

1. はじめに

近年、自動車、FPD、半導体など先端的製造分野において、製品の大型化や高密度化が進み、生産システムは、高品質化への対応や生産性の向上、安全システムへの対応など、常に、進化し続けることが求められている。

生産システムのこの高度化要求に答えるため、ネットワークは、制御の高速化だけではなく、トレーサビリティや品質確保のための管理データなどのさまざまなデータの高効率・高速通信や、安全通信の実現、過去の資産の効果的に利用が必要になる。

このような状況の中、CC-Link 協会は、2011年4月に、イーサネットベース統合ネットワーク「CC-Link IE」に、安全通信機能を追加し、オープン化した。本書では、CC-Link IE ネットワークの機能・特長および安全通信機能の実現方法について述べる。

2 CC-Link IE の特徴

CC-Link IE は 1Gbps の通信速度を実現し、通信制御方式にはトークンパッシング方式を採用している。

トークンパッシング方式は、伝送路上で通信データの衝突が発生しないため、通信のスループットが向上し、制御用など定時性の通信が求められるネットワークに最適である。

- (1) 高速 大容量通信 : CC-Link IE では、制御用のサイクリック通信の帯域と、情報通信用のトランジェント通信の帯域をそれぞれ別に確保している。トレーサビリティデータや品質データなど情報通信のトラフィックが増大しても、制御の通信サイクルに影響を及ぼすことは無く、安定した高速制御を継続できる。
- (2) 簡単システム構築とメンテナンス : ケーブル、ネットワーク、コネクタなど入手性の高い市販の Ethernet 標準機器をフル活用し、CC-Link IE の空きポートにケーブルを接続するだけで機器の追加が可能である。
また、エンジニアリングツールにより、事務所のどこからでも設定変更やメンテナンスが可能である。
CC-Link IE が備える異常検出機能は、回線の異常、ユニットのトラブルをすぐに発見できる利点がある。
- (3) 簡単通信プログラミング : CC-Link IE は、共有メモリを介して、各機器が、必要とする制御データを共有できる。ユーザアプリケーションは共有メモリにリード・ライトするだけで良く、ネットワーク接続に関する知識やプログラムの必要がない。

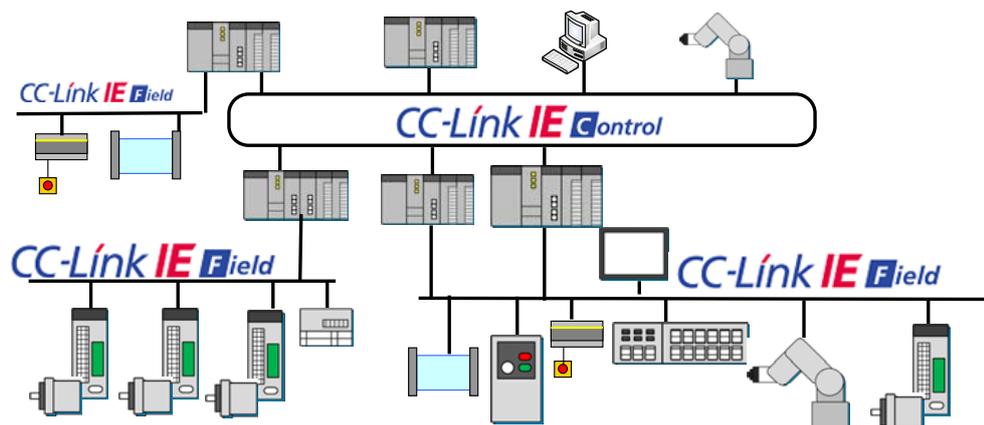
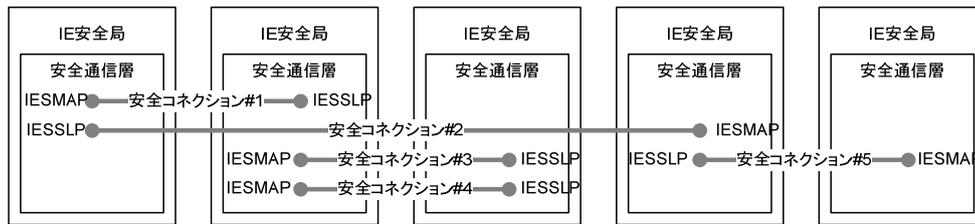


