

モーグルスキーにおける 頭とスキーの姿勢変化について

服 部 英 一

Motion Changes within a Mogul Skier's of Gravity Outward

Eiichi HATTORI

要 旨

日本スキー教程では不整地の滑り方の説明の中で頭部と股関節が斜面の傾斜に平行に移動し、膝関節と足関節が凹凸に合わせて屈伸し、スキーも上下に動く様子を図説している。またそれに対応してスキー技術指導の現場でもコブ斜面を滑るときは頭を動かさず、脚の屈伸動作でスキーの上下方向を制御し、雪面を捉えることが重要と指導されている。しかし実際はスキーと足関節は硬いスキーブーツで固定されており、スキーを斜面の凹凸に合わせて動かすためには、図説とは異なる動きになるはずである。そこで規則的に配置されたコブ斜面で競技をするモーグル競技に着目し、頭部と重心位置、そしてスキーのセンター位置とスキーの長さから速度成分を解析し、頭部と重心それにスキーの姿勢の変化を調べてみた。その結果、重心は斜面に沿って平行に移動していくものの、進行方向では頭とスキーは同位相の動きをし、上下方向では頭とスキーは逆位相の動きをしながら、連続した運動をしていることを見つけた。これは教程や指導とは合致しない動きである。

キーワード：モーグル、不整地、急斜面、運動特性、重心、姿勢変化

I. はじめに

日本スキー教程¹⁾では、不整地の滑り方の説明の中に「コブの中での斜度変化において、脚の単なる曲げ伸ばしだけではなくスキーを上下方向に制御して雪面を捉える」とし、頭部と股関節が斜面の傾斜に平行に移動し、膝関節と足関節が凹凸に合わせて屈伸し、スキーも上下に動く様子を図説している。指導の現場でも、不整地の滑り方では、頭を動かさず、脚の屈伸動作でスキーの上下方向を制御し、雪面を捉えることが重要であると言われる。しかし実際はスキーと足関節は硬いスキーブーツで固定されており、スキーを斜面の凹凸に合わせて動かすためには、図説とは異なる動きになるものと考えられる。そこで本研究では、1998年2月11日、長野オリンピックのモーグル女子決勝で、

冬季大会で日本人女子初の金メダルとなる里谷多英選手（以降里谷選手）の決勝の滑りの中から、移動式カメラが里谷選手と並行して撮影した約2秒、概ね4つのコブを通過したときの映像を使い、里谷選手の頭部、重心位置、スキーのセンター位置とスキーの長さから速度成分を解析し、頭部と重心それにスキーの姿勢の変化を調べてみた。モーグル競技²⁾とは平均斜度27度、全長250メートルのコブ斜面で、途中にエア（ジャンプ）のポイントを二カ所設けターン、エア、タイムの3つの要素を採点する競技である。採点はターン点が60点満点、エア点が20点満点、スピード点が20点満点であることからわかるように、60%はターン要素で決まる競技である。コブの間隔に規定はないが、FISのMogul Course Specifications³⁾によれば、斜度28度±4度で、3～4mで規則的に配置されており、里谷選手はメダリストとして質の高い滑走技術を有していることから、その滑走技術を解析すれば不整地における滑走技術の動作の知見が得られるものと考えられる。

池上ら⁴⁾は、コブ通過に伴う身体が受ける力を、身体の重心の持つ加速度としてとらえ、衝撃吸収動作の評価を試みており、上級者は重心の軌跡が直線的であり、重心の加速度についても滑走中を通して極めて小さかったことを明らかにしている。合わせて下肢の重心では非常に大きな加速度と変化が見られ、上体に大きな衝撃が加わることを防いでいると考察している。

桜井ら⁵⁾は、不整地滑走中の身体の受ける力を毎秒100コマまで撮影したフィルムで分析し、長野県デモンストレーターのレベルでは、コブ越え中に体幹が受ける力の変化が少なく一定で、コブの頂点を通過した後に両関節とも積極的な伸展による大きな正のパワーのピークが生じたことを明らかにしている。そして上級者では、コブ頂点通過後に積極的に腰および膝関節を伸展させることにより、コブ通過後の身体重心の斜面から受ける力を押さえていることを指摘している。

それに堀田ら⁶⁾は、アルペンスキーにおける不整地滑走の研究の中で、毎秒200コマの高速ビデオカメラで滑走フォームを撮影し、同時に被験者の内側広筋と前脛骨筋から筋電図を導出し計測した。測定の結果、上級者はコブの間の溝で内側広筋の放電が見られたことから、コブの溝では積極的に膝を伸展させて、次のコブの頭で吸収動作を作っていることを明らかにした。

このように池上ら⁴⁾は、体全体を上肢と下肢に分け、それぞれの重心位置及びその加速度ベクトルを示し、上級者ではコブの通過に伴う重心の軌跡は直線的で、重心の加速度についても滑走中を通して極めて小さかったことを明らかにしている。このときの条件は、斜度13.5度の圧雪斜面に高さ50cm、長さ2mのコブを3m間隔で2つ作り、直滑降でコブの滑走を行っており、その取り込んだ映像から、座標解析をして身体重心及びその速度、加速度などを求めている。また桜井⁵⁾や堀田ら⁶⁾の研究では、コブの

