

IoT 時代に向けた我が国イノベーションモデルの再構築に向けて(1)

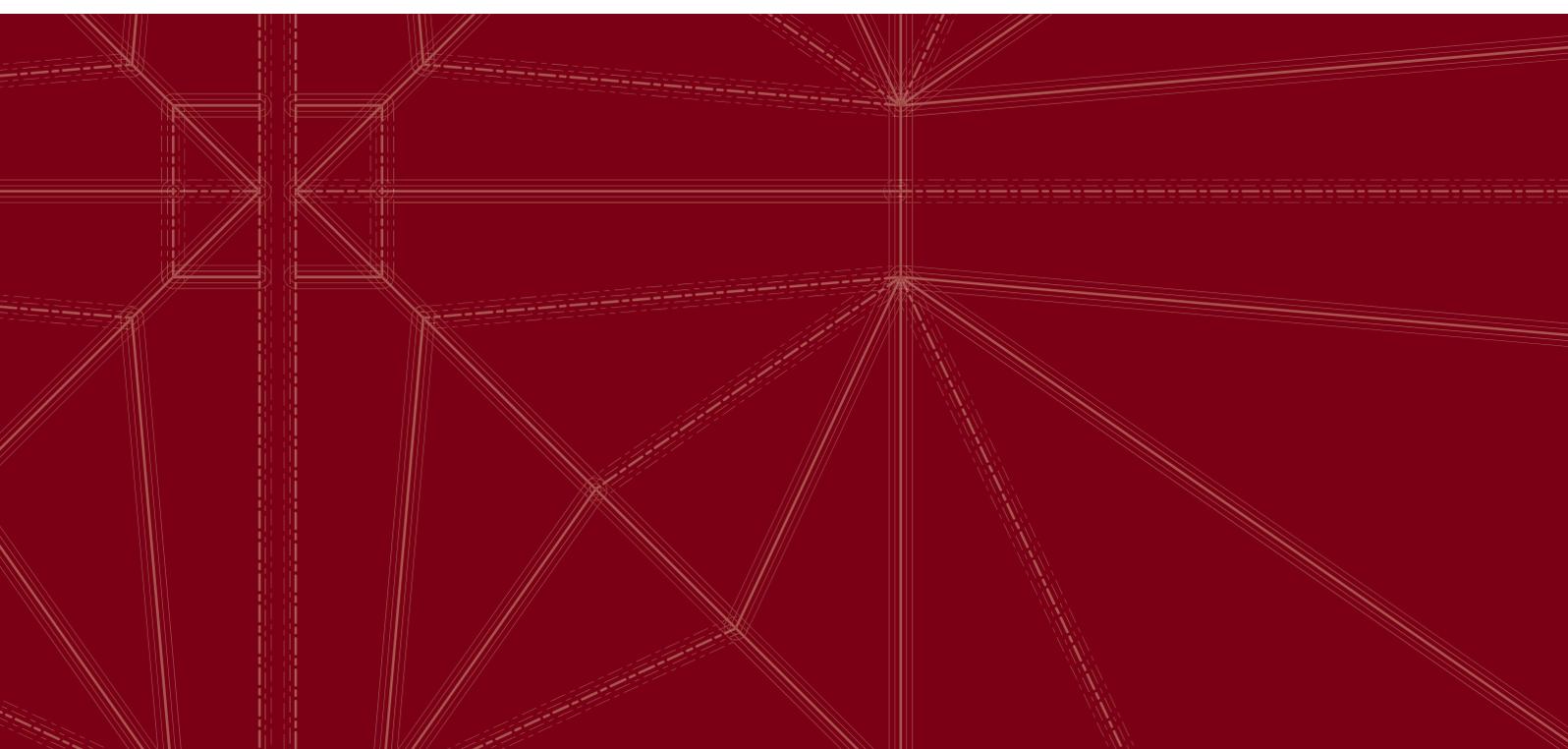
イノベーションモデルの再構築が必要となった背景と新たな方向性

Reconstruction of Japanese Innovation Model for the IoT Era(1)

Background of the Reconstruction and Proposal Direction

上條 健 東京大学ナノ量子情報エレクトロニクス研究機構 特任教授

小川紘一 東京大学政策ビジョン研究センター 客員研究員(シニア・リサーチャー)



IAM Discussion Paper Series #42

IoT時代に向けた 我が国イノベーションモデルの再構築に向けて(1)

イノベーションモデルの再構築が必要となった背景と新たな方向性の提案

Reconstruction of Japanese Innovation Model for the IoT Era (1)

-Background of the Reconstruction and Proposal of Direction for New Innovation Model-

2018年2月

上條 健

東京大学ナノ量子情報エレクトロニクス研究機構
特任教授

小川 紘一

東京大学政策ビジョン研究センター
客員研究員 (シニア・リサーチャー)

IAM

Intellectual Asset-Based Management

東京大学 知的資産経営研究講座

Intellectual Asset-Based Management

Research and Education Program

The University of Tokyo

※ IAMディスカッション・ペーパー・シリーズは、研究者間の議論を目的に、研究過程における未定稿を公開するものです。当講座もしくは執筆者による許可のない引用や転載、複製、頒布を禁止します。

<http://pari.u-tokyo.ac.jp/unit/iam/index.html>

要約

本稿の目的は、IoT 時代に向けた我が国イノベーションモデルの在り方について、新たな方向性を提案することにある。1990 年代から続く経済低迷を抜け出し、再び成長軌道に乗せる最も効果的な処方の一つが、イノベーションによる新たな市場の発見・創出とその連鎖による付加価値生産性の向上である。

本稿が焦点を当てる革新的技術や革新的製品を起点にこれを語れば、我が国は 1990 年代から今日まで、GDP の 3.3% から 3.8% (15 年で約 200 兆円) という先進国でもトップクラスの巨額資金を研究開発に投資し、革新的な技術や製品を次々に生み出してきた。しかしながらいわゆる“技術進歩”の経済成長への寄与を表現する全要素生産性(TFP)が、1990 年代からマイナスに転じた。2000 年代になってプラスになったもののその寄与率は 1970 年代や 1980 年代の 1/3 から 1/4 に過ぎない。1990 年代以降から、技術進歩を付加価値や経済成長に結びつけるメカニズムに大きな構造転換があったと考えざるを得ない。

第一章と第二章では、構造転換の背後にデジタル化の進展とこれがもたらす製品アーキテクチャーの転換、およびアーキテクチャー転換が加速するビジネス・エコシステム型産業構造の進展があり、ここからグローバル市場の競争ルールが一変した、という仮説を立てて議論を進めた。産業構造が変われば市場の競争ルールが変わる。経済成長モデルもイノベーションモデルも変わる。

第三章では、これまで我が国の政策を支えた新古典派経済学の系譜の代表的な経済成長論を 21 世紀の IoT 時代から批判的に検討し、これが 1990 年代から機能不全となっていたと主張する。確かに Arrow や Romer の内生的成長理論には、Solow や Lucas とは異なり、知的財産権を起点にしたオープン&クローズという考え方の萌芽はあった。しかし産業構造が変われば理論が機能不全になるという視点はいずれの成長論にも無い。

グローバル市場で 100 年に一度とも言うべき産業構造の転換が 1990 年代に起きた。これがオープンなエコシステム型産業構造の出現であり、技術進化を付加価値や経済成長に結びつけるメカニズムも、エコシステムを前提にして再構築が必要となった。

本稿の 4 章では再構築の方向性を、進化経済学の系譜に連なる Freeman、Ruttan、Arthur、Henderson & Clark などのイノベーションモデルに求め、6 章で論考した。また 5 章でその課題も論じた。

21 世紀の IoT 時代は、Romer の思想による革新的な技術や革新的な製品の開発など、いわゆるコンポーネント型イノベーションだけでは不十分であり、開発の成果をエコシステム型産業構造の中で付加価値生産性に結びつける新たなメカニズムが必要。

これが本稿で着目するアーキテクチャー思考のイノベーションであり、自社とパートナーとの境界、エコシステム構造や市場構造、モノ/Asset 空間とサイバー空間で価値形成の機能分担・連携、ネットワーク効果、プラットフォーム効果、経路依存性効果、ロックイン効果、限界費用ゼロの効果および消費者学習効果などの事前設計からはじまる。

何れも競争ルールを自らの手で自社優位に決める為の一連の行為であり、背後でこれを

支えるのがオープン&クローズの戦略思想と知的財産マネジメント、契約マネジメントである。我われはこれをそれぞれの企業の実態に合わせて取り込めばよい。

ドイツが進める Industrie4.0 は、アーキテクチャー思考を前面に出し、主たる価値形成の場をサイバー空間へシフトさせるイノベーションモデルである。中国が 2015 年にスタートさせた中国製造 2025 の政策は、コンポーネント型とアーキテクチャー思考を連動させたイノベーションモデルである。

中国が同時に進める Internet Plus のイノベーション政策では、主たる価値形成の場がサイバー空間に位置取りされ、アーキテクチャー思考があってはじめて機能する。特に Internet Plus が加速させる Online to Offline (O2O) の価値形成するモデルは、国境を跨いで繋がるスピードが非常に速いという意味で、一帯一路を経由して新興国や途上国へ急速に広がるであろう。

いずれの国でも、新たなイノベーションモデルへの切り替えが始まった。日本が進める Society5.0 もこれまで日本に無かった Innovation Facilitation Platform であり、期待も大きい課題も多い。まずわくわくするような期待を形成し、オープンなデータ交易市场としてのルールとインフラを整備して利用コストを下げ、若いイノベティブな人財が結集し易い仕組み作りが求められる。

キーワード

外生的成長理論、内生的成長理論、進化経済学、イノベーションモデル、コンポーネント型、アーキテクチャー思考、ネットワーク効果、経路依存性、ビジネスプラットフォーム、オープン&クローズ戦略、IoT、エコシステム型産業構造、Internet Plus、サイバー空間、Society5.0、API エコノミー

目次

1. 本稿の背景、問題意識、基本メッセージ
 1. 1 日本の電機産業で起きた産業構造の転換
 1. 2 製造業を直撃した“円高を良し”とする為替思想
 1. 3 旧来のJカーブ効果が機能しないエコシステム型産業構造
 1. 4 エコシステムの中のイノベーション思想とオープン&クローズ戦略、および経営者の役割
 1. 5 論点整理および本稿の今後の展開に向けて
2. TFPから見た1990年代の日本経済
3. 新古典派経済学の視点に立つ技術進歩と経済成長の関係
 3. 1 新古典派経済学に連なる系譜が創り出した経済成長論
 - 1) Solowの外生的経済成長モデル,
 - 2) Arrowのラーニングモデル
 - 3) Romerの内生的成長モデル
 - 4) Lucasの人的資本型内生的成長モデル
 - 5) Grossman & Helpmanによるグローバルエコノミーへの拡張
 3. 2 その後の成長モデル
 3. 3 新古典派経済学に連なる成長理論と現実とのギャップ
4. 進化経済学の系譜が創り出したイノベーションモデル
 - 1) Dosiのパラダイム/技術軌道のイノベーションモデル
 - 2) Freemanのネットワーク型イノベーションモデル
 - 3) Ruttanの経路依存性モデル
 - 4) Arthurの経路依存性とロックインモデル
 - 5) Henderson & Clarkによるアーキテクチャー型のイノベーションモデル
5. イノベーションモデルの変遷と組織能力
6. イノベーション思想の系譜とIoT時代に向けた日本の方向性
 - 1) 内生的成長理論に基づくイノベーションモデルの貢献と限界
 - 2) ネットワーク構造を持つアーキテクチャー思考イノベーションへの移行
 - 3) IoT時代に向けた新たなイノベーションモデルの構築に向けて Society5.0への期待と課題

参考文献

1. 本稿の背景、問題意識、基本メッセージ

本稿の目的は、IoT時代に向けた我が国イノベーションモデルの在り方について、新たな方向性を提案することにある。本稿が焦点を当てるのは、いわゆる技術進歩が雇用や付加価値生産性、経済成長に結びつく一連の仕組みの再構築であり、これをイノベーションモデルと定義して使う。イノベーションの連鎖は技術進歩に投資した資金が回収されて初めて起き、雇用や生産性の向上に貢献する。回収率の高さがイノベーション連鎖のペースを上げ、持続的な経済成長に貢献する。¹

1970年代から1980年代まで、日本企業が生み出す多くの製品がグローバル市場で強い競争力を持ち、国内の雇用と経済成長へ多大な貢献をした。オイルショック後であってもGDPに対する製造業の寄与率が25%を超える。特に電機産業の寄与が非常に大きかった。プロダクト・イノベーション²が、日本の得意とするプロセス技術を背景として、そのまま付加価値生産性を高める良き時代だったのである。

¹ 本稿では“科学技術”や“基礎科学”重視というキーワードの背後にある領域には踏み込まない。しかし決して軽視するわけではない。“科学技術”や“基礎科学”と本稿を繋ぐ橋は次稿(1)や(2)で架けてみたい。

橋を架けるための第一の視点は、イノベーション連鎖に貢献しない技術進歩はT. Kuhnの言うアノマリーであり(Kuhn, 1962)、アノマリーの蓄積が新たなパラダイムへ向かうという考え方である。第二の視点は、例えグローバルにパラダイムシフトを起こす技術進歩であっても、技術進歩へ投資した人/企業/国が投資を回収できなければイノベーション連鎖が起きないという主張である。本稿で繰り返すように、特に電機産業で投資を回収できない事態が1990年代から次々に起きた。3人もの日本人がノーベル賞を受賞したLEDの領域も決して例外ではなかった。投資が回収できないから雇用も生産性も上がらない。回収できないからイノベーション連鎖が起きず経済が成長しない。第三の視点が本稿であり、回収率を高める仕組みが100年ぶりに変わってしまい新しいイノベーションモデルが必要という主張である。

第二次経済革命が約100年前の19世紀末にドイツで起きたのは、ドイツが官民挙げて基礎研究(アカデミアでの人材育成も含む)に投資し、同時に所有権/知的財産権が進化して投資に対する企業の収益率(投資回収率)も社会全体としての収益率も高くなるのが、国民の間で広く共有されたからである(この視点は基本的に現在のアメリカでも中国でも変わらない)。収益率の高さがイノベーション連鎖を起こしてイノベーションのペースを加速させ、第二次経済革命になって行く。収益率を高くする従来までのメカニズムが1990年代から一変した。

² 本稿では、技術進歩に基づく新たな製品開発や新たな機能・品質の創出を、包括的にプロダクト・イノベーションと定義する。この技術進歩には、生産関数ベースのイノベーションを象徴する製造技術や生産技術の進歩も含む。

しかしながら製品設計の細部にデジタル技術が深く介在する 1990 年代に、電機産業の製品アーキテクチャーが一変。ここからグローバル市場の競争ルールが変わり、日本企業の勝ちパターンが機能不全となった。これまで信じて疑わなかった成長モデルもフルセット垂直統合型の企業制度も、一瞬にして経済合理性を失う事態となったのである。その背後に、100 年に一度とも言うべき大規模な産業構造転換（第三次経済革命）があった。³

技術進歩が経済成長の牽引役であることは、イノベーションが技術革新と称されることから明らかである。日本の技術進歩は、経済成長の低下が観測され始めた 1990 年代以降であっても先進国のなかで高いレベルを維持した。しかしデジタル化が急速に進む 1990 年代の電機産業で、産業構造がビジネス・エコシステム型へ変わってしまった。

これが 2010 年代になると、価値形成の主たる場がモノ/Asset 空間からサイバー空間へシフトしてしまうなど、モノ造りの高度化や技術進歩以外の他の多くの要因が、価値形成メカニズムや産業競争力へ大きな影響を与えるようになっていた。

技術進歩を経済成長へ結び付けるにはイノベーションモデルの再構築が必須となっていたのである。⁴

本稿ではこの事実を具体的な事例で示しながら旧来型の成長モデル（イノベーションモデル）の限界を明らかにし、我が国の高度な技術資産や製品資産（Asset）を経済成長に結びつけるためには、進化経済学の系譜に連なる新たなイノベーション思想が必要となったことを強調する。

1. 1 日本の電機産業で起きた産業構造の転換

大企業を中心とするフルセット垂直統合型の企業制度が、1990 年代から経済合理性を失う。デジタル化によって産業構造がビジネス・エコシステム型へ転換し、価値形成のメカニズムが変わってしまったからである。エコシステム・パートナーが持つ多くのコンポーネントを組み合わせ結合させて全体最適へ向かう、いわゆるアーキテクチャー思考によるイノベーションが、価値形成で重要な役割を担うようになった。

ここからグローバル市場の競争ルールが一変し、いわゆる“技術進歩”が経済成長に

³ 脚注 2 では 19 世紀末に第二次経済革命の背景を紹介した。その 100 年後の第三次経済革命の背景については小川 (2015) の第 1 章を見て頂きたい。

⁴ イノベーションという言葉は非常に広い概念を持ち、一般的には「社会に価値をもたらす革新」と定義される（例えば一橋大学イノベーション研究センター編『イノベーション・マネジメント』第 1 章、p. 17）。しかし本稿では、特に産業領域に焦点を当ててイノベーションモデルを取り上げ、これを「技術進歩が付加価値生産性や雇用、経済成長に結び付けるモデルの革新」と定義して使う。

貢献するメカニズムも変わった。要素技術や完成品など、コンポーネントのイノベーションが経済成長に直結することを想定したイノベーション論が、1990年代後半の電機産業でから機能不全となったのである（アメリカでは1980年代の後半から）。

それまでの、要素技術のレベルや中間財のレベル、あるいは完成品のイノベーションが付加価値生産性を高めて国の雇用や経済成長に貢献するはず、という旧来型のイノベーションモデルが終焉した。

少なからぬ識者や経営者が電機産業の衰退をイノベーションの不足のせいにし、あるいは後知恵でリーマンショックのせいにしてきた。しかしながら1990年代の日本は、電機産業に自動車産業とほぼ同等の研究開発投資をしてきたのであり、それでも多くの主要製品で、リーマンショック前の2000年代初期からすでに貿易収支が赤字に転落していた。また同時に日本の地方から工場が消え、電機産業が国の雇用にも経済成長にも貢献しなくなっていたのである。

我々が、新たな成長モデルあるいは新たなイノベーションモデルを必要とする時代を迎えたことが、ここからも理解されるであろう。

1. 2 製造業を直撃した“円高を良し”とする為替思想

これに追い打ちをかけたのが円高である。名目為替レートが1ドル80円を切って超円高となるリーマンショック直後はもとより、1990年代末から2000年代初期の円高時であっても自動車産業さえ生産拠点を海外へシフトせざるを得ない状況に置かれた。⁵

自動車の生産拠点が海外へシフトすればTier1サプライヤーもTier2サプライヤーも、あるいは部品メーカーも材料メーカーも生産拠点を海外へシフトせざるを得ない。⁶ 単なるコスト低減だけでなく、為替変動の収益への影響を少なくするネットングオペレーションが必要となったからである。

生産拠点を海外にシフトさせてもその利益を国内に還流させれば雇用や経済成長に貢献するという意見もある。しかし還流額は多くても生産高の5%程度にすぎない。この事実は意外と理解されていない。最近では利益を現地へ再投資することを強制する新興国が多くなり、日本への還流額が更に少なくなる。また、日本国内で開発した技術成果を使って海外で製品を製造すれば、海外の自社生産拠点から国内へ還流するロイヤリティーもあるが、これはせいぜい数%以下。

しかも還流金額が貢献するのは国内本社の利益への貢献であって、雇用への貢献は非常に小さい。ましてや地方経済への貢献は殆どない。円安基調が定着した最近になって経営者も国内のマザー工場を強化し始めたが、生産工場でなくマザー工場であるだけに雇用への貢献は限定的となる。

一方、円安基調が続き、生産拠点を国内に持ってもコスト優位を保てるのであれば、

⁵ 小川(2015)の1章、4章 および小川(2014) 参照

⁶ 日本企業の海外工場で生まれる付加価値は国内の経済成長(GDPの増加)にカウントされない。

地方の工場に大きな雇用が生れるのは言うまでもない。⁷

巨額の研究開発投資を地方の雇用に直結させるには、生産拠点を国内の地方工場へ回帰させるか、量の生産性ではなく付加価値の生産性を高めるか（値段が高くても売れる製品開発や競争力を維持する仕組みなど）、あるいはオープン&クローズの戦略思想にもとづく比較優位の国際貿易（小川、2014）を推進するか、⁸ 国内に新規市場を作り出す以外に手はない。

しかしながら少なからぬ著名な経済学者やエコノミストが実質実効為替レートという計算上の為替レートを考え出し、1ドル：80円という名目上の超円高さえ日本にとって円高と言えない、と高度10万メートルの視点に立つ計算上の理論を、主要な経済新誌や経済書で繰り返し主張していた。⁹

したがって超円高阻止に向けた為替政策が徹底されず、結果的に生産拠点の海外シフトを止めることが出来なかった。日本の地方から工場が消え、地方から雇用が消え、可処分所得が激減した地方の人々の消費が落ち込み、税収も激減して地域経済を崩壊させた背景が、実はここにもあったのである。実質実効為替レートの考え方が日本の製造業に与えたダメージは図りしれない。

