

製造業における プラットフォーム・リーダーシップ戦略と キーストーン戦略

——工作機械産業の事例研究——

林 隆 一

キーワード：製品アーキテクチャ (Product Architecture), イノベーションのジレンマ (the Innovator's Dilemma), プラットフォーム・リーダーシップ (Platform Leadership), キーストーン (Keystone), NC (Numerical Controller), 工作機械 (Machine Tool)

1. はじめに

Gawer & Cusumano (2002) が提唱したプラットフォーム・リーダーシップ戦略や Iansiti & Levien (2004) が提唱したキーストーン戦略は、米国を中心とするソフトウェアや消費財企業の事例が中心であり、製造業での検証事例が少ないため、典型的な製造業である工作機械産業の事例を検証した。林 (2013b) で指摘したとおり、過去10年で製品アーキテクチャの視点からの分析が、多くの産業に展開されてきたが、工作機械を除く資本財産業の事例研究はやや遅れている。本稿では、資本財産業の中では比較的研究の進んでいる工作機械産業をNC技術中心に、プラットフォーム・リーダーシップやキーストーン戦略の観点から再検討を行う。英国で発祥した工作機械産業は、米国の機種収斂によるモジュール化で開花したが、NC (Numerical Controller) 装置による破壊的⁽¹⁾技術が「イノベーションのジレンマ」を米国にもたらし、日本が世界トップに⁽²⁾

踊りてた。しかし、NC化が韓国や台湾、中国企業の台頭の追い風となったこともあり、2009年から日本は27年連続維持してきた世界の座から転落している。これらの動きをNC企業のファナックをキーストーン種とした工作機械産業全体の「ビジネス・エコシステム」として検証を試みる。時系列の変化に加え、グローバルの工作機械産業を、主要部品の動向まで網羅的に把握し、分析した先行研究は数少ないためである。

本論文の構成としては、まず先行研究を概観した上で、工作機械産業・技術の歴史の変遷とファナックNCの中台韓への展開を分析し、代表的な製造業である工作機械産業の事例を、プラットフォーム・リーダーシップ戦略とキーストーン戦略に関して適用を試みる。

2. 先行研究

製品アーキテクチャ (Product Architecture)⁽³⁾ の先行研究では、Henderson & Clark (1990) のコピー機や半導体製造装置の事例研究が嚆矢である。製品が複数のコンポーネント (部品) から形成されると想定し、製品・システムを構成している各種コンポーネント間の技術的相互関係性に注目し、アーキテクチャル知識は、開発組織の全体設計や組織の認知枠組に深く組み込まれることから、変更の困難さを指摘した。さらに、Baldwin & Clark (1997) は、設計の意思決定に影響を与える「明示的なデザイン・ルール」には以下の3つのカテゴリーがあり、設計プロセスの初期段階で確立し、参加者はモジュール相互間に広く開示されるとした。

(1) NC (Numerical Controller) 装置は工作機械の中核部品であり、数値制御による信号指令を用いるプログラム制御で、工作物に対する工具の位置や送り速度などを制御する。

(2) Christensen (1997)。

(3) 製品アーキテクチャとは「製品の機能要素を構造物 (部品) にどのように対応、展開していくか、それらの構成要素間の相互依存関係をどのように設定するかに関する設計思想」と定義される (藤本 (2001))。

- ①アーキテクチャ（どのモジュールがシステム構成要素となり、どのように機能するかを特定するもの）
- ②インターフェイス（どのようにモジュールが相互作用するかを詳細まで規定するもの）
- ③標準（モジュールのデザイン・ルールへの適合性を検証し性能を比較するもの）

モジュールの設計者は、モジュール相互間の動作を確保する「デザイン・ルール」さえ遵守すれば自由に試行錯誤できるようになり、この自由度が新しいイノベーションを創出し、モジュールの供給と単なる下請け企業とを区分けすることが可能になると主張した。⁽⁴⁾

Ulrich (1995) は、製品アーキテクチャを、モジュール型 (Modular, 組み合わせ型) とインテグラル型 (Integral, すり合わせ型) の2つに大別し説明している。複数のコンポーネントの相互関係が単純であり、部品間のインターフェイスが標準化されて構造的に独立分離している状態をモジュール型に、製品の機能と構造が複雑に錯綜し、部品が独自のインターフェイスで複雑強固に連結されている状態をインテグラル型に分類している。モジュール型アーキテクチャは、ひとつひとつのコンポーネントが、お互いに独立で機能している状態をいい、典型例がパソコン産業で見られ、機能と部品との関係が1対1に近い形になっている。各部品を見ると、それぞれが自己完結的な機能があり、各部品が非常に独立性の高い機能を持ち、かなり完結的であり、1つのモジュールとして機能し、各モジュールの設計者は独自の設計や技術革新が可能となっている。また、コンポーネントの組み合わせが多様に選択できるため、製品のバラエティを増加させることができるとした。これらの視点から Grove (1996) や Fine (1998) は、1980年代にIBMがパーソナルコンピュータの開発にあたり、それ

(4) モジュール化によるメリットとしては、①簡素化、②標準化、③独立性を指摘した。

製造業におけるプラットフォーム・リーダーシップ戦略とキーストーン戦略

までのインテグラル型からモジュール型の製品アーキテクチャを採用することで、各コンポーネントの独立企業の設計が可能となったが、これをきっかけに、個別コンポーネントの特化が進み、マイクロソフトやインテルなどの企業が台頭し、垂直統合の産業構造が変化したことを示した。

国領（1995）⁽⁵⁾や国領（1999）らは情報のオープン・アーキテクチャ戦略として、外部化によるモジュールのネットワーク協業で、優位性が高まることを指摘した。各企業が得意分野に経営資源を集中し、それ以外については大胆な提携によって他社資本を活用する、オープン型経営を採用することと密接に関係し、より多くの経営資源を占有しようとする日本型の囲い込み経営への考え方に修正を迫ることを提唱した。一方で、Clark & Fujimoto（1991）や藤本（1997）、藤本・クラーク（2009）⁽⁶⁾などは、オープン・アーキテクチャ戦略はアーキテクチャ特性で有効性が大きく異なると主張した。日本型の自動車産業とグローバル化が進む電機産業を念頭に、オープン・アーキテクチャ戦略は、モジュラー型事業では有効性が高いが、インテグラル型では低く、日本の自動車産業は垂直統合ながら日々の改善活動や問題解決プロセスで、国際的競争力を獲得したことを明らかにしている。本論文では、産業全体としてはインテグラル型である工作機械産業において、オープン・アーキテクチャ戦略を取り入れて成功している産業・企業事例を研究する。

また浅沼（1997）は、自動車産業組織の競争力の源泉が、中核企業と主要部品サプライヤーの間の設計の一定のモジュール化にあることを明らかにした。日本の自動車産業が、設計枠組の一般的な共通理解とインターフェイスの特定化の後、中核企業が部品設計の承認図（black box parts）⁽⁷⁾のスキームを導入し

(5) 本来複雑な機能を持つ製品やビジネス・プロセスを、あるアーキテクチャに基づいて独立性の高いモジュールに分解し、モジュール間を社会的に共有されたインターフェイスでつなぐことによって汎用性をもたせ、多様な主体の発信する情報を結合させて価値の増大をはかる企業戦略。

(6) 自動車の製品開発力を国際的に比較した実証研究。

(7) 米国では貸与図（detail-controlled parts）が一般的であった。

たことを見出した。部品企業のデザインプロセスが「カプセル化」された結果、生産物システムのモジュールの同時並列的なデザインが可能となり、モデルチェンジのリードタイムが飛躍的に短縮されたと主張したが、本論文の対象とする工作機械産業では、逆に主要部品サプライヤーであるファナックが、完成品企業である工作機械企業に承認図のスキームを導入していると見ることができる。

Teece (1986) は、イノベーション先行者の占有可能性として補完財資産が重要な役割を果たしていることを指摘したが、ファナックの事例でも同傾向を検証する。補完財資産は、技術を事業化している市場で競争力を確保するために必要な流通チャンネルやコンピュータ（ハードウェア）に対するソフトウェアや消耗品などの補完的な資産である。企業は自社の製品だけでは市場に価値を提供できず、補完財資産との組み合わせによって価値を高め・維持することができる」と主張した。

イノベーション研究の関連では、Christensen (1997) が HDD などの研究を通して、主要な顧客の声に耳を傾け、製品開発に活かしている優良な企業ほど、技術変化が起こったときに、合理的に判断した結果、対応が遅れるケースとして「イノベーションのジレンマ」(the Innovator's Dilemma) を提唱した。当初は市場におけるニッチ需要しかもたないが、技術革新により主流市場で求められる技術水準を超え、既存製品のパフォーマンスを引き下げる技術を、「破壊的イノベーション」(Disruptive Technology) と呼び、「破壊的イノベーションの原則」として、以下の5つを挙げている。

- 原則1 企業は顧客と投資家に資源を依存している
- 原則2 小規模な市場では大企業の成長ニーズを解決できない
- 原則3 存在しない市場は分析できない
- 原則4 組織能力は無能力の決定的要因になる
- 原則5 技術の供給は市場の需要と等しいとは限らない

イノベーションの初期では、新しい市場規模は小さく、大企業にとっては参入の価値がない上、不確実性も高く、現存する市場と比較すると、参入の価値がないように見える。そのため、短期的に既存顧客や株主の意向が優先される場合、顧客が求めず、収益性が低い破壊的技術に十分な投資をすることは難しい。一方で、既存事業を営むための能力を高めることで、異なる事業への適性が失われるが、既存技術を高めても、メインストリーム市場で要求される性能水準を超えると、顧客は他の基準に従って製品を選ぶようになる。

