SANYO DENKI

Technical Report

特集 | 新たな夢を実現する技術

1971
Ueda Works

50
November
2020

COLUMN

表紙：

上田工場

1971年

1950年代，日本におけるステッピングモータの需要は非常に限定されていました。当社においても，当時は直流サーボモータと交流サーボモータを主力製品としていましたが，近い将来，ステッピングモータの需要が必ず生じると予測し，開発を進めていました。

こうした状況のなか，当時コンピュータの分野で世界をリードしていた米国IBM社から，ステッピングモータのサンプル注文がありました。当社の技術力の高さを認めてもらう絶好の機会です。総力を挙げてお客さまの期待を満足するステッピングモータを実現し，量産受注に結び付きました。

そして，上田工場では，若手エンジニアを中心として量産体制を作り上げ，社員一丸となってプロジェクトを成し遂げました。冷却用のファン「サンエース」に続き，もうひとつの主力製品「ステップシン」が誕生した瞬間です。これを機に，当社の業容は一段と飛躍しました。

ステッピングモータでは，細い電線を巻線として使います。手先の器用さが必要な仕事だったため，上田工場では，女性だけで構成される巻線職場も登場しました。こうして誕生したステッピングモータは，今でも当社の主力製品の一つとして活躍しています。

50
November 2020
SANYO DENKI TECHNICAL REPORT

C O N T E N T S

新たな夢を実現する技術　執行役員　平田 達也　1

特集：新たな夢を実現する技術　3

■ クーリングシステム事業部

新たな夢を実現する技術　大澤 穂波 …… 3

防水ファン
「San Ace 60W」「San Ace 80W」「San Ace 92W」　中山 章　ほか …… 8

□40 × 28mm 厚高静圧ファン
「San Ace 40」9HVA タイプ　漆本 光瑠　ほか …… 14

■ パワーシステム事業部

新たな夢を実現するための電源技術　関 知昭 …… 18

風力発電・水力発電システム用
整流器ユニット「SANUPS W75A」の開発　吉澤 竜　ほか …… 21

■ サーボシステム事業部

新たな夢を実現する技術
～医療・福祉・食品分野に貢献するサーボ技術～　児玉 秀明　ほか …… 25

「SANMOTION C ワイヤレスアダプタ 3A」の開発　佐藤 茂樹　ほか …… 31

新たな夢を実現する技術

執行役員 平田 達也 *Tatsuya Hirata*

今年度は第8次中期経営計画の最終年度です。グローバル企業を目指し,「世界のトップブランド」を構築するという大きな目標を掲げ進めてまいりました。

達成したテーマも多々ありますが, 第9次中期経営計画に継続するテーマもあり, 企業としてやらなければならないことがまだたくさんあります。

歴史を振り返ると, 1929年の世界大恐慌, 1945年の終戦後の大不況, 1974年のオイルショック, 2008年の金融危機など, 山洋電気は何度も大きな波を乗り越えてきました。今年は過去に経験したことがない大きな変化が起こりました。「新型コロナウイルス感染症 (COVID-19)」です。世界中にとても大きなダメージを与え, 予想もしなかった環境の変化になっています。この環境の変化をチャンスに変えることは至難の業です。

山洋電気は「環境の変化をチャンスに変える企業体質をつくる」ことを目指し,「第5世代移動通信システム (5G)」,「事業継続計画 (BCP)」,「人工知能 (AI)」,「自動車 (EV)」といった新しい分野に, 各々事業部がビジネス展開を図っています。また, 医療分野は大きく変化しており, 新型コロナウイルス感染症への対策が進められています。その流れのなか, 新型コロナウイルス感染者を発見するPCR検査装置やワクチンの開発にかかわる検査装置などに当社の製品が多く採用されています。

このように社会の変化が加速していく現代, 私たちは将来の市場環境を見据えた製品開発を進めています。

クーリングシステム事業部では, 遠心ファン「San Ace C70」9TDタイプ, 高静圧ファン「San Ace 40」9HVAタイプや高性能防水ファン

「San Ace 60W, 80W, 92W」9WPAタイプの開発をし，パワーシステム事業部では，風力発電・水力発電システム用整流器ユニット「SANUPS W75A」や防災用通信機器などに適しているリチウムイオン電池を搭載し屋外設置ができる「SANUPS N11B-Li」の開発をし，サーボシステム事業部では，位置決め機能内蔵ACサーボアンプ「SANMOTION R 3E Model」やモーションコントローラ用ワイヤレスアダプタ3A「SANMOTION C」の開発をし，各々事業部がグローバル市場に新しい製品を展開しています。

第9次中期経営計画では，「殻を破る」といった大きなテーマがあります。殻といっても，小さな殻や大きな殻，とても硬い殻もあります。今まで培ってきた施策やこれからおこなう施策で「変化しているグローバル市場の波のなかで施策の成果を活かす」ことを成し遂げていかなければなりません。

これからも私たちは，第8次中期経営計画のテーマである「新製品」，「ボーダーレス」，「リアルタイム」，「工場の自動化」をさらに推し進め，「世界一の製品開発」を大きな柱とします。山洋電気はマーケティング（市場戦略・販売戦略），イノベーション（技術革新）の取り組みをさらに強化し，お客さまとの関係性（絆）を大切に育み信頼を得て，新しい柱（新規顧客）の構築と今の柱（既存顧客）を太くすることをしなければなりません。お客さまの「悩み」や「困っていること」をお聞きし，その解決策として，製品を提供します。お客さまが求めているものを知り，お客さまのための製品開発を強化し，製販一体となり社会貢献することで，「新たな夢を実現する技術」を世の中に提供し続けてまいります。

新たな夢を実現する技術

大澤 穂波
Honami Osawa

1. まえがき

冷却ファンに求められる市場の要求は高風量，高静圧，低騒音，低消費電力と多岐にわたってきた。こうした要求は市場の変化とともにより高いものになり，当社ではその要求に応えるために新しい製品を開発してきた。今後，市場の要求はさらに高くなることが予想でき，それに応えるためには新たな技術を取り入れることが不可欠である。

また，冷却ファンの遠隔操作および状態を監視することで装置の予防保全を実現することや，各種センサと組み合わせることによって装置を効率的に冷却・換気したいといった市場の要求に応えるために，当社では業界に先駆け，ネットワーク環境に接続でき，かつ外部端末から遠隔操作·状態監視ができるIoT対応のSan Aceコントローラを開発した。この製品は，新たな市場として，住宅・住設機器，産業機器，農業関連機器なども視野に入れて開発しており，冷却ファンによる換気，気圧制御，湿度制御など環境を調整する用途も考慮している。この製品に対しても新たな機能の要求が出てきている。

本稿では，今後求められる冷却ファンの高性能化を実現する技術と，冷却ファンを制御するためのコントローラの新たな技術について述べる。

2. 冷却ファンの高性能化

2.1 前述

それぞれの要素の高性能化について述べる前に，当社冷却ファンの1機種を例に風量－静圧特性例と同機種の構造および特性から求められる流量－圧力特性を示す。

図1は当社ファンの風量－静圧特性の一例である。本例では，ある同じサイズの古い機種から最新の機種まで，最高風量品の風量－静圧特性を示した。製品化の順番は，FAN A，B，C，D，Eである。製品化された順番で風量－静圧特性が向上しているのがわかる。

これらの機種について，無次元化したのが図2である。この処理を施すことで羽根－フレームの特徴（高風量タイプ，高静圧タイプなど）がわかる。

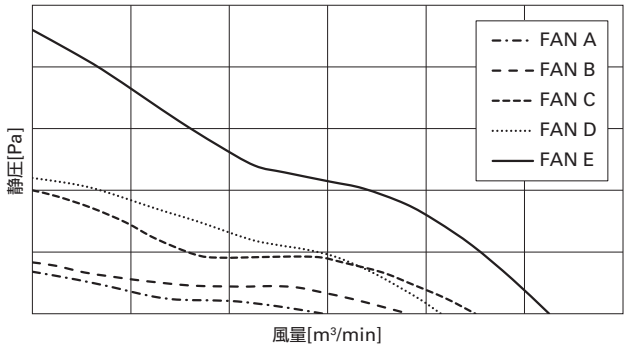


図1　風量－静圧特性例

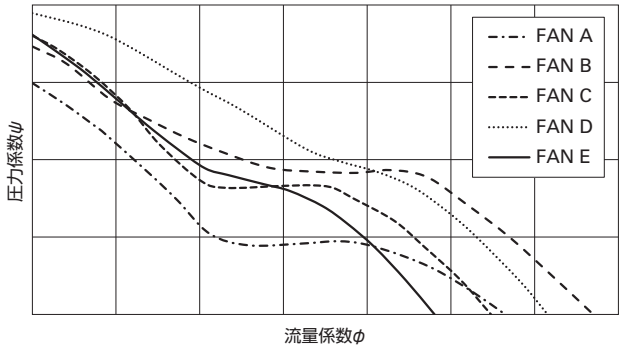


図2　流量－圧力特性

流量－圧力特性は羽根・フレームによる空力特性を示すものであり，基本的な考えとしては，数値が大きいほど（グラフの右上に位置するカーブほど）空力特性が高いと言える。

この2つの比較から言えることは，新しい機種の風量－静圧特性は圧倒的に高いが，羽根·フレームの空力特性が高いということではなく，モータ，回路との組み合わせで，高い風量－静圧特性を実現しているということである。

したがって，冷却ファンの高性能化は，以下の3つの性能をバランスよく向上させることが重要である。

① 空力性能
② モータの性能
③ 駆動回路の性能

また，図1，2の例では同じサイズの冷却ファンを例にしている。したがって図2のグラフは，同じ回転速度での空力特性の比較と言える。ゆえに，高風量－高静圧を実現している技術は，モータの高回転化の依存度が大きい。

上記要素の高性能化について述べる。

2.2 空力性能の高性能化

羽根･フレームの設計は従来，カットアンドトライによる繰り返し設計が必要で，完成までに多大の時間と労力が必要であった。

近年，コンピュータの高速化とシミュレーション技術の向上で設計の自動化の可能性が高まってきた。必要な性能を条件として与え，コンピュータに試行錯誤させ，最適な形状を設計させる“自動探査による最適化設計”が現実的になってきており，当社でもこの取り組みをすすめている。

図3に自動探査による最適化設計の例をあげる。

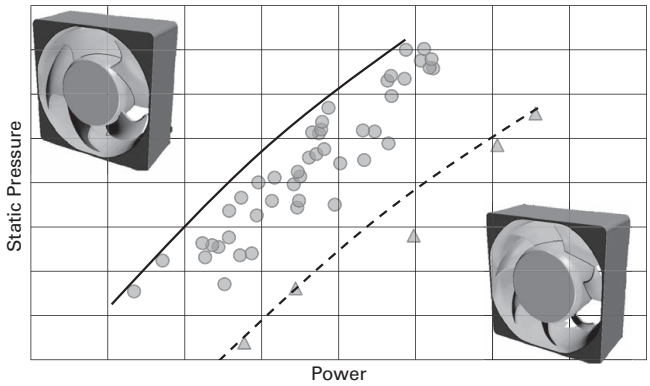


図3　自動探査による最適化設計の例

この例では，横軸に電力，縦軸に静圧を見ており，左上に位置するものほど高効率な羽根・フレームであると言える。従来のカットアンドトライによる手法では△プロットの性能であったが，最近の研究では○プロットの結果が得られている。これは新しい取り組みにより，同じ静圧値で低電力の冷却ファンが実現できる可能性が見えたことを示している。

自動探査による最適化設計は，過去の製品ノウハウをパラメータとして引き継ぐことと，さらに新しい要素を加えることで，全く新しい発想の羽根・フレームを設計できる。これにより，業界トップ性能の冷却ファンの実現を目指す。

2.3 モータの高性能化

2.1で述べたが，新しい機種ほど空力性能が高いということではない。空力性能が高い羽根・フレームの組み合わせでは，モータに大きなトルクが必要になり，大きなトルクを発生するためにはモータの直径が大きくなる傾向である。その結果として通風面積が小さくなることが一つの要因となり，図2のような空力特性の差が生じる。

トルク･信頼性を維持したまま，モータの径を小さくすることができれば，空力特性の高い羽根･フレームと組み合わせることが可能である。

次に，モータの小型化・高効率化について述べる。

モータの高効率化は，すなわち損失の低減である。モータの損失には，以下の3つがあげられる。

① 銅損
② 鉄損
③ 機械損

このうち大きな割合を占めるのが①と②である。

次項では，それぞれの損失について低減技術を述べる。

2.3.1 銅損の低減

銅損を低減するための技術は下記である。

① 磁力の強いマグネットの採用

磁力の強いマグネットの採用については，より少ない電流で十分なトルクを発生させるために必要であり，現在主流のフェライト磁石に代わり，ネオジム，アルニコ，サマリウムコバルトなどの希土類磁石を使いこなしていくことで銅損低減に繋がる。

② 巻線占積率の向上

巻線占積率の向上については，モータの巻線抵抗と電流によるジュール損失を低減するために必要があり，導体断面積の増加と，巻線技術の工夫により実現できる。

具体的には，導体断面積の増加のためには，平角線の採用，巻線技術の工夫については，整列巻きなどが占積率向上に繋がり，銅損低減に寄与する。

2.3.2 鉄損の低減

鉄損は，磁性体の材料やステータ（鉄心）の形状・構造を工夫することによって低減することが可能である。

主にステータについての技術を述べる。

① 低鉄損かつ高磁束密度の電磁鋼板を検討

現在のステータには珪素鋼板を使用しているが，最近注目されている材料として下記がある。

- Fe基アモルファス
- ナノ結晶軟磁性材料
- Fe圧粉磁心

これらは，いずれも低鉄損や渦電流損が抑えられる特徴を有し，今後のステータ材料として検討に値すると考える。

② 電磁鋼板の板厚最適化検討

現在，電磁鋼板は0.35mm厚のものが良く使われているが，高回転化にともなう駆動周波数の増加により，渦電流損も増加している。この解決策は，より薄い鋼板を積層して渦電流損を低減することである。

③ モータの磁気回路設計

上述した銅損低減，鉄損低減の検討を取り入れ，必要な仕様のモータを実現するためには，モータ内部のスペースをうまくバランスさせることが重要である。

現在，モータ設計には電磁界解析が欠かせない。構造体と磁気回路を，解析技術などを用いてバランスさせ，高効率かつ高信頼性のモータ設計をおこなう。

2.4 回路の高性能化

冷却ファンの高性能化にともない，電力は増加しており，大電流を駆動する素子の使用が必要になる。一般的にこのような素子はサイズが大きく，また，発熱も大きい。一方で，空力の最適設計を優先した場合，基板のために確保できるスペース（直径）には制約が生じ，電子部品の搭載可能な面積は減少する。

このため，回路設計には，以下の2つが求められる。

① コンパクトな部品実装
② 電子部品・基板の熱対策

次項では，それぞれの課題に対して解決技術を述べる。

2.4.1 コンパクトな部品実装

上述したように，空力の最適設計により，基板のために確保できるスペースには制約が生じ，電子部品の搭載可能な面積は減少する。これを解決する技術として，以下の2つが考えられる。

① 部品点数の削減
② BGA，LGAパッケージ部品の採用

部品点数の削減については，IPMなどのモジュールを使用することがあげられる。IPMは，パワーデバイスと駆動回路を統合してモジュールを構成しているため部品点数の削減ができ，実装の省スペース化，基板の小型化に寄与する設計が可能である。

