

## 高いエネルギー効率を実現する次世代直流配電システム



## Direct Current Distribution System for High Energy Efficiency

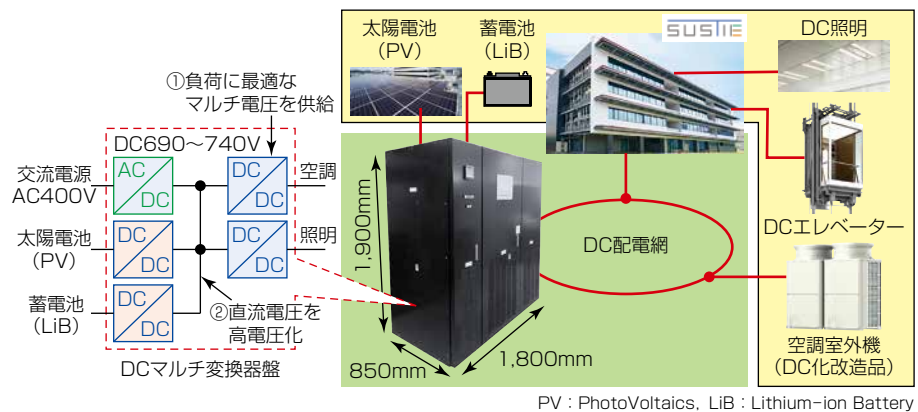
2050年のカーボンニュートラル達成に向けて、太陽光発電を始めとする再生可能エネルギーや蓄電池との親和性が高い“直流配電システム”が注目されている。

今回、直流配電システムを構成するために必要なAC/DC電力変換器とDC/DC電力変換器に対して、パワー半導体素子にSiC(シリコンカーバイド)を採用することによって業界最高クラスの高効率電力変換器を実現した。また、新回路方式である“マルチ電圧給電回路”を開発し、負荷ごとに異なる複数の最適電圧を供給するとともに、直流電圧の高電圧化を図ることによって配線の導通損失を低減している。

過去の電力需給状況をベースにした試算結果から、既存の交流配電システムに対して受配電損失が20%削減できることを確認した。この技術を用いた“DCマルチ電圧システム”を当社のZEB(net Zero Energy Building)関連技術実証棟

“SUSTIE”に適用し、実フィールドで交流停電時でのDC配電網の外乱強靱(きょうじん)性や受配電効率向上を確認するための実証試験を行っている。

今後は、再生可能エネルギーとの高い親和性による事業継続計画及び当社保有機器連携によるAC配電より優れたライフサイクルコストを実現し、客先と共同でのPoC(Proof of Concept)活動に向けた提案を実施する。



DC配電用マルチ電圧システムの構成

## 資源リスクを抑えてモータの高効率化に貢献する永久磁石の磁気特性評価技術



## Magnetic Characterization Technology for Permanent Magnets Reducing Resource Risks and Contributing to Higher Motor Efficiency

モータの実使用時を想定した熱と応力を加えた状態で、ネオジム系永久磁石に発生する磁気特性の劣化現象を観測することに初めて成功した。

モータが回転すると磁石には熱と応力負荷が加わり磁気特性が変化することが予想されているが、これまで評価手法がなかった。このためモータ設計時はモータ回転時の磁石減磁を推定して設計しており、実機のモータ効率が想定と乖離(かいり)する傾向があった。そこで、モータの設計精度向上を目指して、汎用の磁気特性評価装置に応力印加機構を追加した(図1、図2)。さらに外部磁界の掃引タイミングと解析手法を工夫することで当社独自の磁気特性評価技術を確認した。この結果、磁石に応力を加えた場合に減磁が発生することが確認できた。また、同一メーカーのネオジム磁石でも型番によって減磁量が異なることが分かった。これは磁石の材料組織の違いが減磁耐性に影響を与えることを示唆している。



