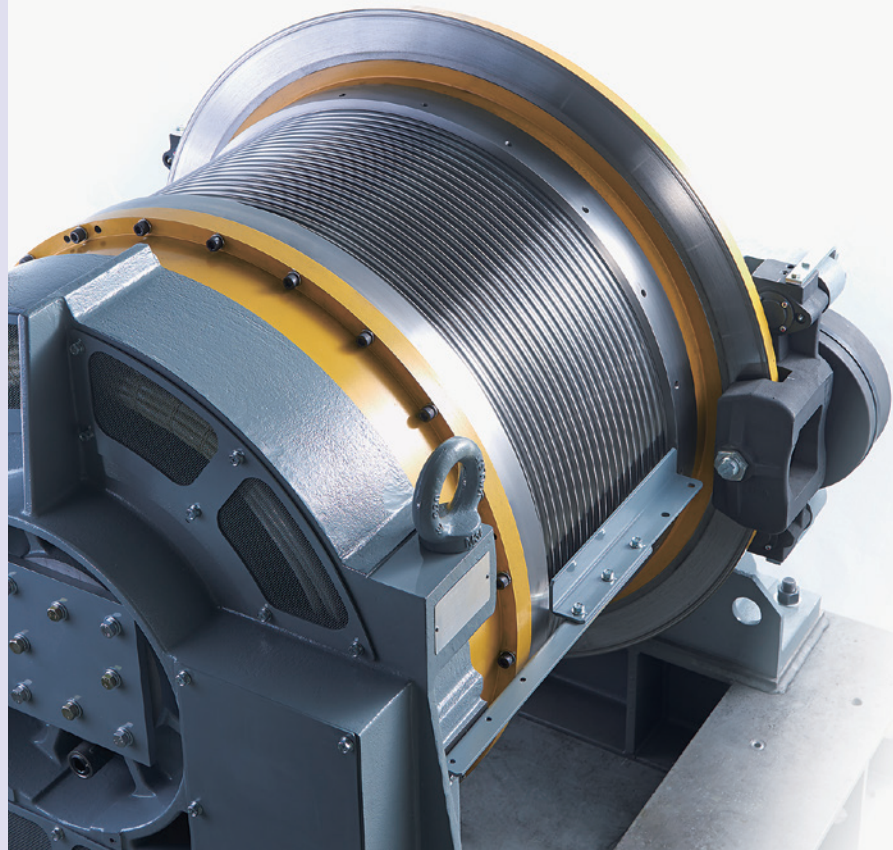


# 06

## 産業



モータドライブ事業部長  
**安川 国明**  
Kuniake Yasukawa



当社は、1897年（明治30年）の創業以来、「モートルの明電」として電動機の開発・製造を通じて社会に貢献してきた。1957年にサイリスタが発明されると、電動機の制御技術は大きく進歩し、当社もサイリスタを用いたインバータを製品化した。創業以来のモータ技術に駆動源としてのインバータ技術を融合させることで、新たなパフォーマンスを発揮させた。即ち電動力応用技術のスタートである。以降、電動力応用技術は、モータ制御理論の進化と半導体技術の発達によって大きな発展を遂げてきた。

当社の産業システム事業は、高性能な特長製品を市場に提供し、安全で豊かな社会の実現に貢献することを目指している。主要なコンポーネント製品としては、電動力応用製品や半導体製造装置への組み込み機器がある。従来、当社はこれらコンポーネント製品の基礎となる要素技術・固有技術について様々な研究開発を進めてきたが、市場のグローバル化に伴うお客様の要望の多様化や製品のコモディティ化も相まって、現在は、真にグローバルな競争力を持つ製品・技術への選択と集中を進めている。具体的な製品としては、電気自動車、エレベータ、産業機械用途のモータ・インバータや半導体製造装置に不可欠な部品である真空コンデンサ（VC）・レーザ発振用パルス電源などがある。

