

[レフェリー付論文]

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—

東 壯一郎

要 旨

半導体業界はムーアの法則により、持続的に技術進歩が起こり、長期にわたり継続的な設備投資の実施が求められる特性がある。半導体企業の設備投資額決定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。本稿では、BB レシオ公表団体の変遷を整理したうえで、BB レシオと我が国の生産活動を表す総合的指標である鉱工業生産指数（電子部品・デバイス工業）との相関関係、BB レシオと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について考察し、BB レシオの有効性を示唆した。

キーワード：BB レシオ (Book to Bill ratio)、半導体企業 (Semiconductor Company)、半導体製造装置企業 (Semiconductor Manufacturing equipment Company)、鉱工業生産指数 (Indices of Industrial Production)、設備投資 (Capital Investment)

I 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ダリ、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応できず、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、持続的に技術進歩が起こり、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) および (2015b)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

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) および (2015b) 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かけて実施した。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)。

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。

II 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

3) 和田木哲哉・横山貴子著/奥村勝弥監修（2008）、17頁。

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。

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。

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が減少したこと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。

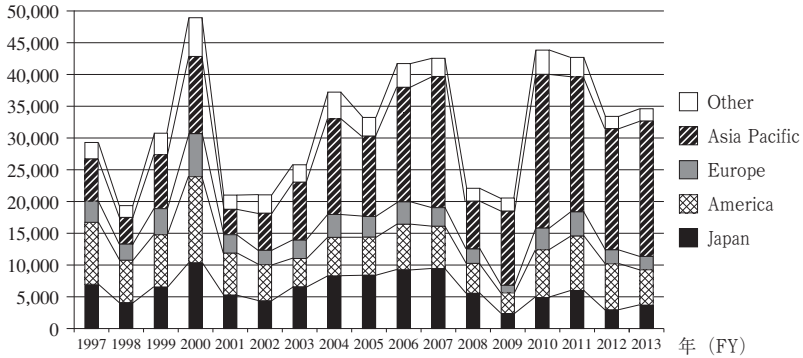
第2表は世界の半導体製造装置企業上位10社の売上高の推移を示したものである。

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

4) 肥塚浩(2011)、98頁。

第1図 半導体製造装置販売高の推移 (Worldwide)

金額：100万ドル



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。

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	東京エレクトロン (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	イトーン (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	東京エレクトロン (日)	2,634	2	ASML (蘭)	2,248
3	ニコン (日)	1,430	3	東京エレクトロン (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 (日)	716
9	キヤノン (日)	751	9	ニコン (日)	701
10	日立製作所 (日)	743	10	ノベラス・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)『91 IC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。

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。

III 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）が釣り合っていれば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

5) 日経産業新聞（1984/05/22）、5頁。

6) 日経産業新聞（1984/12/13）、1頁。

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、米国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、アドバンスト・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、①貿易・公共政策に関して米国産業の利益を代表し、対外的に折衝すること、②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

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。

9) 大矢根聡 (2002)、81-82頁。

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

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。

体企業に SIA 事務局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の他、「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

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。

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・リポート (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⁾。

