SANYO DENKI

Technical Report

特集｜2017年の技術成果

1945
Head Office and Tokyo Works relocated

45
May 2018

COLUMN

表紙：

本社, 東京工場

1945年

1945年8月，15年に渡った長い戦争が終わりました。戦争末期には原材料や労働力の不足に加え，空襲による被災や工場疎開のため国内の生産能力は急速に衰えました。しかし，戦時経済は電機工業の規模を拡大し，特に無線通信部門は経営規模，技術水準ともに飛躍的な発達を遂げました。

当社は戦時下に，無線通信機電源における国内トップメーカの地位を築きました。専門の通信電源はもちろん，高度な技術を要する未経験の分野の製品を数多く手がけ，技術を蓄積していきました。

1945年12月，豊島区巣鴨（現在の北大塚）に本社および東京工場を構えました。内部は空襲で全焼し，鉄筋コンクリートの外壁とフロアだけが残った建物を補修し，工場が完工しました。国内は物資不足で食糧難が続き，多くの企業が苦難を強いられたなか，当社は復興への第一歩を踏み出しました。

戦後の激動期を乗り越え，1951年には，地下と一階は機械工場，二階は検査と組立，三階は巻線工場と倉庫，四階は本社事務所として順調に稼動するに至りました。

45 SANYO DENKI TECHNICAL REPORT
May 2018

C O N T E N T S

人々とともに，歩み続ける山洋電気　執行役員 小野寺 悟　1

特集：2017年の技術成果　3

■ クーリングシステム事業部

2017年の技術成果　大澤 穂波 3

高風量防水遠心ファン「San Ace 225W」「San Ace 221W」　羽田 格彦 ほか 6

高静圧二重反転ファン「San Ace 40」9CRHタイプ　宮沢 秀治 ほか 11

■ パワーシステム事業部

2017年の技術成果　塩川 直彦 15

風力発電・水力発電システム用パワーコンディショナ
「SANUPS W73A」の開発　犬飼 将弘 ほか 18

無停電電源装置「SANUPS N11B-Li（3kVA）」の開発　村井 丈夫 ほか 22

■ サーボシステム事業部

2017年の技術成果　成沢 康敬 27

SANMOTION Fシリーズ 2相42角1.8°ステッピングモータの開発　中武 耕二 ほか 30

「SANMOTION R ADVANCED MODEL」
AC400V入力多軸サーボアンプの開発　片岡 隆 ほか 34

日本電機工業会 技術功績者表彰推薦者 2018年度／第67回　39

主な特許　40

社内表彰 モノつくり大賞（優秀賞）　41

社外発表 一般技術誌（2017年1月～12月）　42

社外発表 技術論文（2017年1月～12月）　42

執行役員
小野寺 悟
Satoru Onodera

人々とともに，歩み続ける山洋電気

「私たち山洋電気グループは，すべての人々の幸せをめざし，人々とともに夢を実現します」これが，私たち山洋電気グループの企業理念です。この企業理念のなかの「人々」とは，「社会や環境」，「お客さまやユーザー」，「協力会社や取引会社」のみなさん，「投資家や金融機関」のみなさん，「同業者や競争会社」のみなさまおよび「社員」です。

このみなさんとともに，「幸せをめざし，夢を実現する」ために，私たちは日々歩み続けています。例えば，技術，製品およびサービスを通じて，お客さまやユーザーにとっての新たな価値が創造できる活動をしています。「同業者や競争会社」のみなさまに対しては，技術提携や競争を通じて，産業の発展と技術の発展を共創する取り組みをしています。また，「社員」が仕事や会社生活を通じて，やりがいを感じ，自己実現を図れる経営をしています。

いま，世の中は大きく変わりつつあります。情報通信技術によって，機械と機械がつながり，機械と社会がつながり，工場ではロボットや自動設備が製品をつくり，AI（人工知能）によるデータの処理と活用が普通におこなわれるようになってきました。

このように，大きく変わりつつあるなかで，「人々」とともに，「幸せをめざし，夢を実現する」ために，「ものづくり」として何が必要で何を大切にすべきかを，「ものづくり」の原点に立ち返って考えてみましょう。

「ものづくり」の目的は，「設計情報」にもとづき，材料や部品に「加工・組立」を施して，「価値」をもつ製品にすることです。そして，その「価値」を「素早く・簡単につくる」ことが「ものづくり」の本質であり使命です。

「価値」を「素早く・簡単につくる」ために，次の3つの組織能力が必要です。すなわち，「敏捷性（迅速かつ的確）」，「柔軟性（臨機応変）」および「創造性（創意工夫）」の3つです。「敏捷性」とは「素早く・的確」におこなうこと，「柔軟性」とは常に変化する環境のなかで，「臨機応変」にアクションできること，「創造性」とは「創意工夫」する能力です。

「ものづくり」の「敏捷性」を高めるために，ロボットを活用した自動生産ラインや情報通信技術を使って構成要素を結びつけることは極めて有効です。そして，これらの「柔軟性」を高めるために，人による「創造性」が威力を発揮します。「価値のある製品」を「素早く・簡単に」つくるために，人による「創造性」すなわち「創意工夫」が大切です。

本号では「2017年の技術成果」として，2017年にリリースした主な新製品と技術を紹介します。

クーリングシステム製品，パワーシステム製品およびサーボシステム製品ともに，製品をお使いいただくお客さまにとっての「価値」をつくりだすための「創意工夫」を盛り込んであります。

例えば，「耐Gファン」は，75Gの遠心加速度が加わる環境でも壊れることなく，安心してお使いいただけます。「高静圧二重反転ファン」は，実装密度が高い装置でも大きな冷却効果を発揮するので，安心して装置の冷却設計ができます。パワーコンディショナ「SANUPS W73A」は，風力発電機や水力発電機の特性に合わせて，最適な「入力電圧－電力」特性を設定できる工夫をしているので，安心して発電システムを構築できます。また，人の安全を守る機能を搭載したサーボアンプや騒音が小さく効率が高いステッピングモータは，機械装置と人間が近接する用途でも，安心してお使いいただける製品です。

このように，私たち山洋電気グループは，「人々」の「新しい価値やよろこびを創る」工夫と，それを「素早く簡単に造る」工夫を製品に盛り込んでいます。

ロボットやAIを活用することによって，「敏捷性」と「柔軟性」の高い「ものづくり」ができるようになりました。いまこそ，人による「創造性」を活かす工夫が必要です。そして，人と人とのつながり，「人々」との結びつきを大切にして，これからも「人々」とともに，歩み続けたいと思います。

クーリングシステム事業部

大澤 穂波
Honami Osawa

サーバ，ストレージシステムなどの情報通信機器や電源装置など屋内に設置される装置や，太陽光発電システムのパワーコンディショナ，高輝度LED照明装置，電気自動車用充電ステーションなど屋外に設置する装置の高性能化・高集積化はとどまることなくすすんでいる。

これらの装置に採用される冷却ファンに対しては，今まで以上に高風量・高静圧が求められている。

また，あらたな用途として，大きな遠心加速度が加わる環境下でも高い信頼性を有するファンの要求が増えてきた。一例としては，医療用CTスキャナーの回転部に使用するファンがあげられる。

2017年において，当社はこのような要求に応えられる業界トップ※の性能と高信頼性を実現したファンを開発・製品化した。

以下に2017年に開発した製品の概要を紹介する。

■ 耐Gファン

DCファン

- 120mm角×38mm厚「San Ace 120GP」9GPタイプ
- ø172mm×150mm×51厚「San Ace 172GP」9GPタイプ

遠心加速度が加わる環境下で使用できるファンの要求が増えてきた。

その一例として医療用CTスキャナーの内部冷却用ファンがあげられる。このような装置では，さらなる高性能化・高信頼性化が見込まれており，さらに大きな遠心加速度が加わる環境下でも耐えるファンが求められている。

当社はこのような市場の要求に応えるため，耐Gファン「San Ace 120GP」，「San Ace 172GP」9GPタイプを開発・製品化した。

耐遠心加速度性能は75G（業界初※の仕様化）である。

■ ブロアファン

DCファン

- 92mm×33mm厚「San Ace B97」9BMCタイプ

92mm×33mm厚ブロアファンは，サーバや電源，印刷機などに採用されてきた。

あらたな用途として，空気清浄機，住宅換気，燃料電池など，その用途は広まっており，より高風量・高静圧が求められている。

当社はこのような市場の要求に応えるため「San Ace B97」9BMCタイプを開発・製品化した。

当社従来機種（9BMBタイプ）に対して，最大風量1.15倍，最大静圧1.5倍を達成した。

■ 二重反転ファン

DCファン

• 40mm角×56mm厚「San Ace 40」9CRHタイプ

サーバや電源市場において，装置の高密度化および発熱量増加にともない，冷却ファンに高静圧化が求められている。

特に1Uサーバ，電源，ストレージ市場では，40mm角サイズのファンに対して大幅な冷却性能の向上が求められている。

当社はこのような市場の要求に応えるため「San Ace 40」9CRHタイプを開発・製品化した。

当社従来機種（9CRVタイプ）に対して，最大静圧1.62倍を達成した。

本製品については，本テクニカルレポートの「新製品紹介」で詳述する。

■ 防水遠心ファン

DCファン

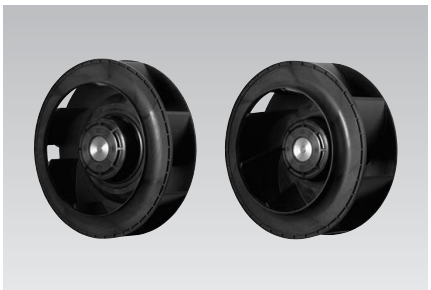
• ø221mm×71mm厚「San Ace 221W」9W2Tタイプ
• ø225mm×99mm厚「San Ace 225W」9W2Tタイプ

屋外に設置される通信機器や，パワーコンディショナ，大型の空調設備，業務用冷蔵庫，集塵機などには高風量かつ防水性能が求められている。

当社はこのような市場の要求に応えるため，業界トップ※の冷却性能を達成した防水遠心ファン「San Ace 221W」，「San Ace 225W」9W2Tタイプを開発・製品化した。

防水性能はIP56である。

本製品については，本テクニカルレポートの「新製品紹介」で詳述する。



■ 長寿命ファン

DCファン

• 140mm角×38mm厚「San Ace 140L」9LGタイプ
• 140mm角×51mm厚「San Ace 140L」9LGタイプ

140mm角サイズのファンは，通信機器，産業用インバータ，燃料電池，急速充電器，デジタルサイネージなどで幅広く採用されている。これらの装置では内部の発熱量が増大し，高風量・高静圧の要求が増えてきた。同時に，装置の長寿命化やメンテナンスフリー化のため，従来品以上の長寿命化も求められている。

当社はこのような市場の要求に応えるため，140mm角×38mm厚、140mm角×51mm厚の長寿命ファン「San Ace 140L」9LGタイプを開発・製品化した。

当社従来機種9Lタイプおよび9LBタイプに対して以下の性能を達成した。

- 140mm角×38mm厚
  「San Ace 140L」9LGタイプ：
  最大風量1.7倍，最大静圧5.2倍
  期待寿命1.8倍（180000h@60°C）
- 140mm角×51mm厚
  「San Ace 140L」9LGタイプ：
  最大風量1.1倍，最大静圧2.7倍
  期待寿命3倍（180000h@60°C）

■ 長寿命防水ファン

DCファン

- 140mm角×38mm厚「San Ace 140W」9WLタイプ
- 140mm角×51mm厚「San Ace 140W」9WLタイプ

140mm角サイズの防水ファンは，太陽光発電システムのパワーコンディショナ，高輝度LED照明装置，電気自動車用充電ステーションなど屋外に設置する装置に多く採用されている。これらの装置では内部の発熱量増大に対応するために，防水性能を有し，かつ，今まで以上に高風量・高静圧で長寿命なファンが求められている。

当社はこのような市場の要求に応えるため，前述の「San Ace 140L」9LGタイプをベースに防水仕様を追加した長寿命防水ファン「San Ace 140W」9WLタイプを開発・製品化した。

当社従来機種9Wタイプおよび9WBタイプに対して以下の性能を達成した。

- 140mm角×38mm厚
  「San Ace 140W」9WLタイプ：
  最大風量1.7倍，最大静圧5.2倍
  期待寿命同等（100000h@60°C）
- 140mm角×51mm厚
  「San Ace 140W」9WLタイプ：
  最大風量1.1倍，最大静圧2.7倍
  期待寿命1.7倍（100000h@60°C）

※製品の発売時点における性能比較による。産業用DCファンとして。同サイズの場合。当社調べ。

大澤 穂波
1989年入社
クーリングシステム事業部 設計部
冷却ファンの設計・開発に従事。

高風量防水遠心ファン「San Ace 225W」「San Ace 221W」

羽田 格彦 *Kakuhiko Hata*
宮沢 昌嗣 *Masashi Miyazawa*
村山 勇人 *Hayato Murayama*
長塚 幸弘 *Yukihiro Nagatsuka*
万治 志 *Nozomi Manji*
堀内 雄斗 *Yuto Horiuchi*
山崎 哲也 *Tetsuya Yamazaki*

1. まえがき

近年，携帯電話の基地局や通信設備，太陽光発電用パワーコンデショナなどの屋外設置装置においても，高性能･高機能化により，発熱量は増加の一途をたどっている。それに伴い，冷却ファンには防水性能を有し，かつ高風量化の要求が高まっている。

また，新たな市場として，大型の空調設備・業務用冷蔵庫・集塵機などの装置にも，防水性能を有した高風量ファンの要求が増えてきている。

これらの要求に応えるべく，高風量防水遠心ファン「San Ace 225W」「San Ace 221W」2機種を開発した。本稿では，この高風量防水遠心ファン「San Ace 225W」「San Ace 221W」9W2Tタイプ（以下，開発品という）の特長と性能を紹介する。

2. 開発品の特長

図1，2に開発品の外観を示す。
以下に開発品の特長を示す。

(1) 高風量
(2) 防塵防水「保護等級IP56※」
(3) PWMコントロール機能

※ 保護等級IP56
保護等級（IPコード）は，IEC（国際電気標準会議）60529「DEGREES OF PROTECTION PROVIDED BY ENCLOSURES（IP Code）」で規定されています。（IEC 60529:2001）

図1　ø225mm×99mm厚
「San Ace 225W」9W2Tタイプの外観

図2　ø221mm×71mm厚
「San Ace 221W」9W2Tタイプの外観

3. 開発品の概要

3.1 寸法諸元

図3，4に開発品の寸法諸元を示す。

3.2 特性

3.2.1 一般特性

表1，2に一般特性を示す。

3.2.2 風量－静圧特性

図5，6に開発品の風量－静圧特性例を示す。

3.2.3 PWMコントロール機能

開発品は，ファンの回転速度を外部から制御できるPWMコントロール機能を備えている。

ファンを常時フルスピードで使用するのではなく，装置の発熱状態に応じて回転速度を制御することで，装置全体としての低消費電力化と静音化を実現できる。

3.3 期待寿命

開発品の周囲温度60°Cにおける期待寿命は，40,000時間（残存率90%，定格電圧連続運転，フリーエア状態，常湿）である。

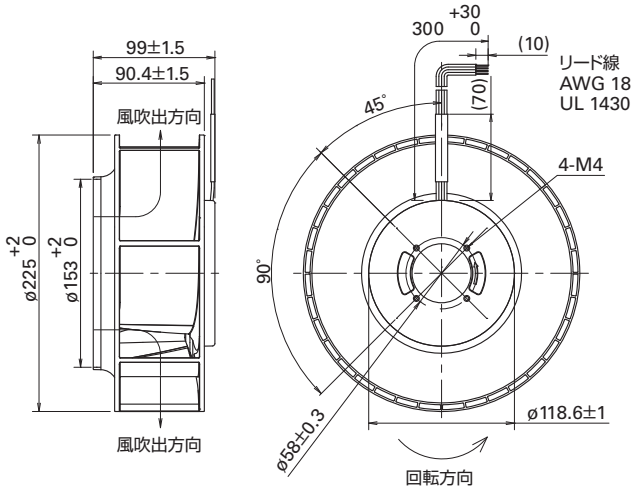


図3　ø225mm×99mm厚「San Ace 225W」9W2Tタイプの寸法諸元（単位：mm）

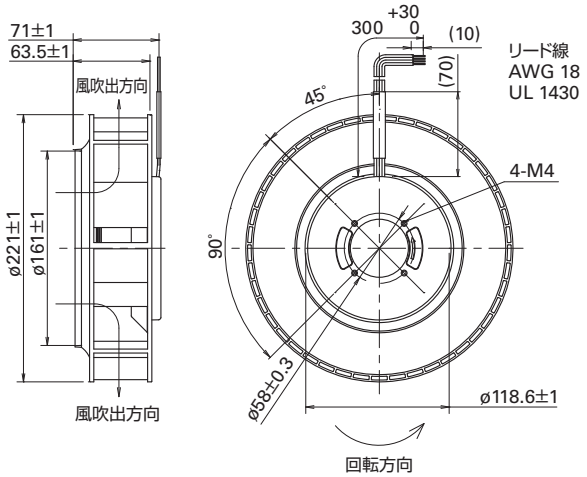


図4　ø221mm×71mm厚「San Ace 221W」9W2Tタイプの寸法諸元（単位：mm）

表1　ø225mm×99mm厚「San Ace 225W」9W2Tタイプの一般特性

型番	定格電圧 [V]	使用電圧範囲 [V]	PWMデューティサイクル※ [%]	定格電流 [A]	定格入力 [W]	定格回転速度 [min⁻¹]	最大風量 [m³/min]	最大風量 [CFM]	最大静圧 [Pa]	最大静圧 [inchH₂O]	音圧レベル [dB(A)]	使用温度範囲 [°C]	期待寿命 [h]
9W2TS48P0S001	48	36～72	100	2.45	117.6	3,000	23.5	830	635	2.55	72.0	−25～+70	40,000/60°C (70,000/40°C)
			15	0.24	11.5	1,000	7.83	276	70.6	0.28	52.5		

