



Title	スキーの力学的性質に関する研究(第2報) : 市販スキーの曲げおよび振り性能
Author(s)	沢田, 稔; SAWADA, Minoru; 宮島, 寛 他
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 27(1), 91-112
Issue Date	1970-07
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/20873
Type	departmental bulletin paper
File Information	27(1)_P91-112.pdf



スキーの力学的性質に関する研究 (第2報)

市販スキーの曲げおよび振り性能

沢田 稔* 宮島 寛**
上田恒司*** 工藤 修****

Studies on Mechanical Properties of Skis
Report 2. Flexural and Torsional Properties of
Skis on the Market

By

Minoru SAWADA, Hiroshi MIYAJIMA, Koji UEDA
and Osamu KUDO

目 次

まえがき	91
1. スキーの性能評価についての考え方	92
2. 試験用スキーの種類および試験方法	93
3. 試験の結果および考察	95
む す び	110
文 献	111
Summary	111

ま え が き

さきに、第1報¹⁾において、スキーに要求される力学的性能について、静的・動的なものがいろいろ考えられるが、その基本となるのは曲げおよび振り性能であることを述べ、これらはスキーを複合両テーパ材とすることによって力学的に取扱うことができ、さらに、合板スキーについて、原板の性能を把握することによって、これらの性能についての希望のものを設計製造することが可能であることを、原板からスキーに至る一連の過程をとおして実証した。

しかし、基本となるスキーの曲げおよび振り性能においても、いかなるものがよいのか明確には示されていない。一応、曲げたわみについては JIS S 7007-1966 に規定するスキーの先

* 北海道大学農学部 林産学科 木材加工学教室 教授 林学博士

** 北海道大学農学部 林産学科 木材加工学教室 助教授 林学博士

*** 北海道大学農学部 林産学科 木材加工学教室 助手 農学修士

**** 北海道立林産試験場 試験部 技師 (当時 通商産業省工業技術院東北工業技術試験所 技官)

端から滑走面にそって250 mm, 後端から同じく70 mmの位置で支え, その中央に30 kgの荷重をかけたときのたわみが50~60 mmのものが標準といわれている。振り性能に関しては, 振り角, 振り率など^{2,3)}についての測定結果は若干発表されているが, どの程度のものがどのような目的に適しているというようなことは全く数値的には示されていない。

ここでは, 市販スキーについて, これらがどのような値を示すものか, また木材, F.R.P., メタルなどの構成材料との関連性はどのようになっているのかを確かめるために, 測定を行なったものである。この結果から, スキーの実態がかなり明確にわかったと考えられる。また, スキーの曲げたわみおよび振り率から見かけのヤング係数 \bar{E} およびせん断弾性係数 \bar{G} を計算によって求め, これらから構成材料の性能についての評価も行なった。

もちろん, スキーを上述の曲げおよび振りの両性能のみから評価することはできず, これに振動性能, 折損に対する適切な強度, camber に関する事項, 温度変化に対する性能の安定性といったことなども考慮に入れねばならないであろう。これらについては逐次追究していく予定である。

この試験は1967年6月から1969年3月にわたって, 道内スキー業界の協力をえ, 北海道商工部工業課の支援をうけて行なったものである。ここに記して謝意を表する。

1. スキーの性能評価についての考え方

スキーに要求される力学的性能についてはすでに, 第1報に述べたとおりであるが, ここではスキーの性能評価についての基本的な考え方を以下に述べる。

まず, ゆるく, 凹凸の少ない斜面を静かに直滑降するときは, スキーヤーの体重がスキー全体でほぼ等しく雪面にかかるようにするために, 曲げ剛性と camber が適切であることが要求される。スキーの一部で雪面に接するばあいは抵抗が大きくなり, かつ不安定となろう。曲げ剛性に関しては, 前述のように JIS S 7007 による曲げ試験において, 荷重30 kgのときのたわみが50~60 mmのものが標準といわれている。アーチベントといわれる camber については, どのような形にし, 量(矢高)をいくりにするかということは明確ではない。しかし, 通常, 一組のスキーを底面を合わせてたて, 中央部をおしつけ, 接触させたとき, 底面全体が接触し, すき間のできないものがよいといわれる。これは中央集中荷重によるたわみ曲線と camber を一致させていることになり, camber についてのひとつの考え方を示すものである。Camberの理想量は曲げ剛性とも関連し, スキーヤーの体重, 雪質, 滑降速度などによって変るものであろう。したがって, いろいろな条件における中間的な値か, 最も頻度の高い条件に対してきめられるべきであろう。

回転のときは, 当然スキーは振られることになる。スキーの振り剛性が大きければ, エッジがきき, 振り剛性が小さいものではスキーは振られ, その底面で滑ることになる。曲げ剛性が極端に大きい(たわみが少ない)スキーは滑りにくいと同じく, 振り剛性のとくに大きいス

スキーは回転には向かないといえよう。回転用スキーにおいては、振り剛性をあまり大きくしないで、回転時も底面で滑るようにしたのものでている。とくに、ウェデルン専用品では振り剛性を小さくする傾向が強い。振り剛性はスキー材料のせん断弾性係数 G とその構成方法によってきまるが、 G の値は木材 (イタヤ材), F.R.P. およびメタル (75 S-T 6) ではほぼ 15, 40~50 および $270 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$ であるので、メタルスキーは当然振り剛性が大きくなる。

さらに、滑降競技のように凹凸のはげしい急斜面を高速で滑るには、上述の曲げ剛性と *camber* のほかに粘性抵抗に関する性能が要求される。これは自動車が乗り心地をよくするために、スプリングとオイルダンパー (ショックアブソーバー) を併用しているのと同じである。木材にはこの粘性抵抗の性質があるが、メタルにはスプリングの性質しかない。これが振動性能において、メタルスキーが木製スキーに劣る原因であって、その性能向上のためには内部の材料 (木材) との組合せを充分考慮しなければならない。また、高速滑降では曲げ剛性を大きくし、斜面の凹凸によるスキーの曲げ変形を少なくする必要があり、振り剛性についても、同じく大きい方が、安定性があるといえる。

以上述べたことにより、スキーはその性能、とくに曲げ剛性および振り剛性により大まかには、(1) そのどちらも小さいものは初歩者用、(2) 中庸のものは一般用、(3) 両者ともやや大きいものは上級者および回転競技用、(4) 両者ともさらに大きいものは滑降および大回転競技用に分けられるであろう。また、スキーヤーの好みにより、上級者および回転競技用として曲げ剛性はかなり大きい、振り剛性は標準かやや小さいものも存在する。この分類の数値的な基準については試験結果の項に述べる。

一方、スキーの性能評価において、その構成材料のもつ特性がスキーの性能にどのようにいかされているかということも考慮しなければならない。

2. 試験用スキーの種類および試験方法

試験に供したスキーは全て完成品で、表-2に示すように、全部で45台である。長さは200 cm を標準とし、190 cm から 220 cm までのものを含む。内訳はつぎのとおりである。合板スキーは20台で、うち道材による道産品12台、ヒッコリー材を面材とし、道材を芯材に用いた道産品6台、ヒッコリー材を用いた外国製品2台 (この2台は1本ずつ) である。F.R.P. を面材としたいわゆるグラスファイバースキーは18台で、うち道産品6台、本州製品2台、外国製品10台 (このうち7台は1本ずつ、表-2の No. 29 は芯材に有孔プラスチックを用いたもの) である。メタルスキーは道産品はなく、本州製品3台、外国製品4台 (このうち1台は1本のみ) の7台である。これらのスキーの構成材料のうち面材の性質を表-2に示す。ここで面材というのは単なる表面の材料ではなく、力学的に見た構成材料としての面材である。実際にはこれらの材料の上に、底面には滑りをよくするためにプラスチックソールなどを、上面にも仕上げをよくするために他のプラスチック材料などがはられるばあいが多い。

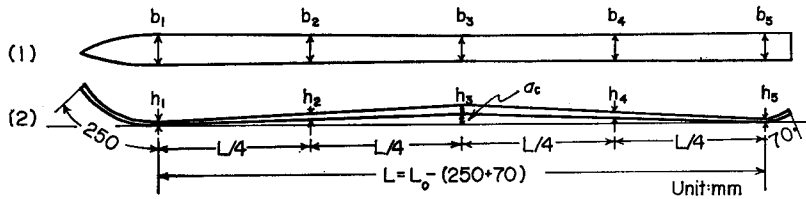


図-1 スキーの寸法
Fig. 1. Dimensions of ski.

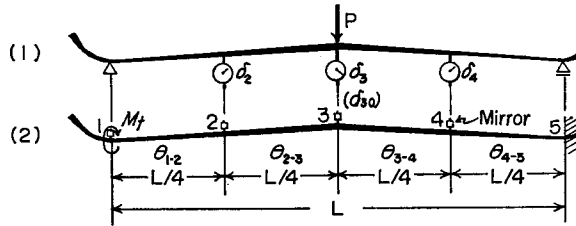


図-2 (1) 曲げ試験 (2) 捩り試験
Fig. 2. (1) Bending test. (2) Torsion test.

