

## 製造企業の試作機能・プロセスに関する予備的考察

佐伯靖雄

### はじめに

本研究の目的は、ものづくりにおける試作の定義とその役割、そこから期待される今後の産業振興への応用可能性について検討し、提言のための予備的考察を行うことである。製造企業においては、開発から生産に至る一連のプロセスの中に占める試作の位置づけは、規格大量生産を実現するための様々な検証の場や機会として重要である。しかしながら、その機能的な重要性は十分に議論されてきたとは言いがたい。あくまで製品開発のプロセスや企業間取引の一形態としてより大きな文脈の中で部分的に論じられてきたに過ぎない。本研究では、それらの文脈から試作だけをひとつの分析対象として切り出し、そこから将来の産業振興の可能性を探索していく。

戦後のわが国製造業(とりわけ機械金属工業)は、鉄鋼、造船、電機、半導体、自動車というように主役が次々と交代しながらも長年にわたって一定の国際競争力を維持し続けてきた。しかしながら、2000年代初頭に韓国や中国の猛烈なキャッチアップを受けて電機産業が競争力を失って以降、グローバル市場でリーダーの地位を保持できているのは、わずかに自動車産業を残すのみとなっている。この自動車産業もまた比較的歴史は古く、これに次ぐ新しい産業の萌芽は未だ見られない。つまり、自動車産業

を筆頭とするこれまでの主要産業の延命及び持続的発展、そしてポスト自動車産業を担う新産業の創出こそが、現在のわが国製造業における最大の課題である。

本研究では、これらの課題に対する解決策のひとつを試作の機能及びプロセスの分析から導出される諸要素の応用・発展に見出そうとする。具体的には、各産業の頂点に君臨するセットメーカーの製品戦略転換、それらと取引する既存中小企業が産業空洞化の影響を受けないための存立基盤確立、そして新産業の創出を念頭に置いた起業の可能性という3つの視点から先行研究を考察することで、わが国製造業の持続的発展に向けたソリューションを提供しようとするものである。

### 1. 試作とは

#### (1) 試作の定義と3つの側面

Ulrich and Eppinger [2003] は、「辞書には試作という言葉の定義が名詞としてしか載っていないが、製品開発の実務においては、名詞、動詞、そして形容詞として使用されている<sup>1)</sup>」と述べている。その上でUlrichらは、試作という単語を「単独ないし複数の関心領域に沿った

1) Ulrich and Eppinger [2003], p. 246参照。

製品の近似値<sup>2)</sup>」と定義した。すなわち試作という用語には、試作品という製品 (product) や製品開発期間におけるイベント (event) という名詞としての側面、試作品を作る過程 (process) という動詞としての側面、更には未だ完成品には至らない不確実性 (uncertainty) を前提とした状態を指す形容詞としての側面があるということである。製造企業においては、製品開発は設計・試作・実験のプロセスを繰り返すことで問題解決を図り (Clark and Fujimoto [1991]), 大量生産に繋げることを目的としていることから、試作とは、製品の開発と生産を媒介し、不確実性をひとつずつ解消してあるべき姿を追求する上で欠かすことのできない概念なのである。

また注意すべきは、試作は最終的な製品の近似値を追求する製品エンジニアリングに起因するものだけではなく、その製品を生産するために必要な製造設備 (工作機械や金型) や治具・工具といった資本財全般、製法・工法も含めた工程エンジニアリングに起因するものも存在するということである。そこで本研究ではUlrichらの議論を補足し、「製品・工程双方の不確実性を潰し込むための一連の仮説検証体系」のことを試作と定義する。

## (2) 情報転写アプローチからみた試作

試作を開発と生産の媒介項とみなすとする、これらのプロセスを同一次元で捉える必要がある。藤本 [1997, 2001] が提唱する情報転写アプローチは、開発と生産の活動を情報処理の枠組みから理解しようとするものである。藤本によれば、「製造業であれサービス業であれ、顧客に納入する『商品』は、何らかの『製

品設計情報』が何らかの媒体 (メディア) の上に乗ったものだと解釈できる<sup>3)</sup>」とされる。またこの議論を前提にすると、「製品開発とは製品設計情報を創造し工程に配備する活動」であり、「生産とは工程から製品への情報転写のこと」ということになる<sup>4)</sup>。

このアプローチをもとに開発と生産、そして試作の関係を描いたものが図1である。開発はClark and Fujimoto [1991] が指摘するように、設計・試作・実験のサイクルで成り立っている。前述のように、設計は製品設計情報(Info.)の創造ということになるが、それに加えて媒体(Media)の選定、つまりその製品に使用する素材や部品の材質・特性は適切か否かも同時に検討することになる。これが製品エンジニアリングとしての設計である。また、製品設計情報を媒体に転写(Transfer)するための手段・方法も暫定的なものであるため、同じく開発期間中に検討の対象となる。これが工程エンジニアリングとしての設計である。

試作は、これら不確実性を備えた(形容詞としての側面)製品設計情報と媒体とを、同じく不確実性を残した転写手段・方法を以て具現化すること(動詞としての側面)を意味する。こうして作られた物理的な人工物が試作品(名詞としての側面: Prototype)であり、これらを様々な方法で実験・検証しその結果が再度設計へとフィードバックされる。この図で言うならば、設計・試作・実験のサイクルを回すことで、ある製品について企業が狙いとす仕様・性能から乖離した部分(±a)が取り除かれ、大量生産のためのあるべき姿(a)へと到達するのである。

