

# Combinations for Measuring 測定のための組み合わせ

## 音・振動を計測するには

- どのような音・振動を
- どのような目的で
- どのように処理(記録や分析など)するか

測定方法、使用する計測器の種類、周辺機器により組み合わせが変わってきます。多様な測定に対応するためには、目的に応じて様々な計測器と周辺機器を的確に組み合わせることが必要になります。ここでは計測器や周辺機器を選択するヒントとして、代表的な測定における接続例を紹介します。

### INDEX

|      |                   |    |
|------|-------------------|----|
| 1    | 音響計測              | 52 |
| 2    | 騒音計・振動計の校正        | 52 |
| 3    | 現場における騒音・振動レベル計測  | 53 |
| 4    | 騒音レベルモニタ          | 53 |
| 5    | 作業環境騒音の計測         | 54 |
| 6    | 低周波音の計測           | 54 |
| 7    | 音と振動による品質管理       | 54 |
| 8    | 防音室(箱)・無響室(箱)・残響室 | 55 |
| 9    | 建築物の遮音などの性能測定     | 55 |
| 10   | 音響インテンシティ・音源探査    | 55 |
| 11   | 音響パワーレベル          | 56 |
| 12   | 音質評価              | 56 |
| 13   | 機械振動の計測           | 56 |
| 14   | 振動監視              | 57 |
| 15   | 産業機械の設備診断         | 57 |
| 16   | 全身振動の評価           | 57 |
| 17   | 手持動力工具の振動計測       | 58 |
| 18   | モード解析             | 58 |
| 19   | トラッキング分析システム      | 58 |
| 20   | 低域微振動計測           | 59 |
| 21-1 | 地震計測と監視           | 59 |
| 21-2 | 地震時の防災と設備制御       | 59 |

# 1

## 音響計測

高い精度が求められる音響計測には、一般に、コンデンサマイクロホンとプリアンプを用います。

必要に応じて、周波数分析器やデータレコーダを接続します。

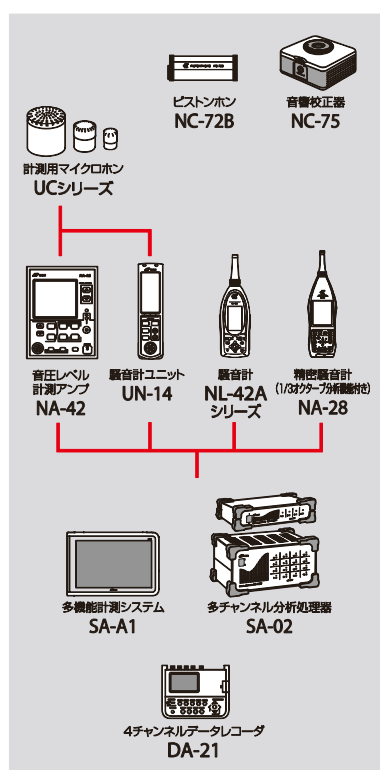
コンデンサマイクロホンは、測定対象の音圧や周波数の範囲、音場の種類に応じて、どの型式を使うか選択します(P.16計測用マイクロホンの選択例参照)。

これらのマイクロホンの増幅器として、汎用型音圧レベル計測アンプNA-42を用意しています。

周波数分析器は、定比型の実時間分析器と定幅型のFFT分析器に分類されます。

実時間分析器として精密騒音計NA-28(1/3オクターブ分析機能付)があります。FFT分析器は、多機能計測システムSA-A1があります。

また、多チャンネル分析処理器SA-02、多機能計測システムSA-A1は、オクターブバンド・1/3・1/12\*オクターブバンド実時間分析やFFT分析の両方の機能を備えています。 ※SA-02のみ



# 2

## 騒音計・振動計の校正

### ● 騒音計などの校正

騒音計や音響計測器システムのマイクロホンを含む総合チェックを行うためには、音響校正器NC-75(周波数1 kHz、音圧レベル94 dB)またはピストンホンNC-72B(周波数250 Hz、音圧レベル114 dB)を使用します。

### ● 振動計などの校正

振動計や加速度ピックアップの簡易校正を行うためには、校正用加振器VE-10(周波数159.2 Hz、加速度10 m/s<sup>2</sup>、速度10 mm/s、変位10 μm)を使用します。

