

# ダウンサイジングイノベーションによる技術進化論と 産業競争力確保に向けた提言

創発戦略センター シニアスペシャリスト 木通 秀樹

## 目 次

1. ダウンサイジングによるイノベーションの動向
2. ダウンサイジングイノベーションの発展プロセス
  - (1) コンピュータにおけるダウンサイジングイノベーション
  - (2) 自動車のパワートレインにおけるダウンサイジングイノベーション
3. ダウンサイジングイノベーションの仕組みと価値設計
  - (1) ダウンサイジングイノベーションの仕組み
  - (2) ニーズ進化の仕組み
  - (3) ダウンサイジングイノベーションの価値設計
4. エネルギー分野におけるダウンサイジングイノベーションの創出に向けて
  - (1) エネルギーシステムの発展プロセスの分析と価値設計図の作成
  - (2) 価値設計図の実現に向けて

## 要 約

1. ダウンサイジングイノベーションは、小型化、低コスト化を経て、従来市場を代替するとともに、新たなユーザーニーズを掘り起こして新市場を開拓するイノベーションである。代表的な分野はコンピュータであり、大型コンピュータからモバイル端末へとダウンサイジングすることで市場を拡大した。同様のイノベーションは、自動車のパワートレインの分野でも発生している。本稿では、ダウンサイジングイノベーションによる市場変革のプロセスを分析することで普遍的な仕組みを提示し、積極的にその仕組みを活用する手法を提案する。
2. コンピュータ、自動車のパワートレインの分野でのダウンサイジングイノベーションの発展プロセスを整理する。コンピュータ分野では、1950年代の大型コンピュータの時代から2000年代までの、ミニコンピュータ、パーソナルコンピュータ、モバイル端末の出現と普及、発展の歴史を整理し、そこに相似な発展のパターンが繰り返されていることを示す。また、自動車のパワートレインの分野においても、1950年代の大型車の時代から2000年代までの、小型車、ターボなどによる小型高性能車、ハイブリッドなどの出現と普及、発展の歴史を整理し、そこにコンピュータと同様の発展のパターンが存在することを示す。
3. 両分野に共通の発展の構造を示し、その構造がITと制御等のシステム技術の発展によって不可逆で普遍的なトレンドとなっていることを示す。また、市場を創出するために必要となるニーズの進化と合わせたダウンサイジングイノベーションの進化の構造を示す。そのうえで、ダウンサイジングイノベーションが生み出す市場の構造を価値設計図として整理し、コンピュータ、自動車のパワートレインの分野での価値設計図を例示する。さらに、この構造を利用して、市場を構想するための価値設計図を作成する三つのステップを示す。①製品、システムの中核となるモジュールと要素技術に注目して、技術の飛躍の発生状況を分析するなどの技術的な検討を行う。②社会的なニーズの方向性を想定し、市場を構想したうえで製品、システムに求められる機能を抽出する。③中核モジュールの状況と求められる機能を考慮して、必要となる付加技術、組み合わせ技術を抽出し、製品、システムを構想する。
4. 大型化が進む代表的分野であるエネルギーシステムへのダウンサイジングイノベーションによる市場構想の方法について提案する。はじめに、エネルギーシステムの発展プロセスを価値設計図で分析する。次いで、新たな市場を構想する。最後に、価値設計図を実現するための四つの実行方策を示す。①次世代のエネルギーシステムにおける価値実現のためには、燃料電池等の設備やセンサネットワーク等のシステムの要素技術、製品化技術の開発促進を行う。②公共市場をテコとするニーズ進化・需要開拓の場を整備する。③住宅・ヘルスケアなどの分野での先導プロジェクトを立ち上げる。④需要家による電力融通の規制緩和、センサーシステムへの制度設計などを行う。これらの実行策を早期に実現することを提案する。

## 1. ダウンサイジングによるイノベーションの動向

近年、複数の分野で製品、システムのダウンサイジングが進んでいる。大型コンピュータから始まり、ミニコンピュータ、パーソナルコンピュータへとダウンサイジングすることで、市場を変革、拡大しているコンピュータの分野が代表例である。ダウンサイジングはイノベーションの源泉となり、小型化、低コスト化を経て、従来の市場を代替するとともに、新たなユーザーニーズを掘り起こして新しい市場を開拓する。同様のイノベーションは、技術体系がまったく異なる自動車のパワートレインの分野でも発生している。本論では、こうしたダウンサイジングを伴って生まれるイノベーションをダウンサイジングイノベーションと呼ぶ。

ダウンサイジングというと、単なる小型化、低コスト化と捉えられることもあるが、ダウンサイジングイノベーションは単なる小型化ではない。例えば、ミニコンピュータが出現した1960年代半ば、大型コンピュータ最大手のIBMは、小規模ユーザーのニーズに応えるために、規模の異なるラインナップを持つコンピュータを市場投入した。この機種は、大型コンピュータとして成功したが、ミニコンピュータの市場でその後に成功したのはDECなどの新興企業であった。従来の市場の製品・システムの性能を落として低コスト化するだけでは、新しい市場を開拓することはできないという典型的な事例といえる。

コンピュータは、ダウンサイジングによって次々に新しいイノベーションが起こった分野だが、自動車分野でも、エンジンを含むパワートレインで、近年急速にダウンサイジングイノベーションが発生している。これに対し、蒸気タービンやガスタービンなどからなる発電施設は、発電規模が大きいほど効率が高いという工学的な思想に基づいて現在でも規模が拡大し続けている。実は、コンピュータにおいても同様の工学的思想があった。コンピュータの分野では、「18カ月でトランジスタの集積度が2倍に向上する」というMooreの法則と並んで、1960年代まで業界の常識だったGroschの法則が有名である。「コンピュータの性能は価格（トランジスタ数）の2乗に比例する」というものであり、この思想に従ってコンピュータの大型化が進められた。大型化に進む明確な理由があったという点では同じだが、コンピュータの分野ではダウンサイジングイノベーションが進む一方で、発電施設は今も大きくなり続けている。

本稿では、ダウンサイジングによって市場変革が発生した分野の発展プロセスの分析を行うことで、ダウンサイジングによってイノベーションが発生する普遍的とも言える仕組みが存在することを提示する。そして、この仕組みを利用して積極的にイノベーションを推進するための手法を提案するとともに、大型化が進み、市場が成熟した発電施設の分野への活用を試みる。そのうえで、将来市場を先取りし、日本の産業競争力向上に資する方策についての提言を行う。

## 2. ダウンサイジングイノベーションの発展プロセス

### (1) コンピュータにおけるダウンサイジングイノベーション

コンピュータ分野では、1950年代にリレーや真空管を用いた大型コンピュータの時代が始まった。当初は、信頼性が低く高価なものだったが、60年代になると、固体物理分野の技術進化により、それまでコンピュータの中核モジュールであった真空管がダイオード、トランジスタという革新技術に移行した。これにより、信頼性が格段に向上するとともにコストも低下し、大型コンピュータは世界中に普及して

いった。60年代後半になると、トランジスタの集積回路であるICと高度な専用OSの登場により、大型コンピュータの普及が加速した。その一方で、大型コンピュータの性能向上を促すために、コンピュータを構成する部品の高性能化、汎用化、低コスト化が進んだ。こうした流れのなか、高速演算が可能なTTL等のICが開発されると、大型コンピュータよりコストが一桁低いミニコンピュータが普及した。

ミニコンピュータが開発されたのは、Groschの法則に従ってコンピュータが大型化していた時代であった。ミニコンピュータの開発者は、当時の大学生が高性能な大型コンピュータよりも、能力は低いが対話式で使えるコンピュータを好んで利用したことに目を付け、事業化を開始した。このような背景から、ミニコンピュータでは、ユーザーとのインターフェースを改善するなど、ユーザーが利用しやすい環境の提供に注力したが、並行してUnixなどの標準化されたOSが登場したため、安価で性能の高いシステムが実現して市場の一部を代替し、コンピュータの裾野が広がった。それでも、この時点のミニコンピュータは、まだまだ高価であったうえ、空調の効いたコンピュータ室と隣接する端末室で専門の作業者が操作する環境が必要であった。

コンピュータの小型化と並行して、ICの普及は工場の機械や生産ラインの制御技術の飛躍的な向上を促した。例えば、それまではカムや油圧などを用いていた制御装置が、デジタル制御により電氣的に動かせるようになり、構造的な制約の少ない自由な制御が可能となった。デジタル化された生産設備は60年代後半にはミニコンをベースにしたFA（Factory Automation）へと発展し、工場の生産性は一層向上し、製品の高精度化を加速した。70年代前半になると、シリコン単結晶製造等の材料生産技術が高度化し、シリコンウエハー上のICの配線をマスクで行うリソグラフィ等の加工が精密化し、さらに、マスクの配線設計の自動化技術によって複雑な配線が可能になることで、ICの集積度が一層高まった。以上を整理すると、コンピュータ技術の進化により、要素技術であるシリコン材料生産技術、リソグラフィのような印刷技術などの発展が促され、コンピュータの中核となるICの集積度を高め、演算装置、メモリ、制御装置が高度化したことで、マイクロプロセッサという技術革新が生まれるという好循環に至ったことが分かる。こうした要素技術、革新技術が絡み合った進化は、コンピュータの信頼性と経済性を継続的に高めることになる。

