



米中の覇権争いがエスカレートしているが、米国は、台湾TSMCへの影響力強化を含め、半導体に関するサプライチェーンを早急に再構築しようとしている。中国はもちろんのこと、EUも半導体産業強化に動き始めた。このような中、「我が国はどのような立場をとるべきなのか、どうすれば半導体産業で生き残れるのか」に関する半導体産業強化策の緊急提言を行う。

時代背景

半導体産業を含めたハイテク産業において、米国は徹底した水平分業化によって設計・生産効率を高め、コスト低減を図ってきた。「研究・開発と設計は米国本土、製造及びアセンブリは中国を含めた東南アジア、ソフトウェアはインド」という明確なグローバル戦略を立て、それに基づいて企業活動を遂行してきた。このシナリオにおける製造の中心は今や世界の製造インフラとなったTSMCであるが、中国覇権主義の台頭により、「一国二制度のもとで台湾自身が、中国本土に飲み込まれる可能性が非常に高い」という政治的に極めて不安定な状態になってきた。製造拠点を失いかねない米国は、莫大な資金を投じて製造に力を入れ始めた。CHIPS法案やAFA法案を昨年成立させ、半導体産業に5.7兆円の資金投入を決めている。その2割程度はアリゾナ州へのTSMC 5nmプロセス工場の誘致であり、残りはニューヨーク州へのGlobal Foundryの誘致、さらには半導体製造装置産業、製造材料産業へのテコ入れであるという。また、半導体産業全般に関してEUは総額17.5兆円、そして中国は総額10兆円規模の資金投入を公言している。

我が国政府はこのような各国の急な動きに危機感を持ったのか、自民党は5月に「半導体戦略推進議員連盟」なるものを立ち上げた。韓国における投資計画3,000億円と並び約2,000億円規模の投入を来年度予算に組み込もうとしている。半導体産業強化に向けて、政府が主導で舵取りをしようとしているが、あまりにも唐突であり、くれぐれも間違った方向に向かわぬように、ここに緊急提言を行うことにする。

「半導体事業は大手電機メーカーの一事業部であるが故の少ない投資と投資タイミングの遅れ、過剰品質、メインフレームからPCへ、さらにスマホへのボリューム・マーケットの変化が読めなかった」など、我が国半導体衰退の原因が総括できるが、以下では今後どうすべきかを議論する。日本半導体産業強化策として、「技術的強化策」、「人材育成」、そ

して「研究連携形態」の3つの観点から提言をまとめる。技術的分野に関しては、現在我が国が得意な分野、世界的に競争力のある分野をさらに強化すべきである、というスタンスでまとめる。ただし、standaloneデバイスである3D-NAND、イメージ・センサ、パワー半導体を扱うキオクシア、ソニー、そして三菱電機は既に世界的な実績があり、確立された強みがあることから、この分野に関しての提言は割愛する。また、現在50%以上の世界シェアを誇り、今後我が国半導体の牽引役となると思われる製造装置と半導体材料に関しては既に多方面からの提言が出ていることもあり、ここでは改めて割愛する。

技術的強化策に関する提言

6G基地局用デバイス及び自動車用デバイスにおいては世界で戦える十分な技術ポテンシャルを持つと考え、今後の成長を加速させるための提言を行う。

(1)6G基地局用デバイス

2030年には6Gの時代になる。5Gと比べて10倍のデータ転送速度と応答速度、消費エネルギー効率を実現し、最大300GHz帯までのキャリア信号を使うことになる。この性能を実現するには、光技術つまりシリコン・フォトニクス技術が必要となる。「伝送線路を含め、RF回路のすべてを光信号で処理し、CMOS回路の配線部分を光導波路に置き換える」などだ。基地局と交換局間、交換局間などにおける光通信の研究・開発と実用化に関してNTTは長い歴史と実績を持つ。5Gですら11兆円を超える基地局マーケットだが、他国と差別化するための切り札となるコア技術が、このシリコン・フォトニクスと言える。NTTとNTTエレクトロニクスを中核とし、富士通やNEC、住友電工などとの連携、ユーザである通信キャリア各社との大規模な連携を進める必要があることは、言うまでもない。問題は成果が確実に生まれる連携方法である。最終章で述べるが、過去の失敗を繰り返さないためには、政府主導の共同研究型プロジェクトではなく、成果が生まれる研究連携形態の再設計から始める必要がある。

