

**BECKHOFF** New Automation Technology

EtherCAT – 超高速  
リアルタイムイーサネット



# EtherCAT: フィールドからI/Oまで リアルタイム イーサネットの 世界標準

2003年、ベッコフはEtherCATテクノロジーを市場に導入しました。初期の創設メンバー33社によって、EtherCAT Technology group (以下、ETG)が設立されました。以来ETGは、EtherCATテクノロジーの標準化とインタオペラビリティ維持を目的に運営しています。世界最大規模のフィールドバスユーザ組織であるETGには、現在5,000社以上のメンバーが登録しています(2019年現在)。2005年には、Safety over EtherCATプロトコルが発表されました。これによりEtherCAT仕様が拡張され、セーフティ関連の制御データの送信が可能になりました。この低フットプリントプロトコルは、いわゆる「ブラックチャンネル」を使用し、通信システムか

ら完全に独立しています。2007年、EtherCATがIEC規格化され、システムのオープン性の実証されました。以来、今日までEtherCATの仕様は変わっていません。機能拡張のみで互換性を維持しています。結果として初期のデバイスは、2003年に製造されたデバイスでさえも、同じネットワークで最新のデバイスと相互運用することができます。2016年のEtherCAT Pの導入によりもう1つのマイルストーンが達成されました。EtherCATの通信データと電力供給(2 x 24 V)を標準のCat.5ケーブルで送信できるようになりました。これにより制御盤のない装置への道が開かれました。2018

## 動作原理

EtherCATの重要な機能原理は、ノードによるイーサネットフレームの処理方法にあります。各ノードは、フレームが下流に移動する間にアドレス指定されたデータを読み取り、フレームにデータを書き込みます。

## トポロジの柔軟性

EtherCATネットワークがサポートするトポロジに制限はありません。ライン型、バス型、ツリー型、スター型、またはそれらを組み合わせたトポロジをサポートしており、最大65,535台のデバイスを接続できます。

## ネットワーク性能

EtherCAT独自のフレーム処理方法により、最速の産業用イーサネットテクノロジーを実現します。

## 設定の容易さ

従来のフィールドバスシステムに比べて設定が容易です。障害箇所の特定が可能な診断機能を実装しており、ノードアドレスは自動で設定可能、ネットワークチューニングも必要ありません。

年のEtherCAT G/G10の発表で、より高速なデータ伝送速度が実現しました。既存のEtherCATベースの機器と完全に互換性があり、既存システムとの統合は、いわゆるブランチ・コンセプトの導入など、必要な手順を踏んで対応可能です。



#### 応用性

EtherCATは、工場全体の通信をサポートしています。集中制御、分散制御、いずれのシステムアーキテクチャにも適しています。

#### 低コスト

EtherCATは産業用イーサネットのすべての利点をフィールドバスのコストで提供します。マスタに特別な敷設コンポーネントやハードウェアは必要ありません。

#### オープンテクノロジー

EtherCATは国際的に標準化されたオープンなテクノロジーです。つまり、誰でも自由に互換性のある形式でテクノロジーを使用できます。現在、EtherCAT Technology Groupは世界最大のフィールドバス組織です。

#### 機能安全

Safety over EtherCATは、EtherCAT同様に無駄がなく高速です。機能安全はバスに組み込まれており、集中制御、分散制御両方のセーフティロジックオプションがあります。ブラックチャンネルアプローチの恩恵をうけ、他のバスシステムでも利用できます。

# エンジニアの選択: EtherCATを使用する 5つのメリット

EtherCAT独自の動作原理により各界のエンジニアはEtherCATを選択しています。

- 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
- 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
- トンネル制御システム
- 海上機器
- ビルディングオートメーションシステム
- 風力発電機
- 自動運行装置
- 医療機器
- 木材加工機 など

▶ [www.beckhoff.com/ethercat](http://www.beckhoff.com/ethercat)

## 超高性能

1

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システムアーキテクチャは他のフィールドバスシ

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、スレーブの向上が期待でき、生産コストの削減につながります。

## トポロジの柔軟性

2

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、ノード数の制限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。ライン型トポロジの場合、リンク型トポロジに拡張しケーブル冗長化を実現できます。冗長化に必要なものは、マスタデバイス側の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。

## 設定の容易さと堅牢性

3

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。



## 機能安全の統合

4

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TÜVの認証を受けた最初のデバイスがリリースされ、実績の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。ブラックチャン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

