

半導体製造装置企業における設備投資に関する実証研究

- BB レシオ(受注額 / 売上額)の有効性について -

東 壯 一 郎

- . はじめに
- . 半導体製造装置企業の概要
- . BB レシオの考察
- . 鉱工業生産指数との相関関係
- . 半導体企業の設備投資額との相関関係
- . 半導体製造装置企業の設備投資額との相関関係
- . 半導体企業の設備投資に関する回帰分析：
1999年度～2014年度
- . 半導体製造装置企業の設備投資に関する回帰分析：
1999年度～2014年度
- . おわりに

. はじめに

日本の半導体企業の凋落が近年著しい。日本の半導体企業は1980年代に大躍進を遂げ、同年代末には世界シェア50%を超える世界一の座に上り詰めたものの、これをピークに1990年代以降、状況の好転を見ることなく、20余年を経て現在に至っている。半導体市場自体は現在に至るまで、継続的な成長を続けてきたため新規参入があとを絶たず、しかも相当大きな設備投資を継続的に行なわざるを得ないという特徴がある。このため、1企業が開発から設計、生産、販売を全て手掛ける垂直統合型のIDM(Integrated Device Manufacturer)だけでなく、開発・設計のみを行うファブレス企業や、生産を請け負うファウンドリ、後工程を請け負うサブコンなど水平分業型の企業形態が共存するようになり、1980年代に全盛期を迎えた日本のIDMは、半導体産業構造の変化に適應できず、1990年代から衰退の一途をたどった。この結果、米国のシェア復活と韓国、台湾企業の台頭を許し、1989年にはIDMの売上高上位10社のうち6社を占めていた日本企業は、2000年に3社となり、2009年以降は2社にまで減少し、ついに2013

半導体製造装置企業における設備投資に関する実証研究

年には、上位5社に日本の半導体企業は1社もランクインしなかった。

他方、半導体企業は半導体生産に先だって半導体製造装置の発注を半導体製造装置企業へ行う。このため、半導体企業の設備投資状況は当然ながら、筆者の勤務先である半導体製造装置企業の業績を常に左右し、不安定となりやすい。しかも半導体企業は寡占化する一方なので、半導体製造装置企業にとって価格交渉力の減退が著しい。半導体企業、半導体製造装置企業ともに生き残るためには、競合他社との差別化が重要となっている。半導体業界はムーアの法則¹⁾により、現在でも持続的に技術進歩が起こっていることから、長期にわたり継続的な設備投資の実施が求められる。東(2015a)(2015b)および(2016a)²⁾では、設備投資額を従属変数とする回帰分析を、1982年度から2012年度の期間において実施した。日本の半導体企業の設備投資状況に及ぼす影響要因(独立変数)は、統計分析の対象期間を分けて回帰分析を実施することで、全盛期から凋落を迎えた日本の半導体企業の設備投資額を決定する要因は、変遷していることを示唆した。また、2002年度以降は、為替のような外部環境に左右されず、キャッシュフローや負債比率のような企業の財務指標のみを考慮し、継続して設備投資を実施していることを示唆した。

本稿では、半導体企業の設備投資額決定要因に関する考察を踏まえ、半導体製造装置企業の設備投資の意思決定モデルの構築を試みるにあたり、新たな独立変数の候補として半導体市場における需給の先行指標であるBBレシオ(Book-to-Bill Ratio)を取り上げ検討する。BBレシオは出荷額(Billing)に対する受注額(Booking)の割合であり、受注額は需要量、出荷額(売上額)は供給量に相当するため、需給バランスを表し、先行き、景況感や市況を示す指標である。

先行研究においても、日本の半導体企業および半導体製造装置企業の設備投資額と、BBレシオの有効性を考察したものはない。実務上長らく半導体市場の需給バランス、先行き、景況感の先行指標として取り上げられるBBレシオと、半導体企業は半導体生産に先だって半導体製造装置の発注を半導体製造装置企業へ行うことから、日本の半導体企業および半導体製造装置企業双方の設備投資額との相関関係を考察し、その有効性を明らかにできれば、半導体製造装置企業にとっての設備投資の意思決定モデル構築に寄与するものと考えられる。その意味で、半導体企業および半導体製造装置企業の設備投資額決定要因に関する考察の意義は大きいと考える。

1)ムーアの法則は「半導体チップの集積密度は1~2年間でほぼ倍増する」というものである。

2)東(2015a)(2015b)および(2016a)では、半導体企業の設備投資モデルに関する回帰分析を以下の期間にわけて実施した。1982-1991年度(日米半導体協定前半)、1992-2001年度(日米半導体協定後半)、2002-2007年度(世界的金融危機前)、2008-2012年度(世界的金融危機後)。

．半導体製造装置企業の概要

半導体製造装置はもともと半導体企業において内製していた。半導体製造技術の進歩が急激に進み、製造ステップ数が数十にわたり、半導体企業は競争領域として製造設備より設計、マーケティングを重視したことから、半導体産業の中に半導体製造装置産業は立ち上がった³⁾。半導体産業は米国において1950年代に形成され、半導体製造装置産業も米国において形成された。米国においても1950年代はトランジスタ時代であり、この頃は半導体企業が装置の製作・補修を手がけていたものの、1960年代になると変化し、半導体製造装置企業の設立が相次ぐようになった⁴⁾。

半導体を生産するためには非常に多くの種類の製造装置が必要であり、半導体製造装置は半導体企業の生産ラインを構成している。第1表は、半導体生産工程における各工程および製造装置を示したものである。

第1表 半導体生産工程における各工程および製造装置

半導体 生産工程	設計	マスク製作	ウェハー製造	ウェーハプロセス 【前工程】	組立 【後工程】	検査
各工程	システム設計 論理設計 回路設計 レイアウト設計 テスト設計	ガラス基板 クロム成膜(遮光膜) レジスト塗布 描画(電子線、現像) クロム膜、エッチング レジスト剥離 欠陥修正 ベリクル塗布	単結晶シリコン引上げ 外周研削・面方向マーク加工 スライス加工 外周加工 ラッピング エッチング 熱処理 ポリッシング	洗浄 成膜 フォトリソグラフィ エッチング レジスト剥離 洗浄 成膜 CMP エッチング 洗浄 成膜 フォトリソグラフィ エッチング レジスト剥離 洗浄 不純物注入 成膜 フォトリソグラフィ エッチング 成膜 フォトリソグラフィ エッチング	裏面研削 ダイシング ダイボンドディング ワイヤボンディング モールドディング(封止) リードめっき リード付着・成形 マーキング	ウェーハテスト パッケージング バックゲージスト スクリーニング 電気特性検査 マーキング ファイナルテスト
装置名	設計用コンピュータ	洗浄・乾燥装置 薄膜形成装置 レジスト塗布装置 露光・描画装置 エッチング・剥離装置 欠陥検査装置 欠陥修正装置 線幅・座標測定装置 異物・外観検査装置	単結晶製造装置 研削装置 切断装置 面取装置 ラッピング装置 ポリッシング装置 熱処理装置 物性検査装置 形状測定装置 表面検査装置	真空蒸着装置 スパッタリング装置 CVD装置 エピタキシャル成長装置 めっき装置 酸化装置 熱拡散装置 レーザーボンディング装置 プラズマボンディング装置 イオン注入装置 アニール装置 露光装置 現像装置 ベーク装置 レジスト剥離装置 露光装置 ウエットエッチング装置 ドライエッチング装置 ウエット洗浄装置 ドライ洗浄装置 乾燥装置	バックラインディング装置 ウェーハマウント装置 ダイシング装置 ブルーミング装置 ダイボンドディング装置 ワイヤボンディング装置 ワイヤレゾールディング装置 樹脂封止装置 気密封止装置 レーザーボンディング装置 BGAパッケージング装置 バリ取り装置 露光装置 リード加工機 インクマーキング装置 レーザーマーキング装置	テストング装置 ハンドリング装置 エーシング装置 湿気測定装置 ロステスト装置 メモリテスト装置 リニアテスト装置 イメージセクタテスト装置 電子ビームテスト装置 レーザービームテスト装置 ウェーハハンドリング装置 パッケージングハンドリング装置 レーザービーム装置 エーシング装置

出所) 肥塚弘(2011), 105-106頁を基に筆者作成

原出所は日本半導体製造装置協会編「2006『半導体製造装置用語事典 第6版』日刊工業新聞社, 2頁。

注) ウェーハプロセス【前工程】は繰り返し実施される

3) 和田木哲哉・横山貴子著・奥村勝弥監修(2009), 17頁

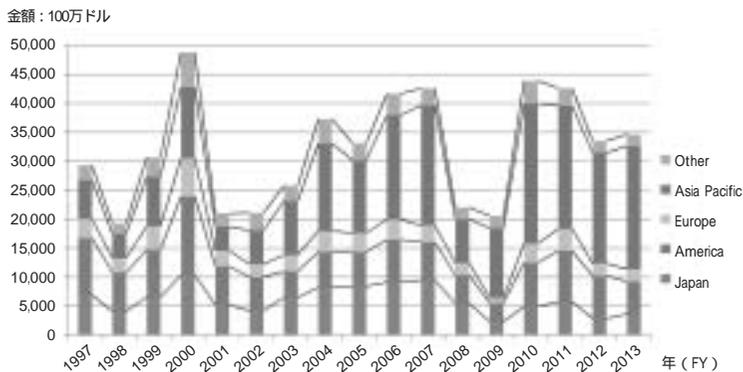
4) 肥塚浩(2011), 98頁。

半導体製造装置企業における設備投資に関する実証研究

半導体産業は、半導体の製造原価の実に6割強が半導体製造装置を主とする減価償却費で占められているため、装置産業といえる。このため、半導体製造装置の優劣は、半導体企業の成否に大きく影響を及ぼしていると考えられる。