ご存じのように、米国は世界中のマーケットからHUAWEIを締め出そうとしている。基地局に関して、我が国が今のうちから布石を打っておけば、長期的にみてEUやインド、アフリカなどへの幅広い展開が望める。もちろん欧米は様々な標準化を仕掛けてくるだろうから、うまく標準

化に関わることが重要だ。ここでは政治も強く絡むことから、政府の力が必要となる。

(2) 自動車用デバイス

カーボン・ニュートラル実現の必要性から、「英国では、2035年以降ハイブリッドを含むガソリン・ディーゼル車の新車発売を禁止する」など世界中でエンジン車からEVへの転換が加速している。しかもCASEやMaaSと言われるように、自動車をサービスの一つのセグメントとして捉え、サービス全体をデザインするパラダイムシフトが起きている。既にトヨタとNTTが連携の動きを始めているが、他の自動車メーカ、国交省や様々なサービス業を巻き込んで至急全体のグランド・デザインを実施しなければならない。

いずれにせよ主役は自動車であるが、様々なレベルの自動運転においてその要となる車載用エッジAIデバイスを取り上げ、我々はどうに取り組むべきかを考える。高速・低消費電力を実現するためにArmやRISC-Vなどのプロセッサ・コアと同一チップに置かれる不揮発性・大容量のキャッシュ、つまりワーキング・メモリとして次世代メモリが必要となる。さらに次世代メモリを演算器として使うCIM (Computing in Memory)技術がある。これらを実現するには、まずはキオクシアが次世代ワーキング・メモリへの本格参入することが必要だし、並列処理を行う高度なアーキテクチャが必要となることからプロセッサ設計に長けるルネサスの力が必要となる。つまり、各自動車メーカの半導体技術者を中心に、キオクシア、ルネサスの強い連携つまり、オール・ジャパン連合の結成が必要となる。

次世代メモリの分野は、技術的にもビジネス的にも飛び抜けたメーカは世界中どこにも存在しない。幸い磁性体を使ったMRAM技術に関しては大学の研究レベルであるが我が国が相当リードしている。キオクシアはこのポテンシャルを積極的に利用すべきだ。またルネサスは、演算器の構成を1クロックでダイナミックに変えるアーキテクチャDRP (Dynamic Reconfigurable Processor)技術、製造ばらつきを極限まで制御することでマージン設計を排除し、超高速超低消費電力を実現するデバイスSOTB(Silicon On Thin Buried Oxide)技術を持っているが、早急に100Tops/Wクラスのデバイスを実用化して車載エッジAIデバイスとしての実績を作ってもらいたいと思う。

次に、この不揮発・大規模・ワーキング・メモリを持つエッジAIデバイスをどこで製造するかが問題となるが、2つの理由で自前プロセス使用の可能性があるとと思われる。車載用デバイスに関しては「ライン認定制度」がある。「一旦作った生産ラインは1年間変更してはならず、-40℃から+175℃まで耐えるもので、他用途の半導体と比べて200分の1の

不良率を実現できるデバイスを1年間作り続けられて初めてそのラインでの製造が認定される」という非常に厳しい制度である。「車載半導体は売り上げの僅か3%」が示すように、80%がスマホとPCであるTSMCにとってはビジネス上あまりメリットのないデバイスとなっている。二点目は、wafer to wafer bonding 及びモノリシックな3D構造化である。この実用化に成功すれば、無理やりTSMCの最先端プロセスを使う必要がなくなる。ルネサスの持つ60nm程度のプロセスが活用できることになる。ただ、3D化には東京エレクトロン、そして産総研などとの強力な連携が必要になる。