2) *Ibid.*, p. 247参照。

3) 藤本 [2001], p. 9参照。

4) 前掲書, p. 28参照。

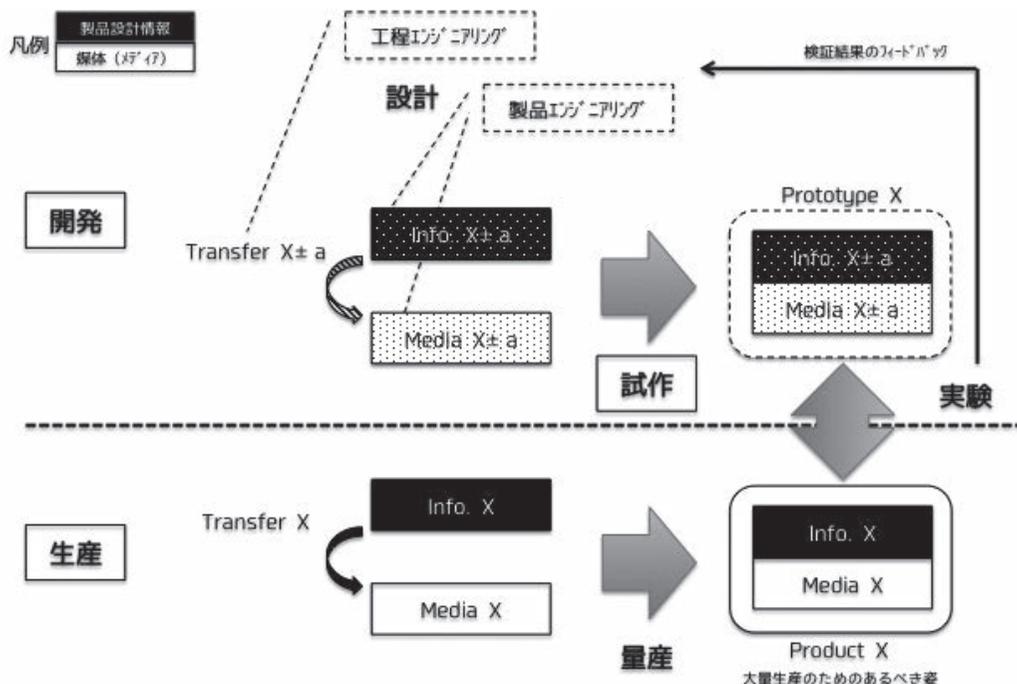


図1 情報転写アプローチからみた開発・生産と試作  
出所) 藤本 [1997, 2001] の議論をもとに筆者作成

以上が情報転写アプローチによる試作の抽象的な理解であるが、次節では様々な先行研究の分野において試作がどのように取り上げられ、どのように評価されてきたのかを検討する。議論するのは、経営管理論、産業集積論、ベンチャー起業論の3つの領域についてである。

## 2. 3つの先行研究領域における試作

### (1) 経営管理論の視点

はじめに経営管理論における試作の理解であるが、ここでは経営管理の中でも製品開発のプロジェクト管理に焦点を絞って議論していく。製品開発にまつわる先行研究は数多くあるものの、その中でも試作管理に特化した議論を展開している文献は非常に少ない。1970年代から1980年代まで遡ると、例えば中村・研究開

発研究会編 [1984] や遠藤 [1985] (※初版は1978年) など試作管理のあり方を論じた研究がある。これらは工学的な視点からの捉え方が中心ではあるものの、試作を体系的に論じた研究として後者の遠藤 [1985] の研究をレビューしよう。

遠藤は試作の最終目的を「1日でも早く、経済的で、耐久力があり、よく売れる製品を世に送るために、機能、生産(当然コストを含む)両面での設計を確定すること<sup>5)</sup>」と認識している。より具体的には、「設計を実地に検討して確定し、量産と販売とに必要な資料をつかむこと……(中略)……機能設計を決めるための資料を得たり、確認をしたりすることと、生産設計を確定するための工作をしてみることに、耐

5) 遠藤 [1985], p. 7参照。

久力をチェックするために試験改造をしてみる  
こと<sup>6)</sup>」としている。また遠藤は試作の進め方を  
次の3つに分類している。

「性能試作：設計した性能が出るかどうかを  
試してみるために行われる。部  
分的には代用品を使うこともあ  
る。

耐久試験：計画性能で耐久力があるかどう  
かを試してみるために行い、必  
要に応じて改造する。

量産試作：機能設計を終り、性能が確保さ  
れたあと経済的生産ができるよ  
うに設計を修正し、工具を作り、  
生産をしてみることである。<sup>7)</sup>」

しかしながら試作管理には固有の難しさがあ  
る。その特徴として遠藤は、「まごつきと手違  
いと、当て外れと、重複とのむだは、決して無  
くすことのできない運命的な要素である<sup>8)</sup>」と  
いう点を挙げ、試作の不確実性とその管理がい  
かに困難であるかを端的に指摘している。

試作管理の巧拙が製品開発プロジェクトの効  
率性を左右することは明白である。世界の主要  
自動車メーカーによる製品開発プロジェクトを  
比較分析した Clark and Fujimoto [1991] の研  
究によれば、こういった不確実性の高い作業を  
効率的に進める上で肝心なのは、複数のプロセス  
をオーバーラップさせて全体のリードタイム  
を短縮していくこと、そして問題解決のフロント  
ローディングを進めることとされている。また延岡  
[1996] が指摘するように、単独の製

