【スポーツ用品・用具】

スキー用具の動向

国 田 佳 資

1. はじめに

人間が雪上の歩行具として用いた木の板が、スキーの起源である。狩猟や戦いのための交通具として、雪山や雪原を、安全に速く移動できることが生活を守るのに大切なことであった。

機能性を上げるために、先端部を曲げて除雪抵抗を小さくしたり、トナカイやアザラシの皮を滑走面に貼り付けて、前方への滑りをよくしたりして、色々な工夫がなされた。生活上のニーズによって、それぞれの地方の自然環境に応じて、遅々としてではあるが、絶えまざる改良がなされてきたものと思われる。

図1 古代のスキー

スキーがスポーツとして登場するのは、1870年頃ノルウェーのテレマーク地方においてである。

村々の対抗競技として、人々の関心は高まり、生活の道具はスポーツ用具に変貌する。勝つための努力は、用具改良の強いニーズとなって、一部愛好者の研究を促したと思われる。回転したり、直進したりするのに操作が楽で、安定した滑走ができるように、スキーの長手方向に反りをつけたり、幅の絞れ具合を考えたり、両端が薄く中央に向うにつれて厚くしたりすることによって、固さの割合を検討する努力が、試作とテストを繰返しながら、長い年月をかけて行なわれてきたものと思われる。

第一回冬季オリンピックが1924年フランスのシャモニーで開かれて、スキーは雪国の人々にとって、最も魅力あるスポーツの一つになる。日本では第二回のサンモリッツ大会(スイス)から参加して、世界の桧舞台での幕明けとなる。第二次大戦後化学工業が盛んになり、色々な

YOSHISUKE KUNITA

日本楽器製造株式会社 取締役

プラスチック材料が開発されるに及んで、今迄単一材料として、木が主体であったスキーは、滑走面にワックスなしでもよく滑るポリエチレンを貼ったり、木を中芯として、上下面からGFRPでサンドイッチする複合構造体のスキーが生まれるに至る。よってこの時から勘や経験で作った単一木材の時代は、プラスチックや、木や、金属の諸物性値と複合構造体の諸物理量で研究開発する時代へと大きく変る。接着技術は云うに及ばず複合構造体と性能の関係は、最大の難しいテーマとして技術者の前に君臨してきた。

高度成長時代の後半から、余暇時間が次第に増えて、生活にもゆとりが出始めると、スキーはスポーツとしてのカテゴリーからレジャーとしての色彩をも含むようになってくる。即ち今迄選手や一部愛好者の機能性中心の用具から、若い男女が個性豊かに自分の好みに合ったスキーを選ぶ時代へと変遷するのである。デザインの重視、機能の多様化はこのような背景から生まれてきた。

ここでは繊維との関係においてスキーについて述べるのは難かしいが、機能性の追求の方法において、製品の良否が人間の感覚量で定まる点で両者は一致している。よってそれ等の点についてお話しができれば幸いである。

2. 複合構造体

生物は自然環境の中で、最も確かに生存できるように造られている。生物は複合体であり、複合要素は生体の中に最も調和して配置されている。この生物の創造は、自然が長い年月をかけて、環境条件の中で生成発展させてきたものである。よって生物は最も理想的な複合構造体といえる。

スキーとは何かと問えば、多機能を持つ人間が、手とか足の様な身体の延長線上の一部として使うものであり、理想的には違和感なく、身体の一部として意志通りに動くものであることが望ましい。実際には、人間が用具の特性を充分理解して使用するのである。

ここでいう特性の究極的な形は、それぞれの目的によって異なるが、競技用スキーならば、最短時間で所定のコースを最小の疲れで滑り降りるスキーの特性を意味す

る。技術者の目標はこのような究極的な特性を備えたスキーを作ることである。

プラスチック、繊維(ガラス繊維、カーボン繊維、および有機繊維等)、木および金属材料は、複合構造体を作る部材であり、適材適所に理想的寸法で配置され、各々の結合により一体となって初めて有機的機能を持つ。各種部材の選択とその寸法および組合せは、用具の性能を決

①メタリン系樹脂表面材 ②不織布 ③FRP(ガラスクロス) ④75S-T₂ジュラルミン型トップ
エッジ ⑤FRP(ローピング) ⑥FRP(ローピング) ⑦中空構造 ⑧FRP(ガラスクロス)三次
元構造 ⑨フェノール樹脂サンド材 ⑩フォーム・コンポジット(FC-Z) ⑪FRP(ガラスクロス)
⑫FRP(ガラスクロス) ⑬FRP(ローピング) ⑭ゴムシート ⑮FRP(ローピング) ⑯FRP(ガ
ラスクロス) ⑰S65Cジュラスダ・エッジ ⑱オレング重光ゾール