以上様々述べたが、企業間、企業とアカデミア間の連携が成功の鍵となる。それには、先に指摘したように成果が確実に生まれる研究連携形態の再設計から始める必要がある。また、大規模な連携で効率よく開発を進めるためには技術や情報の共有と、企業間を跨ぐエンジニアの流動化や企業とアカデミアを跨ぐ人材の流動化が必要と思う。流動化はエンジニアのプロ意識を醸成し、待遇を含めてエンジニアを大切にす経営者の意識を醸成することに繋がり、結果として緊張感があり、活性化された連携が実現できる。流動化を図るには、退職金税制の見直しなども必要だ。これも含めて連携に対する税制面の優遇措置を設けるなど政府の力が必要になる。また、ここでも早期から世界標準化に関わることが重要だ。やはり政府の力が必要となる。

なお、このエッジAIデバイスは、ロボットや医療・介護、農・水産業、建築・土木業、など幅広い分野のIoTキー・デバイスとして活用できることを付け加えておこう。

人材育成に関する提言

半導体産業での生き残り策をいくら描いたところで、実現を左右するのは何といっても人材である。そもそも我が国半導体産業凋落の原因の一つは人材育成ビジョンの欠落にあったのではなかろうか。以下では短期の人材育成策と10年以上にわたる長期の育成策に分けて提言する。

(1) 短期の人材育成策

前章で述べた自動車用デバイスに関しては、かつてメインフレームの開発に携わった多くのOBエンジニアが持つ知識の活用を提言する。自動車用は安全性の担保から、20年間の高信頼性が求められる。それには25年間の信頼性を求められたメインフレームでの設計ノウハウ(例えば診断容易化技術など)が必要で、過去の経験知が生かせることになる。また、アーキテクチャ設計やOSの設計、レイアウト設計さらには自前設計ツールの開発者などOBエンジニアがたくさんいる。半導体が主戦場で熾烈な戦いが始まろうと

している自動車産業において、OBの持つ知識をデータベース化し、それをIT化して大規模なオンライン教育環境を構築する。それを活用して現役世代の人材を育成するのだ。

ご承知のように、我が国の大学の電子・電気、情報系学部では、半導体関連の研究室への所属希望学生数が激減している。また、毎年各大学の教員は文科省管轄の日本学術振興会に科学研究費の獲得を申請するが、今までは、申請書の文言に「半導体」があるだけで多くの場合不合格となっていたのが実態だ。このようなことは早急に止め、逆に積極的に採択する措置を取るべきである。また、半導体関連研究室学生への奨学金優遇措置なども考えられる。

(2) 長期の人材育成策

オバマ政権時代米国では工学と自然科学に関する幼児期からの教育、STEM (Science, Technology, Engineer, Mathematics) 教育の重要性が唱えられ、具体的な方策に沿って遂行されている。つまり米国には国家戦略として明確な人材育成方針が存在しているのである。ビジネス上の動機もあるが、この教育には GAF A、Microsoft などが大きく関わっている。教育プログラム作成、教材作成、そして教員派遣に関して幅広くコミットしているのである。他国では、例えば、シンガポール、韓国、そして中国などでも STEM 教育が国家としての教育の柱の一つとなっており、その結果は言わずもがなである。我が国でも文科省が STEM 教育を取り上げてはいる。実際、小中学校でプログラミング教育の必修化が始まった。しかし、産業界人材育成のセグメントとなりうるように、どれだけ産業界と会話をした上での話なのだろうか。自然科学分野で 10 年間に取得するノーベル賞の数値目標を掲げたのと同じように、プログラミング教育も実効性のないものになってしまうことが大いに危惧される。なにせ受験科目とは無関係なのだから。

ハイテク・エンジニアにおいては変化し、進化し続ける技術の習得が常に求められるが、我が国ではこの学習環境が非常に乏しい。これではエンジニアの技術レベル低下に直結してしまう。一方シリコンバレーを中心に米国では、オンライン教育環境を活用して、現役エンジニアが最新技術のみならず、そこで必要となる数学、物理、化学、そして計算機科学に関する基礎知識の再学習に励むことが日常化している。我が国においてもこのような再教育システム整備の必要性を強く感じる。我々 SSIS では従来から一般企業向けの教育講座を提供しているが、さらなる充実を図るには何といっても資金が必要だ。我々のような活動の存在を認識し、公的資金支援を積極的に行うことを、政府に強くお願いしたい。

