

# イノベーション創出過程におけるプロジェクション： 製造業技術者の調査からの報告

## Projection in Innovation: A survey of engineers in the manufacturing industry

竹田 陽子

Yoko Takeda

横浜国立大学

Yokohama National University

ytakeda@ynu.ac.jp

### Abstract

This article explores how engineers in each technology area in the manufacturing industry project their representation, and the effects of characteristics of technology, engineer, and organization on the diversity of their representation.

**Keywords — representation, projection, diversity engineer, manufacturing industry**

### 1. 問題意識

技術者の持つ知識は、一見、論文や理論モデル、設計図面、技術文書等に精密に表現されているようで、実際には個人や組織の中に内化されている領域は広大である。特許の企業間移転には、文書に明示された以外の知識を人から人へ移転するためにノウハウ移転の契約を別途結ぶのが通常であるし、系列企業内ではインフォーマルなネットワークによって暗黙性の高い知識を伝えるための努力が絶えずなされており[1]、同一企業内においてさえも、新製品開発プロジェクト間の知識移転はプロジェクト経験者の一部が次のプロジェクトに移動するという人による移転が決め手である[2]。技術者の持つ知識には常に言語によって完全に記述できない暗黙の領域[3][4]が存在するのである。

また、技術者の持つ知識は技術者の内部にシンボルとして貯蔵されているというよりは、他者や状況とのインタラクションの中で絶えず形成されているものであり、知識を実体として捉えるよりもプロセスとして捉える視点[5]が求められる。例えば、自動車や電機などの加工組立系の工業製品の開発は、製品設計、工業デザイン、生産技術、部品・金型・金属加工のサプライヤーなどに所属する様々な機能を担う技術者が「何をつくるか」「どうやってつくるか」を相互のインタラクションの中から次第に明らかにし、大量生産開始可能なレベルにまで精緻化していくプロセスである[6]。製品設計の初期段階から生産ライン立ち上げに至るまでの無数の問題解決にあたっては、各種図面や文書、3

次元モデル、シミュレーション結果、模型、試作品等様々な人工物が製作され、デザインレビューと呼ばれる組織的な検討が繰り返される。この人工物を介した組織的な問題解決の連鎖は、プロトタイプングサイクル[7][8]と呼ばれ、技術者が内的表象を自らの外に投射していったん外界に定位し[9]、他者とのインタラクションを促し、そこで得られた知覚を再び内部の情報処理システムに取り込むことによって、技術者達が自らの思考を深め、担当者相互の認識を一致させていくプロセスである。

言語による記述不完全性と、表象の投射を通じた相互作用プロセスは、組立加工系の工業製品だけでなく、素材などのプロセス系やソフトウェア開発などの情報系、さらに、製品開発よりも上流の技術のシーズを生み出す研究開発においてもみられ、そこで生み出される人工物は、フォーマルな検討のためのプロトタイプ以外にも、ラフなメモ書きやポンチ絵、映像など様々な形態がありうる。また、技術者が頭の中で因果関係等の論理を改めて組み立てる、イメージを思い浮かべるなどの内的な再投射、エピソードなどを話すナラティブ・モード[10]や、比喩などを使った表象もある。さらに、行為を模倣する、現場に行ってみるなど、身体性や状況性を伴う投射形態も見られる。本稿では、まず、従来経営学分野で実証研究が盛んにおこなわれてきた機械、電子などの加工組立技術系だけでなく、素材、メディカルなどのプロセス技術系、およびソフトウェア、情報システムなどの情報系を含めた幅広い専門分野の製造業の技術者がイノベーションのプロセスにおいて自らの表象をどのように投射しているか、その実態を調査票調査の結果に基づき把握する。

本稿で次に注目するのは、技術者がどれだけ多様な形態で表象投射がおこなっているかという表象投射形態の多様性である。概念の意味は、一義的に決まるわけではなく、多くの感覚・情動が結びついた断片的な

記憶が織りなすネットワークできており、理解とは、場の中の手がかりから分散して保持されているマルチモーダルな表象群を再活性化する状況化された概念生成であるとする[11][12]。特に、イノベーションの創出においては、新しく出会うもの、今はまだ存在しないものを扱うため、技術者が保持している多感覚ネットワークは不安定で、個人によって認識がばらばらであり、しかも常に変化する。したがって、他者とインタラクションしながらできるだけ多様な表象投射形態を使って多くの感覚に訴え、新たなネットワークを作り上げ、他者の視点からは何が見えるかを知り、互いの多感覚ネットワークを近づけていくことが必要になると考えられる。本稿では、表象投射多様性が技術と技術者の特性、所属企業の組織特性にどのように関わっているかを分析する。

