

スタンフォード大学の研究室から

～西研究室～

スタンフォード大学工学部電気工学科教授
(兼) 集積化システム研究センター所長
(兼) スタンフォードナノファシリティ所長

工学博士 ^{にし}西 ^{よしお}義雄

早いもので、テキサスインスツルメント社からスタンフォード大学の教授に就任して4年目も半ばを過ぎた。永らく民間企業に、それも研究開発全般の責任者という立場から、一研究者の立場の大学教授への転身には、色々な人々が好奇の目で見ておられたことは承知してきた。幸い、私自身の研究室も軌道に乗り、博士課程の学生、研究スタッフ、民間企業からの研究員を合わせて20人近いグループに成長。連名を含め国際学会等への論文発表も20件を越え、まあまあ上出来の部類と考えている。これもひとえに、大学の同僚、会社の方々からの御協力の賜物と思い、深く感謝している。

初めに、スタンフォード大学の理工科系の簡単な紹介をしたい。工学部に限ると、毎年200名強の博士 (Ph. D.) を送り出しており、220名程度の教授、助教授が9学科に分かれて学生の教育、研究指導にあたっている。このうち約1/3は米国科学アカデミーまたは工学アカデミー会員である。研究費総額は200億弱であり、そのうち大学自前の部分が1/4、委託研究が1/2、残りは各種研究センターおよび寄附となっている。工学部の最大の学科は筆者の所属する電気工学科で、68名の教授、助教授から構成され、MITと全米の1位、2位を常に競っている。学部、大学院の組織は簡単で、電気、機械、材料、化学工学、宇宙、航空、環境工学、経営工学、生物工学、コンピュータ・サイエンスに分かれ、それぞれ学部生、大学院生を持っている。複雑、多岐化する研究分野の動きに対しては、学部・学科構造を変えず、「研究センター」によって対処している。これは、基本的にマルチ・ディシプリンとなっており、例えばそのひとつである「集積化システムセンター (CIS)」は70名を超える教授 (全て本籍の学科からの兼任) 助教授から成り、所属学科も工学部だけでなく、理学部さらに医学部にまで及んでいる。従って、研究の自然な変遷と共に、あらゆる学科の人たちが、知恵を寄せ合う機会があるわけで、学生達も自分の指導教授の他に、他学科あるいは、他学部の教授の指導を、必要に応じて受けられるのが特長である。私の10人の博士課程の学生も、電気工学科以外の学生も少なくない (物理1名、材料4名)。ま



スタンフォード大学

た私自身も他の教授の学生の副指導教授をいくつも努めている。これらのことは、現在の最先端の科学技術が本質的に多岐にわたる学問分野が互いに絡み合っていて進んでゆくことを考えると至極当然のことと云える。然しながら、色々な人を、特に日本人とか、アメリカでもやや保守色の強い東海岸の名門校、と話をしていると仲々実行できていないようである。スタンフォード大の場合、西海岸のオープンなカルチャーと、更にシリコンバレーと云うハイテクのあらゆる面が互いに相互作用を持って、そこに新しいものが誕生してきた伝統 (?) からの影響が強くと云ってさしつかえあるまい。更に、全ての学部、学科が、医学部を含め歩いてゆける範囲に集中していると云うこともプラスに働いているかも知れない。私が現在所長を勤めている、Stanford Nanofabrication Facility は、National Nanotechnology Infrastructure Network (略称 NNIN) の大きな核となっており、そこへナノテク関連の教授、更にはナノテクベンチャー企業数10社が集まって共通利用施設を形成している。これも一層の他分野に渉る自然な協力、相互刺激を生み出していると云えよう。

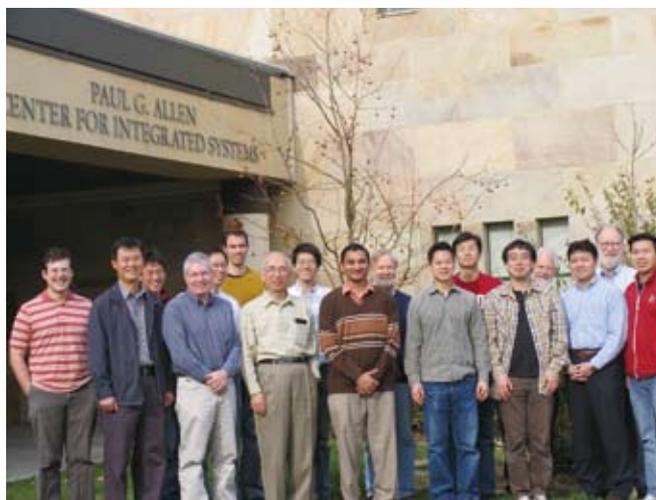
さて私の研究室であるが、大きく分けて3つの分野の仕事を行なっている。第1は ITRS Roadway で云う32nm 及

