

アルペン・スキーの滑走中の歪み分布

影 山 義 光 布 目 靖 則
八 島 健 司 青 木 清 隆
市 場 俊 之

要 約

The purpose of this study is visualization with graphs of distribution of strains in Alpine ski in turning. We have measured the distribution of strains of Alpine ski in turning on 90m of length and 11° of compacted snow slope that had 9 short single poles with 2 skiers.

The following results were obtained:

- 1) The graphs of sliding show vibrations of skis with uneven condition of snow slope.
- 2) The graphs of step turn show ski bending transformation change side by side clearly. The graphs of carving turn show the bending transformation of inside ski in initiation phase.
- 3) The graphs of distribution of strains in step turn show figure sideways S. The graphs of distribution of strains in carving turn show figure W.
- 4) The continuous data of strain of both ski centers show the skier's turning method.

1. 目 的

アルペン・スキーの変形の研究は、両端単純支持のスキーのたわみ変形を測定した坂田(1991)¹⁾の研究やスキーの雪面圧分布を見た棚橋(1996)²⁾の研究でスキーを固定して分析されてきている。スキー滑走中の研究では、スキーヤーの作用力を測定した香川(1996)³⁾の研究や長野県工業試験場(1996)⁴⁾の研究があるが、たわみ変形の分析は行われていなかった。ミズノ(1997)⁵⁾の研究では、滑走中の歪み分布を測定し、たわみ変形を見ているが片側8チャンネルだけで、詳しいデータの公表はされていない。本研究者は、左右スキーを8チャンネルずつ16チャンネルで、左右スキーの歪み分布を測定することによって、滑走中の両スキーのたわみ変形を表わすことができる装置を開発し、歪み分布データをグラフ化し、雪面上での滑走中の両スキーのたわみ変形を概念図化する方法を考案した。(影山(2002)⁶⁾)

本研究では、この装置を使用し、両スキーの滑走中の歪み分布をグラフ化することによって、直滑降、踏みかえターンそしてカービングターン中の両スキーのたわみ変形を概念図化し、視覚的に検証することを目的としている。そのため、9旗門90mの平均斜度11度の緩斜面を滑走した時の両スキーの歪み分布の測定実験を行った。

2. 方 法

(1) 歪み測定装置

歪み測定装置（共和電業社製：EDS-200A）を用い、増幅部を2台接続し、16チャンネルとした。左右のスキーのそれぞれ8チャンネルに、小型防水箔歪みゲージ（共和電業社製：KFWS-2N-120-C1-11L3M2R）を取り付け、歪みを測定した。解析には、スキー板歪み分布モニタ・ソフトウェア（テクノサイエンス社製）で行った。

この歪み測定装置は、デイパックに入る大きさで、重さは約5kgであり、被験者が背中に背負って測定した。サンプリング周波数は20Hzで、サンプリング時間は、0.05秒である。

(2) 測定場所と時間測定

測定場所は、戸隠高原スキー場中社ゲレンデ西側コースを用いた。平均斜度11度の整地された緩斜面で、10mおきに可倒式ショートポールを9本用い、スタートと合せ90mで10ポイントの通過時間をニシ式電子計時機（ニシ・スポーツ製：NTR-10）を用い測定した。

(3) 測定日時と雪面状況

測定日時は2002年3月23日であった。当日は曇り時々小雪で、雪面状況は、1cmの降雪があり、その下はザラメ雪であった。早朝ゲレンデをラトラックにて圧雪して測定を実施した。気温6度から11度、雪温は、-1.1度から-1.4度であった。

(4) 被 験 者

基礎スキー指導員A：身長172cm，体重76.0kg，58歳

基礎スキー指導員B：身長171cm，体重74.5kg，35歳

(5) スキー用具

小賀坂スキー製のカービングスキー（Keos）170cm，締具Tyrolia SP9とねじ調整のために

厚さ 1 mm のプラスチック板を取り付けた物を使用した。測定した左右のスキーの測定ポイントは、トップより 135mm の接雪点 R1・L1、から締め具までの距離を 3 等分し、R2・L2 は接雪点より 193mm、以下 R3・L3 (386mm)、R4・L4 (580mm)、R5・L5 (875mm Boots Center)、R6・L6 (1135mm)、R7・L7 (1335mm)、R8・L8 (1535mm) であった。

(6) 滑走方法

踏みかえターンとカービングターンを交互に滑走した。踏みかえターンは、ターンの始動期に踏みかえて滑るもので、ステップターンとも言われる技法である。カービングターンとは、両足で雪を削りこむように滑る滑り方で、角付けを主体にして、スキーを縦に滑らせ、横ズレをとまなわないターン技法である⁷⁾。

