

研究開発 Research and Development

火花がほとんどでないファイバレーザ高速溶接技術

Fiber-laser Welding Technology Dramatically Reduces Spatter for Faster Welding

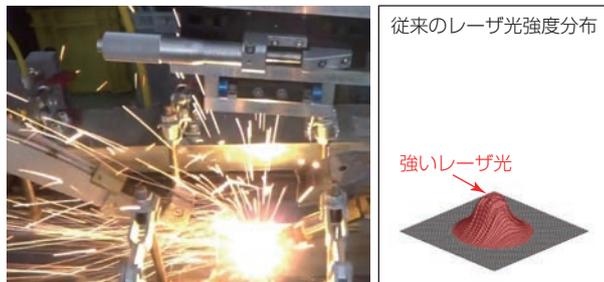
レーザ溶接は、高速・低歪(ひずみ)で加工できるため、様々な産業分野に適用されている。従来はCO₂レーザが主に採用されていたが、近年では消費電力が低く、ビーム取扱いが容易なファイバレーザの採用が多くなっている。

ファイバレーザは、CO₂レーザに比べて短波長であるため、金属の吸収性・溶融性に優れ、厚い板材を高速に溶接することが可能である。しかし、スパッタ(溶融金属の飛散)の発生が激しく、接合部表面のくぼみや、周辺機器の汚損を発生させる欠点があった。このため、生産現場では溶接速度や出力を制限するなど、生産性を犠牲にしてスパッタ抑制を行い、本質的な解決には至っていなかった。

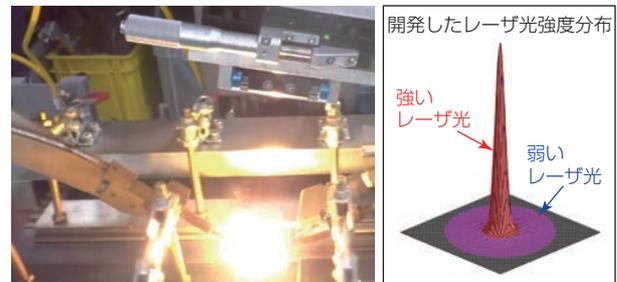
今回、レーザ光を伝送する光ファイバの出口に、強いレーザ光と弱いレーザ光を同時に発生させる独自の加工光学系を適用し、集光強度分布の適性化を行うことで、スパッタ発生量を95%以上削減することに成功した。スパッタ抑制に速度上限はなく、溶接速度は2倍以上に改善した。

これによって、世界で初めて(*1) 10kW高出力レーザの溶接でも加工速度を制約することなく、スパッタの抑制を可能にし、鉄鋼、自動車や電気機器など高出力のファイバレーザ溶接を行う幅広い製造現場での溶接品質と生産性の向上に貢献する。この技術は多田電機㈱と共同で開発した。

*1 2018年5月17日現在、当社調べ



従来のファイバレーザ溶接



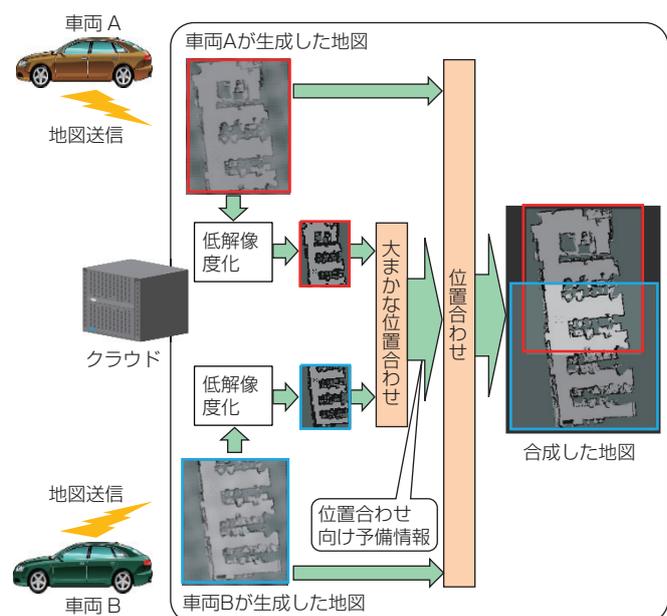
今回開発のファイバレーザ溶接

自動運転向け地図合成技術

Map Merging Algorithm for Autonomous Vehicle

自動運転システムでは地図が重要で、精度とともに最新化(更新)が必要である。MMS(Mobile Mapping System)によって自動運転に必要な高精度な地図を作成できるが、このような計測専用車だけでは頻りに走行できる領域に限りがあるため、広域な地図の高頻度な作成・更新が難しい。