品開発プロジェクト内におけるこれらの取り組  
みのみならず、複数のプロジェクト間における  
問題解決の共有もまた有効とされている。

試作は製品開発プロジェクトの中でも最も工  
数と費用、そして時間を要する。なぜなら抽象  
的な論理の積み重ねと机上での作業に終始する  
設計業務とは異なり、実際に試作品を製作する  
ための部品や設備の手配、そして量産とは異なる  
方法での加工組立作業が発生するからである。  
とりわけ自動車産業のように、複雑かつ精密  
で部品点数の極めて多い(2~3万点)製品を  
比較的短いサイクル(通常4~5年)で開発  
するのが状態化している場合、試作にかかる  
様々なコストは膨大なものにならざるをえない。  
したがって近年は、製品開発プロジェクト  
において試作回数を減らしたり、実際に製作す  
る試作品の数を減らしたりする傾向にある。そ  
れに最も貢献してきたのが、コンピュータ支援  
による設計や製造、そしてシミュレーションの  
導入である。

代表的なものはCAD (Computer Aided  
Design)、CAM (Computer Aided Manu-  
facturing)、そして現物試作を減らすのに最も効  
果的なCAE (Computer Aided Engineering)  
である<sup>9)</sup>。高性能なコンピュータが安価に調達  
できるようになったこと、標準的な業務用のコ  
ンピュータ支援ソフトウェアが普及してきたこ  
とにより、試作のあり方は変わりつつある。前  
述の遠藤 [1985] が試作のことを「現物によ  
る検図<sup>10)</sup>」と呼んだように、試作とはそもそも  
設計図面の妥当性を検証するプロセスであるこ  
とから、現物試作の代わりにシミュレーション

6) 前掲書, p. 23参照。

7) 同上。

8) 前掲書, p. 8参照。

9) コンピュータ支援が製品開発に与えた影響に  
ついては、例えば竹田 [2000] が詳しい。

10) 遠藤 [1985], p. 4参照。

を導入することは、試作にまつわる様々なコストを圧縮するためには合理的な選択である。この点において、今日の試作は開発ツールの技術革新から多大な恩恵を享受していると言えよう。

多くの企業が試作回数や試作品の数を抑制してはいるものの、現物試作が完全に無くなることはないだろう。例えば自動車がそうであるように、高い統合性が商品力の訴求にとってクリティカルな要件になるような製品の場合、「どんなに優れたコンピュータであっても、自動車の包括的な挙動や騒音評価、そして操作性といった項目の評価は（あくまで主観的な要素を伴い）難しいため、現物試作は製品開発における主要な手段のままであり続けるだろう<sup>11)</sup>」と Clark and Fujimoto [1991] は1990年代初頭に指摘しており、とりわけわが国製造企業の場合、今なお現物試作は行われ続けている。

このように経営管理論における試作の議論は、大企業を念頭に置いた製品開発プロジェクトの効率化に主たる関心が置かれている。とりわけ B to C の分野では、大規模なセットメーカーは規格大量生産体制を確立している場合が多いが、わが国の電機メーカーのように新興国企業のキャッチアップによって苦戦を強いられていることは少なくない。今なお国際競争力を維持している自動車メーカーであっても、中国やインドといった新興国市場では必ずしも競争優位を築くことができていない。したがって我々は試作機能・プロセスの分析から、これら大規模セットメーカーが生き残るための処方箋を提供する必要がある。詳しくは次節で議論する。

## (2) 産業集積論の視点

次に産業集積論における試作の議論であるが、ここでは試作を生業とする中小企業が数多く立地する都市型工業集積を対象を限定する。渡辺 [1997] は、特定の大企業を頂点とするピラミッド型の生産分業構造を機械工業の全体像から捉え直し、わが国製造業の基盤技術を支える下請中小企業の専門性と幅広い取引関係がいくつもの工業分野を支えている姿を「山脈型分業構造」と名付けた。そのような山脈型分業構造は、地域ごとに見ると異なる様相を見せる。渡辺はそれら機械工業に携わる諸工場の立地上の特徴を次の4つに整理した。それらはすなわち、「大都市圏の旧来からの工業集積内立地、特定巨大企業を中心とする企業城下町型工業集積内立地、中核的巨大大企業主導ではない地方工業集積内立地、大中工場の農村部における分工場および農村納屋工場、および工業集積外に分散立地している企業の工場のいずれか<sup>12)</sup>」である。

これらの中で試作を生業とする中小企業が数多く集積し存立しているのが、東京城南地域と東大阪地域に代表される大都市圏の工業集積である。その中でも最大規模の東京城南地域（大田区、品川区、目黒区）とその近隣の川崎市、横浜市を含めて実態調査を行った渡辺は、この地域の企業群を4つに類型化している。第1群は大企業の研究開発と試作を担当する工場及び単品生産工場、第2群は中堅・中小機械完成品メーカー、第3群は高度技術の特定加工専門化中小企業、そして第4群は熟練依存の特定加工専門化零細企業である<sup>13)</sup>。東京城南地域では、

