

# 工作機械におけるIoTの現状と将来

# アジェンダ

---

- 工作機械産業の課題
- ロボット革命イニシアティブ協議会
- 繋がる工作機械
- センシング技術

# 工作機械産業の課題

---

- 成長は海外市場に依存する
- 業界再編の進行が遅い、大中小メーカーが各国に乱立
- アジア、欧州メーカーとの競合
  - 差別化の実現
- 長期間・長時間に渡るメンテナンスサポート
  - 即時対応の必要性
  - 自動車メーカー並みの品質確保
- 制御装置は大手メーカーがほぼ独占
- IoT, AIなどIT関係の開発重要性の増大
  - USA, EUが先行してIoTの利用推進
  - 人員の確保、開発費の増大
- IoTは差別化を図る最大のツールになる可能性あり

# 世界の工作機械需要推移

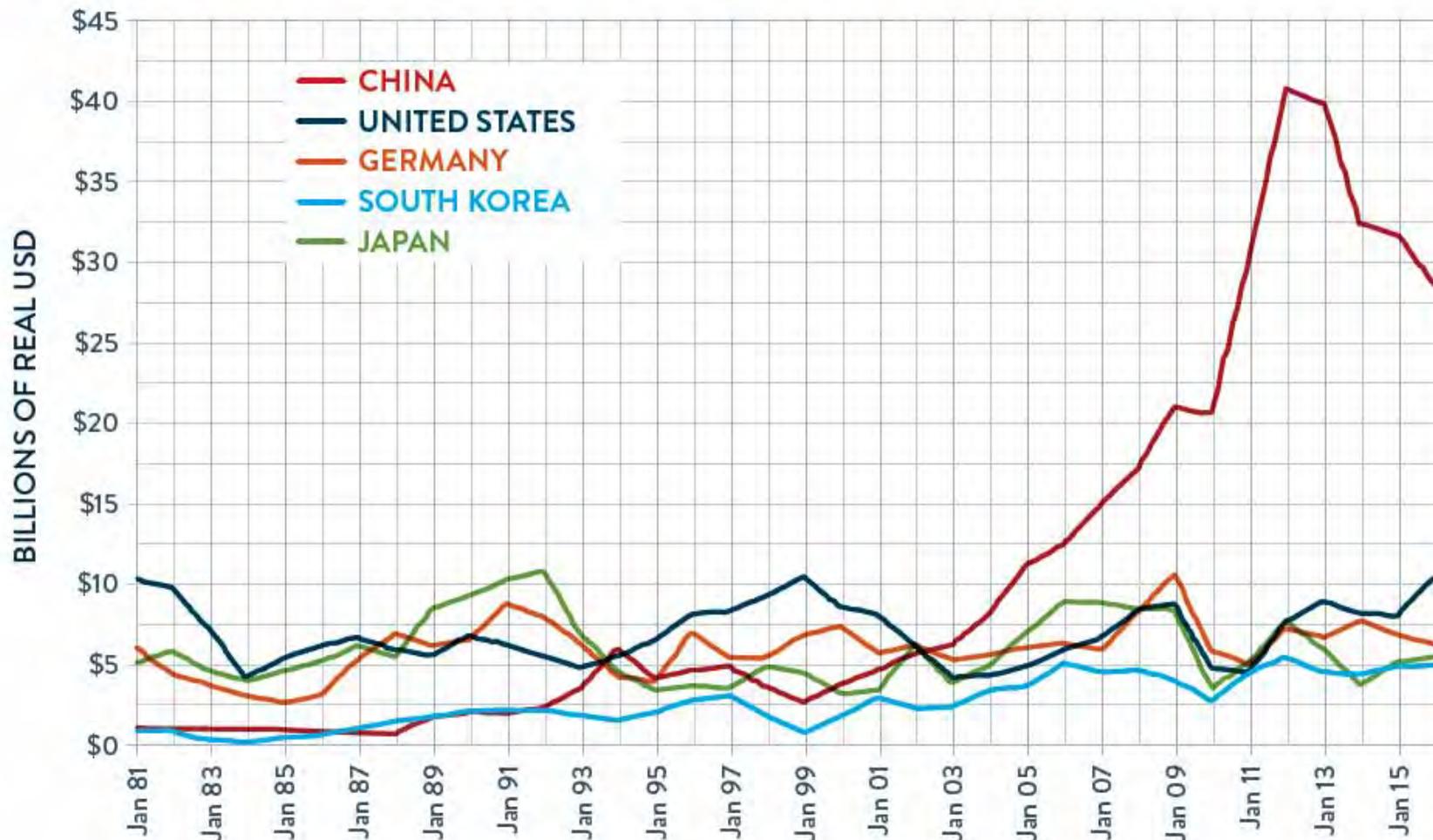
## WORLD MACHINE TOOL PRODUCTION & CONSUMPTION



2015 World machine tool output and survey Gardner research

# 国別の工作機械需要推移

## MACHINE TOOL CONSUMPTION – TOP 5 COUNTRIES



---

# スマートマニュファクチュアリングの実践

～工作機械を核とする加工プロセスの生産性向上～

ロボット革命イニシアティブ協議会  
IoTによる製造ビジネス変革WG  
産業機械サブ幹事会

平成28年4月

# 1. スマートマニュファクチュアリングの実践とは

- 工作機械ユーザーが加工プロセスの生産性を向上する上で、機械から取得できる情報を活用することが効果的。
- 「スマートマニュファクチュアリング」の導入、実践によって、生産現場における全体最適化が実現できる。この点、大企業のみならず、中堅・中小企業においても同様である。
- 工作機械メーカーは、機械の提供のみならず、機械から取得される情報を活かし、生産性向上に寄与する「マニュファクチュアリングサービスプロバイダー」を目指す。

## スマートマニュファクチュアリングの定義

- 工場内にある機械の生産技術データを一元的に管理・集約、情報処理することにより、機械の加工効率の改善、予知保全、現場のカイゼン等のために有用なデータとして、生産管理を司るERP、MES等の上位システムに提供される仕組みが構築されていること。
- 情報処理された生産技術データを機械にフィードバックさせることにより、プロセスごとの部分最適を人が積み上げていくという従来の取組を超えて、人を介さずともライン全体が最適化される仕組みが構築されていること。
- 生産技術であるエンジニアリングチェーンと生産管理であるサプライチェーン(生産管理)の全体を可視化し、統合的に管理することにより、現場をサイバーフィジカルなシステムとして捉え、その全体最適につながるカイゼンを達成できる仕組みが構築されていること。

# 活動の内容

- 情報モデル化（遠隔保守・予防保全）

新たな技術導入に伴う全体のネットワーク構成、セキュリティ対策を含め、工作機械メーカーのサービス展開・拡張を図るため、共通項を抽出しながら、遠隔保守、予知保全サービスの情報モデル化を実施。

- サービス展開のためのガイドライン（インターフェース整備）

遠隔保守、予知保全サービスの展開に向けて、工作機械の基本的な「状態」を定義。また、定義された各種「状態」を示す、様々なデータを取得するためのインターフェースを整理・提案。

- サービス展開のためのガイドライン（情報セキュリティ）

機械をネットワークにつなぐ方式を「単独機器接続方式」、「VPNによる簡易な接続方式」、「構内LAN方式」の類型に区別し、それぞれのリスクに応じ、情報セキュリティ対策を講じることが効果的。いずれの方式においても、ユーザー・プロバイダ双方で必要な情報管理体制を構築。

