6	8	23	1.25	7	14	1.40	0.81	2.9	0.88	0.61
11	6	11	34	1.60	9	23	1.55	0.62	3.1	0.82	0.68
12	6	8	24	1.20	6	18	0.90	0.79	3.0	0.75	0.75
13	6	8	28	1.00	7	17	1.25	0.89	3.5	0.88	0.61
14	6	9	28	1.30	7	24	0.90	0.75	3.1	0.78	0.86
15	6	8	21	1.35	7	19	1.15	0.78	2.6	0.88	0.90
16	6	8	31	0.85	9	21	1.15	0.93	3.9	1.13	0.68
17	6	8	26	1.10	7	21	1.05	0.86	3.3	0.88	0.81
18	5	8	32	0.80	5	19	0.55	0.94	4.0	0.63	0.59
19	5	8	27	0.95	6	18	0.90	0.91	3.7	0.75	0.67
20	6	8	32	0.80	6	18	0.90	0.94	4.0	0.75	0.56
21	6	10	30	1.50	8	19	1.45	0.67	3.0	0.80	0.63
22	5	7	27	0.75	5	16	0.70	1.03	3.9	0.71	0.59
23	5	6	22	0.70	5	17	0.65	1.21	3.7	0.83	0.77
24	6	10	32	1.40	7	22	0.65	0.69	3.2	0.70	0.69
25	5	7	23	0.95	6	14	1.10	0.99	3.3	0.86	0.61
26	6	6	28	0.40	7	17	1.25	1.31	4.7	1.17	0.61
27	6	6	24	0.60	6	22	0.70	1.25	4.0	1.00	0.92
Mean	5.7	8.1	26.9	1.03	6.6	18.9	1.00	0.90	3.5	0.84	0.71

表一4 幼児(女子)実験 Data

No.	Age	Hand			Foot			T ₂	T/T ₁	Hand/Foot	
		Select	Motion	C. C. No.	Select	Motion	C. C. No.			Select	Motion
1	6	9	32	1.10	6	20	0.80	0.80	3.6	0.67	0.63
2	5	10	31	1.45	8	24	1.20	0.68	3.1	0.80	0.77
3	6	10	27	1.65	6	19	0.85	0.63	2.7	0.60	0.70
4	6	8	23	1.25	7	16	1.30	0.81	2.9	0.88	0.70
5	6	9	29	1.25	8	22	1.30	0.77	3.2	0.89	0.76
6	6	8	32	0.80	6	17	0.95	0.94	4.0	0.75	0.53
7	6	6	30	0.30	6	22	0.70	1.34	5.0	1.00	0.73
8	6	8	36	0.64	6	23	0.65	0.97	4.5	0.75	0.64
9	6	7	26	0.80	6	20	0.80	1.04	3.7	0.86	0.77
10	5	6	26	0.50	5	18	0.60	1.28	4.3	0.83	0.69
11	6	7	26	0.80	5	18	0.60	1.04	3.7	0.71	0.69
12	5	7	26	0.80	8	20	1.40	1.04	3.7	1.14	0.77
13	5	10	28	1.60	6	17	0.95	1.64	2.8	0.60	0.61
14	5	7	29	0.65	6	17	0.95	1.09	4.2	0.86	0.59
15	6	7	25	0.85	6	16	1.00	1.02	3.6	0.86	0.64
16	5	7	21	1.05	5	15	0.75	0.95	3.0	0.71	0.71
17	6	9	31	0.15	9	23	1.55	0.79	3.4	1.00	0.74
18	6	7	35	0.35	8	16	1.60	1.15	5.0	1.14	0.46
19	6	7	27	0.75	7	14	1.40	1.06	3.9	1.00	0.52
20	5	11	30	1.80	10	21	1.75	0.58	2.7	0.91	0.70
21	6	7	28	0.70	6	15	1.05	1.07	4.0	0.86	0.54
Mean	5.7	8.0	29.0	0.92	6.7	18.7	1.06	0.99	3.7	0.85	0.66

