

# スキージャンプのシュミレーショントレーニングにおける助走姿勢の計測

三好, 英次 / Miyoshi, Eiji

---

(出版者 / Publisher)

法政大学体育研究センター

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学体育研究センター紀要 / 法政大学体育研究センター紀要

(巻 / Volume)

18

(開始ページ / Start Page)

45

(終了ページ / End Page)

51

(発行年 / Year)

2000-03-31

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00004904>

# スキージャンプのシュミレーショントレーニング における助走姿勢の計測

三好英次 (法政大学)

Eiji Miyoshi

## はじめに

スキージャンプ競技はルールに沿って特別に設計されたジャンプ台で行われる。このジャンプ台は大規模な施設であり国内に数が限られていること、また冬のシーズンスポーツであることや、降雪や強風の悪天候ではトレーニングができないことなどから、選手が実際にジャンプを飛ぶトレーニングの回数は限られている。そのため平地でスキージャンプの一連の動作を模擬的に行うシュミレーショントレーニングが多くの選手の間で行われている。

シュミレーショントレーニングの主要な目的として、①スキージャンプの一連の動作（助走―踏切―空中―着地）の習得と自動化、②実際のジャンプのイメージトレーニング、の2つが挙げられよう。シュミレーショントレーニングを行うにあたって、選手はまずどのような助走姿勢をつくるかを決定しなければならない。『競技スキー教程』<sup>7)</sup>には助走姿勢を作る上での一般原則が示されているが、一方で「各人の体型、筋力、柔軟性といった要素から、最適な助走姿勢を一概に定義することはできない」と記述されている。競技会で実際に見られる助走姿勢も各人各様であり、理想的なモデルは示されていない。選手は一般原則に従うとともに各自の身体的な特徴を踏まえた上で、理想とする踏切動作の実現に適した姿勢を作ることになる。本研究ではスキージャンプ選手のシュミレーショントレーニングにおける助走姿勢を計測し、全体の傾向と選手の個人的な特徴を見出すとともに、シュミレーショントレーニングにおける課題を考察する。

## 方 法

被験者は全日本学生スキー選手権1部校に所属するスキージャンプ、及び複合競技選手14名、計測は1996年6月9日にJ大学共同実習室において行った。

### ・測定方法

本研究では、左右の荷重が別々に測定できる分離型のフォースプレートを使用した(図1)。フォースプレート上には、長野県白馬村のオリンピックシャンツェ(ノーマル・ヒル)のプラスチックレールと同様のシュプールを設定した。被験者にフォースプレート上で助走姿勢を10秒間保持させ、ロードセルによって検出された荷重を、ストレインアンプ、A/D変換器を介