※入力PWM周波数：25kHz，PWMデューティサイクル0%時の回転速度は0min⁻¹
当社インレットノズル［別売（型番：109-1134H）］装着時

表2　ø221mm×71mm厚「San Ace 221W」9W2Tタイプの一般特性

型番	定格電圧 [V]	使用電圧範囲 [V]	PWMデューティサイクル※ [%]	定格電流 [A]	定格入力 [W]	定格回転速度 [min⁻¹]	最大風量 [m³/min]	最大風量 [CFM]	最大静圧 [Pa]	最大静圧 [inchH₂O]	音圧レベル [dB(A)]	使用温度範囲 [°C]	期待寿命 [h]
9W2TP24P0H001	24	16～36	100	3.35	80.4	3,050	17.6	621	530	2.13	71.5	−25～+70	40,000/60°C (70,000/40°C)
			15	0.4	9.6	1,000	5.75	203	57.0	0.23	53.5		
9W2TP48P0S001	48	36～72	100	2.3	110.4	3,400	19.6	692	659	2.65	73.5		
			15	0.2	9.6	1,000	5.75	203	57.0	0.23	53.5		

※入力PWM周波数：25kHz，PWMデューティサイクル0%時の回転速度は0min⁻¹
当社インレットノズル［別売（型番：109-1135H）］装着時

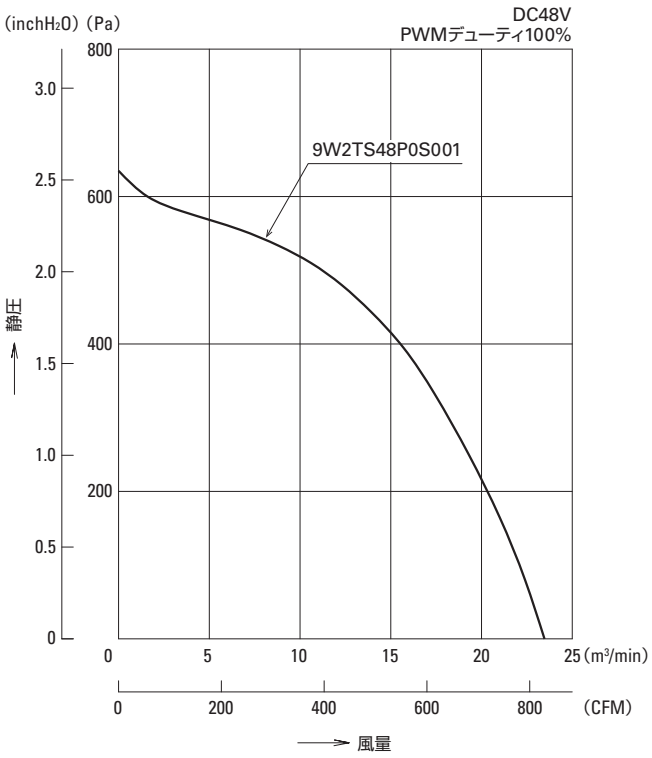


図5　ø225mm×99mm厚「San Ace 225W」
9W2Tタイプの風量－静圧特性

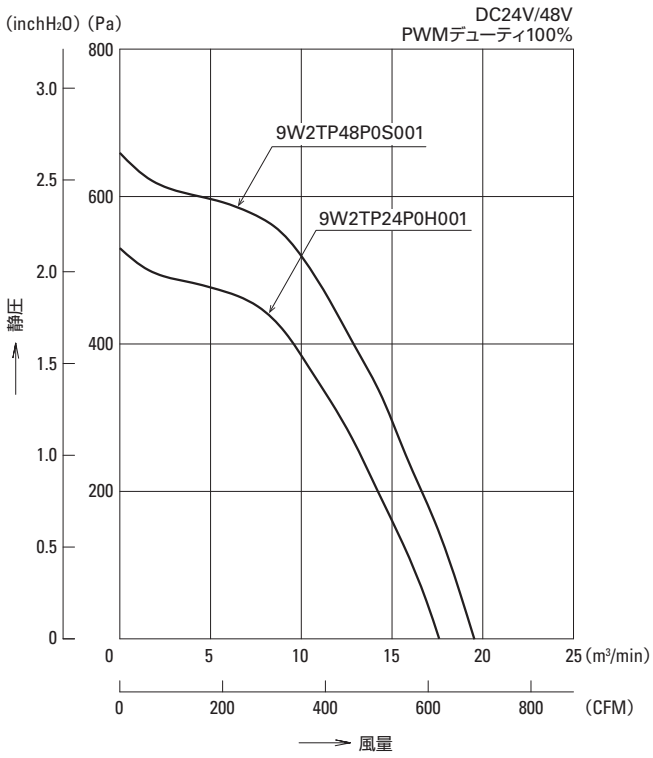


図6　ø221mm×71mm厚「San Ace 221W」
9W2Tタイプの風量－静圧特性

4. 開発のポイント

開発品は，従来品の高風量遠心ファン「San Ace C225」「San Ace C221」の性能と構造部品をベースとして，これまでの当社防水ファンとは異なる新しい構造を採用することにより，高風量化を実現した。

以下に開発のポイントについて説明する。

4.1 防水設計

従来の当社防水ファンには2種類の構造がある。活電部（基板と制御回路，およびモータ部）をエポキシ樹脂などで完全に覆うタイプと，活電部をラビリンス構造の内側空間に納めることで防水性を確保しているタイプである。

開発品は，大型ファンで電流値が大きいため，電解コンデンサを使用している。この電解コンデンサは圧力弁部を塞ぐことができないため，エポキシ樹脂等で完全に覆う構造は採用できない。

電流値が大きく制御回路部品の発熱も高いことから，当初は，電解コンデンサをエポキシ樹脂などで覆わず，制御回路部品の周囲に空間を確保して空気を通すことができる，ラビリンス構造を採用することを検討した。しかし，さまざまな構造を検討したが，空冷のために部品周囲に空気を通すと，どうしても水も侵入してしまい，冷却性と防水性を両立できなかった。

そのため，開発品では，モータ部のみをエポキシ樹脂で覆い，基板と制御回路はフレームとカバーで構成する空間に納める新しい構造を採用した。

図7に開発品の活電部の外観を示す。

開発品のフレームとカバーはアルミニウム製で，塗装を施すことで防錆性を高め，信頼性を向上させている。

4.2 放熱設計とモータ効率の向上

開発品では，制御回路部品を空間に納める構造としたため，部品を直接空冷できない。制御回路部品の温度が上昇し，空間内の温度が高くなると，電解コンデンサの寿命が短くなる懸念があるため，空冷以外の方法で温度上昇を低減する必要がある。

開発品では，ベースとした高風量遠心ファンからモータ高さ・マグネット径・マグネット材質を見直すことでモータ効率の改善を図り，制御回路部品の発熱を低減している。また，ファンの外形寸法を変更することなく基板サイズを大きくして高発熱部品の配置を最適化することで，温度上昇を低減し，高風量と防水性能を実現している。

表3に従来品と開発品のモータ効率の比較を示す。

表3　モータ効率の比較

	モータ効率［%］	
	ベースファン	開発品
最小負荷時（最大静圧時）	76	77
最大負荷時	75	78

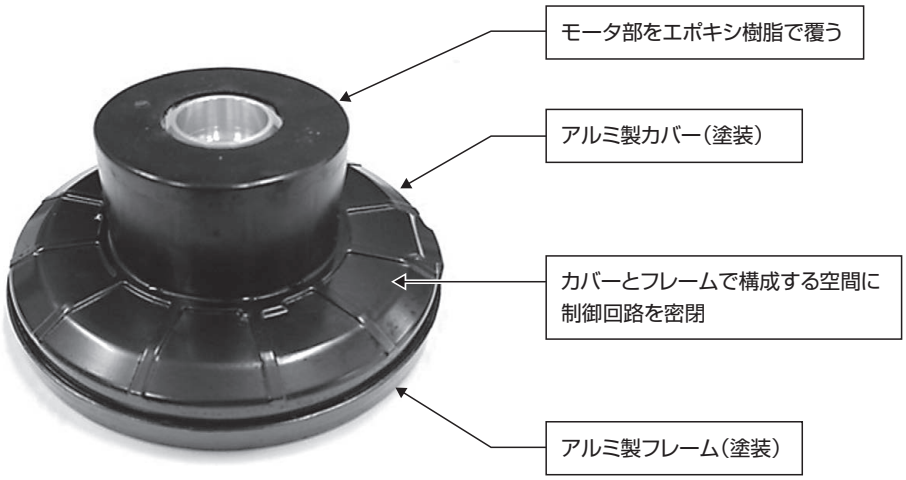


図7　開発品の活電部外観

5. 従来品との比較

開発品の最高風量品9W2TS48P0S001（ø225mm×99mm厚）と，防水遠心ファン従来品の最高風量品である9W1TG48P0H61（ø175mm×69mm厚）との「風量－静圧特性」比較を図8に示す。

開発品は，最大風量を2.6倍，最大静圧を1.7倍と大幅に向上させた。

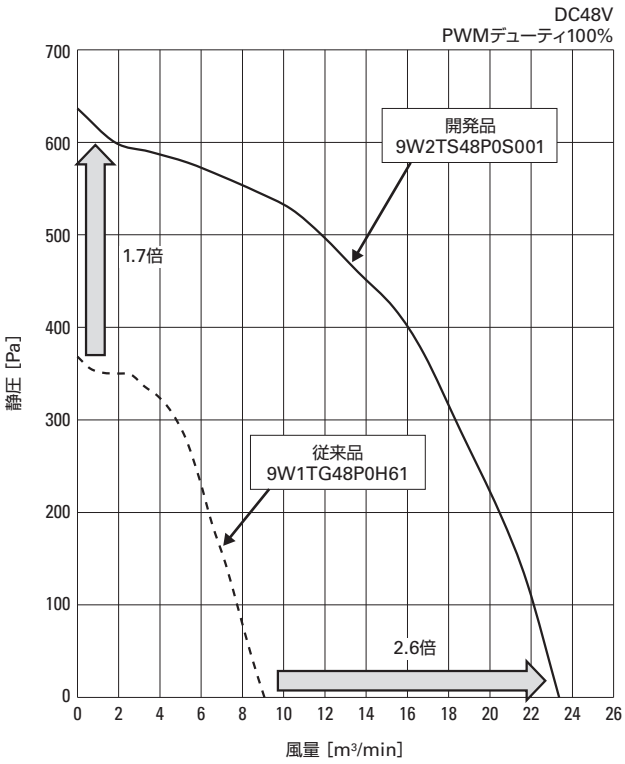


図8　風量－静圧特性比較

6. むすび

本稿では，開発した高風量防水遠心ファン「San Ace 225W」「San Ace 221W」9W2Tタイプの特長と性能の一部を紹介した。

開発品は，新しい防水構造を採用し，モータ効率の向上と高発熱部品の配置の最適化により，高風量と保護等級IP56の防塵防水性を実現した。

ø225mm×99mm厚ファンは，防水遠心ファンとして業界トップ※の高風量を実現した。「San Ace 221W」9W2Tタイプは，防水遠心ファンとして，業界初※の製品サイズである。

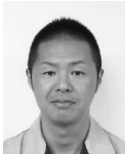
今後も，屋外設置機器において装置の高発熱化が進み，高風量と防水性を両立したファンの要求がますます増えると予想される。また，空調機や集塵機などの新しい用途でも，防水遠心ファンの要求がさらに増えると予想される。

本開発品は，高風量と防塵防水性を実現したことにより，お客さまの抱える課題を解決できるものと考える。

今後も，多様化していく市場に先駆けて，お客さまの価値を創造する製品を開発する所存である。

※ 2017年7月3日現在。当社調べ。

羽田 格彦
1997年入社
クーリングシステム事業部　設計部
冷却ファンの開発，設計に従事。



宮沢 昌嗣
1998年入社
クーリングシステム事業部　設計部
冷却ファンの開発，設計に従事。

村山 勇人
2006年入社
クーリングシステム事業部　設計部
冷却ファンの開発，設計に従事。

長塚 幸弘
2013年入社
クーリングシステム事業部　設計部
冷却ファンの開発，設計に従事。

万治 志
2016年入社
クーリングシステム事業部　設計部
冷却ファンの開発，設計に従事。

堀内 雄斗
2017年入社
クーリングシステム事業部　設計部
冷却ファンの開発，設計に従事。

山崎 哲也
1997年入社
クーリングシステム事業部　設計部
冷却ファンの開発，設計に従事。

高静圧二重反転ファン「San Ace 40」9CRHタイプ

宮沢 秀治 *Shuji Miyazawa*
中村 俊之 *Toshiyuki Nakamura*
西牧 健太 *Kenta Nishimaki*
山崎 哲也 *Tetsuya Yamazaki*

1. まえがき

近年，サーバや電源市場において，機器内部の高密度化および発熱量増加が一層進んでいる。特に1Uサーバ市場では，40mm角サイズのファンでの大幅な静圧性能の向上が求められている。当社では，従来から多くの40mm角56mm厚の二重反転ファンを開発し販売してきたが，冷却性能を満足できないケースが増えてきた。そのため，高密度環境下でも冷却可能な高静圧ファンの要求が高まっている。また，消費電力や騒音も重要な課題となっている。

こうした要求に応えるため，羽根・フレーム・モータ・回路のすべてを新規に設計した40mm角56mm厚の高静圧二重反転ファン「San Ace 40」9CRHタイプ（以下，開発品という）を開発・製品化した。

本稿では，その特長と性能を紹介する。

2. 開発品の特長

図1に開発品の外観を示す。

開発品の特長を以下に示す。

(1) 高静圧
(2) 低消費電力
(3) 低騒音
(4) 1Uサイズユニットに最適

図1　40mm×56mm厚
「San Ace 40」9CRHタイプの外観

3. 開発品の概要

3.1 寸法諸元

図2に開発品の寸法諸元を示す。

3.2 特性

3.2.1 一般特性

表1に開発品の一般特性を示す。

定格電圧はDC12Vのみで，定格回転速度は吸込側29,500min^{-1}，吐出側25,500min^{-1}である。

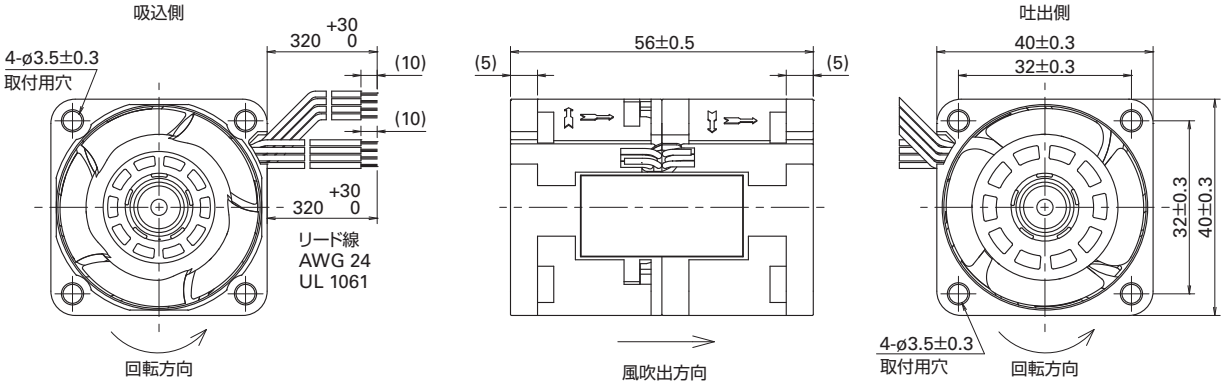


図2　開発品の寸法諸元　（単位：mm）

表1　開発品の一般特性

型番	定格電圧 [V]	使用電圧範囲 [V]	PWMデューティサイクル [%]	定格電流 [A]	定格入力 [W]	定格回転速度 [min⁻¹] 吸込側	定格回転速度 [min⁻¹] 吐出側	最大風量 [m³/min]	最大風量 [CFM]	最大静圧 [Pa]	最大静圧 [inchH₂O]	音圧レベル [dB(A)]	使用温度範囲 [℃]	期待寿命 [h]
9CRH0412P5J001	12	10.8～12.6	100	2.52	30.24	29,500	25,500	0.93	32.9	1,700	6.83	70	－20～＋70	30,000/60℃
			20	0.06	0.72	3,000	2,600	0.08	2.8	17	0.07	20		

3.2.2 風量－静圧特性

図3に開発品の風量－静圧特性例を示す。

3.2.3 PWMコントロール機能

開発品は，ファンの回転速度を外部から制御できるPWMコントロール機能を備えている。

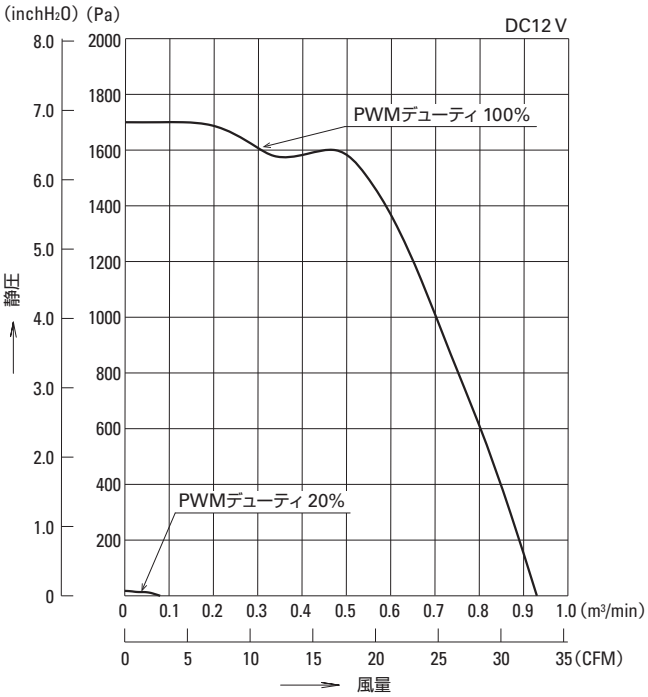


図3　開発品の風量－静圧特性例

4. 開発のポイント

開発品は，従来品と同等の最大風量を維持しつつ，静圧性能の大幅な向上を実現した。静圧性能向上のために，高回転化が必須であり，それを実現するために羽根・フレーム・モータ・回路すべてを新規に設計した。

