



**JIMTOF 2018 – ifm efector co., Ltd.**

# **工作機械におけるIoTと振動データ活用によるカイゼン活動**



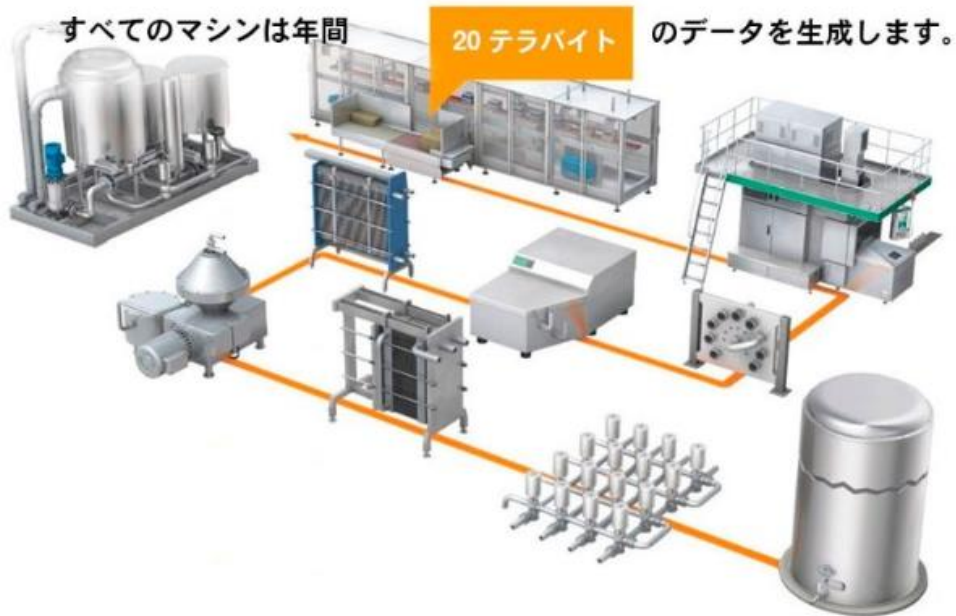
## Mr. Edil Alvarez による講演

- ifm diagnostic  
(国際プロジェクトマネージャー 振動システム担当)





## ifmのお客さまにインダストリー4.0がもたらすもの Yパスを活用したアプローチのご紹介



- 全データのうちPLCが5%のデータをbyte/msで処理
- 残りの95%のデータはIT側がMegabyte/sで処理しなければならない



## Yパス:センサーからのデータをSAP®のデータベースへ直接伝送

- YパスではPLCを経由する必要がないためこの95%のプロセスデータをロスせずに利用できます。
- センサーから直接SAP®データベースへデータを伝送することで、ITの世界とオートメーションテクノロジーの世界がシンプルかつ経済的に統合されます。

マシンインフラ



わずか **5%**  
のセンサーデータが  
PLCで使用されています。

**95%**  
ものデータは失われています。  
**このデータロスを  
改善したい！**

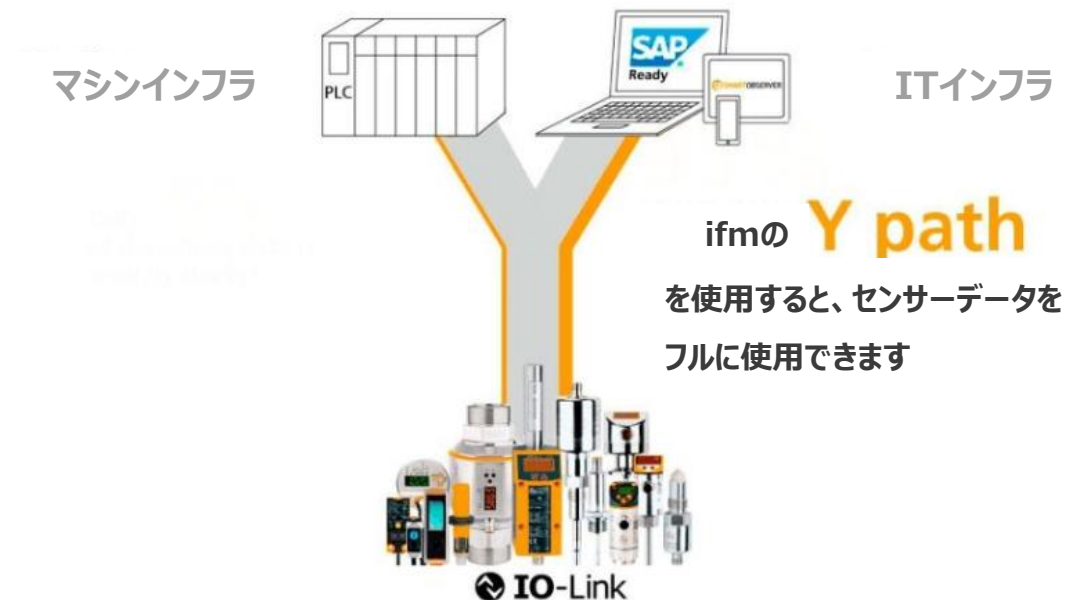


**IO-Link**



## センサーから直接SAP®データベースへ

- センサーのデータを工場レベルから世界的な規模でビジネスソフトウェアに直接伝送することが初めて可能になります。
- リアルタイムで取得したデータを評価することでインダストリー4.0による生産性の向上とエネルギーの削減が実現します。





# インダストリー4.0 = オンライン状態監視 + 色々なものが相互につながる事&Yパス

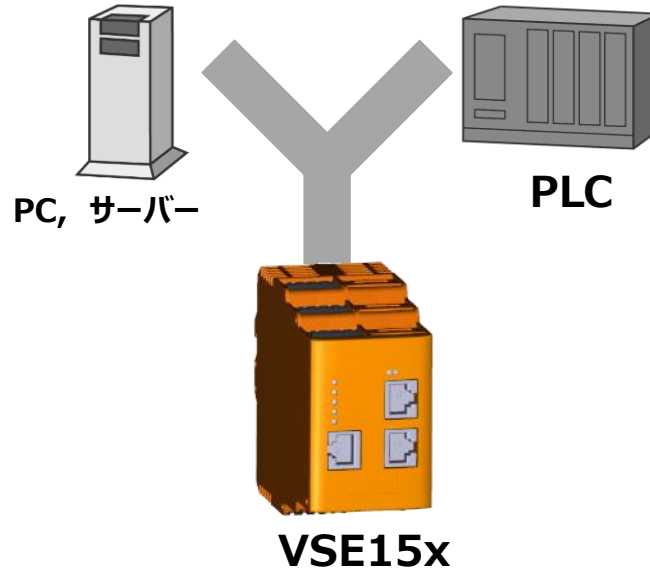
パラメータ設定ソフトウェア VSE004

ifm製 OPCサーバー VOS00x  
(汎用OPC)

