

自転車用ロードシミュレータによる 走行時のフレームひずみの再現

九州支所
製品安全技術課
清水 寛治

講演内容

1. 自転車用ロードシミュレータの概要

- (1) 導入目的
- (2) フレームが疲労破壊した例
- (3) ロードシミュレータの仕様
- (4) ロードシミュレータの加速度再現性

2. ロードシミュレータによるひずみの再現手順

- (1) フィールド走行による加速度・ひずみの計測
- (2) 加振用加速度データの作成
- (3) 予備加振による再現ひずみの最適化
- (4) 2つの段差通過及び正面衝突のひずみを連続して再現

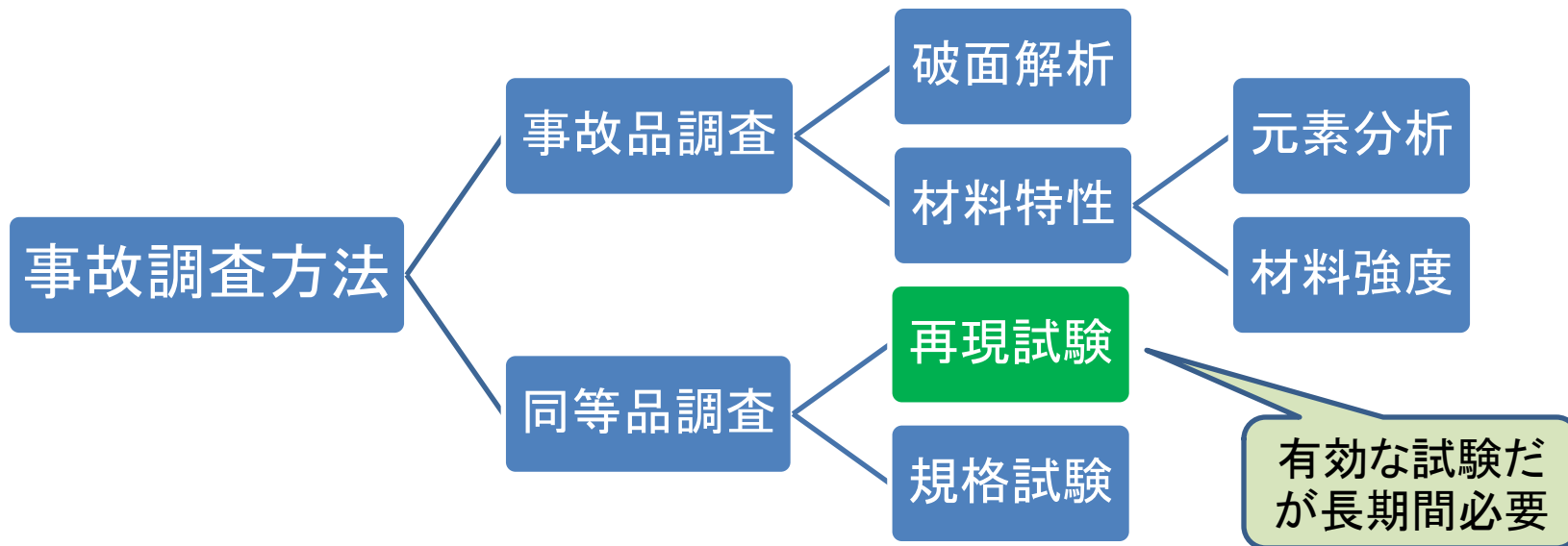
3. JIS、ISO試験との比較

- (1) JIS D 9301 フレーム耐振性試験
- (2) ISO 4210 付属書:完成車の構造完全性 ドラム試験

4. ロードシミュレータの活用(まとめ)

1. 自転車用ロードシミュレータの概要

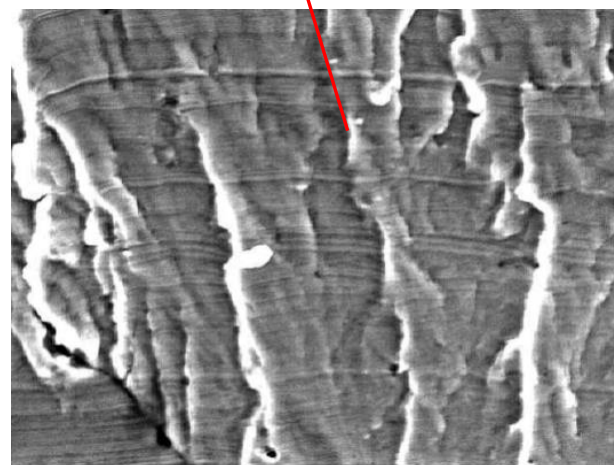
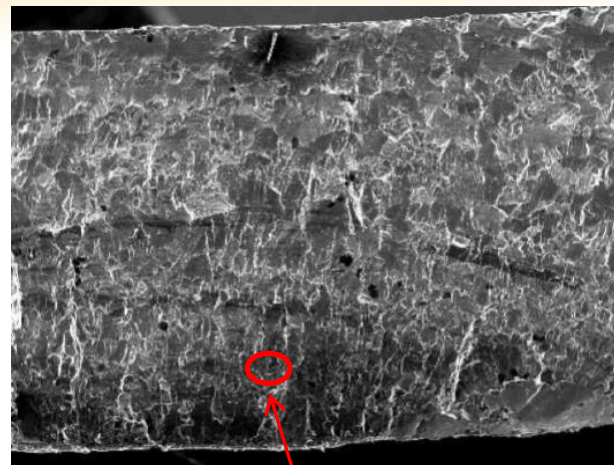
(1) 導入目的



○自転車フレームが疲労破壊を伴って破断する事故が発生しているが、疲労強度不足によるもの或いは衝撃を受けたことによるものなのか不明のことが多い。

○使用期間に相当する再現試験の実施が有効と思われるが、実走行による試験では数ヶ月を要するため、再現試験の実施が困難である。**試験期間を大幅に短縮することにより、事故調査に必要な再現試験を可能とするために本装置を導入した。**

(2) フレームが疲労破壊した例



疲労破面(拡大)

事故品の特徴

- ・破断部の変形が小さい
- ・走行中に突然折れた
- ・出荷時の耐久試験に合格

これらの事故原因を究明するため、疲労耐久性の確認を目的とした再現試験を実施する。

(3) ロードシミュレータの仕様

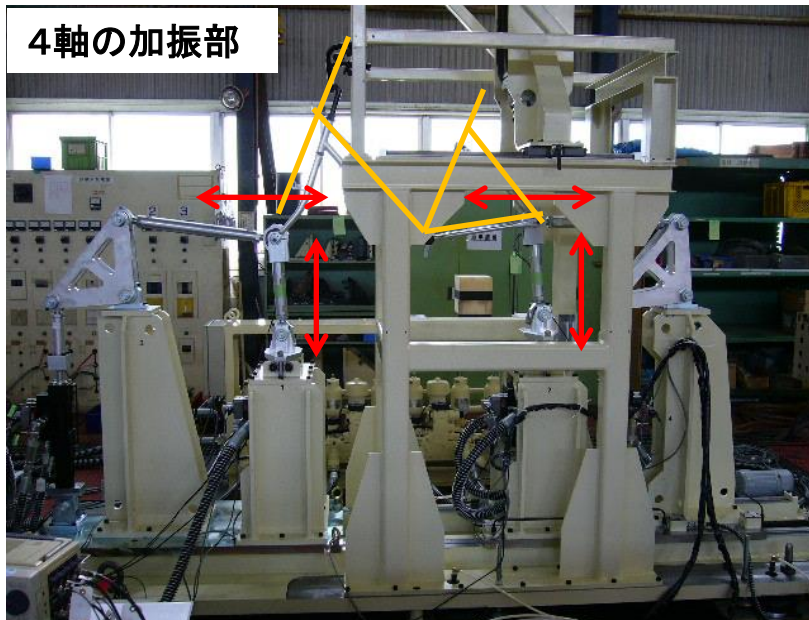
ロードシミュレータ全景



自転車フレーム取り付け部



4軸の加振部



ロードシミュレータの仕様

製造:カヤバシステムマシナリー(株)

