目　次

1. まえがき 1
2. 特長 2
2.1 渦流量計の原理的特長 2
2.2 横河独自の特長 2
2.2.1 検出部の特長 2
2.2.2 変換部の特長 3
3. 渦流量計の測定原理 4
4. 渦発生周波数検出方式 6
4.1 渦発生周波数検出の原理 6
4.2 渦流量計 VY シリーズの基本構造と信号処理 7
4.2.1 検出部の構造 7
4.2.2 信号処理 9
5. 演算構成 13
6. 補正機能 16
6.1 レイノルズ数補正 16
6.2 器差補正 16
6.3 圧縮性流体（気体・蒸気）の膨張補正 17
7. 自己診断機能 18
7.1 異常内容と対策 18
7.2 エラー時の動作 21
7.3 ベリフィケーションツール 23
7.3.1 標準ベリフィケーションでの検査項目 23
7.3.2 拡張ベリフィケーションでの検査項目 24
7.3.3 確認／検査結果（レポート）の出力，ファイルの管理 24
7.3.4 データのロック 24
7.4 リモートメンテナンス 24
7.4.1 Vortex Waveform Monitor の健全性確認項目 25
7.4.2 Vortex Frequency Analyzer の健全性確認項目 28
7.4.3 Vortex Sensor Prediction の健全性確認項目 30
7.5 ハードウエアの健全性確認 31
8. 流量測定パラメータの変更例 32
9. サイジング 35
10. 各種流体データ 42

1. まえがき

流れの中に柱状物体（渦発生体）を挿入すると，その表面から境界層が剥離して，後方の流れにカルマン渦列と呼ばれる回転方向が逆な渦が交互に発生します。この渦列の発生周波数は一定のレイノルズ数範囲において，流速に一次比例することが確認されております。したがってこの渦発生周波数を計測することによって，流速または流量を測定することができます。渦流量計はこの原理を利用した流量計です。
当社は 1969 年に世界で初めて渦流量計を開発し，1979 年に汎用流量計としての YEWFLO Series を製品化しました。2022 年時点において，全世界で累計 56 万台の販売実績と経験を元にこのたび渦流量計 VY シリーズを開発いたしました。
digitalYEWFLO からのデジタル回路技術であるスペクトラル・シグナル・プロセッシング (SSP)(*) を継承し進化させることにより，これまでの信頼性・耐久性に加えて，より高度な安定性高精度を実現しました。

(*)　SSP は，当社独立のデジタル信号処理の略号です。

2. 特長

渦流量計 VY シリーズは，渦流量計の原理に伴う特長と横河独自の技術的な特長を持ち合わせております。

2.1 渦流量計の原理的特長

■ 高精度

液体，気体とも指示値の± 1%（パルス出力）とオリフィス流量計などと比べて高い精度を誇っています。流体とその条件によっては，なお，液体では，最高± 0.75% が可能です。

■ レンジアビリティが広い

レンジアビリティとは，ここでは測定可能範囲の最大値と最小値の比として定義しています。レンジアビリティが広いことにより，流量の測定点が大きく変化するプロセスに対しても対応できます。

■ 出力と流量は比例関係にある

出力が流量（流速）に比例するため，オリフィス流量計と異なり開平演算は不要です。

■ ゼロ点変動が無い

センサからの出力は周波数であるため，ゼロ点変動はありません。

■ 圧力損失が小さい

渦流量計の管内には，渦発生体があるのみで，流路の絞りは小さいので，オリフィスなどを挿入する計装に比べ，圧力損失は比較的小さくなります。

2.2 横河独自の特長

2.2.1 検出部の特長

■ センサが接液しない

渦流量計 VY シリーズの流量センサ（圧電素子）は，渦発生体の内部にあります。このため測定流体に直接触れません。
内蔵温度計付きは温度センサ（Pt1000）が渦発生体の内部にあります。

■ 可動部のない頑丈でシンプルな構造

流路には台形断面を有する渦発生体があるのみで，可動部がないため，頑丈でシンプルな構造です。基本的にメンテナンスフリーです。後述する自己診断機能やリモートメンテナンス機能によりセンサの健全性をいつでも簡単に確認できます。メンテナンスが必要になる予兆を示すことができます。もしメンテナンスが必要になったとしても，横河独自の着脱構造はダウンタイムとメンテナンスコストを最小限に抑えることができます。

■ 高温，高圧まで使用可能

最高で 450℃（25 ～ 400 mm，渦発生体タイプ : 高温形）の高温流体を一体形でも測定できます。また，圧力は標準で ASME クラス 1500 フランジの定格圧力（常温において 25 MPa）まで十分に使用できます。

■ トータルコストが安価

計装コストまで含めたトータルコストは他の流量計に比較して低価格です。

2.2.2 変換部の特長

■ スペクトラル・シグナル・プロセッシング（SSP）

デジタル回路技術を適用した横河独自のスペクトラル・シグナル・プロセッシング（以下 SSP）アンプは，常に最適な条件へと自動調整します。digitalYEWFLO で実績ある本機能を継承し進化させることで，長期安定，安全な運転が，より確かなものになりました。

■ アダプティブ・ノイズ・サプレッション（ANS）

電源投入直後から常に最適な条件へと完全自動調整する機能です。振動の影響を受けることなく正確に渦信号を捉え，安定した出力信号を確保することができました。

■ 一歩進んだ自己診断機能

アプリケーションの状況変化（配管振動，流体の乱れなど）を予測して表示します。状況を把握することにより，現場での早期診断・対応が可能になりました。
渦流量計 VY シリーズは，ソフトウェアツール FSA130 により機器の正常性を確認することができます。

■ パラメータの操作性向上

使用頻度の高いパラメータを抜き出して 1 ブロックにまとめることにより，操作性を向上させました。

■ 多機能な表示器

2 列構成で瞬時流量と積算流量値を同時に表示できます。NE107 に基づいた分類による自己診断結果も表示いたします。

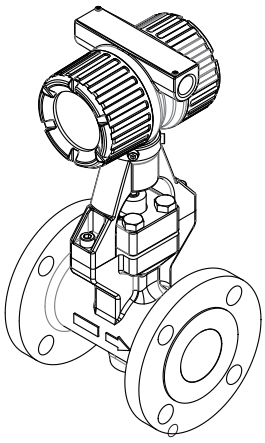
■ 電流／パルス同時出力

瞬時値と積算値の両方が同時に測定できます。

■ 多彩な演算機能

外部圧力計からの圧力信号を電流入力し，温圧補正やエネルギー演算ができます。蒸気表を内蔵しており，より正確な蒸気流量測定が行えます。





F0201.ai

3. 渦流量計の測定原理

図 3.1 に示すように渦発生体を流れの中におくと，下流側に交互に配列されるカルマン渦列が発生します。

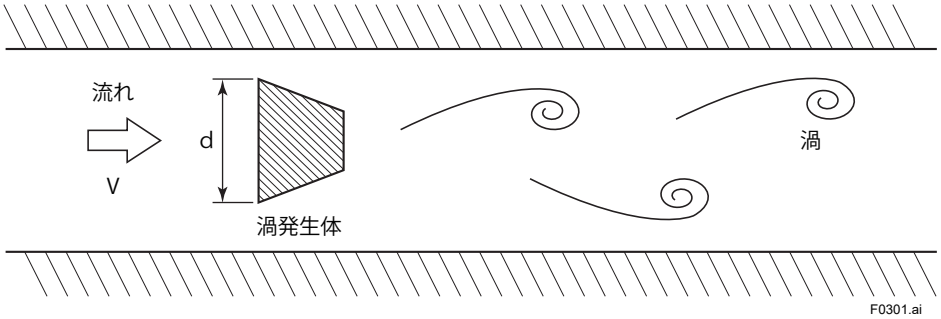


図3.1　カルマンの渦列

このとき発生する渦の周波数を f，流速 v，渦発生体の幅を d とすると，

$$f=St\cdot\frac{v}{d} \quad \cdots\cdots (1)$$

の関係があります。これは円管内を流れる渦流量計の場合にも同様に適用できます。ここで，

$$V=\frac{Q}{\frac{\pi\cdot D^2}{4}-dD} \quad \cdots\cdots (2)$$

Q：体積流量
D：渦流量計の内径
St：ストローハル数

(1)，(2) 式をまとめて，体積流量で表わすと，

$$Q=\frac{f\cdot\left(\frac{\pi\cdot D^2}{4}-d\cdot D\right)\cdot d}{St} \quad \cdots\cdots (3)$$

となります。
ストローハル数（St）とは渦発生体の形状，寸法によって決定される無次元数で，形状を適切に選ぶことにより，広いレイノルズ数範囲にわたって一定の値になります。

図 3.2 にストローハル数とレイノルズ数の関係を示します。

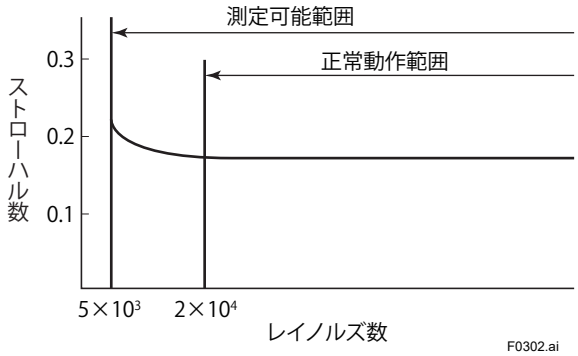
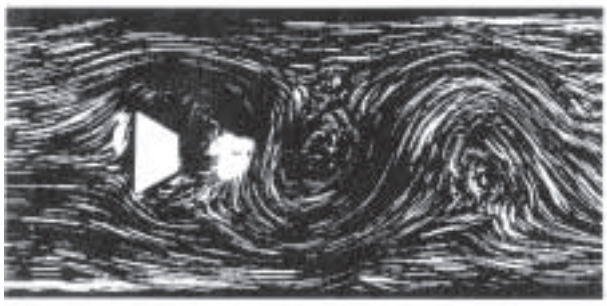


図3.2　ストローハル数とレイノルズ数の関係

したがって，ストローハル数をあらかじめ把握しておけば，渦周波数を計測することにより流量を測定することができます。
また，(3) 式により流量は流体の圧力，温度，密度，粘度などに無関係に測定できることが判ります。しかし，標準（基準）状態における体積流量や質量流量を測定する場合は，温度補正や圧力補正が必要です。

4. 渦発生周波数検出方式

渦流量計の渦発生体は台形断面形状になっています。台形断面は渦発生周波数の直線性に優れており，安定したカルマン渦を発生させます。図 4.1 に台形断面の渦発生体から生成される渦の可視化写真を示します。



F0401.ai

図4.1　台形柱状物体のカルマン渦列

渦流量計では渦発生周波数検出方式として，渦の発生に際して渦発生体に加わる交番揚力によって生じる応力を圧電素子で検出する方式を採用しています。

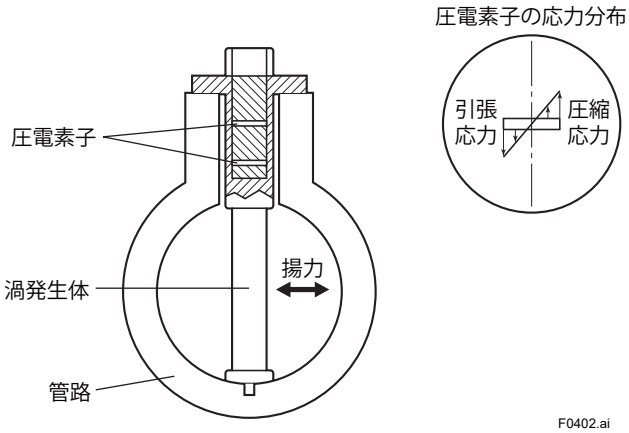
圧電素子方式は，

（1）センサである圧電素子を接液しない構造にできます。
（2）応力を検出する方式であるため，渦発生体を大きく変位させる必要がなく，頑丈な構造にできます。
（3）圧電素子は高感度であるため，広い範囲の流量が測定可能です。
（4）使用温度・圧力範囲を非常に広くできます。

といった特長を有しています。

4.1 渦発生周波数検出の原理

図 4.2 に渦発生周波数検出の原理を示します。



F0402.ai

図4.2　渦発生周波数検出の原理

流体が紙面と垂直方向に流れると，渦が渦発生体から放出されます。このとき，渦発生体に渦発生周波数と同一周波数の交番揚力が加わります。この交番揚力により渦発生体には応力変化が生じ，渦発生体に固定されている圧電素子がこの応力変化の周波数すなわち渦発生周波数を検出します。

