

高 速 除 雪 方 法 に 関 す る 研 究

プ ラ ウ 除 雪 実 験 (第 一 報)

機械研究室 長 田 忠 良

渡 辺 勝 男

目 次

1. ま え が き	1
2. 40年度研究の概要	2
2.1 試 験 機 械	2
2.2 実 験 方 法	2
2.3 実験場所および日程	3
2.4 実験結果および考察	3
3. 次年度以降の実験研究について	4
3.1 試験機, 計測方法	4
3.2 実験の進め方	5
4. あ と が き	5

1. ま え が き

経済活動に果す道路の役目は大きく、その交通確保に管理者は多大な努力を払っているところである。雪害法で定められた積雪地域は全国土の半分以上をしめており、地域的な差こそあれ積雪地域では雪が道路交通に何らかの障害を及ぼして、その効果的な解決のための研究が急がれている。

機械除雪についてみてもわが国での除雪専用機の出現は10年前頃からでその性能も完全なものとはいえない状態である。

除雪作業に重要な雪の動的特性についての研究実績が少ないことが感ぜられ、これら基礎研究の不足が除雪機械の発展を妨げている。

機械研究室において、36年度より研究に着手し、39年度より本格的な調査研究を続けているところであるが、工法、体制についても開発、研究しなければならない問題が山積している。

一方、科学技術庁において防災科学技術総合研究として雪害防災総合研究（温暖多雪地帯における交通路の雪害防止に関する研究）が計画され、(1)大縮尺空中写真を利用した交通路の積雪状態の精密判読方法に関する研究、(2)降雪強度測定方法に関する研究、(3)高速除雪方法に関する研究、を推進されることになった。この研究の重要性を考え、機械研究室では(3)の高速除雪方法に関する研究を担当することとした。

この研究は道路上の積雪を短時間で除去し交通路および通行車両の安全性を確保しようとするもので、40～50 Km/hの除雪速度を一つの目安とする。

除雪機械の現状をみると、ロータリ除雪車は投雪機構の吐出容量等によりこのような高速化は不可能と考えられ、可能性のあるものはプラウ系除雪車とみられ、ここではプラウをとりあげて研究することとした。

現在、プラウの使用法は一次除雪として路面の雪を路肩部に排除することが多く、路肩部の雪がある程度高くなると二次除雪としてロータリ除雪車で道路敷外へ吹きとばす。したがって一次除雪で雪を路肩部のできるだけ外方にしかもできた雪堤を越して排除しておけば工費のかさむ二次除雪を軽減することになって有利であるが現在のプラウでは満足できるものではない。このためプラウ形状の研究を行ない雪質、車速、積雪深などの施工条件によつて最も望ましい形のものを見出すとともに、装着トラクタに要求される諸性能、その他高速化に影響する外的条件として、路面状況、線形、気象条件などについてその影響度を調査研究する。

なお、この研究は40年度を初年度とし向う3ケ年にわたるもので年次別研究計画は次のとおりである。

- 40年度：性能試験車（7t，4×4トラック）に2つの異なる形状のプラウを装着し除雪実験を行ない、実験方法を確立する。
- 41年度：性能試験車を用いて2～3のプラウの実験を行ない、雪質、車速、積雪深などの変化による性能の変化を研究し望ましいプラウ形状を求める。
- 42年度：前2年の研究結果にもとずいて改良形プラウを試作して性能試験を行なうとともに、トラクタに要求される諸性能を研究する。

この資料は、40年度に実施した実験研究資料の散逸を防ぐ意味で、実験方法、測定結果のみをとりまとめたものである。

2. 40年度研究の概要

40年度はプラウにかかる応力、トラクタの走行所要馬力の測定方法を検討し、その方法によってアングリングとワンウェイプラウについて実験を行なった。

2.1 試験機械

試験に用いたプラウはアングリングプラウ（進行角可変形）とワンウェイプラウの2種類であり、これを8H10形4輪駆動トラクタに交互に装着した。

プラウおよびトラクタの仕様を表-1、-2に、三面図および動力伝達系統図を図-1、-2に示す。

2.2 実験方法

(1) コースの設定

測定区間を20～30mとり、その前に補助区間を10m、助走区間を30m以上設けた。助走区間では所定の速度まで加速し、補助区間では一定速度で走行し、測定区間に入力させることにした。除雪速度20Km/h以下では10m2区間、20Km/h以上では10m3区間に測定区間を設定した。図-3

