

第7節 化学工場における運転状況のリアルタイム監視と生産情報の統合化

1. はじめに

当社は、一般的な生産工場の設備や無人プラント、化学工場等に“生産システム”を導入するシステムベンダーである。工場、設備に生産システムを導入する観点から“運転状況のリアルタイム監視と生産情報の統合化”について取り上げた。その状況と、そこから繋がる今後の生産システムを説明したい。

状況としては、製造業界全体のトレンドである「インダストリー 4.0」^{※1}がまさに化学工場も含んだ大きな産業の流れとして起きているという点がある(1.1)。

また、現在様々な工場で採用されている「生産システム」の導入には当社も少なからず関わってきた。当社の基礎技術が世の中にどう適応して行ったかという観点、更に「インダストリー 4.0」の要素技術とされているIoT, M2M, サイバーフィジカルシステム (Cyber-physical system) 等、そしてこれらの技術を有効活用した「スマートファクトリー」^{※2}等、これら世の中の状況と、当社が今後の化学工場向けシステムとして位置付ける「スマート生産システム」との関わりについて説明する(1.2)。

そして、リアルタイム監視と生産情報の統合化から実現できる生産システムと、その効果などを広く取り上げている。

1.1 製造業全体のトレンド「インダストリー 4.0」と産業の流れについて

「2. 近年における“情報技術”, “生産技術”」で詳細を記述するが、近年の、IT や ICT (Information and Communication Technology)^{※3}をはじめとする“情報技術”の加速度的な進化や、“生産技術”の発展が“産業構造の変化”を引き起こしていると推察すると、化学工場においても「インダストリー 4.0」の流れは起こると考える。

1.2 化学工場における当社基礎技術の適応について

化学工場のみではなく、一般的な製造工場も含め、「インダストリー 4.0」を具現化した「スマートファクトリー」は工場の生産ラインを全自動にし、工場全体を単純に統合管理するだけでは完成しない。「インダストリー 4.0」は、システムの導入による「工場の自動化」とは違って、人件費の削減や効率化することだけを意味する訳ではない。

「スマートファクトリー」の大事なポイントは、システムを進化させ、工場を多角的に統合管理する事、そして設備と人が協調することにより、人がより付加価値の高い作業へとシフトしていくこと(高度化)で問題の解決を図っていく事だと考えている。

※1 《インダストリー 4.0》

- ・モノのインターネット化 (IoT) により、設備が人と協調して動く、サイバーフィジカルシステム (Cyber-physical system) を実現
- ・拡張現実を活用した、オペレータ作業支援
- ・ビッグデータやクラウドコンピューティングを活用した、徹底した品質追跡管理および工程改善
- ・消費者に合わせた一品一様の商品づくりである、マスカスタマイゼーション (Wikipedia より)

※2 《スマートファクトリー (Smart Factory)》

ドイツ政府が提唱するインダストリー 4.0 を具現化した形の先進的な工場のことを指す。センサや設備を含めた工場内のあらゆる機器をインターネットに接続 (IoT: Internet of things) し、品質・状態などの様々な情報を「見える化」し、情報間の「因果関係の明確化」を実現し、設備同士 (M2M: Machine to Machine) ないし設備と人が協調して動作する (Cyber-Physical System) ことにより実現する。(Wikipedia より)

※3 《ICT》

情報 (information) や通信 (communication) に関する技術 (Technology) の総称。わが国では IT (Information Technology: 情報技術) の方が普及していますが、国際的には ICT が定着しています。総務省の「IT 政策大綱」は 2004 年から「ICT 政策大綱」に名称を変更しました。わが国が目指しているユビキタスネット社会では、ネットワークを利用した多様なコミュニケーションが実現するとされており、情報通信におけるコミュニケーションの重要性が増大しています。(Weblio 辞書より)

現在工場で採用されている生産システムを、どのような方向に持って行き、どのような「スマートファクトリー」を作り上げていくのか？

この内容については、当社の基礎技術により今後どのような生産システムが構築できるのか？という観点に置き換えて説明が出来る。

これら 1.1, 1.2 の考察によって、今後の「化学工場における連続生産プロセス」のヒントを得たい。

2. 近年における“情報技術”, “生産技術”

一昔前まで、社会にはひとつの商品ジャンルにつき数種類の商品しかなかった。

しかし今日の私たちの社会には、日用品から産業設備に至るまで、少しずつ細分化され特化されたありとあらゆる商品があふれるようになってきた。

これは、消費する側としては、自分の好みやニーズにあったものを多数の中から選択できること（いわゆる商品需要の多様化）を、提供する側としては、消費する側のニーズに沿うべく細分化及び特化された商品を提供していること（いわゆる“多品種少量生産”）を、それぞれ意味している。“多品種少量生産”は情報技術の進化や、ニーズに対応できるだけの生産技術の発展があったために実現していると考ええる。

つまり、“多品種少量生産”は、もともとの市場ニーズではなく、このような事を成し遂げられる産業構造が成立して初めて求められるようになったのである。

そして、化学工場においてもこのような商品需要の多様化に対応すべく、“多品種少量生産”の対応例は少なくない。ここで注目すべきは、商品需要の多様化がもたらす産業への影響である。

商品需要の多様化に対応するため、化学工場においては生産インフラが変化していった。PC ベースのシステムを取り入れた産業の基盤がなだらかに確立していったのである。この変化の過程は“4 項”で説明する。まずは“多品種少量生産”等の技術を可能にした生産インフラの主な技術を“情報技術”と“生産技術”の側面から見て行きたい。

2.1 “情報技術”の加速度的な進化

インターネットの普及に代表される ICT 環境の統合化と、情報技術の進化との関連を考えてみた。

常時インターネットに接触できる環境が整備されつつある近年、情報の主体は企業内のデータサーバや個々の PC 上から、クラウド環境に代表されるようなインターネット上での情報構築に変わりつつある。

これに伴い、情報を扱う端末の性質も、デスクトップ PC やノート PC といった従来の端末から、スマートフォンやタブレット、Windows10 搭載 PC のようなインターネットを情報源とし、自律的に動作して動的な情報にアクセスする多機能タイプの端末へと移行しつつある。

消費者に合わせた一品一様の商品づくりである、マスカスタマイゼーションが「インダストリー 4.0」の一例であるとするれば、例えば、商品流通の経路として、店舗へ赴くのではなくインターネット通して商品検索を行い、そのまま気に入った商品を購入するというスタイルが確立されている。まさに産業構造の変化が起こっていると言えるであろう。

近年、テレビ、新聞、書籍といった、インターネットとは関係なく成長してきた情報メディアの分野がインターネットを媒体に集約されていく状況が見られ、このような新しい発想の ICT 環境の統合化により情報技術の加速度的な進化がもたらされるのではないだろうか。

