

スキー研究の軌跡

2. 水平面への角付け角

佐橋稔雄、市野聖治

スキー研究の軌跡

2. 水平面への角付け角

佐橋稔雄 (大同工業大学電気工学科)

市野聖治 (愛知教育大学体育教室)

The course of our ski research.

2. The edging angle of the ski with respect to the horizontal plane

Toshio Sahashi (Daido Institute of Technology)

Shoji Ichino (Aichi University of Education)

抄録

「水平面への角付け角 β_0 」を定義すると、スキーの回転方向は β_0 の正負で決まる。従来から言われている「斜面への角付け角 β 」は、スキーの回転方向を決める因子にはなっていない。これを図形的に説明している。

キーワード: スキー, スキー滑降, 回転機構, 角付け角

§1. 序文

昨年スキー学会誌¹⁾に述べた事を要約してみる。(1)スキー滑降の主なものは直線滑降と回転滑降である。技術の優劣を問題としなければ、直線滑降はそう難しくはない。しかし、回転滑降は難しく簡単にはできない。そこで、スキー滑降技術とは「回転滑降技術」を意味する事になる。

(2)いつの時代の、どのテキストをみても、回転滑降に共通するスキー技術は「スキーを回転させる為に、回転方向へスキーヤーの体を捻る」事である。

(3) β_0 を水平面に関する角付け角と定義すると、実験により、 $\beta_0 \neq 0^\circ$ は回転滑降であり、 $\beta_0 = 0^\circ$ は直線滑降であることが分かった。

(4)スキーが回転滑降をする時に、「スキーヤーはスキーを回転させていると感じる事」、或いは「回転させていると思う事」、これを「スキーヤーの回転意識」と定義する。車内実験により、回転意識は、「人間の錯覚」である事が分かった。

我々は角付け角について、2つの考え方を提示してきた¹⁾。1つは「水平面への角付け角 β_0 」であり、他の1つは「斜面への角付け角 β 」である。後者の β は、従来から一般に言われ、スキーテキストでも述べられている「角付け角」である。

この論文では、角付け角について、なぜ β_0 はスキーの回転方向を決める因子であるのか、なぜ β は回転方向を決める因子とならないのかを図形を用いて解説している。

§2. スキー滑降

スキーヤーがスキーを履いて雪面上に立つ。粉体である雪は、その重さで外形を変える。新しく作



図1 くされ雪が変形したスキ軌道。

られた雪面が水平であれば、スキは静止状態を続ける。前後、左右方向に傾斜があれば、低い方向に滑降する。これを「スキ滑降の原理」としよう。この滑降は直線の時もあれば、曲線の時もある。曲線はスキの回転滑降に相当する。直線の時、スキが滑降した跡に、シュールと言われる滑降軌道ができ、スキによる雪面の変形を観察する事ができる(図1)。

§3. 水平面への角付け角

スキ滑降人口が多くなるにつれ、スキの回転機構を議論する人も多くなった。以来、多くのテキスト^{2, 3, 4})も出版されてきた。我々も、それ等に刺激されてスキ研究を行ってきた。我々が最初に発見した事は、スキターンが行なわれている時は、「水平面への角付け角 β_0 」を定義すると、 β_0 が $\beta_0 \neq 0^\circ$ を満たしている事であった^{5, 6)}。これについて図2を参照しながら説明をしてゆく。

図2(a)はスキ場の模型図である。斜面の傾斜角 α は 30° であり、スキヤは斜面上の点線SOT上を片足で滑降をする。0点を通るスキの滑降軌道面の一部を拡大したのが、面KIIIJである。0点に於ける滑降方向と最大傾斜線FLの方向は同じである。滑降面と斜面との間の角 β は 20° である。これが、「斜面への角付け角 β 」であり、一般に言われている角付け角¹⁾である。このスキヤが $\beta = 20^\circ$ を維持しながら、図2(a)の0点から山回り回転をして行くとして、それを図2(b)で表わそう。スキの滑降方向とFLとの間の角は $\theta = 20^\circ$ である。図2(b)は、スキを滑降方向から見ているように描く為に、スキ場を 20° 左回転させて描かれている。角 θ は曲線軌道の接線角になっている。滑降方向に垂直な線KNは水平面上にある。線KNと線KJの間の角が β_0 であり、これが、「水平面への角付け角 β_0 」である。図2(b)では $\beta_0 = 8.8^\circ$ である。スキ滑降面はHK方向とJK方向に下降する傾斜を持っている。§2.で述べたスキ滑降の原理から、この滑降面上でスキヤが山回り回転を続ける事は理解できるであろう。そして図2(c)の位置まで山回り回転を続けると、線KNと線KJの間の角は零になる。この状態では、スキヤはHK方向には下降するが、KJ方向は水平面上にあるので、スキヤはKJ方向には運動しないであろう。即ち、HK方向に直線滑降をする事になる。これが $\beta_0 = 0^\circ$ である。図2(c)は、一般にスキヤから言われている斜滑降である。さらに、このスキヤが山回り回転をして、図2(d)になったと仮定する。この時 $\beta_0 = -6.6^\circ$ である。図2(d)の状態では、スキ滑降面はHK方向とKJ方向に下降している。ここでは、山回り回転を仮定したが、スキ滑降の原理から、それは誤りである事が分る。谷回り回転となっている筈である。図2(d)では、 $\beta_0 < 0^\circ$ である。しかし、それでも角付け角 β は $\beta = 20^\circ$ を維持し続けている。これで、回転滑降の方向を角付け角 β から決める事は出来ない事が理解出来るであろう。スキ