- サービス展開のためのガイドライン（アクセスコントロール）

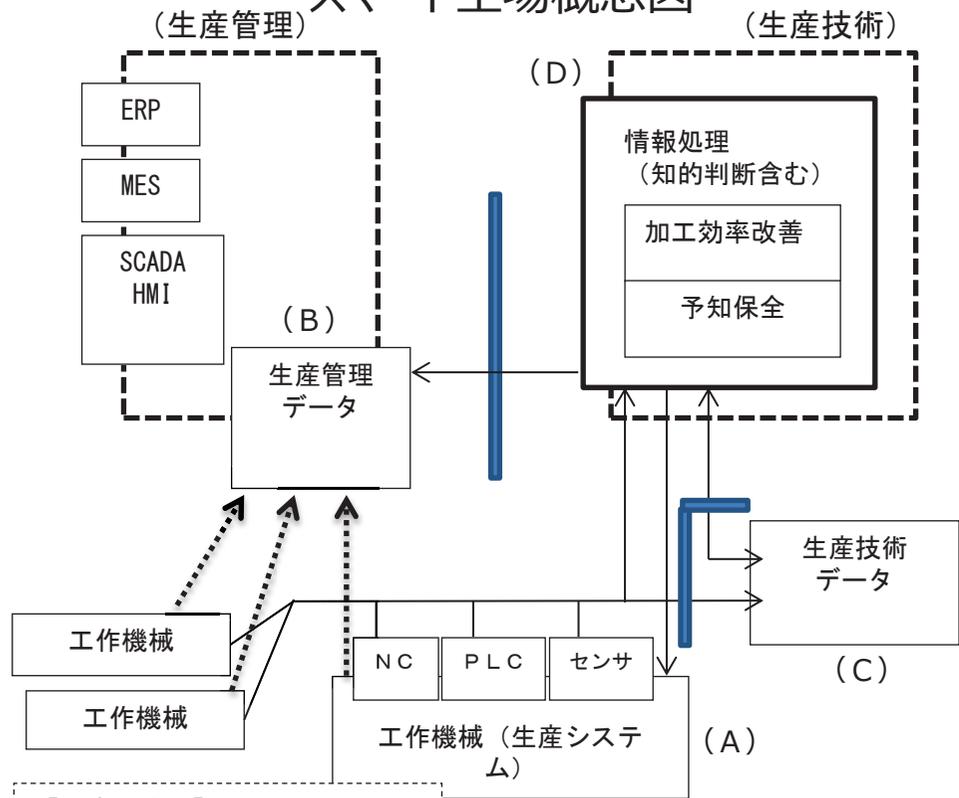
ネットワークとデジタルを活用した新しいサービスの展開には、デジタルデータの取扱いに関する信頼関係の構築が鍵。

デジタルデータの利用や管理方法に関する基本的考え方について、ユーザー、プロバイダー間で、共通認識を持つことが有効であるため、アクセスコントロールという観点から、共通指針を整理。

# スマート工場の提案及び今後の取り組み

- 現場のカイゼン力を高めることを目的として、サイバーフィジカルなスマート工場を実現。人に大きく依存した部分最適中心の生産効率向上策にとどまらず、ネットワーク化・デジタル化による全体最適を標榜。（スマートマニュファクチュアリングの実践）
- このようなスマートマニュファクチュアリング実現のためには、目的に適合したデータ流通の構造と、それを具現化するインターフェースの共通化が鍵。

## スマート工場概念図



### 【従来の手法】

これまでのサービスは、稼働状況を示す情報の一部が、それぞれの工作機械から直接、生産管理データに集約される。

- サイバーフィジカルなカイゼン現場の実現
- 日本の強みを活かす創発型インフラの提供

## 共通化すべきインターフェース

### ■ (A)と(C)、(D)との間のインターフェース

- 工作機械の状態信号  
(初期、加工準備、加工、アラーム、通信切断等)
- 工作機械の加工状態  
(加工プログラム、加工モード、加工開始、停止)
- 工作機械の運動状態(位置、速度、加速度等)
- 工作機械の主軸・送りモータの状態  
(位置、速度、加速度、トルク、温度等)
- 工作機械のアラーム状態(アラーム種類、関連する情報)
- 工作機械の機械状態(稼働管理、予知保全に必要な状態)
- センサーからの情報

### ■ (D)と(B)の間のインターフェース

- 加工セルの機械の稼働状況  
(初期、加工準備、加工、アラーム、通信切断等)
- 加工セルの機械の加工状況  
(加工部品種類、加工数、加工時間、停止時間等)
- 加工セルの機械の消費電力
- 加工セルの機械のアラーム状態とその推定原因
- 加工セルの機械のワーニング状態と予知保全対象部品
- 加工セルの部品の品質に関する情報(精度、面品位等)

---

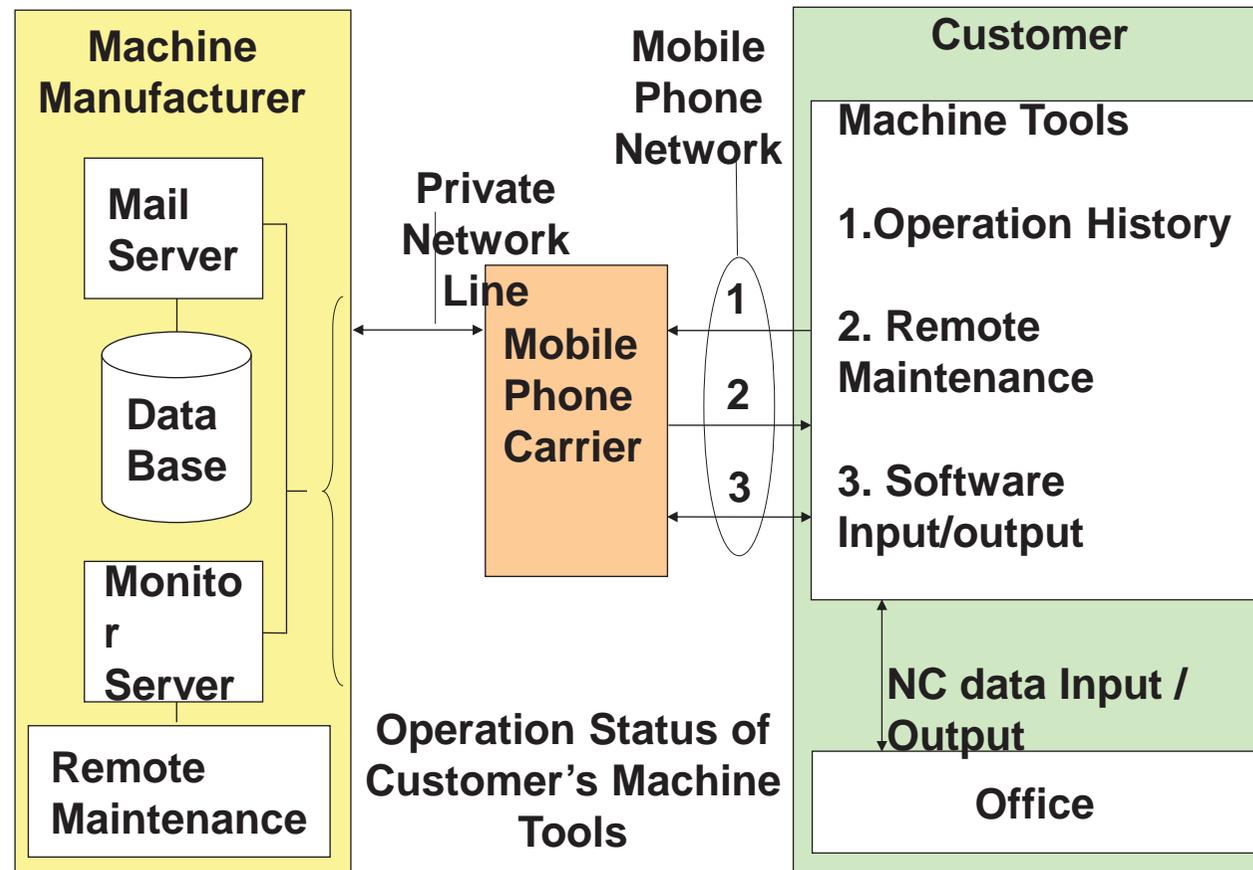
# 繋がる工作機械

# 現在の遠隔監視、保守システム

ネットワーク: 携帯電話網を使用 Mobile phone network

課題: 通信費用と通信速度。Problems: Communication speed and fee

要求事項: 高速でセキュアなネットワーク網 Requirements: High speed and secure network for industrial equipment



# これまでの取り組み

- 携帯回線を利用した遠隔保守・機械稼働監視サービス

Solution 2:  
 < MORI-NET Global Edition Advanceの簡易版 >  
 携帯電話回線を使った、シンプルな遠隔保守サービス

遠隔保守・機械稼働監視サービス **MORI-NET Global Edition** 5年間無償\*(MAPPS搭載機)  
 携帯電話回線とインターネットを使った、DMG MORIサービスセンターによる遠隔保守サービスと、お客様ご自身でも機械を監視できる、カスタマーサポートサービスです。

**ネットワーク図**

お客様 <工場、オフィス>      外出先 <パソコン、携帯電話>      DMG MORI <サービスセンター>

● 特長

- ✓ アプリケーションが5年間無償\*
- ✓ DMG MORIサービスセンターによる安心の遠隔保守サービス
- ✓ 携帯電話回線を使うため、ネットワーク配線不要
- ✓ お客様でのサーバ設置が不要で導入コスト削減を実現
- ✓ インターネットを使った稼働情報の閲覧