加振軸:油圧ピストン×4台

ピストンストローク:水平±50mm

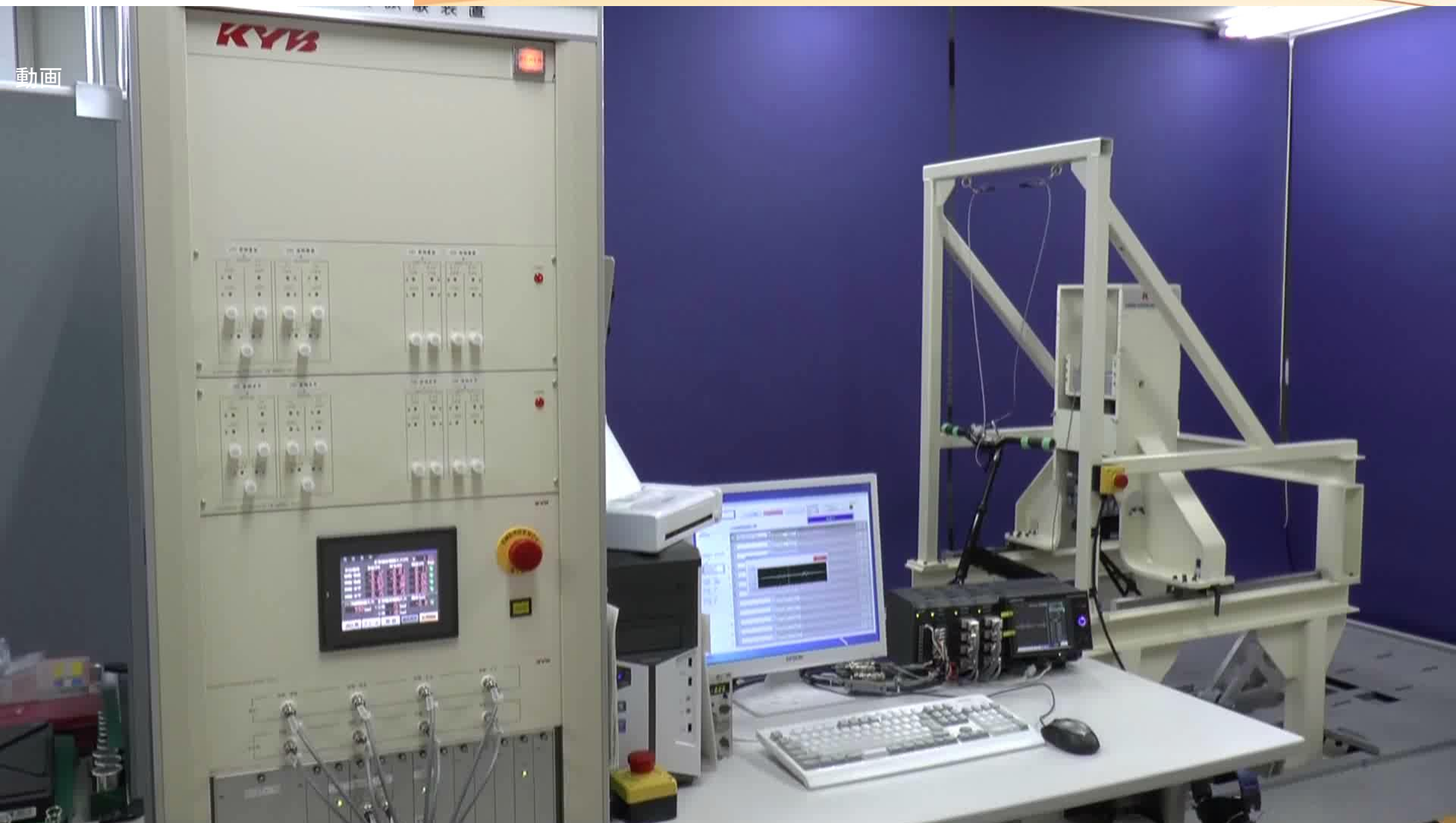
鉛直±75mm

制御方式:変位制御

積載荷重:85kgf



再現最大加速度:約 250m/s^2



動画

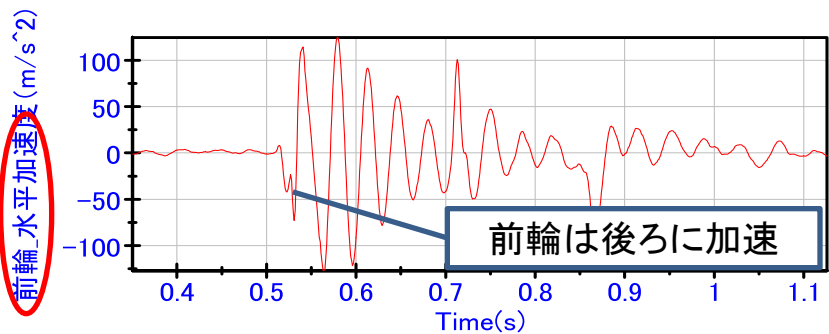
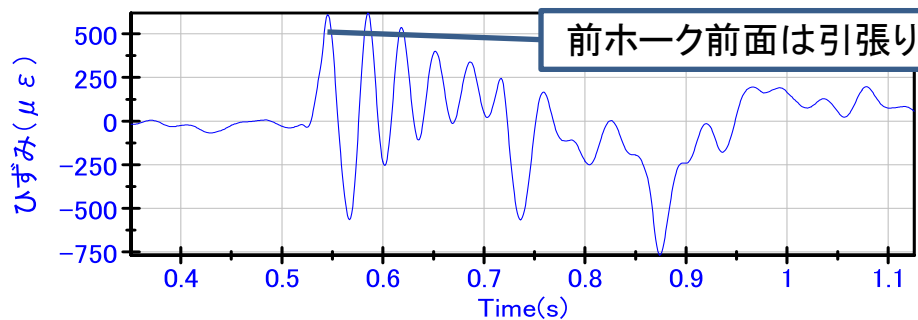
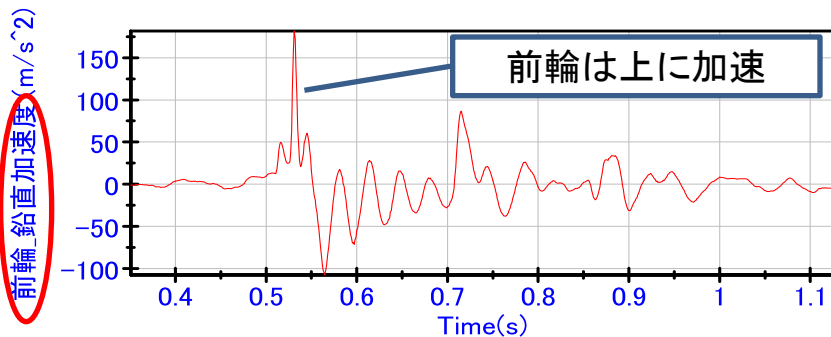
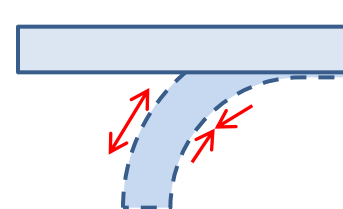
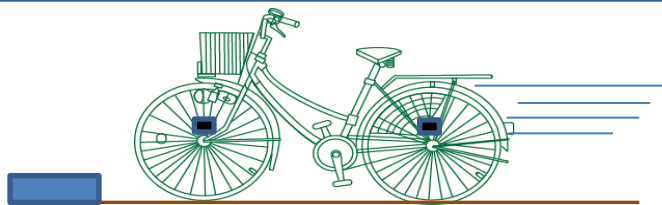


特徴: ・フィールドで測定した前輪、後輪の水平及び鉛直加速度を、忠実に再現可能。

加速度・ひずみグラフの見方

加速度は  鉛直方向: 上に加速するとプラス
 水平方向: 前方へ加速するとプラス

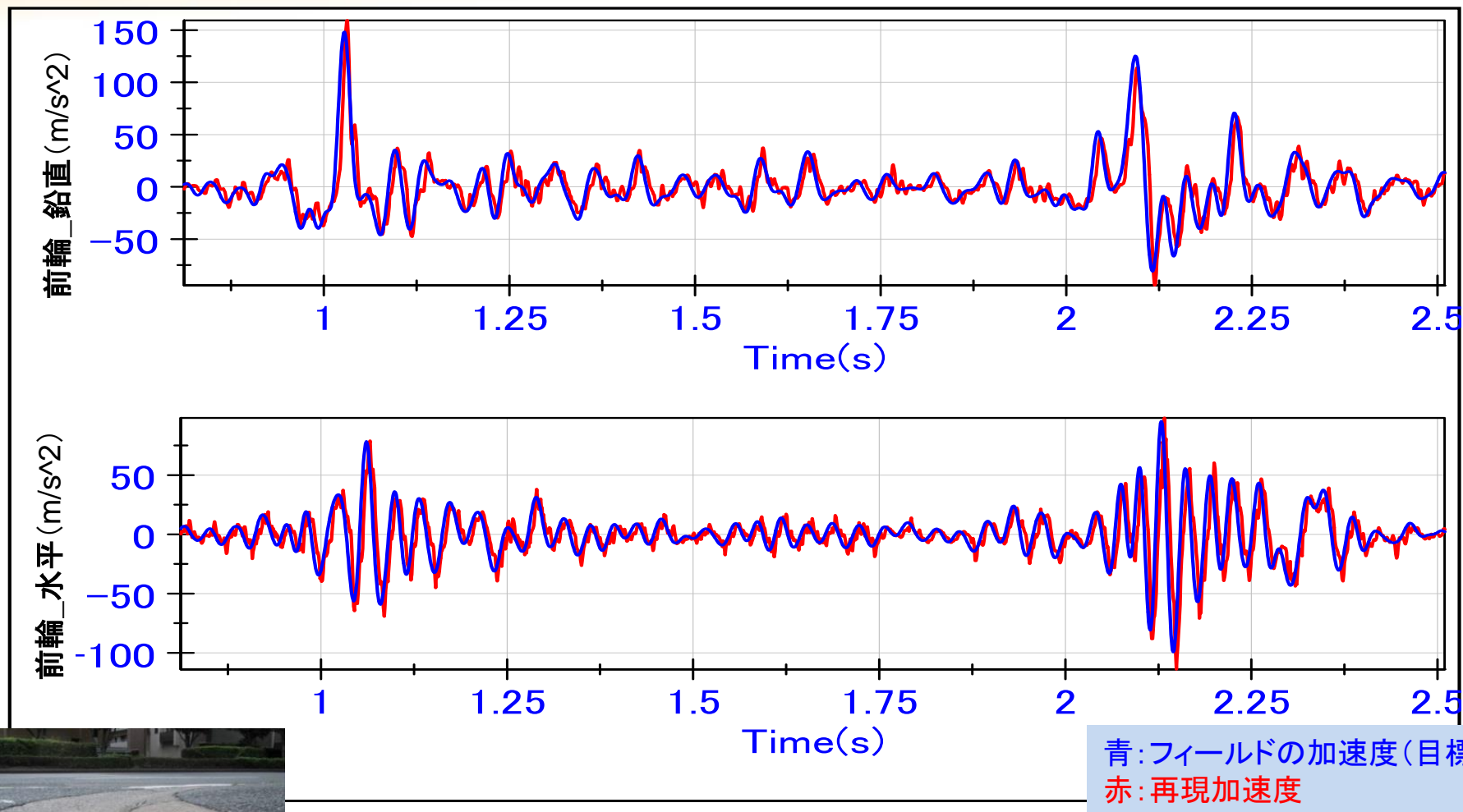
ひずみは  引っ張られるとプラス
 圧縮されるとマイナス



- ・段差に衝突した瞬間、前輪は上方及び後方に加速
- ・前ホークの前面は、後ろに変形(前面は引張り状態)

(4) ロードシミュレータの加速度再現性

歩道と車道の段差(写真)を時速20kmで通過したときの加速度を再現したグラフ



ロードシミュレータは、前輪・後輪の水平及び鉛直加速度を忠実に再現

2. ロードシミュレータによるひずみの再現手順

(1)フィールド走行で加速度・ひずみを計測



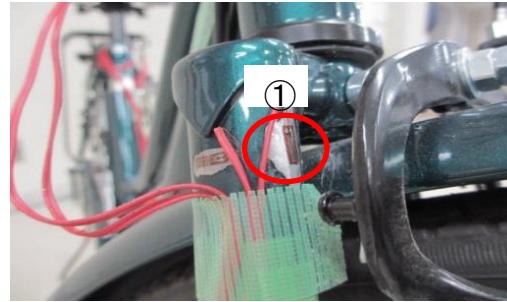
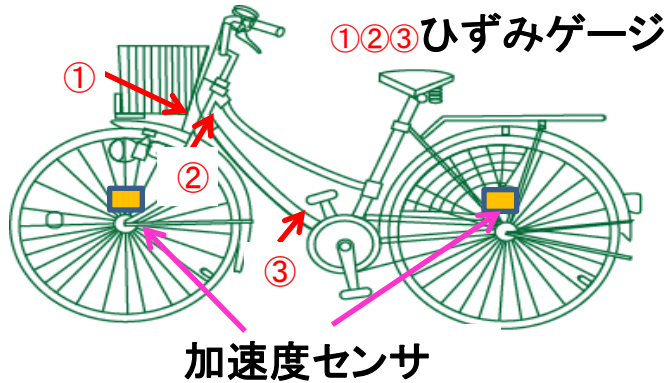
(2)加振用加速度データ作成