Christensen & Raynor (2003) や Christensen, et al. (2004) などは、産業は「相互依存」の状態から「モジュール」の状態へと進化する傾向があると考えた。Ulrich (1995) のいうインテグラル型からモジュール型への移行とも見ることができよう。需要側と供給側で性能ギャップが存在する領域では、企業はできる限りすぐれた製品をつくることで競争しなければならないが、製品の機能と信頼が顧客の要求水準を「オーバーシューティング」すると、顧客が改良の対価を払わなくなる。市場が求める性能水準が技術進歩に対して相対的に低位に安定しているような状況ではモジュール化が優位な戦略となるが、一般に製品がコモディティ化する過程でこのような状況が生じるとした。破壊的イノベーションに対して、組織には固有の組織文化があるので、同じ組織で異なるアーキテクチャ特性を合わせ持つことは困難であり、別組織とすることを提案しているが、本論文の事例研究では「原則1 企業は顧客と投資家に資源を依存している」の前提を回避することで、イノベーションのジレンマを乗り越えた企業（ファナック）の事例を分析する。

Gawer & Cusumano (2002) は、オープン・モジュラーの競争環境下であっても高い収益性を維持するインテル、マイクロソフト、シスコ、パーム、NTT

(8) 製品の機能性と信頼性が、ある市場階層に属する顧客のニーズを満たすにはまだ「十分でない」状況を示す。

(9) 著書の約6割がインテルのケースに割かれている。

ドコモ、リナックスのIT企業の研究を通して、広範な産業レベルにおける特別な基盤技術の周辺で、補完的なイノベーションを起こすように他企業を動かす能力を、プラットフォーム・リーダーシップと定義した。さらに、プラットフォーム・リーダーシップの獲得を目指すために、以下の4つのレバー（①企業の範囲、②製品技術、③外部補完者との関係性、④内部組織の設計）を駆使し、触媒となる技術を梃に、産業内で補完製品のイノベーションを誘発するように仕向けていると考えた。

【4つのレバー】

- ① 企業の範囲（何を社内で行い、そして何を外部の企業にさせるべきか）
- ② 製品技術（アーキテクチャ、インターフェイス、知的財産に関する意思決定）
- ③ 外部補完者との関係性（補完業者との関係は、どの程度、協調的あるいは競争的か）
- ④ 内部組織の設計（上の3レバーのサポートのため、どのように内部を組織化するか）

一方、Iansiti & Levien (2004) は、ウォルマートやマイクロソフト、TSMC等の研究を通して、従来の経営戦略論の外部環境とされてきた「産業（構造）」と「市場」に対して、企業の内外がシームレスに結びついた「ビジネス・エコシステム」（ビジネス生態系）というフレームワークから、エコシステムの動向を左右するものにキーストーン種⁽¹⁰⁾の存在を指摘した。キーストーン種とは、個体数が少なくとも、その種が属する生物群集やエコシステムに及ぼす影響が

(10) アメリカ北西部太平洋におけるラッコの生息数の減少は、近海の魚や他の生物などの多様な種の生産性（多産性）を低下させ、海岸の浸食をもたらした。沿岸の食物連鎖を支えるケルブ（大型海藻）などをウニが食べつくしたことが主因であり、唯一のウニの捕食者であるラッコは、比較的少数しか存在しないキーストーン種であった。

製造業におけるプラットフォーム・リーダーシップ戦略とキーストーン戦略

大きい種のことである。キーストーンは生き残るために、エコシステムの安定性を司る存在となっており、エコシステム間で競争優位を獲得するためには、キーストーンとしてプラットフォームを、どのように差配し、直接あるいは間接的に変化を促進できるかどうか、エコシステムの生き残りの可能性を左右すると指摘しており、本論文では工作機械産業の事例におけるキーストーン種を検証する。

なお、ビジネス・エコシステムの健全性を測る3つの指標として、以下の3点を指摘している。

- ① 生産性（要素生産性、時系列での生産性の変化、イノベーションの伝達）
- ② 構造安定性・堅牢性（生存率、エコシステム構造の持続性、予測可能性、陳腐化の回避、利用者の経験とケースの持続性）
- ③ ニッチの創出（企業の多様性の増大、製品および技術の多様性の増大）

3. グローバルで見る工作機械産業の変遷

工作機械産業は、日本の機械工業全体の生産額（2012年）の1.8%、全従業員数⁽¹¹⁾の2.4%の占有率に過ぎないが、「母性原理（Coping Principle）」から製造業全般のマザーマシンと称され、軍需産業を含めた産業全体への技術的な波及効果が大きい。そのため、政治的な規制や育成対象としても議論が多く、誤解の多い産業である。まず、工作機械主要国の歴史的な発展と凋落に照らし合わせながら、産業全体の「モジュール」化の技術的変化が、各国の工作機械産業にどのような影響を与えてきたかを振り返る。

近代工作機械は、18世紀に英 Wilkinson の開発で始まり、英 Maudslay（ねじ

(11) 切削加工のように、工作物から一定量を加工工具によって除去する加工においては、製品の寸法や精度は、工作機械の持つ動的精度によって制限される。言い換えれば、工作機械の精度以上の製品を作ることはできない。

(12) 高精度シリンダー中ぐり盤、これで初めて Watt の蒸気機関が実現した。

切り旋盤）が母性原理を最初に確立し、精度向上の循環が世界を牽引したが、1820年以降の独立戦争や南北戦争を背景に、米国で小銃の量産と完全互換性部品の製造のため、フライス盤、研削盤、タレット旋盤、多軸自動旋盤、ブローチ盤などが次々に開発された。それまで、米国工作機械は繊維産業の一部門に過ぎなかったが、金属切削加工の各加工技術が「汎用化」、もしくはモジュール化され、特定機種に収斂することで、ミシン、タイプライター等への応用が始まり、自動車産業の立ち上げにつながり、同一規格の大量生産を可能とした。米国は、工作機械加工の専用技術の汎用化により、自動車、航空宇宙、国防産業向けの先端加工技術で世界を先導し、70年代まで工作機械の黄金時代を築いたと言える。

米国は1951年に航空機の複雑な部品加工のため、NC工作機械の試作機を完成させ、1980年のNC工作機械の出荷は前年比24%増の8,889台で米国内への自給率は約7割⁽¹³⁾を維持したが、米国のNC工作機械は航空機・自動車産業の大手企業に対する大型機の売り込みが中心だったため、価格競争力を重視した裾野の広いジョブショップ向けでは開発に遅れた。そのため、米国の量産向けの工作機械産業は凋落し、米国の生産高シェアは、トップだった1981年の20%⁽¹⁴⁾（41億ドル）から1983年の10%（16億ドル）の4位に低下を余儀なくされた。

個別企業でも、世界の直近の売上ランキング上位20社には米国ではMAG-Industrial-Automation社（14位、13億ドル）の1社だけに留まっている。源流の一つは1859年創業の米Gidding & Lewis社にあるが、1996年に独Thyssen Produktions System社に買収され、1999年に親会社の製鉄会社ThyssenとKruppが合併したことでThyssenKrupp Technologies（03年売上は世界2位（13.6億ドル））が誕生した。しかし、傘下の独Huller Hille社、米Fadal

(13) 1980年の米国NC工作機械市場での日本企業のシェアは約25%。

(14) MIT産業生産性調査委員会の報告書であるDertouzos et al. (1989)は、米国工作機械の問題点として、①生産プロセスへの関心の急減、②ユーザー要求の弱さ・ユーザーの知識衰退、③証券市場からの圧力による短期戦略、④政策の欠如を指摘している。

製造業におけるプラットフォーム・リーダーシップ戦略とキーストーン戦略

Machinning Center 社等とともに、2006年に親会社が工作機械事業を投資会社 Max-Car に売却した。同年、Max-Car は、UNOVA 社から傘下の米 Cincinnati 社を買収し、工作機械事業を統合して誕生したが、度重なる買収や統合により、低価格機を主力とする企業に変貌している。一方、主要企業である米 Burgmaster⁽¹⁵⁾ は、コングロマリットの傘下に入り、解体の憂き目にあい、112年の歴史を持つ米 Ingersoll Milling Machine 社は長引く不況に耐えられず、2003年4月に米国連邦破産法を申請、その半年前に中国の大連機床に自動車部品加工機部門 Ingersoll Production System 社を売却した。2003年10月には裁判所主導オークションで残る Ingersoll International 社も伊 Camozzi Holding 社が落札したことで米国の老舗メーカーの多くは姿を消している。欧州では、1994年にドイツの工作機械産業維持の国策を背景に、1870年創業の独 Gildemeister 社が独 DECKEL 社と独 MAHO 社の経営権を引き継ぎ、欧州最大の切削型工作機械メーカー DMG が誕生した。しかし、2009年に森精機と資本提携を結び、2011年に森精機の持分法対象（現在の出資比率24.9%）となり、2020年までの合併を目指している。また、1999年には、Fiat 系の自動車部品システム企業の伊 Comau 社が米 PICO、仏 Renault 子会社を買収するなど、製品アーキテクチャの変化により、多くの先行する工作機械企業も衰退している。

日本の工作機械産業は、第2次世界大戦の対日禁輸政策に対抗し、「国家総動員法」に基づき、欧米一流機種約80機種の国産化を約30社が分担して模倣し、戦前10年間で累計生産45万台を行い、基盤を構築した。しかし、終戦後、日本の工作機械保有台数60万台に対して、軍需関連を中心に約22万台が賠償指定され、国内放出されたため、軍需喪失とともに、日本の工作機械産業は壊滅的な影響を受け、技術的にも大きく立ち遅れた。⁽¹⁶⁾ 朝鮮戦争期（1953～54年）に

(15) Holland (1989)。

(16) 1952年の欧米の普通旋盤（振り350mm以下）の最高主軸回転速度3000回/分に対して、国産1960年目標（1956年策定）は1500回/分（実際には池貝が2000回を