以下に開発のポイントと当社従来製品の「San Ace 40」9CRVタイプ（以下，従来品という）との違いについて説明する。

4.1 羽根設計

開発品に採用した羽根は，約3万回転の高回転に耐えられる強度が必要であった。

過去に蓄積された信頼性評価試験の結果をもとに，応力シミュレーション技術を活用し，十分な強度を保てるよう羽根の翼の厚みを従来品の約1.4倍とした。

図4に前段ファンと後段ファンの羽根を示す。

図5に翼の厚みの従来品との比較を示す。

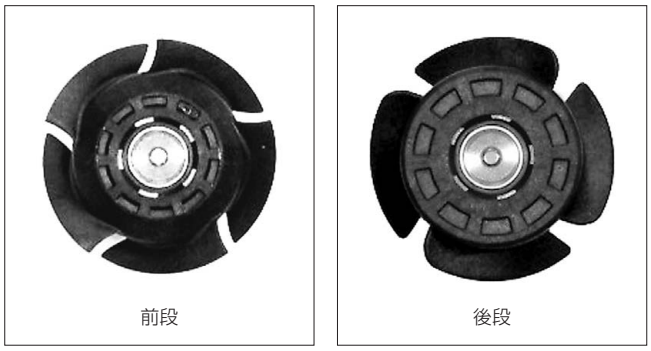


図4　前段ファンと後段ファンの羽根

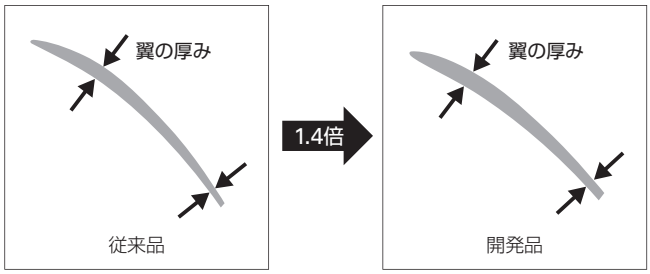


図5　従来品と開発品の翼の厚み比較

翼の厚みを増すことは，風量－静圧特性や消費電力，音圧レベルに大きな影響があるが，前段ファンと後段ファンの羽根形状や取り付け角度，回転速度の組み合わせを変更しながら，3Dプリンター造形や性能評価を繰り返して最適化をはかり，目標性能を達成した。

4.2 モータ・回路設計

ファンの高回転化を実現するために，新規にモータステータを設計し，モータ駆動方式を単相駆動から三相駆動へ変更した。

40mm角サイズのファンは基板が小さいうえに，三相駆動方式に変更したことで，従来品に比べ電子部品点数が増え，部品を搭載しきれない懸念があった。そこで電子部品の選定や部品配置を工夫し，従来品から基板サイズを変更することなく，新規回路を実現した。

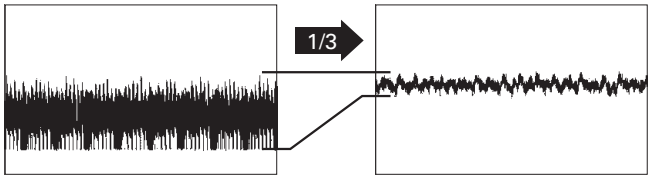
図6に従来品と開発品のモータ部を示す。

従来品（単相駆動）　開発品（三相駆動）

図6　従来品と開発品のモータ

開発品は高回転化にともない従来品よりも消費電力は大きくなっているが，三相モータ化により電流波形のピーク変動は小さくなり，従来品の1/3程度に抑えることを実現した。

図7に定常運転時の電流波形比較を示す。



従来品（単相駆動）　開発品（三相駆動）

図7　定常運転時の電流波形例（従来品との比較）

5. 開発品と従来品の比較

5.1 風量－静圧特性の比較

開発品は従来品に対し，最大風量が同等でありながら，最大静圧が62%アップしている。

図8に従来品と開発品の風量－静圧特性比較を示す。

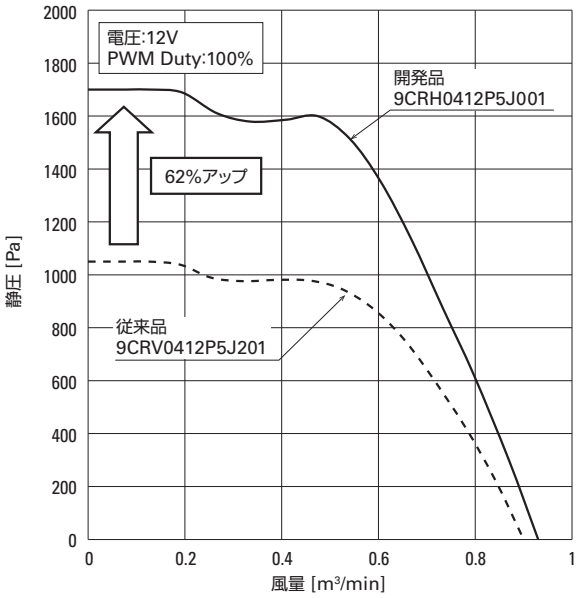


図8　従来品と開発品の風量－静圧特性例

5.2 消費電力の比較（従来品同等性能時）

図9に従来品と開発品の同等冷却性能時における消費電力の比較を示す。

開発品の回転速度をPWM制御で下げて，想定動作点において従来品と同等冷却性能とした場合，従来品に比べて消費電力を10%低減している。

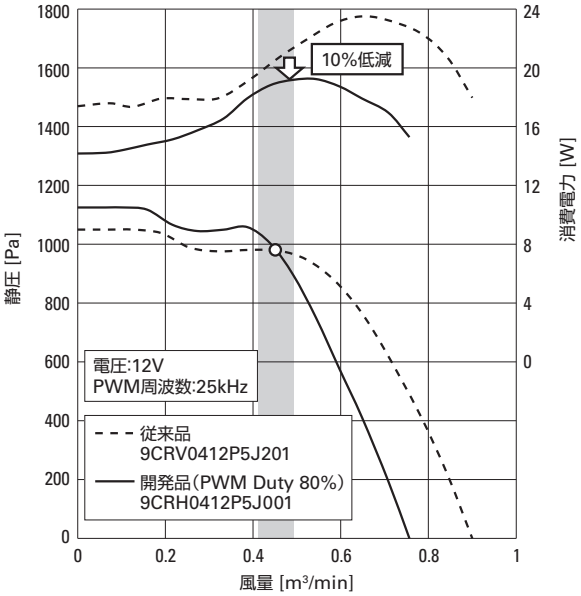


図9　風量－静圧特性例（従来品との比較）

5.3 音圧レベルの比較（従来品同等性能時）

開発品は，音圧レベルを抑えることにも注力して設計をおこない，前段ファンと後段ファンの回転速度比や，羽根形状を工夫した結果，従来品に比べて低騒音を実現した。

図10に従来品と開発品の同等冷却性能時における音圧レベルの比較を示す。

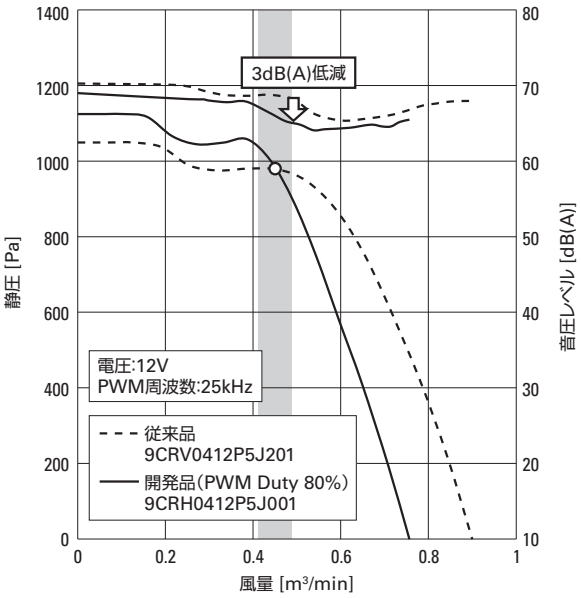


図10　風量－静圧特性例（従来品との比較）

6. むすび

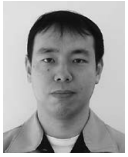
本稿では，開発した40mm角56mm厚高静圧二重反転ファン「San Ace 40」9CRHタイプの特長と性能の一部を紹介した。

開発品は，当社従来品に対して同等の最大風量を維持しながら大幅な高静圧化を実現した。また，従来品と同等冷却性能とした場合に，消費電力や音圧レベルの低減を実現した。

これにより，今後ますます進むと予想される高発熱･高密度な装置の冷却に大きく貢献ができると考える。

今後も，新たな夢を実現できる製品開発をおこない，お客さまに満足していただける製品を提供していく所存である。

宮沢 秀治
2012年入社
クーリングシステム事業部　設計部
冷却ファンの開発，設計に従事。



中村 俊之
1999年入社
クーリングシステム事業部　設計部
冷却ファンの開発，設計に従事。

西牧 健太
2012年入社
クーリングシステム事業部　設計部
冷却ファンの開発，設計に従事。

山崎 哲也
1997年入社
クーリングシステム事業部　設計部
冷却ファンの開発，設計に従事。

パワーシステム事業部

塩川 直彦
Naohiko Shiokawa

2017年4月，再生可能エネルギーの固定価格買取制度（以下，FIT）について大幅な見直しが実施された。改正のポイントは，太陽光発電に偏重した市場動向に対し，風力，地熱，中小水力，バイオマスの導入を促進する制度に見直したことである。制度発足から5年を経て，FITは大きく転換した。

また，UPS市場では，無線通信基地局やコインパーキングなど，屋外で稼動する設備機器のバックアップ用UPSに，過酷な使用温度条件や省メンテナンスが求められるようになった。

このような市場要求に対し，パワーシステム事業部は，2017年に以下の製品を開発し，市場投入した。

再生可能エネルギー市場向けに，太陽光発電システム用パワーコンディショナ「SANUPS P73L」を開発した。P73Lは蓄電池を接続することができ，停電時に，蓄電池と太陽電池の発電電力を供給できる。さらに，ピークカット機能を備え，夜間電力を蓄電池に蓄え，昼間に太陽電池で発電した電力と合わせて使用できる。

また，風力発電および水力発電システム用パワーコンディショナ「SANUPS W73A」を開発した。W73Aは，風車や水車が効率よく発電できるように，システムに合わせて直流入力電圧－電力の特性を自由に設定できる。なお，発電に最適な条件を，風車や水車に合わせて正確に設定できる風力発電および水力発電用の三相パワーコンディショナは国内初である。※

UPS市場へは，使用環境条件や寿命が鉛蓄電池よりも優れているリチウムイオン蓄電池を搭載したUPS「SANUPS A11K-Li」「SANUPS N11B-Li」を開発した。使用温度範囲はA11K-Liが－20～＋55℃，N11B-Liが－20～＋50℃で，厳しい使用環境でも使用できる。また，10年間，蓄電池の交換が不要で，メンテナンスフリーを実現した。

本稿では，その概要と特長を述べる。

※ 2017年10月11日現在，三相の風力・水力発電システム用パワーコンディショナとして。当社調べ。

■ 電力ピークカット機能付きパワーコンディショナ「SANUPS P73L」

当社は，すでにリチウムイオン蓄電池などに対応した電力ピークカット機能付きパワーコンディショナ「SANUPS P73K」を販売しているが，2017年に「SANUPS P73K」の機能・性能を踏襲し，市場のニーズに応え，新しい機能を搭載した「SANUPS P73L」を開発した。

「SANUPS P73L」は10kWパワーコンディショナユニット，10kW充電ユニット，入出力箱の組み合わせで構成されており，10kWパワーコンディショナユニットを最大6台まで積み上げることができるビルドアップタイプである。定格出力容量は10～60kWの連系自立充電タイプと連系自立タイプをラインアップしている。

図1に「SANUPS P73L」連系自立充電タイプと連系自立タイプの外観を示す。

連系自立充電タイプは，パワーコンディショナユニットに搭載される絶縁コンバータ回路とインバータ回路から，太陽電池の電力と蓄電池の電力を一般負荷に給電することで，電力のピークカットにも対応できる。また，系統の停電時には自立出力に交流電力を給電できる。

「SANUPS P73L」は，連系運転モード，ピークカット運転モード，充電運転モード，自立運転モードの4つの運転モードを有している。図2に各運転モードの切り替えを示す。

図1 「SANUPS P73L」の外観

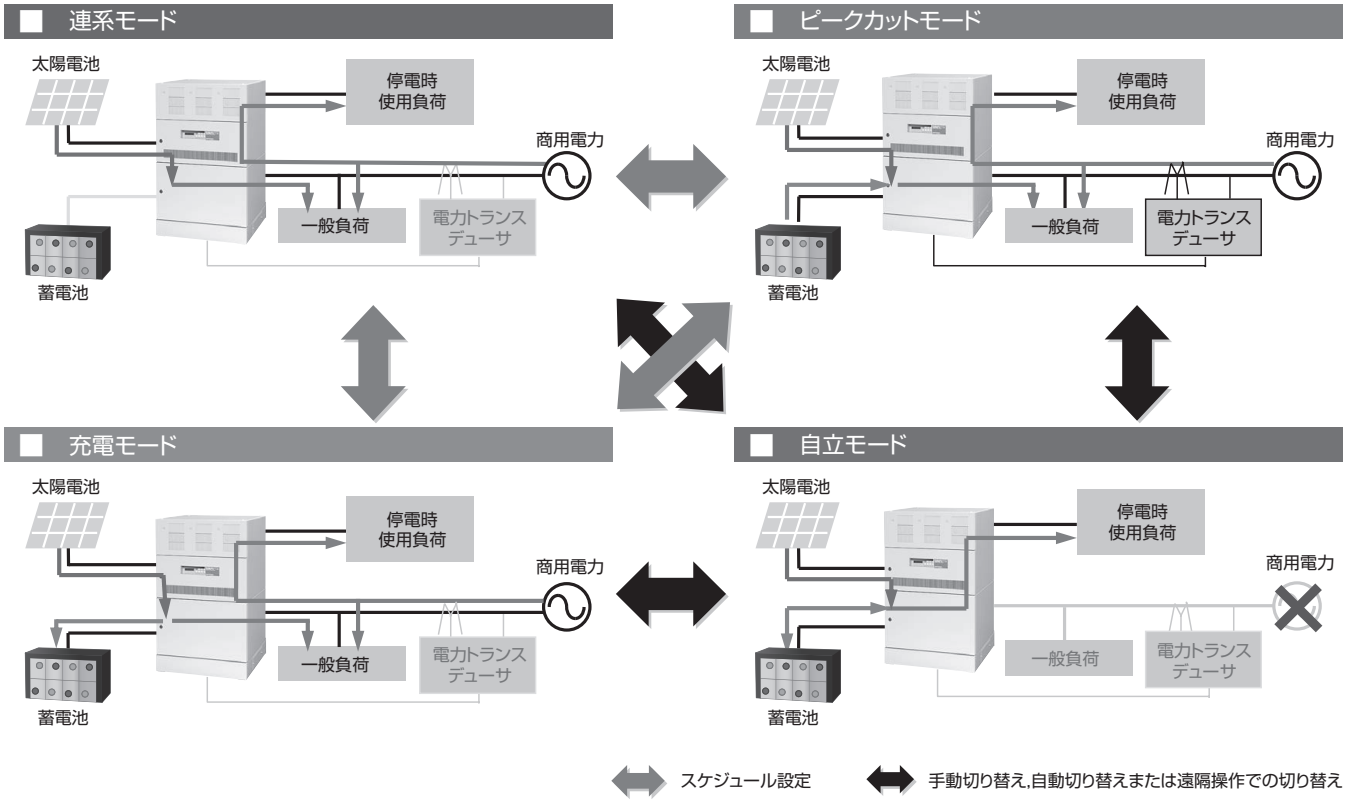


図2　各運転モードの切り替え

■ 風力発電・水力発電システム用パワーコンディショナ「SANUPS W73A」

太陽光発電に続く再生可能エネルギーとして，風力発電や小中水力発電に普及の期待が集まっている。10kWクラスの小型風力発電や小水力発電は，永久磁石式発電機を使用するケースが多く，太陽光発電と同様，使い勝手の良い直流－交流変換タイプのパワーコンディショナが求められている。

2017年，発電システムに合わせて直流入力電圧－直流入力電力の特性を自由に設定できる，風力発電・水力発電システム用パワーコンディショナ「SANUPS W73A」を開発した。

「SANUPS W73A」は，風力発電機・水力発電機の最大出力特性と同一の発電電力特性を設定できる，「直流入力電圧－直流入力電力の特性設定機能」を実装した。図3に「SANUPS W73A」の外観を示す。

電力特性の設定は最小2点から最大32点まで設定することができ，一度設定した電力特性を容易に追加，変更，削除できる。また，さまざまなシステムでの使用を想定しているため，運転開始電圧と運転停止電圧を，自由に設定できる。

図3　「SANUPS W73A」の外観

■ 小容量無停電電源装置「SANUPS A11K-Li」,「SANUPS N11B-Li」シリーズ

近年，通信基地局，交通信号機，コインパーキング，屋外監視カメラなど，屋外設備のバックアップとしての要求が増えている。屋外では，外気温度など厳しい使用環境条件のほか，設置スペースの低減，長時間バックアップ，省メンテナンスが求められている。

従来のUPSに使用していた鉛蓄電池は，使用温度範囲が限られ，寿命時のバックアップ時間が短く，電池交換が必要となる。また，長時間バックアップでは，バッテリの増設により，広い設置スペースが必要だった。

そこで，2017年，当社はリチウムイオン電池（以下，LiB）を採用した，小容量無停電電源装置「SANUPS A11K-Li」,「SANUPS N11B-Li」シリーズを開発した。

「SANUPS A11K-Li」は，常時インバータ給電方式で，出力容量1.5kVA，3kVA，5kVAサーバなど屋内のバックアップとして使用できる。

「SANUPS N11B-Li」は，常時商用給電方式で，出力容量1kVA，1.5kVAをそれぞれラインアップした。「SANUPS A11K-Li」はサーバなど屋内のバックアップ，「SANUPS N11B-Li」は屋外に設置される設備のバックアップとして使用できる。

両シリーズともに，従来の鉛蓄電池と比較して，広範囲の温度環境での使用を実現でき，省スペースで長時間のバックアップ，バッテリ交換不要のメンテナンスフリーを実現した。

図4に「SANUPS A11K-Li」シリーズの外観を，図5に「SANUPS N11B-Li」シリーズの外観を示す。

使用温度範囲は，「SANUPS A11K-Li」が－20℃～＋55℃，「SANUPS N11B-Li」が－20℃～＋50℃と，LiBの使用により幅広い使用温度範囲を実現しており，極寒，酷暑の地域でも安心して使用ができる。

鉛蓄電池を使用した従来のUPSは，約5年ごとにバッテリ交換作業が必要であったが，LiBを採用することで，10年間バッテリ交換が不要である。また，従来UPSと比較し，約1/2の体積のため，少ないスペースで設置ができる。