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で安全データを受信し、処理できます。

## 低コスト

5

EtherCATは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の価格で提供します。マスタ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、特別なインターフェイ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®

# EtherCAT Technology Group: 国際標準化と グローバルな活動

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メンバーは、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。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パフォーマンス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からなっているかではなく、製品を開発している活発なメンバがどれだけいるかということです。メンバ数だけでなく、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。

#### マイルストーン

- 2003 ハノーバーメッセでEtherCATテクノロジーを発表
- 2003 SPS IPC DriveでEtherCAT Technology Groupを設立
- 2005 Safety over EtherCAT
- 2007 EtherCAT IEC 規格化
- 2016 EtherCAT P: 超高速データ通信と電力供給を1本のケーブルに集約
- 2018 EtherCAT G: 1Gbit/sによる次世代性能レベル

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



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

# 産業オートメーションに 特化した通信規格

## EtherCATテクノロジーの共通機能

- I/Oレベルまでのリアルタイムイーサネット
- 柔軟なトポロジ
- 優れた診断機能
- 100 nsの優れた同期精度
- 非常に容易な設定
- 低コストなシステム
- 最高性能
- 機能安全の統合
- IEEE-802.3準拠

EtherCAT®



EtherCAT: 超高速通信規格





EtherCAT: XFCでさらに高速に

# EtherCAT® P



EtherCAT P: 超高速データ通信と電源供給を1本のケーブルに集約

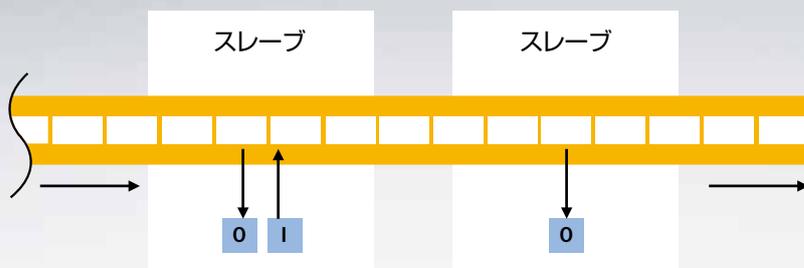
# EtherCAT® G



10 Gbit/s  
1 Gbit/s  
100 Mbit/s

EtherCAT G: 100 から10,000 Mbit/sのスケラブルなI/O性能





オンザフライ処理

## 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、たか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

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機に動作を行い、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となります。

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接続が行われ、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は前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。

マスタは標準のイーサネットメディアアクセスコントローラ(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(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で処理します。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。

イーサネットヘッダ			ECAT	EtherCAT デレグラム				イーサネット	
DA	SA	Type	フレーム HDR	データグラム 1	データグラム 2	...	データグラム n	パッド	FCS
(6)	(6)	(2/4)	(2)	(10+n+2)	(10+m+2)		(10+k+2)	(0...32)	(4)

EtherType 0x88A4

EtherCAT: 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

## 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通信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。

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します。各々のスレーブで 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 コントローラのダイレクトメモリアccess (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 コントローラ経由で受信し、マスタデバイスは 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。論理アドレス指定に加え、マスタ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ト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。任意のスレーブ間通信はマスタ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 はきわめて高速であり、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。



Ethernet



EtherNet/IP™



IEEE1588

EtherCATゲートウェイを経由して他のバスシステムを容易に統合

## トポロジの柔軟性

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を使用して数百のノードを簡単に接続できます。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。

ベッコフは各種ケーブルを豊富に取り揃えており、要件にあったケーブルを自由に選択できます。低コストの産業用イーサネットケーブルで100BASE-TXで最大100m間を接続できます。100BASE-FXを使用

した光ファイバも使用可能であり、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。

EtherCATの広範な帯域幅により、EtherCATを基幹システムとしてEtherCATゲートウェイ経由で従来のフィールドバスネットワークを組み込むことが可能です。これは従来のフィールドバスからEtherCATに移行する場合に特に役立ちます。EtherCATへの切り替えを段階的に実施することができ、これによりEtherCATインターフェイスをまだサポートしていないコンポーネントを継続して使用することができます。

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ともなう遅延などの性能低下がありません。

## 診断機能と障害箇所の特定

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、障害箇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。このとき、マスタデバイスはノードのエラーカウンタを調べて障害発生箇所を特定できます。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、エラー発生箇所の特

定が極めて困難になることに比べ、このEtherCATの障害箇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場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、他の産業用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。



