

イノベーションは経済成長との好循環においてこそ生まれる

環境税や規制がイノベーションを促進するという意見がある。
だがこれは、本当だろうか？
マクロ経済環境と密接につながる
イノベーション進化の本質を読み解く。



杉山 大志 *SUGIYAMA Taishi*

一般社団法人 キヤノングローバル戦略研究所 上席研究員

はじめに

温暖化対策技術のイノベーションが渴望されている。しかし、革新的な温暖化対策技術とは、科学技術全般のイノベーションの恩恵を受けて初めて生まれるものである。たとえば、AIによって大幅な省エネが可能であるが、これは、AIがまず実現しないと無理な相談である。

では科学技術全般のイノベーションはどのようにしたら進むか。今回は、それが経済成長との好循環において実現することを論じたい。

まず、イノベーションが経済成長に寄与することは、経済理論においてよく知られている^{*1}。これには、成長会計において全要素生産性の改善が経済成長に寄与すること等、経済学者の間で広い見解の一致がある。

今後も、これまで同様、科学技術全般の進歩によって、所得向上を筆頭として、人類のあらゆる福祉の向上が期待されている^{*2}。なおICTはGDP向上をもたらしていないという意見もあるが^{*3}、これにはICTによる福祉向上を現在のGDPが的確に計測できていないのではないかと、という指摘がある。他方で平均寿命等の多様な指標によって測定される福祉水準は確実に向上している。

では、以上の逆、つまり「経済成長がイノベーションを促進する」という命題はどうだろうか。イノベーションが促進されるためには、産業が集積されること、活発な研究開発が行われること、それが普及し生産性向上に繋がること、新製品が次々に開発されて市場で試されること、等が望ましい。従って、科学技術全般の進歩を促進するためには、高い経済成長が望ましいことは自明のように思える。けれども、案外とそれを論じる文献

は少ない^{*5}。

以下では、そのような文献から、経済成長とイノベーションの好循環の三つのメカニズムをみてみよう。

産業の集積

イノベーションと経済成長の好循環が実現した顕著な例がいくつかある。18世紀から19世紀にかけての産業革命期のイギリスでは、蒸気機関が発明され、世界経済をリードした。19世紀末から20世紀初めにかけてのアメリカでは電気利用技術が発達し、電気事業が確立して、電球や蓄音機なども発明された。高度経済成長期の日本では電卓やウォークマンが開発された。20世紀末からの米国西海岸を中心としたICTの進歩においては、パソコン、ワールドワイドウェブ、スマートフォン等のイノベーションがあった。

このすべての場合において、企業群がある国ないし地域に集積され、新たな起業・事業・投資があり、活発なイノベーションがあった。イノベティブな企業群は、ある国ないし地域の産業集積そのものに引きつけられてさらに集積し、それが新たなイノベーションを生むといったように、イノベーションと産業集積の好循環が起きた^{*6}。その際、多彩な分野の技術を持った大小様々な企業の蓄積からなるイノベーション・エコシステムが活発に活動できる環境が重要とされる^{*7}。

汎用目的技術

ICTには広範囲の応用があり、多くの補完的投入物の開発のきっかけを与えること（即ち隣接可能性を大幅に増大

させること)という特徴がある。このような技術は、「汎用目的技術 (General Purpose Technology, GPT)」と呼ばれ、その例としては蒸気機関、電気利用技術、そしてICTがあるとされた*8。

広範囲な応用の中には、再帰的に、自らの生産技術の向上に資するものもあった。例えば、蒸気機関の進歩は、品質が良く価格の低い金属部品などの中間財の生産を可能にして、産業全般の生産性を向上させたが、それに留まらず、より高性能な蒸気機関を安価につくるとも可能にした。同様のことは電気利用技術についてもみられた。ICTについても、計算能力の向上でシミュレーション技術が発達し、それによって新材料が開発されたのみならず、再帰的に、計算能力の高い計算機が安価に製造されるようになった*9。

このようにして、イノベーションと経済成長の好循環が生まれ、持続的な経済成長が可能になる。汎用目的技術は、作業場の構成や産業構造の再編成を含む長い経済成長のプロセスを生み出す。これは蒸気機関に関しては1世紀以上続き、電気については40年以上続いた*10。現在ではICTを中心とした経済の再編と成長のプロセスが続いており、これが終わる兆しは今のところない。