図2 スキーの断面構造

定するものであり、研究の難しさがそこにある。経験則、理論則、諸物性値、およびコストから、取り得る場合は絞られてくるが、よい用具ができるか否かは設計の技術力による。

3. スキー設計の条件

設計上満足させるべきいくつかの条件がある。ここでは、それ等について述べる。

3.1 品質・性能

スキーの使用条件は次の通りである。

- i) 使用時に大きく変形する。
- ii) ランダム振動の繰返しが多い。
- iii) 環境変化から生ずる温度差、日照、風雪、水などにさらされる。

スキーはこれ等の条件に対応できるように設計されなければならない。

スキーの実走性能は、使用時に発生する動的応力の時間的遷移に深く結びついている。この挙動に関与する物性としては、曲げ弾性率、ねじりに対するせん断弾性率、密度、および粘性率などがある。

つぎに耐久性能としては、大変形に耐えられるか、繰返し応力に対して十分性能を維持できるか、また衝撃に対してどうか問題で、物性としてはひずみの弾性限疲労特性、および耐衝撃性が対応する。また表面材については、耐候性や傷つきにくさが問題になる。その他に性能上および製造上問題になる物性としては、摩擦係数、接着強度、成形収縮率、熱膨張率、成形温度、応力緩和、着

色性、塗装性等が考えられる。これ等の諸物性値および物理量をベースに、複合構造体を設計するには次の如き物理特性が考慮される。

- i) 形状(寸法の制約)
- ii) 重量分布(慣性性能率)、重量の制約
- iii) 所定のこわさ(曲げ剛性分布とねじり剛性分布)
- iv) 動的特性(振動特性、減衰特性)
- v) 温度依存性(熱膨張率の差による形状の変化)
- vi) その他

上記物理特性は、すべて次の4つの設計の自由度で定まる。

- i) スキーの断面構造と構成部材の決定
- ii) 形状の決定
- iii) 製造法の決定
- iv) 曲げ剛性分布、ねじり剛性分布、および重量分布の中のどれか1つの特性の決定

この4つの自由度を中心に、理想的複合構造体の研究が、試作と実地テストを繰返し、科学的手法でおこなわれる。

3.2 製造コスト

数の多い初心者から一握りの一流競技者まで、スキーの使用者は広範囲におよび、用具への要求も、必要最低条件を満足させる安いものから、高品質高性能を追求した高いものまでがある。安いものは材料コストが安く、製造が容易な生産システムが研究の主題であり、高いものは、材料にはGFRPが主流ではあるが、補強材としてカーボン繊維や有機繊維(例えばアラミド繊維)などが考えられ、生産システムも性能中心に考えられる場合が多い。しかし当然のことながら、市場での競争から常にコストパフォーマンスが最大になるような努力がなされているといえる。中間機種は性能およびコストを踏まえて両者の性質を帯びたものになる。

3.3 デザイン

スポーツ用具は、かつては機能本位であったが、最近ではデザインがかなり重要になってきた。特にレジャー的色彩の強いスポーツにおいてはその傾向が強い。

例をスキーにとれば、表面の配色は3色を使うのは常識であり、滑走面の半透明なポリエチレンの内側にもデザインする時代である。外観形状も見た目がスポーティーな機能美を表現しようとする心使いがなされている。このようなデザインは時代の反映であり、今後も続くものと考えられる。塗料、表面材、およびデザインシステムを考えたトータルコストの安い在り方が重要なテーマとなってきた。

3.4 その他

スキーイングという系から見ると、スキー、締具、靴、

図3 滑走面にもデザインしたスキー

ストックは、雪上滑走における機能的構成要素であり、ウェア類、帽子、ゴーグル類は、寒さや、風雪から身を守る防寒具としての機能と、激しい動きの中で自由に動き得る機能の両者を具備した機能的構成要素である。

これ等の要素はスキーヤーを中心核として、理想的複合構成を形成したとき、最高のスキーングができる。よって各用具は相互の関係において、同レベルの機能性を持つように改良努力が要求されるのである。又外観・デザインにおいても、トータルとしての調和から、相互のレベルの同等化が望まれる。

