

連携記事

現場DXの省力化・遠隔統合監視・遠隔操業を実現するトータルソリューション

Total Solution that Realizes Labor-saving On-site DX, Remote Integrated Monitoring and Remote Operation

義間直樹 JFE商事エレクトロニクス(株)
FS 営業本部 スマートファクトリー推進部
Naoki Yoshima エンジニアリング室 テクニカルアドバイザー

1 統合監視の歴史

統合監視の言葉そのものは、40年以上前からあり、古くは、GM社が、車の製造ライン制御のPLC (Programmable Logic Controller)、その上位のミニコン、さらに、汎用機による生産計画システムを垂直統合させ、生産計画の指示が、オンラインで現場PLCまで、伝えられ、実績も現場PLCから生産計画システムまで、オンラインで直接転送されることにより、特急の生産や、現場の生産状況変化の対応を全て自動化するためのシステムを構築していました。そのため、各機器間通信プロトコルを統一する必要があり、未だ、Ethernetも普及されていない時代にMAP (Manufacturing Automation Protocol) というプロトコルが定義され、GM社で使用されていました。

当時、世の中には、既に、Ethernetも存在していましたが、面白いことに、Ethernetは、IA (Industry Automation) の世界では、使用できないとされていました。その理由は、当時のEthernetがCSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection) プロトコルを用いて、1本の回線を接続機器全てが共有し、各々の機器が勝手にデータを送出したため、データの衝突が発生し、データの損失の恐れがあったためです。そのため、MAPでは、トークンバスというプロトコルを採用し、トークンを持つ機器だけが、データを発信できるようにするようにしました。このことにより、データの衝突・損失が理論上無いようにしました。このトークンは、全接続機器を順番に巡回し、トークンを持たない機器は、トークンが回ってくるまで待機します。

ただ、このMAPは、非常に重たいプロトコルであり、当時、小さいメモリーしか搭載できなかった、PLCに実装すること

は、難しいとされました。そのため、日本でも、一部の大手ユーザーに試験的に採用されただけで、やがて世の中から消え去りました。

日本の工場では、非常に優秀な現場オペレーターが存在し、コンピュータで垂直統合するより、伝票を持って、オペレーターが現場に走り、状況に応じて、マシンパラメータを操作する方が、早く、正確に対応できたためと考えています。

現にこのMAPプロトコルを採用し、生産情報システムから、加工機、AGV、自動倉庫等を垂直統合した工場が国内にも1990年台に登場しましたが、その工場では、ちょっとした機種追加やラインの改変をやる都度、上位の生産情報システムや工業用コンピュータ、設備制御プログラムを全て変更しなければならず、プログラムが非常に入り組んでおり、その改造は、大変手間のかかるものでした。

その結果、徐々にそれぞれのシステムは、切り離されて、ついに、工業用コンピュータと生産情報システムは切り離され、人が設備のパラメーター変更する半自動のシステムになってしまいました。

しかし、このように、優秀な現場オペレーターに頼っていた、日本の製造現状は、どうでしょうか。

熟練のオペレーターは、既に引退に差し掛かっており、人口の少ない若年層は、生産現場での3K職場を嫌い、超人手不足の時代に突入しています。昔のような、人に頼った高水準のものづくりが、だんだん難しくなっているのでは、ないでしょうか。

そこで、以前のような統合監視だけでなく、さらに規模を拡大させ遠隔から各工場を統合し、遠隔統合監視とし、さらに、操業も遠隔で行えないかという考え方が、生まれました。

この遠隔統合監視では、少数精鋭のオペレーターが、全工場の情報をできるだけ集約し、全体最適の生産が行えること

を目指します。このことにより、現場の人手不足に対応し、さらに、熟練技術者を集約することと、それに加えAIの活用により、高効率運転を目指します。

現在では、Ethernetが工場現場に張り巡らせており、(筆者は、こんな時代が来るなど思ってもみませんでした。)インターネット回線に接続することにより、セキュリティー対策をしっかりと施せば、技術的には、自宅に居ながら工場の操業が可能です。