(2) 雪質条件

実験に適する降雪が得られなかつたので、路肩に堆積した雪を路上に積み、幅1m、厚さ0.2m程度に盛つて試験した。これは、試験結果にもあるとおり雪の密度が0.5g/cm³と大きかつたため、一般にスノープラウ除雪で対象としている新雪の密度0.2g/cm³からみてプラウに及ぼす力を同じようにするため除雪幅で調整したものである。今回対象となつた雪質はすべてメレザラメ雪であつた。

(3) 試験機の条件

- ① プラウ進行角度： ワンウェイプラウは構造上58°のみであるが、アングリングプラウでは50°、60°、70°の3段階にセットした。
- ② 除雪速度： ①の進行角度のそれぞれについて、10、20、30Km/hの3段階で実施した。
- ③ プラウ切刃加圧： 自重による押しつけとし、完全除雪形式とした。
- ④ その他： タイヤチェーンは装着せず、後輪駆動のみとした。

(4) 測定項目および測定方法

表-3に示す。

2.3 実験場所および日程

実験は3月上旬、新潟県南魚沼郡六日町附近の国道17号線において行なつた。表-4は日程を示す。

2.4 実験結果および考察

(1) 実験結果および計算結果

表-5に示す。

(2) 腕 荷 重

一般に押腕荷重は装着車両の推進力に関係するもので、機関トルク、タイヤの粘着性、車両重量などで最大値は決定されるものであり、横荷重は除雪車重心に対して回転力として働きタイヤの横すべりによる運行性を悪化させる。

横荷重を打消す形式としてV形プラウがあるが、左右両方に排雪するため2車線以上の幅員を確保することには不向きであり、結局片面がけとなり有効除雪幅も減少するとともに横荷重の問題も発生してくる。

前方プラウによつて生ずる回転力を相殺するために、車体側方にサイドウイングを装着し逆の回転力を作用させる方法もとられているが、最終的には全輪の横すべりということで限度が定まってくる。雪上における駆動車輪の横すべり摩擦係数など難解な点が含まれており他の研究にまたねばならない問題も多いが、この研究では各条件における雪の反力としてプラウが受ける荷重の変化を追究することを一つの目的としている。

図-4は横荷重および押腕荷重の関係を示したものである。

左右の押腕は車両の進行方向中心線に対しほぼ平行となつているため、横軸には左右の押腕荷重の和をとつたものである。原点より各点までの長さは合成力の大きさとみられ、また原点と各点を結んだ線と横軸とのなす角は、二次元的にみた除雪車進行方向線に対する雪の反力の方向である。進行角が小さくなるにしたがつて横荷重が増大し、また除雪速度が大きくなるにつれても大となる。ある速度範囲のアングリッドプラウについてみると、進行角50°のときが車両推進力からみて効果的であるが横荷重が増大しハンドルがとられる傾向が大きい。一方向への排雪を目的として作られたワンウェイプラウでは雪の反力は小さく横荷重も小さくなつていくことが分る。

(3) 合成力作用点

排雪抵抗としての合成力がどの部分に作用するか求めたものが図-5である。これは図式によつてベクトル合成したものである。今回の実験はプラウで可能な最大除雪幅よりせまい幅でつまあげられた雪の排除であり、除雪車中心線を雪敷の中心に一致させたとはいえないが比較

的同じ位置に雪を受けたとみられる進行角 50° のときのものである。

これによると除雪速度を上げるにしたがつて作用点はプラウ左後方に移動するものとみられる。これは速度の小さい範囲では雪の流れは円滑に行なわれずプラウに対し右前方に雪が移動し、結果としてプラウ全幅で雪を押すかつこうとなるためと思われる。この結果押腕荷重の増加に比べて横荷重の増加の割合は小さく荷重比率（横荷重／押腕荷重、図-6）が小さくなる。プラウ全幅に雪を受けた場合どのようになるか今後の実験で確認しなければならない。

