

# CC-Link IE TSN リモート局 認証クラス B 対応製品開発技術の確立

里中 大紀, 米良 滉太郎

## 1. まえがき

本稿では、先進のFAネットワーク規格であるCC-Link IE TSN リモート局認証クラス B に準拠した試作基板の開発結果を報告する。

筆者の所属部門は、FA 制御機器に関するハードウェア（以下、H/W と記載）及びソフトウェア（以下、S/W と記載）を開発している。本開発では、H/W と S/W の技術者が製品の仕様策定段階から連携し、リモート局認証クラス B 製品の認証取得及び実製品を想定した H/W の小型化や S/W の流用性確保を目指した。

結果、認証機関である CC-Link 協会（以下、CLPA<sup>(註1)</sup> という）のコンフォーマンステストに合格し、CC-Link IE TSN の認証クラス B 製品開発技術を確立した。

## 2. 背景と目的

三菱電機（株）では、スマート工場の実現に向けて、生産現場と IT システムを融合するオープン統合ネットワークである CC-Link IE TSN の普及を推進している。

当社においては、H/W と S/W の両面から CC-Link IE TSN 製品を受託開発できるパートナーとしての役割が求められているため、“CC-Link IE TSN リモート局認証クラス B 製品の設計・開発を市場から受注するために必要な技術を獲得する”ことを目的に開発を行った。

## 3. CC-Link IE TSN について

ここでは、CC-Link IE TSN 及び本開発の対象としたリモート局の概要を述べる。

### 3.1. CC-Link IE TSN の概要

CC-Link IE TSN とは、時分割制御方式を採用した FA 制御機器の通信規格である。図 1 に示すように、1 周期の間に制御通信と情報通信を混在できるため、制御通信のリアルタイム性を保証しながら、IT システムとの情報通信が可能となる。

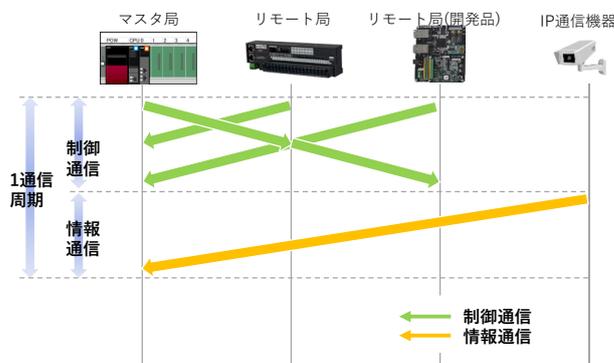


図 1. 制御通信と情報通信の混在イメージ

### 3.2. リモート局とは

リモート局は、工場内で分散配置されている各種機器のデータをマスタ局と送受信するための機器である。

リモート局を介した構成例を図 2 に示す。従来であれば、制御と情報用に別々のネットワークが必要だった。しかし、リモート局を介することで各種機器との信号接続を同一ネットワークに融合可能である。そのため、工場全体の省配線を実現できる。図内で記載されている“GX Works”は三菱電機（株）で開発されたプログラマブルロジックコントローラ制御用のエンジニアリングツールである。（以下、エンジニアリングツールと記載）

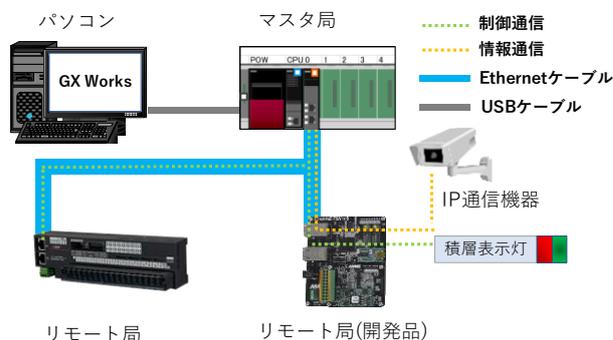


図 2. CC-Link IE TSN のシステム構成例

<sup>1</sup> CLPA : CC-Link Partner Association

### 3.3. 認証クラス B 製品とは

CLPA では、機能や性能に応じて認証クラスを設定している。表 1 に示すように、認証クラス B の方が高機能・高性能であり、専用の通信 LSI を搭載した H/W の開発及び S/W の組込みが必要である。認証クラス A は 19 年度に認証取得済みである。認証クラス B は、認証クラス A よりも開発難易度は高いが性能を最大限に発揮することが可能である。このため採用する顧客が多い状況である。そこで、本開発では認証クラス B をターゲットに開発を行うこととした。

