

Title	デジタル経済下でのR&Dモデルの変容：エビデンスベースの科学技術イノベーション政策への啓発:構造解析
Author(s)	渡辺, 千仞; 藤, 祐司
Citation	年次学術大会講演要旨集, 34: 362-367
Issue Date	2019-10-26
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/16586
Rights	本著作物は研究・イノベーション学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Research Policy and Innovation Management.
Description	一般講演要旨

デジタル経済下での R&D モデルの変容

ー エビデンスベースの科学技術イノベーション政策への啓発：構造解析

○渡辺 千俣 (フィンランド・ユヴァスキュラ大学), 藤 祐司 (東京工業大学)

1. 序

米国商務省は 20 年前に、デジタル経済への変容を分析した啓発レポート「デジタル・エコノミー」(1998, 1999) [12][13] において、そのインパクトを洞察している。その訳出にあたり、室田 (1999) [28] は、「情報化社会は、工業化社会の延長上にはなく、またそれを進める主体も工業化時代とは異なっている」と予見した。彼は、その経済へのインパクトとして、市場の効率化と同時に市場の解体を指摘して、「後者を通じて、長期的に市場や企業制度を基盤とする資本主義を空洞化していく可能性が高い。とはいえ、当面は市場効率化の側面が強く現れる」と予見した。

20 年を経て、今日、デジタル経済は予見通り、想像を絶するスピードで進み続けている。同時に、国や企業の間で、「市場解体への挑戦効果」と「市場効率化執着の弊害」の落差が如実に顕在化してきている。Sussan (2017) [5], Gestrin (2018) [3] 等は、これを非デジタル経済 (Non-digital state) からデジタル経済 (Digitalizing state) への変容過程の組織の慣性としてとらえ、その立ち位置の認識の決定的重要性を指摘した。

デジタル経済下のエビデンスベース科学技術イノベーション政策の展開は、この認識を基本とする必要がある。

本稿は、以上の認識と軌を一にするフィンランドアカデミーの戦略研究会議の研究成果¹を、2016 年来の報告 [29] [30] [31] に続き報告する。研究は、上記変容過程のダイナミズムに視点を据えて、デジタル経済の進展と軌を一にした国民選好の経済的機能から経済価値を越えた超機能 (社会的・文化的・憧憬的・帰属的・感情的機能) へのシフト [17] に着目して、「コンピューター主導の伝統的 ICT → GDP の増大 → 経済的機能の増大」の共進 (非デジタル経済サイクル: *nDC*) から、「インターネットの躍進 → GDP では測れない Uncaptured GDP への依存 → 経済価値を越えた超機能の充足」の共進 (デジタル経済サイクル: *DC*) へのスピノフのダイナミズムの実証分析を重ねてきている [17-26]。

今次報告は、スピノフ過程に視点を据えて、非デジタル経済からデジタル経済への変容に伴う制度的枠組みに付随する問題点と、変容を促す構造を明らかにして、エビデンスベース科学技術イノベーション政策の展開に資することを主眼とした。

2. 非デジタル経済からデジタル経済への変容

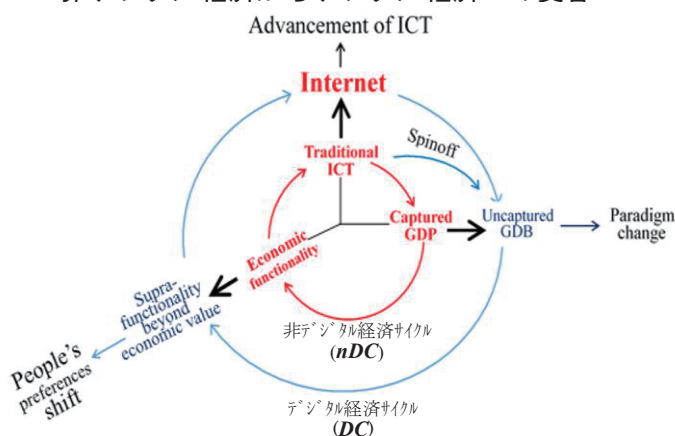


図 1. 非デジタル経済からデジタル経済への変容スキーム。

図 1 は上記スピノフのダイナミズムを示す [18] [19]。DC の躍進は、*nDC* 基盤と無関係ではないがその成功体験は *DC* へのスピノフを損なう。それは *nDC* の経験・発想をもとに考えがちになる。だが、*DC* は、その構造と行動において *nDC* とは様相を全く異にする。売り手が利益最大を求め、買い手が効用極大化を追求して、価格に双方の情報が集約されるマーケットとは異なり、双方・官民・競争相手が共に時代的課題を追求するプラットフォームに変容する。目的関数も異なる。*DC* のエビデンス分析は *nDC* のそれとは基本的に異なる [6]。

本稿は、この「相転移」過程の分析にアプローチする。

¹ Platform Value Now: Value capturing in the fast emerging platform ecosystems, supported by the Strategic Research Council at the Academy of Finland (2015-2020).