そもそも国際会計基準は名目為替レートの採用を義務づけており、経営者は実質実効為替レートの存在を知らないし、知る必要も無かった。

日本と同じ製造業が国の経済で大きな役割を担うドイツは、変動の少ない統合通貨、ユーロに守られており、グローバル市場の製品競争力に為替レートの影響をさほど考慮しなくても済む。¹⁰ しかしながら円という単一通貨の日本は、多様な金融政策による期待形成によって為替レートを安定させる以外に手はない。

安倍政権になって日銀による新たな為替政策、すなわち適切な名目為替レートが長期

⁷ 更にいえば、最近では生産技術が飛躍的に進歩し、例え1ドルが90円になっても国内工場で作る製品もグローバル市場で戦えるコスト競争力を持ちつつある。これを可能にした大きな要因が生産ラインへモジュール化思想の導入であり、旧来型のもの造り思想と本質的に異なる。

⁸ 例えば小川(2014)

⁹ 例えば伊藤元重(2015)、伊藤氏は“名目為替レートで語るのは素人であり専門家は実質実効為替レートで語る”、と高度10万メートルの視点から経済誌で言い切っている。

¹⁰ 例えドイツの産業競争力・輸出競争力が非常に高くなっても、観光などのサービス産業への依存度が高く経済基盤が不安定なギリシャやイタリア、スペインなどが加わるEUでは、結果的にユーロの為替レートが安定である。ドイツの輸出競争力が強い背景がここにもあった。これによってドイツの輸出競争力が高まり、同時にスペイン、イタリア、ギリシャなどの観光収入が増えて国を潤す。なおユーロでは名目レートと実質実効レートの差が非常に小さい。したがって実質実効レートなる人工的な為替レートを取り上げた議論はドイツにない。なお円高によって競争力が弱体化していった日本を見たアメリカは、2010年代になって同じ手口で中国を元高へ誘導しようとしているが、中国は日本から教訓を学んで巧みに対応している。

に保たれるという期待形成が徹底され、超円高から適切な円安基調へ誘導された。しかしながらこのときすでに新興国企業の国際競争力が非常に高まって日本の電機産業がグローバル市場で競争力を失い、元に戻れなくなっていたのである。

円高を良しとする為替思想は、産業の空洞化を加速させて所得格差を広げただけでなく（特に都市と地方の間で）、親企業と系列企業との連携学習によって支えられてきた“知識進歩のネットワーク”をも破断してしまった。そもそも国内生産が減れば（工場が新設されなければ）生産技術も製造技術も進歩しない。

その結果、イノベーションをもたらす資本ストックだけでなく、知識ストックさえも低下させて生産性の低下を招いた。¹¹ その兆候が日本で最も早く顕在化したのが、デジタル化が進んでグローバル市場がオープンなエコシステム型へ変わり、その上で更に急激な円高基調に直面した電機産業であった。

本稿の第4章、5）で紹介する Grossman and Helpman の新貿易理論（Grossman1991）によれば、新興国への生産移転が技術知識のスピルオーバーを生じて新興国における内生的成長を促し、新興国は製品組み立てだけでなく中間財産業をも生み出して競争力の逆転を起こす。これが1990年代末から2000年代の日本で実際に起きたのである。¹²

したがって先進国は、コア技術をクローズにし、非コア領域を新興国に対してオープン化し、新興国の成長を取り込むオープン&クローズ戦略が必須となった。¹³ オープン&クローズ戦略を採れば日本と新興国がWIN-WINの関係を構築できる。¹⁴

1. 3 旧来のJカーブ効果が機能しないエコシステム型の産業構造

自動車など他の産業も、同じように円高基調に堪えられず2000年代初期まで生産拠点を海外へ移していた。15年以上も前に、海外で堅牢なサプライチェーンが出来上がっていて、日本からでなく海外の日本工場から多くの製品がグローバル市場へ輸出されていたのである。日本の自動車業界は、完成品の自動車はもとより部品すらも海外の生産拠点からグローバル市場へ輸出しはじめていた。¹⁵ 現在ではこれが全生産額の70%

¹¹ このような日本の実態を知らずに新貿易論を語る解説者が少なくない。長期の円高基調と何度も繰り返す超円高によって日本の製造業が生産拠点を海外へシフトさせたために、国内の研究開発投資に対する利益率（投資効率）さえ2000年代から減少しはじめていた。1996年から2011年まで200兆円もの研究開発投資をしながら、これが国際競争力の強化に貢献せず、GDP/TFPの低迷をも招いた背景がここにもあったのである。

¹² 円高になったのなら輸出価格を値上げすればいいという学者もいる。しかしながら日本が生み出す技術を使って類似の製品を開発する新興国企業が1990年代後半から台頭（例えば小川2015, 1章、4章）して競争力の逆転現象が起き、円高は日本企業の収益を直撃するようになった。類似逆転現象が2000年代のDVD、液晶テレビ、携帯電話、太陽光発電、LED照明などで次々に起きた。

¹³ 小川(2015)の3章、6章

¹⁴ 小川(2014)、これは本稿の4章で紹介するアーキテクチャ思考の経営イノベーションだが、日本でこれを最も効果的に活用したのが中国市場のダイキン工業である。

¹⁵ たとえばASEANから全世界へ輸出される自動車の大半が日本企業の工場によって造られる日本車である。

を超える。

したがって安倍内閣になって、たとえ“円安基調が続く”という期待が高まっても、多くの国や企業が得意領域を持ち寄って構築されたサプライチェーンを壊すことなどできない。また自社の生産拠点であっても、既に巨額投資をし終えていたのであり、これを国内へ回帰させることはできない。モノを作る工場はもとより、モノを運ぶ物流も、そこで生活する人々も、すぐには国境を越えて移動できない。これが資本移動と大きな違いである。

いわゆる古典的なJカーブ効果が起きにくいビジネス・エコシステム型の国際分業が、既に1990年代末から急速に進んでいたのであり、Jカーブ効果による国内回帰を語っていたアカデミアやエコノミストの期待を裏切った。そして通商白書の期待も裏切った。

そもそもJカーブ効果などという貿易理論は、エコシステム型の国際分業ができていない時代に考えだされたものであって、エコシステム型の国際分業が急速に進む1990年代の後半から既に機能不全になっていた。

しかし多くの経済学者もエコノミスト、特にマクロ経済や金融経済の専門家は、ごく一部を除き1990年代に起きていたこの大規模な産業構造の転換に気付いていなかったようである。15年もあとの2010年代になって漸く気が付き、“貿易関数が変わった”などと論じはじめたが既に遅し。アカデミアの役割りは何なのだろうか。¹⁶

たとえ日本企業が国内で次々にテクノロジーやプロダクトでイノベーション連鎖を起こしても、その成果が国の雇用にも経済成長にも貢献しなくなった背景がここにもあった。

幸いなことにこの時点で、自動車産業ではデジタル化が一部の技術モジュールに閉じていたので、技術知識のスピルオーバー効果と新興国による模倣・キャッチアップが限定的であった。

しかしながらIOT時代には、特に電気自動車（EV）になると自動車内部の基幹技術が大きく変わって部品点数が非常に少なくなるだけでなく、自動車と社会システムがクラウドで繋がり、フィジカル空間とサイバー空間を跨ぐ大規模なエコシステムが出現する。

ここから自動車産業にもスピルオーバーする技術領域が拡大し、キャッチアップ型新興国の中で内生的経済成長が助長されるので、先進国の競争力が相対的に低下して逆転現象が進む可能性も否定できない。1990年代から2000年代の電機産業で起きた競争ルールの大規模な変化、したがってゲームチェンジが、自動車産業にも大規模に現われるのである。その兆候は欧米や日本と中国やインドなどとの間ですでに顕在化している。

¹⁶ 但し、東京大学の新宅純二郎教授は1990年代の後半から現在までのアジア諸国に形成されたサプライチェーンの実態を、詳細な実証研究によって明らかにしていた。新宅教授の地道な実証研究に改めて敬意を表したい。

この意味で、ほぼすべての産業領域で、グローバル市場に広がるビジネス・エコシステム型の産業構造を前提に、テクノロジーやプロダクトのイノベーションを国の雇用や経済成長に直結させるための、新たな成長理論やイノベーションモデルが必要となった。

1. 4 エコシステムの中のイノベーション思想とオープン&クローズ戦略、および経営者の役割

21世紀のIoT産業システムでは、互いに繋がって価値を生み出すビジネス・エコシステム型の産業構造が世界の隅々に広がる。その上でさらに価値形成の主たる場がサイバー空間へシフトする。

世界の産業がサイバー空間を介してエコシステムで繋がるのであれば、我々はこれまで得意としてきたコンポーネント思考（高度な技術開発を重視するイノベーション、技術革新という局所最適の追及）ではなく、アーキテクチャー思考（技術コンポーネントの組み合わせやサプライチェーンの事前設計、競争ルールの事前設計などの、仕組み作りを重視するシステム思考のイノベーション、全体最適の追及）へと、イノベーション思想を変えなければならない。IoT時代は、コンポーネントよりもアーキテクチャー思考のイノベーションの方が遥かにコストが低く、しかも市場支配力を持ち易いからである。

アーキテクチャー思考のイノベーションでは、オープン&クローズの戦略思想に基づくコア領域と非コア領域の境界設計、エコシステム型産業構造や市場構造の事前設計、など競争ルールの事前設計が必要である。その上でさらにモノ/Asset空間による価値形成機能とサイバー空間による価値形成の機能の分離と協業の事前設計も必須となった。

さらにグローバル市場へ展開させる通商政策や国際標準化を先導することが、モノ/Asset空間だけでなく、サイバー空間の市場構造や競争ルートを事前設計する上でも非常に重要となった。

このような経済環境では、本稿の4章で詳述するネットワーク効果の効かせ方、自己増殖のさせかた、経路依存性の効かせ方、限界費用ゼロ効果やプラットフォーム効果の効かせ方、更にはモノ/Asset空間とサイバー空間とのイノベーション機能分離などが、アーキテクチャー型イノベーションを支える必須の戦略要素となる。

またテクノロジーやプロダクトのイノベーションが生み出す付加価値をオープンなエコシステムの中で長期に維持・拡大させるには、知的財産マネジメントや契約マネジメントも再構築しなければならない。IoT時代はエコシステムがほぼ全ての産業領域で出現するという意味で、そしてエコシステムがデータによってつながっているという意味で、データ利活用による価値形成やオープン&クローズの戦略思想に基づく市場構造の事前設計さえも、知的財産部門や法務部門の業務に取り込まなければならなくなったのである。

以上のように、21世紀のイノベーションシステムに期待される付加価値形成メカニズムは、テクノロジーやプロダクトなどの視点だけにとどまらない。日本企業が得意としてきた技術主導のコンポーネント型イノベーションでは想定できなかった多種多様な戦略要素を組み合わせるシステム思考（アーキテクチャ思考）が必要となった。

これらの戦略要素の組み合わせ活用を背後で支えるのがオープン&クローズの戦略思想である。

経済の長期低迷打破に向けたアベノミクスの三本の矢で成功しているのは、円安基調を作り出した金融政策であり、これが製造業の生産性を高め、株価を高めながら日本経済を好転させつつある。しかしながら当初期待したインフレも顕著な上昇がみられず、デフレからの脱却の光明もまだ非常に弱い。財政政策もその効果が限定的である。

このよう状況の中で、第3の矢としての成長戦略、特にテクノロジーやプロダクト側のイノベーションによる新たな市場の発見と新たな付加価値の創出に期待が集まるのは当然のことである。¹⁷

付加価値生産性を民間企業が先導して高めれば、従業員の所得を上げ易くなりって購買力が高まり、物価も上がって脱デフに貢献する。この意味で日本国内に堅牢な経済基盤を構築し、持続的な成長を実現させるには、経済学者が繰り返し主張してきた¹⁸ “新たな市場を次々に生み出すイノベーション連鎖” を民間企業が先導して起こさなければならぬのはいうまでもない。

しかしながら我われが1990年代から2000年代の電機産業で経験したのは、単なる高度なプロダクトを開発するだけで済むものでは決してない、という市場の現実であった。ほぼ全ての産業領域でビジネス・エコシステムが進展する経済環境で、コンポーネント型イノベーションの成果を企業の付加価値生産性と国の雇用や経済成長に結び付けるには、その上で更にアーキテクチャー思考のイノベーションが必要になったのである。

アーキテクチャー思考のイノベーションにおいては、目指すアーキテクチャーと組織構造の整合性がその成否を決定づける。この意味でアーキテクチャー思考のイノベーションを担うのは経営者である。新たな全体最適を目指すために、個々の現場力だけでは解決し得ない経営の力が必要なことを、これは意味している。

更に市場の前線に立ってオープン&クローズの戦略思想を駆使し、ビジネス・エコシステムに強い影響力を持たせる“伸びゆく手”の形成など、¹⁹ グローバルな仕組み作りを担うのは設計現場や製造現場の技術者ではなく、明らかに経営者の仕事である。

¹⁷ 例えば安藤ら（2010）

¹⁸ 例えば（青木、吉川、2002、2007）

¹⁹ “伸びゆく手”の定義と意味は小川絢一（2015）の p. 12～18

1970年代のチャンドラーの言う“経営者の見える手”(A. D. Chandler1977)を、IoT時代の21世紀にはグローバル市場に向けた“経営者の強力な伸びゆく手”として、オープンなエコシステム型の市場に蘇えらせなければならない。

1. 5 論点整理、本稿の今後の展開に向けて

イノベーションを“技術革新”と定義するなら、あるいは経済成長を“技術進歩”の視点だけで語るのなら、国はGDP当たりの研究開発投資額を競えばいい。経営者は研究所をたくさん作って売り上げ当たりの研究開発投資比率を競えばいい。アカデミアは基礎研究/科学技術投資の重要性、あるいはプロダクト・イノベーションと経済成長の関係だけを論じればいい。

しかしながら1990年代以降の電機産業で我われが見た現実、これらのいずれも単なる必要条件あるいは部分最適の議論に過ぎなかったものであり、決して必要にして十分なる条件(全体最適)では無かった。当時のイノベーション論を、エコシステムがグローバル市場の隅々へ広がる21世紀の現在の視点から後知恵で語れば、個々の局所最適が全体最適に直結することを暗黙の前提にしてもよかった、すなわち1980年代までなら機能した古典的なイノベーション論だったのである。

しかしながら1990年代以降に出現したオープンなビジネス・エコシステム型の産業構造では、旧来型の部分最適が全体最適に直結しなくなっていた。²⁰我われはこの現実を、デジタル型に転換した電機産業で塗炭の苦しみを味わいながら経験したが、21世紀のIoT時代は類似の経済環境がインダストリーの全域に広がる。さらにサービス産業や農業の分野にも広がる。

当然のことながら日本の基盤産業である自動車産業も決して例外ではない。これまでの自動車産業は、道路網という公共的なプラットフォーム上で、移動や輸送といったサービスが展開されていた。

一方、IoT時代は自動車がクラウドと繋がるコネクティッドカーとなり、情報通信ネットワークとサイバー空間を含む新たなプラットフォームの上で、これまでと全く異なるサービスが展開される。したがって競争ルールが変わる。

すでに現在でもカーシェア、ライドシェアなどの新しいサービス産業が次々に出現しているが、電気自動車(EV)の自動運転が普及するタイミングからこの潮流がMobility as a Service(MaaS)となって更に加速する。電機産業で起きたゲームチェンジやパラダイムシフトが自動車産業でも大規模に起きるのである。

世界で生産される自動車が約9,000万台に及ぶがEVはまだ100万台以下なのだから

²⁰ Σ(部分最適)＝全体最適にする仕組み作りの一つが1980年代のパソコンインタフェースの標準化やインターネットプロトコルの標準化であり、更には2010年代のインダストリー4.0(ドイツ)やインダストリアル・インターネット・コンソーシアム(アメリカ)などにおける通信経路の標準化とテストベッドの仕組みである。したがって我われは、オープンな国際標準化を先導するか、あるいは少なくともコアメンバーになって標準化活動に参加しなければならない。

EVを語るのはまだ早い、と語る経営者も少なくない。しかしこのような見解は、もしEVの普及を遅らせるための意図的な世論工作ではないのなら、彼らはまだコンポーネント思考から脱皮できていない、と言わざるを得ない。アーキテクチャ思考の経営者がEVとライドシェアやカーシェア、自動運転をサーバー空間で繋ぎながら仕掛ける“市場構造の事前設計や競争ルールの事前設計”の意味を理解できない、言わざるをえない。

本稿では、以上の問題意識を背景に、まず次の第2章で技術進歩が経済成長(TFP)に貢献しなくなった事実を多くのデータで示す。第3章では、アカデミアの標準理論とされた“技術進歩と経済成長”に関する高度10万メートルの視点(マクロ経済中心の視点)の理論を、21世紀の現在の視点から批判的にレビューする。

第4章ではデジタル化の影響を最も早く経験するアメリカで、1990年代に生み出された高度1000メートルの視点(よりミクロ経済的な視点)のイノベーション論を、21世紀の現在の視点からレビューする。

特にIOTに象徴されるデジタルネットワークやクラウドなどで構築されるサイバー空間のプラットフォームが経済活動の前面に出る21世紀は、新古典派経済学の系譜に連なる成長理論の前提になっていた経済環境が失われる。

したがって新たな成長理論やイノベーションモデルが必要になった。第3章の3.3でその重要性を指摘し、ネットワーク型アーキテクチャー思考のイノベーションモデルこそ我われが重視すべきであることを第4章および6章の後半で紹介したい。

これを踏まえて本稿に続く別稿(1)では、²¹ 1990年代に出現した産業構造の変化や競争ルールの変化に遭遇した日本の光通信産業を取り上げ、ここで起きた出来事を高度10メートルから100メートルにまで降りた市場の現場から解説する。

新古典派経済学に連なる人々が語る“技術進化”、あるいは科学技術重視や基礎研究重視、テクノロジーやプロダクト・イノベーションだけでは説明できない他の多くの要因によって、多くの日本企業が塗炭の苦しみを強いられ、そして市場撤退を繰り返してきた事実が、別稿(1)から理解されるであろう。

ここから教訓を学べば、例えIOT時代になっても自動車産業を含む他の多くの産業領域で、我われも勝ちパターンを事前設計できるはずであり、再構築できるはずである。

これに続く別稿(2)では、²² 価値形成の場がサイバー空間にシフトする21世紀の経済システムを前提にしながら、研究開発の生産性向上に向けて、日本及び日本企業が採るべきイノベーションモデルを論じたい。

²¹ 草稿を準備中

²² 構想中。ここで、安倍内閣になってスタートした内閣府のSIPやImPACT、およびSociety5.0などよばれる国家プロジェクトも取り上げ、国家プロジェクトの在り方やその成果を国の雇用と持続的成長に貢献させるメカニズムについても論じることになるであろう。

我が国のアカデミアや企業の研究所には、21世紀になっても依然として背後に Solow や Romer 的なイノベーション思想が満ち溢れている。しかしながら 2020 年代からグローバル市場の隅々へ広がる I o T 時代になれば、これらのいずれも効力は限定的であって部分最適を語るに過ぎない。しかしながら、部分最適に過ぎないのだという事実があまり共有されていない。

また Romer 的なイノベーションプロセスを経ないキャッチアップ型の企業が日本企業に追いつき追い越すメカニズムもあまり理解されていない。更に言えば 19 世紀後半になってイギリスがドイツに追いつかれ追い越されたメカニズムも理解されていない。1990 年代末から現在に至る中国の成長を 1860 年代から 1890 年代のドイツの成長に対比させてみれば、中国が中国製造 2025 で Romer 的な内生モデルも同時に取り込んだときに、2030 代まで世界のパワーポリティクスがどう変貌していくかを予測できる。

本稿ではこのような問題意識を背景に、I o T 時代の我が国および企業が採るべきイノベーション思想の再構築に向けた方向性を 6 章で提案したい。6 章はその序章であり本稿の 1 章から 5 章はその背景説明となる。6 章を受けた具体的な方策は別稿（2）に譲る。

Society5.0 のコンセプトを実態経済へ導入する為のリファレンスアーキテクチャ、サービス価値形成の為のビジネスモデルと市場構造設計、コンポーネント思考とアーキテクチャ思考の組み合わせ、などに関する具体的な手法も、これらの別稿に含まれるであろう。