試験においては、まず、図-1に示す位置における厚さ、幅、矢高 (h_2 , h_3 および h_4 の位置における矢高を測定したが、camber に関しては別の機会に論じたいと考えるので、表-1には中央部の値 a_c のみをのせる) および重量を測定した。この位置は JIS S 7007 による曲げ試験における支点および荷重点と一致させたものである。

曲げ試験および捩り試験はつぎのようにして行なった。

曲げ試験： JIS S 7007 に規定するスキーの先端から滑走面に沿って 250 mm の点と後端から同じく 70 mm の点を支持点とし、その中央に 1 kg の分銅を 10 個順次のせ、たわみをスパン L の 1/4 点、中央点および 3/4 点で、ストローク 30 mm, 1/100 mm 目盛のダイヤルゲージで読み、弾性たわみを求めた。これらは δ_2 , δ_3 および δ_4 として表-1 にのせてある。また、別に 5 kg ずつ 30 kg まで分銅のをせ、中央点のたわみをストローク 80 mm, 1/20 mm 目盛のダイヤルゲージで読み、荷重 30 kg に対するたわみを測定した。表-1 の δ_{30} である。

第 1 報に述べたように、スキーの曲げたわみはスキーを複合両テーパードームとして取扱うことによって求められる。このばあいの中央部のたわみ δ_3 は

$$\delta_3 = \frac{PL^3}{16\bar{E}I_0\beta^3} \left[\ln(1+\beta) - \frac{\beta(2+3\beta)}{2(1+\beta)^2} \right]$$

ここに、 P は荷重、 L はスパン、 \bar{E} はスキーの見掛けのヤング係数、 $I_0 = bh^3/12$ で、 b には b_2 , b_3 および b_4 の平均値、 h_0 には h_1 と h_5 の平均値を用いる。 $\beta = (h_c - h_0)/h_0$ で、 $h_c = h_3$ である。この式を使って、実測たわみ δ_3 からスキーの見掛けのヤング係数 \bar{E} を計算した。この計算は中立軸が断面の中心にあると仮定して行なったもので、あくまでも比較のための参考値である。

捩り試験： 当北大農学部木材加工学教室において設計したスキー用捩り試験装置によ

り、試験を行なった。図-2(2)に示すように曲げ試験における後端の支持点を固定とし、先端の支持点の位置に振りモーメント M_t をかけ、同図の1~4の位置にセットした鏡と望遠鏡によりスケールの目盛を読み、スキーの振り角を4区間(1-2, 2-3, 3-4および4-5)について測定し、それらを φ_{1-2} , φ_{2-3} , φ_{3-4} および φ_{4-5} とし、さらにそれらを区間長 $L/4$ で除した値を振り率 θ_{1-2} , θ_{2-3} , θ_{3-4} および θ_{4-5} とした。ここで、振りモーメント M_t は2.25 kg の送り錘を2.5 cm ずつ10回移動させて与えたので、その値は $2.25 \times 2.5 = 5.625 \text{ kg}\cdot\text{cm}$ ずつ56.25 kg·cm までとなる。写真2~4にみられるように、この送り錘の操作はスキー後端支持部で行ない、この部分が常に水平を保つよう先端部を回転させて、振りモーメントを与える方法によった。

振り率についても曲げたわみのばあいと同様、これらからスキーの見掛けのせん断弾性係数 \bar{G}_{1-2} , \bar{G}_{2-3} , \bar{G}_{3-4} および \bar{G}_{4-5} を次式により求め、さらにこれらの平均を $\bar{G}_{Av.}$ とした。

$$\bar{G} = \frac{M_t}{4I_0\theta} \left[\frac{2+\gamma}{2(1+\gamma)^2} + \frac{C_1}{1+\gamma} \right]$$

ここに、 M_t は振りモーメント、 $I_0 = bh_0^3/12$ 、 θ は振り率、 $\gamma = (h_c - h_0)/h_0$ 、 $C_1 = 192h_0/b\pi^5$ で、 b は1区間の平均幅、 h_0 は同区間における薄い方の端の厚さ、 h_c は同区間での厚い方の端の厚さである。たとえば区間(1-2)においては $h_0 = h_1$, $h_c = h_2$ 、区間(3-4)においては $h_0 = h_4$, $h_c = h_3$ である。

3. 試験の結果および考察

表-1に試験を行なったスキーの構成材料(面材の種類)、長さ(L_0)、厚さ($h_1 \sim h_5$)、幅($b_1 \sim b_5$)、重量(W)、矢高(a_c)、曲げたわみ(δ_2 , δ_3 , δ_4 および δ_{30})、振り率($\theta_{1-2} \sim \theta_{4-5}$)、見掛けのヤング係数 \bar{E} 、同せん断弾性係数($\bar{G}_{1-2} \sim \bar{G}_{4-5}$ および $\bar{G}_{Av.}$)を一括してのせる。

この試験結果について考察を進める上に、スキーの構成材料についての性質を知っておく必要があるので、当教室で測定した結果を表-2に示す。

試験結果について、まず、標準とした長さ200 cmのスキーについて種類によってまとめると表-3のようになる。ここではスキーの厚さ($h_1 \sim h_5$)、重量(W)、矢高(a_c)、荷重30 kgのときの中央のたわみ(δ_{30})、回転に最も関係あるスキーテール部の振り率(θ_{4-5})、見掛けのヤング係数(\bar{E}) および同せん断弾性係数($\bar{G}_{Av.}$)について比較した。合板スキーは17台の平均値、F.R.P.スキーは外国製品のみ4台の平均値である。寸法については幅における差異は明確でないが、厚さにおいては表-3に示すように合板 > F.R.P. > メタルという傾向がみられる。これは仕上りのスキー重量、およびそれらの材料のヤング係数 E が表-2に示したように、この逆の傾向にあるが、それらを使用した製品における曲げたわみにあまり差をつけないための配慮とみられる。この表に示すたわみにおいても合板、F.R.P. およびメタルスキーの30 kg時の値 δ_{30} はそれぞれ55.8, 53.3 および50.9~52.8 mmで、とくに大きな差がない。このように200 cm程度のスキーでは平均的にみて、曲げ剛性には種類別の差はあまりないといえる。また、寸法に

表一 試驗結果
Table 1. Test results for skis

No. (Maker)	01-1 (Hidaka)	01-2 (Hidaka)	02-1 (Hidaka)	02-2 (Hidaka)	03-1 (Nakamura)	03-2 (Nakamura)	04-1 (Nakamura)	04-2 (Nakamura)	05-1 (Tokuda)	05-2 (Tokuda)										
Face material	Itaya, asada		Itaya		Itaya		Itaya		Itaya											
Length L_0	(cm) 200		200		200		200		200											
Thickness (mm)	h_1	10.00	10.00	10.45	10.45	9.25	9.35	9.90	9.85	10.40	10.15									
	h_2	17.40	17.30	18.00	17.80	16.30	16.45	17.10	17.00	19.15	19.05									
	h_3	24.05	24.35	24.55	24.60	24.45	24.55	25.40	25.15	23.30	23.50									
	h_4	17.20	16.90	17.20	17.25	17.00	17.05	17.70	17.60	17.60	17.55									
	h_5	10.00	10.10	10.65	10.30	9.80	9.90	9.95	10.10	9.95	9.70									
Width (mm)	b_1	85.00	85.20	85.05	85.20	86.40	86.20	86.55	86.70	82.70	82.75									
	b_2	72.35	72.30	72.85	72.90	76.95	77.00	71.65	71.85	73.90	74.20									
	b_3	68.65	68.60	68.80	68.85	72.50	72.65	72.15	72.15	69.20	69.00									
	b_4	69.90	69.80	70.45	70.60	72.40	72.30	72.50	72.55	69.75	69.80									
	b_5	76.30	76.00	76.05	76.00	77.75	77.65	77.40	77.50	74.85	74.65									
Weight W	(kg) 1.64		1.63		1.62		1.60		1.71		1.72		1.78		1.80		1.65		1.66	
Camber a_c	(mm) 6.5		6.5		12.5		10.5		4.5		3.5		11.0		11.5		12.5		17.5	
Deflection	δ_2 (mm/kg)	1.57	1.55	1.56	1.59	1.71	1.67	1.30	1.31	1.42	1.38									
	δ_3 (mm/kg)	2.07	2.07	2.06	2.08	2.14	2.07	1.64	1.63	1.98	1.91									
	δ_4 (mm/kg)	1.66	1.67	1.65	1.66	1.70	1.65	1.29	1.29	1.59	1.50									
	δ_{30} (mm/30kg)	62.1	62.1	61.8	62.4	64.2	62.1	49.2	48.9	59.4	57.3									
Angle of twist per unit length (10^{-6} rd/kg·cm ²)	θ_{1-2}	14.23	14.55	13.78	14.32	14.86	14.16	14.18	14.04	11.43	11.73									
	θ_{2-3}	4.83	4.86	4.44	4.18	3.60	3.82	3.74	3.63	3.71	3.89									
	θ_{3-4}	4.29	5.67	5.05	5.20	4.53	3.56	3.58	3.90	4.10	4.14									
	θ_{4-5}	18.21	16.31	16.05	16.42	16.31	16.89	15.20	15.04	15.13	15.07									
Modulus of elasticity \bar{E} (10^3 kg/cm ²)	108	105	99	99	98	100	115	118	121	124										
Modulus of rigidity (10^3 kg/cm ²)	\bar{G}_{1-2}	13.3	13.1	12.3	11.9	15.1	15.5	13.4	13.7	14.1	14.3									
	\bar{G}_{2-3}	12.3	12.1	12.3	13.2	16.6	15.4	14.2	15.0	14.5	13.8									
	\bar{G}_{3-4}	14.4	11.0	11.8	11.4	12.9	16.2	14.6	13.7	15.1	14.9									
	\bar{G}_{4-5}	11.5	13.0	11.8	12.1	13.1	12.4	13.0	12.9	13.7	14.4									
	\bar{G}_{AV}	12.9	12.3	12.1	12.2	14.4	14.9	13.8	13.8	14.4	14.3									