(3)予備加振



(4)再現試験



ひずみゲージ(前ホーク)



2軸加速度センサ
(水平、鉛直加速度を同時測定)

(1)フィールド走行で加速度・ひずみを計測



nite 時速10km段差8cm上り

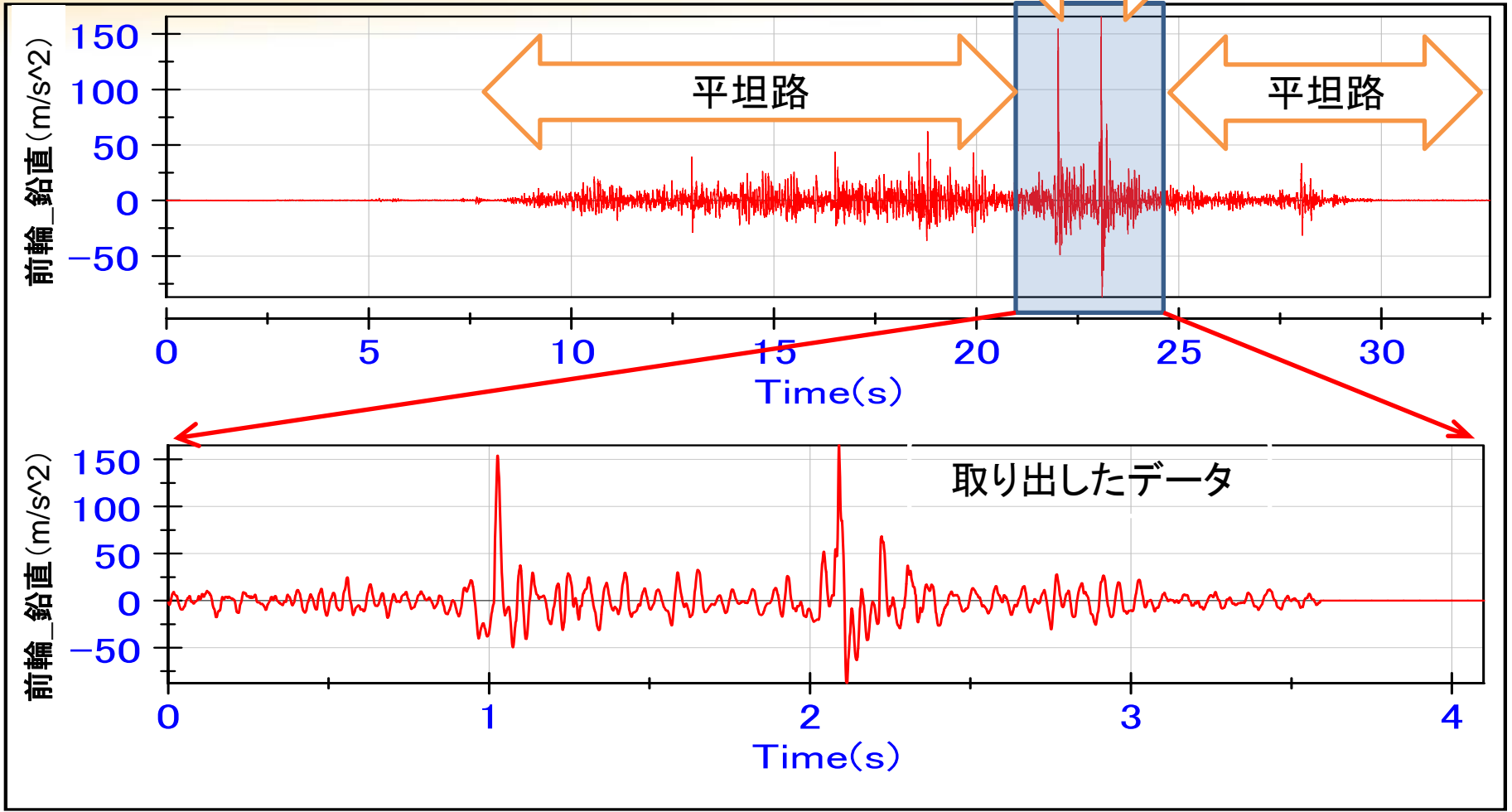


時速20km段差3cm下り、上り



時速7km正面衝突

(2) 加振用加速度データ作成

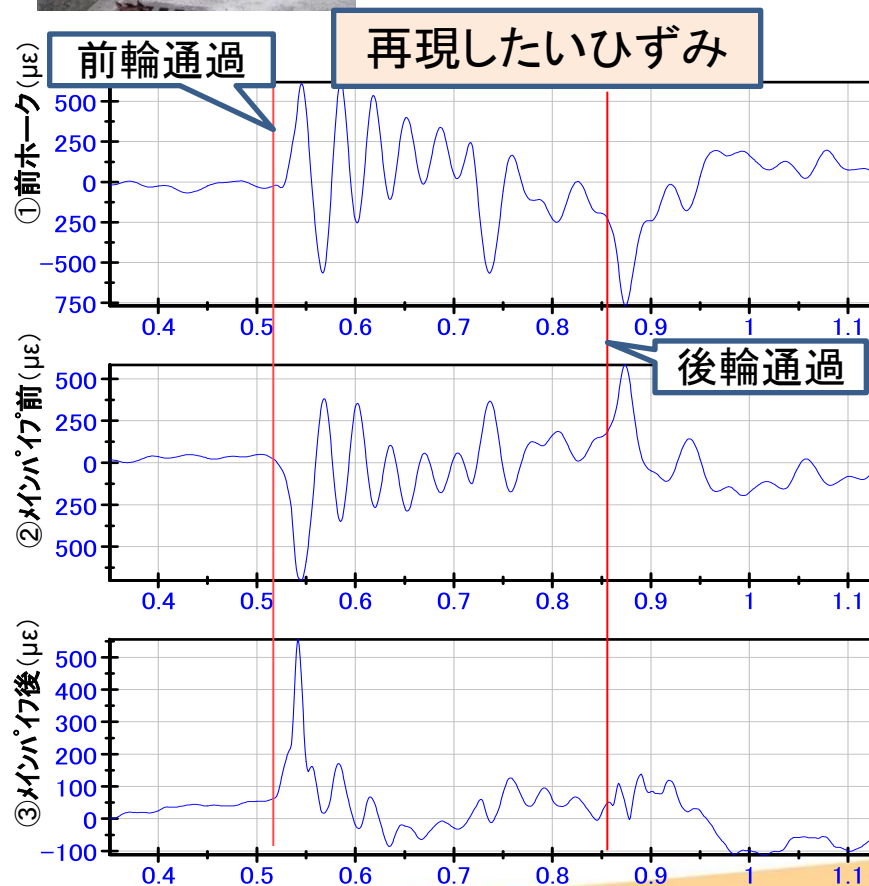
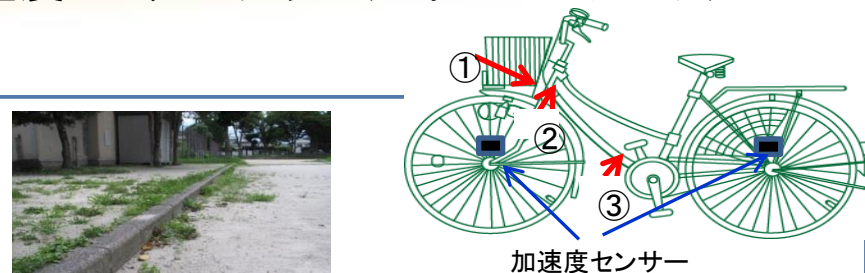
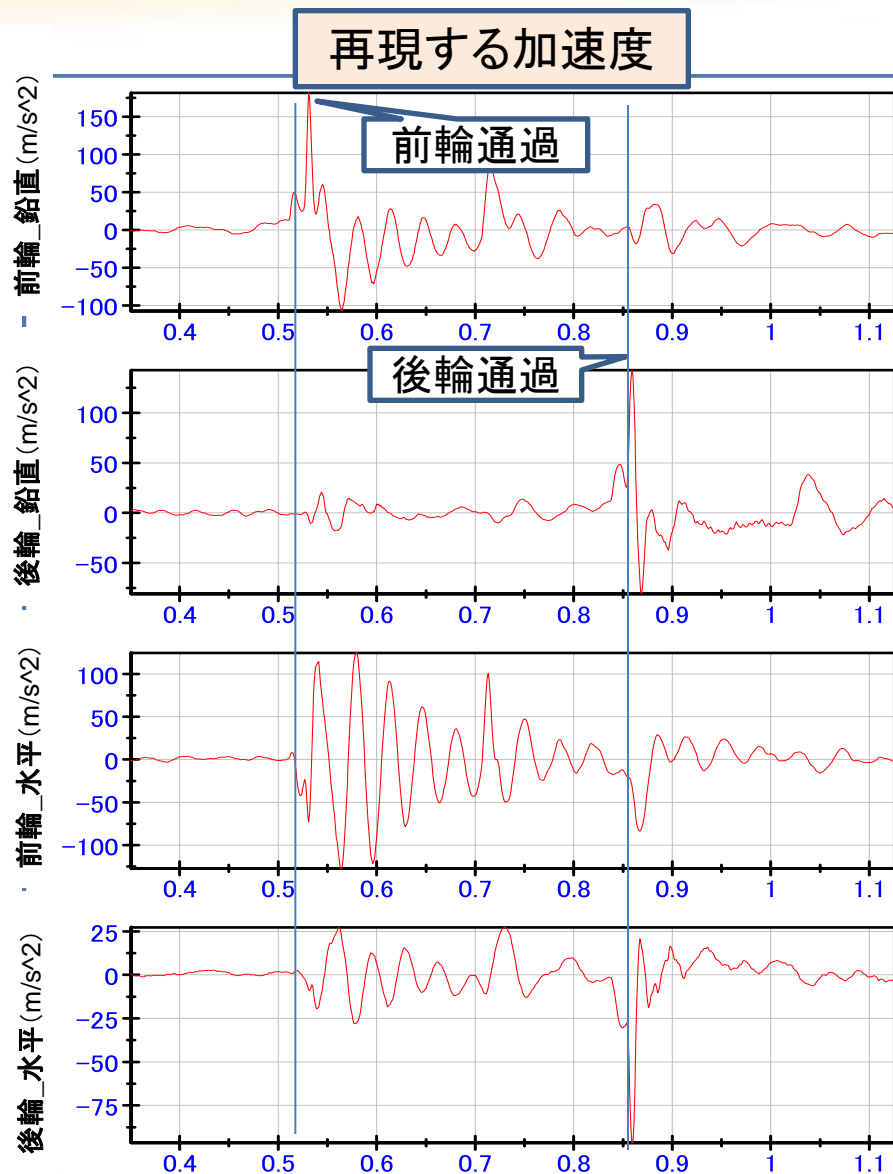