頂点を通過した直後に膝や腰関節の伸展させることで吸収動作を行っていることを明らかにしている。

本論における用語の取り扱いについては、日本スキー教程の取り扱いに準拠する。不整地とは圧雪されていない天然の地形を意味し、コブ斜面をはじめ、新雪、深雪、湿雪、クラストなどを含む用語として用いる。コブ斜面⁷⁾は「スキーヤーがターンをするさいに雪面を削り、削った雪が外側にたまることででき、多くのスキーヤーが同じラインを滑走することでコブは大きく成長する」もので、斜面の凹凸地形を意味する。但しモーグル競技においては競技規則に従って規則的に凹凸斜面が形成される。コブ斜面を滑走する際に用いられる吸収動作は、1980年国際スキー用語集⁸⁾の中で、Ausgleichstechnik (アウスグライヒの技術)として規定している。Ausgleichstechnikとは「斜面に合わせて凹凸等で脚を屈伸し、常に雪面と接触を保ち、胴体の上下動を最小にすることで滑る、吸収するアルペンスキー技術。」としており、全日本スキー連盟は注釈として「吸収する技術」と付け加えている。従って吸収動作とは、コブ斜面から受ける力を脚の屈伸で胴体の上下動を最小にする技術として取り扱う。

そこで今回は直滑降ではなく、実際のモーグル競技の滑りの中で、里谷選手の頭部、重心位置、スキーのセンター位置とスキーの長さから速度成分を解析し、実際に頭部と重心それにスキーの姿勢がどのように変化しているのかを調べてみた。

II. 滑走中の重心の位置

長野オリンピックのモーグル女子決勝は、1998年2月11日飯綱高原スキー場にある既存コースで行われ、モーグルコース⁹⁾は、第5ペアリフト東側に位置するコース長252m、平均斜度27度、コース幅15m、フィニッシュ長さ25mに設置された。決勝ではコースの西側側面に移動式カメラが設置され、スタートから16秒経過した時点で、移動式カメラと里谷選手との位置関係が真横になり、2秒間並行して滑走した。この間の概ね4つのコブを通過したときの映像を、MP4に変換し、動作解析ソフト Dartfish Team Pro Ver.8のAnalyzer機能を使い、0.03秒毎に60枚の画像をキャプチャーした。キャプチャーした画像から体の部位別の重心の座標と、部位別の重量から座標解析をし、滑走中の重心位置を求めることにした。

里谷選手の身長は165cm、体重は55kg、スキーとブーツの重量は10kgとして計算した。小原¹⁰⁾は、人体各部の重さの割合について、足2%、下腿部が6%、大腿部7%、胴体46%、上腕部4%、前腕部3%、手1%、頭部8%と求めている。そこでキャプチャーした画像の頭部、上腕部(手含)、胴体、大腿部、下腿部(足含)を選択し、真横からの画像であることから、上腕部(手含)と大腿部、下腿部(足含)は重なり合っ

表1 身体各部位の重量

部位	割合 (%)	重量 (kg)
頭部	8	4.4
両上腕部	8	4.4
両前腕部 (手含)	8	4.4
胴体	46	25.3
両大腿部	14	7.7
両下腿部 (足含)	16	8.8
スキー・ブーツ		10

	重量(kg)	長さ(m)	座標	
1	10	2.287	X	スキー・ブーツ
2	10	0.66	Y	スキー・ブーツ
3	8.8	2.18	X	下腿部
4	8.8	0.867	Y	下腿部
5	7.7	2.073	X	大腿部
6	7.7	1.347	Y	大腿部
7	25.3	2.06	X	胴体
8	25.3	1.773	Y	胴体
9	4.4	2.167	X	上腕部
10	4.4	1.873	Y	上腕部
11	4.4	2.313	X	前腕部
12	4.4	1.76	Y	前腕部
13	4.4	2.347	X	頭部
14	4.4	2.233	Y	頭部

1	10	2.287	X	スキー・ブーツ
3	8.8	2.18	X	下腿部
5	7.7	2.073	X	大腿部
7	25.3	2.06	X	胴体
9	4.4	2.167	X	上腕部
11	4.4	2.313	X	前腕部
13	4.4	2.347	X	頭部
2	10	0.66	Y	スキー・ブーツ
4	8.8	0.867	Y	下腿部
6	7.7	1.347	Y	大腿部
8	25.3	1.773	Y	胴体
10	4.4	1.873	Y	上腕部
12	4.4	1.76	Y	前腕部
14	4.4	2.233	Y	頭部

X= 2.156506
Y= 1.52155

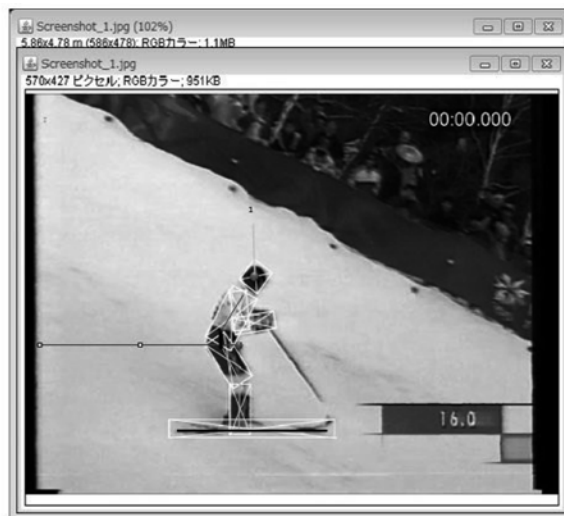


図1 身体の重心位置

ているので、一つのまとまりとして計算することにした。里谷選手の体重を 55 kg として、側面画像での各部位の重量は、表1の通りである。

各部位の重心位置は、図1のようにキャプチャーした画像の上に中心点を含む長方形のレイヤーを作成し、スキーとブーツ、両下腿部 (足含)、両大腿部、胴体、両前腕部 (手含)、両上腕部、頭部のそれぞれの部位の中心点を割り出した。中心点の距離は image-J 2.0v で測定した。image-J には、あらかじめスキーの長さ (170 cm) を規定値として設定し、その長さを元に各部位の中心点の X 軸と Y 軸の距離を測定した。