交番揚力の大きさは流速の二乗に比例し，交番揚力のピーク値 F_L は次式で示されます。

$$F_L = \pm 1/2 \cdot C_L \cdot \rho \cdot V^2 \cdot d \cdot D \quad (4)$$

ここで,

C_L：無次元の係数　　V：流速　　D：管内径
ρ：流体の密度　　d：渦発生体の幅

圧電素子に発生する平均応力 σ_M，圧電素子に誘起される電荷量 q は次式で示されます。

$$\sigma_M = K \cdot F_L$$
$$q = d_0 \cdot \sigma_M \cdot S$$

ここで,

K：渦発生体の形状と支持方法から決まる定数
d_0：圧電係数
S：圧電素子の面積

この交流電荷量は電子回路により信号処理されて，渦周波数が検出されます。

4.2 渦流量計VYシリーズの基本構造と信号処理

4.2.1 検出部の構造

図 4.3 に検出器の構造を示します。

1. 変換部
2. ガスケット
3. 検出素子（センサ）
4. 渦発生体
5. 表示器
6. リード線

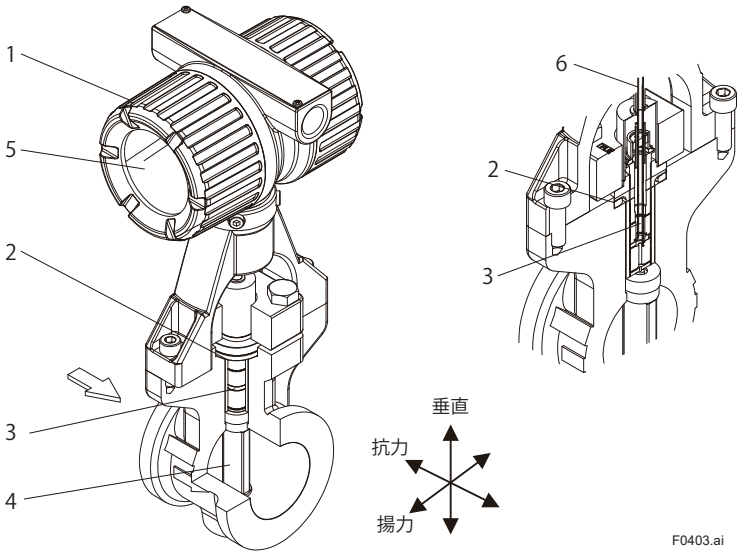


図4.3　検出部の構造

渦発生体の上部には図 4.4 に示すような圧電素子が 2 個配置され，渦により発生した信号を効率良く検出し，配管振動等のノイズの影響を除去する役割をしています。

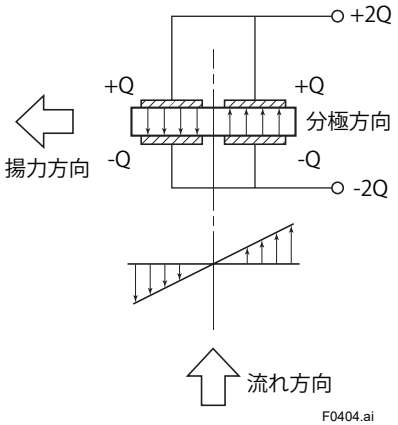


図4.4　圧電素子

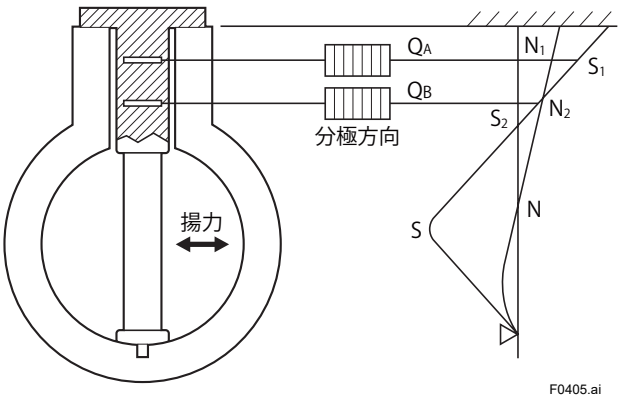


図4.5　揚力方向の信号とノイズの分布

配管振動は図 4.3 の矢印に示すように，揚力，抗力，垂直方向の振動が考えられます。
通常，図 4.4 に示す圧電素子の構造から，抗力，垂直方向の振動は検出しないようになっております。揚力方向の振動は，流体により発生した渦と同じ方向になるので，この振動ノイズを渦信号として検出してしまう場合があります。
渦流量計 VY シリーズではこの揚力方向の振動に関して，2 つの圧電素子の構造と SSP の技術を有効に組み合わせて，配管振動等のノイズを除去しています。

4.2.2 信号処理

（1） スペクトラル・シグナル・プロセッシング（SSP）

図 4.6 は SSP を搭載した変換器のブロック回路図を示します。
この回路では，配管振動を効率よく除去する最新の技術が組み込まれています。

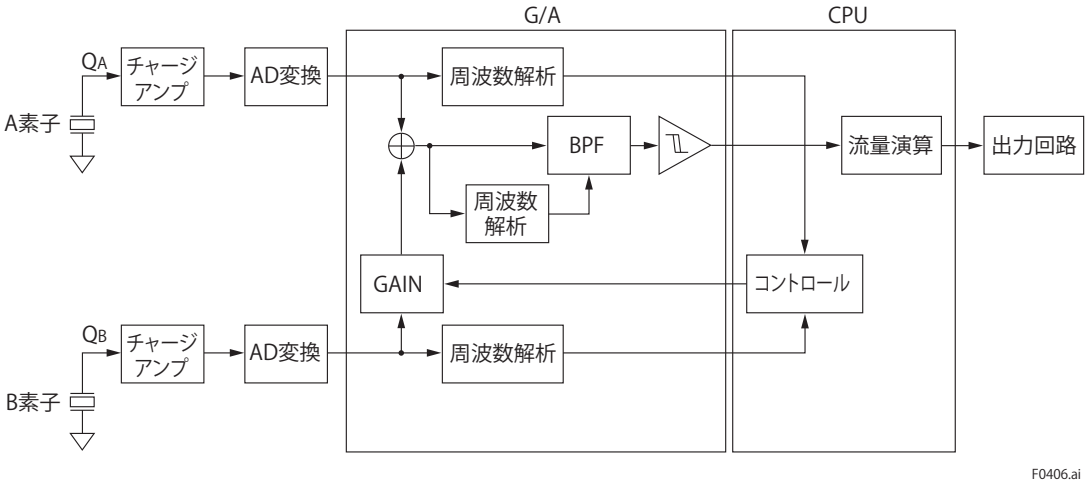


図4.6　変換器のブロック回路図

このデジタル技術により以下の効果を発揮します。

（1）振動性能を向上！
従来機種に比べ，振動性能を大幅に改善します。

（2）低流量時の安定測定を実現！
振動ノイズによる出力変動を除去し，渦信号のみを出力します。

（3）自己診断機能を拡張！
常に，信号の解析（周波数解析）を行っているので，不安定な流れや付着，振動など異常時にアラームを出すことができます。

(2) アダプティブ・ノイズ・サプレッション（ANS）

圧電素子からの信号を周波数解析により的確に渦信号を捕らえ，振動ノイズを常に自動的に除去します。
渦流量計 VY シリーズは，図 4.5 に示される揚力方向の信号とノイズの分布を利用し，配管振動のノイズを除去する構成になっております。ここでは，信号とノイズをバランス良く除去することから，“アダプティブ・ノイズ・サプレッション（以下 ANS）”と呼ぶことにします。
2 つの圧電素子から発生した信号 Q_A, Q_B は，2 つのチャージコンバータにより交流信号に変換されます。それぞれの交流信号は A/D 変換にてデジタル信号に変換されます。
SSP は常にこのデジタル信号の周波数解析を行い，圧電素子から発生した信号成分とノイズ成分を測定しています。この測定結果を利用し，次に示す原理からノイズ除去を常に行っています。

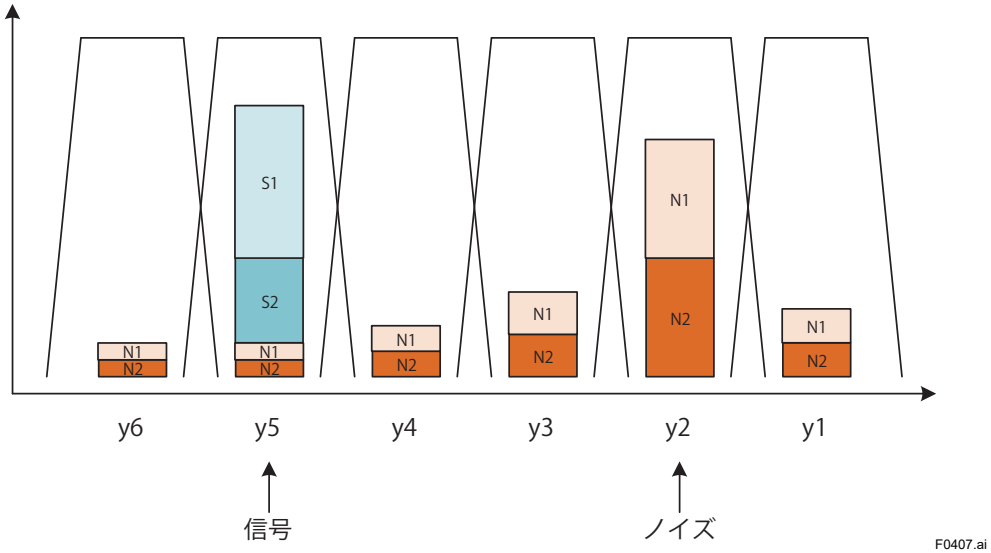


図4.7　ANSの動作ブロック図

図 4.7 に ANS の動作ブロック図を示します。
図 4.5 に示される，2 つの圧電素子の出力を Q_A, Q_B 信号分析を S_1, S_2, ノイズ成分を N_1, N_2 とすると，2 つの圧電素子の分極はそれぞれ逆にしてあるので，次の式となります。

$$Q_A = S_1 + N_1 \quad (1)$$

$$-Q_B = -S_2 - N_2 \quad (2)$$

ここで，圧電素子の出力 Q_B を λ 倍（$0.5 < \lambda < 1.2$）すると，

$$-\lambda Q_B = -\lambda S_2 - \lambda N_2 \quad (3)$$

この信号と圧電素子の出力 Q_A を加算すると，

$$Q_A - \lambda Q_B = S_1 - \lambda S_2 + N_1 - \lambda N_2 \quad (4)$$

ここで，$N_1 = \lambda N_2$ となるようにすると，

$$Q_A - \lambda Q_B = S_1 - \lambda S_2 \quad (5)$$

となり，信号成分だけが検出できることになります。
このように，周波数解析によりノイズの大きさ（振幅）を N_1,N_2 を測定し，λ を決定すると，配管振動によって生じるノイズは除去できる構成になっています。

渦流量計 VY シリーズでは，常に最適な λ を自動的に演算し，その値を適用していますので，ノイズが変化した場合にも，その影響は除去され，信号成分のみを取り出すことが可能になりました。

(3) スペクトアル・アダプティブ・フィルタ（SAF）

圧電素子からの信号を常に周波数解析を行い，その結果から複数のバンドパスフィルタの中の最適なフィルタを常に選択し，渦信号と振動ノイズを分離し，ノイズを除去します。

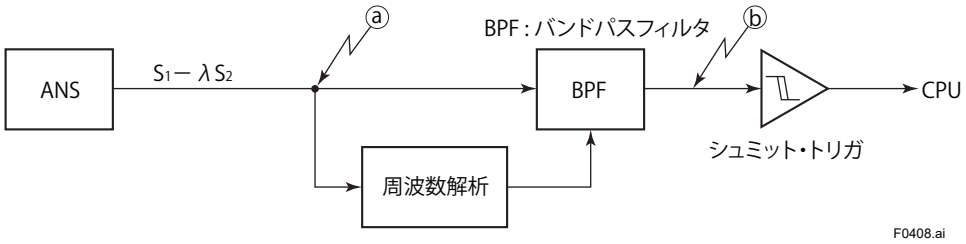


図4.8　スペクトラル・アダプティブ・フィルタ（SAF）のブロック図

図 4.8 はスペクトラル・アダプティブ・フィルタ（以下 SAF）のブロック図を示します。A/D 変換回路によりデジタル信号にされた 2 つの信号は ANS の処理後，バンドパスフィルタ（BPF）に入力されます。通常，ANS により，ノイズ成分が除去されますが，高周波ノイズなど除去しきれない信号が残ると，図 4.9 Ⓐのような信号波形になります。

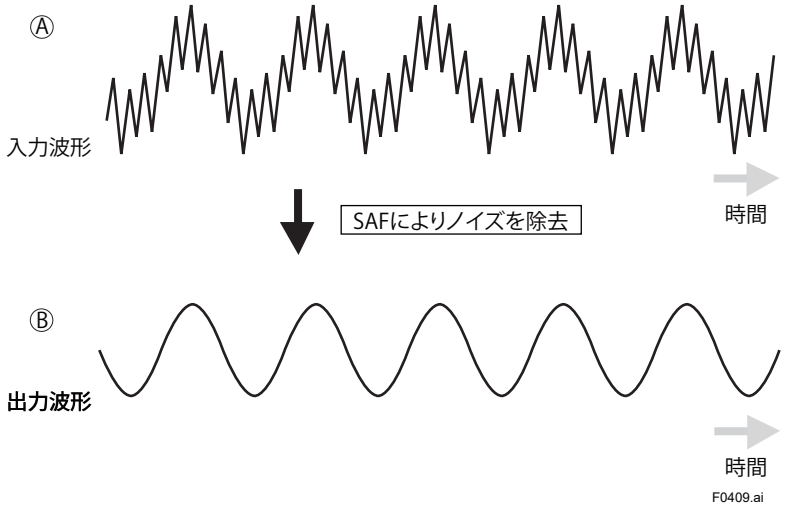


図4.9　入出力波形図

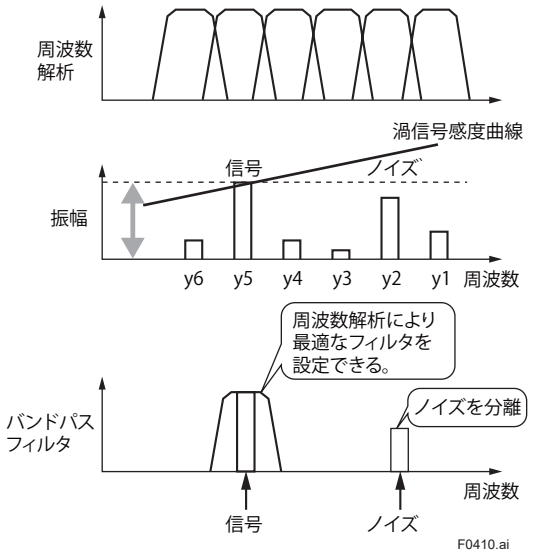


図4.10　SAFの動作

SAF は複数の帯域に分割されたバンドパスフィルタ（BPF）を持っています。
図 4.9 Ⓐのようなノイズが含まれた信号が入力されると, 各帯域で周波数解析を行います。この分析結果と各口径で定められた渦信号感度曲線を比較します。この比較結果により, 信号成分とノイズ成分を自動判別ができるので，信号成分だけが通過できるようなフィルタを自動的に設定できます。したがって，SAF は図 4.9 Ⓐ の波形を図 4.9 Ⓑのきれいな波形にすることができます。

5. 演算構成

(1) 流量演算

流量演算は，発生した渦のカウント数 N とし，次の式により演算を行います。

a) 瞬時流量（実流量単位）（RATE）

$RATE=N \times 1/\Delta t \times \varepsilon_f \times \varepsilon_e \times \varepsilon_r \times 1/KT \times U_k \times U_{TM}$

