

スケルトンソリのランナー形状に及ぼす操作性の影響*

長坂明彦^{*1}・村田貴大^{*2}・松原達郎^{*3}・小林豊^{*4}・下崎和^{*5}・磯部浩己^{*6}

Effect of Operability on Runner Shape of Skeleton Sled

NAGASAKA Akihiko, MURATA Takahiro, MATSUBARA Tatsuro,
KOBAYASHI Yutaka, SHIMOZAKI Nodoka and ISOBE Hiromi

キーワード：スケルトン，ランナー，3 軸加速度センサ，ローパスフィルター

1. 緒言

スケルトン^リは、氷で作られたコースを鉄製のソリにうつぶせで乗り、頭を前にして滑走しタイムを競う競技である。スケルトンは、2002 年のソルレークオリンピックで再び正式種目となったことを機に注目を集めるようになった。また、1998 年長野オリンピックのボブスレーおよびリュージュ競技の会場となったスパイラルは、2007 年からナショナルトレーニングセンター競技別強化拠点に指定されている。

著者らは、これまでにスパイラルにおいてスケルトンのソリフレーム変形特性や合成加速度 a は垂直方向加速度 a_z が主となり、データ分析の指標となることについて報告してきた²⁾。しかしながら、リュージュ競技等に関する研究報告³⁾はあるが、スケルトン競技に関する研究は十分に行われていない⁴⁾。

そこで本研究では、2018年のピョンチャンオリンピック等に向けてスケルトンのファイナルタイム（滑走タイム）を短縮することを目的として、スケルトンソリのランナーを作製し、操作特性の評価を試みた。実際にコースで滑走を行い、タイム等の各データを比較・検討した。

2. 実験方法

図1にランナーを示す。表1にランナーの形状を示す。滑走テストでは、本研究で作製したランナー（図1）と基準となるライオン社製のランナーの計3種類

のランナーを使用し、加速度データの比較を行った（表1）。3 軸加速度はコンパクトレコーダ、3 軸加速度センサおよびバッテリーを滑走者が背負った状態で測定した。データの比較は、3 軸加速度センサで取得できたデータを容易に比較できるように、ローパスフィルター（LPF）処理し、グラフにデータを表示することで可視化した。

図2にソリのフレームを示す。フレームは溶接固定（ライオン製）で、右側がソリの進行方向となる（図2(a), (c)）。上下部にある長い板が縦フレームである。同様に、左右側にある短い板が横フレームである。それぞれのフレームは長方形構造で、ソリの四隅で固定されている。縦フレームの間にある長方形の板がサドルである。ハンドルはサドルに固定されている。2本のランナーは平行である（図2(b)）。

図3に測定装置を装着した選手を示す。水平方向加速度 a_x 、進行方向加速度 a_y および垂直方向加速度 a_z 測定には3 軸加速度センサ（株）共和電業、AS-10TG（ $\pm 10G$ ）を用いた。なお、垂直方向加速度 a_z 測定は、ソリの進行方向に対して感度軸を垂直方向に向け下側をプラス方向にして、水平方向加速度 a_x 測定は



図1 ランナー

表1 ランナーの形状

Type	A	B	C
溝の本数（本）	1	1	1
溝の長さ（mm）	383	383	383
溝の形状	90° V	135° V	U

* 2015 年 1 月 24 日 長野体育学会第 50 回大会にて一部発表

*1 機械工学科教授

*2 （株）前田製作所（平成 26 年度機械工学科卒業）

*3 長野県ボブスレー・リュージュ連盟

*4 （有）ナツバタ製作所 社長

*5 機械工科学学生

*6 長岡技術科学大学准教授

原稿受付 2015 年 5 月 20 日

ソリの進行方向に対して左右方向に感度軸を向け右側をプラスとして、進行方向加速度 a_y 測定はソリの進行方向を感度軸のプラス側にして測定を行った。3軸加速度センサおよびコンパクトレコーダ、バッテリー（単3電池10本）はバックパックに入れ、滑走者が背負った状態で測定した。