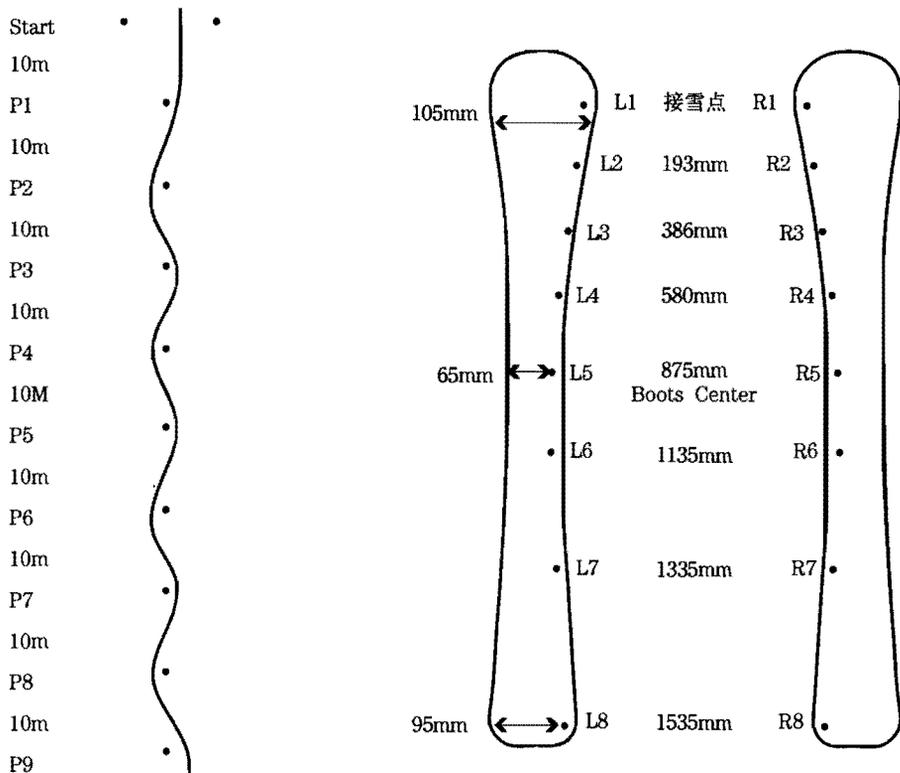


図1 時間測定ポイントとスキーの測定位置

3. 結 果

1) 直滑降の歪み分布

スキーの歪み分布のグラフは、ストレンゲージから得られた値をそのまま表示しており、 $\mu\epsilon$ (マイクロストレイン) という歪みの単位を用いている。被験者AとBの直滑降の概念図化されたパターンを図2・図3・図4・図5に示した。直滑降の時間帯の約3秒間を0.05秒おきに約30本を超す線で書かれており、記号が重複しているが、時間を追って表示するものではなく、全体の形を表示している。被験者が違っても歪み分布のグラフで、スキーが振動しているのが表わされている。ターンしている時の図10や図11と違い振動しているのが分る。それは雪が非常に軟らかい物質なので、雪面の凸凹にそって振動するものと考えられる。もし、雪面が鉄板のように一様な硬い面だとスキー板の形状はあまり変わらず、たわみが少ない一定の状態で滑り出すものと考えられる。直滑降で雪面に張り付いて推進しているため、ある程度スキーの変形を保ったまま振動している状態をグラフは表わしていると思われる。図2・図3は被験者Aのものであるが、図3ではR2とR3の歪み値が他のポイントよりも大きく右スキーの前方に力が加えられており、図4・図5の被験者Bの直滑降では、図4のL4やL5やL6の歪み値が大きく左スキー全体がたわんでいるのが分る。各図は、各被験者の異なった試行滑走の時のものであるが、グラフが各被験者でよく似ており実験の再現性が認められる。

また、スキーセンターの歪み値の推移を示したのが図6・図7・図8・図9である。これらの図は滑り出してからの図で、ここでは雪面の凸凹を歪み値が波を打つことによって示しているのが分る。雪面の凹凸に沿ってスキーに体重と筋力による力がかかり、その力に対抗するように雪面の反力によってスキーにまた力が下からかかるというような状態であろう。途中の大きな波は、滑り出してから約1.4秒前後に位置しており、雪面の凸部分であろう。各図は、各被験者の異なった試行滑走の時のものであるが、ここでもグラフがよく似ており実験の再現性が認められた。

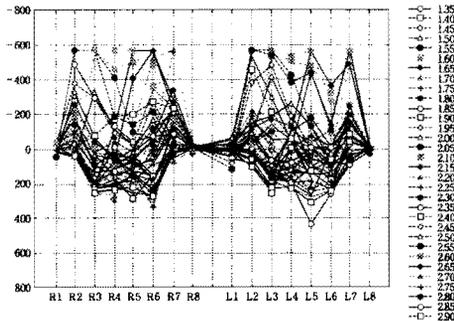


図2 被験者A 直滑降の歪み分布 (1)

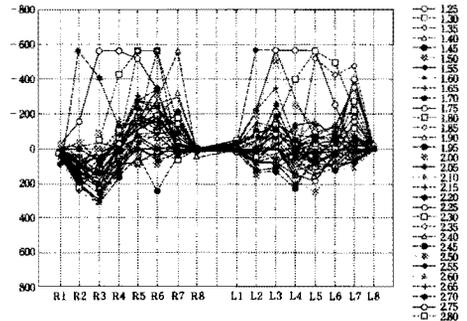


図3 被験者A 直滑降の歪み分布 (2)

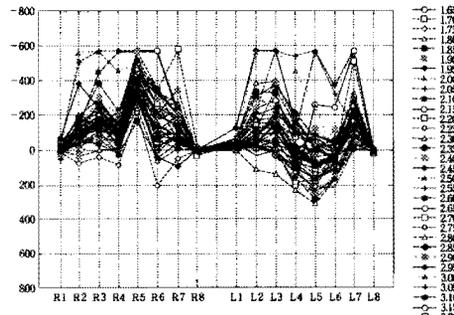


図4 被験者B 直滑降時の歪み分布 (1)

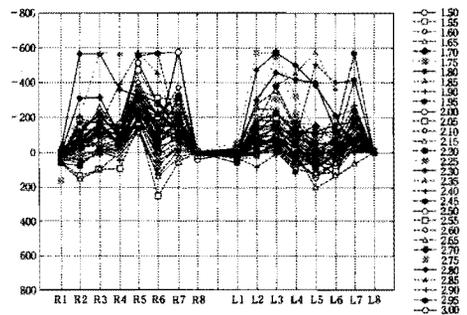


図5 被験者B 直滑降時の歪み分布 (2)

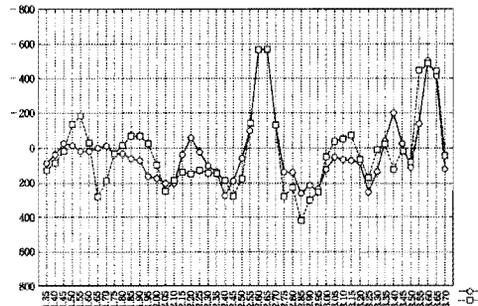


図6 被験者A 直滑降時のスキーセンターの歪み値 (1)

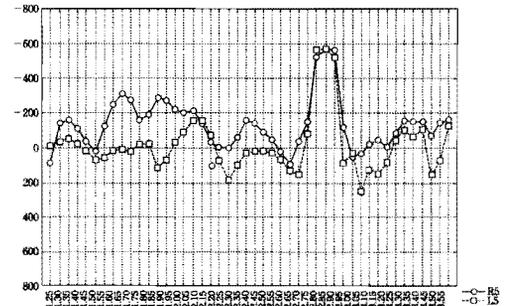


図7 被験者A 直滑降時のスキーセンターの歪み値 (2)

