

天野 秀一*1 新仏 利伸*1 竹増 光家*2 桑原 利彦*3

1. 概要

ボルトの緩みによる重大事故を防ぐことは安全・安心な社会形成において極めて重要だが、従来商品の課題として、緩まないと宣伝しているが緩んでしまう、作業性が悪い、コストが高いなどが挙げられ、このユーザー目線で大切である3点全てを満たすねじ締結体がないという課題がある。国内の競合品のほとんどは、ねじに摩擦を与え、緩みを防止しているため、ばらつきが大きい。また、面倒な締結手順が指定されており、標準工具が使用できない。製造法に関しては、精度の高い除去加工が必要なため、コスト高となってしまう課題がある。

本開発では、最高の緩み止め性能と、外ナット締結だけで、電動工具も使用できる作業性の良さ、既存の量産設備に本開発金型を装着するだけで製造できることを目指し、各種転造盤用の金型を開発したことで、量産が可能となり、安価に製造することができる。

2. 技術の内容

2.1 緩まないねじの構造

本緩まないねじ構成体(図1)は、進み量の多い並目多条ねじ山と、進む量の少ない並目一条ねじ山をボルトに付与し、ボルト内側に多条ナットを装着し、外側に並目一条ナットを装着した構造となる。締結体が激しい振動を受けると、内側のナットが緩もうとするが、進み量の少ない外側のナットが受け止めると言う、機械的干渉により緩みを防止する。締結時は、外ナットを締めることで、内ナットが従動し、締め付け完了となる。ダブルナット特有の、内ナットの逆戻し処理も不要となった。緩める時は、外ナットを緩めることで、内ナットも簡単に取り外すことが可能となった。

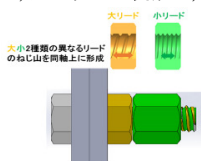
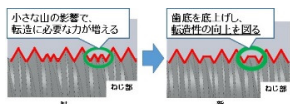


図1 ねじ構造

2.2 転造性の改善

この使用性を実現する為、多条ねじを組み合わせる構造を採用したが、そこで転造性の悪さが最大の課題となった。二種類のリードが混在する為、初期ねじ形状では、金型が300本で破損した。そこで転造性を改善する為、多条ねじ形状を(図2)の通り工夫し、三条ねじからねじ山を一条分間引き、更に多条ねじの谷を有効径以上に底上げすることで、大幅に転造性が改善し、SCM435材の強度区分8.8素材を、平転造金型を装着し転造加工した際、40,000本転造することができた。転造で量産加工できることで、安価に製造できるようになった。図2 多条ねじ山改善



2.3 緩み振動試験結果

このグラフ(図3)は、世界で最も厳しいと言われている、ISO16130

規格のボルト・ナットのユニカー振動試験の結果となる。横軸に振動回数を示し、縦軸は残存軸力を示す。この試験では、試験後の残存軸力が、85%以上を緩み止め性能良好とし、85%未満40%以上を緩み止め性能許容可能と位置づけ、40%未満を緩み性能なしとしている。緩まないねじは、試験後の

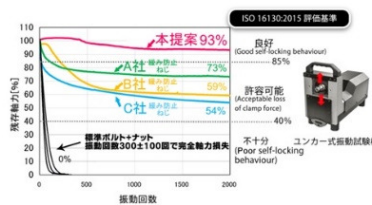


図3 緩み止め性能比較

残存軸力 93%と唯一最高の緩み止め性能を示していることから、本緩まないねじは、高性能な緩み止め製品と言える。

2.5 機械的性質

引張り試験では、強度区分 10.9 に対応したボルト・ナットを各2set 使用し、試験機として、島津製作所製オートグラフ AG-25TB を使用して試験した結果を(図4)に示す。標準ボルトに対し緩まないねじは、全試験片とも、材料の塑性の開始する降伏点より上回っている箇所で破断していることが分かり、標準ボルトの引張り強度 87.7kN 以上の引張強度を実証した。

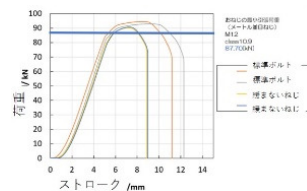


図4 引張り試験結果

2.6 実証試験結果

本緩まないねじの適用分野として、鉱山での激しい振動を受ける設備が挙げられる。石灰鉱山で使用されている予備燃焼炉ロータリーキルンに本緩まないねじを使用した実証例である。従来はナットを溶接している為、ねじは緩まないが、溶接時の隙間から燃焼ガスが入り込みボルトがやせ細そってしまい、ガタが生じてしまう。本緩まないねじは、締結時間を大幅に短縮できただけでなく、溶接仕様より長い時間緩みなく格子を固定出来た。その為、有効な締結手段と高く評価されている。

3. まとめ

緩み止めねじの市場は世界で 3000 億円以上と言われており、国内でも 200 億円以上と概算されている。本緩み止め製品の市場は各種インフラの締結、鉱山、道路や鉄道、建設現場で使用される重機のアタッチメント締結、農機のアタッチメント締結に使用が想定されており、高い緩み止め性能と使用性の良さと高評価を得ている。