表一5 老人(男性)実験 Data

No.	Age	Hand			Foot			T ₂	T/T ₁	Hand/Foot	
		Select	Motion	C. C. No.	Select	Motion	C. C. No.			Select	Motion
1	72	10	37	1.15	10	25	1.75	0.73	3.7	1.00	0.68
2	60	12	35	1.85	11	26	2.00	0.55	2.9	0.92	0.74
3	66	13	43	1.75	12	28	2.20	0.54	3.3	0.92	0.65
4	61	9	41	0.65	8	30	0.90	0.87	4.6	0.89	0.73
5	84	9	42	0.60	7	28	0.70	0.87	4.7	0.78	0.67
6	66	14	56	1.40	14	33	2.55	0.54	4.0	1.00	0.59
7	80	5	32	-0.10	5	15	0.75	1.69	6.4	1.00	0.47
8	82	6	35	0.65	7	25	0.85	1.38	5.9	1.17	0.71
9	79	9	31	1.15	8	24	1.20	0.79	3.5	0.89	0.77
10	75	14	50	1.70	14	36	2.40	0.52	3.6	1.00	0.72
11	72	5	18	0.60	6	20	0.80	1.44	3.6	1.20	1.11
12	69	7	35	0.35	10	25	1.75	1.15	5.0	1.43	0.71
Mean	72.2	9.4	37.9	0.98	9.3	26.3	1.49	0.92	4.3	1.02	0.72

道路交通事故解析に関する二，三の実験

表一6 老人（女性）実験 Data

No.	Age	Hand			Foot			T_2	T/T_1	Hand/Foot	
		Select	Motion	C. C. No.	Select	Motion	C. C. No.			Select	Motion
1	65	7	24	0.90	9	16	1.90	1.01	3.4	1.29	0.67
2	66	8	33	0.75	8	25	0.65	0.95	4.2	1.00	0.76
3	77	6	27	0.45	5	14	0.80	1.30	4.5	0.83	0.52
4	79	9	29	1.25	7	21	1.05	0.77	3.2	0.78	0.72
5	71	8	30	0.90	7	21	1.05	0.92	3.8	0.88	0.70
6	79	7	21	1.05	8	14	1.70	0.95	3.0	1.14	0.67
7	70	10	29	1.25	10	16	2.20	0.77	3.2	1.00	0.55
8	72	14	38	2.30	15	25	3.25	0.45	2.7	1.07	0.66
9	74	9	42	0.65	9	25	1.45	0.87	4.7	1.00	0.60
10	71	8	38	0.50	9	22	1.60	0.99	4.1	1.13	0.58
11	73	9	30	1.20	8	20	1.40	0.78	3.3	0.89	0.67
12	80	8	44	0.20	6	25	0.55	1.02	5.5	0.75	0.57
Mean	73.1	8.6	32.1	0.95	8.4	20.3	1.47	0.90	3.8	0.98	0.63

著しく劣ることが明らかとなった。

C. C. No. は、 T_2 （判断力）と T/T_1 （正確さ）の2要因に分解されるが、大体の傾向として $T_2 \rightarrow$ 大、 $T/T_1 \rightarrow$ 大では、C. C. No. \rightarrow 小で劣り、 $T_2 < 0.4$ では判断が早く、 $T_2 > 0.6$ は遅い。また $T/T_1 < 2.5$ では慎重であり、 $T/T_1 > 4.0$ は正確さが劣る、つまり軽卒と判定される。判断力は幼児、老人とも相当悪く、正確さにおいても全体にやや軽卒であるが老人（男性）が特に劣る。さらに、足の C. C. No. 測定では、motion の応答において、老人（女性）が鈍く、手足の運動能力に著しい差のある者が多く、歩行者事故に対して危険度の高いことを裏付けるものである。

C. C. No. 測定の結果、その適性判定に基づいて、幼児に対しては、訓練によって適性改善を行い、老人には、各個人の欠陥を知り指導することが望まれる。

3 路面のすべり

路面のすべりが事故の有力要因であることは先頃、東京都内の主要交差点において実施されたすべり止め舗装の事後効果により明らかである。調査資料によれば、英国における湿潤路面の事故におよぼす影響は27%、わが国の1号線においても路面のすべりが関係するものは、25%と事故発生の主要因となっている。つまり車輛走行中の安全性は、制動能力と路面の摩擦係数によってほとんど決定される。実験に使用した路面すべり計は、英国の Road Research Laboratory 方式でなく、減加速度式である。すなわち、実際車両に積載し、急制動を行った場合の減加速度記録と、路面の skid から制動能力の適否、路面の摩擦係数を明らかにし、整備された車両に積載して路面の摩擦係数を測定するとともに、事故発生時の速度推定が可能である。したがって事故原因の解析、安全施設、driver への教育など重要な資料を得るものである。