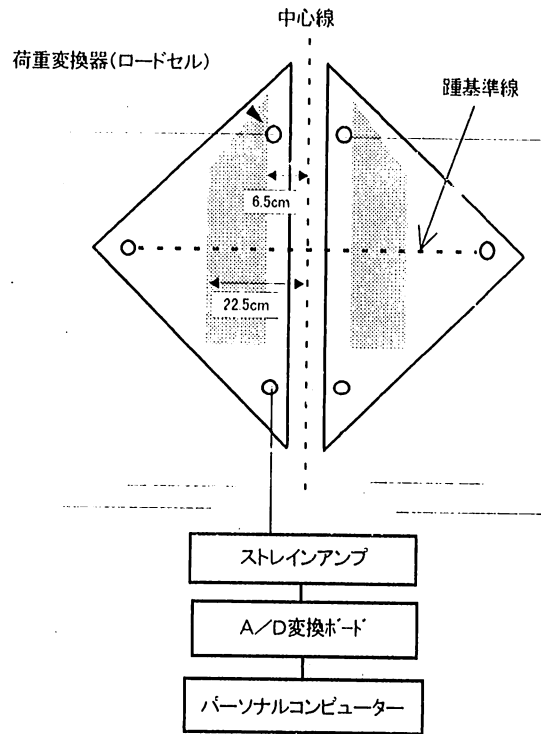


図1 フォースプレート

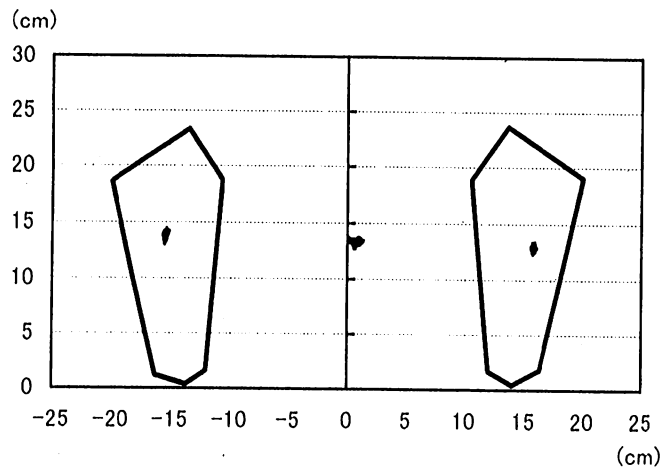


図2 助走姿勢の重心線と左右の足圧中心位置

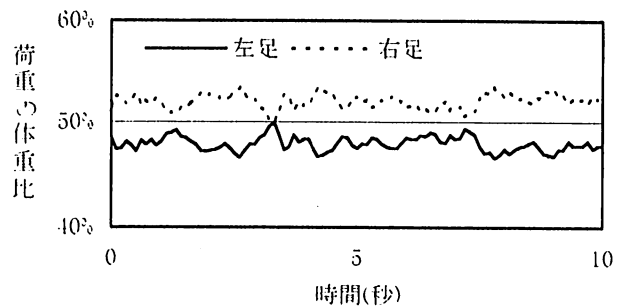


図3 助走姿勢測定中の荷重の変化

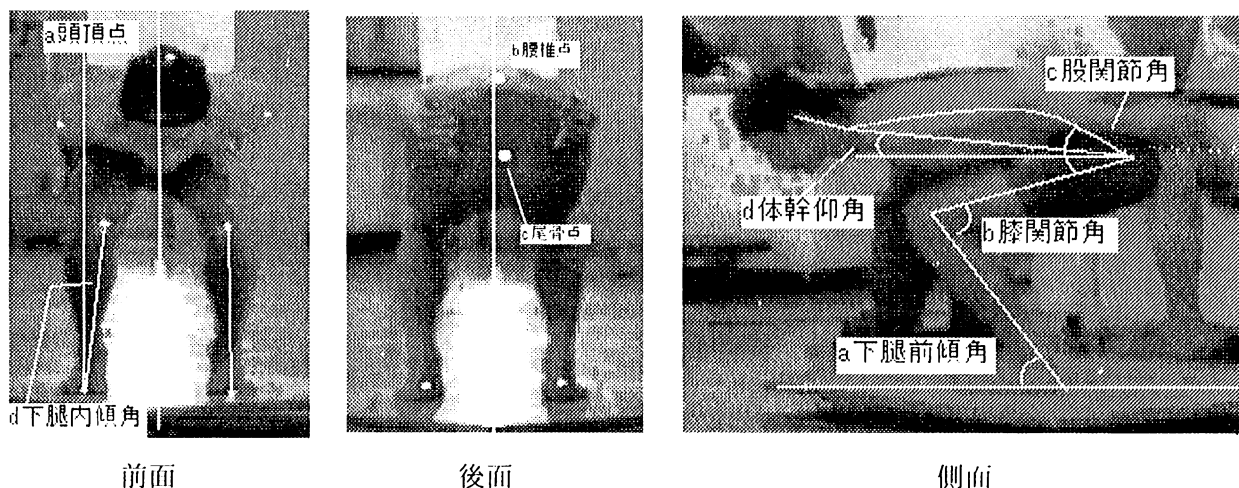


図4 助走姿勢の測定項目

してコンピューターに読み込み、フロッピーディスクに保存した。足の位置は両踵を基準線にそろえ、足幅はシュプール内で各被験者の任意とした（但し、中心線から左右の踵点までの距離は同一とした）。フロッピーディスクに保存したデータから、左右の荷重バランス（体重比）、重心線と左右の足圧中心点の位置（重心動揺の平均位置）、および重心動揺面積を算出した。（図2、図3）。

