



Title	高速除雪車の除雪抵抗と走行安定性について
Author(s)	加来, 照俊; Kaku, Terutoshi; 小野寺, 雄輝 他
Citation	北海道大學工學部研究報告, 78, 1-11
Issue Date	1976-02-16
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/41335
Type	departmental bulletin paper
File Information	78_1-12.pdf



高速除雪車の除雪抵抗と走行安定性について

加来照俊* 小野寺雄輝*

(昭和50年6月28日受理)

A Study on the Resistance of Snow Plowing and the Running Stability of Snowremoval Truck

Terutoshi KAKU and Yuki ONODERA

(Received June 28, 1975)

Abstract

Current snow plowing from road surfaces by trucks equipped with snow plows in winter have been carried at low speeds under 30 km per hour. Recently, a demand for higher speed snow plowing has arisen to cope with the increase in traffic. However only a few research papers on the resistance of snow plowing and running stability of snow removal trucks are available. From the point described above, this paper deals with the resistance of snow plowing and the running stability of snow removal trucks at high speed. The resistance of snow plowing was obtained by the results from field experiments conducted by Hokkaido Development Bureau and the running stability of snow removal truck was derived by the calculation of the maximum speed of snow removal truck without any unstable motion for various curvatures and superelevations of roads.

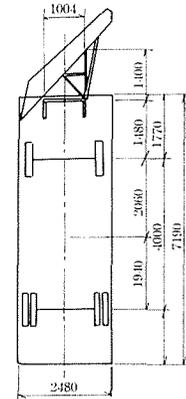
1. ま え が き

積雪寒冷地において、道路上の雪を除雪することは、冬期間の道路交通の確保のみでなく、産業、経済、社会活動などを停滞させることなく維持するために必須の条件である。この道路除雪を実施する場合に、降積雪の物理的性質、降積雪深、道路の線形と構造、沿道条件、路線の重要性、道路の運用方法などの多くの要因により、除雪方法および使用除雪機種が異なってくる。例えば2車線以上の道路で、常時交通を確保する場合には、ワンウェイプラオ付除雪トラックによる高速での新雪除雪が主になり、山間部で多雪または吹きだまりの発生する道路では、低速であってもロータリー除雪車やVプラオ付除雪車が必要になる。このうちワンウェイプラオ付除雪車による新雪除雪は高速といっても現在は20~30 km/h程度の速度でしか作業が行われていないのが現状である。しかし近年の自動交通の増加に伴い、除雪作業も、すべての分野ではないが高速化が要求されるようになってきている。ところが現在、除雪車の走行安定性の問題は高速時においては勿論、低速域においても、その研究は国内外に見当たらない様であり、また除雪車に加わる荷重としての除雪抵抗についての研究例も殆んど見当たらない様である。そのため、除雪作業の高速化の要求に答えることができない現状にある。このような背景から本研究は(1)除雪時の

* 工学部土木工学科 交通管理工学講座

表 1 除雪トラックの主要諸元

型 式	日産ディーゼル除雪トラック (MF 61 改)	
主 要 寸 法 (mm)	全 長	7190 (プラオなし)
	全 幅	2490
	全 高	3450
	軸 離	4000
重 量 (kg)	車 両 総 重 量 (実験時)	11460 11560
	前 輪 荷 重	5560
	後 輪 荷 重	5900
機 関	最 大 出 力	240 PS/2200 rpm
	最 大 ト ル ク	92 kg-m/1400 rpm
そ の 他	タイヤ (前後共)	11.00-20-14 PR

図 1 除雪トラックの
平面図

除雪車に加わる雪荷重すなわち除雪抵抗を実車による現場実験からの結果と理論より求め、(2) 除雪車の曲線走行時の安定性、についての検討を行ったものである。実車による現場実験は、北海道開発局、本学機械工学科燃焼工学講座、熱機関学第二講座、土木工学科交通管理工学講座により組織され、“高速域における除雪トラックの信頼性試験”として実施されたものである。また本研究で対象とした除雪車は上記の試験のために特に製作されたものである。その諸元、性能を表 1 に、寸法図を図 1 に示す。またこの研究報告で使用する除雪の意味は plowing のみを対象としたものである。

