



RIETI Policy Discussion Paper Series 20-P-029

デジタルプラットフォームの進展と産業競争力への影響

元橋 一之
経済産業研究所



Research Institute of Economy, Trade & Industry, IAA

独立行政法人経済産業研究所

<https://www.rieti.go.jp/jp/>

デジタルプラットフォームの進展と産業競争力への影響¹

元橋 一之(経済産業研究所)

要旨

経済のデジタル化、特に近年ではAI・IoT・ビッグデータによる新しい情報技術の進展が進む中でプラットフォームビジネスの台頭が見られるが、日本企業の強みとされるモノづくり競争力に及ぼす影響については明らかになっていない。本稿においては、プラットフォームモデルやデジタル経済に関する研究をレビューすることで、デジタルプラットフォームと産業競争力の関係についての検討を行った。生産者と消費者をつなぐプラットフォームモデルの根源にあるのは、消費者サイドに主にみられる直接ネットワーク効果と消費者サイド、生産者サイドの両面市場に見られる間接ネットワーク効果である。ここでは、それぞれの有無によって、タイプ1（インターネットプラットフォーム型）、タイプ2（生産者エコシステム型）、タイプ3（IoT データ型）に分類した。更に、これらに従来型のサプライチェーン（パイプライン）モデルを加えた4つのビジネスモデルの経済的優位性とデジタル経済の進展との関係について検討した。その結果として、デジタルプラットフォームの進展が、モノづくり競争力の根底にあるパイプラインモデルを揺るがすものではないが、CPS(Cyber Physical System)などのデジタルとモノの融合化が進むことで、モノづくり企業もプラットフォームモデルにおける競争に晒される可能性があることを示した。

キーワード：デジタルプラットフォーム、モノづくり、ネットワーク効果、産業競争力

JEL classification : L14, O36

RIETI ポリシー・ディスカッション・ペーパーは、RIETI の研究に関連して作成され、政策をめぐる議論にタイムリーに貢献することを目的としています。論文に述べられている見解は執筆者個人の責任で発表するものであり、所属する組織及び（独）経済産業研究所としての見解を示すものではありません

¹ 本稿は、（独）経済産業研究所(RIETI)におけるプロジェクト「デジタル化とイノベーションエコシステムに関する実証研究」の成果の一部である。RIETI における PDP 検討会における 有意義なコメントに対しても感謝の意を表したい。

1. はじめに

インターネットを通じて膨大な情報にアクセスすることが可能になっているが、IoT デバイスやセンサーによるモノに関する情報がこれに加わり、データ量は日々増大している。2019年7月のIDC調査によると現状で200億台以上のIoT機器が稼働しており、2025年にはこの数が400億台以上、データの生産量は80兆GBになると予想されている。世界の人口の10倍以上のIoT機器がデータを生産し、ビッグデータの利用可能性が格段に広がる事が予想される。機械学習を中心とした人工知能(AI)技術はこのデータを活用するための「頭脳」に相当するものであり、インターネット広告や電子商取引の他、工場や生産現場、自動運転、ホームエレクトロニクス、金融取引や人事システムなど様々な分野で活用が進み、汎用技術としての情報技術の適用範囲の拡大に貢献している。このように人・モノから得られる膨大なデータの蓄積とそれを活用するための技術(AI)の進展によってイノベーション(IoTアプリケーション)が急速に広がっている(元橋、2020)。

このようにビッグデータを基軸としたイノベーションの可能性が広がる中で、大量のインターネット情報や顧客データをベースにビジネスを拡大するインターネットプラットフォームが台頭してきている。GAFA(Google, Apple, Facebook, Amazon)と呼ばれる米国企業の時価総額は数十兆円レベルに膨れ上がっており、世界の時価総額ランキングのベスト10に名を連ねている。規模だけでなく、その成長スピードもすさまじい。時価総額とトップ2のGoogleとAppleはここ10年間でその額は5倍以上となっている。また、中国においては、国内の膨大なモバイルネットワークデータを背景としたBAT(Baidu, Alibaba, Tencent)が急成長している。

GAFAやBATは膨大や検索エンジン、SNS上の個人情報や顧客の購買履歴情報をベースとしたインターネット関連ビジネスで成長をしてきたが、IoTセンサーやそのアプリケーションの導入が進むことで、ビッグデータによるプラットフォームビジネスは多様な業種に広がってきている。製造業においては、設計や開発といった生産の前段階(Before Production)、量産化プロセス(Mass Production)及び製品サービスといった生産の後段階(After Production)のすべてにおいてビッグデータ活用が進んでいる(元橋、2016)。例えばコマツは同社の建設機械の稼働状況に関するデータをグローバルに収集し、半自動運転機能などの付加価値サービスに活用している。自動車業界はデジタル技術を活用したCASE(Connect, Autonomous, Share, Electric)の波に晒されている。特に自動運転(Autonomous)の分野では、GoogleやBaiduといったインターネットプラットフォームの参入も見られ、業界内で閉じていた競争構造も変化の兆しがみられる。

このようにデータドリブンイノベーションによってビジネス環境や業界構造が大きく変化する中で、日本の産業競争力は大丈夫なのであろうか?時価総額だけでみると、日本トップのトヨタ自動車はGoogleやAppleの半分以下にとどまっている。しかし、GAFAやBATの収益はその大半がインターネット広告や電子商取引といった特定の領域によるものである。SNSサイトや購買履歴などの個人データをベースとしたプラットフォーム戦略はデー

タ量に応じてその価値が増大するスケラビリティが高い。一方で、様々な業界に広がっている IoT アプリケーションはそれぞれの業界特性に依存することが大きく、業種横断的な横展開は難しい。例えば、コマツの高付加価値サービスは建設業界に特化したものである。GE は同社が得意とする航空機や発電設備のデータ解析技術を他の製造分野等に横展開するための Predix というコンセプトを打ち出した。しかし、この GE データ事業は赤字が続き、2018 年 10 月 1 日に着任した同社の新 CEO、ローレンス・カルプ氏は同社の得意分野（航空機、発電）に絞って継続すると縮小方針を打ち出した。¹ B2B の世界では GAF A のようなプラットフォーム戦略が難しいことを示している。

本稿では、経済のデジタル化の進展、プラットフォームビジネスの台頭と日本の産業競争力について分析を行う。まず、第 2 節で、プラットフォームビジネスの分類とそれらの特性に関する議論を行う。プラットフォームは生産者と顧客をつなぐ共通の経営資源やガバナンスルールと定義される (van Alstyne et al., 2016)。生産者サイド、消費者サイドのそれぞれにおけるネットワーク効果によるポジティブフィードバックを特徴とするが、その経済外部性の種類によって、プラットフォームモデルを分類し、それぞれの特性を整理する。第 3 節では、生産者、消費者の両面市場に面しているプラットフォームに関する経済モデルを用いて、プラットフォーマーの独占価格の特長、従来型のサプライチェーンモデルに対する優位性について述べる。第 4 節では、プラットフォームで取り扱われる財・サービスの特性 (製品アーキテクチャー) やネットワーク間競争によって、すべての場合においてプラットフォームモデルが優位にならないことを示す。第 5 節においては、これらの理論的な検討をベースに、経済のデジタル化→プラットフォームモデルの台頭→モノづくり競争力の低下のロジックの妥当性について検討する。結論として、まとめと今後の研究課題について述べる。

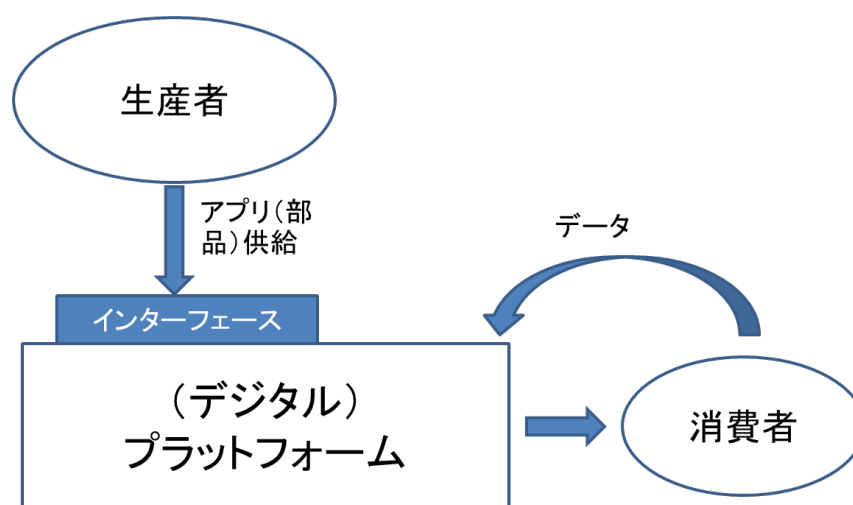
2. プラットフォームの機能とその特性

経営戦略におけるプラットフォームとは多数の生産者が多数の消費者に対して、財やサービスを提供する際の共通的な機能を示す (Gawer and Cusumano, 2013; van Alstyne et al., 2016)。例えば、スマートフォンにおける iOS やアンドロイドは、E コマースや金融、SNS、ゲームなどの各種アプリのプロバイダー (生産者) と一般ユーザー (消費者) を仲立ちするプラットフォームとして機能している。このように生産者と消費者を仲立ちするプラットフォームはデジタル経済が進展する前から存在していた。例えば、新聞や雑誌といったメディアは、広告主と消費者をつなぐプラットフォームである。しかし、インターネットの進展によってデジタルプラットフォームの構築が可能となり、ビジネスのスケラビリティは圧倒的に向上した。