EtherCAT®



EtherCATディストリビュートクロックはXFCテクノロジーの基盤であり、EtherCAT通信の基本的な機能の1つです。

## 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の同時動作が必要なアプリケーションでは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。

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を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 $1\mu\text{s}$ 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、同期性能と同期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 $1\mu\text{s}$ より十分小さなズレで同期することを保証します。

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。

## 高可用性

非常に高い可用性が要求される装置や設備では、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は避けられません。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からリング型のトポロジに拡張できます。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。

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 $15\mu\text{s}$ 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: 極めて高速な XFCテクノロジー

XFC (eXtreme Fast Control)は極めて高速で時間確定性の高い応答を可能にする制御テクノロジーを意味します。XFCには、高精度で信号を検出した後タスク開始できるよう最適化された入出力コンポーネント、非常に高速な通信ネットワーク、高性能な産業用PC、これらすべてのシステムコンポーネントをリンクするオートメーションソフトウェアなどアプリケーションに関連するすべてのハードウェアおよびソフトウェアコンポーネントが含まれます。XFCは、これまで技術的な制限のため不可能だったプロセス最適化の新たな機会をユーザに提供します。XFCによって100  $\mu$ s以内のI/O応答時間を実現できます。

XFCは、高性能な産業用PC、リアルタイム特性を拡張した超高速I/Oターミナル、TwinCATオートメーションソフトウェアで構成される、最適化された制御、通信アーキテクチャに基づいています。

## 産業用PC – 極めて高速な制御を実現するCPU

- 優れた同期性能を実現するマザーボードを搭載
- アプリケーション制御用に最適化されたコンパクトなフォームファクタ

## EtherCATターミナル – 超高速I/Oテクノロジー

- あらゆる信号タイプをサポートする豊富な製品ラインナップ
- 高速なデータ処理を可能にするデジタル/アナログ入出力
- タイムスタンプとオーバーサンプリング機能により10 ns以下の高時間分解能を実現

## EtherCAT – 超高速制御通信テクノロジー

- 30 $\mu$ sで1000デバイスのデジタルI/Oを制御
- 末端のI/OターミナルまでEtherCATで通信、サブバスは不要
- Intel® PC チップセット搭載の最適化されたEtherCATコントローラ
- ディストリビュートクロックに基づく高度なリアルタイム制御
  - 同期
  - タイムスタンプ
  - オーバーサンプリング

## TwinCAT – 高速リアルタイム制御ソフトウェア

- Microsoft Windowsでのリアルタイム制御、12.5  $\mu$ sのサイクルタイムを実現
- PLC標準規格 IEC 61131-3によるXFC リアルタイムタスク制御
- XFCに準拠したWindowsとTwinCATの標準機能



