

# 現場実践のための振動診断クリニカル・ワークフロー

「測る」から「直す」へ：設備異常の早期検知と原因特定プレイブック



# 機械の健康状態を測る2つのアプローチ

振動診断は、全体傾向を把握するスクリーニング評価と、局所異常を深掘りする詳細診断を組み合わせて行う。



## スクリーニング評価 (Screening Assessment)

指標：振動速度 (mm/s RMS)

役割：設備全体の状態把握、異常のふるい分け。

特徴：アンバランスや芯ずれなど、マクロな異常に強く反応する。



## 詳細診断 (Detailed Diagnostic Analysis)

指標：振動加速度 ( $m/s^2$ ) + FFT解析

役割：異常の深掘り、故障部位（軸受等）の特定。

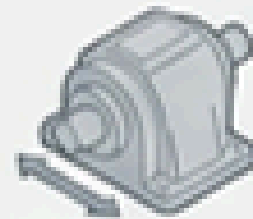
特徴：軸受の初期損傷や衝撃波など、ミクロで高周波な異常を逃さず捉える。

# 振動評価指標のマスター・マトリクス

単位の混同は致命的な誤判定を生みます。変位、速度、加速度はそれぞれ物理的意味と対象とする異常帯域が完全に異なります。

## 振動変位 (Displacement)

単位:  $\mu\text{m} / \text{mm}$



低周波・大きな揺れ・  
軸の振れ回り評価で有効な指標

得意領域:

低周波、低速回転機械、  
大型設備

メタファー:

骨格の歪みチェック



## 振動速度 (Velocity)

単位:  $\text{mm/s RMS}$



機械全体の振動レベルを  
把握しやすい代表指標

得意領域:

アンバランス、芯ずれ、機械的  
緩み

メタファー:

総合的な健康診断



## 振動加速度 (Acceleration)

単位:  $\text{m/s}^2$  ( $1g \approx 9.8\text{m/s}^2$ )



高周波成分や衝撃性異常  
の検出に有効な指標

得意領域:

軸受 (ベアリング) 損傷、歯車  
異常、高周波帯域

メタファー:

局所的な精密検査 (MRI)

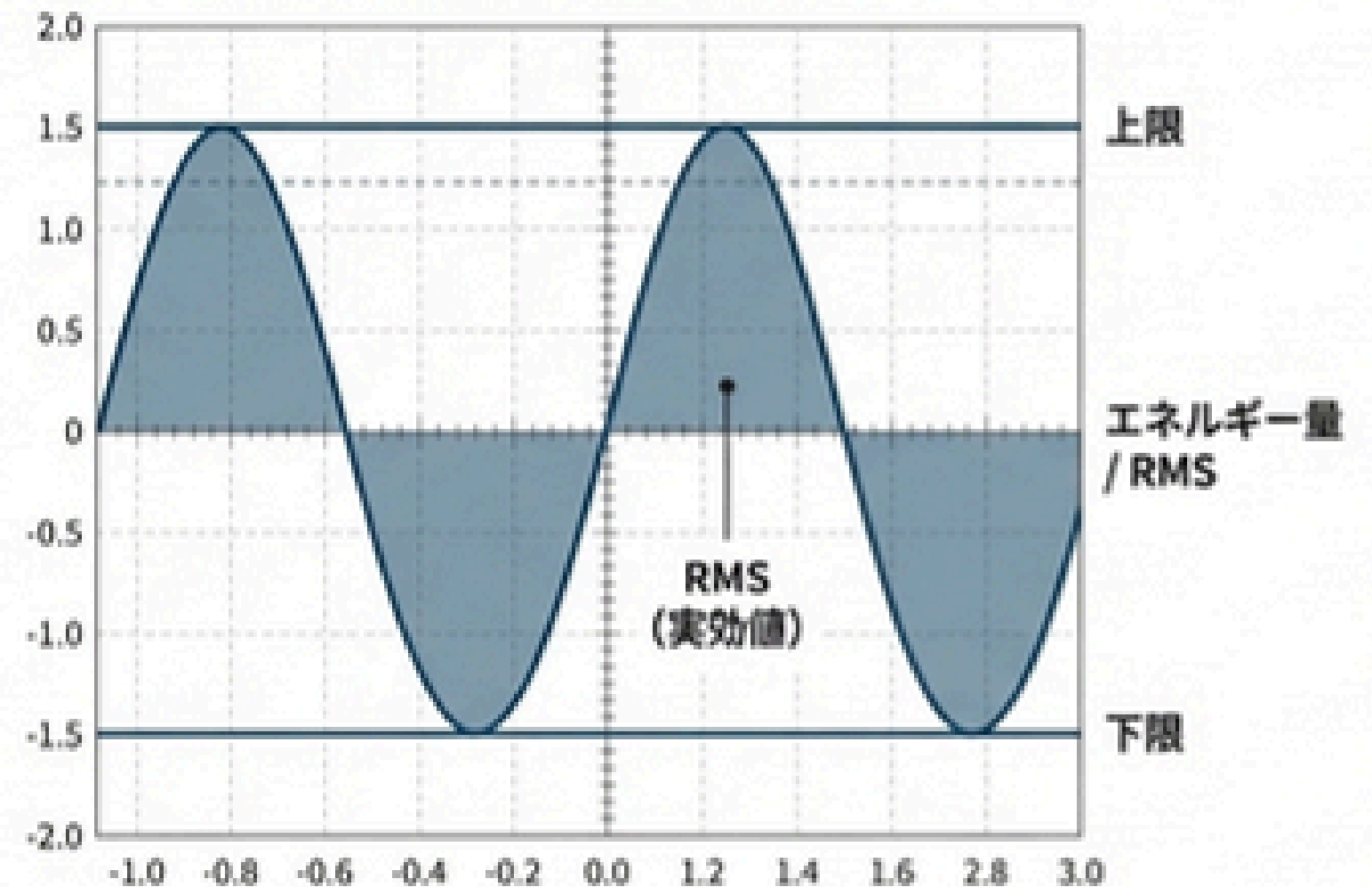


# フェーズ1：振動速度による全体トリアージ

巡回点検の入口となるのが振動速度（mm/s RMS）です。中低周波の異常傾向を捉えやすく、機械全体の「異常の有無」を判定するのに最も適しています。

## トリアージ・チェックリスト (Triage Checklist)

- 見つけやすい異常: アンバランス (1X)、 ミスアライメント (2X, 3X)、機械的緩み、 基礎の剛性不足。
- 🔍 見つけにくい異常: 初期の軸受損傷、微小な転動体欠陥。
- 実務の鉄則: 絶対値だけでなく、前回測定値からの「増加率 (トレンド)」を最重視する。速度が正常でも、初期の軸受異常が隠れている可能性がある点に注意。



