

# TSN 技術がもたらす 先進的ソリューション

CC-Link IE TSN 対応製品の開発手法とは





# 概要

Connected Industries においては、データとそのデータから得られるインサイト(洞察)が重要な要素となっています。スマート工場を実現するデータドリブンなオペレーションを確立するためには、生産現場(FA)のセンサーレベルから上位の IT システムまでをシームレスに融合することが不可欠です。

これらを可能にするインフラを構築するためには、機器ベンダーが製品に、最新で最適な産業用ネットワークを採用する必要があります。TSN(Time-Sensitive Networking)は、標準 Ethernet 規格を拡張しているため、従来の設備にも未来のスマート工場にも活用できる革新的な技術です。

では、機器ベンダーが TSN 技術を活用した先進的なソリューションを提供するために必要なことは何でしょうか。競争力の高い画期的なソリューションを活用するために考慮すべきことは何でしょうか。

このホワイトペーパーでは、CC-Link IE TSN 対応製品の開発手法、利用できるソリューションと、従来の産業用 Ethernet を活用した機器をベースに CC-Link IE TSN に対応する方法についてもご紹介します。また、機器ベンダーに何故今 CC-Link IE TSN の導入が必要なのか、そのために何に対応する必要があるのか、スマート工場の未来を見据えたアプリケーションにおいて重要視されている背景についても説明します。

# 目次

|                                                        |            |
|--------------------------------------------------------|------------|
| 概要.....                                                | P3         |
| <b>第 1 章: TSN が注目される背景.....</b>                        | <b>P5</b>  |
| テクノロジーの動向と Industry 4.0 .....                          | P5         |
| TSN の特長 .....                                          | P5         |
| 業界における TSN への期待 .....                                  | P6         |
| <b>第 2 章: TSN 技術の概要.....</b>                           | <b>P7</b>  |
| IEEE 802.1 規格.....                                     | P7         |
| ギガビット帯域の重要性 .....                                      | P8         |
| <b>第 3 章: CC-Link IE TSN 対応製品開発フロー.....</b>            | <b>P9</b>  |
| <b>第 4 章: CC-Link IE TSN の開発手法 .....</b>               | <b>P10</b> |
| はじめに.....                                              | P10        |
| 開発する CC-Link IE TSN 対応製品の局種別を決める .....                 | P10        |
| 新規に設計するのか、既存製品を CC-Link IE TSN 対応製品にするのか .....         | P11        |
| ソフトウェアソリューション .....                                    | P11        |
| ハードウェアソリューション .....                                    | P12        |
| <b>第 5 章: コンフォーマンステストの重要性.....</b>                     | <b>P15</b> |
| テストラボの活用 .....                                         | P15        |
| グローバルなテスト環境.....                                       | P15        |
| <b>第 6 章: TSN が支える産業用 Ethernet プロトコル.....</b>          | <b>P16</b> |
| <b>第 7 章: TSN で実現する Connected Industries の世界 .....</b> | <b>P17</b> |
| 参考文献 .....                                             | P20        |



# 第 1 章 - TSN が注目される背景

## テクノロジーの動向と Industry 4.0

産業用 IoT(IIoT)など Industry 4.0 を実現するための技術は、デジタル化や見える化が加速しているデータドリブンな製造現場の発展に寄与しています。デジタルトランスフォーメーション戦略を支援する技術を採用することで、相互に“つながる”スマートな工場を実現することができます。未来の工場とは、機械、生産ライン、工場、そしてサプライチェーン全体が互いにコミュニケーションを取り合い、生産性や効率性、柔軟性を強化するというビジョンです。こうした枠組みで得られるメリットは計り知れません。

たとえば、生産現場のデータと、その上位系となる IT システムの情報とを組み合わせたビッグデータを解析することで、独自の付加価値の創出につながる知見を得ることが可能になります。解析データの活用によって、自動化がより大きく進み、予測に基づいて生産工程を最適化することでサイクルタイムを最小限に抑えながら高品質の製品を提供することが可能になります。「バリューチェーン」は、ジャストインタイム生産などの確立された仕組みをベースにすべての活動が“つながる”ことによって、柔軟性を高めながら在庫コストを削減することができます。さらに、状態監視や修理をスケジュール管理することで事前に設備故障の可能性を予測し、無駄のないメンテナンス作業を行うことで、ダウンタイムを最小限に抑えることができます。

