

【整番】ME-19-TM-030	【標題】配管類の振動計測の手引き
分類：流れ(流体振動)／種別：技術メモ	作成年月：H16.12／改訂：Ver0.0 (H19.12) 作成者：N.Miyamoto

全9枚

1. はじめに

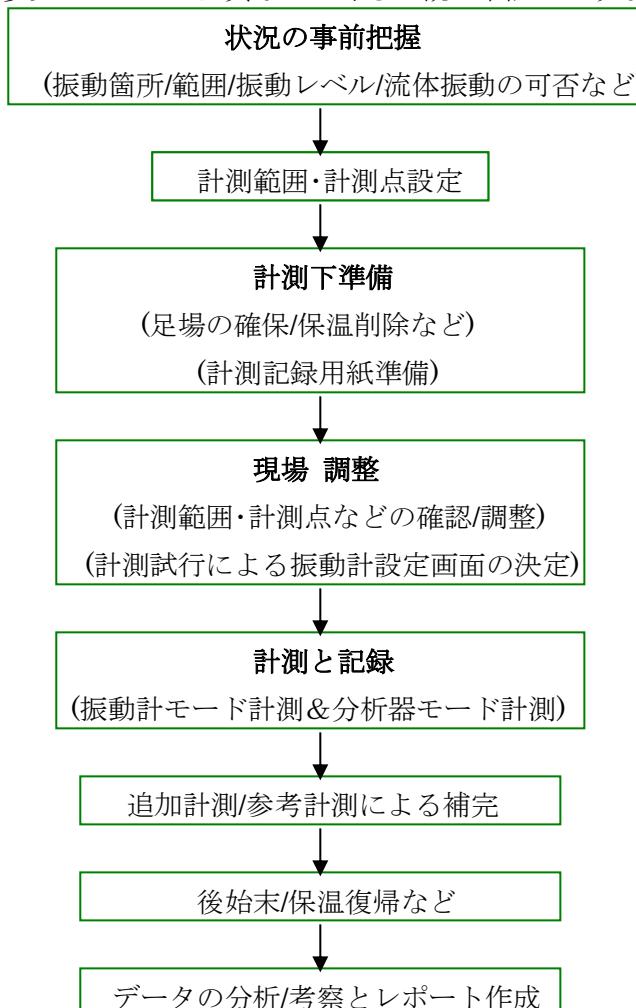
配管は細長い支持の弱い梁構造物で、支持部から伝達される変動外力や管内外の変動流体力によって容易に振動する。配管が振動しても直ちにそれが破損に結びつく訳ではない。まず、計測しその結果を用いて、危険なレベルにあるかどうか、あるいは原因やメカニズムがどうなっているかを検討するのが標準的な対処である。この場合、**第1ステップとしての振動計測**を専門家に委ねることも考えられるが、必ずしもそれはベストではない。むしろ、**設計者自身が直に振動配管を計測し検討に進むのが望ましい**。振動計測は決して難しいものではなく、振動計があれば誰にでもできる。しかし、それなりの方法、手順、操作があるのでここでそのガイドラインを提示する。ただし、具体的な計測要領になると振動計の操作マニュアルに依存することになる。振動計にはいろんなものがあって当然その操作は異なりこれらを網羅して記述することは至難である。そこで本TSでは、設備関係で最もよく使われている下記振動計の使用を前提にして記述する。ただ、詳細については当該マニュアルを照合して欲しい。

リオン社：VA-10 設備診断用バイブレーションアナライザ VA-10

なお、VA-10の正面パネルを図1に示す。

2. 計測手順

計測目的によって多少ニュアンスは異なってくるが概ね下記のような計測手順になる。



計測を行うに当たっては、まず現場の状況(振動場所や範囲/振れの程度)を十分ヒアリングする。また脈動/サージなど流体振動の可否も予め当たっておく。

次に P&ID や配管図上で計測ポイントと範囲を設定する。仮設足場が必要な時は客先と協議し準備する。また測りたい箇所に柔らかい保温が巻かれているときはこれを一時的に取り除けるようにしておく。また