● お客様でご準備いただくもの

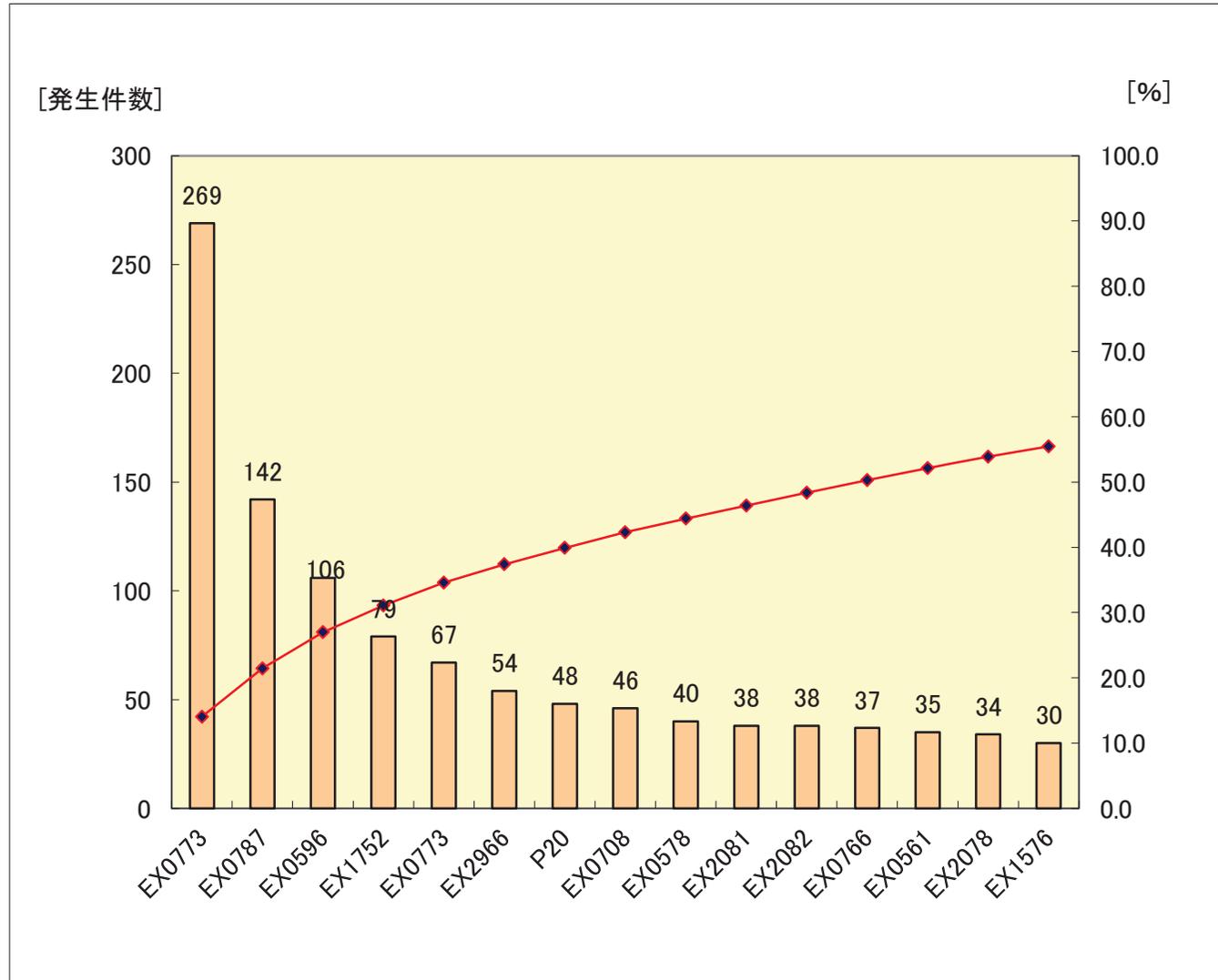
- ・ インターネット回線 (機械稼働情報を確認する場合)
- ・ パソコン
- ・ Microsoft® Excel 2000以上 (レポートを受信する場合)  
<詳しくはP.8をご覧ください>

● ECOLINEシリーズではご利用いただけません。

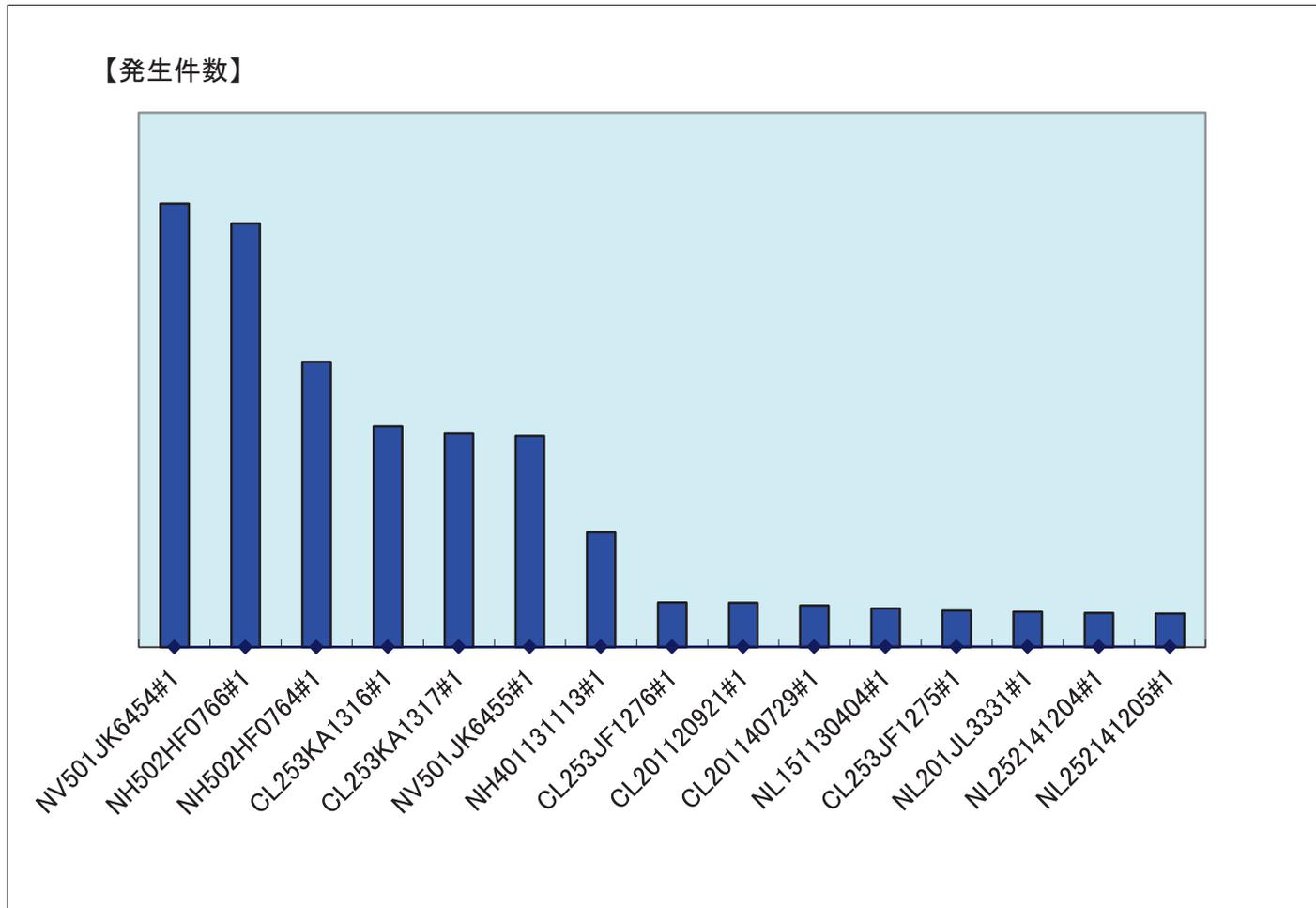
\* 納入日から5年間は無償でご利用いただけます。6年目以降の継続をご希望のお客様につきましては、有償にてご利用いただけます。詳しくは、弊社の担当窓口までお問い合わせください。