の回転を決めているのは、「水平面への角付け角 β_0 」である。 $\beta_0 > 0^\circ$ が山回り回転であり、 $\beta_0 < 0^\circ$ が谷回り回転である。これらは我々の実験結果でもあり、スキー滑降の原理をも満たしている。

図2(b)の滑降面がHK方向とJK方向に下降する傾斜を持っている事からは、スキーの公転運動は説明出来るが、自転運動は説明出来ない。自転運動については、別の要素を考慮する必要がある。それは次回に述べる予定である。ここでは、公転と自転の問題には立ち入らないで、回転滑降(運動)と表現している。図2(a)と(d)についても、同様である。

池上等⁷⁾は、DLT法でスキー・ターンの解析し、スキーの軌跡、スキーの重心、角付け角、迎え角を調べて、回転滑降を論じた。彼等が測定した角付け角は「斜面への角付け角」であり、我々が定義した β に相当している。スキー場の傾斜角 α は $\alpha = 13.5^\circ$ であった。もし、 α が $\alpha \rightarrow 0^\circ$ であれば、 $\beta \rightarrow \beta_0$ となり、彼等の論理は我々の論理に近づいてくる。

§4. $\beta_0 = 0^\circ$ は直線滑降

$\beta_0 = 0^\circ$ が直線滑降であれば、直滑降も斜滑降も同じ現象になる。それを昨年の会誌¹⁾に述べた。ここで簡単に復習しておこう。図3のaABbは傾斜角 α のスキー場の斜面である。dDEeは傾斜角 ψ のスキー場の斜面である。各底面aACcとdDFfは同じ水

