

「SANMOTION R」シリーズ フランジ角サイズ180mm 中容量 AC サーボモータの開発

竹田 亨

Tooru Takeda

小市 伸太郎

Shintarou Koichi

佐藤 隆史

Takashi Satou

松橋 健太

Kenta Matsushashi

村田 和義

Kazuyoshi Murata

川岸 功二郎

Koujirou Kawagishi

牧内 一浩

Kazuhiro Makiuchi

1. まえがき

家電製品、OA 機器、自動車部品をはじめ、幅広い分野で使用されているプラスチック成形品は、私たちの生活には欠かせない存在である。現在、プラスチック成形品には、薄型化と軽量化のニーズが強く、それを可能にするために、射出成形機には、高速・高応答、高精度および高い信頼性が求められる。射出成形機の性能は、搭載するサーボモータの性能に大きく依存する。成形機の俊敏な動作と振動を抑制するなめらかな動きを実現するサーボモータ、さらには、省エネルギーにも配慮した環境にやさしいサーボモータが必要となっている。

本稿では、このような市場ニーズに応えるために開発した「SANMOTION R」中容量 AC サーボモータの特長を紹介する。まず、本開発品の性能向上について示す。本開発品は、小型・軽量化を図ると共に、高速・高トルク化、低コギングトルク化および低損失化を図っている。これらの諸性能向上と小型・軽量化を両立するにあたって、設計理論計算に加え、数値解析シミュレーション(CAE)と公差解析⁽¹⁾を有機的に結びつけて活用しているが、その事例を含めて、性能向上について示す。次いで、製品ラインアップを紹介する。標準仕様は、電源電圧 AC200V、定格出力:3.5kW、4.5kW、5.5kW、7.5kW および 11kW の 5 機種である。

なお、本開発品は当社従来製品である「SANMOTION Q」シリーズの後継機であり、2009年に発売した「SANMOTION R」中容量 AC サーボモータ⁽²⁾のラインアップ拡充機種である。

2. 性能の向上と製品の特長

2.1 小型・軽量設計

図1に本開発品の外観を示す。従来品と比較して、モータ全長を大幅に短縮し小型化を達成した。表1に開発品と従来品の全長と質量の比較を示す。このように、全長の短縮と併せて質量の低減も実現した。

モータの小型軽量化(全長短縮と質量低減)を達成するための設計方針は以下のとおりである。

- (1) 高エネルギー積マグネットの適用と磁気回路の最適化による小型・軽量化。
- (2) 構成部品の薄肉化による軽量化。
- (3) 軸受機構の改良(支持間距離の短縮)による小型化。

(4) 薄型エンコーダの採用による小型化。

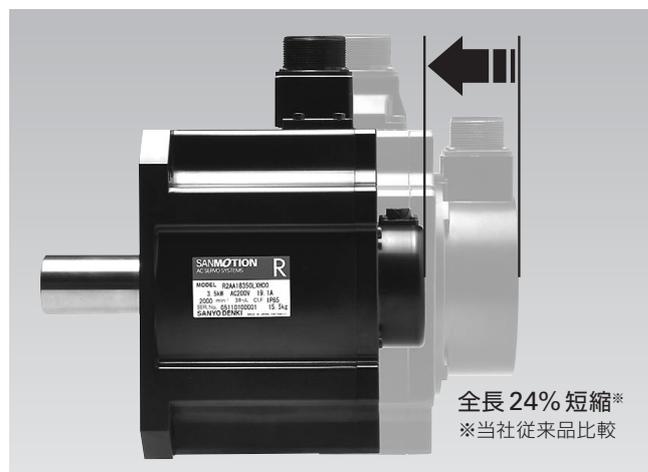


図1 開発品の外観(3.5kW モータ)

表1 サーボモータの全長・質量比較

定格出力	モータ全長比較(mm)		モータ質量比較(kg)	
	本開発品	当社従来品	本開発品	当社従来品
3.5kW	155.0	203.0	15.5	17.7
4.5kW	172.0	218.0	19.5	20.0
5.5kW	228.0	282.0	27.7	30.0
7.5kW	273.0	332.0	35.7	40.0
11kW	385.0	該当品なし	40.0	該当品なし

