

# ACサーボアンプ「SANMOTION R」シリーズ ADVANCED MODEL TypeSの開発

井出 勇治 Yuuji Ide	北原 通生 Michio Kitahara	成沢 康敬 Yasutaka Narusawa	小山 雅久 Masahisa Koyama	滝沢 尚晃 Naoaki Takizawa	藤沢 健一 Kenichi Fujisawa
荘田 秀直 Hidenao Shoda	村田 佳幸 Yoshiyuki Murata	久保田 善久 Yoshihisa Kubota	山本 哲也 Tetsuya Yamamoto	小池 弘明 Hiroaki Koike	押森 卓男 Takao Oshimori
宮崎 俊一 Shunichi Miyazaki	金井 宏 Hiroshi Kanai	上條 晴彦 Haruhiko Kamijou	山崎 悟史 Satoshi Yamazaki	酒井 将和 Masakazu Sakai	

## 1. まえがき

2005年に発売したACサーボアンプ「SANMOTION R」は、制振制御や高性能化したオートチューニングを搭載して、装置の生産性向上や立上げの容易化に貢献できたものと考えている。しかし、資源需要の逼迫や、競争の激化により、省資源化や生産性のさらなる向上が必要になってきている。本稿では、このような状況に対応すべく開発を行ったACサーボアンプ「SANMOTION R」シリーズADVANCED MODELについて概説する。

## 2. 製品概要

今回、開発したACサーボアンプ「SANMOTION R」シリーズADVANCED MODELは、電源一体、単軸型で、15Aから50Aまで3機種をラインアップした。適用モータは、ロータリモータとして「SANMOTION R」シリーズを中心に、「SANMOTION Q」シリーズや、「SANMOTION P」シリーズ、そしてリニアモータやダイレクトドライブモータにも対応している。適用エンコーダは、シリアルエンコーダ(アブソリュート/インクリメンタル、光学式/レゾルパ式)およびパルスエンコーダに対応しており、モータおよびエンコーダとも柔軟な対応ができるようになっている。また指令入力としては、パルス列入力やアナログ電圧入力、そしてシリアル通信にも対応している。

サーボアンプは、省資源化に対応すべく、小型チップ部品や狭ピッチQFPタイプASIC、BGAタイプのCPUを採用している。さらに、冷却の最適化や部品点数の削減、ブートストラップ方式スイッチング電源を用いた電源回路の小型化などにより、従来と比較して最大15%体積を削減した。また、新世代IPMを採用して、最大19%の省エネルギー化を図った。

コネクタ関係は、使い勝手を重視し、上位コントローラと接続するコネクタは従来互換とし、この他にシリアル通信コネクタを2個、そしてエンコーダコネクタも2個搭載し、さらにハードウェアゲートオフ機能用のコネクタ、モニターコネクタも装備している。エンコーダ用バッテリーは、必要に応じて取付けできるようエンコーダケーブルに搭載する構成にした。

