

遊戯施設の客席部分に生ずる加速度の測定要綱

目次

1. はじめに
2. 測定機器の要件
 - (1) 加速度センサ
 - (2) レコーダー
 - (3) 機器の校正
3. 測定機器の設定
 - (1) サンプリング周波数
 - (2) アナログフィルタ
 - (3) 換算係数
4. 測定機器の設置
 - (1) 加速度センサの測定軸
 - (2) 加速度センサの設置位置
 - (3) 加速度センサの固定方法
 - (4) 測定の際の積載重量
 - (5) 加速度センサの健全性確認
5. 測定手順
 - (1) 暖機運転
 - (2) ゼロイング
 - (3) 測定回数
6. 測定データの処理
7. 測定結果の記録
8. 用語集

1. はじめに

この要綱は、遊戯施設の客席部分の構造方法を定める件（平成 29 年国土交通省告示第 247 号。以下「第 247 号告示」という。）の運用について、完了検査の際に確認申請図書における設計加速度との整合を確かめるための加速度測定の技術解説である。実際の測定にあっては、本要綱に基づき、加速度が最大となる条件で測定する必要がある。

なお、確認申請図書における設計加速度の設定にあたっての前提条件は、本要綱を準拠して設定する必要がある。

2. 測定機器の要件

加速度測定の測定機器は、加速度を電圧等に変換する加速度センサ^{※1}（変換器）とその電圧等をサンプリング^{※2}し、デジタルデータとして記録するレコーダー^{※3}で構成される。それぞれに求められる性能は以下のとおりである。

（1）加速度センサ

加速度センサは、以下の性能を有する 3 軸加速度センサを使用する。

- ・ 測定可能範囲 ± 98 (m/s²) 以上
- ・ 応答周波数^{※4}20Hz 以上
- ・ 適切に校正がなされているもの

（2）レコーダー

レコーダーは、以下の性能を有するものを使用する。

- ・ サンプリング周波数^{※5}120Hz 以上
- ・ アナログフィルタ^{※6}機能
- ・ 適切に校正がなされているもの

3. 測定機器の設定

測定機器は、以下のとおり設定されたものを使用する（一般的にレコーダー側で設定）。

（1）サンプリング周波数

サンプリング周波数は 120Hz 以上に設定する。

（2）アナログフィルタ

エイリアシング^{※7}を防ぐため、評価データとして必要な 20Hz 以上、かつ、できるだけ低い周波数のアナログフィルタを設定することが望ましい。

（3）換算係数

測定データの単位が m/s² になるように換算係数を設定する。加速度の単位が異なる場合があるため、必要に応じて加速度センサの校正表等を参照する。

また、加速度センサの測定軸^{※8}が評価軸^{※9}の方向と反対となる場合については、換算係数の設定等により調整する。なお、加速度センサの健全性については後述のロールオーバー試験^{※10}

によって確認できる。

4. 測定機器の設置

(1) 加速度センサの測定軸

加速度センサの設置にあつては、加速度センサの測定軸を、図-1に示すとおり、横（Y軸）方向と上下（Z軸）方向のなす平面が座席背面と一致し、前後（X軸）方向と上下（Z軸）方向のなす平面が乗客の中心と一致するように固定する。測定軸と評価軸の角度誤差については、角度調整治具等を用いて±5度以内とする。なお、測定軸と評価軸の角度をそれぞれ測定の上、三角関数を用いて測定データを補正してもよい。

