

氷結道路の最急縦断勾配、距離算出の一方法

正員 板倉 忠三*

正員 加来 照俊**

学生員 ○久保田 守***

1. ま え が き

従来、道路の縦断線形を設計する場合、トラックの登坂性能より行なっている。しかし、北海道の様に一年のうち半分は路面に冰雪がある地方では、単にトラックの登坂性能のみから縦断勾配を決めるのは問題がある様に思える。と言うのは、路面上に冰雪、特に氷のある場合は、トラックの登坂性能が、例え十分であってもスリップの為、登坂できない現象が生じるからであり、また、実際に生じてもいる。従って今回、氷結路面におけるトラックの登坂可能な縦断勾配について検討してみた。

2. 発進及び登坂可能最急勾配

氷結路面を自動車が行走する場合、自動車の出し得る最大牽引力は、機関の駆動力が十分であっても路面とタイヤ間の付着力係数（最大摩擦係数）と車両重量に関係する。自動車が走行する場合、スリップしない為に次の式を満足しなければならない。

$$P = \mu W_r \geq F > R \quad (1)$$

P ; タイヤと路面で発揮できる付着力

μ ; 最大摩擦係数

W_r ; 駆動輪に加わる重量

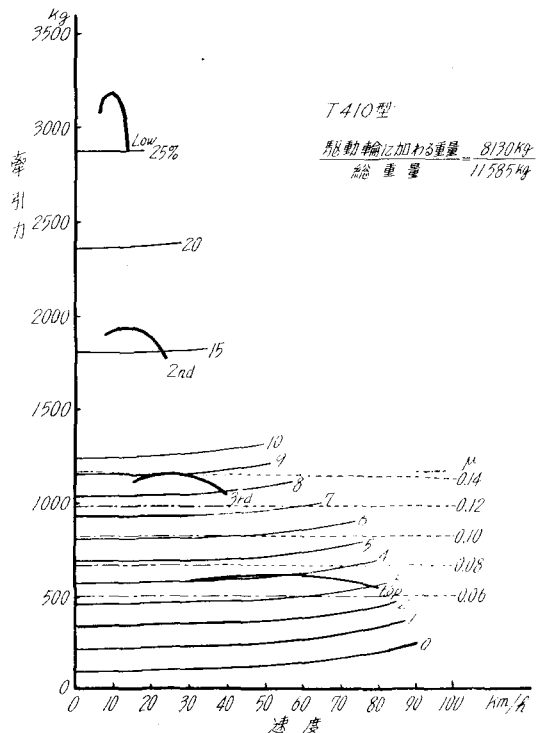
F ; 機関駆動力

R ; 走行抵抗

これより発進及登坂可能な最急勾配を求めることができる。第1～4図は、最新の代表的な国産6.5t積トラックの満載時の性能曲線に最大摩擦係数毎の付着力を合わせて示したものであり、同じく第5～8図は、空車時のものである。性能曲線は各自動車会社発行のものをうい、タイヤはチェーンとかスパイクタイヤを考慮していない。最大摩擦係数は、従来の実験資料、並びに北海道ウトナイ湖でのスキッドテスターによる測定資料から氷結路で0.05～0.10の範囲に及んでいる。車の発揮できる牽引力は図の付着力線

以下で、出し得る速度は各チェンジギアに左右される。第1,2表は、氷結路に見られる0.08の係数について求めた最急勾配の一例である。この表より空車時は、積載時よりも緩勾配でないと上れないことがわかり、氷結路面では、空車時の場合を考慮して勾配をチェックしなければならない。

第9図は、摩擦係数 $\mu=0.09$ 、総重量8tの車についての1～3%勾配に於ける余裕加速度より求めた時間—速度、及び時間—距離曲線の一例である。自動車は、道路構造令に採用されたのを用い、2nd発進を行なうものとした。これから氷結路では、加速が、かなり無理になることが分