図4に従来の回路例を，図5にIPM使用の回路例を示す。

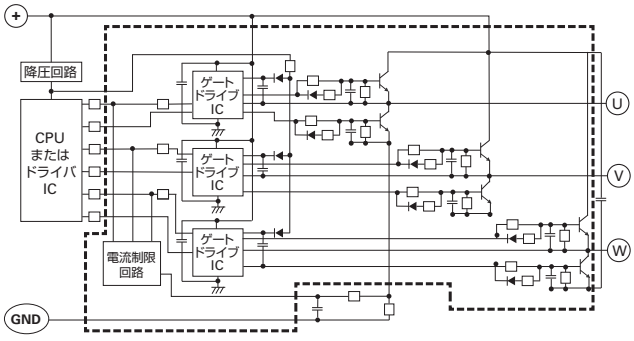


図4　従来の回路例

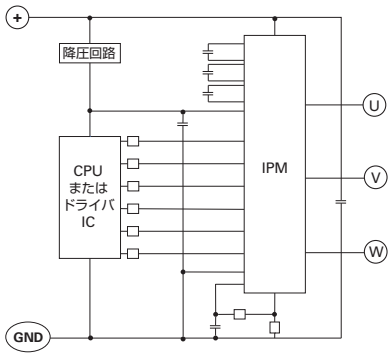


図5　IPM使用の回路例

この例では，図4の点線内の部品がIPMに集約されるので，部品点数の削減，実装面積の削減に貢献できる。

BGA，LGAパッケージ部品の採用については，リードがパッケージの外に出ない電子部品を使用することで実装面積の削減に貢献できる。

これらの技術は，当社冷却ファンの一部製品にすでに適用しており，今後さらに適用は広がると考える。

2.4.2 電子部品・基板の熱対策

冷却ファンのモータ・回路部は一般的に密閉されていない構造で，動翼が回転することで発生する空気の流れによる対流と放射による放熱で熱対策をおこなってきた。

回路部においては，消費電力が高くなり，実装密度が上がると，従来の方法だけでは冷却が困難になることが予想できる。このため冷却ファンの回路設計においても，今後は従来の方法に加え，伝導を意識した設計により放熱することが必要になる。

伝導による放熱は，近年，スマートフォンやデジタルカメラ，ECUなど小型で密閉された機器での実績があり，冷却ファンの回路部においても参考にするべき手法であると考える。

密閉された機器の高放熱化の手法については，以下の①～⑤がある。

① 部品－基板間の熱抵抗低減
② 基板の熱伝導向上
③ 接触熱抵抗低減
④ ヒートスプレッダ活用
⑤ 筐体の熱伝導性能向上

参考例を図6に示す。

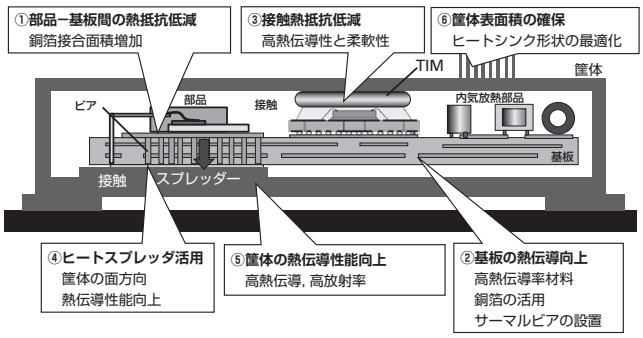


図6　密閉された機器の高放熱化

これらの放熱手法を冷却ファンに取り入れることで, 電子部品の発熱を放熱でき, さらなる信頼性向上に繋がる。

3. コントローラの新しい技術

3.1 前述

冷却ファンの遠隔操作および状態を監視することで装置の予防保全を実現することや, 各種センサと組み合わせることによって装置を効率的に冷却・換気したいといった市場の要求に応えるために, 当社ではSan Aceコントローラを開発した。

製品リリース後, 市場から下記のような要求が出てきている。

① 新しいセンサによる監視と制御の追加
② オープンネットワーク対応

それぞれついて対応を述べる。

3.2 新しいセンサによる監視と制御の追加

現行のSan Aceコントローラは専用に開発した下記のセンサに対応している。

- 温度センサ
- 湿度センサ
- 気圧センサ
- 加速度センサ

そして, 市場からは, 以下のセンサに対応することを求められている。

- ダストセンサ
- においセンサ
- 人感センサ

これらの専用センサを開発し, San Aceコントローラに機能を追加することで, 顧客の要求に応えられる。

3.3 オープンネットワーク対応

現行のSan Aceコントローラの有線通信はEtherNETである。市場からは, EtherCATやOPC UAなどのオープンネットワークに対応したスレーブ（センサや外部機器）との連携が求められている。

図7に現行仕様の接続例, 図8にオープンネットワーク対応仕様の接続例を示す。

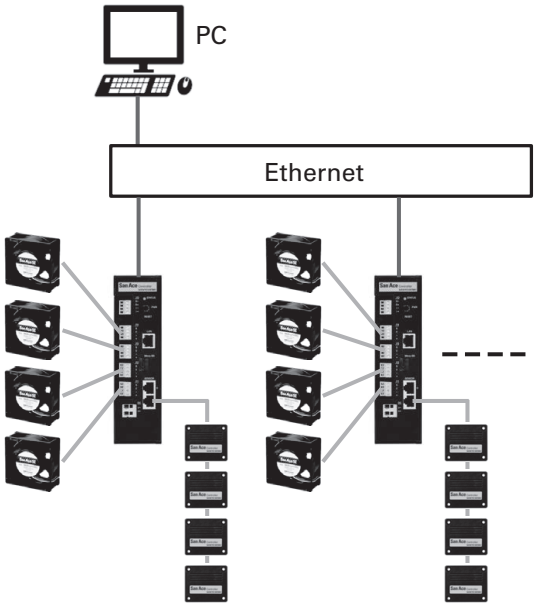


図7　現行仕様の接続例

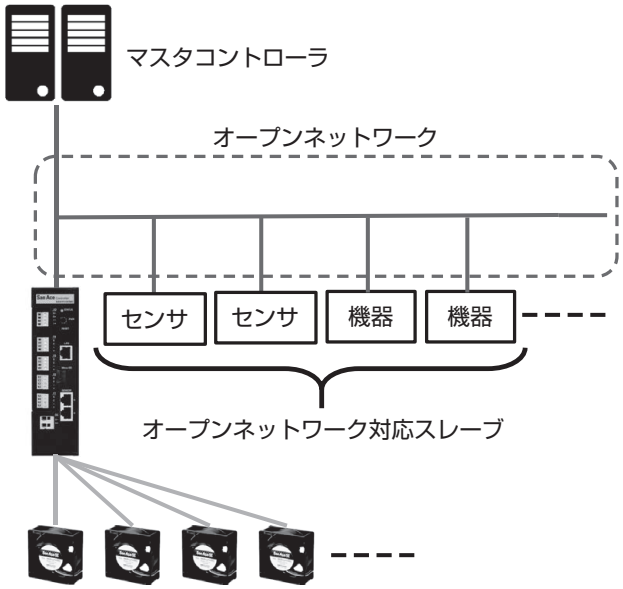


図8　オープンネットワーク対応仕様の接続例

オープンネットワークに対応したコントローラについては新規開発が必要になるが, 市販されているスレーブを使用することが可能になる。その結果, 顧客が実現できることが増えるため, 今後検討していきたい。

4. むすび

本稿では，冷却ファンの高風量化，高静圧化のための技術と，コントローラの新しい機能と仕様について述べた。

冷却ファンに対する市場の要求は，高風量，高静圧だけでなく，低騒音，低消費電力，低価格などの要求もある。これらの要求に対しても新しい技術や視点で解決していきたい。

コントローラについては，現行製品は業界初のIoT製品であり，今後新たな要求が出てくることが予想できる。新たな要求には，機能追加で実現可能なものと，新しいコントローラの開発が必要なものがあり，検討していきたい。

クーリングシステム事業部設計部では常に新しい製品を開発し続ける。新しい製品は常に業界トップを目指す。さらに，今まで以上に市場の変化･要求を理解し，最適な製品提供や迅速なカスタマイズにより，お客さまの夢の実現に貢献できる製品を開発・提供していく所存である。

文献

(1) 国峰 尚樹：「5G時代に向けた高密度電子機器の熱対策」
日経XTECHラーニング　セミナーテキスト（2020.7）

(2) 一ノ倉 理：「最近のモータ技術」
http://www.aki.che.tohoku.ac.jp/170116web/O.Ichinokura_web0118.pdf（2020.8.24）

(3) 村上 直樹ほか7名：ファンの遠隔制御・監視を実現するIoT製品「San Ace コントローラ」の開発
SANYO DENKI Technical Report, No.48, pp.8-13（2019.11）

(4) 渡辺 道徳：クーリングシステム事業部，2019年の技術成果
SANYO DENKI Technical Report, No.49, pp.3-5（2020.5）

執筆者

大澤 穂波
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。

防水ファン「San Ace 60W」「San Ace 80W」「San Ace 92W」

中山 章 *Akira Nakayama*
ジェーン オリバ *Jane Oliva*
ロジェン モリノ *Rogen Molino*
グレイス リコ *Grace Rico*
ジョベリン ビラー *Jovelyn Villar*
山崎 哲也 *Tetsuya Yamazaki*
御供 重一 *Shigekazu Mitomo*
皆瀬 尊 *Takashi Kaise*
長塚 幸弘 *Yukihiro Nagatsuka*
山崎 嘉久 *Yoshihisa Yamazaki*

1. まえがき

防水ファンが採用される屋外設置の通信基地局や太陽光発電システム用パワーコンディショナ，デジタルサイネージなどは高性能化および小型化にともない，装置の発熱量が増加していることから，従来以上の冷却性能が求められている。

この要求に応えるため，従来品以上の冷却性能（高風量，高静圧）を有する高性能防水ファン「San Ace 60W」「San Ace 80W」「San Ace 92W」9WPAタイプ（以下，開発品という）の3機種を開発し製品化した。本稿に製品の特長と性能を紹介する。

2. 開発品の特長

図1～3に開発品の外観を示す。

開発品は，ファンサイズと取り付け穴位置に従来品との互換性を保ちながら，高風量化・高静圧化を実現している。

図1　□60×25mm厚「San Ace 60W」9WPAタイプ

図2　□80×25mm厚「San Ace 80W」9WPAタイプ

図3　□92×25mm厚「San Ace 92W」9WPAタイプ

開発品の構造上の特長を以下に示す。

(1) 活電部へのコーティングの外観を図4に示す。防水性に優れた材料で活電部（巻線，回路）をコーティングすることで保護している。

(2) 図5に開発品と9WLタイプのフレーム形状の比較を示す。フレームは従来品であるアルミニウムの9WLタイプと形状の互換性を保ちつつ，樹脂材を採用した。

図4　活電部のコーティング

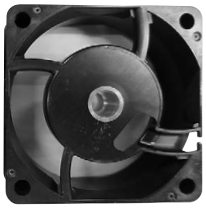
	従来品 アルミニウム （9WLタイプ）	開発品 樹脂材 （9WPAタイプ）
□60mm		
□80mm		
□92mm		