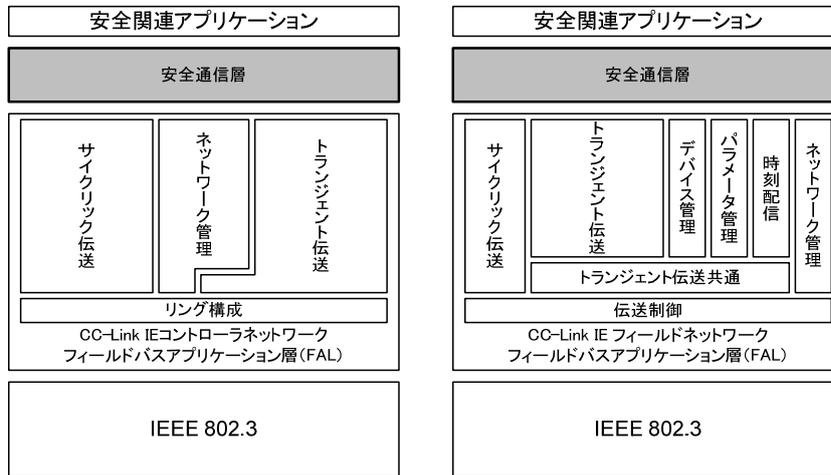
図1 CC-Link IE によるシステム構成例

3 CC-Link IE の進化

CC-Link IE のプロトコル階層と安全通信方法を図2に示す。安全通信機能を実現するためにアプリケーション層のプロトコルに安全通信機能を追加した。CC-Link IE では、安全機能を有する機器(IE 安全局)間で、16byte の安全データを送受信する。CC-Link IE の安全通信仕様を表3に示す。安全通信機能の統合により、従来、安全制御用と一般制御用の2本のネットワークが必要であったものが、1本のネットワークで可能となり省配線が期待できる。



(a) IE 安全局間の安全通信方法



CC-Link IEコントローラネットワークの場合

CC-Link IEフィールドネットワークの場合

(b) プロトコル階層

図2 CC-Link IE のプロトコル階層と安全通信方法

CC-Link IE ネットワークの仕様を表1、表2に示す。CC-Link IE コントローラネットワークは、ノイズに強い光ファイバーケーブルを使用した二重ループの伝送方式によって、ケーブルの断線や電源ダウンなど異常発生時もループバック機能で運転を継続可能である。また、CC-Link IE フィールドネットワークは、コントローラ分散制御機能により、安全制御を含めた中小規模システムのシンプル化が可能である。

表1 CC-Link IE コントローラネットワーク一般仕様

項目	仕様
イーサネット規格/通信速度	IEEE 802.3z(1000BASE-SX)規格/1 Gbps
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)
通信制御方式	トークンパッシング方式
ネットワークポロジ	ループ(二重化)
最大接続局数(1ネットワーク当たり)	120 台
最大局間距離(マルチモード光ファイバー使用時)	550m
総延長(マルチモード光ファイバー使用時)	66,000m
サイクリック通信(ネットワーク型共有メモリ通信)	ビット単位共有メモリ :最大 4Kbyte ワード単位共有メモリ :最大 256 Kbyte
トランジェント通信(メッセージ通信)	メッセージサイズ:最大 2048 byte

表2 CC-Link IE フィールドネットワーク一般仕様

項目	仕様
イーサネット規格/通信速度	IEEE802.3ab(1000BASE-T)準拠/1 Gbps
通信媒体	シールド付ツイストペアケーブル(カテゴリ 5e)、RJ-45 コネクタ
通信制御方式	トークンパッシング方式
ネットワークポロジ	ライン、スター、リング
最大接続台数	254 台(マスタ局とスレーブ局の合計)
最大局間距離	100m
サイクリック通信(マスタ・スレーブ方式)	制御信号(ビットデータ):最大 32768 ビット(4096 バイト) RX(スレーブ→マスタ):16384 ビット RY(マスタ→スレーブ):16384 ビット 制御データ(ワードデータ):最大 16384 ワード(32768 バイト) RWr(スレーブ→マスタ):8192 ワード RWw(マスタ→スレーブ):8192 ワード
トランジェント通信(メッセージ通信)	メッセージサイズ:最大 2048byte

表3 CC-Link IE の安全通信の仕様

項目	仕様
通信方式	コネクション型
最大局数	基盤とする CC-Link IE に依存する。 CC-Link IE コントローラネットワーク:120 台 CC-Link IE フィールドネットワーク:254 台
同一局に対する最大安全コネクション数	2
安全リフレッシュにおける最大リンク点数	入力 16byte/出力 16byte

