

## No.26

# 鉄道サイバーフィジカルシステム ～フレームワークの力～

鉄道トレンドウォッチングでは、今回と次回の2回にわたり、デジタル技術と関連の深い「サイバーフィジカルシステム (CPS: Cyber Physical System)」について、その役割と動向を解説し、鉄道での活用を展望します。まず今回は、CPSの産業応用形態の事例を紹介し、その基礎となるフレームワークについて解説します。

### ■ サイバーフィジカルシステムとは

CPSは、センサーやデータをフル活用し、サイバー空間 (コンピューターネットワークによる仮想空間) とフィジカル空間 (現実の世の中・実際の空間) をより強固につなげて、新たな価値を創造する概念をいいます。例えば家電などで、センサーがデータをサイバー空間に自動的に供給し、データが分析されてフィジカル空間にフィードバックされます。スマートフォンに個々にキーワードを入力し、料理のレシピを検索していたのに対し、CPSでは冷蔵庫が中の食材を自動で検知し、旬の食材と組み合わせたレシピを提供するだけでなく、必要に応じて追加の食材の注文までしてしまいます (図1)。

### ■ Society 5.0とIndustrie 4.0

日本国政府もCPSの活用に重点的に取り組む方針です。内閣府では、

CPSにより経済発展と社会的課題の解決を両立する人間中心の社会として、2016年からSociety 5.0の実現を提唱しています。そのためには、データの自動かつ効率的な収集と、その高度な分析・活用が不可欠です。サイバー空間とフィジカル空間とのデータ連携や、データ分析を高度かつ自動で行うことが実現のカギになります。

ドイツでは、政府の産業振興政策であるIndustrie 4.0が、CPSの産業応用形態の一つとして取り組まれていま

す。Industrie 4.0はものづくりの生産性向上を目指して2011年に提唱されました。従来の流れ作業による生産システム (図2上) は効率的ですが、多くの品種を少量ずつ作るのには向いていません。そこでIndustrie 4.0では、製造工程ごとに最適化された汎用の産業用ロボットが自動で加工・組立を行い、製品はそれぞれ後工程のロボットの場所まで自律的に移動するような生産システム (図2下) の実現を目指します。ロボットの制御パラメーターを

