

# HART 通信対応プロセスコントローラ用 I/O モジュールの開発

## Development of an I/O Interface Module for Process Controllers with HART Communication Capability

株式会社 山武  
アドバンスオートメーションカンパニー Shin Suzuki

鈴木 伸

キーワード

HART 通信, I/O, コントローラ

プロセスコントローラ用 I/O モジュールに HART 通信機能を搭載した製品を開発した。従来のアナログ信号による制御監視と計装に影響を与えない設計で、HART 通信対応とすることで、フィールド機器が持つ様々なデジタル情報を高速に取得することができる。その情報を機器管理システムに伝送し、プラントの機器管理やコミッショニングを実現する。

This paper reports the development of an I/O interface module for process controllers with HART communication capability. Designed so as not to affect conventional analog signals used for control monitoring and instrumentation, the I/O module can quickly obtain a variety of digital information from field devices with HART communication capability. This information is then sent to the device management system for use in plant device management and commissioning.

### 1. はじめに

フィールド機器のスマート化が進み、従来の 2 線式のアナログ電流出力ライン上に、デジタル信号を重畳した、HART 通信機能を有するフィールド機器（以下、HART 機器）が主流となっている。HART 機器自身およびプロセスの診断情報を、機器管理システムに伝送し、ユーザーに様々な情報の提供が可能となる。

プラントのライフサイクル（図 1）は 5 つに大別できる。

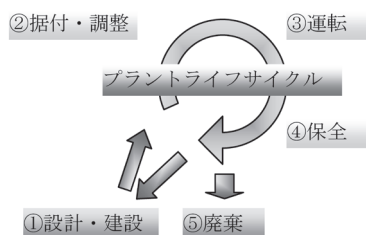


図 1. プラントのライフサイクル

#### ①設計・建設

プラントの新規あるいは改良のための設計と建設を行う。

#### ②据付・調整

フィールド機器を正しく設置し、配線を行い、設定・調整を実施する。

#### ③運転

フィールド機器が正常に運転していることを確認する。フィールド機器やプロセスに異常が発生した場合には、点検を行う。

#### ④保全

定期的あるいは、不定期にフィールド機器の検査や予防保全のためのメンテナンスを行う。

#### ⑤廃棄

プラントに設置されたフィールド機器が寿命を全うし、廃棄する。

実際のプラントは、②から④を繰り返すことになり、このサイクルにわたり機器管理システムが提供できるユーザーへの価値は以下のようなになる。

据付・調整：ループチェックを支援するツールから、HART 機器に対して、アナログ電流の固定出力を通信で設定し、その出力確認を通信で行う。この一連の作業は、すべて自動で実施できるため、作業員が不要となる。さらに、迅速で確実な据付確認が可能となる。

運転：HART 機器の診断情報やプロセスの診断情報を通信を用いて、定期的を取得し、HART 機器の健全性を監視する。さらに、HART 機器やプロセスに変化があった場合には、その情報を機器管理システム上に示し、ユーザーに適切な処置を促す。HART 機器やプロセスの異常がプラントのシャットダウンを引き起こさないよう未然に防止できる。

保全：従来の時間計画保全 TBM (Time Based Maintenance)<sup>(1)</sup> に加えて、状態監視保全 CBM (Conditional Based Maintenance) を導入し、保全の合理化や設備利用率の向上が実現されている。すなわち、時間が来たら正常な機器も、異常な機器も、プラントから取り外し、メンテナンスを行う方法から、③の監視で状態に変化があった機器に限定して、メンテナンスを実施するという方法と併用できる。さらに、メンテナンス後の動作確認も②据付・調整と同じ価値を提供できる。

これらの価値を提供するためには、HART 機器から HART 通信のデジタル情報を、機器管理システムに受信する装置が必要である。そこで、従来から当社の実績あるプロセスコントローラ用 I/O モジュール：ベースユニット型 I/O を利用して、そのパッケージの中に HART 通信機能を追加した BU100H シリーズを開発したので報告する。

