

# EtherCAT – イーサネットフィールドバス



**EtherCAT**<sup>®</sup>  
Technology Group

# 目次



## 3 ごあいさつ

## 4 EtherCAT技術概要

## 6 EtherCAT Technology Group

## 8 技術的特長

## 10 技術解説

- 10 産業用イーサネット技術: EtherCAT
- 11 EtherCATの動作原理
- 12 EtherCATプロトコル
- 14 トポロジーの柔軟性
- 16 EtherCAT P: 通信と電源供給を1ケーブル化
- 18 高精度時刻同期 ディストリビュートクロック
- 20 診断と障害個所の特定
- 21 高可用性

## 22 システム概要

- 24 Safety over EtherCATによる安全データ通信
- 26 通信プロファイル
- 28 EtherCATオートメーションプロトコルによるプラントレベル通信
- 31 フィールドバスシステムの統合
- 33 EtherCAT, インダストリー4.0およびIoT

## 34 EtherCATインタフェースの実装

- 36 マスターデバイスの実装
- 38 スレーブデバイスの実装
- 40 コンフォーマンスと認証

## 43 コンタクト

フィールドバスシステムは装置構成の中核部分ではありませんが、その性能はシステム全体が最高性能を発揮できるかどうかを決定づけることとなります。フィールドバスシステムはシステム全体のコスト、立上げ期間や堅牢性に関連する重要項目にもなります。このため優秀な技術者はシステム設計の第一歩として適切なフィールドバスの選定に注意を払います。

このパンフレットではイーサネットフィールドバスであるEtherCATの技術を紹介しています。EtherCATの一般知識だけでなく、EtherCATが最速の産業用イーサネットであることを理解できるように解説し、世界最大のフィールドバス組織であるEtherCAT Technology Group (ETG) も紹介しています。

最も重点を置いて解説したいことはEtherCATが皆様のアプリケーションに最適の選択であることご理解いただくことです。本書の内容に対するご質問は遠慮なくETGのオフィスまでご連絡ください。我々は熱意をもってEtherCATの普及活動を行っており、皆さんからのご意見をお待ちしています。

EtherCAT Technology Groupチームを代表して  
Martin Rostan,  
エグゼクティブディレクター  
EtherCAT Technology Group



Martin Rostan, エグゼクティブディレクター  
EtherCAT Technology Group



ETGチーム  
(世界戦略会議にて)

EtherCATは、高性能、低コストかつ使いやすい産業用イーサネット技術であり、柔軟なトポロジーに対応しています。この技術は2003年に公開され、2007年には国際規格となりました。EtherCAT Technology GroupはEtherCATの普及活動を行うとともに継続的な技術開発を行っています。EtherCATはオープンな技術であり、誰でもEtherCAT技術をデバイスに実装したり、EtherCATデバイスを使用したりできます。

## 動作原理

EtherCATの基礎となる動作原理はスレーブデバイス内のイーサネットフレーム処理にあります。各スレーブデバイスでは自身にアドレス指定されたデータの読み出しやフレーム内へのデータの書き込みは、そのフレームを下流側に送信しながら実行します。これによりネットワーク帯域を効率よく使用できます（一般的に1サイクルあたり1つのフレームで通信を完了できます）。また、スイッチングハブは使用しません。

## ネットワーク性能

特長的なフレーム処理によってEtherCATは最速の産業用イーサネット技術を実現しています。他の産業用イーサネット技術ではEtherCATの帯域使用効率や通信性能を超えられません。

## トポロジーの柔軟性

通信性能だけでなく、EtherCATネットワークには最大65,635台のスレーブデバイスを接続できます。トポロジーや配置順序などの制約はありません。サポートしているトポロジーにはライン型、バス型、ツリー型やスター型があり、自由にこれらを組み合わせられます。ファーストイーサネットの物理層は2つのデバイス間を最大100mのケーブルで接続できます。この長さを超えたい場合には光ファイバーの使用も可能です。EtherCATはトポロジーの柔軟性を高める豊富な機能を提供しており、デバイスグループのホットコネクトやデバイスのホットスワップ、さらにはリングトポロジーによるケーブル冗長性に対応しています。

## 多用途

EtherCATは集中処理と分散処理のいずれのシステムアーキテクチャーに対しても最適です。マスター・スレーブ間、マスター・マスター間およびスレーブ・スレーブ間通信に対応し、下層のフィールドバスをゲートウェイで組み込んで動作します。工場フロアレベルはEtherCATオートメーションプロトコルを使用して既存のネットワークインフラを活用できます。

## 簡単

従来のフィールドバスと比べEtherCATには明らかな長所があります。ノードアドレスの自動設定、ネットワークチューニングが不要、ピンポイントでエラー発生個所を特定可能な診断機能などです。EtherCATにはこれらの利点だけでなく、産業用イーサネットとしても設定が簡単です。設定が必要な高機能スイッチングハブは不要であり、MACやIPアドレスの複雑な設定は必要ありません。

## 低コスト

EtherCATは産業用イーサネットの全ての利点をフィールドバスのコストで使用できます。まず、EtherCATには高価な敷設コンポーネントが不要です。マスター側には特別なインタフェースカードは必要なく、スレーブ側も高機能かつ低コストのコントローラーICがさまざまなメーカーから供給されています。さらに、IT技術の専門技術者やシステム管理者のコストも削減します。

## 産業用イーサネット

EtherCATはネットワークのリアルタイム性能を損なうことなく、汎用のIT技術をサポートできます。“Ethernet over EtherCAT” プロトコル経由でFTP、HTTPやTCP/IPを送信できます。

## 機能安全

“Safety over EtherCAT”は「無駄なく高速」というEtherCAT自身と同じ特長を持ちます。機能安全は集中制御と分散制御のいずれにも対応し、ネットワーク内に直接組み込みます。

「ブラックチャネル」アプローチによって他のフィールドバスシステム経由の通信にも対応します。

## オープン技術

EtherCATは国際規格のオープン技術です。つまり、誰でも自由にこの技術に準拠した製品を開発できます。しかしながら、オープン技術というのは誰でも自由にEtherCATを独自仕様に変更できるということではありません。これはインタオペラビリティを損なう原因となります。世界最大のフィールドバス組織であるEtherCAT Technology Groupは責任をもってEtherCAT技術の開発や拡張を行い、オープン性とインタオペラビリティを維持します。

## 採用実績

EtherCATは世界中、他に類のないほど幅広いアプリケーション分野で採用されています。EtherCATは装置制御、計測装置、医療機器、自動車、特殊車両や様々な組込みシステムで稼働しています。

# EtherCAT Technology Group



展示会ETGブースにて  
製品ラインアップ展示と技術デモを実施



ETG日本メンバーミーティングを  
毎年開催

EtherCAT Technology Groupは全てのユーザーのためにEtherCAT技術のオープン性を維持します。EtherCATデバイスメーカー、実装サポートメーカーやエンドユーザーとともに技術の拡張を行います。ETGには複数の技術作業部会 (Technical Working Group: TWG) があり、専門知識をもった技術者が参加し注意深く仕様の拡張作業を行っています。これらTWGの活動目的は全て、EtherCAT技術仕様の安定とインタオペラビリティという共通の目標を持っています。EtherCATにはバリエーションが存在したり、毎年新しいバージョンの仕様が発表されるということはありません。

ETGは毎年ヨーロッパ、アジア、アメリカにて複数回のPlugFestというイベントを開催しています。PlugFestではEtherCATデバイスの開発者が集ってテストを行い、デバイスのインタオペラビリティを向上させています。各デバイスメーカーはEtherCATデバイスをリリースする前に公式のEtherCATコンFORMANCEテストツールを使用して認証テストを行います。ETGでは認定テストセンターによるテストに合格したデバイスに対して合格認定書を発行しています。

ETGは世界各地でセミナーやワークショップを開催し、展示会にも出展しています。ホームページの製品ガイド、展示会ブースへの出展やセミナーでの製品展示を行い、EtherCAT製品の普及活動も行っています。

ETGは世界でメンバー数が最大のフィールドバス組織です。ホームページに全メンバーのリストを掲載しています。しかしながら、重要な点はどれだけのメンバーからなっているかではなく、製品を開発した活発なメンバーがどれだけいるかということです。メンバー数だけでなく、EtherCATデバイスの種類は非常に豊富であり、ヨーロッパ、アジアおよびアメリカのEtherCAT採用数の増加はますます加速しています。

## メンバーシップ

ETGメンバーシップはデバイスメーカーやエンドユーザーを含め、あらゆる企業に対してオープンです。

ETGメンバーには以下の特典があります。

- 技術仕様や開発者フォーラムへのアクセス
- 技術作業部会を通じたEtherCAT仕様の開発
- 各ETGオフィスによる実装サポート
- 無料スレーブソフトウェアスタック、ソフトウェアツール、その他の開発製品へのアクセス資格
- EtherCATおよびETGロゴマークの使用
- ホームページの公式EtherCAT製品ガイド、展示会やイベントでのEtherCAT製品やサービスの掲載

会員規約 (Bylaws)、登録フォームおよびご質問は下記までお問い合わせください。

ETG本部: [info@ethercat.org](mailto:info@ethercat.org)

ETG日本オフィス: [info.jp@ethercat.org](mailto:info.jp@ethercat.org)

[www.ethercat.org](http://www.ethercat.org)

## 国際規格

EtherCAT Technology GroupはIECの公式パートナーです。EtherCATとSafety over EtherCATはIEC規格(IEC 61158, IEC61784)になっています。これらの規格は下位のプロトコル層だけでなく、アプリケーション層やデバイスプロファイル(サーボドライブなど)も含んでいます。SEMI™ (Semiconductor Equipment and Materials International) はEtherCATを半導体業界向け通信規格(E54.20)として認定しました。各種タスクグループがETG半導体製造装置技術作業部会でデバイスプロファイルと実装ガイドラインの策定を行っています。

EtherCAT仕様書は英語、日本語、韓国語および中国語で提供しています。

## グローバル活動

EtherCAT Technology Groupは全世界で活動を行っています。ドイツ、日本、中国、韓国およびアメリカのETGオフィスの技術者が実装前からアフターサポートまでを行います。

EtherCAT技術は技術作業部会 (TWG) によって仕様拡張の定義、デバイスプロファイルや実装ガイドラインによる統一したデバイス動作の仕様策定を行っています。ETGのメンバーは誰でもTWGに参加できますので、積極的なご参加をお待ちしています。

## ETG日本メンバーシップ 500社目を突破

ETGは、ETG日本で開催されたメンバーミーティングにおいて、日本で500番目に入会した精密位置決めと光計測技術のリーディングカンパニーである駿河精機株式会社を招待し記念の授与式を行いました。



ETG日本メンバー500社証明書授与

## EtherCATのマイルストーン



**EtherCATには高速かつリアルタイム性能を備えた産業用イーサネットを実現するための技術的特長があります。EtherCATの性能は幅広いアプリケーション分野で性能向上をもたらします。**

## 1. 超高性能

EtherCATは一般的に最高速の産業用イーサネット技術であるといわれており、同期性能もナノ秒の精度です。

この性能はフィールドバスシステムによる制御でも計測アプリケーションでも大きな優位点となります。高速な応答時間によって処理中の通信待ち時間を削減できるのでアプリケーションの効率が大幅に向上します。さらに同じサイクルタイムで比較すると、EtherCATシステムのアーキテクチャーは他のフィールドバスシステムに対してCPU負荷は一般的に25~30%低くなります。最適実装によりEtherCATの性能を引き出すことで精度の改善、スループットの向上が期待でき、生産コストの削減につながります。

## 2. トポロジーの柔軟性

EtherCATアプリケーションでは装置の構成に応じた最適なネットワークトポロジーを選択できます。従来の産業用イーサネットシステムではスイッチングハブのカスケード段数などの制限があります。EtherCATではスイッチングハブを使用しないのでこのような制限はありません。つまり、EtherCATはどのようなトポロジーにも制限なく対応できる柔軟性を備えています。ライン型、ツリー型、スター型とそれらのあらゆる組み合わせを選択でき、ノード数の制約はほとんどありません。自動リンク検出機能によりノードグループとネットワークセグメントを動作中に切断と再接続できます。

ライン型トポロジーの場合、リング型トポロジーに拡張しケーブル冗長性を実現できます。冗長性に必要なものは、マスターデバイス側の2番目のイーサネットポートと1本のネットワークケーブルだけであり、スレーブデバイスはスレーブコントローラーが冗長化機能をサポートしています。この機能を使用するとネットワークセグメント内の任意のデバイスを動作中に交換することも可能になります。

## 3. 設定の容易さと堅牢性

設定、診断およびメンテナンスの工数はシステムのコストに大きく関係します。EtherCATを用いるとこれらの作業は飛躍的に容易になります。EtherCATはノードアドレス割付を自動で設定し、ロータリースイッチなどによる手動設定は通常必要ありません。ネットワーク帯域の使用負荷が低くピア・ツー・ピア接続を行うので、高いEMC耐性を持ちます。ネットワーク内で障害が発生した場所を正確に検出できるので、トラブルシューティングの時間を大幅に削減できます。起動時にはネットワークセグメントと設定とを比較し、実際のデバイス接続との違いを検出します。

EtherCATは非常に高性能であり、システム設定の際のネットワークチューニングの手間が不要になります。ネットワーク帯域には十分な余裕があります。EtherCATは直接にTCP/IPの通信を行えませんが、これはMACアドレスやIPアドレスまたはマネージドスイッチのような高機能なスイッチングハブの設定を行う必要がないということになります。

## 4.機能安全の統合

機能安全をフィールドバスシステムに統合できます。EtherCATの機能安全プロトコルはSafety over EtherCAT (FSoE) と呼ばれます。FSoEは2005年にすでにTÜVの認証を受けたデバイスがリリースされている実績ある機能安全プロトコルです。このプロトコルはIEC 61508 SIL 3の要件を満たし、集中制御と分散制御の両方に対応しています。ブラックチャネルアプローチと効率的な安全データ構造により、FSoEは他のフィールドバスシステムを経由した通信も可能です。制御通信と機能安全を統合することはシステムコストの削減につながります。さらに、通常のコントローラーで安全データを受信し、処理することも可能です。

## 5. 低コスト

EtherCATは高度な産業用イーサネットの機能を従来のフィールドバスシステムと変わらない価格で提供します。マスターデバイスに必要なハードウェアは標準イーサネットポートだけであり、特別なインタフェースカードやコプロセッサは必要ありません。EtherCATスレーブコントローラーは多数のメーカーからASIC、FPGAベースやマイコン内蔵型などの形態でリリースされています。この低価格なスレーブコントローラーがタイムクリティカルなタスクをすべて処理し、スレーブデバイスのCPU性能はEtherCATの通信性能には影響せず、スレーブの機能を実現できる最低限のCPUを選択できます。EtherCATはスイッチングハブやその他のネットワーク敷設装置が不要であり、それら製品そのものや敷設、設定、メンテナンスのコストを削減できます。

## EtherCATアプリケーション例

- ロボット
- 工作機械
- 包装機
- 印刷機
- プラスチック製造装置
- プレス装置
- 半導体製造装置
- テストベンチ
- ピッキング装置
- 計測装置
- 発電所
- 変電所
- マテリアル・ハンドリング
- 荷物処理システム
- ショーステージ制御
- 自動組み立てシステム
- 製紙機械
- トンネル制御システム
- 溶接機
- クレーン・リフト
- 農業機械
- 海上機器
- 製材所
- 窓枠製造装置
- ビルディングオートメーションシステム
- 製鉄所
- 風力発電機
- 家具製造装置
- フライス加工機
- 自動運行装置
- アミューズメント装置
- 医療機器
- 木材加工機
- 板ガラス製造装置
- 計量器
- など



