

ソフトウェアが主役になる時代の登場



東京大学政策ビジョン研究センター シニアリサーチャー

小川 紘一

1 ソフトウェアが先導する第三次産業革命

第三次産業革命とは、ソフトウェアがプロダクトイノベーションを主導し、ソフトウェアが社会システムイノベーションを先導する時代の到来をいう。

約 200 年前の 18 世紀後半にイギリスで起きた第一次産業革命は、人類が数千年にわたって蓄積した“経験則の産業化”であった。その代表的な事例が蒸気機関と量産工場である。

第二次産業革命は、100 年前の 19 世紀末にドイツで始まった。その最大の特徴は、科学者が発見した自然法則の組み合わせから生まれるイノベーションの連鎖が、電機産業や化学産業など、人類が経験し得なかった巨大産業をこの世にもたらした点にある。この意味で第二次産業革命は“自然法則の産業化”といってもよい。

本稿が焦点を当てる第三次産業革命は、製品やシステムの設計にソフトウェアが深く広く介在する 1980 年代にアメリカで始まり、1990 年代にはグローバル市場の隅々までその影響が及ぶようになった。ソフトウェアは、プログラミング言語、すなわち人間が作りだした人工的な論理体系によって開発される。この意味で第三の産業革命を、“論理体系の産業化”と定義することができる。

ソフトウェアを動かすエンジンがマイクロプロセッサである。その性能は 1970 年代にせいぜい 10 倍しか進化しなかったが、1980 年代の 30 倍を経て 1990 年代には更にその 100 倍となった。マイクロプロセッサが生まれた 1971 年から 3 万倍も向上するこの技術革新が、ソフトウェア先導の第三次産業革命をこの世にもたらしたのである。

2 ソフトウェアが加速するイノベーション

我々は神が作った自然法則を勝手に変えることはでき

ないが、人間が作った論理体系なら自由自在に変えることができる。ソフトウェアならプログラミングを工夫するだけで自然法則の組み合わせ結合よりはるかに容易に、人間のアイデアや期待を製品機能やシステム機能として具体化できる。

第三次産業革命がデジタル型のエレクトロニクス産業で最初に現れたのは、製品設計にソフトウェアを適用し易かったからであり、その代表的な事例がパソコンやインターネット、DVD であった。21 世紀の現在ではソフトウェアが介在する産業領域が急拡大している。

シュンペーターは、経済活動の中で生産手段や資源などが従来とは異なる形で新結合することをイノベーションと定義したが、多くのモノがソフトウェアを介して結合する 21 世紀は、100 年前のシュンペーターが見た世界より遥かに容易に、そして無限に、新しい組み合わせを作ることができる。しかも、結合スピードが自然法則の結合よりも遥かに速い。

ここから、これまで存在し得なかった価値がソフトウェア主導の新結合によって次々に生み出され、スマートフォンはもとより、自動車の価値さえソフトウェアが決める時代となった。インターネット・クラウドがこの潮流を更に拡大し、全く異なる巨大産業同士をつないで新たな価値を創り出す。21 世紀の技術イノベーションや製品イノベーションはもとより、社会システムイノベーションさえも、ハードウェアでなくソフトウェアが先導する時代になったのである。

あらゆるモノがつながり易くなれば、製品やシステムを構成する技術体系のすべてを、自社はもとより自国の中にさえ持つ必要はない。従って、他社・他国に委ねる領域（オープン）と自社・自国が担うコア領域（クローズ）との境界設計を起点にしたオープン&クローズの戦略思想が必須となる。そして、それぞれの国が得意とする技

