

〔研究ノート〕

IS 産業の構造変化とアジア新興企業

福島 英 史

1. はじめに¹⁾

本稿は、世界の画像半導体イメージセンサ (IS: Image Sensor) の産業史を題材として、新旧企業が入り混じった主流技術・構造変化について明らかにしようとする調査研究の一部である。本稿は主に、アジア地域における新興企業の勃興とこれを支えた産業革新の環境、技術人材、ファウンドリ企業の形成に注目して発見事実を記述する²⁾。

IS 産業では、基本技術の主流が 2000 年代に CCD³⁾ から CMOS⁴⁾ へ転換していったことが知られている⁵⁾。この転換は、産業の構造をグローバルに大きく変質させている。かつてソニーやパナソニック、シャープなど比較的少数の日本企業が、主用途のカムコーダやデジタルスチルカメラ (DSC) 市場に寡占的に CCD を供給していた。ところが 1990 年代半ばに CMOS 型イメージセンサ (CMOS-IS) の基本構造が確立され、携帯電話やパソコン、医療機器など新用途市場の成長が期待されるようになると、2000 年代にかけてグローバルに多数の企業が開発を進め事業化を試みた。これら企業には成長する新用途市場で地位の改善・維持を図る既存企業に加え、数十社に及ぶ各国地域の新興企業が含まれる⁶⁾。

新興企業の多くは、各国地域の産業革新環境と技術者の流動性を基盤に、大学や研究機関、新旧企業から創業・成長しており、しばしば既存企業による事業売買の対象になることで産業に変化が生まれていた。現在の CMOS-IS は、半導体で汎用的に使われる CMOS プロセスで製造され、各画素に画像信号の増幅トランジス

タを備えた APS (Active Pixel Sensor) 構造を持つ。

1980 年代後半から 90 年代にかけて CMOS プロセスを使った IS の事業化に先行した欧州では⁷⁾、スウェーデンの IVP や英国の VLSI Vision が、地域の基幹大学からスピノフして生まれていた⁸⁾。両社は国地域の助成を受けながら成長し、やがて Sick AG と STMicroelectronics にそれぞれ買収されている。また 90 年代末にはフランデレン (Vlaanderen) 地方でも、先端電子技術研究機関 imec と基幹大学 KU Leuven⁹⁾ を中心とする産業集積 DSP Valley から¹⁰⁾、ハイエンド産業用途に特化した FillFactory が生まれていた。同社は、米 Cypress による買収を経て、有力 IS 企業 ON semiconductor に統合されていく。

米国では 1990 年代半ば、CMOS プロセスと APS 構造の両方を備えた CMOS APS 型 IS が NASA の研究所 JPL において開発され、事業化のため Photobit が設立された¹¹⁾。産業の構造変化に多大な影響を与えた JPL からの技術移転とスピノフ企業 Photobit の事業展開には、米国の産業革新システムの一部が垣間見られた。政府機関からのスピノフと新興企業への支援、産業界への技術移転、既存企業への買収統合、技術人材の流動性である。連邦機関 JPL とその運営大学 Caltech¹²⁾ からは、AT & T Bell Labs や Kodak、National Semiconductor、IBM、HP、Rockwell など、公式・非公式の提携プログラムと特許ライセンスを通じて、米産業界へ CMOS APS 技術が移転されていた¹³⁾。Photobit は、顧客や出資企業への技術供与や製品共同開発に加え、米政府 SBIR プログラム¹⁴⁾ に基づく NASA

やDODとの設計委託契約から収入を得ていた¹⁵⁾。同社はMicronに買収され、現在は有力IS企業ON semiconductorの一部になる。JPLやPhotobit出身者が更にIS企業を興す一方、技術移転を受けたBell LabsやKodak等からも様々な形で新興企業が起り、しばしば買収・再編の対象になっていた。

アジアでも、技術変化を契機としてIS関連企業が生まれ、産業の構造変化に大きな影響を及ぼしたように思われる。以下では、1990年代から2000年代のアジア地域、韓国・台湾・中国と、イスラエルにおけるIS関連企業についてみておく。各国地域に特徴的な産業革新の環境・政策とともに、新興企業の勃興を促した人材の流動性およびファウンドリ企業の形成に注目する¹⁶⁾。

2. 韓国：大企業のIS事業展開と新興企業への人材供給、ISファウンドリ事業

韓国ではこの時期、SKHynix・Samsung電子という二大企業のIS事業に加え¹⁷⁾、上場まで至る4つの新興ファブレス企業と、IS専門ファウンドリDongbu HiTekが育っている¹⁸⁾。同国では、他地域と同様に政府の創業・中小企業支援政策が新興ファブレス企業の成長を促す一方¹⁹⁾、大規模エレクトロニクス企業から輩出された技術人材がその勃興の礎となっていた。韓国の半導体分野では、SKHynix前身のHyundai Electronics Industries（現代電子）やLG Semiconductor（LG半導体）、Samsung電子等の大企業出身エンジニアが、新興企業を興すケースがみられる。同国では、1990年代末のアジア通貨危機から2000年代初頭にかけて創業ブームに沸いたとされる²⁰⁾。この時期に同国の半導体・電子分野で大手企業の再編があり、それがISのような画像半導体分野での創業につながっていると考えられる。またSamsung電子のような大企業は、国地域を越えて技術人材を獲得し、IS事業の成長を図っていた。グローバルな人材移動は、この時期のIS産業を特徴づけていたように思われた。

以下では、韓国で最も早くCMOS-ISを事業化したHyundai電子と、4つの新興上場企業、

ISと携帯電話事業を強力で育てたSamsung電子、専門ファウンドリDongbu HiTekの順にみていこう。

Hyundai電子は、Samsung電子やLG半導体とは違い、1990年代にカムコーダ向けCCDを手掛けていない新規参入企業であった。ただし、マクロ環境の変動に翻弄され、その参入の経緯はやや複雑である。同社でCMOS-ISを開発したのは、後にMagnaChipの開発チームを率いることになるOh-Bong Kwonであった²¹⁾。1996年初頭、KwonはHarvard大学のWoodward YangにCMOS-ISを紹介されて共同開発を決めた。1997年11月に開発が完了し、1998年9月に12万画素から48万画素の3製品がPC会議カメラやDSC、モバイル端末向けに量産された。販売促進のために、これらセンサを使ったPC会議カメラの設計キットも合わせて提供された。