図 1 のとおり、プラットフォームをベースとしたビジネスモデルには生産者と消費者が関与している (van Alstyne et al., 2016)。iOS やアンドロイドといったスマートフォンの

¹ <https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/00065/00128/>

事例で説明すると、まずプラットフォームの所有者は Apple (iOS) と Google (アンドロイド) である。ただし、スマートフォンが顧客価値を持つのは、これらの OS 上で起動するアプリを開発する生産者が寄与するところが大きい。アプリの中には Amazon、Facebook、Uber といったそれ自体でまた別のプラットフォームを形成するものもあり、それらの集合体としてのスマートフォンのプラットフォームは巨大である。また、スマートフォンは莫大な数の消費者 (ユーザー) を持つ。Apple や Google はこの膨大な顧客がスマートフォンを利用することで様々なデータ (例えば、地図ソフトに利用による位置情報や音声認識ソフトの利用による音声情報) を取得して、同社のサービスに活用している。



(図 1) プラットフォームの概念図

プラットフォームの特徴として重要なのは、生産者あるいは消費者に対して提供される共通的な機能である。前述したスマートフォンの OS は、生産者 (アプリ開発業者) に対して、API (Application Programming Interface) をオープン化し、様々なアプリケーションを提供できる共通の場を提供している。また、スマートフォンユーザーは、これらのサービスを利用するだけでなく、OS のオーナーである Apple や Google、あるいは生産者 (アプリのオーナー) に対して様々な情報を提供している。この情報としては SNS サイトへの投稿など意図的に提供されたもののほか、スマートフォンの GPS 機能を通じた位置情報や情報ポータルを検索キーワードなど無意識に行われているものもある (プライバシー機能で制限可能であるが)。これらの情報 (データ) は、OS やアプリのオーナーのサービスやビジネス開発において重要な役割を果たす。このように、スマートフォンの OS は、生産者と消費者サイドの両面においてプラットフォーム機能を提供する代表的な事例である。

プラットフォームの種類としては、生産者サイドのみのもの、消費者サイドのみのもの

も存在する。生産者サイドのみのプラットフォーム事例としては、SAP が同社の ERP (Enterprise Resource Planning) システム上にアプリケーションを開発するソフトウェア会社を集めたパートナーシッププログラムを挙げることができる (Ceccagnoli et al., 2002)。ERP は生産、調達、財務・会計、人事といった企業内の様々な業務を統合的に管理することを可能とする基幹ソフトであるが、企業の業態や規模によって多数のオプションが存在する。細かなアプリケーションのすべてを SAP が自前で開発するのではなく、サードパーティが開発したものも同社のシステムとして統合的に提供するものである。この生産者サイドのエコシステムを作り上げるために、SAP はサードパーティに対して SDK (System Development Kit) を提供している。同様のプログラムは Microsoft (Azure テクノロジーパートナー) や IBM (IBM クラウドパートナー) などにも存在する。ここでは基盤的な SDK やクラウド環境といったパートナーにとって共通的なリソースを提供し、パートナー企業の多様なアプリケーションをプラットフォームに取り込むことで、システム全体の顧客価値を高めることを目指す。ただし、SAP やマイクロソフトが展開する生産者サイドのプラットフォームの消費者 (顧客) は、ERP やクラウドサービスを利用するビジネスカスタマーである。スマートフォンのプラットフォームのように消費者サイドにおいてユーザーがユーザーを生む直接ネットワーク効果は見られない。

一方、建設機械メーカーであるコマツの KOMTRAX は、消費者サイドのプラットフォームと呼ぶことができる。コマツが提供する KOMTRAX においては、建設機械の省エネ運転のための半自動運転機能が実装されている。具体的には、建設機械を使用する際に P (パワー) モードと E (エコノミー) モードがあり、個々のユーザーの機器使用状況に応じて省エネに誘導するためにこれらのモードをどう使い分ければ良いかなどの提案が表示される (絹川等、2015)。ユーザー数が増えて、利用状況に関するデータが増えれば増えるほど、精度が高い多様な付加価値サービスの提供が可能となる。しかし、これらのシステムの作りこみは基本的にコマツが完全にコントロールする形態で行っており、生産者サイドにはプラットフォーム機能は見当たらない。従って、消費者サイドのみのプラットフォームモデルといえる。日産が電気自動車リーフの走行データを収集し、走行距離に応じた保険サービスにつなげる事業を行っているが、これも同種事例といえる。

プラットフォームの価値は、多数の生産者 (アプリ開発業者やスマートフォンメーカー) や大量の顧客ベースから生まれるが、生産者や顧客を特定のプラットフォームに引き付ける力はネットワーク効果 (外部性) である。プラットフォーム機能を活用することで、生産者サイド、顧客サイドの両面にネットワークが生まれるが、同一サイド内の直接効果 (Direct Network Effect) と異なるサイド間の間接効果 (Indirect Network Effect) の 2 種類が存在する (Gawer and Cusumano, 2013)。直接効果の代表的事例は Facebook などの SNS サイトや通信サービスなどの見られる古典的なネットワーク効果であるが、ユーザーが多いほど個々のユーザーの便益が上がる。それによって更に多くのユーザーを

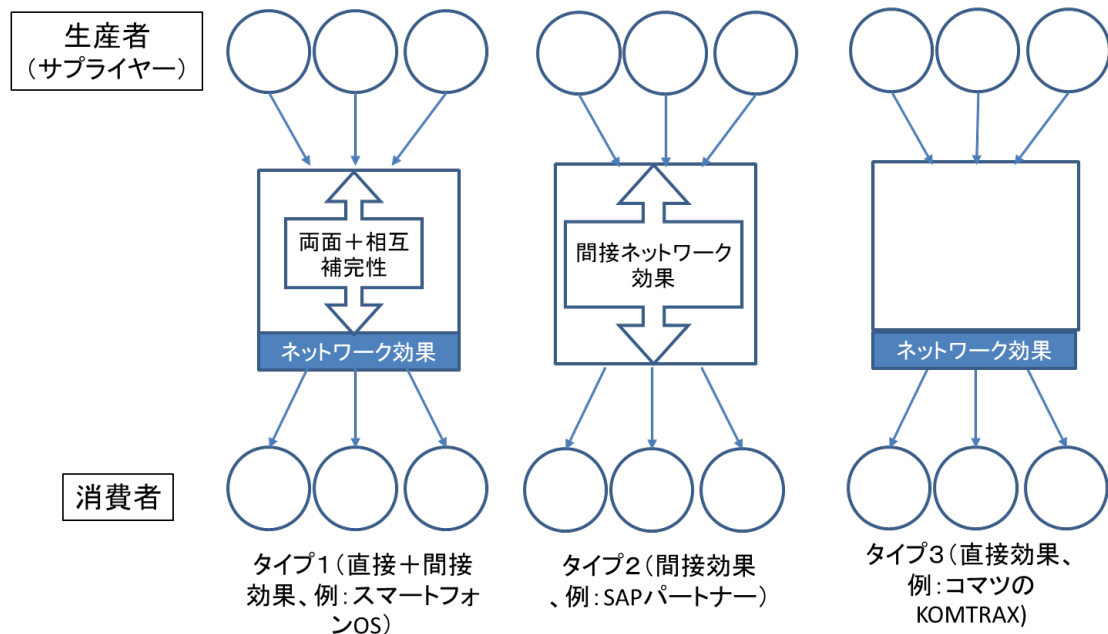
集めるというポジティブフィードバックループが働く。² 同様の顧客間のネットワーク効果は、コマツの KOMTRAX において同様に観察できる。利用者が多くなるとより大量のデータを収集することができ、より質が高く幅広いサービスを提供することが可能になるからである。