図1. 開発した磁気特性評価装置

この測定技術によって、磁石が熱と応力負荷を受けた状態の減磁特性を定量把握しモータ設計に反映することで磁石の使用量を削減できる。また、磁石減磁の定量化によってエネルギー効率の高いモータ設計が可能になる。

この成果は、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)の委託事業未来開拓研究プログラム“次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発(JPNP14015)”の結果、得られたものである。

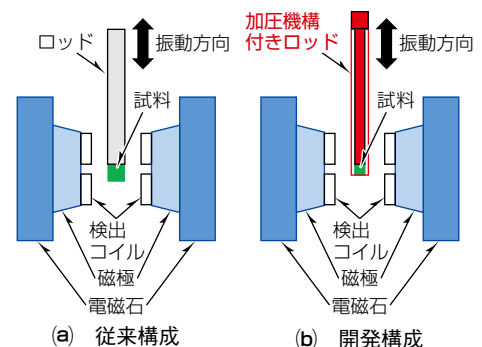


図2. 磁気特性評価部の構成

# 宇宙空間での3Dプリンターで人工衛星アンテナを製造する技術



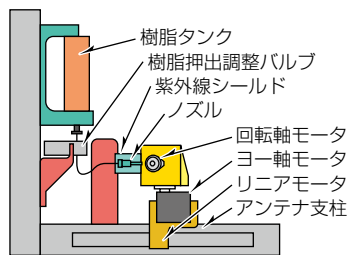
## Technology for Freeform Printing of Satellite Antennas in Outer Space

太陽光と紫外線硬化樹脂を利用して、打上げ後に宇宙空間で、3D積層造形によって人工衛星用アンテナを製造する技術を開発した。

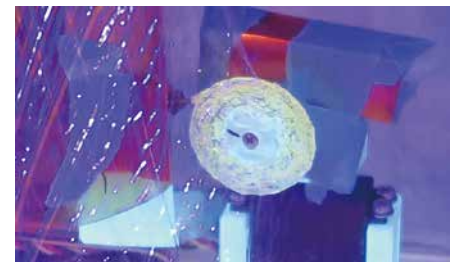
人工衛星のアンテナは、高利得と広帯域幅が求められ、大きな開口が必要である。これまでのアンテナは、打上げロケットの積載サイズや人工衛星のサイズ等の制約を受けるため、格納可能な大きさで整形しておくか、折り畳んで格納して人工衛星軌道上で展開している。打上げ時や軌道投入時の振動や衝撃に耐える構造も必要である。

今回、造形物を製造中に支えるサポート材が不要な、フリーフォーム3Dプリンターと、真空中(0.2kPa以下)で蒸発せずに適切な粘度を保って、紫外線による硬化安定性を持つように配合した紫外線硬化樹脂を開発した。開発した樹脂を3Dプリンター

で押出成形し、太陽光の紫外線で硬化させることで、宇宙空間で低消費電力で構造物を製造する。試作した直径165mmの反射鏡を用いたパラボラアンテナ



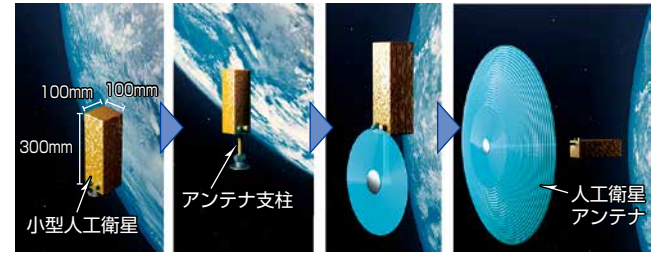
開発したアンテナ反射鏡製造3Dプリンター



紫外線光源を用いた真空中での試作(ノズル, 回転軸モータ周囲を拡大)

は、Ku帯である13.5GHzで23.5dBの利得を実現した。

この技術によって、数十センチの小型衛星でも開口の大きなアンテナの搭載が可能になる。打上げ時等の振動や衝撃に耐える構造も不要になり、人工衛星の軽量化によるコスト低減に貢献可能である。



