

5.7. 衝撃試験時の加速度センサの挙動 (零シフトの発生と計測衝撃レベル)

株式会社エイ・イー・エス 宇宙技術部

小野 智行 氏

衝撃試験時の加速度センサの挙動 (ゼロシフトの発生と計測衝撃レベル)

(株)エイ・イー・エス 宇宙技術部

小野 智行



株式会社エイ・イー・エス
Advanced Engineering Services Co., Ltd.

第8回 試験技術ワークショップ
(2010.11.12)

発表内容

1. 目的
2. ゼロシフトについて
3. 調査項目
4. 2222Cのゼロシフトについて
5. 2225のゼロシフトについて
6. まとめ



株式会社エイ・イー・エス
Advanced Engineering Services Co., Ltd.

第8回 試験技術ワークショップ
(2010.11.12)

1.目的

宇宙機の衝撃試験



加速度センサの仕様内でもゼロシフト発生



過去の衝撃試験データの整理



傾向把握/製造年、製造ロットとの関係



使用上の留意点の明確化

2.ゼロシフトについて

ゼロシフトとは・・・

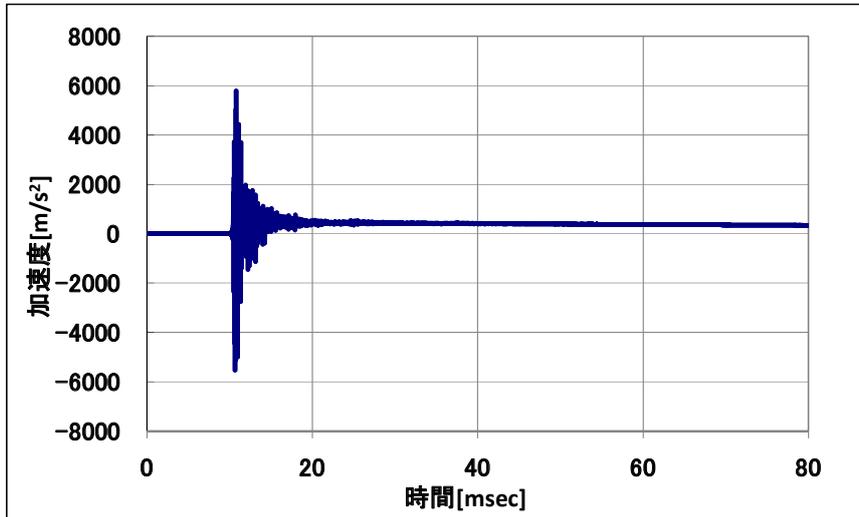
衝撃負荷前にゼロであった加速度時系列波形の平衡点が、衝撃負荷後にシフトしゼロではなくなる現象。

また、ゼロシフトが起きているか目視で見分けが付きにくいゼロシフト現象を、ここでは『隠れたゼロシフト』という。

(衝撃試験ハンドブックより)