70年代後半になると、小型集積化が一層進み、個人の利用を想定した新たなコンピュータが誕生した。小型集積化はICをLSIへと発展させ、LSIを汎用化、低コスト化し、小型電卓での利用を可能とした。並行して、設計技術が高度化し、主要なデジタル回路を一体的に構築するマイクロプロセッサが生まれた。このマイクロプロセッサを中核モジュールとすることで、コンピュータの製造技術が簡素化し、ミニコンピュータに比べてコストが一桁低い、パーソナルコンピュータ、PCが普及した。それまでのコンピュータは科学計算や業務計算に用いられることが多く、計算速度が重視されたが、当初のマイクロプロセッサはもともと電卓用に開発されたCMOSを利用した計算速度の劣るプロセッサであった。しかし、このマイクロプロセッサを搭載したAPPLE 1、NECのTK-80などのボードコンピュータが意外なヒットをしたことで、ユーザーに身近なコンピュータに対する潜在的なニーズがあることが分かり、PCという製品が誕生することになったのである。PCは、PC-DOS等の簡易なOSを搭載し、VisiCalcのようなユーザー指向の汎用アプリケーションソフトのプラットフォームとなりコンピュータの利用者を一気に拡大させた。利用者の裾野が広がることで、80年代初めには世界中で10社程度だったPCメーカ

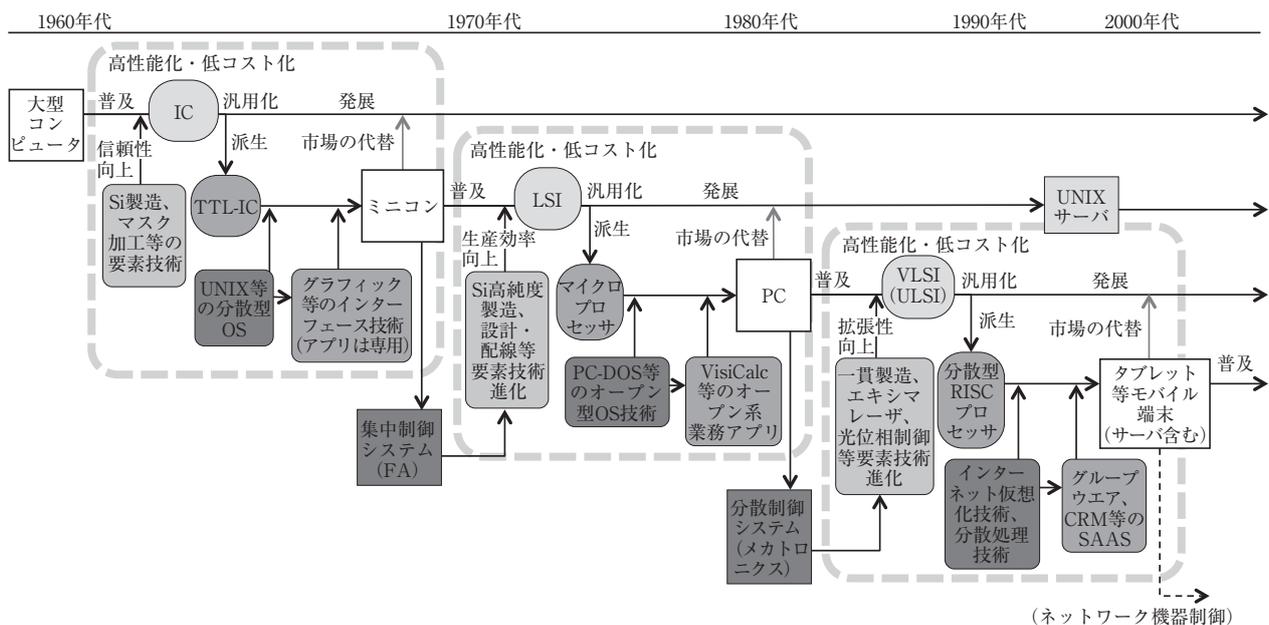
ーは、80年代後半に50社を超えるようになった。価格低下により従来のミニコンピュータの代替と市場の拡大が進み、サプライチェーンの裾野が広がり、さらなる技術革新とコストダウンが進む、という連続的な成長メカニズムが生まれたのだ。

一方、マイクロプロセッサは各種の制御装置を進化させ、メカトロニクスという日本の得意分野の成長にも貢献した。制御技術の高度化は、半導体の一貫製造やエキシマレーザ加工等によってLSIの高集積化を促し、コンピュータ市場の成長を後押しした。

90年代になると、集積回路はVLSIへと進化する。これが汎用化すると、集積回路を利用して性能向上を図ろうとするニーズが拡がり、RISCプロセッサが開発されて通信技術を発展させた。90年代中頃になると、情報通信網の開放とWWWの開発によってインターネットが普及し始め、PCは、インターネット用の情報端末として使用された。さらに、アプリケーションのプラットフォームや外部メモリとして、インターネットに接続されたサーバーを利用する仮想化技術、分散処理などのクラウド化技術によって、新たなインターネット空間が生まれた。この結果、ネットワーク上の多数のサーバーのアプリケーションやデータベースを使うことで、PC側の機能を必要最小限とすることが可能となり、モバイル化が一層容易になり、モバイル端末の低コスト化が進んだ。その意味で、タブレット等のモバイル端末もPCの進化の過程と捉えることができる。多数のサーバーをネットワーク化することで構成される機能を一つの大きなコンピュータに見立てると、モバイル端末はネットワーク化された大きなコンピュータの端末と位置付けることができる。その分だけコンピュータの機能が柔軟に拡大できるようになったため、従来、大型コンピュータを導入してきた大企業も、PCを利用してきた個人利用者がサーバーとモバイル端末を利用する環境に移行するようになった。

以上の流れを整理すると、図表1のようになる。

(図表1) コンピュータの発展プロセス



(資料) 日本総合研究所作成

(ネットワーク機器制御)

【1950～60年代】大型の発展期／小型の誕生期

- ① 大型コンピュータの普及
- ② 半導体製造技術等の要素技術の発達
- ③ 中核モジュールであるICの高性能化とコスト低下
- ④ 汎用化による大型コンピュータのさらなる発展
- ⑤ 高速演算機能を持つ中核モジュールであるTTL等のICの誕生
- ⑥ 新しい中核モジュールとコスト低下した大型コンピュータの部品、OS等の専用技術の標準化、ヒューマンインターフェースの技術等との組み合わせ
- ⑦ ユーザー指向のミニコンピュータの誕生と従来の大型コンピュータの代替

【1970～80年代前半】小型の発展期／新たな小型の誕生期

- ① ミニコンピュータの普及
- ② ICの高集積化技術等の要素技術の発達
- ③ 中核モジュールであるLSIの高性能化と低コスト化
- ④ ミニコンピュータと汎用化のさらなる発展
- ⑤ 電卓の高度化を可能とする中核モジュールとなるマイクロプロセッサの誕生
- ⑥ 中核モジュールと低コスト化したミニコンピュータの構成部品、簡易なOSや有効なアプリケーション等との組み合わせ
- ⑦ 潜在的なユーザーを対象としたPCの誕生とミニコンピュータの代替

【1980後半～2000年代】新たな小型の発展期／さらなる小型の誕生期

- ① PCの普及
- ② LSIの高集積化技術等の要素技術の発達
- ③ 中核モジュールであるVLSIの高性能化と低コスト化
- ④ PCの汎用化とさらなる発展
- ⑤ ネットワーク利用と分散処理を可能とする中核モジュールとなるRISCプロセッサの誕生
- ⑥ 中核モジュールとネットワーク上のアプリケーション等との組み合わせ
- ⑦ タブレット等のモバイル端末の誕生とPCの代替

以上から、コンピュータの分野では、大型コンピュータからミニコンピュータ、ミニコンピュータからPC、PCからモバイル端末へと三つの進化ステージが存在し、各々のステージにおいて、七つの段階を持つ相似形のイノベーションが起こってきたことが分かる。

(2) 自動車のパワートレインにおけるダウンサイジングイノベーション

自動車分野に目を転じると、広い国土を自由に移動するために、アメリカでは1960年代まで大排気量で高出力なエンジンが主流であった。しかし、60年代末、自動車の排気ガスに起因する大気汚染と、化石燃料の過剰消費という社会問題が顕在化し、70年代に入ると厳しい排気ガス規制が課せられることになり、走行性能を維持しつつ、高い排ガス性能を実現するための技術開発が進められた。しかし、汎用技術となっていたV型8気筒のOHV（Over Head Valve）に代表される大型エンジンの設計に工夫を加

---

える取り組みが主流であり、十分な改善が進まなかった。

一方、日本では、アメリカのように快適な長距離移動という大型車のニーズが少ないうえ、道は狭く坂が多いため、パワフルに短距離移動を行う高性能な小型車が適していた。そのため、60年代から大型車のエンジンの技術が小型車に応用され、早くからハイカムシャフトOHVや、DOHC（Double Over Head Camshaft）等の高性能な制御機構が導入されてきた。アメリカにも小型車は存在したが、あくまでセカンドカーという位置付けであったため、小型車の性能向上という視点が欠けていた。

70年代にアメリカで排ガス規制が敷かれると、日本の自動車メーカーは、高い排ガス性能を実現するために、より小型で高度に制御されたエンジンの技術開発を進めた。その一つがCVCC（Compound Vortex Controlled Combustion）エンジンに採用されたリーンバーン技術である。また、酸素濃度を低下させることでNO<sub>x</sub>低減に効果のある排ガス再循環、この時期進化したICを用いた電子制御装置（ECU：Engine Control Unit）などの技術革新も進んだ。これらは、小型車のエンジンが高効率化、高性能化する基礎となった。

80年代になると、景気の拡大を背景に高出力のエンジンが開発される。しかし、ここでも、エンジンが単純に大型化することはなかった。小型で燃費性能がよいエンジンを保有していたからだ。この時に普及したのがターボチャージャーであり、10年ほど前までのレーシングカー並みの馬力を持った市販車が登場した。同時に、点火タイミング、燃料噴射量、吸排気等の電子制御の高度化との組み合わせにより安定した高性能が実現された。一方、ドイツでは、70年代のオイルショック以降、燃料価格が安く、高い性能を出すことができる小型ディーゼルエンジンとターボチャージャーを組み合わせた技術の開発が進んでいた。