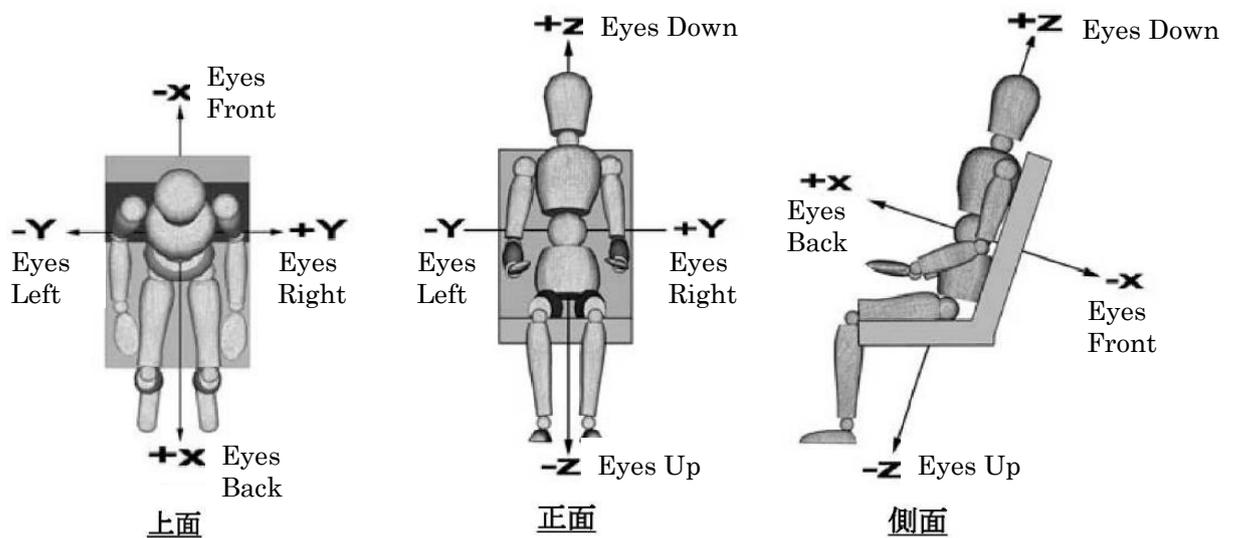


図-1 座席の加速度軸と加速度の向き

(2) 加速度センサの設置位置

① 加速度センサを設置する座席

座席が複数ある場合は、加速度センサは当該遊戯施設における客席部分の前後・左右等の最大加速度が発生する座席に設置すること。

② 加速度センサの設置位置

加速度センサは、図-2に示すとおり、座面からZ軸方向に310～410mmで、かつ、背もたれからX軸方向に60～130mmの距離に設置すること。

なお、子供専用遊戯施設の場合は、座面からZ軸方向に280～360mmで、かつ、背もたれからX軸方向に30～90mmの距離に加速度センサを設置すること。

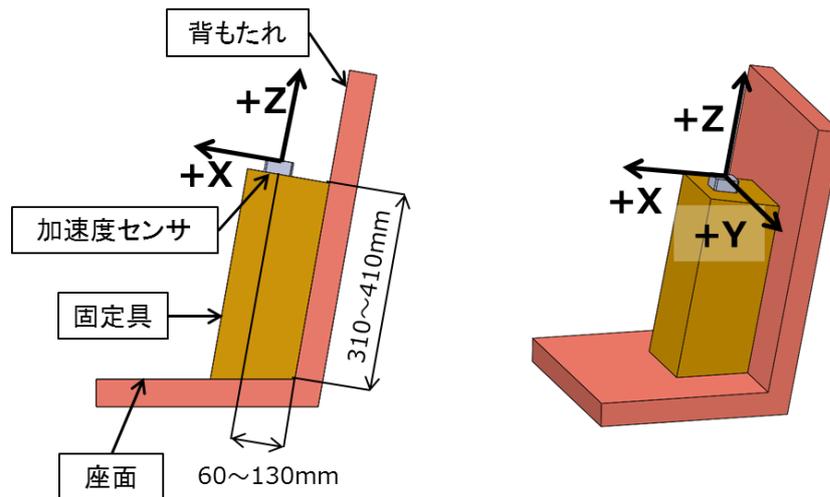


図-2 座席への加速度センサの設置位置と軸方向
 ※子供専用遊戯施設は設置位置が異なる

(3) 加速度センサの固定方法

加速度センサは、上記(2)に示す座席の所定の位置に固定用器具等を用いて確実に固定する。固定用器具は、鋼材や木材等を使用し、個別に作成・工夫したものでも良い。

なお、シートクッション等の柔らかい部材に固定した場合、予期せぬ振動が生じるおそれがあることから、座席のクッション等は可能な限り取り外し、クッション等の高さを考慮して加速度センサを取り付けること。取り外しができない場合は、クッション等の影響を受けないように加速度センサを確実に固定し、走行中にずれる、又は予期せぬ振動が加わることがないようにすること。