いま、車両重量 W の車が skid によって車両のなす仕事量 Q は

$$Q = W \cdot \mu \cdot L$$

μ : 路面とタイヤの摩擦係数

L : skid mark の平均値

$F = W \cdot \mu$ とし走行中の車両が skid を生じつつ減速停止するまでには、等減速運動の状態とみなされ、この減速度を α とすると

$$F' = m \cdot \alpha = \frac{W}{g} \alpha$$

$$\therefore F = F' \quad W \cdot \mu = \frac{W}{g} \cdot \alpha$$

$$\mu = \frac{\alpha}{g} \quad \alpha = g \cdot \mu$$

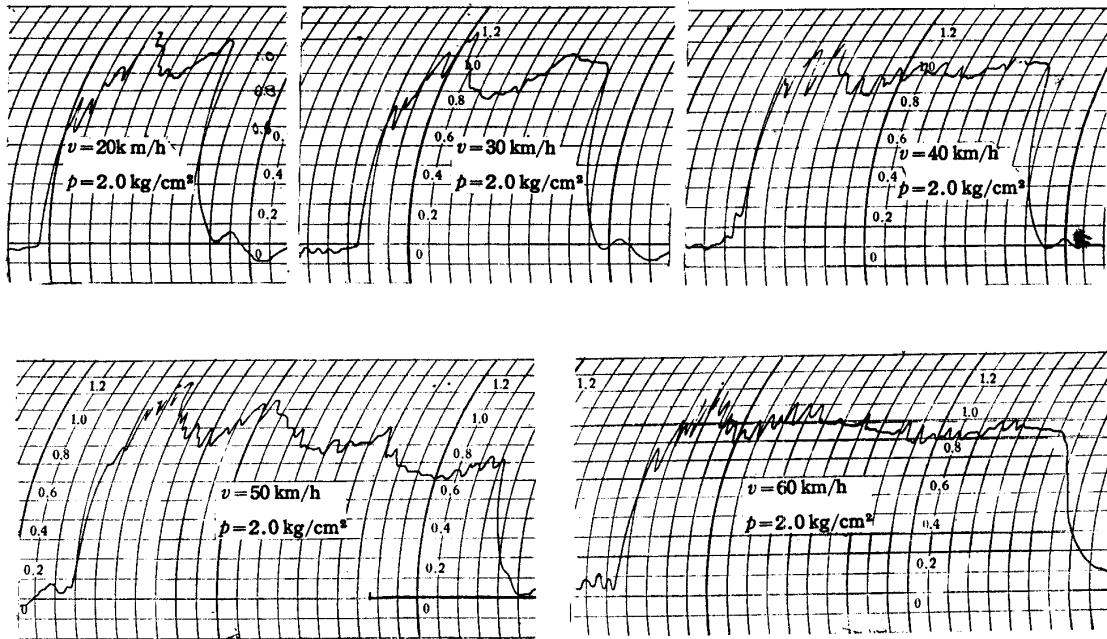
ゆえに、この場合、車両の減速度 α の値を重力の加速度 g を単位として測定すれば、その係数はそのまま路面とタイヤ間の摩擦係数 μ の値と等しくなる。したがってこの実験法では、試験車両を急制動停止した場合、試験車両の減速度を重力の加速度 g を単位として測定すれば、試験車の速度、skid mark の長さを測定する必要なく路面とタイヤ間の摩擦係数を知ることができる。ただし今回の実験では、試験車両の制動能力判定などのため、skid mark の長さを Asphalt 路面において測定した。減速度計は Y 製作所に特注、製作せしめたが本器の諸元は次のとおりである。

型式	MK—1 型
測定範囲	0~1.2g
測定感度	0.1g を 5mm に記録
記録紙速度	50mm/sec
自己振動数	600c/min (10c/sec)
振子系	板ばね式
振子重量	1.3 kg
総重量	8.5 kg

