

CC-Link IEフィールド安全通信技術

五十嵐俊介*

CC-Link IE Field Safety Telecommunication Technology

Shunsuke Igarashi

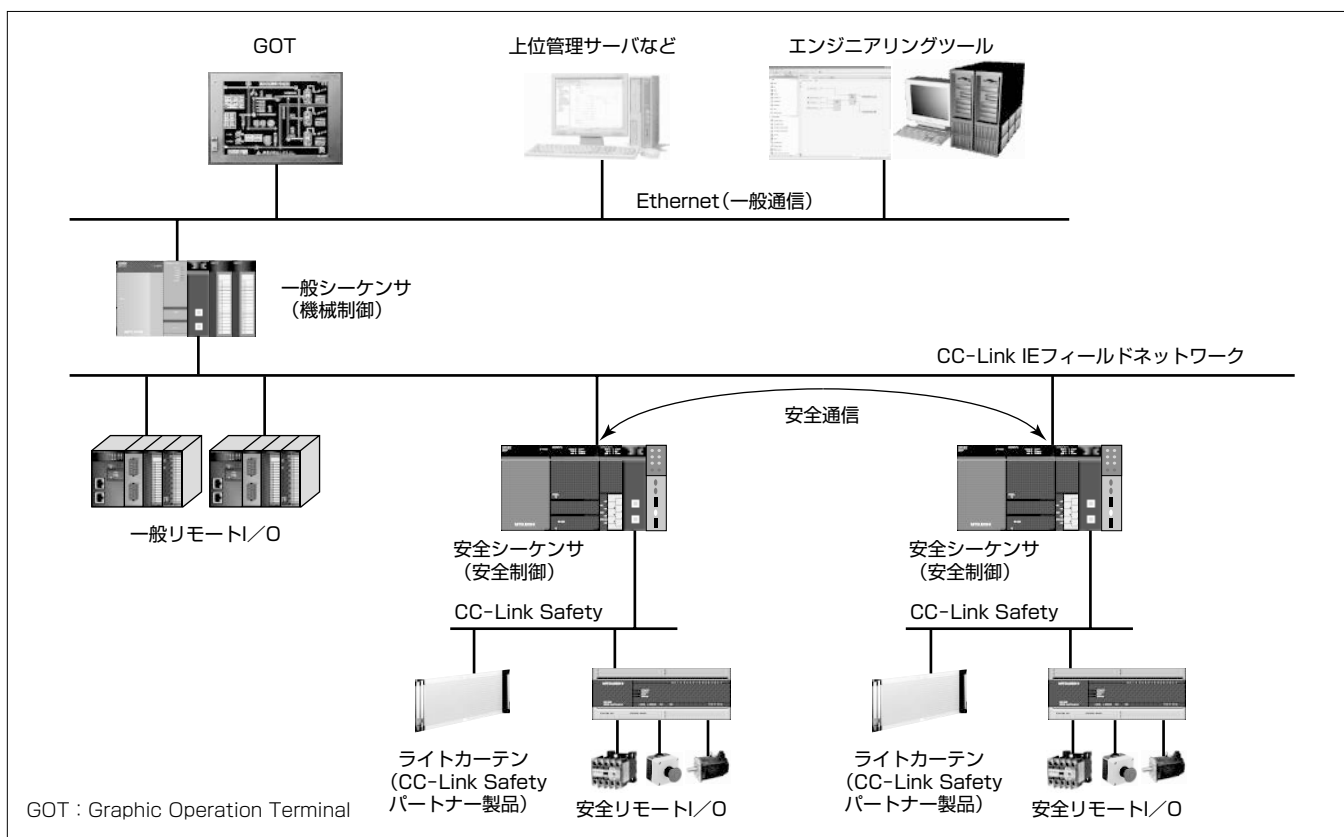
要 旨

従来、リレー盤などハードウェアで実現していた製造現場の安全制御を一般制御と同様にプログラマブルにしたいとの要望の高まりから、2006年に安全規格に準拠した安全コンポーネント群“MELSEC Safety”を発売した。MELSEC Safetyは、実績ある“MELSEC Qシリーズ”をベースに、安全規格が要求する診断機能や安全機能を備えた安全シーケンサ“MELSEC-QS”と、“CC-Link”をベースに非常停止などの安全制御にかかわる情報を通信できるように機能拡張した安全フィールドネットワーク“CC-Link Safety”を含む構成となっている。MELSEC Safetyは、“MELSEC”との親和性の高さなどもあり、安全規格に適合した安全システムの開発コスト・工期の削減や省配線化、安全制御のプログラマブル化、高い保守性を実現できるシ

