

ロジスティクスにおけるCPS/IoT化の動向と今後について

Current status and future of CPS / IoT solutions that enhance logistics



増田 悦夫：流通経済大学 流通情報学部 教授

略 歴

1977年3月電通大修士修了。同年4月日本電信電話公社（現在NTT）入社。2002年3月NTT退職。同年4月より現職。日本物流学会・電子情報通信学会などの会員。

[要約] IoT (Internet of Things) の進展に伴い、リアルの世界の様々な情報を収集・蓄積し、その分析を通して得られた知見等をリアルの世界にフィードバックすることによりリアルの世界を最適化していこうとするCPS (Cyber-Physical System) /IoTの構築に向けた取り組みが進みつつある。ロジスティクスの分野でもこの種の動きが始まりつつある。本稿では、特に民間企業におけるCPS/IoT化の取り組みを、IoTプラットフォームベースの事例とロジスティクスに特化したプラットフォームの事例の2つに分けて紹介した上で、実現の狙い、デジタルトランスフォーメーション(DX)との親和性、CPS/IoTにおける従来のシステム(WMSやTMS)の扱いの3点について考察し、今後の方向性について展望した。

キーワード ロジスティクス、CPS/IoT、プラットフォーム、トランスフォーメーション(DX)、サプライチェーン、WMS、TMS

へフィードバックするようなシステムである。我が国では超スマート社会 (society5.0) の実現の基盤となっている仕組み (図1.1) である。

1. はじめに

IoT (Internet of Things) の進展に伴い、その仕組みを活用し現実の世界とネットの世界をつなぎ相互を連携動作させるCPS (Cyber-Physical System) /IoTの構築に向けた取り組みが各分野において進められている。CPS/IoTはセンサーなどにより現実の世界の営みをデジタルデータ化してサーバー上に収集・蓄積し、蓄積された極端に多くのデータから新たな知見等を導き出し、現実の世界

図1.1 超スマート社会(society5.0)の仕組み



出所 内閣府

ロジスティクス分野においてもCPS/IoT化の取り組みが始まりつつあり、成功裏に実現かつ運用された場合、現状の問題点の解決、新たな価値やサービスの創出が期待される。

ロジスティクスにおけるCPS/IoT化を考えた場合、ネットとつながる現実の世界は、主に、サプライチェーン上の拠点、拠点内でのモノの保管や仕分けといった営み、拠点間でのモノの移動に關与する輸配送手段やその営みということになる。CPS/IoTの実現に当たっては、より広い範囲の現実空間を扱うことから、情報収集や可視化、分析などを行う機能を持つプラットフォームを軸として提供する形態が一般的である。一方、拠点にあたる倉庫さらには拠点間の移動にあたる輸配送の現場においては、それを管理する情報システムとして、従来よりWMS（Warehouse Management System）やTMS（Transport Management System）と呼ばれるものが利用されている。これらのシステムは、最近では、クラウドコンピューティング手法の進展を背景に、拠点でなくネットの先のクラウドサーバー上に配備される形態が進みつつある。また、倉庫業務や輸配送業務においては、人手不足への対応などから、ロボットや自動走行車の導入による省人化・無人化に向けた検討が積極的に進められている。WMSやTMSも現実世界とのやり取りを行うシステムであり、特にクラウドサーバー上に配備されるものであれば、CPS/IoTと同じようなシステム形態と考えることもできる。基本的な違いは、WMS、TMSのそれぞれが個別の倉庫、個別の拠点間やそこでの営みを対象とし

ているのに対し、CPS/IoTにおけるサーバー上のシステムでは、サプライチェーン上の複数の拠点、複数の拠点間、およびそれらにおける営みを対象としている点である。

本稿では、以上のような状況を考慮し、ロジスティクス分野における特に民間企業のCPS/IoT化の取り組み状況をフォローするとともにそれらに関する考察や今後の展望を示す。まず、第2章でCPS/IoTの概念を紹介し、ロジスティクス分野への期待について述べる。続く第3章で、民間企業の取り組み事例を、プラットフォームの違いから2つに分けて紹介する。第4章では、それらについて、実現の狙い、DX（デジタルトランスフォーメーション）^(注1)との親和性、および現状のWMS・TMSの扱いの3点について考察する。さらに第5章において今後に向けての展望を示し、第6章で全体をまとめる。

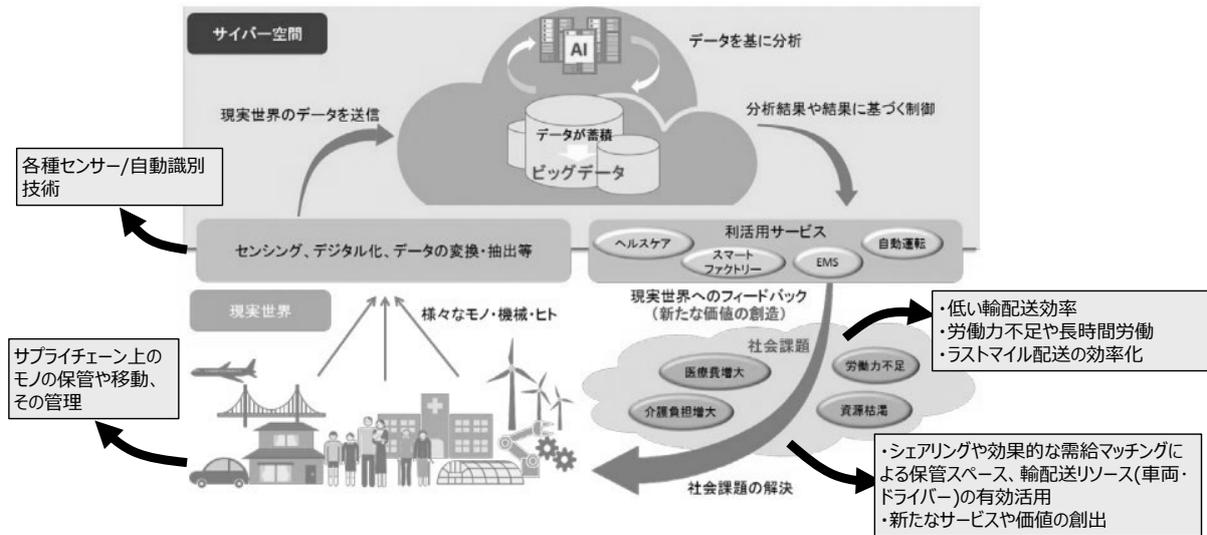
2. CPS/IoT とその取り組みへの期待

まず、CPS/IoTの概念とその取り組みに対する期待について示す。

2.1 CPS/IoTの基本概念

現実空間とインターネットとがあまねく設置されたセンサーを介して接続されたシステムに対して“IoT”という言葉が用いられ^{[1] (注2)}、また、それを利用し、現実の世界の営みに対応するデジタルデータをサイバー空間に収集・蓄積し、それを分析することにより得られた知見などを現実世界へフィードバックし最適化していこうとする仕組み（シ

図2.1 CPS/IoTとロジスティクス分野への対応づけ(注:総務省資料^[4]に追記)



システム)がCPSと呼ばれている。IoT化の取り組みが進む中で、2010年前後から注目されるようになった^[2](注3)。このような概念に対し“デジタルツイン(Digital Twin)”という用語が使用される場合もある^[3](注4)。IoTとCPSとは似たような概念であり、本稿では両方を包含する形で、CPS/IoTという表現を用いる。

