

ICT 先進国と開発途上国の 2 極化とそのパラドックスの実相及び瞠目克服策の比較実証分析

代表研究者 渡辺 千仞 東京成徳大学 経営学部 教授、東京工業大学 名誉教授
 共同研究者 趙 偉琳 富士通総研 上席研究員
 同 Charla Griffy-Brown Professor, Pepperdine University
 他

1 はじめに

インターネットの想定を超える世界的躍進は、南北を問わず、世界全体の成長軌道を ICT (情報通信技術) が律するようになってきている。それは同時に世界を ICT 先進国と ICT 開発途上国に 2 極化し、後者が、ICT 依存の増大に応じてその限界生産性も高める好循環を享受しているのに対して、ICT 先進国は、ICT のそれ以上の進展は、逆に限界生産性を低下させる悪循環の罠に陥っている。

本研究は、両極 8 カ国の専門家を糾合して、世界 100 カ国及びグローバル ICT リーダー 500 社を対象に、2 極化の進展とそのパラドックスの実相を見極め、ICT の内包する 2 面性 (新機能開発による価格上昇 (限界生産性上昇) と同時に無料化・複製化・規格化によって価格低下) に起因する ICT 化の罠の構造を明らかにした。

次いで、このような 2 面性に対して一貫して持続成長・好業績を堅持しているバリエーション国家や ICT 企業の社会経済文化体質・制度政策 (インスティテューション構造) やビジネスモダスを比較検証して、これら国家や企業は、外部イノベーション資源を内生化することによって新機能開発による価格上昇を加速し、価格低下要因となるビジネスの外生化によって、技術生産性の堅持を図って、悪循環からの脱却を図るとともに、これをスプリングボードとして、新たなイノベーションに邁進していることを明らかにした。

以上に基づき、ICT 先進、開発途上グループ 双方がそれぞれの比較優位を補完し合って、相互の活力を活用しあう「共進的内生化」戦略が、新たな世界持続成長モデルの基幹となることを指摘した。

2 研究の背景

2-1 ICT 主導経済の 2 極化

インターネットの想定を超える世界的躍進は南北を問わず、世界全体の成長軌道を ICT (情報通信技術) が律するようになってきている (図 1)。

$$\frac{V}{P} = \frac{N}{1 + be^{-aNRI}} + cD_1 + dD_2$$

N	a	b	c	d	$adj. R^2$
57239	1.68	2697.28	46434	-12913	0.885
(9.62)	(7.58)	(9.80)	(14.54)	(-5.25)	

V/P: 1 人あたり GDP, NRI: ICT 開発・利活用水準, N: 普及天井, D: 産油国等の異常軌道国ダミー, a, b, c, d: 系数

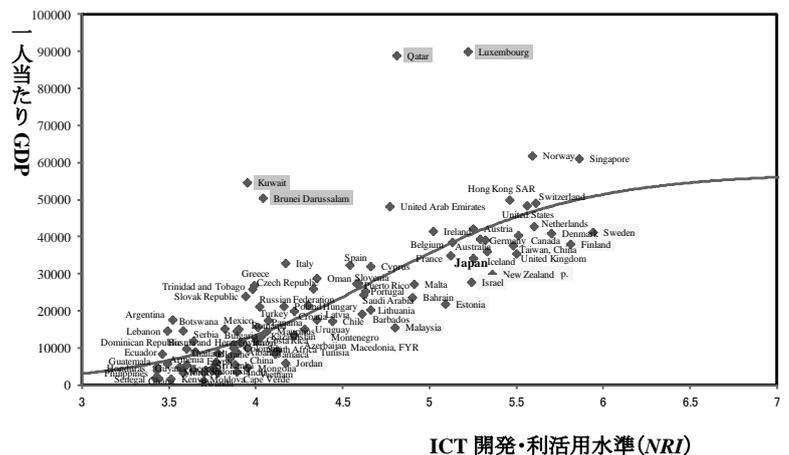


図 1. 世界 100 カ国の ICT 主導発展軌道 (2011).

原資料: The Global Information Technology Report 2012 (World Economic Forum, 2012), World Economic Outlook Database (IMF, 2012).

しかし、それは同時に世界を ICT 先進国と ICT 開発途上国に 2 極化し、後者が、ICT 依存の増大に応じてその限界生産性も高める好循環を享受しているのに対して、ICT 先進国は、ICT のそれ以上の進展は、逆に限界生産性を低下させる悪循環の罠に陥っている (図 2)。

$$y = \frac{aN}{\frac{\partial W}{\partial I}}$$

ICT 先進国 (ICT の進展とその限界生産性増大が悪循環)

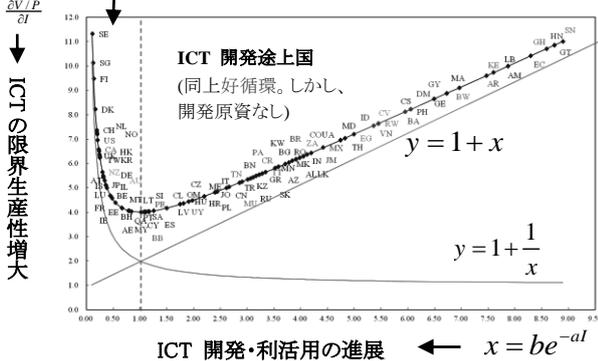


図 2. 世界 100 カ国の ICT 主導発展の 2 極化 (2011).

表 1 世界 100 カ国の ICT 開発・利活用水準 (2011)

1 SE Sweden 5.94	26 MT Malta 4.91	51 CN China 4.11	76 MX Mexico 3.82
2 SG Singapore 5.86	27 BH Bahrain 4.90	52 TR Turkey 4.07	77 TH Thailand 3.78
3 FI Finland 5.81	28 QA Qatar 4.81	53 MU Mauritius 4.06	78 MD Moldova 3.78
4 DK Denmark 5.70	29 MY Malaysia 4.80	54 BN Brunei Darussalam 4.04	79 EG Egypt 3.77
5 CH Switzerland 5.61	30 AE United Arab Emirates 4.77	55 KZ Kazakhstan 4.03	80 ID Indonesia 3.75
6 NL Netherlands 5.60	31 LT Lithuania 4.66	56 RU Russian Federation 4.02	81 CV Cape Verde 3.71
7 NO Norway 5.59	32 CY Cyprus 4.66	57 PA Panama 4.01	82 RW Rwanda 3.70
8 US United States 5.56	33 PT Portugal 4.63	58 CR Costa Rica 4.00	83 VN Vietnam 3.70
9 CA Canada 5.51	34 SA Saudi Arabia 4.62	59 GR Greece 3.99	84 BA Bosnia and Herzegovina 3.65
10 UK United Kingdom 5.50	35 BB Barbados 4.61	60 TT Trinidad and Tobago 3.98	85 CS Serbia 3.64
11 TW Taiwan, China 5.48	36 PR Puerto Rico 4.59	61 AZ Azerbaijan 3.95	86 PH Philippines 3.64
12 KR Korea, Rep. 5.47	37 SI Slovenia 4.58	62 KW Kuwait 3.95	87 DM Dominican Republic 3.60
13 HK Hong Kong 5.46	38 ES Spain 4.54	63 MN Mongolia 3.95	88 GE Georgia 3.60
14 NZ New Zealand 5.36	39 CL Chile 4.44	64 SK Slovak Republic 3.94	89 BW Botswana 3.58
15 IS Iceland 5.33	40 OM Oman 4.35	65 BR Brazil 3.92	90 GY Guyana 3.58
16 DE Germany 5.32	41 LV Latvia 4.35	66 MK Macedonia, FYR 3.91	91 MA Morocco 3.56
17 AU Australia 5.29	42 CZ Czech Republic 4.33	67 RO Romania 3.90	92 AR Argentina 3.52
18 JP Japan 5.25	43 HU Hungary 4.30	68 AL Albania 3.89	93 KE Kenya 3.51
19 AT Austria 5.25	44 UY Uruguay 4.28	69 IN India 3.89	94 AM Armenia 3.49
20 IL Israel 5.24	45 HR Croatia 4.22	70 BG Bulgaria 3.89	95 LB Lebanon 3.49
21 LU Luxembourg 5.22	46 ME Montenegro 4.22	71 LK Sri Lanka 3.88	96 EC Ecuador 3.46
22 BE Belgium 5.13	47 JO Jordan 4.17	72 ZA South Africa 3.87	97 GH Ghana 3.44
23 FR France 5.12	48 IT Italy 4.17	73 CO Colombia 3.87	98 GT Guatemala 3.43
24 EE Estonia 5.09	49 PL Poland 4.16	74 JM Jamaica 3.86	99 HN Honduras 3.43
25 IE Ireland 5.02	50 TN Tunisia 4.12	75 UA Ukraine 3.85	100 SN Senegal 3.42

1-30 が ICT 先進国、31-100 が ICT 開発途上国

資料: The Global Information Technology Report 2012 (World Economic Forum, 2012).