図1に15A、30A、50Aの外観を示す。また、表1にサーボアンプ仕様を示す。

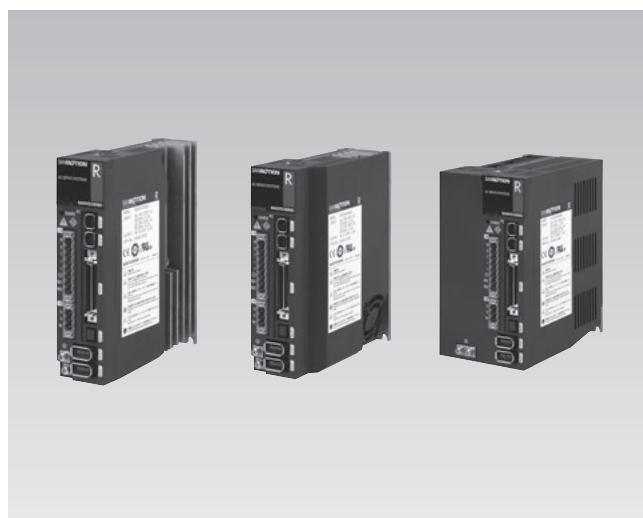


図1 ACサーボアンプ「SANMOTION R」シリーズ  
ADVANCED MODEL 15A、30A、50Aの外観

表1 ACサーボアンプ「SANMOTION R」シリーズ  
ADVANCED MODEL仕様

電源電圧	AC200V (15A、30AはAC100Vも可)
アンプ出力容量	15A、30A、50A
適用モータ容量	30W ~ 1.5kW(R、Q、P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
位置指令	パルス列(5MPPS / 1.25MPPS)
速度/トルク指令	アナログ電圧
速度制御範囲	1:5000(内部指令)
周波数特性	1200Hz(高速サンプリング)
シーケンス信号	入力8ch、出力8ch
通信機能	RS-232C / RS-422A
使用周囲温度	0 ~ 55℃
構造	トレイタイプ
準拠規格	UL、CE、RoHS 指令

### 3. 製品の特長

#### 3.1 高出力トルク制御

トルク制御系は、トルク指令に応じてdq軸電流の分配を最適化し、無負荷時のモータ電流を低減してモータを高効率駆動する起磁力相差角制御を従来に引き続き採用した。dq軸電流制御系は、これらdq軸電流指令に従い、ACサーボモータの電流を高周波まで適切に制御している。ACサーボアンプ「SANMOTION R」シリーズ ADVANCED MODELでは、このdq軸電流制御系をさらに改良し、モータの誘起電圧が高くなる領域の励磁電流制御を最適化して、高速回転時のトルクアップを図った。図2にトルク-回転速度特性の一例を示す。最高回転速度でのトルクが15%程度向上しており、モータを加減速運転させた場合に、加減速時間の短縮が図れるようになっている。

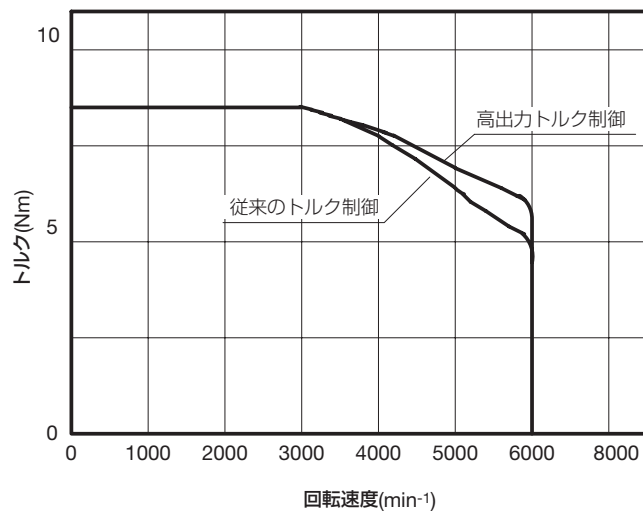


図2 トルク-回転速度特性

#### 3.2 高応答位置速度制御

基本的な位置速度制御系は、位置比例、速度比例積分制御に高追従制御や外乱オブザーバを付加した、ACサーボアンプ「SANMOTION R」と互換性のある構成になっている。これをベースにACサーボアンプ「SANMOTION R」シリーズ ADVANCED MODELでは、高応答化を目指して、位置速度制御系と電流制御系を同期化し、無駄時間を1/6に削減した。また、標準エンコーダの通信速度を従来の1.6倍に高速化し、速度制御系のサンプリング時間も従来の1/2に削減した。これらの処理時間短縮により、速度ループの周波数応答を、従来比2倍に高めた。図3に、速度制御系の周波数応答特性を示す。

#### 3.3 モデル追従制御

ACサーボアンプ「SANMOTION R」シリーズ ADVANCED MODELでは、従来を超える目標値応答とロバスト性の向上を目的として、モデル追従制御を搭載した。モデル追従制御は、機械系を含めたモデル制御系を構成し、このモデル制御系に追従するようにフィードバック制御系を動作させる制御手法である。このモデル追