### 騒音計などの校正



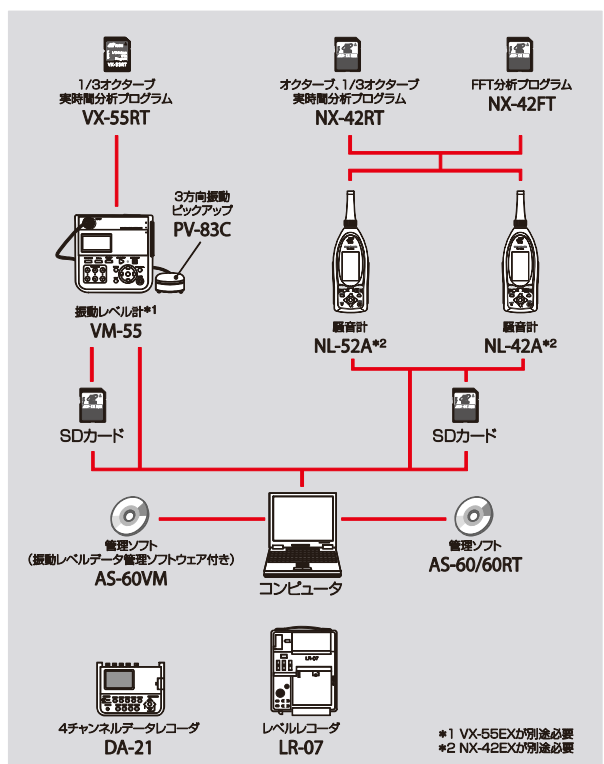
### 振動計などの校正



# 3

## 現場における騒音・振動レベル計測

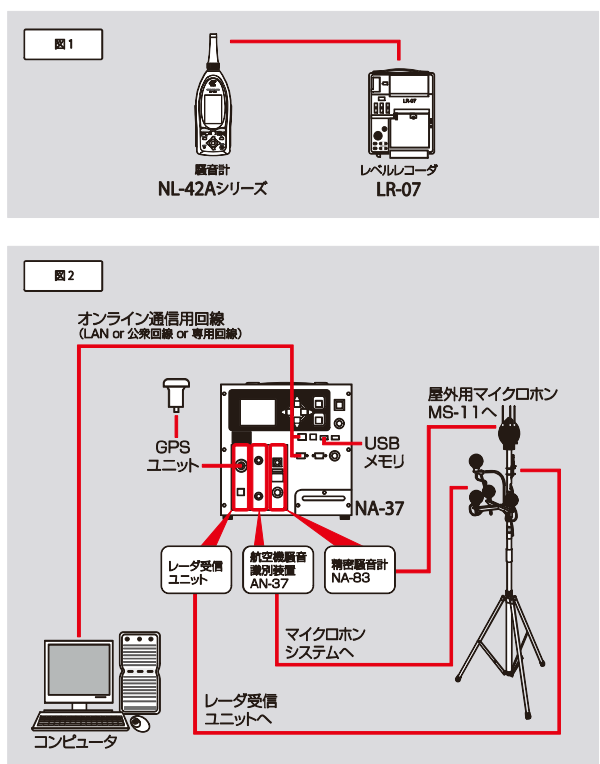
現場における騒音レベル計測には計量法、JISおよびIEC規格に適合した騒音計NLシリーズを使用します。  
 現場における振動レベル計測には計量法およびJISに適合した振動レベル計VM-55を使用します。  
 NL-42AシリーズおよびVM-55は、SDカードを使用し、騒音または振動レベルデータや演算データを長時間記録できます。  
 メモリカードに記録したデータは、それぞれの専用ソフトAS-60、AS-60VMを使用してデータのグラフ表示、編集、演算、日報・週報作成を行うことができます。  
 NL-42Aシリーズは、オクターブ・1/3オクターブ実時間分析プログラムNX-42RTやFFT分析プログラムNX-42FTを使用し周波数分析が可能です。また、管理ソフトAS-60は実音ファイルの再生が可能です。NX-42RTで保存した分析データは、管理ソフト(オクターブ・1/3オクターブ管理ソフトウェア付き)AS-60RTを使用すると表示・編集・演算が可能です。  
 VM-55は、1/3オクターブ実時間分析プログラムVX-55RTを使用すると、周波数分析が可能です。  
 騒音レベル、振動レベルの記録にはレベルレコーダLR-07が併用されます。また、音圧波形や振動加速度波形を4チャンネルデータレコーダDA-21に記録し、後で波形処理ソフトウェアAS-70を使用し、分析ができます。



# 4

## 工場騒音モニタリングシステム

工場騒音は生活環境保全の立場から騒音レベルのモニタリングが周辺騒音対策の一環として広く行われています。短期間の測定には、騒音計NL-42Aシリーズ、レベルレコーダLR-07に全天候ウインドスクリーンを組み合わせたシステムが利用できます。(図1)  
 工場騒音の常時監視には、環境騒音観測装置NA-37と環境騒音処理プログラムNX-37Aを中心としたシステムが適しています。このシステムは、社内LAN、公衆回線などを利用してデータ伝送を行い、オンラインでの騒音常時監視が可能です。また、音の到来方向を識別するAN-37を組み合わせることにより、音源の到来方向がわかるため、騒音対策にも役立ちます。NA-37システムで測定したデータは、環境騒音データ処理ソフトAS-40PA1で集計し、報告書を作成することが可能です。(図2)



# Combinations for Measuring 測定のための組み合わせ

## 5

### 作業環境騒音の計測

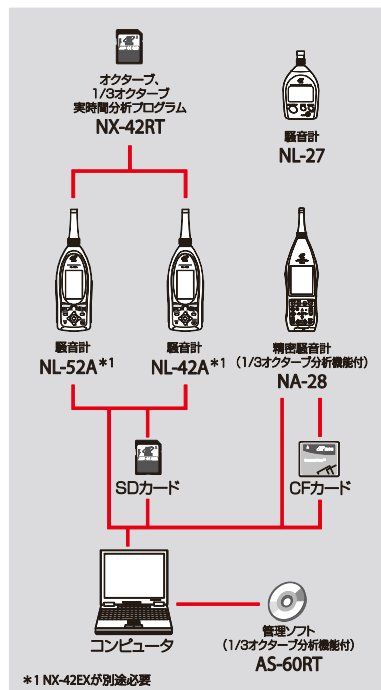
高騒音レベル下における作業者の聴力障害防止を目的として、1992年に労働省（現在の厚生労働省）が発行した「騒音障害防止のためのガイドライン」に従って作業場所（作業位置）の等価騒音レベルを測定し、評価値を算出します。

