

設計立地の比較優位に関する試論

—組織能力・アーキテクチャ・イノベーション—

2007年7月

RIETIファカルティフェロー
東京大学大学院経済学研究科教授
東京大学ものづくり経営研究センター長
ハーバード大学上級研究員
藤本隆宏

「開かれたものづくり論」とは

設計をベースにした「開かれたものづくり」への発想転換

従来の
狭いものづくり観

良い話だが・・・広がりがない。

製造業

非製造業

生産現場

開発・購買・販売現場

製造業の生産現場

生産現場

開発・購買・販売現場

これからの
広いものづくり観・・・
「開かれたものづくり」

「もの」ではなく「設計」から
発想する

製造業

非製造業

製造業の生産現場

サービス業の
サービス現場

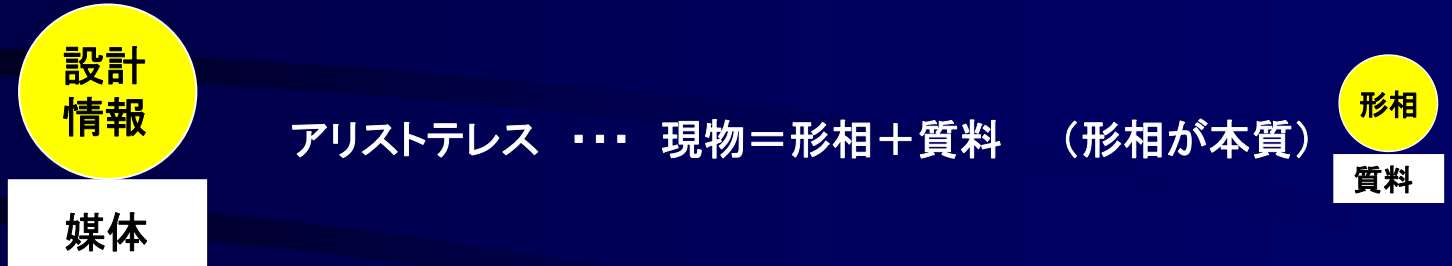
製造業の
開発・購買・販売現場

サービス業の
開発現場

「ものづくり」とは「設計情報の良い流れ」を作ること

現場・現物からの発想 …… モノよりはむしろ「設計」に着目

現物 = 設計情報 + 媒体



製品(物財・サービス)は、人工物(あらかじめ設計された何か)である

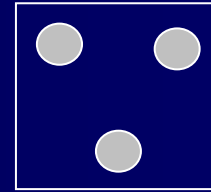


付加価値の主たる源泉は設計情報にある (媒体はそれを伝える器である)

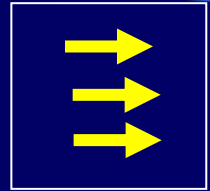
開かれた(広義の)ものづくり …… 人工物に託して、設計情報を創造し、転写し、発信し、お客に至る流れを作り、顧客満足と経済成果を得ること。

「固有技術」と「ものづくり技術」

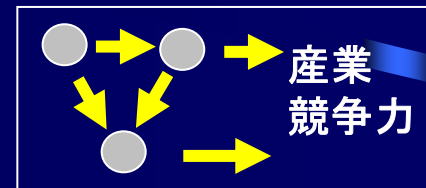
①固有技術 …… 特定の構造が特定の機能を生む因果知識
重要。しかし、放置すれば「孤島」化



②ものづくり技術 …… 顧客へ向かう「設計情報の流れ」をつくる知識
…… 異業種間で共有できる（製造業もサービス業も）



産業競争力にとって①固有技術と②ものづくり技術は車の両輪



「ものづくり技術」は、業種を超えて知識移転できる汎用技術
(競争貫徹産業から競争不全産業へ)

「ものづくりインストラクター」は、業種を超えた知識移転に従事する

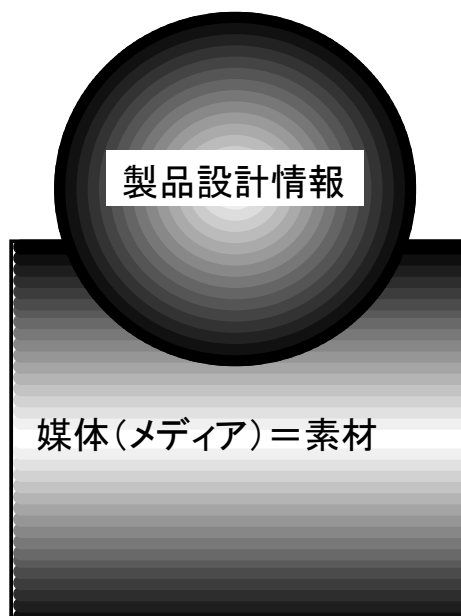
ところが従来は、固有技術の議論が中心(政府・マスコミ・産業界・学界)

