

# TSN (Time-Sensitive Networking)

## —今こそ導入すべき理由

著者

John Browett, CLPA-EU General Manger  
Thomas J. Burke, CLPA Global Strategic Advisor

共同作成者

Jordon Woods, Strategic Technologist for the Industrial Ethernet Technology Group at Analog Devices





# まえがき

by **Jordon Woods**: Strategic Technologist for the Industrial Ethernet Technology Group at Analog Devices

アナログ・デバイセズ社はCLPAの幹事会メンバーです。

## すべてがつながるスマート工場の将来像

グローバル産業は共通の課題に直面しています。エンドユーザが自動化において機器ベンダに期待するのは、その課題を解決してくれるシステムや技術の提供です。「Connected Industries」「Smart Factory」「Industry 4.0」「産業用IoT (IIoT)」と表現はさまざまですが、これらの課題は大きく次の分野に分けられます。

1. グローバルに広がる業務全体で一貫した品質と性能を確保すること。
2. 製造と需要のバランスを調整し、材料と資産を最大限に活用すること。
3. 企業コンプライアンスを改善・遵守すること。
4. これまでよりも柔軟かつ迅速に製造業務を行い、急速に変化する市場ニーズに応えること。
5. 平均復旧時間(MTTR)を短縮して設備総合効率(OEE)を向上させ、決められた納期内に厳しい要求と評価基準を満たすこと。
6. 世界各地の製造工場における製造技術と情報技術(IT)の設計・開発・支援コストを削減すること。
7. 発生場所にかかわらず製造現場で生じたイベントへの対応を改善すること。

これらの目標を達成するうえで障害となるのが、既存の産業用ネットワークシステムは異なる技術で構築されているため情報共有できないことです。このため、情報は「孤島」に取り残され、効率的な情報共有が妨げられていました。

この問題を解決するためには、情報へのアクセスがよりスムーズであることが重要です。言い換えれば、産業用自動化および制御システム(IACSs)のメーカーや顧客は、生産現場で生成されるデータに有益な価値があるとわかっているからこそ、そのデータへのシームレスなアクセスを望んでいます。このため、Industry 4.0が求める情報の透明性が、これらの課題を解決するために推奨されるアプローチとなりつつあります。

生産現場からの膨大なデータを有益な情報に変えることこそ、Industry 4.0が目指す戦略の全容です。しかし、IT/OTの融合を実現するアーキテクチャを構築するソリューションと、現場から取り込んだデータをシームレスに統合して企業のどの部門からもアクセスできる情報に変換するという能力に着目した結果、顧客が抱える問題を根本的に解決できるようになってきたことが、何より重要です。



Time-Sensitive Networking (TSN)  
—今こそ導入すべき理由

# 目次

概要.....	P5
<b>第1章: TSNとは？その役割と重要性.....</b>	<b>P6</b>
TSNの基本.....	P6
TSNの規格.....	P8
1. IEEE 802.1AS - タイム・センシティブ型通信のタイミング管理と時刻同期.....	P8
2. IEEE 802.1Qbv- 時分割スケジューリングの拡張.....	P9
3. その他のIEEE 802.1規格.....	P10
4. TSN規格の進化.....	P10
5. 帯域の重要性.....	P11
<b>第2章: TSNのメリット.....</b>	<b>P12</b>
統合ネットワークの基盤化.....	P12
ネットワークの統合から得られる有益な価値.....	P12
ビジネスにおける有益な価値.....	P13
1. ネットワークアーキテクチャと機械設計の簡素化	
2. 工程の透明性の向上、業務管理の強化	
3. 生産性の向上	
4. ITシステムとOTシステムの融合	
<b>第3章: TSNにできないこと.....</b>	<b>P14</b>
<b>第4章: TSN: 今こそ導入すべき理由.....</b>	<b>P15</b>
おわりに.....	P17
参考文献.....	P18

## 概要

Industry 4.0は新しいステージにふみ出し、多くの企業が戦略として注目するようになりました。このホワイトペーパーの目的は、製造工程において、Industry 4.0の通信技術導入過程に焦点を当てることです。製造工程で必要とされる透明性を確保するには、複数ある産業用Ethernetプロトコルと一般情報系プロトコルを同一ネットワーク上で統合させなければなりません。

産業用自動制御システムを使用しているユーザは、今日直面している課題の解決策をIndustry 4.0より見出し、生産業務の最適化で競争力を高めてきました。具体的には、Industry 4.0を採用することで工程の透明性が高まり、結果的に企業活動をよりよくマネジメントできるようになりました。

情報の透明性とは、工程からより多くのデータを抽出・解析して有益な情報を集め、製造現場で発生している現象をより良く、より深く把握する能力のことです。実際、工程の挙動を正確に理解していなければその改善方法や制御方法を知ることはできません。

このような理由で工程情報を抽出する必要があるため、データの生成・収集・共有・解析の効果的な仕組みを提供する産業用IoT (IIoT) が台頭してきました。センサやアクチュエータなどのハードウェアをコントローラやさらに上位のシステムとつないで監視・制御・管理をおこなうことが目的のIoT (モノのインターネット) に基づくソリューションが、IIoTです。

実際には、IIoTは製造業などの産業活動にIoTを応用したものです。IoTによってセンサや機械、人がひとつの生態系のように関連づけられることで、機械動作をきめ細かく把握でき、生産性を決定づける制御が可能になります。この2つの技術は適用される分野が異なるだけでなく、実行能力も異なります。たとえばIIoTは、高速包装機などスピード重視の工程を処理するために開発されました。したがって高感度センサや精密センサなどの機器と高性能・最先端の制御装置や解析装置をつなぐには、非常に信頼性が高くかつ予測可能な通信手段が求められていました。定時性とよばれるこれらの特性は、産業用Ethernetの必須条件です。