このような測定には、騒音計NL-27やNL-42Aシリーズを使用します。NL-42Aシリーズは測定結果をSDカードに記録が可能なので表計算ソフトを使って簡単に集計できます。

また、オクターブ・1/3オクターブ実時間分析プログラムNX-42RTを使用して、防音対策に必要な周波数分析を行うことができます。

精密騒音計（1/3オクターブバンド分析機能付）NA-28などを使用することもできます。

NX-42RTやNA-28で保存した分析データは、管理ソフト（オクターブ・1/3オクターブ管理ソフトウェア付き）AS-60RTを使用すると表示・編集・演算が可能です。



## 6

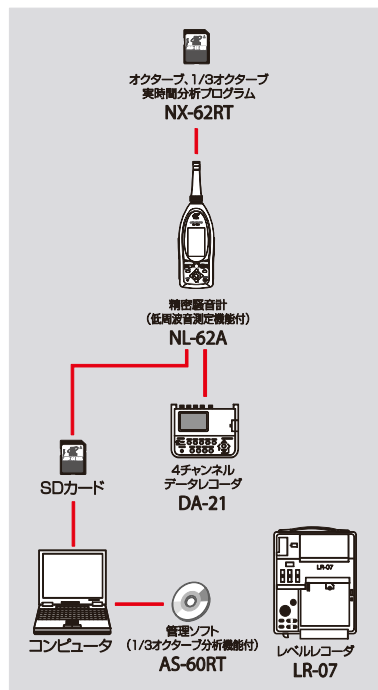
### 低周波音の計測

1 Hzから20 Hz程度の可聴周波数範囲以下の超低周波音は、音圧レベルが非常に高くなると、生理的な影響が懸念されると共に、窓のがたつきなどを発生させ公害問題に発展することがあります。

このような超低周波音の測定には、ISO 7196に規定するG特性と1/3オクターブバンド分析を備えた精密騒音計（低周波音測定機能付）NL-62A+NX-62RTを使用します。

レベルレコーダLR-07や4チャンネルデータレコーダDA-21を接続してレベル変化や音圧信号を記録することができます。

NX-62RTで保存した分析データは、管理ソフト（オクターブ・1/3オクターブ管理ソフトウェア付き）AS-60RTを使用すると表示・編集・演算が可能です。



## 7

### 音と振動による品質管理

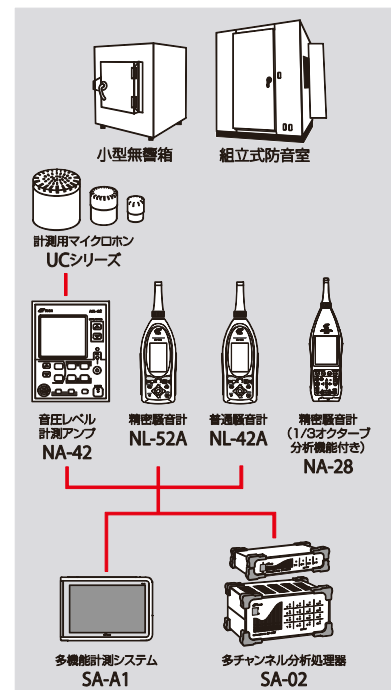
機械などの品質管理に音や振動を利用することがあります。

対象とする音や振動の性質によって計測用マイクロホンUCシリーズ、または加速度ピックアップPVシリーズからセンサを選択し、音圧レベル計測アンプNA-42または汎用振動計VM-83やチャージアンプUV-15/16などと接続して測定します。音の測定では、殆どの場合、騒音計NL-42Aシリーズが利用できます。

音や振動の強度のみで判定するときにはNL-42Aシリーズ、NA-42またはVM-83のコンパレータ機能が有効です。

異音の検出など周波数分析が必要な場合には、多チャンネル分析処理器SA-02シリーズ、多機能計測システムSA-A1、精密騒音計（1/3オクターブバンド分析機能付）NA-28などを使用します。

良品・不良品の区別を製造ラインの中で判定することができるシステムとして、多チャンネル分析処理器SA-02シリーズと判定システムCAT-SA02-CMP01、CAT-CMP-MTA、CAT-CMP-SQや、多機能計測システムSA-A1と判定プログラムSX-A1CMPを用意しています。



# 8

## 防音室(箱)・無響室(箱)・残響室

音響測定を行う場合、低暗騒音環境、半自由音場、自由音場、拡散音場、など特殊な条件の整備が必要となることがあります。

### ●低暗騒音環境

#### 【防音室(箱)による試験環境】

機器の発生する音のレベルが低い場合や、周囲の暗騒音によって測定値が影響を受ける場合、防音室(箱)を用いて暗騒音が低い環境を実現します。室(箱)内部での音の反射の影響を押さえた無響箱(室)も用意しています。