図5　従来品9WLタイプとのフレーム形状比較

3. 開発品の概要

3.1 寸法諸元

各開発品の寸法諸元を図6～8に示す。

ファンの外形サイズ，取り付け寸法など，従来品と互換性を保っている。

3.2 特性

開発品の一般特性を表1に示す。

幅広い市場で使用できるよう，定格電圧は12V，24Vの2種類を用意した。

PWMコントロール機能を搭載しているため，装置内部の発熱状況に応じて回転速度を制御することで，装置としての低消費電力化を実現できる。

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，フリーエア状態，常湿）は40,000時間である。

また，図9～11の風量－静圧特性例は，定格電圧と使用電圧範囲上下限を示している。

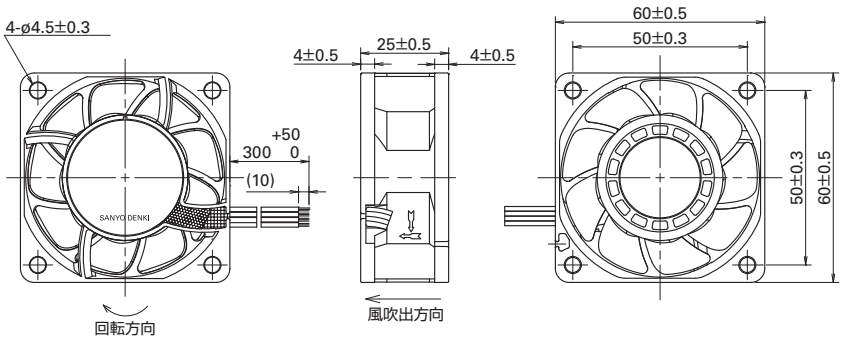


図6　「San Ace 60W」寸法緒元（単位：mm）

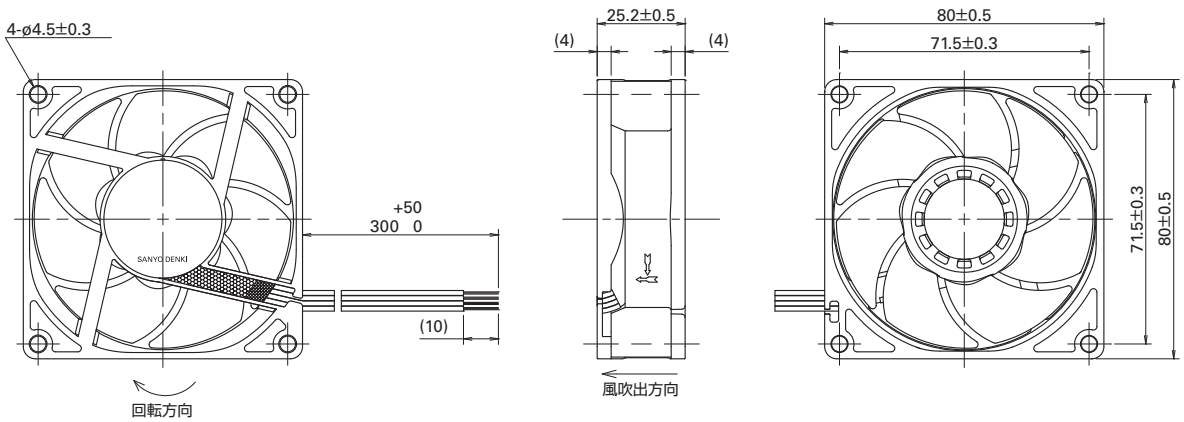


図7　「San Ace 80W」寸法緒元（単位：mm）

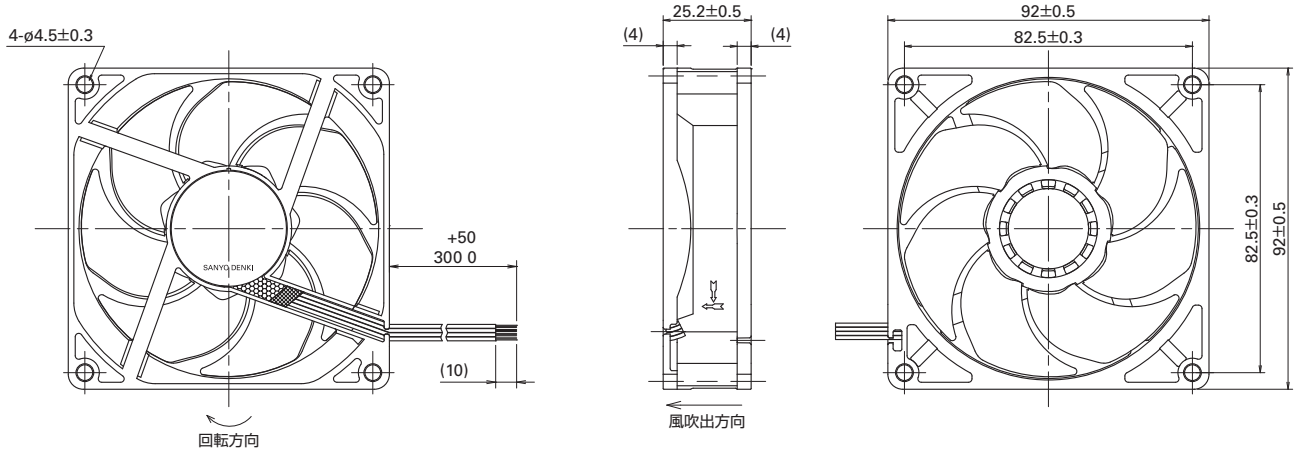


図8 「San Ace 92W」寸法緒元（単位：mm）

表1 各開発品の一般特性

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}]	最大風量 [m^3/min]	最大風量 [CFM]	最大静圧 [Pa]	最大静圧 [inchH$_2$O]	音圧レベル [dB (A)]	使用温度範囲 [°C]	期待寿命 [h]
9WPA0612P4G001	12	10.8～13.2	100	0.93	11.16	12000	1.52	53.7	357	1.44	56	−20～+70	40000/60°C (70000/40°C)
			20	0.09	1.08	3500	0.41	14.5	31	0.13	22		
9WPA0624P4G001	24	21.6～26.4	100	0.46	11.04	12000	1.52	53.7	357	1.44	56		
			20	0.05	1.2	3500	0.41	14.5	31	0.13	22		
9WPA0812P4G001	12	10.8～13.2	100	0.71	8.52	8250	2.32	81.9	210	0.84	54		
			20	0.07	0.84	2400	0.67	23.6	18.2	0.073	21		
9WPA0824P4G001	24	21.6～26.4	100	0.36	8.64	8250	2.32	81.9	210	0.84	54		
			20	0.05	1.2	2400	0.67	23.6	18.2	0.073	21		
9WPA0912P4G001	12	10.8～13.2	100	0.5	6	5700	2.45	86.5	126	0.51	47		
			20	0.04	0.5	1200	0.52	18.4	6	0.02	11		
9WPA0924P4G001	24	21.6～26.4	100	0.25	6	5700	2.45	86.5	126	0.51	47		
			20	0.03	0.7	1200	0.52	18.4	6	0.02	11		

※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}。
周囲温度40°Cの場合の期待寿命は参考値です。

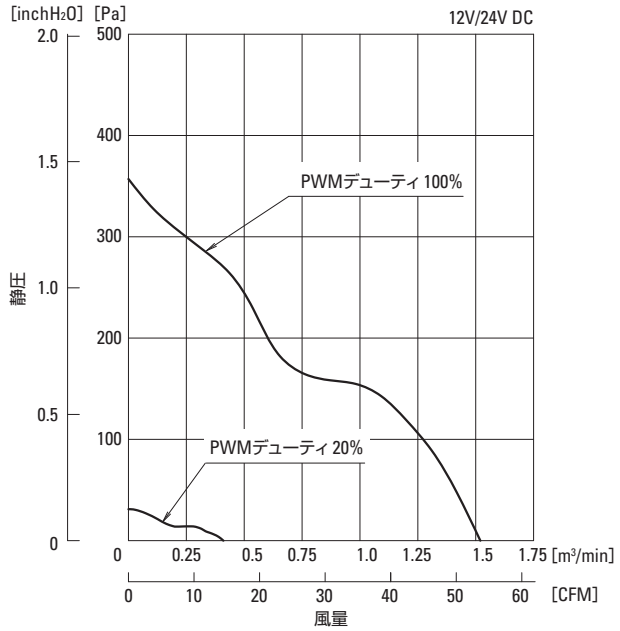


図9 「San Ace 60W」風量－静圧特性例

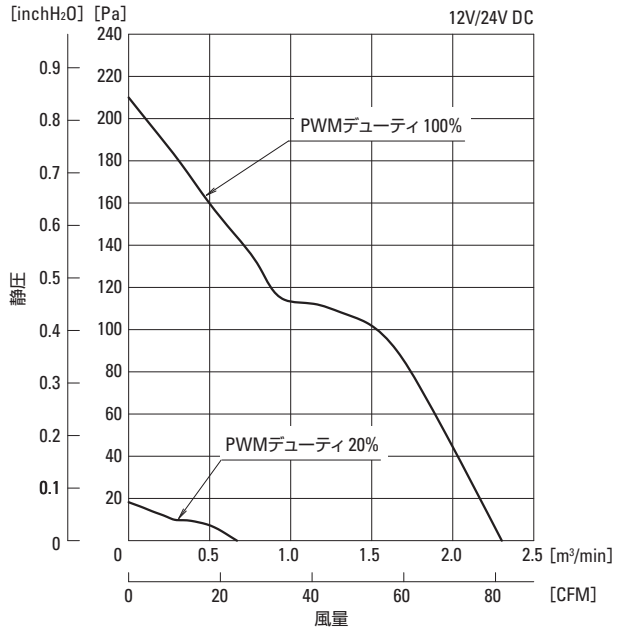


図10 「San Ace 80W」風量－静圧特性例

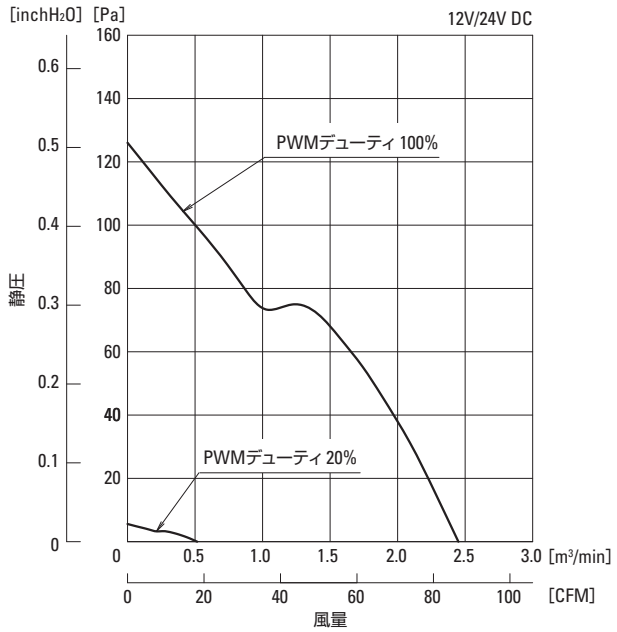


図 11 「San Ace 92W」風量－静圧特性例

4. 開発品と従来品の比較

4.1 風量－静圧特性の比較

各開発品と従来品との風量－静圧特性の比較を図 12 ～ 14 に示す。各開発品は従来品の特性と比べて最大風量，最大静圧ともに向上している。

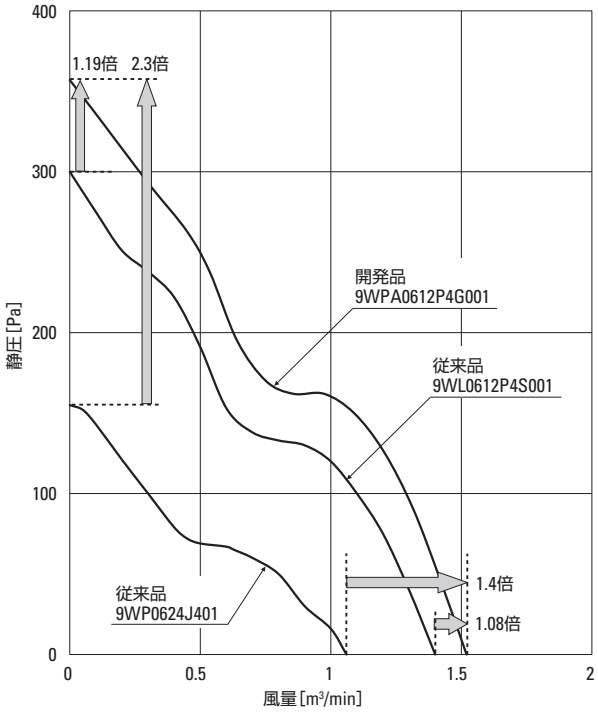


図 12 「San Ace 60W」風量－静圧特性例
開発品と従来品の比較

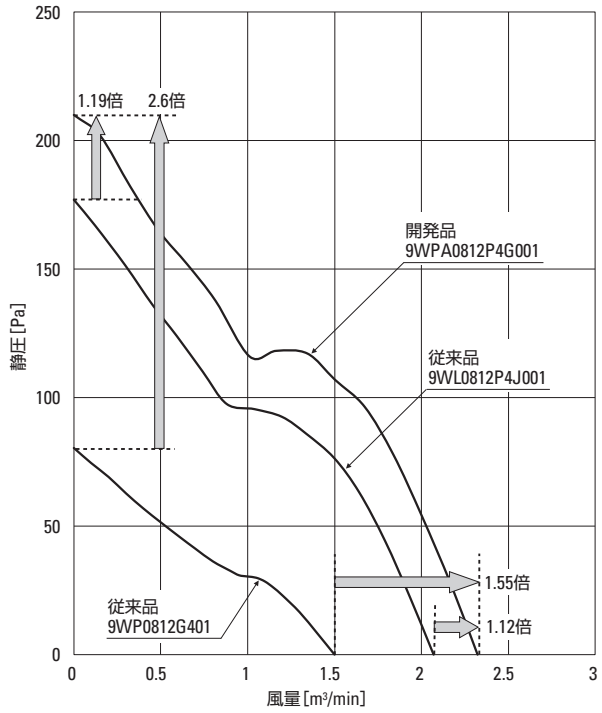


図 13 「San Ace 80W」風量－静圧特性例
開発品と従来品の比較

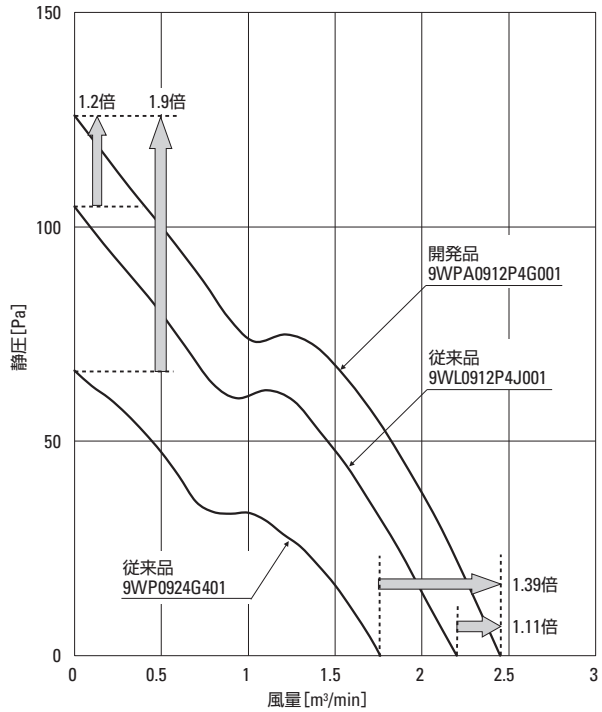


図 14 「San Ace 92W」風量－静圧特性例
開発品と従来品の比較

5. 開発のポイント

各開発品は，防水性能を備えながらも，従来品を超える高風量・高静圧化を実現している。

各開発品は，従来品よりも高性能化実現のために高回転化し，低消費電力化のために高効率のモータと駆動方式を採用した。

以下に開発のポイントについて説明する。

5.1 構造設計

防水性能（IP68）(注)を満足させるため，防水性に優れ温度変化にも強い樹脂で活電部をすべて覆うコーティングを施した。また，最適なコーティング形状にすることにより，信頼性と生産性を向上させている。

また，フレームは製品の性能に合わせ樹脂材を採用し，高回転化に対応できる形状設計とした。

（注）保護等級IP68
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）」で規定されている。（IEC 60529:2001）

5.2 モータ・回路

高性能を実現するために新規に回路設計をした。高効率のモータと駆動方式を採用することにより，モータ発熱を抑えることができた。その結果，高回転化を実現させることが可能となった。

合わせて，従来品9WPタイプの最大風量同等時における消費電力の低減を実現した。図15に例として「San Ace 80W」の開発品と従来品の最大風量同等時の風量-静圧特性の消費電力の比較を示す。

開発品は従来品に比べて静圧は全領域で上回っており，消費電力も全領域で低くなっている。

また使用部品の見直しを実施し，使用部品の削減を図った。

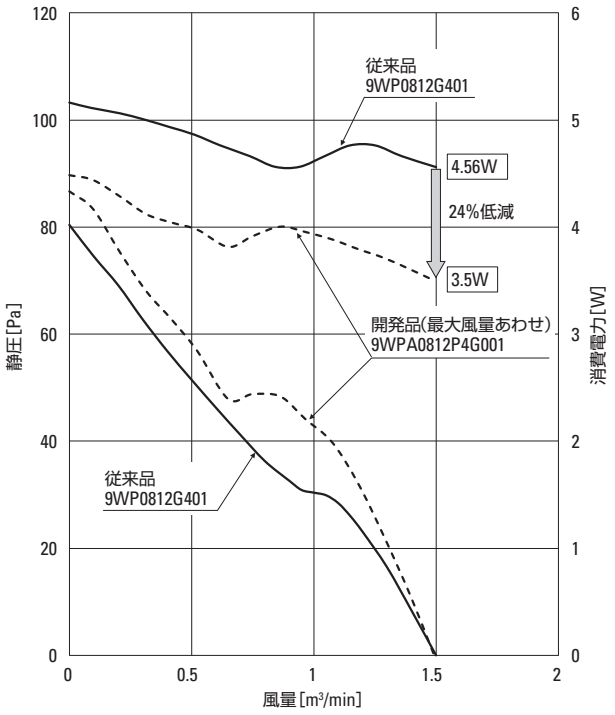


図15　従来品との消費電力比較

6. むすび

本稿では，高性能防水ファン「San Ace 60W」「San Ace 80W」「San Ace 92W」9WPAタイプの3機種の特長と性能を紹介した。

開発品3機種は，当社従来品に対して高風量・高静圧を実現した。これにより，高機能化している通信基地局や太陽光インバータ，デジタルサイネージなど従来以上に冷却性能が必要な用途において，本開発品が大きく貢献できると考える。

今後も，さまざまな市場要求に応える製品開発をおこなうことで，お客さまの新しい価値の創造に貢献できる製品をすばやく提供し，お客さまとともに夢を実現していく所存である。

執筆者

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

Jane Oliva
SANYO DENKI PHILIPPINES, INC.　設計部
冷却ファンの開発, 設計に従事。

Rogen Molino
SANYO DENKI PHILIPPINES, INC.　設計部
冷却ファンの開発, 設計に従事。

Grace Rico
SANYO DENKI PHILIPPINES, INC.　設計部
冷却ファンの開発, 設計に従事。

Jovelyn Villar
SANYO DENKI PHILIPPINES, INC.　設計部
冷却ファンの開発, 設計に従事。

山崎 哲也
SANYO DENKI PHILIPPINES, INC.　設計部
冷却ファンの開発, 設計に従事。

御供 重一
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。

皆瀬 尊
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
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 嘉久
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。