*1 正員, (株)ニッセー (〒409-0502 山梨県大月市富浜町島沢 2022)

*2 正員, PFR 研究所 (〒299-0065 千葉県長生郡長生村一松丙 4427-1)

*3 正員, 東京農工大学 (〒184-8588 東京都小金井市中町 2-14-16)

内田 正宏*1 伊藤 慎太郎*1 小松 湧介*2 水谷 琢*2

1. 概要

再生可能エネルギーからの電力供給が拡大しているが、再生可能エネルギーは不安定な電源であり、電力需給のバランスを調整する調整電源として、負荷変動への追従性に優れているガスタービンが重要となる。従来の天然ガスを燃焼させるガスタービンでは二酸化炭素が排出されるためカーボンフリー/カーボンニュートラル燃料への転換が強く期待されている。アンモニアは、二酸化炭素を排出しないカーボンフリー燃料であることに加え、安価かつ製造・輸送・貯蔵技術が確立されているため、早期の社会実装が期待される燃料である。一方で、その燃料利用では、天然ガスや水素に比べて燃焼性が低いこと、窒素酸化物 (NOx) の排出量が多いこと、未燃アンモニアおよび亜酸化窒素が排出されること等の課題がある。このような課題を克服し、アンモニアをガスタービンの燃料として使用するため、ガスタービンにおける液体アンモニア専焼技術を開発した。

2. 技術の内容

アンモニアの燃焼方法として、設備の簡素化や供給システムの負荷変動追従性を考慮して、液体アンモニア供給による直接噴霧燃焼方式を採用した。この液体アンモニア直接噴霧燃焼による専焼の実現には大きく三つの課題があった。一つ目は、アンモニアの燃焼性が低い点であり、安定燃焼を実現する燃焼器が要求される。特に、液体アンモニア噴霧燃焼では、燃焼器内でアンモニア液滴が蒸発するため、局所の火炎温度が低温となり、安定性の確保はより難しい。二つ目は、エミッションであり、アンモニアに含まれる窒素由来する Fuel-NOx が発生する課題がある。同時に、ガスタービンでは燃焼時間が短いため、未燃アンモニアおよび亜酸化窒素の排出抑制が必要となる。三つ目は、液体アンモニアの噴霧の制御である。液体アンモニアの微粒化及び噴霧挙動については、既往研究が少なく学術的にも知見が乏しい。このような課題に対し、液体アンモニアの噴霧形成の観察を実施し、液体アンモニア噴霧に適した噴射弁選定を行った。保炎性の確保、未燃アンモニアおよび亜酸化窒素の抑制では、スワラ構造や液体アンモニア噴射点の調整により燃焼性能の向上を図った。同時に、低 NOx 燃焼の実現のため、二段燃焼方式を採用した。この燃焼方式では、バーナ付近を低流速領域として保炎性を改善し、同時に、リッチ条件を利用することでアンモニア燃焼領域における余剰酸素を削減、還元雰囲気を形成して Fuel-NOx の生成を抑制することが可能である。

2MW 級ガスタービン (図 1) を使用して、開発燃焼器の改良と発

電試験による性能検証を繰り返し実施した。その結果、出力 2MW の条件で液体アンモニア専焼による安定運転が可能であることが確認された。加えて、このとき未燃アンモニアおよび亜酸化窒素の排出量は計測器の測定下限値以下であり、温室効果ガス (GHG) 削減率 99%以上となることを確認した (図 2)。ガスタービンにおけるアンモニア利用では、GHG 排出係数の大きい亜酸化窒素の排出により十分な GHG 削減効果が得られないことが懸念されていたが、今回開発した技術により亜酸化窒素の排出抑制が可能であることが示され、ガスタービンでのアンモニア利用の実現に向け、大きく前進した。



図 1 2MW 級ガスタービン

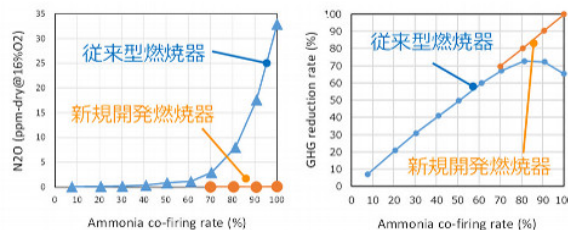


図 2 エンジン運転におけるエミッション (左: 亜酸化窒素, 右: GHG 削減率)

3. まとめ

液体アンモニアのみを燃料として、2MW 級ガスタービンの発電運転を可能とする専焼技術を開発した。アンモニアの燃焼では GHG 排出係数の大きい亜酸化窒素が排出されることが課題となるが、本技術により温室効果ガス削減率 99%以上の達成に成功した。

