

A5 スノーボードの振動特性比較(振動・変形)

谷口, 大樹 / 梶原, 成祐 / 内満, 大輔 / 岩原, 光男 / 長松, 昭男 / 山田, 義人 / TANIGUCHI, Daiki / KAJIWARA, Seisuke / Uchimitsu, Daisuke / IWAHARA, Mitsuo / NAGAMATSU, Akio / Yamada, Yoshito

(出版者 / Publisher)

日本機械学会

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

シンポジウム: スポーツ・アンド・ヒューマン・ダイナミクス講演論文集

(巻 / Volume)

2007

(開始ページ / Start Page)

27

(終了ページ / End Page)

30

(発行年 / Year)

2007-11-13

A5 スノーボードの振動特性比較

Comparative experiments for snowboard vibration characteristics

○ 谷口 大樹 (法政大)	梶原 成祐 (法政大)
内満 大輔 (法政大)	正 岩原 光男 (法政大)
正 長松 昭男 (法政大)	山田 義人 (小賀坂スキー)

Daiki TANIGUCHI, Hosei University, Kajino-cho, Koganei-shi, Tokyo

Seisuke KAJIWARA, Hosei University

Daisuke UCHIMITSU, Hosei University

Mituo IWAHARA, Hosei University

Akio NAGAMATSU, Hosei University

Yoshito YAMADA, Ogasaka ski

Recently, snowboard is one of the most popular winter sports in the world. When the snowboarder is gliding, the vibration occurs.

For the professional snowboarders and amateur snowboarders, it is a serious problem that the vibration leads to player's difficulty to do edge control and gliding control on the snow surface. Then, the experimental modal analysis is applied to 5 snowboards. Vibration characteristics of each snowboards are identified, and analyze the cause of vibration of snowboard.

Key Words: Snowboard, Experimental Modal Analysis, Natural Frequency, Modal Damping Ratio

1. はじめに

現在最も人気のあるウィンタースポーツのひとつであるスノーボードにおいて、滑走時に発生する板のブレ振動はライダーのエッジコントロールを失わせ、雪面との接触を難しくものとし、プロボーダーをはじめ一般的にも深刻な問題となっている。その問題を解消するため、色々な視点から研究が行われている。しかしながらスノーボードは、雪面・ビンディング・ブーツ・ライダーなどの非線形の動的なシステムで成り立っているため、解析は非常に困難なものとなっている。

そこで当研究では、種類の異なる5枚のスノーボード板に対し、まず実験モード解析と曲げ試験を行い、振動特性・形状・剛性の同定をし、それぞれを比較することによりブレ振動の現象解明を目的とする。

対象となるスノーボード板は、比較的ブレ振動の少ないオーストリア製の板1枚と一般的に市販されている日本製の板4枚を用いる。ただしそれぞれ競技で使用するアルペン用スノーボードである。まず、それぞれの板を両端自由支持状態・後ろ足部を固定した状態で実験モード解析を行い、そこからそれぞれの振動特性を同定した。次にそれぞれの曲げ剛性を実験的に算出するため、JIS 7019-1987を参考に曲げ試験を行った。さらに滑走中の振動現象を調べるため、実際に雪面を滑りスノーボードの滑走中の振動波形を求めた。

2. 実験モード解析

それぞれの板の振動特性を同定するため実験モード解析を5枚の板に対し行う。試験の概要を図1に示す。加振にはインパルスハンマを使用し、レーザードップラー振動計で応答を得る。板自体の振動特性や、滑走時における状態を考慮した振動特性を同定するため、支持状態を両端自由支持・後ろ足部を固定した状態で実験を行い、それぞれで比較・検討を行う。