21) 同上。

22) 同上。

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

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。

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。

(Fargher *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

24) 同上。

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

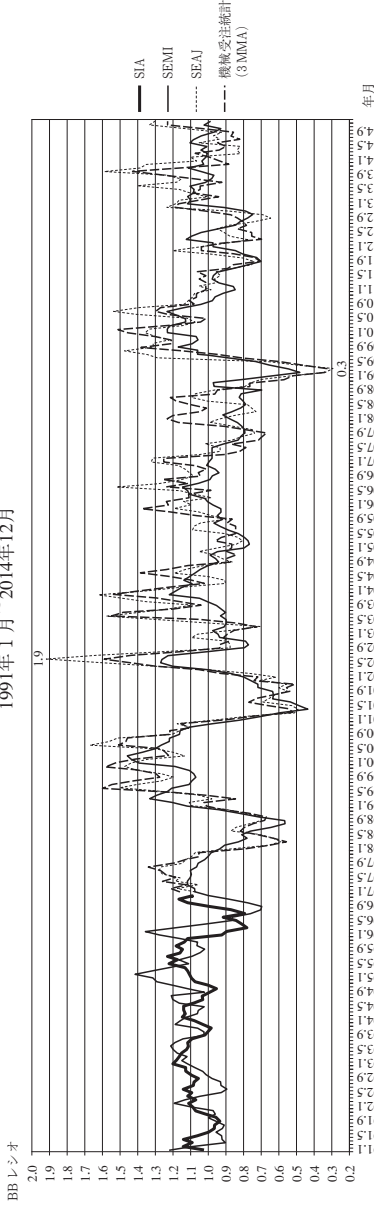
Ⅲ章4節の（三輪 2006）において示唆された受注額および販売額の原型列からのBBレシオの作成は、受注額および販売額の原型列は機械受注統計しか入手できないため、本稿では機械受注統計の原型列から算出したBBレシオ（以下、機械受注統計（原型列））およびSIA・SEMI・SEAJ公表のBBレシオと同様、3ヶ月移動平均を施したBBレシオ（以下、機械受注統計（3MMA））を作成し考察を行う。

第2図は、SIA、SEMI、SEAJ、機械受注統計（3MMA）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（3MMA）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、Ⅱ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/statistiks/page.php?CDM=0> を基に筆者作成。

機械受注統計 (3 MMA)：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/jp/stat/juchu/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。

IV 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示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）。

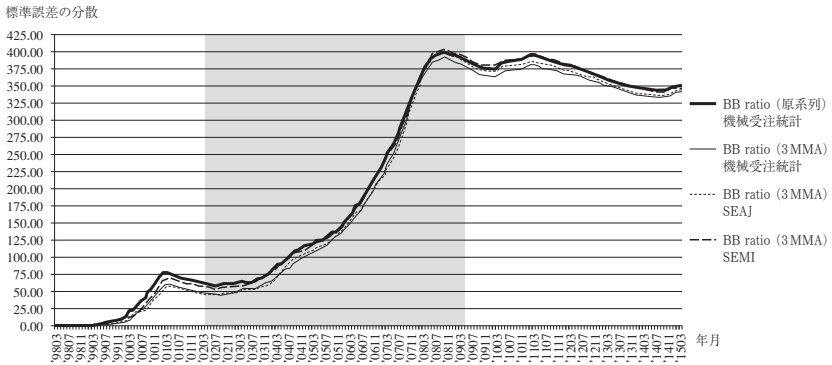
2002年から2008年まで急速に標準誤差の分散が大きくなっている。半導体企業の設備投資モデルを考察した東（2015a）および（2015b）²⁷⁾と同様に、

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) 葉師寺（1989）、127-138頁、土屋（1995）、343-373頁。

27) 2)と同様。

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。

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. **, 相関係数は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 200 mm から、現在の主流は2001年から製造が始まった 300 mm ウェハーとなっている。当期間はシリコンウェハーの世代交代と時期が重なる。200 mm ウェハーと 300 mm ウェハーでは、面積比は単純に 2.25倍 ($300 \div 200$ の 2 乗) となる。300 mm ウェハーを使用すれば、単純計算で同じサイズの IC チップが 1 枚のウェハーから 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、ウェハー口径が 200 mm から 300 mm 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、300 mm 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、300 mm 移行は業界を再編²⁸⁾ し、収益性の悪化を招いた。300 mm ウェハー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、300 mm 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。300 mm 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。