3. 高デジタル企業のディレンマ

3.1 R&D 主導発展軌道の追求

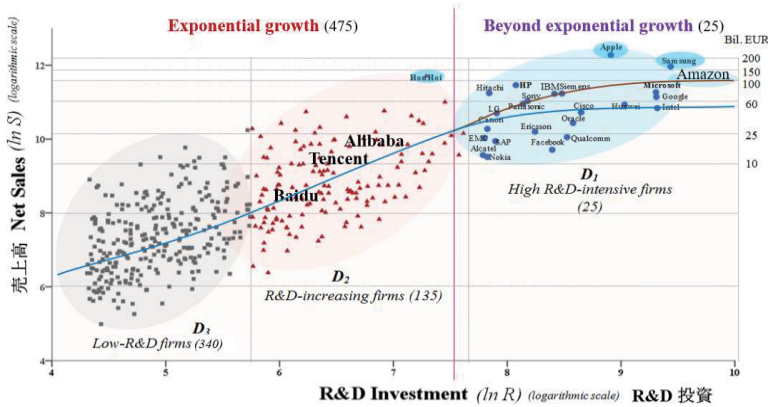


図 2. グローバル ICT500 企業の R&D 主導発展軌道 (2016).

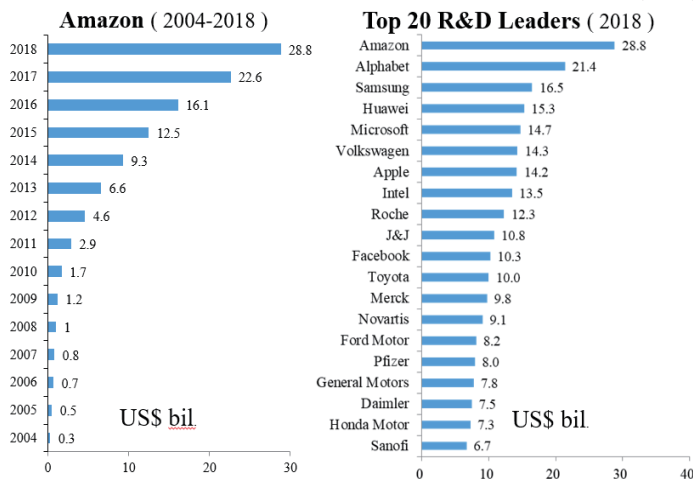


図 3. 高デジタル企業の R&D 投資.

3.2 R&D 主導発展軌道のディレンマ

図 4 に示すように、ICT は自己増殖性を内包し [16]、その発展軌道は図 2 に示すようにロジスティック成長をたどり [4]、また二面性を有する [1] [2] [18]。その結果、図 5 に示すように二極化し、高 R&D 企業は R&D の拡大と生産性低下のディレンマに直面する [7] [10]。これら企業は R&D の拡大に競争を賭すが、生産性低下の結果、図 6 に示すように、経済価値ベースの成長率の低下に遭遇する。しかし、DC へのスピノフの結果その目的関数は超機能ベース成長率にシフトする。

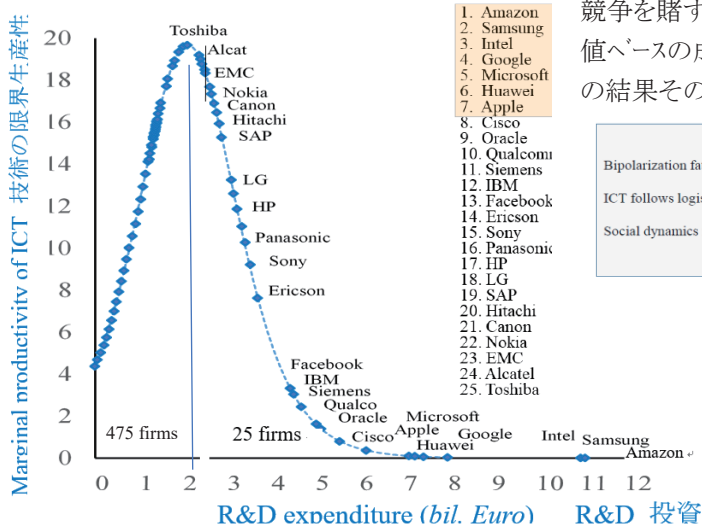


図 5. グローバル ICT500 企業の技術の限界生産性 (2016).