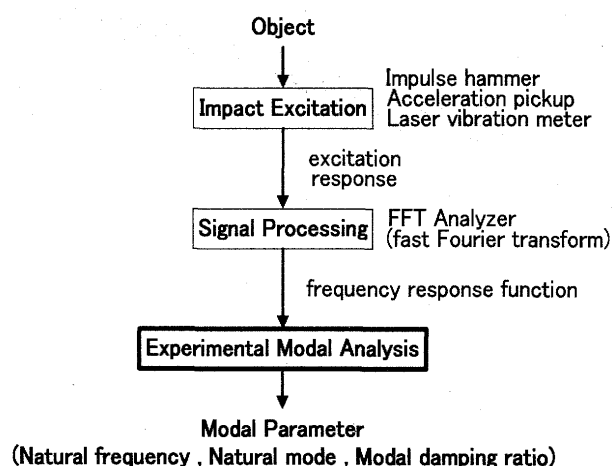


Fig.1 Experiment Modal Analysis of this study

2.1 両端自由支持

まず、スノーボード板自体の振動特性を同定するため、板を地面と平行となるように伸縮性の強いトレーニング用ゴムチューブ2本で吊るし実験モード解析を行った。スノーボードの加振点と計測点を図2に示す。ハンマによりZ方向に計16点を垂直に加振した。1~16を加振点、17を応答点とする加振点移動で行った。

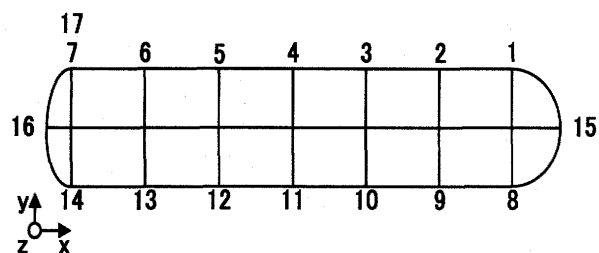


Fig. 2 Measuring points and Excitation point
(Double end free support)

2.1.1 両端自由支持での結果と考察

表 1 に、それぞれの板の両端自由支持状態における第 1 次の固有振動数とモード減衰比の結果を示す。ただし、A-1 はオーストリア製の板で、0-2・0-3・0-5・0-6 は日本製の板である。実験モード解析システムによりモードアニメーションを見ることができる。5 枚の板の 1 次の固有モード形状をみると、すべての板で 1 次曲げモードであることがわかった。Fig. 3 に同定により得られたオーストリア製板の 1 次の固有モード形状を示す。



Fig. 3 Experimental Mode Shape No. 1
(Double end free support)

Table. 1 First natural frequency and modal damping ratio
(Double end free support)

	natural frequency [Hz]	modal damping ratio [%]
A-1	15.81	0.33
0-2	16.29	0.29
0-3	16.01	0.29
0-5	16.00	0.30
0-6	16.21	0.29

表 1 に示したように実験モード解析により算出した 1 次モードの固有振動数とモード減衰比を比較すると、A-1 の特徴として 1 次の曲げモードでは固有振動数は低くモード減衰比は大きいことがわかった。しかし、固有振動数においては最大で 0.5 Hz 程度の差しかなくモード減衰比においては 0.03 %程度しか大きくないことから、この特徴が滑走時に影響するとは考えにくい。以上のことから板自体の振動特性とブレ振動との明確な関連性は見られなかった。

2.2 後ろ足部固定

上記の両端自由支持状態での実験モード解析により、板全体の振動特性には大きな違いは見られなかった。そこで次に、実際にスノーボードを装着して滑走する際に後ろ足がくる場所を固定し、ブレ振動の影響を最も受けると考えられる後方部だけの振動特性を同定する。

後ろ足部の固定方法は、アルミ製の板とボルト 4 本で定盤に固定する。加振点・応答点を図 4 に示す。1~13 を加振点、14 を応答点とする。主な実験方法は 2.1 と同様である。

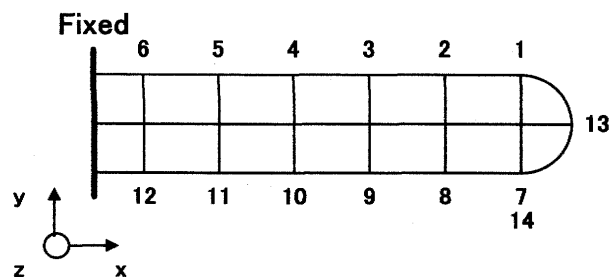


Fig. 4 Measuring points and Excitation point
(Back-foot support)