一定フォーマットの振動記録用紙などを準備する(添付 A の例を参照)。

【計測ポイントは少なくとも最も揺れの激しい部分を含むようにする。揺れの全体プロフィールを把握する必要があるとき^(*1)は、予想される Max.振動箇所をはさんで複数以上の計測ポイントを選ぶ。】

更に現場に出向き、振動状況を確認するとともに計測ポイント/計測範囲/計測ルートを確認し調整する。また、振動の状態や振れの大きさに合わせて設定画面で計測画面を設定する(図 2a,2b の設定画面参照)。

設定画面をセットした後、計測を実施。この場合、**振動計モード**でオーバーオールな振動を計測したあと、**分析器モード**で周波数スペクトルデータを採取するのがスタンダードである。

なお、配管架台(架構)や接続機器など、関連部位の振動を同様に計測するとともに、ノーマルな部位のデータとかを参考として計測しておく。また、振動に関係する事象を観察する。

3. 振動計使用要領

(1) 計測すべき項目

VA-10 では、次のように種々の計測ができる。

① 振動計モードの計測-----オーバーオールの変位、速度、加速度

② 分析器モードの計測

```

graph LR
    A[分析器モードの計測] --> B[周波数スペクトル]
    A --> C[時間波形]
    A --> D[振幅確率密度関数]
    B --> E[変位、速度、加速度の成分]
    C --> E
    D --> E
  
```

配管の振動計測ではこのうちいずれを計測項目にするか? ここで

- ・ 配管などの静的梁構造物では変位の多寡が問題になる。
- ・ 配管の振動状態の合否判定は SWRI の簡易判定図に拠ることが多い。この判定図では計測した(振動数、変位)によって、現状の揺れが危険状態にあるか否かを判断する。この場合、計測値はオーバーオール値をベースにしていると思われる(→振動計モード)。
- ・ 顕著な振動がでてくるのは、無数の振動成分のうちいずれかの成分が卓越するためで、その卓越

成分を把握することがトラブル解決の糸口になる(→分析器モードの周波数スペクトル)。

以上から、推奨される計測項目として

- ・ 振動計モードでの変位/速度/加速度 (時間がない時は、変位/速度 or 変位/加速度) 3 方向
- ・ 分析器モードでの周波数スペクトル変位 (速度、加速度は計測しなくてもよい) 3 方向

なお、時間波形は振動のイメージをつかみ原因を推理する時有効である。最も揺れの大きいポイントでサンプル的に採取するのがよい。振幅確率密度関数は通常要らない。

(2) 振動計(VM)モード計測 (図 2a 参照)

測定画面と 2 つの設定画面がある。一般的な手順は

- ① VM キーを押して測定画面を出し、NEXT/PREV キーを使って診断点番号をセットしておく。
- ② MENU キーを押して設定画面にし、カーソルキーを使って項目をハイライトさせ MARKER キーなどを使って逐次パラメータを設定してゆく。なお 2 つの設定画面は MOME キーで切換える。
- ③ 設定が終わったら EXIT キーを押して測定画面を出す。

設定画面 I での注意点は次のようである。

- * HP 値 < 計測周波数 < LP 値になる。HP は”ハイパスフィルター”で、その設定値以上の周波数をパスする。LP は”ローパスフィルター”でその設定値以上の周波数をカットする。一般に配管の振動数は低いので HP=最小値 3Hz^{(*)2}、LP=最小値 1KHz にセットする。
- * 検波の指示方式(DET)には EQ-PEAK, RMS, EQ-P-P の 3 つがある。EQ-PEAK と RMS は片振幅(0-P)である。RMS=0.707 x EQ-PEAK になる。EQ-P-P(P-P)は両振幅であり、EQ-P の 2 倍である。実効値 RMS は過小なので採らないほうが良い。EQ-P か EQ-P-P を選ぶ。
- * 測定レンジは DIS / VEL / ACC に対し種々の値が準備されている。測定値が大きくて設定レンジを越えると OVER の表示ができる。しかし、逆に、微小な測定値に対して余りに大きなレンジを選ぶと警告がでないので過大な値をカウントしてしまう。例えば 10mm レンジに対して実際計測値が 0.01mm だと最小単位の 0.1mm が表示されてしまう。従って、実際の振動状態に則した測定レンジを選ぶことが大事である。測定画面には数値とともにバーグラフがあるので、これをみて加減するのがよい。なお **測定レンジの数値** はハイライトしないので設定画面では変更できない。測定画面で計測しながらパネルの LEVEL RANGE キーを UP/DAWN して決めるのがよい。
- * 工学単位(EU)は、例題にあるように測定値を補正するもので