- 2004年にリリース
- サーバ機能をDMG MORIで提供
- MAPPSを搭載したすべての機械に提供(日本国内)
- 現在、6,000台以上が稼働中

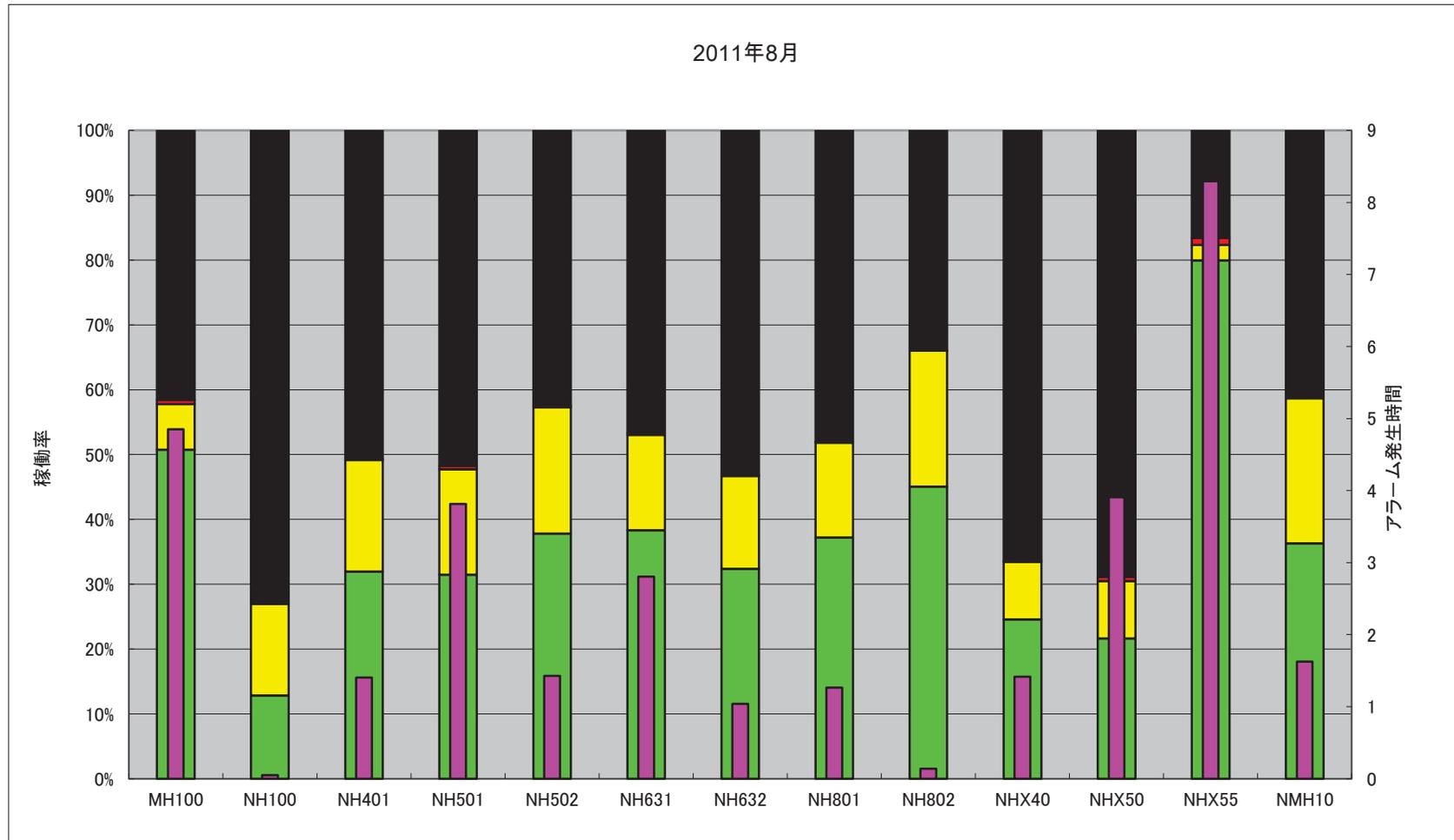
# 機種別アラーム分析



# アラーム多発ユーザー



# 機種別稼働状況



# サービスエージェント(消耗保守部品のサポート)



Service agent

製品コード	指定先	数量
W12029	ラインフィルタ	1
W12030	ファルタエレメント(ケース用の○リシ...	1



- Regularly maintenance instruction
- Maintenance parts display

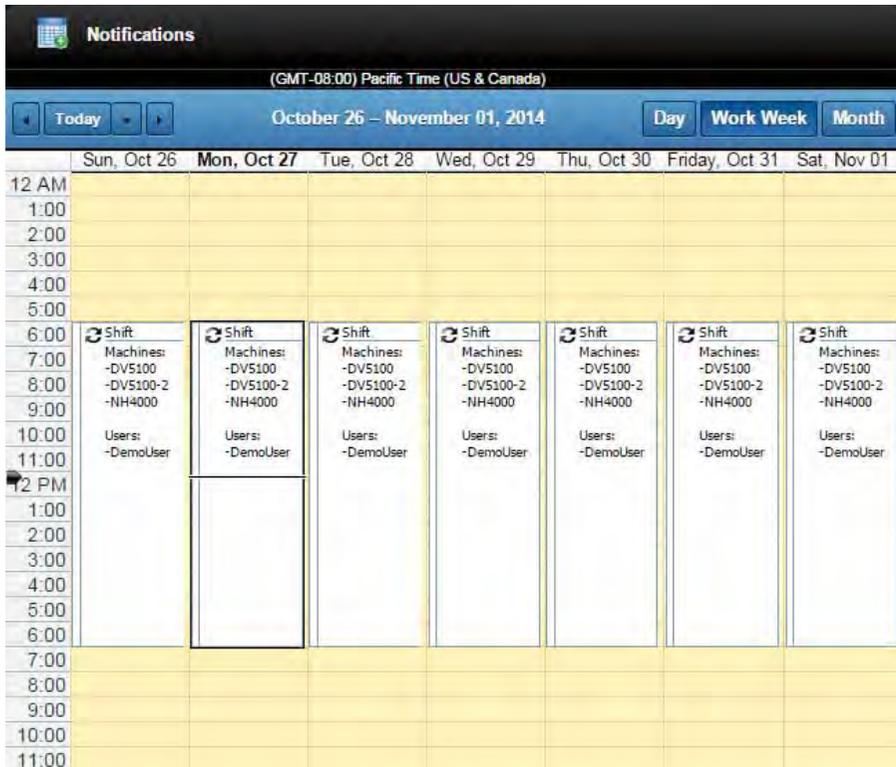
# サービスエージェント(リモートメンテナンス)



Service Agent



# 定期保守通知



The "Notification" configuration dialog shows the following settings:

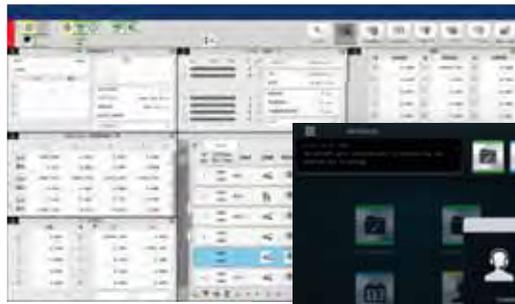
- Created on:** Monday, October 20, 2014
- Subject:** Shift
- Start Time:** 9:00 AM
- End Time:** 6:00 PM
- Repeat every week at this time.
- Machines:** DV5100, DV5100-2, NH4000, NH4000-1, NH4000-2, NH4000-2W, NH4000-3, NH4000-3
- Users:** Admin (No contact info), DemoMA (No contact info), DemoUser, DemoUser2 (No contact info)
- Filter settings:**
  - Notification on Error, Wait time [s]: 0
  - Notification on Downtime [min]: 15
  - Notification on Message
  - Notification on need for User Intervention
  - Notification on Program Start
  - Notification on Program Stop
  - Notification on Part Completion
  - Notification on loss of connection
- Error filter:**
  - Always notify on following error codes e.g. "2938; 3902": \*
  - Do not notify on following error codes e.g. "2540; 2510": \*

- Notice by e-mail/ SMS.
- 定期保守の通知をe-mailやSMSで配信
- Setting can be changed
- 保守項目と期間は設定変更が可能

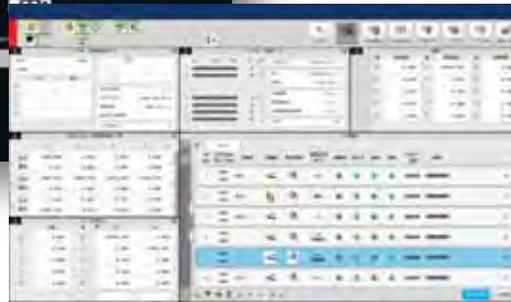
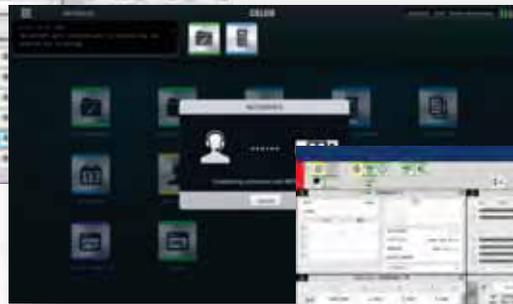
# 遠隔保守



