

図12(a)~(i) 直滑降から始る回転滑降

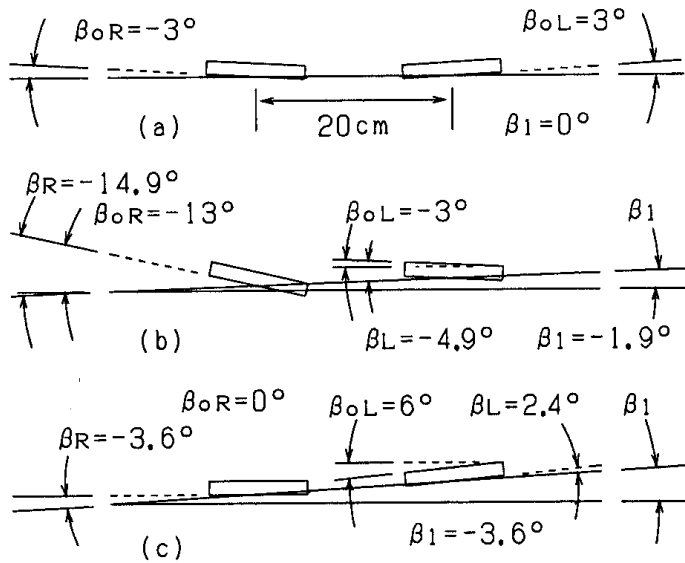


図13 回転滑降の立体図

べて見た。 δ_R, δ_L の大きさを整数値で表し、
 $|\delta_R - \delta_L| = \delta_D$ とする。その時、 $\delta_D = 0^\circ$ は8%
 であり、 $5^\circ \geq \delta_D \geq 1^\circ$ は83%であり、 $\delta_D \geq 6^\circ$ は9%
 であった。平行(平行)・ターン(回転)・滑降
 とはいえ、実験的には、2本のスキーを平行にする
 事は困難なようである。以上の回転滑降の実験
 は平成6年(1994)に、市野により行われた。市野
 は、全日本スキー連盟公認のスキー指導員である。