除雪車の安定計算は、自動車の安定走行理論を応用し、実際の道路条件を加えておこなった。

2. 除雪車の除雪抵抗^{1),3),4),5)}

除雪車は、一般の自動車を受ける走行抵抗の他に除雪のための抵抗が加わる。従って除雪車の受ける抵抗は、(1) 除雪車自体の走行抵抗、(2) スノープラオが雪面をすべる抵抗、(3) プラオが雪を飛ばす抵抗すなわち除雪抵抗の 3 つを考慮しなければならない。

2.1 走行抵抗

今、除雪車が平坦直線路で除雪作業を行っている場合、除雪車自体の走行抵抗 R_1 は次式で表される。

$$R_1 = R_r + R_l = \mu_r W + k_a \cdot A v^2 \quad (1)$$

ここで R_r = ころがり抵抗

R_l = 空気抵抗

μ_r = ころがり抵抗係数：対象車の場合はタイヤチェーンを装着しているの
この値を 0.03 とした。

W = 車輪荷重 kg：対象車の場合 11,560 kg

k_a = 空気抵抗係数：対象車の場合 0.045

A = 自動車の前面投影面積 m^2 ：対象車の場合 5.0 m^2

v = 車体と大気間の相対速度 m/sec

対象車の場合の走行抵抗を求めると時速 60 km で 410 kg となる。

2.2 スノープラオが雪面をすべる抵抗

スノープラオが雪面をすべる抵抗は次式から求められる

$$R_2 = \mu_s \cdot W_s \quad (2)$$

ここで μ_s = すべり抵抗係数：鉄と雪の間では約 0.1

W_s = スノープラオのそりに加わる重量：これはプラオおよびプラオの懸架装置の重要な和であり、対象車の場合 600 kg

対象車の場合のスノープラオが雪面をすべる抵抗は 60 kg となる。この他にプラオの切刃の部分で雪を削る切削抵抗が加わる。建設省の実験では、切刃長さ 1 cm 当り 0.7 kg の切削抵抗を得ている。この値は路面、雪質、プラオの型式により異なると考えられるが、ここでは一応この値を用いて切削抵抗 R_2' を求めてみると対象車の場合 175 kg になる。

2.3 除雪抵抗

除雪車のプラオは進行方向に対してある角度を付してある。対象車の場合は 45° の角度を付してある。従ってプラオが雪をはね飛ばす抵抗即ち除雪抵抗は進行方向の逆方向と、進行方向の直角方向に分けて考える必要がある。ここで進行方向の逆方向の抵抗を進行方向荷重と呼び、進行方向と直角方向の抵抗を横方向荷重と呼ぶことにする。

次に除雪抵抗を求める理論式について検討してみる。プラオではねられる雪の様子を観察すると、動いている雪は流体に似た挙動を示していることがわかる。これから進行方向荷重と横方向荷重の大きさを求めるのに運動量の定理を用いた。ただしこの場合、水は非圧縮性であるのに対して、雪は圧縮性であるので、プラオに雪が当たった後の速度の減少を考慮する必要がある。雪はプラオ上で 3 次元の動きをするが、上下方向の抵抗は除雪車にとって影影の少ないものと考えて無視し、図 2、図 3 に示す様に 2 次元で考えることにする。この 2 つの図は雪の一部分がプラオに当たってはね飛ばされる様子を上からみたものと横からみたものである。雪がプラオに当たる速度は除雪車の速度に等しい。また雪がプラオから投げ出される場合は、雪の圧縮や、プラオとの摩擦のため速度が減少する。除雪車の速度を V km/h とし、投げ出される雪の速度の減少率を ε とすると投げ出される雪の速度は $\varepsilon \cdot V$ である。

雪はプラオに対して 45° の角度で進入し、それからプラオの円錐曲面に沿って流れ、プラオの上端部からプラオと α の角度をもって投出される。ここで運動量の定理を用いて除雪抵抗の大きさを進行方向荷重と横方向荷重に分けて求めてみる。

(1) 進行方向荷重：進行方向荷重を F_x 、雪の密度を $\dot{\gamma}$ 、雪の体積を Q 、除雪断面積を S とすると

$$\begin{aligned} F_x &= \frac{\dot{\gamma}}{g} \cdot Q \left[V - \left\{ -\varepsilon \cdot V \cdot \cos(\alpha - 45^\circ) \right\} \right] \\ &= \frac{\dot{\gamma} \cdot S \cdot V^2}{g} \left\{ 1 + \varepsilon \cdot \cos(\alpha - 45^\circ) \right\} \end{aligned} \quad (3)$$