3Dプリンターによる小型人工衛星でのアンテナ製造工程イメージ(アンテナ製造開始から運用状態まで)

# ティーチングレスロボットシステム技術

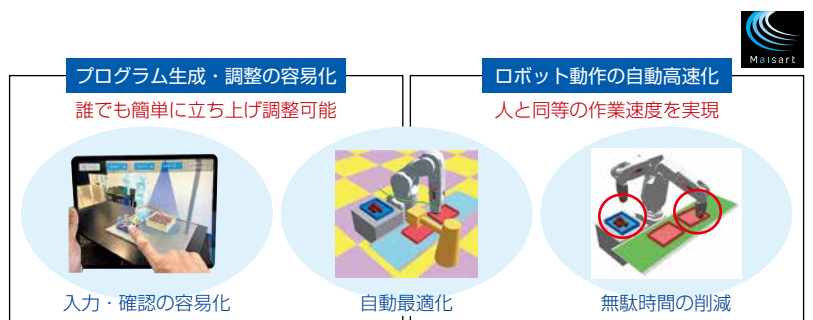


## Teaching-less Robot System Technology

少子高齢化に伴う労働人口の減少などによって、特に食品工場や物流センターなどでは、人手不足が顕著な問題になっている。一方、ロボットの導入には、作業内容を教える“ティーチング”と呼ばれる専門家による長時間の作業が必要になったり、人手による作業より時間がかかったりする場合も少なくないことから、ロボットによる自動化が進んでいないのが現状である。そこで、ロボットの専門知識がない人でも容易にプログラムを生成でき、人と同等の作業速度を実現する“ティーチングレスロボットシステム技術”を開発した。

撮影したデータから環境モデルを生成する環境認識技術、自然な発話でロボットが行う作業を指示できる音声認識AI、作業内容をその場で確認できるAR(Augmented Reality)技術によって、プログラムへの入力と確認が容易になる。また、周囲との干渉を防止しながら最短の移動時間になるロボット動作軌道の

自動最適化技術によって、誰でも簡単にロボットシステムの立ち上げ調整が可能になる。さらに、対象物の把持位置を高速に認識する把持認識AI、ロボットハンドの開閉タイミング自動最適化技術によってロボット動作以外の無駄時間が削減され、ロボットに取り付けたカメラの情報からロボットの動作を自動補正する技術と、動作軌道の自動最適化技術を組み合わせて、人と同等の作業速度が実現できる。