第1図は半導体製造装置の市場規模および推移を示したものである。

第1図 半導体製造装置販売高の推移(Worldwide)



出所) 日本半導体製造装置協会(2006), 8頁、日本半導体製造装置協会(2013), 20頁を基に筆者作成

原出所は SEAJ, SEMI, SEMI ジャパン

現在も成長が続いている半導体市場とは異なり、半導体製造装置市場は2000年度をピークに現在もその市場規模を超えることができていない。2001年以降、シリコンウェハーのサイズが200mmから現在主流の300mmに移行したことに伴い、半導体企業の設備投資額は200mmに比べ大幅に上昇したことから、半導体企業の再編が急激に進んだ。半導体製造装置企業の顧客である半導体企業の減少による販売高の減少は、その一因と考えられる。また、半導体企業の設備投資は、半導体製造装置企業の売上に直結することから、2001年のITバブルの崩壊および2008年の世界的金融危機の影響を大きく受けている。販売高は、2000年度48,787.2百万ドルから2001年度20,992.5百万ドルへ、2007年度42,570.9百万ドルから2008年度22,038.7百万ドルへと半減している(第1図)。半導体企業の景況感に大きく左右される事業環境であることは、半導体製造装置企業の大きな特徴のひとつと考えられる。

第2表は世界の半導体製造装置企業上位10社の売上高の推移を示したものである。

東 壯 一 郎

第2表 世界半導体製造装置企業上位10社の売上高

(単位:100万ドル)

1979年			1989年		
順位	企業名	売上高	順位	企業名	売上高
1	フェアチャイルド・テスト・システムズG(米)	111	1	東京エレクトロ(日)	634
2	パーキンエルマー(米)	101	2	ニコン(日)	587
3	AMAT(米)	54	3	AMAT(米)	523
4	GCA(米)	54	4	アドバンテスト(日)	399
5	テラダイン(米)	53	5	キヤノン(日)	384
6	バリアン(米)	51	6	GS(米)	354
7	テクトロニクス(米)	39	7	バリアン(米)	335
8	イトン(米)	38	8	日立製作所(日)	210
9	K&S(米)	37	9	テラダイン(米)	200
10	バルザース(西独)	34	10	ASM(米)	187
1999年			2009年		
順位	企業名	売上高	順位	企業名	売上高
1	AMAT(米)	5,457	1	AMAT(米)	3,146
2	東京エレクトロ(日)	2,634	2	ASML(蘭)	2,248
3	ニコン(日)	1,430	3	東京エレクトロ(日)	2,243
4	ASM(米)	1,276	4	ラム・リサーチ(米)	1,512
5	テラダイン(米)	1,210	5	KLA-Tencor(米)	1,152
6	KLA(米)	1,049	6	大日本スクリーン製造(日)	863
7	アドバンテスト(日)	955	7	ASMI(蘭)	832
8	ラム・リサーチ(米)	894	8	日立ハイテクノロジーズ(日)	716
9	キヤノン(日)	751	9	ニコン(日)	701
10	日立製作所(日)	743	10	ヘバラス・システムズ(米)	569

出所) 肥塚浩(2011), 101頁, 表1を基に筆者加筆

原出所はプレスジャーナル社編(1990)『1990年度版日本半導体年鑑』1990年、77頁、図7: 日本電子機械工業会(1991)『91ICガイドブック』92頁、表1: 藤村修三(2000)『半導体立国ふたたび』日刊工業新聞社、218頁、表9-1: 電子ジャーナル社編(2010)『2010半導体製造装置データブック』電子ジャーナル社、184~185頁。

1979年から10年毎にどの国・地域の企業が上位10社に入っているのかを示している。上位10社は大きく変動しているものの、2009年現在も日本の半導体製造装置企業は上位10社の地位を4社が確保している。米国もアプライド・マテリアル(AMAT)をはじめとする企業が上位10社に4社入っている。上位10社の日米それぞれの売上高合計を比較すると、日本(4社計)4,523百万ドルに対し、米国(4社計)6,379百万ドルと大きく米国は日本を上回っている。2014年現在もその傾向は変わらず、半導体企業とは異なり、日本および米国の半導体製造装置企業はともに国際的な競争力を有していることが分かる。

・BBレシオの考察

1. BBレシオの概要

半導体市場における需給の先行指標としてBBレシオ(Book-to-Bill Ratio)がある。これは出荷額(Billing)に対する受注額(Booking)の割合であり、受注額は需要量、出荷額(売上額)は供給量に相当するため、需給バランスを表し、先行

半導体製造装置企業における設備投資に関する実証研究

き、景況感や市況を示す指標である。BB レシオが 1.0 を上回っていれば、需要が旺盛で先行きの出荷額が増えることを意味しており、業界の景況感や市況が好調であることを示している。逆に 1.0 を下回っていれば、供給過多で先行きの出荷額が減ることを意味しており、業界の景況感や市況が不調であることを示している。月々の受注と出荷は、半導体企業による思惑買いなどによる不規則変動を補正するため、直近 3 ヶ月間の数値を平均した BB レシオが使われる。受注額と出荷額(売上額)が釣合っていれば 1.0 となり、需給均衡を示している。数値の目安としては、順調な需要拡大期の BB レシオは 1.2 ~ 1.3 といわれ⁵⁾、安定的な需要拡大期は、1.05 ~ 1.10 程度といわれている⁶⁾。

半導体は米国において開発され成長した電子部品であるため、半導体市場は当初米国を中心に発展していった。1978年に米国半導体工業会(SIA)によって北米地域における半導体の BB レシオの公表は始められ、半導体需給の波であるシリコンサイクル⁷⁾を表す指標として世界的に注目されるようになっていった。しかしながら、グローバル化の進展に伴い、半導体生産はアジアなどの北米以外の地域に広がり、世界の半導体需給の実態を表さなくなったため、SIA は 1996年 12月を最後に、BB レシオの公表を廃止した。

現在では、半導体生産に先だって半導体企業は半導体製造装置の発注を半導体製造装置企業へ行うことから、半導体製造装置の BB レシオが業界全体の先行指標として使われるようになった。米国では北米に本社を置く半導体製造装置企業の BB レシオは、国際半導体製造装置材料協会(SEMI)により、日本では日本製半導体製造装置の BB レシオは、日本半導体製造装置協会(SEAJ)により、それぞれ毎月発表されている。

2. 米国半導体工業会(SIA)の BB レシオの考察

SIA は 1977年 4月に、米半導体企業であるインテルのノイス(Robert N. Noyce)社長、ナショナル・セミコンダクター(NS)のスポーク(Charly Sporck)社長、フェアチャイルドのコリガン(Wilfred Corigan)社長、アドバンスド・マイクロ・デバイス(AMD)のサンダース(W. Jerry Sanders)社長により設立された⁸⁾。設立の目的には、貿易・公共政策に関して米国産業の利益を代表し、

5) 日経産業新聞(1984/05/22), 5頁。

6) 日経産業新聞(1984/12/13), 1頁。

7) シリコンサイクルとは、供給不足 価格堅調 設備増強 供給能力向上 供給過剰 投資抑制 供給能力低下が 4年程度の周期で発生し、好不況の波を繰り返していること。

8) 大矢根聡(2002), 81頁。

対外的に折衝すること、業界のエネルギーを結集し、安全性、教育といった全体的問題の解決、共通の機会の発見にあたることを掲げており⁹⁾、当時最大の課題であった日米貿易問題について、積極的に政治活動に関与した。

SIA は、1976年より BB レシオを公表している。その算定方法は、米国市場に供給している半導体企業の出荷高は当月の実績を、受注高は思惑買いなどによる変動をならすため、当月分を含む前3ヶ月分の移動平均値をとり、割合を算定している¹⁰⁾。SIA が約1ヶ月遅れ程度で発表するフラッシュ・レポート(速報)は、当初 SIA から委託されている米国の大手会計事務所プライス・ウォーター・ハウス社が有力企業(合計すると米国市場のなかで40%以上のシェアを占める)の実績値を集計したものであった¹¹⁾。確報値はSIA自身により加盟全社分を数ヶ月遅れで発表している。確報と速報との差は0.01～0.03程度のレンジであり、GDP統計をはじめ経済統計の速報性を重視する国柄のため、速報を重要視している¹²⁾。

1983年1月から1996年12月までのSIA公表のBBレシオの推移を見ると、1983年1月から1986年1月と1994年11月から1996年12月(第2図)の期間において、BBレシオが1.0を大きく割り込み、その後1996年12月を最後に、BBレシオの公表を廃止した。廃止に至った経緯について、主として日経産業新聞および日本経済新聞朝刊の記事を基に文章整理する。

1996年11月にSIAは、米国半導体市場の需給を示すBBレシオの発表を今年12月分で廃止し、代わりに世界の主要市場を対象とする出荷統計を毎月公表することを決めた¹³⁾。原因としてSIAのBBレシオは、半導体市場の実態にそぐわないとの指摘がある。長らく問題点を指摘されながらも20年近く世界の半導体業界を振り回してきたBBレシオにようやく終止符が打たれた¹⁴⁾。

BBレシオは1.0を超えるとおおむね業況拡大局面と考えられていたものの、「速報」と「確報」との振れが大きすぎるため、BBレシオの数値と営業、製造現場の実感とが異なり、1991年4月には「これではBook-Billレシオではなくて、Bad-Behaviorレシオ」と揶揄されるようになった¹⁵⁾。要因のひとつはBBレシオの「速報」は調査カバレッジが極めて狭く、米国の有力半導体企業にSIA事務局