 Smart Observer

VSE DLL

独自プロトコル



EtherNet/IP™

EtherCAT™  
Technology Group

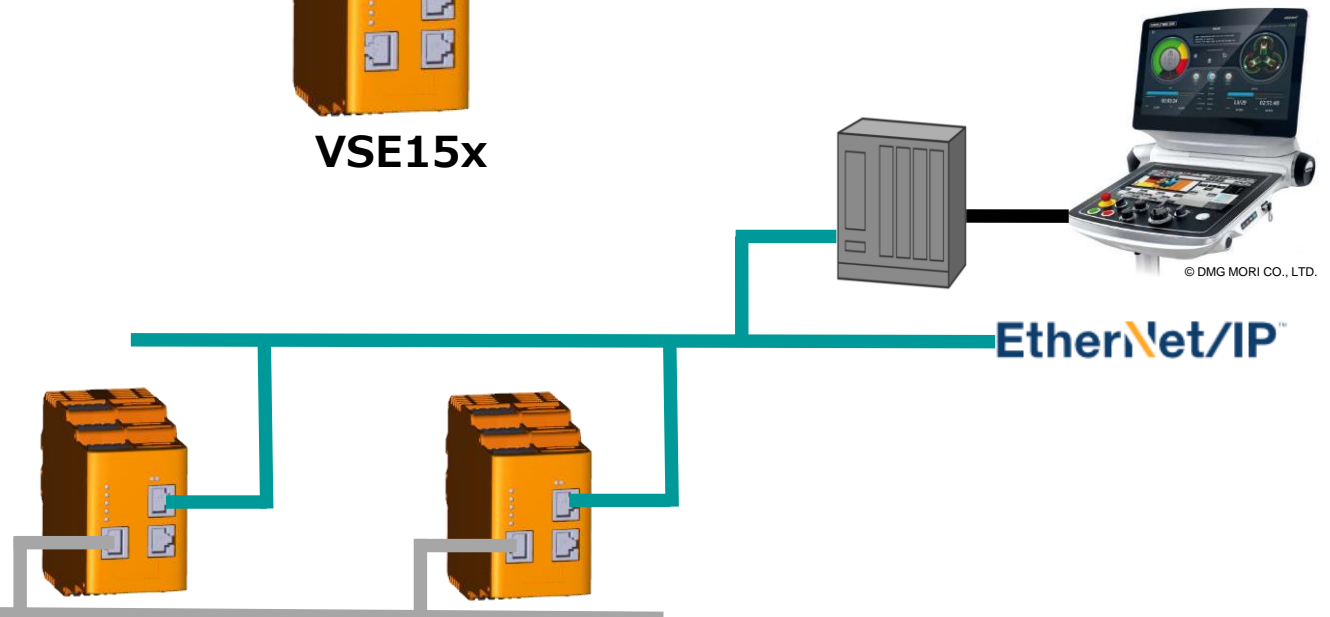
PROFINET®  
INDUSTRIAL ETHERNET

Modbus /  
TCP

ETHERNET POWERLINK



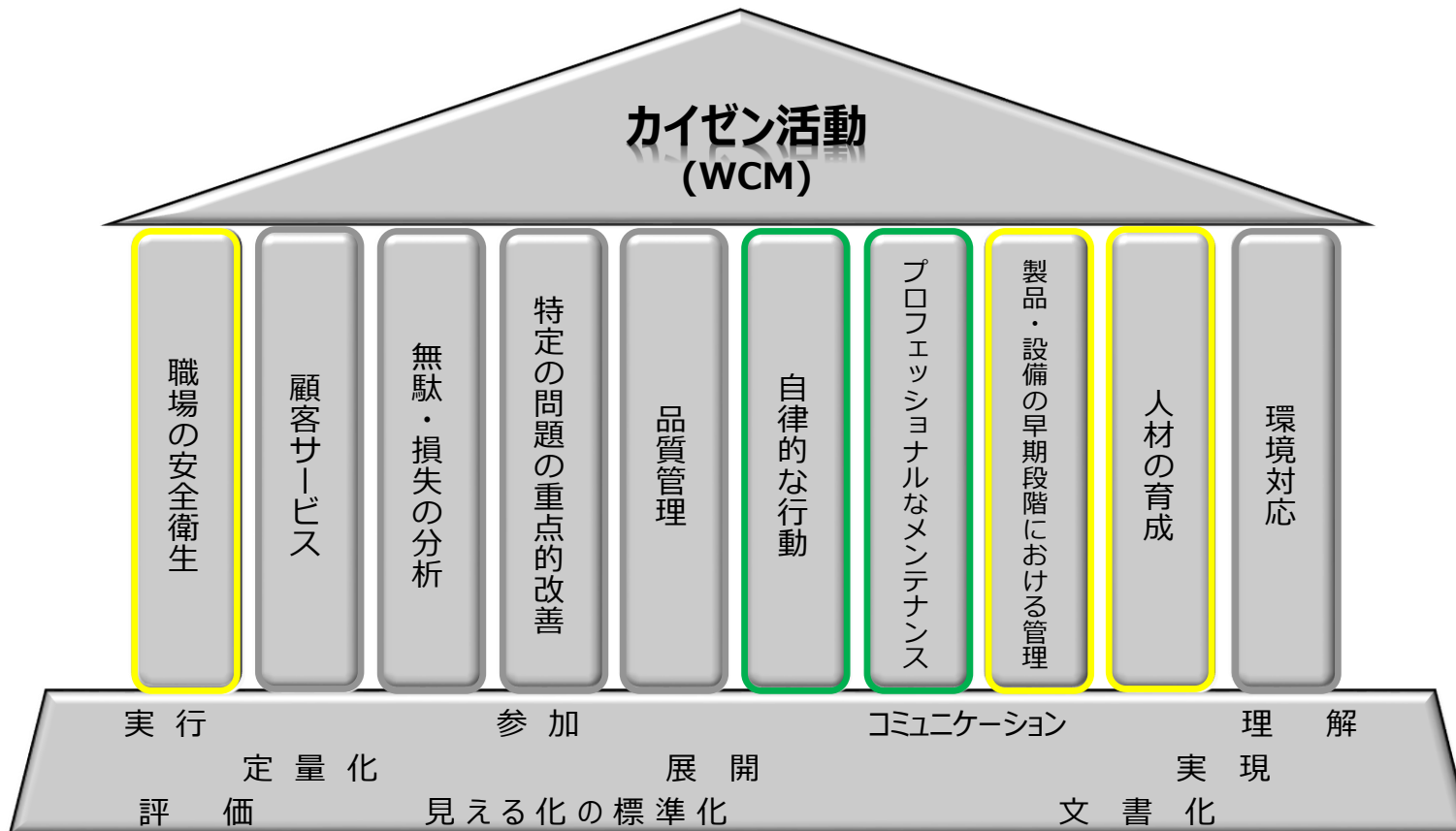
オフィス  
LAN





# ワールドクラスマニュファクチャリング(WCM): 日本における製造現場の方法論

## 10本の柱とマネジメントが改善すべき10のタスク



**ifmのソリューション**  
 はすべての柱に対応するソリューションパッケージのロードマップ

現在

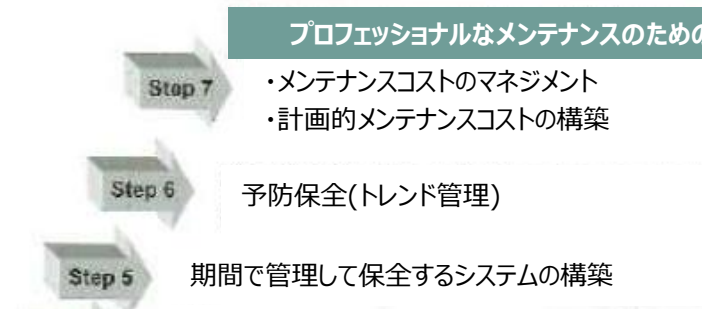
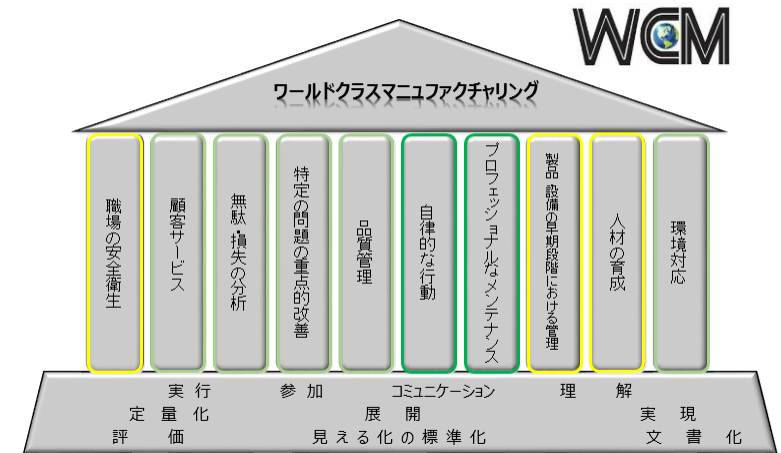
1-2年後

1.5-2.5年後



## WCMの基本原則

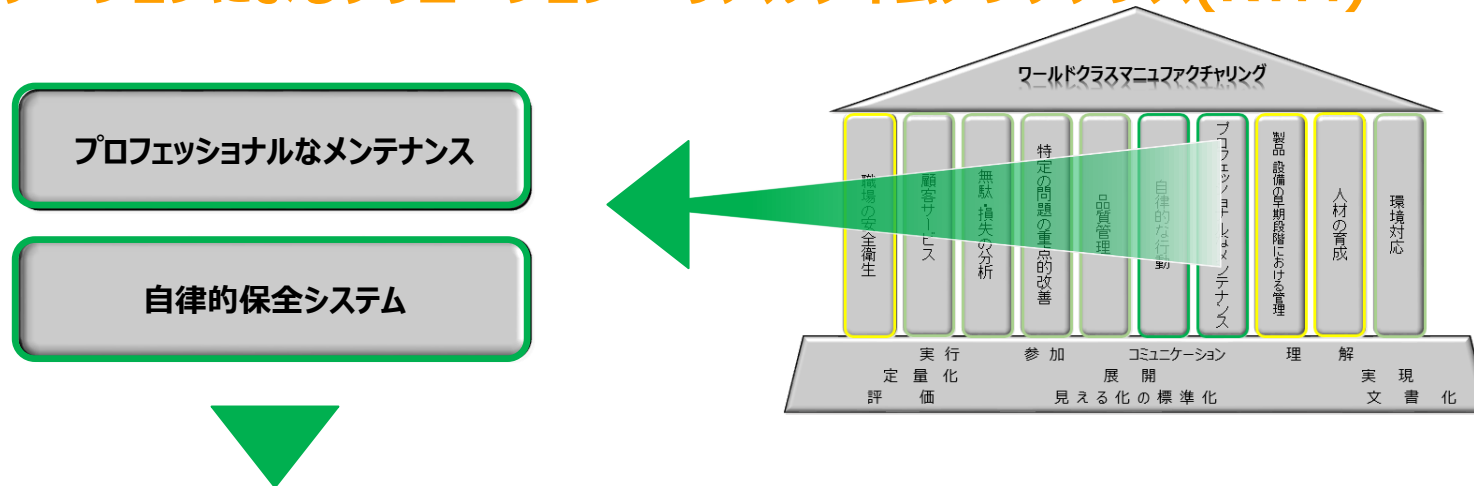
- **技術と製造それぞれにおける10本の柱に基づいたWCM**
  - 5ポイント獲得でそれぞれの柱を達成
  - WCMの専門家による監査でステータスを確認
- **それぞれの柱のステータスをステップ1からステップ7で構成**  
例：プロフェッショナルなメンテナンス
- **ポイント別にWCMステータスを表彰**
  - >50 ポイント ブロンズレベル
  - >60 ポイント シルバーレベル
  - >70 ポイント ゴールドレベル
  - >80 ポイント ワールドクラス







# ifmのアプリケーションによるソリューション - リアルタイムメンテナンス(RTM)



**RTM**

リアルタイム  
メンテナンス

予知保全

## ifmのRTMソリューション

は

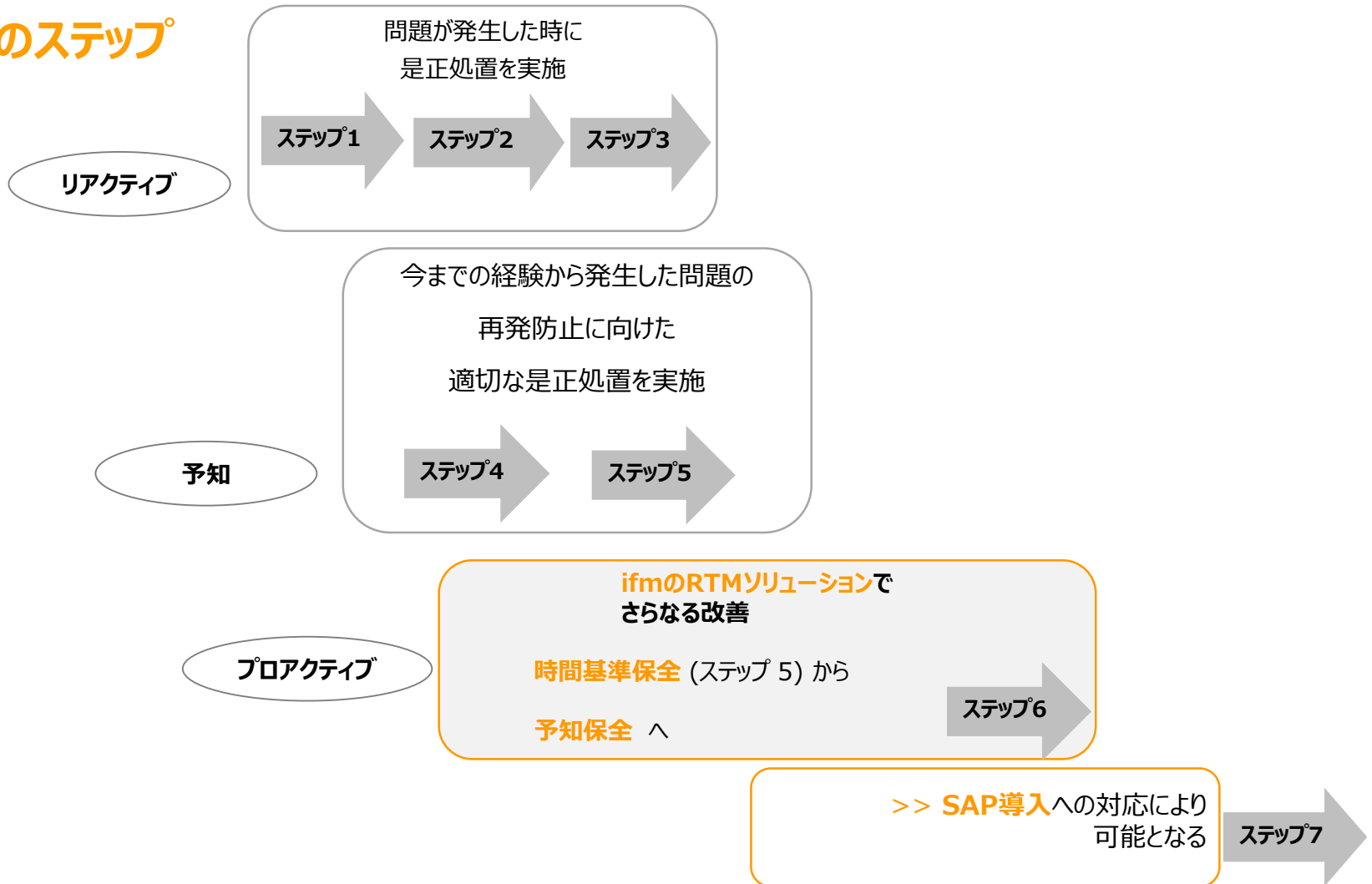
時間を基準にした保全 (ステップ 5)