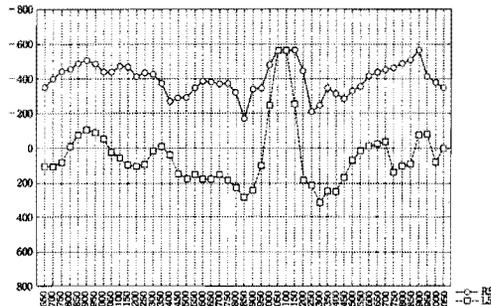


図8 被験者B 直滑降時のスキーセンターの歪み値 (1)

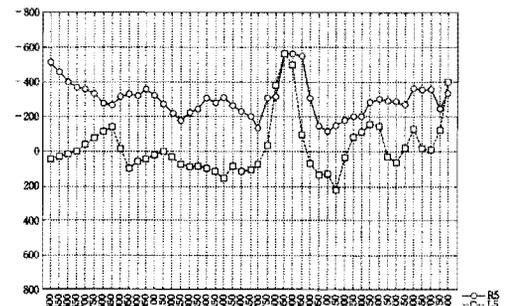


図9 被験者B 直滑降時のスキーセンターの歪み値 (2)

2) 踏みかえターンの歪み分布

踏みかえターンの歪み分布をポイントからポイントに移る時間の半分ごとに分析を行った。ターンが安定するP4・P5・P6・P7の左右2回転ずつの歪み分布のグラフを示す。図10から図17は、被験者A、図18から図25は被験者Bの踏みかえターンの歪み分布のグラフである。これらの図はP4左ターン、P5右ターン、P6左ターン、P7右ターンである。被験者Aの連続した図12・13・14は右スキーから左スキーにたわみ変形が移る様子が表わされており、図14・15・16は左スキーから右スキーにたわみ変形が移る様子が表わされている。被験者Bの連続した図21・22・23は右スキーから左スキーにたわみ変形が移る様子が表わされており、図23・24・25は左スキーから右スキーにたわみ変形が移る様子が表わされている。ポイントを通り直ぐに、次のターンの内足に荷重して片足に乗っていることが示されている。