は、輸入依存度が50～60%に達し、「もっとも復興が遅れた業種」と謂われた。そのため、1952年のツガミによる仏 Cri-Dan 社（ねじ切り旋盤）の技術提携を皮切りに、100社以上の技術導入が行われた。「機振法」を初め数多くの行政指導や「新規機種に参入しない」紳士協定が締結されたこともあり、1機種当たりの生産量拡大を目的に、企業毎の生産機種絞り込みによる棲み分けが行われた。一方で、1960年代の貿易自由化方針により、自動車産業が中小企業の系列化を推し進め、中小企業の設備近代化が課題となり、ローエンドの「ジュニアマシン」⁽¹⁷⁾が開発された。機能の絞込みに加え、摺動面を「きさげ」でなく焼き入れ研磨によるモジュール化で代替が行われた。また、需要拡大に対応するため、1961年に各社が代表機種に生産集中する「集中生産に関する申し合わせ」があり、外注や生産委託とともに、代表機種のコンベア導入によるロット生産も進んだ。⁽¹⁸⁾このように量的需要に伴い、日本では設計・生産ともに、工作機械のモジュール化が進展している。

能力増強が進んだ70年代にかけて、競争激化による割賦販売が拡大した。好況時でも「頭金なし」が60%、「金利なし」が30%に拡大した。⁽¹⁹⁾割賦販売により、中小企業は新鋭設備導入が容易となり、73年の工作機械（5年未満）の保有45万台のうち99人以下の小規模工場の比率が55%（67年では50%）まで高まり、自動車産業等の国際競争力を支えた。一方で、工作機械企業の運転資金を圧迫するとともに、75年下期には在庫販売で価格（汎用機21社平均）が25%下落するに至り、「新興」のヤマザキマザック等が差別化のためNC機械の開発に注力し始めるきっかけとなった。NCの登場により、19世紀米国で再編され

達成)、国産1970年目標(1966年策定)は2500回/分と圧倒的な技術格差が残った。
 (17) LS旋盤(オークマ)、A型タレット旋盤(日立精機)、KR600ホブ盤(カシフジ)等の基本となる機械の寸法仕様は確保しつつ、機能・性能仕様を簡素化した廉価な機械。

(18) 68年の月産は、ヤマザキマザック220台、ワシノ200台、滝沢230台、森精機140台に拡大し、特に中堅企業での数量は欧米を凌駕した。

(19) 同様に代理店販売比率は60年の50%から、65年約60%、75年80%強に上昇した。

製造業におけるプラットフォーム・リーダーシップ戦略とキーストーン戦略

た技術の汎用化がさらに再編された。つまり「丸物部品」加工はNC旋盤へ、「角物部品」は組み合わせ（ボール盤・中ぐり盤・フライス盤など）加工からMC（マシニングセンター）へ集約・複合化された。その結果、NC工作機械生産は、75年の2188台、399億円（NC化率7.8%）から、81年2.6万台、4340億円（同51%）に拡大した⁽²⁰⁾。NC化の進展で、国内大手5社体制が崩れ、NC化を進めた3社（ヤマザキマザック、森精機、オークマ）が躍進する一方で、2001年に池貝の破綻⁽²³⁾、2002年には日立精機の破綻（森精機への営業譲渡）が起こった。一方、金型加工の牧野フライスもNC化を進め、MC同一機種競争となり、輸出比率は1970年の8%（輸出額241億円うち北米18%）から1980年40%（同2700億円うち北米42%）まで拡大し、82年には世界一の工作機械大国となり、国内NC旋盤40社、MC50社の枠組が維持されている。その後、林⁽²⁴⁾（2014）の通り、日本の「工作機械等」に分類した企業16社の過去28年平均の営業利益287億円（同1社平均19億円）に対して、過去5年平均は159億円（同10億円）に留まっている⁽²⁵⁾。個別企業のランキングでは、過去5年のセクター利

(20) 80年のNC機械生産は、米国9000台、西独7500台、英国1700台、仏1300台。

(21) 日立精機、池貝、東芝機械、オークマ、豊田工機でシェア2割を持ち、日工会会長を持ち回りしていた。

(22) 日経産業新聞2014年7月31日によると、2013年のマシニングセンターの国内生産額（3030億円）シェアは、1位がヤマザキマザック26.0%、2位がDMG森精機25.2%、3位がオークマ14.1%、4位がファナック13.1%、5位が牧野フライス12.4%である。

(23) 2004年に上海電気集団が実質的買収し、2014年に台湾の友嘉実業集団の傘下に入っている。

(24) 「工作機械等」の上場企業16社は、東芝機械、オークマ、ツガミ、牧野フライス製作所、滝沢製作所、西部電機、豊和工業、ミクロン精密、エンシュウ、太陽工機、高松機械工業、和井田製作所、ヤマサキ、OKK、DMG森精機を示し、工作機械企業売上トップのヤマザキマザックは未上場のため集計していない。また主要な工作機械企業である三菱重工、ジェイテクト（旧豊田工機）、不二越、アマダ、ブラザー工業やシチズンマシナリーミヤノ等は他事業の構成比を考慮し、他セクター等で集計している。全企業のヒアリング等に基づき判断し、期間は1985～2012年度と2008～2012年度の2期間をとった。

益構成比トップが東芝機械37%（同28年平均20%，年平均58億円），2位がオークマ27%（同20%，57億円），3位がツガミ22%（同5%，15億円），4位が牧野フライス製作所8%（同10%，28億円），5位が滝沢鉄工所5%（同3%，9億円）である。東芝機械は大型工作機械以外にも，射出成型機，成形機，建機向け油圧などの構成も大きいが，オークマとの共通点は門型工作機械などの差別化されている大型機を手掛けていることと，NC装置などの主要部品を内製化していることが挙げられる。一方で，3位のツガミと4位の牧野フライスは，ほぼ全量のNC装置をファナック1社から調達し，後述のように，既存技術・製品からのスマートフォン向けの新規の用途開発に成功していることが挙げられる。

日本工作機械工業会（2014）によると，国別の生産高に関しては，2009年から日本は27年連続維持してきた世界一の座から⁽²⁶⁾転落し，2013年の切削工作機械シェアは1位中国35%，2位ドイツ24.6%，3位日本24.1%となっている。消費市場としても中国が世界最大で，2013年の中国内需は225億ドル（国内生産150億ドル）となり，輸入も103億ドルと最大である。中国の国別輸入比率の2013年トップはドイツの31%で，日本は2位の28%，3位は台湾12%，4位はイタリア7%，5位は韓国6%となった。ドイツ企業はハイエンド中心で，もともとミドルエンドを中心とする日本とは棲み分けられる傾向がある上に，日本企業は中国向けでは特に輸出規制の問題もあり，ハイエンドに⁽²⁷⁾展開しきれて

(25) 大手企業のDMG森精機は過去28年平均の営業利益の構成比25%（年間平均72億円弱）だが，リーマンショック後の需要減により2009年度に269億円の赤字を計上したため，過去5年平均の構成比-12%（同20億円弱の赤字）となり，「工作機械等」全体の数字に影響を与えている。

(26) 米国 Gardner Publications, Inc. 調べによる工作機械（切削）生産額のドルベース。

(27) 国際レジームは同じだが，各国で規則体系が異なっているため，同じ機能・性能の5軸工作機械でも，日本は原子力供給国会合（NSG）規制対象だが，ドイツでは通常兵器のWA規制対象の機械が存在する。また手続上，日本は規制当局から要求される資料が多い上に，ドイツは9割が（実力値より低い）カタログ保証値で

製造業におけるプラットフォーム・リーダーシップ戦略とキーストーン戦略

おらず、一部のユーザーでは、日本企業の製品と比較した上で、台湾や韓国企業の製品を採用するに至るケースが見られるようになっている。

(図表) 工作機械の分類イメージ

	主な分野	中心的な企業	加工精度	価格帯	生産量
ハイエンド (高級機)	軍需 医療	欧米企業	高い	高	少ない
ミドルエンド (中級機)	一般機械 自動車・電機	日系企業 台湾・韓国企業	やや高い	中	やや多い
ローエンド (低級機)	日用品 一般品	中国企業	低い	低	多様

(出所) 日本工作機械工業会 (2012) などを参考に作成

中国の工作機械企業は、1995年756社から2005年376社（うち民間108社）に淘汰されたが、2009年754社（同482社⁽²⁸⁾）に急増し、2009年には世界最大の工作機械生産国となった。NC 工作機械の生産台数は2000年が1.4万台、2005年が6万台弱、2009年が約14万台、2013年が20万台に拡大している。最大手は、SHENYAG MACHINE TOOL（瀋陽機床集団）で、1935年に設立した三菱系の満州機器を起源に、1953年に中国東北部の沈陽市で創業し、90年代後半の人員半減の大幅リストラを経て、沈阳机床股份、中捷机床（チェコ企業合併）など18の企業群に再編され、2004年には140年の歴史を持つ独 Schiess 社を買収している。2008年以降は中国トップとなっているが、11年グループ売上は約2300億円（うちNC 機は約6割）であり、2位の大連起床集団⁽²⁹⁾の2グループが規模的には突出しているものの、それでも中国国内生産のそれぞれ10%前後に過ぎず、中小規模の工作機械企業が乱立している状態が続いている。

一方で、NC 化を梃子に、韓国（2013年シェア9%の4位）、台湾（同9%

輸出許可を申請している。ドイツでは憲法で貿易を輸出者の権利とされており、輸出規制には政府が懸念の証拠を明示する必要がある。

(28) 日本工作機械工業会 (2012) では、2010年末の企業数を6367社としている。

(29) 2005年に独 Zimmermann を買収している。

弱の5位)も、2010年に米国やイタリアを抜き、世界4位・5位の工作機械生産国となっている。

韓国の工作機械産業の生産高は、2012年で約3700億円であり、NC旋盤とMCの2機種に絞込んで、⁽³⁰⁾少量多品種生産(国内需要対応と輸出)を行い、それ以外の機種を輸入に依存する戦略をとり、現在では輸出が超過している。初期の技術導入は、1974年の貨泉と滝沢鉄工所の技術提携が挙げられる。機械設備の現物出資の評価等の問題もあったが、技術提携は続けられ、77年にファナックから技術情報を得て韓国初のNC旋盤を完成させている。⁽³¹⁾その後の再編を経て、現在では汎用機を中心とする斗山インフラコア⁽³²⁾と自動車専用機も手がける現代WIA⁽³³⁾の2社で約2/3の国内シェアを占めている。現代WIAは1976年創業で、「固定仕様の機械を超短納期で一般不特定多数ユーザー」に対応する戦略をとっている。現代WIAの源流は、1976年の日立精機からの技術提携と同時に設立された起亜機工で、豊田工機や東洋工業、富士機械製造などの技術供与を経て、82年にNCフライス盤の自社開発を進めてきた。さらに83年の日立精機とのNC旋盤や縦型MCの技術提携を行い、91年にNC研削盤も自社開発した。その後、日立精機、ヤマザキマザック、東芝機械などと提携する大韓重工業を買収し、ヤマザキマザックとの提携で対米輸出を行っていた現代精工の工作機械部門を統合した。一方の斗山インフラコアは、池貝鉄工と技術提携で普通旋盤を生産した大宇機械工業が源流で、三井精機との技術提携でMC工作機械に進出している。欧米での輸出実績を基に、1997年にアジア向けのコスト