4 CC-Link IE のネットワーク構成

CC-Link IE では、ネットワーク階層毎に最適なネットワーク構成を準備している。コントローラネットワークでは、リング型接続、フィールドネットワークでは、ライン型、スター型、リング型のネットワーク構成が可能である。

CC-Link IE コントローラネットワーク構成を図3に示す。

コントローラネットワークは、標準で伝送路2重化をサポートし、最大 120 台の機器が接続可能である。ネットワークに接続された各機器は、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できる。また、コントローラネットワークを複数接続することにより、工程毎に独立したサイクリック周期をもつシステムやロボットを多数台接続したシステムを容易に構築できる。ネットワークは最大 239 まで接続できる。各々のネットワークのパラメータやサイクリックの範囲は、それぞれのネットワークに接続された管理局で管理している。

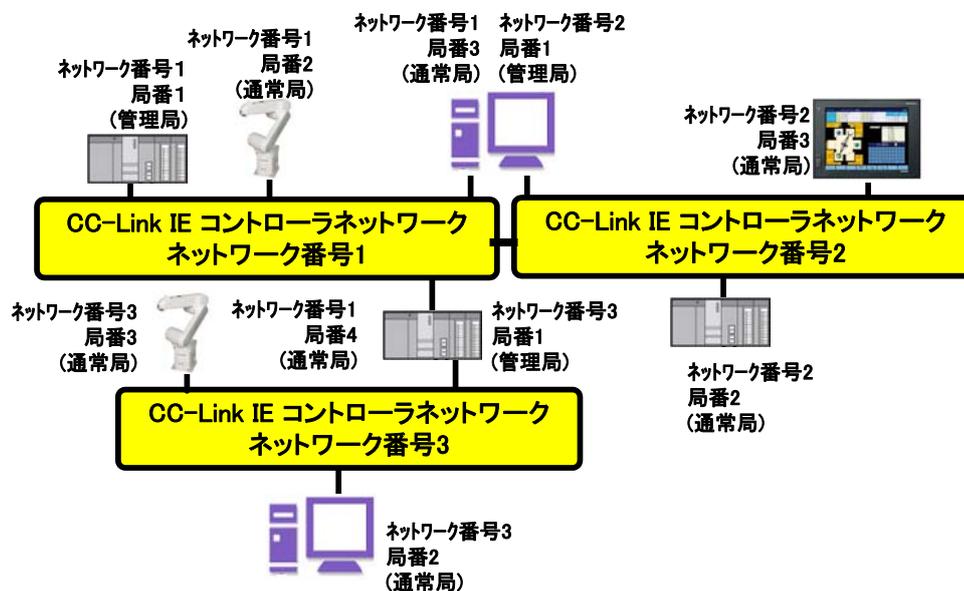


図3 CC-Link IE コントローラネットワーク構成図

CC-Link IE フィールドネットワークは、図4のようにライン型(a)、スイッチングハブを使用したスター型(b)、あるいはリング型(c)の構成が可能である。また、ライン型、スター型の組み合わせにより、更に柔軟にシステムを構築できる。ループ型では、コントローラネットワークと同様に、ケーブル断線や異常局を検出すると、正常な局間でサイクリック通信を続行する機能がある。