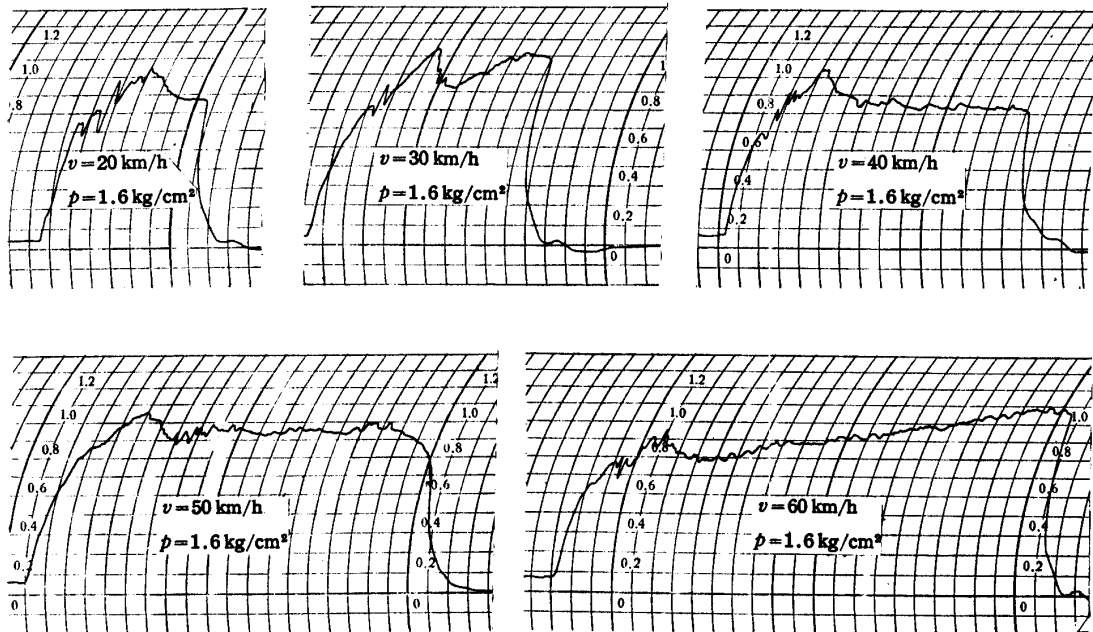
本減速度法によるすべり摩擦測定では、試験車の特性が問題となるが、測定値に与える誤差のうち、制動時の試験車前部の沈み込みがあるので同一車種（トヨタセリカ 1400cc）とした。測定器の設置位置は上記誤差を最小にするため、車両中央部のできるだけ下部（実際には床の上）に設置した。また、载荷は試験車の標準状態すなわち定員状態とし、実験路面は走行中緊急制動を行うので、たとえば福井市運動公園の外周道路などを選び、後部からの追従車両のこないことを確認して測定し、安全のためシートベルトを着用した。

まず、タイヤの空気圧と摩擦係数 μ の関連実験記録の一部を図—3、図—4に示し、結果を表—7、表—8、図—9、図—10に示した。なお、試験道路は、福井市運動公園の外周道路で、Asphalt 路面は Modified topeka である。

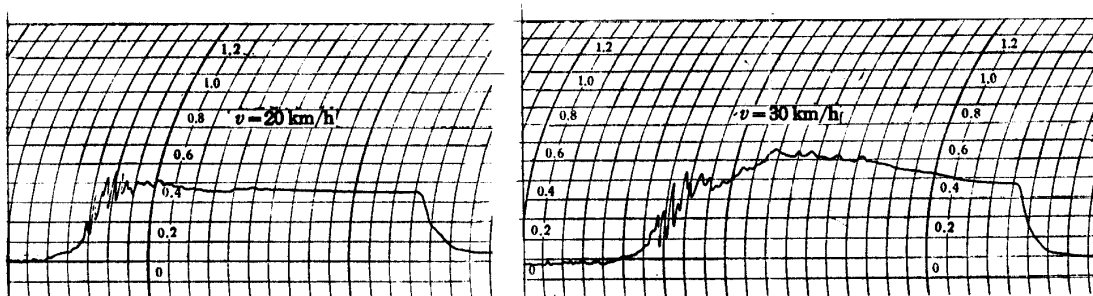
道路交通事故解析に関する二、三の実験



図一 3 乾燥 Asphalt 舗装面 (Modified topeka) における摩擦係数



図一 4 湿潤 Asphalt 舗装面 (Modified topeka) における摩擦係数



図一 5 圧雪路面における摩擦係数 (スノータイヤ装着)

