

デジタルツイン環境下での次世代プラント運転・ 保全分野におけるロボティクス技術の展開

(千代田化工建設デジタルトランスフォーメーション本部) ○井川 ^{いかわ} ^{しづか} 玄

1. はじめに

石油・化学プラント業界では、設備の高経年化や人材不足等への対応策として『スマート保安』（デジタル化）が業界で推進されており、今後、更に進展していくことを期待している。

しかし、今回のデジタル化での変革は従来の IT 導入等での効率化改善とは全く異なる。仮想プラントであるデジタルツインをベースにしたロボティクスを活用することで、プラント業界で長年大きな課題であった問題の解決をもたらすという、デジタルトランスフォーメーション(DX)が近い将来に実現されると予想している。

2. 石油・化学プラントでの現状課題とデジタル化

石油・化学プラントでは、設備の高経年化や保安人材の不足等の業界を渡っての課題解決を目指すべく、経済産業省・保安課が旗を振り、業界全体を渡ってのスマート保安(デジタル技術活用)に基づく『保安エコシステム』の構築を目指して推進を行ってきた。

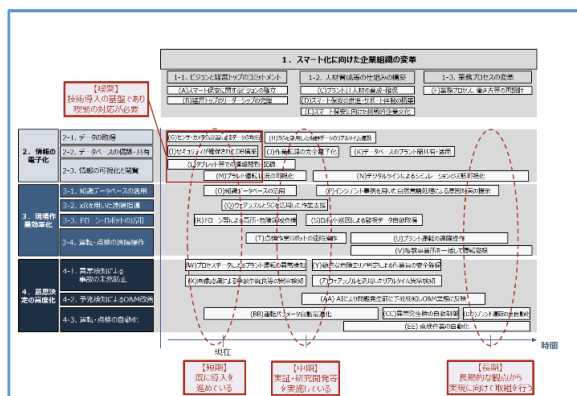


図-1：民のアクションプラン
(スマート保安技術の導入などの
共通テンプレート)

更に昨年、新たに『スマート保安官民協議会』が発足され、その下で更なるスマート保安推進に向けて、

官民アクションプランが策定された。特にスマート化の進捗を示す共通テンプレートが作成されたことが画期的であり、業界全体としてのスマート化が更に促進されるものと期待している。

3. プラントへのデジタル技術の活用

3.1 プラントへの AI/IoT 等のデジタル技術と高度なエンジニアリング技術の活用（エンジニアリングソリューション）

千代田化工は新たな AI 技術の一つである深層学習（ディープラーニング）のプラント分野での活用を進めてきた。特に AI とシミュレータの連携技術によるプラントへの活用等でプラント業界に多大な貢献が出来ると考えている。

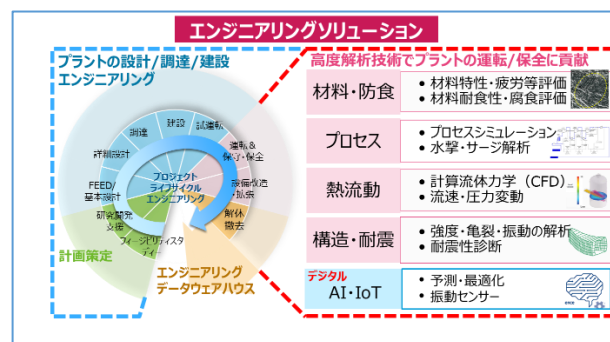


図-2：千代田化工建設の
エンジニアリングソリューション

プラントに AI やデジタル技術を活用する為には、高度なエンジニアリング技術が必須である。千代田化工はプラント EPC、つまり設計・調達・建設工事で培った総合エンジニアリング技術と、長年培ってきた様々な高度解析技術に、最新の AI・IoT・デジタル技術を融合することで、プラント状態を新たに『見える化』『数値化』することが可能になり、従来成し得なかったレベルでの『予測』『最適化』が出来るようになった。