機器ベンダーは、エンドユーザがスマートマニュファクチャリング戦略を実現できる最先端ソリューションを提供し、競争が激しくますます迅速な対応を求められる世界で成功をサポートする必要があります。この実現の鍵となる技術が TSN(Time-Sensitive Networking)です。TSN は、標準 Ethernet の強化と将来を見据えた機能を支援するため、IEEE 802.1 ワーキンググループが開発した技術です。

## TSN の特長

TSN の最も大きなメリットは、定時性とネットワークの統合にあります。

定時性は、レイテンシー(遅延)とジッター(伝達時間の変動)を最小化することで通信周期を予測可能にするため、製造現場のような高速性や正確性が求められる通信には不可欠です。定時性により、リアルタイム性が求められるアプリケーションをサポートできることが、ネットワーク統合の基礎となります。

TSN の 2 つ目の重要な特長であるネットワークの統合によって、製造現場の通信性能に影響を与えることなく、同一ネットワーク上にさまざまなタイプのトラフィックを混在させることができます。これは利用可能なデータを共有し、社内全体でプロセスの見える化を進めるのに欠かせません。統合したネットワークを活用してさらにデータを抽出し、製造設備や工場全体を最適化することが可能となります。

TSN は標準 Ethernet の拡張機能であるため、既存のネットワーク技術や機器とも相互運用が可能です。既存の機器とも併用でき、システム投資を抑えることも可能です。

## 業界における TSN への期待

TSN はさまざまな分野で産業用 Ethernet および産業用通信の将来を担う技術として認知されており、この関心の高まりとともに採用も加速しています。

このトレンドは特に機器ベンダーに大きなビジネスチャンスをもたらします。最先端の TSN 技術に対応した製品を開発・リリースすることで、ベンダーはマーケットシェアを増やし競争優位性を高めることができます。

市場にすばやく進出するため、既存の製品を生かして CC-Link IE TSN 対応製品を作ることもできます。ソフトウェアや簡単なハードウェアの変更で既存の産業用 Ethernet 製品をアップデートし、TSN 技術を採用する手法があります。エンドユーザーにとっても、実績のある機器や設備を生かすことができるため、品質の安定性の確保にも寄与します。

この TSN 技術に関心があつまる今、本書では TSN を支える技術、開発の流れ、CC-Link IE TSN 対応製品の開発手法について説明いたします。

## 第 2 章 - TSN 技術の概要

### IEEE 802.1 規格

TSN 技術は IEEE 802.1 規格<sup>(1)</sup>に定義されています。産業用通信に最も重要なのは、時刻同期方式と時分割方式がそれぞれ規定されている IEEE 802.1AS<sup>(2)</sup>と IEEE 802.1Qbv<sup>(3)</sup>です。

IEEE 802.1AS 規格は、ネットワーク内のすべての機器を高精度に同期させるメカニズムを規定しており、ネットワーク上の伝送におけるレイテンシーとジッターの正確な制御を可能にします。これにより、予測可能な動作が定義され、定時性の基礎となります。

IEEE 802.1AS で規定されたネットワーク規模に応じた時刻基準を用いて、IEEE 802.1Qbv が優先順位に基づいてデータ通信を時間的に整理し、タイプの異なるデータトラフィックに定時性をもたせつつ円滑に通信を行います。

定時性を確保するために、IEEE 802.1Qbv で定義された TAS(Time-Aware Shapers)がネットワークスイッチにリアルタイムトラフィックのサイクルタイムを認識させます。TAS で作られた周期的な時間枠が時分割多重接続(TDMA)モデルを再現し、複数の通信周期を最適化して即時性が求められるデータを優先させることが可能になります。TAS のタイミングパラメーターは完全に同期したネットワーク機器間で共有されるため、全ての機器で高速性が不可欠なデータが送受信されるタイミングを認識しています。

この時分割制御により、これらを活用することで、スケジュールを管理し、スピードを重視しないベストエフォート型トラフィックを保留にして干渉を避けながら、スピード重視のトラフィックの優先枠を確保することが可能です。したがってそのトラフィックの発信時間と受信時間はあらかじめ決められています。TSN はこのような方法で、高度なリアルタイム性が重視されるアプリケーションに定時性のある通信を保証します。

また、これにより制御技術(OT)と情報技術(IT)を融合することが可能になり、このように、異なる通信プロトコルの混在が同一幹線上で可能となるため、制御技術(OT)層のリアルタイム制御と情報技術(IT)層のシームレスな通信を同時に実現できます。OT と IT の間で情報を共有することでデータドリブンな運用が可能となり、スマートマニュファクチャリングを実現することができます。これが IIoT(Industrial Internet of Things)の核心部分となります。

