JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	アーキテクチャ摺合せ・モジュラー論と経営重心の関係
Author(s)	若林，秀樹
Citation	年次学術大会講演要旨集，35：571-576
Issue Date	2020-10-31
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/17320
Rights	本著作物は研究・イノベーション学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Research Policy and Innovation Management.
Description	一般講演要旨

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

２Ｄ２０

アーキテクチャ摺合せ・モジュラー論と経営重心の関係

○若林秀樹（東京理科大学大学院経営学研究科技術経営専攻）
wakabayashi.hideki@rs.tus.ac.jp

1. はじめに

事業ドメインの広さや多角化ポートフォリオを、サイクルとボリュームの二軸により、客観的・定量的に評価する経営重心論は、国際競争力分析、また、製品アーキテクチャにも適用できる［1］［2］。

摺合せ/モジュラー分類からなる製品アーキテクチャ論(本稿では、「摺合せ」と「インテグラル」を同義で使う)も、摺合せ/インテグラルの軸、オープン/クローズの軸からなる 2×2 の 4 象限により、産業競争力、経営戦略、組織と関係づけて、包括的に語られる理論体系である。藤本らによって、90 年代後半に基本概念が提唱されて以降、理論、実証の両面で多くの研究が為されてきた［3］。

製品アーキテクチャ論では、PC はモジュラー、自動車は摺合せというように、元々、当該製品のアーキテクチャは不変であるとの前提だったが、実際には、製品の発展や業界の産業構造変化に応じて、また技術戦略により、アーキテクチャが摺合せ型からモジュラー型に変わることも多いし、その逆もあるとされている［4］。つまり、その条件や区分は主観的に語られる場合もある。更に最近は、当時は無かったプラットフォーマの要素も重要になっている。

ここでは、「モジュラー型には目的により二種類ある」という前提を置き、経営重心論と製品アーキテクチャ論を比較対照させながら、どういう条件で、摺合せ型からモジュラー型に移行するのか、経営重心の固有周期と固有桁数から定量化を試み、それが、ジャパンストライクゾーンとも関係することを示す。更に、製品の技術要素やコスト要素との関係にも言及する。ダイナミックに変遷し有利不利が変わる「摺合せとモジュラー」の議論も、この二種類のモジュラー化の定義により、簡易に説明できよう。

2. 先行研究

通常、製品アーキテクチャ論は、部品設計の相互依存度の軸で、モジュラー/摺合せ型、企業を超えた連結度合の軸で、クローズ(囲い込み)/オープン(業界標準)と、4 象限に分類される。

この 4 象限のアーキテクチャの枠組みにより、自動車はじめとする産業に関し、競争力が説明されてきた。電機産業に関しても、PC での競争力低下を、PC がモジュラー型かつオープン型ゆえに、インテグラル(摺合せ)が得意な日本の垂直統合型では上手く適合しなかったと説明された。

他方、露光機や工作機械は、日本のシェアが高かった当初は、摺合せ型に分類されていたが、シェアを落とす中で、その後、モジュラー型だと指摘された例もある［5］。藤本による分類でも、当時、日本が強かった軽薄短小家電(デジカメ等)は摺合せ型に分類されていたが、その後は、競争力を低下させ、その中で、スマホ等は、摺合せ型よりはモジュラー型に分類されるべきだろう。

図表１　製品アーキテクチャ

	クローズ	中間	オープン
モジュラー	メインフレーム *工作機械* **原発？**		パッケージソフト、新金融商品 PC、自転車
中間			
インテグラル （摺合せ）	乗用車、オートバイ *露光機(90年代)* *軽薄短小型家電*		**官公需IT？**

(出所)藤本　製品アーキテクチャの概念・測定・戦略に関するノート　RIETI2002年を元に加筆

製造工程でも、DRAM はモジュラー型、自動車用冷延鋼板は摺合せ型とされているが、DRAM が歩留まり改善を経てプロセスレシピをファインチューニングする等は摺合せ的と言えるだろう。