今回、一般の自動運転車両に搭載したセンサによって、物体の存在確率が高い位置を格子状に表現した地図を生成し、他車両で同様に作成した地図と、クラウド上で合成することによって、高精度な広域の地図を高速に生成する技術を開発した。この手法は、まずクラウド上で地図を低解像度化して複数の地図の大まかな合成位置に関する予備情報を生成する。次に通常の解像度の地図で、大まかな合成位置の周りで詳細に位置合わせをする。これによって詳細な位置合わせをする範囲を小さくすることが可能になった。その結果、始めから全体を詳細に位置合わせする一般的な手法と同等の精度を維持しながらも、処理を約30倍高速化でき、処理負荷が小さく高精度な地図の作成・更新が可能になった。



地図合成技術

超小型・高機能なLEDヘッドライト用光学モジュール

Compact, Flexible and Highly Efficient Optical Module for LED Headlights

ヘッドライトでは、光学モジュールの小型化によるデザイン自由度の向上や運転者の視界確保及び視認性向上、前方車両や歩行者への幻惑防止などが求められている。

今回、独自のダイレクトプロジェクション方式の光学系によって、超小型・高効率を実現するとともに、高度な配光制御機能によるライティングが可能なLEDヘッドライト用光学モジュールを開発した。

ヘッドライトで一般的なプロジェクタ方式の光学系にはリフレクタなどの反射面が用いられるが、反射面を用いると反射光路の確保や反射損失によって光学系が大型化し、光の利用効率も低下するという課題があった。今回開発した方式では、光学モジュールの反射面を不要にして、投射レンズの高さを20mmに小型化、ヘッドライトの形や配置などのデザイン自由度が向上し、様々な車種やグレードのヘッドライトへの適用を可能にした。また、高効率な集光によって、一般的なプロジェクタ方式と比べて光利用効率を約1.8倍にし、高さ40~60mmの投射レンズと同等

以上の明るさを確保し、省エネルギーにも貢献する。さらに、ロービームでは光が届かない領域の歩行者などを車載センサで検知してスポットビームで照射する機能、運転者の好みに応じて配光の色温度を調整する機能や、常にハイビーム走行が可能なADB(Adaptive Driving Beam)^{(*)1}配光を実現した。このような高度な配光制御機能によるライティングで安心・安全な夜間走行を支援する。

*1 配光可変ヘッドランプ



光学モジュールとデザインイメージ

ZEB設計支援システム

Design Support System for Zero Energy Building

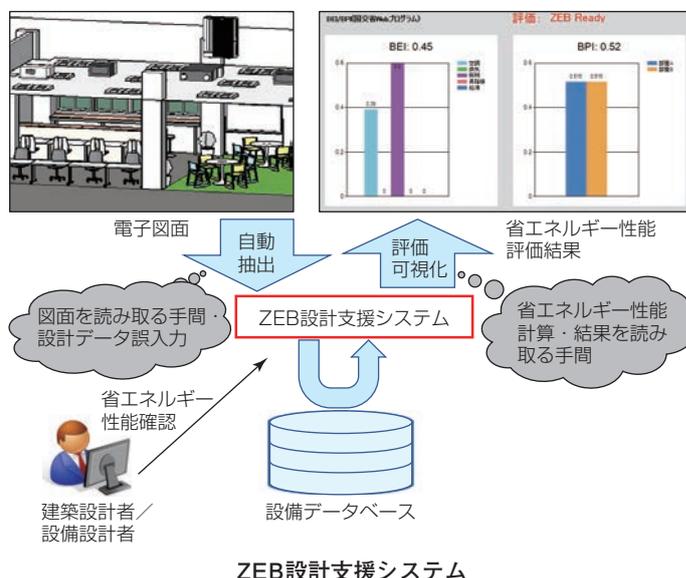
環境保護の観点から省エネルギー建築が注目され、日本でも高い省エネルギー性能を持つビルをZEB(net Zero Energy Building)と認定する評価制度が開始された。この認定では設計図面に基づいて省エネルギー性能を評価する必要がある。しかし設計図面から人手で設計データを読み取ると、読み取りの手間や読み取り・写し誤りによる設計データの誤入力等の問題がある。