ところが、その頃アジア通貨危機に端を発した経済の混乱を取める政策の一環として、韓国政府は財閥企業の事業を分野ごとに集約させる「ビッグ・ディール」を断行することになる²²⁾。その結果1999年10月、Hyundai電子はLG半導体を統合し、2001年3月にはHynix半導体に名称を変更した。ただし同社は既に多額の負債を抱えていた上、2000年の半導体市況の悪化に直面し、救済した銀行債権団を大株主として経営再建を目指す厳しい出発になった。合併に際し、創業に向かうなど重要な技術人材の流出が多かったという。

DRAMの販売不振と売り上げの極端な変動を経験した同社は、メモリ製品ではフラッシュメモリやSRAMを増やす一方、ポスト・メモリ製品としてシステムLSI事業と、ファウンドリ事業を育成することが目指された。2000年前後に育成すべきシステムLSIの3本柱とされたのが、ISと、ディスプレイ駆動IC（DDI: Display Driver IC）、MCU（Micro Controller Unit）であった。混乱した状況にも関わらず、同社は2002年にカメラフォン（カメラ一体型携帯電話）向けCIF・VGA解像度のCMOS-ISの量産体制を整え、2004年6月までに100万画素品も出荷している²³⁾。当時の顧客は、Samsung電

子、LG 電子、Motorola 等であった。しかし債務返済の一環として、IS を含むシステム LSI 事業部は5つの工場とともに、Citigroup Venture Capital など投資ファンド・コンソーシアムに売却され、2004年10月から MagnaChip Semiconductor として運営されることになる²⁴⁾。この際3年間の同業種進出禁止期限が設けられ、Hynix はシステム LSI 事業を手掛けることができなくなった。

Hynix は禁止期限が切れるとまず CMOS-IS 事業の開始を決め、2007年11月に新興ファブレス企業 Siliconfile に出資、同事業を共同で推進する提携を結んだ。製品の共同開発・販売・ファウンドリ請負から始まる両社の関係は、出資比率の増加とともに開発部隊を Siliconfile 本社内に統合するほど深まり、2014年には Hynix が同社を吸収合併している。Hynix はこの他にも2008年3月メモリの Fidelix や、同7月車載 IC の C&S Technology といったファブレス企業に出資してファウンドリ事業の顧客としている。中でも最も関係が進展したのは、Siliconfile であった。両社はカメラフォン向けを9割以上としながら、中低画素品で韓国・中国市場に IS 事業を展開していった。台湾ではノート PC カメラを狙った。Hynix は2012年、SK Telecom が最大株主となり、SK Hynix に社名を変更した。Hynix と Siliconfile の合計数量市場シェアは、2014年に約10%まで拡大している。ただし2015年まで Hynix 売上高に占めるメモリ製品の割合はおおむね95%以上である。

Siliconfile は2002年11月、Hynix 出身のエンジニア Lee Do-Young と、全国経済人連合会およびベンチャーキャピタル Muhan Investment 出身の Shin Baek-Kyu が創業している²⁵⁾。CEO は当初 Shin が勤め、Lee がこれを引き継いだ。上場時72人の従業員のうち、42人が Hyundai 電子、Hynix、MagnaChip、Samsung 電子、Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST: 韓国科学技術院) 等出身のエンジニアである。

Siliconfile は2005年3月、VGA 解像度が主流の韓国・中国カメラフォン市場に、200万画素の高画素品で挑んで地歩を得た。その後 Sam-

sung 電子を中心に LG 電子や三洋電機などに1M 程度の中低画素品を納めることに成功している。この間、8つの韓国政府補助金を得て製品開発を進めたという。当初はファウンドリの Dongbu と密接な関係を築いたが、2007年11月からは Hynix と共同で事業を展開した。

2004年10月に Hynix からスピノフした MagnaChip は、IS と DDI、ファウンドリの3事業を中心に手掛けた²⁶⁾。これらは当時の Samsung 電子や2007年からの Hynix と競合する分野であった。MagnaChip の動きは素早く、創業4か月後に DDI の日本企業 ISRON (International System and Electronics Corp) と、CMOS-IS の米 ICMedia を買収し、米 Agilent の IS 事業を率いた Jason Hartlove が移籍している。また同社の CMOS-IS 開発は、Hyundai 電子で初めてこれを開発した Oh-Bong Kwon が率いた。さらに2006年からは Hynix システム LSI 事業部長 Youm Huh に代わって、HP・IBM で取締役を務め Hynix 社長として同社スピノフを決めた Sang Park (朴相浩) が CEO を務めた。同社は、CMOS-IS 黎明期の市場で2004年に OmniVision に次ぐ数量市場シェア20%を達成した。しかし、市場の急拡大とともにシェアを落とし続け、2008年10月に撤退を決めた。カメラフォンを中心に低画素品へ注力した結果、Samsung 電子や Hynix・Siliconfile との競合が激しくなって収益性が悪化する一方、高画素品の量産と移行に躓いたという。2008年3月には Photobit・Micron の R&D 施設があった米カリフォルニア Pasadena に IS 研究センターを開設し、Micron からその統括に Iliia Ovsianikov を招くなど人材供給にも尽力したものの、同社の IS 事業は実らなかった。同社は2009年6月に破産し、経営再建を目指すことになる。

新興ファブレス企業 C. I Sensor (後の SETi) の IS 事業もまた、現代電子や Hynix 出身の技術人材が礎となっている。2000年5月に創業した同社の事情は、やや複雑である。まず2005年2月、トランス(電子変成器)メーカーの Seoul Electronics & Telecom (SET: ソウル電子通信) が、赤字の続く同社株式13.1%を取得、5月までに74.3%まで買増して最大株主になった²⁷⁾。

事業報告書によれば、SETはトランス專業であったが倒産し、会社整理後に多角化先としてカメラ・モジュールを選び、CMOS-ISの内製化を決めた。これ以降、C. I SensorはISをSETセンサ事業部と共同で開発し、供給する関係になる。さらに2007年7月、スピンオフしたSET・IS事業部とC. I Sensorが合併してSETiになり、ファウンドリのDongbuが過半数を所有する最大株主になった。しかし翌2008年Dongbuは投資を引きあげ、SETiは2010年3月Kosdaqに上場する。