# フェーズ2：ISO 10816/20816系の考え方による重症度判定

測定した振動速度実効値（mm/s RMS）は、機械の種類・出力・設置条件・支持の柔剛などを踏まえ、ISO 10816/20816系のゾーン区分（A～D）を参考に重症度評価します。

評価対象：回転機械の非回転部（ベアリングハウジング等）

Group / 支持条件	A/B境界 (mm/s RMS)	B/C境界 (mm/s RMS)	C/D境界 (mm/s RMS)	Dゾーン
Group 1 (大型機械: 約300kW以上)   剛支持 (Rigid)	2.3	4.5	7.1	>7.1
Group 1 (大型機械)   柔支持 (Flexible)	3.5	7.1	11.0	>11.0
Group 2 (中型機械: 15kW～300kW)   剛支持 (Rigid)	1.4	2.8	4.5	>4.5
Group 2 (中型機械)   柔支持 (Flexible)	1.8	4.5	7.1	>7.1

A: 良好  
(Good)

B: 許容  
(Acceptable for  
continuous operation)

C: 要注意  
(Warning: Limited  
operation)

D: 危険  
(Danger: High risk of  
damage)

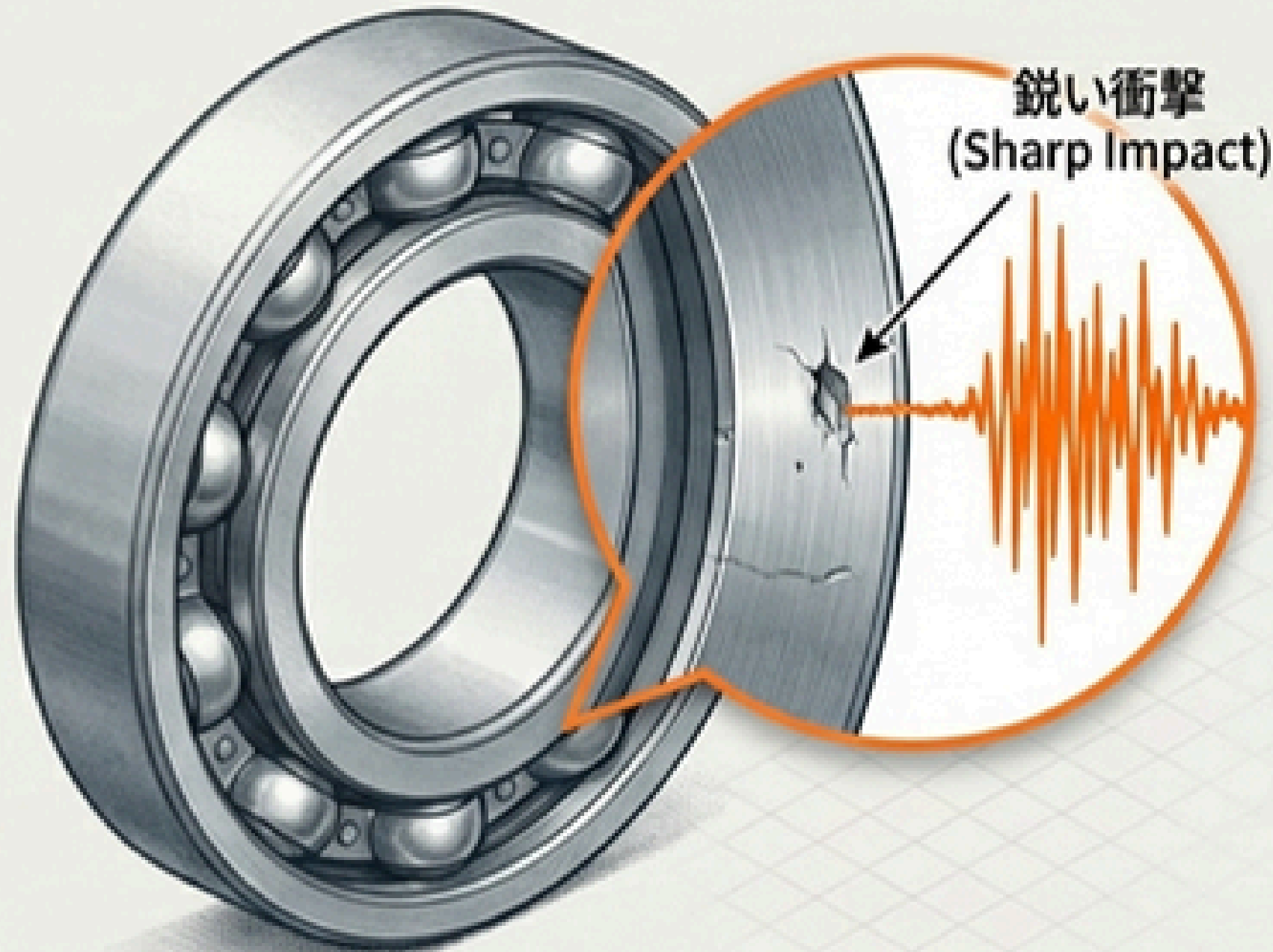
Note: ISO 20816シリーズへの移行が進んでいますが、現場では依然として旧10816基準の実効値が広く活用



SATOTECH Technical Guide  
satotech.com

# フェーズ3：振動加速度による局所・初期異常の検知

振動速度では検知できない「小さな傷から生じる鋭い衝撃」を捉えるのが振動加速度 ( $m/s^2$ ) です。速度判定で異常が見られなくても、ここで初期の軸受損傷（ピット・剥離）を発見できます。



