

システムを考えるには抽象的な思考力が必要である。要素は見えても要素を結び付けるシステム原理は目に見えない。したがってシステムを構築するには、目に見えない存在をあたかも目に見えるようにイメージできるある種の能力が必要なのである。音という目に見えない存在を扱うことに長けていたエジソンはシステム構築の優れた能力を持っていたのであろう。

日本で初めてサプライチェーンの脆弱さが話題になったのは、おそらく一九九七年のアイシン精機の刈谷工場火災事故のときであろう。火災事故の発生二日後にトヨタは全生産ライン三〇のうち二〇ラインの停止を発表した。刈谷工場の復旧の目処が立たないことからトヨタ自動車は数百億円の売上損失になるとの試算も公表した。トヨタの全車種で使われる一〇〇種類におよぶプロポーショニング・バルブをアイシン精機が一社独占供給しており、そのときトヨタ本社には在庫が二日分程度しかなかった。トヨタが自動車生産ラインの停止を決めると、サプライチェーンに含まれる数百のサプライヤー企業もすべて生産を止めることになる。豊田地区全体の経済が壊滅的な被害を受け、日本経済にも大きな打撃を与えかねない事態であった。

幸い、トヨタグループやサプライチェーンに属する数十社の企業が協力して、アイシン精機に残る図面や加工機材を利用して代替品の生産に努め、事故の一週間後にはトヨタは全三〇ラインによる通常生産に戻った。システム要素の一つの停止がシステム全体を止めてしまうことがよく分かる例である。部品を発注する側は発注先を複数持つこと、あるいは部品の仕様をなるべく汎用化し調達が柔軟になるようにすること、部品を製造する側は生産地を分散すること、あるいは代替生産地を確保することが必要である。

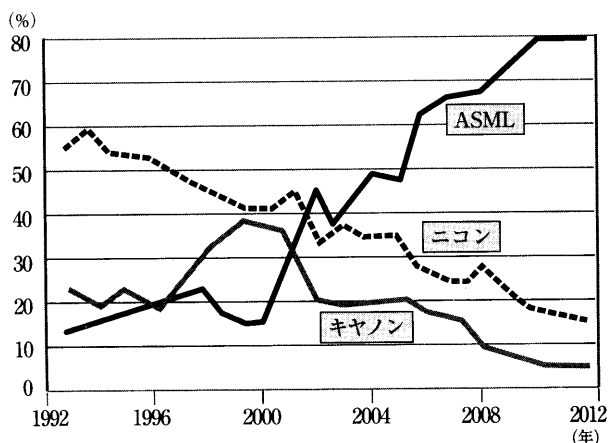


図2-3 半導体露光装置の世界売上高シェア  
[Electronic Journal 2012年11月号] ([http://yunogami.net/\\_src/sc1044/EJ1294N118C8E8D86.pdf](http://yunogami.net/_src/sc1044/EJ1294N118C8E8D86.pdf)) より作成。

代わってシェアを伸ばしてきたのがオランダ企業のASMLである。二〇一二年にはこの一社だけで八〇パーセントのシェアを獲得している。ASMLは同じくオランダ企業の電気機器メーカーであるフィリップスから分社・独立して一九八四年に設立された比較的新しい会社である。

それにもかかわらず、長い歴史と分厚い技術の蓄積がありレンズメーカーとしても定評のあるニコン、キヤノンを抑えて、どうやってシェアを伸ばしたのだろうか。

その理由の一つとして、同社がバリューソーシングと名付けた独自の外部委託ビジネスモデルがうまく機能していることが挙げられる。バリューソーシングは、求めている規格、性能を満たす質の高い部品を、より安く、外部の企業からも調達する同社の経営戦略である。装置を構成する部品の多くを系列企業だけでなく広く一般の企業に求める、いわゆる**水平分業モデル**の一つともいえるだろう。ただし、ASMLの水平分業モデルでは、調達先企業に対してはASMLへの納入依存度のある基準以下に抑え、開発した製品を他社にも販売することを勧めている点が特徴である。このような戦略により、ASMLはニーズに合った部品を効率的に調達し、また、調達先企業も複数の企業からの要求に応えるために品質を向上させながら同社に限定せず製品を販売することで利益を上げ、互いによりよい製品開発につなげていくことができるようになった。現在では六〇〇社以上もの企業が同社とかがわっている。それまでの、ニコンやキヤノンによる、系列企業を中心に部品を調達し、製品まで組み上げる垂直統合モデルとは対照的である。