ロジスティック成長関数は、次のように 2 極化する。ここに、 W は一人当たり GDP (国レベル)、売上高 (企業レベル) 等の成長目標を示す。

$$\frac{dW}{dt} = aW \left(1 - \frac{W}{N}\right) = \frac{aN}{1 + be^{-at}} \left(1 - \frac{1}{1 + be^{-at}}\right) = \frac{aN}{(1 + be^{-at})} \cdot \frac{be^{-at}}{(1 + be^{-at})} = \frac{aN}{(1 + be^{-at})} \cdot \frac{1}{(1 + be^{at})} = \frac{aN}{(2 + be^{-at} + \frac{1}{be^{at}})}$$

$$\frac{aN}{\frac{dW}{dt}} = 2 + be^{-at} + \frac{1}{be^{at}}, \quad y = (1 + x) + (1 + \frac{1}{x}) \quad y \equiv \frac{aN}{\frac{dW}{dt}}, \quad x \equiv be^{-at}$$

ICT 主導発展軌道においては、ICT (I) によって、 $W = F(t) = F(I)$ and $\frac{dW}{dt} = \frac{dW}{dI} = \frac{\partial W}{\partial I} \cdot \frac{dI}{dt} = \frac{\partial W}{\partial I}$ したがって、 $x = be^{-at}, y = \frac{aN}{\frac{\partial W}{\partial I}}$

図 2 に見るように、世界 100 カ国は、ICT 先進 30 国と、ICT 開発途上 70 国に 2 極化し(表 1)、後者が ICT の発展とともに、技術の限界生産性も向上させる好循環を享受しているのに対して、前者は、ICT のさらなる発展は、技術の限界生産性を低下に通じる悪循環に陥っている。

このような 2 極化は、グローバル ICT 企業にも顕著にみられる。図 3 は、世界トップのグローバル ICT 企業 500 社の ICT 主導発展軌道を示したもので、世界 100 カ国同様 ICT 主導のロジスティック成長軌道を示している。

$$S = \frac{N}{1 + be^{-aT}} + cD$$

a	b	c	d	adj. R ²
42668	0.002	22.61	45184	0.885
(28.31)	(26.02)	(10.23)	(30.32)	

S: 売上高, T: ICT ストック $\approx \frac{R}{\rho + g}$, R: 研究開発投資
 ρ : 技術の陳腐化率, g : 初期時点の研究開発投資増加率, N: 普及天井, D: 異常軌道企業 g^* ,
 a, b, c : 係数

したがって、ICT 主導発展軌道をたどるグローバル ICT 企業も図 4 及び表 2 に示すように 2 極化し、ICT 開発途上の 479 社が ICT の進展とともに技術の限界生産性も向上させる好循環を享受しているのに対して、高度に ICT 化を進めた 21 企業は、ICT のそれ以上の進展は、逆に限界生産性を低下させる悪循環の罠に陥っている。

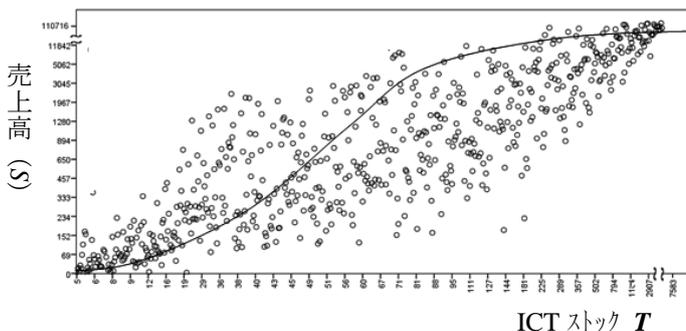


図 3. 世界トップ 500 ICT 企業の発展軌道 (2010).

資料: Economics of Industrial Research and Innovation (EU, 2011).

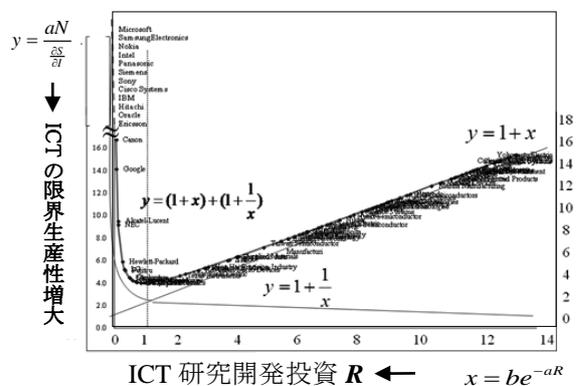


図 4. 世界トップ 500 ICT 企業の 2 極化 (2010).

資料: 図 3 に同じ.

図 3-2 は、世界トップ ICT 企業の発展軌道の詳細を見たものである（各企業の企業名は表 2 参照）。

世界トップ ICT 企業 500 社のうち、95%以上の 479 社は、図 4、4-2 に見るように、ICT の進展とともにその限界生産性も増大させる好循環を謳歌しているが、マイクロソフト、サムスン、ノキア、インテル、パナソニック、シーメンス、ソニー、シスコ、IBM、日立、オラクル、エリクソン、キヤノン、グーグル、アルカテル・ルーセント、NEC、ヒューレット・パカード、LG、富士通、クオルコム、モトローラの 21 社（2010 年研究開発投資ランク順）は、それ以上の ICT の進展は、逆に限界生産性を低下させる悪循環の罠に陥っていることがうかがわれる。

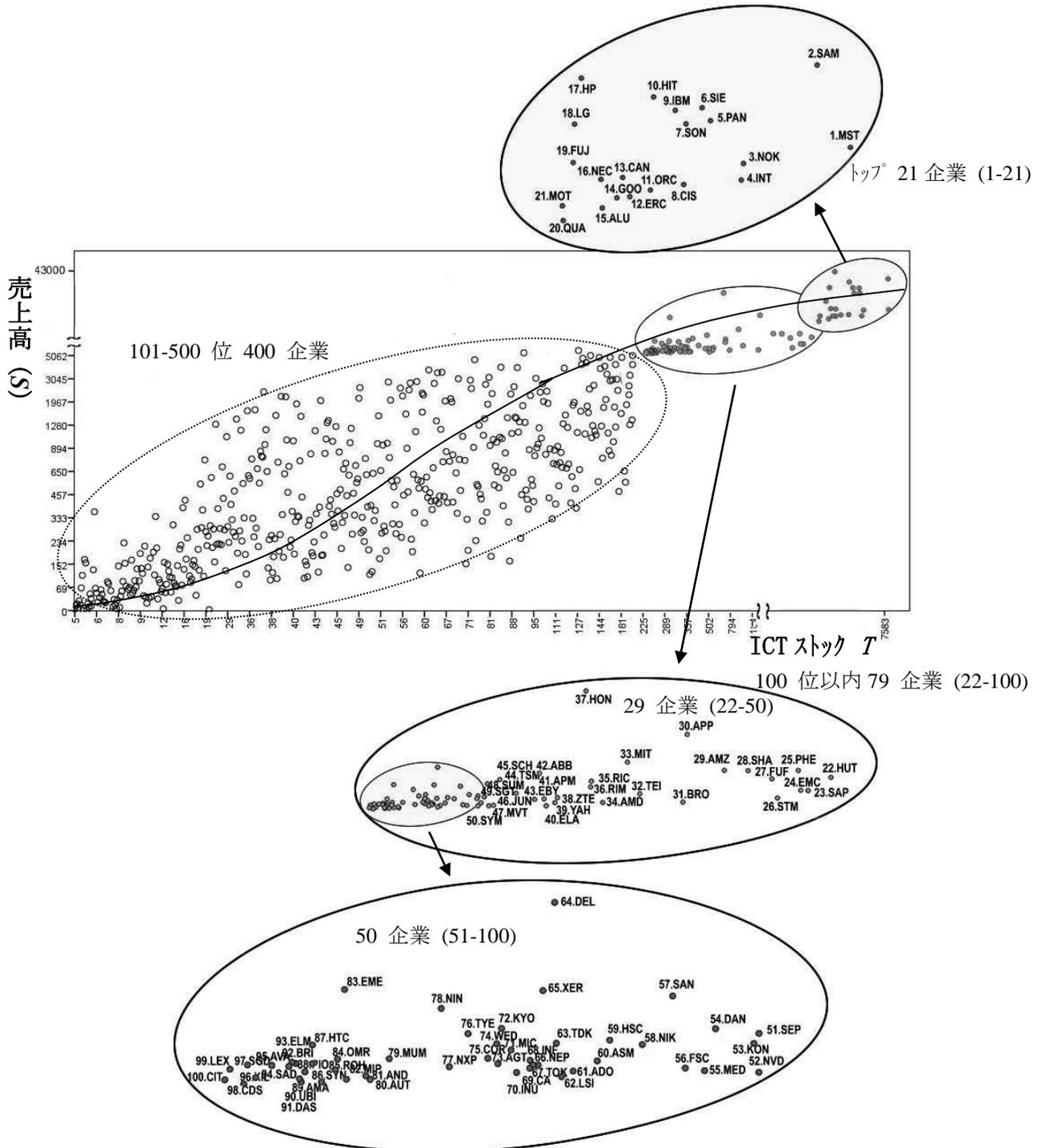


図 3-2. 世界トップ 500 ICT 企業の発展軌道 (2010).

資料: 図 3 に同じ.

