

1. はじめに

製造現場においては膨大化する製造レシピの転送や、増加するトレーサビリティデータなどに対応するため、高速・大容量な産業用ネットワークが求められている。また、自動車、食品等の一般 FA 分野においても、システム立上げや保守・メンテナンスにおけるトータルエンジニアリングコスト削減の為、情報系からフィールドネットワークまでの垂直統合が可能なネットワークが求められている。

このような状況に鑑み、新たに CC-Link 協会から提案するのがイーサネットをベースとした統合ネットワーク「CC-Link IE」である。本書では、イーサネットベース統合ネットワーク「CC-Link IE」のコンセプトおよび2007年に登場する CC-Link IE コントローラネットワークの機能・特長について述べる。

2. イーサネットベース統合ネットワーク「CC-Link IE」について

2.1 イーサネットベース統合ネットワーク「CC-Link IE」のコンセプト

CC-Link IE は産業用ネットワークへの単なる制御用途への適用だけではなく、機器管理(設定・モニタ)、機器保全(監視・故障検出)、データ収集(動作状態)機能によるシステム全体の最適化を目的としたネットワークである。CC-Link IE は CC-Link で培ったサイクリック通信技術を引継ぐとともに、コントローラネットワークからフィールド・モーションネットワークまでイーサネットベースのネットワークで統一し、ネットワークの階層・境界を意識せずシームレスなデータ伝送を実現する。この技術を核にシステムの立ち上げから保守・メンテナンスまでのトータルエンジニアリングコスト削減の基盤となるネットワークを提供する。

2.2 各ネットワークの役割

CC-Link 協会が推進する CC-Link IE における各ネットワークおよび CC-Link の役割はそれぞれ以下のようになる。

1) CC-Link IE コントローラネットワーク

CC-Link IE コントローラネットワークは従来の制御情報伝送に加えて、各フィールド・モーションネットワークを束ねる基幹ネットワークとした位置づけである。そのため、次世代の工場オートメーションに耐えうる高性能・高信頼性を持ったネットワークとして実現する。

2) CC-Link IE フィールドネットワーク、CC-Link IE モーションネットワーク

製造情報のトレーサビリティや品質のプロファイル(保守・診断データ)などの新しいタイプの生産マネジメントに対応するためのネットワークとして位置づける。従来からのフィールドネットワークやモーションネットワークとは共存させ、CC-Link IE コントローラネットワークを通じて各ネットワーク間をシームレスに通信することにより大規模なシステムを柔軟に実現するメリットを提供する。

3) CC-Link

CC-Link はかねてから制御の世界(ON/OFF 制御、フィードバック制御)において最適なネットワークとして位置づけられており、今後もその位置づけは変わらない。CC-link は今後も制御専用のネットワークとして長い寿命を持ち、進化を続ける。

2.3 イーサネットベース統合ネットワーク「CC-Link IE」導入のメリット

CC-Link IE を導入することで次のようなメリットを提供できる。

1) ユーザに与えるメリット

CC-Link IE は上位情報系からフィールドネットワークまでイーサネットベースのネットワークであるため技術トレンドにあわせたネットワークを構築することが可能となる。また非リアルタイム通信とリアルタイム通信が同じアーキテク