画像の横軸を X、縦軸を Y とし、X 軸と Y 軸のそれぞれ部位別の重量と距離の積を各部位の合計重量とスキーとブーツの総重量で除することで、キャプチャーした姿勢の X 軸と Y 軸の座標を求めた。身体各部位の距離を、頭部を a、両上腕部を b、両前腕部

を c, 胴体を d, 両大腿部を e, 両下腿部を f, スキーとブーツを g とすると以下の通りである。

$$x = \frac{(4.4kg \times xa) + (4.4kg \times xb) + (4.4kg \times xc) + (25.6kg \times xd) + (7.7kg \times xe) + (8.8kg \times xf) + (10.0kg \times xg)}{(4.4kg + 4.4kg + 4.4kg + 25.6kg + 7.7kg + 8.8kg + 10.0kg)}$$

$$y = \frac{(4.4kg \times ya) + (4.4kg \times yb) + (4.4kg \times yc) + (25.6kg \times yd) + (7.7kg \times ye) + (8.8kg \times yf) + (10.0kg \times yg)}{(4.4kg + 4.4kg + 4.4kg + 25.6kg + 7.7kg + 8.8kg + 10.0kg)}$$

キャプチャーした姿勢の重心の位置は 0.03 秒 1 コマごとに 60 枚算出し、重心の位置と合わせて、スキーの長さ、下肢と骨盤、それに胴体と頭を、レイヤーで図 2 のように、PowerPoint (PPT) に書き出した。特に胴体と骨盤の傾斜、下肢のレイヤーを加えたのは、コブ斜面の凹凸を滑る際に股関節を中心に上肢と下肢を畳み込んだり、伸展させたりしていることから、これら姿勢変化を考察するためである。

