

若手技術者へ贈る言葉

21 世紀型「モノ」づくりの行方



柴田順二

「モノ」づくりは何故世界一を目指すのか？

一昔前にならうか、旧民主党政権下における事業仕分けの公開場(2009年)で、蓮舫参院議員が発した素朴な質問がマスコミの好餌となったことは未だ記憶に新しい。曰く、「(「モノ」が)世界1になる理由は何かあるのでしょうか？2位じゃダメなのですか？」。仕分けの俎上に上ったのが当時、理化学研究所が開発中のスーパーコンピュータ「京」であり、計算速度の世界一を目指していた。多少の性能格差ならば2位だっていいじゃないかとの発想は、素人ならずとも抱いて当然であろう。スポーツに喩えるならば、記録のトップ価値(因みに、僅か0.01秒更新した9秒台の日本記録に対する莫大な報奨金はその貨幣価値)は言うに及ばず、金メダルと言う勲章が世界記録に優るとも劣らない社会価値を生み、あるいは勝負に敗れた者のスポーツマンシップを称える倫理価値など、順位に対する価値観は多様である。元来、このような寛容さは、伯仲した順位を偶然事象(時の運)と受入れる東洋的精神に根差すのであろうか。

翻って、必然性が命である技術事象に立ち返って見る。「モノ」性能のランキング1位と2位についてその技術価値の格差を問われる事態に直面した時、エンジニアの多くは虚を衝かれる思いであったに違いない。国威の発揚、メカブランドの誇示、商品改善へのインセンティブなど、ランキング1位がもたらす効能を否定はしないものの、僅差の技術チャンピオンを生み出すために要する1千億円を超える予算請求を正当化する根拠としては、いささか情緒論の誇りを免れない。果せるかな、問われた当事者や世論を煽り立てたメディアは蓮舫発言を丸投げ報道しただけで、世界1を目指す理由については一言も触れようとしないのである。恰も、「モノ」づくりでは1番取らなきゃ意味が無い、このことは自明の理であり今更記すまでも無い、とでも言う素振りである。「モノ」づくりを生業とする当学会員諸賢は、この蓮舫議員の問いをどのように受け止められたであろうか。筆者は、世界トップ性能の創出こそが「モノ」づくりにとって正道である、と考える。以下に、その技術背景を踏まえながら掲題について私見を述べさせて頂きたい。

「モノ」づくりのパラダイム -技術価値の創出

いつの頃からか工業生産が「モノ」づくりと呼ばれるようになった。実学を旨とする「モノ」づくり技術 Technology は知の探究を託された科学 Science とは対極にある。このことから、「モノ」づくり技術の本質は価値の創出にあり、その技術価値を実体化したものを「モノ(人工物)」と呼び、「モノ」づくりの定義を実体化のための生産プロセス、としたのである。更にこの3段論法により、「モノ」づくりは技術価値の創出にあり、とのパラダイムが導かれる。市場摂理によれば、トップ性能を有する「モノ」に買い手が1点集約され、2位やビリの別なくその存続意義を喪失して淘汰される。それ故に、性能チャンピオンが市場競争において1人勝ちし、先行者利益を享受することになる。さらに、性能チャンピオンの技術 DNA はその性能の進化を掌り、現チャンピオンを凌駕する別の技術 DNA が現れるまでフロントランナーとして技術価値の創出を続ける特権を得るのである。

スーパーコンピュータ「京」の開発予算が一旦凍結となった後日談であるが、幸いなことに申請予算を一部削られたものの開発は続行された。そして2年後に単純計算速度(TOP500)で世界一に輝いたが、それも束の間、チャンピオンの座を米国、中国の同系機種に明け渡すことになる。捲土重来を期して登場した後継機種「富岳」が再びスパコン世界ランキング(グラフ500)No.1の座に収まり、以来、2021年の今日までその地位を死守している。今や、学術研究はもとより、天気予報や環境・気候変動シミュレーション、バーチャルツールなどデジタル化社会におけるスーパーコンピュータの活躍の裾野は限りなく広がり、ビッグデータやAIによる貢献は計り知れない。スーパーコンピュータは現代の生活風景を一変させたのである。そして最近、量子コンピュータという新たな技術 DNA が現れ、現チャンピオンの座を脅かし始めている。

技術価値の中味 -その基盤はミッション機能

「モノ」の技術価値は、不易価値と流行価値から構成される。両者の中、「モノ」づくりの主役を演じるのが不易価値であり、その価値を創出するのが「モノ」の性能である。更に、性能は機能と品質に大別される。