この直接効果とは別に、プラットフォームが媒介している生産者サイドと顧客サイドの相互作用によって生じる間接的なネットワーク効果も存在する。スマートフォンのプラットフォームにおいては多様なアプリを利用することが可能であるが、生産者サイド（アプリ開発業者）から見ると多くのアプリを抱えているプラットフォームがより魅力的である。これが多くのアプリ開発業者を集めて、スマートフォンプラットフォームとしての効能が高まり、多くの顧客を集めるというフィードバックループが働いている。生産者サイドのプラットフォームの事例として挙げた SAP パートナーシッププログラムも、主にこの間接的なネットワーク効果を利用したモデルといえる。共通の経営資源を提供するという面では生産者サイドに限った一面的なプラットフォームであるが、生産者が生産者を呼ぶという直接的な効果が生まれているとは一概に言えない。生産者の数が増えるとプラットフォーム上で企業間競争の度合いが高まる可能性が高いからである。³ むしろ、生産者サイドのプラットフォーム化は、同社の ERP パッケージにおけるアプリケーションの多様性を広げて、顧客に対する効能を高めることを目的としたものである。その結果として顧客が増えれば、生産者（パートナー）にとってのプラットフォームはより魅力的なものとなる。一方、コマツのケースにおいては、システムの作りこみ（生産者サイド）においてはコントロールされた状況（自動車メーカーと部品メーカーの関係と同様）にあり、このような間接効果は見られない。

これまでの検討結果から、プラットフォームの分類として図2のように整理できる。プラットフォームの特性（通常のサプライチェーンとの違い）は、プラットフォームとして提供される共通の機能（知財やソフトウェア）に現れるネットワーク効果にある。まず、スマートフォン OS に見られる直接効果と間接効果の両方を活用したもの（タイプ1）である。このようなプラットフォームをうまく形成すると、消費者が消費者を呼び込むポジティブフィードバックに加えて、生産者と消費者間の相互作用が加わり、ネットワークの急速な成長を可能にする。インターネットプラットフォーマーといわれる GAFA や BAT の企業価値が急成長してきたのはこのポジティブサイクルがうまく機能していることによる。

² 経営学者のジョークとして、世界で最も有能なセールスマンは誰かというものがある。答えは電話機を最初に売ることができた人である。

³ 従って、生産者サイドのプラットフォームの所有者（エコシステムのキーストーン）は、生産者（エコシステムのニッチプレイヤー）の相互補完的な多様性を保つことがプラットフォームモデルの成功（エコシステムの成長）にとって重要となる（Iansiti and Levien, 2004）。



(図2) プラットフォームの種類

次に生産者サイドのプラットフォームに典型的なのは、主に間接ネットワーク効果を活用したもの（タイプ2）である。最後に、顧客データ利用型ビジネスモデルに見られるタイプ3（主に消費者サイドの直接ネットワーク効果を活用したもの）に分類される。なお、通常のサプライチェーン（例えば自動車メーカーと部品メーカーの関係）においては、生産者（部品メーカー）における部品の開発や仕様が、統合企業（自動車メーカー）によって完全にコントロールされている。生産者サイドのプラットフォームを展開しているSAPなどにおいて、同社が用意する共通のインターフェースの上で、生産者の自由な活動が許される状況とは異なる。従って、生産者の増加による製品機能の向上が消費者サイドの効用を増加させる、生産者→消費者の効果が生まれない。間接的ネットワーク効果は、消費者→生産者と生産者→消費者の両面の効果が相まってポジティブフィードバックが生まれるが、自動車メーカーのモデルにはその片方がないことで間接的なネットワーク効果が期待できない。この点が、伝統的なパイプライン企業の懸念するところであり、経済のデジタル化によって、プラットフォームモデルによってパイプラインが淘汰されるという議論の論拠となっている（van Alstyne et al., 2016）。ただ、現状において、自動車の部品調達においてプラットフォームモデルを適用した事例は見当たらない。むしろ、プラットフォームビジネスの成功事例は、書籍や音楽などのデジタルコンテンツやソフトウェアなどの一部に留まっており、一般性に欠いた議論の可能性もある。

3. ネットワーク外部効果の経済分析

前節ではプラットフォームのタイプについて、(主に消費者サイドの)直接的ネットワークと生産者・消費者両面の間接的ネットワークの有無によって3通りに分類した。直接的ネットワークは、利用者が増えればサービスの効用が高まるので、同質のサービス間の競争においては、Winner Take All や Tipping といった現象が起こる。プラットフォーマーの戦略としては、利用者数を増やすことで規模の経済性を追求するか、それが難しい場合(例えばすでにドミナントプレイヤーが存在する場合)は、サービスの異質化をしてニッチなマーケット(特定の利用者)をターゲットにすることになる。

一方、タイプ1やタイプ2のように間接的ネットワーク効果が生じるようになると、企業の競争戦略はより複雑になる。これらのケースについては、両面市場(Two-sided Market)の経済分析として、企業の価格戦略や競争政策に対するインプリケーションに関する様々な分析が行われている(Rysman, 2009)。ここでは Parker and Van Alstyne (2005)に基づいて、両面市場における価格行動の特性を整理する。

両面市場(あるいは多面市場)とは、2以上の双方に補完的な関係にある市場(例えば、プラットフォーマーにおける生産者と消費者)に商品・サービスを提供している状況と呼ぶ。例えば、クレジットカード会社は、加盟店(生産者サイド)とカード利用者(消費者サイド)の両面をつなぐ役割をしている。カード利用者数の増加は加盟店によって需要を呼び、それが更にカード利用者の効用を高めるという間接ネットワーク効果が存在していることから、消費者サイド(c)と生産者サイド(j)の需要関数はそれぞれ以下のように定式化できる。

$$\begin{aligned}q_c &= D_c(p_c) + E_{jc} * D_j(p_j) \\ q_j &= D_j(p_j) + E_{cj} * D_c(p_c)\end{aligned}\tag{1}$$

ここで $D_x(p)$ は、消費者サイド($x=c$)または生産者サイド($x=j$)の単独市場における需要関数であり、間接ネットワーク効果によって、双方の需要関数に E_{xy} を乗じた需要が加算されている。⁴ クレジットカード会社は加盟店からは手数料を徴収するが($P_j > 0$)、カード利用者については会費を徴収するものと、しないものが存在する。後者については、カードのオペレーションコストを考えるとその場合は消費者サイドには実質的に補助金を与えていることになる。従って、どちらかの面にマイナスの価格を設定する(ここでは $P_c < 0$) こともあり得る。両面市場における価格行動は、両者の利益の合計($\pi = P_c * q_c + P_j * q_j$)の最大化問題(コストは0と仮定)として定式化できるが、消費者サイドから生産者サイドに対する間接ネットワーク効果の状況によっては、消費者サイドの利益($P_c * q_c$)がマイナスにな

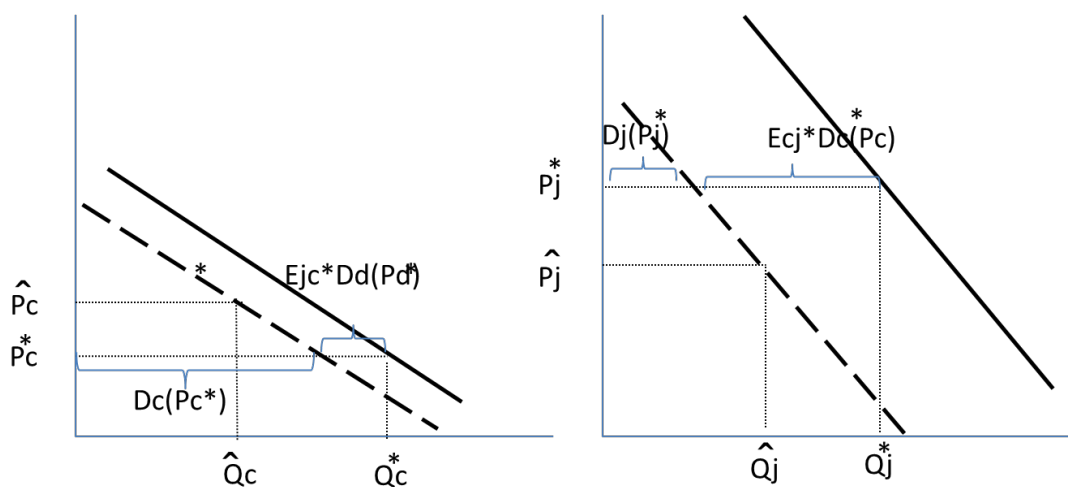
⁴ 間接ネットワーク効果をここでは加算的に取り扱っているが、関数形として乗法型やリカーシブ型($E * D_j(P_j)$)ではなく、 $E * q_j(P_j)$ を加算あるいは乗じるなどバリエーションが考えられる。Parker and Van Alstyne(2005)においては、これらの関数形においても同様の価格行動が見られることを示している。