11) Clark and Fujimoto [1991], p. 182 参照。かっこ内は筆者補足。

12) 渡辺 [1997], p. 189 参照。

13) 以上の類型化に関する詳しい説明は、前掲書, pp. 195-202 参照。

第3と第4群の中小零細企業が第1と第2群の企業から試作や単品製品を受注するという集積内取引が成立している。

試作や特殊な単品製品のビジネスには、「需要が少量であり、内容的に変化がはげしく、量的に変動がはげしく、不規則な需要<sup>14)</sup>」という厳しい要件が伴う。これはつまり、高い専門性、製造能力のフレキシビリティ、そして幅広い取引先といった諸要件を満たしていない場合、試作を生業として存立することは難しいということの意味する。試作の専門性については、代表的なものは鋳金・プレスと樹脂成形が挙げられる。樹脂成形は製法・工法によって射出成形、押出成形などに細分類され、また機能的な要件を必要としない造形評価のみに使うような光造形、粉末造形などもある。特殊な設備を要するものには鋳造、鍛造、表面処理（塗装、鍍金など）がある。他にも電気・電子関連の製品向けでは電子デバイスの基板実装、実装するソフトウェアも試作対象に含まれる。工程に関するものでは試作金型や木型などが該当する。これらの専門性を有し、かつ需要変動に応じた高いフレキシビリティを達成できるだけの人的資源を確保するという意味では、渡辺の類型による第3群の中小企業が試作を担う中心的な層ということになる。このことは、わが国中小企業が生き残っていくためのひとつの方向性を示唆している。

東西冷戦の終結以降、経済活動のグローバル化が進むとともに大企業は生産拠点を海外に移転するようになって久しい。比較的企業規模が大きく資本力のある系列企業や中堅企業は大企業の海外工場の近隣に随伴進出することでこれに対応することができるが、ヒト・モノ・カネ

といった経営資源に制約がある多くの中小企業はそう簡単に海外進出することはできない。取引先を失った中小企業は早晩立ち枯れし、これが産業の空洞化として問題視されているが、その影響を受けた企業とそうでない企業がいることに注目したい。

例えば渡辺 [1998] では、東京城南地域と並ぶ都市型工業集積である東大阪地域を調査し、当地では長年有力な電機メーカーの大工場が都市部に温存されてきたため、そこと取引してきた中小企業はある程度まとまった量の仕事、つまり量産型のビジネスしか経験しておらず、「地域として変動変化のはげしい需要に対応するノウハウを蓄積しなかったし、その必要もなかった<sup>15)</sup>」点を問題視している。そのため関西の電機メーカーの海外展開、更には2000年代以降の電機産業そのものの凋落による影響を受けざるをえなかった。量産型のビジネスは容易に海外の中小企業に代替発注できること、そして国内需要低迷期には発注側の大企業がその仕事を内製に切り替えてしまうことから、大企業の分工場的位置づけの中小企業は不安定な位置づけになってしまっているのである。したがって容易に海外展開というオプションを行使しえない中小企業にとっては、東京城南地域の中小企業に見られるような高度な専門性の獲得、そしてそのような機能を必要としている大企業の研究開発部門との密接な関係構築が必要不可欠になってくる。とりわけ後者の要件は重要である。なぜならわが国製造企業の多くは、「(1) 研究開発拠点を海外に設ける際の技術戦略の自律性が低く、(2) 地域の拡がりも限定的である、という二重の意味で、国際化の低い

14) 渡辺 [1998], pp. 301-302参照。

15) 前掲書, p. 299参照。

水準にとどまっている<sup>16)</sup>」からである。工場に較べて海外展開しづらい大企業の研究開発部門は、取引先を国内中心に求めるしかない中小企業にとっては数少ない安定顧客になりうる。しかしながら植田編 [2000] が指摘するように、東大阪地域が東京城南地域とは異なる発展経緯を辿ったことで、「特定分野での専門性を基礎にした競争力をメインにしたのではなく、多様な分野、多様な企業を含み込んだ多様性と総合性を活用して発展した<sup>17)</sup>」という点を見過ごすわけにはいかない。これもまた都市型工業集積における中小企業のひとつの存立のあり方だからである。

東京城南地域と東大阪地域以外に目を向けると、愛知県の都市型工業集積も有用な示唆を与えてくれる。先の両地域に較べると知名度こそ低いものの、愛知県は30年以上にわたって製造品出荷額全国1位の座を保持しており、業種別に見ても輸送用機械、業務用機械、プラスチック、鉄鋼業、ゴム製品などで1位を誇るような製造業依存の県である。一般には、トヨタ自動車やその主要グループ企業の本社・工場が集中立地する豊田市、刈谷市を中核とする三河の自動車産業が知られているが、名古屋市を中核とする県西部の尾張地方は多種多様な機械工業が発達した都市型工業集積を形成している。とりわけ名古屋市南部の熱田区・中川区・南区には戦前からの中小企業が数多く集積している。名城大学地域産業集積所編 [2008] は、愛知県の工業集積上の特徴として、三河の企業城下町型

工業集積と尾張の都市型工業集積が相互補完関係にあることを指摘している。三河の自動車産業は「小ロット・難加工・多変動」の試作品を尾張の工業集積に依存しており、逆に尾張の中小企業は景気変動による仕事量の変動を三河からの安定的な自動車関連業務で補うという形で依存しているのである<sup>18)</sup>。名古屋市南部の試作に携わる中小企業の場合、都市型工業集積内での多様な受注先を確保していることに加えて、品質基準が厳格な三河の自動車産業と長年取引をしてきたことから技術水準が高く、それに加えて手堅い受注環境が近隣に存在することから経営の安定性も比較的高い。立地特殊な要件に負うところは多いものの、名古屋市南部の事例は、東京・大阪の長所を併せ持った試作ビジネスのあり方を提示しているのである。