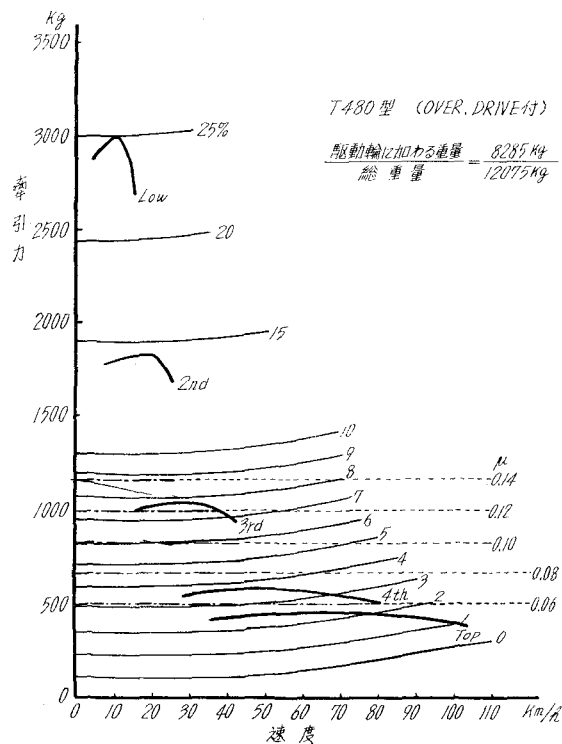


第1図 6.5t満載トラック走行性能曲線

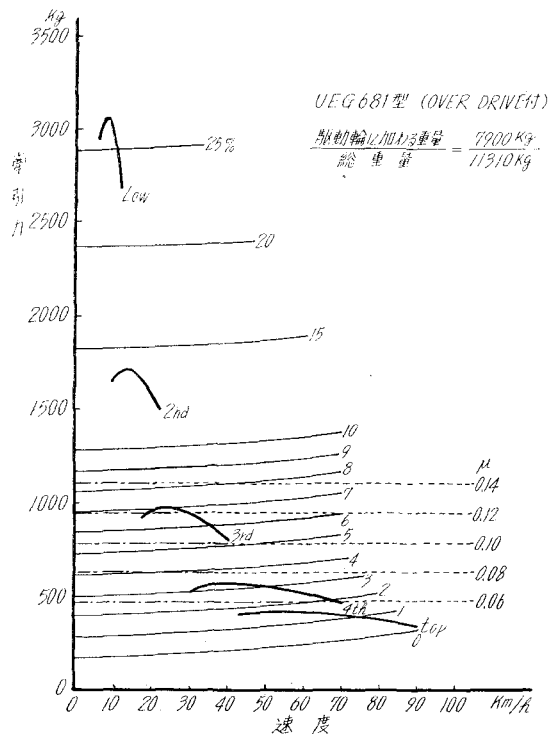
* 北海道大学教授 工博

** 北海道大学助教授 工修

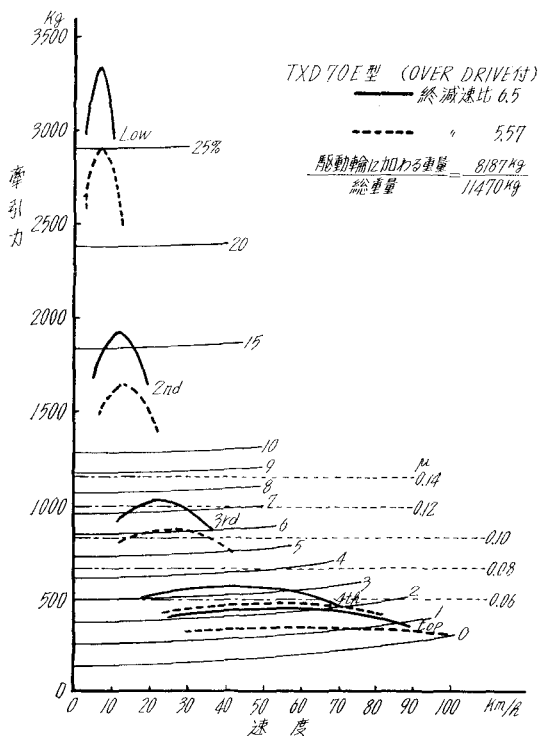
*** 北海道大学工学部



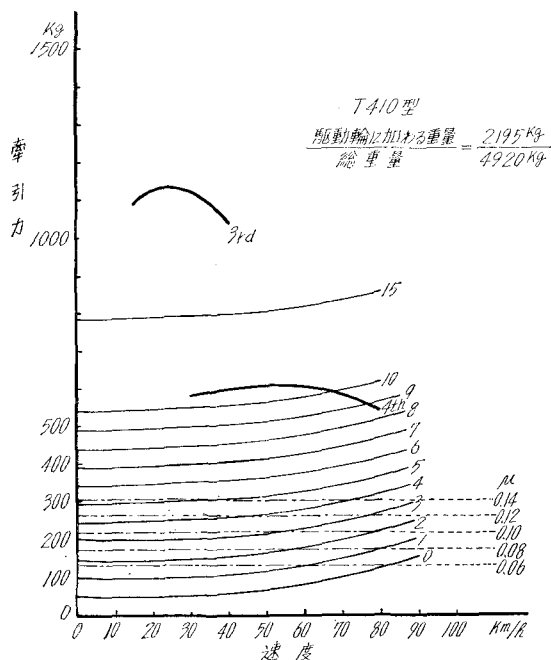
第2図 6.5t満載トラック走行性能曲線



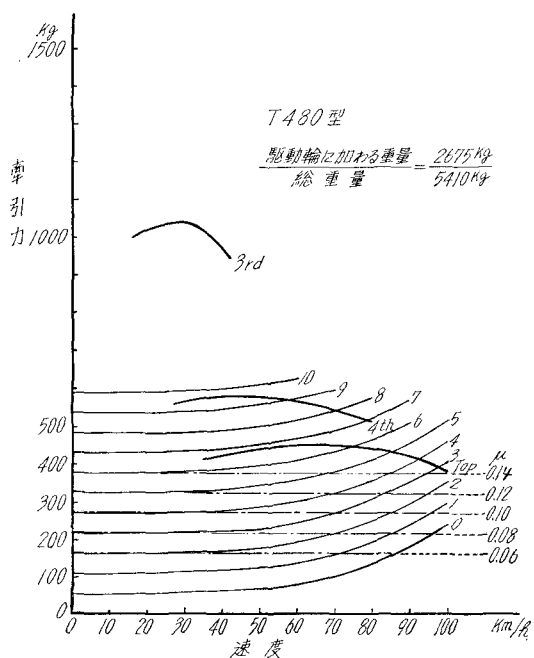
第3図 6.5t満載トラック走行性能曲線



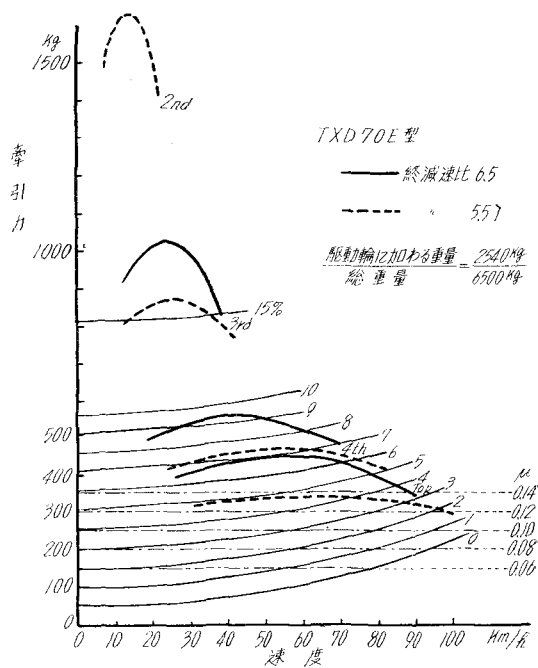
第4図 6.5t満載トラック走行性能曲線



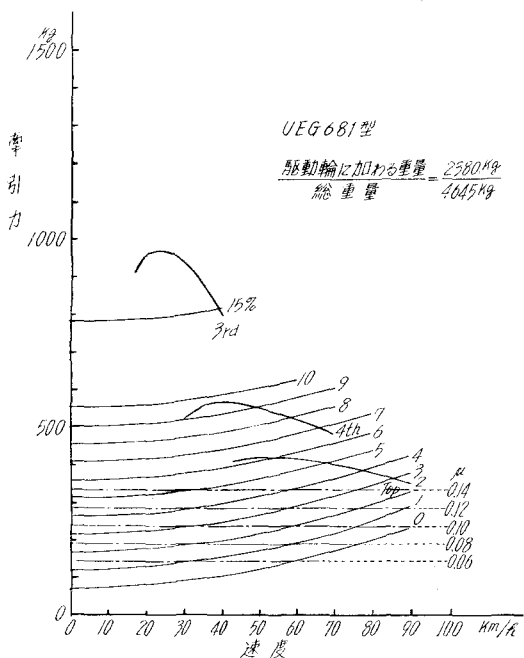
第5図 空車走行性能曲線



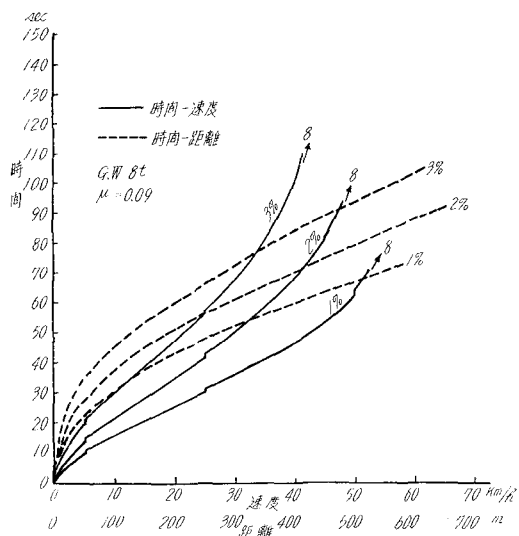