9)大矢根聡(2002),81-82頁。

10)日経産業新聞(1984/07/06),7頁。

11)同上。

12)同上。

13)日本経済新聞朝刊(1996/11/13),13頁。

14)日経産業新聞(1996/11/13),32頁。

15)日本経済新聞朝刊(1991/4/29),17頁。

が問い合わせるだけで日系半導体企業などは対象外となり、結果として日系半導体企業が強いメモリーの需給は余り反映されず、米国大手半導体企業、ディーラーの思惑が交錯して数値は動くとの指摘がある¹⁶⁾。これが「確報」では日系半導体企業他、「速報」でもれている企業の分も含まれることから¹⁷⁾、カバレッジの違いにより「速報」と「確報」との振れが生じている。このため半導体企業は、1～2ヶ月遅れの出荷、受注情報を基に算出したBBレシオのみを重要視するのではなく、顧客の購買スケジュールと直結した生産計画を立てることの重要性や、過去8週間の在庫と、顧客企業の向こう6ヶ月の半導体購買計画の集計を参考にすべき等の意見も聞かれるようになり、次第に月々発表されるBBレシオへの過信を戒め、半導体企業に機動的な対応を促す声が相次ぐようになった¹⁸⁾。

さらに1996年には、価格急落で汎用メモリーの出荷額が前年比大幅に減少した影響でBBレシオは年初来、需給均衡を示す1.0を割り込んできたものの、対照的に高付加価値品のMPUの出荷額は対前年(1995年)比で18%近く伸びる見通しとなっていた¹⁹⁾。業績が比較的好調なMPU企業にしてみれば、BBレシオが必要以上に半導体業界の悲観論をあり、ビジネスに悪影響を及ぼしかねないという懸念から、米国MPU企業をはじめとする米国系半導体企業の間では、BBレシオの頭文字をもじった、「Bad・for・Business(商売に悪影響を及ぼす)」といった冗談が飛び交い、SIA会員企業からも地域・製品別に景気実態は異なり全体像を現していないとの不満が出ていた²⁰⁾。

統計廃止の最大の理由としては、米国だけを対象とするBBレシオでは、国際化した半導体市場の実情を正確に反映しなくなったことにあり、同統計を公表し始めた1976年頃は、米国市場が全世界の約半分を占めたものの、1996年にはアジア太平洋州の急成長を背景に、3分の1程度に低下している²¹⁾。特にアジア太平洋州は、1985年の5.8%から1996年には20.9%と欧州と並ぶ市場規模に急成長をとげた。SIAが1997年1月から毎月公表する新統計はこうした実情に合わせ名称をグローバル・ビルディング・レポート(GBR:Global Billing Report)とし、これまで通り日本・米国・欧州・韓国の企業などが参加する世界半導体市場統計(WSTS:World Semiconductor Trade Statistics)の数字をベースとするものの、各社の在庫戦略で数字が上下しやすく、申請基準が統一されていない受注額の数

16)同上。

17)同上。

18)日経産業新聞(1996/5/24),6頁。

19)日経産業新聞(1996/11/13),32頁。

20)同上。

21)同上。

字は一切取り上げず、米国、日本、アジア太平洋州、欧州の出荷額合計(3ヶ月移動平均)と地域別出荷額を公表している²²⁾。

3. 国際半導体製造装置材料協会(SEMI)および日本半導体製造装置協会(SEAJ)の BB レシオの考察

1996年12月のSIAのBBレシオ公表廃止以降、現在米国では国際半導体製造装置材料協会(SEMI)により、北米に本社を置く半導体製造装置企業のBBレシオを、日本では日本半導体製造装置協会(SEAJ)により、日本製半導体製造装置のBBレシオを、それぞれ毎月発表している。

SEMIはBook-to-Billレポートにより、北米に本社を置く半導体製造装置企業のBBレシオを毎月提供しており、3ヶ月移動平均の受注額と出荷額は、世界の半導体産業のトレンドを示す有力な指標となっている。SEMIは、受注額の自然な変動をならすために、3ヶ月移動平均に基づく数値に限って公表している。SEMI Book-to-Billレポートは、毎月末から約3週間後に半導体製造装置市場統計レポートの購読者に配布している。レポートは、前工程(wafer processing / mask / reticle / wafer manufacturing / fab facilities)装置と後工程(assembly / packaging / test)装置に分けてBBレシオを掲載しており、トータルの数値は、プレスリリースとしてSEMIから同時に公表されている²³⁾。

SEAJは日本の半導体および液晶等の製造装置企業の工業会として、日本に本社を置く装置企業の全世界に対する受注額、出荷額の3ヶ月移動平均に基づいたBBレシオを毎月発表しており、SEAJのBBレシオはSEMIのBook-to-Billレシオ発表のすぐ後に発表されている²⁴⁾。

半導体製造装置の地域別のシェアは、1997年度から2013年度を比較すると、半導体市場と同様に、米国、日本のシェアは半減し、アジア太平洋州のシェアは約3倍に拡大している。アジア太平洋州は最大の市場であるものの、半導体製造装置企業は、米国および日本企業が現在も一定のシェアを確立している(第2表)。半導体生産に先だって動く半導体製造装置のBBレシオを業界全体の先行指標として公表することにより、廃止となったSIAの米国半導体市場だけを対象とするBBレシオでは、国際化した半導体市場の実情を正確に反映できないという問題を解消しようとしている。

22)同上。

23)SEMI Website, <http://www.semi.org/jp/MarketInfo/Book-to-Bill>.

24)同上。

4. 先行研究

BB レシオの先行研究としては、以下のものがある。

(Fagher *et al.* 1998) は、毎月公表される BB レシオは半導体業界の将来の需要の重要な指標であるため、投資家に四半期決算報告書よりも適時に会計情報を検討する機会を提供することから、1994年から1996年までの36ヶ月間の半導体企業のBB レシオの開示と株価と関連性について評価をおこなった。BB レシオを公表している半導体企業の22%が、有意水準10%において株価との反応に有意に関連していることを示唆した。

(Toly and Yi-Chi 2011) は、BB レシオの予測は半導体産業において非常に重要であるため、ファジィ概念を導入しモデルを構築することで、BB レシオの予測の確度と精度は双方向上することを示唆した。

(三輪 2006) は、2002年1月から2006年2月の期間における SEMI の BB レシオと SEAJ の2つの BB レシオ(日本製装置および日本市場)と経済産業省公表の電子部品・デバイス工業の生産指数との時差相関を測定し、SEAJ の BB レシオ(日本市場)は若干ながらより高い相関関係と先行性を有していることを示唆した。また、SEAJ の BB レシオ(日本市場)の原型列に季節調整を施した後、移動平均を施すと、電子部品・デバイス工業の生産指数との相関関係が高まり、先行性は増すことを示唆した。さらに、内閣府公表の機械受注統計の機種分類にある半導体製造装置の受注額と販売額から BB レシオを作成できることを示唆した。

5. 機械受注統計に基づく BB レシオの作成と考察

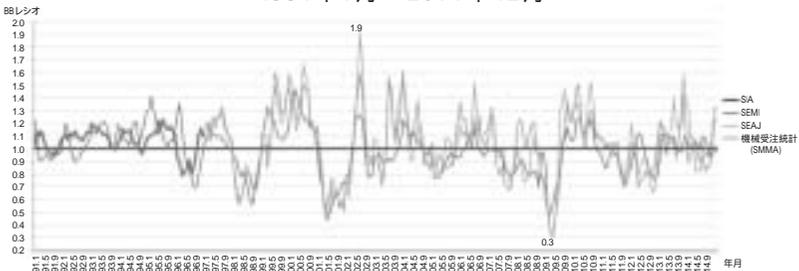
章4節の(三輪 2006)において示唆された受注額および販売額の原型列からの BB レシオの作成は、受注額および販売額の原型列は機械受注統計しか入手できないため、本稿では機械受注統計の原型列から算出した BB レシオ(以下、機械受注統計(原型列))および SIA・SEMI・SEAJ 公表の BB レシオと同様、3ヶ月移動平均を施した BB レシオ(以下、機械受注統計(3 MMA))を作成し考察を行う。

第2図は、SIA、SEMI、SEAJ、機械受注統計(3 MMA)の BB レシオ(3ヶ月移動平均)の推移を示している。SIA は1991年1月から1996年12月まで、SEMI は1991年1月から2014年12月まで、SEAJ および機械受注統計(3 MMA) は1997年1月から2014年12月までの期間をグラフにしている。

SIA と SEMI の比較では、1991年1月から1996年12月までの短い期間である

ものの、SEMIの方はSIAより概ね先行して推移していることが分かる(第2図)。SEMI、SEAJおよび機械受注統計(3MMA)の比較では、SEMIは0.4~1.5のレンジで、SEAJは0.3~1.9のレンジで、機械受注統計(3MMA)は0.3~1.6のレンジで推移している(第2図)。SEAJの最大値・最小値は最も大きく、レンジの幅も最も広い。一方SEMIの最大値・最小値は最も小さく、レンジの幅も最も狭いため、米国に比べ日本の半導体製造装置企業の業績は、章で示唆したとおり国際的なシェアが低いため、シリコンサイクルの影響により左右され、大きく変動しているものと推察される。

第2図 BB レシオ(SIA・SEMI・SEAJ・機械受注統計)の推移
1991年1月~2014年12月



出所) SIA : 日本半導体製造装置協会(1989), 15頁、日本半導体製造装置協会(1991), 16頁。原出所は米半導体工業会。1992年4月以降は、日本経済新聞および日経産業新聞の掲載記事を基に筆者作成

SEMI : SEMI WEB サイト、<http://www.semi.org/jp/MarketInfo/Book-to-Bill> を基に筆者作成

SEAJ : 日本半導体製造装置協会(2009), 23頁、日本半導体製造装置協会(2014), 23頁。原出所は日本半導体製造装置協会。2014年6月以降は、日本半導体製造装置協会 WEB サイト <http://www.seaj.or.jp/statistics/page.php?CMD=0> を基に筆者作成