□40×28mm厚高静圧ファン「San Ace 40」9HVAタイプ

漆本 光瑠 *Hikaru Urushimoto*
石原 勝充 *Katsumichi Ishihara*
柳沢 篤史 *Atsushi Yanagisawa*
宮沢 秀治 *Shuji Miyazawa*
中村 俊之 *Toshiyuki Nakamura*
栗林 宏光 *Hiromitsu Kuribayashi*

1. まえがき

1Uサーバや通信機器市場においては，装置の高機能化や部品の実装密度が高まっていることから，小型かつ冷却性能の高いファンが求められている。それに加えて近年では，消費電力の低減に目を向けるお客さまが多いため，高静圧化を実現しつつ消費電力を低くすることが重要となっている。

これらの要求に応えるため，羽根・フレーム・モータ・回路のすべてを新規に設計した高静圧ファン「San Ace 40」9HVAタイプ（以下，開発品という）を開発・製品化した。

本稿では，その特長と性能の一部を紹介する。

図1　□40×28mm厚「San Ace 40」9HVAタイプ

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

従来品のサイズを維持し，高性能化を達成した。

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。外形サイズ，取り付け寸法など，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に開発品の一般特性を示す。定格電圧は1Uサーバ市場を想定したDC12Vで，定格回転速度は38,000min^{-1}（Jスピード）を開発した。

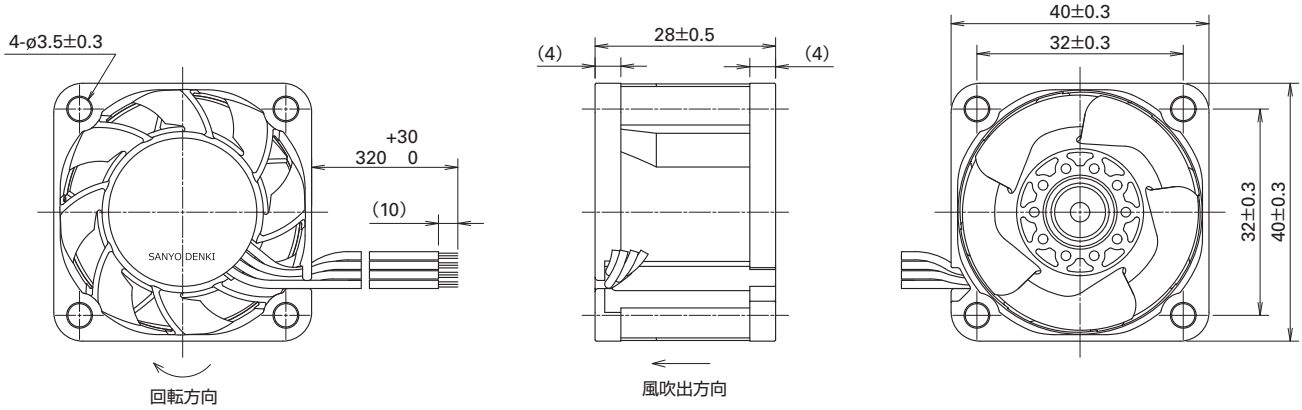


図2　開発品の寸法諸元（単位：mm）

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}］	最大風量		最大静圧		音圧レベル［dB(A)］	使用温度範囲［℃］	期待寿命［h］
							［m^3/min］	［CFM］	［Pa］	［inchH$_2$O］			
9HVA0412P3J001	12	10.2～13.8	100	2.60	31	38000	1.05	37.1	2300	9.24	71	−20～+70	30000/60℃（53000/40℃）
			20	0.12	1.4	8000	0.22	7.8	101	0.41	34		

※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}。
周囲温度40℃の場合の期待寿命は参考値です。

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。定格電圧12V，PWMデューティサイクル100%，20%時の条件で示している。

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。PWMデューティサイクルの違いによる風量－静圧特性例については図3を参照。

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，フリーエア状態，常湿）は，30,000時間である。

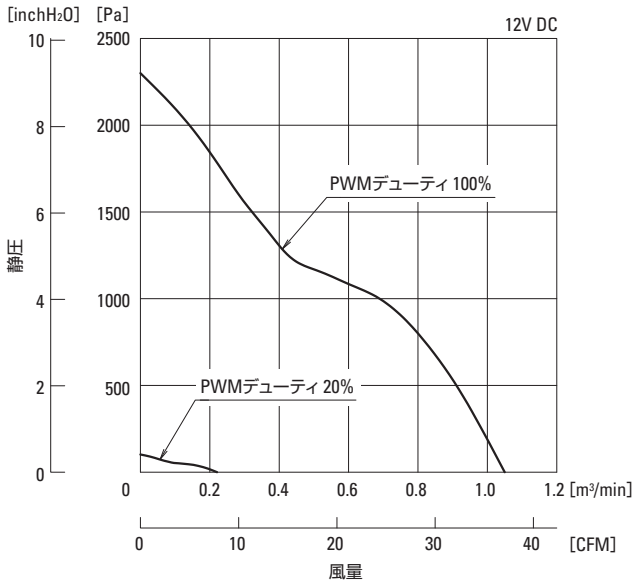


図3　開発品の風量－静圧特性例

4. 開発のポイント

開発品は，従来の40mm角サイズのファンと比較して，静圧の大幅な向上を実現した。目標としていた静圧性能を達成するためには，羽根・フレーム形状の設計に加えてモータの高回転化も必要となった。

これらを実現するために羽根・フレーム・モータ・回路を新規に設計した。

以下に開発品のポイントと当社従来品の「San Ace 40」9HV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・フレーム設計

本開発品では，従来品よりも大幅に上回る静圧性能を実現するため，羽根・フレーム形状の設計に加えて，回転速度を38,000min^{-1}まで高回転化する必要があった。当社ファンにおいて最も速い回転速度であり，この高回転にも耐えることができる羽根を設計した。

また，従来品ではフレーム材質にアルミニウムが採用されていたが，開発品ではファンの軽量化を考慮して樹脂を採用した。樹脂はアルミと比べると放熱性が低く，モータが冷えにくいという課題があったが，羽根の通気孔の数や大きさを工夫することで冷却性を高めた。

図4に従来品と開発品の羽根形状の比較を示す。

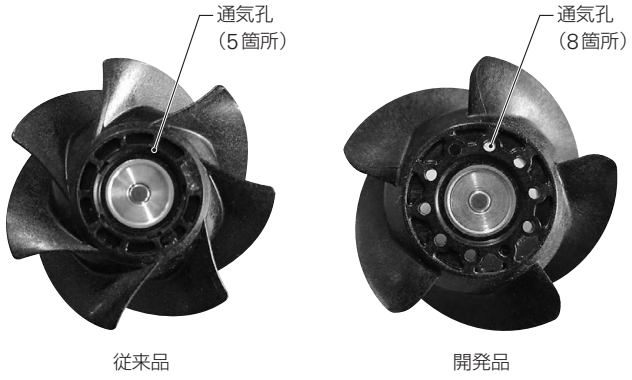


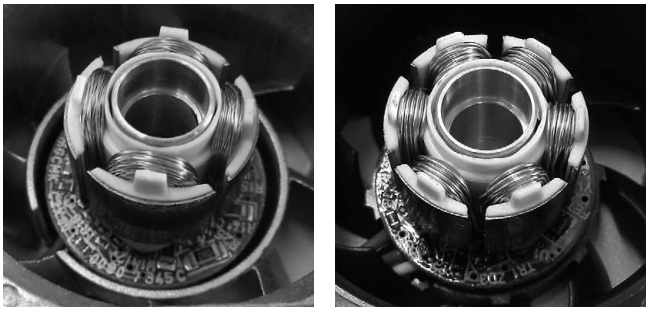
図4　従来品と開発品の羽根形状の比較

4.2 モータ・回路設計

図5に従来品と開発品のモータ部を示す。ファンの高回転化を実現するためには，モータに流す電流を高周波数でスイッチングする回路を開発することとモータ振動の低減をおこなう必要があった。これらを実現するために，高速なスイッチングに対しても電流のピーク値を抑えることができ，コギングトルクが小さく低振動に駆動させることができる三相駆動方式を採用し，新規に回路とモータを設計した。

また，高回転化にともない消費電力も増大し，消費電力は当社の40mm角サイズでは最も大きい31Wとなった。従来品と比較すると1.7倍に増大し，消費電力の増加による電子部品の発熱

が課題であった。ファンサイズが大きく，基板サイズを大きくできる場合，電流容量が大きい大型部品に変更することや，電子部品を複数使用することで発熱対策を取ることができる。しかし，40mm角サイズのファンにおいては，基板サイズを大きくすると通風面積が狭くなり，空力特性が低下してしまうため，基板サイズの変更がおこなえない。そこで，上述した羽根の通気孔による内部冷却を最大限に活かした部品配置をおこない，従来品と同じ基板サイズで高回転用の回路設計を実現した。



従来品（単相駆動）　　開発品（三相駆動）

図5　従来品と開発品のモータ

5. 開発品と従来品の比較

5.1 風量－静圧特性の比較

図6に開発品と従来品の風量－静圧特性比較を示す。従来品と比較して，最大風量は1.26倍，最大静圧は2.1倍に向上している。図中の想定システムインピーダンス（通風抵抗）において，開発品を低システムインピーダンスの装置で使用すると，動作風量が従来品に比べて28%増加する。また，高密度で実装された高システムインピーダンスの装置においては，動作風量が従来品に比べて33%増加する。

5.2 従来品と同等性能時の消費電力比較

図7に開発品と従来品の同等冷却性能時における消費電力の比較を示す。開発品を従来品と同等冷却性能になるようにPWM制御で回転速度を下げた場合，従来品に対して全領域において消費電力は低く，最大風量付近では20%低減，高静圧領域では10%低減したことでランニングコストを低減できる。

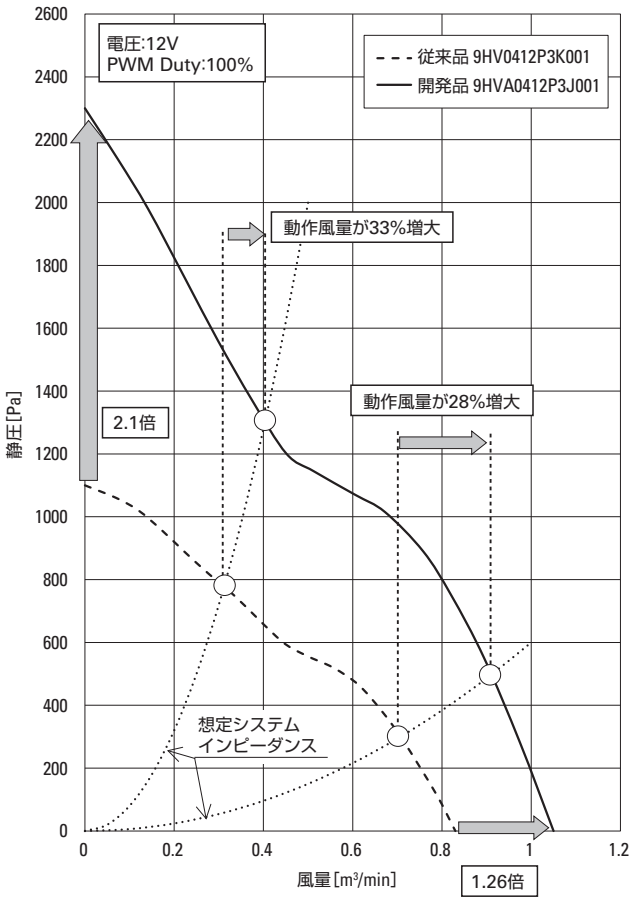


図6　開発品と従来品の風量－静圧特性例

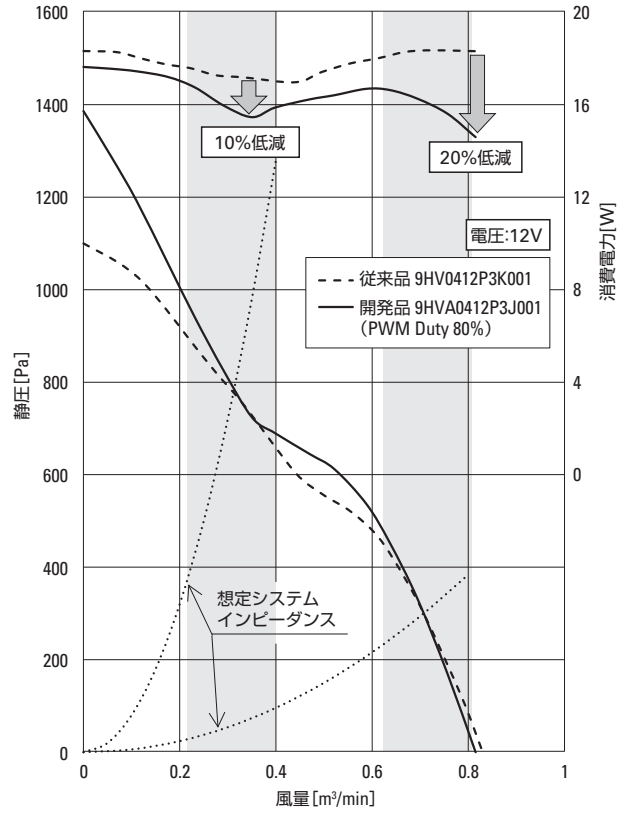


図7　風量－静圧特性例（従来品との比較）

5.3 □40×56mm厚サイズの製品との比較

開発品の冷却性能は，ファンの厚みサイズが2倍の□40×56mm厚サイズ二重反転ファンを上回る性能を実現した。

図8に□40×56mm厚二重反転ファン9CRV0412P5J201との風量－静圧特性の比較を示す。

開発品は，最大静圧は2.2倍になり，全領域において冷却性能が上回るため，二重反転ファンの冷却性能も満たすことができ，装置の省スペース化に貢献できる。

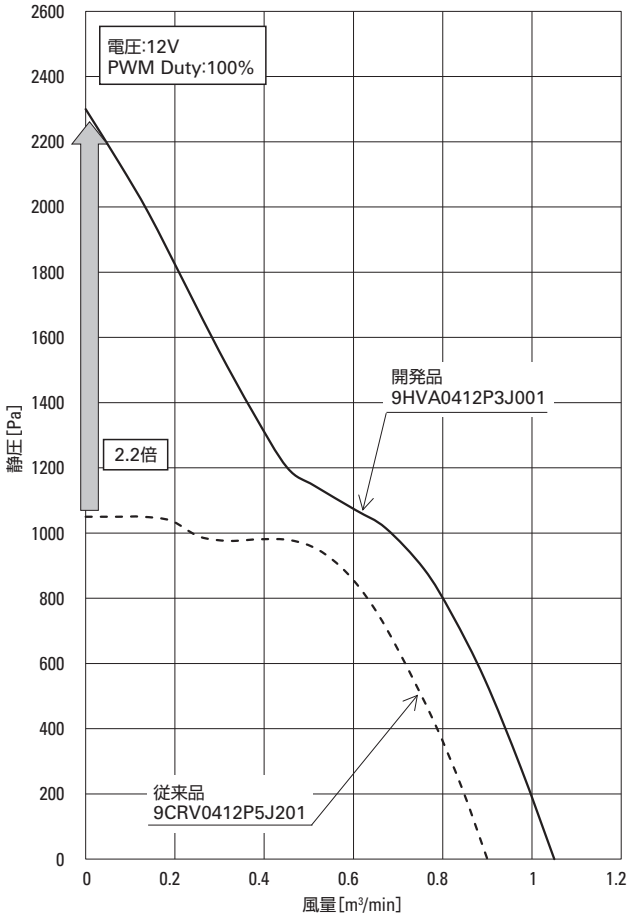


図8　風量－静圧特性例
（□40×56mm厚二重反転ファンとの比較）

6. むすび

本稿では，開発した□40×28mm厚高静圧ファン「San Ace 40」9HVA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大幅な高静圧化を実現した。また，従来品と同等の冷却性能にした場合，消費電力の大幅な低減を実現した。