図2.1に、CPS/IoTのイメージ図とロジスティクス分野への対応づけを示す。CPS/IoTは現実世界のあらゆるものをインターネットと接続し、センシング、デジタル化により変換されたデータをインターネット上のサーバーへ収集・蓄積する。さらに蓄積された多量のデータを分析し、その結果から社会課題の解決につながる知見を見だし現実世界へフィードバックする。このような流れを繰り返すことにより社会全体を最適化していこうという考え方であるが、当面は分野毎にCPS/IoTが構築され運用されていくものと思われる。特に、ロジスティクス分野についてみた場合、現実世界としては、主にサブ

イチェーン上のモノの保管や移動あるいはその管理といった営みが対象であり、倉庫や輸配送車両などに設置された各種センサーや自動識別装置を介して上記の営みを反映したデータがインターネット上のサーバーに収集かつ蓄積される。蓄積されたデータはAIなどにより分析し、その結果をシェアリングや需給マッチングシステム等へ適用することにより、低い輸配送効率、労働力不足や長時間労働、ラストマイル配送の需要増といった現状の課題を解決し得る解を導き出し、現実世界へフィードバックすることになる。

2.2 取り組みへの期待

2020年2月に民間企業が物流関係者300人を対象に行った、物流や配送、物流システム(TMS/WMS)に関する調査の結果^[5](図2.2)によると、IoTやAI、ロボット等の最新技術の活用による物流改革で期待していることとして、トラック輸送の実車率・稼働率の向上(41.3%)、輸送のAIを活用したマッチングシステム(34.7%)、IoT活用によるサプライ

図2.2 最新技術の活用による物流改革で期待していること(N=300)^[5]

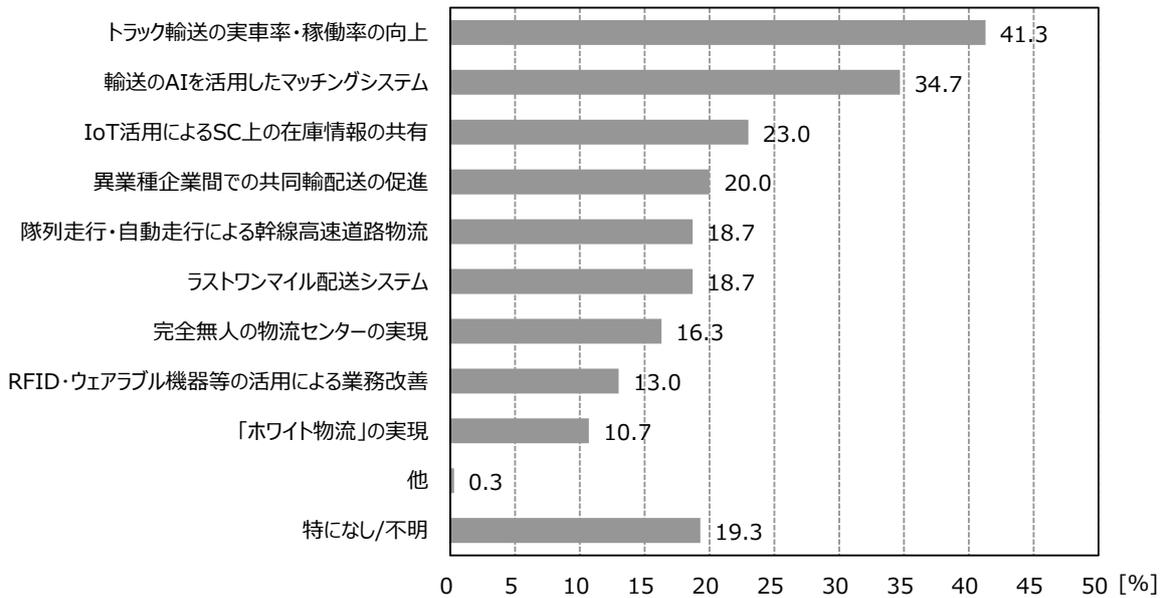
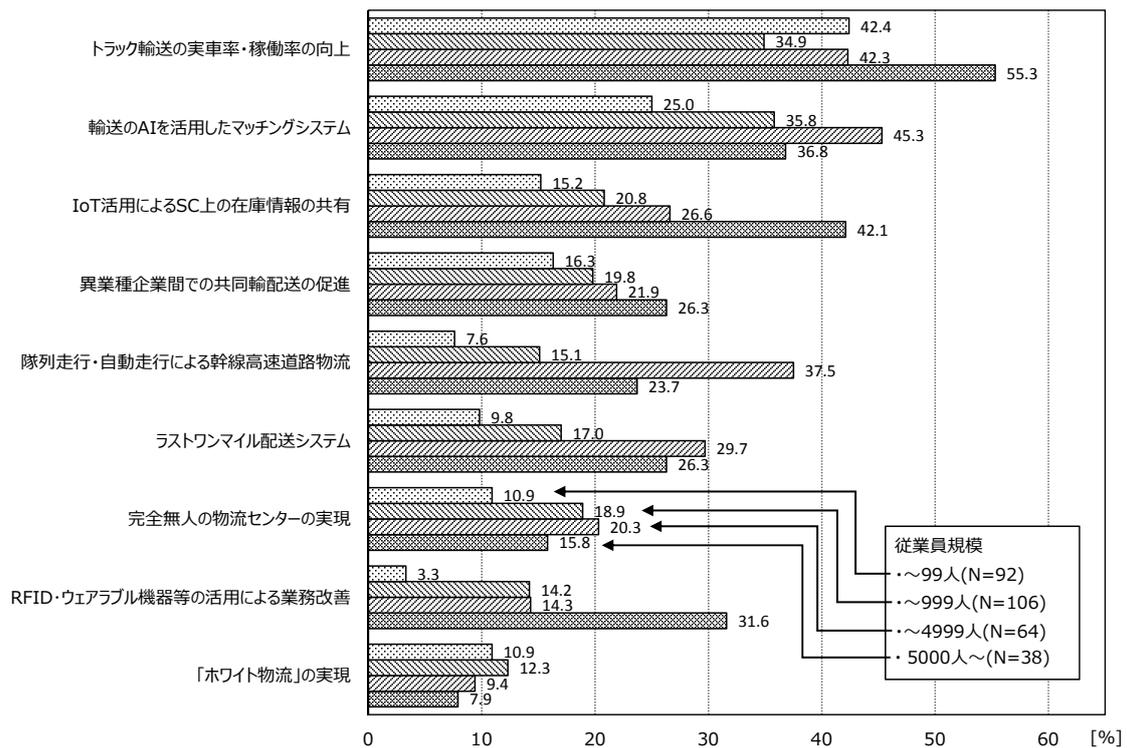


図2.3 最新技術の活用による物流改革で期待していること(従業員規模別)^[5]



チェーン（SC）上の在庫情報の共有（23.0%）が上位を占めており、CPS/IoTの利用によるロジスティクスの変革が期待されると言える。従業員規模別での結果（図2.3）、特に5000人以上の企業についてみた場合、トラック輸送の実車率・稼働率の向上（55.3%）、

IoT活用によるサプライチェーン（SC）上の在庫情報の共有（42.1%）、輸送のAIを活用したマッチングシステム（36.8%）、RFIDやウェアラブル機器、可視化技術活用などによる業務改善（31.6%）などが高い割合となっている。

以上のように、CPS/IoTの実現に対する期待は高く、その期待に応えるべく導入に向けた取り組みが始まりつつある。

3. ロジスティクスにおけるCPS/IoT化の動向

ロジスティクスの管理をCPS/IoT化する取り組みが民間企業において始まりつつある。その実現形態は大別すると次の2つになる(図3.1)。

タイプA) IoTプラットフォーム機能を利用し応用分野のひとつとしてロジスティクス管理システムを実現する形態

タイプB) 物流/ロジスティクスに特化したプラットフォームを利用し特定業界のロジスティクス管理システムを実現する形態

上記2つのタイプのうち、タイプAは、物流・ロジスティクス分野以外にも対応可能な分野横断型のIoTプラットフォーム機能を利用するため、特化型のタイプBよりも効率性や対応のきめ細かさの面で劣る可能性が考えられる反面、複数分野での利用を通してシステムが早期に安定するというメリットも期待

