

《VLSIシンポジウム論文数の分析から見えてくるもの》 日本は企業からの論文数が低下 論文数分析で見えてくる問題点



微細加工研究所 所長 湯之上 隆

2005～2013年までのVLSIシンポジウムの論文数を分析した結果、日本半導体産業の以下の問題が明らかになった。日本は2000年以降、SoCに舵を切ったにもかかわらず、米国や台湾に比べてCircuit論文の割合が低い。それに加えてCircuitもTechnologyも、企業から発表される論文の割合が減少しつつある。これは、日本企業の研究開発の体力消失を示唆する。JEITA 半導体部会長の齋藤氏は、「個社としての自助努力や半導体業界全体の取り組みだけでは限界」と政府に助けを求めている。しかし、その前に長年の課題である高コスト体質の改善や、SoCメーカーとしてCircuitの研究開発を十分行うなど、自助努力に努めるべきではないか。

VLSIシンポジウム論文数を分析

VLSIシンポジウムは、毎年6月に京都とハワイで交互に開催される半導体分野の最重要国際学会である。同学会では、デバイス・プロセス技術に関するVLSI Technology(以下、Technology)とシステム・回路設計技術に関するVLSI Circuit(以下、Circuit)の2つのシンポジウムが同時開催される。論文の採択率は30%程度と言われており、高いクオリティが維持されている。

本稿では、2005～2013年までの9年間分の論文数について、米国、日本、欧州、韓国、台湾の5か国の傾向および特徴を分析する。そこから、日本半導体産業の問題点を明らかにする。

5か国の出願数の推移

上記5か国について、2005～2013年のTechnologyおよびCircuitの論文数の推移を図1に示す。

Technologyの各国論文数の推移 (図1(a))

2006年以降に日本が論文数1位になったが、2011年以降は米国が1位になった。日米2か国がその他の国を引き離している。一方、2006年以降、韓国の論文数が低迷しており、EUは乱高下している。台湾は(一瞬かもしれないが)2013年に3位になった。

Circuitの各国論文数の推移(図1(b))

