



# 第4次産業革命

—半導体産業とオプトメカトロニクスの進展—

和歌山大学／  
富士通セミコンダクター株式会社  
恵下 隆

## 1. はじめに

第4次産業革命における“もののインターネット (IoT: Internet of things)”や人工知能 (AI: Artificial Intelligence)を中心としたテクノロジーの目覚ましい発展は、我々の生活を大きく変えつつある。これらをベースとした、シェアリングエコノミー、ブロックチェーン、プラットフォームといった耳慣れない新しいビジネス形態が、古いビジネスを急速に破壊して、あっという間に我々の生活の中に入ってきている。テクノロジーは加速度的に進化していくと言われ、AIは近い将来人間の能力を追い越すとも言われている<sup>1)</sup>。前世紀後半日本の半導体産業や電気産業は世界の産業や経済を力強くリードしていたが、今世紀に入り、IoTをベースにした新しいビジネス形態が出現して、日本のこれらの産業は勢いをなくしているように見える。テクノロジーの加速度的な進化は、前世紀に日本半導体デバイスメーカーが得意とした微細化と対比され、後述するムーア (Moore) の法則<sup>2)</sup>と関連付けて語られることが多い。この半導体デバイスの微細化を推進した主要な技術の一つが露光技術 (リソグラフィ)であり、これも日本の半導体装置メーカーが得意としてきた。この技術はまさにオプトメカトロニクスの粋を集めた技術である。本稿では、第4次産業革命と日本の半導体、電気産業について概観し、IoTとAIが日本の産業に与える影響について述べる。また、半導体産業を牽引した露光技術についてその歴史を俯瞰し、最後に、我々がIoTの電子決済などの要求により、開発した不揮発性メモリの一つである強誘電体メモリ (FRAM: Ferroelectric random access memory, 以下FRAMと呼ぶ)について概説する。

## 2. 第4次産業革命と日本の電気産業

内閣府の日本経済2016-2017によると、「第4次産業革命とは、18世紀末以降の水力や蒸気機関による工場の機械化である第1次産業革命、20世紀初頭の分業に基づく電力を用いた大量生産である第2次産業革命、1970年代初頭からの電子工学や情報技術を用いた、より一層のオートメーション化である第3次産業革命に続く」として、そのコアとなる技術を「IoT及びビッグデータ」と「AI (人工頭脳)」としている<sup>3)</sup>。日本は、第3次産業革命を背景として、戦後経済を飛躍的に躍進させ、1960年代後半には日本のGNP (国民総生産)はアメリカに次ぐ第2位までになった。しかし、アジア諸国の経済や技術の飛躍により、今世紀に入るところから日本の技術やビジネスにも陰りがみえてきているように思われる。2010年に中国のGDP (国内総生産)が日本のGDPを上回り、アメリカやEUのGDPに追いつこうとしている<sup>4)</sup>。私が従事している半導体産業も、1970年代から急速に進展したが1990年代から世界的な市場シェアが後退していった。1980年代から現在までの半導体の市場は拡大し続けているが、日本のメーカーのシェアは低下している<sup>5)</sup>。この原因として、①回路設計と製造部門が最近まで非分離であった点、②モジュラー化への遅れ、③各メーカーの中央研究所がそれぞれ独自に研究開発を行ったこと、④マーケティングの弱さなどが指摘されている<sup>6,7)</sup>。また、日本の電気産業についても半導体同様、その製品の世界的シェアが縮小しているが、①リソースの非効率な分散 (い