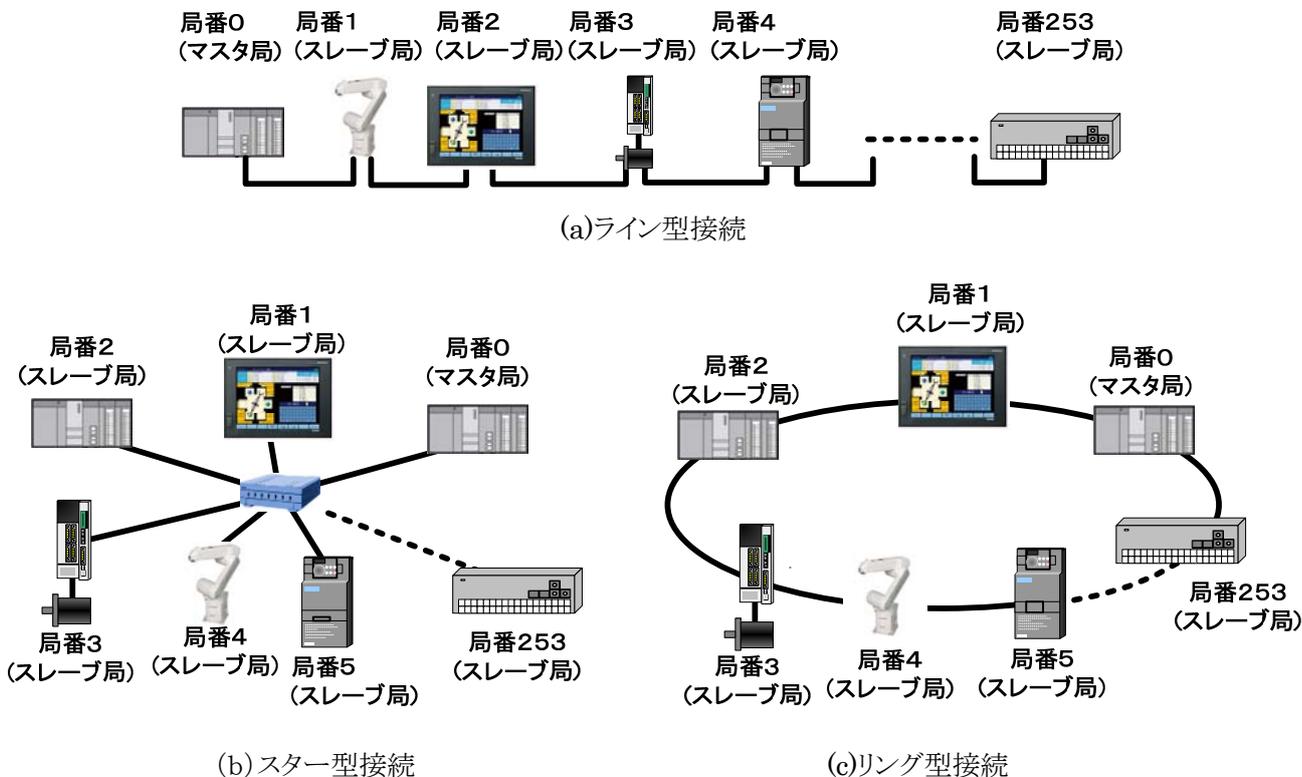


図4 CC-Link IE フィールドネットワーク構成図

5 CC-Link IE の通信方式

CC-Link IE は、①サイクリック通信と②トランジェント通信③安全通信の 3 つの方式をサポートする。制御データはサイクリック通信で、診断情報、トレーサビリティのための管理データ、ロギングデータ等はトランジェント通信で送受信を行う。

5.1 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5に、CC-Link IE のサイクリック通信を示す。

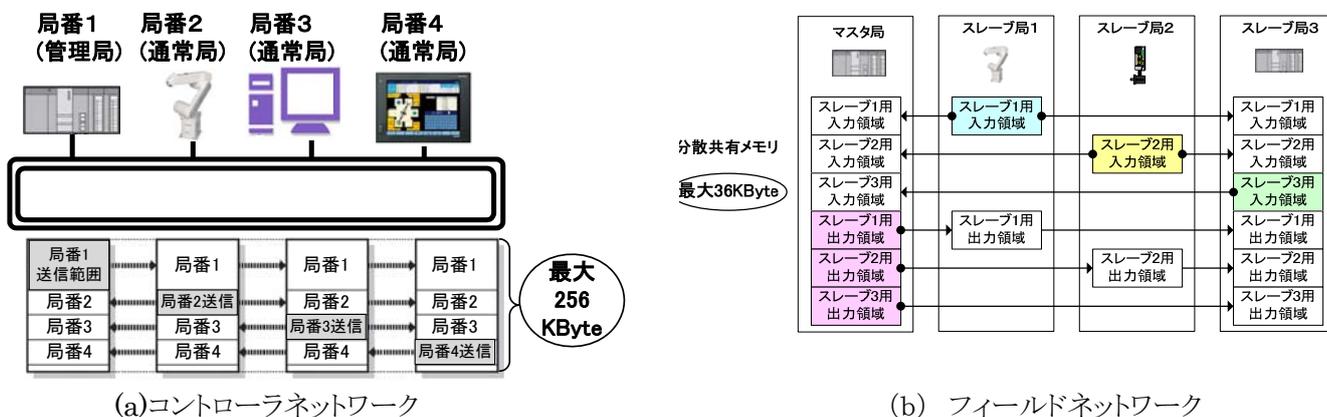


図5 CC-Link IE のサイクリック通信

コントローラネットワークの各局は、各局が保持するネットワーク型の分散共有メモリ間で、制御データをサイクリック通信する。

例えば、32局構成のネットワークにおいて、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60μsである。

