

巻/頭/言

パワーエレクトロニクス技術のブレークスルー

Breakthroughs in Power Electronics Technology

赤木泰文

Hirofumi Akagi



1957年12月に米国GE(General Electric)社の研究者がSCR(Silicon-Controlled Rectifier)を発明し、60年が経過した。SCR(その後、サイリスタに呼称変更)の製品化を契機にパワーエレクトロニクス(以下“パワエレ”という。)が誕生し、現在では電気電子工学の基幹技術にまで成長した。

パワエレに限らず、技術の歴史(技術史)を振り返ってみると、技術の発展・進歩には

- (1) 地道な研究開発による着実な技術進歩
- (2) ブレークスルーによる著しい技術進歩

の2種類がある。ここでは、広範なパワエレ技術の中でも筆者が専門とする電力変換システムとその産業・交通・電力への応用や交流電動機駆動に限定する。パワー半導体デバイス(以下“パワーデバイス”という。)のブレークスルーは、

- (1) 1980年代後半からのIGBT(Insulated-Gate Bipolar Transistor)の製品化とその後の進化
- (2) 2010年代前半からのSiC-MOSFET(Silicon Carbide-Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor)の実用化とその後のパワエレ機器への応用

などである。一方、電力変換技術の理論・回路・制御・応用に関するブレークスルーは、

- (1) 1970年前後の交流電動機ベクトル制御の発明と1970年代後半からの実用化
- (2) 1980年の3レベルNPC(Neutral-Point-Clamped)インバータの論文発表と1990年前後からの実用化
- (3) 1983年の三相回路の瞬时无効電力理論(pq理論)の提唱とその後の電力変換システムへの応用
- (4) 1994年からのモジュラー・マルチレベル変換器ファミリーの誕生とその後の実用化

などである。ほかの技術をブレークスルーと考える研究者・技術者も多いと思うが、これらは筆者の独断によるものであり、ご容赦いただきたい。

応用研究のブレークスルーは、基礎研究のそれとは異なり、1人の天才研究者・技術者単独では不可能である。次はその具体例である。ドイツのダルムシュタット工科大学のハッセ(K. Hasse)とジーメンス社のブラシュケ(F. Blaschke)は、交流電動機ベクトル制御の発明者として世界的に有名である。ベルリン工科大学などの研究者らは、

1960年代前半から誘導電動機の過渡時の挙動を解析した論文を次々と発表し、ベクトル制御を生み出す原動力になったのである。ハッセやブラシュケの学術的・工学的貢献は高く評価されるべきであるが、彼らは“無”から“有”を創出したわけではない。サッカーに例えるなら、“ゴールを決めたのはハッセやブラシュケであるが、先人たちの強力なアシストがあった”となる。日本で誕生したpq理論についても同様に、日本の大学研究者らの論文には1970年代から“瞬时无効電力”や“無効電力の瞬時値”という専門用語が使用されていた。

多くのブレークスルー当事者は、論文を発表した時点でその技術をブレークスルーとは認識していない。3レベルNPCインバータの論文を発表した当時(1980年)、直流入力電圧を2倍にできたとしてもパワートランジスタが高価な時代に12個も使用することは企業に受け入れられず、製品化には論文発表から約10年を要している。

今後のパワエレ技術はどのように発展・進化するのであろうか。SiC-MOSFETの本格的な実用化は目前に迫っている。その後には縦型GaNデバイス(GaN on GaN)も視野に入りつつある。これらのパワーデバイスは、現在主流のSi(Silicon)-IGBTをはるかにしのぐ性能を持っている。もちろん、これらを実際の製品に使用しようとする、パワーデバイスの性能だけでなくコストや長期信頼性の評価、国内外の複数企業からの安定供給も必須である。さらに、これらのパワーデバイスを使いこなす技術も必要不可欠である。

パワエレ技術ではパワーデバイスが主役とみなされることが多い。磁気部品(変圧器・リアクトル)やキャパシタ(コンデンサ)などの受動部品、各種センサ、デジタル信号処理技術、制御技術、実装技術などの脇役も重要である。テレビドラマで言えば、“名脇役がいてこそ名ドラマが生まれる”のである。

今後、いつ、どこで、どのようなブレークスルーが出現するだろうか。残念ながら誰も予測することはできない。唯一明言できることは、“地に足の着いた研究開発なくしてブレークスルーは生まれない”である。プロ野球で言えば、選手や解説者がしばしば口にする“ヒットの延長がホームラン”である。

日本発のブレークスルーが世界のパワエレ技術を牽引(けんいん)することを期待したい。