この9年間米国1位、日本2位となっている。EU、韓国、台湾の3か国中、ここ数年間で台湾が論文数を伸ばしているように見える。2011年以降、論文数が

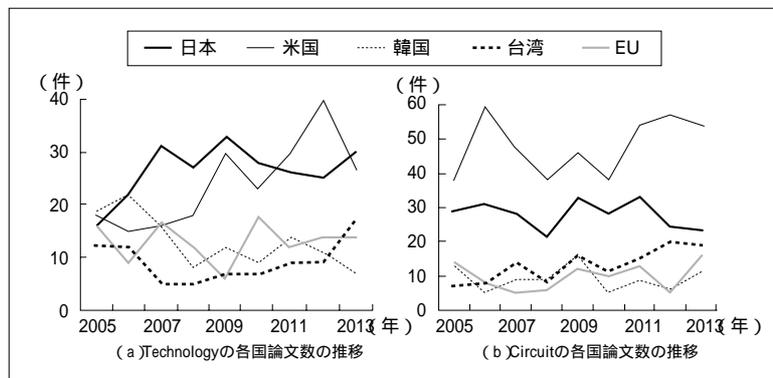


図1 VLSI TechnologyおよびCircuitの各国論文数の推移

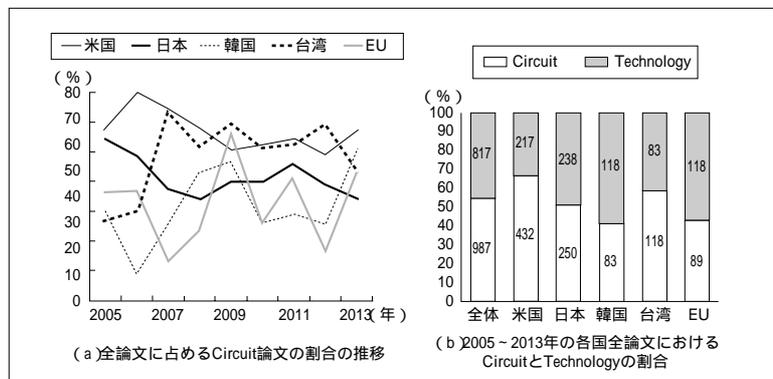


図2 VLSI Technology/Circuit論文合計におけるCircuit論文の割合

減少している2位の日本との差が小さくなってきた。

TechnologyとCircuitの論文数の割合

TechnologyとCircuitの論文数の割合を図2に示す。

全論文に占めるCircuit論文の割合の推移 (図2 (a))

米国と台湾はCircuit論文の割合が60~70%と高い。一方、EUと韓国は乱高下している。また日本は全体的に低下しているように見える。特に2011年以降は明確に減少し、2013年は5か国中、Circuitの割合が最も低くなった。

2005~2013年の各国の全論文におけるCircuitとTechnologyの割合 (図2 (b))

2005~2013年までの9年間のTechnologyおよびCircuit論文の合計を計算し、2つの分野の割合を5か国ごとに示した。その結果、Circuit論文の割合が高い方から、米国、台湾、日本、EU、韓国の順となった。

一般的にSoCなどロジックはCircuit分野、メモリはTechnology分野で発表されることが多いと思われる。従って、プロセッサ専門のIntelがある米国およびTaiwan Semiconductor Manufacturing (TSMC) などファブリーがある台湾で、Circuit論文の割合が高いことは当然のように思われる。また、Samsung ElectronicsやSK Hynixなどメモリメーカー中心の韓国が、Circuit論文の割合が低いのも理解できる。

一方、EUのCircuit論文比率が低い理由はわからない。また2000年以降、東芝のNAND型フラッシュメモリとエルピーダメモリのDRAM以外はSoCに舵を切った日本もCircuit論文比率が高くない。2011年以降、日本のSoCは壊滅的状況を示しているが、システム・回路設計技術の研究開発が十分行われていないことにその原因の一端があるように思われる。

Technology/Circuit論文の発表組織の分析

5か国それぞれにおいて、TechnologyおよびCircuit論文を、どのような組織 (企業、大学、産学連携、国研、コンソーシアム) が発表しているかを分析。共同発表の場合は、基本的にファーストオーサーが所属する組織の発表とした。異なる国の大学間の共同発表の場合は、両大学に1件ずつカウントした。

日本のVLSI Circuit/Technology論文数の推移 (図3 (a))

Circuit分野では、2011年以降企業の論文数が低下している。これは、東日本大震災、歴史的円高、タイの洪水などが影響しているかもしれない。一方、大学およびコンソーシアムはある程度一定して論文を発表している。