滑走テストによる評価は長野市ボブスレー・リュージュパーク（以下スパイラル）で行った。図4にスパイラルのコースを示す。ここで、C1～C15はカーブ番号を示す。また、STはスタートタイム、MTは中間タイムおよびFTはファイナルタイム（滑走タイム）の位置を示す。

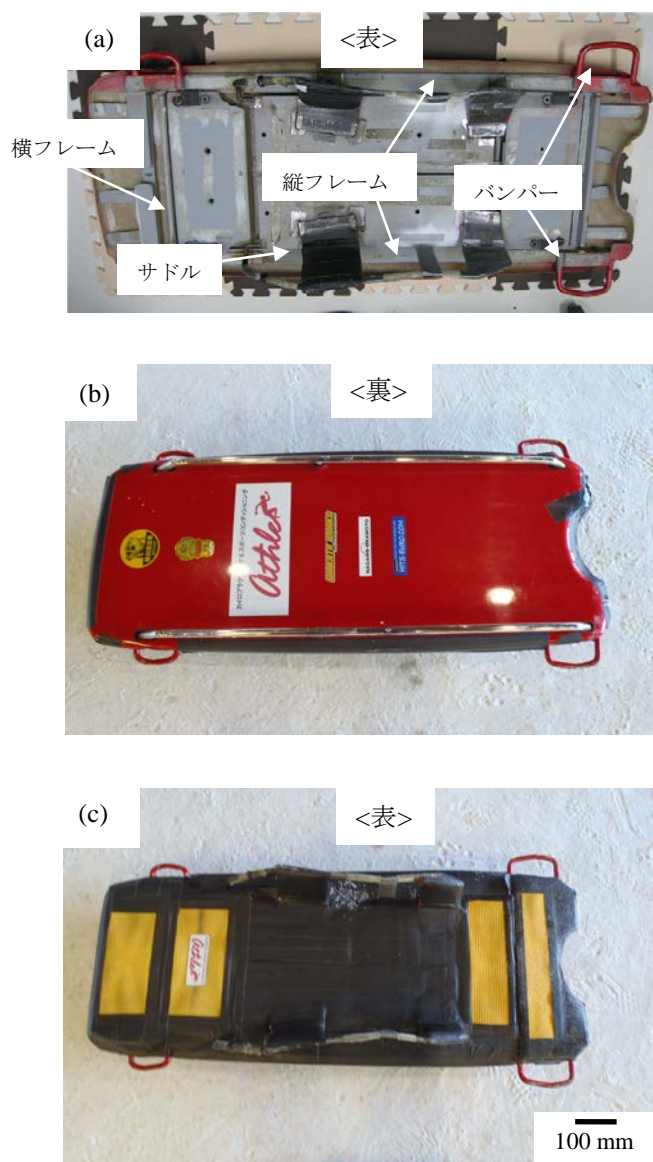


図2 ソリフレーム

((a)スケルトンフレーム(表), (b)スケルトンソリ(裏), (c)スケルトンソリ(表))

3. 実験結果および考察

ランナーにはそれぞれNC工作機械で溝加工を施し、比較・検討を行った。ランナーの材質はSUS304を使用し、ランナー溝の本数は1本で、溝の形状の違う2種類のランナーを作製した。図5に加工したランナー溝の断面形状を示す。溝はセンターから2.13mmの位置に深さ1.7mm、幅2.5mmの切削加工を行った。Type Aは溝の形状が90°Vで長さが383mm、Type Bは溝の形状が135°Vで長さが383mm、Type Cは基準のランナーとなっている。

ランナーの寸法は径16mm、全長1000mm、溝は全長383mmで1本とした。これらはFIBT¹⁾およびライアン製の1本溝ランナーを参考にした。また、溝形状の選定は、被験者の試乗を第一に考え、選手の意見を採用した。