藤本、武石/青島も指摘しているように［3]、摺合せかモジュラー型かは、相対的なものであり、論者により、また、その時期により異なり、ダイナミックに変化するし、オープン/クローズかも、企業のサプライチェーンをどう捉えるかによって異なる。ある製品は、一旦、4 象限のどこかに分類されれば、それは不変なのだろうか、換言すれば、製品アーキテクチャは不変なのだろうか。もし変わるとするなら、どういう客観的な条件が必要なのか。もし、主観的に、アーキテクチャが変わるのなら、この 4 分類は、トートロジーとなり、日本が強い場合は、摺合せ型に分類されるという後付け説明になってしまいがちだ。

当初は、PC はデスクトップ型を中心にモジュラー型とされ、2000 年前後、まだ日本が高シェアだったノート PC は摺合せ型とされたが［6]、主要プレイヤーは台湾中国となり、EMS によって生産される今日にあってはモジュラー型というべきであろう。また、当初、摺合せ型とされた露光機は、2000 年前後に ASML によって、2005 年頃には、ニコンなどもモジュラー設計を導入したが、このモジュラー型は、PC 等のモジュラー型と同じカテゴリーでいいのだろうか。

このように、既に指摘もされているが、この 4 象限を客観的に区分する基準を具体的に指摘する実証研究は多くはない。

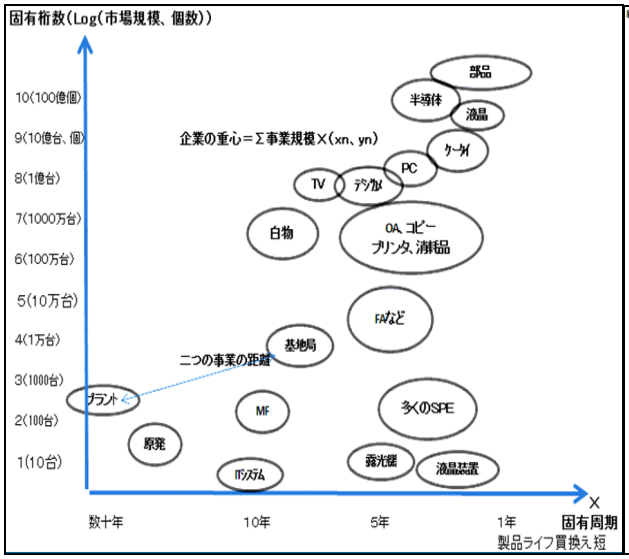
3. 経営重心論

経営重心論は、事業を、その製品等に固有なサイクル τ (事業固有周期、シリコンサイクル等)と市場台数の桁数 n(事業固有桁数)の 2 軸で評価、複数の事業ポートフォリオを持つ企業の経営重心を、複数の事業の τ と n の売上加重平均で定義して、ポートフォリオの適合性等を評価する分析手法である［1]。

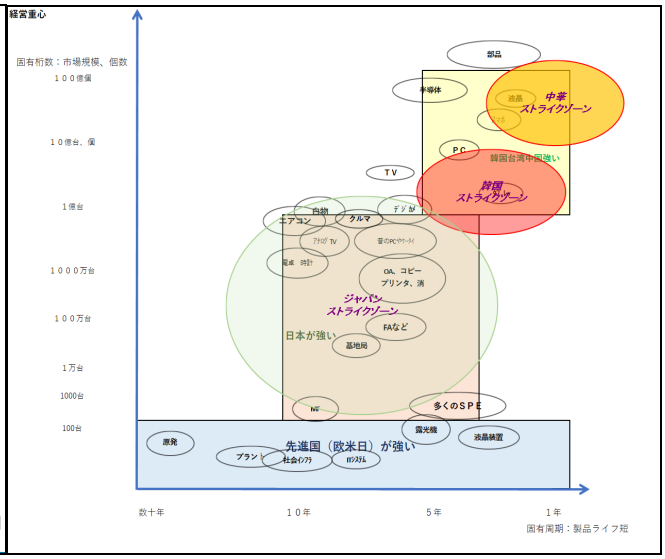
経営重心＝Σ売上構成比×(τ、n)

