

台湾工作機械産業における エコシステムの検証

——プラットフォーム・リーダーシップ戦略の現地調査——

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), エコシステム (Ecosystem), NC (Numerical Controller), 工作機械 (Machine Tool)

1. はじめに

林 (2014b) では、プラットフォーム・リーダーシップやキーストーン戦略⁽¹⁾の観点から工作機械産業を対象に、NC (Numerical Controller) 装置の大手企業であるファナックの4レバーに基づいて事例研究を行った。林 (2015) では、他のキーパーツ企業やNC装置競合企業の戦略・動向の事例研究を踏まえ、プラットフォーム・リーダーシップ戦略の「外部補完者」の概念の拡張を試みた。ファナック製NC装置の普及により、競合との差別化余地が小さくなる日本の大手工作機械企業が、独自仕様のNC装置を三菱電機製に切り替える一方

(1) 米国IT企業の事例を中心に、Gawer & Cusumano (2002) がプラットフォーム・リーダーシップ戦略を、Iansiti & Levien (2004) がキーストーン戦略を提唱した。

(2) NC (Numerical Controller) 装置は工作機械の中核部品であり、数値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。

台湾工作機械産業におけるエコシステムの検証

で、NC 装置大手のファナックが、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他社・独自 NC を採用する大手機械企業との棲み分けが成立している構図を指摘した。もともと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 装置などによる破壊的技術が「イノベーション⁽³⁾のジレンマ」を米国にもたらし、日本が世界トップに踊りでた。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一の座から転落しており、工作機械産業の興亡は各国のエコシステムの影響を大きく受けてきた。

林 (2014b) や林 (2015) の問題意識を踏まえ、2015年3月に、台湾の機械・電機企業6社の取材に加え、同時期に開催中の台北国内工作機械見本市 (TIMTOS) に参加し、日系企業を含む多くの機械関連企業の周辺取材を行った。本論文では、NC 企業のファナックをキーストーン種とした台湾の工作機械産業の「ビジネス・エコシステム」の検証を試みた。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 装置の中台韓への展開を分析し、台湾の現地調査報告を踏まえ、台湾工作機械産業の「エコシステム」においても、ファナック NC 装置がキーストーン種の役割を担っていることを検証する。

2. 先行研究

Henderson & Clark (1990) は、コピー機や半導体製造装置などの事例研究を通して、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から製品アーキテクチャ (Product Architecture) に注目した。さらに、Baldwin & Clark (1997) ・ (2000) は、コンポーネントをモジュール化し、モジュール相互間の動作を確

(3) Christensen (1997)。

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、新しいイノベーションを創出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つに大別し説明した。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。Fine (1998) は、1980年代のIBMがパーソナルコンピュータの開発にあたり、それ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し、各コンポーネント企業が独立的な設計が可能となったことを示した。それにより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。

Christensen (1997) はHDDなどの事例研究を通して、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) と呼んだ。イノベーションの初期では、新しい市場規模が小さく、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

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

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ことを明らかにした。

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。大半の顧客のニーズを満たすにはまだ「十分でない」状況では、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「オーバーシュート」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り、一般的に製品が汎用化する過程でこのような状況が生じるとした。国領 (1995) や Chesbrough (2003) 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、各企業が得意分野に経営資源を集中でき、優位性が高まることを指摘した。

さらに、Gawer & Cusumano (2002) は、オープン・モジュラーの競争環境下にあっても高い収益性を維持するインテルなどの 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。林 (2014b) では、プラットフォーム・リーダーシップの4レバーの視点を、工作機械産業に適用し、NC 装置大手のファナックに関して、以下のように適応分析を行っている。

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⁽⁵⁾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

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、最終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。⁽⁶⁾ またファナックは、大型プレス向けやレーザー加工機向けなど工作機械以外の各種機械にもNC装置を供給しているだけでなく、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、⁽⁷⁾ 射出成型機、⁽⁸⁾ タッピングマシンにも事業を拡大している。後述のようにスマートフォン向け金属加工は、ファナックの工作機械で対応し、新市場を創造している。

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）はオープン・モジュラー型である安川シーメンス製NC装置に対して、ファナックはクローズド・モジュラー型を志向していることを指摘した。一方、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示している。1985年量産開

(5) 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。

(6) 河邑（1998）。

(7) 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。

(8) マシニングセンターの一種で、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。NC装置1台とサーボモーター4台が搭載される。

始したファナックシリーズ0（ゼロ）で、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範囲が広がった。さらに1997年のSeries16i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、ファナックシリアルバスの独自ルール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。

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、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り、その後もインテルのMPUの技術革新の成果をNC装置に取り込んできた。さらに、林（2015）で指摘した通り、モジュール化を進めることで、リニアガイドのモジュールやキーパーツとの関連性（すり合わせ）を低減させ、独立的な開発を加速させてきている。

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。NC装置では汎用技術の自立化が見られ、汎用・専用技術の相互作用はそれほど必要でないことが明らかになっている。⁽⁹⁾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。

(9) 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』（P65）としている。

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。ファナックの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。

Iansiti & Levien (2004) は、従来の経営戦略論で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⁾の存在を指摘している。キーストーン種は生き残るために、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、キーストーン種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いる。林 (2014b) では、「エコシステム」を工作機械産業に適用し、ファナックを「キーストーン」種と見て、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と考え、健全性3指標「生産性」・「構造安定性・堅牢性」・「ニッチの創出」にどのような影響を