高密度化により冷却不足となる装置や省エネが求められる市場において，本開発品の高静圧･低消費電力という特長は大きく貢献できると考える。

今後もお客さまの要求にいち早く適応できるように，未来を見据えた技術を取り入れ，冷却ファンを開発していく。

執筆者

漆本 光瑠
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。

石原 勝充
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
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 秀治
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
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
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。

新たな夢を実現するための電源技術

関 知昭
Chiaki Seki

1. まえがき

近年，日本各地で自然災害における大規模な停電など，ライフラインの被害が大きなニュースとなっている。このような状況から，これまで主に屋内に設置され通信設備や工場設備のバックアップの役割を果たしてきた無停電電源装置（以下，UPS）だが，今後は屋外に設置された機器を，長時間，安定的にバックアップすることで社会に貢献するという新たな活躍の場が増えていくことが予想される。

また，低炭素社会の実現に向け，世界中で再生可能エネルギーに注目がさらに集まっている。これまで電力買取制度の後押しにより，導入の進んだ太陽光発電システムにおいては，災害などによる停電時に発電電力を使える，自立出力機能を有したパワーコンディショナのニーズが高まっている。太陽光発電に続く再生可能エネルギーとして，風力発電や水力発電に注目と期待がさらに高まっている。風力発電および水力発電では，発電機が発電した交流電力をパワーコンディショナが扱う直流電力に変換する必要があるため，電力変換のための整流器が必要になる。パワーコンディショナと専用整流器を組み合わせることによって，風力発電・水力発電のみならず，バイオマスや地熱発電などへの導入拡大が予想され，新たな再生可能エネルギーの発電システムへの転用も可能となる。

これらの装置はすべて屋外へ設置されるため，環境変化に耐え，防水・防塵の保護性能を高める必要がある。また，長期間にわたるメンテナンスフリーを実現しなければならない。このような市場要求にこたえるため，今後の屋外用途の新たな市場に製品を導入するための技術について紹介する。

2. 無停電電源装置における技術

これまで当社のUPSは主に屋内に設置され，サーバや情報通信機器，オフィス機器のバックアップ，産業機器の組み込み用として使用されてきた。しかし，近年のモバイル機器の普及や震災の教訓などから，図1に示すコインパーキング，交通信号機，携帯電話の通信基地局，屋外監視カメラ，防災設備など屋外に設置される分散型設備のバックアップとしての需要が，今後はさらに拡大していくと予想される。

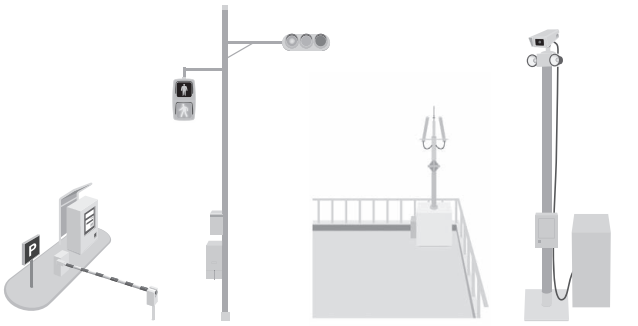


図1　屋外で使用される主な機器の例

図2に示す「SANUPS N11B-Li」シリーズは，屋外設置用として，幅広い温度範囲（－20°C ～＋50°C）で動作することで極寒，酷暑の地域でも安心して使用できる装置として開発した。

また，屋外設置の場合，日常の定期点検やバッテリ交換が容易にできない設置環境であることから，防水・防塵対策（保護等級IP65(注1)）を施し，リチウムイオン電池を搭載することで長時間のバックアップと小型化を両立しながら，メンテナンスフリーを達成した。この開発により，屋外に電源製品を設置するための実装技術を確立できた。

図2　「SANUPS N11B-Li」シリーズ

注1 IP65：「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で，じんあいの侵入がなく，あらゆる方向からの噴流水による影響がない。

屋外に電子機器を設置し，長期間，安全に装置を稼働させるためには，装置自体の耐温度性能を向上させるとともに，装置を納めるための収納箱の性能が重要となってくる。

本製品の開発においては，屋外でも設置できる仕様にするため，パワーコンディショナの開発にて確立した実装技術を一部流用し，保護等級IP65の密閉構造とした。その際，熱流体解析シミュレーションにより内部の熱の流れを検証し，熱を効果的に循環させ，筐体全体を使い外部に放出できるように，最適な構造およびレイアウトを設計した。

熱流体解析の一例を図3に示す。

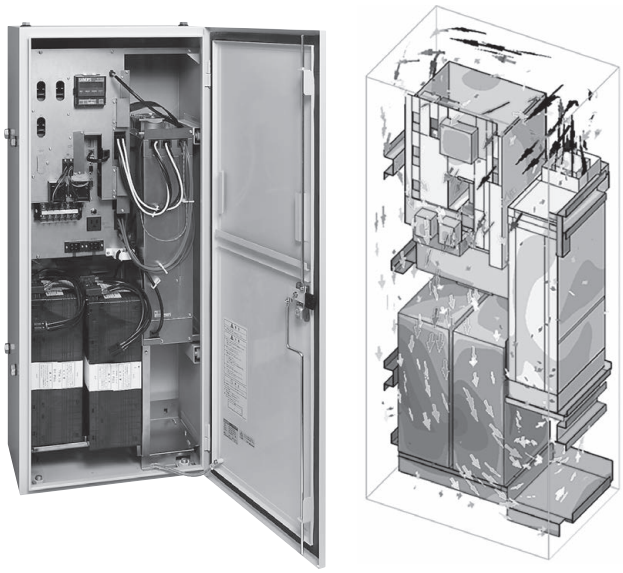


図3 「SANUPS N11B-Li」シリーズ熱流体モデル解析の例

これにより，保護等級IP65の密閉構造を実現しながら，一部に熱が集中することによる，UPSの性能や信頼性を低下することなく，屋外に設置できる信頼性の高いUPSを開発できた。

また，屋外に設置する装置として，直射日光の影響が収納箱内の装置に及ばないように考慮しなければならない。このため，図4に示すように収納箱の外側に遮熱板を取り付け，真夏の炎天下における暴露試験と検証をおこなうことで，収納箱と遮熱板の間隔や通気構造の最適化をおこなった。

その結果，直射日光の照射により遮熱板表面は周囲温度より，15℃から20℃程度上昇するが，筐体内部への温度上昇の影響は5℃程度に抑制できた。

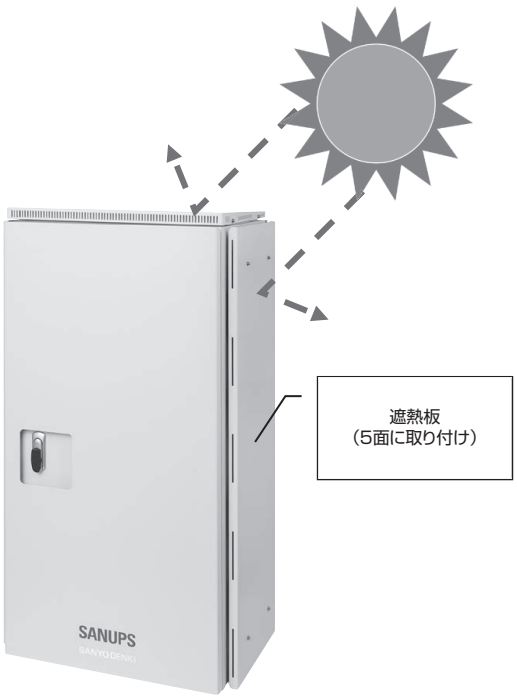


図4 「SANUPS N11B-Li」シリーズの遮熱板

3. パワーコンディショナにおける技術

これまでの太陽光発電システム用のパワーコンディショナ「SANUPS P73H」，「SANUPS P73J」に加え，風力発電・水力発電システム用として，「SANUPS W73A」では系統連系タイプと自立運転機能を搭載した連系自立タイプを開発した。

系統連系専用のパワーコンディショナは，商用電力系統が停電すると，電力を使用できないが，連系自立タイプは，自立運転機能により，災害時などの電源確保に使用できる。また，離島などの無電化地域における独立電源としての活用も期待できる。

風力発電および水力発電では，システムの構成上発電機が発電した交流電力をパワーコンディショナが扱う直流電力に変換する必要があり，高効率な整流器が必須になる。

そこで出力容量10kW以下の風力および水力発電システムに使用できる専用の整流器ユニット「SANUPS W75A」を新たに開発した。

「SANUPS W75A」はパワーコンディショナとともに，屋外に設置されるため，耐環境性の高いシステムを構築できるように，パワーコンディショナと同等の防水・防塵の保護等級IP65とする必要があった。

そのため，冷却方式として冷却用ファンのない自然空冷方式を採用した。整流回路で使用するダイオードの温度上昇を考慮して，放熱シミュレーションをおこない，大型の冷却フィンを採用した。この冷却フィンを筐体の一部とすることで，密閉構造でありながら冷却性能を満足し，さらに高い静音性を実現した。

パワーコンディショナ「SANUPS W73A」と整流器ユニット「SANUPS W75A」をあわせて使用することで，交流発電機を有する風力発電・水力発電などの再生可能エネルギー発電シス

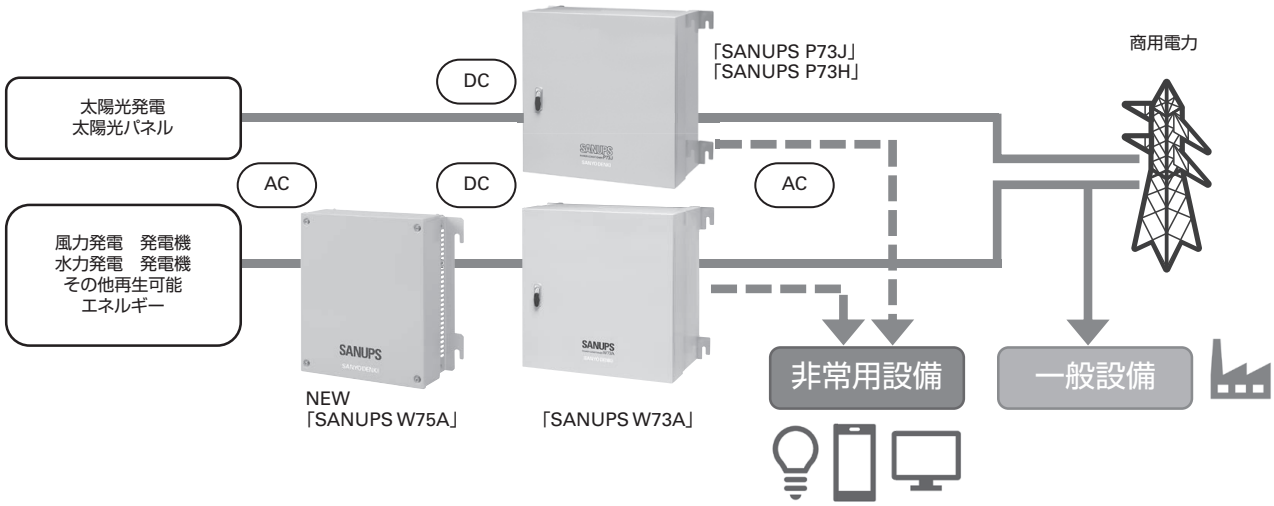


図5　発電システムの概要

テムへのさらなる導入拡大が期待できる。

当社のこれまでのパワーコンディショナと整流器ユニットの開発によって，図5に示すように，ほぼすべての再生可能エネルギーを交流電力に変換できる発電システムの技術を構築した。

今後は太陽光発電，風力発電，水力発電のみならず，バイオマス，地熱発電など，さまざまな再生可能エネルギーを交流電力に変換できる。お客さまの仕様にあわせた装置のカスタマイズをおこなうことで，さらに市場の拡大が見込まれる。

4. むすび

今後も，屋外など過酷な環境でも安心して使用できるUPSやパワーコンディショナを提案し，お客さまの信頼に応えると共に，低炭素社会の実現に貢献していきたいと思う。

また，これまでとは異なる厳しい使用環境が要求される新しい分野へ，より高い品質の電源装置を導入するために，さらなる新技術の開発に挑戦する所存である。

文献

(1) 庄山 祐平ほか11名：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, pp.22-28 (2017.11)

(2) 村井 丈夫ほか10名：無停電電源装置「SANUPS N11B-Li (3kVA)」の開発
SANYODENKI Technical Report, No.45, pp.22-26 (2018.5)

(3) 永井 正彦：変化を創り新たな価値を提供するリチウムイオン電池を搭載した無停電電源装置
SANYODENKI Technical Report, No.46, pp.17-20 (2018.11)

(4) 塩川 直彦：パワーシステム事業部，2019年の技術成果
SANYODENKI Technical Report, No.49, pp.17-19 (2020.5)

執筆者

関 知昭
パワーシステム事業部　設計部
電源機器の開発，設計，品質管理に従事。

風力発電・水力発電システム用整流器ユニット「SANUPS W75A」の開発

吉澤 竜 *Ryo Yoshizawa*
金子 義敬 *Yoshinori Kaneko*
髙橋 純 *Jun Takahashi*
山田 浩 *Hiroshi Yamada*

1. まえがき

近年，脱炭素化に向け，世界中で太陽光，風力，水力，バイオマスなどの再生可能エネルギーが注目されている。2015年末に世界共通の目標として「パリ協定」が採決され，日本では，2018年に「第5次エネルギー基本計画」[1]が決定した。このなかで再生可能エネルギーは，2050年に向け「経済的に自立し脱炭素化した主力電源化を目指す」とされ，今後さらなる導入量の増加が期待される。

日本において導入の進んだ太陽光発電以外に注目が高まっている再生可能エネルギーが，風力発電と水力発電である。風力発電は，他の再生可能エネルギーと比べて相対的にコストが低く固定価格買取制度により導入の拡大が見込まれている。水力発電は，エネルギー変換効率が他と比べて高く，長期稼働や安定供給性に長けており，農業用水や上水道を利用した小水力発電に注目が集まっている。

今回新たに，出力容量10kW以下の風力発電・水力発電システムに使用できる整流器ユニット「SANUPS W75A」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に発電システムの概要を示す。風力発電や水力発電ではシステムの構成上，発電機が発電した交流電力をパワーコンディショナが扱う直流電力に変換するための整流器ユニットが必要になる。