(4) 切削雪の形状

プラウ面を流れる雪の状況を写真1～4に示す。切削される雪の形態は金属の切削に見られるように、雪が前方へ圧縮されある面に沿って剪断し、プラウ前面に堆積する量が多い裂断形と、刃先から連続的に雪をすくい上げプラウ面に沿って案内し側方に排出する流れ形の二つがみられた。

進行角が大きく車速が小さいときには裂断形であり、進行角が小さく、車速が速くなるにしたがつて流れ形に移行していく。この変化点はプラウの形状によつても異なるものであり、今回の実験では明確にできなかったが車速 30 km/h では流れ形が観察され、これ以上の速度では在来のプラウでもほとんど同じものと思われる。

施工面からみると路肩にできる雪堤を乗り越えて外方に排雪しなければならず流れ形の形態でプラウ左端上部より排出されることが望ましい。なお進行角およびプラウ曲面のRによつて一担すくい上げられた雪が一回でプラウ面を通過せず前方に落下して再度すくい上げられて排出されることも観察された。

3. 次年度以降の実験研究について

3.1 試験機、計測方法

(1) コースの設定方法は同じでよいと思われるが、助走区間を延長し車速の安定をはかる。

(2) 計測方法について次の点の改善が必要である。

① 荷重測定方法については重荷重になるとピストンストロークの関係で頭打ちの傾向があるようにみられ、ストロークを 10 mm から 20 mm 程度に大きくする。また圧力変換器の感度よりみて計測範囲 $1\sim 20\text{ kg/cm}^2$ を $1\sim 10\text{ kg/cm}^2$ のものに変換する必要がある。

② 車軸トルクより算出したホイール駆動力と押腕荷重の計測値に理論上不合理を生じている。これは一部トラクタの慣性によつて作業を続行したものと考えられるので、機関

回転速度の変化を詳細に検出できるよう回転取出方式を変更する。

3.2 実験の進め方について

- (1) 今回の実験ではブラウにかかる反力の概要を知り得たのみであるが、~~結果として成し得た仕事量~~
~~を求め全体効率的な解析が必要であり次の事項を~~
追究する。

- ① 路面に対する雪の移動量および理論所要エネルギー。
- ② 最終的な除雪効率を見出すため、横断方向への雪の重心の移動量。

- (2) ブラウ曲面形状の相違による性能の差異の追究はむずかしいが、少なくとも4～5種類の形状の異なるブラウについて実験を行ない大略の推定を行なう。
- (3) 完全除雪を目標に圧着式ブラウの研究を進め押つけ力と残雪量の関係を調査し、一般通行車両の安全走行を確保するための基礎資料を得る。

4. あ と が き

一般のブラウ除雪条件と異なるザラメ雪のみの実験結果であり、利用価値の乏しい内容になったのは残念であるが、今回の実験で次年度以降の研究を進めるための目安ができた。

42、43年度にはこれをもととして所期の目的を達成するため努力するつもりである。

おわりに、この実験に多大のご協力をいただいた科学技術庁防災科学技術センター雪害実験研究所、北陸地建上越国道工事事務所、K.K.金剛製作所の方々に厚くお礼申上げる。

表-1 試験ブラウ仕様

形 式	アングリングブラウ	ワンウェイブラウ
除 雪 幅	3,350mm (進行角80°) 3,190mm (70°) 2,940mm (60°) 2,600mm (50°)	2,550mm (進行角58°) _____ _____ _____
ブラウ右端高さ	1,080mm	600mm
ブラウ左端高さ	1,080mm	1,150mm
ブラウ切削角	30°~70°の5段可変	50°
切 削 刃	硬着剤付鋼板	硬着剤付鋼板
ブラウ重量	638Kg	450Kg
昇 降 形 式	油圧シリンダによるチェーン吊下げ式	

表-2 ブラウ試験車本体仕様

項 目	諸 元	項 目	諸 元
形 式	日野2H10D (クレーン付き)	機 関	
全 長	8,010mm	形 式	DS30形水冷ディーゼル 機関
全 幅	2,450mm	総排気量	7,982ℓ
全 高	3,200mm	最高出力	150PS/2400rpm
車両重量	8,330Kg	最大トルク	50Kg・m/1,600rpm
車両総重量	10,440Kg	変速機速度段数	前進4段, 後進1段
最大積載量	2,000Kg	副変速機速度段数	高低2段
乗車定員	2人	駆動方式	全輪駆動
最高速度	69Km/h	タイヤ	1000-20-14PL, 後複輪
最小回転半径	2.7m		