ティーチングレスロボットシステム技術

## 省人化・非対面ソリューションを実現する多用途移動ロボットシステム

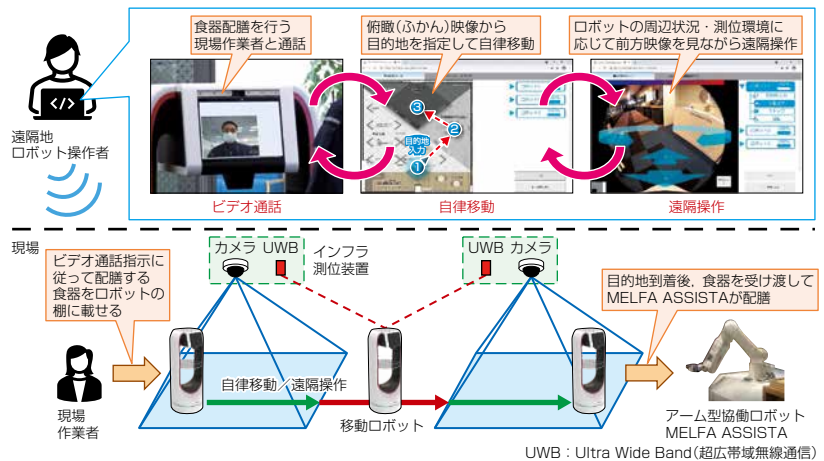


### Versatile Mobile Robot System Realizing Contactless and Manpower Saving Solutions

人手不足、少子高齢化の社会課題に対して求められているDigital Transformation(DX:進化したデジタル技術を浸透させることで人々の生活をより良いものへと変革する)を、多用途移動ロボットの活用で実現することを目指している。このロボットは、自律的に作業を行いつつ状況次第で人が介入して遠隔操作することで、定型作業だけでなく非定型作業への対応を可能にする。ユースケースの例として、ホテル業務の省人化を実現する“業務ピークを考慮したホテル業務支援”、時間的・空間的制約にとらわれない“対面を実現するロボット操作遠隔勤務”を想定している。今回、Proof of Concept(PoC)設計・構築・評価、顧客からのフィードバックによる検証のサイクルを繰り返して、顧客受容性と技術的実現性を高める第1段階として、ユースケースを限定した実証を実施した。今回の実証では当社製アーム型協働ロボット“MELFA ASSISTA”と協調した食器配膳と、ビデオ通話を活用した遠隔地コミュニケー

ションの役割を兼ねる多用途移動ロボットシステムを開発した。この多用途移動ロボットシステムは当社のソリューションを展示する場である“XCenter(クロスセンター)”に展示している。

今後は得られた知見を生かして、PoCのサイクルを繰り返すことで顧客受容性の高いソリューションを実現する。



多用途移動ロボットシステムと当社製アーム型協働ロボット MELFA ASSISTAが協調した食器配膳

## 制御の根拠を明示できるAI技術

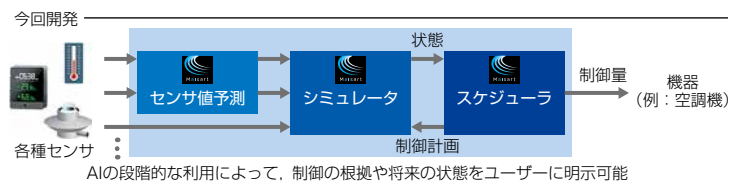


### AI Technology Clarifying Rationale Underpinning

計算が複雑で推論過程がブラックボックスになる多くのAI技術は、人が理解しにくく、信頼性や説明性が求められる制御分野に適用する上で課題になっている。今回、理化学研究所と共同で、AIが制御を行った際に、その制御の根拠や将来の状態をユーザーに明示できる技術を開発し、当社AI技術“Maisart(マイサート)”に追加した。この技術は、現在のセンサデータから将来のセンサ値を予測する“センサ値予測”、センサ値とその予測値、及びAIで推定した設置環境の特性を用いて、将来の状態をシミュレーションする“シミュレータ”、シミュレータを用いて最適な制御計画を立案する“スケジューラ”から成る。それらを段階的に利用することで、機器の制御を実施する。その際、“センサ値予測”と“シミュレータ”が推定した将来の状態変化、立案した制御計画を可視化することで、ユーザーに制御の根拠を明示し、機器の制御の納得性を高める。また、予定どおり制御しているにもかかわらず、想定どおりの状態にならなかった場合、機器の異常や設置環境の変化が発生している可能性があ

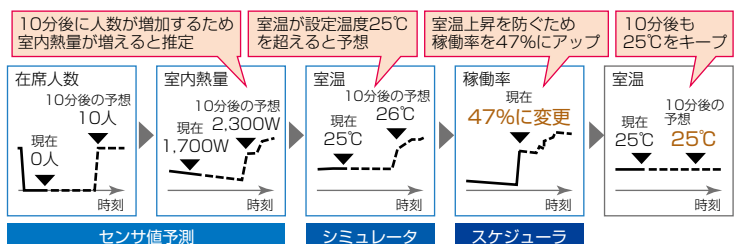
るが、ユーザーはそれらを可視化によって認識でき、早期に機器のメンテナンス対応等を取ることが可能になる。