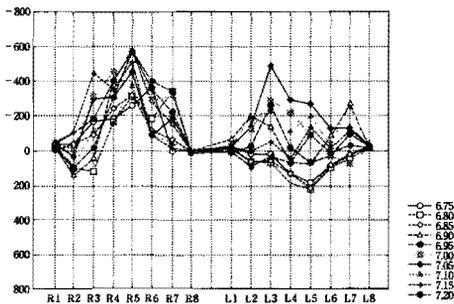


図10 被験者A P4 踏みかえ左ターン前半

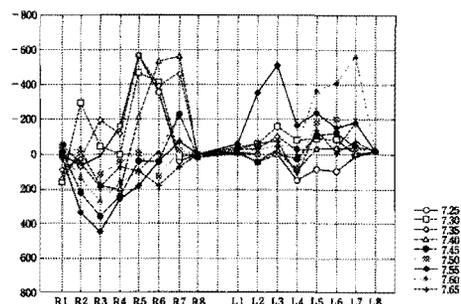


図11 被験者A P4 踏みかえ左ターン後半

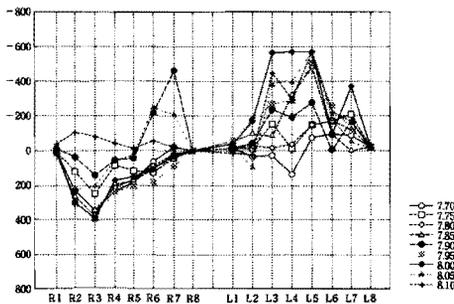


図12 被験者A P5 踏みかえ右ターン前半

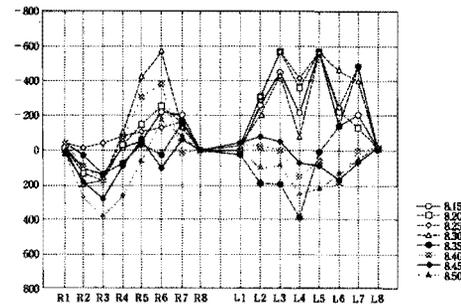


図13 被験者A P5 踏みかえ右ターン後半

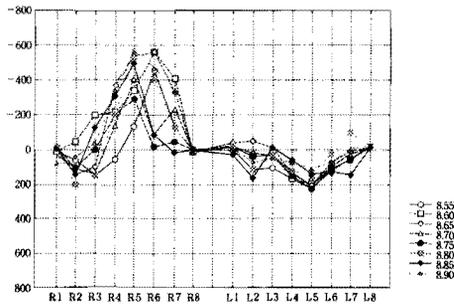


図14 被験者A P6 踏みかえ左ターン前半

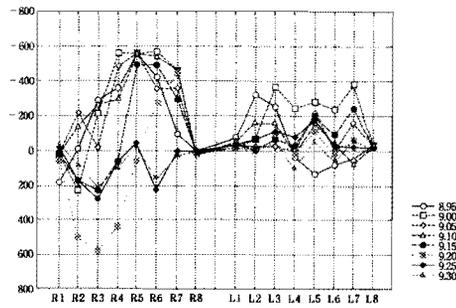


図15 被験者A P6 踏みかえ左ターン後半

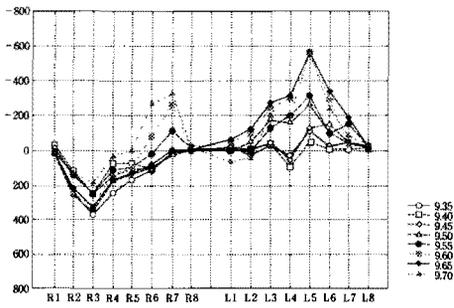


図16 被験者A P7 踏みかえ右ターン前半

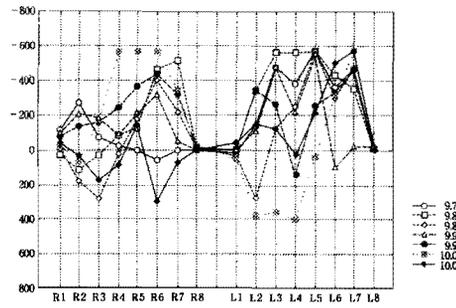


図17 被験者A P7 踏みかえ右ターン後半

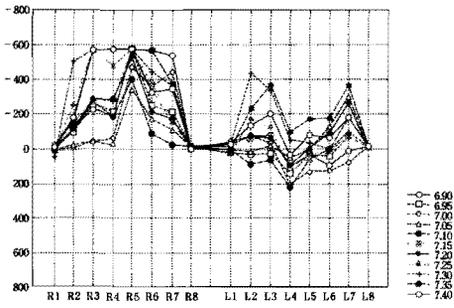


図18 被験者B P4 踏みかえ左ターン前半

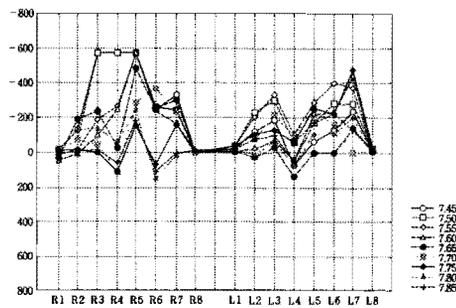


図19 被験者B P4 踏みかえ左ターン後半

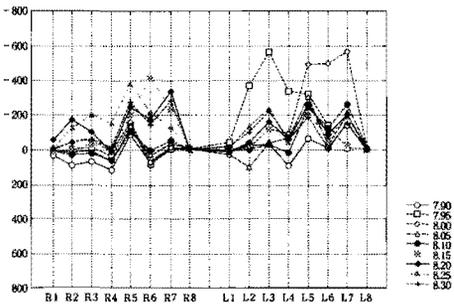


図20 被験者B P5 踏みかえ右ターン前半

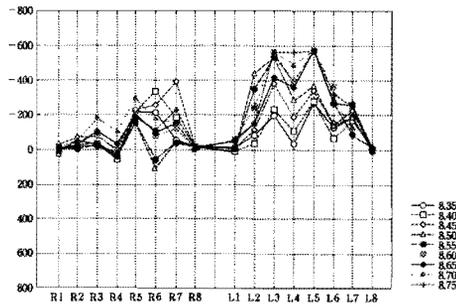


図21 被験者B P5 踏みかえ右ターン後半

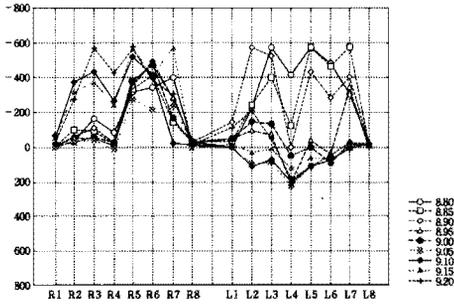


図22 被験者B P6 踏みかえ左ターン前半

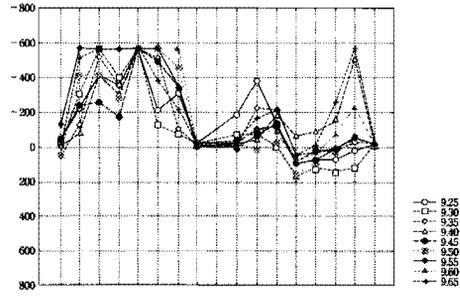


図23 被験者B P6 踏みかえ左ターン後半

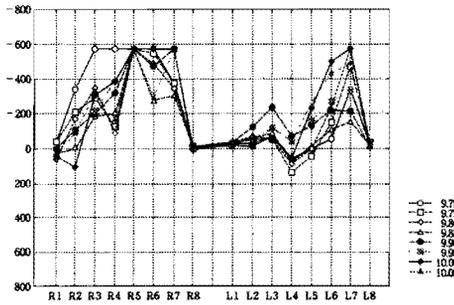


図24 被験者B P7 踏みかえ右ターン前半

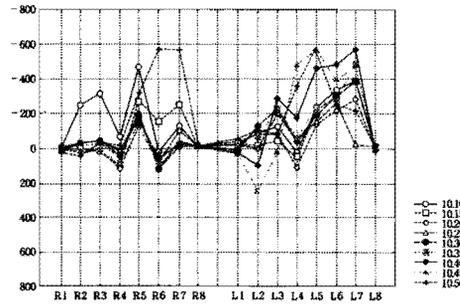


図25 被験者B P7 踏みかえ右ターン後半

3) カービングターンの歪み分布

カービングターンの歪み分布をポイントからポイントに移る時間の半分ごとに分析を行った。図26から図33は、被験者A、図34から図41に被験者Bのカービングターンの歪み分布のグラフを示す。これらの図は踏みかえターンと同じ局面のP4からP7にかけての左右2回転である。カービングターンでは、ターン後半の次のターンの内スキーに力がかかり、そのまま回転に入って行くことが表わされている。つまり、回転内足主導の滑り方が表わされている。