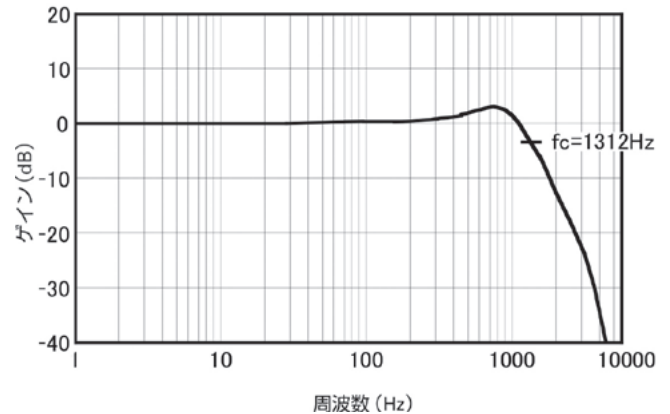


図3 速度周波数応答

従制御の搭載により、理想的なモデルの動きに追従するように実際の制御系を動かすことができるため、動作特性が大きく改善される。また、ACサーボアンプ「SANMOTION R」シリーズ ADVANCED MODELでは、オートチューニング時には、統計的信号処理に基づいたイナーシャ同定結果に基づいて、モデルのイナーシャも適応的に変更するようにした。これにより、モデル追従制御の場合にもイナーシャ変動に対するロバスト性が向上している。

また、モデル追従制御と外乱オブザーバを併用することができるため、モデル追従制御による高い目標値応答と、外乱オブザーバによる外乱抑圧性を同時に実現できる。これにより、サーボに要求される目標値応答性、外乱抑圧性、ロバスト性を高い次元で実現できている。

#### 3.4 モデル追従制振制御

生産性を向上させるために、近年の機械は加減速を急峻にして高加速度で運転するようになってきている。チップマウントに代表されるような機台の上に可動部を搭載した機械では、加減速を急峻にすると機台が振動し、位置決め特性を悪化させる。図4はこのような機械の一例であり、機台の上にサーボモータが固定され、ボールねじを通してテーブルを駆動する構成になっている。この機械でモータを高加速度で運転すると、急激なテーブル移動の反作用で機台に力が加わり、レベリングボルトの剛性により機台が振動する。

ACサーボアンプ「SANMOTION R」シリーズ ADVANCED MODELでは、このような機台振動の抑制を目的として、モデル追従

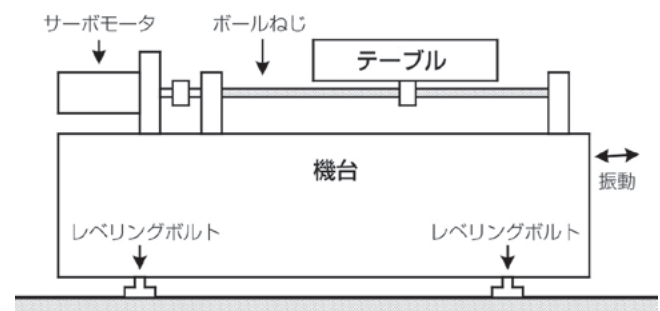


図4 機台の上に可動部のある機械

制振制御を搭載した。モデル追従制振制御では、振動系を含んだ機械モデルを用いてモデル制御系を構成し、この振動が抑制されるようにモデル制御系内で補償を行うことにより、振動を生じないモデル制御系を構築している。そして、この振動を生じないモデルに追従するようにフィードバック制御系を駆動している。これにより、機台振動を抑制したモータ駆動が実現できており、急峻な高加減速に対応できるようになっている。

また、従来との互換性のあるフィードフォワード制振制御も搭載しており、モデル追従制振制御とフィードフォワード制振制御を同時に用いることができるようになっている。これにより、例えばモデル追従制振制御で機台振動を抑制し、フィードフォワード制振制御でボールねじの剛性に基づく振動を同時に抑制することができるようになっており、機械系全体の振動を抑制して、急峻な加減速運転を実現できるようになっている。