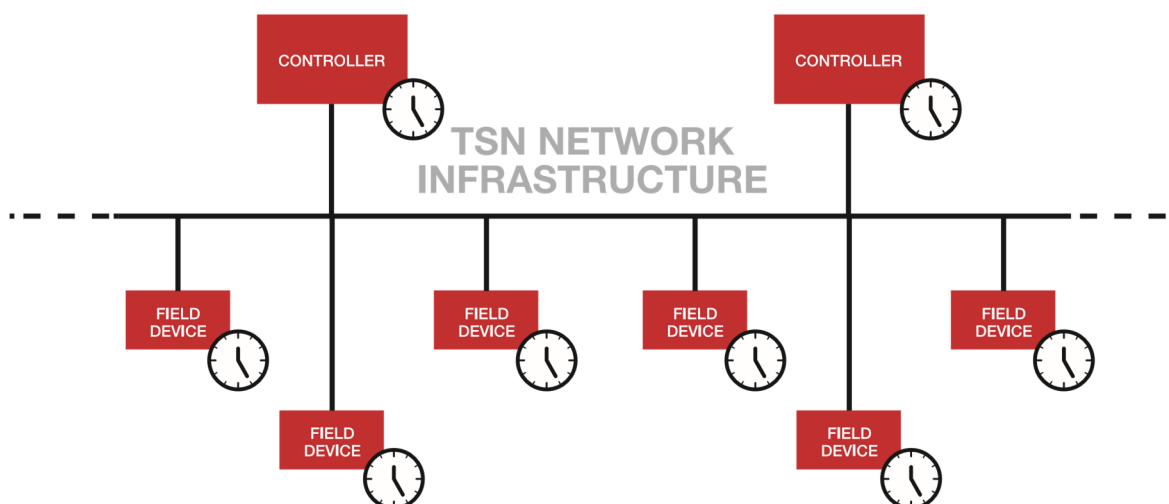


図 1 - IEEE 802.1AS を用いた各機器の時刻同期イメージ

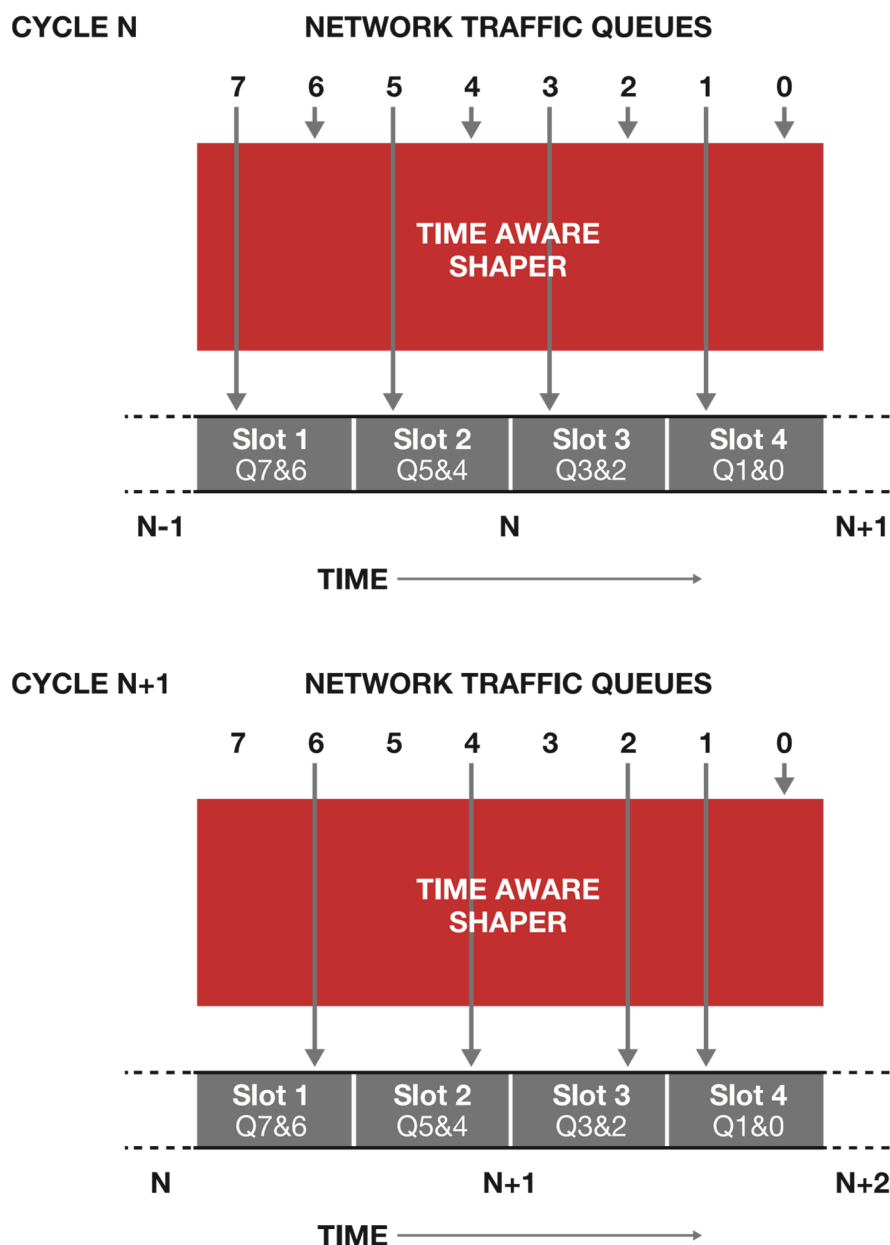


図 2 - IEEE 802.1Qbv のタイムスロット割り当てによる通信優先決めイメージ

## ギガビット帯域の重要性

Industry 4.0 において、機器やシステム間で通信するデータ量は明らかに増大します。これに対応するためには、さらなる帯域の確保が必要不可欠です。これがギガビットの Ethernet が産業用通信において重要となる理由で、ギガビット帯域は従来使用されていた 100M ビット規格よりもはるかに広い帯域が使用できます。TSN は特定の帯域使用条件を設けていないため、この幅広い帯域を最大限に活用できます。これにより TSN は、今後のネットワークシステムにおいても拡張性の高いソリューションを提供できます。



## 第 3 章 - CC-Link IE TSN 対応製品開発フロー

ここまで TSN 技術に対応した製品を提供することが、機器ベンダーにとって大きなメリットとなる理由について説明いたしました。本章では、CC-Link IE TSN に対応する製品の開発に必要なフェーズについて説明します。顧客に付加価値を提供する機器を開発するためには、開発に着手する時点で製品自体の機能、性能、性質を考慮しておく必要があります。

まず、開発する製品の要求仕様を明確に定義する必要があります。マスタ局やリモート局など、開発すべき局種別はこれで決まります。また、速度や同期精度についてもあらかじめ検討が必要です。これらの要求仕様を明確にすることで、既存製品を活用できるかを検討することも可能となります。

次に、CC-Link IE TSN 対応製品の開発に最適な手法を選択します。要求仕様に基づき、自社の既存開発手法との相性も考慮して決定します。