“機能”とは「モノ」のミッションであり、中でも「モノ」のアイデンティティと見なされるのがミッション機能(主機能)である。それ故、ミッション機能こそが「モノ」の市場競争力を制する主要因子であり、それには「モノ」づくり技術が大きく関わっている。要するに、「モノ」の進化は、ミッション機能チャンピオンの座をめぐる開発・設計・製造競争の歴史なのである。

一方、“品質”とは「モノ」の信頼性・安全性を示す指標であり、ユーザにとっても魅力ある属性なのだが、従来、「モノづくり」において暗黙知として扱われ、何故か「モノ」の価値に及ぼす具体的な議論を見ないまま、抽象的な評価に止まっている。近年、循環型社会を目指して変貌する中で、品質へも以前よりは関心が向けられるようになった。その話題については追って触れることにする。

なお、流行価値に関わる属性には市場性(需要、意匠、使勝手、納期など)が当たり、商用価値に反映されるが、本稿での言及は割愛する。

機能の進化とコモディティ化 -失われた 20 年

継承される技術 DNA のミッション機能はロジスティック曲線を辿って日進月歩し、終には設計理論、製造技術、経済性などにより制約されるある限界値に収斂する。この進化プロセス後半の定常ステージに達する頃には、当該「モノ」づくりはその技術の体系化、標準化、オープン化を進め、何れのメーカーでも製造できるまでに成熟する。俗に言う、コモディティ化である。「モノ」がコモディティ時代へ遷移すると、先行メーカーと新興メーカーの性能が伯仲し、相互の較差が見え難くなる。再び、オリンピック陸上100メートル走に喩えると、究極まで鍛え抜かれた一流走者の勝負を判定する精度は、写真計測の分解能にまで達する。若しかすると、この僅差はトップアスリートのフィジカル勝負を超えて、スポーツ器具メーカーの「モノ」自体(シューズやウエアの特性)の影響を受けかねない。しかし、その走力(「モノ」づくり技術力の比喩)そのものを問うならば、0.1秒/100m(10^{-2})の較差は精密(10^{-3})の1桁以下であり、有意水準を遥かに越える大差なのである。

性能の有意差を看板に市場を席卷し、規模の経済を利用して GDP の高度成長を謳歌してきた先進メーカーにとって、コモディティ化はその繁栄の終焉警告を意味している。これがミレニアムの頃から先進国の経済を閉塞させた、いわゆる、失われた 20 年をもたらした技術背景である。ここで、性能勝負からコスト競争への戦術転換は、自由経済の社会では極めて当然であり、この構造不況の打開を迫られた先進メーカーの多くが流行価値の追求に舵を切ることになる。斯くして、コ

モディティ市場の覇権は、経営体力のあるメーカーによって席卷される構図が出来上がったのである。ミッション機能がムーブメントやチップにモジュール化された時計、ボールペンなどの産業は、この技術事情を如実に物語っている。

コモディティ化のブレイクスルー -革新と深耕

コモディティ化を打開するには、成熟化した性能のブレイクスルーこそが王道である。これには、技術の“革新”と“深耕”という 2 つ途が開かれている。前者は新たな技術 DNA の創造による革新(イノベーション)であり、後者は継承した技術 DNA を洗練する深耕(リノベーション)である。例えば、脱炭素社会を実現するブレイクスルー技術として、燃料電池車と水素燃料エンジン車はそれぞれこの両者に見立てられる。何れにせよ、ブレイクスルーにとって必要とされるのは“思い付き、閃き、独創性”はさておき、科学技術の基礎研究や知見から創出される学理基盤である。

[技術革新]

コモディティ化したミッション機能を革新できる新たな技術 DNA を発想することである。これが飽和したチャンピオン性能を不連続に更新する起爆剤となり、再び商品サイクルを活性化する途が拓かれる。そうは言っても、技術革新のシーズは無尽蔵ではない。科学技術の黎明期ならまだしも、ミレニアムが近付く頃には手近なシーズは出尽くし、関連学理も高度化し、技術革新の登場頻度が低下するのは必至である。いみじくも、ローマクラブレポート「成長の限界(1972)」がこの憂慮を予言している。加えて、実用化への行く手に“死の谷”が立ちはだかり、有望なシーズと雖も商品まで昇華させることは至難の業である。現代では、シーズとなる基礎研究や実験、開発などへの先行投資は巨大化し、大きな経営リスクを伴うなど、技術革新は単独メーカーの手に余る事業となっている。もちろん、国策として技術革新を発想、創造、展開できる人材育成が望まれるのは当然である。以前から、日本でも若者の創造性を涵養する教育改革が叫ばれ、つい最近も、ソサエティー5.0 時代の到来を見据えた GIGA (Global & Innovation Gateway for All) スクール構想が報じられた。