第3期科学技術基本計画で認知 …… 「ものづくり技術」は8つの柱の一つ

「付加価値は設計情報に宿る」という発想

製品とは設計情報が媒体＝素材に転写されたものである

製品とは、設計情報を素材(媒体)に転写したものだ



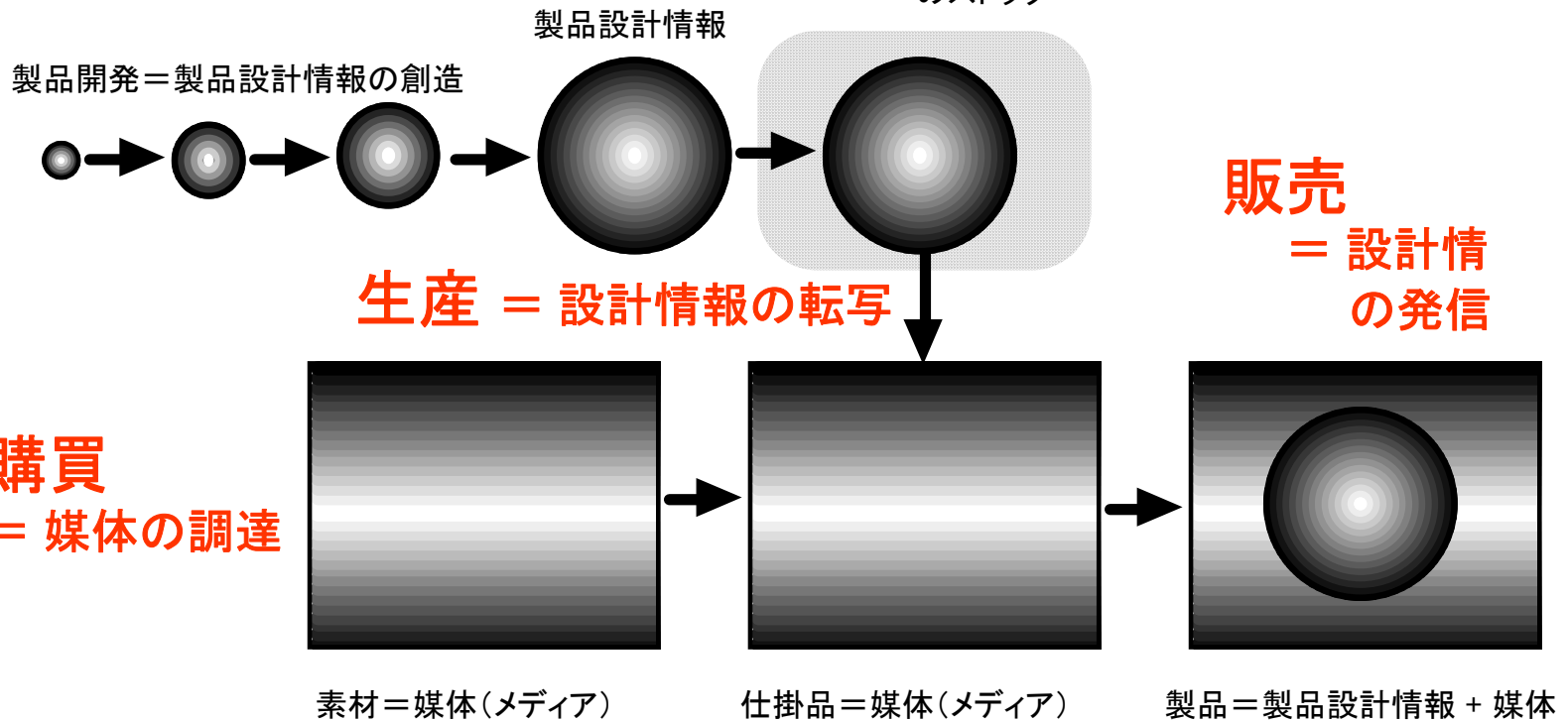
製品＝情報＋媒体

ものづくり現場 …… 生産・開発・購買・販売を含む

現場 = 顧客(市場)へ向かって設計情報が流れる場

開発 = 設計情報の創造

生産工程 = 製品設計情報の
のストック

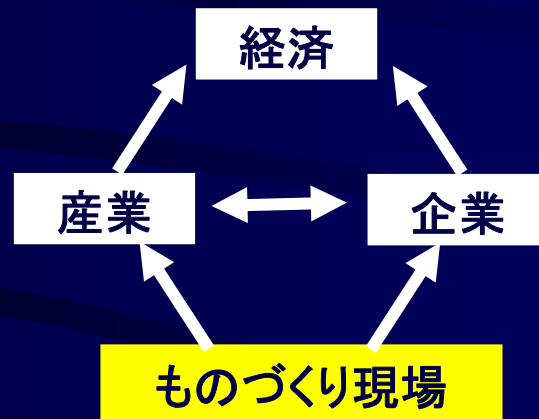


● = 情報

■ = 媒体(メディア)

「ものづくり現場発の戦略論・産業論」とは

ものづくり現場に遍在する「**設計情報**」にこだわり、
製品・工程における設計のありかたを虚心坦懐に観察することから出発し、
そこから組み立てなおす戦略論・産業論



その柱は2つ

- ① **ものづくりの組織能力** = その企業特有の「**設計情報の流し方**」のうまさ
- ② **アーキテクチャ(設計思想)** = その製品・工程の「**設計情報のつなぎ**」

グローバル化と比較優位

グローバル化した経済とは

グローバル化した経済 …… 産業ごとの**国際競争力の優位・劣位が顕在化する**
(保護政策↓ 非関税障壁↓ 輸送費↓ 通信費↓)

リカードの構想した「**比較優位・国際分業・貿易の利益**」の世界がようやく現出？

総花的な加工貿易立国(工業フルセット主義) → **比較優位に基づく国際分業**

加工貿易立国を100年追及してきた日本 …… 1980年ごろまでに、ほぼ達成？
(原料・燃料・食糧を輸入、あらゆる工業製品を輸出)

しかし1990年代以降 …… 円高、アジア新興工業国、デジタル技術、
米国経済復活、そしてグローバル化

水平分業・産業内分業へのシフト …… 工業製品を輸入し、かつ輸出する

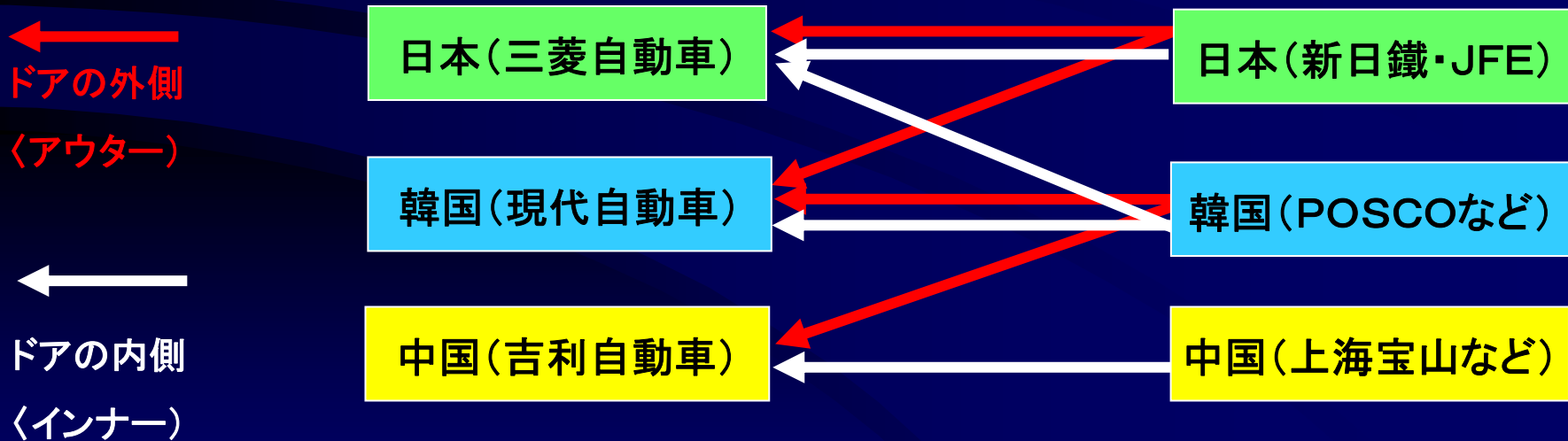
それでは、**21世紀の日本は何を輸入しなにを輸出するのか？**

- …… 既存の(狭義の)比較優位論は現象をうまく説明しきれない
- …… 「新しい貿易理論」も、具体的に何を輸出するかを答えない

自動車用鋼板の貿易 …… 微細な産業内貿易

技術・設備・労働力の構成がほとんど変わらないのに、
自動車用薄板の中で、国際分業が生じている。
……従来の比較優位論で説明することは難しい

例： 自動車のドア用の鋼板の産業内貿易



どう説明するか …… 広義の比較優位論

比較優位論の基本ロジックは今も有効。しかし ……

標準的経済学が説く「**狭義の比較優位論**」では説明できない現象が多い
「労働集約か資本集約か」では説明できない現象が多すぎる

何が足りなかったのか …… 標準的経済学は、「設計」の問題を看過
財は設計済み。それを何個、いくらで作る？

とすれば、「設計」を内生化した、「**広義の比較優位論**」は考えられないか？

設計という工学的な概念を、**比較優位**という経済学の概念に融合させては？

つまり、設計活動にまで対象を広げた「**広義の比較優位論**」を考えてみよう。

開かれたものづくり論： 設計起点の発想。**設計情報の創造・転写・発信・解釈**

開発、生産、販売、すべて「**ものづくり現場**」。顧客に至る設計情報が流れる場

設計(アーキテクチャ)の比較優位論

設計情報創造(開発)の拠点立地が、設計情報転写(生産)の拠点立地に先立つ

開かれたものづくりの観点から言うなら、設計拠点の立地を、もっと重視すべし

しかし、これまで正面から取り上げられてこなかった

- ① 狭義の比較優位論 … 生産立地の問題に集中。設計立地を看過
- ② プロダクトサイクル論 … 開発立地を重視。しかし「米国」と結論
- ③ 新しい貿易論 … 生産拠点の累積効果に注目。しかし「偶然」と結論