そして、この ICT 環境の統合化の中で商品需要が劇的に多様化したとき、生産技術はどのような影響を受けるのだろうか？

2.2 “生産技術”の発展

次に、生産技術の発展についての関連を考えてみた。まず、化学工場等の工場内における生産技術の発展を考えてみる。

つい先頃まで見られた経済状態に、産業の空洞化（日本経済の縮小）、アジア経済の拡大、そしてグローバル化と情報サービス産業の拡大、といった経済事情に左右された産業の変化が見られた。そのような変化の中で、徹底的なコス

ト削減やプラント設備の自動化、人員削減といった生産性の追求は、経済的な状況を考慮した経済追従型の企業努力ともいえる。この変化に乗れなかった企業は淘汰され、生産技術の発展がより必要不可欠なものとなっていったものと思われる。

また一方で、マーケティングによる市場の需要を反映すべく、効果的な宣伝や工場での多品種少量生産、戦略的統合を行うなど、先読み型の企業努力の結果がもたらした発展も少なくない。この変化の波の中で製造業が生き残りをかけて取り組んだ事情により生産技術の発展の足跡が残り、今後の発展の方向性も見出せるのではないだろうか？

このように情報技術の進化がユーザーの需要に影響を与える事や生産技術の発展が需要の多様化に応えようとする構図は、まさしく“産業構造の変化”である。

一般的な生産工場や設備、化学工場において、産業用 PC の導入を中心とした様々な“生産システム”が導入されている。生産システム導入の側面からも、情報技術の進化や生産技術発展との関わりを調べれば、今後どのような生産システムが望まれるのか見出せるのではないだろうか。

そこで、まずは化学工場以外の、いわゆる一般的な生産工場や設備における生産システム導入について当社が手掛けてきた構築例を挙げ、その後、化学工場における生産システム導入を考察する。そのうえで、「スマートファクトリー」と当社の考えるリアルタイム監視と生産情報の統合化を踏襲し、更に発展を加えた生産システムである「スマート生産システム」について説明する。

3. 化学工場以外のシステム

ここでは、複数の角度から生産システムの大きな流れ（展開）を探るべく、化学工場以外のシステム（遠隔監視システム及び生産管理システム）について紹介する。

3.1 遠隔監視システムの考察

当社が過去に手掛けた2つの遠隔監視システムに関して考察してみる。

3.1.1 遠隔監視システム タイプ1

某移動体通信ベンダーが提供する移動体通信網及びインターネット回線を使い、商用アプリケーションサービスプロバイダが準備した環境に監視サーバを設置し、遠隔監視システムによる設備監視を行うシステム構築事例である。

[タイプ1 遠隔監視システム構築事例]

- ・小型常用発電設備監視システム（発電設備メーカー向け）

現場側は設備情報の入力と移動体通信網への接続を行う専用ユニットを準備した。このシステムの上位側は、最近では構成が定着しつつある“クラウド型”のシステム構成を採用し、どこからでも設備の状況を監視する事ができたが、全体の構成としては以下の制約事項を持っていた。

- ・現場設備の状態を常時監視するシステムではなかった。
（通信費が従量制であったため、定期的に設備の状態をリアルタイム監視することができなかった。）
- ・クラウド環境に直接設備データを集めていたため、設備データの収集や保管（データロギング）、モニタリング機能等、監視システムとしての主だった機能を全てクラウド環境に設置したサーバに委ねていた。

3.1.2 遠隔監視システム タイプ2

2つ目のタイプは、“PC ベースシステム”のような現場設備で完結できる監視制御システムを構築し、インターネット回線を通じて現場設備を直接見に行けるタイプの遠隔監視を行う方式である。

[タイプ2 遠隔監視システム構築事例]

- ・上水道設備の監視（浄水場、配水池、水源地）

このシステムは、浄水場などの現場設備側に主体となる監視装置を配置し、遠隔地から直接現場の監視装置にアクセ

スし監視を行う構成である。

但し、DCSのような現場オペレーション型の監視制御システムとは違い、配水池や水源地など、現場側にオペレータが居ない無人設備のケースも存在した。

タイプ2のシステムには、以下のような制約事項を持っていた。

- ・現場の通信インフラに依存するため、遠隔地を主体とした監視としては、やはりリアルタイム性に乏しく、常時モニタリングとしての機能が発揮できないことが多い。
- ・設備データの収集や保管（データロギング）、モニタリング機能等、監視システムとしての機能を現場の設備環境に設置した装置にて構築していたため、任意の場所からオペレーションが可能なる事とは裏腹に、常に現場に設置した監視システムを保守し、保存したデータの安全性に気を配る必要性が生じた。

図1は当社独自の構築ツール（監視画面ビルダー）で浄水場の監視画面を作成している様子である。

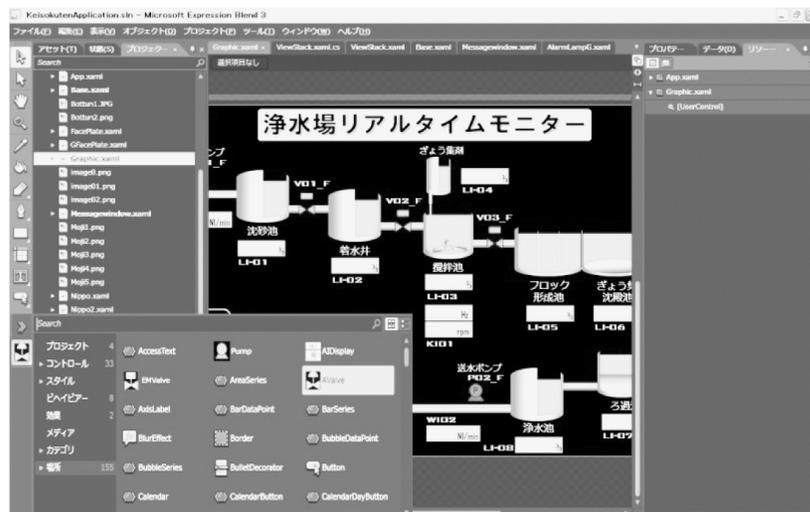


図1 当社独自の生産システム構築ツール

上記した、それぞれのインフラによるシステム構成は、“遠隔地にてリアルタイムに設備の監視が出来ない”という点が共通の課題として取り上げられていた。

3.2 生産管理システムの考察

ここでは、当社が手掛けてきた生産管理システムと、一般的な生産管理システムの概要を含めた内容を紹介する。

まず生産管理システムを、日本工業規格（JIS）では「生産工程における製品や情報、原価などを総合的に管理するシステム」、ASCII デジタル用語辞典では「企業で利用されているコンピューターシステムのひとつで、製品の受注から生産、納品に至るまでの流れを管理するシステム」と定義している。

つまり、生産管理システムとは製造業の生産現場で使われる広い意味での生産システムの呼び名である。

製造工場において、収益を確保するために重要な要素は生産性（業務効率化）及び製品品質と考える。PC ベースシステムを採用して製品の生産量や、生産スケジュールに沿った計画生産を行うことで生産性を確保することができ、更に PLC、固定式コードリーダー、ハンディ端末、各種センサー等の機器を組み合わせる事で歩留まり向上やボカよけ、照合、といった製品品質に関わる対策を講じる事も可能である。当社はこのような取り組みによる生産管理システム構築を手掛けてきた。