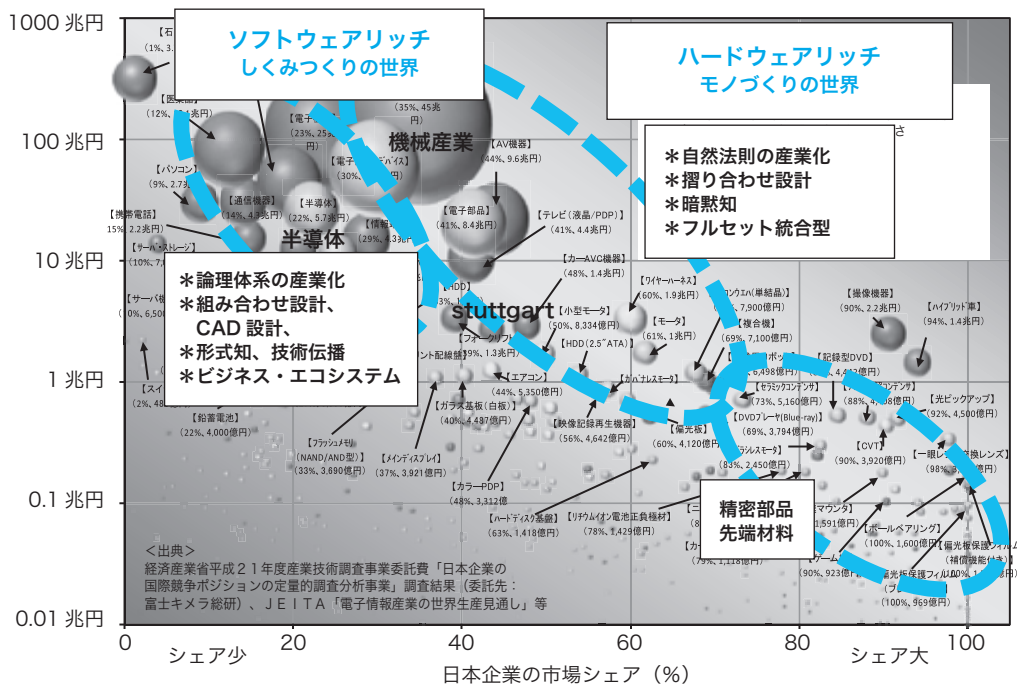


図1 日本企業はソフトウェアリッチな領域で勝てない

術領域を持ち寄る比較優位の企業間国際分業とも言うべき、ビジネス・エコシステム型の産業構造がグローバル市場に出現する。

ここからエコシステムの一翼担う新興国に雇用が生まれて経済成長が始まり、ビジネスチャンスを手握った企業が次々に生まれて新興国経済が成長軌道に載る^{*1}。新興国企業の興隆が、製品やシステムだけでなくグローバル市場の産業構造と競争ルールをも変える^{*2}。ソフトウェアが創り出す第三次産業革命が人類社会の経済と政治を大きく変え始めたのである。

3 ソフトウェアから見た日本企業の競争力

図1は、日本の製造業のグローバル市場における位置付けを示す。左上の産業領域は、パソコンやネットワークなど、いわゆる第三次産業革命を象徴するソフトウェアリッチ型の産業領域である。残念ながらこの巨大市場で日本企業の存在感が非常に薄い。

一方、右下の産業領域は、素材や精密部品など、いわゆる100年前の第二次産業革命で起きた自然法則の産業化を象徴する領域であり、日本のモノづくりがグローバル市場で圧倒的な競争優位を持つ。

日本企業が圧倒的に強い材料や精密部品それ自身には、ソフトウェアが介在しない。しかしながら部品や材料を使う完成品側がソフトウェアリッチ型へ転換する。ここから、完成品メーカーがオープン&クローズの戦略思

想でビジネスモデルを繰り出し、部品や材料の競争ルールを決めてしまう。

例えば300万点にも及ぶ巨大な技術体系で構成される航空機では、CADソフトウェアを使って航空機を技術モジュールの組み合わせに分解し、一つひとつのモジュールを更に細かな単品モジュールに分解する。その中の一部として、例えば炭素繊維とそれを使った翼や胴体を日本企業に製造委託して調達する。

ここですべての技術体系と細部仕様を知っているのは、CADソフトを駆使して技術モジュールへ分解した航空機メーカーだけであり、結果的に市場をコントロールする力がすべて航空機メーカーに集まる。欧米の航空機メーカーは、部品や材料の競争ルールを自社優位に決め、世界中の技術と知恵が自社へ集める仕組みを作った。これを可能にしたのがソフトウェアの力である。

ヨーロッパの自動車部品メーカーは、エンジンを制御するECU (Electronic Control Unit) にパソコン産業のインテルと同じビジネスモデルを応用しながら、中国やインドの自動車産業に君臨する。ECUシステムを支える組込みソフトがこれを可能にした。

これまで擦り合わせの極致と言われ、特定の自動車でしか実現できなかった自動車の乗り心地や高い加速性能も、組込みソフトを工夫することによって多くの車種へ適用できるようになった。更には、スマートフォン市場を支配するアンドロイドOSと同じ市場コントロールの