3.2 IoT センサーフュージョン技術

プラントではベテランオペレーターが現場を巡回監視することで、その研ぎ澄まされた五感を働かせ、事前に異常を検知したりしている。従来はこのベテランオペレーターによる現場巡回監視に置き換えが可能な、計測器やセンサーがなかった。

しかし、千代田化工が提唱する IoT の一つであるセンサーフュージョン技術により、この壁を破り、ブレイクスルーを実現する時代が来たが、ロボティクス活用においても非常に重要な技術となり、今後急速に需要が高まると予想している。

4. 仮想プラント、デジタルツイン、CPS

4.1 3D 保安高度化プラットフォーム

千代田化工は、2017&2018 年度に、国内製油所殿の御協力の元、NEDO 委託事業を推進し、3D 保安高度化プラットフォームを構築した。3D プラントモデル上に全ての機器・配管・計器番号や検査箇所番号などを明示し保安・検査・機器図面などの既設データ管理システムと連携することで、プラントデータ統合を実現出来る事を実証した。

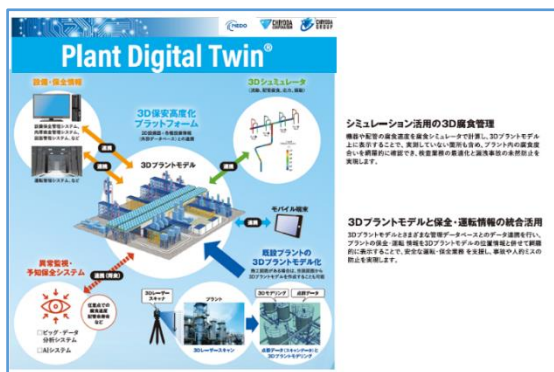


図-3：3D 保安高度化プラットフォーム
(NEDO 委託事業)

4.2 デジタルツイン環境下での次世代プラント操業

多くのプラントでは DCS や PLC での制御監視が行われ、かつプラント時系列データ収集システムでデータが収集されているが、それでも未だプラント全体の一部分のデータ収集にしか過ぎない。

データシート・設計関連図書・運転日誌・保全検査データなどのテキストや図面データも全てデジタル化されて統合されることも必須だからである。一方、現場指示計など画像読み取りからのオンラインデータ化してのデータ統合も必要となる。そして、それらの全データや情報を、(用途に合わせてコストミニマムでの)ハイブリッド 3 次元モデルを中心にして、オンライン化した一つのデータベースに統合化すること(Data Lake の構築)が求められる。

次に、統合データを AI が分析して予測や最適化での保安・保全・生産性の向上をもたらす。また AI 活用をするに当たり、実プラントからの操業運転データだけでは不足する場合(幅広い全運転ケースのデータが必要な為)には、シミュレータを適用して得ることが出来る膨大なデータを AI 学習に活用することも必要である。

一方、オペレーターによる現場での巡回監視を行う場合の高度支援では、前述した IoT の一つであるセンサーフュージョン技術での『見える化』がなされた現場監視データが、統合データベースに取り込まれる必要がある。

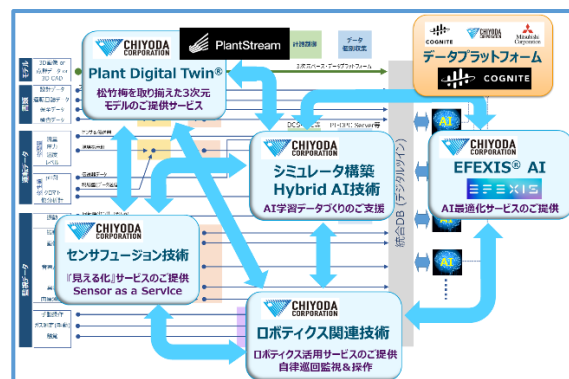


図-4：千代田化工が持つデジタル技術を活用した仮想プラント、デジタルツインの構築（例）

5. プラントにおけるロボティクス活用の可能性

5.1 プラント・ライフサイクルでのロボティクス活用

プラント操業(運転・保全)フェーズでは、日々の運転・保全での巡回点検での監視主体業務は、現場での全作業時間の大半を占めるであろう。また、プラント現場環境(配管や機器など)としては、(一部の仮設置物を除いて)原則として全てプラント設計