地球温暖化による深刻な環境問題により GHG 排出量の削減が急務である。今後も技術開発を進め、アンモニア燃焼ガスタービンの早期の社会実装に向けて開発を進めていく所存である。

*1 正員, 株式会社 IHI

*2 株式会社 IHI

引火性ガス環境のプラントを自動で巡回点検する防爆ロボット

大西 献^{*1} 大西 典子^{*2} 村角 謙一^{*2}

宿谷 光司^{*2} 小堀 周平^{*2}

1. 概要

石油ガス化学プラントなど引火性ガス環境でも活動できる日米欧で法規認証された防爆性能（自らが引火源とならない性能）を有し、福島第一原子力発電所事故後の探査ロボット由来にも用いられたクローラシステムで、プラント内の通路だけでなく階段や段差も自動昇降することで、複数階プラントを自動で巡回点検する移動ロボットである。引火性ガス環境で自動充電し、昼夜無人で連続運転しつつ、センサ（可視カメラ、熱カメラ、ガス検知器、マイク）で取得した点検情報をLTEを使ってクラウドへ連携し、AI情報処理によりプラントの異常を検知してユーザへ通知する機能を提供する、いわば「動くIoTセンサ」システムである。

2. 技術の内容

本技術を商品名“EX ROVR（エクスローバーと発音）”として2022年4月に上市した。石油ガス化学業界に迫る人手不足・設備老朽化による操業率と安全性の低下対策として期待の声をいただいている。特に、海上プラットフォーム型石油掘削施設の省人化をめざす海外オイルメジャーからの購入や試運用の引き合いが多い。製品の概要は下図、詳細な仕様や動作状況の動画などは製品HP（次のURLまたは“EX ROVR”で検索）を参照いただきたい。

製品HP：https://www.mhi.com/jp/products/energy/ex_rovr.html

本技術の開発は、2012年の中央自動車道笹子トンネル事故にさかのぼる。天井板が崩落し、引火性ガスが充満するトンネル内の状況確認に、引火源となる電気機器である探査装置を投入することができず、人が危険と隣り合わせでガス検知器を頼りに入るしかなかった。この教訓をきっかけに、引火性ガス環境でも行動できる防爆移動ロボットの開発がはじまった。当時、ハンディ機器を除き、バッテリー駆動の無線電気機器で防爆認証を取得したものはなく、法律の解釈から始めて、無線移動ロボットの防爆認証を取得するのに4年を要した。その後、今の製品コンセプトにたどり着くまでに2年、プラント巡回点検固有の技術開発と試験・認証に4年と、製品化までほぼ10年を要した。その間、国内外の石油事業者さんとのいい出会いに恵まれ、多くの方々から共同研究・委託研究・助成などの形で支援をいただいた。本稿をお借りして謝意を表したい。

2024年1月現在、世界で正式に防爆認証を受けた無線ロボットは、弊社の知りうる範囲では4種しかなく、そのうち国内で使用可能なものは本技術のみである。プラントDXの一助となるべく研さんを積み、ライバル社とも切磋琢磨して市場を開拓していきたい。

^{*1} 正員、三菱重工業株式会社（〒655-0026 兵庫県神戸市兵庫区和田崎町一丁目1番1号 神戸造船所 原子力セグメント）

^{*2} 三菱重工業株式会社（同上）

クラウド上のユーザページに登録した点検シナリオ（巡回経路+点検内容をユーザが教示したもの）がスケジュールから起動されると、自動でプラントを巡回点検し、取得した点検データを同じユーザページにLTEを介して格納する。計器指示値や、さび・白煙・液漏れ・異常音などの異常発生をクラウド上のAI画像処理で検出し、ユーザにメールなどで通報する“ロボットIoTシステム”である。

「EX ROVR」のハードウェア（450mmW×600mmL 70kg）

マニピュレータ（山形大学と共同開発）
6自由度+ハンド+可視カメラ

画像（可視画像、熱画像、360度画像）

- さび、白煙、液漏れの検知
- 可視画像で計器指示値を読み取り

音（マイクで録音した音声）

- 回転機械の異常音、漏れ音の検知

数値データ（ガス濃度、気温、計器読み取り値）

- 異常値や異常変動の検知

IoTクラウドシステム構成

工場・プラント（Zone 1危険場所）

自動巡回ロボット [ASCENT]

