

特別講演

IMV株式会社名古屋テストラボ見学会

H19.11.6 1:20 ~ 2:20

**次世代振動試験システムを用いた
車載機器等耐久性評価の可能性**

大阪府立産業技術総合研究所 中嶋隆勝

次世代振動システムの流れ

Phase 1 : テスト定義

- ・車両の走行シナリオを作成
- ・試料数など設定条件を入力

Phase 2 : 予備試験

- ・フィールド振動加振 応答計測
- ・本試験での目標蓄積疲労を算出

Phase 3 : プレ本試験

- ・加振条件(振動台PSD)の探索 (探索条件は、設定時間と目標蓄積疲労)

Phase 4 : 本試験

- ・耐久性評価試験(本試験) (上記で得られた試験条件を用いる)

次世代振動試験システムの目標

環境対策
(省エネ、省資源)

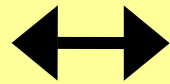


安全と安心
(品質管理)

< 攻める品質管理 >

ハザードの同定

(ex. フィールド振動)



高精度な耐久性評価



原因分析技術、破損予測技術

価格
(コスト削減)

性能・機能
(商品価値)

問題点

振動の伝達特性

線形 非線形

フィールド振動の定義
が不明瞭？

市場許容破損確率

誤評価の危険率

試料のばらつき

振動耐久性を

分析・解析する機能がない！

不具合の発生

実製品は非線形

その特徴は千差万別

評価精度が悪い
破損事故が発生！

過剰品質！

製品の重要性が、
試験に

反映できない！

現状

事後の対策

潜在的コスト高

保守的な評価

に甘んじる！

従来法の説明

JIS D 1601:1995 自動車部品振動試験方法

(1) 共振点検出試験

掃引振動

探索する振動数の範囲を決める
部品の共振点（共振振動数を求め

(2) 振動機能試験

掃引振動

振動数範囲は上記と同じ
「自動車の種類」と「取付位置・状態」で加速度を決める。
加振中の部品の機能を調べる。

(3-a) 振動耐久試験

一定振動

共振点がない場合：振動数 33 or 67Hz、加速度は同上。
共振点がある場合：共振振動数（二つ以上の場合は主要なほう）

(3-b) 掃引振動耐久試験

掃引振動

(1)、(2)とを組み合わせ、
本試験ですべて（共振点、振動機能）をチェックする。

「兎に角、厳しい振動を
与えておこう！」
という試験？

従来法の説明

JIS D 1601:1995 自動車部品振動試験方法

取付けられる自動車の種類によって分類

- 1種 主として乗用車系
- 2種 主としてバス系
- 3種 主としてトラック系
- 4種 主として二輪自動車系

取付けられる状態によって分類

- A種 車体又は懸架装置のばね上に取付け。振動:小。
- B種 車体又は懸架装置のばね上に取付け。振動:大。
- C種 エンジンに取付け。振動:小。
- D種 懸架装置のばね下に取付け。

次世代振動では 計測データを活用！

JIS D 1601:1995

自動車部品振動試験方法

- 1種 乗用車系
- 2種 バス系
- 3種 トラック系
- 4種 二輪自動車系

- A種 ばね上に取り付け 振動:小
- B種 ばね上に取り付け 振動:大
- C種 エンジンに取り付け
- D種 ばね下に取り付け

加速度 m/s ²	1種				2種				3種				4種			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
5																
10																
20																
30																
45																
70																
90																
110																
150																
200																
250																
300																
400																
500																

5, 10, 20, 30
の中から選択!

自動車部品の共振点検出試験における周波数範囲

- ~~1種 乗用車系 A種 ばね上に取り付け 振動:小~~
~~2種 バス系 B種 ばね上に取り付け 振動:大~~
~~3種 トラック系 C種 エンジンに取り付け~~
~~4種 二輪自動車系 D種 ばね下に取り付け~~

振動数範囲 Hz	周期 min	加速度 m/s ²	全振幅 mm
5 ~ 50 5 ~ 100 5 ~ 200 5 ~ 400 5 ~ 1000 5 ~ 2000	10	5 ~ 45	最大 0.4

振動耐久試験の問題点

II

共振点を探索し、共振点で加振する試験

問題点1 共振点が見つからなければ・・・
例えば、DVDのヘッド部の共振は極微小！

問題点2 多くの製品は非線形
入力振動の大きさにて共振点がシフト！

問題点3
フィールド振動との関係は・・・？



よくある質問

実例．振動試験の条件は
どうしたらいいのですか？



初めて、振動試験に取り組む人から、
長年、取り組んできた人まで

多くの方々が色々と悩んでいるのが実情です。

よくある質問

次世代振動では 非線形に対応可能です！

実例．供試品の取付けジグは
どうしたらいいのですか？



一般的に、取付けジグは、「剛性の高い」ものがBetter と言われております。

実際の取付けブラケットが、フィールドでは大きく影響します。
したがって、実際の取り付け状況を再現するほうがBetter！

さらに、ブラケットの非線形特性を考慮する必要あり！

ときどきある困った事例

次世代振動では「分析・解析できる機能」があります！

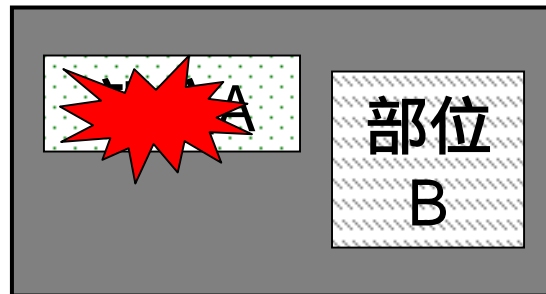
実例・試験結果が実地での振動を再現しない
(市場クレームの非再現性)



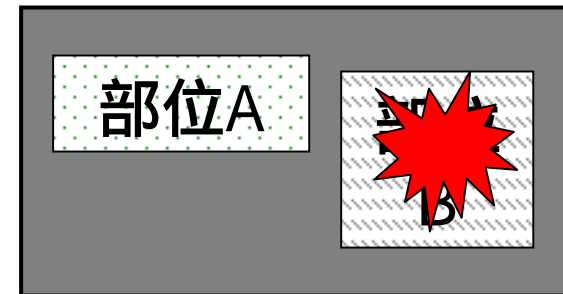
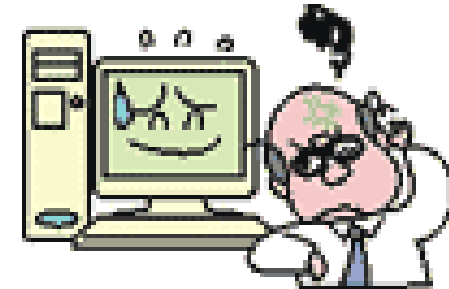
承認

製品設計

試験合格



(出荷後)

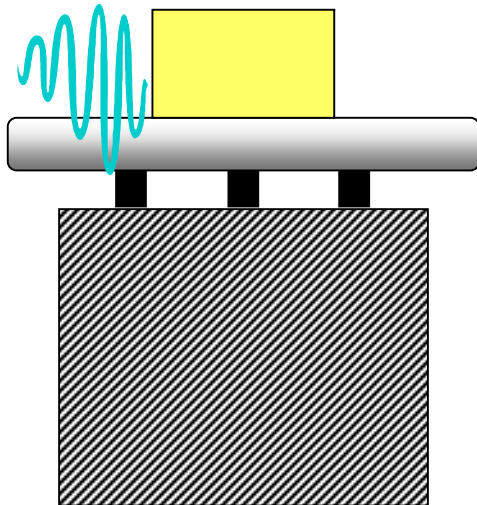


(再現実験)

たまにある事例

次世代振動では 個別に試験条件を導出！

実例 . ある製品では、試験基準が同じでも
クレームが発生してしまう！？



多くの製品は、
通常の試験に合格 市場で問題なし！
(厳しい試験には不合格)

ある製品は、
厳しい試験に合格 クレーム発生！

(結論)

製品毎に試験基準が必要！

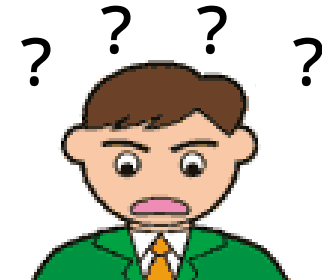
振動試験の問題点

自動車搭載部品にも、いろいろな種類があります。

たとえば、

1. ブレーキ部品など(人命にかかわるもの)
2. 高価な製品 ex. ナビゲーションシステム
3. 安価で代替の効く消耗品 ex. 車室内アクセサリ？

試験条件は同じでいいの…？



次世代振動では「市場許容破損確率」を導入！

振動試験の問題点

試作品が不足
(合否判断)

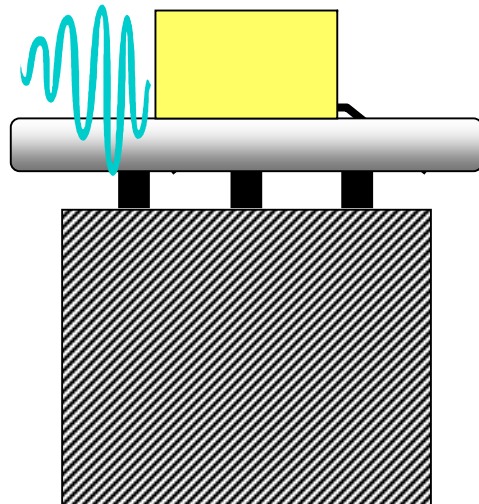
試料数 2

合格 or 不合格

? ? ? ?

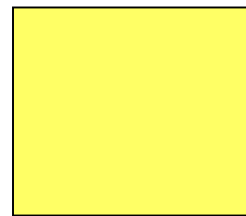


振動試験



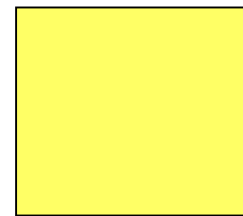
試験の結果

1 個目



異常なし

2 個目



異常なし

3 個目



破損

次世代振動では「試料数」を設定可能!