# 技術解説

## 産業用イーサネット技術：EtherCAT

EtherCATは産業用イーサネット技術であり、イーサネット規格IEEE 802.3で定義されたフレーム構造と物理層を使用します。しかしながら、オートメーションで使用するには以下の要件を満たさなければなりません。

- 時間確定性のある応答時間を満足するハードリアルタイム性能
- 多数のノードでシステムが構成され、1ノードあたりのプロセスデータサイズが小さい
- 低コストハードウェア

これらの要件は標準イーサネットをそのままフィールドレベルで使用するのは事実上不可能であることを意味します。各ノードに個別にイーサネットテレグラムを使用すれば、ただだか数バイトの周期プロセスデータの送受信に対して有効データの帯域使用率がきわめて小さくなります。最小のイーサネットテレグラムは（フレーム間ギャップやプリアンプルを含め）84バイトであり、46バイトをプロセスデータに使用できます。例えば、サーボドライブがプロセスデータとして現在位置とステータスで4バイトの送信、指定位置と制御情報で4バイトの受信を行うとします。このとき送信と受信の双方のテレグラムで有効データの帯域使用率は $4/84 = 4.8\%$  まで低下します。さらにサーボドライブには指定位置の受信後に動作を行い、現在位置の送信をトリガーするまでの応答時間が必要です。その結果、100Mbit/sの帯域のほとんどが消費されてしまうことになります。

一般のオフィスなどITの分野の通信ではIPによるルーティングとTCPによるアプリケーションへのコネクションが行われ、これらの処理はプロトコルスタックというソフトウェアが行います。そのため、各ノードでソフトウェア処理のオーバーヘッドが発生し、さらなる遅延が発生します。



## EtherCATの動作原理

EtherCATは全セクションで述べたような欠点を克服し高性能な動作に対応したネットワークです。通常、ネットワークセグメント内の全てのノードの送受信プロセスデータを1つのフレームで通信できます。

EtherCATマスターは1つのテレグラムを送信し、そのテレグラムは各ノードを通過します。各EtherCATスレーブデバイスは自身にアドレス指定されたデータを「オンザフライ」で読み出し、またはフレーム内に書き込みつつ後方のスレーブデバイスにフレームを送信します。フレームはハードウェア伝送遅延時間の分だけしか遅延しません。セグメントまたは分岐の終端のノードではポートに接続がないことを認識し、マスター側へフレームを戻します。この通信はイーサネット物理層の全二重の経路で行います。このテレグラムの通信方法によって90%を超える有効データの帯域使用率を実現します。

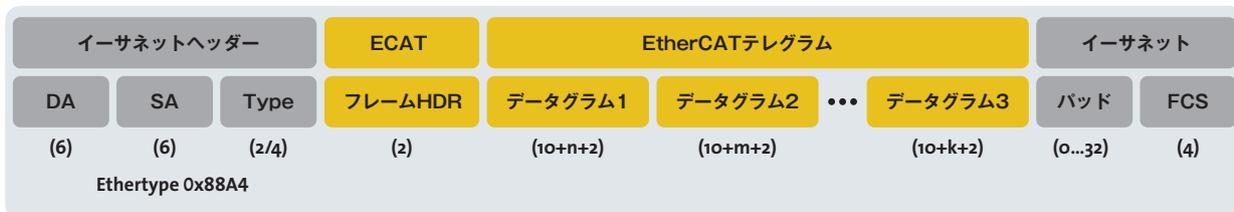
EtherCATマスターはセグメント内でEtherCATフレームの送信を自発的に開始できる唯一のノードです。その他の全てのノードはただフレーム内のデータを処理しつつ次のノードへフレームをフォワードするだけになります。この仕組みによってネットワーク内の遅延を確定的かつ最小限にし、リアルタイム性を確保します。

マスターは標準のイーサネットメディアアクセスコントローラー (MAC) を使用し、これ以外の通信プロセッサは必要ありません。したがってマスターは標準のイーサネットポートを装備したハードウェアプラットフォームであれば実装が可能であり、リアルタイムOSやアプリケーションソフトウェアに依存しません。

EtherCATスレーブデバイスは、EtherCATスレーブコントローラー (ESC) を使用して完全にハードウェアでフレームをオンザフライ処理します。これにより個々のスレーブデバイス実装に関係なく時間確定性のあるネットワーク性能が得られます。

# EtherCATプロトコル

EtherCATのデータは標準イーサネットフレームのデータペイロード内に格納されます。EtherCATのフレームであることはEtherTypeフィールドの識別情報 (0x88A4) で判別します。EtherCATプロトコルは短い周期プロセスデータに最適化されており、TCP/IPやUDP/IPなどの巨大なプロトコルスタックは不要です。



標準イーサネットフレーム (IEEE 802.3準拠) を使用したEtherCATデータグラム

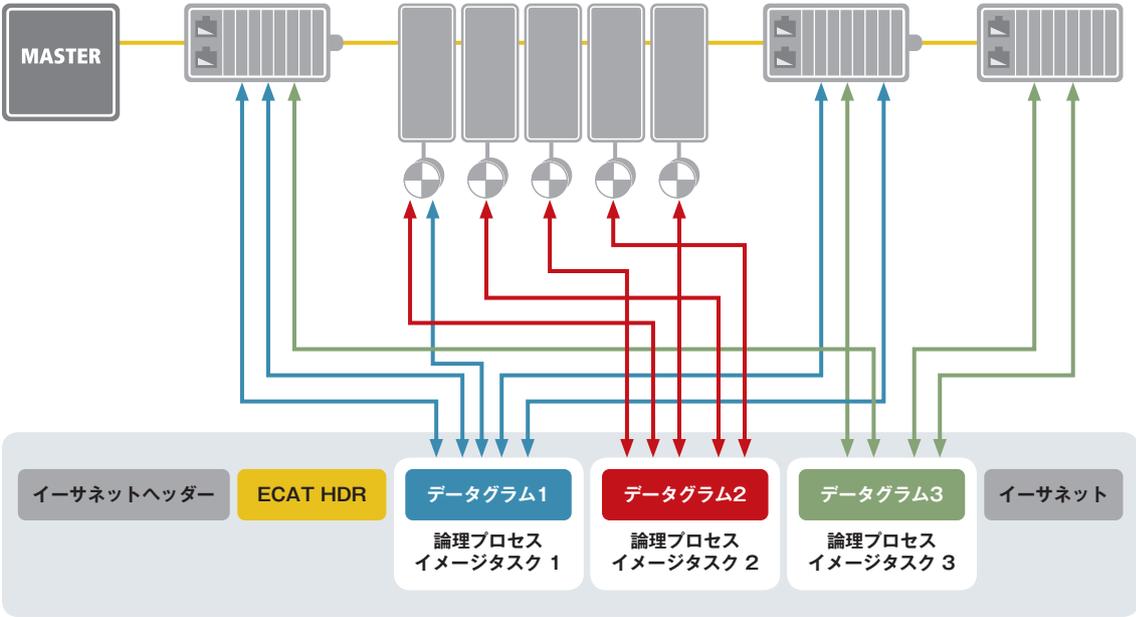
ノード間のイーサネットIT通信を実現するためにオプション機能としてメールボックス経由でトンネル化したTCP/IPコネクションを使用できます。この通信はリアルタイム性能に影響を与えません。

起動時にマスターデバイスはスレーブデバイスのプロセスデータを論理アドレス空間に割り付けます。各々のスレーブでは1ビットから数バイト、あるいは数キロバイトというような任意のプロセスデータサイズを使用できます。

EtherCATフレームには複数のデータグラムを格納できます。マスターデバイスは読み出し、書き込み、または読み書きなどのアクセス方法や、ノードアドレスを直接指定し特定のスレーブデバイス宛か、論理アドレス指定による複数のスレーブデバイス宛かをデータグラムヘッダーで記述します。

論理アドレス指定はプロセスデータの周期通信に使用します。各データグラムヘッダーでEtherCATセグメントのプロセスイメージの論理アドレス範囲を指定します。ネットワークの起動時に各スレーブデバイスは論理アドレス空間内に1つ以上のアドレスを割り当てられます。連続した論理アドレス空間内に複数のスレーブデバイスのプロセスデータを割り付け、1つのデータグラムでその論理アドレス範囲を送信できます。データグラムヘッダーにはアクセス方法に関するあらゆる情報が記述でき、マスターはデータグラムごとに設定された送信周期でプロセスデータを送信できます。例えば、サーボドライブなどに対してはプロセスデータの更新に短いサイクルタイムを、I/Oには長めのサイクルタイムを設定できます。スレーブデバイスごとのプロセスデータ通信を行う必要がなく、その通信処理やデータコピーの処理が単純化できるため、EtherCATマスターの処理は従来のフィールドバスシステムと比べて負荷が低くなります。

EtherCATではマスターデバイスは1つのEtherCATフレームに出力更新のプロセスデータを詰め込むだけで、フレームはMACコントローラーのダイレクトメモリアクセス (DMA) で自動的に送信します。入力更新のプロセスデータに対してもMACコントローラー経由で受信し、マスターデバイスはDMA経由でメモリに保存されたデータを処理するだけになります。CPUによるフレームデータのメモリコピーの負荷はなくなります。周期プロセスデータ通信だけでなく、非同期通信やイベント駆動通信を行うフレームの送信も可能です。



オンザフライ処理を行うプロセスデータの構造

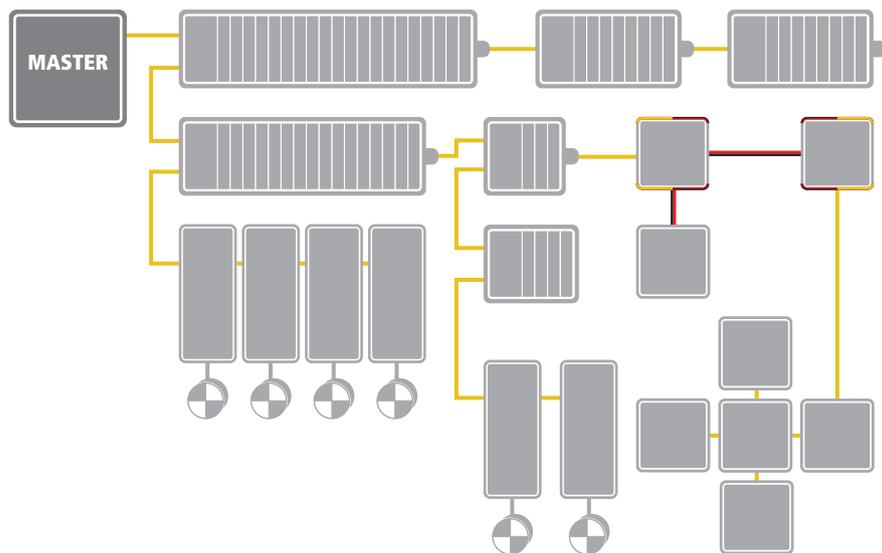
論理アドレス指定に加え、マスターデバイスはスレーブデバイスをネットワーク内の位置で指定できます。この指定方法はネットワークの起動時に実際のネットワークポロジの検出と設定のトポロジとの比較に使用します。ネットワーク設定の確認後にマスターデバイスは各ノードに固定ノードアドレスを割り当てます。この後マスターデバイスは固定ノードアドレスを使用して各ノードと通信を行えるようになります。固定ノードアドレスによってホットコネクグループの接続または切断のように動作中にネットワークポロジが変更されても通信を行えます。スレーブ間通信には2種類の方法があります。スレーブデバイ

スは後方に接続した他のスレーブデバイス宛に直接データを送信できます。これはEtherCATフレームが往路でのみ処理されるため、この直接通信はネットワークトポロジーに依存し、装置内のネットワークを変更しない場合に使用できる方法です。任意のスレーブ間通信はマスターデバイス経由で通信設定を行えます。この方法では2回のフレームで通信を行います（プロセスデータ通信で2周期分という意味ではありません）。EtherCATはさわめて高速であり、この方法で通信を行っても大きな速度の低下はありません。

## トポロジーの柔軟性

ライン型、ツリー型、スター型、ディジーチェーンなどEtherCATはほぼすべてのトポロジーをサポートしています。

EtherCATではスイッチングハブのカスケード接続の制限などは考慮する必要がなく、最も基本的なライン型のトポロジーを使用して数百のノードを簡単に接続できます。



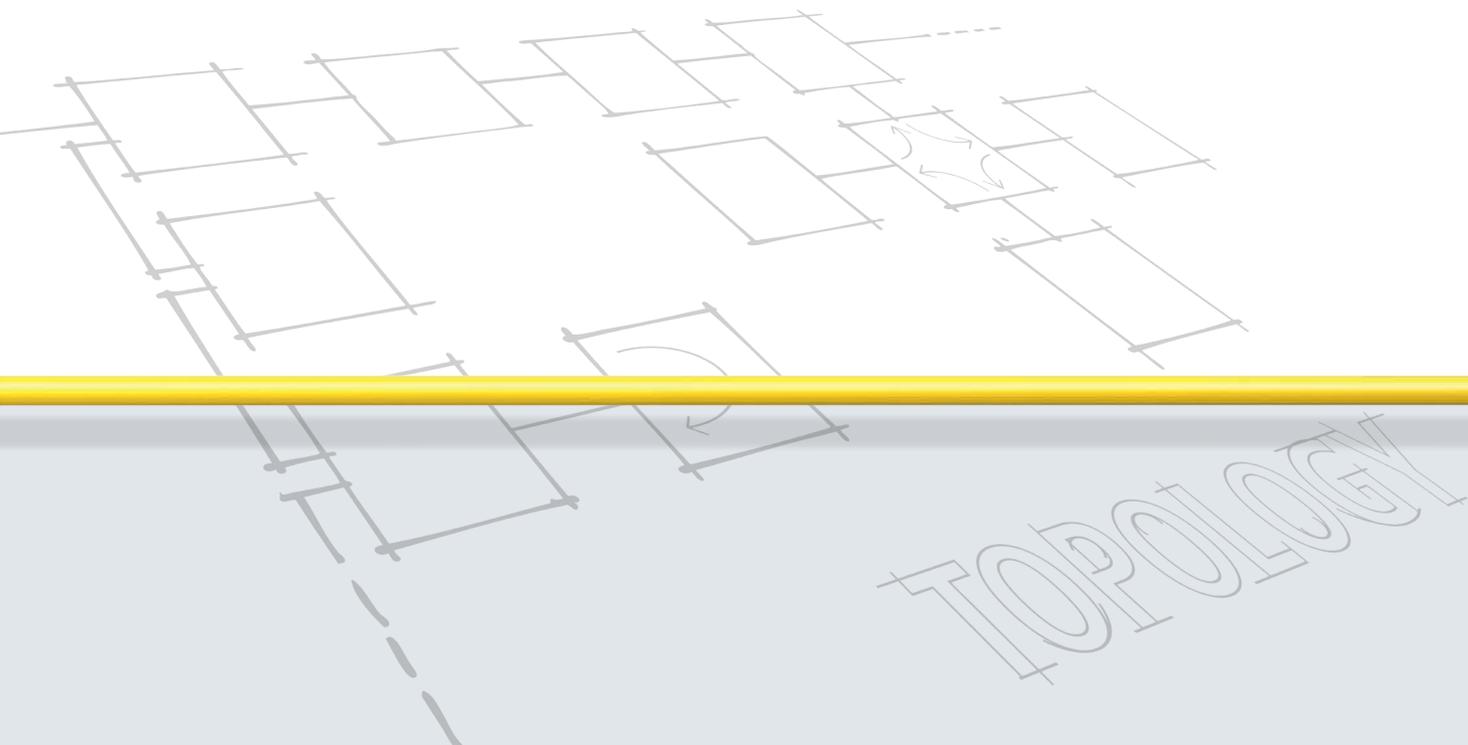
柔軟なトポロジー: ライン型、ツリー型、スター型

配線時にはライン型から分岐を行うなど自由にトポロジーを構成できます。I/Oモジュールなどに分岐を行うためのポートがあるので特別な敷設コンポーネントは必要ありません。イーサネットで一般的に使用されるスター型トポロジーも使用できます。