ステーション

インターネット

管理アプリケーション

- 巡回スケジュール管理
- 点検データの閲覧

ダッシュボード

- 点検データの閲覧

巡回操作端末

非危険場所

- ASCENTの遠隔操作
- 巡回エリアの地図作成
- 巡回動作（シナリオ）の作成

自動充電ステーション

高い機動性

狭かつ複数フロアにまたがる複雑なプラント内を稼働

- 46°（基準最大）の階段昇降
- 狭い階段踊り場での旋回
- 防油堤の障害物乗り越え

自動運転

複雑なプラント内を夜間でも安全に自動巡回

- LIDARによる3次元自己位置推定
- 障害物検知
- 階段昇降アルゴリズム

通常は接続しない（シナリオを教示する時、インシデント対応として緊急遠隔操作する時のみ接続し介入する）

佐藤 健太*1 轟原 正義*2 大戸 正之*2

瀧谷 俊夫*3 北村 暁晴*4

1. 概要

機械可動部を持つ装置の異常は、温度や電流よりも振動をモニターすることにより比較的早い段階で検出されることが知られており、振動計測による装置診断技術は、非破壊で稼働状態を監視できるためその適用範囲は広い。振動データの信号処理は、時間領域、周波数領域、空間領域の3つに大別され、時間領域と周波数領域の信号処理は比較的簡便で多く用いられる。一方で、空間領域の信号処理であるリサージュ図形（またはオービット図形）解析は装置異常や故障検出に特に有効だが、計測データ間の同期方法、背景雑音による精度の低下、多軸振動センサ設置時の煩雑な調整作業という課題を抱えている。

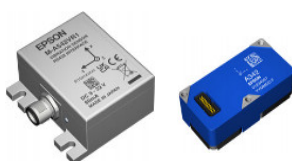
これらの課題に対応するため、3次元空間での振動データを簡単かつ精密に処理するための新しい装置診断技術を開発した。この技術は、ハードウェア（振動センサ）とソフトウェア（解析手法）の両面で構築されている。開発されたセンサは設置が容易であり、前処理アルゴリズムによる精密リサージュ図形描画との組み合わせにより対象機器の振動状態を正確に把握することが可能となる。

2. 開発概要と適用例

ハードウェアの開発では、低ノイズで高解像度、そして優れた同期精度を備えることで、リサージュ図形描画に適した3軸デジタル振動センサを開発した（図1）。このセンサには加速度に応じて周波数が変化する「水晶双音叉振動子（図2）」が用いられ、後段のデジタル処理との組み合わせにより高感度で同期可能な計測を実現する。また、水晶の物理的特性を活用することで、耐ノイズ性と振動の感度や位相の再現性を向上させた。

ソフトウェア面では、背景ノイズを低減し、対象とする機械振動に同期した信号を抽出するための前処理アルゴリズムを開発した。装置振動の周期に着目してデータを分割し同位相で平均化することで、背景ノイズを減少させつつ必要な信号を効果的に抽出することが可能となった。3軸間の位相情報を保持しつつ、従来手法に比べ格段に精密な振動データ解析を行うことができる。

開発成果の具体的な適用例として、同じ年に稼働を開始した同一



(a) 防水防塵タイプ (b) 組込タイプ

図1 振動センサ外観

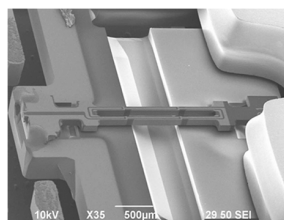


図2 水晶双音叉振動子

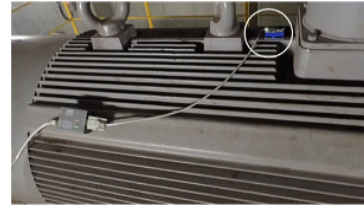
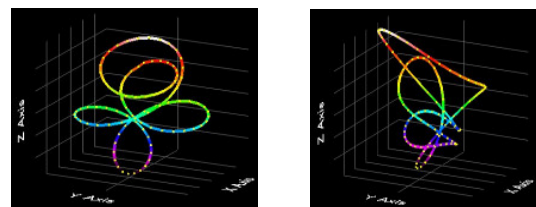


図3 電動機に取り付けられた振動センサ

機種である電動機Aと電動機Bに対し、マグネットベースを介してセンサを取り付け、振動測定を行った（図3）。電動機Bの連続稼働時間が10年であるのに対し、電動機Aはオーバーホールを経験しており連続稼働は2年である。時間、周波数領域での振動データ解析では明確な差異は見られなかったが、振動リサージュ図形では差異が示された（図4）。電動機Aでは対称的な楕円形であるのに対し電動機Bでは楕円が変形していることから、連続稼働時間の差が振動状態に影響を与えていることが示唆された。このような図形の特徴を数値化し、定量的に分析することも可能である。



(a) 電動機A 連続稼働2年 (b) 電動機B 連続稼働10年

図4 連続稼働年数によるリサージュ図形の差

3. まとめと今後の展望

低雑音で高精度な3軸デジタル振動センサを開発し、背景雑音を低減し対象振動に同期した信号を抽出する前処理アルゴリズムと組み合わせることで、空間領域の信号処理を簡便に行える装置診断技術を実現した。開発されたセンサは設置が容易で、機械の稼働状態の変化を時間経過とともに効果的に追跡でき、工場やインフラのメンテナンス効率の向上が期待される。

本振動センサを搭載したシステムは、河川やダムなどの水門状態監視システムとして実用化されている。様々な機械振動を可視化しデータを蓄積することで、経年劣化や装置異常の状態と対応する相関を明らかにし、最適な指標化や機械学習の導入などにより精密リサージュ図形描画を実用的な装置診断手法として発展させたい。

