SANYO DENKI

Technical Report

特集｜新たな分野に価値を提供する技術

1944
Ueda Kita Works (Former Midorigaoka Works)

44
November
2017

COLUMN

表紙：

上田北工場（旧 緑が丘工場）

1944年

1932年6月に開設された山洋商会特殊電機製作所（後の山洋電気株式会社）は，業績を伸ばし続け，工場の拡張が限界に達したため，新たに地方へ工場を建設することになりました。そこで，長野県上田市の北方に敷地を確保し，1944年2月に『上田北工場』（後の緑が丘工場）を新設しました。

当時は戦局の拡大のなかで，国内は極度に資材が欠乏していたため，建築材料が手に入らず，木材を用意するところから大変な苦労を重ねて新工場を建設しました。

完工後ただちに操業を開始し，当初は陸軍航空本部の専管工場となりました。おもに航空機搭載無線機の電源（コンバータ）とエンジンのスターターモータを生産しました。

主力の電源機種は小型でしたが，戦後は大型へ移行する方針をとり，舶用無線電源の出力が500VA～5kVAの回転機を生産しました。需要は伸び続け，1950年頃には通信用電源において，トップレベルの技術を有するメーカとして無線機業界のなかで広く知られる存在になりました。

2009年に神川工場が完成すると同時に緑が丘工場は閉鎖されましたが，当社の発展を支えてきた技術は，神川工場を中心に今も引き継がれています。

44 SANYO DENKI TECHNICAL REPORT
November 2017

C O N T E N T S

新たな分野に価値を提供する技術　常務執行役員　馬場 俊彦　1

特集：新たな分野に価値を提供する技術　3

■ クーリングシステム事業部

クーリングシステム事業部の
新たな分野に価値を提供する技術　藤巻 哲 …… 3

高性能ブロア「San Ace B97」9BMCタイプ　高桑 宗仙　ほか …… 7

耐Gファン「San Ace 120GP」「San Ace 172GP」　稲田 直哉　ほか …… 11

■ パワーシステム事業部

新たな分野に価値を提供する電源関連技術　近藤 真二　ほか …… 15

電源管理製品のWeb表示方法の開発　原 有希　ほか …… 18

小容量無停電電源装置
「SANUPS A11K-Li」,「SANUPS N11B-Li」シリーズの開発　庄山 祐平　ほか …… 22

電力ピークカット機能付きパワーコンディショナ
「SANUPS P73L」の開発　藤巻 哲也　ほか …… 29

■ サーボシステム事業部

新たな分野に価値を提供するサーボシステム製品　三澤 康司　ほか …… 36

「SANMOTION R 3E Model」
EtherCAT通信サーボアンプの開発　小菅 泰幸　ほか …… 41

「SANMOTION R 3E Model Safety」
サーボアンプの開発　祢津 秀樹　ほか …… 45

常務執行役員
馬場 俊彦
Toshihiko Baba

新たな分野に価値を提供する技術

「山洋電気の製品を使用して本当によかった。」と世界中のお客さまから感謝されたらどんなにすばらしいことでしょう！

当社では，お客さまのこのような声を求めて，「グローバル化」を推進しています。

当社の第８次中期経営計画では，「当社のブランドを世界のトップブランドにする。」を目標とし，「グローバル化」に加え，「変化を得意にする。」という施策を実行しています。

なぜ「変化を得意にする。」なのか？

我々を取り巻く環境は常に変化しています。変化が起きてから行動を起こしていたのでは，その行動は後手になり，変化の波にのまれてしまいます。変化することを想定し，準備をしておけばその行動は先手となります。むしろ，変化を待つのではなく，「我々が変化を起こす。」ことが重要です。

ここで，本号の特集である「新たな分野に価値を提供する技術」について考えてみます。

「新たな分野」とは，今後，伸長が期待できる分野です。伸長が期待できる分野を見出すためには，世の中の変化に敏感である必要があります。さらには，それらの変化の芽を感じ取り，我々がその芽を育てることにより，「我々が変化を起こす。」ことになります。

「新たな分野」に取り組んでいる例を事業別にご紹介します。

クーリングシステム事業では，「冷やさない市場」への拡販活動をおこなっています。

従来，クーリングシステム事業部で設計・製造しているファンは，お客さまの装置の中に組み込んで，発熱部を冷却する目的で使用していただいていたものが大部分でした。代表的なものとしては，パーソナルコンピュータに搭載するCPUを冷却するファンがあります。

当社では，これらの冷却目的で使用いただくファンのほか，現在は換気・通風目的で使用いただく市場へのアプローチを進めています。最近の例では，欧州の住宅換気用として，当社製のファンを採用いただきました。これは，まさに新たな分野への進出です。

パワーシステム事業では，再生可能エネルギーとして注目を集めている太陽光発電を支えるパワーコンディショナの分野にいち早く参入しました。さらにこれに留まらず，風力発電用、および水力発電用パワーコンディショナの分野へも進出しています。

サーボシステム事業では，1980年代から産業用ロボットに使用いただくサーボモータを提供してきました。近年では，ロボットが人間に近い分野で使用され始めています。代表的なものとしては，介護用ロボットが挙げられます。当社では，いち早くこの介護用ロボットにサーボシステム製品を採用いただいています。

当社の3つのブランド「San Ace」,「SANUPS」,「SANMOTION」はどれもエネルギー変換機器です。各製品の損失の低減，すなわち変換効率の向上は，我々が常に追い求めなければいけない重要なテーマです。本号の特集である「新たな分野に価値を提供する技術」は，この変換効率の向上というテーマの上で論じられるべきものであると考えます。

また，機器の変換効率を向上する技術に加え,「新たな分野に価値を提供する技術」のキーワードとしては、「人にやさしい機器」,「つながる機器」が挙げられます。

「人にやさしい機器」としては，先の介護用ロボットが分かりやすい例ですが，当社では、この例に限らず，扱う人が使いやすさを感じる機器を世の中に提供し続けます。

また,「つながる機器」とは，世の中で大きな注目を集めているIoT技術が良い例です。

我々は，このIoT技術を製品に搭載することにより，お客さま，および世の中にどのようなうれしさ（価値）を提供できるかを常に想定し，製品を提供していきたいと考えています。

「新たな分野に価値を提供する技術」について簡単に述べました。

当社は，世界中のお客さまの課題を，お客さまといっしょに悩み，相談し，解決することで，お客さまの製品が業界トップとなるような取り組みを進めています。この取り組みによって，世界中のお客さまから喜んでいただける企業活動を継続してまいります。

クーリングシステム事業部の新たな分野に価値を提供する技術

藤巻 哲
Satoshi Fujimaki

1. まえがき

世界各国で販売されるあらゆる分野の新製品には，常に新しい機能が数多く搭載され，その製品性能は飛躍的に向上している。そのため，当社は，お客さまが現在および将来必要とするファンを提供するため，お客さまの要望や課題の収集や技術サポートを積極的におこないながら，お客さまに寄り添った新しい技術開発や新製品開発をおこなっている。

その技術や製品は，多くのファンが使用されている情報通信機器，産業用機器，産業用インバータ，計測機器向けはもとより，新しい用途や新しい分野に価値を提供できるものである。

本稿では，新たな分野に価値を提供する技術として，近年製品化した，両方向に風を送れるリバーシブルフローファン，装置の動作風量・システムインピーダンスを計測するエアフローテスター，PWMファンのスピードを制御するファンPWMコントローラ，および耐遠心加速度に特化した耐Gファンを例に，その取り組みを紹介する。

2. リバーシブルフローファン

リバーシブルフローファンは，冷却以外の用途を主な目的として製品化したファンである。特長は1台の製品で送風方向を両方向に切り替えることができ，かつ正逆方向ともに風量や電力を同等としている。主なターゲットとする市場は住宅換気分野であるため，形状は，住宅の換気口サイズに合わせて，通常の軸流ファンのような角型ではなく，丸型のø136，およびø92サイズを製品化した。

リバーシブルフローファンについて，最初に製品化したø136サイズについてはテクニカルレポートNo.40号，No.42号に記事が掲載されているため，ここではその後に開発されたø92サイズに新たに採用した技術について紹介する。

ø136では風量－静圧特性，電力は正方向，逆方向とも同等にすることができた。しかし，音圧レベルについては10dB（A）以上の差があり，改善が必要であった。そのため新たに開発したø92サイズでは，これを改善するため，羽根形状に新しい技術を盛り込んで対応した。以下に具体的な説明をする。

リバーシブルフローファンは，その用途上，両方向で送風することを目的にしているため，それぞれの送風方向における風量－静圧特性および，音圧レベルが同等であることが求められている。

羽根形状や取り付け角度より風量－静圧特性が大きく変化し，消費電力，音圧レベルに影響を与える。特に逆方向において，風吸込み側にモータを支えるスポークがあるため，音圧レベルが増加する傾向にある。

そのため羽根形状は低騒音化を考慮し，回転速度を抑えながら風量を得られるよう羽根表面積を大きくしつつ，羽根表面の圧力分布が最適になる形状に設計している。

図1に流体解析によるリバーシブルフローファンの羽根表面における圧力分布の例を，図2に羽根の外観形状を示す。

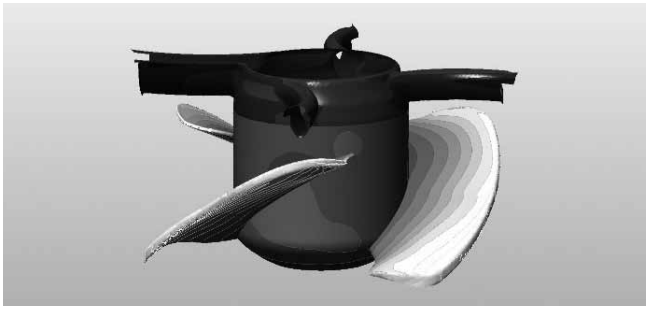


図1　流体解析による羽根表面の圧力分布例

図2　羽根の外観

羽根形状を，独自の形状とすることで，表面の圧力変化が緩やかな分布となり，流れの剥離を低減させることができた。その結果，正および逆方向時の風量ー静圧特性は同等で，音圧レベルの差を少なくすることができた。

本技術により，正および逆方向時の音圧レベルの差を，ø136の11dB（A）に対し，4dB（A）に抑えることができた。

この技術は，リバーシブルフローファンに有効な技術である。

3. エアフローテスター

装置の熱設計における重要な要素のひとつが最適なファンを選定することである。そのためには，装置の通風抵抗や動作風量を知ることが必要不可欠である。これらを容易に測定できれば，ファンの動作点が容易にわかるため，装置冷却の余裕度やファンの騒音・消費電力なども考慮したファンの選定が可能となる。

装置の通風抵抗を精度良く測定できる測定器としては，「ダブルチャンバー測定装置」がある。しかし，非常に高価であり，大型で設置式のため，一度設置すると簡単に移動させることができない。

そのため装置の熱設計において，ダブルチャンバー測定装置を使用しないで，風速計やシミュレーションを用いて，ファンの選定をおこなっているケースが大半である。この方法ではダブルチャンバー測定装置を使用する方法に比べ，測定精度が悪いため，熱設計に多大な労力と，検証のための時間を掛けている。

これらの問題を解決するために，当社は新しい分野への取り組みとして，容易に装置の通風抵抗や動作風量を測定できるエアフローテスター（「San Ace Airflow Tester」）を製品化した。エアフローテスターは，精度の高いダブルチャンバー方式を採用した可搬型の測定装置である。

図3に，エアフローテスターの外観を示す。

図3　エアフローテスター外観

エアフローテスターは全長600mm×高さ250mm×幅250mm，質量6kgであり，人がひとりで持ち運び，測定できるサイズとなっている。

軽量化するため，本体は主に樹脂成型品で構成し，強度を考慮して最適な樹脂材を選定した。また，強度解析や流動解析により，強度を維持しながら軽量な形状を設計した。さらに，電源，制御部品やセンサ類などの必要な全ての部品を，本体と一体の構造としたことで，小型化を実現した。

測定原理は，JIS-B-8330を参考にしたダブルチャンバー方式を採用しており，測定精度が高い。ダブルチャンバー方式では，精度良く測定するため，測定する風量によってノズルの大きさを変える必要がある。そのため，複数のノズルが必要となるが，これらのノズルを本体固定式ではなく，入れ替え式とすることで装置全体の大きさを小型化することができた。

小型，軽量で可搬型の測定器であるため，装置を設置場所から移動させず，その場で容易に測定することが可能である。また，排気口に取り付ける専用ダクトを用意しており，測定における利便性に配慮している。

図4に装置への接続例を示す。

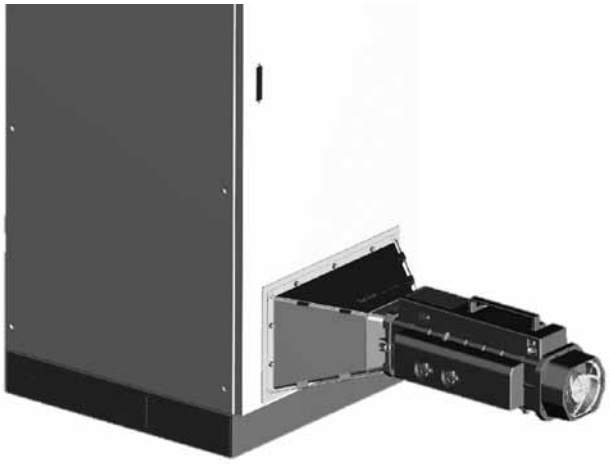


図4　装置への接続例

このように新たな技術を用いて開発したエアフローテスターは，装置の熱設計のみならず，換気用途などの新しい分野におけるファン選定に大きなインパクトを与えるものである。

製品の詳細は，山洋電気テクニカルレポートNo.42（2016）「装置の通風抵抗と動作風量測定器San Ace Airflow Testerの開発」の記事を参照いただきたい。

4. PWMコントローラ

市場において，ファンの風量，回転速度をコントロールするため「PWMコントロール機能付きファン」が，多く使用されている。これは，PWM信号をファンに入力することで回転速度を制御できるファンである。

PWMコントロール機能でファンの回転速度を制御するには，PWM信号をファンに入力するための専用制御回路を用意する必要があるが，それには専門知識が必要となる。

そこで当社は，PWMコントロール付きファンとセットで使える「San Ace PWMコントローラ」を2016年に製品化した。

本製品は，専門的な知識がなくとも簡単に「PWMコントロー

ル機能付きファン」を使用できる標準的なコントローラである。

本製品は接続する「PWMコントロール機能付きファン」と共通のDC電源を使用することができる仕様にした。そのため，当社のファンモータの定格電圧12V，24V，48V全ての電圧仕様に対応できるよう，新規制御回路の設計をおこない使用電圧範囲DC7V ～ DC60Vのワイドレンジを実現した。

製品は，お客さまの使い方に合わせて選べるように，図5のBOXタイプと図6の基板タイプを用意した。

図5　BOXタイプ

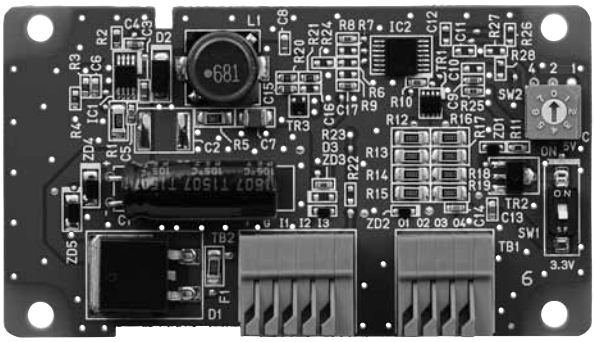


図6　基板タイプ

BOXタイプはさまざまな用途に活用できるよう電圧，可変抵抗，サーミスタ，BOXに付いている調整つまみの4種類の入力によりPWM信号を制御する機能を備えている。予めコントローラに4種類の制御プログラムを内蔵させ，セレクトスイッチで制御プログラムと入力回路を切り替えることで各々の入力に連動したPWM信号の出力を可能にしている。以下に4種類のコントロール機能を示す。

1)　電圧コントロール：
　お客さまからの電圧信号（0V ～ 5V）をPWM出力Duty信号に変換し制御する。
2)　可変抵抗コントロール：
　外付け接続した可変抵抗でPWM出力Duty信号を制御する。
3)　サーミスタコントロール：
　設定温度（30℃～50℃）と外付けで接続したサーミスタの検出温度でPWM出力Duty信号を自動制御する。
4)　ボリュームコントロール：
　BOXに付いている調整つまみによりPWM出力Duty信号を制御する。

尚，基板タイプは，上記の1）～3）のいずれかひとつの機能が搭載された3機種を製品化している。

「San Ace PWMコントローラ」は，用途に応じて使い分けが可能で，簡単に使用可能である。

コントローラの設計・製作が容易に出来ないさまざまな分野のお客さまにとって非常に有効なソリューションになると確信している。

5. 耐Gファン

医療用CTスキャナーの内部では，X線を人体に照射する部位が高速で回転する。そのため，その部位を冷却するファンには，大きな遠心加速度が加わる。

今後，医療用CTスキャナーはさらなる高性能化が見込まれており，より大きな遠心加速度が加わる環境下での使用に耐えるファンが必要とされている。

このような医療業界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。

図7に耐Gファンの外観を示す。

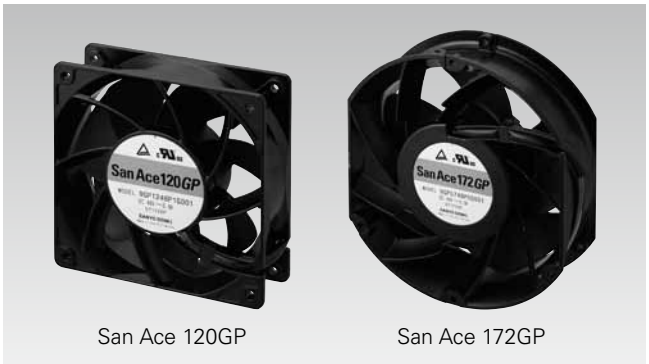


図7　耐Gファン外観図

実使用環境を考慮し，遠心加速度が加わる環境下でファンを使用した場合の問題点を抽出し，合わせてシミュレーションによる強度解析をおこない，遠心加速度75Gの環境に耐えるファンの製品化を実現した。

本製品は，耐遠心加速度を達成するため，ファン構造体の強度向上を図っている。

フレームは，アルミフレームを採用。回転体（ロータ，羽根組立等）の強度向上のため，使用する材料や形状および各部品の固定方法を新規の構造設計として，耐遠心加速度75Gを達成した。

詳細は，本テクニカルレポートの記事を参照していただきたい。

6. むすび

本稿では，新たな分野に価値を提供する技術として，当社で製品開発した製品を例にとり，その取り組みを紹介した。

今後も，お客さまの課題や要望を素早く的確に捉えて，お客さまが必要とするファンの技術を追求していくことが必要と考えている。そして，その技術を生かし，新たな分野に価値を提供する製品の開発に取り組み，お客さまとともに夢を実現する製品を提供していく所存である。

文献

(1) 西沢敏弥・ほか3名：「ø136mm×28mm厚リバーシブルフローファン San Ace 136RF 9RFタイプ」
山洋電気テクニカルレポートNo.40（2015）

(2) 石原勝充・ほか4名：「装置の通風抵抗と動作風量測定器 San Ace Airflow Testerの開発」
山洋電気テクニカルレポートNo.42（2016）

藤巻 哲
1982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。

高性能ブロア「San Ace B97」9BMCタイプ

高桑 宗仙 *Munenori Takakuwa*
西沢 敏弥 *Toshiya Nishizawa*
中山 章 *Akira Nakayama*
大野 耕嗣 *Koji Ono*
栗林 宏光 *Hiromitsu Kuribayashi*

1. まえがき

97mm×33mm厚ブロアは，小型で高静圧というその特性から，印刷機や空調機での送風用途や，サーバー・電源などの冷却用途など，事務機器，工業機器，家庭用機器など非常に幅広い市場・用途で使用されている。

当社では97mm×33mm厚ブロア「San Ace B97」9BMBタイプ（以下、従来品という）を製品化し，販売してきたが，これらの機器の更なる小型化や高性能化に伴い，ブロアにも高性能化が求められるようになって来た。

この要求に答えるべく，業界トップ[*1]の冷却性能を達成した97mm×33mm厚ブロア「San Ace B97」9BMCタイプ（以下、開発品という）を開発・製品化した。

