平地研究室技術メモ No.20180709

パワーエレクトロニクスの学術分野における中国の躍進について

（読んでほしい人：パワエレ技術者）

2018/7/9 舞鶴高専 平地克也

【あらまし】 平地研究室技術メモ No.20180618、「LLC コンバータの研究開発動向」では、LLC コンバータの論文数は中国が一番多いこと、近年中国はパワーエレクトロニクスの研究に大変力を入れていることを説明しました。そこで今回、パワーエレクトロニクス関係の最も有力な論文誌の論文数をカウントすることにより、中国のパワエレ分野の発展の様子を数字で確認することを試みました。国別論文数の推移を 30 年分調査することにより、パワーエレクトロニクスの学術分野における中国の急速な発展が明確になりました。

■パワーエレクトロニクスの論文数の推移

前回の技術メモ「No.20180618、LLC コンバータの研究開発動向」で説明したように、近年、パワーエレクトロニクスの分野では中国の論文が増えていることを実感しています。IEEE Tran. on PE（注2）の最新号（Vol.33, No.8：2018 年 8 月号）は掲載論文数が 73 ですが、そのうち中国の研究機関による論文数は 29 であり、米国の論文数 18 を越えています。ちなみにその他の国は、韓国 7、台湾 2、カナダ 4、などであり、日本は 1 本だけです。

パワーエレクトロニクスの国別論文数の推移を調べる前に、まずパワーエレクトロニクスの論文数全体の推移を調査しました。図 1 は IEEE Tran. on PE に掲載された論文数の推移です。創刊年 1986 年から昨年（2017 年）まで 32 年間の推移を示しています。全体に着実に増加しており、特に 2010 年頃から急増していることが分かります。なお、文献[1]によると IEEE Tran. on PE への論文投稿数は 2009 年から 2013 年の間に 946 件から 1994 件に増加しています。したがって、査読が甘くなって掲載論文数が増えたのではなく、投稿論文数が増えたので、その結果優れた論文が増加して掲載論文数が増えている、と考えられます。図 2 に電気学会論文誌 D（注3）の 1 月号の論文数推移を示します。1 年間の論文数を全て数えるのは大変なので、各年の 1 月号だけ数えました。1 年間の論文数は図 2 の約 12 倍と考えられます。IEEE Tran. on PE とは異なり、電気学会論文誌 D の論文数は大きな増加は見られません。おおむね年間 150 件程度を上下しているようです。

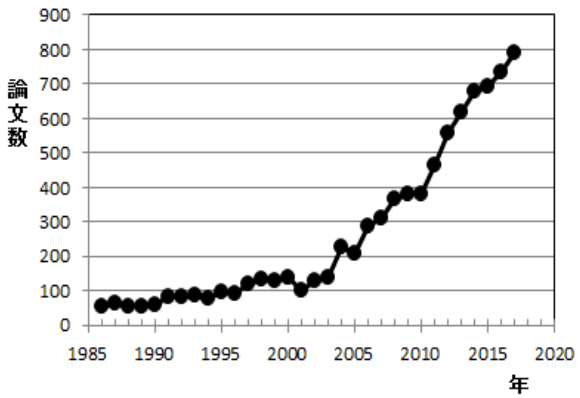

図 1 IEEE Tran. on PE の論文数の推移

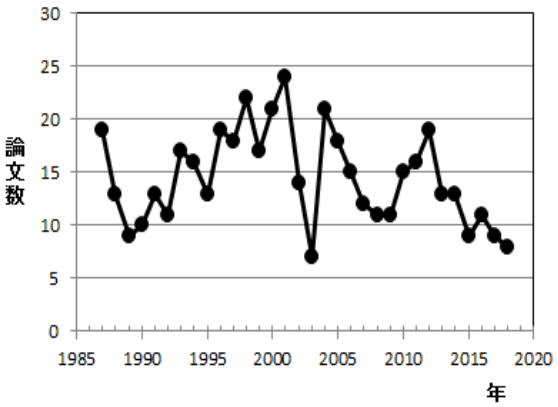

図 2 電気学会論文誌 D の 1 月号の論文数推移

ここ 30 年の間に世界のパワーエレクトロニクス応用製品のマーケットサイズは大きく拡大しており、IEEE Tran. on PE の論文数の推移はそれを反映したものと考えられます。日本でもパワエレ応用製品のマーケットサイズは拡大しているはずですが、電学論 D の論文数は増加傾向が見られません。原因は、大学のパワエレ研究者の数があまり増えていないこと、企業の論文発表が減少していること、などが考えられます。

（注１）IEEE（The Institute of Electrical and Electronics Engineers）：米国電気電子学会。世界の電気関係の技術者 40 万人を会員とする大きな学会。

（注２）IEEE Tran. on PE（IEEE Transacutions on Power Electronics）：IEEE のパワーエレクトロニクス部門の論文誌。パワーエレクトロニクス関係の論文誌では、世界で最も質と量が充実していると思われる。創刊年は 1986 年。

（注３）電気学会論文誌 D（電気学会産業応用部門論文誌、略称電学論 D）：パワーエレクトロニクス関係の論文誌の中で、日本では最も質と量が充実した論文誌。回転機や産業システムなどの論文も含まれるので IEEE Tran. on PE よりは守備範囲が広い。創刊年は 1987 年。

