

## 振動試験の精度向上のための技術的課題 ～ランダム振動をガウス型から非ガウス型へ～

キーワード：振動試験、ランダム振動、非ガウス分布、加速度、輸送環境

### はじめに

梱包された製品を安全に輸送するために、振動試験は古くから行われてきました。そして、振動試験は試験精度向上のために、一定振動試験、一定掃引試験、ランダム振動試験へと変遷してきました。

しかしながら、最新のランダム振動試験においても実輸送時の振動を再現しているとは言えず、試験に合格しても破損事故が生じる可能性があることが指摘されています。

そこで、現状のランダム振動試験と実輸送時の振動との違いを示し、ランダム振動試験のさらなる改良への取り組みを紹介します。

### ランダム振動試験

ランダム振動試験とは、様々な振動数成分を含んだ不規則振動による振動試験です。試験条件として加速度パワースペクトル密度（以下 PSD と称す）を設定し、その PSD に含まれる振動数成分でランダムに加振します。PSD の例として、図 1 に JIS Z 0232 記載のグラフ（一般的な輸送（主として道路）環境を模擬）を示します。

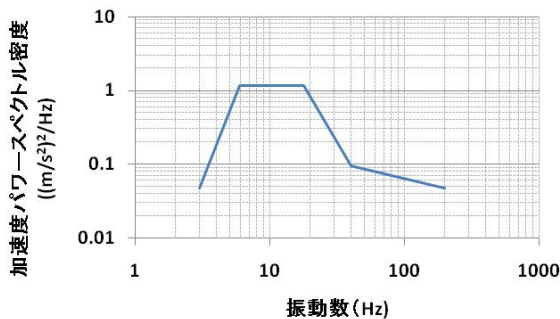


図 1 加速度パワースペクトル密度

ランダム振動試験では、加速度の確率密度分布は、ガウス分布（正規分布）をしており、一般的に次式で求められます。

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}\right]$$

ここで、 $x$  は加速度、 $m$  は加速度の平均、 $f(x)$  は確率密度分布、 $\sigma$  は標準偏差を表します。図 2 にガウス分布の確率密度分布を示します。ランダム振動試験は上式のガウス分布に従うので、 $\sigma$  の 3 倍を超える大きな加速度が発生する確率は非常に低い（0.3%）です。

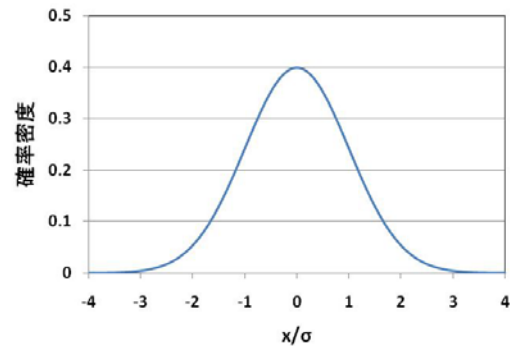


図 2 ガウス分布

### 実輸送時に発生する振動

このようにランダム振動試験で発生する加速度の確率密度分布は、ガウス分布となります。一方、実輸送時に受ける振動は、路面の凹凸などの影響によりガウス分布とならない場合が多いです。

実輸送時に受ける振動の例として、図 3 に台車の荷台振動を示します。また、図 4 に荷台振動の確率密度分布を示します。実線が荷台振動の分布、点線がガウス分布を表します。図 4 を見ると、台車の荷台振動はガウス分布になっておらず、 $\sigma$  の 3 倍を超える加速度が発生する確率は 1.5%（ガウス分布の 5 倍）になります。