IIoTはIndustry 4.0の有効な技術基盤となっていますが、その根幹は、それぞれに必要なレベルの定時性をもたせたまま、工程で生成されたあらゆるデータを共有するのに適したネットワークです。情報の透明性の程度は、ネットワークの統合すなわちタイプの異なるネットワーク通信を同一ネットワーク上に共存させる能力で決まり、そのネットワークの統合は定時性によって実現されます。

このネットワークの統合というニーズに応えるため、産業の自動化として導入され始めている技術がTSN (Time-Sensitive Networking) です。

# 第1章- TSNとは？その役割と重要性

## TSNの基本

TSNは、OSI(オープンシステム間相互接続)参照モデルの第2層すなわちデータリンク層のデータ通信を定めたEthernetの標準規格を拡張したものです。この技術のおもな目的は、標準Ethernetに定時性をもたせることです。定時性をもたせると、複数タイプの通信で同一ネットワークを共有する基本メカニズムが得られ、統合ネットワークの基盤を提供できます。

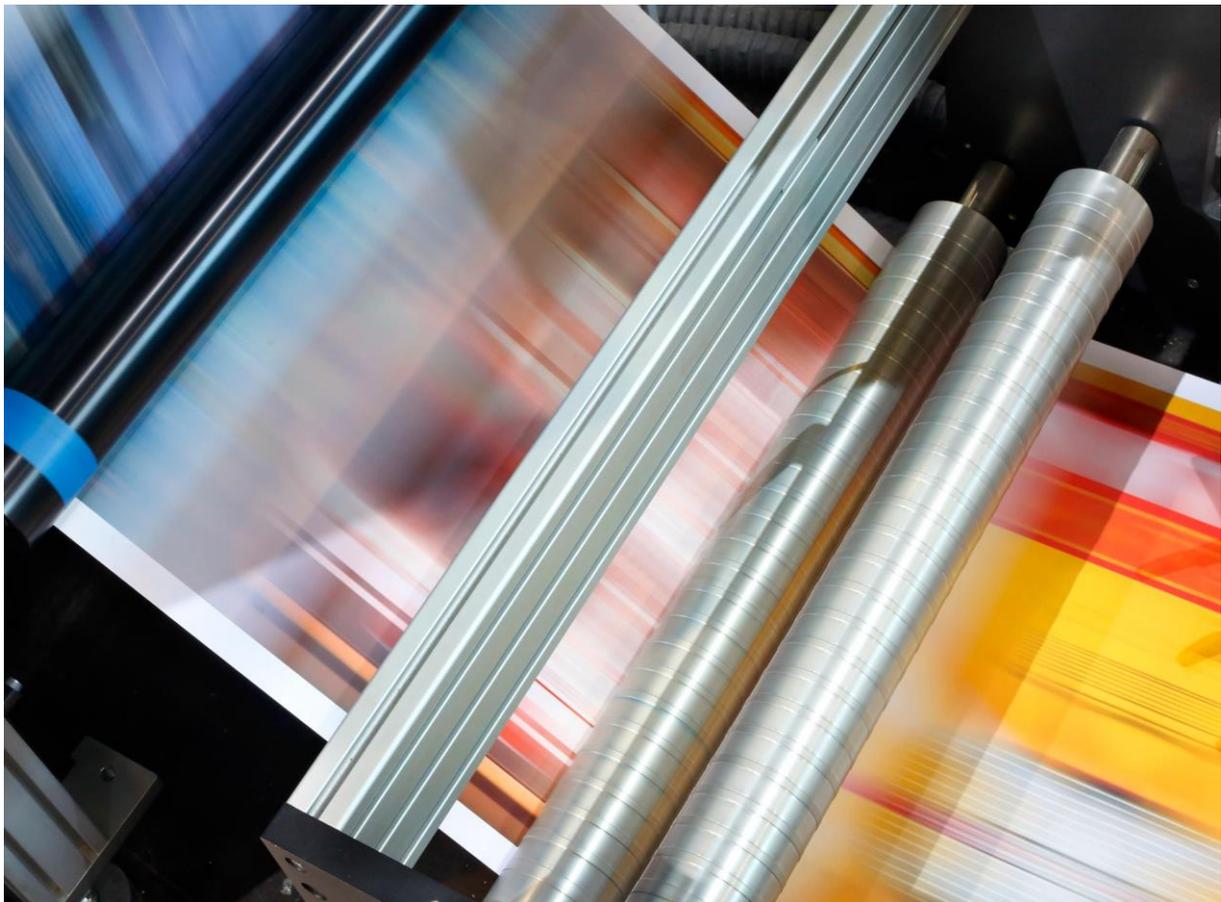
具体的には、TSNを用いることでエンジニアや技術者はネットワーク内での通信にかかる実時間や、個々の通信に発生しうる遅延(レイテンシ)や伝達時間の変動(ジッタ)の程度を知ることができます。産業分野のEthernet導入が遅れたのは、このレイテンシとジッタが大きき理由です。IT業界では、多くの産業工程よりはるかに大きいレイテンシやジッタが許容されています。本来、Ethernetではイベント発生タイミングを保証できなかった(定時性の欠如)ため、機械加工の現場で使用できるほどの信頼性はありませんでした。機械加工においては定時性の欠如が低品質、さらには機械の損傷にまで繋がりがかねません。

このような問題に対処するため、CC-Link IEなどさまざまなオープンネットワークが導入されました。これらのオープンネットワークは、TSNと組み合わせることで、今後もIndustry 4.0のアプリケーションに価値ある可能性を提供し続けるであろうと考えられます。

閉ループの高速モーション制御のような、非常に正確な工程イベントの制御が求められる産業用自動化アプリケーションにおいては、定時性がきわめて重要です。産業用自動化機器では、システム性能維持のため予測可能で信頼性の高い情報伝達が不可欠です。