設計の比較優位、あるいは設計拠点の立地決定を、もっと重視すべきではないか

この発想から生まれた。現場発の発想 … アーキテクチャの比較優位論

その前提 … 資本は動くが、組織能力は簡単に動けず、国に偏在する

この観点からグローバル化を再検証すると・・・

グローバルに動き回るもの …… 資本、資金、物財、電子媒体に乗るサービス

資本が国を選ぶ時代(武者「地球帝国主義論」)
金融商品のデジタル情報財化 …… 世界中を瞬時に駆け巡る
アメリカ起点の「グローバル化」=アメリカ標準への収斂が顕著

グローバルに動きにくいもの …… ヒト、組織能力 …… 偏在するもの

アメリカは200年移民を集め続けた …… しかし、できる国は限られる
中国は内陸の労働者を「短期国内移民」化した (海外移民ではなく)

組織能力は、国の歴史に従い創発的に進化する。
組織能力は、能力構築環境と、能力構築競争により培われる。
組織能力国際移転は、多国籍企業により可能だが、時間がかかる

したがって、グローバル化の時代、国の産業は、
偏在する組織能力をベースに比較優位を築き、特化し、国際分業する

競争力と組織能力： 多層的にとらえる

競争力は多層的に把握せよ:「まず現場」か「まず利益発」か

① まず能力構築から…「現場＝体を鍛える」トヨタ流の体育会系戦略

② まず利益構想から…「本社＝頭を使う」欧米流(中国流)戦略

その他の環境要因

ものづくり
組織能力

裏の競争力

表の競争力

収益力

他社が簡単に真似できない
現場にできることのレベル

整理整頓清掃
問題解決、改善
ジャストインタイム
フレキシブル生産

お客から見えない
現場の実力を測る指標

生産性、コスト、
生産リードタイム
開発リードタイム、
開発生産性

お客が評価する
製品の実力を測る指標

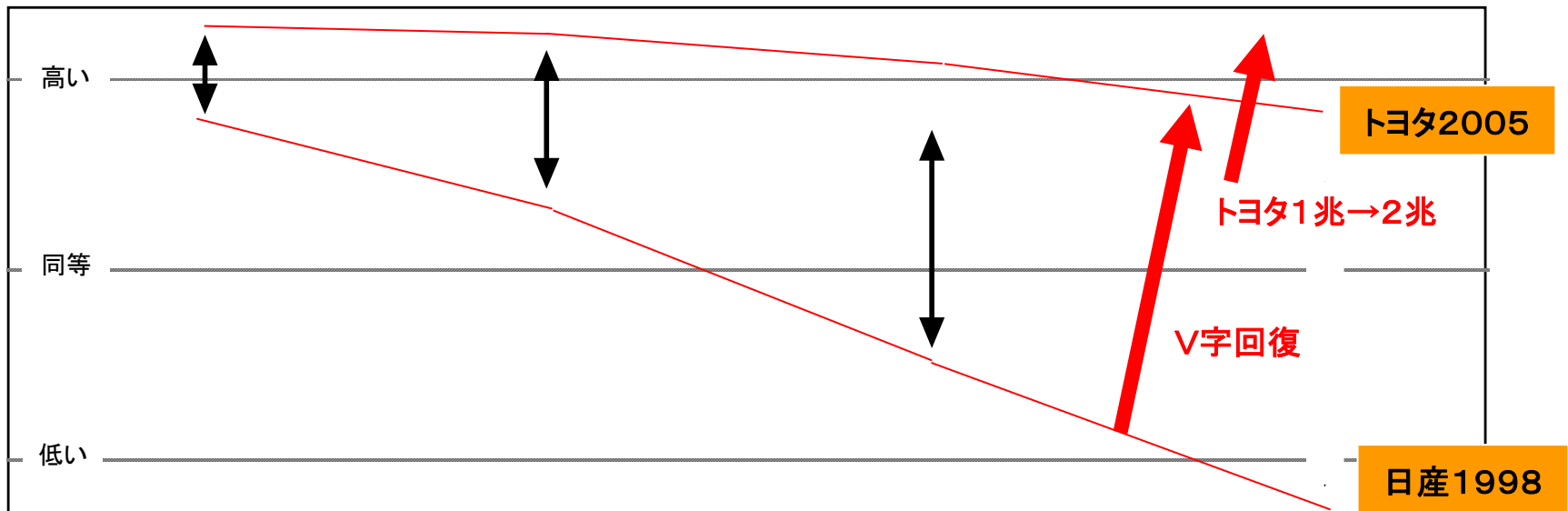
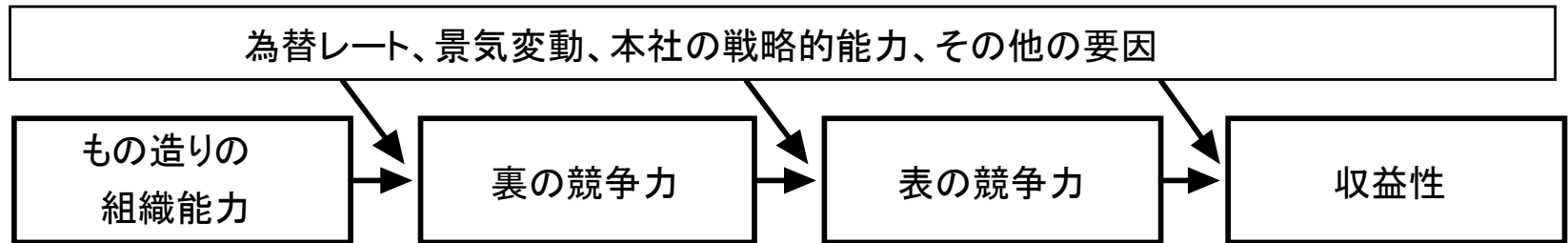
価格、性能、納期
ブランド、広告の効果
市場シェア、お客の満足度