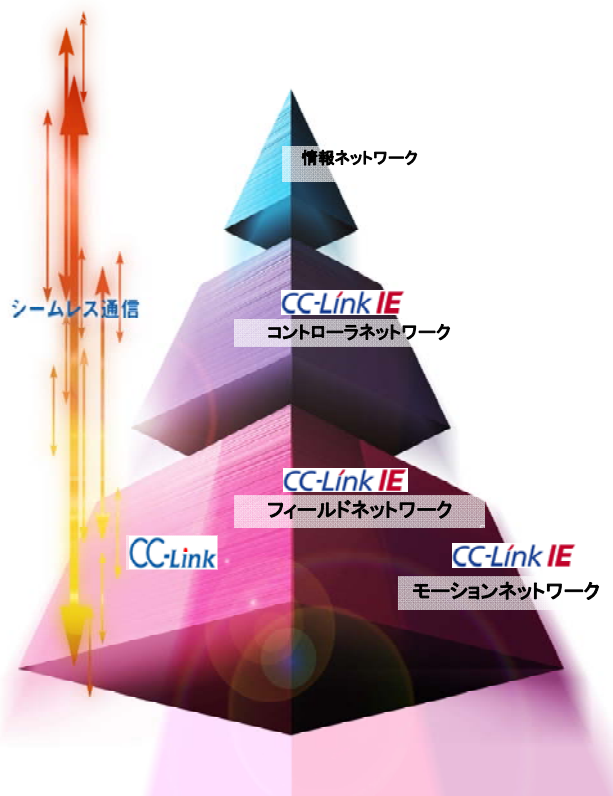


図1 CC-Link 協会のネットワークコンセプト図

チャのネットワークとしたため、ユーザの目的・用途に合わせて、ネットワークを構成することができる。さらに、シームレスに通信できるので、システムの立ち上げや保守・メンテナンスまでのトータルエンジニアリングコストの削減が可能となる。CC-Link ともシームレスに通信できるため、既存の設備・ユーザ資産を活かせるといったメリットがある。

## 2) 機器ベンダに与えるメリット

既に CC-Link はアジアをメインに大きなシェアを持っているため、CC-Link IE を実現することでアジア圏のビジネスに係わるユーザ(エンドユーザのみならず当該地域に製品を出荷する OEM 先)に対する提案力の向上が可能となる。また、制御だけでなく、保守・診断機能を備えた付加価値を持った機器を創造・提供することが可能となる。

## 3. CC-Link IE コントローラネットワーク

CC-Link IE コントローラネットワークは、イーサネットベース統合ネットワーク「CC-Link IE」の一貫したコンセプトのもと、最初に登場するネットワークである。

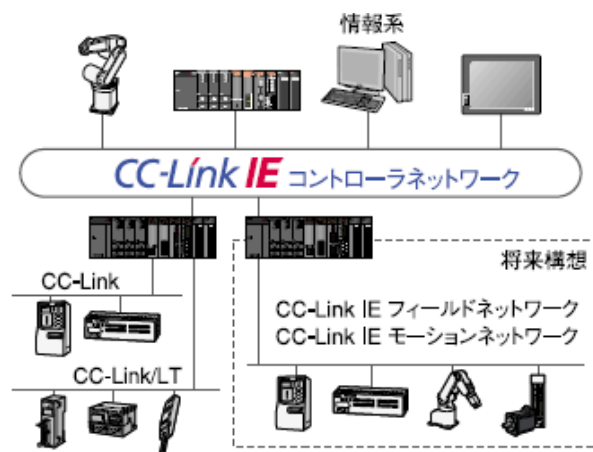


図 2 CC-Link IE ネットワーク構成図

CC-Link IE コントローラネットワークの主な特長を以下に述べる。

**高速・大容量:** CC-Link IE コントローラネットワークは物理層に IEEE 802.3z(1000BASE-SX)規格に準拠したネットワークであり、高速な 1Gbps の通信速度を実現している。また、各機器内に最大 256Kbyte の大容量ネットワーク型共有メモリを実現している。このことにより、コントローラネットワークに接続している装置間でリアルタイムに大容量の制御情報を共有することが可能となり、各機器が連携しながら、分散して制御を行うことが簡単に可能となる。

**垂直統合:** CC-Link IE コントローラネットワークはネットワーク階層をまたがってメッセージ通信が可能なシームレス通信を実現している。ユーザは、ネットワークの階層・境界を意識せずに、CC-Link IE コントローラネットワーク、CC-Link、CC-Link IE フィールドネットワーク、CC-Link IE モーションネットワークの全ての機器があたかもフラットな階層に接続されているかのようなイメージで、プログラミングすることが可能となる。

**サイクリック通信:** CC-Link IE コントローラネットワークは、CC-Link で採用している制御データのサイクリック通信方式を継承している。CC-Link IE コントローラネットワークは、最大 256Kbyte の大容量ネットワーク型共有メモリをサイクリック通信にてリアルタイムに更新している。また、トランジェント通信が発生しても、サイクリック通信速度には影響しない通信方式を採用しているため、常に安定した制御を行うことが可能となっている。

**イーサネット技術:** CC-Link IE コントローラネットワークの物理層、データリンク層はイーサネット技術を適用しているため、デファクト技術のトレンドに乗った最新技術の適用が可能となる。また、市販のイーサネット用ケーブル、ネットワークアナライザなどを使用することも可能であり、ネットワークの設置・調整・トラブルシューティングにおいて資材の入手性、機器の選択性が向上する。

