



| | |
|------------------|---|
| Title | 雪橇の抵抗 : Ⅰ. 垂直な板の抵抗 |
| Author(s) | 吉田, 順五; YOSIDA, Zyungo; 藤岡, 敏夫 他 |
| Citation | 低温科学, 5, 85-91 |
| Issue Date | 1950-12-25 |
| Doc URL | https://hdl.handle.net/2115/17474 |
| Type | departmental bulletin paper |
| File Information | 5_p85-91.pdf |



雪橇の抵抗 I.* 垂直な板の抵抗

吉田 順五, 藤岡 敏夫

(低温科学研究所 応用物理学部門)

(昭和25年5月受理)

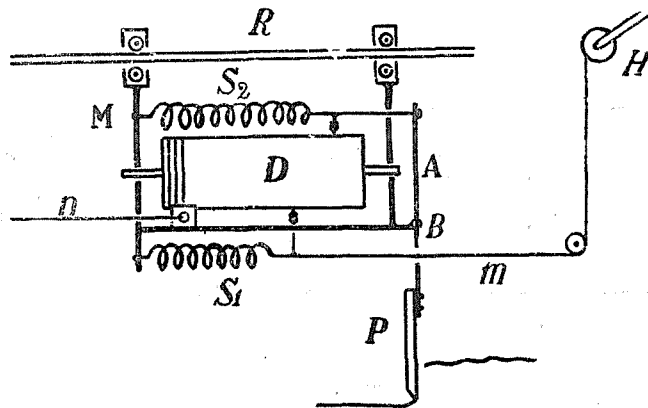
橇が雪の上をすゝむとき雪から受ける抵抗は、大きく二つの部分に分けられる。

(1) 橇の頭部の抵抗

(2) 橇の底の抵抗

(1) は、橇の先のそり返つた部分が、雪をこわし、前の方へ押しつけ、また左右上下に押しわけるためにあらわれる。(2) は、頭部が押しつけた雪の上を、橇の底がすべるときの抵抗である。

(1),(2) の抵抗はそれぞれ複雑な抵抗であるから、橇全体の抵抗をしらべるには、まずこの二つを分離する必要がある。したに説明する実験方法によつて、このふたつの抵抗を分離して測定することが出来るが、はじめとしてはできるだけ簡単な場合をえらんで、雪の中に垂直にたてた板を水平にうごかすときの抵抗をしらべた。橇の頭部の抵抗の研究に対する豫備実験である。