また測定時の姿勢を前方、後方、側方からそれぞれビデオカメラで撮影した。撮影した画像をコンピューター画面に読み込み、以下の項目を計測した。（図4）

1) 前 額 面

- a) 頭頂点、b) 腰椎点、c) 尾骨点、d) 下腿の内傾角

各測定点については、画面上でフォースプレートの中心点を原点とする垂直線を設定し、左右方向への偏倚距離を求めた。左への偏倚を「-」で表した。

2) 矢 状 面

- a) 下腿の前傾角、b) 膝関節角、c) 股関節角、d) 体幹の仰角

股関節角については、転子点から体表面に沿って頸部まで曲線をひき、頸部と転子点を結ぶ線とが成す角を設定した（従来の研究では体幹部を直線で表して股関節角を設定しているケースが多いが、実際には体幹部が丸くカーブしている助走姿勢がほとんどであり、体幹部を直線で表すことは股関節角度を求めるには適切でないと考えた）。体幹仰角は、転子点と頸部を結ぶ直線が水平面と成す角度とした。

結 果

(1) 荷重と重心線、足圧中心位置について

表1にフォースプレートによる測定結果を示した。荷重比の全被験者の平均は右足50.5%、左足49.5%とほぼ均等であったが、左右差が最も大きい者で体重の3.9%の偏りがみられた。

表1 助走姿勢における荷重の測定値

被験者名	荷重(体重比)		重心線の位置(cm)		足圧中心位置(cm)				重心動揺面積(cm <sup>2</sup> )		
	左足	右足	X	Y	左足		右足		重心	左足	右足
					X	Y	X	Y			
C.A	50.7%	49.3%	-0.91 (-2.2%)	15.0 (54.3%)	-16.0	13.4	14.6	16.6	2.4	0.8	0.7
Y.K	46.1%	53.9%	1.60 (4.2%)	10.2 (39.1%)	-13.9	9.8	14.9	10.2	1.9	1.4	1.0
S.A	49.3%	50.7%	-0.14 (-0.3%)	10.5 (42.6%)	-16.1	11.6	15.4	9.4	3.7	1.3	1.2
A.K	49.1%	50.9%	0.00 (0.0%)	16.9 (62.4%)	-15.8	16.4	15.2	17.0	4.2	3.8	1.5
S.K	51.2%	48.8%	0.00 (0.0%)	13.4 (54.5%)	-14.8	13.6	15.5	12.8	1.3	0.9	1.1
Y.K	50.2%	49.8%	-0.20 (-0.5%)	16.0 (61.3%)	-15.6	15.7	15.3	15.9	4.8	1.6	3.0
K.K	51.9%	48.1%	-0.60 (-1.4%)	17.8 (65.9%)	-16.3	18.4	16.3	16.8	1.2	1.1	1.1
T.A	47.9%	52.1%	0.90 (2.2%)	13.5 (54.9%)	-15.5	13.8	16.1	12.9	1.3	0.9	0.7
F.A	47.8%	52.2%	0.30 (0.8%)	11.0 (45.6%)	-15.7	9.6	15.0	11.9	1.5	0.7	0.9
T.N	47.2%	52.8%	1.00 (2.7%)	14.0 (53.6%)	-13.5	14.6	13.9	13.1	1.8	0.9	0.7
S.S	52.1%	47.9%	-1.00 (-2.5%)	14.4 (55.2%)	-16.0	14.7	15.3	13.7	2.2	1.3	0.8
T.S	51.7%	48.3%	-0.70 (-1.7%)	11.2 (45.5%)	-15.8	10.1	15.4	12.1	1.8	1.0	1.2
E.S	48.8%	51.2%	0.70 (1.8%)	13.2 (52.2%)	-14.7	12.4	15.4	13.5	0.8	1.3	0.5
T.W	48.8%	51.2%	0.60 (1.5%)	14.1 (51.8%)	-14.6	11.6	15.2	16.1	3.2	1.1	1.8
M	49.5%	50.5%	0.1 (0.3%)	13.7 (52.8%)	-15.3	13.3	15.2	13.7	2.3	1.3	1.1
SD	1.9%	1.9%	0.8 (2.0%)	2.3 (7.6%)	0.8	2.6	0.6	2.5	1.2	0.8	0.6
Max	52.1%	53.9%	1.6 (4.2%)	17.8 (65.9%)	-13.5	18.4	16.3	17.0	4.8	3.8	3.0
Min	46.1%	47.9%	-1.0 (-2.5%)	10.2 (39.1%)	-16.3	9.6	13.9	9.4	0.8	0.7	0.5