(10) 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大きい種である。

与えたかを以下のように検証した。

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。例えば朴（2001）では，豊田工機（現ジェイテクト）は製品開発を調査し，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う階層で分類していると指摘している。また，河邑（2005）は米国ユーザーの特性調査から，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 装置を内製するだけの規模が確保でき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，後発の台湾・韓国・中国の工作機械企業向けになどには高いシェアで NC 装置を供給し，工作機械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，ニッチで小規模な工作機械企業が 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⁽¹¹⁾。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少なく，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

(11) 工作機械コストの約30%は性能維持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。

いる。また、NC旋盤大手の5位で、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り支えた例も見られる。

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）

工作機械産業は、ユーザー数・参入企業数とも多⁽¹²⁾い特徴があるが、藤田（2008）は、特に日本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作り上げていると指摘している。日本工作機械工業会（2012）では、『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』（P74）であり、『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』（P89）ことが指摘されている。また、スマートフォンの金属筐体の加工では、ツガミと牧野フライスは、今まで蓄積した技術（機械）を活用し、大量の金属加工を可能とした機械を投入している。これら2社は、ファナックのNC装置を採用しているため自社NC装置の独自性は小さいが、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⁽¹⁴⁾。

3. 各国の工作機械産業の隆盛とモジュール化の変遷

近代工作機械は、18世紀に英Wilkinson⁽¹⁵⁾の開発で始まり、英Maudslay（ね

(12) セクター利益構成比の順位。詳細は林（2014a）。

(13) 加藤（2013）が半導体製造装置産業との比較において指摘している。

(14) さらに林（2014b）では、日本にはニッチながら、ユニークな企業例として、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（セントレスグラインド）のミクロン精密、ダイヤモンド砥粒による超精密・超微細な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を挙げている。

(15) 高精度シリンダー中ぐり盤、これにより初めてWattの蒸気機関が実現した。

じ切り旋盤)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、米国で1820年以降の独立戦争や南北戦争を背景に、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(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年代まで工作機械大国となった。

一方、日本の工作機械産業は、第2次世界大戦の対日禁輸政策で、欧米一流機種の約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。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、朝鮮戦争期(1953~54年)には、輸入依存度が50~60%に達し、「もともと復興が遅れた業種」と謂われた。⁽¹⁶⁾100社以上の技術導入が行われる一方、「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、ローエンドの「ジュニアマシン」⁽¹⁷⁾が開発された。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。このように量的需要に伴

(16) 1952年のツガミによる仏 Cri-Dan 社(ねじ切り旋盤)の技術提携が皮切りとなった。

(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。基本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で、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。

い、日本では設計・生産ともに、工作機械のモジュール化の前提が整っていた。

米国では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高価な大型機の輪郭切削制御等の売り込みが中心だったため、中低価格帯の中小企業向けの開発の発想がなく、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⁽¹⁸⁾。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による NC 化ニーズは小さかった⁽¹⁹⁾。1970年までかなり弱体であった日本の工作機械産業は、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、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 装置企業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により、80年代には世界トップに躍り出た⁽²¹⁾。日本では最初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ていたが、NC 装置の能力向上により対象範囲が広がっていった。

1970年代まで先端加工技術で世界を先導した米国の工作機械産業は、NC 装置による破壊的技術が Christensen（1997）の「イノベーションのジレンマ」をもたらし、日本の工作機械産業が台頭した。NC の登場により、19世紀米国で再編された技術の汎用化がさらに再編された。「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

(18) 米国大手の工作機械企業は NC 内製化で50社以上が NC 装置を製造していたが、5軸以上の同時制御を目標とし、ミニコンピューターから MPU への置き換えに遅れた。

(19) 欧米では大規模組織での NC 工作機械の普及が圧倒的に早いことが実証されている。

(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) 中馬（2002）の調査では日本企業が米独の2倍以上の速度で新製品を開発している。

台湾工作機械産業におけるエコシステムの検証

からMC（マシニングセンター）へ集約・複合化された。ドイツなど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、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）を行うことで、5軸加工機・複合加工機・カスタム（専用）機では最先端を走り続けている。欧州ではNC装置だけでなく、主要部品を⁽²²⁾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考えられる。

NC化の進展で、日本国内の大手5社体制が⁽²³⁾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⁽²⁴⁾）が躍進する一方で、2001年に池貝の破綻⁽²⁵⁾、2002年には日立精機の破綻（DMG 森精機への営業譲渡）が起こった。金型加工の牧野フライスもNC化を進め、NC機種競争となり、日本の輸出比率は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年から27年連続で世界一の工作機械大国となり、国内NC旋盤40社、MC50社の枠組を維持してきた。

NC化の普及で、工作機械大手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

(22) 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。

(23) 日立精機、池貝、東芝機械、オークマ、豊田工機で会長を持ち回りしていた。

(24) 日経産業新聞2015年7月31日によると、2014年のマシニングセンターの国内生産額（4991億円）シェアは、1位がファナック29.1%、2位がDMG 森精機23.4%、3位がヤマザキマザック17.9%、4位がオークマ12.4%、5位が牧野フライス9.8%である。