Ⅲ. 頭・重心・スキーセンターの速度成分とスキーの姿勢

図 2 において、頭、重心、スキーセンターの位置そしてスキーの長さの速度成分を、表 2 のパラメータを使い、表 3 にまとめた。

指導現場では斜面に垂直な方向を上下方向とすることもがあるが、座標変換によって運動の本質は変わらないので、ここでは進行方向（水平方向）を X 軸、上下方向（鉛直

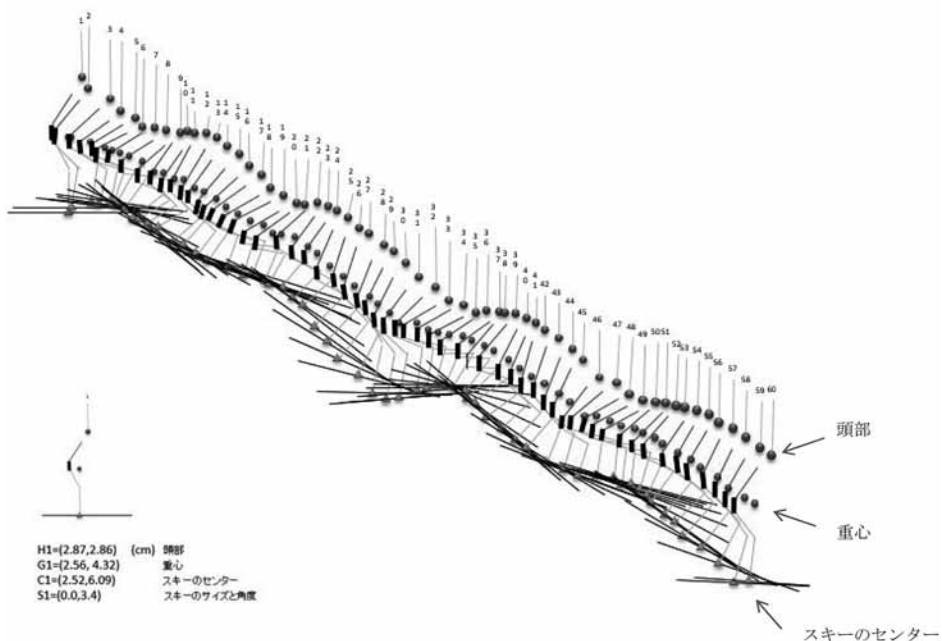


図 2 頭部、重心、スキーのセンター、スキーのサイズと角度の座標

表2 パラメータ

頭	X軸(B)		
	Y軸(C)		
頭速度	X軸(D)	=B4-B3	(頭X軸2フレーム値) - (頭X軸1フレーム値)
	Y軸(E)	=C4-C3	(頭Y軸2フレーム値) - (頭Y軸1フレーム値)
頭加速度	X軸	=D4-D3	(頭速度X軸2フレーム値) - (頭速度X軸1フレーム値)
	Y軸	=E4-E3	(頭速度Y軸2フレーム値) - (頭速度Y軸1フレーム値)
重心	X軸(G)		
	Y軸(I)		
重心速度	X軸(H)	=I4-I3	(重心X軸2フレーム値) - (重心X軸1フレーム値)
	Y軸(K)	=J4-J3	(重心Y軸2フレーム値) - (重心Y軸1フレーム値)
重心加速度	X軸	=K4-K3	(重心速度X軸2フレーム値) - (重心速度X軸1フレーム値)
	Y軸		
スキーのセンター	X軸(N)		
	Y軸(O)		
スキー速度	X軸(P)	=N4-N3	(スキーのセンターX軸2フレーム値) - (スキーのセンターX軸1フレーム値)
	Y軸(Q)	=O4-O3	(スキーのセンターY軸2フレーム値) - (スキーのセンターY軸1フレーム値)
スキー加速度	X軸	=P4-P3	(スキー速度X軸2フレーム値) - (スキー速度X軸1フレーム値)
	Y軸	=Q4-Q3	(スキー速度Y軸2フレーム値) - (スキー速度Y軸1フレーム値)
スキー	X軸(T)		
	Y軸(L)		
	板の長さ	=SQRT(T3 ² +U3 ²)	SQRT関数 (スキーX軸1フレーム値2乗+スキーY軸1フレーム値2乗)
	板の下方向への角度	=ATAN(T3/U3)/PI0*180	ATAN関数 (スキーX軸1フレーム値/スキーY軸1フレーム値)/PI0*180
頭-重心	X軸	=B3-I3	(頭X軸1フレーム値) - (重心X軸1フレーム値)
	Y軸	=C3-I3	(頭Y軸1フレーム値) - (重心Y軸1フレーム値)
重心-スキー	X軸	=H3-N3	(重心X軸1フレーム値) - (スキーのセンターX軸1フレーム値)
	Y軸	=I3-O3	(重心Y軸1フレーム値) - (スキーのセンターY軸1フレーム値)