疲労強度に影響する段差部分の加速度を取り出す

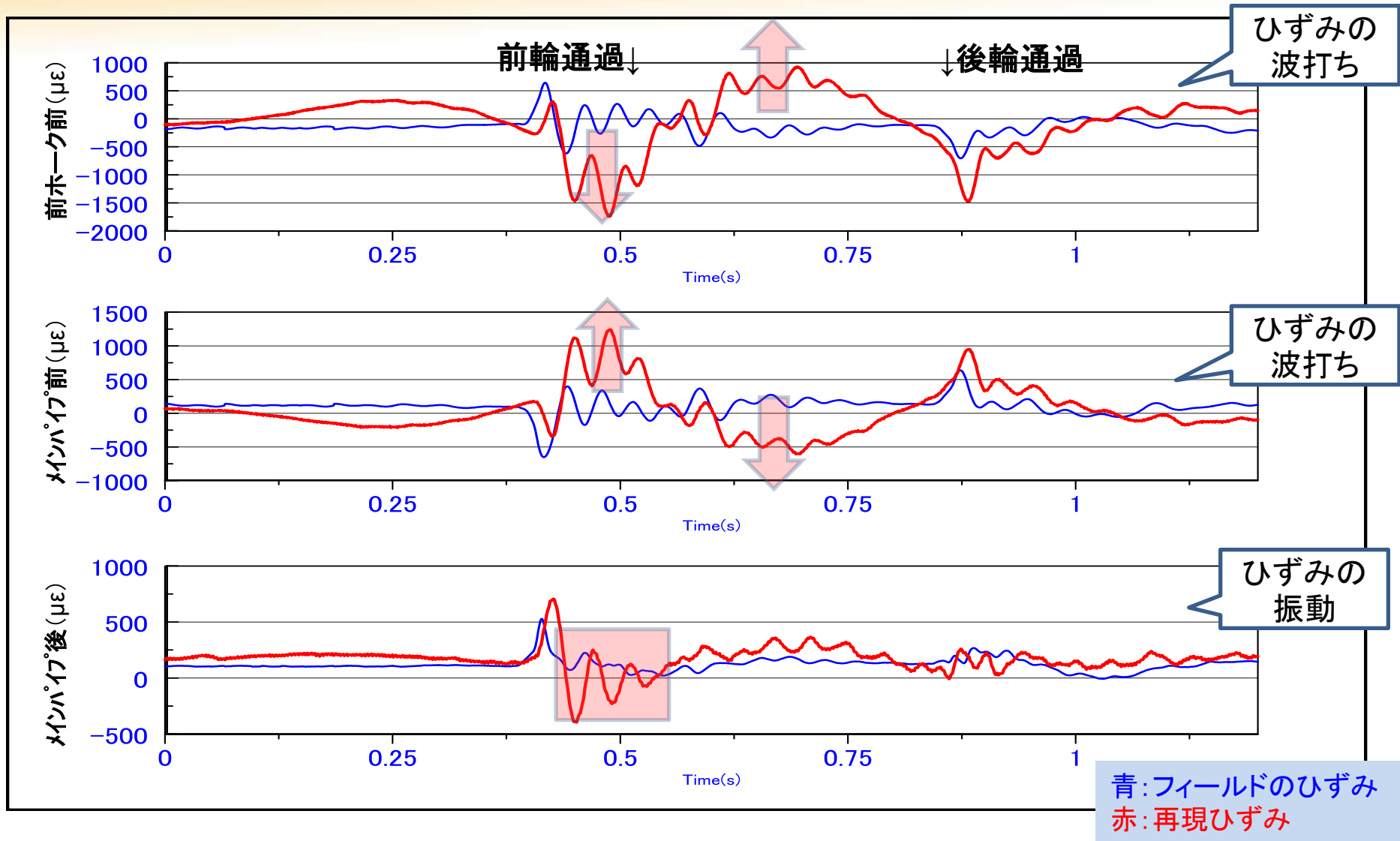
取り出した4秒間の加速度を繰り返し再現 → 試験時間の短縮が可能

(3) 予備加振による再現ひずみの最適化

再現したい時速10km 段差8cmの加速度・ひずみグラフ(フィールドデータ)



最適化前のひずみの再現結果



★ひずみが再現できていない！（加速度は再現できている）

ひずみの再現性が良くない原因と対策

①現象：再現されるひずみが波打っている。

<原因>

- ・加速度測定系(センサ、アンプ等)全体のノイズ、ドリフト
- ・加速度データに処理した周波数フィルタの影響

<対策>

周波数フィルタの最適化

→鉛直加速度、水平加速度の再現周波数範囲を最適化

加速度は、多くの周波数成分を含んでいる

②現象：再現されるひずみに余分な振動が発生する。

<原因>

- ・おもりと人の違い(衝撃の吸収率)

<対策>

おもり用緩衝材の最適化

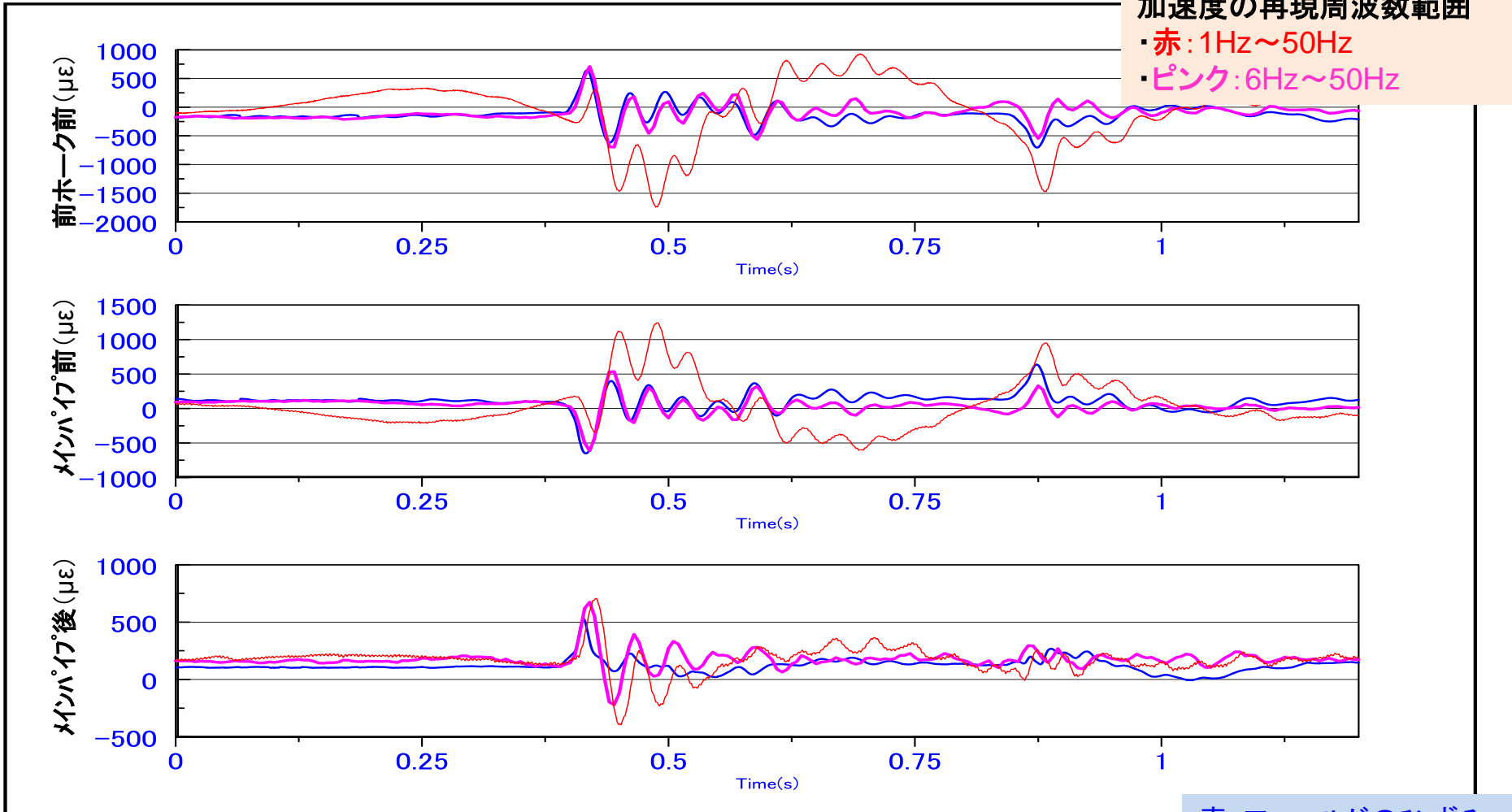
→制振材を使用

自動車用シミュレータに比べて、自転車はサスペンションがないため、ひずみが敏感に生じる。また、フレーム重量に対して体重の割合が非常に大きい。

対策1

①ひずみが波打っている現象の対策結果

加速度の再現周波数範囲を変えてときの再現ひずみ

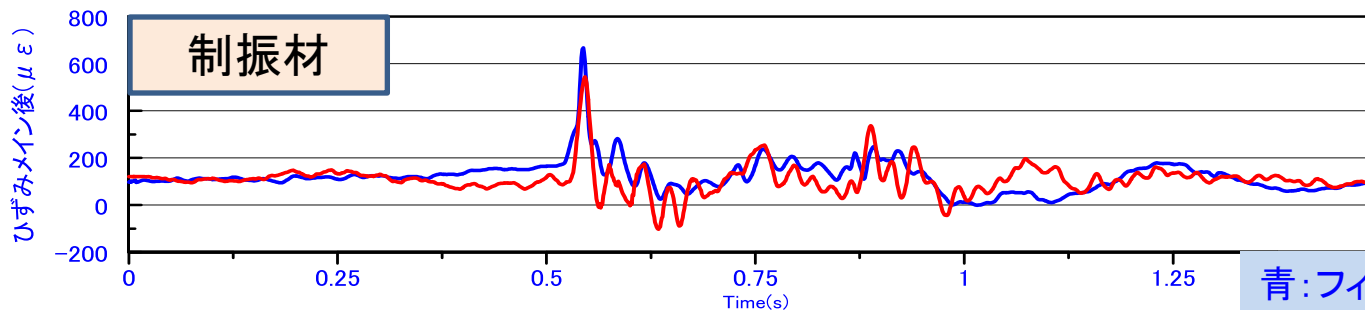
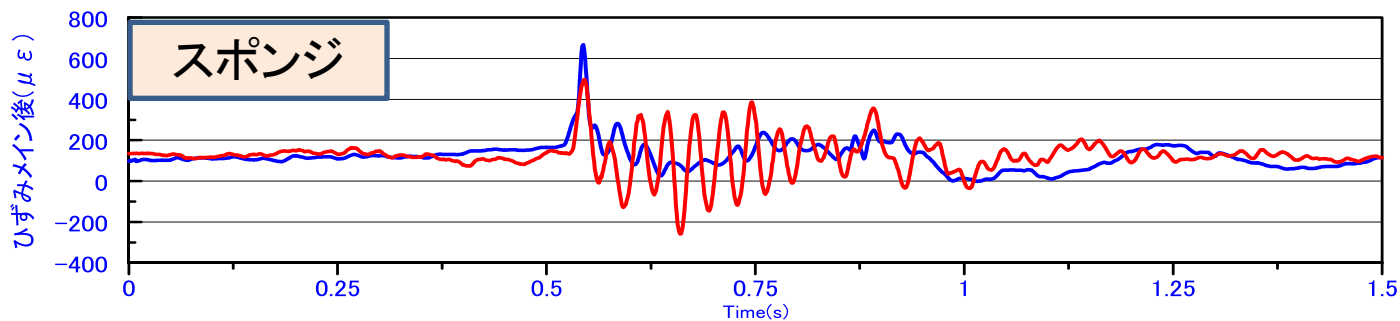