この技術は社会インフラ、空調機などの機器制御に適用可能であり、人が理解しやすいAI製品の実現に貢献する。



AIの段階的な利用によって、制御の根拠や将来の状態をユーザーに明示可能

### 制御の根拠を明示できるAI技術イメージ



空調機へ適用した場合の制御の根拠や制御計画の明示イメージ

## 関連性をたどる知識探索支援技術



### Knowledge Search Supporting System by Tracing Relevance Using Knowledge Graph

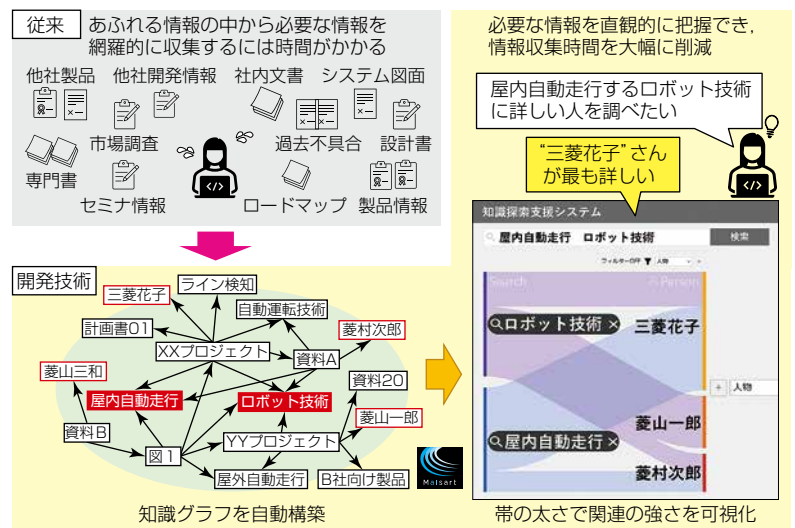
情報過多な時代では、あふれる情報の中から自分にとって必要な情報を見つけ出すには多くの時間がかかっている。知りたい情報、興味ある情報に素早くアクセスするためには、デジタル化するだけでなく、資料内又は資料間の情報の関係を構造的に管理しておく必要がある。

この技術は、当社AI技術“Maisart(マイサート)”を用いて、膨大な資料からキーになる単語や著者、引用関係などの情報を自動獲得し、また図表やプレゼン資料などの図形と文字を組み合わせて表現された資料を解析し、図表での全体と部分との関係情報などを推定する。これらの情報のつながりをグラフ構造で表す知識グラフとして構造的にデジタル化する。

さらに、情報の探索時には、入力したキーワードを起点に、知識グラフから情報間の関連の強さを推論し、サンキー・ダイアグラム(\*)の帯とその幅を使って関連の強さを可視化する。これによって、所望の情報との関係性を直観的に把握でき、短時間での知識探索を支援する。

この技術によって、技術キーパーソンを探すタスクで、従来の複数の文書から特定の文字列を検索する全文検索と比べて、情報収集時間を41.7%削減した。

\*1 工程間の流量を表現するために用いられるフロー図の一種



知識探索支援技術イメージ

## テラヘルツ波センシング技術



### Sensing Technologies Using Terahertz Wave

安心・安全な社会の実現、少子高齢化社会への対応に向けて、品質管理・メンテナンス自動化、仮想空間と現実空間の融合などに不可欠な高性能センシング技術が求められている。光の高解像度と電波の透過性を併せ持つテラヘルツ波は、障害物の背後や物体内部でも対象物の形状・位置を高精度に検出/可視化できるため、新たなセンシング手段としてデバイス、信号処理技術の開発を進めている。図1に危険物を検出するセキュリティゲートを想定した300GHz帯テラヘルツ波による測定・検出結果を示す。開口径約19cmのアレーアンテナを用いて距離約1mで測定し、イメージング信号処理を適用した。上着のポケットに入れられたハサミやナイフを、布地の外から高精細にイメージングできていることが分かる。図2はヘルスケアの見守り用途を想定し、人形の姿勢イメージングを行ったものである。青色が近距離、赤色が遠距離で距離情報も同時に表現できるため、バイタル