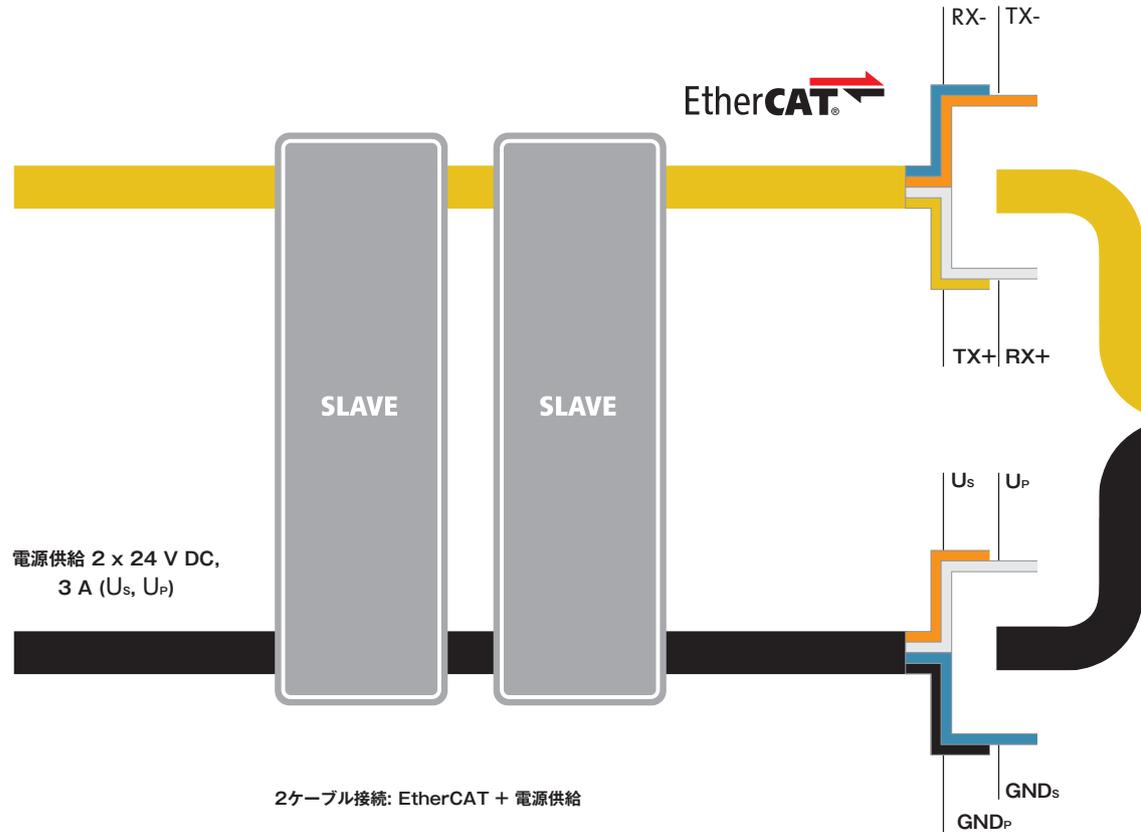
モジュール型の装置やツールチェンジャーなどでは動作中にネットワークセグメントや個々のノードの接続・切断が要求される場合があります。EtherCATスレーブコントローラーにはホットコネクトを実現するための基本機能が内蔵されています。隣接したノードが取り外された場合、ポートは自動的に閉じられ、ネットワークの残りの部分は問題なく動作を継続します。この検出に要する時間は15μs以内であり、切り替えは円滑に行われます。

EtherCATでは各種のケーブルを自由に選択でき、ネットワーク内の場所ごとに要件を満たす最適な種類のケーブルを使用できます。低コストの産業用イーサネットケーブルで100BASE-TXモードで最大100m間を接続できます。IEEE 802.3afに準拠したオプション機能のPower over EtherCATではネットワークケーブルだけでセンサのようなデバイスを接続し電源供給も行えます。100BASE-FXを使用した光ファイバーも使用可能であり、ノード間が100mを超えるような長距離にも対応できます。このようにEtherCATではイーサネットで使用できるあらゆるケーブルを使用できます。

1つのEtherCATセグメントに最大65,535台のデバイスを接続でき、ネットワークの最大構成は事実上無制限です。ノード数が事実上無制限ということはスライスI/Oのようなモジュール式のデバイスでも個々のモジュールをEtherCATスレーブとして設計できます。したがってメーカー固有の拡張バスを使用する意味がなくなります。EtherCATの高性能な通信機能を各モジュールレベルで使用できるのでメーカー固有バスの変換カプラによるゲートウェイやそれにとまなう遅延などの性能低下がありません。



# EtherCAT P: 通信と電源供給を1ケーブル化

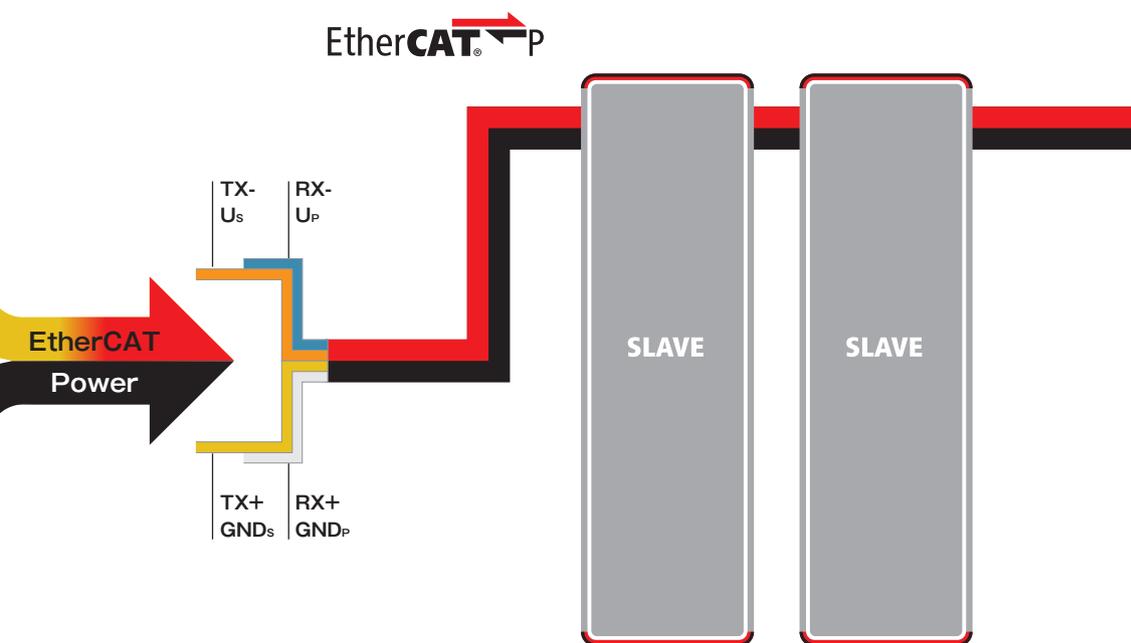


EtherCAT P (P = power) は前述のEtherCAT標準プロトコルの追加仕様であり、4線のイーサネットケーブル1本で通信データの伝送だけでなく動作電源も供給します。

EtherCATとEtherCAT Pはプロトコル自体は完全に同一であり、物理層だけに追加を加えています。EtherCAT P専用のEtherCATスレーブコントローラーは使用しません。EtherCAT PはEtherCATと同じ通信上の利点があります。さらに通信ケーブルだけで電源供給ができるという魅力的な特徴をもち、様々なアプリケーションに適しています。

2系統の24VDC電源が供給され、これらは相互に絶縁され、個別にON/OFF可能です。EtherCAT Pデバイスはこの電源で動作し、U<sub>S</sub>はデバイスシステムの動作とセンサー駆動用、U<sub>P</sub>は出力やアクチュエーター駆動作用に使用します。両方の電源電圧U<sub>S</sub>とU<sub>P</sub>は100Mbit/sイーサネット通信ラインに直接にカップリングされます。この電源供給機能によってユーザーは複数のEtherCAT Pデバイス間をたった一本のケーブルでカスケード接続でき、省配線化、配線コストの削減やデバイスや装置の小型化に寄与します。





EtherCAT P: 1ケーブルでデータと電源供給

EtherCAT Pは、装置制御ユニットを内蔵したりや少点数のI/Oを各所に配置するような装置のネットワークとして特に適していて、支線分岐のケーブル1本でデータ通信と電源供給を可能とします。EtherCAT Pはあらゆるセンサー系接続にも最適です。コンパクトなM8コネクタを使用してセンサーなどのフィールドデバイスを効率よく高速ネットワークに接続し、電源供給まで行います。ケーブル配線時に誤接続を防止するための機構や新形状のコネクタをEtherCAT P専用に設計しました。EtherCAT Pは標準のEtherCAT製品と同じネットワーク内に混在させることも可能です。標準EtherCATからEtherCAT Pの変換はEtherCATデータエンコーディングを維持して電源を重畳するための整流器を使用します。同様に逆のしくみでデバイス自身はEtherCAT Pで電源と通信を受けてその電源動作し、出力側は標準EtherCATプロトコルとするようなデバイスもあります。

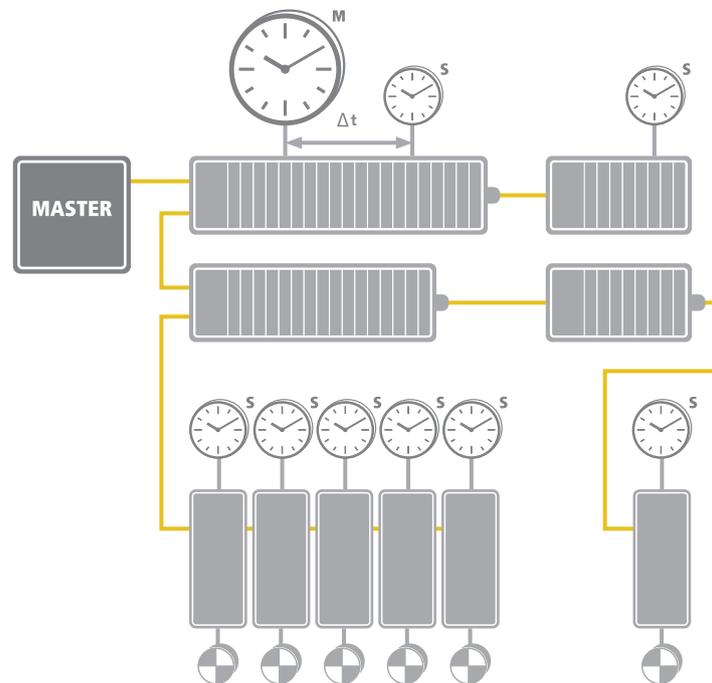
EtherCAT Pに関する詳しい情報はETG Webサイトで紹介しています。

[www.ethercat.org/ethercat-p](http://www.ethercat.org/ethercat-p)

# 高精度時刻同期 ディストリビュートクロック

分散したデバイスや装置間で同時動作が必要なアプリケーションでは、正確な時刻同期が非常に重要になります。例えば、複数のサーボドライブ軸が協調動作をするようなアプリケーションが該当します。

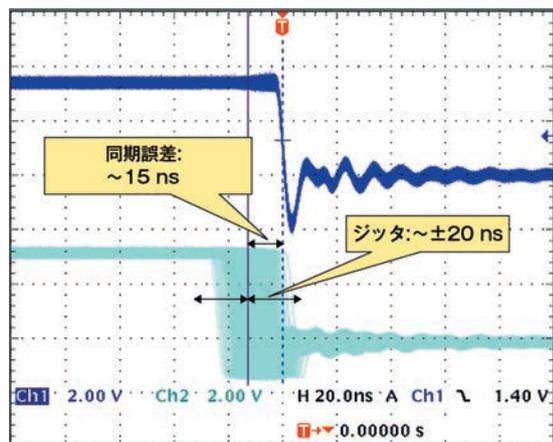
完全な同期通信では通信エラーが発生するとその同期精度は大きく損なわれます。一方、それぞれのノードに分散した時計を同期させれば通信システムのジッタに対する許容範囲が大きくなります。このためEtherCATのノード間同期のソリューションはディストリビュートクロック（以下、DC）をベースとしています。



伝送遅延補正を行ったハードウェアベース時刻同期

ノードの時刻補正は完全にハードウェアによって行います。DCではネットワーク経路で最初に位置するDCスレーブデバイスの時刻をネットワーク内の参照時計としてシステム内の他の全てのデバイスに周期的に配信します。このメカニズムによってスレーブデバイス内の時計は正確に参照時計と一致するように補正します。その結果としてシステム内の時刻のジッタは1 $\mu$ sより十分小さな値となります。

参照時計の時刻が後続のスレーブデバイスに到達するまでにわずかな遅延が発生しますが、同期性能と同時性を保証するために伝送遅延は各スレーブで計測を行い補正しなければなりません。この遅延はネットワークの起動時に計測され、また設定により動作中に継続して計測を行い、互いの時刻が1 $\mu$ sより十分小さなズレで同期することを保証します。



同期性と同時性：  
300ノードと総ケーブル長120mをはさんだDCスレーブ間時刻同期信号のオシロスコープ画像

全てのノードが同じ時刻情報を保持していれば、それらのノードは同時に信号を出力したり、入力信号のラッチ時刻として正確なタイムスタンプを付加することもできます。モーション制御アプリケーションでは同期性と同時性に加えて周期精度も重要です。このようなアプリケーションでは速度は計測した位置情報から算出するので、位置計測を正確な周期で行うことが極めて重要となります。たとえ位置測定タイミングに発生した誤差が非常に小さな場合でも、サイクルタイムが小さい場合などは速度の計算に大きな誤差となってしまうことがあります。

EtherCATでは位置計測は正確なローカル時計の時刻でトリガーし、フィールドバスシステムの通信を使用しないため高い精度で計測を行えます。

さらに、DCの使用はマスターデバイスの負荷にはなりません。位置計測のような動作は通信フレームの受信ではなくノード内のローカルな時計で行うのでマスターデバイスのフレーム送信に対して厳密なタイミング要件が不要となります。これにより標準イーサネットポートのあるハードウェア上にマスタースタックをソフトウェアで実装できます。数マイクロ秒程度のジッタではディストリビュートクロックの精度は影響を受けません。時刻の精度はそれが設定されたタイミングには依存せず、フレーム送信の絶対時刻とは関係ありません。EtherCATマスターに必要なことはDC信号がスレーブデバイスの出力をトリガーするより十分早いタイミングでEtherCATテレグラムを送信することになります。



