

《日本半導体産業のジレンマと復活への提言》

コストと技術は別物ではない “ 儲ける技術 ”で悪循環を断て



同志社大学 COEフェロー 兼 長岡技術科学大学 客員教授 湯之上 隆

日本経済は回復基調に乗ったが、日本半導体産業は、いまだ長いトンネルを抜け出せずにいる。自動車産業の力強さと比較すると、その落差は大きい。日本半導体産業は、コスト競争に敗れ、DRAMから撤退したが、その教訓はいまだ生かされていない。Intelは原価から逆算して儲けるプロセスを構築し、Samsungは最初から歩留り向上を織り込んだプロセス開発をしている。日本は、コストとは技術そのものであることを認識し、安く作って儲ける固い決意をするべきだ。

生かされていないDRAM撤退の教訓

日本半導体産業は、世界市場で8割のシェアを誇っていたDRAMから撤退した。業界関係者は、“韓国、台湾、米Micron Technologyにコストで負けた”と考えている(図1(a))。撤退直前の64M DRAMで比較してみると、確かに、日本メーカーはマスク枚数が多い(図2)。その結果、原価が高く、営業利益率が低い状態にあった(図3)。コスト競争力の問題が敗北の一要因であったことは、間違いな

いであろう。それでは、業界関係者も認める“コストで負けた”DRAMの反省は、その後、どう生かされたのだろうか。ここ数年の営業利益率を見てみると、米Intel、韓国Samsung Electronics、米Texas Instruments (TI) およびTaiwan Semiconductor Manufacturing (TSMC) が20%を超えているのに対し、日本大手メーカーの営業利益率は明らかに低い(図4)。NECエレクトロニクス(NECEL)のように赤字に

転落するメーカーすらある。ところが、営業利益率が低いことは今に始まったことではない。DRAMで世界を席巻していた1980年代ですら、10%を超えたことはなかった¹⁾(図5)。

つまり、日本半導体メーカーの高コスト体質は、昔から変わっていない。DRAM撤退の教訓は、結局、生かされていない。それどころか、事態はより悪化しているように見える。何故、日本の半導体は変わらないのか?

日本半導体産業の技術力

業界関係者は、“コストで負けた”が“技術では負けていない”と思っている(図1(b))。これは技術者だけに限らない。経営者も“技術では負けていない”ことを強く主張する。日本半導体産業がトンネルから抜け出すことができないのは、この意識に原因があると筆者は考える。