## 2. 調査の概要

本調査は、2015年2月にWeb調査会社のパネルから製造業勤務の技術者を対象に、技術者が新しい技術、既存技術の問題解決、商品・サービス企画、プロセス改善、その他の業務上の企画や問題解決に関して何か「新しい試み」に取り組んだ事例について、Web上で調査票調査を実施した(N=400)。技術者の専門の内訳は、加工組立系(電機、電子、機械)が62%、プロセス系(素材、食品、メディカル)20%、情報系(ソフトウェア、情報システム)が17%、その他が1%であった。

調査項目は、当該事例において技術者が思考および他者とのコミュニケーションにおいて表象を投射する形態について「非常にあてはまる」5点から「まったくあてはまらない」1点までの5点尺度で尋ねた(思考17項目、コミュニケーションの18項目。項目の内容は表1参照)。また、5点中4点以上の項目数を表象投射多様性(思考は0から最大18、コミュニケーションは0から最大17)とした。

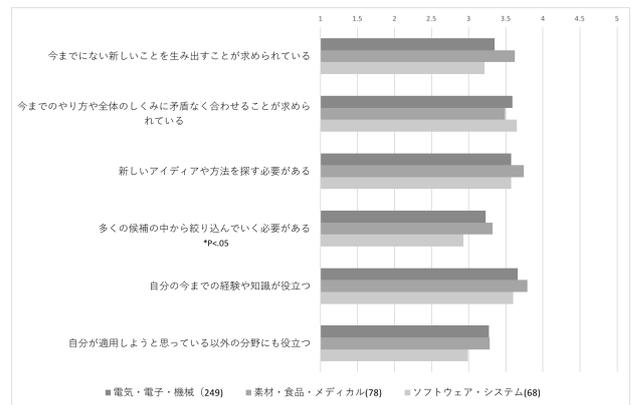
また、調査対象者が回答した事例の新奇性などの特性(5点評価。項目は図1)と種別(項目は図2)、学歴、社会人歴などの技術者特性、従業員数などの組織特性を尋ねた。

## 3. 結果

### 3.1 技術分野別の表象投射形態

図1は、調査対象者が回答した事例の特性を技術分野別に見たものである。情報系では「多くの候補の中

から絞り込んでいく必要がある」という項目が他の分野に比べて有意に低く、また、「今までにない新しいことを生み出すことが求められている」「自分が適用しようと思っている以外の分野にも役に立つ」も低い傾向がある。また、当該事例の種別(図2)では、情報系は他分野に比べ、新しい技術の創出や問題解決の割合が低く、技術改善の割合が大きいという特徴がある。情報系は他のハードウェア分野においてよりも、あまり新しさを求められず、すでにある技術を少ない選択肢の中から改善し、成果の応用も利かないという傾向があることがわかる。



5点尺度平均値(「非常にあてはまる」～「まったくあてはまらない」)

図1 事例の技術分野別の特性

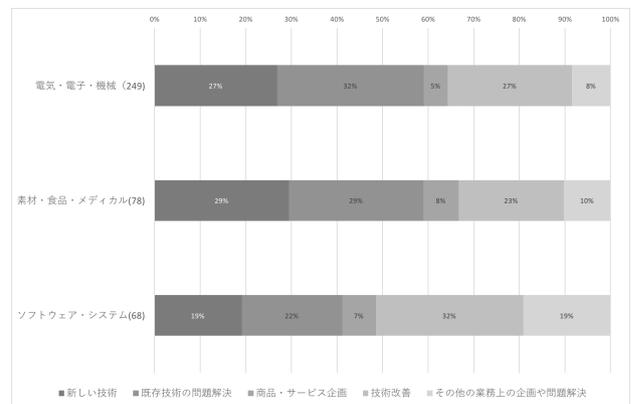


図2 事例の技術分野別の種別

技術者の表象の投射形態を表1に示す。情報系は他のハードウェア系の分野に比べてここでも特徴があり、図やメモなど道具を使って表象を投射することが少なく、また、身体を使うことや現場に行くなどの状況とのインタラクションが少ない。ハードウェア系分野では、機械等の組立加工系は、素材などのプロセス系技術に比べて、簡単な図やスケッチ、メモ、板書、数式、モデルの使用頻度が多い傾向があるが、両者は情報系との違いに比べて大きくない。