Technology分野では、2007年以降、企業の論文数

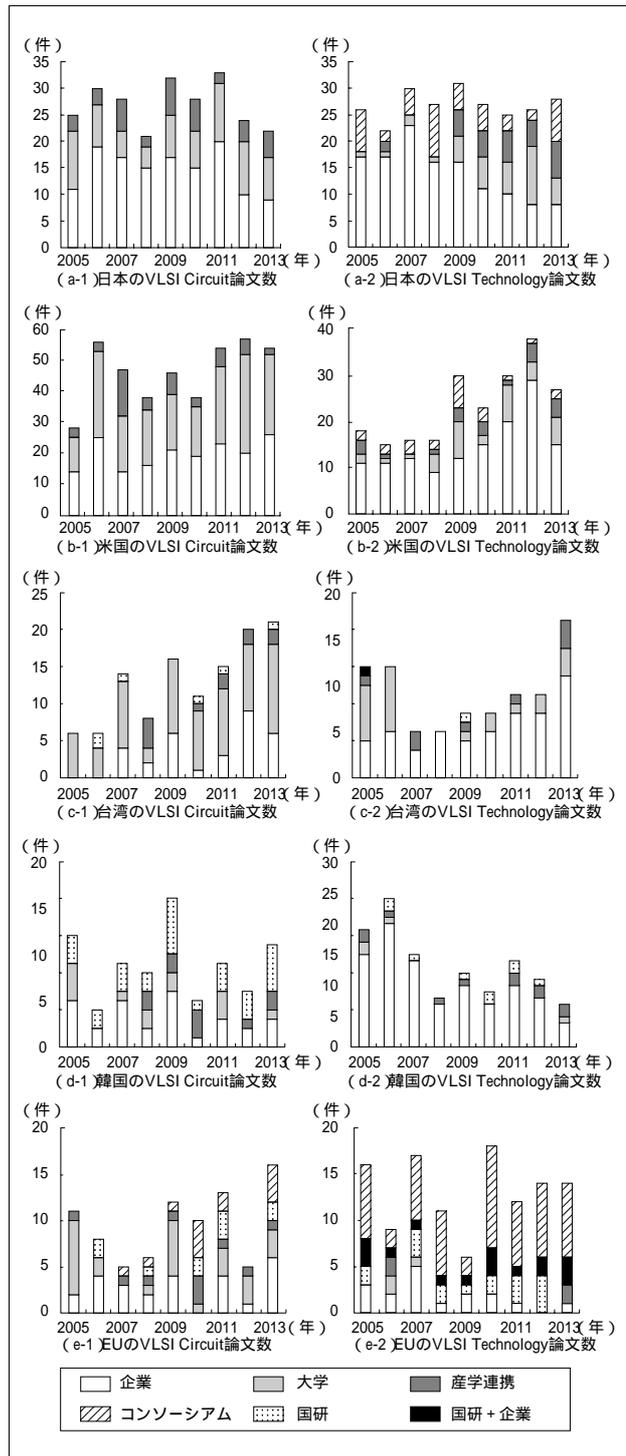


図3 VLSI TechnologyおよびCircuit論文の各国の発表組織分析

が約1/4 (23 8件) に減少した。上記のような外的要因に加えて、リーマンショックの影響もあったのだろう。企業の論文が減る半面、大学および産学連携の論文数は増大している。このように大学などが頑張っている結果、日本全体ではTechnology

論文数はほぼ一定となっている。

しかし、CircuitもTechnologyも企業の論文数が大きく減少していることが気付きである。研究開発を行う体力がなくなってきたと考えられるからである。

米国のVLSI Circuit/Technology論文数の推移 (図3b))

Circuit分野では、日本に比べて大学の論文数が多いことに特徴がある。毎年、半分以上を大学が占めている。一方、Technology分野では、7~8割が企業の論文である。これは、デバイス・プロセスの研究開発に巨額の資金が必要であるためであろう。その意味でも、日本のTechnology分野の企業論文数の減少は、日本半導体産業の得意分野の競争力低下を示唆しているように思える。

台湾のVLSI Circuit/Technology論文数の推移 (図3c))

Circuit分野では、米国以上に大学からの発表が多い。2010年以降は企業からの論文も増加し始めている。一方、Technology分野では、米国と同様に企業の論文が多い。ただし、2005年と2006年は例外的に大学の論文が企業を上回っている。また、2009年以降少しずつ大学の論文が増えているように見える。Circuit分野では元々大学の発表が多く、Technology分野でも大学の発表が増え始めた。台湾の国家政策として、半導体の研究開発に力を入れているのではないかと。

韓国のVLSI Circuit/Technology論文数の推移 (図3d))

Circuit分野では、国研の論文数が多いことに特徴がある。なお国研には、国研+大学連携、国研+企業連携、国研+大学+企業連携が含まれる。従って、Circuit分野では国家政策を基に研究開発が行われていると言える。一方、Technology分野は、ほとんどが企業からの論文である。その論文数は減少している。Samsungが戦略的に発表を抑制していると考えられる。

EUのVLSI Circuit/Technology論文数の推移 (図3e))