(30) 2012年では全体の金額構成比77%。ちなみに台湾は同66%。

(31) 廣田(2011)によると1962~95年までの切削工作機械の技術提携101件のうち、地理的に近く、技術水準が比較的低いので吸収しやすい日本企業がのべ85件を占めている。

(32) 2000年に分離した大宇総合機械が2004年末に斗山に買収され、現在に至っている。

(33) 97年に経営破綻した起亜重工業(起亜機工)の工作機械部門が現代グループに入り、WIAとして再発足。2000年に現代自動車に統合されていた現代精工の工作機械部門が2005年にWIAに統合された。

製造業におけるプラットフォーム・リーダーシップ戦略とキーストーン戦略

パフォーマンス機種の開発のために、モジュラー方式の一つであるユニット構成を採用し、仕様の多様化はセル生産による組立工程で図り、外注生産を活用する「Make-to-order」戦略を採用している。

台湾の工作機械産業の2013年生産高は3600億円強で、企業は約700社（従業員2万人強）に分散され、生産の8割が輸出である。工作機械生産は全機械業の3分の1を占める。多くの企業は独自技術の追求よりも、機械工業研究院への設計委託や、日本企業との合弁・技術導入に前向きである。例えば、1974年、楊鉄工廠は滝沢鉄工所をモデルとして、平ベッドにファナックのNC装置を取り付けた国産初のNC工作機械を開発した。また、1976年に大興機器は滝沢鉄工所と技術提携し、NC旋盤を開発し、同時期に大同もオークマと技術提携をしている。日本人技術者と現地資本家によって1968年に設立された東台精機は、日立精機などと技術提携をしながら発展し、国内トップとなっている。

工作機械産業の変遷を国単位で見ると、NCによる破壊的技術がChristensen (1997) のいう「イノベーションのジレンマ」を米国にもたらした⁽³⁴⁾。一方で、ドイツを中心とする欧州勢も同様にイノベーションのジレンマに直面したが、「破壊的イノベーションの原則4」に当てはまらず、生き残り、現在も先端要素技術を牽引し続けている。欧州企業は2分野程度の製品開発に絞り、徹底的なモジュール設計（ビルディングブロック）を行うケースが多く、5軸機・複合加工機・カスタム機では最先端を走り続けている。欧州ではNCだけでなく、主要部品を⁽³⁵⁾専門企業が開発・供給する体制が整い、専用機種・技術に集中開発できたためと見られる。これらの欧米の違いは、「破壊的イノベーションの原則1」の主要顧客のニーズと投資家の違いも主要因の一つと考えられる。つまり、相対的に大量生産が求められていた米国と少量多品種の欧州と証券市場な

(34) 各加工技術の「汎用化」という破壊的技術では、英国より米国に主要国が変化した。

(35) 主軸、刃物台、工具交換粗装置等を示す。日本では、NCは大手内製、中小が外部調達する傾向があるが、主軸は内製志向が強く、主軸の主要な専門企業はいない。

どの違いである。また日本はNCによるイノベーションを活用し、世界的なポジションを得たものの、原田（2007）が「日本で主要な要素技術が開発されたことはほとんど皆無⁽³⁶⁾」と指摘している一方で、韓国や台湾も、同様にNCを活用することで、ある程度のポジションを確保している。

4. ファナック NC の技術変遷と中国・台湾・韓国の拡大

今まで日本の工作機械産業の発展の要因は、①世界的な競争力を持つ自動車や電機産業の発展による派生需要、②NCやガイド等の主要部品の発展、③国内過当競争による修練、④機振法や機電法などの政策の後押しなどと指摘されてきたが、Przybylinski（1994）や中馬（2002）はNC装置の分析から産業におけるモジュール設計思想の影響の大きさも指摘している。1970年までかなり弱体であった日本の工作機械産業が、NCメーカーとの戦略的企業連合に基づく研究開発活動と精密部品企業への広汎なアウトソーシングという新しい企業戦略を用いたことを指摘している⁽³⁸⁾。米国では、NC機を航空宇宙・軍需向けの高価な輪郭切削制御等の対象と考えており、中低価格帯の中小企業向けの開発の発想がなかった。また、欧州では、伝統的な機械技術・熟練工の蓄積から、日本のように大量均一生産や熟練工不足の問題からのNC化ニーズは小さかった。欧米では、大規模組織におけるNC工作機械の普及が圧倒的に早いことが検証されている。一方、日本では中小企業向けの汎用性の高い加工要求（位置決め制御や直線切削）に受け入れられ、ジョブショップ向けの安価なものに限られ

(36) もちろん個別には、例外として、太陽工機の回転運動の基準面を加工できる複合研削盤やオークマの熱変形最小化の構造設計などの日本独自の技術もあるが、ATC（自動工具交換装置）、APC（自動パレット交換装置）、MC、FMS、FMCなどの革新技術は欧米企業が常に開発している。

(37) 小林・大高（1995）、Fleischer（1997）、齋藤（1997）、中馬（2001）、藤田（2008）等。

(38) 中馬（2002）は日本企業が米独企業に対して2倍以上のスピードで新製品を生み出していることをアンケート調査により明らかにした。

ていたが、NC の能力向上により対象範囲が広がっていった。

そのため NC 装置の能力向上の歴史を、現在のトップ企業であるファナックの動向を中心に振り返るが、それはモジュール化進展の歴史でもある。⁽³⁹⁾ ファナックの最初の製品アーキテクチャは、1959年にファナックの事実上の創業者の稲葉清右衛門氏が開発した、位置検出不要な「電気・油圧パルスモータ」(オープンループ方式)採用の NC 装置である。これにより、従来カスタム仕様だったサーボ機構のモジュール化が可能となった。しかし、1974年に稲葉氏は技術トレンドを見極め、まだ小規模とはいえ、イノベーションのジレンマに陥ることなく、「自社開発」の信念も曲げ、電気・油圧パルスモータを DC サーボモーターに切り替えた。⁽⁴¹⁾ オープンループ方式の採用により、機械の摩耗による位置ズレを防ぐため、リニアガイド⁽⁴²⁾やボールねじ⁽⁴³⁾の採用が効果的となり、日本の部品企業を中心に、工作機械のモジュール化が進んでいる。THK や日本トムソンはリニアガイドを中心に、日本精工 (NSK) や THK はボールねじを供給している。リニアガイドとボールねじの両方を手掛ける台湾 Hiwin も一定のシェアを得て、高収益を維持している。⁽⁴⁴⁾ また日本企業では、SMC は空圧機器やメ

(39) 現在のファナックの世界 3 大展示会におけるシェアは、日本 (JIMTOF) 7 割強、米国 (IMTS) 5 割強、欧州 (EMO) 3 割強を維持している。

(40) 富士通でファナック母体は自動制御課として独立、稲葉氏は33歳で課長就任した。

(41) 74年1月4日に電気・油圧パルスモータの改良開発を指令したが、5月31日に開発した性能が要求に達しないことを確認し、6月3日には米ゲディス社に訪問し、DC サーボモーターのライセンスを受け、9月の大阪見本市に投入する判断で実行した。この技術転換における組織などの MOT に関しては児玉編著 (2008) が詳しく分析している。

(42) 機械の直線運動部を「ころがり」を用いてガイドする機械要素部品で、工作機械ではきさげ作業が不要となる。商標は LM ガイドで、THK が開発し、1972年に販売開始した。

(43) ねじ軸、ナット、ボールなどから構成される機械要素部品のひとつであり、直線運動を回転運動または回転運動を直線運動に変換する。

(44) 競合は、日本では 8 位の CKD、海外では米 Paker、独 FESTO、台湾 AirTAC 等。

トロールは精密位置決めスイッチで高いシェアを得ている。

次に NC 本体では、1962年に初めてトランジスタを採用した FANUC 220、1966年には完全 IC 化の FANUC 260 を開発し、1969年には完全モジュール化の FANUC 240A に進化させることで、同年の NC 出荷を前年比4.4倍の1683台に拡大した。しかし、ここまでは機能に応じて異なったハードウェアが用意されるハードワイヤー方式だったが、1972年にソフトの入れ替えだけで機種変更が可能な世界初のソフトワイヤー NC を開発し、ここでも全面的な技術置換を行なった。⁽⁴⁵⁾その後、1975年には「当時パソコンも含め MPU を使った人は誰もいない状態」でインテルと共同で、MPU 採用の世界初の NC のファナック 2000C を開発した。当時、米国大手の工作機械企業は NC 内製化するケースも多く、50社以上が NC を製造していたが、5軸以上の同時制御を目標としていたため、ミニコンピューターから MPU への置き換えの発想がなかったと言われる。日本では中小企業向けが中心で、複雑な加工内容は少なかったことが幸いした。柴田（2007）によると、その後のソフトワイヤー NC のアーキテクチャ設計進化は3世代に分類できる。第1世代（1979年 SYSTEM 6 等）において、ソフトの機能追加や修正などの関連作業はすべて、工作機械メーカーの依頼によってファナックが行ってきたが、第2世代 CNC（1985年 Series 0 や1987年 Series 15）では、ファナックはライブラリーソフトのみを提供し、工作機械メーカーはソフトライブラリーを使って、独自の機能を実現するためのアプリケーションソフトを自分自身で作成できるようにした。API（Application Programming Interface）として、ルール化し、両者のソフトを分断化した。⁽⁴⁶⁾ユーザー自体を製品開発に参加させることで、短納期と低コストで、多様なユーザーニーズに対応でき、出荷後10年で約28万台に達する大ベストセラーとなった（Von