これにより、経営重心から複数の事業の距離を計算することで事業領域の広さも計測でき、複数の企業の経営重心の距離から、企業統合や M&A などの評価も可能である。

図表 2　経営重心とは　出所:若林 2019



図表 3　ジャパンストライクゾーン　出所:若林 2019

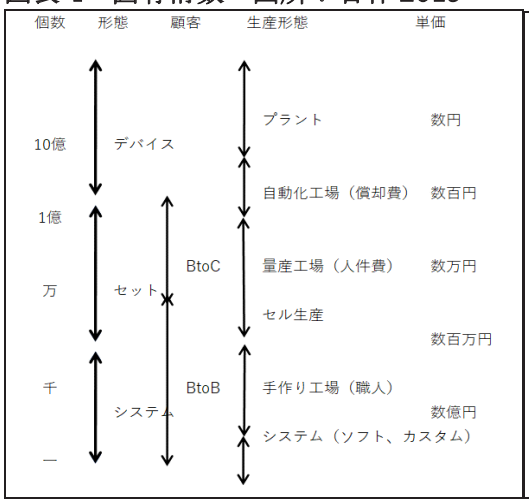


また、国際的な多くの事業を、固有周期と固有桁数の 2 軸でマッピングすることで、国際競争力比較も可能であり、日本が相対的に優位性を維持している周期で 5~10 年、桁数で台数が千から億の領域をジャパンストライクゾーンと名付けた。

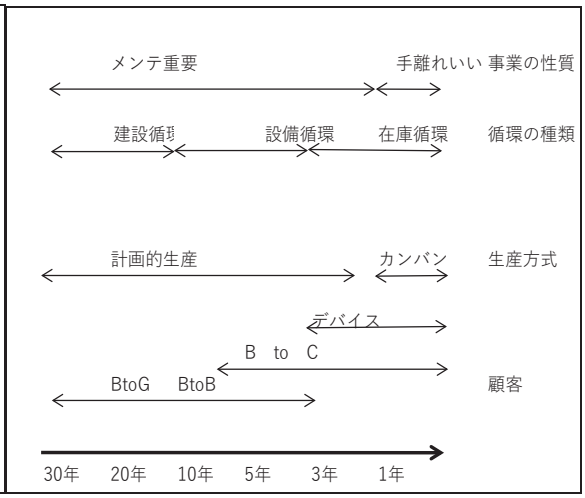
製品アーキテクチャに関しても、経営重心論では、この周期と桁数が重要だと考え、元々、同じ製品カテゴリーであっても、この 2 つの数値が大きく変わるとアーキテクチャはもちろん、プレイヤーや業界構造も一変し、また一見異なる技術背景の製品でも、2 つの数値が近いと製品アーキテクチャや特性も似てくることを指摘している。前者の例は、アナログ携帯電話⇒デジタル携帯電話⇒スマホのケース、やアナログ・ブラウン管 TV⇒液晶 TV のケース、後者では、SPE と ME 機器のケースが指摘できる。

実際、固有桁数が異なれば、生産台数、生産形態、単価も異なり、コスト構造も変わってくる。また、固有周期も、生産方式や顧客との関係も大きく異なる。つまり、製品が、技術変化や戦略で、成長した場合、市場規模だけでなく、製品サイクルも変わる場合も多いが、その過程で、アーキテクチャもサプライチェーンも変わらざるを得ない。