(解決方法) 次世代システムでは…

設定項目

市場許容破損確率

試料数

(誤評価の)危険率

耐久性の変動係数



安全係数が決定！

蓄積疲労設定



蓄積疲労の条件 | 予備試験の条件 | 本試験の条件

蓄積疲労の Δf	<input type="text" value="10.00"/>	Hz
α (被輸送品の固有の値)	<input type="text" value="4.00"/>	
耐久性のばらつき	<input type="text" value="標準"/>	<input type="text" value="60.00"/> %
市場での許容破損確率	<input type="text" value="1.0"/>	%
試験での希望破損確率	<input type="text" value="15.0"/>	%
試料料	<input type="text" value="20"/>	
安全率	<input type="text" value="4.99"/>	%
危険率	<input type="text" value="3.88"/>	%

参照

登録

OK

キャンセル

振動試験の問題点

疲労試験と振動試験の相違点

疲労試験： 材料単体での試験

振動試験： 構造体での試験 周波数特性がある

(具体例) 蓄積疲労の比較

	疲労試験	振動試験
100 Hz、60 sの負荷：	同じ	小
10 Hz、600 sの負荷：		大

次世代振動では「蓄積疲労スペクトル」で評価！

蓄積疲労の定義

マイナー則

破損の発生条件は $\sum_{i=1,2,\dots} \frac{n_i}{N_i} = 1$

S - N曲線

$$N_i \times S_i = c \quad (= \text{一定}) \quad \text{for } i=1,2,\dots$$

i と S_i を次式とすると、 $n_i \times S_i^\alpha = \beta$ となり、破損条件は $\sum_{i=1,2,\dots} \frac{n_i}{N_i} = \frac{\beta}{\beta_c}$ となる。

このを
“蓄積疲労”と
呼ぶ

S_i : 負荷 n_i : 負荷の回数 N_i : 破損に至る「負荷の回数」
蓄積疲労 c : 許容蓄積疲労

蓄積疲労スペクトルの定義

狭帯域ランダム振動ピーク値の確率密度関数

$$f_{\text{Rayleigh}}(x) = \frac{x}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right)$$

負荷回数 N に相当

狭帯域ランダム振動の蓄積疲労

S に相当

$$\beta = (f_0 \cdot T) \times \left\{ \int_0^{\infty} x^{\alpha} \cdot f_{\text{Rayleigh}}(x) dx \right\} = f_0 T (\sqrt{2}\sigma)^{\alpha} \times \Gamma\left(1 + \frac{\alpha}{2}\right)$$

狭帯域から広帯域へ拡張

蓄積疲労スペクトル

$$\beta(f) = f \cdot T \left\{ 2 \times \text{PSD}(f) \right\}^{\frac{\alpha}{2}} \times \Gamma\left(1 + \frac{\alpha}{2}\right)$$

x : 加速度 (応答値)

σ : x の標準偏差

f_0 : 周波数

T : 加振時間

β : 蓄積疲労

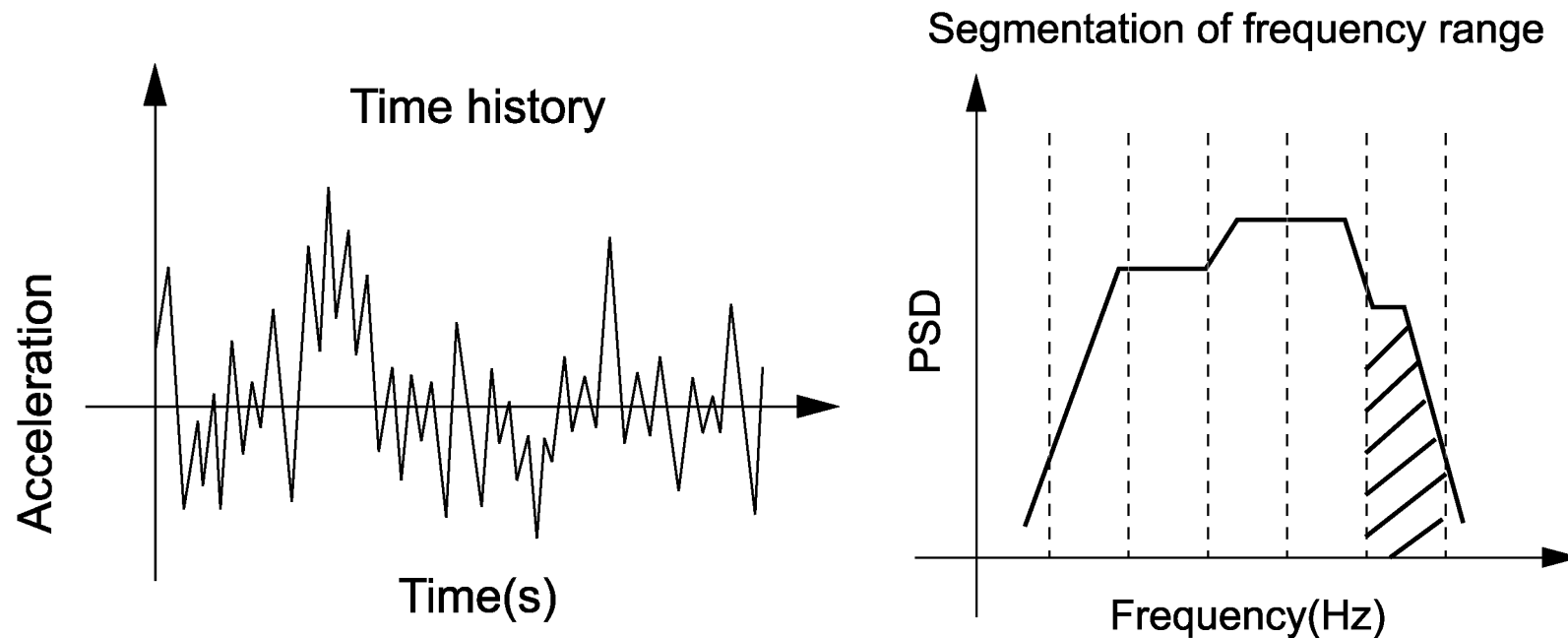
$\text{PSD}(f)$: パワースペクトル密度

蓄積疲労スペクトルの算出方法

Step 1: 振動計測を行う

Step 2: 振動データをPSD解析し、f毎に分割する

Step 3: 定義式に従って蓄積疲労スペクトルを算出する



$$(f) = f_0 T (\sqrt{2} \sigma)^\alpha \Gamma\left(1 + \frac{\alpha}{2}\right)$$

振動試験の問題点

4. 疲労試験と振動試験の相違点

材料単体

構造体(周波数特性がある)



(解決方法) 次世代システムでは…

「蓄積疲労スペクトル」
を考案！



周波数ごとの蓄積疲労
が評価可能になる。

次世代振動システムの流れ

Phase 1 : テスト定義

- ・ 車両の走行シナリオを作成
- ・ 試料数など設定条件を入力

Phase 2 : 予備試験

- ・ フィールド振動加振 応答計測
- ・ 本試験での目標蓄積疲労を算出

Phase 3 : プレ本試験

- ・ 加振条件(振動台PSD)の探索 (探索条件は、設定時間と目標蓄積疲労)

Phase 4 : 本試験

- ・ 耐久性評価試験(本試験) (上記で得られた試験条件を用いる)

次世代振動による試験条件の導出 (供試品)



実際のDVDプレーヤー



供試品として用いた
DVDプレーヤー入り段ボール貨物

次世代振動による試験条件の導出

Phase 1 : テスト定義

- ・ 走行シナリオ: 高速道路10万km + 一般道路10万km
- ・ 許容市場破損確率0.01%、危険率20%、変動係数20%、試料数:3

Phase 2 : 予備試験

- ・ フィールド振動1 高速道路走行時のPSDにて加振 + 応答計測
 - ・ フィールド振動2 一般道路走行時のPSDにて加振 + 応答計測
- 目標蓄積疲労スペクトルを算出

Phase 3 : プレ本試験

- ・ 試験時間設定 加振条件(入力PSD)探索 (線形制御、試験機仕様)

Phase 4 : 本試験

- ・ 耐久性評価試験(本試験) (上記で得られた試験条件を用いる)

次世代振動による試験条件の導出 (Phase 1)

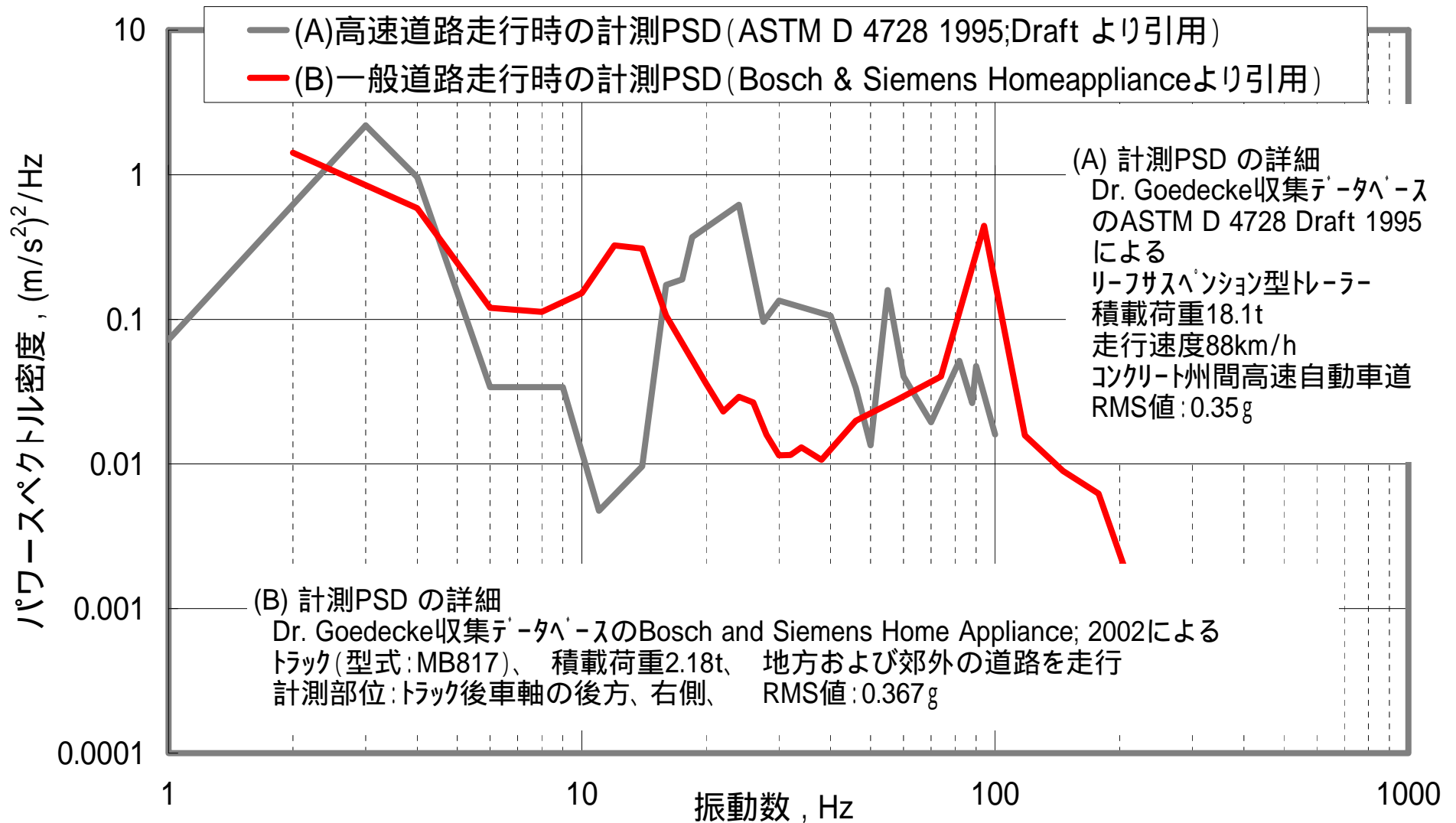


図2 走行シナリオ作成に用いたフィールド振動データ ((A)高速道路、(B)一般道路)