「SANUPS N11B-Li」は，密閉構造を採用し，小さな虫，動物などの外来固形物に対する保護，防水性能に優れた構造となっている。これにより，安心して屋外で使用することができる。

両シリーズともに，バッテリマネジメントユニットを搭載し，UPSとLiB間の情報インタフェースを備えた。LiBの詳細情報を監視し，UPSとLiB相互の保護動作や異常検出をおこなうことで，安全にLiBを使用できる。

図4　「SANUPS A11K-Li」シリーズの外観

図5　「SANUPS N11B-Li」シリーズの外観

塩川 直彦
1989年入社
パワーシステム事業部　設計部
電源装置の開発・設計に従事。

風力発電・水力発電システム用 パワーコンディショナ「SANUPS W73A」の開発

犬飼 将弘 *Masahiro Inukai*
濱 武 *Takeshi Hama*
西澤 博文 *Hirofumi Nishizawa*
藤巻 哲也 *Tetsuya Fujimaki*
内堀 真宏 *Masahiro Uchibori*
新村 翔 *Sho Niimura*

1. まえがき

2015年末に開かれた国連気候変動枠組条約第21回締約国会議（COP21）では，世界共通の目標として，産業革命前からの気温上昇を2°C未満に抑制し，1.5°Cまでへの抑制に向けた努力の継続に言及した「パリ協定」が採択された。

これを受け，わが国では2016年に「地球温暖化対策計画」が閣議決定された。このなかで，再生可能エネルギーは地球温暖化対策に必要不可欠であるとされ，最大限の導入がうたわれている。[1]

こうした背景から，再生可能エネルギーとして太陽光発電に続いて風力発電や水力発電に注目と期待が集まっている。今回新たにシステムに合わせて直流入力電圧－直流入力電力の特性を自由に設定できる，風力発電・水力発電システム用パワーコンディショナ「SANUPS W73A」を開発した。本稿ではその概要と特長を紹介する。

2. 開発の背景

図1に風力発電機の出力特性例と，当社従来機の太陽光発電システム用パワーコンディショナの出力特性を示す。

図1のように，従来機の電力特性は，風力発電機・水力発電機の最大出力特性から離れている部分があるため，発電電力を有効に取り出せなかった。

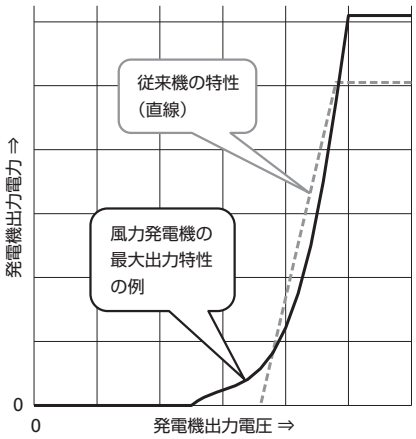


図1　風力発電機の出力特性例と当社従来機の出力特性

このような問題を解決し，従来機以上に電力を有効活用するため，「SANUPS W73A」では風力発電機・水力発電機の最大出力特性と同一の発電電力特性を設定できる，「直流入力電圧－直流入力電力の特性設定機能」を新たに追加した。

3.「SANUPS W73A」の概要と仕様

図2に「SANUPS W73A」の外観，図3に基本回路構成，表1に仕様を示す。

「SANUPS W73A」はコンバータ部に高周波絶縁方式を採用しており，系統側の電気方式によらず直接連系できるようになっている。

図2　「SANUPS W73A」の外観

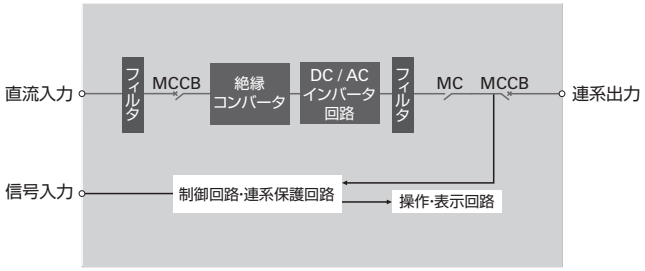


図3　基本回路構成

表1 「SANUPS W73A」の仕様

項目 ＼ 型名			系統連系タイプ W73A992R	備考
出力容量			9.9kW	
主回路方式			自励式電圧形	
スイッチング方式			高周波PWM	
絶縁方式			高周波絶縁方式	
冷却方式			強制空冷	
系統連系運転	直流入力	定格電圧	DC400V	
		最大許容入力電圧	DC570V	
		入力運転電圧範囲	DC150～570V	定格出力範囲 DC250～540V
		入力回路数	1回路	
	交流出力	相数・線数	三相3線	
		定格電圧	AC202V	
		定格周波数	50Hz / 60Hz	
		定格出力電流	AC28.3A	
		交流出力電流ひずみ率	総合電流5%以下，各次調波3%以下	定格出力電流比
		出力力率	0.95以上	定格出力時，力率1.0設定の場合 力率設定範囲：0.8～1.0（0.01ステップ）
効率			93%	JIS C 8961に基づく効率測定方法 力率1.0設定の場合
連系保護			過電圧（OVR），不足電圧（UVR），周波数上昇（OFR），周波数低下（UFR）	OVGRは外付けとし無電圧b接点入力を標準とする
単独運転検出	受動的方式		電圧位相跳躍検出	
	能動的方式		ステップ注入付周波数フィードバック方式	
通信方法			RS-485	
騒音			50dB以下	A特性　正面1m
使用環境	周囲温度		－25～＋60℃	40℃を超える場合は出力制限にて運転
	相対湿度		90%以下（結露しないこと）	
	標高		2000m以下	
塗装色			マンセル5Y7/1（半ツヤ）	
発生熱量			745W	
質量			64kg	

4.「SANUPS W73A」の特長

4.1 直流入力電圧－直流入力電力の特性設定機能

図4に直流入力電圧－直流入力電力の特性（以下，電力特性という）設定例を示す。

風力発電機や水力発電機の出力特性に合わせて，電力特性を設定できる。電力特性の設定は最小2点から最大32点まで設定でき，一度設定した電力特性を容易に追加，変更，削除できる。

直流入力電圧は150～540Vの範囲で1Vステップで設定でき，直流入力電力は0～11,000Wの範囲で10Wステップで設定できる。

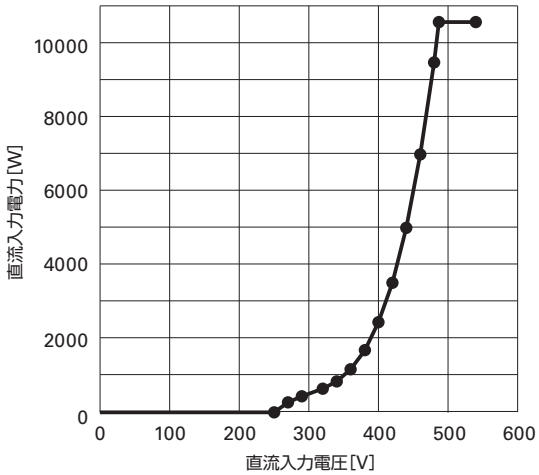


図4　電力特性設定例

4.2 運転開始電圧・運転停止電圧設定機能

「SANUPS W73A」はさまざまなシステムでの使用を想定しているため，運転開始電圧と運転停止電圧を，自由に設定できるようにしている。

運転停止電圧は，運転開始電圧として設定した値の－10V以下から設定範囲の下限値の間で設定でき，運転開始電圧と運転停止電圧の設定範囲は次のようになる。

- 運転開始電圧の設定範囲：DC230 ～ 400V
  (1Vステップで設定)
- 運転停止電圧の設定範囲：DC150 ～ 320V
  (1Vステップで設定)

4.3 遠隔監視サービス

「SANUPS W73A」は，当社製品の「SANUPS PV Monitor」と接続することで，ネットワークを経由して，遠隔監視やデータ収集・分析できる。

さらに，状態監視サービス「SANUPS NET」を使うことで，インターネットを通じて，「SANUPS W73A」の状態をパソコンやスマートフォンから遠隔監視できる。

「SANUPS NET」では，電力の見える化サービスとシステム情報管理サービスの2種類のサービスから，必要なサービスを選択できる。

電力の見える化サービスは，発電状況の表示とデータ収集をおこなうことができる。システム情報管理サービスは見える化に加えて，運転状態・トラブル・警報の発生または復旧の通知，警報の発生および復旧の履歴を時系列に表示し，参照できる。

「SANUPS PV Monitor」，「SANUPS NET」を使用した遠隔監視の接続イメージを図5に示す。

4.4 ステップ注入付周波数フィードバック方式の採用

「SANUPS W73A」は，単独運転検出（能動的方式）において，停電発生時に発生する周波数偏差から算出した無効電力を注入することにより，交流電圧周波数を変化させ周波数変化を検出する，ステップ注入付周波数フィードバック方式（以下，新型能動的方式）を採用した。

新型能動的方式は，原理的に他の能動的方式との干渉が発生しないという特長があるため，パワーコンディショナの多数台連系に有利となる。

4.5 力率変更機能

再生可能エネルギーの大量導入にともなう，配電系統の電圧上昇問題の対策として，「SANUPS W73A」は連系運転時の力率変更機能を標準搭載した。これにより，連系運転時の出力力率を0.8 ～ 1.0の範囲で変更できるため，専用設備の設置や配電線の強化をおこなうことなく，系統電圧の上昇を抑制できる。

4.6 防塵・防水性能

「SANUPS W73A」は保護等級IP65であり，屋外用のパワーコンディショナとして，防塵・防水性能に優れた密閉構造とした。これにより，雨や塵，小さな虫などの侵入から装置を守り，より安心して使用できる高信頼の製品とした。

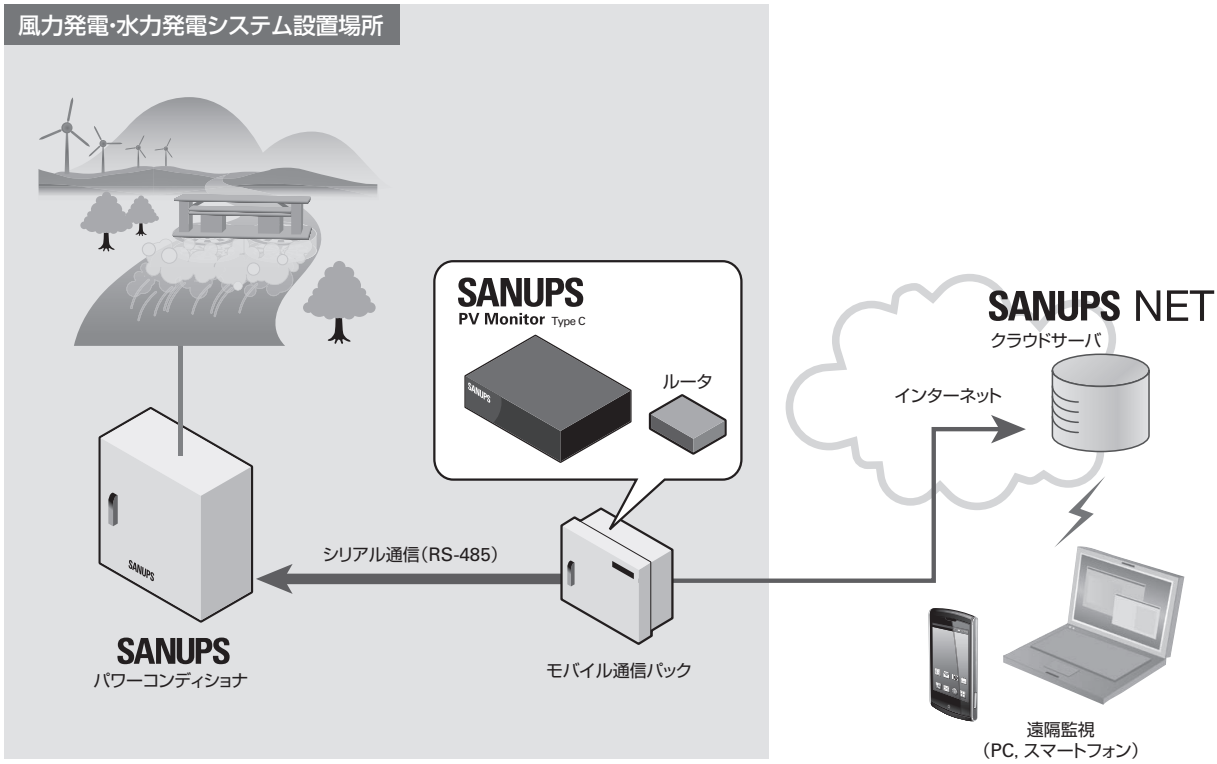


図5　遠隔監視の接続イメージ

4.7 ウェザーシェルタ

ウェザーシェルタは，パワーコンディショナの直射日光に対する遮熱効果を目的としたオプションであり，「SANUPS W73A」に取り付けることで，直射日光が当たる場所へもパワーコンディショナが設置できる。

ウェザーシェルタは現地組み立て式となっており，パワーコンディショナ本体への加工が不要な構造のため，「SANUPS W73A」の保護性能IP65を維持できる。

5. むすび

以上，風力発電・水力発電システム用パワーコンディショナ「SANUPS W73A」について，概要と特長を紹介した。本装置は，再生可能エネルギーの有効活用や導入促進による環境保全に寄与できる。

今後，関連分野での製品開発においては，再生可能エネルギーの大量導入にともなう問題を改善する，スマートグリッド技術や新技術の導入に加え，迅速な製品開発をおこなうことにより，お客さまとともに新たな夢を実現する，すべての再生可能エネルギーを利用可能な製品の提供と，低炭素社会の実現に貢献する所存である。

参考文献

(1) 環境省　地球温暖化対策計画

http://www.env.go.jp/press/files/jp/102816.pdf

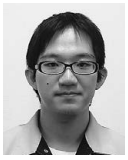
犬飼 将弘
2009年入社
クーリングシステム事業部　設計部
2017年までパワーシステム事業部 設計部で
太陽光発電システムの開発，設計に従事。

濱 武
1986年入社
パワーシステム事業部　設計部
太陽光発電システムの開発，設計に従事。

西澤 博文
1997年入社
パワーシステム事業部　設計部
太陽光発電システムの開発，設計に従事。

藤巻 哲也
2011年入社
パワーシステム事業部　設計部
太陽光発電システムの開発，設計に従事。

内堀 真宏
2013年入社
パワーシステム事業部　設計部
太陽光発電システムの開発，設計に従事。



新村 翔
2017年入社
パワーシステム事業部　設計部
太陽光発電システムの開発，設計に従事。

無停電電源装置「SANUPS N11B-Li（3kVA）」の開発

村井 丈夫 *Takeo Murai*
山岸 伸一郎 *Shinichiro Yamagishi*
依田 英明 *Hideaki Yoda*
荻原 康彦 *Yasuhiko Ogihara*
木村 博文 *Hirofumi Kimura*
庄山 祐平 *Yuhei Shoyama*
柳原 一哉 *Kazuya Yanagihara*
小澤 翔太 *Shota Ozawa*
平栗 一也 *Kazuya Hiraguri*
土屋 大佑 *Daisuke Tsuchiya*
髙橋 尚汰 *Shota Takahashi*

1. まえがき

従来，当社では，サーバや情報通信機器のバックアップ，産業機器の組み込み用に，屋内用の無停電電源装置（以下，UPS）を提供してきた。近年，通信基地局や防災用の遠隔監視装置など，屋外通信機器のバックアップとしての要求が増えている。

屋外設置では，気温の変動が大きく，水滴や粉塵などが飛散する厳しい場所へ設置される。そのため屋外に設置するUPSには，広い使用温度範囲，防水・防塵性能，メンテナンスの軽減が求められている。

しかし，これまでUPSに搭載していた鉛蓄電池では，使用温度範囲が限られ，寿命時のバックアップ時間が短く，電池交換が必要となる。

そこで，リチウムイオン電池（以下，LiB）を採用することで，従来の鉛蓄電池と比較して，広範囲の温度環境での使用，バッテリ交換不要のメンテナンスフリーが実現できる。

当社では，すでに，LiBを搭載した防水・防塵仕様のUPS，「SANUPS N11B-Li」シリーズとして，出力容量1kVA，1.5kVAの製品を開発しているが，容量の大きい屋外通信機器などのバックアップのために，新たに3kVAをラインアップした。本稿ではその概要と特長を紹介する。

図1 「SANUPS N11B-Li（3kVA）」の外観

2. 製品の概要と特長

2.1 製品の概要

「SANUPS N11B-Li（3kVA）」の外観を図1に示す。

2.2 製品の特長

2.2.1 幅広い使用温度範囲

LiBの採用により，－20℃～＋50℃の幅広い使用温度範囲を実現。極寒，酷暑の地域でも安心して使用ができる。

2.2.2 メンテナンスフリー

鉛蓄電池では，約5年ごとにバッテリ交換作業が必要であったが，LiBを採用することで，10年間バッテリ交換が不要となる。メンテナンスフリーを実現したことにより，バッテリ交換の費用を削減できる。

2.2.3 保守性の向上

インバータ部をモジュール化したことにより，交換などの保守が容易である。図2に「SANUPS N11B-Li（3kVA）」でのインバータモジュールおよびバッテリモジュールの搭載イメージを示す。