から

状態を基準にした保全 (ステップ 6)

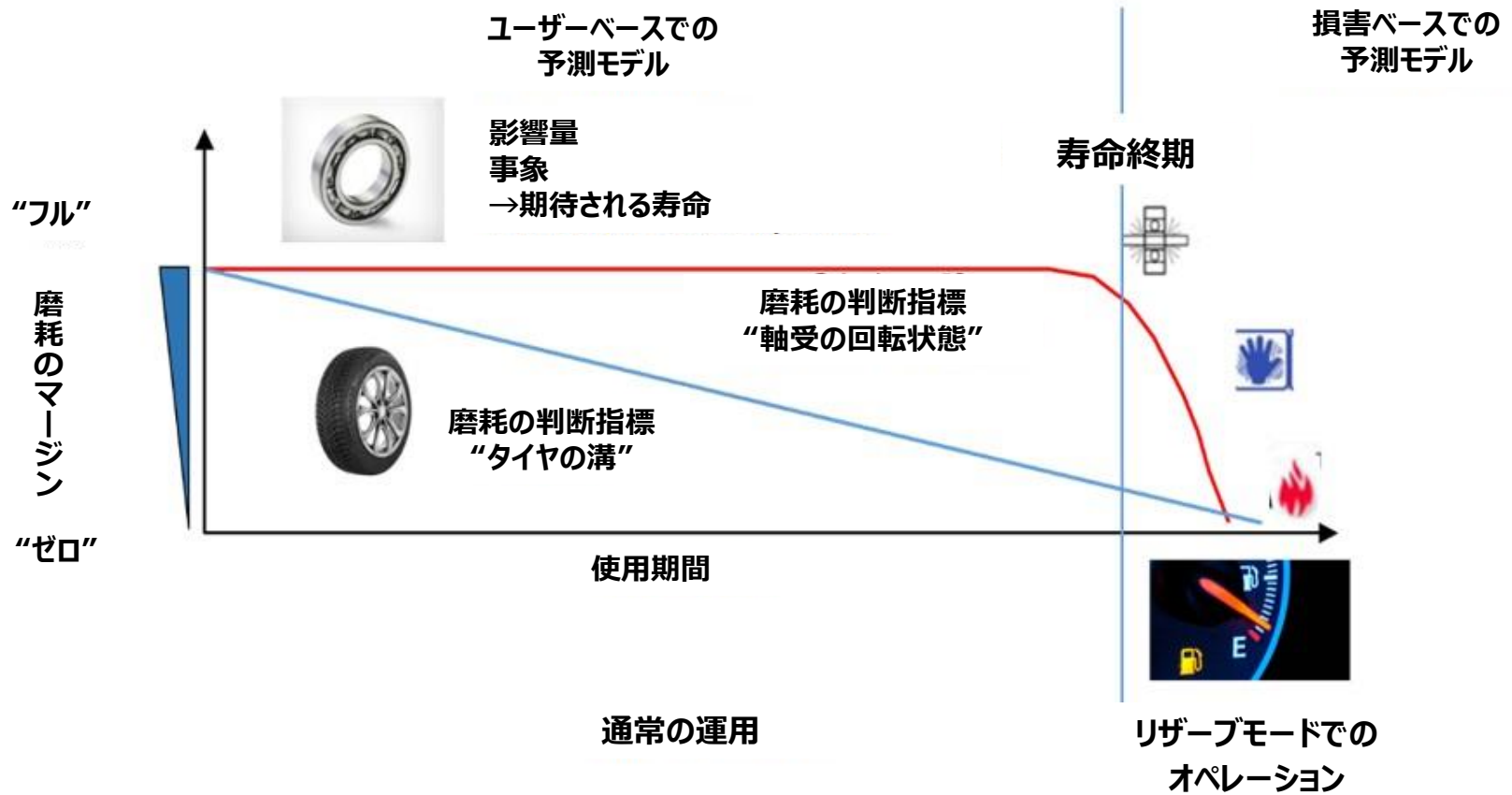


## カイゼンへのステップ





# 予知保全





## 予知保全

### 磨耗判断のインディケーションと影響量

磨耗 / 消耗の部位	磨耗のインディケーション	目に見える兆候
ベアリング	故障発生の1~4ヶ月前: ベアリング周波数、振動、温度、 減耗	測定に磨耗が現れるまで (ベアリングの異音): 稼働時間 振動・衝撃による負荷(量) 温度衝撃 ベアリング位置(量)
ガタ	アンバランス、シャフトの振動	速度、動作時間、負荷
フライス工具	ピーク加速度測定(切削力)	加工時間(工具の使用時間)
タンクの内容物	内容量のレベル	減少量/km+履歴
ギヤボックスのオイル	混濁、導電率、ph値	運転中の温度分布
(リチウムイオン等)電池	電圧降下	使用時間、温度
工具クランプ(HSCスピンドル)	あそび; ただし寿命終末期	動作サイクル数
電子部	チェックサム、エラーログ	書込サイクル(フラッシュメモリ)
ボールねじ駆動部	予圧、回転の異音(振動)	12



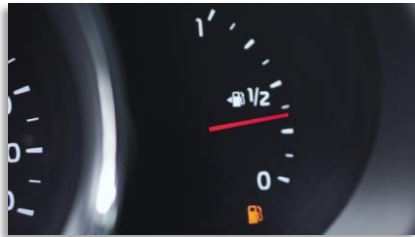
## 予知保全

目に見える数値 figure

	情報
マシンの運転 / 停止	稼働時間
さまざまな負荷でのマシンの運転/ 運転ポイント => 稼働時間の累積負荷	動作モード; 負荷率などいろいろなエリアでの 結果を集積する
上限値を超える衝撃数 => 衝撃負荷の度合	動作モード、立上がり時の衝撃
ベアリングの温度 > 許容値	潤滑剤の粘度
ギアボックスオイルの温度クラス	
警告 / 時間の単位	マイクロ時間単位での中断
直動ガイドシステムが走行する距離	稼働時間
ロボットの加減速	M/Cのひずみ



## 予知保全



影響量  
ランタイムカウンタ

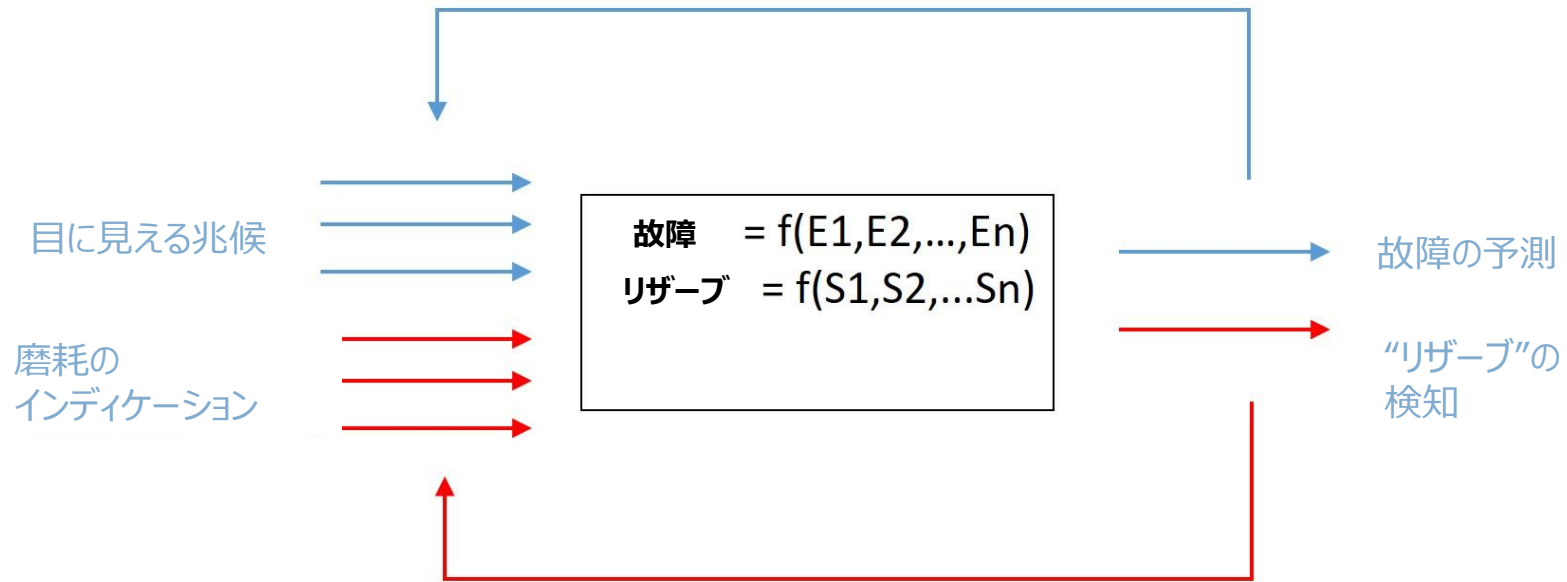
影響量 ->	< MTBF	> MTBF
磨耗の インディ ケーション  ●	●	●
“振動” 高  ●	ウィークポイント 是正処置  ●	保全処置の 計画と実施  ●
“振動” 低  ●	正常なオペレーションなら 予防活動はもはや 不要になる! ・ 検査不要 ・ 診断不要  ●	耐用時間 長 コスト節約が可能に! 保全準備  ●  ●





## 予知保全 – 生きているシステム

修正処置としての保全の実施で期待される寿命を改善



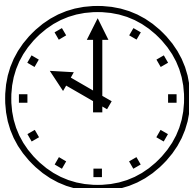


故障・ダメージパターンの根本原因解析  
ビッグデータ解析によるモデルの改善  
モデルの拡張



## 総合設備効率(Overall Equipment Effectiveness, OEE) の向上

計算式： OEE = Availability(稼働率) x Productivity(生産性) x Quality(品質)

$$\text{OEE} = \begin{array}{c} \text{稼働率} \\ \text{生産性} \\ \text{品質} \end{array}$$

OEE =  x  x 





## OEE: 稼働率の損失

想定外のダウンタイムの技術的要因別分類

$$\text{OEE} = \text{稼働率} \times \text{生産性} \times \text{品質}$$



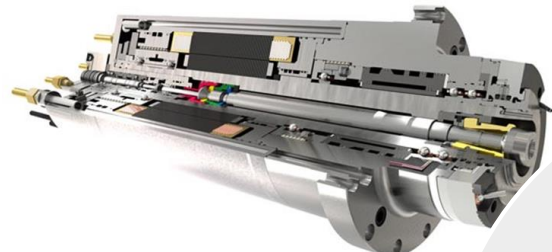
出典: IFW ハノーファー, WZL アーヘン, KIT カールスルーエ, VERSTAND リサーチプロジェクト, ドイツ

© DMG MORI CO., LTD.