次世代振動による試験条件の導出 (Phase 2)

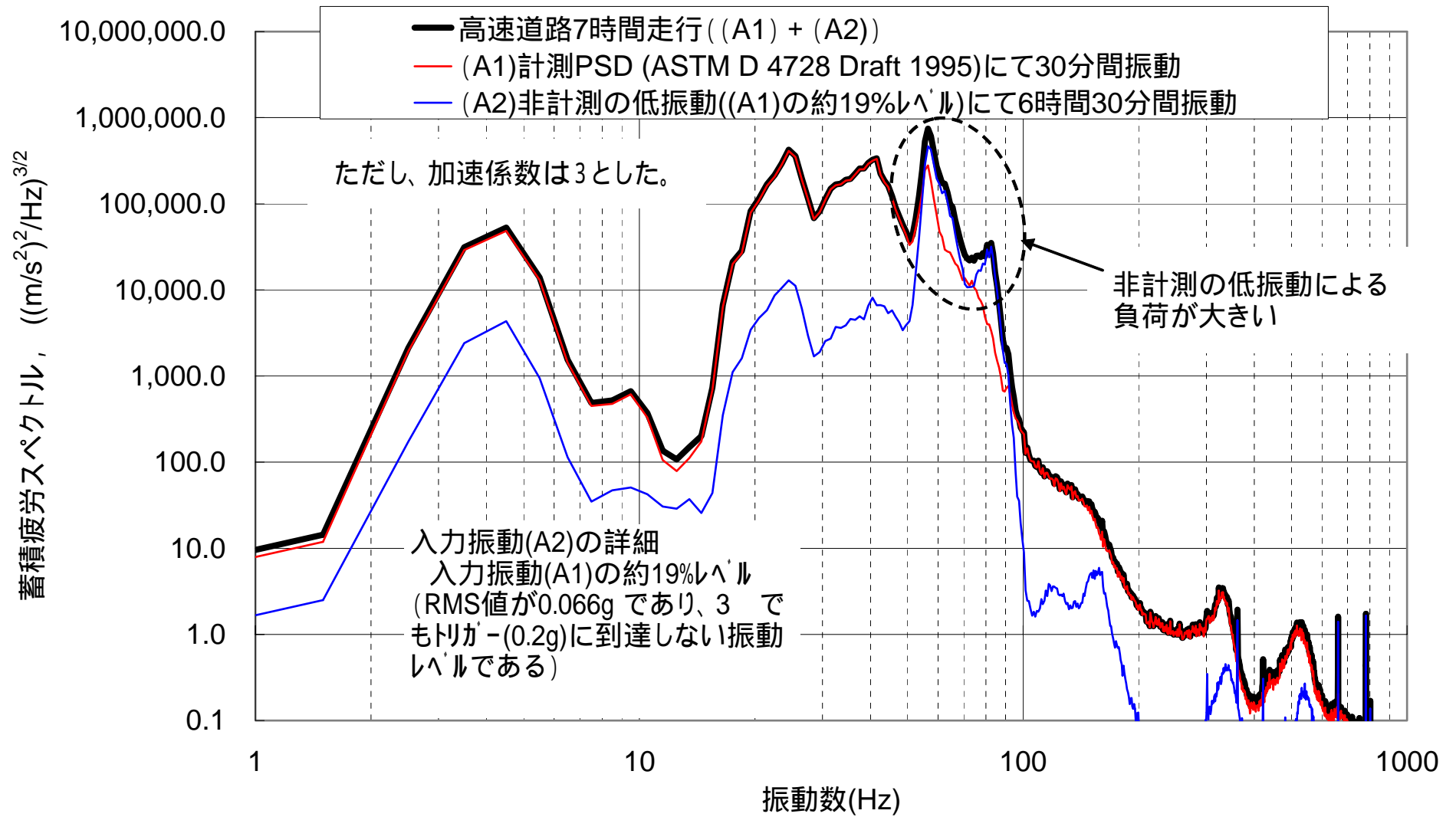


図3(a) 高速道路7時間走行によるDVDプレーヤーの蓄積疲労スペクトル

次世代振動による試験条件の導出 (Phase 3)

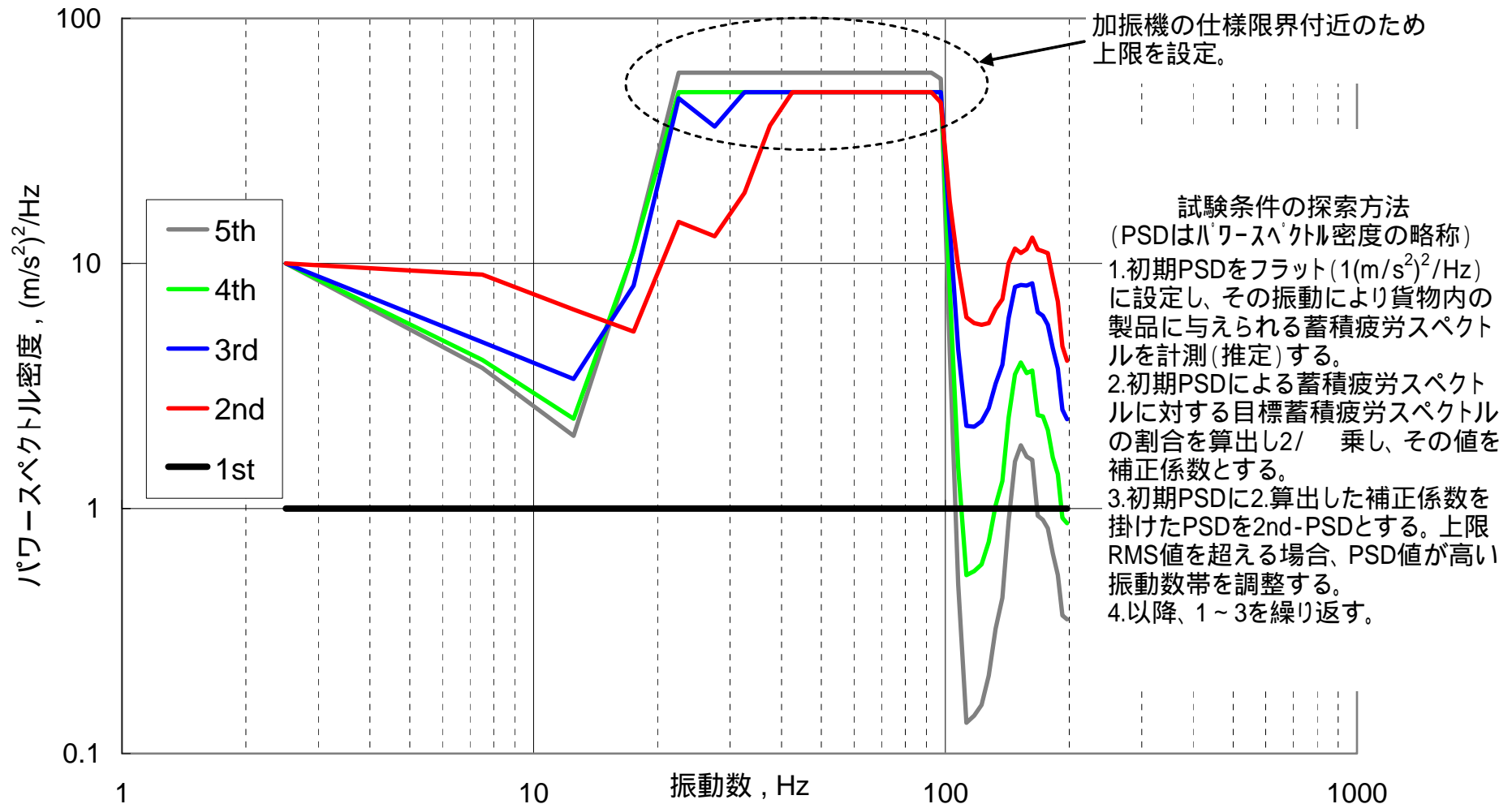


図4(a) 試験条件(PSD)の探索経緯
4時間で目標蓄積疲労スペクトルに達する試験条件(PSD)を線形制御(一部)にて探索

次世代振動による試験条件の導出 (Phase 3)