階層	OSI参照モデル
第7層	アプリケーション層
第6層	プレゼンテーション層
第5層	セッション層
第4層	トランスポート層
第3層	ネットワーク層
第2層	データリンク層
第1層	物理層

図1 - OSI参照モデルおよびTSN技術該当層



印刷機には正確な高速制御が必要です。定時性のある通信が欠かせません。

たとえば、印刷機は1時間に何千枚もコピーをする一方で、印刷品質を下げないようにさまざまなプロセスカラーをきわめて正確に位置決めすることが求められます。包装ラインでは、一般的に1時間に何千個ものアイテムを生産しつつ、無駄は最小限に抑えなければなりません。最新の工作機械は、ナノメートル精度を有する高速加工技術の結晶です。このような各種システムが確実にその要件を満たし、かつ要求される品質レベルを実現するには、常に決められたタイミングで機械制御（つまり制御データの伝達）を行い、この性能レベルを維持する必要があります。

ただ、定時性は重要ではありますが、Industry 4.0が求めるものは単に定時性のあるTSNだけではありません。TSNは、さらに広範囲な統合ネットワーク基盤なのです。これまでの産業用オープンEthernetプロトコルでも、すでに数種類の通信を混在させることができます。しかし、これは一般的に機械制御タスク（I/Oデータや安全制御、モーション制御）関連の通信に限られており、マシンビジョンシステムから送信されるTCP/IPビデオフレームのような、タイプの異なる通信とは組み合わせることができませんでした。

したがって、これらのプロトコルはEthernetに産業用途での定時性をもたせる手段のひとつであり、いわゆる産業用Ethernetを可能にはしたものの、ネットワークの統合においては大きな解決策となりませんでした。昨今TSNが注目されるのは、最終的に従来の産業用Ethernetに欠けているこの部分を埋めようとする動きなのです。TSNがどのようにしてあらゆるタイプのネットワーク通信を同一ネットワーク上に共存させるのか見ていきましょう。そして最終的にはIndustry 4.0で求められる情報透明性の実現に不可欠なネットワークの統合に言及します。

## TSNの規格

TSNはIEEE 802.1のEthernet仕様<sup>[2]</sup>に定義されています。IEEE 802.1には、異なる機能間で時刻同期と通信の優先順位を決定し実装することで定時性とそれに伴うネットワークの統合を可能にするTSNの役割が記載されています。

### 1. IEEE 802.1AS - タイム・センシティブ型通信のタイミング管理と時刻同期

時刻同期は、同一ネットワーク上のあらゆる機器で同一時刻の共有を保証するため、定時性の基盤となります。たとえば午前10時なら、ネットワーク上のあらゆる機器がこれを認識し、それらの動作クロックが同期化されます。したがって、データ転送における遅延や変動(レイテンシとジッタ)の発生原因となる時間の不確定性を最小限に抑え、重要なデータ通信をタイムリーかつ予測可能な形で伝達できます。IEEE 802.1 ASには、この性能を実現するためIEEE 1588高精度時間プロトコル(PTP)規格<sup>[4]</sup>が取り入れられています。