※11kWは冷却ファンを搭載(冷却ファン長さを含む)

一般に、構成部品の薄肉にすると、部品剛性の低下による変形過大や強度不足を招き、軸受支持間距離の短縮に伴い、出力軸の振れの増大を招く。本開発品では、これらの課題に対して、設計理論計算と数値シミュレーションおよび公差解析を有機的に結びつけることにより、トルク特性と部品強度および出力軸精度の最適設計を行った。

図2に、薄肉化したフレームと固定子鉄心を焼きばめする際に生じる応力と変形の解析例を示す。設計理論計算に基づき設定した寸法形状のもとに、数値シミュレーションにより、安全率を確保する部品強度の確認を行うと共に、焼きばめ工程で生じるフレーム変形が製品の精度に影響しないように、製造工程を考慮した設計を

行っている。さらに、振動試験を行うことにより、モータ全体としての強度と共振周波数の確認を行っている。

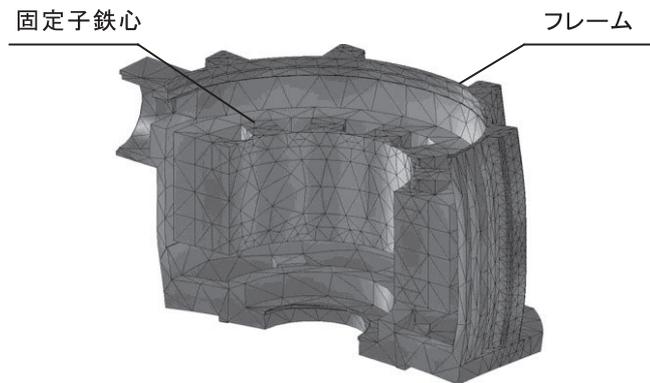


図2 応力・変形の解析例(1/2モデル)
(焼きばめ時におけるフレームの変形)

図3に、出力軸振れに関する公差解析の一例を示す。出力軸振れに影響を与える寸法公差を明確にすると共に、振れが最小となる公差を導き出し、その結果を製造工程での寸法管理値に反映している。

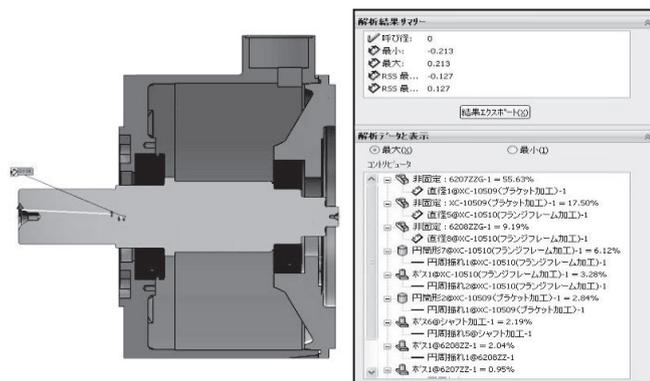


図3 出力軸振れに関する公差解析の一例
(3次元公差解析モデルと結果)

高エネルギー積マグネットの適用は、トルク向上に有効であるが、磁束密度の増加に伴い、コギングトルクと鉄損の増加に注意しなければならない。このコギングトルクと鉄損に対する設計配慮については後述する。

2.2 トルクー回転速度特性領域の拡大

図4に本開発品と従来品のトルクー回転速度特性の比較を示す。高エネルギー積マグネットを適用し、マグネットと固定子鉄心で構成される磁気回路と巻線仕様を最適化することにより、高トルクと高回転速度を両立し、トルクー回転速度特性領域の拡大を図った。