## 2. 要求仕様

既設のアナログ電流信号を用いた制御監視システムに、HART 通信を用いた機器管理システムを導入する場合は、既設のケーブルをそのまま利用することができるという利点がある。

その方法として、HART 通信に対応した制御監視システムに全面交換するか、HART 機器との HART 通信を処理する外付けの HART マルチプレクサを利用する方法が一般的である。しかしながら、これらの方法は、導入の容易さや通信速度という見地から、お客さまの要求仕様を満たさない。そのため、現状の商品の課題を示し、本商品に対する要求を明確にする。

### 2.1 既存システムへの導入の課題

既存の制御監視システムに HART 通信を利用した機器管理システムを導入する場合に、図 2 のように、フィールド機器を HART 機器、I/O モジュールを HART 通信

対応 I/O に、制御監視システムを機器管理に対応した制御監視システムへ、全面更新する方法がある。

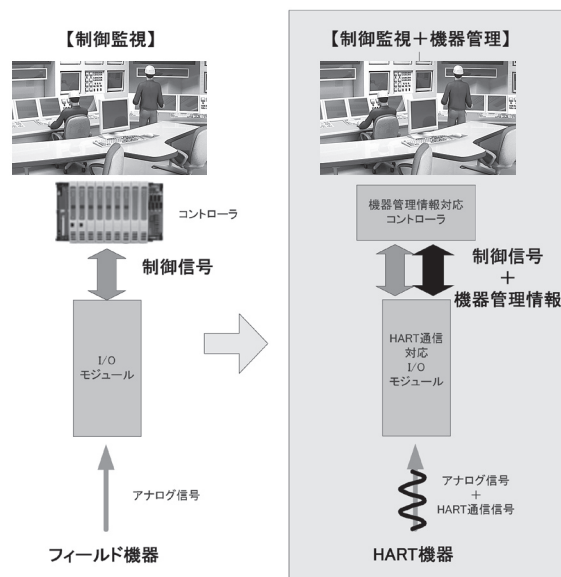


図 2. 既存システムからの全面更新

この方法は、稼働中の実績のある制御監視システムを全面的に更新するため、制御監視に与える品質上のリスクに加えて、設備投資が大きという課題がある。

その他の方法として、図 3 のように、外付けの HART マルチプレクサの導入が考えられる。この場合には、フィールド機器を HART 機器に変更し、HART マルチプレクサを外付けで追加し、機器管理システムを別置きする形となる。この方法は、既存の制御監視システムへの影響は少ない。しかしながら、HART マルチプレクサを設置するためには、コントローラ等が設置されているキャビネットに新たなスペースを作り、さらにアナログ信号線への追加の配線が必要となる。

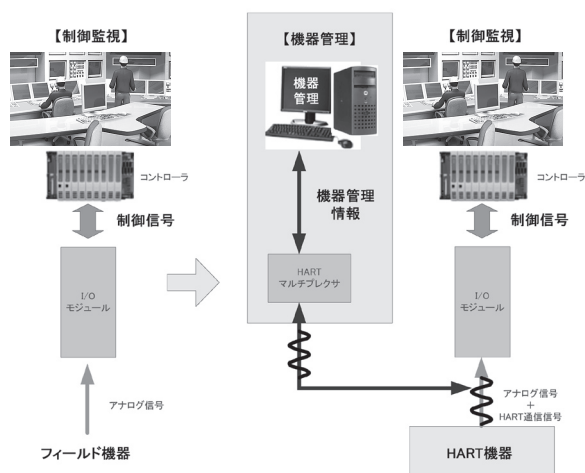


図 3. 既存システムから HART マルチプレクサの追加

既存の制御監視システムに機器管理システムを導入

するために示した2つの方法は、制御監視システムへの影響、設備投資、設置スペース、配線の課題がある。そのため既存の制御監視システムへの影響がなく、かつ、容易に導入できる構成が望まれていた。