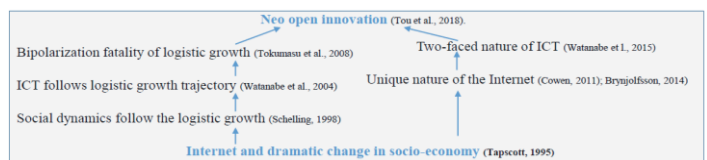


図 4. デジタル経済の基本特性とその必然.

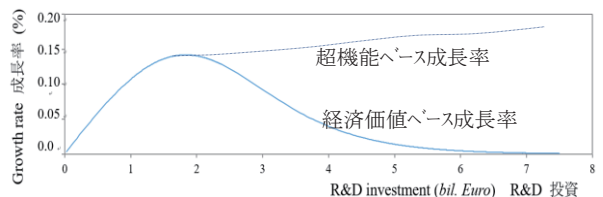


図 6. グローバル ICT500 企業の成長率 (2016).

非デジタル経済サイクル nDC からデジタル経済サイクル DC への「相転移」の実相を見るために、最初にグローバル ICT 企業の最前線の発展軌道を分析した。

図 2 は、グローバル ICT R&D トップ 500 企業の R&D 主導発展軌道を示す。

500 企業は、いずれもデジタル化に邁進するが、なかんずく R&D トップ 25 社の取り組みは顕著である。

図 3 はこれら高デジタル企業トップ 20 社の R&D 投資を示す (非 ICT 企業も含む)。GAF A を始めとする ICT 企業、次いで、自動車・製薬企業がトップを競っていることが伺われる。

中でもアマゾンの急躍進が眼を引く。同社は、R&D as a culture を社是として、1994 年の発足来、一貫して R&D-driven company を標榜して、R&D 投資の拡大に邁進して、2017 年に一気に R&D 世界トップの座に駆け上がり、2018 年以降も休むことなく R&D 投資の拡大に邁進している [11] [26]。

4. ディレンマの克服

4.1 自己増殖機能の創出

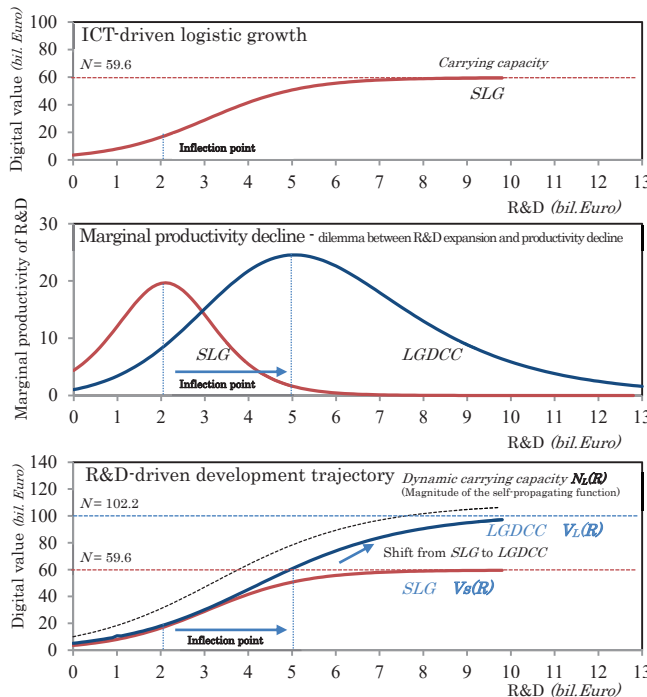


図 7. 自己増殖機能の発現 - SLG から LGDCC への変容.

4.2 自己増殖機能の覚醒-非デジタル経済からデジタル経済への変容

高デジタル企業は、高 R&D を梃に成長エンジンをフルに発揮して、ICT 固有の自己増殖機能を覚醒して、新機能を誘発して、DC にスピノフして、その領域での国民選好に応える超機能を創出して、超機能ベースの成長を実現する。nDC 領域において、ディレンマに抵触せずに成長エンジンを発揮するには、ソフトイノベーション資源²の同化が鍵となる。