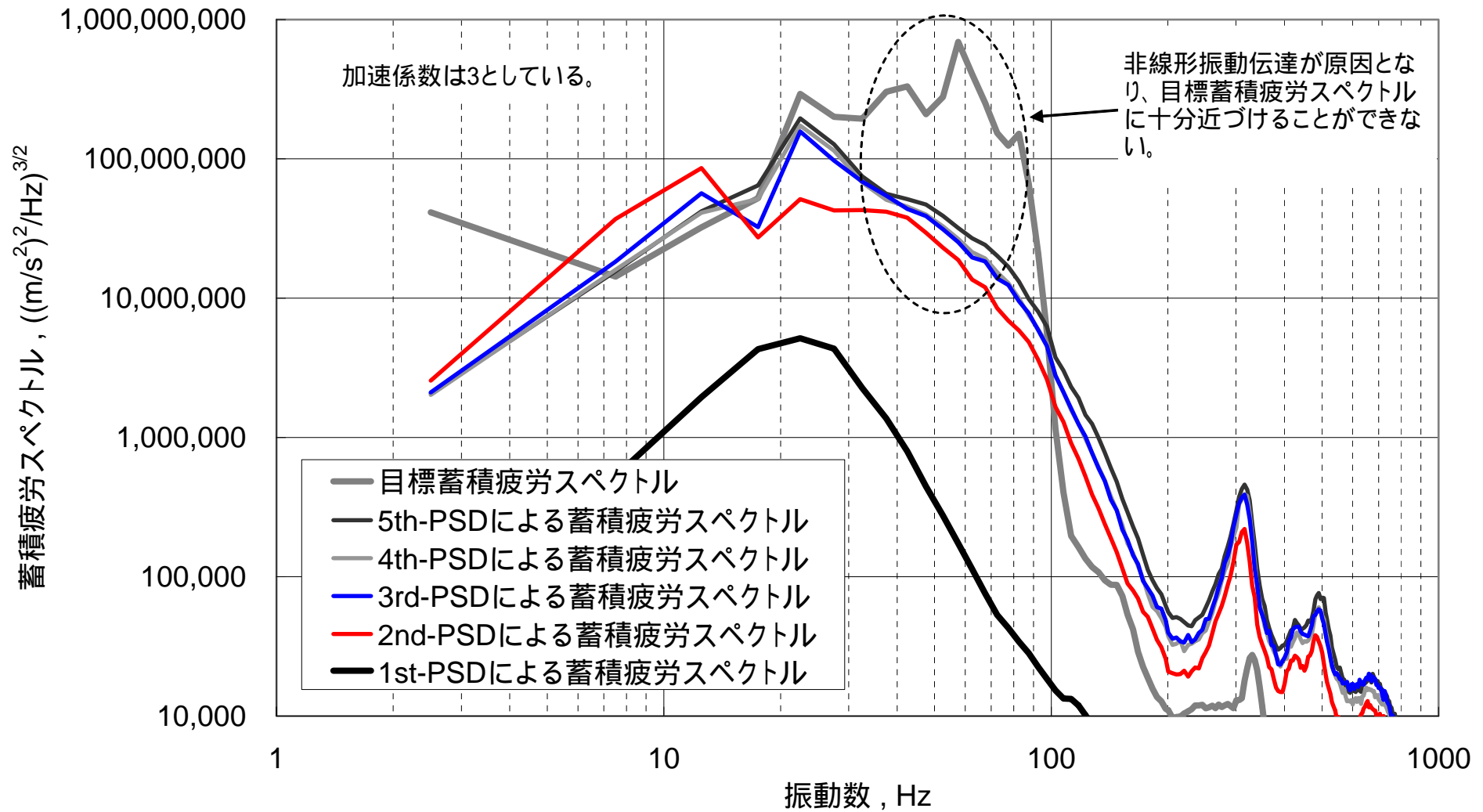


図4(b) 試験条件 (PSD) の探索経緯
試験条件 (PSD) 1st ~ 5th により4時間で与えられる蓄積疲労スペクトル

次世代振動による試験条件の導出 (Phase 3)

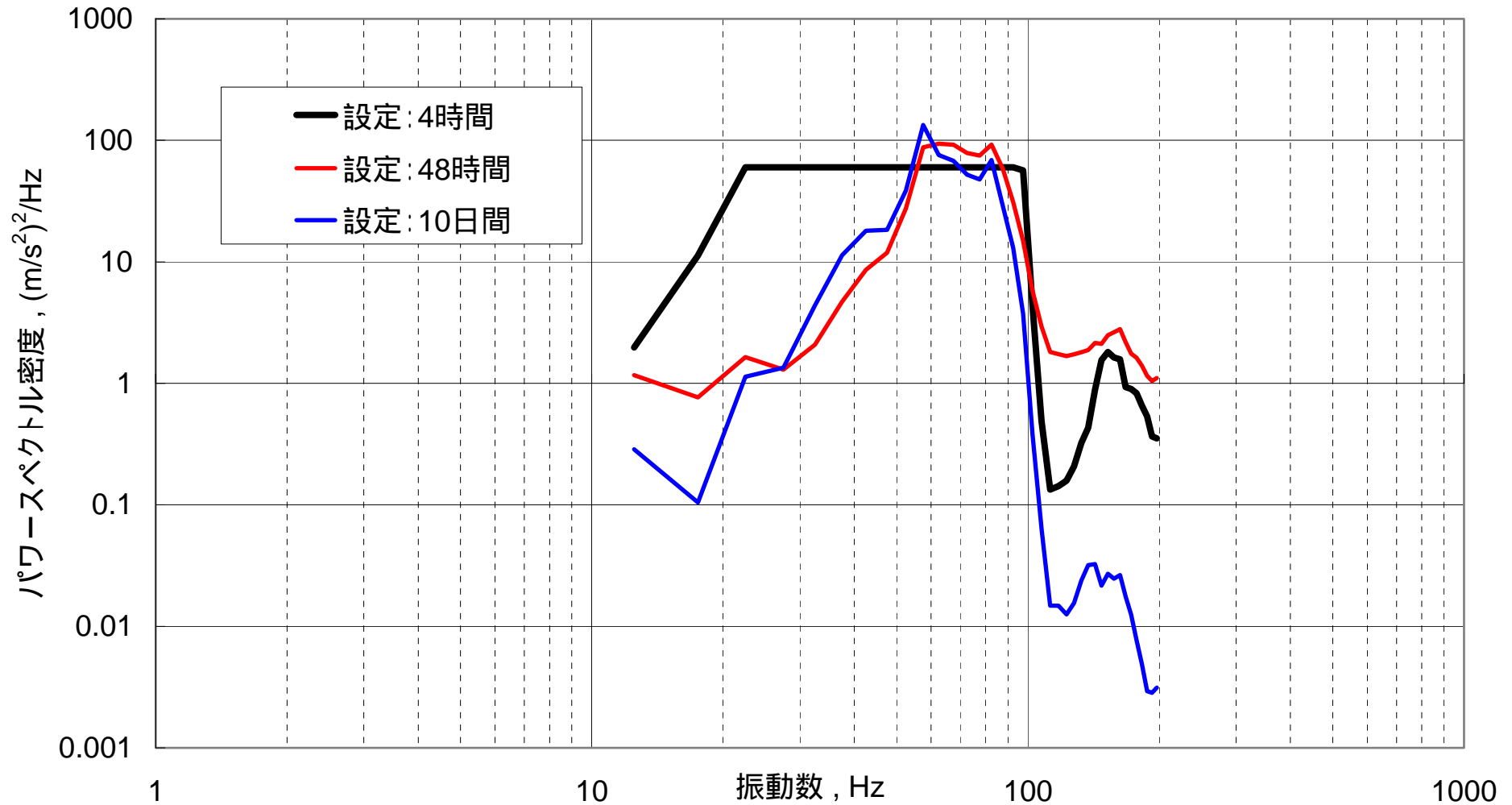


図5(a) 次世代振動試験により導出した試験条件
設定時間が及ばず試験条件(入力振動)への影響

次世代振動による試験条件の導出 (Phase 4)

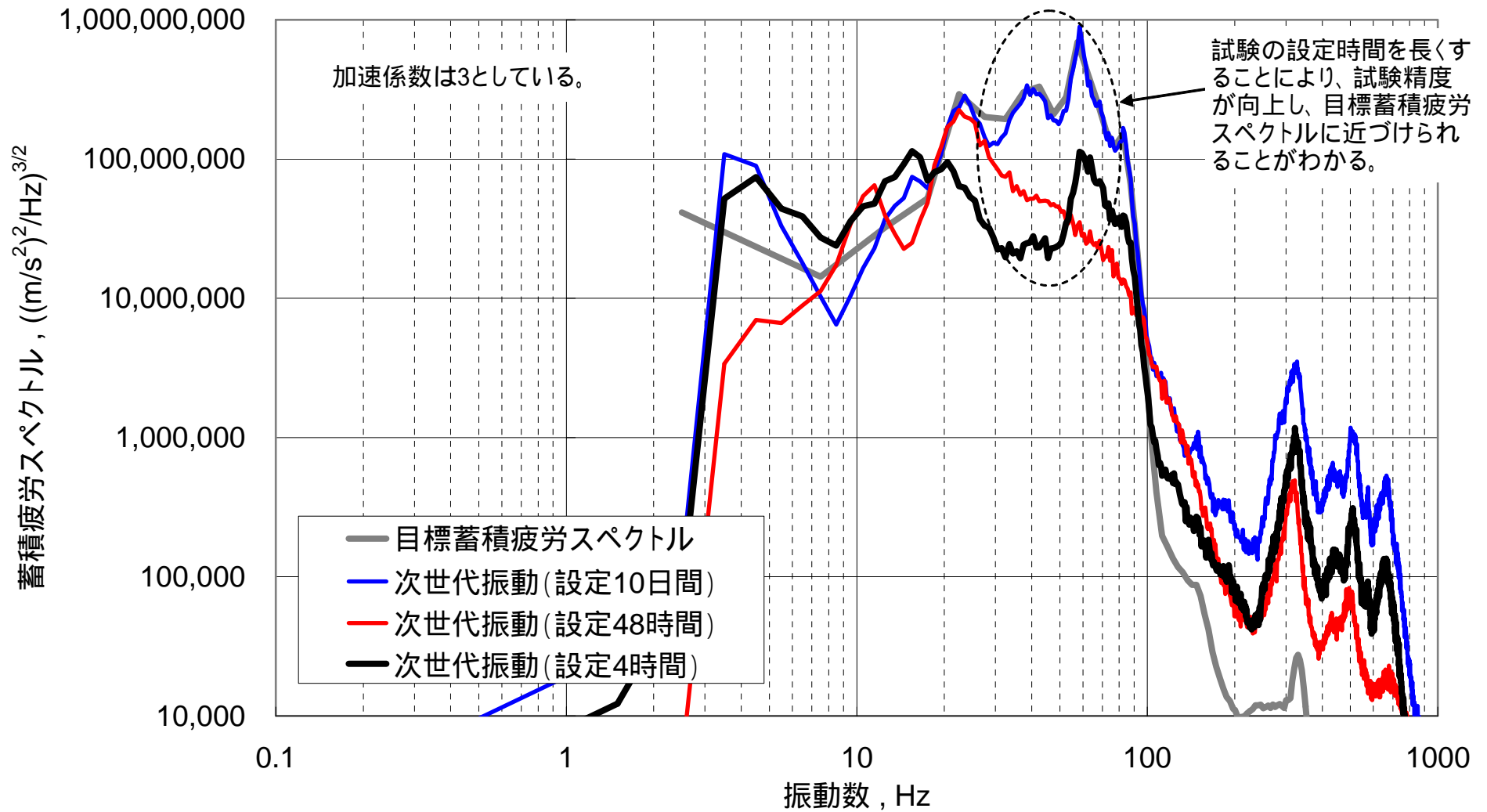


図5(b) 試験の設定時間が及ぼす評価精度への影響

次世代振動による試験条件の導出(分析・解析)

