

Title	半導体と装置の価値は競争か共創か：パッケージとチップボンダーのケース
Author(s)	井田, 琢也; 若林, 秀樹
Citation	年次学術大会講演要旨集, 35: 144-148
Issue Date	2020-10-31
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/17427
Rights	本著作物は研究・イノベーション学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Research Policy and Innovation Management.
Description	一般講演要旨

半導体と装置の価値は競争か共創か ー パッケージとチップボンダーのケース ー

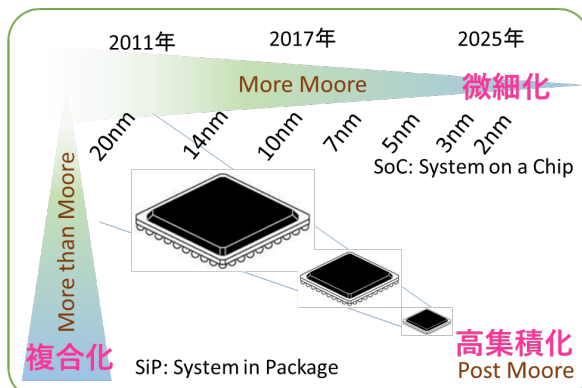
○井田琢也(東京理科大学経営学研究科技術経営専攻),
若林秀樹(東京理科大学経営学研究科技術経営専攻)
8819208@ed.tus.ac.jp

1. はじめに

半導体産業はムーアの法則にみられるように、半導体チップにおける回路パターンの微細化、高集積化と共に発展してきた。微細加工限界が近づく中で、More Moore から More than Moore の潮流が注目され、TSMC では 3D 実装も重視している。[1] また、今後は後工程が注目されるとしている。[2]

2. 先行研究

半導体業界では、日本のデバイスメーカーのシェアが低下する中で、装置メーカーは相対的にシェアを維持している。前者の背景については多くの先行研究があるが、後者に関してはアナリストレポートを除き、個別の製造工程に用いられる装置についての競争力分析[3] がある程度で、業界全体についての先行研究は少ない。[4] 特に半導体では、韓国、台湾が優位な地位を占めている[5][6] が、装置では、なお欧米や日本が優位である。その中で日本企業は、微細化加工が中心の前工程では、露光機ではシェア低下、それ以外はシェア維持、その後でパッケージ化するまでの後工程では、検査や切断では高シェア維持、組立では低シェアであることに関して、包括的な分析例は少ない。露光装置などの個別製品についての事例はあるが、[7] 摺り合わせ／組み合わせといった製品アーキテクチャ論による後づけの解釈であり、装置の競争力を左右する価値がどのように創出されているのかは十分に検証できていない。



図表1 半導体デバイスの微細化の潮流
出所：井田 2020

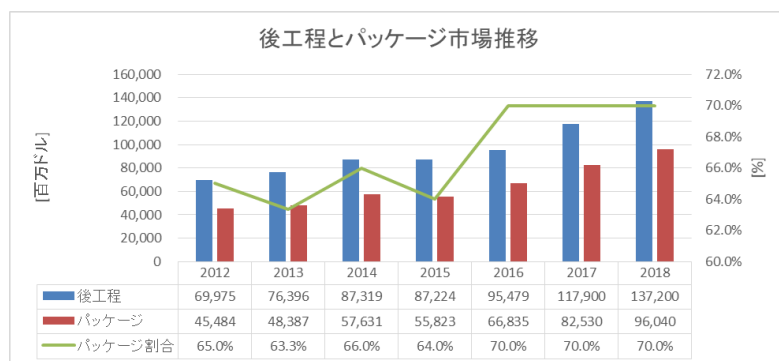
3. 半導体と装置の関係

そもそも半導体業界のサプライチェーンにおいて、装置メーカーは売上の殆どを半導体に依存しており、この粘着性は他産業にはない。半導体メーカーから分かれた場合も多いが、本来はこうした関係であれば、装置産業は半導体産業の下請け的なのだが、むしろ装置産業がリードしている場合も多い。すなわち、半導体産業と装置産業は相互依存しながら発展してきたが、内実、付加価値を取り合っているのか否か不明である。装置業界の価値の総和で一定なら、装置産業界で、装置毎、工程毎の価値の奪い合いがあり、その中でシェアの奪い合いがある。工程の価値が一定なら、半導体と装置の価値の奪い合い、レイヤー間の奪い合いだ。もちろん、半導体全体でもメモリやロジックといった種類毎の奪い合いがあり、その中で各社のシェアがある。