第6図 空車走行性能曲線



第8図 空車走行性能曲線



第7図 空車走行性能曲線



第9図 加速曲線

表-1 登坂可能最急勾配 (%)

付 着 力 係 数 $\mu=0.08$													
車 種		T 410		T 480		UEG 681		TXD 70 E				最適最急勾配	
載 状 態	ギ ア 速 度	OVER DRIVE		OVER DRIVE		OVER DRIVE		OVER DRIVE					
						終減速比 6.50		終減速比 5.57					
km/h		*		*		*		*		*		*	
満 載	100		—	V	1.0		—		—	V	0	V	0
	90		—	V	1.4	V	0.3	V	0.6	V	0.5	V	0.5
	80	IV	2.7	IV	1.9 2.4	V	0.7	V	1.3	IV	0.8 1.6	IV	1.0 1.5
	70	IV	3.4	IV	2.2 2.9	V	1.1 1.8	V	1.8 2.2	V	1.0 2.0	V	1.0 2.0
	60	IV	3.8	IV	2.4 3.3	V	1.5 2.5	V	2.2 2.8	V	1.2 2.4	V	1.5 2.5
	50	IV	4.0	IV	2.5 3.6	V	1.7 3.0	V	2.3 3.2	V	1.3 2.5	V	2.0 3.0
	40	IV III	4.1 4.6	IV III	3.7 4.5	IV III	3.2 3.8	V IV	2.3 3.4	IV III	2.5 4.2	IV III	3.5 4.0
	30	IV III	4.0 4.6	IV III	3.5 4.6	IV III	3.0 3.9	IV III	3.3 4.3	IV III	2.5 4.3	IV III	3.0 4.0
	20	III II	4.7	III II	4.6	III II	4.0	III II	4.4	III II	4.4	III II	4.0
	10	II I	4.7	II I	4.6	II I	4.0	II I	4.4	II I	4.4	II I	4.0
0	I	4.7	I	4.6	I	4.1	I	4.4	I	4.4	I	4.0	