当社が構築する生産管理システムに求められる重要な要素としては、生産に関わる複数の情報を一元管理することがある。生産管理には、仕入管理、在庫管理、照合、製造管理、出荷管理など様々な業務工程が存在し、各々が相互に情報を必要とする場合もある。これらの工程すべてが一つのサプライチェーン（供給連鎖）として繋がっているため、それを適切に管理するためには情報管理の一元化が不可欠である。

しかし、製造業の生産管理環境はその工程が多種にわたっており、一般的に採用されている多くの生産管理システムでは業務の要素毎、例えば仕入には仕入システム、在庫には在庫管理システムという風にシステムが細分化されているケースが多い。こうしたシステム環境では各業務の情報を一元管理することが課題となっている。

4. 化学工場におけるプラント監視／制御の変化の流れ

4.1 パネル計器から専用の分散制御システム（DCS）へ

操作盤の盤面や操作卓に取り付けられた計器、グラフィックパネル等を使って設備現場で行っていた監視やオペレーション（いわゆるパネル計器）は監視室またはコントロールルームと呼ばれるスペースに設置された専用の分散制御システム（DCS：分散制御システム）で行うようになり、監視／制御の拠点は設備毎に集約されていった。

この場合、フィールドからの入出力は設備単位に配置した計装コントローラ（制御盤内に収納）により集約されてきた。

4.2 専用の分散制御システム（DCS）から PC ベースシステムへ

専用システム（DCS）は次第に汎用で安価なハードウェア（PC）が採用されはじめ、モニタリング、データロギング、ヒストリーといった機能はそれぞれ専用の機器ではなく 1 台の機器（PC）に集約され、コストパフォーマンスは格段に向上した。

PC ベースシステムは“4.1 項”の“専用の分散制御システム”と区別され、パソコン DCS、PLC 計装等の呼び方もされる。PC ベースシステムが一般的になるに連れ、DCS は本来の分散制御ではなく、化学工場に代表される原料工場などのプラント設備を監視／制御するためのシステムを指す名称として使われ出した。

4.3 最近のプラント監視／制御システム（DCS）

ここ数年のプラント監視／制御システム（DCS）の更新は、PC のインフラ（OS や周辺機器）が定着してきたため、ハードウェア的には大きな変化が無く PC ベースシステムから PC ベースシステムへの更新というケースが増えてきた。当然 PC やコントローラのスペックは向上し、対応するアプリケーションも多様化してきたが、過去の例のような目に見えたハードウェアの構成変更は無くなってきた。

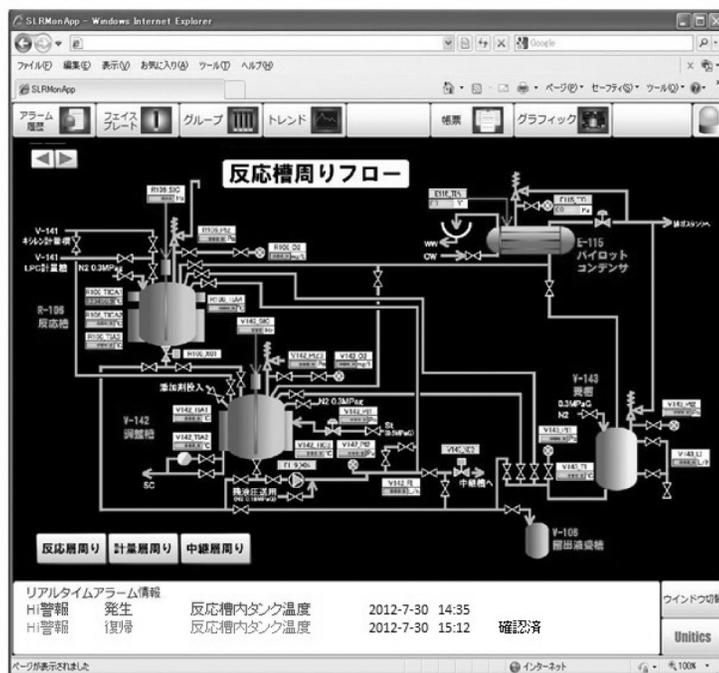


図2 ブラウザで監視するプラントの運転画面

4.4 プラント監視／制御システム（DCS）発展の考察

（プラント監視／制御システムは以下、「DCS」と略称する。）

DCS においてそれぞれの世代で守られてきたシステムの要件として、リアルタイムに生産状態を把握し、オート制御やプログラムマニュアル制御、オペレータ操作などによる即応性がある制御／操作が可能な構成が要求されてきた。

これによりパネル計器から PC ベースシステムに至る過程で一貫して保たれた機能が“リアルタイム監視／制御機能”である。

またプラント設備の入出力として、4 大プロセス（温度、圧力、レベル、流量）を計測するセンサーの信号入力や調節弁、ポンプ等のフィールド機器を制御するための信号出力が DCS と一体であることも重要な要件でありプラント設備の機能の特徴である。

懸念点としては、DCS の“PC システムから PC システムへの更新”において、“分散制御”の優位点が汎用のハードウェア（PC）でも継承されているのか？ということ、そして、DCS に限らず PC ベースのシステムを取り入れた産業の基盤は確立され、インターネットの普及とともに ICT に代表される情報通信技術も取り込んでいる。そのような中で監視／制御システムのリアルタイム性（リアルタイム監視／制御機能）はどのように継承されるべきか？

更に、ICT 環境が普及することで“環境の統合化”が進むと想定するが、この“環境の統合化”がもたらす変化として、場所を選ばない監視／制御も求められてくる。このような状況から、化学工場の今後の生産システム考察のためには、3 項の化学工場以外のシステム動向も考慮に入れる必要があるだろう。

一般的な生産工場や設備における生産システム（遠隔監視システム、生産管理システム）及び化学工場の生産システム（監視／制御システム、DCS）を考察してきた結果として、5 項では、これらの特徴（長所）を取り入れる事例や問題点を解決する具体策を組み込んだ当社のシステム構築をご紹介したい。

