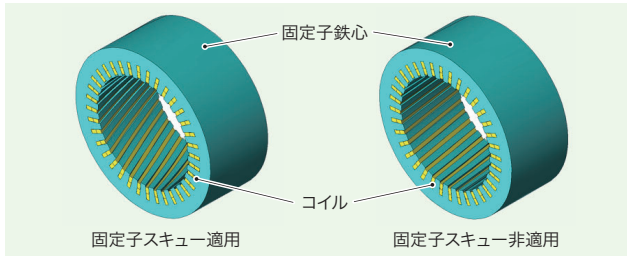
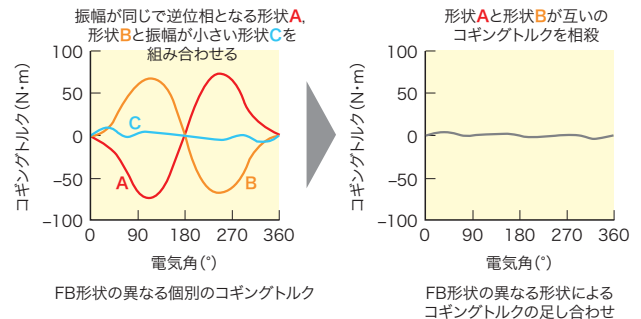


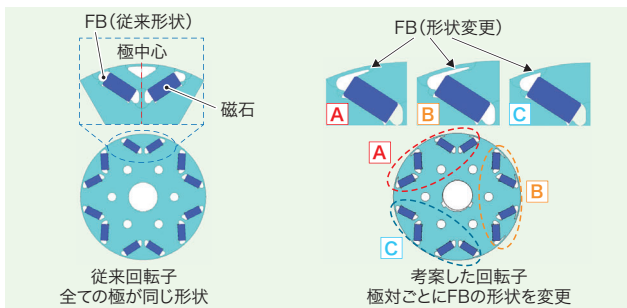
# 永久磁石モーターのトルク脈動を低減する 回転子磁気回路適正化技術



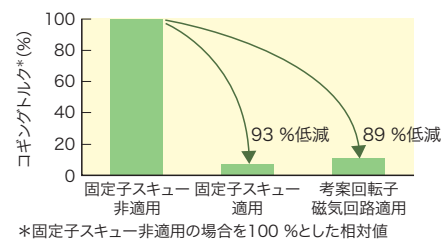
固定子スキュー適用の有無による固定子構造の違い  
Stator structural differences with and without skew



コギングトルク低減の原理  
Cogging torque reduction principle



従来の回転子と考案した回転子のFB形状  
Flux barrier shapes of conventional and new rotor design



コギングトルクの低減効果  
Cogging torque reduction effect

エネルギー効率が高く、環境に優しい鉄道車両用ドライブシステムとして、永久磁石同期モーター（PMSM：Permanent Magnet Synchronous Motor）を採用したシステムの普及が進んでいる。PMSMでは、無通電時に固定子と回転子間の磁気的な吸引力の変化により、振動・騒音の要因となるトルク脈動（コギングトルク）が生じる。コギングトルクを低減するために、固定子鉄心を斜めに積層する固定子スキューが採用されているが、これによる出力の低下や、複雑な製造工程が問題となる。

そこで、固定子スキューを用いずに、モーター性能を確保しつつトルク脈動を抑制する技術として、極対<sup>(注1)</sup>ごとにフラックスバリア（FB：Flux Barrier）<sup>(注2)</sup>形状を変えた回転子磁気回路を考案した。この回転子磁気回路では、磁石両端に設けられたFBのうち、外周側FBの内側部分を極中心方向に伸ばして凸形状とする。各極は極中心に対して線対称で、極対内のN極とS極は同じFB形状を持ち、適切なFBの凸形状の組み合わせを選定することにより、コギングトルクを低減できる。

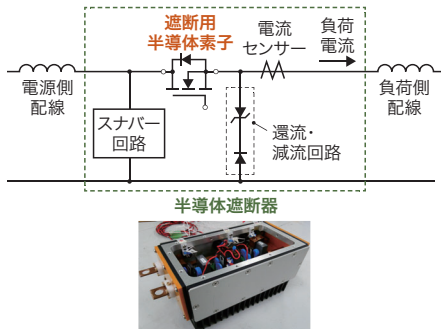
一例として、6極モーターの三つの極対でコギングトルクを最小化するFBの凸形状を、ランダムイズドアルゴリズムを用いて検討した。その結果、コギングトルクの振幅がほぼ同じで逆位相となる二つのFB形状と、コギングトルクの振幅が小さい一つのFB形状を組み合わせることで、固定子スキューを用いずにコギングトルクを89%低減できた。固定子スキューを用いた場合の低減率は93%であり、今回考案した回転子磁気回路の適用により、固定子スキューとほぼ同等のコギングトルク低減効果が得られることを確認した。