$$\text{表示値} = \text{計測値} \times \text{EU}$$
となる。センサーの感度を補正する為のものと考えられる(別の用途?)。因みに EU : 1.0E⁺⁰ ON あるいは EU : -----OFF で表示値 = 計測値となる。dB 表示を行う場合を除き、大抵 1.0E⁺⁰ にセットしておけばよい。
- * ALARM-ALERT/DANGER はルーチンワーク用。ワンショットの計測では使わない。

設定画面 II については特はない(図 2a では割愛)。POWER SAVE は必ず ON にしておく。電池の消耗は早いので注意する。

(3) 分析器モード計測一周波数スペクトル(SPEC) (図 2b 参照)

VM モードと同じく計測画面 + 2 つの設定画面。手順は VM モードに同じ。

設定画面 I での留意点は次のようにある。

- * HP、LP の設定は VM と同じ。
- * 周波数スパン(SPAN)/測定レンジの設定は振動状況に合わせてパネルから行う。画面に **OVER** がハイライトする時は測定レンジをアップする。
- * 検波指示方式(DET)は OFF にしておくと実効値(RMS)指示になるので注意。RMS だと計測値に 1.414 を乗じて最大片振幅(EQ-P)とする必要がある。ON にすると VM モードで設定の DET と同じになる。
- * AVERAGE-mode/N/N'について筆者本人がまだわかりきっていない。MODE には INST/LIN EXP/PEAK の 4 種類があるが、まず INST はすぐ変化するので捉えがたい(通常使わない?)。PEAK は瞬間最大値を捕捉するので振動評価は安全側になる。LIN(線形平均)か EXP(指數平均)が妥当だろう。揺れ方によるだろうから、予め比較してみるのがよいと思う。設定回数 N とアベレージ停止回数 N'(>N)は多いほど精度があがる。10 回以上か?
- * TRIGGER-mode/lev/slp はワンショットの計測では使わないだろう。

設定画面 II での留意点は次の通り。

- * 工学単位(EU)は、通常、1.0E+0ON か-----OFF にしておく。
- * マーカー値の dB 読みは殆ど使わないだろう。

(4) データのストア(保存)とリコール(再呼び出し)

(ストア) 計測終了 → STOR キー(記憶させる) → ROUT キー(NAME など編集)
 (リコール) NEXT/PREV で番号選択 → RCL キー(呼び出し) → EXIT(測定画面へ)
 ストアされた番号で再度計測してストアするとデータは置き換えられる。

(5) パネル操作

正面パネルで操作できる計測パラメータは以下の通り。

GRAPH-LOG/LIN : 周波数スペクトルで Y 軸を対数表示するかリニア表示するか

GRAPH-ON/OFF : 分析器モードにおいて設定画面に測定データを 2 重表示させるか否か。

Y-EXPAND : Y 軸の縮小拡大(*1、2、4、8、16、32、64、128)

拡大してゆくと波形が段々大きくなる。

FREQ SPAN-UP/DOWN : 周波数測定スパンを設定(100、200、500、1k、2k、5k、10k、20k、50kHz)

LEVEL RANGE : 測定レンジを設定。レンジオーバーで OVER ハイライト

DIS : EQ-P 0.141、0.447、1.41、4.47、14.1mm)