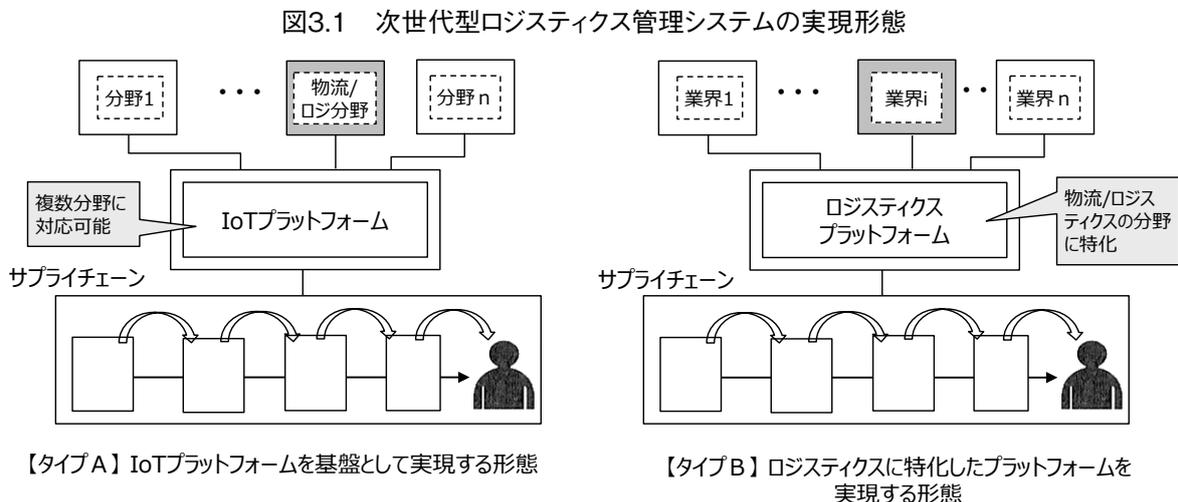
できる。また、タイプAは従来システムの延長上にある実現法と考えられ、従来システムの資産をできるだけ継承しその機能拡充・高度化を図るボトムアップ的なアプローチと言える。一方、タイプBはトップダウン的なアプローチであり、従来資産の継承性よりも、AI、ロボット等の最先端技術を積極的に取り入れ、ロジスティクスの変革により直面する課題解決を優先するアプローチと考えられる。本章では、それぞれのタイプに関する取り組み事例を紹介する。

3.1 IoTプラットフォームを基盤とする事例

自社が開発済みのIoTプラットフォームを用いアプリケーションのひとつとしてロジスティクス分野のIoTソリューションを提供する3種の事例を以下に示す。

3.1.1 LADOCsuite (東芝デジタルソリューションズ)

LADOCsuiteは、「SPINEX (スパインェックス)^[6]」と呼ばれる東芝のIoTに基づき構築された物流サービスプラットフォームを使って提供さ



れる物流IoTソリューションの総称である。輸配送データ、庫内作業データ、各種デバイスから発生するIoTデータをサーバー上に蓄積し、物流現場を支援することができる。以下のような3種のIoTソリューションが提供されている^[7] (表3.1)。

①「LADOCsuite/LogiTrace (追跡・所在管理サービス)」(2019.4.25～)

荷物や輸送器材に貼付したRFIDタグなどの個体識別情報を利用し、移動情報の自動読み取り、データフィルタリング(注:クラウド側へ送信するデータを選択し通信費用を抑制する機能)、セキュリティ通信、蓄積データの見える化を行うサービス

②「LADOCsuite/WMS (倉庫管理ソリューション)」(新バージョン)(2019.8.20～)

パスコが提供しているクラウド型動態管理システム「PLS (PASCO LocationService)」の車両位置情報と連携。配車計画に基づく車両の積み込み予定に関するデータを「PLS」の配送データと結び付けることで、従来は別々に取り扱ってきた倉庫内の出荷作業ス

テータスと出荷後の配送ステータスとを連続して把握できるようにしている。

③「LADOCsuite / TQVA (輸送品質見える化・分析 クラウドサービス)」(2017.11.8～)

日常的に輸送環境状態を把握する必要がある荷物-冷凍・冷蔵食品、生鮮食料品、酒類、医薬品、フィルムなどの化成品-について、温度・湿度・衝撃などの輸送環境情報と輸送業務情報を関係付け、輸送品質を「見える化」、「分析」をするサービス

3.1.2 ロジスティクスIoTソリューション(NEC)

NECは、2015年7月に発表したIoTアーキテクチャ5層モデル(L1:Device Computing、L2:近距離ネットワーク、L3:Edge Computing、L4:広域ネットワーク、L5:Cloud Computing)に基づく製品群を整備し、翌2016年9月に『NEC the WISE IoT Platform』という名称の「IoT基盤」を構築している^[8]。この特徴は以下のとおりである。

(1) センサーやデバイスからのデータを最先端AI技術で分析しやすい形に変換して収集

表3.1 物流IoTソリューション「LADOCsuite」(東芝デジタルソリューションズ)^[7]

項目	概要	備考
LADOCsuite	東芝のIoT「SPINEX(スパインエックス)」を基盤とする物流IoTソリューション。輸配送データ、庫内作業データ、各種デバイスから発生するIoTデータを蓄積する物流サービスプラットフォームをベースに提供される、物流現場支援のソリューション群	
/LogiTrace (追跡・所在管理サービス)	物流現場で取り扱われる荷物、パレットやカゴ台車などの輸送器材、車両などさまざまな個体のトレース情報をクラウド上に集めて蓄積しそれを管理・活用することで、配送先や自拠点内にある輸送器材の所在管理の負荷の軽減や、物流コストの削減などを可能とする輸送器材の追跡・所在管理サービス	2019.4.25より提供開始
/WMS (倉庫管理ソリューション)	配車計画に基づく車両積込情報(配送予定)のデータを、パスコ社のクラウド型動態管理システム「PLS (PASCO LocationService)」の車両位置情報と連携し、庫内業務から輸送業務までをシームレスにつなぐことを可能とする倉庫管理ソリューション	2019.8.20より提供開始
/TQVA (輸送品質見える化・分析クラウドサービス)	冷凍・冷蔵食品、生鮮食料品、酒類、医薬品、フィルムなどの化成品のように日常的に輸送環境状態を把握する必要がある荷物について、温度や湿度、衝撃など輸送環境情報と輸送業務情報の見える化と分析を可能とするサービス	2017.11.8より提供開始

し高速に処理できる。

(2) IoTシステムに必要な機能群をビルディングブロックとして提供し、実証から本番までシームレスなシステム構築や移行が可能である。

(3) 脆弱性管理やマルウェア対策などのサイバーセキュリティ対策によりセキュアで堅牢性の高いシステムを構築できる。

このIoT基盤とともに、事業の効率化や経営の革新に貢献する「ビジネスインフラ」を構築することにより、各種企業向け、社会インフラ向けに、高い価値を創出できる各種のIoTソリューションを提供していくことしており、これまでにいくつかを提供している。特に、ロジスティクスIoTソリューションとして、「サプライチェーン統合管理」、「倉庫管理」、「輸配送管理」を提供している(図3.2)。即ち、以下の3つのソリューションを提供している^[9]。