このことにより、もはや3K職場に常時滞在せず、クリーンな環境で、工場の操業が技術的に、可能になりました。

さらに、複数の工場・ラインをこのオペレーションルーム(通称、リモートオペレーションセンター：Remote Operation Center以下ROCと略記)に遠隔統合することにより、少ない人員で、全工場・ラインを最適な条件で運用することが可能になります。

又、3Kと呼ばれる、製造の現場にROCを通じて、若年層を呼び込み、又、体力のなくなった熟練者をROCに呼び戻し、熟練者と若年層のハイブリッド操業により、日本のものづくりを復活させるシナリオが見えてくるかもしれません。

2 遠隔統合監視・遠隔操業の事例¹⁾

実は、欧米では、日本よりいち早く、超人手不足の時代に突入しており、遠隔から各プラントを統合監視・操業を行う、ROCが注目され、様々な事例が有ります。

その中で、ヨーロッパ・北海のガス海上プラットフォームの事例を紹介します。

この事例では、北海周辺に26か所の海上ガスプラットフォームが有り、それぞれのプラットフォームは、様々なベンダーのDCS (Distributed Control System) で制御されています(横河電機、シーメンス、ハネウエル等)。

それぞれのプラットフォームは、陸上から245kmに位置し

ています。

この事例では、これら異なるベンダーのDCS群を、陸上にある、ROCで統合し、陸上から全てのプラットフォームの運転を一人のオペレーターが行えるシステム10数年前から運用しています。

このサイトでは、基本夜間は、全プラットフォーム無人とし、全てのオペレーション画面を統一することにより、どのプラットフォームに行っても、全く同じ画面で運用が可能であり、DCS機種の違いをオペレーターに感じさせません。

このソリューションの目的は、以下になります。

2.1 効率性の向上

- ・複数の海上運転室を陸上のROC一つに統合
- ・それぞれのプラットフォームは、個別の運転室を持つが、緊急時以外は、陸上にある、ROCより運転を行う
- ・統合HMI：トレーニング工数を削減
- ・陸上のオペレーターは、1つのシステムを覚えれば良い
- ・運輸作業・コストの削減：海上のオペレーターを削減＝ヘリコプターコストや食料他コスト他の削減
- ・全プラットフォーム、10年間のデータ保存によるデータ解析：データによる効率化運転

2.2 コスト削減・リスク回避

- ・危険エリアの運転員削減によるリスク回避
- ・ローカル個別運転では難しかった、遠隔集中運転による24時間365日運転の実現
- ・統合HMI (Human Machine Interface) による操作ミス削減(様々なシステムを運用することの難しさを回避)

2.3 高齢化したオペレーターの知識流出回避

- ・熟練技術者を陸上に集め、安全で効率的な運転サポート
- ・統合HMIにより運転法案の継承の容易化



図1 Nederlandse Aardolie Maatschappij社 (NAM) 北海ガス田分布図 (Online version in color.)



図2 NAM社北海ガス田リモートオペレーションセンター (Online version in color.)

このシステムでは、生産計画をシステムにダウンロードし、自動で、プラントの生産制御を行うことはせず、上位システムのデータを数時間に1回確認しながら、需要に応じてオペレーターが各プラットフォームの運転を行っています。

又、緊急時は、現場での操作も全く同じ画面を使い、行うことができます。

リモートオペレーションセンターでの操作判断は、あくまでも人が担っています。

このシステムを導入した結果、オーナー会社は、著しく操業オペレーターを省人可することができ年間数億以上の効果を出すことができました。又、陸から遠く離れた海上プラットフォームは、一度事故が発生すると、そこに駐在するオペレーターの命を脅かす恐れがあり、又、操業停止するどころか、付近一帯の海洋汚染に非常に大きなダメージを与えます。このROCの運転に切り替えることにより、危険地域から離れて安全な区域から遠隔で操作することができ、運転に携わる現場オペレーターの安全・安心操業を確保することができました。又、長年蓄積したデータを運転に生かすことにより、大きな事故を未然に防ぐことができています。