第 1 圖 測定装置

* 北海道大学低温科学研究所業績 第100号

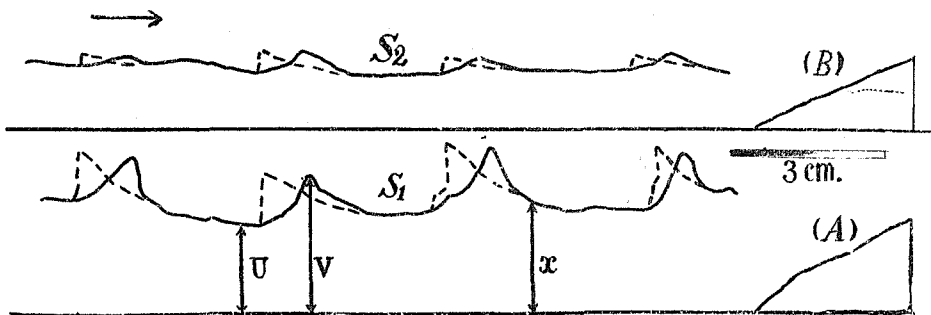
測定方法

第1圖が測定装置の略圖である。Rは長さ約2mの3本の圓い鐵棒で、兩端を木の台で支え、積雪の表面から60cmほどの高さに水平にわたす。Rをレールとして、抵抗力測定器Mが移動するようになってゐる。Mは厚さ2mmの鐵板でつくつた枠に廻轉ドラムD、スプリング S_1 , S_2 をとりつけたもので、前面の鐵板Aに固定した板Pの先が雪のなかにはいつている。木の台にとりつけたハンドルHをまわして綱mをまきこむと、Mは右の方にひかれ、Pにかかる雪の抵抗力が S_1 の伸びとしてあらわれる。 S_1 の右の端には鉛筆がつけてあつて、 S_1 の伸びをDの上に印す。Dには糸nがまきつけてあり、nの先は左の方の木の台に結ばれているので、MがうごけばDがまわる。それゆゑ、Dにまきつけた紙には、Mの移動距離を横軸とし、 S_1 の伸びをたて軸としたグラフが書かれるわけである。AはBのところで廻轉出来るようになってゐるので、Pに雪の抵抗がはたらけば S_2 がのび、 S_2 にとりつけた鉛筆でその伸びもDの紙に記録される。 S_1 によつてPに加えられる抵抗力Fがわかり、 S_2 によつてFのBのまわりの廻轉モメントKがわかる。FとKが知られば、Fの着力点がきめられるので、そのために S_2 をつけたのである。しかし、このたびの測定では、測定装置が充分丈夫にできていなかつたため、着力点の正確な位置はきめられなかつた。それで、 S_2 の伸びの記録は、 S_1 の伸びの記録に對する補助として使つた。

なお、抵抗力測定器Mは上下兩方から車でレールRをはさんでいるので、どんなふうにかがかかつてもレールから外れることは決してない。

抵抗の記録

回轉ドラムDに記録されるグラフの1例を第2圖に示した。實線 S_1 , S_2 がそれぞれスプリング S_1 , S_2 の伸びの記録で、その下の水平な直線からの距離が、スプリングの伸びの長さ x



第2圖 自記紙の一例 (板の巾12cm, 板の深さ10cm, しまり雪)

をあらはす。(記録紙の上では S_1 と S_2 との對應點は、ドラムの半圓周の長さだけずれているが、第2圖にはそれを合わせてかいた。) 板Pに加わる雪の抵抗力Fは、 x にスプリング常數をかけて求められる。

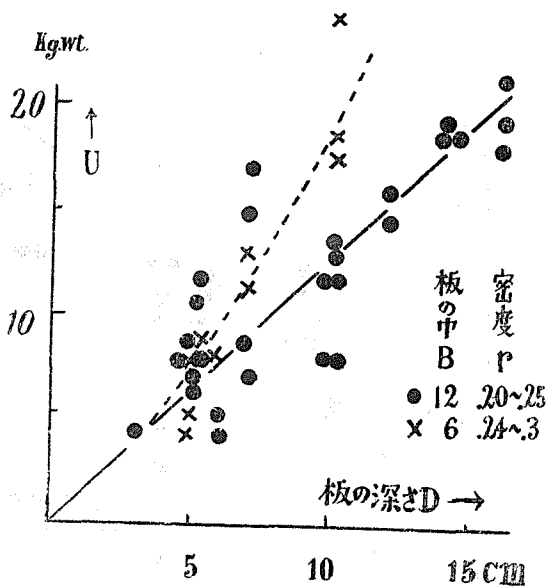
S_1 と S_2 とは相似形で、谷と山とが連なっている。圖の上では、矢印の方向に板 P が動いたのであるが、山の前面（左側）の傾斜は、實は點線で示したように垂直なのである。山のところにさしかくと板 P は動かなくなる。それで、ドラム D はまわらず、スプリングだけが伸びて記録線は垂直な直線になる筈である。ところが、このときは強い力が働くため、ルール R がまがり、また S_2 がのびて板 A が傾くので、ドラム D が少しまわつてしまい、圖のような形になるわけである。第2圖の右の端にかいた線 A, B は、板 P をうごかないようにしつかり止めて綱をひいたときの記録である。この A, B をつかつて、點線のような補正を S_1, S_2 にほどこしたのである。

曲線の山の高さ、谷のところの平らな部分の長さ、山と山とのあいだの距離は、雪質、温度、板 P の巾、 P が雪のなかにはいつている深さなどによつてちがう。しかし、ひとつの場合について考えれば、かなりによい週期性を示し、あいついで現われる山の高さや形、谷の深さや廣さなどはだいたいおなじである。第2圖は、山と山との間隔が 3.5cm ほどのせまい場合の例であるが、この間隔がひろがる場合は、谷の底の平らな部分が長くなる。しかし、山の形はほとんど變らない。