SETi上場時の投資説明書によれば、同社は2010年までに、Dongbu、MagnaChip、UMC、TSMCなど複数のファウンドリを経験しているが、これ以降DongbuとTSMCに集約して共同開発を進めた。2009年に台MediaTek（聯發科技）の出資を受けて中国カメラフォン市場でVGA～130万画素の中低画素を主に展開した。この年の同社の数量市場シェアは8.1%に達し、東芝に並ぶ第4位となる。ところが同市場で苦戦するようになったため、2009年にはHP・Lenovoなどを顧客にノートPC市場へ主戦場をシフトしたという。カメラフォンの顧客は、Samsung電子やLG電子と、ZTE、Gioneeなど中国メーカーだったとされる。同社は2014年6月、G-smatt Globalに改称し、LED透明電光ガラス（Smart Glass）製造のG-smatt子会社として、CIS事業の傍ら、同ガラスの販売事業を開始している。

同時期の2000年4月、LG半導体出身のSeo-Kyu LeeがPixelplusを創業する²⁸⁾。Leeは1984年からCCD開発に従事したという。同社も韓国産業資源部（現産業通商資源部）の部品素材技術開発主管機関選定など、政府支援を得て初期の開発を進めた。同社は当初、Dongbuをファウンドリとして、主にCIF～VGAの低画素品を、シャープやSamsung電子、マクソンテレコム、テルソン電子などのカメラフォンに供給して事業を伸ばし、2005年末に米Nasdaqに上場する。2007年には、数量市場シェアでシャープを上回る2.4%を獲得した。

ところが2006年からファウンドリをUMCに移す過程で躓いたという。製造の歩留まり改善

に苦勞して新製品が投入できず、従来品はカメラフォン市場の競争激化に曝された。2008年迄にIS販売価格と販売額が低下し、赤字が続いたため、2009年5月Nasdaq上場廃止になる。給与が払えなくなり、89人いた従業員は40人まで減った。

ただし、この2009年から事態は好転する。同社はカメラフォン用途から撤退し、アナログCCTVやドアホンカメラなど監視用途で、中国・台湾市場に展開していった。2010年からは同市場に車載カメラ用ISも販売し始めた。当時まだCCDが優勢だった監視カメラや車載カメラにおいて、周辺部品を集積した安価なCMOS-ISを提供し置換を進めた。中国の有力な販売代理店Shenzhen Huapuguanke Electronics Technologyを通じて、HikvisionやDahuaなど急成長した中国監視カメラ企業に製品を納めることができた。事業を再建した同社は、2015年Kosdaqに上場している。

一方、韓国で最も大きくIS事業を伸ばしたのは、Samsung電子であった。CMOS-IS数量市場シェアで2014年に4位の15%弱であるが、2009年に19%まで伸ばした時はOmniVisionに次ぐ2位であった²⁹⁾。同社の半導体事業はHyundai電子やHynixのようにメモリ製品が中心であった³⁰⁾。同社は1990年代半ばにDRAM市場で、2002年にフラッシュメモリ市場で首位に立っている。メモリ製品で得た利益は、薄型パネル・テレビ事業や、携帯電話事業を育成することになり、これらは2000年代には同社の主力商品群となる。ISが搭載されるようになる携帯電話事業では、同社の数量シェアは1990年代末から急速に拡大し、2002年には当時の巨人Nokia、Motorolaに次ぐ市場地位を確保している。

2010年代に世界首位を達成するSamsung電子の携帯電話事業は、社内需要としてCMOS-ISを含む半導体製品事業を成長させる重要なドライバの1つであった。同社では、2000年頃から非メモリ分野としてシステムLSI事業を新規に育成する方針が挙げられ、2003年には同事業分野において、DDIやCMOS-IS、スマートカード（Smart Card）IC、その他のモバイル・

ソリューションに注力すると報告されている。2004年3月からモバイル分野の商品説明会 Samsung Mobile Solution Forum を開催し、「6大中核モバイル・ソリューション」として、CMOS-IS・DRAM・フラッシュメモリ・DDI・薄型パネル・プロセッサ SoC のセットでの拡販に努めた。特にモバイル関連企業が集まる中国、台湾市場が重視された³¹⁾。2007年には、ファウンドリ事業の強化も半導体事業の運営方針に加えられている。

Samsung 電子で初めて CMOS-IS が開発されたのは、2001年10月であった³²⁾。それまで少量生産していた CCD の技術をベースに CIF・VGA・SXGA (130万画素) の3品種が開発されたとされる。ただし、同社が本格的な量産と事業化に乗り出すのは、2004年のことである。品質と歩留まりの問題に苦勞し、本格的な事業化に遅れたという。同社では CMOS-IS 事業を、2007年までに世界市場首位とすることが宣言された。これは叶わなかったものの、同事業は急速に規模を拡大し、2007年の数量市場シェアで12%強を獲得する3位になっている。

Samsung 電子がカメラフォンをメインに CMOS-IS 事業を急速に立ち上げ、成長させていくことが可能になった要因として、グローバルに成功した携帯電話事業や、メモリ製品生産ラインの活用、積極的な研究開発及び設備投資、優秀な人材の採用などが考えられる。同社は2002年8月に発表した「システム LSI 中長期事業計画」において、設備投資以外に4兆ウォンをシステム LSI 事業に投じることを発表している。

人材面では Samsung 電子は、2007年10月にイスラエルの CMOS-IS・ファブレス Transchip を買収し、そのエンジニア60人を引き継いで同社 Semiconductor Israel R&D Center (SIRC:半導体イスラエル研究開発センター) を新設している。同社による企業買収は、1997年の米 3DO 半導体部門取得から10年ぶりのことであったという。また同社米国研究所 AIRL 所長 Ovsianikov のほか、東芝や OmniVision、ソニーなど同業他社から同社への移動について、報道や論文執筆者名、特許の申請者名、ソーシャル・ネッ

トワーキング・サービス Linked in で確認できる³³⁾。さらに CMOS APS を米 JPL で発明し、Photobit を立ち上げた E. Fossum が、2008年から2013年まで同社のコンサルタントに就任している。ただし有能な技術人材の獲得競争は IS 業界では一般化しており、同社に限ったことではない。

他方、韓国には CMOS-IS 製造を手掛ける専業ファウンドリも誕生している。Dongbu グループは、半導体事業を始めるため Hyundai 電子の非メモリ部門等からエンジニアをスカウトし、1997年に Dongbu 電子を設立した。アジア通貨危機に始まる経済の混乱で一時的にこれを断念するものの、2001年に東芝や Tower から技術導入を進めて、ファウンドリとして半導体事業を再開した³⁴⁾。翌2002年、TI から技術導入を進めた Anam Semiconductor (亜南半導体) を買収して Dongbu Anam semiconductor (東部亜南半導体) になり、CMOS-IS のファウンドリ・サービスを開始した。