図5は、図4に示される機械系を高加減速で運転した場合の、テーブルと機台間の相対位置を計測したものであり、(a)は制振制御がない場合、(b)はフィードフォワード制振制御のみを用いた場合、(c)はモデル追従制振制御で機台振動を抑制し、フィードフォワード制振制御でボールねじの振動を抑制した場合を示している。モデル追従制振制御を用いることにより、フィードフォワード制振制御のみを用いた場合と比較して、テーブルの位置決め整定時間を1/2程度に短縮している。

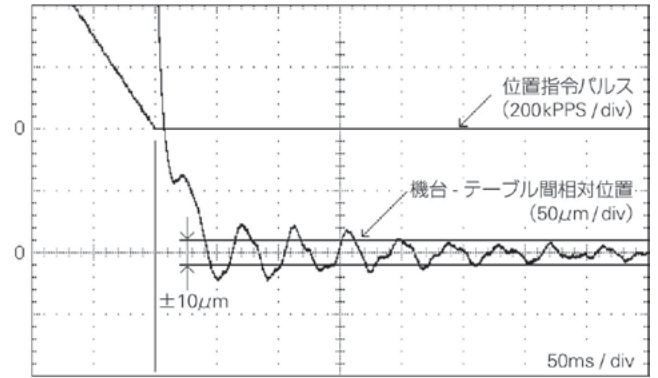
### 3.5 セットアップソフトウェア

セットアップソフトウェアは、マルチウィンドウ化を図り、使い勝手を向上させた。各サーボアンプには、パソコンを接続するコネクタの他に、サーボアンプ間をシリアル通信で接続するコネクタを備えており、最大15軸のサーボアンプをデジチェーン接続できるようになっている。セットアップソフトウェアは、サーボアンプの構成をプロジェクトとして管理し、1台のパソコンで最大15軸のサーボアンプを調整できる。

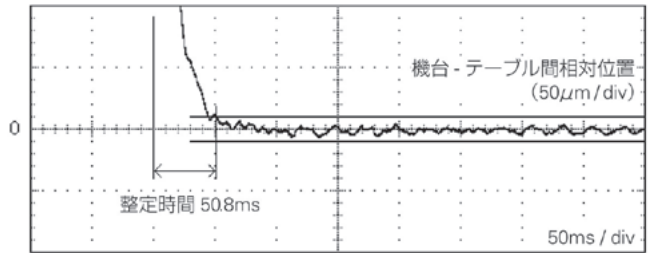
運転トレース機能は、内部データを10chまで表示できるようチャンネル数を増やし、さらに16個のトレースデータの重ね書き機能や、カーソルの縦軸値読み取り機能、カーソル間データ読み取り機能、内部トリガモード、拡大波形の保存機能などを備え、使い勝手を大幅に向上させた。また、M系列信号を用いて機械系の周波数特性を計測し、モデル追従制振制御に対応したパラメータの設定を簡単にできるシステムアナリシス機能も搭載している。図6に、セットアップソフトウェアの操作画面を示す。

### 3.6 ハードウェアゲートオフ機能

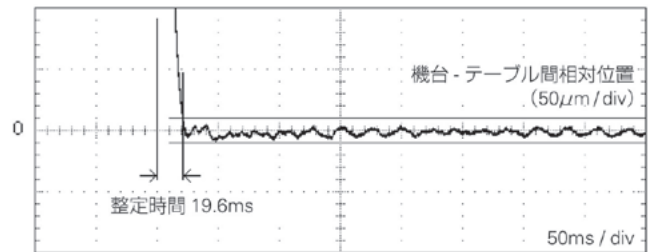
適用する機械の安全性を向上させるために、ハードウェアゲートオフ機能を搭載した。この機能は、機械駆動部（モータ）の電源を遮断することによる停止動作を実現するものであり、専用のコネクタを通して、駆動IPMの多重ゲート遮断を実現している。