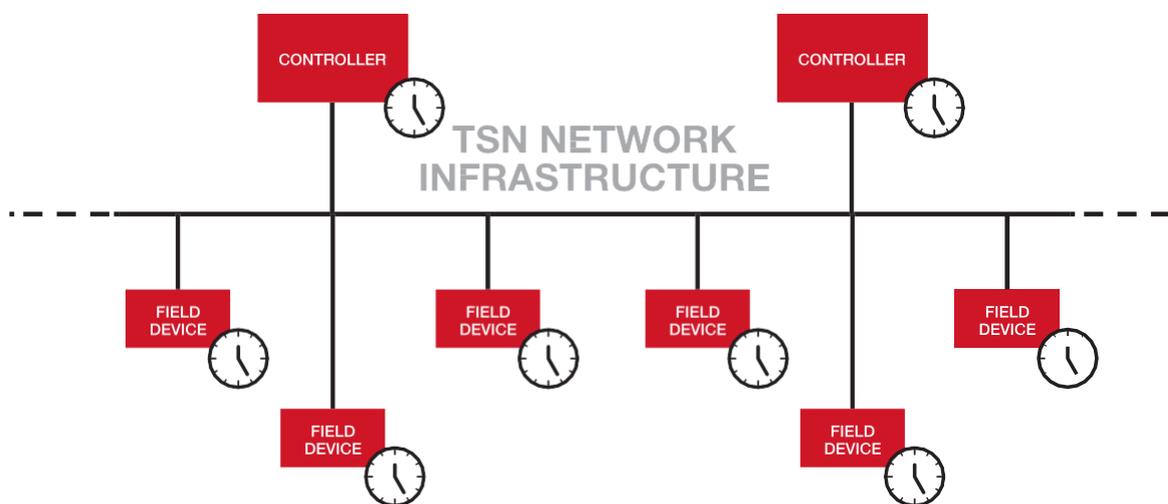


図2 - IEEE 802.1ASを用いた各機器の時刻同期イメージ

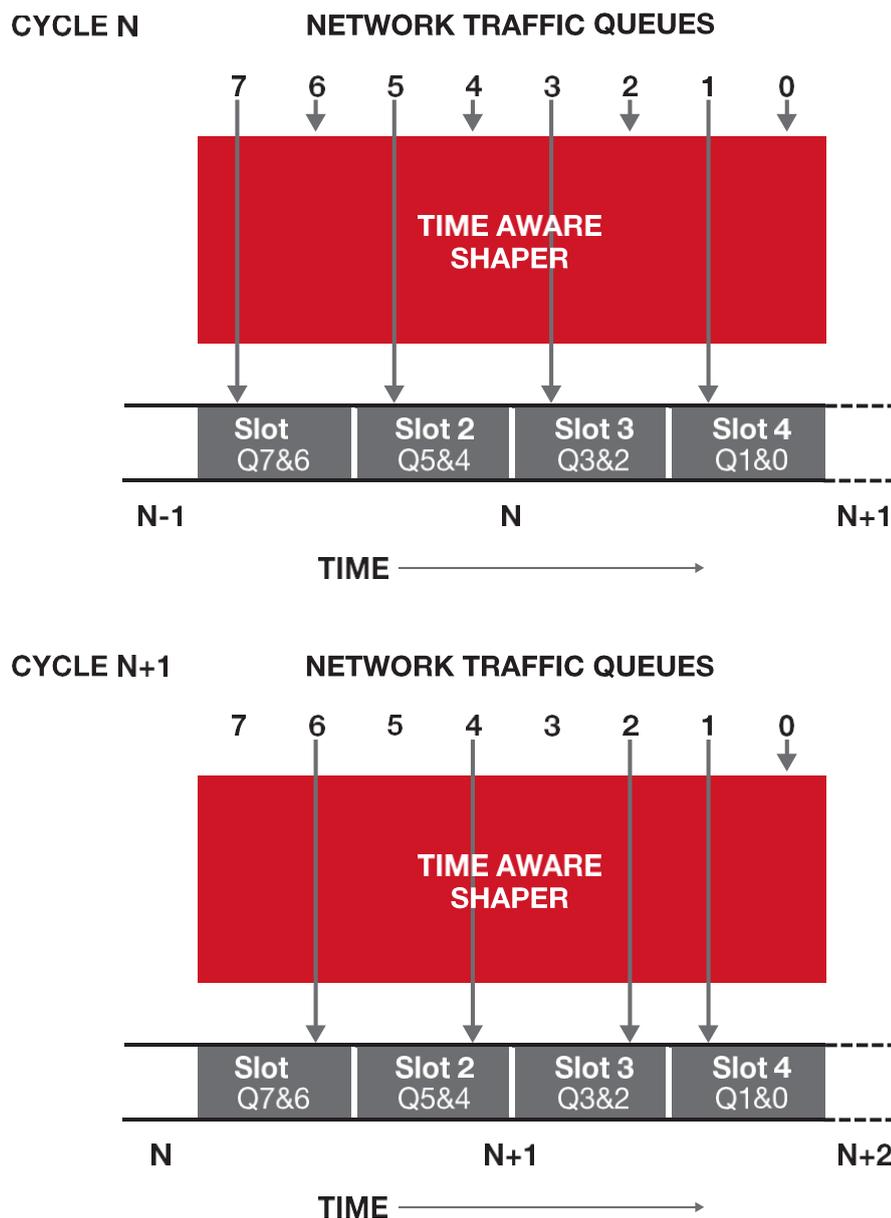


図3 - IEEE 802.1Qbvでのタイムスロット割り当てによる通信優先決めイメージ

## 2. IEEE 802.1Qbv- 時分割スケジューリングの拡張

IEEE 802.1 Qbvは、ネットワーク内で正確な時刻を共有するTAS(Time-Aware Shapers)<sup>[5]</sup>を定義する規格です。TASは、タイプの異なるネットワーク通信に割り当てられる具体的な時間の「スロット」を定義し、通信のタイプによって優先順位を決定します。たとえば、緊急停止ボタン関連の通信は、マシンビジョンシステムからの画像よりも優先されます。時分割多重接続(TDMA)という原則に従ってこれらのスロットを割り当てることで、あらゆるタイプの通信を予測可能な形でネットワーク内に伝達し、定時性のある通信を行うことができます。つまりIEEE802.1Qbvは、ネットワークの統合をサポートしつつネットワーク帯域幅を最大限に活用できる方式なのです。

### 3. その他のIEEE 802.1規格

前述の重要な機能以外にも、公開済みまたは開発中のIEEE 802.1 TSN規格が数多く存在します(現在約30)。ただ、そもそもTSNがオーディオ・ビジュアル専門の分野から生まれたということもあり、これらの多くは産業用途以外の規格です。そのため本書では取り上げません。

### 4. TSN規格の進化

他の技術と同じように、TSNを定義するIEEE 802.1規格も既存規格の改良と新規格の誕生を繰り返しながら絶えず進化しています。規格は変化していますが、技術自体は実案件に実装可能なところまで成熟しています。技術の進化はその価値を高めます。つまり、変化し続けることで最新の需要に対応しつづけるため、時代遅れになる恐れが少ないのです。したがって、進化はプラスの要素です。

この進化とは逆に、Ethernetの規格は過去の規格との互換性もあります。Ethernetはすでに約40年経過した技術ですが、過去の機器でも、その多くは最新の機器とともに使用できます。TSNもこの路線を進むと考えられています。このため、新規案件を今立ち上げる必要のある企業が、今すぐTSNを導入しても、TSNが数年で時代遅れになる心配はありません。TSN規格はそう簡単に確立されないため、TSNの「完成」を待つ必要はありません。携帯電話を考えてみてください。モバイルネットワークは2Gから3G、4G、5Gと進化してきましたが、導入する際に次世代の開発を待つ必要はありませんでした。

TSN規格の進化は、産業自動化用途でTSN技術を活用するIEC/IEEE 60802により、その信頼性をさらに増すことになるでしょう。そしてIEC/IEEE 60802の役割は、さまざまな用途に使用するTSN技術の標準プロファイルを定義することです。

結果的に、この革新技术を実装すれば、将来の要求に対応する道を確保しつつ現在のニーズに応える積極的なビジネスを展開できます。したがって今TSNを採用することは、企業が現行のシステムや業務を最適化するシステムを手に入れながら、同時に今後そのシステムを強化する余地を確保することとなります。

