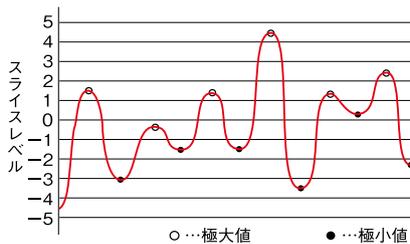
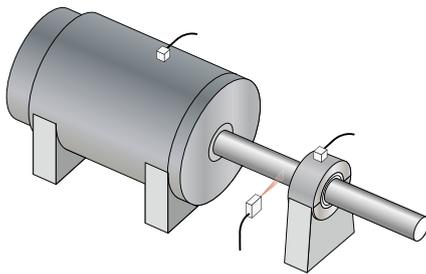




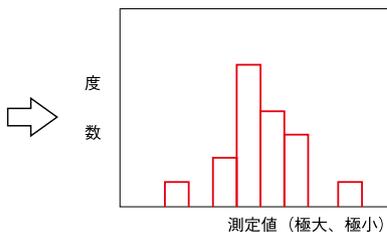
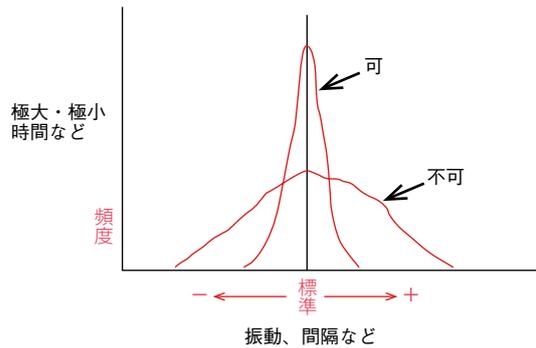
応力頻度解析

頻度解析とは

私たちの身の回りには、時間とともに変化する数多くの現象があります。機械・構造物の挙動、温度や湿度の周辺環境の変化など、計測器が扱う物理量が長時間にわたって刻々と変化していくものが多くあります。そのような量のもつ意味を的確にとらえるためには、単に波形の変化を知るというのではなく、その頻度分布や2つの量の相関関係などを知ることが必要となってきます。すなわち、長時間にわたる現象の変化の中でどの程度の量がどの程度の割合で発生していたのか、あるいは2つの現象がどのようなかかわりを持って起きたのか、などということです。



例えば、回転機械の軸受などが劣化してくると、回転子と固定子の間隔のばらつきが大きくなる、あるいは回転に伴う振動が増加するといった現象が現れます。それを定量的にとらえ部品交換や補修の要否を判断するのに頻度解析が利用できます。加速度計などを用いて振動や間隔を測定し、極大、極小値頻度や時間頻度を求めます。一定時間毎に頻度を読み出し、その分布がある幅より大きくなったなら補修の必要有と判断でき、機械部品交換時期の最適化です。



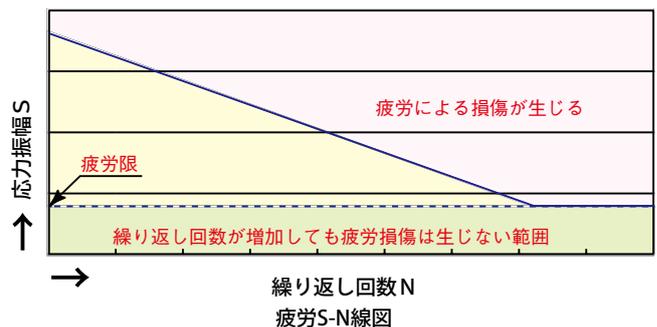
このように一般に存在する現象を考える時にヒストグラム＝頻度分布は非常に重要な意味を持っているのです。いろいろな現象の頻度分布を知るためには適当なセンサにより物理量を連続的に測定し、レコーダに記録します。次にその量から必要とされる頻度分布を求めるのですが、通常その作業は、かなり煩雑なものとなり、測定時間が長くなるほど処理量も増大し解析にも相当の時間を要するのが通例です。表計算ソフトウェアなどによる頻度解析は、煩雑で時間のかかる作業です。当社では、頻度処理機能を搭載した計測ソフトウェアを各種用意しています。動的計測ソフトウェアTMR-7630-H（頻度処理）や波形処理ソフトウェアWF-7630-H（頻度処理）、FFT解析処理ソフトウェアDFA-7610を使用することで、マルチレコーダなど動ひずみ測定器により収録されたデータから頻度解析を後処理で行うことができます。