注) ・重心線の位置、足圧中心位置の「X」は中心線からの距離を、「Y」は踵からの距離を示す。  
 ・( )内は、Xは両足幅に対する比率を、Yは足長に対する比率を表す。  
 ・数字の-は中心線から左への偏倚を表す。

表2 助走姿勢の身体部位の角度と位置

被験者	矢状面				前額面			下腿内傾角(度)	
	身体角度(度)				測定点(cm)			左	右
	下腿前傾角	膝関節角	股関節角	体幹仰角	頭頂点	腰椎点	尾骨点		
C.A	52.5	74.0	55.0	0.0	1.6	-1.2	-0.5	1.4	0.4
Y.K	55.0	68.0	52.5	7.0	4.5	1.9	0.2	4	-0.9
S.A	57.0	78.0	51.0	-2.0	3.2	2.2	-0.2	4.2	2.2
A.K	56.0	86.0	55.0	2.5	4.5	1.2	-1.2	2.4	1.2
S.K	51.0	60.0	38.0	13.0	0.6	0.5	-1.5	2.6	1.1
Y.K	51.0	71.0	51.0	-2.0	1.6	1.2	-0.5	-2.9	-2.6
K.K	47.5	66.0	54.0	4.5	-0.6	0.2	1.9	4.3	2.3
T.A	51.0	67.0	45.5	5.0	-1.7	1.5	3.0	3.2	-0.6
F.A	56.0	70.0	51.0	5.0	2.3	0.8	0.5	4.9	4.3
T.N	54.0	69.0	40.0	5.0	1.7	0.4	0.4	5.4	6.1
S.S	54.0	71.5	51.0	8.0	0.3	0.2	-1.2	0.2	-0.8
T.S	61.0	89.0	56.0	1.0	2.3	-1.8	-3.0	4.8	3.6
E.S	53.0	63.0	54.0	14.0	1.6	1.2	0.6	6.1	2
T.W	49.0	59.0	57.0	10.0	3.2	1.6	0.2	-3.2	0.2
M	53.4	70.8	50.8	5.1	1.8	0.7	-0.1	2.7	1.3
SD	3.5	8.7	5.8	5.0	1.8	1.1	1.5	2.9	2.3
Max	61.0	89.0	57.0	14.0	4.5	2.2	3.0	6.1	6.1
Min	47.5	59.0	38.0	-2.0	-1.7	-1.8	-3.0	-3.2	-2.6

注) ・測定点は正中線からの水平距離を表す。-は左方向を表す。  
 ・下腿角度の-は外側への傾きを示す。

重心線の位置は、左右方向では全被験者の平均が0.1±0.8cm とほぼ中心に位置していたがばらつきがあり、最大で1.6cm の偏倚がみられた。前後方向位置は平均で踵から13.7±2.3cm、であった。踵からの距離は足長比で52.8±7.6%と、平均値は足底の中心よりもやや前方に位置

していたが被験者間にばらつきがみられた。左右の足圧中心位置では左足が  $X: -15.3 \pm 0.8$  cm、 $Y: 13.3 \pm 2.6$  cm、右足が  $X: 15.2 \pm 0.6$  cm、 $Y: 13.7 \pm 2.5$  cm と、平均的には左右差は小さかったが、左右差が最も大きい者で、 $X$  方向では1.4cm、 $Y$  方向では4.5 cm の差があった。

重心線の位置が支持基底面の中心に近いほど姿勢の安定性が良い事が知られている<sup>2)</sup>。そこで、支持基底面の中心から重心線の位置までの距離を算出し、重心動揺面積との関係を求めた。その結果、相関係数  $r = 0.27$  ( $p > 0.05$ ) と、有意な相関関係は認められなかった。

(2) 姿勢及び重心線の位置と姿勢の関係について

表2に全被験者の助走姿勢の測定値を示した。矢状面については膝関節角が最も大きく ( $70.8 \pm 8.7$ 度)、以下、下腿前傾角 ( $53.4 \pm 3.5$ 度)、股関節角 ( $50.8 \pm 5.8$ 度) の順であった。体幹仰角は  $5.1 \pm 5.0$ 度と、水平よりもやや上向きであった。前額面では頭頂点が  $1.8 \pm 1.8$ cm、腰椎点が  $0.7 \pm 1.1$ cm と、それぞれ右に偏倚する者が多くみられた。各部位の偏倚の最大値は、頭頂点4.5cm、腰椎点2.2cm、尾骨点、 $-3.0$  cm であった。下腿の内傾角は左右ともに平均が正の値であり、垂直よりもやや内側に傾く傾向が示された。