以上のように産業集積論における試作の議論は、大企業の研究開発部門と連携しつつ多様性を担保することに集積内の中小企業が生き残る方法を見出している。そのひとつが試作専業という存立基盤のあり方であった。ただし、東京城南地域、東大阪地域、そして名古屋市南部のいずれにおいても一貫して事業所数と従業員数は減少傾向にあることは事実であり、専門性を活かした試作ビジネスに希望を見出せばよいという単純な議論ではない。産業集積には集積そのものにメリットがあるため、櫛の歯が欠けるように近隣企業が淘汰されて集積の効果が薄れてしまえば、早晩そこに立地する中小企業も立ち枯れしてしまう可能性が高いからである。したがって試作に携わる中小企業には、大企業の研究開発部門を補完する高度な専門性と激しい需要変動に即座に対応できる製造能力のフレキ

16) 榊原 [1995], p. 216参照。ただし榊原は長期的には日本企業も研究開発組織の国際化に取り組まねばならないことを指摘しており、ここでの関係性が中小企業に安寧を約束するものではないことに注意しなければならない。

17) 植田編 [2000], p. 230参照。

18) 詳しくは、名城大学地域産業集積所編[2008], pp. 35-38参照。

シビリティに加えて、顧客の新規開拓という営業機能の強化が必須になってくる<sup>19)</sup>。この点については次節で議論しよう。

### (3) ベンチャー起業論の視点

続いてベンチャー起業論における試作の議論であるが、ここではイノベーションの進展がもたらした新しいベンチャーのあり方と試作ビジネスとの共通点を探るという観点から見ていこう。具体的には、試作と量産の境界を無くす、低価格3Dプリンタを利用した「ひとり製造業者」の誕生とその意義についてである。3Dプリンタとは、樹脂などの材料を積層して立体の造形物を作り上げる機械のことである。

Anderson [2012] は、ICT（とりわけウェブ技術）の進歩と3Dプリンタの低価格化によってユーザー（消費者）が簡単にメーカー（製造業者）になることができる時代になったと主張する。それは、「ウェブの貢献は、発明の手段のみならず生産の手段をも民主化したこと<sup>20)</sup>」に起因する。そもそも伝統的な製造業とは、大規模な工場と多くの労働者、そして高価な機械設備を導入して規格品の大量生産を行うビジネス・モデルである。この問題点は大きく分けて2つあり、第1にユーザーは本当に欲しい物ではなく、それにより近い規格品しか選ぶことができないこと、また第2に巨額の資本が無ければ製造側に立つことはできないというこ

とである。Andersonによれば、ウェブの技術と3Dプリンタなどのデバイスを融合したデジタル生産（digital fabrication）の実現によってこれらが解決しつつあるということである。そのロジックはこうである。「大量生産の場合は、費用の大半は機械設備の導入時に必要になり、また製品が複雑になればなるほど、そして設計変更が増えれば増えるほど、費用はまた大きくなる。しかしこれがデジタル生産の場合には真逆になる。伝統的なものづくりでは費用がかさむものが無料でできる<sup>21)</sup>」ということである。つまり、デジタル生産の最大の利点は限界費用が不変だということにある。

こうして、仮に巨額の資本を調達できなくても誰もがメーカーになることができるようになった。それまでユーザーだった人が、ウェブを介して本当に欲しいと思ったものを格安で調達できる可能性が拓けてきたのである。インターネットで検索すれば、3Dプリンタやそれに類するデジタル制御された工作機械を使ってオンリーワン商品を製造してくれる業者を探すことは容易である。もちろん、自ら3Dプリンタを購入し製造を請け負う側になることもできる。このようなものづくりの形態のことをGershenfeld [2005] は、パーソナル・ファブリケーション（personal fabrication）と呼ぶ。

また前述のAnderson [2012] は、デジタル生産の更なる可能性を次の要素に求める。それらはすなわち、「デジタルなファイル（製品設計情報）は誰とでも共有することができ、また追加コストや品質劣化を伴わずに複製することができる。それ以上に重要なのは、いとも簡単にそれらのファイルを変更・編集することがで

19) 植田編 [2004] では、縮小しつつある産業集積にいかに対応するかという点において、近年の研究では「個々の企業レベルの意識改革と取り組み、企業間のネットワーク、産官学の取り組み」（p. 276）が重視されていると指摘しているが、本研究では第1の点に主な関心を置いている。

20) Anderson [2012], p. 7参照。

21) *Ibid.*, p. 88参照。

きること<sup>22)</sup>」である。ウェブを通じて無数の人々が設計情報を自由に操作・変更できるようになれば、その製品の価値は短期間に著しく向上することが期待できる。これが意味するところは、「生産手段を容易に入手することができ、製品の設計情報が自由に共有できるならば、ハードウェアもまたソフトウェアと同じように進化するだろう<sup>23)</sup>」ということである。