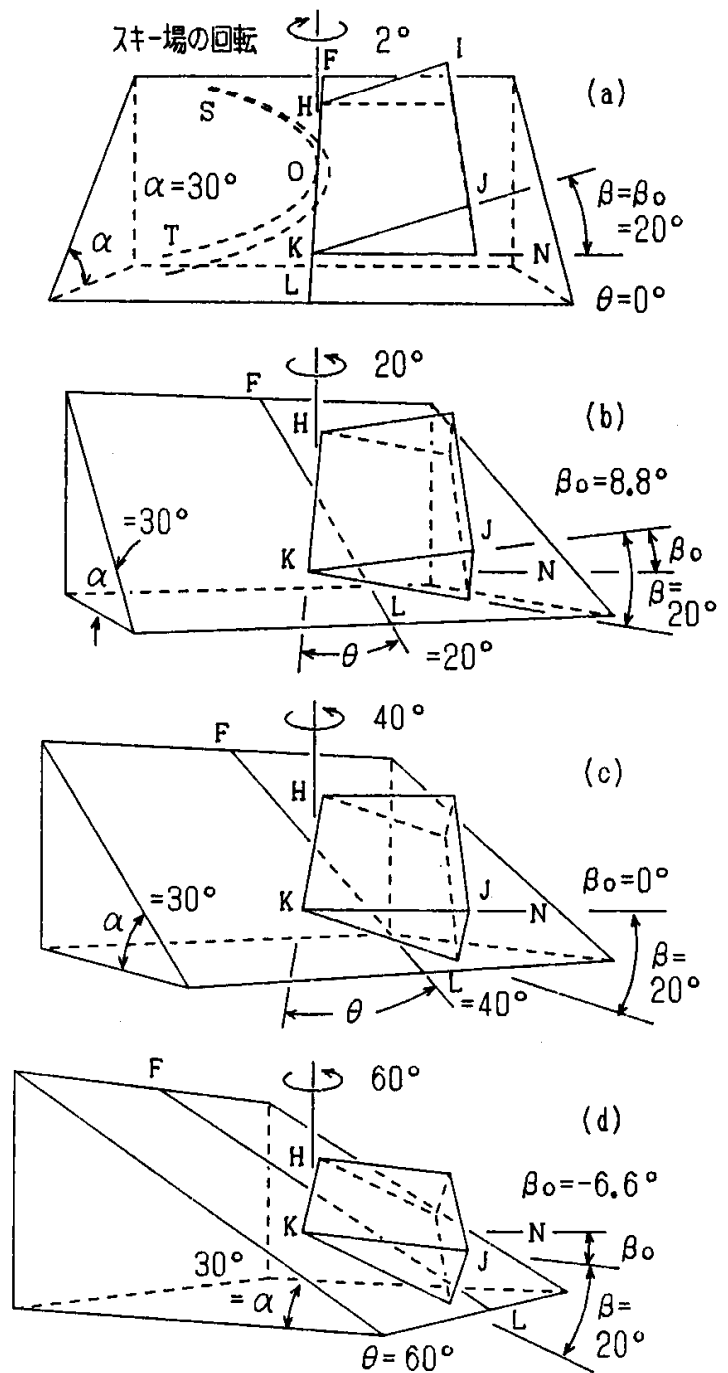


図2 スキー場の斜面とスキーの滑降面。

- (a)スキーは斜面の上からSOTへと片足滑降をする。0点の滑降軌道面を拡大するとKHIIJとなる。滑降面と斜面の間がスキーの角付け角 β 、FLが最大傾斜線である。
- (b)スキーが山回り回転をして、FL方向から 20° の方向を向いた図である。滑降面KJと水平面KN間が角付け角 β_0 である。
- (c)FLから 40° を向いた図であり、直線滑降である。
- (d)谷回り回転となる。

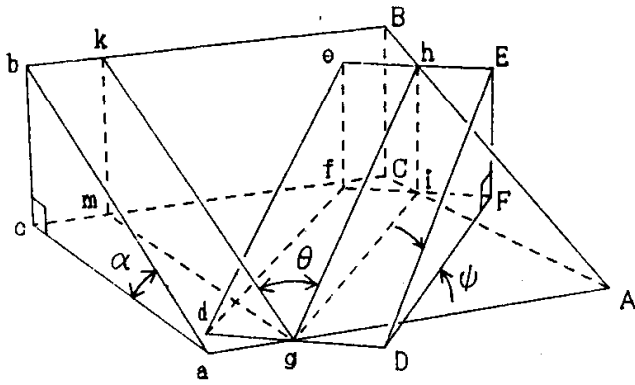


図3 傾斜角 α のスキー場斜面 aABb.

傾斜角 ψ のスキー場斜面 dDEe.

線 hg は直滑降と斜滑降を満たす線である.

平面上にある。直線 kg は傾斜角 α の直滑降の線である。直線 hg は傾斜角 ψ の直滑降の線である。しかし、直線 hg は傾斜角 α の斜滑降の線でもある。この時、スキー場の幅 eE がスキーの幅 10cm であると思えば、斜面 dDEe は斜滑降の軌道の跡であることが理解出来るであろう。直滑降も斜滑降も同じ $\beta_0 = 0^\circ$ を満たしている。

§5. 雪面の変形

多くの場合、スキー滑降は変形した雪面(軌道)上で行なわれている。踏み固められた雪面上でさえ、変形した軌道の跡が残っている(図4)。

雪面の変形は、スキー滑降の原理からでてくる。スキー・ターンと β_0 との関係(β_0 則⁹⁾)は砂面と模型スキー⁵⁾を用いて発見されたが、雪面と本物のスキーの間にも存在する事が確かめられている。この β_0 は、スキー滑降により作られた軌道面の上で測定されたもの(図5)であり、スキー・ターンの軌道面では、 $\beta_0 \neq 0^\circ$ の軌道ができていた事を意味している。§3の β_0 も、スキーの動きと共に雪面が変形した事で説明されている。スキー・ターンの1つの原因は雪面の変形であろう。スキーの重さで変形する物質であれば、他の物質上においても、雪スキーの様な回転滑降は可能であろう。

スキーの回転滑降は、1本足スキーでも可能である⁹⁾(図6)。スキーの回転機構を論ずる為には、始めに1本足スキーの回転滑降を論ずる事が必要であろう。§3. は1本足スキー・ターンの解説である。雪上の、2本足スキー・ターンは1本足スキー・ターンの複合であると、我々は考えている。