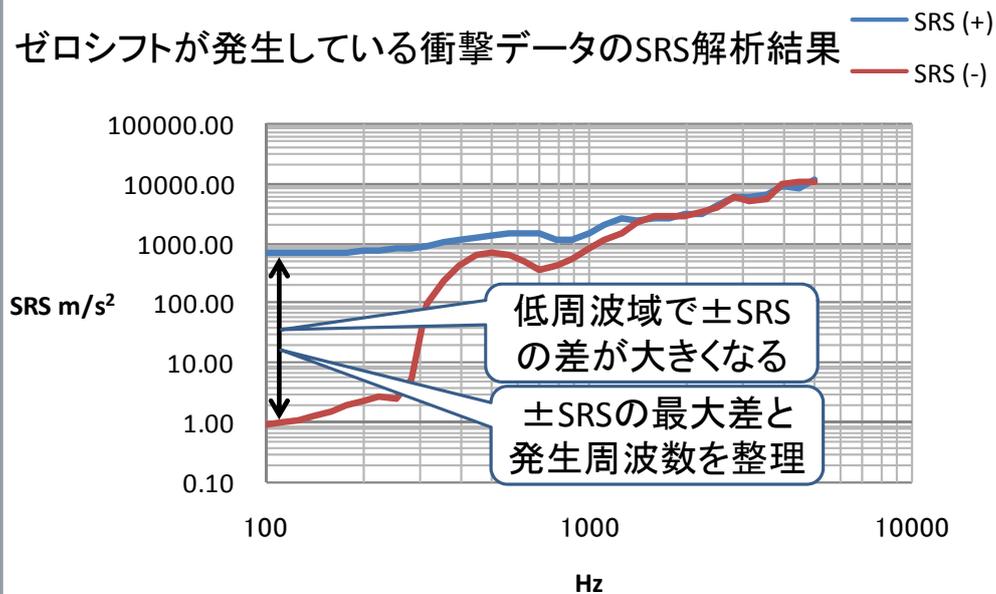
2.ゼロシフトについて

ゼロシフトが発生した時系列衝撃加速度波形の一例



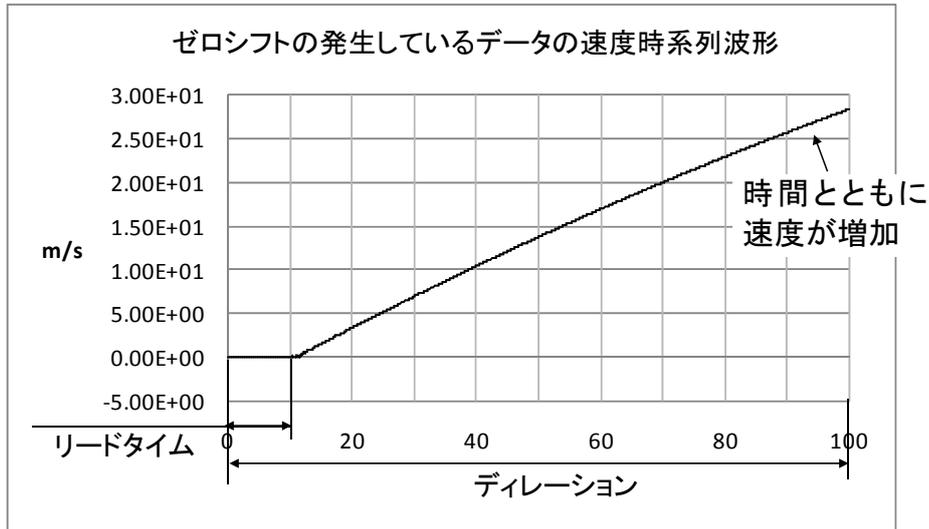
2.ゼロシフトについて

ゼロシフトが発生している衝撃データのSRS解析結果



2.ゼロシフトについて

速度時系列波形及びその傾き



2.ゼロシフトについて

ゼロシフトの主な発生原因

- センサへの過剰応力(センサ内部の共振)
- センサのベース歪(圧電素子のプリロードの変化)
- センサ部品の物理的な運動
(圧電素子とマスのずれ等)
- ケーブルノイズ(ケーブルの暴れ、剥離)
- コンディショナのオーバーロード

↳ ゼロシフト補正をしても信頼できる計測データにはならない

(衝撃試験ハンドブックより)

3.調査項目

調査対象加速度センサと主な仕様

センサ型式	2222C	2225(衝撃用)
加速度レンジ (直線性:1%)	19,600m/s ² (2,000G)	196,000m/s ² (20,000G)
計測周波数	1~10,000Hz	1~10,000Hz
共振周波数	32kHz	100kHz
質量	0.5g	13g