市場経済の能力

イノベーションの過程においては、新しい設備・製品が次々に開発されて市場で試される必要があるが、ここでは自由な市場経済が重要な役割を果たす。これを示唆する物語としてよく知られるのが、ミルトン・フリードマンの有名な教科書の冒頭で紹介されている、リード著の「私は鉛筆」である*11。

この物語では、ごく普通の鉛筆が、自らの生い立ちを語る。その鉛筆は、オレゴン州の木こりやスリランカの黒鉛鋼夫等、何百万もの人の協働で誕生した。鉛筆はいう。「鉛筆会社の社長も含めて、これら何百万者の誰一人として、ほんのわずかのノウハウ以上のものを提供することはない」

つまり、鉛筆をつくるための知識は、集中したり統合されたりした形では存在していない。多数の個人がばらばらに持つ、不完全でしばしば相矛盾する知識という、分散した断片としてのみ存在する。自由な市場経済には、このような知識を組み合わせる優れた製品を生み出す能力がある。

この物語は、市場経済が情報を収集して製品を生み出す力について語っているが、この情報の総合の仕方は、多くの人によって、常に新しいものが試されている。つまり発明は日々行われている。もし新しい製品が成功して普及するならば、それはイノベーションと呼ばれるものになる。この物語が示しているのは、市場経済には

恒常的に、個人の頭の中で総合できる情報の範囲を超えて、イノベーションを起こす能力があるということである*12。

なお、この市場経済の能力を損なうような政府介入が為されると、イノベーションを阻害する。自由な企業活動を阻害する規制によって、欧州でのICTイノベーションは米国に大きく遅れたとされる*13。

経済成長でイノベーションの生態系を活性化する

以上の3点はこれまで文献で指摘されてきた点であるが、どうもまだ本質を突ききれていない。経済成長がイノベーションを促進するのはほぼ自明にも思えるが、それをすっきりと説明できていない*14。

なぜ物足りないかという、以上三つの議論は、イノベーションを個別の反応ないし反応中心の話としてとらえているからである。産業の集積の話は、それが起こった場所が反応中心になって産業が集積し、その集積によってイノベーションが進むからさらに集積が進むというポジティブフィードバックの話である。汎用目的技術の話も、それが反応中心となって作り出すポジティブフィードバックに注目している。市場経済の能力に関する「私は鉛筆」の議論も、ある鉛筆ができるという反応にのみ着目している。

だがイノベーションの本質は、それが生態系として創発的に進化することである*15。

そこで、以下筆者が議論したいのは、個別の反応といったミクロな話を超えた、経済全体の成長とイノベーション生態系の全体の成長という、マクロな話である。

個別の反応中心は、いずれも既存技術の組合せを起こさせるための反応中心であり、触媒的機能を果たす(自分自身が触媒であるか、ないしは他者が反応するのを促進する)ものであり、換言すれば隣接可能性を増すものである。隣接可能性を増すためのプラットフォームと呼んでもよい*16。

この技術の生態系と生物の生態系のアナロジーを、マクロなレベルで考察することで、経済成長とイノベーションの関係が理解できる。

生態系の多様性は、温度、太陽光、雨、栄養等の外的条件に左右される。簡単にするため雨や栄養は捨象して(捨象しなくても同じ議論はできるが)太陽光と温度だけで考えよう。一般的にいて、緯度が低く太陽光が多くて温度が高いほうが、多様な生物が高密度で生息し、生物多様性は豊かである。ジャングルは温帯よりも、温帯は冷帯よりも、生態系は豊かである。これはまずは、光合成が活発で純一次生産が高くなること、つまりエネルギーの流れが大きくなることによる。だがそれ以上に、高い温度によって化学反応速度が上がり、生物の活動が活発になり、代謝や再生産が速く、急速に進化する

ことが効いてくる。このため高緯度地域から低緯度地域に移動していくにつれて、単に太陽光や温度に比例するのはなく、種の多様性は極めて鋭敏に高くなる^{*17}。

この「太陽光が強くと温度が高くなければ、豊かな生態系も速い進化も生まれない」ということは、経済とイノベーションの関係になぞらえることができる。マクロ経済が好調でなければ、イノベーションは起きえない。ここでマクロ経済に対応するのが太陽光と温度で、生物の生態系に対応するのがイノベーションの生態系である。