2. TFP の指標で見た 1990 年代の日本経済, TFP が内包する 基本問題

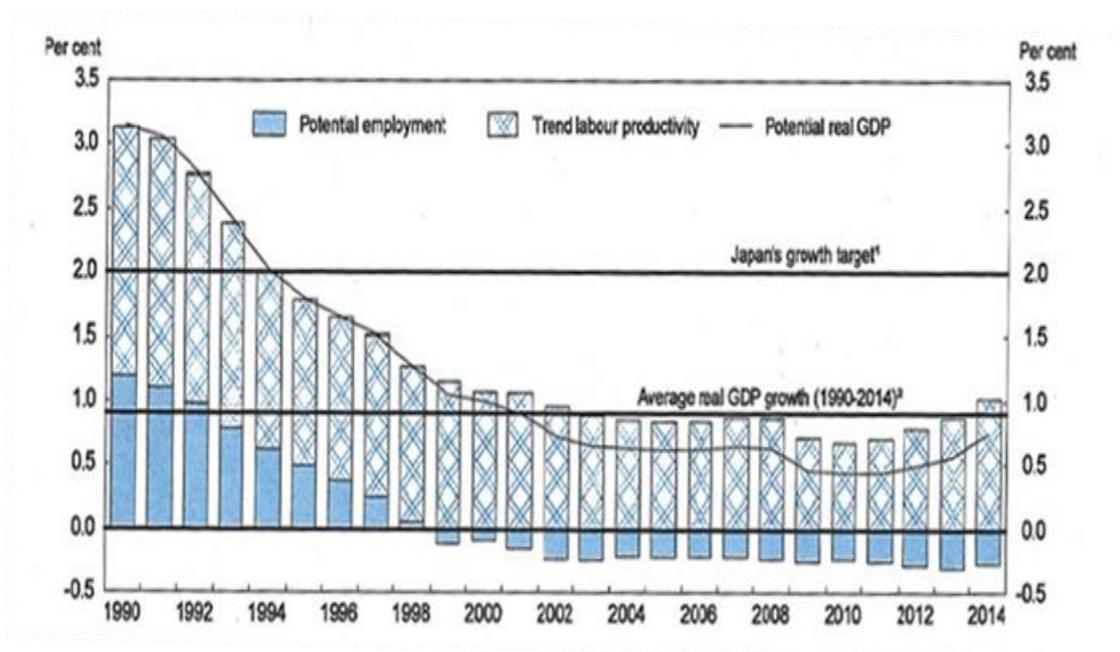
1990 年代における研究開発投資の経済成長への影響について考えてみたい。1990 年の初頭から日本の生産性は下降の一途を辿り、2010 年代に入ってもその低迷が続いている。

図 1 は、2015 年版 OECD 対日審査報告書に載った 1990 年から今日までの日本の潜在成長率の推移である (OECD 2015)。この潜在成長率の下降と低迷がほぼ全ての要因領域で起きているが、特に TFP : (Total Factor Productivity、全要素生産性) の貢献割合が 1990 年代に急落した。それ以前に機能していたイノベーションのメカニズムに何らかの変調が生じたことが、ここから容易に推察されるところである。

この長期にわたる景気低迷について様々な要因分析が報告されてきた。例えば研究開発の方向性として、基礎研究ただ乗り論などを背景として日本企業の研究開発が基礎研究側へシフトしてしまった点があげられる。ここから日本の研究開発が欧米のオープン

イノベーションの流れとは逆の方向へ向かい、技術開発の閉鎖性を生み出した、という主張である（榊原 2003）。

図1 1990年からの日本の潜在成長率の推移²³



それでも TFP の経済成長に対する貢献が低迷し続ける。また研究開発投資が大きい（図2）割には収益性が非常に低い（例えば日本の製造業の営業利益が欧米企業の半分以下）。²⁴ これらの事実から、研究者の質の低下や技術経営上の問題、特にガラパゴス化した製品開発などの問題点を指摘する人が非常に多い。²⁵

これらのいずれも、1980年代までと同じ“研究開発投資が企業収益に直結するはず”、ということ暗黙の前提にした指摘である。しかしながら図1に示すように、日本では1990年代から、研究開発投資から生み出される“技術進歩”が経済成長に寄与しない状況がはじまっていた。

製造業の視点でこれを語れば、第1章で述べたように、その最も大きな要因が、第一に産業構造のビジネス・エコシステム型への転換によって技術進歩の付加価値生産性に結びつくメカニズムが一変したことであり、第二に長期に続いた超円高基調によって生産工場が続々と海外へ移転し、プロダクト・イノベーションの成果が国内の雇用にも

²³ OECD 対日審査報告書 2015 年版

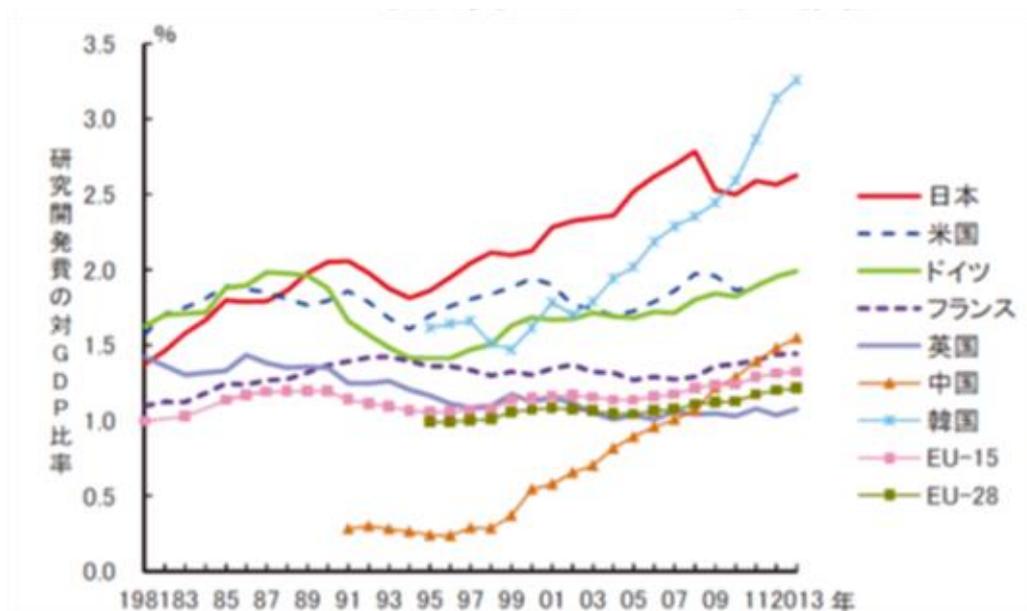
<http://www.oecd.org/eco/surveys/Japan-2015-overview-Japanese-version.pdf> の図4を修正の上転載

²⁴ 円安基調が続く 2015 年以降になって欧米企業のレベルに少し近づいた。

²⁵ 例えば大塚哲洋（2011）

経済成長にも直接貢献し難くなったことにある。

図2 企業の研究開発投資の対 GDP 比の推移の国際比較



(NISTEP 2015) の図表 1-3-4 より転載

そして第3に、新たに生まれたエコシステム型の産業構造に適応できない旧来型の知的財産マネジメントによって、日本企業のイノベーション成果が留めもなく流出し、この流出が、一方では日本企業から体力を奪い他方ではキャッチアップ型新興国の産業高度化に貢献してきた。このような知的財産マネジメントの背後に牧歌的・理想主義的な経済成長論があったのである。

図3に、1970年代から2010年代までの経済成長に及ぼす要因分解の推移を示す。これによれば、技術進歩の経済成長への寄与を表現するTFPが1990年代になると激減し、マイナス要因にさえなっている。1970年代や1980年代においては経済成長へのTFPの寄与が非常に大きかったはずだが、1990年代には一転してマイナスに転じたのである。経済成長を支える要因の構造的転換が1990年代に生じたと考えざるを得ない。これが100年ぶりに起きた第三次経済革命によってもたらされた。

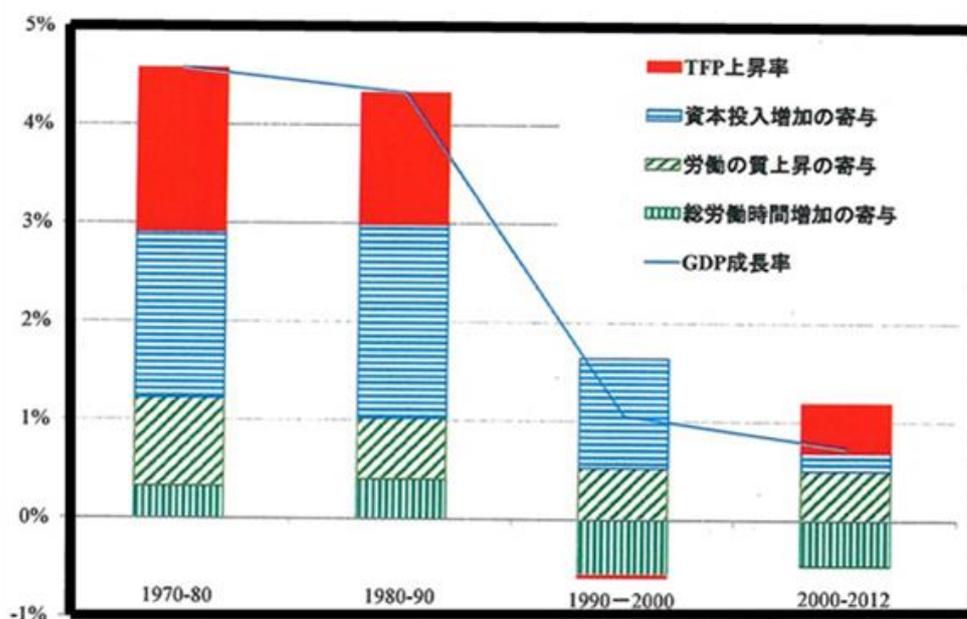
TFPについては、これを直接計測することが出来ないだけでなく、そもそもTFPではプロダクト・イノベーションの動態を正しく把握できない、従ってイノベーションの効果をTFPで測るのはイノベーションの本質を議論する上で誤解に誤解を重ねる恐れがある、などの批判がある。²⁶

²⁶ 例えば安藤 2010、吉川 (2011)

現実社会では資本と労働が独立でない。それにも関わらず TFP の計算ではこの現実を無視し、互いに独立と仮定して計算される。あるいは相互依存の効果が人為的に仮定される。この意味で、GDP のせいぜい数%の変化を精度良く試算できるはずがない、計算はできても現実社会を反映するはずがない、などの批判が現在でも続く。

しかしながらその一方で、技術進歩（テクノロジー・イノベーションやプロダクト・イノベーションの成果）²⁷ と経済成長に関する指標として、TFP がこれまで多くの経済学者に使われてきたのも事実であり、TFP を指標にして語る経済成長の変化が世界の研究者の共通認識になっている。

図3 経済成長に及ぼす要因分解とその推移²⁸



この意味で次の3章では、まず TFP に関する研究の系譜と TFP に関するそれぞれの時代の研究者の理解がそれぞれの時代の経済環境における“技術進歩と経済成長”の関係を映す鏡になっていると捉え、技術進歩と経済成長に関するこれまでの議論を整理することから始めることにしたい。

3. 新古典派経済学の視点に立つ技術進歩と経済成長の関係

3. 1 新古典派経済学に連なる系譜が創り出した経済成長論

²⁷ ここには生産技術や製造技術のイノベーションも含む

²⁸ 深尾（2015）の図を修正の上転載

1) Solow の外生的経済成長モデル

技術進歩の経済成長に与える影響を体系的に語れるようになったのは、R. Solow (1987年にノーベル賞受賞)による1956年と1957年の論文からである (Solow 1956, 1957)。この論文で指摘された重要な点は、それまで語られてきた資本と労働投入だけでは説明できない大きな残渣 (後に TFP と呼ばれる) があり、これが技術進歩の寄与による経済成長である、と指摘した点にあった。

Solowによれば、1909~1949年の40年あまりの経済データを適用した彼のモデルから算出される技術進歩の貢献が、一人当たりの総生産量の87.2%にも及ぶという (後でSolowの後継者が約70%と修正)。技術進歩が生産性向上に大きく寄与するという認識がここから広がり、技術進歩を支える基礎研究こそが経済成長をもたらすという理想主義的なイノベーション思想が、先進国の共通認識となった。

確かにSolowは、資本と労働投入以外の残渣 (TFP) が重要であることを見出しはしたが、計測できるのは資本と労働だけであって TFP を直接的に観測できない。したがって TFP の解釈については様々な変遷を辿った。

Solow の成長モデルで特に我われが留意すべきは、技術進歩が外生的に与えられるとした点であり (外生的成長モデル)、TFP の根拠となる技術進歩の源が曖昧であった。その後、これが過去の技術蓄積あるいは他の企業や他の国が生み出す技術知識の伝播、と位置付けられた。²⁹

基礎研究なら技術知識が広く遍く伝播し、多くの国のプロダクト・イノベーションに貢献する、だから基礎研究が大事なのだ、とアカデミアが我田引水的に主張する背景もここにあったのである。

確かに1930年代から1960年代までは、基礎科学の発展、殊に有機化学や物性物理学、原子物理学、遺伝学、離散系の数学、サイバネティクスや現代制御理論、などに代表される科学技術研究が急速に進み、その成果も公共的な性格を有して広く伝播・共有されていた。また当時の事業成長や経済成長が1930年代から1960年代の技術進歩によって誘導されたプロダクト・イノベーションに支えられていた、という認識も多くの人に共有されていた。

例えば、ナイロンやビニロンなどの人工繊維、多種多様な金属合金や機能化学、電話やラジオ、テレビ、VTR、マイクロウェーブ通信、自動電話交換機、自動車、航空機、産業機械、建設機械、あるいは今日の人々の暮らしを快適にしてきた材料部品や製品、トランジスタやSystemLSI、コンピュータのような今日のIT/ICTやIoTを支える基盤技術が、Solowの論文に先立って開発されていた。

Solowモデルには上記TFPの信ぴょう性や技術進歩の起源以外に、下記に示す基本的

²⁹ これらを別の視点から論じたのがStieglitzによるラーニングの考え方である。新興国や途上国にとってグローバル化は技術伝播/ラーニングを加速する潮流になっている。

な問題を内包していたが、それでも多くの識者に受け入れられ、外生的成長モデルに蓋然性を与えて大きな影響力を持つようになった。

その基本的な問題とは、第一に Solow のモデルでは、どこからか伝播してくる技術が経済成長の源泉と位置付けており、企業研究や製品開発投資に対するインセンティブを欠いていた。³⁰ 第二に、先進国と途上国の違いや所得水準が低いほど成長スピードが高くなるという事実を Solow モデルで説明できない。³¹そして第三に、Solow モデルでは成長とともに資本が減耗し、収穫逓減するという難問が内包していた。

2) Arrow のラーニングモデル

このような問題について、K. Arrow (1972 年にノーベル賞受賞 (厚生経済への貢献)) が 1962 年に経験学習 (Learning-by-Doing 効果) の重要性に関する論文を発表し、同時に彼は、技術進歩があればその技術市場にロイヤリティーを課すことで独占性が得られる、という内生的なモデルに近い提案をしはじめた (Arrow 1962)。

Solow モデルが拠り所とした技術伝播 (オープン化) だけでなく、知的財産権による独占/寡占 (クローズ) にも経済的合理性を与えていたのである。この意味でオープン & クローズの考え方が暗黙の内に取り込まれていたと考えていい。

Arrow の指摘は、外生的成長理論から内生的成長理論へ移行する兆候を内包していたが、本格的な内生的成長理論への移行は 20 年後の 1980 年代後半まで待たねばならなかった。

いずれにせよ、Solow から始まった“技術進歩と経済成長”に関する理論研究は、詳細な実証研究の積み重ねから生まれたものではなかった。この意味でモデルその正当性は、常に現実に起きている産業構造や事業構造の変化および経済成長の実データによる検証を余儀なくされる。そもそも経済学とは経験の科学であった。

したがって Solow の外生的成長モデルも Arrow の経験学習モデルも、競争のルールが全く異なる産業構造や経済環境が到来すれば、既存の経済成長モデルが機能不全になるということ、覚悟しなければならない。

3) Romer の内生的成長モデル

1980 年代後半からアカデミアを魅了する Romer の内生的経済成長モデルも決して例

³⁰ アカデミアには人類社会全体への貢献がインセンティブと信じる人が多い。内外を問わず自分の研究成果をどこかの国の企業が活用してくれればいいと考える人が多く、国や企業の競争力がどう変わるかに興味を持つ人は少ない。

³¹ 現実社会では、先進国が巨額の資金を投じて生み出す技術を早く学び自国へ定着させる政策が、最も効果的に成長を早める。いわゆる技術のスピルオーバーを加速させるグローバル化 (オープン化) が新興国、途上国の成長に大きく貢献するのは否定できない事実である。

外ではない。このモデルが生れる前の 1950 年代から 1970 年代まで、研究開発の内生的な取り組み、即ち国の研究機関や企業の研究所がアメリカで強化されていたのであり、多種多様なテクノロジーがもたらすイノベーションが生れていた。アメリカは第二次世界大戦直後の 1945 年から基礎研究重視に向けた政策を強化していたからである（それ以前はヨーロッパが基礎研究の中心地だった。³²

Romer は、過去の技術蓄積である「技術知識」を物的資本と同等の資本として扱うモデルを展開した (Romer 1986、1990)。ここで彼は、“研究開発投資で生み出される技術” (Research Technology) という概念を導入している。どこからか伝播してくる Solow モデルの技術ではない。技術進歩が生産性を高めるといふ Solow の考え方に依拠しながらも、技術進歩は国や企業が自らの手で開発する内生的な存在、と位置付けたのである。

しかも Romer は、一度技術が開発されれば追加コストをさほど必要とせずに繰り返し使えるので、多様な製品に展開することで収穫逓増が実現する、という立場を採った。新規技術を低コストで繰り返し使えるのであれば、そしてこれが遍く伝播するのであれば、この技術を活用しながら新しい市場を生み出す技術進歩が次々に起き易くなり、資本ストックの増加が生じるとした。これによって Romer は、Solow の外生的成長モデルが持つ“資本減耗”という問題の理論的な解決に成功する。

同時に Romer は、この技術知識（彼はこれを Design と呼んだ）に対して知的所有権と権利保護の仕組み (Patent) の存在（クローズ）を認め、独占性を得ることができるとした。開発者に技術知識の所有権・独占性が存在し、必要とする企業（Romer はこれを中間財の生産者と定義）にこの技術知識が有償で与えてレント (Rent：広い意味での利潤) を生み出すと考えたのである。

Romer の言う Design は、これを活用して新たなプロダクト・イノベーションを起こす中間財の生産者へのスピルオーバー（オープン化）が前提になっており、ここで生みだされた中間財がさらに最終財の生産企業へスピルオーバーして最終財のイノベーシ

³²実は 1970 年代から 1980 年代にこのイノベーション成果を最も効果的に活用したのが、アメリカ企業でなく、アメリカからスピルオーバーした技術知識でプロダクト・イノベーションを起こしたドイツや日本、台湾など企業であった。この技術スピルオーバーがアメリカの産業競争力を弱体化させて深刻な事態を招き、1980 年代から貿易摩擦を引き起こすことになる。この事実は 1990 年代後半から 2000 年代にかけて日本とアジアの途上国との間でも再現され、日本の電機産業が苦境に陥ったのは記憶に新しい。共通するのが先進国からの技術知識の伝播であり、キャッチアップ型の国による技術知識のラーニングである。オープン化はラーニングを加速する。この意味でグローバルなラーニングは確かにマクロ経済的には経済成長に貢献するが、技術を生み出す側のメリットが限定的となる。オープン&クローズ戦略は、グローバルライゼーションが内包する上記の矛盾を解決するためのイノベーション思想であり、先進国と新興国の双方がともに豊かになって行く仕組みを構築できる。その基本的な考え方を小川 (2014) の第一章で紹介した。

ョンに貢献する。これが Romer のいう Design であった。

中間財部門も最終財部門も技術知識を低コストで手に入ればビジネスチャンス生れ、イノベーション連鎖が起きる。この意味で Design はイノベーションと同義語になる。またこの Design は、技術的な性格として汎用的な技術（実質的にオープン化と同じ効用を持つ技術）であり、多角的な展開が可能であることを暗黙の了解としている。この点は今日の General Purpose Technology (GPT) のイノベーションにおける役割に通じる。³³

同時に Romer は、技術知識としての Design と制度としての Patent を区別して使っており、いずれもレント（利潤）につながるとしている。このように Romer は、物的資本と同等の資本として扱う技術知識（Design）を、知的財産権で守られたレント・利潤の源泉（クローズ）と捉えた。またこれをいつどこまで中間財部門へ公開するかは（オープンにするかは）、技術知識の所有者が判断すると考えた。

以上のように Romer が考える Design は、特許化することで独占権を持ちはするが、この全てが知財権として完全に保護・独占され囲い込まれる対象ではなく、一部がスピルオーバーして公共財としての知識ストックになる、としている。

Romer の言うこのモデルは、開発者に技術の所有権・知的財産権を持たせる（クローズ）ことで経済的なインセンティブを与え、オープン化してスピルオーバーさせる技術領域を自ら判断することでイノベーション連鎖を生み出すなら、オープン&クローズの戦略思想そのものである。