*1 正員、セイコーエプソン㈱(〒530-6122 大阪市北区中之島3-3-23)

*2 セイコーエプソン㈱(〒399-0293 諏訪郡富士見町富士見281)

*3 正員、日立造船㈱(〒551-0022 大阪市大正区船町2-2-11)

*4 日立造船㈱(〒551-0022 大阪市大正区船町2-2-11)

塩野谷 明*1 宮下 幸雄*2 鎌土 重晴*3

飯星 龍一*5 中田 大貴*4

1. 概要

本技術は、競技用車いす（テニス用車いす、バドミントン用車いす）に、先端超軽量金属材料である Mg（マグネシウム）合金（AZ61（Mgに6%のAl, 1%の亜鉛を添加）およびAZ91）を採用、従来のAl（アルミニウム）合金製車いすに比較し、30%以上の軽量化を実現した。当該分野では社会実装が難しいと言われてきた Mg合金の車いす適用を、①詳細な材料・部材、構造物の構造解析、②AI技術等様々な計測技術を駆使した成果物の走行性、操作性評価、③大型重機を用いた破壊試験による強度・剛性評価から、垂直荷重で1トン以上の強度（フレームに亀裂が発生した強度）を獲得するとともに、高い走行性、操作性、ヒト親和性を有した競技用車いすを完成させた（図1）。



図1 Mg合金製テニス用車いす（東京大会モデル）

2. 技術の内容

本技術で採用した Mg合金は実用金属の中で最も軽い金属材料で、その密度は一般的なAl合金が2.70 g/cm³、Ti（チタン）合金が4.51g/cm³なのに対して、Mg合金は1.74 g/cm³と圧倒的に小さいが、剛性の点ではやや劣ることから、部材の厚さ等の選定が、後の車いすの強度・剛性さらには操作性に大きく影響する。そこで本技術では、材料、部材、車いすフレームの各段階で十分な構造解析を行うとともに、破壊試験、実走行試験でのAI計測技術の開発・導入等で解決に至った。

図2は、車いす下向き鉛直方向に3Gの垂直荷重をかけたときの構造解析結果を示している。構造解析はMg合金、Al合金（Al-Sc（スカンジウム）合金含む）、CFRPで実施した。この結果、フレーム上の応力集中部位の特定、車いすに使用するMg合金の選定（車いすはAZ61, AZ91に、一部CFRPのハイブリッド構造採用）、Mg合金のフレーム材の厚さ等が決定されるとともに、Mg合金による軽量化の優位性を保証した。次に、大型材料試験機による鉛直方向荷重時破壊試験を実施し（図3）、最初にクラップ音と共にフレーム上の亀裂・破断が発生した荷重を剛性・耐久性の指標とした。開

発した車いすは、1トン以上の荷重耐久性が保証された。破断部は電子顕微鏡解析を施し、車いすの耐久性獲得には材料の選定・調整とともに溶接技術の重要性を確認するとともに、車いす設計・製作者に情報共有した。

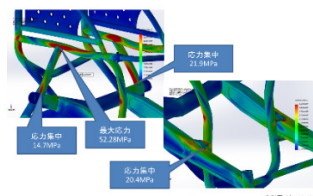


図2 構造解析（鉛直3G）



図3 大型材料試験機による破壊試験

表1 フレーム材料をAl合金ならびにMg合金に置換した場合の構造解析結果の比較

解析条件	最大変位 (mm)			最大応力 (MPa)			固有振動数 (Hz)		
	Mg合金	Al合金	Sc合金	Mg合金	Al合金	Sc合金	Mg合金	Al合金	Sc合金
鉛直下向き3G荷重	0.458	0.295	0.181	52.28	51.89	51.3	-----	-----	-----
前後衝突3G荷重	0.527	0.339	0.207	80.05	79.87	80.0	-----	-----	-----
ねじれ荷重1G	16.88	10.82	6.594	181.9	181.9	178.3	-----	-----	-----
1次固有振動数	-----	-----	-----	-----	-----	-----	89.0	90.5	87.3
2次固有振動数	-----	-----	-----	-----	-----	-----	104.5	106.3	102.5
3次固有振動数	-----	-----	-----	-----	-----	-----	125.5	127.6	123.0
4次固有振動数	-----	-----	-----	-----	-----	-----	132.0	134.3	129.5

表1に車いすフレーム材料をAl合金およびMg合金に置換した場合の構造解析の比較を示す。両者とも変形モード、振動モードは同様となっている。Al合金の方がヤング率が大きいので、変形量は小さくなっている。しかし、最大応力の有意な差は認められなかった。材料強度がほぼ同等であるため、前述のとおりMg合金の軽量化の効果が大きいことが確認されている（なお、表中のSc合金とはAl-Sc合金であり、従来のAl合金と区別して記載した）。