図6に滑走時の水平方向加速度 a_x 、進行方向加速度 a_y 、垂直方向加速度 a_z と時間 T の関係を示す。それぞ

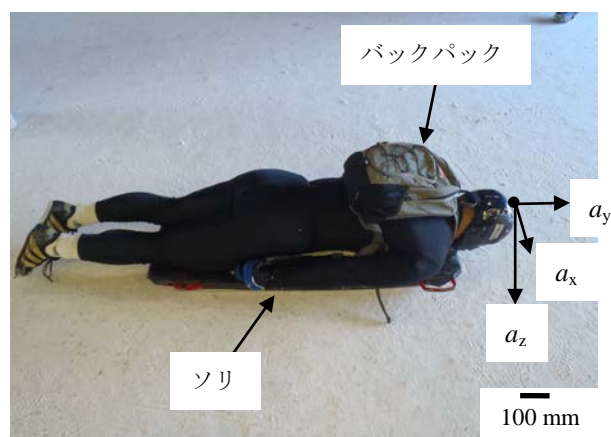


図3 装置を装着した選手

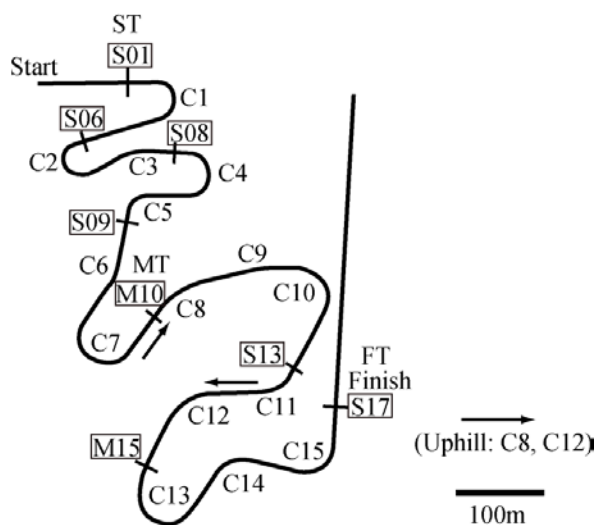


図4 スパイラルコース

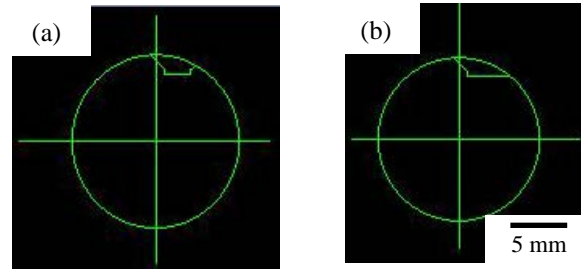
れ色の付いた線が生データ、黒い線が LPF の 1Hz で解析したものである。加速度の単位は G ($1G=9.8m/s^2$) で、時間は秒で表されている。S01 がスタートタイム、S06, S08, M10 が中間タイム、S13, S17 がファイナルタイムとなっている。この時間は光電センサで計測され、リザルトで確認することができる。

垂直方向加速度 a_z は、最も大きな出力となり、カーブの位置を確認する指標となる。C7 のカーブに注目すると、生データでは 10G 程度となり、解析後は 3G 程度となっている。

水平方向加速度 a_x は、 $\pm 2G$ 程度が生データとなっている。解析後は $\pm 0.5G$ 程度になり、カーブでの操作を解析することに有益なデータと考えられる。ここで、C7 のカーブに注目すると、 $0.5G$ 程度の大きな力がかかっていることがわかり、また、データの形から 2 度上がりしていることが予想される。

進行方向加速度 a_y は、 $\pm 1G$ 程度が生データとなっている。解析後は $\pm 0.2G$ 程度になり、2 か所の登り坂では a_y がマイナスとなることで減速していることが確認できる。

なお、ランナーの溝形状の違いは、 $135^\circ V$ 溝が操作性に優れることが被験者の感想から確認できた。水平方向加速度 a_x のデータ比較より、同じランナーであっても日によって滑走面の状況が違うため、その影響で操作性に少し差異がみられることがわかった。水平方向加速度 a_x のデータ比較より、3 種類のランナーの中では $135^\circ V$ 溝のランナーが水平方向加速度 a_x の振れが少なかった。よって、操作性に優れていると言え、被験者の感想とも一致した。



(a) Type A ($90^\circ V$ 溝) (b) Type B ($135^\circ V$ 溝)