機械受注統計(3MMA) : 経済企画調査局(1996-2000), 内閣府総合社会研究所(2001-2008), 2009年以降は内閣府 WEB サイト, <http://www.esri.cao.go.jp/stat/statjuchu/juchu.html> を基に筆者作成

本稿では鉱工業生産指数との相関関係を考察したうえで、半導体企業および半導体製造装置企業の設備投資額との相関関係を考察する。

・ 鉱工業生産指数との相関関係

1. 鉱工業生産指数の概要

鉱工業指数は、我が国の生産、出荷、在庫に関連する諸活動を体系的にとらえ

半導体製造装置企業における設備投資に関する実証研究

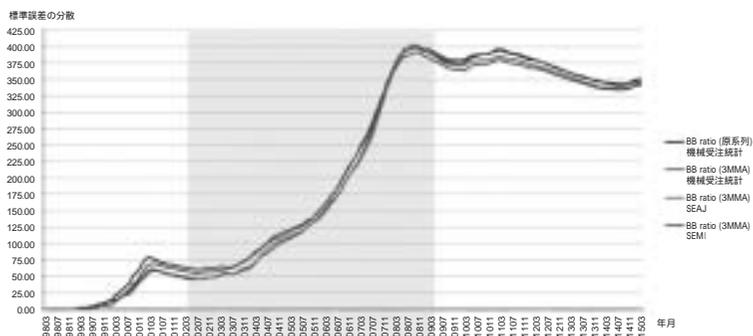
るもので、価格の変動を除いた量的変動を示す数量指数である。基準時を100.0とする比率の形で表示される。我が国の工場などは様々な製品を生み出しており、それらの多様な生産活動を表す総合的な指標として鉱工業生産指数が作成されている。経済活動の実態面の動きを表す統計としては、生産、出荷、在庫などの指数は翌月の下旬には速報を公表するため、経済指標の中では公表も早く、最も重要なものの1つとなっている。個々の品目ごとに作成した指数を個別指数といい、この個別指数に品目や業種などの重要度を表すウェイトを用いて加重平均し、鉱工業全体を表した指数を総合指数という²⁵⁾。

鉱工業指数の個別指数のうち、三輪(2006)で示唆されている電子部品・デバイス工業の生産指数とBBレシオの相関関係を考察する。

2. 分析結果の考察

機械受注統計(3MMA)は最も高い相関関係を示すものの、相関係数は0.18と低く殆ど相関関係は認められなかった(第3表)。このため、逐次最小二乗法²⁶⁾の実施により構造変化を考察する。標準誤差を逐次的に計算するプロセスで、標準誤差の分散が急に大きくなれば、そこに構造変化があったと考える(第3図)。

第3図 逐次最小二乗法：標準誤差の分散推移



注) 第3図は筆者作成。
出所) 第2図と同様。

2002年から2008年まで急速に標準誤差の分散が大きくなっている。半導体企業の設備投資モデルを考察した東(2015a)(2015b)および(2016a)²⁷⁾と同

25) 経済産業省大臣官房調査統計グループ経済解説室(2015)。

26) 業師寺(1989), 127-138頁、土屋(1995), 343-373頁。
27) 2)と同様。

様に、半導体企業の設備投資額の分析期間にわけて相関関係を考察する。

2002年4月-2008年3月は、負の相関関係となっている。1998年4月-2002年3月ではSEAJにおいて、2008年4月-2015年3月では機械受注統計(3MMA)において、最も高い相関関係が認められた(第3表)。

第3表 電子部品・デバイス工業生産指数(季節調整済み)とBBレシオの相関関係

年月	生産指数	BB ratio (原系列) 機械受注統計	BB ratio (3MMA) 機械受注統計	BB ratio (3MMA) SEAJ	BB ratio (3MMA) SEMI
1998.4-2015.3		0.100	0.183 **	0.164 **	0.138
1998.4-2002.3		0.390 **	0.590 **	0.616 **	0.512 **
2002.4-2008.3		(0.165)	(0.183)	(0.300)*	(0.230)
2008.4-2015.3		0.422 **	0.686 **	0.480 **	0.508 **

注) 1. 第3表は筆者作成

2. **. 相関関係は1%水準で有意(両側)、*. 相関係数は5%水準で有意(両側)

続いて2002年4月-2008年3月における負の相関関係について考察を行う。半導体デバイスの基板となる重要な基礎素材であるシリコンウェハの大口径化は進み、1990年代の200mmから、現在の主流は2001年から製造が始まった300mmウェハとなっている。当期間はシリコンウェハの世代交代と時期が重なる。200mmウェハと300mmウェハでは、面積比は単純に2.25倍(300÷200の2乗)となる。300mmウェハを使用すれば、単純計算で同じサイズのICチップが1枚のウェハから2.25倍取れることになり、半導体デバイスの高集積化、高性能化、低コスト化に大きく貢献している。一方、ウェハ口径が200mmから300mmにシフトすると、製造装置が大型化し、搬送システムも自動化するので、300mm工場の建設にはおよそ3,000億円の設備投資が必要であると言われている。このため参入障壁は非常に高くなり、300mm移行は業界を再編²⁸⁾し、収益性の悪化を招いた。300mmウェハへの移行は困難かつ高コストであったため、半導体製造装置企業では、300mmへの移行で潤ったのは一部の半導体企業だけで、サプライチェーンは依然として研究開発投資の回収が終わっていないとも指摘されている。300mmウェハへの移行は、日本の半導体企業の再編を促し、サプライチェーンの収益性の悪化により、負の相関関係に陥ったと推察される。

28)日本の半導体企業では、2002年5月、NECがDRAM以外のLSI事業を分社化して、NECエレクトロニクスを設立した。2003年4月、日立製作所と三菱電機がシステムLSI事業を分社化して統合し、ルネサステクノロジを設立した。

半導体製造装置企業における設備投資に関する実証研究

．半導体企業の設備投資額との相関関係

1．半導体企業の設備投資額の動向

半導体企業の設備投資額と BB レシオとの相関関係を分析する。分析対象とした半導体企業は以下のとおりである。(第 4 - 1 表および第 4 - 2 表)

第 4 - 1 表 分析対象とした企業一覧(1987-2001 年度)

証券コード	会社名	証券コード	会社名	証券コード	会社名	証券コード	会社名	証券コード	会社名
6501	日立製作所	6645	オムロン	6752	パナソニック	6844	新電元工業	6974	日本インター
6502	東芝	6701	NEC	6753	シャープ	6882	三社電機製作所	7752	リコー
6503	三菱電機	6702	富士通	6758	ソニー	6911	新日本無線	9999	三洋電機
6504	富士電機	6703	OKI	6767	ミツミ電機	6923	スタンレー電気		
6513	オリジン電気	6707	サンケン電気	6801	東光	6963	ローム		

注) 第 4 - 1 表は筆者が作成した。

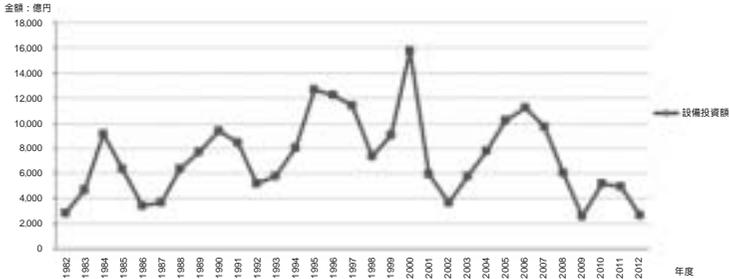
第 4 - 2 表 分析対象とした企業一覧(2002-2014 年度)

証券コード	会社名	証券コード	会社名	証券コード	会社名	証券コード	会社名	証券コード	会社名
6501	日立製作所	6707	サンケン電気	6758	ソニー	6911	新日本無線	7282	豊田合成
6502	東芝	6723	ルネサス エレクトロニクス	6767	ミツミ電機	6923	スタンレー電気	7752	リコー
6503	三菱電機	6724	セイコーエプソン	6801	東光	6963	ローム	7951	ヤマハ
6702	富士通	6752	パナソニック	6844	新電元工業	6965	浜松ホトニクス	9999 6665	エルピーダメモリ
6703	沖電気工業	6753	シャープ	6882	三社電機製作所	6974	日本インター		

注) 第 4 - 2 表は筆者が作成した。

シリコンサイクルの影響により、設備投資額は大きく変動している。設備投資額は対象期間である 1982 年度から 2001 年度までは、2001 年度の IT バブル崩壊の影響を除くと継続して増加傾向であることがわかる(第 4 図)。2002 年度から 2012 年度では、2008 年 9 月 15 日に米国の投資銀行であるリーマン・ブラザーズが破綻したことに端を発して続発的に発生した世界的金融危機、2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災により、設備投資額は大きく変動しており、2006 年度を境に減少傾向に転じたことがわかる(第 4 図)。

第 4 図 半導体企業の設備投資額の推移(1982 ~ 2012 年度)



出所) 東(2015 a) 図表 7 - 1、東(2015 b) 図表 5 - 1を基に筆者作成

2. 分析結果の考察

第 5 表 半導体企業の設備投資額と BB レシオの相関関係

年度	設備投資額	BB ratio(原系列) 機械受注統計		BB ratio(3MMA) 機械受注統計		BB ratio(3MMA) SEAJ		BB ratio (3MMA) SEMI	
	ラグ	-	1	-	1	-	1	-	1
1987-2014		0.074	0.611 **	0.207	0.601 **	0.076	0.369	0.152	0.534 **
1987-2001		0.095	0.648 *	0.300	0.624 *	0.509	0.342	0.241	0.478
2002-2007		(0.228)	0.567	(0.356)	0.574	(0.392)	0.447	(0.453)	0.584
2008-2014		(0.549)	0.618	(0.318)	0.480	(0.440)	0.425	(0.652)	0.470

