



4-20 mA LPST™ シリーズ トランスデューサー・セレクションガイド



輸入販売代理店

 **株式会社キーデバイス**

〒130-0013 東京都墨田区錦糸 1-2-1
アルカセントラルビル 14F
TEL: 03-6853-6642 FAX: 03-6853-6601
<http://www.keydevice.co.jp>

目次

はじめに.....	3
予測メンテナンスと振動モニタリング.....	3
センサー選択について.....	4
フルスケールのガイドラインについて.....	4
ISO 10816 ガイダンス.....	5
装置グループ.....	5
評価ゾーン.....	5
ウィルコクソン 4-20mA トランスデューサーによる出力タイプ.....	6
周波数特定トランスデューサー.....	8
デュアル出力型 4-20mA トランスデューサー.....	9
ハザードエリアにおける設置.....	9
追記 注文ガイド、型番について.....	10

はじめに

4-20mA振動トランスデューサーが販売されるようになり、PLC(Programmable Logic Controller)やDCS(Distributed Control System)へ直接振動情報を入力することができるようになりました。これにより、工場で稼動している機械についての全体振動データの傾向性や、工場の操作環境との相関を見ることで、機械のメンテナンススケジュールの調整が可能となっています。

長年プラントで振動解析を行ってきたエンジニアは、通常CBM(コンディション・ベース・メンテナンス)プログラムを使用し機械の状態を診断していますが、このトランスデューサーを使用することで、機械診断に精通したエンジニアがいなくても、CBMプログラムで全体振動レベルを把握することができるようになります。

ウィルコクソンのパワーロープセンサー(LPS™)は4-20mAの振動トランスミッターを備えたセンサーです。LPS™トランスデューサーで直接4-20mAデータを直接工場の制御システムに入力し、工場の操業にとって重要となる振動状態を常時モニタリングすることができますが、このデータによりいつ機械のメンテナンスをすべきかの判断に役立ち、また振動状態が重症の場合直接機械を見るためにも役立ちます。

このセレクションガイドは適切なトランスデューサーの選び方について説明しています。この資料は振動の解析についての詳細を述べるものではありません。振動診断などについては他の文献や<http://www.wilcoxon.com>などをご覧ください。

予測メンテナンスと振動モニタリング

機械の健康状態を追跡する予測メンテナンスの技術は工業界では良く使われていますが、振動モニタリングはこの予測メンテナンス技術において大変重要な要素になります。プラントの機械の健康診断はコストやダウンタイムを大幅に減らしますが、実際のウィルコクソンの多くのお客様もこれによりコスト削減をされています。

振動モニタリングで予知できることは...

- ❖ シャフトミスアライン
- ❖ ローターアンバランス
- ❖ ギア故障
- ❖ ベアリング故障 など

ウィルコクソンは、豊富な品種の振動モニタリング用センサーや装置を供給しており、これらは機械の振動監視についての情報を提供します。ロープパワーセンサー(LPS™)と呼ばれる4-20mAシリーズのセンサーを使うと簡単に診断ができ、プラントへの投資の中でもコスト対効果が高いといえます。LPS™シリーズセンサーは4mAから20mAを出力し、これは診断する機械振動の平均振動量に直接関連するようになっています。これにより相対的振動レベルの傾向を把握でき、コストを抑えるため必要な場合にだけメンテナンスすることが可能となり、機械が故障する前に保守作業を効果的に行えることになります。

ウィルコクソンのLPS™シリーズセンサーは、どのような用途にも合うようさまざまな機能があります。

- 出力はピーク、True Peak、またはRMS出力信号、速度または加速度、変位測定
- 温度と4-20mAのデュアル振動出力により、温度が重要となる場所をモニタリング
- ダイナミックと4-20mAのデュアル振動出力により、4-20mAトレンドデータが取れると同時に、ダイナミック信号でより詳しい解析可能
- 過酷な環境での使用では本質安全防爆や防爆型(CSA、EXなど)もあり

センサー選択について

機械振動の測定において速度測定は重要なポイントとなります。用途によっては変位の限界がありますが、機械の外部筐体表面における速度測定がもっともよく使われます。ウィルコクソンの LPS™ は機械の外部筐体にマウントされ、コンディションの把握には速度がもっとも適しています。LPS™ シリーズには、コンディション把握のために振動を速度からや加速度から、また変位から捉えるモデルもあります。