RPM 0.031、0.100、0.316、1.00、3.16、10mm

EQ-P-P 0.089、0.283、0.894、2.83、8.94、28.3mm

VEL : 8.94、28.3、89.4、283、894、2828mm/s

ACC : 0.144、0.456、1.44、4.56、14.4、45.6G

(6) 計測センサ

計測センサはマグネット(固定)式か触針式になる。安定の良いマグネット式がよいが、対象がステンレ

ス鋼の時や接触面が凹状の時は取付けできない。触診式は手で扱えて便利であるがぐらついて乱れがあるので、滑りがないように対象面に直角に触針をあてしっかりと保持する。

計測では、対象面にしばらくセンサーを当てておいてからスタートキーを押すこと。スタートキーを押してからセンサーを当てたり、当ててからすぐスタートキーを押すと接触の瞬間の揺らぎ(ノイズ)が残って1~15Hz位の低周波域のデータが採れなくなる。

注記：(*1) SWRIの簡易判定図などによる簡易判定が認められないときは、計測した最大振幅で高サイクル疲労が起きないことを、仮想荷重による梁解析で証明する必要がある。その場合、配管の変形状態が必要になるので、配管(梁)形状やその拘束状況からいくつかのポイントを選んで計測しておく。

(*2) 通常の振動計では2Hzが限度。これ以下の振動数ではプレアンプ内臓型のセンサを使うか変位計を使用する。

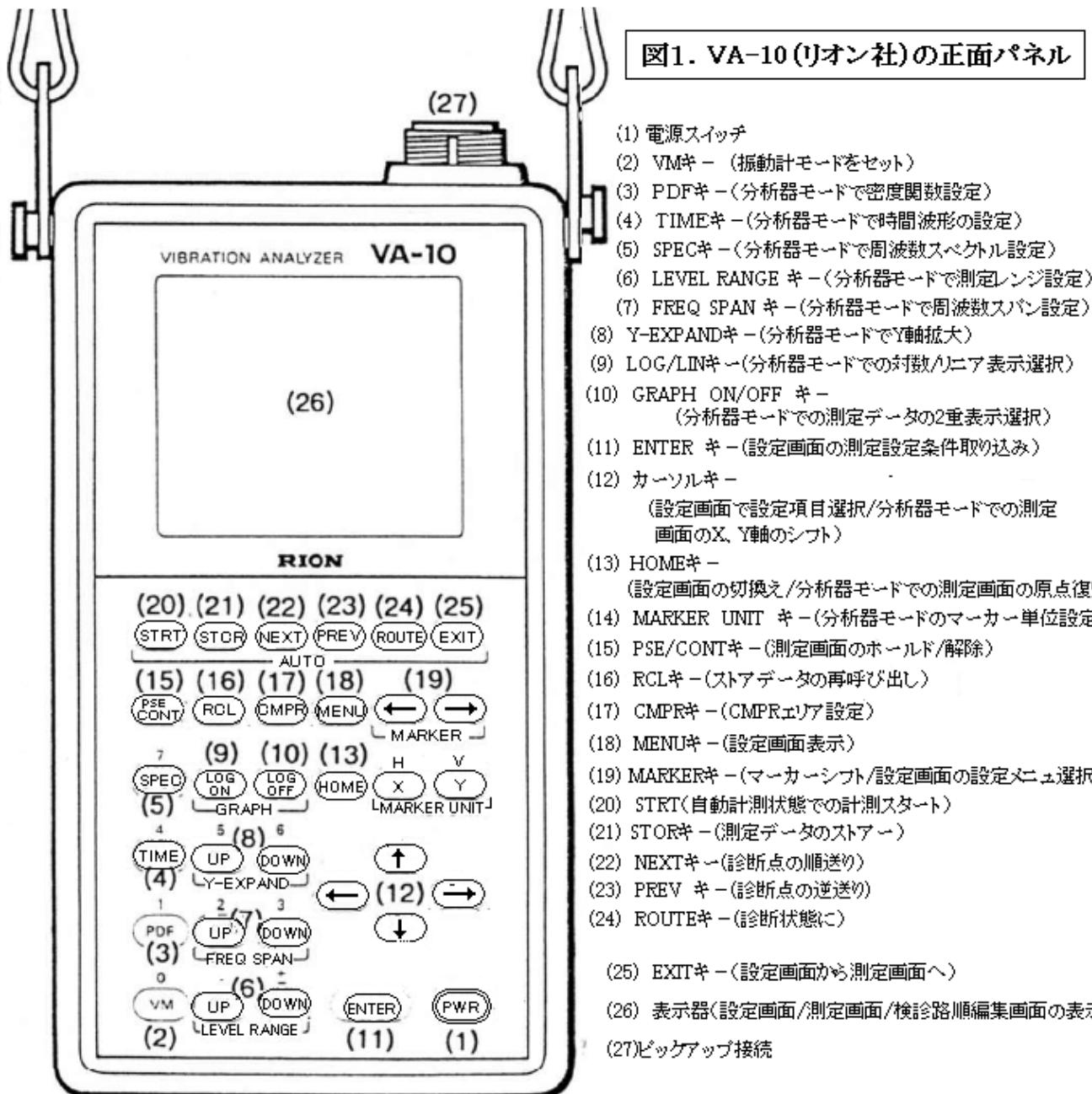


図2a 振動計モード

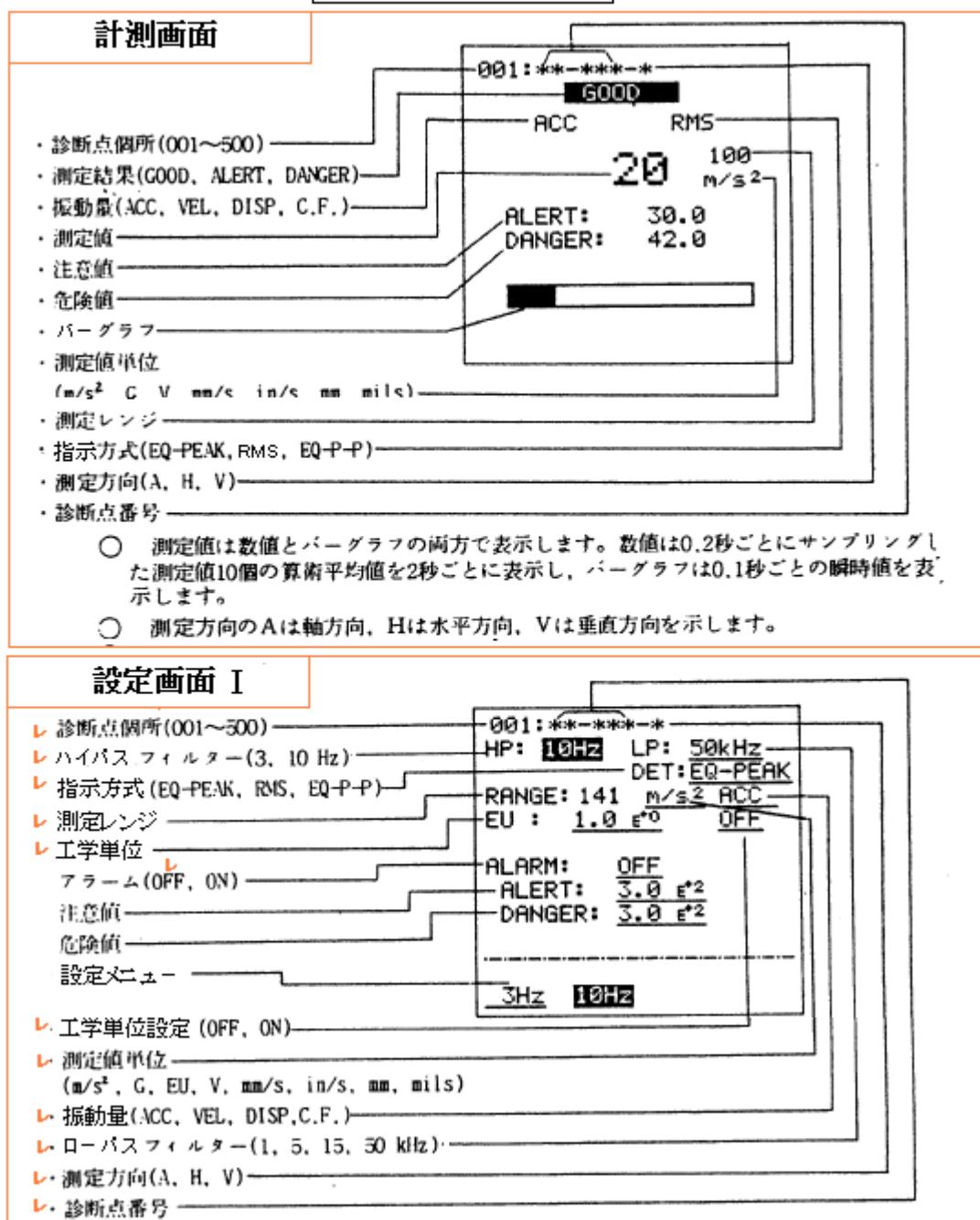
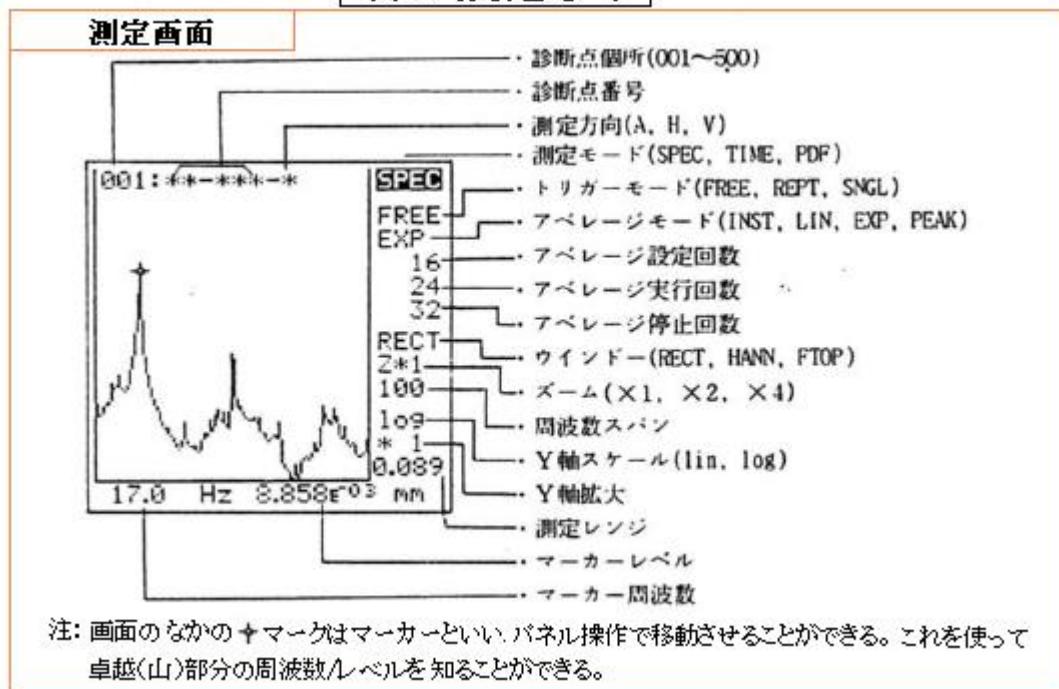