注) 1. 第 5 表は筆者作成

2. **. 相関関係は 1% 水準で有意(両側)、* . 相関係数は 5% 水準で有意(両側)

3. 区間を区切って計測するため、自由度の観点から BB レシオに対し 1 年のラグを設定した。

BB レシオとの相関関係は、全てにケースにおいて統計的に有意でなく、相関関係は認められなかった(第 5 表)。2002 - 2007 年度および 2008 - 2014 年度は、負の相関関係となっている(第 5 表)。

現在では半導体生産に先だつて動く半導体製造装置の BB レシオを業界全体の先行指標として公表することにより、廃止となった SIA の米国半導体市場だけを対象とする BB レシオでは、国際化した半導体市場の実情を正確に反映できないという問題を解消するため、BB レシオの公表団体は変遷している。このことから半導体企業は、半導体生産に先だつて半導体製造装置の発注を半導体製造装置企業へ行っていることが推察される。このため 1 年のラグを設定したうえで相関係数を分析した。

1 年のラグ設定後、1987 - 2014 年度では、機械受注統計(原型列) の BB レ

半導体製造装置企業における設備投資に関する実証研究

シオにおいて最も高い正の相関関係が認められた(第5表)。また2002-2007年度および2008-2014年度でも、全てのBBレシオにおいて統計的に有意でないものの負の相関関係から正の相関関係に転換している(第5表)。BBレシオの公表団体は、半導体市場の拡大とともに変遷し、公表対象を半導体企業から半導体製造装置企業へ移行することで国際化した半導体市場の実情を正確に反映しようと企図している。

BBレシオとの1年のラグによる正の相関関係は、BBレシオの公表団体の変遷により、半導体企業の設備投資は、先に半導体製造装置企業へ発注を行い実施している実情を裏付けるものとして考察される。

．半導体製造装置企業の設備投資額との相関関係

1．半導体製造装置企業の設備投資額の動向

分析対象とした半導体製造装置企業は以下のとおりである(第6表)。

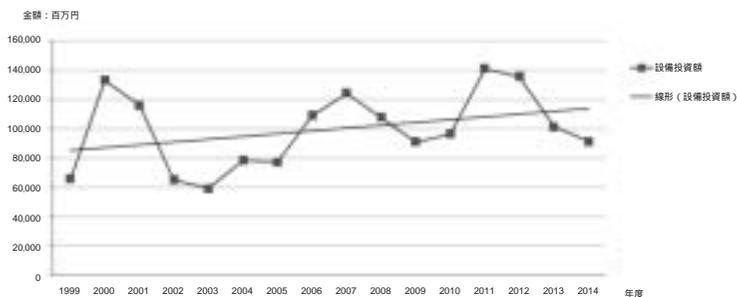
第6表 分析対象とした企業一覧

証券コード	会社名	証券コード	会社名	証券コード	会社名	証券コード	会社名	証券コード	会社名
6146	ディスコ	6756	日立国際電気	7729	東京精密	7735	SCREEN HD	8036	日立ハイテクノロジーズ
6361	荏原	6857	アドバンテスト	7731	ニコン	8035	東京エレクトロン		

注) 第6表は筆者が作成した。

2001年度から2003年度のITバブル崩壊後および2008年度から2009年度の世界的金融危機後の影響による減少傾向はあるものの、グラフに追記した線形近似曲線が示すとおり、傾きは右上がりのため1999年度から2014年度では、総じて増加傾向であることがわかる(第5図)。

第5図 半導体製造装置企業の設備投資額の推移(1999年度～2014年度)



出所) 第5図は、日本経済新聞社(2015),『NEEDS 日経財務データ DVD版』を基に筆者作成

2. 分析結果の考察

第7表 半導体製造装置企業の設備投資額とBBレシオの相関関係

年度	設備投資額 ラグ	BB ratio(原系列) 機械受注統計		BB ratio(3MMA) 機械受注統計		BB ratio(3MMA) SEAJ		BB ratio(3MMA) SEMI	
		-	2	-	2	-	2	-	2
1999-2014		0.627 * *	0.437	0.594 * *	0.369	0.497 * *	0.337	0.412	0.401
1999-2007		0.584	0.485	0.521	0.431	0.461	0.269	0.406	0.396
2008-2014		0.669	0.852 **	0.748	0.832 **	0.569	0.782 **	0.473	0.768 **

注) 1. 第7表は筆者作成

2. ** . 相関関係は1%水準で有意(両側) . * . 相関係数は5%水準で有意(両側)

章の半導体企業とは異なり、全ての期間において負の相関関係を示している(第7表)。1999-2014年度では、SEMIを除き相関係数は5%水準で有意であり、機械受注統計(3MMA)のBBレシオにおいて最も高い負の相関関係が認められた(第7表)。

章では、1年のラグを設定することで、半導体企業の設備投資額とBBレシオとの正の相関係数が認められた。半導体企業は、半導体生産に先だって半導体製造装置の発注を半導体製造装置企業へ行っていることが推察される。このことは、半導体製造装置企業は半導体企業に比べ、より先行して設備投資を行っていることが推察される。このため、2年のラグを設定したうえで、半導体製造装置企業の設備投資額とBBレシオとの相関関係を分析した。

2年のラグ設定後、2008-2014年度では、機械受注統計(原型列)のBBレシオにおいて最も高い正の相関関係が認められた(第7表)。また1999-2014年度および1999-2007年度でも、全てのBBレシオにおいて統計的に有意でないものの負の相関関係から正の相関関係に転換している(第7表)。

原型列のBBレシオは、全ての年度において最も高い相関が認められた。

BBレシオの公表団体は、半導体市場の拡大とともに変遷し、公表対象を半導体企業から半導体製造装置企業へ移行することで国際化した半導体市場の実情を正確に反映しようと企図している。BBレシオとの2年のラグによる正の相関関係は、BBレシオの公表団体の変遷により、半導体製造装置企業の設備投資は、半導体企業の設備投資(ラグ1:半導体企業からの発注)より先に実施している実情を裏付けるものとして考察される。

．半導体企業の設備投資に関する回帰分析：1999年度～2014年度

1．回帰モデルの概要

半導体企業の設備投資の動向を数量的に分析する。本報告では、回帰分析を以下の要領で実施した。

< サンプル >

日経 NEEDS より連結財務諸表が閲覧できる 2014年度から 1999年度に遡って存続している半導体企業を対象企業とした。また、半導体産業計画総覧：設備投資 1999年度～2014年度 30社のうち、上記に該当する半導体企業 17社を抽出。(第8表)

第8表 分析対象とした企業一覧(1999-2014年度)

証券コード	会社名	証券コード	会社名	証券コード	会社名	証券コード	会社名
6501	日立製作所	6752	パナソニック	6882	三社電機製作所	7752	リコー
6502	東芝	6753	シャープ	6911	新日本無線	7951	ヤマハ
6503	三菱電機	6758	ソニー	6923	スタンレー電気		
6707	サンケン電気	6767	ミツミ電機	6963	ローム		
6724	セイコーエプソン	6844	新電元工業	6974	日本インター		

注) 第8表は筆者が作成した。

< (1) 経済産業省モデルの概要 >

この分野の先駆的な研究としては、経済産業省による実証研究がある。これは同省の統計・産業活動分析(平成22年4-6月期)トピックス分析「設備投資の動向について」である。対象期間は1987年4月から2009年3月までの長期的な分析となっている。企業規模(大企業、中堅・中小企業の別 資本金10億円以上を大企業、10億円未満を中堅・中小企業としている)や業種(製造業・非製造業の別)についての回帰分析を実施したものである。製造業のうち設備投資額が大きい電気・情報通信機械器具製造業については、内閣府発表の景気基準日付に基づく景気循環のうち、第11循環から第14循環までを対象期間として3期間(第11循環、第12～14循環、第14循環)に分類し、別途より詳細な個別的な回帰分析を実施したものである。なお、従属変数は設備投資額、独立変数はキャッシュフロー²⁹⁾・設備過剰感・企業物価指数・景況感・負債比率³⁰⁾・長期プライムレ

29) 連結キャッシュ・フロー計算書の営業活動によるキャッシュ・フロー

30) 負債÷自己資本

トである。

3 期間に分類した対象期間において、設備過剰感と景況感に強い相関が見られたため、景況感を説明変数から外して推計している。電気・情報通信機械器具製造業の回帰分析の結果は、第 11 循環では、負債比率を除いたすべての説明変数が有意であった。第 12 ~ 14 循環では、長期プライムレート以外の説明変数が有意であった。第 14 循環では、キャッシュフローと長期プライムレートの説明変数が有意であった。3 期間の R^2_{adj} (自由度調整済み決定係数) がそれぞれ 0.963、0.809、0.907 と極めて高い結果を得ている。

< (2) 拡張モデル A 【為替レート】の概要 >

日米半導体協定(1986 ~ 1996 年) で取り上げられた不正貿易慣行の一つは、日本製半導体の米国市場および第三国市場におけるダンピングである。1985 年 9 月 22 日のプラザ合意以降、当時 \$ 1 = ¥ 240 だった為替相場は、急速に円高が進行し、1995 年 4 月 19 日には \$ 1 = ¥ 79.75 となり、為替レートは半導体企業の設備投資動向に影響を与えていると推測される。このため、為替レート(¥/US\$) を経済産業省モデルの独立変数に新たに加えて回帰分析を行った。日本の半導体企業は輸出産業であるため、円高の場合は設備投資に消極的となり、反対に円安の場合は積極的になると考えられる。