会社のもうけ

株価

能力構築競争

競争力の多層評価フレームワーク 日本の自動車産業の例



ものづくり能力と戦略構想能力のアンバランス

特に、競争貫徹企業が擦り合わせ型アーキテクチャの製品を作る場合、現場の「ものづくりの組織能力」の地盤沈下はあまり見られなかった。

課題1 ただし、日本の「最優良企業」と「普通の企業」では、生産性が数倍違う可能性があり、それは放置できない。
日本のものづくり能力の全体的かさ上げは緊急の課題

課題2 さらに、現場が強い企業でも、概して「戦略構想能力」が不足
・・・ オペレーションと戦略の「ねじれ現象」
「強い工場、弱い本社」症候群

21世紀の我が国製造企業のめざすもの・・・強い現場と強い本社の両立

そのための一歩：まず、自社の組織能力・競争力・収益力を正確に測定し、冷静に評価すること。測定なくして改善なし

ものづくり＝設計情報の流れを作ること

設計情報

お客さんが
カッコいいと
思ってくれる
ボディの
デザイン



厚さ0.8ミリの鉄板

素材＝媒体

お客さんが
カッコいいと
思ってくれる
ボディの
デザイン

これを創造するのが**開発**

この二つを結合するのが**生産**
(設計情報を素材に転写すること)

厚さ0.8ミリの鉄板

これを買ってくるのが**購買**

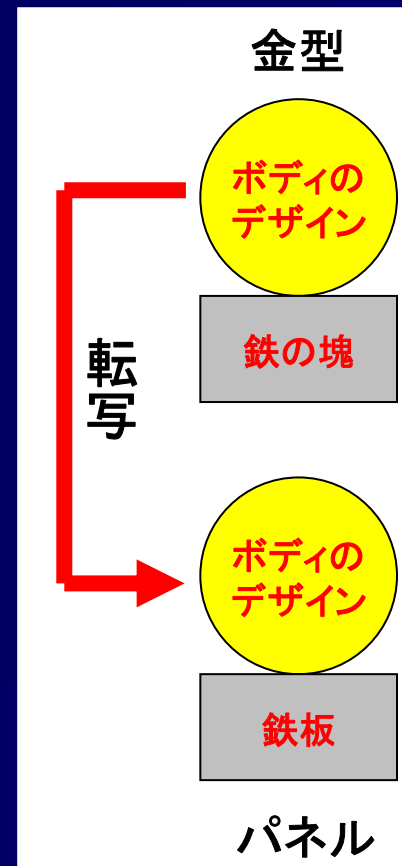


プレス工場で起こっていること・・・生産＝転写

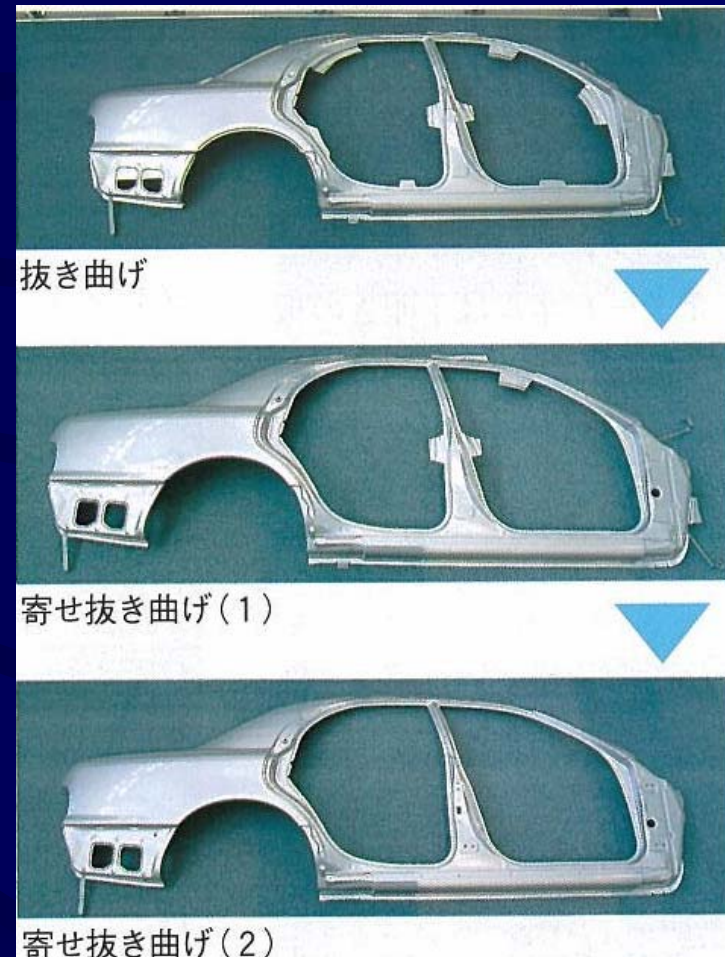
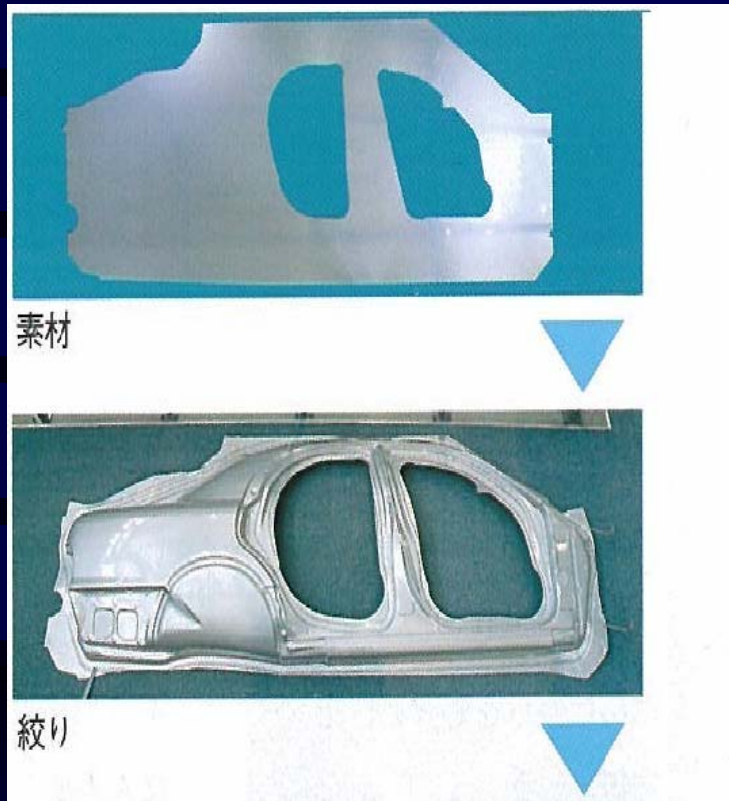
- **金型**＝「かっこいいボディ」の**設計情報**が鉄の塊の中に埋め込まれている。
- 1分に10回近いペースで、その情報が、
1000トンを超えるエネルギーを使って、鉄板に「転写」される。印刷と同じ。
- つまり、プレス生産は、金型が持っている設計情報を鉄板に**転写**する活動。
- しかし、うまくやらないと、鉄板は破れる、ゆがむ、しわがよる。つまり転写ミスがおこる。
- いかにか**速く、安く、正確**に転写するかが、現場の腕のみせどころ！



写真：トヨタ産業技術記念館



鉄板が金型の持つ設計情報を吸収し、 クルマのサイドボディに変身する



つまり、金型が持つ**設計情報**を、鉄板という**媒体**に**転写**する

ものづくり =
お客様に向かう「設計情報の流れ」を作ること
その流れをよどみなく効率よく正確なものにすること

製品 = 設計情報 + 素材 (媒体)