5. リアルタイム遠隔監視システム

無人の設備や一般的な設備の監視を行うための生産システム（遠隔監視、監視／制御システム）を構築するにあたり、当社が実践にて問題解決を行った事例を紹介する。

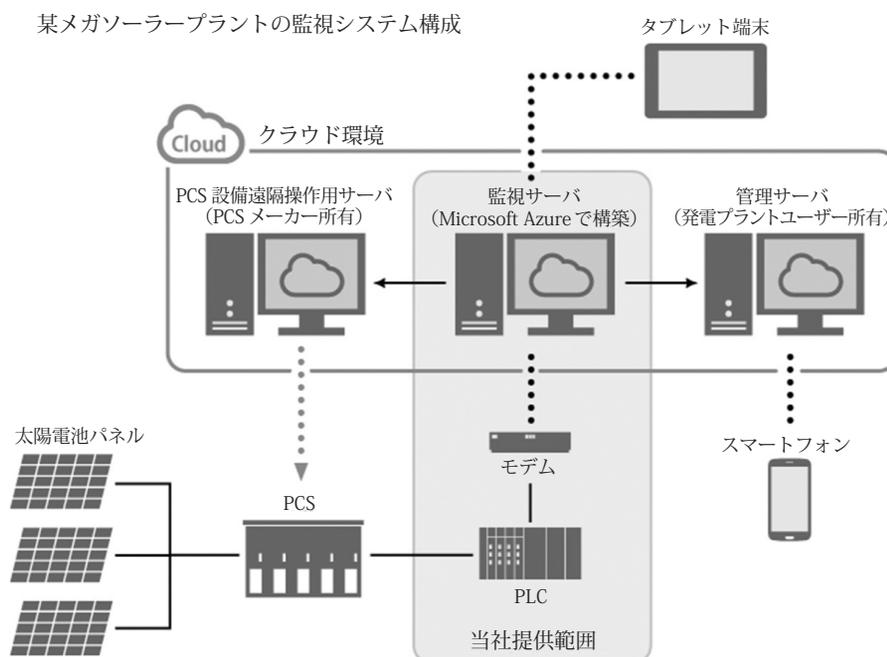


図3 某メガソーラープラント監視システム構成図

当社の設備監視システムは、再生可能エネルギー分野（風力発電、メガソーラー）でも九州地方を中心に実績を積んでいる。

図3は、某メガソーラープラントの監視制御システムとして当社が実際に構築したシステムの構成図である（網掛け部が当社提供範囲）。

このシステム構成の特徴は、複数の発電プラントを手掛けるユーザが所有する管理サーバがクラウド環境上に存在している（発電設備がある現場にサーバは無い）ことである。

風力発電、メガソーラー等の発電プラントは通常無人運転であるため、図3のようにシステム構成として現場発電設備側に監視画面（監視用のPC）は存在しない。そして、3.1項で示した異なったタイプの遠隔監視システムそれぞれの制約を無くしたシステム構成であることが、このシステムの特徴になる。

（クラウド環境上にシステム構築可能で、かつリアルタイム性を失わない。）

更に、クラウド環境上の複数のサーバでデータ共有する機能を有する事でクラウド環境間をアクセスする様々なクライアントに必要とするデータのみをリアルタイムに提供できるしくみを実現した。

つまりDCSが持つ特徴と3.1項で紹介した遠隔監視システムの利点を統合したシステムをクラウド環境で構築したのである。ここに、当社が確立した“DCSのようなリアルタイム性を持った設備の遠隔監視システム”（以下、リアルタイム遠隔監視システムという）の基礎技術を導入した事で、その効果の解析やユーザが持つ潜在需要の抽出を行うことができた。

また、プラント設備内には基本的に人は常駐していないため、発電設備内に監視機器は設置しているが、監視拠点はインターネットが繋がる任意の場所から監視出来るように構成する事が基本であり、監視デバイスとしては、デスクトップPC、ノートPCに加え、タブレット、スマートフォン等のハンディ型監視端末が好まれ、これらにも対応した。

このシステムは、“3.1項 遠隔監視システム”で紹介した2つのタイプのシステムそれぞれの課題も克服しており、浄水場を含む水道設備の監視など、従来遠隔地にある拠点の状況を監視するために用いられたテレメータ（NTT専用回線）システムもリアルタイム遠隔監視システムによりリニューアルの対象となる。このリニューアルは、格段なリアルタイム性とコストパフォーマンスの向上を実現している。

6. 当社の“統合化理念”と生産システムによる分散制御

まず、5項の例のように当社は再生可能エネルギー分野等でリアルタイム遠隔監視システムの実績を持っている。更に、これまで度々“統合化”というキーワードを出してきたが、当社の“統合化理念”と工場のリアルタイム監視についてここで説明したい。

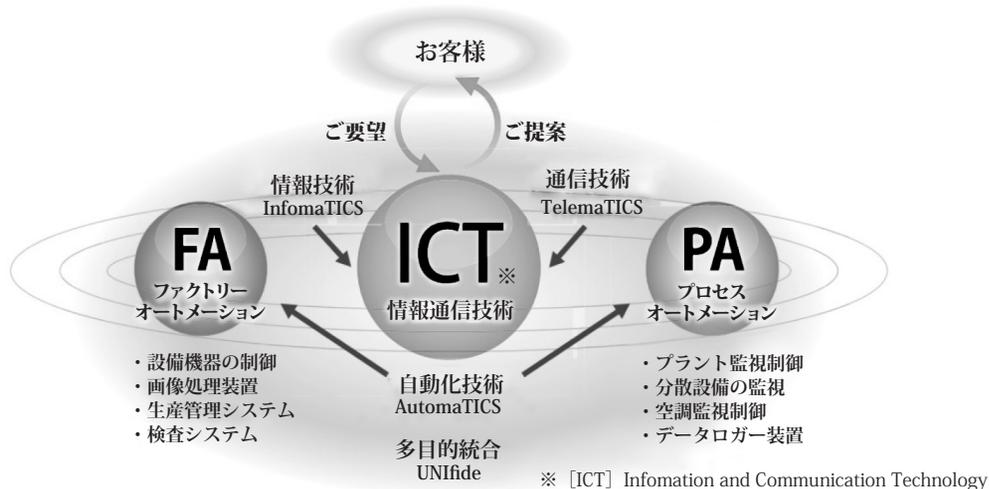


図4 当社の“統合化理念”

6.1 当社の“統合化理念”

当社の統合化理念（UNifide）は、ユーザの持つノウハウ、問題点、目標、そして産業分野のトレンド、これらを多角的に統合するという方向性を持ってユーザのイノベーションを後押しすることである。

産業分野では ICT 環境とものづくり技術の統合や生産技術の発展など、産業構造の変化に対する一過性ではないトレンドが存在しており、「IoT」、「サイバーフィジカルシステム」等の産業発展のキーとなり得る要素技術が実用化されつつある。

6.2 当社が確立した“統合化理念”

この統合化理念は、当社独自のリアルタイム遠隔監視と統合化理念を踏襲した生産システムの導入が前提であり、化学工場においても適応可能である。

その手順は、工場全体の統合化に関する当社の知識と経験により、工場全体の高度化を実現していく。そして、統合化理念をもって生産システムを構築していく。

このように、当社が構築する生産システムは、計装技術や DCS をベースとしリアルタイム遠隔監視システムと生産管理システムが持つ情報管理を統合したものであり、更に複数の工程間も統合した統合化システムへと発展させていくことができる。