表 1. 機器の認証クラス分類

No.	機能	条件	認証クラス	
			A	B
1	受信/中継	フルレート受信/中継	-	○
2	対応規格	IEEE1588 準拠	○	○
		IEEE802.1AS 準拠	-	○
		IEEE802.1Qbv 準拠	-	○
3	同期精度	1us 以下	-	○
4	通信方式	時分割方式	-	○
		タイムマネージド・ポーリング方式	○	-
5	サイクリック伝送	VLAN	○	○
		ユニキャスト	○	○
		ブロードキャスト/ マルチキャスト	-	○
6	トランジェント伝送	NRSV-Transient	○	○

--: 不要 ○: 必須

### 3.4. コンフォーマンステストとは

コンフォーマンステストとは、その製品が CC-Link IE TSN の通信仕様を満たし、CC-Link IE TSN ネットワークに接続できることを確認するテストである。コンフォーマンステストを実施することで CC-Link IE TSN 通信部分の信頼性が確保できる。

## 4. 方針とスケジュール

### 4.1. 開発方針

2 章の背景と目的に基づき、以下の開発方針を策定した。

- (1) CC-Link IE TSN リモート局 認証クラス B の取得
- (2) 受託開発を見据えた技術力の蓄積
  - (a) H/W と S/W 技術者が連携した製品開発力の蓄積
  - (b) 顧客の現場ニーズに即した H/W, S/W それぞれの技術獲得

表 2. 獲得を目指す技術内容

	獲得目標技術
H/W	小型化, 汎用化
S/W	流用性確保, 使用性向上

### 4.2. 実施スケジュール

上記の開発方針に基づき、表 3 のとおり (1)仕様策定から (6)コンフォーマンステストまでは約 1 年間のスケジュールで実施した。

表 3. 本開発のスケジュール

作業内容	2020年度											
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	
(1) 仕様策定												
(2) H/W設計												
(3) S/W設計												
(4) H/W(基板)製造												
(5) S/W実装												
(6) コンフォーマンステスト												

## 5. 仕様策定

ここでは、本開発におけるリモート局の仕様策定プロセスについて記載する。

### 5.1. 認証クラス B 対応仕様策定

表 1 に示した認証クラス B の仕様を満たすため、リモート局の仕様を以下に決定した。

サイクリックデータとは制御情報を送受信するリンクデバイスであり、RX/RX はビットデータを、RW<sub>r</sub>/RW<sub>w</sub> はワードデータを送受信するために使用する。本開発では、ビットデータとワードデータをそれぞれ 16 点数分<sup>(注2)</sup>用意した。

表 4. 本開発のリモート局仕様(抜粋)

項目	内容	
局番	1~120	
ネットワーク No.	1~239	
通信速度	1Gbps/100Mbps	
伝送路形式	ライン型, スター型	
通信方式	時分割方式	
サイクリックデータ	bit	RX/RX : 各 16 点
	word	RW <sub>r</sub> /RW <sub>w</sub> : 各 16 点
サイクリック伝送	VLAN/ユニキャスト/ブロードキャスト/ マルチキャスト	
トランジェント伝送	NRSV-Transient	

### 5.2. 受託開発を見据えた仕様検討

実際の受託開発を想定し、H/W 技術者と S/W 技術者で顧客の現場ニーズに即した付加価値について協議した。結果として、流用性・使用性・実用性の 3 つの観点で検討する。各観点の詳細は下記項目に示す。

#### (1) 流用性

- (a) S/W の機能追加や流用を考慮してスイッチやメモリー容量に余裕のある実装部品を検討する。(H/W + S/W)
- (b) 今後のカスタマイズを考慮して変更しやすい S/W

(注2) 点数とは、FA 製品における信号数を意味する。

構成にする。(S/W)

(2) 使用性

- (a) 既存のリモート局製品を参考にして LED の配置と各種 I/O の個数、及び設定を決定する。(H/W)
- (b) 通信の状態や製品の異常を視覚的に特定できるようにする。(H/W + S/W)

(3) 実用性

- (a) 実製品を想定したコストの低減、及び省スペースで使用できるように基板の小型化/汎用化を実現する。(H/W)