★加速度の再現周波数範囲の調整が有効

対策2

②余分なひずみ振動が発生する現象の対策結果

サドルおもりの緩衝材に異なる材質を使用したときの再現ひずみ

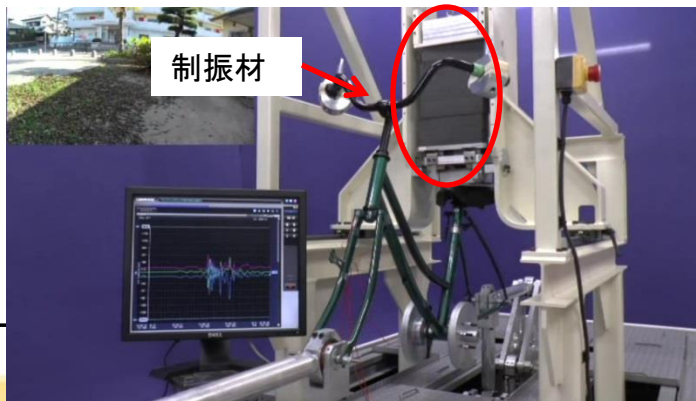


青:フィールドのひずみ
赤:再現ひずみ



動画

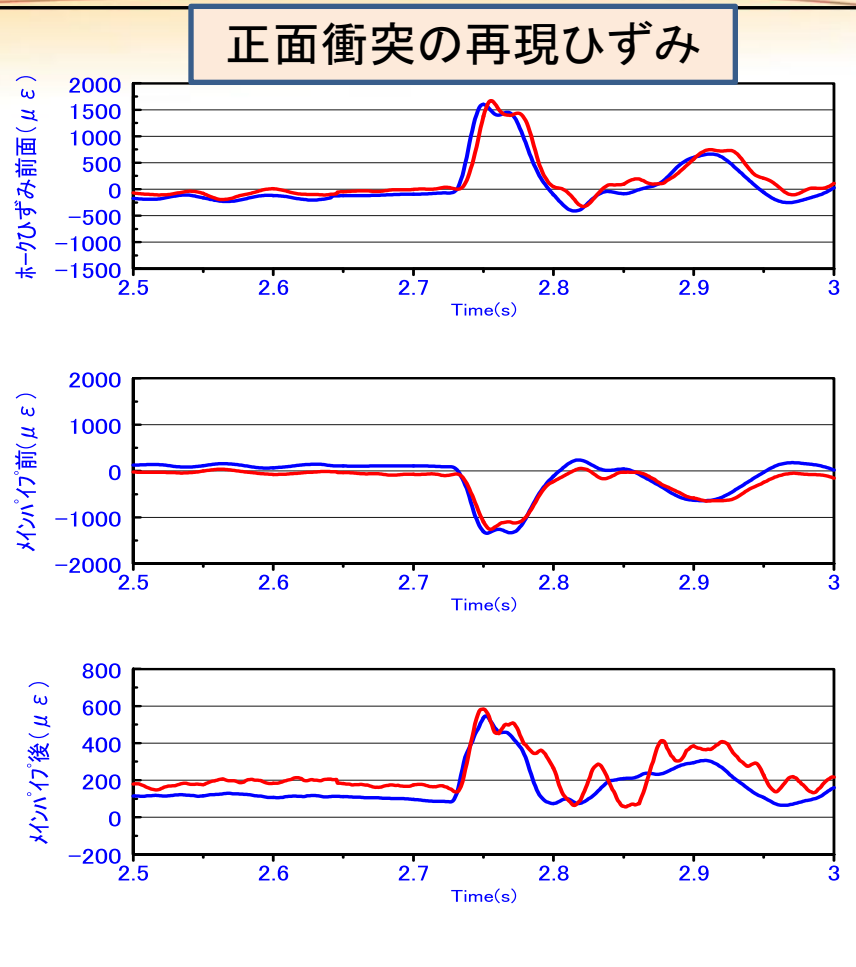
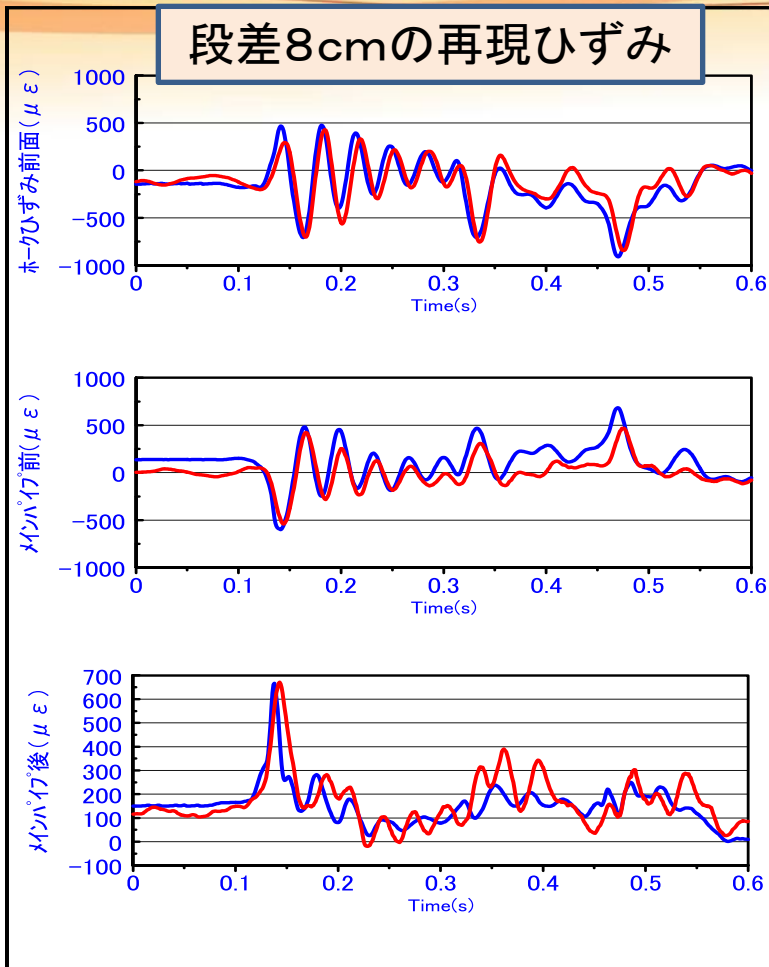
スポンジと制振材の違い



制振材

★バネ効果が小さい
緩衝材が有効

③最適化後の再現ひずみ



結果：最適化作業を行うことにより、フィールド走行のひずみを精度よく再現可能となった。

最適化した条件

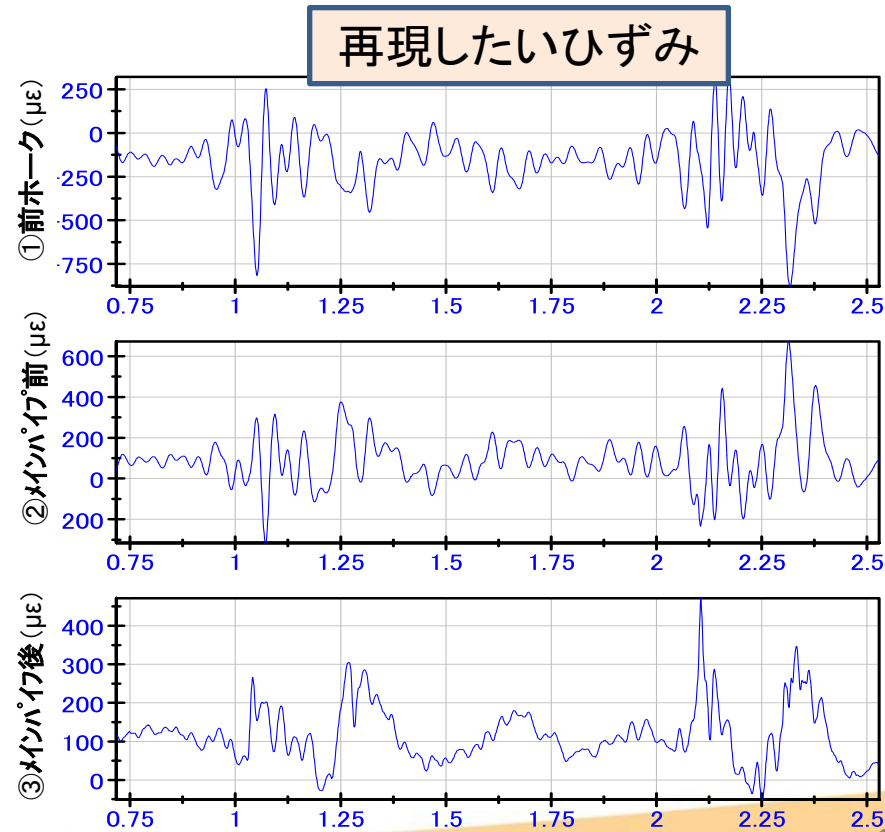
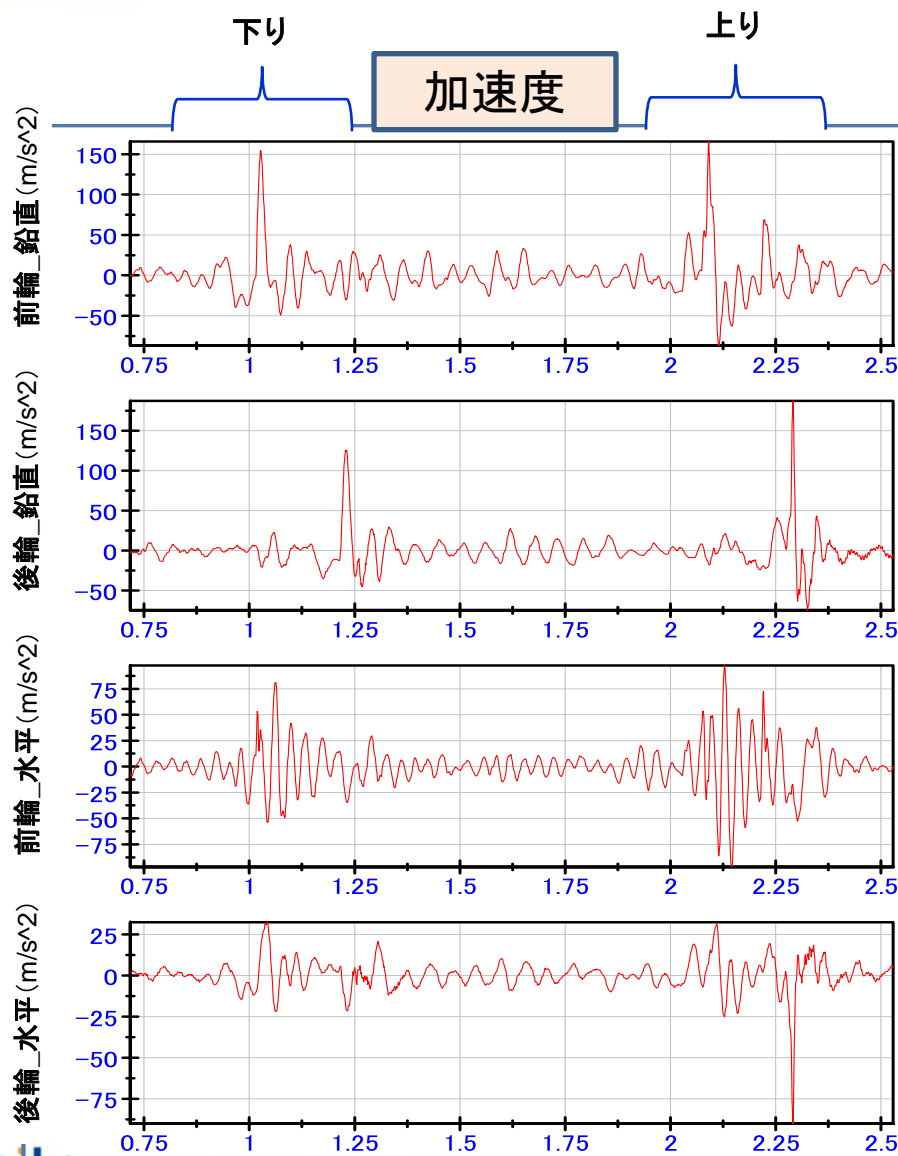
- ・加速度の再現周波数範囲・・・6Hz～50Hz
- ・サドルの緩衝材変更・・・制振材
- ・加振制御データの直接編集



