

スケルトンそりのフレーム特性*

長坂明彦^{*1}・関 翼^{*2}・穂刈 聡^{*3}・内山了治^{*4}・
生駒良弘^{*5}・越 和宏^{*6}・池田芳正^{*7}・松原達郎^{*8}

Frame Properties of Skeleton Sled

NAGASAKA Akihiko, SEKI Tsubasa, HOKARI Satoshi, UCHIYAMA Ryoji,
IKOMA Yoshihiro, KOSHI Kazuhiro, IKEDA Yoshimasa and MATSUBARA Tatsuro

Skeleton is a winter sport in which competitors aim to drive a one-person sled in prone, head-first position down an ice track in the fastest time. Top speeds attain in skeleton approximately 130 km/h. The purposes of this study were to measure the dynamic strain, the gravity force and the centrifugal force applied to the sled frame, and to investigate characteristic of the frame. The experiments were carried out at the Spiral.

In the experiment, first a strain gage and an acceleration transducer were attached to the frame, then data was collected with a compact recorder.

キーワード: スケルトン, ソリ, 相関係数, ひずみゲージ, 加速度計

1. 緒言

スケルトンは鉄製のソリにうつぶせで乗り、頭から滑ってタイムを競う競技である。スケルトンは 2002 年のソルト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 年に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た。

著者らは、これまでにエムウェーブにおいてスラップスケート靴ブレードの動ひずみ測定について報告してきた¹⁾。しかしながら、リュージュに関する研究²⁾はあるが、スケルトン競技に関する研究はほとんど行われていない。

そこで本研究では、2014 年のソチオリンピック等

に向けて滑走中の選手のソリへの操作による影響を調査することで、スケルトンの滑走タイム（ファイナルタイム）を短縮することを目的として、滑走中の選手の垂直方向加速度、水平方向加速度、進行方向加速度測定およびフレームのひずみ（変形）測定を行い、選手にフィードバックするシステムの構築を試みた。

2. 実験方法

実験は長野市スパイラルで行った。図 1 にスパイラルのコースを示す。このコースの全長は 1360m、標高差は 113m およびカーブ数は 15 である。同図において、C1～C15 はカーブ番号を示す。また、ST (S01) はスタートタイム、MT (M10) は中間タイムおよび FT (S17) は滑走タイムの位置で、光電管により測定される。

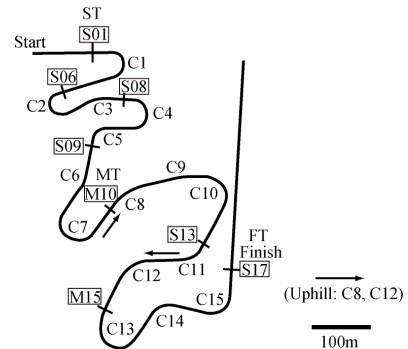


図 1 スパイラルコース

* 2009 年 3 月 6 日 (社) 日本機械学会 北陸信越学生会
第 38 回学生員卒業研究発表・講演会にて一部発表

*1 機械工学科教授

*2 生産環境システム専攻 学生

*3 日産テクノ株式会社 (平成 20 年度機械工学科卒業)

*4 一般科教授

*5 長野県ボブスレー・リュージュ連盟

*6 株式会社システックス

*7 日本ボブスレー・リュージュ協会

*8 愛知時計電機株式会社

原稿受付 2009 年 5 月 20 日

図2にソリのフレーム（スクウェア）を示す。図3に装置を装着した選手を示す。図2の左側がソリの前側となる。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。この写真の左側がソリの前側となる。写真の上下部にある長い板が縦フレームである。同様に、写真の左右側にある板が横フレームである。それぞれのフレームは、ソリの四隅で固定されている。垂直方向加速度および水平方向加速度測定には加速度センサ（株）共和電業、AS-10GA（±10G）を用いた。なお、垂直方向加速度測定は、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、水平方向加速度測定は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。加速度センサおよび信号を記録するコンパクトレコーダ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。