表1 思考とコミュニケーションにおける  
表象の投射形態

1) 思考	電気・電子・機械 (249)	素材・食品・医薬品 (78)	ソフトウェア・システム (68)	F 値
<b>言語・記号使用 (論理志向)</b>				
理論的に抽象化した言葉で考える	2.870	2.740	2.710	0.919
現象を概念的に分類する	3.100	3.210	2.990	0.935
因果関係を考える	3.570	3.690	3.410	1.531
数式やモデルを書く	3.120	2.810	2.500	8.115***
マニュアル、仕様書、技術資料、論文を読む	3.240	3.270	3.010	1.274
<b>言語使用 (叙述・ナラティブ等)</b>				
具体的な事例や現象を言葉で挙げて考える	3.420	3.500	3.430	0.218
エピソードを思い浮かべる	2.620	2.740	2.440	2.006
何かに置き換えて比喻で考える	2.630	2.650	2.290	3.604*
メモを書く、板書する	3.370	3.150	2.970	5.062**
<b>感覚イメージ</b>				
イメージや感覚を思い浮かべる	3.310	3.420	3.100	2.197
簡単な図やスケッチを描く	3.440	2.910	2.840	13.387***
図面や表、グラフを作成する	3.380	3.290	2.570	14.443***
写真や映像を見る、録音を聞く	2.710	2.600	1.880	15.470***
実物や模型に触る	2.970	2.730	1.970	20.630***
<b>身体性</b>				
人の動作や行動を真似る	2.470	2.460	2.070	3.930*
作業をしながら、体を動かしながら考える	2.650	2.730	2.040	10.052***
<b>状況性</b>				
人と話しながら考える	3.220	3.290	2.820	4.473*
現場や他部署、他社、客先、街などに出向く	3.110	3.150	2.560	7.165***

2) コミュニケーション	電気・電子・機械 (249)	素材・食品・医薬品 (78)	ソフトウェア・システム (68)	F 値
<b>言語・記号使用 (論理志向)</b>				
理論的な話をする	3.590	3.680	3.530	0.505
現象を概念的に分類して検討する	3.220	3.220	2.950	2.199
因果関係を検討する	3.540	3.640	3.290	2.581
数式やモデルを使う	2.990	2.740	2.260	9.584***
マニュアル、仕様書、技術資料、論文を使う	3.190	3.080	2.860	2.022
<b>言語使用 (叙述・ナラティブ等)</b>				
具体的な事例や現象を挙げて話す	3.880	3.840	3.670	1.600
感覚的な表現で話す	2.980	3.050	2.550	5.243**
エピソードを話す	2.970	3.110	2.570	5.095**
何かに置き換えて比喻で話す	2.690	2.800	2.400	2.795
メモを使う、板書をする	3.420	3.160	2.930	6.269**
<b>感覚イメージ</b>				
簡単な図やスケッチを使う	3.420	3.050	2.900	7.489***
図面や表、グラフを使う	3.300	3.240	2.500	12.842***
写真や映像、録音を使う	2.670	2.610	1.790	14.576***
実物や模型を使う	2.900	2.720	1.930	17.239***
<b>身体性</b>				
相手の動作や行動を真似る	2.390	2.340	1.860	6.430**
一緒に作業をしたり体を動かす	2.760	2.700	2.120	7.698***
<b>状況性</b>				
相手の場所まで出向いて話す	3.260	3.200	2.640	7.633***

5点尺度平均値(「非常にあてはまる」～「まったくあてはまらない」) \*P<.05, \*\*P<.01, \*\*\*P<.001

### 3.2 表象投射多様性と技術・技術者・組織の特性

表1の個別の表象投射形態の各項目は、使われる頻度の多寡はあるものの、因子分析をおこなうと最大の因子負荷量がほとんど第1因子に固まり、使用パターンの質的な違いはほとんど見られない。しかし、どの程度多くの表象投射形態を使っているかという多様性の量的側面、すなわち表象投射多様性については対象者によって違いが見られる。表象投射多様性は、イノベーションのパフォーマンスに正の効果が認められている[13]。

