

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

竹田 亨 Tooru Takeda 村田 和義 Kazuyoshi Murata 川岸 功二郎 Koujiro Kawagishi

田中 救章 Hiraaki Tanaka 川口 逸人 Hayato Kawaguchi 小市 伸太郎 Shintarou Koichi

1. まえがき

プラスチック製品を生産する射出成形機は、従来の油圧式に比べて省エネルギーでクリーンな、電動式が主流となった。また、ハイサイクル化による生産性向上と、軽量化を目的とした薄肉成形および、複雑な形状を安定して成形するための高精度・高品質化が求められている。

電動式射出成形機の性能はサーボモータの性能に大きく依存する。特に、射出軸は高速回転まで瞬時に加速するための高トルク化の実現が欠かせない。また、装置の省スペース化と省エネルギー化のニーズは強く、環境に配慮した小型・軽量化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」低慣性ACサーボモータの特長を紹介する。本開発品は、高速・高トルク化、高加速度化による性能向上を図ると共に、小型・軽量化を実現している。低慣性でかつ高速・高トルクを達成するために、トルク発生部の磁気回路の最適化を図った。また、従来からのファンによる冷却に加え、モータ巻線部に樹脂モールドを適用することで、さらなる放熱性能の向上を図り、モータ温度上昇の低減を実現している。

今回開発した製品の標準仕様は、電源電圧200V、定格出力5.5kW、7.5kW、11kW、15kWの4種類で、保持ブレーキ付きを標準ラインナップした。

なお、本開発品は当社従来製品である「SANMOTION Q」シリーズ低慣性ACサーボモータ⁽¹⁾の後継機種である。

2. 性能の向上と製品の特長

2.1 高速・高トルク、高角加速度設計

図1に、当社各シリーズにおけるロータ慣性モーメント(以下、ロータイナーシャと呼ぶ)の比較、図2には最大角加速度の比較を示す。また、図3には無負荷時(ロータイナーシャのみ)における加速性能の比較を示す。

中慣性シリーズに比べ、低慣性シリーズはロータイナーシャが低く、瞬時最大トルクが大きいため、大きな角加速度が得られる。加速時間はQ2シリーズ中慣性モータと比較して45%短縮し、高い加速性能が得られる。なお、後述のように、本開発品は、従来Q4シリーズに対して、大幅な小型・軽量化と温度上昇の低減を図っている。

一般に低慣性化は、ロータ径を細くすれば達成可能であるが、マグネット量が減ると同時に、トルク発生部の面積の減少と比例して、瞬時最大トルクの低下を招くため、モータ全長が伸びる設計となり、小型・軽量化を図ることは困難である。また、小型・軽量化設計に対して、モータ極数を増やすことは有利であるが、高速回転時の周波数が高くなるため、リアクタンス降下が増大し、高速回転時に十分なトルクが得られない。