3.調査項目

- ① ±SRSの最大差と周波数との関係
- ② 時系列加速度最大値と±SRSの最大差との関係
- ③ 加速度センサの製造履歴との関係

4. 2222Cのゼロシフトについて

調査対象データ

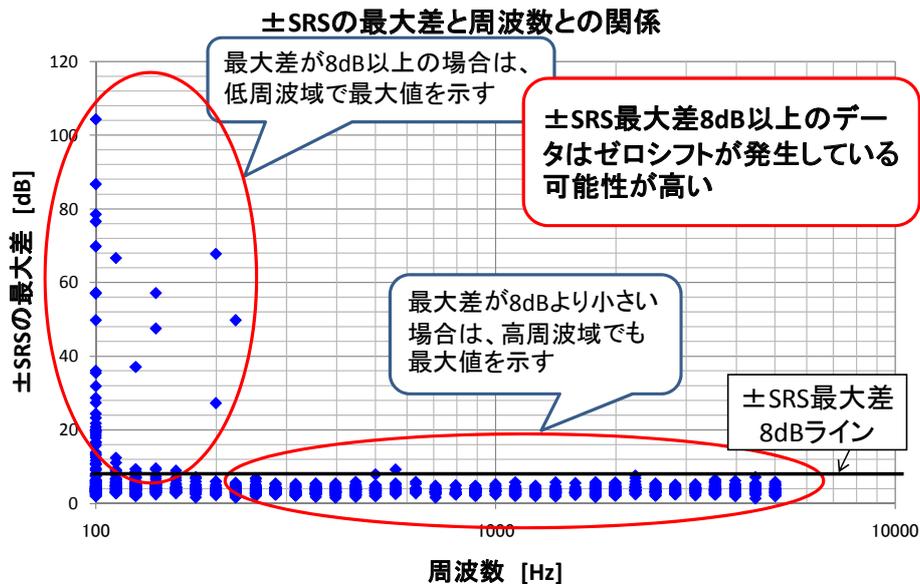
・試験件数: 7件

供試体(分離場所)内訳

- ・PAF: 1件
- ・太陽電池パドル: 3件
- ・アンテナ: 1件
- ・センサ: 1件
- ・その他: 1件

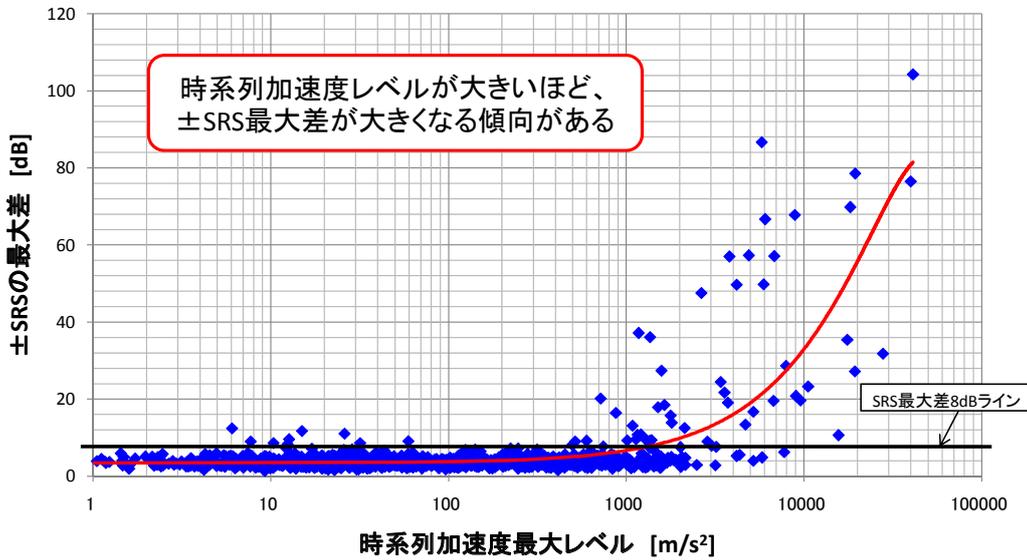
・データ数: 1099個(センサ個数: 502個)