図 8 は自己増殖機能の覚醒プロセスを経て、nDC から DC へ変容するダイナミズムを示す。

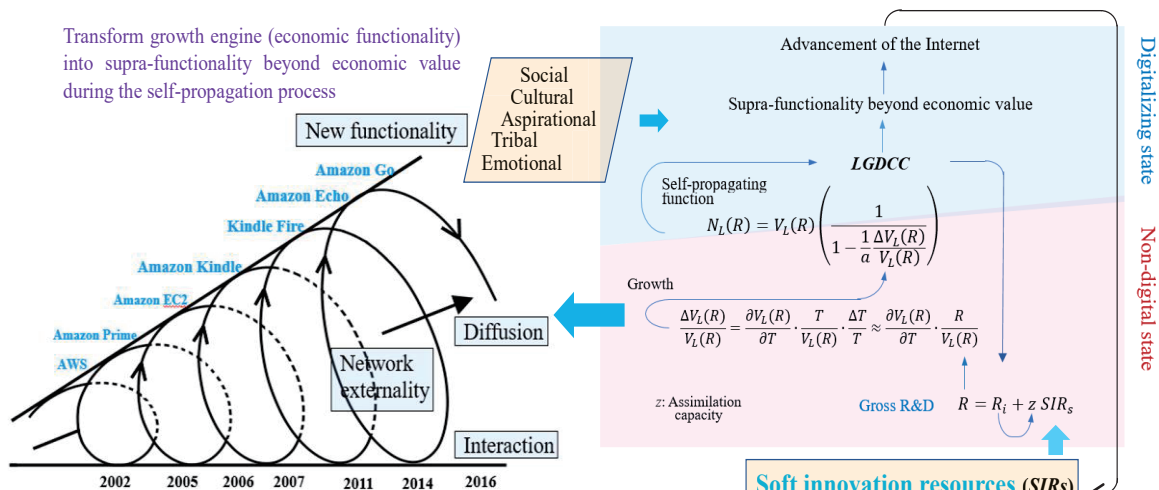


図 8. 自己増殖機能の覚醒 - デジタル経済への変容のダイナミズム.

² ソフトイノベーション資源 (SIRs) は、インターネットの結晶ともいべきもので、インターネットベースの休眠資源・未活用資源や、国民選好のソフトに呼応した超機能志向慣性・トラスト・至上満足追想等からなる [8] [9] [20] [21] [22] [23]。

SIRs の強度は Metcalfe の法則に従って、ユーザーとの相互交流の密度に比例する。

国民選好に沿った超機能の充足は、ユーザー主導イノベーションを活性化し、それはインターネットのさらなる躍進を触発し、それはまた SIRs の覚醒を進めることになる。

SLG: Simple logistic growth; LGDCC: Logistic growth within a dynamic carrying

前節の分析は、高デジタル企業は、高 R&D を梃に nDC から DC にスピノフして、同領域での経済機能を越えた超機能を創出することによってディレンマを越えた持続成長を遂げていることを示唆する。

本節は、図 7 に沿ってこのダイナミズムを分析する。

IoT のもとに創出されるデジタル価値 V

$$V = F(X, T) = F(X(T), T) \approx F(T) \quad T: \text{ICT stock}; X: \text{other production factors}$$

$$\frac{dV}{dR} \approx \frac{\partial V}{\partial R} = aV \left(1 - \frac{V}{N}\right) \quad \text{これは次の SLG を導く。}$$

$$SLG = V_S(R) = \frac{N}{1 + b e^{-aR}} \quad R: \text{R\&D investment } (\Delta T \approx R); N: \text{carrying capacity}$$

SLG は、一定の R&D レベルを越えると、限界生産性が低下に転じ、普及天井 N に抑えられるが、 N が R に応じて増殖する場合 $\frac{dV(R)}{dR} = aV(R) \left(1 - \frac{V(R)}{N(R)}\right)$ には、

$$LGDCC = V_L(R) = \frac{N_k}{1 + b e^{-aR} + \frac{b_k}{1 - a_k/a} e^{-a_k R}} \quad \text{を導き、自己増殖的に発展して、超機能を創出する [15] [17]。}$$

従って、成長エンジンを取り込んだ $N_L(R) = V_L(R) \left(\frac{1}{1 - \frac{1}{a} \frac{\Delta V_L(R)}{V_L(R)}} \right)$ が自己増殖機能発現の鍵となる。

4.3 デジタル経済への変容を導く好循環のダイナミズム

国民選好に沿った超機能の充足は、ユーザー主導イノベーションを活性化し、それはインターネットのさらなる躍進を触発し、それはまたソフトイノベーション資源 *SIRs* の覚醒を進めることになる。覚醒した *SIRs* の同化はデレンマに抵触せずにグロス R&D を増大させて、成長エンジンを活性化させることになる。以上は専ら *nDC* の領域で遂行される。活性化した成長エンジンは ICT 固有の自己増殖機能を覚醒させ、新機能を誘発しつつ *DC* 領域へのスピノフを進めて、経済機能を越えた超機能を創出する。そして、それはユーザー主導イノベーションを活性化し、好循環のダイナミズムに導く。*nDC* 領域の