- (A1) ASTM D4728 フィールド振動 0.35grms
- (B1) BSH フィールド振動 0.36grms
- 掃引振動耐久試験(JIS D 1601)3.1g
- - - (A2) ASTM D4728 フィールド振動 0.066grms
- - - (B2) BSH フィールド振動 0.066grms
- 次世代振動(5th-PSD,4h) 7.2grms

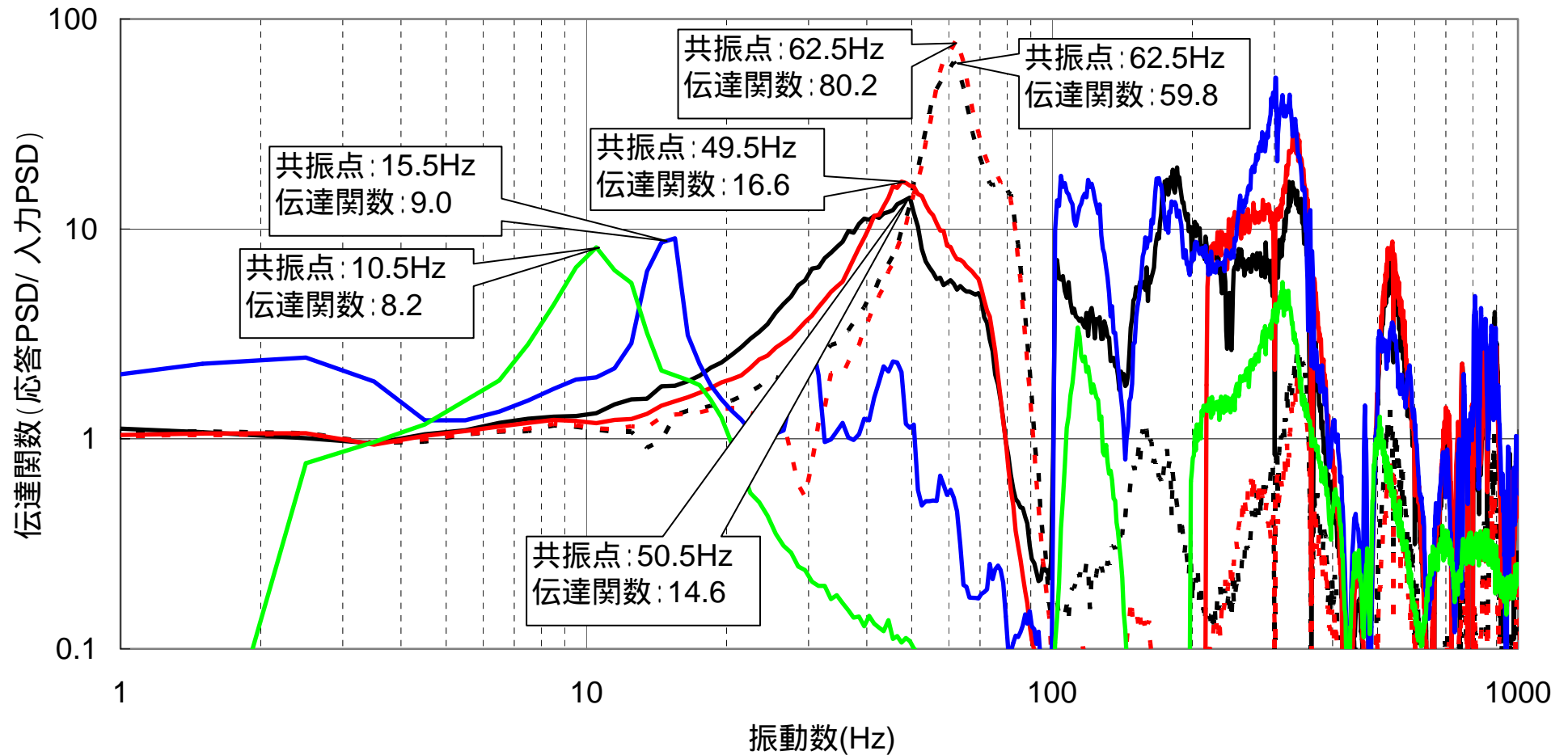


図6 入力振動(振動台PSD)に対する応答振動(DVDプレーヤー左奥下部PSD)の伝達関数

次世代振動による試験条件の導出 (分析・解析)

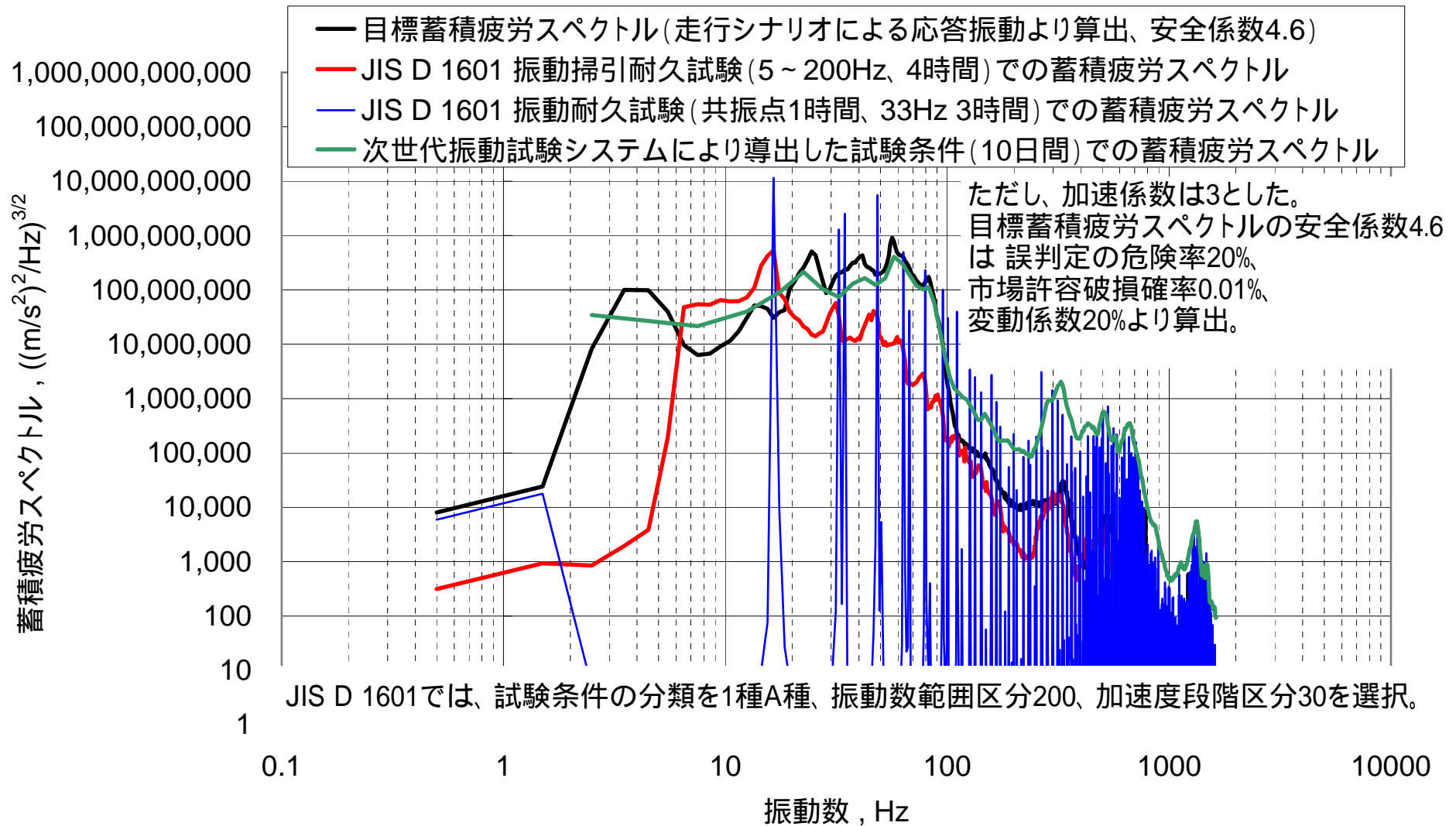


図7 蓄積疲労スペクトルから見た従来型振動耐久性試験と次世代振動試験の比較

次世代振動の事例 (包装貨物試験)

Phase 1 : テスト定義

- ・ 輸送シナリオ: 高速道路 (7時間) + 一般道路 (1時間)
- ・ 許容市場破損確率0.1%、危険率20%、変動係数20%、試料数:3

Phase 2 : 予備試験

- ・ フィールド振動1 高速道路走行時のPSDにて加振 + 応答計測
 - ・ フィールド振動2 一般道路走行時のPSDにて加振 + 応答計測
- 目標蓄積疲労スペクトルを算出

Phase 3 : プレ本試験

- ・ 試験時間設定 加振条件 (入力PSD) 探索 (線形制御、試験機仕様)

Phase 4 : 本試験

- ・ 耐久性評価試験 (本試験) (上記で得られた試験条件を用いる)

次世代振動による試験条件の導出 (Phase 1)