① サプライチェーンマネジメントIoTソリューション：製造・物流・卸売・小売の各企業が持つIoT情報をリアルタイムに共有す

ることでサプライチェーン全体の見える化や最適化を実現する。

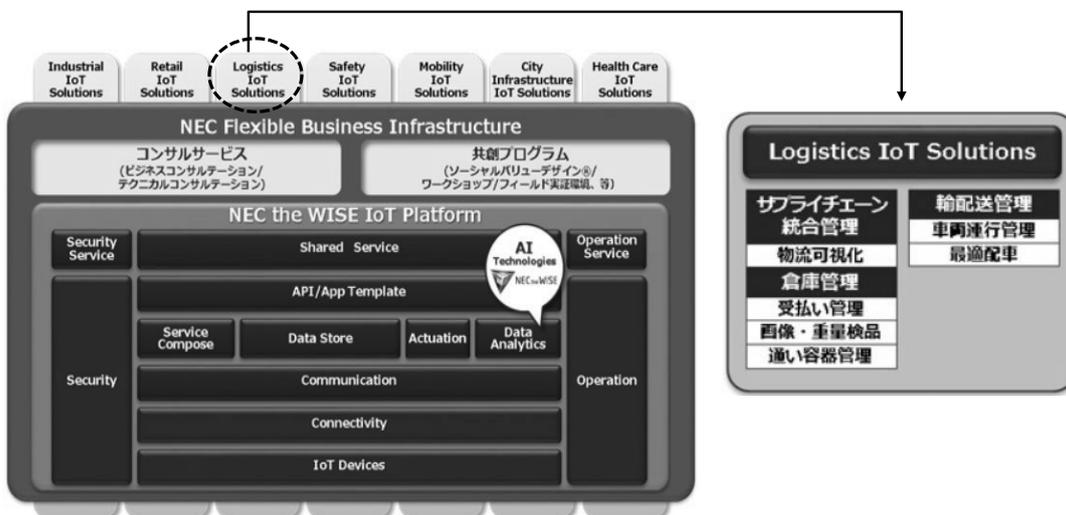
② 倉庫IoTソリューション：入荷検品、出荷検品、棚卸などの倉庫作業を様々なデバイス、最新の技術により効率化し倉庫業務の価値向上を実現する。在庫・作業状態や作業進捗のリアルタイムな把握、作業実績の分析による業務改善など。

③ 輸配送IoTソリューション：出荷から配送完了までの進捗管理機能をクラウドサービスとして提供する。また、ドライバーの操作なしで、現在位置と到着予測時間を表示可能。配送実績の分析を業務改善へ反映可能。

3.1.3 Hitachi Digital Solution for Logistics (日立)

「Hitachi Digital Solution for Logistics」は、日立のIoTプラットフォーム「Lumada^(注5)」のサービス群であり、物流業務のデータを収集・蓄積・分析することにより、物流業だけでなく製造業、小売業を含む様々な顧客のロジスティクスに関する課題を解決し、バ

図3.2 『NEC the WISE IoT Platform』を基盤とするIoTソリューション体系(NEC)^[8]



リューチェーンの最適化を支援する。日立は、Hitachi Digital Solution for Logisticsの第一弾として、2019.4.1より「配送最適化サービス」(図3.3)を日本、中国、タイで提供を始めている^[10]。このサービスは、以下のような特徴を有している。

- ①AIを活用した独自のアルゴリズムにより実効性の高い配送計画を自動で立案する。
- ②配送計画と実績の比較・見える化を実現でき、さらにデータ分析により配送計画の精度も向上する。
- ③LumadaがオープンなIoTプラットフォームのため、顧客がすでに利用しているシステムのデータや他社サービス、オープンなデータとも連携することが可能である。

Hitachi Digital Solution for Logisticsとして、今後、複数の配送網に跨がる「配送圏最適化サービス」や広域での配送効率を高める「輸送最適化サービス」などを提供していく計画とのことである。

3.2 ロジスティクスに特化したプラットフォームの事例

本節では、ロジスティクスネットワークを

対象とするCPS、即ちロジスティクスに特化した3種のプラットフォーム事例を示す。

3.2.1 LOGISTEED^(注6) 2021の実現に向けたDX推進施策(日立物流)

日立物流は、2021年に向けたビジネス構想「LOGISTEED 2021」を2019年5月に策定し、さらに2021年1月に「DX戦略-LOGISTEED 2021実現に向けて-」を策定し^{[11][12]}、CPSと共創を2つの柱とするDXに向けた推進施策を公開している。そこでは、「CPSと協創による価値の創造」をDXの方針とし、その内容を「現場(フィジカル空間)にある多様なデータをセンサーネットワークやシステムで収集し、サイバー空間でそれらのビッグデータをAIなどにより分析、知識化を行う。そこで蓄えた情報や価値を現場に投入することで、さらなる現場力の強化を図るとともに、さまざまな協創パートナーとのオープンイノベーションの活性化により新事業や新たなビジネスモデルの創出につなげる。」としている。

この方針の下に、DXの主要な推進施策として、協創パートナーとともに新たな事業・

図3.3 配送最適化サービスにおける配送業務フローのイメージ(日立)^[10]



図3.4 LOGISTEED 2021の実現に向けたDXの推進施策(日立物流)^[12]

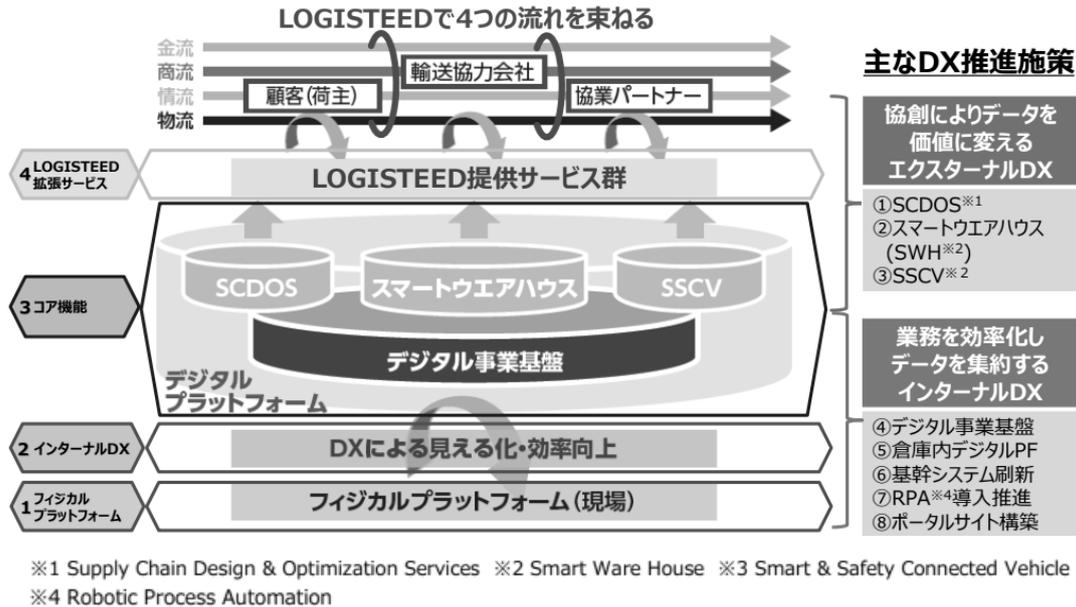


表3.2 「LOGISTEED 2021」の実現に向けたDXの推進施策(日立物流)^[12]