図表 4　固有桁数　出所：若林 2019



図表 5　固有周期　出所：若林 2019



多くの場合は、当初は、自社だけの試作から始まり、生産方法も確立していない。台数も少なく手作りであり、リードタイムも長い。当然、摺合せ型となる。

市場が拡大すれば、量産技術も導入され、リードタイムも短くなり、サプライチェーンも広がる。当然、モジュラー型に移行する可能性が出てくる。

しかし、モジュラー型に移行する際の標準化コストや、サプライチェーンが広がる際のコミュニケーションコスト(関係者との摺合せ的調整)次第で、モジュラー型に移行するかどうかが決まるだろう。

また、製品のバージョンアップで新技術が導入される場合は、その影響度合いにより、摺合せも必要となる。プラットフォーマが確立されれば、オープンでモジュラー型となるだろう。

4. アーキテクチャ論を再定義

これまでのアーキテクチャ論では、モジュラー型か摺合せ型かの選択に関し、製品性能と時間・投入資源との関係やシステムの複雑性により異なるとされてきた［4］。また、コスト重視の顧客ニーズではモジュラー型、性能重視の顧客ニーズでは摺合せ型という。いずれにせよ、モジュラー型となる背景を同一の前提においている。

モジュラー化のメリット

モジュラー型のメリットは、広い意味での互換性、スケールメリット、多様性、再利用性や保守メンテ性など多くが挙げられるが、問題は、複雑なシステムをモジュラーに分割するコストであり、標準化のコストである。これが、上記のメリットより大きい場合は、モジュラー化のメリットがデメリットを上回る。こうした議論は、経営重心論から捉えるとより明確になる。

経営重心論で固有周期が短く固有桁数が大きい産業では、如何に早くサイクルを回し、スケールするかが鍵となる。ここでは、モジュラー化のメリットが大きい。いちいち、新製品を出す場合に、摺合せをしていると間に合わないし、市場規模が大きいので、標準化によるコストダウン効果が大きい。まさに、PC 等が代表例で、当初、想定されていたモジュラーのイメージだろう。

異なるモジュラー化の背景

そこで、問題となったのが、当初は、日本も強く摺合せ型の代表例とされた露光機や工作機械である。技術進化により、モジュラー化を導入したが、顧客は決して、コスト重視でもなく、市場台数規模が、PC などのように拡大したわけでもない。露光機は単価が一桁上がったが、台数は一桁縮小した。技術進化も著しく摺合せ的要素が無くなったわけではない。

この当時、ソフト化対応、機能アップもあり、部品点数も増え、また、台数も少なく 1 回の失敗が致命的となるため、トライ&エラーな摺合せでは対応が困難となったのだ。メインバンク向け巨大 IT システム統合の難しさも同様だ。

つまり、この領域では、モジュラー化の背景が異なり、複雑性への対応だろう。

更に、原発などでは、部品点数の複雑さだけでなく、長期のメンテナンスもあり、技術者の雇用期間や寿命より長い場合も多く、技術の詳細を暗黙値、摺合せ等と言った日本語曖昧表現で放っておく訳にはいかない。開発の期間や規模が大きい巨大プロジェクトのように、多くの多様な技術者が集い、異動期間より、開発期間が長い場合も同様だろう。

モジュラー化の再定義

そこで、モジュラー化の目的を、以下の二つに分けて考え、モジュール化の再定義を試みる。

第一は、業界のスケール大かつスピード早く、摺合せコストをモジュラー化メリットが大きいもの(摺合せでも可能だがコスト面で不利)である。

第二は、複雑度合大かつ期間が長期、或いはトライ&エラー的が不可能なアプローチが難しい一品タイプへの対応(そもそも摺合せ困難)である。

そうすると、製品アーキテクチャは、下の図表のように再整理再定義される。

第一のモジュラー化とオープンの領域は、PC や自転車、パッケージソフト等であり、第二のモジュラー化とクローズの領域は、メインフレームや原発等であり、その間に、中間領域で、比較的、日本が競争力を維持している領域が存在する。