Dongbu の CMOS-IS 製造の顧客は、2000年代に Siliconfile、Pixelplus、SETi、Clairpixel など韓国の新興ファブレスと、シャープ、米 Foveon であったとされる。SETi には一時2007年に過半数を出資している。また、2009年には自社ブランドでも CMOS-IS 事業を開始している。2010年代には、BYD (比亞迪) や Superpix Micro Technology (北京思比科微電子技術)、Brigates (銳芯微電子) など中国ファブレス企業の CMOS-IS を製造している。カメラフォンのほか、PCカメラ、DSC、監視カメラ、車載カメラ、医療機器向けに、VGA 解像度の低画素品を主に製造してきたが、やがて高画素品も扱うようになった。

Dongbu は2012年には顧客数を50社まで増やし、5000億ウォンを超えるまで売上を拡大したものの、営業赤字が続いた。このため2013年11月、Dongbu financial group は、子会社の Dongbu HiTek の売却を計画している。同社は翌2014年に年間営業利益が、1997年の創業以来、初めて黒字になったという³⁵⁾。

同社の IS 事業は大きく育たなかったものの、ファウンドリとして韓中の新興 IS ファブレス

企業を製造面で支えたと言えるかもしれない。

3. 台湾：グローバルなファウンドリ・サービスの展開

ファウンドリ・サービスを通じて、1990年代末から2016年の現在まで次々と興される各国のCMOS-ISファブレス企業を製造面で支えたのが、台湾であった。

台湾でも、IS産業の技術・構造変化に伴って、新興ISファブレス企業が生まれている。たとえば、Elec Vision（宜霖科技）、Global Unichip（創意電子）、Himax Imaging（恒景科技）、Novatek（聯詠科技）、PixArt Imaging（原相科技）、Sunplus Technology（凌陽科技）、TASC（Taiwan Advanced Sensors Corp）等である。

ただし、同地域がグローバルなIS産業に最も大きな影響を与えたのは、そのファウンドリ企業生成を通じてであるように思われる。典型的には1980年代に誕生したTSMC（Taiwan Semiconductor Manufacturing Corp：台湾集積回路製造）と、UMC（United Microelectronics Corp：聯華電子）である。両社は、各国地域の新興ファブレス企業にファウンドリ・サービスを提供することで、技術変化のタイミングに合わせた参入と事業展開を可能にしていた。TSMCは、1995年という早期からCMOS-ISを製造しており、VVL、OmniVision、Photobit、Forza、Pixim、Y Media、Agilent、FillFactory、Cypress、G-smatt Global、Transchip、Aptina、InVisage Technologiesなどをその顧客としてきた³⁶⁾。UMCも2001年から、Photobit、Forza、IC Media、Rockwell Scientific、Altasense、FillFactory、G-smatt Global、Pixelplus、PixArtのISを製造している。

台湾には政府の誘導によって生まれた独自の地域イノベーション・システムがあることが知られている³⁷⁾。TSMCとUMCはともに、1973年に設立された研究機関ITRIからのスピノフ企業である。ITRIは、台湾の産業発展を進めるため政府が設置し、経済部が所管する非営利組織である³⁸⁾。ITRIは、台湾がそのエレクトロニクスを典型とする技術集約型の産業を育成していく過程で大きな役割を果たしたことが知ら

れている。同機関は、2015年には5680人の研究者を擁し、それまで260社をスピノフしている。ITRIでは内部プロジェクトに起業できる時期が来ると、内外から経営チームを集めてスピノフさせてきた。

また台湾政府は1980年代に「台湾のシリコン・バレー」を目指してHsinchu Science Park（HSP：新竹科学工業園区）を設置し、台湾からシリコン・バレーなど海外へ出た知識人の還流に努力した。こうして帰国した技術者たちによって多数の企業が設立されている。1987年にTSMCを創立し、スカウトされてITRI院長を務めたMorris Chang（張忠謀）もそうした技術者の1人であった。ChangはMITで修士課程まで、Stanford大学で博士課程の教育を受け、TI等でキャリアを積んでいた。

一方、UMCは1980年にITRIからスピノフされた、台湾で初めての半導体企業で、最初にHSPに入居している。同社は1995年にファウンドリ専業に業態を転換して以降、MediaTekやNoveTekのような半導体ファブレス企業をスピノフしている³⁹⁾。MediaTekは、ソフトウェアを含む完成度の高いリファレンス・デザインを中国の多数のローエンド携帯電話メーカーに提供していた。このためIS企業にとって、同デザインに採用されることが、急成長する中国市場にアクセスし、事業を伸ばす糸口の一つになっていた⁴⁰⁾。

4. イスラエル：ハイテク人材と軍事技術、ファウンドリ事業

ファウンドリのTowerやいくつかのCMOS-IS関連企業を生んだイスラエルも、人口に比して活発な起業があることが知られ、特徴的な産業革新システムを持つとされる⁴¹⁾。同国では、1990年代からハイテク技術に注力した国づくりを目指し、経済省傘下のOffice of the Chief Scientist（OCS）を中心に創業や産学連携を支援してきた。北部最大の都市Haifa（ハイファ）には、同国起業家の7割を輩出するとされるTechnion Israel Institute of Technology（テクニオン・イスラエル工科大学）がある。またイスラエルでは周辺諸国との緊張関係から発達した

軍事技術の民間転用が多く、旧ソ連崩壊時に優秀なユダヤ系科学技術者がロシアから大量に流入したという。さらに Intel や IBM、Google をはじめハイテク大手企業が、イスラエルに研究所を設置して同国の人材を活用するのみならず、しばしば同国の企業を買収していることが知られている⁴²⁾。

Samsung 電子が買収し、その研究所とした TransChip もそうした企業の1つであった。TransChip で CEO 兼会長を務めた Viktor Ariel は Technion で博士号取得後、同大学と IBM の研究員を経て、1999 年に同社を創業した⁴³⁾。そこへ IBM や Intel、Zoran でカメラフォン向けに CMOS-IS を開発していたエンジニア達が合流した。TransChip もカメラフォン向けセンサを開発し、TSMC が製造した。TI に会社を売却したイスラエルの DSP ベンチャー Libit Signal Processing の創業者たちが、TransChip に出資した。また、共同開発を進めた Analog Devices や Intel の他、Qualcomm、Cadence Design Systems といった大手からの出資もあったという。