しかしながら，出力容量10kW以下のシステムに対応した標準的な整流器ユニットが市場にない。そこで，10kW以下の発電システムに使用できる整流器ユニットとして「SANUPS W75A」を開発した。

3.「SANUPS W75A」の概要と仕様

「SANUPS W75A」は，定格出力容量11kWの整流器ユニットである。表1に製品の仕様，図2に外観を示す。

主回路は，全波整流方式を採用した。発電機が発電した交流電力を，パワーコンディショナに入力可能な直流電力へ変換する。変換効率は99%(注1)と業界トップレベルである。

「SANUPS W75A」は，当社製品の三相10kW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」シリーズと組み合わせることを前提に開発した。直流出力電圧範囲など，表1に示す仕様の範囲内であれば「SANUPS W73A」シリーズ以外のパワーコンディショナでも使用できる。

注1「JIS C 8961 太陽光発電用パワーコンディショナの効率測定方法」に準拠して測定。負荷として当社製パワーコンディショナ「SANUPS W73A」を接続。

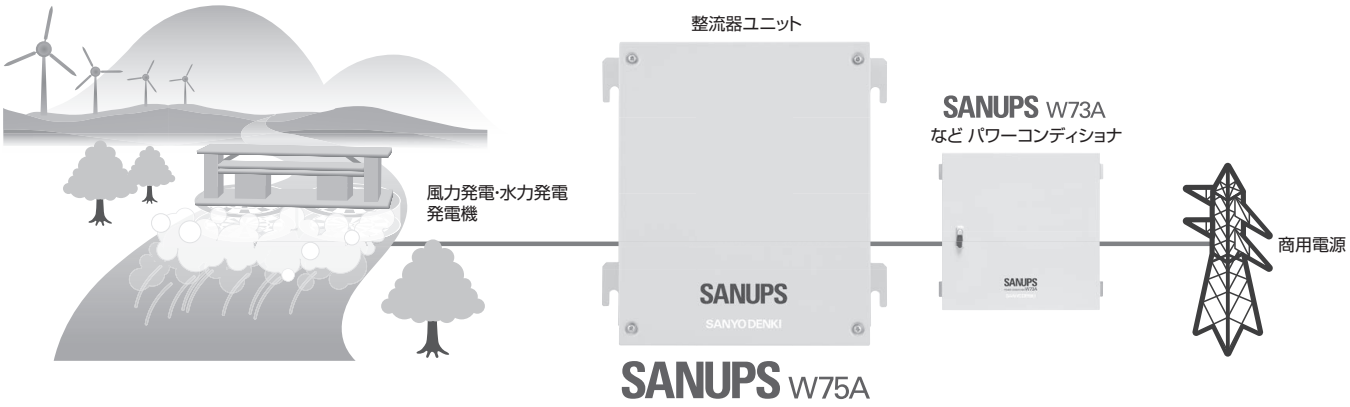


図1　発電システム概要図

表1 「SANUPS W75A」の仕様

項目＼型番		W75A113	備考
主回路方式		全波整流	
冷却方式		自然空冷	
定格出力		11kW	発電機出力は11kW以下としてください。超える場合にはご相談ください。
交流入力	相数・線数	三相3線	
	定格電圧	AC300V	
	最大許容電圧	AC420V	最大許容入力電圧より高い電圧が印加されないように，発電機側で保護してください。
	入力運転電圧範囲	AC106 ～ 420V	定格出力範囲　AC176 ～ 420V
	入力周波数範囲	0 ～ 400Hz	
	定格入力電流	AC30A	力率0.7の場合
	回路数	1回路	
直流出力	電気方式	直流	
	定格電圧	DC420V	
	最大電流	DC45A	
	定格電流	DC26A	
	電圧範囲	DC0 ～ 600V	
ブレーキ	動作電圧	DC530V	解除電圧DC400V
	電流	平均25A最大	
効率		99%	JIS C 8961：2008に基づく効率測定方法
騒音		25dBA以下	高さ1m，距離1m，正面
使用環境	使用温度範囲	－25 ～＋60℃	パワーコンディショナSANUPS W73Aと同環境に設置して組み合わせて使用する場合
	相対湿度	90%以下（結露しないこと）	
	標高	2000m以下	
保護等級		IP65	
筐体材質		SUS430	t1.2

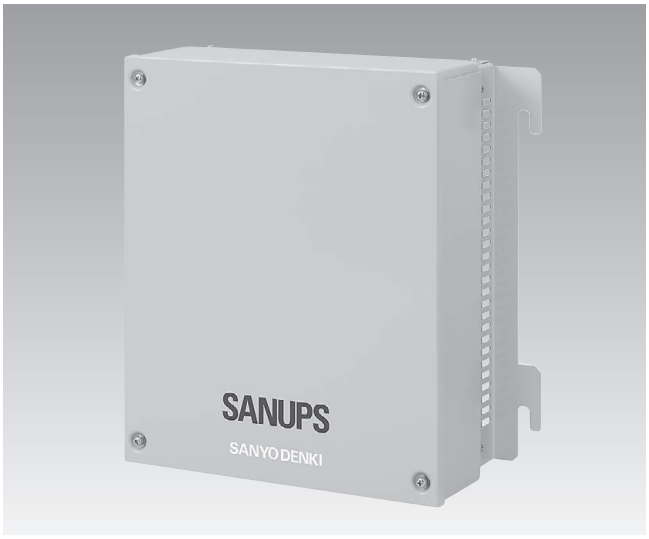


図2 「SANUPS W75A」

4.「SANUPS W75A」の特長

4.1 直流電圧上昇抑制機能（ブレーキ機能）

「SANUPS W75A」は，発電機がパワーコンディショナの入力電圧範囲を超えるような発電をした場合に，パワーコンディショナの破損を防ぐ直流電圧上昇抑制機能（ブレーキ機能）を搭載している。分流用の外部抵抗を接続することで使用可能になる。図3に「SANUPS W75A」の基本回路構成を示す。

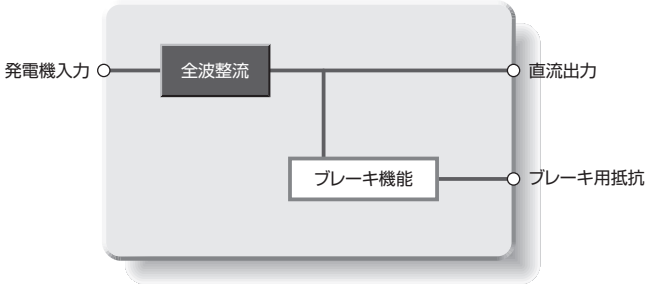


図3 「SANUPS W75A」の基本回路構成

直流出力電圧を常時監視しており，出力電圧が設定値を超えた場合，ブレーキ機能が動作することでブレーキ用抵抗に電流を流し，パワーコンディショナの入力電圧が上がりすぎないように制御する。ブレーキ機能の頻繁な動作を防止するために，ブレーキの動作開始電圧と解除電圧に電位差を設けている。

4.2 回転数接点出力

風力発電や水力発電システムでは，発電機の回転数をデータ収集する場合がある。

「SANUPS W75A」は，発電機の出力電圧周波数を出力する接点出力端子を搭載している。発電機の出力電圧周波数を取り出すことで回転数の計測ができる。この接点出力端子に信号変換器を接続することで，発電機の回転数をモニタリングできる。

「SANUPS W73A」シリーズおよび遠隔監視装置「SANUPS PV Monitor」を使用することで，ネットワークを介して回転数の遠隔監視とデータ収集ができるようになり，スマートグリッドシステムの構築に寄与できる。

4.3 温度上昇警報接点出力

「SANUPS W75A」は，全波整流回路の温度を常時監視している。全波整流回路の温度が規定値を超えた場合に閉路から開路に変化する接点出力端子を搭載している。この接点出力を使用して発電機やパワーコンディショナを保護停止させるなど，制御を組み込むことでシステムの安全性を高めることができる。

4.4 高い静音性

「SANUPS W75A」は，冷却方式として自然空冷（ファンレス）を採用することで静音性の向上を図った。全波整流回路で使用するダイオードの温度上昇を考慮して，大型の冷却フィンを採用した。この冷却フィンを筐体とする構造としたことで，冷却性能を満足しながら高い静音性を実現した。

図4に「SANUPS W75A」の背面構造を示す。

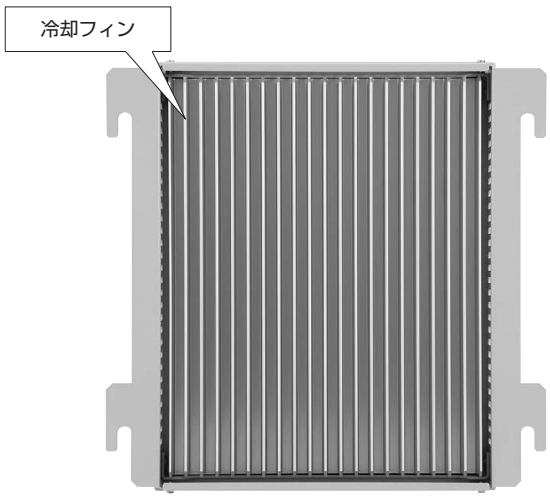


図4 「SANUPS W75A」の背面構造

4.5 防水・防塵機能

「SANUPS W75A」は，密閉構造の採用および，自然空冷（ファンレス）により，防塵・防水の保護等級IP65(注2)を達成した。完全な防塵構造と，あらゆる方向からの水の噴流に対して保護された構造である。

これにより，雨水や塵，小さな虫，動物などの侵入から装置を守り，安心して屋外で長時間使用できる耐環境性の高いシステムを構築できる。

4.6 他発電システムへの利用

「SANUPS W75A」は，交流入力電圧範囲：AC106V ～ 420V，直流出力電圧範囲：DC0V ～ 600Vの広い電圧範囲である。そのため，風力発電や水力発電だけでなく，バイオマスや地熱発電など，三相発電機を使用する再生可能エネルギー発電システムの整流器としても幅広く使用できる。

5. むすび

本稿では，風力発電・水力発電用整流器ユニット「SANUPS W75A」を紹介した。発電機が発電した交流電力を直流電力に変換する基本機能に加え，接点出力，耐環境性能を付加した製品である。

本装置は，風力発電や水力発電などの再生可能エネルギー発電システムの導入促進に寄与すると考える。

今後，関連分野における製品開発において，お客さまのニーズに合わせた製品を迅速に開発し，再生可能エネルギーの普及および，低炭素社会の実現に貢献していく所存である。

注2「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 ： じんあいの侵入がなく，あらゆる方向からの噴流水による影響がない。（社団法人日本船舶品質管理協会製品安全評価センターの保護性能試験による。）

文献

(1) 経済産業省 資源エネルギー庁「第5次エネルギー基本計画」
https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/180703.pdf（2019.9.17）

執筆者

吉澤 竜
パワーシステム事業部　設計部
電源機器の開発, 設計に従事。

金子 義敬
パワーシステム事業部　設計部
電源機器の機構設計に従事。

髙橋 純
パワーシステム事業部　設計部
電源機器の開発, 設計に従事。

山田 浩
パワーシステム事業部　設計部
電源機器の開発, 設計に従事。

新たな夢を実現する技術
～医療・福祉・食品分野に貢献するサーボ技術～

児玉 秀明　　林 秀利
Hideaki Kodama　　*Hidetoshi Hayashi*

1. まえがき

いま，感染症の影響や生活様式が変化することによって，人々の健康に対する関心がより高まってきている。それにともない，医療機器や福祉機器は，大きく進化している。また，人々の生活を支える食品製造ラインは，食の安全に配慮して自動化が加速しており，サーボシステム製品への期待が高まっている。

当社では，長年にわたり産業機械市場で培ったサーボシステム技術を，先進的な医療・福祉・食品分野に応用し，人と機械が協調するサーボ技術を目指している。

いつまでも健康で，社会に貢献し続けることは，人々と社会にとっての夢と希望である。

本稿では，人々の健康と食の安全に貢献する製品と技術を紹介する。人々の生活に新たな夢を実現するサーボ製品･技術として，医療・福祉・食品分野での四つの事例を紹介する。

2. いつまでも健康で生きる（医療）に貢献する：放射線治療装置

がん放射線治療技術は，日々進化している。頭蓋内治療専用の定位放射線治療では，サブミリレベル（0.1mm単位）の照射精度を達成し，治療中の画像誘導による患者の位置を補正する機能を搭載している。

本章では，回転軸の組み合わせにより，非同一平面を含む多方向からの照射治療を実現し，大掛かりな遮蔽物を必要としない新たな放射線治療装置の開発に貢献したアクチュエータ開発技術を紹介する。

2.1 装置概要

図1に放射線治療装置の外観イメージを示す。主な特長として以下の点があげられる。

(1) 自己シールド設計。大掛かりなシールド室が不要。
(2) 複数の回転軸により，あらゆる方向からの照射を実現。
(3) 革新的な安全機能：リアルタイム透過線量検証システム
(4) サブミリレベルの照射精度を達成，治療中の画像誘導による患者位置補正機能を搭載

図1　放射線治療装置の外観イメージ

放射線照射部を回転させるθ軸は，複数の軸によって構成することで，より広い角度から放射線を患部に照射できる工夫がなされている。照射エリアは，上記の回転軸と，患者を搬送する治療台の動作によって，正確な位置決めを実現する。治療台は3軸構成により，3次元動作が可能で，頭部の患部に正確に放射線を照射し，治療を施すことが可能となる。

当社では，放射線照射部の回転軸と，治療台の動作軸のリニアサーボモータの開発をおこなった。

2.2 製品の仕様（リニアサーボモータ）

ここでは，θ軸に用いられるリニアモータについて概説する。図2に当社リニアモータの配置図を示す。

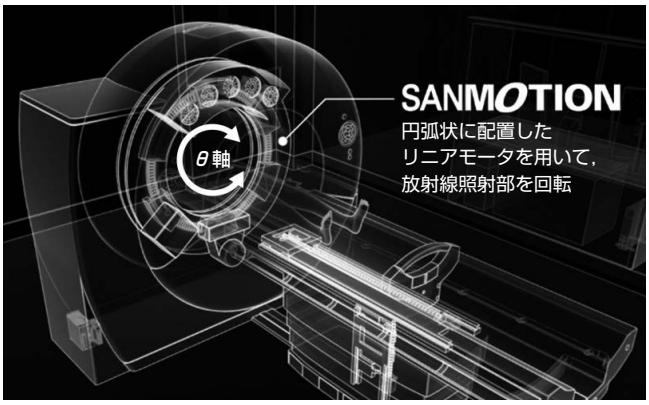


図2　リニアモータ配置図

θ軸は照射角度を決める重要な軸であり，シールド構造自体を回転させるために，負荷イナーシャが大きく，正確な位置決め動作が求められる。

そこで，マグネットを周方向に配置し，リニアモータ用コイルを円弧状に配置したリニアモータを開発した。通常の回転型モータでは，ベルト機構などの変換機構が必要になり，バックラッシュや剛性の低下が発生し制御の妨げになるが，円弧状リニアモータでのダイレクトドライブにより，高精度な制御が可能となる。

図3に円弧状リニアモータの電機子の外観を示す。

ダイレクトドライブにより動作半径が大きくとれることと，コイルを必要台数配置できるため，回転に十分なトルクを発生する。

円弧状にマグネットを配置することにより，一般的にコギング推力が大きくなるが，コイル内部で打ち消すように工夫がなされており，直線状に使用した場合と同様に低コギング推力を実現している。