< (3) 拡張モデル B 【BB レシオ】の概要 >

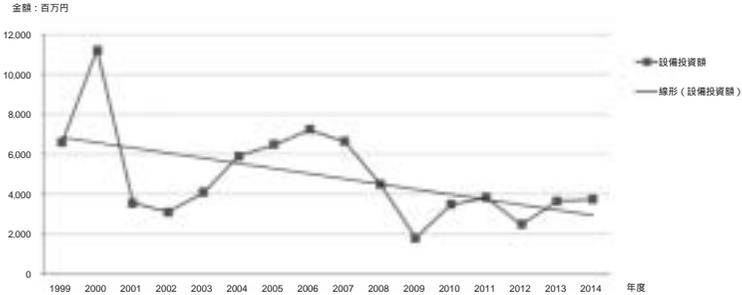
から 章において検証した半導体市場における需給の先行指標である BB レシオ(Book-to-Bill Ratio) を拡張モデル A 【為替レート】の独立変数に新たに加えて回帰分析を行った。BB レシオが 1.0 を上回っていれば、需要が旺盛で先行きの出荷額が増えることを意味しており、業界の景況感や市況が好調であることを示していることら、設備投資に積極的となり、反対に 1.0 を下回っていれば、供給過多で先行きの出荷額が減ることを意味しており、業界の景況感や市況が不調であることから設備投資に消極的になると考えられる。

2. 従属変数の推移：設備投資額の動向

従属変数である設備投資額の推移は以下のとおりである(第 6 図)。シリコンサイクルの影響により設備投資額は大きく変動しているグラフに追記した線形近似曲線が示すとおり、傾きは右下がりとなっており、設備投資額は対象期間である 1999 年度から 2014 年度では総じて減少していることがわかる。

半導体製造装置企業における設備投資に関する実証研究

第6図 半導体企業の設備投資額の推移(1999年度～2014年度)



出所) 第6図は、産業タイムズ社(2014), 『半導体産業計画総覧』を基に筆者作成

3. 回帰式と分析結果

各モデルの回帰式(直線)は、次のとおりである。

(1) 経済産業省モデル

$$I_{it} = b_0 + b_1CF_{it} + b_2PDI_t + b_3GP_t + b_4BDI_t + b_5DR_{it} + b_6PR_t$$

- I_{it} : 企業 i の t 期の設備投資額
 CF_{it} : 企業 i の t 期のキャッシュフロー(連結営業キャッシュフロー)
 PDI_t : t 期の設備過剰感(生産・営業設備 DI)
 GP_t : t 期の国内企業物価
 BDI_t : t 期の景況感(業況判断 DI- 次期予測)
 DR_{it} : 企業 i の t 期の負債比率(負債 / 自己資本)
 PR_t : t 期の長期プライムレート
 b_0 : 定数項、 $b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6$: パラメータ

(2) 拡張モデルA【為替レート】

$$I_{it} = b_0 + b_1CF_{it} + b_2PDI_t + b_3GP_t + b_4BDI_t + b_5DR_{it} + b_6PR_t + b_7ER_t$$

- I_{it} : 企業 i の t 期の設備投資額
 CF_{it} : 企業 i の t 期のキャッシュフロー(連結営業キャッシュフロー)
 PDI_t : t 期の設備過剰感(生産・営業設備 DI)
 GP_t : t 期の国内企業物価
 BDI_t : t 期の景況感(業況判断 DI- 次期予測)
 DR_{it} : 企業 i の t 期の負債比率(負債 / 自己資本)
 PR_t : t 期の長期プライムレート

ER_t : t 期の為替レート

b_0 : 定数項、 $b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7$: パラメータ

(3) 拡張モデルB【BB レシオ】

$$I_{it} = b_0 + b_1CF_{it} + b_2PDI_t + b_3GP_t + b_4BDI_t + b_5DR_{it} + b_6PR_t + b_7ER_t + b_8BB_t$$

I_{it} : 企業 i の t 期の設備投資額

CF_{it} : 企業 i の t 期のキャッシュフロー (連結営業キャッシュフロー)

PDI_t : t 期の設備過剰感(生産・営業設備 DI)

GP_t : t 期の国内企業物価

BDI_t : t 期の景況感(業況判断 DI- 次期予測)

DR_{it} : 企業 i の t 期の負債比率(負債 / 自己資本)

PR_t : t 期の長期プライムレート

ER_t : t 期の為替レート

BB_t : t 期の BB レシオ

b_0 : 定数項、 $b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7, b_8$: パラメータ

< 独立変数の採否検討 >

半導体産業は典型的な市況産業であるため、同産業の特性である「半導体価格の推移」について、以下のとおり独立変数の採否について検討した。

「半導体価格の推移」については、ムーアの法則に沿った技術革新が持続的に、かつ長期に渡り進行している。このため半導体の品種は多種多様であり、ライフサイクルも極めて短いことから、価格の推移を捉えることは困難である。また、半導体価格の推移は、最終的には企業の業績に折り込まれていると考えられる。本稿では、企業の内部資金としての位置づけがあり、その増減は設備投資の増減に影響を与えると考えられる「キャッシュフロー (CF)」を、「半導体価格の推移」の代替の独立変数として各モデルに組入れている。

< 各モデルの独立変数選択基準 >

各モデルの独立変数選択基準は、次のとおりである。

統計解析ソフトウェアは、IBM SPSS Statistics 22を使用した。各独立変数は、従属変数である設備投資額に対して、対象期間を分けて時差相関係数を求めた結果、1~2年のラグが有意となった。章において、1年のラグを設定することで、半導体企業の設備投資額とBBレシオとの正の相関係数が認められた

半導体製造装置企業における設備投資に関する実証研究

ことから、BB レシオ(ラグ 1年)を強制投入法により選択したうえで、ステップワイズ法(変数増減法)を実施するため、1年のラグを全ての独立変数に対し設定した。次に、独立変数をできるだけ多く集めるため、独立変数選択基準をF値=1とし、ステップワイズ法(変数増減法)を実施した。さらに、独立変数間の多重共線性の影響を排除するため、各変数間のVIF(Variance Inflation Factor、分散拡大要因)を算出し、10を超えたものについては、適宜、従属変数である設備投資額との相関係数が低い独立変数を回帰式(直線)より外した。

4. 分析結果の考察：BB レシオの有効性について

ステップワイズ法による回帰分析の結果、各モデル・対象期間において、 R^2_{adj} が最も高いものを選択した(第9表)。

第9表 各モデルの回帰分析結果

(1) 経済産業省モデル&(2) 拡張モデルA【為替レート】

対象期間	独立変数	営業 キャッシュフロー	設備 過剰感	景況感	負債比率	切片	自由度調整済 決定係数 R^2_{adj}
		CF	PDI	BDI	DR	b_0	
1999 ┆ 2014	ラグ	-	-	1	-	-	0.635 (0.006)
	VIF	2.300	1.293	2.019	2.259	-	
	標準化係数	0.587 *	0.564	0.476 *	0.978	2.327	
	t 値	2.396	3.070	2.076	4.029	4.795	
	P 値	0.038	0.012	0.065	0.002	0.001	

(3) 拡張モデルB【BB ratio】

対象期間	独立変数	営業 キャッシュフロー	設備 過剰感	負債比率	BB ratio 機械受注統計	BB ratio (3MA) 機械受注統計	SEAJ-BB ratio (3MA)	切片	自由度調整済 決定係数 R^2_{adj}
		CF	PDI	DR	BB	BB	BB		
1999 ┆ 2014	ラグ	-	-	1	1	-	-	-	0.692 (0.003)
	VIF	1.122	1.389	1.241	1.589	-	-	-	
	標準化係数	0.061	0.266	0.453	0.441	-	-	0.348	
	t 値	0.391	1.525	2.742	2.359	-	-	0.723	
	P 値	0.704	0.158	0.021	0.040	-	-	0.486	
1999 ┆ 2014	ラグ	-	-	1	-	1	-	-	0.678 (0.003)
	VIF	1.137	1.263	1.234	-	1.456	-	-	
	標準化係数	0.067	0.314	0.462	-	0.405	-	0.436	
	t 値	0.413	1.844	2.745	-	2.212	-	0.919	
	P 値	0.688	0.095	0.021	-	0.051	-	0.380	
1999 ┆ 2014	ラグ	-	-	1	-	-	1	-	0.584 (0.010)
	VIF	1.154	1.309	1.099	-	-	1.373	-	
	標準化係数	0.038	0.364	0.560	-	-	0.249	0.865	
	t 値	0.207	1.844	3.097	-	-	1.233	1.844	
	P 値	0.840	0.095	0.011	-	-	0.246	0.095	

- 注) 1. t 値の絶対値が2以上の箇所、P 値が0.05以下の箇所には網掛けをしている。
 2. 係数の符号が想定と異なっている箇所には数値の右肩にアスタリスク「*」を付与している。
 3. 自由度調整済決定係数の()は、有意性検定を表示している。
 4. 切片の標準化係数欄は係数を表記している。
 5. 第9表は筆者が作成した。

自由度調整済み決定係数(R^2adj)は、(1)経済産業省モデルと(2)拡張モデルA【為替レート】との差はなく、ともに $R^2adj = 0.635$, $p < 0.01$ であった。しかも、同じ独立変数のもとでの計測結果である。同期間において、為替レートは独立変数として採用されなかったため、(2)拡張モデルA【為替レート】はうまくいかなかった。

(3)拡張モデルB【BB レシオ】において選択されなかった独立変数は、国内企業物価、景況感、長期プライムレート、為替レートである。(3)拡張モデルB【BB レシオ】の機械受注統計・機械受注統計(3 MA)の自由度調整済み決定係数(R^2adj)が高く、それぞれ、 $R^2adj = 0.692$, $p < 0.01$ 、 0.678 , $p < 0.01$ であり、BB レシオの*t*値も有意である。