それでは、実際に、日本半導体の技術力はどの

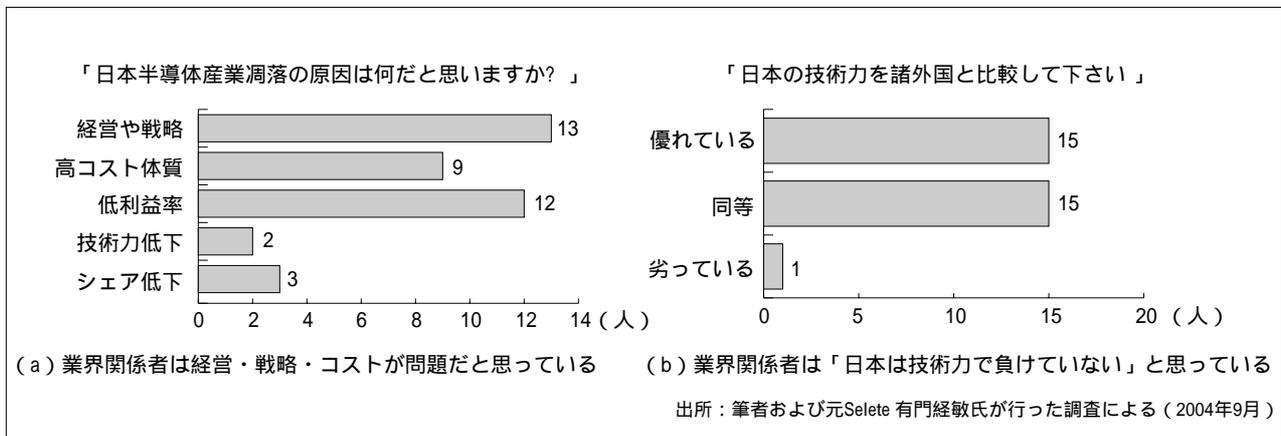


図1 日本半導体コンソーシアムの技術者への調査

Focus ● 日本半導体産業

ような状況²⁾にあるのだろうか? 半導体生産には、3段階の技術がある。リソグラフィやエッチングな

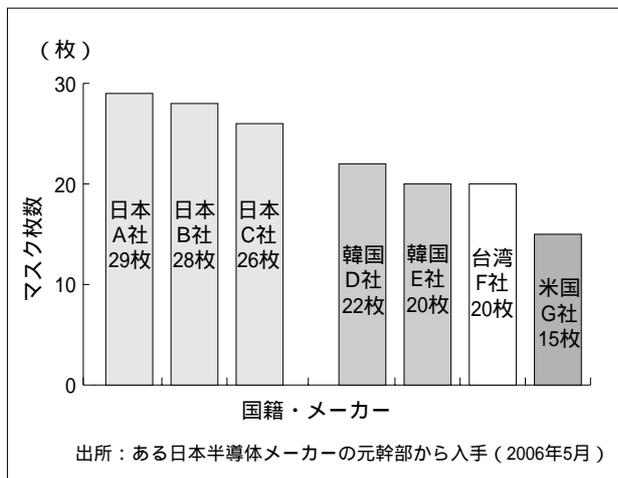


図2 日本の最後となる64M DRAMのマスク枚数の比較

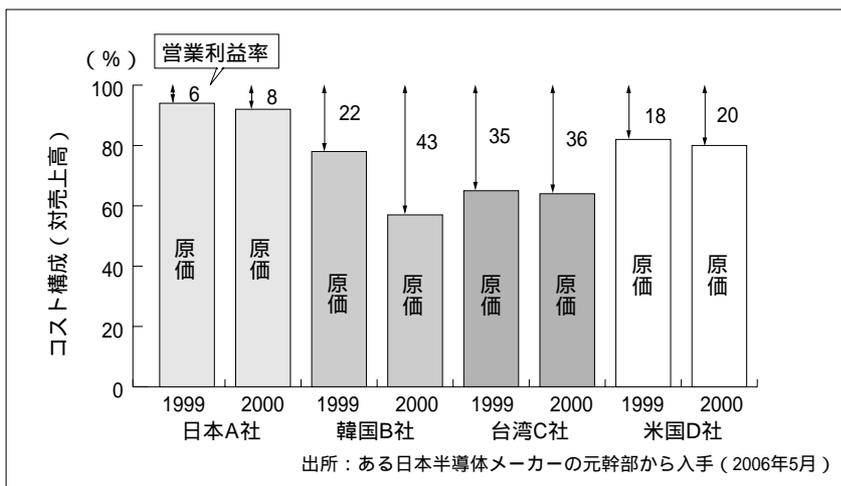


図3 諸外国の半導体メーカーのコスト構造

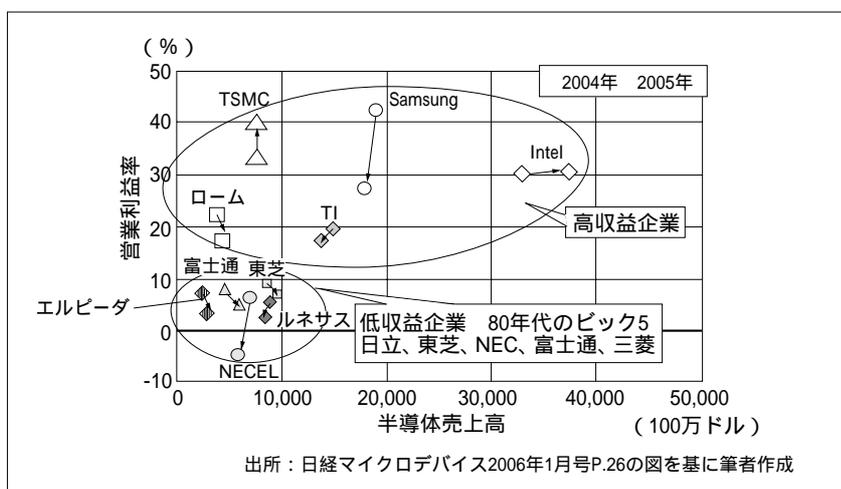


図4 半導体メーカーの売上高および営業利益率

どの要素技術、要素技術を組み合わせて工程フローを作るインテグレーション技術、および工程フローを基に歩留りを向上させる生産技術である。この3段階について、日本と諸外国を比較した。具体的には、装置メーカーの技術者、海外に生産委託をしている日本半導体メーカーの技術者、および日本から海外の半導体メーカーに転職した技術者への聞き取り調査を広範囲に行った。その印象をまとめると次のようになる（表1）。