ステムとして実績を重ねてきた。

一方、近年では安全制御を装置や工程ごとに分散している制御システムで、安全シーケンサ間での安全通信の実現や、更なる省配線を目的とした安全通信と一般通信の混在が望まれている。そのような状況の中、高速・大容量の通信を特長とする“CC-Link IEフィールドネットワーク”に安全通信機能を実現した“CC-Link IEフィールドネットワーク マスタ・ローカルユニット”を開発した。

本稿では、安全通信機能を実現したCC-Link IEフィールドネットワークの機能、開発に際して採用した技術、及びCC-Link IEフィールドネットワークを使用することで生まれるメリットについて述べる。



“CC-Link IE フィールドネットワーク(安全通信機能)”システム構成

高速・大容量の通信帯域と他ネットワークとのシームレスな通信を実現するCC-Link IE フィールドネットワークに、新たに安全通信機能を追加した。従来、別々に安全制御を行っていた安全シーケンサをCC-Link IE フィールドネットワークで接続することで、生産工程を跨(また)いだ安全制御を可能とした。また、従来のCC-Link IEフィールドネットワークの特長をそのまま継承しているので、安全通信を行う局以外の一般通信を行う局と接続可能であり、生産現場での柔軟なシステム構築に貢献できる。

*名古屋製作所

1. ま え が き

現在発売中のMELSEC-QSシリーズシーケンサ及びCC-Link Safetyネットワークでは、安全CPU (Central Processing Unit)や安全用途のフィールドネットワークマスタユニット、入出力ユニットを取り揃(そろ)え、従来はハードウェアに依存していた安全制御を一般の製造工程の制御と同様にシーケンサ上でプログラマブルに実施することを可能にした。その中で、安全通信機能を実現したCC-Link IEフィールドネットワーク(以下“CC-Link IEフィールド”という。)は、CC-Link IEフィールドの優れた特長を継承しつつ、安全規格に適合させたMELSEC-QSシリーズのネットワークである。これまで各製造工程単位で1台ずつ設置されていた安全シーケンサ同士を接続し、製造工程を跨いだ安全制御を実現するネットワークとして開発した。

CC-Link IEフィールドは、装置の制御だけでなく製造情報のトレーサビリティや製造プロセス改善のためのデータ収集など、あらゆるデータが混在し、インテリジェント化する新しいタイプの製造システムに向けたフィールド領域のネットワークとして2010年にCLPA (CC-Link Partner Association)から仕様が公開されたオープンネットワークである。

今回、CC-Link IEフィールドで安全通信を実現するために、CC-Link IEフィールドのプロトコル階層に安全層を実装し、安全通信に必要な機能を追加した。さらに、CC-Link IEフィールドでは一般通信を行う局と安全通信を行う局の混在が可能であり、安全通信と一般通信を同一ネットワーク上で実現できる。

2. CC-Link IEフィールド安全通信の仕様と機能

2.1 仕 様

CC-Link IEフィールド安全通信の仕様を表1に示す。

安全通信の機能を追加した以外は、一般通信のみを行う局と同様となっている。

物理層にはIEEE802.3ab(1000BASE-T)規格に準拠した通信技術を導入し、敷設時の低コスト化や通信速度1 Gbpsの高速通信を実現している。通信方式にはトークンパッシング方式を採用しており、通信のリアルタイム性が重視されるシステムに最適なネットワークである。さらに、多様なネットワークトポロジーに対応している。このようなCC-Link IEフィールドの特長をそのまま継承している。

安全通信では、安全通信を行う局を1ネットワークあたりに32台まで接続可能(MELSEC-QSシリーズの仕様)で、1安全コネクションあたりの入出力データはそれぞれ最大8ワードまで設定できる。また、IEC61508やIEC61784-3の安全規格に準拠している。