4. FRP

FRPは複合構造体の構成要素の中で最も重要な役割を果たす。強度、耐疲労性等はこのFRPの使用量に依存するといつてよい。又使用性能はFRPと他部材の組合せにより理想的複合構造体をとれば、よいスキーになるし、そうでなければ強度上はよくても悪いスキーになる。よってFRPが他部材と調和ある複合構成をとることが大切である。

FRPは強化材としてのガラス繊維に、ロービング、平織クロス、綾織クロス、マットなどの種類があり、マトリックスにはエポキシ樹脂系、ポリエステル樹脂系などがある。これらの色々な組合せによって、さらにはガラスと樹脂の配合比の選択によって、曲げ弾性率、ねじり剛性率、粘性係数などの諸物性値をある範囲内で選択することができる。以上のことは、カーボン繊維、有機繊維、およびこれらとガラス繊維のハイブリッド繊維複合材についても同様である。

また、FRPの使用形態はプリプレグとして、あるいは

ウエット(液状樹脂をガラスに含浸したもの)の状態で一体成形とする使用法と、プルトルージョンやプレスで硬化したFRPとして、樹脂を塗布して使用方法がある。よってFRPといつても実に多様性に富んでいるので、複合構造体の調和点を見出すには格好の材料であるといえる。

5. 設計の現状

性能に関する物理特性のいくつかは、理論的に数式で表現でき、ここ数年来、それをコンピューターの助けを借りて、短時間に計算できるようになった。その代表例は何といつても雪面圧分布であろう。雪面圧分布とは全長に亘るスキーの各々個所がどれほどの力で雪面を押しているか、その力の分布を意味する特性である。

スキーヤーが滑走時に感ずる性能は、スキーが雪面に作用する力の分布によると考えるのが最も妥当である。

この特性を性能の主要因と考えて、静的立場から式で表わすと次のようになる(図4参照)。

$$EI(x) = \rho(x) \int_0^x f(\xi)(x-\xi) d\xi$$

但し $EI(x)$: x 点の曲げ剛性

$f(\xi)$ ξ 点の雪面圧(単位長当りの力)

$0 \leq \xi \leq x$

$\rho(x)$: アーチキャンバーの曲率半径

l $0 \leq x \leq l$ スキー両接地点間距離

式より曲げ剛性 $EI(x)$ は積分型の中に入る面圧分布関数 $f(\xi)$ ($0 \leq \xi \leq x$) とアーチキャンバーの曲率半径 $\rho(x)$ の複合関数として表現できる。

さて設計者は面圧分布関数がある仮説のもとに定める。

図4 曲げ剛性分布と曲率半径

アーチキャンバーも同様である。その仮説の上に曲げ剛性 $EI(x) (0 \leq x \leq l)$ は計算できる。

次に計算された曲げ剛性分布 $EI(x) (0 \leq x \leq l)$ をどのようにしてスキーに具現するかを考える。

今、断面構造が n 個の異なる物性の材料から出来ているとして、理論式を求めると次式のごとくなる (図 5 参照)。

図5 n 個の矩形断面の構成部材からなる断面図 ($X-X$ は中立軸、ここでは構成部材 i のみが書かれている)

$$EI = \sum_i^n E_i \int (y - y_c)^2 dA_i$$

$$\text{但し } y_c = \frac{\sum_i^n E_i \int y dA_i}{\sum_i^n E_i \int dA_i}$$

E_i : i 番目の材料の曲げ弾性率

y_c : 中立軸の位置

A_i : i 番目の材料の断面積

この式と面圧分布関数から求めた EI とから、スキーの全厚と中芯厚を計算するのである。この際、理論計算式に実験値から得た補正係数を乗ずる必要がある。

その結果、試作したスキーは、設計値と測定値の誤差が高々 2~3% 以内である。この手法によって、どんな材料構成のスキーでも、曲げ剛性分布を定めてやれば、その分布のスキーをコンピューターを使って容易に計算できるのである。その他の物理特性についても同様なことがいえる。

以上の如くスキーの設計技術は、理論的にいくつかの物理量を表現できるようになり、それ等をスキーの中に具現できるようになった。しかしそれ等の物理特性が、一体どのような分布値をとったら最もよい性能を示すかについては、また一つの研究分野であり、そのことについては次の「研究開発の方法」のところでも述べることにしたい。

6. 研究開発の方法

スポーツ用具の良否は、使ってみてはじめてわかるものである。物理的諸特性については前述のとおりであるが、これらの特性がいったいどんな組合せをとったとき最もよい性能が得られるか、これはきわめて難しい問題である。最終的性能の判断は、使用者である人間の感覚