Romer は、経済システム構成を「研究部門」「中間財部門」「最終財部門」に区分けして論じており、生産要素を「資本」「労働」「一定の技術水準を有する人的資本」とした。ここで我われが注目したいのは、第一に、「研究部門」が産み出した研究成果（Design）は知的所有権を有し、その財産権を「中間財部門」に販売するとした点であり、第二に、「中間財部門」はその知的財産権で保護された研究成果を使って様々な中間財を生産し、独占的に「最終財」部門に販売できるとした点である。

このモデルは、「研究部門」と「中間財部門」が同一企業体として存在しても独占性や収穫逓増のメカニズムは同様となる。したがって、いわゆる R. Coase の言う企業内での取引コストが企業外より低くなるのであれば、³⁴ 企業が研究開発部門を自社内に有するフルセット垂直統合型企業の存在に蓋然性を与える結果となる。

³³ GPT がオープンなイノベーションプラットフォームとなれば、この枠組みの中で生まれるローカルな価値形成がそれぞれの国や企業の成長に貢献する。GPT としての蒸気機関や電気通信が 19 世紀後半から 20 世紀初頭に作り出したのが超低コストの輸送プラットフォームであり、コミュニケーションプラットフォームである。21 世紀はこれがマイクロプロセッサやメモリ、インターネット、クラウドなどの GPT が作る新たなプラットフォームにとって代わる。

³⁴ Coase, H.(1988)

知的財産権によって守られた独占化/寡占化によるイノベーションの実現は、³⁵ 創造的破壊によるシュンペーター的なイノベーションを、知的財産という新たな経営戦略要素によって実現するモデルにも見えてくる。しかしながら現在のスタンダードな経済学のように、この寡占/独占を否定するのであれば、我われは以下の5)で述べるようにグローバルイゼーションの中で生じた技術伝搬によって巨額投資を担った先進国で価値形成の効用が減退していった(収穫逡減になった)、という事実にも触れないわけにはいかない。³⁶

一度開発された技術は次に使う時の追加コストが僅かで済むとした Romer のモデルは、必然的に技術伝播(オープン化)が起きることを前提にしたマクロ経済モデルであり、ミクロ経済的な視点、あるいは個々の企業の視点で言えば、ここに高度な知的財産マネジメントや契約マネジメント(クローズ化の仕組み)を取り込む必要があった。

いずれにせよ Romer の考え方は、今日でいうオープン&クローズ戦略の存在を想起させる。この構図であれば収穫逡増を可能にし、Solow モデルが内包する資本消耗の問題も解決される。この意味で Romer の主張は、知的財産権の存在そのものを無視あるいは軽視する他の多くの新古典派経済学と明らかに異なっていた。国家プロジェクトに参加した企業は Romer 的な思考で取り組んではいたが、国のレベルでは依然として Solow 型のイノベーション思考が支配的であった。

4) Lucas の人的資源型内生的成長モデル

Romer の内生的成長理論が広く受け入れられた背景として、上記以外にも以下に紹介する R. Lucas (1995 年にノーベル賞受賞(合理的期待形成への貢献))の理論があった。1980 年代の末になって Lucas が、労働スキルを人的資本と捉える成長モデルを構築する(Lucas 1988)。

³⁵ シュンペーターのイノベーション論では市場支配力(寡占化)が重要な要素として取り上げられているが、Solow の系譜に連なるスティグリッツはこの点でシュンペーターを批判的に捉えている(例えば Stieglitz and Greenwald の邦訳『ラーニング・ソサイエティ, 1 章』)

³⁶ 技術伝播は何時の時代でも起きていた。1800 年代中期のイギリスとドイツの間でも、また 1900 年代初期のイギリスとアメリカの間でも起きていた。しかし伝播速度が遅かったのがイギリスが危機感を持つのが遅かった。1944 年の時点で Hicks は、“イギリスからの技術伝播がなければアメリカ生産性はまだまだ低いレベルだったろう”という意味のことをオックスフォード大学教授就任講演で述べている。いずれにせよグローバルイゼーションが急速に進む 21 世紀の I o T 時代にこの問題を解くカギがオープン&クローズの戦略思想にある。1980 年代以降に、アメリカのデジタル型産業でオープン&クローズ戦略思想が広がったのは、伝播速度が 10 倍以上も早まったためばかりではなく、デジタル化によって産業構造が現在と同じエコシステム型になり、個々の企業がオープン&クローズの考え方を経営戦略として使い易くなったからである。

つまり、その国あるいは企業が持つ「人的資本の質」が生産効率に影響し、生産活動を通じての人的資本の向上 (Learning-by-doing や on the-job training)、すなわち「人的資本の質」が「技術進歩」を促進させ、生産効率を向上させるとした。国や企業には内部にそれぞれ固有の閉鎖的プロセスが存在し、ここで生まれる独自の組織能力が差異化の源泉となる、というのが Lucas の主張である。

ここから、高所得の国と低所得の国が存在する理由が論理的に導かれ、国際的な経済格差について説明できるようになった。そして Solow モデルの矛盾とされた事実、すなわち所得水準が低い国ほど経済成長率が高くなる事実も、正当化されたのである。

これを契機に技術進歩と経済成長に関する経済学的なアプローチが Romer 的な内生的経済成長モデルに向かって大きく舵が切られた。確かに Romer モデルは、それぞれの国や企業が自前で研究開発体制を整え、積極的な投資を行うことに対して明確な蓋然性と動機付けを与えた。

しかしマクロ経済学という高度10万メートルの上空から語る Romer のモデルも Lucas のモデルにも、研究開発体制が生み出す技術から付加価値を生み出すビジネスモデルは元より、知的財産マネジメントや契約マネジメント、あるいは産業構造や市場ルール設計、組織のマネジメントなど、市場の前線で知恵を絞る経営者の視線は、当然のことながらまったくない。³⁷

5) Grossman and Helpman によるグローバルエコノミーへの拡張

以上の経緯を経た内生的経済成長モデルは、1990 年代の初期からグローバルエコノミーへ拡張されることになった (Grossman and Helpman 1991)。このモデルで特徴的なことは、知識や技術が国を越えて伝搬し、国際的な資本と技術知識の融合がさらに経済成長をもたらすことを主張した点にある。

Grossman and Helpman 論文によれば、先進国から新興国へ技術知識がスピルオーバーすることにより、新興国は外部の知識を低コストで活用できて内生的に製品を生み出すことが可能になる。この意味で Grossman and Helpman の論文は、Solow モデルと Romer モデルをグローバルエコノミーへ拡張した考え方であり、先進国の技術知識が伝播することによって途上国経済が発展する、という現実の姿を説明できるようになった。

デジタル型の技術進歩が加速する経済のグローバルイゼーションと、ここで躍進する 21 世紀の中国 (14 億人) や ASEAN (5 億人)、インド (13 億人) など、約 30 億人以上もの人々が経済成長の恩恵にあずかる姿が 1990 年ころに予測されていたのである。

³⁷ そもそも新古典派経済学の経済成長論の基盤となる生産関数は、産業構造や組織構造の変化を取り込むメカニズムを持っていない。それらの問題を含めて、イノベーションのプロセスよりもイノベーションの起源に焦点を与えたのが、進化経済学の系譜に連なる列人々のモデルである (本稿 4 章)。

一方、技術知識の伝播を先進国から見れば、キャッチアップ型の新興国から必ず模倣者が出現し、新興国が自国内の内生的なイノベーションで先進国を脅かす、いわゆる逆転現象が起きるので、先進国側もイノベーション連鎖を起こさざるを得なくなる。

その代表的な事例がドイツの Industrie4.0 であり、これは 10 年後のグローバル経済に於ける中国製造業の姿を予想し、これに先手を打つ国家レベルのイノベーション政策である。しかしながら中国はその更に先を目指す中国製造 2025 と Internet Plus の政策を 2015 年からスタートさせた。ドイツの政策は 2030 年代の中国対策として通用するだろうか。³⁸

3. 2 その後の内生的経済成長モデル

いずれにせよ Arrow を経て Romer に至る本来の内生的経済成長論は、その特徴がまず第一に、企業の研究開発投資が経済成長に結びつきやすかった 1970 年までの現実をベースに考え出された理論である。この時代は、デジタル型の製品システムがまだオープン市場に存在しない。すなわちエコシステム型の産業構造が生れていない市場を前提にした理論体系であった。

内生的経済成長モデルの第二の特徴は、これらの成長理論が機能する前提として、いずれもクローズ領域の存在がイノベーション連鎖を起こす重要なインセンティブとして指摘されていた点にある。これがあってはじめて Romer モデルを特徴づける収穫逓増が実現される。ある意味でこれは、D. North の考え方³⁹ を別の表現で記述したのと同じではないか。

しかしながらその後 Romer モデルを引き継いだアカデミアの人々は、内生的成長モデルの発展を単に収穫逓増理論とだけ捉え、生産関数の数学的取り扱いに終始した。研究開発投資が生み出す技術進歩が経済成長へ寄与するメカニズムの議論でも、寡占/独占や知的財産権というクローズ領域が持つ重要性を、軽視または無視して現在に至る。

当然のことながら国際貿易に大きな影響を与える為替の影響も無視してきた。収穫逓増になるために必要となる実ビジネス上のメカニズムを理解せず収穫逓増を数学モデ

³⁸このようにグローバルイノベーションは先進国と新興国/途上国との格差を縮小させる効果は確かに持つが、その一方で、先進国内の格差を拡大させるのも現実である。これが国際経済を不安定にし、世界のパワーポリティクスも大きく変わって不安定になる。我われは 19 世紀の末から 20 世紀の初頭にこれを経験した。2030 年までにこれが再び再現される可能性が高いのではないか。近年になって中国は科学の力で経済成長させる方向へ舵を切った。これは 1870 年代以降のドイツと同じであり、中国は自ら生み出す科学知識によって内生的なイノベーションを生み出すステージに入ったのではないか。

³⁹ North, D.(1981)。

ルとしてのみとらえ続けたのではないか。⁴⁰

1990年に施行された日本の科学技術基本政策に、知的財産という言葉が全く出てこないが、その背景にこのようなアカデミアの思想(理想主義)があったように思えてならない。これが日本企業にとのような影響を与えたかは小川(2015)の第1章、3章、および次稿(1)で紹介したい。

これらの理論が主にアメリカ市場を前提に考えられていたためか、1990年代以降の日本の製造業を苦しめた、“円高を良しとする為替思想”が技術進歩や生産性にどのような影響を与えるか、などという論点が含まれていない。日本アカデミアには、本稿の1章、1.2でスケッチした為替変動の影響までを考慮した成長論がまだ見当たらない。⁴¹むしろ実質実効為替レートなる計算上の為替レートを考え出し、1ドルが80円であっても円高ではないと論じる人が日本に多くいた。

また意外なことに、現実社会で経営戦略やビジネスモデルを分析・提案する経営学も、そして技術経営を論じるMOTでさえ、知的財産権の役割や為替の影響をグローバル競争力の視点で論じる人は少ない。むしろ特許の数や質、あるいは国際標準獲得などに焦点を当てた部分最適の論考だけであり、これが生産性にどう繋がるかのメカニズムは軽視されてきた。この傾向が現在でも変わっていないという意味で、日本企業にとって大変

⁴⁰ なお吉川洋はRomerの収穫逡増の考え方を批判し、どんな製品であっても時間と共に需要が飽和し収穫逡減状態になる、だからイノベーション連鎖が必要と主張した。しかしRomerは高度10万メートルの視点から俯瞰的に論じたモデルを提案したに過ぎない。吉川のように高度100メートルや1000メートルの視点で個々の製品産業を見れば確かに収穫逡減が至るところで見られるが、それぞれの領域で吉川のいうイノベーション連鎖が次々に起こるのであれば、この姿を高度10万メートルからマクロ経済の視点で見れば、結果として収穫逡増になるのではないか。

⁴¹ 実際には、超円高によって多くの日本企業が生産拠点や適地良品の為の開発拠点をアジア諸国へ移転させたので、イノベーション機能の一部あるいは大半が新興国へシフトしており、生産技術や製造技術のイノベーションが、日本国内ではなく、タイ、中国、インドの日本工場で次々に起きている。一方、新興国は日本企業の技術資産を公共財的な知識として活用する政策を打ち出し(WTOのルールを巧みに活用)、また日本企業の工場も現地企業を育成して低コスト高品質の部品調達(現地調達)へ向かうので、日本企業は新興国の内生的な経済成長へ大きく貢献してきた。しかしながら、特にデジタル化が最も早く進んだ電機産業では、新興国が人為的に打ち出す比較優位の競争政策によって、日本企業が次々に劣勢に追い込まれたのも厳然たる事実である(小川、2015、4章)。

IoT時代になると類似のことが多くの産業領域で次々に顕在化する。インダストリー4.0で中国と連携したヨーロッパ諸国が、2017年になって日本と類似の状況に置かれはじめ、警戒を強めている。これらはグローバリゼーションによって必然的に起こることである。

不幸なことではないか。⁴²

その背景に、市場原理を信奉して世界の主流経済学となった新古典派経済学の広がりがあったように思う。新古典派経済学は、知的財産権が市場原理を妨げるという意味でこれを認めない。⁴³ また彼等が駆使する数学モデルにオープンとクローズが共存する実態経済の複雑な姿を取り込むことが不可能だったことも、その大きな要因だったと言われている。数学モデルによる記述や統計分析による立証のない論文は現在でも軽視されているという。

3. 3 新古典派経済学に連なる成長理論と現実とのギャップ

これまで述べたように、1980年代後半のRomerは、1950年代のSolowと同じオープン化、すなわち技術伝播の重要性の上に、1960年代初期のArrowが指摘したクローズ領域（独占/寡占化）の共存を唱えていた。

このようなクローズ領域の存在を前提にした内生的経済成長モデルで、しかもフルセット統合型であれば、研究開発投資の増加に比例して経済成長が進む（リニアモデル）。つまり、研究開発投資を人的投資も含めて増加すればするほど経済成長率は高まる収穫逓増となり、プロダクト・イノベーションの連鎖が収穫逓増に直結する。

この考え方は、1930年代から1960年代に技術進歩が経済成長へ貢献した事実を踏まえて、1950年代から1970年代にアメリカで当たり前のように語られた仮説、すなわち研究開発投資（アカデミアの視点で言えば基礎研究への投資）が多ければ多いほど企業収益や経済成長につながるはず、という共通の認識に正当性を与えたことになる。

しかしながら現実社会では、多くの製品領域で研究開発投資が必ずしも企業収益にも国の経済成長にも貢献しない事態が次々に起きていた。例えばオイルショック後の1970年代に低迷するアメリカ経済の立て直しに、それまで蓄積したテクノロジーやプロダクト・イノベーションの成果が貢献できていなかった。⁴⁴

⁴²そもそも日本企業で実ビジネスに関わる人々の多くはアカデミアの理論など知らずに済んできたが、研究開発の重要性や知的財産権の重要性は十分に理解していた。

⁴³ 寡占や独占を許容しているという意味で、シュンペータを批判する人もいる。

⁴⁴ 1960年代からアメリカで独占禁止法が強化され、ベル研究所やゼロックス、IBMなど、基礎研究で生まれた技術を多量に内部にため込んだ大企業が、技術の公開を強制されるようになった。その主たる目的は公開された技術でアメリカの中小企業にイノベーションを起こすことであった。大企業にはマネタイズも含めたイノベーションが期待できなかったからである。しかしながらこれを最も効果的に活用したのが日本やドイツであったことは本稿の第3章、3)の脚注に示した。

一方、当時のアメリカで大企業の研究者は基礎研究を重視し、技術の市場化はもとよりマネタイ

あれだけ基礎研究に投資した IBM が 1990 年代はじめに崩壊寸前まで追い込まれ、“中央研究所の終焉”⁴⁵ などという事態を招くようになった。内生的成長モデルは、すでにオープンなエコシステムへ転換していたアメリカのデジタル型産業で、特に研究部門を多く抱えるフルセット型の大規模企業で、1980 年代の後半から機能不全になっていたのである。

日本でも、アナログ技術で構成された 1980 年代のマイクロウェーブ通信回線や VTR、またブラウン管テレビやアナログ技術で開発された初期の CR-ROM でも、圧倒的な競争優位を持っていた。

しかし製品設計にデジタル技術が深く介在する 1990 年代の CD-ROM や DVD、光通信装置でも、⁴⁶ そして 2000 年代の液晶テレビや携帯電話、LED 照明や太陽光発電でも、テクノロジーやプロダクトのイノベーションを次々に起こした日本の電機メーカーがグローバル市場で競争優位を失い、市場撤退への道を歩み始めた。⁴⁷ 電機産業の多くの領域がオープンなエコシステム型へ変わってしまっていたからである。

それでも日本のアカデミアや政策当局は、Solow モデルと Romer モデルを混在させたイノベーション思想を持ち続けた。これに代わり得るイノベーション思想が定着し得なかったからである。⁴⁸

あるいは、マクロ経済的な視点で基礎研究の重要性を支える Solow モデルが日本のアカデミアに深く信奉されており（例えば 1996 年から始まる科学技術基本政策）、また Romer が唱えた成長メカニズムの一部、すなわち収穫逓増に焦点を当てた数学モデルの内生的成長理論が、世界中のアカデミアに展開されていたからである。

産業界も Solow や Romer のモデルを信奉して技術立国を唱え続けた。特に 2001 年から始まる第二期科学技術基本政策の方向付けに携わった企業人は Solow モデルの信奉者であり、基礎研究を重視すべしと繰り返す人々であった。これらの人々の出身母体が完成品であってもデジタル技術の介在がまだ特定の技術領域に留まる産業や部品・材料産業であって、擦り合わせモノ造りで競争優位を維持できていたからである。

ズに興味を持つことは無かった。1993 年に IBM の CEO となったガースナー氏は、テクノロジーをマーケティングイシューに翻訳する人も、マーケティングからテクノロジー開発を方向付ける人も、当時の IBM に全くいなかったと述べている（L. ガースナー、巨象踊る）。ごく最近までなら日本の電機産業でも大企業なら同じ状況にあったのではないか。

⁴⁵ 次稿(2)で詳しく論じる。

⁴⁶ 文献名、。

⁴⁷ 小川(2009)、小川(2015)

⁴⁸ 日本では 1990 年代末から 2000 年代にこれが起きたが、アメリカでは 1980 年代の後半から、ヨーロッパでは 1990 年代の中期からにこれが起きた。

しかしながら、従来型の自然法則の産業化でなく、人工的な論理体系の産業化（デジタル化、ソフトウェアリッチ化）が価値形成メカニズムの前面に出る 1990 年代後半から 2000 年代になると、日本でも内生的成長モデルが電機産業の多くの領域で機能不全となった。⁴⁹ 新古典派経済学の系譜に連なる成長理論の前提が全く変わってしまったからである。

既にはじまった I o T 時代では、これまでの内生的成長理論の延長線上で新たなイノベーションモデルを構築することが困難であることを、我われは理解しなければならない。国家プロジェクトであっても決して例外ではない。

IoT をプラットフォームとする新たな産業構造に適応した、新たなイノベーションモデルの再構築が必要となったのであり、成長理論の再構築が必須となったのである。⁵⁰ これを次の 4 章で説明したい。別稿（2）で提案するが、日本には独自のイノベーション思想と独自のリファレンスアーキテクチャを必要としている。

4. 進化経済学の系譜が創り出した成長モデル、イノベーションモデル

新古典派経済学の潮流から少し遅れて、進化経済学派による経済成長モデルの研究が進んでいた。進化経済学派とは、新古典派が仮定する完全合理性の成り立つ世界から離れ、不完全な合理性や限定合理性、システムの時間的な発展や自己組織化プロセスおよび階層性に基づく制度や組織を、更には人の行動などが主体となる一連の経済システムを説明しようとする学派の束を指す。

進化経済学のうち新制度学派は、新古典派経済学の手法を使いながらも、通常は経済学の対象外とされる人間社会の領域における取引、すなわち新古典派経済学が無視し続

⁴⁹ しかし吉川洋は他のアカデミアと異なり、シュンペーター思想（新結合、供給サイド）とケインズ思想（需要再度）を組み合わせた独自のイノベーション論を展開している。

⁵⁰ コンピューティングパワーが指数関数的に進歩し、ソフトウェアのアルゴリズムが飛躍的に進化した現在では、巨大な技術体系の自動車であってもモデルベースで設計されるようになった。超突実験さえ不要となったのである。もしここで、例えばドイツのインダストリー 4.0 を支える Reference Architecture Model (RAMI4.0) の Integration 層や管理シエル層の内部構造と、モノ/Asset の属性パラメータがオープン化されれば価値形成の場が確実にサイバー空間へシフトする。したがって 2020 年代の自動車産業は 2000 年代の電機産業と類似の競争環境に入っていく。すでにその兆候が見えているのであり、我われは日本の電機産業から早く速く教訓を学び、本稿の 4 章、5 章、6 章の間いかけを経営戦略へ取り込まねばならない。この意味で我われは日本独自のリファレンスアーキテクチャを持たねばならない。

けた（あるいは手に負えなかった）領域を説明しようとした。

ここには新制度派（North、Williamson、Coarseら：いずれもノーベル経済学賞を受賞）、ネオシュンペータ派（Dosi、Freeman、Nelsonら）、複雑系派（Arthur、Krugmanら、Kurgmanもノーベル経済学賞を受賞）といわれる多くの学者が連なる。