同様に、世界トップ ICT 企業 500 社は ICT 先進 21 社と、ICT 開発途上 479 社の間の顕著な 2 極化がうかがわれる。

高技術集約 ICT 企業 (ICT のさらなる進展とその限界生産性低下との悪循環)

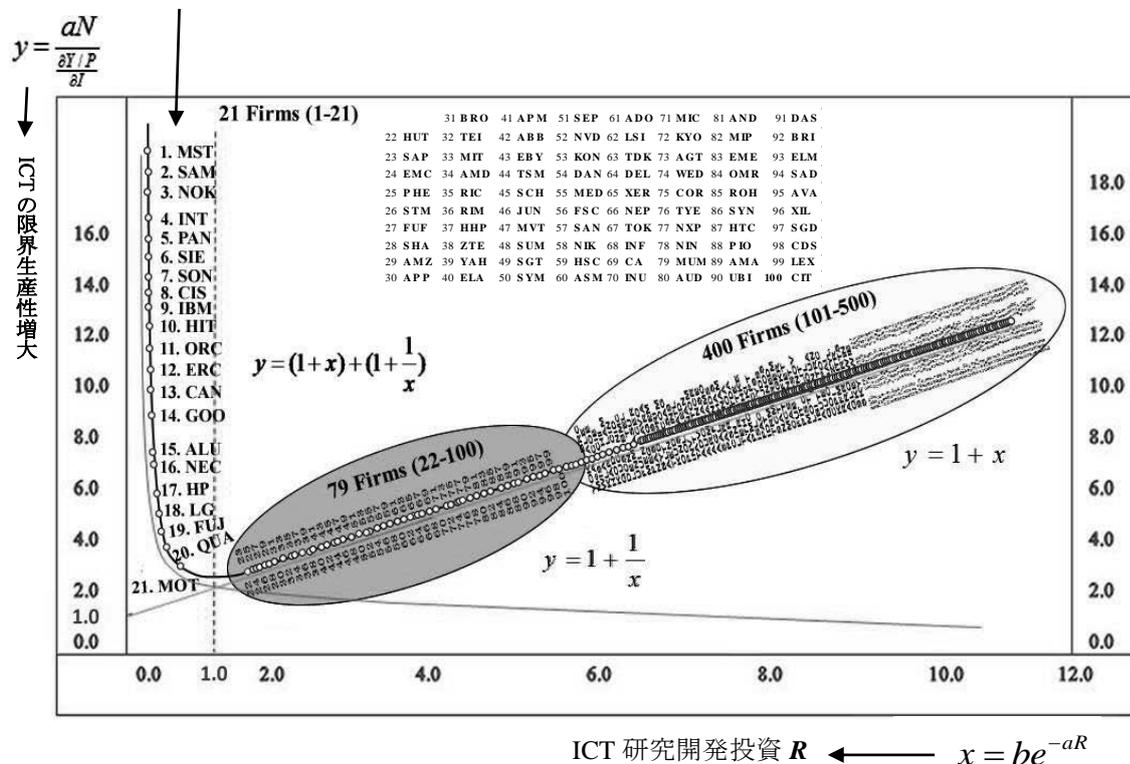


図 4-2. 世界トップ 500 ICT 企業の 2 極化 (2010).

資料: 図 3 に同じ.

表 2 世界トップ 500 ICT 企業の 2 極化: 研究開発投資トップ 100 社 (2010) - 研究開発投資水準順

1. MST Microsoft	26. STM STMicroelectronics	51. SEP Seiko Epson	76. TYE Tyco Electronics
2. SAM Samsung Electronics	27. FUF FUJIFILM	52. NVD NVIDIA	77. NXP NXP Semiconductors
3. NOK Nokia	28. SHA Sharp	53. KON Konica Minolta	78. NIN Nintendo
4. INT Intel	29. AMZ Amazon.com	54. DAN Danaher	79. MUM Murata Manufacturing
5. PAN Panasonic	30. APP Apple	55. MED MediaTek	80. AUT Autodesk
6. SIE Siemens	31. BRO Broadcom	56. FSC Freescale Semiconductor	81. AND Analog Devices
7. SON Sony	32. TEI Texas Instruments	57. SAN Sanyo Electric	82. MIP Maxim Int. Products*
8. CIS Cisco Systems	33. MIT Mitsubishi Electric	58. NIK Nikon	83. EME Emerson Electric
9. IBM IBM	34. AMD Advanced Micro Devices	59. HSC Hynix Semiconductor	84. OMR Omron
10. HIT Hitachi	35. RIC Ricoh	60. ASM ASML	85. ROH Rohm
11. ORC Oracle	36. RIM Research In Motion	61. ADO Adobe Systems	86. SYN Synopsys
12. ERC Ericsson	37. HON Hon Hai Precision Ind.	62. LSI LSI	87. HTC HTC
13. CAN Canon	38. ZTE ZTE	63. TDK TDK	88. PIO Pioneer
14. GOO Google	39. YAH Yahoo!	64. DEL Dell	89. AMA Amadeus
15. ALU Alcatel-Lucent	40. ELA Electronic Arts	65. XER Xerox	90. UBI UBISoft Entertainment
16. NEC NEC	41. APM Applied Materials	66. NEP NetApp	91. DAS Dassault Systems
17. HP Hewlett-Packard	42. ABB ABB	67. TOK Tokyo Electron	92. BRI Brother Industries
18. LG LG	43. EBY eBay	68. INF Infineon Technologies	93. ELM Elpida Memory
19. FUJ Fujitsu	44. TSM Taiwan Semiconductor	69. CA CA	94. SAD SanDisk
20. QUA Qualcomm	45. SCH Schneider	70. INU Intuit	95. AVA Avaya
21. MOT Motorola	46. JUN Juniper Networks	71. MIC Micron Technology	96. XIL Xilinx
22. HUT Huawei Technologies	47. MVT Marvell Technology	72. KYO Kyocera	97. SGD SunGard Data Systems
23. SAP SAP	48. SUM Sumitomo Electric	73. AGT Agilent Technologies	98. CDS Cadence Design Systems
24. EMC EMC	49. SGT Seagate Technology	74. WED Western Digital	99. LEX Lexmark
25. PHE Philips Electronics	50. SYM Symantec	75. COR Coming	100. CIT Citrix Systems

1-21 が技術集約 ICT 先進企業 (悪循環)、22-100 (それに続く 101-500 も同様) が ICT 開発途上企業 (好循環)

資料: 図 3 に同じ.

2-2 2 極化の帰結

(1) 国家レベル

ICT の進展は、生産・流通・消費に至る生産性を高め、広範な産業を興し、経済成長に大きく貢献するものと期待されてきた。図 5 は、代表的な ICT 先進 11 カ国およびブラジル・ロシア・インド・中国の BRIC に代表される ICT 開発途上国の実質 GDP 成長率を、工業化社会（1961-1990）、情報化社会（1991-2000）及びネットバブル崩壊後（2001-2010）の期間に分けて分析したものである。

これをみると、情報化社会の後期以降、BRIC の顕著な成長と対照に、ICT 先進国の成長率はシンガポールを唯一の例外としておしなべて顕著に停滞していることがうかがわれる。その原因は、先に見た ICT 先進国の悪循環の罠に起因するものと考えられる。

Real GDP Increase Rate in 2006-2010 (% p.a.)

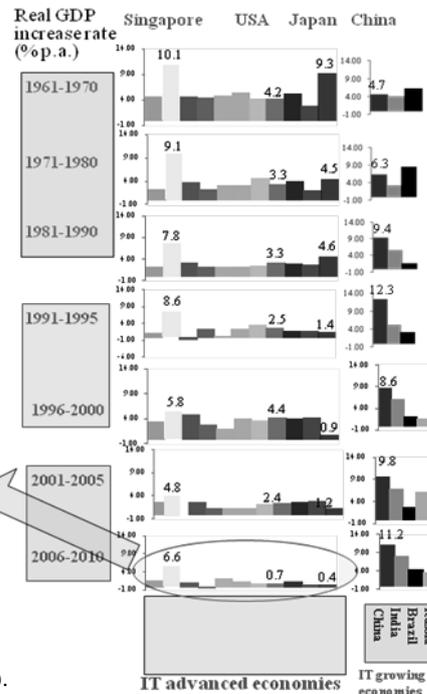
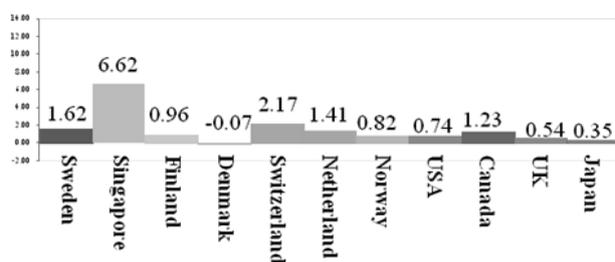


図 5. ICT 先進国の成長率の停滞（2006-2010）。

資料：World Economic Outlook Database (IMF, annual issues).