お客さんが
カッコいいと
思ってくれる
ボディの
デザイン

厚さ0.8ミリの鉄板

販売 → 使用 → 解釈



顧客満足

設計情報を創造するのが開発
媒体を社外から入手するのが購買
設計情報を素材に転写するのが生産
それをお客さんに発信するのが販売

統合型ものづくりの組織能力

— 生産・開発・購買 —

「設計情報の創造・転写システム」としてみた 統合型のものづくり組織能力(例えばトヨタ)

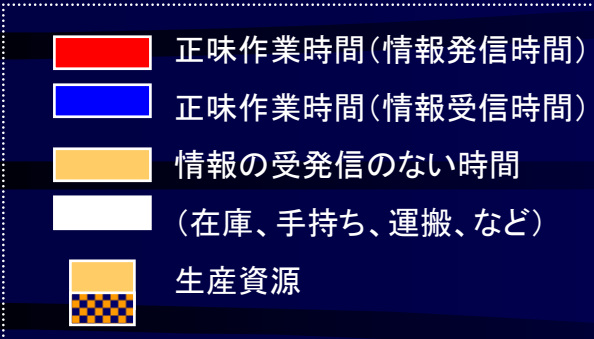
① 生産:「**工程から製品への、密度・精度の高い設計情報の転写**」として
統一的に説明できる。

② 製品開発:「**早期で統合的な問題解決サイクルの束**」として
統一的に説明できる。

③ サプライヤー・システム:
「**長期安定取引**」「**少数者間の能力構築競争**」「**まとめて任せる**」
という3つのルーチンの相互補完性により説明できる。

要するに・・・「**知(設計情報)のめぐりの良い組織**」である

統合型生産の組織能力： 情報転写の密度と精度に集中



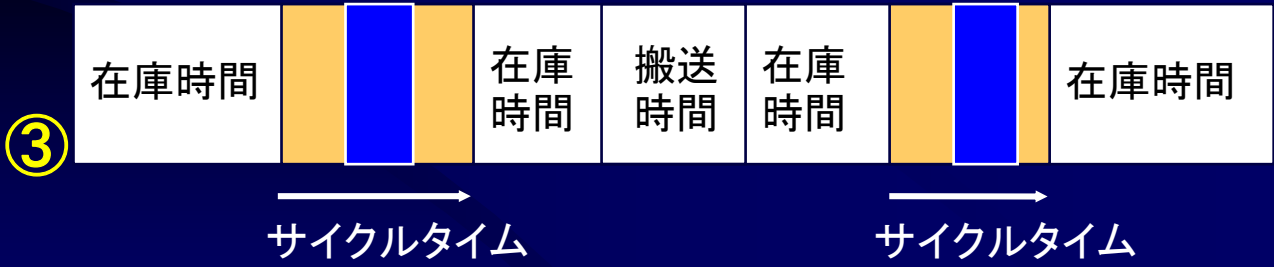
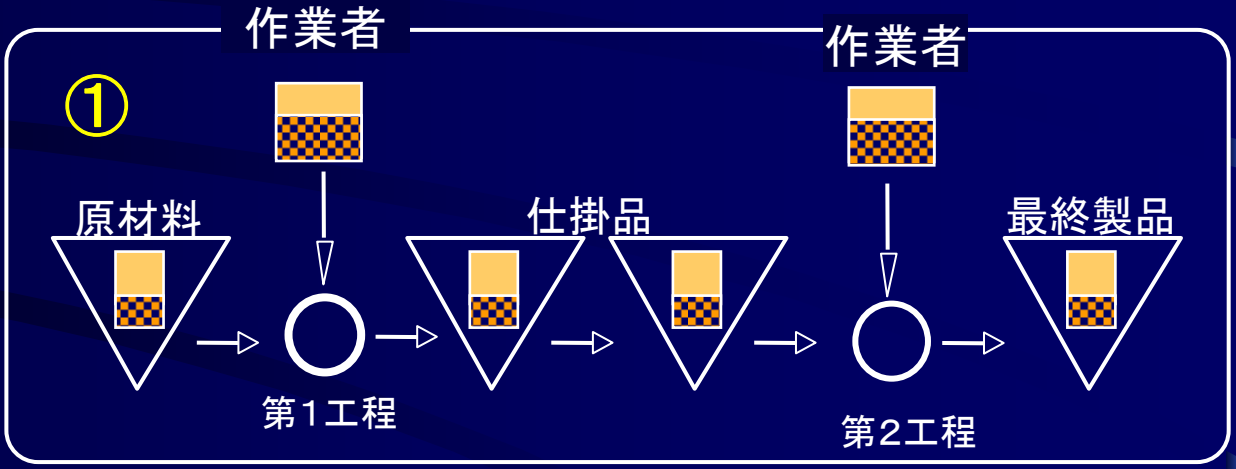
第1工程の生産性
(1個あたり工数)

第2工程の生産性
(1個あたり工数)



発信側(生産性)

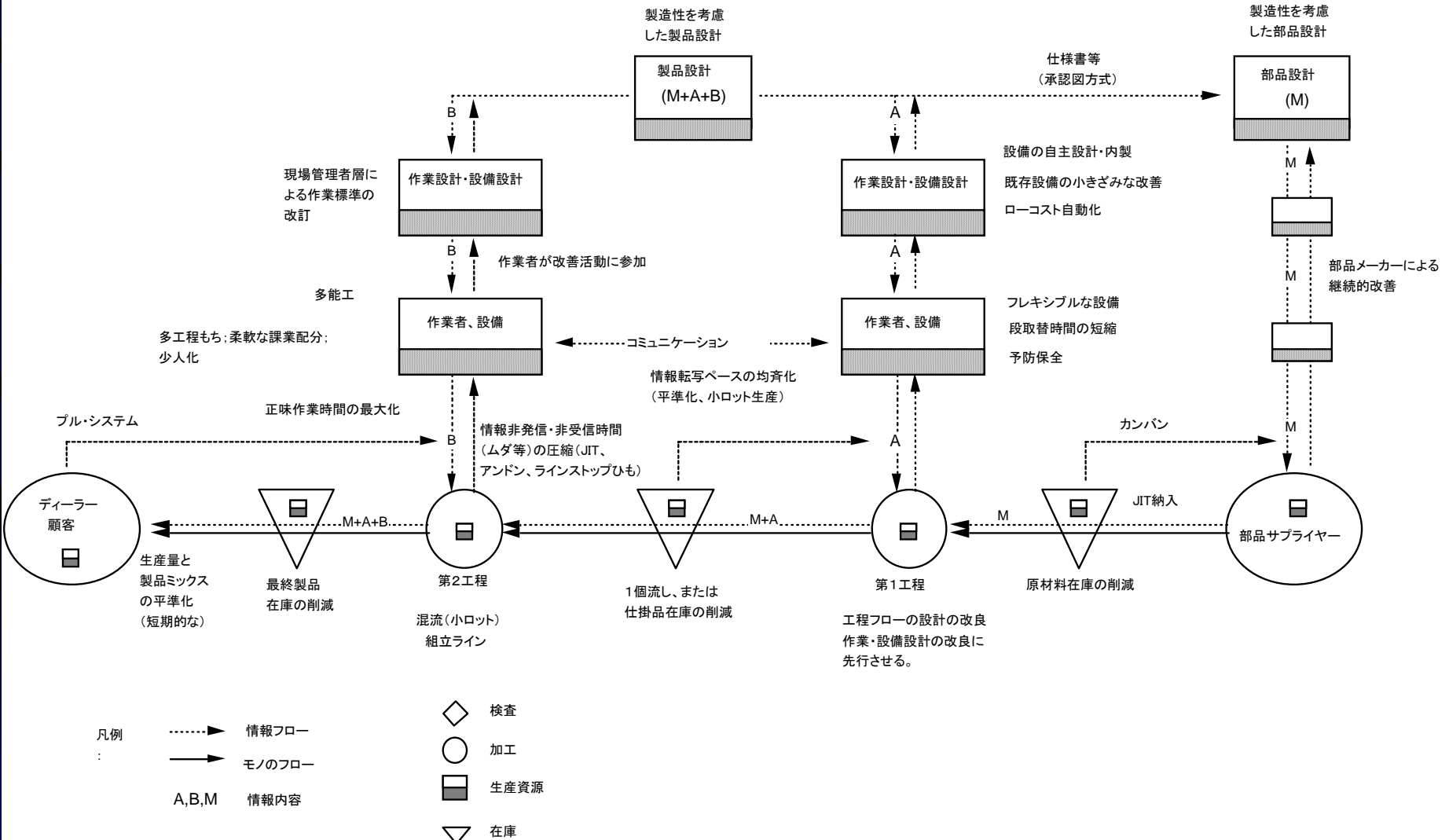
受信側(リードタイム)



