

エッジコンピューティングソリューション

松田 規*

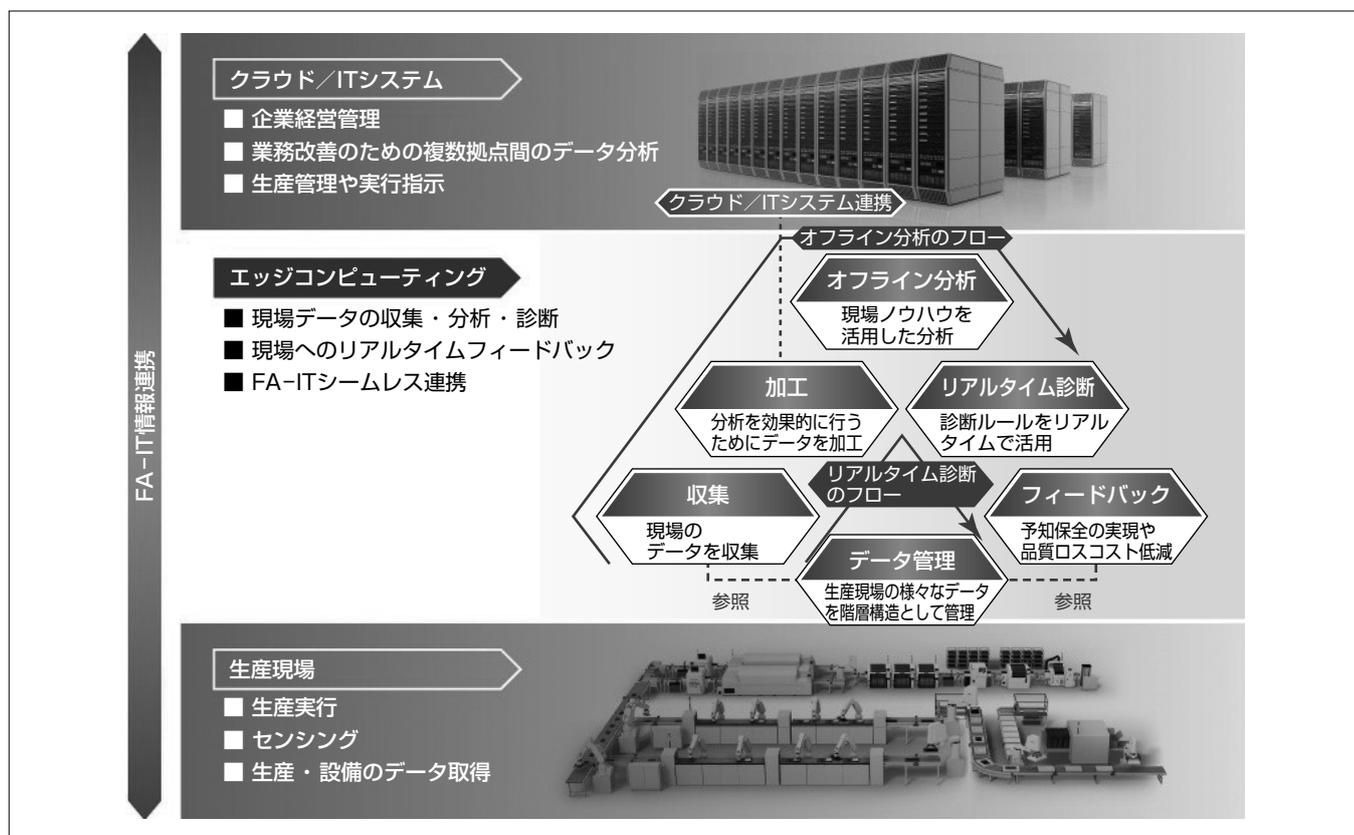
Edge Computing Solution

Nori Matsuda

要旨

三菱電機は、FA-IT統合ソリューション“e-F@ctory”によって、開発・生産・保守全般にわたるトータルコストを削減する仕組みを2003年から提唱してきた。そのアーキテクチャの特徴は、生産現場とITシステムとの中間にエッジコンピューティング層を設けていることである。近年、生産現場のIoT(Internet of Things)化やAI(Artificial Intelligence)活用が注目されていることから、それに応えるためエッジコンピューティング製品を開発中である。この製品群は、ソフトウェアプラットフォーム“Edgecross”を採用した高速・高信頼の産業用PC“MELIPC”，生産現場のデータをリアルタイム診断が可能なデータ分析ソフトウェア“リアルタイムデータアナライザ”，生産現場の多様なデータの監視が可能な

SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition)ソフトウェア“MC Works64エッジコンピューティングエディション”で構成される。この製品群を活用することで、生産現場の設備から電流値・圧力などの現場のデータを収集・加工し、現場ノウハウを生かしてオフライン分析することで設備故障や品質悪化に影響するデータを特定し、予知保全や品質監視のための診断ルールを作成できる。この診断ルールを用いて、生産設備の運用時にリアルタイムにデータを収集・加工し、診断ルールへの適合性を判断することで、リアルタイムに予知保全や品質監視などを行う。これを生産現場や管理室などで監視することで、設備稼働率の向上や品質ロスコストの低減を図ることができる。



エッジコンピューティングによるデータ活用

生産現場のデータ活用は、①蓄積データから異常診断を行うための診断ルールを作成するオフライン分析フェーズ、②診断ルールに基づいて生産現場のデータをリアルタイムに診断するリアルタイム診断フェーズに分けられる。生産現場では多種多様なデータが生成され、必要に応じてリアルタイムに生産現場にフィードバックを行う必要があるため、生産現場に近いエッジコンピューティングの活用が重要となる。

1. ま え が き

近年、製造業を取り巻く環境は大きく変化している。多品種少量生産のニーズ増加、三次元プリンターなどの新しい製造プロセスが台頭しつつある。また、IoT・AIに代表されるデータ分析技術が飛躍的に発展し、製造業への適用が進みつつある。市場からも、生産現場のデータを活用し、予知保全、稼働率向上、品質安定化や歩留り向上などのニーズが聞かれるようになってきた。一方、生産現場には膨大な種類・量のデータが存在することや、生産ノウハウの情報が漏洩(ろうえい)するリスクへのおそれから、クラウドを活用した既存ソリューションに対して懸念を感じるケースも多い。そこで当社は、e-F@ctoryとして3階層アーキテクチャを提唱し、より生産現場に近いエッジコンピューティングを活用することを提案している。

本稿では、当社が開発中のエッジコンピューティング製品について、その製品や特長、活用事例について述べる。

2. e-F@ctory

e-F@ctoryは、当社が2003年から提唱してきたFA-IT統合ソリューションである(図1)。FA技術とIT技術を活用することで、開発・生産・保守の全般にわたるバリューチェーン全体でのコストを削減し、顧客の改善活動を継続して支援するとともに、一歩先のものづくりを指向するソリューション創出が可能になる。そのアーキテクチャとしては、生産現場とITシステムとの間にエッジコンピューティング層を設け、大量の生産現場データから必要な情報だけを切り出すなどの一次処理を行うとともに、そのデータに対して意味付けを行うなど、FAとITをシームレスに情報連携させることが特徴である。このエッジコンピューティングがシステム全体の最適化の要となることで、生産現場での生産性、品質、省エネルギー、安全性、セキュリティの向上が可能になる。

一方、実際の生産現場には、当社の機器・装置だけでなく、様々なベンダーが開発した設備が導入されている。同様に、ERP(Enterprise Resource Planning)などのITシステムは、それぞれ異なるベンダーが開発していることが一般的である。また、扱うデータ量や設置

環境に応じて適切なハードウェア(動作環境)の選択が必要である。そのため、e-F@ctoryコンセプトの具現化のためには、動作環境を制約することなく、マルチベンダー環境でも情報連携を可能にするプラットフォームが必要である。

3. Edgexross

発起企業として当社が参画したEdgexrossコンソーシアムは、FAとITを協調させる日本発のオープンなエッジコンピューティング領域のソフトウェアプラットフォーム“Edgexross”の仕様策定、及び普及推進を行う団体である。当社を含めた7社が幹事会社となり、Edgexrossコンソーシアムの運営を担っており、企業・産業の枠を超え、誰でもコンソーシアム会員として参加できる。そのソフトウェアプラットフォーム(図2)は、ネットワークの差異を吸収