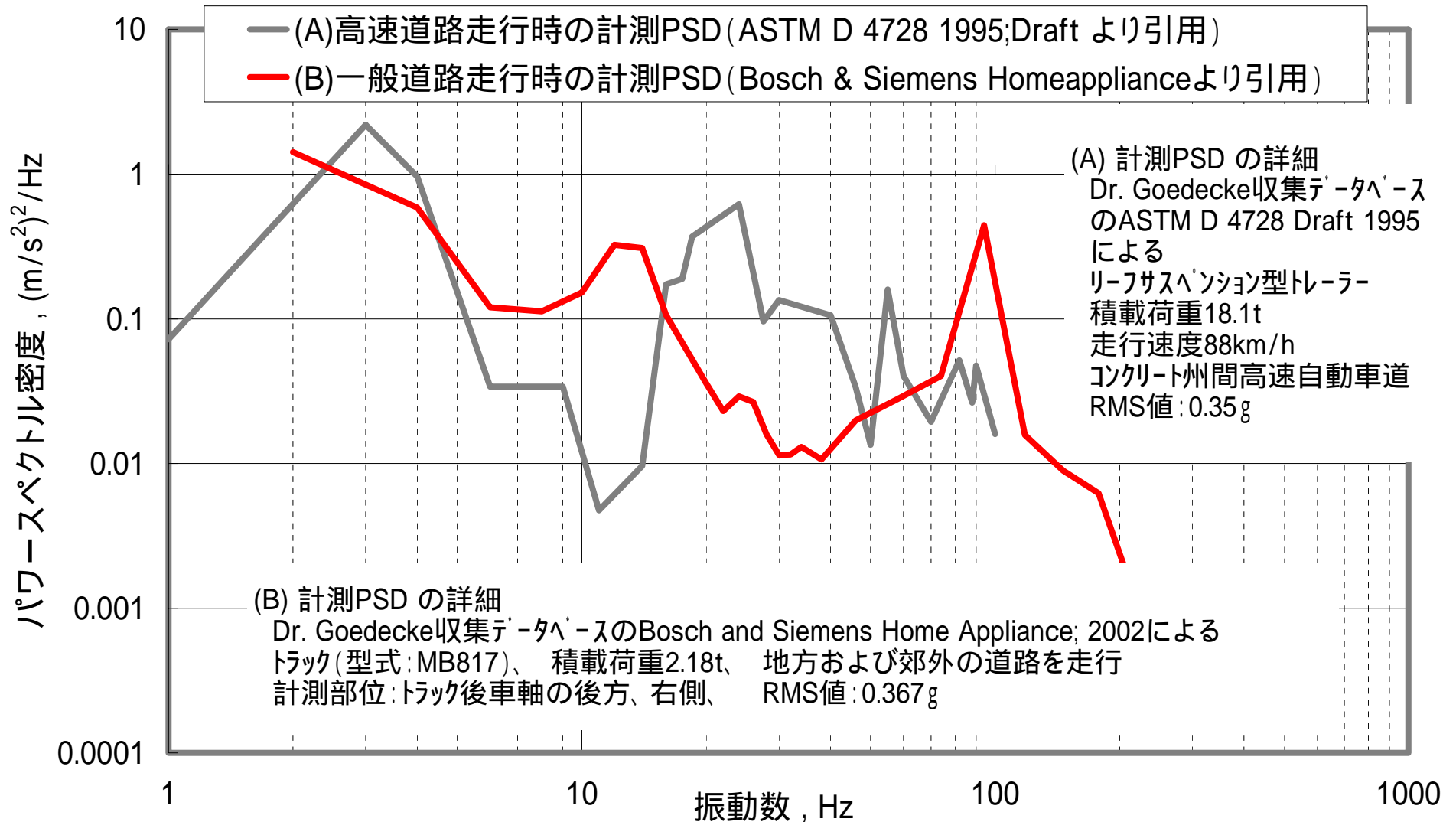


図2 輸送シナリオ作成に用いたフィールド振動データ ((A)高速道路、(B)一般道路)

次世代振動による試験条件の導出 (Phase 2)

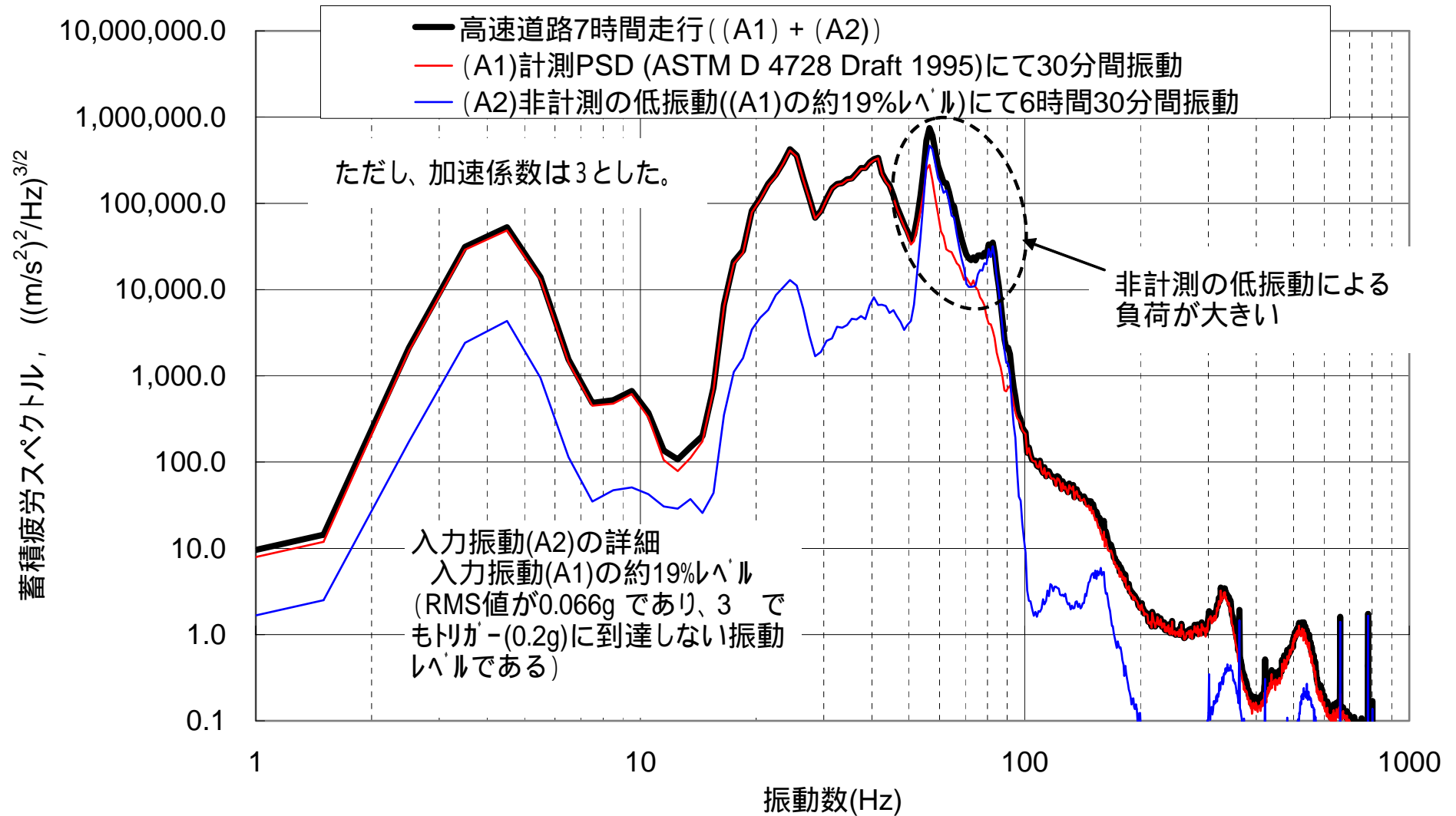


図3(a) 高速道路7時間走行によるDVDプレーヤーの蓄積疲労スペクトル

次世代振動による試験条件の導出 (Phase 2)

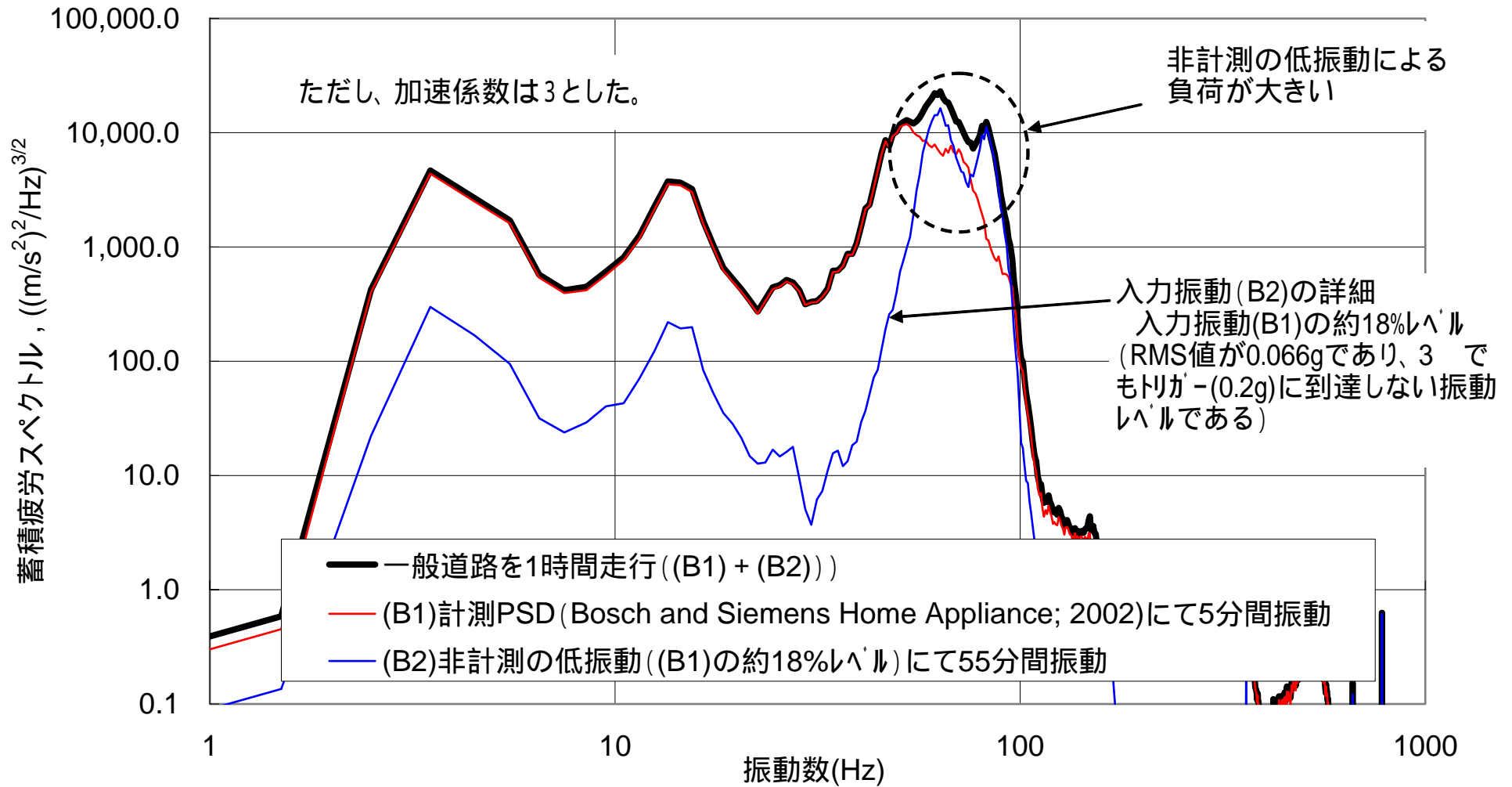


図3(b) 一般道路1時間走行によるDVDプレーヤーの蓄積疲労スペクトル

次世代振動による試験条件の導出 (Phase 3)