← 生産リードタイム →

設計情報の流れからみたトヨタ・システム(1:生産性・生産期間)

トヨタ的生産システムの組織能力:生産性と生産リードタイム

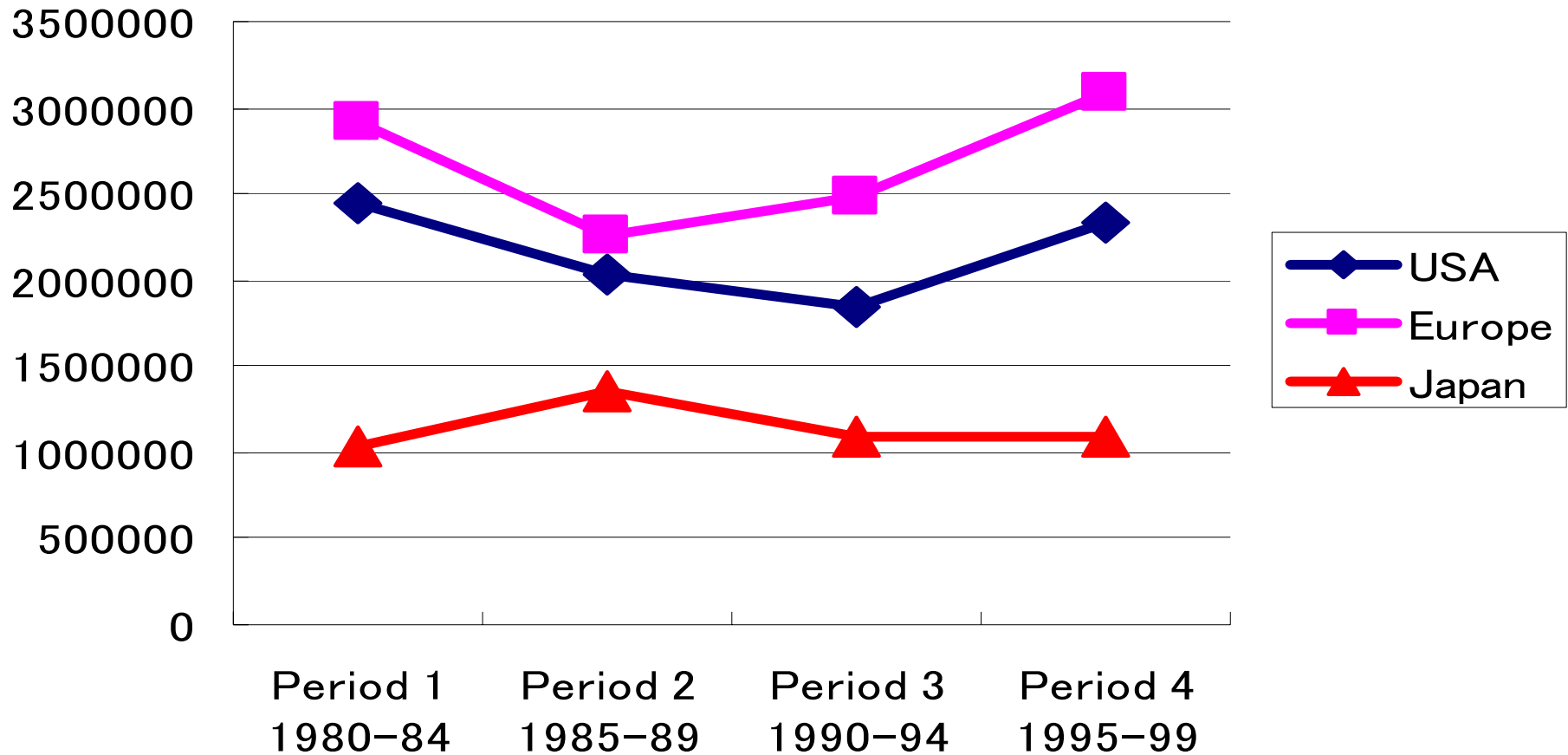


統合型製品開発の組織能力(例:自動車)

基本は「早期・協調的な問題解決」

- ① 部品メーカーとの共同開発・連携調整 …… デザインイン・承認図方式
- ② 生産現場の組織能力を製品開発に活用 …… 試作・金型・量産立上げ
- ③ オーバーラップ型開発 …… 製品開発と工程開発の期間重複と連携調整
- ④ 少数精鋭プロジェクトチーム …… 多能型技術者によるチームワーク
- ⑤ 重量級プロダクト・マネジャー …… コンセプト責任を持つ強い開発リーダー
(以上クラーク・藤本研究)
- ⑥ 複数プロジェクト間のオーバーラップと連携調整 (延岡研究)
- ⑦ フロントローディング …… 開発支援 IT による問題解決の前倒し
(トムケ・藤本研究)

自動車の開発生産性: 日本は欧米の2倍前後で推移



統合型購買の組織能力：長期能力主義

3つの基本パターン(サプライヤーシステムの「三種の神器」)

- 1 長期安定取引
- 2 少数サプライヤー間の厳しい能力構築競争(開発コンペなど)
- 3 「まとめてまかせる」分業体制

これらの間には相互補完性あり → 競争力に貢献

発注者側の「**多面的評価の能力**」が大前提。そのための部分内製、改善部隊

サプライヤーの仕事ぶりを長期でじっくり評価する[**長期能力主義**]