尚、このシステム、横河電機のSCADA (Supervisory Control & Data Acquisition) である、FAST/TOOLS (現製品名：CIサーバ) を使用して実現しています。

3 遠隔統合監視・遠隔操業のプラットフォーム：SCADA (Supervisory Control & Data Acquisition)

海外では、遠隔統合監視・遠隔操業を実際に行う際に中心となるプラットフォームとして、SCADAが多く使用されて

います。

SCADAの主な機能は、以下です。

- ・ PLCやDCSからデータを定期的に収集又は、データ変化時のみデータを受領する機能
- ・ 収集したデータを計算、集計する機能
- ・ 収集したデータをプログラム言語等で編集・保存できる機能
- ・ データ収集を定義する編集機能
- ・ ユーザーインターフェース画面をお絵描きソフトで簡単に構築できる機能
- ・ 収集したデータや計算したデータをデジタル表示やチャートにして画面に表示する機能
- ・ 収集したり計算したりしたデータを履歴として長期保存する機能
- ・ 保存された履歴データをチャート (トレンドグラフ) 等で表示
- ・ 保存された履歴データを帳票に印字する機能
- ・ 保存したデータを外部メディアにバックアップする機能
- ・ 監視画面や予め決められた定義に従いPLCやDCSにデータを書き込む機能
- ・ 市販データベースやOPC (Open Platform Communications) 等を用い、外部のシステムと連携できる機能
- ・ 収集したデータから、アラームを発報し、オペレーターに注意喚起する機能
- ・ 複数の同時発生アラームを予め決められたルールで優先順位を決めて発報できること
- ・ 発生したアラームを保存し、あるルールに従い整理・解析できること
- ・ アラームの統計解析等が可能なこと

- ・ログインユーザーにより、データや画面・帳票の使用制限がかけられる事

日本では、あまり普及してないSCADAですが、昨今、非常な進化を遂げています。

当初、PC単体上で、PLC/DCSと通信しながらデータをモニタリング、制御データの設定を行う用途で使用されていたSCADAですが、PCの性能向上に伴い、その性能は格段に高くなりました。

昨今では、以下のような機能を持つ高機能SCADAが市場で販売されています。

- ・サーバー/クライアント方式
- ・複数サーバーの連携
- ・通信の冗長化
- ・Webクライアント
- ・スマホやタブレット等のモバイル端末対応
- ・サーバー仮想化対応
- ・多重冗長化
- ・サーバーのクラウド化
- ・高度なセキュリティー対応（通信暗号化、階層サーバー方式）
- ・複数OS対応（Windows, Linux, UNIX等）

このように、SCADAの高機能化に伴い、SCADAは、ある工程のモニタリングシステムにとどまらず、工場や会社全体の統合監視や国全体のインフラ網監視で使用されるようになりました。特に、海外では、前述のように、そのサーバー間通信機能を生かし、離れた場所から遠隔で工場全体や企業の生産状況全体を監視するようなエンタープライズ監視システムとして使用されることも多くあります。

しかし、この流れは、日本国内では起こっておらず、

SCADAの使用方法は、従来の狭い範囲の監視システムに限定された使われ方にとどまっています。

今後は、どうでしょうか。

日本が高度に築き上げてきた、工場のコンピュータシステムは既に老朽化してきており、これらのコンピュータシステムを築き上げてきた技術者も多くは、引退する年齢となりました。

その結果、最新のハードウェアを使ったシステムに従来の思想のシステムを更新することが非常に困難になってきています。

このため、日本でも、高度なプログラミング知識がなくても、比較的容易に工場全体の統合監視システムが構築できる高機能SCADAが、今後は浸透していくのではと考えています。