### 3.2 CC-Link IE コントローラネットワーク仕様

CC-Link IE コントローラネットワークの一般仕様を表1に示す。

表 1 CC-Link IE コントローラネットワーク一般仕様

基本通信機能	ネットワーク型共有メモリ通信 (サイクリック通信:リアルタイム通信) メッセージ通信 (トランジェント通信:非リアルタイム通信)
通信速度 / データリンク制御	1 Gbps / イーサネット標準
ネットワークポロジジー	ループ
データ転送高信頼機能	標準でデータ転送を二重化
データ転送制御方式	トークン方式
ネットワーク型共有メモリ容量	最大 256Kbyte
通信媒体	IEEE802.3z マルチモード光ファイバ(GI)
コネクタ	IEC61754-20 LC コネクタ (duplex connector)
1ネットワーク当たりの総接続局数	120 台
局間距離 (マルチモード光ファイバ使用時)	最大 550m
総延長 (マルチモード光ファイバ使用時)	66,000m

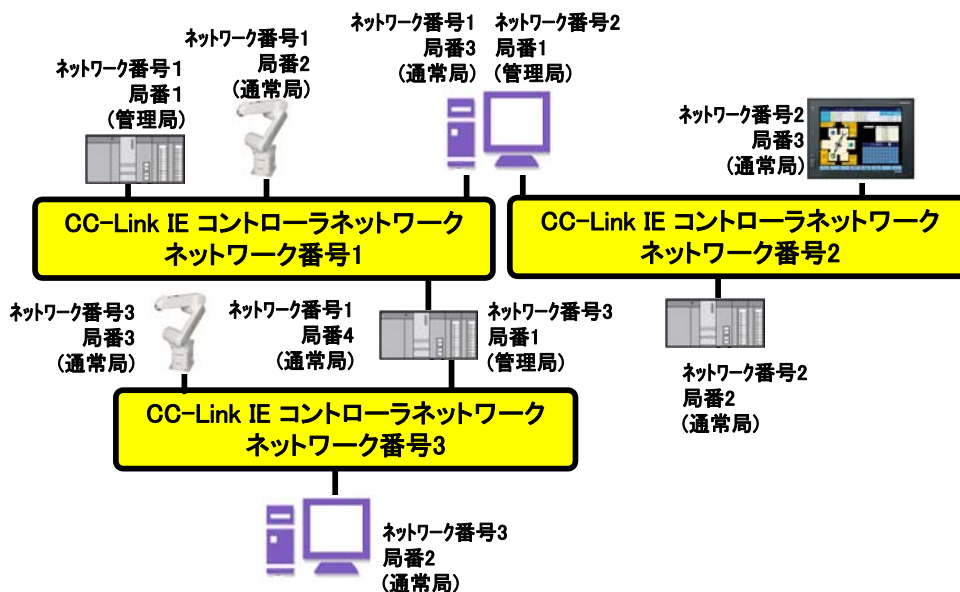
CC-Link IE コントローラネットワークは 1Gbps の通信速度を実現し、データ転送制御方式にはトークン方式を採用している。このトークン方式は、伝送路上でフレームの衝突が発生しないため通信のスループットが向上し、定時性の通信が求められるネットワークには最適である。

#### 3.2.1 ネットワーク構成

CC-Link IE コントローラネットワーク構成を図 3 に示す。



(a) 1ネットワークシステム



(b) 複数ネットワークシステム

図 3 CC-Link IE コントローラネットワーク構成図

CC-Link IE コントローラネットワークは図 3(a)のように単一のネットワークシステムを構築することができる。また図 3(b)のように複数のネットワークシステムで構成することが可能であり、柔軟なシステム構成を構築することができる。

1ネットワークシステムには最大 120 台の機器が接続可能である。1ネットワークシステムには1台の管理局と複数台の通常局が存在する。管理局はネットワークに接続されている各機器のサイクリック伝送の送信範囲を各機器に配布する。通常局は管理局以外のネットワークに接続されている各機器のことで、管理局から配布されたサイクリック伝送の送信範囲に従いサイクリック伝送を行う。

複数ネットワークシステムでは最大 239 のネットワークの接続が可能である。この場合、ネットワークにネットワーク番号を設定し、各機器は、ネットワーク番号とネットワーク局番によりネットワークシステム内で一意に指定することが可能である。