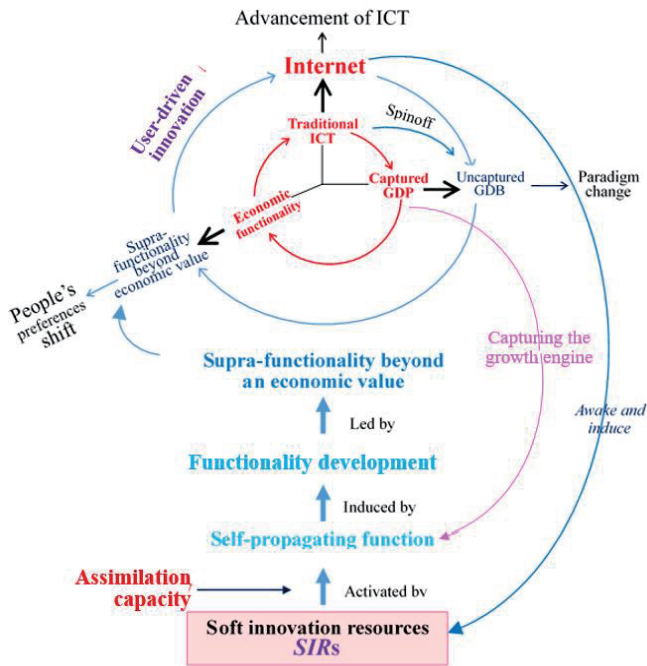


図 9. デジタル経済への変容を導く好循環のダイナミズム。

確立した成長エンジンの取り込みは、グロス R&D の増大を堅固にする。図 9 はこの変容を導く好循環のダイナミズムを示す。

この好循環は、*SIRs* を効果的に同化させてグロス R&D を増大させることが鍵となり、それは高度な同化能力に立脚した図 10 に示すネオオープンイノベーションの確立に依存する [10]。

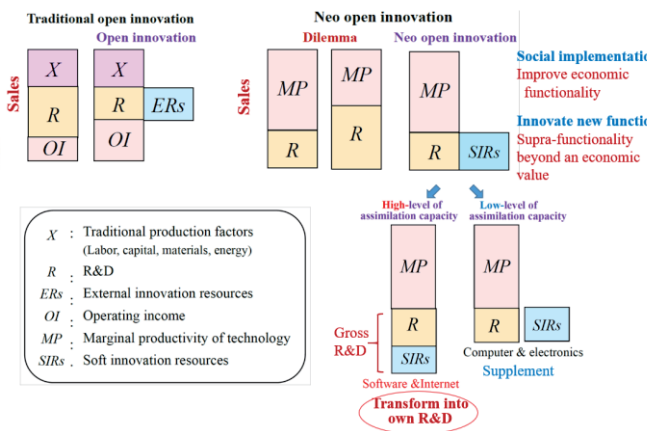


図 10. ネオオープンイノベーションのスキーム。

5. 変容ダイナミズムの検証 - エビデンスベース科学技術イノベーションへの示唆

5.1 インプット - ソフトイノベーション資源同化の奏功: Technology and Content

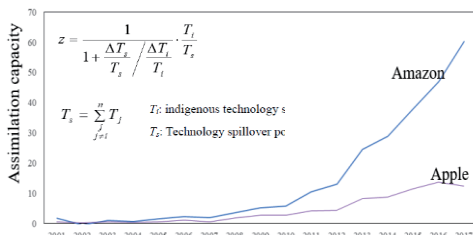


図 11. アマゾン・アップルの同化能力 (2001-2017)

以上の分析は、非デジタル経済サイクル *nDC* からデジタル経済サイクル *DC* への「相転移」のダイナミズムを示唆するものである。

この示唆のエビデンスベース科学技術イノベーション政策への有効性及び実践的適応性を検証するために、本節では、*DC* の最先端で他に類を見ぬ独自の破壊的ビジネスモデルを構築して、R&D 世界トップに躍進したアマゾンの技術・経営・財務一体モデルに注目して、「相転移」のダイナミズムを検証する。

インプット面に着目すると、アマゾンは、先に見たハイピートの R&D 増大に裏打ちされて、図 11 に見るように極めて高い同化能力 [14] を構築し、それを梃に、図 12 に示すように R&D 展開過程でデジタル周辺部門に同化 *SIRs* を体化させて、技術への変容を成し遂げてグロス R&D の急速な拡大を図る新たな R&D モデルを打ち立てている³ [11]。