保守バイパス回路を搭載しており，保守作業をおこなうときは，商用電源からの給電を継続したまま，モジュールの交換ができる。

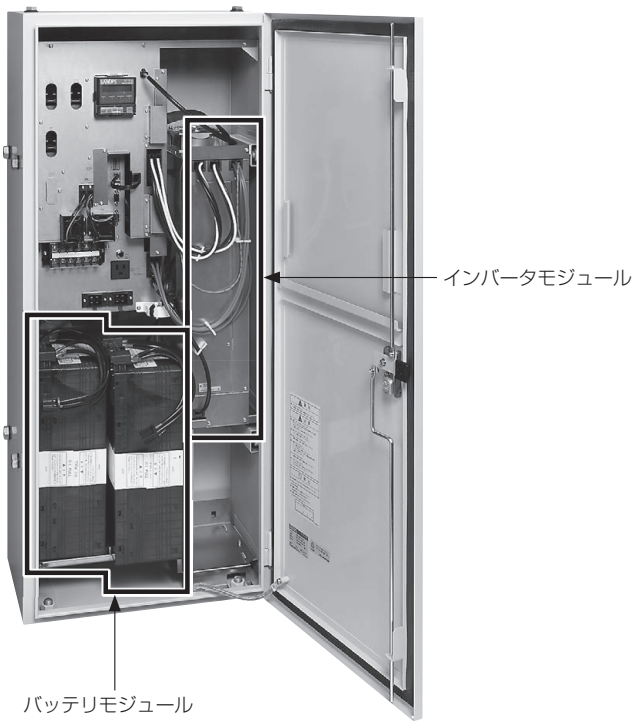


図2　インバータモジュールおよびバッテリモジュール
（「SANUPS N11B-Li（3kVA）」）

2.2.4 機能性の向上

操作部に液晶表示パネルを実装し，ユーザの操作性，視認性の向上を図っている。

2.2.5 省エネルギー，発生熱量の低減化

常時商用給電方式により消費電力を抑え，変換効率96％を達成した。これによりランニングコストを低減し，省エネルギーに貢献できる。

2.2.6 屋外設置

筐体は密閉構造である。これにより，屋外に設置される通信機器の電源バックアップとして使用ができる。

2.2.7 防水性能・粉塵に対する保護

本装置は密閉構造を採用し，防水性能，粉塵に対する保護に優れた構造となっている。これにより，安心して屋外で使用することができる。

本装置は，保護性能試験において，保護等級IP65※を達成した。

※ 保護等級（IPコード）は，IEC（国際電気標準会議）60529「DEGREES OF PROTECTION PROVIDED BY ENCLOSURES（IP Code）」で規定されています。（IEC 60529:2001）
IP65：粉塵が内部に侵入しない。あらゆる方向からの水の直接噴流によっても有害な影響をうけない。

3. 回路構成

図3に「SANUPS N11B-Li（3kVA）」の回路系統図を示す。

「SANUPS N11B-Li（3kVA）」は主回路，制御回路で構成される「インバータモジュール」と，通信インタフェース回路や入出力回路，バッテリマネジメントユニット（以下，BMU）などで構成される「入出力部」，およびバッテリモジュールを一体にした構成となる。

3.1 LiB監視回路構成

BMUを搭載し，UPSとLiB間の情報インタフェースを備えた。LiBの詳細情報を監視し，UPSとLiB相互の保護動作や異常検出をおこなうことで，安全にLiBを使用することができる。

(1) UPS異常時の検出

UPS異常時は，UPSからCAN通信によりBMUへUPS異常が通知される。BMUは通知を受けると，バッテリブレーカをトリップさせる。

(2) LiB異常時の検出

LiB異常時は，BMUからCAN通信によりUPSへLiB異常が通知される。これにより，UPSは充電器の出力を停止する。また，BMUはLiB異常を検出した時点で，バッテリブレーカをトリップさせる。

(3) LiBのセル電圧・セル温度の監視

バッテリモジュールでセル電圧・セル温度を計測し，BMUへCAN通信によって値を通知する。セルが過充電または過放電となる，あるいは，セル温度が異常値に達すると，BMUはLiB異常と判断し，上記(2)項のとおり，バッテリブレーカをトリップさせ，UPSとLiBを切り離す。

液晶表示パネルにてバッテリ電圧・セル温度・充電率などの測定値が確認できる。

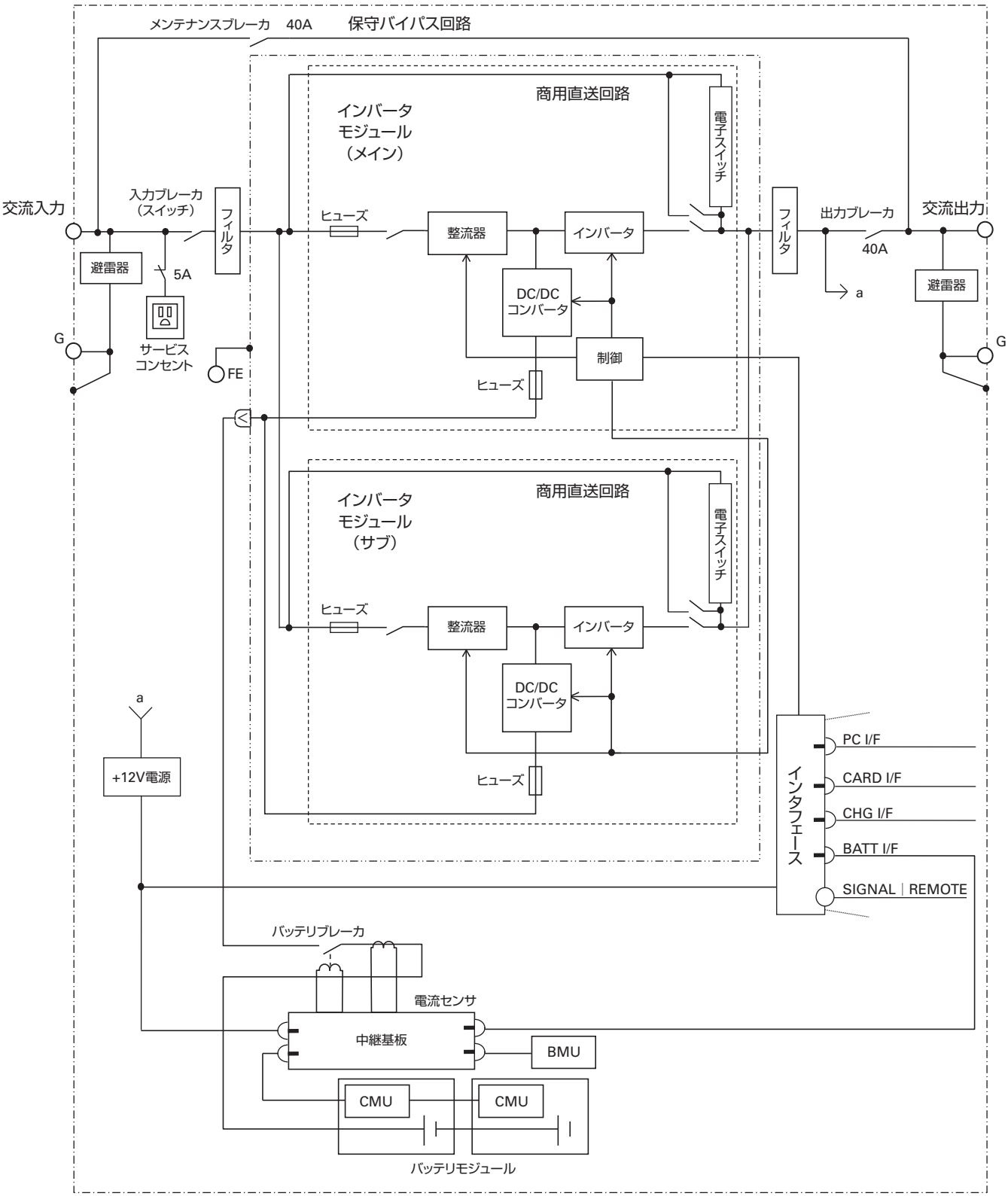


図3 「SANUPS N11B-Li（3kVA）」回路系統図

4. 仕様

表1に「SANUPS N11B-Li (3kVA)」の標準仕様を示す。

表1 「SANUPS N11B-Li (3kVA)」仕様

項目			単位	定格または特性	備考
型名			−	N11BL302	
定格出力容量			kVA/kW	3 ／ 2.4	皮相電力／有効電力
方式	給電方式		−	常時商用給電	
	冷却方式		−	強制空冷	
	INV方式		−	高周波PWM方式（バッテリ運転時）	商用同期形常時インバータ給電
交流入力	相数・線数		−	単相2線	
	定格電圧		V	100，110，120	出力電圧と同一
	電圧範囲		%	定格電圧 ±10以内	
	定格周波数		Hz	50または60	周波数は自動判別
	周波数範囲		%	定格周波数 ±1，3，5，7	（変動範囲は出力周波数精度選択と同一）
	所要容量		kVA	4以下	バッテリ回復充電時の最大容量
交流出力	相数・線数		−	単相2線	
	定格電圧		V	100，110，120	バッテリ運転時電圧波形：正弦波
	電圧整定精度		%	商用運転時：入力電源と同じ	
				バッテリ運転時：定格電圧±2以内	定格運転時
	定格周波数		Hz	50または60	入力周波数と同一
	周波数精度		%	商用運転時：入力電源と同じ	
				バッテリ運転時：±0.5以内	定格運転時
	電圧波形歪率		%	3以下／7以下	バッテリ運転時・定格運転時
	過渡電圧変動	負荷急変時	%	定格電圧±7以内	バッテリ運転時・0⇔100%変化，出力切換時
		停電・復電時	%	定格電圧±5以内	バッテリ運転時・定格運転時
	負荷力率		−	0.8（遅れ）	変動範囲 0.7（遅れ）～1.0
	過電流保護		%	出力ブレーカトリップ	
	過負荷耐量	商用運転時	%	200 ／ 800	30秒間／2サイクル
		バッテリ運転時		105以上	200ms
バッテリ		種類	−	リチウムイオン電池（LiB）	
		バックアップ時間	分	30	周囲温度25℃，定格出力時，初期値
騒音			dB	43以下	装置正面1m，A特性
保護等級			−	IP65	
使用環境		周囲温度	℃	−20～＋50	（※1）
		相対湿度	%	10～90	結露なきこと
保存環境			℃	−20～＋55	（※2）

※1 バッテリ温度が55℃を超えたときには，バッテリの充電を停止する。
※2 バッテリの寿命短縮を考慮して，＋30℃を超える長期間の使用，保管は避けること。長期間保管する場合は，1年に1回，バッテリの補充電が必要。

5. お客さまのメリット

本装置を採用することによって得られるお客さまのメリットを以下に示す。

(1) 使用温度範囲が広がり，用途･設置環境の選択肢が増える。
(2) メンテナンスフリーにより，保守メンテナンス費用を削減できる。
(3) 万が一故障したときも，負荷装置への給電を継続しながら保守作業ができる。
(4) 厳しい環境下でも通信機器や屋外設備のバックアップができる。
(5) 密閉構造であるため，雨水や粉塵にさらされている環境でも使用できる。

6. むすび

今後，情報通信技術はますます高度化し，社会的な重要性は高まっていく。UPSはさまざまな用途･環境で使用され，耐環境性が要求されることも増えていくと考えられる。これら市場要求に応えるため，LiBを搭載したUPSのラインアップを拡充していく。

今後も，当社では，多様化していくUPSの市場要求に応え，お客さまの価値を創造する製品を開発する所存である。

文献
庄山 祐平ほか：『小容量無停電電源装置「SANUPS A11K-Li」，「SANUPS N11B-Li」シリーズの開発』SANYODENKI Technical Report No.44

村井 丈夫
2012年入社
パワーシステム事業部　設計部
無停電電源装置の開発，設計に従事。

山岸 伸一郎
1991年入社
パワーシステム事業部　設計部
無停電電源装置の開発，設計に従事。

依田 英明
1991年入社
パワーシステム事業部　設計部
無停電電源装置の開発，設計に従事。

荻原 康彦
1991年入社
パワーシステム事業部　設計部
無停電電源装置の機構設計に従事。

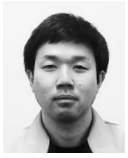
木村 博文
2007年入社
パワーシステム事業部　設計部
無停電電源装置の開発，設計に従事。

庄山 祐平
2009年入社
パワーシステム事業部　設計部
無停電電源装置の開発，設計に従事。

柳原 一哉
2013年入社
パワーシステム事業部　設計部
無停電電源装置の開発，設計に従事。

小澤 翔太
2014年入社
パワーシステム事業部　設計部
無停電電源装置の開発，設計に従事。

平栗 一也
2016年入社
パワーシステム事業部　設計部
無停電電源装置の開発，設計に従事。


土屋 大佑
2016年入社
パワーシステム事業部　設計部
無停電電源装置の機構設計に従事。

髙橋 尚汰
2017年入社
パワーシステム事業部　設計部
無停電電源装置の開発，設計に従事。

サーボシステム事業部

成沢 康敬
Yasutaka Narusawa

少子・高齢化，グローバル化など社会や産業構造の変化にともない，サーボシステムの用途や要求が多様化している。このような背景のなか，私たち山洋電気は，お客さまの課題を解決して，社会に貢献できる製品を開発している。

ここでは，2017年度に開発したステッピングモータ製品1件，サーボアンプ製品3件を取り上げ，それぞれの製品の特長を紹介し，お客さまの価値にどう結びつくかを述べる。

まず，ステッピングモータ製品においては，高トルク，低騒音，省エネルギー化を特長とする「SANMOTION Fシリーズ」2相42角1.8°ステッピングモータを製品化した。本ステッピングモータは，特性・性能の向上に加え，生産の自動化を進め，生産性も向上した。

次に，サーボアンプ製品においては，「SANMOTION R ADVANCED MODEL」に，AC400V入力仕様の多軸サーボアンプを追加した。産業のグローバル化にともない，AC400V入力仕様サーボシステムのニーズが高まるなか，単軸サーボアンプに加え，多軸のAC400V入力サーボアンプをラインアップすることで，機械装置に最適なサーボシステムの選択肢が一層広がる。

また，「SANMOTION R 3E Model」に，EtherCAT通信仕様のサーボアンプをラインアップした。最小通信周期は業界最小の62.5μs（従来比：1/2）を実現し，さらなる加工品質の向上に寄与する。また，1サイクルの通信周期で送受信できるデータ量を1.6倍へ拡張した。多くのデータがリアルタイムに収集でき，機械装置の稼働状況の見える化や，故障・予兆診断などIoT化にも貢献できる。

さらに，多様な安全機能と高い安全性能を有した「SANMOTION R 3E Model」Safetyサーボアンプを製品化した。近年，機械装置には，国際的な機能安全規格に適合した安全システムの搭載が求められるケースが増えている。本製品を使用することにより，安全システムの導入コストを抑え，高い安全性能とフレキシブルな安全システムが構築できる。

本稿では，各新製品の概要とその特長を紹介する。

■「SANMOTION Fシリーズ」2相42角1.8°ステッピングモータ

「SANMOTION Fシリーズ2相42角1.8°ステッピングモータ」は，従来品よりも高トルク，低騒音，そして省エネルギー化を実現するとともに，自動生産ラインに適した設計をおこない，生産性も向上した。

本製品の特長を以下に紹介する。

1. 高トルク

磁気回路シミュレーション技術を活用して，最適な磁気回路を形成し，巻線スペースも広げたステータコア形状を設計した。そして，残留磁束密度の高いマグネットを採用することにより，モータ全長は従来品と同等のまま，10～15%のトルクアップを達成した。

2. 低騒音

トルクアップに加えて，ステータコアの剛性も高めた。また，ステータとフランジ，およびエンドキャップの締め代と嵌合長さを見直して，組み立て後のモータ剛性も高めた。この結果，本製品は従来品と比較して，使用領域の騒音レベルが3～5dB低減した。

3. 省エネルギー化

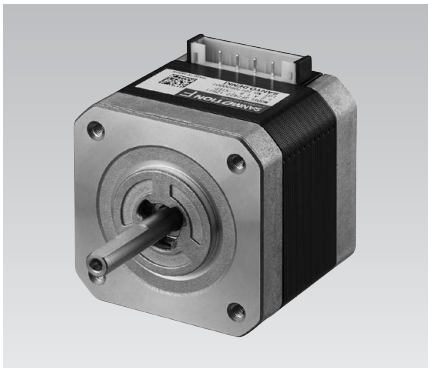
前述したステータコアの最適設計により鉄損を低減した。さらに，巻線スペースを拡大することで，銅損も低減した。これらの損失低減により，モータ効率が最大2%向上した。従来品よりも少ない入力電流で，同等のトルクが得られるため，機械装置の発熱を抑制し，省エネルギー化に寄与できる。

4. 生産性の向上

本製品の製造工程は，生産性を高めるために，自動生産ラインを採用した。開発の初期段階から，自動生産に適したモータ構造設計に取り組み，製品設計と工程設計を同時に進めた。従来は手作業でおこなっていたステータ巻線の結線を，巻線機内で巻線工程と結線工程を自動で同時にできるようモータ構造を設計した。

以上のように，本製品は従来品よりも高トルク，低騒音，省エネルギー化が図られている。特に，医療機器など患者や作業者の近くでモータが駆動する用途では，騒音や発熱が低減するため，機械装置の低騒音化，安全性の向上に寄与できる。

なお，本製品については，本テクニカルレポートの「新製品紹介」で詳述する。



■「SANMOTION R ADVANCED MODEL」AC400V入力 多軸サーボアンプ

産業のグローバル化にともない，欧州，中国，東南アジアはもとより，日本国内のお客さまからも，AC400V入力仕様サーボシステムのニーズは高まっている。そのようななか，「SANMOTION R ADVANCED MODEL」に，AC400V入力多軸サーボアンプを，新たにラインアップした。

本製品の特長を以下に紹介する。

1. システムの小型化

従来，AC200V入力のサーボシステムを，AC400Vの電源環境で使用するためには，降圧トランスなどを用いて，電源電圧を変換する必要があった。本製品は，直接AC400V電源を供給でき，降圧トランスは不要となるため，システムを小型化できる。また，電源ユニットからアンプユニットへ供給する主回路のDCバス電源用端子の配置（高さ）をユニット間で統一しており，銅バーにて簡単に配線できる。

2. 高応答制御

ACサーボアンプ「SANMOTION R ADVANCED MODEL」の制御性能をベースに，位相遅れ改善機能，トルクフィードフォワード機能を追加した。指令に対する応答性がさらに高まり，加工品質や生産性の向上に寄与できる。

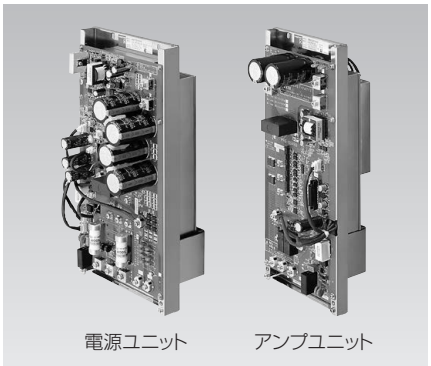
3. 省エネルギー化

本製品は，1台の電源ユニットで，複数台のアンプユニットを共有するシステムである。ある軸で発生するモータ回生電力を，別のモータ駆動（力行）電力として利用できるため，機械装置の省エネルギー化が図れる。また，モータの回転速度と電流から，消費電力量を推定する「消費電力量モニタ機能」を搭載した。消費電力量の見える化により，機械装置・生産設備のエネルギー使用状況や稼動状況が把握でき，工場全体として省エネルギー化の促進や，エネルギーコストの削減が期待できる。