抵抗の大きさ

前節の曲線から考えて、抵抗力は山の頂きにあたる V と、平らな底にあたる U とにわけて考えると便利である。（第2圖参照）

第3圖は、板 P が雪のなかに入つている深さ D と U との関係である。圓い印は、密度 r

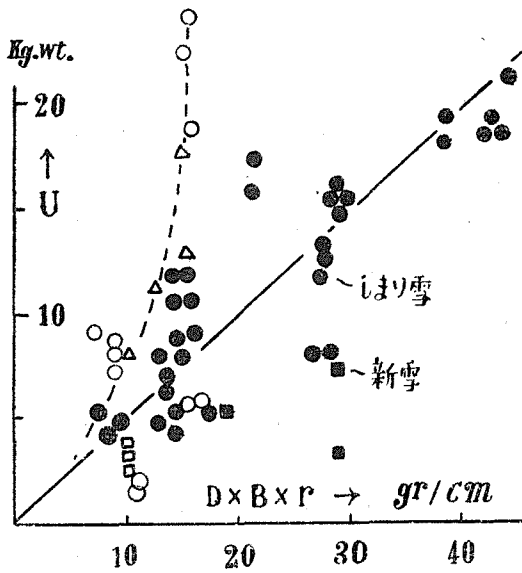


第3圖 (温度 $-1 \sim -5^\circ\text{C}$)

が $0.20 \sim 0.25 \text{ gr/cm}^3$ のしまり雪についての結果でだいたい實線であらわした直線にそつて點が分布している。したがつて、これだけから考えれば、 U は雪のなかにある板の面積 $D \times B$ に比例するということになる。しかし、板の巾 B をせまくして 6cm にすると、 U と D との比例関係は悪くなる。第3圖の十字の印は、容度 $0.24 \sim 0.3$ のしまり雪と、しまりざらめ雪とについて、 B を 6cm にして測定したときの結果である。密度の範圍がひろく、雪の性質もちがつたものがまざつてはいるが、しまり雪の場合のようには直線的分布

をしていない。

第3圖の圓い印の場合のしまり雪の密度は、 $0.20\sim 0.25$ の範囲にわたつていて、一定の密度についての測定結果ではない。密度が大きい雪ほど U が大きい傾向があるのは當然考えられることで、うへの密度範囲のしまり雪についてもそうなつていた。それで、 D をそのものかわりに、雪のなかに入っている板の面積と雪の密度との積 $D \times B \times r$ と U との関係をと



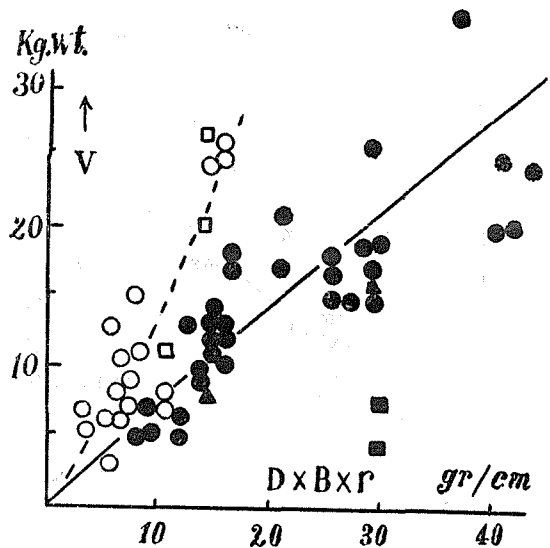
第 4 圖

と $D \times B \times r$ との関係である。印の意味は第4圖の場合とおなじである。板の巾 B が 12cm のときはかなりよい直線分布をしている。 B が 6cm の場合にもだいたい直線のちかくに分布するが、 $B = 12\text{cm}$ の場合の直線とはまったく別な直線である。