進化経済学のイノベーションに対する特徴的なアプローチは、新古典派が拠り所とする生産関数から離れ、イノベーションの起源やイノベーションのプロセスそのものを分析する点にある。その狙いは、生産関数モデルでは取り扱いできなかった“非連続的に起きるイノベーションモデル”を説明し、体系化することにあった。

新古典派経済学が重視する生産関数は、生産要素の投入量と生産財の産出量を表す関数なので、特定の製品や生産プロセスに対して与えられる。そのためには非連続的に生み出される新たな生産財に対して、一つひとつ異なった生産関数が与えられなければならない。

この意味で、技術進歩による生産関数の上方シフトというマクロな新古典派経済学側から説明するイノベーション論では、非連続変化のイノベーションを説明することは困難。したがって、非連続なイノベーションが起きる“イノベーションの起源”に戻って再構築する新たなアプローチが必要となった。このような背景から生まれたのがDosiのイノベーションモデルである。

1) Dosiのパラダイム/技術軌道のイノベーションモデル

科学史と科学哲学の立場に立った科学パラダイム論がKuhnによって提唱され（Kuhn 1962）、経済学にも大きな影響を与えた。このパラダイム論をイノベーションモデルへ展開したのがDosiによる「技術パラダイム（軌道）」と「技術パラダイムシフト」の概念であり、ここから生まれる産業転換の理論である（Dosi 1982）。それは、技術進歩をS字カーブと呼ばれるパターンとして捉え、その進歩がもたらす産業上の変容としてイノベーションを説明したものであった。

Dosiは、市場の需要側（出口サイド）だけによるイノベーション要因では、市場の需要を事前予測することが困難であるとし、需要のみによるイノベーションの誘引には否定的な立場をとった。また同時に、供給サイドに立つ科学・技術・生産物というRomer的な、一方向のリニアな進化過程からは技術発展の不確実性を説明し得ないと主張した。

Dosiの辿り着いたのは、経済的な環境と技術変化や制度的な要因の、複雑な関係によって技術変化が誘引されるという主張である。その説明に「技術パラダイム」という概念を導入し、ひとつの技術パラダイム（技術軌道）は技術発展のひとつのパターンであるとした。この意味で、これはKuhnの通常科学のパラダイムのアナロジーであり、累積的な技術発展に相当する。

一方、パラダイム間の遷移であるパラダイムシフトは、異なった技術発展のパターンへのシフトであるとした。この意味でKuhnの科学パラダイムにおける「科学革命」の

アナロジーと言える。

このように Dosi は、シュンペーターの経済“**成長**”を累積的な技術の組みあわせ、すなわち Kuhn の通常科学に対応させ、一方、シュンペーターの経済“**発展**”を、非連続的な技術進歩すなわち Kuhn の科学革命に対応させてイノベーションを語ったのである。⁵¹

Dosi のパラダイムとパラダイムシフトは、それまでの新古典派経済学が推し進めてきた、“生産関数の上方シフト”による技術進歩の経済成長への寄与という議論から離れ、イノベーションの技術的起源に関わる議論へと変容させた。

ここでは、Romer などの内生的経済成長論者が暗黙の前提とした“科学から技術を経て製品に至る、いわゆるリニアプロセスが完全に否定されている。例えば Dosi は、イノベーションの成功を決定づけるのは製品を開発して上市した後の市場であるとした。

イノベーションの成否は技術進化だけで決まるものではなく、あるいは市場の需要だけで決まるのでもない。製品開発の事後プロセスによって決まるとし、事前に設計することはできないという立場をとった。⁵² この考え方は、その後の E. Hippel のユーザーズ・イノベーション(Hippel 2011)や現在のデザインドリブン・イノベーションの系譜に繋がる。

S字カーブとして描かれた Dosi の技術パラダイムとパラダイムシフトは、イノベーションにおける技術進歩の経路と非連続的な進歩の可視化をもたらし、多くの人に受け入れられた。Christensen の持続的イノベーションと破壊的イノベーション(Christensen 1997)も、Dosi の枠組の中で語られたに過ぎない。⁵³

2) Freeman のネットワーク型イノベーションモデル

I o T 時代を迎える日本にとって上記以上に重要なのは、以下で紹介する Freeman や Ruttan、Arthur のモデルである。

⁵¹ 実は Kuhn や Dosi より遙か前に、シュンペーターもイノベーションの起源に立ち降りて経済発展の理論や分析を考え抜こうとした。ここで彼はその枠組みとして、我われの思考を無意識に方向付ける概念としてビジョンという言葉を使っているが、彼のいうビジョンは Kuhn/Dosi のパラダイムに近い(中野(2015), p. 64)。

⁵² 産業構造がエコシステム型になるデジタル型産業とこの延長に来る I o T 時代の産業システムでは、本節(3)から(5)で紹介するように市場構造や競争ルールの事前設計がイノベーションに必須となっている。Dosi の理論が発表されたのはパソコンやインターネットが大規模に普及する前の 1982 年であった。Kuhn の理論は 1964 年。

⁵³ クリステンセンの持続的イノベーションは Dosi の累積的な技術によるイノベーションであり、Kuhn の通常科学に対応する。クリステンセンの破壊的イノベーションは Dosi の非連続的なイノベーションであり、Kuhn の科学革命に対応する。

特にFreemanは、1980年代の科学技術に基づく新製品開発やプロセス改革において、ネットワーク化されたイノベーション・パートナーと技術情報との連鎖が非常に重要な役割を果たしていたことを明らかにした（Freeman 1991）。

Freemanの主張は、シュンペーターの“起業家がイノベーションの担い手である”という伝統的な認識を越え、企業内あるいは企業グループ内、更には異なる企業による研究開発の協業など、ネットワーク化された企業群の役割をイノベーションモデルへ取り込んだ点に大きな特徴がある。

イノベーション・ネットワークは、個々の要素技術（あるいは、コンポーネント）のイノベーターが互いに協創するエコシステム型イノベーション・ネットワークの構造を取るため、ネットワーク全体としては必然的にアーキテクチャー思考のイノベーションが行われる。⁵⁴

ここでもFreemanは、ネットワーク化された組織をシステム革新のための基本的な制度とみなし、市場と組織の間に強い相互依存性が存在するとした。さらにネットワーク連携のメカニズムとして、合併型の研究開発（M&Aによる技術調達・開発も含む）、ライセンス供与、日本型の下請けなども挙げた。

Freemanは1980年代の日本の自動車産業の強さが自動車メーカーとその系列とのネットワークにあると考え、ネットワーク型イノベーションを考え出したという。⁵⁵

この理論に従えば、当時のアメリカの自動車産業が競争優位を失ったのは、彼らがフルセット垂直統合モデルを追及していたからである、と結論付けられる。⁵⁶

さらにFreemanは、技術力と専門性には、イノベーションをもたらす製品やシステム開発で特別な能力が必要であること、および得意な技術能力を持つ個々の企業間のネットワークがイノベーションにおいて非常に重要である、とも結論付けた。

この意味でFreemanのモデルは、Romer的イノベーションによって生まれるコンポーネント型の技術モジュールや技術知識を、オープン環境で組み合わせ結合させるアーキテクチャー思考のネットワーク型イノベーション論へ拡張した、と言ってもいいのではないか。

イノベーション・ネットワークの中でも特に高度なバリューを持つイノベーター（日本の自動車完成品メーカーや後日キーストンと呼ばれるアメリカ企業）に対する依存性が

⁵⁴ したがって知的財産のマネジメント思想も契約のマネジメント思想もアーキテクチャー思考へ変えなければならない（小川、2015、第6章）。

⁵⁵ 彼は日本の自動車産業に見る系列ネットワークはスター型のネットワークであって、中央の親企業（OEM）がアーキテクチャー思考のネットワーク型イノベーションを先導する、とした。

⁵⁶ 日本のアカデミアは同じ1980年代の日本の自動車産業について、設計や生産技術・製造技術相互の擦り合わせ組織能力が日本の強さであると論じた。この違いはどこからくるのだろうか。Romer型の生産関数思考が、無意識のうちにもものづくり論に色濃く反映されていたのだろうか。

高まっていく傾向があり、これがネットワーク化されたシステムの構造に大きな影響を与えることを指摘したのも Freeman である。

これらの事例はいずれも、その背後にオープン・ネットワーク環境でコア技術（知財権で守られたクローズ領域）を持つ企業、特に尖鋭的な高度技術を持つスタートアップ企業が、互いの得意技術を持ち寄りながらオープン&クローズの戦略思想で繋がりあい、イノベーションの担い手になっていた 1980 年代シリコンバレーの実態が反映されたものであった。

すなわち Freeman のモデルの背後には、日本の自動車産業のクローズド・ネットワークモデルだけでなく、オープンなアーキテクチャー思考で繋がりながら躍進するアメリカ・ベンチャー企業群の姿があったのである。この意味で Freeman のイノベーションモデルは、インターネットや WebAPI などを経由し、国を越えて繋がりながら価値形成する I o T 時代にもそのまま適用できる。

さらに Freeman は、イノベーションを牽引する企業群が、大学や政府と知識や公的資金などの資源を介して協業する国家レベルのイノベーション・システム (NIS; National Innovation System) を、すでに 1991 年に提唱している。ネットワーク型イノベーションを国家イノベーションシステムの重要な要素として位置付けたのである。

この背景に、日本の国家プロジェクトである超 LSI 研究組合 (1976~1979) の成功があったという。⁵⁷ 日本の取り組みから学んだレーガン政権が 1984 年に国家共同研究法を成立させ、多くの企業が互いに得意技術を持ち寄って共同研究する国家レベルのイノベーションシステムがアメリカでも始まった。

それ以前のアメリカでは独占禁止法が非常に強く、この種の共同研究は違法行為とされていたが（当然違法の原則）、日本の取り組みから刺激を受けたアメリカ半導体産業とレーガン政権が一体となり、合理の原則を前面出してこれを合法化していった。⁵⁸ 事実、1980 年代の後半から国家レベルのコンソーシアム型イノベーションがアメリカで急増している。⁵⁹

Freeman は、日本のトヨタとその系列との関係だけでなく、日本の超 L S I 研究組合による企業間の技術共有から、ネットワーク型のイノベーションを考え出したといわれる。彼は 1980 年代の日本の自動車産業や半導体産業の強さがネットワーク化されたイ

⁵⁷ 超 LSI 研究組合は総額 700 億円の巨大プロジェクト、欧米諸国はこれを大成功と政治的に誇大宣伝したが、実際は成功したと言いがたい。この組合に設けられた 4 つの研究室の内、3 つが X 線による露光技術の開発だったが、その後の半導体産業は現在に至るまで X 線露光を採用せず、全てレーザ光による露光技術を採用し続けたからである。

⁵⁸ 当然違法の原則から合理の原則への転換については、宮田由紀夫 (2007) が詳しい。

⁵⁹ 例えば小川 (2015) の第 2 章。ここでは筑波大学・立本博文教授の調査研究を使っている。

ノベーションシステムにあると断定し、その対抗策としてこれをアメリカの政策レベルへ取り込もうとしたのである。⁶⁰

このように日本の成功から学んだFreemanのネットワーク・イノベーションはいずれも1990年代以降のアメリカやヨーロッパに大きな影響を与えて今日に至るが、日本でこれを大きく取り上げて論じた人は少ない。

なおFreemanの論文には、イノベーション・ネットワークの結合として契約による“ライセンス供与”を取り上げている。ライセンス契約は、知的財産権によって守られる寡占化や差異化領域あるいは営業秘密などのクローズ領域があってはじめて機能する。同時にFreemanは、このような技術知識の売買だけでなく、ネットワーク化によって技術知識のスピルオーバー（伝播）がいろいろな形態で起こり得る、とし指摘している。

この意味でも暗黙の内にオープン領域とクローズ領域の共存がFreemanの理論の前提になっているのではないか。事実、Freemanが提唱するネットワーク・イノベーションを実務で具体化したアメリカで、政策スタッフや経営者は、オープン環境でコア領域を徹底して守るプロパテント思想を競争政策や事業戦略の中核と考えていた（例えばアメリカ政府のプロパテント政策、あるいは1980年代後半に見るインテルやマイクロソフトとIBMとの間で顕在化した知財・契約マネジメント）。

オープン&クローズの戦略思想や知財と契約マネジメントがプロダクト・イノベーションの成果に大きな影響を与えることは、すでに1980年代からシリコンバレーの起業家に広く共有されていたのである（小川2009、2015）。

3) Ruttanの経路依存性モデル

1990年代の後半には、市場のバイアス効果による誘発的な技術進歩や経路依存性による技術進歩の存在も指摘されるようになった（Ruttan 1997）。

Ruttanは、それまで技術変化を説明するモデルとして存在していた誘発的イノベーションモデルと進化論的イノベーションモデルに、経路依存性を統合したモデルの必要性を提唱した。これは、イノベーションの起源に着目すると同時に、技術進化の経路の変化にも着目した新たなモデルであると言える。

確かに誘発的イノベーションモデルとして、それまでHicks(1932)による生産要素の価格変動要因論やSchmooker(1962)による需要の引き込み型などがあったが、これらはミクロレベルの内生的活動を反映していないので十分な説明要因にならない、とRuttanが批判。

Ruttanモデルの特徴は、まず第一に、各企業における特有の行動パターンや意思決

⁶⁰ Freemanの論文は1991年

定を、進化論の遺伝子のアナロジーである内生的な「ルーティン」として認める。⁶¹ したがって第二に、これを外生的な誘発的イノベーションモデルと補完関係あるとした。さらに第三に、技術変化には、元来経路依存が存在するとし、これらの3つのモデルの統合を提唱した。

この統合を果たさぬまま Ruttan はこの世を去ったが、この提唱はその後のイノベーション・プロセスの議論で大きな流れとなっている。

Ruttan のイノベーションモデルは、当然のことながら 1980 年代から 1990 年代に生じた産業構造の変化、とりわけコンピュータ産業や情報ネットワーク産業の隆盛による産業構造の変化と無関係ではない。例えば、彼の言うゲートウェイ技術は 1980 年代後半のパソコンに取り込まれたノースブリッジやサウスブリッジが、⁶² またインターネットで言えばルーターが、⁶³ これにあたる。⁶⁴

互いに繋がるネットワーク型の産業構造で技術進歩が経済成長に寄与するには、エコシステム構造の進展を見据えた市場構造の事前設計を考慮する必要があるというイノベーション思想が、既にここから生まれていたのではないか。

この延長に来る I o T の産業システムで事前設計を語れば、クラウドをゲートウェイにしながら互いにデータで繋がる市場構造の事前設計、例えばアメリカの Uber や Airbnb のモデルが、また中国の適滴のモデルがこれに当たる。

更にこれをドイツのインタストリー4.0 の視点で語れば、Reference Architecture Model (RAMI4.0) のように、Integration あるいは Asset Administration Shell (管理シェル) をゲートウェイにし、モノ/Asset 空間と Cyber 空間がデータで繋がって価値を生み出すための市場構造の事前設計がこれに当たる。⁶⁵

4) Arthur の経路依存性モデルとロックイン効果

一方、B. Arthur は、物理学的アナロジーを用いた数学的な議論を展開し、経路依存

⁶¹ 企業の行動パターンや意思決定を、進化論の遺伝子に相当する“ルーチン”である、としたのは Nelson & Winter であり、Ruttan はこれを引用している。

⁶² 例えば小川(2009)の第5章。

⁶³ 例えば小川(2009)の第6章。

⁶⁴ 彼は論文の中で、日本が乏しい天然資源の中で急速に経済成長したことに触れて、ゲートウェイ技術の存在を挙げているが、それが何であるかは説明していない。彼は農業経済学の立場で、日本の狭い農地という環境的制約が農業技術の高度化と生産性向上をもたらしたと分析している。(Hayami 1970)

⁶⁵ 実は 1970 年代のミニコンや 1980 年代のパソコンでも、さらにインターネットでも、エコシステム・パートナーが互いにデータで繋がって全く新しい産業を生み出し続けてきたのであり、I o T 時代になったからデータで繋がったのではない。

を推定するモデルを構築した (Arthur 1994)。こうしたモデルでは、市場に複数の均衡状態の存在が仮定されている。

すなわち暗黙の内に均衡状態のモジュールとこれをつないで新たな均衡状態を形成するダイナミックなエコシステム構造が仮定され、ここから小さな予測可能性を持つ事象と予測不可能な事象の組み合わせや積み重ねによって、経路依存性が決定されるとした。言わば自己組織化的な、あるいは自己増殖的な市場形成を通じてイノベーションが実現するとしたのである。

現在の視点でこれを語れば、2000年代から大規模に躍進するアメリカのGAF(A(Google、Apple、Facebook、Amazon)、Salesforce.com、Yahoo、Twitter、あるいは中国のBAT(バ イドゥ、アリババ、テンセント)が、開発者やデータ提供者およびエンドユーザなどと一緒にオープン Web API を介してデータで繋がり、ここから自己組織化する姿がこれに当たる。また自己増殖しながら巨大なプラットフォーム市場が生まれる姿もこれに当たる。Uber や適滴、あるいは Airbnb のサービスプラットフォームもここに加えていいだろう。

これらの企業は21世紀のAPIエコノミーを支える代表的な企業群であり、主たる価値形成の場がサイバー空間となる。サイバー空間に巨大なエコシステムを作ってイノベーション連鎖を起こすAPIエコノミーは、その市場規模が既に260兆円を超えたと言われる。

一旦収穫逓増をもたらす技術を選択すると、その他の競合技術が排除される自然淘汰的な機能を持ちはじめ、この延長でいわゆるロックイン効果が生まれる。⁶⁶ 上記に挙げた事例でこれが例外なく観察される。

Arthur が指摘したこのような経路依存は、どの技術をどう選択してどう繋がるかが非常に重要となる。したがって経営者は、オープンなエコシステムを積極的に活用するアーキテクチャー思考が無ければ正しい選択も正しい結合もできない。例えば、互いに繋がり合うAPIという技術思想は既に1980年代から存在していたが、この思想をオープンWeb環境の広がりの中で徹底して活用したのがGAF(AやSales.com、Twitter、Yahoo、Uber あるいはBAT や適滴の創業者である。

いつの時代でもイノベティブな産業を創出して成功する経営者は、先端の技術を身

⁶⁶ これまで経路依存性に関する多くの解説論文が発表されており、経路依存性だけでなくロックイン状態も含めた内容になっている。一般的な入門書(例えば一橋大学イノベーションセンター編(2017)では、企業的意思決定が受ける制約という視点から経路依存性を説明するが、意思決定の事象が小さなイベントからも影響を受けて経路が変化すること、その前提として複数の均衡が存在すること、などの経済現象には言及していない。今日では、Arthur の経路依存と収穫逓増が標準的な考え方になっているのではないかと。

に付け、先端のイノベーション思想を直観的に身につけながら正しい選択・結合を判断できる若い経営者である。⁶⁷

Arthur のモデルは、数学的な複雑性や複雑性が積み重なって起きる具体的な事象の認識が困難であるという意味で、理論をそのまま実務に応用することは容易でない。またその内容の複雑さだけでなく、それまでの正当経済学のアプローチから大きく違っていたため、Arthur はアカデミアから異端的な扱いを受け続けた。⁶⁸

それでもアカデミア以外の人々から支持され続けたのは、インテルチップや MS-DOS で開発された PC とアプリケーションソフトが巨大なインストール・ベースとなり、強力なネットワーク効果を生み出す現実のビジネス環境が、目の前に広がっていたからではないか。

その後、1990 年代後半の Windows OS (マイクロソフト) やインターネット・ルーター (シスコシステムズ)、あるいは 1990 年代中期から GSM アーキテクチャ (第 2 世代から第 3 世代の欧州携帯電話) がメジャーになって行く現実の姿を見た多くの企業 (特にスタートアップ) が、Arthur 的な経路依存性やロックイン効果を次々と自らのビジネスへ取

⁶⁷ この意味でアカデミアによるイノベーション論はいつの時代でも後知恵で整理する役割を超えることができない。本稿も同じ。

⁶⁸ Arthur は、電気工学で学士号、数学で修士号、オペレーションリサーチで博士号を取得した異色な経済学者である。分子生物学や開放系の非平衡熱力学からのインスピレーションを得て、均衡状態を前提とする調和的な経済システムを自己組織的なシステムと捉えるようになった。この成果となる論文 “Competing Technologies, Increasing Returns, and Lock-in by Historical Events” は、1983年に IISA (Internal Institute for Applied Systems Analysis) の Working Paper として発表された。その後の経済学の学術誌に投稿するもことごとく掲載を拒否され、最初に投稿した学術誌 The Economic Journal に再び投稿して掲載されたのは 1989年のことであった。この間、ノーベル経済学賞の受賞者である K. Arrow は、複雑系の研究所である Santa Fe Institute (SFI) の創立にノーベル賞受賞である物理学者の P. Anderson や M. Gellman と携わり、1987年に Arthur を SFI で経済における自己組織化に関する講演のために招聘した。講演は高い評価を受けたことにより、Arthur は複雑系経済学を代表する立場となった。