4. 軽量化

筐体（板金）には，従来素材（冷間圧延鋼板）と同レベルの強度を保ちながらも，厚さを薄くできるステンレス鋼を採用し，板金を軽量化した。また，ステンレス鋼は防錆性能も高いため，温度・湿度の変化が激しい環境下でも，安心してご使用いただける。

なお，本製品については，本テクニカルレポートの「新製品紹介」で詳述する。



■「SANMOTION R 3E Model」EtherCATサーボアンプ

当社は，2009年に「SANMOTION R ADVANCED MODEL」にてEtherCAT通信サーボアンプを製品化して以来，低電圧入力や多軸タイプなどラインアップを拡充して，多くのお客さまにご使用いただいている。2017年には，最新シリーズの「SANMOTION R 3E Model」EtherCATサーボアンプを開発した。本製品は，「SANMOTION R 3E Model」の高い制御性能や，豊富な機能への対応はもちろんのこと，EtherCAT通信の性能・機能も向上した。

1. 業界最速の通信周期

最小通信周期は，業界最速レベルの62.5μs（速度・トルク制御モード時）を実現した。これにより，サーボ性能を最大限に引き出し，スムーズな動作がおこなえ，機械装置の加工品質の向上に寄与できる。

2. 転送データ量の拡大

1サイクルの通信周期で送受信できる最大転送データ量を，従来の20オブジェクトから約1.6倍の31オブジェクトへと拡大した。これにより，サーボアンプ・モータから多くのモニタ・診断情報をリアルタイムに取得でき，サーボ機器および機械装置の稼動状況の見える化や，故障・予兆診断などIoT化に寄与できる。

3. 利便性の向上

機械装置の構成に合わせて，指令・フィードバックデータの単位が選べるユーザスケール選択機能を搭載した。従来，上位コントローラは位置指令をエンコーダパルス単位に変換して制御する必要があった。このユーザスケール選択機能を使用すると，直動系であれば［mm］，回転系であれば［degree］の機械系単位のまま，位置データを直接扱うことができ，上位コントローラの演算負荷が軽減し，利便性が向上する。

■「SANMOTION R 3E Model」Safetyサーボアンプ

近年，機械装置に搭載するサーボシステムには，各種安全機能の搭載と国際的な安全規格認証の取得が求められている。このような背景のもと，「SANMOTION R 3E Model」に，多様な安全機能と高い安全性能を有したSafetyサーボアンプを製品化した。本製品は，サーボアンプ側面に安全機能を制御する拡張ボード（安全機能拡張ボード）を取り付ける構造としており，「SANMOTION R 3E Model」の全ラインアップ製品に適用できる。

本製品の特長を以下に紹介する。

1. 安全機能

モータを「安全に停止する」，「安全に回転する」など，多くの機械装置に求められる5種類の安全機能［安全トルク遮断（STO），安全停止1（SS1），安全停止2（SS2），安全停止保持（SOS），安全速度制限（SLS）］に対応した。

2. 安全性能

新たに，エンコーダの故障を検出する診断機能を開発して，機能安全規格に適合していない標準的なエンコーダとの組み合わせでも，業界最高レベル（2017年4月現在，当社調べ）となる，以下の安全性能を達成した。

【適合規格と安全性能レベル】

- SIL3/EN61508，SILCL3/IEC62061
- PLe/ISO13849-1:2015

これにより，機械装置の安全システムの導入に掛かる負荷が軽減できる。

3. 安全入力

5点の安全入力を搭載し，用途や機械装置の制御状態に応じて目的の安全機能を選択可能とした。また，最大31種類の「安全速度制限値」が選択できる。

4. 安全出力

2種類の安全出力機能［安全ブレーキ出力（SBC），安全速度範囲出力（SSM）］と，3種類の状態出力（機能安全入力状態，安全機能実行状態，安全トルク遮断状態）を搭載し，安全状態や安全機能の故障などが監視できる。

以上のように，本製品を使用することにより，導入コスト（製品コスト，安全規格認証費用）を抑え，高い安全性能とフレキシブルな安全システムが構築できる。

成沢 康敬
1991年入社
サーボシステム事業部
サーボアンプの設計・開発業務に従事。

SANMOTION Fシリーズ 2相42角1.8°ステッピングモータの開発

中武 耕二 *Koji Nakatake*　依田 泰志 *Yasushi Yoda*　塩入 光明 *Mitsuaki Shioiri*　張 弘 *Hong Zhang*

依田 和弘 *Kazuhiro Yoda*　依田 昌悟 *Shogo Yoda*　宮原 章雄 *Akio Miyahara*

1. まえがき

ステッピングモータは，シンプルなシステムで簡単に高精度な位置決め制御ができるため，OA機器や一般産業用機器，半導体製造装置など幅広い用途・分野で使用されている。当社は，高性能化とカスタマイズ化に力を入れて開発しており，一般産業用機器向けとしてACサーボモータの置き換えが可能な領域まで，ステッピングモータの使用用途を拡大してきた。

一方，ATMをはじめとする金融機器や，生化学分析装置，人工透析装置などの医療機器では，以前からステッピングモータを採用しており，2相ステッピングモータの需要が拡大している。これらの市場で求められていることは，高トルク・低騒音・省エネルギーであり，従来品との互換性も重要視されている。

こうした市場要求に応えるために「SANMOTION F 2相42角1.8°ステッピングモータ」を開発した。本稿では，開発品の仕様と特長を示し，それらを達成するために採用した技術について紹介する。

2. 開発品の仕様

2.1 外観

図1に本開発品の外観を示す。開発品は，全シリーズをコネクタタイプに統一し，コネクタは上部方向から挿入する構造にした。出力軸方向から挿入する従来品に比べ，リード線の引き回しが容易になる。さらに，リード線の折り返し配線による屈曲スペースの配慮が不要になり，お客さまの装置設計の自由度を上げることができる。リード線のカスタマイズについては，従来どおり中継ハーネスで対応する。

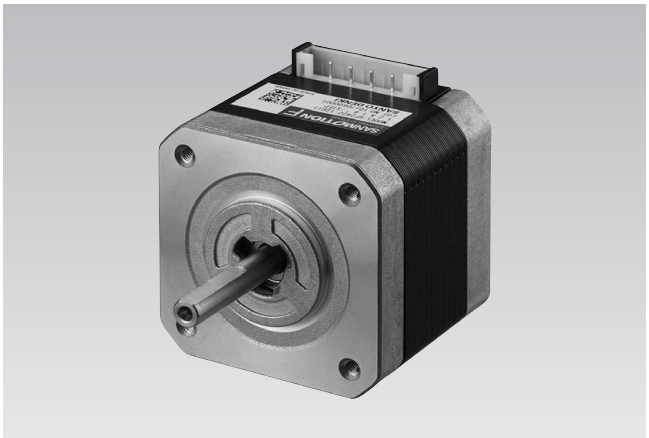


図1　開発品の外観（SF2422タイプ）

2.2 外形寸法

図2に本開発品の主な外形寸法を示す。フランジサイズは42角であり，従来品と取り付けピッチおよび取り付けインロー寸法を同一とした。これにより，開発品は従来品と取り付け互換があり，置き換えが容易な仕様になっている。なお，軸仕様のカスタマイズは，従来どおり可能である。

2.3 ラインアップと主要諸元

表1にユニポーラ仕様，表2にバイポーラ仕様のラインアップと主要諸元を示す。開発品は，モータ全長33mm，39mm，48mm，59.5mmの4種類に加え，トルク特性の異なるユニポーラ仕様とバイポーラ仕様の2種類，そして片軸仕様と両軸仕様の2種類，合計16機種を標準品としてラインアップした。モータ全長も従来品と同じ長さであり，お客さまの装置仕様を変更することなく置き換えることができる。

3. 開発品の特長

3.1 高トルク

図3に脱出トルク特性比較を示す。開発品は従来品と比較して，10～15%のトルクアップを達成した。高トルク化を達成するために，以下の工夫をおこなった。

(1) ステータコアの最適磁気回路設計

図4にステータコア形状概略図を示す。ステータコアは，磁気回路となるバックヨークとポール，そしてポール先端のティースで形成している。それらの形状を体系的に分析し，磁気回路シミュレーションを用いて，ステータコアの磁気回路を最適化した。これにより，高トルク化とともに，鉄損も低減した。

(2) 巻線スペースの拡大

磁束密度が飽和しやすい部分を抽出し，磁束が集中しないようにバックヨーク幅とポール幅を調整することで，巻線スペースを極限まで広げた。巻線スペースを広げることで，トルクが低下することなく銅損の増加を最小限に抑えている。

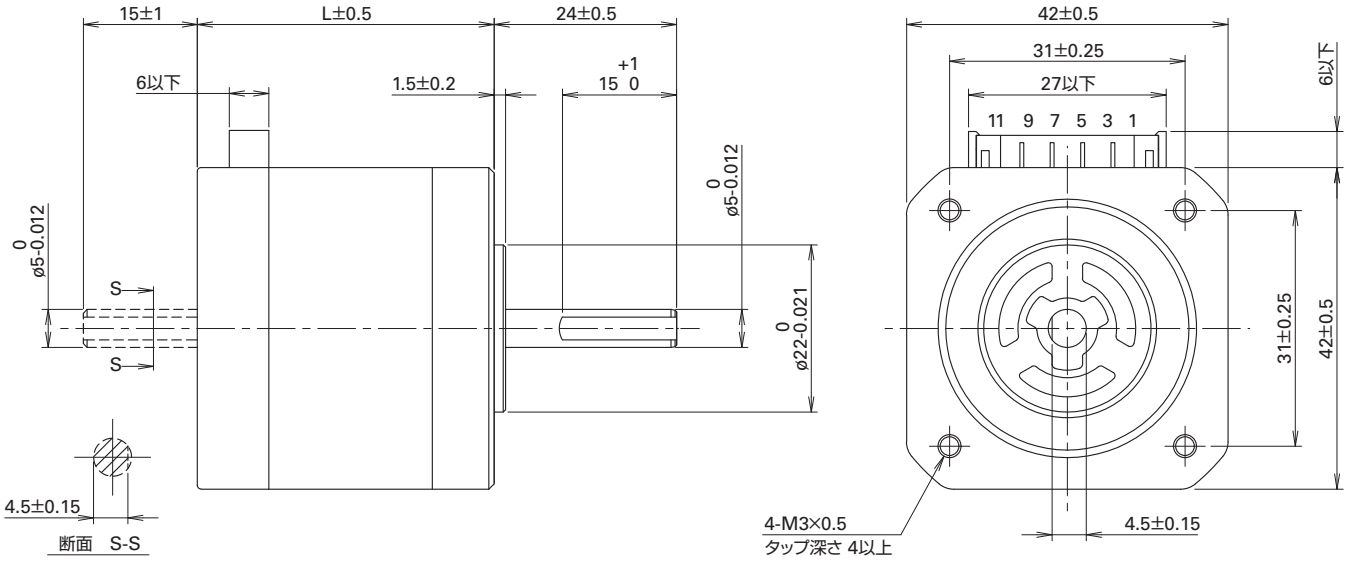


図2　開発品の外形寸法

表1　ユニポーラ仕様のラインアップと主要諸元

型番		ホールディングトルク 2相励磁時 [N・m] 以上	定格電流 [A/相]	巻線インダクタンス [mH/相]	ロータイナーシャ [×10^{-4}kg·m^2]	質量 [kg]	モータ長L [mm]
片軸	両軸						
SF2421-12U41	**SF2421-12U11**	0.22	1.2	2.4	0.031	0.23	33
SF2422-12U41	**SF2422-12U11**	0.33	1.2	3.3	0.046	0.3	39
SF2423-12U41	**SF2423-12U11**	0.4	1.2	3.9	0.063	0.38	48
SF2424-12U41	**SF2424-12U11**	0.58	1.2	5.4	0.094	0.51	59.5

表2　バイポーラ仕様のラインアップと主要諸元

型番		ホールディングトルク 2相励磁時 [N・m] 以上	定格電流 [A/相]	巻線インダクタンス [mH/相]	ロータイナーシャ [×10^{-4}kg·m^2]	質量 [kg]	モータ長L [mm]
片軸	両軸						
SF2421-10B41	**SF2421-10B11**	0.29	1	7	0.031	0.23	33
SF2422-10B41	**SF2422-10B11**	0.43	1	9.6	0.046	0.3	39
SF2423-10B41	**SF2423-10B11**	0.56	1	12.5	0.063	0.38	48
SF2424-10B41	**SF2424-10B11**	0.8	1	16	0.094	0.51	59.5

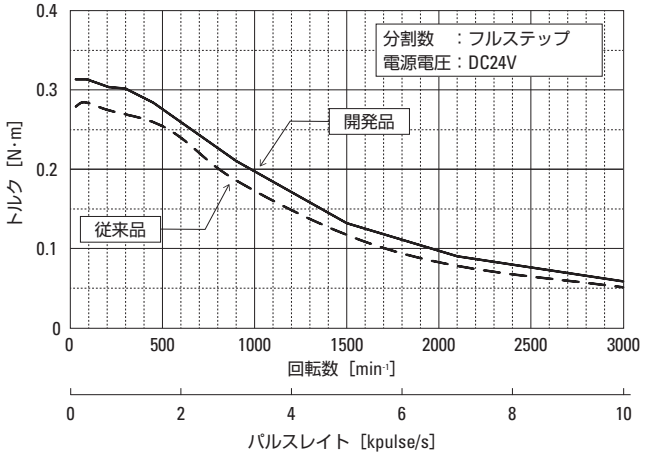


図3　脱出トルク特性比較（SF2422-12U41）

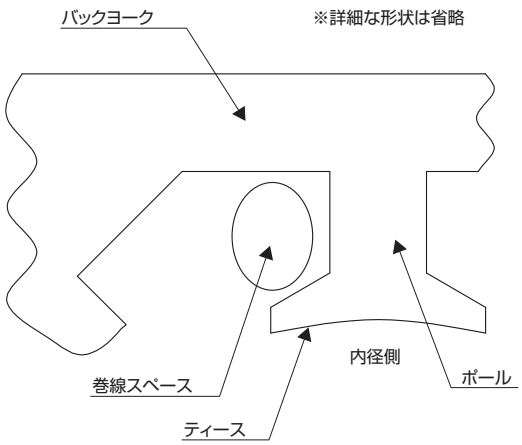


図4　ステータコア形状概略図

(3) 残留磁束密度が高いマグネットの採用

残留磁束密度が高いマグネットを採用することで，モータ全長を増やすことなくトルクアップを実現した。

3.2 低騒音

図5に騒音特性比較を示す。開発品は従来品と比較して，使用領域の騒音レベルを3dB～5dB低減した。医療機器に使用するステッピングモータは，患者に近いところで使用するケースが多いため，低騒音であることが望ましい。低騒音化を達成するため，以下の工夫をおこなった。

(1) ステータコアの高剛性化

バックヨークとポールを構造解析し，剛性アップとトルクアップを両立する構造寸法を導き出すことで，ステータコアの剛性をアップした。

(2) モータの高剛性化

フランジおよびエンドキャップとステータの締め代と嵌合長さを見直し，組み立て後のモータ剛性をアップすることで騒音低減を実現した。

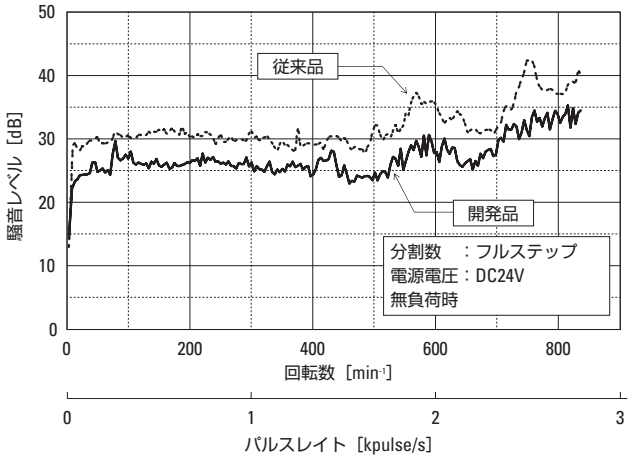


図5　騒音特性比較（SF2422-12U41）

3.3 モータ効率向上による省エネルギー化

開発品は従来品と比較して，効率を2%向上した。先に述べたステータコアの最適設計で鉄損を低減した。さらに，巻線スペースを拡大することで銅損を低減した。これらの損失低減で，従来品よりも少ない入力電流で同等のトルクが得られるため，SF2422-12U41を例にすると，

- モータ温度上昇値を10°C以上低減
- 入力電流10%低減

を達成した。装置の低発熱・省エネルギー化につながり，特に患者に近い医療機器では，発熱が少ないことで，より安全なモータとなっている。

3.4 自動生産ラインに適したモータ構造設計

開発品の製造工程は，手作業によるバラツキをなくして品質と生産性を向上するために，自動生産ラインを採用した。開発の初期段階から，自動生産に適したモータ構造設計に取り組み，手作業でおこなっていた工程をなくす工夫をおこなった。従来品は巻線工程と結線工程を別々でおこない，特に結線工程は手作業であった。開発品はインシュレータにピンを立て，巻線の巻き始めと巻き終わりに絡げることで，巻線機内で巻線工程と結線工程を自動で同時にできる構造とした。この構造を採用するにあたり，ピン強度や巻線ノズルのスペース確保，さらに巻線を無理なくピンに絡げられる構造を確立した。また，加工代を可能な限り削減したロータ設計や，各部品に組み立て基準を設けることで向きや姿勢の判定を容易にするなど，自動生産しやすい設計をおこなった。

これら自動生産ラインに適した構造設計により，品質および生産性が向上し，常に高品質な製品を安定供給できる。

4. むすび

本稿では，「SANMOTION F 2相42角1.8°ステッピングモータ」の仕様とその特長を紹介した。

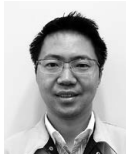
開発品は，ステッピングモータの需要が拡大している金融機器や医療機器市場から求められている要求性能を向上した。従来品との取り付け互換，サイズ互換を保つことで，従来品との置き換えも容易である。また，自動生産に最適な構造設計で，生産性を向上した製品仕様とした。さらに，高品質な製品を安定供給できるため，お客さまがより安心・安全にお使いいただける。金融機器や医療機器に最適な仕様としつつ，幅広い市場での新規提案や置き換え提案ができる。