SYNCHRONICITY

## 診断機能と 障害個所の特定

従来のフィールドバスシステムの経験から、診断機能は装置の可用性と障害検出までの時間を決定する重要な役割をもっています。障害検出に加え、障害個所の特定はトラブルシューティングにとって重要です。EtherCATには起動時に実ネットワークのスキャン結果と設定情報との比較を実行する機能があります。また、システム診断を行うための多くの機能をもっています。

各スレーブデバイスが内蔵しているEtherCATスレーブコントローラーはチェックサムによって通信中のフレームを検査します。通信データはフレームを正しく受信した場合にだけスレーブのアプリケーションに送られます。ビットエラーを検出すると、エラーカウンタをインクリメントして後続のノードにフレーム内にエラーがあることを通知します。マスターデバイスもフレームの破損を検出し、その通信データを破棄します。マスターデバイスはノードのエラーカウンタを調べて障害発生個所を特定できます。従来のフィールドバスシステムではエラーを含んだ通信フレームがバス幹線全体に送信されるため、エラー発生個所の特定が極めて困難になることに比べ、このEtherCATの障害個所特定機能は大きな利点となります。EtherCATでは装置の動作に影響を与える前に偶発的に発生する障害の検出と個所の特定が可能です。

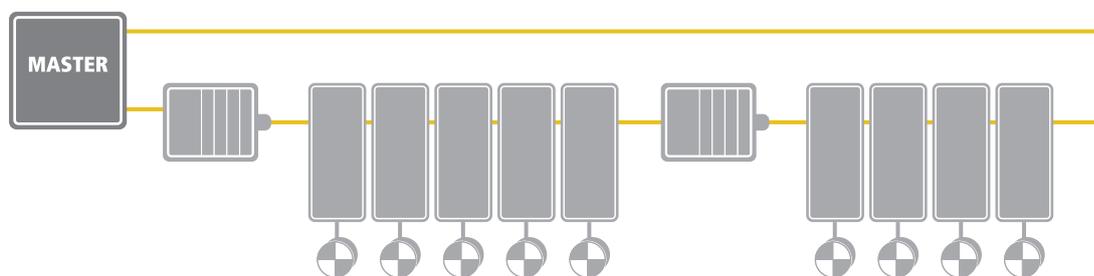
ユニークかつ効率的な通信帯域の使用法によりEtherCATは通常1個のフレームで通信を完結できます。同じサイクルタイムで比較すると、他の産業イーサネットより通信フレームの送受信中の時間が極めて短くなり、外部ノイズなどの影響を受けてビットエラーが発生する確率もこれに比例して小さくなります。EtherCATでは高速なサイクルタイムを使用することが多く、フレーム破損が起こってもすぐに次のデータを受信し、再送より早くエラーから復帰できます。これはマスターに複雑なエラー回復処理が不要であることも意味します。

フレーム内部についてはワーキングカウンタを使用してデータグラム内のデータが処理されたことを監視できます。データグラムでアドレス指定された各ノードは、そのアドレス位置に対する処理を正しく行ったときにワーキングカウンタを自動的にインクリメントします。マスターは処理後のワーキングカウンタが予想値と異なると、そのデータグラム内のデータを制御アプリケーションに送信しません。マスターデバイスはノードのステータスやエラー情報ならびにリンク状態を検査し、不測の動作の原因を自動的に検出できます。

EtherCATは標準イーサネットフレームを使用するので、イーサネットネットワーク内の通信フレームはフリーのイーサネットキャプチャーツールなどで記録できます。例えば、ごく一般的に使用されているWiresharkというソフトウェアがあり、このソフトウェアにはEtherCATデータグラムのプロトコル解析機能が内蔵されています。このソフトウェアを使用してワーキングカウンタやコマンドなどプロトコル固有の情報をGUI画面に表示したり、テキストファイルに出力して解析できます。

## 高可用性

非常に高い可用性が要求される装置や設備には、ケーブル断線や特定ノードの障害でネットワークセグメントへのアクセスが不能になったり、ネットワーク全体が機能不全となってしまうことはありません。EtherCATではケーブル冗長性を非常に簡単に導入できます。マスターデバイスにもう1つイーサネットポートを追加し、最後のノードのOUTポートから1本のケーブルを接続するだけでライン型のトポロジーからリング型トポロジーに拡張できます。ケーブル冗長性を有効にすると1か所のケーブル断線またはノードの故障が発生してもマスタースタックの冗長性機能がそれを自動的に検出します。冗長性機能はマスター側のサポートだけで実現できます。スレーブデバイス側の機能追加は必要なく、スレーブ自身では冗長性が有効であるかを認識する必要はありません。



標準EtherCATデバイスによる低コストなケーブル冗長化

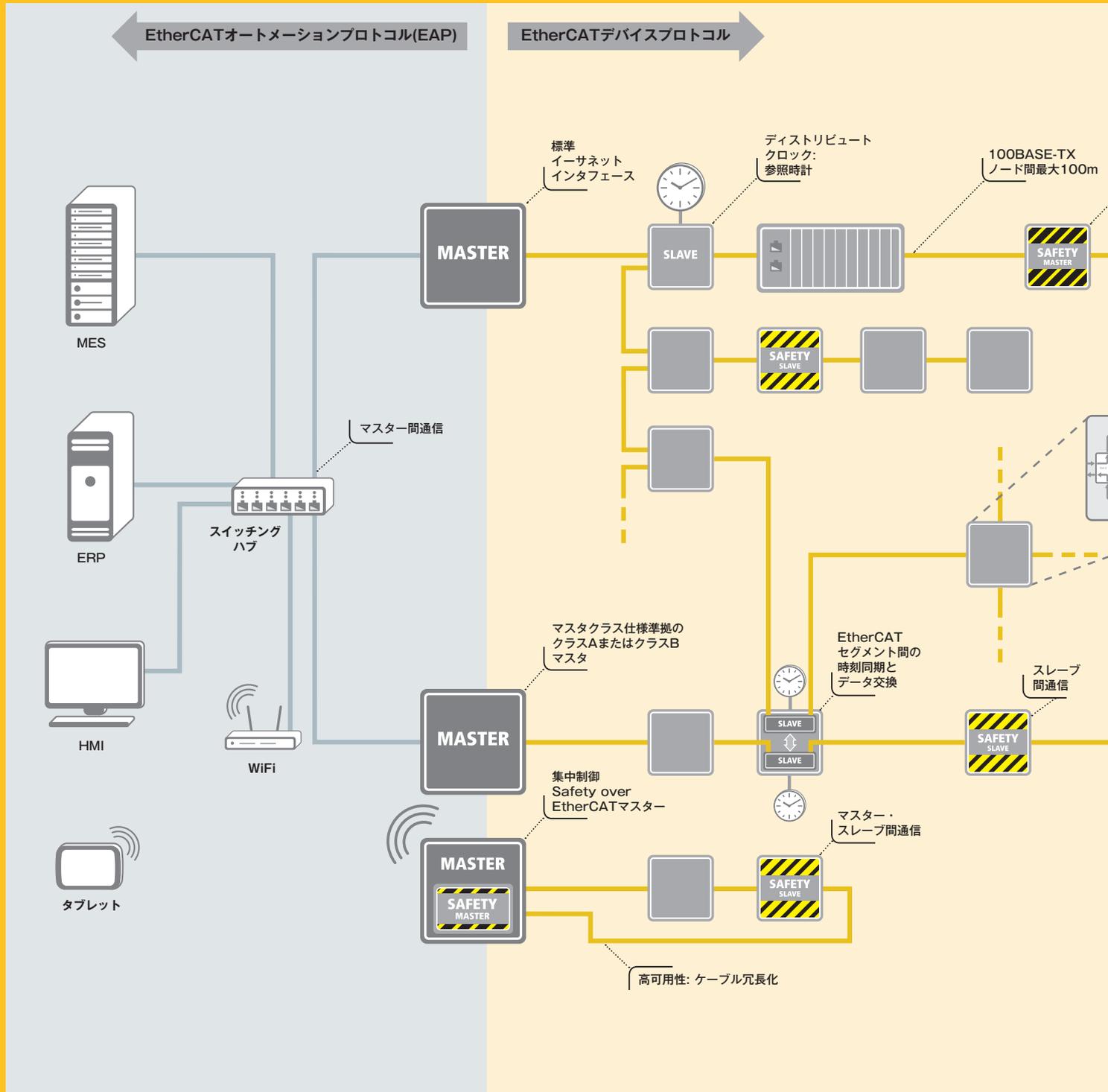
スレーブデバイスはリンク状態を自動的に検出し、冗長性に対応します。リンクロス検出から冗長対応動作による機能復帰まではわずか15 $\mu$ sであり、影響を受けるのは最大で1通信サイクルだけです。非常に短いサイクルタイムが必要なモーション制御でもケーブル断線に直ちに対応しスムーズなネットワーク経路の切り替えで動作が継続できます。

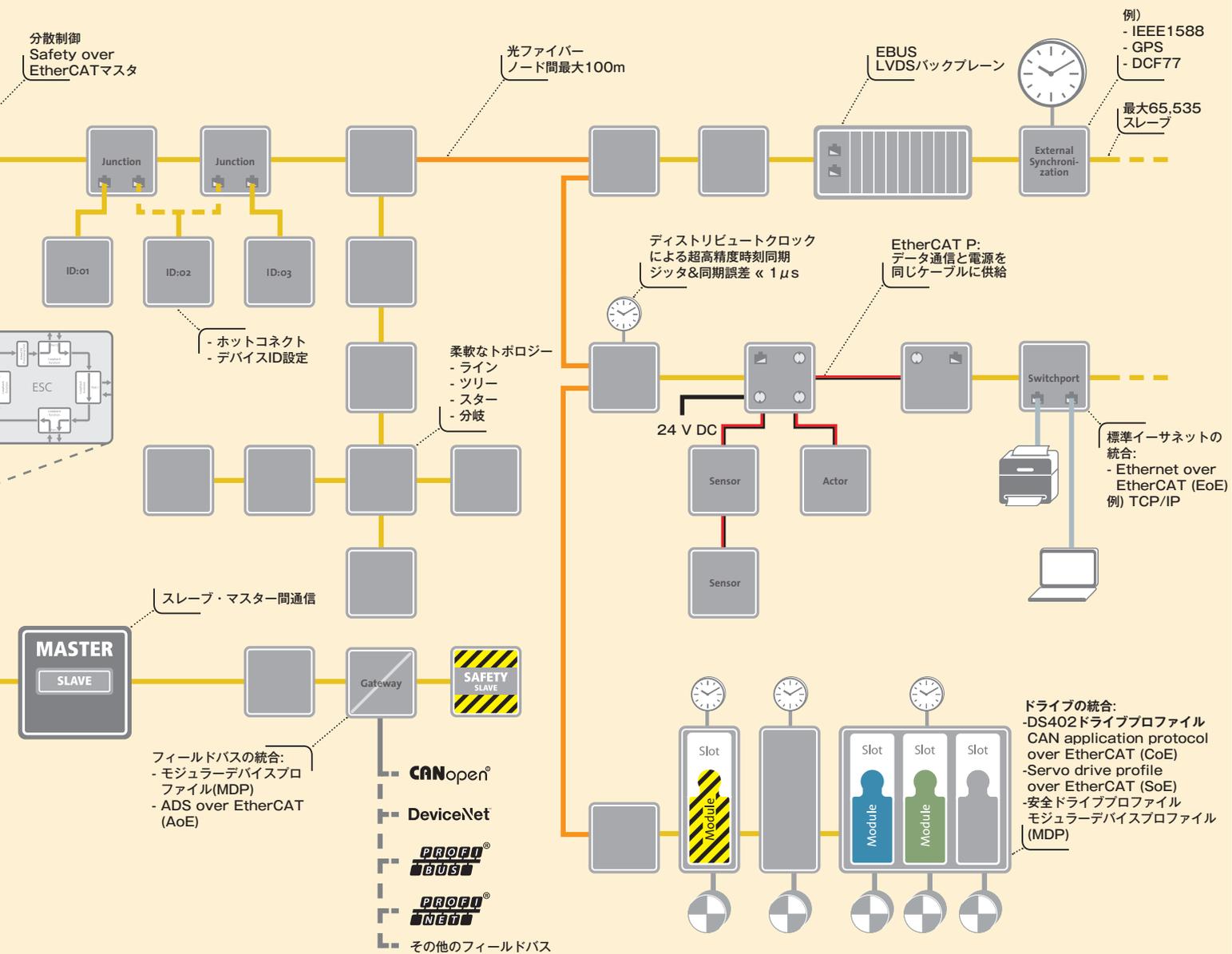
このケーブル冗長性機能はマスターデバイスにとってネットワークのホットスタンバイとみなせます。可動部などの障害が発生しやすいネットワーク経路は支線分岐として接続することで、その個所のケーブル断線時でも幹線の通信を維持し、装置全体の動作を継続できます。

# EtherCAT システム概要

## EtherCAT工場ネットワーク

## EtherCAT装置制御ネットワーク





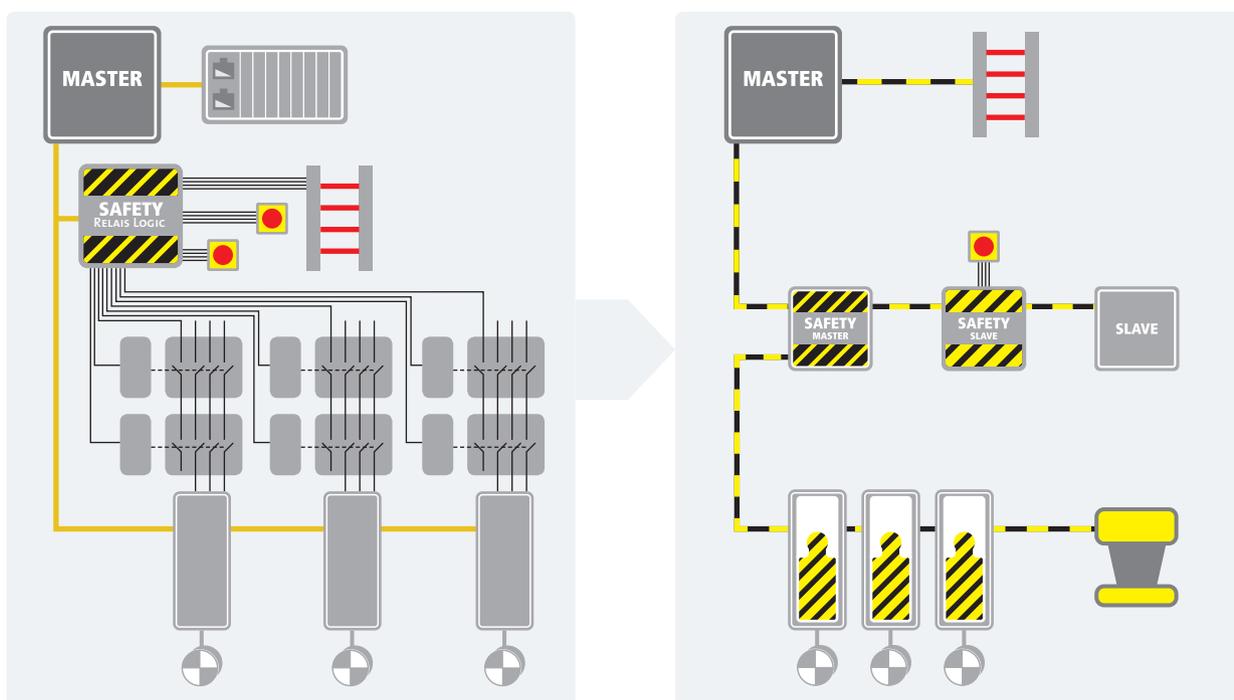
# Safety over EtherCAT

Safety over  
EtherCAT®

最新の通信システムは制御データのリアルタイム通信だけでなく、同じネットワークメディア内に機能安全の制御データを送信できるようになっています。

EtherCATではSafety over EtherCATプロトコルを機能安全の protocols として使用します。

- 制御データと安全データを同一の通信システムに共存
- 安全システムを柔軟に拡張
- 認証済み機能安全コンポーネントで容易に安全アプリケーションを構築
- 安全機能に対する強力な診断機能
- 装置設計にシームレスに安全システムを統合
- 標準アプリケーションと安全アプリケーションに共通の開発ツールを使用