もうひとつ重要なのは、誰が製品を開発するかです。自社のリソースを活用して開発するのか、それとも専門の受託開発メーカーに依頼するのがベストなのか、検討する必要があります。

CC-Link IE TSN 対応製品の開発が完了した後は、認証を受けて必要な技術要件を満たす製品であることを証明する必要があり、CC-Link 協会での認証を受けることになります。CC-Link 協会が客観的な立場で通信性能を評価することによって、製品の通信部分の高い信頼性を確保することができます。

これらの段階を経て、CC-Link IE TSN 対応製品としてリリースすることが可能となります。



図 3 - 大まかな開発の流れ

## 第 4 章 - CC-Link IE TSN 対応製品の開発手法

### はじめに

産業用通信に CC-Link IE TSN を導入するためには、対応可能な機器と、対応やサポートに必要な技術力の両方が必要です。最先端の TSN 技術を採用した CC-Link IE TSN の対応製品をリリースすることで、ユーザーはより柔軟なシステム構築が可能になり、機器ベンダーも市場での競争力を高めることが可能となります。一般に、商品化までの費用と時間を最小限に抑えるために、ベンダーは製品を開発できる社内の既存プラットフォームやツールを活用したいと考えます。

したがって、採用する産業用 Ethernet 技術は、ベンダーの既存手法に合う選択肢があるオープンな開発システムであることが重要です。選択の幅が広いほど、多くのニーズに応える可能性が高まります。CC-Link IE TSN では、100M ビットやギガビットといった帯域幅に加えて、ハードウェアとソフトウェアどちらの選択肢も用意されています。

それぞれの開発手法には異なるメリットがあり、対象とするアプリケーションに最適な手法が見つかります。そのためにはまず、どのような選択肢があるのか、それらが既存の設計やハードウェアの構造に適合するのを知ることが重要です。この章では CC-Link IE TSN 対応製品のさまざまな開発手法の概要をご紹介します。

