

Title	高強度ファインセラミックスの高性能発現へのスピルオーバーダイナミズムの実証分析：情報化社会における新機能創出型成長軌道への示唆(イノベーション・プロセス (2), 第20回年次学術大会講演要旨集I)
Author(s)	大村, 昭; 渡辺, 千俣
Citation	年次学術大会講演要旨集, 20: 360-363
Issue Date	2005-10-22
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/6086
Rights	本著作物は研究・技術計画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 Science Policy and Research Management.
Description	一般論文

高強度ファインセラミックスの高性能発現への スピルオーバーダイナミズムの実証分析 —情報化社会における新機能創出型成長軌道への示唆

○大村 昭, 渡辺千仞 (東工大社会理工学)

1. 序

工業化社会から情報化社会へのパラダイムシフトに対応し、製造技術中心の成長軌道から情報技術主導の成長軌道への転換が求められている。この転換を促進するメカニズムの解明に、両技術を代表するワープロと PC や、固定電話と携帯電話の普及軌道の比較分析等が行われているが、未解明部分が少なくない。

ファインセラミックスは 1980 年代の初頭来、革新的材料として世に出たが、高度な特殊性能を内包する材料を除き、セラミックスに本来的に備わる高強度な性能に留まる材料の成長は期待に反して停滞している。

両セラミックスの成長の好対照は、固定電話と携帯電話との対比に見られるような製造技術と情報技術の成長軌道の好対照に酷似しており、その普及プロセスの比較実証分析は、製造技術中心の成長軌道から情報技術主導の成長軌道への転換を促進するためのメカニズム解明への示唆に富むものと考えられる。

そこで、高強度な性能に留まる材料の中で例外的に成長しているファインセラミックスにおける新機能付加メカニズム及び自己増殖ダイナミズムについて実証分析し、これらセラミックスが技術の機能間・製品間のスピルオーバーによる、①技術の移転に伴う新機能の付加、②利用分野の連鎖的拡大が自己増殖のダイナミズムを生み出しているとの結論を得た。

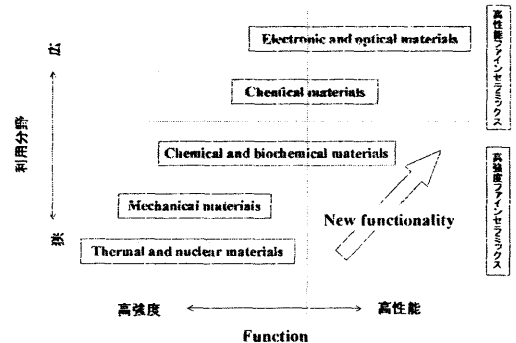
分析の焦点は次の 3 項であり、得られた結果は情報技術主導の新機能創出型成長軌道への転換促進メカニズムの解明に示唆を与えるものである。

- 1) 高性能ファインセラミックスの自己増殖的普及軌道
機能別ファインセラミックスの普及軌道の分析及び高性能ファインセラミックスにおける自己増殖的普及軌道の検証
- 2) 高強度ファインセラミックスへの新機能付加メカニズム
高強度ファインセラミックスへの新機能の注入によって例外的に顕著な生産の増大を牽引するメカニズムの検証
- 3) 高性能ファインセラミックスの自己増殖ダイナミズム
研究者の相互作用による広範な利用分野の増大の追跡による高性能ファインセラミックスの自己増殖ダイナミズムの分析

2. 高性能ファインセラミックスの自己増殖的普及軌道

ファインセラミックスの普及軌道をその特性に即して 5 種類に分け、軌道を分析した。図 1 はファインセラミックスのカテゴリー分類、表 1 はファインセラミックスの機能と利用分野を示す。

5 種類に分けたファインセラミックスの普及軌道を疫学モデルの発展モデルである動的シーリングロジスティック成長モデル (Logistic growth function within a dynamic carrying



注) 高性能ファインセラミックス: High-performance fine ceramics (Functional fine ceramics)
高強度ファインセラミックス: Structural fine ceramics