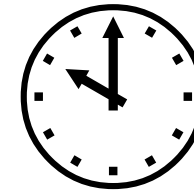
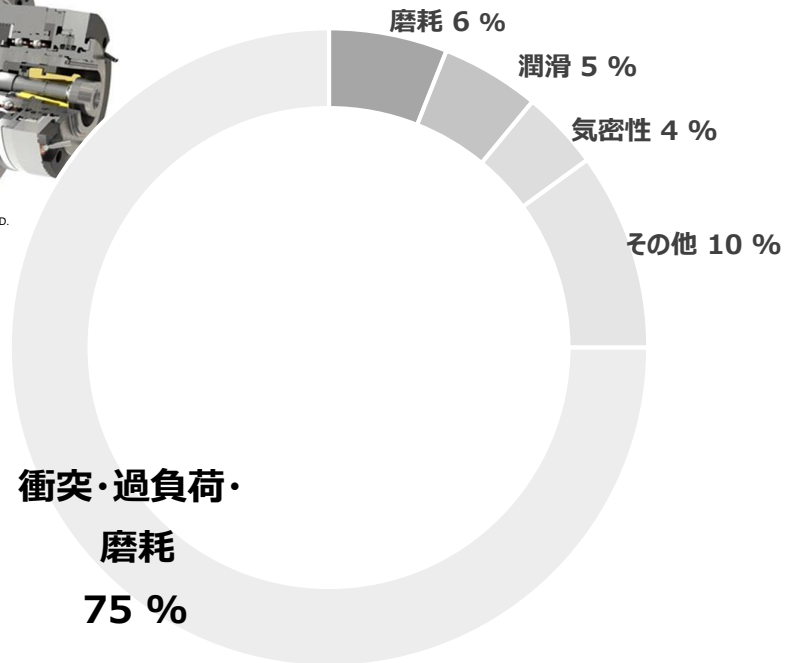


## OEE: 稼働率の損失ー 主軸スピンドルのサブシステム

### 主軸スピンドルの故障要因



© DMG MORI CO., LTD.



振動監視で実現できること

- スピンドル負荷の見える化
- 過負荷保護に対する保護措置
- 想定外のダウンタイムの回避
- 故障に付随して発生するコスト面等の損害を低減

出典: KIT / IWB / ifm, 2018



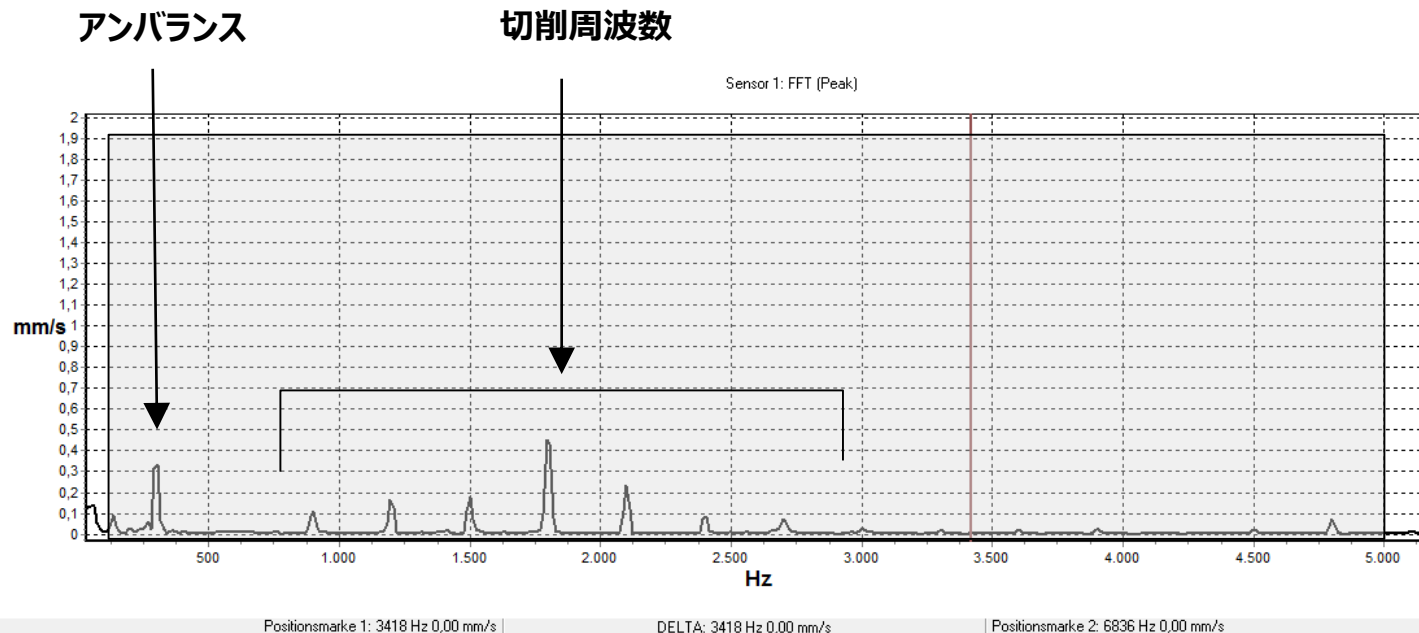
## 主軸スピンドルの監視: エラーメッセージ

エラーメッセージ	対策および警告スケジュール
振動値が高い	カウンタが負荷集合をドキュメント化; 高振動レンジ内の経過時間に応じて適宜で追加のアプリケーションをとる
衝撃値が高い	適宜でインシデントを文書化しプロセスに介入する ベアリング状態の制御(丁度車の窓ガラスへの石のヒットと同じ)
オペレーション中にアンバランスが大きい	ツールクランプの確認; 必要であればプロセスのパラメータを検証すること
リファレンスラン中 アンバランスが大きい	ベアリングの磨耗
ベアリングの状態不良(BPF) 異常高温	ベアリングの交換の準備 電氣的欠陥の確認、換気系や冷却系の検査
最大稼働時間を超過	リードタイムが長い場合はベアリングの交換準備を行いベアリングの動きが悪くなるまで待機 オペレーションが予定稼働寿命を超えている場合は ROIの計算により信頼性のある利益率を把握  稼働時間を評価する時に緑/黄/赤の負荷クラスについて考慮すること



## 振動全体の測定 (object v\_eff)

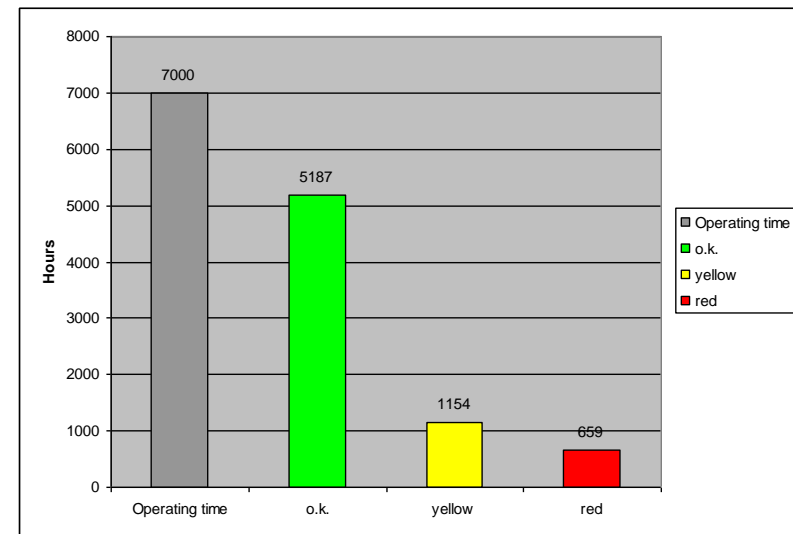
**振動影響度 (= 振動速度の実効値、v\_eff)** は  
10 ~ 5,000 Hz (単位: mm/s)の振幅すべての合計  
指標となるv\_effは材料疲労と相関  
カウンタが一定負荷下の経過稼働時間を示す