### 開発する CC-Link IE TSN 対応製品の局種別を決める

はじめに、開発する製品が担うネットワーク内での機能や役割について考慮し決定しておく必要があります。本書では、マスタ局、ローカル局、リモート局を指します。

- マスタ局は他の局のトラフィックを制御してネットワークの管理を行います。管理にはサイクリック(同期式)伝送とトランジェント(非同期式)伝送が含まれます。マスタ局の代表的な機器には PLC や産業用 PC(IPC)があります。
- ローカル局はほとんどが PLC や産業用 PC です。他のローカル局およびマスタ局との n:n のサイクリック伝送が可能です。また、他の局との 1:n のサイクリック伝送とトランジェント伝送も可能です。トランジェント伝送においては、クライアント機能とサーバー機能をもちます。
- リモート局はマスタ局によって管理される局であり、I/O、電磁弁、HMI、インバーター、サーボなど、フィールド機器のことです。リモート局は他の局との 1:n のサイクリック伝送とトランジェント伝送が可能です。トランジェント伝送においては、クライアント機能とサーバー機能をもちます。

開発したい機器がモーション制御用なのか安全制御用なのかも考慮する必要があります。モーション制御であれば、必要な軸数に応じた同期機能を提供するための CC-Link IE TSN 仕様を満たす必要があります。たとえば、印刷機のような高速・高精度な制御が求められるアプリケーションにおいてマイクロ秒単位の同期制御を実現可能にします。

安全機器も CC-Link IE TSN のメリットを生かすことのできる重要な市場分野です。安全通信用プロトコルスタックと一般通信用プロトコルスタックを組み合わせる手法などがありますが、特定の用途向けとなるため、本書では割愛しております。

## 新規に設計するのか、既存製品を CC-Link IE TSN 対応製品にするのか

局種別を選択したら、既存製品に CC-Link IE TSN の機能を追加するのか、それとも新製品の開発が必要なのかを判断しなければなりません。新製品を開発するのであれば、市場のニーズを考慮した上で、開発の目的や提供する機能、必要な費用を確定するための仕様決定が不可欠です。これらは、性能や実装の容易性、市場投入までの期間を見極めるためにも重要な要素となります。

既存製品をアップグレードする場合は、商品化までの時間と必要な費用は少なくても済むかもしれませんが、CC-Link IE TSN の可能性を最大限に活用することはできないことを考慮する必要があります。

機器の性能、開発費用、開発期間のバランスを保ちながら、柔軟な開発を検討することが重要です。一般的なソフトウェアベースのアプローチもひとつの選択肢です。この手法の場合、既存の機器を迅速にアップグレードできます。ソフトウェアは CC-Link IE TSN という革新技術を迅速に適用するには良いツールですが、機器の性能が比較的低下する場合もあります。

これと反対のアプローチが、ハードウェアベースの開発です。追加の開発工数は必要となりますが、性能を最大限に活用することが可能となります。

最後に、通信速度を決める上で考慮しなければならない大きな問題は、帯域と放熱です。最高の性能を引き出すためにはギガビットイーサの適用が最適であり、そのためにはギガビットイーサに対応した PHY の実装が必要となります。熱の問題とバランスを取る必要があり、小型の機器や保護等級の高い機器の場合には課題になることがあります。

これらの必要要件を明確化することで、最適な開発手法を検討することが可能となります。包括的でオープンな開発システムのあるネットワーク技術を選ぶことが不可欠です。

以下の項では、CC-Link IE TSN 対応製品のさまざまな開発手法とそれぞれの特徴をご紹介します。

## ソフトウェアソリューション

ソフトウェアプロトコルスタック(スタック)は、連携してひとつのアプリケーションの実行を支援する独立した構成要素の集まりです。このため製品の特定のニーズに合わせて作ることができます。CC-Link IE TSN の場合、スタックは IEEE 802.1 規格を準拠する必要があります。一般的に運用上のオーバーヘッドが少なく、マイクロプロセッサやマイクロコントローラーのような経済的な CPU プラットフォームでも動作します。

一般に RTLinux、VXworks®、μITRON などさまざまなリアルタイム OS に対応していますが、使用するスタックの仕様を確認しておく必要があります。

CC-Link IE TSN スタックは、ソフトウェア開発キット(SDK)の一部として一般的に提供されます。SDK はソフトウェア開発ツールの集まりで、まとめて実装可能なパッケージになっており、必要なソリューションの作成を支援してくれます。