さらに、AIやVMSと組み合わせることにより、少ない人材により、高度でより効率的な操業を遠隔から行える、遠隔統合・監視遠隔操業システムの実現が今後増加していくと考えています。

4 映像、AIとの連携

現在、AIの発展は、目覚ましいものが有り、AIの製造現場への導入も徐々に進んでいます。その結果、いままで、センサーだけでは、見えてこなかった設備の故障予知も可能になってきました。

しかしながら、遠隔監視の場合、監視現場が近くになく、物理的に視覚で現場の状況をとらえることができず、AIの計算結果を100%信用して、設備を運転するほどには、計算結果の信憑性が未だ高くはありません。又、現場がそばにあったとしても、昔のように熟練者がその五感をと経験を頼りに



図3 遠隔統合・監視遠隔操業オペレーション室の管理画面イメージ (Online version in color.)



図4 SDxV管理画面イメージ (Online version in color.)

現場に走り、適切な処置を施すというような、人系の操業も人手不足が深刻な製造現場では、だんだん望めなくなりました。

そこで、IPカメラを使うことによって、現場の様子を視認しながら、遠隔から運転する方法が考えられます。

AIによる、計算結果とIPカメラの映像、さらに、各種センサーデータの傾向を分析することにより、現場から離れていても、現場の様子が理解でき、正しい操業判断が可能になります。但し、依然、そこには、熟練者の勘と経験が未だ、必要になってきます。そこで、数少ない、熟練者をROCに集めて、現場から離れた安全でクリーンな環境下で、若年者の指導を行いながら、現場の操業を継続し、そのノウハウを若技術者に継承します。又、一部は、AIに取って変われる可能性もあります。

この際、遠隔から監視している、データやメッセージとそのデータに紐づくIPカメラが有機的に連携していないと、異常状態を示す現場の様子を直ちにカメラで視認することが、難しくなります。

特に、カメラが数十台から数百台接続された現場だと、関連するカメラ映像を探すだけでも工数の多くを割いてしまいます。

そこで当社は、多数のカメラを遠隔から統合監視できるVMS (Video Management System) と監視制御システムSCADAを有機的に連携するAPIを開発し、VMSと高機能SCADAを組み合わせ、SDxV[®]という商品名で販売しています。

このSDxV[®]とAIや各種PLC・DCSを接続することにより、今起きている現象とIPカメラを連携させて表示させたり、過去にさかのぼって映像とデータと比較しながら、運転状況を

解析することができます。

例えば、温度が急上昇したエリアのカメラとその周辺のカメラ画像をポップアップ表示させ、現場の状況を瞬時に確認できます。さらに、過去のアラームメッセージとそのメッセージに関連するIPカメラを同時表示させ、アラーム発生に至った経緯を視覚で解析することができます。

又、PC端末だけでなく、スマートフォンやタブレット端末を用いて、データの閲覧や画像を閲覧でき、出張先や、異なる工場・現場から、状況を把握することができます。さらに、SCADAの本来の機能を生かすことにより、遠隔から設備やラインの操作も可能です。

この遠隔操作を行う際も、IPカメラをリンクさせることにより、現場の状況を視認しながら、操作を行うことができます。例えば、危険エリアに人が立ち入っていないか、視覚により確認しながら、設備の起動を行うことができます。

このように、SDxV[®]を活用することにより、遠隔から各種システムを統合し、さらに遠隔から操作も行うという遠隔統合監視・遠隔操業を実現することができます。

5 映像、AIとの連携による統合監視の事例

JFEスチールでは、このSDxV[®]を使用し、AIによる計算結果の状況とIPカメラの映像を連携させて大型スクリーンに表示させ、現場の状況を複合的に判断するシステムを原料コンベアに導入しました。

この原料コンベアでは、コンベアベルトの劣化による損傷、積み荷の落鉱等の問題が多く起きており、これらの状態は、センサーで検知することが難しく、センサーエラーを検

知した時には、既に、大きな問題となっていることが多い設備となっていました。

しかも製鉄所の原料コンベアは、非常に広大な敷地に延々と広がっており、人間の目視検査にも限界があります。増して、製鉄現場も人手不足の波を襲っており、多くの人員をこのために、張り付けることもできません。