$KT=KM \times U_{KT}/\{1+Et(T_f-15) \times 10^{-5}\}$

b) 瞬時流量（%）（RATE（%））

$RATE(\%)=RATE \times 1/F_S \times 100$

c) 積算値（TOTAL）

$TOTAL=TOTAL+\Delta TOTAL$

$\Delta TOTAL=RATE \times \Delta t \times 1/T_R \times 1/U_{TM}$

d) パルス出力周波数（PULSE FREQ）

・ スケールドパルスの場合

$PULSE\ FREQ=RATE \times 1/P_R \times 1/U_{TM}$

・ アンスケールドパルス（無単位換算）の場合

$PULSE\ FREQ=N \times 1/\Delta t \times 1/P_R$

e) 流速（V）

$V=N \times 1/\Delta t \times 1/KT \times UKT \times 4/\{\pi \times D^2\}$

f) レイノルズ数（Re）

$Re=V \times D \times \rho_f \times 1/\mu \times 1000$

N： 入力パルス数（パルス）
Δt：N に対応する時間（sec）
ε_f：器差補正係数
ε_e：圧縮性流体の膨張補正係数
ε_r：レイノルズ補正係数
KT ：使用状態の温度での K ファクタ（p/l）
KM：+15℃の K ファクタ（p/l）
Et ：膨張係数
U_{KT}：K ファクタの単位換算係数
U_k ：流量の単位換算係数 ((2) 流量単位換算係数（Uk）を参照してください）
U_{TM}：時間の単位換算係数 (例 /m（分）=60）
P_R ：パルスレート
T_f ：使用状態の温度（℃）
F_S ：流量スパン
T_R ：積算レート
D ：渦流量計の検出部内径（m）
μ ：粘性係数（mPa･s）
ρ_f：使用状態の密度（kg/m^3）

（2） 流量単位換算係数（U_k）

流量換算係数 U_k は，測定流体および流量単位の選びかたにより，次の演算を行います。

a) 蒸気

M（質量）の場合

$U_k = \rho_f \times U_{\rho f} \times U_k$（kg）

Q_f（流量）の場合

$U_k = U_k$（m^3）

b) ガス

Q_n（流量）の場合

$U_k = \{P_f / P_n\} \times \{(T_n + 273.15) / (T_f + 273.15)\} \times 1 / K \times U_k$（$Nm^3$）

M（質量）の場合

$U_k = \rho_f \times U_{\rho f} \times U_k$（kg）

Qf（流量）の場合

$U_k = U_k$（m^3）

［流量単位］N：標準状態（normal）を表す

c) 液体

Q_f（流量）の場合

$U_k = U_k$（m^3）

M（質量）の場合

$U_k = \rho_f \times U_{\rho f} \times U_k$（kg）

d) ユーザ指定単位の場合

$U_k = U_k$（User）

（3） 質量流量演算（内蔵温度計付き，電流入力付きの場合）

a) 蒸気

飽和蒸気（温度）の場合，温度の測定値もしくは外部温度計からの電流入力値から内蔵している飽和蒸気表より密度を算出して演算します。

飽和蒸気（圧力）の場合，外部圧力計からの電流入力値から内蔵している飽和蒸気表より密度を算出して演算します。

過熱蒸気の場合，温度の測定値および外部圧力計からの電流入力値から内蔵している加熱蒸気表より密度を算出して演算します。

それぞれの演算において，温度もしくは圧力はパラメータに入力された固定値を使うことも可能です。

$M = \rho_{ft} \times Q_f$

b) ガス

ガスの場合，温度の測定値から温度圧力補正を行い，標準状態の体積流量を演算します。圧力はパラメータに入力された固定値または外部圧力計からの電流入力値を用います。

$Q_n = Q_f \times \{P_f / P_n\} \times \{(T_n + 273.15) / (T_{ft} + 273.15)\} \times 1 / K$

c) 液体

液体の場合，密度の変化を温度から 2 次補正します。
温度の測定値から密度の変化を算出して演算します。

$M=Q_f \times \rho\ n \times \{1+a1 \times (T_{ft}-T_n) \times 10^{-2}+a_2 \times (T_{ft}-T_n)^2 \times 10^{-6}\}$

[補足]

$a_1=\{(k_1-1) \times \Delta T_2^2-(k_2-1) \times \Delta T_1^2\} / \{(\Delta T_1 \times \Delta T_2^2-\Delta T_2 \times \Delta T_1^2) \times 10^{-2}\}$

$a_2=\{(k_1-1) \times \Delta T_2-(k_2-1) \times \Delta T_1\} / \{(\Delta T_1^2 \times \Delta T_2-\Delta T_2^2 \times \Delta T_1) \times 10^{-6}\}$

$k_x=1+a_1 \times \Delta T_x \times 10^{-2}+a_2 \times \Delta T_x^2 \times 10^{-6}$

$\Delta T_x=T_x-Tn$

（x=1,2）

M ：質量流量
Q_n ：標準状態の体積流量
Q_f ：使用状態の体積流量
T_f ：使用状態の温度（℃）
T_{ft} ：測定温度（℃）
T_n ：標準状態の温度（℃）
P_f ：使用状態の圧力 (kPa)
P_n ：標準状態の圧力 (kPa)
K ：偏差係数
ρ_n：標準状態の密度 (kg/m^3)
ρ_f：使用状態の密度 (kg/m^3)
ρ_{ft}：測定温度から求められた密度（kg/m^3)
$U_{\rho f}$：密度の単位換算係数
U_k(kg)，U_k(Nm^3)，U_k(m^3)：流量の単位換算係数
a_1 ：液体の 1 次補正係数
a_2 ：液体の 2 次補正係数

例, U_k(kg)：kg からの単位換算係数
kg のとき U_k(kg)=1
ton のとき U_k(kg)=0.001

6. 補正機能

渦流量計 VY シリーズは，さまざまなアプリケーションに対応するために，各種の補正機能を備えています。以下で，それぞれの補正機能の概略説明を致します。

6.1 レイノルズ数補正

円管内の 3 次元の流れにおいては , 低レイノルズ数（≦ 20000）になるにしたがって , 図 6.1 に示すようにストローハル数（K ファクタ）が徐々に高くなります。この K ファクタの曲がりを 5 点の折れ線近似により補正を行います。

例）水の場合，レイノルズ数 40000 とレイノルズ数 20000 ではストローハル数が約 1 % ずれることになります。そのため , −1% の補正をかけることによりストローハル数（K ファクタ）の変化分を吸収し，正しい流量を測定することができます

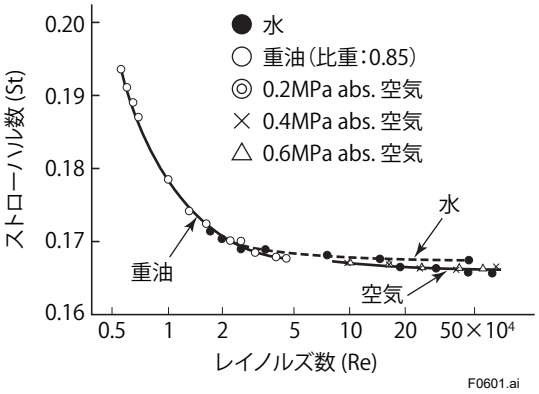
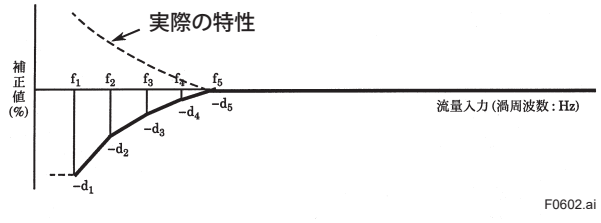


図6.1　低レイノルズ数におけるストローハル数

6.2 器差補正

図に示されるように基準流量値による流量誤差を，任意の 5 点の渦周波数に対応する補正データを設定することで，折れ線近似により補正します。



6.3 圧縮性流体（気体・蒸気）の膨張補正

圧縮性流体は流れが高速になるにつれて，圧力が変化し誤差が発生します。
流体の状態変化を断熱変化とすると，圧縮流体の渦発生周波数（15）式のように表わせます。

$$f=A\cdot\left(\frac{P1}{P2}\right)^{1/K}\cdot St\cdot\frac{V_2}{d} \quad \cdots\cdots (15)$$

ここで，

V_2 ：渦発生体下流 2.5D での局所平均流速
P1 ：渦発生体上流 1D の圧力
K ：気体の比熱比
A ：流速分布および絞り比の影響を示す係数
P2 ：渦発生体下流 2.5D の圧力
St ：ストローハル数
d ：内径

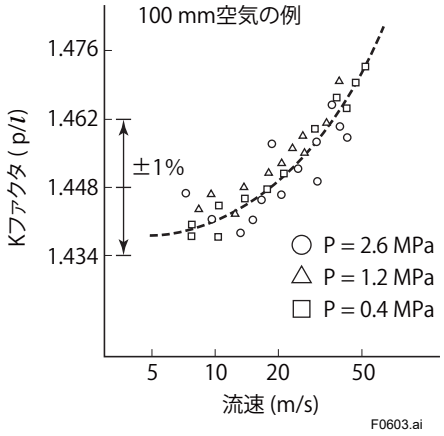


図6.2 圧縮性流体のKファクタ

通常の場合，圧力の安定した渦発生体下流 2 ～ 6D の位置に圧力タップを設け，温度，圧力の補正を行いますが，実際には，圧力は 0.5D 付近でも最も低下するため，図 6.2 に示されるように，高速流になるにしたがって式（11）の P2 の測定点の違いにより，K ファクタに誤差が生じます。
この誤差を流速の 2 次関数で近似することにより，測定点の違いによる誤差を補正します。

7. 自己診断機能

渦流量計 VY シリーズは，下記に示すような自己診断機能を備えています。

7.1 異常内容と対策

System Alarm

機器が故障しており，正常な測定ができていません。製品交換が必要な可能性があります。

NE107 ステータス	エラーメッセージ		エラー内容	エラー対策
	表示器	HART		
F	AL-010	010:CPU failure	変換器 CPU のプログラムメモリの異常を検出	最寄りの営業所，サービスセンタへご連絡ください。
F	AL-011	011:CPU failure	変換器 CPU の入出力演算メモリの異常を検出	最寄りの営業所，サービスセンタへご連絡ください。
F	AL-012	012:Main storage failure	変換器 EEPROM の物理故障 / 論理故障を検出	最寄りの営業所，サービスセンタへご連絡ください。
F	AL-013	013:Sub storage failure	検出器 EEPROM の物理故障 / 論理故障を検出	最寄りの営業所，サービスセンタへご連絡ください。
F	AL-014	014:Main ASIC failure	メイン制御 IC の動作停止を検出	最寄りの営業所，サービスセンタへご連絡ください。
F	AL-015	015:Sub ASIC failure	サブ制御 IC の動作停止を検出	最寄りの営業所，サービスセンタへご連絡ください。
F	AL-016	016:ADC circuit failure	検出器の ADC 回路の故障を検出	最寄りの営業所，サービスセンタへご連絡ください。
F	AL-017	017:Signal circuit failure	検出器の信号回路の故障を検出	最寄りの営業所，サービスセンタへご連絡ください。
F	AL-018	018:Power circuit failure	変換器の電源回路の故障を検出	最寄りの営業所，サービスセンタへご連絡ください。
F	AL-020	020:Flow sensor failure	流量センサの故障 (A/B どちらかの故障) を検出	最寄りの営業所，サービスセンタへご連絡ください。
F	AL-021	021:Temperature sensor failure	温度センサの故障を検出	最寄りの営業所，サービスセンタへご連絡ください。
F	AL-023	023:Analog input failure	電流入力機器の故障を検出	電流入力機器と，その接続を確認してください。

Process Alarm

機器は正常ですが，プロセスの問題で正常な測定ができていません。保守を検討してください。

NE107 ステータス	エラーメッセージ		エラー内容	エラー対策
	表示器	HART		
S	AL-030	030:Fluctuation	流量信号の揺動を検出	プロセスもしくは設置の状況を確認してください。
S	AL-031	031:Transient noise	流量信号の過渡的なノイズを検出	プロセスもしくは設置の状況を確認してください。
S	AL-032	032:High vibration	配管の振動異常を検出	プロセスもしくは設置の状況を確認してください。
S	AL-033	033:Critical vibration	配管の共振異常を検出	プロセスもしくは設置の状況を確認してください。
S	AL-040	040:Temperature out of range	流体温度が仕様温度の範囲外	プロセスを確認してください。
S	AL-042	042:Analog output out of range	電流出力が上下限値の範囲外	パラメータ設定，または電流出力に割り付いているプロセス値を確認してください。
S	AL-043	043:Pulse output out of range	パルス出力 / 周波数出力が仕様の範囲外	パラメータ設定，またはパルス出力に割り付いているプロセス値を確認してください。
S	AL-044	044:Analog input out of range	電流入力が上下限値の範囲外	電流入力に接続している機器を確認してください。
S	AL-045	045:T/P compensation out of range	流体温度 / 流体圧力が補正の範囲外	流体温度と流体圧力の値を確認してください。

Setting Alarm

機器は正常ですが，パラメータの設定エラーが発生しています。パラメータ設定を確認してください。

NE107 ステータス	エラーメッセージ		エラー内容	エラー対策
	表示器	HART		
C	AL-050	050:Flow span set error	流量スパン設定が仕様範囲外	流量スパンの値を修正してください。あるいは，流量演算設定パラメータを確認してください。
C	AL-051	051:Temperature span set error	温度スパン設定の不整合 / 仕様範囲外	温度スパンの値を修正してください。
C	AL-053	053:Flow calculation set error	流量演算の設定不整合（演算ツールを含む）	流体設定，流量選択，および，流量演算設定パラメータを確認してください。
C	AL-054	054:Analog output set error	電流出力の上下限値の設定不整合	電流出力パラメータの設定を変更してください。
C	AL-055	055:Pulse output set error	パルス出力の設定不整合	パルス出力レート，プロセス値 0%の周波数，100% の周波数，および流量スパンの値を確認してください。
C	AL-056	056:Analog input set error	電流入力の上下限値の設定不整合	電流入力パラメータと，流量演算設定を確認してください。
C	AL-060	060:Sensor backup error	変換器 / 検出器のバックアップの設定不整合	バックアップ対象のデータを確認してください。