本稿では，その詳細を紹介する。

2. 開発品の特長

図1に開発品の外観を示す。
以下に開発品の特長を示す。

(1) 高静圧
(2) 高風量
(3) PWMコントロール機能

図1　97mm×33mm厚
「San Ace B97」9BMCタイプの外観

3. 製品の概要

3.1 寸法諸元

図2に開発品の寸法諸元を示す。

開発品は，従来品と同じ取り付け寸法であり，互換性を保っている。

3.2 特性

3.2.1 一般特性

表1に一般特性を示す。

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

図4にPWM DUTY CYCLEに対する風量－静圧特性例を示す。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ため，PWM速度コントロール機能を有するファンの要求は近年非常に多くなってきている。

3.3 期待寿命

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

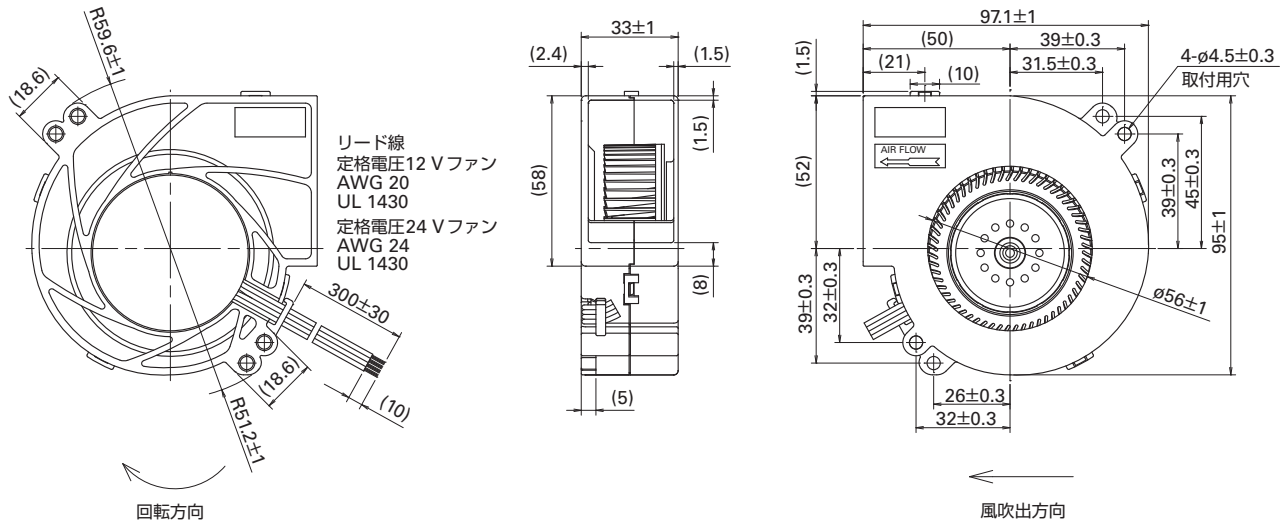


図2　開発品の寸法諸元　単位：mm

表1　「San Ace B97」9BMC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注1,2 [%]	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 [℃]	期待寿命 [h]
9BMC12P2G001	12	10.8～13.2	100	6.2	74.4	8,200	1.85	65.3	1,950	7.83	69	−20～+70	40,000/60℃ (70,000/40℃)
			20	0.38	4.56	2,800	0.58	20.4	121.0	0.48	44		
9BMC24P2G001	24	21.6～26.4	100	3.1	74.4	8,200	1.85	65.3	1,950	7.83	69		
			20	0.19	4.56	2,800	0.58	20.4	121.0	0.48	44		

注1: 入力PWM周波数：25kHz
注2: PWMデューティサイクル0% 時の回転速度は0min

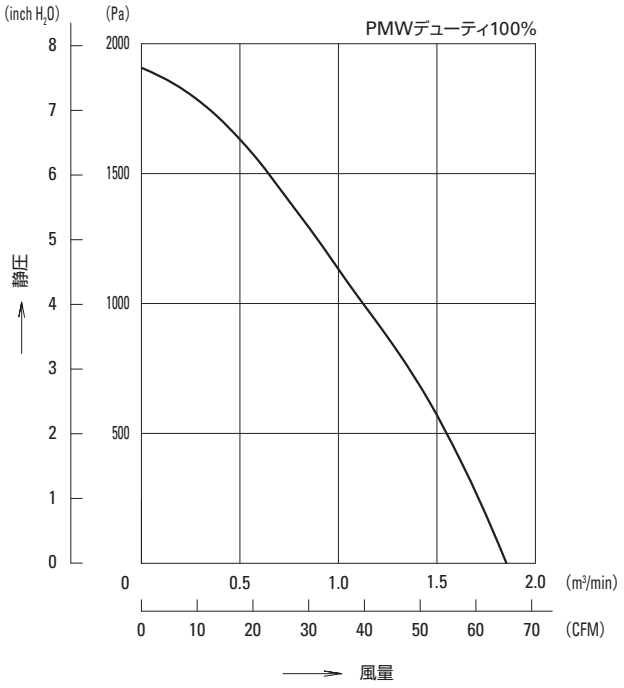


図3　開発品の風量－静圧特性例

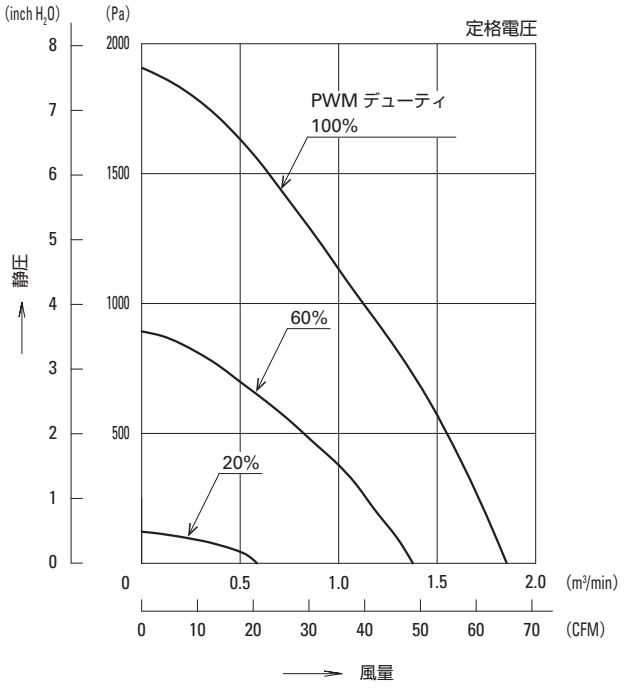


図4　PWM DUTY CYCLEに対する風量－静圧特性例

4. 開発のポイント

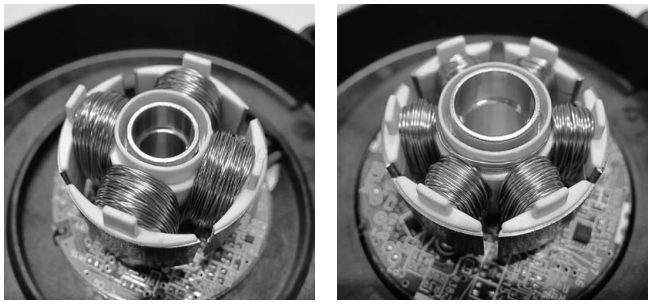
開発品は，大型サイズの三相モータを採用し，羽根を新規設計し，従来品に比べ回転速度の高速化によって高静圧･高風量を実現した。

以下に開発品のポイントについて説明する。

4.1 モータ設計

回転速度を高速にするとモータの自己発熱も高くなる。すなわち回転速度の高速化のためには，モータを高効率化してモータの自己発熱を低く抑える必要がある。従来品には4スロット単相モータを採用していたが，開発品はより高効率な大型サイズの6スロット三相モータを採用し，モータの自己発熱を低く抑えることによって，回転速度の高速化を実現した。

図5に従来品と開発品のモータ部を示す。



従来品　　開発品

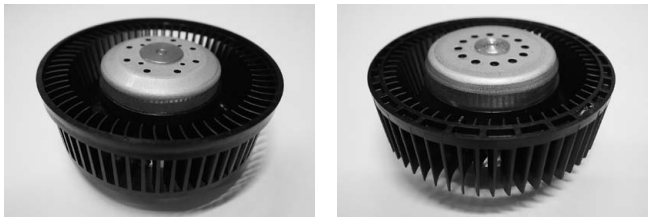
図5　従来品と開発品のモータ

4.2 羽根設計

ブロアは回転速度を高くすることで，高静圧特性を得られる。しかし回転速度の高速化は音圧レベルの増加にもつながる。回転速度の高速化を実現しつつ，できるだけ音圧レベルの上昇を抑えるために，空気の流れがスムーズになるよう，羽根下部の形状を工夫した。

また，回転速度の高速化を実現するためには，羽根が高回転時の遠心力に耐える必要があり，羽根の剛性アップが必要になる。羽根上部のガイドの形状を工夫して羽根の剛性アップを実現し，さらに羽根直径を大きくした。設計検証には3Dプリンターを活用し，モデルにて実計測を繰り返しながら羽根形状の最適化をおこない，高静圧・高風量を実現した。

図6に開発品と従来品の羽根形状を示す。



従来品　　開発品

図6　従来品と開発品の羽根形状

5. 従来品との比較

開発品は，大型サイズの三相モータを搭載し，羽根の新規設計をおこない回転速度を高めることによって，従来品に比べ大幅な高静圧・高風量を実現した。

以下に，開発品と従来品との特性比較をする。

5.1 風量－静圧特性の比較

開発品9BMC12P2G001と，同じサイズである従来品9BMB12P2K01との「風量－静圧特性」比較を図7に示す。最大静圧が1.5倍，最大風量が1.15倍と，静圧・風量を大幅に向上させた。

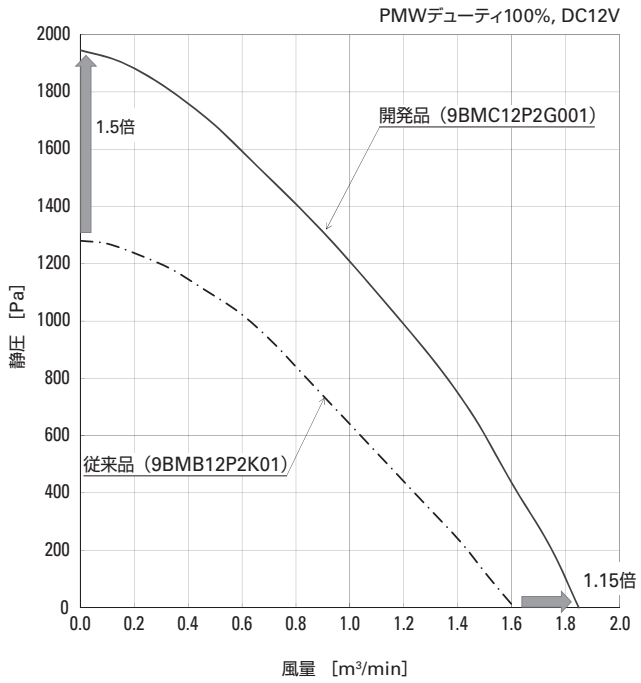


図7　風量－静圧　特性比較例

5.2 想定システムインピーダンス上での比較

開発品9BMC12P2G001と，従来品9BMB12P2K01との「風量－静圧－音圧レベル特性」比較と，想定システムインピーダンスカーブを図8に示す。システムインピーダンスとは装置固有の空力負荷を示すもので，システムインピーダンスカーブと，風量－静圧特性カーブとの交点が，その装置におけるブロアの動作点を表す。開発品は回転速度を速くして高静圧･高風量を実現した。そのためフリーエアー時の音圧レベルは，従来品が66dB（A），開発品が69dB（A）と，開発品が3dB（A）高い。

しかし使用される装置のシステムインピーダンス次第では，音圧レベルの差はもっと小さくなる。図8に示した想定システムインピーダンス上での動作点での風量を図9に示す。

この想定システムインピーダンス上の動作点での音圧レベルは，従来品が66dB（A），開発品も66dB（A）で同じだが，動作風量は従来品が1.18m³/min，開発品が1.45m³/minである。開

発品は従来品と同じ音圧レベルでありながら23%高い風量を実現している。

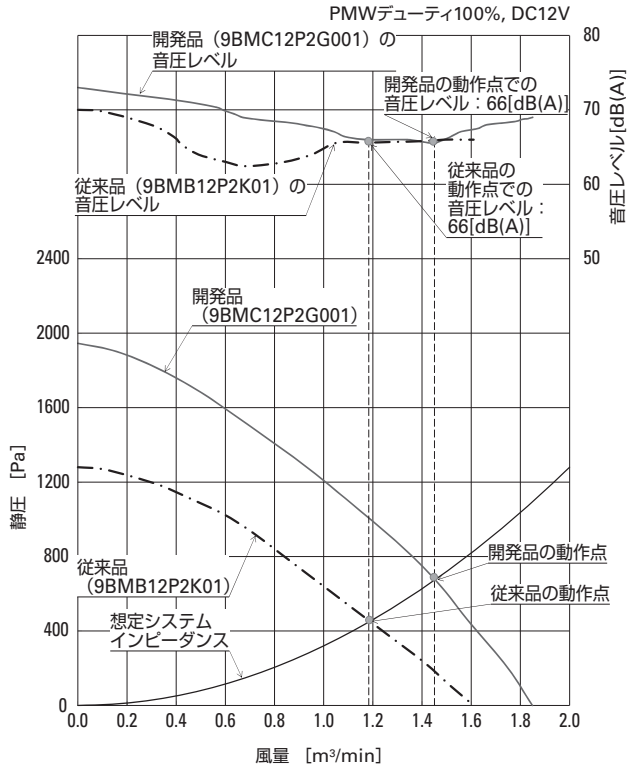


図8　風量－静圧－音圧レベル特性比較例

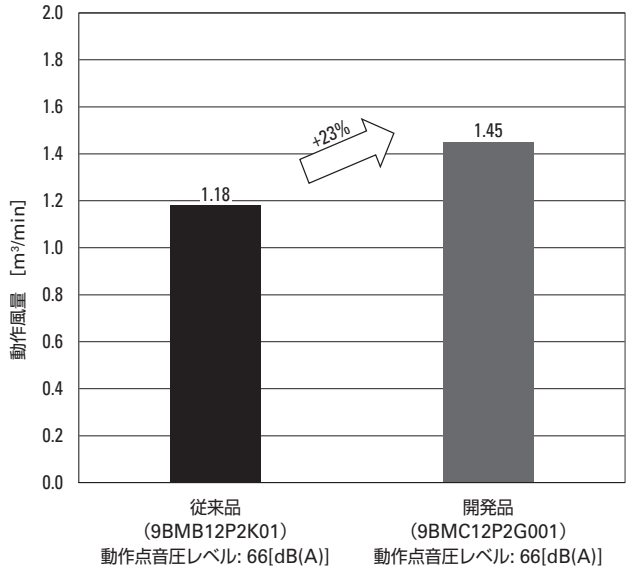


図9　想定システムインピーダンス上の動作点での動作風量比較

6. むすび

本稿では，開発した高性能ブロア97mm×33mm厚「San Ace B97」9BMCタイプの特長と性能の一部を紹介した。

開発品は，大型三相モータを採用し，羽根を新規設計することにより回転速度を高回転化し，当社従来品と比較し大幅な静圧向上と風量向上を実現した。

97mm×33mm厚ブロアは小型でありながら，高い静圧性能なので小さな空間での冷却や送風に非常に適しており，これまでも様々な用途で使用されてきた。開発品は更なる高静圧化と高風量化を実現したことにより，既存の装置に高性能，小型化など，新しい価値を提供できる。そして，新しい分野の装置にも価値を提供できるものと考えている。

文献

*1　2017年5月25日現在。同サイズのブロアとして。
　　当社調べ。

高桑 宗仙
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。

西沢 敏弥
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。

中山 章
2005年入社
SANYO DENKI PHILIPPINES, INC.　設計部
冷却ファンの開発，設計に従事。

大野 耕嗣
2015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。

栗林 宏光
1996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。

耐Gファン「San Ace 120GP」「San Ace 172GP」

稲田 直哉 *Naoya Inada*
渡辺 二朗 *Jiro Watanabe*
柳沢 篤史 *Atsushi Yanagisawa*
掛山 将人 *Masato Kakeyama*
児玉 晶生 *Masaki Kodama*
山崎 哲也 *Tetsuya Yamazaki*

1. まえがき

近年，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ている。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挙げられる。

医療用CTスキャナーの内部では，人体のスキャンをおこなう部位が高速で回転している。そのため，その部位を冷却するファンには大きな遠心加速度が加わる。今後，医療用CTスキャナーのさらなる高性能，高信頼性化が見込まれており，より大きな遠心加速度が加わる環境下で使用できるファンが求められている。

当社は，このような医療業界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（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

開発品の特長を以下に示す。

(1) 耐遠心加速度性能 75G
(2) 低消費電力
(3) PWM速度コントロール機能

図1，2に開発品の外観を示す。

図1　120mm×38mm厚　耐Gファン
「San Ace 120GP」9GPタイプの外観

図2　ø172mm×51mm厚　耐Gファン
「San Ace 172GP」9GP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。

ファンの外形サイズ，取付穴の寸法は，従来品と互換性を保っている。

3.2 特性

3.2.1 一般特性

表1，2に開発品の一般特性を示す。

3.2.2 耐遠心加速度特性

開発品は，耐遠心加速度性能　75G（常温，常湿，通電連続運転）を実現した。

3.2.3 風量－静圧特性

図5，6に開発品の風量－静圧特性例を示す。

3.2.4 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，低騒音，低消費電力を実現した。

3.3 期待寿命

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

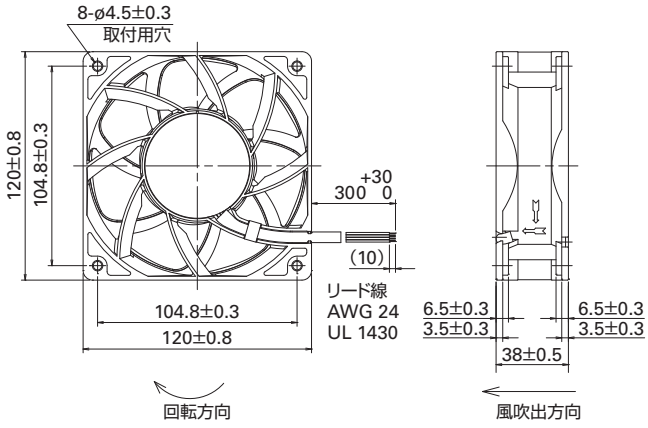


図3　120mm角38mm厚
「San Ace 120GP」の寸法緒元（単位：mm）

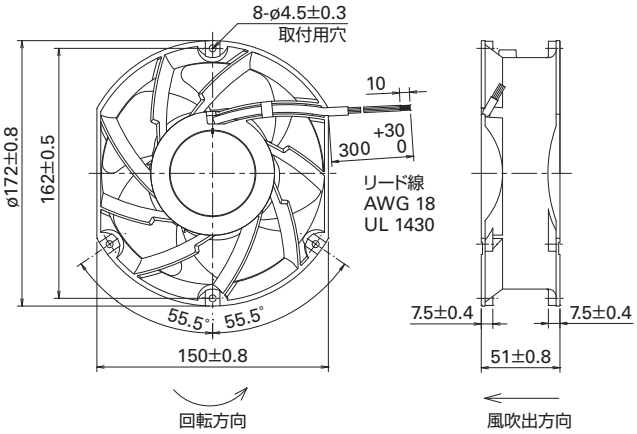


図4　ø172mm×51mm厚
「San Ace 172GP」の寸法緒元（単位：mm）

表1　120mm角38mm厚「San Ace 120GP」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 [℃]	期待寿命 [h]	耐遠心加速度 [G]
9GP1224P1G001	24	15 ～ 30	100	1.60	38.40	6,550	7.00	247.1	370	1.48	62	－20 ～ ＋70	40,000/60℃	75
			20	0.12	2.88	2,000	2.13	75.2	34.4	0.13	36			
9GP1248P1G001	48	36 ～ 60	100	0.80	38.40	6,550	7.00	247.1	370	1.48	62			
			20	0.08	3.84	2,000	2.13	75.2	34.4	0.13	36			