⇔ 長期関係主義 (関係だけで発注してしまうぬるま湯的状况)

3レベルの組織能力構築

(1) ものづくり能力

顧客にとっての価値を生んでいる時間(正味作業時間)を常に意識。

顧客起点でさかのぼり、プロセスの流れを作る

正味作業時間の最大化(ムダの最小化)を全社的に展開

すなわち、設計情報の転写密度・転写精度の同時改善

(2) 改善能力

問題発見: 問題(ムダ、ミス)がいやでも顕在化する仕掛け(徹底した見える化)

問題解決: ツールをできるだけルーチン化〔標準化〕。ツール教育の徹底。

全員で、標準化された問題解決サイクル(PDCAサイクル)を回す

(3) 進化能力

常に「顧客満足」と「競争力」を意識する組織全体の「心構え」(トヨタ・ウェイ)

当たり前のことを全員で継続的に・・・「フォローアップ」「横展開」「歯止め」「標準」

何があっても(怪我の功名でも)最後は「能力構築」でフィニッシュする二枚腰

アーキテクチャ

—設計情報の切り分け方・つなぎ方—

アーキテクチャとは: ○(設計)の中をのぞいてみよう

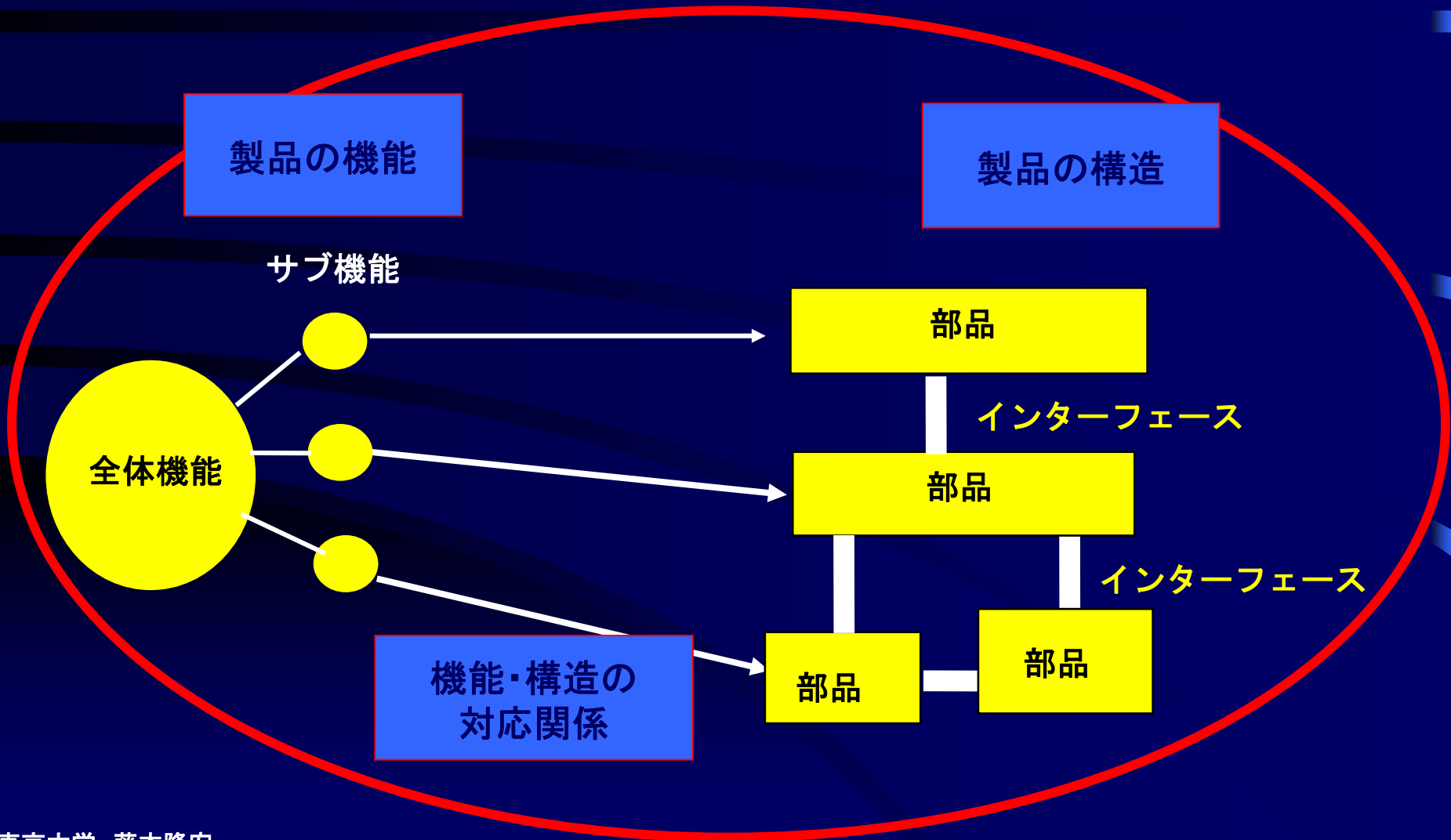
お客さんが
カッコいいと
思ってくれる
ボディの
設計



設計者は、どんな発想で設計をしているのだろうか？

「設計者の発想」のことを「アーキテクチャ」という

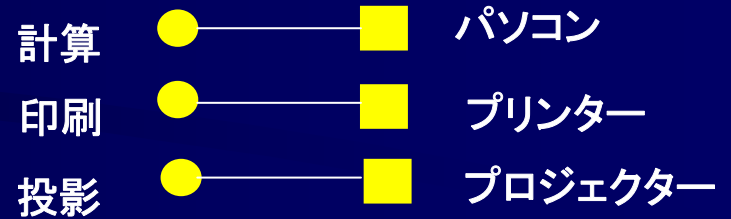
製品に要求される機能を、製品の各構造部分(部品)にどのように配分し、部品間のインターフェースをどのようにデザインするか、に関する、基本的な設計思想



モジュラー（組み合わせ）型アーキテクチャと インテグラル（擦り合わせ型）アーキテクチャ

Modular Architecture モジュラー（組み合わせ）型

パソコンのシステム

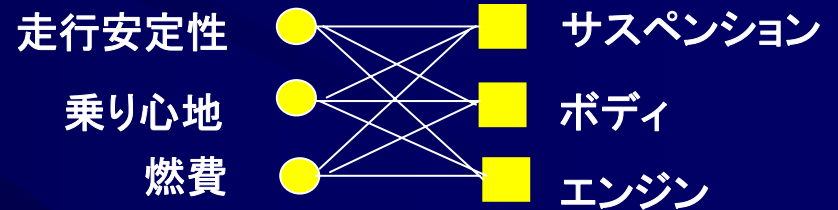


製品の機能

製品の構造

Integral Architecture インテグラル（擦り合わせ）型

乗用車



製品の機能

製品の構造

製品アーキテクチャの基本タイプ

① 「組み合わせ」型(モジュラー型)アーキテクチャ :

機能完結部品を標準インターフェースでつなげる。
既存部品の寄せ集めでも、製品全体が機能を発揮。

② 「擦り合わせ」型(インテグラル型)アーキテクチャ :