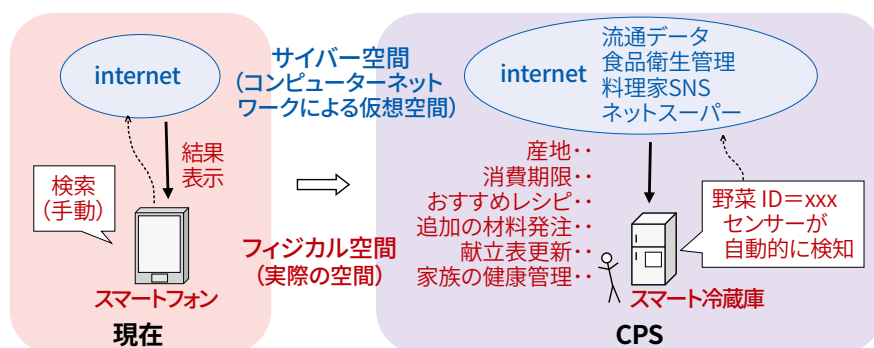


図1 サイバーフィジカルシステム (CPS) の例

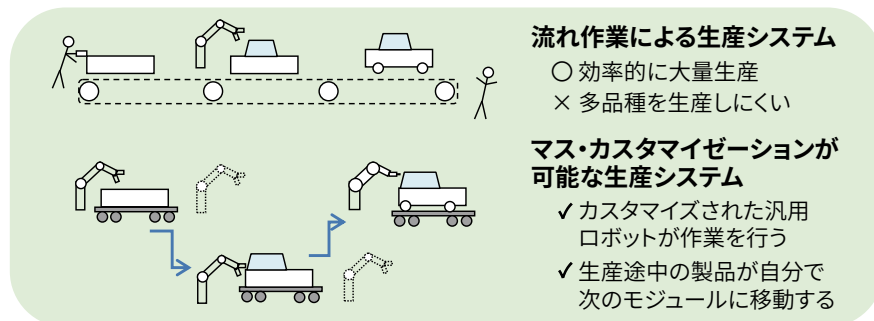


図2 Industrie 4.0の目指す生産性向上

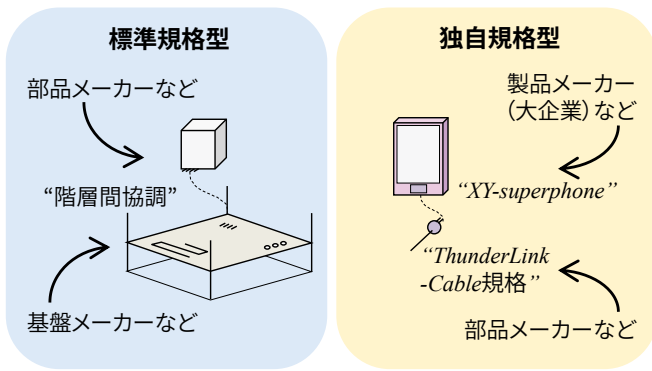


図3 標準規格と独自規格<sup>1)</sup>より作図

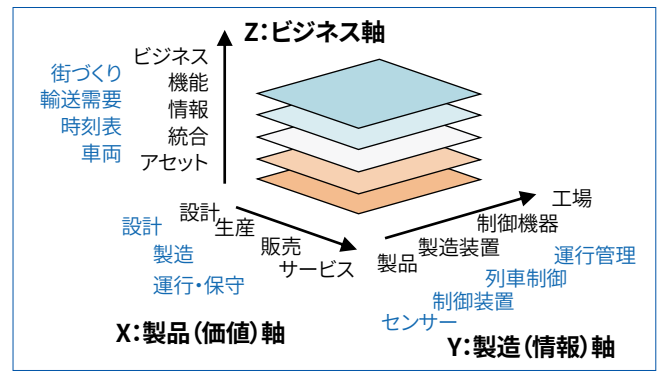


図4 RAMI 4.0と鉄道車両分野(青字)の対応<sup>1)</sup>より作図

変えるだけで顧客の要望に応じたカスタマイズが可能で、多品種生産システムです。これを実現するには、工場内で機器ごとに独立していた制御ソフトのデータやインターフェイスを統一し、多種データの取得と各機器の制御を包括的に行うことが重要になります。

### ■ 規格とリファレンス・アーキテクチャー

CPSでは、フィジカル空間の多数のセンサーからのデータが、サイバー空間へとスムーズに受け渡される必要があります。そのためにはデータの構造(書式)や通信方法を定め、関係者がルールとして共有(規格化)する必要があります。その方法には、関係者が対等な立場で交渉し標準規格として定める方法と、特定の企業などが独自の規格として定める方法の2通りがあります(図3)。

標準規格は、製品メーカーや部品メーカーなど、関係者間の合意の下で作成されますが、これには複雑な交渉が必要になります。一方の独自規格の場合は、比較的容易に作成でき、そのまま使い続けられてデファクトスタンダードになる場合もありますが、淘汰され使われなくなると修理用部品が製造されなくなるなど、利用者に不利益をもたらす場合もあります。

データに関わる規格を作るときに必要なことは、どこにどのようなデータがあり、これをどのように使うの

か、ということをおおまかじめ的確に把握しておくことです。その方法として、CPSごとに固有の「リファレンス・アーキテクチャー(RA)」が示されることがあります。これは、データとハードウェアとの関係性を整理し、情報の流れを示す標準的な設計図です。

Industrie 4.0のRAはRAMI(ラミ)4.0とよばれます(図4)。RAMI 4.0の平面X軸は、例えば設計→材料手配→生産→販売…といった、製品のライフサイクルや価値の各段階を示します。平面Y軸は、工場・装置内のセンシング・制御など、CPSの各構成要素の機能を示します。例えば生産段階で、センサーがベルトコンベアー上の製品を検出し、ロボットを制御して作業をさせ、画像を撮影してAIで不良品を検出する、といった流れを表現します。X軸とY軸を組み合わせて参照することによって、例えば製品組立時に設計で定めた締め付けトルクでネジを締めたり、在庫データを活用して生産量を調整したりすることができます。

RAMI 4.0の垂直Z軸は、意思決定や活動の層を示します。最上位には「ビジネス」があり、組織が何のためにどんな活動をするのかという考え方、すなわちビジネスモデルを定義します。その下位の層で、機能、データなどを順次定め、最下層の「アセット」において生産設備や各装置のコンポーネントなどを定めます。

RAMI 4.0は製造業の業務プロセス

に適用するモデルですが、RAは実現しようとするCPSの姿に応じて、情報の流れを検討するために広く使用できます。そこで、鉄道車両分野を例として、情報の流れに対するRAを考え、図4に青字で示しました。ここでは、Z軸最上位に「街づくり」を置きました。街の活性化に繋げるための、鉄道車両を基盤とした情報の流れを表現することができました。

### ■ フレームワークの力

CPSを実効性のあるものにするには、データの規格とRAを併せた「フレームワーク」が極めて重要です。人力による作業がデジタルで置き換えられたとしても、例えば帳票のワープロ化などのように、ある狭い領域でしか活用されなかった場合は、効果は限定的となります。フレームワークに沿ったデータの活用を実現することにより、一つのデータがさまざまなシーンで活用され、大きな社会的価値を生み出すことができます。このように、データ連携はCPSの根幹です。

データ連携の事例と鉄道での活用について、次回のトレンドウォッチングで解説します。

(大屋戸理明/企画室 戦略調査)

### 文 献

- 1) 大屋戸理明：CPSリファレンスアーキテクチャに対する鉄道インフラ部門の視座、第57回鉄道サイバネ・シンポジウム論文集、103、2020.11