軍事技術の民間転用は、IS 関連でも見ることができる。たとえば Photobit と Micron が IS を供給した Given Imaging のカプセル内視鏡である。これは同社創業者の1人 Gavriel Iddan が、イスラエルの国立国防技術研究所 RAFAEL Armament Development Authority (RADA) で研究していた、ミサイル技術の医療機器への応用がもとになっている⁴⁴⁾。Iddan も Technion で博士号取得までを過ごしている。Given は 1998 年、同国の老舗投資企業 Elron Electronic Industries 出資の下、Rafael Development Corporation (RDC) によって設立された。RDC は、RADA と Elron が共同で設立した軍事技術の民間移転企業である。また Given は創業期の研究開発を OCS からの助成で進めた。同社は 2013 年にアイルランドの Covidien に買収され、Covidien は 2015 年に同国 Medtronic に買収されている⁴⁵⁾。

軍の技術人材が IS 分野で生きた他の事例に、2005 年に創業し、2013 年に Apple が買収した測距センサの PrimeSense がある⁴⁶⁾。同社の測距センサは CMOS-IS に近赤外線光源を加えてつくられる。初期に CEO をつとめた Aviad

Maizels は、創業に先立って Israel Defense Forces (イスラエル国防軍) Head of Technological R&D section (技術研究開発部門長) を勤め、ゲーム機のような情報機器をよりうまく操作できる方法を求めているという。PrimeSense のセンサ技術は、Microsoft のゲーム機 Xbox 360 のジェスチャー操作システム Kinect として具現化することになる。創業期の同社には、イスラエルのベンチャーキャピタル Gemini Israel Funds や Genesis Partners が出資しており、OCS 出身で Gemini のベンチャー・パートナーであった Orna Berry が PrimeSense に chairperson として参加している。

新興のファウンドリ企業として、IS 産業の変革期と共に育ったのが、1993 年創業の Tower である⁴⁷⁾。同社は 2010 年代までに Photobit、Forza、Atmel、e2v、FillFactory、Cypress、CMOSIS、パナソニック等の CMOS-IS をファウンドリとして製造してきた。

Tower は 1993 年 3 月に米 National Semiconductor (NS) と、イスラエルを中心に活動する 2 つの投資会社 Israel Corporation および Data Systems & Software が出資し、NS のイスラエル工場がスピンオフする形でファウンドリ専門企業として事業を開始した⁴⁸⁾。Israel Corporation は現在まで Tower 最大株主である。同社は 1968 年に海外から投資を誘致する目的で政府が設立し、現在は同国富豪 Idan Ofer が株式の過半を所有するイスラエル最大の持ち株会社だという。

Tower の顧客は当初 NS だけであり、その後新規顧客を得たものの、2002 年になっても NS は売上高の 3 割以上を占める最大顧客であった。Tower は創業 4 年後の 1997 年に、成長が期待できる特定市場に集中する政策を明確化し、まず対象として選ばれたのが、CMOS-IS と組込み式フラッシュメモリであった。同社の CMOS-IS はプロセス開発を 1997 年から Photobit や imec と共同で進め、1999 年に製造を開始している。Tower は 2008 年 9 月、Conexant からスピンオフした後名前を変えた Jazz Technologies を買収して、米国カリフォルニアに 200mm 製造ラインを得た。

Tower はさらに 2014 年 3 月、パナソニックと合弁企業 TowerJazz Panasonic Semiconductor (TPSCo) を立ち上げている。TPSCo は、パナソニックの国内半導体製造拠点であった北陸 3 工場（魚津・砺波・新潟）を取得し、同社半導体事業製造部門の一部受け皿となった⁴⁹⁾。

5. 中国：海外人材呼び戻し政策と政府支援、ファウンドリ事業

米国を主とする海外からの帰国人材が活躍するのが、中国の IS 関連企業である⁵⁰⁾。中国では 1994 年開始の「百人計画」や 2008 年開始の「千人計画」など、様々な優遇措置を設けて海外から優秀な研究開発人材を招聘する、海外人材呼び戻し政策が実施されてきた⁵¹⁾。中国 IS 関連企業の創業者の多くが、こうした海外人材呼び戻し政策にもとづいて帰国している。

新興 IS ファブレス企業では、Galaxycore（格科微電子）と SuperPix Micro Technology（北京思比科微電子技術）が顕著である。Galaxycore は、2009 年から急激に事業規模を拡大し、2014 年に数量市場シェア世界首位に立っている⁵²⁾。CEO で創業者の Zhao Linxin（趙立新）は、2003 年 12 月の創業に先立って、清華大学で博士課程を終えた後、シンガポールに本社を置く Chartered Semiconductor Manufacturing や 2003 年 Pictos を買収した米 ESS Technology、モバイル通信技術の米 UTStarcom などに関連する業務に従事したという⁵³⁾。

Galaxycore の成長には、同時期に中国最大ファウンドリに育った Semiconductor Manufacturing International Corporation (SMIC：中芯国際集成電路製造) が一定の役割を果たしている。米国から中国に戻り、高校の同級生から Galaxycore 創業資金の提供を受けた Zhao は、さらに SMIC から研究開発資金を受けて CMOS-IS を設計し、プロセスを共同開発することになる。SMIC は当時、CMOS-IS・ファウンドリへの参入を狙って、事業パートナーとなるファブレス企業を探していた⁵⁴⁾。

Galaxycore はローエンド市場を主に、規模を追求した IS 事業を展開していくことになる。2005 年 10 月、他社がカメラフォン向けに沸く

頃、PC カメラ向けに最初の VGA 品を出荷し、低価格を武器に同市場セグメントで成長を始めた。翌 2006 年にはベンチャーキャピタルの Walden International や Sequoia Capital から出資を得ている。また 2008 年に中国市場でカメラフォン向けに参入すると、低価格を武器に急激に数量市場シェアを伸ばしていった。同社は 2013 年頃までは中国市場に特化し、8 万画素から 30 万画素の低解像度ローエンド・カメラフォン市場に集中した。特にノンブランド・カメラフォン向けでは 8 割以上の数量シェアを獲得したとされる。やがて 500 万画素の高解像度品を導入する一方、インドやアフリカのカメラフォン向け出荷を増やしていったという。

Galaxycore に次いで大きな IS 事業を持つようになった中国ファブレス新興企業が、2004 年 12 月に創業した SuperPix Micro Technology（北京思比科微電子技術）である⁵⁵⁾。2014 年度数量シェアで 2.2% をもつ、世界 7 位の事業規模であった⁵⁶⁾。同社は 2006 年に中国企業で初めてカメラフォン向け 200 万画素品を発売する一方、8 万画素や VGA など低解像度品を中心に事業を展開した。カメラフォンのみならず、産業用や監視用の製品も販売している。SuperPix は 2018 年、Will Semiconductor Shanghai（上海韋爾半導体）に買収され、同時期に買収された有力 IS 企業 OmniVision と統合された⁵⁷⁾。