ここで射出角 α を 90° 、低減率 ε を 0.6 とすると

$$F_x = 1.42 \cdot \dot{\gamma} \cdot S \cdot V^2 / g \quad (4)$$

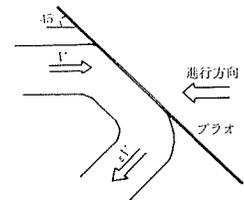


図 2 プラオが雪をはねる様子を上から見た図

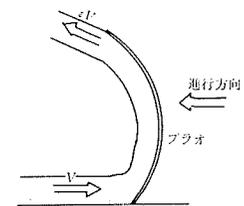


図 3 プラオが雪をはねる様子を横から見た図

投出角と低減率は現場除雪試験において撮影したシネフィルムから読みとったものである。

(2) 横方向荷重：横方向荷重 F_y は進行方向荷重と同様に、また同じ記号を用いて

$$\begin{aligned} F_y &= \frac{\dot{\gamma}}{g} \cdot Q \left[0 - \left\{ -\varepsilon \cdot V \sin(\alpha - 45^\circ) \right\} \right] \\ &= \frac{\dot{\gamma} \cdot S \cdot V^2}{g} \varepsilon \cdot \sin(\alpha - 45^\circ) \\ &= \frac{0.42 \cdot \dot{\gamma} \cdot S \cdot V^2}{g} \end{aligned} \quad (5)$$

2.4 除雪比抵抗

前節で求めた除雪抵抗は除雪断面積や雪の密度の影響を受けるので、種々の条件下での比較を容易にするために除雪抵抗を導入する。除雪比抵抗 N_r は進行方向荷重 F_x を除雪断面積 S と雪の密度 $\dot{\gamma}$ で除したもので次の様に表される。

$$N_r = F_x / \dot{\gamma} \cdot S \quad (6)$$

(4)式より

$$N_r = 1.42 \cdot V^2 / g \quad (7)$$

(7)式で求めた除雪比抵抗と現場除雪試験結果とから求めた除雪抵抗との関係を図4に示す。実線は実験結果より求めた回帰曲線で、破線は(7)式より求めた曲線である。この2つの曲線は30~50 km/hの速度範囲においては、ほぼ一致しているがより低速域になると(7)式で求めた値が小さくなっている。これは約15 km/hの速度を境にして雪の流れ方が変っているからと考えられる。即ち低速域においてはプラオに進入した雪は、プラオ面を上昇することなくプラオ面を離れて前面に落ち、プラオに押されて転動してしまうのが原因と考えられる。本研究では高速域を対象としているので図から明らかな様に以後の除雪抵抗は(7)式を用いた。

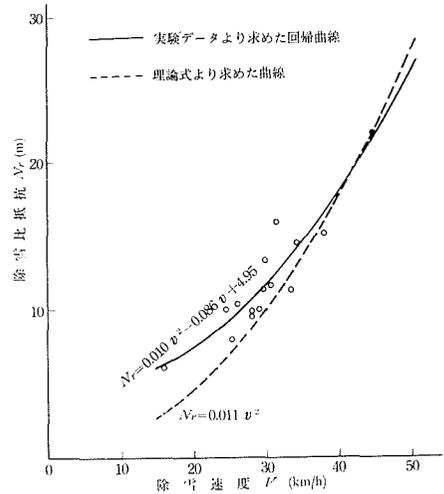


図4 理論式と実験データから求めた比抵抗

2.5 除雪抵抗の図形分布

除雪抵抗の合力の作用点を求めるために、除雪抵抗のある図形に分布させる必要がある。現場除雪試験のシネフィルムなどでプラオに当る雪の流れを観察すると、はね飛ばされた雪の流れは図5のようになることがわかる。雪はプラオのF端に除雪車の速度 V で当たり、プラオの円錐曲面を上昇しながら除雪車の進行方向にみて左の方へと移動して行き、プラオの上端に達した所から投げ出される。プラオの形は対象車の場合、除雪車側からみて、右端と左端の高さの比が1:3である。従ってプラオ全体で雪をはねている時も