仕組みが、自動車のパワートレイン系でも見え隠れする。

類似のことがロボットや3次元プリンター、センサ産業を含む多くの領域へ急速に浸透しており、日本企業が強かったはずの産業領域で競争ルールが大きく変わる。例えば、日本が誇る超高精細で低消費電力の小型液晶パネルであっても、これを動かす独自のドライバーソフトを持たなければその価値を維持することができない。10年後に1兆個の巨大市場となるセンサ産業であっても、ソフトウェアを駆使するビジネスモデルを上位レイヤーで持たなければ、日本企業の優位性を保つことができない。

これまで日本企業は、設計技術者や熟練の工場オペレータによる摺り合わせ型のモノづくりで外国企業を差別化してきた。確かにこれは、組み合わせ結合に摺り合わせノウハウを必要とするハードウェアリッチな産業領域（自然法則の産業化）でなら、圧倒的な競争力を持った。しかしながら、組み合わせ結合が容易なソフトウェアリッチな産業では、モノづくりにソフトウェアを取り込むこと無くしてグローバル市場の競争力を維持できない。

4 モノづくりから“つながる”仕組み作りへ

先に述べたことは、1980年代から1990年代に顕在化した産業構造の転換であった。その20年後の2010年代から大規模に出現したのが、“つながり”によって生まれる新たな産業構造転換である。

ここでは、巨大なソフトウェア体系の組み合わせとしてのクラウドが、個々の技術や個々の製品ではなく、全く異なる巨大産業を組み合わせながら新たな価値を生み出そうとしている。ソフトウェアを駆使したビッグデータも、異なる産業のつながりが生み出す新たな価値創造と位置付けられる。

大規模なつながりが次々におきるのであれば、これまでそれ自身が全体だったはずの自動車やロボットも、単なる部品や端末に過ぎなくなる。ここから価値形成のメカニズムが変わり、競争ルールが変わる。しかしながら、これまで自動車やロボット産業を支えた日本型のモノづくりに、クラウドを介した“つながり”を主導する動きが少ない。

日本の成長戦略として2014年の6月に取り上げられた健康・医療、農業、ロボットなどの分野は、いずれも部分としての姿が強調されている。これらの製品産業が

今後も従来型のモノづくりに終始するのであれば、つながることによって生まれる大きな全体の中で、単なる部分へ追い込まれてしまう。つながることで生まれる新たな価値創造で主導権をとれず、多くの付加価値を日本以外の企業が握ることになるのである。

この意味で、日本企業にはモノづくり中心の製造業から、“つながり”の仕組み作りを中心にした製造業への転換が求められているのである。現状のままなら、日本の成長戦略で取り上げられた製品産業であっても、これが日本企業の競争力や日本の雇用と経済に貢献するのは限定的となる。

日本企業がソフトウェアを駆使した仕組み作りができないのは、ソフトウェア人材とソフトウェア技術の蓄積が決定的に不足しているためである。最近の調査によれば、2018年にアメリカの理工系大学を卒業する学生の70%以上が、ソフトウェアエンジニアリングやコンピュータネットワーク、コンピュータ管理、データベースなど、ソフトウェア先導型の産業領域へ就職し、従来型の技術領域はわずか16%に過ぎないという。しかしながら日本では、2025年になっても現状とあまり変わらないのではないかと懸念されている。

欧州連合の国家プロジェクトであるフレームワークプログラム（FP-7）では、組込みソフトウェアの基礎研究に7年間で27億ユーロ（約3,700億円、年間約400億円）が投入された。アメリカや中国も同等以上の資金が使われているという。しかしながら日本の国家プロジェクトでソフトウェア研究に使われる研究費は、その十分の一を遥かに下回る。

日本はまだ第三次産業革命へ移行できていないのであり、第三次産業革命が創る新たな製造業への転換が決定的に遅れている。我々はまず、小学校の教育で読み書きそろばんと同じようにソフトウェア・プログラミングを教えるべきである。IPA/SECにはこれまでの10倍以上の恒常的な予算を付け、産業競争力を強化するソフトウェア基盤技術の開発に注力すべきである。そして、ソフトウェアを駆使し、グローバル市場の産業構造や競争ルールを自らの手で作りだす軍師型のソフトウェア・アーキテクトを育成しなければならない。こんな日が一日も早く訪れることを願って本稿を終える。

【参考文献】

- ※1 小川紘一：「国際標準化と比較優位の国際分業、経済成長」、渡辺俊哉 編著『グローバルビジネス戦略』、第5章、白桃書房、2011
- ※2 小川紘一：『オープン&クローズ戦略—日本企業再興の条件』、翔泳社、2014