SuperPix は北京市海淀区の中関村で、中国科学院微電子研究所教授の Jie Chen（陳傑）を中が中心になって創業した。中関村は、過去 20 年間に 2 万のハイテク企業を集めたとされる科学技術園（工業地区）で、税制優遇などを通じて企業や投資を促している。同地域には、中国科学院をはじめとする 2 百の国立研究施設、北京大学や清華大学など 40 大学、IBM や Microsoft、Intel など大手企業の研究施設がある。また、海外から帰国した 1 万 5 千人が、Lenovo（聯想集団）や Baidu（百度）をはじめとする 5 千の企業を興したとされている⁵⁸⁾。

SuperPix は創業者の Chen を始め、中核人材が日本から帰国している。Chairman 兼 CTO の Chen は中国の大学を卒業後、日本の電気通信大で博士号を取得後助教授に就いた。通信用 IC の

設計を手掛けていた鷹山など日本企業勤務を経て、中国科学院微電子研究所教授になった。CEOのZhong Zhang（張中）は東北大学で博士号を取得後に富士通で勤務、CMOのZe Li（李澤）も東京大学で博士号を取得後に三井物産での勤務を経験しているという。

中国のIS新興企業には他に、市場シェアの集計表に登場するほどの事業規模を持たないものがある⁵⁹⁾。たとえば、昆山経済技術開発区で2008年に創業し、監視用ISに注力したBrigates（鋭芯微電子）である⁶⁰⁾。同社の帰国人材やSMICとの関わりも興味深い。BrigatesのWenzhe Luo（羅文哲）CEOと幹部のCao Qinghong（曹慶紅）は、米Bell Labsを経てSMICに勤めた後に、同社を創業しているという。

中国最大のISファウンドリに育ったSMICにも⁶¹⁾、帰国者を含む海外人材の活躍や政府支援の特徴をみることができるようと思われる。SMICは2000年、Ru Gin Chang（張汝京）が創業している⁶²⁾。南京で生まれて台湾で育ったChangは高等教育を米国で受け、Southern Methodist Universityから電子工学博士号を取得している。彼は20年間をTIですごした後、1998年に設立2年後で操業を開始したばかりの台湾ファウンドリWorldwide Semiconductor Manufacturing (WSMC)でPresidentに就いた。しかし2000年にTSMCがWSMCを買収することになる。Changはこの際に上海に移り、SMICを創業したという。

ChangはSMIC創業にあたり、世界中から半導体製造の専門家を集めることになる。創業2～3年の間に、台湾から5百人、米国から3百人、欧州や日本、韓国等から2百人の計約千人が同社に移ったという。これら技術人材の確保は訴訟リスクを抱えたものの、急速な事業の立ち上げが図られた⁶³⁾。

SMICは上海で2002年に生産を始め、2004年には北京と天津でも量産を開始するなど、各地方政府から税制面で大きな優遇を受け、急速に生産量を増やしていった。また成都と武漢では、地方政府が出資して工場がつくられ、SMICが運営する形がとられた。後者の例に、Omni-Visionのファウンドリ工程の一部を担ったWuhan

Xinxin Semiconductor Manufacturing (XMC:武漢新芯集成電路)がある⁶⁴⁾。半導体に代表される知識集約型の産業育成を望む中国政府の方針の下、各地方政府はハイテク企業の集積地をつくりたいと望んでいたため、SMICは大きな支援を受けることが可能であった。

6. おわりに

国・地域はしばしば、産業競争・革新力の単位として論じられる⁶⁵⁾。米欧地域同様アジアでもIS産業変革期における関連企業の創業や成長には、政策・制度的な措置を含め各国地域に特徴的な展開がみられた。ただし同産業では、用途市場におけるグローバルな需給関係は言うに及ばず、国境を越えた設計・製造の分業、人材移動、企業統合が行われ、地域間の相互依存関係が変化して構造が再構築されている。従って、新興企業の勃興と展開をもたらした各国地域の特徴をみる一方、グローバルな観点から産業変化を捉える必要があると考えられた。

注

- 1) 本研究はJSPS 科研費JP18K01767の助成を受けている。
- 2) 同産業変化に関し、米欧地域における新興企業の実態と役割については下記を参照。福島英史(2016b) オープン・イノベーション・ワールド探訪II—技術転換と競争環境の変質、*経営志林*, 53 (2): 7月。福島英史(2017) オープン・イノベーション・ワールド探訪III—技術知識の組織的普及と支配性形成、*経営志林*, 54 (2): 7月。日本については、既存企業を中心に別稿で論じたい。
- 3) Charge Coupled Device（電荷結合素子）。
- 4) Complementary Metal-Oxide-Semiconductor（相補型金属酸化膜半導体）。
- 5) 産業および技術変化の全体的な構造については下記を参照。福島英史(2016a) オープン・イノベーション・ワールド探訪—概念の検討と画像半導体産業の揺籃期、*経営志林*, 53 (1): 4月。
- 6) 参入退出が相次いだため時期によって異なるものの、2000年代には平均的に40社～60社がCMOS-

IS事業に取り組んでおり、ほとんどがニッチ分野で活動している。

- 7) 有力なIS企業OmniVisionも同様の試みから90年代半ばに米国で創業している。同社は2016年に、中国政府投資会社を含む中国の投資コンソーシアムに買収されている。
- 8) IVPはIntegrated Vision Products。VLSI Visionは、Vision Groupに改称されたものの、一般にVVLの呼称で親しまれた。
- 9) KU Leuvenは、ルーヴェン・カトリック大学(Katholieke Universiteit Leuven)。
- 10) imecとKU Leuven、Philipsが始めたDSP(Digital Signal Processing) Valleyプロジェクトは、Flanders Investment & Trade(FIT: フランダース政府貿易投資局)やEuropean Regional Development Fund(ERDF: 欧州地域開発ファンド)の支援を受け、参加メンバーの取引や共同開発等に基づいた地域全体の成長を目指したという。
- 11) NASAは、米国国家航空宇宙局(National Aeronautics and Space Administration)。JPLは、ジェット推進研究所(Jet Propulsion Laboratory)。
- 12) Caltechは、カリフォルニア工科大学(California Institute of Technology)。
- 13) 米国では1980年にBayh-Dole Act(Patent and Trademark Law Amendments Act: バイ・ドール条項、特許商標法修正条項)が施行されていたため、JPLで開発されたCMOS APS技術の特許は、運営主体のCaltechに帰属している。
- 14) 小企業革新研究(Small Business Innovation Research)プログラム。SBIRプログラムは1982年、SBIDA(小企業革新開発法: Small Business Innovation Development Act)で、政府研究費を小企業に与えるために定められた。
- 15) DODは、米国防総省(Department of Defense)。
- 16) 本研究では大学・研究所・企業間の知識の流れに注目するため、取引関係とともに、創業、買収、M&A、事業売却、スピンオフなどの企業の流れと、キーパーソンの企業間移動に注目している。キーパーソンのキャリアは、本人が特許や論文、記事、上場企業情報等において開示・公開されたもの(インターネット経由を含む)、および公開の了承を得たものに限定して記してある。
- 17) 両社はファウンドリ事業の育成も目指しており、