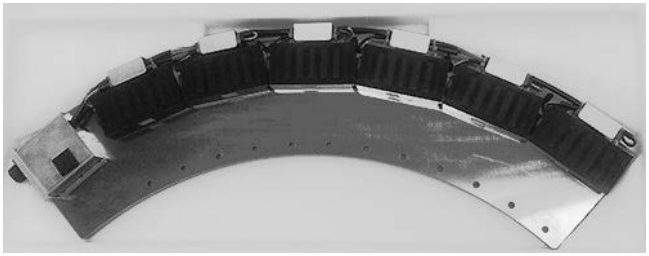


図3　円弧状リニアモータの電機子

本開発での低コギング推力を実現した技術が，頭蓋内専用放射線治療装置の新たなニーズの開発に生かされている。

3. いつまでも健康で生きる（医療）に貢献する：マンモグラフィ（乳癌検査装置）

マンモグラフィは，乳房専用のX線撮影装置（レントゲン検査）である。乳がんの早期発見に欠かすことのできない，最も有効な画像診断の1つとされている。日常の生活のなかで，気づかないような体の変化を，早期に発見できる技術として，この章では，マンモグラフィ装置で使われたアクチュエータ技術を紹介する。

3.1 装置概要

図4にマンモグラフィ装置の外観イメージを示し，図5に当社DCサーボモータの配置図を示す。

当社DCサーボモータは，アームの上下と回転方向の駆動などに使用される。マンモグラフィの検査方法は，装置のアーム内に受診部を収めた後，アームが徐々に圧力を加え，検査に適した状態におさえて放射線や超音波を照射して検査をおこなう。

図4　マンモグラフィの外観イメージ

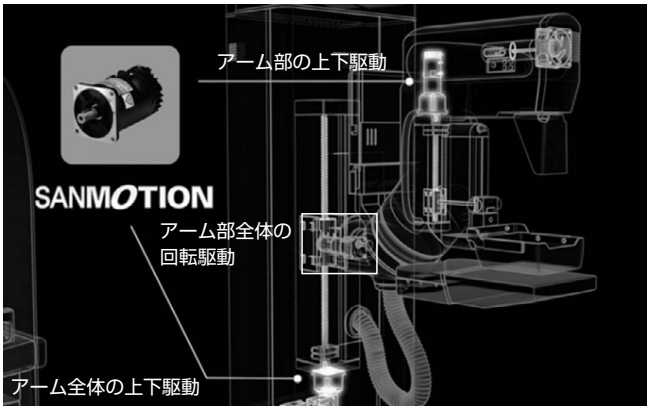


図5　マンモグラフィのモータ配置

3.2 人体にやさしい制御

乳房はその大きさや形状，硬さなどが受診者によって千差万別なため，アームの制御には微妙な圧力管理が求められる。DCサーボモータは，モータの電流をモニタするだけで，装置のアームにかける圧力の微妙な制御が簡単にできるため，受診部の痛みなど肉体的負担を低減できる。

3.3 低電圧化による安全性

マンモグラフィは装置のアーム部が人体に直接触れることから，電動アクチュエータには感電に対する配慮が必要になる。このためサーボモータはDC40V以下の電圧に対応できる仕様のモータが求められる。当社の「SANMOTION K」シリーズDCサーボモータでは，このようなご要求にこたえるため，標準で低電圧仕様をラインアップしている[(1)]。

3.4 高放射線環境下における信頼性

DCサーボモータはその構造から，ACサーボモータに対して制御が比較的簡単であり，ACサーボモータに必要なコンミテーションセンサが不要である。ホールセンサなどの電子部品が不要であるため，高レベルの放射線に被ばくする環境であっ

ても高い信頼性を保つ制御が可能である。

3.5 装置の低騒音化

マンモグラフィは，比較的人体に近い場所に電動アクチュエータを配置する場合が多い。このため，アクチュエータから発生するノイズやインバータに起因する高調波騒音は，時として受診者に不快感や不安感を与えることがある。DCサーボモータの構造は，高調波騒音を発生する巻線がモータの回転部にあり，モータ外部に出る高調波騒音を低減できる。さらに当社Kシリーズでは，モータ騒音を低減するためにモータ構造を見直し，動作音を低減している[(1)]。このため受診者は耳障りなモータ音を気にすることなく，安心して受診できる。

4. 自律して生活する（福祉）に貢献する：生活動作支援ウェアラブルロボット[(2)]

超高齢化社会を迎える日本では，高齢者がいつまでも，健康で，自立して生活できる社会が求められている。身体能力の低下にともない，動作が不自由な人や，作業などで身体に障害がある人を支援する技術として，本章では，当社がアクチュエータとサーボアンプの開発に携わった，「人にやさしいウェアラブルロボット」の開発技術を紹介する。

4.1 装置概要

当社が開発に携わった「人にやさしいウェアラブルロボット」は，高齢者や患者の自立歩行支援，介護支援，障害者のリハビリ訓練を目的とした軽量かつ装着が容易で，動作時に拘束感が少ないロボティックウェアである。

主な特徴としては下記の2点があげられる。

(1) 制御技術である同調制御

・ロボットの動作により強制的に人の動きを改善させるのではなく，人と人との間でおこなわれている動作支援の協調動作を，人とロボットの間で実現することにより，より自然に人の動きを改善できる。

(2) 外装機構である非外骨格型構造

・従来の装置に多く見られる剛体金属の外骨格型構造ではなく，人体の骨格系を利用した樹脂製の非外骨格型構造であるため，軽量であると同時に装着が容易で，動作時の拘束感が非常に少ないという特長がある。

図6は，ウェアラブルロボットの装置構成である。このウェアラブルロボットの主な構成は，人が装着する外装機構である関節フレーム，動作補助をおこなうアクチュエータユニット(4軸)，アクチュエータを制御する制御装置から構成される。当社では，アクチュエータユニットのサーボモータと制御装置のサーボアンプの開発をおこなった。

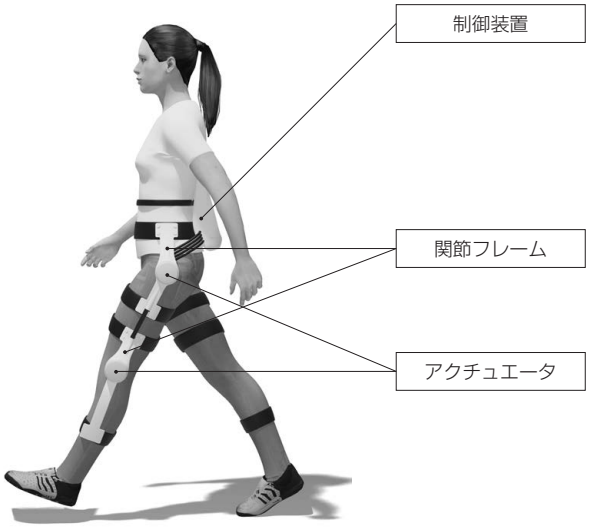


図6　ウェアラブルロボットの装置構成

4.2 アクチュエータの構成とモータの仕様

アクチュエータは，減速機，モータ，エンコーダ，トルクセンサから構成されている。モータの形状は掌サイズの扁平タイプである。

ウェアラブルロボットでは，装置自体の重さや大きさが，装着者の体に余分な負担を生じることになるため，ほかのロボットに比べ，小型化･軽量化に関して，一層厳しい条件が要求される。そのため，小型化を実現するために，ベアリングとエンコーダをモータ電磁部の内側に配置した扁平構造とした。また，軽量化を実現するため，構造体の薄肉化などの軽量化設計により，拘束感が少ない人にやさしい機構を実現している。

4.3 ウェアラブルロボット用サーボアンプの開発

要介護者の自立支援を目的とした身体装着型ロボティックスーツのコンセプト“着る感覚で使える”を実現するため，上記モータを駆動するサーボアンプにおいても，小型･軽量化の取り組みをおこなっている。

4.3.1 小型・軽量化

駆動部を含むサーボシステム全体が，身体に装着されるため，着心地をそこなわないように，制御基板とパワー基板2枚構成のオープンフレームとしながらも，放熱性と安全性を確保している。

軽量化と背面のコントローラボックスに収納できるサイズを実現し，着るというデザインに配慮した設計をおこなった。

当社の標準的なサーボアンプは，CPU，ASIC，メモリーなど複数のLSIを使用して，モータ制御をおこなっている。本サーボアンプは，部品点数を削減するために，CPU内蔵の電流検出機能やエンコーダインタフェース機能の活用，ASICで処理していた電流制御のソフトウェア化などに取組み，1つのCPUで2軸のモータが制御できる制御回路を開発した。そして，背中の制御装置内に格納できる小型･軽量な4軸一体構造のサーボアン

プとすることで，製品コンセプトである“着る感覚で使える”を実現している。

5. 人の食生活に貢献する：食品包装ラインにおけるロボットの開発

食文化や様式の変化により，コンビニエンスストアの利用や宅配業者の配送による食の新しい供給方式が確立しつつある。食品加工･包装の現場における安全性や衛生面の課題が，より重要視され，高齢化にともなう労働力の確保が難しくなったことが，生産現場の自動化・無人化を加速させている。

生産量の多い食品工場では，高速に動作するパラレルリンクの活用が注目されている。

本章では，食品ラインの搬送ロボットとして，当社コントローラを使用したパラレルリンクロボットの開発技術を紹介する。

5.1 装置概要

当社が開発に携わった装置は，パラレルリンクロボットによる包装後の箱詰めライン工程である。ベルトコンベア上を流れてくる対象商品を画像処理装置で検出し，ロボットが対象物に追従し，摘まみ上げ，箱に詰めるコンベアトラッキングシステムと呼ばれる装置である。図7に装置の概要を示す。

箱詰め工程では，ロボットとベルトコンベアを設置し，上流の工程と結ぶことで，要件を満たすが，当社コントローラは，設置されたロボットの機構変更，配置･工程拡張を自在におこなえるように工夫されている。

5.2 ロボット制御技術

ロボットを活用した生産システムを開発するためには，ロボットの専門知識を有する人材育成や，開発期間が長くなるなど，いくつかの課題がある。

このような課題を解決するために，当社のモーションコントローラ「SANMOTION C」で有しているロボット開発のための支援技術・機能を紹介する。

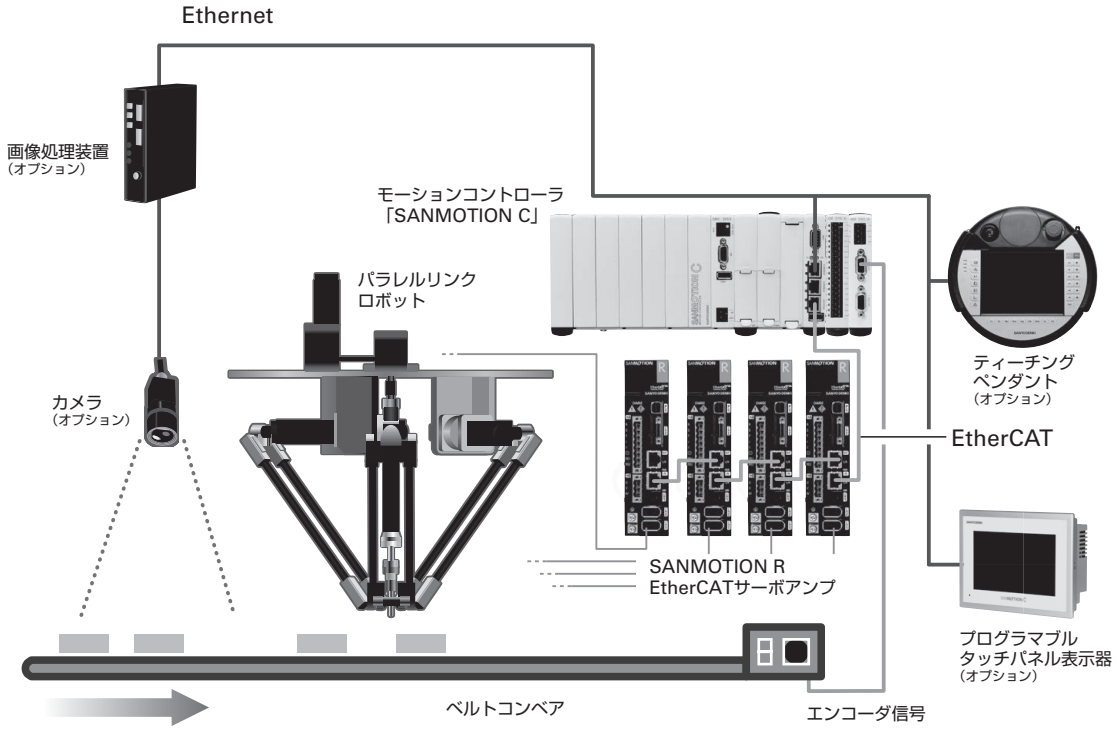


図7　コンベアトラッキングシステム構成図

5.2.1 パラレルリンクロボットの姿勢制御

「SANMOTION C」では，ロボットの姿勢を簡単に制御できるように，図8に示す機構設定ツールを準備している。

開発したいロボットのタイプや腕の長さとギヤ比を設定するだけで，ロボットの姿勢が制御できる。姿勢を制御するための複雑な計算が不要なため，お客さまのプログラム開発負荷は軽減する。

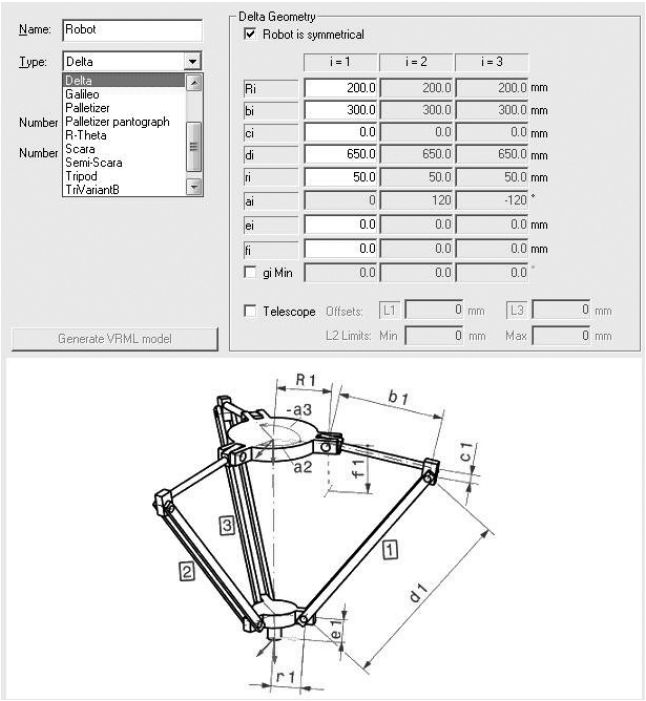


図8　ロボットの機構設定ツール

食品生産ラインでは複数台のロボットの使用が想定され，ロボットの工程拡張，設置変更に対し，柔軟に対応する必要がある。図9に生産ラインの省スペース化を実現するためにコントローラが対応した特殊なパラレルリンクロボットの機構と設置方式を示す。