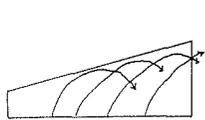


図5 プラオの正面から見た雪の流れ

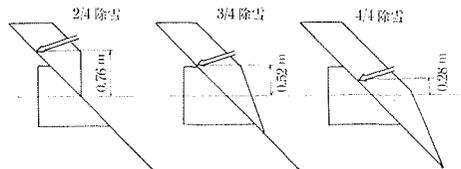


図6 除雪抵抗の図形分布

左側の方が大きな力を受けることが想定できる。さらにプラオ上の雪の流れが図5の様なので右側の部分では雪がプラオに与える抵抗はかなり小さいと考えられる。また雪がプラオ上を左に進むにつれて除雪抵抗が大きくなるが、ある処からは雪が投げ出され始めるのでそれより左側では除雪抵抗は増加しない。以上の考えから除雪抵抗を図6の様台形に近似させた。ここで4/4除雪とはプラオ全体で雪をはねている場合、3/4除雪はプラオの左端から3/4を使って雪をはねている場合、2/4除雪はプラオの左半分で雪をはねている場合である。図5を用いて合力の位置を求めてみると、4/4除雪ではプラオ中心から左に28 cm、3/4除雪では52 cm、2/4除雪では76 cm離れた位置になる。

2.6 横方向荷重の検討

横方向荷重を現場除雪試験では除雪車本体とプラオを結ぶ2本のアームの部分に荷重計を取り付けて曲げモーメントを測定して求めており、直接横方向荷重は測定していない。これは除雪車とプラオの取付けの機構上より非常に困難なためである。図7は現場除雪試験の結果から進行方向荷重とアームの曲げモーメントの関係を表したものである。横方向荷重の大きさを求めるためには曲げモーメントを横方向荷重の作用点から荷重計の位置までの距離で除せば良い。すなわち

$$F_y = M/h$$

ここで M = 曲げモーメント

h = 横方向荷重の作用点から荷重計までの距離

現場除雪試験では3/4除雪の場合が多いので2.5で求めた3/4除雪の合力の位置を用いて実際に

横方向荷重を計算したのが表2である。荷重計はアームの先端から23 cm離れた位置にあり、またアームの先端から3/4除雪の合力の位置までは5 cmである。従って(8)式の h は28 cmで計算した。以上の結果から横方向荷重は進行方向荷重の約3割ということのわかる。これは理論的に求めた(4)式と(5)式の比率と同じ結果であり、理論式の一応の妥当性を示すものと考えられる。

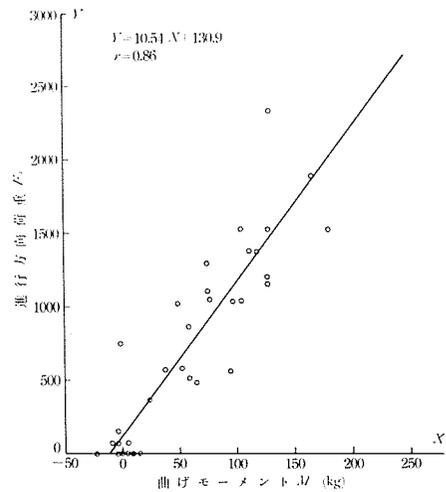


図7 進行方向荷重と曲げモーメントの関係

表2 曲げモーメントから求めた横方向荷重

進行方向荷重 (kg)	曲げモーメント (kg-m)	横方向荷重 (kg)	横方向荷重 進行方向荷重
500	35.0	125	0.25
1000	82.5	295	0.29
1500	129.9	464	0.31
2000	177.3	633	0.32
2500	225.0	804	0.32

3. 除雪車の走行安定性^{1),2)}

3.1 コーナリングフォースとハンドル角

除雪車に除雪時横方向荷重が加わる場合、運転者はハンドルを切って前輪を横すべりさせ、

その時に発生するコーナリングフォースで除雪車が横方向に変位しようとするのに対抗させる。ここでタイヤあるいは車輪の横すべりは、タイヤ中心面とタイヤの進行方向が一致しない運動をいう。横すべりするタイヤに働く力を図8に示す。この時タイヤの中心方向と直角に働くのがサイドウエイフォース S で、進行方向と直角に働くのがコーナリングフォース C であり、進行方向とタイヤの中心方向との角が横すべり角 β である。これらの間には次の関係がある。