造した基板を示す。クラス B 専用通信 LSI はルネサスエレクトロニクス(株)製“R-IN32M4-CL3”を使用する。H/W 構成は“R-IN32M4-CL3”を中心に、メイン基板にはスイッチ回路・メモリー回路・電源回路・リセット回路・水晶発振回路を実装し、サブ基板(デジタル I/O 基板)に絶縁回路と入出力回路を実装した。次の項目以降で、S/W 技術者と協議を行い、流用性・使用性・実用性 3 つの観点から留意すべき設計内容があったブロックについて記載を行う。

## 6. 設計上のポイント

### 6.1. H/W 設計

(1) 回路設計

図 3 に H/W 構成のブロック図、図 4 に本開発で製

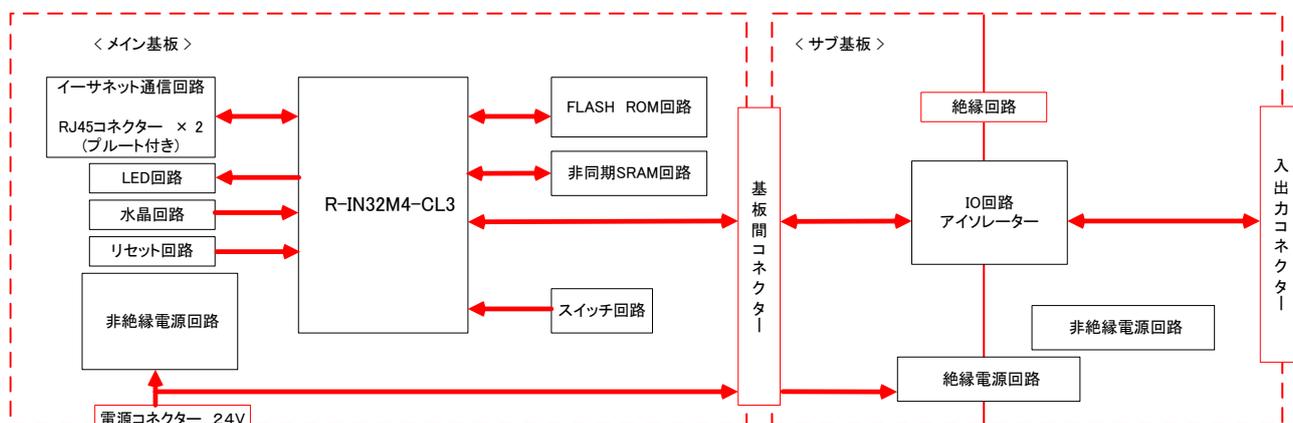


図 3. H/W 構成 ブロック図

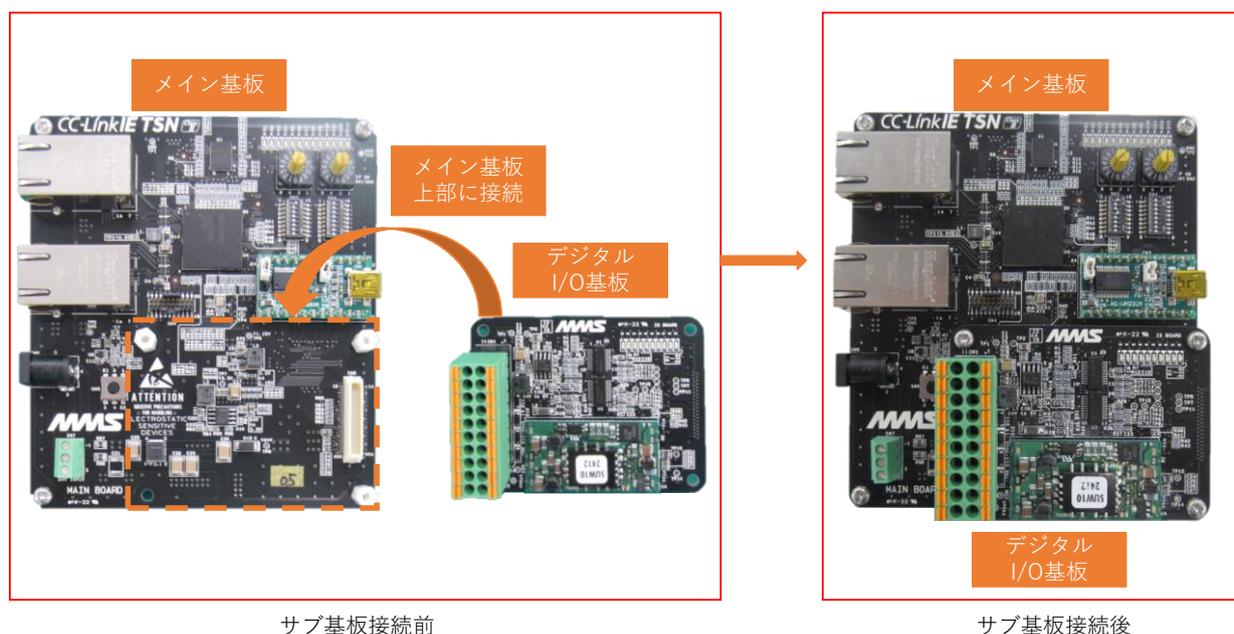


図 4. 基板完成品

(a) スイッチ構成

S/W 処理の観点から汎用ディップスイッチの用途が 5 信号分確定している。しかし今後のシステム仕様変化に応じて、インターフェースを柔軟に変更できるようにするため 8 信号分の操作が可能な汎用 8 点ディップスイッチを 2 つ実装し 16 点分の信号を操作できるようにする。汎用ディップスイッチの信号割当ては表 11 に記載する。

表 5. 実装ディップスイッチ

スイッチ種別	実装数
汎用 8 点ディップスイッチ	2

(b) メモリー構成