もしも、第4圖、第5圖で $B = 6\text{cm}$ の曲線が $B = 12\text{cm}$ の直線に一致したとすれば、雪の抵抗の性質は簡単なものとなる。しかし、板の巾 B の影響は非常に大きい。それで、この報告ではこれからあと、しまり雪についての $B = 12\text{cm}$ の場合にかぎつて考えること

つて圖にあらわした。第4圖の黒圓の印が板の巾 12cm のときのもので、密度の範囲も $0.20\sim 0.27$ と第3圖のときよりすこしひろげてある。第3圖のときにくらべ、密度範囲がひろいののに、點の分布は第3圖のときより直線の近くに集つてゐる。新雪についての測定値を黒い四角な印であらわしたが、これはしまり雪と共通な分布のなかに入れることができない。

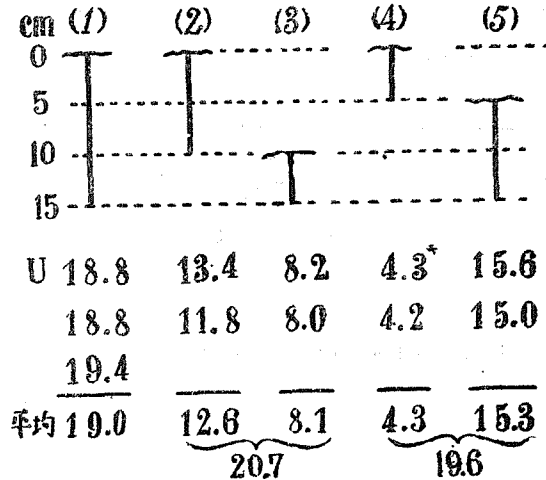
板の中を 6cm にすると、第4圖の白い印の分布のように、 $D \times B \times r$ と U との関係は直線にならない。第5圖は U の代りに、抵抗力の記録曲線の山にあたる V と



第 5 圖

にする。UもVもDに比例して、抵抗の性質が簡単だからである。

等間隔で表面に平行な平面で積雪をたくさんの層にわけたと考え、各層がみな独立におなじ抵抗をおよぼすとすれば、U,VはDに比例することになる。U,VとDとの比例関係が、實際にこのようなことのためにでてきたのかどうかを見るために次の実験を行った。