(a) 制振制御無



(b) フィードフォワード制振制御



(c) モデル追従制振制御+フィードフォワード制振制御

図5 制振制御特性

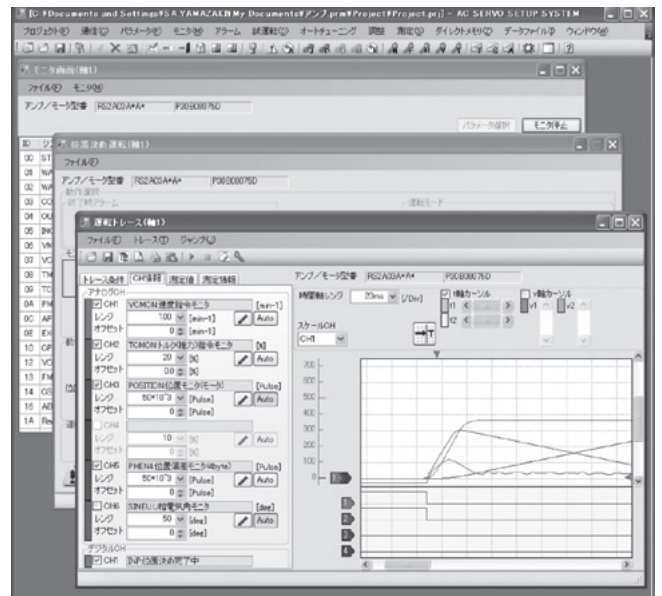


図6 セットアップソフトウェア操作画面

表2に、ACサーボアンプ「SANMOTION R」シリーズ ADVANCED MODELの新機能を示す。

表2 ACサーボアンプ「SANMOTION R」シリーズ  
ADVANCED MODEL 新機能

1	高応答化	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高出力トルク制御</li> <li>・位置、速度、電流系同期制御</li> <li>・高速サンプリング制御</li> <li>・モデル追従制御</li> </ul>
2	高精度化	<ul style="list-style-type: none"> <li>・位置指令移動平均フィルタ</li> <li>・高分割対応電子ギア</li> <li>・高分解能位置信号出力(パルス分周)</li> <li>・正転、逆転独立内部トルク制限機能</li> <li>・摩擦補償機能</li> </ul>
3	制振制御	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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)</li> </ul>
4	オートチューニング	<ul style="list-style-type: none"> <li>・モデル追従オートチューニング</li> <li>・オートチューニング時のフィードフォワードゲインマニュアル設定機能</li> </ul>
5	使い勝手向上	<ul style="list-style-type: none"> <li>・デジチェーン用コネクタ</li> <li>・シリアル通信機能</li> <li>・モータ自動識別機能</li> </ul>
6	セットアップソフトウェア	<ul style="list-style-type: none"> <li>・マルチウインドウ機能</li> <li>・最大15軸デジチェーン接続機能</li> <li>・プロジェクト管理機能</li> </ul>
		[運転トレース]
		[システムアナリシス]
7	安全性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ハードウェアゲートオフ機能</li> </ul>
8	保全性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・アラーム発生時の状態表示機能</li> <li>・アラーム履歴のタイムスタンプ機能</li> </ul>

- (3) 高出力トルク制御により加減速時間が短縮され、高応答化やモデル追従制御、そしてモデル追従制振制御により位置決め整定時間が短縮し、機械のスループットが向上する。
- (4) モデル追従制振制御やフィードフォワード制振制御により、機械系全体の振動が抑制でき、余分なエネルギーが削減され、騒音も低減する。
- (5) 位置処理の高分解能化や位置指令移動平均フィルタにより位置決め分解能が向上する。また、加工機などの用途で、加工精度が向上する。
- (6) 運転トレースの機能向上により、オシロスコープに近い操作性でモータの運転特性の計測ができ、機械特性の計測効率が向上する。
- (7) セットアップソフトウェアのマルチウインドウ化により、計測データを見ながらパラメータの調整ができ、機械特性のチューニングが効率化される。
- (8) セットアップソフトウェアでは、1台のパソコンで最大15軸までのアンプをまとめて操作できるため、パラメータ書き込み時などに、アンプ毎に配線を差し替える必要がなく、システム立ち上げ時間が短縮される。
- (9) ハードウェアゲートオフ機能を用いることにより、機械の安全性を高めることができる。
- (10) アラーム発生時の状態表示機能や、アラーム履歴のタイムスタンプ機能により、アラームの原因をより特定し易くなり、保守性が向上する。