どんなに産業の集積があっても、新結合が起きるようなプラットフォームを整備しても、隣接可能性が満たされても、マクロ経済が活発でなければイノベーションは進まない。

なぜなら、マクロ経済が活発であるということは、経済の取引が多く行われ、新しい製品が次々と開発されて市場でテストされ、また新しい事業が起り、そこに雇用が吸収されて古い事業が淘汰される、といった代謝が進むことを意味するからである。

以上の議論から、マクロ経済環境が良好であることが、イノベーションを促すということが理解できる。

もし試みるならば、定式化も数値モデル化も、生態系のもものがほぼそのまま技術システムに応用できるだろう。ただし生態系のどの変数が技術系のどの変数に対応するかという点についてはいくつかの異なる方法があるだろう。

イノベーション政策としては、マクロ経済環境を上手く管理することを大前提とした上で、どのようにして反応中心をつくるか——つまり産業集積をつくらせたり、汎用目的技術を促進したりするか——といったことが課題になる。温度を上げるだけではなく、触媒等の形で反応中心をつくると反応は進むからだ。そしてこれが上手いければ、市場経済のイノベーション能力がよく発揮されることになる。

むすび

以上から、冒頭の問いに対する答えは明白である。もしも革新的な温暖化対策技術がほしいならば、環境税にせよ規制にせよ、経済成長を抑えることになれば、それは逆効果になる、ということだ。

もしも対象となっている環境問題が、既存の技術やその小規模な改良で短期間に対応できるのであれば、税でも規制でも問題は解決できる。実際に、過去の公害問題にはそのようなものが多かった。しかしながら、地球温暖化問題は今のところそうではなく、長期にわたり、革新的な技術によってCO₂削減を図ってゆく性質のものである。

- *1 イノベーションが経済成長に寄与することの包括的な解説として例えば(エルハナン・ヘルプマン、2009)
- *2 技術進歩による福祉向上への期待を述べるものとして(WIPO、2017)(WorldBank、2016)
- *3 ICTはGDP向上をもたらしていないという意見は例えば(Šmihula、2009)
- *4 GDPの計測上の問題点についての指摘は例えば(Mandel、2012)
- *5 経済活動の停滞が研究活動に悪影響を及ぼすエピソードは存在する。例えばバブル崩壊後に諸企業の中央研究所の活動が低迷したことが知られている(山口栄一、2016)
- *6 イノベーションと産業集積の好循環についてさらに詳しくは(エンリコ・モレッティ、2014)、4章、(リチャード・フロリダ、2009)、4章、を参照。
- *7 異なる技術的知見を持つ企業や、組織力の高い大企業・前例に捉われないベンチャー企業等、多様な企業が持ち味を活かすことの効果については、(Tassey、2014)
- *8 汎用目的技術について詳しくは(Bresnahan & Trajtenberg、1995)(エルハナン・ヘルプマン、2009)
- *9 ICTを含めた汎用目的技術についての分かりやすい解説は(井熊均、2015)を参照。
- *10 汎用目的技術による社会の変容が長い期間にわたったことについては、(エルハナン・ヘルプマン、2009)
- *11 フリードマンの教科書(ローズ・フリードマン、2012)には、冒頭に有名な「私は鉛筆(I, pencil)」(Read, n.d.)の物語がある。
- *12 フリードマンやリードは市場経済の情報統合能力を述べていたがイノベーションについては言及していない。これがイノベーションを起こす力であることへの言及は(マツ・リドレー、2017)を参照。
- *13 自由な企業活動を阻害する規制によって、欧州でのICTイノベーションは米国に大きく遅れたとする見解は、(Thierer、2016)
- *14 なお開発途上国への技術移転が議論される際には、マクロ経済環境が良好であることは、必ずその成功の条件として掲げられている。技術移転はイノベーションの一部であるので、この方面の文献に経済成長がイノベーションをもたらすことが論じられているのかもしれない。筆者ははまだこれをよく調べられていない。
- *15 物理系から技術・経済まで、あらゆる秩序が創発的に生まれることをすっきりと論じたものとして、ヒダルゴ「情報と秩序」の名著がある(セザー・ヒダルゴ、2017)。なおヒダルゴは同著の後半部分で、経済指標としてGDPではなく経済の複雑性を用いることを提案し定量化して、そちらの方が有名になっている。
- *16 (ステイブ・ジョンソン、2013)
- *17 高緯度地域から低緯度地域に移動していくにつれて、単に太陽光や温度に比例するのはなく、種の多様性は極めて鋭敏に高くなることについては、(Brown、2014)