表-3 測定項目および使用計測器

測定項目	使用計測器	備 考
押腕荷重(右側)	圧力変換器 (共和 PHA2A)	各荷重をシリングによつて油圧に変換し、圧力の変化を圧力変換器で検出する機構とした。
" (左側)	" (")	
横方向荷重	" (")	
走行用トルク	抵抗線式トルクメータ (新興スリップリングSR3)	
機関回転速度	カム・マイクロスイッチ 電磁オシロ (共和RBM-13C)	速度計用回転取出軸より1/15減速機を介してマイクロスイッチを作動させ、パルスを発生させた。 予め設置しておいた標点通過ごとにパルスを発生させ、標点間距離、所要時間より算出した。
除雪速度	マイクロスイッチ(手動)	
除雪深	竹 尺	
除雪幅	コンベックス	
雪比重	1000ccサンブラ、台バカリ (最小目盛1g)	標点設置地点(3~4箇所)において測定した。

表-4 実 験 日 程 表

実験 番号	実験 日時	実験 場所	プ ラ ツ 種 類	進 行 角 (度)	路 面 状 況	天 候	気 温 (°C)
1	時 分 3月9日11-00	六日町附近国道 17号線	アングリング	70	A ₆	晴	+5.5
2	11-30	"	"	60	"	"	+6.0
3	14-00	"	"	50	"	"	+5.0
4	14-30	"	"	70	"	"	+4.0
5	11日11-45	"	"	70	"	"	+8.7
6	9日15-30	"	"	60	"	"	+5.3
7	16-20	"	"	50	"	"	+5.6
8	11日10-05	"	"	70	"	"	+10.4
9	10-30	"	"	60	"	"	+13.0
10	11-10	"	"	50	"	"	+13.6
11	15-10	"	ワンウェイ	58	"	"	+16.5
12	15-40	"	"	"	"	"	+7.5
13	17-30	"	"	"	"	"	+5.7

表-5

実験結果および計算結果

実験 番号	プラウ 種類	進行 角 (度)	変 速 段		平均 雪 密 度 (g/cm^3)	除 雪 速 度 (Km/h)	機 関 回 転 速 度 (rpm)	機 関 ト ル ク ($Kg \cdot m$)	機 関 出 力 (PS)	ホイ ル (リム) 駆 動 力 (Kg)	左 押 腕 荷 重 (Kg)	右 押 腕 荷 重 (Kg)	横 荷 重 (Kg)	時 間 除 雪 当 り 量 (t/h)
			主 変 速 機	副 変 速 機										
1	アングリング	70	3	L	0.515	2.56	1811	14.90	3.77	418.5	31.95	48.30	23.08	2.588.2
2	"	60	"	"	0.532	2.06	1521	19.67	4.18	552.4	17.28	46.86	22.19	2.471.6
3	"	50	"	"	0.523	2.08	1570	22.26	4.88	625.1	7.85	33.38	18.90	2.428.4
4	"	70	"	"	0.545	1.15	1096	20.07	3.07	563.6	34.61	28.80	9.23	1.385.9
5	"	70	2	"	0.580	1.21	1782	17.59	4.38	884.6	40.59	36.21	10.18	1.639.7
6	"	60	"	"	0.567	1.33	2000	12.61	3.52	633.9	18.04	26.96	13.07	1.693.1
7	"	50	"	"	0.557	1.25	1902	8.44	2.24	424.5	6.15	19.33	6.02	1.395.6
8	"	70	3	H	0.538	2.55	1568	36.53	7.99	991.1	44.05	54.67	27.65	2.668.5
9	"	60	"	"	0.539	2.72	1634	30.80	7.01	658.3	37.63	43.22	30.49	2.562.0
10	"	50	"	"	0.592	2.74	1513	35.76	7.56	764.3	35.04	41.21	34.66	3.066.4
11	ワンウェイ	58	2	L	0.572	1.24	1783	9.44	2.35	474.4	25.42	14.0	2.10	1.451.6
12	"	58	3	"	0.522	2.34	1975	16.94	4.67	475.7	30.77	22.99	17.82	2.298.9
13	"	58	"	H	0.587	3.14	1754	45.23	11.06	966.8	56.43	29.34	16.37	3.963.2