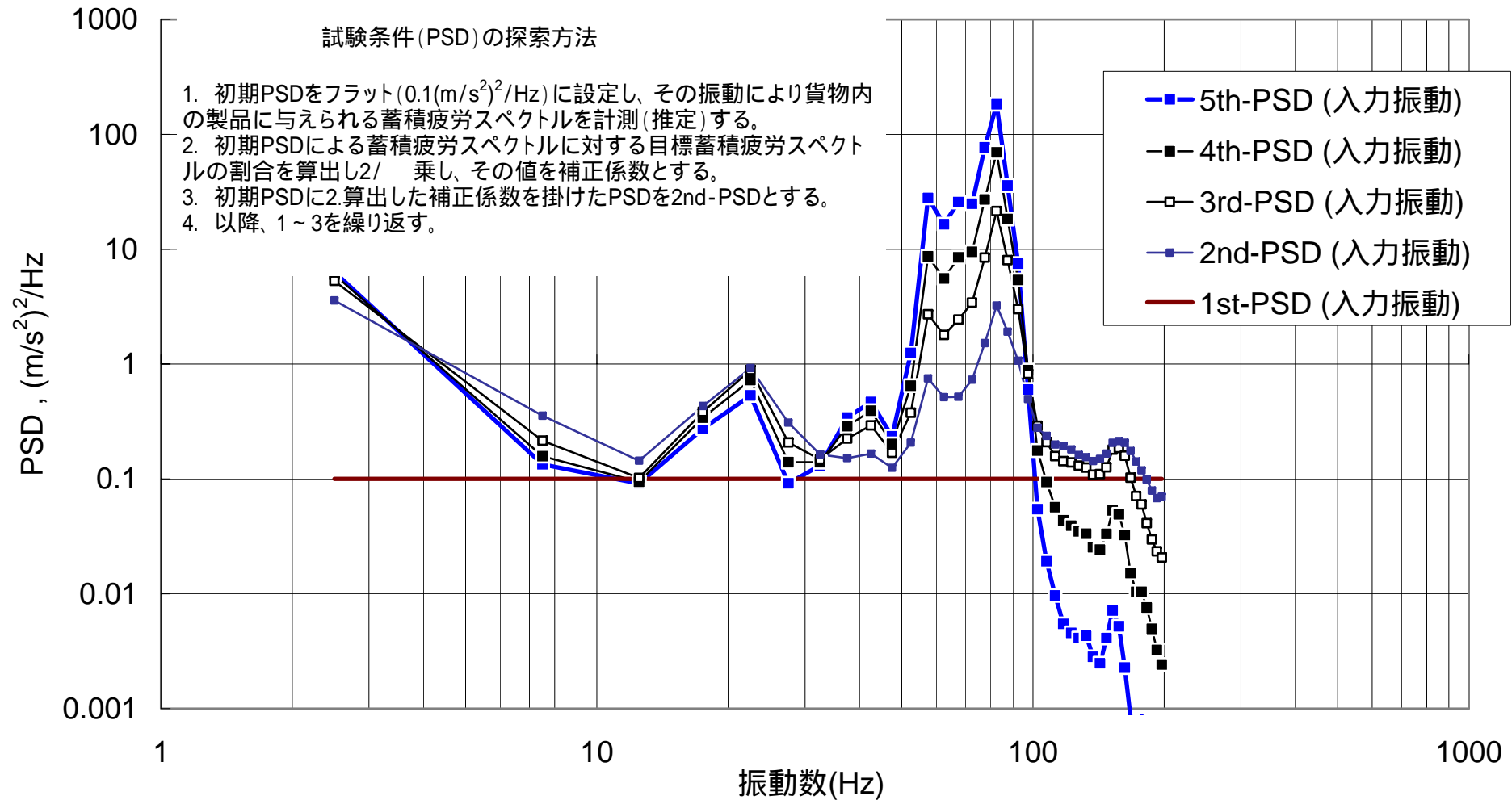


図4(a) 試験条件 (PSD) の探索 (入力振動条件 (PSD))

目標蓄積疲労スペクトルを30分で与えられる試験条件 (PSD) を線形制御により探索した経過

次世代振動による試験条件の導出 (Phase 3)

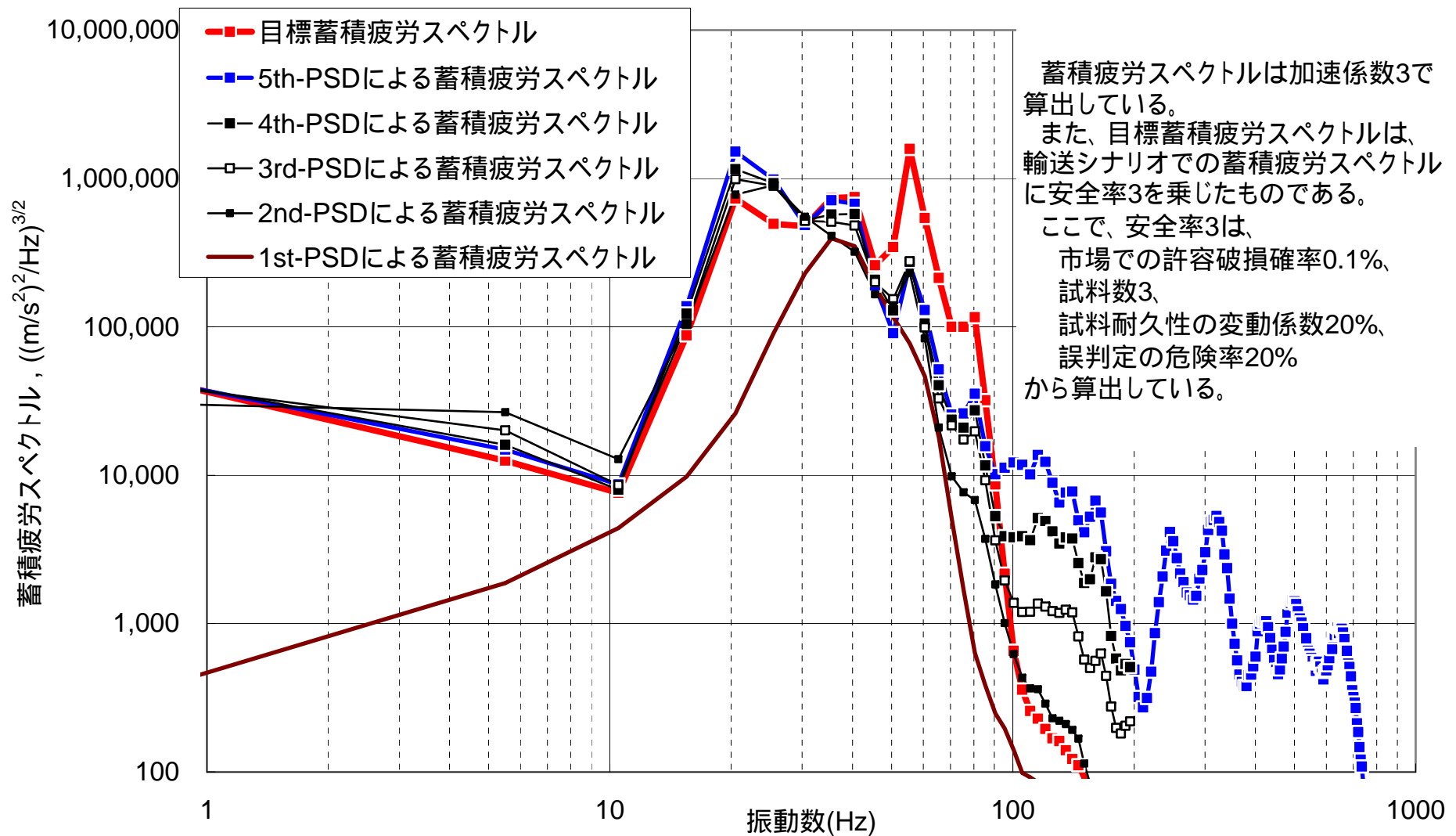


図4(b) 試験条件(PSD)の探索(蓄積疲労スペクトル)

試験条件(PSD)1st ~ 5thにて30分加振した際に与えられる蓄積疲労スペクトル

次世代振動による試験条件の導出 (分析・解析)