(25) 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る。

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 装置を採用し始め、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⁽²⁶⁾にも供給するなど、大手企業向けに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。

その結果、日本の工作機械産業は2009年以降、トップの座から転落している。日本工作機械工業会（2014）によると、2013年の工作機械シェアは1位中国35%、2位ドイツ25%、3位日本24%、4位韓国9%、5位台湾9%弱⁽²⁷⁾となっている。一方で、NC 化を梃子に、韓国と台湾は、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。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（中国内生産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一方で、一部の中国の日系ユーザーでも粗加工など、台湾や韓国企業の製品を一部採用するケースが見られるようになっている。

林（2015）の通り、工作機械の NC 化と、それに伴う直動案内機器の採用により、工作機械のモジュール化が進んでいる。韓国や台湾だけでなく、中国も

(26) シチズングループの競合であるブラザーは NC 装置を内製している。

(27) 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。

(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

日本からの工作機械の技術移転が進んだこともあり、ファナックやTHKの製品に加え、SMCは空圧機器やメトロールは精密位置決めスイッチなどからキーコンポーネントを購入すれば、一定レベルの工作機械を生産できるようになっている。実際に、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。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・中国の新興工作機械企業とカスタム志向の強い国内の中小機械企業へファナック仕様の汎用NC装置を供給している。林(2015)では、ファナックにとって、NC装置の競合である三菱電機をプラットフォーム・リーダーシップ戦略の広義の「外部補完者」と捉えることで、差別化を図るためにNC装置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ることで、工作機械産業全体の「エコシステム」を解釈することができる。

以下では、本論文が主な対象とする台湾工作機械産業のエコシステムを検討する前提として、台湾の最大の輸出先である中国と一部で競合となる韓国のそれぞれの工作機械産業の成り立ちや構造や類似点・相違点をまとめておく。

中国の工作機械産業は、2009年以降に世界トップにたち、2014年の生産額は238億ドルまで拡大している。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）⁽²⁹⁾に急増し、多様性を持ち、2009年には中国が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、おおよそ2000年が1.4万台、2005年が6万台弱、2009年が14万台、2013年が20万台と拡大している。中国トップの瀋陽機床集団と2位の大連起床集団の2グループが中国国内生産のそれぞれ10%前後のシェアを持ち、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。中国のNC供給では、ファナックが中国展示会（CIMT）シェア平均5割弱を維持し、⁽³¹⁾その他は独 Siemens が2割弱、三菱電機が同1割弱⁽³²⁾と見られる。中国の中小規模の工作機械企業では激しい生き残り競争のため、NC化などの新しい技術の取り込みが市場（顧客）から求められていると考えられるが、これらのNC装置企業の存在が中小規模の工作機械企業の存続を可能としていると思われる。

韓国の工作機械産業は、2014年の生産高56億ドル（世界4位）、輸出額22億ドル（同6位）⁽³³⁾であり、NC旋盤とMCの2機種に絞込んで、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、⁽³⁴⁾現在では輸出が超過している。自動車専用機も手がける現代WIAと汎用機を中心とする斗山インフラコア⁽³⁵⁾の2社で約2/3の国内シェアを占めている。現代

(28) Gardner Research の「2015年世界工作機械生産高・消費高調査」速報版。以下同じ。

(29) 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。

(30) 11年グループ売上は約2300億円（うちNC機は約6割）

(31) 瀋陽機床集団（SHENYAG MACHINE TOOL）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思われる。

(32) 中国ローカルNCトップはGSK（広州数控）で、2009年シェアは台数ベースでは2割強と見られるが、現地工作機械企業のローエンド向けで外資系との競合は少ない。

(33) 2012年では全体の金額構成比77%。ちなみに台湾は同66%。

(34) 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。

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。

4. 台湾工作機械産業の概要

2015年3月に行った台湾の機械・電機企業6社の取材に加え、同時期に開催された台北国内工作機械見本市（TIMTOS）に参加し、日系企業を含む多くの機械関連企業の周辺取材を行った。まず、台湾工作機械産業の概要をまとめた上で、現地調査と事前調査内容を踏まえ、（1）主要個別企業の例として台湾を代表する工作機械企業である東台精機の概要をまとめ、（2）主要用途との関連例として直近で新しい市場が形成されたスマートフォン向け金属筐体（Metal Casing）加工の動向を示す。

台湾の工作機械産業は、2014年の生産高47億ドル（世界7位）のうち約8割の38億ドルが輸出額（同4位）であり、工作機械生産は台湾の全機械業の3分の1を占める。2010年9月に発効した中台の「兩岸経済協力枠組み協議

(35) 2000年に分離した大宇綜合機械が2004年末に斗山に買収されたが、2015年11月16日付けで正式に工作機械事業の売却を検討していることを発表している。