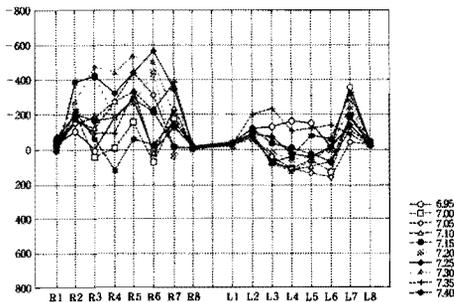


図26 被験者A P4 カービング左ターン前半

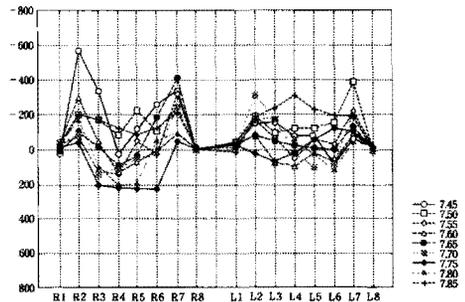


図27 被験者A P4 カービング左ターン後半

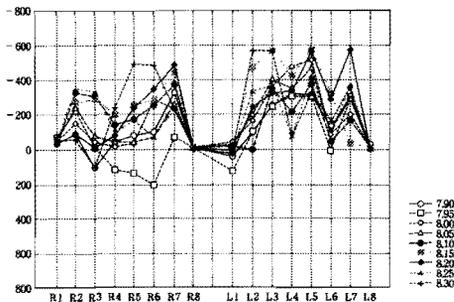


図28 被験者A P5 カービング右ターン前半

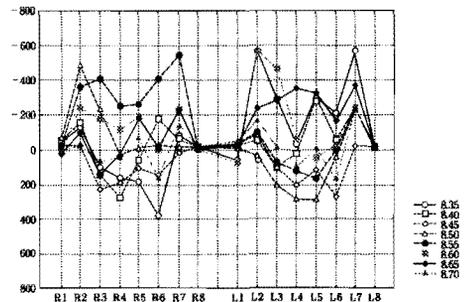


図29 被験者A P5 カービング右ターン後半

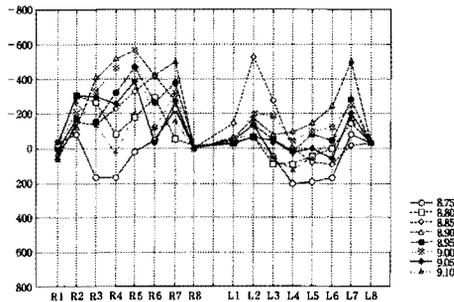


図30 被験者A P6 カービング左ターン前半

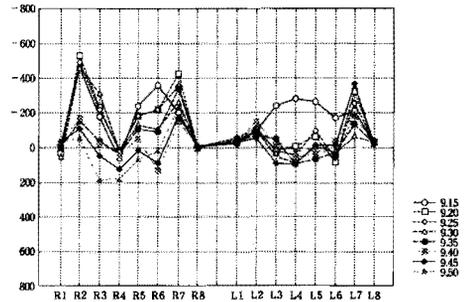


図31 被験者A P6 カービング左ターン後半

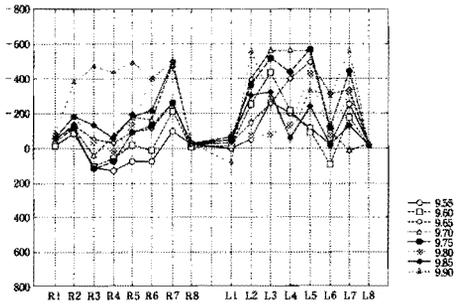


図32 被験者A P7 カービング右ターン前半

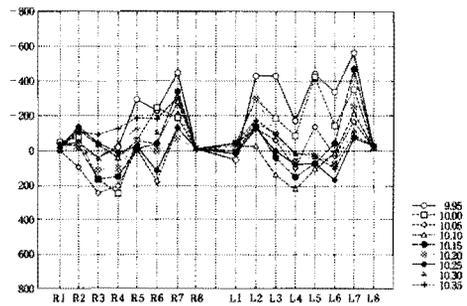


図33 被験者A P7 カービング右ターン後半

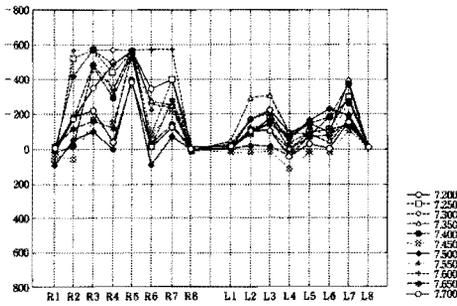


図34 被験者B P4 カービング左ターン前半

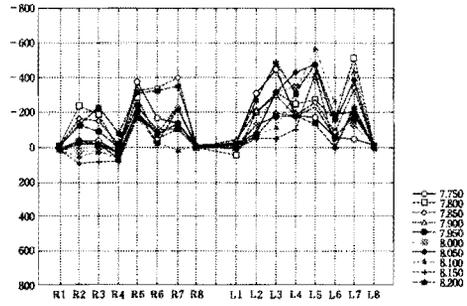


図35 被験者B P4 カービング左ターン後半

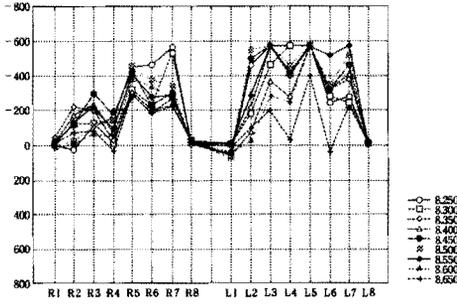


図36 被験者B P5 カービング右ターン前半

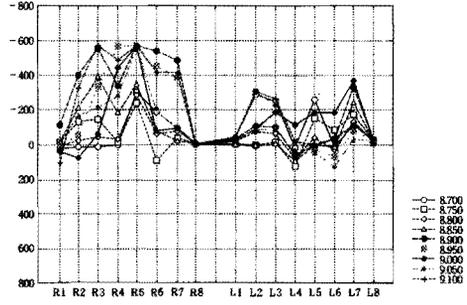


図37 被験者B P5 カービング右ターン後半

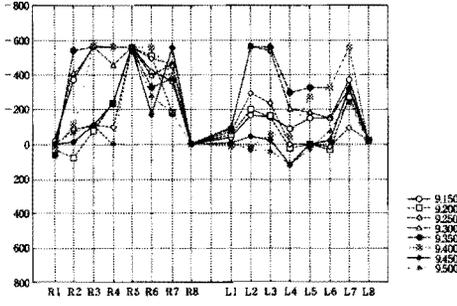


図38 被験者B P6 カービング左ターン前半

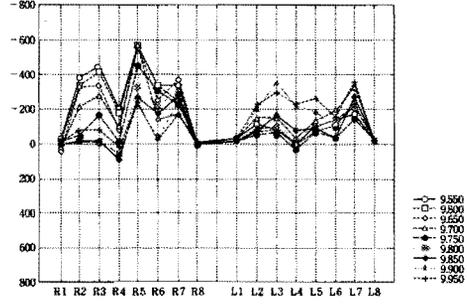


図39 被験者B P6 カービング左ターン後半

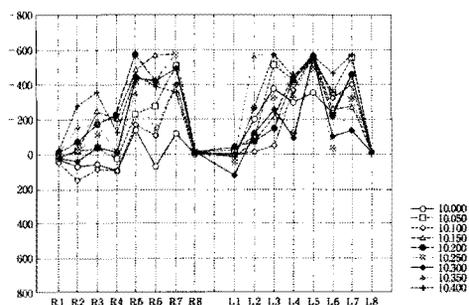


図40 被験者B P7 カービング右ターン前半

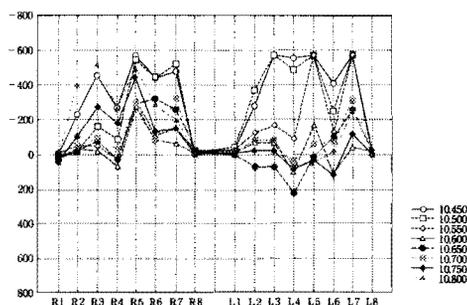


図41 被験者B P7 カービング右ターン後半

4) 踏みかえターンとカービングターンの歪み分布の違い

踏みかえターンとカービングターンの歪み分布での違いは、踏みかえターンが横S字状になり左右どちらか片側にグラフが収束し、カービングターンではW字状に左右のスキーでの収束が見られることである。踏みかえターンでは体重を片側に乗せるために、図14、図16、が特徴的である。カービングターンでは、両側に体重を乗せるために図27、図31が特徴的である。