6.3 リアルタイム監視と統合管理

化学工場のリアルタイム監視と統合管理は「リアルタイム遠隔監視システム」を実現するために当社が用意した生産システムの技術的特徴のひとつである。

自社技術である“分散オブジェクトの共有技術”（6.5 項で説明）により、「IoT」とその要素である「設備センシング情報とクラウド間ネットワーク」を動的に融合し、工場の設備とそこに関連する様々な情報を共有することが出来る。

例えばビッグデータを活用した分析システム等、“動的融合による統合化”で、従来の監視制御システムや生産管理システムでは実現できなかった（各々の所掌範囲を超えた）役割の提供を可能にしていく。

このように、従来の生産システムを進化させて“工場を統合管理”するためのインフラは整う。

6.4 クラウド環境を構成する技術概要

3.1 項で述べた遠隔監視システムにおけるインフラの問題（クラウド環境を利用する事による問題含む）をどのように克服したのか。これを説明するには、当社の特許技術における基礎技術が深くかかっているのので、まず当社の特許技術について説明する。

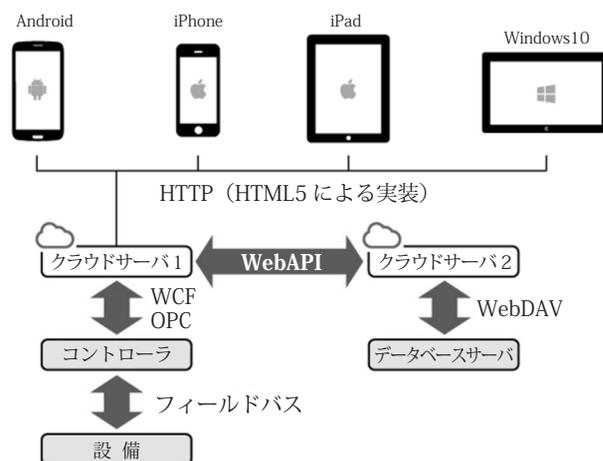
当社は 2008 年 6 月、「設備の監視方法及び設備の監視システム」に関する特許を取得した。[特許第 4132702 号] この特許技術における基礎技術の大きな特徴は、現場設備側装置、クラウド環境、クライアント環境のそれぞれが共通のプラットフォーム（仮想環境）を持つようにしたことである。

これにより、プラットフォーム（仮想環境）でデータを含むインスタンス（実体）を共有する事ができるようになり、データ処理やデータ保存の主体は任意の複数個所が指定できようになる。

情報を運ぶ手段（情報通信プログラム）は必要なく、拠点間のデータ通信を行うアプリケーションを実装する必要がない。当社のリアルタイム遠隔監視システムは、このような基礎技術を用いたことを特徴に持つ。この基礎技術が重要なインフラ構築の基礎となり、周辺テクノロジーの発展に即したシステム開発を継続していく事を容易にした。さらに、この後様々な新規性をシステムに組込むことが出来た。

では、3.1 項で述べた課題を解決するに至った当社の特許技術についてその概要を紹介する。図 5 は、当社がクラウドネットワークを実現するために利用した仕様とアーキテクチャである。

クラウド構成の具体的実現手法



アーキテクチャ：SOA（サービス・オリエンテッド・アーキテクチャ）

図5 クラウドネットワークシステムを構成するための仕様とアーキテクチャ

主に以下のような規約，仕様とアーキテクチャを利用する事でクラウドネットワークシステムを構成した。

- WebAPI：Web Application Programming Interface
コンピュータプログラムの提供する機能を外部コンピュータの別のプログラムから呼び出して利用するための手順・規約の一つで，HTTP など Web の技術を用いて構築される。
- WebDAV：Web-based Distributed Authoring and Versioning
HTTP の拡張仕様のひとつで，Web サーバのフォルダおよびファイルの管理を Web クライアントから行えるようにした仕様。
- WCF：Windows Communication Foundation
アプリケーション同士をネットワーク経由で接続する仕組み。
- SOA：Service Oriented Architecture
業務上の一処理に相当するソフトウェアの機能をサービスと見立て，そのサービスをネットワーク上で連携させてシステムの全体を構築していくアーキテクチャ。

以下は当社が所有する特許技術の申請項抜粋である。

抜粋 1////////

【請求項 1】 設備の監視方法であって，異なる種類の端末やオペレーティングシステム上でオブジェクトが動作可能とするためにオブジェクトの処理基盤を共通化し，計測装置によって設備の計測情報をオブジェクトとして利用可能なデータの状態でインターネットに接続されている入出力端末に取り入れて，上記オブジェクトがネットワーク上の任意の上記端末で共有利用できるようにし，・・・

インターネット上の他の端末が備えているオブジェクトを，あたかも自らの端末で動かしているように利用できる技術（本明細書では「オブジェクトの共有技術」という）が使用してあり，これにより上記したオブジェクトがインターネットにつながれた端末間で相互に利用することができる。本実施の形態では，オブジェクトの共有技術として，周知技術である分散 COM（DCOM：Distributed COM）を使用した，特にこれに限定するものではない。例えば，CORBA（Common Object Request Broker Architecture）や，これと同等のものが使用できる。

//////// 抜粋 1 終り

この特許では，新しいアーキテクチャが提唱されれば，その技術を使用することによりインターネット上の端末（クラウド上のサーバを含む）を構成し，「設備の監視」を行う。としている。この“方法自体”を当社が導き出した手法として利用し，構築したシステムをユーザへ提供することが可能となり，これにより遠隔監視システムにおけるクラウド環境の課題を克服した。

6.5 当社の基礎技術 “分散オブジェクトの共有技術”

“分散オブジェクトの共有技術”の観点から、再度当社の監視システムに搭載している基礎技術に触れる。

(抜粋 1) と図 6 は当社が特許権を有する技術【情報処理端末による設備の監視】の抜粋である。“分散オブジェクトの共有利用技術”を導入することで、異なった 2 点間で情報のみでなくインスタンス（処理の実態）を共有することができ、最小単位での処理モジュールが最適な場所で実行されるような分散処理が可能である。

これにより、4.1 項で取り上げた“専用の分散制御システム (DCS)”が持つ分散制御の優位点を PC ベースシステムによって復活させるシステム構成が実現できたことも大きな特徴である。