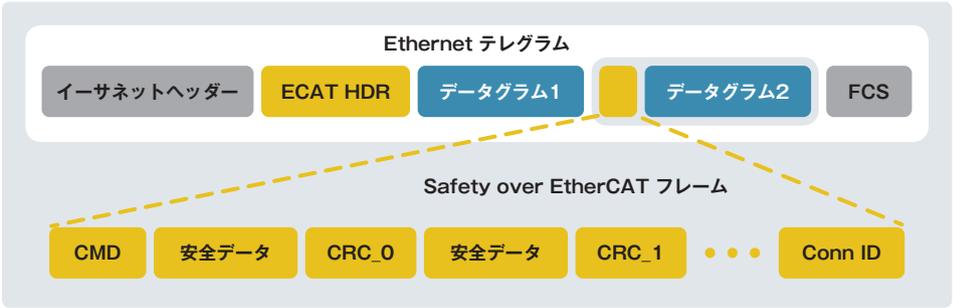


## リレーロジックに比べSafety over EtherCATで簡単かつ柔軟に機能安全を実現

EtherCATの安全技術はIEC 61508準拠として開発され、TÜVの認証済みです。また、IEC 61784-3として国際規格になっています。このプロトコルは機能安全性SIL3までの安全アプリケーションに対応します。

Safety over EtherCATでは通信システムはいわゆるブラックチャンネルとよばれる概念を使用し、通信経路を機能安全として考慮する必要がありません。標準通信システムとしてEtherCATを使用し、1つの経路で標準データと安全データを通信します。

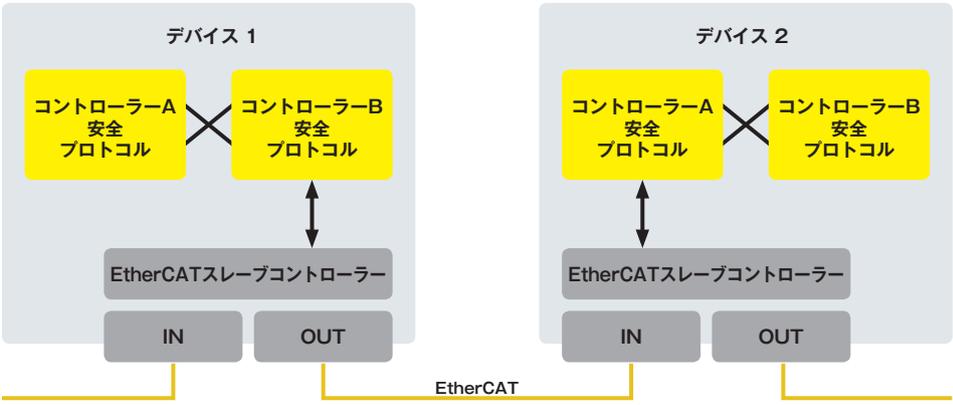
安全フレームはセーフティコンテナと呼ばれ、安全プロセスデータやデータの信頼性を保証するための追加データからなります。セーフティコンテナは通信プロセスデータの一部として通信します。データ通信が安全であるかどうかは通信技術には依存せず、EtherCAT以外の経路も使用できます。セーフティコンテナはフィールドバスシステム内を伝送しますが、イーサネットやその他の通信技術も使用でき、銅線ケーブル、光ファイバーやワイヤレス通信も使用できます。



周期プロセスデータ内のセーフティコンテナ

この柔軟性により、装置内の機能安全部分のネットワーク接続はより単純な構造になります。セーフティコンテナは複数のコントローラーを通過し、装置内の様々な場所で処理されます。これにより装置の非常停止機能で全装置、または装置内の一部の機能だけを停止というようなシステム設計の選択が可能となります。例えば装置内のネットワークの一部がイーサネットなどの他のネットワークで接続されているような場合でも可能です。

FSoEプロトコルをデバイスに実装するのに必要なリソースは非常に小さく、低機能なCPUでも高性能かつ短い応答時間を実現できます。ロボット産業で安全モーション制御アプリケーションが使用されていますが、その閉ループ制御は8kHzで動作しています。



ブラックチャネルの概念: 標準通信インターフェースの使用

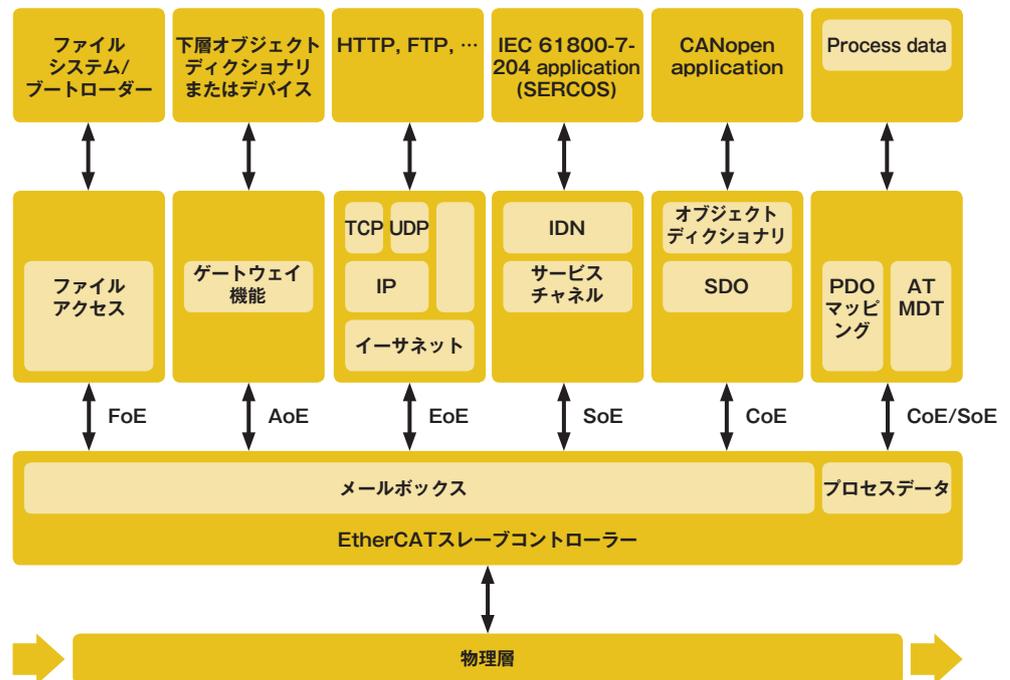
Safety over EtherCATに関する詳しい情報は以下のウェブサイトを参照してください。  
[www.ethercat.org/safety](http://www.ethercat.org/safety).

# 通信プロファイル

スレーブデバイスの設定や診断を行うために非同期通信によるスレーブアプリケーション層のパラメーターへのアクセス機能があります。これはメールボックス通信という信頼性の高い方法で行い、通信エラー時には自動的にエラー回復処理を行います。

多様なデバイスとアプリケーション層をサポートするために以下のようなEtherCAT通信プロファイルが規定されています。

- CAN application protocol over EtherCAT (CoE)
- Servo drive profile over EtherCAT (SoE) (IEC 61800-7-204準拠)
- Ethernet over EtherCAT (EoE)
- File Access over EtherCAT (FoE)
- ADS over EtherCAT (AoE)



ネットワーク内に様々な通信プロファイルを混在可能

スレーブデバイスが全ての通信プロファイルをサポートする必要はありません。デバイスの機能に合わせて最も適切な通信プロファイルを選択してください。マスターデバイスはスレーブデバイスのESIファイルを参照してスレーブに実装されている通信プロファイルの種類を認識します。

### CAN application protocol over EtherCAT (CoE)

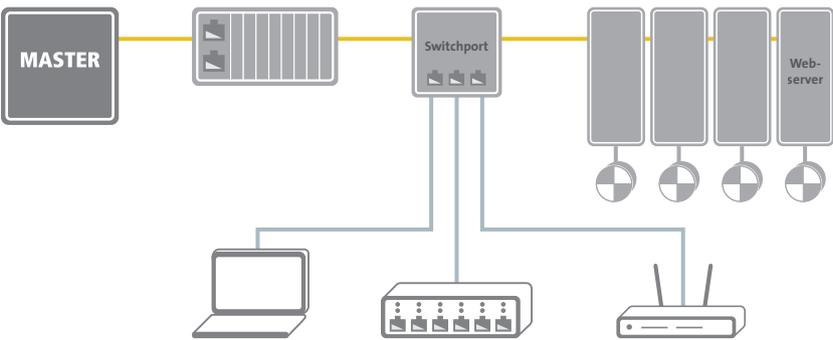
CoEプロトコルではEtherCATはEN 50325-4で規定されているCANopen®規格と同一の通信メカニズムを提供します。CoEではオブジェクトディクショナリ、PDO (プロセスデータオブジェクト) マッピングやSDO (サービスデータオブジェクト)などをサポートし、ネットワーク管理方法もCANopenとほぼ同様です。既にCANopenに対応したデバイス開発の経験があれば最小限の工数でEtherCATにCoEを実装でき、CANopenのプロトコル処理ソフトウェアの大部分は再利用できます。CANopen仕様による8バイトのPDOサイズ制限はなく、EtherCATの大きな帯域を活用したオブジェクトディクショナリ全体のアップロードなどの拡張が行われています。CiA 402ドライブプロファイルのようなデバイスプロファイルもEtherCATで再利用できます。

### Servo drive profile over EtherCAT (SoE)

SERCOS™はリアルタイム通信インタフェースとして知られ、特にモーション制御の分野で使用されています。SERCOS™のサーボドライブプロファイルは国際規格IEC 61800-7で規定されています。この規格にはこのデバイスプロファイルのEtherCATへの適用が含まれています。全てのドライブ内部パラメータや機能へのアクセス方法を含め、サービスチャネルはEtherCATメールボックスを使用します。

### Ethernet over EtherCAT (EoE)

EtherCATはイーサネットの物理層とイーサネットフレームを使用します。イーサネットという言葉はTCP/IPコネクションを使用したITアプリケーションによるデータ通信という意味で使われることもあります。



標準ITプロトコルの透過通信

Ethernet over EtherCAT (EoE) プロトコルを使用すると、イーサネットデータ通信をEtherCATセグメント内で伝送できるようになります。イーサネットデバイスはスイッチポートと呼ばれるデバイスを介してEtherCATセグメントに接続します。イーサネットフレームはEtherCATプロトコルでトンネル化します。伝送方法はインターネットプロトコルとよく似ています（例、TCP/IP、VPN、PPPoE(DSL)など）。このような方法でEtherCATネットワーク内でイーサネットデバイスへの通信を実現しています。スイッチポート機能のあるデバイスはTCP/IPフレームの分割データをリアルタイム通信が影響を受けないように通信します。

また、EtherCATデバイス自身でイーサネットプロトコル（HTTPなど）をサポートでき、EtherCATセグメント外から標準イーサネットノードのようにアクセスできます。マスターデバイスはレイヤ2スイッチに相当する機能を提供し、EoE経由で対応するノードにフレームを送信します。以上のようにEtherCAT環境内でウェブサーバー、E-mail、FTPなどのあらゆるIT技術を実装できます。

## File access over EtherCAT (FoE)

TFTP (Trivial File Transfer Protocol) に類似した簡単なプロトコルを使用してデバイス内のファイルへアクセスしたり、ネットワーク経由でデバイスのファームウェアをアップロードすることも可能です。このプロトコル仕様は実装がコンパクトになるように設計されており、ブートローダープログラムで実行できるように考慮されています。

## ADS over EtherCAT (AoE)

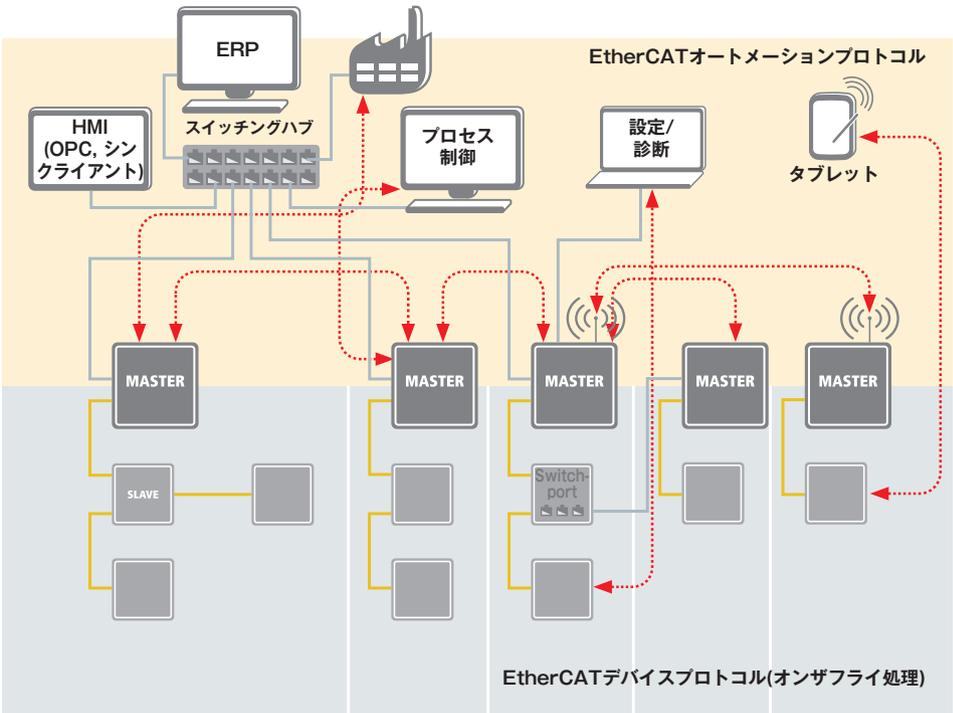
ADS over EtherCAT (AoE)はEtherCAT仕様で定義されたメールボックス通信経由のクライアント・サーバープロトコルです。CAN application protocol over EtherCAT (CoE)のようなプロトコルが意味論的処理を逐次に行うのに対し、AoEは従来のプロトコルを補完し、ルーティングかつ並列処理可能なサービスが可能となるように設計されています。例えば、ゲートウェイデバイスを使用してEtherCATネットワークから下層のサブネットワークにアクセスするための手段として使用し、PLCプログラムからCANopen®、IO-Link™やその他のフィールドバスシステムにアクセスできます。