Warning

機器も測定も正常ですが，ワーニングが発生しています。

NE107 ステータス	エラーメッセージ		エラー内容	エラー対策
	表示器	HART		
M	AL-070	070:Sensor communication error	制御 IC の通信異常を検出	分離形の場合は渦流量計専用信号ケーブル（VY1C）を確認してください。一体形の場合は最寄の営業所，サービスセンタへご連絡ください。
M	AL-071	071:Flow sensor error	流量センサ感度異常を検出	Built-in Verification を使用して，流量センサの状態を確認してください。
M	AL-072	072:Clogging	流量センサの詰まりを検出	機器マニュアルに従い，異物を取り除いてください。
M	AL-073	073:Degradation	流量センサの劣化を検出	渦流量計内部の清掃時期を検討してください。
S	AL-074	074:Board temperature out of range	仕様範囲外の器内温度を検出	設置環境を見直してください。
C	AL-080	080:Simulation running	テスト / シミュレーション実行中	通常動作へ復帰するときは，シミュレーション，または，出力テストを解除してください。
C	AL-081	081:Verification running	ベリフィケーション実行中	診断処理が完了するまでお待ちください。
-	AL-082	082:Incorrect PIN	ユーザー権限 PIN の誤入力	正しいパスワードを再度確認ください。パスワードをお忘れの場合は，最寄の営業所，サービスセンタへご連絡ください。

7.2 エラー時の動作

System Alarm

機器が故障し正常な測定ができていません。機器を交換してください。

NE107	エラーメッセージ		電流出力	パルス出力 周波数出力	ステータス出力	渦周波数	内蔵温度	電流入力	瞬時流量	流体温度	流体圧力	流体密度 流体密度比 比エンタルピー	流量積算
	表示器	HART											
-	-		バーンアウト (HW)	停止	オープン (HW)	-	-	-	-	-	-	-	-
F	AL-010	010:CPU failure	バーンアウト	停止	動作	0% 固定	0% 固定	0% 固定	入力に連動	入力に連動	入力に連動	入力に連動	停止
F	AL-011	011:CPU failure	バーンアウト	停止	動作	0% 固定	0% 固定	0% 固定	入力に連動	入力に連動	入力に連動	入力に連動	停止
F	AL-012	012:Main storage failure	バーンアウト	停止	動作	0% 固定	0% 固定	0% 固定	入力に連動	入力に連動	入力に連動	入力に連動	停止
F	AL-013	013:Sub storage failure	バーンアウト	停止	動作	0% 固定	0% 固定	0% 固定	入力に連動	入力に連動	入力に連動	入力に連動	停止
F	AL-014	014:Main ASIC failure	バーンアウト	停止	動作	0% 固定	0% 固定	0% 固定	入力に連動	入力に連動	入力に連動	入力に連動	停止
F	AL-015	015:Sub ASIC failure	バーンアウト	停止	動作	0% 固定	0% 固定	0% 固定	入力に連動	入力に連動	入力に連動	入力に連動	停止
F	AL-016	016:ADC circuit failure	バーンアウト	停止	動作	0% 固定	0% 固定	0% 固定	入力に連動	入力に連動	入力に連動	入力に連動	停止
F	AL-017	017:Signal circuit failure	バーンアウト	停止	動作	0% 固定	0% 固定	0% 固定	入力に連動	入力に連動	入力に連動	入力に連動	停止
F	AL-018	018:Power circuit failure	バーンアウト (L)	停止	動作	0% 固定	0% 固定	0% 固定	入力に連動	入力に連動	入力に連動	入力に連動	停止
F	AL-020	020:Flow sensor failure	ユーザー設定 Flow sensor alarm action	停止	動作	ユーザー設定 Flow sensor alarm action	動作	動作	入力に連動	入力に連動	入力に連動	入力に連動	停止
F	AL-021	021:Temperature sensor failure	ユーザー設定 Temp sensor alarm action	停止	動作	動作	ユーザー設定 Temp sensor alarm action	動作	入力に連動	入力に連動	入力に連動	入力に連動	停止
F	AL-023	023:Analog input failure	ユーザー設定 Aux input alarm action	停止	動作	動作	動作	ユーザー設定 Aux input alarm action	入力に連動	入力に連動	入力に連動	入力に連動	停止

Process Alarm

機器は正常ですが，プロセスの問題で正常な測定ができていません。保守を検討してください。

NE107	エラーメッセージ		電流出力	パルス出力 周波数出力	ステータス出力	渦周波数	内蔵温度	電流入力	瞬時流量	流体温度	流体圧力	流体密度 流体密度比 比エンタルピー	流量積算
	表示器	HART											
S	AL-030	030:Fluctuation	動作	動作	動作	動作	動作	動作	入力に連動	入力に連動	入力に連動	入力に連動	動作
S	AL-031	031:Transient noise	動作	動作	動作	動作	動作	動作	入力に連動	入力に連動	入力に連動	入力に連動	動作
S	AL-032	032:High vibration	動作	動作	動作	ユーザー設定 High vibration action	動作	動作	入力に連動	入力に連動	入力に連動	入力に連動	動作
S	AL-033	033:Critical vibration	動作	動作	動作	ユーザー設定 Critical vibration action	動作	動作	入力に連動	入力に連動	入力に連動	入力に連動	動作
S	AL-040	040:Temperature out of range	動作	動作	動作	動作	動作	動作	入力に連動	入力に連動	入力に連動	入力に連動	動作
S	AL-042	042:Analog output out of range	リミット	動作	動作	動作	動作	動作	入力に連動	入力に連動	入力に連動	入力に連動	動作
S	AL-043	043:Pulse output out of range	動作	リミット	動作	動作	動作	動作	入力に連動	入力に連動	入力に連動	入力に連動	動作
S	AL-044	044:Analog input out of range	動作	動作	動作	動作	動作	リミット	入力に連動	入力に連動	入力に連動	入力に連動	動作
S	AL-045	045:T/P compensation out of range	動作	動作	動作	動作	動作	動作	入力に連動	入力に連動	入力に連動	入力に連動	動作

Setting Alarm

機器は正常ですが，パラメータの設定エラーが発生しています。パラメータ設定を確認してください。

NE107	エラーメッセージ		電流出力	パルス出力 周波数出力	ステータス出力	渦周波数	内蔵温度	電流入力	瞬時流量	流体温度	流体圧力	流体密度 流体密度比 比エンタルピー	流量積算
	表示器	HART											
C	AL-050	050:Flow span set error	動作	動作	動作	動作	動作	動作	入力に連動	入力に連動	入力に連動	入力に連動	動作
C	AL-051	051:Temperature span set error	動作	動作	動作	動作	動作	動作	入力に連動	入力に連動	入力に連動	入力に連動	動作
C	AL-053	053:Flow calculation set error	動作	動作	動作	動作	動作	動作	HOLD	入力に連動	入力に連動	HOLD	HOLD
C	AL-054	054:Analog output set error	ホールド	動作	動作	動作	動作	動作	入力に連動	入力に連動	入力に連動	入力に連動	動作
C	AL-055	055:Pulse output set error	動作	ホールド	動作	動作	動作	動作	入力に連動	入力に連動	入力に連動	入力に連動	動作
C	AL-056	056:Analog input set error	動作	動作	動作	動作	動作	ホールド	入力に連動	入力に連動	入力に連動	入力に連動	動作
C	AL-060	060:Sensor backup error	動作	動作	動作	動作	動作	動作	入力に連動	入力に連動	入力に連動	入力に連動	動作

Warning

機器も測定も正常ですが，ワーニングが発生しています。

NE107	エラーメッセージ		電流出力	パルス出力周波数出力	ステータス出力	渦周波数	内蔵温度	電流入力	瞬時流量	流体温度	流体圧力	流体密度 流体密度比 比エンタルピー	流量積算
	表示器	HART											
M	AL-070	070:Sensor communication error	動作	動作	動作	動作	動作	動作	入力に連動	入力に連動	入力に連動	入力に連動	動作
M	AL-071	071:Flow sensor error	動作	動作	動作	動作	動作	動作	入力に連動	入力に連動	入力に連動	入力に連動	動作
M	AL-072	072:Clogging	動作	動作	動作	動作	動作	動作	入力に連動	入力に連動	入力に連動	入力に連動	動作
M	AL-073	073:Degradation	動作	動作	動作	動作	動作	動作	入力に連動	入力に連動	入力に連動	入力に連動	動作
S	AL-074	074:Board temperature out of range	動作	動作	動作	動作	動作	動作	入力に連動	入力に連動	入力に連動	入力に連動	動作
C	AL-080	080:Simulation running	動作	動作	動作	動作	動作	動作	入力に連動	入力に連動	入力に連動	入力に連動	動作
C	AL-081	081:Verification running	動作	動作	動作	HOLD	HOLD	HOLD	入力に連動	入力に連動	入力に連動	入力に連動	動作
-	AL-082	082:Incorrect PIN	動作	動作	動作	動作	動作	動作	入力に連動	入力に連動	入力に連動	入力に連動	動作

動作：正しい出力が出ている動作状態
入力に連動：アラームが無い場合と同じ処理を行う動作状態
例 1) 体積流量を利用している場合，入力対象の渦周波数がホールドすると，体積流量もホールドします。
例 2) Temperature sensor failure 発生時：
体積流量として利用時は，入力対象の渦周波数が正常動作となり，体積流量も正常動作となります。
質量流量として利用時は，入力対象が渦周波数に加えて，温度，圧力が入力対象となります。よって，渦周波数（正常）と温度（異常）と圧力（正常）の組合せとなります。温度異常の扱いを Temp sensor alarm action での設定により指定することで，それに応じて算出された質量流量の出力となります。

7.3 ベリフィケーションツール

ベリフィケーションツールは，VY の健全性を複数の項目の検査により診断し，機器（VY）が正常に動作していることを確認します。ベリフィケーションには，標準ベリフィケーションと拡張ベリフィケーションの 2 つのモードがあり，機器単体や機器に他の計器を接続して正常性を確認することができます。さらに，ベリフィケーション結果のデータをデータベースに保存したり，印刷または PDF 出力することができます。操作方法などの詳細は渦流量計 VY シリーズベリフィケーションツールの取扱説明書 IM 01F07A04-01JA をお読みください。

7.3.1 標準ベリフィケーションでの検査項目

① 回路＆アラーム：各種回路の正常性およびアラームの出力状態を確認します。
② 外観：検出器，変換器および接続されているケーブルについて，外観から目視で異常の有無を確認します。
③ 表示器：表示器付きの変換器に対して，表示機能の正常性を確認します。

7.3.2 拡張ベリフィケーションでの検査項目

① 電流出力１：外部測定器（電流計）を接続して，電流出力の正常性を確認します。
② 電流出力２：外部測定器（電圧計）を接続して，電流出力の正常性を確認します。
③ パルス出力：外部測定器（パルスカウンタ）を接続して，パルス出力の正常性を確認します。
④ ステータス出力：外部測定器（電圧計）を接続して，ステータス出力の正常性を確認します。
⑤ 電流入力:外部信号器（電流発生器）を接続して，電流入力時の正常性を確認します。

7.3.3 確認／検査結果（レポート）の出力，ファイルの管理

標準ベリフィケーション及び拡張ベリフィケーションの結果をファイルまたはデータベースに保存することができます。

7.3.4 データのロック

ベリフィケーション実施後，結果のデータを変更できないようにすること（ロック）により［テストレポートの生成］以外は無効になり，変更ができなくなります。

7.4 リモートメンテナンス

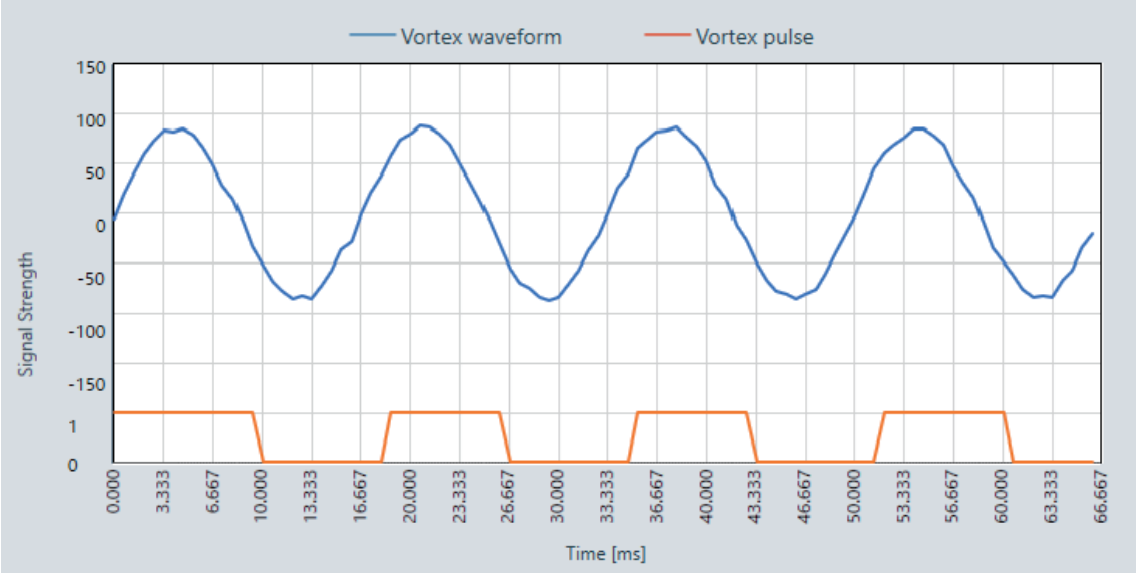
リモートメンテナンスは以下の 3 つのツールを有しています。
- Vortex Waveform Monitor
- Vortex Frequency Analyzer
- Vortex Sensor Prediction