思考とコミュニケーションの表象投射多様性が、技術、技術者、組織の特性とどのような関係にあるかを見たのが表2である。

表2 技術・技術者・組織の特性と表象投射多様性

	表象投射多様性	
	思考	コミュニケーション
<b>技術分野 (平均値)</b>		
電気・電子・機械 (249)	6.530	5.896
素材・食品・メディカル(78)	6.064	6.000
ソフトウェア・システム(68)	3.985	3.279
F 値	8.625***	8.551***
<b>新奇性要求 (相関係数)</b> 「今までにない新しいことを生み出すことが求められている」	0.351***	0.270***
<b>技術者特性</b>		
<b>学歴 (平均値)</b>		
大学院 (131)	7.504	7.031
学部 (188)	5.319	4.910
短大以下 (81)	5.025	4.210
F 値	11.691***	11.224***
<b>社会人歴 (相関係数)</b>	-0.090	-0.148**
<b>転職回数 (相関係数)</b>	0.010	0.004
<b>職位 (平均値)</b>		
課長以上 (142)	6.106	5.430
課長未満 (258)	5.903	5.481
t 値	0.181	0.010
<b>組織特性</b>		
<b>従業員数 (相関係数)</b>	0.103*	0.136**
<b>所属部署</b>		
研究開発 (182)	6.489	6.165
設計 (93)	5.688	4.839
生産技術・品質管理 (70)	6.286	5.529
F 値	0.940	2.240

N=400, \*P<.05, \*\*P<.01, \*\*\*P<.001

技術分野に関しては、電気・電子・機械、素材・食費・メディカルが思考において平均6~6.5種、コミュ

ニケーションも6種程度の表象投射形態を使っているのに対し、ソフトウェア・情報システムでは思考4種、コミュニケーション3種程度、有意に多様性が少ない。

当該事例において新奇性が求められる程度は、思考、コミュニケーションともに、表象投射多様性との間に正の相関がある。今までにない新しさを生み出すことが求められるほど表象投射の多様性が増すのである。

技術者特性としては、大学院卒は、有意に表象投射多様性が大きい。また、当該事例当時の社会人歴が短いほどコミュニケーションの表象投射多様性が大きい傾向が見られる。転職回数、職位には有意な差はなかった。

組織特性としては、所属企業の従業員数は表象多様性とわずかに相関があり、所属部署では、研究開発や生産技術・品質管理に比べて設計の表象投射多様性が小さい傾向が見られるものの有意差はなかった。

表象投射多様性を規定する要因を明らかにするため、思考とコミュニケーションの表象多様性を従属変数、技術分野(ソフトウェア・システム分野のダミー)、新奇性要求、学歴(大学院ダミー)、事例当時の社会人歴、従業員数(常用対数)を独立変数にして回帰分析をおこなったのが表3である。

思考、コミュニケーション両者とも表象投射多様性にソフトウェア・システム分野ではないこと、今までにない新しいことを生み出すことが求められること、大学院卒であることが有意に効いており、社会人歴と企業規模(従業員数)との効果は有意ではなかった。

前述通り情報系分野はそもそも他分野に比べ新奇性が求められない傾向にあるが、新奇性要求をコントロールしてもなお、情報系分野の表象投射多様性は低いことが確かめられた。大学院卒は、他の学歴グループに比べて、因果関係を考える、数式・モデル、図面やグラフを使うなど論理面の表象投射の頻度が多い一方で、具体的な事例や現象を考える、写真や映像など視聴覚素材を使う、現場に行くなど論理的な言語使用以外の様々な形態の表象投射の頻度も多く、高等教育の効果は論理面の強化だけではないことが示唆されている。

表3 表象投射多様性に対する技術・技術者特性の影響

思考の 表象投射多様性	B	SE	標準 化係 数	t 値	VIF
定数	1.494	1.071		1.395	
ソフトウェア ダミー	-1.985	0.567	-0.163	-3.498 ***	1.018
新奇性要求	1.323	0.203	0.317	6.525 ***	1.108
院卒ダミー	1.519	0.485	0.157	3.13 **	1.179
社会人歴	0.004	0.025	0.007	0.146	1.13
従業員数対数	-0.053	0.225	-0.011	-0.233	1.100
N=400, F= 16.838***, 調整済み R <sup>2</sup> =0.168					

コミュニケーションの 表象投射 多様性	B	SE	標準 化係 数	t 値	VIF
定数	2.252	1.168		1.928	
ソフトウェア ダミー	-2.327	0.619	-0.179	-3.760 ***	1.018
新奇性要求	0.96	0.221	0.216	4.343 ***	1.108
院卒	1.323	0.529	0.128	2.500 **	1.179
社会人歴	-0.035	0.027	-0.064	-1.286	1.13
従業員数対数	0.203	0.246	0.041	0.825	1.100
N=400, F= 12.592***, 調整済み R <sup>2</sup> =0.129					