(2) 企業レベル

図 6 は、世界トップ 500 ICT 企業のうち、研究開発投資トップ 100 社について、リーマンショック後の 2009-2011 年の 3 年間の平均売上高成長率を比較したものである。100 社中平均 5%以上の成長を維持したのは 62 社で、そのうち ICT 先進企業は 10 社（全体の 16.1%）、0-5%の成長を維持したのは 17 社で、ICT 先進企業は 4 社（23.5%）、21 社がマイナス成長に陥った中で、ソニー、アルカレット・ルーセント、シーメンス、NEC、ノキア、LG、モトローラの 7 ICT 先進企業（33.3%）がマイナスに陥っている。これも ICT 先進企業の悪循環の罠に起因するものと考えられる。

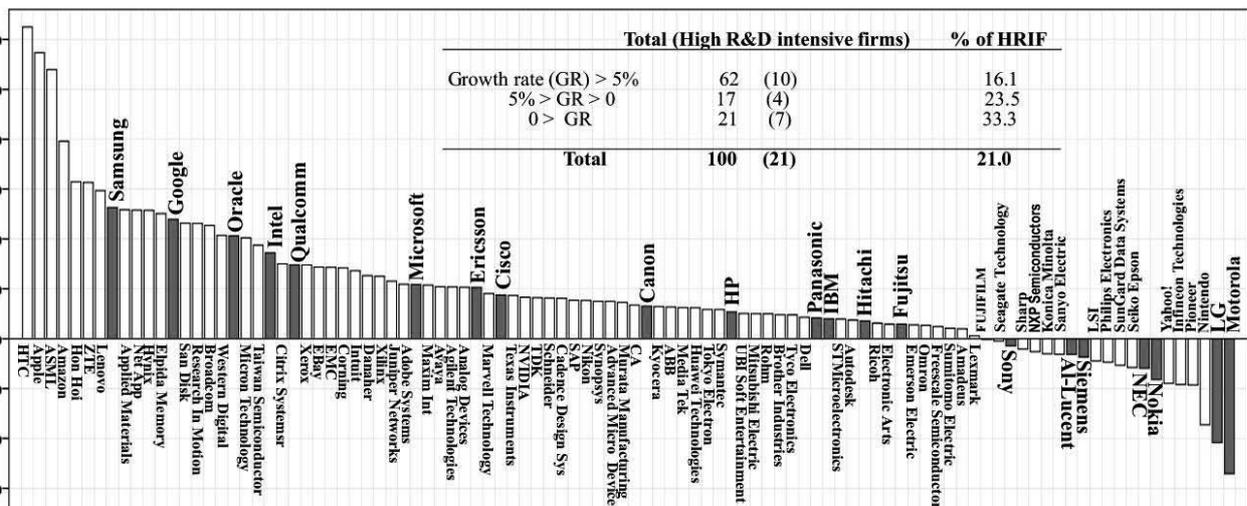


図 6. 世界トップ ICT 企業の売上高成長率（2009-2011） - 平均成長率 % p.a

資料：図 3 に同じ。

3 2 極化の要因と対応

3-1 2 極化の構造的要因

図7は、ICTの進展に伴う技術価格の推移を示す。ICTの進展によって新機能が開発され、価格は上昇するが、同時に、インターネットに代表されるICT固有の無料化、複製化が進み、規格化・量産と相まって価格の急速な低下をもたらす。この結果、ICTの急速な進展は、価格低下が新機能開発による上昇のスピードを凌駕して全体的に価格の低下をもたらす。競争環境下においてICT企業が利潤最大化を追求する場合、実質技術価格は限界生産性と一致するので、これは技術の限界生産性低下をきたすことになる。図2, 4, 4-2 で見た国家・企業を超えた汎地球的2極化はこの必然的帰結以外の何物でもない。技術の限界生産性の低下は、成長に対する技術の貢献を低下させ、必然的に、図5, 6に見たような成長の停滞をきたす(図8)。

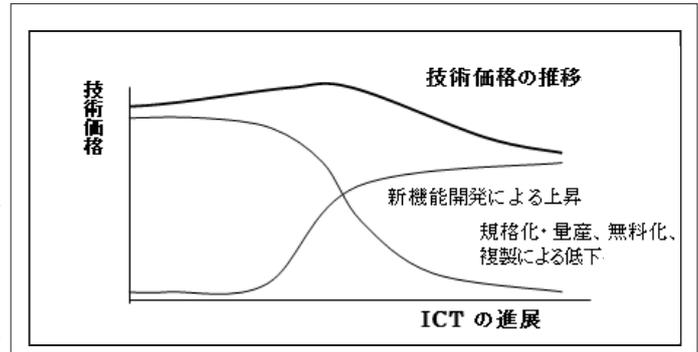


図7. ICTの進展と技術価格の推移—ICTの2面性.

GDP 成長率 在来的生産要素の貢献 技術の貢献 (TFP) 技術の貢献 (TFP)

$$Y = F(X, T) \quad \frac{\Delta Y}{Y} = \Sigma \left(\frac{\partial Y}{\partial X} \cdot \frac{X}{Y} \right) \frac{\Delta X}{X} + \left(\frac{\partial Y}{\partial T} \cdot \frac{T}{Y} \right) \frac{\Delta T}{T} \approx \Sigma \left(\frac{\partial Y}{\partial X} \cdot \frac{X}{Y} \right) \frac{\Delta X}{X} + \frac{\partial Y}{\partial T} \cdot \frac{R}{Y}$$

$$\text{Since } \frac{\partial Y}{\partial T} = \frac{p_T}{p_Y}, \quad TFP = \frac{p_T}{p_Y} \cdot \frac{R}{Y}$$

$$\frac{p_T}{p_Y} \cdot \frac{R}{Y} \rightarrow p_T \text{ decrease} \rightarrow \frac{\Delta Y}{Y} \text{ decrease}$$

Y: GDP, X: 在来的生産要素 (労働、資本)
T: 技術ストック ($\Delta T \approx R$), R: 研究開発投資,
 p_T, p_S : 技術価格、生産物価格

図8. ICTの進展、技術価格の低下、限界生産性の減少、成長の停滞のメカニズム.

以上の仮説的メカニズムについて、世界のICTトップリーダーたるフィンランド及びシンガポール (2012, 2013年の世界ICTランキングで両年とも1, 2位を堅持) を対象に実証的に検証してこのメカニズムの妥当性を立証した(次ページにフィンランドの実証分析例を示す)。

3-2 対応戦略の基本

以上のICT化の進展による限界生産性の低下、成長の停滞の悪循環の罠に対して、持続成長を維持するためには、外部イノベーション資源の内生化によって価格上昇を加速するとともに、価格低下要因を外生化することによって価格低下を最少化させることが、ICT進展の罠を超克して強靱なビジネスモデルを構築する鍵となる(図9)。

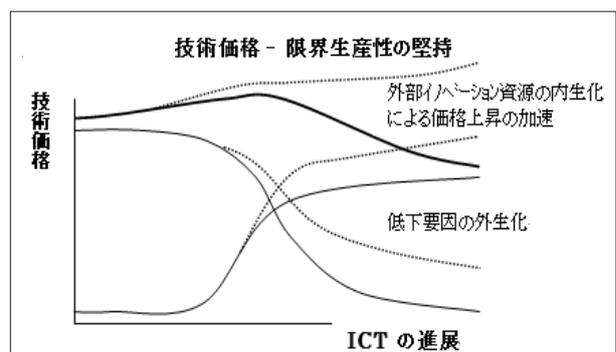


図9. ICT化の罠の超克 - レジリエンス戦略の基本.

ICT 進展による技術価格の低下 - 世界の ICT リーダーフィンランドの例証

ICT 価格 新機能開発による上昇 規格化・量産、無料化、複製による低下

$$\frac{P_I}{P_Y} \equiv p_I = \frac{N}{1+b_i e^{-a_i I}} + \frac{N}{1+b_j e^{a_j J}} \tag{1}$$

where J : dependency on the Internet, N : carrying capacity¹, a_i, a_j and b_i, b_j : diffusion velocity of I and J , and initial stage of diffusion of I and J , respectively.

Equation (1) can be developed as follows:

$$\begin{aligned} \frac{p_I}{N} &= \frac{1+b_j e^{a_j J} + 1+b_i e^{-a_i I}}{(1+b_i e^{-a_i I})(1+b_j e^{a_j J})} = \frac{2+b_j e^{a_j J} + b_i e^{-a_i I}}{1+b_j e^{a_j J} + b_i e^{-a_i I} + b_j b_i e^{-a_i I} e^{a_j J}} \\ &\approx \frac{2+b_j e^{a_j J} + b_i e^{-a_i I}}{1+b_j b_i + b_j e^{a_j J} + b_i e^{-a_i I}} = 1 + \frac{1-b_j b_i}{1+b_j b_i + b_j e^{a_j J} + b_i e^{-a_i I}} \\ \frac{p_I}{N} - 1 &= \frac{1-b_j b_i}{1+b_j b_i + b_j e^{a_j J} + b_i e^{-a_i I}} \\ \frac{N}{N-p_I} &= \frac{1}{1-\frac{p_I}{N}} = \frac{1+b_j b_i}{1-b_j b_i} - \frac{b_j e^{a_j J}}{1-b_j b_i} - \frac{b_i e^{-a_i I}}{1-b_j b_i} \approx \frac{1+b_j b_i}{1-b_j b_i} - \frac{b_j}{1-b_j b_i} (1+a_j J) - \frac{b_i}{1-b_j b_i} (1-a_i I) \\ &= -\frac{1+b_j b_i + b_i + b_j}{1-b_j b_i} - \frac{a_j b_j}{1-b_j b_i} J + \frac{a_i b_i}{1-b_j b_i} I \\ &\equiv \alpha + \beta J + \gamma I \end{aligned} \tag{2}$$

where $\alpha = -\frac{1+b_j b_i + b_i + b_j}{1-b_j b_i} = -\frac{(1+b_i)(1+b_j)}{1-b_j b_i}$, $\beta = -\frac{a_j b_j}{1-b_j b_i}$, $\gamma = \frac{a_i b_i}{1-b_j b_i}$