日本半導体産業の要素技術およびその開発力は高いようである。また、高品質な半導体デバイスを作るためのインテグレーション技術および生産技術も高いようだ。しかし、要素技術は過剰な技術であり、高いインテグレーション技術と生産技術によって作られる半導体デバイスは過剰品質になっているように見える。

一方、コスト競争力の点から言えば、要素技術、インテグレーション技術、および生産技術の全てに大きな問題があると思われる。特注仕様にするため装置単価は高い。また、スループットが悪いため装置台数が多い。その上、マスク枚数および工程数が多く、諸外国のように、歩留り向上が徹底されていない。

以上のことから、日本半導体産業は、高品質な半導体デバイスを作る技術は優れているが、安く作るための技術が大きく劣っているのではないかとと思われる（図6）。“負けていない”はずの技術は、異なる評価軸で見れば、大きく負けている可能性が高い。DRAMは“コストで負けた”と認識されているが、この反省が生かされているとは思えない。日本半導体産業の最も大きな問題は、安く作る“技術で負けている”という認識がないことであろう。

日本半導体産業のジレンマ
「イノベーションのジレンマ」という本がある³⁾。著者Christensen氏は、HDDの歴史を詳細に調べた。その結果、業界トップ企業が、破壊的技術に直面した際、顧客の要求に耳を傾け、合理的な判断を行うが故に、トップの座から滑り落ちてしまう現象を法則化した。また、このよ

うな破壊的技術は、少し性能が劣るけれども小さい、使いやすい、安いなどの特徴があることを示唆した。

日本半導体産業のDRAM撤退のケースも、この法則を使って説明できる(表2)。80年代、メインフレームメーカーおよび電電公社は、25年保証の壊れない高品質なDRAMを要求した。このような高品質なDRAMの生産に成功した日本半導体メーカーは、米国を追い抜いて、シェアでトップになった。この時、日本半導体産業には、性能および品質の極限を追求する技術文化が形成された。

ところが、90年代になると、コンピュータ業界に変化が生じた。メインフレームに代わって、PCが上位市場となった。韓国、台湾、Micronは、わずかに品質では劣るPC用のDRAMを安く大量生産することにより、シェアで日本を追い抜いた。

この時、日本半導体産業は、80年代に形成された極限技術で25年保証の高品質なDRAMを作り続けた。何故ならば、日本半導体産業の主要顧客はあくまでメインフレームメーカーだからである。日本は、極限技術で高品質なDRAMを生産し、これをメインフレームメーカーにもPCメーカーにも販売した。その結果、韓国、台湾とMicronにコストで負けた。つまり、日本は、わずかに品質で劣るPC用DRAMを安く大量生産する“破壊的技術”に駆逐された。まさに“イノベーションのジレンマ”が起きたのである。困ったことに、駆逐され撤退したにもかかわらず、いまだに日本は負けたと思っていない。“日本半導体産業のジレンマ”はChristensen氏が唱えた法則より一層深刻である。

続く負のスパイラル

日本半導体産業は悪循環に陥っている(図7)。日本は、過剰技術で過剰品質の半導体デバイスを作っている(少なくとも技術者の意識はそうになっている)。その結果が、日本半導体産業の低利益率につながっている。原価が高いから、シリコンサイクルの底になると大赤字を計上する。そのたびに、リストラして社員を減らす。新入社員も採用しなくなる。