AoEはインターネットプロトコル(IP)にある同様のサービスと比べ、極めてオーバーヘッドが小さくなります。送信側と受信側をアドレス指定するパラメータは常にAoEテレグラム内に含まれています。このため、サーバー側とクライアント側の両方において非常にコンパクトなコードで実装できます。AoEはEtherCATオートメーションプロトコル（EAP）の非周期通信のプロトコルとしても使用でき、MESシステム、EtherCATマスターおよびゲートウェイ経由で接続した下層のフィールドバスデバイス間とシームレスな通信機能を提供します。AoEはEtherCATネットワークの診断情報をリモート診断ツールで取得するための標準的方法としても使用します。

# EtherCATオートメーションプロトコル (EAP) による工場レベル通信

プロセス制御レベル専用の通信方法は、マスター・スレーブデバイス間のEtherCATデバイスプロトコルとはやや異なる要件が要求されます。通常、装置間や装置の各部はステータス情報や次の製造段階に関するデータを相互に交換しなければならないことがあります。さらに、集中管理を行うコントローラーが製造過程全体を監視し、ユーザーに生産状態を通知し、各種装置に生産指令を発行します。

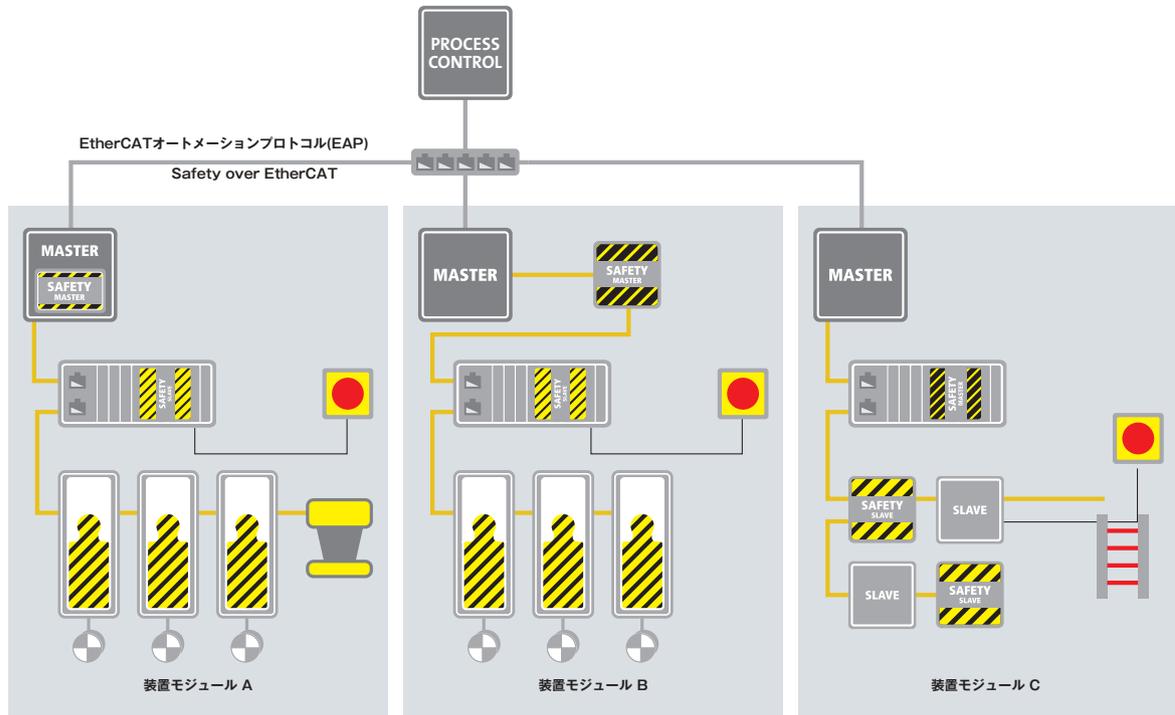
EtherCATオートメーションプロトコル (EAP) はこれらの要件を満たすプロトコルです。



EtherCATオートメーションプロトコル(EAP)による工場レベル通信

このプロトコルは次のようなインターフェースとサービスを定義しています。

- EtherCATマスターデバイス間のデータ交換 (マスター間通信)
- マンマシンインターフェース (HMI)の接続
- 上位監視装置からの下層のEtherCATセグメント内デバイスへのアクセス (ルーティング)
- デバイスを含め、装置または工場全体の統合設定ツール



EtherCATオートメーションプロトコルとSafety over EtherCATによる工場レベル通信のアーキテクチャー

EAPで使用する通信プロトコルは国際規格IEC 61158に含まれています。

EAPは一般のイーサネットコネクションで通信を行い、ワイヤレス通信にも対応しているため、半導体製造や自動車産業の広く使用されているような自動搬送機 (AGV) への応用も可能です。

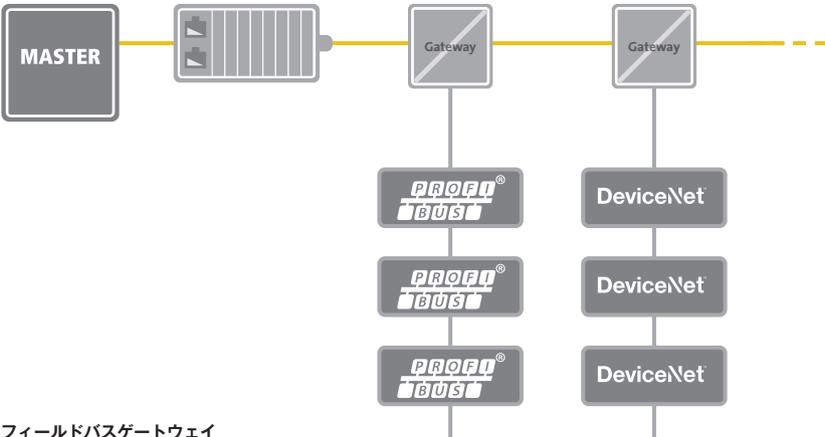
EAPの周期プロセスデータ通信はプッシュ型またはポーリング型のいずれにも対応しています。プッシュ型では各ノードは自身のデータをそれぞれのサイクルタイムで送信します。複数のノード宛の通信も可能です。各受信側では特定の送信側からのデータ受信を設定できます。送信側と受信側のデータの設定はオブジェクトディクショナリを介して行います。ポーリング型ではノード (通常、集中制御コントローラー) は他のノードに向けてテレグラムを送信します。各ノードはそのテレグラムの応答として自身のテレグラムを送信します。

周期EAP通信はイーサネットフレームに直接入れることができ、この場合は追加の通信やルーティングプロトコルは使用せず、イーサネットヘッダーのEtherTypeに0x88A4を指定することでEtherCAT専用のフレームであることを識別できます。この方法では、ミリ秒オーダーの周期でEAPによる高速データ交換が可能となります。装置間でフレームのルーティングが必要な場合は、UDP/IPまたはTCP/IPによるプロセスデータ通信を行います。

また、Safety over EtherCATプロトコルを使用してEAP経由で安全データの通信が可能です。大規模な装置に対して各部の安全データの交換により装置全体を緊急停止したり、隣接する装置の非常停止を通知したりする場合にEAP経由の安全データ通信を行います。

# フィールドバスシステムの統合

EtherCATは帯域に余裕があり、EtherCATをバックボーンとして従来のフィールドバスネットワークをゲートウェイ経由で統合できます。従来のフィールドバスで構成された装置や装置の一部をEtherCATに組み込み、EtherCATへ移行するための工数を削減したい場合に有効な方法です。EtherCATインタフェースをまだサポートしていないデバイスを使用した場合の代替手段になります。



フィールドバスゲートウェイ

EtherCAT - フィールドバスゲートウェイを使用すると、フィールドバス専用インタフェースを拡張するためのスロットが不要となりコントローラーのサイズをコンパクト化できます。旧来はフィールドバスマスター、高速シリアルインタフェースやその他の通信サブシステムなどの高機能なデバイスの接続には拡張スロットが必要でした。EtherCATではスレーブとしてネットワークポートにフィールドバスへのゲートウェイをケーブルで接続するだけです。下層のフィールドバスとのプロセスデータはEtherCATシステムのプロセスイメージとして直接アクセスできます。



# EtherCAT, インダストリー4.0およびIoTによるデジタルトランスフォーメーションの強化



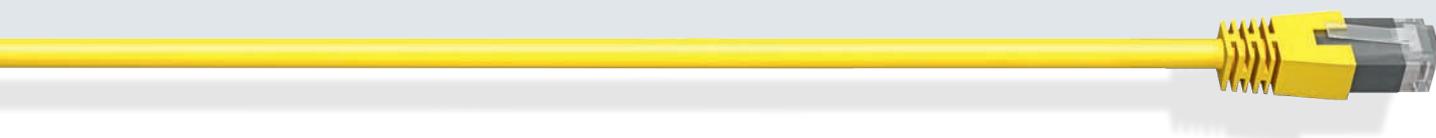
プロセス最適化、予防保全、MaaS、適応システム、省資源、スマートファクトリー、コスト削減など、制御ネットワーク内のデータを上位システムで活用するための十分な理由は挙げきれないほどあります。Internet of Things (IoT)、インダストリー4.0、中国製造2025、インダストリアル・バリューチェーン・イニシアチブなどの活動がおこなわれていますが、包括的に全てのネットワークレベルにおいてシームレスかつ持続的に標準化された通信方式が共通の要件になっています。例えば、分散デバイス内にERPシステムからレシピやパラメーターをダウンロードすると同時にクラウドシステムにセンサーデータをアップロードする場合や、2台の装置間で共有する搬送システムがある場合など、垂直および水平方向の通信が必要になります。

EtherCATは高性能、柔軟性かつオープンな相互接続機能に優れ、これらのデジタルトランスフォーメーションの要件を本質的に満たしています。上位システムの性能はビッグデータの処理機能を制御ネットワークに付加するために必要になります。EtherCATは既存システムのコントローラーの設定変更やスレーブデバイスの更新をしなくてもクラウドへの接続機能を追加できる柔軟性を備えています。エッジゲートウェイを使用すると、EtherCATマスターのメールボックスゲートウェイ機能を經由してあらゆるEtherCATスレーブデバイス内のデータにアクセスできます。エッジゲートウェイはリモートデバイスとしてマスターにTCPまたはUDP/IPでネットワーク通信したり、EtherCATマスター自体と同じハードウェア内にソフトウェアとして共存も可能です。

さらに、オープンインターフェースには、OPC UA、MQTTあるいはAMQPなどのあらゆるITベースのプロトコルを統合でき、マスター内もしくは直接スレーブデバイス内からIoTサーバーと直接に通信リンクを確立し、センサーからクラウドまでをシームレスに接続できます。

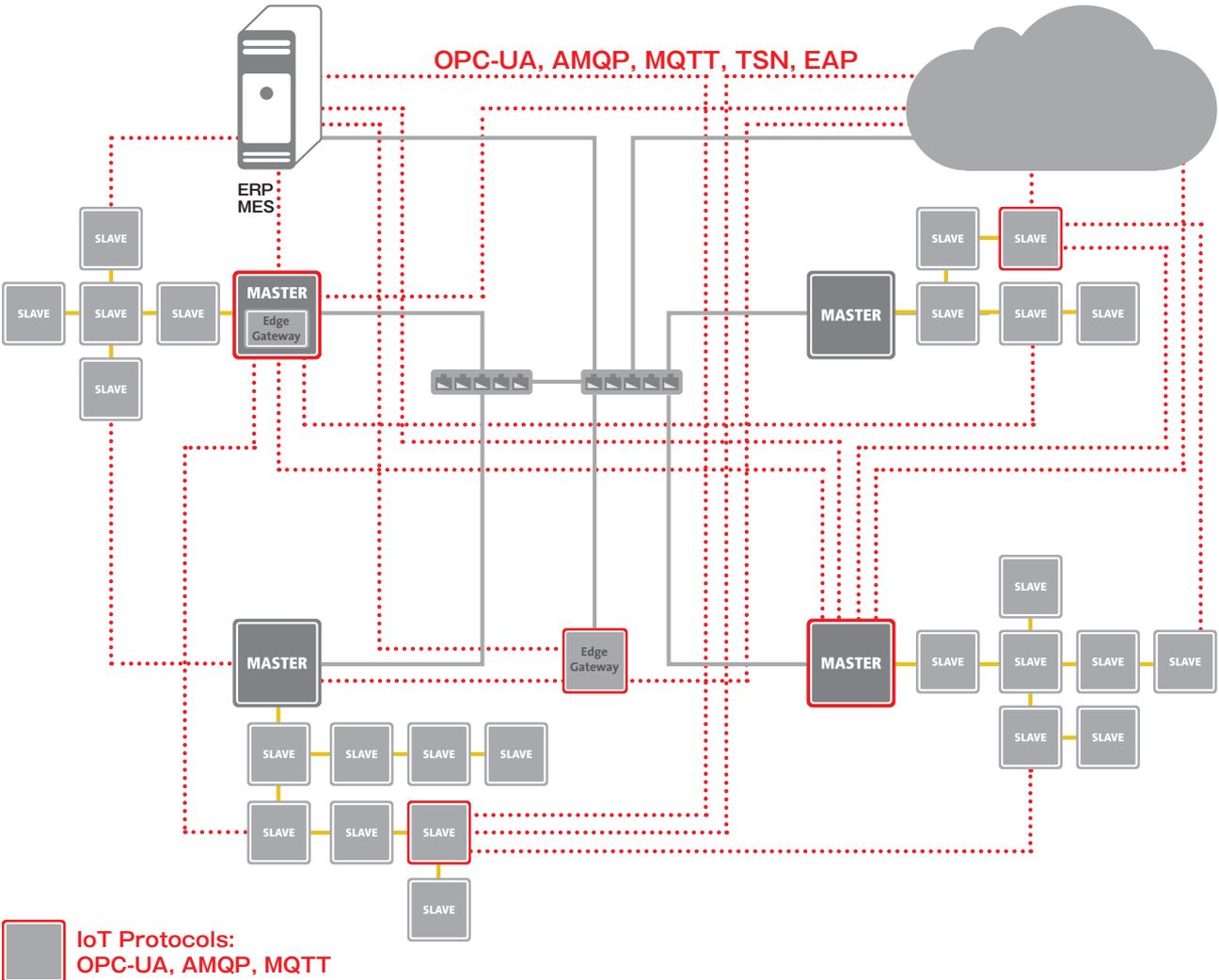
これらの機能は既にEtherCATプロトコルの機能として含まれていて、EtherCATがいかに先見の明のあるプロトコルであるかを示しています。また、これに加えてより多くのネットワーク機能が追加され、EtherCATは進化し続けます。もちろん、進化・発展を続ける上で過去と互換性を維持することも重要です。有益な新しい機能を導入するにはネットワーク全体の互換性、過去との連続性を保持しなければなりません。この点においてEtherCATプロトコルは2003年の発表以来常に「バージョン1」として安定版であり続けます。

その他のこの分野の進展としてタイムセンシティブネットワーキング (TSN) 機能があり、コントローラー間通信のリアルタイム通信機能の改善が期待できます。TSNを使用すれば工場ネットワーク越しに制御システム内のEtherCATネットワークにまでリアルタイムでアクセスでき、クラウドベースまでの拡張も考えられます。EtherCATは通常、ネットワーク全体に1個のフレームだけを送信して通信を完了できるので、このアクセス方式は他のフィールドバスや産業用イーサネットに比べてコンパクトな実装かつ高速レスポンスを実現できます。実際にEtherCAT Technology Groupの技術専門スタッフがIEEE 802.1のTSNタスクグループの初日、つまりTSNがAVBとして策定されていた頃から参画しています。