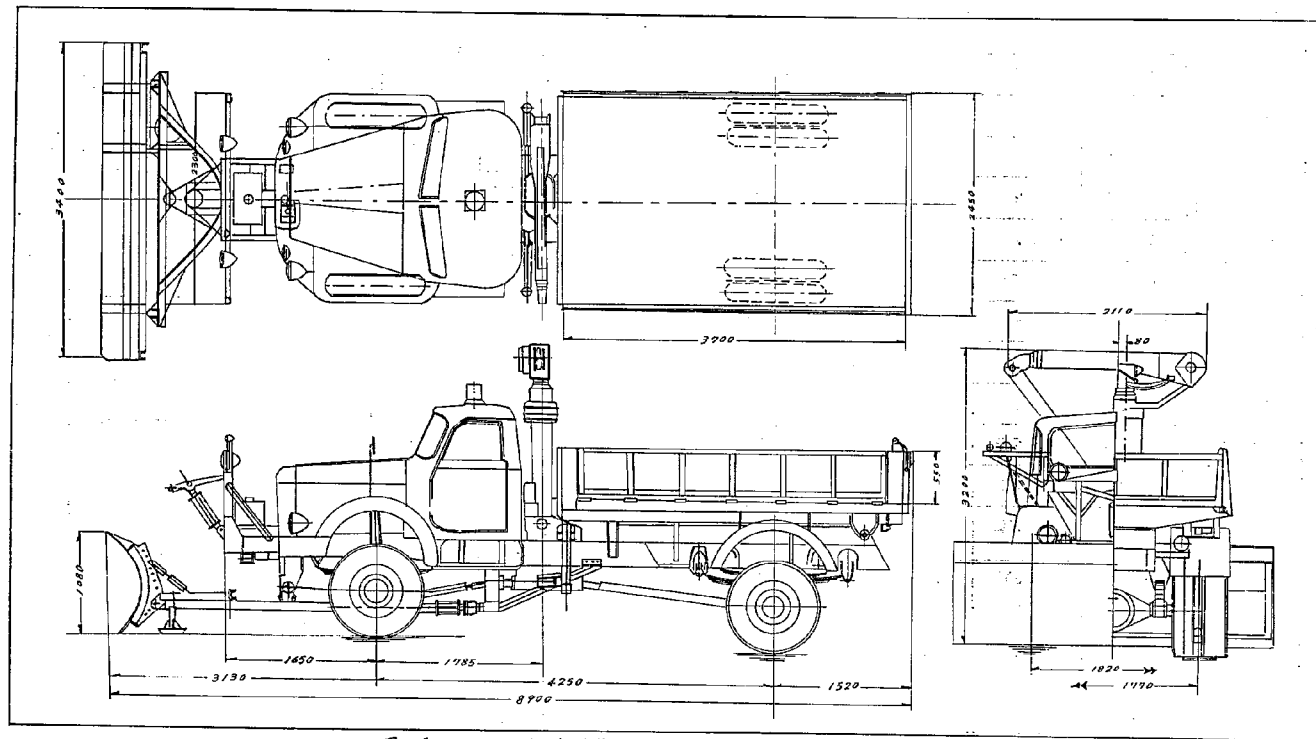


図-1

トラック試験車(アンケリングブラク付)