* I, II, III, IV, V は各チェンジギア low~5 th を示す。

り、これに他の高速走行車に対する影響等を考えて、許容されるある時間、ある距離を定めることにより、従断曲線長を求める一手段になる様に思われる。

3. 降坂制動停止距離

氷結路では、降坂路での自動車の制動停止距離を考慮する必要がある。従って次に、下り勾配での制動停止距離を考えてみた。

算出式は、従来から用いられている簡略式

$$S = v^2 / 2g(f+i) \quad (2)$$

S ; 制動停止距離 (m)

f ; 縦すべり最大摩擦係数

i ; 勾配 (%、下りで負)

v ; 初速度 (m/sec)

を用いると、氷結路では f が小であるので不合理になる。(例えば、 $f = -i$ で $S \rightarrow \infty$)。故に、次の厳密式を用いた。

$$S = \frac{(1+\epsilon)W}{g \cdot k \cdot A} \log e \sqrt{1 + \left(\frac{c}{v}\right)^2} \quad (3)$$

ここに、 $c = \sqrt{(f+i+\mu_r)W/(k \cdot A)}$

ϵ ; 自動車回転部加速抵抗/車体の加速抵抗

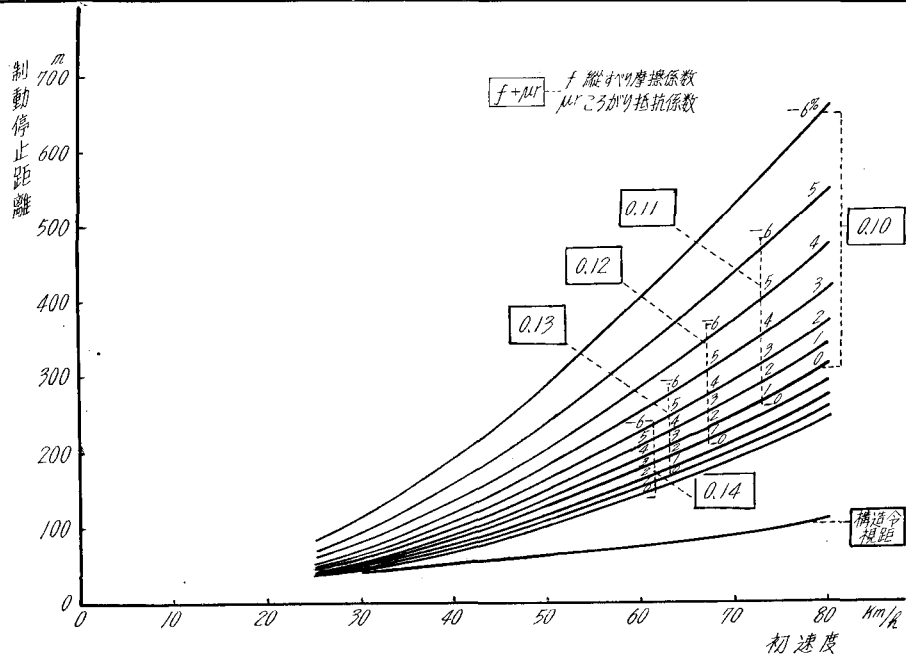
W ; 車輛総重量 (kg)

k ; 空気抵抗係数

A ; 自動車の前面投影面積 (m²)

表-2 登坂可能最急勾配 (%)