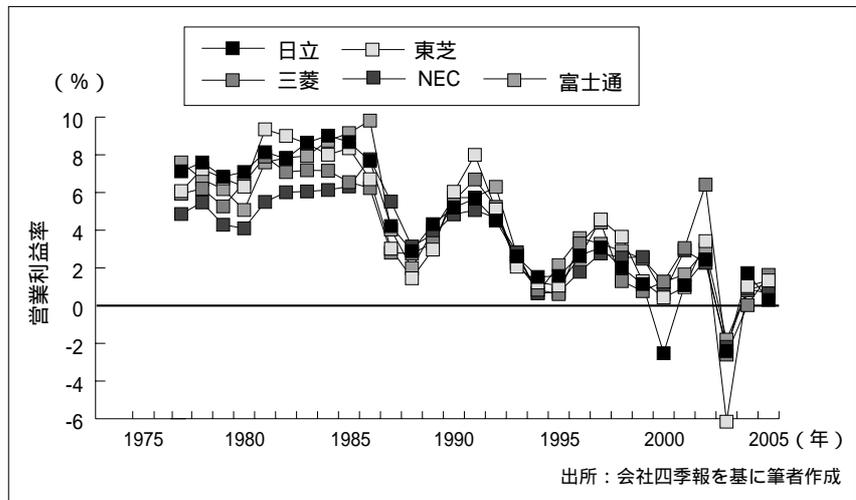


図5 日本半導体メーカーの営業利益率

表1 日本と諸外国の技術比較

	日本	韓国・台湾など
最優先事項	高品質、極限技術	歩留り、コスト
要素技術	技術開発力は高い 極限技術を追求する オーバースペック気味?	既存技術を延命する 技術開発には興味ない? 装置メーカー任せ
インテグレーション技術	高性能実現のため、あらゆる工夫を盛り込む その結果工程数が多い	歩留り向上のためにインテグレートする(韓国) マスク枚数、工程数をなるべく減らす(台湾)
生産技術	高級な装置を並べる 装置のスループットが悪い 装置台数が多い	歩留り向上を徹底する 既存装置を使いこなす 装置稼働率・スループットの向上を目指す

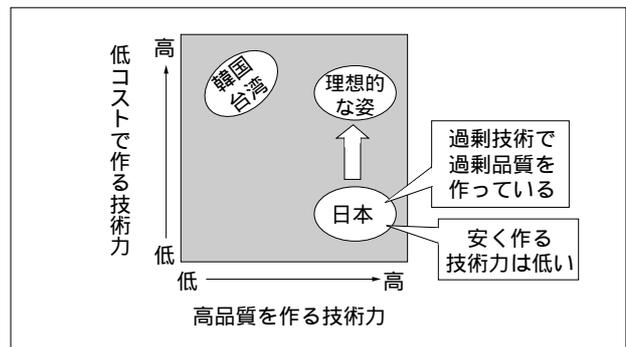


図6 半導体メーカーの売上高および営業利益率

驚くことに、大手メーカー5社合計で、ピーク時に31万人いた社員は半分以下の15万人になってしまった(図8)。その一方、社員の平均年齢は、20歳代からじりじり上昇し続け、今や40才前後になってしまった(図9)。

儲からないと、研究開発費や投資も削減され、技術開発ができなくなり、特許・論文が減少する⁴⁾(図10)。また、若手社員が減り、社員の高齢化が

表2 日本がDRAMで敗北した理由

	~ 1980年代	1990年代	2000年~
DRAMの用途	メインフレーム	PC	?
DRAMの競争力	高品質	低コスト	?
日本	DRAMシェアNo.1 極限技術と高品質の技術文化形成	競争力喪失、DRAM撤退 過剰技術で過剰品質を作り続けた	SoC 何をどう作るの?
韓国	変化なし	変化なし	強大!
		低コストDRAMでシェアNo.1	