2.2 安全通信を行う局の機能

2.2.1 故障履歴登録機能

安全通信で異常が発生した場合、又は安全通信を行う局で入出力を停止するような異常が発生した場合、エラー情報を故障履歴として安全CPUユニットに登録する。

安全通信を行う局で異常が発生したときの動作を図1に示す。

まず、異常が発生した局1が自局の安全CPUにエラーの登録を行う。交信相手局である局2は、異常発生局との安全通信がタイムアウトエラーとなることで、局1の異常と自局の安全通信異常を検出し、自局の安全CPUに故障履歴の登録を行う。さらに、局3から局1、局2の故障履歴を確認することができる。

このように、CC-Link IEフィールド上に存在する安全通信を行う局の故障履歴を収集・確認することができるので、システム内で安全通信に障害が発生した場合の素早い対応と復旧が可能となる。

表1. CC-Link IEフィールド安全通信の仕様

項目	仕様
イーサネット規格	IEEE802.3ab(1000BASE-T)準拠
通信速度	1Gbps
通信体	シールド付き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
トポロジー	ライン, スター, リング
最大接続台数	121台(マスタ局とスレーブ局の合計)
ネットワークあたりの 最大安全局台数	32台
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32,768ビット
	RX(スレーブ→マスタ) : 16,384ビット
	RY(マスタ→スレーブ) : 16,384ビット
	制御データ(ワードデータ) : 最大16,384ワード
1安全コネクションあたりの 安全入出力数	RWr(スレーブ→マスタ) : 8,192ワード
	RWw(マスタ→スレーブ) : 8,192ワード
安全データ伝送時間	50ms(2台)
安全規格	IEC61508 2010(SIL 3)
	IEC61784-3(安全ネットワーク)

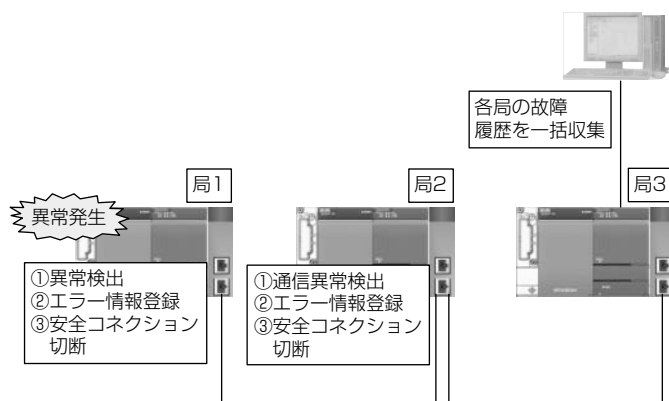


図1. 異常が発生した場合の故障履歴の確認

2.2.2 安全通信インタロック機能

安全通信を停止、再開させるための機能として安全通信インタロック機能を実装している。

図2にインタロックが発生してから、解除するまでのシーケンスの処理を示す。まず、安全通信に異常が発生すると安全通信を停止し、安全CPU内の安全通信インタロック状態を反映するデバイス(図2①)をONする。その後、安全通信を再開できる状態になったことをユーザーが確認した上で、安全通信インタロック解除要求を出すためのデバイス(図2②)をユーザーがONし、安全通信を再開することができる。安全通信を再開した後、①は自動的にOFFとなる。

通信異常などによって安全停止している安全システムで、危険要素が取り除かれた直後に、いきなり自動的に出力が再開されると安全上の問題が発生することがある。安全通信インタロック機能によって、この問題を解決し、システム再開時の危険を取り除くことができる。

2.3 CC-Link IEフィールド技術の継承

CC-Link IEフィールドは、安全コネクションの確立や安全データの送受信、安全通信監視といった複雑な処理を必要とする安全通信を実現するには適したネットワークであり、安全通信を行う局でもその特長を継承している。

2.3.1 サイクリック通信の定時性保証

CC-Link IEフィールドは、1 Gbpsの広帯域を採用しているため、通信やデータの種類ごとに帯域を確保できる。したがって、ある特定のデータのトラフィックが増大しても、ほかの通信に影響を及ぼすことはなく、高い精度のリアルタイム制御が実現可能である。

2.3.2 自由度の高いトポロジーとシームレス通信

CC-Link IEフィールドではライン型、スター型、リング型などのネットワークトポロジーによるシステム構成が可能であり、安全通信を行う局でもこれらの特長を継承している。様々なトポロジーを組み合わせることによって用途に応じた柔軟なネットワークの構築が可能である。