$$C = S \cdot \cos \beta \tag{9}$$

$$S = \mu \cdot W \tag{10}$$

ここで μ = サイドウエイフォース係数

W = タイヤに加わる垂直荷重

この両式より

$$C = \mu \cdot W \cdot \cos \beta \tag{11}$$

この μ の値は横すべり角に応じて変わり、特に積雪路面上では雪の性状が一定でないなど種々の条件で変わるが、多数回の雪路面の実験より、横すべり角 $7 \sim 8^\circ$ までは直線的に増加し、それ以上の横すべり角では μ の値が一定になることが判明している。本研究では安定問題を取扱うことから安全側に考えて限界の横すべり角を 6° とし、 μ の最大値を 0.25 とし図9の関係を使用した。ここで $\cos \beta \approx 1$ とすると(11)式は次の様になる。

$$C = \mu \cdot W \tag{12}$$

図9より

$$\mu = 0.25/6 \cdot \beta \tag{13}$$

$$C = 0.25/6 \cdot W \cdot \beta \tag{14}$$

対象車の場合 W は 5560 kg であるので

$$C = 0.25 \times 5560 / 6 \cdot \beta \tag{15}$$

この関係を求めたのが図10である。

3.2 除雪抵抗とハンドル角との関係

前節で述べた様に、ハンドルを回すことによって、前輪がある横すべり角をもち、コーナリングフォースが発揮される。このハンドル操作と横方向荷重の関係を現場除雪試験の結果から検討してみた。ハンドル操作はハンドル角という表現で代表させる。このハンドル角は運転車が実際に回すハンドルの角度ではなくて前輪の操舵角である。除雪車の車体が進行方向と一致する時は操舵角は横すべり角に等しい。従って以後使用するハンドル角は前輪の横すべり角を意味する。また正のハンドル角を左回りにとることとする。実験では進行方向荷重とハンドル角が同時に計測されているが、横方向荷重は計測されていない。しか

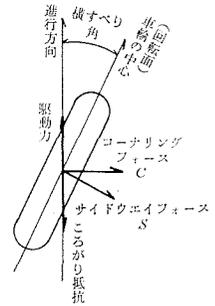


図8 横すべりするタイヤに働く力

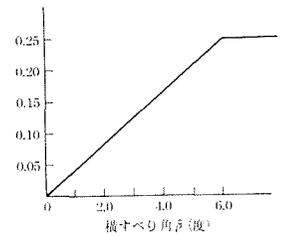


図9 μ と横すべり角の関係

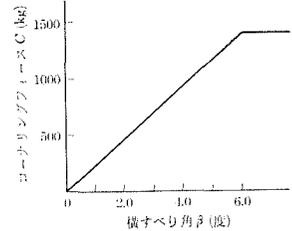


図10 前輪の C と横すべり角の関係

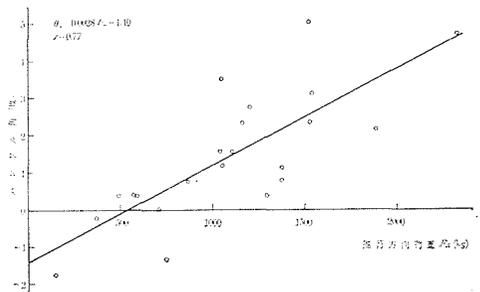


図11 進行方向荷重とハンドル角の関係

し2.6で検討した様に横方向荷重は進行方向荷重の0.3倍なので、進行方向荷重とハンドル角の関係から求めることができる。図11は横軸に進行方向荷重を、縦軸にハンドル角をとって画いたものである。ここで除雪抵抗を受けてからハンドル操作までに約0.5秒の反応時間が実験結果より求められているので、進行方向荷重とハンドル角の値を実験値より採用するのに反応時間0.5秒を考慮してある。図11より回帰直線を求めるとハンドル角を θ として

$$\theta = 0.0028 F_x - 1.40 \quad (16)$$

となり、これから進行方向荷重、すなわち横方向荷重に比例してハンドル角の増加することがわかる。進行方向荷重が0の時にハンドル角は -1.4° を示している。このことはハンドル角は右回りであり、ハンドルが右に切られていることを示す。現場除雪試験において、除雪抵抗が加わらない状態でプラオを接地させ、無負荷走行で除雪車を走行させた場合表3に示す結果が得られている。これはプラオを接地して走行させることにより、重心回りに左回りのモーメントが働いており、そのため前輪に右回りの横すべり角を与えて、コーナリングフォースを発生させて走行していることになる。(15)式よりハンドル角が -1.4° の場合、コーナリングフォースは、対象車に対して324kgとなり、重心回りのモーメントは右回りに