90年代になってバブル経済が崩壊すると、環境規制の影響も加わり、自動車エンジンの開発は高出力化から低燃費化に舵が切られることになる。同時に景気後退のなかでコスト削減が追求され、エンジンの小型化が進んだ。90年代初め、ドイツでは小型ディーゼルエンジンの燃料直噴方式が開発され、それまで大出力を得るために利用されていたターボチャージャーが効率性のために使われるようになった。ディーゼルエンジンを直噴方式にするためには、高圧で微量の燃料注入を制御するためのインジェクターが必要であり、加工技術にも高い精度が求められた。ここで登場したのが、小型エンジンのパワー不足を補うとともに、燃費改善とコストダウンも両立するTDI（Turbocharged Direct Injection）である。ディーゼルエンジンは内圧上昇に伴うノッキングの問題がないことからターボチャージャーとの相性がいいうえ、燃料である軽油の価格が安いいため、小型ディーゼルエンジンとターボの組み合わせは普及した。その後、ディーゼルエンジン向けに開発された初期のダウンサイジングシステムはガソリンエンジンにも適用されるようになり汎用化した。

90年代末になると、画期的な燃費性能と環境性を実現したハイブリッドシステムが登場する。ハイブリッドシステムも小型のエンジンと複数の機器を組み合わせることで高い性能を発揮する、という意味ではダウンサイジングシステムの一つといえる。ハイブリッド車の第1号となったプリウスでは、徹底して環境性を確保するために各種の技術が開発された。エンジンについては、出力は低いが高い低燃費性能を確保できる小型アトキンソンサイクルが開発された。アトキンソンサイクルは、エンジンの圧縮比を抑えることで熱効率を改善する技術である。

ハイブリッドシステムの実装を可能としたのは、高度な設計技術である。90年代になると、高度な構造解析ツールがエンジニアのPC上で利用できるようになり、企業の技術開発と設計の能力、速度が飛躍的に向上した。また、ハイブリッドシステムでは、エンジンを最も効率良く利用するために、可能な範囲でエンジンの定格運転を行い、余剰となった動力を電気として蓄え、モーターを駆動するといった、モーター、電池、エンジンの高度な協調制御が実現された。一定容量のNi-MH電池を使用することで、電車に使われていた回生ブレーキの技術も利用できるようになった。ハイブリッドシステムは、従来のエンジンとまったく異なる構造であったため、市場への浸透には時間がかかったが、普及の背景には、モーター、蓄電池等の新しい部品の標準化とサプライチェーンの構築がある。

アトキンソンサイクルの小型エンジンとモーターを組み合わせ、違和感なく自動車を運転できるようにするのは容易ではない。ハイブリッドシステムの高度な制御を実現するには、車両内の多数のECUを適切に組み合わせ運用しなくてはならない。それを支えたのがこの時期に発達したネットワーク技術と制御技術である。ハイブリッドシステムでもう一つ重要なのは自動車の制御に加え、エコドライブモードなどのアプリケーションによって運転者の環境意識との連動を図ったことである。

ハイブリッドの登場以降、ダウンサイジングシステムの中核となる付加技術であるターボチャージャーも大きく変化した。当初のダウンサイジングシステムでは、ディーゼルエンジンの小型化によって不足する高回転時の出力の低下を補うためにターボチャージャーが利用された。これに対し、ガソリンエンジンでは高負荷時の出力を補うターボチャージャーに加え、低負荷時の出力を補うためにスーパーチャージャーも使われるようになった。さらに、ロープレッシャーターボと呼ばれる技術が開発され、低負荷から高負荷までをカバーできるようになった。こうした技術を使ったのが、ハイブリッドシステムと並ぶダウンサイジングイノベーション、TSI (Turbocharged Stratified Injection) 技術である。TSI技術では、複数の機器を単にネットワーク化して組み合わせるだけでなく、統合制御によって設計段階でマップ化された乗り心地、走行性能を自在に作り出すことが可能になった。

ダウンサイジングの中核となる組み合わせ技術であるECUは標準化され、参入企業が拡大して性能が一層向上し、従来のパワートレインでは成し得なかった性能を達成することが可能になった。その結果、ハイブリッド、TSIは、従来の大型エンジンの性能を代替するようになってきている。

以上の流れを整理すると、図表2のようになる。

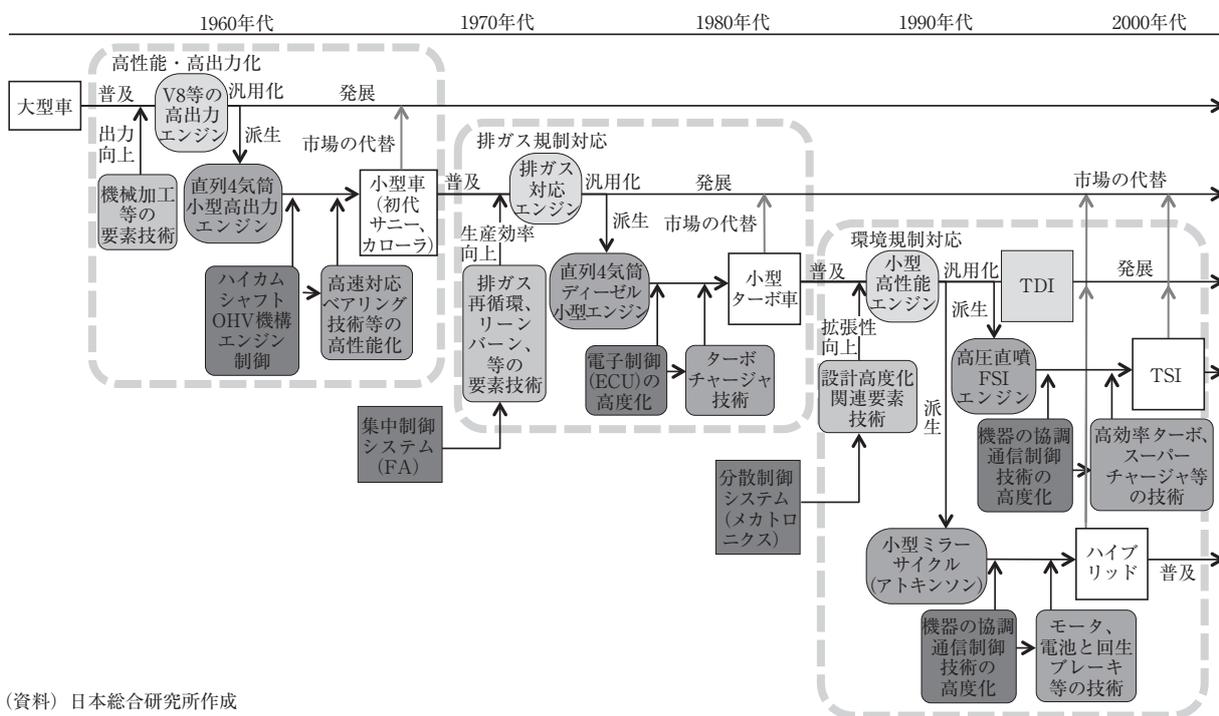
【1950～60年代】大型の発展期／小型の誕生期

- ① 大型車の普及
- ② 機械加工等の要素技術の発達
- ③ 中核モジュールであるエンジンの高性能化、高出力化
- ④ 汎用化による大型車のさらなる発展
- ⑤ 中核モジュールである小型高出力エンジンの誕生
- ⑥ 中核モジュールと高速回転用のベアリング技術等との組み合わせ
- ⑦ 高度な制御機構等を導入した小型車の誕生と従来の大型車の代替

【1970～80年代前半】小型の発展期／新たな小型の誕生期

- ① 小型車の普及

(図表2) 自動車パワートレインの発展プロセス



(資料) 日本総合研究所作成

- ② リンバーン、排ガス再循環等のエンジン要素技術の発達
- ③ 中核モジュールであるエンジンの排ガス性能の高度化
- ④ 汎用化による小型車のさらなる発展
- ⑤ 安価な燃料を利用可能とする中核モジュールである高性能ディーゼルエンジンの誕生
- ⑥ 中核モジュールとターボチャージャーとの組み合わせ
- ⑦ 小型高性能車の誕生と従来の小型車の代替

【1980後半～2000年代】 新たな小型の発展期／さらなる小型の誕生期

- ① 小型高性能車の普及
- ② エンジン設計技術等の要素技術の発達
- ③ 中核モジュールである低燃費エンジンの環境性能の強化
- ④ 汎用化による小型高性能車の発展

自動車のパワートレインの分野では、この後、TDI、TSI、ハイブリッドへの発展が平行して発生して現在に至っているので、ここでは、それぞれを併記する。

(TDIへの発展)

- ⑤ 低燃費を可能とする中核モジュールである高圧直噴ディーゼルエンジンの誕生
- ⑥ ディーゼルエンジンとターボチャージャーの組み合わせ
- ⑦ TDIの誕生と従来の小型高性能車の代替

(TSIへの発展)

- ⑤' 低燃費を可能とする中核モジュールである高圧直噴エンジンの誕生

- ⑥' 高度な制御技術でガソリンエンジンとターボチャージャーとスーパーチャージャーの組み合わせ
  - ⑦' TSIの誕生と従来の小型高性能車の代替
- (ハイブリッドへの発展)

- ⑤" 低燃費を可能とする新しい中核モジュールである小型アトキンソンサイクルエンジンの派生
- ⑥" 高度な協調制御で高効率エンジンとモーターや電池の組み合わせ
- ⑦" ハイブリッドの誕生と従来の小型高性能車の代替

このように、自動車パワートレインでもコンピュータと同様に、大型車から小型車、小型車から小型高性能車、小型高性能車からTDI、TSI、ハイブリッド車へと3つの進化ステージが存在し、それぞれ七つの段階をもつ相似形のイノベーションが起こっていることが分かる。