3. まとめ

本技術の成果物は2021年東京パラリンピック大会車いすバドミントン女子シングル・ダブルスで金メダル3つ、銅メダル1つ、車いすテニス女子ダブルス、クアードダブルスで銅メダル獲得に貢献している。

*1 フェロー、長岡技術科学大学工学研究院情報・経営システム工学系

(〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1)
*2 フェロー、長岡技術科学大学工学研究院機械系

(〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1)
*3 正員、長岡技術科学大学

(〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1)
*4 会員外、長岡技術科学大学産学融合トップランナー養成センター

(〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1)
*5 会員外、(株)オーエックスエンジニアリング

(〒265-0043 千葉県千葉市若葉区中田町 2186-1)

1. 概要

Additive Manufacturing (以下、AM) 技術の1種である Directed Energy Deposition (以下、DED) は、航空宇宙産業やエネルギー産業など様々な分野での利用が広がっている。なかでも DED による耐摩耗コーティングやクラディングが急速に広まりつつあり、合金工具鋼といった高硬度な金属材料を使用する要望が多い。これは、DED を用いることで、安価な母材の表面へ必要箇所に絞り機能性を付加できるためである。また DED は、最終部品に近い形状まで生成的に造形できることから、これまで製造されてきた部品の「かたち」を変えることなく適用できる場合が多い。こうした特徴から、DED の採用により、製造コストが抑えられ、廃棄物を少なくでき、エネルギー消費量すなわち CO₂ 排出量を削減できるという考えが一般的になっている。このように、環境負荷低減という社会的な大目標に繋がる製造手法として、DED が注目されている。以上の背景を受け、DED 技術を 5 軸複合加工機に搭載した、付加加工と除去加工とのハイブリッド金属積層造形機 (図 1) を開発した。



図 1 ハイブリッド金属積層造形機の外観

2. 技術の内容

図 2 に示すように、本技術では工具主軸に AM ヘッドを把持することで、旋削/ミーリング加工に加え、DED による積層造形が可能となる。DED ではレーザー照射によりワーク上にメルトプール(溶融池)を形成させ、そこに金属粉末を供給し溶融・凝固させることで造形を行う。DED は部品を作り上げるだけでなく、既製品に対して必要な

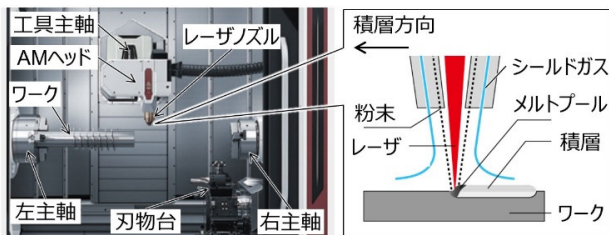


図 2 機内 (左図) および DED の原理 (右図)

廣野 陽子*1

を得ることができる。本技術により、従来は複数の専用機を必要とし機能を付加するコーティングにも使用でき、焼入れ処理と同等の硬さでいた切削加工、焼入れ処理および仕上げ加工の工程を 1 台で工程集約することができ、焼入れ処理により多量に発生する CO₂ の排出量と、工程ごとの段取り替え時間を大幅に減らすことができる。工程集約の例を図 3 に示す。歯車部品の製造において、従来の旋削、ホッピング、仕上げ、熱処理、研削加工および段取り替えの工程を 1 台で完結できる。試算するとエネルギー消費量が 5 割削減される効果がある。

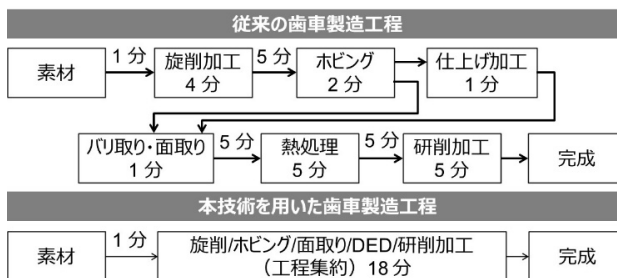


図 3 本技術による工程集約の例 (歯車製造)

さらに図 4 に示すプロセスモニタリングシステムを開発し、本技術に搭載することで、安定かつ高品質な積層造形を実現している。本システムでは、メルトプール温度やレーザーノズルとワークの距離、ワーク温度、粉末流量といった、プロセスの安定性や造形物の品質に強く影響することで知られる指標をリアルタイムで監視する。またメルトプールの大きさが指定値になるように、積層条件の自動制御を行う。

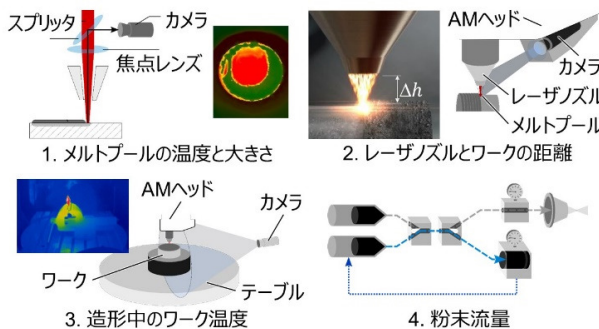


図 4 プロセスモニタリングシステム

今後も、量産に必要な機能を有した金属積層造形機の開発を続けると共に、加工技術開発やお客様の協力を得ての工程設計など、AM に関したあらゆる技術開発に取り組み、社会への貢献を続けていきたい。