LPS™ シリーズは、ご指定のフルスケール仕様設定で購入できますが、このフルスケールはユーザーによる調整はできません。振動測定でのコンディション評価や ISO10816 スタンダードは、特定のモニタリング環境においてフルスケール範囲で使われます。

フルスケールのガイドラインについて

通常の機械における全体振動レベルはどの程度ですか？

通常の機械の振動レベルを選択基準として使うならば、通常の振動レベルから小さい変化を読み取るに程度の十分な解像度をもった、高い信頼性のデータを当社のトランスデューサーから得られます。通常の振動レベルは、トランスデューサーのフルスケールレンジの 10%~20%以内に入りますが、例えば、機械が通常の全体振動速度として 0.15 インチ/秒ピーク(IPS)であったとすると、フルスケールレンジが 1.0 IPS ピークをもったトランスデューサーで最適にモニタリングされます。

許容できない振動リミットは？

メーカーが指定する機械の許容振動は、最適な LPS™ シリーズ速度トランスデューサーを選択する際に使います。メーカーが指定する許容値がない場合 ISO 標準を、ある基準として使用できます。例えば、ISO 標準ではリジッドローター付き 200 馬力(150kW)モーターの許容振動は 0.25 in/sec (peak)、4.5 mm/sec (rms)と規定されています。

傾向性のオーバーレンジ許容は望ましいか？

LPS™ シリーズの標準範囲は、ある程度オーバーレンジを許容していますが、ユーザーによってはより以上のものを求めます。クラックした実績をもつ 50 馬力モーターの例を想像して下さい。クラックした際の振動は 1~2 IPS を示しているとします。この場合、ブレードがクラックを起こした時のファンのアンバランスに対応できるよう、フルスケールレンジ 2.0 IPS のトランスデューサーを使用することが適切といえます。

ISO10816 ガイダンス

回転機械のコンディションを把握するため現在では ISO10816 標準があり、これは「機械振動—非回転部分の測定による機械振動評価」です。ISO10816 にある許容振動を決めるため最も有効な部分は、トランスデューサーセクションのパート3に、「工業用機械のうち実際の設置現場における測定で、ノミナルパワーが 15kW 以上で、ノミナルスピードが 120~15,000 回転/分をもつもの」とあります。

機械はそのタイプや、定格パワー、シャフトの高さによりクラス分けされます。また、振動グループゾーンは、機械が第1シャフトのクリティカルスピードの 80%以下かそれ以上で動作するかどうかで分けられています。測定方向において、主要励起周波数(通常は動作スピード)が、第1クリティカルスピードの 80%以下の機械は、リジッドローターモードで動作しているとされ、80%以上はフレキシブルローターモードで動作しているとされます。

装置グループ

グループ1: 定格パワーが 300kW(～400 馬力)を越える大型機械、電気式機械でシャフト高 315mm (12.4 インチ)以上のもの。これらの機械は通常スリーブ(ジャーナル)ベアリングをもつ

グループ2: 定格パワーが 15kW(～20 馬力)以下で、300kW(～400 馬力)を含む中型機械、電気式機械でシャフト高 160mm～315mm(6.3 インチ～12.4 インチ)をもつもの。これらの機械は通常ローリングエレメントベアリングをもち、600 回転/分以上で動作する