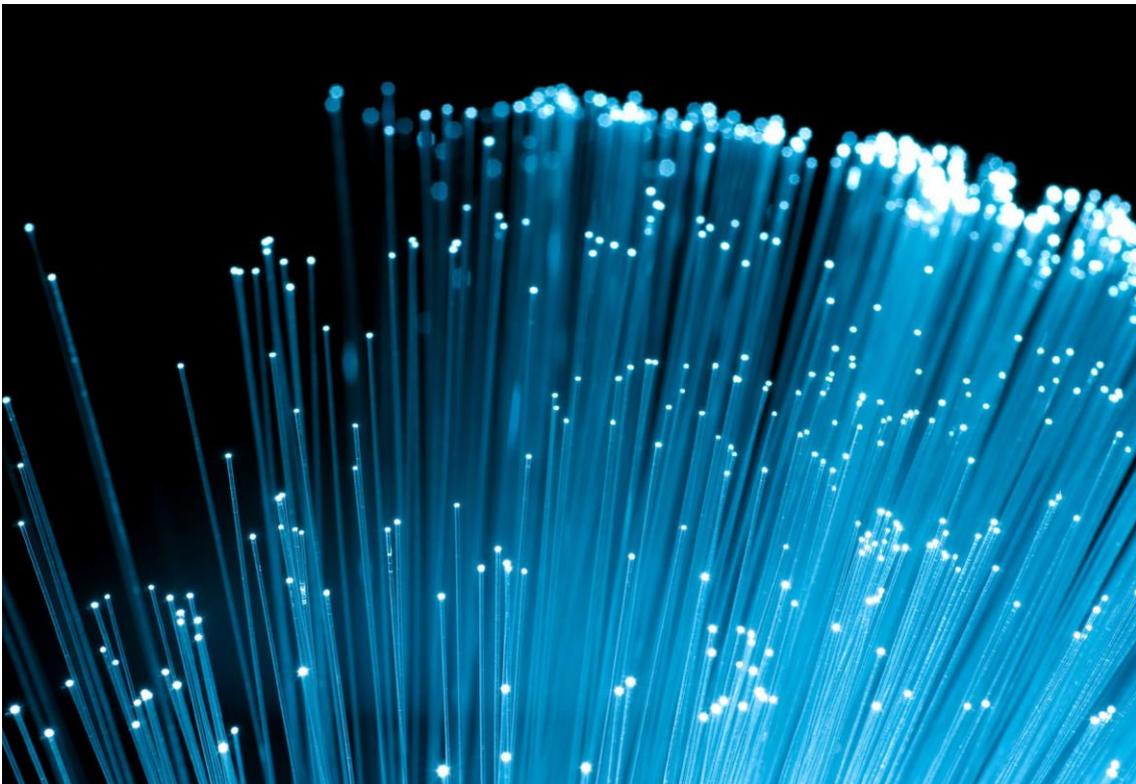
## 5. 帯域の重要性

TSNネットワークにおいて最後に考慮すべき点は帯域です。定時性に加え、産業用Ethernetは、TSNが提供する規格により、通常は固定された帯域をさらに効率的に活用できるようになりました。

TSNの優先順位決定機能は、重要度の低いデータが優先すべきデータの通信を妨げることなくあらゆる通信が同一ネットワーク上を流れるよう、必要な帯域を割り当てます。以前は産業用Ethernet技術の多くが100Mbit帯域を使用していました。TSNはこの帯域をさらに有効に使用できますが、Industry 4.0によって生成されるデータが増加したためギガビット帯域への動きが推し進められています。TSNはこの傾向からの恩恵も受けます。帯域の使用を改善できるとはいえ、太い「パイプ」の方がタイプの異なる通信間で干渉が少ないことは明らかです。このため、重要度の低いデータの通信性能も改善される可能性があります。

システムによっては、時折発生する通信ピークへの対策として複数のネットワークを確保していることがあります。パイプを太くすることでこれも解消されます。通信トラフィックが増えてもTSNの場合、もっとも効率的な帯域使用が保証されているため、帯域がギガビットに広がれば、増加した通信トラフィックがあっても単一のネットワークで統合することができるのです。

つまり、帯域が広がれば従来のTCP/IP通信に加え複数タイプの産業用Ethernetプロトコルを同一ネットワーク上で扱える未来のシステムを構築でき、コストの削減と生産性・情報透明性の改善につながります。



## 第2章 - TSNのメリット

### 統合ネットワークの基盤化

前章で述べたように、TSNの目的は標準Ethernetに定時性をもたせることで、予測可能な形での情報伝達が可能になり、ネットワークを統合できます。このためTSNは、機器ベンダ、装置メーカ、エンドユーザすべてに恩恵をもたらす技術です。

機器ベンダは、異なる種類の通信を用いる機器とネットワークの共有が可能で、正確にレイテンシとジッタを制御する機器を製造します。これが今後の自動化システムの重要な要素となります。

装置メーカは、TSNによりネットワークが統合されるとあらゆる通信を同一ネットワーク上で扱えるようになるため、これまでよりも単純かつ低コストでメンテナンスも容易なシステムを設計します。

エンドユーザは、ネットワークの統合で得られる情報透明性によって自社の工程をこれまでより正確に把握し、その工程を最適化できるようになります。

### ネットワークの統合から得られる有益な価値

これまでは当たり前のようにタスクごとに複数の専用ネットワークがありました。たとえばPLC、I/Oなどの機器間通信をおこなう一般制御用のネットワークとは別に、緊急停止やライトカーテン、安全制御装置の通信をおこなうネットワークが存在しました。サーボ、ドライブ、エンコーダ、モーション制御装置をつなぐモーション制御通信は、また別のネットワークが担っていることもあるでしょう。

これらの孤立したネットワークの連携は、技術的に大きな課題でした。製品化までに時間を費やし、案件に要する時間も長く、コストもかかり、性能を最大限に引き出すことに加えて、メンテナンス性にも大きな課題がありました。