っても、それ以上の生産者サイドからの利益 ($P_j * q_j$) が得られるということである。

Parker and Van Alstyne (2005)は、両方の市場において独占的な立場にある企業の価格行動をモデル化している。まず、式(1)において、市場 x から市場 y への間接ネットワーク効果 ($\partial q_y / \partial p_x$) をスピルオーバー効果と呼んで、消費者→生産者と生産者→消費者の比率 r (相対的スピルオーバー効果) を定義した。

$$r \equiv \frac{(\partial q_j / \partial p_c)}{(\partial q_c / \partial p_j)} = \frac{E_{cj} * D'_c(P_c)}{E_{jc} * D'_j(P_j)} \quad (2)$$

その上で、両面市場における独占価格 (p^*) と単一市場の独占価格 (p^\wedge) を比べており、 $r=1$ (相対的なスピルオーバー効果が等しい) の場合には、両者の価格が一致し ($P_x^* = P_x^\wedge$)、 $r>1$ (消費者市場から生産者市場に対するスピルオーバー効果が相対的に大きい) の場合は、消費者市場における最適な両面市場価格が単一市場価格を下回り ($P_c^* < P_c^\wedge$)、生産者市場においては単一市場の独占価格を上回る ($P_j^* > P_j^\wedge$) ことを示した ($r<1$ の場合は逆)。この状況について図3で説明したい。



(図3) 両面市場における価格行動 ($r>1$ の場合)

それぞれの市場において、点線は単独市場の需要曲線 ($D_x(P_x)$)、間接ネットワーク効果が0の状況)、実線はこれに $E_{xy} * D_x(P_x)$ の間接ネットワーク効果を加えた両面市場の(逆) 需要曲線を示す。単独市場の独占価格は点線部分に沿って利益 ($P_x * Q_x = P_x * D_x(P_x)$)、コスト0の仮定) を最大化する P_x^\wedge ($= -D_x / D'_x$) で与えられる。一方両面市場の独占企業は両市場の利益の合計である以下を最大化する価格行動をとる。

$$\pi = p_c * (D_c(p_c) + E_{jc} * D_j(p_j)) + p_j * (D_j(p_j) + E_{cj} * D_c(p_c)) \quad (3)$$

この利益を最大化するための消費者価格 (Pc) に関する一階の条件($\partial\pi/\partial p_c=0$)からを整理すると

$$p_c^* = \frac{-(D_c + E_{jc} * D_j)}{D'_c - E_{cj} * p_j^*} \quad (4)$$

となり、生産者価格 (Pj) に関する一階の条件から導かれる Pj*の式と合わせて、Pc*、Pj*が導かれる。

ここで $r > 1$ の場合、 $E_{cj} * (-D'_c) > E_{jc} * (-D'_j)$ であり (D'x はマイナスであることに注意)、図 3 でいうと生産者市場における消費者市場からの外部効果係数 (Ecj) が比較的大きく、消費者市場の価格弾力性 (-D'c) が比較的大きい (点線の傾斜が緩い) ことになる。その場合は、消費者市場の価格を下げることでより大きな消費者需要 Dc が生まれ、更に大きな外部効果係数 Ecj によって、生産者市場においては価格を高くしても、大きな需要が生まれることになる。つまり、消費者価格を下げることで消費者市場からの利益 π_c を犠牲にしても、それを上回る生産者市場からの利益 π_j の上昇を見込めるということになる。従って、r が十分大きい場合には、Pc*がマイナスになることもありうる。クレジットカードのケースでいうと価格弾力性が大きい消費者をターゲットにしている会社は、価格弾力性の大きいユーザーをターゲットにしていることから、実質的な Pc はマイナスの状況で運営しているのである。逆に、カード手数料を利用客から徴収するアメリカンエクスプレスのような場合はカード保有コストにセンシティブではない高所得者層をターゲットにして、別途、付加価値サービスを提供することで棲み分けができています。

単面市場の独占利益と両面市場の独占利益を比較すると、片方の市場においては両面市場プレイヤーの利益が小さくなることがあるが (マイナスの利益もありうる)、2 つの市場の利益総和は、両面市場 (間接ネットワーク効果あり) の独占プレイヤーの方が高くなる (独立した市場ごとの独占価格 Pc^、Pj^の状態ですでに間接ネットワーク効果分の利益増加があることから自明)。従って、他の条件が一定とするとタイプ 2 のプラットフォーマーは、通常のサプライチェーンプレイヤーよりビジネス上有利な立場にある。

ここまではケース 2 の状況であるが、これがケース 1 のように消費者サイドの直接ネットワーク効果が加わると、消費者サイドから生産者サイドへのスピルオーバー効果が更に大きく働くことになる。直接ネットワーク効果を消費者サイドのネットワーク規模に対する期待値 (Ye) として表現すると (Katz and Shapiro, 1985)、消費者市場の需要関数は以下となる。

$$q_c = D_c(p_c) + v(y^e) + E_{jc} * D_j(p_j) \quad (5)$$

Ye が Pc によって影響を受けないとすると ($\partial y^e / \partial p_c = 0$)、消費者サイドの独占価格 (式 (6)) は以下となる。

$$p_c^{**} = \frac{-(D_c + v(y^e) + E_{jc} * D_j)}{D'_c - E_{cj} * p_j^{**}} \quad (6)$$

P_j に関する一階の条件と合わせて、直接ネットワーク効果あり独占価格と直接ネットワーク効果なしの独占価格を比べると以下のようなになる。

$$p_c^{**} - p_c^* = -M * \frac{v(y^e)}{D_c'}$$

$$p_j^{**} - p_j^* = M * E_{cj} * \frac{v(y^e)}{D_c'}$$

なお、ここで $M = \frac{1}{1 - E_{cj} * E_{jc}}$ であり、これをプラスとすると ($E_{xy} < 1$)、直接ネットワーク効果

の分、 P_c は上昇し、 P_j は低下することになる。なお、直接ネットワーク効果が入ることで、 P_c 、 P_j の変化がない状況（タイプ 2 のおける最適価格）でも総利益は直接ネットワーク効果の分増えるので、タイプ 2 と比べてタイプ 1 の独占企業はより大きな利益を得ることができる。従って、独占企業の利益（生産者余剰）は、通常のサプライチェーン（パイプライン） < タイプ 2 プラットフォーム（間接ネットワーク効果のみ） < タイプ 1 プラットフォーム（直接+間接ネットワーク効果）となる。

4. プラットフォームモデルの成立条件

プラットフォームモデルにおけるネットワーク効果によってビジネス上優位な立場を築くことが可能であることは分かったが、現実にプラットフォームモデルが取り入れられているビジネスはむしろ少数派である。タイプ 1 やタイプ 2 のプラットフォームにおいては、生産者サイドのエコシステム（スマートフォンのアプリ提供者や SAP における開発パートナー）ができることで、生産者と消費者の間のポジティブフィードバック（間接ネットワーク効果）が生まれる。生産者サイドのエコシステムは、プラットフォームにおける共通のインターフェース（API や System Development Kit, SDK）を使って、自由にアプリケーションの開発が可能である（Permissionless Innovation (Cerf, 2012)）。しかし、通常のサプライチェーン（パイプライン）上のサプライヤー（生産者）の製品は、顧客企業の承認（Permission）を経て供給される。例えば、自動車産業において、OEM が部品会社の製品仕様を完全にコントロールしており、部品を相互接続するためのインターフェースのみを公開して、部品会社の自由な製品設計を認めるという事は行っていない。

タイプ 1 やタイプ 2 のプラットフォームの供給サイドに着目すると、生産者は、プラットフォームの所有者が提供する共通的な経営資源（Apple が提供する iOS、SAP が提供する SDK）に魅力を感じて集まってくる構造となっている。従って、プラットフォーマーは、製品・サービスの構造をモジュール化して、共通的な部分のインターフェースを（潜在的な）生産者に公開する必要がある。しかし、自動車の製品アーキテクチャー（設計思想）はそれぞれの部品の相互依存度が高いインテグラルな構造な構造になっている。それは、自動車と

いう製品においては、すべての部品が正常に機能しないと製品全体としての性能を引き出せないという特性があるからである。自動車会社は、新製品の開発にあたっては製品全体の設計思想を自動車会社がコントロールをして、すべての部品に問題が起きないことを担保する必要がある。もし **Permissionless** なイノベーションによって一つでも部品に不具合があると、製品全体の価値が損なわれることになる（例えば部品のリコールによる経済的損失やブランド価値の棄損）。従って、部品メーカーのエコシステムによるプラットフォームを目指すのではなく、パイプラインモデルに留まることが合理的なのである。