### 3.2.2 サイクリック通信

サイクリック通信は、同一ネットワークに接続されている全ての機器間で定周期的にデータを更新する機能である。

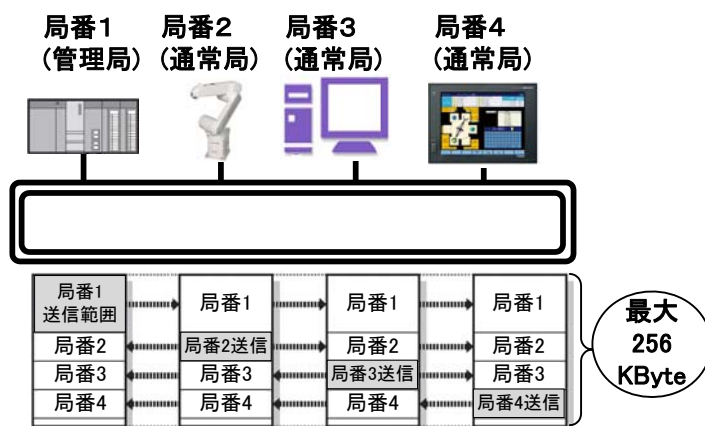


図4 CC-Link IE コントローラネットワークのサイクリック通信

サイクリック通信は、全ての局が他の全ての局が保持するネットワーク型共有メモリに対して制御データを送信する N:N の通信を行う。サイクリック通信が使用するネットワーク型共有メモリの容量は、ビット単位型共有メモリで最大 4Kbyte、ワード単位共有メモリで最大 256 Kbyte である。主に、ネットワークに接続される機器間で制御データを共有するのに用いられる。各局は、局内に保持するネットワーク型共有メモリに他の全ての局の制御データがサイクリック通信によりリアルタイムに受信できているので、他の局の制御データ参照したい場合は、局内に保持するネットワーク型共有メモリにアクセスするだけである。そのため、ネットワーク経由で他の局と通信する場合に比べて、高速に他局の制御データの参照が可能である。サイクリック通信は CC-Link のマスターローカル間通信と同一の考え方である。

CC-Link IE コントローラネットワークは通信速度を 1Gbps としたことにより、サイクリック通信により各局の制御データ更新をリアルタイムに行うことが可能である。例えば 32 局構成で、ある局が 4Kbyte の制御データをサイクリック通信により全局に送信する時間(全ての局において制御データの受信が完了する時間)は最短で 60 μs を実現する。このように、制御データの交信が高速であるため、製造装置のタクトタイム短縮、分散制御システムの歩留まり改善といったユーザが抱える課題を解決することが可能となる。

### 3.2.3 トランジェント通信

トランジェント通信は、任意の機器間で1:1にメッセージの通信を行う機能である。

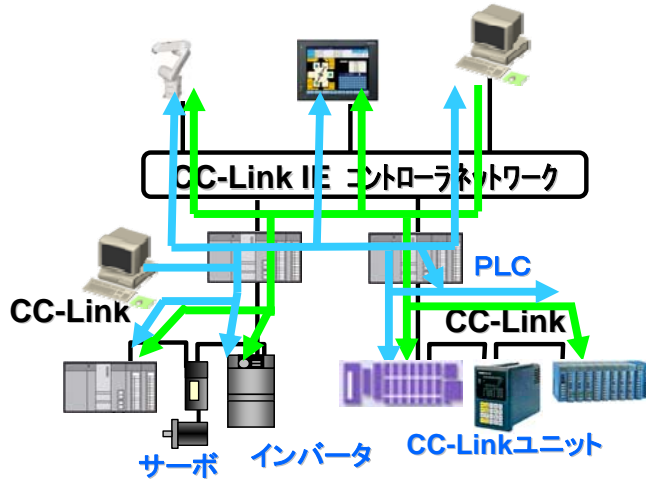


図5 トランジェント通信

CC-Link IE コントローラネットワークのトランジェント通信を図5に示す。CC-Link IE コントローラネットワークはネットワークに接続されている全ての機器に対してネットワーク番号と局番で指定することでトランジェント通信が可能である。この機能により、任意の機器から全ての機器に対してメッセージの通信を行うことで、シームレス通信が実現できる。また、ネットワーク番号を持たないネットワークに対しては、そのネットワークに対応するコマンドをカプセル化することでシームレス通信を可能としている。この機能を用いることによりユーザは各機器から全ての機器に対して、シームレスに通信することができ、ネットワークの物理的な構成に係わらず、論理的に単一階層のネットワークとして制御プログラムを作成できる利点がある。