図 6. クライアント端末の監視フロー（申請内容）

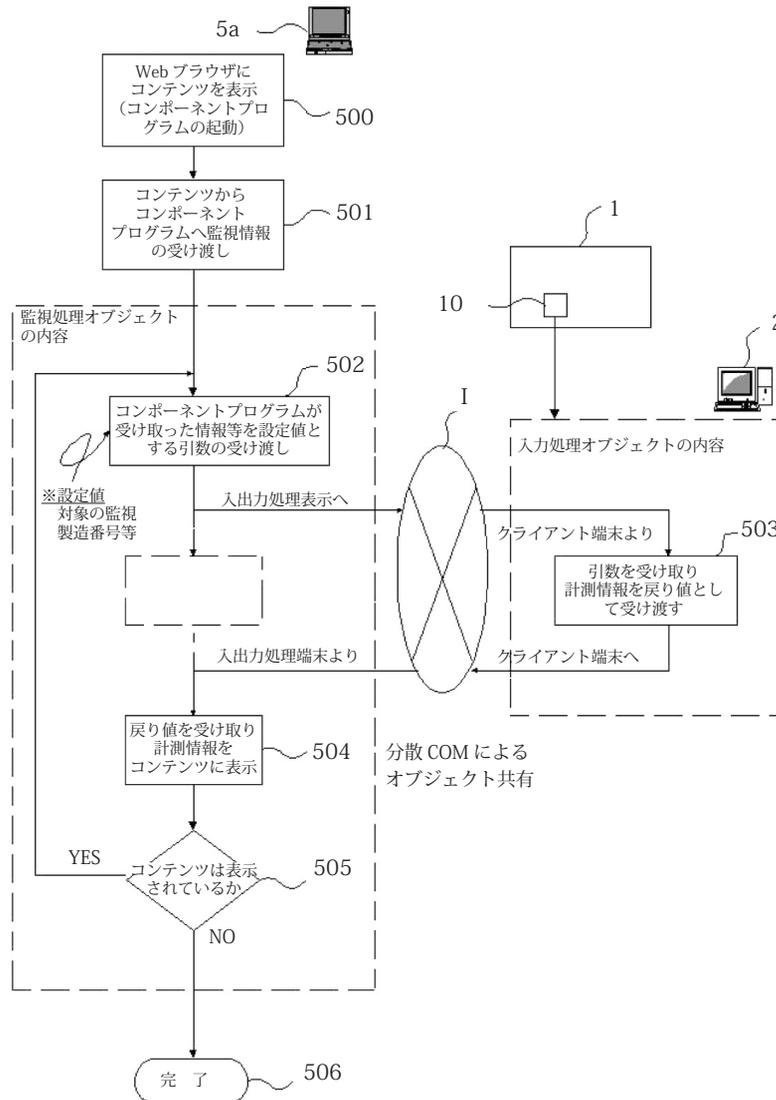


図 6 特許申請内容

当社は上記，“設備監視システム”を構成するための基礎技術を権利化できたことにより、この技術を用いたシステムを当社の資産とし、リアルタイム遠隔監視システムを発展させていった。

7. 当社が考えるスマート生産システムの詳細

7.1 スマート生産システムの構成概要

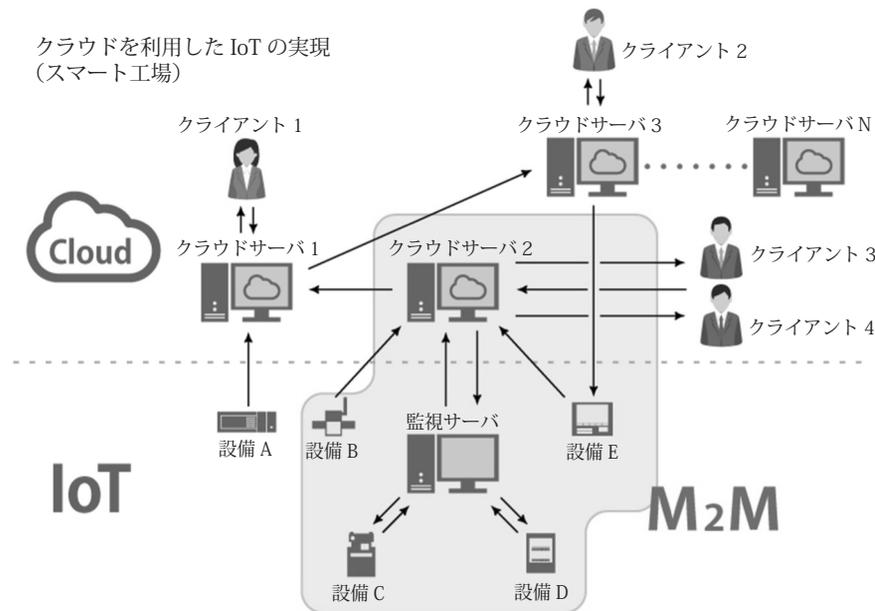


図7 当社が考えるスマート生産システム構成例

図7のシステム構成において、クラウド間ネットワークにおける「IoT」は、モノ（ここでは設備）の情報をクラウド環境上に存在する機器や人（クラウドサーバやクライアント）と結びつけるイメージである。

一般的にはクラウド環境を利用する利用主は人（クライアント端末）であり、その情報元が人だけではなくモノも情報発信源の役割を担うという認識は浸透しつつある。IoTとクラウド環境の組合せで考える場合、この発想でも十分に見えるが、ここに「M2M」の考え方（網掛け部分）を取り入れてみる。するとクラウド環境を利用する利用主は人ではなく機器であり、機器がまた機器を利用し合っていく。その構成要素の1つとして人（クライアント端末）もあるが、利用主としてのモノ（設備）が絡んでくる。

つまり、設備がクラウド機器から指示を受け、クラウド環境の情報を利用して自律稼働するという構成になる。

7.2 「スマート生産システム」の技術要素

当社が目指すスマート生産システムの構成は、最新の技術動向やシーズ研究により考え出されたものではなく、長年にわたりユーザの設備と接し、ユーザの抱える問題点の解析と解決手段を模索していく過程で、化学工場のような大中のプラント設備には図7のような生産システムの構成が設備制御における顕在化した問題を解決できるのではないか？という手順で導き出したシステム構成である。

そのような理由から、「スマート生産システム」を構築するうえで、そのイメージを掴むことが重要な事であると考えている。

DCSやPCベースシステムにより構築された監視制御システムが化学工場における生産システムとして採用されている現場で、「スマート生産システム」はどのような役目を担うシステムなのか纏めてみた。

工程や部門の垣根が取払われ、工場全体にイノベーション（新たな価値の創出による社会変化）をもたらすシステムの構築をイメージし、「スマート生産システム」の構築は、DCSを発展させたシステム共々、製造業全体のトレンドと共通の効果をもたらすものとする。

インダストリー 4.0 における「IoT」、「サイバーフィジカルシステム」は、6.1 項において当社の統合化理念のもとに取り込むべき要素技術である旨の説明をしたが、産業分野で使われる「IoT」は生産現場における情報や、DCSで使

用されるプロセス情報の収集もこの中に含まれると考える。7.1 項でも触れたが、これらを人ではなくシステム（機器）が情報利用する事を前提に多種で大量の情報がオープンなネットワーク上で利用されるようになる。

サイバーフィジカルシステムは機械学習により、人が行っていたオペレーションの特徴をシステム自身が知り、「IoT」で得られた情報による解析（データマイニング）結果から長年の経験と勘がなくても熟練者と似たような傾向把握や推測が可能になる。

要約すると、「スマート生産システム」の構築は、「IoT」、「サイバーフィジカルシステム」など新しい要素技術を取込んだシステムで、当社が目指すリアルタイム遠隔監視と生産情報の統合を実現する生産システムである。