このように、Arthur の複数均衡や自己組織化に基づく、経路依存性とロックインに関わる理論は進化経済学の中でも早い時期から提唱されていたが、アカデミア、殊に新古典派経済学からの強烈な批判にさらされて、6年がかりの論文の出版という経緯がある。本稿ではその後この理論を広めることとなる著書を引用として挙げている。しかし、このモデルがイノベーションモデルとして注目されるようになったのは、2000年以降の米国のデジタルエコノミー全盛の頃であった。なお本稿では、経路依存性の認知の経緯から Ruttan 論文 (1997) の後に Arthur の論文 (1989) を紹介した。

り込んでいった。

これを 21 世紀の現在で語れば、自動車産業の競争ルールを変えようとする Uber にも滴滴などのスタートアップにも、あるいはインターネット環境へビジネスの土俵を移した GE、IBM、シーメンス、ボッシュなどの巨大企業にも、更にはドイツという国家が先導する Industrie4.0 のリファレンス・アーキテクチャー (RAMI4.0) にさえ、経路依存性とロックイン効果の仕掛けが見え隠れする。

Arthur の主張を別の表現で繰り返せば、Arthur は、ネットワーク型産業において、規模の経済性としての供給側の「ボトルネック独占」と需要側の「ネットワーク外部性」が常に存在すると指摘した。⁶⁹

例えば前者は、特にソフトウェアが先導するサイバー空間のインフラストラクチャーやプラットフォームに相当しており、規模や範囲の経済性のほかに情報複製の費用ゼロ化、すなわち限界費用ゼロの効用を生む。この効果を活用することによって寡占化/独占状態を人為的に作り易くなり、デジタル型のプラットフォームが巨大な参入障壁を築く。一方、後者は、ユーザーの増加により生み出される便益であって、消費者側の学習効果や評判効果が大きな力を持つようになる。

巨大データセンターとそれらのグローバル・ネットワーク化や仮想化によって出現したクラウドコンピューティングで寡占化が非常に短い時間で起きている事実、あるいはアマゾン AWS などのコンピューティングサービスの需要者が Workload のクラウドコンピューティング化を進めていることなども、供給側の「ボトルネック独占」と需要側の「ネットワーク外部性」の効果を象徴する事例である。

いうまでもなくボトルネック独占やネットワーク外部性のいずれも、先に挙げた 2010 年代のアメリカの GAF A、Sales.com、Twitter、Yahoo、Uber や中国の BAT、滴滴だけでなく、巨大企業にも国家が先導するイノベーションプログラムでも、その興隆・発展を支える基本的な経営思想となっている。

以上のように 21 世紀の現在は、Ruttan や Arthur が見出したイノベーションモデルで満ち溢れている。中国の Online to Offline 環境に群がるスタートアップも、同じプロセスで巨大化していくであろう。ビジネス・エコシステム型の産業構造を前提にして語られてきた知的集約産業における限定合理性と収穫逡増の理論が、実態経済によって裏付けを得たのではないか。

⁶⁹ ネットワーク外部性、あるいはネットワーク性を最初に指摘したのは 1950 年の H. Leibenstein であり、経済学の分野でこれが議論されてきた (Leibenstein 1950)。

5) Henderson と Clark のアーキテクチャー思考のイノベーションモデル ⁷⁰

進化経済学の系譜に連なるイノベーション論の登場は、国や企業のイノベーション戦略に大きな変化をもたらした。その中でも我われが次に注目したいのは、技術パラダイム（軌道）の概念を更に拡張した Henderson と Clark によるイノベーションモデルである。

彼らは、技術パラダイムにコンポーネント自身の技術イノベーション（コンポーネント型イノベーション）と、コンポーネント間の結合構造をダイナミックに変えることで起きるアーキテクチャー型のイノベーションとの、2つが存在することを初めて指摘した。（Henderson and Clark, 1990）。

Henderson と Clark は、2つのイノベーション軌道の存在と2つの異なる軌道間の遷移について考察し、コンポーネント型イノベーション軌道はコンポーネント開発を推進できる大企業においては有利に働くがその開発には限界が生じる。その限界は、各企業のリソースの質と量に依存するとした。

一方、アーキテクチャー型のイノベーション軌道は、限られた大企業のみが生き残れるコンポーネント型とは異なり、中小規模の企業においても互いに得意領域を持ち寄って繋がりあうのであれば容易に達成できると主張した。

明らかにこれは、1980年代のシリコンバレーで雲霞の如く輩出するベンチャー企業群を念頭に置いた考え方だったと思われる。そしてこれはそのまま、現在の中国が推進する Internet Plus 環境のイノベーションにもあてはまる。最近になって躍進が目立つ東大発ベンチャー企業にもそのまま適用できる。⁷¹

アーキテクチャー型で何よりも重要なことは、第一にイノベーション軌道がサプライチェーンに大きな変化（オープン化、アウトソーシング化）をもたらすという点であり、したがって第二に、これが市場構造の大規模な変化（ビジネス・エコシステムの進展）を誘発し、第三に、その結果としてグローバル市場の競争ルールさえも一変させてしまう点である。

この3つの考え方は、市場構造と競争ルールを事前に設計できるのだ、というアーキテクチャー思考へ経営者を導くようになる。実ビジネスでこれを見れば、1990年代のITやICT産業でも、現在のIoT産業システムでも、経営者は、市場構造と競争の

⁷⁰ 本稿では Henderson & Clark の論文にある Component and Architectural Knowledge という表現を、当時に現実に合わせた狭い意味で使う場合はコンポーネント型やアーキテクチャー型と表現し、21世紀のIoT時代を踏まえてもっと広い意味で使う場合はコンポーネント思考やアーキテクチャー思考という表現にして使う。

⁷¹ これ以降本稿では国や企業が自らリスクを負って投資しながら生み出すテクノロジーやプロダクトの、いわゆるコンポーネント型イノベーションを Romer 型と総称する。

ルールを当たり前のように事前設計している。

すなわち、価値形成の場の中心が、コンポーネント自身からアーキテクチャー思考へ移行してしまった。あるいは、コンポーネント思考 (Romer 型イノベーション)⁷² によって生まれた技術的な価値を、長期に維持拡大して付加価値生産性を高め、国の雇用と成長へ結び付けるための全体最適イノベーションとして、アーキテクチャー思考が必要になったと言い換えてもよい。⁷³ これらは国家プロジェクトによる基幹技術開発でも例外ではない。

さらに Henderson と Clark は、アーキテクチャー型とコンポーネント型でそれぞれ高い成果を挙げるための組織構造や組織能力に大きな違いがあり、コンポーネント型のイノベーションを牽引した企業はアーキテクチャー型のイノベーションへ移行することが非常に困難であると指摘している。

これはビジネス・エコシステムの広がりによって、市場と組織能力の新たなしかも強い相互依存性が生れるからであり、まさにこれは I o T 時代の日本企業が抱える基本問題にそのまま繋がる。これらについては次の第 5 章で簡単にスケッチしたい。

オープンな実ビジネス環境でアーキテクチャー型のイノベーションが最初に顕在化したのが 1970 後半であり、アメリカのミニコン産業からであった。⁷⁴ その後オープン環境のイノベーション思想が 1980 年代からパソコンやインターネット産業の周辺で大規模に進展し、1990 年代にはパソコンやインターネットと共にグローバル市場へ広がった。

日本企業が実ビジネスでオープンなアーキテクチャー思考のイノベーションモデルに遭遇したのが 1990 年代のデジタル型光通信機器やコンピュータとその周辺機であり、そしてまた 2000 年代にデジタル家電と呼ばれる製品領域であった。⁷⁵ いずれのケースもアメリカやヨーロッパの大規模企業と同じように、日本でも伝統的な大企業が最初に

⁷² 東大発ベンチャー企業の時価総額が、すでに 2 兆円を超えた。

⁷³ 一般に、アーキテクチャー型イノベーションの解説論文や解説書には、例えば Baldwin & Clark (2000) や藤本・武石・青島 (2001) などの一部を除き、アーキテクチャー型そのものの解説と事例、あるいはアーキテクチャー型イノベーションを実現する為の組織マネジメントや研究マネジメントを論じている。しかしコンポーネント型からアーキテクチャー型イノベーションへ移行せざるを得なくなった背景や移行するメカニズムについては殆ど論じていない。

⁷⁴ 1964 年に発表されたメインフレームコンピュータ IBM360 シリーズは明らかにアーキテクチャー思考で設計されたものであったが、IBM の中に閉じたクローズアーキテクチャーであった。

⁷⁵ 実は日本でもその兆候が 1980 年代後半の V T R 産業で既に現れていた (小川、2009、第 1 章) が、Solow 的あるいは Romer 的なイノベーション思考が全盛の 1980 年代だったので、これが注目されることは無かった。むしろ無視あるいは否定され続けた。

遭遇し、最初に市場撤退への道歩んだ。

この背景に、製品システムのデジタル化やオープン標準化という大きな潮流があったという意味で、デジタル化がインダストリーの領域を超え、サービス産業や農業にすら広く浸透するオープンな I o T 時代は、アーキテクチャー思考のイノベーションモデル無くして、企業の価値形成メカニズムも国の雇用と持続的成長も語れなくなっている。

以上のように、すでに 1980 年代から 1990 年代は、自前の研究所による科学的な基礎研究から製品開発までのリニア型の内生的な研究開発（自前主義）を捨てたアメリカ企業が、新たなイノベーションシステムに向けて脱皮しはじめた時期である。エコシステム的な分業型の（ネットワーク型の）イノベーションシステム、すなわちアーキテクチャー思考のイノベーションを必要とするオープンな経済環境が、すでに 1980 年代中期のアメリカに存在していた。

このことは、別稿（1）で述べる米国のヤングレポート（1985 年）とそれに沿った各種の研究開発の分業化体制やオープンなイノベーション政策への転換にも表れている。またヨーロッパで 1984 年に始まるフレームワークプログラム（FP）でも（特に 2000 年ころから始まる FP-7 で）、エコシステム型のオープンなイノベーションシステムが至る所で採用されている。⁷⁶

1980 年代のアメリカから 1990 年代前半の欧州、そして 1990 年代後半に顕在化した 100 年に一度とも言うべき大規模な産業構造の転換、⁷⁷ およびここから生まれたグローバル経済システムの変化は、21 世紀の I o T 時代で更に大規模に進化発展する。

その背後で当たり前のように採られているのが、アーキテクチャー思考を駆使した産業構造の事前設計であり、市場構造の事前設計であり、そしてまたアーキテクチャー思考を駆使したオープン&クローズ戦略であり、この戦略を背後に持つ知的財産マネジメントや契約マネジメントである。

この意味で、Freeman や Ruttan, Arthur、および Henderson & Clark のイノベーションモデルはいずれも、21 世紀の I o T 時代、あるいはサイバーエコノミーや AIP エコノミーの時代に不可欠な思想となった。

ネットワーク型イノベーション (Freeman)、ボトルネック独占 (Arthur) を前提にしたオープンイノベーション、アーキテクチャー思考のイノベーション (Henderson & Clark) とエコシステム構造の事前設計、エコシステムから生まれるネットワーク効果 (Arthur)、この効果が効くように事前設計されたプラットフォーム効果、およびここから生まれる経路依存効果 (Ruttan, Arthur)、その結果としてのロックイン効果 (Arthur)、消費者側の学習効果 (Arthur)、そしてこれらの全てを背後で支えるオープン&クローズの戦

⁷⁶ 例えば小川紘一、立本博文 (2010)、(2011)

⁷⁷ 例えば小川 (2015) の第 1 章。

略思想などが、オープンな 21 世紀のイノベーションシステムに不可欠となっている。

この事実から言っても、我われは Freeman、Henderson & Clark、および Ruttan、Arthur を改めて高く評価しなければならない。⁷⁸

5. イノベーションモデルの変遷と組織能力

これまで繰り返し述べたように、イノベーションモデルとイノベーションを担う組織能力には強い相互依存性があり、依存性が非常に強いだけに、産業構造や競争ルールの変化に組織能力が適応するには非常に長い時間を必要とする。したがってゲームチェンジの影響を受けやすい。デジタル化になってゲームチェンジが短期間で起きれば、既存の産業構造や競争ルールでルーチン化された伝統的な大企業が瞬時に市場撤退への道を歩む。こんな事例は枚挙にいとまがない。

例えば Christensen は、Dosi の技術軌道の概念を磁気ディスクドライブ事業の競争戦略に応用し、製品アーキテクチャーや市場構造の変化による競争ルールの急激な変化を説明したが、同時に大企業の組織能力がこの変化に追従困難であることも繰り返し主張した (Christensen 1997)。

Christensen はアメリカの伝統的大企業を取り上げて組織能力の問題を論じているが、むしろアメリカ企業よりも日本企業の方が、産業構造の変化や競争ルールの変化に適応困難である。このことはすでに 1980 年代の時点で青木が指摘していた (Aoki 1986)。

再度繰り返すが、そもそも企業組織は市場と強い相互依存性を持つ。与えられた市場構造の中で最も効果的なルーチン化を追及し、これによって経済合理性を追求し続けるからである。一旦ルーティンが組織に定着すると、これを変えるのは不可能に近い。ルーティンを遺伝子として捉えるアプローチの背景がここにあった。

青木が指摘するように、当時の日本企業はフルセット垂直統合の自前主義が非常に強かったが、開発組織は専門的な技術集団が内部で連携する分業型であった。したがって技術者の専門性は雇用契約で規定されていない。また日本企業では、組織間をローテーションすることで様々なことを学んでいくので、現場で人材が育成され、現場レベルで問題解決をするのが当然とされていた。

トップマネジメント層ではなく、ボトムアップによる意思決定があたりまえの組織になっていたのである (これは 21 世紀の現在でも同じ)。⁷⁹

⁷⁸ これらの人々が語るイノベーションモデルは、いずれもその兆候が 1980 年代のパソコン産業で顕在化していた (小川、2009、の第 5 章)。

⁷⁹ 特に欧米の生産工場は、いわゆるワーカーと呼ばれるオペレータの集団で構成されるが、日本では工場の生産現場に高等教育を受けた人材が数多く投入されてきた。ボトムアップによる意思決定が機能する背景がここにもあったのである。

したがって意思決定する起点が現場からであって市場からではない。あるいは局所最適であって全体最適の視点ではない。局所最適の組み合わせが全体最適に直結しない市場構造になってしまっても、すなわち競争ルールが変わっても、これに適応できない(これが組織能力トラップの罠)。

一方、青木が分析した 1980 年代のアメリカ企業は、同じ分業であっても雇用契約で専門業務が厳格に規定され、階層化されている(これは 21 世紀の現在でも同じ)。したがって、市場の動きを俯瞰的に把握できる立場のトップマネジメントが、階層的に構成される技術を常に統制することが当然とされる組織能力になっている。

この意味で、例えば組織能力がルーチン化されていても産業構造の変化や市場構造の変化、競争ルールの変化に適応し易い。欧米では人財の流動性が高いので、日本企業よりも欧米企業のトップマネジメントの方が、組織能力をいつもダイナミックに変えることができる。

しかしそれでも 1970 年代の RCA、1980 年代の DEC や 1990 年前後の IBM、あるいは 1990 年代後半の Siemens も Philips も、産業構造や競争ルールが短期間で変わるゲームチェンジに適応できなかった。あの天才的な経営者が率いるシスコシステムズですら、ネットワーク機能の仮想化が急速に進んで起きるゲームチェンジに適応できず、僅か数年で苦境に直面してしまった。

変化のスピードが非常に速い IoT 時代では、これらは何れも特に日本企業にとって死活問題であり、本稿では論じ尽くせない。ゲームチェンジのスピードは、次稿(1)で紹介する光ファイバーによる通信システムの事例のように、1990 年代中期まで圧倒的な競争優位を誇った多くの日本企業を、短期間でどん底まで突き落とす破壊力を持っているからである。

程度の差はあるものの、多くの日本企業は遅くとも 2020 年代から同じような経済環境に置かれる。自動車産業では既にゲームチェンジが顕在化し始めており、経営者が必至に舵取りしているのは周知のとおりである。

したがって本稿では問題の所在だけに留め、この問題をどう解決するかは、行政によるマクロ政策、大規模企業の経営者による経営戦略、スタートアップ経営者によるニッチ市場の創出戦略などについて、国の理想主義的ビジョンとこれを実現させるための現実的な制度設計や企業トップのマネジメント、個人の自己革新、などに焦点を当てながら、日本型の Dynamic Capability として別稿(2)で論じたい。

6. イノベーション思想の系譜と IoT 時代に向けた日本の方向性⁸⁰

これまで、1950 年代の外生的成長モデル(Solow)や 1980 年代の内生的成長モデル

⁸⁰ この本格的な論考を別稿(2)で行うので、ここではその素描に留めたい。

(Romer)について、現在の視点から第3章で批判的にレビューした。さらにこれと対比させながら、1980年代から1990年代のデジタル・エレクトロニクス産業を背景に生まれたネットワーク型、経路依存性、ロックイン、アーキテクチャー思考などのイノベーションモデルについて、その現代的な意義を21世紀のI o T型経済環境という視点から4章で解説した。

技術進歩と経済成長、あるいは技術進歩を経済的価値へ変えるメカニズムについても多種多様な経済学的研究の系譜があったが、その多くは少し前から起きていた実態経済の姿と経済的データの上に成り立っていた。この意味で成長理論もイノベーションモデルも、自然科学でなく経験の科学ではないか。⁸¹

それでも経済学は、その時代の社会が直面する重要課題の解決に向けて、一定の方向性を示す現実的な役割が常に期待される。したがってI o T時代における日本で、技術進歩の経済成長へ寄与するメカニズム、および新しい産業創出や事業の創出、新しい価値形成のメカニズムなどに関わるイノベーションモデルを論じる場合は、地上10万メートルの視点（3章のような理論研究、理想主義）だけでなく、高度100メートルから10メートル（実証研究）、場合によっては2メートル（経営者の現実主義）、という実態経済の視点による検証が必要。

高度10万メートルと高度2メートルの視点を行き来する、ダイナミックな成長理論やダイナミックなイノベーションモデルが常に必要なのである。**本稿を書く第一の理由**がここにあった。

1) 内生的成長理論に基づくイノベーションの貢献と適用限界

Romerの内生的成長理論は、19世紀末から20世紀末まで続く第二次経済革命の本質から必然的に導かれるものであった。⁸²その本質とは自然法則の産業化である。⁸³

19世紀は自然法則が次々に発見された時代である。これら自然法則の組み合わせが新しい基礎技術を生み出し、基礎技術が既存の産業（例えば蒸気機関の小型化・高性能化、鉄の高機能化など）を飛躍的に進化発展させた。その一方でこれら基礎技術の束が電機産業や化学産業などの新しい産業を次々に生み出す。

たとえば19世紀末から20世紀初頭に蒸気機関や電気などの動力とエネルギーの革新が起き、輸送コストとコミュニケーション・コストを劇的に低下させて(約1/50~1/100)

⁸¹ そもそも元来経済学は富を得るための技術と位置付けられていたが、ニュートン力学の登場によって科学が技術より遥かに崇高な位置付けとなったこともあり、18世紀後半の経済学者が科学と言いはじめた。当然のことながらこの科学は自然科学ではない。

⁸² ノースも新古典派経済学的前提条件を可能にしたのが第二次経済革命であると述べている。例えば (North, 1981年の日本語版, p. 312)

⁸³ 例えば小川 (2015) の第1章

価値形成のメカニズムを一変させた背景が、実はここにあったのである。⁸⁴

この変化に最も早く対応できたのが、19世紀後半の当時はまだキャッチアップ型だったアメリカやドイツであり、少し遅れて日本であった。そしてまずアメリカとヨーロッパの経済が、少し遅れて日本の経済が成長軌道に載り、それ以前に比べて比較にならないほど多くの人々が豊かな暮らしを享受できるようになる。

このいずれも Romer 的な Design(新しく生み出された技術知識)とこれを守る知的財産権が投資の回収可能性を高めて技術開発・起業・事業展開を容易にし、技術や製品のイノベーションを経済成長へ繋ぐメカニズムを支えたという意味で、Romer 的な成長モデルが第二次経済革命の経済環境の中でなら確かに機能していたのである。⁸⁵

この延長で 1990 年代を迎えた日本では、政策当局はもとよりアカデミアも経営者も、経済学における技術進歩の経済成長への寄与を 1960 年代以降の Solow 型外生的成長モデルや 1980 年代末以降の Romer 型内生的成長モデルの視点から理解していた。⁸⁶

日米貿易摩擦を受けて 1990 年代初頭の日本が科学技術基本法の制定に動き(1996 年施行)、研究開発組織の拡充特に米国の基礎研究ただ乗り論への対応として基礎研究への傾倒を政府主導で推進する。その背後にも Solow や Romer の思想があった。