図2b 分析器モード



設定画面 I

・測定方向(A, H, V) —————
 ・診断点番号 —————
 ・診断点個所(001～500) ————— 001: ***-***-**
 ・ハイパスフィルター(3, 10 Hz) ————— HP: 10Hz LP: 50kHz
 ・周波数スパン ————— SPAN: 5kHz DET: ON
 ・測定レンジ ————— RANGE: 447 m/s² ACC
 ・アベレージモード
 (INST, LIN, EXP, PEAK) ————— AVERAGE TRIGGER
 mode: INST mode: FREE
 N : 2 lev : +0/8
 N' : 0 slp : ↑
 N : + 0
 ZOOM: *1 WINDOW: RECT
 3Hz 10Hz
 ・アベレージ設定回数 —————
 ・アベレージ停止回数 —————
 ・ズーム(×1, ×2, ×4) —————
 ・設定メニュー —————
 ・ウインドー (RECT, HANN, FTOP) —————
 ・フリ／ポストトリガー(サンプル数-1) —————
 ・トリガースローブ(↑, ↓) —————
 ・トリガーレベル(-7/8～+7/8) —————
 ・測定値単位
 (m/s², G, EU, V, mm/s, in/s, mm, mils)
 ・振動量(ACC, VEL, DISP, ENVL) —————
 ・指示方式(OFF, ON) —————
 ・ローパスフィルタ(1, 5, 15, 50 kHz) —————

【注意1】 トリガーレベルは波形のフルスケールに対し1/8ステップで設定します。

【注意2】 トリガーポイントを負(-)に設定するとフリトリガーに、正(+)に設定するとポストトリガーになります。

【注意3】 指示方式「DET」は、「ON」に設定すると「3.1 振動計モード」で設定した指示方式となり、「OFF」に設定すると実効値(RMS)指示となります。

設定画面 II

レ測定方向(A, H, V) —————
 レ診断点番号 —————
 レ診断点個所(001～500) ————— 001: ***-***-**
 レ工学単位 ————— EU: 1.0 e⁰ OFF
 基準レベル ————— 0dB: 1.0 e⁶ m/s² ON
 ポーレート
 (1200, 2400, 4800, 9600) ————— LEV_DIFF: OFF
 RS232C BAUDRATE: 4800
 JUST_PC: OFF
 POWER_SAVE: ON
 レ電源の自動遮断(OFF, ON) —————
 ・設定メニュー —————
 ・バーチャルコンピューター
 通信装置推奨通信方式(OFF, ON) —————
 ・レベル演算設定(OFF, ON) —————
 ・基準レベル設定(OFF, ON) —————
 ・工学単位設定(OFF, ON) —————

【注意】 設定した診断点個所にスペクトルデータがストアされていないと、「LEVEL_DIFF」を「ON」に設定することは出来ません。

添付 A 振動計測記録フォーマット (サンプル)

計測箇所	計測 方向	オーバーオール計測		スペクトル計測		備 考
		0-P 変位 (mm)	加速度 (m/s ²)	0-P 変位 ピーク値(mm)	加速度 ピーク値(m/s ²)	
低圧給水ポンプ 吐出主管 (出口)	X	0.029	8.6	0.016 (at 2 Hz)	0.10	
	Y	0.070	2.1	0.054 (at 14Hz)	—	
	Z	0.060	8.9	0.023 (at 5Hz)	0.58	
低圧給水ポンプ 吐出主管 (出口流量計)	X	0.031	2.6	0.018 (at 10Hz)	0.73	図3参照
	Y	0.060	2.4	0.032 (at 5Hz)	0.35	
	Z	0.070	0.9	0.054 (at 5Hz)	0.14	
低圧給水ポンプ 吐出主管 (ドラム入口)	X	0.020	0.5	0.013 (at 15Hz)	0.14	
	Y	0.010	0.4	0.012 (at 15Hz)	0.10	
	Z	0.025	0.3	0.012 (at 15Hz)	0.15	
高圧 2 次上昇管	X	0.160	0.9	0.019 (at 20Hz)	0.11	
	Y	0.028	0.48	0.015 (at 20Hz)	0.16	
低圧下降管	Y	時々 0.6 常時 0.1	1.1	—	—	0.5-1分間隔 位で大きな揺れ

(注記) 0-P は片振幅値。計測方向は下記。