今後は、この回転子磁気回路を適用したモーターのフィールド実証を進めるとともに、産業用・自動車用モーターなど、幅広い分野への技術展開を図っていく。

(注1) 一組のN極とS極。

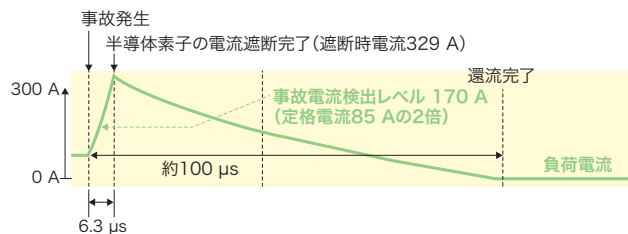
(注2) 回転子鉄心内に設けられた溝（空気層）。

## ■ 還流・減流回路を用いて電流遮断する低圧直流配電向け半導体遮断器



### 半導体遮断器の回路構成及び試作機

Circuit configuration and prototype of semiconductor circuit breaker for low-voltage DC distribution systems using recirculation and current-limiting circuits for current interruption



### 試作機の遮断試験結果

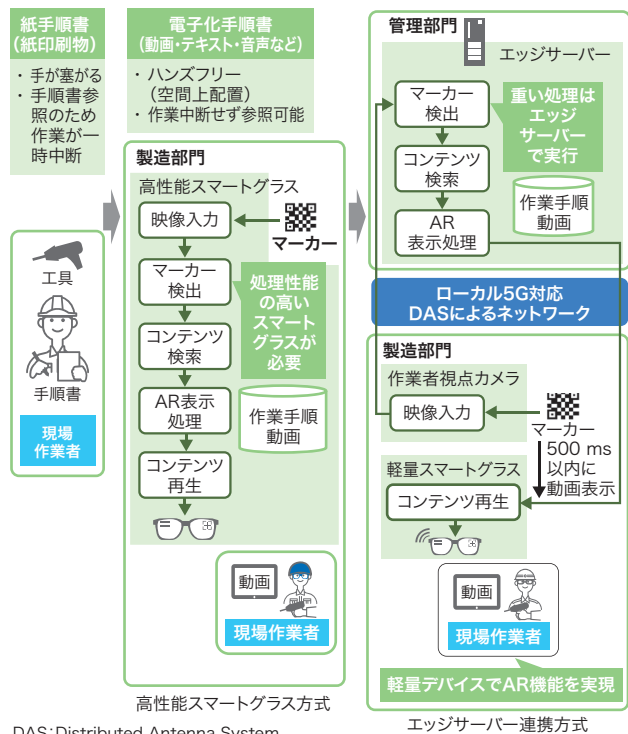
Results of fault current protection experiment using semiconductor circuit breaker prototype

東芝インフラシステムズ (株)

再生可能エネルギーや蓄電池、負荷設備を直流で接続する750 V以下の低圧直流配電が注目されている。直流配電は、交流配電に比べ電力変換回数が少なく高効率に電力を送れる。しかし、直流は電流がゼロになる瞬間がないため電流の遮断が難しい。機械式遮断器で事故時の直流電流(事故電流)を遮断する場合、遮断時に生じるアーク放電が消弧するまでのmsオーダーの期間に大電流が流れ続けるため、直流配電では遮断器に高い電流遮断能力と破壊耐量が求められる。

この課題を解決するため、半導体素子を用いた直流遮断技術の開発に取り組んでいる。高速に導通と開放を制御できる半導体を用いることで、アーク放電を発生させることなく電流が大きくなる前に事故電流を遮断できる。今回、新たな半導体遮断器の電気回路方式を立案し、試作機を製作した。提案回路は、遮断電流を独自の還流・減流回路に移すことで遮断用半導体に求められる破壊耐量を大幅に低減できる。試作機を用い、事故電流が流れた際の遮断評価を行い、μsオーダーでの高速な半導体素子による電流遮断動作を実証した。

## ■ ローカル5Gとの連携で現場へのAR導入を実現する作業支援ソリューション



DAS: Distributed Antenna System

### 製造現場作業支援ソリューション

Work support solutions on factory shop floors

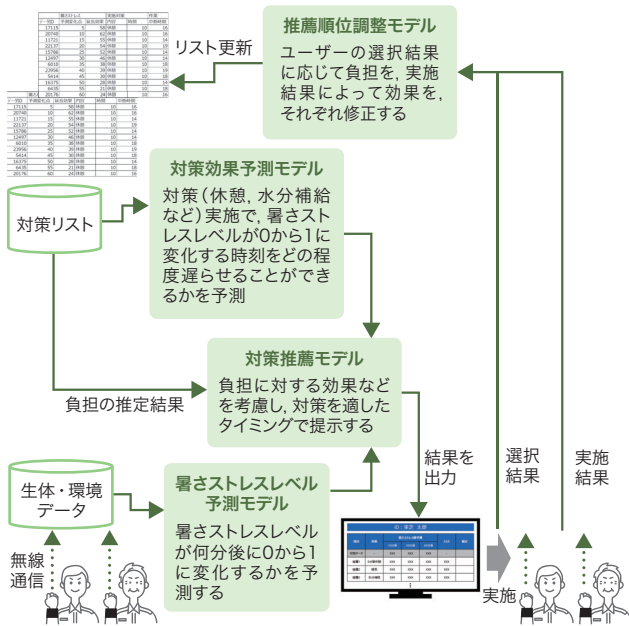
東芝インフラシステムズ (株)