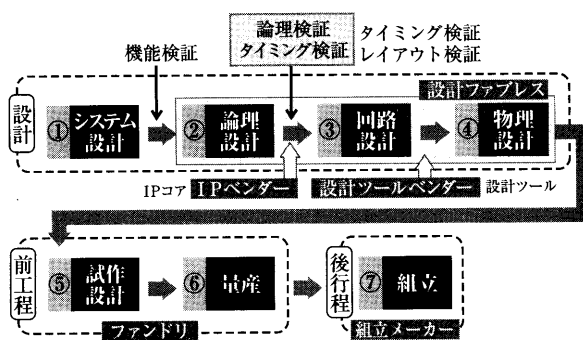


図2-6 SoCの製造工程

現在、半導体工場で作られている製品の主流は一昔前のメモリやCPUのような単機能チップではなく、これらの単機能要素を複数含む、より広範囲の回路システムを半導体チップのサイズで実現しようとする、**システム・オン・ア・チップ**（System on a Chip: SoC）あるいはシステムLSIである。古くはウォークマンに代表されるカセットテーププレーヤー、その後のCD、MDプレーヤーからなる携帯音楽プレーヤーが、iPadで一気に小型化したときの衝撃を覚えている人も多いだろう。これが**システムLSI**の登場である。電子機器の複雑な配線が小さな半導体チップ上で実現され、回路基板の占有面積を減らすことが容易になり機器容積の小型化が促進された。

一方、SOCの登場は、半導体設計をより複雑にした。それまでの単機能チップのハードが担っていた機能をソフトで実現する必要も生じ、メモリやCPUのような単機能のチップよりもはるかに複雑な設計工程、製造工程が必要になった。

それ以前は、旅客機や自動車の開発において、システム要件に矛盾がなく、妥当であることを確認するためには、設計図面だけでは不十分で、実物大の模型（**モックアップ**）を製作して設計の妥当性を検討する作業が不可欠であった。ところが、B777では、部品すべて

の設計データを CATIA (Computer Aided Three dimensional Interactive Application: コンピュータ支援の三次元対話型アプリケーション) と呼ばれる三次元 CAD システムのデータとして定義し、管理することによって、実物大のモックアップ模型の作製を全面的に廃止することができたのである。

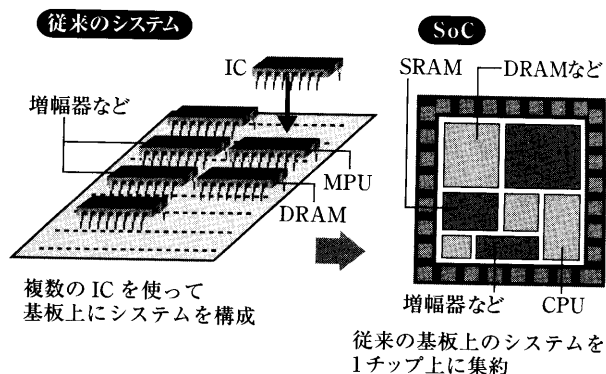


図4-1 システム・オン・ア・チップ (SoC) の概念図

MRIは磁石の構成の制約から、トンネル型が一般的となっている。断層画像を得るには、傾斜磁場コイルにかかる電圧を変化させつつ繰り返しオン・オフして、撮影する位置や厚みを次々に変えていく必要がある。その際に、コイルの線材がローレンツ力を受けて伸縮し、**コイル全体が振動するために大きな音が発生するのである。**

これらの問題に対して、例えば日立は永久磁石を採用して、トンネルに入らなくてもよいオープン型のMRIを開発している。永久磁石は超電導磁石よりも磁場は弱い、磁石本体がコンパクトにでき、レイアウトの自由度が高いため、磁石を上下に配置したMRIを実現している。一方、東芝は優れた静音化の技術で、患者の心理的な負担ばかりでなく、騒音が検査に与える影響を大きく軽減した。

ちなみに、MRIの心臓ともいえる超伝導コイルを冷却するための「冷凍機」の世界シェアをほぼ独占しているのは、日本の住友重機械工業である。

最後に、日本のメーカーの弱点である、もう一つのシステム技術「リバーシ・イノベーション」について述べる。

GE社は一九八〇年代に超音波診断装置を中国で販売するにあたって、米国や日本向けに開発した高性能の製品から不必要な機能を除外してコストダウンを図り、手直しして中国向けに販売しようとしたが、この製品は中国では受け入れられなかった。このような、既存の製品を現地ニーズに合わせてマイナーチェンジするやり方は、**グローカライゼーション**と呼ばれ、先進国のメーカーがしばしばとる戦略だが、失敗事例は少なくない。日本の家電メーカーは、高性能で多機能の国内向け白物家電を変圧器だけ替えて、インドなどの新興国で売ろうとしたが、過剰スペックで価格が高いうえに、頻発する停電、電圧や周波数が大幅にぶれる電力供給の質の悪さなどによる故障が多く、そのため非常に低い評価を受け、まったくセールスが振るわなかったという苦い経験がある。

...