（ECFA）」もあり、2013年の台湾における中国向け輸出の構成比は、マシニングセンターが約25%（1位、2位は米国向けの約13%、以下概算値）、研削盤が同28%（1位、2位は米国向けの17%）と中国の構成が約1/4を占める。⁽³⁶⁾ 一方で、2013年の中国におけるマシニングセンター輸入のうち約10%（日36%、独31%に続く3位）、同旋盤輸入のうち約26%（日本27%に続く2位）が台湾からの輸出となっているおり、中国における台湾工作機械は一定の位置づけを得ている。また、台湾は各国のマシニングセンターの輸入国として、米国の約10%（日53%、独13%に続く3位）、韓国の約11%（日54%、独18%に続く3位）、インドの約11%（日41%、独12%、韓国11%に続く4位）、タイの約26%（日66%に続く2位）、インドネシアの約12%（日72%に続く2位）、ブラジルの約12%（独27%、日22%、伊17%に続く4位）、ロシアの約14%（独28%、日15%に続く3位）である。同様に、台湾は各国の旋盤の輸入国として、米国の約12%（日51%、独17%に続く3位）、韓国の約5%（日67%、独10%、中国8%に続く4位）、インドの約8%（日27%、韓国15%、伊12%、独11%に続く5位）、タイの約17%（日64%に続く2位）、インドネシアの12%弱（日72%、中国12%に続く3位）、ロシアの約10%（独16%、伊12%弱、日11%に続く3位）と、主要国の工作機械輸入国として概ね2~4位のポジションを得ている。

台湾の工作機械の企業数は約700社（従業員2万人強）に分散され、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、後述の東台精機に加え、1974年に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り、1976年に大興機器は滝沢鉄工所と技術提携し、NC旋盤を開発したりし、同時期に大同もオークマと技術提携をしている。斗山インフラコアと現代WIAの2社寡占状態にある韓国工作機械

(36) 米ハーコ社が台湾に製造拠点を持っている。

台湾工作機械産業におけるエコシステムの検証

産業とは異なり、台湾工作機械産業は家族経営（オーナー経営）による非上場の中規模工作機械メーカーも多数存在する産業構造にあることが特徴である。⁽³⁷⁾

（１）東台精機（証券コード4526）：Tong-Tai Machine Tool

東台精機は、1968年に日本人技術者の吉良良三氏と現地資本家によって設立され、日立精機（当時）などと技術提携し、その後は旧日立精機の人材も加わり、現在では台湾を代表する NC 工作機械企業の一つとなっている。14年（暦年）売上高は東台グループ全体で約90億台湾ドル（約350億円）、東台精機単独で約60億台湾ドル（約220億円）である。製品別売上高構成比は NC 旋盤が約35%、マシニングセンターが約40%、プリント基板（PCB）加工機械が約25%である。工作機械では、主要な台湾企業である永進機械（YCM）や対中精機と比較して、機械単品だけでなく、ターンキーと呼ばれるシステムを一括納入できる点に特徴があり、中国本土の日系企業にも納入実績が多い。従業員約750名（グループ全体で約1200名）のうち2割弱が研究開発人員を占める模様である。

顧客業種別の売上高構成比は自動車・自動車部品が約40%、電機が約20%、その他が約40%となっている。電機はプリント基板加工機械が含まれており、工作機械（NC 旋盤やマシニングセンター）という意味では、かなりの部分が自動車関連向けであるが、後述の HonHai 向けに出荷した工作機械は iPad の外装部分の加工に使用されている。

地域別売上高構成比は、中国を大半とするアジアで約5割、台湾3~4割、⁽³⁸⁾

(37) 直近では、26のブランドを有する友嘉（Fair Friend）グループを筆頭に、東台グループが周辺事業を含む子会社9社に拡大し、程泰（Goodway）グループが3社（程泰機械に加え、AWEA, EXTRON）を傘下に抱えるなど、グループ化が徐々に進む兆しも見られている。ただし、友嘉は NC 装置の調達は個別で行うなど統一の動きはなく、各グループで効果的なシナジー効果は明らかになっておらず、今後の動向・変化に注目していく必要がある。高（2014）参照。

(38) トルコ向け約5%等を含み、タイ、ベトナム、マレーシア、インド等にも出荷

欧米が約10-15%を占める。生産面では、5カ所の台湾工場（全体の約6割を生産）に加え、2カ所の中国工場を保有している。中国の江蘇省の Wujiang 工場では、NC旋盤とタッピングマシンを含む立型マシンニングセンターを年10億台湾ドル（約35-40億円）程度生産している。ピーク生産の月産60台レベルと比較して、稼働率は5割前後と見られる。ハイエンドを台湾拠点で生産しているため、中国工場の販売価格は円換算400万円台（台湾では600万円台）と推測され、初期コストや中国では昼夜稼働が可能なことを考慮すると、粗利では中国工場の方がやや高いと考えられる。

競合メーカーはNC旋盤では程泰や日系の台湾滝澤などであり、マシンニングセンターではヤマザキマザック（中国製機械）や斗山インフラコアなどの韓国勢だが、金型向けでは日本企業のオークマとも一部で競合している。価格差としては、東台を100とすると、欧州製140-150、日本製120、韓国製100、中国製70といったイメージと見られる。