また、「教育は学校だけではなく、社会全体で行うもの」という認識も必要だ。シリコンバレーにある NASA の Ames

研究所では高校生を対象にしたインターンシップ制度を提供し、Computer History Museum では高校生以下の児童生徒に教育プログラムを提供している。講師は IBM や Intel などの名だたる企業の OB エンジニアである。米国におけるこのような実例は枚挙にいとまがない。つまりハイテク産業において大きなイノベーションを起こすには、これだけの教育リソースと教育に対する熱意が必要なのだ。我々も社会全体でエンジニアリングの楽しさ、面白さを若者に伝える環境が欲しいものである。今は中断しているが、SSIS では、半導体に興味を持たせ、学習モチベーション向上を目的として大学生を対象にした「シリコンバレー・ツアー」を企画し、実施してきた。「参加学生の負担金を数万円に抑える」などのためにはまずは資金が必要で、このような草の根的な活動にこそ公的資金支援をすべきである。また SSIS が長年運用する「日本半導体歴史館」に関しても同様である。

研究連携形態に関する提言

まずは、我が国におけるハイテク分野での代表的な国家プロジェクトを振り返ってみよう。

【ケース1】第5世代コンピュータ・プロジェクト

通産省主導で1982年から1992年にかけて10年間と570億円もの資金を投入した一大プロジェクトだ。「第1世代は機械語、第2世代は低級言語と続き、第5世代は人工知能言語」として捉え、「If-then 型で知識を記述すれば、計算機で人間並みの推論が可能」という発想で始めた共同研究型プロジェクトだ。しかし、If-then 型での知識の記述には限界があり、結局は全く成果が出ずに失敗に終わった。十数社の企業が参加した共同研究型大プロジェクトであるから、特定企業のニーズに合うテーマを取り上げる訳にはいかない。そこで最大公約数的なテーマに絞り込んだ結果、「If-then 型推論」となったわけだ。皮肉にも、誰にも使われなかった推論専用マシンだけが残る結果になったのだ。

【ケース2】MIRAI プロジェクト

総額 225 億円を投じ 2001 年から 7 年間続いたプロジェクトだ。NEDO の下、産総研が主導で、ハーフピッチ 45nm 以降のリソグラフィ技術、成膜技術、トランジスタ構造技術などを開発し、その研究成果を産業界に移管することが目的であった。ここでも多くの企業が参加する共同研究のため、参加企業のコンセンサスを取ることが難しく、企業ごとのニーズに対応できずに結局は成果を出すことができなかった。

以上のように、「政府主導の共同研究型プロジェクト」は失

敗している例が数多い。世界を席卷するハイテク企業が次々と生まれるシリコンバレーを見れば、そこに政府主導の共同研究型プロジェクトなど存在しないことがすぐ分かる。UCBとスタンフォードという2つのアカデミアがシリコンバレー地域全体における基礎研究所の役割を果たしている。アカデミアと企業間では人的な交流が極めて盛んであることから、そもそもアカデミアが設定する研究テーマは企業ニーズが非常に良く反映されている。その基礎的研究成果を各企業が受け取るわけだが、各社が自己責任で最終成果に結びつけている。このような研究連携形態が60年以上かけて形成されてきたのだ。おそらく今の姿になるには相当の試行錯誤があったに違いない。

今度は、半導体分野の研究成果を次々としているベルギーのフランダース地方ルーベンという大学の街にある民間研究機関IMEC (Interuniversity Microelectronics Centre) をみてみよう。25年以上かけて作り上げられたものだ。IMECでは、Intel、Samsung、東京エレクトロンなど、そこに資金提供している世界600社ほどの企業ごとのニーズに応じた研究テーマを設定しており、資金提供している企業からの出向者とIMECの研究者がグループを作り、研究に当たっている。企業ごとの個別テーマであり、互いのCTO同士の繋がりが密であることから成果が出るのである。

図1に、日本、シリコンバレー、そしてIMECにおける研究連携形態の比較をした。海外におけるこの2つの成功例は我々に次のことを教えてくれている。

- (1) 最大公約数的なテーマしか扱えない共同研究型プロジェクトなどは行っていない。
- (2) 政府が意図的に作り上げた研究連携形態ではない。
- (3) 民間企業主導、アカデミア主導である。
- (4) 研究連携形態は長い年月をかけて作り上げられた。決して一朝一夕にはできたものではない。