本研究では、半導体ではパッケージ、装置ではボンダーをケースとして、その価値、すなわち、それぞれの売上シェアが、どのように決まってくるのかの背景について、技術経営の視点から考察する。

4. 半導体後工程とパッケージ市場

半導体産業は 40 兆円規模だが、このうち後工程の占める割合は 26.7%程度である。[8] 後工程は検査とパッケージ組立等からなり、後工程およびパッケージの市場規模と推移を図表 2 に示す。後工程の市場規模は 2012 年が 69,975 百万米ドル、そのうちパッケージ市場は 45,484 百万米ドルであった。これが 2018 年には、後工程市場は 137,200 百万米ドル、パッケージ市場は 96,040 百万米ドルへ増加している。この間の年平均成長率は、後工程が 11.88%、パッケージが 13.27%である。このことから後工程に占めるパッケージの割合は増加傾向にあるといえる。



図表 2 半導体後工程とパッケージ市場規模推移

出所：GNC「半導体パッケージビジネス戦略 2018」統計データをもとに井田 2020 作成

5. パッケージおよび製造装置の価値

半導体パッケージは、前工程で加工されたウェハを個片化した状態で供給されるチップを保護し、プリント基板上で配線に接続するための機能が求められる。近頃はスマートフォンなど多くの電子機器に用いられるため、小型化や高い信頼性、あるいは安定的に供給できることなど、技術面、コスト面など多様な価値が求められ、通常は要求仕様として記載されるが、取引上重要にもかかわらず要求仕様として明確に示されないものも多い。これらのパッケージの価値を図表 3 に示す。

価値の名称	補足説明
集積度	限られたパッケージの容積内に、どれだけ半導体を集積できるか
サイズ	パッケージの面積および高さ。小さい、薄いなど目的に応じたダウンサイジング
端子数	入出力端子の数、ピッチ
電気特性	導電性、ノイズ耐性など
放熱性	チップの熱耐性、放熱特性
チップの保護	モールド樹脂によるパッケージの耐性
接続端子の保持	入出力端子の機械的強度の維持
実装性	半導体チップの実装しやすさ、プロセス安定性
品質	信頼性、品質
コスト	パッケージの原価、利益率
供給の安定性	安定的に生産でき、供給可能なこと。材料の安定入手性も含む
大手採用実績	実績、評判
など	

図表 3 半導体パッケージに求める価値 出所：井田 2020

後工程のうち、組立工程の主要な製造装置であるチップボンダーは、パッケージにチップを載せ、封止する装置であり、その位置決め精度や作業時間が重要である。これも要求仕様となるものと、そうでないものがある。チップボンダーに求められる価値について図表 4 に示す。

価値の名称	分類	補足説明
実装精度	直接	チップの実装位置精度、高精度とばらつきの小ささが求められる、単位はμm
タクト	直接	1 実装あたりの時間、生産性、単位は秒
実装荷重	直接	実装時の押し圧と加圧安定性、制御性、単位はN
接合温度	直接	実装時の加熱温度と安定性、制御性
クリーン度	直接	装置内のパーティクル発生数、クリーン度の規格あり
操作性・メンテナンス性	間接	装置の操作性および保守の頻度、やりやすさ
安全性	間接	オペレータに対する安全性
価格	間接	装置価格、ランニングコスト
納期 (LT)	間接	装置納期
実績、知名度	間接	販売実績、市場の評判
安定稼働	間接	故障なく安定的な稼働
サポート、サービス拠点	間接	サポート体制、サービス
ITレベル	間接	デジタルデータの扱いやすさ、通信、IoT
拡張性	間接	将来の増産、生産品種変更対応などに対する改造のしやすさ
環境負荷対応	間接	構成部品の環境負荷低減が為されていること、稼働中や廃棄時における環境への配慮
など		