東台精機は、オーナーが株式の約25%を有しているが、株式上場を経て、徐々に経営の近代化と多角化を進めている。東台グループは現在9社で構成されている。もともとの東台精機に加え、栄田機械（HOVOR；04年買収）、APEC（05年買収）、Quick-Tech などに加え、2014年には、レーザー発振器などの周辺機器メーカーである「コントレル」、自動車向けの部品加工企業「PCIセム」、自動車部品企業「アンガー」がグループ入りしている。ちなみに工作機械以外の主力製品であるプリント基板（PCB）加工機械はグローバルでは、日立ピアメカニクス（日立製作所は投資ファンドに売却）に次ぎ、独 Schmolz と並ぶ世界2位グループでシェア2割前後と見られる。中国の昆山工場では、プリント基板の穴掛け加工委託を行っており、台湾で生産したプリント基板加工機の新製品などのフィードバックも行っている。プリント基板（PCB）加工機械は従来、ドリルで穴をあけるタイプが主流であったが、レーザータイプが開発さ

している。

台湾工作機械産業におけるエコシステムの検証

れ、東台精機は2010年に投入し世界4位となっている。⁽³⁹⁾

東台精機は、これらの機械のキーパーツであるNC装置の90%前後をファナックから調達している。特に自動車向けはファナックのNC装置の評価が高く、顧客から指定されることも多い。一方、電機向けが多い子会社 Quick-Tech などでは三菱電機のNC装置を搭載することもある。また、航空機産業やエネルギー産業向けなどのガントリータイプの大型フライス盤や5軸マシニングセンターを生産する APEC の「エイペック」ブランドでは、欧州の航空機部品企業を主要顧客に持つため、NCは欧州製（シーメンスとハイデンハインが半々）が約8割を占める。直動案内機器ではTHKや日本精工などの日本勢からの調達が70%程度を占める。Hiwinなどの台湾メーカーからも10-20%調達しているが、品質差があるため、エントリーモデルにのみ搭載している模様である。

ファナックから見ると、東台精機の機械は、ファナックのNC装置を搭載した日系の工作機械企業が手掛けていない分野に機械を提供し、少しずつ周辺分野を開拓して、用途先を広げているように考えることができる。また東台精機は、ファナック製NC装置やTHK製の直動案内を使用することで、自社製品の一定の品質やメンテナンス体制を確保しながら、海外各国への輸出を可能としている相互補完関係と見ることができる。

（2）金属筐体（Metal Casing）加工機械の動向

林（2015）では、直近ではアップルのスマートフォンであるアイフォンの筐体（きょうたい）向け金属（アルミニウムやマグネシウム合金など）加工などに工作機械が多く使用される事例を紹介し、既存の大手企業の工作機械（主軸40番サイズ）での加工の一部が、小型のタッピングマシン（主軸30番サイズ）が取り込む「イノベーションのジレンマ」が発生していることを指摘した。

アイフォンのスマートフォンは金型で製作する樹脂製であったが、2006

(39) レーザータイプは、日立ピアメカニクス、三菱電機、中国の大族激光科技が3強である。

年、アイフォンは最終製品の差別化（美しさ）のために金属でのケーシング加工を行う方法として、生産性が高く、中高域トルクの大きい工作機械が新たに必要になった。従来の機械ではコスト的に量産対応が困難な小型部品加工の機械に対して（顧客との競合になる部分が少ないため）、ファナックは、主軸30番サイズの小型マシニングセンター（工作機械）であるタッピングマシンに自ら参入していた。アップル等が委託する台湾のEMS（電子機器の受託製造サービス）向けで、ファナックが参入したタッピングマシンが大量採用された。逆に言えば、既存の工作機械企業の機械とは競合しておらず、ファナック製NC装置のユーザーである工作機械企業と直接的には競合していなかったため、ファナックもタッピングマシンを販売することができた。

ファナックの主な最終的な設備納入先は、アップル社等が委託する台湾のEMSであるFoxconnやHon Hai PrecisionなどのHonHaiグループや可成科技（キャッチャー・テクノロジー）⁽⁴¹⁾である。HonHaiは、1974年に設立され、アップルやソニー、任天堂などを顧客に、電子機器の受託製造サービスを行なうために、中国本土で約120万人を雇用し、低コストで大量生産する経営モデルを確立している。アップル社のスマートフォン筐体の機械加工も子会社でほぼ独占してきたが、アイフォンの世界的な数量拡大に伴い、2014年より可成科技も受注している。可成科技は、1984年に台南市で設立し、パソコンなどの電子機器の金属筐体では世界シェア3割を持つ世界最大手である。このように、市場の拡大に伴い、ユーザーも分散が進んできている。

一方、アップルのスマートフォン競合企業であるサムスン電子も競合上、2014年よりスマートフォンに金属のケーシング加工を採用している。⁽⁴²⁾その加工

(40) ファナックはTHKのLMガイドやボールねじを使用し、小型工作機械のマシニングセンターを開発している。ネジ切りを行う加工のために開発され、現在では小型部品加工にも使用される。

(41) 競合のプラザーの主な最終的な設備納入先は、Catcher, Ju Tengなどと見られる。

(42) Galaxyのメタルケーシングモデルの約半分がNC工作機械の削り出しで、残り

台湾工作機械産業におけるエコシステムの検証

機械は、まず現代 WIA などの韓国国内の工作機械メーカーから購入し、不足分をファナックなど日系工作機械メーカーから調達している。ファナックのタッピングマシンはスマートフォンの機械加工向けに急拡大した上に、IT 機器や自動車関連の小物加工への適用も広がり、2011年より需要が急拡大し、需要サイクルの増減はあるものの、前述のように2014年のマシニングセンターの国内シェアトップに躍り出ている。