4. 2222Cのゼロシフトについて



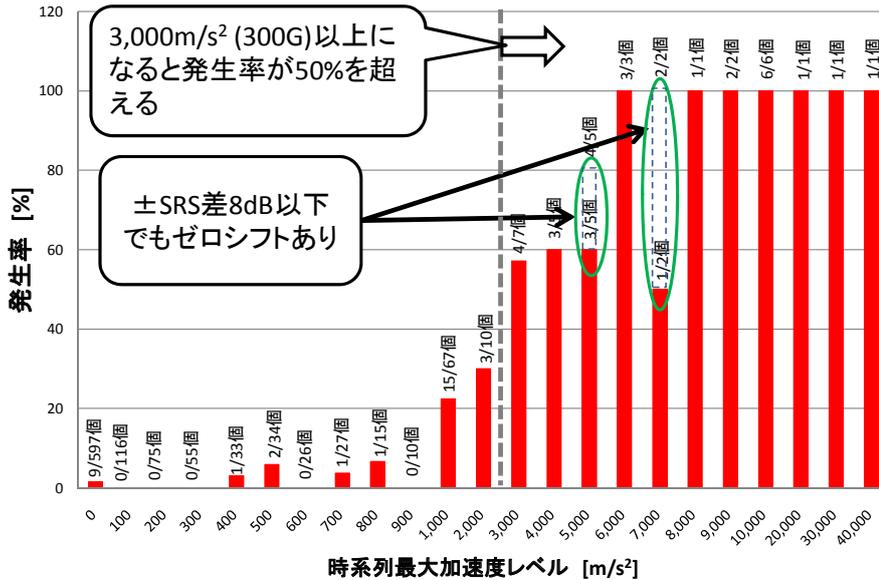
4. 2222Cのゼロシフトについて

時系列加速度レベルと±SRSの最大差の分布



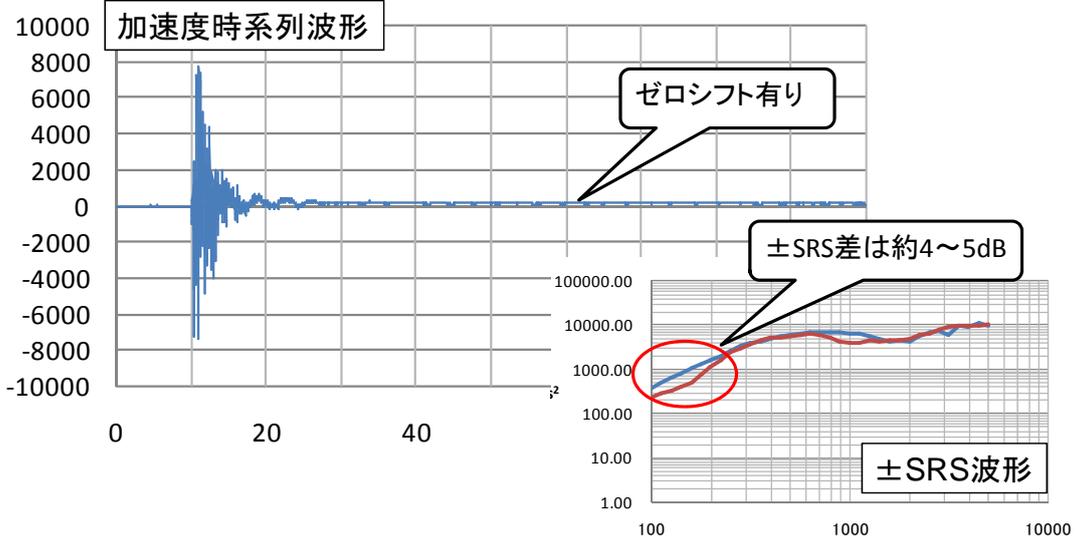
4. 2222Cのゼロシフトについて

±SRS差8dB以上の発生率(時系列加速度レベル毎)