しかし Romer モデルを背後で支えた知的財産マネジメントについてはこれを重視する視点が欠けていたのではないか。そしてまたエコシステムの中で価値形成する新たなイノベーションモデルの台頭を理解できてなかったのではないか。これを後知恵でいえば、結果的に古典的な Romer モデルの 1 部だけを理解して国家プロジェクトを推進したと言わざるを得ない。

産業技術開発への公的資金による支援がアメリカから強く批判されてはいたが、それでも日本政府は基礎研究だけでなく産業技術開発の為に 10 年にわたる大型プロジェクトをいくつもスタートさせていた。しかしながらそのプレーヤーは従来と同じ垂直統合型の大企業が主体だったので、1990 年代になっても必然的に自然法則の産業化という第二次経済革命の思想、すなわちコンポーネント型のリニアモデル・イノベーションを暗黙の内に想定していたのである。

このような取り組みは、その成果が製品として市場展開される 2000 年代になると、

⁸⁴ これは、人工的な論理体系であるデジタル技術やソフトウェア技術の進化発展によってインターネットが大規模なインフラとなり、情報の蓄積・アクセスコストが激減して価値形成のメカニズムが一変してしまった経済現象と同じである(本稿 4 章の事例参照)。この意味で現在起きていることは 100 年ぶりの大規模な経済革命(第三次経済革命)であると言える。

⁸⁵ 19 世紀の後半になるとドイツもアメリカもそして日本も特許庁を新設しており、知的財産権を強化するプロパテントの時代であった。

⁸⁶ 日本でもアメリカの正統派マクロ経済学者には Solow や Arrow およびその系譜に連なる Stiglitz の信奉者が多い。

アーキテクチャー思考を身に付けたアメリカ企業やアジア企業によって機能不全に陥いる。⁸⁷ 例えば1990年当時の日本企業は、図2に示すように、1980年代から日本企業の研究開発投資が他国に比べて非常に多く、DVD、光通信デバイス、液晶テレビ、携帯電話、スマホ、太陽光発電、リチウムイオン電池、LED照明など、少なくともコンポーネント思考のイノベーションでなら明らかに世界の技術開発をリードしていた。

それにもかかわらず市場撤退を繰り返してTFPへの寄与が低迷(図3)したのは、技術進歩が経済成長や事業成長(事業競争力)に結びつかないエコシステム型の産業構造が1990年代から大規模に出現し、コンポーネント思考のイノベーションを支えたRomer型のイノベーションモデルが機能不全になっていたからである。⁸⁸

更にこの延長に到来するIoT、クラウドコンピューティング、Software Defined(SD)や仮想化などの第三次経済革命の経済環境では、人工的なアーキテクチャー思考のイノベーションが必須となる。したがって技術を付加価値に結びつけるメカニズムも、自然法則の産業化を暗黙の前提にしたRomer型が不全となる。

2) ネットワーク構造を持つアーキテクチャー思考イノベーションへの移行

日本より10年から15年も早く、デジタル技術やソフトウェア技術など、“人工的な論理体系の産業化”が価値形成の主役になったアメリカでは、進化経済学の系譜に連なるFreeman、Ruttan、Arthurなどによるイノベーションの起源への考察やイノベーション・プロセスへの考察、更にはHendersonとClarkによるネットワーク構造を持つアーキテクチャー思考のイノベーションモデルが、すでに実体経済を支える基本思想となっていた。⁸⁹

⁸⁷ 例えば小川(2015)の第3章、その詳細は次稿(1)で詳しく論じる。

⁸⁸ この機能不全は日本企業だけに起きたことではない。1980年代末から1990年初期のIBMも、1990年代のジーマスやフィリップスも類似の機能不全に直面していた。1990年代のアメリカでも、大規模企業だからこそ機能不全に気付くのが遅かったし、例え気がついても動けなかった。1980年代から1990年代の彼らは2000年代の日本企業と同じように何度も市場撤退への道を歩いたのである。アメリカで機能不全を乗り越えたのが当時のスタートアップであったが、その10年後には大企業がスタートアップから学んで機能不全を乗り越えた。

⁸⁹ 1970年代の閉塞的な経済を活性化させるために、アメリカのレーガンやイギリスのサッチャー、フランスのミッテランなどによって政策現場へ取り込まれたハイエクやフリードマンの小さな政府運動も、歴史の皮肉で、結果的に進化経済学の系譜が生み出す新たなイノベーションモデル(エコシステムが前提)を支えることになった。ハイエクやフリードマンは、国という大規模組織が関与するケインズの政策や大規模企業による垂直統合型のイノベーションを支えたシュンペータ(シュンペータII)の思想を徹底して批判していたにもかかわらずである。

Romer 的イノベーション思想（当時の日本）と進化経済学に連なる人々の思想（当時のアメリカ）が1990年代後半から2000年代の実態経済にどのような影響を与えたかは、本稿に続く別稿（1）で、光ファイバー通信システムに関する日米間の産業構造の逆転現象の事例として紹介する。

ここで、コンポーネント型イノベーションで圧倒的な競争優位を誇った日本企業が短期間で完全に劣勢に追い込まれた事実を詳しく述べるが、その背後にアメリカ企業によるアーキテクチャー思考のイノベーションモデルがあったのである。⁹⁰

3) IoT時代の新たなイノベーションモデルの構築に向けて

2020年代から本格的に広がるIoTの産業システムでは、オープンなネットワーク型のビジネス・エコシステムがグローバル市場の隅々へ広がる。またモノやAsset空間からサイバー空間へもエコシステムが広がる。

価値形成の主たる場がサイバー空間へシフトし、Romer型イノベーションモデルの機能不全がほぼ全ての産業領域へ、しかも瞬時に拡大するであろう。安泰と言われた自動車産業が100年ぶりのゲームチェンジに直面する背景がここにあった。⁹¹

通信ネットワーク機能を、これまでのモノ/Assetから新たにサイバー空間へシフトさせるNetwork Function Virtualization(NFV)やSoftware Defined Network(SDN)は、それぞれ設備投資(Capex)と運用コスト(Opex)の劇的な低減をもたらし、ネットワークの仮想化によって設計の容易性を提供する。ここから価値形成の場のサイバー空間へのシフトが加速する。

このようにサイバー空間で価値が形成される経済環境が、IoT時代になると多くの産業領域に現れ、至る所でゲームチェンジが起こる。この経済環境の破壊力がいかに強

⁹⁰ 当時日本の自動車産業が強かったのは、ミクロに見れば現場の擦り合わせ型ではあったが、マクロに見れば日本のOEMと系列がネットワークで繋がるイノベーションシステムにあった。一方、当時のアメリカの自動車メーカー(OEM)は古典的なフルセット垂直統合型であった。

同じ1980年代にソニーのCDプレイヤーも松下電器のVTRも、ミクロには現場の擦り合わせが強力ではあったがマクロに見ればネットワーク型イノベーションであった。当時のソニーにはIC技術も光学技術も、ポリカーボネイト技術も成形技術もなかった。一方、Video Discを開発していた1970年代のアメリカRCA社は明らかに自前主義でコンポーネント思考であった。我われはマクロなネットワーク型イノベーションとミクロな擦り合わせ型イノベーションを峻別して議論すべきではないか。

⁹¹ 例えばトヨタはコンポーネント型技術の領域では大きな間違いを起こさなかったがアーキテクチャー思考を必要とするハイブリッド車技術のオープンプラットフォーム化やロックイン化では、完全に失敗してきた。燃料電池車でも同じことが繰り返され、ダイキンの空調機ビジネスと際立った違いを見せる。

力であるかは、上記の自動車やNFVの事例からも理解されるであろう。

ドイツの Industrie4.0 を背後で支える Reference Architecture Model (RAMI4.0) の構図は、この広がり全産業に及ぶ可能性を示している。

中国が2015年からスタートさせた中国製造2025の政策はコンポーネント型(現場)とアーキテクチャー思考(経営)の組み合わせモデルであり、Internet Plusの政策はアーキテクチャー思考を象徴する典型的なイノベーションモデルである。いずれの国も、新たなイノベーションモデルへの切り替えが急務となった。

モノ造り大国の日本であっても、これまでの前提条件が21世紀のIoT時代に崩れたという意味で、まず本社機能・経営陣から新古典派経済学の系譜に連なるRomerやSolowのモデルを一旦離れ、進化経済学の系譜に連なるアーキテクチャー思考のイノベーションモデルを経営戦略と事業戦略へ意識的に採り込まなければならない。⁹² アーキテクチャー思考を実ビジネスへ実装する経営戦略と組織能力の再構築が極めて重要な課題となったのである。⁹³

しかし日本では、進化経済学の系譜に繋がるイノベーションモデルが一部の人によって紹介されているだけであって、⁹⁴ 多くの人にその全体像が理解されているわけではない。その一部が日本型にローカライズされて理解されているに過ぎない。企業の研究開発や政府の政策策定に必須なイノベーションモデルとして、ごく一部で取り込まれているに過ぎない。⁹⁵

日本がJapan as Number Oneと誇張して称えられた1970年代から1980年代に、アメリカやヨーロッパが日本の成功モデルを分析し、自国へかみ砕いて紹介した。これを多くの人々が理解し共有して行くプロセスで日本に対抗し得る独自の産業モデルを生

⁹² 例えば田路則子氏のアーキテクチャル・イノベーションは光ディスク用の集積光ピックアップ・モジュールの開発を取り上げ、日本企業のイノベーション・プロセスをアーキテクチャー思考で分析している。

⁹³ アメリカの巨大企業IBMが1990年前後に、ヨーロッパの巨大企業Philips'やSiemensが1990年代中期に、それぞれ企業崩壊の寸前まで追い込まれていた。

⁹⁴ 例えば安藤晴彦訳、Baldwin + Clarkのデザイン・ルール(Baldwin 2000)、この本は非常に難解であり、アカデミア以外の企業人がこれを理解して経営戦略へ実装するのは非常に困難。

⁹⁵ モジュール化やアーキテクチャーなどについては、確かに日本でも2000年前後から紹介されており、藤本・武石・青島らによる優れた解説書もある。確かにモノ造りの領域では広く普及したが、いわゆる4章で紹介するアーキテクチャー思考はアカデミアの世界に留まり、企業のイノベーションモデルとして取り込まれることは少なかった。IT/ICT/IoTが創り出すエコシステム型の産業構造で必須となるオープン&クローズ戦略であっても、最近になって政策レベルで漸く理解されるようになったに過ぎない。

み出し、21世紀型の新たなインダストリーを自国の中に創り出した。

21世紀の我われは、欧米のアカデミアや企業人が塗炭の苦しみ⁹⁶の中で生み出したイノベーションモデルをかみ砕いて解説し、日本の多くの人々に共有してもらう番ではないか。

これを共有しながら経営戦略やイノベーション政策へ実装していくプロセスで、日本の比較優位を活かす新しいイノベーションモデルを創り出さなければならない。本稿を書く**第二の背景**がここにあった。⁹⁷

ただし再度繰り返すが、これは決して日本のモノ造りを否定することではない。我われは、まず第一に日本型イノベーションを支えた Romer モデルの原点に立ち返り、ここから知的財産権の重要性を再確認したい。第二に、他国に無くて日本に比較優位として蓄積されたモノ造りの技術知識と人材、すなわち研究開発現場やモノ造り現場に蓄積された膨大なコンポーネント型イノベーションの成果とこれを進化発展させ得る人材を、日本が守るべき差異化の源泉と位置付けたい。その上で更に第三に、4章で紹介した進化経済学の系譜に繋がるアーキテクチャー思考のイノベーションモデルを、国の政策や経営戦略・事業戦略へ実装すればいい。

Romer 型の有用性と適用限界を理解した上で、Freeman、Ruttan、Arthur のイノベーションモデルを日本の実態に合わせて取り込めばよい。Romer 型のイノベーションモデルに導かれて蓄積された多種多様なコンポーネント型技術、さらには暗黙知や未利用の知識として眠っている技術資産を、オープン&クローズの戦略思想を背後に持った上で広く再利用可能な姿へ変えて行けばいい。

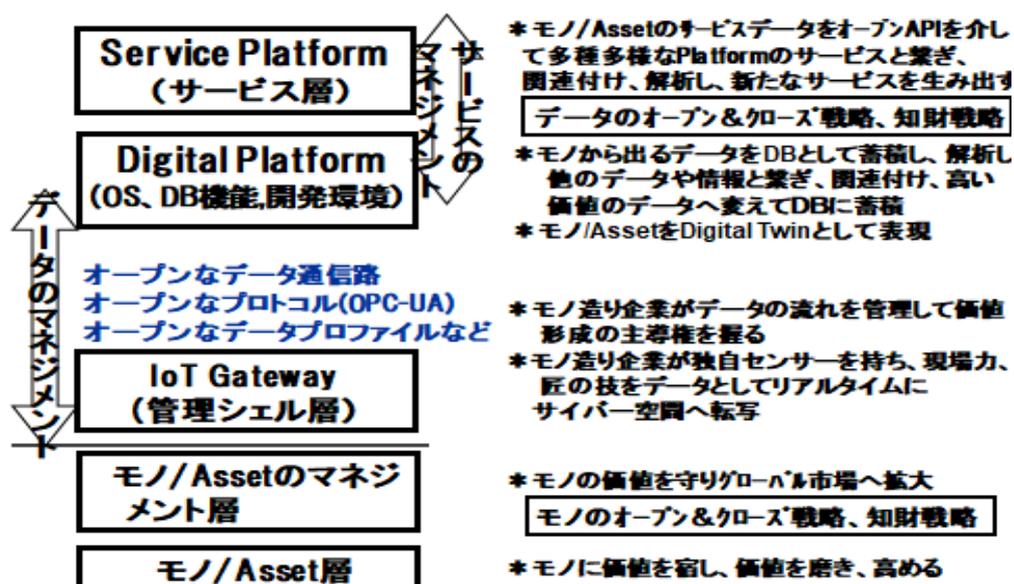
技術進化に投資した人/企業/国の投資回収率を上げるメカニズム(イノベーションモデル)が1990年代に電機産業で変わった。IoT時代には非常に多くの産業領域でメカニズムが変わるのだから、我われは産業分野・サービス分野の多くの領域で日本の比較優位を活かす方向へアーキテクチャー思考のイノベーションモデルを採り込めばいいのだ。

⁹⁶ アメリカの巨大企業 IBM が日本の15年前の1990年前後に、ヨーロッパの巨大企業 Philips⁷ や Siemens が日本の10年前の1990年代中期に、企業崩壊の寸前まで追い込まれていた。

⁹⁷ Solow や Arrow に系譜に連なる Stieglitz (2001 にノーベル経済学賞を受賞 (情報の非対称のある市場分析への貢献) が繰り返すように、キャッチアップする側にとってラーニングこそがイノベーションの起点となる。ここで Stieglitz の“ラーニング”は、単なる学習ではなく、研究開発をもラーニングに含める非常に広い意味で捉えられている (Stieglitz 2015)

例えば図4のプラットフォームで、ドイツの Industrie4.0 やアメリカの GAFA、IIC が重視しなくなった最下層のモノ/Asset 層（ここではサービス産業、インフラ、行政も含まれる）を、①モノ造りのマネジメント層（ここにはサービス産業、インフラ、行政オフィスも含む）、②モノ/Asset のマネジメント層、そして③モノ/Asset から出るデータのマネジメント層などへ多層化すれば、多種多様な戦略を採り易くなる。その上で更に自社でコントロール可能なクラウドでサービスのマネジメント層を構築すればいい。

図4モノの付加価値を高める日本型プラットフォーム



多層化すれば、それぞれの層でも、あるいは層と層との組み合わせでもアーキテクチャ思考を取り易くなる。日本企業は、モノ/Asset 自身の価値形成ではもとよりモノ/Asset から出るデータのマネジメントでもサービスのマネジメントでも、多層化すれば主導権を取り易くなる。

もしここへ SECI モデル（野中 1996）を活用したいのなら、モノ造り層の匠の技、擦り合わせノウハウ、日々のカイゼンノウハウなどの暗黙知を、IoT Gateway などのデータマネジメント領域を経て形式知化する。これをサービスマネジメント層で再利用可能な姿に変え、生産現場へフィードバックすればいい。もしこれをサービスとして多くの人へ提供したいのなら、外部プラットフォームからも検索し易いようにサービスの Web API 等を公開すればいい。

もしデータが自社の手の内からでなく客先のモノ/Asset から、あるいはサプライチェーンから出るのであれば、モノが発生するデータへのアクセス権を獲得する為の市場構造をアーキテクチャ思考で事前設計し、図4のIoT Gateway 層へデータを導けばいい。

これをデータマネジメント層へ送り、サービスマネジメント層でサービスを創り、あるいはオープン・パートナーに図4のプラットフォーム上でアプリケーションを作ってもらい、アプリケーションが創るサービスをAPIで客先へ提供すればいい。

当然のことながら知財マネジメントも契約マネジメントも再構築しなければならない。その背後に、モノ/Assetやデータの価値を最大化するためのオープン&クローズ戦略、が必要なのは言うまでもない。

これら一連のマネジメントを日本企業が先導し、モノの付加価値を高める日本型のプラットフォーム（図4）でデータのマネジメントもサービスのマネジメントも日本企業が先導すればよい。特に図4のGateway機能を持つ管理シェルで日本企業がモノ/Assetから出るデータをコントロールできるように、リファレンスアーキテクチャを日本の比較優位が活きる構造へ作り直し（例えば図4のような多層化し）、これを日本企業が使いこなせばいいのだ。⁹⁸

<Society5.0への期待と課題>

我が国のSociety5.0はInnovation Facilitation Platformと位置付けられ、その第一弾として分野間のサービスデータ連携基盤（巨大なオープンデータバス、セキュアなサービス交易市场）を提供し、データの利活用による新たなサービス価値の形成を標榜している。同時にNorth的な意味での効率的な経済システムを国内に創り、イノベーションのペースを加速させようとしている。

産業革命や経済革命はイノベーションのペースを加速させる制度設計によって初めて起きるが、効率的な経済システムを実現させる制度設計がその根幹であり、イノベーションモデルがこれに続く。

Society5.0が目指すデータ利活用の当面の狙いは、製造業・農業・健康医療介護・モビリティ・流通小売・ホーム・観光・防災・インフラ・行政などの、それぞれの分野内ではもとより、全く異なる個々の分野のサービスをもAPIで組み合わせ結合し（Mashup）、ここから生まれる新たなサービスによって付加価値生産性を高め、同時に効率的な経済システムを構築する為の制度設計を目指している。

Innovation Facilitation Platformとして特に重視される分野間サービスの連携基盤は、メタデータ（サービスのカタログ）を用いて異なる分野のサービスをAPIで検索し流通させる場であり、サービス情報の自由な交換を可能にするオープンで安全イバー

⁹⁸ この詳細は別稿（2）で述べたい。

市場でもある。このような構想は I o T 以前の時代でなら不可能であった。⁹⁹

我われはまず、高いセキュリティーを持つモノ/Asset を起点にモノの付加価値を高める日本型のプラットフォーム(図4)でそれぞれの分野や企業がモノ/Asset をサービス化へと導き、次にこのサービスを Society5.0 の分野間データ連携基盤からメタデータとして直接検索できるようになればいい。あるいは分野間サービス連携基盤を経由して、図4のサービスプラットフォームからメタデータを直接検索できればいい。

図4に示すモノ/Asset とは、製造業・農業・健康医療介護・モビリティ・流通小売・ホーム・観光・防災・インフラ・行政などを構成する基本単位としての、工場であり、設備であり、農地であり、環境であり、医療機関であり、移動手段であり、流通チャネルであり、店舗であり、オフィスであり、家であり、人でもある。

もしサービス形成の領域をもっと広範囲に捉えるなら、図4から生まれる基本単位のサービスを、まずセキュアな情報制御ネットワークで構成される仮想化サプライチェーンで API 検索/流通させ、次にサプライチェーンで生まれる新たなサービスをメタデータとして分野間データ連携基盤へ公開すればいい。¹⁰⁰

その上で更に本稿4章の多様なイノベーションモデルに知恵を絞ればいい。このプロセスでフィジカル空間におけるモノ/Asset 自身の価値形成とサイバー空間によるサービスの価値形成とのシナジー効果も生れるはずであり、いわゆる従来のモノ/Asset 単独による付加価値だけでなくデータの利活用による新たな付加価値を日本企業にもたらず。

言い換えれば、アメリカの GAF A に例を見るように、ビジネスチャンスに投資した人/企業/国の投資回収率が何倍にもなる仕組みができてイノベーション連鎖が起き、連鎖のペースが加速することで経済革命が起きる。こんな経済システムが期待できるのである。

⁹⁹ Society5.0 が標榜する異なる分野のデータ連携基盤とは、サービスを自由自在に流通させる巨大なデータベースであり、またメタデータ(サービスのカタログデータ)を用いて異なる分野の API サービスデータをアプリケーションで多種多様なプラットフォームから検索し、結合し、あるいは AI 処理によって価値を形成し、これらのサービス価値の自由な取引を可能にするオープンで安心安全なサイバー市場でもある。