±150με以内でピーク強度、
ピーク位置を再現

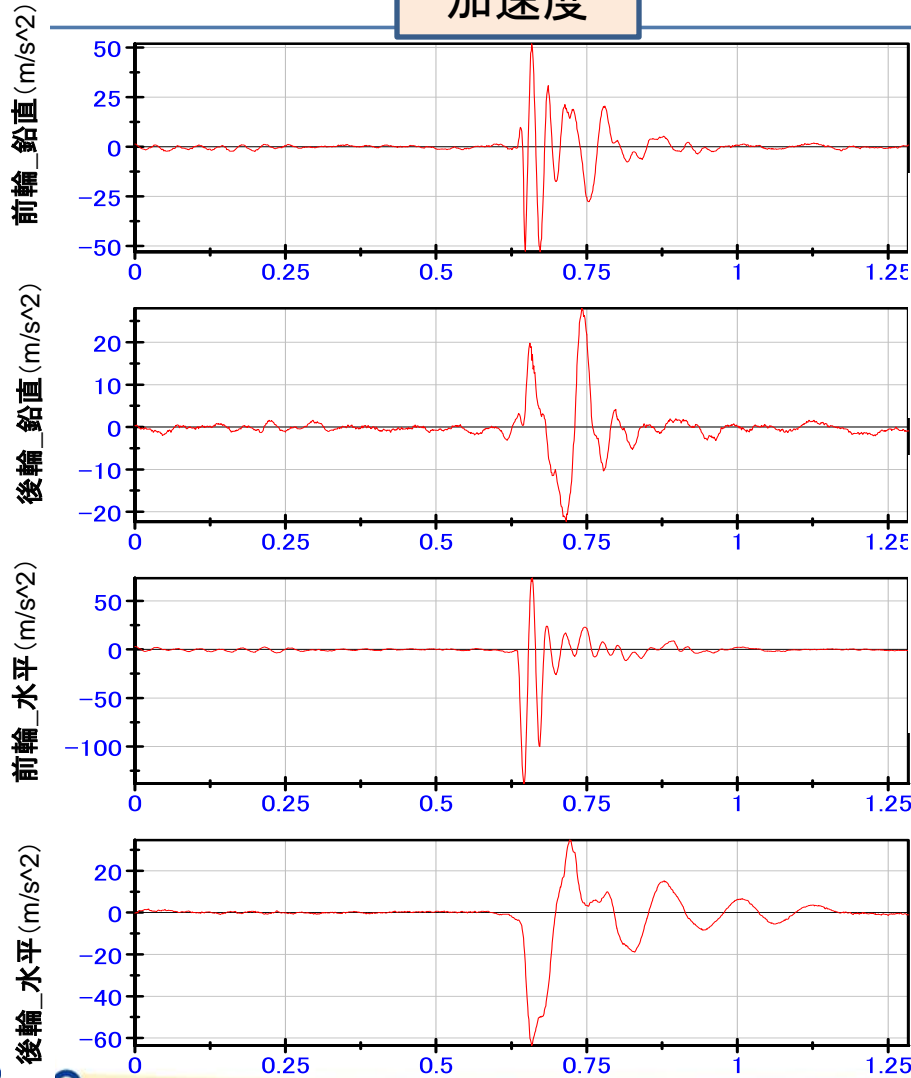
(4) 2つの段差通過・正面衝突のひずみを連続して再現

時速20km 段差3cm下り・上りの加速度・ひずみグラフ(フィールド)

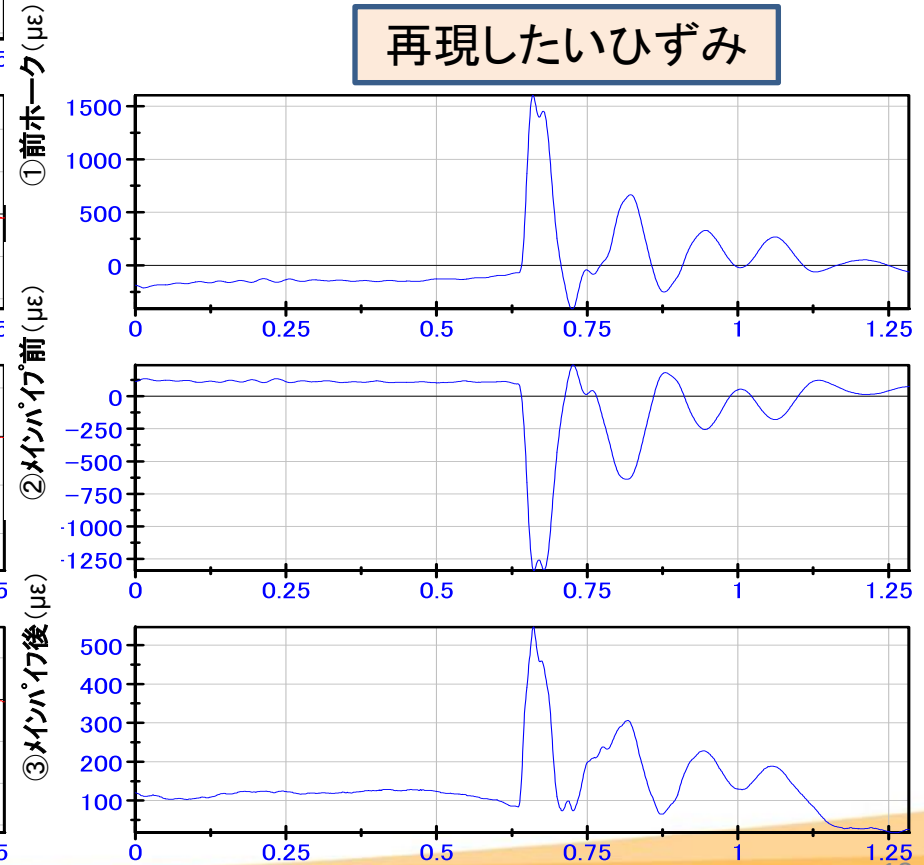


時速7km正面衝突の加速度・ひずみグラフ(フィールド)

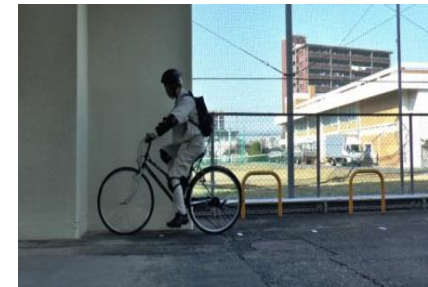
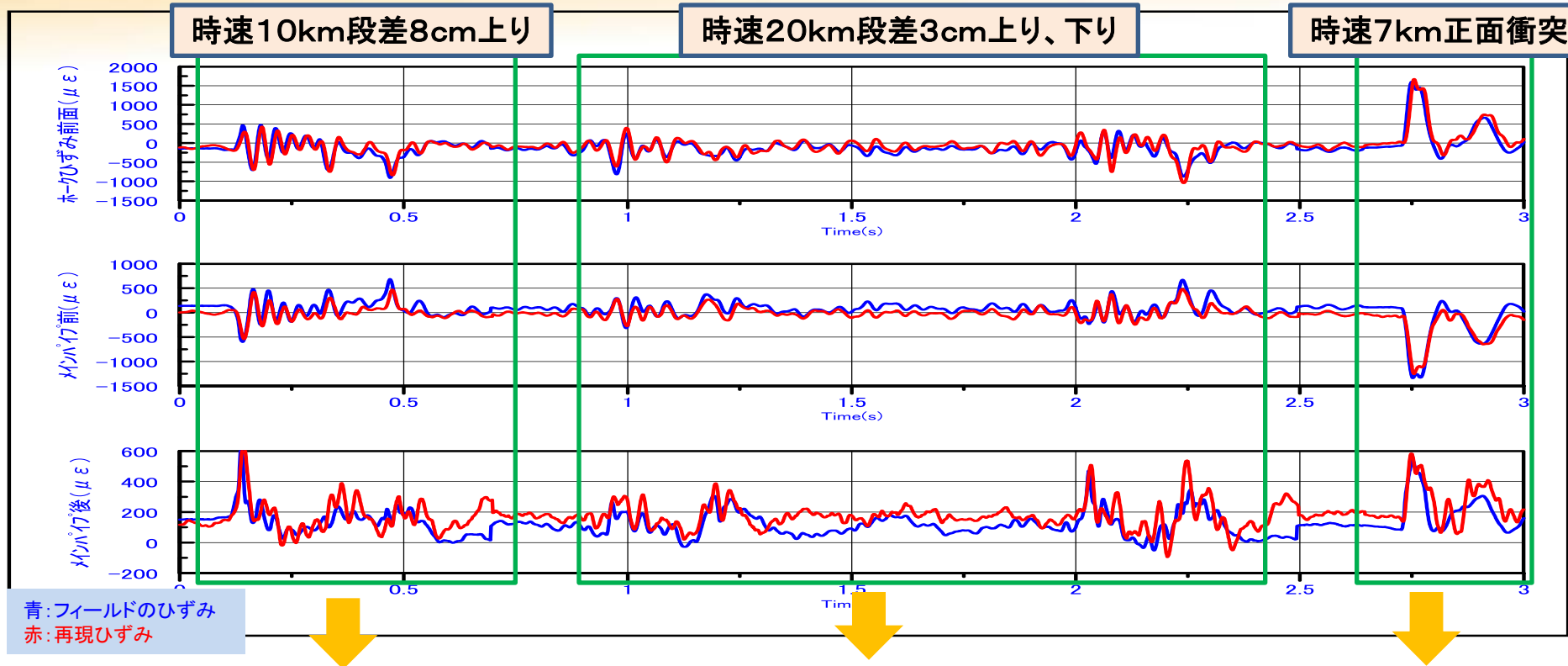
加速度



