

図3 修正前後の値。(a)横幅Lyとミカケ速度。(b)縦幅Ltとミカケ速度。(c)右スキーの長さ方向δRとミカケ速度。(d)左スキーの方向δLとミカケ速度。

図3(a)は、修正前の横幅Ly○とミカケ速度Lyd○のグラフであり、修正後の横幅Lys●とミカケ速度Lyds●のグラフである。

図3(b)は、修正前の縦幅Lt○とミカケ速度Ltd○のグラフであり、修正後の縦幅Lts●とミカケ速度Ltds●のグラフである。

図3(c)は、修正前の右スキー角δR○とミカケ速度δRd○のグラフであり、修正後の右スキー角δRs●とミカケ速度δRds●のグラフである。

図3(d)は、修正前の左スキー角δL○とミカケ速度δLd○のグラフであり、修正後の左スキー角δLs●とミカケ速度δLds●のグラフである。図3(a)～(d)について、○は点線であり、●は実線である。

### 3.3. 修正前の運動摩擦係数μ<sub>1</sub>

表3 修正前の運動摩擦係数μ<sub>1</sub>

$U_1 = \sqrt{(X_{0d}^2 + Y_{0d}^2)}, V_1 = 7.5 \cdot U_1,$   
 $G_{c1} = 7.5 \cdot V_{1d}.$

スキ番号	Bx	By	C <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	E <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>
差	差	和	速度	差	差	加速度	摩擦
X <sub>0d</sub>	Y <sub>0d</sub>	U <sub>1</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>1d</sub>	G <sub>c1</sub>	μ <sub>1</sub>	
1	0	0	0.0	0.0	0	0	0
2	23	95	97.7	733.1	0	0	0
3	12	96	96.7	725.6	-7.5	-56	0.233
4	13	98	98.9	741.4	15.8	119	0.053
5	0	100	100.0	750.0	8.6	64	0.110
6	-2	99	99.0	742.7	-7.3	-55	0.233
7	-9	106	106.4	797.9	55.2	414	-0.254
8	-14	97	98.0	735.0	-62.8	-471	0.661
9	-25	104	107.0	802.2	67.2	504	-0.351
10	-35	107	112.6	844.3	42.1	316	-0.160
11	-41	108	115.5	866.4	22.1	165	-0.008
12	-49	110	120.4	903.2	36.7	276	-0.126
13	-47	108	117.8	883.4	-19.8	-148	0.309
14	-58	117	130.6	979.4	96.0	720	-0.591

表4 修正後の運動摩擦係数μ<sub>2</sub>

$U_2 = \sqrt{(X_{0ds}^2 + Y_{0ds}^2)}, V_2 = 7.5 \cdot U_2,$   
 $G_{c2} = 7.5 \cdot V_{2d}, Y_{0ds} = \sum Y_{0dds}.$

スキ番号	Dx	Dy	C <sub>2</sub>	D <sub>2</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	G <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>
差	差	差	和	速度	差	差	加速度	摩擦
X <sub>0ds</sub>	Y <sub>0ds</sub>	Y <sub>0dds</sub>	U <sub>2</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>2d</sub>	G <sub>c2</sub>	μ <sub>2</sub>	
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	22	93	0	95.6	716.8	0	0	0
3	16	96	3	97.3	729.9	13.2	99	0.072
4	9	99	3	99.4	745.6	15.6	117	0.055
5	3	101	2	101.0	757.8	12.3	92	0.081
6	-4	103	2	103.1	773.1	15.2	114	0.057
7	-10	104	1	104.5	783.6	10.5	79	0.093
8	-16	105	1	106.2	796.6	13.0	97	0.072
9	-24	106	1	108.7	815.1	18.5	139	0.026
10	-32	106	0	110.7	830.4	15.3	115	0.048
11	-40	106	0	113.3	849.8	19.3	145	0.013
12	-47	106	0	116.0	869.6	19.9	149	0.005
13	-53	106	0	118.5	888.8	19.2	144	0.007
14	-58	106	0	120.8	906.2	17.2	130	0.018

表1のBx列は、修正前のX<sub>0</sub>のミカケ速度X<sub>0d</sub>である。表2のBy列は、修正前のY<sub>0</sub>のミカケ速度Y<sub>0d</sub>である。Bx列とBy列が、表3に複写された。表3のU<sub>1</sub>は、スキーの滑降方向のミカケ速度であり、 $U_1 = \sqrt{(X_{0d}^2 + Y_{0d}^2)}$ である。平均速度V<sub>1</sub>は、 $V_1 = U_1 / 1 = 7.5 \cdot U_1$ となる。図4(i)の○点線V<sub>1</sub>が、平均速度V<sub>1</sub>を表している。更に、表3のD<sub>1</sub>列の値の差を求めるとミカケ加速度V<sub>1d</sub>が得られる。平均加速度G<sub>c1</sub>は、 $G_{c1} = V_{1d} / 1 = 7.5 \cdot V_{1d}$ となる。図4(g)の○点線G<sub>c1</sub>が、平均加速度G<sub>c1</sub>を表している。G<sub>c1</sub>のパラツキは大き過ぎる。表3のG<sub>1</sub>列の運動摩擦係数μ<sub>1</sub>は、G<sub>c1</sub>を用いて次式から求められる<sup>4)</sup>。