つまり、「政府主導の共同研究型国家プロジェクト」を慌てて立ち上げ、そこに巨額な資金を投入したところで、うまく行かないことは明白なのである。そもそも我々は、成果が確実に生まれる研究連携形態を再設計するところから始める必要がある。例えば、「あくまでも民間が主導、政府は必要最小限の資金支援など脇役に徹する」などが基本となるのかもしれない。いずれにせよ研究連携形態の再設計は、多くの人の英知を集め、過去にとらわれない若者の大胆な発想も取り入れて進められる必要がある。とくに「政府の関わり合い方」などは、日本中で大激論が起きてしかるべきである。

まとめ

日本半導体産業強化策、生き残り策として、「技術的強化策」、「人材育成」、そして「研究連携形態」の観点から、以下12項目の提言を行う。

- ① 6G 基地局用デバイスとしてシリコン・フォトニクスをコア技術とし、関連企業との連携強化を。
- ② 自動車用デバイスとして次世代メモリの活用を。
- ③ 自前プロセスで3D化に注力。
- ④ 企業間での人材の流動化を促進。
- ⑤ 世界標準化に対して政府の積極的関与が必要。
- ⑥ メインフレームで活躍したOBエンジニアの知識活用を。
- ⑦ 現役エンジニア向けオンライン教育環境の充実を。
- ⑧ 戦略性があり実効性のあるSTEM教育が必要。
- ⑨ 大学における半導体関連科学研究費の優遇を。
- ⑩ 社会全体で若者に対してエンジニアリングの楽しさ・面白さを伝えることのできる環境作りを。
- ⑪ 政府主導の、にわか共同研究型プロジェクトへの巨額な資金投入は止めるべき。
- ⑫ 確実に成果が生まれる研究連携形態の再設計が必要。

本提言に関しまして、是時忌憚のないご意見を論説委員会 ronsetu@ssis.or.jp までお寄せ下さい。お待ちしております。

論説委員： 鈴木五郎(委員長) 渡壁弥一郎(副委員長)
井入正博 川端章夫 長尾繁雄 吉岡信行

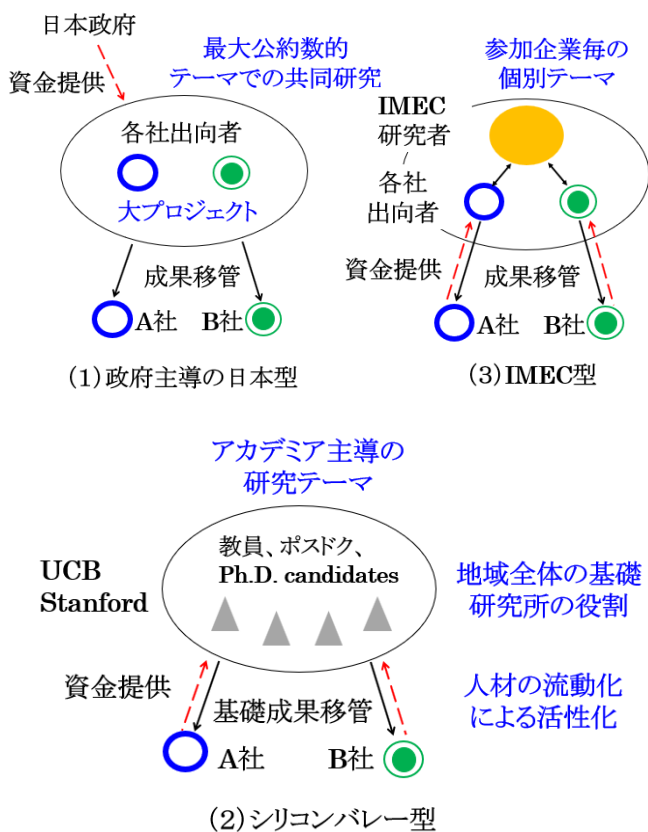


図1 各国における研究連携形態の比較