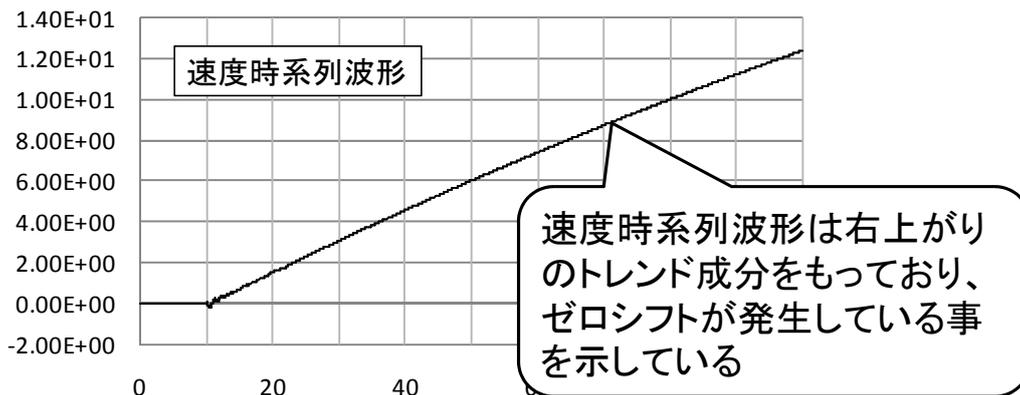
4. 2222Cのゼロシフトについて

±SRS差8dB以下でも顕著にゼロシフトしているデータ



4. 2222Cのゼロシフトについて

±SRS差8dB以下でも顕著にゼロシフトしているデータ



±SRS差だけでなく、加加速度時系列波形及び速度時系列波形も評価することが重要

4. 2222Cのゼロシフトについて

センサシリアルナンバー別発生件数

S/N別±SRS差8dB以上の発生件数

S/N	±SRS差 8dB以上	使用回数									
AL0D7	1	4	ANHC8	2	2	11689	1	2	11984	1	1
AL2DO	1	2	ANHD4	2	2	11728	1	1	24003	1	3
AL2H4	1	4	ANHE8	1	2	11824	1	3	24062	1	3
AL2H5	1	2	ANHL8	1	4	11893	1	1	24121	1	3
ALOE6	1	4				11894	1	1	24170	3	3
ALOF4	1	2				11900	1	1	24228	1	4
ALC											4
AM											4
AM											2
AM											3
AMCH5	1	2				11925	1	1	24555	1	3
AMCR3	1	2				11926	1	1	24554	1	2
AMCT6	1	2				11927	1	1	26901	1	3
AMCWO	1	3				11929	1	1	26968	1	7
AMN47	1	7				11933	1	1			
AMPD0	1	6				11938	1	3			
ANHA9	2	2				11941	1	1			

ゼロシフトの発生とセンサシリアルナンバーに相関はなく、
製造ロットや付属ケーブルの違いによる影響はない

古いタイプ

新しいタイプ

4. 2222Cのゼロシフトについて

2222Cまとめ

- ① ±SRS差が8dBを超えているとゼロシフトが発生している可能性が高い
- ② 時系列加速度レベルが $3,000\text{m/s}^2$ (300G)を超えるデータは、±SRS差8dB以上のゼロシフトが発生している可能性が高い
- ③ センサのS/Nとゼロシフト発生に相関はない

5. 2225のゼロシフトについて

調査対象データ

・試験件数: 14件

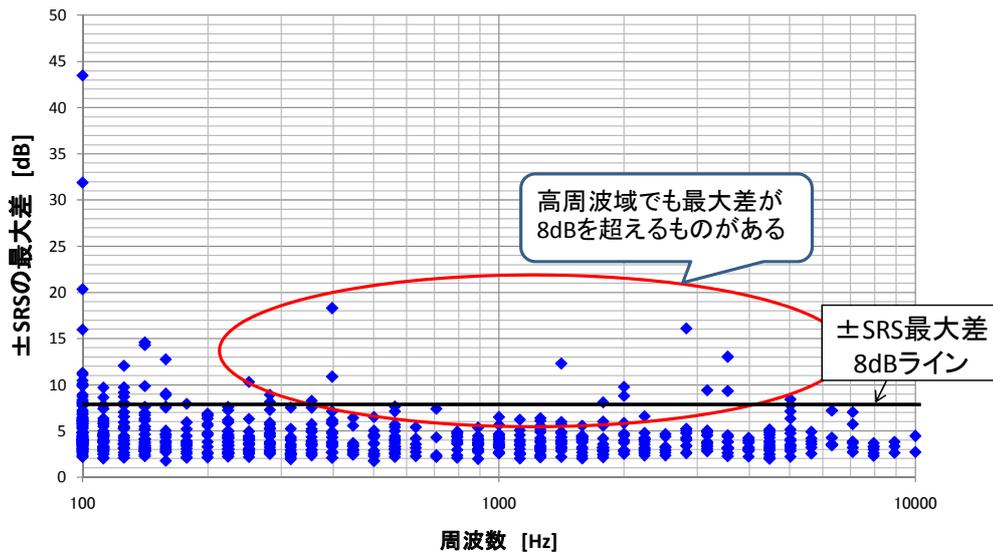
供試体(分離場所)内訳

- ・PAF: 6件
- ・太陽電池パドル: 4件
- ・アンテナ: 1件
- ・その他: 3件

・データ数: 720(センサ個数: 56個)