[技術深耕]

旧来の技術 DNA を継承しつつ、既成性能の改善、洗練、進化を目指して只管、その技術深耕に専念するのがこのパラダイムである。その愚直な努力が、「モノ」づくり技術力を紙一重ながら他メーカーの追従できないレベルにまで差異化させるのである。このような技術深耕型から生まれる「モノ」は、コモディティ化商品

に比べると紛れもなく一味違う、燻し銀の性能を發揮するのだが、同業プロ、目利き、オタクは別として、素人にとってこの違いを容易には識別できない恨みが残る。このことはマザーマシンと汎用工作機械の比較によって合点されるであろう。不思議なことは、ロングライフ商品として生残るのは、決まって技術深耕型なのである。わが国で“のれん”を守る長寿企業(百年カンパニー)が数万社も存在している現実、技術深耕による紙一重の性能格差が一流品や本物と呼ばれるブランド化を醸成する、との理由になるかも知れない。ロングライフ商品として、カラシニコフ銃やホンダスーパーカブなどは今やレガシーであり、最近では、技術深耕のパラダイムを地で行く某イギリス企業が、掃除機の世界トップブランドメーカーに躍り出たことは夙に知られている。

循環型社会と新たな技術観 -サステナビリティ

「モノ」を大量に生産・消費・廃棄する浪費の付けが回って来て、今や、エネルギー・資源の有限性や気候の温暖化が顕在化している。この地球環境を守るべく環境負荷を低減するために、サステナビリティ(持続可能性)を最優先する生活文化への転換が先進国に迫られている。従来のような機能や低価格一辺倒の「モノ」の価値観に換わって耐用性、すなわち一生「モノ」やライフサイクルコストの意義に世界の目が向けられるようになったのである。

サステナビリティと言う観念は、消費者ニーズとして過去においても存在した。例えば、ランドセルである。ありふれたこの通学用具には意外にも、サステナビリティへの配慮が隠されていることにお気づきであろうか。兎角、わが子の入学式に舞い上がって親はその値段(5~7万円)の破格さを忘れ勝ちだが、冷静に考えて見るに小学児童が用いる用具にしては確かに高価過ぎる買い物である。当世、サラリーマンですら部分皮革製ビジネスカバンがせいぜいであり、ランドセル並の全皮革製カバンを携帯することなど希なのでは... しかも、PL法が施行された今日とは言え、耐用消費財の保証期間は高々1~2年に過ぎない。このような世相の中で、小学6年間の耐用性を絶対保証しなければならないランドセルの価格は、“不易価値 \propto 性能 \times 耐用時間”と言う価値規範に則れば、実にリーズナブルである。

サステナビリティの本質 -製造品質と設計品質

繰り返すが、「モノ」の性能の中味は“機能”と“品質”である。伝統的に、「モノ」づくりでは機能創出に重きが置かれた。これに対して、暗黙知の扱いであった品

質を科学技術の指標として捉え、環境負荷を目安に「モノ」の価値を保証しようというのがサステナブル・マニファクチャリングの趣旨である。ところで、エコスフェアをご存知であろうか。完全シールしたガラス球の中に生産者として藻、消費者として小エビ、媒体としてバクテリアが水と共に密封され、日光によりその生態系が長期間維持される、究極のサステナブル・マニファクチャリングである。そして今や、アクアホニックス(魚養殖-微生物-野菜水耕システム)が実用化している時代なのである。

品質とは、「モノ」の信頼性と安全性の指標であり、製造品質と設計品質に分けられる。

歴史的には、製造品質は日本の戦後復興に役買い、既に品質管理として技術体系化がなされている。一方、巨大システム化された航空機、発電プラント、宇宙機器、船舶などの安全性・信頼性を保証する必要から、最近になって設計品質の議論が喧しい。もちろん、以前から設計品質の理念は生活の知恵としては取り入れられ、蚊取線香1巻の火種寿命(就寝時間相当の7時間)はその事例と言える。また、経営実務において原価償却の概念を介して設計品質の意義は認識されていたが、あくまで経済性の視点に止まっていた。その後、「沈黙の春(レイチェル・カーゾン)」による自然破壊への先駆的警鐘があり、次第に設計品質の意義が社会に広まるようになった。当時、複写機*や使い切りカメラ**のリサイクル設計はエポックメイキングな挑戦であった。