乗用車は、ケーレツの時代には、摺合せ/クローズ領域だったが、自動運転等 CASE 化が進む中では、クローズとオープンの狭間に位置され、更に、CASE インフラは左下、端末である EV 等のクルマは右上領域へシフトしよう。

また元来、摺合せ/オープンの領域は存在しないとされてきたが、官公需 IT 等はスペックは開示され、複数企業が共同受注する日本特有の SIer のアプローチは、摺合せ的かつオープン的と言えるだろう。

図表６　製品アーキテクチャを二種類のモジュール化で再定義する

	クローズ		オープン
モジュラー スピード対応 スケールメリット			パッケージソフト、新金融商品 PC、自転車 軽薄短小家電(デジカメ)
インテグラル (摺合せ)		乗用車 工作機械 官公需IT	
モジュラー 複雑化対応 摺合せ不可	メインフレーム 原発		

(出所)若林2020

5. 経営重心論と製品アーキテクチャ論の統合による定量化の試み

経営重心論と設計アーキテクチャ論の重ね合わせ

こうして、新たに製品アーキテクチャ論を再定義すると、マトリックスは、ほぼ経営重心論と重なってくる。すなわち、モジュラー化と摺合せは固有桁数の軸、クローズとオープンの軸は固有周期の軸にそれぞれ対応する。摺合せ的かつクローズとオープンの中間領域はジャパンストライクゾーンと重なる。

図表７　製品アーキテクチャの再定義と経営重心論

製品アーキテクチャの再定義

	クローズ		オープン	
固有桁数大			スマホ PC、自転車 軽薄短小家電(デジカメ)	モジュラー スピード対応 スケールメリット
固有桁数中　１億台 千台		***ジャパンストライクゾーン*** 乗用車　白物家電 工作機械　計測器 官公需IT	 SPE	インテグラル (摺合せ)
固有桁数小	 原発			モジュラー 複雑化対応 摺合せ不可
	固有周期　長	10年　固有周期中　5年	固有周期　短	

(出所)若林2020

まさに、右上は、水平分業が進み、日本が競争力を失い、台湾や中国が台頭した領域であり、左下は、原発、宇宙、等、欧米が強い領域であり、トップダウンでのデザインアーキテクチャ志向と、長期の時間軸でのプロジェクトマネジメント能力が求められ、日本が弱い領域である。

経営重心論では、固有周期や固有桁数が異なると、設計方法、製造方法やコストダウン、営業体制など組織、人事評価、さらには会計制度も異なるが、固有桁数が中で、固有周期も中の領域では、摺合せ的、日本的なアプローチが相対優位となる。下の図表では、固有周期が長、固有桁数が小の設計を、モジュールでなく、「思想」と記しているが、ここは、モジュラー的設計思想である。

図表８　固有周期、固有桁数が異なると経営も異なる　出所：若林 2019

		設計	製造	営業	人事・評価	コストダウン	会計
固有周期	長	思想	一品、工期	顧客と持ちつ持たれつ	長期評価、転勤少ない	計画的漸減的	工事進行基準
	中	擦り合わせ	モノづくり	複数年契約		調達、在庫	工事進行基準
	短	モジュール	早期立ち上げ	売り切り	短期評価、転勤多い	価格弾性活用	在庫
固有桁数	大	モジュール	プラント	チャネル、広く	変動的、汎用的	ラーニングカーブ	製造的
	中	擦り合わせ	セル生産	直販		ＶＡ/ＣＤ	
	小	思想	一品	顧客と共創、大モノ一発	安定的、個別的	設計、契約	開発的