2.2.1 後ろ足部固定での結果と考察

表 2 に、それぞれの板を後ろ足部で固定した状態での第 1 次の固有振動数とモード減衰比の結果を示す。また 5 枚の板の 1 次の固有モード形状をみると、すべての板で固定部を節とした 1 次曲げモードであることがわかった。図 5 に A-1 の 1 次の固有モード形状を示す。

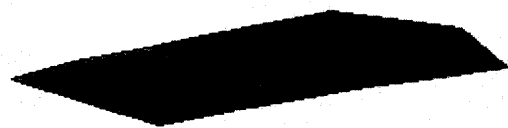


Fig. 5 Experimental Mode Shape No. 1
(Back-foot support)

Table. 2 First natural frequency and modal damping ratio
(Supporting the place of back-foot)

	natural frequency [Hz]	modal damping ratio [%]
A-1	20.33	0.38
0-2	21.47	0.35
0-3	21.09	0.37
0-5	20.91	0.36
0-6	21.62	0.39

固有振動数を比較すると、両端自由支持と同様に A-1 は他の板よりも約 1 Hz 低いことがわかった。モード減衰比においては特に違いは見られず、後方部のみモード特性においても A-1 の特徴は顕著には見られなかった。

しかし両端自由支持と後ろ足部固定で比較すると、固有振動数がすべての板で約 5 Hz 大きくなっており、またモード減衰比も約 0.05% 大きくなっており、実際の滑走時の振動特性にはライダーの影響を大きく受けることが確認できた。

3. 曲げ試験

剛性は、振動数が零の場合の動的特性とも考えられる。今回の対象物であるスノーボード板は平たい板状なので、実際に感応的にも硬さがそれぞれの板で違いがあることがわかる。

それぞれの板の剛性を実験的に比較するため、JIS S7019-1987 (1997 年廃止) を参考にした曲げ試験を行った。

実験の概要を図 5 に示す。板の両端を単純支持状態にするため直径 20mm の丸棒に乗せ、今回は荷重によるたわみの推移も比較するため荷重にはバーベルを使用し、10kg・15kg・20kg・25kg・30kg の計 5 種類で荷重をかけ、それぞれの荷重をかけた時のたわみをマイクロメータ・ノギスで測定した。

また、板の剛性を数量的に比較するためそれぞれの板の幅・厚さ・重さを測定し断面 2 次モーメントを算出し、実験により求めたたわみと断面 2 次モーメントより平均ヤング率を算出し、それぞれの板で比較する。以下に計算式を示す。

$$I_z = \frac{bh^3}{12} \quad (1)$$

$$\left(\begin{array}{l} I_z : \text{断面二次モーメント} \\ b : \text{横幅} \\ h : \text{厚さ} \end{array} \right)$$

$$E = \frac{Pa^3}{48\delta I_z} \quad (2)$$

$$\left(\begin{array}{l} P : \text{荷重} \\ a : \text{支点間距離} \\ \delta : \text{たわみ} \end{array} \right)$$

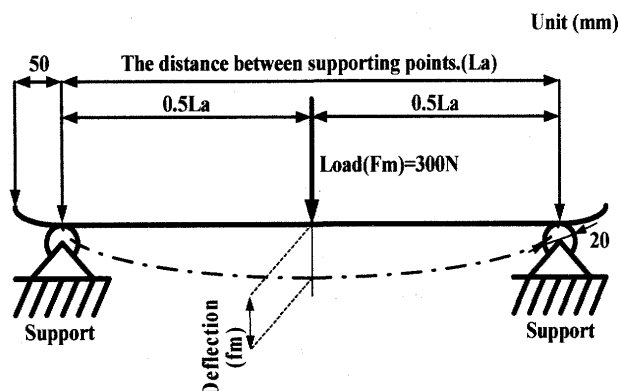


Fig. 5 The testing method for JIS S7019-1987

3.1 曲げ試験による結果と考察

表 3 にそれぞれの板の形状の寸法諸元を示す。ただし、幅と厚さは一様ではないので、11 点測定しその平均を用いる。また、5 種類の荷重におけるたわみの推移を図 6 に示し、たわみと断面 2 次モーメントより算出した平均ヤング率の推移を図 7 に示す。