表3 頭・重心・スキーのセンターの速度と加速度とスキーの長さと角度

頭	頭速度		頭加速度		重心		重心速度		重心加速度		スキーセンター		スキー速度		スキー加速度		スキー		頭-重心		重心-スキー					
	x軸	y軸	x軸	y軸	x軸	y軸	x軸	y軸	x軸	y軸	x軸	y軸	x軸	y軸	x軸	y軸	x軸	y軸	板の長さ	板の下方向への角度	x軸	y軸	x軸	y軸		
1	2.87	2.88	0.13	0.38	0.4	-0.11	0.24	4.22	0.1	0.09	0.34	0.02	2.52	6.09	0.08	-0.04	0.38	-0.08	0	3.4	3.40	0	0.33	-1.48	0.02	-1.77
2	3	3.22	0.02	0.25	-0.3	0.04	2.84	4.41	0.44	0.11	-0.11	0.03	2.8	8.05	0.46	-0.12	-0.29	0.15	0	3.38	3.38	0	0.39	-1.19	0.04	-1.64
3	3.53	3.47	0.23	0.12	-0.13	3.08	4.32	0.33	0.14	-0.16	-0.08	3.06	9.93	0.13	0.03	0.11	-0.12	0.31	0.13	2.18	5.842201	0.42	-1.03	0.02	-1.41	
4	3.76	3.76	0.35	0.16	-0.35	3.06	3.41	4.66	0.17	0.08	0.02	3E-16	3.23	3.96	0.28	-0.09	-0.22	0.18	0.4	3.07	3.10	7.423482	0.35	-0.9	0.18	-1.3
5	4.11	3.92	0	0.22	0.48	-0.2	3.58	4.72	0.19	0.08	0.03	0.01	3.51	5.87	0.08	0.09	0.03	-0.09	0.42	3.06	3.09	1.8123205	0.53	-0.8	0.07	-1.15
6	4.11	4.14	0.46	0.02	-0.2	3.02	3.77	4.78	0.22	0.07	0.03	0.06	3.57	5.96	0.26	0	0.1	0.1	0.34	3.24	3.23	0.9442042	0.34	-0.84	0.32	-1.18
7	4.57	4.16	0.24	0.05	0.02	3.99	4.95	0.2	0.13	-0.02	0.13	3.66	9.38	0.18	0.11	-0.02	0.15	0.85	2.94	3.06	18.124049	0.58	-0.84	0.28	-1.11	
8	4.83	4.21	0.34	0.07	-0.18	-0.11	4.29	4.98	0.28	0.28	-0.06	-0.23	3.85	6.06	0.17	0.25	-0.02	-0.22	1.51	2.81	3.18	28.252097	0.54	-0.77	0.44	-1.08
9	5.17	4.26	0.16	-0.04	0.01	0.09	4.57	5.24	0.22	0.03	0.04	0.11	4.02	8.31	0.15	0.03	0.06	0.06	2.12	2.65	3.39	38.659808	0.6	-0.96	0.55	-1.07
10	5.53	4.84	0.17	0.05	0.11	-0.05	4.78	5.27	0.28	0.14	-0.04	-0.13	4.17	8.34	0.21	0.06	0.03	0	2.31	2.54	3.43	42.284918	0.54	-1.03	0.62	-1.07
11	5.5	4.29	0.28	0	-0.04	0.1	5.05	5.41	0.22	0.01	0.03	0.2	4.38	8.43	0.24	0.09	0.12	0.27	2.2	2.69	3.48	50.277608	0.48	-1.12	0.67	-1.02
12	5.76	4.29	0.44	0.1	0E-16	0.11	5.27	5.42	0.29	0.21	-0.03	-0.12	4.62	8.52	0.36	0.38	-0.13	-0.3	2.02	2.83	3.48	55.18522	0.51	-1.13	0.65	-1.1
13	6.02	4.29	0.24	0.21	0.05	-0.02	5.52	5.82	0.22	0.09	0.07	0.06	4.89	8.88	0.23	0.09	0.06	0.16	1.75	3.11	3.47	29.3865	0.5	-1.24	0.54	-1.23
14	6.26	4.8	0.28	0.18	-0.06	0.08	5.74	5.72	0.29	0.11	-0.07	0.03	5.21	8.94	0.29	0.22	-0.03	-0.06	1.56	2.39	3.44	25.8683	0.52	-1.12	0.53	-1.22
15	6.55	4.79	0.23	0.26	0.06	-0.06	6.03	5.88	0.22	0.2	0.06	-0.04	5.5	7.18	0.28	0.18	0.22	0	1.39	3.42	3.69	22.118425	0.52	-1.1	0.53	-1.27
16	6.78	5.07	0.29	0.22	-0.08	0.1	6.25	6.08	0.28	0.18	0.01	0.01	5.78	7.32	0.48	0.18	-0.11	0.05	1.3	3.41	3.65	20.88431	0.53	-1.02	0.49	-1.23
17	7.07	5.29	0.21	0.32	0.09	-0.14	6.53	6.25	0.29	0.17	0.02	-0.07	6.24	7.48	0.37	0.21	-0.17	-0.3	1.21	3.41	3.62	15.546855	0.54	-0.98	0.29	-1.29
18	7.28	5.61	0.3	0.18	0.01	0.01	6.82	6.42	0.31	0.11	-0.09	0.1	6.81	7.69	0.2	-0.09	0.11	0.31	1.21	3.41	3.62	13.536955	0.46	-0.81	0.21	-1.27
19	7.58	5.79	0.31	0.19	-0.12	-0.15	7.13	6.52	0.22	0.2	-0.02	-0.18	6.81	7.8	0.31	0.22	-0.21	-0.14	1.08	3.37	3.54	17.789544	0.45	-0.73	0.23	-1.08
20	7.89	5.98	0.19	0.04	0.11	-0.1	7.35	6.72	0.2	0.07	0.12	0.05	7.12	7.82	0.1	0.08	0.23	-0.01	1.1	3.42	3.59	17.827294	0.54	-0.74	0.23	-1.1
21	8.08	6.02	0.3	-0.08	-0.05	0.15	7.58	6.74	0.32	0.07	-0.02	0.18	7.22	7.9	0.53	0.07	-0.12	0.18	1.36	3.17	3.45	23.220401	0.53	-0.72	0.32	-1.18
22	8.38	5.98	0.28	0.09	-0.04	0.02	7.87	6.81	0.3	0.23	-0.08	-0.06	7.59	7.97	0.21	0.25	0.04	-0.07	1.36	3.14	3.51	20.418889	0.51	-0.85	0.35	-1.18
23	8.63	6.05	0.21	0.11	0.04	0.06	8.17	7.01	0.27	0.13	7.76	8.22	0.25	0.18	0.02	0.35	0.96	2.88	3.48	34.237463	0.47	-0.86	0.41	-1.18		
24	8.84	6.18	0.25	0.17	0.01	0.08	8.39	7.24	0.29	0.3	0.03	-0.04	8.01	8.4	0.27	0.53	0.03	-0.18	2.23	2.78	3.54	39.02881	0.45	-1.05	0.38	-1.19
25	9.09	6.33	0.26	0.23	-0.03	-0.12	8.68	7.51	0.32	0.28	-0.08	-0.04	8.28	8.93	0.3	0.35	-0.04	0.07	2.13	2.88	3.57	28.677091	0.41	-1.18	0.4	-1.42
26	9.35	6.56	0.23	0.13	0.15	9	7.77	0.26	0.22	0.11	0.04	8.58	9.28	0.24	0.42	0.25	-0.02	1.9	3.02	3.57	32.159502	0.32	-1.19	0.42	-1.51	
27	9.58	6.71	0.36	0.28	-0.14	-0.13	9.28	7.99	0.38	0.28	-0.17	-0.09	8.82	9.7	0.49	0.4	-0.18	0.05	1.36	3.03	3.42	41.72863	0.35	-1.28	0.44	-1.71
28	9.84	6.99	0.22	0.15	0.06	0.32	9.62	8.25	0.19	0.17	0.09	0.06	9.31	10.1	0.33	0.45	-0.01	-0.32	0.87	3.33	3.44	14.641885	0.32	-1.26	0.31	-1.65
29	10.16	7.14	0.28	0.28	0.03	0.07	9.81	8.42	0.25	0.23	-0.07	0.01	9.84	10.55	0.32	0.13	-0.02	-0.17	0.88	3.13	3.17	14.656434	0.35	-1.28	0.31	-1.53
30	10.44	7.42	0.31	0.35	0.09	-0.11	10.09	8.85	0.21	0.24	0.21	-0.25	8.96	10.68	0.3	-0.04	-0.12	-0.14	-0.27	3.24	3.25	-4.783642	0.35	-1.23	0.13	-2.03
31	10.75	7.77	0.39	0.24	0.08	0.08	10.3	8.89	0.42	-0.01	-0.15	0.18	10.28	10.64	0.42	-0.18	-0.15	0.13	-0.27	3.24	3.25	-4.783642	0.45	-1.12	0.04	-1.75
32	11.14	8.01	0.31	0.32	0.04	-0.21	10.72	8.88	0.27	0.17	-0.04	-0.11	10.68	10.48	0.27	-0.05	-0.08	-0.03	-0.27	3.24	3.25	-4.783642	0.42	-0.87	0.04	-1.58
33	11.45	8.23	0.35	0.11	-0.04	0.07	10.98	9.05	0.25	0.07	0.03	-0.02	10.86	10.41	0.18	-0.06	0.05	-0.06	-0.04	3.23	3.23	-0.688202	0.46	-1.02	0.04	-1.26
34	11.8	8.44	0.39	0.18	-0.05	0.03	11.22	9.12	0.28	0.05	-0.02	0.13	10.33	10.33	0.23	-0.02	-0.08	0.1	0.04	3.48	3.48	0.858432	0.56	-0.88	0.09	-1.21
35	12.09	8.62	0.34	-0.05	0.06	0.09	11.48	9.17	0.32	0.05	-0.11	0.07	11.36	10.31	0.19	0.08	0.18	0.01	0.37	3.35	3.37	6.3028454	0.61	-0.85	0.12	-1.14
36	12.33	8.67	0.33	0.16	-0.01	0.18	9.2	0.21	0.11	0.08	0.03	0.11	11.39	11.39	0.31	0.08	-0.28	0.1	0.92	3.27	3.45	17.37312	0.53	-0.83	0.28	-1.1
37	12.63	8.8	0.14	0.02	0.11	26.15	12.01	9.3	0.29	0.13	-0.07	-0.01	11.82	10.48	0.03	0.19	0.18	-0.1	1.52	3.14	3.49	25.92053	0.62	-0.7	0.18	-1.18
38	12.77	8.62	0.25	0.02	0	0.08	12.3	9.43	0.22	0.12	0.13	0.11	11.80	10.67	0.19	0.09	0.07	0.27	2.05	2.9	3.44	24.99202	0.47	-0.81	0.45	-1.24
39	13.02	8.84	0.25	0.11	-0.03	0	12.32	9.55	0.25	0.22	-0.09	-0.01	12.04	10.78	0.26	0.36	0.1	-0.09	2.34	2.87	3.51	41.18889	0.5	-0.91	0.48	-1.21
40	13.27	8.78	0.28	0.13	-0.01	0.07	12.87	9.77	0.26	0.21	0.01	-0.01	12.2	11.12	0.36	0.27	-0.04	-0.15	2.83	2.82	3.61	41.84711	0.4	-1.02	0.51	-1.25
41	13.49	8.86	0.21	0.18	0.12	0.02	13.13	9.88	0.27	0.2	0.05	-0.04	12.66	11.39	0.32	0.27	-0.06	-0.08	2.3	2.87	3.45	41.826666	0.36	-1.12	0.47	-1.41
42	13.7	9.04	0.33	0.2	0.01	0.06	13.4	10.18	0.3	0.18	0.04	0.09	12.88	11.68	0.26	0.19	0.2	0.14	2.31	2.77	3.61	38.22591	0.3	-1.14	0.42	-1.48
43	14.03	9.24	0.32	0.28	-0.07	0.01	13.7	10.24	0.34	0.25	-0.09	-0.05	13.24	11.85	0.45	0.33	-0.05	-0.13	1.97	3.14	3.71	32.102889	0.33	-0.46	-0	