(45) 一寸木（1978）によると、1978年の国内 NC 装置出荷2478台中のファナック製品は1738台（シェア70%）、自社（機械企業内製）は347台（同14%）となっている。

(46) 例えば、Series 0 は、基本ソフトとアプリケーション部分をモジュール化し、中間に C 言語ライブラリーを設定し、ユーザーはファナックに依存することなく、オーダーメイドマクロ機能で画面の作成が可能となった。

Hipple & Katz (2002))。さらに第3世代 CNC (1991年 Series 16~) では、1997年のSeries 16i でハードウェアを表示部、演算部、駆動部の3つの大きな部品ユニットに分断し、ファナックシリアルバスの独自ルールのインターフェイスで繋いだ。この結果、IBM 互換パソコンの表示装置を使用し、最終的な操作仕様等も工作機械企業でカスタマイズが可能となった⁽⁴⁷⁾。

それでも NC の普及で、日本の工作機械企業ではファナック NC 採用では差別化余地が小さくなる懸念があり、日系大手企業では独自 NC の採用が歴史的に広がってきた。MC 工作機械大手3社の1社であるオークマは、1963年に自社 NC 「OSP」を開発し、現在もほぼ全量を内製化しているが、ファナックが NC をほぼ独占供給していたヤマザキマザックが1982年に三菱電機と提携発表を発表し、独自仕様のマザトロールを導入し、三菱製にほぼ全量を切り替えるに至っている。さらに、DMG 森精機も2010年に発表した X-Class で三菱電機 NC を採用し始め、ドイツ製 NC を使用している DMG を除いても、ファナック比率は全体の約 1/3 まで低下していると見られる。このように、日本のトップ3の規模の工作機械企業は独自性を追求するために、独自 NC を追求している。国内上位2社に NC を供給する三菱電機は、NC 旋盤で大手3社に次ぐシチズンマシナリーミヤノ⁽⁴⁸⁾にも供給するなど、大手企業とは専属開発チームを作り、カスタム仕様の開発に取り組むとともに、各ユーザー情報に関しては壁を築いている。国内では、汎用性が高く、大量生産が必要となる工作機械（企業）を対象に、ファナックと差別化ができる NC（工作機械）を担当し、棲み分ける形となっている。

ファナックは、規模が大きく、汎用性がある大手工作機械企業への NC 供給が小さくなる一方で、ファナックにとって価格交渉力が強く、独自性よりも汎用性を重視する台湾・韓国・中国の振興工作機械企業への NC 供給を拡大させ

(47) 例えば、森精機は、1997年から独自操作を開発し、2000年の MAPPS から MAPPS III（インターネット遠隔保守機能などを独自）までは全機種搭載してきた。

(48) シチズングループの競合であるブラザーは NC を内製している。

ている。ファナックにとって、日本の3大工作機械企業向けの販売が大幅に減少したことで、顧客の潜在的な競合である台湾・韓国・中国への販売をより加速させたとも見ることができよう。

工作機械はNCの進化で、多くの加工を行うNC機械ではモジュール化が進んでいる。多くの日本の工作機械の技術移転が進んだこともあり、日本などから高品質な標準ユニット・部品などのキーコンポーネントを購入すれば、韓国や台湾だけでなく、中国も一定レベルの工作機械を生産できるようになった。⁽⁴⁹⁾ ファナックは、1981年に北京機床研究所と技術提携、1992年に合弁を設立し、⁽⁵⁰⁾ 中国展示会（CIMT）シェアは平均5割弱を維持している。なお、中国NCの競合では、独Siemensが外資系シェア2割弱、三菱電機が同1割弱と見られる。中国ローカルNCトップはGSK（広州数控）⁽⁵²⁾で、2009年シェアは台数ベースでは2割強と見られるが、大半が現地工作機械メーカーのローエンド向けで現在は外資系との競合は少ない。中国工作機械ローカルの最大手であるSHENYAG MACHINE TOOL（瀋陽機床集団）のNC調達は6割がファナック、3割が独Siemens、残り中国GSKと飛陽（FIYANG）ブランドの内製、リニアガイドは7割がTHKだが、主軸は内製していると見られる。

日本からの工作機械の技術移転が進んだ台湾の工作機械でも、過半がファナック製のNCを採用している。台湾では、主要部品を同一の内外企業から調達す

(49) 一方、日本ではNC技術の進展で汎用MC自体の差別化余地が少なくなり、大手企業ではNC内製化・カスタム化が進みつつある。

(50) 合弁相手の北京機床のヒアリングによると1959年に国家機械部の研究所として設立され、1999年の研究所改革により、研究成果を製品化するため北京工研精機㈱を創立し、合弁会社からのNC供給を受け、中国最高級の工作機械200台/年を生産している。

(51) 独Siemensは日本が輸出規制対象となる5軸同軸向けNCに強く、棲み分けている。同時5軸対応の最上位機種も実質規制を受けていないと見られる。

(52) 91年設立の民営企業で、研究開発人員が約400名おり、売上高の約10%をR&Dに費やし、09年から5軸用も販売開始し、累計NC生産台数は25万台。他にも、武漢华中数控、広泰数控、KNDCNC（北京凱恩帝）等のローカル企業が台頭している。

製造業におけるプラットフォーム・リーダーシップ戦略とキーストーン戦略

るなどの特徴がある。NC 装置はファナックなど日系が大半で、リニアガイドも日系中心だが、ボールねじなどの基幹部品は、Hiwin, PMI, Airtac などの台湾企業の存在感が高まっている⁽⁵³⁾。シェアは、リニアガイドでは、THK 50%、台 Hiwin 20%、日本精工と独 Star が各々10%強、ボールねじは、THK 10%強、台 Hiwin 50%弱、台 PMI 25%、日本精工10%と見られる。一方で、韓国も部品の海外依存は減らしているが、NC や主軸受・リニアガイドは日本製が中心である。

このように、中国、台湾、韓国の3か国の工作機械企業はNC 装置などのキーパーツを日本企業から調達することで、NC 工作機械を立ち上げることに成功している。その結果、前述の林(2014)による日本の「工作機械等」に分類した企業16社の過去28年平均の営業利益287億円(同1社平均19億円)、過去5年平均159億円(同10億円)に対して、ファナック1社の過去28年平均の営業利益849億円、過去5年平均1572億円と圧倒している⁽⁵⁴⁾。また、リニアガイドの主力企業である THK は、過去28年平均の営業利益139億円、過去5年平均105億円となっており、日本精工の全社利益に占めるボールねじの構成比は開示されていないが、極めて小さく、相対的に収益は苦戦している。

ファナックは、「イノベーションのジレンマ」になりかねないオープンループ方式やソフトワイヤー NC の導入時には、従来と全く異なる体系の技術への移行に成功している⁽⁵⁵⁾。これは「破壊的イノベーションの原則1」の顧客と投資家の要因が大きく、ファナックは投資家や顧客に資源をあまり依存していない

(53) 1984年に米シンシナティ・ミラクロンが、フライス盤を永進に生産移管する計画は、労働組合の反対で実現しなかったが、86年に主軸台や主軸、タレットなどの重要部品が発注され、主要部品の生産が進展している。

(54) ファナックの収益には、後述のようにNC 装置以外の事業拡大の収益も含まれている。

(55) また、後述のように、フレキシビリティの高いロボットでの対応や射出成型機などの参入に見られる小規模の市場や存在しない市場への対策も行われていると思われる。

ことが指摘できる。一般的に、欧米に比べて日本では既存企業が技術変化を乗り越えることが多い理由として、①柔軟性の畀、②人材の流動性の問題に加え、③一見、合理的でないような技術開発や技術投資を行なうための資本市場からの短期的なプレッシャー（合理的な資源配分の欠如）の違いがあげられている⁽⁵⁶⁾。ファナックはこのような激しい技術変化を乗り越えるために、上場企業でありながら、投資家等の個別取材を極力控え、直近では説明会開催も取り止めることで、資本市場からの短期プレッシャーを避けていると見ることができる。また、次節に示すように、ビジネス・エコシステムのキーストーン種として、個別のユーザーのニーズを取り込まないで、最終ユーザーのニーズを満たす仕組みを構築し、顧客の影響も最小限とすることを達成していると考えられる。

5. プラットフォーム・リーダーシップ戦略とキーストーン戦略への適応

Iansiti & Levien (2004) の指摘する「エコシステム」を工作機械産業に適用すると、「キーストーン」種としては、ファナックが当てはまると考えられる。ファナックが、カスタム志向の強い国内の中小機械企業と台湾・韓国・中国の機械企業に NC 装置を供給しつつ、差別化を図るために NC の独自性を追求する国内大手機械企業との棲み分けを図っている。エコシステムの健全性 3 指標にどのような影響を与えたかを以下に検証する。

① 生産性（要素生産性，時系列での生産性の変化，イノベーションの伝達）

Finegold et al. (1994) の言葉を借りると、工作機械産業は、NC 化により従来クラフト的であった産業形態はコストと品質が重要な量産型産業に変わり、モジュール生産が行われることとなった。例えば、豊田工機（現ジェイテクト）は製品開発を通して、製品アーキテクチャをユニットレベルと部品レベルとい

(56) 一橋大学イノベーション研究センター編（2001）。

う階層で分類していると指摘されている（朴（2001））。また、河邑（2005）は米国ジョブショップの特性調査から、NC 機械の発達は、機械機能の汎用化・多様化を伴う自動化であったことを明らかにしている。これにより、工作機械企業は、自社の機械加工の差別化を追求することに専念することができるようになったと考えられる。自社で NC 装置を内製するほどの規模のない国内のユニークな中堅機械企業やプレス機などの産業機械企業に加え、台湾・韓国・中国の工作機械企業向けなどには高いシェアで NC 装置を供給し、製品の全体的な性能上昇を支援していると考えられる。

