

「SANMOTION R」シリーズ ADVANCED MODEL EtherCAT インタフェース搭載 AC サーボアンプ

小林 剛 伊藤 直弘 春日 規明
Tsuyoshi Kobayashi Naohiro Itoh Noriaki Kasuga

内藤 大輔 石崎 圭介 中村 靖夫
Daisuke Naitoh Keisuke Ishizaki Yasuo Nakamura

1. まえがき

FA業界のオープンネットワークにおいては、製造ラインの装置性能を向上させるために開発された数々の規格が競合している。その中でも、次世代高速モーションネットワークとして、欧州だけでなく北米、アジアにおいても普及が期待されるEtherCATインタフェースを搭載したACサーボアンプを開発した。

本稿では、EtherCATの概要とそれを搭載したACサーボアンプの製品概要と特長について紹介する。

2. EtherCATについて

EtherCATとは、Ethernet for Control Automation Technologyの略語で、ドイツのBeckhoff社により規格化され、現在では、ETG (EtherCAT Technology Group)が開発と普及を促進している。

この規格は、産業用オープンネットワークとしては後発だが、高速性、柔軟性が評価されて、採用する装置メーカーが増えている。EtherCATの特長として次のものがあげられる。

- (1) 高速オープンネットワークインタフェース(Ethernet物理層とIEEE802.3規格による標準イーサネットシステム)
- (2) 豊富なデータプロトコル(CANopen, SERCOS, ファイル転送に準拠したプロファイルを採用)
- (3) 転送データ長とマッピングが自由
- (4) 広帯域(指令とステータスが同一または分離でき、また非同期転送も空いた帯域を有効に使用できる)
- (5) 多彩な同期機能(クロックマスタースレーブ軸に同期, 受信フレームに同期のほか、非同期にも対応)
- (6) マスター開発負荷の軽減(専用LSIを搭載したI/Fカードは不要)

なおEtherCATは、2007年に国際規格IEC61158 Type 12, IEC61800 Part 7に採用されオープン化されている。

3. 開発の背景

当社では、独自のシリアル通信やオープンネットワークを搭載したACサーボアンプを製品化してきた。しかし、現製品群では近年要求されている「通信周期の高速化」, 「リアルタイム

可変パラメータの増加」, 「より正確な同期」に対して、通信速度(Max.16Mbps)の限界や転送データ長(Max.20Byte)の制限があったため、新たな通信方式の模索と開発を早急に進める必要があった。

このような市場ニーズに応えるべく、「Ethernetベース」, 「リアルタイムパラメータのマッピングの自由度」, 「正確な同期」, 「広帯域」通信などが優れているEtherCATを採用した。

表1に当社の製品に採用しているおもな通信規格一覧、図1にそれら製品の通信速度の変遷を示す。

表1 当社の製品に採用しているおもな通信規格一覧

製品(LSI)	通信規格	物理層	通信速度	データ長
GA1022	当社独自	RS422/485	2.5Mbps	6Byte
GA1045	当社独自	RS422/485	4Mbps	10Byte
GA1060	当社独自	RS422/485	10Mbps	20Byte
DeviceNet	DeviceNet	ISO11898	500kbps	8Byte
SERCOS	IEC61491	Optical	4Mbps	12Byte
SERCOS II	IEC61491	Optical	16Mbps	20Byte
CANopen	CiA 301	ISO11898	1Mbps	8Byte
EtherCAT	IEC61800-7	IEC61158	100Mbps	64byte