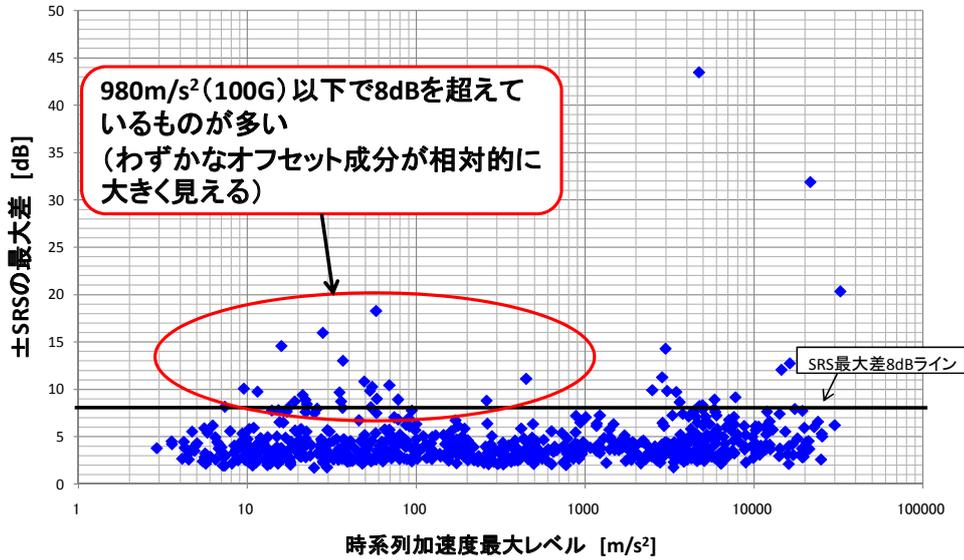
5. 2225のゼロシフトについて

±SRSの最大差とその周波数の分布(1/2)



5. 2225のゼロシフトについて

時系列加速度レベルと±SRSの最大差の分布



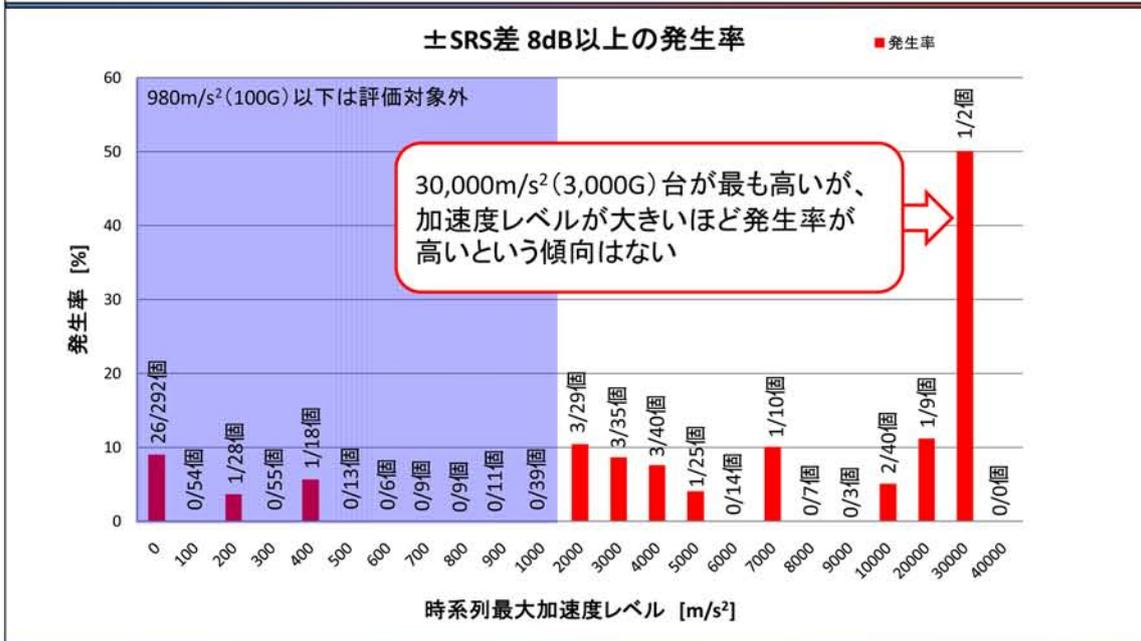
5. 2225のゼロシフトについて

±SRSの最大差とその周波数の分布(2/2)

(時系列加速度 980m/s²(100G) 以上抽出)



5. 2225のゼロシフトについて



5. 2225のゼロシフトについて

S/N別±SRS差8dB以上の発生件数

S/N	±SRS差 8dB以上	使用回数
17168	2	20
17225	1	18
17401	1	14
17404	1	14
17405	1	18
17410	2	16
17416	1	11
17472	1	20
17481	1	17
17483	1	19
17487	1	9
EX24	1	17