注：PWMデューティサイクル0%時の回転速度は0min⁻¹　　※入力PWM周波数：25kHz

表2　ø172mm×51mm厚「San Ace 172GP」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 [℃]	期待寿命 [h]	耐遠心加速度 [G]
9GP5724P5H001	24	16 ～ 30	100	5.0	120	8,000	12.3	434	1,000	4.02	77	－20 ～ ＋70	40,000/60℃	75
			20	0.5	12.0	3,000	4.6	162	175	0.70	51			
9GP5748P5G001	48	36 ～ 72	100	5.0	240	10,500	16.1	568	1,600	6.43	83			
			20	0.41	19.7	3,700	5.6	198	250	1.01	57			

注：PWMデューティサイクル0%時の回転速度は0min⁻¹　　※入力PWM周波数：25kHz

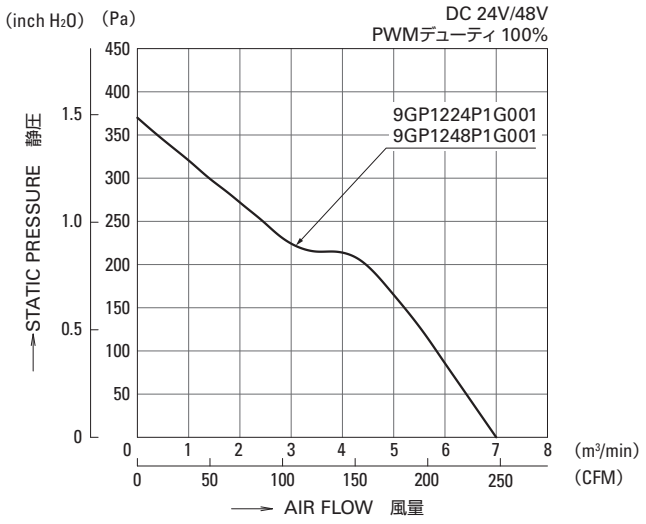


図5　120mm角38mm厚
「San Ace 120GP」風量－静圧特性例

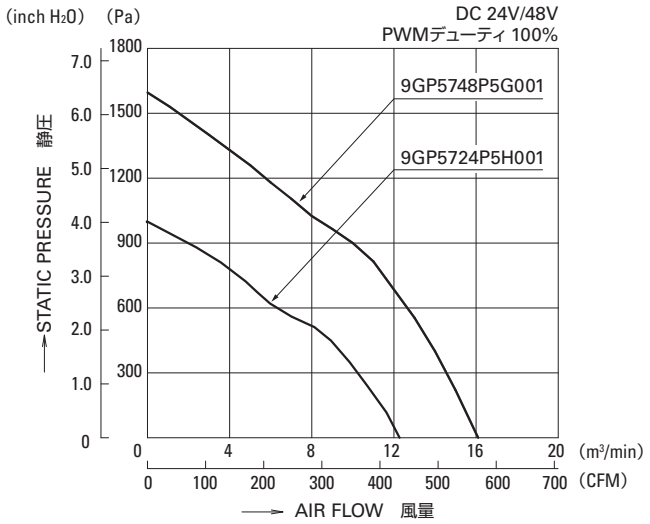


図6　ø172mm×51mm厚
「San Ace 172GP」風量－静圧特性例

4. 開発のポイント

今までの市場には無い新しい製品を開発するために，実際の使用方法を考慮する必要があった。そのため，遠心加速度が加わる環境下でファンを使用した場合の問題点の洗い出しをおこなった。合わせてシミュレーションによる強度解析をおこない，新規構造の検討をおこなった。得られた結果を反映した新しい構造を採用することで，遠心加速度75Gの環境に耐えることができるファンの製品化を実現した。

以下に開発のポイントについて説明する。

4.1 医療用CTスキャナーへの使用例

医療用CTスキャナーは人体の周囲をX線源と検出器が回転し照射されたX線の減衰を検出することで画像を構成している。この検出器などの冷却用としてファンが複数使用されている。

現在，医療用CTスキャナーはスキャン時間の短縮が求められており，高回転化が進んでいる。そのため，高回転化に伴う大きな遠心加速度に耐えられるファンを必要としている。

図7に医療用CTスキャナーでのファンの使用例を示す。

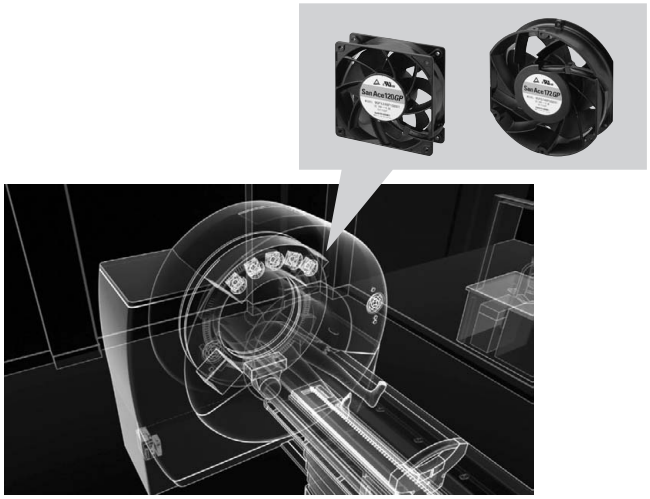


図7　医療用CTスキャナーでのファンの使用例

4.2 耐遠心加速度性能

実使用環境を考慮した場合，様々な取付方向で使用できることが望ましい。そのため，通電状態のファンに75Gの遠心加速度がX，Y，Z軸の方向に加わった場合でも正常に動作できる製品とした。

図8に耐えることができる遠心加速度方向を示す。

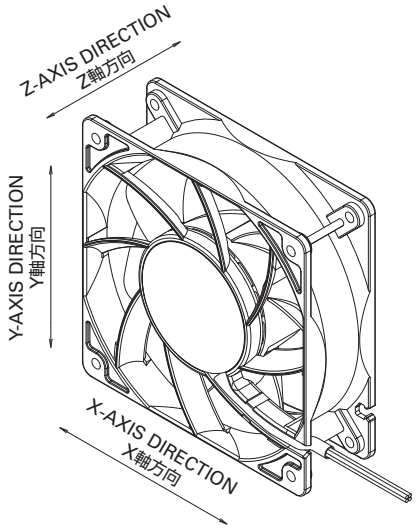


図8　遠心加速度方向

4.3 羽根設計

75Gの遠心加速度に耐えるファンにするため，羽根は高負荷に耐えられる構造が要求される。そのため，羽根とロータカバーを一体成形する構造を採用した。接合強度が増すことで，高負荷に耐えることが可能となった。

図9に開発品の外観を示す。

図9　開発品の羽根外観

4.4 フレーム設計

フレームは，高い剛性が必要なため，アルミフレームを採用した。また，シミュレーションを活用し，強度改善が必要な部分を特定し，ファン性能を低下させないよう強度アップを図り，負荷時の応力に耐えることを可能とした。

4.5 構造設計

構造設計は，遠心加速度が加わる環境下での問題点の抽出及びシミュレーション分析から，強度改善が必要な部位を特定し，重点的に強度アップを図り高剛性を実現した。

従来構造より大幅に改善した点の概略について，以下に示す。

(1)　ロータブッシュ部の剛性向上

ロータカバーとシャフトを接合する構造としてロータブッシュを使用している。剛性を高め強度アップを図るため，ロータブッシュの素材及び固定方法の見直しをおこなった。

(2)　軸受（ベアリング）の保持

ファンは、ロータ・羽根などの回転体を保持するため，

軸受（ベアリング）を使用している。

ファンに遠心加速度が加わることにより，回転体に遠心加速度に応じた力が常に加わる。この力に耐えられるようにするため，軸受を固定し，従来構造よりも外力に耐えることができる構造を採用した。

5. むすび

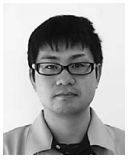
本稿では，開発した120mm×38mm厚，ø172mm×51mm厚 耐Gファン「San Ace 120GP」「San Ace 172GP」9GPタイプの特長と性能の一部を紹介した。

開発品は，新規設計により高剛性化を図ったことで耐遠心加速度性能75Gを実現した，業界初※1の耐遠心加速度製品である。

ますます高性能化が進む遠心加速度が加わる環境でファンを使用しているCTスキャナーなどの医療機器の冷却だけでなく，新たな市場の開拓に大きく貢献できる製品と考える。

今後も，あらゆる環境や市場に向けた製品や，新しい価値に貢献できる製品の開発をおこない，お客さまとともに夢を実現する製品を提供していく所存である。

※1　2017年8月25日現在。軸流DCファンとして。同サイズの場合。当社調べ。



稲田 直哉
2007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。

渡辺 二朗
1978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。

柳沢 篤史
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。

掛山 将人
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。

児玉 晶生
2015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。

新たな分野に価値を提供する電源関連技術

近藤 真二 *Shinji Kondo*
内堀 真宏 *Masahiro Uchibori*
山岸 伸一郎 *Shinichiro Yamagishi*
加藤 裕 *Yutaka Kato*

1. まえがき

2015年のCOP21でパリ協定が採択されたが，これはアメリカ，中国を含むすべての主要排出国に温室効果ガスの削減努力を求め，自主的に目標を出し国際的に相互レビューするという画期的なものであった。

日本は2030年に2013年比で26%削減という目標を設定しており，後に発表された各国の削減にかける費用の国際比較指標からも，日本の目標は非常に高いものであることが確認されている。

一方で東日本大震災以降，20%あったエネルギー自給率は6%になり，化石燃料依存率は62%から88%に上昇，電気料金も家庭用で約2割，産業用で約3割上昇している。エネルギーの調達コスト上昇は，製造業の競争力維持には大きな課題となる。経済成長率を上げながら省エネを進めるためには，次世代パワー半導体，水素利用，蓄電池といった技術革新のほか，人工知能やIoT（Internet of Things）を活用したエネルギー全体をマネジメントするといった，従来と異なる施策とそれに連係して新たなサービスや，製品が必要となる。私たちは，これら新たな分野を見据えて製品開発を進める必要がある。

本稿では，無停電電源装置と再生可能エネルギー関連製品について，新たな分野へ価値を提供できるパワーシステム事業部の取り組みを紹介する。

2.「SANUPS N11B-Li」の開発：耐環境性能を求められる分野への電源供給技術

出力容量が5kVA以下となる小容量の無停電電源装置（以下UPS）は，これまで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など屋内設備が主な市場であった。小容量UPS市場の新たな分野として，近年のモバイル機器の普及や震災の教訓などから，携帯電話の通信基地局，コインパーキング，屋外監視カメラ，交通信号機，防災設備などの，屋外設備のバックアップとしての用途が増加している。

これら屋外設備用途のUPSは，使用環境より幅広い動作温度範囲が必要となる。また，定期点検やバッテリ交換が容易に実施できないため，メンテナンスフリーとする必要がある。さらに，交通信号機などの社会インフラ機器や防災無線などの災害対策機器では，先の震災の教訓などから停電時バックアップ時間の長時間化が要求されている。

また，屋外に設置されるUPSは，設置スペースが限られるため，長時間のバックアップと小型化を両立することが求められる。従来の鉛蓄電池は体積や質量あたりのバックアップ時間が短いため，長時間バックアップ仕様は，広い設置スペースが必要であった。また，鉛蓄電池は，高温や低温では劣化が著しいため，屋外に設置すると短期間でのバッテリ交換が必要であった。

上述の課題を解決するため，エネルギー密度や寿命に優れたリチウムイオン電池（以下LiB）を採用し，発熱の少ない電力変換部とともに，屋外用の筐体に格納した，「SANUPS N11B-Li」シリーズを開発した。

LiBの採用により，従来の鉛蓄電池と比較して，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となった。またUPS内部部品の実装の工夫，冷却性能の向上，および耐温度性能の高いLiBを採用することにより，－20～＋50℃と広範囲な使用温度範囲を実現した。さらに筐体をIP65構造（ステンレス製）とすることで，屋外の過酷な環境での使用を可能とした。

今後も拡大が予想される，屋外用情報通信設備，信号機，防災設備等への電力バックアップ技術として利用いただけることを期待している。

図1 「SANUPS N11B-Li」の外観

3.「SANUPS P73L」の開発：再生可能エネルギーの有効活用分野に向けた電源供給技術

蓄電システムは低炭素社会の実現に寄与すると期待されている，スマートグリッドの中核技術の一つである。近年，中国，韓国メーカーや米国を中心とするベンチャー企業の進出で競争が激化し，蓄電池の種類や用途は大きく広がり，産業や暮らしにおける重要性はますます高まってきている。その中でも，従来の鉛蓄電池と比較して，高エネルギー密度・小型・軽量・長寿命を実現できるLiBが注目されている。

また，災害時の長時間停電に備え，バックアップ電源の設置を検討する自治体や民間企業の需要が増加している。その中でも，太陽電池とLiBを組み合わせた発電システムは，ピーク時の電力抑制，再生可能エネルギーを発電した場所で使用する地産地消，災害時に独立電源として使用できる利点など多岐にわたり注目されている。

LiBを組み合わせることで，これらの市場のニーズに応えられる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。以下に製品の概要と特長を紹介する。

本装置は，10kWパワーコンディショナユニット，10kW充電ユニット，および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を最大6台まで積み上げるビルドアップ方式である。

製品には「連系自立充電タイプ」と「連系自立タイプ」の2タイプあり，装置出力容量はそれぞれ10～60kWのラインアップがある。ここでは，蓄電池システムとして使用できる「連系自立充電タイプ」について説明する。

「連系自立充電タイプ」は，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，系統の停電時は自立運転により，特定負荷に交流電力を給電できる。さらに，自立運転時に蓄電池を用いることで，負荷に供給される電力と太陽電池の電力差分を蓄電池で吸収しつつ，太陽電池が最大電力となるように追従制御をおこない，太陽電池の発電電力を有効に活用できる。

これらの機能に加え，自立出力の並列化，太陽電池入力の一括化，自立運転の自動切り替えを実現したことにより，お客さまのニーズに対して，柔軟にシステムの提案ができる。

「SANUPS P73L」の開発で実現した技術が，再生可能エネルギーの有効活用の一助となることを期待している。

図2 「SANUPS P73L」の外観

4. システム状態監視サービス「SANUPS NET」の開発：IoT分野に向けた情報伝送技術

近年，モノのインターネットと言われる，IoTに対する関心が非常に高まっている。当社電源管理製品は，20年以上前からネットワーク通信技術を導入し，ネットワークを介して管理･監視する技術を提供してきた。そしてインターネットを含むネットワーク利用の拡大とともに，常に新たな通信方式を開発し続け，IoTの基礎となるネットワーク通信技術を培ってきた。

これまで，UPS等バックアップ用電源においては，主に構内LANで使用することを前提とした電源監視製品を提供してきた。監視対象としても同一の構内LAN上の電源装置を監視するものであった。

一方，太陽光発電システムにおいては，設置環境が屋外となり，構内LANの一部としての専用回線を設置することが困難な場合が多い。しかし，売電事業として太陽光発電システムを導入する発電事業者からは，遠隔地からシステムの稼動状況を監視するなど，複数のシステムのデータを一元管理することが求められてきた。

このような要求に応えるために，太陽光発電システム状態監視サービス「SANUPS NET」を開発した。

本製品のシステム構成例を図3に示す。

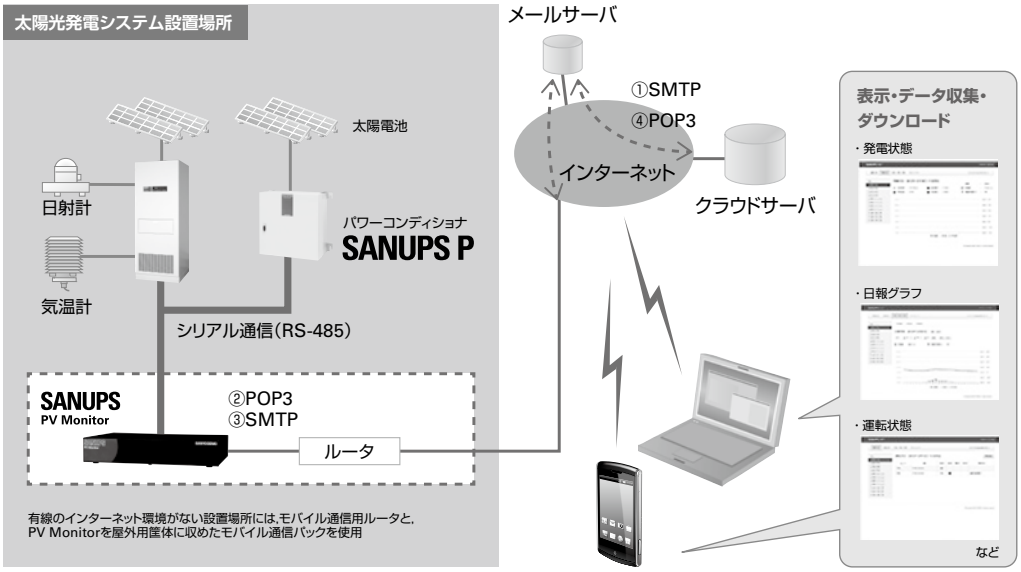


図3　システム構成

本システムでは，太陽光発電用パワーコンディショナの情報を「SANUPS PV Monitor」(以下PV Monitor) により収集する。収集した情報をインターネット上のクラウドサーバに伝送し，お客さまはインターネットに接続したスマートフォン等の端末から，クラウドサーバ上の情報を確認することで，太陽光発電システムの状態を遠隔から監視できる。

クラウドサーバは，E-Mailの汎用プロトコルであるSMTPプロトコルを利用し，PV Monitorに対して各種情報要求をおこなう (図3 ①)。

PV Monitorは，POP3プロトコルを利用して，クラウドサーバからの要求メールを確認し (図3 ②)，もし要求があれば，SMTPプロトコルを利用して，要求されたデータをクラウドサーバに送信する。(図3 ③)。

クラウドサーバは，POP3プロトコルを利用して，PV Monitorからの各種情報メールが届いていないか確認し，メールが届いていれば情報を保存する (図3 ④)。

この通信方式において，お客様ネットワーク環境内でのすべての情報転送はPV Monitorを基点に行われており，お客さまのネットワーク環境に外部から直接アクセスされることはなく，セキュリティが十分確保された通信を実現している。また，E-Mail送信では，SMTP認証による迷惑メールの送信規制がおこなわれ，この点でもセキュリティが確保された方式といえる。

本システムによって，お客さまは，インターネットに接続できる環境であれば，特別なソフトウェアのインストールは必要とせず，パソコンやスマートフォンからWebブラウザで遠隔地にある太陽光発電システムの発電状況や運転状況を，安全に監視できる。

今後は本システムの利用範囲を広げ，太陽光発電システムだけでなく，あらゆるシステムの監視対象とすることで，製品のIoT利用に向けた技術を提供して行きたい。

5. むすび

本稿では，電源関連市場の新たな分野に価値を提供する，パワーシステム事業部の取り組みを紹介した。

今後も市場の変化から産まれる新たな分野を的確に捉え，そこに新しい価値を提供できる技術開発に努めてゆく所存である。

近藤 真二
1985年入社
パワーシステム事業部　設計第二部
電源機器，監視装置の開発，設計に従事。

内堀 真宏
2013年入社
パワーシステム事業部　設計第一部
太陽光発電システムの開発，設計に従事。

山岸 伸一郎
1991年入社
パワーシステム事業部　設計第二部
無停電電源装置の開発，設計に従事。

加藤 裕
1991年入社
パワーシステム事業部　設計第二部
電源機器，監視装置の開発，設計に従事。

電源管理製品のWeb表示方法の開発

原 有希 *Yuki Hara*
加藤 裕 *Yutaka Kato*
吉沢 勝浩 *Katsuhiro Yoshizawa*
水口 清志 *Kiyoshi Mizuguchi*
荻原 博紀 *Hironori Ogihara*

1. まえがき

「LANインタフェースカード」を始めとする電源管理製品では,「Javaアプレット」という技術を用いて, Webブラウザ上に設定画面（以下, Web管理ツール）を表示する技術を採用してきた。かつてはJavaアプレットを採用することで, 数あるWebブラウザの仕様の違いに左右されることなく, 機能性に富んだ画面を表示できるメリットがあった。

しかし, 近年ではセキュリティ向上の観点から, Javaアプレットのような, Webブラウザ上でアプリケーションを実行する形態の技術は, その使用を避ける動きがある。これを受けて, 2017年8月現在, Javaアプレットを使用できるWebブラウザはInternet Explorerのみとなっている。