このようなインテグラル型製品に対して、パーソナルコンピュータのようなモジュラー型製品は、製品全体において、ハードディスクやメモリチップといった部品のインターフェースが標準化されており、取り換え可能な構造となっている（藤本、2012）。また、部品メーカー（パソコンの事例では、CPU の他、ディスプレイ装置や記憶装置メーカー）がそれぞれ独立して機能向上に取り組むことができる。もし、部品に不具合があっても、部品を取り換えれば問題ないし、部品ごとに新機能に対するイノベーション競争が進むため、製品全体の技術革新スピードは速くなる。部品ごとにリスクの高い技術開発に成功した企業の製品を組み合わせることが可能で、製品全体の価値は、部品ごとのオプション価値の総和として表現することが可能なのである（Baldwin and Clark, 2001）。

ただし、プラットフォーム（エコシステム）は、自動車のようなインテグラル型製品に見られるコントロールの度合いが大きいサプライチェーン（パイプライン）と、PC のようにインターフェースが公開されて、部品の市場を通じた取引が進んでいる状況（マーケット）の中間的な位置づけにあることに留意が必要である（Jacobides et al., 2018）。PC において、部品メーカー（生産者）が特定の PC メーカーのプラットフォームを活用するインセンティブは小さい。最終製品において、製品組み立てに対する付加価値が小さいからである（最終顧客が、製品市場からパーツを個別に調達して、自由に組み合わせることも可能）。一方で、SAP の事例でいうとパートナー企業のアプリケーションを実装するためには、SAP の ERP（基幹ソフトウェア）システムが必要となる。SAP はパートナー企業に SDK（ソフトウェア開発キット）を提供するが、これはあくまで ERP のシステムに対するものである。プラットフォーム上で自由なアプリケーション開発（**Permissionless Innovation**）は可能であるが、あくまで SAP がコントロールするプラットフォームの上でのことである。つまり、プラットフォーム（エコシステム）モデルは、モジュール（部品）が単に組み合わせられて製品ができるのではなく、それらの間に補完性がある状況（スーパーモジュラー、Milgrom and Roberts, 1990）において存在可能となる。プラットフォームモデルには、生産者とプラットフォームの間の **Modularity** は必要になるが、完全にモジュラーな状況ではなく、両者間の補完性を必要条件とする（**Distributed Super Modular Complementarity**, Baldwin, 2019）。

また、プラットフォームモデルの前提となっているネットワーク効果には一定数の生産者と消費者が必要となる。ネットワーク参加者の数がある閾値を超えるとポジティブフィ

ードバックが働き、数が数と呼ぶ **Tipping** 現象が見られる。前節の経済モデルでは、ネットワーク効果を所与とした独占企業の価格行動を分析したものであったが、現実には、プラットフォームビジネスを展開するためのコスト（モジュール化のための設計変更、**Tipping** を起こすための先行投資など）が、メリットを上回るかというビジネス判断に迫られることとなる。プラットフォーム間の競争が見込まれる場合はこの判断はより厳しいものとなる。

この判断については様々なバリエーション毎に検討する必要があるが、ここでは、プラットフォームビジネスのタイプとして **B2B**（消費者が企業、**SAP** や **コマツ** などのケース）と **B2C**（消費者が個人、スマートフォン **OS** のケース）の違いについて考えたい。両者の大きな違いは、(潜在的な) 消費者の数 (**B2B**: 小、**B2C**: 大) と価格弾性値の違いである (**B2B**: 小、**B2C**: 大) である。潜在的な消費者の数（ターゲットとなるマーケットサイズ）は、提供される財・サービスのタイプによって異なるが、ビジネス顧客の方が、業種や企業規模など異質性が高く、細分化された多数のマーケットが存在する。関係して、個々の **B2B** 市場は規模が小さく、価格より機能重視で取引が行われやすい（価格弾性値が小さい）。まず、消費者のマーケットが小さい (1) 式の生産者市場に対する間接ネットワーク効果 ($E_{cj} * D_c(p_c)$) が小さくなる。更に価格弾性値が小さいことによって、消費者市場から生産者市場に対する相対的なスピルオーバー効果 ((2) 式 r の分子) が小さくなり、利益最大化のための生産者価格は **B2C** 市場の場合と比べて低くなる。つまり、図 3 でみられたような生産者市場からの大きな利益（間接ネットワーク効果）は見込めなくなり、プラットフォームのための **Tipping** が起きにくい状況といえる。

なお、**SAP** の **ERP** システムは、企業内の様々な活動の全体最適を目的とするもので、業種を問わない基幹的なシステムである。従って、**B2B** ビジネスではありながら、比較的大きなマーケットが期待でき、間接ネットワーク効果を使ったプラットフォームビジネスを可能としている。ただし、消費者（企業ユーザー）の価格弾性値が小さいので、生産者市場サイドを補助して（開発事業者に対して **SDK** を配布）、消費者サイドから収益化を取るといふ **B2C** 市場を想定した図 3 とは逆の状況となっている。コマツの **KOMTRAX** は建設業に特化したシステムであり、**SAP** のようなユーザーベースの広がりを期待しにくい。従って、ユーザーデータを用いたタイプ 3 のプラットフォームから、生産者ベースのエコシステムも活用したタイプ 1 への移行のメリットは小さい。

生産者間やネットワーク間に競争がある場合は、**Tipping** 現象がさらに起きにくくなる。ネットワーク間競争の場合、消費者サイドにおける規模縮小、利益率の低下から、(ERP マーケットにおいて独占状況といえる) **SAP** のように生産者価格を下げ、消費者サイドで収益化するというモデルが成立しにくくなる。生産者サイドの競争が厳しくなると、生産者サイドから見たプラットフォームのエコシステムに参画するインセンティブが下がり、それを補うためにプラットフォームの所有者は生産者に対してより大きなインセンティブを与える（プラットフォームのコントロール度を下げてオープンにする）必要がでてくる (Parker et al., 2018)。それに応じてプラットフォーム上のサービスの多様性が広がるな

ど質の向上が望めなければ、消費者サイドの価格を上げることはできない。従って、プラットフォームの所有者（キーストーン企業）は、生産者（ニッチ企業）の多様性を維持することがプラットフォーム上のエコシステムを有効に機能させるために重要である（Iansiti and Levien, 2004）。そのためにはプラットフォームにおいて提供される経営資源がある程度汎用性があり、様々な生産者がそのうえで新しい機能やサービスを追加することが可能となるものであることも必要条件となる。

これまでのプラットフォームモデルの成立条件をまとめると以下のようになる。

- ・ 消費者に提供される財・サービスの製品アーキテクチャーが、インテグラル型（垂直統合、パイプライン）とモジュラー型（部品の市場取引）の中間的な性質（部品とプラットフォームに分断されるが相互補完性のあるスーパーモジュラー型）であること。
- ・ 間接ネットワーク効果を発揮できる十分な消費者市場が存在すること。従って、一般的に B2B ビジネスはプラットフォームモデルには適さない（パイプラインモデルとなることが一般的）。
- ・ プラットフォーム間、生産者間の競争が厳しくなると、間接ネットワーク効果をベースとしたプラットフォーム（タイプ 2）は成立しにくくなる。
- ・ 生産者競争を緩和するために、プラットフォームとしては多様な生産者からなるエコシステムを構築することが重要。また、消費者ニーズにあわせたフレキシブルで幅広いサービスが提供されるプラットフォームを構築することが、消費者市場を広げて、間接ネットワーク効果によるポジティブフィードバックにもつながる。

5. 経済のデジタル化とモノづくり競争力に対するインプリケーション

半導体のムーアの法則に従って、コンピュータ能力が爆発的に向上し、インターネットを通じてあらゆる情報やデータが瞬時に伝送されるようになった。特に近年では、機器のセンサー情報がインターネットを介して集められ、モノのインターネット（Internet of Things）が広がることで、製造業の現場でもデジタル化とビッグデータの活用が進んでいる（元橋、2016）。更に、機械学習モデル（人工知能）の発展と普及が進み、画像認識や音声・言語処理などの様々なアプリケーションで人以上のパフォーマンスを発揮するようになった。これらの情報技術が経済活動の様々な局面で利用可能となり、プラットフォームモデルが成立するための制約条件が緩くなった。従って、プラットフォームモデルが、従来型のパイプラインを窮地に追いやる事例が増えている（Van Alstyne et al., 2016）。

一方で、日本の経済規模は、名目 GDP でみると、バブル経済崩壊前の 1990 年から変わっていない。一方、中国やインドなどの新興国は 2000 年以降急速に成長しており、世界経済における日本のシェアは 2000 年の 15% から 2010 年に 9% に下がった。グローバル経済における日本の位置づけが低下するとともに、日本の産業競争力に対する評価も厳しいものになっている。IMD による WCY（World Competitiveness Yearbook）において、日本の競争力は 90 年代前半までは世界で 1 位であったが、90 年代後半から下降をはじめ、最