動ひずみ測定器により記録された動的波形データを頻度解析することで、部材に発生する応力のヒストグラム（頻度）を求めます。マルチレコーダシステムTMR-300シリーズはそのような時間と労力を省き、リアルタイムに頻度解析結果を収録する「頻度解析ライブラリ」（オプション）を用意しています。簡単な初期設定だけで測定後直ちにヒストグラムが得られるヒストグラムレコーディングシステム機能をマルチレコーダに追加します。測定を開始すれば連続的にデータを収集し同時に定められた解析処理を行います。処理されたデータは物理量の各レベル毎のカウント数という形で記録されます。1年を越すような長期にわたる測定も可能です。

疲労寿命の推定と特長

応力頻度測定により、部材に発生する応力度の頻度分布が解かります。部材の損傷有無、補修の有効性の評価や累積疲労被害則を利用し疲労被害度（疲労寿命の推定）の評価ができます。不規則な変動荷重を受けるときの疲労寿命は、部材に発生した実働波形の頻度処理結果とS-N線図から、累積疲労被害則で推定することができます。

S-N線図は材料が繰り返し応力によって破壊する回数を応力値毎に示したデータです。実際の構造物には様々なレベルの応力が加わり、その大きさと回数を数値化したものが、応力頻度結果です。累積疲労被害度は各レベルの応力と繰り返し回数によるダメージを累積した結果で、累積値が1になるとその部材が破壊することになります。その破壊に至る推測を応力頻度測定によって行います。



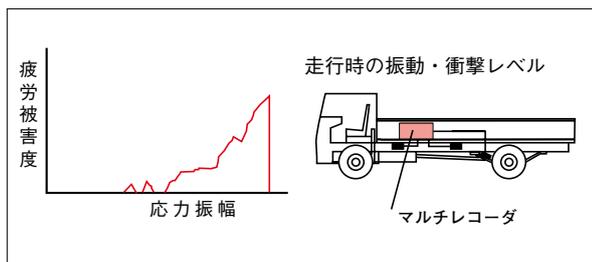


応力頻度解析

ヒストグラムレコーディングの応用例

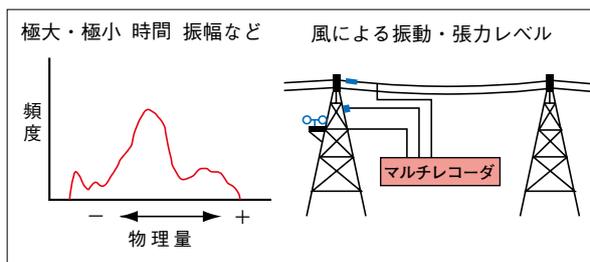
●材料の疲労寿命の推定

材料があるレベル以上の荷重を繰り返し受けると最終的には破壊すること、そして破壊を起こす荷重の大きさと繰り返し回数には一定の関係があることは、よく知られています。車両、機械、建築構造物などを構成する部材には常にランダムな荷重が作用していますが、それが部材に対してどのような疲労被害を与えているかを知ることは重要なことです。材料が受ける実働応力を計測し、頻度解析を行い材料のS-N線図と線形累積損傷則により疲労寿命評価が可能です。



●構造物の挙動測定

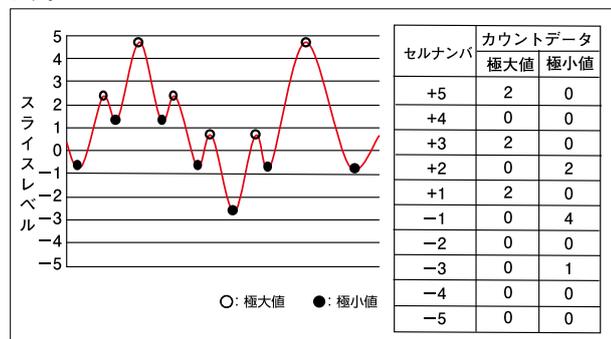
鉄塔など屋外設置の構造物は、気象条件によってさまざまな影響を受けます。適切なセンサとマルチレコーダシステムを用いることにより、構造物部材の応力やワイヤの張力、振動などとともに、風速、風向、気温などの頻度データが得られます。平常時に生じている微動や、強風時に発生する最大張力、振動などのデータが、整理されたヒストグラムのかたちで得られるわけです。したがって、実働状態にある構造物の挙動測定に役立ちます。



主な頻度解析方法

●極大値・極小値法(PEAK-VALLEY)

短い周期で変動している量、例えば機械振動などの測定に用いられます。



極大値

信号波が正の勾配から負の勾配に変化した時、これを極大値と定義します。極大値が正の時はスライスレベルN-1とNとの間にある極大値の頻度をセルナンバNに、極大値が負の時はスライスレベルN+1とNとの間にある極大値の頻度をセルナンバNに積算します。実際には無効振幅Xの設定により、そのデータが正の勾配で振幅X+1以上になり、次の負の勾配で振幅X+1以上になった時のみ有効となります。