### 3.2.4 通信プロトコルの隠蔽

CC-Link IE コントローラネットワークではネットワーク型共有メモリを通じて、制御データを各機器が共有することが特長である。ユーザアプリケーションは共有メモリにリードライトする感覚で通信設計が可能であり、ネットワーク接続に関するプログラム、知識は必要がない。そのため、ネットワークの知識を保有していなくても、簡単にネットワークを介した制御データのプログラムを作成することができる利点がある。CC-Link のコンセプトである通信プロトコルの隠蔽を CC-Link IE コントローラネットワークでは継承している。

### 3.2.5 ネットワークの高信頼性機能

#### 1) 伝送路 2 重ループ

CC-Link IE コントローラネットワークは二芯のケーブルを使用し、標準で伝送路の二重ループを構成している。各局は、ケーブル断線や、異常局などを検出すると、図6に示すように異常個所を切り離して、正常な局間でサイクリック伝送を続行することが可能である。

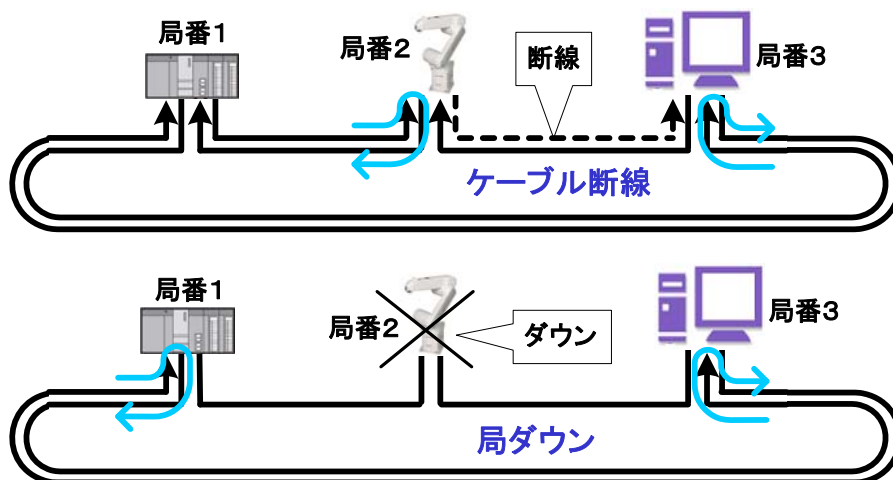


図6 ネットワーク異常個所の切り離し

## 2) ケーブル不良箇所の検出

CC-Link IE コントローラネットワークの伝送フレームフォーマットにはイーサネット準拠のFCS(Frame Check Sequence)に以外に、フレーム部と転送データ部にエラーチェックコードを新たに追加した。この機能を用いることで、通信データの信頼性が増し、さらにケーブル故障によりフレームデータが壊れた場合エラー検出は最初にエラーデータを受信した局のみに限定することを可能とし、ケーブル障害の故障箇所を、簡単に検出することを可能とした。



図7 ケーブル不良箇所の特定

## 3) 管理局移行機能

CC-Link IE コントローラネットワークの管理局は、ネットワークに接続されている各機器のサイクリック伝送の送信範囲を保持している。もし、CC-Link IE コントローラネットワーク上の管理局が何らかの原因でダウンした場合には、通常局の中から管理局の代わりを選出する。この機能により管理局がダウンしても、正常な局間でサイクリック伝送を継続することができる。