矢状面、前額面それぞれにおける各測定値と重心線の位置との関係を表3に示した。矢状面では下腿前傾角と重心線の位置との間に有意な負の相関関係が認められた ( $r = -0.60$ ,  $p < 0.05$ )。前額面では、腰椎点の位置と重心線の位置との間に有意な相関関係が認められた ( $r = 0.64$ ,  $p < 0.05$ )。その他の項目との間には有意な関係は認められなかった。

考 察

滑走中に姿勢を安定して維持するためには、重心の作用点を足底の中心に保つことが必要である<sup>3)</sup>。従って平地のシュミレーショントレーニングにおいても重心線を足底の中心、すなわち支持基底面の中心に維持することが課題となろう。しかし実際には重心線が中心から前後左右にずれ

表3 助走姿勢における重心線の位置と姿勢の関係  
(数値は相関係数を示す)

a)前額面					
	頭頂点	腰椎点	尾骨点	下腿内傾角	
				左	右
重心線の位置(X)	0.25	0.64	0.47	0.24	0.07
	ns	*	ns	ns	ns

b)矢状面				
	下腿前傾角	膝関節角	股関節角	体幹仰角
重心線の位置(Y)	-0.61	-0.10	-0.04	-0.03
	*	ns	ns	ns

ns:  $p > 0.05$ , \*:  $p < 0.05$

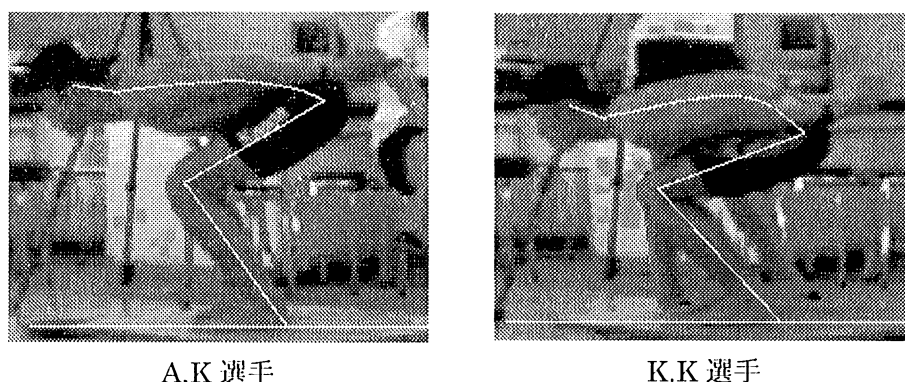
ている選手が多くみられた。山野井<sup>5)</sup>は立位姿勢における重心動揺の分析から、姿勢制御を行う上で個人に独自の set-point (身体動揺の復帰地点、平均位置) が存在することを報告している。本研究においても同様に、各被験者ごとに独自の set-point と思われる位置に重心を維持していた。重心線の偏倚と重心動揺との間に有意な相関が認められなかったことから、本研究でみられた重心線の偏倚は姿勢の安定性に影響を及ぼすものではないといえよう。しかし実際の滑走中は平地よりも不安定な状態にある。重心位置の偏倚や左右の足圧中心点の位置の左右差が、スキーの乗り方や滑走性に何らかの影響を及ぼすことは否定できない。この問題については今後の検討課題としたい。

『競技スキー教程』<sup>7)</sup>では、姿勢を作る上での一般原則として下腿をできるだけ前傾させることが挙げられている。本研究の結果では、下腿角度においてSDが小さかったこと、また重心位置との相関が高かったことから、姿勢を決定付ける重要なファクターと考えることができる。膝角度については90~120度が良いとされているが、平均では90度を下回っていた。股関節角度については、より深く曲げて背中を伸ばす方法と、やや余裕を保つ方法とがあり、議論の余地がある。体幹部については基本的には地面と平行が良いとされているが、平均的にはやや上向きになる傾向がみられた。