また, 2017年9月にリリースされる予定の, Javaアプレットを使用するために必要なソフトウェアである「Java」のバージョン9（以下, Java9）では, Javaアプレットを使用することが推奨されなくなった。

これらの背景から「電源管理製品のWeb表示方法の開発」をおこない, Javaアプレットの代替技術である「Java Web Start」を採用した。本稿では, その概要を紹介する。

2. 電源管理製品の概要

電源管理製品とは, 当社の無停電電源装置（以下, UPS）や, 太陽光発電システム用パワーコンディショナ（以下, パワコン）と組み合わせて使用する, オプション製品の総称である。

製品の一例として, UPSには「LANインタフェースカード」を組み合わせることで, UPSの運転状況の監視や, 長時間の停電発生時には, コンピュータなどの負荷装置を自動でシャットダウンすることができる。また, パワコンには「SANUPS PV Monitor」を組み合わせ, 発電量の表示, 集計や, パワコンの運転状況の監視をおこなうことができる。

これらの製品の設定や, 運転状況の履歴の確認は, Web管理ツールを使用しておこなう。また「LANインタフェースカード」は, UPSの運転状況をグラフィカルに表示する表示画面（以下, Web表示ツール）を備えている。

「LANインタフェースカード」の外観を図1に, Web管理ツールの画面を図2に, Web表示ツールの画面を図3に示す。

図1 「LANインタフェースカード」の外観

図2 Web管理ツール

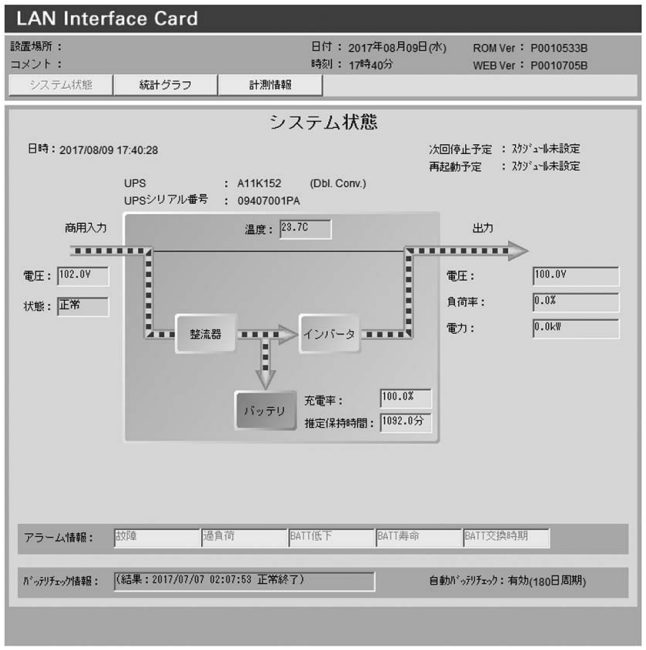


図3　Web表示ツール

3. Java Web Startの概要

前述の通り，Webブラウザ上で動作するアプリケーションを使用することは難しくなっている。

Java Web Startではこの問題を解決するため，Javaアプレットの際にはWebブラウザ上で動作させていたプログラムを，1つのアプリケーションとして動作させる。これにより，Webブラウザの違いに左右されない従来の特長はそのままに，Javaアプレットの際と同じWeb管理ツールとWeb表示ツールを使用することができる。

また，画面の構成も変わらないため，現在電源管理製品をお使いのお客さまでも，違和感なくJava Web Startを搭載した電源管理製品をお使いいただくことができる。

図4にJavaアプレットでWeb管理ツールを表示する場合と，Java Web StartでWeb管理ツールを表示する場合の，表示イメージを示す。

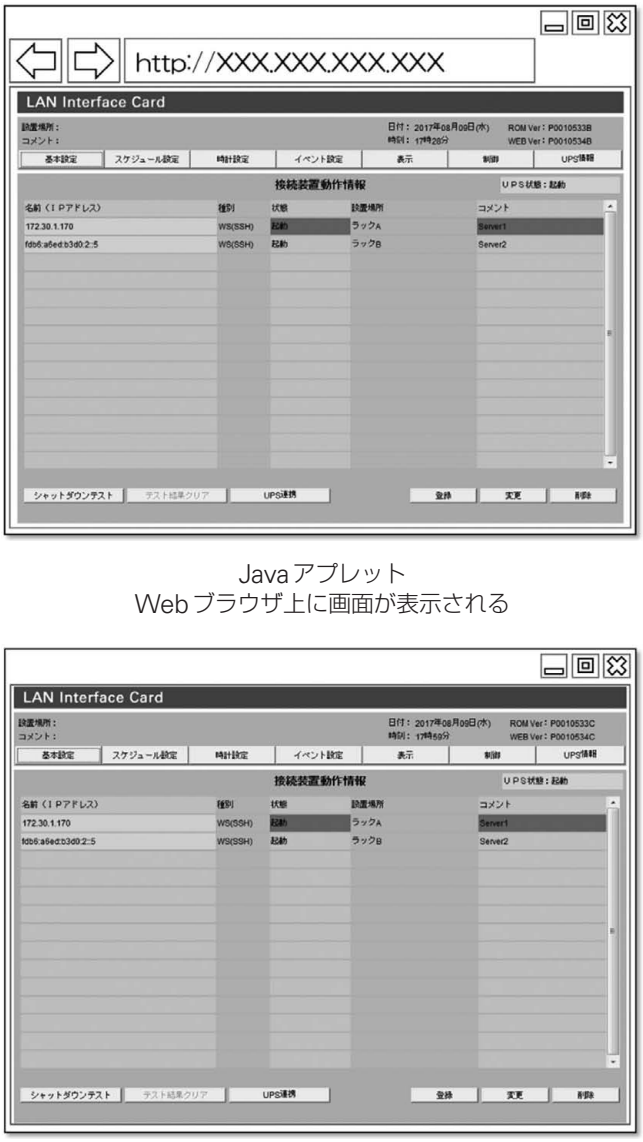


図4　JavaアプレットとJava Web Startの表示イメージ

4. Java Web Startの特長

4.1 Web管理ツール，Web表示ツールの使用方法

Web管理ツール，Web表示ツールの使用方法

Java Web Startを搭載した電源管理製品の，Web管理ツールを表示するまでの手順を以下に示す。また，図5に図示する。

手順1　Webブラウザから電源管理製品にアクセスする
手順2　Web管理ツールの起動ファイル（JNLPファイル）がダウンロードされる
手順3　起動ファイルを実行する
手順4　Web管理ツールが表示される

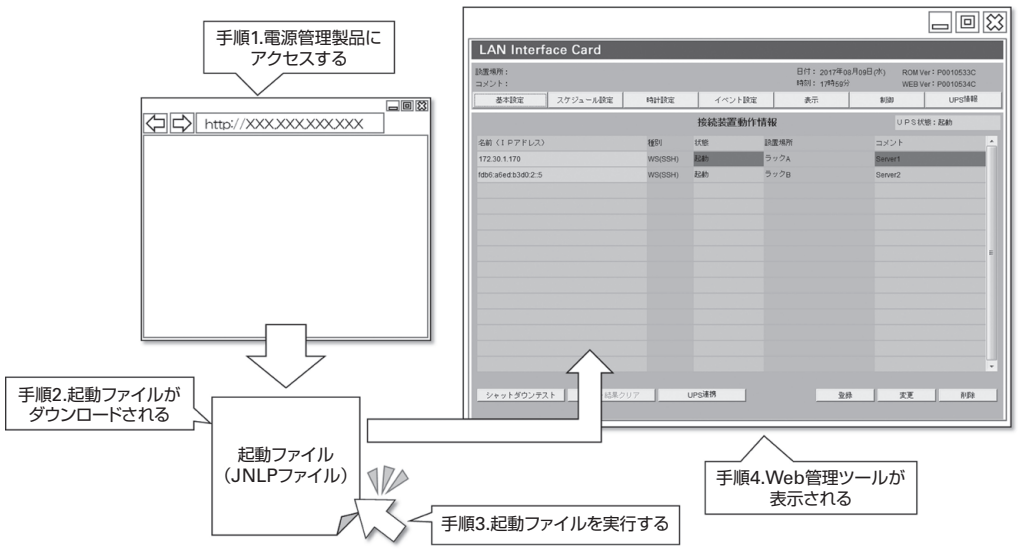


図5　Java Web Startを使用してWeb管理ツールを表示する手順

手順1ではWebブラウザを使用して，Java Web StartでWeb管理ツールを表示するための，起動ファイルをダウンロードする。Webブラウザ上でアプリケーションを実行することはないため，Internet Explorer以外のWebブラウザ（Google Chrome，Firefox，Microsoft Edgeなど）でも，Web管理ツールを表示できる。

また，手順2の起動ファイルを保存しておけば，以降はダブルクリックするだけで，Webブラウザを介することなくWeb管理ツールを表示できる。この特長により，Web管理ツールを開くためにWebブラウザを起動する必要がなくなるため，よりシンプルに電源管理製品をお使いいただける。

なお，これらの手順と特長は，Web表示ツールでも同様である。

4.2 Javaアプレットも引き続き使用可能

Java Web Startを搭載した製品でも，今までと同じように，Javaアプレットを使用してWeb管理ツールとWeb表示ツールを表示できる。この特長から，お客さまの運用上，Javaアプレットを使用する必要がある場合などでも対応できる。

5. 本開発の対象製品

表1に，本開発によってJava Web Startを搭載した電源管理製品の一覧を示す。

表1　Java Web Startを搭載した電源管理製品一覧

製品名	製品型番
LANインタフェースカード（IPv6対応品）	PRLANIF011，PRLANIF012，PRLANIF013，PRLANIF014，PRLANADP011，PRLANADP012，PRLANBOX011，PRLANBOX012
LANインタフェースカード（IPv6非対応品）	PRLANIF003，PRLANIF004，PRLANIF005，PRLANIF006，PRLANADP001，PRLANADP002，PRLANBOX001，PRLANBOX002
LANインタフェースカード（100BASE-TX/10BASE-T対応品）	PRLANIF001，PRLANIF002，PRE11A01など
LANインタフェースカード（10BASE-T専用品）	PRASC04C，PRASD01，PRASE03など
SANUPS SOFTWARE Ver.3	PMS50B00，PMS51B00など
SANUPS SOFTWARE Ver.2	PMS40H00，PMS41H00など
SANUPS T11A/T11B	T11A152A001R，T11A202A002R，T11B152A001R，T11B402A002Rなど
SANUPS MT15A/MT15B	MT15AW03，MT15BW03など
SANUPS IT Monitor	EV01W02
SANUPS PV Monitor Type C	PVMBC21
SANUPS PV Monitor E Model	PVMB011
SANUPS PV Monitor	PVMB001B
SANUPS Monitor K	SMON-K-001

前述の通りJava9のリリース後は，Javaアプレットの使用が推奨されなくなる。このことから，現在電源管理製品をお使いのお客さまがJava9のリリース後も安心してご使用いただけるよう，販売を終了した製品に対しても開発をおこなった。

現在お客さまがお使いの電源管理製品については，製品のプログラムを更新いただくことで，Java Web Startが使えるようになり，Java9のリリース後も引き続きお使いいただくことができる。

6. 仕様

Java Web Startを使用して，Web管理ツールおよびWeb表示ツールを表示するために必要となるソフトウェアを表2に示す。

表2　必要なソフトウェア

ソフトウェア	説明
Java	Java Web Startを使用するために必要。 バージョンは7以上であること。
Webブラウザ	起動ファイルをダウンロードするために必要。 Internet Explorer，Google Chrome，Firefox，Microsoft Edgeなど各種Webブラウザを使用可能。 Internet Explorerの場合，バージョンは8以上であること。

7. むすび

本稿では，「電源管理製品のWeb表示方法の開発」の概要を紹介した。本開発によって，電源管理製品ではJava Web Startを使用できるようになり，Java9のリリース後も安心してお客さまにご使用いただけるようになった。

画面を表示する技術は，日々進化を遂げている分野である。これらの変化をいち早く捉え，より良い技術を製品に反映していけるよう，今後も製品開発に邁進していく所存である。

原 有希
2013年入社
パワーシステム事業部　設計第二部
電源機器，監視装置の開発，設計に従事。

加藤 裕
1991年入社
パワーシステム事業部　設計第二部
電源機器，監視装置の開発，設計に従事。

吉沢 勝浩
1989年入社
パワーシステム事業部　設計第二部
電源機器，監視装置の開発，設計に従事。

水口 清志
1994年入社
パワーシステム事業部　設計第二部
電源機器，監視装置の開発，設計に従事。

荻原 博紀
2005年入社
パワーシステム事業部　設計第二部
電源機器，監視装置の開発，設計に従事。

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

庄山 祐平 *Yuhei Shoyama*
山岸 伸一郎 *Shinichiro Yamagishi*
柏木 喜継 *Yoshitsugu Kashiwagi*
荻原 康彦 *Yasuhiko Ogihara*
白鳥 直樹 *Naoki Shiratori*
滝沢 秀徳 *Hidenori Takizawa*
木村 博文 *Hirofumi Kimura*
村井 丈夫 *Takeo Murai*
柳原 一哉 *Kazuya Yanagihara*
小澤 翔太 *Shota Ozawa*
斉藤 博之 *Hiroyuki Saito*
平栗 一也 *Kazuya Hiraguri*

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，屋内用小容量無停電電源装置（以下，UPS）を提供してきた。近年，通信基地局，交通信号機，計画停電時の電力確保，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。

屋外では厳しい環境での使用が想定され，広温度範囲での動作，設置スペースの確保，長時間バックアップやメンテナンスの軽減などが求められる。

しかし，これまで小容量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。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である。

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を実現できる。さらに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が実現できる。

本稿では従来品「SANUPS A11K」の大容量充電機能を有効利用し，LiBとのインタフェース機能を組み込んだ「SANUPS A11K-Li」,「SANUPS N11B-Li」シリーズについて概要を紹介する。

2. 製品の概要

「SANUPS A11K-Li」は常時インバータ給電方式，「SANUPS N11B-Li」は常時商用給電方式を採用している。「SANUPS A11K-Li」は従来品と同様に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することができる。

2.1「SANUPS A11K-Li」

「SANUPS A11K-Li」は，出力容量1.5kVA，3kVA，5kVAをラインアップした。

図1に「SANUPS A11K-Li」シリーズの外観を示す。

図1 「SANUPS A11K-Li」シリーズの外観

2.2「SANUPS N11B-Li」

「SANUPS N11B-Li」は，出力容量1kVA，1.5kVAをラインアップした。

図2に「SANUPS N11B-Li」シリーズの外観を示す。

図2 「SANUPS N11B-Li」シリーズの外観

3. 製品の特長

3.1「SANUPS A11K-Li」,「SANUPS N11B-Li」共通の特長

3.1.1 幅広い使用温度範囲

「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。極寒，酷暑の地域でも安心して使用ができる。

3.1.2 メンテナンスフリー

従来品は，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。このメンテナンスフリーにより，バッテリ交換の費用を削減できる。

3.1.3 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3に「SANUPS N11B-Li」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。

全機種で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。

3.1.4 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。

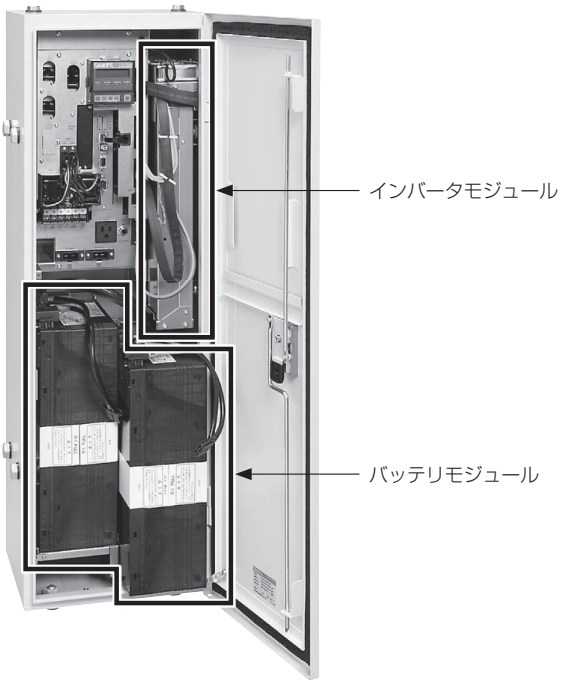


図3 インバータモジュールおよびバッテリモジュール
（「SANUPS N11B-Li」1kVA）

3.2「SANUPS A11K-Li」の特長

3.2.1 省スペース化

従来品で採用している鉛蓄電池と比較し，約1/2の体積のため，少ないスペースで設置ができる。

※初期バックアップ時間が同等の場合

3.2.2 ワイドレンジ入力

入力電圧の許容範囲は，従来品と同様に負荷率が70%を超えると定格電圧の－20% ～＋20%，負荷率が70%以下では－40% ～＋20%とワイドレンジ入力を実現している。

入力のワイドレンジ化により，不安定な電源環境でも，バッテリ給電に切り換わる頻度を減らし，バッテリの消耗，劣化を抑えることができる。

3.2.3 高力率

従来品と同様に負荷力率は0.8のため，サーバなどの高力率の装置にも給電ができる。

3.3「SANUPS N11B-Li」の特長

3.3.1 省エネルギー

常時商用給電方式により消費電力を抑え，変換効率95%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。

3.3.2 屋外設置

筐体は密閉構造である。これにより，通信基地局，交通信号機，コインパーキングなどの屋外用電源バックアップとして使用ができる。

3.3.3 外来固形物に対する保護・防水性能

本装置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。

本製品は，保護性能試験において，保護等級IP65※を達成した。

※「JIS C 0920 電気機械器具の外郭による保護等級（IPコード）」に規定されている等級分類。
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。