3. 斜滑降

3.1. 開脚斜滑降

図8は、FLから 60° の方向に滑る直線滑降であり、
 開脚斜滑降⁵⁾である。図9(a)は、その滑降を

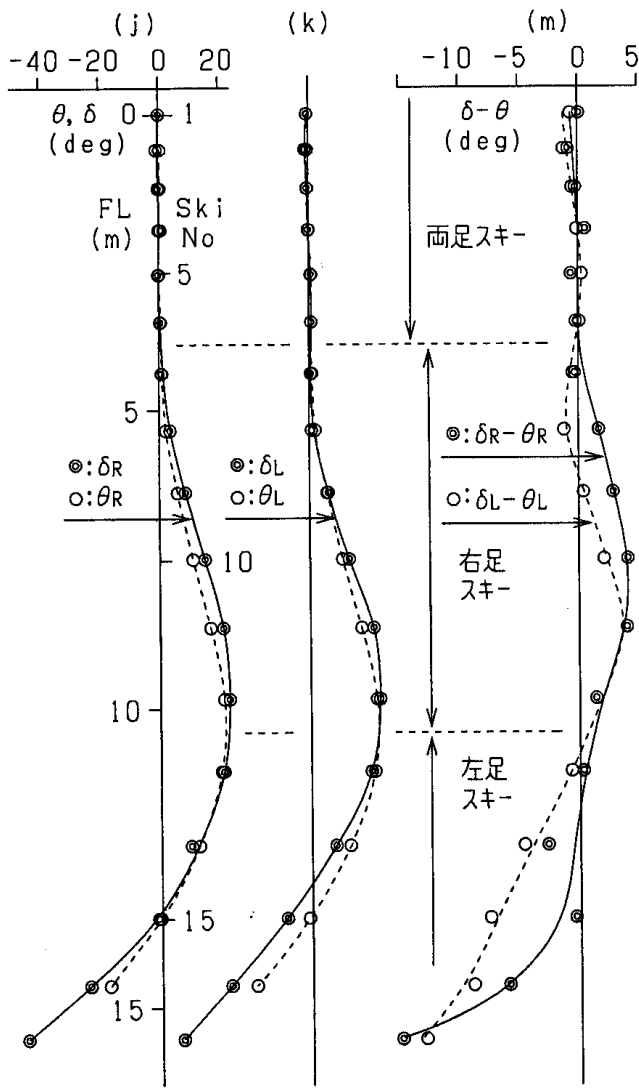


図12(j)~(m) 直滑降から始る回転滑降

立体的⁶⁾に描いた図である。スキー場の傾斜角は $\alpha = 10^\circ$ である。FLから 60° の方向UVに、スキーの滑降面の一部(abcdとefgh)が描がかれている。1本のスキー幅は10cmであり、スキーの横幅は $L_y = 20\text{cm}$ である。図9(a)の水平角付け角 β_0 は、右では $\beta_{0R} = -5^\circ$ 、左では $\beta_{0L} = 5^\circ$ である。スキー滑降面とスキー場を滑降方向UVに垂直に切ると、その断面(AmnopBC)は図9(b)のようになる。スキー滑降面はスキー場表面の上ではなく、表面を削り取った所に存在するので、図9(c)のように描く方が適当であろう。 β_1 は 8.7° であり、横斜面角¹⁰⁾である。斜面角付け角 β は、右では $\beta_R = 3.7^\circ$ 、左では $\beta_L = 13.7^\circ$ である。 $\beta = \beta_0 + \beta_1$ である。図9の長さは、スキー幅10cmに比例した値

である。滑降方向($\theta = -60^\circ$)の傾斜角は、ミカケのスキー場傾斜角 ψ であり、縦斜面角¹¹⁾であり、 $\psi = 5^\circ$ である。それを図9(d)に表す。図9(c)に似た図が図8(a)である。ただし、横幅は $L_y = 30\text{cm} \sim 35\text{cm}$ と変化している。図8(a)の横矢印はスキー滑降の出発点における、 β_1 と両スキーの β_0 と β を表している。図8(b)~(i)の全ての縦軸は滑降方向($\theta = -60^\circ$)を向いており、同じ長さ(m)を表している。図8(b)はスキーの軌跡である。図8(b)は重なって見難いので図8(c)に短スキーを示した。SkiNo=1のスキーヤーの後姿の写真⁵⁾が、JJAP,35(1996),p2379のFig.5に示されている。直線滑降であるが運動摩擦係数 μ は大きい。

3.2. 閉脚斜滑降

図10も、FLから 60° の方向に滑る閉脚斜滑降⁵⁾である。両足スキーの横幅 L_y は図8の横幅 L_y に比べて約半分である。図10(a)の水平角付け角 β_{0R} 、 β_{0L} も、図8(a)の各々に比べて約半分である。

3.3. 片足斜滑降

図11も上の斜滑降と同様であるが、図11は片足斜滑降⁵⁾である。以上斜滑降の実験は平成4年(1992)に、中谷により行われた。中谷は、朴の木平スキー学校のスキー教師である。

4. 直滑降を含む回転滑降

図12は直滑降に続く回転滑降について、角付け角を測定した例⁵⁾である。この測定では、雪上に残されたカービング・ターンに特徴的な角付けの軌道の跡(一例が論文⁷⁾のp136, Fig.1に掲載)が調べられた。図12のスキー番号4,10,13について、それぞれを図13(a),(b),(c)に拡大して示した。図13は、水平角付け角「右 β_{0R} と左 β_{0L} 」や斜面角付け角「右 β_R と左 β_L 」や横斜面角 β_1 の数値を示している。図12のスキー番号10の付近で左回り回転滑降をするのは、右スキーの $\beta_{0R} (= -13^\circ)$ に依るのであろう。更に、スキー番号13の付近の右回り回転は、左スキーの $\beta_{0L} (= 6^\circ)$ に依るのであろう。この滑降には、角付けの軌道跡⁷⁾がスキー番号13以後は残されていなかった。