以上の様に、ACサーボアンプ「SANMOTION R」シリーズ ADVANCED MODELは、省資源化や機械の生産性向上をターゲットにさまざまな機能を搭載している。さらに、サーボアンプの操作性や保守性を大きく向上させる機能も盛り込んでいる。また、多様なモータやエンコーダに対応した設計がなされており、多方面への拡張を容易にしている。ACサーボアンプ「SANMOTION R」シリーズ ADVANCED MODELは、チップマウンタに代表されるPTP高速位置決め用途に適しており、従来機と比較して機械の性能を格段に向上できるものと思われる。

今後は、各種電源仕様や、各種ネットワークへの対応機種を展開する予定である。また、より使いやすく、高品質で生産性が向上するサーボを目指した技術開発も進める所存である。

## 4. むすび

本稿では、ACサーボアンプ「SANMOTION R」シリーズ ADVANCED MODELについて概説した。このサーボアンプを機械に搭載した場合、次の効果が得られる。

- (1) サーボアンプを取り付ける盤を小型化でき、機械の省資源化、省エネルギー化が図れる。
- (2) サーボアンプ間のシリアル通信を行う場合に、サーボアンプ間を直接デジチェーン接続でき、外部に中継タップを設ける必要がないため配線が容易になる。

**井出 勇治**

1984年入社。  
サーボシステム事業部 設計第二部。  
サーボモータ制御装置の開発設計に従事。

**北原 通生**

1991年入社。  
サーボシステム事業部 設計第二部。  
サーボモータ制御装置の開発設計に従事。

**成沢 康敬**

1991年入社。  
サーボシステム事業部 設計第二部。  
サーボモータ制御装置の開発設計に従事。

**小山 雅久**

1990年入社。  
サーボシステム事業部 設計第二部。  
サーボモータ制御装置の開発設計に従事。

**滝沢 尚晃**

1978年入社。  
サーボシステム事業部 設計第二部。  
サーボモータ制御装置の開発設計に従事。

**藤沢 健一**

1992年入社。  
サーボシステム事業部 設計第二部。  
サーボモータ制御装置の開発設計に従事。

**荘田 秀直**

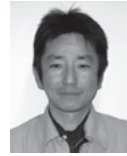
1990年入社。  
サーボシステム事業部 設計第二部。  
サーボモータ制御装置の開発設計に従事。

**村田 佳幸**

1995年入社。  
サーボシステム事業部 設計第二部。  
サーボモータ制御装置の開発設計に従事。

**久保田 善久**

1989年入社。  
サーボシステム事業部 設計第二部。  
サーボモータ制御装置の開発設計に従事。

**山本 哲也**

1990年入社。  
サーボシステム事業部 設計第二部。  
サーボモータ制御装置の開発設計に従事。

**小池 弘明**

1988年入社。  
サーボシステム事業部 設計第二部。  
サーボモータ制御装置の開発設計に従事。

**押森 卓男**

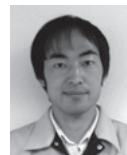
1990年入社。  
サーボシステム事業部 設計第二部。  
サーボモータ制御装置の開発設計に従事。

**宮寄 俊一**

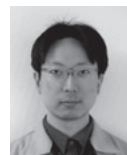
1990年入社。  
サーボシステム事業部 設計第二部。  
サーボモータ制御装置の開発設計に従事。

**金井 宏**

1997年入社。  
サーボシステム事業部 設計第二部。  
サーボモータ制御装置の開発設計に従事。

**上條 晴彦**

2005年入社。  
サーボシステム事業部 設計第二部。  
サーボモータ制御装置の開発設計に従事。

**山崎 悟史**

2001年入社。  
サーボシステム事業部 設計第二部。  
サーボモータ制御装置の開発設計に従事。

**酒井 将和**

2005年入社。  
サーボシステム事業部 設計第二部。  
サーボモータ制御装置の開発設計に従事。