本開発品では、それら課題に対して、設計理論計算に加え、数値解析シミュレーション、実験検証を有機的に結び付け、小型・軽量化と高角加速度化を両立した。

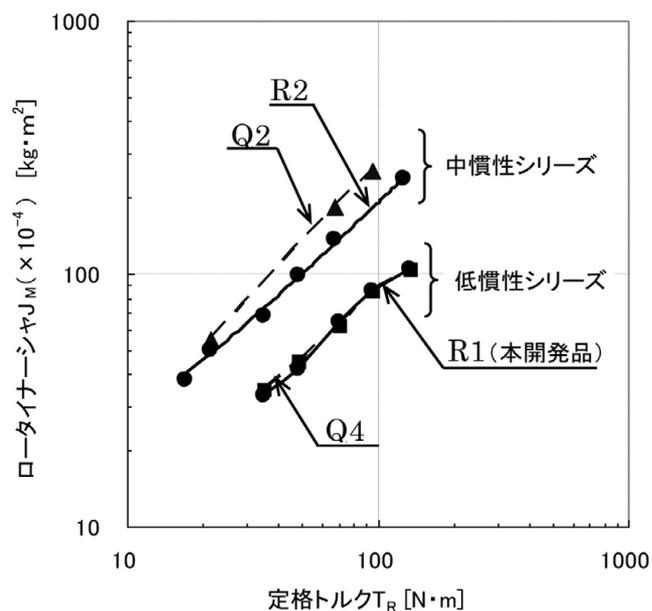


図1 ロータイナーシャ比較

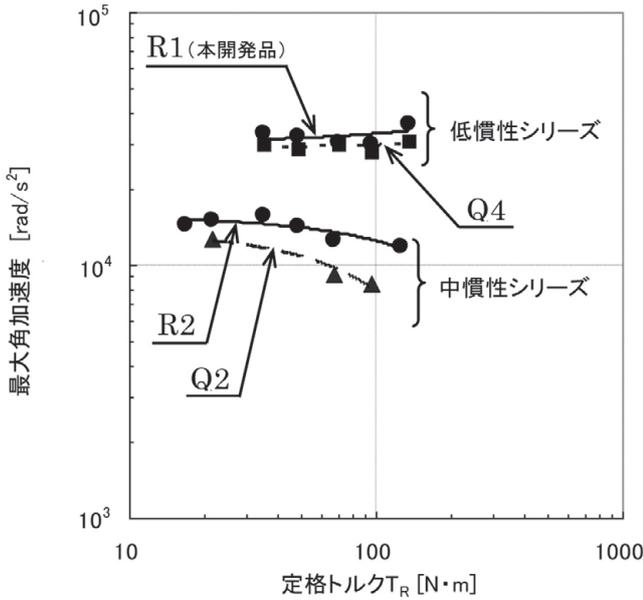


図2 最大角加速度比較

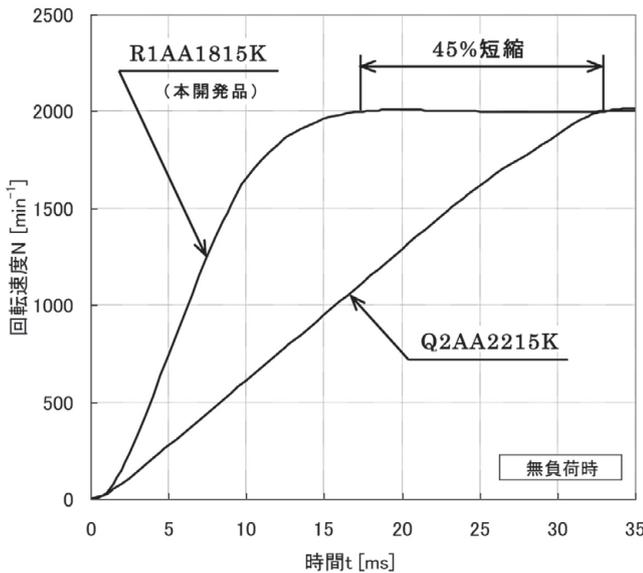


図3 加速性能比較(モータ温度：冷時)

図4に本開発品と従来品のトルクー回転速度特性の実測比較を示す。ロータイナージャが最小かつ瞬時最大トルクが最も大きくなるように、マグネット材質とロータ径および固定子鉄心の形状と積層の最適化を図った。

その結果、従来品と比較して瞬時最大トルクは5%向上し、高速回転時のトルクも11%向上した。このように本開発品では、トルクー回転速度特性領域の拡大も図った。

なお、本開発品は高速・高トルク化と併せて、低コギングトルク化にも配慮している。数値解析シミュレーションを活用してコギングトルクが最小になるように設計すると共に、実験検証で得られた結果に基づいて、コギングトルクに影響を与えるマグネット形状と固定子鉄心形状の最適化を図っている。