近では 20 位から 30 位の間で推移している（元橋、2014）。IMD の指標はあくまで一つの見方であるが、1990 年代前半までの日本企業の競争力が、高品質で低価格製品を国際市場に供給できる製造業の生産性の高さにあったことは間違いない。現場のモノづくりの強みに支えられてきた日本の製造業の国際競争力の後退は、経済のデジタル化とプラットフォームビジネスモデルの進展と関係あるのだろうか？ここでは、財・サービスの供給面（競争力、生産性）に着目して、デジタル化、プラットフォームのパイプラインに対する比較優位、モノづくり競争力に対するインプリケーションについて述べたい。

まず、デジタル化が加速化するプラットフォームと従来型ビジネスを **Disruption** 事例としては、デジタルプロダクト（新聞広告→インターネット広告、ビデオレンタル→オンラインオンデマンドサービス等）や **O2O (Online to Offline)** プラットフォーム（リアル店舗→電子商取引、タクシー→**Ride Hailing** サービス、ホテル→民泊事業、等）に関するものが多い（McAfee and Brynjolfsson, 2017）。これらはそのほとんどが **B2C** ビジネスであり、膨大な消費者サイドの潜在需要から生産者サイドへの間接ネットワーク効果（スピルオーバー効果）をうまく活用した事例といえよう。また、これらのサービスは利用が増えることで利用者間の口コミでサービスレベルが向上するという面で消費者サイドの直接ネットワーク効果も見られる。従って、直接、間接、両面のネットワーク効果が相まって、ある程度の消費者サイドの規模が確保できれば急速に利用拡大が進む **Tipping** 現象が見られる（タイプ 1 プラットフォーム）。

一方で、経済のデジタル化がモノづくりなどの産業競争力へ及ぼす影響について検討するためには、生産者サイドを含めた供給サイドの特性についても検討することが必要となる。前節では自動車のようなインテグラル型の製品アーキテクチャーの製品については、プラットフォーム化のコスト（生産者における **Permissionless Innovation** に伴うリスク）がメリット（**Permissionless Innovation** のスピードと多様性）を上回ることを指摘した。なお、自動車においても、カーナビやカーステレオなどのインフォテインメントについては、スマートフォンとの接続機能を設けるなど、モジュール化の動きが見られる。しかし、走行性能や安全性などの基幹的な機能については中央集権的なコントロール状態で、タイプ 2 のプラットフォームモデルを取り入れる動きは見られない。

車載技術のデジタル化は進んでおり、自動車の走行制御やステアリング機能もデジタル制御によって実現されるようになっている。そのための制御装置（ECU）やエンベッドソフトウェア、車内通信システムなどハードウェアの対するソフトウェアの比率は高まっているが、ハードウェアとソフトウェアが一体となって車全体の機能が実現されるという状況が変わらない限り、タイプ 2 のプラットフォーム化におけるコスト > メリットの図式は変わらない。この状況が電気自動車になると変化するのではないかという見方もある。しかし、製品全体としてのモジュラー化（モーター、バッテリー、インバータなど主要部品の組み合わせ）がある程度進むとしても、やはり製品全体としての安全性、機能を考えるとプラットフォーム機能 + **Permissionless Innovation** のエコシステムの図式は考えにくい。

この議論をより一般化するために、バーチャルなデジタルシステムと物理的な機械システムの根本的な違いを明らかにしたい。デジタルコンテンツやデジタルデータの特長は、0と1で記述されており、完全な複製が可能であり、インターネット上でデジタル信号としてコストなしで瞬時の移動が可能である（Free, Perfect, Instant の3条件、McAfee and Brnjolfsson, 2017）。また、これらのデジタルデータを経済的に価値のある情報に変換するソフトウェアは、曖昧さのない論理的なプロセスで記述されている（池田、2002）。従って、共通的に活用できるアルゴリズムを切り出して、再利用するモジュール化を行いやすい。一方で、物理的な機械システムにおいては、構成部品間のバランスを取ることで最終製品の機能を引き出すことが可能になる。要求される機能も多元的であり（例えば、車でいうと走行安定性、省エネ・軽量化、走行静粛性など）、すべての機能を向上させるために曖昧さのない論理的プロセスが存在しない。従って、個々の部品（モジュール）のコーディネーションなしにシステム性能の向上を実現することが難しいのである（Whitney, 1996）。機械システムのデジタル化（ソフトウェア化）は進んでいるが、デジタル部分はあくまで質量をもった人工物を機能させるためのものであり、上記の物理的な機械システムの特性を根本的に変えるものではない。

経済のデジタル化、特に IoT の進展によるモノに関するデジタル情報の取得や蓄積（モノに関するビッグデータの利用可能性）は、モノづくり（機械システムの開発や生産）そのものというより、モノを使ったサービスモデルへの拡張（Servitization）という面で大きな影響を持つ（Vendrell-Herrero et al., 2017）。例えば、コマツの KOMTRAX のように消費者サイドから資本財（建設機械）の利用状況に関するデータを収集し、付加価値サービスを提供することで製品力を強化する活動である。自動車のような耐久消費財においても、同様のアプローチ（例えば、日産が損保会社とタイアップして走行距離数に応じて保険料を徴収するサービス）が存在する。生産者サイドは通常のパイプラインでモノの品質を確保し、消費者サイドのデジタルプラットフォームで付加的なサービスを提供するモデル（タイプ3）は、デジタル化によって製品競争力を一層高めるものといえる（元橋、2016）。

しかし、製造業によるデジタルサービス化（モノをつかったサービス市場の出現）は、製造業以外の競合相手との競争に巻き込まれる側面もある。自動車メーカーの場合は、車を使った移動サービスという観点から見ると Ride Hailing サービスも競合相手となる。また、欧州などでは公共交通機関と Ride Hailing サービスを組み合わせた MaaS（Mobility As A Service）サービスが広がってきており、モノの製品競争力だけを考えてきた戦略の練り直しが必要となる。また、自動運転に力を入れている Google Group (Waymo) などのインターネットプラットフォーマーも将来的には脅威になりうる。スマートフォンプラットフォームに膨大な顧客ベースを有する企業は、その強力なネットワーク効果を武器にして、移動サービスに関するエコシステムに対して大きなバーゲニングパワーを持ちうる。ただ、自動運転サービスについては各国の規制制度の影響を受け、また自動車会社や半導体メーカーも含めた多様な企業のプラットフォーム競争が行われる混沌とした状態にある。また、通信ネ

ネットワークを含めて多層的な Connectivity が必要とされるので、スマートフォンのような 2 社寡占状態のフラットなプラットフォームが形成されるという状況は考えにくい。しかし、自動車メーカーにおいて、これまでの中央集権的なパイプラインモデルとは全く違ったプラットフォームモデルをベースとした競争戦略の重要性が高まっていることは間違いない。ここまでの検討状況を図 4 にまとめた。

	消費者サイド 直接NW効果有		消費者サイド 直接NW効果無
消費者—生産者 間接NW効果有 (両面市場)	プラットフォーム(Type1) (インターネットプラット フォーマー型)	← ③消費サイ ドNW化?	プラットフォーム(Type2) (生産者エコシステ ム型)
	↑ ②統合 サービス化?		✕ ハード vs ↑ ソフト
消費者—生産者 間接NW効果無	プラットフォーム(Type3) (IoTデータ活用型)	← ①BD活用	パイプラインモデル

(図 4) デジタル化とプラットフォーム化の関係

まず、デジタル化の進展によって自動車のサプライチェーンのようなパイプラインモデルが、タイプ 2 のプラットフォーム (生産者エコシステム型) に移行するかという点 (パイプラインから上への移動) については、最終的製品のハードウェア特性が変わらない限り影響を受けないことを示した。SAP のパートナーシッププログラムのような生産者エコシステムはソフトウェアに特有のモデルといえる。パイプラインモデルは、むしろ製品の利用データを活用することで、タイプ 3 のプラットフォーム化が可能である (パイプラインから左への移動)。この IoT 活用型のプラットフォームモデルは、コマツの事例をはじめとして、自動車のような耐久消費財やジェットエンジンのような資本財において数多くみられる (元橋、2016)。

次に、このタイプ 3 のプラットフォームの発展形として、自動運転技術によるパーソナルモビリティサービスの事例について述べた (Type3 から上への移動)。これは、自動車というモノから、モノをつかった移動サービスへのサービス化 (Servitization) を進化させるとともに、インターネットプラットフォームと接続することでタイプ 1 のプラットフォーム化の可能性を示唆するものである。個々のモノをインプットとした統合サービス化と呼ぶ。このタイプ 3 からタイプ 1 モデルへの進化として、興味深いケースは GE が展開していた Predix である。Predix は GE が強みとしてきたジェットエンジンや風力発電などにお