表3 無負荷走行におけるハンドル角

番号	除雪速度 (km/h)	ハンドル角 (度)
1	25	-1.6
2	24	-1.3
3	40	-1.3
4	33	-1.9
5	42	0
6	42	-1.3
7	47	-1.0
8	47	-1.3

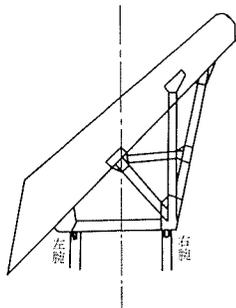


図12 プラオの平面図

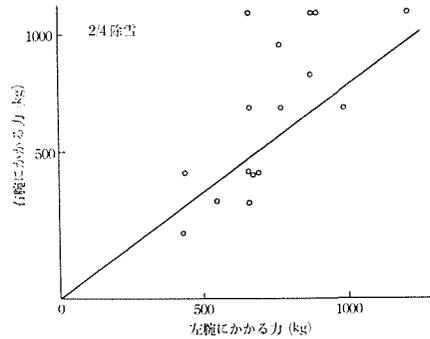


図13 2本の腕にかかる力の関係

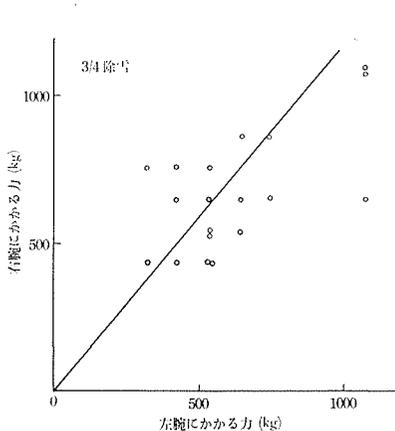


図14 2本の腕にかかる力の関係

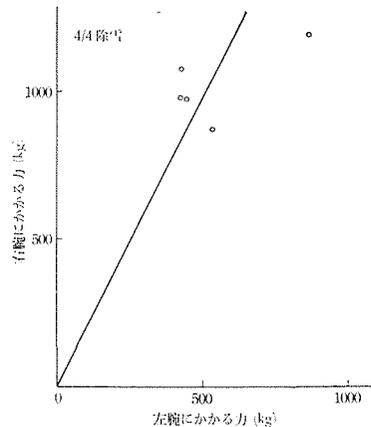


図15 2本の腕にかかる力の関係

の釣合いを考えれば良い。旋回中の自動車に働らく力を図16の様に考えると、 V に直角方向の釣合いは、

$$\frac{W}{g} \cdot \frac{V^2}{r} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 \quad (18)$$

重心まわりのモーメントの釣合いは

$$(C_1 + C_2) l_1 = (C_3 + C_4) l_2 \quad (19)$$

ここで空気力による力およびモーメントは値が小さいので無視する。コーナリングフォースと横すべり角は直線関係を示す範囲内で

$$C_1 = K_f \beta_1, \quad C_2 = K_f \beta_2, \quad C_3 = K_r \beta_3, \quad C_4 = K_r \beta_4 \quad (20)$$

ここで K_f = 前輪のコーナリングパワー

K_r = 後輪のコーナリングパワー

横すべり角 β_1 と β_3 は図16から

$$\left. \begin{aligned} \beta_1 &= \frac{S - \tan^{-1}(l_1 - r \cdot \sin \beta)}{r \cos \beta - b_1/2} \\ &\doteq S + \beta - l_1/r \doteq \beta_2 \\ \beta_3 &= \frac{\tan^{-1}(l_2 + r \cdot \sin \beta)}{r \cos \beta - b_2/2} \\ &\doteq \beta + l_2/r \doteq \beta_4 \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

(20)式と(21)式から

$$C_1 = C_2, \quad C_3 = C_4 \quad (22)$$

(20)式と(21)式を(18)式と(19)式に代入して

$$\frac{W}{g} \cdot \frac{V^2}{r} = 2 K_f \cdot \beta_1 + 2 K_r \cdot \beta_3 \quad (23)$$

$$2 \cdot K_r \cdot \beta_3 \cdot l_2 = 2 \cdot K_f \cdot \beta_1 \cdot l_1 = 0 \quad (24)$$