グループ3: ポンプでマルチベイン・インペラーや独立ドライバー(遠心型、ミックスフロー、または軸流)をもち、定格 15kW 以上のもの

グループ4: ポンプでマルチベイン・インペラーや一体型ドライバー(遠心型、ミックスフロー、または軸流)をもち、定格 15kW 以上のもの

評価ゾーン

次の表には決められた機械の振動の定質的評価ゾーン、及びその処置を示しています。

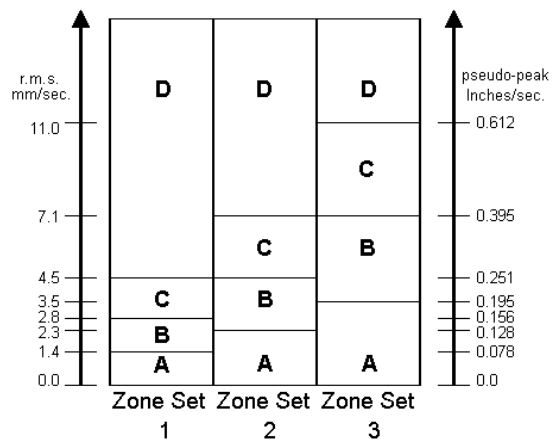
ゾーンA: 新規で設置された機械の振動があるゾーン

ゾーンB: 振動がこのゾーンにある機械は通常、期間限定をされない長期操作にも使用許容

ゾーンC: 振動がこのゾーンにある機械は通常、長期連続操作には不適格で、復帰処置までの期間限定で操作

ゾーンD: 振動がこのゾーンにある機械は不具合発生するに十分な範囲

ISO 10816-3 Evaluation Zone Boundaries



ISO10816-3 により推奨評価ゾーンの境界とそれぞれの装置グループや、そのゾーン設定は以下の通りとなります。

装置	ローターモード: リジッド	ローターモード: フレキシブル
グループ 1: 300kW 以上の機械	ゾーン設定 2	ゾーン設定 3
グループ 2: 15～300kW	ゾーン設定 1	ゾーン設定 2
グループ 3: ポンプ、独立ドライバー、>30kW	ゾーン設定 2	ゾーン設定 3
グループ 4: ポンプ、一体型ドライバー、>30kW	ゾーン設定 1	ゾーン設定 2

ウィルコクソン 4-20mA トランスデューサーによる出力タイプ

ウィルコクソンのブロードバンド LPS™ シリーズの全トランスデューサーは、ピーク、RMS または True Peak で出力較正され出荷されています。周波数特定型はピークまたは RMS 出力較正のみとなります。

右の図では振幅 10g、2.5 ミリ秒の疑似パルスが示されています。このようなパルスは、従来の RMS 出力トランスミッターの出力には変化を与えません。このような短いパルス時間での RMS エネルギーは、出カーループ電流に変化をもたらすほどのものではありません。

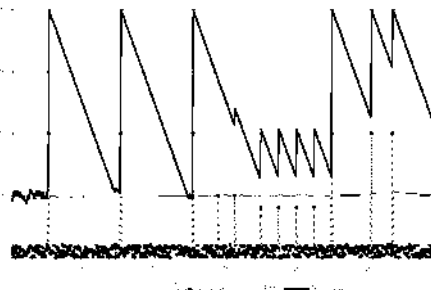
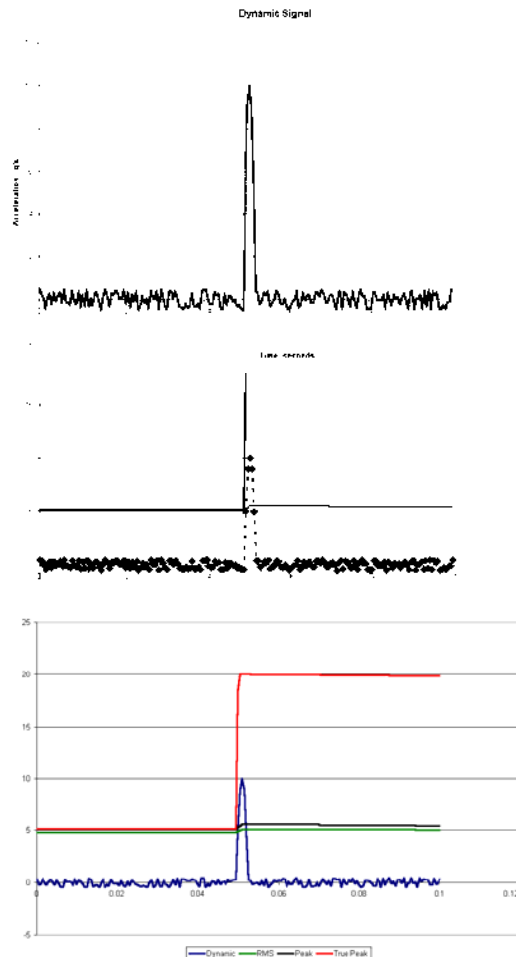
この図では、RMS トランスミッター、ピーク トランスミッター、それにウィルコクソンの True Peak トランスミッターの違いが示されています。過渡加速度パルスの結果として、RMS とピーク出力はほとんど変わりませんが、True Peak 信号は正確にパルスレベルを捉えています。

ピークを取るというのは True Peak の機能の一部分でしかありません。もしトランスミッターが単に True Peak をトラッキングするならば、出力は PLC/DCS システムのサンプリング工程全体ですばやく変化するはずですが、ほとんどの PLC/DCS システムでは入力を一秒に一回しかサンプリングしません。それならばシステムは過渡信号が発生していることがどうやって分かるのでしょうか？