## 主軸スピンドルの疲労監視

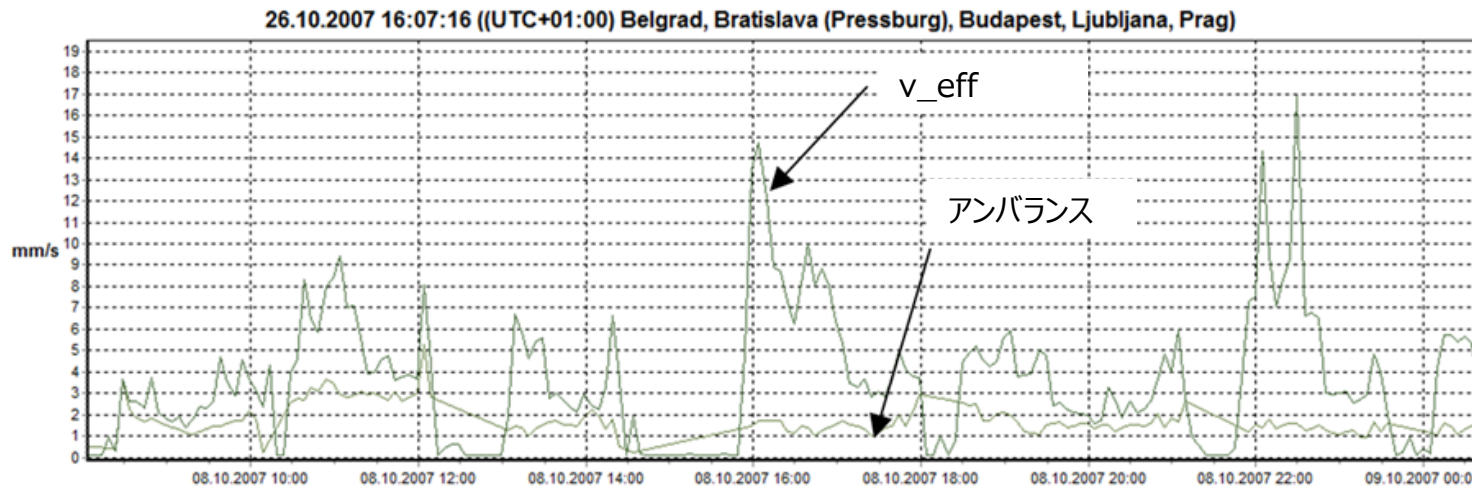
	加工時 標準スピンドル 600 ~ 28,000 rpm  単位 mm/s_rms 10~5000Hz	加工時 HSCスピンドル 28k ~ 40k rpm  単位 mm/s_rms 10~5000Hz
A	0 - 7	0 - 5
B		
C	7 - 17	5 - 8
D	17- 23	8 - 12
E	> 23	> 12



合計ランタイムのうち  
 黄 < 10%  
 赤 < 1%  
 のとき耐用期間100 %



## 主軸スピンドルの衝撃監視



### 内蔵データロガーの例 (VSE100):

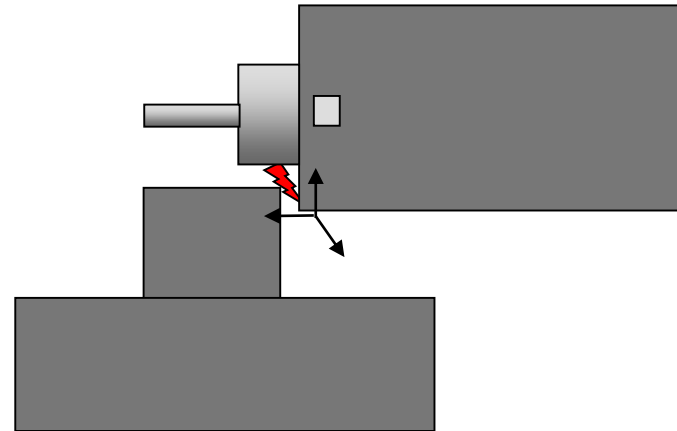
各種の加工で発生するマシニングセンターの振動全体の内訳でアンバランスおよびプロセス起因の振動のそれぞれの割合は異なったものになっている

=> 最適化の余地が存在



## 衝突監視: G-モニター (a\_peak)

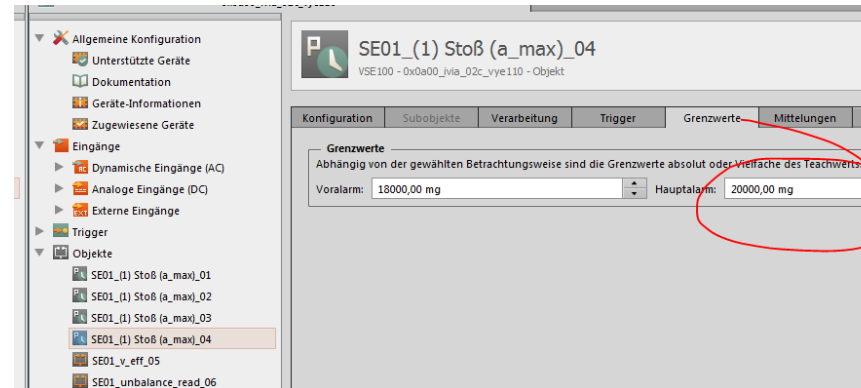
- 加速度衝撃による衝突監視 (a\_peak)
- 力と加速度の相関: ( $F = m \cdot a$ )
- 力の衝撃が物質中で3軸方向の空間へ伝播
- 測定時間: 1 ms; 警告はNC装置に高速出力で直接送信
- 各衝撃ごとに衝突の上限値をカウント
- 1回の衝撃でもハイブリッドベアリングが破壊する恐れ
- 石がガラス窓に当たった場合に類似
- 衝突発生後はベアリングを必ず確認すること!





## G-モニター (a\_peak)

加工時 標準スピンドル	加工時 HSCスピンドル	スピンドル停止
600 ~ 28,000 rpm	28 k~40 k rpm	
g_pk 10-1000 Hz	g_pk 10-1000Hz	
15	6	4
25	13	10

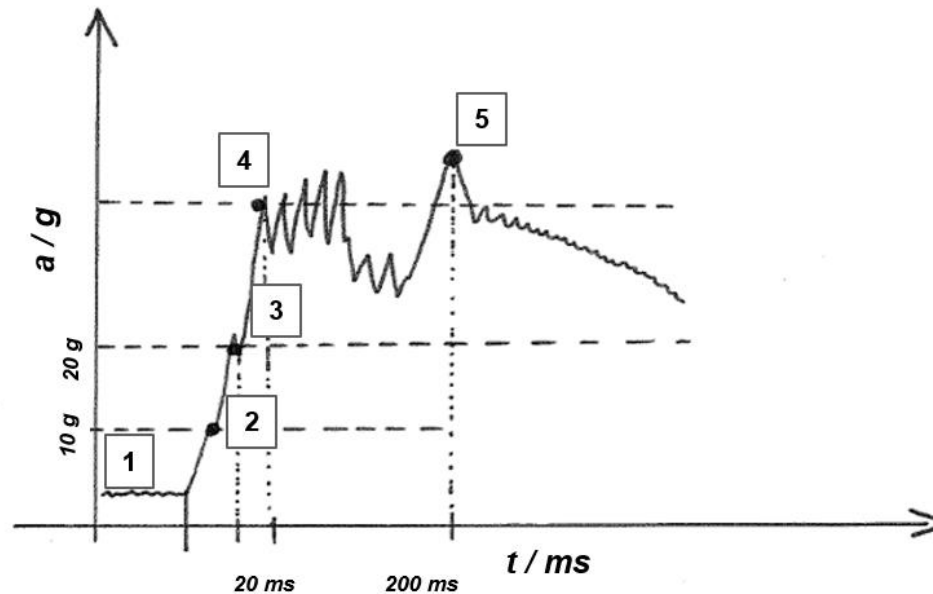


- 赤部分の閾値を超える衝撃:ベアリング破壊の恐れ
- 衝突後はリファレンスランによるベアリングの確認で安全対策をとる
- 即座に対応することでその後の間接被害からマシンを保護





## マシンの保護- 1000分の1秒でコストを節約



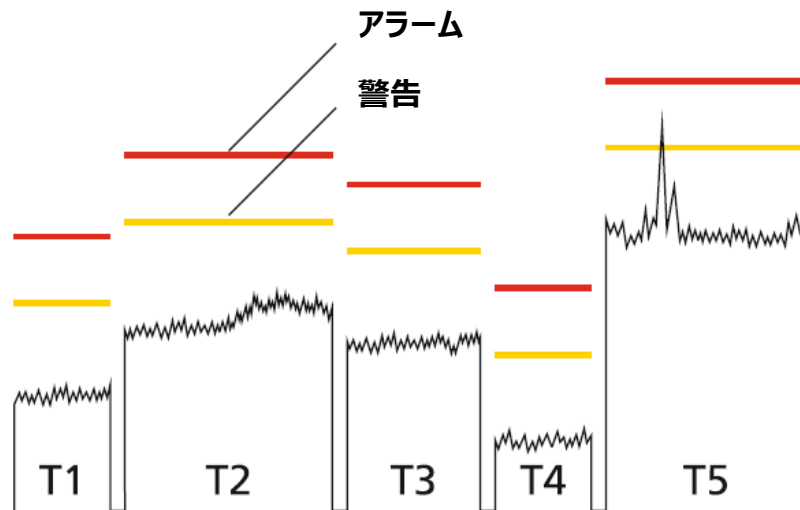
出典: wikimedia.org

- 1: 中断のない急速送り
- 2: プロセス起因の停止の閾値(材質、ツール、切削のパラメータに依存)
- 3: スピンドルに関係した停止の閾値(ベアリングとツールの保護)
- 4: ツール/ワーク破壊;ベアリング損傷の恐れ
- 5: 送りドライブの過負荷およびモーター電流の遮断



## プロセス品質

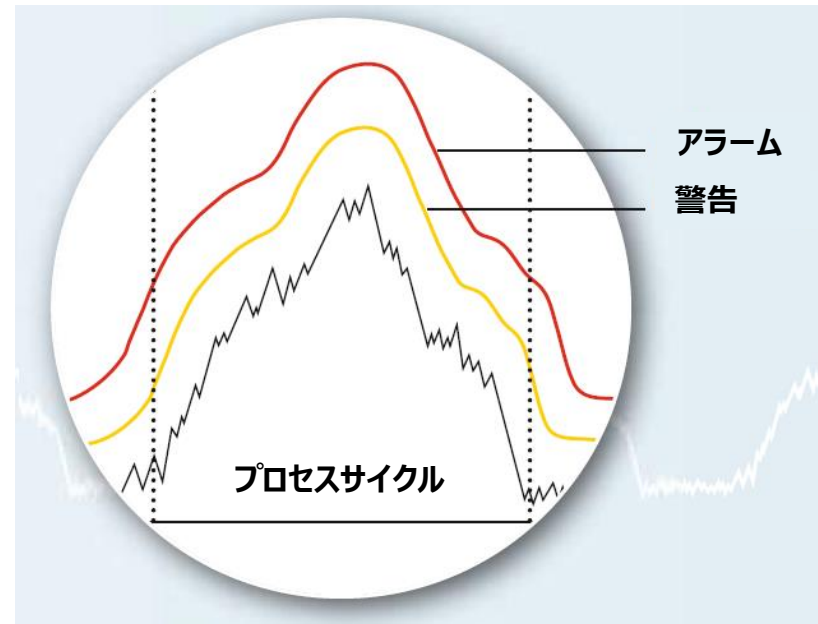
ツールに関わる  
リミット値(g-monitor)