製造プロセスをデジタル技術で置き換え生産性を向上する工場DX(デジタルトランスフォーメーション)の実現に向け、大容量・低遅延なローカル5G(第5世代移動通信システム)を活用した作業支援ソリューションを開発している。機器組立作業では、紙媒体の作業手順書を動画化し、スマートグラスにAR(Augmented Reality)<sup>(注)</sup>として表示することで現物と対比して効率良く理解したいというニーズがある。一方、AR機能の実現には現場端末に、マーカー検出やコンテンツ検索、AR表示処理などの高コストな処理性能が求められる。

そこで、マーカー検出を作業者視点カメラで行い、コンテンツ検索やAR表示処理をローカル5Gで連携したエッジサーバーで行うことで、現場端末の要求性能を抑えてハードウェアコストを70%削減するとともに、デバイスの軽量化を実現した。当社工場内のローカル5G環境で動作検証を行い、フルHD(高解像度)動画を500ms以内にスマートグラス上に表示できることを確認した。今後、紙の手順書に代わる作業支援ソリューションとして活用していく。

(注) 拡張現実と呼ばれる現実世界の環境にデジタル情報を重ね合わせる技術。

## ■ 個別の実態に合わせて最適化可能な暑さストレス対策推薦技術



暑さストレス対策推薦機能の構成  
Architecture of functions recommended for heat stroke prevention

近年、様々なウェアラブルセンサーが普及し、記録データから健康対策などが推薦されるようになったが、推薦された対策の効果や負担に個別の実態が考慮されていないため、ユーザーが適切でないと感じる場面も多い。例えば、“休憩”が推薦された場合では、その効果は休憩場所の温湿度や日射によって変動し、負担は休憩場所までの距離や作業中断・再開に掛かる時間によって変動する。

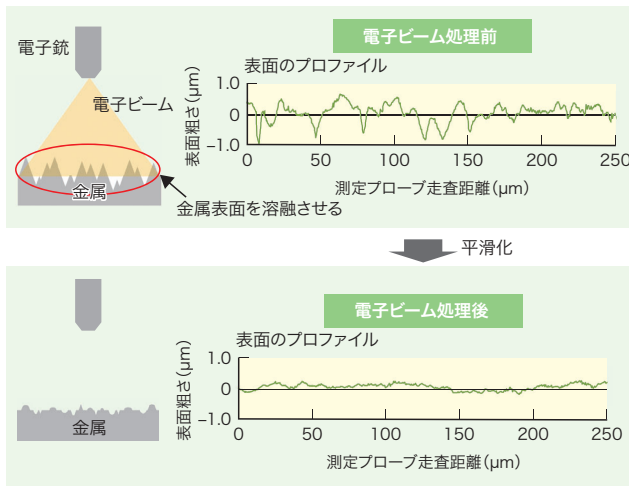
そこで今回、暑さストレス対策をモチーフとして、効果と負担を各ユーザーの実態に合わせて自動調整する対策推薦個別最適化アルゴリズムを開発した。ウェアラブルセンサーからユーザーが選択・実施した対策の効果と負担を推定し、実施する度にユーザーの実態に近くなるように設計した。

12名のユーザーを対象に約2日のトライアルを行ったところ、実際の効果・負担との誤差が5%未満まで低減することを確認した。この技術は今回取り上げたモチーフ以外にも活用でき、今後は、転倒・事故予防などに適用範囲を拡大する。

関係論文：東芝レビュー、2024、79、4、p.22-25。

東芝インフラシステムズ(株)

## ■ 電子ビームを用いた真空バルブ内の金属表面処理による部分放電抑制技術



電子ビーム処理による金属表面の平滑化技術  
Electron beam metal surface smoothing technology

配電盤などで使用されている真空バルブは、事故電流の遮断による電気回路・機器の保護や、事故拡大防止などの役割を担っている。近年、真空バルブの更なる小型化が要求されており、小型化に伴って発生する懸念が高まる真空バルブ内部の部分放電を抑制する技術が求められている。真空バルブ内部の金属部品表面には、通常、機械加工時に生じる微小な突起や残留物が存在しているが、これらは電気的弱点となりやすく、部分放電の発生要因となる。このような弱点を除去するために、研磨処理や放電によるコンディショニング処理を施して製造しているが、十分に除去できていないのが現状である。

そこで、電子ビーム処理による新たな除去技術を開発した。電子ビームによって微小突起や残留物が存在する金属表面を均一に溶融させ平滑化するため、より安定した弱点の除去が可能になり、優れた部分放電抑制効果が得られた。

今後、この電子ビーム処理技術を真空バルブの製造工程に適用することで、機器の小型化を目指していく。

東芝インフラシステムズ(株)