図 1. ファインセラミックスのカテゴリー分類。

表 1 ファインセラミックスの機能と利用分野

分類	機能	利用分野(主要例)
電気・光学的	絶縁性	ICパッケージ基板(PAS)
	半導電性	センサー
	導電性	電極、発熱素子、サーミスタ
	磁性	フェライトコア、フェライト磁気ヘッド
	誘電性	キャパシタ、アクチュエータ、SAWフィルタ
化学的	光学的	光素子、電気光学素子、フェルル
	触媒性	触媒/触媒担体(SAC)
化学・生化学的	化学・生体性	セラミックフィルタ、耐食性材料・器具、生体材料
機械的	切削・研削・成型性	機械工具
	磨削性	精密治具、軸受
	耐摩耗性	メカニカルシール、バルブ
	耐熱性	スパークプラグ、エンジン部品
熱的・原子力	耐熱性	IC製造用部品(PIM)、熱処理部品
	耐酸性	高酸材、核燃料

capacity, LFDCC) を用いて分析した。式 (1) はこの軌道を示す。 a_k と a の比 (a_k/a) は自己増殖性の割合 (機能性開発の度合) を示す。

$$f(t) = \frac{K_k}{1 + a \exp(-bt) + \frac{b \cdot a_k}{b - b_k} \exp(-b_k t)} \quad (1)$$

図 2 は 5 種類のファインセラミックスの普及軌道の推移を、表 2 は普及過程のパラメータの推定結果の比較を示す。高度な特殊性能を内包する 2 種類は普及過程で新たな機能を付加させつつ、自己増殖的に発展しているが、高強度な材料に留まる他の 3 種類は成長が頭打ちになっていること、前者は動的シーリングを示し、後者は固定シーリングを示したままであることが分る。

表4 窒化アルミニウム (AlN) のスピルオーバー

機能 製品 機能性				Key material with indigenous functions				
				AlN	SiC	Si ₃ N ₄	Al ₂ O ₃	
高性能ファインセラミックス	Electronic and optical	電光(イメージング素子)(ITAS)	Electrical insulating	○	×	×	○	
			The thermal conductive	○	△	×	×	
	Chemical		Corrosion resistant				○	
Chemical and biochemical			Corrosion resistant				○	
高強度ファインセラミックス	Mechanical	核燃料容器部品(DPS)	Wear resistant	×	○	○	○	
			Corrosion resistant	○	×	×	○	
	Thermal and nuclear		The thermal shock resistant	△~○	△~	○	×	
			Heat resistant	×	○	○	×	

Estimation Results for the Diffusion Process Analysis of PAS (1951-2000)

C_0	a	b	σ_0	σ_1	σ_2	σ_3	σ_4	σ_5	σ_6	σ_7	σ_8	σ_9	σ_{10}	σ_{11}	σ_{12}	σ_{13}	σ_{14}	σ_{15}	σ_{16}	σ_{17}	σ_{18}	σ_{19}	σ_{20}	
2059.26	1452.00	1.29	647.28	0.22	6.959	0.19																		
(0.00)	(76.51)	(3.42)	(3.49)	(24.94)																				

Trends in the Diffusion Process of PAS (1951-2000) : ¥100 unit, at 1995 fixed price.

Estimation Results for the Diffusion Process Analysis of PM (1995-2000)

C_0	a	b	σ_0	σ_1	σ_2	σ_3	σ_4	σ_5	σ_6	σ_7	σ_8	σ_9	σ_{10}	σ_{11}	σ_{12}	σ_{13}	σ_{14}	σ_{15}	σ_{16}	σ_{17}	σ_{18}	σ_{19}	σ_{20}	
724.26	712.95	0.42	96.79	0.10	0.992	0.14																		
(0.03)	(0.10)	(5.48)	(0.79)	(7.52)																				

Trends in the Diffusion Process of PM (1995-2000) : ¥100 unit, at 1995 fixed price.

Comparison of Degree of Functionality of the Two Ceramics in Broad Applications

特性/主要用途	Degree of functionality (σ_0 to σ_{20})
高性能アインセラミックス	0.10
Electronic and optical ICパッケージ/基版 (PAS)	0.19
Chemical	0.21
Chemical and tribological	0.22
Mechanical	0.03
Thermal and wear	0.01
IC封装用部品 (PM)	0.14

図5. PAS 及び PIM の普及軌道の推移と普及過程の
パラメータの推定結果及び比較.

4. 高性能ファインセラミックスの自己増殖ダイナミズム

研究者の移動による技術のスピルオーバーに触発されて、高強度ファインセラミックスの隣界にあって高性能を発揮しつつ、且つ、広範な製品群を創出しているハニカム構造セラ

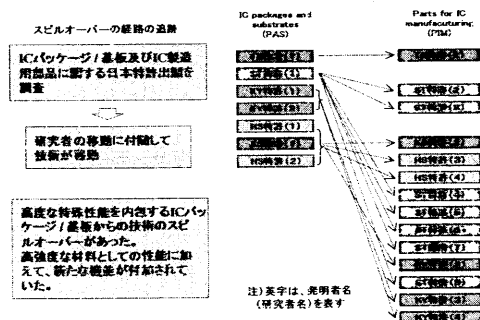


図6. 研究者によるPAS、PIM関連日本特許出願.