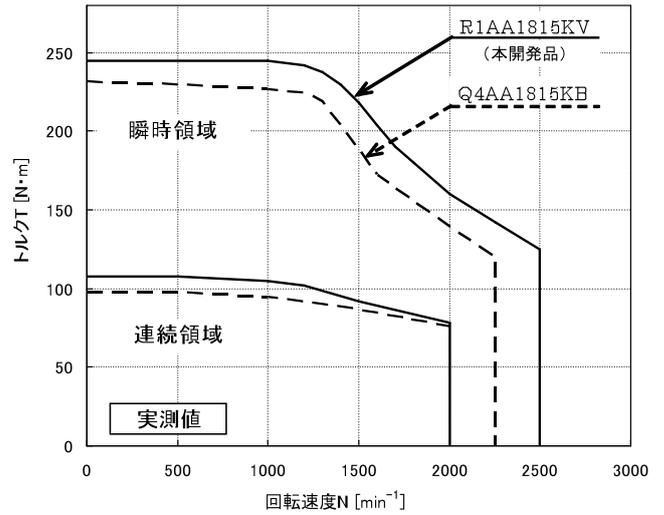


図4 トルクー回転速度特性 (15kW-300A アンプ組合せ)

2.2 小型・軽量化設計

表1に開発品と従来品の全長と質量の比較を示す。全長の短縮(最大12%)と質量の低減(最大21%)を実現した。

全長の短縮は、固定子鉄心の積厚が最小になるように磁気回路と巻線仕様の最適化を図った。また、質量低減は、全長の短縮と「SANMOTION R」中容量 AC サーボモータ⁽²⁾で実績のある肉肉フレームの適用により実現した。

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
5.5kW	352	392	27	35
7.5kW	387	427	39	45
11kW	457	517	52	66
15kW	535	607	64	75

※5.5～15kWまで冷却ファン長さ・質量を含む。

2.3 温度上昇低減設計

本開発品は、モータ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、モータ体格の小型化に伴う温度上昇の低減を図っている。

一般に、低慣性モータはモータ全長が伸びるので、樹脂モールドを充填することは、製造設備に制約され、実用的には困難であった。今回、この課題に対して、社内で蓄積してきた樹脂モールド技術を活用し、低慣性モータ専用の射出成形機を内製することで解決した。

樹脂モールドの適用により、連続定格出力時の温度上昇値は従来品より18%低減した。その結果、瞬時最大トルクを重視し、連続定格出力が小さい使用条件下においては、冷却ファンレスで使用することができる。例えば、定格出力15kWモータの冷却ファン

を取り外すと、連続定格出力11kW相当で、瞬時最大トルク($T_p = 230\text{N}\cdot\text{m}$)を得ることが可能になると共に、最大24%の全長短縮を図ることができる。

また、放熱性の向上に伴い、エンコーダ周辺の温度上昇が低減したことにより、電子部品の信頼性が大幅に向上した。

3. 製品ラインナップ

表2に、本開発品の標準仕様一覧を示し、図5に開発品の外観を示す。また、図6～図9には標準品の連続定格出力5.5kWから15kWまでの4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(最大で分解能20bitまで対応可能)シリアル通信アブソリュートエンコーダを搭載する。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。搭載方式は、オルダムカップリング方式(エンコーダ着脱可能構造)のみを採用している。

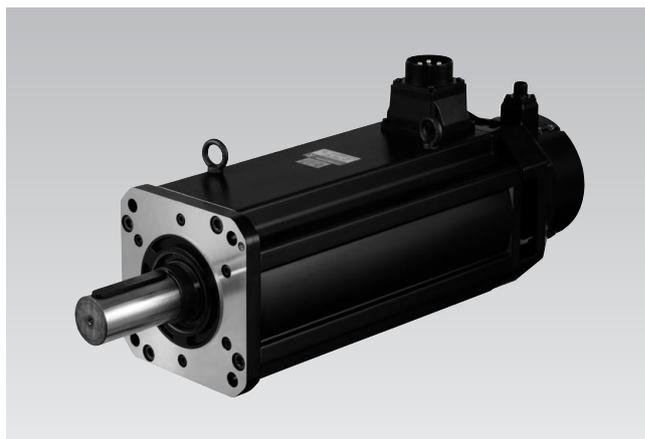


図5 開発品の外観(R1AA1815K)

