

# スケルトンソリのフレーム変形特性\*

長坂明彦<sup>\*1</sup>・関 翼<sup>\*2</sup>・内山了治<sup>\*3</sup>・渡辺誠一<sup>\*4</sup>  
 生駒良弘<sup>\*5</sup>・越 和宏<sup>\*6</sup>・池田芳正<sup>\*7</sup>・松原達郎<sup>\*8</sup>

## Flame Deformation Properties of Skeleton Sled

NAGASAKA Akihiko, SEKI Tsubasa, UCHIYAMA Ryoji, WATANABE Seiichi,  
 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<sup>1)</sup>。しかしながら、リュージュに関する研究<sup>2)</sup>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、2010 年のバンクーバーオリン

ピックに向けて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、タイムの関連の算出、プッシュスタートの加速度測定、重力加速度測定、遠心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

#### 2-1 スタート測定とタイムの相関

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)

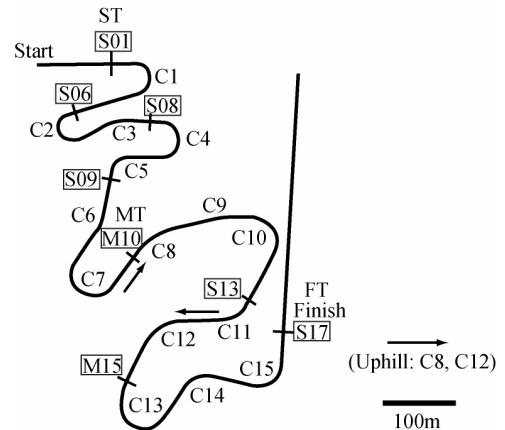


図 1 スパイラルコース

\* 2008 年 3 月 8 日 (社) 日本機械学会 北陸信越支部第 45 期総会・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 一般科教授

\*4 電気電子工学科准教授

\*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 2008 年 5 月 20 日

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 2(a)にプッシュスタートコースを示す。プッシュスタート測定は助走区間に 2.0m~3.0m 間隔で, 地面から 0.09m (ソリの高さ) にアンプ内蔵光電センサ (株) キーエンス, PZ-G5) を並べ, 区間タイムを測定した。この区間ごとのタイムの結果から瞬間速度を算出し, 選手の最適な乗車位置を検討した。<sup>3)</sup> (図 2 (b))

### 2-2 重力加速度, 遠心加速度およびひずみ測定

図 3 にソリのフレーム (スクウェア) を示す。重力加速度および遠心加速度測定には加速度センサ (株) 共和電業, AS-10GA ( $\pm 10G$ ) を用いた。ひずみ測定にはソリのフレームにひずみゲージを貼付し, 滑走時についてのソリの動ひずみを測定した。重力加速度およびひずみの測定は, 信号を記録するコンパクトレコーダをバックパックに入れ, 滑走者が背負った状態で測定した。図 4 に装置を装着した選手を示す。

## 3. 実験結果

図 5 にリザルトのスタートタイムと滑走タイム ( $ST-FT$ ) の相関を示す。リザルトは, 2007 年 12 月 23 日, スパイラルでの全日本選手権の区間タイムである。選手 30 名の 1 本目の  $ST$  と  $FT$  の相関係数は  $R = 0.75$  である。また, 図 6 に  $ST-FT$ ,  $ST-MT$ ,  $MT-FT$  の 1 本目と 2 本目の相関係数  $R$  の関係を示す。スタートタイムと中間タイム ( $ST-MT$ ) および中間タイムと滑走タイム ( $MT-FT$ ) の相関係数はそれぞれ  $R = 0.88$ ,  $0.94$  であり, 予選通過選手 20 名の 2 本目の  $ST-FT$ ,  $ST-MT$ ,  $MT-FT$  の相関係数は  $R = 0.48$ ,  $0.68$ ,  $0.88$  であった。以上のことから, 1 本目および 2 本目とも  $ST-FT$  の相関が相対的に低く, ソリの滑走技術がタイムを左右することが考えられる。