ひずみ測定にはソリの縦フレームの中央の上部に、長手方向にひずみゲージを貼付し、滑走時の縦フレームの動ひずみを測定した。

また、ひずみは三次元測定機を用いてたわみ量として校正した。⁴⁾

なお、実験日(2008年1月14日)の天候は晴れ、外気温 1℃、湿度 64%、氷温は-11℃であった。今回の被験者は1名であり、身長 177cm、体重 68.5kg、その重量は 41.5kg である。この被験者は 2007 年度全日本スケルトン選手権にて 6 位の成績を収めている。

3. 実験結果および考察

図4に重錘 W およびひずみ ε とたわみ量 δ の関係を示す。RとLは縦フレームの左右を意味する。図4(a)のたわみ量と比較することで、 ε を δ で校正した。

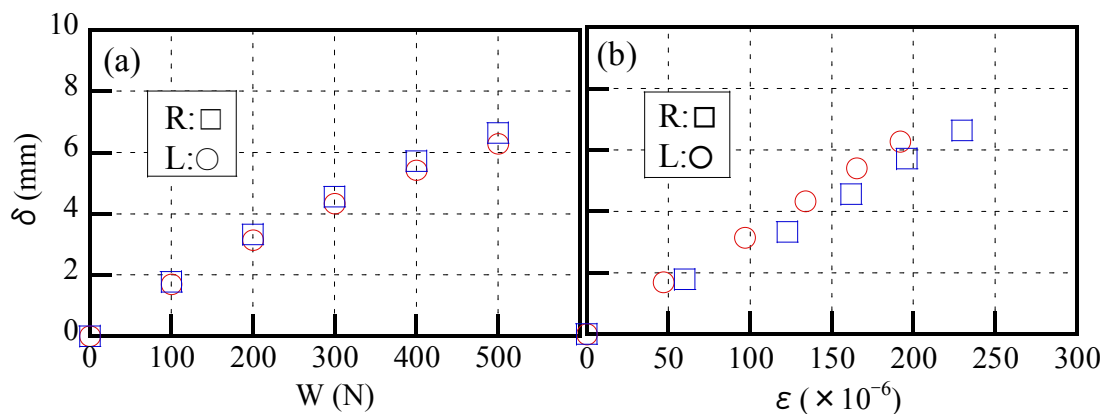


図4 重錘 W およびひずみ ε とたわみ量 δ の関係

図5に滑走中の垂直方向加速度 a_v および水平方向加速度 a_h と時間 T の関係を示す。図5(a)は FLAT の垂直方向加速度、図5(b)は 1Hz のローパスフィルタ処理後の垂直方向加速度、図5(c)は FLAT の水平方向加速度および図5(d)は 1Hz のローパスフィルタ処理後の水平方向加速度の時系列のデータである。図5(a)において、加速度センサの感度方向を進行方向に対して下側（ソリ側）をプラスに設定したことで、波形はプラス側に出力された。また、フィルタ処理により、波形が明瞭になる。カーブに入ると約 4G の力が作用していることがわかる。（図5(b)）図5(c)において、水平方向加速度のセンサ感度方向を進行方向に対して右側をプラスに設定したことで、波形はプラス・マイナス

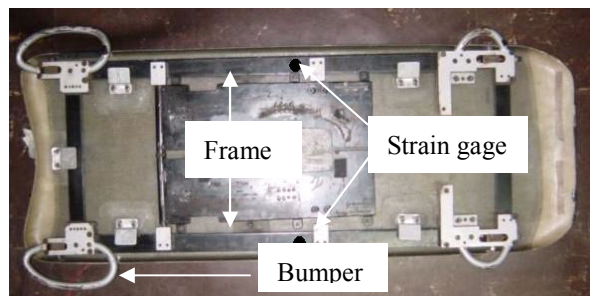


図2 スケルトンフレーム



図3 装置を装着した選手

に出力された。フィルタ処理により波形が明瞭になる。左カーブを通過するとプラス波形（右方向の加速度）、右カーブを通過するとマイナス波形（左方向の加速度）が検出されたが、前述の垂直方向加速度に比較して、水平方向加速度が 1~2G 程度と小さいことがわかる。（図 5(d)）