こうした課題に対処するため、今、多くの産業用Ethernet技術で1つのネットワークに一般制御とモーション制御、安全制御を組み合わせられるようになり、問題は大幅に改善されました。

しかしIndustry 4.0は、エンドユーザにこれ以上のものを求めています。概要の項に挙げた課題に対処するには、生産現場で活用している数々のネットワークをEthernetで統合する必要があります。したがって、一般的に良く使われている産業用プロトコルを用いず通常のEthernetネットワークを使用しているバーコードリーダや表示システム、プリンタなどの機器の統合も考慮しなければなりません。

さらに、工場内は、数々の技術を取り入れた案件が進行しているため、たえず変化しています。その結果、多くの工場には互換性のない産業用Ethernetの孤島がいくつもできてしまいました。多くの場合、このような異なる種類の通信を一体化するのは難しく、工程に透明性がないため最適化や制御が困難です。TSNならこうした異なる種類の通信が同一ネットワークに統合できるため、このような孤島は過去の物となるはずで

です。TSNによってこの統合をさらに一歩進めることも可能です。Industry 4.0はコンセプトモデルが成熟するにつれ、クラウドコンピューティングなど一般的なIT技術が製造業にも導入されるようになりました。

多くのクラウドシステムは理論的に莫大な工場データを蓄えられますが、実際にはこれらのITシステムが機械動作の細部まですべて監視する必要はありません。そこで登場したのが「エッジサーバ」とよばれるものです。エッジサーバはもっとも有益なデータだけをクラウドに送信するフィルターの役割を果たし、クラウドに送られたデータはアプリケーションに必要な情報に加工されます。ひとつに統合されたデータをこれらのエッジサーバに届けるためのネットワーク構造が、さらに効率的な業務管理と最適化の基盤となることは明らかです。これがIT/OTネットワーク統合の背景にある大きな構想のひとつです。ここでいうOT(Operational Technology)は、操作技術すなわち生産現場を示します。

## ビジネスにおける有益な価値

自動化市場はエンドユーザ、装置メーカー、機器ベンダの共生の場です。エンドユーザは装置メーカーに案件を指定し、装置メーカーはその案件の仕様に合った製品やソリューションを提供できる機器ベンダを探します。次のように、TSNは市場の参加者すべてに利益をもたらします。

### 1. ネットワークアーキテクチャと機械設計の簡素化

これまでに挙げた利点から、一般にエンドユーザは業務に必要なネットワークの数をたったひとつに絞ることが可能になります。すると必要な機器の数が減り、ネットワークシステムを設計・設定・インストールする技術的な作業も最小限に抑えられるため、装置メーカーはコストを大幅に削減できます。その結果、工場の自動化完了までの時間も短縮されます。

### 2. 工程の透明性の向上、業務管理の強化

TSNを利用してネットワークを統合すると、企業内のすみずみまでデータ通信が強化され、エンドユーザにとっては工程の透明性が高まります。つまり透明性とは、製造工程からより多くのデータを抽出・解析して、現場業務を把握しやすく有益な情報を収集できるようになることです。その結果、性能や生産性、効率、最終製品の品質の最適化が可能になります。

### 3. 生産性の向上

あらゆるタイプの通信ができる統合ネットワークを作ることで、問題の解決や潜在する問題の特定が従来よりも簡単になります。したがってメンテナンスや修理作業に要するダウンタイムを短縮し、全体的な稼働時間を増やせます。結果的にエンドユーザの製造システム全体の生産性が向上します。

### 4. ITシステムとOTシステムの融合

複数タイプの工程データをまとめるTSNは、IT/OT融合のカギとなります。ネットワークが統合されると、意思決定につながる情報を社内全体で共有・活用でき、イノベーションと協調が促進されます。したがって、ネットワークの統合はデータ駆動型スマートマニュファクチャリングの核心部分といえます。このため機器ベンダは、TSN機能を自社製品に組み込むことで、デバイスデータをクラウド接続により社内全体で可視化できる機能に加え、相互運用性の高いソリューションを提供できます。

## 第3章 - TSNにできないこと

TSNはOSI参照モデルの第2層に属し、予測可能なレイテンシとジッタといったデータ(すなわち1と0)を確実にAからBに送ることを目的とし、統合ネットワークに不可欠な定時性の基盤となります。

ただし、TSNによって産業用通信にEthernetを導入しやすくなっていますが、TSNは単純に「パイプ」として活用される、と理解しておく必要があります。どのアプリケーション機能が1や0を示しているかについては、TSNは関知しません。このため自動化システムにおいては、TSNでは本質的な解決にならないこともあります。

安全制御やモーション制御、簡易ネットワーク構成・メンテナンス用デバイスプロファイルなど、機能に関連する上位層のアプリケーションは依然として必要になります。TSNにはこうした機能自体はありません。したがって近い将来には、これらをカバーする上位層のプロトコルもおそらく必要となるでしょう。また、単純にパイプとして活用されるがゆえに、近年、自動化においてますます重要になってきているサイバーセキュリティなどもTSNで解消できる問題ではありません。

しかし前述のネットワークの統合の恩恵を受けるには、こうしたプロトコルがTSNと互換性をもつことも重要です。したがって、現在、自動化案件に着手しようとしている企業は、ギガビット帯域でIndustry 4.0の需要に対応するなど現在のニーズに合ったオープンネットワーク技術を選ぶとき、将来的なTSNとの互換性も確保しておくべきです。

## 第4章 - TSN: 今こそ導入すべき理由

多くの規格化団体や産業用Ethernetの組織が迅速に自らの規格や製品にTSNを組み込んできたことから、TSN技術の重要性がわかります。こうした団体の活動は、これまでつながりがなく自動化の「孤島」とみなされていた、種類の異なる複雑な機器やアプリケーションすべての間でデータや情報を融合する確かな基盤をもたらします。