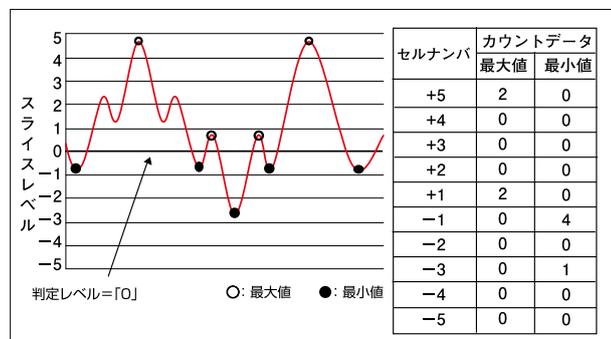
極小値

信号波が負の勾配から正の勾配に変化した時、これを極小値と定義します。極小値が正の時はスライスレベルN-1とNとの間にある極小値の頻度をセルナンバNに、極小値が負の時はスライスレベルN+1とNとの間にある極小値の頻度をセルナンバNに積算します。極大値と同様に無効振幅が有効となります。

オーバーカウント

極大値・極小値がフルスケールを越えた時は最大のセルナンバとオーバーカウントデータに積算します。

●最大値・最小値法(MAX-MIN)



最大値

信号波が判定レベルを正の勾配で通過し、次に判定レベルを負の勾配で通過するまでの間に達した最大のレベルを最大値と定義しスライスレベルN-1とNとの間にある最大値の頻度をセルナンバNに積算します。実際には無効振幅Xの設定によりそのデータが正の勾配で振幅X+1以上になり、次に負の勾配で振幅X+1以上になった時のみ有効となります。

最小値

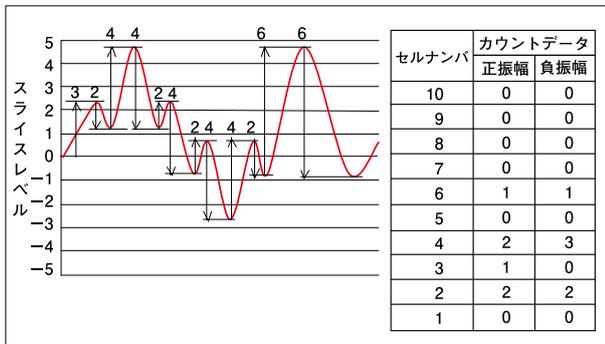
信号波が判定レベルを負の勾配で通過し、次に判定レベルを正の勾配で通過するまでの間に達した最小のレベルを最小値と定義し、スライスレベルN+1とNとの間にある最小値の頻度をセルナンバNに積算します。最大値と同様に無効振幅が有効となります。

オーバーカウント

最大値・最小値がフルスケールを越えた時は最大のセルナンバとオーバーカウントデータに積算します。

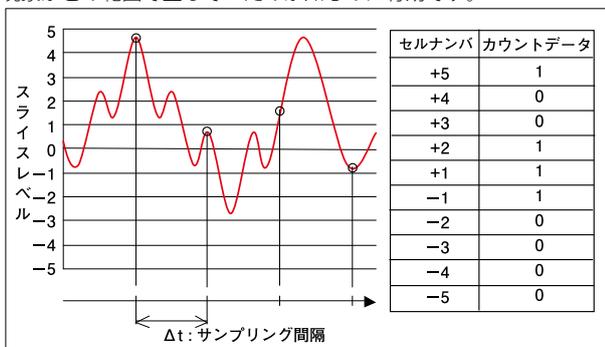
●振幅法(AMP)

現象と変動幅との繰り返し数を知ることができます。



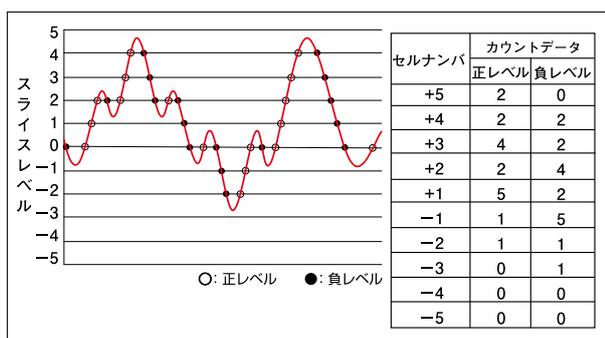
●時間法(TIME)