図 5 ランナー溝の断面形状

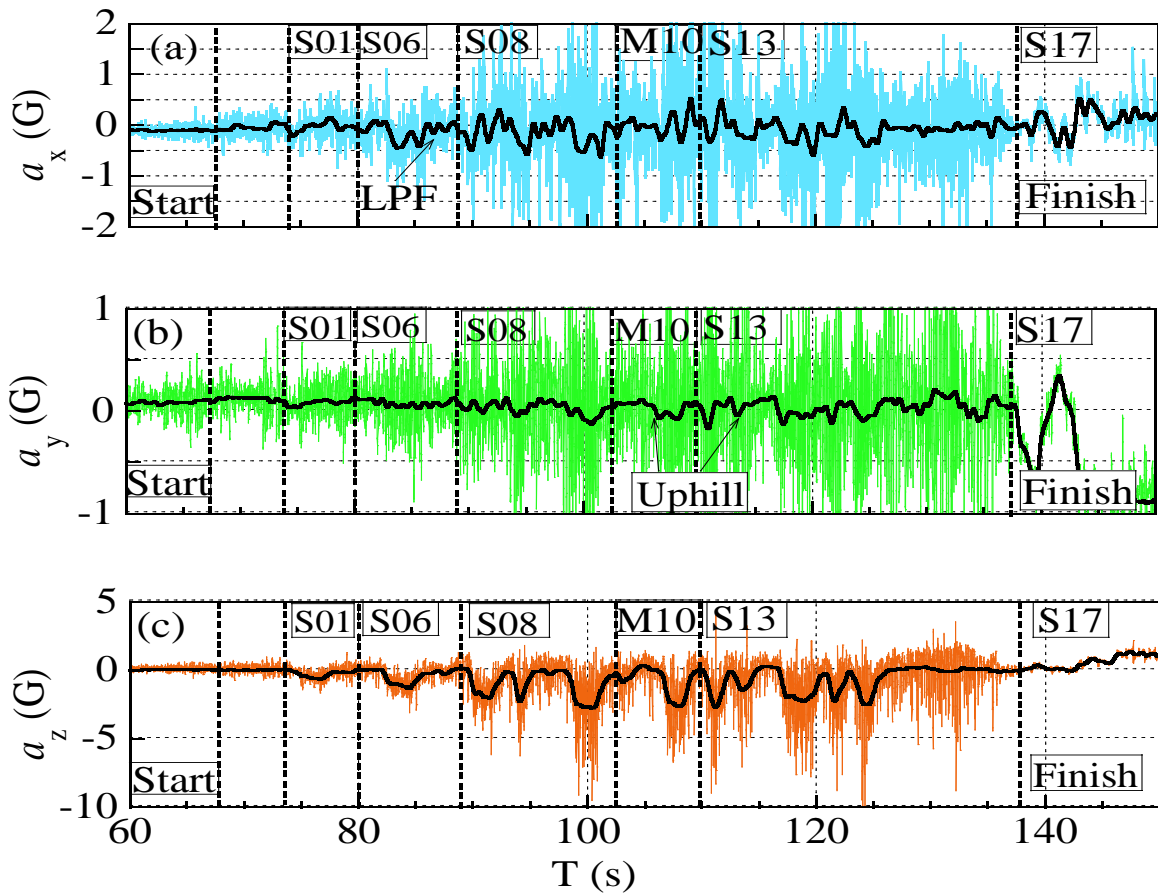


図 6 滑走時の水平方向加速度 a_x 、進行方向加速度 a_y および垂直方向加速度 a_z と時間 T の関係

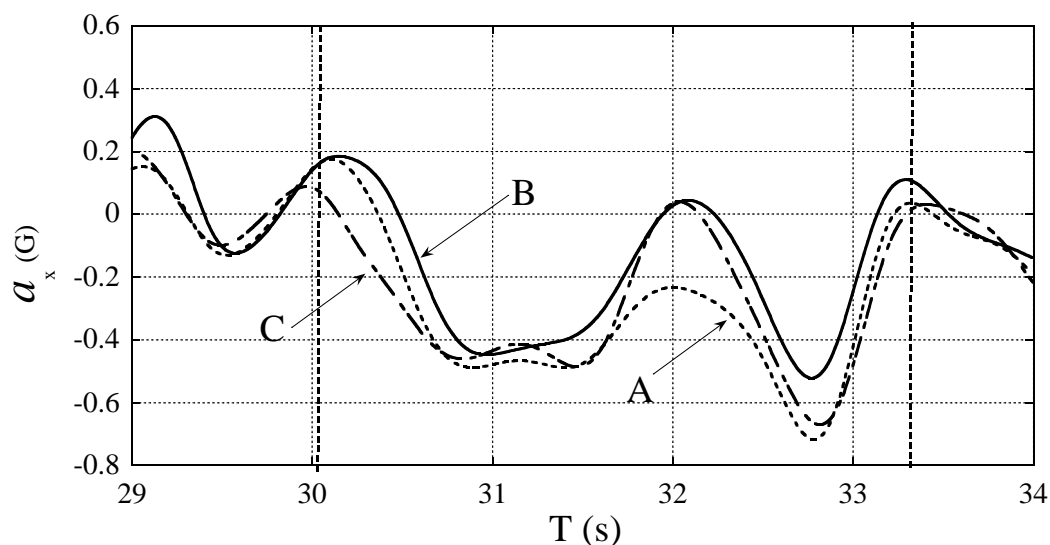


図7 C7カーブ付近での90°V溝のランナー(A), 135°V溝のランナー(B), U溝のランナー(C)の水平方向加速度 a_x と時間 T の関係

図7にローパスフィルタ処理を行ったC7カーブ付近での90°V溝のランナー, 135°V溝のランナー, U溝のランナーの水平方向加速度 a_x の比較の図を示す。横軸は時間で, 30s付近の点線から33s付近の点線までがカーブの区間となっている。

カーブの区間におけるデータの振れ幅は90°V溝ランナーが0.2Gから-0.7Gの0.9G, 135°V溝ランナーが0.2Gから-0.5Gの0.7G, U溝ランナーが0.1Gから-0.7Gの0.8Gとなっている。このことより, 一番振れ幅の小さい135°V溝ランナーが操作性に優れていると考えられる。

スケルトンソリのランナーは, 直径16mmでランナー溝の深さがFIBT規格で2mmまでと決められている。本研究では, ランナーの溝パターンおよびランナー断面形状を設計変更後実験し, 被験者が2015年1月25日, スパイラルでの長野県大会で優勝の一助となった。

4. 結言

スケルトンソリの最適なランナーの条件を導出することについて, 得られた結果は以下のとおりである。