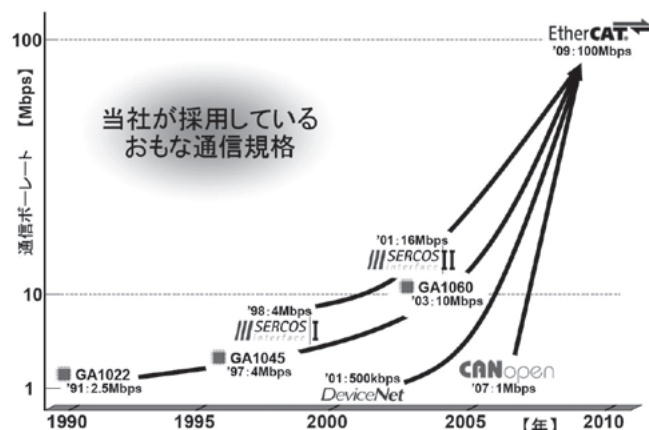


図1 通信速度の変遷

4. 製品概要

図2に開発品の外観を示す。

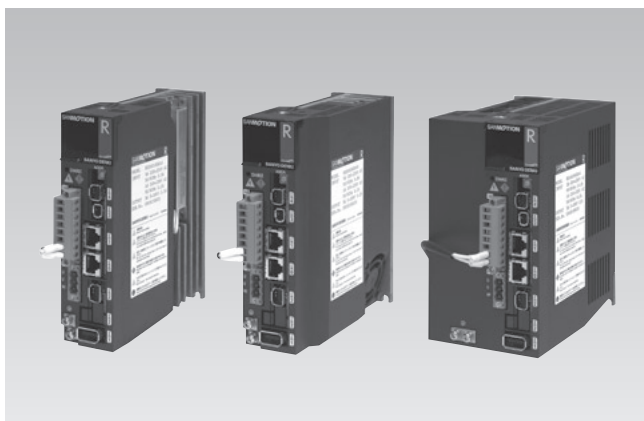


図2 EtherCATインタフェース搭載サーボアンプの外観

4.1 仕様

開発した製品は「SANMOTION R」シリーズ ADVANCED MODELの資産を継承し、アナログ/パルスインタフェースをEtherCATインタフェースに置き換え搭載したモデルである。適用モータは、ロータリモータとして、「SANMOTION R」を基本とし、「SANMOTION Q」, 「SANMOTION P」シリーズ, そしてリニアモータにも対応している。適用エンコーダは調歩同期シリアルエンコーダを標準とし、アプソリュートシステム, インクリメンタルシステムどちらでも動作できる。表2に製品仕様の概略を示す。

表2 製品仕様

電源電圧	AC200V (15A, 30AはAC100Vにも対応)
アンプ出力容量	15A, 30A, 50A
適用モータ容量	30W ~ 1.5kW(Rシリーズ)
対応エンコーダ	2048 ~ 1048576 P/R(シリアル) 500 ~ 65535 × 4 P/R(A, B, Zパルス)
制御機能	位置, 速度, トルク制御, モデル追従制御, フルクローズ制御
制御方式	正弦波 PWM 制御
周波数特性	R ADVANCED MODEL Type S と同等
シーケンス信号	入力 2ch, 出力 2ch
内蔵機能	R ADVANCED MODEL Type S と同等
入出力信号	EtherCAT インタフェース仕様
通信 PC I/F	R ADVANCED MODEL Type S と同等
使用周囲温度	0 ~ 55°C
構造	トレイタイプ
準拠規格	UL, CE, RoHS 指令

4.2 機能性能

機能と性能とも「SANMOTION R」シリーズ ADVANCED MODEL Type S と同等である。また、メンテナンス性も考慮し「R ADVANCED MODEL セットアップソフトウェア」を使用できるようにした。その他、適用する機械の安全性を向上させるため、標準で安全機能を搭載した。表3におもな制御機能を示す。

表3 搭載機能

高応答	高出力トルク制御, モデル追従制御
高精度	位置指令移動平均フィルタ, 摩擦補償機能
制振制御	モデル追従制振制御 (フィードフォワード制振制御併用可)
使い勝手向上	セットアップソフトウェア(マルチウィンドウ, 運転トレース, システムアナリシスなど), モータ自動識別機能
安全性	ハードウェアゲートオフ機能
保安全性	アラーム発生時の状態表示, アラーム履歴のタイムスタンプ, アラーム複数発生モニタ

4.3 外形・構造

制御部とインタフェース部を一枚の基板に集約するとともに、すべてのソフトウェア処理を1つの制御CPUが担うことで、小型化・低コストを実現した。図3に当社製のネットワーク搭載サーボアンプのサイズ比較を示す。