β_1, β_2 は(21)式を度に直して

$$\beta_1 \doteq \beta_2 \doteq S + \beta - 57.3 l_1/r \quad (\text{度}) \quad (25)$$

$$\beta_3 \doteq \beta_4 \doteq \beta + 57.3 l_2/r \quad (\text{度}) \quad (26)$$

(25)式, (26)式より

$$S = \beta_1 - \beta_3 + 57.3 l/r \quad (\text{度}) \quad (27)$$

(23)式から(26)式には $V, r, \beta_1, \beta_2, \beta_3, S$ の6変数を含んでいるので2変数を予め与える必要がある。ここでは V と r を与えた。(25)式と(26)式を(23)式と(24)式に代入して β について解くと

$$\beta = \frac{W/g \cdot V^2 \cdot l_1/l - 114.6 K_r \cdot l_2}{2 K_r \cdot r} \quad (28)$$

β_1, β_3, S は(25)式から(27)式で求まる。

$$\left. \begin{aligned} \beta_3 &= \beta + 57.3 l_2/r \\ \beta_1 &= (K_r \cdot l_2 / K_f \cdot l_1) \beta_3 \\ S &= \beta_1 - \beta_3 + 57.3 l/r \end{aligned} \right\} \quad (29)$$

自動車が片勾配のある路面を走行する場合、重心に片勾配 i による分力 C' が働く(図17)。角 α が小さいとして

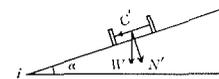


図17 片勾配による分力

$$C' = W \sin \alpha \div W \tan \alpha = W_i$$

従って(18)式の左辺は $W/g \cdot V^2/r - W_i$ となる。あとは前と同様にして解くと

$$\beta = \frac{(V^2/g - r_i) \cdot W \cdot l_1/l - 114.6 K_r l_2}{2K_r \cdot r} \tag{30}$$

β_3, β_1, S については(29)式と同様である。(30)式に V と r を与え、さらに(29)式を用いて夫々の片勾配について、対象車に対してを β_3, β_1 求めたのが 図 18, 図 19 である。この場合、 $K_r=123$ kg/deg, $K_f=116$ kg/deg, $l_1=2.06$ m, $l_2=1.94$ m, $l=4.0$ m, $W=11.560$ kg として計算してある。また(29)式より $\beta_1=0.99 \beta_3$ となるので $\beta_1=\beta_3$ とした。これらの結果から、片勾配が大きくなると同じ速度、同じ曲線半径でも横すべり角が小さくなることわかる。

次に、前に求めた各除雪抵抗におけるハンドル角とここで求めた曲線部での横すべり角を加えることにより、左回り曲線部を除雪車が除雪抵抗を受けて走行する際の横すべり角が求まる。

雪密度 0.1 g/cm³, 積雪深さ 20 cm の場合、 $4/4$ 除雪, $3/4$ 除雪について横すべり角と曲線半径の関係を片勾配 2% , 6% について求めた結果が 図 20~図 23 である。これらの図において、限界のすべり角は、曲線部であるので安全を考え、サイドウェイフォース係数が 0.2 を越えない横すべり角 4.8° とした。従って横すべり角 4.8° における曲線半径をその速度での最小曲線半径とした。

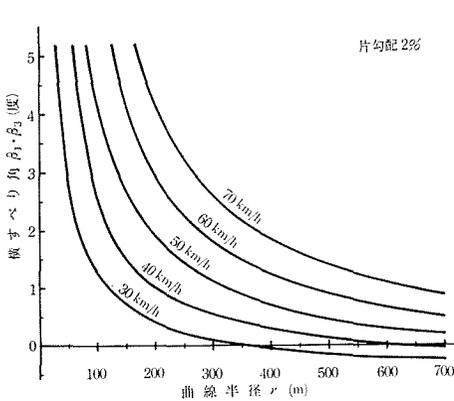


図 18 曲線半径と横すべり角の関係 (除雪抵抗なし)

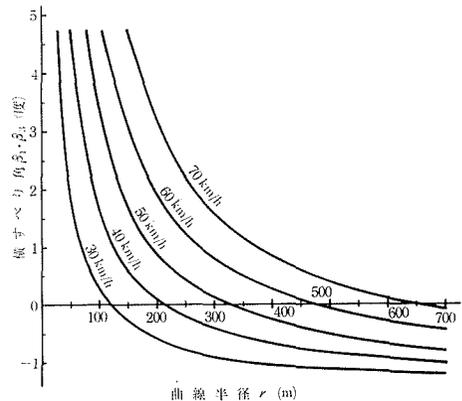


図 19 曲線半径と横すべりの関係 (除雪抵抗なし)