フィールドネットワークの各局は、マスタ局とスレーブ局の間で共有する分散共有メモリ間で、制御データをサイクリック通信する。マスタ局は、スレーブ用出力領域のデータをスレーブ局に送信し、スレーブ局の入力領域のデータを受け取る。

スレーブ局は、図6のスレーブ局3に示すように、システムのすべてのスレーブ局のデータのモニタも可能である。この機能の使用により、フィールドネットワークをコントローラネットワークとして使用できる(CC-Link IE フィールドネットワークのコントローラ分散制御機能)

5.2 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。

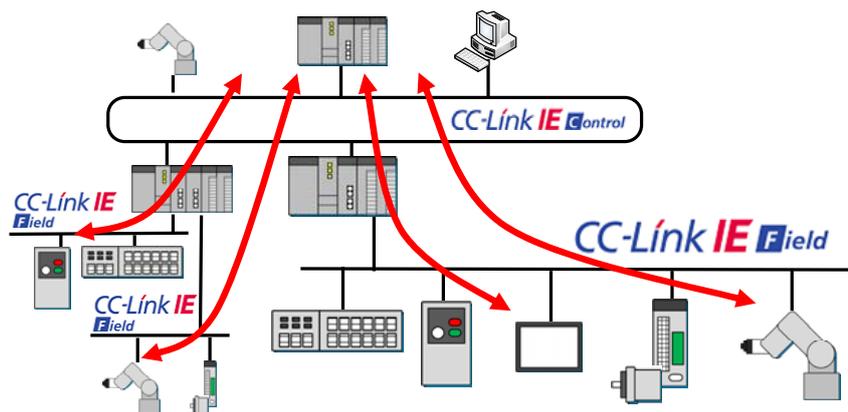


図6 トランジェント通信

CC-Link IE のトランジェント通信を図6に示す。CC-Link IE 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で、システム全体をあたかも1つのネットワークとみなして、機器の管理ができる利点がある。

5.3. 安全通信

CC-Link IE は、IEC61508を満した安全プロトコルをサポートしている。この安全プロトコルにより、安全制御コントローラ間の安全通信を実現した。製造ラインの工程毎に配置された安全制御コントローラを CC-Link IE で接続することにより、各工程内の緊急停止に対応した前後工程の安全停止や、工程毎のシステムメンテナンスが稼働中に、簡単に実行できる。

図7に、CC-Link IE の安全通信を示す。

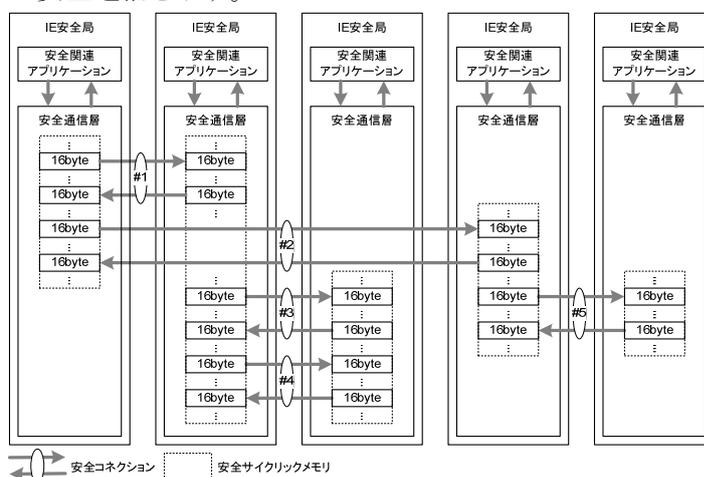


図7 安全通信

5.4 ネットワーク診断

CC-Link IE 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8参照)

図9に、CC-Link IE コントローラネットワークの断線検出とループバック通信を示す。各局は、ケーブル断線や、異常局などを検出すると、図5に示すように異常箇所を切り離し、ループバック通信を実行することにより、正常な局間でサイクリック伝送を続行する。