で行なうのが最も妥当である。

人間の判断には個性からくる好みがあるため、どうしてもばらつきがあるから、複数の人間で試験して、結果を統計的に扱うのが望ましい。

また技法に関しても流動的で、技法が変ればそれに合った用具が求められることになる。

用具には感覚的言葉でいう味というものがある。果物も種類によって色々な味があるように、用具においても構成材料、構造および製法によって、この味なるものが実に微妙に変化してくる。

よって以上の内容からも、設計には基本性能以外に、この味なるものも重要な研究対象になることがしばしばある。それは、基本性能と味が完全に独立ではなく、相関性のある部分が存在しているためである。性能研究のブロックダイアグラムの 1 例を示すと図 6 のようになる。

試作でできたプロトタイプは、諸物理量を計測し、設

図6 性能研究のブロックダイアグラム

計値と一致しているか否かを十分検討する。一致していれば実地試験を行ない、そうでなければ再検討する。試験の結果は感覚的な言葉で戻ってくる。この言葉の解釈が一番の問題である。間違えて解釈すれば改悪試作になりかねない。ここに一つの研究課題、すなわち、物理量と感覚量の相関の問題が提起される。さて、正しい解釈が行なわれたとする。こういう表現もきわめてあいまいであり、むしろ試験者がつかんだ情報に一番関係の深い要因がみつかったとする。そこで物理特性をどう変えるかが検討される。情報として、それまでに基礎研究で得られたもの、また材料その他のものも、情報として得られたものは有効に役立てることを考える。設計理論に関しても、この分野は特殊だけに新しく開拓されなければならない世界である。これら技術情報を結集して再設計が行なわれる。このサイクルを繰返すことによって、要求に一步一步近づけるのが感覚商品の研究スタイルといえることができる。

人間の感覚は、用具の挙動のいくつかの特性を積分した値でもってとらえ、その良し悪し、感じを感覚的言葉で表現する。研究者は、この言葉がどんな物理量から構成されているかを分析し、主要因を引き出してきて、そ

れをどの程度変えれば、人間の感覚量にどの程度影響を与えるかを十分予測して、特性を改良しなければならない。このような意味からも、感覚商品の研究は、科学的アプローチであっても、長い年月を要する分野であるといえる。

6. 展 望

スキーの大衆化は、機能性の多様化とコスメティックデザインの多様化を生んだ。初級者から上級者まで幾機種かのスキーがあり、女性専用機種や特殊機種まで含める

と、かなりの機種になる。これは雪上のスキーイングのジャンルが広範囲になったことと、スキーヤーの分類から各層に適した用具の開発が行なわれたことによる。

デザインもウェア、靴、スキーなど、トータルファッションとして個性豊かに楽しむ時代へと進んできた。

また一方では、機能性の向上と初級者用には低価格で良いスキーを求めるニーズが強い。企業の研究開発もこのような社会的ニーズに応えるために、少量多機種を合理的生産で、安く高品質に作ることが大きな研究課題となってきた。

下記の残部がありますので、希望者は下記にお申込み下さい。

1. セミナー・研究発表会関係

1) 第 12 回繊維学会夏季セミナー	1,500 円 (送料込み)
2) 第 13 回繊維学会夏季セミナー	2,000 円 (送料 300 円)
他に第 10 回, 第 11 回のテキストもあり	
3) 昭和 55 年年次大会研究発表会テキスト	2,500 円 (送料 300 円)
4) 昭和 54 年秋季研究発表会テキスト	900 円 (送料込み)

2. 産業資材・インテリヤ関係

1) 水産海洋資材 — 講演会テキスト	800 円 (送料込み)
2) これからのニットに適応する縫製副素材 — 講演会テキスト	800 円 (送料込み)
3) 住宅関連 — 講演会テキスト	1,000 円 (送料込み)
4) 複合材料による材料革命は可能か — 講演会テキスト	1,000 円 (送料 140 円)
5) 高分子材料と微生物 — 講演会テキスト	1,000 円 (送料 140 円)

3. その他

1) 画像処理特集 — 昭和 55 年 6 月号	2,000 円 (送料 49 円)
2) 差別化素材・商品特集 — 昭和 55 年 8 月号	1,500 円 (送料 37 円)
3) 走査型電子顕微鏡による各種繊維の教育用スライド (説明書付) (残部些少)	

会 員 16,000 円 (送料込み)

非会員 18,000 円 (送料込み)

申込先: 〒141 東京都品川区上大崎 3-3-9-208 社団法人繊維学会 電話 03-441-5627

郵便はがきでお申し込み下さい。