参考-1



参考-2

(4) 測定の際の積載重量

遊戯施設の種別に応じて、下記の積載重量を搭載し、確実に固定すること。

- ・成人用遊戯施設の積載荷重は、乗客1名につき66kg~77kgとする。
- ・子供専用遊戯施設の積載荷重は、乗客1名につき34kg~45kgとする。

(5) 加速度センサの健全性確認

加速度センサを固定する前に、加速度センサが正常に作動すること及び加速度センサの測定軸が正しいこと等を確認するため、ロールオーバー試験を行うこと。

5. 測定手順

(1) 暖機運転^{※11}

客席部分の走行、回転等の運転動作が安定するまで、少なくとも3回の運転を行うこと。また、平成12年建設省告示第1419号別表第1(二)項に規定するコースター等の自由落下の遊戯施設に関しては、周回の自走時間の変動が5%以下となるまで運転を行うこと。

(2) ゼロイング^{※12}

測定開始前に加速度センサのゼロイングを実施し、測定開始の際に各軸(X軸、Y軸、Z軸)の値が0になるように設定する。後に重力加速度の補正を行うために、ゼロイング時の加速度センサの傾きを測定、記録する。ゼロイング機能が備わっていない加速度センサを使用する場合には、ロールオーバー試験時に重力加速度が 9.8m/s^2 として記録されることを確認すること。

(3) 測定回数

測定回数については、少なくとも2回測定し、測定値が初期値より著しくずれている場合には、当該初期値は測定回数に含めないこと。

(4) その他

通常走行時よりも、非常止め装置が作動した際に、最大加速度が発生する遊戯施設の場合、非常止め装置作動時の加速度を測定すること。

6. 測定データの処理

測定データに以下の処理を行うこと。

- ・ゼロイングによって除去された各軸(X軸、Y軸、Z軸)の重力加速度を算出し、各軸の測定値に加える。
- ・カットオフ周波数5Hz、4次のバターワースフィルタ^{※13}をかける。

7. 測定結果の記録

測定データ及び上記の6.に基づき処理したデータをcsv形式等のテキストファイルとして保存すること。また、別添の加速度測定記録様式に基づき、測定結果及び測定条件等を記録の上、根拠となる測定結果のグラフ及び測定状況を示す写真等を添付すること。

なお、添付する測定結果のグラフについては、横軸を時刻、縦軸を加速度としたグラフにより、各軸(X軸、Y軸、Z軸)方向の加速度の最大値を確認し、かつ、横軸をX軸の加速度、縦軸をZ軸の加速度としたX-Z軸の加速度散布図により、第247号告示別図に示す加速度領域図と比較し、該当する加速度領域を確認すること。

8. 用語集

※1 加速度センサ：

対象の加速度を電圧等に変換することで加速度の測定を行う装置。一般的にはX軸、Y軸、Z軸の直交3軸を測定できる3軸加速度センサが用いられるが、1軸加速度センサを3点組み合わせて使用する場合は、各軸方向の設定に注意が必要である。

※2 サンプリング：

連続信号を一定の間隔で測定し、離散信号化すること。

※3 レコーダー：

加速度センサにより得られた電圧等の連続信号をサンプリングし、デジタルデータとして記録する装置。

※4 応答周波数：

測定された加速度が誤差なく出力信号として出力される波形の周波数の範囲、又は最大周波数。

※5 サンプリング周波数：

1秒あたりにサンプリングを行う回数。単位はHzで表される。本要綱においては、海外規格のASTMに基づきサンプリング周波数を120Hz以上としているが、昨今の機器の性能を鑑み、測定ノイズへの対策を考慮すると500Hz以上が望ましい。