ハニカム構造セラミックスの最初の製品—自動車排ガス浄化用触媒担体（SAC）—の研究開発の開始以降、多くのハニカム構造セラミックスが研究開発された。関連特許出願を解析し、①ハニカム構造セラミックスの応用製品を抽出・整理し、系統図にまとめ、②研究者毎のハニカム構造セラミックス関連特許出願調査結果から、技術のスピルオーバー、自己増殖のダイナミズムについて分析した。

表5は抽出されたハニカム構造セラミックス製品 17 種をまとめたもの、図7はこれら 17 製品の機能と特徴を示す。図8は研究者毎のハニカム構造セラミックス関連日本特許出願の推移を示す。

図9は研究者毎の特許出願調査結果を基に、応用製品の系統図上に同一研究者による特許出願を矢印を利用して示したものである。

表5 ハニカム構造セラミックス製品

		R&D の開始年		
No.	Structure	HBC product	Product unit	Year of the start of R&D
1	A	Support for automobile exhaust gas purification catalyst (SA-C)	A1	71
2	A	PTC heater (PTC)	A2	72
3	A	NO _x catalyst and support for NO _x catalyst (NOX)	A3	72
4	A	Heat exchanger (HEX)	A4	73
5	A	The ceramic heat conversion device (TCD)	A5	78
6	B	Diesel particulate filter (DPF)	B1	79
7	B	High temperature ceramic dust collector (HDC)	B2	84
8	A	Catalytic combustion reactor (CCR)	A6	84
9	A	Surface combustion burner (SCB)	A7	85
10	B, C	Filter for industrial use (FIC)	B3/C1	85
11	A	Catalyst for immobilizing agricultural catalyst (BIO)	A8	86
12	B	Gas separation membrane (GSM)	B4	86
13	C	Water purification filter (WPF)	C1	88
14	A	Hydrocarbon oxidizer (HCA)	A9	91
15	A	Heat storage unit (HSU)	A10	94
16	A	Fuel cell (FC)	A11	97
17	A	Transformer of home room (TPH)	A12	98

* Index of structure means as follows:
A: Honeycomb structure that many cells (beles) are distributed uniformly (Basic structure of HSC);
B: Filtration structure which both end faces of cells are choiced alternately; and
C: Structure which the form of the lotus root node is used for as a filter.

以上から、技術のスピルオーバーによるハニカム構造セラミックス応用製品の軌跡・広がりには連鎖的であり、自己増殖ダイナミズムを創出していること、研究者の研究活動の広がり（交流）は、製品間技術スピルオーバーと広範な利用分野の連鎖的拡大を刺激し、自己増殖的な発展を牽引していることが判明した。

Functions of IBC		
Material origin	Structure origin	
Physical	Light weight	Large surface area
Mechanical	High strength	High strength
Thermal	High heat resistance	Low pressure loss
Chemical	High corrosion resistance	Low heat capacity
Chemical	High durability	

No.	Product Code	Added new functions	Characteristics of IBC products
1	A1	Thermal shock resistance	High thermal shock resistance required for automobile parts
2	A2	PTC effect	Safety in overheat
3	A3	NO _x catalyst	High DeNO _x efficiency, High chemical durability
4	A4	Heat exchanger	High heat recovery efficiency
5	A5	Thermoelectric conversion	Solid state power generation
6	B1	Filtration	High particle collection efficiency
7	B2	Filtration, High temp. operation	High thermal shock resistance required for automobile parts
8	A6	Catalysis	High combustion efficiency
9	A7	Surface combustion	High combustion efficiency
10	B3C1	Filtration	High filtration efficiency, High cleanup of durability
11	A8	Catalyst support	High productivity of low products
12	B4	Filtration	High gas separation efficiency
13	C2	Filtration	High filtration efficiency, High chemical durability
14	A9	Hydrocarbon adsorbing	High HC adsorbing efficiency
15	A10	Heat storage	High heat storage efficiency
16	A11	Power generating	High power generating efficiency
17	A12	Transducer	Transducer