S/W 技術者と協議を行いメモリーの容量を決定した。S/W 技術者が見積もった必要容量が SRAM: 約 300KB, FlashROM: 約 4MB である。メモリーサイズは 300KB を使用できる最小限のサイズである 512KB のメモリーを実装し, FlashROM は今後の S/W の追加を考慮して 8MB を実装した。

表 6. 実装メモリー詳細

メモリー種別	容量
SRAM	512KB
FlashROM	8MB

(c) 入出力構成

接続先機器に選択肢を持たせるためデジタル I/O として 24V 入出力と 5V 入出力を用意する。また入出力は将来的にアナログ I/O に切り替えることを可能とするためメイン基板とは別のサブ基板として実装する。

表 7. 入出力構成

入出力種類	点数
24V 入力	4 点
5V 入力	4 点
24/5V 共用出力	8 点

(2) 基板製造

(a) 基板サイズ

同等の機能を持つ三菱電機 (株) 製品と同等サイズを目標としてメイン基板を作成する。サイズを小さくするために、表 8 の優先度順にそれぞれの配線長が短くなるように部品配置を検討した。結果として図 5 の部品配置となり、表 9 に示すとおり目標と同等サイズで実現できた。

表 8. 部品配置優先度

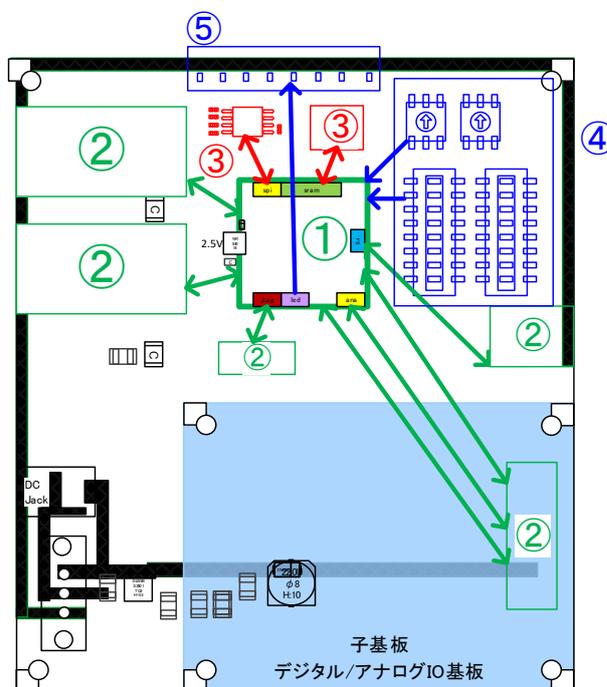
優先度	内容
1	サブ基板やコネクタへの接続性と配線が交差しないことを重視し通信 LSI とコネクタの位置を決定
2	メモリーは配線長が極力短くなるよう通信 LSI の端子配置から位置を決定
3	LED やスイッチは周波数が低い部品であり配線長が長くなっても問題が無いため、操作性や視認性を重視し位置を決定

表 9. メイン基板サイズ比較(本開発品/目標)