(1)ランナーの溝形状の違いは, 135°V溝が操作性に優れることが被験者の感想から確認できた。

(2)水平方向加速度のデータ比較より, 同じランナーであっても日によって滑走面の状況が異なるため, その影響で操作性に少し差異がみられることがわかった。

(3)水平方向加速度のデータ比較より, 3種類のランナーの中では135°V溝のランナーが水平方向加速度の振れが少なく, 操作性に優れていると言え, 被験者の感想とも一致した。

参考文献

- 1) FIBT International Skeleton Rules, 2014.
- 2) 長坂明彦, 関翼, 内山了治, 渡辺誠一, 生駒良弘, 越和宏, 池田芳正, 松原達郎: スケルトンのソリフレーム変形特性, スポーツ産業学研究, 19, 2, (2009), pp. 113-118.
- 3) 青木博夫, 宮尾芳一, 芳賀武, 浅川司, 藤沢謙一郎: 長野冬季オリンピックのリージュ競技結果に対する分析—上位者と下位者の比較—, 長野体育学研究, 10, (1999), pp. 17-24.
- 4) 長坂明彦, 関翼, 田中裕樹, 岡田拓真, 穂刈聡, 内山了治, 渡辺誠一, 生駒良弘, 越和宏: スケルトンの溶接構造ソリフレームの操作特性, 長野体育学研究, 18 (2011), pp. 1-7.
- 5) 長坂明彦, 宮本安暁, 松原達郎, 竹把悠, 磯部浩己: スケルトンソリのサドル製作および操作特性, 長野工業高等専門学校紀要, 第48号, 2-1 (2014), pp. 1-3.