*1 正員, DMG 森精機(株) (〒630-8122 奈良県奈良市三条本町 2-1)

増子 真二郎*1 鈴木 理夫*2 山口 裕太*2

石川 拓保*2 加藤 裕之*1

1. 概要

近年トラック運送業界ではカーボンニュートラルの実現に向けた電動化が進んでいる。また物流量の増加と人手不足により労働環境の悪化が懸念され、ドライバーの負担を減らすヒルアシスト機能や全車速追従 ACC に対応した電動パーキングブレーキのニーズに高まりが見受けられる。このことから、受賞者らは中・小型トラック用 2 ピストンディスクブレーキをベースとした高出力且つ耐久性に優れた世界初の電動パーキングブレーキ用モータギヤユニットを開発し、昨年より新型 EV トラックへの供給を開始した。

2. 技術の内容

従来の電動パーキングブレーキは 1 ピストンのディスクブレーキを用いており、GVW3.5 トンまでの車両に実用化されていた。我々が今回開発した電動パーキングブレーキ用モータギヤユニットは 2 ピストンのディスクブレーキに装着され (図 1)、高出力化を実現することで GVW8.5 トン超のトラックまでの適用を可能にした。



図 1 2ピストン電動パーキングブレーキ

特徴としては 1 個のモータにより 2 個のピストンを動かす構造を開発し、軽量且つ小型化を達成。ギヤユニット内に LSD 付デファレンシャルギヤを配置しモータからの出力を分配することで、ブレーキキャリア内の 2 個のピストンに推進力を伝達させる。既定の駐車ブレーキ力に到達した際には、ギヤユニットに内蔵した電磁ブレーキにより駐車ブレーキ力を機械的に保持させる (図 2)。

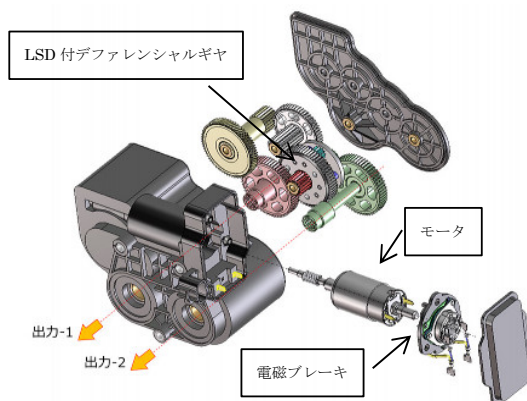


図 2 モータギヤユニット構造

デファレンシャルギヤは非常にコンパクトな遊星歯車で構成され (図 3)、ブレーキパッドの偏摩耗により 2 個のピストン間に押し付け力の差が生じると図 4 の赤線に示すように片側のピストンストロークが一旦停止し、トルク差が解消されるとストロークが再開し均等な押し付け力を発生させることができる。またスプリングを用いた LSD 構造を採用することで両方のピストン押し付け力を確実に解除することを可能にした。

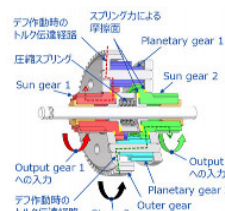


図 3 デファレンシャルギヤ構造

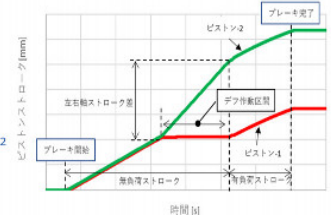


図 4 ピストンストローク線図 (偏摩耗時)

またトラックに用いる電動パーキングブレーキは駐車ブレーキ力を高める必要があることから、効率の高いボールねじ部品をキャリア内に採用している。背反として駐車ブレーキ力発生時に大きなバックトルクが生じる為、この反力を押さえる多板の電磁ブレーキ (図 5) をモータ同軸に配置している。

機能としては、駐車ブレーキ非作動時は内蔵スプリングによってモータ回転抑止を行い、駐車ブレーキ作動中のみコイル通電させることで電磁力によりプレートを吸引しモータ回転を可能とするネガティブブレーキ構造を採用した。

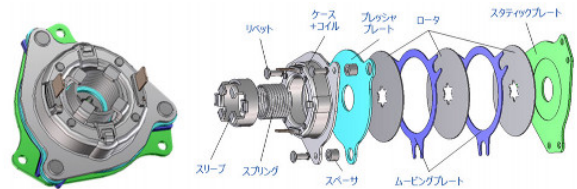


図 5 電磁ブレーキ構造

3. まとめ

以上の技術により、中・小型トラック用として 2 ピストンディスクブレーキをベースとした電動パーキングブレーキ用モータギヤユニットの実用化に初めて成功した。この技術は国内外の様々な車種への展開を進めており、持続可能な社会の実現を目指す自動車業界全体に広く普及させることで、環境に配慮した安全・安心の社会づくりに貢献していく。