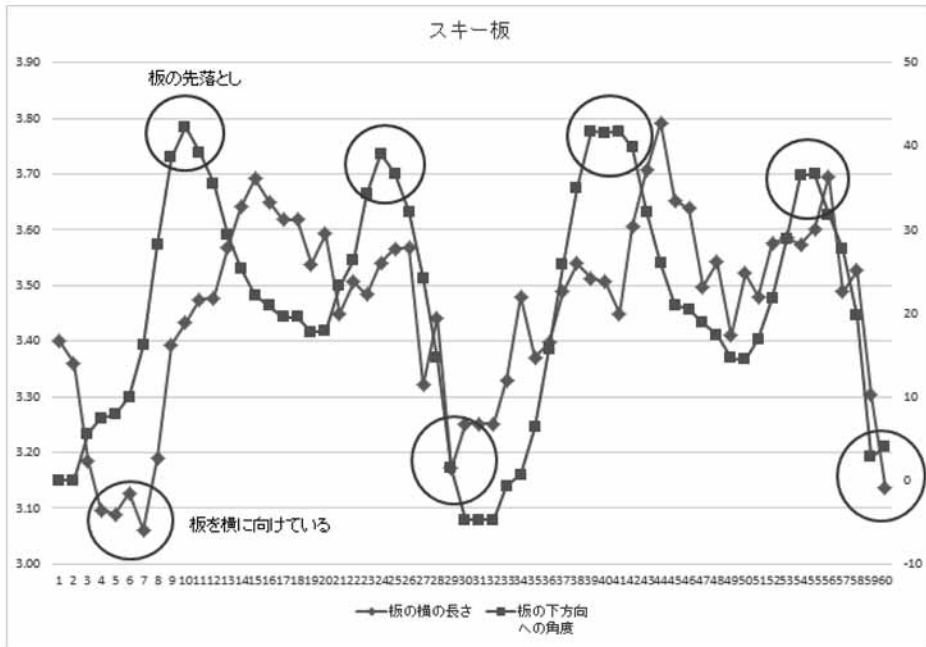


図3 スキーの板を横から見たときの長さと同転方向

方向)をY軸として、図3にまとめた。鉛直方向は上下が逆転しているが、パワーポイントで作成したレイヤーの図2とほぼ同じ値が読み取れている。これを見ると、頭、重心、スキーセンターの中では、重心がもっともなめらかに落ちている。一方、スキーセンターは大きく上下に移動している。それと合わせて、頭もやや上下に動いている。そしてスキーセンターと頭の動き方は、スキーセンターが下がる時は頭が上がり、スキーセンターを上げているときは頭が下がっており、逆の動きを示している。これはスキーが地面の凸凹を吸収して、先落とししたところで、スキーが重心から離れて行っていることを意味する。

