エコシステム型産業の進化と世界経済への影響：IoT/ビックデータ/AI を中心に

立本　博文（筑波大学ビジネスサイエンス系）

キーワード：第４次産業革命、グローバルエコシステム、プラットフォーム企業

1. エコシステムコンセプト

ビジネスエコシステムという言葉を経営学で用いたのは Iansiti らである。彼らはある種の産業構造を表現するために生態学からエコシステムという言葉を輸入した。当初のエコシステムの定義は曖昧なものであった。今日では、ビジネスエコシステムがもつ特徴は明確になっている。ビジネスエコシステム型の産業は、①異なる役割の企業（企業種）が存在する、②企業がネットワークを形成しており、企業間に直接・間接の関係がある(=ネットワーク効果が存在する)、③産業進化に影響力を持つ非常に特殊な企業種(=プラットフォーム企業)が発生する、というような特徴を持つ。

エコシステムというコンセプトは、企業がネットワークを形成して産業成長する様子を表現するのに好都合であった。この企業ネットワークは、「オープン」「自律的」「分散的」というような形容詞で特徴づけられる。オープンとは容易に新規企業が参入できるという意味である。この典型的な例としてシリコンバレーがあげられる。今日では中国の深センやインドのバンガロールなども挙げられるかもしれない。

エコシステムはさまざまな面をもっている。強調点を明確にするため、ビジネスエコシステムやイノベーションエコシステム、グローバルエコシステムと呼んだりする。ビジネスエコシステムは需要創造と企業競争力(付加価値獲得)を念頭にした最も包括的な言葉である。イノベーションエコシステムは付加価値創造、技術革新、R&D を強調している。そのため産学連携やオープンイノベーションが強調される。グローバルエコシステムは、世界市場でエコシステム型産業が形成されていることを念頭にしており、企業ネットワークに先進国産業と新興国産業が包含されていることを重要視している。国際地理学で研究されている GVC(global value chain)の概念と似ている。グローバルエコシステムでは参加企業間の国際分業や地理的分布、企業間・地域間の技術スピルオーバーが主な関心となる。

2. 第4次産業革命と IoT エコシステム

エコシステム型の産業は、もともとは IT/エレクトロニクス産業に集中しており、いわば特殊な現象であった。しかしながら、1990 年代のパソコン産業、携帯電話、デジタル機器産業の急拡大や、さらに、その後のインターネットの浸透により、いたるところで散見されるようになっている。最近の例は、自動車産業における EV、自動走行、配車サービスなどの動きである。

第４次産業革命はこの動きに更に拍車をかけている。第 4 次産業革命の基盤となっているのが IoT(Internet of things:モノのインターネット)である。IoT は世の中の多くのデバイ

スが、センサーと通信機能を持ち、インターネットに繋がることである。そして、IoT が基盤となって形成されるエコシステムを IoT エコシステムと呼ぶ。ただし IoT エコシステムで重要になるのは、IoT デバイスではない。IoT デバイスが発生させるデータである。データの流れに着目すると IoT エコシステムの全体像が想像しやすい。

データの観点に立った時に IoT エコシステムを支える要素は①～③まで３つある。①大量のデータを発生させる IoT デバイス②大量のデータを保存抽出するビックデータ技術③大量のデータをつかって高精度の予測モデルを作成する AI(機械学習)技術である。

従来、①②のみが先行して登場していたが、「大量のデータを収集・蓄積してどうするのか」という疑問に答えることができなかった。それに対して、近年、「収集したデータを原材料として、機械学習アルゴリズムを用いて処理し、予測モデルを開発する」ことが明確に意識されるようになった。IoT デバイス、ビックデータ技術、機械学習の３つをセットで用いることで、データを原材料として予測モデルを作成してビジネスに利用する、ということが明確な目標として認識されるようになったのである。

3. データによる産業の融合

データを中心に第 4 次産業革命といわれているものを再度見直すとその影響範囲が広いことがわかる。既存産業をデータの観点からみると、大きく２つに分けられる。現場を持ち優良なデータが豊富な産業(家電、自動車、流通等)と、データを処理することが得意な産業(IT やネットサービス等)が存在する。