さらに、中華系スマートフォンでも、大手スマートフォンに対抗し、金属のケーシング加工の採用が広がっている。ただし、アップル製と中華系のスマートフォンでは同じメタルケーシングでも、加工時間や必要とされる機械台数もまちまちであり、機械仕様も異なっている。麗馳科技 (LITZ Hightech)、力勁機械 (L. K. Machinery)、綺發機械 (Chi-FA Machinery) などの台湾の中規模クラスの工作機械メーカーは、最終ユーザーがアップルである台湾 EMS だけでなく、中華系のスマートフォン向けの需要を取り込むことで、急速にシェアを伸ばしている。

2015年はアップル社のスマートフォンの需要期の裏年にあたるものの、台湾で中規模クラスの工作機械メーカーは、台湾 EMS 向けに加え、他の中華系スマートフォン関連向けの需要があるため、個別ユーザーの需要を一部相殺し、相対的には安定的な受注を確保している模様である。アイフォンの販売価格の1割弱が筐体コストと見られる上に、アップルの競合企業も最終製品の競争上で金属躯体を採用したこともあり、現在の市場規模は、スマートフォン・タブレットや PC などの躯体向け金属加工の EMS 向け加工賃で1兆円弱に達していると見られる。⁽⁴³⁾

一方、過去数年はスマートフォン関連に注目があたり、タッピングセンターなどに台湾各社が力を入れてきたものの、東台精機や台中精機などの大手メー

半分がダイキャストを使用する前提で、削り出しコスト28ドル/台、ダイキャスト10ドル/台と推測される。

(43) 構成比は、スマートフォンが約半分、PC とタブレットが各1/4と推測される。

カーの開発体制・コスト構造では、一般の工作機械と比較して低価格であるタッピングセンターの収益性は高くないことが明らかになってきている。そのため、東台精機では、工作機械の大型化や基本に立ち返った取り組みに回帰しつつある。例えば、操作性の改善や設備稼働率を高水準で維持できるようにする取り組み、メンテナンスを容易にできるようにするなどの高付加価値化を注力している。

このように金属筐体の加工機械に関しても、ファナックから見ると、東台精機の機械との棲み分けを進めつつあると考えることができる。もともとファナックの参入しているタッピングマシンの特性が、NC装置の主要な顧客企業の工作機械とは異なるスペックに設計されているため、自然淘汰的に棲み分けが進んだと見ることができる。

5. ガイドや空圧，電機現地企業

2015年3月の台湾現地取材を踏まえ、ここではNC装置などの主要部品の日系・台湾企業の動向をまとめる。林（2015）では、工作機械のNC化と、それに伴う直動案内機器の採用により、工作機械のモジュール化が進んでいることから、ファナックやTHKの製品に加え、SMCの空圧機器やメトロールの精密位置決めスイッチなどのキーコンポーネントを購入すれば、一定レベルの工作機械を生産できるようになっていることを指摘した。⁽⁴⁴⁾ 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は、主要部品を同一の内外企業から調達するなどの特徴があるが、以下に直動案内機器/ボールねじ、空気圧機器、NC装置/ロボット関連などの台湾企業の動向を、直前/現地調査に基づいて概観する。

(44) 月刊生産財マーケティング2014年4月号P39では、安田工業の安田之彦相談役が「NCと直動案内機器を使えばそれなりの機械になる。それ以上のところは、工作機械メーカー各社の方向性、考え方によりけりというわけです」とコメントしている。

(1) 直動案内機器/ボールねじ

台湾の直動案内機器のシェアは、⁽⁴⁵⁾THK 50%、台 Hiwin 20%、日本精工と独 Bosch Rexroth が各々10%前後だが、それ以外の基幹部品は台湾企業の存在感が高まっている。例えば、ボールねじのシェアは、台 Hiwin 50%弱、台 PMI 25%、THK 10%強、日本精工10%と見られる。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、リニアガイドやボールねじの採用が効果的となり、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。

直動案内機器とボールねじで、日本の THK の競合の Hiwin (証券コード 2049: 上銀科技) は1989年に銀行出身で経営コンサルタントだった卓永財氏が経営悪化した機械企業を買収し設立している。2013年12月期売上は124億台湾ドル (約420億円)、税引利益20億台湾ドル (70億円弱)、従業員は約3500名である。ヒアリングベースでは、Hiwin のシェア上昇がしているとの話もあるが、輸出の拡大が主で、台湾国内のシェアは過去から大きく変化していない。Hiwin の日本の工作機械メーカーでの納入先は、オークマ、ヤマザキマザック、滝澤鉄工所、OKK、中村留精密工業、ツガミなど20以上で一部機種での採用が進んでいる模様である。Hiwin の生産体制は、中国展開ではなく、海外製の高級工作機械を使用し、台湾の台中工場で行っている。直近でも研磨機械企業の英国マトリックス社を買収するなど内製機械の強化にも努めている。材料も、日本・ドイツ・台湾製を主に調達し、精度も高いが、日本企業とのコスト差も少ない。ただし、ボールねじに限ると台湾現地メーカーが強く、Hiwin と PMI (銀泰科技) があわせて台湾市場の70%前後を抑えている。日系企業との販売価格差は、直動案内機器と異なり大きく、一般的に2倍程度の差が存在している。