Net service

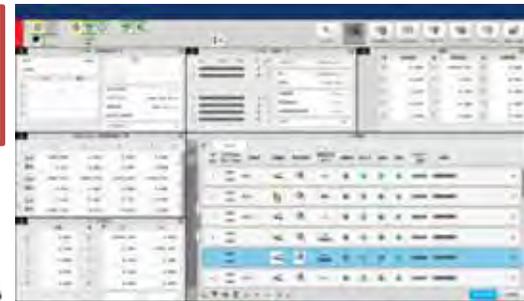


Remote maintenance

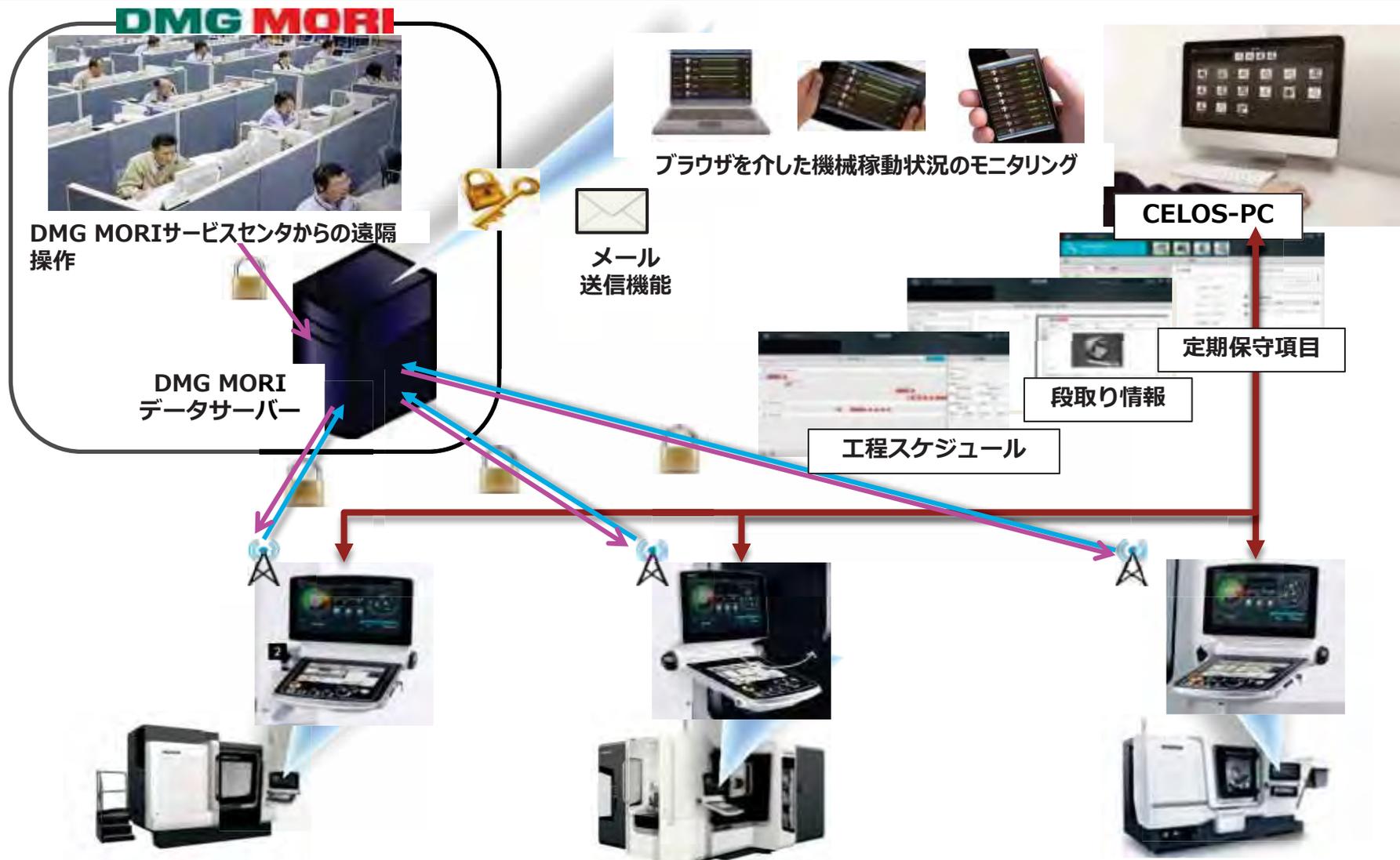


Customer

DMG MORI  
Service center



# 24時間365日サービス



# これからのテーマ

---

ネットワークの大容量化、高速化  
センシングテクノロジーの充実  
稼動実績との連携

予知保全技術の発展により、止まらない工作機械を目指す

- アイデアを製品へ仕上げる工程を素早くシンプルにするOS



- IoT化のための各種機能もCELOS APPsとして搭載

# IoT化を実現するCELSO APPs



- 機械、工場、企業のスマート化を支援するアプリケーション群

- 管理と生産の連携強化

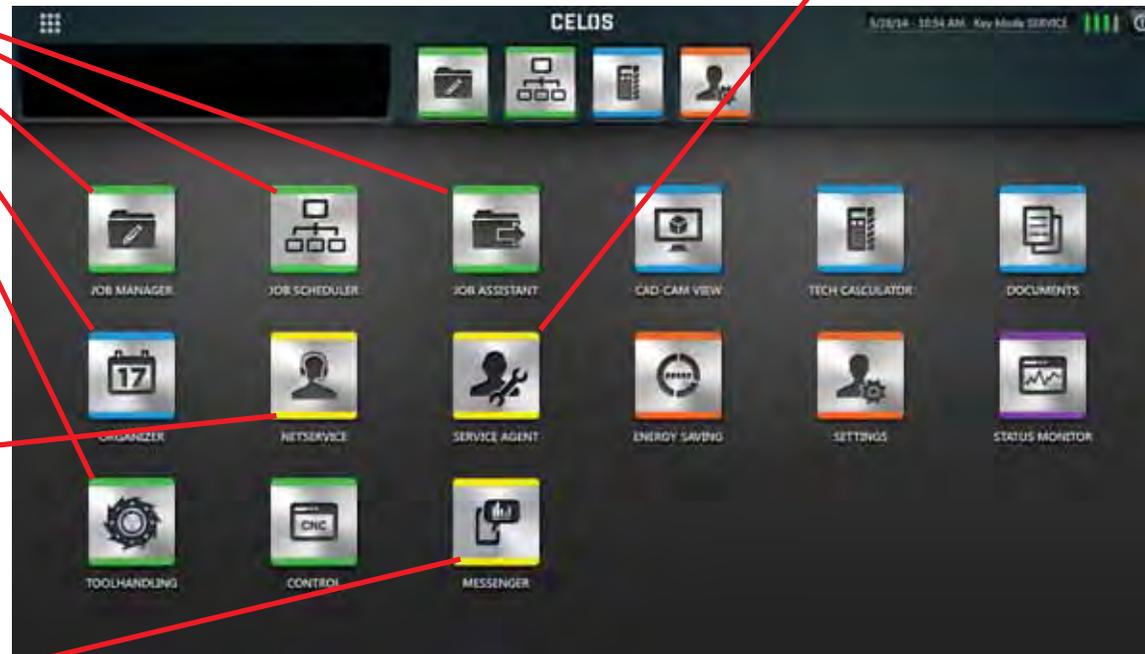
- 生産に関する作業内容、スケジュールの共有、フィードバックを実現

- 予防保全

- 計画的なメンテナンスの実現
- 機械が停止する前に前兆を検知して通知

- 遠隔保守

- サポートが現地に向かうことなく問題に対応
- 現地に向かう前に情報収集し、準備する



- 機械設備の稼働状況の把握、生産性の向上を支援

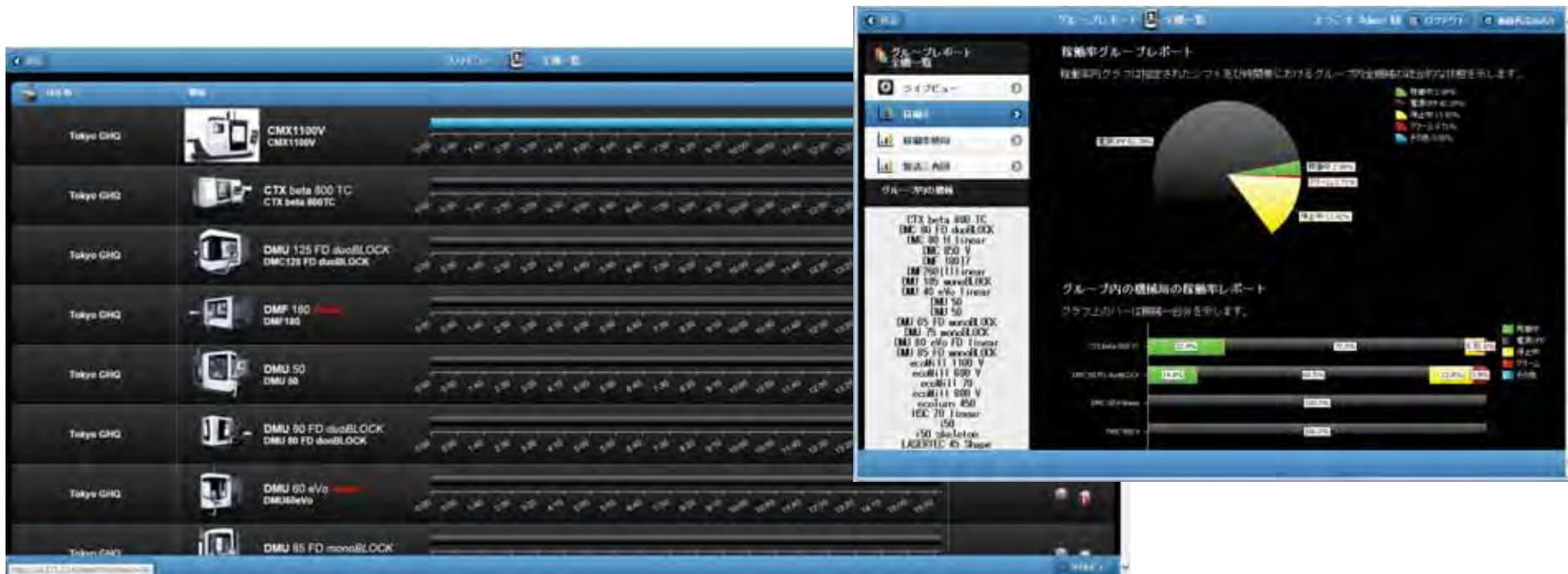
- 機械の停止を検知し、通知する
- 有効活用を妨げている原因の調査と分析を実現