単位の壁：日本の法定計量単位は  $m/s^2$ 。海外製機器で多い「g」表示との混同に注意 ( $1g \doteq 9.8 m/s^2$ )。



ターゲット：ベアリングの初期損傷、潤滑不良、転動体の傷。

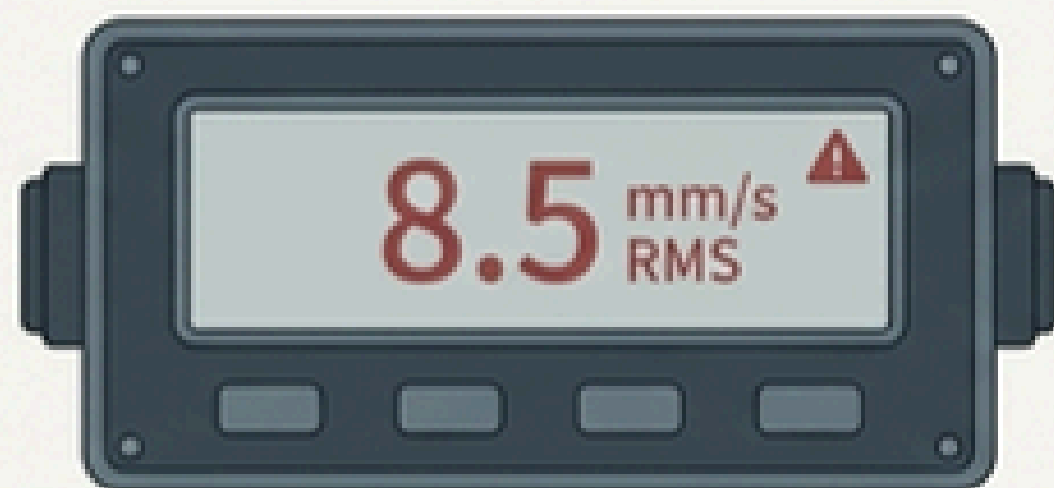


測定のシビアさ：高周波成分はセンサーの固定方法（マグネットの緩み、押し当て圧）で値が激変するため、同一条件での測定が必須。

# 限界の認識：全体値（Overall）だけでは「原因」は分からない

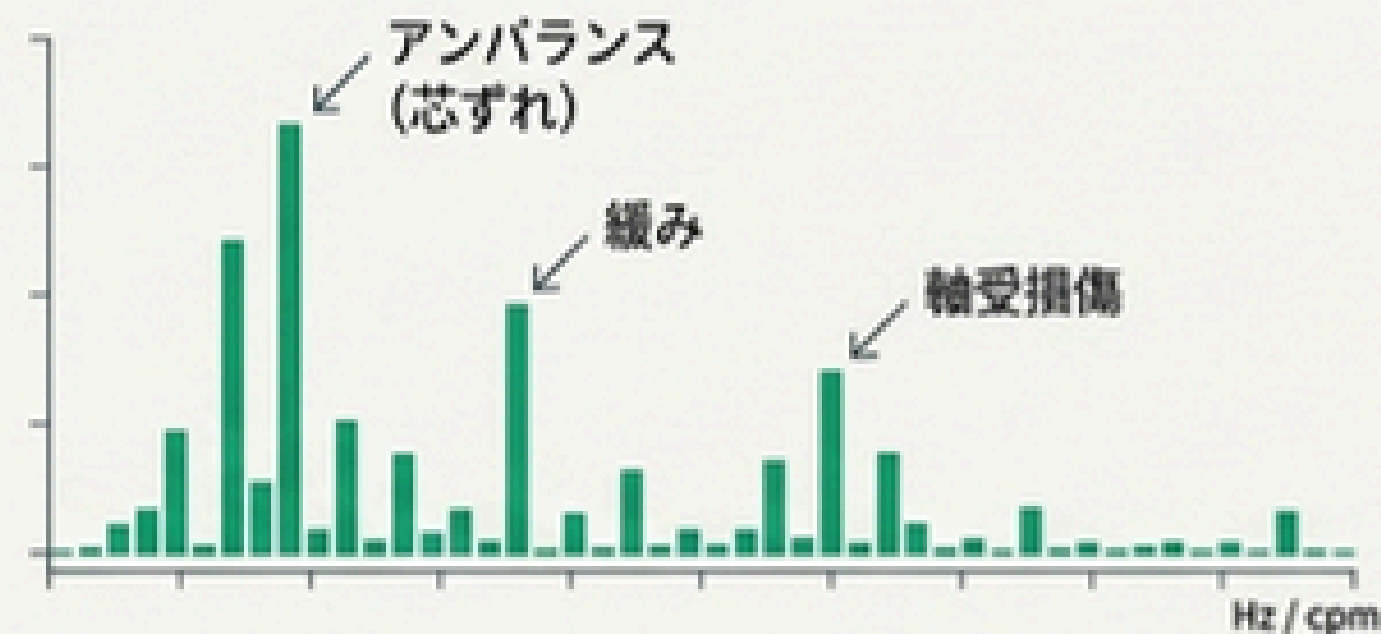
振動速度や加速度の総合値が閾値を超えたとき、それがアンバランスなのか、軸受の傷なのかを数値の大小だけで断定することは不可能です。ここで、時間波形を周波数成分に分解する「FFT解析」が必要になります。