稼働率 生産性 品質

$$OEE = \text{稼働率} \times \text{生産性} \times \text{品質}$$

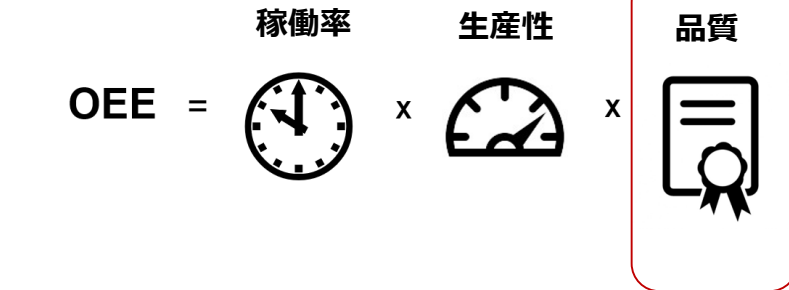
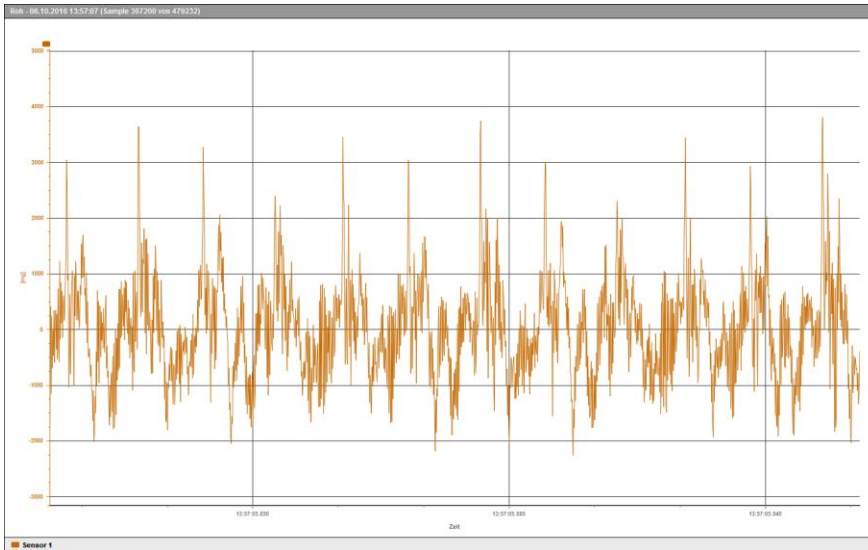
プロセスに関わるリミット値  
(g-monitor)



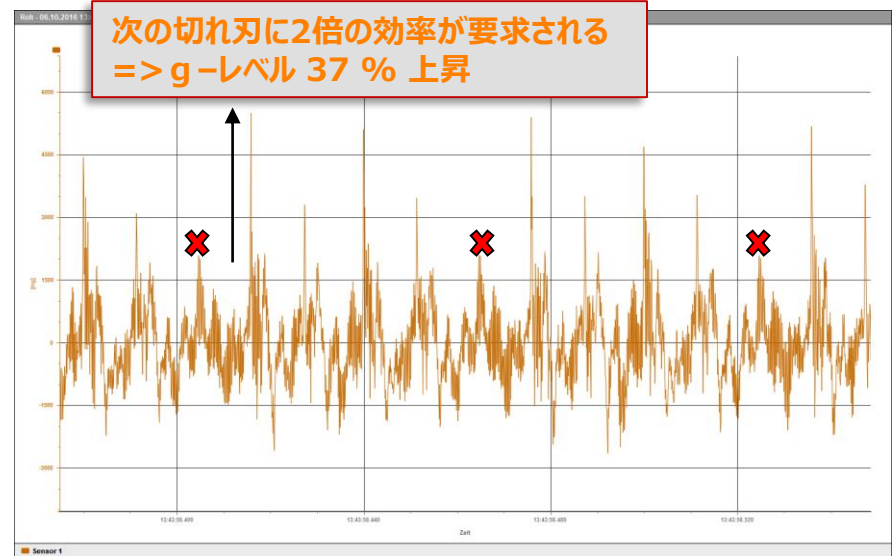


## ツール品質

5枚刃フライスカッター  
ツールOK

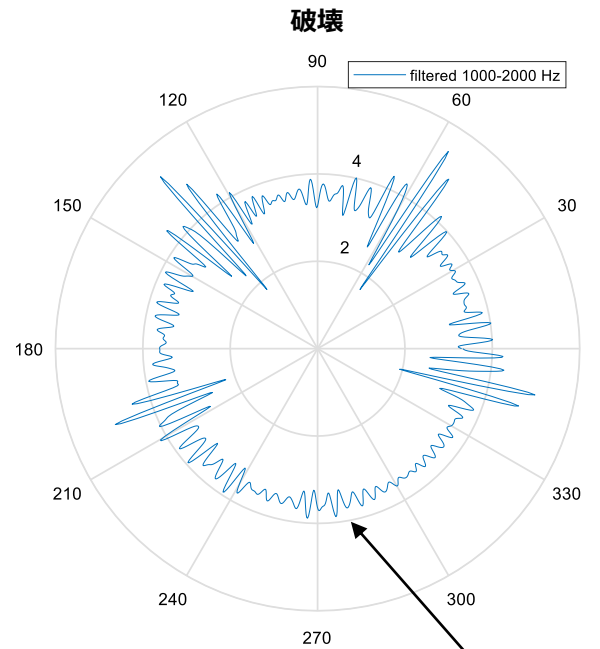


5枚刃フライスカッター  
切れ刃のうち1枚が磨耗





## ツール品質

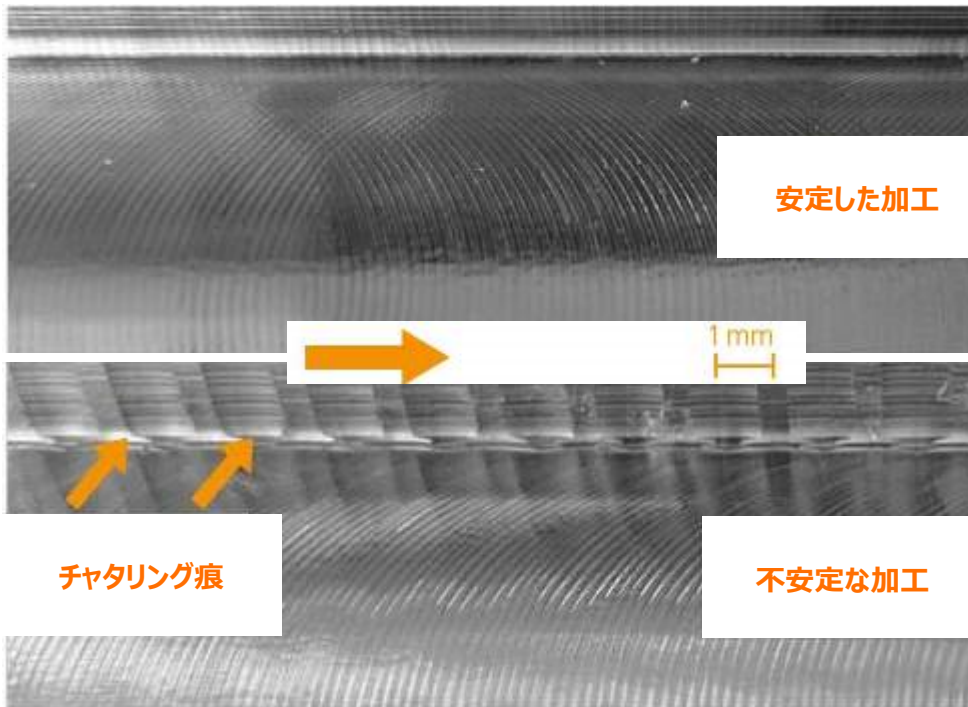


**1サイクルの  
加速度生信号**

切削しない#5の切れ刃



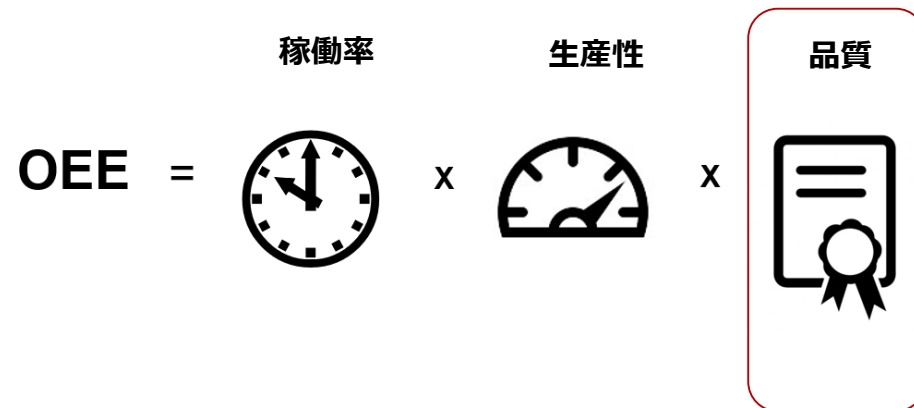
## 表面品質 – チャタリング振動





## プロセス品質 - まとめ

- ツール品質
- ツールバランス
- ツール損傷の防止
- チャタリング検出(品質)





## OEE: 稼働率の損失

想定外のダウンタイムの技術的要因別分類

$$\text{OEE} = \text{稼働率} \times \text{生産性} \times \text{品質}$$



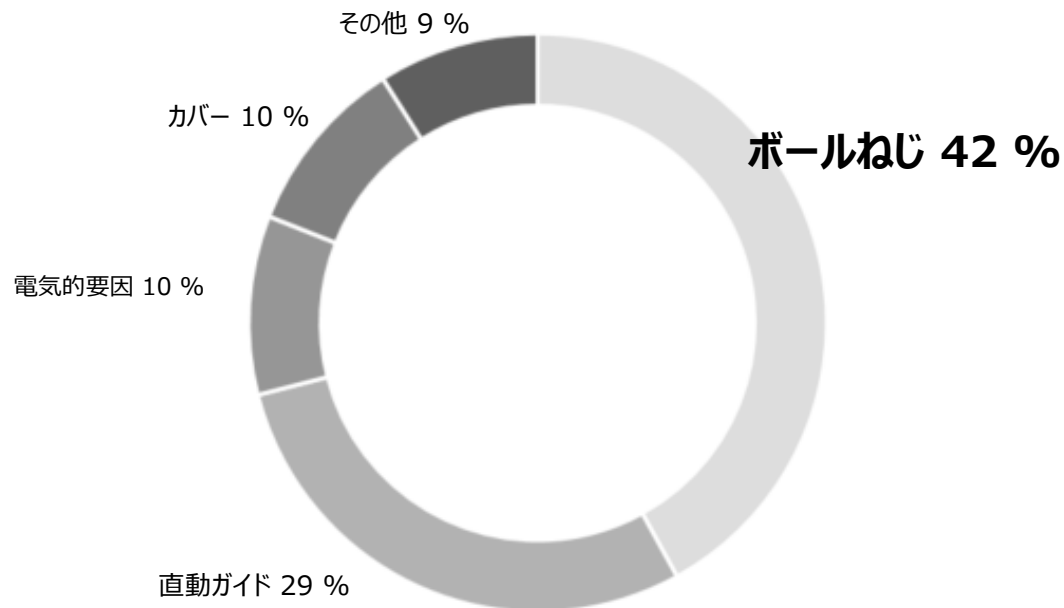
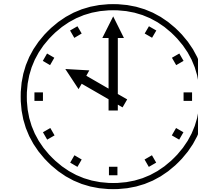
出典: IFW ハノーファー, WZL アーヘン,  
KIT カールスルーエ, VERSTAND リサーチ  
プロジェクト, ドイツ

© DMG MORI CO., LTD.