Hiwin は拡大志向が強く、工作機械以外の設備機械向けに注力したり、台湾

(45) 直動案内機器の THK の商品名のリニアガイドも一般的に使用されている。

国内よりも海外を志向したり、後述のように Delta 社に先行して産業用ロボットにも参入するなどの成長戦略を進めている。一方で、直動案内機器とボールねじにおける Hiwin に続く台湾企業である PMI は、1990年に設立され、対照的に機械部品メーカーに徹することを自負しており、永進機械（YCM）を最大顧客として、台湾国内では9割以上の工作機械メーカーに採用されている。また、まだ量は少ないが日系工作機械メーカーにも採用を進めており、北村機械や OKK などにも採用実績がある。

（2）空気圧機器

日本企業の SMC は工作機械にも多数使用される空気圧機器の大手企業であるが、空気圧機器の最大規模の中国市場において、1988年設立の台湾 AirTAC（証券コード1509：亜徳客）が台頭している。同社推測値の中国内シェアは、SMC が約31%、台 AirTAC が約12%、独 Festo が約9%、他の台湾メーカーおよび韓国メーカーが約4%、他の海外メーカーが約19%、現地中国メーカーが約25%となっている。

台湾 AirTAC の販売は、現在90%前後が標準品になっており、標準品の価格水準は、日系企業と比較して半分強と見られる。AirTAC の製品ラインナップは SMC の生産ラインナップ品数（2万品種）の3割弱に留まっているとみられる。一方で、中国の現地メーカーは AirTAC よりも20%程度安価である。

販売は直販が80%、代理店が残り20%である。営業マン数は900名強で大半が中国だが、最大顧客でも売上高に占める構成比は1%未満で、上位10社合計でも売上高構成比は5%未満に留まっている。中国での販売拠点は現在60拠点以上を今後5年間で100拠点まで増やしていく考えを持っている。標準品に関しては、納期3-5日を保証しているが、ほとんどの製品は3日以内に納めている。在庫月数のうち1.5ヶ月が製品在庫、1.5ヶ月が仕掛品、1.0ヶ月が原材料という内訳になっている。

生産体制は中国中心で、主力の寧波工場の生産能力は、現在18棟ある建屋を

台湾工作機械産業におけるエコシステムの検証

22棟に増築し、年間14億 RMB だが生産能力を年間30億 RMB に拡張中である。また、広州工場の生産能力も現在の4億 RMB から10億 RMB に拡張する。ただし、台湾の台南新工場は15年から生産を開始し、生産拠点の分散と空気圧機器でのハイエンド製品の拠点とする上に、2016年以降には電動機器への取り組みを開始する見込みである。当初の電動機器は購入部品が70%以上を占めることになるため、最初は粗利益率が低くなる見込みだが、空気圧機器と同様に機械などの前工程からの垂直統合を行う意向である。中国工場も人件費水準が上昇しており、直接的な人件費に加えて、中国は社会保険料負担が40~50%あり、台湾（21%負担）よりも重く、継続的な人件費上昇や人民元高、生産性の違いなどを考慮すると中国と台湾のコスト差はなくなってきている。

（3）NC 装置/ロボット関連

台湾の工作機械産業は日本からの工作機械の技術移転が進んだこともあり、NC 装置はファナックからの調達が大半であり、2位も三菱電機である。ファナックや三菱電機は、NC 装置単品ではなく、サーボモーターとセットにしたシステムでの納入を行っている。台湾現地ローカル NC メーカーである宝元数控精密や新代科技などは PC ベース NC のソフトに、三菱電機から調達した汎用サーボモーターを組み合わせ提供しており、日系企業と大きな市場では競合していないと考えられる。

1971年設立ながら、世界的な大手電源企業となった Delta Electronics（証券コード：2308：台達）も NC 装置に新規参入している。現時点の数量はわずかであるが、サーボモーターなど駆動部分を内製している唯一の台湾企業であり、今後の動向を注視する必要がある。セグメント区分が変更で事業規模が分かりにくくなっているが、インバーターとサーボモーターが主力の Industrial Automation ⁽⁴⁶⁾ 事業は、2015年の新区分であるエネルギー管理（Energy Management）

(46) Industrial Automation 事業に占める製品別の売上高構成比は、インバーターが約50%、サーボモーターが20-25%、コントローラーが10%、残りがその他（セン

の約半分（売上高比率では約10%）で直近の四半期では約50億台湾ドル（約190億円）となる。採算性は高く、全社粗利益率は27%程度（営業利益率は12%強）だが、Industrial Automation 事業は40%以上（同20-25%）で高水準にある。一方、Delta 社はこれらのコントローラーやモーターを活用して、スカラ型ロボットにも新規参入している。通常⁽⁴⁷⁾の多関節ロボット1台当たりでNC装置1台、サーボモーター6台を使用することもあり、ファナックも（アーム型）ロボット事業に参入し、世界トップクラスとなっている。Delta 社のスカラ型ロボットの販売価格は25,000-28,000台湾ドル（100-120万円程度）で、セイコーエプソンなどの日系ロボットよりも安く、今後は小型アーム型ロボットも投入していく見込みである。