エンドユーザが自動化システム全体をうまく構築するには、異なる技術同士をすべてつなぎ、相互利用可能なシームレスな視点で物事を動かすことが求められます。さらに、標準化によってエンドユーザはさまざまな機器ベンダの製品を組み合わせることでシステム全体を設計することができます。TSNIは、ネットワークの統合と相互利用の選択肢を増やし、これまでつながりのなかった機器やアプリケーションをまとめたシステムの一部に組み込んでくれるプラットフォームです。TSNIによって異なる産業用Ethernetプロトコルが同一ネットワークで統合できるようになります。そしてOPC-UAは、コントローラ以上の階層で共通言語を用いて、互換性のないシステム間の相互通信を可能にします。

この先見性を実現するために、OPC協議会を始めさまざまな産業用オープンネットワークの団体が、製品にTSNとの互換性をもたせる取り組みをおこなっています。今の段階では、こうした取り組みは数年以内に成果を出すと考えられています。

IEEE 802.1規格群には30以上の規格がありますが、そのいくつかは産業用途には適用されません。自動化にどの規格を用いるかについては、明らかに何らかの合意が必要です。これに対応するため、IECとIEEEは連携し、豊富な事例に基づいて自動化におけるTSNプロファイルの標準セットを定義しています。これは一般的にIEC/IEEE 60802として知られています。この活動は数年以内に完了の予定です。しかし前述のとおり、多くの自動事例は定時性と優先順位決定を扱ったIEEE 802.1ASとQbvという中核となる規格でカバーされています。機器ベンダはこれらの規格を組み込んだ製品をすでに商品化しています。さらに、IECとIEEEは過去の規格との互換性があります。したがって今後の規格の進捗を考えると、これまでの規格はおそらく新規格の適用除外となるはずですが。

IEC/IEEE 60802はTSN適合試験の問題にも取り組む計画があります。すでに少なくとも1つのオープンネットワーク団体がこの活動を行っており、今後、こうした活動は別の団体も巻き込んでもっと広範囲のプログラムに結びつくと思われます。

では、TSNの有益な価値に納得した今、その導入を望む企業は何をすべきなのでしょう？その答えは、安全制御やモーション制御など必要な機能があり、今現在TSNに対応している最新技術を選ぶことです。複数のプロトコルが同一ネットワークを共有できる状態にしておけば、現行の自動化案件の必要条件を満たしながら、同時に、今後TSNベースの別の技術を導入する場合の互換性も確保することになります。

2018年にCLPAはCC-Link IE TSNを発表しました。これはCC-Link IEの確立した産業用オープンネットワークの技術にTSNとの互換性を追加したものです。CC-Link IE TSNはギガビット帯域とTSNを融合した世界で最初の産業用オープンネットワーク技術となりました。CC-Link IE TSNは、Ethernetベースの産業用オープンネットワークの未来への入口です。エンドユーザ、装置メーカ、機器ベンダがそれぞれの製品や案件に今すぐ採用すべき、確かな技術です。CC-Link IE TSN対応製品を開発したい機器ベンダには、幅広い柔軟な開発オプションが用意されています。



すでに三菱電機など大手機器ベンダからは、互換性のある製品やソリューションが販売されています。したがってエンドユーザや装置メーカーは今すぐにでも利用できます。機器ベンダは、いち早くCC-Link IE TSN対応製品を開発することで新たな市場に参入し、自動化の未来に貢献できるでしょう。

CC-Link IE TSNは主に3つの点でIndustry 4.0の実現をサポートします。

- 性能: 現在、ギガビット帯域とTSNを組み合わせた唯一の産業用Ethernetです。帯域を最大限に生かして最高の生産性を提供します。
- 接続性: エンドユーザと装置メーカーの選択の自由を最大限に広げ、機器ベンダも柔軟に実装が可能なオープンテクノロジーです。CC-Link IE TSNの通信と別の通信プロトコルを組み合わせる機能を提供することで、TSNにはさらに一歩進んだオープン性を実現しています。
- インテリジェンス: システムの設計とメンテナンスの単純化を目的とした幅広い機能により、技術構築に要する時間を削減し、最大限の稼働時間を確保します。

TSNの活用法にまだ疑問をおもちのエンドユーザや装置メーカー、機器ベンダにとって、これらが意味することは何でしょう？偉人や革新者たちがこの技術の価値に気づき、IEEEの開発と強化に取り組んでいます。何より、今では機器ベンダや規格化団体がTSN技術のみずからの規格や製品に導入しています。エンドユーザは選択肢を求めると同時に、事業価値の観点から、自社のあらゆるネットワークと機器が共存・連動することを望んでいます。TSNを活用してこれらが一体化すれば、これまで切り離されていたあらゆる機器のデータが有益な情報に変わり、現在と未来の産業の自動化において統合力のあるソリューションとなります。