今回開発したZEB設計支援システムはこれらの課題に対処し、次のような特長を持つ。

- (1) 電子図面から必要な設計データを自動的に抽出することで、読み取りの手間を削減し、設計データの誤入力を排除する。
- (2) 抽出した設計データを元に当社設備データベースから評価に必要な設備仕様データを自動的に検索する。
- (3) 評価結果を可視化することで、設計者は対象ビルの設計が所望の性能値を満たしているかを適時容易に確認できる。

このシステムの効果を実際の7階建ビルの設計データで検証した。上記評価に必要な設計データ7,426点のうち、電子図面から設計データを抽出・転記することで4,149点

(全体の55.9%)を自動で入力できることを確認した。慣習上電子図面に記載されないその他の設計データも、取得したデータから推定する等によって評価作業を更に効率化する方法を今後も継続的に検討していく。



ZEB設計支援システム

研究開発 Research and Development

電力取引入札策定支援技術

Bidding Technology for Electric Power Trading

近年、電力市場を介した電力取引が活発化しており、発電事業者・小売電気事業者は、電力市場への入札を考慮しながら運用を行う必要がある。しかし、電力需要や市場価格が不確実な状況下で、電力市場への適切な入札量・入札価格を決定することは容易ではない。

そこで、電力市場への入札策定を支援し、電気事業者の収益の向上と安定化に貢献する二つの技術を開発した。

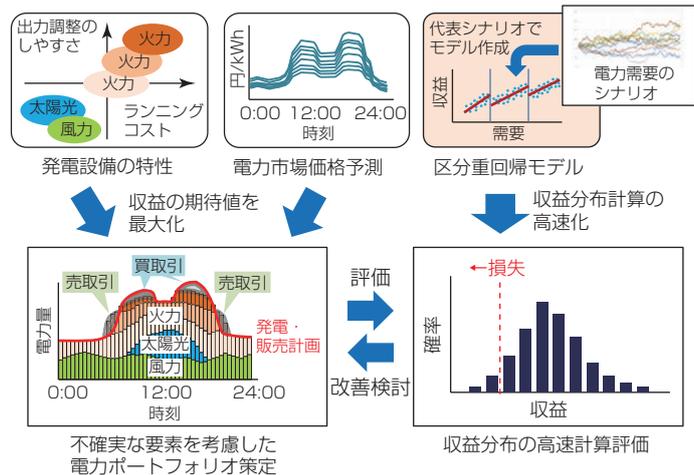
(1) 電力ポートフォリオ策定技術

電力需要や市場価格が不確実な状況下で収益の期待値を最大化させる電力ポートフォリオ策定技術は、不確実な要素を確率分布と遷移確率でモデル化し、確率的最適化手法によって、発電設備の運用、契約による電力調達、及び電力市場への入札の配分計画(電力ポートフォリオ)を最適化する。

(2) 収益分布の高速計算技術

収益の変動リスクを短時間で把握可能にする収益分布の高速計算技術は、電力需要の全シナリオから自動で抽出した代表シナリオに対して電力ポートフォリオを評価し、評

価結果から作成した区分重回帰モデルによって、全シナリオに対する電力ポートフォリオの収益分布を高速に計算する。



電力取引入札策定支援技術

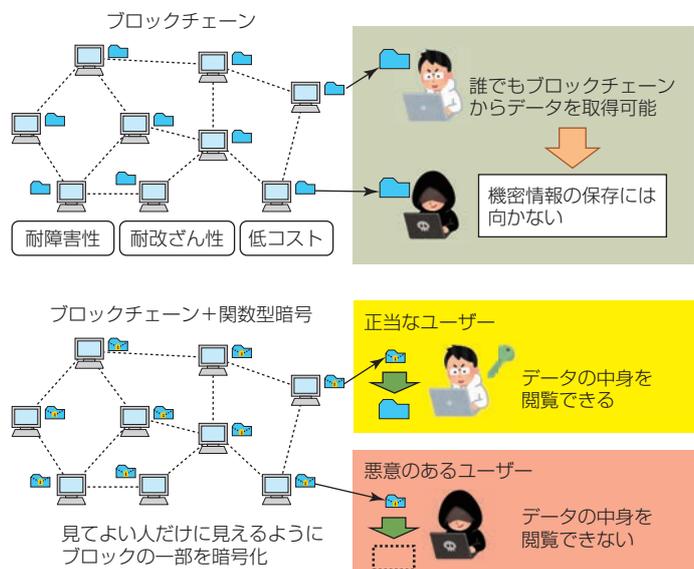
関数型暗号とブロックチェーンの組合せによる秘匿分散記録システム

Secure Distributed Recording System Based on Functional Encryption and Blockchain