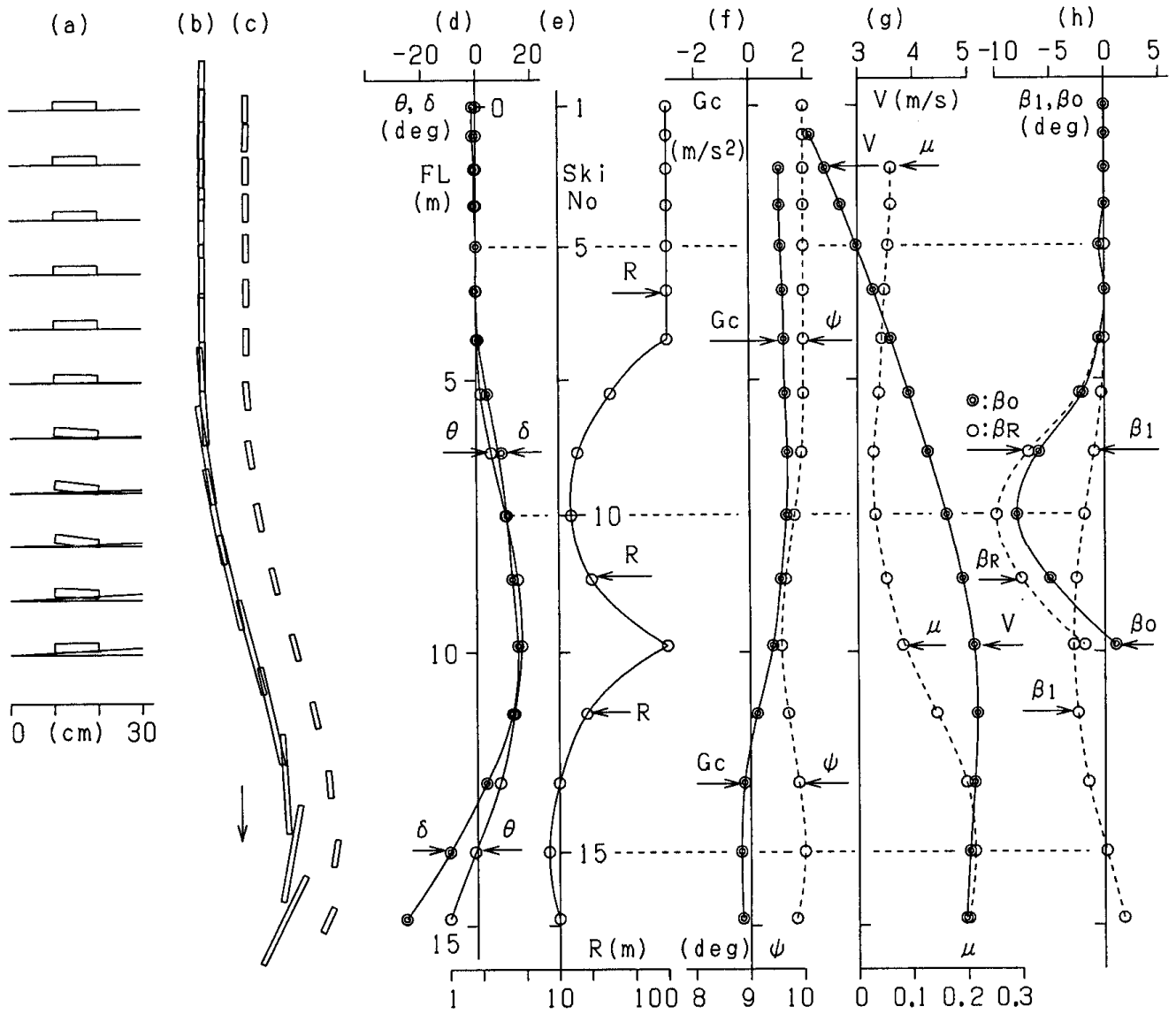


図14 直滑降から始る片足回転滑降

雪上にスキー滑降の跡が残されるか否かには、2つの要因が考えられる。1つは雪面に角付け角の跡を作る、図6(a)の斜面角付け角 β の大きさである。他の1つは、作られた滑降跡を消す、ズレ・ターン⁸⁾の『ずれ』の大きさ $|\theta - \delta|$ であろう。図12で、スキー番号14以後に滑降跡が無かったのは、跡を作る β の効果より、跡を消す『ずれ』の効果の方が大きかった為であろう。スキー軌道の方向 θ を詳細に見る為、右左の各スキーの中心 C_R, C_L の滑降跡を用いて、図12(j)～(m)を描いた。右左の $|\theta - \delta|$ の大きさが、『ずれ』の大きさを定量的に表している。