② 構造安定性・堅牢性（生存率、エコシステム構造の持続性等）

工作機械産業は、顧客の設備投資に依存しているため、景気循環の影響を受けやすい。加えて、NC のソフト開発に伴う固定費は大きく、ニッチで小規模の工作機械企業が NC の内製化を行うにはリスクが大きい。さらに、グローバル化の中で、メンテナンス体制やユーザー教育の固定費も大きくなるが、ファナック製の NC を採用すれば、固定費を軽減しつつ、輸出対応が可能となる⁽⁵⁷⁾。この結果、NC を外部調達している中小の工作機械企業の淘汰は意外と小さく、2010年末の工作機械工業会での生産実績は79社と長期に亘り、比較的安定している。また、NC 旋盤大手の5位で、韓国や台湾にも技術供与を行ってきた名門企業の滝沢鉄工所からの株主取得要請に基づき、2006年に潤沢な財務基盤を持つファナックが5%弱出資の最大の安定株主となる例も見られる。

③ ニッチの創出（企業の多様性の増大、製品および技術の多様性の増大）

加藤（2013）は半導体製造装置産業との比較において、ユーザー数・参入企

(57) 工作機械の付加価値のなかで約30%は機械の性能を維持するための技術サービスといわれている。また、田淵（1999）はアンケート調査結果から工作機械ユーザーの購入選定要因としてサービス体制を約8割が選択したことを説明した。

(58) 前述のセクター利益構成比。詳細は林（2014）。

業数ともに大幅に工作機械産業が多い特徴を指摘しているが、藤田（2008）が指摘しているように、日本のマシニングセンタ企業は中小加工業向けに機能を絞った中低価格製品の開発に注力し、多品種少量のユーザーニーズを取り込む各種の機械を、それぞれの企業が作り上げているためであると考えられ、『工作機械は中堅以下が業界の中核をなしていることが特徴⁽⁵⁹⁾』である。具体的には、50人近い「キサゲ」職人を抱え、千分の1ミリ単位の加工に拘る安田工業、自動車エンジン用燃料噴射装置部品加工に使われる芯なし研削盤（セントラスグラインダ）のミクロン精密、ダイヤモンド砥粒による超精密・超微細に加工技術の和井田製作所、1986年設立のベンチャーながら縦型研削盤で高いシェアを持つ太陽工機などのニッチながら、ユニークな企業を創出し、『これらの（中規模）メーカーはさらに高級分野を拡充していこうという意識が大規模メーカーよりも強い⁽⁶⁰⁾』。また、スマートフォンで一世を風靡したアイフォンで初めてスマートフォンに金属加工が必要となったが、ツガミと牧野フライスは、今まで蓄積した技術を活用し、ユーザーニーズに適応した工作機械で大量の金属加工を可能とした。これら2社は、ファナックがNC装置を供給するため自社NC装置の独自性はないが、HDDの部品加工向け機械でも世界大手としての既存技術等の活用により、ユニークな機械を提供し、多様性を生み出している例と言える。

一方で、ファナックを Gawer & Cusumano (2002) のプラットフォーム・リーダーシップの4レバーの視点で以下に検証を行う。

① 企業の範囲（何を社内で行い、そして何を外部の企業にさせるべきか）

ファナックは、すり合わせ度合の大きい、ソフトのNCとハード機器のサーボ機構の両方をセットとして1社で手掛け、工作機械企業にNCモジュールと⁽⁶¹⁾

(59) 日本工作機械工業会（2012）P 74。

(60) 日本工作機械工業会（2012）P 89。

製造業におけるプラットフォーム・リーダーシップ戦略とキーストーン戦略

して提供している。工作機械メーカーは最終ユーザーとのすり合わせを担当し、ユーザーニーズを取り込んだ機械を開発するが、NCを外部調達することで機電を分離し、NC等の技術変化への対応をファナックへ委託できる。ファナックはモジュール化により、最優ユーザーのニーズ動向に過度にとらわれず開発することができ、産業全体として優位性を築いてきた。つまり工作機械企業はコア部品を中心にモジュール化を進めることで、コスト削減を進めながら、ユーザーニーズを取り込む販売・サービス活動に注力することが可能になったと見ることができる。⁽⁶²⁾ またファナックは、小松製作所が買収したコマツNTC（日平トヤマ）の行うトランスファー工作機械向け、同じコマツグループの世界トップクラスの大型プレス向け、アマダのレーザー加工機向けなどのNC装置でも高いシェアを持ち、幅広いNC装置を供給している。

さらにファナックは、NC装置の外販⁽⁶³⁾だけでなく、ユーザーと競合しない範囲でNCを応用した製品群、ロボット⁽⁶⁴⁾、射出成型機（ロボショット）、タッピングマシン（ロボドリル）⁽⁶⁵⁾にも事業を拡大している。 아이폰向け金属加工⁽⁶⁶⁾は、従来機械では短期間に対応は困難のため、（ユーザーである機械企業と競合することのない）ファナックが工作機械の最終製品であるタッピングマシン⁽⁶⁷⁾で対応を行った。ファナックのタッピングマシンは、アイフォンの機械加工を

(61) 2013年の累計生産台数は、サーボモーターが1400万台、NCが300万台。

(62) 河邑（1998）。

(63) 競合は、独シーメンス、三菱電機、中国GSKなど。NC装置事業の詳細は林（2011）。

(64) 競合は、安川電機（サーボ内製）、ABB、独Kuka等。ファナックはエンジニアリングも含め米自動車企業や一般向けを受注し、内製している日系自動車向けの構成が少ない。

(65) 工作機械（マシニングセンタ）の一種で、ネジ切りを行う加工のために開発され、現在では小型の部品加工にも使用される。競合はブラザー工業（NC内製）などがある。もちろん、タッピングセンター1台につき、NC装置1台とサーボモーター4台が搭載される。

(66) 前述の通り、従来の金型で製作する樹脂製のスマートフォンと異なり、金属でのケーシング加工をするため、工作機械が必要となった。

受託する EMS 向けにファナックタッピングマシン出荷が急拡大したため、⁽⁶⁸⁾2012年のマシニングセンタの国内シェアトップに躍り出るほどの新規需要を生み出した。一方で、三菱電機も NC 装置のユーザーとは競合しない方針の中で、NC を内製しているソディックがシェア 4 割弱を持つ放電加工機では、最終製品を手掛けシェア 4 割強を持っている。

② 製品技術（アーキテクチャ、インターフェイス、知的財産に関する意思決定）

中馬（2003）は、安川シーメンス NC のケーススタディを通して、モジュラー型アーキテクチャの形成プロセスを説明したが、結果的にはオープン・モジュラー型 NC は日本市場には受け入れられなかった。⁽⁶⁹⁾柴田・玄場・児玉（2002）は、ファナックは1980年代まで主要コンポーネントを内製化し続けてきたが、1990年以降の新型 NC 装置の開発でインターフェイス部分のオープン化を進めていることを説明している。1985年9月量産開始したファナックシリーズ 0（ゼロ）は、オーダーメイドマクロというカスタム化機能を提供し、ユーザーが自由に革新できるようになり、さらに1997年の Series 16i では、ハードウェアを表示部、演算部、駆動部の3つの大きな部品ユニットに分断し、ファナックリアルバスの独自ルールのインターフェイスで繋いだ。この結果、IBM 互換パソコンの表示装置を使用し、最終的な操作仕様等も工作機械企業でカスタマイズが可能となり、これにより、ファナックの顧客である中小機械企業に必要なオープン化が満たされている可能性が高い。

(67) 射出成型機の国内最大の競合である住友重機械工業もコントローラーを内製しており、NC 装置のユーザーと競合があまりない場合は最終製品を手掛けている。

(68) 日経推定によると、国内生産4654億円に対するシェアは、ファナックが30.8%（前年比+8.0%）で、2位の森精機製作所（現 DMG 森精機）の19.1%（同+1.2%）、3位のヤマザキマザックの17.7%（同+0.4%）を押さえて首位になっている。

(69) 2009年に安川電機とシーメンスは合弁を解消している。最終年の推定売上高は20億円程度に留まり、シェアを伸ばせなかった（2009年10月20日付の日経産業新聞）。

③ 外部補完者との関係性（補完業者との関係は、どの程度、協調的あるいは競争的か）

ファナックは、1968年設立のベンチャーだったインテルの8ビットMPUを1975年にいち早く採用し、1978年の世界初のワンチップ汎用MPU（8086）では、最初のボリュームユーザーとなった。インテル米国本社からエンジニア4名を日本に派遣し、ファナックのエンジニアとともに日野工場の一室に泊り込みながら、1週間に延々と不具合の再現テストを行い、採用にこぎつけた⁽⁷⁰⁾。このように必要な新技術を持つ補完者との提携には迅速であるが、NC装置のモジュール化を進めることで、他のモジュールやパーツとの関連性（相性等）を低減させ、独立性を高めてきたと思われる。また原田（2007）は、NC装置では汎用技術の自律化が見られ、汎用・専用技術の相互作用はそれほど必要でないことを明らかにしている⁽⁷¹⁾。一方で、ユーザーに提示する価格に関しては、かなり柔軟性を持ち、NC装置の競合である三菱電機の動向を踏まえ、決定を行っている模様である。

④ 内部組織の設計（上の3レバーのサポートのため、どのように内部を組織化するか）

ファナックは全従業員の約1/3を研究開発に充て、技術変化をいかに取り込むかに専念してきた。稲葉氏は『ファナックは、商品に関しては、人間の場合とは逆に、「育ちより氏（生まれ）」、即ち、設計・開発の段階において高品質で低コストのものを設計しなければ、どんなに製造段階で改良を進めても、競争力のある商品は生まれませんということです。このことから、ファナックは研究開発を常に経営の基盤としてきました』とコメントしている⁽⁷²⁾。ファナックの