3つのモデルの中では、(3)拡張モデルB【BB レシオ】は最も高い説明力を有していることがわかる。

・半導体製造装置企業の設備投資に関する回帰分析：

1999年度～2014年度

1. 回帰モデルの概要

半導体製造装置企業の設備投資の動向を数量的に分析する。本章では、回帰分析を「 半導体企業の設備投資に関する回帰分析：1999年度～2014年度」と同様の要領で実施し、相違点のみ以下に記載する。

<サンプル>

日経 NEEDS より連結財務諸表が閲覧できる2014年度から1999年度に遡って存続している半導体製造装置企業を対象企業とした。半導体製造装置企業の対象は「 半導体製造装置企業の設備投資額との相関関係」と同様の9社である(第6表)。

2. 従属変数の推移：設備投資額の動向

従属変数である設備投資額の推移は、「 半導体製造装置企業の設備投資額との相関関係」と同様である(第5図)。

3. 回帰式と分析結果

各モデルの回帰式(直線)は、「 半導体企業の設備投資に関する回帰分析：1999年度～2014年度」と同様で、相違点のみ以下に記載する。

半導体製造装置企業における設備投資に関する実証研究

<各モデルの独立変数選択基準>

各独立変数は、従属変数である設備投資額に対して、対象期間を分けて時差相関係数を求めた結果、1～2年のラグが有意となった。章において、2年のラグを設定することで、半導体製造装置企業の設備投資額とBBレシオとの正の相関係数が認められたことから、BBレシオ(ラグ2年)を強制投入法により選択したうえで、ステップワイズ法(変数増減法)を実施するため、2年のラグを全ての独立変数に対し設定した。

<各モデルの回帰分析結果>

ステップワイズ法による回帰分析の結果、各モデル・対象期間において、 R^2_{adj} が最も高いものを選択した(第10表)。

第10表 各モデルの回帰分析結果

(1) 経済産業省モデル

対象期間	独立変数	営業 キャッシュフロー	景況感	切片	自由度調整済 決定係数
		<i>CF</i>	<i>BDI</i>	<i>b₀</i>	R^2_{adj}
1999 ┆ 2014	ラグ	2	2	-	0.621 (0.002)
	VIF	1.644	1.644	-	
	標準化係数	1.047	0.543 *	0.049	
	t値	4.783	2.480	4.243	
	P値	0.001	0.031	0.001	

(2) 拡張モデルA【為替レート】

対象期間	独立変数	営業 キャッシュフロー	景況感	為替レート (¥ / US \$)	切片	自由度調整済 決定係数
		<i>CF</i>	<i>BDI</i>	<i>ER</i>	<i>b₀</i>	R^2_{adj}
1999 ┆ 2014	ラグ	2	2	2	-	0.625 (0.005)
	VIF	1.941	1.842	1.192	-	
	標準化係数	0.949	0.463 *	0.195 *	0.088	
	t値	4.010	2.009	1.051	2.249	
	P値	0.002	0.072	0.318	0.048	

(3) 拡張モデル B【BB ratio】

対象期間	独立変数	営業 キャッシュフロー	景況感	負債比率	BB ratio 機械受注統計	BB ratio (3MA) 機械受注統計	SEAJ-BB ratio (3MA)	切片	自由度調整済 決定係数
		CF	BDI	DR	BB	BB	BB	bo	R^2_{adj}
1999 } 2014	ラグ	2	2	2	2	-	-	-	0.701 (0.004)
	VIF	3.693	2.373	2.386	1.551	-	-	-	
	標準化係数	0.691	0.338 *	0.310	0.420	-	-	0.028	
	t 値	2.373	1.448	1.325	2.224	-	-	1.025	
	P 値	0.042	0.181	0.218	0.053	-	-	0.332	
1999 } 2014	ラグ	2	2	2	-	2	-	-	0.731 (0.002)
	VIF	3.154	2.105	2.226	-	1.416	-	-	
	標準化係数	0.775	0.435 *	0.301	-	0.436	-	0.022	
	t 値	3.033	2.082	1.401	-	2.546	-	0.840	
	P 値	0.014	0.067	0.195	-	0.031	-	0.423	
1999 } 2014	ラグ	2	2	2	-	-	2	-	0.721 (0.003)
	VIF	2.882	2.039	1.977	-	-	1.266	-	
	標準化係数	0.863	0.498 *	0.230	-	-	0.402	0.024	
	t 値	3.471	2.382	1.117	-	-	2.441	0.902	
	P 値	0.007	0.041	0.293	-	-	0.037	0.391	

- 注) 1. t 値の絶対値が2以上の箇所、P 値が0.05以下の箇所には網掛けをしている。
 2. 係数の符号が想定と異なっている箇所には数値の右肩にアスタリスク「*」を付与している。
 3. 自由度調整済決定係数の()は、有意性検定を表示している。
 4. 切片の標準化係数欄は係数を表記している。
 5. 第10表は筆者が作成した。

4. 分析結果の考察：BB レシオの有効性について

自由度調整済決定係数(R^2_{adj})は、(1)経済産業省モデルより(2)拡張モデルA【為替レート】の方が高く $R^2_{adj} = 0.625$, $p < 0.01$ である。しかしながら、為替レートの t 値は有意でなく、(2)拡張モデルA【為替レート】はうまくいかなかった。

(3)拡張モデルB【BB レシオ】において選択されなかった独立変数は、国内企業物価、景況感、長期プライムレート、為替レートである。(3)拡張モデルB【BB レシオ】の機械受注統計・機械受注統計(3MA)・SEAJの自由度調整済決定係数(R^2_{adj})が高く、それぞれ、 $R^2_{adj} = 0.701$, $p < 0.01$ 、 0.731 , $p < 0.01$ 、 0.721 , $p < 0.01$ であり、BB レシオの t 値も有意である。3つのモデルの中では、(3)拡張モデルB【BB レシオ】は最も高い説明力を有していることがわかる。

5. 総括：半導体企業および半導体製造装置企業における BB レシオの有効性について

「半導体企業の設備投資に関する回帰分析：1999年度～2014年度」およ

び「 . 半導体製造装置企業の設備投資に関する回帰分析 : 1999年度 ~ 2014年度」について総括を行う。

半導体企業および半導体製造装置企業ともに、(2) 拡張モデル A【為替レート】における為替レートの t 値は有意でなく、(2) 拡張モデル A【為替レート】はうまくいかなかった。

半導体企業および半導体製造装置企業ともに、3つのモデルの中では、(3) 拡張モデル B【BB レシオ】の自由度調整済み決定係数 ($R^2 adj$) が高く、最も高い説明力を有しており、BB レシオの t 値も有意である。

この結果、半導体製造装置企業の設備投資モデルの構築にあたり、独立変数の選択に際し、キャッシュフローおよび負債比率の財務指標にくわえ、BB レシオを選択することが有用であると考察される。

. おわりに

半導体企業の設備投資額決定要因に関する考察を踏まえ、筆者の勤務先である半導体製造装置企業の設備投資の意思決定モデルの構築を試みるにあたり、新たな独立変数の候補として半導体市場における需給の先行指標である BB レシオ (Book-to-Bill Ratio) を取り上げ検証した。

半導体市場における需給の先行指標としての BB レシオ (Book-to-Bill Ratio) は出荷額 (Billing) に対する受注額 (Booking) の割合であり、受注額は需要量、出荷額は供給量に相当するため、需給バランスを表し、先行き、景況感や市況を示す指標である。BB レシオの公表団体は変遷しており、半導体企業の北米地域の BB レシオを公表していた SIA は、グローバル化の急速な進展や技術革新に伴い、半導体生産がアジアなどの北米以外の地域に広がり、世界の半導体需給の実態を表さなくなったため 1996年 12月に公表を廃止した。現在は米国では SEMI により、北米に本社を置く半導体製造装置企業の BB レシオを、日本では SEAJ により、日本製半導体製造装置の BB レシオを、それぞれ毎月発表している。半導体企業と半導体製造装置企業の概況を示すことで、韓国および台湾企業の躍進により日本の凋落が著しい半導体企業とは異なり、半導体製造装置企業は、現在も米国と日本企業でシェアの上位を占めていることを明らかにした。公表される BB レシオの対象が半導体企業から半導体製造装置企業に変わることは、半導体生産に先だつて半導体企業は半導体製造装置の発注を半導体製造装置企業へ行うことから、半導体製造装置の BB レシオにより、半導体業界全体の先行指標として

使うことに一定の合理性はあると考えられる。

続いて、本稿では BB レシオと半導体企業の生産(鉱工業指数)、半導体企業および半導体製造装置の設備投資額との関係について、先行研究で示唆された機械受注統計の機械分類にある半導体製造装置から作成した BB レシオも加え、統計的手法を用いて相関係数を検証した。

半導体企業の生産(鉱工業指数)との相関関係については、期間をわけることで BB レシオの先行研究である(三輪 2006)において示唆されたとおり、正の相関関係が認められた。負の相関関係であった 2002年4月 - 2008年3月においては、ウェハー口径が 200mm から 300mm にシフトする時期と重なる。300mm ウェハーへの移行は、日本の半導体企業の再編を促し、サプライチェーンの収益性の悪化により、負の相関関係に陥ったと推察される。

半導体企業の設備投資額との相関関係については、半導体企業は1年のラグをもつ正の相関関係が認められた。BB レシオとの1年のラグによる正の相関関係は、BB レシオの公表団体の変遷により、半導体企業の設備投資は、先に半導体製造装置企業へ発注を行い実施している実情を裏付けるものとして考察される。

半導体製造装置企業の設備投資額との関係については、半導体製造装置企業は2年のラグをもつ正の相関関係が認められた。BB レシオの公表団体は、半導体市場の拡大とともに変遷し、公表対象を半導体企業から半導体製造装置企業へ移行することで国際化した半導体市場の実情を正確に反映しようと企図している。BB レシオとの2年のラグによる正の相関関係は、BB レシオの公表団体の変遷により、半導体製造装置企業の設備投資は、半導体企業の設備投資(ラグ 1: 半導体企業からの発注)より先に実施している実情を裏付けるものとして考察される。