Circuit分野では、企業、大学、産学連携、国研、コンソーシアムが入り乱れて発表している。組織間の協調性や、EU全体の計画性などはないように思われる。一方、Technology分野は、半数以上をコンソーシアム(恐らくベルギーimec)の論文が占める。EUでは小規模な半導体企業が多いことから巨額の費用が必要なTechnology分野の研究開発は、imecに委ねられている。

以上をまとめると、Circuit分野はTechnology分野ほど巨額の研究開発費を必要としないため、米国

や台湾は大学の論文が多い。韓国は国研が多いのが特徴的で、EUは様々な組織からの発表があり、傾向は見えない。その中で、日本では、米国や台湾ほど大学からの論文が多くない。つまり、日本のCircuitの研究開発の中心は企業となっている。ここ数年、その企業の論文数が減少している。

一方、Technology分野は巨額の研究開発費が必要となるため、米国、台湾、韓国では企業の論文が多い。EUは、コンソーシアム(imec)に依存している。日本は、2008年以前は企業とコンソーシアムからの論文が多かった。ところが2009年以降、企業論文が激減し、それに代わって大学と産学連携の論文数が増加している。文科省や経産省の研究助成がこの研究開発を支えていると考えられる。

Technology/Circuitにおける企業論文の割合

上記の分析で、国ごとに企業の存在感が異なることがわかる。そこで、TechnologyおよびCircuitにおける企業論文の割合について、同一グラフ上で5か国の比較を行ってみた。

Circuit論文に占める企業の割合 (図4a))

各国のCircuit論文に占める企業の割合の推移を図4(a-1)に、各国の2005~2013年のCircuit論文合計における企業の割合を図4(a-2)に示す。

上記で見たように、企業が占める割合は日本が高い。2006~2011年までは論文の60%を企業が占めている。また、9年間の合計においても、日本の企業が占める割合は53%になる(世界の平均は41%)。しかし、日本にとって問題なのは、企業の論文数が減少し、その結果、日本のCircuit論文数が減ってきていることである。

一方、米国はCircuitの企業論文の割合は一定しているように見える。また、韓国とEUは乱高下している。台湾は2010年以降、企業論文の割合が増大しており、国家的な政策が奏功している可能性が高い。

Technology論文に占める企業の割合 (図4b))

各国のTechnology論文に占める企業の割合の推移を図4(b-1)に、各国の2005~2013年のTechnology論文合計における企業の割合を図4(b-2)に示す。

2008年のリーマンショックまでは、韓国(80~90%)、日本(60~80%)、米国(60~70%)の順で企業論文の割合が高かった。リーマンショック後、米国は元の水準に戻った。韓国は60%程度に低下したが、Samsungが意図的に論文発表を抑制したことが原因と考えられる。

一方、日本はリーマンショックから時間がたっても、企業論文の割合が減少し続けている。2013年にはとうとう30%にまで落ち込んだ。その反面、

台湾が80%程度に増大させてきた。EUは元々コンソーシアム頼みだったが、2012年以降はほとんど企業論文がなくなった。

2005～2013年までの9年間の合計においては、韓国(77%)、米国(62%)、台湾(61%)の順で企業論文の割合が高い。一方、日本は51%、EUは14%となっている。

日本半導体産業に関する総括

以上、VLSIシンポジウムの論文数の分析から、日本半導体産業の課題が2つ見えてきた。

第1に、Circuitの論文の割合が低いことである。2000年以降、東芝のNAND型フラッシュとエルピーダのDRAMを除けば、日本半導体業界はSoCに舵を切ったはずだ。ところが、米国や台湾に比較すると、明らかにCircuitの論文の割合が低い。しかも、2011年以降はその割合がさらに低下する傾向にある。日本半導体業界の中身は、いまだにメモリ体質のままなのではないか。