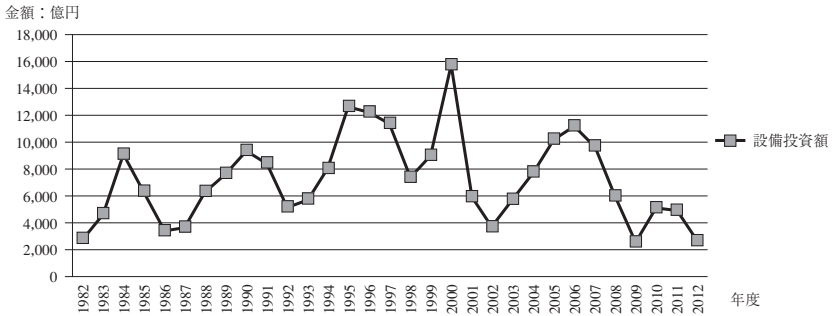
V 半導体企業の設備投資額との相関関係

1. 半導体企業の設備投資額の動向

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)。

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。

第4図 半導体企業の設備投資額の推移（1982～2012年度）



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

2. 分析結果の考察

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4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4表）。

第4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 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	
		—	△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4表は筆者作成。

2. **, 相関係数は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。

現在では半導体生産に先だ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レシオにおいて最も高い正の相関関係が認められた（第4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4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。

VI 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5表）。

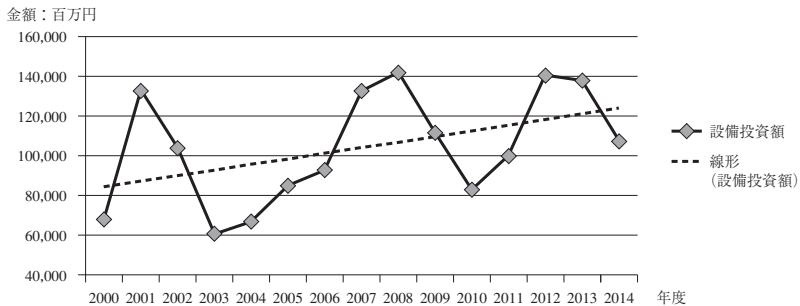
第5表 分析対象とした半導体製造装置企業一覧

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	6841	横河電機	6857	アドバンテスト	7731	ニコン	8035	東京エレクトロン
6756	日立国際電気	6855	日本電子材料	7729	東京精密	7735	SCREEN HD	8036	日立ハイテクノロジーズ

注) 第5表は筆者作成。

2002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2000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（2000～2014年度）



出所) 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6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	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
2000-2014		(0.615)*	(0.676)**	(0.541)*	(0.516)
2000-2007		(0.828)*	(0.815)*	(0.714)*	(0.758)*
2008-2014		(0.419)	(0.478)	(0.377)	(0.348)

注) 1. 第6表は筆者作成。

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

V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6表)。2000-2014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6表)。

半導体の用途は多岐にわたり、半導体市場は現在も拡大している。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 (第1図)。2001年以降、シリコンウェハのサイズが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。半導体企業の寡占化により、半導体製造装置企業の販売先は縮小しているため、半導体企業から要求される技術・コストは年々厳しさを増している。

BB レシオとの負の相関関係は、過当競争を勝ち抜くには BB レシオが1.0 を割る不況下にこそ、むしろ先行して設備投資を実施することで、競合他社との差別化を図っていることが考察される。また期間をわけても BB レシオと負の相関関係であることは、300 mm 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、依然として研究開発投資の回収が終わっておらず、収益性の悪化により、継続して負の相関関係に陥っているものと推察される。

Ⅶ 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。

また、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ことから、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相関関係については、負の相関関係が認められた。BB レシオとの負の相関関係は、過当競争を勝ち抜くには BB レシオが1.0を割る不況下にこそ、むしろ先行して設備投資を実施することで、競合他社との差別化を図っていることが考察される。また期間をわけても BB レシオと負の相関関係であることは、ウェハー口径が200mmから300mmウェハー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、依然として研究開発投資の回収が終わっておらず、収益性の悪

化により、継続して負の相関関係に陥っているものと推察される。

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考察し、そ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の状況を実証し、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.
- 泉谷渉 (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) 「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.
- 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) p 343~373, 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 (2015a) 「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 (2015b) 「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.
- 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（2008）『徹底解析 半導体製造装置産業』工業調査会.