## OEE: 稼働率の損失 – 送り軸のサブシステム

### 送り軸の故障要因



送り軸の故障の主要因は  
予圧損失

- 振動監視により実現できること
- 想定外のダウンタイムの回避
  - 予知保全へのアプローチ

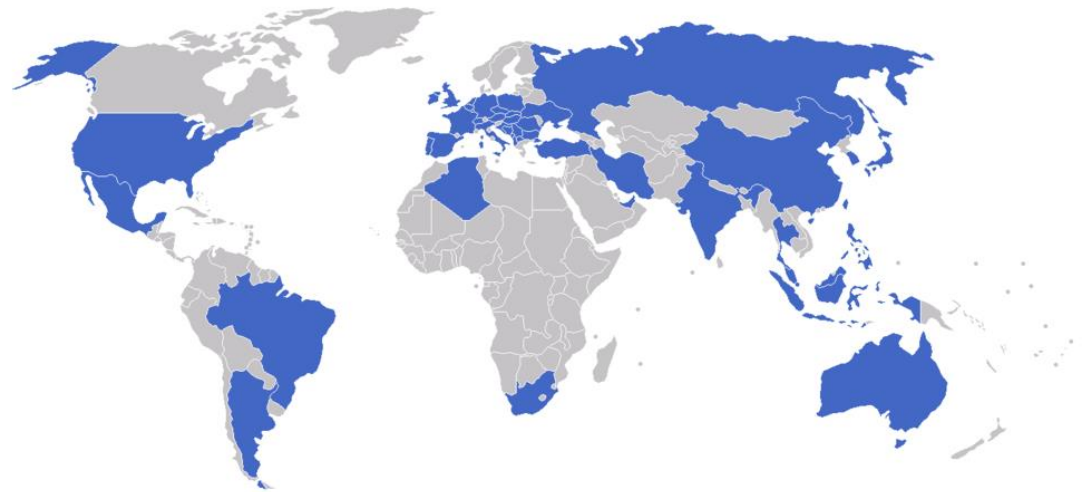
出典: KIT / IWB / ifm, 2018





## 参考事例とケーススタディのご紹介 ZF, ドイツ – ギアボックスメーカー

- 青: ZF Friedrichshafenのグローバル拠点
- 工作機械向けアプリケーションでコスト削減
  - 製造
  - メンテナンス



出典: [https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:ZF\\_Friedrichshafen?uselang=de](https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:ZF_Friedrichshafen?uselang=de)



## 製造におけるコスト削減額- 例 1

### マシン診断を導入したことによるコスト削減額

簡単な故障検知を実現するためのコスト **¥77,220 \***  
 状態監視を行わない場合はアラームメッセージが出てからマシンを診断するため  
 製造中断は不可避

警告メッセージ/年 1.50  
 状態監視を使用せず診断に要する時間 3.00 h  
 状態監視でオンライン診断に要する時間(マシンの停止なし) 0.00 h  
 時間当たりマシンコスト ¥17,160

判断ミス予防のためのコスト **¥278,850**  
 誤診断によりマシンのダウンタイムが伸びる

判断ミス件数/年 0.25  
 緊急メンテナンスに要する時間 65.00 h  
 時間当たりマシンコスト ¥17,160

\*ユーロ(€)換算; 参考為替レート: 1ユーロ=132円



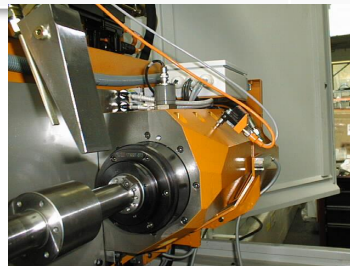


## 製造におけるコスト削減- 例 2

### 警告に基づいてオーガナイズされたメンテナンスの実施によるコスト削減額

緊急メンテナンスと定期メンテナンスのコスト差額	¥350,064 *
緊急メンテナンスでは待機や交換部品の調達にかなりの時間を要する 定期的に実施した場合は一定の時間しかかからない	
緊急メンテナンスに要する時間	65.00 h
オーガナイズされたメンテナンスに要する時間	14.00 h
故障/年	0.40
時間当たりマシンコスト	¥17,160

\*ユーロ(€)換算  
参考為替レート: 1ユーロ=132円



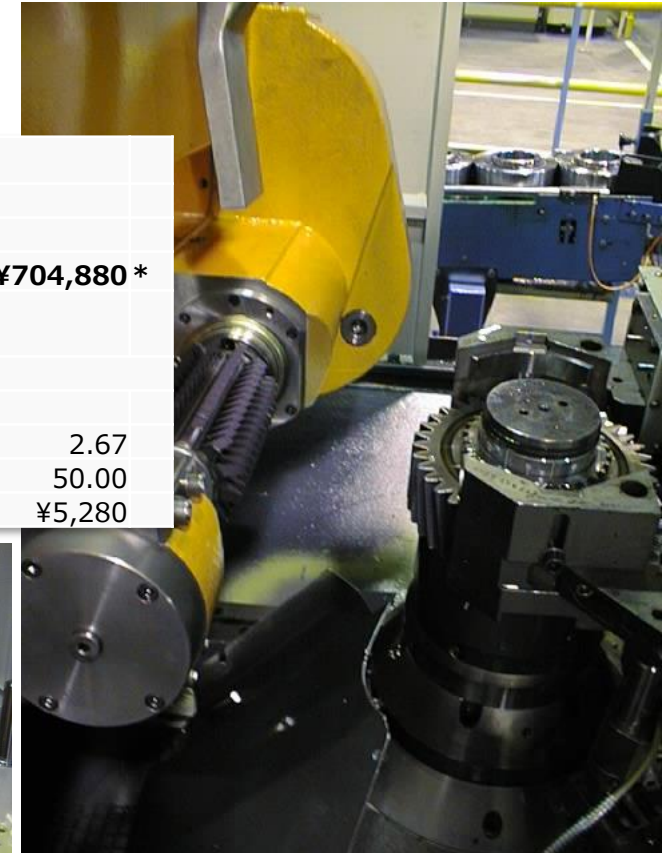
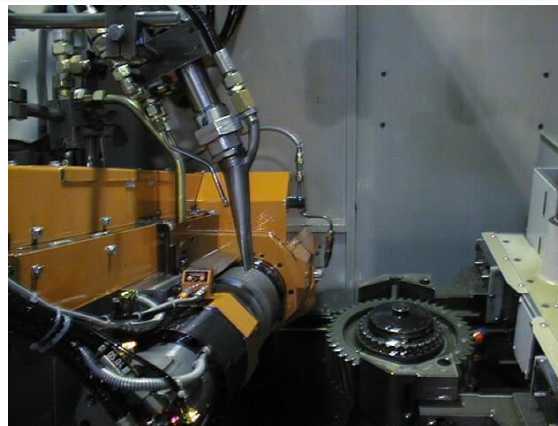


## 製造におけるコスト削減額- 例 3

### 予知保全活動の実施によるコスト削減額 (品質面)

NG品予防コスト	¥704,880 *
状態監視を行わない場合は製造部品の品質が劣化し始めてからしかスピンドル不良がわからない 状態監視ではNG品を出さずに交換が可能	
故障 + 警告メッセージ件数 / 年 (品質起因)	2.67
X個毎の品質検査	50.00
ブランクあたり単品コスト	¥5,280

\*ユーロ(€)換算  
参考為替レート: 1ユーロ=132円





## メンテナンスにおけるコスト削減額- 例 1

マシン診断を導入したことによるコスト削減額	
<b>故障検知を実現するためのコスト</b>	<b>¥51,728 *</b>
状態監視を行わない場合はCMMS*で受領したスピンドル不良のメッセージ検証を現場で実施する必要	
<b>状態監視は格段に早くて確実な診断方法</b>	
*CMMS: Computerized Maintenance Management System, 設備保全管理システム	
警告メッセージ/年	1.50
状態監視を実施しない診断に要する時間	3.00 h
状態監視に要する時間	0.25 h
ベテランエンジニア時給換算の person cost	¥12,540
<b>判断ミス予防のためのコスト</b>	<b>¥165,000</b>
スピンドルの状態の誤判断により分解やメンテナンスへの送付の手間が発生	
<b>状態監視を行ってれば誤判断は起こり得ない</b>	
<b>判断ミス/年</b>	<b>0.25</b>
スピンドルのメンテナンス(故障なし)	<b>¥660,000</b>

\*ユーロ(€)換算; 参考為替レート: 1ユーロ=132円



## メンテナンスにおけるコスト削減額- 例 2

警告に基づいてオーガナイズされたメンテナンスの実施によるコスト削減額	
交換コスト見込額	¥76,745 *
不定期的なメンテナンスでは故障の修理に作業者が忙殺される	
状態監視を実施しない緊急メンテナンスに要する時間	65.00 h
状態監視で定期メンテナンスに要する時間	14.00 h
故障/年	0.40
ベテランエンジニア時給換算の person cost (30%)	¥3,762

\*ユーロ(€)換算; 参考為替レート: 1ユーロ=132円



## メンテナンスにおけるコスト削減額- 例 3

予知保全活動の実施によるコスト削減額	
継続的な不良、磨耗、取扱ミス予防に要するコスト 不良を放置した結果さらに損害が発生	¥84,480 *
二次的損害	10.00 %
保全に要するコスト	¥2,112,000
故障/年	0.40
長寿命化した分のメリット(コスト) 損害防止ができた分だけ部品寿命が延長される	¥132,000
ライフサイクルの伸び率	5.00 %
新品スピンドルの価格	¥2,640,000