前額面では、腰椎の位置の偏倚が重心線の位置に影響していることが示唆された。人間の姿勢の左右の非対称性については、身体の形態と機能の左右差、あるいはラテラリティが影響していることが報告されている<sup>1),4)</sup>。スキージャンプの助走姿勢についても、同様のことが影響すると考えられよう。またスキージャンプの助走姿勢は足関節と股関節を深く折り曲げる必要があるために、関節の可動域の左右差が影響することも考えられる。これについては今後の課題としたい。

シュミレーショントレーニングの重心の前後位置を議論するには、実際の助走路を滑走する状況を考慮する必要があるであろう。渡辺<sup>6)</sup>はシュミレーショントレーニングにおける助走姿勢と、滑走中の助走姿勢を比較し、滑走中のほうが重心位置がやや前にあったことを報告している。滑走時には空気抵抗が働くために足底への荷重は重心位置よりもやや後方に作用する。従って平地よりも重心位置をやや前方に移さなければならない<sup>7)</sup>。しかし平地でそれに従って重心位置を前に置くと、足底に作用する荷重がつま先寄りにかかってしまい、感覚的にも実際の滑走とは異なってくる。本実験では、重心位置は平均的には足底中心よりやや前方にあったが、個人間にばらつきが見られた。シュミレーショントレーニングにおいて、姿勢の形を優先して重心をやや前に置くべきか、あるいは足底への荷重のかかり方を重視して中心に置くべきかは議論の必要があるであろう。しかしシュミレーションということを考えれば実際の感覚とより近い状態で行うことが望ましいといえるのではないか。

次に、重心線の位置が最も前方にあった選手2名の姿勢を比較した(図5)。両者は重心線の位置には大きな差はないが一見して姿勢の違いが見取れる。K. K選手は、下腿を深く前傾させて、膝の角度も小さく、体幹が丸まっている。一方A. K選手は下腿はそれほど前傾していないが、膝角度を大きくして腰の位置を高くし、さらに体幹を伸ばして頭の位置を前方に維持している。両者は重心線の位置を前方に維持しているという点では共通しているが、その方法は異なる。



A.K 選手

K.K 選手

	A.K選手	K.K選手
重心線の位置	62.4%	65.9%
下腿前傾角(度)	56	47.5
膝関節角(度)	86	66
股関節角(度)	55	54
体幹仰角(度)	2.5	4.5

注) 重心線の位置は、踵からの距離を足長比で表している。

図5 助走姿勢の個人比較

っているといえよう。このような違いは、両者の体格や身体各部位の比重、また関節の柔軟性の違いなどの身体条件の違いによるものと考えられる。(筆者の私見であるが、A.K選手は足関節の背屈可動域が小さく、下腿角度をあまり深くすることができない。一方K.K選手は足関節は柔らかいが股関節の屈曲可動域が狭い。) スキージャンプの助走姿勢は下肢の3関節を深く折り曲げる(特に足関節と股関節は可動域の限界近くまで曲げられる)ことで作られたため、柔軟性に欠ける選手にとっては関節の可動域が姿勢を作る上での制限因子となることが考えられる。選手個々の特徴を十分に考慮した上で、個々に適切な助走姿勢を考えるべきであろう。

## 参考文献

- 1) 木村邦彦, 浅枝澄子: 人の四肢の一側優位性. 人類誌, J. Anthropol. Soc. Nippon 82(3), 189-207, (1974)
- 2) 中村隆一, 齊藤 宏: 臨床運動学 第2版. 医歯薬出版, (1990)
- 3) 佐々木 敏, 角田 和彦: ジャンプにおけるアプローチ滑降のシュミレーション. 北星学園短期大学紀要26(1): 73-85, (1989)
- 4) 杉江 律: 重心線移動の利き足依存症. 岐阜大学医学部紀要16, 261-266, (1968)
- 5) 山野井昇: 姿勢制御の定量的解析とその応用, 姿勢研究 5(2), 85-91, (1985)
- 6) 渡部和彦: スキージャンプアプローチ姿勢の解析, 昭和54年度日本体育協会スポーツ医・科学調査研究事業報告No.2「競技種目別競技力向上に関する研究第3報」167-170, (1972)
- 7) 全日本スキー連盟・編著: 競技スキー教程. 第1版, 238-259, (株)スキージャーナル, (1989)