清水⁸⁾, 尾原⁹⁾, 坂田¹⁰⁾ は、絨毯の上で角付けされたスキー・トゥの滑降実験を行い、スキーの回転機構を論じてきた。絨毯スキーは滑降面の変形によらない滑降である。絨毯の上では、スキー滑降の原理は適用出来ないと思われる。雪スキーに存在する β_0 則は、絨毯スキーには存在しないであろう。絨毯スキーと雪スキーとの間に同一性が存在する事を示す定量的な実験は、まだ行なわれていない。従って、絨毯スキーは一般の雪スキーとは異なる原理に基づく滑降であろう。



図4 雪面上に残る斜滑降の跡のスキー軌道。

§6. スキーとスキー・ターンの研究

我々がこの研究で問題としている滑降

は、スキーヤーがスキーを履いて、普通速度(約10m/s以下)で、雪上を運動する、「スキー滑降」である。この時、スキーヤーと雪との間の摩擦は、スキーヤーとスキーと周りの空気との間の摩擦に比べて、極めて大きい事である。雪面を変形させ、滑降軌道を作った為に、摩擦が大きくなったのであろう。従って、我々は、スキーとスキーヤーの運動の解析の順序は次ぎの様になるのが適当であろうと考えている。(1)雪面上をスキーがどの様に運動するのか、(2)スキー上でスキーヤーが安定して存在するには、スキーヤーの姿勢はどの様になるのが、(3)回転の大きさと方向を変える為に、スキーヤーは姿勢をどの様に変えて角付け角を変えるのか。具体的には、

(1)スキーと雪との間の摩擦が大きいから、スキー運動の大部分はこの摩擦で決まる。その為には、雪面上のスキー運動¹¹⁾を調べる事が最も大切である。この解析には、雪上の2次元解析が適当である。

(2)スキー上でスキーヤーが安定して立ち続けるには、スキーヤーに働く前後左右の加速度を知る必要がある。これらはスキーの位置変化から求める事ができる¹¹⁾。縦(スキーに垂直上)方向の重心の位置変化が小さい時は、上の様なスキー場の2次元解析で十分である。しかし、縦変化が大きい時は、3次元解析が必要になり複雑になる。

(3)は極めて複雑である。大雑把に言えば、日本スキー教程¹²⁾に、それぞれの回転滑降についてのスキー操作が色々書いてある。スキーヤーがその様な操作をすれば、スキー上で安定して角付け変化を行なう事ができると考えている。

我々の研究は、まだ(1)の段階であり、(2)は一部分しか出来ていない。

§7. 結び

スキーは $\beta_0 = 0^\circ$ では直線滑降、 $\beta_0 \neq 0^\circ$ では回転滑降をする。滑降中のスキーの上に、スキーヤーが安定して立つ事ができれば、スキー滑降は成立する。しかし滑降方向を変える事は大変難しい。(1)スキーの上に安定して立つ事と(2)安定して滑降方向を変える事とが、スキーの練習であろう。「安定して」とは、簡単に言えば、転ばない事である。



図5 滑降軌道面上で β_0 を測定する
著者(佐橋)。



図6 雪上の、1本足スキー滑降。

文献

- 1) 佐橋稔雄,市野聖治:日本スキー学会誌 9巻(1999)p67-77
- 2) 日本のスキー科学 スキー科学研究会編 日立製作所 1971
- 3) スキーの科学 木下是雄 中公新書 1973
- 4) カヒコング革命 市野聖治 スキー・ジャーナル 1999
- 5) T.Sahashi and S.Ichino : Jpn.J.Appl.Phys.29(1990)p1203-1208.
- 6) T.Sahashi and S.Ichino : Jpn.J.Appl.Phys.35(1996)p2377-2382.
- 7) 池上久子,袖山紘,池上康男:Jpn.J.Sports Sci. 10(1991)p213-220
- 8) スキーの科学 清水史朗 光文社 1987
- 9) 尾原和夫:日本スキー学会誌 2巻 1992 p137-148
- 10) 坂田敏行:International Meeting of Sports Science
Commemorating the 1998 Winter Olympics in Nagano,
Proceedings, 1998 p105-111
- 11) T.Sahashi and S.Ichino : Jpn.J.Appl.Phys.37(1998)p720-727
- 12) 日本スキー教程 全日本スキー連盟編 スキー・ジャーナル 1994

川口 博

佐橋稔雄

1937年生

大同工業大学教授

伊ノ 洋介

市野聖治

1946年生

愛知教育大学教授