図 6 に、滑走中の進行方向加速度の時系列表示を示す。(a)が FLAT, (b)が 1Hz のローパスフィルタを通した時系列表示である。コースは基本的に下り坂のためゆるやかに上昇し、カーブに入ると値が上下している

ことがわかる。なお、C8 と C11 の後は上り坂となっているが、どちらにおいても加速度の減少が見られた。特に C11 の後は加速度がマイナスとなり、減速していることがわかる。

図 7 にフレームのひずみと時間 T の関係を示す。図 7(a)は右縦フレーム中央部のひずみ、図 7(b)は左縦フレームのその時系列のデータである。カーブに入るとそれぞれマイナスの値が出力される。右カーブおよび左カーブで左右のひずみ値に大きな違いは見られなかった。

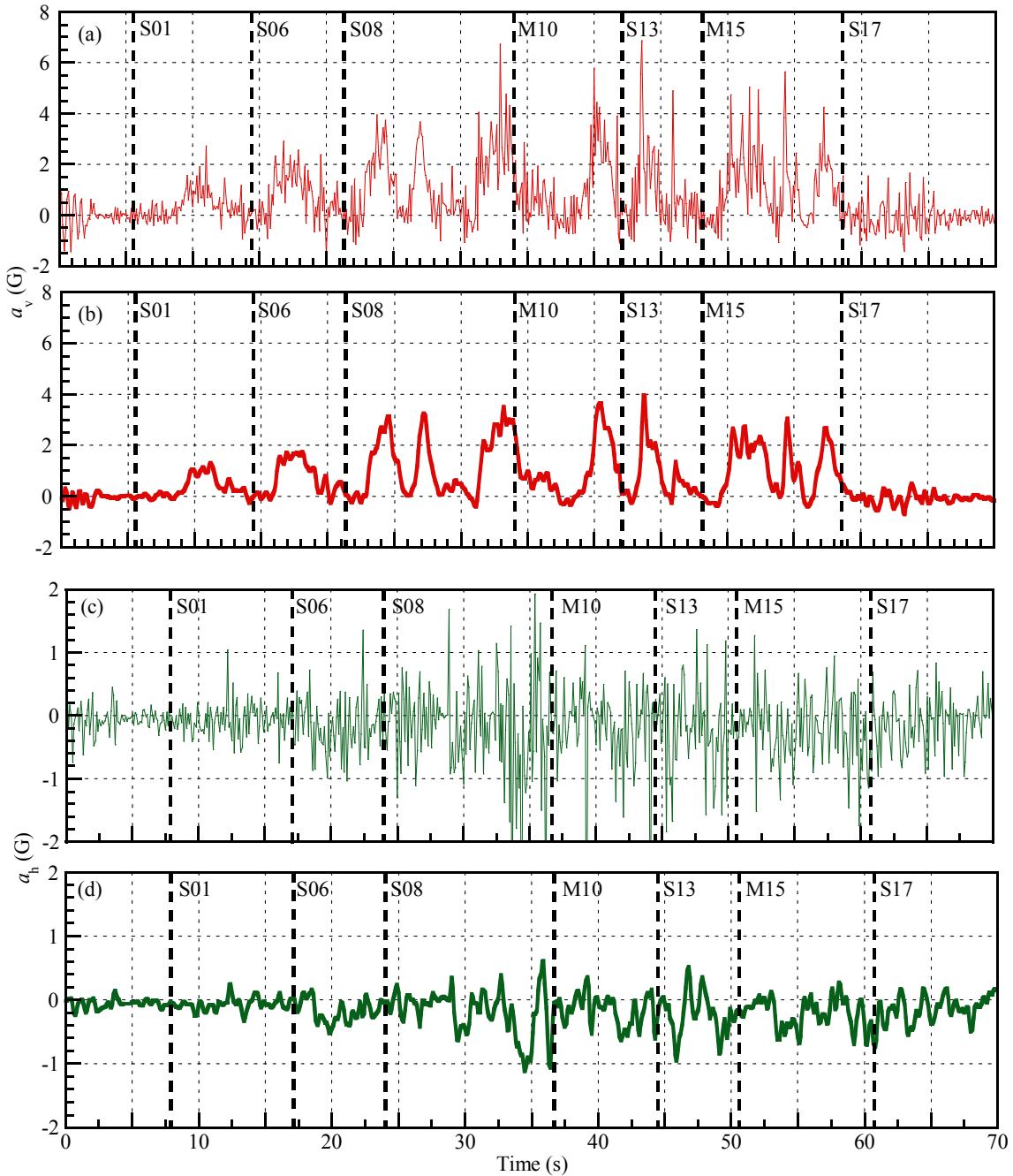


図 5 垂直方向および水平方向加速度の時系列表示

ことがわかる。なお、C8とC11の後は上り坂となっているが、どちらにおいても加速度の減少が見られた。特にC11の後は加速度がマイナスとなり、減速していることがわかる。

図7にフレームのひずみと時間 T の関係を示す。図7(a)は右縦フレーム中央部のひずみ、図7(b)は左縦フレームのその時系列のデータである。カーブに入るとそれぞれマイナスの値が出力される。右カーブおよび左カーブで左右のひずみ値に大きな違いは見られなかった。

図8(a)に、S01からS08の区間における(a)垂直方向加速度 a_v 、(b)水平方向加速度 a_h 、(c)進行方向加速度 a および(d)ひずみ ε と時間 T の関係を示す。S01からS08において、カーブに入り、垂直方向加速度が増していくと同時にフレーム部のひずみがマイナス側に出力されていることがわかる。進行方向加速度は、わずかにプラス側にあり不規則な値となっているが、カーブ中にプラス側へ上昇している。遠心加速度はこの区間では明瞭な値が出なかった。