表一 (続 き)
Table 1. (Continued)

No. (Maker)	06-1 (Iwamoto)	06-2	07-1 (Iwamoto)	07-2	08-1 (Iwamoto)	08-2	09-1 (Hiranuma)	09-2	10-1 (Hidaka)	10-2
Material	Hickory		Hickory		Hickory		Hickory		Itaya	
L_0	200		200		200		200		200	
h_1	9.25	9.35	9.90	9.85	10.40	10.15	9.80	9.50	9.20	9.55
h_2	16.30	16.45	17.10	17.00	19.15	19.05	18.10	17.90	17.75	17.95
h_3	24.45	24.55	25.40	25.15	23.30	23.50	24.00	24.00	23.40	23.70
h_4	17.00	17.05	17.70	17.60	17.60	17.55	17.40	17.25	16.80	17.00
h_5	9.80	9.90	9.95	10.10	9.95	9.70	9.45	9.65	9.30	9.55
b_1	86.40	86.20	86.55	86.70	82.70	82.75	83.60	83.55	84.90	84.90
b_2	76.95	77.00	76.85	77.00	71.65	71.85	73.90	74.20	74.65	74.50
b_3	72.50	72.65	72.15	72.15	69.20	69.00	69.25	69.65	72.10	72.15
b_4	72.40	72.30	72.50	72.55	69.75	69.80	71.80	71.80	71.40	71.45
b_5	77.75	77.65	77.40	77.50	74.85	74.65	76.30	76.10	77.00	77.15
W	1.71	1.72	1.78	1.80	1.65	1.66	1.83	1.82	1.76	1.78
a_c	11.0	10.5	10.0	12.0	10.5	9.5	9.0	4.0	16.5	16.0
δ_2	1.35	1.36	1.33	1.27	1.36	1.34	1.44	1.47	1.46	1.44
δ_3	1.80	1.84	1.79	1.70	1.81	1.79	1.89	1.89	1.92	1.89
δ_4	1.47	1.51	1.45	1.39	1.40	1.43	1.54	1.48	1.53	1.50
δ_{30}	54.0	56.2	54.0	51.0	54.3	53.8	56.7	56.7	57.6	56.7
θ_{1-2}	16.58	17.50	16.93	16.40	12.43	13.85	17.14	17.38	13.57	13.67
θ_{2-3}	3.92	5.06	4.93	4.58	2.82	3.36	4.62	4.49	4.37	4.20
θ_{3-4}	6.08	5.62	5.61	6.71	6.40	4.78	5.85	4.89	4.34	4.86
θ_{4-5}	22.77	21.75	22.71	21.61	15.97	17.00	18.23	18.80	16.09	15.31
\bar{E}	126	123	135	136	114	113	103	103	104	108
\bar{G}_{1-2}	11.2	11.3	12.3	11.8	13.6	12.0	9.3	9.6	13.1	12.3
\bar{G}_{2-3}	14.1	11.0	11.6	12.1	18.2	14.9	11.7	12.2	13.1	13.7
\bar{G}_{3-4}	9.8	10.7	11.4	9.2	8.5	11.4	10.1	11.9	13.0	12.6
\bar{G}_{4-5}	9.2	10.0	10.5	10.4	11.6	10.8	9.9	9.3	11.5	12.7
$\bar{G}_{AV.}$	11.1	10.8	11.4	10.9	13.0	12.3	10.2	10.7	12.7	12.9

表—1 (続 き)
Table 1. (Continued)

No. (Maker)	11-1 (Iwamoto)	11-2	12-1 (Iwamoto)	12-2	13-1 (Tokuda)	13-2	14-1 (Iwamoto)	14-2	15-1 (Hiranuma)	15-2
Material	F.R.P.		F.R.P.		F.R.P., itaya		Itaya		Itaya	
L_0	200		200		200		200		200	
h_1	10.20	10.20	10.70	10.50	10.30	10.50	9.40	9.10	10.00	10.00
h_2	18.40	18.60	18.00	17.85	17.25	17.70	16.45	16.20	16.95	16.95
h_3	24.40	24.55	25.05	25.10	24.35	24.35	22.10	22.30	22.70	22.80
h_4	17.95	17.90	17.35	17.65	17.60	17.50	16.20	16.50	16.75	16.95
h_5	10.30	10.40	10.90	11.00	10.35	10.35	9.30	9.60	10.00	10.00
b_1	84.70	85.00	86.20	86.00	87.85	87.40	86.70	86.50	86.40	86.40
b_2	74.80	74.65	74.30	74.30	74.60	74.55	75.00	75.10	75.90	75.65
b_3	72.00	71.60	65.75	65.10	70.95	71.00	72.00	71.85	71.30	71.70
b_4	71.70	71.75	70.00	69.30	72.40	72.60	70.80	71.05	73.00	73.60
b_5	76.75	76.65	76.50	76.25	78.50	78.30	76.90	77.25	78.00	78.25
W	1.89	1.90	1.86	1.87	1.71	1.71	1.97	1.97	2.03	2.03
a_c	8.5	9.0	7.0	7.5	14.5	15.5	13.0	16.0	15.0	13.5
δ_2	1.48	1.53	1.29	1.29	1.29	1.31	1.34	1.33	1.40	1.47
δ_3	1.93	1.98	1.70	1.71	1.72	1.74	1.77	1.79	1.81	1.91
δ_4	1.51	1.53	1.32	1.33	1.43	1.46	1.45	1.48	1.46	1.53
δ_{30}	57.9	59.4	51.0	51.3	51.6	52.2	53.1	52.5	54.3	55.8
θ_{1-2}	14.96	18.81	12.56	12.30	13.00	12.41	11.21	11.70	15.61	16.97
θ_{2-3}	4.95	4.72	4.46	4.37	3.36	3.51	3.84	3.52	4.57	4.69
θ_{3-4}	5.44	4.56	4.87	5.05	3.83	3.99	4.25	4.03	4.77	4.39
θ_{4-5}	16.71	16.67	14.55	13.70	17.20	17.67	16.19	16.00	17.85	18.35
\bar{E}	143	136	144	142	130	131	122	125	127	121
\bar{G}_{1-2}	14.7	12.5	15.2	15.5	14.2	14.5	15.5	15.4	13.1	12.1
\bar{G}_{2-3}	14.0	14.8	14.3	14.5	16.3	15.5	13.6	14.9	13.5	13.3
\bar{G}_{3-4}	13.4	15.4	13.6	12.7	16.0	15.6	13.5	14.4	13.5	14.5
\bar{G}_{4-5}	15.0	13.9	14.4	14.9	13.0	13.6	13.4	13.8	11.5	11.3
$\bar{G}_{AV.}$	14.3	14.2	14.4	14.4	14.9	14.8	14.0	14.6	12.9	12.8

表—1 (続 き)
Table 1. (Continued)

No. (Maker)	16-1 (Yamaoka)	16-2	17-1 (Chubu)	17-2	18-1 (Tokuda)	18-2	19-1 (Tokuda)	19-2	20 (Kästle)	21-1 (Yamaoka)	21-2
Material	Hickory		Yachidamo		Nara, itaya		Itaya		Hickory		F.R.P.
L_0	200		200		200		200		200		200
h_1	8.90	8.55	10.05	10.20	9.90	9.80	10.00	9.75	10.00	9.15	9.40
h_2	17.60	17.50	18.15	18.30	18.45	18.45	18.30	18.30	18.20	18.10	17.95
h_3	23.90	23.70	24.45	24.30	24.20	24.30	24.05	24.35	25.70	24.50	22.90
h_4	17.75	17.60	19.20	19.30	17.15	17.15	17.00	17.05	17.35	18.60	18.50
h_5	10.25	10.50	10.10	10.10	9.30	9.25	9.20	9.15	10.80	10.10	9.90
b_1	85.40	85.55	84.05	84.20	82.80	82.65	82.80	83.05	82.90	84.30	84.70
b_2	72.05	72.10	74.55	74.70	72.05	72.05	72.10	72.25	72.00	73.10	72.80
b_3	68.80	68.25	70.30	70.80	69.75	69.50	69.10	69.30	67.60	69.10	69.55
b_4	70.40	70.00	73.90	74.25	69.70	69.80	70.40	70.30	70.05	71.30	72.20
b_5	75.40	75.40	79.60	79.70	75.00	75.10	75.05	75.00	76.90	77.40	77.05
W	2.03	2.04	2.10	2.09	1.91	1.91	1.88	1.84	2.30	2.04	2.08
a_c	14.5	13.0	19.0	16.0	15.0	15.0	17.0	14.5	7.5	11.0	16.0
δ_2	1.41	1.50	1.25	1.30	1.29	1.36	1.45	1.60	1.15	1.19	1.20
δ_3	1.81	1.91	1.57	1.65	1.79	1.77	1.94	2.16	1.51	1.58	1.60
δ_4	1.43	1.49	1.15	1.24	1.44	1.47	1.61	1.82	1.21	1.21	1.22
δ_{30}	54.3	57.3	47.1	49.5	54.0	53.7	58.5	64.2	45.3	46.5	48.0
θ_{1-2}	19.14	18.58	17.63	16.69	13.30	15.25	15.42	16.45	16.04	12.01	11.80
θ_{2-3}	4.52	4.52	5.15	4.59	5.95	4.16	2.58	4.21	3.88	3.40	3.71
θ_{3-4}	4.44	4.10	4.33	4.14	4.54	4.41	6.23	4.16	6.01	3.18	3.66
θ_{4-5}	19.47	18.22	15.38	15.58	23.15	21.41	22.20	23.47	16.94	12.21	12.62
\bar{E}	129	125	132	126	125	126	117	105	124	140	158
\bar{G}_{1-2}	11.8	13.0	12.7	10.2	13.7	12.1	11.7	11.4	11.4	17.3	17.0
\bar{G}_{2-3}	13.0	12.3	10.3	11.4	9.0	12.8	21.3	12.8	13.2	15.9	16.2
\bar{G}_{3-4}	13.3	14.9	11.3	11.6	13.4	13.8	10.0	14.6	9.3	16.6	15.8
\bar{G}_{4-5}	9.9	10.4	11.0	10.7	10.3	11.2	11.0	10.4	10.8	14.9	14.9
$\bar{G}_{AV.}$	12.0	12.7	11.3	11.0	11.6	12.5	13.5	12.3	11.2	16.2	16.0