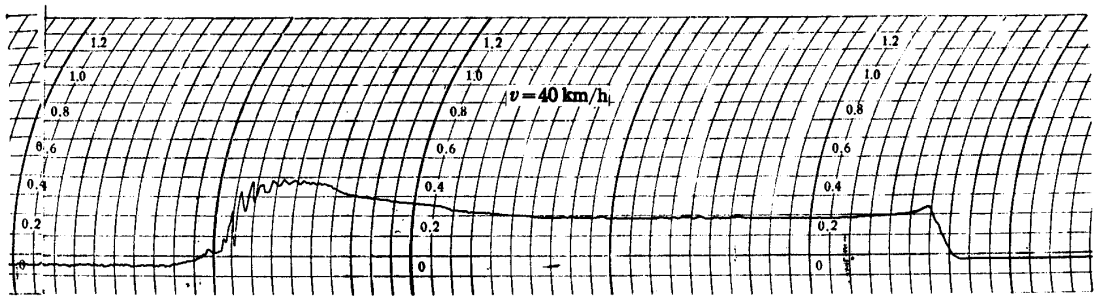


図-6 圧雪路面における摩擦係数（スノータイヤ装着）

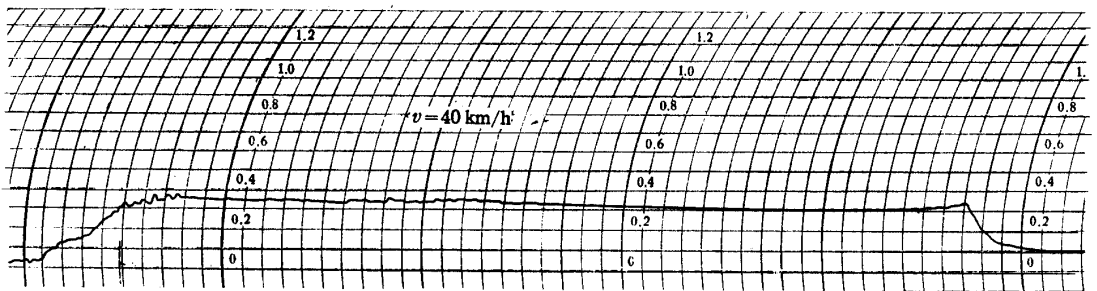
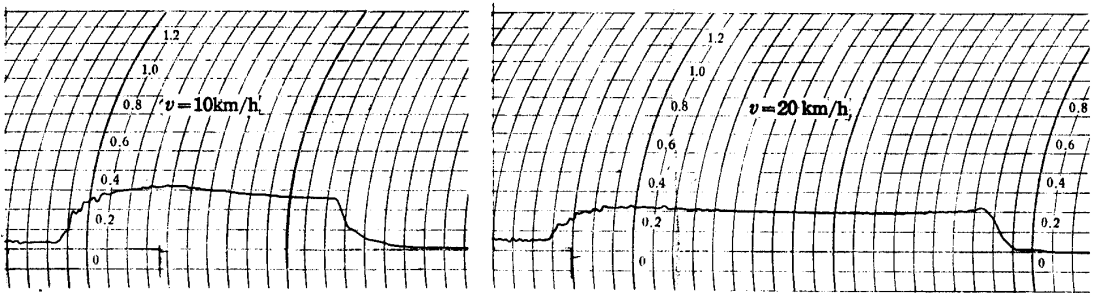