図7. ハニカム構造セラミックス製品の機能と特徴。

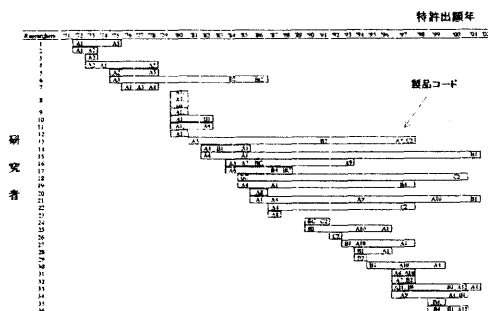


図8. ハニカム構造セラミックス関連日本特許出願の推移。

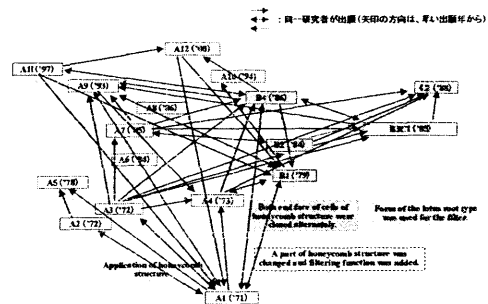


図9. ハニカム構造セラミックス製品の製品間技術スピロオーバー。

5. 結論

工業化社会から情報化社会へのパラダイムシフトに対応し、製造技術中心の成長追求型開発軌道から、情報技術主導の新機能創出型成長軌道への転換が求められている。情報技術主導の新機能創出型成長軌道への転換促進メカニズムの解明に、ファインセラミックスを例に検証し、示唆を得た。

ファインセラミックスにおける新機能付加メカニズム及び自己増殖ダイナミズムは、その高強度材料から高性能材料へのシフトに見られ、

- 1) ファインセラミックスにおける機能間技術スピロオーバーと製品間技術スピロオーバーによる

- 2) スピロオーバーの経路は、研究者の移動、交流である
- 3) スピロオーバーによる新機能の創出、利用分野の連鎖的拡大が自己増殖的発展のダイナミズムを生み出すことが判明した。

以上の結果より、製造技術中心の成長追求型開発軌道から、情報技術主導の新機能創出型成長軌道への転換を促進し、革新的製品を創出するため、次項が肝要である。

- 1) 機能間技術スピロオーバー、製品間技術スピロオーバーを最大化・最適化し、自己増殖の軌道に乗せること
- 2) このため、技術スピロオーバーの人材量（研究資源）、研究人材の最適配置、研究開発・実用化のタイミングとペース等の具体策（研究開発戦略）の策定と遂行が求められる。その前提として、研究人材の確保、研究者の育成、コア技術の構築、研究ポテンシャルの維持他の基盤研究開発力を醸成すること

今後、引き続き、企業間、産学間の研究者の相互作用についての分析が期待される。

参考文献

- [1] Bernstein J. I. and Nadiri M. I., 1988. Interindustry R&D Spillovers, Rates of Return, and Production in High-Tech Industries, The American Economic Review 78 (2) 429-434.
- [2] Bernstein J. I. and Nadiri M. I., 1989. Research and Development and Intra-industry Spillovers: An Empirical Application of Dynamic Duality, Review of Economic Studies 56 (2) 249-269.
- [3] Griliches Z., 1979. Issues in Assessing the Contribution of R&D to Productivity Growth, Bell Journal of Economics 10, 92-116.
- [4] Jaffe A. B., 1986. Technological Opportunity and Spillovers of R&D: Evidence from Firm's Patents, Profits, and Market Value, The American Economics Review 76 (5) 984-1001.
- [5] Meyer P. S. and Ausubel J. H., 1999. Carrying Capacity: a Model with Logistically Varying Limits, Technological Forecasting and Social Change 61 (3) 209-214.
- [6] Ohmura A., Ouchi N., Morisaki S. and Watanabe C., 2003. Functionality Development as a Survival Strategy for Fine Ceramics, Technovation 23 (10) 833-842.
- [7] Ohmura A. and Watanabe C., 2005. Inside the Black Box of Cross-Functional Spillover - A Lesson from the Functionality Development of Fine Ceramics, Journal of Advances in Management Research (in print).
- [8] Ohmura A. and Watanabe C., 2005. Cross-Products Technology Spillover in Inducing a Self-Propagating Dynamism for the Shift to a Service Oriented Economy: Lessons from High-Performance Fine Ceramics, Journal of Services Research (in print).
- [9] Watanabe C., Kondo R., Ouchi N. and Wei H., 2002. Formation of IT Features through Interaction with Institutional Systems - Empirical Evidence of Unique Epidemic Behavior, Technovation 23 (3) 205-219.
- [10] Watanabe C., Kondo R., Ouchi N., Wei H. and Griffy-Brown C., 2004. Institutional Elasticity as a Significant Driver of IT Functionality Development, Technological Forecasting and Social Change 71 (7) 723-750.
- [11] Watanabe C. and Nagamatsu A., 2003. Sources of Structural Stagnation in R&D Intensity in Japan's Electrical Machinery Industry, Technovation 23 (7) 571-591.
- [12] Watanabe C., Zhu B., Griffy-Brown C. and Asgari B., 2001. Global Technology Spillover and Its Impact on Industry's R&D Strategies, Technovation 21 (5) 281-291.