図表 4 製造装置（チップボンダー）に求める価値 出所：井田 2020

6. 技術価値と非技術価値

半導体パッケージの中でも、とりわけ先端パッケージの製造では、高集積化が進むパッケージを安定的に供給することが目的であり、それを実現するための手段の 1 つが製造装置であると捉えることができる。そこでこの両者の関係を踏まえて、パッケージおよび製造装置の価値について考えるために、それぞれの価値項目をマトリックスにして、相互の関連について評価を試みた。結果を図表 5 に示す。

図表5は、列にパッケージの価値を示し、行に製造装置の価値を示す。ボンダーを開発し事業を担っている立場から、それぞれの列と行に示す項目の価値相互に関連があると判断するものについては、交わる箇所に○印を記した。

また、これらの価値には、定量的な単位があるものと無いもの、技術的なものと、コストなど経営的なものがあることに気がつく。そこで、先ほど図表3で示したパッケージの価値項目のうち、パッケージの進化に必要な、いわばテクノロジーに直接関係する価値と、それ以外の価値に分類する。そして製造装置の価値についても同様に、パッケージの進化を実現するために必要なテクノロジーに直接関係する価値と、それ以外の価値に分けて扱う。ここではこれらの価値の項目を、技術価値と非技術価値と呼ぶことにする。

図表5より、パッケージの技術価値と非技術価値に対して、製造装置の技術価値にはどちらも関連があるが、製造装置の非技術価値については、パッケージの技術価値には関連が無く、パッケージの非技術価値にのみ関連があることがわかる。

7. 仮説

パッケージ及びボンダーの技術価値と非技術価値との関係が、ボンダーの価値創造では重要であり、これが市場シェアにも影響している可能性が考えられる。すなわち、独自の優位性を創り出せていない製造装置のケースでは、技術価値に偏った価値創造をしているのではないだろうか。もしそうであれば、技術価値ばかりに意識が向いた状態で開発した装置は、図表5の右下、すなわちパッケージの非技術価値と製造装置の非技術価値が交わる部分の価値創造に対する意識が希薄になっている可能性が考えられる。その結果、パッケージ製造という目的から見た場合の非技術価値が不足した製造装置は魅力が低く、競争優位に立てないのではないだろうか。

8. 検証

ボンダーメーカーのシェアと、価値に対する意識の関連について検証を試みる。チップボンダー装置市場の2018年の販売台数は、6社で9割を超えるシェアを占めている（図表6）。

メーカー	2018年実績	
	数量	
	(台)	(%)
A社	150	23.3%
B社	140	21.7%
C社	125	19.4%
D社	100	15.5%
E社	70	10.9%
F社	30	4.7%
その他	30	4.7%
合計	645	100.0%

図表6 各社のチップボンダーの台数および売上

出所：富士キメラ総研「2019 エレクトロニクス実装ニューマテリアル便覧」をもとに井田 2020 作成

そこで、これら6社が自社のチップボンダーの価値のどの部分に特に高い関心を持っているのかについて調査した。調査方法はチップボンダーメーカー各社が発行する製品装置リーフレット（A4両面刷りチラシ）から、技術価値および非技術価値の項目に該当する記載があるかを調べた。

チップボンダーメーカーA社からF社までの各社の製品リーフレットに、技術価値および非技術価値に関する記載があるものは○（1ポイント）、さらにその表現が絵図や強調文字などを用いて積極的にアピールしているものについては◎（2ポイント）とした。結果を図表7に示す。