ソフトウェアという手法は自社での開発にかかる時間と費用を減らせるため、最速で既存製品に CC-Link IE TSN の機能を組み込めるソリューションとなります。また通常、ソフトウェア開発キットは既存のソフトウェアの一部として移植が可能なため、変更は最小限で済み、CC-Link IE TSN を迅速に取り入れたい場合に最適なソリューションです。

## ハードウェアソリューション

CC-Link IE TSN の特長を最大限に活かすには、ハードウェアベースのソリューションが最適です。

この手法は費用と開発期間がかかる一方で、製品の競争力が高まり、耐用年数も長くなるのがメリットです。いくつかのソリューションがあり、ベンダーはニーズに合ったプラットフォームを選択することができます。

### ASIC/LSI

特定用途向け集積回路(ASIC)は専用通信の大規模集積回路(LSI)ともよばれ、論理設計をワイヤリングで実現した集積回路です。これらには 2 つの異なる構造があります。ひとつは、スイッチング機能と 1 つまたは複数の PHY をもつネットワークインターフェースです。もうひとつはこの構造に CPU 機能を追加したものです。

スイッチを追加することなくデイジーチェーンまたはライン接続を可能にするために、2 つのネットワークポートが利用可能であることが理想的ですが、これは使用するプラットフォームに依存します。

ハードウェアに組み込まれているため、具体的なアプリケーションを効率的にサポートすることを目的としていますが、後述の FPGA(Field Programmable Gate Arrays)と異なり機能の追加や変更はできません。

ASIC は特定の機能に対応しているため、その機能がチップ設計を決定づけます。つまり、ASIC は強固な特定用途向けの設計であり、速度とエネルギー効率の面で高い性能が得られます。したがって、製品の耐用年数の終わりまでシステム機能が固定されているアプリケーションでは、ASIC が高パフォーマンスかつ経済的であると言えます。

さらに、ASIC は機能が固定されているという性質上、プログラミングの必要がなく迅速に実装できるため、商品化までの時間が短縮されます。また、寸法もコンパクトなため、より小型の機器に適しています。このため、安価でコンパクトな機器の大量生産に最適です。

### 組込モジュール

組込モジュールは、通信機能を搭載したプロセッサコアや PHY などの周辺部品、周辺回路を一体化したモジュールを、製品に組み込む手法です。これらは互いに機能を分担できるため、製品やそのアプリケーションを高性能にすることが可能です。また、用途に応じて構成要素を追加することができます。

このため、製品との一体化や交換が容易なソリューションであるとともに、柔軟な枠組みでネットワークインターフェースを交換し具体的アプリケーションに合わせられるというメリットがあります。

組込モジュールの種類や機能に基づいて、システムの複雑度をさまざまなレベルに変えられます。マイクロコントローラ 1 つだけの比較的シンプルなソリューションから、数個のユニットで構成される複雑な設計までさまざまです。したがって、開発者はニーズや用途に最適なソリューションを選択することができます。さらに、CC-Link IE TSN 通信を支援する拡張機能や拡張ボードとして既存製品に組み込むことができます。

最後に、このソリューションは、商品化までの時間を大幅に短縮でき、開発に係わる工数やコストを低く抑えることができます。

## FPGA/IP コア

FPGA(Field Programmable Gate Arrays)は、ハードウェア記述言語 (VHDL、HDL) 経由で論理機能を書き込むことができる集積回路です。これらは、異なるコンフィギャラブルロジックブロック(CLB) 間をリンクする、プログラミングが可能で再構成も可能な相互接続に基づくソリューションで、いわゆる「スライス」とよばれる基本論理ユニットで構成されています。一般に FPGA では複雑な論理機能を実装するため、ルックアップテーブル(LUT)、フリップフロップ(FF)、さまざまな種類のマルチプレクサーやキャリアロジックなどを活用します。

FPGA 内の CLB によって、事実上あらゆる論理機能を実装することが可能です。したがって、これらの機器をアプリケーションの要件に合わせてプログラムし、複雑な論理構造の設計の基礎として使用することができます。FPGA はたとえばマイクロプロセッサの役割を果たしたり、ネットワークインターフェースの役割を果たしたり、あるいは両方の役割として動作させることも可能です。

これらの機器はプログラマブルであることに加えて書換えも可能です。耐用年数内であれば機能を変更できるため、柔軟性が高まります。さらに FPGA は一部を再設計して他の部分をそのまま残すこともできます。

FPGA は適応性が高くプログラマブルであることから、機器の耐用年数内に構成要素の設計や機能をアップグレードする必要があるアプリケーションに最適です。また、試作品開発や性能検証にも役立ちます。