項目	概要	備考
LOGISTEED 2021のDX推進の方針	CPSと協創による価値の創造：現場(フィジカル空間)にある多様なデータをセンサーネットワークやシステムで収集し、サイバー空間でそれらのビッグデータをAIなどにより分析、知識化を行う。そこで蓄えた情報や価値を現場に投入することで、さらなる現場力の強化を図るとともに、さまざまな協創パートナーとのオープンイノベーションの活性化により新事業や新たなビジネスモデルの創出につなげる。	
エクスターナルDX	協創によりデータを価値に変えるDX	
SCDOS (※1)	サプライチェーン上の情報を一元管理・可視化し、課題解決をサポートする	
SWH (※2)	自動化・省人化のノウハウとデジタル技術を組み合わせ、業界ごとに標準化したものを提供する	
SSCV (※3)	IoTテクノロジーを駆使して輸送事業者の業務効率化、事故ゼロ化を支援するサービスプラットフォームのことで、このプラットフォームの構築により多様なパートナーとの協創により社会課題の解決に貢献する	
インターナルDX	業務効率化によりデータを集約するDX	
デジタル事業基盤	社内の業務データや顧客のSCMデータを集約する	
倉庫内デジタルPF(プラットフォーム)	顧客業界ごとに庫内作業の標準化を行い、複数拠点の最適運営を実現する	
基幹システム刷新	基幹システムを集約・統合し、基幹業務の効率向上とガバナンス強化を実現	
RPA(Robotic Process Automation)導入推進	VC21活動(Value Change & Creation 2021年度※)の一環として実施	※業務改善活動の名称
ポータルサイト構築	職位や所属などに応じて通知設定が可能なサイトを構築	

※1 Supply Chain Design & Optimization Services
 ※2 Smart Warehouse
 ※3 Smart Safety Connected Vehicle

ビジネスモデルの創出を推進する「エクスターナルDX」として3施策、自社自身の業務効率化をベースとして推進する「インターナルDX」として5施策を挙げている^[12](図3.4、表3.2)。

3.2.2 NECロジスティクスプラットフォームの構想 (NEC)

NECは、前項の日立物流と同様に、ロジスティクスにおけるDX戦略に向けた取り組みを展開している。即ち、「NECロジスティクスプラットフォーム」の構想を掲げ、これに沿った形で各業界に対応するプラットフォームの構築・運用を考えている。NECが考えるDXも、CPSの考え方に準じており、実世界の状況を様々な情報のセンシングと

図3.5 NECが構築を目指すロジスティクス・プラットフォーム構想^[14]



IoT技術によりデジタルデータ化し見える化を行い（デジタイゼーション）、さらにサイバー空間上に吸い上げサイバーロジスティクスネットワーク上での分析・判断を行い（デジタライゼーション）、実世界のロジスティクスネットワークにフィードバックするというものである。サイバーロジスティクスネットワーク上に吸い上げた、在庫の場所、輸送状態、現場の作業状況などのデータはオーダー単位で見える化するようにし、その下で最適なリソースの配置、最適なルートを選択、最適なサプライチェーンの構築を実現しようとしている^{[13] [14]}（図3.5）。

当社が提供している「MOVO（ムーボ）」と呼ばれる、IoTにクラウドを統合したオープンな物流情報プラットフォーム上で、業界・事業者の枠を超えて物流ビッグデータが蓄積・利活用されることにより、ドライバー不足等の物流課題を解決することを狙いとしている^[15]。ビッグデータの蓄積については、Hacobuが開発したソリューションを経由するだけでなく、他社のアプリケーションとの連携により、より広範囲に行うことが想定されている。

4. CPS/IoT化の事例に関する考察

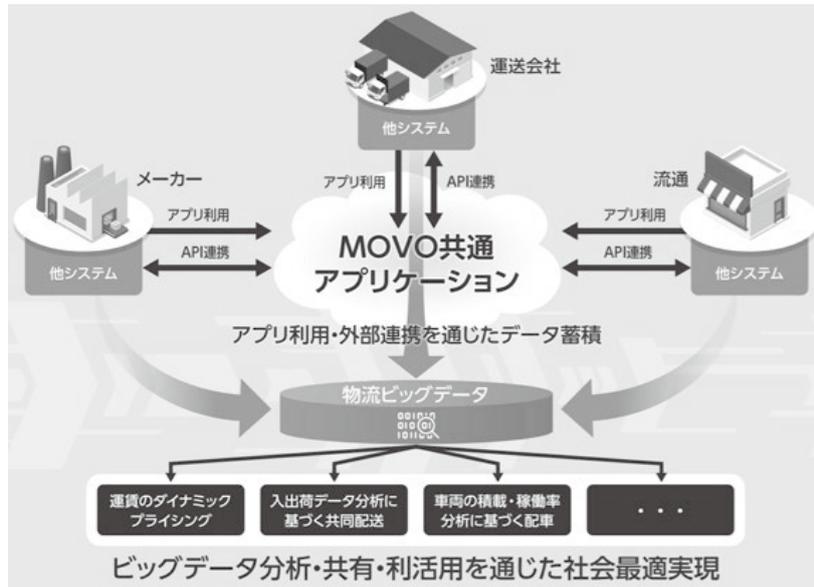
3.2.3 Sharing Logistics Platformの構想 (Hacobu、他)

Sharing Logistics Platform（図3.6）は、新興企業のHacobuが、2019年9月、多業種企業（注：大和ハウス工業、アスクル、日野自動車など）とともに取り組みを推進する構想で、

本章では、CPS/IoT化の2つのタイプ、即ち、IoTプラットフォームベースの「タイプA」とロジスティクスプラットフォームベースの「タイプB」の事例について考察する。

4.1 各タイプの実現の狙いと特徴

図3.6 Sharing Logistics Platformの概要^[15]



まず、CPS/IoT化の各タイプについて、その実現の狙いや実現上の特徴について示す。

(1) タイプAの狙いと特徴

タイプAは、従来技術からの連続的な進化を従来の拠点管理や輸配送管理のシステムに取り入れ、従来の資産をできるだけ継承する形で高度化あるいは拡充を図っていかうとする点に狙いがある。即ち、IoTの進展によるインターネットへの接続手段(通信規格など)の拡充、ネット経由を基本とするクラウド化の進展、ビッグデータを扱える環境の充実やAIなどのデータ利活用手段の充実といった技術進歩を取り入れ、従来システムの生産性向上や省力化、品質向上を図ろうとしていると考えられる。事例として挙げているものは自社のIoTプラットフォームを軸に据え、それをベースにロジスティクスサービスを応用分野のひとつとして提供していく点に特徴がある。ロジスティクスに特化したタイプBよりも効率性や対応のきめ細かさの面

で劣る可能性が考えられる反面、複数分野での利用を通して、より安定したシステムの提供が可能になるというメリットも考えられる。

(2) タイプBの狙いと特徴

一方、タイプBは、従来システムの継続性・発展性よりも、直面する課題の解決に新技術を積極的に活用しようとするトップダウン的かつ戦略的なアプローチと言える。他社との競争や協創を意識して事業面で優位に立とうとする戦略的なアプローチでもある。最先端技術を活用して抜本的な解決策を講じることにより想定以上の効果や新たな価値・サービスの創出等、従来システムからの不連続的な進展の可能性が期待できる。このタイプは、最先端技術の動向に左右されるため、継続性を担保する上でのリスクを伴う反面、従来システムをリセットあるいは自社が所有するコアコンピタンスを取り入れた新規のシステム作りを指向できるため、ロジスティクスのイ

ノベーションを引き起こす可能性がある。また、このタイプは、CPSにおける現実空間をロジスティクスの対象であるサプライチェーンとしているため、それ以外の社会・経済活動の現実空間の情報も活用したシステム作りを行うためには、連携するためのインターフェースなどを用意する必要があると考えられる。