項目		パッケージの価値										非技術価値			
		技術価値							非技術価値						
		集積度	サイズ	端子数	電気特性	放熱性	チップの保護	接続端子の保持	実装性	品質	コスト	供給の安定性	大手採用実績		
		単位	mm	mm	pin	Ω	W/inch	-	-	°C	mm	mm	mm	mm	mm
技術価値	実装精度	μm	○	○	○	○					○	○	○	○	○
	タクト	sec									○	○	○	○	○
	実装荷重	N				○					○	○	○	○	○
	接合温度	℃				○					○	○	○	○	○
	クリーン度	規格						○			○	○	○	○	○
非技術価値	操作性・メンテナンス性	効率											○	○	○
	安全性	-											○	○	○
	価格	¥											○	○	○
	納期 (LT)	日												○	○
	実績、知名度	-												○	○
	安定稼働	-											○	○	○
	サポート、サービス拠点	-											○	○	○
	ITレベル	-											○	○	○
拡張性	-													○	
環境負荷対応	-														

図表5 技術価値と非技術価値に分類した半導体パッケージとチップボンダーの価値の関係

出所：井田 2020

この集計結果から、各社の技術価値に対する関心は全体的に高く優位差は見られないが、非技術価値に関する関心は、最もシェアを獲得している A 社では 13 ポイントと高く、シェアが低い会社では、非技術価値への関心も低くなっていく傾向があることが解った。

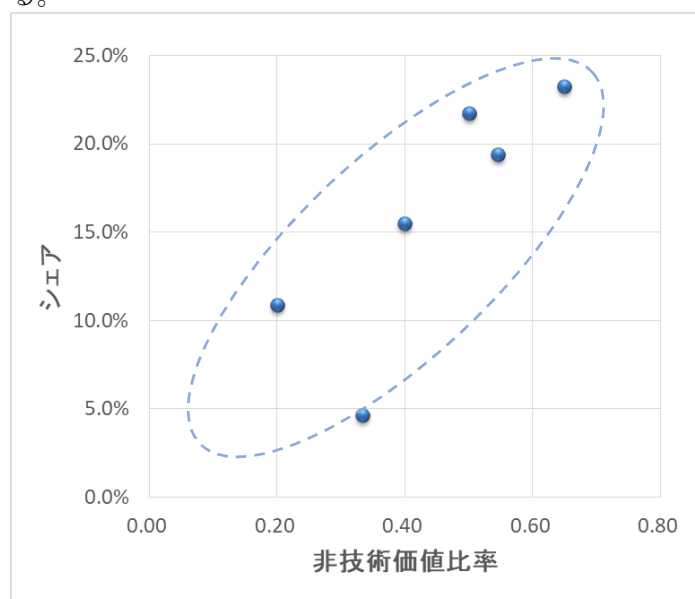
そこで、非技術価値訴求比率（技術価値と非技術価値のポイント合計を分母、非技術価値ポイントを分子）と市場シェアの関係を示すと、緩やかな一定の相関関係は見られる。もちろん、Nは少なく、過去に遡ってNを増やし、ポイント付与に関し、より客観性を担保する必要がある。

項目／メーカー		A社	B社	C社	D社	E社	F社
製造装置の価値	実装精度	◎	○	◎	◎	○	◎
	タクト	◎	◎	○	◎	○	◎
	実装荷重	◎	○	○	○	○	○
	接合温度	○	○	○	○	○	○
	クリーン度	◎	◎				
	操作性・メンテナンス性	◎		◎	◎		◎
	安全性						
	価格	◎	◎	◎	○		
	納期(LT)	◎					
	実績、知名度	◎					
製造装置の価値	安定稼働	◎		◎			
	サポート、サービス拠点						
	ITレベル	○	○			○	○
	拡張性	◎	○		○		
	環境負荷対応		◎				
集計							
技術価値		7	6	5	6	4	6
非技術価値		13	6	6	4	1	3

(◎: 2ポイント、○: 1ポイント)

図表7 各社のチップボンダーの価値に対する関心

出所：各メーカーの製品リーフレットをもとに井田 2020 作成



図表8 非技術価値訴求比率と台数シェアの関係 出所：井田 2020

9. リーフレット作成からも垣間見える技術価値意識への偏重

非技術価値に意識が向かない原因について、さらに調べるために、メーカーD社の製品リーフレットの作成方法をヒアリングした。ヒアリングの内容を要約するとおおよそ次のようなものであった。