FPGA にアプリケーションに必要な機能、CC-Link IE TSN 通信の機能を追加するためには、通常、IP コアでこれらの機能を定義します。IP コアが FPGA の要素を構成することで、その機能が使えるようになります。このため、既製の FPGA を選択し、サードパーティー製 IP コアでプログラムすることがよくあります。この手法を用いると設計の柔軟性が高まります。

FPGA は設計をカスタマイズできることにより非常に強力かつ柔軟性に優れたソリューションです。しかし、費用がかかるため、生産量が少なくても費用を機能性でカバーできる高性能製品に限定されます。実際、プリント基板が大きくなり製品コストも高くなります。こうした要因から、通常、FPGA の採用は高性能アプリケーション向けの製造量の少ない機器が対象となります。また、高機能であるがゆえに電力消費量も多く、放熱の問題も考慮する必要があります。

## PC 用ボード

CC-Link IE TSN 対応の PC ボードを使用して、産業用/標準 PC や高度な産業 Ethernet 技術を要する機器に CC-Link IE TSN 対応通信を適用することが可能です。この手法では、特別な開発を行わずに PC での CC-Link IE TSN 対応通信を可能とします。特に、PC/IPC をさらに上層の IT システムへのゲートウェイとして使用し OT/IT を統合したシステムの構成要素となっているような、エッジコンピューティングのアプリケーションに最適です。



|       | ソフトウェアベース          | ハードウェアベース       |         |            |
|-------|--------------------|-----------------|---------|------------|
|       | ソフトウェア<br>スタック／SDK | ASIC／LSI        | 組込モジュール | FPGA／IP コア |
| 用途    | 一般的なアプリケーション       | 一般的／高性能アプリケーション |         |            |
| 適応方法  | 既存製品のアップグレード       | 新製品の開発／既存製品の再設計 |         |            |
| 開発柔軟性 | 移植しやすい             | 作り込み要           | 移植しやすい  | 作り込み要※     |
| 量産コスト | 既存環境に依存            | 低               | 高       | 高          |
| 開発期間  | 短                  | 長               | 短       | 長          |

※機能の更新可

表 1 - 開発手法の比較

## 第 5 章 - コンフォーマンステストの重要性

CC-Link IE TSN 対応製品として認証を受けるには、コンフォーマンステストを実施し、製品が定められたネットワーク規格の要件すべてに準拠していること、正しく実装されていることを確認する必要があります。

コンフォーマンステストにより、他社製の CC-Link IE TSN 対応製品の正しい動作を妨げたり、関連する通信仕様と互換性のない性能上の要因を、特定することができるようになります。エンドユーザーにとっても、その機器が他のすべての CC-Link IE TSN 対応製品や同一ネットワーク上で使用する機器と相互接続が可能であるという信頼の証になります。

### テストラボの活用

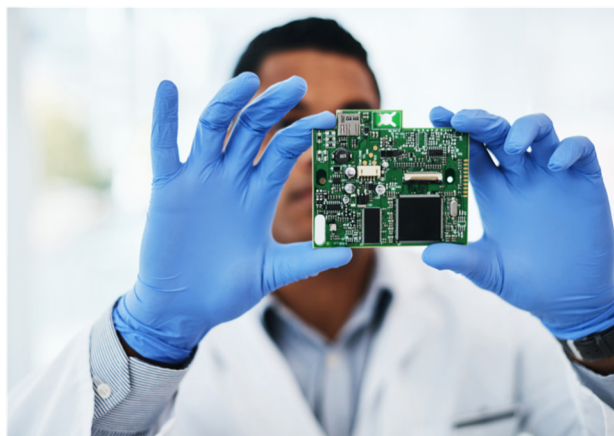
CC-Link IE TSN コンフォーマンステストにはパートナーメーカーが試験を実施する試験区分の“メーカー試験”と、CC-Link 協会が試験を実施する試験区分の“CLPA 試験”があります。

試験区分が“メーカー試験”である試験項目についてパートナーメーカーが試験を行うにあたり、CC-Link 協会が推奨するテストラボをご利用いただくことができます。（テストラボの利用は有料です。）

試験は経験豊富なテストラボのメンバーが行います。第三者機関となるテストラボの機材を活用し、必要な対策についてのアドバイスやフィードバックにも対応いただけます。

### グローバルなテスト環境

多くのベンダーは世界中に開発拠点をもちグローバル企業です。言語や時差などの理由から、試験のために製品をひとつの場所に送るのは不便です。グローバルに対応しているコンフォーマンステストセンターを利用できるため、利便性が高まりプロジェクトのリードタイムも短縮できます。また、どのセンターでも標準化された試験手順を用いるので、実施する場所に関わらず同じ試験結果が得られることも重要なポイントです。