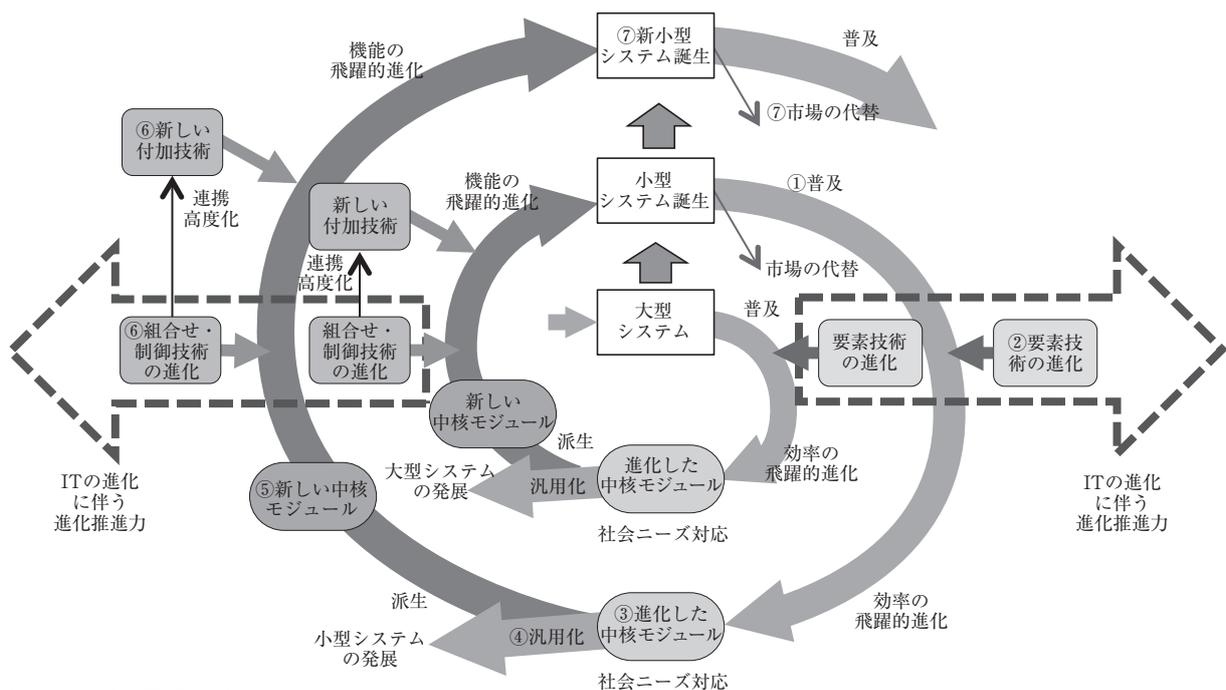
### 3. ダウンサイジングイノベーションの仕組みと価値設計

#### (1) ダウンサイジングイノベーションの仕組み

コンピュータ、自動車のパワートレインの例に見るように、ダウンサイジングイノベーションは、要素技術の進化と各種のモジュールの組み合わせによって生み出される。これらを一般化すると以下のよう表現することができる。

- ① 従来システムの普及
- ② 普及による要素技術の進化
- ③ 要素技術による中核モジュールの進化
- ④ 小型システムの汎用化と発展

(図表3) ダウンサイジングイノベーションの仕組み



(資料) 日本総合研究所作成

⑤ 新しい中核モジュールの誕生

⑥ 新しい中核モジュールとアプリケーション等の付加技術との組み合わせによる機能の進化

⑦ 新たな小型システムの誕生と従来システムの代替

ここで重要なのは、①～⑦で相似性のあるイノベーションのステージが繰り返されることにより、より高度なイノベーションのうねりを形成するというプロセスである。このプロセスを整理したのが図表3である。そして、こうしたプロセスの基盤となっているのがITの進化である。その意味で、ダウンサイジングイノベーションは、ITが進化し続ける限り、不可逆で普遍的なトレンドとなり、新たなダウンサイジングイノベーションが生まれ続ける。

## (2) ニーズ進化の仕組み

前節に示したように、ダウンサイジングイノベーションの新しいステージが発生するプロセスの基盤となっているのはITの進化である。しかし、ITの進化だけで市場が創出されるわけではない。市場が創出されるには、製品、システムが提供する新たな機能にユーザーが共感し、ニーズが進化しなくてはならない。これまで、ダウンサイジングイノベーションを拡大できた製品、システムは、このような機能とニーズの相互作用による進化のプロセスを実現してきている。

コンピュータの開発当初では、初期に高速に大量の計算を行うための計算機能が求められた。その後、大学等で大型計算機が普及すると、より経済的で使いやすい計算機能が求められるようになった。そこで登場したのがミニコンピュータである。ミニコンピュータは拡大する計算ニーズに応えることで、大型コンピュータの市場を形成する大学や企業のニーズを代替した。一方、ミニコンピュータの登場で、新たに工場の生産設備の制御機能のニーズが掘り起こされた。

その結果、企業や工場でミニコンピュータが普及すると、利便性の高いアプリケーションが求められるようになる。そこで登場したのがPCである。PCは、高度な科学計算等を必要としない業務などのアプリケーションのニーズに応じて、マイコン制御によって、大学や企業、工場のニーズを代替した。

さらに、コンピュータの専門家ではない新しいユーザーのアプリケーションニーズを掘り起こすとともに、工業製品のデジタル化を進めることで市場を拡大した。

この後、個人への普及が進むと、いつでもどこでもアプリケーションを利用する機能が求められるようになる。そこで登場したのがモバイル端末である。モバイル端末は、拡大するアプリケーションのニーズに応えることで、個人のユーザーを上げるとともにコミュニケーションのニーズを掘り起こし、通信機器のコンピュータ化を進め、市場を拡大した。

### <コンピュータ分野で各年代に充足されたニーズの整理>

- ・ 1940年代以前：高速に大量の計算をするニーズ
- ・ 1950年代～60年代：経済的に計算するニーズ、生産設備を制御するニーズ
- ・ 1970年代～80年代前半：個人で便利なアプリケーションを利用するニーズ、マイコン制御による工業製品をデジタル化するニーズ
- ・ 1980年代後半～2000年代：いつでもどこでもアプリケーションを利用するニーズ、コミュニケーション

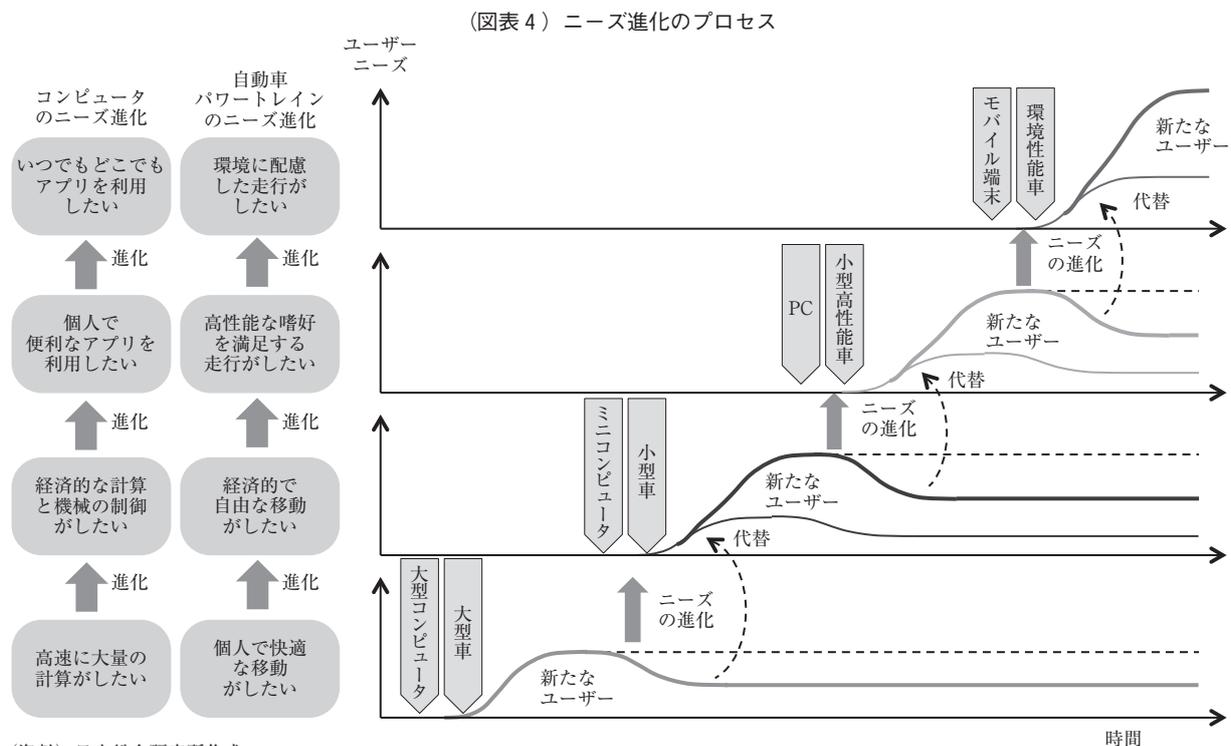
ンのニーズ

自動車では、当初、個人の快適な移動のための機能が求められた。当初は、整備が十分ではない道路で長距離を移動する性能が重視された。富裕層等に大型車が普及すると、より経済的で自由な移動を行う機能が求められるようになる。そこで登場したのが小型車である。小型車は拡大する移動ニーズに応える受け皿となることで、富裕層のニーズを代替した。さらに、中堅層の通勤や企業の業務等のニーズを掘り起こし、市場を拡大した。中堅層や企業で小型車が普及すると、より高い性能で走行する機能が求められるようになる。そこで登場したのがターボ車等の小型高性能車である。小型高性能車は、高い走行性能と手ごろな価格によってニーズに応えるとともに、運転を趣味とするユーザーも掘り起こした。その後、環境を配慮する機能が求められるようになって登場したのが環境性能車である。環境性能車は、環境を配慮した燃費性能と高い走行性能を両立することで、運転を趣味とするユーザーのニーズを代替する。一方で、燃費性能や環境配慮のニーズを掘り起こした。