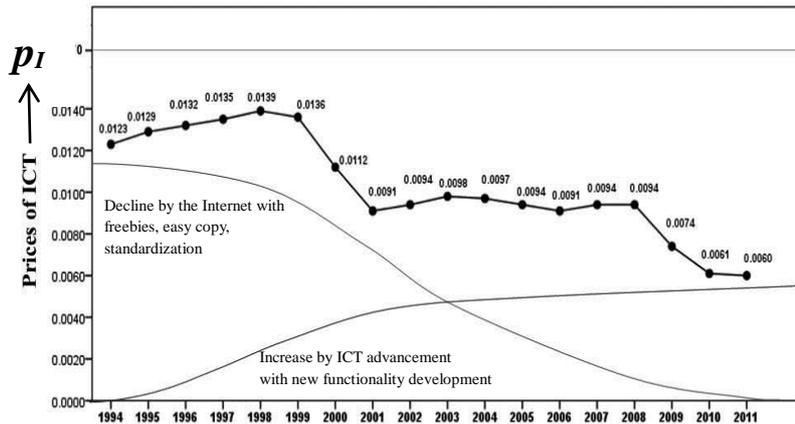


図 10. フィンランドにおける ICT の進展、インターネット依存増大の ICT 価格への影響の推移 (1994-2011).

$$\frac{1}{1-\frac{p_I}{N}} = 3.060 + 0.081D_1J - 0.026D_2J - 0.070D_3J + 0.001I + 0.632D_2 + 3.747D_3 - 0.797D \quad adj.R^2 \ 0.992$$

(23.67*) (11.92*) (-4.82*) (-2.12**) (1.89***) (2.28**) (1.40***) (-6.89*) DW 2.43

p_I : prices of ICT, N : carrying capacity ($N = 0.017$), J : Internet dependency, I : ICT advancement
 D indicates dummy variables D_1 : 1994 – 1999 = 1, other years = 0; D_2 : 2000 – 2008 = 1; D_3 : 2009 – 2011 = 1; D : 1999, 2001 = 1

Figures in parenthesis indicate t-statistics (significant at the *1%, **5%, ***10% level, respectively).

¹ Since the Internet has been playing a leading role in the whole ICT and providing significant impacts on the diffusion trajectory of ICT, carrying capacity of logistic growth in I and reverse logistic growth in J as well as their diffusion tempo ($a_i I$ and $a_j J$) were treated as behaved in the similar way.

4 高技術集約と悪循環のディレンマの克服

4-1 高パフォーマンス持続の秘訣

グローバル ICT 競争環境下で伍していくためには高技術集約が不可欠。しかし、高技術開発投資は、その限界生産性を低下させ悪循環に没入 (図 2, 4)。これを回避して、技術開発投資 → それによる便益、限界生産性の持続的上昇 → 成長の持続 → 技術開発投資の更なる上昇、の好循環を構築して持続させるためには「相応な秘訣」が不可欠である。

このような認識に立って、表 2 の 2010 年の高技術集約企業 21 社と合わせて 2007 年 (リーマンショック前) の同企業 19 社に注目して、両年にわたり高技術集約企業の位置を堅持した 17 社に、近年高技術集約化に邁進し、時価総額を急伸させているアップル²を加えた 18 社を対象に、悪循環にも関わらず高技術集約を顕示しえた秘訣を分析した。

そのため、18 社の「高パフォーマンス持続度」を 2003-2010 年の 8 年間にわたる、売上高、営業利益、時価総額の世界トップ 100 位以内の位置を堅持した程度によって検証した (図 11)。

結果は、表 3 に示すように、12 社がすべての項目について、8 年間一貫して 100 位以内の地位を堅持 (FQ: Frequency 8) し、6 社がいずれかの年にいずれかの項目で 100 位以内を堅持できなかった FQ7 以下 (FQ7: 1, FQ6: 3, FQ5: 1, FQ1: 1) であることが判明し、前者を「レジリエント企業」、後者を「非レジリエント企業」と峻別した。

ここに、レジリエンスとは、「想定外の事象に対して、柔軟迅速に対応し、それをてこに自己刷新することによって回復するとともに新たな飛躍機会を創出する能力」を意味し、「持続成長 + 学習・同化吸収、さらなる成長」との概念のもと、平時における持続成長力のもと、難局に直面して、それをバネとして、それを乗り越える過程で、学習し、同化吸収して、より高度

な成長を遂げる能力と定義した (Watanabe et al., 2003, Ilmola et al., 2013)。

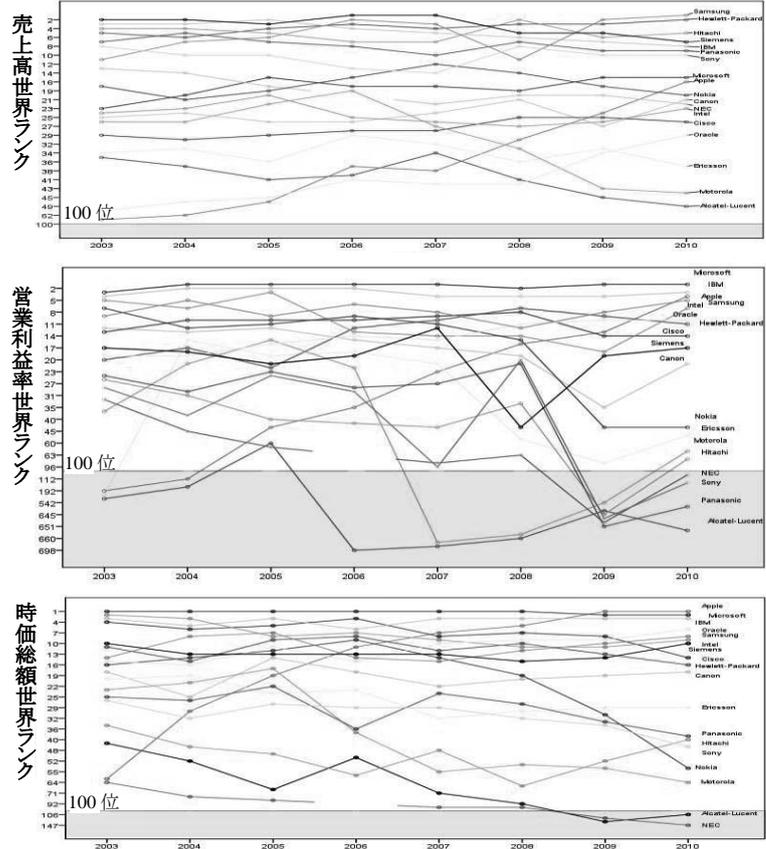


図 11. 高技術集約 18 ICT 企業の高パフォーマンス持続度 (2003-2010)。

表 3 レジリエント企業、非レジリエント企業

レジリエント企業	FQ 8	12	Apple, Canon, Cisco, HP, Hitachi, IBM, Intel, Microsoft, Nokia, Oracle, Samsung, Siemens
非レジリエント企業	FQ 7	1	Ericson (2003)
	FQ 6	3	NEC (2009, 10), Panasonic (2009, 10), Sony (2009, 10)
	FQ 5	1	Motorola (2008, 9, 10)
	FQ 1	1	Alcatel-Lucent (2003, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10)
計		18	() 内の年は、100 位以内を割った年を示す

² アップルも技術開発投資に邁進し、同世界ランキングは、2003、07 年の 47 位から 2011 年には 23 位に躍進している。

4-2 レジリエンス構造

(1) レジリエンス企業、非レジリエンス企業の時価総額形成構造比較

以上の分析結果に則り、欧米アジア企業のバランスに配慮しつつ、レジリエント企業 6 社 (Microsoft, Canon, Samsung, Apple, Cisco, Nokia)、非レジリエント企業 4 社 (Panasonic, Ericson, NEC, Sony) を抽出して、両グループ各社の時価総額形成関数を比較することによって、レジリエント企業のレジリエンス構造を分析した。

グローバル ICT 企業の時価総額は、技術開発強度、オープンイノベーション、技術開発投資の収益性、市場支配度、市場環境、不測の事態のインパクトに支配されるので、それぞれの要素を反映する代理変数を用いて次の関数により、1990-2010 年代の 20 年間の時系列相関によって、各企業の時価総額形成関数を推定した³。

$$\ln MC = a + b \ln \frac{R}{S} + b_2 \frac{T_s}{T_i} + c \ln \frac{OI}{R} + d \ln S + e \ln PMI + fD$$

MC: 時価総額、R/S 売上当り技術開発投資、 T_s : 技術スピルオーバープール、 T_i : 固有技術ストック、OI/R: 技術開発投資当り営業利益、S: 売上高、PMI: 購買担当者指数、D: 不測の事態を表すダミー変数