- 加工の分析と最適化を支援
- 機械同士の連携強化、工場全体の最適化、生産全体の最適化を支援

※未リリースの機能を含みます



# Messenger 遠隔モニタリングシステム

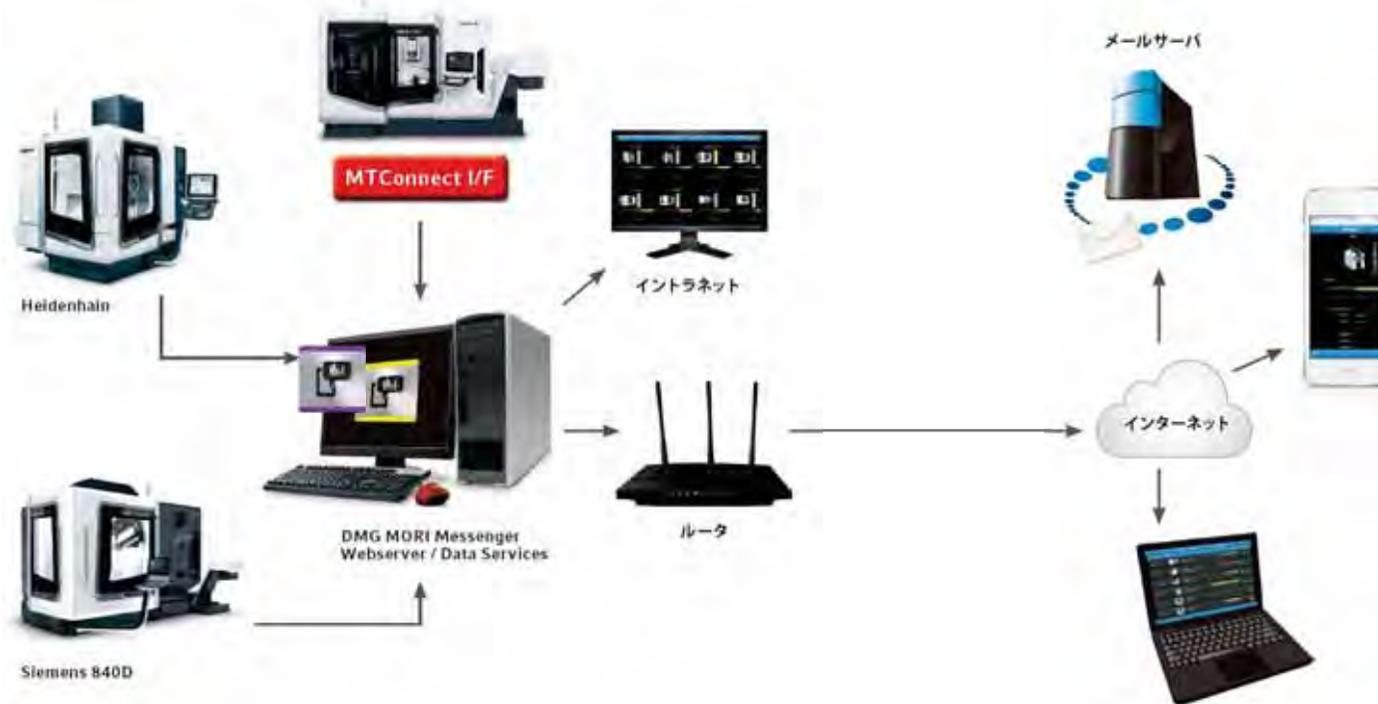


- MTConnectを利用した稼働情報収集
  - MTConnectを搭載した他社機にも対応
- Webブラウザを使ったユーザインタフェース
  - タブレットやスマートフォン※からでもアクセス可能
- 機械設備の稼働状況の把握、生産性の向上を可能にする
  - 期間を指定しての機械ごと、グループごとのレポート作成機能
  - アラームや加工完了をトリガとしたメール通知

※スマートフォンでは表示される情報に制限があります

# DMG MORI Messengerのシステム構成

- 工場内にサーバを設置して、機械稼働監視を実現

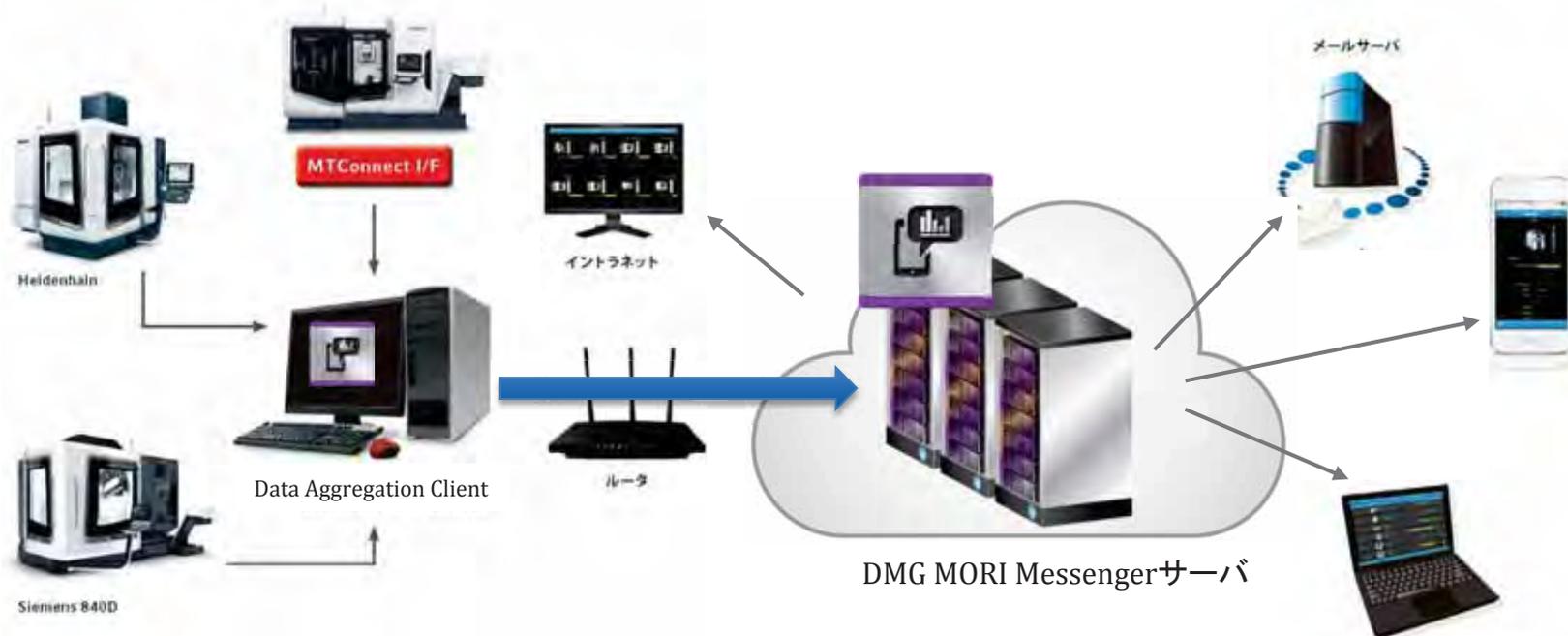


- 機械からの稼働情報を工場内のサーバ内に蓄積
- イン트라ネットやインターネット※を通してPCやスマートフォンによる機械稼働監視を実現

※インターネットからのアクセスにはVPNなどの仕組みが別途必要です

# DMG MORI Messengerのクラウド対応

- DMG MORIがインターネット上にサーバー機能を提供



- 機械からの稼働情報をインターネット上のサーバに中継
- 複数の拠点にある機械の稼働状態をまとめて監視
- イン트라ネットへのアクセス無しで社外から稼働状態を監視