正に「スマート生産システム」が「インダストリー 4.0」の重要な要素となり得るイメージである。

7.3 項では、「スマート生産システム」のシステムインフラについて説明する。

7.3 「スマート生産システム」のシステムインフラ

当社が考えるシステムの準備条件として2つある。

- A. 初期構築時に全ての要件を整えるのではなく段階的な構築を行う。
- B. 統合環境の構築を前提とする。

また、上記2つを含むシステム準備条件はクラウド環境を含むネットワーク上での準備を前提とする。

DCS等現場サイドのシステムに全ての機能を盛り込む形態の生産システム構成は現在でも主流である。しかし、システムアップを行いながら機能構築を段階的に行う場合、現場サイドのシステムを複数回リニューアルすることはトータルコスト増大の要因となる。

更に、ネットワーク上での機能分散が出来ない事などを含み、当社が考える生産システムの要件を満たすことはできない。また、クラウド環境の集約された処理スペースにてシステムアップを行いながら機能構築を行う手法はコスト的にも有利である。

一方で、情報の蓄積や処理機能をすべてクラウド環境に集約する方法はリアルタイム性の観点からデメリットとなる場合がある。例えばプロセス制御で使用される演算制御に対し、クラウド環境から現場サイドに設定値を送り演算しては制御が間に合わない状況もあり信頼性も下がる。

リアルタイム機能の実現には情報収集する現場サイドに情報蓄積や演算制御のための処理機能を持たせることで、即応性を維持していく方法として「エッジコンピューティング」がある（図8参照）。

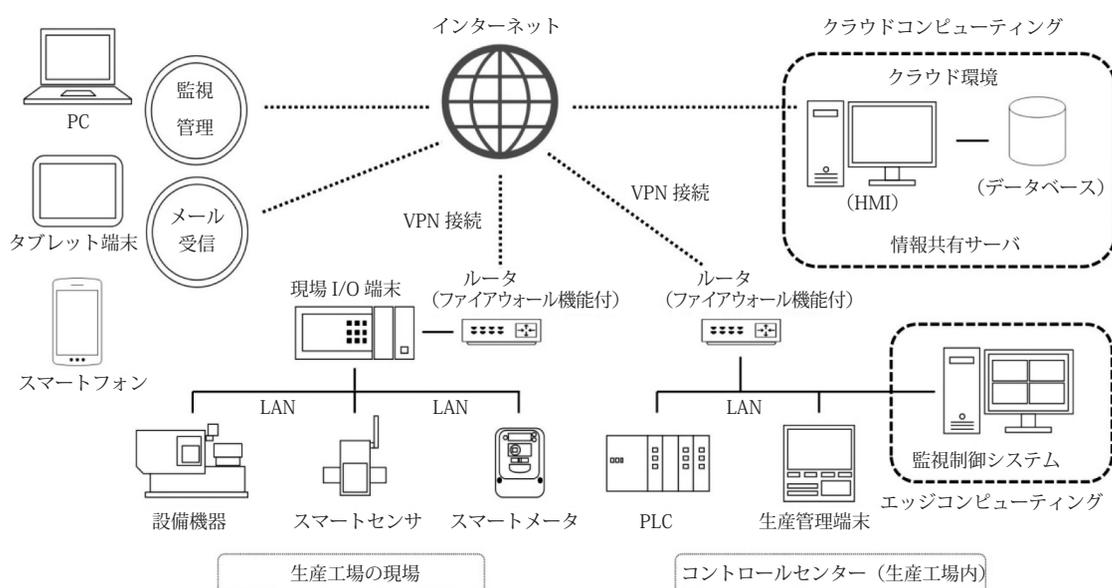


図8 スマート生産システムインフラ

更に当社が定義した、付加価値を生み出すスマート生産システムのシステムインフラ要件を以下に示す。

- ① 基本システムは分散オブジェクトの共有技術が利用できるオープンな環境とする。
- ② 初期構築後にオンラインにて機能を段階的に構築することを前提としたシステムとする。
- ③ “クラウド環境”と“エッジコンピューティング”という相反する特徴を有するシステム環境を二者択一ではなく同一システム内で構築する。

上記の3つをシステムインフラの前提条件とする。

クラウド環境を構成したインターネット上にシステムインフラを置くスタイルでありながらリアルタイム監視／制御を実現し、ネットワーク上の任意の場所に機能を分散配置することができる。こうしてスマート生産システムを生産工場の設備状況に合わせて構築するためのシステムインフラが導入される。

「スマート生産システム」の具体的な構築手法については具体的な一例を挙げて紹介する。

7.4 「スマート生産システム」の構築手法

当社が有するスマート生産システムは、計装メーカーが有するDCSシステム同様、コンフィグレーション等によるビルドアップ型だが、付加価値部分の機能構築はかなりフレキシブルに対応可能である。どのような要件定義から作り込んでいくのか、その生産工場の一例を示す。

ここで想定する生産工場は、DCSや監視制御システムの機能に付け加え、生産管理システムの付加価値や問題解決の具体例を示すことで効果を生み出す生産工場である。

この工場で要求されるシステム要件例を4つほど例記してみる。

- ① ERP（基幹業務システム）、MES（製造実行システム）、ユーティリティ監視など製造現場で導入されている他システムとの連携機能を有するシステム
- ② “製造部門”のみではなく、営業、購買、出荷物流、販売、マーケティングなどの他部門との情報を共有し、相互連携ができるVC（バリューチェーン）型の情報収集／発信機能を持つシステム
- ③ 一つの企業の内部だけでなく複数企業間や統合的な全工程からの情報を取り入れたSCM（サプライチェーンマネジメント）型の管理機能を持つシステム
- ④ 多品種少量生産やオーダーメイド製品に対応でき、予防保全、出荷後の製品フォロー（トレーサビリティを含む）など“モノ（製品）とコト（サービス）”を提供できる生産機能を持つシステム

上記したシステム要件は生産工場の設備に対する付加価値を生み出す要件としての設計例である。そして、当社が複数の生産工場に対しシステム構築を行った事例から、その雛形となるパッケージを有している。

このように、まずはあるべき生産システムの機能や問題解決の具体策を定義することが、システム構築の最初のステップである。

次に、この要件定義に相当する雛形パッケージをベースに当社が有するシステム構築ツールにてデザインフローを作成する。このデザインフローはドキュメントとして利用すると同時に“システムビルド”という工程を通すことでシステム構築の成果物となる。

当社が取り組む統合化の方向性〈統合化理念〉は「スマート生産システム」の構築手順にも当てはまる。システム構築の担当者が業界全体のトレンドや要素技術の利用方法に精通していないとしても、まずは生み出される付加価値、問題点の解決手法、それらの効果に目標を設定し検討を進めていく。そして、そのためのインフラとして生産システムの導入を進めていく。