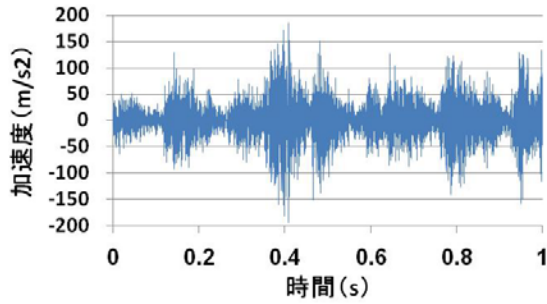


図3 台車の荷台振動

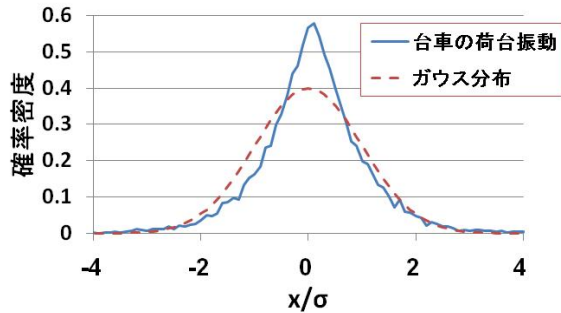


図4 確率密度比較

### 非ガウス型ランダム振動の定量化

実輸送時の振動は、台車走行時の荷台振動のようにガウス分布とならず、非ガウス分布となる場合が多いです。ここでは、振動試験で発生させる振動を実輸送時の振動に近づけることを目的とした非ガウス型ランダム振動への取り組みを紹介します。

非ガウス分布を表す指標として、尖度K (Kurtosis)、歪度S (Skewness) がよく用いられます。尖度、歪度はそれぞれ次式で求められます。

$$K = \frac{M_4}{\sigma^4}, \quad S = \frac{M_3}{\sigma^3}$$

$$M_n = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [x_i - m]^n$$

ここで、 $x_i$  は加速度、 $m$  は加速度の平均、 $N$  はデータ点数、 $\sigma$  は標準偏差を表します。図5にガウス型ランダム振動の例を示します。ガウス分布では、尖度が3、歪度が0となるのに対し、非ガウス分布では尖度、歪度はそれら以外の値を取ります。尖度の値が3より

大きければ、図6のように極端に大きな値が発生するようになります。また、歪度が0より大きくなればなるほど、図7のように加速度は正側に多く分布するようになり、歪度が0より小さくなればなるほど、加速度は負側に多く分布するようになります。

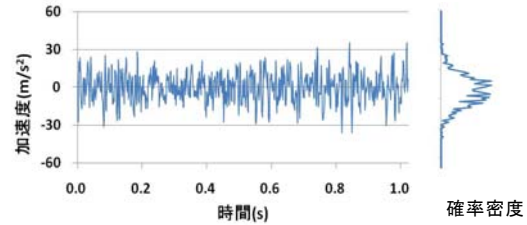


図5 ランダム振動(K=3、S=0)

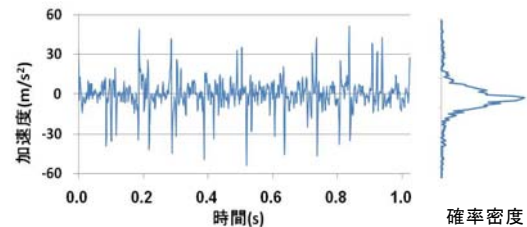


図6 非ガウス型ランダム振動(K=7.8、S=0.2)

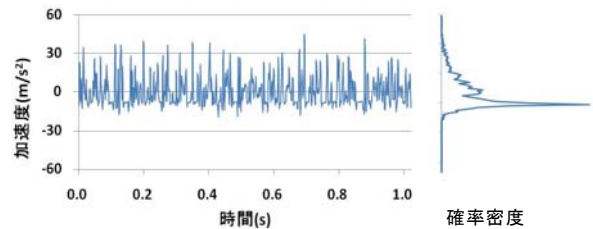


図7 非ガウス型ランダム振動(K=4.2、S=1.1)

### おわりに

現在、この尖度、歪度を非ガウス分布の指標として、非ガウス型ランダム振動を発生させる手法について研究を行っております。具体的には、実輸送時の振動データから尖度、歪度を算出し、その尖度、歪度に一致するような振動を発生させます。今後、非ガウス型ランダム振動を発生させたときに、製品に加わる蓄積疲労を評価できる振動試験方法を開発していく予定です。このような振動試験方法が実現できれば、振動試験の飛躍的な精度向上が見込まれます。詳細は担当者までお問い合わせ下さい。