音圧法による音響パワーレベルの測定や建築部材の遮音の測定には、規格で規定した条件を備える半自由音場、自由音場、拡散音場などを実現する試験室が必要となります。

### ●半自由音場

#### 【半無響室による試験環境】

床面を除く内壁面の全てに吸音処理が施されており、内壁面からの音の反射を抑えた測定環境です。

### ●自由音場

#### 【無響室による試験環境】

床面を含む内壁面の全てに吸音処理が施されており、床面および内壁面からの音の反射を抑えた測定環境です。

### ●拡散音場

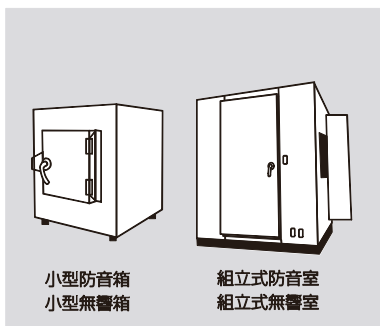
#### 【残響室/タイプI試験室】

遮音測定のJISではタイプIと呼ばれる室内のエネルギーが均一となるようにした測定環境です。

### ●遮音測定用音場

#### 【タイプII試験室】

直方体の試験室で、周波数ごとの残響時間を調整した測定環境です。



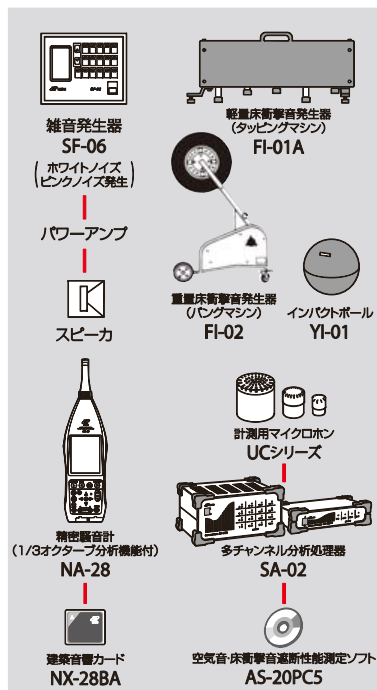
# 9

## 建築物の遮音などの性能測定

建築物の間仕切壁や床スラブなどの音響性能を測定、ならびに評価をする主な手法は、次に挙げるJISや日本建築学会推奨測定規準などで規定されています。

- JIS A 1409 残響室法吸音率の測定方法
- JIS A 1416 実験室における建築部材の空気音遮断性能の測定方法
- JIS A 1417 建築物の空気音遮断性能の測定方法
- JIS A 1418 建築物の床衝撃音遮断性能の測定方法
- JIS A 1419 建築物及び建築部材の遮音性能の評価方法
- JIS A 1440 実験室におけるコンクリート床上の床仕上げ構造の床衝撃音レベル低減量の測定方法
- JIS A 4702 ドアセット
- JIS A 4706 サッシ

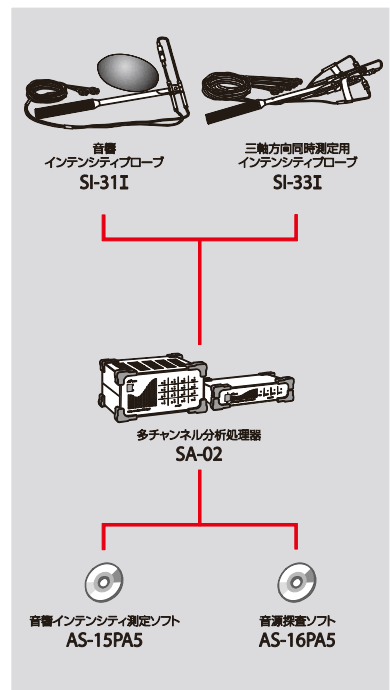
測定に必要なホワイトノイズやピンクノイズを発生するためには、雑音発生器SF-06を使用します。床衝撃音の発生には、タッピングマシンFI-01A(軽量)、パンクマシンFI-02(重量: 衝撃力特性1)、インパクトボールYI-01を使用します。規格に沿った評価をするには周波数分析が必要です。規格に従って測定結果を求めるために、精密騒音計(1/3オクターブバンド分析機能付)NA-28と建築音響カードNX-28BAの組み合わせや、多チャンネル分析処理器SA-02シリーズと空気音・床衝撃音遮断性能測定ソフトAS-20PC5を用意しています。



# 10

## 音響インテンシティ・音源探査

ある方向に流れる音のエネルギーを表す音響インテンシティ測定することで、無響室などの特殊な施設を用いることなく音源の音響パワーレベル測定や部材ごとの遮音性能測定をすることができます。また、騒音源のどの部分から騒音が発生しているか、どの部分から音がもれているかを調査し、可視化することができます。音響インテンシティの測定には、音響インテンシティプローブSI-31Iを多チャンネル分析処理器SA-02シリーズに接続し、音響インテンシティ測定ソフトAS-15PA5を使用します。三軸方向同時測定用インテンシティプローブSI-33Iを用いると、3方向を一度に測定することができます。また、音源探査ソフトAS-16PA5を使用するとカメラ画像に合わせて音の到来方向を表示することができます。



# Combinations for Measuring 測定のための組み合わせ

## 11

### 音響パワーレベル

同じエネルギーの騒音を発生する機械、電気製品、事務機器であっても、様々な条件によって周囲の騒音レベルは異なります。機器を設置したり撤去したりする場合の騒音の予測や、機器の騒音発生源としての単体評価には、発生する時間当たりの音響エネルギーである音響パワーの測定が必要となります。