※6 アナログフィルタ：

加速度センサにより得られた電圧等の連続信号に対し、コイル、コンデンサ等を用いて特定の周波数域のみ通過させるフィルタ。

※7 エイリアシング：

高周波成分の偽信号化による誤表示。サンプリング周波数の1/2（ナイキスト周波数という。）より高い周波数の波形は、ナイキスト周波数で折り返した周波数の波形と見分けがつかなくなり、高周波成分がデジタルフィルタで除去できなくなる（例えば、サンプリング周波数200Hzで190Hzの波形をサンプリングすると10Hzの波形と同じ波形となる等）。

※8 測定軸：

加速度センサにおける加速度方向を示す軸。右手で直交3軸を作ったときに親指がX軸、人差し指がY軸、中指がZ軸となるのが評価軸と一致する。Z軸は重力方向ではなく、人体軸となることに注意すること。加速度センサの設置状態により測定軸が評価軸と一致しない場合は、評価軸の補正計算が必要となる。また、Y軸方向が反対にならないように注意が必要である。なお、Z軸方向の考え方については、海外規格のASTM（ASTMインターナショナルが発行する工業規格）に基づくものである。

※9 評価軸：

加速度の評価に用いられる座標系のX軸、Y軸、Z軸の各軸

※10 ロールオーバー試験：

測定の現場において加速度センサの健全性を確認する試験。加速度センサの向きを変えて重力加速度 9.8m/s^2 が正常に測定されることを確認する。

具体的には、測定機器を水平面に置き、Z軸方向を真上とした状態で、ゼロイングを行い、加速度が $(X, Y, Z) = (0, 0, 0)$ となっていることを確認する。その後、加速度センサの測定軸の方向を 90° ずつ回転させ、下記のとおり各軸方向が真上又は真下を向いた状態で測定データを確認し、下記に示す数値となっていれば、加速度センサの健全性及び換算係数の設定が正しいことが確認できる。

【X軸方向が真上又は真下を向いた状態】： $(X, Y, Z) = (\pm 9.8\text{ m/s}^2, 0, -9.8\text{ m/s}^2)$

【Y軸方向が真上又は真下を向いた状態】： $(X, Y, Z) = (0, \pm 9.8\text{ m/s}^2, -9.8\text{ m/s}^2)$

【Z軸方向が真下を向いた状態】： $(X, Y, Z) = (0, 0, -19.6\text{ m/s}^2)$

なお、ゼロイング機能が搭載されていない場合は、測定機器を水平面に置き、Z軸方向を真上とした状態で重力加速度が 9.8m/s^2 として測定されることを確認し、上記の状態において測定データを記録の上、重力加速度の補正によりロールオーバー試験を行うこと。

※11 暖機運転：

客席部分の動作が安定するまで行う予備運転。作動熱による機器温度の変化等、運転毎の挙動の変化によって生じる加速度値の変化を防ぐもの。

※12 ゼロイング（ゼロ調整）：

レコーダーに記録される値を0にリセットする操作及び処理。ゼロイングを行った瞬間の値が0になるように記録される。ゼロイングを行わないと停止時の加速度が0とならない可能性が高い。測定データを後でオフセットさせて補正することも可能だが、データ処理が煩雑になるため、測定前にゼロイングを行うことが望ましい。

※13 バターワースフィルタ：

信号の低周波を減衰させずに高周波を減衰させるフィルタで、通過域の特性が平坦になる特徴がある。これによりカットオフ周波数（もしくはコーナー周波数）の特性が約 -3 dB となり、減衰傾度は次数 $\times 6\text{ dB/octave}$ となる。