付 着 力 係 数 $\mu=0.08$													
車 種		T 410		T 480		UEG 681		TXD 70 E				最適最急勾配	
状態 速度	ギア			OVER DRIVE		OVER DRIVE		終減速比 6.50		終減速比 5.57			
空 車	90		—	V	0.6		—	V	0.2	V	0.2	V	0
	80	Ⅳ	0.1	V Ⅳ	1.3		—	V	0.8	V Ⅳ	0.8	V Ⅳ	0.5
	70	Ⅳ	0.6	V Ⅳ	2.0	V Ⅳ	0.4	V Ⅳ	1.3	V Ⅳ	1.3	V Ⅳ	0.5
	60	Ⅳ	1.0	V Ⅳ	2.4	V Ⅳ	1.0	V Ⅳ	1.7	V Ⅳ	1.7	V Ⅳ	1.0
	50	Ⅳ	1.3	V Ⅳ	2.8	V Ⅳ	1.4	V Ⅳ	2.0	V Ⅳ	2.0	V Ⅳ	1.5
	40	Ⅳ Ⅲ	1.5	Ⅳ Ⅲ	2.9	Ⅳ Ⅲ	1.8	V Ⅳ	2.3	V Ⅳ	2.3	V Ⅳ	1.5
	30	Ⅳ Ⅲ	1.6	Ⅳ Ⅲ	3.0	Ⅳ Ⅲ	2.1	Ⅳ Ⅲ	2.5	Ⅳ Ⅲ	2.5	Ⅳ Ⅲ	2.0
	20	Ⅲ Ⅱ	1.7	Ⅲ Ⅱ	3.0	Ⅲ Ⅱ	2.3	Ⅲ Ⅱ	2.6	Ⅲ Ⅱ	2.6	Ⅲ Ⅱ	2.0
	10	Ⅱ Ⅰ	1.7	Ⅱ Ⅰ	3.0	Ⅱ Ⅰ	2.4	Ⅱ Ⅰ	2.7	Ⅱ Ⅰ	2.7	Ⅱ Ⅰ	2.0
	0	Ⅱ Ⅰ	1.7	Ⅱ Ⅰ	3.0	Ⅱ Ⅰ	2.4	Ⅱ Ⅰ	2.8	Ⅱ Ⅰ	2.8	Ⅱ Ⅰ	2.0



第10図 G.W=8t 凍結路での制動停止距離 (勾配別)

表-3 総重量8tトラック制動停止距離 (m) (反応時間に走行する距離を含む)

(f+ μ_r) 及び勾配 <i>j</i> (%)					速 度 (km/h)						
					25	30	35	50	60	70	80
					—	40	45	65	75	90	100
$f+\mu_r^*$											
0.14	0.13	0.12	0.11	0.10							
0					36	48	61	106	145	193	248
-1	0				38	50	64	117	160	210	260
-2	-1	0			39	53	68	125	170	220	276
-3	-2	-1	0		42	56	72	132	181	233	296
-4	-3	-2	-1	0	44	60	77	142	194	252	319
-5	-4	-3	-2	-1	46	64	82	153	210	273	346
-6	-5	-4	-3	-2	50	69	89	167	230	297	380
	-6	-5	-4	-3	55	77	98	185	256	334	423
		-6	-5	-4	61	84	110	209	290	378	481
			-6	-5	70	97	127	242	337	439	555
				-6	83	115	159	292	405	528	666

* 例えば $f+\mu_r=0.10$ は、ころがり抵抗 $\mu_r^*=0.02$ であれば縦すべり摩擦係数 $f=0.08$ の路面を表す。

v ; 初速度 (m/sec)
 f ; 縦すべり摩擦係数
 i ; 勾配 (下りで負)
 μ_r ; ころがり抵抗係数

また、反応時間を2.5 secとして、反応時間に走る距離は、 $S'=2.5v$ とし、 $f+\mu_r=0.10\sim 0.14$ までの $i=0\sim -6\%$ についての道路構造令に採用されている車の総重量5及8tの制動停止距離について計算してみた。 $(f+\mu+i)$ の値が同値の時、重量は影響が小さいので、表-3に8tの場合の計算値を示し、これを図示したものが第10図である。併わせて勾配 $i=0$ の場合の構造に採用されている視距を示した。第10図から、制動視距が定められると許される勾配が決定でき、2.で記した登坂可能最急勾配の関係から、氷結路での最急勾配と勾配長が、チェックできるであろう。

4. あとがき

本来、氷結路面について道路を設計することは余り極端すぎるくらいがあるが、氷結路面を無くする(例えば、薬剤散布等)ことが、現在あるいは近い将来、不可能であれば、やはり検討する必要がある。

以上、直線部の縦断線形をチェックする一方法を考えてみた。曲線部の縦断線形については、直線部のものに更に、自動車の運動解析(操縦性、安定性)を考えに入れなければならないが、これについては、現在、研究を進めている。

文 献

基礎自動車工学 (前期編)	近藤政市著
自動車工学講座 1. 総説及構造	山本峰雄著
道路工学 (上)	星 埜 和著
道路構造令解説	高野 務著