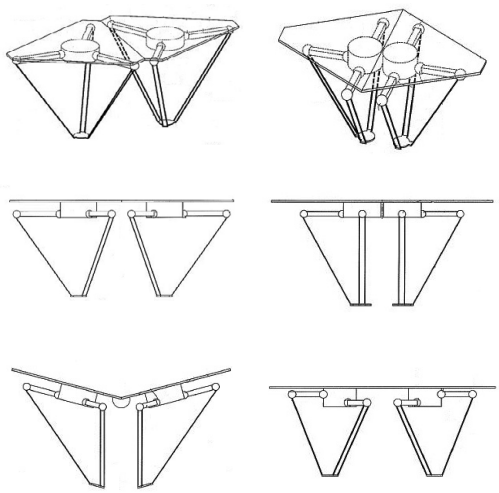


図9　パラレルリンクロボットの特殊機構と設置方式

5.2.2 ティーチング・プログラム機能

ロボットの動作を簡単にプログラミングするために，「SANMOTION C」は，図10のティーチィングペンダントを用意している。複雑なベルトコンベアとカメラの設置調整も，図11に示すウィザード形式の画面を活用することで，簡単に設定できる。また，表1に示すように，ロボットを簡単に動作させるためのコマンドも準備している。これらの機能により，ロボットの動作を短時間でプログラミングできる。

正面　　側面

図10　ティーチングペンダントの外観

図11　ベルトコンベアとカメラの設定画面

表1　ロボット言語の主なコマンドの例

コマンド名	内容
PTP	ポイント・ツー・ポイント移動
LIN	直線補間移動
CIRC	円弧移動
PTPRel	距離指定PTP動作
LINRel	距離指定直線補間動作
StopRobot	ロボット停止
WaitFinished	ロボットコマンド処理待ち
RefRobotAxis	原点復帰動作
TOOL	ツール座標設定
Ovl	オーバーラップ設定(Path)
Ramp	加減速カーブ設定
WaitTime	時間待ち（タイマー）
DIN.Wait	デジタル入力待ち
Dout. Set	デジタル出力設定（BOOL）
WHILE ... DO	繰り返し制御
IF ...THEN	分岐命令

ロボットの専門知識がないユーザーでも，「SANMOTION C」のロボット開発支援技術を活用することで，ロボットの動作プログラムを短期間で開発できる。ロボットの設置，開発，プログラミングをトータルで支援することにより，課題であった無人化や自動化の実現に貢献している。

6. むすび

本稿では，人々の生活に新たな夢を実現する製品・技術として，次の四つの事例を紹介した。

⑴ 放射線治療装置におけるリニアサーボモータの技術
⑵ マンモグラフィでのDCサーボモータの技術
⑶ ウェアラブルロボット用サーボ技術
⑷ 食品包装パラレルロボット用コントローラ技術

これらの技術は，医療および食生活を支えるサーボ技術である。サーボ技術は，産業機械に使われる技術であると思われがちであるが，本稿で紹介したように，医療・福祉機器や食品用機器にもサーボ技術が貢献している。これからも，人と医療・福祉機器とが協調するためのサーボ技術を開発し，人々の健康と幸せに貢献できる製品とサービスを提供していきたい。

文献

(1) 倉石大悟ほか11名：SANMOTION Kシリーズ　DCサーボモータ，SANYO DENKI Technical Report，No.48 pp.36-40（2019.11）
(2) Tsukahara et al.：Effects of gait support in patients with spinocerebellar degeneration by a wearable robot based on synchronization control，Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation（2018.9）
(3) 沖野弘ほか3名：モーションコントローラ「SANMOTION C」の開発，SANYO DENKI Technical Report，No.21 pp.34-38（2006.5）

執筆者

児玉 秀明
サーボシステム事業部　設計第二部
コントローラの設計，開発に従事。

林 秀利
サーボシステム事業部　設計第一部
サーボモータの設計，開発に従事。

「SANMOTION C ワイヤレスアダプタ 3A」の開発

佐藤 茂樹 *Shigeki Sato*
田﨑 朋伸 *Tomonobu Tazaki*
遠藤 博人 *Hiroto Endo*
三浦 直人 *Naoto Miura*
水谷 将之 *Masayuki Mizutani*
村上 龍之介 *Ryunosuke Murakami*

1. まえがき

製造業では，お客さまのニーズや市場の変化に素早く対応するため，生産効率の向上を図れるよう，無線通信技術を活用した生産設備の開発が進んでいる。無線通信技術を活用して，現場から離れた場所にいても生産設備の異常が伝達され，迅速にトラブルを解決できることは，その一例である。そのため，生産設備には，無線機能を有効活用し，メンテナンス性を向上できる機能などが求められている。また，既存の生産設備をIoT化するために，無線機能を簡単に付加できる製品も望まれている。

このようなニーズにこたえるため，モーションコントローラ「SANMOTION C S100」（以下，S100）に無線機能を付加できる「ワイヤレスアダプタ 3A」を開発した。3Aには，3つのA，Anytime（どんなときでも：いつでもほしい情報をすぐに確認できる），Anywhere（どこでも：世界各国で使用できる），Anything（なにとでも：PC，スマートデバイスと接続できる）の意味を込めている。

本稿では，開発品の概要と特長を紹介する。

2. 製品概要

2.1 外観・外形

開発した「ワイヤレスアダプタ 3A」の外観を図1に，外形図を図2に示す。

開発品は，USBインタフェースを搭載しており，S100の正面のUSBコネクタに接続して使用する。S100に装着した時は，他の機器と干渉しないように，ケーブルの配線スペース内に納まるサイズとした（図3）。また，指で掴みやすく，滑らないように，側面にグリップ機構を設け，S100への着脱を容易におこなえる形状とした（図4）。

図1 「ワイヤレスアダプタ 3A」の外観

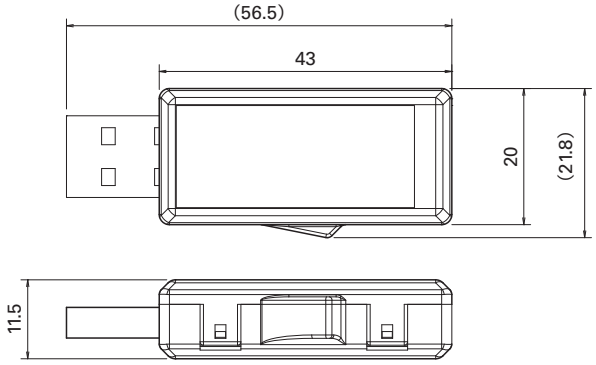


図2 「ワイヤレスアダプタ 3A」の外形図（単位：mm）

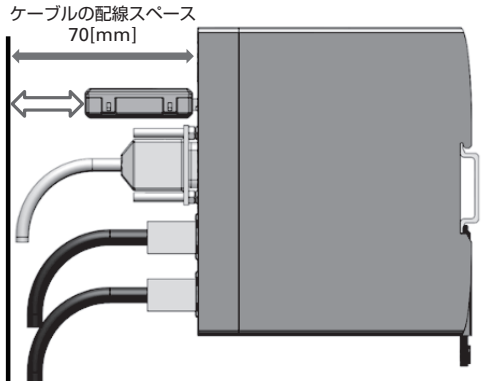


図3 S100に装着時の奥行イメージ

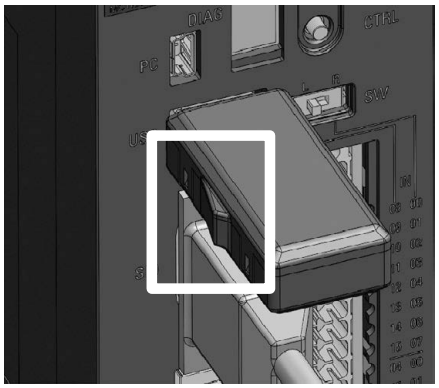


図4 側面グリップ

表1に「ワイヤレスアダプタ 3A」の基本仕様を示す。

表1　基本仕様

インタフェース	USB2.0 Type-A
無線規格	IEEE 802.11b/g/n 準拠
周波数帯域	2.4GHz
データ伝送速度	IEEE 802.11b：最大 11Mbps IEEE 802.11g：最大 54Mbps IEEE 802.11n：最大 72.2Mbps
最大接続数	3台
動作モード	アクセスポイントモード ステーションモード
セキュリティ	WPA2-PSK（AES）
動作温度	＋0℃ ～ ＋55℃
保存温度	－40℃ ～ ＋70℃
湿度	10% ～ 95%（結露無きこと）
外形寸法（W×H×D）	21.8mm×11.5mm×56.5mm
質量	約10g
無線認証規格	TELEC（日本） FCC（アメリカ） ISED（カナダ） CE（欧州） SRRC（中国） NCC（台湾） NBTC（タイ）

3. 製品の特長

3.1 簡単に無線環境を構築

開発品をS100のUSBインタフェースに接続するだけで無線機能が使用できる。無線設定は，専用のツールを必要とせず，統合開発ツール（SANMOTION C Software Tool）からおこなう（図5）。複雑なネットワークの知識は不要で，設定パラメータは最小限の構成である。

動作モードは，アクセスポイントモード（ネットワークの親機の機能）と，ステーションモード（ネットワークの子機の機能）を搭載した。アクセスポイントモードを使用することで，無線環境がない場所でも無線機器同士を容易に接続できる。すでに無線環境がある場合，ステーションモードを使用することで，子機としても接続できる。

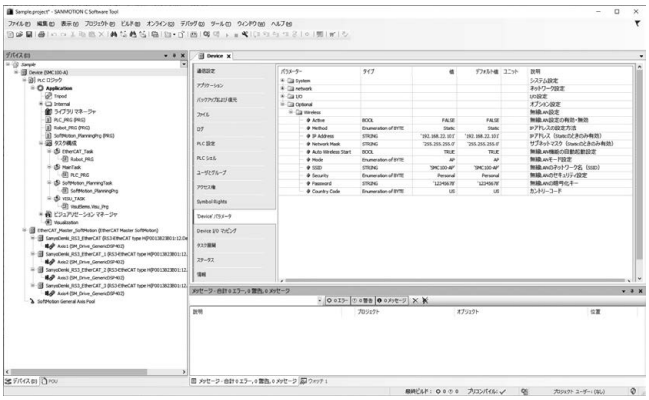


図5　無線設定画面

3.2 無線規格はIEEE 802.11b/g/n（2.4GHz）に準拠

主な無線規格を表2に示す。開発品の無線規格は，伝送速度がより速く，電波が遠方まで届くIEEE 802.11b/g/nとし，周波数は壁などの障害物に強い2.4GHz帯を採用した。

2.4GHz帯は，使用している機器が多いため，チャンネル間の干渉が発生しやすい。しかしながら，周囲の電波状況を確認し，より電波状態の良いチャンネルを自動的に選択して切り替える機能を実装することで，安定した通信を実現している。

3.3 各国の電波法規制に適合

無線機器を搭載した生産設備を輸出する場合，仕向地の電波法規制の要求事項を満たす必要があるため，同じ生産設備でも仕向地に適合した無線機器へ交換する必要がある。開発品は，設定パラメータを書き換えるだけで，主要国（日本，アメリカ，カナダ，欧州，中国，台湾，タイ）の法規制に適合できるため，仕向地によって無線機器を交換する必要がなく，無線機器の共通化が図れる。

3.4 設備停止時間の短縮

開発品とS100のWebビジュアリゼーション機能とを組み合わせることで，作業者がスマートデバイスなどから生産設備の状況をリアルタイムに把握できる（図6）。そして，異常発生時には，作業者へ瞬時に状況が通知されるため，原因調査と復旧作業が迅速におこなえ，設備の停止時間を最小限に止めることができる。

表2　無線規格

項目	周波数 [MHz]	通信速度 [Mbps]	通信距離 [m]	接続台数 【台】	電波干渉	消費電力	汎用性
無線LAN IEEE 802.11n	2400	65-300	100	32	×	×	○
Bluetooth	2400	1-24	20	7	△	△	△
ZigBee	2400 920	0.02-0.25	50	65,536	○	○	×

図6　生産設備の状態を見える化

また，製造現場では，それぞれの設備や装置間で，信号・情報を交換するために，有線のケーブルが接続されているケースが多い。このため，製造ラインのレイアウトを変更する場合，配線作業に時間がかかり，万が一，ケーブルを破損してしまった場合には，より長く製造ラインが停止してしまう。開発品を使用して，信号・情報の交換を無線化することで，配線作業が不要になり，柔軟にライン変更ができ，ケーブルを破損するリスクもなくなる（図7）。

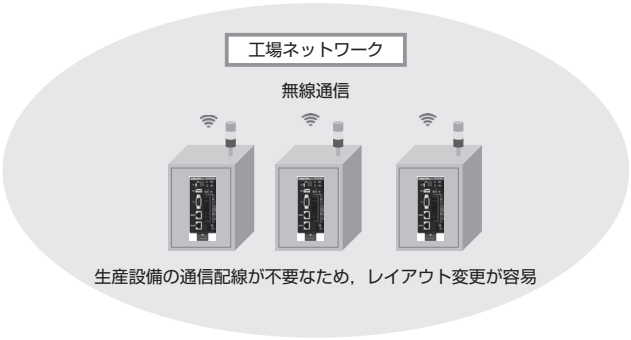


図7　柔軟なレイアウト変更

3.5 メンテナンス性の向上

図8に有線接続と無線接続の作業イメージの比較を示す。生産設備は，作業環境が良くない場所に設置されていたり，危険をともなう設備が共存していたりする場合がある。そのような環境においても，開発品を使用することで，作業者は生産設備の故障診断，プログラム保守，サーボシステムの設定，ファームウェアの更新などを，安全な場所から遠隔で実施できるので，メンテナンス性が向上する。

図8　メンテナンス作業の比較

4. むすび

本稿では，「ワイヤレスアダプタ 3A」の概要と特長を紹介した。本開発品は，

① S100のUSBインタフェースに接続するだけで，S100に無線機能を付加でき，無線環境が簡単に構築できる。
② 主要国の電波法規制に適合しているため，国ごとに無線機器を交換する必要がなく，無線機器の共通化が図れる。
③ 無線機能を活用することで，生産設備の停止時間を短縮でき，メンテナンス性が向上する。

本開発品は，モーションコントローラ「SANMOTION C S100」に無線機能を簡単に付加でき，生産設備のメンテナンス性の向上，柔軟な製造ラインの構築などに貢献できるものと考える。今後も，市場の要求にあった特長のある製品を開発し，ものづくりに新たな価値を創造していく所存である。

執筆者

佐藤 茂樹
サーボシステム事業部　設計第二部
システム製品の設計，開発に従事。

田﨑 朋伸
サーボシステム事業部　設計第二部
システム製品の設計，開発に従事。

遠藤 博人
サーボシステム事業部　設計第二部
システム製品の設計，開発に従事。

三浦 直人
サーボシステム事業部　設計第二部
システム製品の設計，開発に従事。

水谷 将之
サーボシステム事業部　設計第二部
システム製品の設計，開発に従事。

村上 龍之介
サーボシステム事業部　設計第二部
システム製品の設計，開発に従事。

SANYO DENKI
Technical Report
50
November
2020
https://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　児玉 展全

編集委員会　馬場 俊彦(委員長)
小野寺 悟(副委員長)
小林 孝至(委員兼事務局)
塚田 志保(委員兼事務局)
由井 里紗(委員兼事務局)
丸山 晴久　大野 耕嗣
西澤 博文　内田 成一
倉石 大悟　押森 卓男
吉池 仁志　成瀬 理恵子

発行日　2020 年 11 月 15 日(年 2 回発行)

©2020 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。