びその先を指向した高性能 MOS トランジスタの研究、特に金属ゲートの仕事関数の制御とその基本的性質の研究である。これは、仕事関数の異なる二種類の金属を重ね合わせ、下層膜の膜厚を加減することにより、二種類の異なる仕事関数の間の値を得ようと云う目論見である。実験的なアプローチと、第一原理計算による理論を組み合わせることによって、基本的な現象の理解が得られ、現在は実用化に向けた研究の段階に入りつつある。更に、MOS トランジスタのチャンネル中のキャリアが、極薄 SOI の中では量子化されることを利用し、これと歪応力効果の組み合わせによる更なる移動度改善の研究も並行に進めている。これに高誘電率絶縁膜を組み合わせた研究プロジェクトを組織し、5 学科、9 教授の共同研究を10社の共同出資により進めており、発足3年目現在でいくつも大きな成果が出始めている。材料中の欠陥等の研究も大きな比重を占めており、かつて筆者が行っていた ESR (電子スピン共鳴吸収) 等も含め本質的な現象の理解を深める努力が進んでいる。

第2の分野は、不揮発性メモリー特に固体電解質中のイオンの移動により、電極間にナノフィラメントが形成・消滅することを利用したデバイスの研究である。この分野は最近特に注目を集めつつあり、エンベデッドメモリーとして、あるいは不揮発性ロジック回路の構成要素としても面白い可能性を秘めている。現象の微視的モデルの検証を辛抱づよく行ないながら、更に2端子から3端子デバイスへの模索を行なっている。他の不揮発性メモリー、例えば相転移型メモリー、強誘電体メモリー、バンドオフセットエンジニアリングをフラッシュメモリに導入した新しいフラッシュメモリ等を、私を含めて5人の教授でチームを作り取組んでおり、私の研究はその一部分を占めている。このような進め方は、教授、学生、研究員を含め毎週一回の議論を行ない、学生達の出してくる結果は、お互い遠慮のない議論の対象となる。こうした相互作用から新しいアイデアの生まれることも多々ある。

第3の分野は、化学科の教授と一緒に、ナノチューブ、ナノワイヤーを用いた超高密度デバイス集積の研究である。これは未だかなり長期間に渉る努力が要求されているが、要は「制御された成長機構」をいかに実現するかにある。その前段階として、各種テンプレートを用いたナノチューブ、ナノワイヤーの成長と、それらの特性解析、MOSFET 特性の評価が今の処大きなテーマであるが、これも複数の専門家どうしの協力が必須である。

このところ特に、企業からの研究員が参加するケースが増えてきており、私の研究室だけでも5人を数える程である。米国の会社の他に、日本、韓国、台湾等の有力会社から優秀な研究員が参加、学生、教授と自由な議論が行なわれているが、これは大変良い状況と思う。これらの研究員が、所属研究室以外の教授、学生と研究を進めることも大いに推奨しており、これによってこれら研究員は広いネットワークの形成



スタンフォード集積化システムセンター前にて
研究室メンバーと (前列左から4番目)

もでき、これは将来的にも当人にとりプラスとなることは明らかである。学生も米国籍の他、各国のトップクラスの学生達があり、大学院へ入学した時点でやや怪しげな言葉を話していた学生達も半年位でコミュニケーションの不自由は解消してしまうことには、私自身驚かされることが多い。

学生の博士論文のテーマをどうやって決めるかという質問をしばしば受けるが、私のやり方は「大枠は示すが、個々のテーマについては学生の自主性を期待する」に尽きる。云いかえれば、手取り足取りの指導は必要が無いし、また行なわないことにしている。その代り極力学生の質問には応じるが、彼等が思いついてきたアイデアは極力尊重している。学生達もそれに応じて色々と考えてくるので、大変楽しい議論ができるわけである。よく日本の経営者の方々から、博士は巾の狭い、深い専門家なので企業として使い難いという話を聞かされる。私達のやり方は、学生達を複数の専門家達に、指導教授、副指導教授として常に接触させ、更に学生達が自分の研究を進めるにあたり、広い範囲からの知識、理解を動員せざるを得ないように留意している。従って、深いけれども間口が狭い専門家にはならない。この辺が米国で Ph. D. が引張りだこになり、研究者、技術者としてのみならず、経営者にも容易に転向できる理由と考えている。

私の研究室の将来的な方向としては、前述の3つの分野を柱として、ゆくゆくは3次元集積へ向かう基本要素の研究をマルチディシプレナリーに進めて行こうと考えている。

CIS103
Stanford University
420 Via Palou Mall
Stanford, California 94305-4070
nishiy@stanford.edu