(70) 柴田（2007）に詳しいように、これによりインテルの品質管理体制は大幅に強化され、1981年に8088がIBMのパソコンに採用された。

(71) 原田（2007）は『ファナックにとってユーザーである工作機械メーカーからの技術フィードバックはあまり重要な役割を果たしていない』とも言い換えている（P 65）。

研究所では設計段階からコストを意識した開発を行い、市場調査を徹底的に行い、競争力のある価格を設定し、次に利益率は原則35%と決め、目標コストを算定する。その上で、設計者は、この目標コストに向かって開発を行う際に生産設備の自動化・ロボット化も考慮に入れ、更に設計者は製造の初期段階では製造課長も兼任し、コスト・品質に責任を持つ仕組みとなっている。つまり、開発を最重要としながらも、最終ユーザーの意向に囚われすぎず、1人の責任者が複数の視点から、厳密にコスト削減の目標に集中する仕組みとなっていると考えられる。

6. ま と め

工作機械産業をNC装置大手企業のファナックの動向を中心に、プラットフォーム・リーダーシップやキーストーン戦略の観点から検証を行った。これらの戦略は、米国のソフトウェア企業の事例が中心に考えられたものであり、今まで製造業への適用は比較的少なかったと思われる。しかし、産業全体では、インテグラル（すり合わせ）の典型的な産業と見られている工作機械産業においても、NC装置のようなモジュール化（切り出し）を行うことで、プラットフォーム・リーダーシップ戦略が有効に機能している例を見出すことができたと考えている。また、今までの工作機械企業に関する先行研究を活用しながら、工作機械産業の時系列によるグローバルでの勃興と、主要企業と主要部品の動向や戦略までを網羅的に見ることで、初めて「ビジネス・エコシステム」全体を理解することができるとともに、工作機械産業の産業構造自体を浮かび上がらせることができた。つまり、キーストーン種としてのファナックが、カスタム仕様の強い国内の中小機械企業と台湾・韓国・中国の工作機械企業にNC装置を供給することで、差別化を図るためにファナックのNC装置を採用しない大手

(72) 稲葉（1982）参照。稲葉氏は、他にも「厳密」、「期限」、「二の矢、三の矢」、「まず友好、次に商売」、「ベニーゲル・タイヤ（部品点数削減）」の言葉を強調している。

製造業におけるプラットフォーム・リーダーシップ戦略とキーストーン戦略

機械企業との棲み分けが成立している構図を見出すことができた。

一方で、工作機械産業全体を網羅的に「ビジネス・エコシステム」全体を理解することを主眼としたため、財務的・定量的な厳密な分析やビジネス・エコシステムの健全性を測る3つの指標の定量化は今後の課題としたい。また今回は、資本財産業の中では、比較的に分析が進んでいる工作機械産業を対象としたが、今後は分析があまりされていない資本財産業の中から、プラットフォーム・リーダーシップやキーストーン戦略の事例の検討を行い、これらの戦略の有効性をさらに検証したい。さらに、産業全体の製品アーキテクチャ特性に関して、NC装置のようなモジュール化（切り出し）活用の事例も他の資本財産業や企業で見られるかの検証は今後の課題としたい。

参 考 文 献

- Baldwin, C. Y. & Clark, K. B. (1997) "Managing in an Age of Modularity," *Harvard Business Review*, Sep-October, 84-93 (安藤晴彦訳, 青木・安藤晴彦編「モジュール化」, 東洋経済新報社所収, 2002年)
- Baldwin, C. Y. & Clark, K. B. (2000) *Design Rules: The Power of Modularity*, Vol. 1, Cambridge, MA, MIT Press. (安藤晴彦訳「デザイン・ルール — モジュール化パワー」, 東洋経済新報社, 2004年)
- Burgelman, R. A. (2002) *Strategy is Destiny: How Strategy-making Shapes a Company's Future*, The Free Press. (石橋善一郎・宇田理訳「インテルの戦略—企業変貌を実現した戦略形成プロセス」, ダイヤモンド社, 2006年)
- Chesbrough, H. W. (2003) *Open Innovation: The new imperative for creating and profiting from technology*, Harvard Business School Press (大前恵一朗訳「OPEN INNOVATION—ハーバード流イノベーション戦略のすべて」, 産能大出版部, 2004年)
- Chesbrough, H. W. (2011) *Open Services Innovation: Rethinking Your Business to Grow and Compete in a New Era*, Jossey-Bass (博報堂大学 ヒューマンセンタード・オープンイノベーションラボ 監訳「オープン・サービス・イノベーション 生活者視点から、成長と競争力のあるビジネスを創造する」, 阪急コミュニケーションズ, 2012年)
- Christensen, C. M. (1997) *The Innovator's Dilemma*, Harvard Business School Press (伊豆原弓訳「イノベーションのジレンマ」, 翔泳社, 2000年)
- Christensen, C. M. & Raynor, M. E. (2003) *The Innovator's Solution*, Harvard Business

- School Press. (玉田俊平太監訳「イノベーションへの解」, 翔泳社, 2003年)
- Christensen, C. M. et al. (2004) *The Innovator's Dilemma: Seeing what's Next*, Harvard Business School Press. (宮本喜一訳「明日は誰のものか」, ランダムハウス講談社, 2005年)
- Clark, K. B. & Fujimoto, T. (1991) *Product Development Performance*, Harvard Business School Press. (田村明比古訳「製品開発力」, ダイアモンド社, 1993年)
- Cusumano, M. A. (2004) *The Business of Software*, Free Press. (サイコム・インターナショナル監訳「ソフトウェア企業の競争戦略」, ダイアモンド社, 2004年)
- Cusumano, M. A. & Selby, R. W. (1995) *Microsoft secret*. New York: Free Press (山岡洋一訳「マイクロソフト シークレット (上) (下)」, 日本経済新聞社, 1996年)
- Cusumano, M. A. & Yoffie, D. B. (1998) *Competing On Internet Time: Lessons From Netscape And Its Battle With Microsof*, New York: Free Press. (松浦秀明訳「食うか食われるか ネットスケープ vs. マイクロソフト」, 毎日新聞社, 1999年)
- Dertouzos, M. L. et al. (1989) *MADE IN AMERICA*, MIT Press. (依田直也訳「Made in America」, 草思社, 1990年)
- Finegold, D. et al. (1994) *The Decline of the U.S. Machine-tool Industry and Prospects for Its Sustainable Recovery*, Rand, MR 479/2-OSTP-V.2
- Fleischer, M. (1997) *The Inefficiency Trap: Strategy Failure in the German Machine tool Industry*, Berlin, Edition sigma
- Friedman, D. (1988) *The misunderstood miracle: industrial development and political change in Japan*, Cornell University Press. (丸山恵也監訳「誤解された日本の奇跡: フレキシブル生産の展開」, ミネルヴァ書房, 1992年)
- Gawer, A. & Cusumano, M. A. (2002) *Platform leadership: how Intel, Microsoft, and Cisco drive industry innovation*, Boston: Harvard Business School Press. (小林敏男監訳「プラットフォーム リーダーシップ: イノベーションを導く新しい経営戦略」, 有斐閣, 2005年)
- Challenge Every Company and Career*, New York: Currency Doubleday. (佐々木かをり訳「インテル戦略転換」, 七賢出版, 1997年)
- Henderson, R. M. & Clark, K. B. (1990) "Architectural Innovation: The Reconfiguration of existing Product Technologies and the Failure of Established Firms," *Administrative Science Quarterly*, 35, 1.9-30
- Holland, M. (1989) *WHEN THE MACHINE STOPPED*, Harvard Business School Press. (三原淳雄・土屋安衛訳「潰えた野望—なぜバグマスター社は消えたのか」, ダイアモンド社, 1992年)
- Hounshell, D. A. (1984) *From the American System to Mass Production, 1800-1932*, Johns Hopkins University Press (和田一夫・藤原道夫・金井光太郎訳「アメリカン・システムから大量生産へ 1800-1932」, 名古屋大学出版会, 1998年)
- Iansiti, M. (1998) *Technology Integration*, Harvard Business School Press (NTT コミュ

製造業におけるプラットフォーム・リーダーシップ戦略とキーストーン戦略

- ニケーションウェア訳「技術統合」, NTT 出版, 2000年)
- Iansiti, M. & Levien, R. (2004) *The Keystone Advantage: What the New Dynamics of Business Ecosystems Mean for Strategy, Innovation, and Sustainability*, Harvard Business School Press (杉本幸太郎訳「キーストーン戦略 イノベーションを持続させるビジネス・エコシステム」, 翔泳社, 2007年)
- Magazinger, I. C. & Patinkin, M. (1989) *THE SILENT WAR*, Random, House. Inc (青木榮一訳「競争力の現実」, ダイヤモンド社, 1991年)
- Mazzoleni, R. (1997) “Learning and path-dependence in the diffusion of innovations: comparative evidence on numerically controlled machine tools,” *Research Policy*, 26, 405-428
- Mazzoleni, R. (1999) “Innovation in the Machine Tool Industry: A Historical Perspective on the Dynamics of Comparative Advantage,” in David C. M. & Richard R. N., *Sources of Industrial Leadership: Studies of Seven Industries*, Cambridge University Press, 169-216
- Pine, B. J. (1992) *Mass Customization*, Harvard Business School Press (坂野友昭・江夏健一・IBI 国際ビジネス研究センター訳「マス・カスタマイゼーション革命」, 日本能率協会マネジメントセンター, 1994年)
- Przybylinski, S. (1994) “Case Study: Computer Numerical Controllers,” in Finegold, D. et al., *The Decline of the U.S. Machine-tool Industry and Prospects for Its Sustainable Recovery*, Rand
- Rolt, L. T. C. (1965) *Tools for the job. A short History of Machine Tools*, Batsford, London (磯田浩訳「工作機械の歴史」, 平凡社, 1989年)
- Rosenberg, N. (1976) *Perspectives on Technology*, Cambridge, Cambridge University Press
- Rosenberg, N. (1982) *Inside the Black Box: Technology and Economics*. Cambridge, Cambridge University Press
- Ulrich, K. (1995) “The Role of Product Architecture in the Manufacturing Firm,” *Research Policy*, 24, 419-440
- 青木昌彦・安藤晴彦編 (2002) 『モジュール化』 東洋経済新報社
- 青島久一・武石彰・マイケル・クスmano 編 (2010) 『メイド・イン・ジャパンは終わるのか』 東洋経済新報社
- 浅沼万里 (1997) 『日本の企業組織：革新的適応のメカニズム』 東洋経済新報社
- 石川淳 (2000) 「工作機械メーカーにおける研究者の業績を規定するコミュニケーション・パターン」, *組織行動研究* 30, 27-40
- 伊丹敬之 (1994) 「FA 機器・産業用機械産業」, 吉川編『メイド・イン・ジャパン』所収, ダイヤモンド社
- 伊藤秀史編 (1996) 『日本の企業システム』 東京大学出版会