以上

加速度測定記録様式

測定日 年 月 日

1. 設置場所、測定者等

設置場所(遊園地名)		所有者及び管理者名	
測定者	氏名	会社名	
	連絡先	E-mail	
製造者	会社名	担当者名	
	連絡先	E-mail	

2. 遊戯施設概要

分類及び名称	平成12年建設省告示第1419号		別表第1・別表第2		(一)・(二)・(三)・(四)・(五)・(六)・(七)						
	一般名称			固有名称							
定員	1台当り	大人	人	乗物台数	台	総定員数	大人	人			
設計時速度	最大走行速度				km/h		定常円周速度			m/min	
設計時加速度	加速度(m/s ²)		X軸	+	—	Z軸	+	—	Y軸	+	—
	加速度領域(X-Z軸)		1・2・3・3超			横方向加速度範囲(m/s ²)		3未満・3~5未満・5~12未満・12超			

3. 加速度測定機器の仕様及び設定等

(1)加速度センサ				(2)レコーダー			
メーカー名・型番				メーカー名・型番			

4. 測定条件

(1)環境状況等						
測定時刻		天候	気温	湿度	風速	備考
開始時刻	終了時刻					
			°C			

(2)加速度センサ取付状況等

積載荷重(ウェイト)		加速度センサの設置位置		加速度センサの固定方法の概要	備考 (※座面クッション取外し等)
総重量	客席1人当たり重量	座面からの高さ	背もたれからの距離		

5. 測定試験の準備等及びデータ形式

暖機運転回数	加速度センサのゼロイング	測定回数	データ形式	備考 (※非常止め装置の作動の有無等)

6. 加速度測定結果

	設置位置		積載荷重	X軸最大値(m/s ²)		Z軸最大値(m/s ²)		Y軸最大値(m/s ²)		備考 (時間等)
	車両No.	測定位置		+	—	+		—		
				最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	
1回目										
2回目										
3回目										
4回目										
5回目										
6回目										
:										
:										
:										
:										
最大値										
加速度領域(X-Z軸)結果			横方向加速度範囲(m/s ²)結果			適合性				

7. グラフ



8. 測定状況写真



コメント

遊戯施設「加速度測定記録様式」記入上の留意事項

1. 設置場所、測定者等について

「測定者」欄は、測定を行った担当者名（複数人の場合は、その代表者）を記入する。なお、別の者がデータ処理を行った場合はその者の氏名も併記する。「製造者」欄の担当者名は、製作に当たった現場責任者の氏名を記入する。

2. 遊戯施設概要について

「分類及び名称」欄は、平成12年建設省告示第1419号に規定する別表及び種別について、該当するものに○印を記入する。「設計時加速度」欄は、設計加速度のX軸、Y軸、Z軸のそれぞれの軸の±の最大値を記入する。「加速度領域」及び「横方向加速度範囲」欄は、該当するものに○印を記入する。

3. 加速度測定機器の仕様及び設定について

実際の測定に使用した加速度センサ及びレコーダーのメーカー名・型番を記入する。参考資料として測定機器のカタログ等を添付することが望ましい。

4. 測定条件について

「(1) 環境状況等」の「測定時刻」欄は、暖機運転を含む、開始時刻と終了時刻を記入する。また、測定日の気象状況を記入し、「備考」欄には特別な状況があった場合にその概要を記入する。「(2) 加速度センサ取付状況等」の「加速度センサ設置位置」欄は、座面からの高さ、背もたれからの距離を記入する。なお、シートクッション等を取り外す等、特別な要件がある場合は、「備考」欄にその旨記入する。「固定方法の概要」欄は、加速度センサの固定用器具や固定方法等を記入する。

5. 測定試験の準備等及びデータ形式について

「暖機運転回数」欄は、実際に行った暖機運転の回数を記入する。「加速度センサのゼロイング」欄は、加速度センサのゼロイング実施の有無を記入する（例：毎回実施等）。「測定回数」欄は、実際に行った測定回数を記入する。「データ形式」欄は、測定データの保存形式を記入する。非常止め装置が作動した際の加速度の測定を行った場合等は、「備考」欄にその実施状況を記入する（例：巻上げ部で非常止め装置を作動し、加速度を測定した。等）。