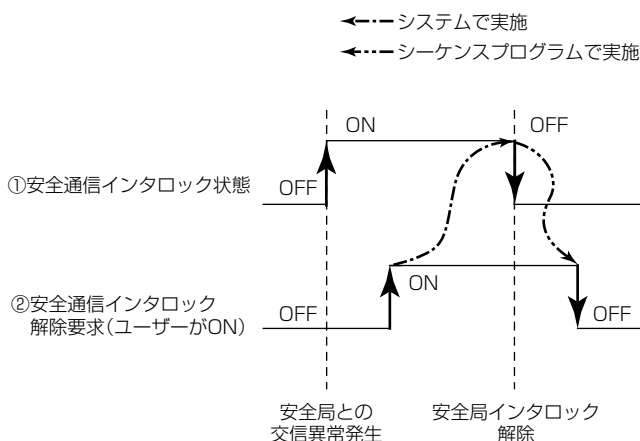


図2. 安全通信インタロック機能

2.3.3 機材の入手性

使用する通信ケーブルやコネクタは一般的なEthernet^(注1)ケーブル(ケーブル:IEEE802.3ab 1000BASE-T, カテゴリー5e以上, コネクタ:RJ-45, カテゴリー5e以上)が使用でき、専用ケーブルを使用するネットワークに比べて、配線コスト/施工コストを抑えることができる。

(注1) Ethernetは、富士ゼロックス(株)の登録商標である。

3. 安全通信を実現するための技術

CC-Link IEフィールドで安全通信を行う局は、安全規格に準拠するため、一般通信を行う局に比べ下記(1)(2)に示すような安全関連機能を強化している。

(1) 安全コネクションの管理

通信相手局と安全コネクションを確立。異常検出時、安全コネクションを切断

(2) 安全通信監視

タイムスタンプ、コネクションID、CRC32

これらの機能を実現するために、CC-Link IEフィールドのプロトコル階層に安全通信層を設け、一般通信とは別に安全通信に関する管理を行っている。

3.1 プロトコル階層(安全通信層)

図3にCC-Link IEフィールドのプロトコル階層を示す。プロトコル階層はEthernet(IEEE802.3)層とCC-Link IEフィールドのフィールドバスアプリケーション層(FAL)、安全通信を実施するための安全通信層、そして安全関連アプリケーションから構成される。この中で、図3で網掛けしているEthernet(IEEE802.3)層とFAL層はブラックチャネルとして扱う。ブラックチャネルとは、安全通信に対して影響を与えない論理的な伝送路のことである。

安全通信層の主要な機能を①～④に示す。安全層は、安全コネクションの確立やデータの送受信、安全通信を実施する局の情報管理、安全通信の監視など安全通信に関するほとんどすべての作業を担っている。

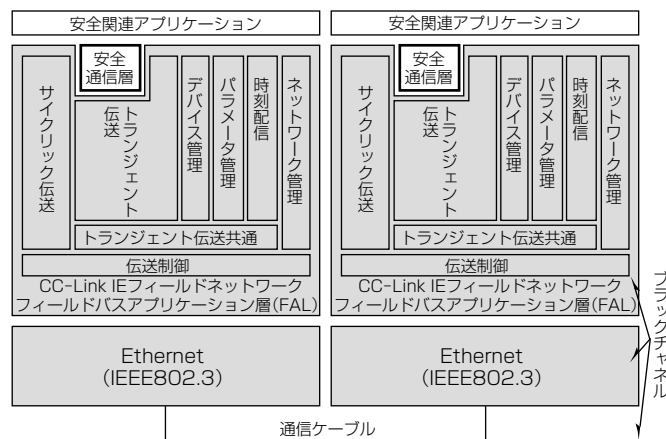


図3. プロトコル階層

<安全層の機能>

- ①コネクション確立 : 安全通信の開始・停止
- ②データ送受信 : 安全データの送受信
- ③情報管理 : 局情報、パラメータ設定・取得
- ④安全通信監視 : 安全通信異常の検出

3.2 安全コネクション管理

CC-Link IEフィールドでは、安全コネクションを確立することで安全通信を可能としている。安全コネクションについて図4に示す。安全通信を行う局は、設定された各パラメータにしたがって、安全通信を行う相手局と1:1の安全コネクションを確立する。安全コネクション確立後、コネクション間で定期的な安全データの送受信を行う。