\*ユーロ(€)換算; 参考為替レート: 1ユーロ=132円

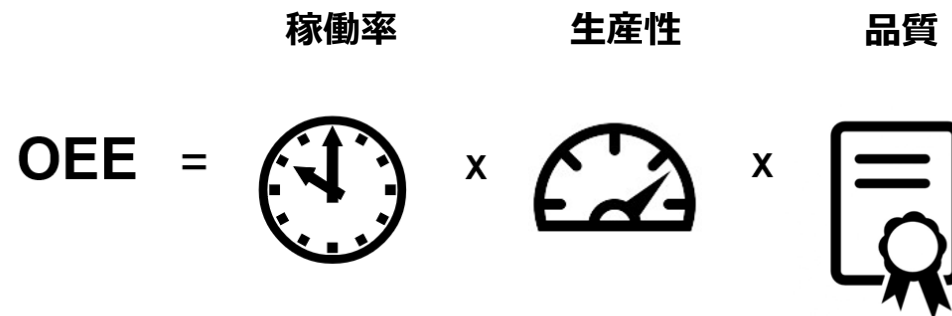




## まとめ: 主軸スピンドル1本あたりのコスト削減額

スピンドル1本あたりのコスト削減額(稼働時間 24時~7時)/年*	
製造におけるコスト削減額/年	¥1,411,014
保全におけるコスト削減額/年	¥425,436
コスト削減総額/年	¥1,836,487

\*ユーロ(€)換算; 参考為替レート: 1ユーロ=132円







## Mr. Carlo Di Nicola FCA / CNHプロジェクト担当

Mr. Carlo Di Nicola (ifmシステムセールスエンジニア、イタリア)  
FCAグループのRTMシステムのグローバルコーディネーターとして  
WCMストラテジー(カイゼン活動)実施に取り組んでおります。

実績:

- 現在世界中の30ヶ所以上のFCAおよびCNHの工場に  
当社のシステムを提供中
- つまり当社は**50台以上もの工作機械の状態監視を  
オンラインで展開しています!**





## ご参考

### フィアット・クライスラー・オートモービルズ(FCA)における当社システムの提供先:

- FCA イタリア
- CNH イタリア
  
- FCA 米国
- CNH 米国
  
- FCA ブラジル
- CNH ブラジル
  
- FCA セルビア
  
- CNH フランス





## 加工中の過剰振動によるマシニングセンタ異常のフラッシュアラートが発生したルノー工場の事例

2018年9月20日

エラー発生: V\_RMSがmm/s あたり  
10 – 5000Hz → スピンドルの磨耗

- 1) Smartobserverの振動レベル
- 2) Diziview(SCADA software)のエラー内容
- 3) Smartobserverへのリンク
- 4) 情報

警告の目的:

- スピンドル寿命の向上
- 物理的負荷の確認
- 振動要因の決定
- 振動の低減
- 結果の測定

### FLASH ALERTE vibratoire – 3073

PU110.1

@laurent.l.boudet@renault.com

20-09-2018

Anomalie : V\_RMS 10 – 5000hz en mm/s => état usure broche

1. Niveau vibratoire avec le Smart observer
2. Détails avec le Diziview
3. Lien d'accès au Smart observer
4. Informations

#### OBJECTIFS DE L'ALERTE

- Augmenter la durée de vie de la broche
- Regarder l'impacte physique
- Déterminer la cause de la vibration
- Faire baisser la vibration
- Mesurer le résultat

#### Informations + Actions + Vérifications résultats :

1. identifier l'outil concerné => P0114 usinage trou de perceur => 25-09-2018
2. Action prévue => Rigidifier le mandrin de l'outil P0114 => SM39 à 40
3. Action prévue => Modifier le cycle d'usinage idem 4154 ?

結果に対する情報 + 処置 + 検証:

- 1) 問題のツールの特定 -> P0114 ドリル穴加工 -> 2018年9月25日
- 2) 期待される処置 -> P0114 ツールのマンドレルの強化 -> SM39から40
- 3) 期待される処置 -> ミリングサイクルを4154の通り変更?

LANGÉONS DE VIE  
S L'AUTOMOBILE



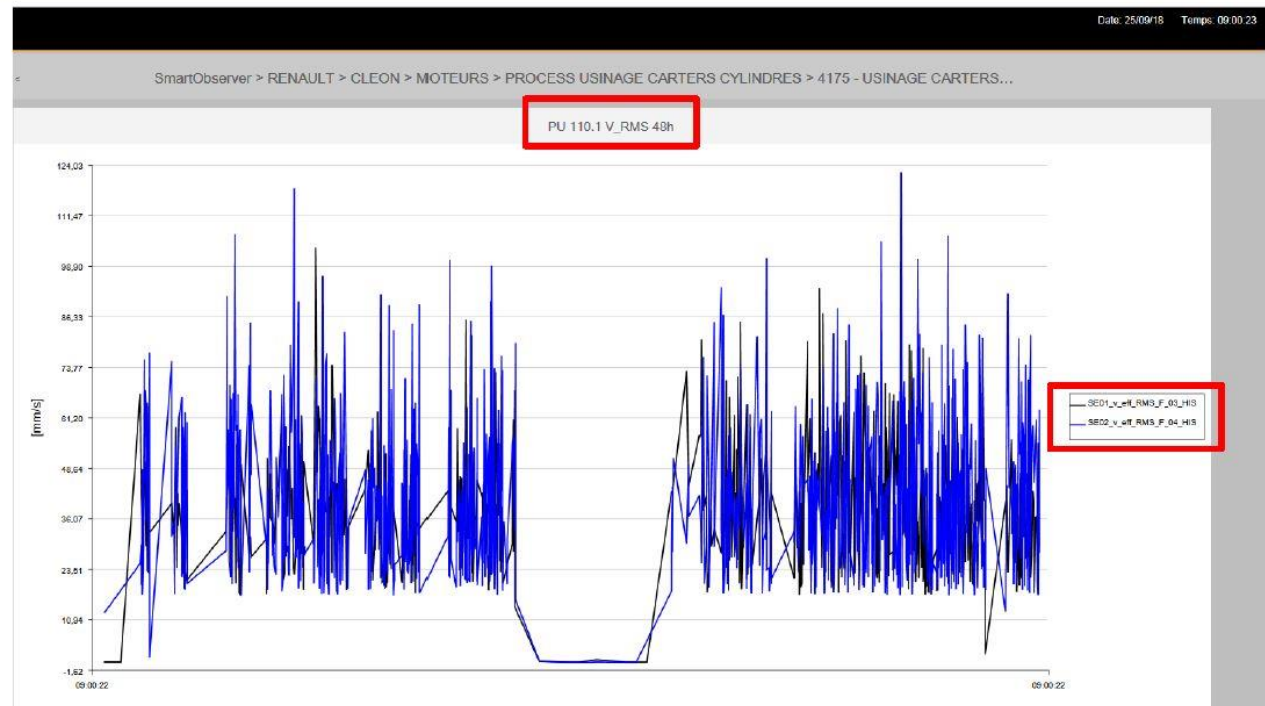


## ルノーの事例: SMARTOBSERVERによる振動レベル測定

### 1 - Niveau vibratoire avec le Smart observer

24-09-2018

- ifm製 SMARTOBSERVERによる監視でRMS値の異常な高さが判明
- スピンドルへの過度の負荷を警告
- 加工状態の不良



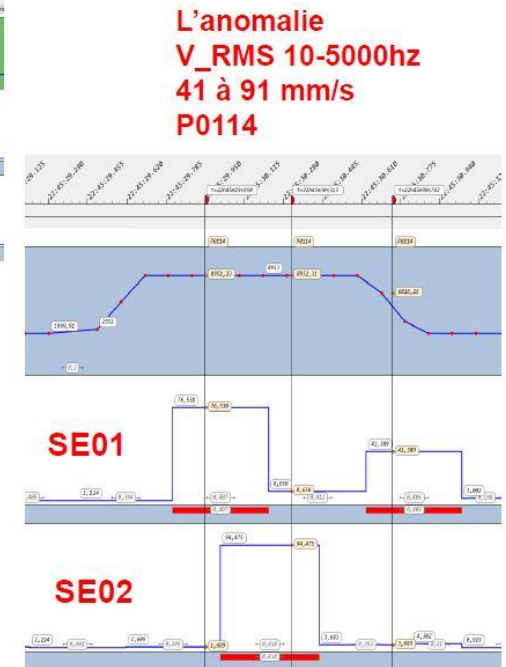
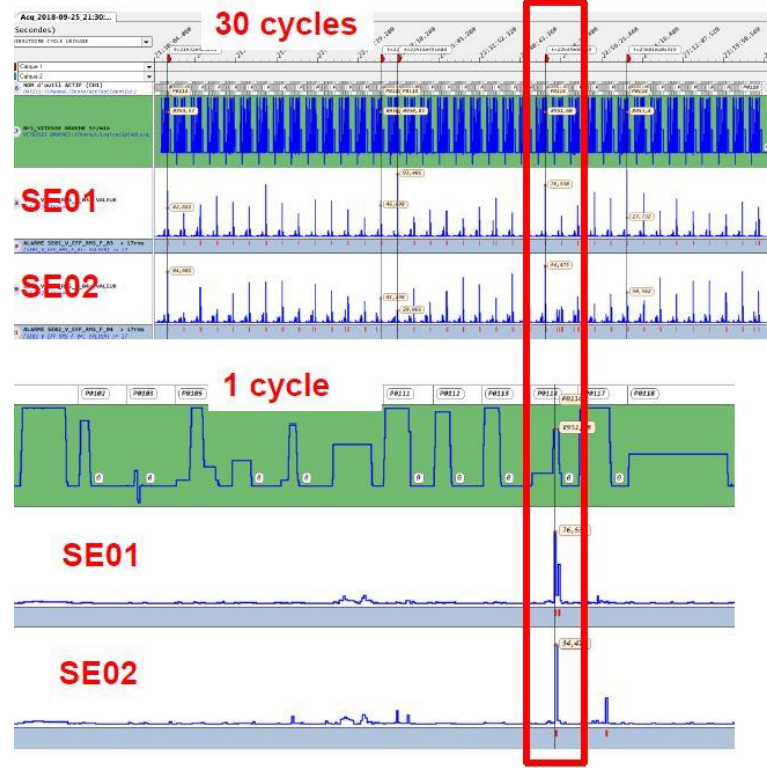


## ルノーの事例: 2.2 Diziview(SCADA software)の内容

### 2.2 - Détails avec le Diziview

25-09-2018

- 分析内容から問題の振動が各サイクル毎に1回発生していると判明
- 使用中の全ツールで常に同じツールから問題の振動が発生





## ルノーの事例: 4.1 ツールについて

### 4,1 – informations outil

24-09-2018

- 不良が発生した当該ツール
- ツールの予定寿命: 32,000 個
- ツールは1ヶ月で4回破損
- 分析からルノーは是正処置を実施予定



DEPARTEMENT  
MAINTENANCE

04-09-2018

PROPRIETE RENAULT

7







## 工作機械の制御盤内に設置したVSE1xx

電子制御盤内に  
ifmの診断増幅器  
**VSE1xx**を設置して  
**Ethernet**に接続

加速度センサーを  
スピンドルに設置





## JIMTOF 2018

ご清聴ありがとうございました!