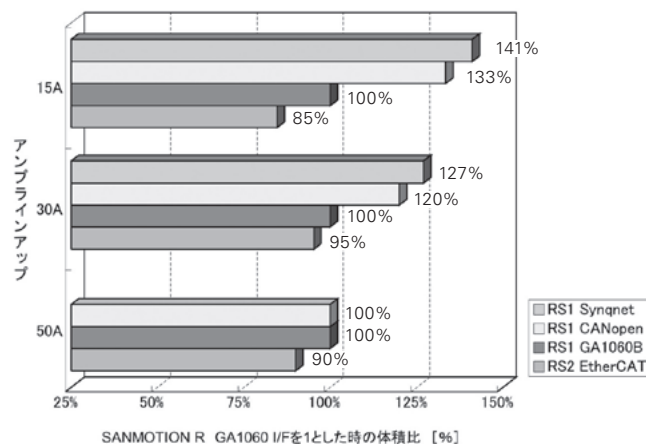


図3 サーボアンプ体積比

また、アナログ/パルスインタフェースモデルと同サイズのうえ取り付けに互換性があり、ユーザー装置において制御盤を交換することなく、EtherCATインタフェースへの置き換えを容易にできるようにした。

4.4 EtherCATインタフェース仕様

表4にEtherCATインタフェース仕様を示す。

パワードライブシステム(PDS)に特化したIEC61800-7に準拠し、デバイスプロファイルは、CiA402と同じCoE(CANopen over EtherCAT)を採用した。

表4 EtherCATインタフェース仕様

フィジカル層	IEC61158-2 IEEE802.3u(100BASE-TX)
データリンク層	IEC61158-3, -4 Type12
アプリケーション層	IEC61158-5, -6 Type12
デバイスプロファイル	IEC61800-7 Profile type 1(CiA 402) •CoE(CANopen over EtherCAT) •FoE(File access over EtherCAT)
通信用ポート	RJ45コネクタ(2ポート)
通信速度	2 × 100 Mbaud (全二重)
最大ノード数	65535 スレーブ
伝送距離	最大100m(ノード間)
フレームデータ	最大1484 Bytes
ケーブル	ツイストペア CAT5e(ストレートまたはクロス)
データ処理	Processing on the fly
PDO 転送モード	•Synchronous with SYNC0 Event (DC Mode) •Synchronous with SYNC1 Event (DC Mode) •Synchronous with SM2 Event •Asynchronous FreeRun Mode
通信オブジェクト	•SDO(Service Data Object) •PDO(Process Data Object)
PDO レングス	Output : Max.64Byte, Input : Max.64Byte (合計 : Max.128Byte)
LED 表示	Port0/1リンク表示, RUN表示, エラー表示

制御モードは、ETGが推奨する同期モードに加えて、CANopenシステムからの置き換えを容易にするために、位置決め機能(Profile Position Mode)、原点復帰機能(Homing Mode)にも対応した。また、モータ励磁中にも全ての制御モードへの切替えができる。表5に対応動作モードを示す。

表5 動作モード

記号	制御モード	
Pp	Profile Position Mode	(プロファイル位置モード)
Pv	Profile Velocity Mode	(プロファイル速度モード)
Tq	Torque Profile Mode	(プロファイルトルクモード)
Hm	Homing Mode	(ホーミングモード)
Csp	Cycle Sync Position Mode	(サイクル同期位置モード)
Csv	Cycle Sync Velocity Mode	(サイクル同期速度モード)
Cst	Cycle Sync Torque Mode	(サイクル同期トルクモード)

5. 特長

5.1 ホーミングモードの拡充

従来、1回転アブソリュートセンサを用いたインクリメンタルシステムでは、Zパルス出力がないため原点復帰ができなかった。これに対して「現在位置」、「HOMEスイッチ」、「HOMEスイッチと1回転アブソリュートデータゼロ」による原点復帰モード(Homing Method)に対応した。

5.2 タッチプローブ機能

ユーザーニーズの高かったプロービング機能(Touch Probe Function)を2ch搭載した。これにより計測器用途への拡販を強化していきたい。また、このうち1チャンネルは、現在位置のほか、インデックスパルス位置のプロービングもできる。

5.3 同期精度の向上

“Distributed Clocks”方式によりノード先頭サーボアンプの同期タイミングに、全スレーブが1マイクロ秒以下のジッタで同期できる。これにより、従来製品(GA1060)に対して、1/8以下の同期精度を達成している。図4にGA1060とEtherCATとの同期信号ジッタ波形を示す。