## 超高速制御により 生産効率を向上

XFCはサイクルタイムを改善するだけでなく時間精度と分解能の向上を実現するテクノロジーです。

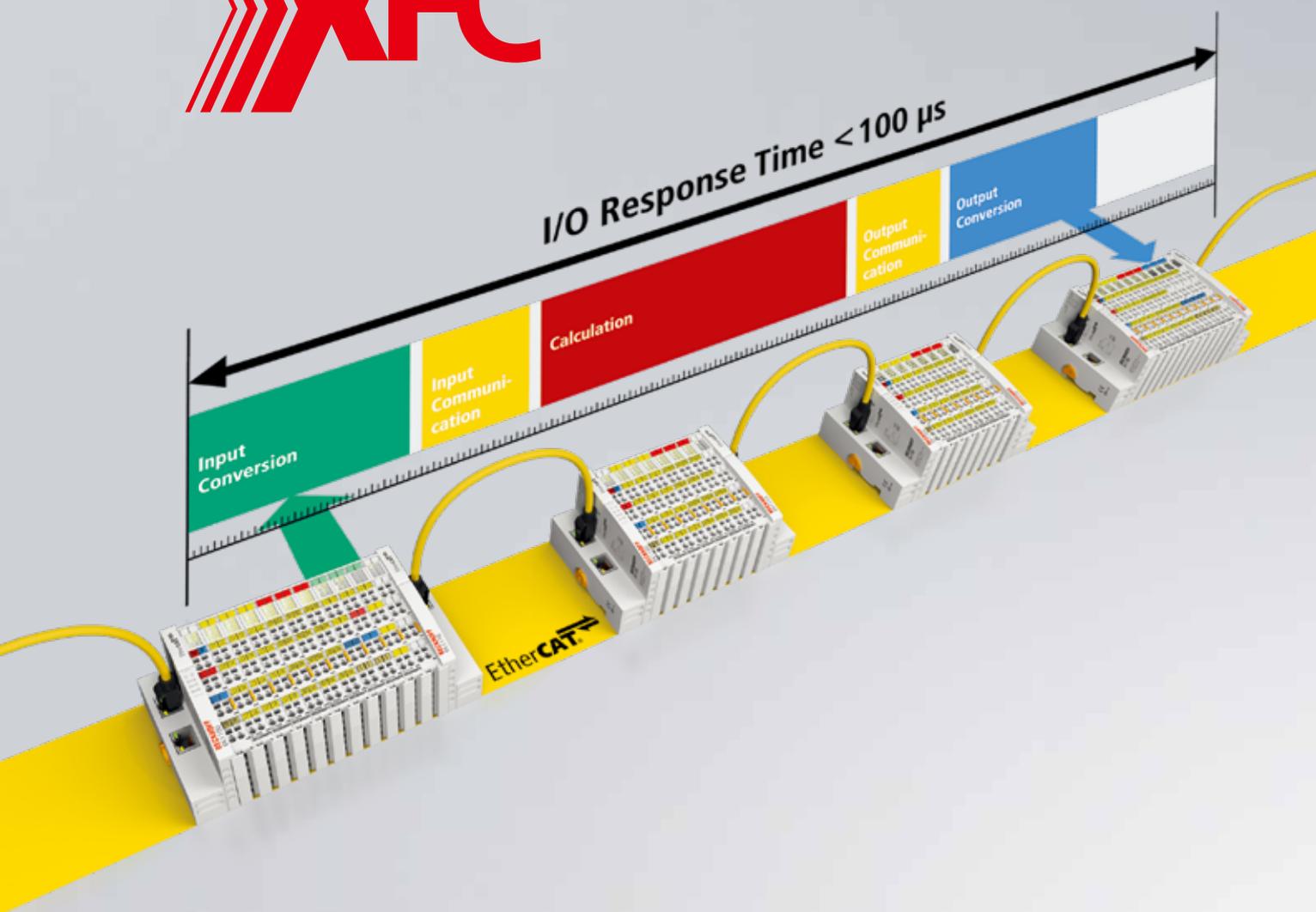
- ディストリビュートクロック
- タイムスタンプ/マルチタイムスタンプ
- オーバーサンプリング
- 高速 I/O

これらの機能によりユーザは装置の品質を改善し、応答時間を短縮することができます。予防保全やアイドル時間のモニタリング、製造品質の文書化など、あらゆる計測タスクをマシン制御に簡単に組み込むことができます。コストのかかる特殊なデバイスの追加は必要ありません。実用的なアプリ

ケーションのすべてが高い高速性と精度を必要とするわけではありません。多くのタスクは通常のソリューションで処理できます。XFCテクノロジーは従来のソリューションと完全に互換性があるため、既存のシステムと同じハードウェアおよびソフトウェアを使用することができます。

▶ [www.beckhoff.com/xfc](http://www.beckhoff.com/xfc)

# XFC



# EtherCAT P: 超高速データ通信と 電源供給を 1本のケーブルに集約

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24V DC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センサー駆動用、U<sub>P</sub>は出力やアクチュエーター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100 Mbit/sイーサネット通信ラインに直接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は複数のEtherCAT Pデバイス間をたった1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でも  
EtherCAT同様の自由で  
柔軟なトポロジの選択が  
可能

材料費と組み立てコストを  
削減

最小限の配線コストで  
優れたEtherCAT性能を  
実現



EtherCAT® P

### システム省配線を実現

EtherCAT Pの基本的な考え方はオートメーションデバイスのコネクタの数を減らすことによりシステム省配線を実現することです。システム固有の電力要件に柔軟に対応できるこのワンケーブルソリューションは、フィールドレベル全体にまで展開できます。24 Vレンジには従来の標準イーサネットケーブルが使用されます。より高い電圧レンジは、対応する電源ケーブルにEtherCAT Pが統合されています。

電源専用ケーブルが不要になるため、材料費や組み立てコストを削減するだけでなく、配線ミスなどのリスクを回避できます。加えて、ドラッグチェーン

ン、制御キャビネット、および装置の設置面積を最小限におさえ省スペース化を実現できます。さらには、ケーブル経路が簡略化されることにより、センサやアクチュエータとのコンパクトな接続を実現できます。これにより、システム設計の自由度が飛躍的に向上し、材料費やシステムコストを最小限に抑えることができます。