さらに、本稿では半導体企業の設備投資額と BB レシオとの相関関係において、ラグ(1年)設定後、全て正の相関関係が認められたことを踏まえ、新たな独立変数として BB レシオを組み入れた(3)拡張モデル B【 BB レシオ】をくわえ、半導体企業の設備投資に関する回帰分析を 1999年度 ~ 2014年度の期間で実施した。回帰分析の方法は、BB レシオ(ラグ 1年)を強制投入法により選択したうえで、ステップワイズ法(変数増減法)を実施するため、1年のラグを全ての独立変数に対し設定した。3つのモデルの中では、(3)拡張モデル B【 BB レシオ】は最も高い説明力を有しており、BB レシオの t 値も有意であった。

半導体製造装置企業の設備投資額と BB レシオとの相関関係において、ラグ(2年)設定後、全て正の相関関係が認められたことを踏まえ、新たな独立変数

半導体製造装置企業における設備投資に関する実証研究

としてBB レシオを組み入れた(3)拡張モデルB【BB レシオ】をくわえ、半導体製造装置企業の設備投資に関する回帰分析を1999年度～2014年度の期間で実施した。回帰分析の方法は、BB レシオ(ラグ 2年)を強制投入法により選択したうえで、ステップワイズ法(変数増減法)を実施するため、2年のラグを全ての独立変数に対し設定した。3つのモデルの中では、(3)拡張モデルB【BB レシオ】は最も高い説明力を有しており、BB レシオの t 値も有意であった。

半導体企業および半導体製造装置企業の1999年度～2014年度の期間における設備投資に関する回帰分析を総括すると、半導体企業および半導体製造装置企業ともに、(2)拡張モデルA【為替レート】における為替レートの t 値は有意でなく、(2)拡張モデルA【為替レート】はうまくいかなかった。また、半導体企業および半導体製造装置企業ともに、3つのモデルの中では、(3)拡張モデルB【BB レシオ】の自由度調整済み決定係数($R^2 adj$)が高く、最も高い説明力を有しており、BB レシオの t 値も有意であった。このことから、半導体製造装置企業の設備投資モデルの構築にあたり、独立変数の選択に際し、キャッシュフローおよび負債比率の財務指標にくわえ、BB レシオを選択することが有用であると考察される。

先行研究では、BB レシオと半導体企業の株価や経済産業省公表の電子部品・デバイス工業の生産指数との相関関係を考察されているものの、日本の半導体企業および半導体製造装置企業の設備投資額と、BB レシオの有効性を考察したものはない。実務上長らく半導体市場の需給バランス、先行き、景況感の先行指標として取り上げられるBB レシオと、半導体生産に先だって半導体企業は半導体製造装置の発注を半導体製造装置企業へ行うことから、日本の半導体企業および半導体製造装置企業双方の設備投資額との相関関係を踏まえ、新たな独立変数としてBB レシオを組み入れ、回帰分析を実施した。日本の半導体企業および半導体製造装置企業の設備投資における相互関係、独立変数としてのBB レシオの有効性を明らかにしたことが、本稿における貢献であり、今後の半導体製造装置企業にとっての設備投資の意思決定モデル構築に寄与するものと考えられる。その意味で、半導体企業および半導体製造装置企業の設備投資額決定要因に関する考察の意義は大きいと考える。

今後はBB レシオを独立変数に組み入れた、日本の半導体製造装置企業の設備投資決定モデルの構築を試みたい。

(筆者は関西学院大学大学院商学研究科研究員)

参考文献

- Fargher, Neil L.Gorman, Larry R. and Wilkins, Michael S. (1998), “ Timely industry information as an assurance service-evidence on the information content of the book-to-bill ratio, ” *University of Waterloo Symposium on Auditing Research*, 17, pp.109-123.
- Robert Amatruda (1997), “ Long live the book-to-bill ratio, ” *Semiconductor International*, 20, 3, p.71.
- Toly Chen.and Yi-Chi Wang. (2011), “ A hybrid fuzzy and neural approach for forecasting the book-to-bill ratio in the semiconductor manufacturing industry, ” *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Volume 52, Issue 1, pp.377-389.
- 石島達晃(2011)『 BOP 半導体向けローエンド型製造装置ビジネスへの挑戦』, https://dspace.wul.waseda.ac.jp/dspace/bitstream/2065/34087/1/Rev_Shuron_Ishijima.pdf.
- 泉谷涉(2004)『図解 半導体業界ハンドブック』東洋経済新報社 .
- 大屋根聡(2002)『日米韓半導体摩擦』有信堂 .
- 経済企画庁調査局(1996-2000)『機械受注統計調査年報』大蔵省印刷局 .
- 経済産業省(1998 ~ 2015)『鉱工業指数』, <http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/iip/>
- 経済産業省大臣官房調査統計グループ経済解析室(2015)『鉱工業指数のしくみと見方』, http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/iip/pdf/b2010_mechanism_iipj.pdf.
- 肥塚浩(1992)「日本半導体製造装置産業の分析」『立命館経済学』立命館大学経済学会 第 41 巻第 1 号 , 116-142 頁 .
- 肥塚浩(2010)「半導体ビジネスの戦略転換：日本企業の事例」『立命館経営学』立命館大学 第 48 巻第 6 号 , 21-41 頁 .
- 肥塚浩(2011)「日本および中国の半導体産業の動向」『立命館国際地域研究』立命館大学 第 33 巻 , 1-12 頁 .
- 肥塚浩(2011)「半導体製造装置産業の現状分析」『立命館経営学』立命館大学 第 49 巻 第 5 号 , 97-113 頁 .
- 国際半導体製造装置材料協会(SEMI) Website , <http://regions.semi.org/jp/>
- 産業タイムズ社(1983 ~ 2014-15)『半導体産業計画総覧』産業タイムズ社 .

半導体製造装置企業における設備投資に関する実証研究

- 土屋大洋(1995)『日米半導体摩擦の分析 - 数値目標とその影響 - 』『法学政治学論究』第25号(1995年夏季号) p343 ~ 373, 慶應義塾大学大学院法学研究科内法学政治学論究刊行会 .
- 電子情報技術産業協会 IC ガイドブック編集委員会(2003, 2006, 2009), 『IC ガイドブック』日経 BP 企画 .
- 電子情報技術産業協会 IC ガイドブック編集委員会(2012) 『IC ガイドブック』産業タイムズ社 .
- 内閣府(2009-2014) 『機械受注統計調査報告』, <http://www.esri.cao.go.jp/jp/stat/juchu/juchu.html>
- 内閣府経済社会総合研究所(2001-2008) 『機械受注統計調査年報』大蔵省印刷局 .
- 日本経済新聞社(1982/8/18 ~ 2015/12/19) 『日本経済新聞(朝刊)』日本経済新聞社 .
- 日本経済新聞社(1982/4/27 ~ 2015/12/21) 『日経産業新聞』日本経済新聞社 .
- 日本経済新聞社(2015) 『NEEDS 日経財務データ DVD 版』日本経済新聞社 .
- 日本半導体製造装置協会(SEAJ) Website , <http://www.seaj.or.jp/>
- 日本半導体製造装置協会(1989, 1990) 『半導体製造装置販売統計』日本半導体製造装置協会 .
- 日本半導体製造装置協会(1995) 『半導体・液晶パネル製造装置販売統計』日本半導体製造装置協会 .
- 日本半導体製造装置協会(2004) 『半導体・液晶 / 有機 EL パネル製造装置販売統計』日本半導体製造装置協会 .
- 日本半導体製造装置協会(2006, 2007, 2012, 2013) 『半導体・FPD 製造装置販売統計』日本半導体製造装置協会 .
- 半導体産業新聞編集部(2008) 『図解 半導体業界ハンドブック Ver.2』東洋経済新報社 .
- 東壯一郎(2015 a) 『半導体企業の設備投資に関する実証研究 - 日米半導体協定の影響について 』『関西学院商学研究』関西学院大学大学院商学研究科研究会 第69号, 37-56頁 .
- 東壯一郎(2015 b) 『半導体企業の設備投資に関する実証研究 - 日本の半導体企業再編における財務指標の有効性について - 』『関西学院商学研究』関西学院大学大学院商学研究科研究会 第70号, 1-23頁 .

東 壯 一 郎

東壯一郎(2016 a) 「半導体企業の設備投資に関する実証研究 - 半導体企業の変遷と財務指標の有効性について - 」 『関西学院大学産研論集』関西学院大学産業研究所 第 43 号 , 131-146 頁 .

東壯一郎(2016 b) 「半導体産業における BB レシオ (受注額 / 売上額) に関する一考察」 『関西学院商学研究』関西学院大学大学院商学研究科研究会 第 71 号 , 1-22 頁 .

東壯一郎(2016 c) 「半導体企業における設備投資に関する実証研究 - BB レシオ (受注額 / 売上額) の有効性について - 」 『商学論究』関西学院大学商学研究会 第 64 卷 第 1 号 , 117-141 頁 .

米国半導体工業会(SIA) Website , <http://www.semiconductors.org/>

三輪篤生(2006) 「 BB レシオのパフォーマンス」 『ESP economy,society,policy』経済企画協会 第 488 号 , 60-65 頁 .

薬師寺泰蔵(1989) 『公共政策』東京大学出版会 .

湯之上隆(2009) 『日本「半導体」敗戦』光文社 .

湯之上隆(2013) 『日本型モノづくりの敗北』文藝春秋 .

和田木哲哉・横山貴子著 / 奥村勝弥監修(2009) 『徹底解析 半導体製造装置産業』工業調査会 .