この構築手順の最初のステップ（要件定義）は“独自の解決手法を確立する”ことであり、取組みの初期段階においては最も優先させる作業と考える。

7.5 「スマート生産システム」の運用手順

「IoT」、「サイバーフィジカルシステム」を含む要素技術を取り込んだシステムについては、“7.2項”でそのイメージを掴む必要性を説明したが、次に挙げる2つの例のように「スマート生産システム」自体が工場設備を稼働する負

担や作業の軽減をしてくれる訳ではない旨を補足しておく。すなわち、

A. 「IoT」により膨大なセンシング情報を得られたとしても、すぐにその情報を有効利用できるような解析システムやパッケージ化されたソフトウェアが最初から備わっている訳では無い。

B. 設備の固有なノウハウや特殊性を考慮し、「サイバーフィジカルシステム」を導入しても技術そのものが生産性や品質を向上させる訳では無い。ということである。

ここで、DCS、PC-PLC ベースシステムの構築手順を記す。ソフト的構築要素としては a. 計装メーカーの DCS の基本システム導入、b. ユーザ側で用意した要求仕様に従いプラントメーカーや計装メーカーと共に数ヶ月の設計、c. システムエンジニアリング、d. 試運転調整を経て実用システムとしてのイニシャル構築が完成する。

「スマート生産システム」においても、この工程が発生するが、それに加えてその構築には DCS、PC-PLC ベースシステム以上に状況の把握、分析、解決手法を纏め、システムの運用によりその効果を具体的にしていく必要性が出てくる。

そのような困難が障害となって「スマート生産システム」の構築に慎重になる状況も想像できる。しかし、新たな取組みによるリスクを回避すべく、慎重になる限り付加価値は創出できないし、業界動向を見守っているだけではイノベーションは起こせない。

つまり、生産システムの導入と同時に、またはその後に必須となる要件は、運用手順を確立することだと判断する。

8. 「多角的統合」に向けて

統合化理念を実用化するための施策として、当社では、産業構造の変化に適応していくための当社システム「スマート生産システム」の導入活動を進めている。

さらに、これにより解決できると思われる問題点の洗い出し、要求仕様の設計等をユーザと共に検討、助成する“多角的統合”を進めている。

これは、6 項で説明した“統合化理念”の統合の考え方を“システム統合”、“技術統合”、“意識統合”と拡張していった当社の考え方である。

《多角的統合》

生産に関わる複数のシステム間、部門間、工程間、を統合し、相互に連携するための統合化技術を活用し、生産現場のシステム統合に貢献する。

当社が培ってきた“統合化理念”により、リアルタイム遠隔監視、生産情報の統合化、クラウド環境による分散制御等、様々な技術の統合を行う。

これらの“統合”に加え生産現場が持つ問題点解決の意識を広く統合していくことで、工場全体のイノベーションをユーザと共に考え実践していく。

上記は当社の、《多角的統合》の定義の紹介だが、当社は当社のリソースを有効活用することでユーザ設備の生産性や品質向上をどのように実現し、その成果を計っていくかを提案することでユーザへのトータルサービスを手掛けている。例えば、部門間連携による相乗効果でユーザ設備へ付加価値を与えることが当社のサービス提供方針であり、他社との差別化ポイントの一例である。

8.2 項に、この考え方をベースにしたいくつかの取組みと、その特徴や効果を説明していく。

8.1 多角的統合による取組み

当社の多角的統合を利用した効果予測の一例を紹介する。

近年、監視システムの主な利用者が、プラントや設備を安全に運転するためのオペレータでは無く、その設備やプラントに関わる情報を利用したい様々な目的の人たちに適切な情報として伝えることを目的とするシステムへと変化させようとする需要が増えてきた。

更に、監視システムの主流はオペレータがどのように設備を監視し、オペレーションするかを迫及したものだったが、近年ではオペレータが行う監視やオペレーションをシステムが安全に代行する機能が要望され、システムの所掌範囲が

オペレーションの域にまで拡張し、人とシステムが分業するような需要も発生してきた。

ユーザが上記のような需要を達成する生産システムを手に入れたとすれば、メリットとしてオペレータの役割自体が、設備やプラントの運転に特化したものでは無く、先を見据えたオペレーションを行う事ができる。このことで多様な役割が発生し、付加価値を生み出せるようになる。

オペレータの仕事を代行する生産システムというサイバーフィジカルシステムのような分野が想定できるが、当社が取組んでいる内容は、まずは、需要を達成させるための要件を徹底的に洗い出し、その手順をシステムに組み込むことである。オペレータが手動で行う操作をどのように生産システムに代行させるか、オペレータがプラントや設備を安全に運転し、かつ生産性を上げるために行っている日常業務をどう生産システムに組込むか、現場設備側装置から提供された情報だけでなく関連情報（設備の情報やプロセス量以外の情報）、経験値を手順化して統合し、「スマート生産システム」を設計していく事が多角的統合の役割である。

8.2 スマートオペレーション

この事により、熟練者の頭の中でしか作れなかったイメージを監視システム内部で情報化していく雛形が構築できた。以下に当社が考えるスマートオペレーションの一例を示す。

クラウド環境でサイバーフィジカルシステムを導入し、短期的な景気状況、気候や天候などを取り込むことで、生産品や原材料に関連する流通状況を予測シミュレーションできたとする（本来は市場状況を分析する専門家の役目）。これと現在の生産状況を比較、解析することで他の部門が都度決定しなければいけない原料の発注量やプロダクト生産量を生産部門独自に長期予測し、少し先の生産予測値を導き出すシステムが実現される。

このように実際の設備やプラントにおいても実在情報の監視のみではなく、仮想環境をベースにした未来状況予測値の監視形態は実現可能である。



図9 ホログラム コンピューティング

これからの実現スタイルとして、当社のスマート生産システムをベースに、今後デバイスとして普及が予想されるホログラム コンピュータ（ヘッドマウントディスプレイやホロレンズ等のデバイスを備えたPC）を使えば、前述のデータ解析による予測事象や生産内容の予測シミュレーションを実在情報に重ねた仮想環境としてオペレータに提供するシステムが実現可能である（図9）。

これらを実現することで、オペレータは実在するデータのみからイメージしなければいけなかった事象や予測情報をビジュアル的に見る事ができ、未来に向けた備えを容易に行い、そこから改善提案を行う等の新たな役割が生まれてくる。

当社のようなシステム構築メーカーの役割として、このような情報を的確に発信、提供して実現していく事は今後の使命として考えている。

スマートオペレーションの予測は、あくまでもホログラム コンピュータのような最近のデバイスからのトレンド予

測ではなく、現場の潜在需要の解決策から行うものであり、ここに先端的な技術を当てはめて、ユーザの問題解決を行うことが出来るか予測したものでなければならない。

当社は、このようにユーザ側に立った考え方や未来予測で、当社の“スマート生産システム”を導入し、“インダストリー 4.0”への対応、“スマートファクトリー”構築へのソリューションを提案し続けていきたい。