また、EtherCAT Technology Group (ETG) はOPC Foundationとパートナー関係を結んだ最初のフィールドバス団体でもあります。OPC UAプロトコルはスケーラブルかつセキュリティ機能を有するTCP/IPベースのクライアント・サーバー型通信技術であり、EtherCATポートフォリオを補完するものです。セキュリティ機能によりMES/ERPシステム間のデータ通信の暗号化に対応します。OPC UA Pub/SubではOPC UAのユーザビリティが大きく改善され、装置間 (M2M) アプリケーションやクラウドベースサービスとの垂直通信のリアルタイム性が向上します。ETGはこれからも継続的かつアクティブにこれらのすべての活動に貢献し、EtherCATネットワーク環境とシームレスな連携の確保に努めています。

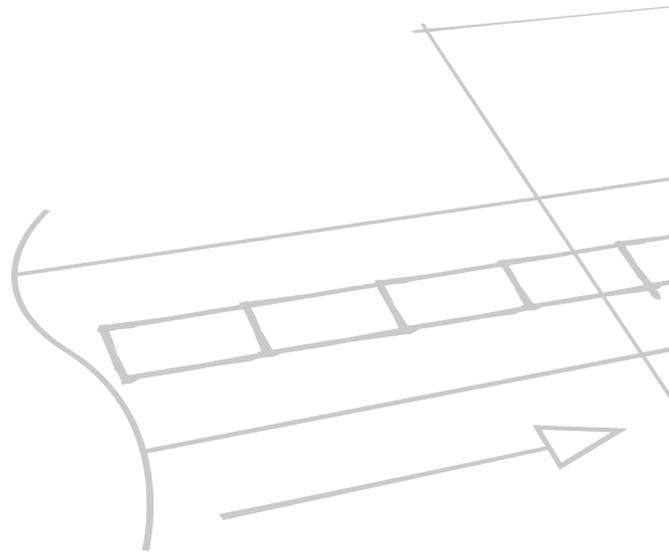
つまり、EtherCATはIoT-Readyではなく、EtherCAT自体がIoTなのです。





# EtherCAT

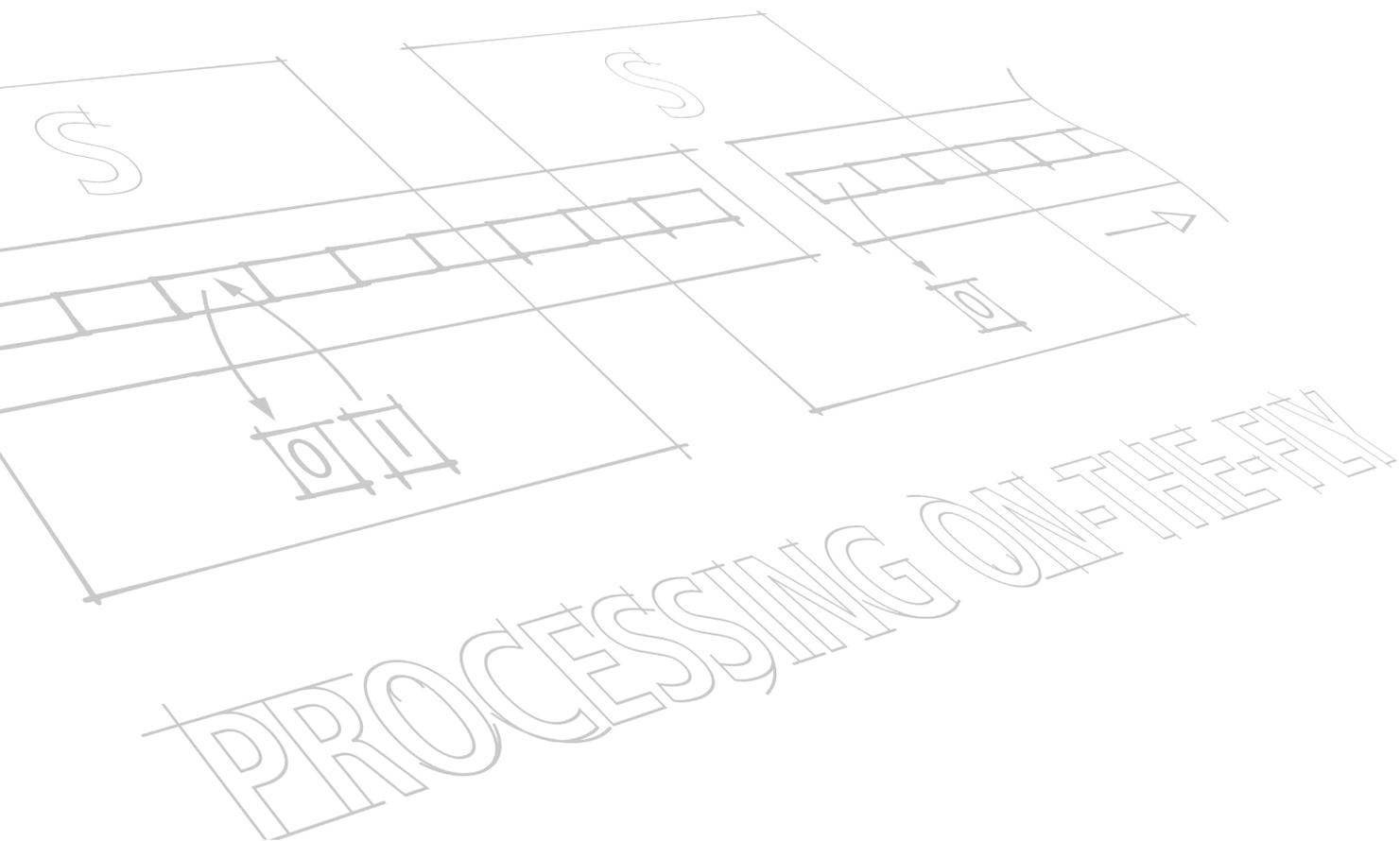
## インタフェースの実装



EtherCAT技術は特に低コスト設計のための最適化を行っているので、センサー、I/Oデバイスや組み込み型コントローラーにEtherCATインターフェースを追加してもほとんどデバイスのコストは増加しません。さらに、EtherCATインターフェースには高速なCPUは必要なく、CPUに必要な性能要件はスレーブのアプリケーション機能の実行性能だけを考慮することになります。

また、ハードウェアとソフトウェアの要件としては、開発のためのサポートと通信プロトコルスタックが必要になります。EtherCAT Technology Groupでは全世界で迅速な質問への回答や技術課題への対応体制を提供しています。各メーカーから開発用の評価キットや開発者向けワークショップ、さらには無料のスレーブサンプルコードを提供しているので容易に開発に着手できます。

エンドユーザーにとって最も大事なことはマルチベンダー環境におけるEtherCATデバイス間のインタオペラビリティです。インタオペラビリティの向上のためにはデバイスメーカーがデバイスのコンFORMANCEテストを実施し、合格後に製品を販売しなければなりません。コンFORMANCEテストはその実装がEtherCAT仕様に適合しているかを検査します。このテストはEtherCATコンFORMANCEテストツールによって行います。コンFORMANCEテストはデバイスの開発過程でも実施することができ、早期の実装上の問題の修正に役立ちます。



EtherCATマスターデバイスに必要なインターフェースは単純明快であり、イーサネットポートだけです。マスターの実装にはオンボードのイーサネットコントローラーや一般的な標準ネットワークカードを使用でき、特別なインターフェースカードは必要ありません。したがって、標準イーサネットポートがあればマスターデバイスはEtherCATのリアルタイムネットワーク機能を実装できます。

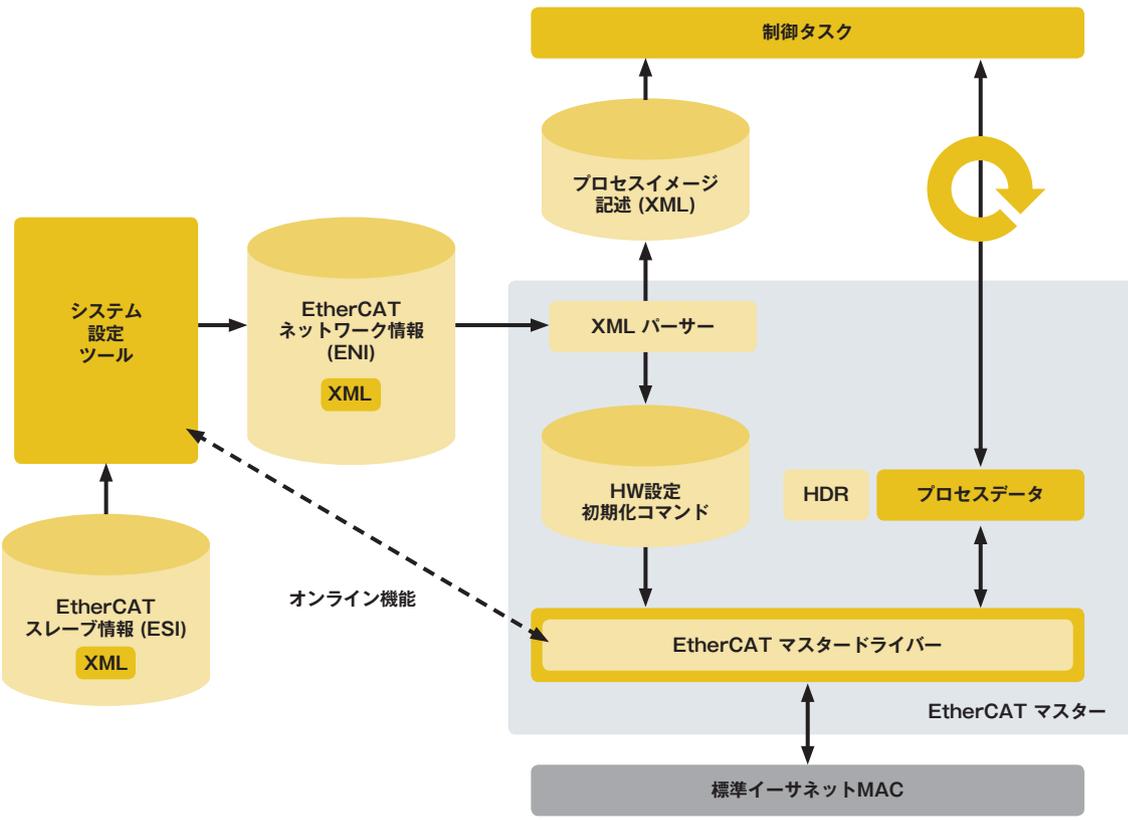
ほとんどの場合、イーサネットコントローラーにはダイレクトメモリアクセス (DMA) 機能が内蔵されているので、マスターデバイスとネットワーク間のデータ交換にはCPUには負荷がかかりません。EtherCATネットワークではスレーブ側でデータのマッピング処理を行います。各スレーブデバイスはプロセスイメージの正しい場所にデータを書き込み、指定された場所からデータを読み出します。この処理はフレームを通過させながら行います。このため、プロセスイメージがマスターデバイスに戻ってきたときにはマスターはイメージをそのまま使用できます。

マスターデバイスのCPUはプロセスイメージのデータの並び替えを行う必要がないので、EtherCATインターフェースの処理ではなく、アプリケーションで実行する処理に処理時間を割くことができます。ネットワークの規模が比較的小さく、定型的なアプリケーションに特化する場合は特にEtherCATマスターの実装は非常に容易です。EtherCATマスターデバイスは多様なオペレーティングシステムに対応しています。例えば、Windows、様々なディストリビューションのLinux、QN X、RTX、VxWorks、Intime、eCosなどの実装例があります。

ETGメンバーによるEtherCATマスターの実装サポートサービスもあり、各種リアルオペレーティングシステムやCPUに対応したマスタースタックや、無償のEtherCATマスターライブラリが提供されています。

EtherCATマスターのネットワーク処理には、周期プロセスデータの構成や各スレーブの起動時設定コマンドなどが必要になります。これらのコマンドはEtherCATネットワーク情報 (ENI) ファイルとしてマスターが読み込みます。ENIファイルはネットワーク内に接続したスレーブのEtherCATスレーブ情報 (ESI) ファイルを基にしてEtherCAT設定ツールで作成します。

マスターの実装には多様性があり、サポートしている機能やオプション機能が異なります。適用したいアプリケーションによって、ハードウェア性能やソフトウェア資源の最適化のために目的に合わせてオプション機能の追加や削除を行えます。この目的のためにEtherCATマスターデバイスを2つのカテゴリに分けています。クラスAマスターは標準的なEtherCATマスターデバイスであり、クラスBマスターは実装機能が削減されています。原則として全てのマスターはクラスAのカテゴリとして実装することを推奨しています。クラスBは低コストCPUによる組み込みシステムなど、全機能のサポートにハードウェアやソフトウェアの資源が不足するような場合にだけ採用します。