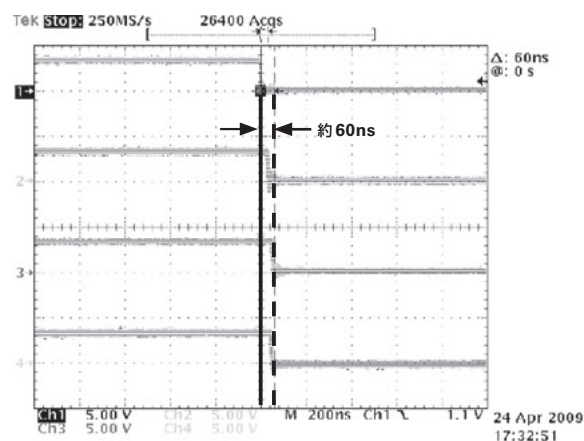
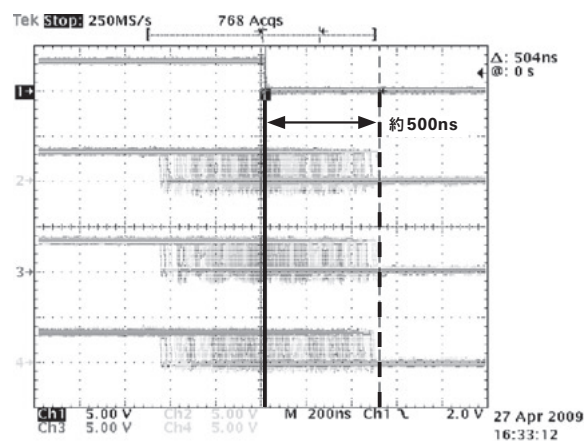


図4 同期信号のジッタ波形

5.4 オンラインファームウェア書き換え

従来、ファームウェアのアップデートは、フラッシュライターと専用書込み治具、そして、専用アプリケーションソフトを必要としてきた。EtherCATは、データをASCIIコードでデータ転送するFoE (File access over EtherCAT)が用意されている。本製品は、この機能により、EtherCAT マスター装置からのファームウェアアップデートができる。これにより、仕様追加要求に対して迅速な対応ができる。

5.5 安全機能搭載

本製品では、安全機能を標準搭載した。この機能は、「IEC61800-5-2：セーフトルクオフ」と「IEC60204-1 ストップカテゴリ0」で定義されている。また、安全規格「IEC61508 / IEC62061, SILCL2」と「ISO13849-1:Cat3, PL=d」を取得している。これにより欧州への拡販を強化する。

6. むすび

本稿では、EtherCATインタフェースを搭載した ACサーボアンブの概要を紹介した。

「SANMOTION R」シリーズADVANCED MODEL TypeS と同等の機能・性能を維持し、同サイズで実現できたことで、金型など設備と部品を共通化できた。また、通信処理専用CPUを省くことで、GA1060 ネットワーク搭載機種のコストパフォーマンスを継承したモデルと言える。よって、これまで当社が製品化してきたネットワーク対応製品と比較しても、国内外の他社製品と比較しても競争力の高い製品が開発できたものと考えている。

今後、各種電源仕様、多軸化、ステッピングシステムへのEtherCATインタフェースの展開を進め、顧客ニーズに対応して行く所存である。



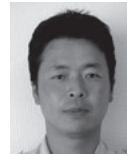
小林 剛

1991年入社
サーボシステム事業部 設計第二部
サーボアンブの開発、設計に従事。



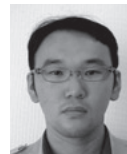
伊藤 直弘

1992年入社
サーボシステム事業部 設計第二部
サーボアンブの開発、設計に従事。



春日 規明

2007年入社
サーボシステム事業部 設計第二部
サーボアンブの開発、設計に従事。



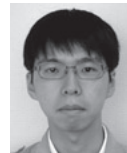
内藤 大輔

2007年入社
サーボシステム事業部 設計第二部
サーボアンブの設計に従事。



石崎 圭介

2008年入社
サーボシステム事業部 設計第二部
サーボアンブの構造設計に従事。



中村 靖夫

2009年入社
サーボシステム事業部 設計第二部
サーボアンブの設計に従事。