- ・リーフレット作成の起案は営業部門が行う
- ・営業部門は過去の書式が利用できる場合、それを用いて技術部門へ内容の見直しを依頼する
- ・技術部門は、製品装置を開発した技術者が中心になって内容を作成する
- ・技術部門で作成した内容は技術部門長が確認した後、営業部門へ提出する
- ・営業部門で見栄えなど体裁を整えて、営業部門長が確認した後、全社の企画広報部門へ提出する
- ・企画広報部門で内容を確認し完成となる

このリーフレット作成の手順を見る限り、日本企業では想定される一般的な手順である。しかしながら、D社ではリーフレットを起案する営業担当者のバックグラウンドが、過去に技術者として活躍しており、また、技術部門の権限が強く、どうしても営業技術、価値創造において、技術視点が多くなり、非技術価値に対する関心は低くなりがちである。このような企業の体質が浮き彫りとなって見えてきたのである。

10. 非技術価値の創造に関する提案

一般的に製品装置の開発を主導するのは技術者の場合が多く、そのような状況下では、技術者の視点が製品の価値に強く反映されることは当然の成り行きであろう。しかし技術者の視野が狭くなると、造り手の立場から造り手の理屈で価値を創造してしまうことがあり、この点が価値の偏重を引き起こすことになる。まさにこれは主客転倒の状態であり、本来の価値は使い手の立場で創造されなければならないことは言うまでもない。そうだとすれば、技術者の視野を広げることが1つの解決になるはずである。技術的な能力の研鑽はもちろん大切だが、さらに経営的視点や芸術的感性など、多様な視点や感性を大切にすべきではないだろうか。

現在の複雑化するものづくりの現場においては、専門分野はさらに細分化される傾向がある。もしそうであれば、組織力すなわち技術者以外の要員が価値創造に加わるしくみをつくることもできるだろう。一見すると製造業とは関係のない専門性も、実は非技術価値の創造には重要な役割を果たすのではないだろうか。そのためには多様性を柔軟に受け入れる共創の意識が必要になろう。これがもともと摺り合わせの得意とされる、わが国のものづくり文化とどう絡み合うかは議論のあるところだろう。

11. おわりに

グローバル競争の激しい半導体装置、ボンダーを例に、その競争力の源泉となる価値の所在について明らかにした。また、技術主導になりがちなものづくりの開発現場において、間接的な価値が創造できなくなるといふ価値創造の弊害についても考察し、非技術価値の創造に必要なしくみづくりを提起した。

今後の課題として、今回の検証では、各メーカーの価値に対する関心の対象を把握する手段として、入手可能なリーフレットを用いたが、サンプル数を増やし、より客観的な指標を考えたい。また、これがボンダーだけでなく、他の製造装置などへも普遍化できるかが課題である。

さらには、リーフレット作成担当者へのヒアリングだけでなく、製品装置自体がどのように価値創造されているのか、開発現場に入り込んで検証し事例で示したトップシェアのA社の非技術価値が、果たしてどのような仕組みで創造されているのかについても、今後明らかにしていきたい。

製品装置の価値を正しく把握し創造することは、わが国のチップボンダー、さらには装置産業が今後も継続的に競争優位を保ち、さらにシェアを伸ばしていくための鍵である。

参考文献

- [1] ムーアの法則を継続させる 3D 実装と EUV リソグラフィ技術 服部毅
<https://news.mynavi.jp/article/cstic2020-2/>
- [2] 高密度実装 限界近づく微細化を代替 日本企業への波及に期待 南川明
<https://weekly-economist.mainichi.jp/articles/20200204/se1/00m/020/043000c>
- [3] 半導体装置産業における生き残り経営戦略 芳賀知
- [4] 日本半導体製造装置産業の分析(1992) 肥塚浩
- [5] 韓国半導体産業の技術発展 -三星電子の要素技術開発の事例を通じて(2006) 吉岡英美
- [6] 台湾半導体ファウンドリの技術能力(2015) 岸本千佳司
- [7] わが国半導体露光装置産業が直面する複雑性と組織限界(2005) 中馬宏之
- [8] G N C 「半導体パッケージビジネス戦略 2018」統計データ