<自動車パワートレイン分野で各年代に充足されたニーズの整理>

- ・1940年代以前：個人で快適な移動をするニーズ
- ・1950年代～60年代：経済的で自由な移動をするニーズ
- ・1970年代～80年代前半：高い走行性能と安価を両立するニーズ
- ・1980年代後半～2000年代：環境に配慮した燃費性能と高い走行性を両立するニーズ

このようなニーズ進化のプロセスを図表4に示す。



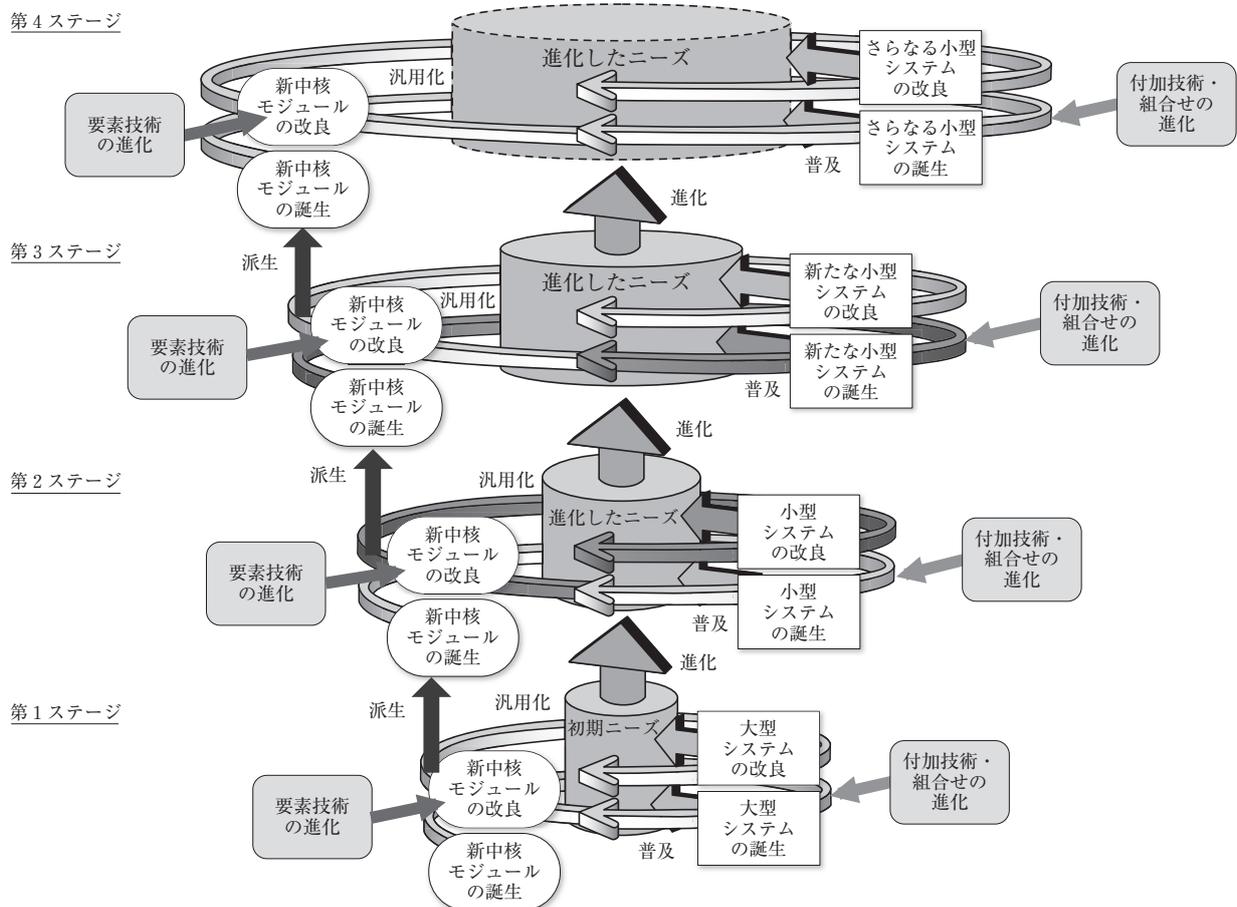
図表4の技術とニーズの関係には、人間の本質的なニーズに基づく普遍的な方向性が存在すると考える。コンピュータについて考えると、始祖の一人であるチューリングが思い描いたのは、知性を持つ機械であったと言われる。計算をするだけでなく、適切な情報を用いて思考し、人を支援する存在である。ダウンサイジングイノベーションを経てコンピュータシステムは理想に近づきつつある。

自動車であれば、カール・ベンツが思い描いたのは、馬なしで、線路もなく自由にどこにでもいける機械であったと言われる。すでに存在していた石炭や石油を用いた蒸気バス等では得ることができない自由な移動を求めたのだ。そして、今の自動車は時間や空間に縛られない個人の自由な移動のための機械となっている。

目の前の技術的課題や市場ニーズに対応することを繰り返しているように見えるが、イノベーションを重ね合わせて、理想に向けて技術とニーズが連綿と一体的な進化を遂げている、という構図である。

こうした営みを念頭に置いて、ニーズの進化を縦軸に置き、図表3で示した仕組みを縦軸に貫かれる平面として表現すると、ダウンサイジングイノベーションの構造は図表5のように示すことができる。各ステージで技術のイノベーションが進み、製品、システムが生まれ出されると、新たなニーズの受け皿ができて、ユーザーのニーズが進化し、新たな市場の芽が形成される。技術とニーズが共鳴することで

(図表5) ニーズを進化させるダウンサイジングイノベーションの仕組み



(資料) 日本総合研究所作成

新たな市場の創造を繰り返すのが、ダウンサイジングイノベーションの構造とすることができる。企業戦略や産業戦略において重要なのは、こうした立体的なダウンサイジングイノベーションのなかで、平面に位置付けられる各ステージで相似的なイノベーションが繰り返されるという点だ。

### (3) ダウンサイジングイノベーションの価値設計

ダウンサイジングイノベーションによる市場開拓を実現するためには、コンピュータと自動車のパワートレインの例に見るように、新たな価値を提供できるかどうかが重要になる。コンピュータであれば、ユーザーに対して時間や場所の制約から解放するなどの価値を提供した。自動車のパワートレインであれば、低燃費と高い環境性などの価値である。この際、ダウンサイジングイノベーションの核となる中核モジュールは、技術進化とユーザーニーズの相互作用を起こす価値の中心として開発されてきた。そこで、以下では、図表5のステージを一段上がる際のダウンサイジングイノベーションの価値設計の構造を示し、そのうえで、ステージを進化させる新しいシステムを開発するためのステップを示す。

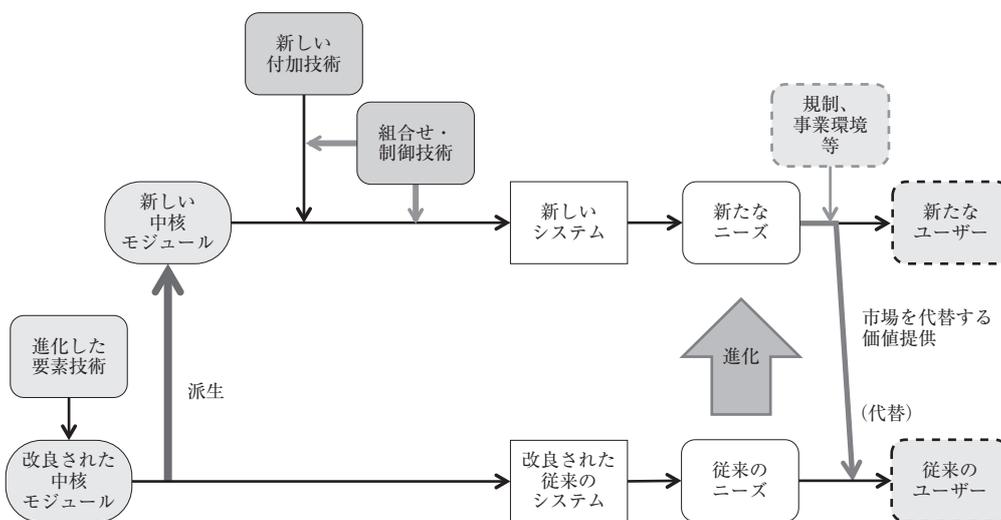
はじめに、価値設計の構造を示す（図表6）。

ここでは、進化した要素技術によって中核モジュールが改良される。改良された中核モジュールを用いて従来のシステムが改良され、従来ユーザーの従来路線のニーズを満たすという好循環があることが重要だ。

一方、要素技術の進化により新しい中核モジュールが派生する。派生した中核モジュールに異分野の技術や組み合わせを行う制御システムが付加され、新しいシステムが構築される。こうした新しいシステムは、新たなニーズを生み出して、一部の従来ユーザーのニーズを代替するとともに、新たなユーザーを生み出す。

この過程で生まれる中核モジュール、付加技術、付加システムがマッチングし、そこから生まれる新しいシステムによる新たなニーズの開拓がダウンサイジングイノベーションによる市場変革の核心と言