また踏みかえターンとカービングターンの滑り方をスキーセンターの歪み値を示したのが図42から図59である。歪み値が、左右の歪み値が相対的に大きい場合は実線で表わし、歪み値が相対的に小さい場合は点線で表わし、歪み値が同等と思われる場合は二重線で表し、左右の歪み値が極端に少ない場合は二重の点線として描いた。その図から推察される滑り方のたわみ変化は、図60である。このコースが直線的な形状のため踏みかえターンではスケータリング的に滑っており、カービングターンでは、内足主導の滑り方になっていることが分る。また、図46と図55の比較と図49と図58の比較から考えるとスキーセンターの左右の歪み値の差は、片足に荷重する踏みかえターンの方が、両足に荷重するカービングターンよりも大きいことが分る。

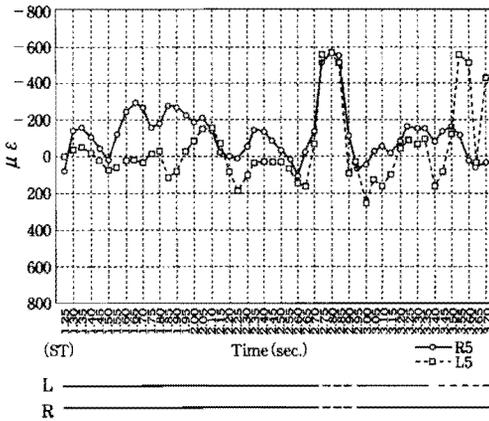


図42 被験者A 踏みかえST-P1

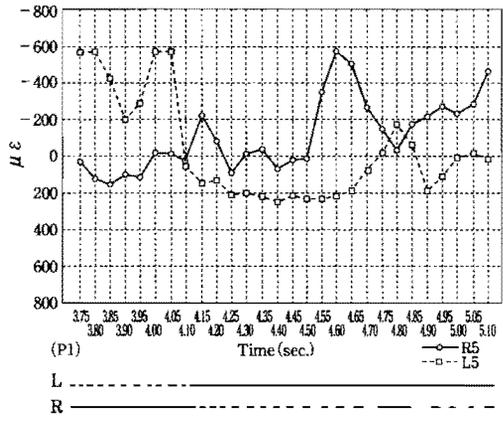


図43 被験者A 踏みかえP1-P2

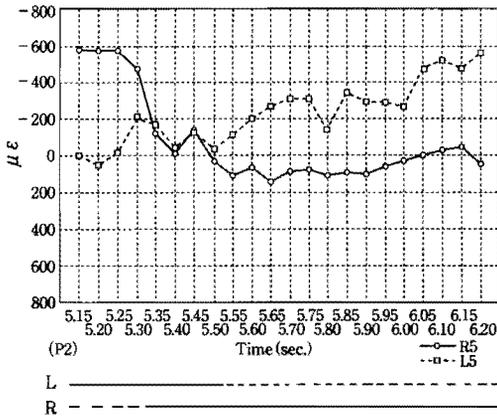


図44 被験者A 踏みかえP2-P3

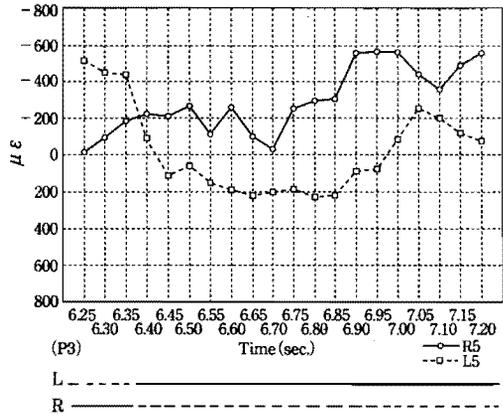


図45 被験者A 踏みかえP3-P4

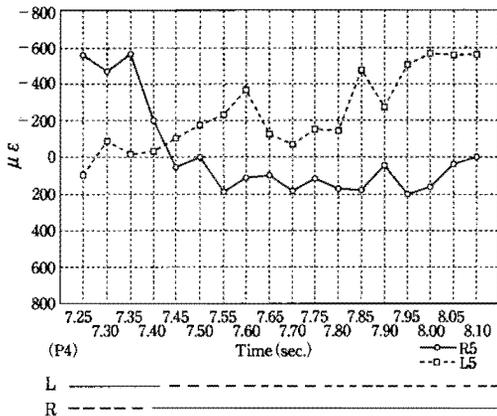


図46 被験者A 踏みかえP4-P5

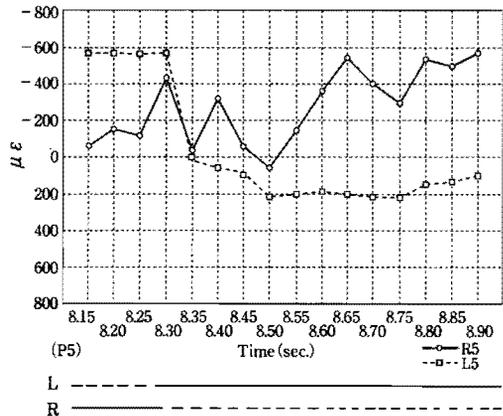


図47 被験者A 踏みかえP5-P6

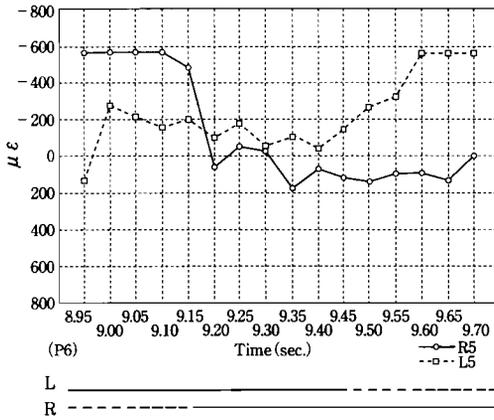


図48 被験者A 踏みかえP6-P7

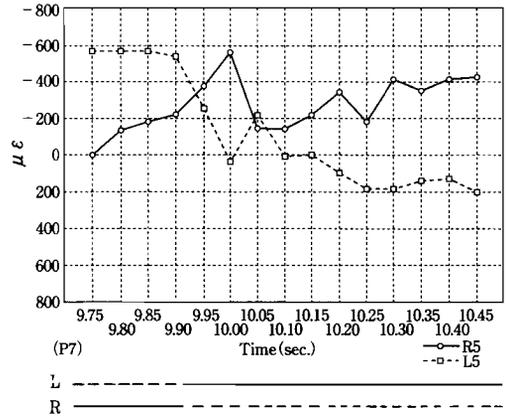


図49 被験者A 踏みかえP7-P8