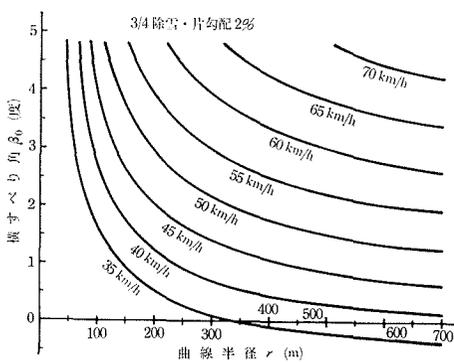


図 20 曲線半径と横すべり角の関係

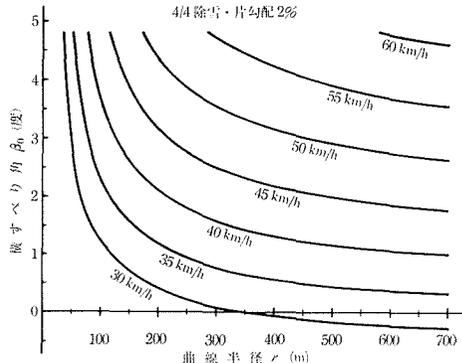


図 21 曲線半径と横すべりの関係

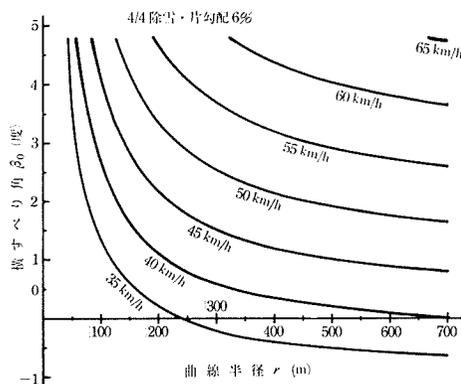


図 22 曲線半径と横すべり角の関係

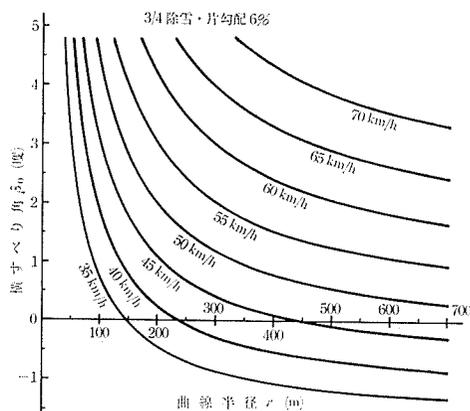


図 23 曲線半径と横すべり角の関係

これらの結果から当初予想していたよりも、比較的高速で除雪走行が可能であることがわかった。

4. あとがき

以上、除雪車の除雪抵抗と走行安定性に主眼をおいて、高速除雪についての検討をおこない実車について数値計算をおこなった。今回初めて除雪車についてこのような計算をおこなったことと、現場除雪試験からのデータがそのまま使用できなかったり、不足していたこともあって、多くの仮定を用いてあり、その面では十分な成果を得たとは考えられない。しかし今まで単に経験と勘にのみ頼っていた除雪車について、不十分ではあるが、走行安定の計算までおこない得たのは一応の成果と考えられる。勿論除雪の問題は安定性のみではなく、飛ばした雪の落ちる場所とか、除雪車に続く一般車への視界など多くの問題点が残されている。この点を含め、特殊な除雪車でなく、一般の除雪車について高速除雪の検討を今後進める予定である。

最後に本研究にあたり、実際の計算を担当した日本道路公団の富樫正彦氏、現場実験データ利用に御協力頂いた北海道開発局建設機械工作所に謝意を表する次第である。

なお、本研究は文部省科学研究費によりおこなわれたものであることを付記する。

参 考 文 献

- 1) 近藤政市：基礎自動車工学，前期編，養賢堂。
- 2) 加来照俊：氷結路面における車両運動と道路線形の一考察，土木学会論文報告集，198号，1972年2月，土木学会。
- 3) 北海道開発局：高速域における除雪トラックの信頼性試験（中間報告1），47年3月。
- 4) 北海道開発局：高速域における除雪トラックの信頼性試験（実験報告1），47年11月。
- 5) 北海道開発局：高速域における除雪トラックの信頼性試験（中間報告2），48年9月。