音源の音響パワーを測定するために、計測用マイクロホンとプリアンプ、多チャンネル分析処理器SA-02シリーズと音響パワーレベル測定ソフトなどで構成する測定システムがあります。

#### ●半無響室法音響パワーレベル

測定システム

##### ●JIS Z 8732

音響一音圧法による騒音源の音響パワーレベルの測定方法—無響室及び半無響室における精密測定方法

##### ●JIS Z 8733

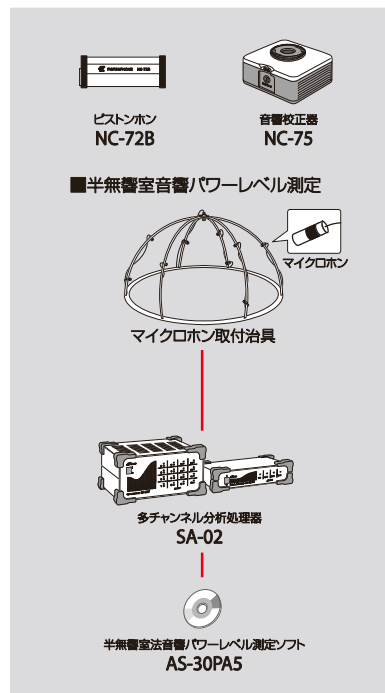
音響一音圧法による騒音源の音響パワーレベルの測定方法—反射面上の準自由音場における実用測定方法

#### ●残響室法音響パワーレベル

測定システム

##### ●JIS Z 8734

音響一音圧法による騒音源の音響パワーレベルの測定方法—残響室における精密測定方法



## 12

### 音質評価

通常の騒音の評価は、周波数重み付け特性Aによる騒音レベルで行われます。一方で、様々な製品が発生する音の評価として、音質が着目されるようになってきました。音質を評価するパラメータとして、ラウドネス、シャープネス、ラフネスなどが広く用いられています。これらのパラメータは、計測用マイクロホンとプリアンプ、多チャンネル分析処理器SA-02シリーズと音質評価処理ソフトで構成されるシステムで測定します。

#### ●ラウドネス(Loudness)

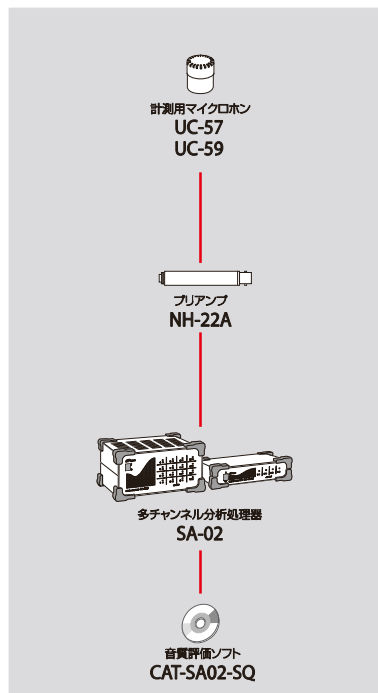
ラウドネスは私達の耳に感じる音の大きさの感覚です。これに対応した評価をする迫力因子のパラメータとしてISO 532ではラウドネスの算出方法を規定しています。

#### ●シャープネス(Sharpness)

シャープネスは高い周波数成分に含まれている金属的な鋭い音を評価する金属性因子のパラメータです。

#### ●ラフネス(Roughness)

ラフネスは音の変調周波数、変調率や音圧レベルの変化を評価する美的因子のパラメータで、音の粗さを表します。



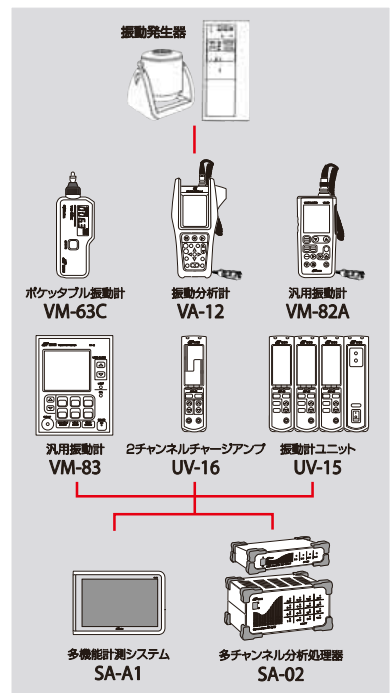
## 13

### 機械振動の計測

振動計測では、一般に圧電式加速度ピックアップPVシリーズを入力センサとして用います。対象によって測定する振動の大きさや周波数範囲が異なるため、様々な感度や寸法の加速度ピックアップを用意しています。計測された加速度は、積分することにより速度に、速度を積分することにより変位に変換することもできます。携帯型の振動計には、ポケットブル振動計VM-63C、汎用振動計VM-82A、FFT分析機能を内蔵した振動分析計VA-12があり、据置型の振動計には、サーボ加速度計も接続可能な汎用振動計VM-83、多チャンネル同時測定に対応したUV-15およびUV-16などのUVシリーズのチャージアンプがあり、目的に応じて選択されます。

また、振動の周波数分析を行うためには、振動分析計VA-12、FFT分析やオクターブバンド・1/3・1/12\*オクターブ分析が可能な多機能計測システムSA-A1、多チャンネル分析処理器SA-02があります。