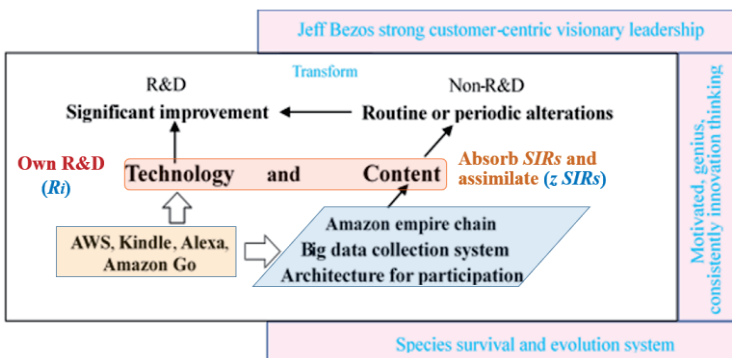


図 12. アマゾンの R&D 投資形成のダイナミズム。

³ アマゾンは、財務諸表において、R&D との表記をあえて回避して、Technology and content との表記に固執している。

このようにして創り出したグロスR&Dは、表1、図13に示すように、自己増殖機能を覚醒させて、着実に超機能を生み出して、デジタル経済サイクル *DC* へのスピノフに邁進しているが伺われる [11]。

表1 アマゾンの成長軌道 (2000-2017)

	<i>N</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a_k</i>	<i>b_k</i>	adj. <i>R</i> ²
<i>SLG</i>	310.153 (17.96)	0.484 (6.76)	11.739 (3.56)			0.954
<i>LGDC</i>	733.090 (3.28)	0.166 (27.94)	11.384 (2.55)*	0.039 (12.93)	0.140 (3.10)	0.999

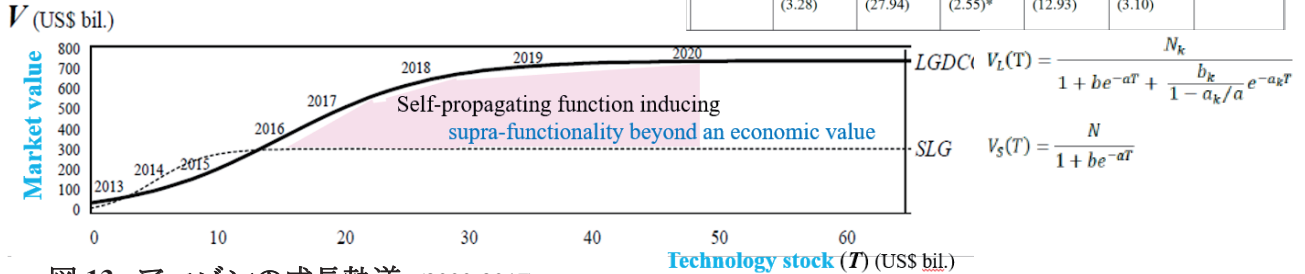


図13. アマゾンの成長軌道 (2000-2017).

5.3 アウトプット

(1) 特許

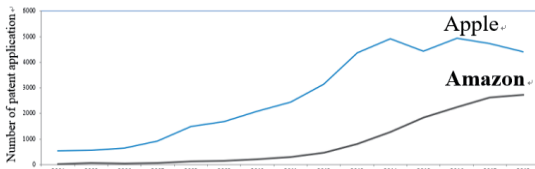


図13. アマゾンの特許出願件数 (2004-2018).

(2) 時価総額



図14. アマゾンの時価総額 (2006-2018).

超機能の創出は、特許出願の急増 (図13)、時価総額の急昇 (図14) 及び比類なきキャッシュフローを可能にする卓越したキャッシュコンバージョンサイクル (CCC) の前提となる市場 (ベンダー・消費者) 掌握 (図15) から裏付けられる。