操作方法などの詳細は渦流量計 VY シリーズベリフィケーションツールの取扱説明書 IM 01F07A04-01JA をお読みください。

7.4.1 Vortex Waveform Monitorの健全性確認項目

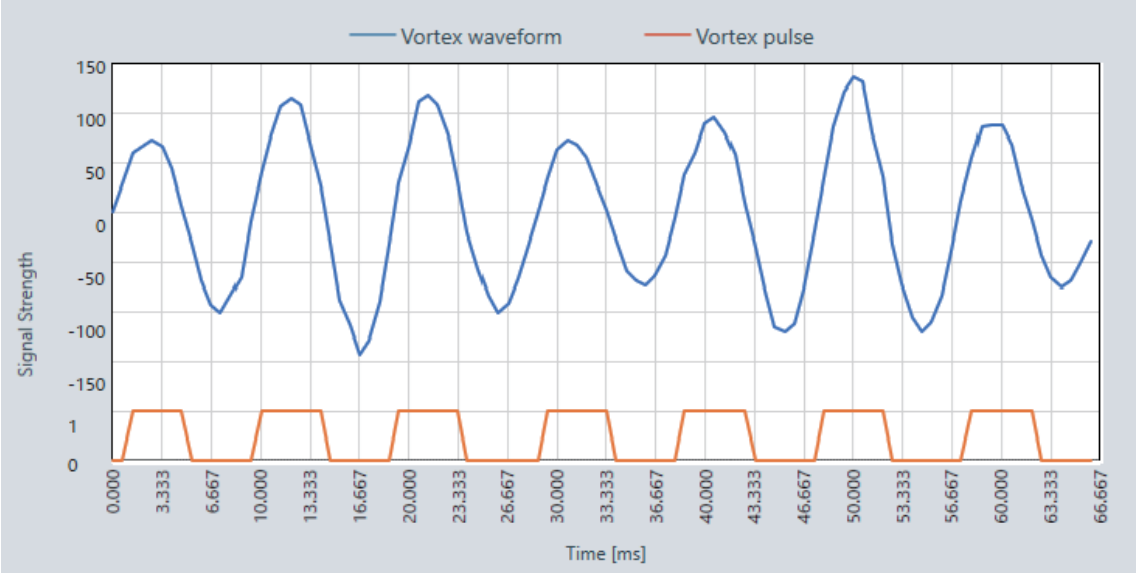
① 渦信号：流れによって渦が発生しているか確認します。（青：渦信号波形，橙：渦信号のパルス波形）
配管内の流れによって渦が発生している場合，流れによってできる渦信号は規則的な正弦波となりますので Vortex Waveform Monitor では以下のような波形が観測できます。
また，流れに密度や流速の変化がある場合は渦波形の振幅に変動が発生します。

・ 規則的な渦パルスが観測される例



F0701.ai

・ 密度・流速変動がある例

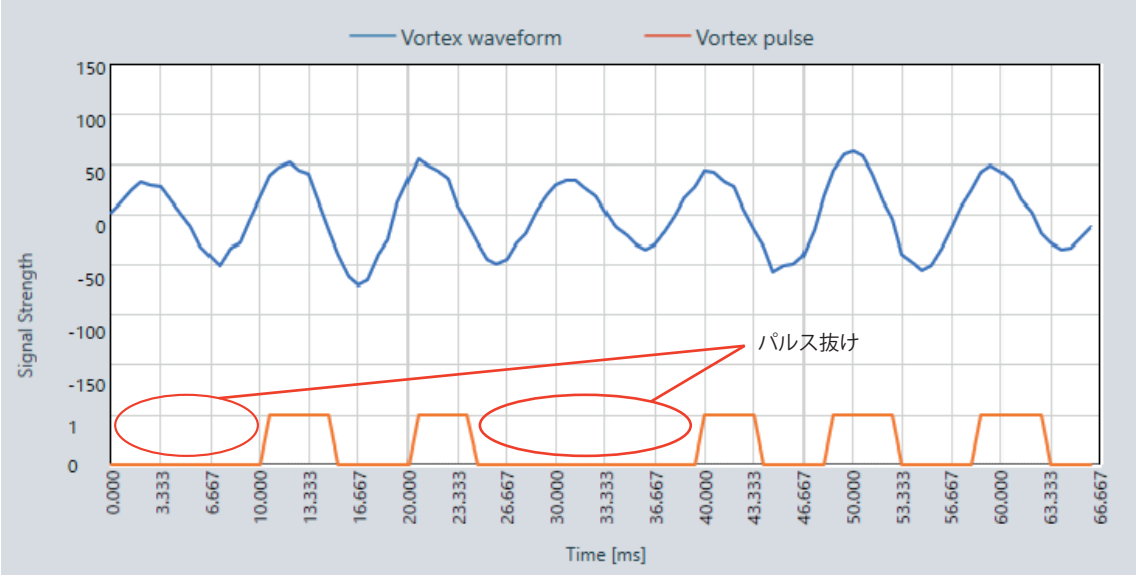


F0702.ai

② 渦信号のパルス：流れによって発生した渦周波数をパルス化する際の閾値の妥当性を確認します。

センサ感度低下が発生した際は渦波形の振幅が小さくなり以下のような波形が観測されます。振幅が小さくなることにより渦周波数をパルス化する際の閾値を下回るとパルス化されずパルス落ちが発生します（下図の 0 ～ 6.667 ms，30 ～ 36.667 ms）。その際は閾値である TLA を下げることでパルス落ちを防ぐことができます。TLA を下げるとノイズ等の振幅の小さい信号でもパルス化されてしまうので，渦発生体の清掃をご検討ください。清掃することで信号の振幅が大きくなり TLA を下げずともパルス化されるようになります。

・ 信号振幅が小さくなり閾値を下回りパルス落ちした例

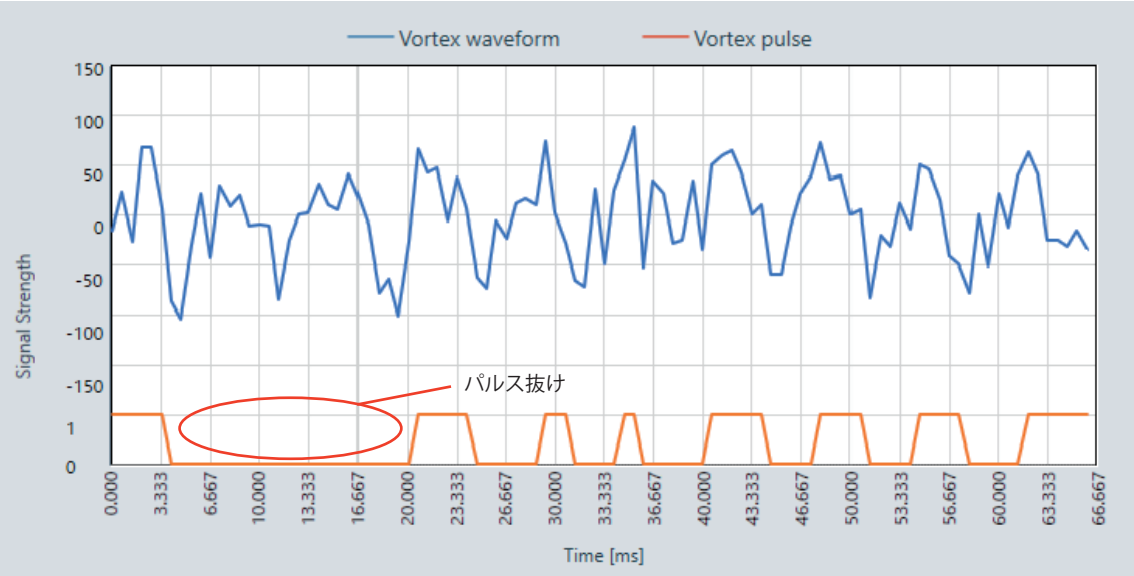


F0703.ai

③ 機械的・電気的ノイズ：渦信号に振動による機械的なノイズや，電気的ノイズが重畳されていないかを確認します。

渦信号に機械的・電気的なノイズが重畳すると以下の図のような波形が観測され，パルス化する閾値を超えずパルス化されない現象や，ノイズによりパルスを誤カウントすることがあります。このような波形が見られた際は以下の対処を行うことで改善する場合があります。

- 機械的な振動ノイズ：配管振動を測定し，振動がある場合は振動を抑えるように支えを取り付ける。
- 電気的ノイズ：ノイズ経路を特定し，ノイズの影響を取り除く処置を行う。



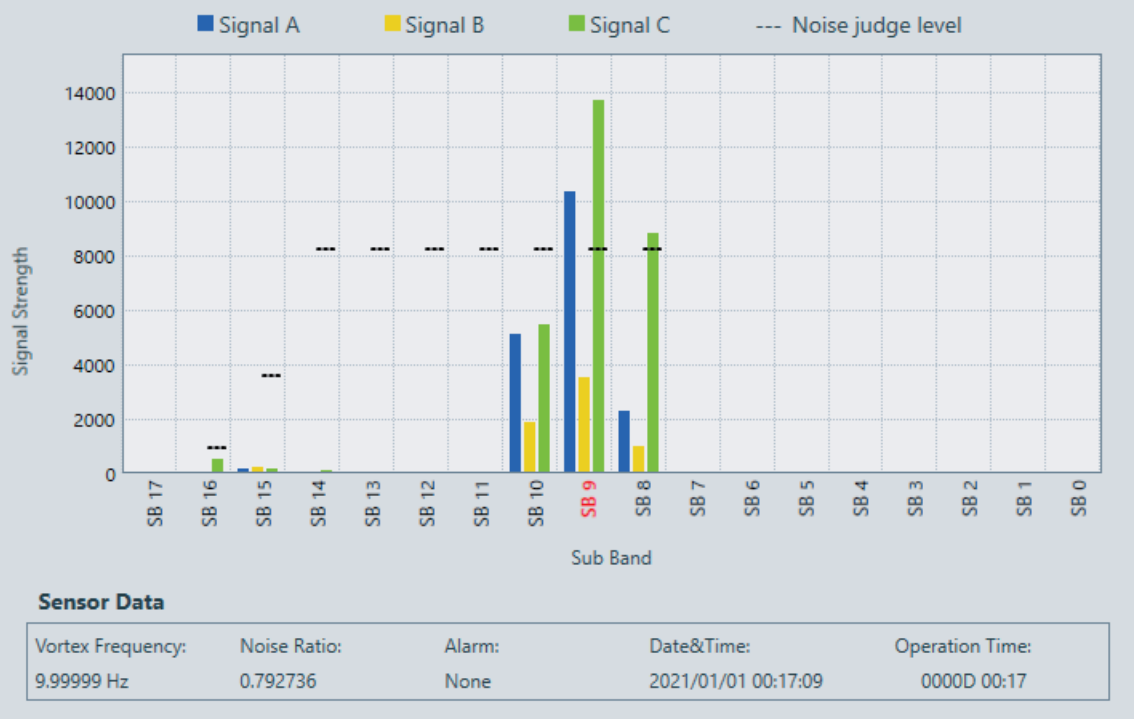
F0704.ai

7.4.2 Vortex Frequency Analyzerの健全性確認項目

① 渦信号：渦周波数による信号強度を確認します。
Vortex Frequency Analyzer では SSP による各バンドの信号強度を確認することができます。
信号強度が健全な場合以下のような特徴がみられます。

- Signal A と Signal B の信号比 Signal A/Signal B ＞ 1 となる。
- Signal C の信号強度がノイズと判定される閾値（下図の黒点線）よりも大きくなる。

- 健全な信号が得られている例

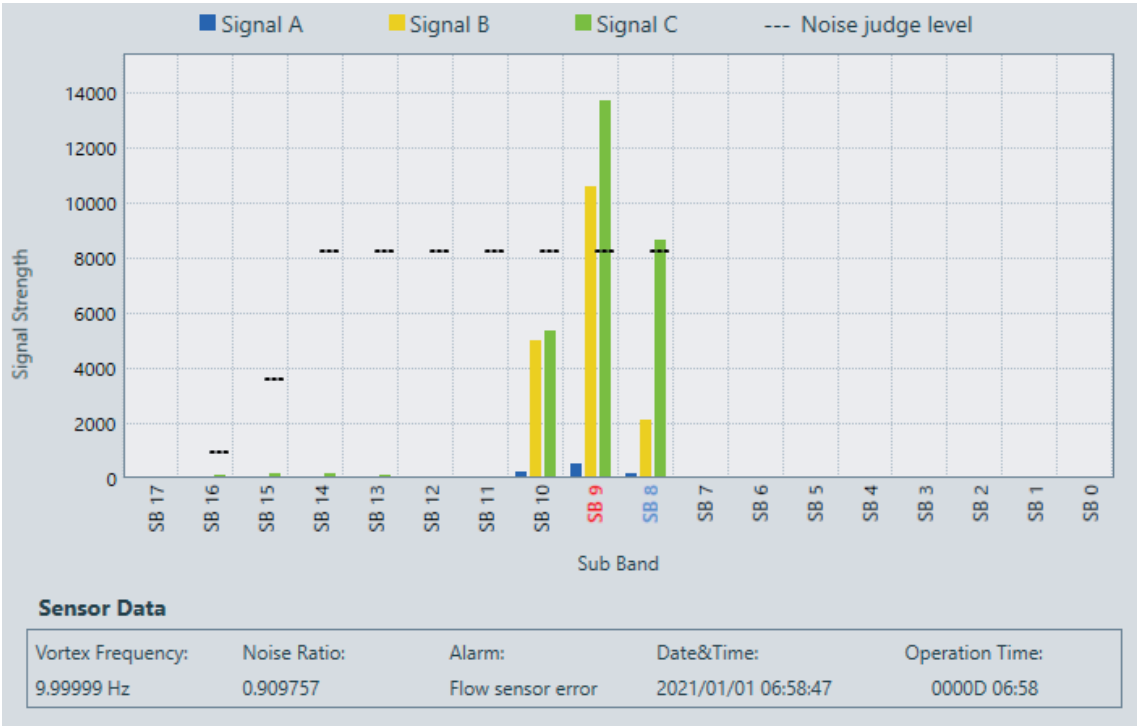


F0705.ai

図中では Signal C が最大のバンドは SB9 となっています。Signal C が最大のバンドにおける Signal A/Signal B は 2.93 と 1 より十分大きな値が得られています。また SB9 の Signal C は図中の黒点線より十分大きな値となっているため，渦信号が健全であると言えます。