そこで、スキーのX軸とY軸から、横から見たときのスキーの長さと同転方向の向き(スキーが上を向いているか下を向いているか)を求めて、図4のグラフを求めた。

横からみたときのスキーの長さが最小になっているところが、コブの溝でスキーを回して横を向いているところになる。また、スキーの長さが最大のときが、スキーが一番下向きに向いているとき(グラフ上は大きな値になる)、つまり最大傾斜線に沿うときで、先落としをしながらコブを通過し溝に入るところになる。スキーの長さは、斜め横から撮影しているため、きれいなピークがでていないが、スキーの向きの最大値はきれいに4つピークが出ているので、ここをターンの切れ目として解析した。

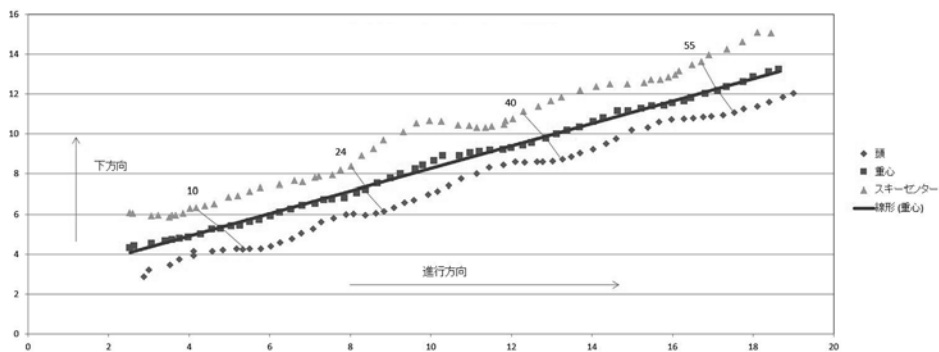


図4 頭・重心・スキーセンターの位置

IV. 先落としを始点とした頭・重心・スキーの速度変化

頭・重心・スキーの進行方向の速度成分と高さ方向の速度成分を位置の0.03秒後の差分をとって求めた。矢印は先落とし（スキーが下を向くところ）である。

図5の進行方向の速度の変化は、頭、重心の速度はほとんど変わらず同じくらいだが、スキーの速度はやや変化しているようにも見える。スキーの先落としからしばらくはスキーの速度が大きく、スキーが先行して、その後、スキーの速度が小さく、体が追いついてくるような動きともいえる。

図6の高さ方向の速度の変化は、進行方向より大きい。図5のスキーの位置で見た通りに、スキーの先落としのところの少し手前からスキーの下への移動速度が大きくなり、その後小さくなる。

図5を見ると、特に重心は一定速度でスムーズに落ちている。大きな差ではないが、速度の進行方向成分は、スキーの先落としの始まるポイント（10, 24, 39, 55フレーム）からはスキーが先行して、そのあと重心がついてくる。図6の高さ方向成分は、先

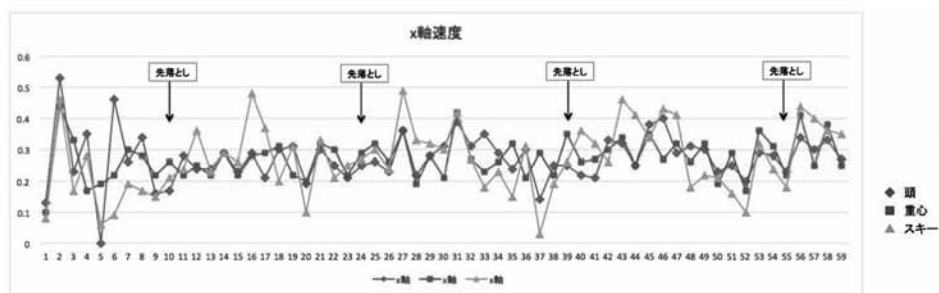


図5 進行方向の速度変化

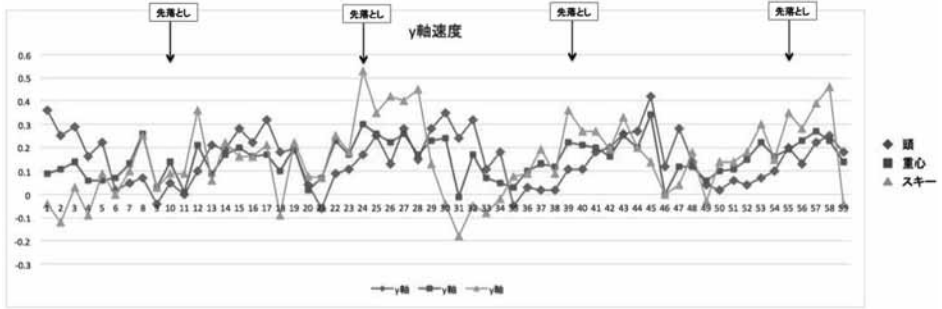


図6 高さ方向の速度変化

落としポイントから、スキーが落ちて行って、重心を維持するために、頭が上がっていく(15, 30, 45フレーム)ようである。

V. 重心から見た頭とスキーの姿勢変化

そこで頭と重心とスキーがどのような関係で動いているのかを見るために、重心から見た頭とスキーの相対座標の姿勢変化(相対座標)を見てみた。図7のグラフで頭とスキーが同位相で変化しているときは、実際の雪面上では頭とスキーが逆位相の動きをしていることを示している。図7のグラフで頭とスキーが逆位相の変化をしているときは、実際の雪面上では頭とスキーが同位相の動きをしていることを示している。