Table.3 The dimension value of the shape.

	width(mm)	thickness(mm)	weight (kg)
A-1	209.81	9.905	3.544
O-2	207.37	10.276	3.674
O-3	205.73	10.136	3.66
O-5	207.10	10.294	3.88
O-6	206.55	10.245	3.84

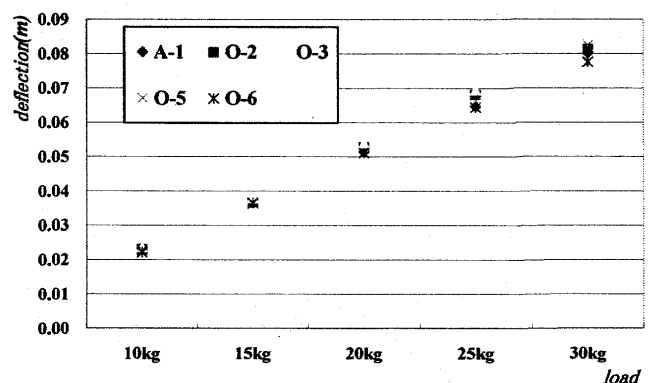


Fig. 6 The deflection by the load.

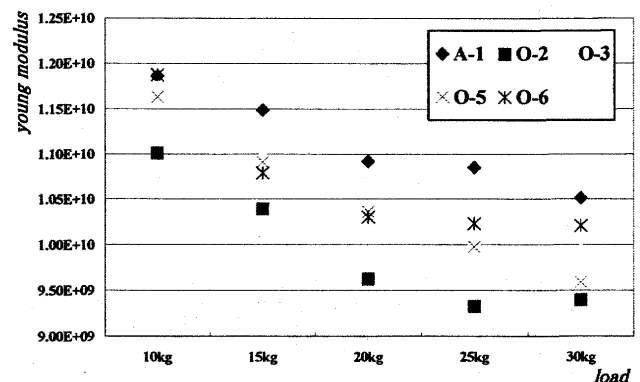


Fig. 7 The deflection by a Young modulus.

形状寸法を比較すると、A-1 の特徴として幅が広く厚さが薄いことが見出せる。また、たわみにおいて変化は見られなかったが、平均ヤング率で比較すると A-1 が最も大きな値となり、単位断面積あたりの剛性が強いことがわかる。ここで平均ヤング率の推移において、ヤング率とは物体固有の値であるが、スノーボードの板は厚さも各部で違いたわみにより形状が変化し、曲げ剛性 EI_z (ヤング率×断面二次係数) が変化するため、荷重により値が変化したと考えられる。

4. 滑走試験

これまでスノーボードの振動特性を同定するため、スノーボードをゴムで吊るした自由支持状態や後ろ足のくる場所を固定しての片持ち状態での実験を行ってきた。しかし実際の滑走中のスノーボードは絶えず雪面やライダーからの外力を受けながらターンを行っている。

そこで当研究では、実際に滑走中の振動現象を解明するため、加速度ピックアップを装着しながら雪面を滑走する実験を行った。

スノーボードに加速度ピックアップを装着しながら雪面を滑走し、その信号をデータレコーダ (EX-UT10 SONY 社製) で収録し時間領域における加速度を求めた。また、その時間領域データを MATLAB により FFT 分析を行い、周波数領域での解析を行った。実験は川場スキー場 (群馬県) の緩やかな斜面で行い、天候は曇りで気温 3℃、雪質は溶けはじめの状態であった。