表-1 (続 き)
Table 1. (Continued)

No. (Maker)	22-1 (Kneissl)	22-2	23-1 (Chubu)	23-2	24-1 (Chubu)	24-2	25-1 (Yamaoka)	25-2	26-1 (Erbacher)	26-2
Material	F.R.P.		F.R.P.		Itaya		Hickory		F.R.P.	
L_0	200		190		190		195		195	
h_1	8.80	8.60	8.40	8.60	10.30	10.25	8.55	8.90	8.60	8.45
h_2	17.00	17.00	16.35	16.50	18.00	18.00	17.85	17.80	14.75	14.75
h_3	22.50	22.60	22.60	22.80	23.85	23.80	24.05	23.90	21.40	21.15
h_4	16.90	17.00	15.80	15.90	17.20	17.20	18.15	18.05	14.15	14.05
h_5	10.25	10.25	8.30	8.50	10.80	11.10	10.35	10.35	9.60	9.05
b_1	84.30	84.20	82.90	82.45	81.70	81.20	86.35	85.65	82.50	82.40
b_2	72.50	72.65	72.55	72.15	74.80	74.40	73.15	73.05	71.25	71.20
b_3	67.20	67.40	67.70	67.60	71.20	70.55	68.60	68.80	67.75	67.75
b_4	69.00	69.15	69.05	69.10	71.05	70.75	70.50	69.85	70.30	70.50
b_5	75.35	75.55	73.85	73.15	75.90	75.90	74.10	74.05	76.70	76.85
W	2.38	2.41	2.01	1.98	1.83	1.81	1.97	1.95	2.19	2.12
a_c	12.5	10.0	6.5	6.5	16.0	17.5	13.5	16.0	13.0	13.5
δ_2	1.30	1.27	0.92	0.94	1.12	1.08	1.34	1.27	1.47	1.54
δ_3	1.69	1.66	1.22	1.24	1.53	1.44	1.70	1.64	1.83	1.92
δ_4	1.33	1.31	0.98	0.99	1.20	1.14	1.32	1.27	1.51	1.61
δ_{30}	49.2	48.6	36.6	37.2	45.0	43.2	50.4	48.0	54.9	57.6
θ_{1-2}	13.22	12.51	15.37	16.41	15.00	15.05	16.55	17.65	28.46	31.77
θ_{2-3}	3.84	4.10	4.73	4.00	4.64	3.80	5.04	4.47	4.54	4.91
θ_{3-4}	4.51	4.07	5.06	5.49	4.60	4.32	4.23	4.03	5.70	5.82
θ_{4-5}	14.04	14.08	18.03	17.81	16.24	16.16	18.02	16.96	25.46	27.61
\bar{E}	163	164	200	190	119	124	125	132	157	158
\bar{G}_{1-2}	18.2	20.0	18.0	16.1	11.6	11.8	14.1	12.5	10.8	9.6
\bar{G}_{2-3}	17.7	16.5	15.1	17.4	11.8	14.6	11.3	12.9	20.0	17.8
\bar{G}_{3-4}	15.7	17.1	15.3	13.8	13.2	14.2	13.4	14.4	17.1	17.1
\bar{G}_{4-5}	14.9	14.0	17.9	17.4	11.4	11.0	10.4	11.2	11.3	11.5
$\bar{G}_{AV.}$	16.6	16.9	16.6	16.2	12.0	12.9	12.3	12.7	14.8	14.0

表—1 (続 き)
Table 1. (Continued)

No. (Maker)	27-1 (Nishizawa)	27-2	28-1 (Yamaha)	28-2	29 (Rossignol)	30-1 (Kazama)	30-2	31-1 (Mizuno)	31-2	32-1 (Atomic)	32-2
Material	F.R.P.		F.R.P.		F.R.P.	Metal		Metal		Metal	
L_0	205		205		205	210		210		215	
h_1	9.25	9.30	9.30	9.90	7.75	7.65	7.80	6.90	6.70	7.30	7.30
h_2	15.50	15.55	18.35	18.50	14.75	13.60	13.65	12.50	12.40	14.15	14.35
h_3	22.30	22.60	24.20	24.60	18.95	21.60	21.40	18.85	19.00	20.00	20.15
h_4	15.90	16.00	17.90	18.00	14.70	14.50	14.55	13.55	13.50	14.45	14.40
h_5	9.15	9.05	10.25	9.75	8.90	7.85	7.90	7.15	7.35	7.60	7.65
b_1	86.00	86.10	83.55	83.70	84.60	89.55	89.50	88.05	87.60	86.60	86.90
b_2	74.70	74.75	71.95	71.85	73.40	76.45	76.40	76.20	75.90	74.70	74.60
b_3	67.95	67.90	67.00	67.10	68.40	70.30	70.05	70.40	70.30	70.90	70.75
b_4	69.10	69.15	68.50	68.45	69.00	71.70	71.65	71.00	70.45	72.50	72.25
b_5	75.40	75.10	76.00	76.00	75.25	80.60	80.60	78.35	78.10	79.50	79.30
W	2.22	2.20	2.21	2.31	1.97	2.76	2.77	2.55	2.54	2.77	2.72
a_c	10.0	10.0	12.0	12.0	11.0	11.0	11.5	15.5	14.0	12.5	12.0
δ_2	1.66	1.71	1.34	1.33	1.36	1.30	1.29	1.49	1.48	1.13	1.16
δ_3	2.04	2.13	1.77	1.76	1.79	1.57	1.57	1.85	1.83	1.46	1.50
δ_4	1.61	1.68	1.39	1.38	1.39	1.24	1.24	1.39	1.37	1.15	1.18
δ_{30}	60.0	63.9	53.1	52.8	53.7	47.1	47.1	55.5	54.9	43.8	45.0
θ_{1-2}	19.36	20.38	12.96	10.80	18.12	14.72	15.23	7.95	7.28	6.10	6.04
θ_{2-3}	5.96	6.17	4.46	3.92	4.15	1.37	2.75	2.53	2.40	1.65	1.63
θ_{3-4}	5.24	5.42	4.42	4.72	5.37	3.51	2.34	1.40	1.39	1.48	1.79
θ_{4-5}	21.76	21.49	14.68	12.08	16.17	14.08	13.84	6.24	6.16	7.32	7.18
\bar{E}	151	140	140	135	269	248	252	311	309	357	342
\bar{G}_{1-2}	12.7	11.9	15.5	16.7	19.5	25.9	24.2	64.0	74.4	65.9	65.2
\bar{G}_{2-3}	13.0	12.2	12.4	13.6	25.2	69.5	34.9	51.6	54.6	60.9	59.8
\bar{G}_{3-4}	14.9	14.0	13.4	12.1	20.3	25.6	38.7	85.8	86.4	66.9	56.1
\bar{G}_{4-5}	12.4	12.7	13.2	17.2	19.4	26.2	26.2	76.6	75.0	53.4	54.2
$\bar{G}_{AV.}$	13.2	12.7	13.6	14.9	21.2	36.8	31.0	69.5	72.6	61.7	58.8

表—1 (続 き)
Table 1. (Continued)

No. (Maker)	33-1 (VR)	33-2	34-1 (Head)	34-2	35-1 (Fischer)	35-2	36-1 (Kneissl)	36-2	37-1 (Mizuno)	37-2
Material	F.R.P.		Metal		Metal		F.R.P.		Metal	
L_0	220		205		205		200		200	
h_1	8.75	8.70	6.25	6.20	4.85	4.80	8.75	8.20	9.00	9.20
h_2	19.50	20.05	11.95	12.00	11.70	11.40	16.65	17.10	14.55	14.65
h_3	26.00	26.10	16.95	16.80	19.10	18.90	21.10	21.30	21.20	21.35
h_4	19.80	19.70	11.90	11.70	11.65	11.50	16.65	16.60	13.65	13.75
h_5	10.50	10.75	7.40	7.20	4.80	4.65	9.50	9.60	10.05	10.20
b_1	88.95	89.35	86.20	86.60	86.95	86.50	84.95	84.40	84.00	83.40
b_2	77.65	77.25	74.05	74.35	73.55	73.20	73.45	73.25	69.85	70.10
b_3	72.50	72.25	70.25	70.30	67.85	68.30	68.45	68.75	67.95	68.00
b_4	72.80	72.50	73.10	73.10	69.50	70.40	70.00	70.10	69.80	69.80
b_5	82.20	82.40	79.10	79.00	75.90	76.80	77.40	77.20	76.35	76.20
W	3.26	3.32	2.33	2.33	1.88	1.89	2.44	2.44	3.00	3.02
a_c	10.5	8.5	11.5	10.0	13.0	15.0	12.5	13.5	10.5	10.0
δ_2	1.10	1.14	1.67	1.65	1.33	1.39	1.48	1.47	1.38	1.33
δ_3	1.43	1.46	2.14	2.12	1.66	1.73	1.97	1.96	1.78	1.74
δ_4	1.11	1.14	1.65	1.64	1.34	1.40	1.50	1.48	1.46	1.42
δ_{30}	42.9	43.8	64.3	63.7	49.8	51.8	59.1	53.7	53.5	52.1
θ_{1-2}	8.05	7.33	9.06	9.14	6.32	7.10	12.60	13.26	6.11	5.69
θ_{2-3}	2.19	2.03	2.14	1.62	1.82	1.58	4.14	4.34	1.79	2.08
θ_{3-4}	2.29	2.27	2.43	2.66	2.06	1.62	5.61	4.78	2.50	2.33
θ_{4-5}	6.65	6.66	5.57	5.98	7.77	7.83	13.81	12.30	7.01	6.23
\bar{E}	177	171	322	336	399	397	163	163	177	176
\bar{G}_{1-2}	23.7	25.3	71.8	71.3	106.2	150.7	19.6	20.1	47.8	49.3
\bar{G}_{2-3}	19.2	19.8	76.8	101.7	81.2	89.6	18.2	16.5	52.9	44.5
\bar{G}_{3-4}	18.6	18.9	68.5	94.4	74.6	97.0	15.9	16.0	41.7	43.9
\bar{G}_{4-5}	22.7	22.0	94.7	94.3	147.9	155.3	17.0	18.9	40.5	44.2
$\bar{G}_{AV.}$	21.0	21.5	77.9	90.4	115.9	125.4	17.7	17.9	45.7	45.5