### 柔軟なトポロジ

EtherCAT PのトポロジはEtherCATと同様に自由に選択、カスタマイズ可能です。EtherCAT Pセグメントごとに3Aの電流容量があり、各種センサおよびアクチュエータで使用可能です。IP 67対

応ボックスを使用することによりフィールドレベルで自由にネットワーク構成を組み立てできます。EtherCAT Pは標準のEtherCATテクノロジーと同じネットワークで使用できます。EtherCATコンバータはイーサネットのデータエンコーディングを一貫して維持することにより、EtherCAT物理層をEtherCAT Pに変換します。デバイス自体にEtherCAT Pを送信できると同時に、EtherCATプロトコルを送信することもできます。

▶ [www.beckhoff.com/ethercatp](http://www.beckhoff.com/ethercatp)

ドラッグチェーンや制御キャビネットなど装置の設置面積を最小限におさえ省スペース化

ワンケーブル接続:  
EtherCAT通信と電源  
24 V DC x2 (U<sub>P</sub>, U<sub>S</sub>) を  
1本の4線式ケーブルに集約

フィールドデバイスに電源を供給

24 V DC から  
630 V AC/850 V DCまで  
幅広いコネクタラインナップ



# EtherCAT G: 100Mbit/s から 10,000 Mbit/sへ スケーラブルな I/O性能

EtherCAT Gはすでに大きな成功をおさめたEtherCATテクノロジーの原理に基づいて構築されていますが、利用可能なデータ転送速度をギガビットレベルに拡張します。EtherCAT Gは最大1 Gbit/sまで、EtherCAT G10は最大10 Gbit/sまで使用可能です。EtherCATプロトコル自体は変更されません。ネットワーク上のすべてのデバイスは、EtherCATマスタが送信するテレグラムを受信します。各EtherCATスレーブは、アドレス指定されたデータをオンザフライで読み取り、フレームが下流に移動するときに、自身のデータをフレームに挿入します。ただしEtherCAT Gでは1 Gbit/s または10 Gbit/sでこれを行います。

ハードウェア伝搬時間はテレグラムの処理を遅延させる唯一の要因です。セグメントまたはスタブラインの最後のデバイスは、空いているポートを識別しイーサネットネットワーク物理層の全二重通信を使用してテレグラムをマスタに送り返します。EtherCAT G と EtherCAT G10は、EtherCATのその他の機能をすべて維持しています。3つまたは4つのポートをそなえたデバイス(ジャンクション)により、ユーザはマシンアーキテクチャの要件に適したネットワークトポロジを柔軟に構成できます。システム稼働中のモジュール着脱が可能なホットコネク機能も対応しています。ネットワーク全体の診断機能を利用することで装置のダ

## EtherCAT

- 100BASE-TX
- コンポーネントの幅広い選択肢

## EtherCAT G

- 1000BASE-T
- データ集約型デバイスの統合
- 広域なデータ帯域

## EtherCAT G10

- 10GBASE-T
- EtherCAT G セグメントの統合
- 極めて広域なデータ帯域



Ether**CAT**® **G**

10 Gbit/s  
1 Gbit/s  
100 Mbit/s

## ブランチコントローラコンセプト

- 要件に合わせて100 Mbit/s、1 Gbit/s、10 Gbit/sでオンザフライ処理
- シンプルな機器構成
- 幅広い診断機能
- EtherCATを EtherCAT G/G10 ネットワークに組み込むためのブランチコントローラ
- 遅延時間の最適化
- 標準イーサネットセグメントの統合

ウンタイムを最小限におさえ生産効率を向上させることができます。ディストリビュートクロックの組み込みシステムにより、デバイスは100ns以内で高精度に時刻同期します。

#### データ集約型アプリケーションのための技術拡張

マシンビジョン、状態監視アプリケーション、eXtended Transport System (XTS) や XPlanarなどの先進的な搬送システムはすべて、デバイスおよびサイクルごとに数百バイトのプロセスデータを送信する機能に依存しています。これには1ms以内の短いサイクルタイムだけ