4.2 DXとの親和性

CPS/IoT化によりデジタルトランスフォーメーション（DX）の実現が期待される。そこで、第3章で紹介したCPS/IoT化の2つのタイプについて、DXとの親和性について考察する。

まず、DXとはアナログをデジタルに変換する「デジタル化」とは全く異なる概念であり^(注1)、デジタル化を通しての変革すなわち「デジタル変革」のことである。DXは、次のような段階を経て社会に浸透していき大きな影響を及ぼすとされている^[16]。

第1ステップ：インフラ、制度、組織、生

産方法など従来の社会・経済システムへAI、IoTなどのICTが導入される。

第2ステップ：社会・経済システムは導入されたICTを活用できるように変革される。

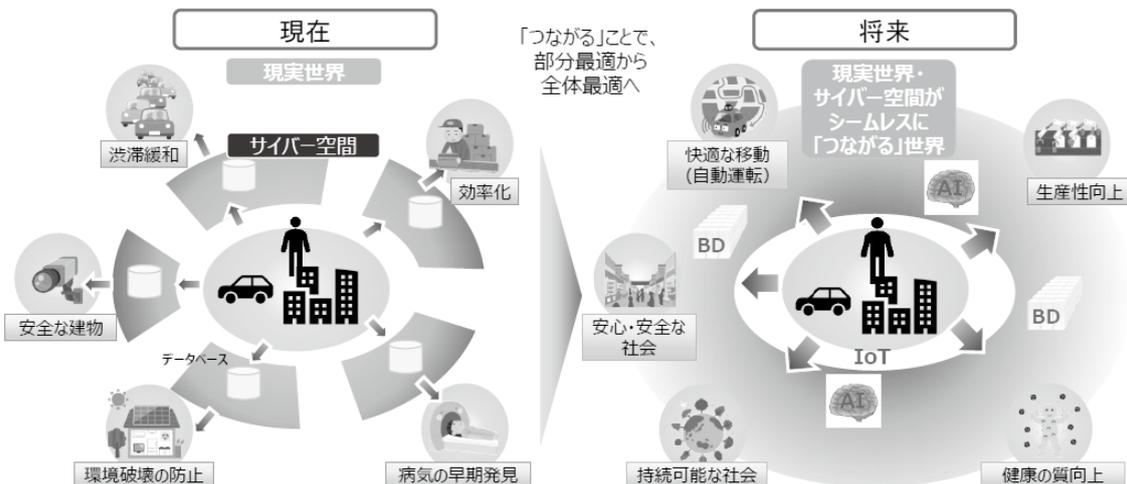
第3ステップ：ICTの能力を最大限に引き出すことのできる新たな社会・経済システムが誕生する可能性がある。

DXによって、例えば、製造業が販売した製品から集めたデータの活用により新たなサービスを創出したり、自動化技術を活用して異業種と連携や異業種への進出を図ったり、あるいはシェアリングサービスの進展でモノを所有する社会から必要な時だけ利用する社会へ移行するなど、産業構造そのものが大きく変化していくと予想される。DXは、システムや制度等が特定の分野、組織内に閉じて部分最適の形で運用されていた状態から社会全体として最適な形態で運用される状態に変えることを意味している^[17]（図4.1）。

以下、CPS/IoT化の2つのタイプについてDXとの親和性を考察する。

タイプAは、サプライチェーン（ロジスティ

図4.1 IoT、ビッグデータ、AI等により進展するデジタルトランスフォーメーション^[17]



クスネットワーク)だけでなくあらゆる現実世界の収容を基本としているIoTプラットフォームをベースとしているため、このプラットフォーム上にはロジスティクス分野だけでなく色々な分野のソリューションが位置づけられる。最初はそれぞれの分野のソリューションが独立が提供されるが、それらの運用を通してあるいはあらたな課題への対応としてソリューション間の連携や統合などにより広い範囲で最適化や新たな価値やサービスを生み出せるソリューションの提供も可能と考えられる。即ち、スモールスタートで運用開始し、長期的なスパンで空間的・分野的に拡大していける可能性のある形態と考えられる。

一方、タイプBでは、CPSを構成する物理空間はサプライチェーン(ロジスティクスネットワーク)が基本となる。ロジスティクス分野における異なる企業との連携は可能であるが、ロジスティクスネットワークの変革をサプライチェーン以外の現実空間の状況も見て行おうとする場合には、そのための新たなインターフェースを導入する必要があると考えられる。このタイプはロジスティクス業界における変革をタイムリーに実現することが重視された形態と考えられ、分野を超えて社会・経済システム全体としての新たな価値やサービスをどのように創出していくかが課題と考えられる。

4.3 既存システム(WMS・TMS)の扱い

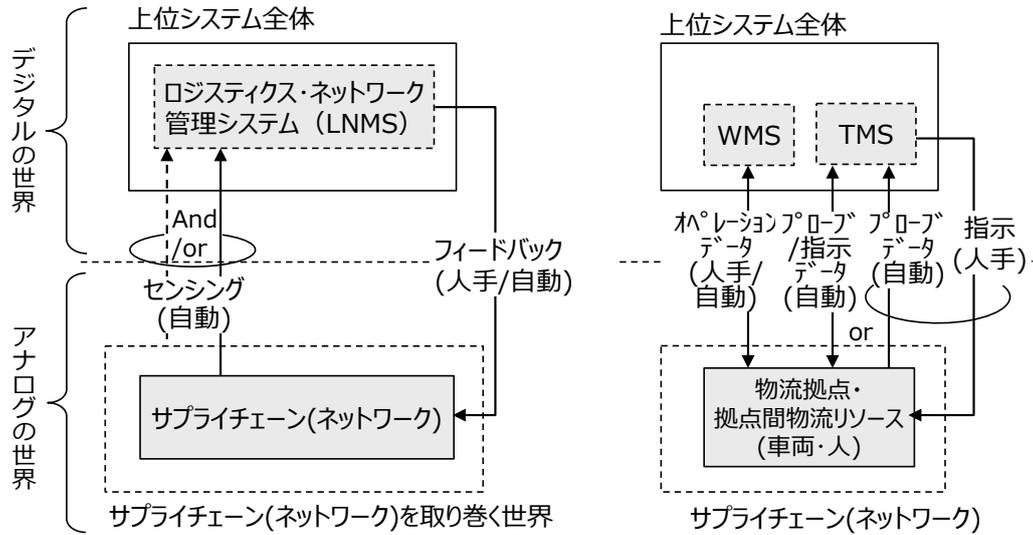
サプライチェーンにおける拠点内のオペレーションや在庫の管理、さらには拠点間の

輸配送オペレーションの管理を行う情報システムとしてWMS(Warehouse Management System)、TMS(Transport Management System)が広く利用されている。これらのシステムは1980年代に登場し、ある民間企業の調査^[5]によると、例えばWMSについては、企業で物流に携わっている300人のうち約40%が導入済み、30%が導入予定あるいは導入意向ありと回答している。また、WMSやTMSは拠点に配備される形態からクラウド上に配備される形態へのシフトが進んでいる。CPS/IoT化の取り組みが進む中で、現実世界の物流拠点や物流リソース(車両、人、機器)とつながるWMSやTMSはどのような位置づけとなるか、それらの扱いについても整理が必要と考えられる。

以下、この点について考察する。図4.2にCPS/IoTにおけるデータやり取りとWMS/TMSに関するデータやり取りのイメージを示す。ここでは、やり取りされるデータの内容、人手介在によるやり取りか自動的なやり取りかの別、双方向(インタラクティブ)のやり取りか片方向のやり取りかの別に着目して示している。