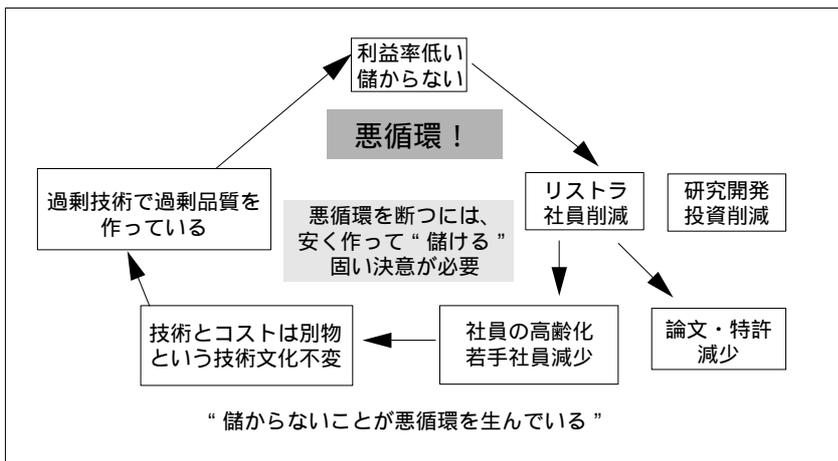


図7 日本半導体産業が陥っている負のスパイラル

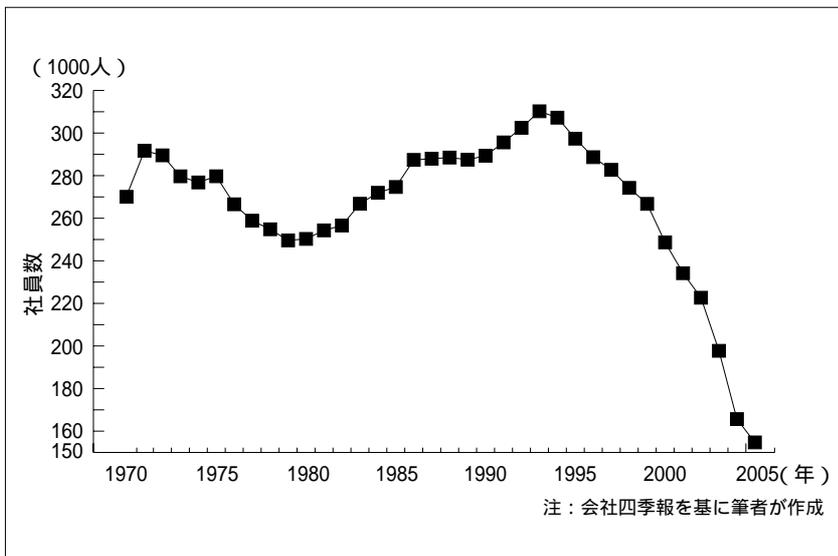


図8 5社（日立、東芝、NEC、富士通、三菱）合計の社員数

進むため、組織の活性度は低下し、技術文化は一向に変わらない。その結果、やはり、過剰技術で過剰品質を作り続ける意識が変わらない。

このように、日本半導体産業は、負のスパイラルに陥っている。この悪循環を断ち切るには、どうしたら良いだろうか？

負けを認めて真の復活を

日本は、第2次世界大戦の敗北から立ち直り、奇跡的とも言える高度経済成長を成し遂げた。筆者は、この奇跡を語る詳細な知識を持ち合わせていない。しかし、日本の敗戦と、日本半導体産業のDRAM撤退とを重ね合わせると、1つの考えにたどり着く。

1945年8月15日、昭和天皇の玉音放送により、日本の敗北が伝えられた。つまり、日本の国民全てが、日本の敗戦を認識した。そこから日本は奇跡の復興を遂げた。

一方、日本半導体産業はDRAMから撤退したが、負けた認識がない。それどころか“技術では勝っている”などと主張する人もいるのである。日本半導体産業が真に復活するためには、まず、負けたことを、素直に認識することが必要なのではないか？ ビジネスで負けた、経営で負けた、技術で負けた、韓国に負けた、そのことを潔く認めようではないか。負けを認めることから、真の復活が可能となる。幸い日本には、技術開発ポテンシャルがある。

負けを認めたら、挑戦者として、勝者に挑む覚悟を決めよう。勝者は、どのようにして技術力をコスト競争力に反映させているのか？

Intelは、PCの売価および原価から逆算して、MPUの原価および歩留りを決めている。さらにそこから逆算して、そのような原価および歩留りを達成できる

ように、プロセスフローを構築している。つまり、プロセス開発の段階からコストを強烈に意識し、儲けるプロセスを構築している⁵⁾。

Samsungは、最低4チームが、次に量産するメモリの試作を行っている。4チーム間の競争は熾烈である。ここで勝たない限り、昇進、昇格はない。あるチームのデバイスが量産展開されることになったとしよう。そのチームは、開発部から生産部へ転勤となり、そのまま量産立ち上げの中心となる。すみやかに歩留りを上げなくてはならない。すなわち、最初から歩留り向上を考えたプロセスフローを構築しているのだ⁶⁾。

日本は、最先端を追求し、高性能、高品質を追求することが得意だが、それだけでは半導体ビジネスで勝者になることはできない。コストと技術は別物ではない。IntelやSamsungのように、儲けるデバイス、儲けるプロセスを作ることが絶対に必要だ。

半導体のコスト競争はこれからも続く。半導体で生き残っていくためには、数千億円の設備投資を継続しなくてはならない。つまり、会社存続のためには、利益を上げ続けることが必要最低条件なのである。だから、安く作って儲けようという固い決意が、経営者にも、技術者にも必要だ。儲ける技術で、儲けるデバイスを生産し、儲ける経営をする、それが負のスパイラルを断ち切る唯一の方法である。