ウィルコクソンの True Peak デテクターまずピークを取り、次に1秒につきフルスケールに対し 20%のピークレベルの過渡振動へランプバックします。この図では、ピーク発生時出力電流が 20mA に上がったところを示しています。次に約5秒間でランプバックしています。この「ランプダウン」の間に、PLC/DCS は信号をサンプリングし過渡イベントを記録するため多くの機会を得ます。

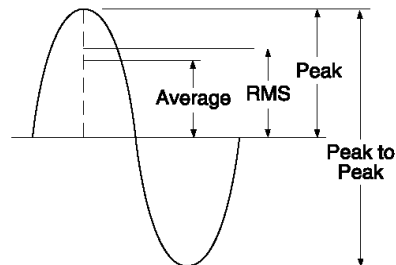
ではこれらのピークを検知するトランスミッターは、部品などの緩みなどの複数過渡信号をどうやって処理するのでしょうか？ この図では RMS と True Peak のトランスミッターにおいて相対的な出力の違いを示しています。

検出される過渡パルスが多ければ多いほど、True Peak 出力は高いレベルに居続ける傾向があります。入ってくる新しいパルスがトランスミッターからの出力を超える電流値である限り、出力はランプダウンする前に新規レベルに上がります。



これにより、部品の緩みからくる状態の兆候を True Peak デテクターが検知できますが、これはまた、操作時における高加速度の「スパイク」などの他の過渡イベントをモニタリングするのにも有効です。ポンプのキャビテーションが発生した場合、時折「ポンブロック」といわれる音を出します。ピーク検知型では、パイプシステムの「水ハンマー」も十分感度に対応したモニタリングができます。

振動トランスミッターは、通常振動信号の RMS 値を計算しますが、ピーク出力トランスミッターは、ただ単に出力を較正するため RMS 値をピークに乗ずるだけの作業しかしません。これにより、全体振動エネルギーがひとつのサイン波信号ならば、ピーク値である「疑似ピーク」出力となります。4-20mA 出力で 1.0 ips、ピーク、0.707 ips で RMS サイン波、RMS で較正された従来のトランスミッターでは、フル 20mA のループ電流を生み出します。



True Peak 検知方法により、短時間の過渡イベントにおける感度の問題が解決します。ピークや RMS で較正されたセンサーでは、機械の全体振動エネルギーに対する出力信号を生み出します。この全体振動により、ときには機械の全体的コンディションを把握するための傾向を見ることができます。事実、ISO 標準は機械振動の RMS 値を測定することに基づいていますが、部品の緩みなどの場合、機械によっては True Peak が検知できる LPS™ シリーズを使った方が良いでしょう。

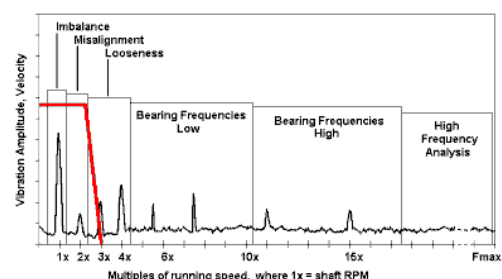
周波数特定トランスデューサー

標準的な 4-20mA 振動トランスミッターがモニターする広い周波数帯では、機械診断には標準的な 4-20mA トランスデューサーが使用できません。これは出力が振動エネルギーの総計になっているからで、機械診断作業では、狭い周波数帯で何が起きているかを見る必要があります。

周波数特定型低周波速度センサー

プラントにおけるメンテナンス作業のほとんどは、機械の再バラシングまたは再アライメントといえます。バランスやアライメント不良における周波数成分は機械のランニングスピード、またはその倍にあります。プラントのほとんどの大型機械はモーター駆動であり、多くは 600RPM(10Hz)~1,200RPM(20Hz) で動いています。アンバランスまたはミスアライメント周波数をカバーし、この周波数スパンに集中したトランスデューサーを使うことは、メンテナンス作業にとって大きな利点があります。