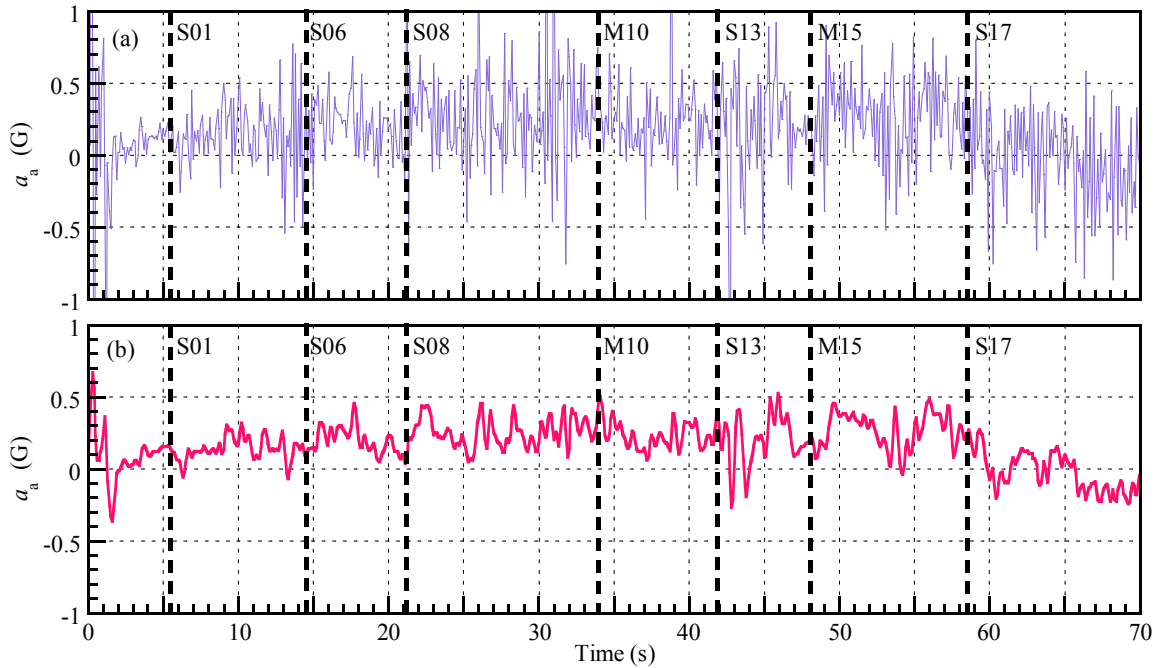


図6 進行方向加速度の時系列表示

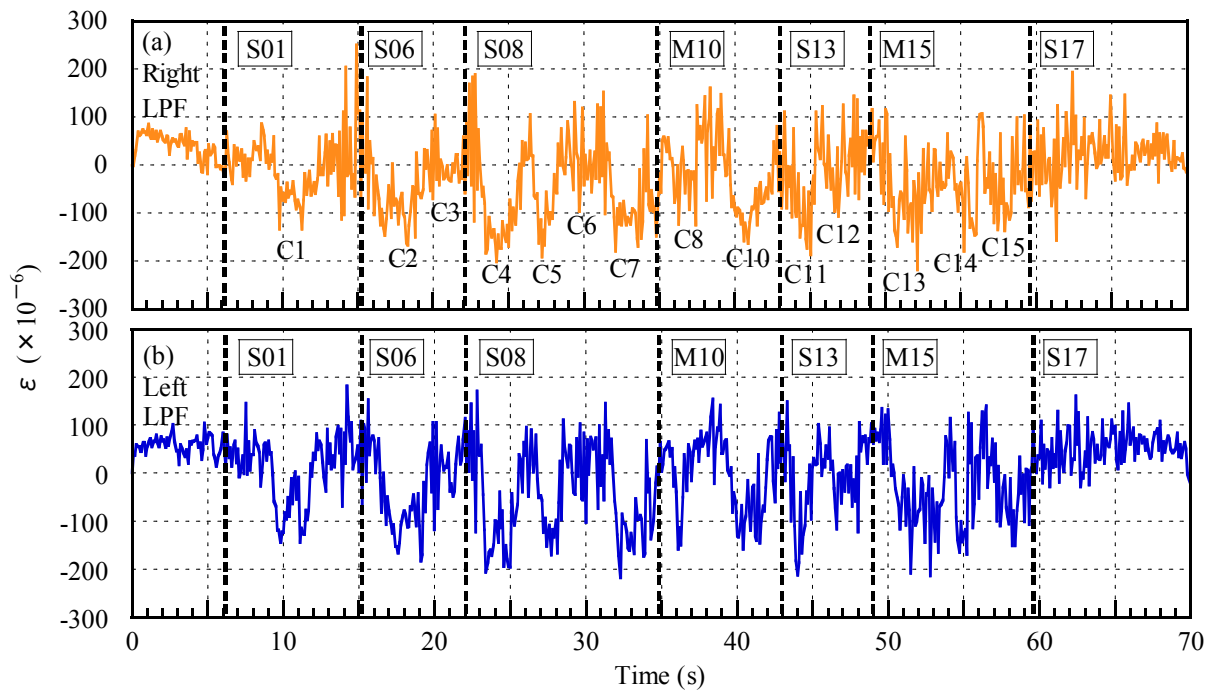


図7 ひずみの時系列表示

図9に、S08からM10における (a)垂直方向加速度 a_v , (b)水平方向加速度 a_h , (c)進行方向加速度 a および (d)ひずみ ε と時間 T の関係を示す。S08からM10において、C7に相当する部分で垂直方向加速度が約3Gまで上昇しているが、水平方向加速度は右側の方へ約1Gのあたりまでで上下していることがわかる。カーブの中でそりが2度上がりするためにこのような値が検出されたことが考えられる。進行方向加速度は、カーブに入ると大きく上昇しその後減少していき、ストレートではほぼ一定の値を示した。ひずみは、カーブに入ると共にマイナスの値を示すが、カーブ中左右交互にわずかながら上下していることがわかる。