新興国向けのニーズに合わせて開発した製品やサービスが、先進国に逆流し、先進国で取り残されていた市場や見逃されていたニーズに適合することによって、事業展開に成功することを「リバーズ・イノベーション」という。リバーズ・イノベーションの戦略は、それまで欧米や日本などの先進国のメーカーが追求してきた、「高性能で多機能だが、高価格な製品開発」とはまったく異なる方向性である。先進国向けの製品のローコスト版を開発するグローカライゼーションとも違う、重要かつ新しいシステム開発によるイノベーションの手法である。

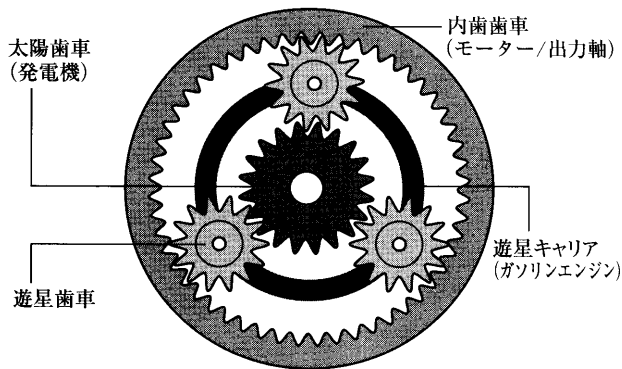


図4-7 遊星歯車機構 (例)

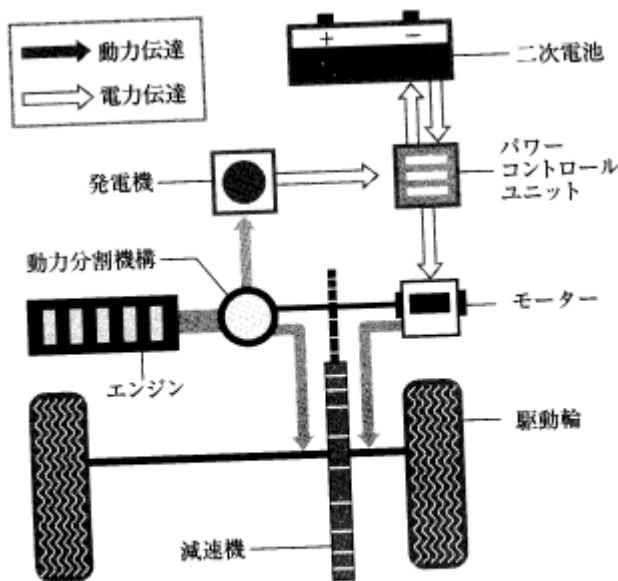


図4-8 パワースプリット方式 (例)

参考：トヨタ自動車株式会社ホームページ

[http://www.toyota.co.jp/jpn/tech/environment/technology\\_file/](http://www.toyota.co.jp/jpn/tech/environment/technology_file/)

### 燃費のよい走りを実現するエネルギーマネジメント統合化システム「THS」

さて、実際の走行状況を考えてみよう。三種類の歯車、遊星キャリアの回転方向とその速度を想像しながら読み進めてほしい。内歯歯車が車輪に通じる出力軸とつながっているから、走行速度を変えるには内歯歯車の回転速度（角速度）を変えればよいことになる。ここからの議論では、図4-7においてエンジンとつながっている遊星キャリア（およびそれと接合している遊星歯車の公転）は反時計回りの回転ができないものとする。前進させるには内歯歯車を時計回りに回転

させればよい（便宜的に前進が時計回りに対応していることにする）。このことをモーターあるいはエンジンからの動力のみで行おうとすれば、それぞれ以下の方法が考えられる。

(1) 二次電池からの電気の力でモーターを駆動させ、その動力を直接的に内歯歯車に伝える（このときエンジンは停止しているため遊星キャリアも停止しており、遊星歯車の自転を通じて太陽歯車は反時計回りに空転する）。

(2) ガソリンエンジンによる遊星キャリアの時計回りの動力を遊星歯車を通じて内歯歯車に伝える。

理想的には(1)は停止状態からゆっくりと前進、あるいは低速走行といったモーターが力を発揮する領域、(2)は中速～高速での走行といったエンジンの効率がよい領域でそれぞれ主となる駆動方法である。実際の走行では二次電池に蓄えられている電気量や急加速が必要などの状況に応じて(1)、(2)がそれぞれ単独、あるいは組み合わせって動作する。また、遊星歯車を通じた遊星キャリアからの力が太陽歯車の時計回りの回転力として伝わることにより、それとつながった発電機が発電し、その電気はそのままモーターで使われたり、二次電池に蓄えられたりする。ここで重要なのは、発電機における電氣的負荷を制御することによって太陽歯車を回転させるのに必要な力を変化させ、遊星キャリアの動力を遊星歯車を通じて内歯歯車の回転（走行）と太陽歯車の回転（発電）に任意の割合で分割できることである。ここに**動力分割機構**、つまり、**パワースプリット方式の本質**がある。

トランスミッションの役割を担っていた遊星歯車機構に発電機とモーター（二つの発電機／モーターといってもよい）を組み合わせることで、動力を分割するという機能が新たに加わった。また、動力分割、モーターの出力制御により、このシステムは変速比を連続的に変化させる**無段変速機**としての役割も有しており、**変速ショックがない**、静粛性に優れるなどの利点がある。