表 4 10 代表企業の時価総額形成関数

$\ln MC = a + b \ln R/S + b_2 T_s/T_i + c \ln OI/R + d \ln S + e \ln PMI + fD$										
Firm	a	b	b ₂	c	d	e	f	adj R ²	z = b ₂ /b	D
Microsoft	7.835	6.813	0.008	3.141	0.722	1.755	-0.549	0.960	0.12x10 ⁻²	(1991,2011,2000, 2010,1997)= 1 Others = 0
(1991-2011)	2.93(*1)	8.71(*1)	1.32(*4)	7.89(*1)	6.35(*1)	2.74(*2)	-3.70(*2)			
Canon	-10.256	1.565	0.095	0.214	1.754	1.037	-0.647	0.915	6.07x10 ⁻²	(2012)= 1 Others = 0
(1994-2012)	-1.82(*3)	2.06(*2)	5.60(*1)	1.19(*4)	4.84(*1)	1.74(*3)	-3.00(*1)			
Samsung	-0.587	3.269	0.076	0.409	1.734	-	-1.328	0.970	2.32x10 ⁻²	(1998)= 1 Others = 0
(1998-2012)	-0.29(*5)	3.64(*1)	2.93(*2)	3.30(*1)	5.70(*1)	-	-6.71(*1)			
Apple	-10.166	4.877	0.033	0.594	3.346	-	0.726	0.917	0.68x10 ⁻²	(1991)= 1 Others = 0
(1990-2012)	-3.74(*1)	2.59(*2)	3.99(*1)	2.77(*2)	4.68(*1)	-	1.22(*4)			
Cisco	-0.184	2.673	-	1.148	0.691	2.404	1.095	0.936		(1995,1996,1998, 1999,2000)= 1 Others = 0
(1990-2012)	-0.03(*5)	2.17(*2)	-	1.87(*3)	5.97(*1)	1.72(*3)	5.06(*1)			
Nokia	7.284	1.884	-	0.914	0.743	-	1.279	0.961		(1999,2000, 2001)= 1 Others = 0
(1991-2012)	2.45(*4)	3.05(*2)	-	8.45(*1)	4.62(*1)	-	6.86(*1)			
Panasonic	2.460	1.456	-	0.451	0.540	1.605	-0.662	0.536		(2004,2010, 2012) = 1 Others = 0
(1995-2012)	0.38(*5)	1.51(*4)	-	3.44(*1)	1.14(*4)	1.44(*4)	-3.26(*1)			
Ericsson	13.635	1.381	-	0.271	-0.659	1.600	0.961	0.597		(1995,1999,2000, 2012)= 1 Others = 0
(1991-2012)	2.24(*2)	1.16(*4)	-	1.53(*4)	-3.404(*1)	1.202(*4)	4.51(*1)			
NEC	-8.300	-1.630	-0.022	-	1.274	-	-	0.445	1.35x10 ⁻²	
(1990-2012)	-1.88(*3)	-2.32(*2)	2.92(*1)	-	3.15(*1)	-	-			
Sony	-6.648	-1.498	-0.142	-0.18	1.349	-	0.998	0.733	9.47x10 ⁻²	(1999)= 1 Others = 0
(1990-2012)	-1.93(*3)	-1.90(*3)	2.62(*2)	-1.50(*4)	5.21(*1)	-	3.15(*1)			

Figures in the second line of the respective column indicate t-statistics.

*1, *2, *3 and *4 indicate significant at the 1%, 5%, 10% and 20% level, respectively. *5 indicate more than 20% level only for constant term.

³ $MC = (T/S, OI/R, S, PMI, D)$ 1 次項でテラー展開 $\ln MC = a + b \ln T/S + c \ln OI/R + d \ln S + e \ln PMI + fD$
 $T \approx \frac{R}{\rho+g}$, $T = T_i + zT_s = T_i(1 + z\frac{T_s}{T_i})$ $\rho, g: p2$ 参照。従って、 $b \ln \frac{T}{S} \approx b(\ln T - \ln S) = b \left[\ln T_i(1 + z\frac{T_s}{T_i}) - \ln S \right] \approx b \ln \frac{T_i}{S} + bz \frac{T_s}{T_i} \approx b \ln \frac{R}{S} + bz \frac{T_s}{T_i} - b \ln(\rho+g)$
 データソースは、EU Industrial R&D Investment Scoreboard, OECD, World Bank, World Economic Forum, 各社年次報告等による。

(2) レジリエンス企業のレジリエンス構造

比較分析結果は、表 4、図 12 に示すとおりであり、

- (i) スピルオーバー技術の同化等外部イノベーション資源の効果的活用は、ハイリスク R&D 依存を軽減させ、レジリエント構造を誘導
- (ii) 独自技術と同化スピルオーバー技術の融合によるハイブリッド技術経営はレジリエント構造を導出
- (iii) 内部技術開発と外部市場へのバランスのとれた依存はレジリエント構造を導くが、収益性の高い技術開発への依存が損なわれると、一転、非レジリエントな構造に転じる懸念を内包することが明らかとなった。

		Elasticity				Sources of Resilience					Elasticity				Sources of Resilience		
Firms	Spillover Coefficient	R/S	OI/R	S	PMI	High Dependency	Low Dependency	Negative Effect	Firms	Spillover Coefficient	R/S	OI/R	S	PMI	High Dependency	Low Dependency	Negative Effect

レジリエント企業

Microsoft		R/S					S		Canon		R _s /R _i	OI/R		Balanced Dependency
Samsung		R _s /R _i					PMI		Apple		R/S			
Cisco		R/S					R _s /R _i		Nokia		R/S			

非レジリエント企業

Panasonic		PMI					R _s /R _i		Ericsson		PMI			
NEC		S					OI/R		Sony		S			

図 12. レジリエンス構造の比較.

5 共進的内生化

5-1 共進的内生化への時代潮流

以上から示唆されるレジリエント企業のレジリエンス構造は、**図 13** に示す共進的内生化のダイナミズムと符合する。

すなわち、高度に技術集約化した ICT 企業は、厳しい競争環境に勝ち抜くためには、さらなる ICT の加速が不可欠でありながら、それは技術の限界生産性低下の悪循環に導く ICT の罠に撞着している。従って、このディレンマから脱却しつつ競争に勝ち抜くためには、自らの ICT 高度化成果をコア・パートの技術開発に供し、その旺盛な潜在的成長活力を顕在化させ、そのフルツを取り入れる仕方、相互の好循環の持続を期待することが唯一の解決策となる。

工業化社会、情報化社会を経て、高度に発展した情報化社会は、まさに新たなモデルへの脱皮を求める。子の脱皮に挑戦し、それに成功している企業こそがレジリエント企業であり、それこそが、持続成長 + 学習・吸収 → さらなる躍進 を可能とする道である。

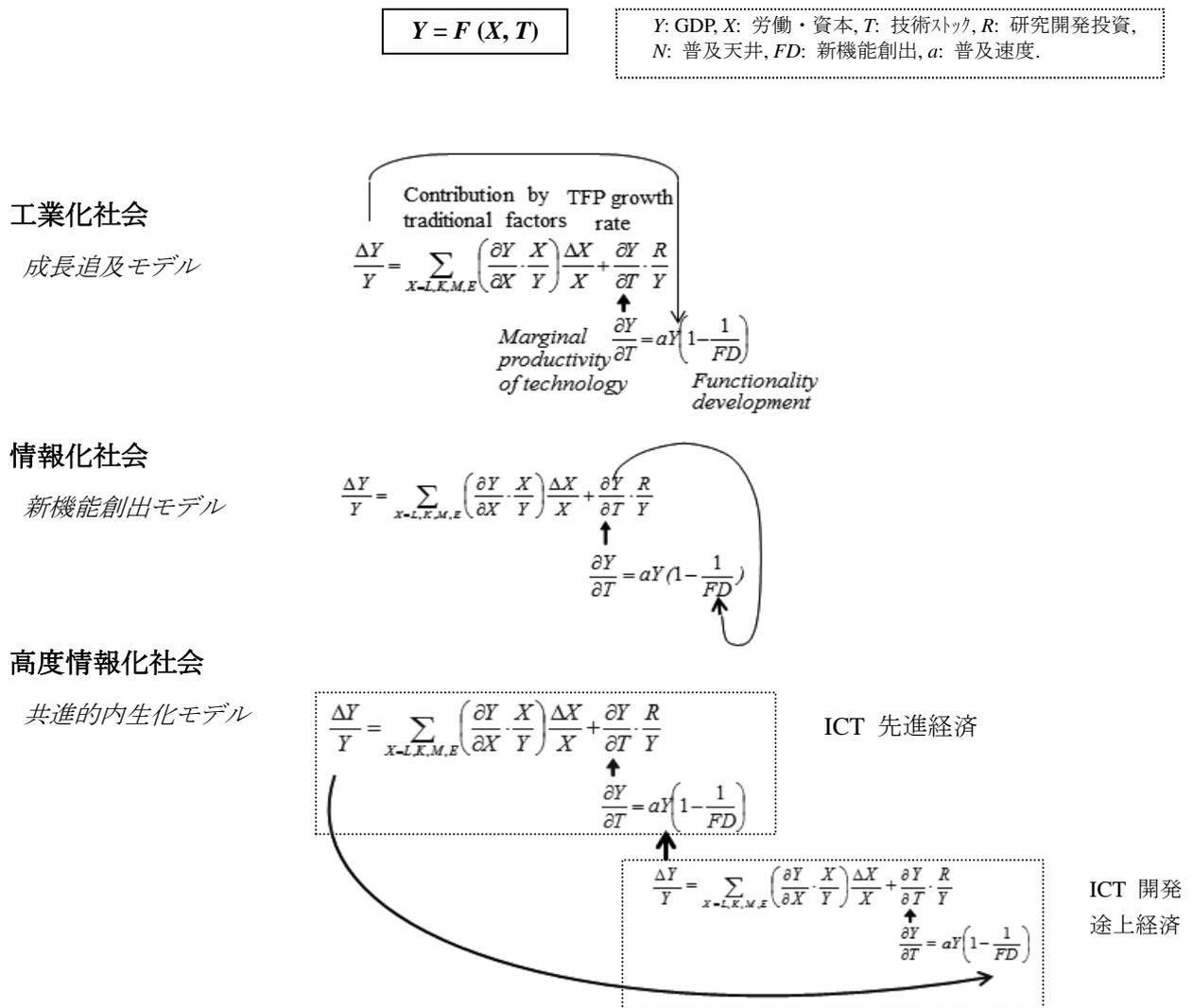


図 13. 共進的内生化ダイナミズムへの時代的流れ。

5.2 共進的内生化奏功の先駆

(1) 国 家：シンガポール

図 5 に見るように、シンガポールは、情報化先進国で唯一年率 5% を超える相応の成長を継続している。これは、図 14 の NEWater (分離膜による再生水) 開発 (技術による水制約代替) に代表されるように、輸入技術の学習 → 独自技術への発展 → 輸出 → 輸出先からの学習、更なる革新、の共進的内生化に負う。