図7で見ると、特に31~44のターンで顕著で、スキーがコブにぶつかった31からしばらく0.5よりやや上になり、39あたりから0.5よりやや下になると◆の線が「頭-重心(進行方向)」なので、相対的には31~39では、重心より頭がやや前に出て、39~44は、頭より重心がやや前に出る。反対に28あたりから37あたりまでに0付近になって、38~44あたりは0.5付近になっているのが▲の線で「重心-スキー(進行方向)」なので、相対的には28~37では、スキーセンターが重心より前に出て、38~44では重心がスキーセンターより前に出るということになる。これらは前後の吸収動作と考えることができる。同様に31~44の部分で見ると■の線が32~39では-1より大きく(絶対値が小さく)、39~45では-1より下にある(絶対値が大きい)。これが「頭-重心(高さ方向)」なので、相対的には、32~39で頭が下がってきて、39~45で頭が上がっている。また×の線は、31~39でやや大きく(絶対値が小さく)、39~45でやや小さめ(絶対値が大きくなる)になっているので、これが「重心-スキー(高さ方向)」で、相対的には31~39でスキーが重心に近づいて、39~45でスキーが重心から離れている。つまり上下の吸収動作と考えることができる。

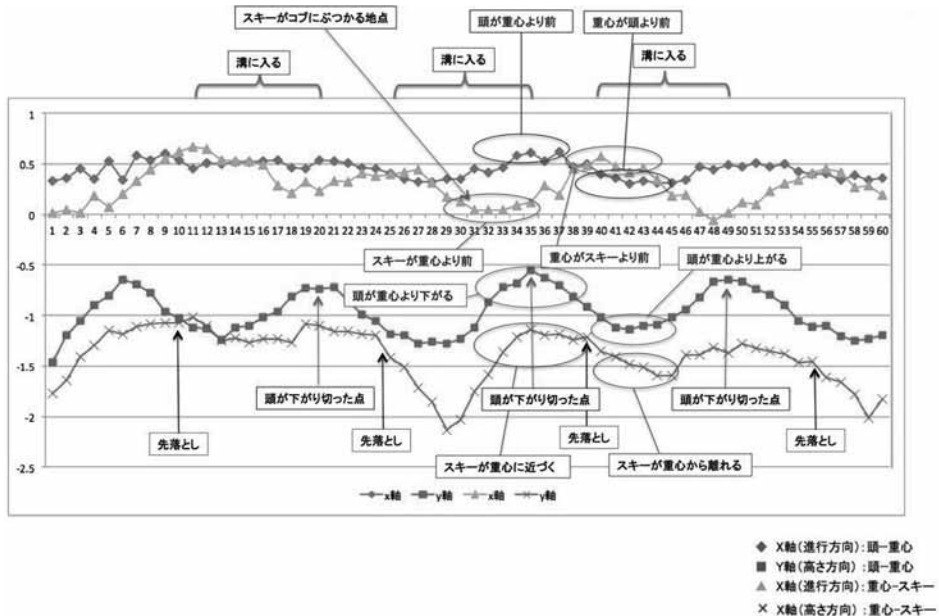


図7 頭—重心・重心—スキーの姿勢変化(相対座標)

VI. まとめ

これらの結果をまとめると以下の通りである。

- ① 重心は進行方向も高さ方向もなめらかに落ちて行っている。
- ② それに対して、スキーは雪面とコンタクトを取って働くので、コブを乗り越えるところでは、高さ方向で上がり、コブを下るときは高さ方向で下がる。
- ③ ①と②を両立させるために、体のほかの部分の合計はスキーと逆の動きをする。高さ方向では、頭はスキーが下がる場所では上がり(全身が伸びる)、スキーが下がる場所では下がる。進行方向では、頭はスキーを後追いしながら同調して動いている。その結果、腰が後ろに動いてバランスをとっていると考えられる。
- ④ そして図2のPPTの姿勢(33-43)で頭とスキーが重心より後ろに移動して、腰が前に出ていく動きが見受けられるが、これは「先落としの後で腰を前に出す」ことでバランスを取っているものと考えられる。
- ⑤ 実際の指導現場でも本研究結果を取り入れる必要がある。

参考文献

- 1) 日本スキー教程(スキージャーナル株式会社 2014) p.119.
- 2) FIS FREESTYLE SKIING JUDGING HANDBOOK (Edition October 2014) p.17.

http://www.fis-ski.com/mm/Document/documentlibrary/FreestyleSkiing/04/21/06/FreestyleSkiingJudgingHandbook2017_English.pdf

- 3) Mogul Course Specifications – ICR 4202.1.3 (FIS Freestyle Committee, 2007)
http://wiki.fis-ski.com/images/FIS_Mogul_Specification_MO.pdf
- 4) 池上久子, 三浦望慶他「不整地滑走における衝撃吸収動作について」(日本体育学会第36回大会 1985) p. 437.
- 5) 池上康男, 桜井伸二他「スキーにおける不整地滑走の力学的分析」(日本体育学会第37回大会 1986) p. 780.
- 6) 堀田朋基, 西川友之他「アルペンスキーにおける不整地滑走の研究: 連続したコブ越え動作について」(日本体育学会第38回大会 1987) p. 667.
- 7) 日本スキー教程 (スキージャーナル株式会社 2014) p. 120.
- 8) 国際スキー用語集 (株式会社プレスギムナスチカ 1980) p. 23.
- 9) 橋本邦彦「長野オリンピック施設の概要」(日本雪工学会誌 Vol.13 No.4, 59-95 Oct. 1997) p. 383.
- 10) 小原二郎「人間工学からの発信」(講談社 2015) p. 57.