4. 回路構成

図4に「SANUPS A11K-Li」の回路系統図を示す。
図5に「SANUPS N11B-Li」の回路系統図を示す。

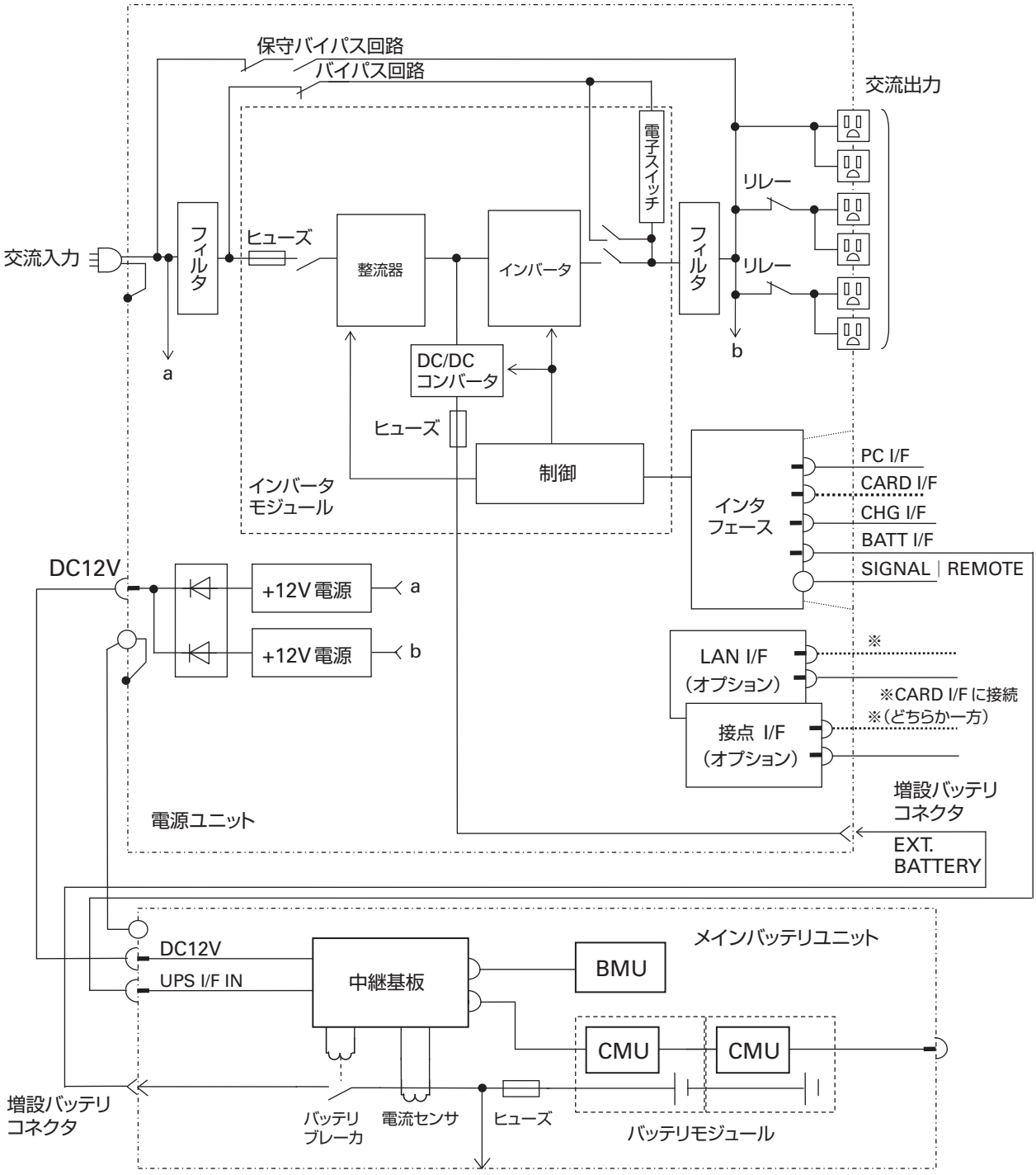


図4 「SANUPS A11K-Li」回路系統図

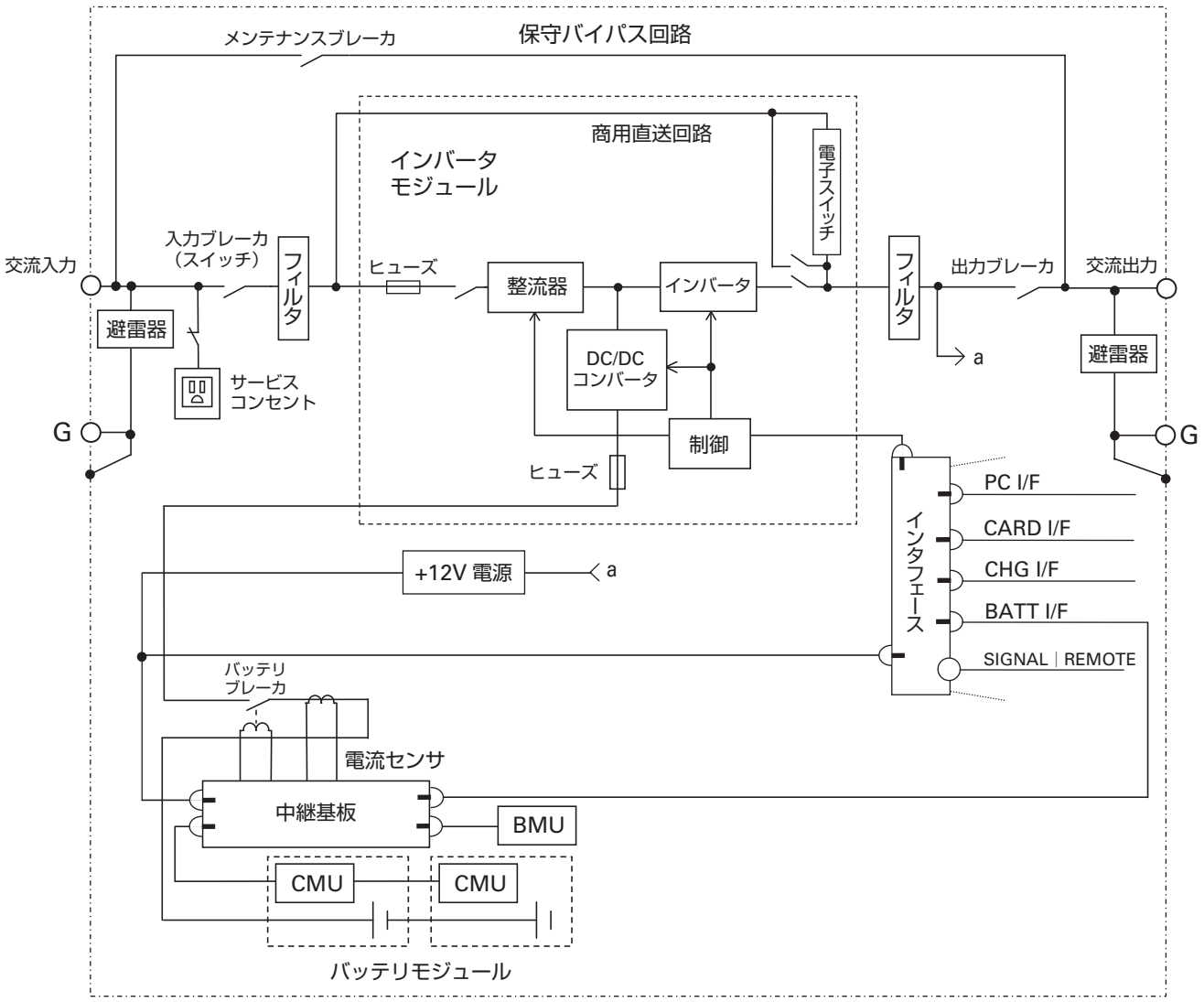


図5 「SANUPS N11B-Li」回路系統図

「SANUPS A11K-Li」は主回路, 制御回路, 通信インタフェース回路などで構成される「電源ユニット」と, バッテリモジュール, 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「バッテリユニット」を組み合わせた構成となる。

「SANUPS N11B-Li」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, 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。

4.1 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。

5. 仕様

表1に「SANUPS A11K-Li」の標準仕様，表2に「SANUPS N11B-Li」の標準仕様を示す。

表1 「SANUPS A11K-Li」シリーズ仕様

項目			単位	定格または特性			備考
型名			−	A11KL152	A11KL302	A11KL502	
定格出力容量			kVA/kW	1.5/1.2	3/2.4	5/4	皮相電力／有効電力
方式	給電方式		−	常時インバータ給電			
	冷却方式		−	強制空冷			
	INV方式		−	高周波PWM方式			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 ±20以内			負荷率が70%以上の場合
				定格電圧 −40, +20以内			負荷率が70%未満の場合 復帰電圧は−20%以上
	定格周波数		Hz	50または60			周波数は自動判別(注1)
	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	1.5以下	3.0以下	5.3以下	バッテリ回復充電時の最大容量
	力率		−	0.95以上	0.97以上		入力電圧歪率が1%未満の場合
交流出力	相数・線数		−	単相2線			
	定格電圧		V	100,110,120			電圧波形：正弦波
	電圧整定精度		%	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		%	定格周波数±1,3,5,7以内 (初期値±3)			周波数精度は設定変更可能 (±1,3,5,7%) バッテリ運転時は±0.5%以内(注1)
	電圧波形歪率		%	3以下／7以下			線形負荷／整流器負荷・定格運転時
	過渡電圧変動	負荷急変時	%	定格電圧±5以内			0⇔100%変化，出力切換時
		停電・復電時	%				定格運転時
		入力電圧急変時	%				±10%変化
		応答時間	以下	5サイクル			
	負荷力率		−	0.8（遅れ）			変動範囲 0.7（遅れ）～1.0
	過電流保護		%	105以上			バイパス回路へ自動切換(注1)
	過負荷耐量	インバータ	%	105以上			200ms
		バイパス		200/800			30秒間／2サイクル
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	100/200/300/400	50/100/150/200	30/60/90/120	周囲温度25℃，定格出力時，初期値
騒音			dB	45以下	46以下	46以下	装置正面1m，A特性 (周囲温度40℃以下の場合)
				51以下	55以下	55以下(注2)	装置正面1m，A特性 (周囲温度40℃を超える場合)
使用環境	周囲温度		℃	−20～+55			(注3)
	相対湿度		%	10～90			結露なきこと
保存環境			℃	−20～+55			(注4)

注1 交流入力周波数が，定格周波数の±3%（1，3，5，7%変更可）の範囲にあり，かつ交流入力電圧が定格電圧±20%の範囲内にあるとき（負荷率が70%未満の場合は−40%～+20%），インバータは交流入力と同期運転し，バイパス回路への無瞬断切換えができる。なお，交流入力周波数が設定範囲を超えた場合はバッテリ運転となる。

注2 バッテリ電圧が低下したときは，60dB以下。

注3 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。

注4 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。

表2 「SANUPS N11B-Li」シリーズ仕様

項目			単位	定格または特性		備考
型名			−	N11BL102	N11BL152	
定格出力容量			kVA/kW	1/0.8	1.5/1.2	皮相電力／有効電力
方式	給電方式		−	常時商用給電		
	冷却方式		−	自然空冷 バッテリ運転時，高温時は強制空冷		
	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	1.4以下	2.1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	インバータ	%	105以上		200ms
		バイパス		200/800		30秒間／2サイクル
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	150		周囲温度25℃，定格出力時，初期値
騒音			dB	40以下	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		(注1)
	相対湿度		%	10～90		結露なきこと
保存環境			℃	−20～+55		(注2)

注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。
注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。

6. 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下記に示す。

(1)「SANUPS A11K-Li」,「SANUPS N11B-Li」共通
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。

(2)「SANUPS A11K-Li」
①設置スペースを少なくできるので，設置環境の選択肢が増える。
②入力電圧のワイドレンジ化により，不安定な電源環境でも，安全にバックアップができる。

(3)「SANUPS N11B-Li」
①屋外設備の電源バックアップができる。
②密閉構造のため，粉塵や雨水にさらされる環境でも使用できる。

7. むすび

今後も，情報通信技術はますます高度化し，社会的な重要性が高まっていく。また，様々な環境での用途が増え，UPSに対する要求も多様化していくと考えられる。

これらの市場要求に対応した迅速な製品開発をおこない，今後もお客さまが満足できる製品を提供していく所存である。

本UPSの開発，製品化にあたり，多くの関係者の協力と助言を得られたことに深く感謝する次第である。

文献

柳原 一哉ほか：『小容量無停電電源装置「SANUPS A11K」シリーズの開発』SANYODENKI Technical Report No.40（2015）

庄山 祐平
2009年入社
パワーシステム事業部　設計第二部
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　設計第二部
無停電電源装置の開発，設計に従事。

柏木 喜継
1989年入社
パワーシステム事業部　設計第二部
無停電電源装置の開発，設計に従事。

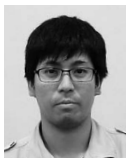
荻原 康彦
1991年入社
パワーシステム事業部　設計第二部
無停電電源装置の機構設計に従事。

白鳥 直樹
1992年入社
パワーシステム事業部　設計第二部
無停電電源装置の開発，設計に従事。

滝沢 秀徳
1997年入社
パワーシステム事業部　設計第二部
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　設計第二部
無停電電源装置の開発，設計に従事。

村井 丈夫
2012年入社
パワーシステム事業部　設計第二部
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　設計第二部
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　設計第二部
無停電電源装置の開発，設計に従事。

斉藤 博之
2015年入社
パワーシステム事業部　設計第二部
無停電電源装置の機構設計に従事。

平栗 一也
2016年入社
パワーシステム事業部　設計第二部
無停電電源装置の開発，設計に従事。

電力ピークカット機能付きパワーコンディショナ「SANUPS P73L」の開発

藤巻 哲也 *Tetsuya Fujimaki*
濱 武 *Takeshi Hama*
久保田 祐三 *Yuzo Kubota*
小林 隆 *Takashi Kobayashi*
石田 誠 *Makoto Ishida*
犬飼 将弘 *Masahiro Inukai*
内堀 真宏 *Masahiro Uchibori*

1. まえがき

東日本大震災以降，災害時の長時間停電に備え，バックアップ電源の設置を検討する自治体や民間企業の需要が増加している。その中でも，太陽電池とリチウムイオン蓄電池を組み合わせた発電システムは，ピーク時の電力抑制，再生可能エネルギーを発電した場所で使用する地産地消，災害時に独立電源として使用できる利点など多岐にわたり注目されている。

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」が既に製品化されているが，今回「SANUPS P73K」の機能・性能を踏襲しつつ，市場のニーズにより多く応えることが可能な機能を搭載した「SANUPS P73L」を開発した。本稿ではその概要と特長を紹介する。

2.「SANUPS P73L」の概要と特長

2.1 10～60kWのシステム構成

「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台まで積み上げるビルドアップタイプである。定格出力容量は10～60kWまで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。

2.2 回路構成と基本動作

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写真を示す。図2に連系自立充電タイプの基本回路構成，図3に連系自立タイプの基本回路構成を示す。

連系自立充電タイプは，パワーコンディショナユニットと充電ユニット，入出力箱から構成される。連系自立タイプは，パワーコンディショナユニットと入出力箱から構成される。パワーコンディショナユニットは，連系自立充電タイプのパワーコンディショナユニットと共通化を図っている。

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。充電ユニットは，双方向コンバータ回路により蓄電池の充電と放電の制御をおこなう。入出力箱は自立出力バイパス遮断器を備え，動力回路の切り替えをおこなう。系統を計測する電力トランスデューサの信号を入力し，自動でピークカットの開始と停止をおこなう。

連系自立タイプは，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，太陽電池の電力を系統および一般負荷に給電できる。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。入出力箱は自立出力バイパス遮断器を備え，動力回路の切り替えをおこなう。

図1 「SANUPS P73L」の外観写真

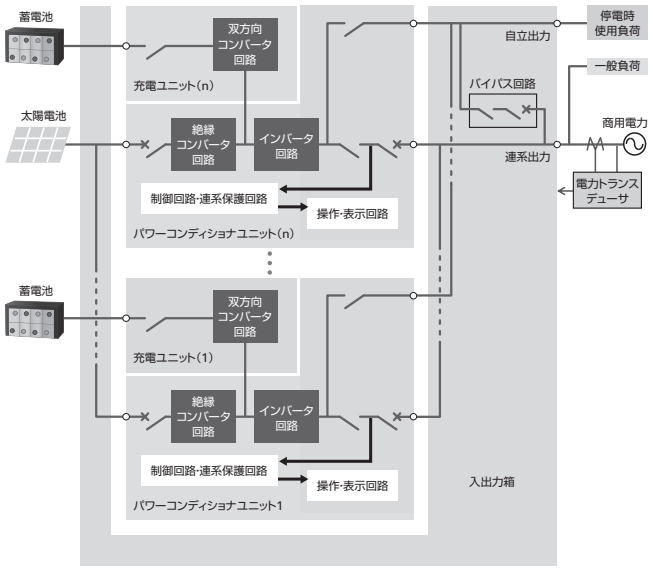


図2　連系自立充電タイプ基本回路構成

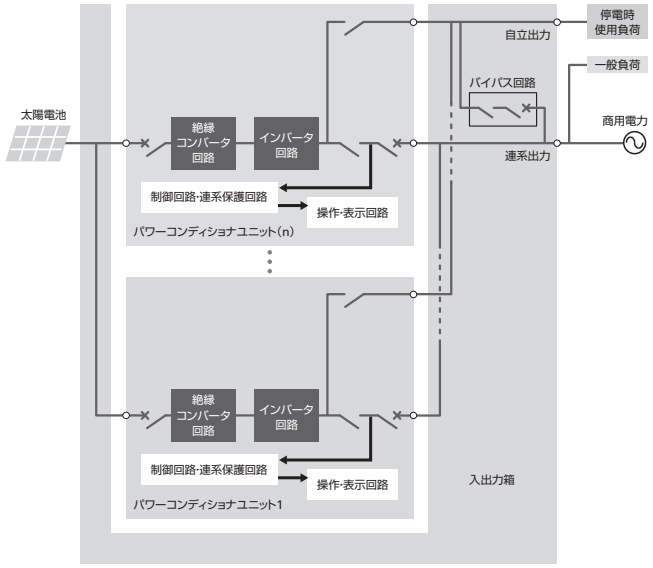


図3　連系自立タイプ基本回路構成

2.3 自立出力の並列化

既設計品「SANUPS P73K」の自立出力容量は最大10kVAであるが，今回の開発品である「SANUPS P73L」は，自立出力部の回路構成を見直し，自立出力の並列化をおこなうことにより，最大60kVAの電力を供給できるようにした。10kVAを超える自立出力容量を求めるシステムのニーズに対して，「SANUPS P73L」ではより柔軟に提案ができる。

2.4 太陽電池入力の1回路接続

既設計品「SANUPS P73K」の太陽電池入力の仕様は，10kW毎の多回路接続としていた。多回路接続の場合，10kW毎に太陽電池入力の配線を個別に入出力箱の端子台へ接続するため，配線本数が増え，施工が複雑になる短所もあった。「SANUPS P73L」では配線施工が容易な太陽電池入力の1回路接続を仕様へ追加し，ラインアップを拡充した。

2.5 双方向コンバータの効果

「SANUPS P73L」連系自立充電タイプでは，「SANUPS P73K」と同様に蓄電池入力に双方向コンバータを搭載した。この双方向コンバータにより，太陽電池の電圧と蓄電池の電圧を合わせる必要がないため，システム全体のコスト低減が可能になる。

また，太陽電池と蓄電池が直接接続される回路方式のパワーコンディショナでは，太陽電池の動作点が蓄電池の端子電圧となるため，MPPT制御が不可能となる。しかし，「SANUPS P73L」では新規開発の制御方式により，蓄電池への充放電中や自立運転中でも，最大出力追従制御により太陽電池の最大電力を出力するこができるため，大幅な発電量アップが期待できる。

2.6 自立運転モードへの切り替え機能

自立運転モードへの切り替えについて，「SANUPS P73L」では手動操作による切り替え機能に加えて，自動切り替え機能および，遠隔操作による切り替え機能を搭載している。

自動切り替え機能および，遠隔操作による切り替え機能を搭載することで，より柔軟にシステム導入の提案ができる。

3.「SANUPS P73L」の運転モード

「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。以下に，各運転モードの運転動作について説明する。

3.1 連系運転モード

図4に連系運転モード時の電力の流れを示す。連系運転モードは，以下の条件をすべて満たした場合に成立する。

- スケジュール設定により連系運転モードとなったとき
- 太陽電池の電力が一定以上ある
- 系統が正常である

連系運転モード時，太陽電池の直流電力を交流電力に変換し，系統と連系するために電圧調整および同期調整をおこない，交流電力を系統へ供給する。さらに，パワーコンディショナはMPPT制御をおこない，太陽電池の電力に応じた交流電力を系統へ供給する。このとき，太陽電池の電力が一般負荷の消費電力以上の場合には，系統へ余った電力を逆潮流する。

また，商用電力はバイパス回路を経由して停電時使用負荷にも供給される。

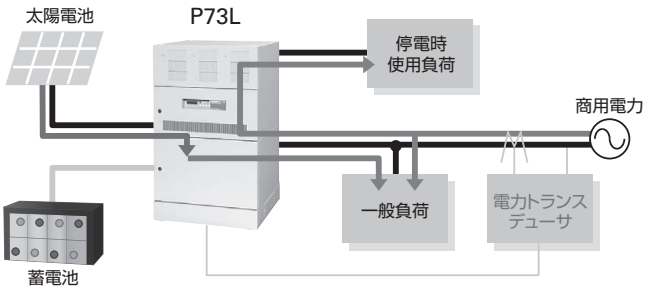


図4　連系運転モード

3.2 ピークカット運転モード

図5にピークカット運転モード時の電力の流れを示す。ピークカット運転モードは，以下の条件をすべて満たした場合に成立する。

- スケジュール設定によりピークカット運転モードとなったとき
- 系統が正常である
- 系統からの受電電力があらかじめ設定された値以上である
- 蓄電池の残容量が設定値以上である

ピークカット運転モード時，太陽電池と蓄電池の直流電力を交流電力に変換し，系統と連系するために電圧調整および同期調整をおこない，交流電力を一般負荷へ供給する。これにより，受電電力の増加を抑制する。