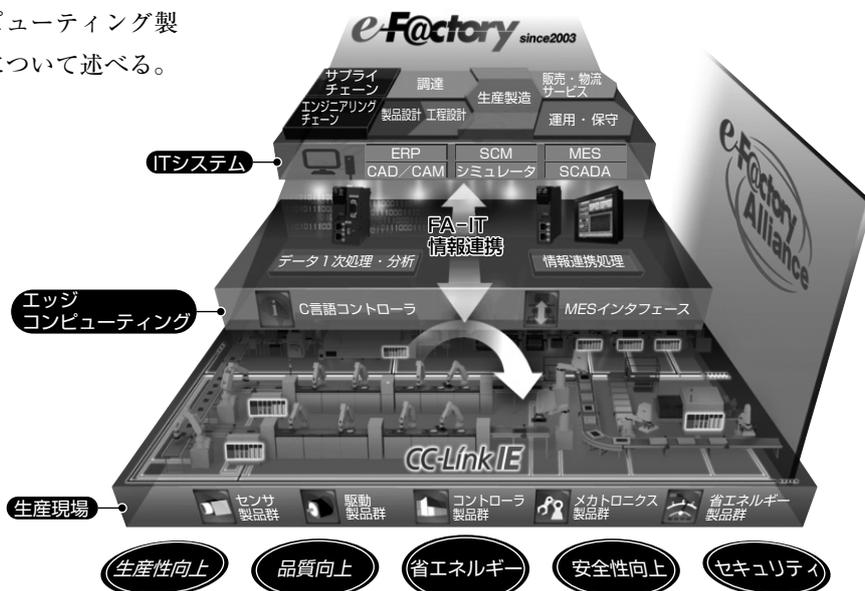
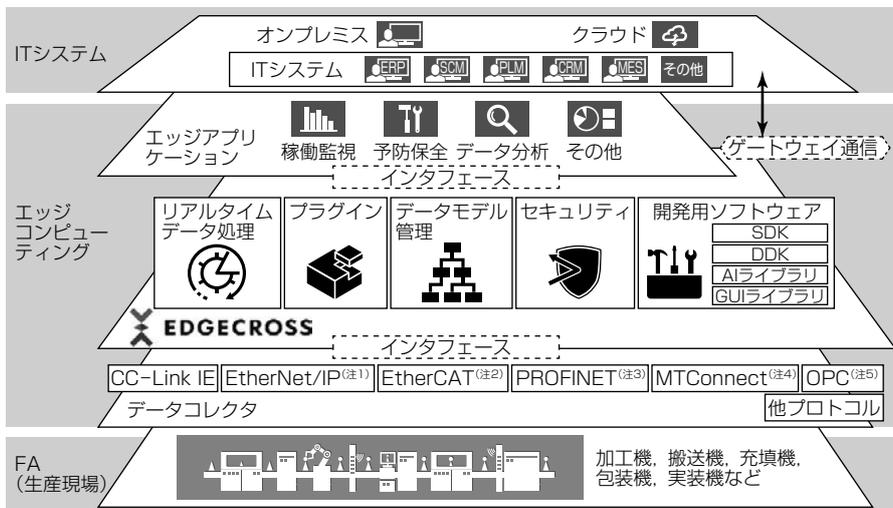


図1. e-F@ctoryの概念



(注1) EtherNet/IPは、ODVAの登録商標である。
 (注2) EtherCATは、Beckhoff Automation GmbHの登録商標である。
 (注3) PROFINETは、PROFIBUS Nutzerorganisation e.V.の登録商標である。
 (注4) MTConnectは、The Association For Manufacturing Technologyの登録商標である。
 (注5) OPCは、OPC Foundationの登録商標である。

図2. Edgexrossのアーキテクチャ(1)

するデータコレクタや、エッジアプリケーションやITシステムと連携するインタフェースを標準化しており、各ベンダーが対応製品を開発することでマルチベンダー環境に対応できる。また、リアルタイムにデータを処理して生産現場にフィードバックを行うリアルタイムデータ処理機能、現場装置・機器を抽象化した論理モデルで管理できるデータモデル管理機能など、エッジコンピューティングに必要な機能を標準化する。各ベンダーは、コンソーシアムから提供されるSDK(Software Development Kit)を使用し、自由にエッジアプリケーションが開発できる。

4. エッジコンピューティング製品

Edgecrossを活用した製品によってe-F@ctoryコンセプトの具現化を図るため、生産現場でのデータ活用に適したエッジコンピューティング製品を開発中である。その特長について述べる。