4.1 滑走試験の結果と考察

加速度ピックアップからの応答をグラフ化したものを図 8 に示す。およそ 1 秒後からのデータが実際に滑走中の加速度データである。また、この時間領域データを MATLAB により FFT 分析し、周波数領域データにしたものを図 9 に示す。

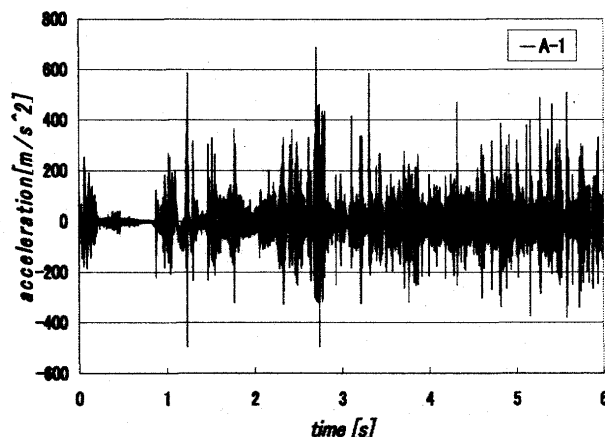


Fig.8 Result of the gliding test

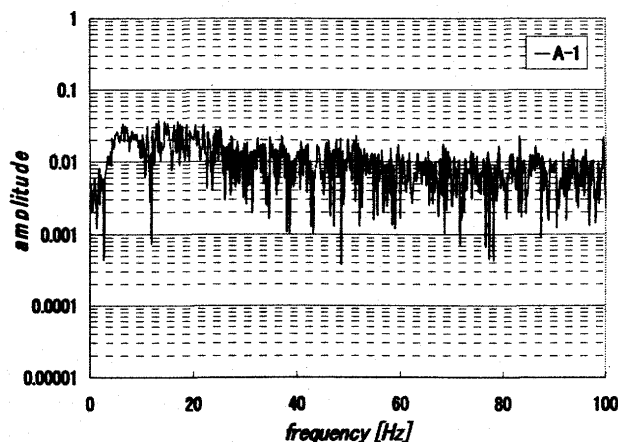


Fig.9 Result of analysis with FFT

図 9 をみると、10Hz と 20Hz 付近にピークのようなものが見られる。20Hz 付近のピークは板の 1 次曲げモードが出たと考えられ、10Hz 付近のピークは実際にスノーボードが振動している周波数が約 10Hz であるためではないかと考えられる。

しかしそれぞれのピークや全体をみると、まだ雑音等の影響が非常に大きく出ており、はっきりとした振動現象を表しているとは言えない。今後実験方法や解析方法の見直しが大きい必要である。

5. 結論

ブレ振動が起きにくいと言われる A-1 の特徴として以下が挙げられる。

1. 1 次曲げモードにおいて、固有振動数が低くモード減衰比が大きい。
2. 幅が広く厚さが薄い形状をしており、単位断面積あたりの剛性が強い。

また、後方部のみのモード特性と板全体のモード特性を比較すると、後方部のみの固有振動数の方が約 5 [Hz] 大きくなり、実際の滑走時の振動現象にはライダーの影響を大きく受けることがわかった。そして滑走試験により、実際の滑走時では低周波で振動していると予想することができた。

6. 今後の課題

当研究を通して多くの課題が見つかった。

1. 実験モード解析によるモード減衰比の同定手法の確認
2. 実験装置を含めた低周波における実験手法の確立
3. 滑走時の振動現象の解明

以上の問題を解決することによりスノーボード滑走時のブレ振動の原因の解明をし、スノーボード形状の最適化を行う。

7. 参考文献

1. 長松昭男, モード解析入門 (2001), コロナ社
2. JIS S 7019-1987, アルペンスキー試験方法
3. "Ski and Snowboard Vibration"
Bard Glenne, Anthony Derocco and Gary Foss
Sound and Vibration, Jan, 1999