

持続可能なエネルギー社会を目指して

生命体工学研究科 生体機能応用工学専攻 准教授

長谷川 一徳



社会の実現を目指し、パワーエレクトロニクスを軸とした省エネルギー技術の研究を進めています。

研究紹介

「電気」と言えば「目に見えないから分かりづらい」と思う人も多いと思いますが、その一方で私たちの身の回りに溢れていることはご存じのことだと思っています。大きく分けると、電気はコンピュータやスマートフォンに代表されるように情報を伝える用途と、発電電などエネルギーを運ぶ用途があります。このエネルギーを運ぶ用途を支える技術がパワーエレクトロニクス（以下、パワーエレと略す）です。パワーエレはパワー半導体デバイスを利用して電気エネルギーの形（電圧や交流・直流の違い）を自由自在に変換することができます。

2012年に東京工業大学大学院理工学研究科電気電子工学専攻博士後期課程を修了し、産業用モータ駆動インバータの研究で博士号を取得しました。同大学特任助教を経て、2013年より本学生命体工学研究科生体機能専攻（2014年より生体機能応用工学専攻）助教に着任いたしました。持続可能なエネルギー

〇〇排出量を抑えた低炭素社会の実現が求められている昨今、化石燃料のみに頼らない代替エネルギーの

積極的な導入と、現有エネルギーの効率良い利用促進のため、パワーエレ機器の需要が拡大しています。風力や太陽光に代表される再生可能エネルギーは〇〇を排出しない代替エネルギーとして注目されていますが、そのままでは既存の電力網に接続することができません。再生可能エネルギーの発電量は一定ではないため、電力網へ接続する際は発電量を平準化した高品質な電力にする必要があります。パワーエレ機器とバッテリーなどの蓄電デバイスの併用により、平準化された安定な電力供給が実現できます。一方で、現有エネルギーの効率よい利用の代表例として、ハイブリッド電気自動車やエレベーター、エンジンの動力だけでなく電気モータの力を借りることで、ブレーキ時に捨てていたエネルギーを電気エネルギーとして回収することができます。さらに、電気モータはエンジンより優れたトルク特性を有しており、ギアレスで高効率な運転が実現できます。このように、パワーエレは電気エネルギーの効率的な利用に大きく貢献しています。

2050年には最終消費エネルギーに対する電気エネルギーの割合

（電力化率）は50%を超えると予想されており、これに伴いパワーエレの需要がさらに拡大し、膨大な数の機器が世界中で使用されることとなります。その中には送配電などの重要なインフラも含まれており、小型化・低コスト化だけでなく従来とは桁違いの高い信頼性の向上も必要となつてきます。このような背景を鑑み、大きく分けて①キャパシタ信頼性評価技術、②パワーエレ機器の寄生パラメータの測定、③検出センサ