## 問題点：全体値による監視



振動が大きいことは分かるが、どこが壊れているかは不明。

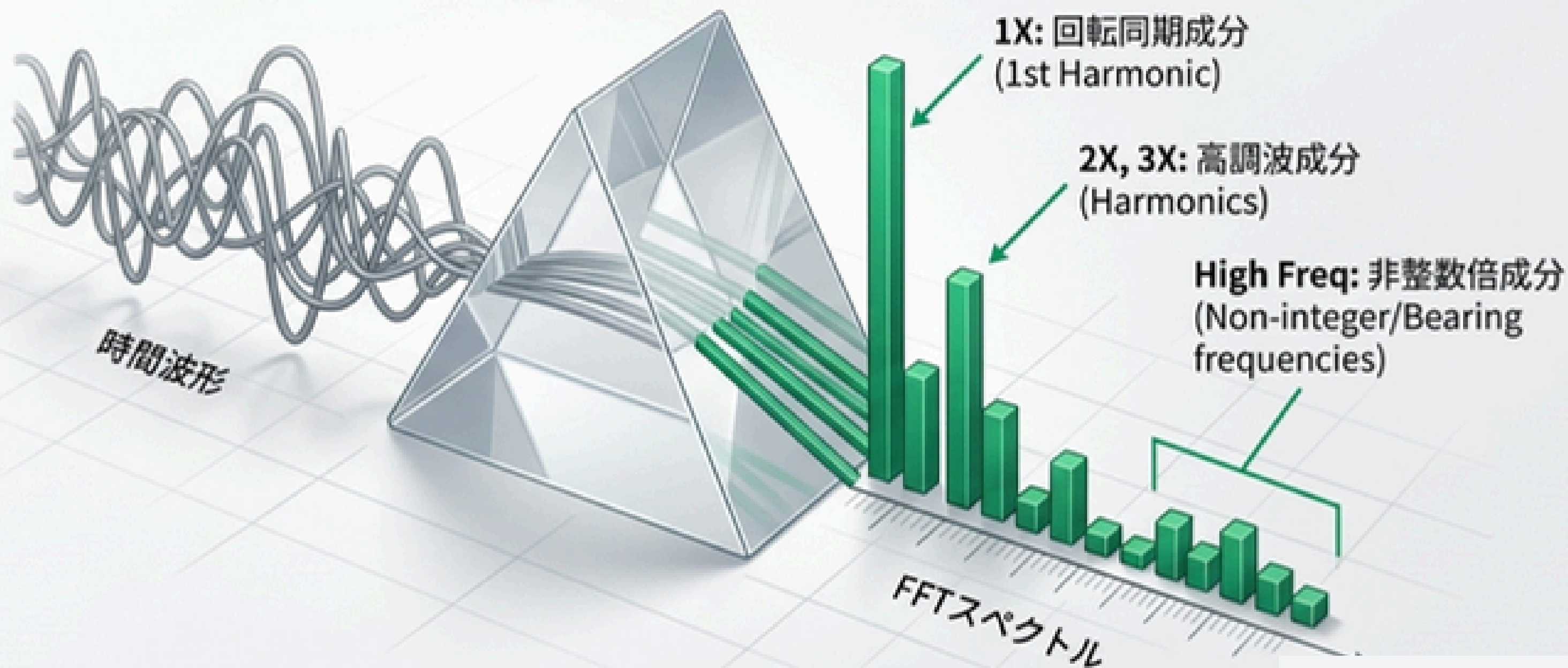
## 解決策：FFTによる周波数分解



振動を周波数ごとに分解し、異常の種類（芯ずれ、緩み、軸受）を特定する。

# フェーズ4：FFT（高速フーリエ変換）の原理

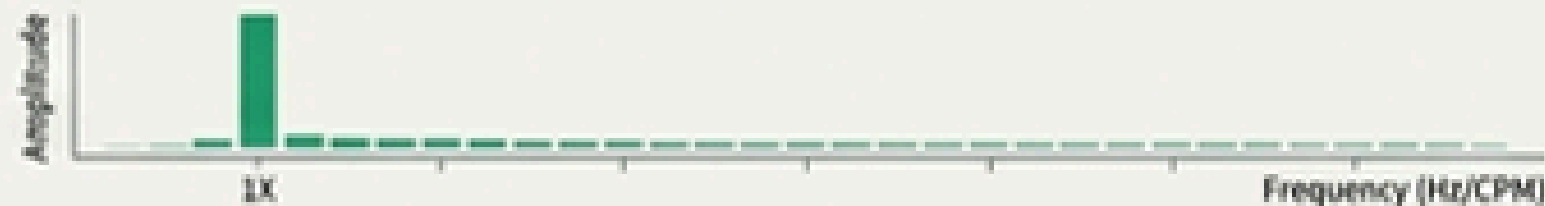
FFT解析は、複雑に絡み合った「時間波形」をプリズムのように透過させ、どの周波数成分がどれだけ強く出ているかを「スペクトル」として可視化する技術です。