【参考文献】

- 1) Bresnahan, T. F., & Trajtenberg, M. (1995). General purpose technologies “Engines of growth”? *Journal of Econometrics*, 65 (1), 83–108. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(94\)01598-T](https://doi.org/10.1016/0304-4076(94)01598-T)
- 2) Brown, J. H. (2014). Why are there so many species in the tropics? *Journal of Biogeography*, 41 (1), 8–22. <https://doi.org/10.1111/jbi.12228>
- 3) Mandel, M. (2012). Beyond Goods and Services: The (Unmeasured) Rise of the Data-Driven Economy, (October), 1–13.
- 4) Read, L. E. (n.d.). I, Pencil—My Family Tree as told to Leonard E. Read, Irvington-on-Hudson, NY: The Foundation for Economic Education, Inc.
- 5) Šmihula, D. (2009). The Waves of the Technological Innovations of the Modern Age and the Present Crisis

as the End of the Wave of the Informational Technological Revolution. *Studia Politica Slovaca*, II(1), 32-47.

- 6) Tasse, G. (2014). Competing in Advanced Manufacturing: The Need for Improved Growth Models and Policies. *Journal of Economic Perspectives*, 28 (1), 27-48. <https://doi.org/10.1257/jep.28.1.27>
- 7) Thierer, A. D. (2016). *Permissionless innovation: the continuing case for comprehensive technological freedom*.
- 8) WIPO. (2017). World Intellectual Property Report. Retrieved from http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_944_2015.pdf
- 9) WorldBank. (2016). Digital Dividends. World Development Report 2016.
- 10) エルハナン・ヘルプマン (2009)、経済成長のミステリー、九州大学出版会
- 11) エンリコ・モレッティ (2014)、年取は「住むところ」で決まる 雇用とイノベーションの都市経済学、プレジデント社
- 12) スティーブン・ジョンソン (2013)、イノベーションのアイデアを生み出す七つの法則、日経BP社
- 13) セザー・ヒダルゴ (2017)、情報と秩序: 原子から経済までを動かす根本原理を求めて、早川書房
- 14) マット・リドレー (2017)、進化は万能である
- 15) リチャード・フロリダ (2009)、クリエイティブ都市論 — 創造性は居心地のよい場所を求める、ダイヤモンド社
- 16) ローズ・フリードマン・フリードマン (2012)、選択の自由 [新装版] — 自立社会への挑戦、日本経済新聞出版社
- 17) 井熊 均・木通秀樹 (2015)、なぜ、トヨタは700万円です「ミライ」を売ることができたか? — 技術革新のメガトレンドが市場構造を変える
- 18) 山口栄一 (2016)、イノベーションはなぜ途絶えたか: 科学立国日本の危機

公害防止管理者 通信教育

●環境の現場で働く「公害防止管理者」

日本の公害防止対策に大きな役割を果たしている公害防止管理者。法律に定める特定工場では、公害発生施設の種類や規模に応じた資格を取得した者を「公害防止管理者」として選任します。

●資格取得をサポートする「通信教育」

公害防止管理者 通信教育は、資格取得が困難といわれる公害防止管理者の国家試験対策をサポートするための講座です。

●「通信教育」の3つの特長

- ①重要ポイントが一目でわかる勉強しやすい教材
- ②わからないところが質問できるオプション付き
- ③自分のペースにあわせたスケジュールで学習

●受講料

○大気管理コース・水質管理コース

一般 40,100 円 / 会員*・学生 30,900 円

○科目別コース

一般 9,200 ~ 13,500 円 / 会員*・学生 7,400 ~ 10,800 円 (科目によって受講料が異なります。詳しくはウェブをご覧ください)

(※一般社団法人 産業環境管理協会会員)

●お申込み・お問合せ

受講のお申込みは随時受付中。詳しくは下記までお問い合わせください。



通信教育の教材見本

公害防止管理者 通信教育係

(一般社団法人 産業環境管理協会 人材育成・出版センター内)

〒101-0044

東京都千代田区鍛冶町2-2-1

三井住友銀行神田駅前ビル

TEL : 03-5209-7703 / FAX : 03-5209-7717

<http://www.e-jemai.jp/>

E-mail : juken@jemai.or.jp