図 7 に加速度  $a$  と距離  $d$  の関係を示す。プッシュスタートにおいて, 加速度  $a$  が  $d = 10m$  付近で最高になり, その後低下してほぼ一定となる。 $d = 13m$  前後がソリの乗車位置に相当した。なお, スパイラルでは  $d = 8m$  前後が乗車位置となり, 乗車位置が約 5m スタート側にシフトした。以上のことから, 適切な乗車位置や乗車姿勢などをアドバイスでき, スパイラルコースに役立てることが可能となる。

図 8 に滑走中のソリの重力加速度および遠心加速度と時間の関係を示す。図 8(a)は FLAT の重力加速度, 図 8(b)は 1Hz のローパスフィルタ処理後の重力加速度, 図 8(c)は FLAT の遠心加速度および図 8(d)は 1Hz のローパスフィルタ処理後の時系列のデータである。図 8(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,

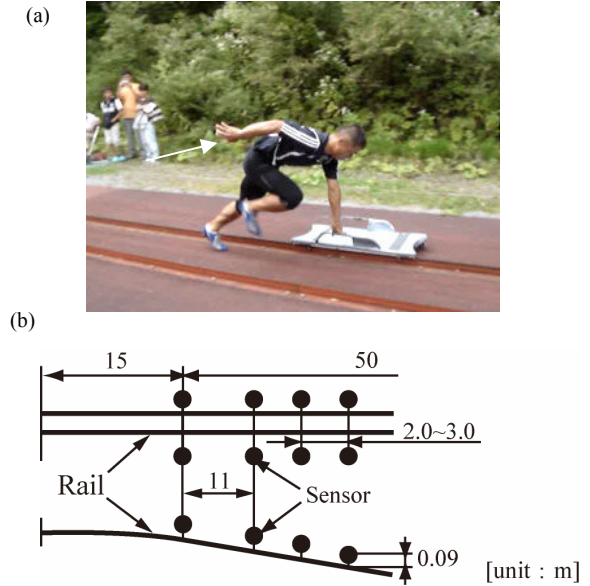


図 2 プッシュスタートコース

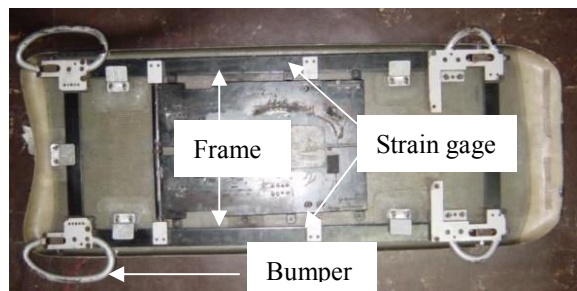