測定に加えて、転倒検知などへの応用が期待できる。

また、国立研究開発法人 理化学研究所と共同で、近赤外レーザー光(波長1.534μm)からの波長変換による、テラヘルツ波生成技術を開発している。これまでに1.2~2.5THzの広い周波数範囲で最大100μWと高い平均出力での生成に成功した。この広帯域・高平均出力によって、幅広い物質を短時間で同定可能になると期待できる。

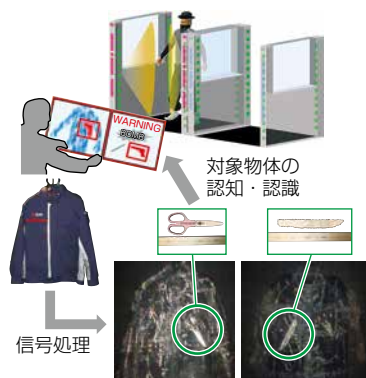


図1. 危険物検知を想定したテラヘルツ波測定結果

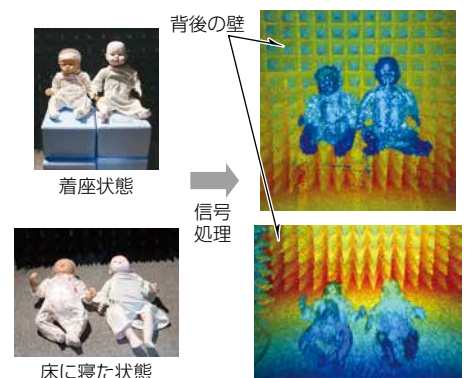


図2. 見守り・姿勢検知を想定したテラヘルツ波測定結果

## 基板実装工程での不良の予兆診断技術

### Predictive Diagnostic Technology for Defects in Printed Circuit Board Assembly Process

リード部品やチップ部品をはんだ付けする際に、溶融はんだ噴流上に基板を搬送させて一括はんだ付けするフローはんだ付け装置が採用されている。しかし品質に大きく影響する溶融はんだ噴流の流量・流速は、装置内のはんだ量減少や流路の詰まりなどで経時変化するため把握が困難であり、作業者のノウハウに頼った管理になっていた。

今回、噴流の流量・流速と基板の表面温度に高い関連性があることに着目し、赤外線カメラを用いて基板の表面温度分布を連続測定できるツールを開発した。これを活用した量産時の温度測定・分析によって、噴流の流量・流速とはんだ付け不良との相関関係を明らかにして、間接的に溶融はんだ噴流の経時変化を把握するシステムを開発した。

さらに、装置メーカーである千住金属工業(株)との共同開発によって、このシステムを搭載した世界初(\*1)のフローはんだ付け装置(図1)を製作し、空調機器向け基板の量産ラインに導入した。