## 2.2 通信速度の課題

機器管理システムを効果的に使用するためには、機器管理情報の更新周期、すなわち、HART 通信対応 I/O モジュールから HART 機器への HART 通信のコマンド/レスポンスの周期が重要となる。しかしながら、多くの競合の HART 通信付き I/O や HART 通信対応機器は、マルチプレクサ方式となっている。図4のように HART 通信を処理する回路は、HART 機器を接続するポート（以下、SLOT）数、用意されておらず、1回のコマンド/レスポンスごとに切り替えていく方式である。

そのため、図5のように、HART 機器が16台それぞれの SLOT に接続しているとき、すべての SLOT で1回ずつ通信を行うのに、非常に時間がかかる。

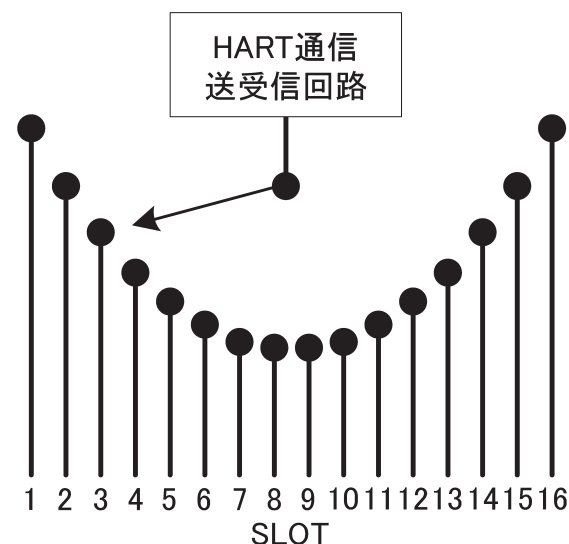


図4. マルチプレクサ方式

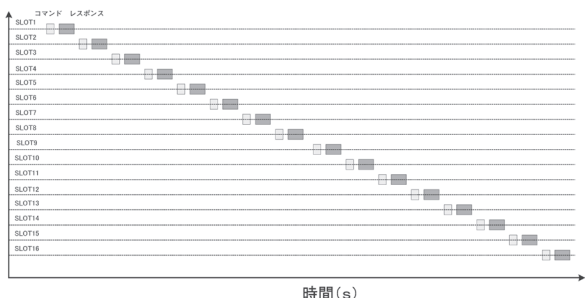


図5. マルチプレクサ方式のコマンドレスポンス

表1に SLOT 数による周期実行時間の見積もりを示す。例として、HART 通信の通信コマンドの1つである Command9 (4変数) を周期的に送受信に使用すると仮定すると、マルチプレクサで SLOT 数が16の場合、

計算上は、12.016秒ごとに各 SLOT が HART 機器と通信が可能となる。しかしながら、実際には、ハンディタイプで HART 機器を設定するコミュニケータのようなセカンダリマスタが HART 機器と通信するための監視時間や回線の切り替え時間を考慮すると、周期実行時間は悪化する。すなわち、HART 機器やプロセスに異常が発生しても、時間遅れを伴って、その情報が機器管理システムに通知されることになる。

マルチプレクサ方式を用いて、機器管理システムを実現すると、時間遅れのない診断情報等の収集が困難となる。

そのため、快適に機器管理システムを実施するためには、SLOT 数が1相当の通信速度が望まれていた。

表1. マルチプレクサ方式時の SLOT 数による周期実行時間

SLOT 数	周期 実行時間
1	0.751 秒
4	3.004 秒
8	6.008 秒
16	12.016 秒

\* HART Rev7 Command9 (4変数) を使用し、Slave Time Out は100ms として計算

## 3. 開発コンセプト

2章で述べた課題から要求仕様を表2にまとめ、これらの要求仕様を満たすことを開発コンセプトとした。

表2. 要求事項

要求事項	説明
導入の容易さ	制御監視システムの品質を落とさずに、設備投資を抑えた導入
通信速度	スループットの高い通信の実現

### 3.1 導入の容易さ

BU100H では既存の制御監視システムを変更せずに、容易に導入できる構成を実現している。既設の I/O モジュールの代わりに BU100H を設置し、Ethernet ケーブルを利用して、機器管理システムと接続することで、既存の制御監視システムに加えて、図6のように機器管理システムが利用可能となる。