# スペクトルの解説：主要な異常パターン

FFTスペクトルの横軸は周波数（Hz/CPM）、縦軸は振幅です。実測回転数（1X）を基準に、どの位置にピークが現れているかで原因候補を絞り込みます。

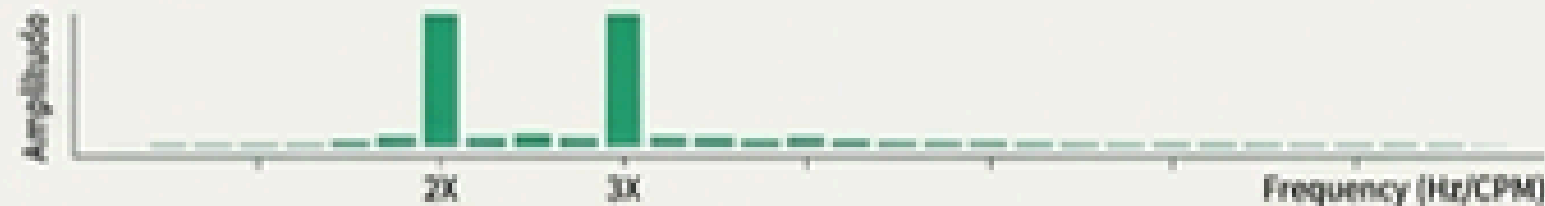
Panel 1



## 1X成分が優勢

アンバランスを示唆する代表例。  
ただし、共振や他要因の影響もあり、単独では確定できない。

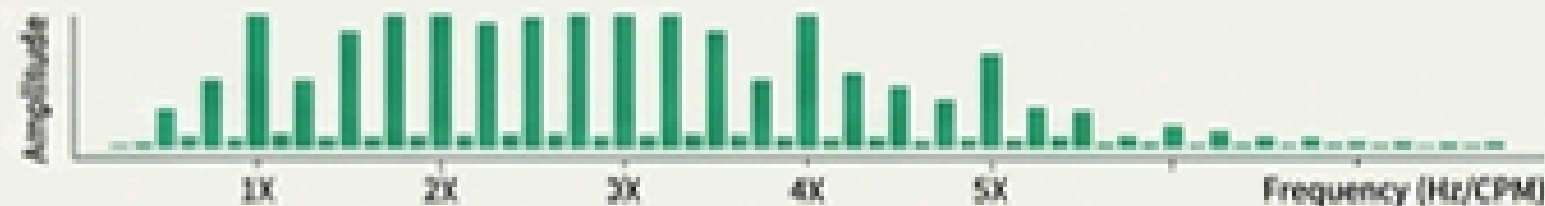
Panel 2



## 2X・3X成分が目立つ

ミスアライメントを疑う典型例。  
ただし、拘束・ゆるみ・構造条件でも類似パターンが現れる。

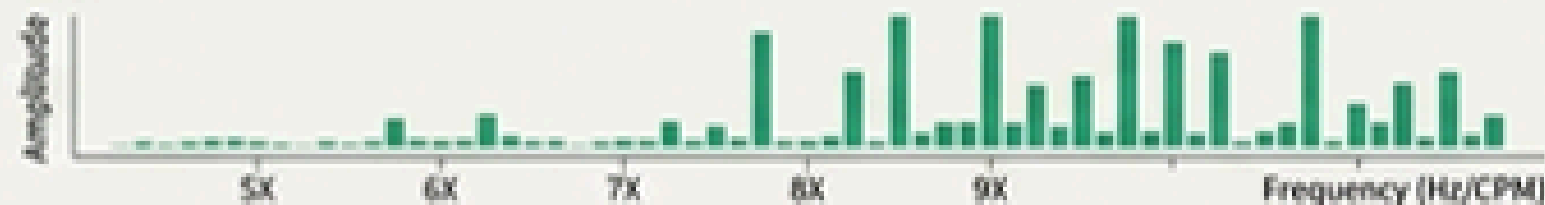
Panel 3



## 高調波が多く現れる

機械的ゆるみを示唆することが多いが、  
衝撃性異常や非線形接触の影響も考慮する。

Panel 4



## 非整数倍成分や広帯域成分の増加

転がり軸受異常を疑う手掛かりの一つ。  
確定には故障周波数照合、包絡線解析、サイドバンド確認が重要。

# ベアリング故障周波数の解剖学

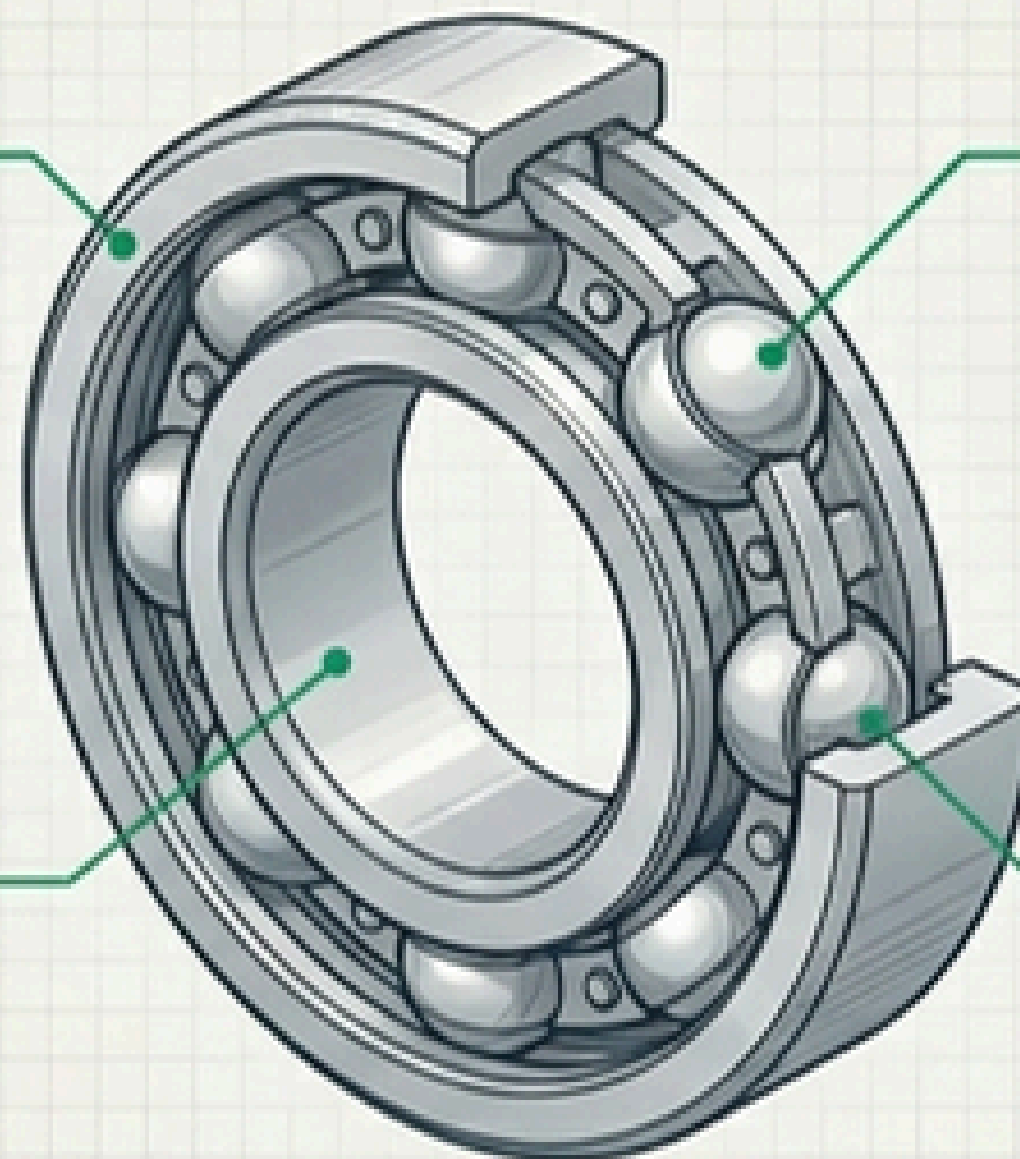
ベアリング診断では、「どこに傷があるか」によって発生する周波数が異なります。これらの略語は暗記するのではなく、物理的な構造とリンクさせて理解します。