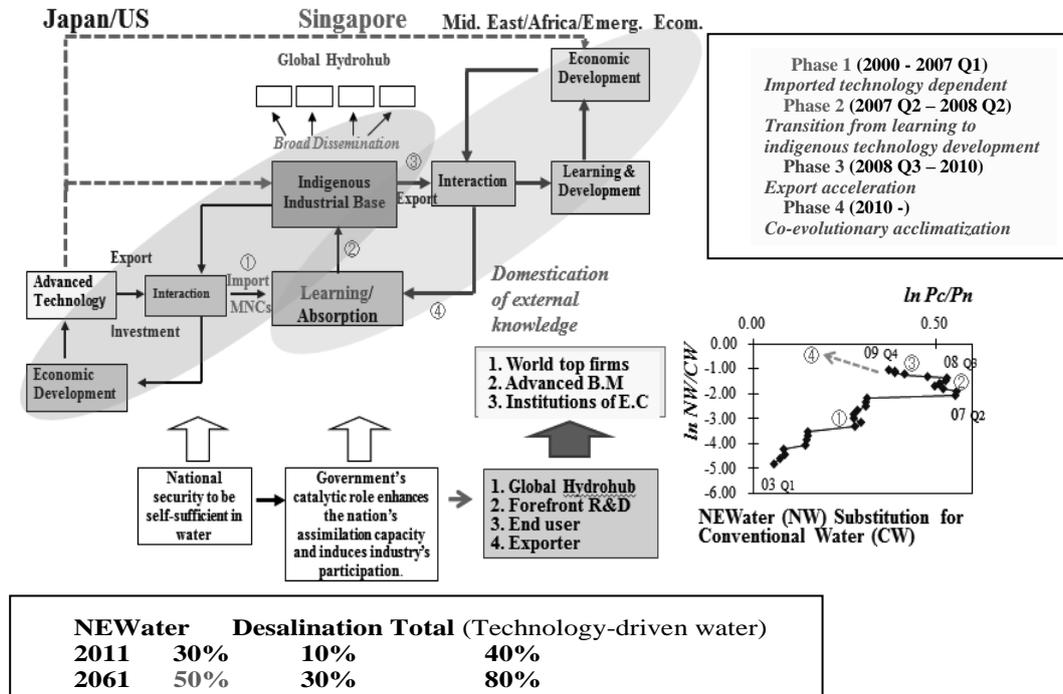


図 14. シンガポールの NEWater 開発に見る共進的内生化。

(2) 企 業

表 4、図 12 からアップル、サムスン、キヤノンは、高技術開発依存、同化スピロオーバー技術活用、低技術開発収益性リスク依存、低市場環境リスク依存のレジリエントな技術経営構造を構築していることがうかがわれる。これは次に示すように、図 13 に示す共進的内生化構造に依拠するものである。

1) アップル

企画・設計・開発・マーケティング・アフターサービス等高付加価値部分に特化し、組立・製造は日本や新興国に委託して国際分業のメリットを最大化させるとともに徹底学習・吸収 (図 15)。

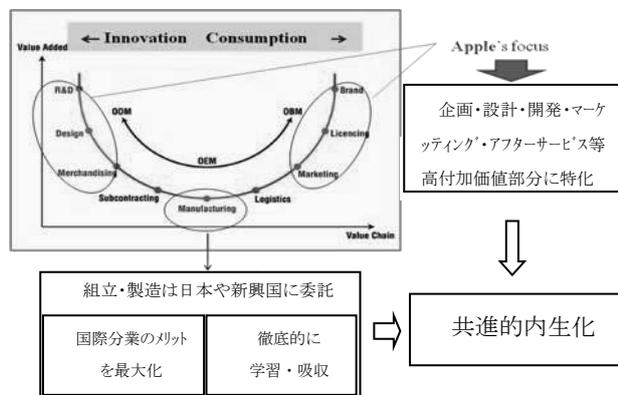


図 15. アップルの共進的内生化モデル。

2) キヤノン

キヤノンは、技術多角化戦略、プリンター・PCの競争協調戦略(図16)をベースに、技術収益性や市場のリスクをライバル企業に委ね、その成果を同化する共進的内生化戦略を確立(図17)。

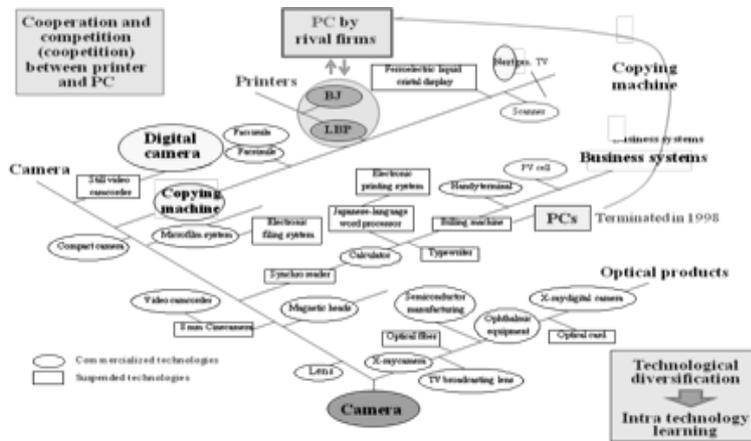


図16. キヤノンの技術多角化、競争・協調戦略。

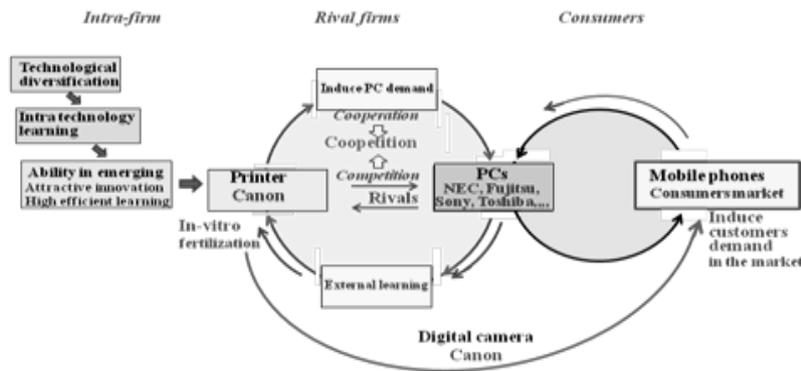


図17. キヤノンの共進的内生化ダイナミズム。

6 おわりに

インターネット主導のICTの劇的発展下において、想定外事象が指数関数的に増大する中で、そのような想定外の事象に対する時代の流れを読み誤り、環境変化に適応し得なかった帰結によるハイテク企業の競争舞台での「突然死」の多発に照らして、イノベーション・バリューチェーンのレジリエンス評価を提起した。

グローバル競争の熾烈な、世界のICTの最前線に注目して、世界100カ国及びグローバルICT企業500社を対象に、ICTの飛躍がもたらす2極化と、その中でのICT先進国・企業が陥る想定外の悪循環の実相とその構造的な原因を明らかにした。

ICTの進展は新たな機能を創出してその価値を高め、技術価格を高める半面、ICT固有の無料化、複製化を加速し、規格化・量産化と相まって新機能創出を上回るスピードで価格の急速な低下をもたらし、技術の限界生産性を低下させる、想定外の悪循環をもたらすことを明らかにした。

そのような中で、技術集約型ICT企業は悪循環の脱却に腐心し、それに成功したバリエント企業と失敗した非バリエント企業の間で2極化の2極化をもたらすことを明らかにした。国家レベルにおいても同様の現象を指摘した。

ICT先進国の中で唯一持続的成長を堅持するシンガポールの成功は、輸入技術の学習 → 独自技術への発展 → 輸出 → 輸出先からの学習、さらなる革新という共進的内生化の精妙なメカニズムに負うことを明らかにした。

アップル、サムソン、キヤノン等のレジリエント企業は、高技術開発依存、同化ステップ技術の効果的活用、低技術開発収益性リスク依存、低市場環境リスク依存、のレジリエンス構造に依拠し、これは外部イノベーション資源の内生化を通じた新機能創出による技術価格上昇の加速と同価格低下要因の外生化によって技術価格 – 技術の限界生産性の堅持に奏功していることを明らかにした。これも畢竟共進的内生化に負うものに他ならない。

以上を通じて、共進的内生化がグローバルICT競争環境下において、企業の想定外事象に対するレジリエンス構造を高め、想定外事象をスプリングボードとして、新たな革新を牽引することを明らかにして、イノベーション・バリューチェーンのレジリエンス評価に実践的な示唆を与えることを示した。