(3) 市場掌握

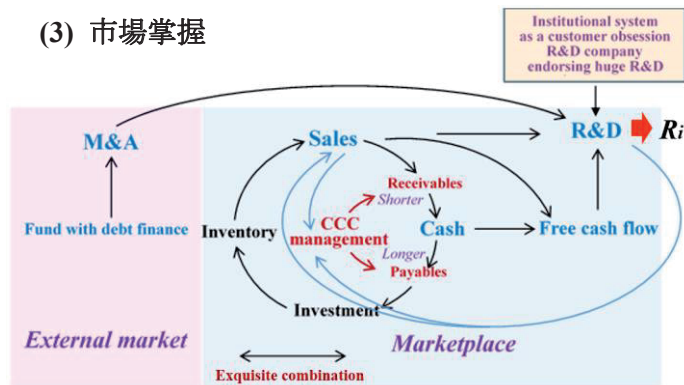


図15. アマゾンの市場掌握のメカニズム。

(4) 卓越したキャッシュ・コンバージョン・サイクル (CCC) 形成

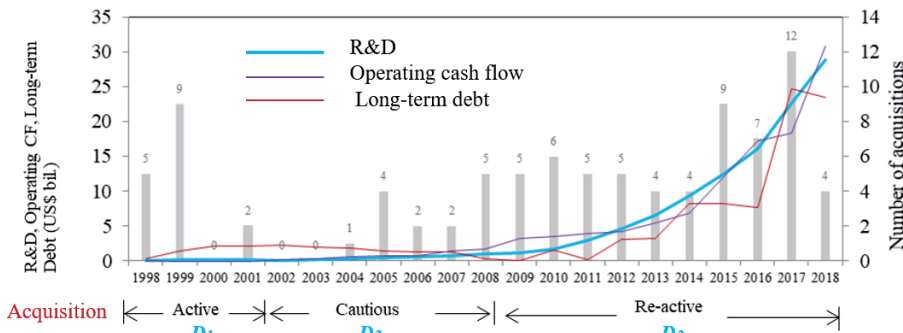


図16. アマゾンの市場掌握とR&D投資戦略 (1998-2018).

表2 アマゾンのグロスR&D獲得軌道 (1998-2018)

R&D	Operating cash flow		Long-term debt	
$\ln R = 1.12 + 0.33D_2 \ln OCF + 0.72D_3 \ln OCF + 0.89D_1 \ln LTD - 1.04D_2 \ln LTD + 1.04D_3 \ln LTD$				
(1.79**)	(2.90*)	(7.71)	(20.42)	(-5.63)
				(3.80)
				adj. <i>R</i> ² 0.996 DW

The figures in parentheses indicate t-statistics: all are significant at the 1% level except * 5% and ** 15%.

以上のインプットとそれに伴うアウトプットは、図16、表2に示すように、図9に示した好循環のサイクルの確立を示し、*nDC* から *DC* へのスピノフを裏付ける。

これは図17に示す「鮭回遊追証モデル」[27]適用の可能性を示唆する。



非デジタル経済領域 (追証可) デジタル経済領域 (追証不可)

図17. 鮭回遊追証モデル。

6. 結論

デジタル経済下でのエビデンスベース科学技術イノベーション政策の実効ある展開は、非デジタル経済からデジタル経済への変容プロセスと変容後の構造・行動の可視化・操作化が要諦となる。変容前後で様相を全く異にすることを十分認識する必要がある。

ソフトイノベーション資源を同化したグロス R&D の拡大を梃に、成長エンジンを活性化させて、ICT の内包する自己増殖機能を覚醒させて、新機能を誘発して、経済機能を越えた超機能を創出することが変容の道を拓く。

超機能はユーザー主導イノベーションを活性化し、インターネットのさらなる躍進を誘発する。それは新たなソフトイノベーション資源を覚醒・誘発して、グロス R&D を拡大して、成長エンジンを活性化し、好循環のダイナミズムを構築する。

このダイナミズムの持続がデジタル経済発展の鍵となる。この持続性の検証は可視化・操作化に燭光を与える。従って、検証方法の実践的発展が今後の優先課題となる。「鮭の回遊追証モデル」は、建設的な示唆を提供する。