種別	本開発品サイズ[mm <sup>2</sup> ]	目標サイズ[mm <sup>2</sup> ]
メイン基板	約 11, 000	約 11, 000

表 10. サブ基板サイズ

種別	本開発品サイズ[mm <sup>2</sup> ]
サブ基板	約 3, 500



優先度 1: ①通信 LSI・②コネクタ

優先度 2: ③メモリー

優先度 3: ④スイッチ・⑤LED

図 5. 主要部品の配置検討図

(b) 製造コスト

基板は複数の層から構成され、各層ごとに部品配置のパターンデータを設計し、これを元にフィルムと呼ばれる基板加工用機材を製造する。フィルムの製造費は高価なためこれらのコストを抑える必要がある。図 6 に示すように、メイン基板・サブ基板のフィルムを一体化した。これによりフィルム製造費を抑えることができ、合計コストを約 20%削減できた。

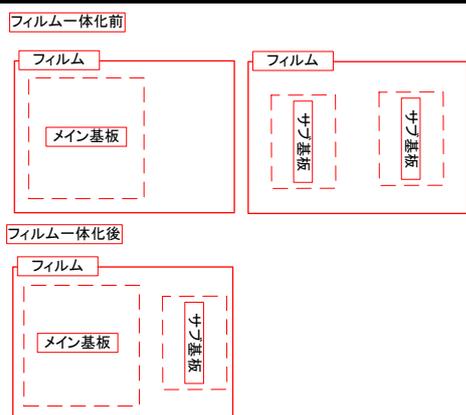


図 6. フィルム数削減イメージ

## 6.2. S/W 設計

### (1) S/W 構成

S/W の実装は、ルネサスエレクトロニクス(株)から開発用に提供されているサンプルプログラムを流用・改造して行った。

今後の機能拡張を考慮に入れてユーザープログラムをイベント処理とアプリケーション処理に分離した構成とし、通信処理に関しては完全に流用できる構成とした。このような構成とすることで顧客からの機能追加や変更に対応できる。また、通信処理を完全に流用できる構成とすることで、今後の CC-Link IE TSN の仕様変更にも素早く対応できる。

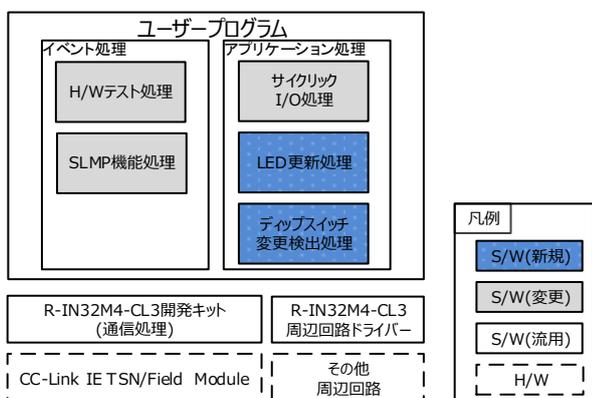


図 7. S/W 構成

### (2) 各種アプリケーション

#### (a) モード切替機能

ディップスイッチのみで簡単にパラメーターや LED 表示切替の設定を行えるようにした。これにより、工場内の分散配置されたリモート局製品に対して、顧客がエンジニアリングツールなしで直接設定の変更や状態の確認を行うことができる。また、コンフォーマンステストを行う際、各種試験項目に応じた設定切替えを容易にできる。

表 11. ディップスイッチの機能割付け

Bit	機能	設定
0	リンクアップ設定	ON : 100Mbps リンクアップ OFF : 1Gbps リンクアップ
1	H/W テスト設定	ON : H/W テストモード OFF : ネットワーク通信モード
2	RY/RX 折り返し設定	ON : RY→RX 折り返し OFF : GPIO の通常入出力
3	LED 表示設定	ON : RX で表示 OFF : RY で表示
4	サイクリック受信データ HOLD/CLEAR 設定	ON : CLEAR OFF : HOLD
5~15	リザーブ (ユーザー定義可能)	-

#### (b) 状態通知機能

サイクリックデータは表 4 に示すとおり各 RWr につき 16bit である。RWr0~14 は、通常の制御データを送信するために使用する。RWr15 を状態通知用のシステム予約領域として定義し、各 bit を表 12 のように定めた。顧客がこの RWr15 をエンジニアリングツールに取り込むことで本開発品の状態を容易に把握でき、システムの停止等を迅速に行うことができる。