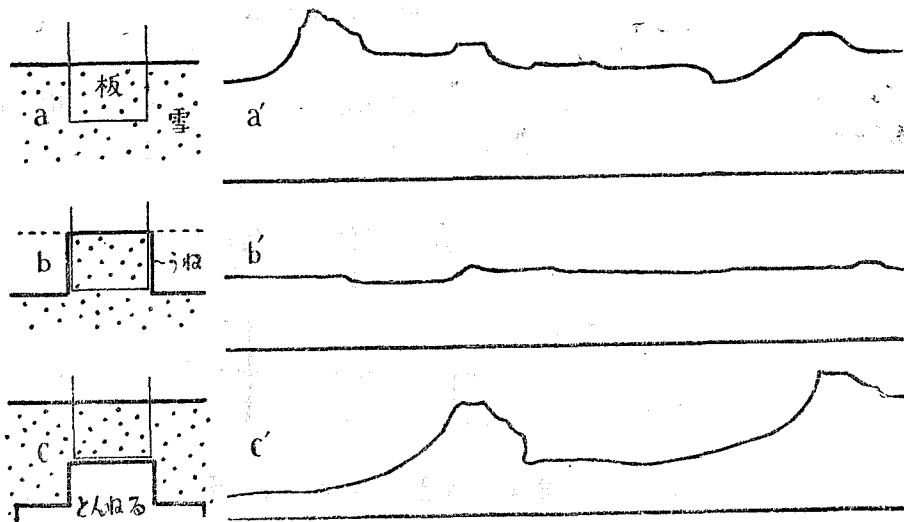
第 6 圖

まずD=15cmとしてUをきめる。第6圖の(1)の値がそれである。ついで、D=10cmのU(圖の(2)の値)をもとめ、さらに、表面から10cmの厚さの雪をとり除いて、その下の雪についてD=5cmとしてUをもとめた(圖の(3)の値)。(2)の値と(3)の値との和が(1)の値と一致すれば、うえにいつたことが、なりたつたわけである。平均値で、(1)は19.0、(1)+(3)は20.7でだいたい一致している。また、(4)はD=5cmの値、(5)は表面の5cmの雪をとり除いてD=10cmとしてもとめた値であるが、(4)+(5)=19.6で、やはり(1)の値と一致する。このように、板の中が12cmの程度にかなり廣いときは、各深さの雪がそれぞれ獨立に自分自身に固有な抵抗を及ぼしていると考えてよい。

抵抗の分解

雪の抵抗は第2圖のように週期的に變るがその理由をしらべるために次のような実験を行った。

積雪の表面から、巾12cmをのこして雪をとりのぞき、断面が第7圖の(b)のような雪のうねをつくつた。これに板を圖のようにあて、板を進めたときに見られる抵抗力の記録が(b')の曲線である。(a')はおなじ雪にいままでとおなじように、ただ板をさし入れてとつた抵抗曲線である。(b')には(a')にある山がない。(a)の場合、板が進むと、板の前の雪の一部は上の方にもりあがり左右に振り分けられるが、残りの雪は押しつけられて、板のまえに



第 7 圖 (比重0.25 ; 雪温-1.0 ; -気温+2.2)

壓縮部分をつくる。壓縮部分ができることは、目で見ていてもよくわかることである。ところが、(b)のうねの場合は、壓縮された雪もほとんど全部が左右にこぼれおちてしまう。したがって、(a')で山ができるのは、板の前の壓縮部分とそのまわりの雪とのあいだに及ぼされる圧力のためであるということが出来る。(b')では、山のところにあたる抵抗値 V がなく U ばかりであるが、(b')の U は(a')の U の50~60%である。

(c)のように、積雪の表面の下にトンネルを掘り、圖のように板をあてて、トンネルの屋根をこわしながら板を進ませた。このときには、(c')のように、抵抗曲線に山があらわれる。板のまえの壓縮部分は、この場合にも下に落ちてとり除かれるけれども、すぐには落ちないで左右の雪とのあいだに圧力をおよぼしあう。そのために、この場合には山があらはれると考えられる。 U の値は、この場合にもやはり(a')の場合の(50~60%)であつた。

うえのようにして、抵抗曲線の山は、板のまえの壓縮部分とそのまわりの雪に及ぼす圧力のためにあらわれることがわかつた。谷の部分の抵抗力 U が、壓縮部分をすこしづつとりのぞくようにすると小さくなることは、それが雪を壓縮するために使われる力であることを示している。

摘 要

しまり雪の表面に板を垂直にいれ、板の面に直角の方向にうごかす時の抵抗を測定した。抵抗の値 U はだいたい一定であるが、週期的に U の2倍から3倍の値の大きい抵抗 V があらわれる。板の巾がわりあいに廣いとき(12cm)は、 U も V も、板が雪のなかにはいつている深さ D に比例する。また、 U 、 V は雪の密度に比例する。抵抗 U は、板がその前にある雪

を壓縮するためにおこり、抵抗 V は、壓縮された雪とそのまわりの雪とのあいだにおこる壓力のためにあらわれると考えられる。

この實驗は文部省科學研究費によつて行つたのである。

R é s u m é

An wooden plate is held vertically in a snow cover (specific gravity: 0.2~0.3) and moved horizontally in the direction perpendicular to the surface of the plate. The value U of the resistance force experienced by the plate is nearly constant with peak values V ($=U\sim 2U$) which appear periodically superposed on U . U and V are proportional to the length from the snow surface to the lower edge of the plate, when the plate is considerably wide (12cm). U and V are proportional also to the specific gravity of the snow. The plate compresses the snow which is in front of the plate as it is forced through the snow. The force U is used to compress the snow and the presence of the force V is due to the pressure with which the compressed snow presses the snow surrounding it.