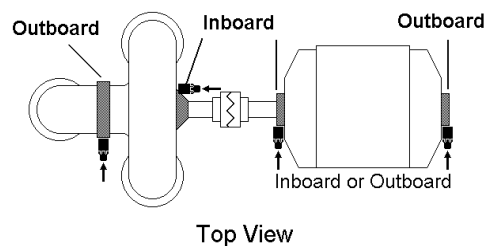
ウィルコクソンでは周波数特定型 4-20mA トランスデューサーを販売しています。PC420VP-10-B3041 は検知回路の前段にハイパス、ローパスフィルターを使っており、3Hz(300RPM)~40Hz(2,400RPM)の間の出力検知に特化しています。このモデルは、4-20mA プロセスループに振動レベル出力を処理し算出するため、3 Hz (180 CPM) ~ 40 Hz (2400 CPM)の周波数のみを使います。この集中解析により、バランスやアライメントの低周波だけのトレンドを見ることができます。大型機械におこるアンバランスやミスアライメントはほとんどこの周波数帯にあります。



PC420VP-10-B3041 トランスデューサーにより、多くのプラント機械の基本スピードにおける振動トレンドを見ることができます。例えば、1,200RPM で動作しているモーターまたはポンプが、20Hz の基本スピードをもっているとします。PC420VP-10-B3041 を使ってベアリングにおける水平振動レベルを見る場合、PC420VP-10-B3041 の出力振動レベルに主に寄与しているものは、シャフトの振動である 1,200RPM(1X)成分です。

このランニングスピード(1X)の値と、全体振動における他の振動を区別することで、アンバランスの影響を判断することができますが、これはファンにとっては特に重要です。PC420VP-10-B3041 と PC420VP-10 トランスデューサーを併せて使用すれば、1X の振動を他の振動周波数とより良く区別することができます。

プラントにおける機械のバランスとアライメントをすべて把握するには、3つの PC420VP-10-B3041 トランスデューサーを使用します。右のモーターポンプセットの図では、ポンプのインボードベアリングはスラストベアリングの機能をもっていますが、これがどのようなアライメント不良でも検知できる最適な位置といえます。PC420VP-10-B3041 を1個、軸方向に取り付けます。また PC420VP-10-B3041 を2個、アンバランスをモニターするためそれぞれのシャフトに取り付けます。アウトボードベアリングはポンプの最適なポジションとなります。モーターのインボードかアウトボードの位置が使われますが、故障暦のデータによりどちらか決める必要があります。多くのユーザーは、インボードポンプベアリングでラジアル方向の不良検知ができるためインボード位置を使っています。



周波数特定型高周波速度センサー

ウィルコクソンではまた、高周波特定の 4-20mA センサーも販売しています。PC420AR-10-3223 は検知回路の前段にハイパス、ローパスフィルターを使っており、300Hz~2,000Hz の間の出力検知に特化しています。このモデルは、4-20mA プロセスループに振動レベル出力を処理し算出するため、300 Hz~ 2,000Hz の周波数のみを使います。この集中解析により、ポンプのキャビテーション不良をこの周波数帯だけのトレンドで見ることができます。大型ポンプのキャビテーションはこの周波数帯で起こります。

デュアル出力型 4-20mA トランスデューサー

デュアル出力型トランスデューサーは、4-20mA ループ信号出力とブロードバンド・ダイナミック信号を出力します。このタイプのトランスデューサーは、プラントエンジニアがポータブルのスペクトルアナライザー装置をもっているとき役に立ちます。デュアル出力タイプを使えば、4-20mA 出力ループを駆動するダイナミック振動信号にアクセスでき、信号スペクトルをチェックするためのポータブルFFT装置を使えるため、多くのエンジニアから好評を得ています。ひとつのトランスデューサーで、オペレーションエンジニアとメンテナンスエンジニアが必要なデータの両方にアクセスできることで、プラント内のオンサイト振動エンジニアには非常に使い易いといえます。ダイナミック出力は、100mV/g(加速度)または 100mV/ips(速度)のどちらかになります。これは PC420V シリーズまたは PC420A シリーズのなかから選べます。

ウィルコクソン PC420 シリーズトランスデューサー製品群の利点のひとつは、どのような 4-20mA ループ信号かにかかわらず、ダイナミック信号では加速度か速度のデータを得られることです。PC420V シリーズ速度ループ出力トランスデューサーは、加速度または速度のダイナミック出力を得られます。また、

PC420A シリーズ加速度ループ出力トランスデューサーも同様になっており、ダイナミック出力信号として加速度か速度を得られます。

ハザードエリアにおける設置

ウィルコクソンの 4-20mA トランスデューサーは、米国及びカナダで CSA の認定を受けており、LCIE ATEX にも認定されています。PC420 シリーズトランスデューサーには、本質安全防爆や防爆タイプもあります。本質安全防爆型にはモデル番号に **IS** が、防爆型には **EX** が付きます。