デジタル生産やパーソナル・ファブリケーションは、言うなれば究極のフレキシビリティを実現した製造業の姿である。量産対象の最終製品が試作と同じ論理で生産されていることになる。つまり、超少量超多品種のものづくりである。こういった業態の一般化は、長期的に見れば前項で議論したような試作を生業とする中小企業にとって脅威になりうるが、今のところ3Dプリンタの絶対性能が低く、自動車や電機といった高度な技術力や品質を要求される分野に適用するには至っていない。逆に、試作専門の中小企業がデジタル生産に進出し、そのノウハウを最大限に活かして既存産業にこの新しいイノベーションを移転することができるならば、競争力は大いに高まるであろう。また、デジタル生産やパーソナル・ファブリケーションには新産業創出の潜在性を見出すことができる。そしてそれは、自動車産業を中心とする現在のわが国製造業の持続的発展と必ずしも矛盾するものではない。なぜなら、デジタル生産に最も親和性が高い生産規模はせいぜい数百から数千個であるとAndersonは指摘しており、それ以上の数量になると従来の規格大量生産の方が経済性の面で優れるからである。大量生産とデジタル生産、パーソナル・ファブリケーション

は共存することができるのである。

### 3. 政策提言に向けた予備的考察

本節ではここまでの議論を整理し、試作機能・プロセスの分析から導出される諸要素から将来のわが国製造業の振興に向けた提言を検討していく。まず試作という概念の理解であるが、情報転写アプローチから見ると、試作とは開発段階で仮説設定された製品設計情報、媒体、製法・工法に付随する不確実性を排除し、生産に移行するという役割を担っていることになる。そして現在の試作には、開発リードタイムの短縮や開発費低減という背景から超少量超多品種という性格が与えられている。ここで付言しておかねばならないのは、試作品の取引において、発注側にとっては各種の検討や実験のための不完全な試作品かもしれないが、受注してそれを納める側にとっては一定の要件（発注側企業の設計図面や仕様書の指示内容）を満たした最終製品だという点である。このことは、次に考察する大企業の持続的発展に向けた提言において重要な認識になる。

#### (1) 大企業へのインプリケーション

次に、わが国製造業の持続的発展の可能性を企業規模別に見ていこう。まず大企業であるが、ここでは経営管理論の文脈から試作機能・プロセスを議論してきた。繰り返しになるが、今やわが国製造業においては、自動車産業を除いて多くの産業が国際競争力を喪失してしまっている。その要因は諸説あるものの、共通しているのは、日本企業が品質面で劣るから競争力を失ったわけではないということである。実態は、品質は高いものの当該製品がコモディティ化してしまったことで、新興国企業とのコスト

22) *Ibid.*, p. 74 参照。かっこ内は筆者補足。

23) Gershenfeld [2005], p. 15 参照。

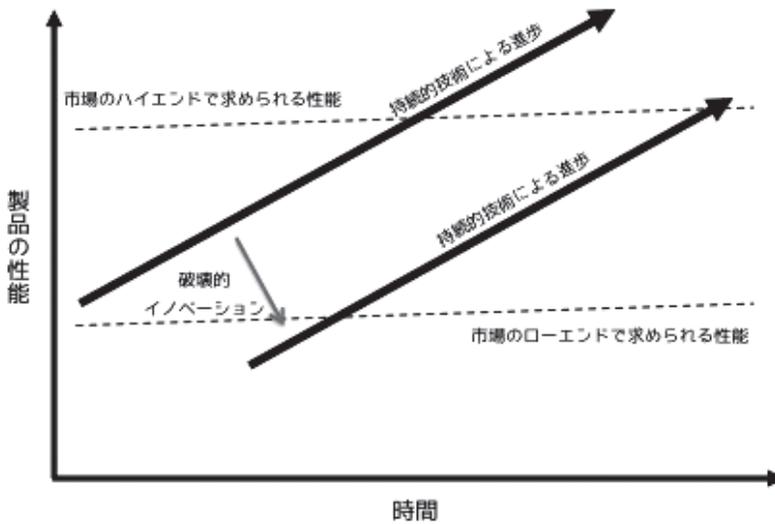


図2 持続的イノベーションと破壊的イノベーションの影響  
出所) クリステンセン, 邦訳 [2001], p. 10, 図0.1

競争に敗れたというパターンが多い<sup>24)</sup>。工業製品のコモディティ化に対抗するソリューション開発は、実務面でも研究面でもわが国喫緊の課題として理解されている。その方法論としては単にイノベーションを加速させることのみならず、ブランド化を促進したり、デザインを経営に活かしたり (Verganti [2009])、あるいは製品の意味的価値を考慮した経営を追求したり (延岡 [2011]) といった様々なアプローチがある。しかしここでは、より根源的なテーマを追求する。それは、価格に転嫁できない高すぎる品質をいかに抑制するかという課題に大企業がどのようにして取り組んでいけばよいかということである。

品質がいくら高くてもそこに顧客が価格相応の価値を見出してくれなければ、その高品質

へのこだわりは企業側の単なる独りよがりには過ぎない。それが是正できなければ、その企業はいずれ淘汰されるであろう。このことは、企業は合理的に失敗することを持続的イノベーションと破壊的イノベーションの概念から説明した Christensen [1997] の議論から推量することができる。図2に示したように、既存大企業は高い品質を目指して自社製品の持続的イノベーションに取り組み続け、既存顧客の要求に最大限コミットするよう行動する。すると持続的イノベーションはいずれ市場のハイエンド層の要求水準を満足してしまう。しかしながら既存大企業は十分な支払い意思を示している既存顧客から離れることができず、後発の、しかもかつては取るに足らない低品質の製品しか提供していなかった新興企業に市場の大部分を奪われてしまうという論理である。このような Christensen の説明に登場する、市場のハイエンド層の要求を満足してなお持続的イノベーションを続けようとする既存大企業こそ、世界