表一 (続 き)
Table 1. (Continued)

No. (Maker)	38 (Kästle)	39 (Kästle)	40 (Kneissl)	41 (Kenissl)	42 (Blizzard)	43 (Blizzard)	44 (VR)	45 (Head)
Material	Hickory	F.R.P.	F.R.P.	F.R.P.	F.R.P.	F.R.P.	F.R.P.	Metal
L_0	205	200	200	195	190	195	190	200
h_1	9.20	8.80	9.25	9.55	8.80	9.80	8.60	6.25
h_2	17.45	17.00	17.50	18.00	15.00	17.00	15.15	11.50
h_3	26.00	23.00	23.00	23.75	20.00	23.55	20.00	19.30
h_4	17.50	15.20	17.00	17.10	14.00	17.00	13.70	11.95
h_5	10.90	9.25	10.00	10.00	8.40	10.00	7.65	6.40
b_1	84.5	85.9	82.4	85.0	82.0	82.9	82.0	84.7
b_2	73.0	73.0	71.7	73.0	70.0	17.2	69.1	73.8
b_3	67.6	68.5	66.0	67.6	66.2	67.5	65.4	69.6
b_4	70.0	70.0	65.6	69.1	67.5	69.9	67.9	72.3
b_5	77.1	77.7	72.6	75.3	74.0	75.0	76.0	79.5
W	2.32	2.40	2.40	2.46	2.20	2.34	1.98	2.23
a_c	7.0	12.0	10.0	14.0	12.0	8.0	14.0	11.0
δ_2	—	—	—	—	—	—	—	—
δ_3	1.70	1.76	1.72	1.64	1.35	1.77	1.90	1.70
δ_4	—	—	—	—	—	—	—	—
δ_{30}	50.9	52.8	51.5	49.2	40.5	53.2	57.1	50.9
θ_{1-2}	17.70	12.01	9.81	13.63	16.71	18.49	14.09	7.31
θ_{2-3}	4.53	3.62	3.08	2.70	5.36	4.70	4.32	2.16
θ_{3-4}	4.70	5.20	4.45	3.91	5.03	5.24	4.53	1.95
θ_{4-5}	13.80	17.21	11.80	13.67	20.20	18.16	16.21	10.31
\bar{E}	120	150	154	131	246	123	180	290
\bar{G}_{1-2}	12.2	19.8	22.3	14.3	17.6	11.2	21.5	94.7
\bar{G}_{2-3}	11.8	18.0	20.9	21.4	18.5	13.7	23.0	68.2
\bar{G}_{3-4}	11.6	15.2	15.9	16.4	22.3	12.4	25.7	72.0
\bar{G}_{4-5}	12.9	16.1	19.2	14.9	19.6	11.8	27.1	64.3
$\bar{G}_{Av.}$	12.1	17.3	19.6	16.7	19.3	12.3	24.3	74.8

表—2 スキー材料の性質
Table 2. Properties* of materials of skis

Material	Specific gravity r	Modulus of elasticity E (10^3 kg/cm 2)	Modulus of rigidity G (10^3 kg/cm 2)	$\frac{E}{G}$
Itaya-wood (<i>Acer</i> sp.)	0.67	120	15	8.0
Nara-wood (<i>Quercus</i> sp.)	0.65	145	12	12.1
Hickory-wood (<i>Carya</i> sp.)	0.81	170		
Yachidamo-wood (<i>Fraxinus</i> sp.)	0.69	144		
Asada-wood (<i>Ostrya</i> sp.)	0.72	151		
F.R.P. 0.8 mm (on sale)	1.76	200	40	5.0
F.R.P. 1.2 mm (on sale)	1.75	180	40	4.5
F.R.P. 1.0 mm (made for test)	1.87	350	45	7.8
F.R.P. 2.0 mm (made for test)	1.86	300	50	6.0
Metal 1.0 mm (75 S-T 6)	2.80	720	270	2.7

* Average values.

表—3 長さ200 cm スキーの性質の比較
Table 3. Comparison of properties of skis 200 cm in length

Kind of ski	Laminated* wood ski	F.R.P. ski**	Metal ski	
			No. 37 (Mizuno)	No. 45 (Head)
h_1 (mm)	9.8	8.7	9.1	6.3
h_2 (mm)	17.6	17.0	14.6	11.5
h_3 (mm)	24.1	22.3	21.3	19.3
h_4 (mm)	17.1	16.6	13.7	12.0
h_5 (mm)	9.9	9.8	10.1	6.4
W (kg)	1.82	2.41	3.01	2.23
a_c (mm)	12.0	11.8	10.3	11.0
δ_{30} (mm/30 kg)	55.8	53.3	52.8	50.9
θ_{4-5} (10^{-6} rd/kg·cm 2)	18.0	13.9	6.6	10.3
\bar{E} (10^3 kg/cm 2)	117	160	177	290
\bar{G}_{Av} (10^3 kg/cm 2)	12.5	17.7	45.6	74.8

(Remarks) Marks are the same with those in table 1.

* The average value of 17 laminated wood skis.

** The average value of 4 imported F.R.P. skis.

において、とくに F.R.P. スキーのばあい、 h_1 を h_5 より約 1 mm 薄くしているが、これは滑走時にスキー先端部がうける衝撃をやわらげるためと思われる。重量においては合板スキーは最も軽く平均 1.83 kg であるが、F.R.P. スキーではこれより約 30% 重く 2.41 kg である。メタルスキーは F.R.P. スキーより重いものも軽いものもみられる。振り性能に関しては材料の性質が明確にあらわれ、スキーテール部の振り率 (θ_{4-5} , 単位は 10^{-6} rd/kg·cm 2 で、以下省略する) は合板、F.R.P. およびメタルスキーで、それぞれ 18.0, 13.9 および 6.6~10.3 となり、振り剛性は合板 < F.R.P. < メタルという順序となる。たわみから求めた見掛けのヤング係数 \bar{E} (10^3 kg/cm 2)

は合板スキー 117, F.R.P. スキー 160 で, この F.R.P. スキーでは性能のすぐれた F.R.P. 板が用いられていると思われる。メタルスキーでは No. 37 のものでは 177 で, メタルスキーとしては小さい値である。No. 45 は 290 で通常の値である。また見掛けのせん断弾性係数 \bar{G}_{AV} (10^3 kg/cm^2) においても構成材料の性質が明らかにみられ, その値は合板スキーでは 12.5, F.R.P. スキーで 17.7, メタルスキーでは 45.6~74.8 となる。以上のように, 200 cm のスキーについて, 曲げ剛性および振り剛性をみると, 前者においては大きな差はなく, 後者においてのみ使用材料の性質によるちがいがみられる。これについては, 振り剛性を大きくするために F.R.P. さらにメタルを使用しているのか, 曲げ剛性をほぼ一定値になるように設計したために振り剛性が必然的に上述のような値になったのかは明確でない。

つぎに個々のスキーについて考察する。

まず, ヒッコリー材を使用した古い Kästle (No. 20) の曲げたわみ (δ_{30}) は 45.3 mm で, 少ない方である。振り率は先端 4 分の 1 の部分 (θ_{1-2}) が 16.0, 後端部 (θ_{4-5}) 16.9, 中央部 ($\theta_{2-3}, \theta_{3-4}$) 4~6 で木製スキーとして標準的な値である。 \bar{E} は $124 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$ で, ヒッコリースキーとしてはやや小さい。 \bar{G}_{AV} についても同様である。このスキーは曲げ剛性は大きく, 振り剛性は標準といえる。これに対し, ヒッコリー材を使用した国産スキーでは, たわみは 55 mm 程度で標準, 振り率は両端部で 12~23 であるが, 一般的に Kästle (No. 20) より大きい数値で, これは日本人の体格に合わせたものと思われる。