\*P&lt;.05, \*\*P&lt;.01, \*\*\*P&lt;.001

#### 4 まとめ

本稿では、調査対象事例において今までにない新しいものを生み出すことが求められるほど、技術者の思考、コミュニケーションにおける表象投射の形態が多様になることが明らかになった。表象投射多様性は業績などのイノベーション成果に正に働き、また、技術者が持つ人的ネットワークの多様性等のネットワーク指標とも相互関係があるという知見[13]も勘案すると、これらの事実は、イノベーションの創造性の側面は、技術者をはじめイノベーションに関わる人々それぞれが内的に持つマルチモーダルな表象群をいかに豊かに引き出して外化し、他者や状況との相互作用をおこすかにかかっていることを示唆している。内的なマルチモーダル表象群をあますことなく引き出すために、多様な形態で表象投射することが重要になると考えられるのである。昨今、多様性がイノベーションを生むという主張がよく聞かれるが、単純に多様なデモグラフィック特性を持つ人材を集めるだけでは成果はあがらず、むしろ共通理解基盤の欠如など多様性の負の部分が顕在化してしまうおそれがある[14][15]。このジレン

マを克服する鍵は、表象投射の多様性である可能性がある。

現在世界的に普及しつつあるデザイン思考や未来洞察などの新しい製品・サービス、社会のデザインを生み出す諸手法は、参加者の多様性を確保することと、論理的な言語の使用だけでなく感覚、感情に訴えるプロトタイピングを繰り返すという共通した特徴がある。人的なネットワークと表象投射の多様性を意識的に増大することでイノベーションを生み出そうとする試みであると見ることができる。

また、ソフトウェアや情報システムを開発する技術分野は、新奇性要求も低いが、産業特性として表象投射多様性が低いことが明らかになった。ソフトウェア開発は、物理的なモノを開発する場合と異なり、コンピュータ上の論理的な記号操作で完結しようと思えばできてしまうことがかえってイノベーションプロセスの制約になっている可能性がある。ソフトウェア開発においても、ペーパー・プロトタイピングやペルソナ、カスタマー・ジャーニー・マップなどユーザーの体験を多感覚的に表現する手法が提案されていることは、論理的な記号操作の制約を乗り越えるための情報分野の努力の現れであると見ることができる。

#### 謝辞

本研究はJSPS 科研費 25330398 の助成を受けたものです。

#### 参考文献

- [1] Dyer, J. H., and Nobeoka, K., (2000) "Creating and managing a high-performance knowledge-sharing network: the Toyota case," Strategic Management Journal, Vol. 21, No.3, pp.345-367.
- [2] 延岡健太郎, (1996) "マルチプロジェクト戦略," 有斐閣.
- [3] Polanyi, M., (1967) "The Tacit Dimension," Routledge.
- [4] Ryle, G., (1949) "The Concept of Mind," Hutchinson.
- [5] 鈴木宏昭, (2016) "実体ベースの概念からプロセスベースの概念へ," 人工知能学会誌, Vol. 31, No.1, pp.52-58.
- [6] 竹田陽子, (2000) "プロダクト・リアライゼーション戦略 - 3次元情報技術が製品開発組織に与える影響," 白桃書房.
- [7] Clark, K.B. and Fujimoto, T., (1991) "Product Development Performance," Harvard Business School Press.
- [8] Clark, K. B., and A. C. Wheelwright, (1992) "Managing New Product and Process Development," Free Press.
- [9] 鈴木宏昭, (2016) "教養としての認知科学," 東京大学出版会.
- [10] Bruner, J. S., (1996) "The culture of education," Harvard University Press.

- [11] Barsalou, L. W., (2009) “Simulation, situated conceptualization, and prediction,” *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, Vol. 364, No.1521, pp.1281–1289.
- [12] 鈴木宏昭, (2016) ”コトバを超えた知を生み出す: 身体認知科学からみたコミュニケーションと熟達,” *組織科学*, Vol. 49, No. 4, pp.4-15.
- [13] 竹田陽子, (2016) ”技術者の思考、コミュニケーションのプロセスと情報探索ネットワーク,” *組織学会研究発表大会予稿集*, pp.187-190.
- [14] Horwitz, S. K., and Horwitz, I. B., (2007) “The Effects of Team Diversity on Team Outcomes: A Meta-Analytic Review of Team Demography,” *Journal of Management*, Vol. 33, No. 6, pp.987–1015.
- [15] Joshi, A., and Roh, H., (2009) “The role of context in work team diversity research: a meta-analytic review,” *Academy of Management Journal*, Vol. 52, No.3, pp.599–627.