② A/B 比：上下センサの信号比から環境やセンサの状況を把握する。
Vortex frequency analyzer では Signal A/B/C の状況から環境による問題やセンサの状態などが判断できます。ここではセンサ異常の例を挙げて説明します。センサ異常が発生すると Signal A/B のどちらかの感度が低下し，下図のように信号強度が下がることがあります。
下図の場合では Signal C 最大のバンドである SB9 の Signal A の値が Signal B よりも著しく小さいことがわかります。この場合，上側にある圧電素子に異常がみられるためセンサの交換を検討する必要があります。同様に Signal B が Signal A よりも著しく小さい場合は下側にある圧電素子に異常があると推測されます。

・ センサ異常が発生している例

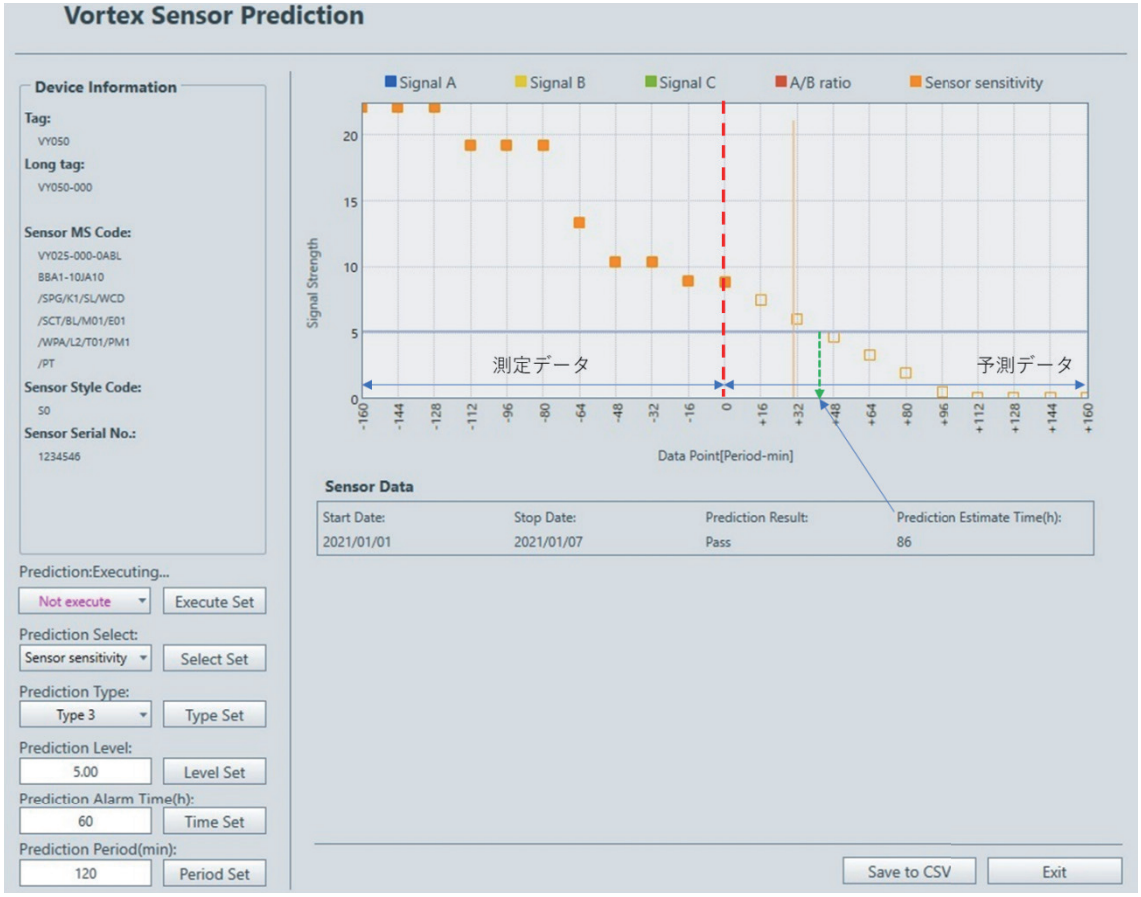


F0706.ai

7.4.3 Vortex Sensor Predictionの健全性確認項目

① センサパラメータトレンド：長期間センサのトレンドを取得し，センサの劣化（故障・詰まり等）を確認します。
② 劣化予測時間：センサパラメータのトレンドからセンサパラメータの予測曲線を作成し，センサのメンテナンス時期を同定します。

■ Vortex Sensor Predictionのパラメータ解説と設定例



F0707.ai

上図の例では以下のような設定となっています。

- Prediction select:Sensor sensitivity
- Prediction Level(図中の青のライン):5.00
- Prediction Alarm time(図中の橙のライン)：60h
- Prediction Period:120min

この設定が示す意味は"Sensor sensitivity が 5.00 に達する 60h 前にアラームを発報したい"というものになります。
それに対して，実際に Prediction Level に到達する時刻は 86h 後となるため，アラームは発生しないことになります。
また，予測線は 160point 分までしか描画できませんので，今回の Prediction Period が 120min の際は 120min × 160point = 19200min = 320h ≒ 13day となり，13 日後までの予測線を描画することになります。

以上のことから以下のようなユースケースの場合の設定の一例を示します。

3 年分の予測線を得て，A/B ratio が 0.9 となる 1 年前にアラーム発報したい場合の設定例
- Prediction select:A/B ratio
- Prediction Level:0.9
- Prediction Alarm time: 8760h(*)
- Prediction Period:9855min(**)

(*) Prediction Level に達する 1 年前にアラーム発報するために以下のように設定する
1year = 365days = 8760h

(**) 193 年先までの予測線を得るために以下のように設定する
3year = 1095days = 26280h = 1576800min
1576800min / 160point = 9855

7.5 ハードウエアの健全性確認

渦流量計 VY シリーズでは digitalYEWFLO シリーズでの CPU に模擬周波数を設定して流量演算や電流出力の健全性確認に加え，センサ素子の健全性確認および，CPU より前段のチャージアンプから模擬信号を加えることで，ハードウェア全体の健全性が確認できるようになりました。

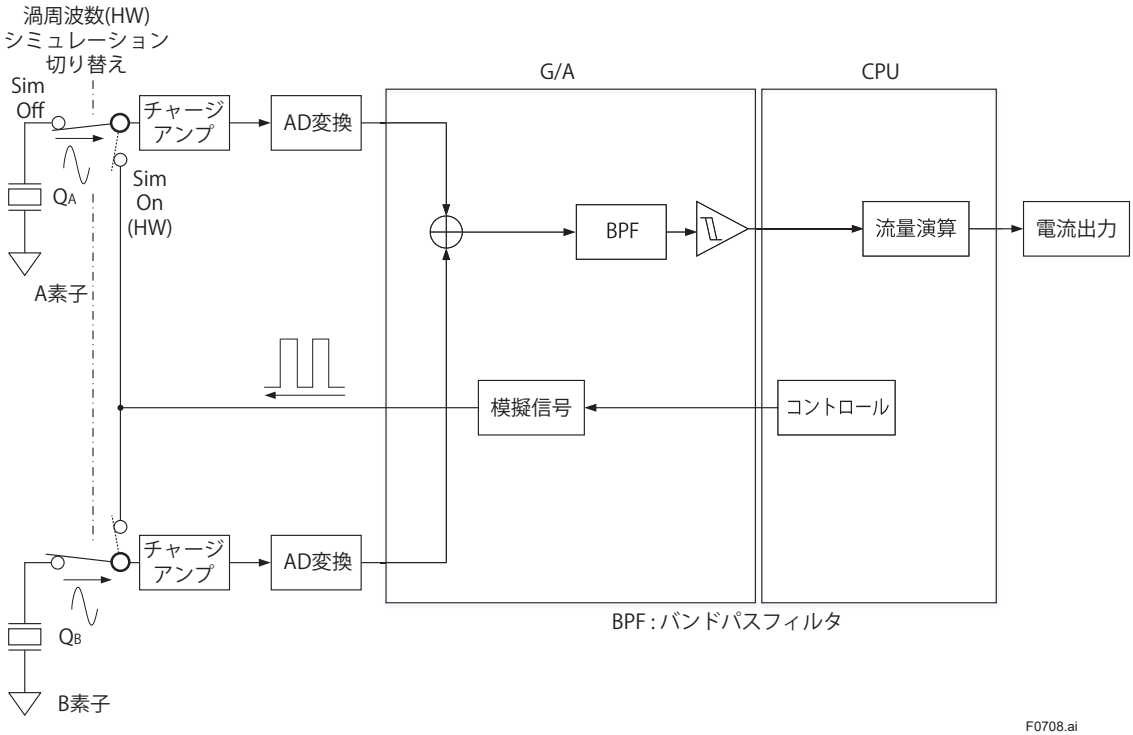


図7.1　渦周波数（ハードウェア）シミュレーションモードのブロック回路図

図 7.1 はハードウェアの健全性を確認する渦周波数（ハードウェア :HW）シミュレーションモードのブロック回路図です。G/A から渦信号に相当する模擬信号をチャージアンプへ出力し，設定した渦周波数に応じた電流出力を確認することでハードウェア全体の健全性を確認することが出来ます。
模擬信号：渦周波数を模擬した信号（設定可能周波数範囲：0.0 ～ 10000.0 Hz）

※　使用されている渦流量計の span 流量時の周波数はパラメータ表示器「K36」，HART「Maintenance ▶ Signal controls ▶ Vortex frequency span」を参照してください。

8. 流量測定パラメータの変更例

測定する流量を変更する場合や予備品をラインに取り付けて使用する際には流量測定パラメータを変更する必要があります。各流量測定における設定手順とパラメータ設定を以下の要領で実施してください。

・ 体積流量に変更する場合

① 検出器に関わる以下のパラメータを設定します。
  - Sensor type
  - Nominal size
  - Body type

② fluid type を所望の流体に設定します。
③ flow select を 0:Volume に変更します。
④ ②で選択した流体密度を Fixed density に設定します。
⑤ Flow span, Flow lowcut を設定します。

・ 質量流量に変更する場合

① 検出器に関わる以下のパラメータを設定します。
  - Sensor type
  - Nominal size
  - Body type

② fluid type を所望の流体に設定します。
③ flow select を 1:Mass に変更します。
④ Compensation type に所望の補正方法を設定します。*
⑤ ②で選択した流体の常用状態のパラメータを設定します。
  - Fixed density
  - Fixed temperature
  - Fixed pressure

⑥ ②で選択した流体の標準状態のパラメータを設定します。
  - Base density
  - Base temperature
  - Base pressure"

⑦ ④で電流入力を使用する場合，電流入力の設定を行います。
  - Analog input LRV
  - Analog input URV

⑧ Flow span, Flow lowcut を設定します。

・ 基準 / 標準流量に変更する場合

① 検出器に関わる以下のパラメータを設定します。
  ・ Sensor type
  ・ Nominal size
  ・ Body type
② fluid type を所望の流体に設定します。
③ flow select を 2:Standard/Normal に変更します。
④ Compensation type に所望の補正方法を設定します。*
⑤ ②で選択した流体の常用状態のパラメータを設定します。
  ・ Fixed density
  ・ Fixed temperature
  ・ Fixed pressure
⑥ ②で選択した流体の標準状態のパラメータを設定します。
  ・ Base density
  ・ Base temperature
  ・ Base pressure
⑦ ④で電流入力を使用する場合，電流入力の設定を行います。
  ・ Analog input LRV
  ・ Analog input URV
⑧ Flow span, Flow lowcut を設定します。

・ 熱量流量に変更する場合

① 検出器に関わる以下のパラメータを設定します。
  ・ Sensor type
  ・ Nominal size
  ・ Body type
② fluid type を所望の流体に設定します。
③ flow select を 4:Energy に変更します。
④ Compensation type に所望の補正方法を設定します。*
⑤ ②で選択した流体の常用状態のパラメータを設定します。
  ・ Fixed density
  ・ Fixed temperature
  ・ Fixed pressure
⑥ ②で選択した流体の標準状態のパラメータを設定します。
  ・ Base density
  ・ Base temperature
  ・ Base pressure
⑦ ④で電流入力を使用する場合，電流入力の設定を行います。
  ・ Analog input LRV
  ・ Analog input URV
⑧ Fixed enthalpy を設定します。
⑨ Flow span,Lowcut を設定します。

・ 熱量差流量に変更する場合

① 検出器にかかわる以下のパラメータを設定します。
  ・ Sensor type
  ・ Nominal size
  ・ Body type
② fluid type を所望の流体に設定します。
③ flow select を 4:Energy(Heat difference) に変更します。
④ Heat difference conv unit を所望の値に設定します。
⑤ Heat difference select を所望の値に設定します。
⑥ Heat difference conv factor を所望の値に設定します。
⑦ Compensation type に所望の補正方法を設定します。*
⑧ ②で選択した流体の常用状態のパラメータを設定します。
  ・ Fixed density
  ・ Fixed temperature
⑨ ②で選択した流体の基準状態のパラメータを設定します。
  ・ Base density
  ・ Base temperature
⑩ 電流入力の設定を行います。
  ・ Analog input LRV
  ・ Analog input URV
⑪ Flow span,Lowcut を設定します。

* Compensation type（補正タイプ）の選択肢

選択肢	表示条件	説明
0:Not used	常に表示	温圧補正を行わない
1:Built-in temp.	内蔵温度計ありモデルのみ表示	内蔵温度計により補正を実施する
2:Built-in temp. & A-in press.	内蔵温度計ありかつ電流入力有りのモデルの時のみ表示	内蔵温度計と電流入力（圧力）で補正を実施する
4:A-in temp.	電流入力有りのモデルのみ表示	電流入力（温度）で補正を実施する
5:A-in press.	電流入力有りのモデルのみ表示	電流入力（圧力）で補正を実施する
6:A-in density	電流入力有りのモデルのみ表示	電流入力（密度）を使用する

9. サイジング

サイジングの詳細は GS 01F7A00-01 にて述べられておりますが，ここでは各種流体のチェック用として示します。
具体的なサイジングは“仕様選定ツール”を使用して実施してください。

（1） 液体の場合

■ 最大測定可能流量のチェック

表9.1　各種液体の最大測定可能範囲

最大測定可能範囲〔m^3/h〕											
呼び径	15 mm	25 mm	40 mm	50 mm	80 mm	100 mm	150 mm	200 mm	250 mm	300 mm	400 mm
各種液体	6	18	44	73	142	248	544	973	1506	2156	3547