表 12. RWr15 の機能割付け

Bit	機能	更新条件
0	Ready 通知	サブ基板装着時, ON
1	エラー発生通知	解列・サブ基板が脱着・Fatal エラー発生時, ON
2	異常時のサイクリックデータ HOLD 通知	表 11 のディップスイッチ Bit4 が OFF かつ、解列・サブ基板が脱着・Fatal エラー発生時, ON
3	異常時のサイクリックデータ CLEAR 通知	表 11 のディップスイッチ Bit4 が ON かつ、解列・サブ基板が脱着・Fatal エラー発生時, ON
4~7	I/O サブ基板装着状態	0x0 : 未装着 0x1 : デジタル I/O サブ基板装着中 0x2 : アナログ I/O サブ基板装着中
8~15	リザーブ (ユーザー定義可能)	-

## 7. 開発成果

### 7.1. 認証クラス B 取得

認証クラス B を取得するには、コンフォーマンステストの H/W 試験, S/W 試験, プロファイル記述確認, エージング試験の 4 つに合格する必要がある。H/W 試験以外については当社内で実施し、H/W 試験については機材手配ができないことから外部委託という形をとった。結果、コンフォーマンステストに合格し認証クラス B を取得した。

## 7.2. 受託開発を見据えた技術力の獲得

5.2 節に示した 3 つの観点について、本開発での達成度を表 13 に示す。

表 13. 本開発の達成度

機能仕様	説明	達成度
流用性	今後の機能追加やカスタマイズを考慮した H/W, S/W 構成とすることで流用性を満たす設計を行うことができた。	○
使用性	顧客がディップスイッチ操作にて容易にパラメーター設定や LED 表示内容変更を可能とするなど、使用性を向上できた。	○
実用性	実用性を考慮して基板の小型化や汎用化を目指し、目標と同等の基板サイズで実装できた。	○

## 8. 今後の課題

### 8.1. 受託開発に向けた競争力の強化

今後の受託開発に向けた課題を以下に示す。

#### (1) 基板の更なる小型化

表 13 に示すように、目標と同等の基板サイズを実現できた。しかし基板サイズは顧客のニーズに沿って変更する必要があるため更なる小型化を目指す。そのために使用数が多い抵抗やコンデンサーを一段階小型の物に変更することが必要である。

#### (2) アナログ I/O サブ基板の追加

本開発品では、サブ基板としてデジタル I/O サブ基板のみ製作した。今後温度センサー等顧客のニーズが多いアナログ信号を扱えるようにするため、アナログ I/O サブ基板の設計及びそれに対応した S/W 設計技術を獲得することが必要である。

#### (3) アプリケーションの拡充

本開発で搭載した通信速度切替や LED 表示切替等の他、製品レベルで必要な機能に対応できることを目指す。そのためにシリアル通信によるデータ送受信機能や通信負荷表示機能を搭載する。

### 8.2. プロモーション活動の推進

今後、製品開発を受託する上でのプロモーション活動について、以下に示す。

#### (1) 展示会での技術 PR

CLPA が主催する各種セミナー及び社外の展示会にて、本開発品製作実績の PR を行う。

#### (2) 顧客ニーズの調査

CLPA と連携して顧客ニーズの調査を実施し今後の改善点を抽出する。

#### (3) 評価用基板としての製品化

本開発の基板を評価用基板として製品化し、CC-Link IE TSN 認証クラス B 導入予定の顧客に貸し出し又は販売する。

## 9. むすび

開発の目的である CC-Link IE TSN リモート局認証クラス B の取得、及び対応製品の設計・開発を市場から受注するために必要な技術獲得を達成できた。今後も継続して課題解決に取り組むことで受注獲得・拡大を果たし、産業用ネットワーク市場シェア拡大へ貢献する所存である。

## 商 標

- (1) CC-Link 及び CC-Link IE TSN は、三菱電機(株)の登録商標である。
- (2) IEEE は、the Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. の登録商標である。
- (3) GX Works は、三菱電機(株)の登録商標である。
- (4) Ethernet 及びイーサネットは、富士ゼロックス(株)の登録商標である。
- (5) R-IN32M4-CL3 は、ルネサスエレクトロニクス(株)の商標である。

## 参考文献

- (1) CC-Link 協会 HP : <https://www.cc-link.org/ja/>

## 執筆者紹介

### 里中 大紀 (さとなか たいき)

2016 年度入社。

FA 製品に関する S/W 開発に従事。

現在、第 4 事業部 FA 制御技術部 FA 制御技術第 1 課に所属。

### 米良 滉太郎 (めら こうたろう)

2017 年度入社。

FA 製品に関する H/W 開発に従事。

現在、第 4 事業部 FA 制御技術部 FA 制御技術第 1 課に所属。