# DMG MORI Messengerの携帯回線接続

- 専用携帯回線でダイレクトにサーバに接続



- 機械からの稼働情報を専用携帯回線でサーバに送信
- 機械を設置するだけですぐに機械稼働監視を利用開始

CELOS Clubに加入いただいたお客様にサービスを提供

# NetService

- 専用携帯回線による遠隔保守サービス



- 機械とDMG MORIサービスセンターとの間に専用携帯回線を使ったVPNを設定
- サービスセンターで機械の画面を確認しながら、的確に素早いサービスを提供
- 機械を操作してNetService機能を起動しない限り、DMG MORIから機械へのアクセスは不可能

CELOS Clubに加入いただいたお客様にサービスを提供

海外のお客様についてはインターネットを利用したVPN回線によるサービスを一部提供中

# 海外へのサービス展開

- ワールドワイドなサービスの展開



- 機械稼働情報をDMG MORIのサーバに集約することで、お客様にサーバを用意いただくことなく、複数の生産拠点を含む機械稼働監視機能を提供
- 日本、米国、欧州の3ヶ所でのサーバ運用を計画中（現在は米国で運用）
- 米国では2017年にCELOS Clubとともに専用携帯回線による機械稼働監視サービスを開始予定
- 回線のサービスエリアはアジア、欧州他44ヶ国に広がり、これらの地域でのサービス提供も検討中

---

# センシング技術

# センシング技術の開発ステージ

---

## Stage 1: Monitoring

Sensing data are collected and displayed on an operation screen to monitor the machine's condition.

## Stage 2: Controlling, Predicting

The feed back loop is controlled by sensors.  
Predictive maintenance technologies

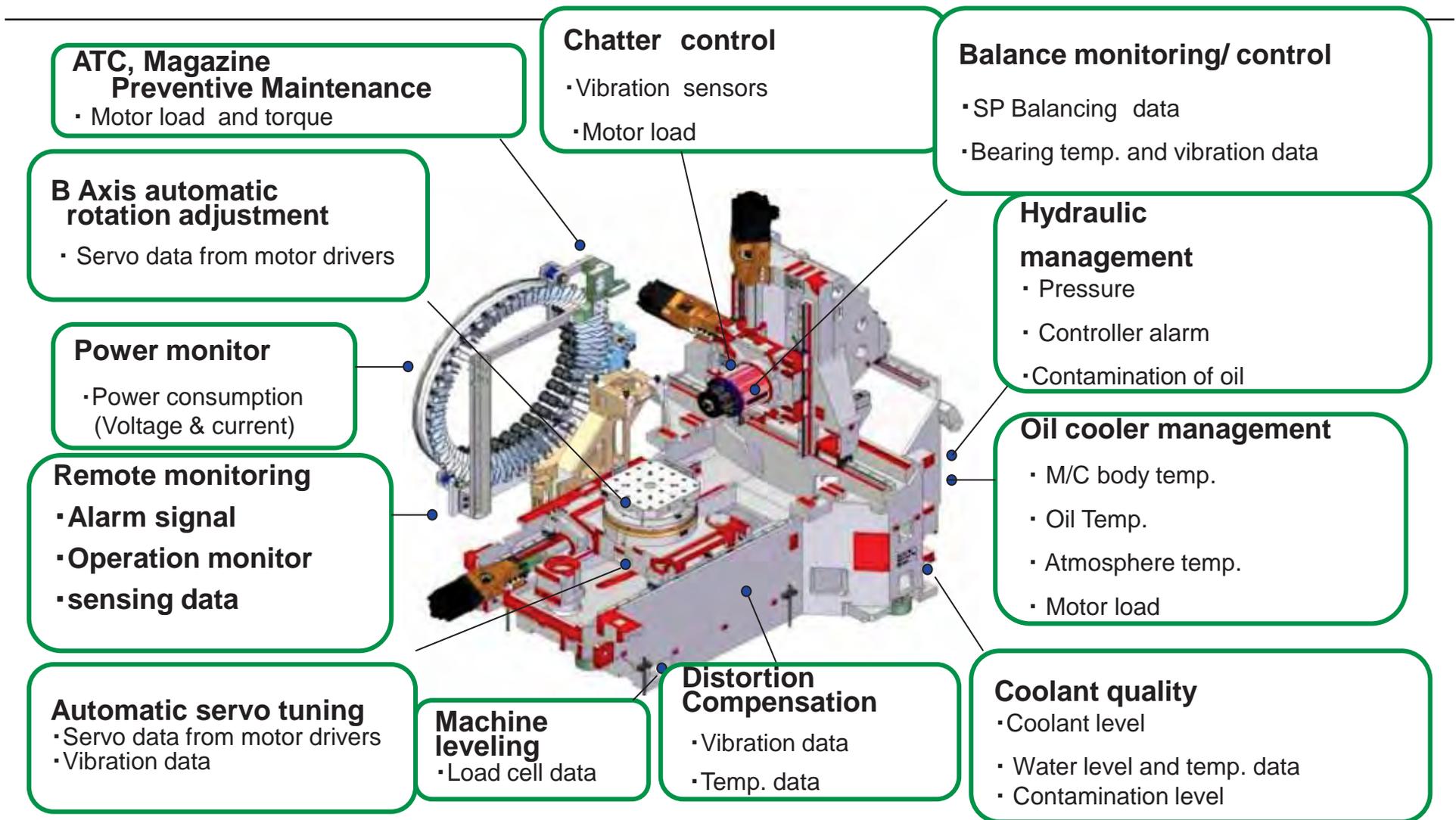
## Stage 3: Optimization

Cutting parameters can be determined to optimize for higher cutting efficiency.

## Stage 4: Autonomous

AI control will be able to autonomously improve cutting operations. Self learn control.