（1）基準は 15℃，ただしアンモニアは－ 40℃。
（2）最大流量は，流速 10 m/s より算出した。

■ 最小測定可能流量のチェック

表9.2　各種液体の最小測定可能範囲

最小測定可能範囲〔m^3/h〕											
呼び径 / 各種液体	15 mm	25 mm	40 mm	50 mm	80 mm	100 mm	150 mm	200 mm	250 mm	300 mm	400 mm
水（H_2O）	0.3	0.65	1.3	2.2	4.3	7.5	17	34	60	85	177.36
メタノール（CH_3OH）	0.4	0.7	1.5	2.5	4.8	8.4	18	38	67	97	199.30
エタノール（C_2H_5O）	0.5	0.9	1.5	2.5	4.8	8.4	18	38	67	97	199.67
アニリン（C_6H_5N）	0.8	1.5	2.4	3.1	4.3	7.3	16	33	59	85	175.48
アセトン（CH_3）	0.34	0.73	1.5	2.5	4.7	8.3	18	38	67	96	199.48
二硫化炭素（CS_2）	0.26	0.58	1.2	2.0	3.8	6.6	15	30	54	77	157.79
四塩化炭素（CCl_4）	0.24	0.51	1.1	1.8	3.4	5.9	13	27	48	68	140.47
アンモニア（NH_3）	0.34	0.74	1.5	2.5	4.8	8.4	18	37	65	93	202.02

もし，通常配管と同じ呼び径の渦流量計 VY シリーズ機器で，常用最小流量が測定可能範囲を下まわってしまったら，通常配管より 1 ～ 2 サイズ下げてサイジングしてください。大丈夫なら，そのサイズをレデューサ形を選択してください。

■ キャビテーションのチェック

液体測定においてライン圧力が低く，流速が大きいときにキャビテーション（空洞現象）が生じ，正しい測定ができないことがあります。

(2) 圧力損失とキャビテーション

■ 圧力損失

水にて流速 10 m/s のとき 108 kPa
大気圧下の空気の場合流速 80 m/s のとき 9 kPa
圧力損失は次式により算出します。

$$\Delta P=108 \times 10^{-5} \times \rho \times V^2 \quad (1)$$

または

$$\Delta P=135 \times \rho \times \frac{Q^2}{D^4} \quad (2)$$

ΔP ：圧力損失（kPa）
ρ ：使用状態の流体密度（kg/m^3）
V ：流速（m/s）
Q ：使用状態の体積流量（m^3/h）
D ：渦流量計内径（mm）

この式に基づいてグラフ化したのが図 9.1 です。
なお呼び径 15 mm ～ 50 mm において隣接管が Sch40 パイプのとき，呼び径 80 mm ～ 300 mm において隣接管が Sch80 パイプのときは圧力損失が計算式より約 10%小さくなります。

■ キャビテーション（最小ライン背圧）

液体測定においてライン圧力が低く，流速が大きいときにキャビテーション（空洞現象）が生じ，正しい流量測定ができないことがあります。
キャビテーションを生じないための最小ライン背圧は次式により算出します。

$$P=2.7 \times \Delta P+1.3 \times P_O \quad (3)$$

P ：流量計下流側端面から下流側 2 ～ 7D のライン圧力〔kPa abs〕
ΔP ：圧力損失〔kPa〕
Po ：使用状態の液体の飽和蒸気圧〔kPa abs〕

■ （例）圧力損失の算出例

呼び径 50 A，80℃の温水の流量 30 m^3/h のときの圧力損失はいくらになるか？

① 80℃に温水の密度は 972 kg/m^3 なので，（2）式から

$$\Delta P = 135 \times 972 \times \frac{30^2}{51.1^4}$$

$$= 17.3\ kPa$$

② （1）式から求める。流量 30 m^3/h のとき流速は

$$V = \frac{354 \times Q}{D^4} = \frac{354 \times 30}{51.1^2} = 4.07\ m/s$$ なので

$$\Delta P = 108 \times 10^{-5} \times 971.8 \times 4.065^2$$

$$= 17.3\ kPa$$

③ 図 9.1 から求める方法

C ＝ 18.5 と読めるので，$\Delta P = 98.1 \times 18.5 \times 972 \times 10^{-5} = 17.6\ kPa$

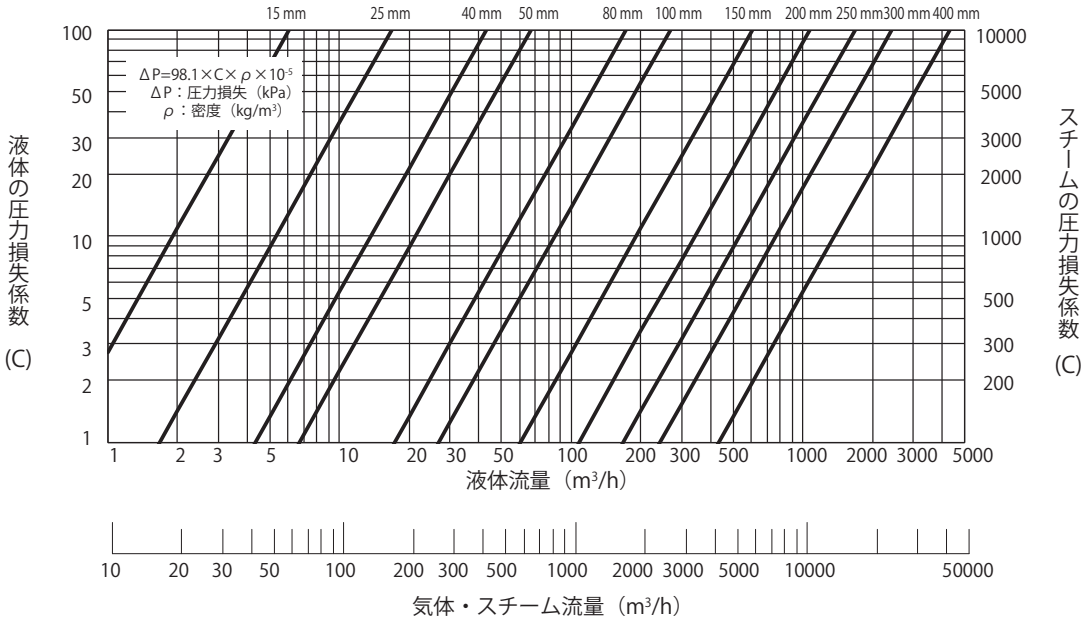
■ （例）キャビテーションの有無の確認

上の例でライン圧力が 120 kPa abs.，流量目盛 0 ～ 30 m^3/h とすると，最大流量の時だけを確認すればよいので，80℃の水の飽和蒸気圧は飽和蒸気表より Po ＝ 47.4 kPa です。
したがって（3）式から

$$P = 2.7 \times 17.3 + 1.3 \times 47.4$$

$$= 108.3\ kPa\ abs.$$

と求まり，ライン圧力（120 kPa）が最小ライン背圧（108.3 kPa）より高いので，キャビテーションが発生しないことが確認できました。



F0901.ai

図9.1　圧力損失と流量（使用状態）の関係

(3) 空気の場合

■ 最小・最大測定可能流量のチェック

表9.3　空気の測定可能範囲

形名コード-本体タイプ			流量	測定可能範囲（Nm^3/h）									
-0:一般形	-1: レデューサ形 1サイズ縮小 -4:高圧レデューサ形 1サイズ縮小	-2: レデューサ形 2サイズ縮小		0 MPa	0.1 MPa	0.2 MPa	0.4 MPa	0.6 MPa	0.8 MPa	1.0 MPa	1.5 MPa	2.0 MPa	2.5 MPa
VY015-0	VY025-1 VY025-4	VY040-2	最小	4.8 (11.1)	6.7(11.1)	8.2 (11.1)	10.5 (11.1)	12.5	16.1	19.7	28.6	37.5	46.4
			最大	48.2	95.8	143	239	334	429	524	762	1000	1238
VY025-0	VY040-1 VY040-4	VY050-2	最小	11.0 (19.5)	15.5 (19.5)	19.0 (19.5)	24.5	29	33.3	40.6	59	77.5	95.9
			最大	149	297	444	739	1034	1329	1624	2361	3098	3836
VY040-0	VY050-1 VY050-4	VY080-2	最小	21.8 (30.0)	30.8	37.8	48.7	61.6	79.2	97	149	184	229
			最大	356	708	1060	1764	2468	3171	3875	5634	7394	9153
VY050-0	VY080-1 VY080-4	VY100-2	最小	36.2 (38.7)	51	62.4	80.5	102	131	161	233	306	379
			最大	591	1174	1757	2922	4088	5254	6420	9335	12249	15164
VY080-0	VY100-1 VY100-4	VY150-2	最小	70.1	98.4	120	155	197	254	310	451	591	732
			最大	1140	2266	3391	5642	7892	10143	12394	18021	23648	29274
VY100-0	VY150-1 VY150-4	VY200-2	最小	122	172	211	272	334	442	540	786	1031	1277
			最大	1990	3954	5919	9847	13775	17703	21632	31453	41274	51095
VY150-0	VY200-1	—	最小	268	377	485	808	1131	1453	1776	2583	3389	4196
			最大	4358	8659	12960	21559	30163	38765	47365	68867	90373	111875
VY200-0	—	—	最小	575	809	990	1445	2202	2599	3175	4617	6059	7501
			最大	7792	15482	23172	38549	53933	69313	84693	123138	161591	200046
VY250-0	—	—	最小	1037	1461	1788	2306	3127	4019	4911	7140	9370	11600
			最大	12049	23939	35833	59611	83400	107181	130968	190418	249881	309334
VY300-0	—	—	最小	1485	2093	2561	3303	4479	5756	7033	10226	13419	16612
			最大	17256	34286	51317	85370	119441	153499	187556	272699	357856	443017
VY400-0	—	—	最小	2790	3933	4812	7020	9821	12622	15422	22424	29426	36427
			最大	28378	56385	84391	140405	196418	252432	308445	448479	588513	728547

注記：

- 各圧力は 0℃のときのゲージ圧。
- 流量値は標準状態 [0℃，0.101325 MPa（1 気圧）] に換算して表示。
- 最大値は流速 80 m/s から算出（すべて精度規定範囲内）。
- 最小値の（）内の値は精度規定範囲の下限値を示す。その他はすべて精度規定範囲の下限値と同一。

もし，通常配管と同じサイズの渦流量計 VY シリーズで，常用最大流量が測定可能範囲を下まわってしまったら，通常配管より 1 ～ 2 サイズ下でチェックしてください。可能なら，そのサイズのレデューサ形を使って配管に設置してください。

(4) 蒸気の場合

■ 最大測定可能流量のチェック

表9.4　飽和蒸気の測定可能範囲

形名コード-本体タイプ			流量	測定可能範囲 (kg/h)									
-0:一般形	-1: レデューサ形 1サイズ縮小 -4:高圧レデューサ形 1サイズ縮小	-2: レデューサ形 2サイズ縮小		0.1 MPa	0.2 MPa	0.4 MPa	0.6 MPa	0.8 MPa	1.0 MPa	1.5 MPa	2.0 MPa	2.5 MPa	3.0 MPa
VY015-0	VY025-1 VY025-4	VY040-2	最小	5.8 (10.7)	7.0 (11.1)	8.8 (11.6)	10.4 (12.1)	11.6 (12.3)	12.8	15.3	19.1	23.6	28.1
			最大	55.8	80	129	177	225	272	390	508	628	748
VY025-0	VY040-1 VY040-4	VY050-2	最小	13.4 (18.9)	16.2 (20.0)	20.5	24.1	27.1	30	36	41	49	58
			最大	169.7	247.7	400	548	696	843	1209	1575	1945	2318
VY040-0	VY050-1 VY050-4	VY080-2	最小	26.5 (29.2)	32	40.6	47.7	53.8	59	72	93	116	138
			最大	405	591	954	1310	1662	2012	2884	3759	4640	5532
VY050-0	VY080-1 VY080-4	VY100-2	最小	44	53	67.3	79	89	98	119	156	192	229
			最大	671	979	1580	2170	2753	3333	4778	6228	7688	9166
VY080-0	VY100-1 VY100-4	VY150-2	最小	84.9	103	130	152	171	189	231	300	371	442
			最大	1295	1891	3050	4188	5314	6435	9224	12024	14842	17694
VY100-0	VY150-1 VY150-4	VY200-2	最小	148	179	227	267	300	330	402	524	647	772
			最大	2261	3300	5326	7310	9276	11232	16102	20986	25907	30883
VY150-0	VY200-1	—	最小	324	392	498	600	761	922	1322	1723	2127	2536
			最大	4950	7226	11661	16010	20315	24595	35258	45953	56729	67624
VY200-0	—	—	最小	697	841	1068	1252	1410	1649	2364	3081	3803	4534
			最大	8851	12918	20850	28627	36325	43976	63043	82165	101433	120913
VY250-0	—	—	最小	1256	1518	1929	2260	2546	2801	3655	4764	5882	7011
			最大	13687	19977	32243	44268	56172	68005	97489	127058	156854	186978
VY300-0	—	—	最小	1799	2174	2762	3236	3646	4012	5235	6823	8423	10041
			最大	19602	28609	46175	63397	80445	97390	139614	181960	224633	267772
VY400-0	—	—	最小	3381	4086	5187	6078	6848	8002	11472	14957	18468	22003
			最大	32217	47070	75834	104152	132193	160037	229449	299131	369366	440055

注記：

- 各圧力は 0℃のときのゲージ圧。
- 最大値は流速 80 m/s から算出（すべて精度規定範囲内）。
- 最小値の（）内の値は精度規定範囲の下限値を示す。その他はすべて精度規定範囲の下限値と同一。