- 伊藤誼・水野順子編（2009）『工作機械産業の発展戦略』工業調査会
- 稲葉清右衛門（1982）『ロボット時代を拓く』PHP 研究所
- 岡本久吉（2010）『日本における企業の分離・独立の研究』東京リーガルマインド
- 小川紘一（2009）『国際標準化と事業戦略』白桃書房
- 加藤秀雄（2013）「外需依存時代における生産機械産業の国内外事業展開の分析視角」
社会科学論集, 139号, 75-95
- 加納明弘（1983）『常識はずれ経営法』講談社
- 川上清市（2008）『機械・ロボット業界大研究』産学社
- 川上清市（2011）『図解入門業界研究 最新機械業界の動向とカラクリがよーくわかる
本』秀和システム
- 河邑肇（1998）「工作機械メーカーの製品開発システムと販売・サービス活動」, 坂本
編『日本企業の生産システム』所収, 中央経済社, 151-178
- 河邑肇（2005）「アメリカ工作機械市場におけるジョブショップの特質：生産実態か
らみた日本製 NC 機導入の客観的条件」, 経営研究, 56巻1号, 19-34
- 機械新興協会経済研究所（2011）『中国機械産業の発展と欧州等の中国に対する安全
保障貿易管理の実態』
- 幸田亮一（2011）『ドイツ工作機械工業の20世紀』多賀出版
- 国領二郎（1995）『オープン・ネットワーク経営』日本経済新聞社
- 国領二郎（1999）『オープン・アーキテクチャ戦略』ダイヤモンド社
- 後藤晃・児玉俊洋編（2006）『日本のイノベーション・システム』東京大学出版会
- 児玉文雄（2007）『MOT シリーズ技術経営戦略』オーム社
- 児玉文雄編著（2008）『技術潮流の変化を読む』日経 BP 社
- 小林敏男（2014）『事業創造』有斐閣
- 小林正人・大高義穂（1995）「工作機械産業」, 産業学会『戦後日本産業史』所収, 東
洋経済新報社, 382-412
- 小林守（2007）「中国の工作機械業界の現状と日本工作機械メーカーの進出動向」, 商
学研究報告, 39巻3号, 1-16
- 齋藤克史（1997）「工作機械：台湾・韓国と日本の競争力比較」, NRI 証券調査レポ
ート No 97-335
- 沢井実（1990）「工作機械」, 米川・川崎・下川編『戦後日本経営史第Ⅱ巻』所収, 東
洋経済新報社, 143-207
- 沢井実（2013）『マザーマシンの夢』名古屋大学出版会
- 産業学会（1995）『戦後日本産業史』東洋経済新報社
- 柴田友厚（2008）『モジュール・ダイナミクス』白桃書房
- 柴田友厚（2010）「日本工作機械産業の技術発展メカニズム」, 研究技術計画24(4),
338-347
- 柴田友厚（2012）『日本企業のすり合わせ能力—モジュール化を超えて』NTT 出版
- 柴田友厚・玄葉規規・児玉文雄（2002）『製品アーキテクチャの進化論』白桃書房

製造業におけるプラットフォーム・リーダーシップ戦略とキーストーン戦略

- 鈴木信貴 (2010) 「モジュール型産業におけるインテグリティの獲得—日本工作機械産業の事例—」, 赤門マネジメント・レビュー, 9巻9号, 635-661
- 鈴木信貴 (2013) 「複合加工機」, 藤本編『「人工物」複雑化の時代』所収, 有斐閣, 309-333
- 鈴木良始・那須野公人編 (2009) 『日本のものづくりと経営学』ミネルヴァ書房
- 関口博・高下二郎 (2008) 『絵とき「マシニングセンタ」基礎のきそ』日刊工業新聞社
- 竹岡敬温・中岡哲郎・高橋秀行編 (1993) 『新技術の導入—近代機械工業の発展—』同文館
- 田淵泰男 (1999) 「製造業におけるサービス戦略について」 国士舘大学政経論叢, 1999 (4), 169-193
- 中央大学企業研究所編 (1989) 『ME 技術革新と経営管理—日・西独・英にみる工作機械企業の国際比較』中央大学出版部
- 中馬宏之 (2002) 「「モジュール設計思想」の役割」, 青木昌彦・安藤晴彦編『モジュール化』所収, 東洋経済新報社, 211-246
- 中馬宏之 (2003) 「ビジネスケース・安川シーメンス NC」, 一橋ビジネスレビュー, 2003年 SUM. 148-164
- 一寸木 (ちょっき) 俊昭 (1978) 『工作機械業界』教育社
- 一寸木 (ちょっき) 俊昭 (1992) 『日本の企業経営—歴史的考察』法制大学出版局
- 長尾克子 (1995) 『日本機械工業史—量産型機械工業の分業構造』社会評論社
- 長尾克子 (2002) 『工作機械技術の変遷』日刊工業新聞社
- 長尾克子 (2004) 『日本工作機械史論』日刊工業新聞社
- 中岡哲郎 (1993) 「発展途上国機械工業の技術形成」, 竹岡・中岡・高橋編 (1993) 『新技術の導入—近代機械工業の発展—』所収, 同文館, 155-203
- 日本機械学会 (1988) 『工作機械の最先端技術—高速・高精度・複合化手法』工業調査会
- 日本工作機械工業会 (2012) 『工作機械産業ビジョン2020』日本工作機械工業会
- 日本工作機械工業会 (2014) 『工作機械統計要覧2014』日本工作機械工業会
- ニュースダイジェスト社編集 (2014) 『生産財年鑑2014』ニュースダイジェスト社
- 貫井健 (1982) 『黄色いロボット』読売新聞社
- 朴泰勲 (2001) 「工作機械メーカーの製品開発」, 藤本隆宏・武石彰・青島矢一編 (2001) 『ビジネス・アーキテクチャ』所収, 有斐閣, 195-207
- 長谷川毅 (1999) 『NC 工作機械のマネジメント』文芸社
- 馬場敏幸 (2013) 『アジアの経済発展と産業技術』ナカニシヤ出版
- 原田勉 (2007) 『汎用・専用技術の経済分析』白桃書房
- 林隆一 (2011) 「工作機械産業を牽引するモジュール化」, 季刊ファンドマネジメント, 2011年9月号, 80-87
- 林隆一 (2013a) 「製品アーキテクチャの視点から見たイノベーションにおける資本財

- 産業の研究—その1：資本財産業研究のための先行研究サーベイ」, 神戸学院経済学論集45巻1・2号
- 林隆一（2013b）「製品アーキテクチャの視点から見たイノベーションにおける資本財産業の研究—その2：産業別先行研究サーベイ」, 神戸学院経済学論集45巻3号
- 林隆一（2014）「製品アーキテクチャの視点から見たイノベーションにおける資本財産業の研究—その3：日本の資本財産業構造」, 神戸学院経済学論集45巻4号
- 一橋大学イノベーション研究センター編（2001）『イノベーションマネジメント入門』, 日本経済新聞社
- 廣田義人（2011）『東アジア工作機械工業の技術形成』日本経済評論社
- 藤田泰正（2008）『工作機械産業と企業経営』晃洋書房
- 藤本隆宏（1997）『生産システムの進化論』有斐閣
- 藤本隆宏編（2013）『「人工物」複雑化の時代』有斐閣
- 藤本隆宏・葛東昇（2001）「アーキテクチャ的特性と取引方針の選択—自動車部品のケース」, 藤本・武石・青島編（2001）『ビジネス・アーキテクチャ』所収, 有斐閣, 221-228
- 藤本隆宏・キム クラーク（2009）『増補版・製品開発力』（田村明比古訳）ダイヤモンド社
- 藤本隆宏・武石彰・青島矢一編（2001）『ビジネス・アーキテクチャ』有斐閣
- 藤本隆宏・中沢孝夫（2011）『グローバル化と日本のものづくり』放送大学教育振興会
- 水野順子編（2004）『アジアの金型・工作機械産業—ローカライズド・グローバルイズム下のビジネス・デザイン』アジア経済研究所
- 水野順子編（2010）『新興諸国の資本財需要—ロシアとベトナムの工作機械市場』日本貿易振興機構アジア経済研究所
- 港徹雄（2011）『日本のものづくり競争力基盤の変遷』日本経済新聞出版社
- 森谷正規編（2003）『機械産業の新展開』NTT出版
- 森野勝好（1995）『発展途上国の工業化—インドにおける工作機械工業の発展』ミネルヴァ書房
- 森野勝好（1995）『現代技術革新と工作機械産業』ミネルヴァ書房
- 吉川弘之編（1994）『メイド・イン・ジャパン—日本製造業変革への指針』ダイヤモンド社
- 吉田三千雄（1986）『戦後日本工作機械工業の構造分析』未来社
- 吉田三千雄・藤田実（2005）『日本産業の構造転換と企業』新日本出版
- 米川伸一・川崎広明・下川浩一編（1990）『戦後日本経営史第Ⅱ巻』, 東洋経済新報社