また、図5には、瞬時最大ストールトルク(従来品比較)の向上率を示す。このように、瞬時最大ストールトルクは7～18%向上し、

定格トルクに対する瞬時最大ストールトルク比は3.5倍を実現しており、業界トップの出力領域を有している。

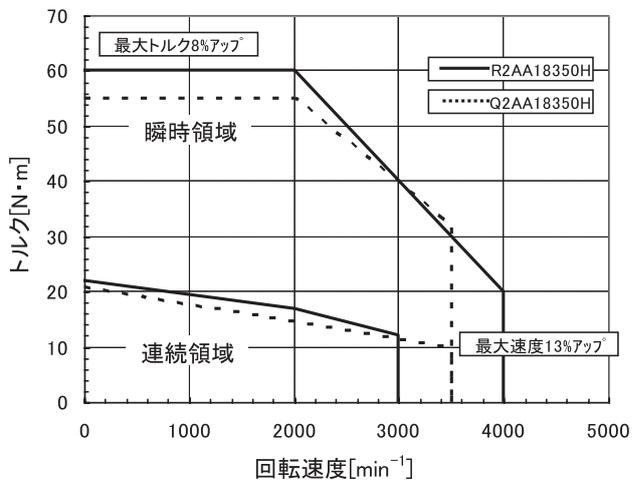


図4 トルクー回転速度特性
(3.5kW-150A アンブ組合せ時)

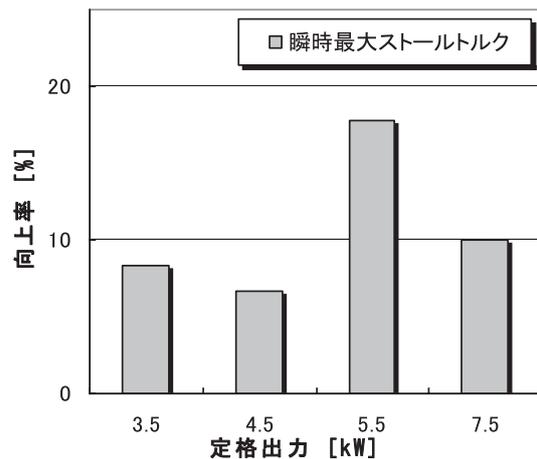


図5 瞬時最大ストールトルクの向上率
(当社従来品比較)

2.3 低コギングトルク設計

前述したように、高エネルギー積マグネットの適用により、高トルク化を図ることができるが、磁束密度の増加に伴うコギングトルクの増大に対する配慮が必要である。

本開発品では、マグネットの寸法形状と固定子鉄心の寸法形状をコギングトルクが最小になるように設計すると共に、公差解析に基づいて、コギングトルクの最適化を図った。

コギングトルクは、固定子内径面の寸法精度および回転子側のマグネットの配置精度にも大きく依存する。本開発品では、公差解析により、コギングトルク特性に影響を与える寸法公差を定量的に把握し、コギングトルクが最小となる公差を寸法管理値として設定した。本開発品のコギングトルクの振幅は連続ストールトルク比の0.8%以下(従来品の1/3)であり、低コギングトルク化を実現した。

2.4 低損失設計

一般に、モータ体格の小型化を図ると、放熱面積の減少や単位体積あたりの発熱量の増大に伴い、モータの温度上昇が高くなる。本開発品では、高エネルギー積マグネットの適用に伴い、従来品に対して、極数とスロット数を変更し、銅損と鉄損のバランスを最適化した。その結果、全損失は従来品に比べ25%低減した。さらに、巻線部に樹脂モールドを適用することで放熱性の向上を図り、連続定格出力時の温度上昇値は従来品より6%低減した。このように、本開発品では、小型・軽量化を図りながら、損失の低減と温度上昇の低減を図っている。

3. 製品ラインアップ

表2に、本開発品の標準仕様一覧を示す。図6～図11には、連続定格出力：3.5 kWから11 kWまでの5機種のトルク-回転速度特性を示す。

標準仕様のエンコーダは、分解能17bit(最大分解能20bit)シリアル通信アブソリュートエンコーダであるが、その他に、インクリメンタルエンコーダ、バッテリーレスアブソリュートエンコーダの搭載も可能である。また、オルダムカップリング方式(エンコーダ着脱可能構造)を選択することもできる。