通りに常に固定されており、人のアクセス用にスペースも十分であるので、ロボットの自律移動に適した外部環境といえる。

なお、プラントでのロボティクス活用への要望としては、恒常的な作業に加え、プロセスの漏洩や火災などの緊急時に現場に急行してでの対応をも行うという、デュアルユース仕様となる。

5.2 京大とのプラントでのロボティクス活用検討

上記の経緯から、弊社は京都大学・松野研究室とプラントでのロボティクス活用での共同研究を進めてきた。長年京大松野研で研究開発を進めてきた災害時のレスキューロボットをプラント運転操業において、恒常的な自律巡回監視と、緊急時対応のデュアルユース活用を目指している。



図-5：京大とのプラントでのロボティクス活用検討

5.3 プラントでのロボティクス活用での技術課題

京大とのロボティクス活用に関する共同研究を進めていく中で、将来多くのプラントでロボティクスが一般的に自律巡回監視用に活用される為の技術課題を検討し、課題テーマとして大きく以下の3つにまとめた。

- ① ロボット本体のハードおよび操作コントロール
- ② (ロボットに搭載する) センシング技術
- ③ (ロボティクス活用の為の) 仮想デジタル環境

上記の①については、ロボットの外部環境認識とシステムとによる自律動作可能や、防爆・防水等の環境への対応、またバッテリー交換、複数ロボット連携等の研究開発が必要である。

次に②のロボットに搭載する前述した弊社センサーフュージョン技術をロボットに搭載していく必要がある。最後の③では、ロボット自律巡回監視や操作、また緊急対応の為にも、前述した仮想プラントのデジタル環境(デジタルツイン)が構築 & 整備されていることが必須である。

前述した通り、様々なデジタル技術や新たなエンジニアリング技術を活用して構築した仮想プラント、デジタルツインが構築された環境下で、センサーフュージョン技術を搭載したロボットが、仮想プラントの AI からの指示を得て、リアルなプラントでの自律巡回監視や、現場操作(手動弁など)が可能になる。この時点で、ロボティクスを活用したデジタルツイン環境下での次世代プラント操業の実現に大きく近づくことになる。

6. プラントにおける長年の課題からの DX での脱却

多くのプラントは老朽化しており、新規投資でのデジタル化ハード増設、つまり IoT センサーの新設などは到底出来ないというプラント事業者の声が多い。老朽化したプラントでは、いつ、どこで、どんなトラブルが起こるか？は判らなく、全ての箇所に新規 IoT センサーを設置する事は困難とのことである。

しかし『デジタルツイン環境下におけるロボットによる自律巡回監視』を行う事で本課題の解決が可能と考えている。

従来は、新たな『固定』センサーを現場に多量に設置しなくとも、ベテランオペレーターの五感と経験による日々の巡回監視により、異常を察知 & 予知して対応出来ていたのである。よって、それを仮想プラント環境下でのロボティクス活用に置き換えれば、常に最新の IoT センサーフュージョン技術でプラントの安全を確保し、更にデジタルツイン上の AI との連携で運転・保全を最適化することが可能になる。

現在、スマートフォンは、世界中での多くの人に様々な使われ方をしているが、ハードとしてはシンプルで高性能・高信頼性を誇る。これと同様に、プラント自律巡回監視ロボットは、ロボット本体のハードとしての基本型が開発されれば、世界中のどこのプラントでもハードとしては共通で使えることになる。

そして、スマートフォンの価値を最大化しているのは、膨大な数にのぼる様々な用途目的でのアプリであり、

かつ通信でコネクタされるサイバー上の様々なデータやネットワークであるが、それはプラントで言えば、まさに仮想プラント、デジタルツインの『ソフト』としての充実に依存するものである。