特定のS/Nに集中して発生してはいない

5. 2225のゼロシフトについて

2225まとめ

- ① 2222Cと比較してゼロシフト発生率が低い
→測定レンジに対して加速度レベルが低いため
- ② ±SRS差が8dBを超えているとゼロシフトが発生している可能性が高い
(但し、時系列加速度レベル1,000m/s²(100G)以下は除く)
- ③ センサのS/Nとゼロシフト発生に相関はない

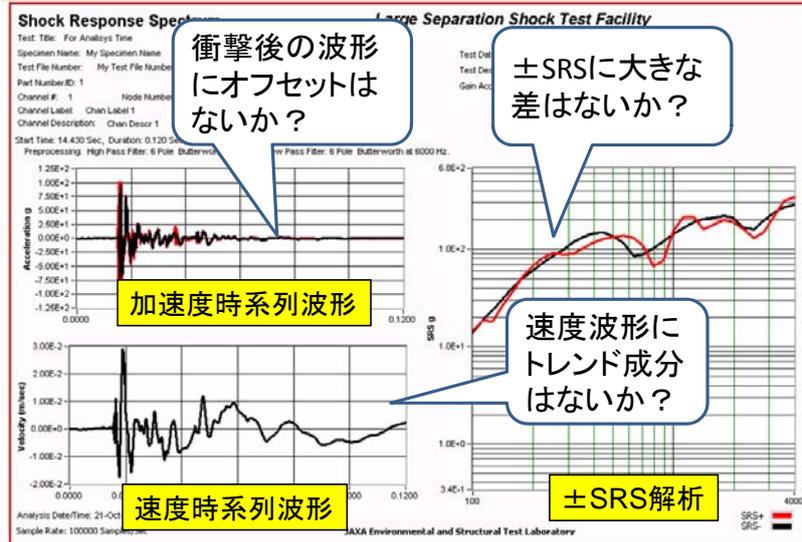
6. まとめ

結論

- ・2222Cについて
時系列加速度レベルが3,000m/s²(300G)を超えると±SRS差8dB以上のゼロシフトが発生する可能性が高い。
→衝撃試験ハンドブックに反映される予定
- ・2225について
2222Cと比較して±SRS差8dB以上のゼロシフトの発生率は低いが、センサ仕様範囲内でもゼロシフトは発生する。