$$G_{c1} = g(\sin\psi - \mu_1 \cdot \cos\psi)$$

$$\mu_1 = (\sin\psi - G_{c1}/g) / \cos\psi \quad \dots (1)$$

ここで、ψはスキー場のミカケの傾斜角<sup>1)</sup>、gは重力の加速度である。表3のG<sub>1</sub>列のμ<sub>1</sub>値は、μ<sub>1</sub> ≥ 0を満たしていない。多分、U<sub>1</sub>に含まれる誤差が大き過ぎた為であろう。G<sub>1</sub>列のμ<sub>1</sub>値のパラツキが大き過ぎたので、その数値をグラフに表さなかった。

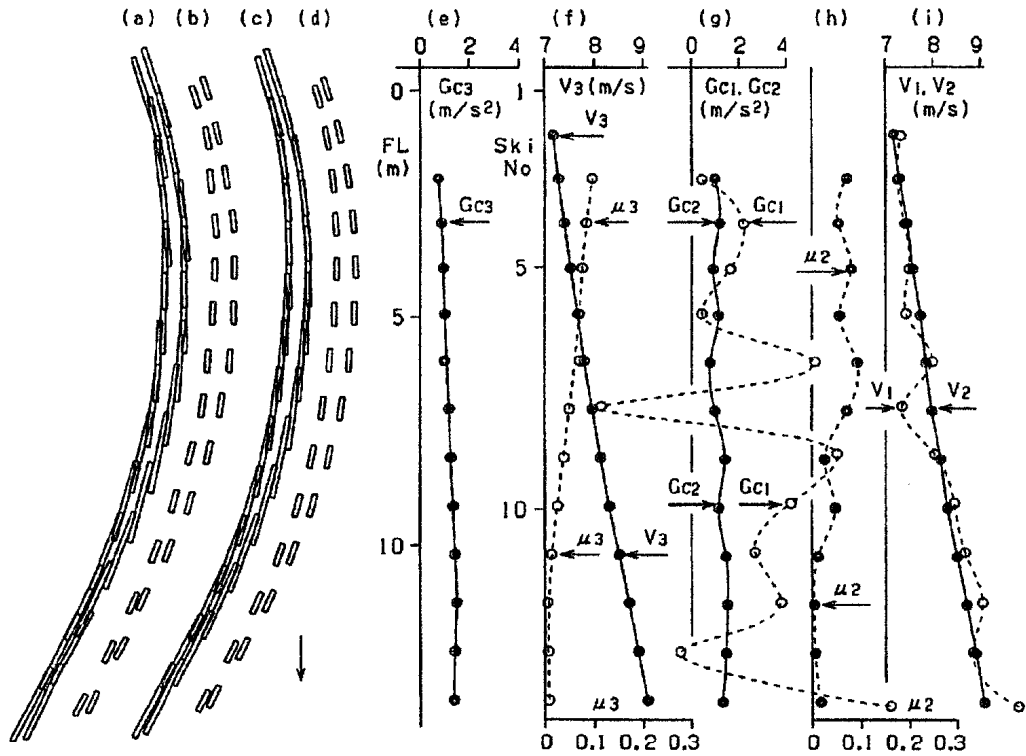


図4 修正前後の値。(a)と(b)修正前のスキー滑降図。(c)と(d)修正後のスキー滑降図。(e)加速度Gc3。(f)速度V3と運動摩擦係数μ3。(g)加速度Gc1とGc2。(h)運動摩擦係数μ2。(i)速度V1とV2。

図4の(a)～(i)の縦軸の全てに、(e)の「FL(m), 最大傾斜線方向の長さ(メートル)」と(f)の「SkiNoスキー番号」が適用される。

### 3.4. 修正後の運動摩擦係数μ2

表1のDx列は、X0の修正後のミカケ速度Xodsである。表2のDy列は、Y0の修正後のミカケ速度Yodsである。Dx列とDy列から、表4の修正後のミカケ速度U2が作られた。U2=√(Xods²+Yods²)。平均速度は、V2=U2/lとなる。図4(i)の◎実線V2は、平均速度を表している。表4のE2列の差を求めるとミカケ加速度V2dが得られる。平均加速度は、Gc2=V2d/lとなる。図4(g)の◎実線Gc2が平均加速度を表している。式(1)から式(2)が得られ、μ2が得られる。