この２つの産業グループは今までほとんど関わりを持っていなかった。しかし、データ発生とデータ処理はお互い補完的であるので、この２つは融合して１つの領域を形成しやすい。この融合領域が IoT エコシステムであると考えられる。同じような考えに基づいて、この領域をビックデータ活用型の産業と呼んだり、製造業の視点を強調して Industry 4.0 と呼んだりすることもある。この変化がもたらすライフスタイルを強調した言葉としては Society 5.0 がある。いずれにしても、それらで重要なのはデータを中心に産業構造を見るということである。

既存の産業分類では、物理的な原材料（部品・部材）のみの連関関係のみを取り上げていた。物理的な原材料以外の影響を取り込むべきだという試みもなされていたが、IT エレクトロニクス産業での試みを除けば、それほど一般的であると言えない。データはサプライチェーンの分析に乗ってこないため、従来の分析では重要視されているとは言い難い。

4. データによる生産性向上の技術

IoT エコシステムの３要素の中でもっとも理解しにくい要素が人工知能(機械学習)である。現在マスメディアで喧騒されている人工知能と呼ばれているものは、そのほとんどは機械学習であり、本来の人工知能分野のごく狭い範囲を指している。誤解を恐れずにいえば、機械学習はソフトウェアのモジュールを作成するアルゴリズムである。予測というのは、

農産物・工業製品の良悪品の選別であったり、スポーツ対戦の勝率であったり、店舗の在庫量であったり、動的価格付けであったり、異常検知であったり、さまざまな応用がある。

通常、ソフトウェアの予測モジュールを開発する場合、当該事象を熟知したエキスパートが予測のためのルールを作成し、そのルールにデータを照らし合わせて、予測値として答えを算出する。これに対して、機械学習ではエキスパートは必要ない。必要なのは高品質のデータである。機械学習ではデータを原材料として機械学習アルゴリズムでルールを作成する。この手法が有効であるのはそれほど自明なことではない。しかし、さまざまなプラクティスによって、こういったデータに機械学習アルゴリズムを適応する方法の有効性が報告されている。この分野の専門家は、この現象を「データの不合理な有効性」と呼んでいる。

5. データ志向な産業構造の見方

従来のビジネスモデル分析では IoT エコシステムで強調される点（ネットワーク効果）を見落としてしまうことがある。従来のビジネスモデル分析がサプライチェーンを中心に見ているためである。ネットワーク効果は直接観察することができないため、理解することが難しい。データを中心としてみるとこの欠点を補完しやすい。ネットワーク効果はデータからのみ発生するわけではない。しかし、IoT エコシステムで発生するネットワーク効果の多くはデータ由来であるので、データに着目するのはいい出発点である。この点を踏まえると、IoT エコシステムで典型的だと考えられるビジネスモデルは、「単独成長型」「付随提供型」「他面活用型」「他面展開型」の４つに分類できる。

４つのビジネスモデルの分類のうち、「多面展開型」は、ネットワーク効果の恩恵を最大限に活用しているビジネスモデルである。この分類には国際的な競争力を有するメガ・プラットフォーム企業が多く含まれる。多面展開型のビジネスモデルは、マッチングを含み、プラットフォームビジネスになりやすい。

従来研究では、プラットフォーム企業は、ビジネスエコシステムの産業進化を左右するほど、大きな影響力を持つ存在になりやすいと報告している。有力な製品企業とプラットフォーム企業は、そのビジネスモデルの違いから競合する関係になりやすい。

プラットフォーム企業は、1 社では製品サービスを完結することができないという特徴を持つ。多くの場合、プラットフォーム企業が提供するプラットフォーム製品を利用してくれるユーザー企業が必要となる。とくに、当該分野のノウハウ蓄積が浅いユーザー企業にとっては、プラットフォーム企業は力強い存在となる。一方、当該分野のノウハウ蓄積が十分にあるユーザー企業にとっては、プラットフォーム企業の存在は、自社の付加価値の源泉を脅かす存在となりやすい。プラットフォーム企業に対する、この２つの対象的な見解は、産業構造に激変を生じさせる原因となる。