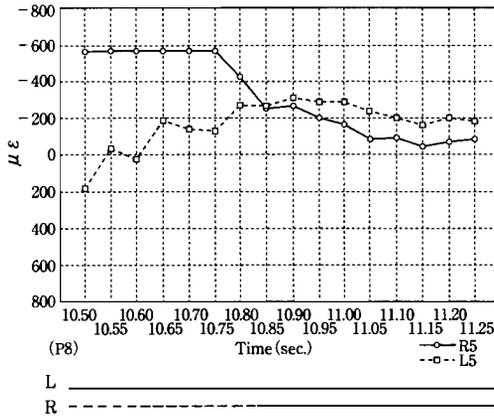


図50 被験者A 踏みかえP8-P9

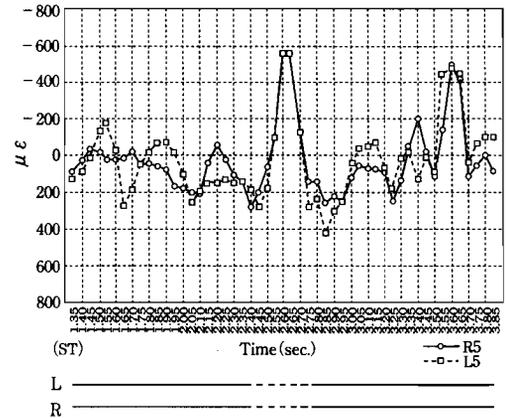


図51 被験者A カービングST-P1

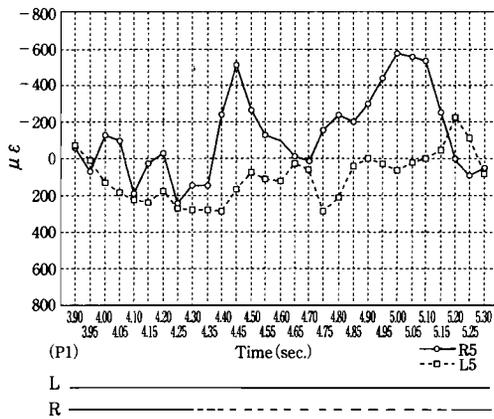


図52 被験者A カービングP1-P2

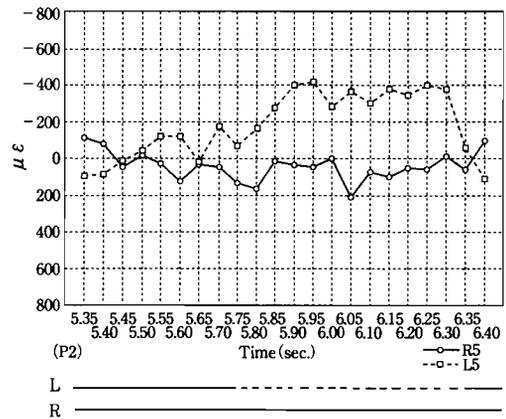


図53 被験者A カービングP2-P3

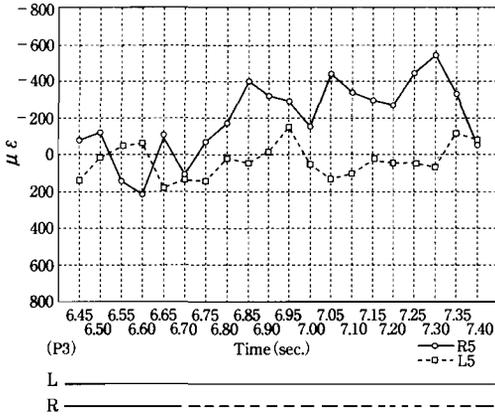


図54 被験者A カービングP3-P4

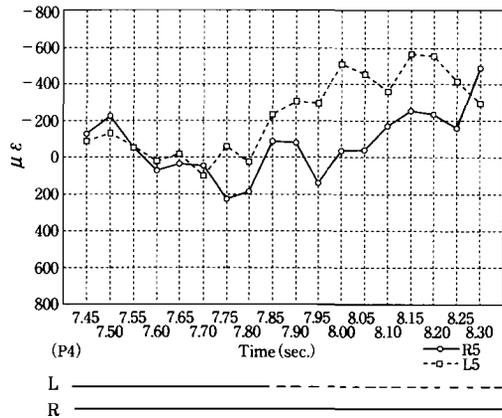


図55 被験者A カービングP4-P5

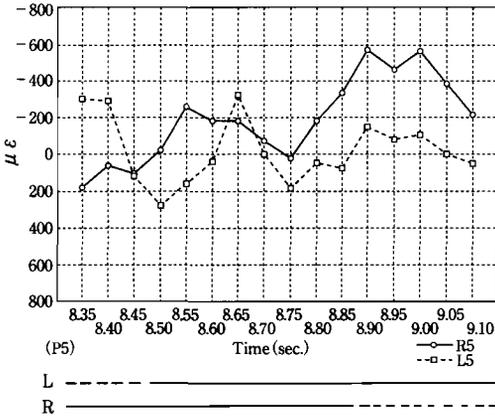


図56 被験者A カービングP5-P6

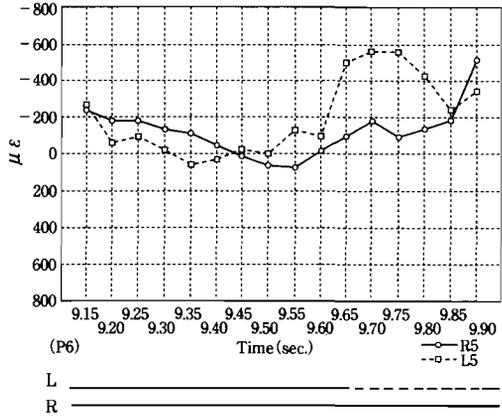


図57 被験者A カービングP6-P7

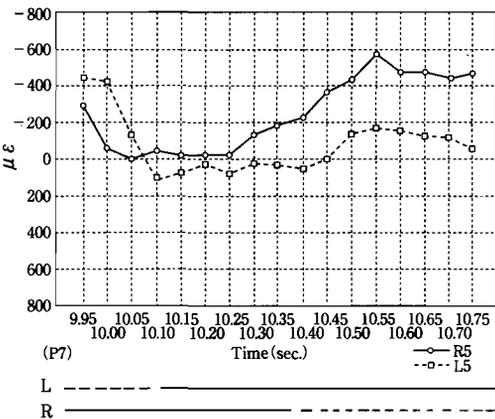


図58 被験者A カービングP7-P8

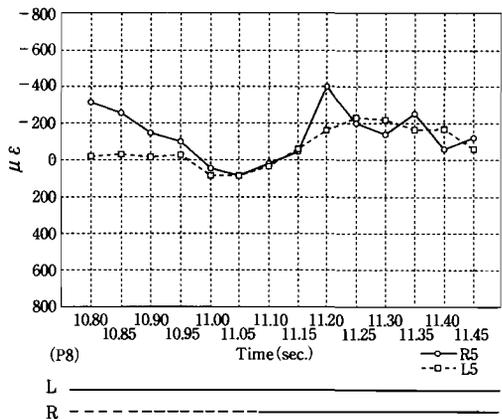


図59 被験者A 踏みかえP8-P9

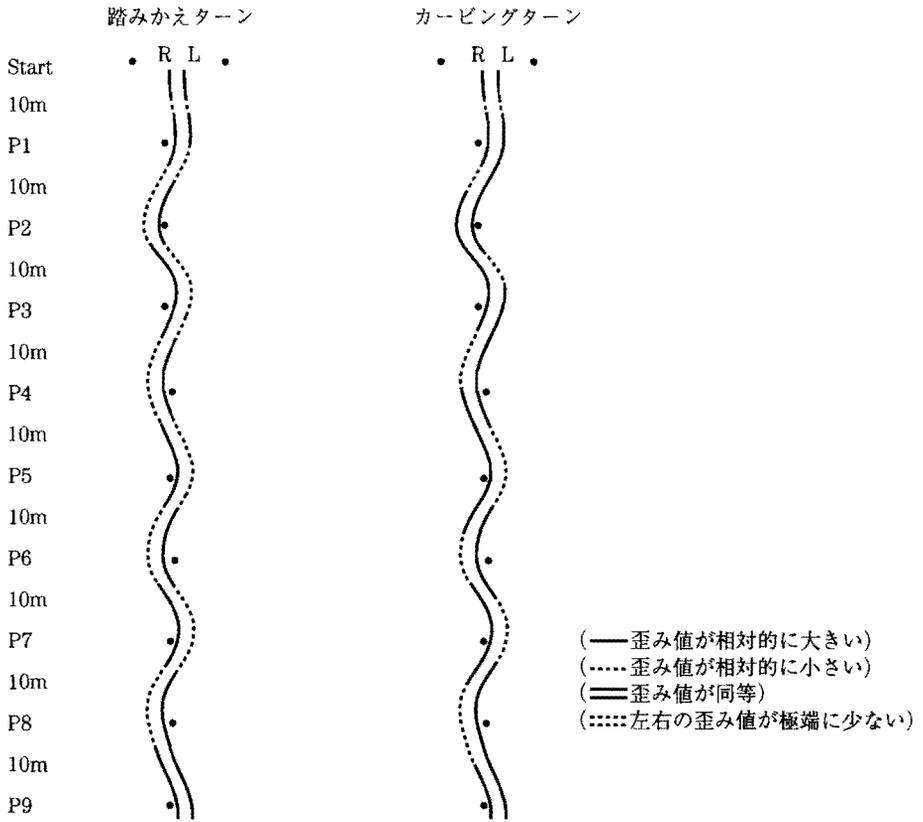


図60 被験者A スキーセンターの歪み値に基づいた踏みかえターンとカービングターン

4. 結 論

本研究では、両スキーの滑走中の歪み分布をグラフ化することによって、直滑降、踏みかえターンそしてカービングターン中の両スキーのたわみ変形を概念図化し、視覚的に検証することを目的としている。そのため、9旗門90mの平均斜度11度の緩斜面を滑走した時の両スキーの歪み分布の測定実験を行った。その結果は以下のようである。