## 第 6 章 – TSN が支える産業用 Ethernet プロトコル

産業オートメーション用途に革新的な TSN 技術に対応した製品を迅速に開発し市場に投入するにあたっては、CC-Link IE TSN のような実績のあるネットワーク技術の採用が最適です。CC-Link IE TSN は、IEEE 802.1 AS および Qbv 規格で定義された TSN 機能を備えるギガビット帯域のオープンネットワークです。

CC-Link IE TSN では、マスタ局、ローカル局、リモート局それぞれに最適な開発手法を選択することが可能です。既に複数の CLPA パートナー企業がハードウェア・ソフトウェアの開発手法を提供しており、今後さらに追加される予定です。

さらに、CLPA は製品と CC-Link IE TSN の仕様との互換性を確保するため、適合性を評価するサポートに加えて、専門認証機関のグローバルネットワークを通じた開発サポート、事前試験、実際のコンFORMANCEテストも提供しています。

CC-Link IE TSN コンFORMANCEテスト受験の流れは、まずコンFORMANCEテスト規定を確認していただくところから始まります。コンFORMANCEテスト規定は CLPA のウェブサイトから入手できます。この規定に基づいて社内で自社テストを実施いただき、その後、CLPA コンFORMANCEテストにお申込みいただきます。コンFORMANCEテスト開始予定日までに、機材と自社テスト結果報告書の送付が必要になります。

コンFORMANCEテストに合格すると、認定証明書と報告書が発行されます。これは CC-Link IE TSN ネットワーク技術に適合している証明となります。さらに、CC-Link 協会ホームページ上のオンラインカタログに製品情報を登録いただくことで、世界中のユーザーに見ていただくことも可能となります。その際は、CLPA との共同プロモーションについても是非ご検討ください。

## 第 7 章 - TSN で実現する Connected Industries の世界

TSN は、製造業のデジタルトランスフォーメーションを実現するための重要な技術です。ユーザーにもベンダーにも重要な4つのメリットを実現できます。

- システム構築にかかる設計コストの削減
- 接続機器の一元管理を実現
- 生産性の向上
- 制御通信(OT)と情報通信(IT)の融合

最新の TSN 技術を活用した CC-Link IE TSN 対応製品を開発することで、これまでに無いパフォーマンスを実現し、新たな付加価値を創出することができます。スマートマニュファクチャリングの実現に最適な産業用オープンネットワークであり、急速に成長し変化の激しいニーズに柔軟に対応できるため、お客様の競争力向上にも貢献します。

## References

- [1] Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. Time-Sensitive Networking Task Group. Available at: <https://1.ieee802.org/>
- [2] Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. 802.AS - Timing and Synchronization. Available at: <https://www.ieee802.org/1/pages/802.1as.html>
- [3] Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. 802.1Qbv - Enhancements for Scheduled Traffic. Available at: <http://www.ieee802.org/1/pages/802.1bv.html>

## Bibliography

Groß, F., Steinbach, T., Korf, F., Schmidt, T. C., & Schwarz, B. (2014). A hardware/software co-design approach for ethernet controllers to support time-triggered traffic in the upcoming IEEE TSN standards. In: 2014 IEEE Fourth International Conference on Consumer Electronics Berlin. ICCE-Berlin, 9-13.

Insam, E. (2003). CHAPTER 1 - Networking Embedded Systems. In: Edward Insam (Ed.). TCP/IP Embedded Internet Applications. Newnes, 5-27, ISBN 9780750657358.

Kuon, I., & Rose, J. (2007). Measuring the gap between FPGAs and ASICs. IEEE Transactions on computer-aided design of integrated circuits and systems, 26(2), 203-215.

Monmasson, E., & Cirstea, M. N. (2007). FPGA design methodology for industrial control systems—A review. IEEE transactions on industrial electronics, 54(4), 1824-1842.

Muller, K., Steinbach, T., Korf, F., & Schmidt, T. C. (2011). A real-time Ethernet prototype platform for automotive applications. 2011 IEEE International Conference on Consumer Electronics -Berlin (ICCE-Berlin).

Rittman, D. (2004). Structured ASIC design: A new design paradigm beyond ASIC, FPGA and SoC. [Online] Available at: [http://www.tayden.com/publications/Structured %20ASIC%20Design.pdf](http://www.tayden.com/publications/Structured%20ASIC%20Design.pdf).





**OPEN AUTOMATION NETWORKS**

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