たとえば、半導体産業では、1990 年代後半から半導体製造装置企業が製造装置をプラットフォーム化して提供し始めた。このようなプラットフォーム製品に対して、ユーザー企

業である半導体企業の対応は大きく 2 つに別れた。先進国の半導体企業はこのようなプラットフォーム化された製造装置を重要視しなかった。しかし、新興国の半導体企業はプラットフォーム化された製造装置のメリットを最大限に活用した。とくに台湾半導体企業（TSMC や UMC）のファンダリビジネスの台頭には、このような力が背後に存在した。こういった動きは、現在のグローバルな半導体産業に大きな影響を与えている。

IoT エコシステムでも、同様に、プラットフォーム企業が台頭すれば、産業構造に大きな変化をもたらすことが予想される。その変化はプラットフォーム企業自身にとっても重要だが、多くのプラットフォーム企業以外の企業にとってより重要であることに留意が必要である。

5. 産業 IoT の競争構造：グローバルエコシステムとプラットフォーム競争

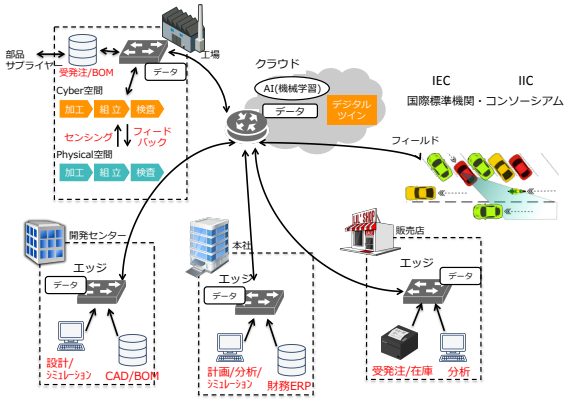

図 1　産業 IoT の概観

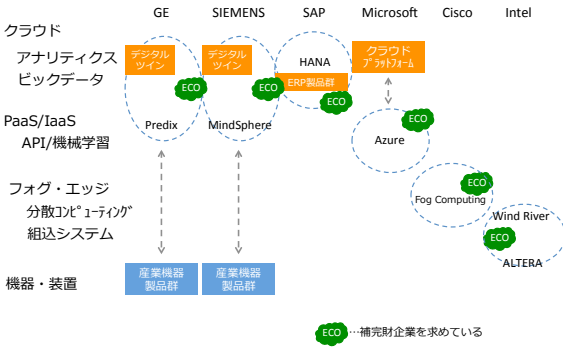

図 2 プラットフォーム間の競争

Industry 4.0 は IoT エコシステムの内、特に製造業に着目したコンセプトである(図 1)。産業 IoT と呼ばれることもある。第 4 次産業革命では今まで別々に行われていた活動が、データによって融合して 1 つのエコシステムを作ると考えられている。産業 IoT は①製品が開発生産されてからユーザーに使用され買換えられるまでの段階を連結する②開発・生産・営業・本社といった異なる活動を連結する、という 2 つの連結が実現すると予想されている。このような連結はデータやインターフェースのオープン標準化を伴って、大規模に実現されると考えられている。そのため IEC などの国際標準化機関の標準化活動、IIC(Industrial Internet Consortium)や Open Fog Consortium などのコンソーシアム活動、さらに、各社のデファクト標準化活動が活発化している(図 2)。

このような動きは 1980 年代の IT への投資と同様に 10 年間程度の時間を要しながら、生産性の向上に寄与すると考えられる。その間、IT でみられたような厳しいプラットフォーム競争とともに半導体産業でみられたような国際的な産業構造転換も伴うと考えられる。この競争はオープン標準化を伴いながら、産業構造をレイヤー型にし、グローバルエコシステムの構築を促進する可能性がある。