$$\mu_2 = (\sin\psi - Gc_2/g) / \cos\psi \quad \dots (2)$$

修正後のμ2は表4のH2列である。グラフは図4の(h)である。図4(h)のグラフから、μ2が滑らかに変化していない事が分る。U2の誤差は、まだ大きいようだ。

### 3.5. 再修正後の運動摩擦係数μ3

表4のミカケ速度U2=√(Xods²+Yods²)において、|Xo

ds| < |Yods| である。U2の誤差を小さくする為には、Xodsの誤差よりもYodsの誤差を小さくする必要があるようだ。

表4のC2列の番号3の3は、Dy列の番号2の値(93)と番号3の値(96)の差Yoddsであり、C2列をW差と表した。これはY方向のミカケの加速度Yoddsである。この加速度の変化を滑らかにする為には、図2と同じ方法で、Yoddsの再修正をする。再修正した結果が表5のB3列のYoddtである。このYoddtの和が再修正後のミカケの速度Yodtとなる。Yodtの和が再修正後の位置Yotとなる。表5のXodsとYodtを用いて、再修正後のミカケ速度U3=√(Xods²+Yodt²)を作る。それがC3列のU3となる。平均速度はV3=U3/lとなる。D3列の差を求めると、ミカケ加速度V3dが得られる。平均加速度はGc3=V3d/lとなる。式(1)から、式(3)が得られ、μ3が得られる。

$$\mu_3 = (\sin\psi - Gc_3/g) / \cos\psi \quad \dots (3)$$

表5のG3列は再修正後のμ3値である。

図2(f)の○点線Yoddsは修正後のミカケの加速度であり、◎実線Yoddtは再修正後のミカケの加速度である。図4(f)の◎実線V3は、再修正後の平均速度である。図4(e)の◎実線Gc3は、再修正後の平均加速度である。図4

表5 再修正後の運動摩擦係数 $\mu_3$

$U_3 = \sqrt{(X_{ods}^2 + Y_{odr}^2)}$ ,  $V_3 = 7.5 \cdot U_3$ ,  $G_{c3} = 7.5 \cdot V_{3d}$ ,  
 $Y_{odr} = \sum Y_{oddr}$ ,  $Y_{or} = \sum Y_{oddr}$ .

スキー 番号	Dx 差	A3 差	B3 W差	C3 和	D3 速度	E3 差	F3 加速度	G3 摩擦	H3再 修正
	$X_{ods}$	$Y_{odr}$	$Y_{oddr}$	$U_3$	$V_3$	$V_{3d}$	$G_{c3}$	$\mu_3$	$Y_{or}$
1	0	0	0	0	0	0	0	0	155.0
2	22	93.0	0	95.6	716.8	0	0	0	248.0
3	16	95.6	2.6	96.9	727.0	10.2	77	0.095	343.6
4	9	98.1	2.5	98.5	738.8	11.9	89	0.084	441.7
5	3	100.2	2.1	100.2	751.8	13.0	97	0.075	541.9
6	-4	102.0	1.8	102.1	765.6	13.8	103	0.069	643.9
7	-10	103.4	1.4	103.9	779.4	13.5	101	0.070	747.3
8	-16	104.8	1.4	106.0	795.1	16.0	120	0.049	852.1
9	-24	105.6	0.8	108.3	812.2	17.1	128	0.038	957.7
10	-32	106.0	0.4	110.7	830.4	18.2	137	0.025	1063.7
11	-40	106.0	0.0	113.3	849.7	19.3	145	0.013	1169.7
12	-47	106.0	0.0	116.0	869.6	19.9	149	0.005	1275.7
13	-53	106.0	0.0	118.5	888.8	19.2	144	0.007	1381.7
14	-58	106.2	0.2	121.0	907.5	18.7	140	0.008	1487.9

参考文献

- 1) 佐橋稔雄 (2011) スキー滑降図作成法, 日本スキー学会誌, 21(1):55-62
- 2) Toshio Sahashi and Shoji Ichino (2001) Carving-turn and edging angle of skis, Sports Engineering 4:135-145
- 3) 橋本智雄 (2000). 統計学, 共立出版, 東京, 1-37.
- 4) 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

(f)の○点線 $\mu_3$ は, 再修正後の運動摩擦係数である。

図2(f)と図4(e)と図4(f)から, ミカゲ加速度 $Y_{oddr}$ の値が滑らかに変化すれば,  $G_{c3}$ と $\mu_3$ の値も滑らかに変化する事が分る。

3.6. 修正前後のスキー滑降図

「3.1. 6変数」で, 次のように述べられている。ビデオ・プリント上のスキー隅の16座標値が, 雪面上の16座標値に「位置変換」された。その16座標値は平均化された。更に, 16変数といい変えられた。16変数は6変数, 2定数に変換された。これが統計的に修正される前の変数である。この6変数を用いて描かれたスキー滑降図が図4(a)(b)である。その後, 「3.4. 修正後の $\mu_2$ 」で変数は修正された。さらに, 「3.5. 再修正後の $\mu_3$ 」で変数は再修正された。再修正後の6変数を用いて描かれたスキー滑降図が図4(c)(d)である。図4(c)(d)は, [前論文のスキー滑降図作成法の図2(b)(c)]<sup>1)</sup>と同じである。又図1(a)(b)とも同じである。

3.7. 誤差の原因

誤差の大きさと, 大きさから推定される誤差の原因については次回に述べる予定である。本論文中的<sup>1)</sup>と<sup>2)</sup>についての詳細な説明も次回に述べる予定である。

謝辞 愛知教育大学名誉教授, 市野聖治先生には, 本論文を作成するにあたり, 多大なご協力を頂き感謝している。