儲けるデバイス、儲けるプロセスを模索する過程から、世界の半導体業界を一転させる破壊的技術が生み出されると筆者は考える。

参考文献

- 1) 湯之上隆：日本半導体産業のコスト競争力に関する一考察 プロセス開発の初期過程に問題あり、技術革新型企業創生プロジェクト（ルネッサンスプロジェクト）Discussion Paper Series #06-08、<http://unit.aist.go.jp/techinfo/cisrep/>（2006）
- 2) 湯之上隆：技術力から見た日本半導体産業の国際競争

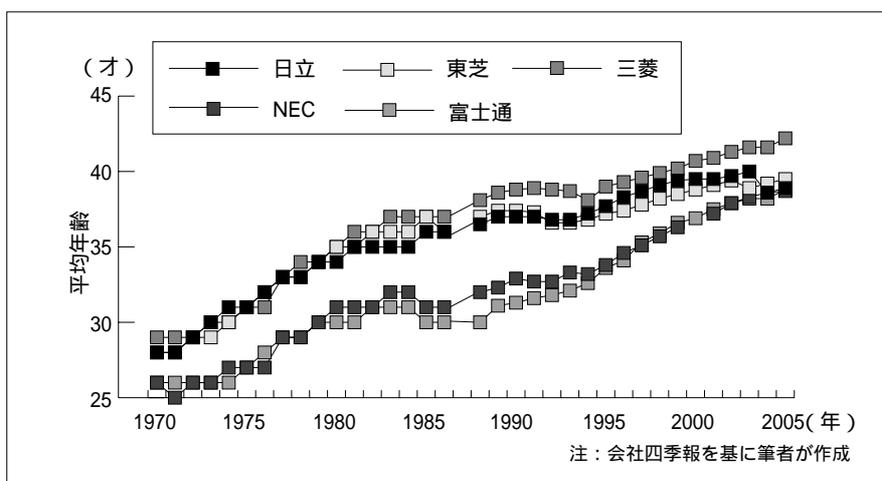


図9 日立、東芝、NEC、富士通、三菱の社員の平均年齢

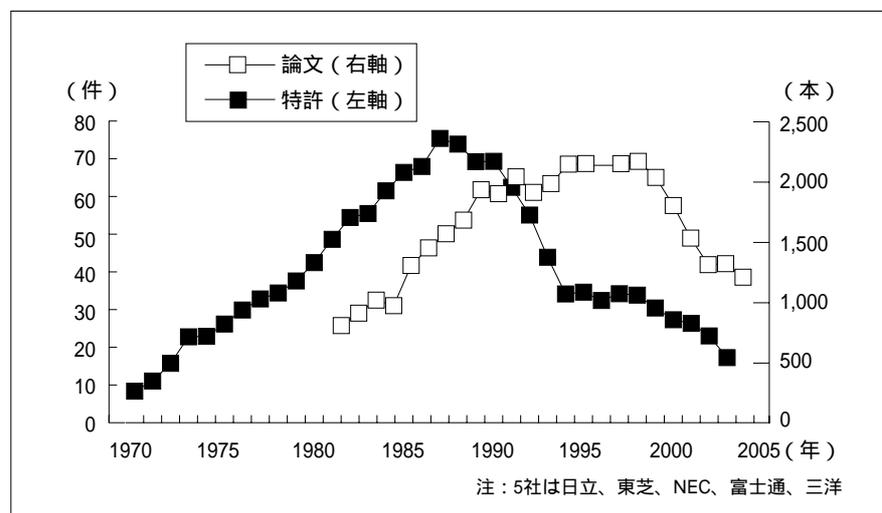


図10 5社合計の日本特許出願数および英語論文本数

力 日本の生産技術力は大丈夫か?、技術革新型企業創生プロジェクト（ルネッサンスプロジェクト）Discussion Paper Series #04-11、<http://unit.aist.go.jp/techinfo/cisrep/>（2004）

- 3) Clayton M. Christensen著、玉田俊平太監修、伊豆原弓訳：イノベーションのジレンマ 増補改訂版（原著タイトル“ The Innovator's Dilemma ”）翔泳社（2001）
- 4) 湯之上隆：日本半導体産業の論文数および特許出願数と国際競争力に関する一考察、技術革新型企業創生プロジェクト（ルネッサンスプロジェクト）Discussion Paper Series #06-02、<http://unit.aist.go.jp/techinfo/cisrep/>（2006）
- 5) 筆者による元Intel社員へのインタビューの結果による（2005年11月4日）
- 6) 筆者による元富士通社員へのインタビューの結果による（2005年11月18日）