また，商用電力はバイパス回路を経由して停電時使用負荷にも供給される。

このとき，系統からの受電電力があらかじめ設定された受電電力値以下となった場合，パワーコンディショナは蓄電池の放電を停止する。

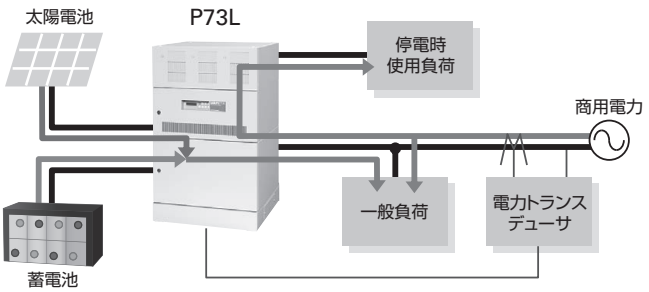


図5　ピークカット運転モード

3.3 充電運転モード

図6に充電運転モード時の電力の流れを示す。充電運転モードは，以下の条件をすべて満たした場合に成立する。

- スケジュール設定により充電運転モードとなったとき
- 系統が正常である

充電運転モード時，商用電力を直流電力に変換し，スケジュール機能で設定された電力で蓄電池を充電する。太陽電池電力は商用からの充電電力を補完し，太陽電池電力が充電電力より大きいときは，系統へ電力を供給する。

また，商用電力はバイパス回路を経由して停電時使用負荷にも供給される。

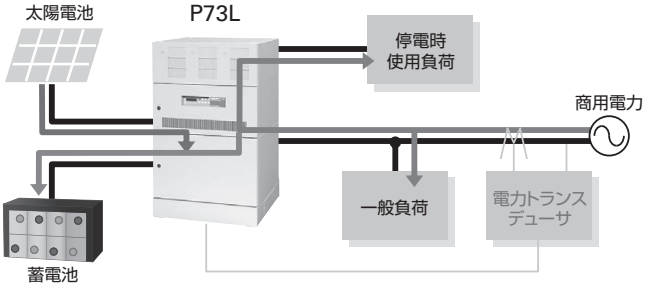


図6　充電運転モード

3.4 自立運転モード

図7に自立運転モード時の電力の流れを示す。自立運転モードは，以下の条件をすべて満たした場合に成立する。

- 手動切り替え，自動切り替えまたは遠隔操作による切り替えで自立運転モードとなったとき
- 蓄電池の残容量が設定値以上あるとき

自立運転モード時，太陽電池と蓄電池の直流電力を，交流電力に変換するとともに，電圧調整および波形整形をおこなって，定周波定電圧正弦波の交流電力を停電時使用負荷へ供給する。このとき，日射がないときでも蓄電池の電力を停電時使用負荷へ給電する。一方，太陽電池の発電が停電時使用負荷へ供給される電力より大きい場合，その余剰分を蓄電池へ充電する。

また，長時間の停電により自立運転が継続した場合，蓄電池の電力低下により直流電圧が一定値以下になると，パワーコンディショナは蓄電池保護のため自立運転を停止する。

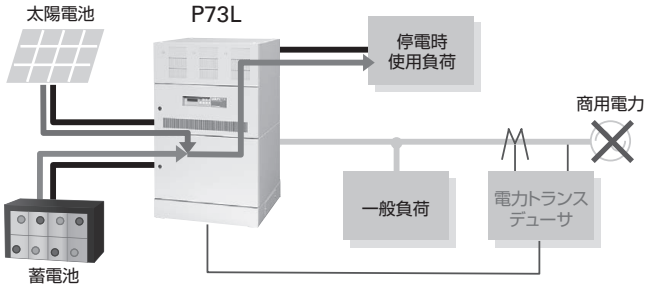


図7　自立運転モード

3.5 各運転モードの切り替え

図8に連系運転モード，ピークカット運転モード，充電運転モード，自立運転モードの各運転モードの切り替えを示す。

スケジュール設定により，自動で連系運転モード，ピークカット運転モード，充電運転モードの切り替えをおこなう。

自立運転モードの自動切り替え機能は，系統の停電を検出して自動で運転モードを自立運転モードに切り替える。遠隔操作による自立運転モードへの切り替え機能は，外部接点から入力される自立運転指令により，運転モードを自立運転モードに切り替える。

手動操作による切り替え機能と自動切り替え機能は，パワーコンディショナユニットの設定により機能の選択ができる。遠隔操作による切り替え機能は，手動操作による切り替え設定時に有効となる機能である。

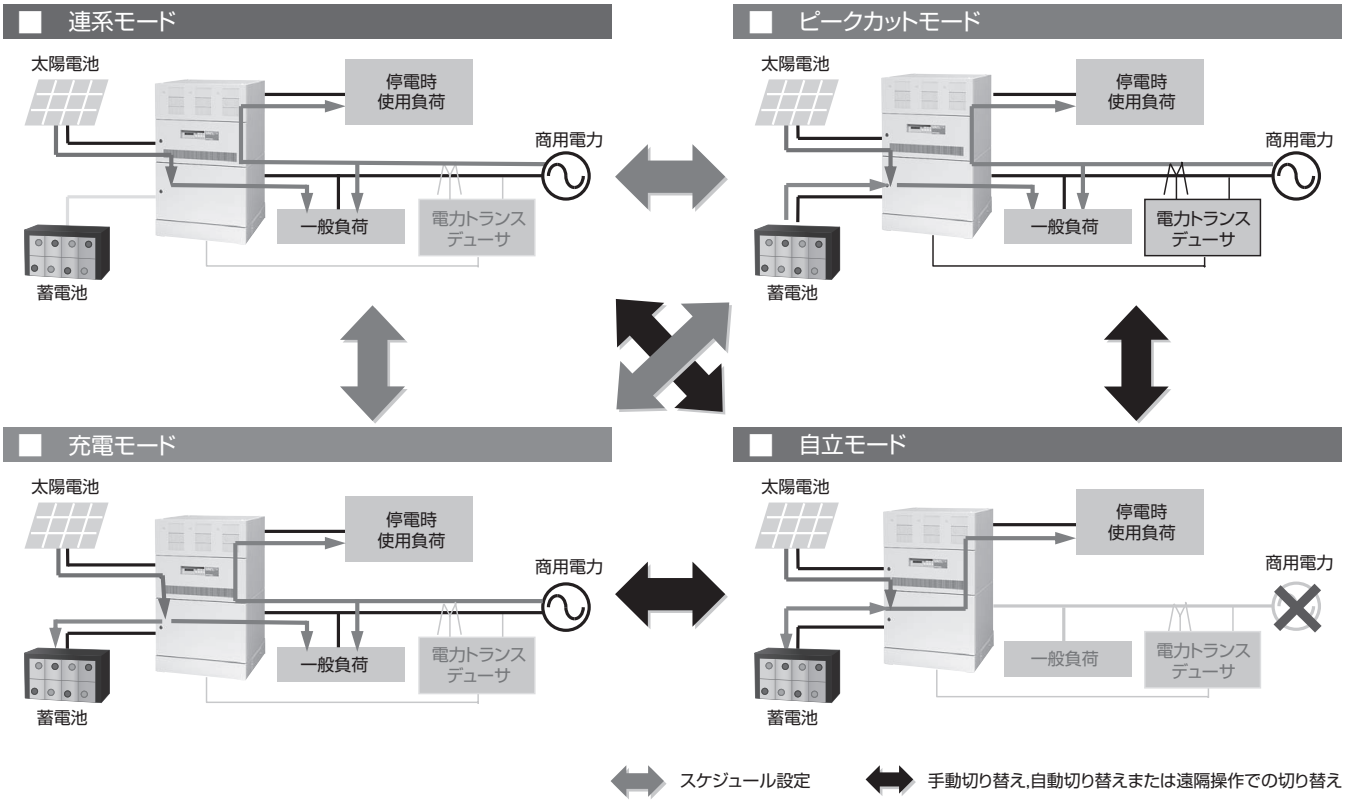


図8　各運転モードの切り替え

4. 仕様

表1に電力ピークカット機能付きパワーコンディショナ「SANUPS P73L」連系自立充電タイプの電気的仕様と，図9に外形寸法を示す。

また，表2に電力ピークカット機能付きパワーコンディショナ「SANUPS P73L」連系自立タイプの電気的仕様と，図10に外形寸法を示す。

表1 「SANUPS P73L」連系自立充電タイプの電気的仕様

項目 ＼ 型名		P73L103P	P73L203P	P73L303P	P73L403P	P73L503P	P73L603P
定格出力容量		10kW	20kW	30kW	40kW	50kW	60kW
主回路方式		自励式電圧型					
スイッチング方式		高周波 PWM					
絶縁方式	太陽電池入力	高周波絶縁方式					
	蓄電池入力	非絶縁方式					
冷却方式		強制空冷					
太陽電池入力	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）					
	最大出力追従制御範囲	DC190 ～ 540V					
蓄電池入出力	変動範囲	DC200 ～ 400V					
	最大充放電電力※	10kW × 1 回路	10kW × 2 回路	10kW × 3 回路	10kW × 4 回路	10kW × 5 回路	10kW × 6 回路
	充電電圧	出荷時設定：DC296V　調整範囲：DC200 ～ 400V（1V 刻み）（定格範囲：DC250 ～ 400V）					
連系出力	定格電圧	AC202V					
	定格出力電流	AC28.6A	AC57.2A	AC85.7A	AC114.3A	AC142.9A	AC171.5A
	定格周波数	50Hz/60Hz					
	相数・線数	三相３線					
	出力電流ひずみ率	総合電流 5％以下，各次調波 3％以下					
	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）					
自立出力	定格出力	10kVA（負荷力率 1.0）	20kVA（負荷力率 1.0）	30kVA（負荷力率 1.0）	40kVA（負荷力率 1.0）	50kVA（負荷力率 1.0）	60kVA（負荷力率 1.0）
	相数・線数	三相３線（オプションのスコットトランス盤を使用すると単相出力に変換することができます。）					
	定格電圧	AC202V					
	電圧精度	定格電圧 ± 8％					
	定格周波数	50Hz/60Hz					
	周波数精度	定格周波数 ± 0.1Hz 以内					
	出力電圧ひずみ率	線形負荷 5%以下					
	過負荷耐量	100％ 連続					
効率		93％（連系運転モード，JIS C 8961 に基づく効率測定方法）					
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），					
単独運転検出	受動的方式	電圧位相跳躍検出					
	能動的方式	無効電力変動方式					
通信方法		RS-485					
使用環境	周囲温度	－10 ～＋40˚C					
	相対湿度	30 ～ 90％ 以下（結露しないこと）					
	標高	1000m 以下					
塗装色		マンセル 5Y7/1（半ツヤ）					
発生熱量		1100W	2200W	3300W	4400W	5500W	6600W
受電電力計測機能		あり　4－20mA					
質量		190kg	290kg	390kg	580kg	705kg	780kg

※最大電流 DC40A

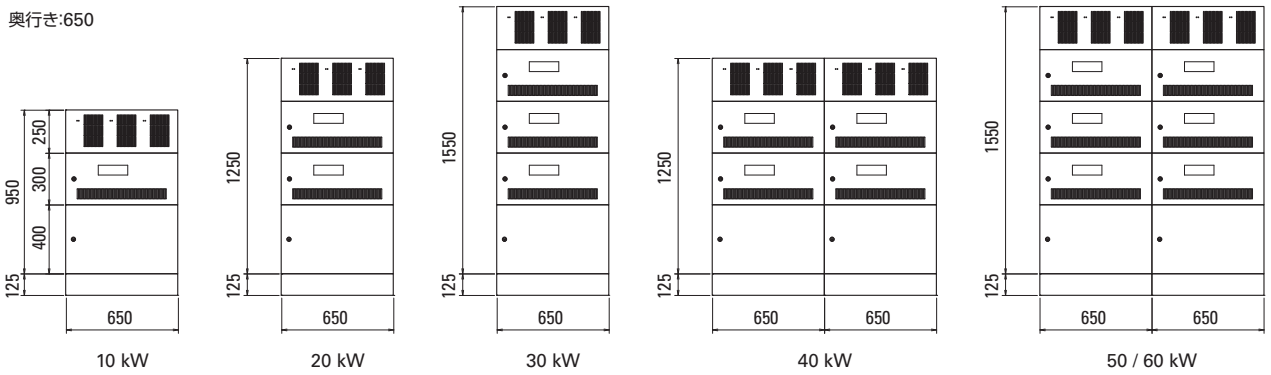


図9 「SANUPS P73L」連系自立充電タイプの外形寸法

表2 「SANUPS P73L」連系自立タイプの電気的仕様

項目 ＼ 型名		P73L103S	P73L203S	P73L303S	P73L403S	P73L503S	P73L603S
定格出力容量		10kW	20kW	30kW	40kW	50kW	60kW
主回路方式		自励式電圧型					
スイッチング方式		高周波PWM					
絶縁方式	太陽電池入力	高周波絶縁方式					
冷却方式		強制空冷					
太陽電池入力	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）					
	最大出力追従制御範囲	DC190 ～ 540V					
連系出力	定格電圧	AC202V					
	定格出力電流	AC28.6A	AC57.2A	AC85.7A	AC114.3A	AC142.9A	AC171.5A
	定格周波数	50Hz/60Hz					
	相数・線数	三相３線					
	出力電流ひずみ率	総合電流5% 以下，各次調波3% 以下					
	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）					
自立出力	定格出力	10kVA（負荷力率1.0）	20kVA（負荷力率1.0）※	30kVA（負荷力率1.0）※	40kVA（負荷力率1.0）※	50kVA（負荷力率1.0）※	60kVA（負荷力率1.0）※
	相数・線数	三相３線（オプションのスコットトランス盤を使用すると単相出力に変換することができます。）					
	定格電圧	AC202V					
	電圧精度	定格電圧±8%					
	定格周波数	50Hz/60Hz					
	周波数精度	定格周波数±0.1Hz以内					
	出力電圧ひずみ率	線形負荷5% 以下					
	過負荷耐量	100% 連続					
効率		93%（連系運転モード，JIS C 8961に基づく効率測定方法）					
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），					
単独運転検出	受動的方式	電圧位相跳躍検出					
	能動的方式	無効電力変動方式					
通信方法		RS-485					
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	30 ～ 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		760W	1520W	2280W	3040W	3800W	4560W
受電電力計測機能		なし					
質量		145kg	220kg	295kg	440kg	540kg	590kg

※自立出力10kVAのタイプもあります。

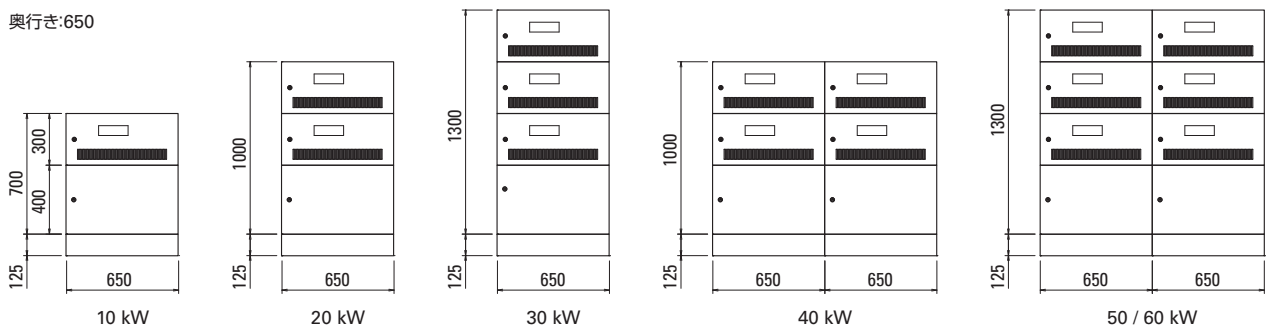


図10 「SANUPS P73L」連系自立タイプの外形寸法

5. むすび

以上，電力ピークカット機能付きパワーコンディショナ「SANUPS P73L」について，概要と特長を紹介した。

本装置は，ピーク電力の低減による電力設備稼働率の向上に加え，自然エネルギーの有効活用による環境保全や，災害時の非常電源などの分野に寄与できる。また，既設計品に機能追加をすることで，最適なシステム構築ができ，より広い市場へ導入できるパワーコンディショナとして期待される。今後も，これらの分野に対応した製品の開発を迅速におこない，お客さまが満足する製品の提供と，低炭素社会の実現に貢献する所存である。

なお，今回の開発，製品化にあたり，多くの関係者から協力と助言を得られたことに感謝する次第である。

藤巻 哲也
2011年入社
パワーシステム事業部　設計第一部
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　設計第一部
太陽光発電システムの開発，設計に従事。

久保田 祐三
1983年入社
パワーシステム事業部　設計第一部
太陽光発電システムの機構設計に従事。

小林 隆
1995年入社
パワーシステム事業部　設計第一部
太陽光発電システムの開発，設計に従事。

石田 誠
2006年入社
パワーシステム事業部　設計第一部
太陽光発電システムの開発，設計に従事。

犬飼 将弘
2009年入社
パワーシステム事業部　設計第一部
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　設計第一部
太陽光発電システムの開発，設計に従事。

新たな分野に価値を提供するサーボシステム製品

三澤 康司 *Yasushi Misawa*
荒川 宣男 *Nobuo Arakawa*
村田 佳幸 *Yoshiyuki Murata*
水口 政雄 *Masao Mizuguchi*
荘司 祐大 *Yoshihiro Shoji*

1. まえがき

将来の少子高齢化による労働人口減少や社会保障費増大の解決策として,「サービスロボット」の研究・開発が進んでいる。「サービスロボット」は, 医療, 警護, 介護・福祉, 接客・案内など, さまざまな用途への展開が期待されている。これらの分野に使用されるサーボシステム製品には, 小型軽量, 省配線に加え, 低電源電圧化, 省電力化やシステムの多軸化などが必要である。また, 複数軸を高速かつリアルタイムに制御できるフィールドバスへの対応や, これらを一括で制御するための上位システムも必要である。

このような分野に活用できる製品およびシステムを紹介する。

2. サービスロボットに適したサーボシステム製品

2.1 DC48V小径20角ACサーボモータ

小型軽量, かつ高出力なサーボモータを構成するためには, その形状は必然的に細長い小径円筒型, または薄い円盤状の偏平型の構造になる。小径円筒型は, 一般的なサーボモータと同じ構造で構成されるので, 基本設計が簡単である反面, 少ないスペースに鉄心, 巻線, マグネットを配置しなければならず, 高出力化と低損失化に工夫が必要である。偏平型は, トルク作用面積を大きく設計できるので, 高出力化しやすい反面, モータの磁気回路が複雑化するため, 鉄心や軸受けなど構成部品の構造を工夫する必要がある。両者, 特長に長短あるが, 本稿では高出力化, 低損失化と軽量化を達成した小径円筒型サーボモータ,「SANMOTION R」シリーズ20角ACサーボモータを紹介する。

図1に, 小径20角ACサーボモータの外観を, 表1には主要諸元を示す。本製品は, 高出力, 低損失, 軽量化を達成するために, 最適化支援ツールと電磁界シミュレーションを連成解析することで, モータ特性を向上することと軽量化などの相反する問題を解決した。

(1) 高出力化

鉄心形状とマグネットを最適化し, 当社従来品と比較して, 瞬時最大ストールトルクは17%向上した。装置の小型化と高負荷駆動に対応できる。

(2) 低損失化

空芯で巻線し, それを円弧形状に機械的に曲げたものをコアに挿入する高占積率巻線技術を適用することで銅損を大幅に低減し, 低損失化を実現した。損失は, 当社従来品と比較して34%低減した。損失低減はモータ温度上昇の低減に寄与するので, 装置の熱対策の負担を軽減できる。

(3) 軽量化

フレーム断面を丸形状とし, 磁路に寄与しないフレームの角部を無くすことで軽量化を達成している。モータ質量は, 従来品と比較して, 8.5%軽量化した。モータの軽量化は, 装置の軽量化にも貢献できる。