一方、プラント事業者が望むのは、プラントでのロボット活用において、毎年世の中で新たなデジタル技術がリリースされる中で、ハード更新の為の莫大な費用の負担を無くしつつ、しかし常に最新のデジタル技術の恩恵を継続的に受けたいという願いがある。よってコンビナート周辺では、ロボット・リース事業を展開する新たなビジネスがあらわれるであろう。また単にロボットのリースのみならず、ロボットが行う作業（操業監視の一部や保全点検）自体を請け負う新たな企業の参入もあるかもしれない。

また前述したデジタルツイン環境も、千代田化工とし

ては『ソフト』としてのサブスクリプション型の使用契約とすることを考えている。よってユーザに提供するソフト技術は常に最新にアップデートされていることを約束するサービスとしていきたい。

つまりプラント事業者側としては、プラントの新たなデジタル化においては、従来からの現場機器やDCSシステム等のハード購入 & 使用での更新時期決定と、更新に掛かる莫大なコストや定修工事計画に悩まされることがなくなるという、新たな時代を迎える。つまりプラント業界のDXが起こると予想している。これは欧米を中心に近年検討が進められてきているプラント業界での制御監視システム周りでのオープン化への動きにより更に拍車が掛るものと考えている。なお、これはテスラ車が自動車業界に引き起こしたDXのプラント版ともいえるものである。