再現したいひずみ



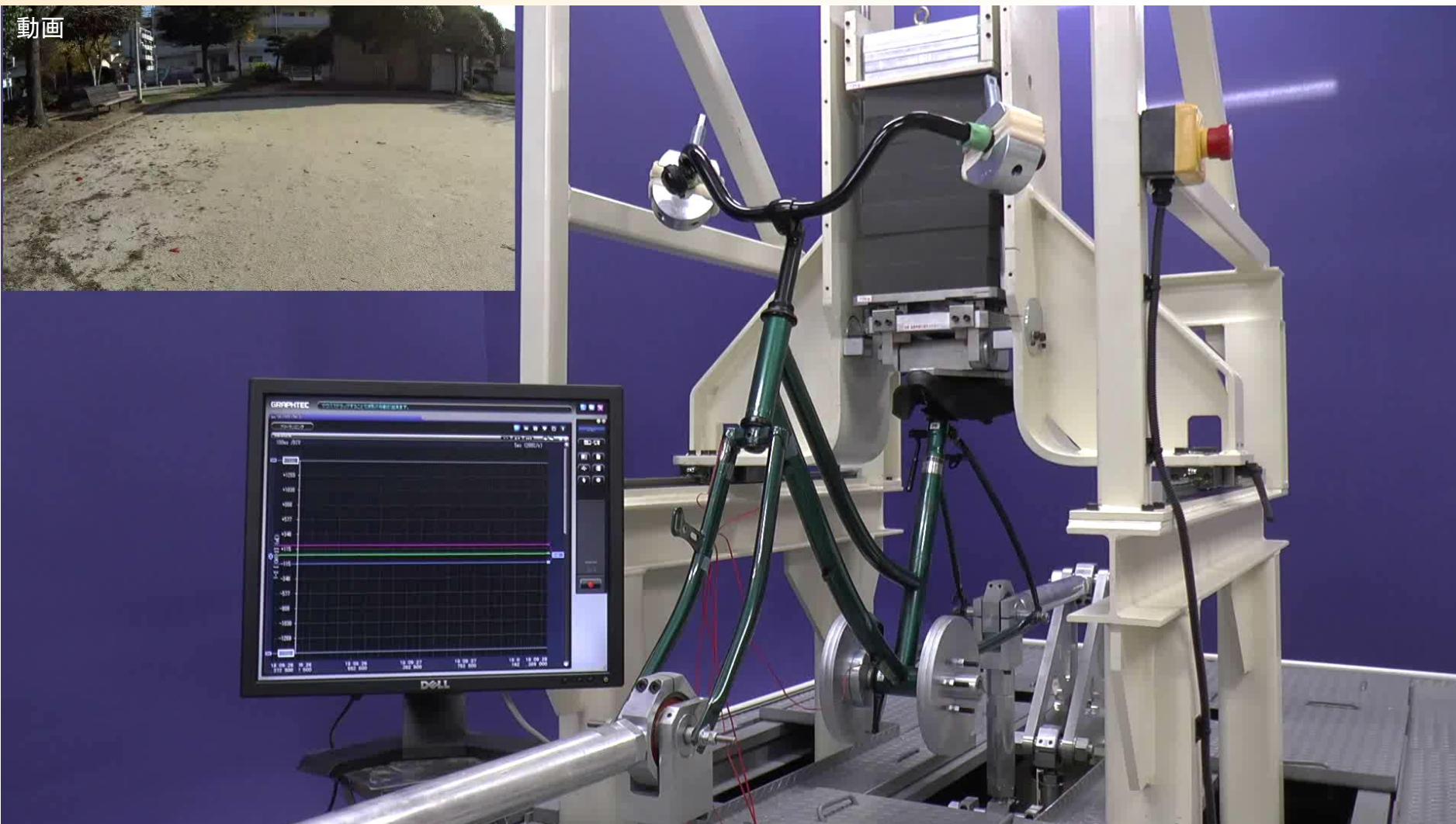
2つの段差・衝突によるひずみを連続して再現した結果



任意の衝撃場面を組み合わせ、走行時のひずみを短時間で繰り返し再現できる

ロードシミュレータによるフィールド走行のひずみ再現

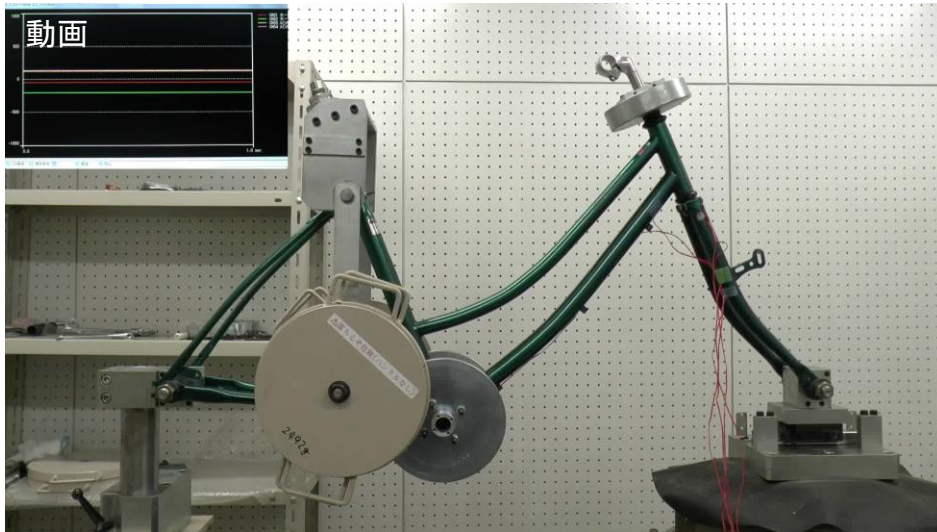
動画



10秒で3つの場面を再現 5日間(1日8時間運転)で1.5万回の通過を再現
* 1日20回の段差通過、月20日使用として、約3年間の使用に相当

3. JIS、ISO試験との比較

フレームの試験規格(一部)