	承認機関	設置エリア
本質安全防爆型	CSA	CL1、Div 1、GRPS A、B、C、D T3C Ta=85° C Max Exia
本質安全防爆型	LCIE - ATEX	EEx ia IIC T3 -40° C ≤ Ta ≤ 85° C
防爆型	CSA	CL1、Div 1、2 GRPS A、B、C、D CIII、Div 1、2 GRPS E、F、G CLIII、DIV 1、2 T3C Ta=85° C Max
防爆型	LCIE - ATEX	EEx d IIC T3 EEx nA IIC T3 -40° C ≤ Ta ≤ 85° C

追記：注文ガイド・・・型番について
PC42X(VまたはA) センサーのタイプを選択します。

PC 420 上部出力型、コネクタタイプ

PC420Vxx-yy-zz 速度 4-20mA ループ出力型

PC420Axx-yy-zz 加速度 4-20mA ループ出力型

PC421 側部出力型、コネクタタイプ^{注1}

PC421Vxx-yy-zz 速度 4-20mA ループ出力型

PC421Axx-yy-zz 加速度 4-20mA ループ出力型

PC423 側部出力型、一体型ケーブルタイプ^{注2}

PC423Vxx-yy-zz 速度 4-20mA ループ出力型

PC423Axx-yy-zz 加速度 4-20mA ループ出力型

PC425 側部出力、温度センサー型、コネクタタイプ^{注3}

PC425Vxx-yy-zz 速度 4-20mA ループ出力型

PC425Axx-yy-zz 加速度 4-20mA ループ出力型

PC427 側部出力、温度センサー型、一体型ケーブルタイプ^{注4}

注¹：すべての側部出力型に全オプションはありません。個別のオプションについては個々のデータシートを参照して下さい。

注²：すべての側部出力型に全オプションはありません。個別のオプションについては個々のデータシートを参照して下さい。

注³：すべての側部出力型に全オプションはありません。個別のオプションについては個々のデータシートを参照して下さい。

注⁴：すべての側部出力型に全オプションはありません。個別のオプションについては個々のデータシートを参照して下さい。

PC427Vxx-yy-zz 速度 4-20mA ループ出力型
PC427Axx-yy-zz 加速度 4-20mA ループ出力型

XX 検知方法を選択します。

R: RMS
P: ピーク(疑似ピーク)
TP: True Peak

YY フルスケールレンジを選択します。

速度出力モデルの出力は Inch Per Second (IPS)になっています。また加速度モデルの出力は g (9.81m/s²)となっています。

yy	PC42xV	PC42xA
05	0.5 ips	5 g's
10	1.0 ips	10 g's
20	2.0 ips	20 g's
30	3.0 ips	N/A
50	5.0 ips	N/A

ZZ PC42x シリーズのオプションを選択します。

zz	オプション	説明
DA	加速度、ダイナミック	追加出力用 100mV/g ケーブル・ブロードバンド 振動加速度信号
DV	速度、ダイナミック	追加出力用 100mV/ips ケーブル・ブロードバンド 振動速度信号
EX	防爆ケース	Class 1, Division I 防爆 ^{注5}
IS	本質安全防爆認定	Certified for Class 1, Division I or Zone 0 ^{注6}
B1fhf	周波数特定	全体算出のための周波数特定 ^{注7}

型番の例

PC420VP-10:	ピーク(疑似ピーク)較正出力、フルスケールレンジ 1.0ips
PC420VP-10-DA:	ピーク(疑似ピーク)較正出力、フルスケールレンジ 1.0ips、追加出力のダイナミック加速度信号 100mV/g
PC420VP-10-IS:	上記 PC42-VP-10 と同じで、Zone 0 または Class1 Division I 設置
PC420VP-10-B3041:	速度、ピーク較正、1.0 ips フルスケール、特定周波数 3Hz～40Hz
PC420AR-10-3223:	加速度、RMS 較正、10g フルスケール、特定周波数 300Hz～2,000Hz

注⁵: より詳細な情報についてはウィルコクソン PC420Axx-yy-EX または PC420Vxx-yy-EX のデータシートを参照して下さい。

注⁶: より詳細な情報についてはウィルコクソン PC420Axx-yy-IS または PC420Vxx-yy-IS のデータシートを参照して下さい。

注⁷: より詳細な情報についてはウィルコクソン PC420VP-10-B3041 データシートを参照して下さい。