図4.2(a)のCPS/IoTの場合、現実世界(アナログ)とサイバー世界(デジタル)との間のデータの流れは、現実世界をセンシングする場合とサイバー世界上での分析結果を現実世界へフィードバックする場合とが分かれており、それぞれにおいて片方向であるのに対し、同図(b)のWMSやTMSのうち特にWMSでは双方向(インタラクティブ)である。TMSについては、車両に搭載された端

図4.2 CPS/IoTとWMS・TMSに関するデータのやり取り



(a) CPS/IoTに関するデータやり取り

(b) WMS・TMSに関するデータやり取り

末から運転操作や車両・荷台の状態などをプローブデータとしてネット上へ自動で送信する部分はCPS/IoTにおけるセンシングと似ているが、ネットと常時接続した状態で走行するコネクテッドトラック^(注7)を対象とするような場合には双方向での自動的なやり取りが基本になる。

データのやり取りに人が介在するか否かについてみた場合、図4.2 (a) のCPS/IoTの場合は、センサーでデジタル化されたデータを現実世界からサイバー世界の方へ送る際は人手介在なしに(自動的に)行われ、逆にデータ分析結果のフィードバックについては人手介在・自動の両ケースが想定される。一方、図4.2 (b) のWMSでは、在庫を管理する在庫拠点等において人手による検品やピッキング、棚卸し等の業務において、作業員の持つハンディーターミナルとサイバー側のデータベースとの間でデータのやり取りが行われるが、ロボットの導入により無人化されてくる

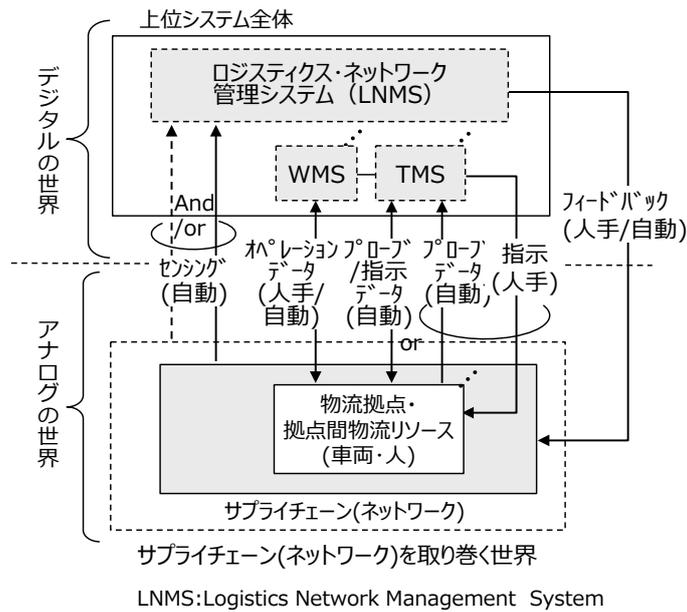
と自動的なやり取りも想定される。また、TMSの場合は、センサー経由で取得された上記プローブデータが車載端末経由で自動的にネットへ送られる部分があり、この点についてはCPS/IoTの場合と同様であるが、コネクテッドトラックの場合には人手介在なしに自動で行われるケースも想定される。

CPS/IoT時代には、図4.2 (a) におけるLNMS (Logistics Network Management System) と同図 (b) に示すWMS・TMSがひとつのシステムとして稼働することになるが、その場合の構成を図4.3に示す。この図におけるLNMSと配下の複数のWMS・TMSの運用形態としては、基本的に以下の3パターンが考えられる。

- 【形態A】 独立に共存し運用される形態
- 【形態B】 連携して運用される形態
- 【形態C】 LNMSに統合されて運用される形態

形態Aは、LNMS、WMS、TMSがそれぞれ

図4.3 CPS/IoTにおけるLNMSとWMS・TMSの位置づけ



れ独立に存在し、それぞれの役割を分けて稼働するタイプである。この場合は、CPS/IoT化後も、従来のWMS、TMSを特に変更もなく継続して利用できる。LNMSによってWMSやTMSへ負荷を与える荷主側をコントロールすることにより、負荷を平滑化する効果が期待できるが、全体最適化のレベルは限定的と考えられる。

形態Bは、LNMSと配下の複数のWMS、TMSとが連携して稼働するタイプである。全体最適化を図る上で理想的な形態と考えられる。実現するためには、関連企業間での調整、LNMSからのフィードバックによる現場オペレーションへの影響への対応、などが必要となり、稼働開始に向けての協議に時間がかかる可能性がある。

形態Cは、LNMSを、WMS、TMS機能も包含した形で実現し、現場とのやり取りに必要なデータベースを拠点对応に実装するイメージである。このようなLNMSをロジス

ティクス・プラットフォームという形で提供することにより、稼働させる形態である。従来のシステムをリセットした形での対応であり、DXを狙う戦略的な形態と考えられる。

以上の3形態のいずれとするかについては、それぞれの利害得失も考慮した上でハイレベルな経営判断が必要になると考えられる。

5. 今後の展望

ロジスティクス分野のCPS/IoT化に向けた取り組みについては、ソリューションの提供や構想レベルの発表が見られてはいるものの、現状ではまだ充分なところまでには至っていないようである。民間企業による「物流領域におけるAI・IoTの利用状況」の調査(2018年4月～11月)^[18]によると、当該企業HPにおけるAI・IoTに関連する資料ダウンロードの利用者124名のうち、「本格導入を進めている」「実証実験を進めている」は1割以

下と低い状況となっている。第4章までの内容に関連し、以下に今後の展望を述べる。

5.1 CPS/IoTの実装法の2タイプについて

民間企業におけるロジスティクス分野のCPS/IoT化に向けた取り組みは第3章で示したように、自社が設計・開発したIoTプラットフォームを軸に1つの応用分野としてロジスティクス機能を提供する「タイプA」とそのような資産は意識せず自社が持つ技術的武器をベースにロジスティクスに特化したプラットフォームを直接構築し提供していく「タイプB」の2つに分かれる。それぞれには利点や課題が存在するため、当面共存する形で取り組みが進んでいくと考えられる。前者は顧客（荷主）を囲い込む形でのサービス展開、後者は新規顧客を獲得する形でのサービス展開が進められると思われる。最終的に、両タイプはロジスティクスの業界の違いで棲み分けされることになるものと想定される。

5.2 CPS/IoT化によるロジスティクス分野のDXについて

上記2タイプのDXとの親和性については4.2節で述べたとおりであるが、より近い将来に展開されるDXとしては、ロジスティクス業界に特化したプラットフォームを提供するタイプBにより達成されることが考えられる。さらにその先まで考えた場合、CPS/IoT化においてより広い物流空間の情報を収集し、そのデータの利活用による変革を行えるシステム作りが有効と考えられるため、タイプBにおいてそれを可能とするような方向への拡充

が期待される場所である。

5.3 従来システム（WMS・TMS）との関係について

WMSやTMSなどの従来から利用されてきた管理システムの扱いは4.3節で考察したが、従来資産にあたるWMSやTMSの活用をCPS/IoT時代にどのように取り扱うかについても無視できない課題と考えられる。

CPS/IoT化においては、特定のサプライチェーン上の情報を集めて分析しその運用における在庫量やリソース稼働の状況などについて線的な最適化を図るだけでなく、面的なサプライネットワーク上の複数の拠点や拠点間輸送の状況をデータとして取り込み分析することにより、ネットワークレベルでの最適化を狙うことが望まれる。これを可能とするために、CPS/IoTにおけるLNMS（ロジスティクスネットワーク管理システム）は、WMSやTMSと密に連携し、荷主の要望に柔軟に対応できる形態が望ましい。その意味で、4.3節に挙げた形態Bや形態Cの登場が望まれる場所である。