表2 本開発製品の標準仕様

モータ型番 / < > フランジ角寸法			R2AA18350D <□180mm>	R2AA18450H <□180mm>	R2AA18550R <□180mm>	R2AA18550H <□180mm>	R2AA18750H <□180mm>	R2AA1811KR <□180mm>
項目	記号	単位						
定格出力	P_R	kW	3.5	4.5	5.5		7.5	11.0
定格回転速度	N_R	min^{-1}	2000			1500		
最高回転速度	N_{max}	min^{-1}	4000	3500	2500	3000	3000	2500
定格トルク	T_R	$\text{N}\cdot\text{m}$	17	21.5	35	35	48	70
連続ストールトルク	T_S	$\text{N}\cdot\text{m}$	22	30	37.3	37.5	54.9	80
瞬時最大ストールトルク	T_P	$\text{N}\cdot\text{m}$	60	75	90	107	140	170
ロータイナーシャ (エンコーダ含む)	$J_M \times 10^{-4}$	$\text{kg}\cdot\text{m}^2(\text{GD}^2/4)$	40	50	68		98	110
モータ質量 (エンコーダ含む)	W_E	kg	15.5	18.5	26.5		34	40
ブレーキ保持トルク	T_B	$\text{N}\cdot\text{m}$	22以上	32以上	42以上		100以上	
ブレーキ質量	W	kg	2.4	2.8			6.3	
AC200V 適用アンプ型番			RS1A15/RS2A15			RS1A30/RS2A30		
AC200V 電源仕様			AC200V ~ 230V + 10, - 15%, 50/60 ± 3Hz					

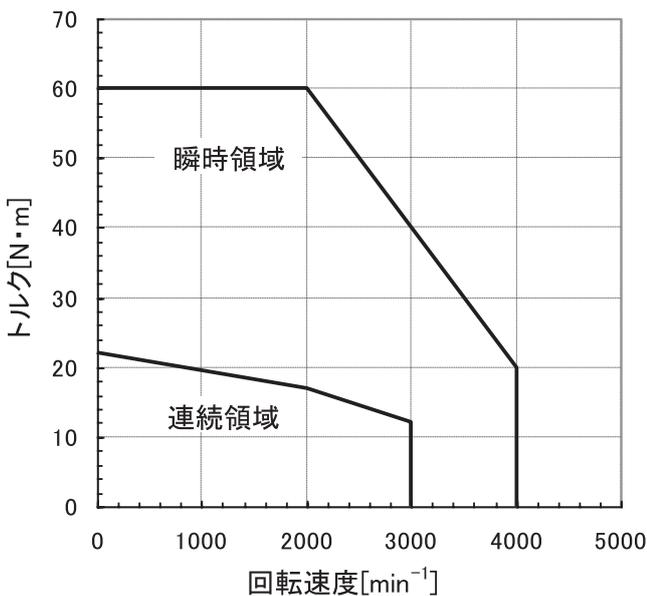


図6 T-N特性(3.5kW)
(150Aアンプ組合せ時)

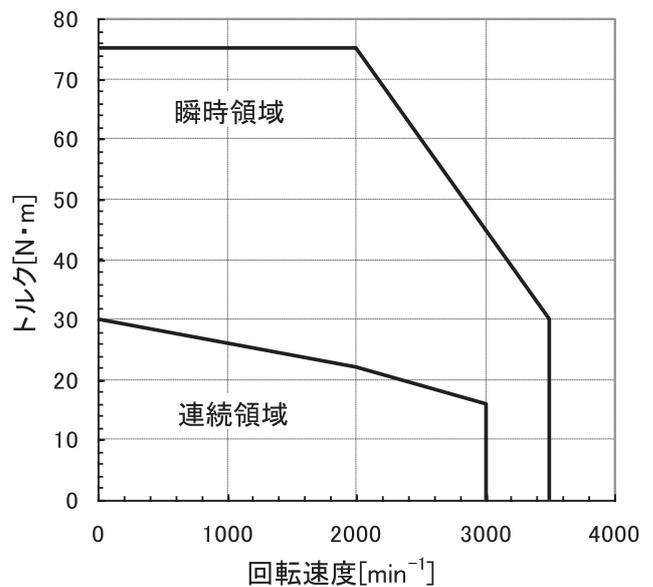


図7 T-N特性(4.5kW)
(150Aアンプ組合せ時)