制御監視システムの信号は、既存製品と互換性を持った設計となり、従来通りの信頼性が確保できる。一方、機器管理システムに必要な機器管理情報は、制御監視システムとは、物理的に別の Ethernet ケーブルの配線と

なり、互いに影響をすることがない。

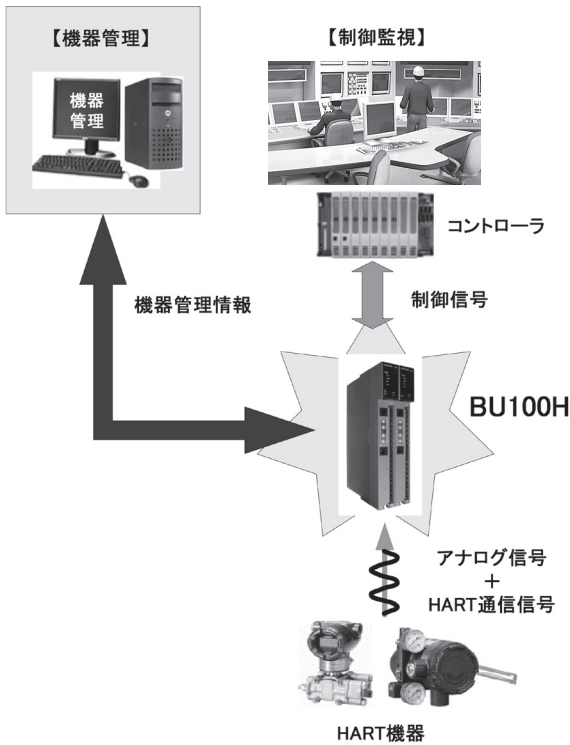


図 6. 機器管理システムと制御監視システム

### 3.2 通信速度

図 7 に BU100H の回路ブロック図を示す。従来の I/O 回路に加えて、HART 通信を処理する HART Network Interface (以下、HNI) 回路が追加された構成となっている。

要求事項を満たすために、図 7 のように、SLOT 毎に専用の HART 通信送受信回路を持つ構成とする。この場合のコマンドレスポンスは図 8 のようになり、SLOT 毎に、他の SLOT と独立して、コマンドの送受信が可能となる。HART 通信の通信速度をフルに発揮できる構成となる。