■国別論文数の推移

表１に IEEE Tran. on PE の国別掲載論文数の推移を示します。著者が所属する研究機関が所在する国で区別しています。日本は IEEE Tran. on PE が創刊された 1986 年の頃には既にパワエレ研究体制は充実しており、全体の 1 割程度の論文を供給していました。しかし、その後大きく増加することはなく、全体から見れば日本の研究機関による論文数の割合は大きく減少しています。日本とは対照的に、中国はゼロからスタートして徐々に増加し、特に 2010 年代に急増し、その勢いは今後も継続しそうであり、米国の電気学会を中国が占領しそうな勢いです。韓国、台湾も健闘しており、日本を抜いています。カナダは日本と同様に 30 年前からパワエレ研究は盛んであり、著名な先生も居られました。しかし、日本とは異なり、全体の論文数の増加に追随して論文数を増やしています。ただし、カナダの著者には中国出身の人がかなり高い割合で含まれています。

表１　IEEE Tran. on PE 国別掲載論文数の推移

年	日本	中国	韓国	台湾	カナダ	全体
1986	5	0	1	0	1	52
1987	6	0	0	0	1	64
1988	7	0	2	0	5	55
1989	4	0	2	0	7	54
1990	6	1	1	3	3	60
1991	8	0	4	1	6	83
1992	5	0	3	2	4	81
1993	7	1	1	3	8	85
1994	9	0	4	1	7	78
1995	9	1	6	3	7	94
1996	2	0	8	5	5	91
1997	5	1	2	5	10	117
1998	10	1	13	6	4	131
1999	6	1	6	10	9	129
2000	14	6	8	9	7	140
2001	4	11	2	7	1	99
2002	8	6	10	5	7	127
2003	5	10	9	11	3	137
2004	3	14	5	10	12	227
2005	7	17	9	8	3	207
2006	2	8	6	12	6	286
2007	0	8	3	5	1	309
2008	0	1	4	7	0	364
2009	5	25	6	14	7	380
2010	16	39	22	25	19	382
2011	14	80	28	33	22	465
2012	14	83	38	35	30	555
2013	12	101	50	39	41	619
2014	14	156	51	28	48	680
2015	11	165	56	27	39	693
2016	21	235	55	29	45	735
2017	19	305	57	19	83	789

（注４）表１の調査方法：IEEE Xplore で IEEE Tran. on PE の論文とそれぞれの国名を and 検索し、各年の論文数をカウント。「全体」は IEEE Tran. on PE の各年の論文数であるが、査読者リストや目次など論文以外の文章も少し含まれる。「全体」のグラフが図１である。

■日本の論文シェアの低下と中国の躍進

パワーエレクトロニクスは日本のお家芸と言われており、日本にはパワエレ応用製品やその部品の優秀なメーカーが集積しており、学術の分野でも昔から著名な先生方が世界のパワエレ技術の進歩に貢献してきました。しかしながら、パワーエレクトロニクスの最も有力な論文誌での日本のシェアは低下しており（表１）、日本の学会の論文数も停滞しています（図２）。逆に中国は躍進しています（表１）。次のような説明は可能です。

・日本のパワエレ研究は大学より企業の方がレベルが高いが、企業の人はあまり論文を書かないので、論文数で比較すれば日本の比重は軽くなる。
・日本のパワエレ研究者のレベルは高いが、英語は苦手なので、IEEE Tran. on PE など英語で書かねばならない論文誌にはあまり投稿しない。
・日本には電学論 D という立派な論文誌があるので、IEEE Tran. on PE に投稿しなくても電学論 D に投稿すればそれで充分と考えている。
・ここ数年、日本の電気学会は英文論文誌 D に力を入れており、日本語の論文誌 D の比重が下がっている。

しかし、これらの説明には全て反論もできそうであり、パワーエレクトロニクスの学術分野での日本の比重が低下していることが危惧されます。この傾向が日本のパワエレ企業のシェアの低下につながらなければいいのですが・・・・

私は電気メーカに勤務していた時に 2002 年～2004 年に中国の精華大学と共同研究しました[2]。当時すでに精華大学や浙江大学などに優秀なパワエレ研究室がありましたが、多くの大学では発展途上であり、国際会議の論文もレベルの低いものが多く、また、投稿はしても発表に現れない人が多く、主催者は苦慮しました。精華大学の院生のパワエレ技術レベルは山口大学の院生と同程度と感じていました。一方、IEEE Tran. on PE の最新号（2018 年 8 月号）では、著者の所属機関に次のような名前が並んでいます：安徽大学、昆明科学技術大学、中国中車 SiC 生産部、西南交通大学、‥‥。昔は聞かなかった名前ばかりであり、中国のパワエレ研究は広くかつ高いレベルの裾野を持っているようです。わずか 15 年でここまで発展したことには驚くしかありません。

■参考文献

[1] Brad Lehman, Henry Shu-hung Chung, “Editorial: IEEE Transactions on Power Electronics, February 2015”, IEEE Tran. on PE, Vol.30, No.2, pp.517-518, (2015)
[2] 坂根誠、劉亜東、邢岩、黄立培、平地克也、「ミニ UPS インバータへのデジタル制御の適用」、GS Yuasa Technical Report, Vol.1, No.1, pp.72-77, (2004)

以上