現象がどの範囲で生じていたのかわかるのに有効です。



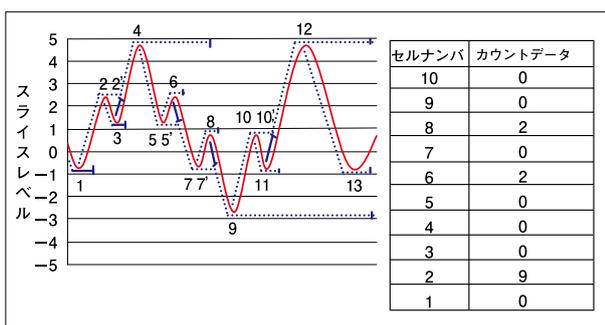
●レベルクロッシング法(LEVEL)

入力波形がスライスレベルを通過することに該当するスライスレベルをカウントします。



●レインフロー法(RAIN)

振幅法の一つで、繰り返し荷重を受ける材料の疲労被害度の推定に用いられます。



正振幅

信号波が正の勾配から負の勾配に変化した時これを極大値とし、負の勾配から正の勾配に変化した時これを極小値とします。しかし、実際には無効振幅Xが設定されており極大値ではまず正の勾配で振幅X+1以上になり、次に負の勾配で振幅X+1以上になった時のみ有効となり極小値では、まず負の勾配で振幅X+1以上になり、次に正の勾配でX+1以上になった時のみ有効となります。そこで極小値と次に続く極大値との間の振幅差を正振幅と定義し、その振幅差の絶対値がスライスレベルN-1とNとの間に相当している場合この正振幅の頻度をセルナンバNに積算します。

負振幅

上記の定義における極小値と極大値の出現順序が逆の場合、つまり極大値と次に続く極小値との間の振幅差を負振幅と定義し、その振幅差の絶対値がスライスレベルN-1との間に相当している場合、この負振幅の頻度をセルナンバNに積算します。

オーバーカウント

極大値・極小値がフルスケールを越えた時に、オーバーカウントデータに積算します。

時間

サンプリング間隔 Δt におけるデータが正の場合、スライスレベルN-1とNとの間にある場合にセルナンバNに積算します。負の場合は、スライスレベルN+1とNとの間にある場合にセルナンバNに積算します。また、無効振幅Xの設定は無視されます。

オーバーカウント

サンプリングデータがフルスケールを越えた時は、最大のセルナンバとオーバーカウントデータに積算します。

正レベルクロッシング

信号波が正のスライスレベルNを正の勾配で通過した時、セルナンバN+1に積算します。(N \geq 0)

信号波が負のスライスレベルNを正の勾配で通過した時、セルナンバNに積算します。(N<0)

負レベルクロッシング

信号波が正のスライスレベルNを負の勾配で通過した時、セルナンバNに積算します。(N>0)

信号波が負のスライスレベルNを負の勾配で通過した時、セルナンバN-1に積算します。(N \leq 0)

レベルクロッシング法

信号が正の時は正レベルのクロッシング頻度(N \geq 0)、負の場合は負レベルクロッシング頻度(N<0)で積算します。

オーバーカウント

極大値・極小値がフルスケールを越えた時は、最大のセルナンバとオーバーカウントデータに積算します。

レインフロー法は入力波形全体の中から細かい振幅の成分と大きな振幅の成分を分解し積算する解析法です。レインフロー法による波形の解析は時間的経過を縦軸にひずみ変化の山と谷を連続して結び、各々の山と谷、谷と山間の直線を多重の屋根と見なし、一つの屋根の高い位置の山(または谷)より雨滴を流すことを想像します。雨滴の流れは次の3条件のいずれかに当てはまった時停止するものとし、その流れた経路の横軸を測定し、振幅を算出します。

『雨滴の流れ停止の3条件』

上向きに流れる雨滴はその流れ始めた山(または谷)の位置よりも下側に山(または谷)が現れた時、その流れは停止します。(1-2-2' -4, 5-6, 7-8, 9-10-10' -12)

下向きに流れる雨滴はその流れ始めた山(または谷)の位置よりも上側に山(または谷)が現れた時、その流れは停止します。(0-1, 2-3, 4-5-5' -7-7' -9, 10-11, 12-13)

一つの屋根を2ヶの雨滴が流れることはない。先に流れ始めた雨滴に優先権があり、もう1ヶの雨滴の経路に出会った時、その流れは停止します。(3-2, 6-5, 8-7, 11-10)

以上のように算出された振幅がスライスレベルN-1とNとの間にある時、セルナンバNに積算します。振幅の定義は振幅法を参照してください。

オーバーカウント

極大値・極小値がフルスケールを越えた時は、最大のセルナンバとオーバーカウントデータに積算します。