摺合せとモジュラーの閾値

経営重心論では、二軸を定量化しているが、設計アーキテクチャ論を、経営重心論と重ね合わせ化で、摺合せとモジュラーの閾値を定量化が可能になる。ジャパンストライクゾーンは、周期 5~10 年、桁数の数量 1000～1 億だが、ここ以外が、モジュラー領域となる。自動車やエアコン等白物家電は約 1 億台、周期 7～8 年程度であり、ジャパンストライクゾーンに入っており、摺合せとモジュラーの中間領域にある。今後、ある産業が摺合せ型にあるとして、ジャパンストライクゾーンを外れてくると、二つのモジュラー型に移行することが予期されよう。

コスト構造

これまで、IT、重電、白物家電など、多くの製品や事業は、産業の固有周期が短期化し、固有桁数が拡大すると、技術はメカからエレクトロニクス、エレクトロニクスのデバイスでは、固体化が進み、また、更にソフトウェアの要素が増えてくる。コスト構造では、人件費が減り、外注費や償却費、ソフトや知財が増えてくる(M&A をする場合も多い)。このコスト名目種類で摺合せ度合も定量化可能である。

図表９　摺合せとモジュラーの閾値とは　出所：若林 2019

周期		長い					短い
数量（桁数）		せいぜい数百万					数億以上
単価		ＭＩＮ100万円					数万円
分野	ＩＴ（情報メディアを制御）	歯車計算機		テープ	ＭＦ、アナログ電話、コピー、プリンタ 光ディスク CRT	デジカメ HDD LCD	PC、ケータ･電卓、IPAD、スマホ SSD OLED
	重電（エネルギー制御＋タービン、ポンプ）		原発		送変電	電池？	
	白物（モータとコンプレッサ）			エアコン、掃除機			
	自動車（＝ロボット）		レシプロ	ＨＥＶ	ＥＶ		
	他						
技術の変化		**メカ**					**エレキ**
コスト構造	材料費						
	組立加工費（人件費）						
	償却費						
	ソフト知財						
産業構造		**擦り合わせ**					**モジュラー**
		垂直統合					**水平分業**

6. おわりに

製品アーキテクチャ論は、摺合せとモジュラーの分類について議論が多かったが、モジュラー化を、二種類に分類することで、その目的とメリットが明らかになり、その上で、再構成すると、経営重心論と多くの点で重なりあう。そこで、経営重心論の定量的アプローチが適用でき、摺合せとモジュラーの閾値を定量化が可能となった。今後は、各製品別、各産業別に、摺合せとモジュラーの閾値を示したい。

製品アーキテクチャ論で、モジュラー型か摺合せ型かは、長沼慎一郎が指摘する三体問題と同根であり［7］［8］、行列式で対角化ができるものは、モジュラー型、できないものは摺合せ型、といえるのだろうが、近似により、どこまで対角化可能かだろう。

アンゾフマトリックスに始まり、経営学の優れた理論は、2×2 のマトリックスいわば行列式構造で論じられることが多いが、それ自身の理論構造が、モジュラーか摺合せであるともいえる。このシンプルな構造に拘るあまり、具体的な実例との乖離や、理論の社会実装が難しくなる場合もある。

参考文献

[1]若林秀樹 2019「経営を重心で分析する～経営重心 2.0」Kindle 版　または「経営重心」2015 幻冬舎
[2]若林秀樹 2019 研究イノベーション学会予稿集「多角化・M&A によるポートフォリオの最適化分析」
[3]藤本隆宏 RIETI2002 年「製品アーキテクチャの概念・測定・戦略に関するノート」
[4]城川俊一 2009 年 3 月東洋大経済論集「アーキテクチャにおける統合化とモジュール化」
[5]青木昌彦・安藤晴彦 2002 東洋経済「モジュール化：新しい産業アーキテクチャの本質」
[6]宮田憲一、渡邊大介 2013 組織科学 VOL46.No.3「製品アーキテクチャのダイナミズムと組織能力」
[7]長沼慎一郎 2011「物理数学の直観的方法」ブルーバックス、日本語）新書 - 2011/9/21
[8]長沼慎一郎 2020「現代経済学の直観的方法」講談社