4.1 MELIPC

MELIPC(図3)は、生産現場の多種多量のデータを高速に処理でき、かつ高信頼が必要な用途に向けて開発した産業用PCで、次のような特長を持つ。

- (1) Intel Core i7搭載によって高速処理が可能。また、Windows^(注6)搭載によって既存Windows資産(アプリケーション)を活用可能。
- (2) 優れた環境性・信頼性・機能性を持ち、消耗品である電源・バッテリー・ファンのメンテナンスも容易。
- (3) CC-Link IEフィールドネットワーク対応で、生産現場の大量のデータを高速かつ高精度に収集可能。

このMELIPCでEdgecrossを動作させることで、生産現場のデータ活用に向けた環境を容易に構築できる。

(注6) Windowsは、Microsoft Corp.の登録商標である。

4.2 リアルタイムデータアナライザ

リアルタイムデータアナライザは、生産現場で予知保全や品質向上などをGUI(Graphical User Interface)を用いて簡単に実現できるデータ分析・診断ソフトウェアである。このソフトウェアは次のような特長を持つ。

(1) リアルタイム診断

FA現場で発生するデータをオフライン分析するだけでなく、データのリアルタイム診断による異常検出が可能。

(2) 当社AI技術“Maisart”を搭載

Maisartによって、過去の正常時のデータを学習し、学習結果を用いたリアルタイム診断が可能。

(3) 多種多様な分析アルゴリズム

波形データの分析・診断や多種多様な統計手法を簡単に活用でき、予知保全や品質向上が可能。類似波形認識(図4)、相関分析(図5)、重回帰分析、SPC(統計的工程管理)、MT(マハラノビス・タグチ)法など10種以上を搭載。

(4) GUIによる簡単設定・表示

AIや統計手法によるリアルタイム診断をプログラムレスで簡単に実現可能。また、分析結果も簡単に表示可能。

このソフトウェアを用いることで、生産現場のニーズに応じて二つのアプローチで課題解決に取り組むことができる。

(1) “いつもと違う”を検出するアプローチ

正常時データの分布や波形を学習し、現場の運用時に同じデータを取得・分析して、正常時のデータから逸脱したデータが発生していないかを診断する。このソフトウェアでは、連続データのパターンを診断可能な類似波形認識アルゴリズム、データの相関関係によって診断可能なMT法などで、このアプローチを実現できる。

(2) “はかれないもの”を予測するアプローチ

常時計測することが困難な治具劣化度合いなどの目的変数を計測し、常時計測可能なデータから推定する予測式をオフライン分析で算出する。運用時は、予測式を用いて計測可能なデータから目的変数を予測することで診断を行う。このソフトウェアでは、重回帰分析などでこのアプローチを実現できる。

4.3 MC Works64エッジコンピューティングエディション

このソフトウェアは、生産現場の多様なデータを監視することが可能なSCADAソフトウェアで、Edgecrossによって収集されたデータの二次/三次元表示によるビジュアライズ、Webブラウザやモバイル機器による遠隔監視、可視化が可能であり、次の様な特長を持つ。



図3. MELIPC



図4. 類似波形認識の画面

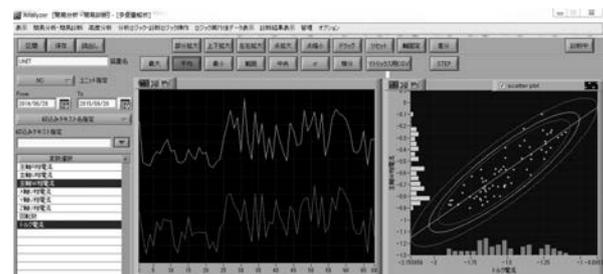


図5. 2変数相関分析の画面

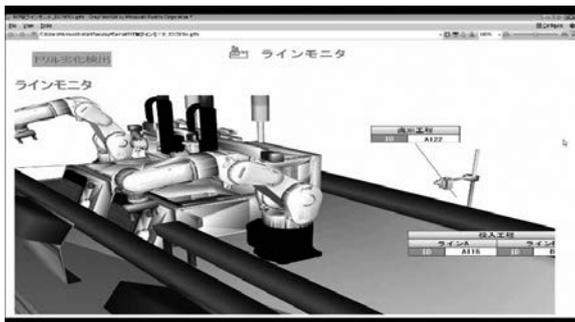


図6. MC Works64の画面

(1) 豊富な画面部品の組合せによる優れた視認性

テンプレートとなる画面部品を活用し、生産設備をイメージできる監視画面を容易に作成できる。二次元だけでなく三次元による立体的表示も可能で、設備全体から装置細部までの監視が可能になる(図6)。