安全通信を行う局と安全データは送信間隔監視時間やリフレッシュ監視時間などの安全監視タイマによって常時監視されており、一定時間送受信がされない場合やデータ異常となった場合は、安全コネクションを切断し、出力情報を安全側に制御する。安全通信は、トランジェント伝送によって実現されているが、安全層によってデータ管理され、専用の帯域を使用して送受信されるため、一般のトランジェント伝送やサイクリック伝送の影響を受けることはない。

3.3 安全通信監視

CC-Link IEフィールドに次の3つを実装することで、IEC61784-3で規定されている通信エラーに対応する。

(1) タイムスタンプ

安全通信を行う局が安全データを送信する場合に、その送信時刻(タイムスタンプ)を付加する。このタイムスタンプによって、一連の受信メッセージの前後関係や伝送遅延を計測することができる。安全通信では、このタイムスタンプを基に、安全データの損失、意図しない繰り返し受信、順序不正、受容できない遅延の発生を検出できる。

(2) コネクションID

コネクションIDは、CC-Link IEフィールドのシステム内で一意の値であり、コネクションを特定することができる。このコネクションIDによって、未知の送信元からのメッセージ受信、意図しない宛先(あてさき)への送信を検出することができる。

(3) 安全通信用CRC

安全通信用CRC(Cyclic Redundancy Check)は、安全データを対象に生成多項式より算出し、安全データごとに決定される値であり、安全データ送信時に付加して送信する。CRCは受信側でも同様に算出することで、受信データの破損を確認することができる。また、一般通信と安全通信で異なる生成多項式を使用することで、データの誤認識を防いでいる。

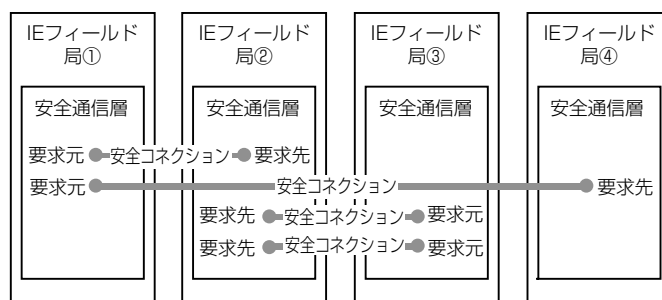


図4. 安全コネクション

4. CC-Link IEフィールド安全通信のメリット

これまで述べてきたような機能や技術を備えたCC-Link IEフィールドの安全通信機能を使用することによって、生産システムが稼働する現場では多くのメリットが生まれる。主なメリットを次に示す。

- (1) 製造工程ごとに設置してある安全シーケンサ間での安全通信を可能とし、製造工程間で連携した安全停止が可能となる。
- (2) 製造工程ごとに分けて安全シーケンサを配置できるので、システム立ち上げやメンテナンス時にほかの工程への影響を最小限に抑えられる。
- (3) 製造工程間の一般通信と安全通信を一つのネットワーク上で実現できるため、省配線が可能となる。
- (4) 一般シーケンサのみで構成されている大規模システムに対して、既設の一般シーケンサ側に大きな変更を加えることなく安全シーケンサを追加していくことが可能となり、既存システムの更なる安全化を実現できる。

5. む す び

生産現場ではネットワークの階層を意識しないシームレスな通信、省配線性やメンテナンス性への要望が高まる一方で、安全通信が必要な場面ではほかの一般通信に影響されない安全に特化したシステムが求められている。安全通信に対応したCC-Link IEフィールドはそれらの要求に対し十分にこたえ得るネットワークとなった。今後は、CC-Link IEを中心として、更なる適用範囲の拡大と機能強化を図り、製品の使い勝手を向上させ、ユーザーのメリットを最大化できるような製品開発を心がけ、邁進(まいしん)していく所存である。

参 考 文 献

- (1) 神余浩夫, ほか: 安全シーケンサ“MELSEC Safety”, 三菱電機技報, **81**, No.4, 277~280 (2007)
- (2) 河本久文: CC-Link IEフィールドネットワーク, 三菱電機技報, **84**, No.3, 179~182 (2010)