表2 本開発製品の標準仕様

モータ型番/〈〉フランジ角寸法			R1AA18550H 〈□180mm〉	R1AA18750H 〈□180mm〉	R1AA1811KR 〈□180mm〉	R1AA1815KB 〈□180mm〉
項目	記号	単位				
定格出力	P_R	kW	5.5	7.5	11	15
定格回転速度	N_R	min^{-1}	1500			
最高回転速度	N_{max}	min^{-1}	3000		2500	2000
定格トルク	T_R	$\text{N}\cdot\text{m}$	35	48	70	95.5
連続ストールトルク	T_S	$\text{N}\cdot\text{m}$	37	48	70	95.5
瞬時最大ストールトルク	T_P	$\text{N}\cdot\text{m}$	110	135	195	230
ロータイナージャ (エンコーダ含む)	$J_M \times 10^{-4}$	$\text{kg}\cdot\text{m}^2(\text{GD}^2/4)$	33	42	64	86
モータ質量 (エンコーダ含む)	W_E	kg	27	39	52	64
ブレーキ保持トルク	T_B	$\text{N}\cdot\text{m}$	42以上	54.9以上	75以上	120以上
ブレーキ質量	W	kg	2.8	4.5	7.1	8.9
冷却ファン電力	PF	W	39/33 AC200V $\pm 10\%$ 単相50Hz/60Hz			
AC200V適用アンブ型番	RS1A30A/RS2A30A					
AC200V電源仕様	AC200V $\sim 230\text{V} + 10, -15\%$, 50/60 $\pm 3\text{Hz}$					

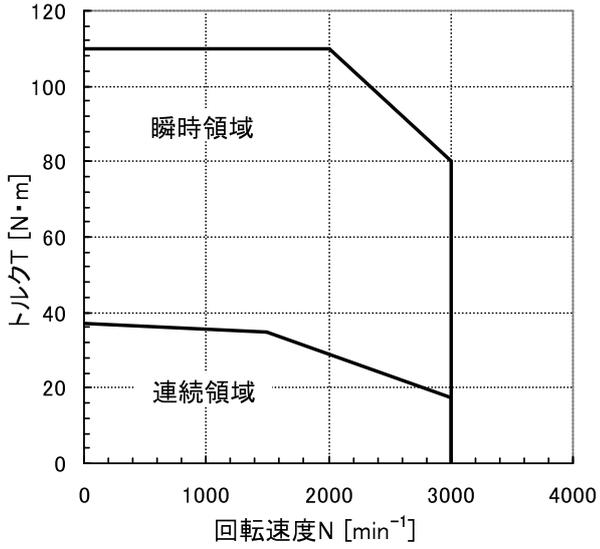


図6 T-N特性(5.5kW)
(300A アンブ組合せ)

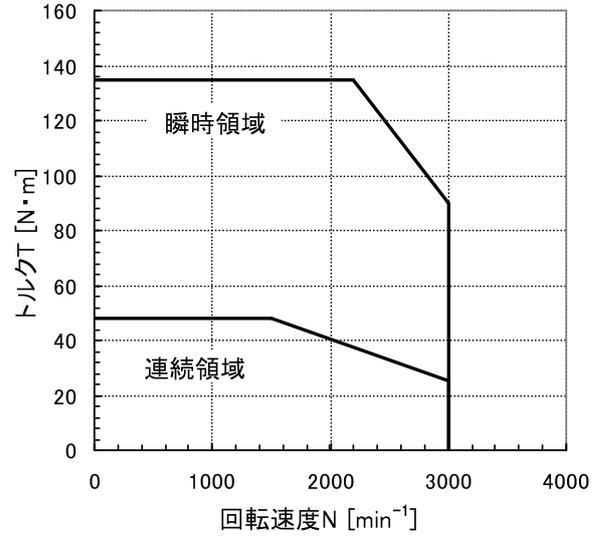


図7 T-N特性(7.5kW)
(300A アンブ組合せ)