(図表6) ダウンサイジングイノベーションの価値設計図



(資料) 日本総合研究所作成

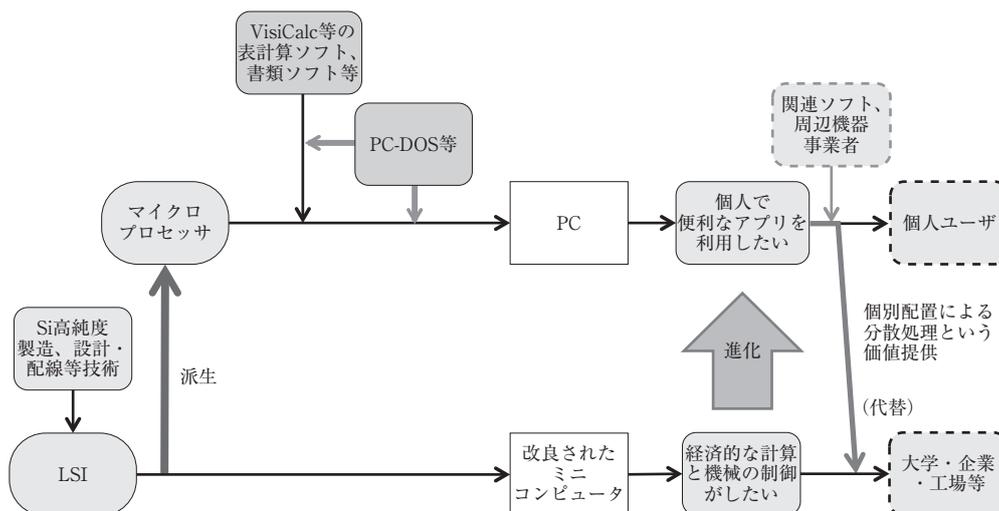
える。

コンピュータ分野のミニコンピュータからPCへのステージ進化における価値設計図の例を図表7に示す。

半導体材料製造技術、電子回路の細線化技術などの要素技術が進化して、ICが高集積化し、改良された中核モジュールとなるLSIが開発される。LSIによってミニコンピュータが改良され、従来のユーザーである大学や企業、工場等の従来ニーズである計算の経済性と機械の制御性能を満たす。

一方、高集積化によって周辺機能をLSIに一体化させた新しい中核モジュールとなるマイクロプロセッサが派生する。派生したマイクロプロセッサに、表計算などの便利なアプリケーションが付加される。そして、PC-DOS等のOSによって組み合わせられて、新しいシステムであるPCが構築される。こうした新しいシステムは、新たに個人で便利なアプリケーションを利用しようとするニーズを生み出して、計算と機械制御を行うミニコンピュータの一部を代替する。この際、新しいユーザーとして個人ユーザーを生み出す（図表7）。

(図表7) コンピュータ分野におけるPCの価値設計分析



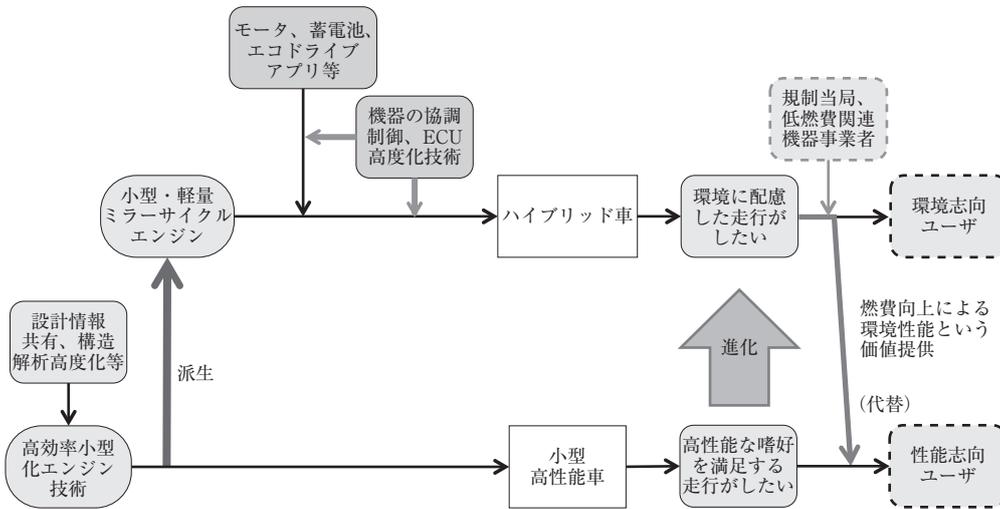
(資料) 日本総合研究所作成

次に、自動車パワートレイン分野の小型高性能パワートレインからハイブリッドへのステージ進化における価値設計図の例を図表8に示す。

構造解析技術、設計情報共有技術などの要素技術が進化して、エンジンの熱効率が向上し、改良された中核モジュールとなる小型高性能エンジンが開発される。小型高性能エンジンによって、小型高性能車が改良され、性能志向ユーザーの従来ニーズである高性能な走行性能を満たす。

一方で、圧縮比を構造的に変えた新しい中核モジュールとなる小型・軽量ミラーサイクルエンジンが派生する。派生した小型・軽量ミラーサイクルエンジンに、モーター、Ni-MH蓄電池、回生ブレーキという異分野の技術、エコドライブモニタなどのヒューマンインターフェースという従来にない技術が付加される。そして、高度な協調制御技術と車両内の多数のECUを適切に組み合わせ運用する通信技

(図表8) 自動車パワートレイン分野におけるハイブリッドの価値設計分析



(資料) 日本総合研究所作成

術によって技術が組み合わせられ、新しいシステムであるハイブリッドが構築される。こうした新しいシステムは、市街地で燃費に優れ、環境へ配慮するという新たなニーズを生み出して、一部の従来ユーザーの高性能な走行を行う高性能車ニーズを代替する。この際、新たなユーザーとして環境志向のユーザーを生み出す。

ステージを進化させる新しいシステムを開発するためには、こうしたダウンサイジングイノベーションの仕組みを考慮することが有効である。以下に、ニーズを進化させる価値設計を考慮した新しいシステムの構築のステップを示す。

【ステップ1】 要素技術と新しい中核モジュールの状況の把握

初めに、要素技術と新しい中核モジュールの状況を把握する。この際、進化した要素技術の導入可能性に合わせて、当該要素技術がどの程度中核モジュールを改良するかを評価する。そのうえで、どのような新しい中核モジュールが派生し得るかについても検討する。

【ステップ2】 ニーズ進化の方向性を考慮したシステム機能の抽出

次に、ニーズ進化の方向性を考慮し、新しいシステムに求められる機能を抽出する。ここでは、現在のシステムの延長線にはない潜在的なニーズを見据えることが重要だ。

【ステップ3】 技術進化とユーザーニーズの相互作用を考慮した新しいシステムの構想

そのうえで、技術進化によって派生する中核モジュールと異分野の付加技術の組み合わせ、および、ユーザーニーズの相互作用を考慮して、新しいシステムを構想する。

4. エネルギー分野におけるダウンサイジングイノベーションの創出に向けて

2000年以降、高度な情報通信・制御技術を低コストで活用できるようになり、ダウンサイジングイノベーションによる新たな市場開拓の可能性が高まってきた。しかし、わが国には個別のシステムや技術の改善に注力する傾向があり、ダウンサイジングイノベーションへの積極的な取り組みは進

---

んでいない。エネルギー分野は、要素技術の開発が進む一方で、現在でも大型化が進められている代表的分野である。本節では、同分野でダウンサイジングイノベーションを推進する方法を提案する。

#### (1) エネルギーシステムの発展プロセスの分析と価値設計図の作成

図表5にならい、図表9にエネルギーシステムにおけるダウンサイジングイノベーションの構造を示す。そのうえで、2010年度後半からのステージ5におけるダウンサイジングイノベーションによる市場創出の可能性を価値設計図によって分析する。

##### A. ステージ1（1910年代～）からステージ2（1950年代～）への進化

1940年代後半には、高強度ステンレスなどの要素技術が進化して、従来の中核モジュールである水車が大型化した。大型水車によって水力発電システムが改良され、従来のユーザーである一般需要家のニーズである明るい暮らしを満たした。

一方、高強度ステンレスによって新しい中核モジュールとなる高効率蒸気タービンが派生した。そこに、派生した高効率蒸気タービンと、大型の蒸気タービンを高効率で活用できる高温高圧ボイラ・タービン技術、電力需給を安定化する高度な需給制御技術が付加され、新しい大型汽力発電システムが構築された。こうした新しいシステムは、1940年代末から始まったテレビ、冷蔵庫などの急速な普及によって、家電等に囲まれた豊かな暮らしへとニーズを進化させ、一部の従来ユーザーのニーズを代替した。この際、景気拡大に伴う工場生産の増加によって、新しいユーザーとして汽力発電を自家発電とする大規模工場等の大規模需要家を生み出した。