6. 加速度測定結果について

測定結果は、測定毎に結果を記入する。「設置位置」欄は、車両番号及び加速度センサを設置した座席位置を記入する。「積載荷重」欄は、積載重量の搭載状態（積載総重量、空荷重状態等）を記入する。各軸（X軸、Y軸、Z軸）方向における加速度の±最大値、加速度領域判定結果及び横方向加速度範囲を記入する。

7. グラフについて

代表となる測定結果について、横軸を時刻、縦軸を加速度とした各軸（X軸、Y軸、Z軸）方向のグラフを添付する。また、横軸をX軸方向の加速度、縦軸をZ軸方向の加速度としたX-Z軸の加速度散布図を添付する。なお、別紙により提出する場合はその旨記入する。

8. 測定状況写真について

測定状況を示す写真を添付する。特に、加速度センサの取り付け状況を示す写真は必ず添付すること。

加速度測定記録様式

測定日 20XX 年 〇〇 月 〇〇 日

1. 設置場所、測定者等

設置場所(遊園地名)	〇〇遊園地	所有者及び管理者名	〇〇 〇〇	
測定者	氏名	〇〇 〇〇	会社名	〇〇 〇〇
	連絡先	〇〇〇-〇〇〇〇	E-mail	〇〇〇@〇〇.ne.jp
製造者	会社名	〇〇株式会社	担当者名	〇〇 〇〇
	連絡先	〇〇〇-〇〇〇〇	E-mail	〇〇〇@〇〇.com

2. 遊戯施設概要

分類及び名称	平成12年建設省告示第1419号		別表第1・別表第2		(一)・(二)・(三)・(四)・(五)・(六)・(七)											
	一般名称	コースター/マッドマウス			固有名称	〇〇コースター										
定員	1台当り	大人	2人	乗物台数	8台	総定員数	大人	16人								
設計時速度	最大走行速度				32	km/h	定常円周速度		m/min							
設計時加速度	加速度(m/s ²)		X軸	+	6.5	-	7.5	Z軸	+	21.5	-	Y軸	+	7.5	-	9.0
	加速度領域(X-Z軸)		1・2・3・3超		横方向加速度範囲(m/s ²)		3未満・3~5未満・5~12未満・12超									

3. 加速度測定機器の仕様及び設定等

(1)加速度センサ				(2)レコーダー			
メーカー名・型番		メーカー名・型番		メーカー名・型番		メーカー名・型番	
共和電業		AS-10TG		共和電業		EDS-400A	

4. 測定条件

(1)環境状況等

測定時刻		天候	気温	湿度	風速	備考
開始時刻	終了時刻					
10:00	16:00	くもり	17℃	30%	2m/sec	

(2)加速度センサ取付状況等

積載荷重(ウェイト)		加速度センサの設置位置		加速度センサの固定方法の概要	備考 (※座面クッション取外し等)
総重量	客席1人当たり重量	座面からの高さ	背もたれからの距離		
1120kg	70kg	350mm	100mm	木材を使用して固定	クッションは取り外して設置