これらの製品は、長年にわたって当社に蓄積された経験と技術によって支えられている側面が強い。モータを例に取れば、当社は1960年代から回転子に磁石を適用した永

久磁石式同期電動機（PMモータ：Permanent Magnet Type Synchronous Motor）の製品化に取り組んでいた。1980年代からは他社に先駆けて電気自動車用PMモータ・インバータの実用化を進め、2009年には世界初の量産電気自動車に供給を開始した。エレベータ用途でもPMモータを採用し、小形・軽量化・低トルクリプル化を実現した。2012年にはシーブ片持ち構造のメンテナンス性に優れた巻上機を、2013年にはギャ付き誘導電動機（IM）巻上機のリニューアル用としてギャレスPM巻上機の販売を開始し、好評を得ている。また2016年には、ファン・コンプレッサなどの効率を高めるべく磁気軸受を適用した高速大容量のPMモータを開発した。

VCは、半世紀以上にわたる真空遮断器の開発・製造で培った真空技術を応用した製品である。VCには静電容量の固定形と可変形があり、静電容量機差1%の高精度固定VC・ダブルペローズを適用した大電流低トルク可変VC・モータと可変VCをモジュール化したオートVCなどのユニークな製品を開発している。

当社は「より豊かな未来をひらく」ことを企業理念に掲げ、豊かで住みよい未来社会の実現に貢献するため、新しい技術と価値の想像にチャレンジし続けている。今後も本分野における開発を通じて、多様なお客様の要望に応える製品を提供していく所存である。

# 06 産業

高性能な特長製品を市場に提供し、安全で豊かな社会の実現に貢献

## 2007

- PMモータ <sup>フォリキ</sup>GORIKIシリーズの用途向けカスタマイズ対応を推進

- 荷重センサレス機能を搭載したエレベータ用インバータ THYFREC <sup>サイフレック</sup>VT240EL を販売開始



- エキシマレーザ用パルス電源 GT62A を販売開始



- 大電流と低トルクを実現したダブルペローズタイプ可変VC VHシリーズを販売開始



## 2008

- 長寿命対応のボールネジタイプ可変VC VH-B2シリーズを販売開始

- 電源回生機能付き高圧インバータ THYFREC VT710P を販売開始

## 2009

- モータとシーブが一体構造の高速エレベータ用巻上機 PM15T を販売開始

- 高調波抑制と回生エネルギーを有効利用する電源回生コンバータ THYFREC CV240Sシリーズを販売開始

- 世界初の本格量産電気自動車 i-MiEV (三菱自動車工業(株)) にモータ・インバータを供給開始

## 2010

- 高応答の低慣性PMモータを開発

- 高精度固定VC FHシリーズを開発



## 2011

- IEC規格対応高圧インバータ THYFREC VT730S を販売開始



- ダブルペローズ高機能タイプ可変VC VPシリーズを販売開始

## 2012

- オートVC (モータ付き可変VC) を販売開始



- 高速エレベータ用巻上機 PM13T を販売開始



## 2013

- ギヤ付きIM巻上機のリニューアル用としてギヤレスPM巻上機3.5Tと5.2Tを販売開始

- 高圧PMモータとPM駆動高圧インバータ THYFREC VT730PMを開発し、高圧モータの高効率化を実現

- 高速エレベータ用インバータ THYFREC VT850H を販売開始

- 世界初の4WD SUVの量産PHEVアウトランダーPHEV (三菱自動車工業(株)) にモータ・インバータを供給開始

## 2014

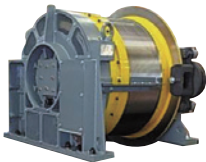
- 第8世代液晶パネル製造装置に対応した大電流可変VC (300Armsタイプ) を販売開始