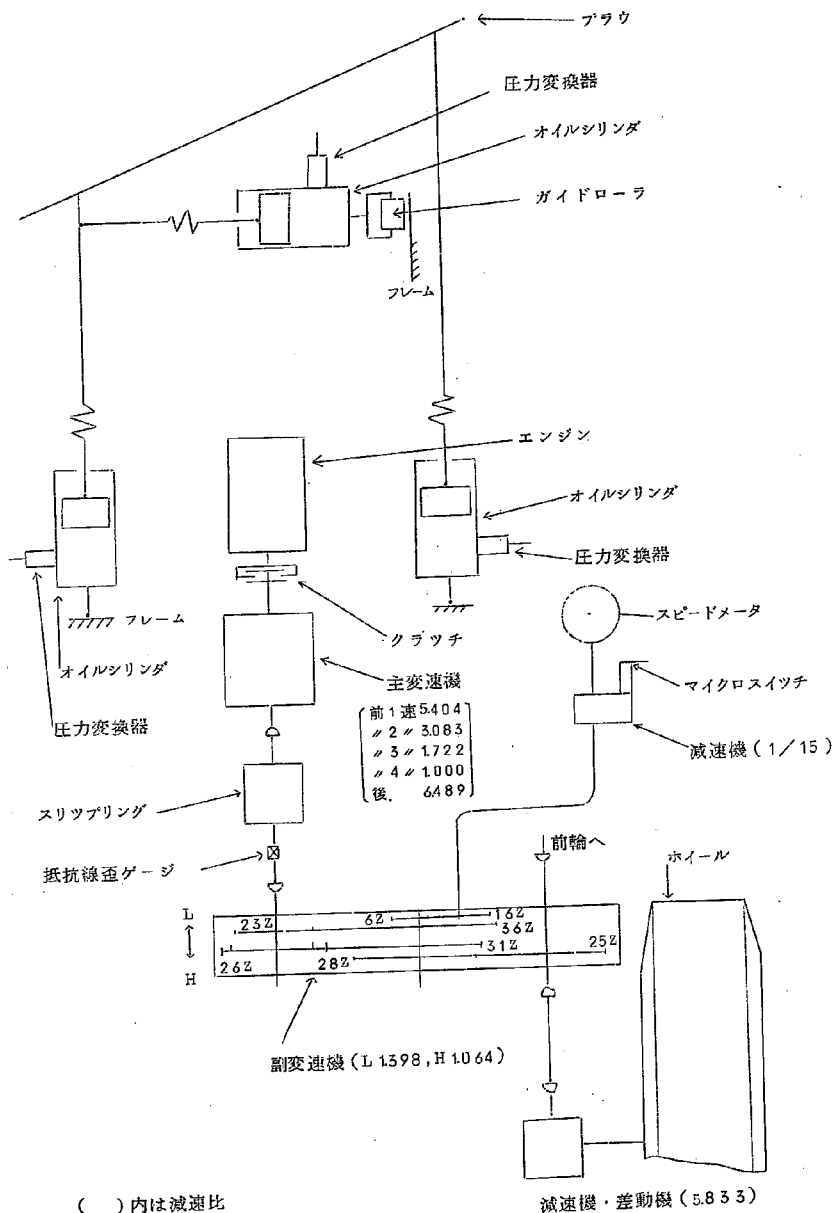


図-2 動力伝達系統およびピックアップ配置説明図

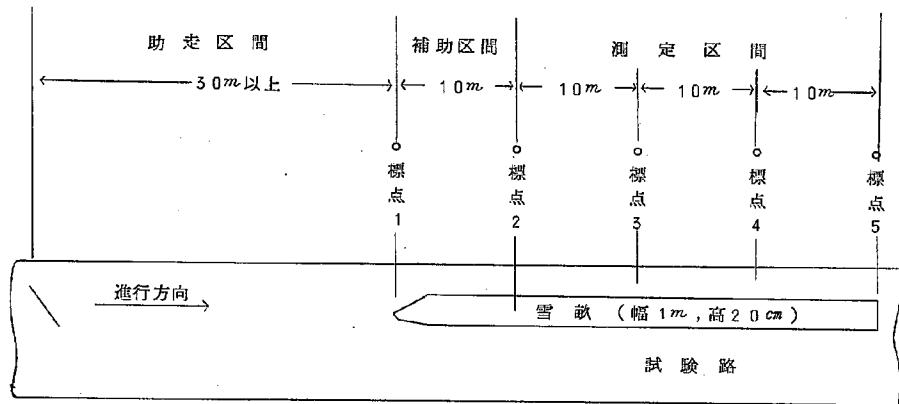


図-3 実験コースの概要