図10にS08からM10において、垂直方向加速度、水平方向加速度およびたわみ量を時系列表示を示す。プラス側に台形状に出力されたものが垂直方向加速度、中央で大きく上下に値が出力されたものが水平方向加速度、ほぼ中央に出力された値が進行方向加速度、マイナス側に台形状に出力されたものがたわみ量で

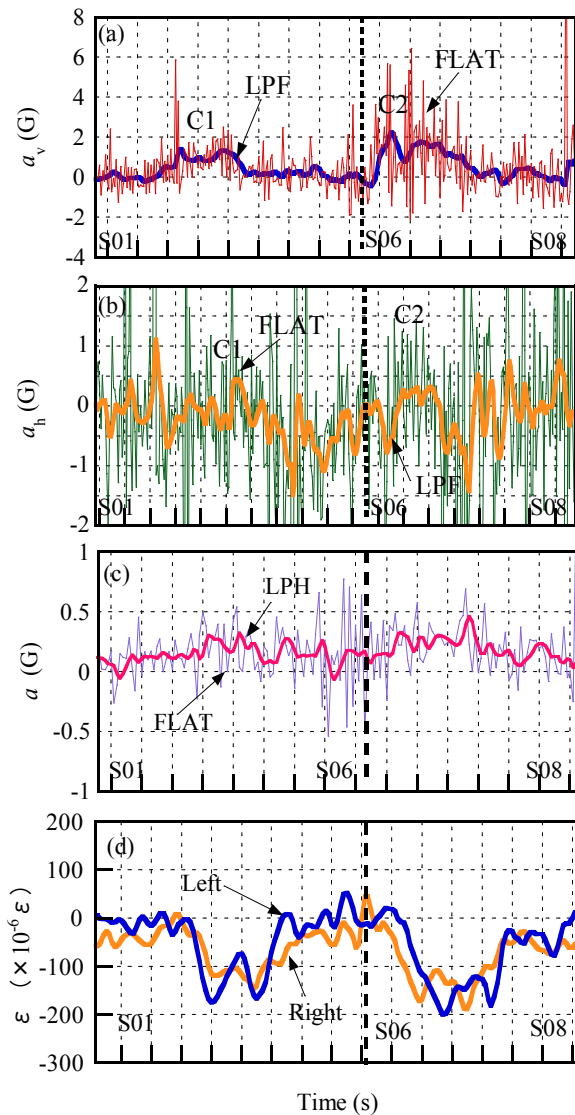


図8 S01~S08間の時系列表示

ある。垂直方向加速度とたわみはともに上下していることが分かる。水平方向加速度は、カーブに入るとカーブの方向とは反対方向の加速度（右カーブのC4では左、左カーブのC5では右）が表れ、その後カーブ中では左右交互に検出されていることが分かる。垂直方向加速度およびたわみがほとんど検出されなかったC6でも水平方向加速度は左右共に検出されているので、ソリの傾きをコントロールする必要性がわかる。