図14は、1本足滑降による、直滑降を含む回転滑降の角付け角を測定した例⁵⁾である。スキー番号13以降に、角付け角を測定出来なかったのは、滑

降跡を消す『ずれ』の効果が大きかった為と思われる。

図12と図14によると、 $|\theta - \delta|$ は 5° 位を超すと、滑降跡は残らないようである。直滑降を含む回転滑降も又中谷により、平成4年(1992)に行われた。

5. 直滑降の運動摩擦係数 μ

図15は直滑降と回転滑降の組合せである。この滑降から、直滑降の部分の摩擦 μ が回転滑降の部分の摩擦 μ より大きい事が分る。図16は片足滑降であり、上と同様に直滑降の部分の摩擦 μ が大きい。この実験は、朴の木平スキー場の小井戸により、平成4年(1992)に行われた。小井戸は全日本スキー連盟公認のスキー・パトロールである。

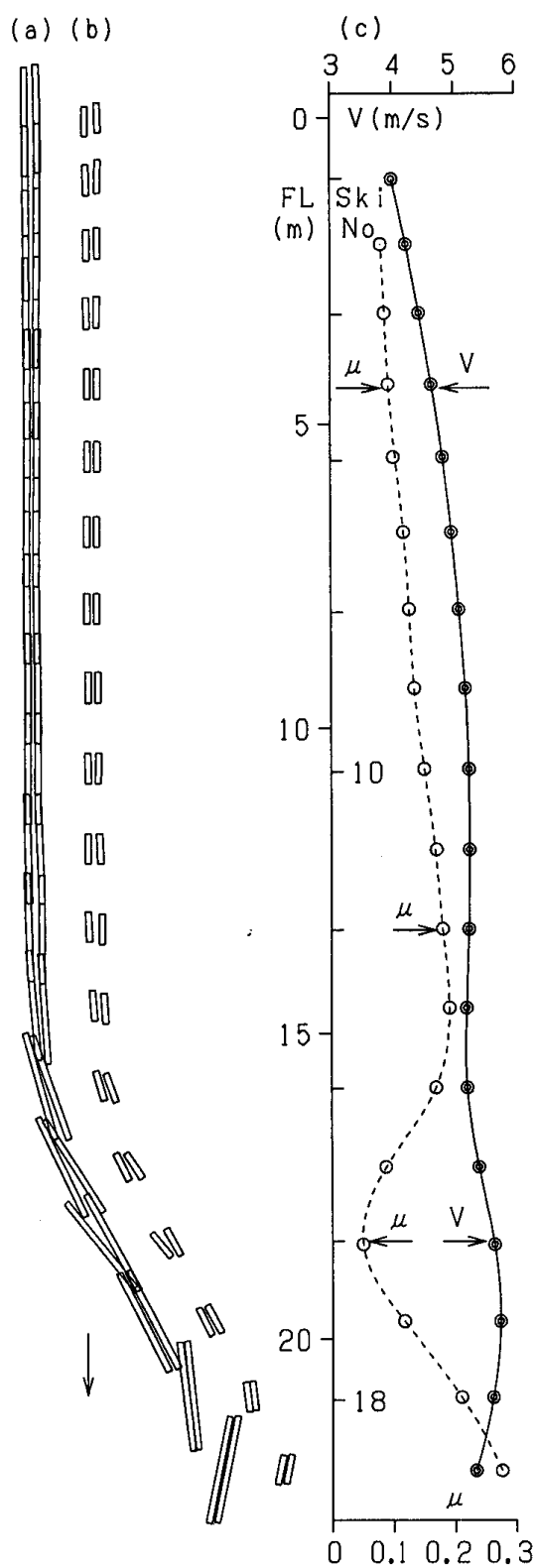


図15 直滑降の運動摩擦係数 μ と速度V

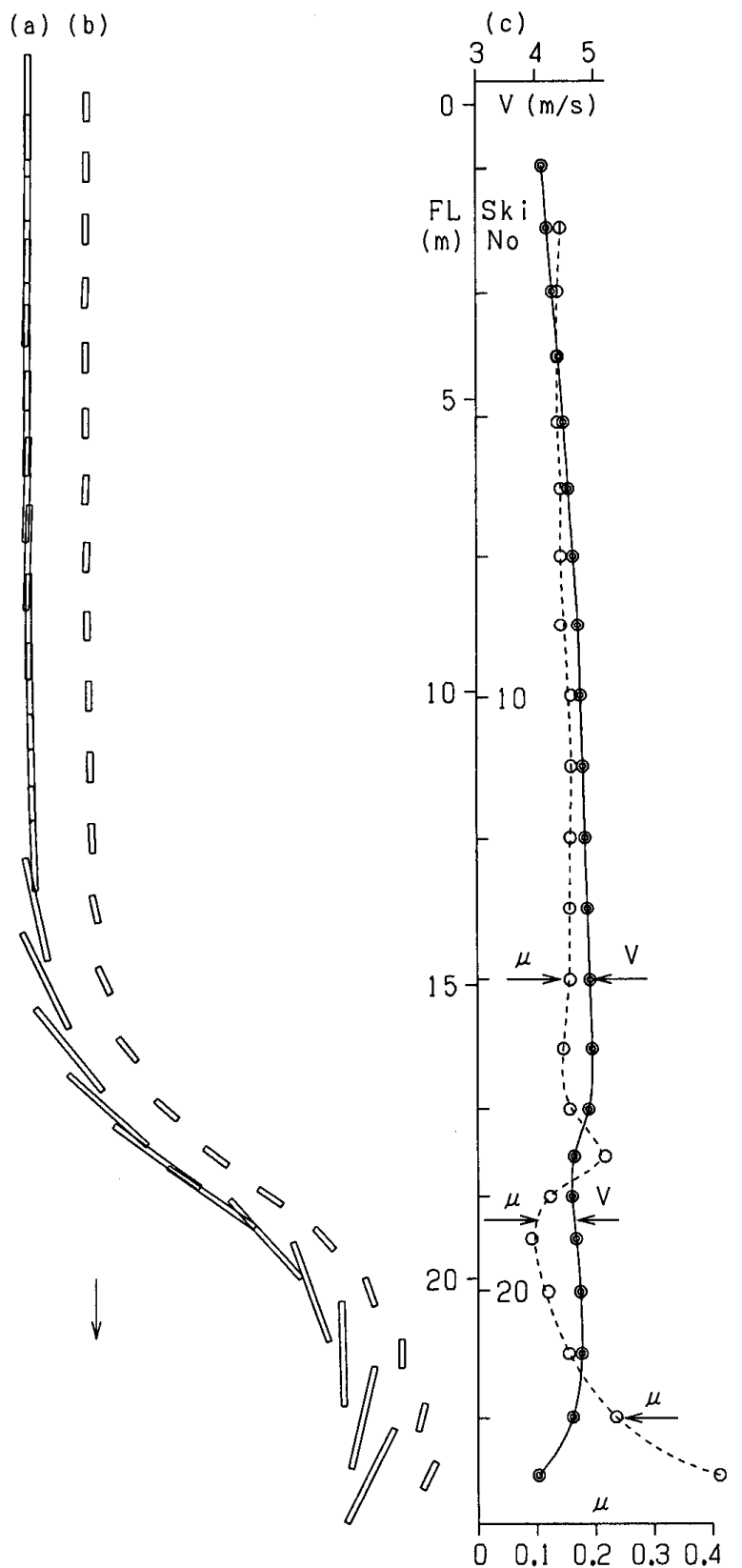


図16 片足直滑降の運動摩擦係数 μ と速度V

6. 討論

図1のプルーク・ボーゲンは、我々が解析した2例の内の1例である。内スキーがカービング・ターンのような滑降をしている事が特徴である。図3と図5のシュテム・ターンは、SAJのビデオ・テープ・テキスト⁴⁾にも紹介されており、その解析の