## 2015

- 超小形可変VC VDシリーズを販売開始

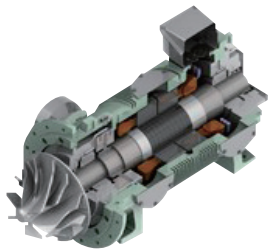
- 大容量高速巻上機 PM37T を開発



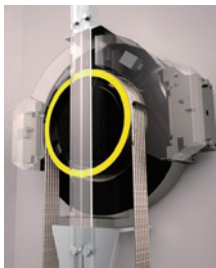
- トッランナー規制が開始され、IE3効率モータを販売開始

## 2016

- 水処理・ばっ気用高速PMモータ (250kW-20,000min<sup>-1</sup>) を開発



- マシンルームレス用偏平巻上機 PM3T を販売開始



- EUV用ポッケルスセルドライバ及び成膜用パルス電源を開発

## 2017

- 第10.5世代液晶パネル製造装置に対応した大電流可変VC(400Armsタイプ)を販売開始
- 高圧インバータに10kV系ラインアップを追加

# 2018 ~

## 産業分野の今後

### ■モータ

機械システム全体の更なる高効率化・小形化が求められており、当社はギャレス・ダイレクト駆動やビルトイン化をキーワードに対応していく。

また磁性材料(磁石・電磁鋼板)が進歩しており、これらを採用することでモータ特性の向上・高効率化・小形化を実現する。

### ■インバータ

次世代パワーデバイスや高効率変換技術・冷却技術の向上などによって、高効率・小形化を実現する。また高電圧化・大容量化に対応するため、マルチレベル制御技術を適用した製品開発を進める。

制御技術では、モータの回転振動や騒音の抑制、モータ高速化に対応した高周波の出力技術が必要になる。電動化技術の進展によって、環境問題の解決や生活の改善を更に進めていく。

### ■真空コンデンサ

半導体市場では半導体の微細化・高積層化、液晶市場ではパネルの大形化が進むと考えられ、高精度・高耐電圧・大電流の真空コンデンサが必要になる。そのため、電極の高精度化・高耐電圧化を図り、新たな大電流通電技術を確立する。さらに真空コンデンサで培った真空技術を応用して、新しい製品を創出する。

### ■パルス電源

長年のパルス電源の開発で培った電源技術を応用して、X線電源をはじめ様々な特殊電源を製品化する。

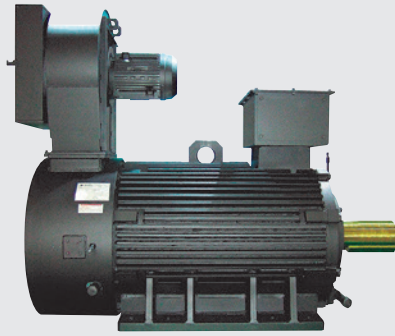
X線用電源では、100kVを超える電圧を高速・高効率・高精度でパルス化することで、高強度・短時間のX線照射を実現する。それにより、X線撮影時の人体への負担が軽減する。またプラズマ発生用電源では、既に幅広く普及している高周波電源とパルス電源を重畳することで、新たなプラズマプロセスの創造に寄与する。

### ■EV

SiCなどの次世代パワーデバイスの採用と高速スイッチング・高周波制御・高密度実装技術などによって、パワー密度が飛躍的に向上し、機器の小形化が進む。

モータは進化する磁性材料を組み込んだ高性能モータを実現する。さらにインバータとモータを組み合わせて、車載性を向上させた一体形の製品化も行う。また、シミュレーションや解析技術を活用したモデルベース開発によって、試作回数の削減や開発期間の短縮を図る。

## PM モーター



PM サーボモーター GORIKI シリーズ

PM モーターは、界磁に永久磁石を用いるため、二次励磁損が無く効率が低いという特長がある。PM モーターのメリットは、低慣性化・偏平化・中空軸化など、機械にマッチしたカスタマイズができることである。例えば、高速化によって今まで用いていた増速ギヤ

などの装置が不要となり、システムの小形化や省エネに貢献する。当社は、1967年に合繊機械用に開発したPM モーターを世に送り出してから、多くのお客様の機械の性能向上に貢献してきた。1983年に発明されたネオジウム磁石は、PM モーターの性能を格段に向上さ

せた。当社は、2000年頃からネオジウム磁石を用いたPM サーボモーターをシリーズ化し、射出成形機用に多く納入してきた。

2010年からのレアアース高騰に端を発し、省・脱レアアース化などの高性能磁石の開発が盛んに行われており、モーターの性能も磁石の動向・発達とともに進化してきている。