ブロックチェーンを活用しているシステムは、複数ノード(計算機)で同じデータを複製して持つことによる耐障害性、電子署名をベースとしたデータ構造による耐改ざん性、中央集権的な管理者を必要としないことによる低コスト化が期待される。このようなブロックチェーンを活用したシステムで、個人情報や企業機密のような機密情報を扱う場合には注意が必要である。ブロックチェーンに記録された情報は参加しているノードで共有されており、情報の所有者が意図しないところで機密情報にアクセスされる可能性がある。そこで、暗号化とアクセス権制御を同時に行うことができる関数型暗号(*1)によってブロックチェーンに記録される情報の機密部分を暗号化し、情報の所有者が管理できない状態であっても、機密情報を保護する仕組みを秘匿分散記録システムとして考案した。このシステムの利点を享受できる題材として母子手帳を例にプロトタイプを開発し、有効性を検証した。検証の結果、秘匿情報の閲覧に対するアクセス制御が有効に機能しており、関数型暗号による遅延の影響もなく、この秘匿分散記録システムが有効

に機能していることを確認した。

*1 Okamoto, T., et al.: Fully Secure Functional Encryption with General Relations from the Decisional Linear Assumption, CRYPTO 2010



関数型暗号によるブロックチェーン上のデータ保護

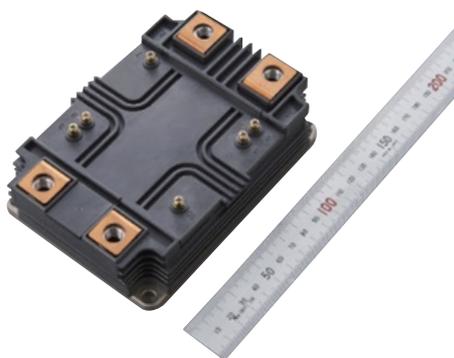
6.5kV耐圧フルSiCパワー半導体モジュール

6.5 kV Full-SiC Power Semiconductor Module

新パッケージと独自のSiC(シリコンカーバイド)チップ構造の採用によって、世界最高(*1)定格出力密度の6.5kV耐圧フルSiCパワー半導体モジュールを開発した。

家電製品から産業・鉄道車両用機器まで広く使用されるパワーエレクトロニクス機器では、小型・低損失化に加え、特に鉄道・電力分野では、高耐圧化が可能なSiCパワー半導体モジュールが求められている。

今回、チップの発熱対策として、部材メーカー4社との連携によって、優れた熱伝導性と耐熱性が両立した絶縁基板と、信頼性の高いAg(銀)接合技術を開発し、高放熱・高耐圧の小型パッケージを実現した。さらに、独自に開発したダイオード内蔵の高耐圧SiC-MOSFET(Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor)によって、従来のMOSFETとダイオードを別々に搭載した

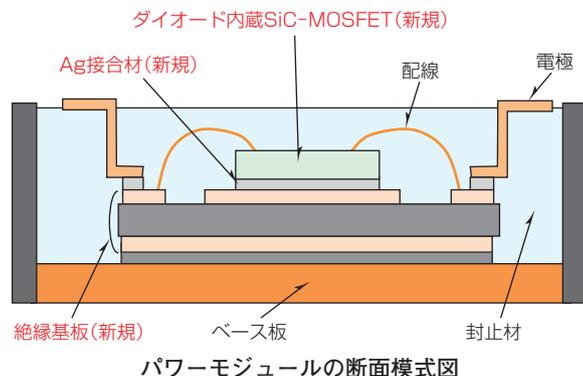


6.5kV耐圧フルSiCパワー半導体モジュール

場合に比べて、実装面積を半減させた。これらによって、6.5kV耐圧フルSiCパワー半導体モジュールとして世界最高の定格出力密度9.3kVA/cm³を実現した。

なお、今回の開発は、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)の助成を受けて実施したもので、部材メーカーのDOWAエレクトロニクス(株)、三菱マテリアル(株)、デンカ(株)、日本ファインセラミックス(株)に加え、東京工業大学、芝浦工業大学、九州工業大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所が参加した。