6. まとめ

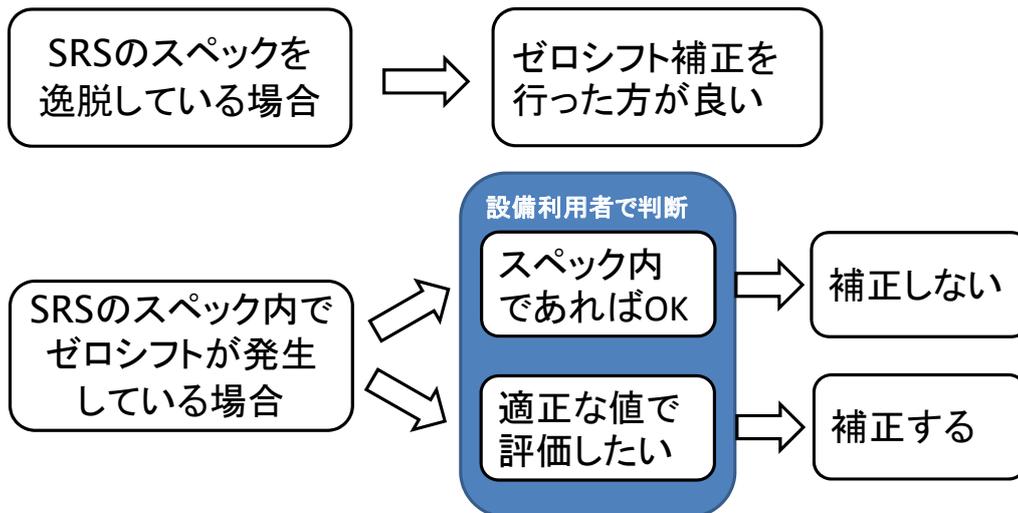
実際の試験における評価方法について



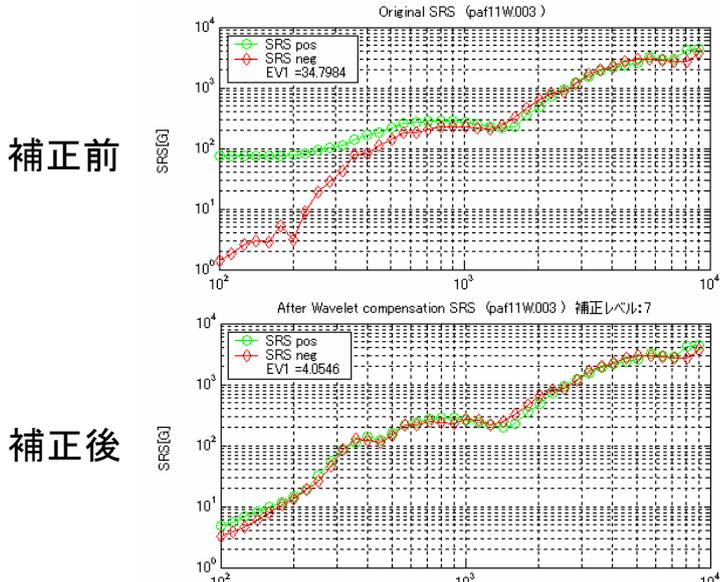
大型分離衝撃試験設備データ出力例

6. まとめ

ゼロシフト補正の適用について



6. まとめ



ゼロシフト補正プログラムによる補正例 (衝撃試験ハンドブックより)

質疑応答

質問者①

ゼロシフトの結果を考慮して、いままで行ってきた試験において、その判定結果が覆るような危険性はあるのでしょうか。また、ゼロシフトが起きることに対して、そのセンサのメーカーがその方針なりコメントをどのように答えているのでしょうか。

発表者

ゼロシフトの補正が適用されてからもう 5 年以上になります。少なくともここ最近で覆ることはありません。2222C 加速度センサは、衝撃に特化したセンサではなく、本来、高い衝撃を計測するには衝撃用のセンサを使うのがまず、第一だと思います。メーカーさんのコメントについては、私の方では特にコメントはいただいておりません。

質問者②

仕様の 30%の負荷でゼロシフトが発生していますが、そのようなセンサは次も使えるのでしょうか。

発表者

原因がケーブルの問題であったりするので、仕様内でゼロシフトがおきたからそのセンサがだめということはありません。衝撃という強い過渡的な応答によって起こっており、仕様内でゼロシフトが起こるからそのセンサは駄目ということではありません。センサは校正をしており周波数特性も確認して使用しています。

質問者③

この2つのセンサは **Endevco** 製だと思うのですが、他のメーカーのセンサで何件か試したことはありますか。また、**Endevco** 製に特異のものなのか、構造的に同じだから他のメーカーも同じなのか、今後の課題としたほうが良いと思います。ゼロシフトの補正をかける場合は、料金追加になるのでしょうか。

発表者

JAXA では、他のメーカーのセンサは数がないので、そのデータは特にはないです。また、料金は追加にはなりません。弊社の設備運転の中で衝撃試験を行った結果、ゼロシフトが発生しているのであれば、データ処理の一環で補正させていただいております。

質問者④

先程の 2222C と 2225 の比較データについてメーカーの見解ということですが、以前、環境試験技術センターのほうで試験された限りでは衝撃専用の 7255A というタイプがございまして、そちらを使っただけであればゼロシフトの発生はなく、データ上問題なくよろしいかと思えます。

発表者

今回調査対象にしておりませんが、アンプ内蔵型のセンサの方がもっと高衝撃に対応できると思えます。

質問者⑤

いろいろ結果がはっきり分かってきて、AES として現場での経験を生かしてどう対応していくか考えがあれば教えてください。また、補正があるから安心して使うというのは観点が逆じゃないかと思っていて、本来は、正しいデータをとるのが前提条件なのですが、その辺の考え方が本末転倒しないようお願いしたいと思います。

発表者

ゼロシフトの補正プログラムを知らないで、スペックオーバーで頭を抱えてしまうのは時間・労力の無駄であるので、適切にお答えできるようにしたいと思います。また、高い衝撃が発生するところに 2222C といった衝撃用でないセンサが使われていないか、データを確認していきたいと思えます。