(2) Webブラウザやモバイル機器を活用した遠隔監視

このソフトウェアがWebサーバとなることで、クライアントパソコン上でIE(Internet Explorer)等のWebブラウザを用いて監視が可能だけでなく、タブレット端末やモバイル機器などで監視が可能である。また、アラーム発生時にメールでアラーム情報を通知できる。

(3) Edgexrossと連携した稼働状況や診断結果の可視化

Edgexrossで収集した装置/設備の稼働状況やKPI(Key Performance Indicator)の可視化が可能である。

5. 活用事例

エッジコンピューティング製品の活用事例を述べる。

5.1 モータに接続された負荷の異常検知

ファンのブレードの欠損など、モータなどの回転機に接続された負荷に異常が起こりはじめると、負荷のバランスが崩れて徐々に偏心が起こる。また、ポンプの目詰まりなどが起こった場合も、ポンプを動かすモータの負荷が上昇する。このようなケースでは、正常時と異常時のデータを比べることで、設備の故障を事前に検知できる。

具体的には、モータやインバータの電流波形を取得して正常時のデータを類似波形認識で学習し、設備を運用する際に同じモータやインバータの電流波形を常時診断し、正常時との類似度を計算する。類似度が徐々に低下しはじめた場合、負荷の異常が起こりつつあることを診断できる。これによって、故障が生じる前のタイミングで問題を把握し、適切な設備保守を行うことができる。

5.2 治具交換時期の定量的判断

工作機械では、安価な治具から高価な治具まで様々な治具が使用されている。特に高価な治具の場合、早く交換すると治具費用の増加につながり、交換が遅れるとロット不良による品質ロスが増加してしまうため、より適切なタイミングで交換する必要がある。生産現場によっては、治具

交換時期の判断は熟練工の経験に基づく定性的な判断が必要であり、未熟練工には交換時期の判断が難しいという課題がある。もし熟練工の判断をデータ分析によって形式知化することができれば、適切な治具交換時期を誰でも定量的に判断することが可能になる。

このようなケースでは、治具の使用中に得られたデータとして、加工回数、トルク、電流値、回転速度、加工時間などのデータ、及び熟練工が判断した治具の劣化度合いを数値化して収集する。そして、重回帰分析によって、加工回数やトルクなどのデータから治具の劣化度合いを予測する予測式を作成する。この予測式に基づいて、センサから取得できる加工回数やトルクなどのデータから治具の劣化度合いが予測でき、適切な交換時期を定量的に判断できる。

5.3 ベアリングの予知保全

工作機械にはベアリングやボールねじなど、定期的なメンテナンスが必要なパーツが組み込まれており、その故障が設備稼働率の低下を引き起こす。そこで、設備の振動データを類似波形認識で学習し、運用時に振動データを診断することで、設備の故障を事前に検知できる。

これを検証するため、ベアリングを用いて評価を実施した。ベアリングのスラスト方向に負荷をかけた状態でモータを3,000rpmの一定速で回転させ、ベアリングのラジアル方向の振動を、加速度センサを用いて10分おきに1秒間(100μ秒サンプリング)取得した。評価開始1時間後から6回分の振動データを用いてリアルタイムデータアナライザの類似波形認識で学習を行い、その後、ベアリングの異常振動が生じたことを検知できるかどうかを評価した。

その結果、評価開始後56時間40分後で学習データと運用データの類似度が急激に低下した。確認のために運用データをFFT(Fast Fourier Transform)解析したところ、評価開始後56時間20分でベアリング故障を示す振動がわずかに現れ、評価開始後56時間50分で振動が急激に大きくなっていることが分かった。類似波形認識で、ベアリングの故障を初期段階で検知できていることが確認できた。

6. むすび

e-F@ctory, Edgexross及びエッジコンピューティング製品に関して、その機能や特長、活用事例について述べた。今後は、当社製造現場での実証評価を通して得られた知見を基に、生産現場のIoT化に必要な機能を拡張していくとともに、製造現場のデータ活用を促進するため、加工機の予知保全、ラインや工場の稼働監視やエネルギー監視など、製品の拡充を図っていく。

参考文献

(1) Edgexrossコンソーシアムのホームページ
<https://www.edgexross.org/>