# 工作機械におけるセンシングデータの利用



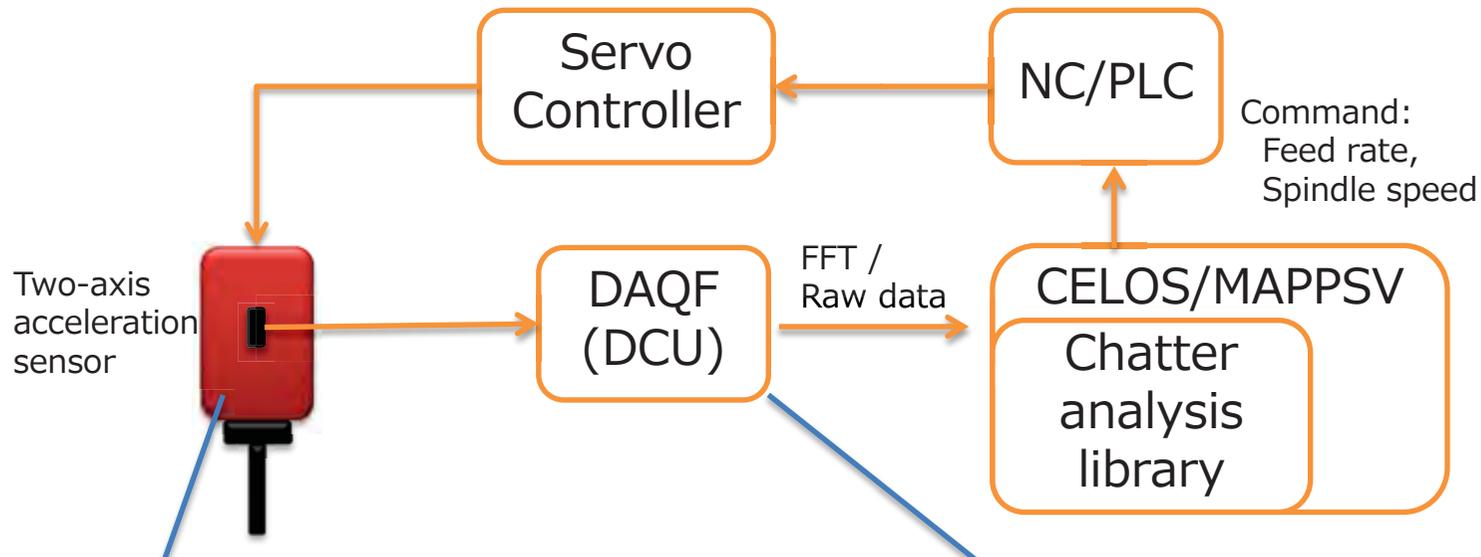
# Condition Analyzer

- 工作機械に取り付けられたセンサにより、機械の状態を監視



- 機械内外に設置されたセンサデータを収集・蓄積し、可視化する
  - 加エプログラム情報や加工精度測定結果などと組み合わせた加工状態の分析を可能にする
- データの異常を検出し通知する
  - 各種センサを使った加工の異常検出を可能にする

# Machine vibration control



**IFM Efactor**

Measuring principle	capacitive
Measuring range [g]	± 25
Frequency range [Hz]	0...10000
Sensitivity [mg/√Hz]	0.2
Linearity	0.20%

speedMASTER

**DAQF-UNIT** Data Acquisition FFT unit

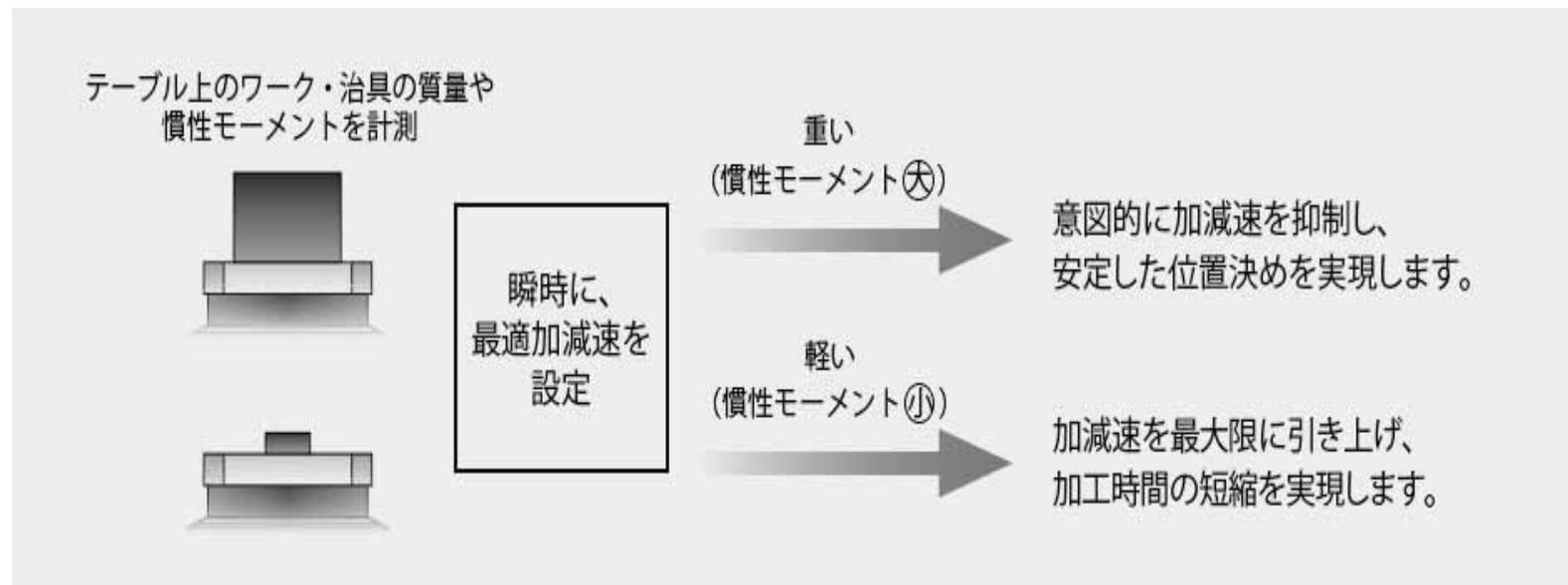
- 10/100BASE-T Ethernet
- Isolation filter
- High performance DSP
- Real-time FFT processing
- X, Y, Z 3 channel

# AUTO SERVO TUNING

- テーブル送り軸の加減速を制御することで無駄のないスムーズな加減速を実現します。
- 安定した位置決めと加工精度の向上が期待できます。
- また、ワークや治具のアンバランス、機械の経年変化が原因で発生する機械の振動や異音を
- 自動で抑制します。

## 特徴

1. 最適な加減速で加工時間を短縮
2. 位置決め精度を向上
3. 機械振動を低減



# AUTO SERVO TUNING

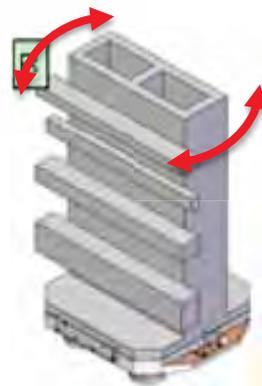
- Optimize servo parameters depending on workpiece

## Tuning process

```

NewFile
1 G00;
2 ;
3 ;
4 ;
5 ;
6 N1;
7 (TANMEN,ARA, R0.8000, T202);
8 G28V0;
9 M69;
10 G99G18H46;
11 G50S2000;
12 G54;
13 G0T0202;
14 M8;
15 G96G150M3;
16 G0X104.Z2.;
17 Z.1;
    
```

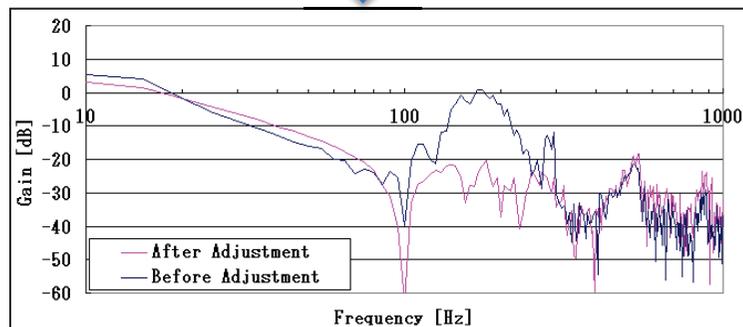
G-code execution



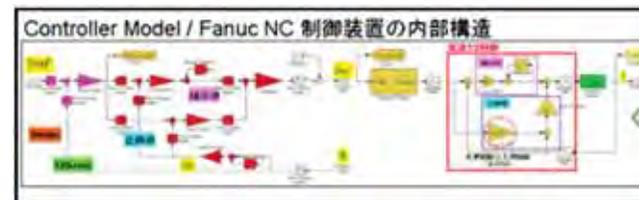
Tuning operation



Select & apply Optimal parameters



## Optimal parameters calculation



Controller mathematical model



B-axis table mathematical model



Simulation

Load Rigidity / 負剛性 (Hz)

Load inertia / 負慣性 (kgm <sup>2</sup> )	Center frequency of notch filter						Velocity integral gain 速度積分ゲイン	Velocity loop gain 速度ループゲイン
	Upper: Low Res. side Lower: High Res. side							
	ノッチフィルタの周波数 (Hz)							
100	100	100	100	100	100	100	100	
200	100	100	100	100	100	100	100	
300	100	100	100	100	100	100	100	
400	100	100	100	100	100	100	100	
500	100	100	100	100	100	100	100	
600	100	100	100	100	100	100	100	
700	100	100	100	100	100	100	100	
800	100	100	100	100	100	100	100	
900	100	100	100	100	100	100	100	
1000	100	100	100	100	100	100	100	

Optimal servo parameters

# まとめ

---

- IoT利用により工作機械は大きく進化する可能性
- 課題
  - 異メーカーの共存
  - 制御セキュリティの確保
- 日本の強みを生かせる分野
  - 保全技術(遠隔保全、予防保全、予知保全)
  - センシング技術
  - 異常監視技術(加工状態、工具、ワーク)
- 海外の標準を使用したほうが良いと思われる分野
  - 上位システム(ERP、MES、CAD/CAM)の連携