本製品は, DC48V対応, 小型・軽量, 高出力, 低発熱, 省電力の特長から, 移動可能なサービスロボットにも適用できる。

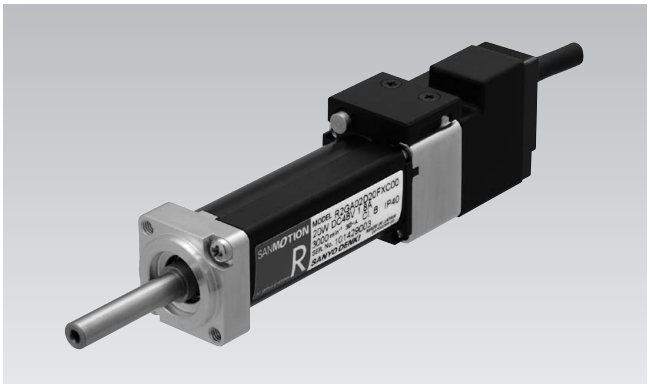


図1　小径20角ACサーボモータの外観

表1　小径20角ACサーボモータの主要諸元

型番	R2GA02D20F	R2GA02D30F
フランジサイズ	20角	20角
入力電源	DC48V	DC48V
定格出力	20W	30W
定格回転速度	3,000min^{-1}	3,000min^{-1}
最高回転速度	6,000min^{-1}	6,000min^{-1}
定格トルク	0.064N·m	0.095N·m
連続ストールトルク	0.064N·m	0.095N·m
瞬時最大ストールトルク	0.23N·m	0.38N·m
モータ質量	0.14kg	0.18kg
エンコーダ（標準）	MA018	MA018
エンコーダ分解能	13bit	13bit
適用サーボアンプ型番	パルス入力 単軸 RF2G21A0A00 EtherCAT 単軸 RS2K04A2HL5 / RS2K04A2HA5 EtherCAT 多軸 RF2J24A0HL5 / RF2K24A0HL5	

2.2 DC24V/48V EtherCATインタフェース搭載 4軸一体型サーボアンプ

EtherCATインタフェースを備えた4軸一体型サーボアンプを紹介する。

図2に4軸一体型サーボアンプの外観を，表2には主要諸元を示す。本製品の入力電源は，DC24VまたはDC48Vとし，バッテリ電源による駆動を可能にすることで，移動可能なサービスロボットに適用できる。また，電源回路の共用化により，発生した回生電力を他のモータの電力として利用でき，省エネルギー化を図ることができる。

構造は，多軸構成とし，単軸サーボアンプ4台に対して，体積60%，質量40%まで小型・軽量化を実現した。さらに，電源回路，汎用I/O回路の共用化や上位通信のディジーチェーン接続回路の内蔵により，電源ケーブルやI/O，通信ケーブルの配線数を大幅に削減し，設置スペースの省スペース化にも貢献できる。また，放熱フィンや冷却ファン（RF2K24Aのみ）を内蔵し発熱を抑制したため，装置の熱対策の負担を軽減できる。

安全面では，「安全トルク遮断（STO）」機能を標準搭載した。4軸を一括制御できる安全回路の構築により，単軸アンプと同じ2入力，1出力の構成で高い安全レベル（SIL3/IEC61508，PL e/ISO13849-1）の認証を取得したため，医療・福祉など高い安全性能が要求される分野への適用も可能である。

上位コントローラとサーボアンプ間のフィールドバスには，当社で従来から採用しているEtherCATを搭載した。通信速度100Mbps，最短通信周期125μsの高速通信により，高リアルタイム性と高精度同期を実現した。さらに，位置アシスト機能では，2軸間における相互の位置フィードバックを補償できるようにし，さらなる同期精度の向上を図ることができる。

図2　4軸一体型サーボアンプの外観

表2　4軸一体型サーボアンプの主要諸元

型番			RF2J24A	RF2K24A
基本仕様	質量		0.75kg	0.8kg
	サイズ		200H×50W×130D mm	
	入力電源	制御電源	DC24V±10%	
		主回路電源	DC48V±10% またはDC24V±10%	
	適用モータ		□20mm □40mm （20W～30W）	□20mm □40mm □60mm （20W～200W）
	1軸出力制限		30W以下	200W以下
	4軸トータル出力		120W以下	300W以下
機能	上位インタフェース		EtherCAT 最短通信周期125μs	
	アシスト機能		位置アシスト，トルクアシスト	
	汎用I/O		入力8点（4軸共通） 出力8点（2点/軸）	
	安全機能 安全レベル		安全トルク遮断（STO） SIL3/IEC61508 SILCL3/IEC62061 PL e/ISO13849-1	

2.3 DC24V/48V EtherCATインタフェース搭載 4軸一体型PBドライバ

EtherCATインタフェースを備えた4軸一体型のクローズドループステッピングシステムを紹介する。

当社は，SANMOTION Model No.PBというシリーズで，脱調のリスクがないクローズドループステッピングシステムを販売している。複雑な調整が不要で，ロボット周辺の補助軸などに適したシステムである。

図3にクローズドループステッピングモータと4軸一体型PBドライバの外観を，表3には主要諸元を示す。4軸一体型による小型・省配線のメリットはサーボアンプの項で述べたとおりである。また，入力電源の仕様は4軸一体型サーボアンプと同様，DC24VまたはDC48Vとし，バッテリ電源による駆動を可能に

した。また，使用する電源コネクタとピン配置はサーボアンプと共通であり，同じハーネスを使用できる。

従来，ステッピングモータにエンコーダを取り付ける目的は脱調の監視であったため，高い分解能よりも低コストで実現することに重点を置いていたが，現在はなめらかな制御をおこなうため，16,000P/Rの高分解能インクリメンタルエンコーダを標準組み合わせとしている。さらに，本製品はバッテリレスアブソリュートエンコーダHA035にも対応している。HA035は多回転情報を保持するためのバッテリ電源を必要とせず，メンテナンス性の向上と環境負荷の低減に優れている。HA035を使用した場合，リミットセンサや原点センサの配線と原点復帰動作が不要になり，短時間でのシステム立ち上げという新たな価値を提供できる。

制御方式は，クローズドループ制御と偏差レスクローズドループ制御の2種類から選択できる。前者は省エネルギーでなめらかな動作を特長としており，必要以上のトルクや騒音，発熱を出さないことから，医療や介護などの人と協調して動作する用途に適している。また，一定の力で押し付ける動作ができ，空圧アクチュエータから置き換えることで，システムの簡素化に貢献できる。一方，後者の偏差レスクローズドループ制御は，位置指令に対する遅れが少なく，複数軸での軌跡制御や，同期動作が必要な用途に向いている。最短通信周期250μsの高速通信により位置指令を更新し，ステッピングモータにおける同期モータの特長を最大限に利用することで，高速かつ精密な動作を容易に実現できる。

図3　クローズドループステッピングモータと
4軸一体型PBドライバの外観

表3　4軸一体型PBドライバの主要諸元

型番			PB4D003E440
基本仕様	質量		0.7kg
	サイズ		160H×60W×95D mm
	入力電源	制御電源	DC24V±10%
		主回路電源	DC48V±10% またはDC24V±10%
	適用モータ		□28mm □42mm □60mm
	適用エンコーダ		16000P/Rインクリメンタルエンコーダ または アブソリュートエンコーダ (□28mmは2000P/Rインクリメンタルエンコーダのみ対応)
機能	上位インタフェース		EtherCAT 最短通信周期250μs
	制御方式		クローズドループ制御， 偏差レスクローズドループ制御
	汎用I/O		入力16点(4点/軸) 出力12点(3点/軸)

2.4 DC24V高速処理コントローラ「SANMOTION C」

「SANMOTION C」は，サーボモータ駆動の各種産業機械を制御するモーションコントローラである。モーション用ネットワークを介してサーボアンプやドライバを制御し，サーボモータやクローズドループステッピングモータの位置，速度，トルク制御をおこなうことができる。さらに，ロボットのさまざまな機構に対応したキネマティクスを搭載しており，ロボットコントロールの機能も併せ持つことにより，簡単にお客さまにてロボットを構築できる。

装置の駆動品質を向上するために，サーボアンプへの指令更新周期を高速化することで装置をなめらかに制御し，制御可能なモータ軸数を拡張することで，複数のロボットを複雑に駆動ができる製品を用意した。また，電源はDC24V入力として，バッテリ駆動も可能とし，移動可能なサービスロボットにも適用できる。さらに，モーションネットワークにオープンネットワークEtherCATを採用しているため，EtherCAT対応のサーボアンプやステッピングドライバなどを混在して駆動でき，最適なサーボシステムを選択して使用することができる。

図4に「SANMOTION C」の外観を示し，以下に本製品の特長を紹介する。

図4　高速処理コントローラ「SANMOTION C」の外観

(1) 制御機能

「SANMOTION C」は，PLC/モーション制御機能とロボット制御機能を併せ持ったコントローラである。モーション制御とロボット制御では，制御方式やプログラミング方法に違いがあるため，「SANMOTION C」では用途に応じてランタイムファームウェアや統合開発ツールソフトウェアを選択することで両機能に対応する。

(2) モーション制御

規格化された各種MFB（モーション・ファンクション・ブロック）を使うことにより，誰でも容易にモーション制御プログラムを記述することができる。モーション制御機能を表4に示す。

表4　モーション制御機能

制御軸数	最大64軸
指令更新周期	1～8ms
制御方式	位置制御（PTP），速度制御，トルク制御
加減速方式	自動台形加減速，S字加減速
制御単位	任意（pulse, mm, inch, degree）
最大指令値	－2147483648～2147483647 （32ビット符号付き）
プログラミング言語	IEC61131-3に準拠 （IL，ST，LD，FBD，SFC，CFC）
モーション ファンクション ブロック	原点復帰，インクリメンタル動作， アブソリュート動作，一定速度動作， 電子カム，電子ギア

(3) ロボット制御

さまざまな機構のキネマティクスを搭載しており，オリジナルロボット言語を用いてロボットの姿勢やTCP（ツールセンターポイント）の位置制御をおこなうことができる。ロボット制御機能を表5に示す。

表5　ロボット制御機能

制御軸数 （ロボット1台あたり）	最大9軸 （6軸多関節ロボット＋付加軸3軸）
指令更新周期	2～8ms
制御方式	PTP，3次元直線，3次元円弧
教示方式	リモートティーチング，数値入力
制御単位	任意（pulse, mm, inch, degree）
プログラミング言語	オリジナルロボット言語
対応ロボット	直交ロボット， 水平多関節ロボット， 垂直多関節ロボット， パラレルリンクロボットなど

(4) 処理性能

制御機械や多軸ロボットなどの複数の周辺制御機器を1台のコントローラで高速・高精度に制御できるので，装置の小型化や素早い動作が実現できる。また，位置制御時の軌跡精度やカムなどの同期制御の精度も良く，きめ細かく，なめらかな装置の動作が実現できる。高速処理性能の具体例として，当社製EtherCATインタフェース搭載サーボアンプを接続したときの制御性能を表6に示す。

・命令処理時間：基本命令（浮動小数点加算命令）の処理時間は，最小11ns。
・最大制御軸数：最大64軸の制御が可能。
・複数台のロボット制御：6軸多関節ロボットの場合，最大2台の駆動が可能。

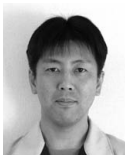
表6　当社製EtherCATインタフェース搭載
サーボアンプを接続したときの制御性能

制御性能	**指令更新周期**	**製品型番**	
		SMC263X	**SMC265X**
基本命令処理時間	**－**	18ns	11ns
最大制御軸数	**4ms**	64軸	64軸
	2ms	32軸	64軸
	1ms	16軸	32軸
ロボット制御 台数（6軸多関節 ロボットの場合）	**8ms**	2台	2台
	4ms	1台	2台
	2ms	－	1台

3. むすび

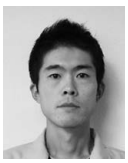
本稿では，研究開発が進んでいる「サービスロボット」に価値を提供するサーボシステム製品として，DC48V小径20角ACサーボモータ，DC24V/48V EtherCATインタフェース搭載4軸一体型サーボアンプ，および4軸一体型PBドライバ，さらにDC24V高速処理コントローラ「SANMOTION C」を紹介した。

これらの製品は，小型軽量，省配線，省電力，システムの多軸化対応などの特長を有するとともに，サーボモータから上位コントローラまでバッテリで駆動できる電源電圧で統一され，「サービスロボット」に適した製品群である。このような同一コンセプトのサーボシステム製品は，お客さまの装置開発，システム開発に新たな価値を創造できるとともに，高品質な製品開発に貢献できると考える。



三澤 康司
1999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。

荒川 宣男
1982年入社
サーボシステム事業部　設計第二部
コントローラの開発，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
サーボアンプの開発，設計に従事。

水口 政雄
1998年入社
サーボシステム事業部　設計第二部
ステッピングドライバの開発，設計に従事。

荘司 祐大
2006年入社
サーボシステム事業部　設計第一部
エンコーダの開発，設計に従事。

「SANMOTION R 3E Model」EtherCAT通信サーボアンプの開発

小菅 泰幸 *Hiroyuki Kosuge*
伊藤 直弘 *Naohiro Ito*
林 哲也 *Tetsuya Hayashi*
春日 規明 *Noriaki Kasuga*
宮澤秀生 *Hideo Miyazawa*
岡部 祐輝 *Yuki Okabe*
石﨑 圭介 *Keisuke Ishizaki*
染宮 政直 *Masanao Somemiya*
中沢 周平 *Shuhei Nakazawa*
町田 晃一 *Koichi Machida*

1. まえがき

近年，半導体製造装置，工作機械，産業用ロボット，および一般産業機械などの業界において，産業用Ethernetの採用が急速に進んでおり，市場シェアが拡大している。インダストリ4.0やIoT化の流れが追い風となり，今後ますます世界規模の広がりが予想される。

当社は，2009年にEtherCAT通信を搭載したACサーボアンプ「SANMOTION R ADVANCED Model」を製品化し，さまざまなお客さまにご使用いただいている。2014年には，基本性能を進化させ，お客さまの使いやすさを追求したACサーボアンプ「SANMOTION R 3E Model」をリリースし，2017年には，使いやすさと拡張性をさらに向上させて「SANMOTION R 3E Model」EtherCAT通信サーボアンプを開発した。

本稿では，「SANMOTION R 3E Model」シリーズに新たにラインアップしたEtherCAT通信サーボアンプについて概要と主要な性能・機能を紹介する。

2. 製品概要

2.1 本開発品の位置づけ

これまでの当社EtherCAT通信サーボアンプの変遷を図1に示す。2009年に「SANMOTION R ADVANCED MODEL」EtherCAT通信サーボアンプを開発して以来，2012年に最短通信周期125 μsを実現した高速通信タイプ，2014年には低電圧入力多軸タイプをリリースし，ラインアップの拡充および通信性能の向上を図ってきた。そして，本開発品は「SANMOTION R 3E Model」シリーズとして，通信とサーボ制御の基本性能を向上させた製品である。

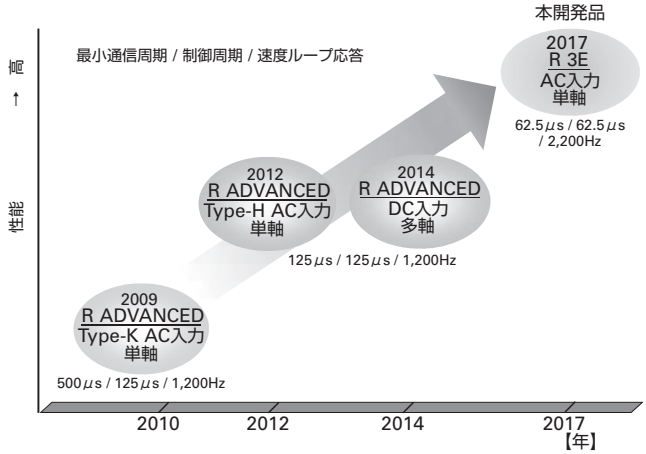


図1　EtherCAT通信サーボアンプの変遷と本開発品の位置づけ

2.2 外観・外形

図2に代表機種としてAC200V入力／アンプ容量10Aの外観を示す。左から標準機種，安全機能搭載機種（Safety）である。また図3には同じく代表機種としてAC200V入力／10A／標準機種の外形図を示す。なお，外形寸法はすべての入力電源仕様およびアンプ容量において「SANMOTION R 3E Model」アナログ／パルス列入力アンプと同じである。

図2　開発品の外観（AC200V/10A品）

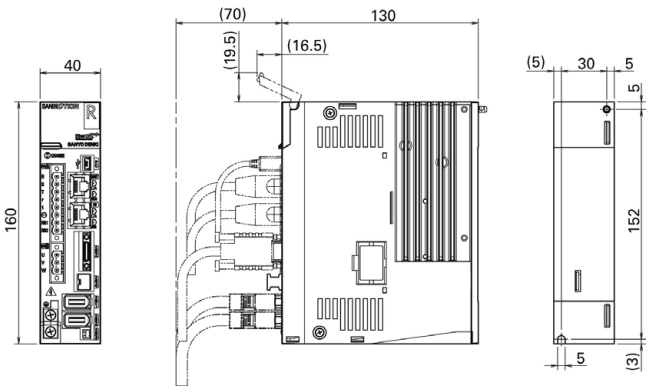


図3　外形図（AC200V/10A品）

2.3 主要諸元

表1に，今回開発した「SANMOTION R 3E Model」EtherCAT通信サーボアンプの主要諸元を示す。

入力電源仕様およびアンプ容量は，AC200Vタイプ9機種，AC100Vタイプ3機種，およびAC400Vタイプ3機種の各容量をラインアップした。

サーボモータは，「SANMOTION R」シリーズのロータリモータを中心に，リニアモータやダイレクトドライブモータが駆動できる。

エンコーダは，当社のバッテリレスタイプとバッテリバックアップタイプのアブソリュートエンコーダ，省配線パルスエンコーダが適用可能である。また，リニアモータシステムやフルクローズドループ制御システム用として，EnDat2.2対応エンコーダ（HEIDENHAIN社製）も組み合わせできる。

表2に，通信仕様・機能を示す。EtherCAT通信の基本機能は従来機種との互換性を維持しながら，最小通信周期の短縮と，プロセスデータに割り付け可能な転送データ量の拡大により通信の基本性能を高めた。さらに，指令の入力単位を従来のエンコーダパルス単位だけでなく直動系・回転系単位での入力を可能とするユーザスケール選択機能を搭載した。また，EtherCAT通信の相互接続性の基準となるコンフォーマンステストは，最新の「認証テストバージョンVer2.0」をパスしている。

表1　主要諸元

電源電圧範囲	**AC200V**	AC200 ～ 240V
	AC100V	AC100 ～ 120V
	AC400V	AC380 ～ 480V
アンプ出力容量	**AC200V**	10A, 20A, 30A, 50A, 75A, 100A, 150A, 300A, 600A
	AC100V	10A, 20A, 30A
	AC400V	25A, 50A, 100A
適用モータ		SANMOTION Rシリーズ
適用エンコーダ		・アブソリュートエンコーダ（バッテリバックアップ，バッテリレス） ・省配線パルスエンコーダ ・EnDat2.2エンコーダ※1
安全機能	**アンプ本体**	STO（安全トルク遮断）
	機能安全モジュール	STO, SS1, SS2, SLS, SOS, SSM, SBC
機能	**制御機能**	・デュアル位置フィードバック制御 ・タンデム運転制御
	機械振動共振抑制	・FF制振制御（2段） ・軌跡制御用制振制御 ・適応ノッチフィルタ
	サーボ調整	・オートチューニング応答性40段階 ・サーボ調整支援機能
	立上げ，監視，診断	・仮想モータ運転 ・エンコーダ・アンプ温度モニタ ・消費電力モニタ ・ドライブレコーダ
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
	機能安全	ISO13849-1/PL=e EN61508/SIL3， EN62061/SILCL3
	KCマーク	KN61000-6-2, KN61000-6-4

※1　安全機能搭載機種（Safety）は，非適用です。

表2　通信仕様・機能

インタフェース	EtherCAT	
デバイス プロファイル	CoE：CANopen over EtherCAT	
	FoE：Fileaccess over EtherCAT	
同期モード	DC同期（Sync0, Sync1）	
	SM2イベント同期	
通信周期	最小通信周期： 位置制御の場合：125μs 速度制御，トルク制御の場合：62.5μs （従来比1/2　ただし，PDOマッピングの制約あり）	
通信 パラメータ	SDO：サービスデータオブジェクト	
	PDO：プロセスデータオブジェクト	
転送 データ量	最大マッピング数 送信PDO：31オブジェクト 受信PDO：31オブジェクト	
認証テスト バージョン	コンフォーマンステスト（CTT）Ver2.0	
動作モード	PP	プロファイル位置モード
	PV	プロファイル速度モード
	TQ	トルクプロファイルモード
	IP	補間位置モード
	HM	原点復帰モード
	CSP	サイクル同期位置モード
	CSV	サイクル同期速度モード
	CST	サイクル同期トルクモード
機能	FT	タッチプローブ機能
	ユーザスケール選択機能 （Pulse, mm, degree）	