*1 正員、曙ブレーキ工業 (株) (〒348-8508 埼玉県羽生市東 5-4-71)

*2 曙ブレーキ工業 (株) (〒348-8508 埼玉県羽生市東 5-4-71)

世界初の液化水素運搬船の開発

村岸 治*1 浦口 良介*2 山城 一藤*3

奥村 健太郎*2 上田 雄一郎*3

1. 概要

脱炭素社会の実現に向け、燃焼時に二酸化炭素を排出しない次世代エネルギーとして期待される水素について、大量かつ安全な海上輸送を可能とする世界初の液化水素運搬船「すいそ ふろんていあ」を開発、建造し、その性能を実証した。

CO₂フリー水素サプライチェーンは、豪州に豊富に賦存する安価な褐炭から製造した水素を冷却液化し、利用国である我が国に輸送し産業利用することで安価に水素エネルギーを活用できるものであり、本船は豪州から我が国への水素の大量輸送を担う。

2. 背景

2015年の国連気候変動枠組条約COP21（パリ協定）にて、低炭素から脱炭素へのシフトが目標とされ、我が国でも2050年カーボンニュートラル実現が目標と定められた。化石燃料、バイオマスなどの改質や工業プロセスからの副産物、再生可能エネルギーによる水の電気分解など様々なエネルギー源から製造可能な水素への期待が高まっている。

水素は液化すると大気圧で体積が気体の800分の1となり大量輸送に有利となる。一方、液化水素の沸点はマイナス253℃であり、貯蔵や取扱いには特殊な装置や対策が課題となる。

こういった課題に対し、弊社が保有するLNG運搬船および陸上用液化水素貯蔵タンクの設計製造技術を基盤とし、本船の開発・設計・製造を実施した。

3. 技術の内容

(1) 船体

本船はLNG内航船をベースに、容量1,250m³の円筒型の貨物タンクを1基搭載し、外洋を航行できるように船長を116mとした。(図1)。

(2) 貨物タンク

液化水素への外部からの侵入熱を低減するため、伝熱の基本3形態の対流、ふく射、伝導のそれぞれに対し、真空断熱二重殻、積層断熱材、GFRP製支持構造を採用し、航行中の蓄圧が可能な断熱性能を実現した(図2)。

(3) 安全性への取り組み

液化水素を貨物として取り扱う上で、各機器と貨物操作に対しHAZID、HAZOP、FMEA、Bow-tie分析などのリスクアセスメントを、海上技術安全研究所をはじめ、造船所、船主、船級協会、メ

ーカーと共同で実施し、本船の安全性を確認した。

日豪間の輸送に先立ち、国交省の取組みにより国際海事機関から「液化水素の海上輸送に関する暫定勧告」が発行され、日本海事協会からは液化水素運搬船に関するガイドラインが発行され、本船はこれらのガイドラインに適合させた。

(4) 建造

2019年末に約4,000名の来場者の下、弊社神戸工場で命名・進水式が行われた。貨物タンクを搭載後、艀装を終え2021年に本船は完成した。神戸空港島に建設した液化水素荷役実証ターミナル「Hy touch 神戸」にて約4カ月の荷役実証試験を行った。液化水素を満載した試験航海を近海で行い、貨物タンクの蓄圧性能を確認、2021年12月に船級承認を取得した。

(5) 輸送実証

2021年12月、本船は神戸を出発し豪州に到着。液化水素を積載し翌年2月に神戸に帰港、無事に世界初の液化水素の長距離大量輸送を完遂した。

4. 商用化に向け

本船による液化水素の長距離大量輸送の実現により、今後の大型船開発、荷役基地・水素流通インフラ整備への推進力になると期待する。次世代エネルギーの需要供給システムの構築の上で海事クラスターでの産業振興にも貢献するであろう。

最後に、当実証事業は国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)助成事業「未利用褐炭由来水素大規模海上輸送サプライチェーン構築実証事業」の一環として実施しており、ここに感謝の意を表す。

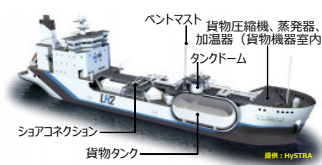


図1 すいそ ふろんていあ

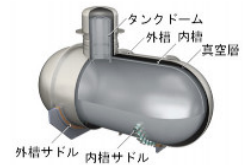


図2 蓄圧式液化水素輸送タンク

*1 正員、川崎重工業株式会社 船舶海洋ディビジョン (〒650-8670 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1-1)

*2 川崎重工業株式会社 技術研究所 (〒673-8666 兵庫県明石市川崎町1-1)

*3 川崎重工業株式会社 船舶海洋ディビジョン (〒650-8670 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1-1)