このシステムでは、量産時の基板温度をリアルタイムに測定・監視(図2)し、標準となる良品時

の温度データと比較することで、はんだ付け不良が発生する前に、その予兆を検知できる(図3)。

今後、作業者育成に時間が掛かる海外工場など遠隔地にある装置の常時監視への活用も期待される。

\*1 2022年7月21日、当社調べ

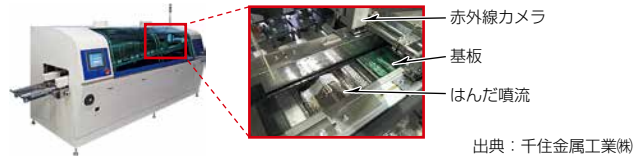


図1. 新型フローはんだ付け装置

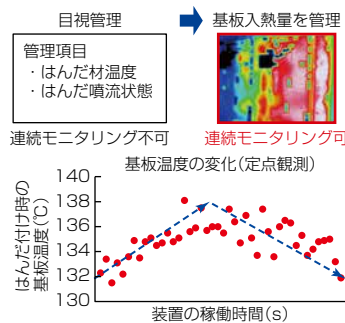


図2. リアルタイム計測技術

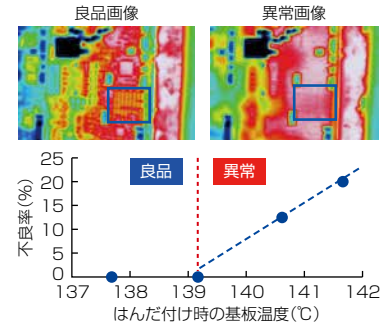


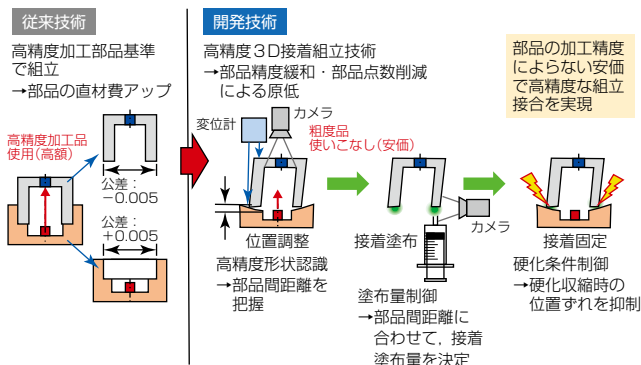
図3. 予兆診断技術

## 高精度3D接着組立技術

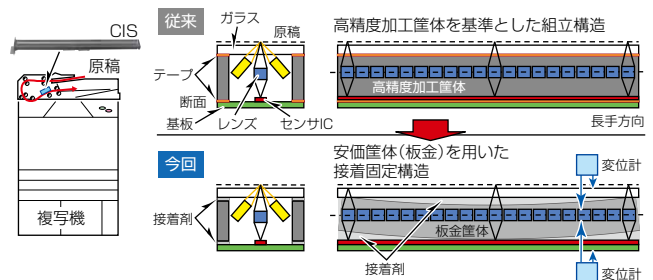
### High Accuracy 3D Bonding Assembly Technique

昨今のDX(Digital Transformation)化を支える情報通信技術の進展とそれに伴う設備投資の旺盛(おうせい)なニーズを背景として、業界トップの性能を誇るセンサ等の光学応用製品の需要が拡大している。これらの製品では、性能要求から小型・高性能化が追求される一方、低コスト化が同時に求められる。従来、高性能化を実現するため、加工精度を高めた部品を基準として組み立てる構造を採用していたが、部品の直材費アップを招いた。そこで、今回、高精度3D接着組立技術を開発し、従来のプロセスを接着

に置き換えることによって、部品精度の緩和・部品点数削減を可能にした。具体的には、①高精度形状認識によって、部品間距離に合わせて接着塗布量を制御する技術、②接着剤の硬化収縮に伴う位置ずれを抑制する技術を開発することで、部品の加工精度によらない安価で高精度な組立接合を実現した。この技術によって、例えば、密着型イメージセンサ(Contact Image Sensor : CIS)で従来の高精度加工筐体(きょうたい)を基準とした組立構造を、部品精度を緩和した安価筐体(板金)の接着固定構造に置き換えることを実現し、筐体の部品コストを従来機種に対して40%低減した。



高精度3D接着組立技術



適用例：複写機CIS

# 当社グループの環境規制対応力強化のための製品環境情報収集システム構築



Deployment of In-house System for Managing Environmental Data of Products in Order for Mitsubishi Electric Group to Respond to Environmental Regulations Quickly and Reliably