今後は，本開発に用いた技術を42角以外のサイズにも展開し，たえず変化するさまざまな市場要求に応えられるラインアップを揃え，お客さまの新しい価値を創出できる製品を提供していく予定である。

中武 耕二
2001年入社
サーボシステム事業部　設計第一部
ステッピングモータの開発，設計に従事。

依田 泰志
2002年入社
サーボシステム事業部　設計第一部
ステッピングモータの開発，設計に従事。

塩入 光明
1999年入社
サーボシステム事業部　設計第一部
ステッピングモータの開発，設計に従事。



張 弘
2007年入社
サーボシステム事業部
アプリケーションエンジニアリング部
サーボシステムの設計，技術提案に従事。

依田 和弘
2008年入社
サーボシステム事業部　設計第一部
ステッピングモータの開発，設計に従事。

依田 昌悟
2009年入社
サーボシステム事業部　設計第一部
ステッピングモータの開発，設計に従事。

宮原 章雄
1991年入社
サーボシステム事業部　設計第一部
サーボモータおよび
ステッピングモータの開発，設計に従事。

「SANMOTION R ADVANCED MODEL」AC400V入力多軸サーボアンプの開発

片岡 隆 *Takashi Kataoka*
久保田 善久 *Yoshihisa Kubota*
野口 大翔 *Hiroto Noguchi*
松本 昭弘 *Akihiro Matsumoto*
石﨑 圭介 *Keisuke Ishizaki*
中村 靖夫 *Yasuo Nakamura*
涌井 康洋 *Yasuhiro Wakui*

1. まえがき

世界で使用されている電源電圧は，地域によってさまざまである。サーボシステム製品を使用するためには，各地域の工場に適した入力電圧仕様の製品ラインアップが必要である。工場の主な電源電圧は，AC200V系とAC400V系があり，生産工場が多い欧州やアジアでは，主にAC400V系電源が使用されている。このようななか，AC200V入力製品と同様にAC400V入力サーボアンプのラインアップ拡充も進めている。

本稿では，新たに開発し「SANMOTION R ADVANCED MODEL」に追加ラインアップした，AC400V入力多軸サーボアンプについて紹介する。このサーボアンプは，多軸構成のため，省スペースで柔軟なシステム構成が実現でき，さらに電源入力仕様がAC400V系である欧州およびアジアに適している。

本開発品の製品概要と主要な性能･機能，最適な放熱構造への取り組みなど特長を紹介する。

2. 製品概要

2.1 外観・外形

今回開発した「SANMOTION R ADVANCED MODEL」AC400V入力多軸サーボアンプの外観を図1に，外形図を図2～図4に示す。柔軟なシステム構成を可能とするために，制御ユニット，電源ユニットおよびアンプユニットの3つの構成に分かれている。顧客の制御盤の内部へ設置することを前提としたオープンタイプの構造としている。制御ユニットは4軸一体型のEtherCATインタフェースと単軸のアナログ指令インタフェースの2種類，電源ユニットは16kW出力の1種類，アンプユニットは，25A，50A，75A，150Aの4種類をラインアップした。また，製品の高さは，AC200Vタイプの460mmに対して380mmと低くしている。

2.2 主要諸元

今回開発した「SANMOTION R ADVANCED MODEL」AC400V入力多軸サーボアンプの主要諸元として，表1に電源ユニット，表2にアンプユニットを示す。

組み合わせるモータの定格出力は，0.5kW～15kWである。適用エンコーダは，当社のアブソリュートエンコーダと省配線

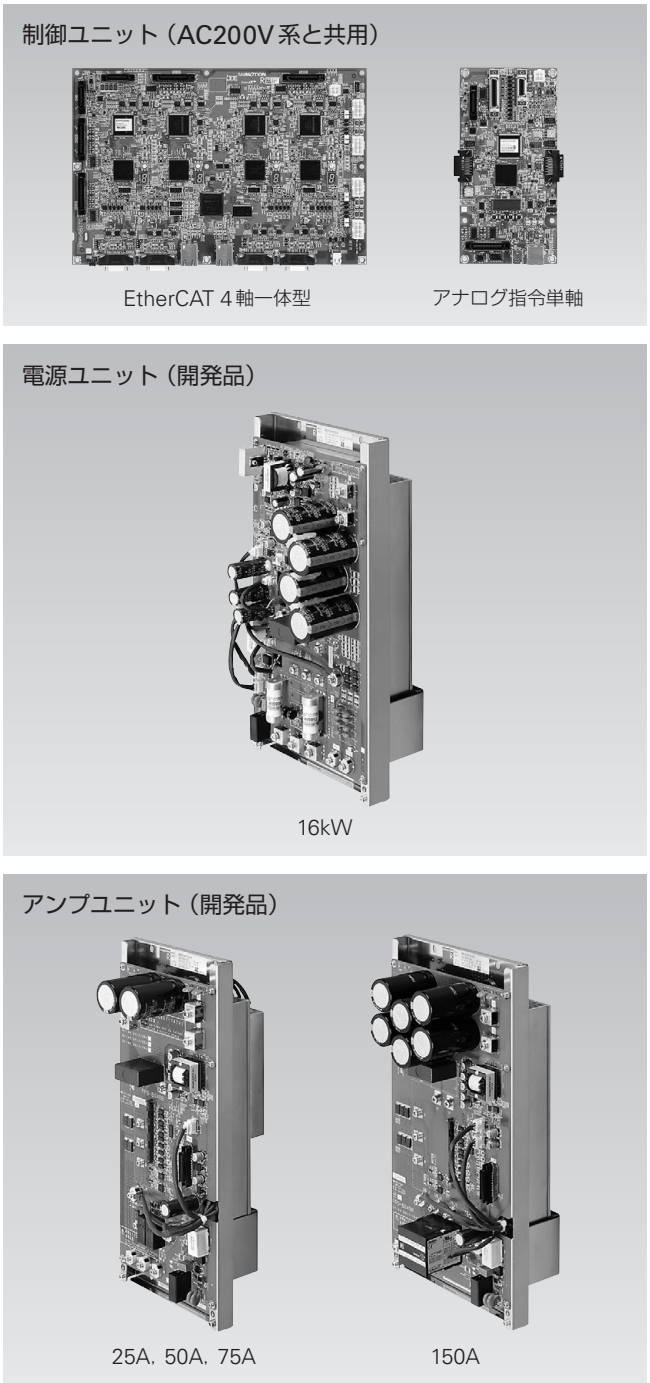


図1　外観

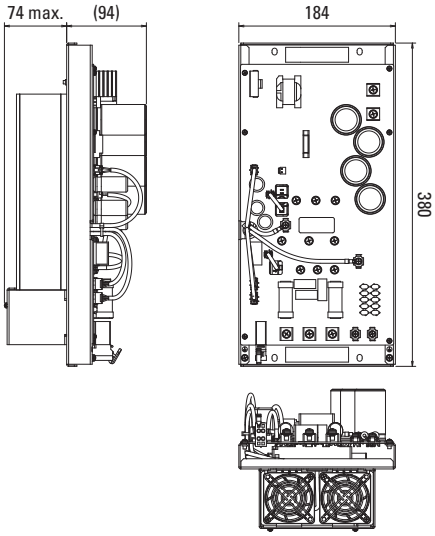


図2　外形図（電源ユニット16kW）

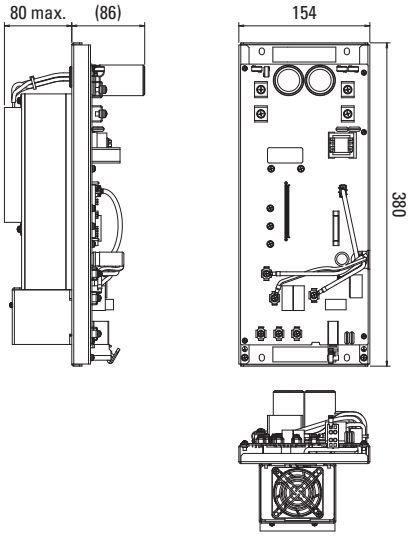


図3　外形図（アンプユニット75A）

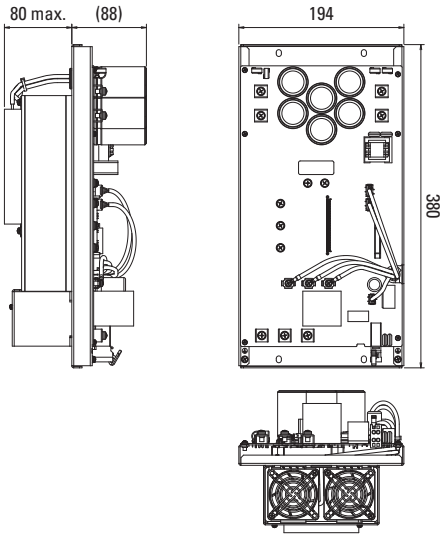


図4　外形図（アンプユニット150A）

パルスエンコーダである。

そして，制御ユニットに，EtherCAT（最大4軸）インタフェースを用いることで，安全トルク遮断機能（STO）が使用できる。また，IoT関連の機能として消費電力量モニタ機能を搭載し，上位装置で運転パターンの最適化や運転状況の診断を推奨できる。

なお，欧州の低電圧指令，EMC指令，機能安全，米国のUL / cUL，および韓国のKCマークなどの法規制に適合している。

表1　電源ユニットの主要諸元

出力容量		16kW
入力	主回路電圧	AC380 ～ 480V ＋10%，－15%
	制御電圧	DC24V ± 15%
外形寸法（W × H × D）		184 × 380 × 162 mm
インタフェース		アンプユニット間 I/O（電源検出他）
表示		主電源充電表示，制御電源確立表示
突入防止回路		内蔵（サイリスタ方式）
回生機能		回路内蔵（抵抗外付け）
冷却方式		強制空冷
適合法規制	UL/cUL	UL61800-5-1
	低電圧指令	EN61800-5-1
	EMC指令	EN61800-3，EN61326-3-1
	KCマーク	KN61000-6-2，KN61000-6-4

表2　アンプユニットの主要諸元

出力容量		25A	50A	75A	150A
入力	主回路電圧	DC457 ～ 747V			
	制御電圧	DC24V ± 15%			
出力	連続定格電流	4.8Arms	12Arms	18Arms	34Arms
	瞬時最大電流	14.1Arms	29.2Arms	45.5Arms	83Arms
外形寸法		W154mm H380mm D161mm			W194mm H380mm D197mm
組み合わせモータ		0.5~2.0 kW	2.0~3.5 kW	4.5~7.0 kW	7.5~15 kW
組み合わせエンコーダ		アブソリュートエンコーダ，省配線パルスエンコーダ			
インタフェース		EtherCAT（4軸一体制御），アナログ（単軸制御）			
ダイナミックブレーキ		有り（抵抗器内蔵）			
冷却方式		強制空冷			
適合法規制	UL/cUL	UL61800-5-1			
	低電圧指令	EN61800-5-1			
	EMC指令	EN61800-3，EN61326-3-1			
	KCマーク	KN61000-6-2，KN61000-6-4			

3. 主要な機能・特長

本開発品の機能・特長を以下に示す。

3.1 システムの小型化

従来，AC200V 入力のサーボシステムを，AC400V の電源環境で使用する場合には，降圧トランスなどを用いて，電源電圧を AC400V から AC200V へ変換する必要があった。本製品は，AC400V の電源を直接サーボアンプへ供給できるため，降圧トランスは不要であり，システムの小型化を図ることができる。

3.2 高応答制御

AC サーボアンプ「SANMOTION R ADVANCED MODEL」と互換性のある制御系をベースに，位相遅れを改善する機能や積分ゲインを高める機能を搭載してフィードバック応答を高めた。さらに，速度のフィードフォワード補償に加えてトルクのフィードフォワード補償も追加して指令応答性を向上している。

3.3 消費電力量モニタ機能

サーボモータの回転速度と電流をもとに，サーボモータとサーボアンプの消費電力量を推定する「消費電力量モニタ機能」を搭載している。これにより，容易に装置の使用電力量を推定し監視できる。

3.4 省エネルギー化

複数のアンプユニットが電源ユニットを共用することで，モータの回生電力を他のモータの電力として使用でき，装置の省エネルギー化を図ることができる。

また，ユニット内部温度監視により可変速ファンの二段階の速度制御をおこなうことで，24V 電源の低消費化も図った。

3.5 軽量化

サーボアンプの筐体（板金部）には，高い強度特性を有するステンレス鋼（SUS）を採用した。板金の固有値解析や耐振動性能の検証をおこない，従来製品で使用していた冷間圧延鋼板（SPCC･SECC）（以下鋼板）と同レベルの強度を確保しながら，板金の薄肉化を図り軽量化を実現した。

また，従来の鋼板は，防錆処理として電気めっきや塗装を施す必要があった。これに対し，ステンレス鋼は無処理でも防錆性能が高いため，生産上の利点もある。なお，一般的にステンレス鋼は鋼板と比較して電気的抵抗が高い傾向にあるため，アース端子を直接，板金にタップで接続するなど接触抵抗を減らす工夫をおこなった。その結果，従来製品と同等の接地連続性（導通特性）や耐ノイズ性を実現した。

3.6 配線のしやすさ

制御電源（DC24V）の配線には，「SANMOTION R 3E MODEL AC400V 入力単軸サーボアンプ」と共通のコネクタを採用し，ワンタッチで接続できるようにした。

また，図5に示すとおり，電源ユニットからアンプユニットへ供給する主回路（DC457 ～ 747V）のバス電源用端子（P, N）はユニット間で配置（高さ）を統一しているため，銅バーにて簡単に配線できる。

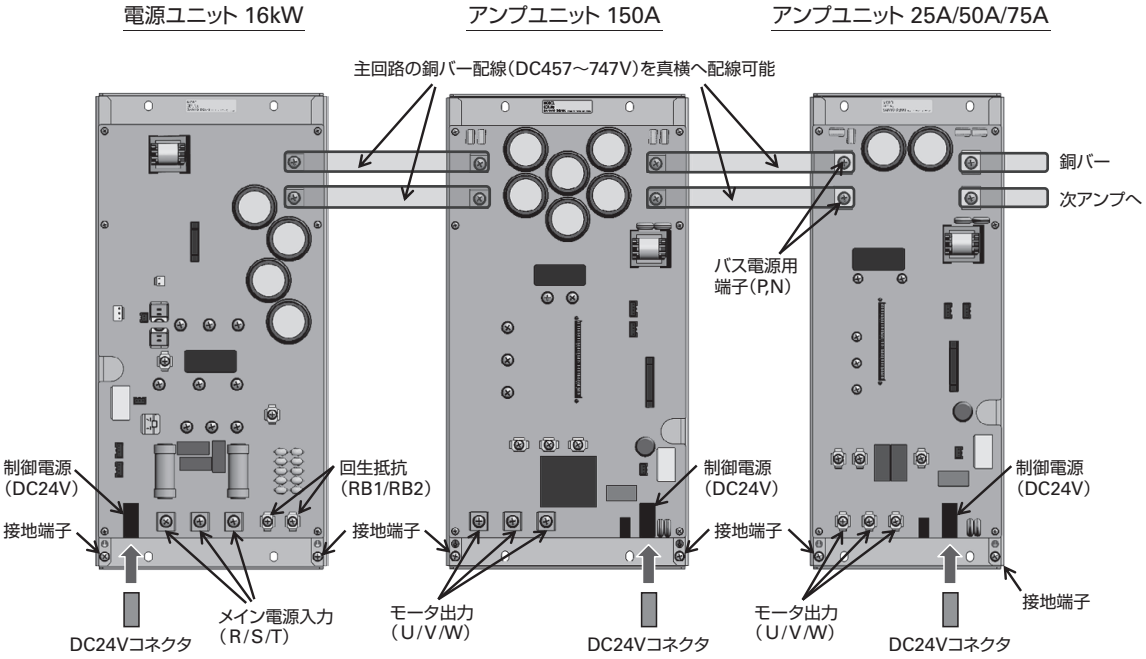


図5　端子配置図

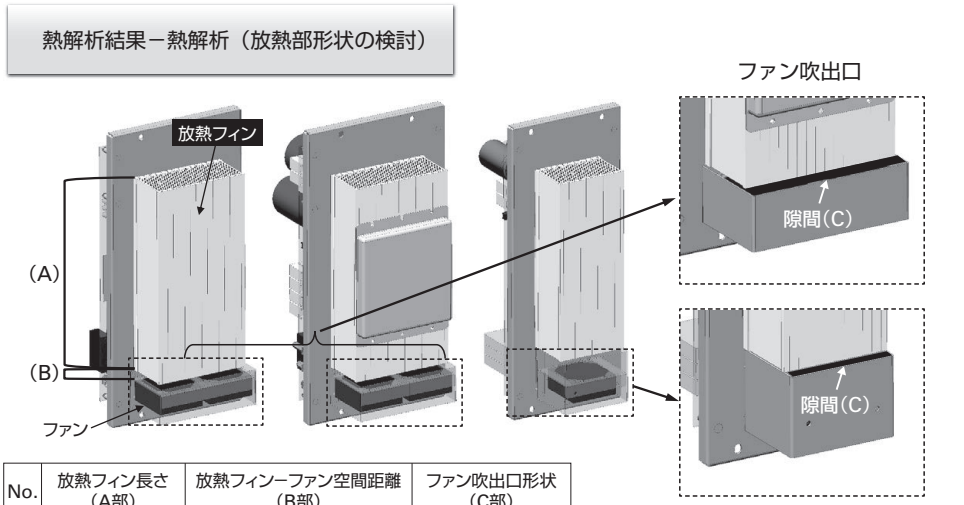
4. 最適な放熱構造

今回開発した「SANMOTION R ADVANCED MODEL」AC400V入力多軸サーボアンプの放熱構造を図6に示す。

電源ユニットとアンプユニットは，発熱部品のダイオードモジュールやパワーモジュールを放熱フィン上に搭載している。この発熱を効率よく冷却するためには，放熱フィンと冷却ファンとの距離，ならびに冷却ファンを覆うカバーの隙間が重要である。

本開発品は冷却効率を最適化するため，図6に示すとおり，放熱フィンの長さ(A)，放熱フィンと冷却ファンとの距離(B)，吹き出口の隙間の有無(C)条件を変えて，熱解析をおこない，最適な配置を決定した。