図-7 圧雪路面における摩擦係数（チェーンつきタイヤ装着）

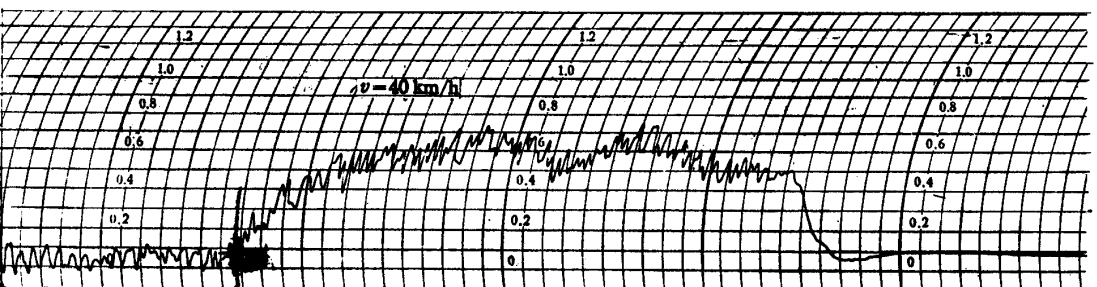
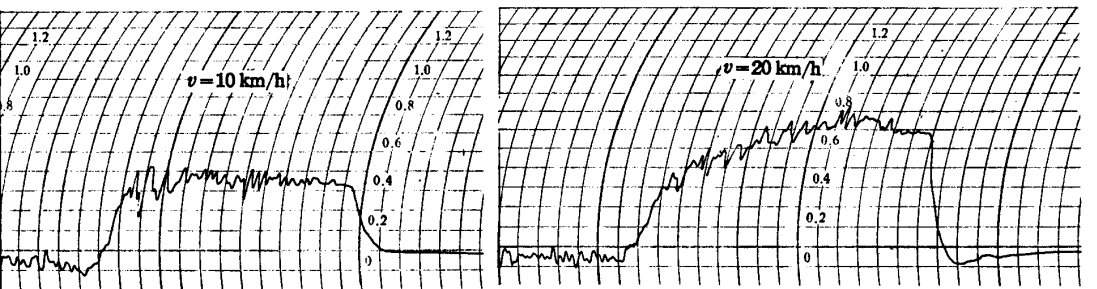


図-8 積雪砂利道における摩擦係数（スノータイヤ装着）

記録の観察から、空気圧が下ると摩擦係数も減る傾向を示したが、本実験の場合、有効な変化でない。また、路面の乾燥、湿潤による影響もきわめて小さい。このことは、実験 **Asphalt** 路面が交通作用がほとんどなく新鮮であること、さらに、決定的要因は、**Madified topeka** が粗くざらざらした路面であり、試験車のタイヤが **20,000 km** 以上走行した平滑タイヤのため、タイヤ接地面の排水が完全に近い状態であった結果と判断される。なお、乾燥路面では速度の増加とともに、摩擦抵抗値は減少の傾向を記録し、一般に湿潤路面でも同様の現象が定説であるが、本実験に関しては $v=20 \text{ km/h} \sim$

表一 7 乾燥路面における空気圧、速度、摩擦係数の関係

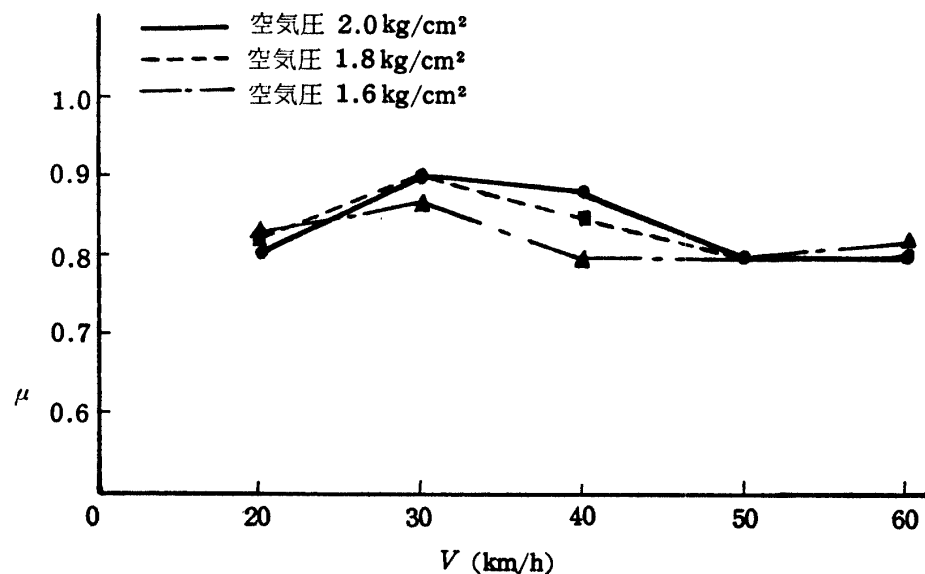
$v(\text{km/hr})$ $P(\text{kg/cm}^2)$	20	30	40	50	60
2.0	0.90 1.73(m)	0.85 4.12	0.82 7.62	0.82 11.90	0.83 16.93
1.8	0.87 1.79	0.84 4.17	0.85 7.35	0.80 12.20	