第2に、CircuitもTechnologyも企業論文の割合が減少しつつあることである。日本半導体産業は、確実に研究開発の体力がなくなっていると考えられる。

Technologyの研究開発には巨額な投資が必要であるため、Technology分野の企業論文数が減少するのはやむを得ないかもしれない。しかし、Circuitの研究開発には、Technologyほどの高額な投資は必要ないはずである。にもかかわらず、Circuit分野における企業論文が減少していることに納得がいかない。

東芝の常任顧問で、かつ電子情報技術産業協会(JEITA)半導体部会の部会長に就任した齋藤昇三氏は、SEMI Newsで次のように述べている¹⁾。「一方、この間に日本の半導体業界を取り巻く環境が大きく変化してしまいました。その1つが日本の製造業の国際競争力の低下です。その主な要因は電力料金、税制等のインフラコストの高騰、高い人件費、円高、環境規制、低い補助金などがあげられます。これはすでに個社としての自助努力や半導体業界全体の取り組みだけでは限界であり、平等な国際環境の整備を政府に対して要望していく必要があると考えます」。

つまり齋藤氏は、「個社としての自助努力や半導体業界全体の取り組みだけでは限界」であるとして、政府に助けを求めているわけである。

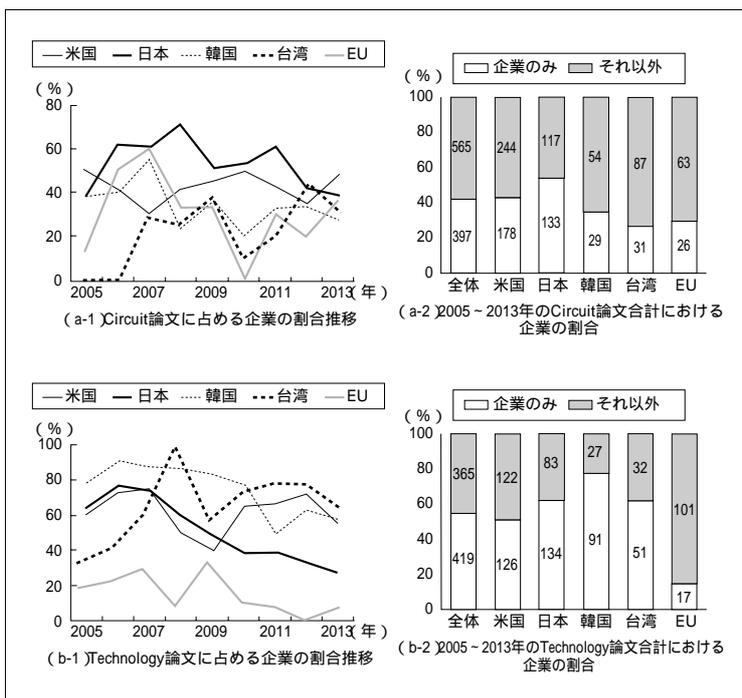


図4 VLSI TechnologyおよびCircuit論文の各国における企業論文の割合

著者はこの訴えに全面的に賛同できない。それは、個社および日本半導体産業が本来行うべき自助努力を全うしていないと思うからだ。日本半導体産業の過剰技術と過剰品質による高コスト体質については、これまで散々書いたからここでは繰り返さない。

本稿の分析から言えることは、日本半導体産業はSoCメーカーに転身したはずなのに、それにふさわしい研究開発、すなわちCircuit分野の研究開発が、米国や台湾に比べて十分にできているとは思えないということである。それが、日本のSoCが壊滅した原因ではないか。

英国の作家で、医者Samuel Smiles氏は、「天は自ら助くる者を助く」という名文句を残した²⁾。日本半導体産業は、政府にすぎる前に、まだ自力でやるべきことがある。

謝辞

本稿に用いたVLSI TechnologyおよびVLSI Circuitの論文データは、東京エレクトロン 有門経敏氏より提供していただきました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 齋藤昇三：日本半導体産業の再興に向けた思い、SEMI News (2013.7-9) Vol.29、No.3
- 2) Samuel Smiles著、竹内均訳：自助論、三笠書房