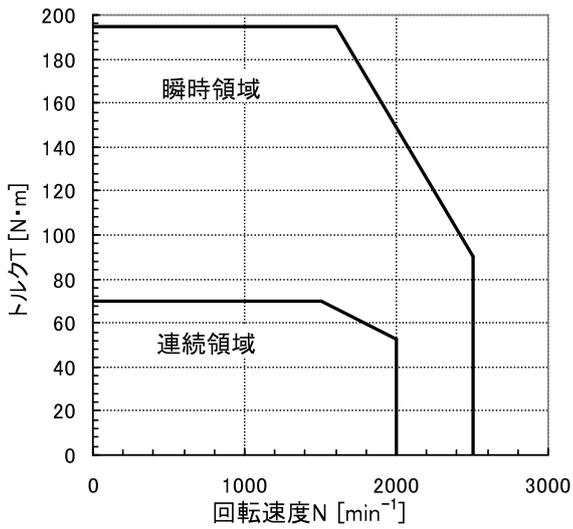


図8 T-N特性(11kW)
(300A アンブ組合せ)

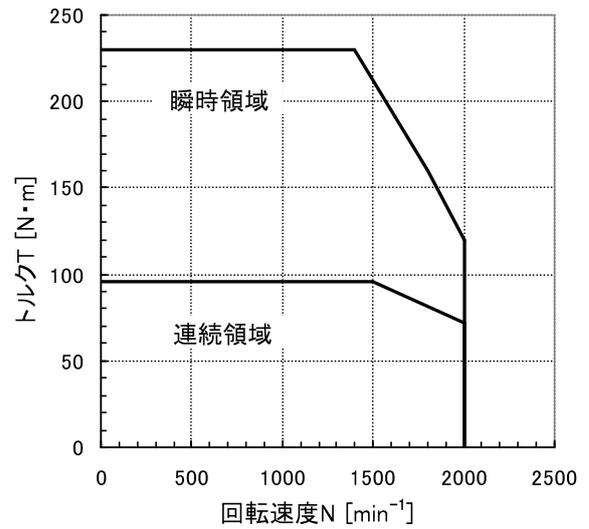


図9 T-N特性(15kW)
(300A アンブ組合せ)

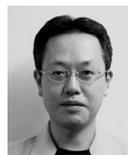
4. むすび

本稿では、「SANMOTION R」シリーズ フランジ角サイズ180mmの低慣性 AC サーボモータを紹介した。

本開発品は、高速・高トルク化、高加速度化による性能向上を実現すると共に、小型・軽量化を図った低慣性 AC サーボモータであり、電動化の普及が加速している射出成形機をはじめとして、バネ成形機、プレス機などの高速化・高圧力化および省スペース化に大きく貢献できる製品である。

文献

- (1) 小市伸太郎ほか：「SANMOTION Q」低慣性大容量 AC サーボモータの開発, SANYO DENKI Technical Report, No18 Nov.2004
- (2) 竹田亨ほか：「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, SANYO DENKI Technical Report, No32 Nov.2011



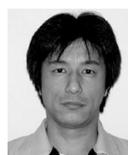
竹田 亨

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。



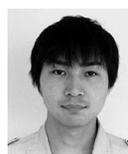
川岸 功二郎

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。



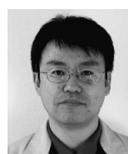
田中 敦章

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。



川口 逸人

2011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。



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。