く、広範なデータ帯域を必要とします。EtherCAT GIにより、これらのアプリケーションやシステムは通常1台のEtherCAT Gマスタでサポートすることができ、同時に他のオートメーション機器やドライブを組み込むことができます。EtherCAT Gのブランチモデルは、多数のデバイスを組み込む拡張性の高いシステムにおいて、サイクルタイムの短縮に対する要望が高いことから開発されました。ブランチコントローラでは、各ブランチが独自のEtherCATセグメントになります。EtherCATと同じ方法で、EtherCATマスタからブランチコントローラの設定ができます。追加の設定ツールは必要ありません。ブランチコントローラは診断機能とディ

ストリビュートクロックによる同期をサポートし、接続するセグメントに透過的にデータ転送します。ブランチコントローラで複数のブランチを制御することにより、ユーザはネットワークポロジを非常に柔軟に設計できます。

**EtherCAT G** の発表により性能拡張が簡単に EtherCATは産業オートメーションの主要な通信規格であり、これにより今日、装置メーカーは数千の幅広い互換性のあるデバイスから要件に合ったものを選択できます。このデバイスの互換性は EtherCAT GIに拡張する際の中核となる重要な要素です。

▶ [www.beckhoff.com/ethercatg](http://www.beckhoff.com/ethercatg)



計測技術



モーション



XFC – eXtreme Fast Control



Vision



XTS



XPlanar

# EtherCAT アクセサリ マイルストーン

ベックホフのEtherCATアクセサリを使用すると、未来志向のテクノロジーを簡単に統合できます。EtherCAT G/G10は、最大10 Gbit/sの高速通信と従来のEtherCATの利点とを8線式Cat.6 ケーブルに集約します。EtherCAT PIは、4線式の標準イーサネットケーブルにデータ通信と電力供給を集約し、制御キャビネットなしで自動化を実現します。高電流および高電圧用シングルケーブルソリューションとしてのハイブリッドケーブルは、機械設計の柔軟性を最大限に高め、コスト削減に貢献します。

▶ [www.beckhoff.com/io-accessories](http://www.beckhoff.com/io-accessories)

2003:  
EtherCAT



EtherCAT®



2015:  
EtherCAT P



EtherCAT®  P

2018:  
EtherCAT G



EtherCAT®  G

2017:

高電流および高電圧用  
ハイブリッドケーブル



# Beckhoff : 世界に広がる ネットワーク

ベッコフは、PC制御の専門メーカーとして、長年にわたりオープンな自動化ソリューションを開発してきました。産業用PC、各種フィールドバス対応I/O、ドライブテクノロジー、自動制御ソフトウェアから、制御盤フリーを実現するモジュール式制御ユニットにいたるまで、豊富な製品ラインナップを誇ります。単体の機器として使用するだけでなく、複数の製品を組み合わせた1つの制御システムとしてシームレスに活用できるベッコフ製品があらゆる産業のニーズにお応えします。

ベッコフが提案する「New Automation Technology」とは、世界中で使用されるCNC

制御工作機械から、高度なビルディングオートメーションまで、幅広い用途に応用できる汎用的でオープンな自動制御ソリューションを意味します。

1980年の会社設立以来、ベッコフはPC制御技術を使用した画期的な製品やソリューションを次々に生み出してきました。このたゆまない研究開発の努力はベッコフ成長の原動力です。現在の業界標準となっている自動化技術の多くは、ベッコフにより市場に導入されたものです。自動化技術史のマイルストーンと言えるベッコフのPC制御理念、Lightbusシステム、パスターミ





▶ [www.beckhoff.com/ethercat](http://www.beckhoff.com/ethercat)

## ベッコフオートメーション株式会社

〒231-0062

神奈川県横浜市中区桜木町1-1-8

日石横浜ビル18階

電話: 045-650-1612

[info@beckhoff.co.jp](mailto:info@beckhoff.co.jp)

[www.beckhoff.co.jp](http://www.beckhoff.co.jp)

Beckhoff®, TwinCAT®, EtherCAT®, EtherCAT G®, EtherCAT G10®, EtherCAT P®, Safety over EtherCAT®, TwinSAFE®, XFC®, XTS® および XPlanar®はBeckhoff Automation GmbHの登録商標です。このカタログで使用されているその他の名称は商標である可能性があり、第三者が独自の目的のために使用すると所有者の権利を侵害する可能性があります。

© Beckhoff Automation GmbH & Co. KG 10/2019

このカタログに記載されている情報は一般的な製品説明および性能を記載したものであり、場合により記載通りに動作しない場合があります。製品の情報・仕様は予告なく変更されます。製品の個別の特性に関する情報提供の義務は、契約条件において明示的に合意している場合にのみ発生します。