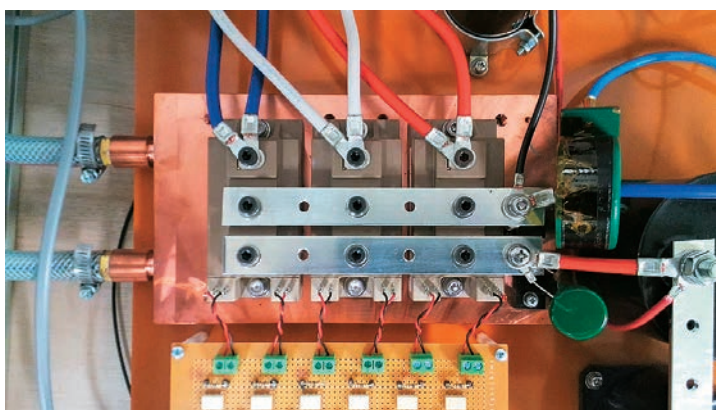


図1 キャパシタ評価用インバータ

の小型化の研究に取り組んでいます。

① キャパシタはコンデンサとも呼ばれ、パワーエレ機器で生じる電力のアンバランスを吸収し、機器の安定な動作を支える重要な役割をもっています。しかし、パワー半導体デバイスなどほかの部品に比べると寿命が短く、信頼性低下の要因となっています。キャパシタの劣化度合いは温度のほかに電圧・電流ストレスにも大きく依存するため、実際の機器と同じ条件での評価が必要です。そこで、キャパシタ評価に特化した回路構成を提案し、1/10以下の電力定格で実際の機器と等価な電圧・電流ストレス試験を実現しました(図1)。これを用いて、実使用時にけるキャパシタ寿命と損失の研究を進めています。これに加え、キャパシタの予知保全を目的としたコンディションモニタリングの研究も進めており、パワーエレ機器運転時にキャパシタ劣化度合いをリアルタイムに検出する手法を開発しております。

② パワーエレ機器の寄生パラメータ測定の研究では、機器内部に存在する微小な寄生インダクタンスとキャパシタンスに着目した検討を進めております。SiC(炭化ケイ素)やSiN(窒化ガリウム)などの次世代パワー半導体デバイスは従来のシリコン半導体と比べ優れた物性値を有しておりますが、パワーエレの機器に搭載された際にその性能を十分引き出せていないのが現状です。パワー半導体デバイス内部に存在する寄生インダクタンスとキャパシタンスの存在がデバイスの高周波化と低損失化を妨げています。さらに、これらはノイズ誤動作の主要因でもあり、機器の深刻な信頼性低下を招いております。研究の一例として、パワー半導体パッケージ内の寄生インダクタンスを分離測定する手法を具体化し、三端子の半導体がノイズの観点からは四端子回路として振る舞うことを突き止め、四端子測定に対応した評価プローブの開発を行いました(図2)。

③ 検出センサ小型化の研究ではインバータの集積化を目的に出力電流センサの小型化に取り組んでいます。モータ駆動や再生可能エネルギー用のインバータでは出力電流の調整のために電流センサが必要ですが、従来の磁性コアを使用したセンサは大型であり、インバータ小型化の障害となっていました。小型な空芯の電流センサを用いてインバータの出力電流を検出可能な手法を提案し、パワー半導体モジュールにも内蔵可能な電流検出システムを開発しています。

今後の抱負

パワーエレクトロニクスはこれまでより小型な、より信頼性の高い部品の実現に向けた研究開発が行われてきました。将来の高度に電力化された社会では、膨大な数のパワーエレ機器がネットワークを成すようになり、個別の部品単位では信頼性担保に限界が訪れると考えられます。

ネットワーク上の機器をリアルタイムに診断・メンテナンスするシステムが必要になり、その実現にはAIやIOTをはじめ情報通信技術のさらなる活用が求められるようになると考えられます。これまで独立であった電気の2つの役割が融合した技術が将来当たり前になっていくと考えています。

持続可能なエネルギー社会の実現には、分野の垣根を越えた研究開発が重要であると考えております。特定の分野にとらわれない広いビジョ

ンを持つことがこれからの技術者・研究者にはより重要になると考えております。これに加え、国内外の歴史や文化的な背景なども分析した、戦略的な研究開発が必要になると感じております。

パワーエレは省エネルギーを支える縁の下の力持ち的な存在と言えます。パワーエレの研究を軸に、今後も社会へ貢献していけるよう努める所存です。その中で、次の世代を担う学生たちにはより良いバトンを渡せるよう、研究と教育に尽力していきたいと考えております。

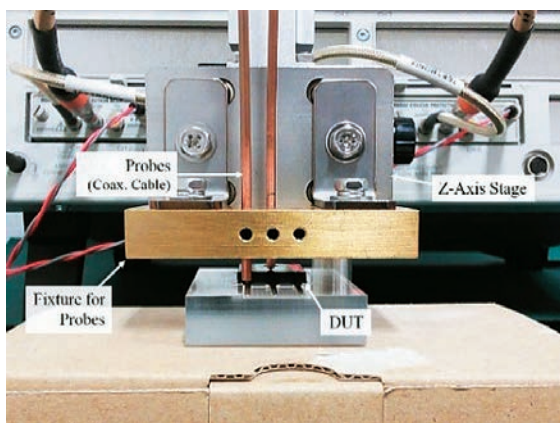


図2 半導体ノイズ評価プローブ