24) 例えば榊原・香山編 [2006] では、日本企業の凋落がデジタル機器のコモディティ化から説明されている。

最高水準の品質を誇りながら凋落していった多くのわが国製造企業のことなのである。

わが国製造企業が品質を下げられず、かつ高コストになってしまうには構造的な要因がありそうである。例えば湯之上 [2012] には、かつて隆盛を誇ったわが国半導体産業の生産現場でいかに無駄な工程が多く、かつその無駄が検証されることなく継承され続けてきた事実が指摘されている<sup>25)</sup>。わが国製造企業の多くが気づかなければならないのは、「そこにもはや十分な数の顧客は存在しない」という事実である。価格に転嫁できない品質をいつまでも追求するのではなく、適正品質・適正価格によって市場のボリュームゾーンに回帰すべきである。

しかしながら、もはやわが国製造企業の多くにとっては、グローバル市場のボリュームゾーンである適正品質がどこにあるのかを的確に把握するのは難しいのであろう。世界で最も品質に厳しいと言われる日本市場で長年競争を繰り広げ、基準を極限まで引き上げてきた結果、わが国製造企業の高品質追求は高止まりしてしまっているからである。このような状態を本研究では「品質の高原 (Plateau of the quality)」と呼ぼう。そこで参考になるのが、試作の概念である。前述のように、発注側企業にとっては不確実性の塊とも言える試作品であっても、一定の品質要件にしたがって製作した納入側にとっては製品である。作り方や素材に違いはあったとしても、発注側企業が将来市場に出そうとしている製品イメージを不完全ながら物理的に再現したものである。このとき、「品質の高原」状態を上限、試作品の水準を下限として

設定し、その間に論理的には無数に存在する中間形態を検討することで、その中から適正品質を見つけ出すことができるかもしれない。ここで重要なことは、検討段階ではあらゆるタブーを設けないことである。それは例えば、「本当に何千万円もする量産用金型でなければいけないのか？ 耐久性や精度は劣るかもしれないが、試作で使う数十万円の金型を複数用意することで近似値を狙うことはできないか？」といったことを真剣に議論することである。

試作が不確実性の排除のために存在するのであれば、逆にその不確実性の一部を正規の仕様に落とし込むダウングレードの手法を開発することも立派なエンジニアリングである。一部の先駆的な企業には新興国の競争相手から製品を購入し、高品質企業が低品質企業から学ぶという意味で逆リバース・エンジニアリングを実施している事例もあるが、今わが国の主要製造企業に必要なのは、あらゆる手法を試しつつ「品質の高原」から下山する道をつけることにある。

## (2) 中小企業へのインプリケーション

中小企業と試作との関わり方については、産業集積論の文脈から議論してきた。本研究では、産業空洞化に対抗するために中小企業が試作専業に存立基盤を見出すことをひとつの可能性として提示した。そのためには、第1に大企業の研究開発部門を補完する高度な専門性、第2に激しい需要変動に即座に対応できる製造能力のフレキシビリティ、そして第3に顧客の新規開拓という営業機能の強化が必須であることを明らかにした。

とりわけ第3の点については、中小企業論の研究分野で古くから指摘され続けてきたことであるが、実際のところ現業部門の作業に手一杯で人的資源の制約が大きい中小企業において

25) 例えば湯之上 [2012], pp. 98-100には、わが国半導体企業が異常なまでに歩留まり向上に執着してきたエピソードが例示されている。

は、営業に専念できる従業員を確保することは難しい。畢竟、経営者がその任に当たらざるをえないだろう。その場合、慣れないセールストークに苦心することは火を見るより明らかであることから、そのようなスキル向上に時間をかけるよりも製造企業らしく技術を売りにした方が顧客にとってもメリットがある。現有の専門性に加えて、前節で紹介したようなデジタル生産のノウハウを披露することができれば、集積内に立地する大企業の研究開発部門だけでなく、より広範な地域に顧客を求めることができるかもしれない。そのことはつまり、都市型工業集積の立地特殊性に恵まれない中小企業であっても、国内市場で生き残っていくことができる可能性を示唆している。ただし、デジタル生産にいち早く参入するための様々なコスト、技術習得のための時間は確保しなければならない。その意思決定も含めて、経営者こそがこの業務に取り組む上で適任なのである。

### (3) 新産業創出が期待されるスタートアップ企業、個人へのインプリケーション

ベンチャーや起業家と試作との関わり方についてはベンチャー起業論の文脈から議論し、量産と試作の垣根を取り払ったデジタル生産、パーソナル・ファブリケーションの有効性を指摘してきた。要点は、これがいくつもの新しい産業を生み出す可能性を持つということである。そしてそれらは、既存大企業の大量生産と共存可能なニッチ市場の集合体として出現することが期待されている。

新産業の創出は、ポスト自動車産業の萌芽を渴望するわが国の産業振興にとって最も重要な課題である。したがってここで熟考しなければならないのは、いかにその土壌を整備し起業を促進するための仕組みづくりができるかどうか