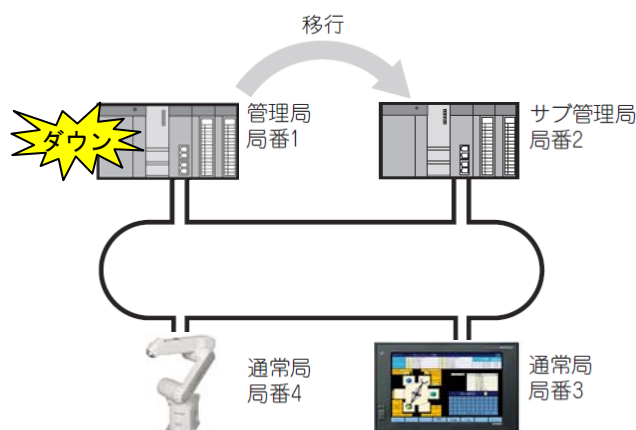


図8 管理局の移行

## 3.3 コンフォーマンステスト

CC-Link IE コントローラネットワーク対応機器とするためには、CC-Link 協会が指定する接続性(コンフォーマンス)テストを行う必要がある。別途 CC-Link 協会が発行する CC-Link IE コントローラネットワークコンフォーマンステスト仕様書の全ての項目に関して正常と判定されることで、CC-Link 協会から CC-Link IE コントローラネットワークに接続可能な機器と認定される。

### 3.4 適用事例

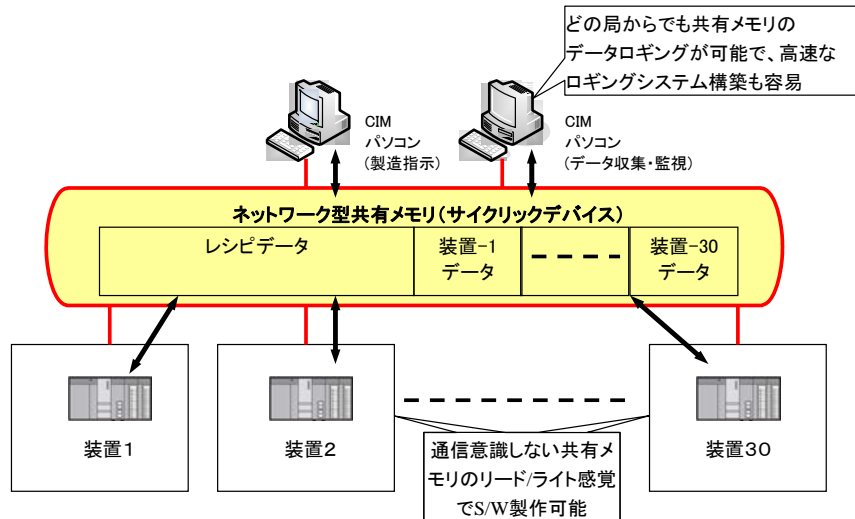


図 9 コントローラ分散制御システムの適用事例

図 9 に FPD 製造ラインに CC-Link IE コントローラネットワークを適用した事例を示す。CC-Link IE コントローラネットワークは最大 256Kbyte のネットワーク型共有メモリを保持しているので、大容量製造レシピデータおよび各装置の制御データがリアルタイム(上記構成の場合は 5ms 以下でデータ更新)に共有できるといった特長がある。そのため、各装置は、お互いの制御状況を把握しながら動作することができ、それぞれが協調した高速分散制御システムの構築が容易となる。

#### 4. おわりに

イーサネットベース統合ネットワーク「CC-Link IE」は制御用途だけではなく、機器管理(設定・モニタ)、機器保全(監視・故障検出)、データ収集(動作状態)機能によるシステム全体の最適化を目的としたネットワークである。今回仕様を公開するのは CC-Link IE コントローラネットワークであるが、今後 CC-Link 協会としては、CC-Link IE フィールドネットワーク、CC-Link IE モーションネットワークの仕様も公開する。

CC-Link 協会は、CC-Link IE を用いることにより製品のライフサイクルにおいてトータルコストの削減が可能と考えている。すなわち、通信プロトコルの隠蔽、ケーブル不良箇所の検出により製造ラインの設計・立ち上げコストの削減、シームレス通信を活用し、機器管理、機器保全、データ収集機能を充実させることで保守・保全コストの削減、イーサネットベースのネットワークであり、ユーザアプリケーションから通信プロトコルを隠蔽することでユーザ資産(ケーブル、プログラム)の活用が容易となり、製造ライン更新コストの削減が可能となる。

現在アジアでスタンダードとなっている CC-Link の考え方を発展させたネットワークがイーサネットベース統合ネットワーク「CC-Link IE」である。CC-Link 協会としては、CC-Link IE をグローバルに貢献できるネットワークに成長させていく所存である。

以上