JIS D 9301

フレーム耐振性試験

試験条件

- ・おもり重量 65kgf
- ・加速度 17.6m/s^2
- ・振動周波数 8Hz
- ・加振回数 7万回



ISO 4210

付属書: 完成車の構造 ドラム走行試験

試験条件

- ・おもり重量 95.5kgf
- ・ドラム回転速度 8km/h
- ・段差板高さ 10mm
- ・走行時間 6時間

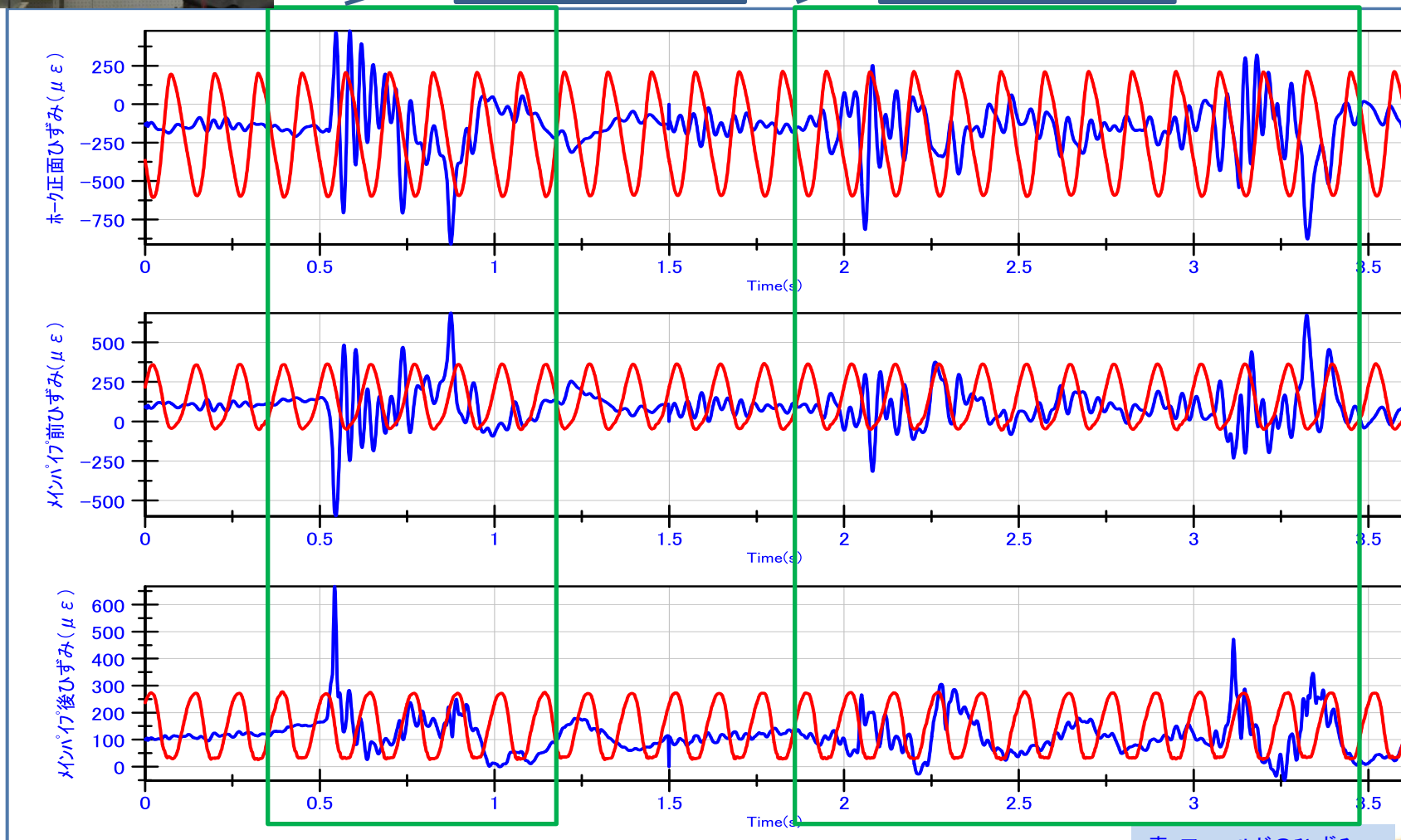
(1) JIS D 9301 フレーム耐振性試験



フィールド走行(青)及び耐振性試験(赤)のひずみグラフ

段差8cm時速10km

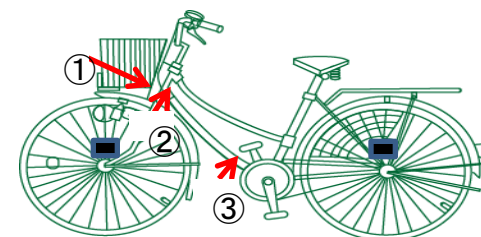
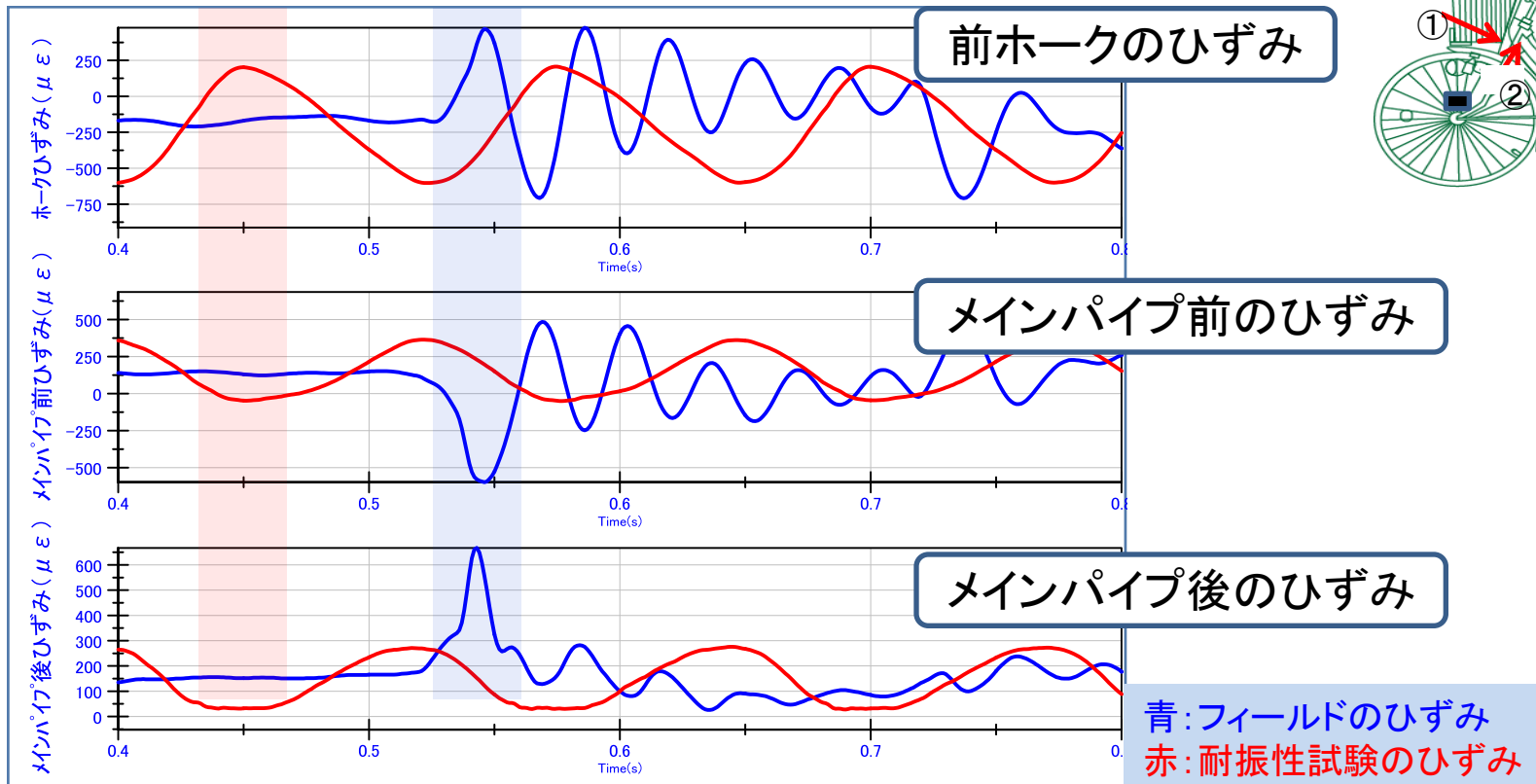
段差3cm時速20km



青: フィールドのひずみ
赤: 耐振性試験のひずみ

フレーム耐振性試験とフィールド走行によるひずみの違い

フィールド走行及び耐振性試験のひずみ(拡大)



耐振性試験は、フレームのひずみが走行時と異なる*

- 耐振性試験のひずみは、上から+ - -
- フィールド走行のひずみは、上から+ - +

* 耐振性試験の周波数による

耐振性試験の結果だけでは、事故原因を判断できない。

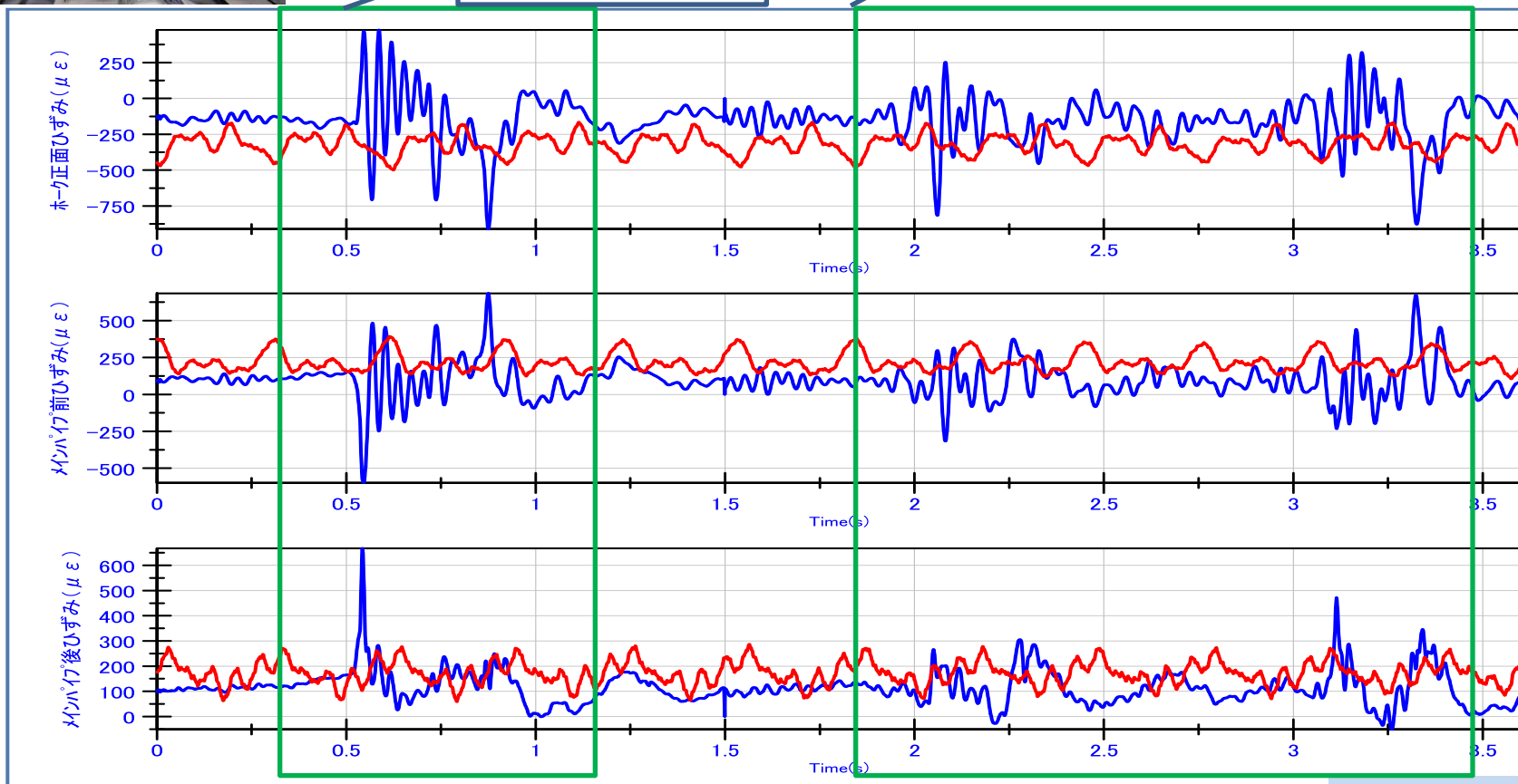
(2) ISO 4210 付属書: 完成車の構造完全性 ドラム試験



フィールド走行(青)及びドラム試験(赤)のひずみグラフ

段差8cm時速10km

段差3cm時速20km



青: フィールドのひずみ
緑: ドラム試験のひずみ

疲労耐久性を評価するには、ひずみレベルが不足している。

4. ロードシミュレータの活用(まとめ)

- ・フィールドで測定した加速度をそのまま再現すると、ひずみの再現性が良くない。
- ・加速度の再現周波数範囲を調整、重り積載方法の調整等を行うことで、ひずみの再現性が向上し、再現試験が可能となる。

1. 事故原因調査への活用

JIS、ISO等に基づく定常波振動試験ではなく、実際の走行に基づいたひずみによる再現試験を実施し、疲労耐久性を評価。

- ①例: フレームの破損事故は、一般走行の振動で生じたのか？
- ②例: 荷台等の付属品の破損は、一般走行の振動で生じたのか？

2. 一般走行による破損パターンの収集(事故調査の迅速化)

- ①前ホークの折損方向。(ひずみ的には、後方からき裂)。
- ②一般走行で疲労破壊したときの破面の特徴。

現在、折りたたみ自転車について、フレーム折り畳み金具溶接部の疲労による破損データ(破損部位、破面等)を収集中。