機械部品・機械装置などの振動特性の試験には振動発生器を用います。被試験物の大きさに合わせた色々な大きさの振動発生器があります。 ※SA-02のみ



## 14

## 振動監視

機械設備の故障の前兆を捉え故障を未然に防ぐため振動監視を行います。

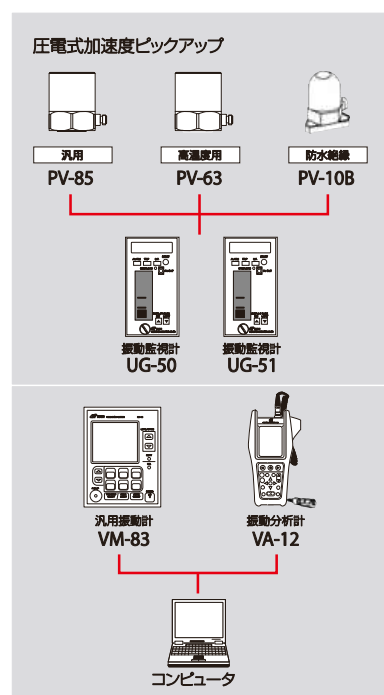
また、半導体や精密機械産業などでは振動が製品の歩留りに影響するため振動監視が必要となります。

振動監視は、振動を常時監視して振動量がある値を超えた場合に警報を発生したり設備を自動的に制御する方法と、定期的に計測して設備の現在の状態を把握して傾向管理をする方法があります。

常時監視用として最適な監視方法を選択できるよう、汎用、高温度用、防水絶縁、アンブ内蔵など、各種の加速度ピックアップを用意しています。

振動監視計にはUG-50/51があり、警報信号を出力することができます。

また、振動分析計VA-12や汎用振動計VM-83をコンピュータに接続して常時監視システムを構築することも可能です。



## 15

## 産業機械の設備診断

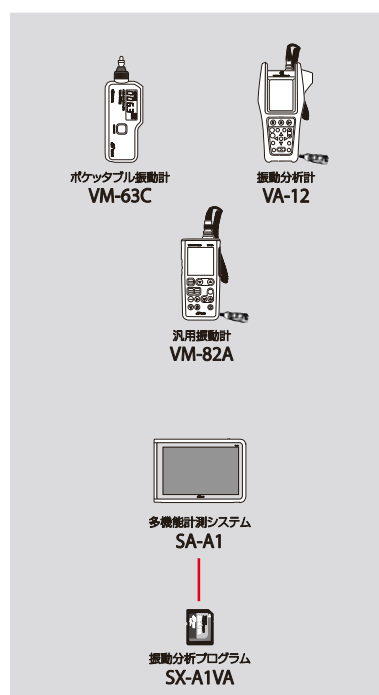
すべての機械は回転・往復・衝撃などの運動を利用して作動します。

その場合、どこかに異常が発生すると不要な振動が大きくなります。

設備診断は、簡易診断によって異常・正常の判定を行い、異常が認められた場合に精密診断を行うのが一般的です。

簡易診断用には、汎用振動計VM-82A、ポケットブル振動計VM-63Cがあり、簡便な操作で多くの機械の診断に対応することができます。

精密診断用には、FFT分析機能を内蔵した振動分析計VA-12や多機能計測システムSA-A1に振動分析プログラムSX-A1VAを付加した設備診断システムがあります。



## 16

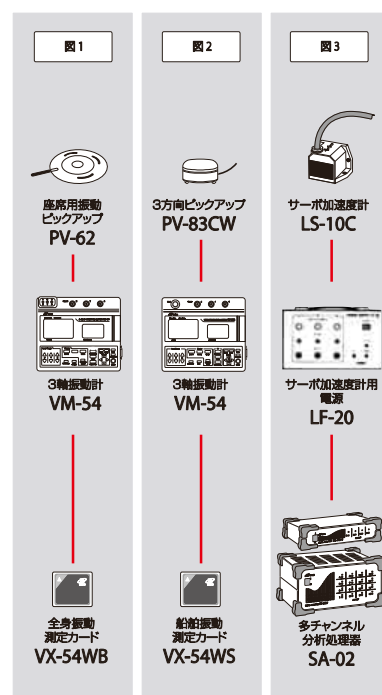
## 全身振動の評価

振動が人体に伝わると、様々な影響がでます。姿勢によって、両足、臀部、背中など振動が伝達する経路がわかります。また、影響を評価する観点も、振動知覚、快適性、健康障害、乗り物酔い(動揺病)と多様であり、ISO 2631では、回転振動も含む振動の方向別に多くの周波数補正回路が規定されています。3軸振動計VM-54を全身振動測定カードVX-54WBまたは船舶振動測定カードVX-54WSと共に用いることにより、ISO 2631に従う評価量を求めることができます。

座席振動や乗り心地の計測では座席用ピックアップPV-62を対象部に固定して、3チャンネル入力アンブVP-80(VX-54WBに付属)を経由して接続します。(図1)

建物や、船舶内の居住性評価のための振動測定では加速度ピックアップPV-83CW(VX-54WSに付属)を使用することもできます。(図2)

乗り物酔い(動揺病)を対象とした場合には、0.1 Hz~0.5 Hzの低周波数域の評価を行うため、サーボ加速度計LS-10Cをサーボ加速度計用電源LF-20に接続して測定した信号を多チャンネル分析処理器SA-02にて分析します。(図3)