3. 主要な性能・機能

3.1 サーボの基本性能・機能

基本サーボ性能・機能は「SANMOTION R 3E Model」シリーズと同性能・機能を搭載している。以下に主な内容を示す。

3.1.1 高応答位置速度制御

位置制御系と速度制御系の位相遅れを改善する機能や積分ゲインを高められる機能により，フィードバック応答を高めることができる。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により，指令応答性の向上が期待できる。

3.1.2 消費電力モニタ機能

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を推定する消費電力モニタ機能を搭載している。これにより，簡単に装置の使用電力を監視できる。

3.1.3 仮想モータ運転機能

使いやすさを追求したユーザ支援機能として，実際にモータを動かさずに上位装置からの指令にもとづき，サーボモータとサーボアンプの動作をシミュレートする仮想モータ運転機能を搭載している。この機能により，装置の立上げを安全かつ迅速におこなうことが可能である。

3.1.4 ドライブレコーダ機能

トラブルシューティングを支援するために，異常発生時のモータ回転速度，トルク，あるいは主回路バス電圧などサーボモータとアンプの運転データを一定時間記録するドライブレコーダ機能を搭載している。これにより，異常発生原因の特定や絞込み，そして適切な処置を迅速におこなうことができ，トラブルシューティングが容易になる。システムの信頼性向上に寄与できる。

3.2 EtherCATに関する機能

主な通信機能，および通信パラメータは従来機種との互換性があり，新機種への置き換えが容易となるよう配慮した。よりEtherCAT通信のメリットを活かせるよう，以下の拡張をおこなった。

3.2.1 最小通信周期の短縮化

高速通信の強みを活かして，サーボ性能を最大限に引き出し，スムーズな動作を可能とするため，最小通信周期を従来の125μsから62.5μsへ短縮した。（速度制御およびトルク制御モード時）

3.2.2 最大転送データ量の拡張

図4に示すとおり，通信周期1サイクルの通信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31オブジェクトへと約1.6倍に増やした。これにより，お客さまの装置からサーボアンプが管理する機器情報をより高速に，より細かく監視することが可能となり，サーボ機器および機械装置の故障･予兆診断などIoT化に寄与できる。

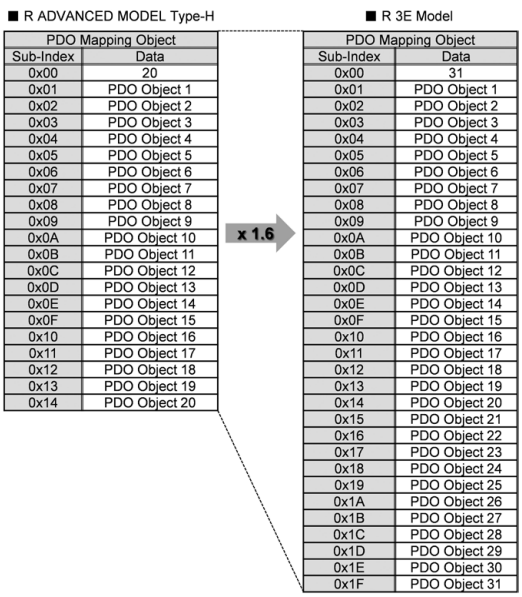


図4　最大PDOマッピング数の比較

3.2.3 ユーザスケール選択機能

装置に合わせて指令・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。図5にユーザスケールイメージを示す。従来は，上位コントローラが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が，この機能を使用することで，直動系であれば[mm]，回転系であれば[degree]での位置の指令が可能となるため，コントローラの負荷が軽減し，利便性が向上する。

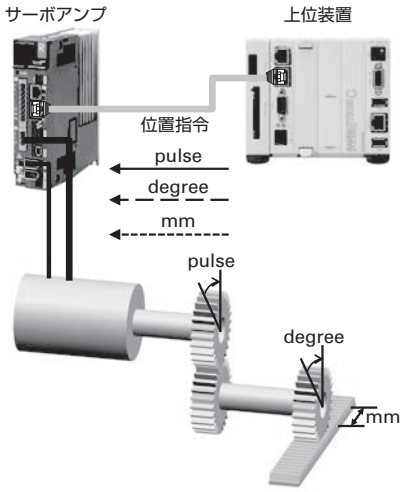


図5　ユーザスケールイメージ

4. むすび

本稿では，ACサーボアンプ「SANMOTION R 3E Model」シリーズに新たにラインアップしたEtherCAT通信サーボアンプの概要，および主要な性能・機能を紹介した。

高性能・高機能であり，安全性や使いやすさを追求した「SANMOTION R 3E Model」シリーズに，本開発品によって，高速ネットワークタイプを拡充できた。お客さま装置のさらなる信頼性および安全性の向上，そしてIoT化に大きく貢献できるものと考える。

今後は，さらにIoTの推進に寄与する機能を充実していく予定である。また，DC入力，多軸仕様および他ネットワーク製品のラインアップ拡充など，よりお客さまのニーズに応える製品，さらにはお客さまの価値創造に貢献する製品を提案していく所存である。

小菅 泰幸
1987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

伊藤 直弘
1992年入社
サーボシステム事業部　設計第二部
サーボアンプの開発，設計に従事。

林 哲也
1999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。

春日 規明
2007年入社
サーボシステム事業部　設計第二部
サーボアンプの開発，設計に従事。

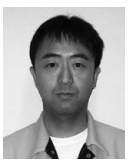
宮澤 秀生
2007年入社
サーボシステム事業部　設計第二部
サーボアンプの開発，設計に従事。

岡部 祐輝
2006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。

染宮 政直
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。

中沢 周平
2017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。



町田 晃一
1994年入社
SANYO DENKI GERMANY GmbH
サーボアンプの開発，設計に従事。

「SANMOTION R 3E Model Safety」サーボアンプの開発

祢津 秀樹 *Hideki Netsu*
村田 佳幸 *Yoshiyuki Murata*
北原 通生 *Michio Kitahara*
藤沢 健一 *Kenichi Fujisawa*
上條 晴彦 *Haruhiko Kamijo*
中村 友紀 *Yuuki Nakamura*
涌井 康洋 *Yasuhiro Wakui*
西村 光博 *Mitsuhiro Nishimura*
久保 直希 *Naoki Kubo*
岡田 佳基 *Yoshiki Okada*

1. まえがき

近年，欧州を中心に工作機械，産業用ロボット，医療機器など，さまざまな業界で国際安全規格が整備され，電気・電子・プログラマブル電子制御による安全機能を実装することで危険リスクを許容可能なレベルに低減する「機能安全」という考え方が広まっている。国内においても工作機械や産業用ロボットの業界を中心に，この機能安全規格への対応要求が強まっており，より高い安全機能への取り組みが始まっている。

高い安全性が求められる機械装置に搭載されるサーボアンプなどのコンポーネントは，国際規格に定義される各種安全機能の搭載，および安全規格認証の取得が必要である。

当社では，最も基本的な安全機能である安全トルク遮断機能（STO）を搭載した「SANMOTION R ADVANCED MODEL」や「SANMOTION R 3E Model」を既に製品化し，多くのお客さまにご使用いただいている。この度，先の要求に応えるべく，多様な安全機能に対応した「SANMOTION R 3E Model Safety」サーボアンプを新たにラインアップした。本稿では，本開発品の仕様と特長について紹介する。

2. 製品概要

2.1 外観

図1にAC200V入力タイプのアナログ／パルス列インタフェース（左図）と，EtherCATインタフェース（右図）の外観を示す。

図1　外観（10A品）

2.2 一般仕様

表1に一般仕様，図2にAC200V入力タイプの構造図を示す。今回開発した「SANMOTION R 3E Model Safety」サーボアンプ（以下，本開発品）は，専用のボード（以下，安全機能拡張ボード）をサーボアンプ側面に取り付けることで安全機能を追加できる構造とし，「SANMOTION R 3E Model」のアナログ／パルス列インタフェースおよびEtherCATインタフェースに拡張できる。また，安全機能拡張ボードと側面カバーを共通化し，各入力電源仕様の全てのアンプ容量をラインアップした。

表1　一般仕様

入力電源仕様	AC100V / AC200V / AC400V
アンプ容量	全容量
適用モータ	「SANMOTION R」シリーズ
適用エンコーダ	アブソリュートエンコーダ （インクリメンタルシステム用， バッテリバックアップ，バッテリレス） 省配線パルスエンコーダ
ユーザインタフェース	アナログ・パルス列インタフェース EtherCATインタフェース

エンコーダは，当社製の標準エンコーダに適合し，「SANMOTION R」シリーズのサーボモータの利用を可能とした。これにより，サーボモータや機械装置の変更なく，サーボアンプを本開発品である安全機能搭載機種へ置き換えるだけで，安全機能を拡張できる。

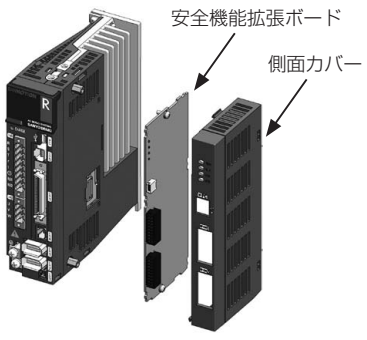


図2　構造図（10A品）

3. 機能・特長

表2に本開発品の安全仕様を示す。本開発品はソフトウェア部を安全部に含めることでモータの速度監視，位置監視を行い，多様で複雑な安全機能を実現した。さらに，回路の自己診断機能を持った安全出力機能にも対応した。

表2　安全仕様

項目			安全性能	
安全機能	IEC/EN61800-5-2		EN61508 IEC/EN62061	ISO13849-1:2015 EN ISO13849-1:2015
	安全トルク遮断（STO）		SIL3 SILCL3	PL e カテゴリ3
	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）			
安全出力機能	安全ブレーキ出力（SBC）			
	安全速度範囲出力（SSM）			
安全入出力	構成		冗長構成（SF-CN1，SF-CN2）	
	入力デバイス	入力点数	5点×2系統（シンク／ソース）	
		不一致検出時間	10s	
		診断周期	10min	
		オフショットパルス幅	1ms未満	
	出力デバイス	出力点数	3点×2系統（ソース）	
		診断周期	10min	

3.1 安全機能

表3に安全機能の動作を示す。本開発品は，これら5つの機能に対応し，各安全機能を実行するための安全入力を5点搭載した。また，各安全入力で実行する安全機能は，パラメータで選択可能とした。

表3　安全機能の動作

安全機能	機能概要
STO	安全に，モータへの電力供給を遮断する。
SS1	安全に，モータを減速停止させた後，モータへの電力供給を遮断する。
SS2	安全に，モータを減速停止させた後，停止位置を監視する。
SOS	モータの停止位置を監視し，安全な停止範囲を超えたら，モータへの電力供給を遮断する。
SLS	モータの速度を監視し，安全な速度範囲を超えたら，モータへの電力供給を遮断する。

表4に安全入力と選択できる安全機能の対応表を示す。安全入力SFIA，SFIBは全ての安全機能に対応し，目的に応じた機能を選択できる。

SFIC ～ SFIEは“安全速度制限機能（SLS）”用入力として動作する。3入力のON/OFFの組み合わせにより，7段階の安全速度範囲（速度制限レベル）を選択できる。さらに，細かな制御を行いたい場合は，SFIA，SFIBを使い，安全速度範囲を最大31段階まで拡張できる。

このように複数の安全入力を搭載し，実行する安全機能を選択できる方式としたことにより，機械装置の用途･制御状態など状況に応じて，安全機能を柔軟に使い分けることができる。また，複数の安全機能を同時に実行することも可能である。

表4　安全入力と選択できる安全機能

安全入力	安全機能				
	STO	SS1	SS2	SOS	SLS（SSM）
SFIA	○	○	○	○	○
SFIB	○	○	○	○	○
SFIC	−	−	−	−	○
SFID	−	−	−	−	○
SFIE	−	−	−	−	○

○：選択可能

3.2 安全出力機能

表5に安全出力機能とモニタ出力機能の内容を示す。本開発品は，2種類の安全出力と3種類のモニタ出力に対応し，パラメータにより選択可能とした。

表5　安全出力機能とモニタ出力機能の内容

出力機能		機能概要
安全出力機能	SBC	モータの保持ブレーキをコントロールするための信号を出力する。
	SSM	モータが安全な速度範囲内の状態であることを出力する。
モニタ出力機能	INM	安全入力の状態を出力する。
	STA	安全機能を実行している状態を出力する。
	STO	モータへの電力供給を遮断している状態を出力する。

表6に安全出力と選択できる安全出力機能およびモニタ出力機能の対応表を示す。

表6　安全出力と選択できる安全出力機能および
モニタ出力機能

安全出力	安全出力機能		モニタ出力機能		
	SSM	SBC	INM	STA	STO
SFOA	−	○	○	○	○
SFOB	−	○	○	○	○
SFOC	○	○	○	○	○

○：選択可能

“安全速度範囲出力（SSM）”は，“安全速度制限機能”と同様に安全入力の組み合わせにより最大31段階の安全速度範囲を選択でき，SFOCから出力できる。

“安全ブレーキ出力（SBC）”は，モータの保持ブレーキ制御用の信号であり，全ての安全出力から出力可能である。

“安全入力状態モニタ（INM）”は，安全入力SFIA，SFIBの状態をSFOA，SFOBへ，SFIC ～ SFIEの複合状態をSFOCに出力する。この出力機能により，機械装置はサーボアンプの安全入力から安全出力に至るまでの経路（回路）の故障を監視できる。

また，機械装置は，“安全機能実行中モニタ（STA）”と“安全トルク遮断状態モニタ（STO）”の出力を利用し，安全入力とサーボアンプの内部状態の整合性を監視したり，アンプの状態を把握したりすることができる。

4. 安全レベルの実現

4.1 安全機能の基本構造

本開発品の安全機能拡張ボードは，図3に示すような“入力装置”，“論理”，“出力装置”を2重化し，かつ相互監視機能を有するカテゴリ3（ISO13849-1）の構成を採用した。

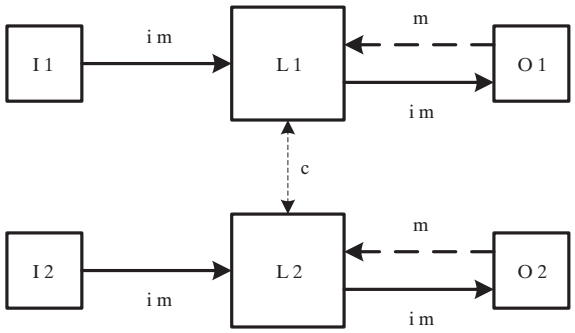
安全入出力回路は，入出力用コネクタを2重化（SF-CN1，SF-CN2）し，全ての安全入出力信号を2系統とした。したがって，ユーザが安全機能を実行する際は，安全入力信号を2系統同時に制御する必要があり，2系統の論理不一致が発生した場合は異常を検出する仕組みとなっている。また，安全入出力回路には自己診断機能を搭載しており，定期的に回路故障を監視している。

安全機能拡張ボード内の電源に対しても生成回路を2重化し，かつ自己診断機能を搭載した。定期的に相互の電圧異常（過電圧，低電圧）を監視し，異常検出時は異常が発生した系統の電源を遮断し，かつ安全状態（当社の場合は“安全トルク遮断”状態）へ移行することで危険動作を回避している。

論理部にあたる主要部品についても同様に2重化し，かつ自己診断機能を搭載している。主な診断機能は以下の通りである。

- プロセッサ診断
- メモリ診断
- クロック診断
- プログラムの相互監視　など

以上のように，全ての回路を2重化し，かつ自己診断機能を搭載したことで，単一故障が発生しても安全機能を喪失せず，かつ安全状態を確保できる構成となっている。



i m	内部接続
c	相互監視
I 1, I 2	入力装置
L 1, L 2	論理
m	監視
O 1, O 2	出力装置

図3　基本構成

4.2 エンコーダ診断

カテゴリ3の構成では，エンコーダも入力装置に含まれる。そのため，本来はエンコーダを2重化して，2つのエンコーダの位置情報からエンコーダの故障を検出できなければならない。もしくは，機能安全認証を取得しているエンコーダを採用し，エンコーダの自己診断により故障を検出できなければならない。しかしながら，このような手段・方法を用いた場合，大幅な機械装置の変更を伴い，お客様の負担は大きくなる。

そのため，本開発品では，安全機能拡張ボード側でエンコーダの故障を定期的に検出するための診断機能を新たに開発した。これにより，機能安全認証を取得していない当社の標準エンコーダとの組み合わせでも，高い安全性を有した安全機能を実現した。

4.3 パラメータ設定

安全機能拡張ボードは，サーボアンプとは別に安全機能専用のパラメータ（以下，安全パラメータ）を有している。安全パラメータは，サーボパラメータなどと同様に当社ツール「SANMOTION MOTOR SETUP」から編集可能であるが，安全パラメータ用に以下の専用機能を追加した。

- パラメータ編集の前にパスワードを解除して「パラメータ編集権限」を取得する。
- パラメータ更新の最終確認を通知する。
- パラメータ変更後は「電源再投入」を通知する。
- パラメータを変更した時間や使用したツールバージョンなどの付属情報を履歴として保有する。
- パラメータ編集権限が取得されていない場合はツールからの値の入力を禁止する。

以上の専用機能により，意図しないパラメータの変更を防止し，パラメータの安全を確保している。

4.4 安全レベル

以上のように自己診断および相互監視を有する冗長構成を採用し，またエンコーダに対する診断機能を設けることで，非安全エンコーダとの組み合わせとしては業界最高レベルの“SIL3/EN61508，SILCL3/IEC62061，PL e/ISO13849-1”（2017年4月現在，当社調べ）を達成した。

5. むすび

本稿では，ACサーボアンプ「SANMOTION R 3E Model」に新たにラインアップした「SANMOTION R 3E Model Safety」サーボアンプの概要および特長を紹介した。

① 「安全に，モータを減速停止し，モータへの電力を遮断する」，「モータが安全な速度で回転していることを監視する」など，機械装置の用途に応じて必要な5つの安全機能を搭載した。

② “安全速度制限機能”および“安全速度範囲出力”用の安全入力を最大5入力使用することにより，31段階の安全速度選択を可能にした。

③ “安全ブレーキ出力”や“安全速度範囲出力”の安全出力機能に対応しただけではなく，機械装置が，サーボアンプの確実な安全機能の動作を監視できる3種類の状態モニタ出力機能を搭載した。

④ 新たなエンコーダ故障診断機能を開発したことにより，当社標準の「SANMOTION R」シリーズサーボモータ・エンコーダとの組み合わせで，業界最高レベルの高い安全性を有する安全機能を実現した。

本開発品は，機械装置の安全性向上や機能安全認証の取得に大きく貢献できると考える。

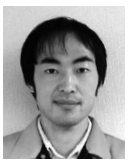
今後は，通信を含む安全認証の取得や安全レベルの向上を視野に，お客さまの安全システムの構築に貢献できる製品開発に取り組む所存である。

祢津 秀樹
1989年入社
サーボシステム事業部　設計第二部
サーボアンプの設計，開発に従事。

村田 佳幸
1995年入社
サーボシステム事業部　設計第二部
サーボアンプの設計，開発に従事。

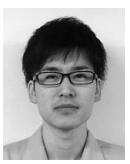
北原 通生
1991年入社
サーボシステム事業部　設計第二部
サーボアンプの設計，開発に従事。

藤沢 健一
1992年入社
サーボシステム事業部　設計第二部
サーボアンプの設計，開発に従事。

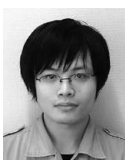


上條 晴彦
2005年入社
サーボシステム事業部　設計第二部
サーボアンプの設計，開発に従事。

中村 友紀
2010年入社
サーボシステム事業部　設計第二部
サーボアンプの設計，開発に従事。



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



西村 光博
2014年入社
サーボシステム事業部　設計第二部
サーボアンプの設計，開発に従事。

久保 直希
2015年入社
サーボシステム事業部　設計第二部
サーボアンプの設計，開発に従事。

岡田 佳基
2015年入社
サーボシステム事業部　設計第二部
サーボアンプの設計，開発に従事。

Memo

SANYO DENKI
Technical Report
44
November
2017
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　明(委員兼事務局責任者)
塚田 志保(委員兼事務局)
北澤 ゆかり　横田 雅史
内田 成一　水口 清志
祢津 秀樹　倉石 大悟
宮﨑　寛

発行日　2017 年 11 月 15 日(年 2 回発行)

©2017 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.