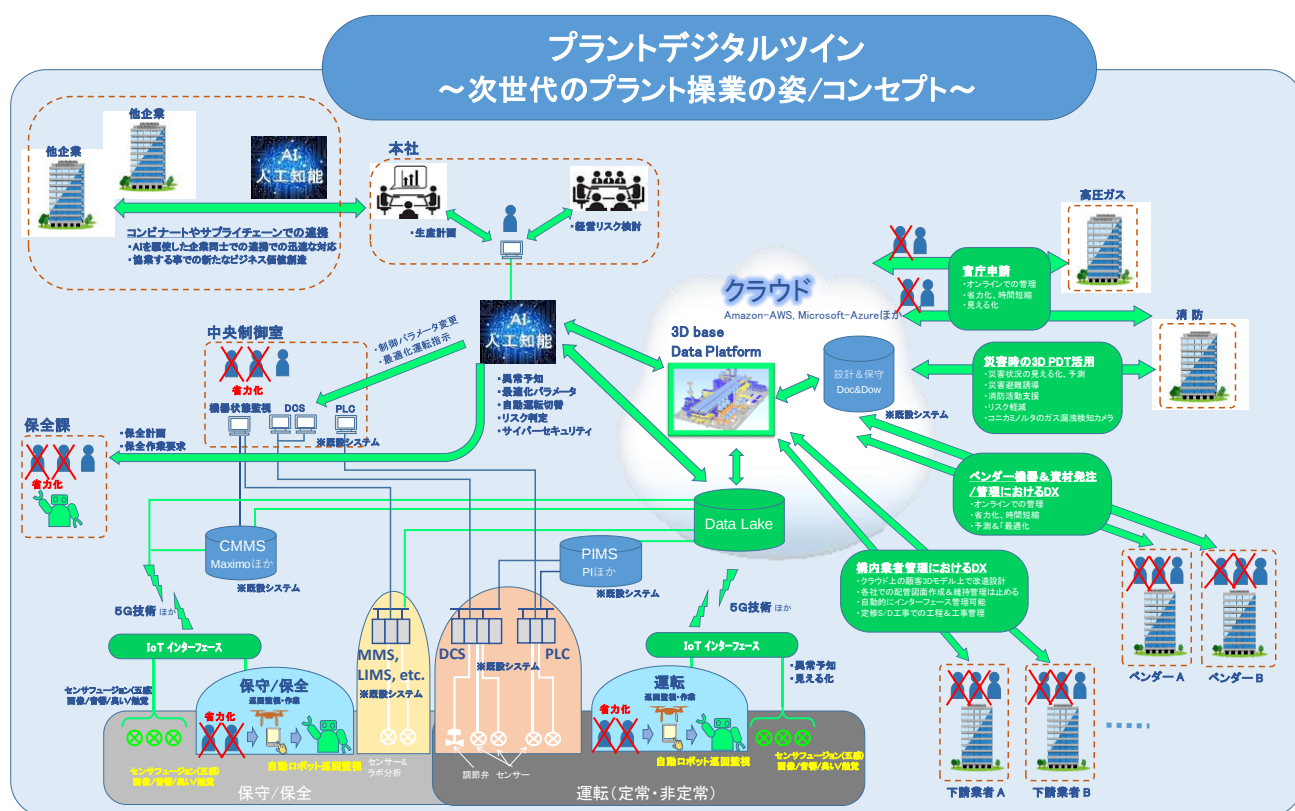


図-6：プラント・デジタル・ツインを実現した次世代プラント操業の姿

テスラ車のコンセプトは『ソフトのためにハードウェアがある概念』という斬新なものである。多くの機能をクラウド上でのソフトウェアのアップデートにより実装し、実車の買い替え = ハードウェアの入れ替えをしなくて

も、性能アップが図られるということである。よってテスラ車の車内操作ではハンドル、アクセル、ブレーキ以外の操作は、殆ど全てが約 A3 縦型のディスプレイ 1 つだけでの操作になる。

つまり、これがプラント業界においては、『ハード』である IoT センサーやケーブル、そしてシステムキャビネットをプラント内に『固定』設置することが原則であるという従来の常識(or文化)が、ベテランオペレーターの代替となるロボットの運用に置き換わる。高度なセンサーを搭載し、仮想プラント、デジタルツイン上の AI ソフトにより操作されるロボットがプラント内を常に自由に動き回ること、従来の『固定されたハードから柔軟なソフト化』へと、プラント業界においても考え方が根底から大きく変わっていくものと考ええる。

7. おわりに

図-6 は、様々なデジタル技術を活用した次世代の石油化学プラント操業の姿はどういったものになるのかを示している。

デジタルツイン環境下でのロボティクスを活用した次世代プラント操業において、プラント事業者は下請け業者、各ベンダー、また官庁等の関連ステークホルダーとデジタルでの深い相互連携が一層進むであろう。また近い将来には従来コストセンターであったプラント各事業所が、カーボンニュートラルの流れも合間って、プロフィットセンターに変革していくことになると予想される。更にこうした DX 化が行われた企業グループ同士での新たなデジタルビジネスが醸成される流れとなり、次世代の Digital Economy が生まれてくものと予想している。

デジタルツインとは 2011 年頃に NASA が航空機等の保全の最適化等の目的で提言したものだが、真の狙いは PDCA サイクルを回す事にあるとのこと。つまりデジタルツイン上での膨大なトライアルを経て、その結果のデータ分析から、新たな航空機等の設計に反映していくということである。

つまりプラントでロボティクス活用が進む事で、プラント運転操業での現場での無人化が実現可能となるならば、プラントの基本設計概念そのものが大きく変わってくる。人間主体の現場オペレーションから、ロボティクス活用によるオペレーションを行うプラント設計になることは、プラント建設の為のコスト&スケジュールが大幅に削減可能になり、カーボンニュートラル時代に向けた画期的で新たなプラント建設の推進に拍車

が掛かるであろう。

これが、将来に向けたロボティクス活用による真のプラント DX への期待である。

参考文献

- 1) 資料 2-1 高圧ガス保安分野 スマート保安アクションプラン（案）

<https://www.meti.go.jp/press/2020/07/20200710009/20200710009.html>

- 2) 新認定事業者制度(スーパー認定事業者／自主保安高度化事業者)

https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/sangyo/hipregas/sp-nintei/