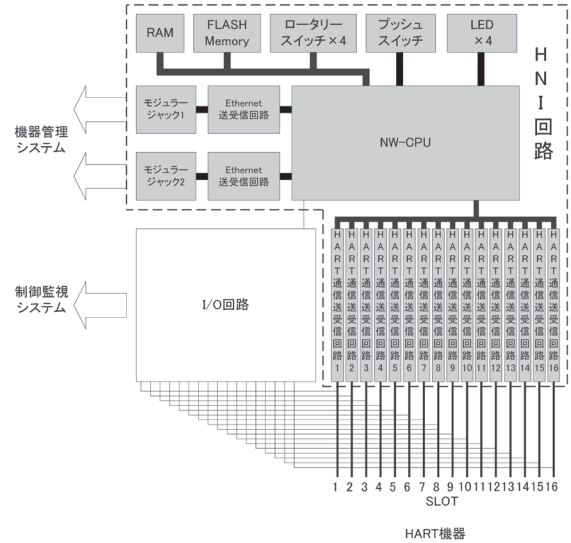


図 7. BU100H 回路ブロック図

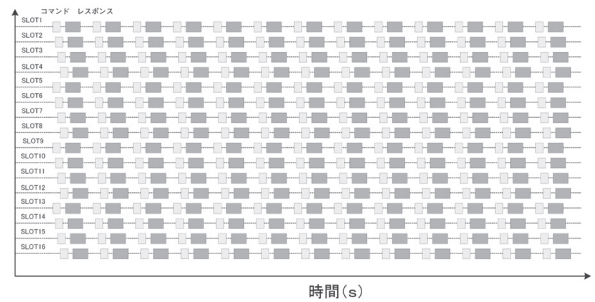


図 8. コマンドレスポンスイメージ

図 9 に HART 通信のプロトコルの OSI 層と HNI 部での実現方法を示す。HART 通信のデータリンク層の処理として、データリンク用 CPU (以下、DL-CPU) を SLOT 毎に配置する。アプリケーション層の処理はネットワーク用 CPU (以下、NW-CPU) を使用する。16 個の HART 送受信回路に含まれる、それぞれの DL-CPU と 1 個の NW-CPU は、十分な転送速度を持つシリアル通信で接続されている。このような構成をとることで、機器管理システムとの Ethernet 通信を処理する NW-CPU の負荷を分散している。

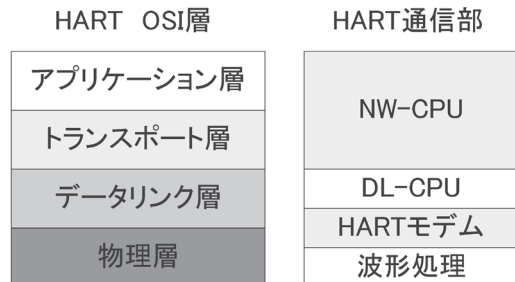


図 9. OSI 層と HART 通信部の構成



## 4. BU100H の特徴

### 4.1 リング接続による冗長構成

BU100H から機器管理システムの Ethernet を利用したネットワークは、図 10 のようにリング型ネットワークを構成している。複数の BU100H は、リング状に接続され、機器管理システムとの接続には、当社NXシリーズのコミュニケーションボックス（以下、CB）を利用する。BU100H 間、および、BU100H と CB 間は Ethernet ケーブルを利用して接続し、1つのキャビネット内に1つのリング型ネットワークを構成することを推奨している。リング型ネットワークを利用することで、Ethernet ケーブルの断線、コネクタ外れ等が1箇所発生しても別経路で通信を維持することが可能であり、安定した機器管理を実現するために冗長な構成としている。

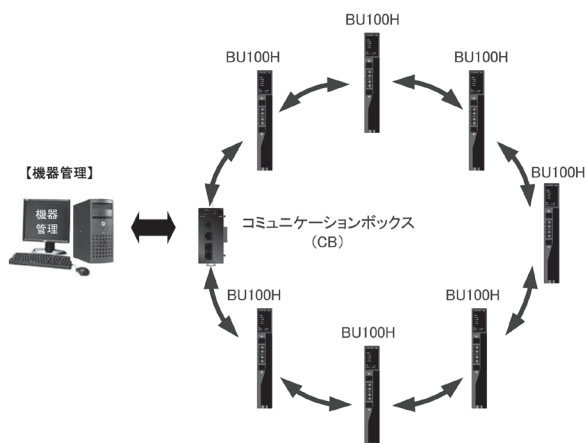


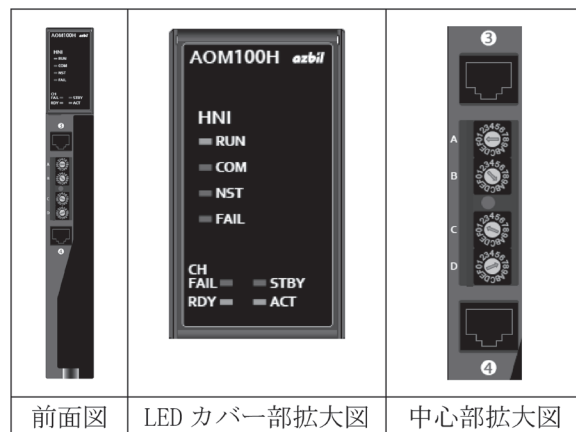
図 10. CB を利用したリング型ネットワーク

### 4.2 ユーザにやさしいデザイン

BU100H は、従来の I/O ケーブルを利用した I/O モジュールと互換性を保つために、限られた前面スペースに必要な機能をデザインとの調和を保ちながら配置した（表 3）。前面デザインの LED カバー部拡大図では、上部 4 つの LED（RUN、COM、NST、FAIL）が HNI 部の状態を表す LED である。下部の 4 つの LED（CH FAIL、STBY、RDY、ACT）は互換性を保つため、従来の I/O モジュールと全く同じ配置で同機能を持っている。