# Combinations for Measuring 測定のための組み合わせ

## 17

### 手持動力工具の振動計測

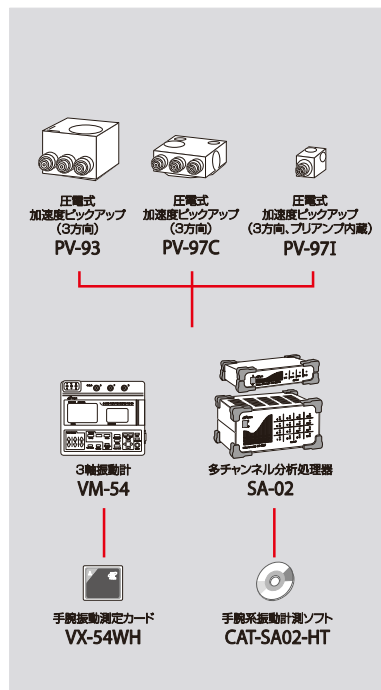
チェーンソーや削岩機などの手持動力工具の振動が手腕系を通して人体に伝達され続けると手指の血流量が少なくなり、外見上白くなる振動障害(白蟻病)が発生することがあります。

3軸振動計VM-54を手腕振動測定カードVX-54WHと共に用いることにより、ISO 5349に従う評価量を求めることができます。

その振動障害を防止するため、工具を保持するハンドル部の3軸振動成分を測定して振動の暴露量を把握します。

振動ピックアップには3方向ピックアップPV-93/97C/97Iまたは複数の1方向加速度ピックアップPV-90B/91Cを3チャンネル入力プリアンプVP-80(VX-54WHに付属)を経由してVM-54に接続し、手腕振動測定カードVX-54WHを用いて測定します。

また、多チャンネル分析器SA-02と手腕系振動計測ソフトCAT-SA02-HTを用いた測定も可能です。



## 18

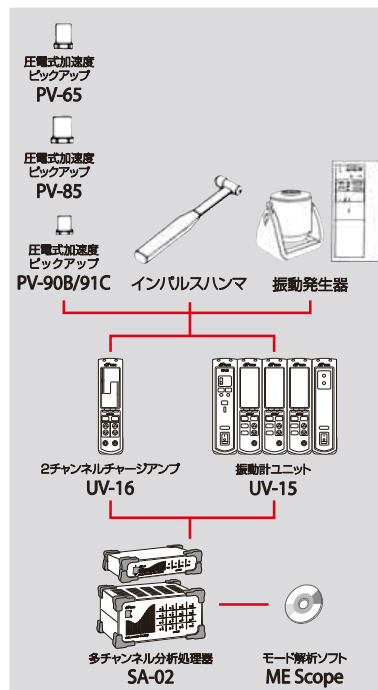
### モード解析

物体の振動の様子を解析することは、異常振動、振動破壊の防止やその振動により発生する騒音を低減するために重要です。振動モードによるモデル化を行う手法である実験モード解析は、特に共振現象を中心に振動や騒音問題の原因究明や解決などに有用な技術となります。

インパルスハンマの打撃による振動を加速度ピックアップPV-90B/91Cなどを用いて表面全体の3方向について計測して、多チャンネル分析処理器SA-02シリーズとモード解析ソフトME Scopeにより、モード解析を行います。

多くの伝達関数のピークから、固有振動数、モードシェイプ、減衰係数などのモードパラメータも同定できます。

さらに構造変更シミュレーションソフトを使用し、機械または構造物に物理的な変更を加えることによる振動モードの変化を検討することも可能となります。また外力応答解析も可能です。