表9.5　過熱蒸気最大測定範囲補正係数 K1

圧力	MPa	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.5	2	2.5	3
飽和温度	℃	120.5	133.7	152	165.1	175.5	184.2	201.5	214.9	226.1	235.7
密度	kg/m^3	1.1362	1.6582	2.6752	3.6731	4.6607	5.6426	8.0891	10.545	13.016	15.518
過熱温度	150℃	1.0492	1.5851	2.132	---	---	---	---	---	---	---
	比率	0.92	0.96	0.80	---	---	---	---	---	---	---
	200℃	0.9317	1.4022	2.3596	3.3408	4.3485	5.3856	---	---	---	---
	比率	0.82	0.85	0.88	0.91	0.93	0.95	---	---	---	---
	250℃	0.8396	1.2612	2.1135	2.9787	3.8576	4.751	7.0549	9.4729	12.026	14.738
	比率	0.74	0.76	0.79	0.81	0.83	0.84	0.87	0.90	0.92	0.95
	300℃	0.7648	1.1476	1.9187	2.6978	3.4849	4.2805	6.3083	8.3964	10.551	12.78
	比率	0.67	0.69	0.72	0.73	0.75	0.76	0.78	0.80	0.81	0.82
	350℃	0.7025	1.0534	1.7589	2.4696	3.1855	3.9068	5.7342	7.5979	9.5003	11.444
	比率	0.62	0.64	0.66	0.67	0.68	0.69	0.71	0.72	0.73	0.74
	400℃	0.6498	0.9738	1.6246	2.279	2.9369	3.5984	5.2684	6.9623	8.6808	10.425
	比率	0.57	0.59	0.61	0.62	0.63	0.64	0.65	0.66	0.67	0.67

飽和蒸気の測定流量と，補正係数 K1 を掛ければ過熱蒸気もサイジングすることができます。

過熱蒸気の最大測定可能流量＝飽和蒸気の最大測定可能流量（Mmax）×補正係数（K1）

（例）50 A の場合，圧力 2.5 MPa，温度 250℃の過熱蒸気を測定したときの最大測定可能流量は？

$Mmax \times K1 = 7688 \times 0.92 = 7073\ kg/h$

となります。

これらの表と計算で，測定したい蒸気の圧力とサイズ別による最大測定可能流量がわかります。

(5) サイジングのまとめ

渦流量計 VY シリーズ機器は，流体条件により測定可能範囲および，正常動作範囲（精度保証範囲）が定まります。以下の条件を考慮して，最適な口径を選定してください。

■ 測定可能最小流速：

レイノルズ数 5000 以上でかつ，最小流速と密度の関係より求まる流速の大きい方。

■ 正常動作範囲（精度保証）最小流速：

レイノルズ数 20000 以上（150 mm, 200 mm, 250 mm, 300 mm は 40000 以上）かつ，最小流速と密度の関係より求まる流速の大きい方。

測定可能範囲，精度保証範囲の算出方法を，仕様書 GS 01F07A00-01 に示します。

- なお，求まる最小流速より小さい流速時には，出力（電流出力，パルス出力のいずれも）はゼロを示します。

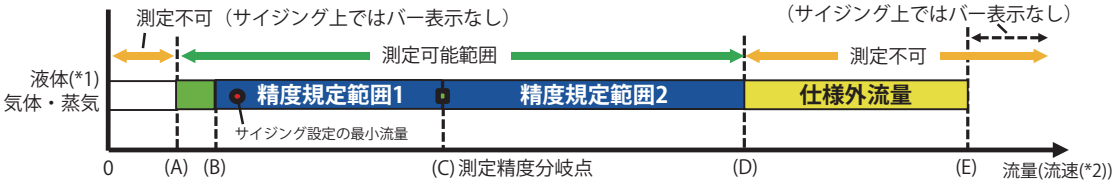
■ 最大流速：

液体の場合は，10 m/s

気体の場合は，80 m/s

■ キャビテーションのチェック（液体のみ）

■ 渦流量計における流量 / 流速と精度の関係



*1: 液体測定において渦流量計の圧力損失によるキャビテーションへの考慮が必要です
圧力損失を考慮したライン圧力が測定流体使用状態の飽和蒸気圧を下回る場合，キャビテーションを引き起こすことがあります。
その場合は，ライン圧力を上げるか，圧力損失を低減（流速を下げる，渦流量計サイズ変更など)といった対応が必要です。（詳細はGSを参照してください）
*2: 流速は検出部内径断面積と流量から求める必要があります。詳細はGSを参照してください

流速点 (*2)	(A) 測定可能範囲 最小流速	(B) 精度規定範囲 最小流速	(C) 測定精度分岐点	(D) 精度規定かつ 測定可能範囲 最大流速	(E) 設定可能 最大流速(*5)
液体	GS参照(流体密度に依存) LowCutの出荷時設定	GS参照 (流体の物性に依存)	GS参照(流体の物性に依存)	10 m/s (*3)	15 m/s
気体・蒸気			35 m/s	80 m/s (*4)	120 m/s

*3: 密度 ρ > 1000 kg/m³の場合：最大流速 $V=\sqrt{(1/\rho)\times 10^5}$
*4: 密度 ρ > 15.6 kg/m³の場合：最大流速 $V=\sqrt{(1/\rho)\times 10^5}$
*5: 製品仕様外ですが，スパン設定可能な最大値です

体積流量精度	流量(A)以下	流量(A)～(B) 測定可能範囲	流量(B)～(C) 精度規定範囲1	流量(C)～(D) 測定規定範囲2	流量(D)以上
液体	LowCut以下：流量ゼロ出力固定 LowCut～(1)：測定精度規定外	測定精度規定外	±1.0%	±0.75% (*6)	測定/使用不可 (仕様外流量)
気体・蒸気			±1.0%	±1.5%	

*6: レデューサ形: ±1.0%

F0902.ai

10. 各種流体データ

（1） 液体の密度，粘度

表10.1　液体の粘度

液体物質	粘度（センチポアズ）				
	0℃	10℃	20℃	40℃	80℃
アセトン 100%	0.395	0.356	0.322	0.268	
アセトン 35%	3.2	2.4	1.80	1.070	0.41
アニリン	10.2	6.5	4.40	2.300	1.10
アミルアルコール	8.0	6.0	4.50	2.580	0.94
二酸化イオウ	0.42	0.37	0.34	0.290	0.22
アンモニア 100%	0.15	0.13	0.115	0.088	
アンモニア 26%	1.9	1.54	1.27	0.850	0.44
イソブチルアルコール	7.8	5.7	4.20	2.320	0.80
エチルアルコール 100%	1.84	1.46	1.20	0.829	0.435
エチルアルコール 80%	3.69	2.71	2.01	1.200	
エチルアルコール 30%	6.94	4.05	2.71	1.370	0.57
エチレングリコール	48.00	33.50	23.50	11.800	3.40
エーテル	0.292	0.263	0.24	0.200	0.141
塩化エチル	0.335	0.300	0.27	0.230	0.165
o－クロルトルエン	1.38	1.20	1.06	0.820	0.52
クロルベンゼン	1.18	1.01	0.88	0.670	0.41
塩酸 31.5%	3.10	2.7	2.40	1.870	1.21
オクタン	0.71	0.63	0.56	0.450	0.305
水酸化ナトリウム 50%			110.00	42.500	6.70
o－キシレン	1.06	0.94	0.84	0.670	0.45
グリセリン 100%	12100.00	3950	14.99		
グリセリン 50%	12.5	9.0	6.05	3.500	1.20
クロロホルム	0.70	0.63	0.57	0.466	
酢酸 100%			1.22	0.900	0.56
酢酸 70%	5.13	3.57	2.66	1.630	0.78
酢酸エチル	0.578	0.507	0.449	0.360	0.248
酢酸メチル			0.381	0.312	0.217
酢酸ビニル	0.56	0.50	0.45	0.370	0.26
四塩化炭素	1.35	1.13	0.97	0.740	0.472
ジフェニル	4.15	3.50	3.00	2.290	1.34
水銀	1.685	1.615	1.554	1.450	1.298
石炭酸			11.60	4.770	1.59
二酸化炭素	0.10	0.085	0.074		
テレピン油	2.10	1.76	1.50	1.100	0.62
灯油	3.65	3.00	2.42	1.660	0.82
トルエン	0.768	0.667	0.586	0.466	0.319
ナフタリン					0.967
ニトロベンゼン	3.09	2.46	2.01	1.440	0.87
二硫化炭素	0.433	0.396	0.366	0.319	
塩化カルシウム ($CaCl_2$ 25%)	4.83	3.450	2.45	1.320	0.42
ブチルアルコール	5.19	3.870	2.95	1.780	0.76
ヘキサン	0.397	0.355	0.320	0.264	
ヘプタン	0.517	0.458	0.409	0.332	0.231
ベンゼン	0.910	0.760	0.65	0.492	0.316
ペンタン	0.283	0.254	0.229		
水	1.79	1.310	1.01	0.650	0.36
メチルアルコール 100%	0.86	0.720	0.62		
メチルアルコール 60%	2.85	2.100	1.59		
メチルアルコール 30%	3.63	2.440	1.76		
硫酸 111%	90.00	66.000	59.00	28.000	9.60
硫酸 98%		39.000	27.00	14.000	5.50
硫酸 60%	10.00	7.500	5.70	3.710	2.21

表10.2　液体の密度

液体名	T℃	ρg/cm³	Vm/s
アセトン	20	0.7905	1190
アニリン	20	1.0216	1659
アルコール	20	0.7893	1168
エーテル	20	0.7135	1006
エチレングリコール	20	1.1131	1666
n－オクタン	20	0.7021	1192
o－キシロール	20	0.871	1360
クロロフォルム	20	1.4870	1001
クロルベンゼン	20	1.1042	1289
グリセリン	20	1.2613	1923
酢酸	20	1.0495	1159
酢酸メチル	20	0.928	1181
酢酸エチル	20	0.900	1164
シクロヘキサン	20	0.779	1284
ジオキサン	20	1.033	1389
重水	20	1.1053	1388
四塩化炭素	20	1.5942	938
水銀	20	13.5955	1451
ニトロベンゼン	20	1.207	1473
二硫化炭素	20	1.2634	1158
プロモフォルム	20	2.8904	931
n－プロピルアルコール	20	0.8045	1225
n－ペンタン	20	0.6260	1032
n－ヘキサン	20	0.654	1083
軽油	25	0.81	1324
変圧器油	32.5	0.859	1425
スピンドル油	32	0.905	1342
石油	34	0.825	1295
ガソリン	34	0.803	1250
水	13.5	1	1460
海水（塩分 35%）	16	1	1510

（注）T：温度，ρ：密度，V：音速度
〈参考文献：超音波技術便覧日刊工業新聞社〉

（2） 気体の密度

代表的気体の分子量および標準状態（1atm，0℃）における密度

気体名	化学式	分子量	密度g/l
亜硫酸ガス	SO_2	64.07	2.9268
アルゴン	Ar	39.94	1.7828
アンモニア	NH_3	17.03	0.7708
一酸化炭素	CO	28.01	1.2501
塩化水素	HCl	36.47	1.6394
塩素	Cl_2	70.91	3.2204
空気		28.97	1.2928
酸素	O_2	32.00	1.4289
水素	H_2	2.016	0.0898
炭酸ガス	CO_2	44.01	1.9768
窒素	N_2	28.02	1.2507
ネオン	Ne	20.18	0.8713
ヘリウム	He	4.003	0.1769
硫化水素	H_2S	34.08	1.5392
イソブタン	C_4H_{10}	58.12	※ 2.081
エタン	C_2H_6	30.07	※ 1.048
エチレン	C_2H_4	28.05	※ 0.976
塩化メチル	CH_3Cl	50.49	2.3044
ブタン (n)	C_4H_{10}	58.12	※ 2.094
ブタジエン (1.3)	C_4H_6	54.09	(2.301)
I – ブテン	C_4H_8	56.11	※ 2.013
フレオン 12	CCl_2F_2	120.9	(5.533)
フレオン 13	$CClF_3$	104.5	(4.762)
プロパン	C_3H_8	44.10	※ 1.555
プロピレン	C_3H_6	42.08	※ 1.480
メタン	CH_4	16.04	※ 0.555

「化学工学便覧」に基づく。
（ ）内圧縮係数考慮の上算出したもの
※ JIS K2301（2011）の実在状態における値

（3） 気体の粘度

気体物質	粘度（10^{-6}ポアズ）				
	0℃	20℃	50℃	100℃	200℃
亜酸化窒素	137	146	160	183	225
アセチレン	96	102	111	126	
アセトン	71	77	83	95	119
二酸化イオウ	116	126	140	163	207
アルゴン	212	222	242	271	321
アンモニア	93	100	111	128	165
一酸化炭素	166	177	189	210	247
イソブタン	69	74		95	
エタン	86	92	101	115	143
エチルアルコール	75			109	140
エチルエーテル	68	101	110	96	120
エチレン	94	97	107	126	140
塩化エチル	90	143		124	157
塩化水素	131	132	145	183	230
塩素	123	181	195	168	210
空気	171	78	86	218	
酢酸	72	75.5	83	101	133
酢酸エチル	70	188	204	95	120
酸化窒素	179	203	218	227	268
酸素	192			244	290
シアン	93	99	108	127	
シアン化水素	94	70	77	121	148
シクロヘキサン	66	139	148	87	109
$3H_2+1N_2$	132			162	190
臭化水素	170	153	94	234	
臭素	146	88	162		
水素	84	147	76	103	121
二酸化炭素	138	69	107	185	229
トルエン	65	97	83	88	110
二硫化炭素	89	76	250	126	162
ブチレン	71	224	91	95	119
フッ素	205	84	116	299	396
ブテン	79	109	121	105	130
フレオン 11 (CCl_3F)	130	113	88	130	154
フレオン 21 ($CHCl_2F$)	107	80	96	134	159
プロパン	75	84	71	101	125
プロピレン	78	65	208	107	
ヘキサン	60	196	82	82	104
ヘリウム	186	74		229	270
ベンゼン	68		118	96	121
水		108	106	128	166
メタン	102	95	202	133	147
メチルアルコール	89	186		122	155
ヨウ化水素	173	124			293
硫化水素	117			159	

気体の粘度（1 atm以上）

気体物質	温度 ℃	粘度（10^{-6}ポアズ）				
		1 atm	40 atm	60 atm	80 atm	200 atm
空気	16 ～ 20	170	180	187	198	330
炭酸ガス	20	148	166	700	810	
炭酸ガス	40	157	176	187		
水素	30	90	96	97	99	110
水素	70	98	102	103	104	113
窒素	30	179	194	202	207	241
窒素	70	196	210	215	222	256