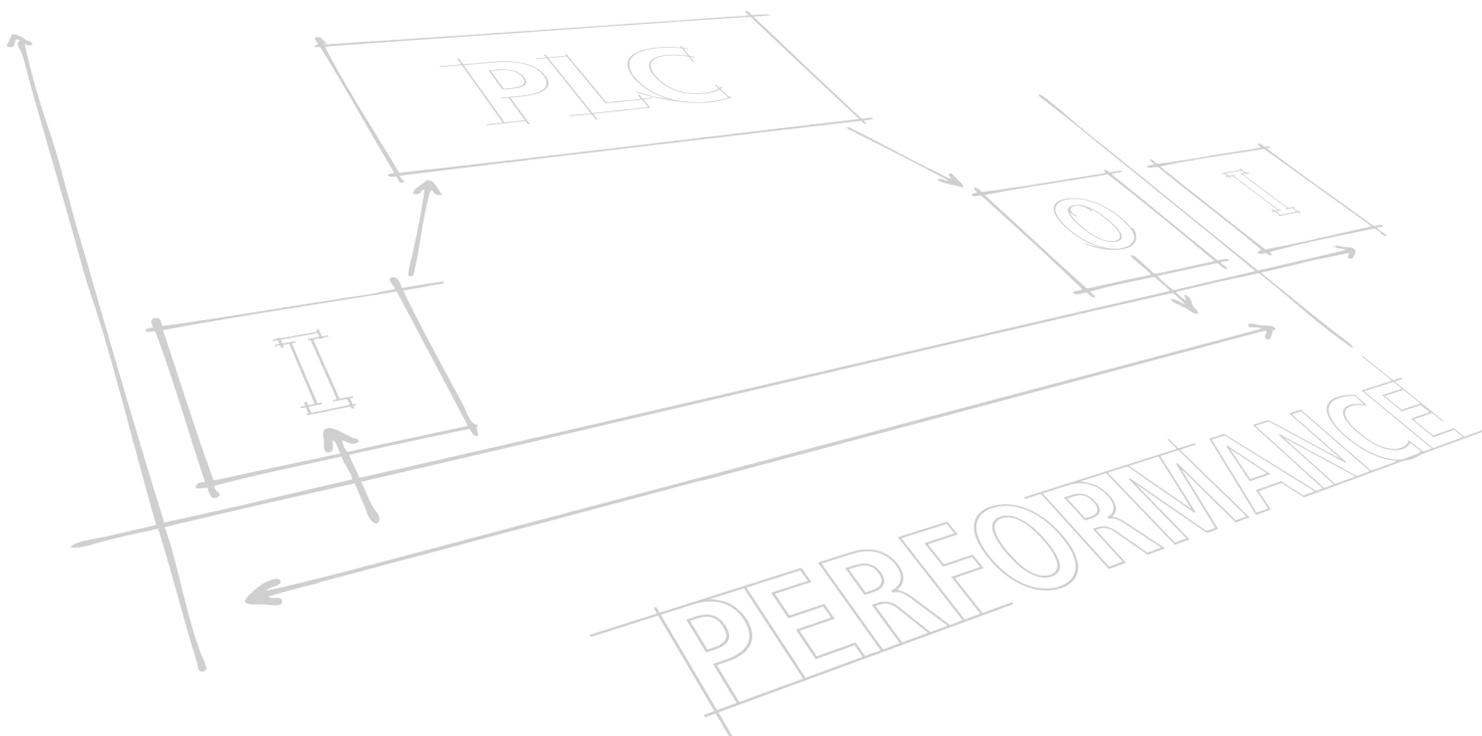
EtherCATマスターのアーキテクチャー

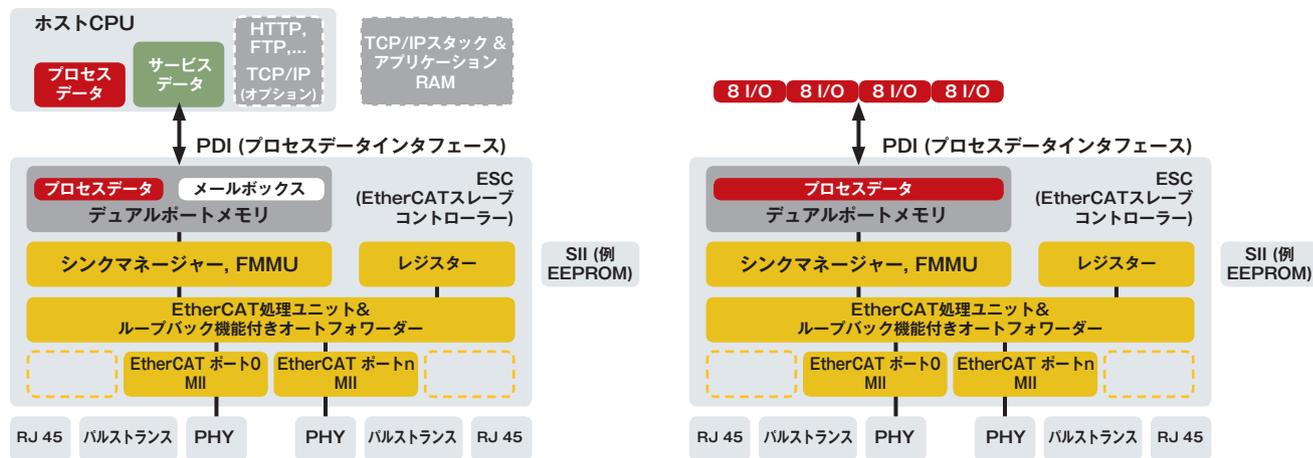
## スレーブデバイスの実装

EtherCATスレーブデバイスには低コストのEtherCATスレーブコントローラー（ESC）を使用します。ESCはASIC、FPGAまたはマイコン内蔵型などのタイプがあります。シンプルスレーブデバイスはマイコンを使用せず、ESCのデジタル入出力機能を使用してスレーブを構成します。コンプレックススレーブデバイスではマイコンに必要な性能は最小限でよく、ほとんどの場合8ビットマイコンでも実装できます。

EtherCATスレーブコントローラーは複数のメーカーから供給されており、内部DPRAMのサイズやフィールドバスメモリ管理ユニット（FMMU）の数などが異なります。アプリケーション用のマイコンがDPRAMやレジスタにアクセスするために使用するプロセスデータインターフェース（PDI）もSPIやパラレルマイコンインターフェースなどがあります。

- 32ビットパラレルI/Oインターフェースは合計32点までのデジタル入出力に最適です。デジタル入出力で制御できるようなセンサーやアクチュエーターを、アプリケーション用マイコンを実装することなく実現できます。
- SPIはマイコンと接続が単純であり、アナログI/O、エンコーダーやその他の単純なデバイスなどプロセスデータサイズが比較的小さい場合に適しています。
- 8/16ビットパラレルマイコンインターフェースは最も一般的であり、大きなプロセスデータを通信する高機能なノードに適しています。
- FPGAやマイコン内蔵型ESCの場合は、そのアーキテクチャーに最適な同期バスなどが採用されています。





スレーブハードウェア: コンプレックスデバイス  
EtherCATスレーブコントローラー + ホストCPU

スレーブハードウェア: シンプルデバイス  
EtherCATスレーブコントローラー + ダイレクトI/O

ハードウェア設定はEEPROMなどの不揮発性メモリに保存し、スレーブ情報インタフェース (SII) と呼ばれます。SIIには基本的なデバイスの機能に関する情報が格納されていて、マスターは起動時にその内容を読み出します。また、スレーブのESIファイルが内容な場合でもSIIの情報からデバイスを動作させることができます。ESIファイルはデバイスとともに提供されるXMLベースのファイルであり、ネットワークアクセスに関する全ての情報が記述されています。ESIにはプロセスデータやそのマッピング方法、デバイスがサポートしているメールボックスプロトコルやオプション機能、サポートしている同期モードなどが含まれます。ネットワーク設定ツールはこの情報を基にオンラインまたはオフラインでEtherCATネットワークの設定を行います。

スレーブデバイスの実装には様々なメーカーから評価キットが販売されています。これらのキットにはスレーブアプリケーションソフトウェアのソースコードが含まれ、スレーブ機能のテスト用マスターが同梱されていることもあります。評価キットを使用すると、簡単な手順でEtherCATスレーブの機能追加やそのテストを行えます。

ETGウェブサイトではスレーブ開発を着手するにあたって、開発のヒントとなるスレーブ実装ガイドを提供しています。

# パフォーマンスと認証



通信規格の普及には2つの重要項目があり、それはパフォーマンスとインタオペラビリティです。EtherCAT Technology Groupはこの2点を非常に重要視しています。デバイス実装のパフォーマンステスト（EtherCATパフォーマンステストツールによる自動テスト）が必須であることに加え、EtherCATマスターとスレーブデバイスおよび設定ツール間のインタオペラビリティの向上を目的として幅広い活動を行っています。

## プラグフェスト

マルチベンダー環境のインタオペラビリティの確認には、実際に多数のデバイスと接続テストを実施することが最も実践的です。この観点からETGでは毎年複数回のプラグフェストを開催しています。プラグフェストは2日間のイベントです。この期間内にマスターとスレーブデバイスメーカーが集まり、相互に接続を行って動作の確認を行います。このテスト結果をもとに各メーカーはデバイスの改善を行います。参加者は実装のヒントや注意点などを共有したり、ETGの技術者からアドバイスを受けられます。ETGはヨーロッパ、北アメリカと日本でプラグフェストを開催しています。

## EtherCATパフォーマンステストツール

EtherCATパフォーマンステストツール (CTT) はEtherCATスレーブデバイスの動作を自動的にテストするためのソフトウェアです。

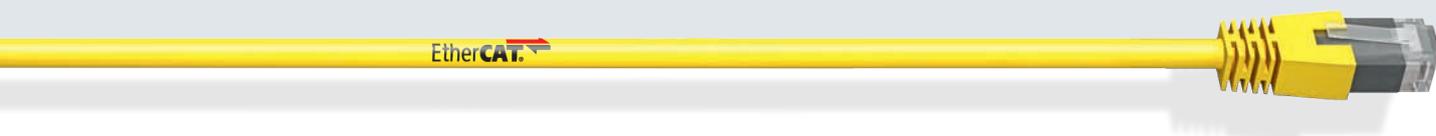
CTTはWindowsアプリケーションとして動作し、標準イーサネットポートでテストを実行できます。CTTは被テストデバイス (DuT) にEtherCATフレームを送信し、そのレスポンスを受信します。DuTが仕様どおりのレスポンスを行えば、そのテストケースは合格として記録されます。テストケースはXMLファイルで記述されているので、CTTのソフトウェアはそのままテストケースを独立して拡張できるようになっています。

テストケースの仕様作成とリリースはETGパフォーマンス技術作業部会 (TWG) によって行われます。

プロトコルのテストに加えて、CTTではEtherCATスレーブ情報 (ESI) ファイルの内容とデバイスが一致しているかも検査します。さらに、CTTはCiA 402ドライブプロファイルのようなデバイス固有のプロトコルテストも実施できます。

全てのテスト経過と結果はテストログに記録され、保存や判定結果の解析を行いデバイスのパフォーマンスの改善を行えます。

ETGでは継続的にCTTのテストケースをメンテナンスするとともに、新規のテストケースの追加を行っています。デバイスメーカーは最新バージョンのCTTとテストケースを使用してデバイスのパフォーマンスを確認することが重要です。CTTは年間使用契約で提供されています。CTTはEtherCATインタフェースの実装などデバイス開発の初期段階から使用することで早期にエラーを修正し、デバイス開発を支援します。



## コンFORMANCE技術作業部会

EtherCATコンFORMANCEテストポリシーでは、デバイスメーカーは現行バージョンのEtherCATコンFORMANCEテストツールを使用したEtherCATデバイスのテストに合格することを製品販売のための最低条件としています。メーカーによって自己テストを行う場合と、公式EtherCATテストセンターで受検する場合があります。

ETG技術委員会 (TC) はコンFORMANCE技術作業部会 (TWG) を設置し、テスト手順、テスト内容、コンFORMANCEテストツールの実装機能を決定します。コンFORMANCE TWGは継続的にテストの拡張や高度化をすすめています。

コンFORMANCE TWGは、多数の多彩なデバイスからなるネットワーク内インタオペラビリティテスト仕様もリリースしました。

## EtherCATテストセンター

公式EtherCATテストセンター (ETC) はETGが認定した機関であり、公式EtherCATコンFORMANCEテストを受検できます。EtherCATコンFORMANCEテストには、CTTで実施するプロトコルテスト、相互接続確認のネットワークを使用したインタオペラビリティテストやデバイスのインジケータ、ラベルの検査、EtherCATインタフェースのテストを行います。

ETCでのEtherCATコンFORMANCEテストの受検は義務ではありませんが、デバイスメーカーはこのテストに合格することを推奨します。EtherCATコンFORMANCEテストに合格すると、合格したデバイスに対してETGはEtherCATコンFORMANCEテスト合格認定証を発行します。認定証はETCのテストに合格したデバイスにだけ発行され、自己テストに対しては発行されません。

公式EtherCATテストセンターで行うテストはCTTだけでなく追加のテストを行い、EtherCATの実装について高いレベルで仕様に対するコンFORMANCE、動作状態、診断などを確認します。エンドユーザーは製品選定の際にEtherCATコンFORMANCEテスト合格認定証の有無をご確認ください。

コンFORMANCEテストやEtherCATテストセンターに関する詳しい情報をETGウェブサイトを提供しています。

[www.ethercat.org/conformance](http://www.ethercat.org/conformance)

# www.ethercat.org

EtherCATウェブサイトでは技術情報、近日開催のイベント情報、EtherCAT最新製品やメンバー企業一覧などを掲載しています。EtherCATデバイスの機能安全やコンフォーマンスに関するページもあります。ダウンロードセクションにはセミナーなどのプレゼンテーション資料、掲載記事などを提供しています。

## EtherCAT製品ガイド

EtherCAT製品ガイドはETGメンバー企業のEtherCAT製品やサービスの一覧表と製品ごとの紹介ページで構成されています。

[www.ethercat.org/products](http://www.ethercat.org/products)

掲載製品に関するお問い合わせは個別ページに記載されているメーカー連絡先まで直接ご連絡ください。

## イベントセクション

イベントセクションにはETG主催や共催する世界中のイベント情報を提供しています。

[www.ethercat.org/events](http://www.ethercat.org/events)

技術作業部会ミーティング、展示会情報、EtherCATワークショップや産業用Ethernetセミナーなどの開催情報を紹介しています。

## メンバーエリア

ETGメンバーはウェブサイト内のメンバー専用エリアにアクセスできます。

[www.ethercat.org/memberarea](http://www.ethercat.org/memberarea)

メンバー専用エリアにはEtherCAT仕様書、開発者フォーラムやナレッジベースなど、デバイスの開発、システム設定やネットワーク診断に有用な情報があります。

The screenshot shows the EtherCAT website homepage. At the top, there is a navigation bar with links for EN, DE, CN, JP, Home, News, Events, Press, Contact, and Member Area. Below the navigation bar is a search bar and a sidebar with links for EtherCAT, News, FAQ, Member Area, Vendor ID, Product Guide, Downloads, Conformance, EtherCAT P, Seminars, Developer Forum, and Knowledge Base. The main content area features a large banner with the EtherCAT logo and the tagline 'The Ethernet Fieldbus'. Below the banner, there are several sections: 'EtherCAT' (describing it as an open architecture), 'EtherCAT Technology Group' (describing it as an OEM), 'EtherCAT Technology Group is...' (describing it as a 44-member consortium), 'ETG ニュース' (news), '最新登録製品' (latest registered products), and '年 イベント予定' (annual event schedule). The news section includes an announcement about the 2017 Open Network (ON) and the 2017/07/18 (8/24) (ON) / 8/29 (ON) (ON) release. The products section lists EtherCAT P HiGear Back Control Board and EtherCAT P HiGear Back Control Board. The event schedule lists the 2017 Open Network (ON) in Tokyo, Japan (2017/09/24), the 2017 Open Network (ON) in Osaka, Japan (2017/09/29), EtherCAT Roadshow in China (2017/09/12), and EtherCAT Roadshow in Russia (2017/09/13).



## コンタクト

### ETG 本部

Ostendstraße 196  
90482 Nuremberg  
Germany  
Phone: + 49 (911) 5 40 56 20  
Fax: + 49 (911) 5 40 56 29  
info@ethercat.org

### ETG日本オフィス

〒231-0062 横浜市中区桜木町1-1-8  
日石横浜ビル 18F  
Phone: 045 (650) 1610  
Fax: 045 (650) 1613  
info.jp@ethercat.org (問い合わせ窓口)  
support.jp@ethercat.org (技術サポート)

### ETG 北米オフィス

Port Orchard, WA, USA  
Phone: +1 (877) 384-3722  
Fax: + 1 (512) 535 1437  
j.stubbs@ethercat.org

### ETG 中国オフィス

Beijing, P. R. China  
Phone: + 86 (10) 5830 1239  
Fax: + 86 (10) 5830 1286  
info@ethercat.org.cn

### ETG 韓国オフィス

Seoul, Korea  
Phone: + 82 (2) 2107 3240  
Fax: + 82 (2) 2107 3969  
keyyoo@ethercat.org

03/2018

EtherCAT®, EtherCAT P®, Safety over EtherCAT®, Beckhoff Automation GmbH(ドイツ) がライセンスを受けた特許取得済み技術であり登録商標です。CANopen®はCAN in Automation e.Vの登録商標です。IO-Link™はPROFIBUS Internationalの登録商標です。SERCOS interface™はSERCOS International e.Vの登録商標です。SEMI®はSemiconductor Equipment and Materials International (SEMI)の登録商標です。本サイト上に記載された社名、製品名は 各社の商標もしくは登録商標であり、第三者の自身の目的による使用はその所有者の権利を侵害する可能性があります。