つまり、今TSNを採用するリスクより、むしろTSN導入まであと数年待つことの方が高リスクなのです。待っている間に競合他社が先へ進んでしまうかもしれません。

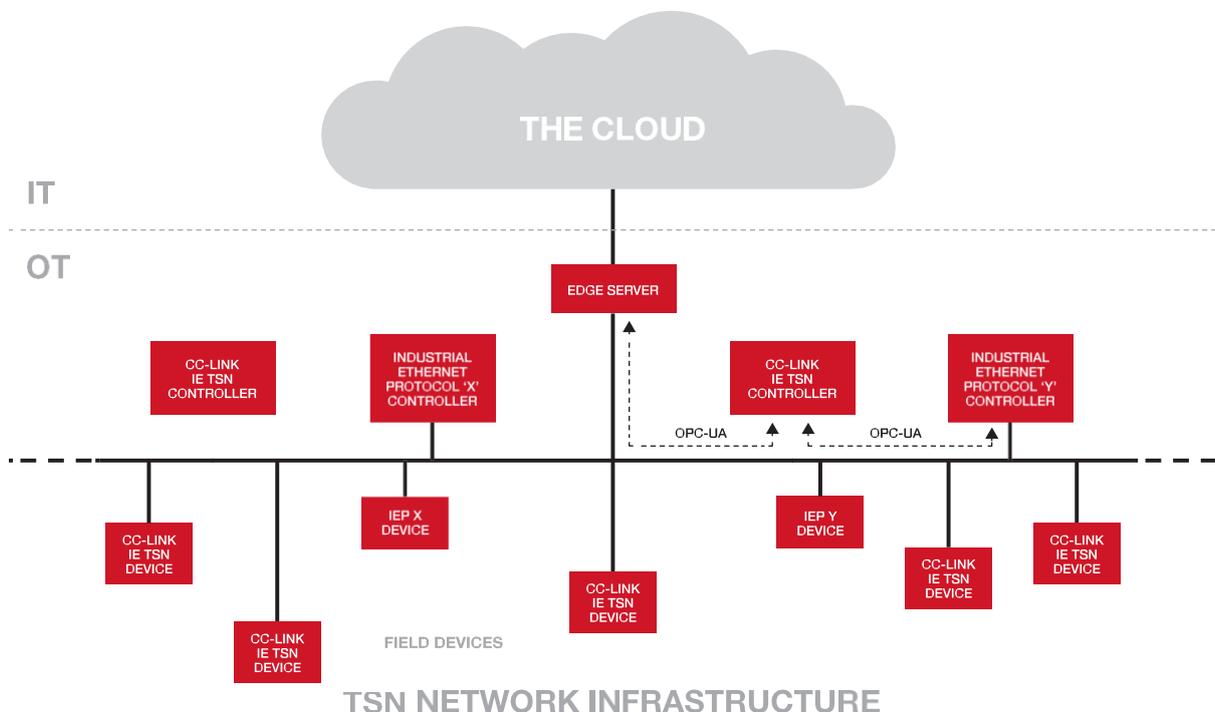


図4 – TSNにおけるIT/OTの融合イメージ



Time-Sensitive Networking (TSN)  
—今こそ導入すべき理由

## おわりに

産業用自動化の未来にとって、TSNはもっとも重要な技術です。大きな課題である定時性を実現し、結果的に産業用と商業用のネットワークを統合することで、たくさんのチャンスが生まれます。ネットワークの統合は、Industry 4.0が求める情報透明性の向上のカギとなる要素です。情報透明性が向上すると、工程や製造業務の効率化・合理化が進みます。

現状、産業用自動化案件を進めるにあたり、組織はどの技術がこの情報透明性の問題を解決できるかを調査する必要があります。これには1 Gbps Ethernetなどの機能をもつ既存技術が役立ちます。加えて、もちろんそれはオープンな技術であるべきです。

同時に、未来に目を向けることも大切です。つまり、TSN対応の最新技術を見極めるということです。今後TSNを活用したシステムへアップグレードする際の道筋という意味で、これは重要です。

IEEEとIECの活動は新たな進歩をもたらし、TSNを取り巻く技術環境は進化を続けています。しかしこれまでの経験から、現在導入されているTSNソリューションは今後のシステムでも機能することを強く確信しています。Ethernetは約40年前からある技術ですが、絶えず進化してきたからこそ今日でもまだ使用されているのです。したがってTSNを今すぐ採用することに不安を感じる必要はありません。すでに本書で触れたように、TSNを今すぐ採用することで、遅れを取ってしまうリスクや競合他社が現在のソリューションを生かして先へ進んでしまうリスクを回避できるのです。

TSNのような革新的な技術は進化を続け、現在のニーズに応えながら次の産業革命にも役立てられます。装置メーカーとエンドユーザは、TSN技術によって既存システムと最新システムをつなぎ、同時に今後の複雑なニーズにも対応できるようになるでしょう。TSNにはまさに時代を超える永続性があります。TSN技術は進化することで常に一步先を歩み続けます。また、TSNが今後もたらす新しいシームレスな可能性を活かすためにも、機器ベンダ、装置メーカー、エンドユーザは今TSN技術に投資することが重要です。

CC-Link IE TSNは、「今」を前進させるためのツールです。TSNはロードマップの開発や機械設計の単純化、製造業務の改善をサポートします。この機会にぜひ、CLPAにご相談ください。

## 参考文献

- [1] Federal Ministry for Economic Affairs and Energy. Plattform Industrie 4.0.  
Available at: <https://www.plattform-i40.de/> [Accessed October, 5 2020]
- [2] Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. Time-Sensitive Networking Task Group.  
Available at: <https://1.ieee802.org/> [Accessed October, 5 2020]
- [3] Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. 802.AS - Timing and Synchronization.  
Available at: <https://www.ieee802.org/1/pages/802.1as.html> [Accessed October, 5 2020]
- [4] Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. IEEE 1588-2019 - IEEE Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems.  
Available at: <https://standards.ieee.org/standard/1588-2019.html> [Accessed October, 5 2020]
- [5] Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. 802.1Qbv - Enhancements for Scheduled Traffic.  
Available at: <http://www.ieee802.org/1/pages/802.1bv.html> [Accessed October, 5 2020]
- [6] Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. IEC/IEEE 60802 - TSN Profile for Industrial Automation.  
Available at: <https://1.ieee802.org/tsn/iec-ieee-60802/> [Accessed October, 5 2020]



一般社団法人CC-Link協会  
〒462-0825 名古屋市北区大曾根3丁目15-58  
大曾根フロントビル6階  
TEL: 052-919-1588 FAX: 052-916-8655  
<http://www.cc-link.org> E-mail: [info@cc-link.org](mailto:info@cc-link.org)

All third party trademarks and/or registered trademarks are the property of their respective owners and acknowledged.

2021年7月作成