イタヤその他の道材を用いたスキーについてみると, たわみ (δ_{30}) は前述の国産ヒッコリー合板スキーと同じく, 通常適切な値といわれる 55 mm 程度を標準にしているようで, 振り率も両端部で 16 内外で, Kästle (No. 20) に近い値である。スキーについての \bar{E} , \bar{G}_{AV} もとくにヒッコリースキーと大きな差異はなく, 曲げおよび振り剛性からは道材合板スキーは標準的な値をもつといえる。

F.R.P. スキーについては道産のものでは曲げ剛性, 振り剛性ともに道材合板スキーと似た値か, やや大きい値を示す。本州メーカーのものでは西沢 (No. 27) はたわみ (δ_{30}) は 60~64 mm でやや大きく, また振り率も両端部で 19~22, 中央部で 5~6 で大きく, 曲げおよび振り剛性ともに低い方である。その \bar{E} は 140~151 で F.R.P. スキーとしてはやや小さく, \bar{G}_{AV} も 12.7~13.2 で同じく小さく, イタヤ合板スキーとほぼ同じ値である。ヤマハ (No. 28) はたわみ (δ_{30}) 53 mm で標準的であるが, 振り率は両端部で 11~15 でやや少なく, 曲げ剛性は標準, 振り剛性はやや大といえる。 \bar{E} は 135~140, \bar{G}_{AV} は 13.6~14.9 (10^3 kg/cm^2) でともに F.R.P. スキーとしては小さい方である。一方, 外国産の F.R.P. スキーではかなりその性能に差がみとめられ, とくに振り剛性において著しい。一般的に曲げたわみ (δ_{30}) は 50~55 mm であるが, 振り剛性は前述の合板スキーよりやや大きいもの (Kneissl, Kästle), 極端に大きいもの (VR, No. 33), やや小さいもの (Blizzard super, No. 42), 極端に小さいもの (Erbacher, No. 26) がある。Blizzard super は滑りやすいといわれるが, たわみ (δ_{30}) は 40.5 mm でかなり少なく, 振り

率は前端部 16.7, 後端部 20.2 で大きい。このように、曲げ剛性が大きく、振り剛性が小さいスキーが滑りやすいといわれていることは注目する必要がある。このスキーの \bar{E} は 246×10^3 kg/cm² で、F.R.P. スキー中でとくに高い。この構成材料の F.R.P. 板は厚さ 1.6 mm で E が 300×10^3 kg/cm² であり、芯材もヒッコリー材が主体である。 $\bar{G}_{AV.}$ は 19.3×10^3 kg/cm² で、これも F.R.P. スキーとしてやや大きい方である。Erbacher は曲げたわみ (δ_{30}) は 55~58 mm で、標準であるが、振り率は両端部で 26~32 と極端に大きい。回転のとき、よく振れるスキーといえる。これの \bar{E} は 158×10^3 kg/cm² で、F.R.P. スキーの標準値であるが、 $\bar{G}_{AV.}$ は 14.4×10^3 kg/cm² でやや小さい。これらに対し、Dynamic VR (No. 33) はフランスのキリー選手がはいたといわれている滑降用スキーであるが、長さ 220 cm, 重量 3.3 kg, たわみ (δ_{30}) 43~44 mm, 振り率も両端部で 7~8, 中央部で 2 と極めて剛性の大きい、重いスキーである。スピードを競うためにはこのような性能が要求されるものと考えられる。また、このスキーの \bar{E} , $\bar{G}_{AV.}$ はともに大きい方で、力学的性能の優れたかなり厚い F.R.P. 板が使用されているものと考えられる。

メタルスキーについては曲げたわみ (δ_{30}) の範囲は 42~64 mm と非常に広く、振り率も両端部で、6~15 の範囲がある。まず、Head (No. 34) は曲げ剛性を小さくするために極端に薄くしたスキーで、たわみ (δ_{30}) は 64 mm ある。しかし、メタルの性能から振り率は両端部で 6~9 でかなり小さく、曲げ剛性小さく、振り剛性大きいスキーで、前述の Blizzard super とは全く逆のタイプである。 $\bar{E}=322\sim 336$, $\bar{G}_{AV.}=77.9\sim 90.4 \times 10^3$ kg/cm² でメタルの性能がよくあらわれている。Fischer (No. 35) は曲げたわみ (δ_{30}) は 50~52 mm で、曲げ剛性はやや大きく、振り率は両端部で 6.3~7.8 で、前述の Head とほぼ同じく振り剛性は大といえる。 $\bar{E}=398$, $\bar{G}_{AV.}=120 \times 10^3$ kg/cm² で、ともに Head より大きい。この Fischer と Head の大きなちがいは断面寸法で Fischer: $h_1=4.8$, $h_3=19.0$, $h_5=4.7$ (mm) に対し、Head: $h_1=6.2$, $h_3=16.9$, $h_5=7.3$ (mm) で前者のテーパはきつく、後者のそれはゆるい。このテーパのつけ方も曲げ性能、振り性能などに関し、こんご検討すべき問題である。Atomic (No. 32) は大回転用スキーであるが、その目的に合致して、曲げ・振り両剛性ともに大きく、前述の VR (F.R.P. スキー) とほぼ同性能である。これらに対し、国産メタルスキーでは風間 (No. 30) はたわみ (δ_{30}) は 47 mm で、曲げ剛性やや大きい方であるが、振り率は両端部で 14~15 で、メタルスキーとしては振り剛性は非常に小さく、F.R.P. スキーと同じ程度である。これは回転しやすいようにしたものと思われる。美津濃の 2 台 (No. 31, 37) はともに曲げ剛性は標準的な値であるが、振り剛性はかなり大きい。

メタル (ジュラルミン) は表-2 に記載したように、ヤング係数 E およびせん断弾性係数 G ともに木材に比較してはるかに大きく、これを使用すれば、スキーを極端に薄くしない限り、その曲げ剛性、振り剛性ともに大きいものになるので、その必要があって使用するのではなければ無意味である。メタルスキーを前述の Atomic のように曲げ・振り両剛性を高めて、大回転・滑降専用とすれば需要者が限られるところから、一般向きにするために、極端に薄くして、曲げ

剛性を落せば、必然的に振動性能における欠点が出てくるはずであり、さらに前述の結果からもわかるように、薄くしても、なお振り剛性は非常に大きく、このようなスキーが滑りやすいかどうかには疑問がある。材料を無理に目的に合わせて使用するよりも、目的にあった性能をもつ材料を使用するのが本筋であろう。

以上のスキーについて曲げ性能と振り性能の関係をプロットすると図-3に示すようになる。ここでは荷重 30 kg 時のたわみ (δ_{30}) と回転時、振りによる応力が集中する後端 4 分の 1 の部分 (4-5) の振り率 (θ_{4-5}) の関係について検討することにした。この両性能によって、スキーをつぎのように分類してみた。これは装備とも 60 kg の重量の人を標準としたものである。この分類の考え方は 1 に述べたとおりである。

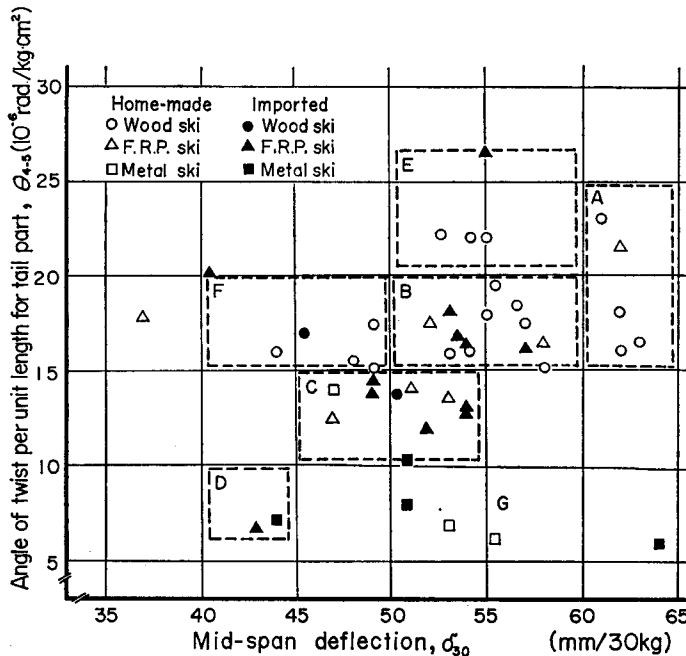


図-3 スキーマの曲げたわみと振り率による分類

Fig. 3. Classification of skis by the flexural and torsional properties.