##### B. ステージ2（1950年代～）からステージ3（1970年代～）への進化

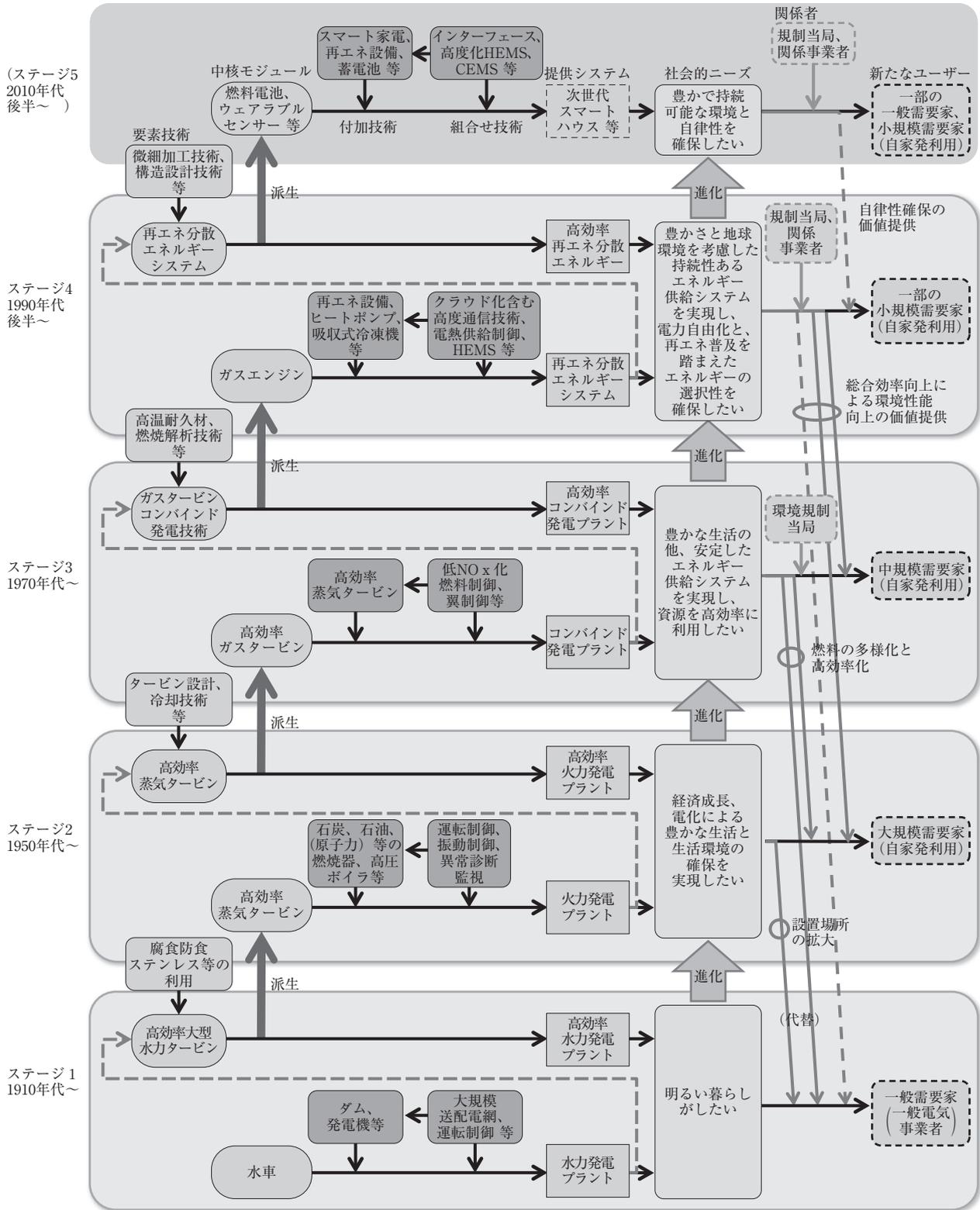
1970年代には、タービンの設計技術、冷却技術等の要素技術が進化して、従来の中核モジュールである蒸気タービンが大型化した。大型高効率蒸気タービンによって汽力発電システムが改良され、一般需要家の従来のニーズである家電等に囲まれた豊かな暮らしと、大機工場等の工場生産の増加のニーズを満たした。

一方、タービンの設計技術、冷却技術等の要素技術の進化によって、新しい中核モジュールとなる高効率ガスタービンが派生した。派生した高効率ガスタービンと、高温蒸気を高効率で利用できる蒸気タービン技術、二つのタービンを組み合わせる制御技術が付加され、新しいコンバインド発電システムが構築された。こうした新しいシステムは、1960年代に発生した深刻な公害問題によって高まった環境規制や環境保全に関するニーズを後押しした。1970年代には、オイルショックによる燃料の供給リスクに直面したことで、安定し、安心できるエネルギー供給システムを求めるニーズが生まれ、一部の従来ユーザーのニーズを代替した。この際、新しいユーザーとして中規模工場や大型業務施設等の中規模需要家を生み出した。

##### C. ステージ3（1970年代～）からステージ4（1990年代後半～）への進化

1990年代には、高温耐久材、燃焼解析技術等の要素技術が進化して、従来の中核モジュールであるガ

(図表9) エネルギーシステムの価値設計図



(資料) 日本総合研究所作成

---

スタービンが大型化した。大型のガスタービンによってコンバインド発電システムが改良され、一般需要家の従来のニーズである安定、安心、環境保全、および、大中規模工場や大型業務施設等の電力の安定確保に関するニーズを満たした。

一方、高温耐久材、燃焼解析技術等によって新しい中核モジュールとなる高効率ガスエンジンが派生した。高効率ガスエンジンと、吸収式冷凍機等による排熱利用技術、太陽光発電などの再生可能エネルギー、高効率運用を行う蓄電池、さらに、複数の設備を協調運用する高度制御技術、予測技術、HEMS (Home Energy Management System) 等の技術が付加され、新しい再エネ分散エネルギーシステムが構築された。こうした新しいシステムは、1990年後半には、地球環境の維持というニーズを後押しした。同時に、欧米で電力自由化が進んだことで、電力の起源や供給者を選択したいというニーズの裏付けともなった。さらに、新しいシステムの新しいユーザーとして戸建て住宅やマンション等に住む小規模需要家を生み出した。

#### D. 現在のステージ4（1990年代後半～）からステージ5（2010年代後半～）への進化

2010年代後半から始まるステージ5を進化させる新しいシステムを開発するためには、ニーズを進化させる価値設計を行う必要がある。ここでは、価値設計図に沿った開発ステップを示す（図表10）。

##### 【ステップ1】要素技術と新しい中核モジュールの状況の把握

このステージで期待される中核モジュールの有力候補は、非燃焼系発電技術である燃料電池とBMI (Brain Machine Interface) を含むウェアラブルセンサーである。

微細加工技術などの要素技術の進化によって、新しい中核モジュールとして燃料電池の利用が期待されるようになってきた。燃料電池は、ガスエンジンと比べて小型であるうえ、有害な排気ガスや騒音が極めて少ないため、設置場所の心配が小さく、エネルギーロスが少なく、発電効率が高いという特長を持つ。このため、より身近な電熱供給システムとして利用できる。特に、発電効率が60%を超え、大型発電所の受電端効率を凌ぐ高効率発電が可能なSOFC（固体酸化燃料電池：Solid Oxide Fuel Cell）では、微細加工技術によるセルの高集積化により、作動温度の低下を実現し、信頼性の向上とコストの低下が期待される。

また、センサー技術は、スマートフォンの急速な普及にしたがって要素技術であるMEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 技術の精度の向上と適用範囲の拡大によって著しく進化している。また、BMIを含むウェアラブルセンサー、体内埋め込み型のインプラントセンサーは、従来のセンサーが需要家の行動結果を計測するのに対して、需要家の意思をデータに反映できるようになるため、新たな価値を引き出すことが期待される。

##### 【ステップ2】ニーズ進化の方向性を考慮した新しいシステムの機能の抽出

燃料電池等の小型分散電源、EMS等の情報通信技術、各種センサーによるユーザーインターフェース、の高度化によって、需要家はとくに意識しなくとも、自らの意向を反映した省エネ、環境配慮、エネルギーセキュリティ等を踏まえた自律的なエネルギー需給管理、および、家電等の提供価値を最大限引き出した快適な生活、が可能となる。

こうしたシステムによって、進化するニーズの姿と提供価値を想定してみよう。

住宅では、需要家は効率性、セキュリティ、環境性、需要家の嗜好や計画、を踏まえた最適な需給状態が確保される。当該の需給状態は、住宅内での学習効果と外部ネットワークからの情報等を組み合わせて常時改善される。家電は、今後ますますAI機能を高める。こうした双方向性を持ったシステムはスマート家電の機能を最大限に引き出したうえで、需要家のニーズを反映した運転が可能になる。災害時には、適切な災害情報をいち早く取得、提供するとともに、迅速にエネルギー源を復帰させることもできるようになる。こうした次世代のスマートハウスにより、需要家は機器の操作やデータのチェック等に煩わされることなく、自律的で快適な生活を送ることができる。

オフィスビルや工場等の大規模需要家においても、さらなる効率性と環境性を確保するために、燃料電池等を活用した発電システムの導入が進む。また、EMSとウェアラブルセンサー等によって自律的な管理を行うことで、快適で効率的な業務環境が確保される。

システムの提供側においては、AI機能を高めた一層快適で自律的な生活のためのシステムの提案機会が増える。

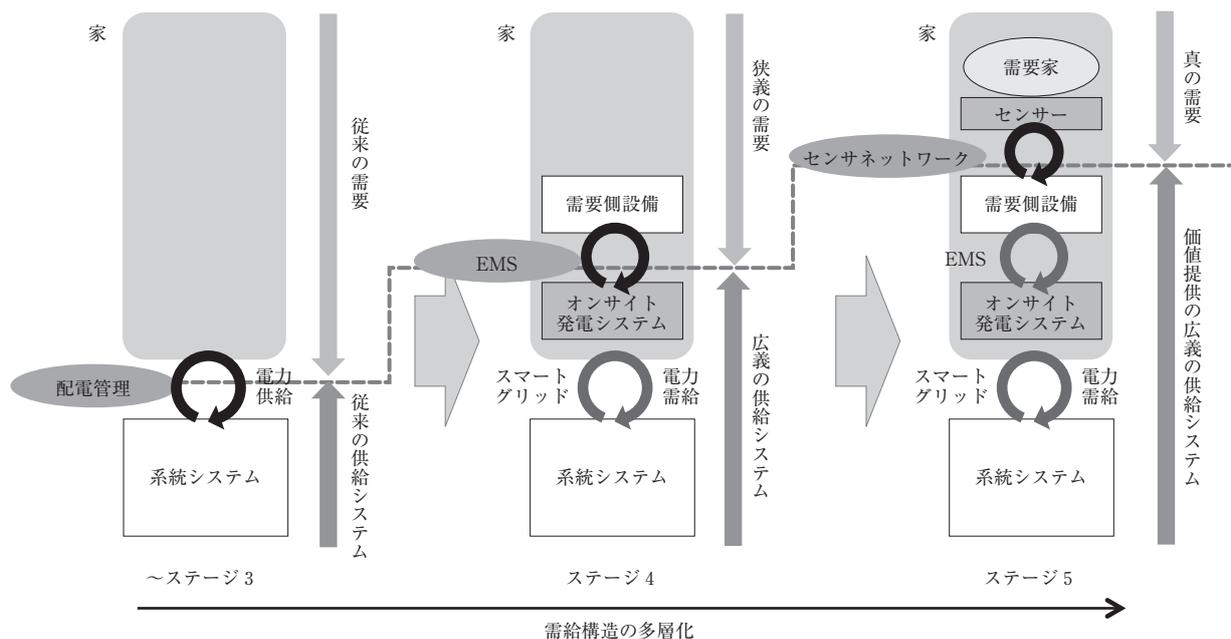
こうしたシステムの核となるのは、需要家の意向とエネルギーの供給、消費機器の性能を双方向的につなぎ合わせるインターフェース機能である。