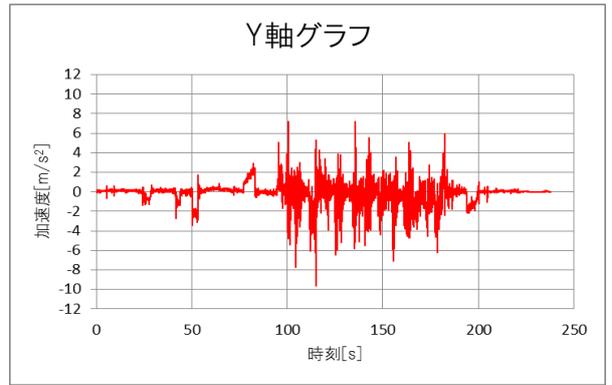
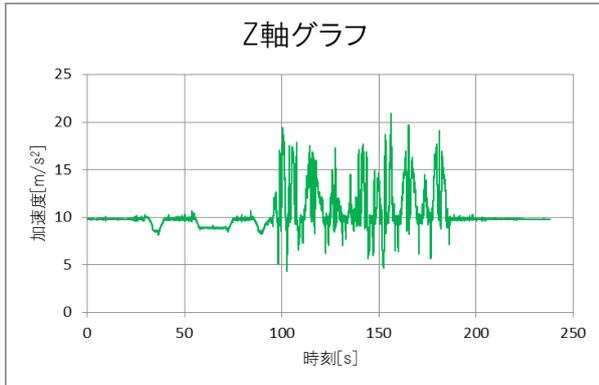
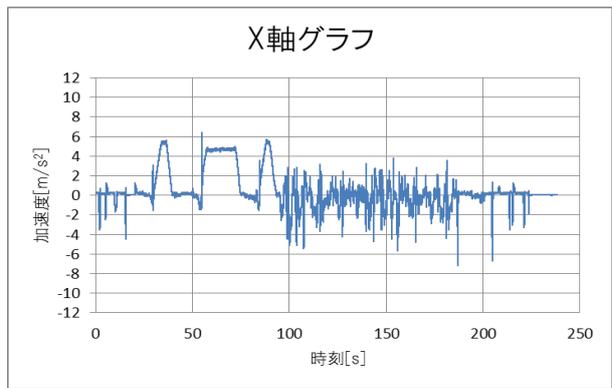
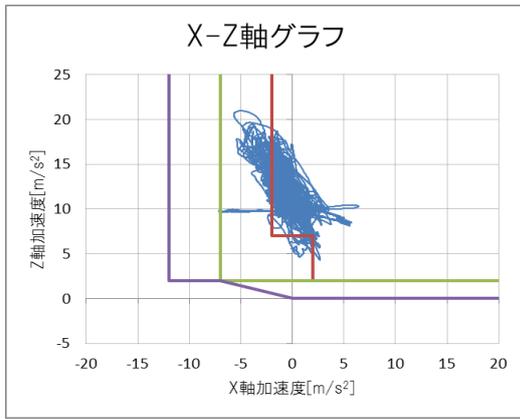
5. 測定試験の準備等及びデータ形式

暖機運転回数	加速度センサのゼロイング	測定回数	データ形式	備考 (※非常止め装置の作動の有無等)
3回	毎回実施	6回	CSV	巻上げ部で非常止め装置を作動し、加速度を測定した。

6. 加速度測定結果

	設置位置		積載荷重	X軸最大値(m/s ²)		Z軸最大値(m/s ²)		Y軸最大値(m/s ²)		備考 (時間等)	
	車両No.	測定位置		+	-	+		+	-		
						最大値	最小値				
1回目	No.1(先頭)	左座席	1120kg	6.2	7.0	20.0	4.2	-	7.0	9.0	
2回目	No.4(中間)	左座席	1120kg	6.3	7.0	20.5	4.1	-	7.0	9.1	
3回目	No.8(後尾)	左座席	1120kg	6.4	7.1	20.8	4.2	-	7.0	9.2	
4回目	No.1(先頭)	左座席	1120kg	6.2	6.9	20.7	4.2	-	6.8	8.5	
5回目	No.4(中間)	左座席	1120kg	6.1	6.9	21.0	4.0	-	6.9	8.0	
6回目	No.8(後尾)	左座席	1120kg	6.4	7.1	21.0	4.3	-	7.2	9.2	グラフ添付
:											
:											
:											
:											
最大値				6.4	7.1	21.0	4.3		7.2	9.2	
加速度領域(X-Z軸)結果			3	横方向加速度範囲(m/s ²)結果			5~12未満	適合性	○		

7. グラフ



8. 測定状況写真



コメント