設計品質を管理する学術的な手法として、ライフサイクルマネジメントが挙げられる。ここでは表面工学、トライボロジー、信頼性工学、寿命設計などを基礎理論に、設計品質の議論がやっとならに就いたばかりである。何分にも、不確実性の跋扈するトライボロジー現象が絡み、ライフスパンなど設計品質の数値的なその開示すら難しい。一言申し添えたいのは、仕様書に見るミッション機能数値がトップレベルであるからと言って、それが一流品(本物)の証にはならないことである。「モノ」の真贋を分ける分水嶺となるのがサステナビリティ、すなわち設計品質であることを記憶の片隅に留めて頂きたい。

21世紀型「モノ」づくりを拓く -技術と科学の融合

21世紀型「モノ」づくりは、伝統と最新と言う2つの顔を持つ。どちらを重視するか、その落としどころが現代の「モノ」づくりに突き付けられた命題である。

先ず、その理念「価値創出」に当たって、プラグマティズムを至上とする伝統的な「モノ」づくりの顔である。ここはノウハウ、経験、暗黙知が支配的な技術・技能

型の世界であり、理屈は二の次とされる職人気質が尊重されている。このことが「モノ」づくり技術者の矜持にまで昇華された結果、時として科学との確執を生むことになる。産業革命以来、今日まで継承されてきた「モノ」づくりに関わる実務的なデータ・技術情報は膨大な蓄積となり、その山を掘り返すことによって当面するトラブルシューティングやソリューションは大方、見つけ出せるのではなかろうか、との思いは消し難い。「モノ」づくりの伝統的手法を軽視する意味では決して無いが、若しかして、過去の膨大な暗黙知・経験知を知識化・形式知化を通して体系化し、あるいはデータベースを構築できれば、AI を活用することによって過去の知識・情報遺産を活用するだけで現代の「モノ」づくり現場にある程度は対応できるのではなかろうか。これまでを振り返って見るに、どんなに独創的と信じた研究でも、過去に遡ると同じようなアイデアや研究は必ず存在すると心得るべきであろう、というのが筆者の感想である。駆出しの頃、新規性にかかなりの自信を持って取組んだ研究発表に対して先人研究との類似性を指摘され愕然とした思い出があり、また最近の学会誌でも過去論文との重複性をときたま目にして、研究の世代を超えた効率性を自問することもある。

もう 1 つの顔が、「コト」づくりである。サステナブル・マニファクチャリングを標榜する新しいモノづくり時代に臨んでいる今日、技術と科学の融合によるサイエンス型の「コト」づくりの登場を見たのである。ここでは、「モノ」の設計品質の管理が現実味を増している。設計品質は信頼性工学や推測統計学の援用によって展開される科学知である。今では、研究者が研究技術(知識や技能)をインターネット上で販売するビジネスが現実のものとなり、研究者の知識や技能を他分野で生かし、研究者のスキルアップやイノベーション創出につながることへの期待も大きい。とは言え、サステナブル・マニファクチャリングへ向けて設計品質の実務への適用となると、決して簡単なことではない。今後、その実現に向けて望まれることは、科学する心(エビデンスに基づく理詰めの思考)の涵養であり、科学と技術の融合を目指した「コト」づくり技術者の新しい教育体制である。

おわりに

拙稿では、「モノ」づくり技術の歴史的な変遷を踏まえて、その行方について、端折って私見を述べさせて頂いた。日常、マスメディアは社会生活に影響を及ぼす諸問題はもとより、科学技術に関わる専門的な話題でさえも、政治、経済、文化など人文社会を専門とする学者、評論家による論評を取上げ、頻度は多くないものの科学者の見解も折々発信する。それに比べて、工学の視点から情報発言が少ないような気がしてならない。そもそも、総ての社会問題に底流するのは国富の根源となる「モノ」づくりであり、その視点を抜きに論じることは片手落ちであり、事の本質を見誤りかねないのではなかろうか。望まれるのは、「モノ」づくり技術の視点から直面する社会問題を判断して対応する技術者の姿勢である。そのような思いから、冒頭、冗長なことを省みず事業仕分けの話題を本題への端緒に取上げた次第である。

尚、字数の制約もあり、キーワードとなる幾つかの技術用語(モノ、コト、機能、品質、流行、不易、価値など)について、その学術的な説明や解釈を十分尽くさないままに進めたことをご容赦頂きたい。

【注】

* 旧富士ゼロックス株式会社, 現富士フイルムビジネスイノベーション.

**富士フイルム株式会社,「写ルンです」(1986~).

しばた・じゅんじ:元 芝浦工業大学教授(名誉教授)