6. おわりに

以上、IoT、AI等の進展を受け、最近、構築に向けた動きが広がりを見せているCPS/IoTに着目し、ロジスティクス分野における動向などについて示した。即ち、ロジスティクス分野における特に民間企業のCPS/IoT化の取り組み状況をフォローし、それらについて考察するとともに今後を展望した。まず、CPS/IoTの概念を紹介し、ロジスティクス分

野への期待の状況を示した(第2章)。続いて、民間企業の取り組み事例を、IoTプラットフォームベースの事例(タイプA)とロジスティクスに特化したプラットフォームの事例(タイプB)の2つに分けて紹介し(第3章)、それらの事例について、実現の狙い、デジタルトランスフォーメーション(DX)との親和性、CPS/IoTにおける従来のシステム(WMSやTMS)の扱いの3つの視点から考察を行った(第4章)。さらにその考察に対応し今後について展望した。

ロジスティクス分野においては、人手不足や長時間労働、多頻度小口配送に伴う効率性の低い輸配送といった問題への対応が求められてきているところであるが、それとともに、実空間の相互接続を可能とするIoTの進展を受け、サプライチェーン上の部分最適を目指す従来のアプローチから全体最適を図る取り組みへのシフトの重要性が増している。また、ビッグデータ、AI、ロボット等の新技術を積極的に活用することによりDXを推進し、新たな価値やサービスの創出を促進させることへの期待や要請も高まっている。こうした状況から、今回取り上げたCPS/IoTについてロジスティクス分野への早期の導入が望まれるところである。国(経済産業省)も「DX認定制度」を導入し2020年11月よりWeb申請の受付を始めていることから、関連する検討が今後加速されていくものと思われる。

注記

(注1) 2004年、スウェーデンのウメオ大学のエリック・ストルターマン教授らによって提唱された(下記文献)。最近ではこの概念を説明する際に、次のようなキーワードが登場するようである：第4次産業革命、環境変化・ゲーム

チェンジ、産業境界の破壊、価値の創出、企業の存続・生き残り、事業・組織・ビジネスモデル転換、戦略的・構造的転換、イノベーション、生活・働き方変革など

E. Stolterman and A. C. Fors. "Information Technology and the Good Life," in Information Systems Research: Relevant Theory and Informed Practice, B. Kaplan et al. (eds), London, UK: Kluwer Academic Publishers, 2004

- (注2) IoTという言葉は、1999年にRFIDに関連する研究コンソーシアム「Auto-IDセンター」を始動させた人のひとりのKevin Ashton(ケビン・アシュトン)が、RFIDジャーナル内の記事「That 'Internet of Things' Thing」の中で初めて使用したと言われている[1]。
- (注3) CPSという概念は、米国科学財団(NSF)が2006年にIoTに関する研究プロジェクトとして「CPS(Cyber-Physical Systems)」を立ち上げ、以降毎年30億円以上をIoTの研究に投資してきたことから産業界で注目されるようになったようである[2]。
- (注4) 米国防高等研究計画局(DARPA)が発案した言葉で、IoTやそれを利用したスマート工場の考え方の広がりを受け、デジタルツインという概念を実現する気運が高まってきている[3]。
- (注5) 日立の下記サイトによると「お客さまのデータから価値を創出し、デジタルイノベーションを加速するための、日立の先進的なデジタル技術を活用したソリューション/サービス/テクノロジーの総称です。」との説明がされている。
<https://www.hitachi.co.jp/products/it/lumada/index.html>
- (注6) 日立物流のサイト(<https://www.hitachi-transportssystem.com/jp/logisteed-cafe/>)によると、「LOGISTEEDは、LOGISTICSと、Exceed、Proceed、Succeed、そしてSpeedを融合した言葉であり、ロジスティクスを超えてビジネスを新しい領域に導いていく意思が込められています。」とのことである。また、物流で4流(金流、商流、情流、物流)を束ね、新技術(IoT、AIなど)を活用し、サプライチェーン全体をより最適に進化させることとの説明もある。
- (注7) IoTの進展を受けインターネットの通信機能を備えた自動車が登場するようになりそのような車を「コネクテッドカー」と呼んでいるが、特にトラックの場合について「コネクテッドトラック」と呼ばれる。

参考文献・サイト

- [1] 第57回 “モノのインターネット”ってどういうこと?、へえ〜と驚く パソコンの真実、日経パソコン、2017/07/24号、pp.104~105
- [2] GEなど米大手5社がIoTの推進団体 共通アーキテクチャや国際標準作り狙う、News & Trend、日経コンピュータ、2014/04/17号、p.9
- [3] デジタルツイン(Digital Twin)、キーワード、日経コンピュータ、2016/02/04号、p.19
- [4] IoT時代におけるICT産業の構造分析とICTによる経済成長への多面的貢献の検証に関する調査研究 報告書(三菱総研)、2016

- 年3月、
https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/linkdata/h28_01_houkoku.pdf
- [5] 2020年 物流システムリサーチ結果（市場調査）、NECソリューションイノベータ、
<https://www.nec-solutioninnovators.co.jp/ss/logistics/whitepaper/resarch2020/>
- [6] TOSHIBA SPINEXとは?、東芝のCPS、
<https://www.toshiba.co.jp/iot/spinex/>
- [7] 物流IoTソリューションLADOCsuite、東芝デジタルソリューションズ、http://www.toshiba-sol.co.jp/industry/ladocsuite/index_j.htm
- [8] NEC、IoT基盤『NEC the WISE IoT Platform』を確立～IoTソリューションメニューも拡充～、
https://jpn.nec.com/press/201609/20160929_02.html
- [9] 物流IoTソリューション、NEC、
https://jpn.nec.com/logistics_service/logistics/iot/index.html?
- [10] AIやIoTを活用し、実効性の高い配送計画を立案する「Hitachi Digital Solution for Logistics/配送最適化サービス」を提供開始、日立製作所、2019.2.28、<http://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2019/02/0228.pdf>
- [11] DX戦略：株主・投資家向け情報、日立物流IRニュース（2021.1.12）、<https://www.hitachi-transportssystem.com/jp/ir/corporate/vision/dx/>
- [12] 「DX戦略 - 「LOGISTEED 2021」実現に向けて-」（pdf資料、2021.1.12）、日立物流、
https://www.hitachi-transportssystem.com/jp/ir/pdf/dx_strategy_20210112.pdf
- [13] NEC デジタルトランスフォーメーションでロジスティクスに新プラットフォーム：ICT/AI/ロボティクス…多様な技術連携でさらに一歩（特集 デジタル・ロジスティクス）、マテリアルフロー 60（6）、32-38、2019-06
- [14] モノを動かす仕組み② [ICTベンダー]、ロジスティクスのプロに聞く！、KEEP ON MOVING!、https://keeponmoving.jp/guide/askthepro_vol6/
- [15] Hacobuと多業種企業との取り組み構想及び新パートナーシップについて、大和ハウス工業のプレスリリース、共同通信PRワイヤー、
<https://kyodonewsprwire.jp/release/201909191017>
- [16] 総務省、平成30年版 情報通信白書（第1部）
- [17] 我が国のICTの現状に関する調査研究 報告書、株式会社情報通信総合研究所、2018年3月、
https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/linkdata/h30_01_houkoku.pdf
- [18] 100社以上のアンケートから語る！物流AI・IoTの導入は何故進まないのか?、2018年11月、NEC、下記サイトより入手。
<https://jpn.nec.com/logistics/download/index.html>