外輪傷ではBPFO近傍の成分が現れやすい

転動体傷ではBSF近傍やその高調波、場合によっては $2 \times \text{BSF}$ 成分が現れることがある

内輪傷ではBPFI近傍の成分が現れやすく、回転変動に伴うサイドバンドを伴うことがある

保持器異常ではFTF近傍の低周波成分が現れることがある



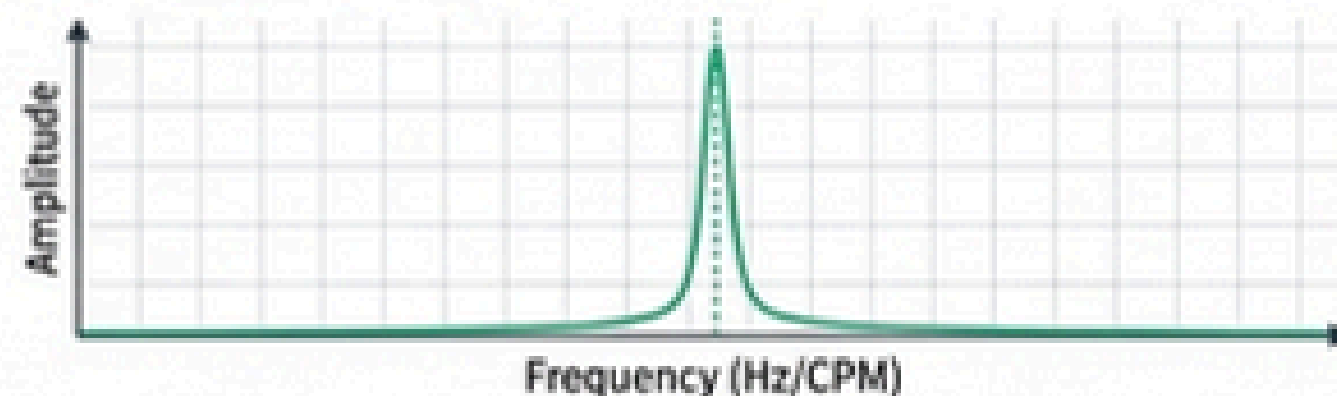
※故障周波数は軸受諸元、回転速度、接触角、すべり等で変動するため、計算値との近傍一致だけで断定しない。

# 誤診を防ぐための多角的なスペクトル検証

特定の周波数ピークが1本出ただけで「軸受故障」と断定するのは非常に危険です。真の異常は、スペクトル上で複合的な痕跡を残します。以下の4点をセットで確認してください。

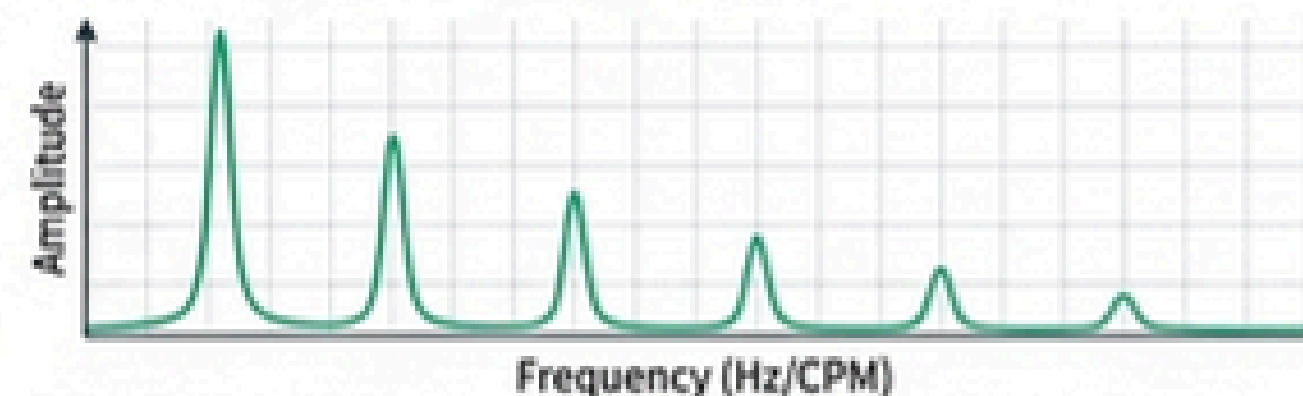
## 1. 基本周波数の確認 (Primary Peak)

計算上の故障周波数 (BPFO/BPFI等) の近傍に明確なピークが存在するか？



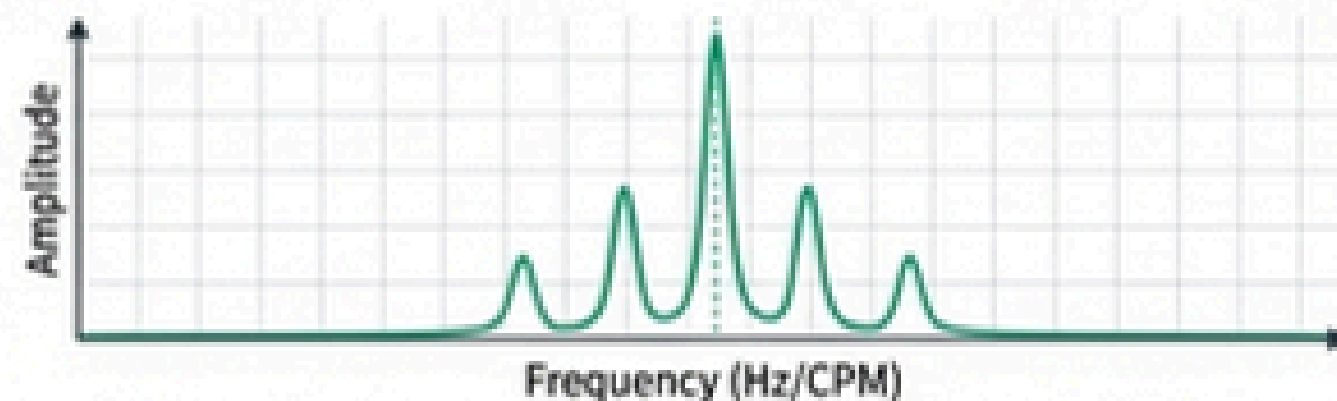
## 2. 高調波列の並び (Harmonics)