合繊機械用自己始動形PM モーター

### 過去10年

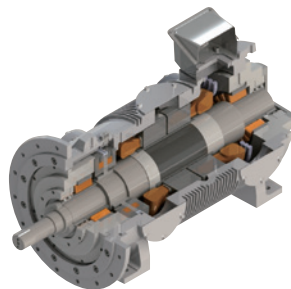
PM モーターの品ぞろえを拡充し、特定用途向けのカスタマイズ対応を推進した。また、定格回転速度まで10ms以下で加速できる高応答の低慣性PM モーターを開発した。



PM サーボモーター GORIKI シリーズ

### 現在

250kW-20,000min<sup>-1</sup>の高速PM モーターを開発した。磁気軸受を適用したダイレクト駆動で、水処理・ばつ気用途の省エネ化に貢献している。



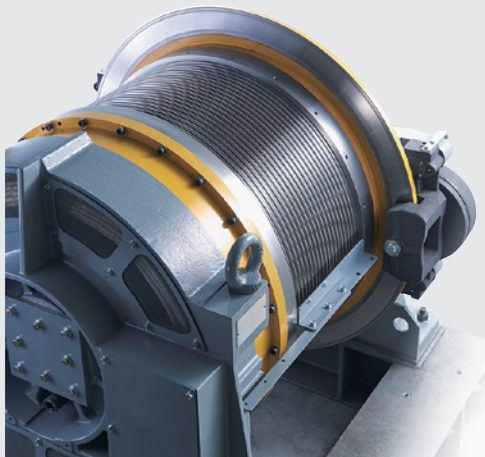
高速PM モーター

### 未来像

最近の注目すべき技術として、磁性材料（磁石・電磁鋼板）の進歩や解析技術の向上などが挙げられる。これらの技術を用いることで、モーターの更なる高性能化を図ることができる。

また、カスタマイズやダイレクト駆動のメリットを生かし、システム全体の省スペース化・高効率化・省メンテナンス化を実現する。併せて、モーター制御技術の進展で、回転振動や騒音を抑えた駆動システムを提供でき、環境問題の解決や生活の改善を更に進めていく。

## エレベーター用巻上機



エレベーター用巻上機

当社は、1970年代の初めからエレベーター用モーターやインバータの製造・販売を手掛け、世界各国のエレベーターに採用されている。日常生活に不可欠なエレベーター

の駆動部はかごを動かす巻上機と巻上機のモーターを制御するインバータから構成されている。その中でも巻上機は積載質量や速度、設置方法が様々で、中低速機から

超高速機までその仕様は多岐にわたっている。

当社はこれまで培った豊富なモータードライブ技術を基に、現在ではPMモーターを用いたギヤレス機を多く供給している。最近では、高層ビルを想定した大容量高速巻上機 PM37Tをリリースした。主な特長は、以下のとおりである。

- (1) 最適設計で小形化を実現
- (2) 分解して搬入でき、芯だし作業も容易
- (3) 低トルクリプルの実現によって乗り心地を改善

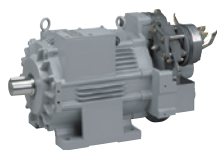
今後も市場の様々な要求に応え、新たな製品の開発・販売に取り組んでいく。

### 過去 10年

マシンルームレスを目的とした薄形巻上機PM 3Tやピット置き巻上機を薄形インバータとともに開発した。



薄形巻上機 PM3T



ピット置き巻上機 PM3T

### 現在

高層ビル向けの超高速巻上機や既存エレベーターのリニューアルを目的とした改修用巻上機を中心に開発している。



大容量高速巻上機 PM37T



改修用巻上機 PM3.5T

### 未来像

世界各国のエレベーター市場は著しく拡大しているが、大都市への人口集中に伴うビルの高層化や高齢化に伴うバリアフリー化など、エレベーター用巻上機に要求される方向性は様々である。また乗り心地の向上や安全性・信頼性に対する要求も強くなってきている。設置面積の縮小や工事期間の短縮のため、小形・軽量化の流れがある。