表 3 の中心部拡大図の白抜き③、④には、機器管理システムと接続するための Ethernet のリング型ネットワークを構成するポートである。A、B、C、D のロータリースイッチ 4 つは、BU100H の IP アドレスを設定する。プライベートアドレスのうち、3桁目を A、B、4桁目を C、D のロータリースイッチを用いて、16進数で設定する。IP アドレスを変更した場合には、プッシュスイッチを押して、ソフトウェアリセットを実行する。このソフトウェアリセットは、I/O 部とは独立した機能であり、制御監視システムには影響しない。

表 3. 前面デザイン



### 4.3 オンライン F/W アップグレード

HNI 部は汎用的な HART 通信プロトコルを使用している。汎用的な通信プロトコルは小規模な改訂と大規模な改訂が、不定期に発生する。このような、規格の改訂に柔軟に対応できるように、HNI 部の NW-CPU と DL-CPU の F/W については、オンラインで機器管理システム上の専用アプリケーションからアップデート可能な構成となっている。機器管理システムからつながる BU100H の IP アドレスを設定することで、同時にアップデートが可能である。F/W のアップデートが終了したのちには、自動的にソフトウェアリセットが実行され、その後、正常に起動する。一連の F/W のアップグレードの間は、機器管理システムとの通信は停止されるが、I/O 部の制御監視システムには影響しない。

## 5. 機器仕様

I/O には、アクチュエータを駆動するためのアナログ電流出力の機能を有する AOM シリーズと、センサの電源を供給するとともに、アナログ電流入力の機能を有する HAM シリーズの 2 種類がある。

BU100H シリーズの概略の仕様を表 4 に示す。

表 4. AOM/HAM シリーズ仕様

I/O	仕様	詳細
仕様	対応コントローラ	A-MC, PM100, PM-EX, HC, DOPC DOPCII, DOPCIII
	SLOT 数	16 (非絶縁) *1
	接続方式	I/O ケーブル方式
	アナログ入力	電流 4-20mA
	アナログ出力	負荷抵抗 750Ωmax
	HART 通信	出力形式
コミュニケータ		接続可能 *2
定周期実行		1 秒~10 秒
リトライ		3 回~10 回
HART リビジョン		HART Rev5, 6, 7
バースト機器		接続可
マルチドロップ接続		不可 *3

- \*1 絶縁タイプとして使用する場合には、SLOT 毎に HART 通信対応の外付け絶縁器を接続する。
- \*2 コミュニケータと HART 機器間の通信により、定周期実行が妨げられる。
- \*3 SLOT 毎に 1 対 1 の高速通信を実現するため、1 つの SLOT に 1 台の接続とする。

## 6. 終わりに

既存のアナログ信号を用いた制御監視システムの信頼性を損なわずに、モジュールの交換のみで、高速で、安価に機器管理システムを導入するためのインフラとして、HART 通信対応 I/O モジュールを開発した。

本商品を利用することで、機器管理システムの導入が可能となり、プラントのライフサイクルにわたり、お客さまへ価値を提供することができる。お客さまの目に触れる機器管理システムの裏で安定した通信を実現するために、本商品が活躍していることは開発者として嬉しい限りである。

今後は、当社の他シリーズの I/O モジュールに対応した HART 通信機器の開発を進めるとともに、機器管理システムのさらなる価値提供を行っていく所存である。

### <参考文献>

- (1) TBM と CBM を併用した保全方式における TBM 実施間隔最適化モデル 日本原子力学会和文論文誌 Vol.6, No.3, pp.312-319 (2007)

### <商標>

- ・HART は、Highway Addressable Remote Transducer の略語で、HART Communication Foundation の商標です。
- ・Ethernet は、富士ゼロックス株式会社の商標です。
- ・DOPC は、株式会社 山武の商標です。

### <著者所属>

鈴木 伸 アドバンスオートメーションカンパニー  
開発部