基本ピークの2倍、3倍、4倍成分が規則的に並んでいるか？ (繰り返し衝撃の裏付け)



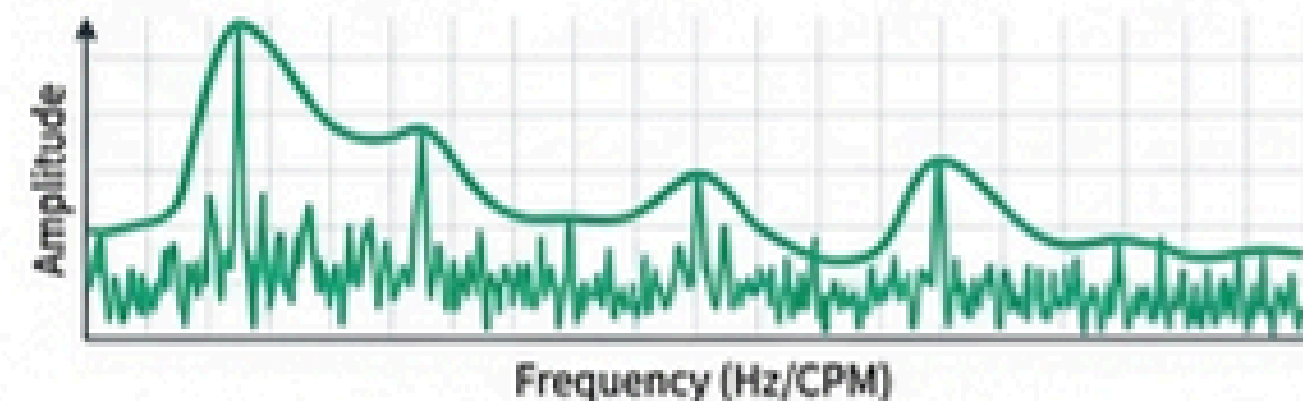
## 3. サイドバンドの有無 (Sidebands)

メインピークの左右に、回転数 (1X) 間隔の小さなピークが付随しているか？ (特に内輪異常で重要)



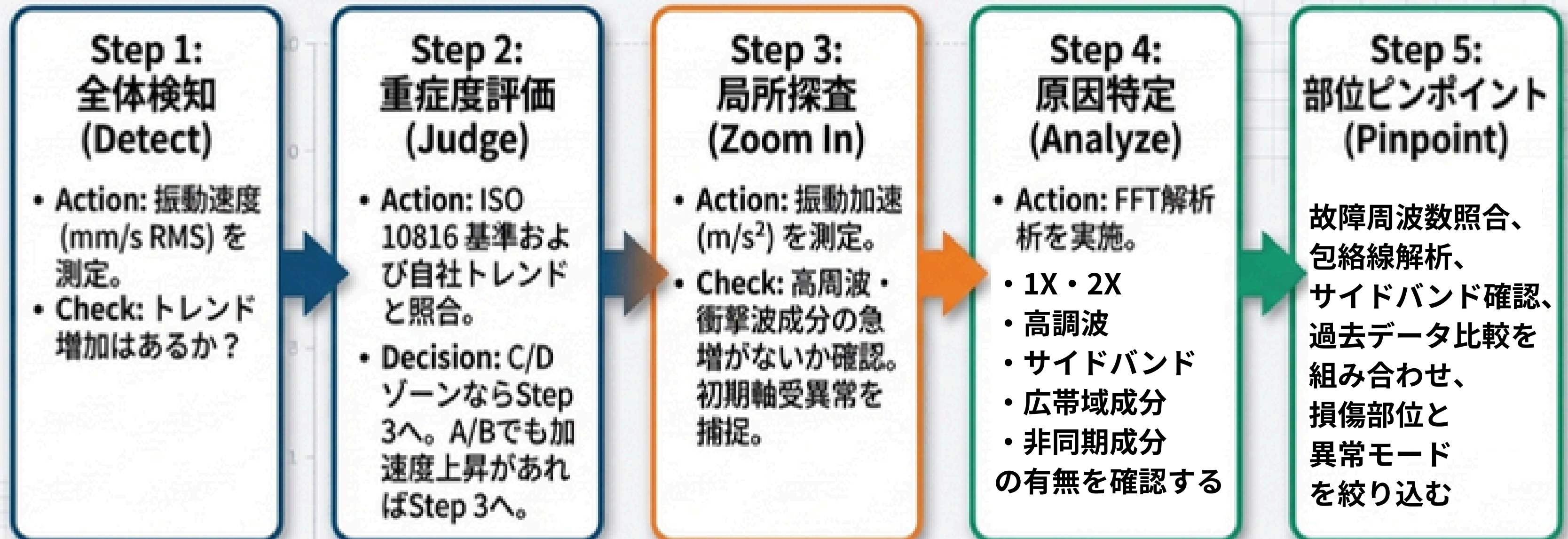
## 4. 包絡線処理 (Envelope Analysis)