という視点に基づく政策立案と展開のあり方である。わが国には世界に冠たるハードウェア分野での実績、そして先進国相応のソフトウェア分野の産業規模が揃っている。デジタル生産やパーソナル・ファブリケーションはこれら両者の融合であることから、わが国にこのような新しいものづくりの形が根付く余地は十分にあるはずである。あとはそれを支援するための枠組み、とりわけ過去幾度もベンチャー・ブームの度に指摘されてきた、万一起業に失敗したとしても容易に再挑戦できるような制度の充実が望まれるところである。

### おわりにかえて

本研究の目的は、ものづくりにおける試作の定義とその役割、そこから期待される今後の産業振興への応用可能性について検討し、提言のための予備的考察を行うことであった。はじめに様々な側面を持つ試作という概念に「製品・工程双方の不確実性を潰し込むための一連の仮説検証体系」という定義を与えた。そしてまた、情報転写アプローチから試作の特徴を説明した。

産業振興のための提言については、試作概念を取り扱った経営管理論、産業集積論、ベンチャー起業論の3つの先行研究を検討し、いくつかのインプリケーションを導出した。経営管理論の文脈では大企業が議論対象の中心にあり、ここでは「品質の高原」からの下山道を探索することの緊急性を指摘した。次に産業集積論の文脈では中小企業の存立基盤について議論し、試作専業という存立形態の提案と新しい技術革新の導入に努めることの重要性を説いた。そしてベンチャー起業論の文脈においては、わが国の次世代を担う新産業創出のためにベンチャー育成と支援のための制度充実の必要性を

確認した。

しかしながら本研究は、試作機能・プロセスの概念を整理し、先行研究の検討から試作の議論を再構築した予備的考察に過ぎない。ひとつひとつの提言を実現性あるものにしていくためには、各分野での実証研究を進めながら先駆的な事例からのフィードバックなどを得ていく必要がある。このことが本研究の次なる課題である。

本研究は、2013年度地域志向教育研究経費（名古屋学院大学）、研究課題「産業空洞化に対抗するための超多品種少量生産機能に関する研究：試作ビジネスの実態と課題」（研究代表者：佐伯靖雄）による助成を受けた研究の一部である。

## 参考文献

- Anderson, C. [2012], *Makers: The New Industrial Revolution*, New York, N. Y.: Crown Business.
- Christensen, C. M. [1997], *The Innovator's Dilemma*, Boston, MA: Harvard Business School Press. (玉田俊平太監修・伊豆原弓訳 [2001], 『イノベーションのジレンマ増補改訂版』翔泳社)
- Clark, K. B., and Fujimoto, T. [1991], *Product Development Performance: Strategy, Organization, and Management in the World Auto Industry*, Boston, MA: Harvard Business School Press.
- 遠藤健児 [1985], 『試作の工学 (増訂三版)』開発社
- 藤本隆宏 [1997], 『生産システムの進化論：トヨタ自動車にみる組織能力と創発プロセス』有斐閣
- 藤本隆宏 [2001], 『生産マネジメント入門I：生産システム編』日本経済新聞社
- Gershenfeld, N. [2005], *FAB: The Coming*

*Revolution on Your Desktop—from Personal Computers to Personal Fabrication*, New York, N. Y.: Basic Books.

- 名城大学地域産業集積研究所編 [2008], 『産業集積とグローバルゼーション：愛知県の産業集積の構造的特徴とアジア大の分業構造』名城大学地域産業集積研究所
- Morgan, J. M., and Liker, J. K. [2006], *The Toyota Product Development System*, New York, N. Y.: Productivity Press.
- 中村秀司・研究開発研究会編 [1984], 『開発・試作のうらおもて』開発社
- 延岡健太郎 [1996], 『マルチプロジェクト戦略：ポストリーンの製品開発マネジメント』有斐閣
- 延岡健太郎 [2002], 『製品開発の知識』日本経済新聞社
- 延岡健太郎 [2011], 『価値づくり経営の論理：日本製造業の生きる道』日本経済新聞出版社
- 榊原清則 [1995], 『日本企業の研究開発マネジメント：“組織内同形化”とその超克』千倉書房
- 榊原清則・香山晋編 [2006], 『イノベーションと競争優位：コモディティ化するデジタル機器』NTT出版
- 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
- 植田浩史編 [2000], 『産業集積と中小企業：東大阪地域の構造と課題』創風社
- 植田浩史編 [2004], 『「縮小」時代の産業集積』創風社
- Ulrich, K. T., and Eppinger, S. D. [2003], *Product Design and Development: Third Edition*, New York, N. Y.: McGraw-Hill.
- 渡辺幸男 [1997], 『日本機械工業の社会的分業構造：階層構造・産業集積からの下請制把握』有斐閣
- 渡辺幸男 [1998], 『大都市圏工業集積の実態：日本機械工業の社会的分業構造 実態分析編1』慶應義塾大学出版会
- Verganti, R. [2009], *Design-driven Innovation: Changing the Rules of Competition by Radically Innovating What Things Mean*, Harvard

Business Press.

Womack, J., Jones, D. and Roos, D. [1990], *The Machine that Changed the World*, New York:

Rawson Associates.

湯之上隆 [2012], 『電機・半導体大崩壊の教訓：電  
子立国ニッポン，再生への道筋』日本文芸社