## 19

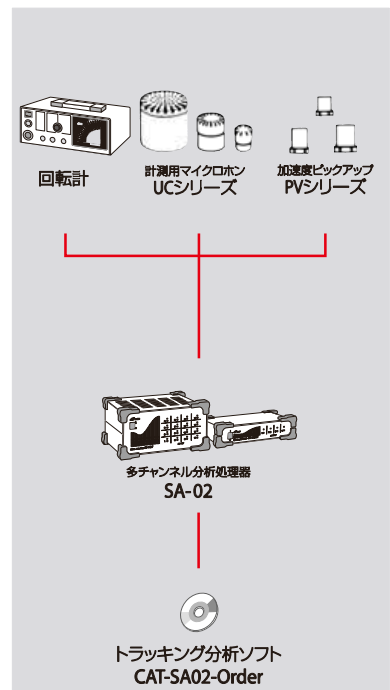
### トラッキング分析システム

エンジンやモータなどを駆動源とするあらゆる回転機械は、その基本回転数やギア比に応じた振動を発生し、結果としてその周波数成分が優勢な騒音を生じることになります。

回転機械の回転数は時間と共に変化するので回転数に同期した周波数で周波数分析を行うことが有効となります。これをトラッキング分析と呼んでいます。

トラッキング分析として、次の分析が行われます。

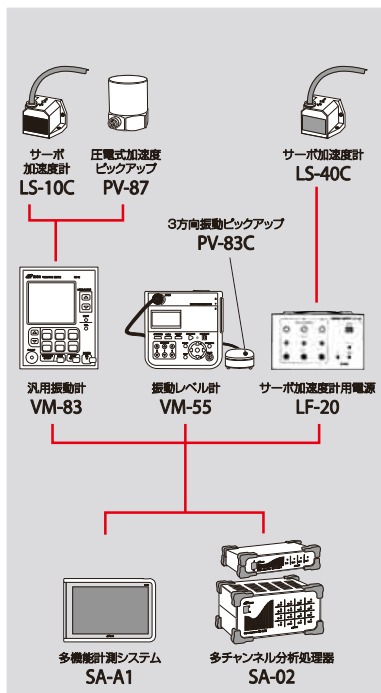
- 次数比分析  
基本回転数を1次として、その高調波(2次、3次...)成分との関係を回転の変化に応じて分析する手法。
- RPMトラッキング分析  
次数比分析で任意の一つの周波数または次数に着目してその回転数を変化させた時のレベル変化をグラフ表示する手法。
- モード円  
次数比分析で任意の一つの周波数または次数に着目してその回転数を変化させた時の振幅と位相変化を極座標上にグラフ表示する手法。
- スペクトルマップ  
回転数を変化させた時のスペクトルパターンの変化を連続的にプロットしそのレベル変化をマクロに調べる手法。
- キャンベル線図  
回転数変化に対するスペクトル変化のグラフで振幅値を円の大きさと表示する手法。



# 20

## 低域微振動計測

建築物の居住環境としての床振動計測、半導体工場のクリーンルームの床の微振動計測、精密設備の除振装置の効果検証などの低周波数、低振幅の振動計測には、サーボ加速度計LS-10C/40C、振動レベル計VM-55、大出力ピックアップPV-87に汎用振動計VM-83の組み合わせなど、目的に応じた選択ができます。また、多チャンネル分析処理器SA-02シリーズ、多機能計測システムSA-A1を使用して周波数分析や評価ができます。床振動の評価は、床応答波形から振動数、振動振幅、振動速度、振動加速度、減衰定数を求めて、参考とすべき評価曲線に照合することによって行なわれます。また、除振装置の効果検証においては床の振動と除振対象の定盤などのそれぞれにセンサを取り付けて評価します。



# 21-1

## 地震計測と監視

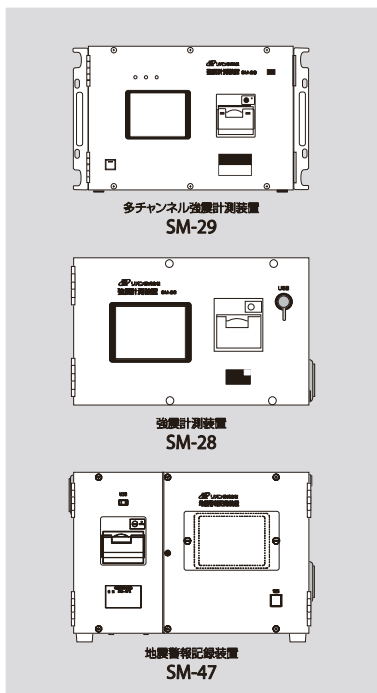
強震計測装置SM-28/29は、地震動の加速度データを演算した数値データと、加速度波形データを、SDカードに自動的に記録します。

強震計測装置SM-28/29は、USBポートやFTPサーバー機能を標準で装備しており、USBメモリによるオフラインデータ転送だけでなく、様々な通信インフラを介して、容易にオンラインデータ転送が可能です。

また、強震計測装置SM-28/29は、AND、OR、2 out of 3\*による地震検知機能を装備しており、警報接点ユニット(オプション)と併用して緊急遮断弁の動作やゲートの自動閉塞など様々な制御への応用が可能です。さらに、SM-29においては、地震動の記録だけでなく、長期間に亘り常時振動を連続記録するデータロガー機能を標準装備しており、ここで記録されたデータは、社会インフラの長寿命化を検討する要素として活用いただけます。

\*2 out of 3による地震検知は、SM-29のみ装備。

地震警報記録装置SM-47は、地震動の加速度を検出し、算出された警報判定信号が、任意に設定されたレベルを超えたときに警報を発生します。鉄道各社の警報記録システムに採用されています。



# 21-2

## 地震時の防災と設備制御

強震計測装置SM-28は、各分野において大地震発生時の被害の軽減と、二次災害の防止に貢献します。インフラ分野では、残留塩素、ガス吸入による健康被害、火災発生による二次災害を防止するため、浄水場の塩素混入弁を遮断、都市ガスの供給を遮断します。情報・通信分野では、金融パニックを回避、個人情報保護のため、電算センター・データセンターの電源バックアップにより情報を保護します。化学工業・マイクロデバイス分野では、劇薬貯蔵タンク、工場の原料・製品および引火性の液体やガス貯蔵タンクを遮断し、さらに待避指示を発令、緊急避難経路を確保して労働災害を防止します。

また、交通・集客施設分野では、列車や道路交通を制御し、列車の脱線や交通事故を防止します。ターミナルや大規模集客施設では待避指示の発令をし、安全な避難経路を確保します(パニック防止)。

SM-28は2台以上の連動が可能のため、3台以上のセンサーを同時に稼働させることが可能です。接点出力ユニットSZ-28Pを使用すると、警報接点出力を拡張することができます。最大6段階まで設定が可能になります。イントラネットによる、防災ネットワークの構築も可能です。