¹⁰⁰ データ流通は End Node 間のデータのやり取りになる。End Node 間のやりとりは、プロトコル(伝送プロトコル、通信プロトコル、アプリケーションプロトコル)、データ暗号化、データフォーマットなど、全体含めたデータ交換手順の取り決めが必要。API はアプリケーション層なので、完全オープンなサービス流通を実現するには、データ交換手段とは別に API 文書の記述仕様に関するオープン標準化が必要となる。アメリカだけでなく日本でもその動きが急速に広がっている。

もし Society5.0 の枠組全域に、誰でも簡単に使える Drag & Drop や Plug & Play あるいは複数の API（特に Web API）などを組み合わせるだけでサービスを作れる Mashup の考え方が導入されていけば、これまでの日本に存在し得なかった新しいサービス産業が次々に生まれるであろう。

この延長で海外諸国の日本企業や海外企業とのサービス連携も見えて来るはずであり、30 億人以上が住む途上国 (ASEAN:5 億人、インド:14 億人、中東:3 億人、アフリカ;12 億人) の産業高度化へ貢献できる。SDGs へも貢献できる。SDGs は 2030 年の市場規模が 1,300 兆円に及ぶという。¹⁰¹ API エコノミーが国内の津々浦々に広がり、同時に途上国や SDGs 経済圏の隅々に広がる。

この意味で Innovation Facilitation Platform としての Society5.0 は、日本の産業構造を一変させ、付加価値形成のメカニズムを一変させ、日本企業による新たな付加価値生産性の向上（経済成長）とグローバルな持続的成長にも大きく貢献するであろう。日本は 30 億人市場や SDGs 経済圏の成長を取り込めばいい。

但し上記のようなネットワーク型のアーキテクチャー思考によるイノベーション(第 4 章)、あるいはサイバー空間でサービス価値を生み出すイノベーションには、これまでの我われが経験し得なかった取り組みが必要となる。したがってその具体化には日本の企業や行政の組織構造と組織能力の改革が求められる。

必要なら行政データの標準化を他国に先んじて推進するイギリスやフィンランド政府に学ばばいい。データのアクセス権とサービスを組み合わせるサプライチェーン構造の設計ならモノ造りのコマツや Bosch、GE などから学ばばいい。

API サービス情報から思い通りの価値を創り出すアプリケーションの開発なら、この分野に長けた GAF A や IBM、マイクロソフト、Yahoo、あるいは Uber などのクラウドを使いながら学ばばいい。

これらの企業の取り組みにはアーキテクチャー思考の巧みなオープン&クローズ戦略が刷り込まれており、オープン API の背後に強力なボトルネック独占やロックイン（伸びゆく手）の仕組がある。この仕組みを支える知財マネジメントや契約マネジメントも高度に進化している。

それぞれの企業や産業はこれらを理解した上で自社の図 4 プラットフォームを設計

¹⁰¹ SDGs: Sustainable Development Goals, 貧困、飢餓、エネルギー、気候変動、平和的社会など、持続可能な開発の為の 17 分野の目標が国連によって定められている。毎年 270 兆円(日本の GDP の半分)もの投資が必要という。2030 年には 1,300 兆円の経済圏になることが期待されている。

し、ビジネス展開するための市場構造（サプライチェーン）と競争ルールを自社/自国優位に再構築しなければならない。

最大の懸念は、第一に、Society5.0のコンセプト・枠組の中で、データの利活用によって圧倒的な利便性や経済的な価値を創出できるか否かにある。この延長で効率的な経済システムを隔々に展開できるか否かにある。

価値を（特にサービス価値を）創出できなければ需要は生まれない。利便性や経済的価値が無ければ特別な事情が無い限り誰も使わない。使う人が少なく大きな需要が生れなければイノベーションは起きない。したがって Society5.0 は Innovation Facilitation Platform にならない。効率的な経済システムも生まれない。

もし Society5.0 でデータを利活用する場合に、特別な技術知識を全く必要としなくても済む（市場参入コストが無くなる）のなら普及し易い。変化に対応できない大企業ではなく、ビジネスチャンスを探してすぐ変化するスタートアップを念頭に置いたシステム構築ならイノベーションが立ち上がりやすい。

その上で更に Drag & Drop、Plug & Play、検索利用しやすいオープン API、Mashup 機能など、誰でも簡単に使えるプラットフォームを提供できるなら、また語彙変換だけでなくユーザインタフェースも AI スピーカーのような音声認識で使えるなら、すなわち誰でもアイデアを持ち寄ってすぐ市場参入できるなら、普通の個人、特に多くの若い人に使われて多種多様な価値が創出される。Amazon や Google, アリババと同等の自己増殖的なプラットフォームに育つ可能性も見えてくる。

大きな潜在能力を持つ子供が AI スピーカーで Society5.0 の分野間サービス連携基盤へアクセスできるようになったらどんな世界が待っているだろうか。

これを実現するために必要となる共通データ構造や共通語彙を用いたデータ変換辞書などについては、すでに内閣府主導で基本コンセプトが定まり、一部は実証実験でその有用性が確認されている。ここで必須となる個人情報の保護や情報のポータビリティ、およびデータへのアクセス権などの法的枠組みも定まった。内閣府のロードマップによれば、少し先のことになるが 2022 年までに運用が開始されるという。

もしサービス形成のアプリケーションが Society5.0 の枠組でならどんなデジタルプラットフォームでも使える環境になれば、製造業・農業・健康医療介護・モビリティ・流通・小売・ホーム・観光・防災・インフラ・行政などの異なる分野を跨ぐオープンで巨大なサービスデータの連携基盤を提供できるようになり、Amazon や Google, アリババとは異なるサービスプラットフォームに育つ。

しかしながら第二の課題は、例えばサービス層（サービスプラットフォーム）で作られるサービスなら API を介してプラットフォームを跨いで流通するものの、サービスを生み出すアプリケーションの完全オープン化は未だ先になる点にある。当面はそれぞれ

の企業や業界が、実績のある欧米企業の Cloud/Digital Platform を使ってアプリケーションを開発せざるをえない。

したがって時間が経つにつれて経路依存性やボトルネック独占、ロックイン効果が強力となり、業種間サービス連携基盤の役割は限定的となる。¹⁰²

それ以前に我われは、分野間のサービス連携基盤が普通の個人、特に多くの若い人に試されて多種多様な価値が創出される自己組織的・自己増殖的なプラットフォームへ育てるための議論はまだこれからで、スタートアップを結集させて需要を生み出す価値増殖メカニズムの議論もまだ進んでいない。あるいはそれ以前の問題として、API の記述仕様が分野間サービス連携基盤で共通化されるべきか、バラバラでもいいのか。¹⁰³

第三の課題は、既存の大企業は元よりスタートアップにも、特に日本でデータを利活用する場合には“データはモノ/Asset から出る”という考え方の重要性が浸透していない点である。図4に示す管理シェルを API と位置付け、サービス・アプリケーションがここを直接アクセスできるようにすることの意義やリスクがまだ議論されていない。

管理シェルはリファレンス・アーキテクチャの一部だが、我われはこの視点でリファレンスアーキテクチャの在り方をまだ議論していない。Society5.0 ではデータ連携基盤をメタデータの通り道と位置付け、サービス価値を創る場とは位置付けられていないためか、内閣府でもモノ/Asset に焦点を当てたりリファレンスアーキテクチャの議論が進まない。

一方、ドイツ Industrie4.0 を支えるリファレンスアーキテクチャ (RAMI4.0) では、管理シェルにも API の機能を持たせようとしている。モノ/Asset 自身をも API エコノミーへ組み込もうとしているのである。これが10年後のドイツ企業とアジア企業の関係に、更には日本企業それ自身にどんな影響を与えるかも、我われはまだ議論できていない。

¹⁰² Cloud/Digital Platform で、Digital Platform 層はパソコンの Windows のように、欧米企業にロックインされてしまう可能性が高い。しかし、モノ/Asset の強さや市場支配力を起点にした製品領域やサービス領域など個々の領域に Edge Cloud を設け、ここからサービス層とリンクするなら、今からでも日本企業が主導権を取れる可能性あり。個々の企業の工場システムや店舗システムはもとより複数の分野・企業が関わる物流システムや農業分野でもやれるのではないか。多くの関係者のご尽力に期待したい。

¹⁰³ アメリカの Microsoft, Google, IBM などが RESTfull API の書き方を標準化する Open API Initiative を 2016 年にスタートさせた。また FinTech の分野でも金融機関の口座情報に関する API 仕様の標準化が始まり、日本の全国銀行協会がオープン API の仕様標準化を検討しはじめた。電子カルテや生体認証、スマートハウスなど多くの領域で API の書き方・仕様の標準化がはじまっている。以上は www.j-dex.co.jp/datamarketguide/ “データ流通市場の歩き方” から引用。

したがって我が国では、既存の民間企業にもスタートアップにも、Society5.0で何ができるのか、あるいは何をすべきか、などがあまり理解されていない。議論も一部の専門家に留まる。したがって残念ながら Innovation Facilitation Platform としての期待がまだ形成されていない。この点でインダストリー4.0や Internet Plus と際立った違いを見せる。

民間企業では Society5.0 とリンクしない独自の枠組で議論が進み、実績のある既存のクラウド/プラットフォームで実証実験は行われているものの、一部を除いてまだエコシステムが出来てなく、試行錯誤が続いているのが実態。

それぞれの企業が持つサプライチェーンの中でならサービスの流通/交換プラットフォームは考えられているが、これを Society5.0 の分野間サービス連携基盤（オープンでセキュアな分野間サービス交易市场）へ繋ぐメカニズムの議論はこれからである。

したがって、例え個々の企業が図4の日本型プラットフォームでサービスを生み出しても、これを Society5.0 の分野間データ連携基盤で交換/流通させる仮想化サプライチェーンも、仮想化データ連携基盤も、またこれらをセキュアに最適制御する情報制御ネットワークの仕組みもまだ整っていない。したがってビジネスチャンスを生む具体的な仕組み作りも始まっていない。内閣府の国家プロジェクトである S I P でこれをしっかり取り上げる必要あり。

Society5.0 は Innovation Facilitation Platform として日本をイノベティブにする可能性を秘めてはいる。しかし個人のレベルでも企業のレベルでも、“さあやってみよう” という機運はまだ生まれていない。

経済史家の Douglass North (1993年にノーベル経済学賞受賞)によれば、イギリスに産業革命（イノベーション連鎖の加速）が起きたのは、それ以前に国民の所有権を保護する制度がイギリスで進化し、効率的な経済組織が定着して Ronald Coase (1991年ノーベル経済学賞受賞)のいう取引コストが劇的に下がったからだという。¹⁰⁴

取引コストが下がり市場利用コストも激減すれば、誰にでも市場参加のインセンティブが生まれ、多種多様な能力を持つ個人が結集してイノベーション連鎖が起きる。Northによればこのような効率的な経済組織の制度設計こそが成長の要因だったのであり、これまで経済発展の主たる要因とされた技術革新、資本蓄積、教育、規模の経済性は、いずれも成長の要因でなく成長そのものであるという。テクノロジーや金融、教育など以上に制度設計が重要、と言い換えてもいい。

North や Coase の考え方で Society5.0 を見れば、まず第一に、分野間のサービスデ

¹⁰⁴ たとえば D. North (1981)

一タ連携基盤をセキュアでイノベティブなオープン市場に仕立て、ここへ参加すれば社会貢献できる、自分のアイデアが実現できる、ビジネスチャンスを手掴みで投資すれば何倍にもなって投資が回収できる、などというわくわくするような期待が国民に共有されなければならない。

第二に、これがインセンティブとなって、多種多様な企業や個人が図4のプラットフォームで独自サービス価値を次々に生み出す機運が、国の隅々に広がらなければならない。

そして第三にこれらのサービス価値を Drag & Drop や Web API など、誰でもスマートフォンからできえ簡単に分野間のサービスデータ連携基盤へ繋げるようになり、しかも利用コストがほぼゼロのセキュアな情報制御ネットワークが同時に整備されなければならない。

本稿の次の別稿(1)に続く別稿(2)では、Society5.0が抱えるこれらの課題も取り上げ、Innovation Facilitation PlatformとしてSociety5.0が機能し、ここから新たなサービス価値が創出されるメカニズム、および新たな需要がドンドン創出され、投資が何倍にもなって回収されるメカニズムにも触れてみたい。

＜以下に本稿の1章から6章を要約したい＞

本稿では、1990年代から始まる我が国の経済成長の低迷と研究開発成果が経済成長に結びつかない問題を取り上げ、技術進歩の経済成長への寄与に関するこれまでの経済学モデルを批判的に紐解きながら、我が国が直面する研究開発の生産性低迷の背景を論じた。

いわゆる内生的成長理論を起点に論じられてきたこれまでのイノベーションモデルは、1990年以降に顕在化する産業構造の大規模な転換によって機能不全となってしまったのであり、ここから技術進歩の全要素生産性(TFP)への寄与がマイナスとなった(図3)。¹⁰⁵ しかもそれが1990年代の短期間に起きたので、急激な変化に我が国の産業が追い付いていけなかった。

19世紀の後半から続く第二次経済革命は、その基本思想が自然法則の産業化であり、Romer的な内生的イノベーションモデルが経済合理性を持った。しかしながらその100年後の1970年代に萌芽を見せて1990年代から大規模に広がる第三次経済革命は、自然法則では無く人工的な論理体系を産業化することによって出現したという意味で、産業構造も価値形成のメカニズムも、したがって競争ルールも変わってしまい、ゲームチェンジが次々に起きる。

¹⁰⁵ これ以外に、第1章の1.2で述べた長期の円高基調も大きな要因だが、これも別稿(2)で詳述したい。

欧米はもとより我が国でも中国でも新たなイノベーションモデルへの切り替えが急務となったのであり、本稿を書く第三の目的が、この事実を多くの人に理解して頂くためであった。

いずれも、ゲームチェンジのメカニズムさえ分かればそれを乗り越えるのは決して難しいことではない。過去の経済システムの変化とこれに適応しながら変化してきたイノベーションモデルを再考し、この延長で考えれば我われだってやれる。メカニズムさえ分かれば我われだってやれる。

むしろモノ造りで圧倒的な蓄積を持つ我われの方が、モノ/Asset から出るデータの利活用でモノ/Asset 自身の生産性を優位に高められる立場にあり、新たなサービスを創り出す点でも優位な立場にある。我が国が持つ比較優位を図4の構図でサービス価値へ転換させ、これを Society5.0 の枠組み（サービスデータ連携基盤）に結び付ければ、長期的には我われの方がより堅牢でイノベティブな経済基盤を生み出すことができるのではないか。これが本稿で提案する方向性であり、具体的な取り組みについては別稿（1）とこれに続く別稿（2）に譲りたい。

参考文献

- 安藤浩一 宇南山 卓 慶田昌之 宮川修子 吉川洋 (2010) 「プロダクト・イノベーションと経済成長：日本の経験」 REITE Policy Discussion Paper Series 10-P-018
- 伊藤元重 (2015) 『日本の国際競争力』、財務省財政総合政策研究所
- 大野哲洋 (2011) 「日本企業の競争力低下の要因を探る：研究開発の視点からみた問題と課題」 みずほ総研論集 II 43-72
- 小川紘一 (2009) 「国際標準化と事業戦略：日本型イノベーションとしてのビジネスモデル」 白桃書房
- 小川紘一 (2014年) 「先進国型製造業としての日本企業の方向性-オープン&クローズ戦略思想の展開(1)-」 政策ビジョン研究センターワーキングペーパー PARI-WP #26
- 小川紘一 (2015) 「増補版オープン&クローズ戦略：日本企業再興の条件」 翔泳社
- 小川紘一、立本博文 (2010) 「欧州型オープン・イノベーションシステムとしての Framework Program - 日本型イノベーションシステムと企業制度(2) - IMA ディスカッションペーパー Series #014
- 小川紘一、立本博文 (2011) 「欧州型オープンイノベーションの構造と特徴」、『オープン・イノベーション・システム』、第1章、晃洋書房、
- 一橋大学イノベーションセンター (2017) 『イノベーション・マネジメント入門』、第2版、日本経済新聞出版社
- 田路則子 (2005) 『アーキテクチャル・イノベーション ハイテク企業のジレンマ』

- 服、改定版』、白桃書房
- 藤本孝弘、武石彰、青島矢一(2001)『ビジネス・アーキテクチャ』、有斐閣
- 中野剛志(2015)『資本主義の預言者たち』、角川新書
- 野中郁次郎 竹内弘高 (1996) 「知識創造企業」 東洋経済新聞社
- 深尾京司 (2015)「生産性・産業構造と日本の産業構造」REITE Discussion Paper Series 15-P-023
- 宮田由紀夫(2007)『プロパテント政策と大学』、世界思想社
- 吉川洋 安藤浩一 宮川修子 (2011)「プロダクト・イノベーションと経済成長 Part-II : 需要創出における中間投入の役割 RIETI Discussion Paper Series 11-J-023
- Aoki M. (1986) “Vertical vs. Horizontal Information Structures of Firm” The American Economic Review, Vol. 76, No. 5 pp. 971-983
- Horizontal vs. Vertical Information Structure of the Firm
- Arrow K. J (1962) “The Economic Implications of Learning-by-Doing” Review of Economic Studies 24, 155-173
- Arthur W. Brian (1994) 『Increasing Returns and Path Dependence in Economy』、University of Michigan Press
- Baldwin. K. and K. Clark(2000) 『Design Rules、Vol.1 The Power of Modularity』 MIT Press、邦訳「デザイン・ルール」、安藤晴彦訳、東洋経済新報社
- Chandler A. D. Jr. (1977) 『The Visible Hand ; The managerial Revolution in American Business』 The Belknap Press of Harvard University Press, 邦訳「経営者の時代——アメリカ産業における近代企業の成立」上下、東洋経済新報社、1979年)
- Coase. R(1988) 『The Firm, The Market and The Law』, The University of Chicago Press, Chicago and London, 1988, 邦訳「企業・市場・法」、宮沢健一/後藤章/藤垣芳文、東洋経済新報社
- Cristensen C. M, (1997) 『*The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*』、Harvard Business Review Press 邦訳「イノベーションのジレンマ」監修：玉田俊平太 訳：伊豆原弓 翔泳社 2001
- Dosi G. (1982) “Technology Paradigms and Technological Trajectories” Research Policy 11, 147-162
- Freeman C. (1991) “Networks of Innovators; A synthesis of research issues” Research Policy 20, 499-514
- Gerstner. L 『Who Says Elephant Can't Dance』、邦訳「巨象が躍る」

- Grossman G. E and E. Helpman(1991) “Quality Ladders in Theory of Growth” The Review of Economic Studies 58, 43–61
- Hayami Y. and Ruttan V.W. (1970) “Agricultural productivity differences among countries” The American Economic Review 60, 895–911
- Henderson R. M. and Clark K. B. (1990) “Architectural innovation: The Reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms” Administrative Science Quarterly 35, 9–30
- Hicks, John. (1932) The Theory of Wages. London: Macmillan
- von Hippel E., Ogawa S. and de Jong Jeroen P. J. (2011) ” The Age of the Consumer-Innovator,” *MIT Sloan Management Review* 53(1), 27–35.
- Kuhn. T. S. (1962) 『*The Structure of Science Revolutions*』 Chicago, University of Chicago Press 邦訳「科学革命の構造」 中山茂訳 みすず書房 1971
- Leibenstein. H(1950) 「Bandwagon Snob and Veblen Effects in the Theory of Consumers’ Demand, The Quarterly Journal of Economics, Vol. 64, No. 2(May, 1950)、pp183–2067
- Lucas, Robert E. Jr. (1988) ” On the mechanism of economic development” Journal of Monetary Economics 22, 3–42
- NISTEP (2015) NISTEP「科学技術指標 2015」
<http://www.nistep.go.jp/wp/wp-content/uploads/NISTEP-RM238-FullJ1.pdf>
- OECD (2015) OECD 対日審査報告書 OECD
- North. D(1981) 『Structure and Change in Economic History 』 邦訳「経済史の構造と変化」、大野一訳、日経 BP クラシックス
- Rosenburm. R, Spencer. W () 『Engines of Innovation』, 邦訳「中央研究所時代の終焉」、
- Solow, Robert M. (1956) “A Contribution to the Theory of Economic Growth” The Quarterly Journal of Economics 70, 65–94
- Romer , Paul M. (1986) “Increasing return and long-run growth” Journal of Political Economy 8, 1002–1037.
- Romer、Paul M. (1990) Endogenous Technological Change” Journal of Political Economy 98, 71–102
- Ruttan V. M (1997) “Induced Innovation Evolutionary Theory and Path Dependence: Source of Technical Change” The Economic Journal 107, 1520–1529

- Schmookler J. (1962) “Economic Sources of Inventive Activity” The Journal of Economic History 22, 1-20
- Solow, Robert M. (1957) “Technical Change and Aggregate Production” The Review of Economic and Statistics 39, 312-320
- Stieglitz J.E. and Greenwald B.C. (2015) “Creating a Learning Society” Columbia University Press 邦訳『スティグリッツのラーニング・エコノミー』東洋経済新聞社 (2017)