図7に示すとおり，条件No.④の放熱フィンの長さが短くても，フィンとファンの空間距離を取ってファン吹き出口の隙間を無くすことで，放熱効果を最適にできた。



No.	放熱フィン長さ（A部）	放熱フィンーファン空間距離（B部）	ファン吹出口形状（C部）
①	長いフィン	空間距離短い	隙間あり
②	長いフィン	空間距離短い	隙間なし
③	短いフィン	空間距離長い	隙間あり
④	短いフィン	空間距離長い	隙間なし

図6　放熱フィンと冷却ファンの距離

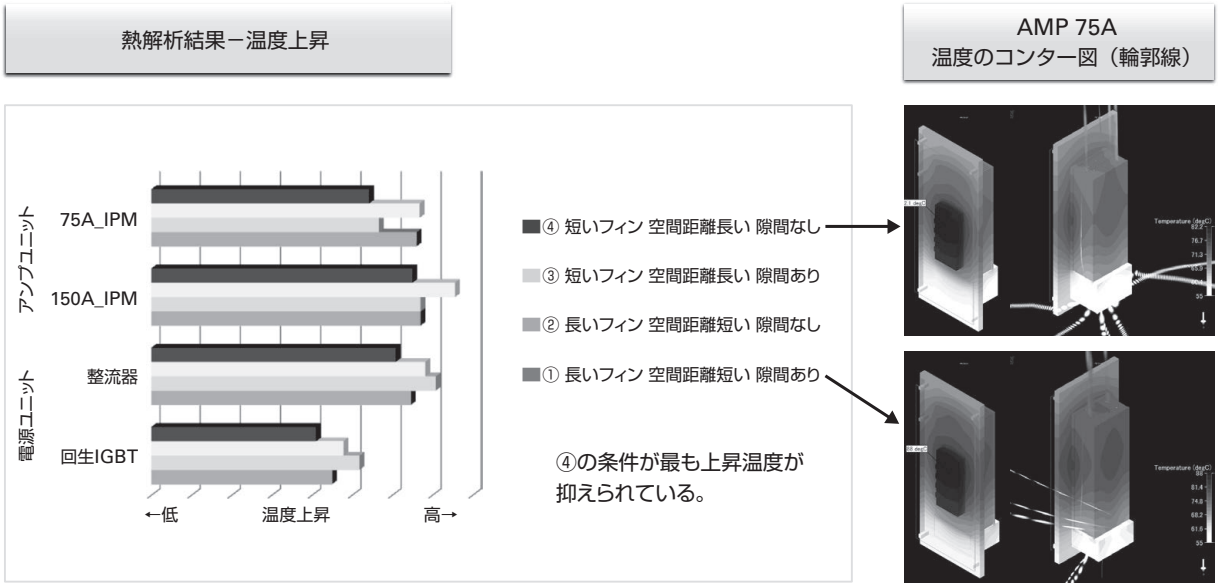


図7　熱解析結果

5. むすび

本稿では,「SANMOTION R ADVANCED MODEL」AC400V 入力多軸サーボアンプの主要性能・機能, そして新たな構造材料の採用と最適な放熱構造への取り組みについて紹介した。

本開発品により, AC400V 系の電源で使用する欧州やアジアの生産工場において, 降圧トランスを使用することなく直接電源に配線できる。そして, 多軸サーボアンプを一台の電源ユニットで共有することで, モータの回生電力を他モータの駆動電力へ利用して, 顧客装置の省エネルギー化に大きく貢献できるものと考える。

今後も, 市場が変化, 変動していくなか,「お客さまの問題解決と新しい価値の創造」に結びつくサーボシステムを開発していく所存である。

片岡 隆
1988年入社
サーボシステム事業部　設計第二部
サーボアンプの開発, 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
サーボアンプの開発, 設計に従事。

野口 大翔
2016年入社
サーボシステム事業部　設計第二部
サーボアンプの開発, 設計に従事。

松本 昭弘
1990年入社
サーボシステム事業部　設計第二部
サーボアンプの開発, 設計に従事。

石﨑 圭介
2008年入社
サーボシステム事業部　設計第二部
サーボアンプの開発, 設計に従事。

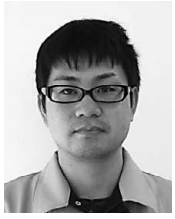
中村 靖夫
2009年入社
サーボシステム事業部　設計第二部
サーボアンプの開発, 設計に従事。

涌井 康洋
2012年入社
サーボシステム事業部　設計第二部
サーボアンプの開発, 設計に従事。

日本電機工業会 技術功績者表彰推薦者　2018年度／第67回

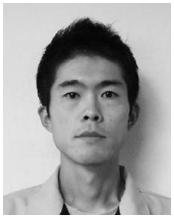
重電部門			
受賞	件名	部門	氏名
奨励賞	遠心加速に対して高い耐久性を持つ「耐Gファン」の開発	クーリングシステム事業部　設計部 クーリングシステム事業部　設計部 クーリングシステム事業部　設計部	稲田 直哉 掛山 将人 児玉 晶生
奨励賞	多様な安全機能と高い安全性能を有したACサーボアンプの開発	サーボシステム事業部　設計第二部 サーボシステム事業部　設計第二部 サーボシステム事業部　設計第二部	村田 佳幸 祢津 秀樹 中村 友紀
奨励賞	風力・水力発電システム用パワーコンディショナの開発	パワーシステム事業部　設計第一部 パワーシステム事業部　設計第一部 パワーシステム事業部　設計第一部	西澤 博文 犬飼 将弘 藤巻 哲也
	リチウムイオン電池を搭載したUPSの開発	パワーシステム事業部　設計第二部 パワーシステム事業部　設計第二部 パワーシステム事業部　設計第二部	山岸 伸一郎 柳原 一哉 小澤 翔太
	高性能と自動組立を実現した2相ハイブリッドステッピングモータの開発	サーボシステム事業部　設計第一部 サーボシステム事業部　設計第一部 サーボシステム事業部　設計第一部	中武 耕二 塩入 光明 張 弘
	「ø221，ø225 防水遠心ファン」の開発	クーリングシステム事業部　設計部 クーリングシステム事業部　設計部 クーリングシステム事業部　設計部	羽田 格彦 長塚 幸弘 万治 志
ものづくり部門			
受賞	件名	部門	氏名
奨励賞	マグネットワイヤ絶縁皮膜剥離の自動化	サーボシステム事業部　生産技術部生産技術開発課 サーボシステム事業部　生産技術部生産技術開発課 サーボシステム事業部　生産技術部製造技術第一課	牧内 一浩 徐 剛 遠藤 篤

部門名は推薦時のものです


稲田 直哉

掛山 将人

児玉 晶生


村田 佳幸

祢津 秀樹

中村 友紀

山岸 伸一郎

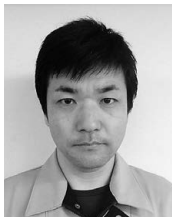
柳原 一哉

小澤 翔太

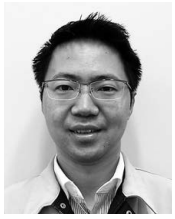
西澤 博文

犬飼 将弘

藤巻 哲也


中武 耕二

塩入 光明


張 弘

羽田 格彦

長塚 幸弘

万治 志

牧内 一浩

徐 剛

遠藤 篤

主な特許

■ 2017年度登録の特許権

登録番号	名称	発明者
特許6163037	終端抵抗器接続装置	町田 晃一
特許6074346	配電盤装置	久保田 祐三
特許6082689	単独運転検出装置，および単独運転検出方法	花岡 裕之，塚田 昭洋，西澤 和也
特許6109050	解列制御装置，解列制御方法および パワーコンディショナー	花岡 裕之，塚田 昭洋，西澤 和也
特許6190550	リニアモータ及びリニアモータの磁気遮蔽構造	唐 玉琪
特許6128872	動力伝達装置	杉田 聡，唐 玉琪，三澤 康司，宮入 茂徳
特許6125267	埋込磁石型誘導子リニアモータ	杉田 聡，唐 玉琪，三澤 康司，宮入 茂徳
特許6117574	誘導子型回転モータ	杉田 聡，唐 玉琪，三澤 康司，宮入 茂徳
特許6118157	モータの速度制御装置	井出 勇治，山﨑 悟史
特許6166926	リニアモータ	唐 玉琪，杉田 聡
特許6082646	軸回転型リニアモータ，および軸回転型リニアモータユニット	唐 玉琪，杉田 聡
特許6207870	ファンモータ	工藤 愛彦，高桑 宗仙，翠川 達也
特許6140037	電力変換装置	柳澤 実
特許6106568	電力変換装置	永井 正彦
特許6131144	電磁モータ用固定子の巻線絶縁構造	依田 和弘，大橋 正明，依田 昌悟
特許6140035	三相電磁モータ	宮下 利仁，堀内 学
特許6104134	ファンモータの筐体	西沢 敏弥，酒井 悠，渡辺 二朗，横田 雅史
特許6154704	ファンモータの制御装置	戸田 貴久，皆瀬 尊，渡辺 二朗
特許6106582	モータ制御装置	井出 勇治，北原 通生，山﨑 悟史
特許6126984	防水型軸流ファン	石原 勝充，中山 章，翠川 達也，掛山 将人
特許6204847	モータのアース線接続構造	宮下 利仁，堀内 学
特許6093817	モータ制御装置	井出 勇治，山﨑 悟史，小山 雅久
EP特許2091131	モータ用回転子及びその製造方法	宮下 利仁，松下 孝，田中 憲仁
EP特許2508760	二重反転式軸流送風機	柳沢 篤史，大澤 穂波
EP特許2916109	磁気検出型エンコーダ用磁気シールドカバー， および磁気検出型エンコーダ	牧内 一浩，荘司 祐大
EP特許2439415	リード線係止構造及び電気機器	嚴 潤傑，渡辺 二朗，栗林 宏光，御供 重一
アメリカ特許9613740	移動磁場発生装置	杉田 聡，三澤 康司，唐 玉琪，宮入 茂徳
アメリカ特許9581174	ファンフレーム	小池 正啓，荒起 聡直，小河原 俊樹
アメリカ特許9714659	軸流ファン	稲田 直哉，渡辺 二朗
アメリカ特許9660490	永久磁石型モータの製造方法	宮下 利仁，堀内 学
アメリカ特許9634534	ブラシレスモータ	宮原 義則，丸山 晴久，佐藤 圭，酒井 悠
アメリカ特許9601956	3相永久磁石モータ	宮下 利仁，山口 政裕
アメリカ特許9551345	軸流ファン	柳沢 篤史
アメリカ特許9614405	固定子コイルの配線処理構造	三浦 幸夫，大橋 正明，中武 耕二
アメリカ特許9742258	回転一直線運動変換装置	杉田 聡，唐 玉琪，三澤 康司，宮入 茂徳
アメリカ特許9712030	軸回転型リニアモータ，および軸回転型リニアモータユニット	唐 玉琪，杉田 聡
アメリカ特許9748814	直列型ファンモータの組立方法	石原 勝充，野村 正志，林 智子
アメリカ特許9837884	各相が連続巻された多相リニアモータ	唐 玉琪，松下 孝
アメリカ特許9853530	リニアモータユニット	唐 玉琪，山浦 一仁
アメリカ特許9698634	ステータコアおよび永久磁石型モータ	宮下 利仁，堀内 学
アメリカ特許9742245	モータのアース線接続構造	宮下 利仁，堀内 学
アメリカ特許9705385	製品仕様設定装置及びそれを備えたファンモータ	山崎 哲也，戸田 貴久
韓国特許10-1767527	リニア同期モータ	唐 玉琪，杉田 聡
韓国特許10-1778119	電動ファン	工藤 愛彦，池田 智昭，丸山 晴久
韓国特許10-1738670	モータ制御装置	井出 勇治，山﨑 悟史

登録番号	名称	発明者
韓国特許 10-1788772	モータ制御装置	中村 俊之，村松 陽
韓国特許 10-1807787	モータ制御装置	井出 勇治
韓国特許 10-1810638	モータ制御装置及びモータの絶縁劣化検出方法	井出 勇治
韓国特許 10-1810639	モータ制御装置及びモータの絶縁劣化検出方法	井出 勇治，小山 雅久，久保田 善久
韓国特許 10-1799957	モータ制御装置	井出 勇治，山﨑 悟史
韓国特許 10-1799544	モータ制御装置	井出 勇治，酒井 将和
韓国特許 10-1724646	モータ制御装置	井出 勇治
台湾特許 I565217	モータ制御装置	井出 勇治，酒井 将和
台湾特許 I581556	モータ制御装置	井出 勇治，山﨑 悟史
台湾特許 I594566	モータ制御装置	中村 俊之，村松 陽
台湾特許 I606675	分割コア型モータ，および分割コア型モータの電機子の製造方法	竹田 亨，小市 伸太郎，松橋 健太
台湾特許 I575863	モータ制御装置	井出 勇治
台湾特許 I594565	モータ制御装置	戸田 貴久
台湾特許 I596868	永久磁石式モータ，および永久磁石式モータの製造方法	宮下 利仁，堀内 学
台湾特許 I584573	モータ制御装置及びモータの絶縁劣化検出方法	井出 勇治
台湾特許 I582446	モータ制御装置及びモータの絶縁劣化検出方法	井出 勇治，小山 雅久，久保田 善久
台湾特許 I600269	モータ制御装置及びモータ制御方法	村松 陽，戸田 貴久
台湾特許 I593215	3相永久磁石モータ	宮下 利仁，山口 政裕
台湾特許 I583104	埋め込み永久磁石型モータおよびロータ	宮下 利仁
台湾特許 I589782	軸流ファン	柳沢 篤史
台湾特許 I568169	モータ制御装置	井出 勇治，山﨑 悟史
台湾特許 I604683	固定子コイルの配線処理構造	三浦 幸夫，大橋 正明，中武 耕二
台湾特許 I597931	モータ制御装置	井出 勇治，宮嵜 俊一
中国特許 ZL201310342099.9	永久磁石式モータ，および永久磁石式モータの製造方法	宮下 利仁，堀内 学
中国特許 ZL201310325466.4	モータ制御装置及びモータの絶縁劣化検出方法	井出 勇治
中国特許 ZL201310325069.7	モータ制御装置及びモータの絶縁劣化検出方法	井出 勇治，小山 雅久，久保田 善久
中国特許 ZL201310464531.1	3相永久磁石モータ	宮下 利仁，山口 政裕
中国特許 ZL201310397858.1	軸流ファン	柳沢 篤史
中国特許 ZL201310425260.9	モータ制御装置	井出 勇治，山﨑 悟史
中国特許 ZL201310606923.7	固定子の動力線接続構造	三浦 幸夫，内山 和良，依田 和弘
中国特許 ZL201410167990.8	軸回転型リニアモータ，および軸回転型リニアモータユニット	唐 玉琪，杉田 聡
中国特許 ZL201310031221.0	モータ制御装置及びその制御方法	谷口 法明，戸田 貴久，村松 陽
中国特許 ZL201310159567.9	ファンフレーム	小池 正啓，荒起 聡直，小河原 俊樹

社内表彰 モノつくり大賞（優秀賞）

2017年5月表彰

受賞	件名	部門	氏名
優秀賞	プラスチック部品の外観品質を向上する表面加工技術	クーリングシステム事業部　生産部生産技術課第二係 クーリングシステム事業部　生産部生産技術課第二係 人事部部付（山洋電気テクノサービス株式会社出向）	山田 洋一 金井 昭治 野村 雅彦
優秀賞	20角Rサーボモータ・ロータ組立工程の自動化	サーボシステム事業部　生産技術部生産技術開発課 サーボシステム事業部　生産技術部製造技術第一課第一係 人事部部付（山洋電気テクノサービス株式会社出向） 人事部部付（山洋電気テクノサービス株式会社出向）	牧内 一浩 田中 圭 半田 淳 小林 大輝

社外発表 一般技術誌

2017年1月～12月

題目	執筆者	誌名	発行月	発行所
特集：2016年　会員企業各社の製品・技術開発とその成果	山洋電気株式会社	電機	2017.2	一般社団法人　日本電機工業会

社外発表 技術論文

2017年1月～12月

論文題目	執筆者	誌名	発行月	発行所
Robust Positioning Control Using α-β Stationary Frame Current Controller and Disturbance Torque Hybrid Observer	井出 勇治，倉石 大悟，高橋 昭彦 ほか	IEEJ Journal of Industry Applications Vol.6 No.2	3月	電気学会産業応用部門
PMモータの1次鎖交磁束推定に基づくモータ巻線抵抗の変動分推定の一検討	井出 勇治，倉石 大悟，高橋 昭彦 ほか	研究会資料	3月	モータドライブ／家電・民生合同研究会
蓄電装置を導入した系統における制御運用の実験的検討	太田 拓弥，三好 宏明 ほか	大会論文集	3月	平成29年電気学会全国大会
定番のリニアモータの活用事例 －高精度位置決め・高速・高頻度－	杉田 聡 ほか	平成29年電気学会産業応用部門大会講演論文集	8月	電気学会産業応用部門
PMモータの1次鎖交磁束推定に基づくモータ巻線抵抗の変動分推定の実験的検討	井出 勇治，倉石 大悟，高橋 昭彦 ほか	平成29年電気学会産業応用部門大会講演論文集	8月	電気学会産業応用部門
Control methods for power storage devices in distributed power system	三好 宏明 ほか	大会論文集	10月	INTELEC2017 (International Telecommunications Energy Conference 2017)
A Consideration on Current Noise Measurement in Distributed Power Supply Introduction System	三好 宏明 ほか	大会論文集	10月	INTELEC2017 (International Telecommunications Energy Conference 2017)

Memo

SANYO DENKI
Technical Report 45
May 2018
http://www.sanyodenki.co.jp

発行　山洋電気株式会社
〒170-8451 東京都豊島区南大塚 3-33-1
電話(03)5927 1020

発行者　山本 茂生

編集委員会　児玉 展全(委員長)
小野寺 悟(副委員長)
塚田 志保(委員兼事務局)
横田 雅史　西牧 健太
水口 清志　内田 成一
倉石 大悟　祢津 秀樹
宮﨑　寛　小峯 理恵子

発行日　2018 年 5 月 15 日(年 2 回発行)

©2018 SANYO DENKI CO., LTD. Printed in Japan　無断転載を禁ず
本テクニカルレポートに記載された会社名と商品名は，それぞれ各社の商号，商標または登録商標です。

山洋電気株式会社
SANYO DENKI CO., LTD.