図 3 ソリのフレーム



図 4 装置を装着した選手

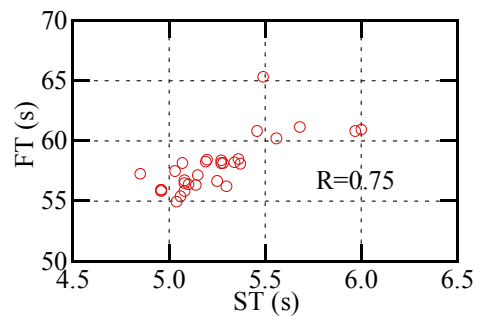


図 5 スタートタイム  $ST$  と滑走タイム  $FT$  の相関

スケルトンソリのフレーム変形特性

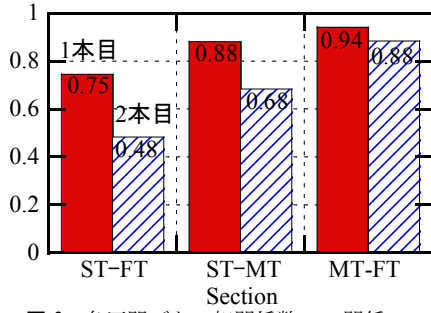


図6 各区間ごとの相関係数  $R$  の関係

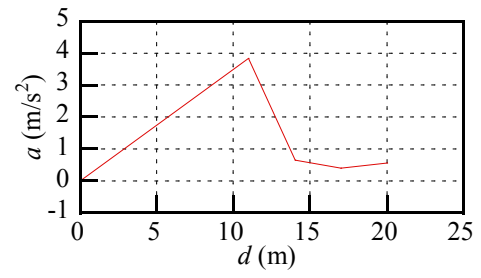


図7 加速度  $a$  と距離  $d$  の関係

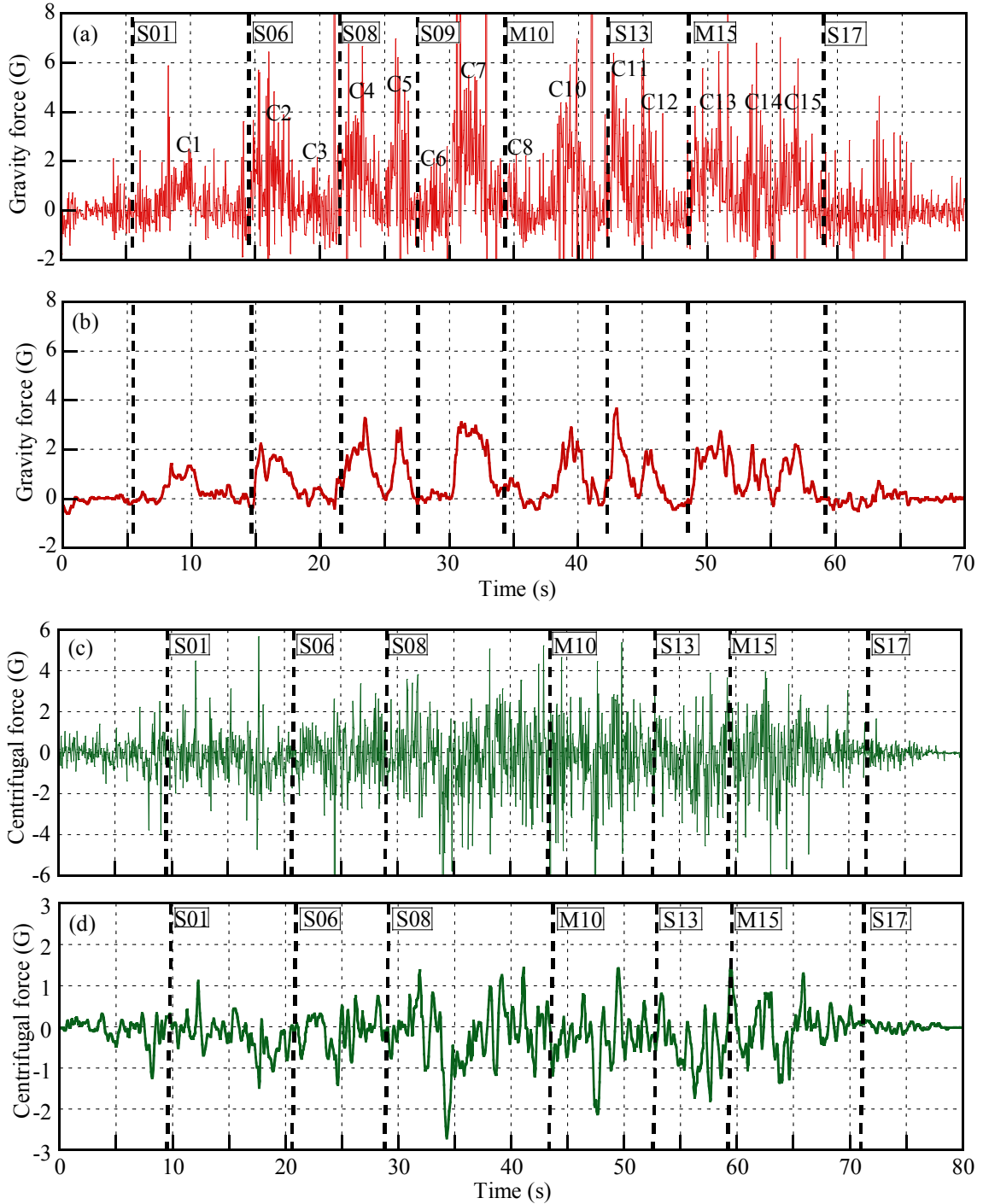


図8 遠心加速度と時間の関係

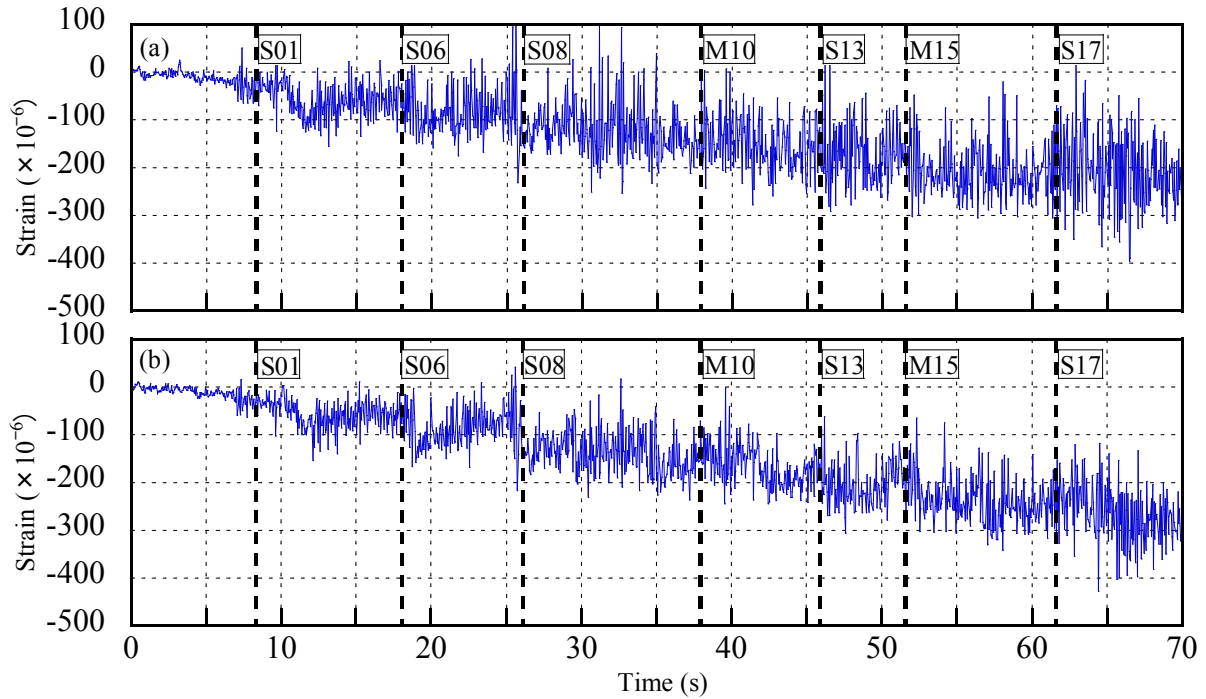


図9 左右のフレーム部のひずみと時間の関係

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8(b))

図8(c)において、遠心加速度のセンサー感度方向を右側をプラスに設定したことで、波形はプラス・マイナスに出力された。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、前述の重力加速度に比較して、遠心加速度が1~2G程度と小さいことがわかる。(図8(d))

図9(a)は右フレーム部のひずみ、図9(b)は左フレーム部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。

S01 から S08 において図10(a)に重力加速度と時間の関係、(b)に遠心加速度と時間の関係、(c)にひずみと時間の関係を、それぞれ示す。カーブに入り、重力加速度が増していくの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。遠心加速度はこの区間では明瞭な値が出なかった。

C7 の S09 から M10 において、図11(a)に重力加速度と時間の関係、(b)に遠心加速度と時間の関係、(c)にひずみと時間の関係を、それぞれ示す。C7 に当たる部分(図11(a),(b)の囲った部分)で重力加速度が約3Gまで上昇しているが、遠心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