上段は摩擦係数、下段は skid mark の長さをあらわし、摩擦係数は実測値に補正係数0.95を乗じた。

表一 8 湿潤路面における空気圧、速度、摩擦係数の関係

$v(\text{km/hr})$ $P(\text{kg/cm}^2)$	20	30	40	50	60
2.0	0.80 2.55(m)	0.90 5.10	0.88 9.27	0.80 15.93	0.80 22.95
1.8	0.82 2.48	0.90 5.10	0.85 9.60	0.80 15.93	
1.6	0.83 2.45	0.87 5.27	0.80 10.20	0.80 15.93	0.82 22.39

30km/h で各空気圧とも、一様に増加している。この原因は明らかでなく、今後実験を重ね究明し



図一 9 乾燥路面における空気圧、速度、摩擦係数の関係

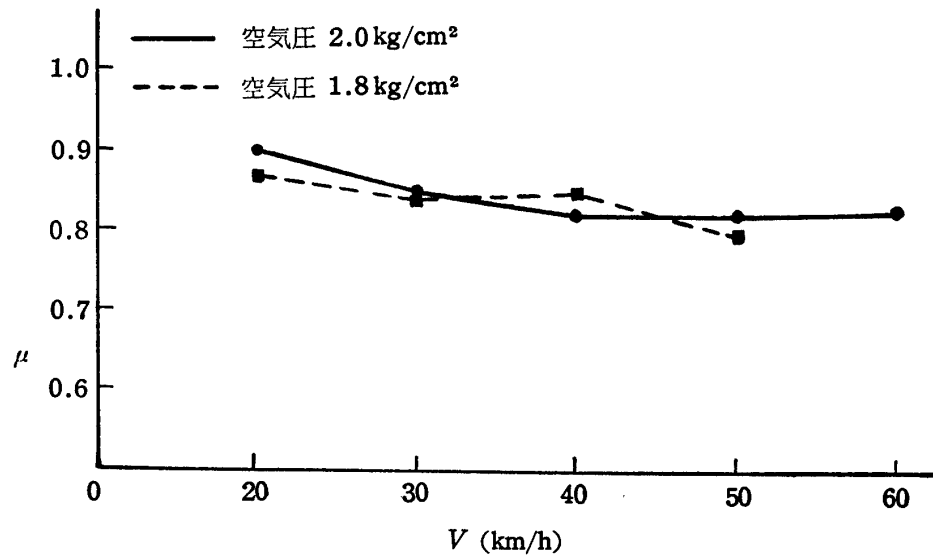


図-10 湿潤路面における空気圧，速度，摩擦係数の関係

たい。

図-5～図-7にスノータイヤ，チェーンつきタイヤによる圧雪路面の実験記録，さらに，図-8にスノータイヤ装着の積雪砂利道での実験記録の一部を示すが，積雪路面上のすべりに関する研究結果は次の機会に報告する。

む す び

道路交通事故の発生要因は偶発的であり複雑多岐にわたっている。今回その内の重大要因である人的要因および道路要因に関する一部の実験を試み，中間報告とした。

従来，交通に関する人間の諸特性が，医学，心理学の面よりその経験的発想に基づいて研究が行われてきたのに対し，C. C. No. は，工学的立場から人間の特性値を測定するものであり，合理的な人間分析のアプローチと云える。たとえば，著者の実験経験から医学，心理学における flicker 値による人間の疲労測定（driver の運転疲労の測定）などは相当あいまいなものである。

一方路面のすべりについては，未知な面がかなり多く，特に道路気象，道路構造，自動車などの多要因によるすべりの定量的解析を今後の研究目標としたい。

参 考 文 献

- 1) 稲葉正太郎：人間の質から考えた安全管理と適性判定，千葉工業大学研究報告（理工編）第12号，（1970）
- 2) Y. Ohkubo: Simplified Method of Estimating the Frictional Coefficient between Tires and Road Surface by Using an Accelerometer, Reports of the National Research Institute of Police Science, (1964)
- 3) 市原薫，越正毅：路面のすべり，技術書院（1973）

（著者 建設工学科 昭和49年2月7日受理）