*1 2018年1月31日現在、当社調べ。高耐圧パワー半導体モジュールとして。



パワーモジュールの断面模式図

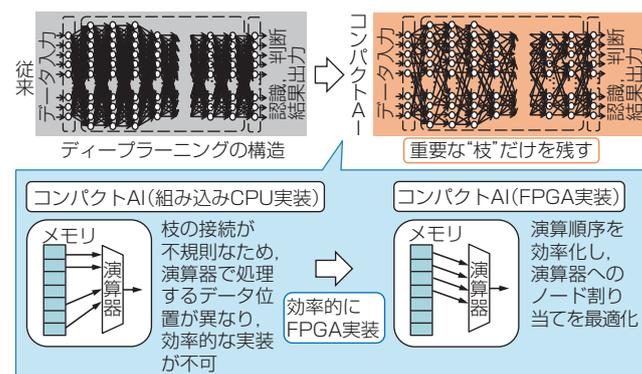
コンパクトなハードウェアAI

Compact Hardware AI

当社のAI(Artificial Intelligence)技術“Maisart”の一つである“コンパクトな人工知能”の演算順序効率化と回路構成最適化によって、小規模なFPGA(Field Programmable Gate Array)にも実装できるディープラーニングのアルゴリズムを開発した。ディープラーニングは高度な推論が可能だが、多層のネットワーク構造を用いるため、推論に必要な演算量とメモリ量が膨大になる。多層のネットワーク構造での重要な枝だけを残す“コンパクトな人工知能”で、推論処理の演算量を減らして省メモリ化を図り、組み込みCPUへの実装を可能にした。しかしながら、枝の接続が不規則であったため、FPGAへの実装では並列処理を行う構造をとれず、回路規模を削減できないという課題があった。今回、枝の接続に規則性を持たせるために演算順序を効率化し、演算器へのノード割当てを最適化することで、小規模なFPGAへの実装を可能にした。

道路標識の画像認識用アルゴリズムを同一のFPGAに実装した例では、従来のディープラーニングアルゴリズム

と比較して、推論精度を維持しながら推論処理にかかる演算時間を1/10に短縮し、リアルタイム性の向上を図った。また推論処理の演算時間が同等の場合には、従来に比べて回路規模を1/10に削減した。この技術によって、リアルタイム性が求められる分野や、これまでコスト面で人工知能の適用が難しかった分野にも、適用範囲を広げていく。



コンパクトなハードウェアAIアルゴリズム

研究開発 Research and Development

3D計測データの欠損補完技術

Interpolation Technology of 3D Measurement Data

3Dスキャナの計測データを設計に活用するため、データの欠損部分を補完する技術を開発した。

設計図面を入手できない古い他社設備を保全するには、既設部品の周辺寸法を正確に計測して、新たに保守部品を設計する必要がある。計測作業には、2点間を正確に測定するノギスや巻尺に加え、3D計測できる3Dスキャナが有効である。しかしながら、3Dスキャナには陰に隠れて見えない部分や、反射特性の影響で計測できない部分で、計測データに欠損が生じる問題があった。

そこで、3D計測データの欠損部分を補完するため、パソコン上で、欠損したデータを輪切りにして2D平面群に投影し、直線や円弧で連結することで断面形状を作成した。これを基に欠損部分の3D-CADデータを作成して、3D計測データと重ね合わせることで、欠損がない3D形状とした。重ね合わせた部分では、両者の差分を最小化するために、差分が大きい箇所を可視化しながら3D-CADデータを修正しており、これによって、保守部品の設計に活用できる3D-CADデータを実現した(図1)。