以上のように、台湾企業は工作機械以外にも、部品企業でも多様な動きが見られる。将来的には、エコシステムのキーストーン種であるファナックの競合になる可能性もあるが、少なくとも現時点では、台湾工作機械のエコシステムにおいて、①生産性に大きな変化はなく、むしろ②構造安定性・堅牢性は維持されており、③ニッチの創出に成功していると言える。

6. まとめ

本論文は、2015年3月に行った台湾の機械・電機企業の現地調査や事前調査をベースに、NC企業のファナックをキーストーン種とした台湾の工作機械産業全体の「ビジネス・エコシステム」の最新動向を記述し、検証した。

本論文では、製品アーキテクチャの先行研究を踏まえ、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を解釈してきた。その上で、工作機械産業の時系列によ

サー、温調機器、HMI など）になっている。コントローラーとしてはPLCもNCも手掛けているが、PLCのほうが多く、NCは少ない。

(47) 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国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。

台湾工作機械産業におけるエコシステムの検証

グローバルでの勃興を概観し、1970年代まで先端加工技術で世界を先導した米国の工作機械産業は、NC装置による破壊的技術が「イノベーションのジレンマ」をもたらし、日本の工作機械産業が台頭したが、さらなるNC技術の進展がキーコンポーネントのモジュール化をもたらし、中国・台湾・韓国の工作機械産業の勃興につながっていることを示した。その上で、キーストーン種としてのファナックが、台湾の工作機械産業においても、NC装置を提供している東台精機のような工作機械企業を支援し、多様性を確保するだけでなく、スマートフォンの筐体加工向け工作機械でも巧みに棲み分けを図りつつ、市場拡大の恩恵を最大限享受している構図を説明した。工作機械のNC化と、それに伴う直動案内機器の採用により、工作機械のモジュール化が進んでいることから、キーコンポーネントを購入すれば、一定レベルの工作機械を生産できるようになっていることを指摘したが、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、直動案内機器/ボールねじ、空気圧機器、NC装置/ロボット関連などの台湾企業の詳細動向から、エコシステムの構造安定性・堅牢性の維持とニッチの創出が可能となっている現状を検証することができた。

今後の課題として、工作機械企業とキーコンポーネント企業の財務的・定量的な分析やビジネス・エコシステムの健全性を測る3つの指標の定量化を挙げられる。加えて、林（2014）で資本財産業の各セクター分類を提案したが、工作機械産業以外の分析が進んでいない資本財産業の各セクターを対象として、今回拡張したプラットフォーム・リーダーシップやキーストーン戦略の有効性をさらに検証したい。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も行っていきたい。

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)
- 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)
- 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)
- Fine, C. H. (1998) *Clockspeed: Winning Industry Control in the Age of Temporary Advantage*, Reading: Perseus Books (小幡照雄訳『サブライチェーン・デザイン—企業進化の法則』, 日経 BP 社, 1999年)
- Finegold, D. et al. (1994) *The Decline of the U.S. Machine-tool Industry and Prospects for Its Sustainable Recovery*, Rand, MR479/2-OSTP-V.2
- 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)
- 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
- 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)
- Ulrich, K. (1995) "The Role of Product Architecture in the Manufacturing Firm," *Research Policy*, 24, 419-440

台湾工作機械産業におけるエコシステムの検証

- 青木昌彦・安藤晴彦編（2002）『モジュール化』東洋経済新報社
- 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
- 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
- 川上桃子（2003）「台湾工作機械産業における革新と模倣の主体」, アジア経済44巻3号
- 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
月刊生産財マーケティング各号, ニュースダイジェスト社
- 高瑞紅（2014）「提携をベースとした国際分業関係の構築」, 国際ビジネス研究第6巻第1号, 13-31
- 国領二郎（1995）『オープン・ネットワーク経営』日本経済新聞社
- 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
- 柴田友厚（2008）『モジュール・ダイナミクス』白桃書房
- 柴田友厚・玄場公規・児玉文雄（2002）『製品アーキテクチャの進化論』白桃書房
- 田淵泰男（1999）「製造業におけるサービス戦略について」
国士館大学政経論叢, 1999（4）, 169-193
- 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
- 中田善啓（2009）『ビジネスモデルのイノベーション』同文館出版
- 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（2015）『はじめての工作機械 副読本 改訂版18版』
ニュースダイジェスト社
- 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『ビジネス・アーキテクチャ』所収, 有斐閣, 195-207
- 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」, 季刊ファンダメンタルズ, 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（2014a）「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
- 林隆一（2014b）「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－」，神戸学院経済学論集46巻1・2号
- 林隆一（2015）「プラットフォーム・リーダーシップ戦略における補完者の拡張－工作機械産業の事例研究－」，神戸学院経済学論集46巻3・4号
- 潘志仁（2007）『中国企業のもの造り－参与観察にもとづいて－』白桃書房
- 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
- 藤本隆宏編（2013）『「人工物」複雑化の時代』有斐閣
- 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・グローバリズム下のビジネス・デザイン』アジア経済研究所
- 李瑞雪・天野倫文・金容度・行本勢基著（2005）『中国製造業の基盤形成』白桃書房
- 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
- THK株式会社（2001）『THK30年のあゆみ』THK株式会社