A. 初歩者用

たわみが 60 mm 以上、振り率 $15 (10^{-6} \text{ rd/kg} \cdot \text{cm}^2)$ 以上のもの。ここには西沢 F.R.P., 道材合板スキーの一部がはいる。

B. 一般用標準型

たわみが 50~60 mm、振り率 15~20 のもの。ここには道材合板スキーの大部分、外国産 F.R.P. スキー標準品がはいる。

C. 上級者用・回転競技用

たわみが 45~55 mm、振り率 10~15 のもの。このグループは両剛性ともやや大きいもの

で、上級者用、また回転競技用としても使用されるであろう。外国産・国産の F.R.P. スキーのいわゆる高級品、メタルスキーの一部（風間）などがはいる。

D. 大回転・滑降競技用

たわみが 40~45 mm, 振り率 6~10 のもので、両剛性ともに大きい。ここには VR (F.R.P.), Atomic (メタル) がはいる。

E. Wedeln 用

たわみは B グループと同様 50~60 mm であるが、振り率が 20~27 とその剛性の非常に小さいもの。Erbacher (F.R.P.) がその典型的なもので、一部道材合板スキーも似た性能を示す。

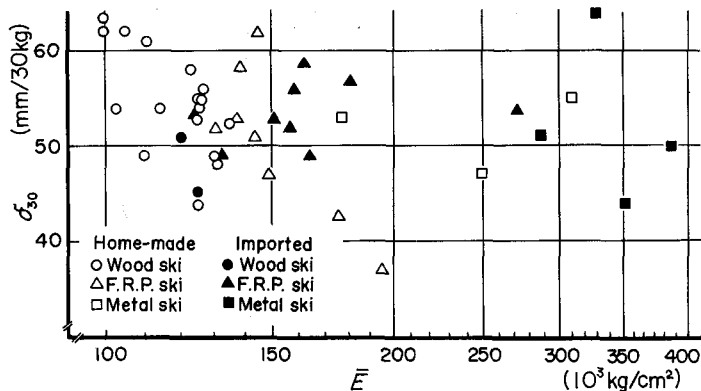
F. 回転競技用

たわみは 40~50 mm で少なく、曲げ剛性は大きい、振り率は 15~20 で、振り剛性は標準か、やや小さいもの。振れやすいスキーを好む選手のための回転競技用とみられる。その典型的なのが Blizzard super である。Kästle ヒッコリースキー、一部道材スキーおよびヒッコリー混材道産スキーが似た性能をもつ。

G. 一般用メタルスキー

現在販売されている多くのメタルスキーが上述のグループに入らないので、別グループをもうけたものである。一般用メタルスキーは曲げたわみが 50~65 mm で、その範囲は大きい、振り率は 6~10 で、振り剛性は大きい。このグループがどのような用途に向いているのかは明確でない。

つぎに、スキーの見掛けのヤング係数 \bar{E} と曲げたわみ (δ_{30}) の関係を 図-4 に示す。これからは、一般的傾向として、材料の E のちがいに関係なく、製品の厚さのコントロールによって、曲げたわみはほぼ一定範囲にはいるように設計されていることがわかる。合板スキーの \bar{E} は 100~130, F.R.P. スキーは 120~270, ほとんどが ~150, メタルスキーは 170~390 (単位 $\times 10^3 \text{ kg/cm}^2$) の範囲にある。



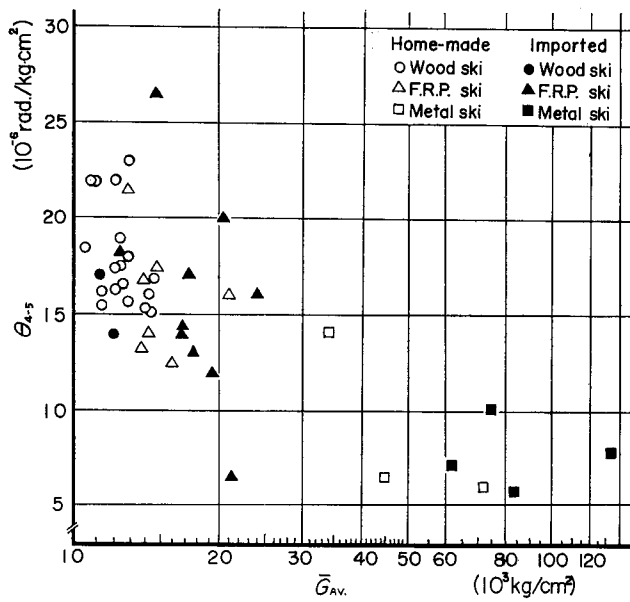


図-5 スキーの見掛けのせん断弾性係数 \bar{G}_{AV} と振り率の関係

Fig. 5. Relation between the apparent value of modulus of rigidity (\bar{G}_{AV}) of ski and the angle of twist per unit length of the tail part ($\theta_{4.5}$).

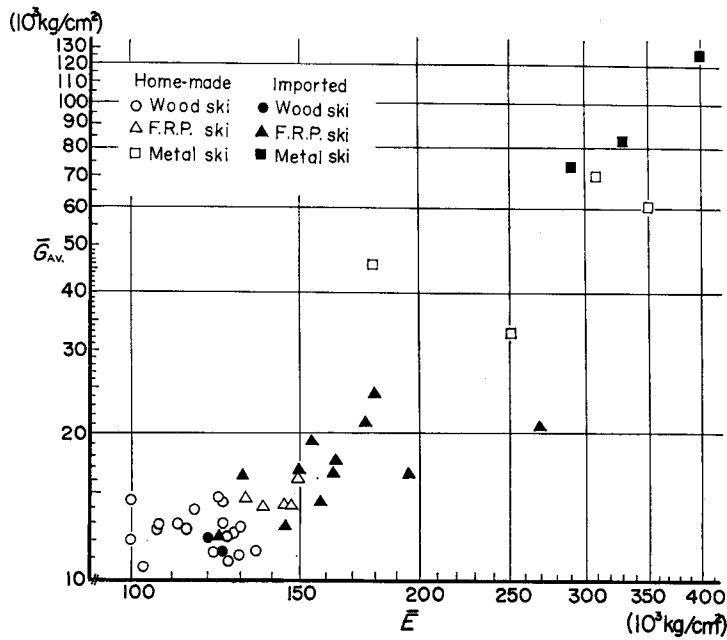


図-6 スキーの見掛けのヤング係数 \bar{E} とせん断弾性係数 \bar{G}_{AV} の関係

Fig. 6. Relation between the apparent value of modulus of elasticity (\bar{E}) and that of modulus of rigidity (\bar{G}_{AV}) of ski.

図-5はスキーの見掛けのせん断弾性係数 \bar{G}_{Av} とテール部の捩り率 (θ_{4-5}) の関係をあらわすもので、ここでは \bar{G}_{Av} は合板<F.R.P.<<メタルスキーとなり、捩り率はこれと逆の関係にあることが明らかにわかる。曲げ剛性はスキーの厚さを変えることによって、比較的簡単に調節できるが、捩り剛性には材料の性能がつよく出て、その調節が簡単ではないことを示すといえよう。

図-6はスキーの見掛けのヤング係数 \bar{E} と同せん断弾性係数 \bar{G}_{Av} の関係を示すもので、合板<F.R.P.<<メタルとその両者の値が急激に増加するのがわかる。

む す び

内・外の45台の市販スキーについて、スキーに要求される力学的性能のうち、最も基本的であると考えられる曲げおよび捩り性能を検討した。その結果はつぎのように要約される。

(1) スキーをその曲げ剛性と捩り剛性からつぎのように分類した。

	曲げ剛性	捩り剛性
A. 初歩者用	小	小
B. 一般用(標準型)	中	中
C. 上級者用・回転競技用	やや大	やや大
D. 大回転・滑降競技用	大	大
E. Wedeln用	中	小
F. 回転競技用	大	中
G. 一般用メタルスキー	中～小	大

(2) 材料別にみたスキーの性能はつぎのとおりである。

合板スキー 曲げおよび捩り剛性に関する限り、いずれも標準的な値をもち、大部分がBグループにはいる。また、材料性能の把握により、性能のかなり広い範囲での設計も可能であり、道材のすぐれた性能を生かしたスキーの生産を望みたい。合板スキーがスキー全般における標準的な値を示すのは、スキーは木材によって作られ、使用されて今日に来たものであるので、当然である。いろいろ問題のある新材料に走る前に合板スキーをもう一度みなおすことと、希望の性能のスキーを設計し、製造する技術の向上が望まれる。

F.R.P. スキー その性能のかなりの部分を面材のF.R.P.に依存するものと、木製スキーのオーバーレイ的に薄いF.R.P.を使用しているものの2種類に分けられる。性能的にはばらつきが非常に大きく、選択に注意を要する。木製スキーにまさる点は折損に対し強いことであろう。

メタルスキー その材料の性能から当然、曲げおよび捩り剛性ともに大きくなるべきものであるが、一般用とするために、曲げ剛性を小さくする目的で、厚さを極端に薄くしたものもある。これでも捩り剛性はかなり大きく、回転には適さないであろう。また、その薄いこと

から、当然、振動性能における欠点も現われて来るであろう。このような性能から、一般用メタルスキーは(1)のA~Fまでの分類に該当せず、別のグループとなる。

文 献

- 1) 沢田 稔・宮島 寛・上田恒司・梅田佳一：スキーマの力学的性質に関する研究 (第1報), イタヤ合板スキーマの力学的性質. 北大演報 26-1, 107-142 (1968).
- 2) 福岡和雄：外国スキーマの商品分析 (第2報), スキーマのねじり試験について. 産工試研究発表会資料 (1959).
- 3) 大西 勁：メタルスキーと木製スキー (2), スキーマの粘弾性とねじれ強度, 破壊強度. スキーマ 22-1, 60-64 (1960).

Summary

The flexural and torsional properties of 45 skis on the market were investigated. It will be seen that these properties are the most fundamental and important in the mechanical properties of a ski. In this paper, the flexural property of a ski is shown by the deflection (δ_{30}) under a 30 kg load (P), when the ski is supported at the ends with a span, in accordance with JIS S 7007, as shown in figure 2-(1). The torsional property is given by the angle of twist per unit length ($\theta_{1-2} \sim \theta_{4-5}$) as shown in figure 2-(2). In these values, θ_{4-5} is the most important because this part is mainly twisted in a slalom. Also the apparent values of modulus of elasticity (\bar{E}) and modulus of rigidity (\bar{G}_{AV}) of a ski were calculated from the deflection and the angle of twist per unit length, respectively.