参考文献

- [1] Brynjolfsson, E., McAfee, A., 2014. *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. W.W. Norton & Company, New York.
- [2] Cowen, T., 2011. *The Great Stagnation: How America Ate All the Low-Hanging Fruit of Modern History, Got Sick, and Will (Eventually) Feel Better*. A Penguin eSpecial from Dutton, Penguin, New York.
- [3] Gestrin, M.V. and Staudt, J., 2018. *The Digital Economy, Multinational Enterprises and International Investment Policy*. OECD, Paris.
- [4] Schelling, T.C., 1998. Social mechanisms and social dynamics, in Hedstrom, P. and Swedberg, R. eds., *Social Mechanisms: An Analytical Approach to Social Theory*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 32-43.
- [5] Sussan, F. and Acs, Z.J., 2017. The Digital Entrepreneurial Ecosystem. *Small Business Economics* 49(1), 55-73.
- [6] Tapscott, D., 1995. *The Digital Economy: Promise and Peril in the Age of Networked Intelligence*, McGraw-Hill, New York.
- [7] Tokumasu, S. and Watanabe, C., 2008. Institutional Structure Leading to the Similarity and Disparity in Innovation Inducement in EU 15 Countries. *Journal of Services Research* 8 (1), 5-42.
- [8] Tou, Y., Moriya, K., Watanabe, C., Ilmola, L. & Neittaanmäki, P., 2018a. Soft Innovation Resources: Enabler for Reversal in GDP Growth in the Digital Economy. *International Journal of Managing Information Technology* 10 (3), 9-28.
- [9] Tou, Y., Watanabe, C., Ilmola, L., Moriya, K. and Neittaanmäki, P., 2018b. Hybrid Role of Soft Innovation Resources: Finland's Notable Resurgence in the Digital Economy. *International Journal of Managing Information Technology* 10 (4), 1-22.
- [10] Tou, Y., Watanabe, C., Moriya, K., & Neittaanmäki, P., 2019b. Harnessing Soft Innovation Resources Leads to Neo Open Innovation. *Technology in Society*, in print.
- [11] Tou, Y., Watanabe, C., Moriya, K., Naveed, N., Vurpillat, V., & Neittaanmäki, P., 2019c. The Transformation of R&D into Neo Open Innovation: A New Concept of R&D Endeavor Triggered by Amazon. *Technology in Society* 47, in print.
- [12] US Department of Commerce (DOC), 1998. *The Emerging Digital Economy I*. DOC, Washington D.C.
- [13] US Department of Commerce (DOC), 1998. *The Emerging Digital Economy II*. DOC, Washington D.C.
- [14] Watanabe, C., Takayama, M., Nagamatsu, A., Tagami, T. and Griffy-Brown, C., 2002. Technology Spillover as a Complement for High Level R&D Intensity in the Pharmaceutical Industry. *Technovation* 22 (4), 245-258.
- [15] Watanabe, C., Kondo, R., Ouchi, N., Wei, H. and Griffy-Brown, C., 2004a. Institutional Elasticity as a Significant Driver of IT Functionality Development. *Technological Forecasting and Social Change* 71 (7), 723-750.
- [16] Watanabe, C. and Hobo, M., 2004b. Creating a Firm Self-propagating Function for Advanced Innovation-oriented Projects: Lessons from ERP. *Technovation* 24 (6), 467-481.
- [17] Watanabe, C., Naveed, K. and Zhao, W., 2015a. New Paradigm of ICT Productivity: Increasing Role of Un-captured GDP and Growing Anger of Consumers. *Technology in Society* 41, 21-44.
- [18] Watanabe, C., Naveed, K. and Neittaanmäki, P., 2015b. Dependency on Un-captured GDP as a Source of Resilience beyond Economic Value in Countries with Advanced ICT Infrastructure: Similarities and Disparities between Finland and Singapore. *Technology in Society* 42, 104-122.
- [19] Watanabe, C., Naveed, K., Neittaanmäki, P. and Tou, Y., 2016a. Operationalization of Un-captured GDP: The Innovation Stream under New Global Mega-trends. *Technology in Society* 45, 58-77.
- [20] Watanabe, C., Naveed, K., Neittaanmäki, P., 2016b. Co-evolution of Three Mega-trends Nurtures Un-captured GDP: Uber's Ride-sharing Revolution. *Technology in Society* 46, 164-185.
- [21] Watanabe, C., Naveed, K., Neittaanmäki, P., 2017a. Consolidated Challenge to Social Demand for Resilient Platforms: Lessons from Uber's Global Expansion. *Technology in Society* 48, 33-53.
- [22] Watanabe, C., Naveed, K., Neittaanmäki, P., 2017b. Co-evolution between Trust in Teachers and Higher Education toward Digitally-rich Learning Environments. *Technology in Society* 48, 70-96.
- [23] Watanabe, C., Naveed, K., Neittaanmäki, P., 2017c. ICT-driven Disruptive Innovation Nurtures Un-captured GDP: Harnessing Women's Potential as Untapped Resources. *Technology in Society* 51, 81-101.
- [24] Watanabe, C., Tou, Y. and Neittaanmäki, P., 2018a. A New Paradox of the Digital Economy: Structural Sources of the Limitation of GDP Statistics. *Technology in Society* 55, 9-23.
- [25] Watanabe, C., Naveed, K., Tou, Y. and Neittaanmäki, P., 2018b. Measuring GDP in the Digital Economy: Increasing Dependence on Uncaptured GDP. *Technological Forecasting and Social Change* 137, 226-240.
- [26] Watanabe, C. & Tou, Y., 2019. Transformative Direction of R&D: Lessons from Amazon's Endeavor. *Technovation*, in print.
- [27] 浦和茂彦, 2000. 日本系サケの回遊経路と今後の研究課題. さけ・ます資源管理センターニュース 5, 3-9.
- [28] 室田泰弘, 1999. *デジタル・エコノミー II*. 東洋経済新報社, 東京.
- [29] 渡辺千俣, 2016. Un-captured GDP イノベーション通念の刷新 フィンランドアカデミーの挑戦, 研究・イノベーション学会年次学術大会予稿集, 東京.
- [30] 渡辺千俣, 藤祐司, 岩見紫乃, 2017. デジタル経済下での GDP 計測: Un-captured GDP の構造解析と計測. 研究・イノベーション学会年次学術大会予稿集, 京都.
- [31] 渡辺千俣, 藤祐司, 2018. デジタル経済下での「イノベーション指標」の変容: イノベーション・成長概念変容の構造解析と計測 GDP 計測. 研究・イノベーション学会年次学術大会予稿集, 東京.