特にSKHynixはIS製造を受託している。また、Samsung電子やLG電子の大規模な携帯電話事業は、各社IS関連事業の有力な顧客であった。Samsung電子は社内に需要があり、新興企業も国内企業から大きな市場機会を得たと考えることもできる。LG InnotekやSamsung Electro-Mechanics(SEMCO)、Cowell等の韓国カメラ・モジュール企業も同様である。ただし、ISも携帯電話もグローバルに競争が行われる事業であるため、事態はそう単純ではないと思われる。

- 18) 新興IS企業はこれ以外にもあると思われるものの、情報にアクセスできた四社のみを取り上げた。なおDongbu HiTekは2017年、DB HiTekに社名を変更している。
- 19) 例えば後述のSiliconfileは、上場時のKosdaq投資説明書によれば、IT-SOCメーカー指定(総務省ソフトウェア振興院)、有望技術企業指定(技術信用保証基金)、科学技術部の管轄技術振興基金誘致、輸出有望中小企業指定(ソウル中小企業の輸出支援センター)などを利用して製品開発を進めていた。
- 20) Jang, Yong Suk & Mooweon Rhee (2006) Resource Mobilization and Business Incubation: The Case of Korean Incubators, *Development and Society*, 35 (1): 29-46. Sohn, Dong-Won, Wonchang Hur & Hyun Jeong Kim. (2010) Effects of R&D and Patents on the Financial Performance of Korean Venture Firms, *Asian Journal of Technology Innovation*, 18 (2): 169-185. Kim, Yunhee & Almas Heshmati (2010) Analysis of Korean IT Startups' Initial Public Offering and Their Post-IPO Performance. *Journal of Productivity Analysis*, 34 (2): 133-149. *etnews*, 2006年03月16日; 2004年07月22日。
- 21) Yang, W. O., B. Kwon, & J. I. Lee, et al (1999) An Integrated 800 x 600 CMOS Imaging System, *Digest of Technical Papers, ISSCC 1999*: 304-305. *etnews*, 2005年3月8日; 1998年9月8日。
- 22) 山根真一(2005)韓国半導体産業の発展とLG半導体の軌跡, *経済論叢*, 175 (4): 342-357. Hyundai電子産業およびHynix半導体, *KRX事業報告書*. *etnews*, 2001年6月19日。
- 23) 同社事業報告書. *etnews*, 2003年6月24日。

- 24) 2002年には主力のメモリ事業を Micron に売却し、代わってシステム LSI 事業を新たな主力とする構想を債権団が示したものの、Hynix 取締役会がこれを否決している。Micron は TI の DRAM 事業を買収している。TI プレスリリース、1998年6月18日。
- 25) 同社 Kosdaq 投資説明書・事業報告書。etnews、2006年03月16日。
- 26) 同社 10-K および 8-K。半導体産業新聞、2008年7月9日；10月29日。
- 27) SET・Kosdaq 事業報告書、増資のための Kosdaq 投資説明書、および G-smatt Global・Kosdaq 投資説明書。
- 28) 同社 10-K (Nasdaq)、Kosdaq 投資説明書・事業報告書。
- 29) G-smatt Global および SETi の Kosdaq 投資説明書。
- 30) 同社の Kosdaq 事業報告書。
- 31) etnews、2004年03月11日。
- 32) etnews、2002年03月26日；2002年08月28日；2004年9月3日；2004年10月1日。
- 33) 報道ではたとえば週刊ダイヤモンド、2011年2月12日。買収については、NNA 韓国版、2007年11月1日。同社プレスリリース、1997年5月2日。
- 34) Dongbu 電子および DongbuHiTek・KRX 事業報告書。半導体産業新聞、2010年8月4日；2012年9月5日。etnews、2000年8月8日；2001年9月6日。2007年6月18日2010年3月29日；2011年9月20日；2011年11月21日；2013年7月11日；2013年11月25日；2014年1月14日；2015年2月10日。
- 35) 同社は、2006年に Dongbu Electronics に社名を変更し、2007年に Dongbu Hannong (東部韓農) と合併して Dongbu HiTek になった。
- 36) InVisage は 2006年、University of Toronto, Department of Electrical & Computer Engineering (トロント大学電子コンピュータ工学部) の Ted Sargent 教授が設立した新興ファブレス企業で、後に Apple が買収している。BOC IT & Electronics News、2015年6月17日。Toronto 大学プレスリリース、2010年9月29日。
- 37) ITRI (2015) ITRI Introduction Brochure 2015, ITRI. Hsinchu Science Park Annual report. Tsai, Terence, & Borshuan Cheng (2006) *The Silicon Dragon: High-tech Industry in Taiwan*, eds: Cheltenham, UK. Northampton, MA: Edward Elgar Publishing.
- 38) ただし、運営資金の半分を企業や外部の研究機関からの技術開発委託や技術移転からの収入で賄う。
- 39) UMC と MediaTek は、1998年に CMOS-IS の PixArt を設立している。PixArt は米 Condorvision Technology を 1999年に買収してその事業基盤をつくった。Condorvision は 1997年4月に Zhimin Zhou (周志民) らが共同創業している。Zhou は、University of California, Los Angeles (UCLA: カリフォルニア大学ロサンゼルス校) の大学院生として、博士論文完成のため JPL で E. Fossum と働いていた。PixArt Imaging Annual report (2008). Shahla, Khorrarn, Hooman Darabi, & Zhimin Zhou et al. (2005) A fully integrated SOC for 802.11b in 0.18- μ m CMOS, *IEEE J. Solid-State Circuits*, 40 (12):2492-2501.
- 40) 例えば日経エレクトロニクス、2015年1月5日。
- 41) Bewzniz, Dan (2004) Diffusion of Academic R&D Capabilities as an Industrial Innovation Policy? The Development of Israel's IT Industry, *MIT IPC Working Paper*, IPC-04-006. Israel Office of the Chief Scientist (2007) *The Intellectual Capital of the State of Israel*. Israel Ministry of Industry, Trade and Labor. 科学技術振興機構研究開発戦略センター (2010) 科学技術・イノベーション政策動向イスラエル編～2010年版, CRDS-FY2010-OR-03. 同国の情報産業集積はしばしば“Silicon Wadi” (シリコン・ワディ) と呼ばれる。
- 42) 新興 IS ファブレス企業によるイスラエル IS 企業買収には、米 Pixim の Advasense 取得があげられる。
- 43) Shelah, Shmulik. “Samsung in talks to buy Israeli start-up TransChip.” *GLOBES*. Globes. 27 Feb. 2007. Web. 1 Mar. 2015. Ariel, Viktor. “Experience & Education.” *Linked in*. LinkedIn. n.d. Web. 2 Mar. 2016. Yoshida, Junko. “TransChip rolls out a single-chip CMOS imager.” *EE Times*. UBM. 18 July. 2003. Web. 4 July 2015.
- 44) Given Imaging の Nasdaq Form 20-F. Hill, Charles