当社はこれまで培った豊富な技術を生かし、これらの要求に応える製品を供給し続けていく。

# 産業 06-2 インバータ

工場の自動化や水処理場の省エネなど幅広い分野で活躍

## インバータ



VT240Sのラインアップ

インバータの用途は大きく2つに分類される。

- (1) 二乗低減トルク負荷の省エネ
  - (2) 定トルク・定出力負荷の制御
- 最適なインバータを導入することで、より大きなメリットを得ることができる。当社のインバータ製品の歴史は長く、1961年に他社に先駆けて直流電動機駆動用サ

イリスタレオナードの第1号機を開発した。以来40年以上、数々の技術革新とともに新製品を開発・発売し、低圧インバータ THYFREC VT240S（以下、VT240S）・高圧インバータ THYFREC VT730S（以下、VT730S）の開発に至った。

VT240Sには400V系

（～475kW）と200V系（～90kW）があり、近年需要が増加している高速用途にも対応し、800Hzまでの高周波を出力できる。

また、VT730Sには6kV系（～2500kW）と3kV系（～1250kW）があり、これらの非再生タイプのほかに電力回生するTHYFREC VT710Pもシリーズ化している。



VT730S

### 過去10年

VT240SとVT710を開発し、VT710は電源回生タイプをラインアップした。



VT710

### 現在

海外規格に対応した高速エレベータ用インバータ THYFREC VT850Hや高圧インバータ THYFREC VT730Sなど、海外向けインバータをラインアップするとともに、一般産業用インバータの高性能化や安全規格に対応した製品を開発している。



VT850H

### 未来像

次世代パワーデバイスを使用した高効率・小形のインバータが製品化され、単位容積当たりの出力を高める高パワー密度設計が注目される。高圧インバータでは入力変圧器を用いないトランスレスマルチレベルインバータが主流となる。

またIoT技術を活用して、遠隔から機器異常の有無確認、計測データ蓄積から機器余寿命診断・故障予兆検知、ファームウェアのバージョンアップなどを行う。

# 06-3 パワーコンポーネント

半導体製造装置から電気自動車まで幅広い分野のパワーコンポーネントで社会に貢献

## 真空コンデンサ (VC)



VCの主なラインアップ

VCは、数あるコンデンサの中でも直列等価抵抗 (ESR) が低く、誘電体損失が極めて小さい。そのため、1 ~ 数100MHzの高周波での許容電流が大きく、また電極部が真空中にあり、温度・湿度・じんあいによる影響をほとんど受けないため、温度特性も非常に良

好 (100ppm/°C以下) なコンデンサである。また、電極部を真空中で絶縁しているため、耐電圧は3 ~ 55kVpまであり、高い電圧が必要な用途に適している。さらに可変VCは、電極部を動かすことで静電容量を2桁以上 (10pF ~ 1000pFなど) 可変できるこ

とから、薄膜製造装置や送信機器のインピーダンス調整用として使用されている。当社は、半世紀以上にわたる真空遮断器の開発・製造で培った真空に関する技術・ノウハウを活用し、信頼性の高いVCの開発・製造を行っている。

真空封止容器 (真空管) の製造方式には、1本の真空ポンプで容器内を排気して封止する真空排気封止方式と真空炉内で真空排気と封止を行う真空炉内封止方式がある。当社では、量産性に優れた製造方法である真空炉内封止方式を採用し、更に真空状態を長期間維持する仕組みを取り入れている。

### 過去10年

薄膜製造装置用高周波電源や整合器に組み込まれ、電源のキーパーツとして活躍した。



可変VC



固定VC

### 現在

FPD (Flat Panel Display) の大形化や半導体の微細化・高積層化など、最先端の製造プロセスに対応した製品を供給している。



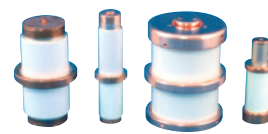
VCの主要製品

### 未来像

VCの更なる高精度化・小形化、オートVCの機能追加などによって、最先端の製造プロセスに対応し、さらにVCで培った真空技術を応用した新しい製品を創出する。



真空VT  
(Voltage Transformer)