今次分析は、信頼できるデータ構築の限界等によって1990-2011年の期間の分析を中心とし、可能な限り2013年に至るの至近時の動きを補完するようにした。グローバルICT企業を取り巻く競争環境は文字通り日進月歩の様相を呈し、最近に至ってもマイクロソフトによるノキアの携帯電話端末買収等の両者のレジリエンス構造に波紋を投げかけるような動きもあらわれている。そのレジリエンス評価については追証を必須とする。また、時系列データの欠如ゆえ、グラフの評価は深入りできなかつた。スマホによる第4のICT革命の評価も同様の課題を残す。

今後、以上のペンディング課題への取り組み方策に創意を凝らすとともに、今次得られた知見を軸に、注目すべき対象へのシロな分析を掘り下げることが緊要である。イノベーション・バリューチェーンのレジリエンス評価の視点からは、ICTを軸とした今次分析を下敷きに広範多様な業種、企業への発展的応用に努めることが課題となる。さらに、各国のインスティテューショナル構造の同質性・異質性が企業のレジリエンス構造に及ぼす影響の分析も避けられない課題である。

【参考文献】

- [1] Chew, M., Watanabe, C. and You, Y., 2010. Technology Leapfrogging: Findings from Singapore's Water Industry. *Journal of Technology Management for Growing Economies* 1 (2), 29-47.
- [2] Cowen, T., 2011. *The Great Stagnation*. Dutton, New York.
- [3] Frijda, N.H., 1986. *The Emotions*. Cambridge University Press, Cambridge, England.
- [4] Gibson, J.J., 1977. *The Theory of Affordances*, in: R. Shaw and J. Bransford (eds.), *Perceiving, Acting and Knowing*. Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- [5] Gibson, J.J., 1979. *The Ecological Approach to Visual Perception*. Houghton Mifflin, Boston.
- [6] Grimm, V. and Wissel, C., 1997. Babel, or the Ecological Stability Discussions: An Inventory and Analysis of Terminology and Guide for Avoiding Confusion. *Oecologia* 109 (3), 323-334.
- [7] Hilgard, E.J., Atkinson, R.L., Atkinson, R.C., Smith, E.E., Ben, D.J. and Nolen-Hoeksema, S., 1999. *Hilgard's Introduction to Psychology*. Wadsworth Publishing, London.
- [8] Ilmola, L. and Casti, J., 2013. Seven Shocks and Finland. *Innovation and Supply Chain Management* 7 (3), 112-124.
- [9] Ishii, J., 2009. *Business Insight – What's Creative Knowledge?* Iwanami Shoten, Tokyo.
- [10] Katahira, H., 1987. *Marketing Science*. University of Tokyo Press, Tokyo.
- [11] Katahira, H., 2003. *Brand Engineering*, Nikkei Business Publications Inc., Tokyo.
- [12] Kondo, R., Watanabe, C. and Moriyama, K., 2007. A Resonant Development Trajectory for IT Development: Lessons from Japan's i-mode'. *International Journal of Advances in Management Research* 4 (2), 7-27.
- [13] Lazarus, R.S., 1991. *Emotion and Adaptation*. Oxford University Press, New York.
- [14] Levenson, R.W., Ekman, P. and Friesen, W.V., 1990. Voluntary Facial Action Generates Emotion-specific Nervous System Activity. *Psychophysiology* 27, 363-384.
- [15] Marten, G., 2001. *Human Ecology – Basic Concepts for Sustainable Development*. Earthscan Publishers Ltd., London.
- [16] Maslow, A., 1954. *Motivation and Personality*. Harper, New York.
- [17] Matsuda, H., 2010. *Why not Buy, How to Purchase*. Asahi-shimbun, Tokyo.
- [18] Matsuda, H., 2012. *Extricating from Stagnation as a Consequence of Consumption Hating*. PHP Institute, Tokyo.
- [19] McDonagh, D., 2008. Satisfying Needs beyond the Functional: The Changing Needs of the Silver Market Consumer. *Proceedings of the International Symposium on the Silver Market Phenomenon - Business Opportunities and Responsibilities in the Aging Society*, Tokyo.
- [20] Modigliani, T., 1965. Life Cycle Hypothesis of Savings, the Demand for Wealth and Supply of Capital. A Paper Presented to the Rome Congress of Econometric Society.
- [21] Pinmental, D., Westra, L. and Noss, R., 2000. *Ecology Integrity – Integrating Environment, Conservation and Health*. Island Press, Washington, DC.
- [22] Polanyi, M., 1969. *Knowing and Being*. University of Chicago Press, Chicago.
- [23] Robert, S., 2011. *Cognitive Psychology*. Wadsworth Publishing Co Inc., Belmont.

- [24] Rutledge, L.L. and Hupka, R.B., 1985. The Facial Feedback Hypothesis: Methodological Concerns and New Supporting Evidence. *Motivation and Emotion* 9 (3) 219-240.
- [25] Toates, F., 1986. *Motivational Systems*. Cambridge University Press, Cambridge, England.
- [26] Tompkins, S.S., 1962. *Affect, Imagery, Consciousness: Vol. 1. The Positive Affects*. Springer, New York.
- [27] Ulanowicz, R.E., 1995. Ecosystem Integrity: A Casual Necessity. In: Westra, L. and Lemons, J. (eds.), *Perspectives on Ecological Integrity*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 77-87.
- [28] Watanabe, C., Zhu, B. and Miyazawa, T., 2001. Hierarchical Impacts of the Length of Technology Waves: An Analysis of Technolabor Homeostasis, *Technological Forecasting and Social Change* 68 (1), 81-104.
- [29] Watanabe, C. Kishioka, M. and Nagamatsu, A., 2003. Resilience as a Source of Survival Strategy for High-technology Firms Experiencing Mega-competition. *Technovation* 24 (2), 139-152.
- [30] Watanabe, C., 2009. *Managing Innovation in Japan: The Role Institutions Play in Helping or Hindering How Companies Develop Technology*. Springer, Berlin.
- [31] Watanabe, C., 2009. Co-evolutionary Dynamism between Innovation and Institutional Systems: The Rise and Fall of the Japanese System of Management of Technology, in: Tokyo Institute of Technology, *The Science of Institutional Management of Technology: Elucidation of Japan's Indigenous Co-evolutionary Dynamism and Its Accrual to Global Assets*. Tokyo Institute of Technology, pp. 21-34.
- [32] Watanabe, C., Lei, S. and Ouchi, N. 2009. Fusing Indigenous Technology Development and Market Learning for Higher Functionality Development: An Empirical Analysis of the Growth Trajectory of Canon Printers. *Technovation* 29 (2), 265-283.
- [33] Watanabe, C., 2010. Resonance between Signals Emitted by Innovation Tempting Consumption and Signals Emitted by Consumers Inducing Innovation: Co-emergence of Supra-functionality beyond Economic Value. *Proceedings of the 25th Annual Meeting of the Japan Society for Science Policy and Research Management*, Tokyo.
- [34] Watanabe, C., 2011. Resonance between Innovative Goods and Consumer - Co-emergence of Supra-functionality beyond Economic Value: Pilot Experiment. *Proceedings of the 26th Annual Meeting of the Japan Society for Science Policy and Research Management*, Ube.
- [35] Watanabe, C., 2012. Innovation Model under the 3rd Industrial Revolution - Resonance between Innovative Goods and Consumer - Pilot Experiment. *Proceedings of the 27th Annual Meeting of the Japan Society for Science Policy and Research Management*, Tokyo.
- [36] Watanabe, C., Zhao, W. and Nasuno, M., 2012. Resonance between Innovation and Consumers: Suggestions to Emerging Market Customers. *Journal of Technology Management for Growing Economies* 3 (1), 7-31.
- [37] Watanabe, C., Kanno, G. and Tou, Y., 2012. Inside the Learning Dynamism Inducing the Resonance between Innovation and High-demand Consumption: A Case of Japan's High-functional Mobile Phones. *Technological Forecasting and Social Change* 79 (7), 1292-1311.
- [38] Watanabe, C., 2013. Innovation-consumption Co-emergence Leads a Resilience Business. *Innovation and Supply Chain Management* 7 (3), 92-104.
- [39] Watson, B. and McDonagh, D., 2004. Supra-functionality: Responding to Users Needs beyond the Functional. *Engineering Designer* 30 (5), 8-11.
- [40] Zhao, W., Watanabe, C. and Tou, Y., 2013. Co-emergence of Institutional Innovation Navigates the New Normal in Growing Economies. *Journal of Technology Management in Growing Economies* 4 (1), 69-81.

〈発表資料〉

題名	掲載誌・学会名等	発表年月
Co-emergence of Institutional Innovation Navigates the New Normal in Growing Economies	Journal of Technology Management for Growing Economies 4 (1)	2013 年 6 月
Innovation-Consumption Co-emergence Leads a Resilience Business	Innovation and Supply Chain Management 7 (3)	2013 年 12 月
Institutional Sources of Resilience in Global ICT Leaders: Harnes the Vigor of Emerging Power	Journal of Technology Management for Growing Economies 5 (1)	2014 年 4 月
Structural Source of the Trap of ICT Advancement – Lessons from World ICT Top Leaders	Journal of Technology Management for Growing Economies 5 (2)	2014 年 10 月 (見込み)