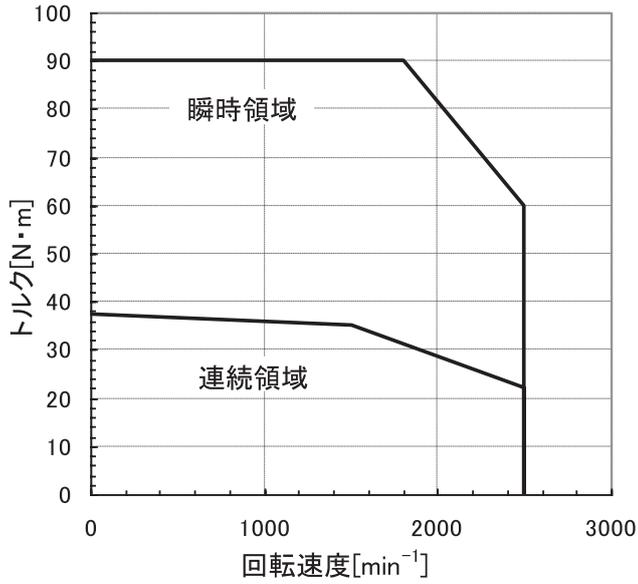


図8 T-N特性(5.5kW)
(150A アンブ組合せ時)

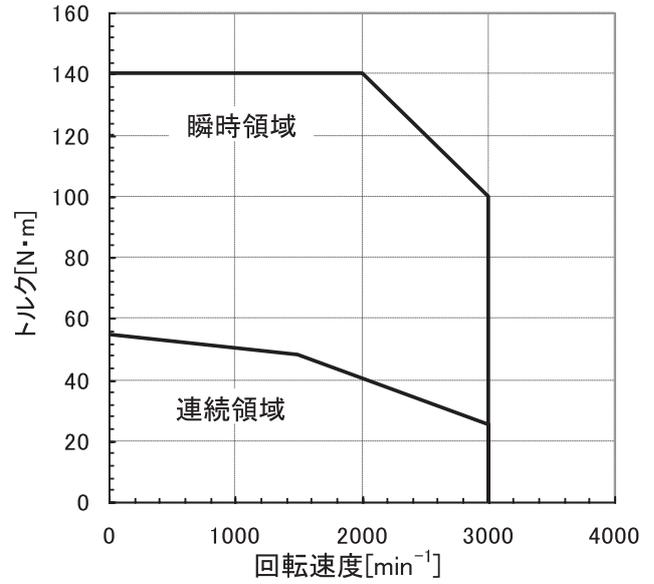


図10 T-N特性(7.5kW)
(300A アンブ組合せ時)

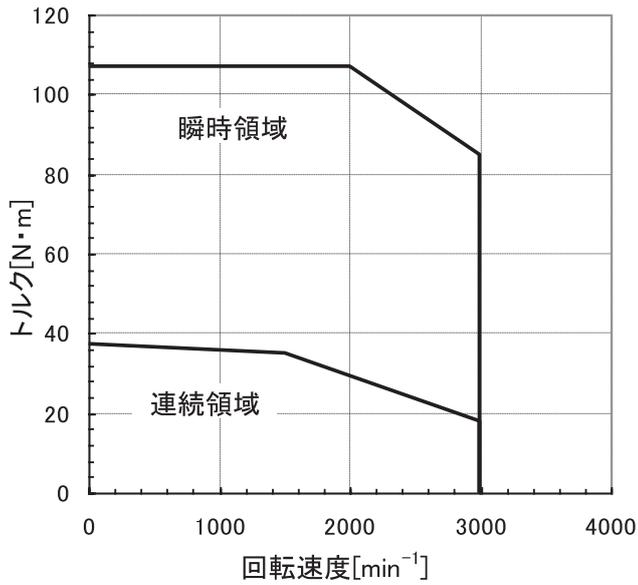


図9 T-N特性(5.5kW)
(300A アンブ組合せ時)