The results are summarized as follows:

- (1) Skis are classified by the flexural and torsional properties as follows:

Group	Deflection due to 30 kg load δ_{30} (mm/30 kg)	Angle of twist per unit length of tail part θ_{4-5} (10^{-6} rad/kg·cm ²)
A. For beginners	60~	15~
B. For general use (standard)	50~60	15~20
C. For experts and slalom	45~55	10~15
D. For giant slalom and down-hill	40~45	6~10
E. For Wedeln	50~60	20~27
F. For slalom	40~50	15~20
G. Metal skis for general use	50~65	6~10

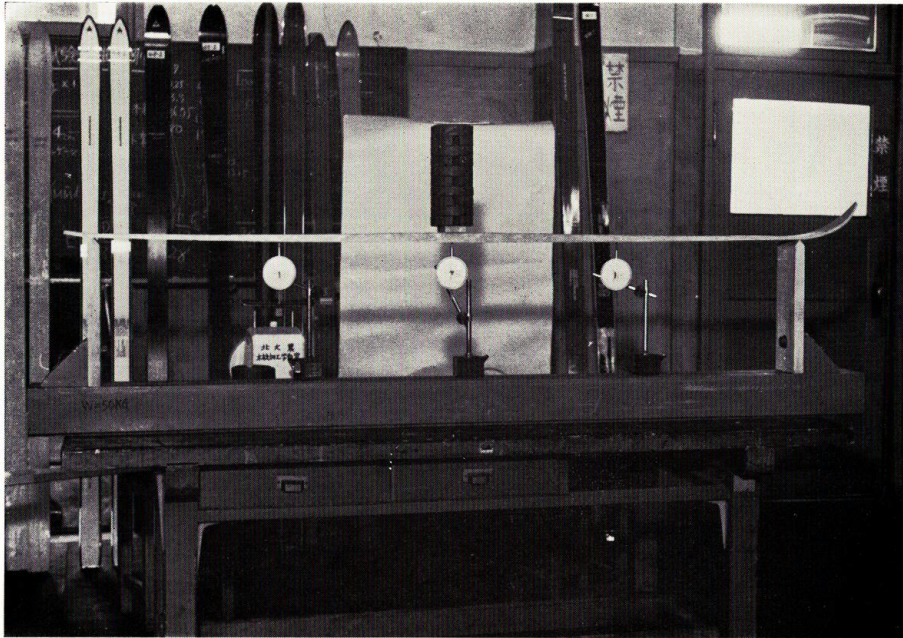
- (2) About the properties of wood, F.R.P. and metal skis, the following conclusions may be drawn:

Laminated wood ski Within the limits of the flexural and torsional properties, most of the laminated wood skis show nearly the average values. These skis are recommended for a general use.

F.R.P. ski F.R.P. skis have very various flexural and torsional properties and, therefore, the use suited for the properties distributes over a wide range including A,

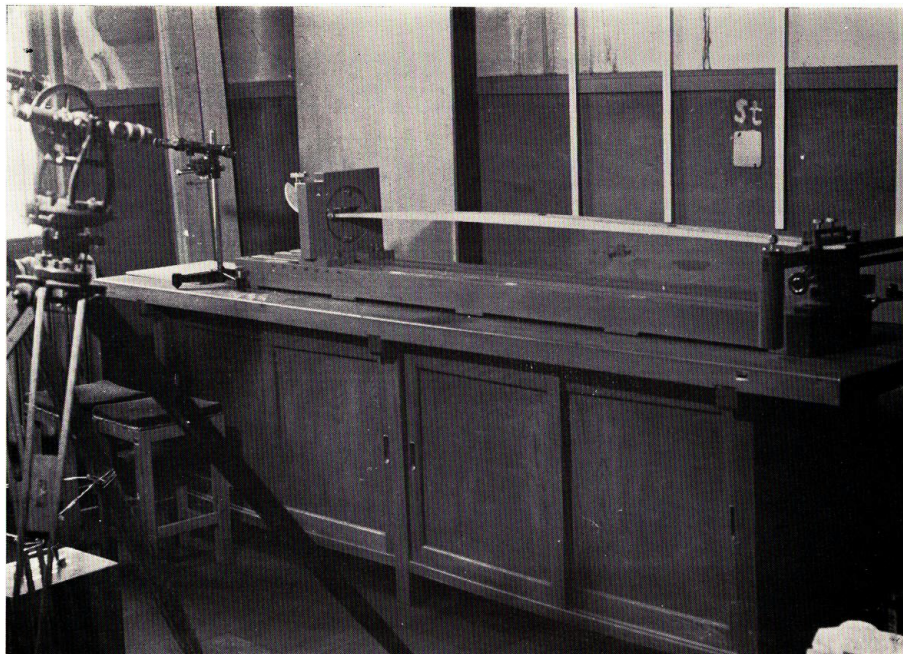
B, C, D, E and F groups described above. The ski adapted for a purpose will be carefully selected from various kinds of F.R.P. skis concerning its mechanical properties.

Metal ski Metal skis have high torsional rigidity, but the flexural rigidity varies over a wide range. The metal ski with high flexural and torsional rigidities is suited for down-hill and giant slalom, but the use of one with low flexural rigidity and high torsional rigidity is not clear.



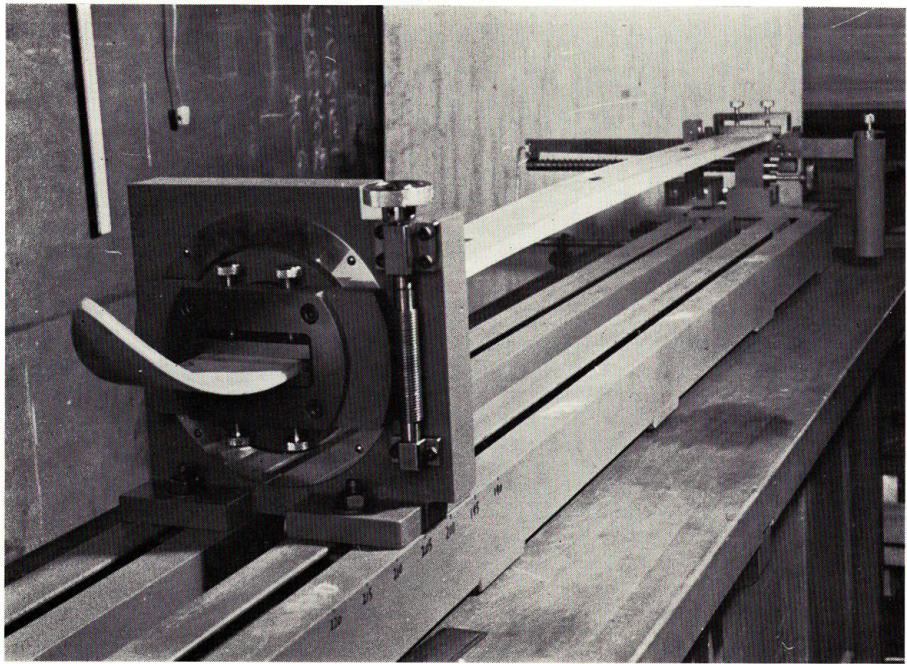
写真—1 曲げ剛性試験 (荷重: 1 kg 10個)

Photo 1. Flexural rigidity test (load: 1 kg×10).

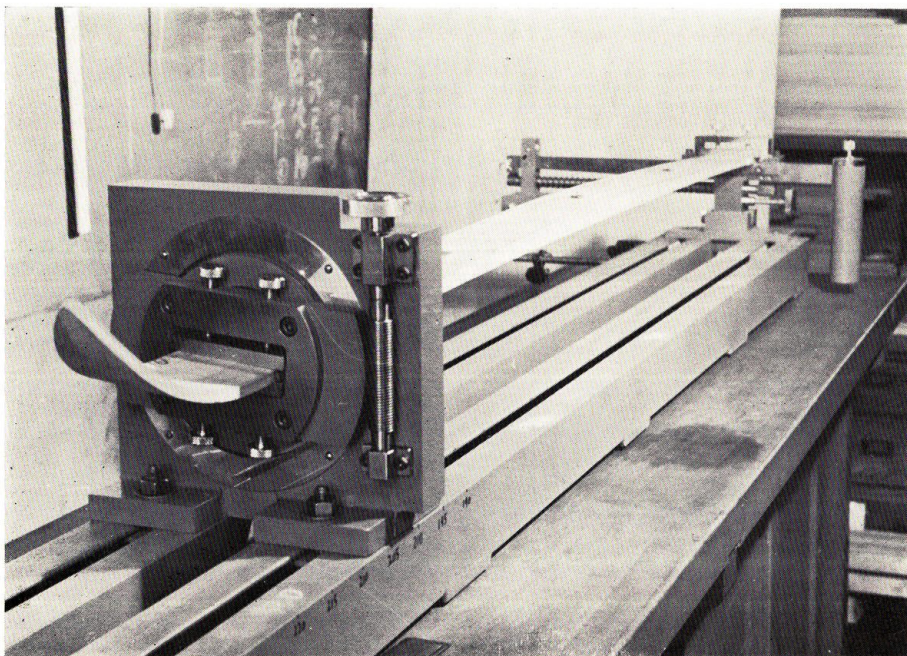


写真—2 振り試験 (全景)

Photo 2. Torsion test (a general view).



写真—3 捩り試験 (捩りモーメント $M_t=0$ の状態)
Photo 3. Torsion test (when the torque is zero, $M_t=0$).



写真—4 捩り試験 (捩りモーメント最大 $M_t=56.25 \text{ kg}\cdot\text{cm}$ の状態)
Photo 4. Torsion test (when the torque is the maximum in this apparatus, $M_t=56.25 \text{ kg}\cdot\text{cm}$)