- 1) 直滑降では、スキーの雪面に応じた振動が表わされた。
- 2) 踏みかえターンでは、左右のスキーの変形の移り変わりが明白で、カービングターンでは内足主導の滑り方が表わされた。
- 3) 歪み分布では、踏みかえターンが横S字状になり、左右どちらか片側にグラフが収束すること、カービングターンでは、W字状に左右のスキーが収束することが特徴的であった。
- 4) 左右のスキーセンターの歪み値により、たわみ変形の推移が認められ、滑り方の推察ができた。

(本研究の概要については、2003年3月日本スキー学会第13回大会で「アルペン・スキー滑走中の歪み分布」と2004年3月日本スキー学会第14回大会で「スキーセンターの歪み値による滑走法の作図」として発表したものに加筆したものである。)

引用文献

- 1) 坂田敏行, 森下武志 (1991) スキー板の機械特性に関する研究, 中部大学工学部紀要 27: pp.1-8
- 2) 棚橋良次 (1996) スキー性能と物理特性の関係—雪面圧分布について—, ジョイントシンポジウム 1996, 日本機械学会, pp.135-139
- 3) 香川博之, 米山猛, 岡本明男 (1996) スキーヤーの関節動作と作用力の測定, ジョイントシンポジウム 1996, 日本機械学会, pp.140-144
- 4) 長野県工業試験場 (1996) スキーの高性能化に関する研究, 長野県工業試験場
- 5) スキージャーナル編集部 (1997) 長野五輪を見据えたミズノの進撃, スキージャーナル No.375, pp.63-67
- 6) 影山義光, 八島健司, 布日靖則 (2002) アルペン・スキーの歪み測定装置の開発, 中央大学保健体育研究所紀要 20: pp.41-57
- 7) 財団法人全日本スキー連盟 (2003) 日本スキー教程, スキージャーナル, p.142