X線管

## パルス電源



パルス発生ユニット

当社のパルス電源は、エキシマレーザの励起源として使われ、確かな品質で、これまでに3000台以上を納入している。

エキシマレーザは、紫外域の波長 (KrF : 248nm, ArF : 193nm など) で発振する大出力高効率

レーザで、半導体リソグラフィなどで使用されている。また、コンデンサを充電する充電器ユニットと、半導体スイッチ+磁気パルス圧縮回路方式 (可飽和リアクトル) によるパルス発生ユニットで構成され、小形・軽量で省スペース化

に貢献するとともに、高精度で安定的な高繰り返し運転ができ、高い稼働率が求められる半導体製造ラインで活躍している。主な仕様は、以下のとおりである。

- (1) 繰り返し周波数：6kHz以下
- (2) 出力電圧：-30kV以下
- (3) 出力平均電力：15kW級
- (4) 出力パルス幅：100ns以下



充電器ユニット

### 過去10年

エキシマレーザ用パルス電源として、最先端の半導体製造ラインで活躍してきた。また、当社の保有技術である変圧器や電力変換などの技術を活用し、製品力・技術力の発展に寄与してきた。



エキシマレーザ用パルス電源

### 現在

成膜用パルス電源をはじめ、プラズマ発生用電源として幅広く普及が期待されるパルス幅可変タイプのパルス電源を開発している。SiCパワーデバイスなどの新しい技術にもチャレンジしている。



パルス幅可変パルス電源

### 未来像

長年のパルス電源の開発で培った電源技術や市場での実績を活用して、新たな製品・技術を創造し、これまでできなかったことをパルス電源で行う。例えば、X線用電源では、100kVを超える高電圧を高速・高効率・高精度でパルス化し、高強度・短時間のX線照射を実現して人体への負担を軽減し、撮影時間を大幅に短縮してX線装置の価値を高める。また、プラズマ発生用電源では、既に幅広く普及している高周波電源とパルス電源をうまく重畳し、新たなプラズマプロセスの創造に寄与する。



## EV用モータ・インバータ



アウトランダー PHEVと搭載コンポーネント

電動車両駆動用モータ・インバータには、一般産業用と比較して以下の点が重要となる。

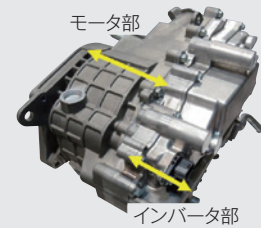
- (1) 高性能：高応答・高精度
- (2) 小形・軽量・高効率：車両搭載性の向上とバッテリー航続距離の拡大
- (3) 高信頼性：厳しい環境条件の中の10年、20万km走行

(4) 静粛性：静かな室内  
これらを実現するために、多くの最新技術と工夫が集約されている。

モータはPMモータを採用し、最新の解析技術を駆使して最適磁気回路・水冷構造、低騒音・低振動構造としている。また、インバータには直接水冷式IGBT (Insulated

Gate Bipolar Transistor) パワーモジュールなど、最新部品を採用し高性能・小形化を実現している。

さらに直近では、平角線による高占積モータ化、モータ・インバータの一体化、さらに2020年を目途にSiCパワーモジュールの適用を進めている。今後もお客様の要求に応えるため技術開発を進めている。



インバーター一体形モータ

### 過去10年

1990年から各種EV用コンポーネントの開発に取り組んだ。さらに世界初の本格量産EV i-MiEV (三菱自動車工業(株)) にモータ・インバータの供給を開始した。



HEV用扁平モータ



i-MiEV

### 現在

2013年に世界初、4WD SUVの量産PHEV アウトランダー PHEV (三菱自動車工業(株)) にモータ・インバータの供給を開始し、年式変更とともに改良を重ね、累計12万台を超える車両に搭載している。



アウトランダー PHEV

### 未来像

電動車両の普及はますます勢いを増し、そのバリエーションも増え、モータ・インバータに対する要求も多岐にわたるようになる。その中で、インバータでは次世代パワーデバイスの採用と高速スイッチング・高温高密度実装技術などによって超小形インバータを、モータでは進化させる磁性材料を組み込んだ高性能モータを実現する。さらに両者を組み合わせ、車載性を向上させた一体形コンポーネントの製品化を行う。また開発効率を上げるため、高度に進化したモデルベース開発にも取り組む。