結果とよく似ていた。図7のパラレル・ターンは、SAJの解析結果⁴⁾にも、オリンピックの解析結果⁹⁾にも似ていた。これらの特徴は、回転滑降の部分はズレ・ターンであり、 $|\theta - \delta|$ が $10^\circ \sim 20^\circ$ 位である。図1～図7によると、2つのスキーの横幅 L_y は最大で50cm～60cmである。これはスキーヤー

の骨格から来る大きさであろう。スキーの縦幅 L_T は、回転滑降の時、 $-10\text{cm} \sim +10\text{cm}$ 位であり、これ位の大きさにするとスキヤーは回転し易いのであろう。

図10,11,12の斜滑降,図14の直滑降,図15,16の直滑降を眺めて見る。これらの直線部分は他の回転部分に比べて、運動摩擦係数 μ は必ずしも小さくない。直線滑降は目標を定め、目標から外れないように、小さなジグザグを繰り返しながら滑降をしていると考えられる。そのジグザグから、比較的大きな摩擦が出るのかも知れない。

カービング・ターンでは、雪上にターンの軌道の跡⁷⁾が残される。ズレ・ターンでは、この軌道の跡が消される。軌道の跡が残る限界は、図12,14から、 $|\theta - \delta| = 5^\circ$ 位であると思われる。

なお、「スキー滑降の色々な形態 I」に用いられたスキー滑降図は、全て35ミリ・フィルム・カメラで撮影された。

7. 結論

色々なスキー滑降が、紙面上に描かれた。雪面上を滑っている時に、スキヤーが感じる動きと解析により紙面上に描かれたスキーの動きには違いがあるようだ。この違いが分るようになれば、スキーの面白さや楽しさも、次元が変わって来ると思う。このような解析がスキー技術の向上につながる事を期待している。

謝辞 これらのスキー滑降実験は、岐阜県朴の木平スキー場で行われた。スキー場の方々に感謝します。特に、スキー場の上平氏と中谷氏と小井戸氏に感謝します。

参考文献

- 1) Toshio Sahashi and Shoji Ichino (1998):
Coefficient of Kinetic Friction of Snow
Skis during Turning Descents. Japanese
Journal of Applied Physics, 37, 720-727

- 2) 佐橋稔雄,市野聖治,角田和代(2008):ウエー
デルンとパラレル・ターン,
日本スキー学会誌18(1),87-99
- 3) 佐橋稔雄,市野聖治 (2001):雪面垂直観察法,
日本スキー学会誌11(1),213-221
- 4) 佐橋稔雄,市野聖治 (2008):スキー滑降の軌
跡を描く1つの方法,
日本スキー学会誌18(1),63-74
- 5) Toshio Sahashi and Shoji Ichino (1996):
Experimental Study of the Mechanism of
Skiing Turns. 3. Measurement of Edging
Angles of Skis on Snow Surface.
Japanese Journal of Applied Physics,
35,2377-2382
- 6) 佐橋稔雄,(2009):スキー滑降の立体作図法,
スキー研究,6(1),33-40
- 7) Toshio Sahashi and Shoji Ichino (2001):
Carving-turn and edging angle of skis,
Sports Engineering 4,135-145
- 8) 佐橋稔雄 (2009):ズレ・ターン滑降の機構,
日本スキー学会誌,19(1),113-118
- 9) 佐橋稔雄 (2009):冬季オリンピックの解析の
試み,仏・アルペールビル・1992の回転滑降,
日本スキー学会誌,19(1),101-112
- 10) 佐橋稔雄 (2008):カービング・ターン・
スキヤーの重力の加速度成分,
日本スキー学会誌 18,(1),75-85.
- 11) 佐橋稔雄,市野聖治 (2010):スノー・ボード
の角付け角の測定,スキー研究投稿中

著者 佐橋稔雄(さはし としお)
愛知スポーツ物理学研究所
スポーツ物理学
市野聖治(いちの しょうじ)
鈴鹿国際大学
スポーツ経営学