この技術を他社製タービン発電機の計測に適用した。保守部品である固定子コイルの周辺構造を3Dスキャナで

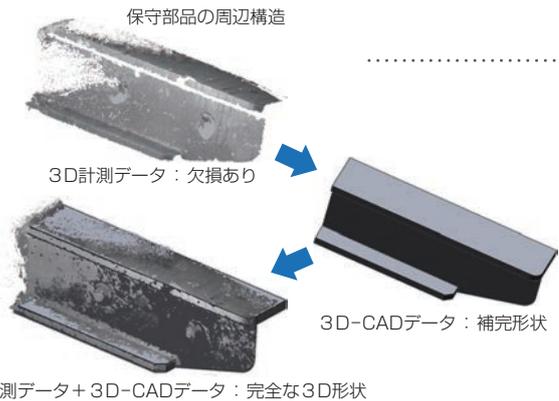


図1. 3D計測データの欠損補完技術

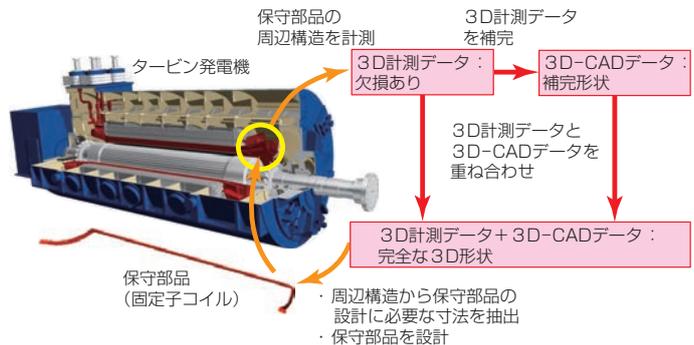


図2. 欠損補完技術の適用例

データ化し、パソコン上で補完してから必要寸法を抽出することで、固定子コイルの設計を容易にした(図2)。

コードレススティック型クリーナー用高速・軽量ブローモータ

High-speed and Lightweight Blower Motor for Cordless Stick Cleaners

コードレススティック型クリーナー向けに最大回転数12.5万rpmで質量200g以下の高速・軽量ブローモータを開発・量産化した(図1)。当社従来品比で4倍の出力密度向上を達成し、業界トップクラスの性能を実現した。

- (1) 回転数を従来品の3万rpmから4倍以上に高速化するため、回転数のおおむね2乗に比例して増加するステータコア内の鉄損を低減する必要があった。ティース部のコアバックを内径側に凹(へこ)ませて磁路長を短縮し、コアの体積を減らすことで鉄損を低減した。
- (2) ステータコアを4分割して巻線することで、デッドスペースになりやすいティース根元部分にも巻線を施すことができるようになり、銅損の低減と小径化を実現した(図2)。
- (3) アルミダイキャスト製のフレームを採用し、必要な部分の肉厚を増すことで、全体の質量を増やさず剛性を高めた。高速回転に伴って発生する振動の加速度を肉厚の均一な深絞り製のフレームと比較して70%以上低減した。

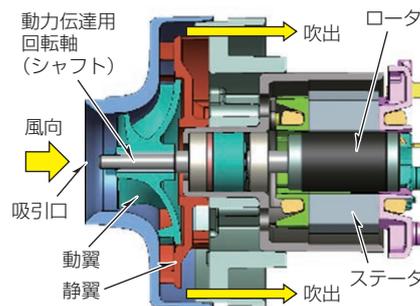
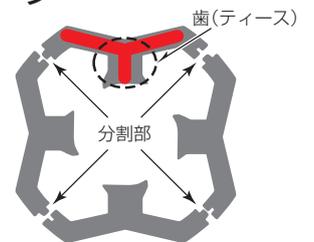
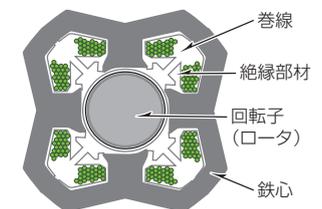


図1. ブローモータの断面図

- (4) ロータ表面の磁石外周にCFRP(炭素繊維強化プラスチック)製のスリーブを接着し、遠心力に耐える構造にした。磁石表面に微小な突起を設けて接着剤の厚みが均一になるようにした。



(a) Y型分割鉄心の分割構造



(b) 固定子の断面

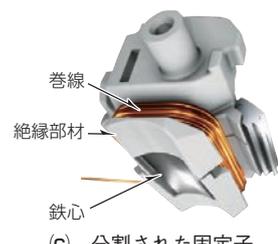


図2. ステータ構成部品