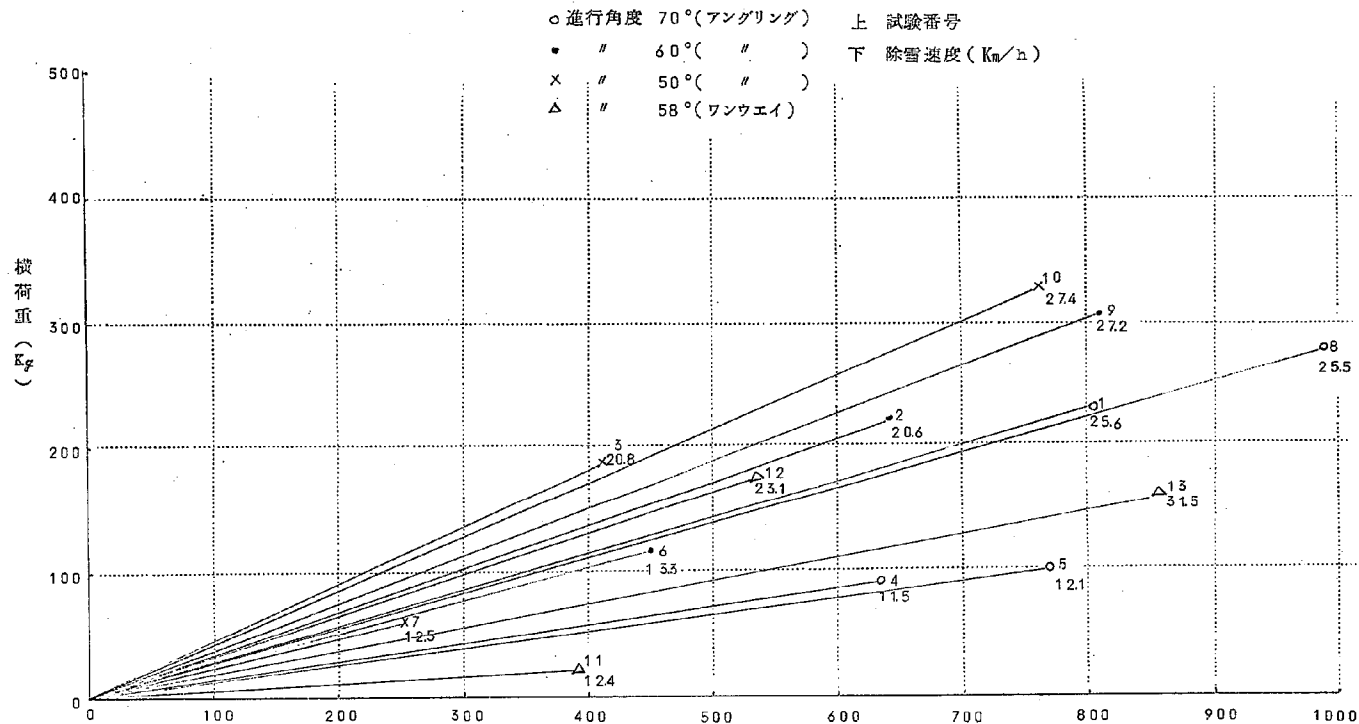


図 - 4 押腕荷重と横荷重の関係

押腕荷重 (Kg)

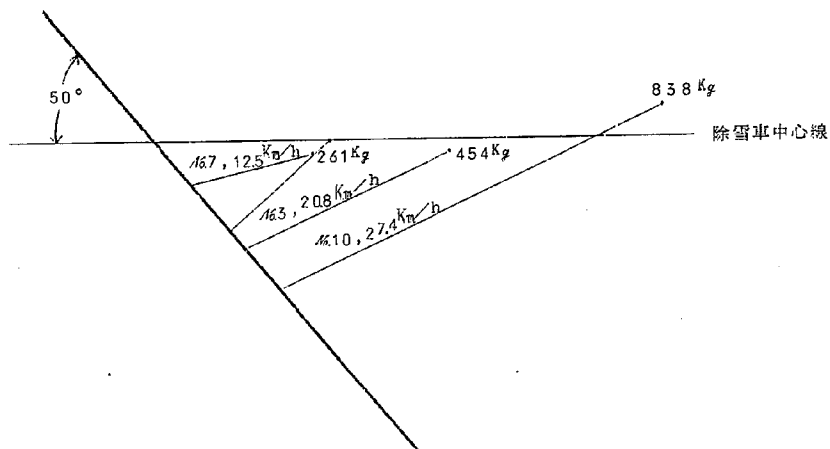


図-5 合成力作用図

荷重比率 (積荷重/押腕荷重)