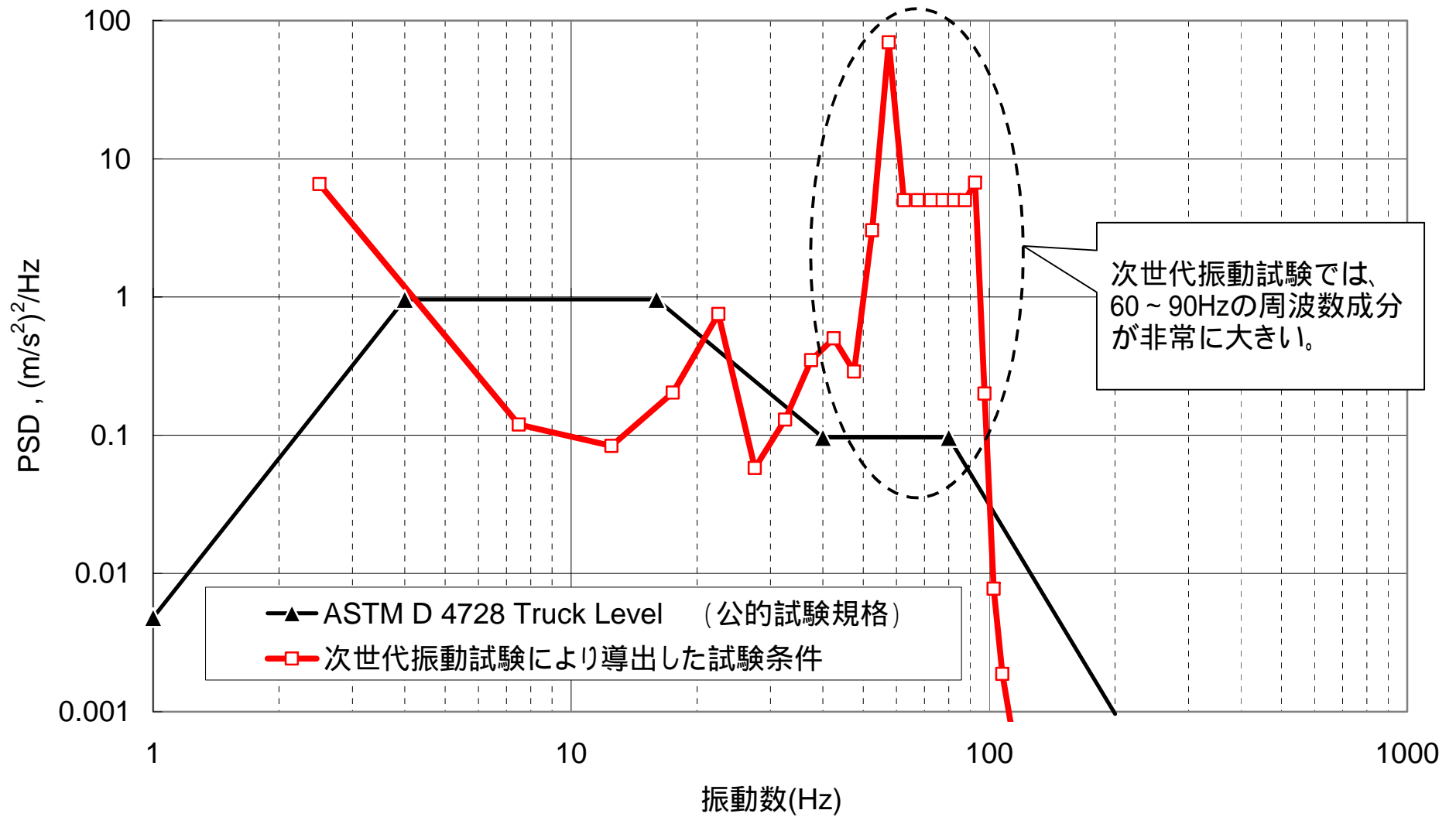


図5(a) 従来法と次世代振動試験の試験条件に関する相違点

次世代振動による試験条件の導出 (分析・解析)

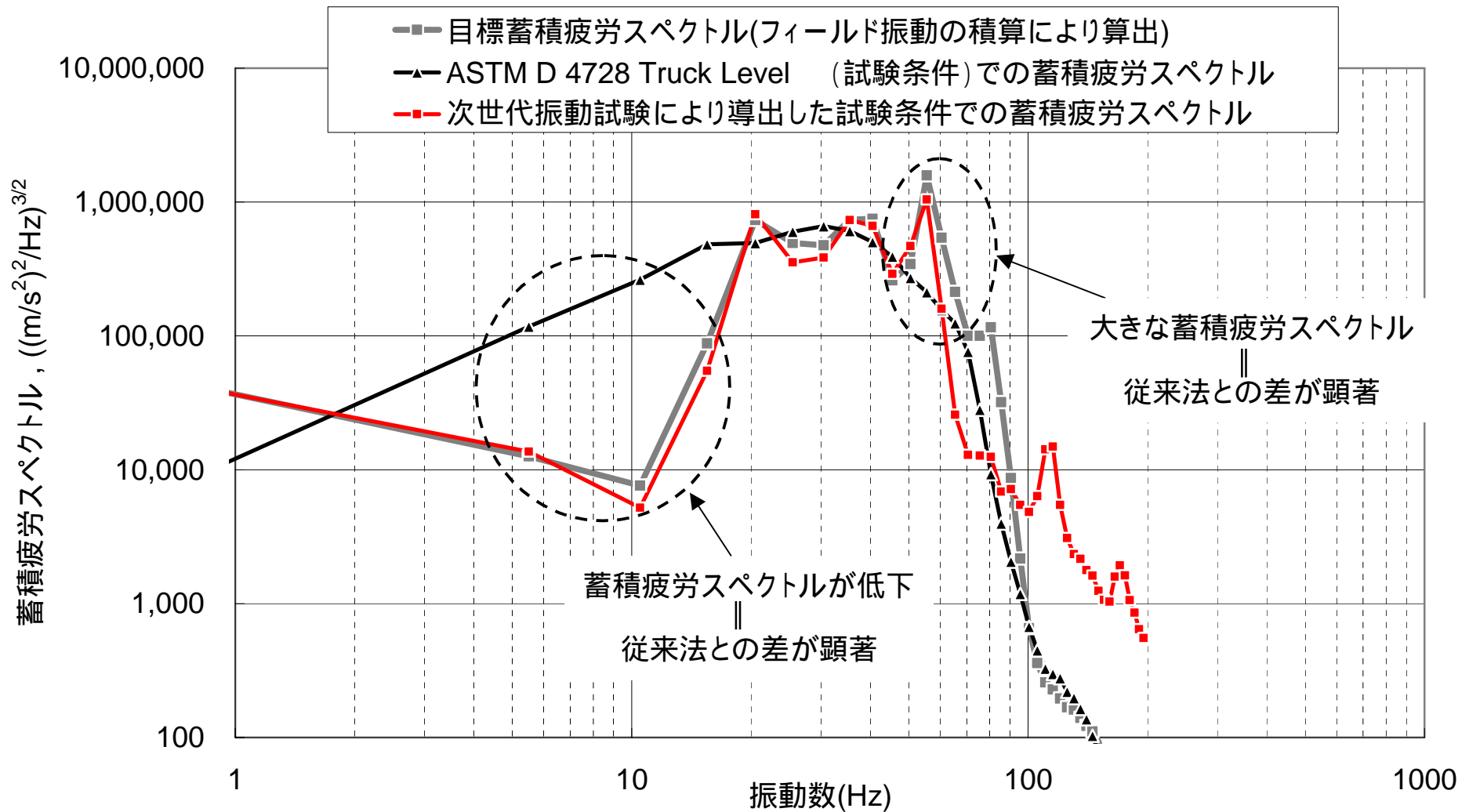


図5(b) 蓄積疲労スペクトルから見た従来型振動試験と次世代振動試験との相違点 (性能比較)

次世代振動による試験条件の導出 (分析・解析)

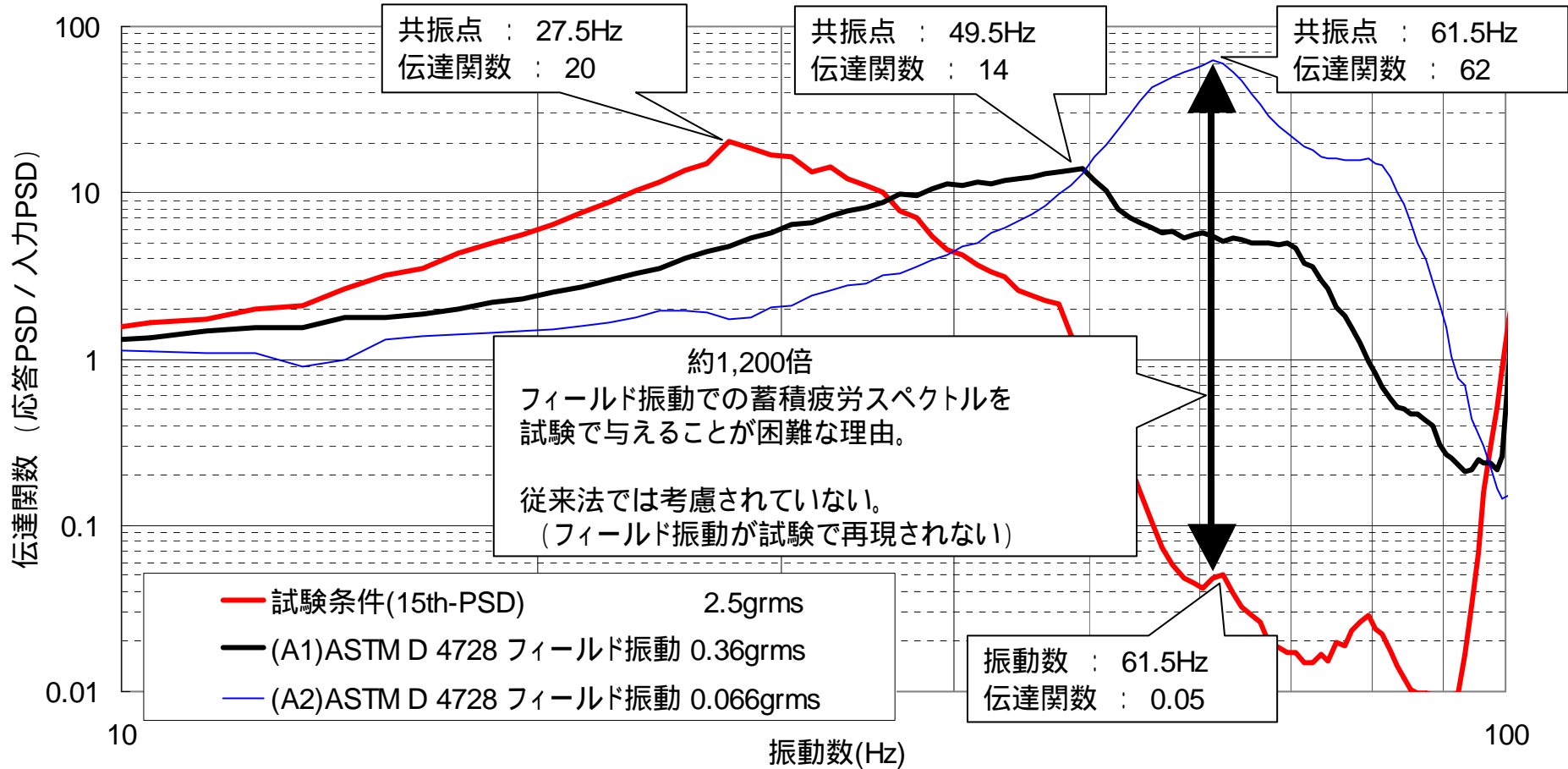


図6 次世代振動試験条件の高周波(60~90Hz)が強い理由についての検討
入力振動(振動台PSD)に対する応答振動(DVDプレーヤー左奥下部PSD)の伝達関数

結 論

- (1) 次世代振動試験システムを開発しました。
 - ・ 非線形、・ 蓄積疲労スペクトル、・ 市場許容破損確率、
 - ・ 試験条件の自動導出、　　・ 分析・解析機能

- (2) 実際の製品を用い、走行シナリオを設定し、
試験条件を導出した結果、

従来法よりも大きな精度の向上が認められました。
(評価指標は、蓄積疲労スペクトル)

- (3) 設定時間が精度に及ぼす影響も、次世代振動システムにより
明瞭化されました。

- (4) 供試品の非線形性が一目瞭然となり、試験とフィールドとの
違いが明瞭化されました。

謝 辞

ご清聴ありがとうございました。

次世代振動試験システムが、車載機器等の分野に広く普及し、品質管理技術の向上に寄与できることをめざしております。

ご意見、ご質問等、今後の参考にさせていただきますので、忌憚なくお聞かせください。