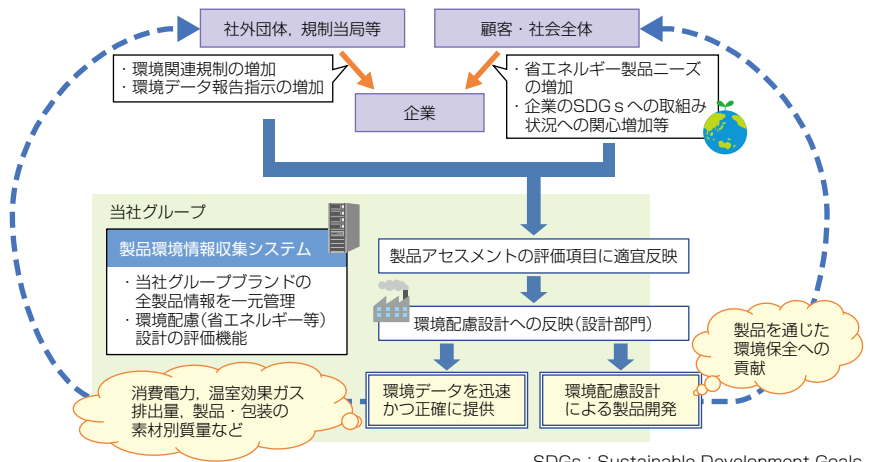
世界の各国・地域で温暖化対策や資源循環に対する意識が高まっている中、当社グループも環境貢献を重要な経営課題と位置付けており2019年にSBT(Science Based Target)<sup>(\*)</sup>の認証を取得した。SBTの認証取得に当たって環境データ収集・分析の対象範囲を当社グループブランドの全ての製品に拡大しており、環境関連規制や環境データ報告指示の増加に対して迅速かつ正確な提供が求められるようになった。また、環境保全に関する社外からのニーズが高まっており、当社グループ全体で製品の環境配慮設計の推進がますます重要になっている。

これらの課題を解決するため、当社グループブランドの製品に関する環境データ(消費電力、温室効果ガス排出量、製品・包装材の素材別質量など)を一元管理できるシステムを構築した。そして、このシステムに環境配慮設計を評価する製品アセスメント機能も持たせた。環境保全に関する社外のニーズを評価項目に適宜反映することで前広に設計時の考慮が

でき、各国規制等の変更にも適時対応が可能になる。また省エネルギーを始めとする環境に配慮した製品開発を拡大することで、製品を通じた当社の環境保全への貢献を図る。

今後は収集データを多角的に分析することで環境配慮設計を更に促進し、脱炭素に向けた取組みを加速する。

\*1 パリ協定(地球温暖化対策の国際的な枠組み)水準と整合した5~10年先を目標年として企業が設定する温室効果ガス排出削減目標



SDGs: Sustainable Development Goals

製品に関する環境データの流れ

## 建設業界向け風況データソリューション



Wind Data Solution for Construction Market

レーザ光を用いて遠方の風向・風速を計測するドップラーライダーによって取得した風況データを活用し、建設業界向け課題解決型ソリューションを開発している。

建設業界では、労働力不足や労働時間上限規制等によって、デジタルを活用した生産性向上が急務である。高層ビルの建設現場では“風”は安全性・生産性に大きく影響を与える。タワークレーン作業は日々計画が更新されるが、気象予報では現場特有の風が分からず、作業のムダが発生している。また、建設現場ではドローン活用が期待されるが、上空の風況が分からず、利用が促進されていない。

現在、これらの課題解決を図るため、デベロッパーやゼネコン等と共創型でソリューションを開発しており、共同実証実験では、その有効性を確認している。従来観測不能であった上空の風況をリアルタイムで可視化し、しきい値を超えた場合にはアラートを通知する“安全性向上サービス”や、気象予報データと建設現場

で取得した風況データの相関を機械学習させることで、現場特有の風況予測を提供し、ムダのないタワークレーンやドローンの作業計画立案を支援する“生産性向上サービス”等を開発している。

このソリューションは、建設工事期間にとどまらず、基本計画段階でのビル風シミュレーション、竣工(しゅんこう)後のビル/エリア管理など、長期かつ多場面での活用が期待されている。



API: Application Programming Interface

風況データソリューションのイメージ