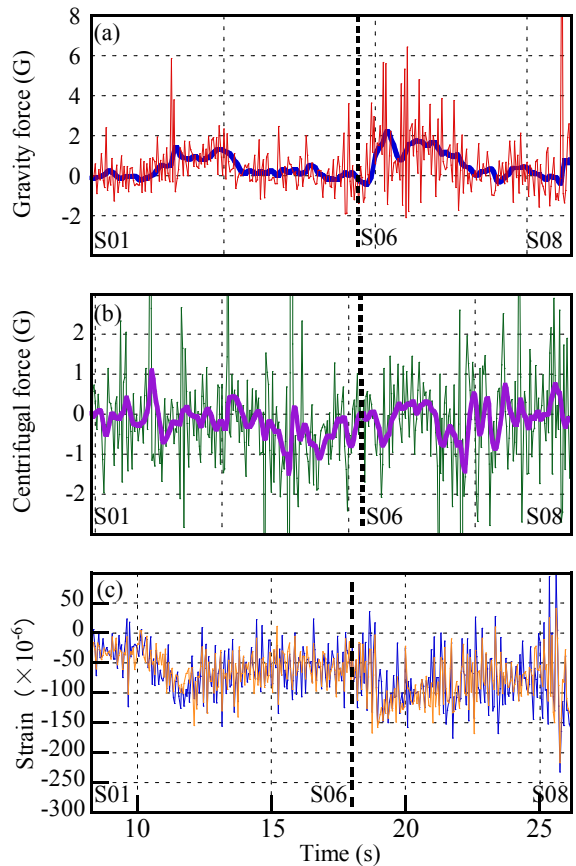


図10 S01-S08間での重力加速度、遠心加速度およびひずみの関係

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ものと思われる。ひずみはこの区間では明瞭な波形が検出できなかった。

#### 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、遠心加速度およびひずみの大きさを測定し、選手にフィードバックすることが可能となった。
- 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程度の力が作用した。
- 3) プッシュスタートの乗車位置と加速度を測定し、適切な乗車位置や乗車姿勢などをアドバイスでき、スパイラルコースに役立てることが可能となった。
- 4) スタートタイムとファイナルタイムの相関は相対的に低く、ソリの滑走技術がタイムを左右することが考えられる。

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ュ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)

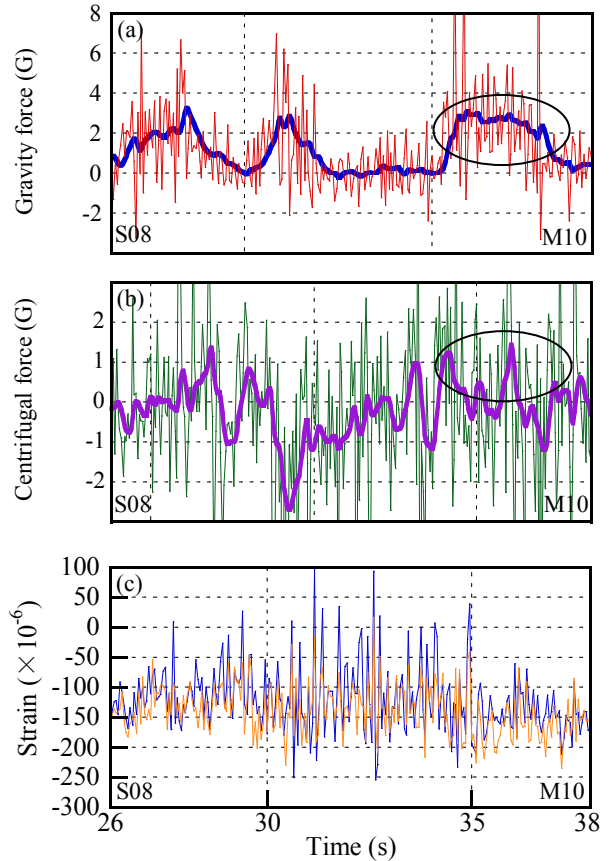


図11 S08-M10間での重力加速度, 遠心加速度およびひずみの関係