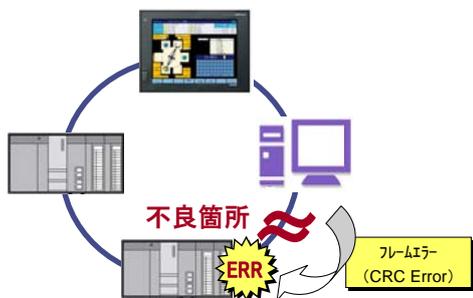


図8 ケーブル不良箇所の特定

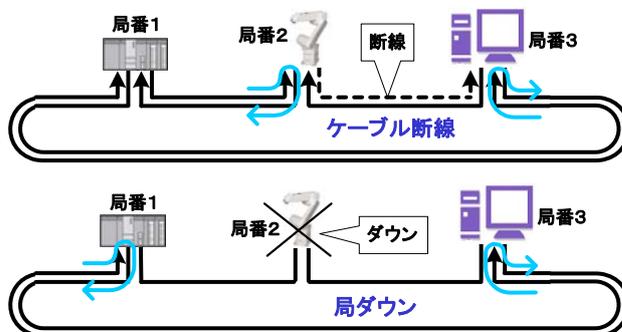
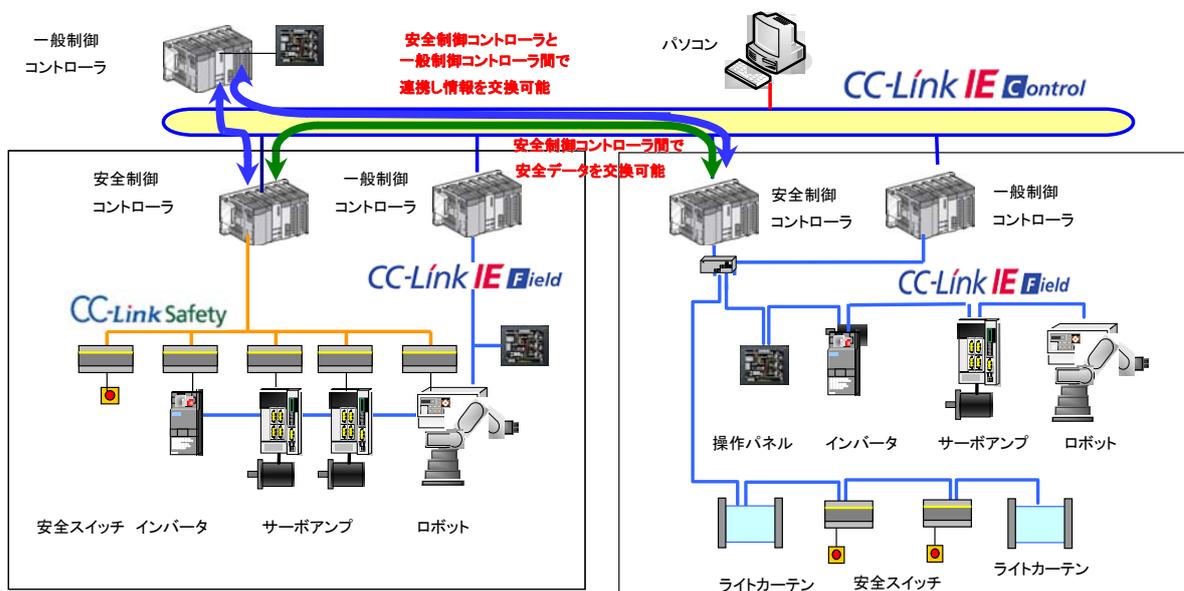


図9 CC-Link IE コントローラネットワークの断線検出とループバック通信

6. 安全制御への適用事例

CC-Link IE の適用事例を図 10 に示す。1Gbpsの高速転送により、制御のためのサイクリック通信を行っている。B 工程では、安全スイッチやライトカーテン、安全制御コントローラ等を CC-link IE フィールドで接続し、安全通信を行っている。また、安全制御コントローラと一般制御コントローラ間の情報交換により、事務所や現場などどこからでも、回線のトラブルやユニット異常を発見可能である。



A 工程:CC-Link Safety で安全通信を実行

B 工程;CC-Link IE フィールドで安全通信を実行

図10 安全制御への適用

7. おわりに

「CC-Link IE」ネットワークは、汎用技術であるイーサネットをベースに、

①高速、大容量通信 ②簡単システム構築とメンテナンス ③簡単通信プログラミング 等の特徴があり、Ethernet 技術の進化に合わせたシステムの高度化、機能アップが可能である。また、安全通信機能の実現により、安全システムを含めたシステム全体をシンプルに構築できる。

CC-Link 協会としては、今後、安全通信機能に加えモーション機能を統合することにより、CC-Link IEを生産システムの進化に応える最適ネットワークとして発展させていく所存である。