通常のFFTではノイズに埋もれる初期損傷を、エンベロープ (包絡線) 処理で明瞭に浮き上がらせているか？



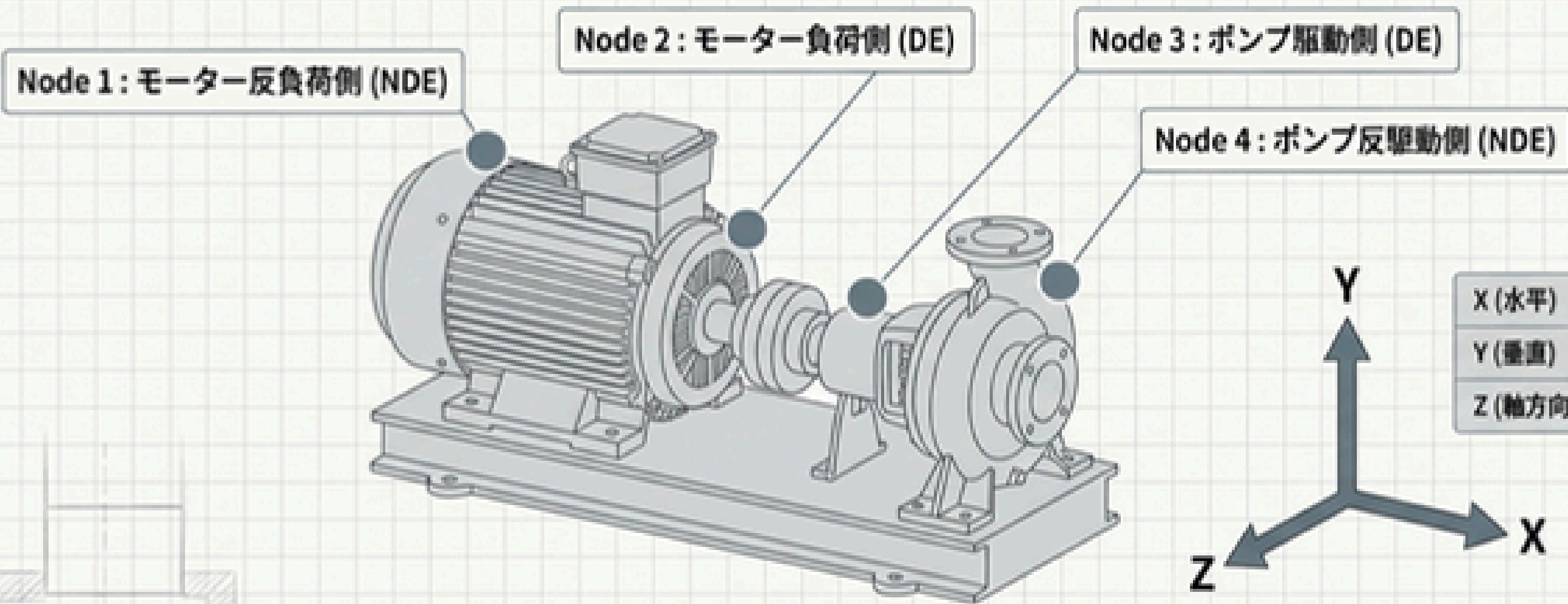
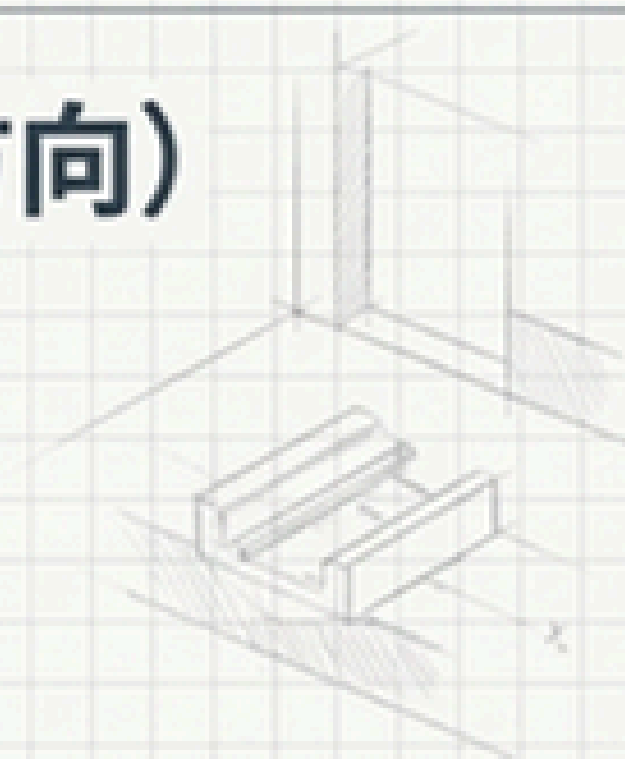
# フェーズ5：統合診断ワークフロー

現場で迷わないための、マクロからミクロへ至る診断の全体フローチャートです。



# 精度の命運を分ける空間マッピング（測定位置と方向）

振動診断の精度は「どこで・どの方向で測るか」に完全に依存します。  
再現性を担保するため、毎回必ず同一条件で測定することが大前提です。



一般的な回転機では、少なくとも主要軸受部の複数点を定点化し、  
可能であれば駆動側・反駆動側の双方で測定する。

# 現場実践のための鉄則（Field Rules）

計測器の数値は「答え」ではなく、推論のための「証拠」です。診断を成功に導くための最終ルール。

01

Rule 01: 絶対値よりトレンドを信じる

ISO基準の「Cゾーン」未満であっても、**短期間で数値が急増している場合は即座に精密診断（FFT）へ移行する**こと。変化率こそが最大の警告である。

02

Rule 02: 単一指標で結論を出さない

速度が低いからといって「軸受が健全」とは限らない。**速度（マクロ）と加速度（ミクロ）は常にセットで評価し、互いの死角を補うこと。**

03

Rule 03: 計測条件の絶対的な統一

**センサーの押し当て圧、マグネットの緩み、測定位置の数ミリのズレが高周波データ（加速度）を破壊する。**「同じ場所、同じ方向、同じ回転条件」が比較の大前提である。

測る技術から直すためのインテリジェンスへ。



# SATOTECH（佐藤商事）の安心サポート

電話：044-738-0622      FAX:044-738-0623

神奈川県川崎市中原区小杉町1-403 武蔵小杉タワープレイス5階



## 校正対応

校正書類の発行可（有償）。  
定期的な精度確認で安心。



## 即納体制

在庫品は即納可能。  
急な現場ニーズにも対応。



## アフターサービス

正規代理店としての  
確かなメンテナンス体制。



## お見積り

台数特価・まとめ買いお値引き  
対応。「型番指定」で見積り可能。

お気軽にお問い合わせください。