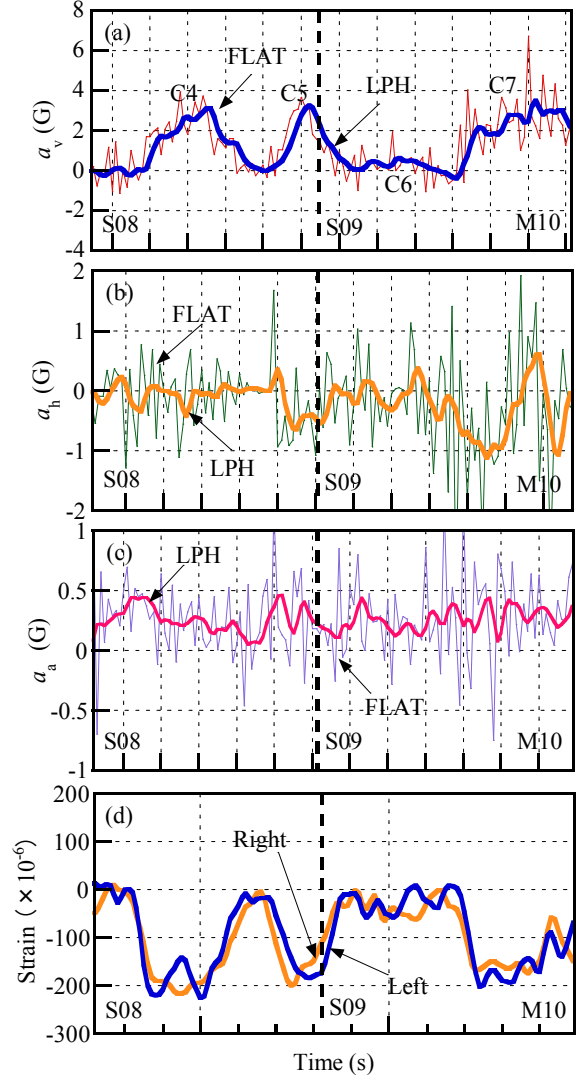


図9 S08~M10間の時系列表示

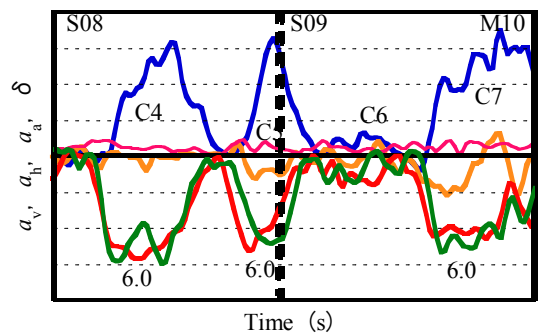


図10 S08~M10間の時系列表示

以上のことより、選手が計測器を背負うことによるタイムのロス、全体で約1~2秒であり、センサの装着・脱着に要する時間はそれぞれ10分程度で、測定データの表示はリザルトからPCに出力することで瞬時に可能となる。

4. 結言

スケルトンソリの変形特性について得られた主な結果は以下の通りである。

- 1) コース上の時間(リザルト)から重力加速度、遠心加速度およびびずみの大小を測定し、選手にフィードバックすることが可能となる。選手が計測器を背負うことによるタイムのロスはやく1~2秒であり、センサの装着・脱着に要する時間はそれぞれ10分程度で、測定データの表示はリザルトからPCに出力することが瞬時に可能となる。
- 2) 重力加速度は2~4Gと遠心加速度より相対的に大きく出力された。また、遠心加速度はカーブに伴い1~2G程度の力、進行方向加速度は最大約0.5Gの力

が作用した。

最後に、本研究をご支援いただきました株式会社竹村製作所 井上宏克氏に対し深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 長坂明彦, 掛川洋平, 平林喜明, 井上宏克, 土橋文行, 宮澤純一, 小松清視, 関 翼, 山本竜太: スラップスケート靴ブレードの動ひずみ測定, スポーツ産業学研究, Vol. 18, No.1, pp.17-24 (2008.3)
- 2) 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, pp.17-24 (1999)
- 3) 内山了治, 渡辺誠一, 大澤幸造, 藤沢義範, 塚田修三, 児玉英樹: Sprint Running 自動計時システムの製作とその活用, 論文集「高専教育」, 第27号, pp.143-148 (2004.3)