このような事故の防止や、コンベアの稼働率向上にため、AIを導入し、IPカメラの映像を連携させることにより、原料コンベアの安全・高効率運転を行っています。

このように、従来のセンサー監視だけでは、なかなかつかめなかった、コンベアの操業状況、負荷状況等をAIにより予兆監視し、遠隔に居ながら、安全・高効率な運転を行い、さらに、より少ない人員による少数精鋭操業を目指しています。

6 遠隔統合監視・遠隔操業の今後

以上のように、遠隔統合監視・遠隔操業の技術要素は、既にそろってきました。その技術要素とは、以下になります。

- ・ AI技術
 - ・ ネットワーク技術
 - ・ IPカメラの現場導入と管理
 - ・ 異なるベンダー間を統合できるSCADAシステムの導入
- リモートオペレーションセンター（ROC）では、様々なシステムを統合監視するだけでなく、ROCからの操作も必要になります。その際、最終的な判断するのは、人であり、AIは、あくまでもその判断材料にすぎません。そのためにも、IPカメラも、最終的な判断を下す上で非常に重要なパーツになります。しかも、刻々と変化するデータの動きに合わせて、カメラ画像もストレスなく、オペレータに表示させる必要があり、ただ、統合監視システムとVMSの画面を並べて表示すれば良いというものでは、ありません。

増して、様々な多量データが常に変化するROCでは、オペレーターの要求によって、ただちに関連するカメラ画像を表示することが要求されます。しかも、過去に遡った画像の比較や、データとの関連性、複数のサイト間の比較が一瞬に行われるシステムが要求されます。

そのためにも、カメラの統合システムであるVMSとSCADAと連携させたSDxV[®]は、重要なツールになると考えています。

今後、このようなROCを設置していくには、データの統

合、現場へのAIの導入、カメラの導入と統合を行う必要があります。一度にシステムを構築することは、難しく、段階的に進めていく必要があります。

- 1, 現場へのIPカメラの設置
- 2, 必要であればAIの導入
- 3, システムを統合するSCADAの導入

尚、なにがなんでもAIを導入する必要がなく、順次AIを導入し、その有効性を確認しながら、そのデータの信憑性を高めていく必要があります。

統合SCADAは、拡張性に優れ、各種通信方式のサポート、モバイル対応等慎重に選定する必要があります。又、各設備ベンダー間との調整も必要であり、大変な工数が必要になってきます。そのためにも、統合監視の実績を多く持つベンダーに依頼することが重要です。

一番手っ取り早いのは、現場へのIPカメラの導入と管理システム（VMS）の導入ですが、それだけですと、ただ単に端末の数が増えるだけで、本来のROCの役目を果たしません。

まずは、IPカメラで工場全体が目に見えるようにし、その上で同じオペレーションルームでデータ系も有機的にリンクさせ、工場全体の様子が、遠隔から手に取るようにわかるシステムづくりを段階的に行う必要があります。

以上のように、手間のかかるシステム作りですが、既に、その実績を持つベンダーも徐々に増えてきています。先ず、そのようなベンダーに相談してみればどうでしょうか。

当社でも規模に合わせて、各種SCADAベンダーとの連携が可能のように、対応を増やしています。

製造現場では、人手不足が進み、従来のものづくりを維持するのがどんどん難しくなっています。そのためにも、今後、このようなシステムの導入が望まれるのではと考えています。

参考文献

- 1) 横河電機ホームページ：FAST/TOOLS SCADA System as the Basis for Lower Operational Costs in NAM, <https://www.yokogawa.com/library/resources/references/fast-tools-scada-system-as-the-basis-for-lower-operational-costs-in-nam/>, (accessed 2023/12/12)

(2024年1月17日受付)