【ステップ3】技術の組み合わせによる相乗効果を考慮した新しいシステムの構想

ステージ5では、一層の効率性や自律性を確保するために、EMSは電力系統との連携管理、需要側での最適な需給管理や故障した機器の自律的な復帰を促す作動管理などの機能も備えるシステムとなる。こうした需要側の自律化機能の強化は、エネルギーシステムの需給の概念を大きく変える。

ステージ3では、大型の発電設備を持つ事業者に対して、エネルギーを消費する施設が必要となり、大型発電機がぶら下がるシステムシステムが需給調整を行っていた。

(図表10) ダウンサイジングイノベーションによる需要と供給の位置付けの変化



(資料) 日本総合研究所作成

需給構造の多層化

---

ステージ4では、ガスエンジン、太陽光発電等のオンサイト発電システムの普及によって、施設内においてエネルギーの需要設備と供給設備に分かれ、EMSが需給調整を行った。ここではオンサイト発電システムを中心にして、ステージの後半にはEMSが組み合わせ技術として位置付けられるようになった。

ステージ5では、オンサイト発電システムが中心であることに変わりはないが、中核モジュールが燃料電池に移行し、新しい中核モジュールとしてBMI等のウェアラブルセンサーがより個人に入り込むようになる。こうしたセンサーのネットワーク、EMSは性能を高めたスマート家電とも連動して、個人個人のニーズに応じた価値を提供するようになる。ここで最終需要を個人と定義すると、そこに供給されるのは、エネルギーではなく家電を介した価値ということになり、エネルギーは価値を提供するための材料という位置付けとなる。結果として、オンサイト発電システムは中心的な位置付けを維持するものの、個人個人に提供される価値に直結するウェアラブルセンサー、環境センサー、EMSと一体となったスマート家電などの付加技術が位置付けを高めることになる。将来的には、温度、湿度、照度、設備・機器の状況、等を監視するための環境センサー、視線計測等の需要家の意思や行動を読み取るセンサー、あるいは心拍数計、筋電位計、脳波計等のウェアラブルセンサー、高齢者や障害者などの場合はインプラント型のセンサーを装備することも想定し得る。

## (2) 価値設計図の実現に向けて

日本がエネルギー分野におけるダウンサイジングイノベーションの恩恵を享受するためには、ステージ5をどのように実現するかが問われる。ステージ5が実現すれば、自律性という新たなニーズが充足されるだけでなく、オンサイト発電システム、センサネットワークシステム、EMS、これらと相乗効果を発揮するAI型の家電、建築、住宅、他のインフラ管理システムにかかわる市場が生まれる。以下ではステージ5の実現のための方策を提案する。

### A. 中核モジュールの要素技術・製品化技術の開発支援

ステージ5の中核モジュールの有力候補である燃料電池は普及期にある。しかし、現状でも長時間1,000℃近い耐高温性を確保することは難しく、信頼性の面で課題がある。近年、薄膜化技術や新しい高イオン電導材料技術等の要素技術の開発が進んだことで、作動温度を400℃～600℃程度に下げることが視野に入るようになったが、信頼性確保のためには、長期間の製品化試験等が不可欠である。まずは、こうした長期にわたる試運転等に的を絞った税制面などの支援策が求められよう。

センサー技術についても、MEMS技術が普及段階にある一方で、ウェアラブルセンサーは、装着や電池容量の制約等、スマートフォンと比べても高い省電力性能、高効率無線通信性能が求められる。こうした小型化、省電力化の要素技術、製品化技術は、日本の得意とする分野であり、企業の活動をいかに後押しするかが重要になる。そのためには、当該分野での研究開発や設備投資にかかわる税制面での優遇などが有効であると考えられる。

#### B. 公的市場をテコとする市場の底上げ

ステージ4の後半には、千葉県柏の葉地区、日本橋地区、丸の内地区でのスマートシティ、神奈川県藤沢市や静岡県三島市などでのスマートタウン等、民間主導によるエネルギーシステムと一体化した都市開発が進められた。これらは、分散型エネルギーシステムの技術的な実証の場となるだけでなく、エネルギーに対する新たなニーズの実証の機会ともなる。こうした民間主導の事業は公的な支援を受けて、技術、システムの受け皿ともなる。

新たな可能性のあるシステムでも、具体的な市場が見えなければ民間企業の投資は進まない。これまで、スマートシティの市場開発では、システム開発に対して受け皿作りが遅れ、市場化が足踏みした経験もある。そこで、ステージ5では、政府関係機関や地方自治体が需要家となり、先進的なシステムの受け皿となっていくことが期待される。その際、システムの運営を担う民間事業者を募るようになれば、双方向的なシステムの運用やニーズの検証とともに、市場を牽引する事業者の育成が可能となる。

#### C. 先導プロジェクトの立ち上げ

ステージ5では、需要家と先進的な機器、システムを双方向的に結ぶインターフェースが不可欠である。こうした機能の実装に当たっては、具体的なニーズや用途に即した種々のシステム、センサーの調整やアプリケーションの開発、あるいは、全体システムの運営ノウハウが欠かせない。そのため、システムの開発、運用、改善のための具体的な場が必要となる。そこで、政策的に住宅、ヘルスケアなどのニーズが見込まれる分野を特定し、次世代のスマートハウスにおける先導的なプロジェクトを立ち上げ、システムに関する知見の積み上げと普及の仕組みを検討する。そのうえで、当該プロジェクトに対する財政面等の支援などで後押しすれば、システムの開発、作り込み、運用を促すことが可能となる。

#### D. 市場・プロジェクト開発と並行した制度整備

ステージ5で示したシステムと上述した方策を実現するためには、システムや事業の障害となる規制の緩和が必要である。

分散エネルギーの分野では、現在、大きな規制緩和が進められようとしているが、分散型エネルギーシステムの潜在力を十分に生かした仕組みにはなっていない（参考文献〔1〕参照）。本システムは、系統側との連携と各種の需要家間の情報連携を行うことで、需要家間のエネルギー融通を適切に行うことが可能である。しかし、現在の規制緩和案では、エネルギーの管理を行うのは、一般電気事業者か特定規模電気事業者に制限される。このため、需要家同士、もしくは、需要家と地域が電力を融通するためには、需要家の負担が大きくなってしまふ。そこで、需要家でもあり、供給者でもある事業者等を電気事業法のなかに定義し、需要家間の電力の融通が低コストかつ事務的負担なく実施できるような規制緩和が求められる。

一方、スマートハウスのインターフェースとなるアプリケーションについては、新たな制度設計が必要だ。とくに、BMIのように脳波を検出するウェアラブルセンサーを活用して家庭の設備制御を支援するシステムなどでは、適切な規制、ガイドラインが求められる。医療機器のソフトウェアについては、リスクのインパクト評価などを行う規制やガイドラインの案が、今年7月に経済産業省から示されたが、

---

非医療目的にBMI等を利用する場合の制度設計は進んでいない（参考文献〔2〕参照）。情報の取得範囲を家のなか等に限定し、情報利用の許認可制度を設けるとともに、審査機関を設けるなどを行うことで、安心して新技術を活用できる制度整備が求められる。

こうした政策を実現することができれば、ステージ5で構想される需要家と各種の設備を双方向的に結び付けるエネルギーシステムの市場が立ち上がることが期待される。そうなれば、設備やシステムを供給する側では、需要家のニーズと連動するAI機能などにより、新たな付加価値が提供でき、家庭や企業は、エネルギーコストの低減、生活や業務の効率化、快適化というメリットが享受できる市場が生まれることが期待される。

本稿では、ダウンサイジングイノベーションが、ITと制御の進化に伴って要素技術、中核モジュール、組合せ技術などを進化させ、新たなシステムを実現してニーズの進化を引き起こす不可逆で普遍的な仕組みであることを示した。そのうえで、新たな市場を構想して価値を設計する方法についても提案した。ダウンサイジングイノベーションによる新たな市場の立ち上がりは、IT関連の市場だけでなく、インフラ等の基幹産業にも大きく影響を及ぼす。政府においては、規制緩和か支援等によって市場変革を後押しすることが求められよう。同時に、民間企業においては、市場の変化を捉え、世界に先んじて変革した市場の中核となる技術、製品、システム、サービスの開発にチャレンジすることが期待される。

(2014. 9. 18)

#### 参考文献

- [1] 井熊均、瀧口信一郎、松井英章 [2012] .「タテとヨコの自由化で時代の先取りを」 Business & Economic Review 2012年9月号
- [2] 経済産業省 [2012] .「医療用ソフトウェア分野ヘルスソフトウェア開発に関する基本的考え方 開発ガイドライン 2014（手引き）」2014年7月