- W. L., Melissa A. Schilling & Gareth R. Jones (2016) *Strategic Management: Theory & Cases: An Integrated Approach*, 12th ed.: Cengage Learning.
- 45) *Covidien* プレスリリース、2013年12月8日。
Medtronic プレスリリース、2015年1月26日。
- 46) Shamah, David. "True 3D play is only months away." *ISRAEL21c*. ISRAEL21c. 7 June 2010. Web. 14 Nov. 2015. Davies, Chris. "Apple reportedly buys Kinect tech-creator PrimeSense." *SlashGear*. R3 Media. 17 Nov. 2013. Web. 14 Nov. 2015.
- 47) CMOS-ISに関わるイスラエル企業は、半導体の超小型パッケージ技術を開発していたShellcase等これ以外にもある。同社の知的財産と研究開発部門は米Tessera Technologiesが買収し、オペレーションは中国へ移りChina Wafer Level CSP (蘇州晶方半導体科技)になった。
- 48) Tower Semiconductor *Nasdaq Form 20-F*. "History." *Israel Corporation*. Israel Corporation. n.d. Web. 27 Feb. 2016. *Electronics Weekly*, 1999年3月10日。
- 49) パナソニックは2020年、半導体事業子会社パナソニック・セミコンダクターソリューションズ(PSCS: Panasonic Semiconductor Solutions)を、台Nuvoton Technology (新唐科技)に売却している。パナソニックのTPSCo持ち分も同売却に含まれ、TPSCoはTower Partners Semiconductorに社名を変更している。
- 50) この点は1980年代の台湾と似ていると言えるかもしれない。
- 51) "帰資隊伍。" 中国科学院大学・中国科学院大学。n.d. Web. 2015年12月11日。"人材政策 Index." *Science Portal China*. 科学技術振興機構。n.d. Web. 2016年2月20日。 *週刊エコノミスト*, 2013年10月15日。
- 52) *G-smatt Global* 投資説明書、2015年9月10日 (Techno System Research 集計)。
- 53) "格科微的幸运" "芯"。" 創業邦、網易、10 Nov. 2009. Web. 7 Sep. 2015. 張汝娟。"格科趙立新: 要做出真正有創新力的IC企業。" 中国電子報。工業和信息化部。27 Aug. 2013. Web. 7 Sep. 2015. *半導体産業新聞*、2013年10月23日; 2015年11月26日。
- 54) GalaxycoreとSMICは、上海政府が半導体とバイオ医療、ソフトウェアに関わるハイテク企業を集積させる張江高科技園区に位置している。
- 55) 同社への出資企業ディー・ディー・エスのプレスリリース、2006年3月1日。 *半導体産業新聞*、2013年10月23日。
- 56) *G-smatt Global* 前掲書、2015年9月10日。
- 57) Deloitte China (2019) *Semiconductors - the Next Wave*, April 2019.
- 58) "示范区紹介。" 中関村国家自主創新模範区。中関村。4 Dec. 2013. Web. 4 Feb. 2015.
- 59) 電池事業から自動車や携帯電話事業に多角化したBYD (比亞迪)も、2011年にCMOS-IS事業に参加している。
- 60) "核心團隊。" 銳芯微電子。銳芯微電子。n.d. Web. 14 Feb. 2016. "園区概況。" 昆山經濟技術開發区。昆山經濟技術開發区。n.d. Web. 4 Feb. 2015. *半導体産業新聞*、2013年10月23日。昆山經濟技術開發区は海外から投資を呼び込むことを目的に1985年に設立された工業地区で、1992年に省級から国家級に格上げされて進出企業の税優遇が増したとされる。
- 61) SMICはISの製造に関し、2004年6月に凸版印刷と合弁企業Toppan SMIC Electronics (TSES: 凸版中芯彩晶電子)を設立している。TSESは、中国で初めてIS用カラーフィルタとマイクロレンズを製造できる企業で、2006年1月に量産を開始している。 *新華社ニュース* (中国通信社)、2014年7月1日。
- 62) SMIC *Nasdaq Form 20-F*. Marquis, Christopher, Zucheng Zhou, & Mo Chen et al. (2012) Building a Community at Semiconductor Manufacturing International Corporation, *HBS Case*, 413-083. Shih, Willy (2009) Semiconductor Manufacturing International Corporation: 'Reverse BOT', *HBS Case*, 609-062. TSMC *NYSE Form 20-F*.
- 63) 従業員を通じて技術を盗用したとして、TSMCが2003年と2009年にSMICを訴えており、SMICは数十億ドルの損失を被ったという。和解の際に、TSMCはSMICの株式8%を取得し、従来分と合わせて10%を保有している。 *SMIC* プレスリリース、2009年11月10日。
- 64) SMICは2013年にXMCの運営から撤退している。

65) Porter, M. E. (1990) *The Competitive Advantage of Nations*, Free Press. (土岐坤・中辻萬治・小野寺武夫・戸成富美子訳, *国の競争優位*, ダイヤモンド社, 1992). Nelson, R. (1993) *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*, ed. Oxford

University Press. Saxenian, A.(1994) *Regional Advantage: Culture and Competition in Silicon Valley and Route 128*, Harvard University Press. (大前研一訳, *現代の二都物語*, 講談社, 1995).