けるデータ活用モデル（モデル3）を工作機械などの資本財全体に横展開しようという試みである（経団連 21 世紀研究所、2017）。そのため GE データという製造業におけるデータビジネスに関する部門を立ち上げ、Industrial Internet Consortium (IIC) という標準化活動をリードしてきたが、近年、業績不振を原因として事業縮小（従来の個別機器ごとの戦略に後退）を決定した。B2B ビジネスにおいてタイプ1モデルが困難であることは第4節でも述べたが、本当に実現可能性がないのか、より詳細に研究を進めるべき事例といえる。

更に、タイプ2のプラットフォーム（生産者エコシステム型）からタイプ1プラットフォームへの進化（Type2から左への移動）についても可能性としては存在する。SAPのERPシステムについて、ユーザーコミュニティ活動（例えば、SAPシステムのUXを共有）を展開し、消費者サイドにおける直接ネットワーク効果を作り出すことができれば（消費サイドのネットワーク化）、タイプ1に近いより強固なプラットフォームとすることが可能である。ただし、タイプ1のプラットフォームの事例として明確になっているのは、GAFAやBATなどのインターネットプラットフォーマーに限られており、B2Bビジネスにおける成立可能性については明確ではない。タイプ2のプラットフォームにおいてSAPのように消費者サイドが企業顧客（B2Bビジネス）の場合、企業同士が製品市場で競争していることがあるので、B2Cビジネスのように消費者サイドの直接ネットワーク効果を期待しにくい。

6. まとめと今後の研究課題

本稿においては、経済のデジタル化、特に近年ではAI・IoT・ビッグデータによる新しい情報技術の進展が進む中でプラットフォームビジネスの台頭が見られ、その産業組織の変化が、日本企業の強みとされるモノづくり競争力に及ぼす影響を明らかにした。生産者と消費者をつなぐプラットフォームモデルの根源にあるのは、消費者サイドに主にみられる直接ネットワーク効果と消費者サイド、生産者サイドの両面市場に見られる間接ネットワーク効果である。ここでは、それぞれの有無によって、タイプ1（インターネットプラットフォーマー型）、タイプ2（生産者エコシステム型）、タイプ3（IoTデータ型）に分類した。更に、これらに従来型のサプライチェーン（パイプライン）モデルを加えた4つのビジネスモデルの経済的優位性とデジタル経済の進展との関係について検討した。その結果として、自動車産業に見られるパイプライン型のモデルが、経済のデジタル化によってタイプ2の生産者エコシステム型にとって替わられる可能性は低く、逆にタイプ3のIoTデータ型に移行することで、製品・サービスが一体となった競争力（顧客価値）を強化することが可能であることを示した。

しかし、長期的には、個々の製品ごとに市場が分断されているタイプ3のモデルが、より上位概念のサービスモデルに統合化されることにより、タイプ1プレイヤー（GAFAやBATなどのインターネットプラットフォーマー）との競争に晒される可能性を指摘した。また、生産者エコシステム型（タイプ2）のプラットフォーマーの所有者は、消費者サイドのネットワーク効果を引き出すことで、タイプ1へアップグレードする可能性も考えられる。タイ

タイプ1とタイプ2のビジネスタイプは、B2CとB2Bと大きく異なるが、タイプ1プレイヤーがB2Bビジネスへの進出する事例（例えばAmazonのロジスティックビジネス、Tencentのブロックチェーンによるスマートコントラクト事業）も見られ、業種の垣根を超えた競争が進む混沌とした状況となっている。

本稿においては、デジタル化とプラットフォームモデルの関係にフォーカスして、モノづくり競争力との関係について述べてきたが、日本の産業競争力という観点からは、関連した問題として他にも重要な論点がある。ここでは、これらの問題について、今後の検討課題として述べることで本稿の締めくくりとしたい。

まず、B2Bビジネスにおけるタイプ1プラットフォームの実現可能性に関する研究である。現行のタイプ1のインターネットプラットフォームにおいては、消費者サイドの個人情報に関するビッグデータが生産者に対する間接ネットワーク効果（スピルオーバー効果）として働いている。大量の個人データは広告などのマーケティングに活用可能であるからである。しかし、消費サイドがビジネスユーザーの場合（例えば、コマツやGEの資本財ユーザー）、データの用途は当該機器（コマツの建設機械やGEのジェットエンジン）に限られたものとなり、生産者（他の事業者）に公開してエコシステムによるイノベーションを進めるメリットが小さい。データ活用に必要となる業界ドメイン知識を有しているのは競合他社になるが、これらの企業の自社データのアクセスを許すことは競争戦略上あり得ない。GEはPredixというプラットフォーム構想を打ち立てて、まさしくIndustrial Internetというタイプ1のプラットフォーム構想を進めようとした。ここではデータアクセスではなく、産業機器に関するビッグデータ解析を行うための分析モジュール（大型設備のメンテナンスを効率的に行うAPM（Asset Performance Management）や運転支援システムなどの機能）を共通的な経営資源として生産者サイドと消費者サイドをつなぐエコシステムを構築しようとした。しかし、データ（機器）所有者との関係で生産者に対するデータアクセスを許可できないので、間接ネットワーク効果が十分ではなく、Tippingが起きる規模に至らない状況で事業撤退に至った。

図4でいうと、②統合サービス化の失敗事例の一つであるが、モノのインターネット（IoT）の世界で②は不可能なのであろうか？もし、そうだとすると、資本財や耐久財メーカーはタイプ3のプラットフォームをしっかりと構築することで、タイプ1の個人情報をベースとしているインターネットプラットフォーマーからの事業参入を阻止する戦略が適当であるということになる。しかし、ドイツにおいては、CPS（Cyber Physical System）というデジタルとモノの融合的なシステム概念をベースに、IoTのアプリケーション毎（モビリティ、スマート生産システム、スマートシティなど）にネットワーク化・標準化を進める動きがある（ACATECH, 2015）。この産学連携による機器や製品ごとに情報が分断されたB2Bの世界をインターネットのように統合的でフラットな世界に変貌させる可能性を持つ。このIndustrie4.0に向けた一連の動きを念頭に置きながら、モノのインターネットにおけるタイプ1プラットフォームの実現可能性について、間接ネットワーク効果の分析やガバナンス

ス構造の検討など行うことで研究を進めることが重要である。

上記の問題について検討するためには、①生産者サイド（供給サイド）における多様な生産者を引き付ける誘因、と②多様なエコシステムが形成されることの消費者サイドの財・サービスに対する魅力度（留保価格）のバランスについて理論的な整理が必要になる。まず、①については、エコシステム全体におけるプラットフォーム機能の付加価値の生産者の付加価値に対する相対的な大きさが影響する。世界のプラットフォームビジネスに関する包括的な調査を行った UCL のガワー氏らは、生産者サイドの経営資源の貢献度が大きい **Asset Heavy** 型（GE の **Predix**、サムソンの **Tizen** など）、それとは対極的にプラットフォームの共有的経営資源が重要な **Asset Light** 型（Google, Uber など）、その中間的な存在である **Mixed** 型（Apple, Amazon など）の3つに分類している（Evans and Gawer 2015）。生産者サイドの **Asset** が重たくなるほど、プラットフォーム機能に対する求心力が働きにくくなり、タイプ1やタイプ2のプラットフォームを形成しにくくなる。このプラットフォームの種類の違いは、プラットフォームビジネスの供給構造から、共通的な経営資源をどのように切り分けることができるか（モジュール化することができるか）という問題に帰着し、製品アーキテクチャーやそれに関連する産業アーキテクチャーに立ち返って、研究すべき問題に帰する。

また、①についてはプラットフォームのオープン度も影響する。例えば、Bourdreau (2010)は、携帯用データデバイス（**Handheld Computer**）について、プラットフォーム所有者の、機器メーカーに対するOSに関する知財ライセンスポリシーなどでオープン度を定義し（例えば、外部にライセンスしない（自前で機器開発）、特定のパートナーのみへのライセンス、不特定・無差別にライセンス）、製品開発（イノベーション）パフォーマンスとは逆U字型の関係にあることを示している。また、オープン度をエコシステム全体からのプラットフォームと生産者の利益配分率で定義し、オープン度とイノベーションパフォーマンスの関係について、モデル分析を行った事例も存在する（Parker et al., 2017, Parker and Van Alstyne, 2018）。オープン度（生産者の取り分）を増すと生産者の利得という面では生産者の開発インセンティブが増すが、逆に生産者の数が増えることで生産者間の競争が激化し、開発インセンティブに対してマイナスの面もある。従って、モデル分析からも、最適なオープン度（完全にオープンでもクローズでもない中間的なオープン度）が導かれている。

更に②は、そもそも上記で見た多様な生産者による開発競争がエコシステムとして提供される財・サービスから得られる期待利益をどの程度高めることができるのか、という根源的な問題である。この点は、デジタル化によるモノづくりのサービス化（**Servitization**）に関する研究と密接に関係している。GEの**PREDIX**やコマツの**KOMTRAX**でみたように、製品そのものにデジタルデータを活用した付加価値サービスを付加することで、**B2B**のモノづくりにおいてもプラットフォームモデルの可能性が見えてきた。モデル1やモデル2のように①と②の両者のバランスが取れたビジネスモデル（間接的ネットワーク効果によるポジティブフィードバック効果の顕在化）がありうるかという問題について、上記の知見