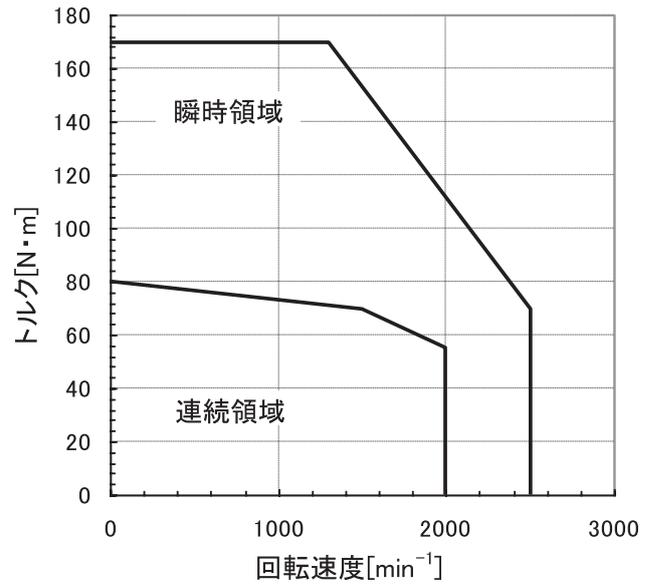


図11 T-N特性(11kW)
(300A アンブ組合せ時)

4. むすび

本稿では、「SANMOTION R」シリーズのラインアップ拡充機種として開発した、フランジ角サイズ180mmの中容量 AC サーボモータを紹介した。

本開発品は、小型・軽量化と高速・高トルク化を両立すると共に、低コギングトルク化と低損失化を図った AC サーボモータである。このサーボモータは、射出成形機や産業機械装置の省スペース化、高性能化(俊敏な動作, 滑らかな運転) および省エネルギー化に大きく貢献できる製品であると考える。

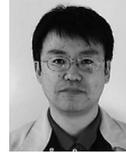
文献

- (1) 牧内一浩・竹田亨: 特報「公差解析で挑む品質・コストの最適化」, 日経ものづくり 2010年5月
- (2) 小市伸太郎ほか: フランジ角サイズ130mm, 220mm「SANMOTION R」シリーズ中容量 AC サーボモータの開発, SANYO DENKI Technical Report, No27 May 2009



竹田 亨

2007年入社
サーボシステム事業部 設計第一部
サーボモータおよびエンコーダの開発, 設計に従事。



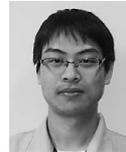
小市 伸太郎

1985年入社
サーボシステム事業部 設計第一部
サーボモータの開発, 設計に従事。



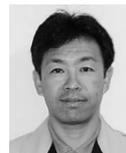
佐藤 隆史

2004年入社
サーボシステム事業部 設計第一部
サーボモータの開発, 設計に従事。



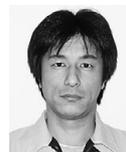
松橋 健太

2010年入社
サーボシステム事業部 設計第一部
サーボモータの開発, 設計に従事。



村田 和義

1991年入社
サーボシステム事業部 設計第一部
サーボモータの開発, 設計に従事。



川岸 功二郎

1996年入社
サーボシステム事業部 設計第一部
サーボモータの開発, 設計に従事。



牧内 一浩

1998年入社
サーボシステム事業部 設計第一部
サーボモータおよびエンコーダの開発, 設計に従事。