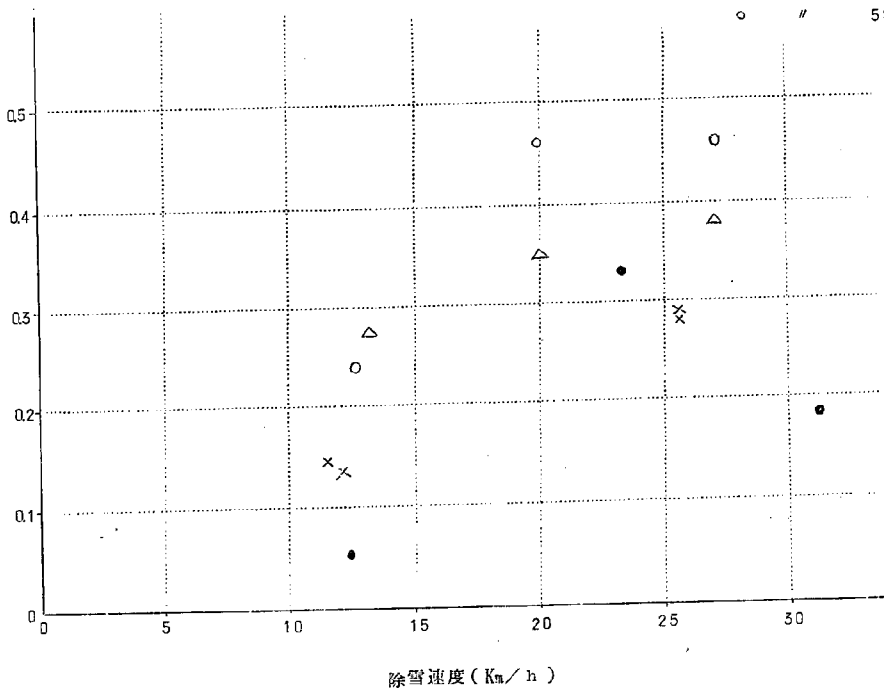
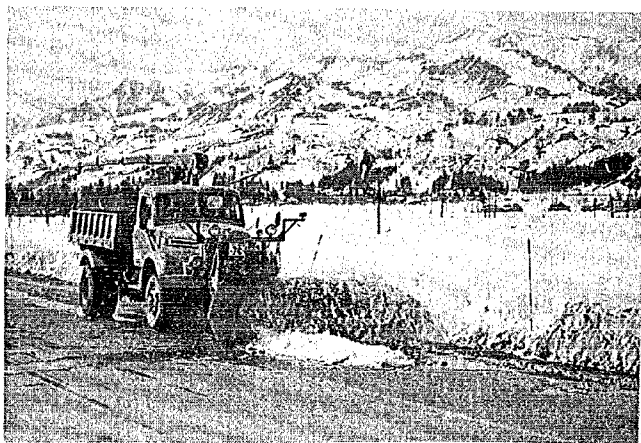


図-6 除雪速度と荷重比率



写真一 1 アングリングブラウ，進行角 70° ，除雪速度 12.1km/h



写真一 2 アングリングブラウ，進行角 50° ，除雪速度 27.4km/h

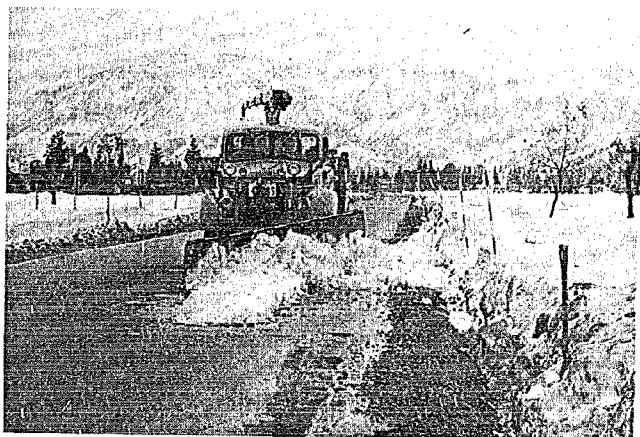


写真-3 ワンウェイブラウ，除雪速度 124 km/h



写真-4 ワンウェイブラウ，除雪速度 314 km/h