も用いながら解き明かす作業が必要である。

2 番目の研究課題として、デジタルプラットフォームの進展との関係で、日本の経済システムやイノベーションシステムのあり方について述べたい。日本の経済システムは、企業間の長期的な取引関係や安定的な労使関係などの市場以外の取引メカニズム（Non Market Mechanism）が、製品市場や労働市場などの市場メカニズム（Market Mechanism）と比べて相対的に重要であるといわれている（Hall and Soskice, 2001）。その結果として、一般的に持続的なイノベーションに比較優位があり、破壊的なイノベーションには弱いという特徴がある（元橋、2014；Kwon and Motohashi, 2017）。個人データを背景に急成長したタイプ 1 のインターネットプラットフォーマーの世界で、日本企業は完全に出遅れてしまった。すでに大きなネットワーク効果が存在する現状において、巻き返しをするのは残念ながら不可能に近いといえる。しかし、自動車産業や工作機械などのモノづくりやデータ活用型のタイプ 3 のプラットフォームにおいて日本企業は比較的高い競争力を有している。デジタルとモノの進展が進む中で、日本型システムの強みを生かすための戦略は何か、また弱みを克服するためのどのような制度改革が必要になるのか、を明らかにするための研究が必要である。

CPS に向けた標準化が進むことを前提とすると、B2B 分野にもプラットフォームモデルの実現可能性が高まる。プラットフォームモデルにおいては、コアとなる共通の経営資源と生産者エコシステムによって実現される部分の切り分けが必要となる。しかし、この切り分けにおいてインターフェースがオープンになっている完全にモジュラーな状態ではなく、プラットフォームの所有者の一定のコントロールの下、生産者が Permissionless なイノベーションが展開できる環境が必要である。そのためには、エコシステムをコーディネートしてビジネスモデルとして作り上げるための統合的な能力（Integration Capability）が必要となる（Helfat and Raubitschek, 2018）。日本企業は、複雑な機械システムを開発するための統合能力には優れたものがある。しかし、異業種のプレイヤーも含めたエコシステムのダイナミズムを作り出すオーケストレーション能力においては、足りない部分が多いかもしれない。また、CPS によるモノづくりのプラットフォーム化が進むとしたら、そのスピードについていけるかどうかも問題となる。

更に、インターネットプラットフォーマーの台頭やデジタル化が進んでいる米国企業やインダストリー4.0 を旗頭として製造業におけるサイバーとフィジカルの融合を進めるドイツ企業と比較すると、日本企業のデジタルトランスフォーメーションの動きでまだ遅れているといわざるを得ない。前述したモノづくり中小企業のデジタル化とオープンイノベーションに関する RIETI 調査は、ドイツの研究機関（ZEW）の協力を得て日独の比較分析も行ったが、ここでも日本企業のデジタル化への取り組みについてドイツ企業に水をあけられていることが明らかになった（Motohashi and Rammer, 2020）。ただし、同時に、日本企業はサプライヤーなどのビジネスパートナーとの協創（Co-innovation）はドイツ企業と比べて一日の長があることが分かった。この経済取引に関するネットワーク構造の強い

紐帯における強みを、市場取引とパイプラインの中間的な位置づけにあるプラットフォームモデルの中でどう生かしていくか、そのために大きな障害となっている現行の日本型経済システムをどのように改革していく必要があるのか、研究を進める必要がある。

(参照文献)

- Acatech (2015), Living in a network world: Integrated research agenda, Cyber-Physical-System, Eva Geisberger and Manfred Broy eds, Acatech Study March 2015, Germany
- Baldwin, C. Y. (2019) “Platform Systems vs. Step Processes—The Value of Options and the Power of Modularity,” HBS Working Paper (January 2019)
- Baldwin, C. and K. Clark. (2001), *Design Rule : The Power of Modularity*, MIT Press, Cambridge MA
- Boudreau, K. (2010), Open Platform Strategies and Innovation: Granting Access vs. Devolving Control, *Management Science*, 56(10), 1849–1872
- Ceccagnoli, M., Forman, C., Huang, P. and D. J. Wu (2012), Cocreation of Value in Platform Ecosystem: The Case of Enterprise Software, *MIS Quarterly*, 36(1), 263-290
- Cerf, V. (2012), Keep the Internet Open, *New York Times*, May 24, 2012
- Evans, P. C. and A. Gawer (2015), The Rise of the Platform Enterprise: A Global Survey, The Emerging Platform Economy Series No. 1, The Center for Global Enterprise
- Hall PA and Soskice D. (2001), *Varieties of Capitalism: The Institutional Foundations of Comparative Advantage*. Oxford University Press; 2001.
- Helfat, C. and R. Raubitschek (2018), Dynamic and integrative capabilities for profiting from innovation in digital platform-based ecosystems, *Research Policy*, 47, 1391-1399
- Gawer, A. and M. Cusumano (2013), Industry Platforms and Ecosystem Innovation, *Journal of Production Innovation Management*, 31(3) : 417-433
- Jacobides, M., Cennamo, C. and A. Gawer (2018), Towards a theory of ecosystem, *Strategic Management Journal*, 39, 2255-2276
- Iansiti, M. and R. Levien (2004), *The Keystone Advantage: What the New Dynamics of Business Ecosystems Mean for Strategy, Innovation, and Sustainability*, Harvard Business School Press, Boston, MA
- Katz, M. and C. Shapiro (1985), Network Externalities, Competition and Compatibility, *American Economic Journal*, 75(3), 424-440
- Kwon S. and K. Motohashi (2017), How institutional arrangements in the National Innovation System affect industrial competitiveness: A study of Japan and the U.S. with multiagent simulation", *Technological Forecasting and Social Change*, 115, 221–235
- McAfee, A. and E. Brynjolfsson (2017), *Harnessing our Digital Future: Machine, Platform and Crowd*, W. W. Norton & Company, New York

- Milgrom, P. and J. Roberts (1990), Rationalizability and learning in games with strategic complementarity, *Econometrica*, 58(6), 1255-1278
- Motohashi, K. and Rammer, C. (2020), Digitalization and New Product Development in Manufacturing SMEs: A Comparative Study of Germany and Japan, RIETI Policy Discussion Paper Series 20-P-007
- Mayer-Schonberger, V. and K. Cukier (2013), *Big Data: A revolution that will transform how we live, work and think*, John Murray Publisher, Great Britain
- Parker, G. and M. Alstyne (2018), Innovation, Openness and Platform Control, *Management Science* 64(7) : 3015-3022
- Parker, G. and M. Alstyne (2005), Two-sided Network Effects: A Theory of Information Product Design, *Management Science*, 51(10), 1494-1504
- Parker, G., M. Alstyne and X. Jiang (2017), Platform Ecosystems : How Developers Invert the Firm, *MIS Quarterly*, 41(1), 255-266
- Raysman, M. (2009), The Economics of Two-Sided Markets, *Journal of Economic Perspectives*, 23(3), 125–143
- van Alstyne, M., Parker, G. G. and Choudary, S. P. (2016), Pipelines, Platforms and the New Rules of Strategy, *Harvard Business Review*, April 2016
- Vendrell-Herrero, F., Bustinza O., Parry, G. and N. Georgantzis (2017), Servitization, digitalization and supply chain interdependency, *International Marketing Management*, 60(2011) 69-81
- Whitney, D. (1996), Why Mechanical Design Cannot be like VLSI Design, *Research in Engineering Design*, 8, 125-138
- 浅沼万里 (1997)、『日本の企業組織 革新的適応のメカニズム—長期取引関係の構造と機能』、東洋経済新報社、1997年6月
- 池田信夫 (2002)、デジタル化とモジュール化、『モジュール化 新しい産業アーキテクチャーの本質』第4章 (青木昌彦、安藤晴彦編)、東洋経済新報社、2002年3月
- 絹川真哉・田中辰雄・西尾好司・元橋一之 (2015)、「ビッグデータを用いたイノベーションのトレンドと事例研究」、RIETI Policy Discussion Paper Series 15-P-015、2015年10月
- 経団連 21世紀政策研究所(2017)、『イノベーションエコシステムの研究：オープンイノベーションからいかに収益をあげるか』、21世紀政策研究書報告書、2017年2月
- 元橋一之 (2016)、「日本の製造業におけるビッグデータ活用とイノベーションに関する実態」、RIETI Policy Discussion Paper Series 16-P-012、2016年10月
- 元橋一之 (2014)、『日はまた高く 産業競争力の再生』、日本経済新聞出版社、2014年2月