製品ごとに部品を相互調整してカスタム設計(最適設計)する
製品全体の機能発揮のためには、各部品の最適設計化が必要

a. オープン・アーキテクチャ: モジュラーの一種
企業を超えた業界標準インターフェース
企業間で「寄せ集め設計」が可

b. クローズド・アーキテクチャ:
基本設計・インターフェース設計が社内で完結

製品アーキテクチャの基本タイプ

	インテグラル (擦り合わせ)	モジュラー (組み合わせ)
クローズド (囲い込み)	クローズド・インテグラル 乗用車、オートバイ ゲームソフト、 軽薄短小家電、他	クローズド・モジュラー メインフレーム、 工作機械、 レゴ
オープン (業界標準)		オープン・モジュラー パソコン、同ソフト、 インターネット、 新金融商品、自転車、

製品アーキテクチャの基本タイプ

最適設計された
専用部品

	インテグラル (擦り合わせ)	モジュラー (組み合わせ)
クローズド (囲い込み)	クローズド・インテグラル 乗用車、オートバイ ゲームソフト、 軽薄短小家電、他	クローズド・モジュラー メインフレーム、 工作機械、 レゴ
オープン (業界標準)		オープン・モジュラー パソコン、同ソフト、 インターネット、 新金融商品、自転車、

擦り合わせ型(クローズド・インテグラル)製品:乗用車

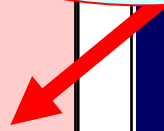


汎用部品(いろいろな会社の製品で使える)は10%以下

製品アーキテクチャの基本タイプ

	インテグラル (擦り合わせ)	モジュラー (組み合わせ)
クローズド (囲い込み)	クローズド・インテグラル 乗用車、オートバイ ゲームソフト、 軽薄短小家電、他	クローズド・モジュラー メインフレーム、 工作機械、 レゴ
オープン (業界標準)		オープン・モジュラー パソコン、同ソフト、 インターネット、 新金融商品、自転車、

汎用部品の
寄せ集め



オープン・モジュラー型の製品(パソコンシステム)



モニターは別売です。

汎用部品(いろいろな会社の製品で使える)は50%以上

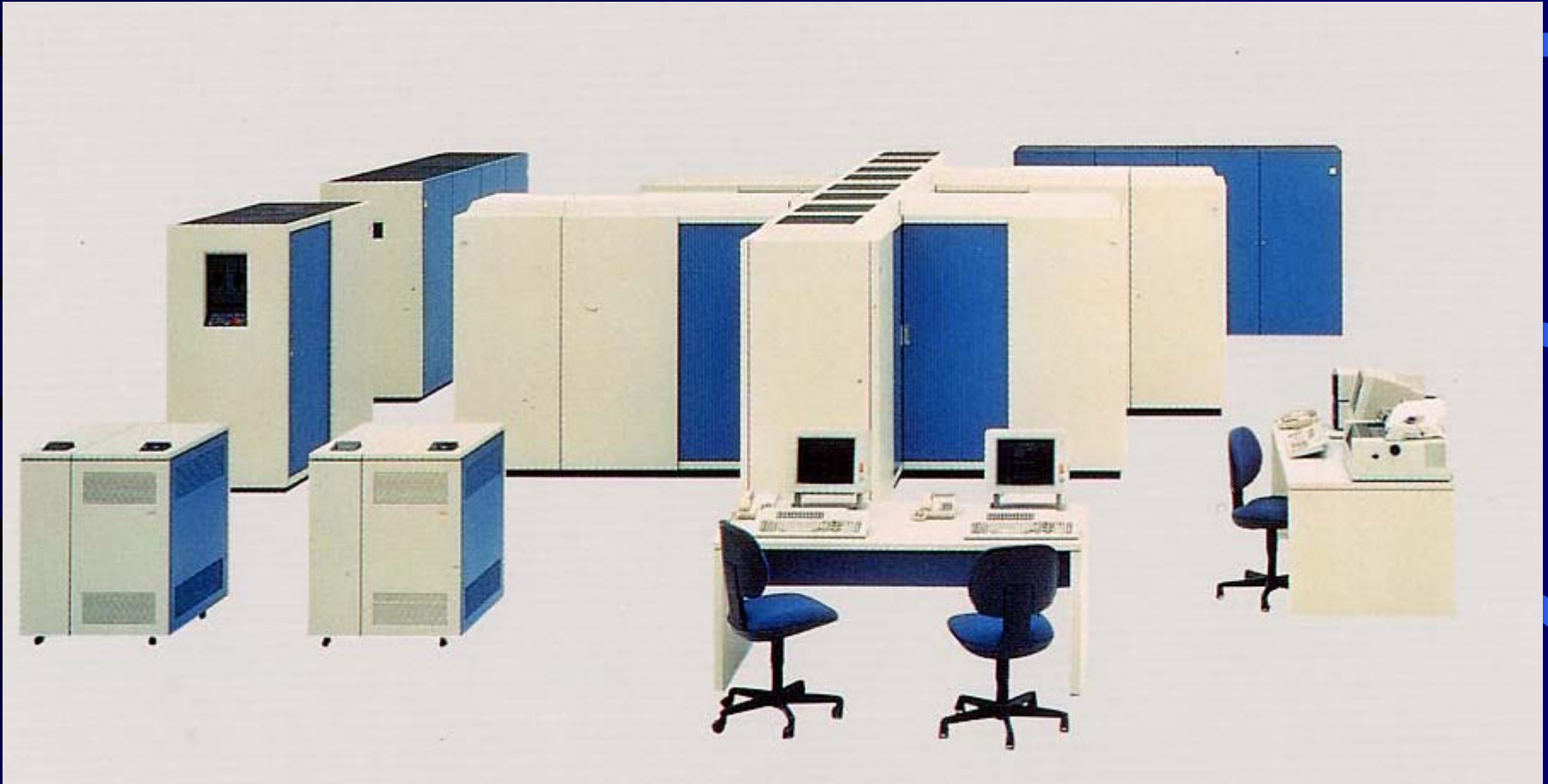
製品アーキテクチャの基本タイプ

	インテグラル (擦り合わせ)	モジュラー (組み合わせ)
クローズド (囲い込み)	クローズド・インテグラル 乗用車、オートバイ ゲームソフト、 軽薄短小家電、他	クローズド・モジュラー メインフレーム、 工作機械、 レゴ
オープン (業界標準)		オープン・モジュラー パソコン、同ソフト、 インターネット、 新金融商品、自転車、

社内共通部品の
寄せ集め



クローズド・モジュラーの製品(メインフレーム・コンピュータ)



自分の会社で設計した「社内共通部品」を寄せ集めて、多くの種類の製品を作る

アーキテクチャの比較優位

—設計立地から国際展開を考える—

アーキテクチャの戦略論と産業論

会社のものづくりの組織能力と、製品のアーキテクチャ特性との間には
ある種の「相性」がある

相性が良ければ、現場の国際競争力は強い傾向がある。

相性が悪ければ、現場の国際競争力は弱い傾向がある。

(1) 戦略論・個別企業の組織能力との相性をみる → 日本企業の競争力

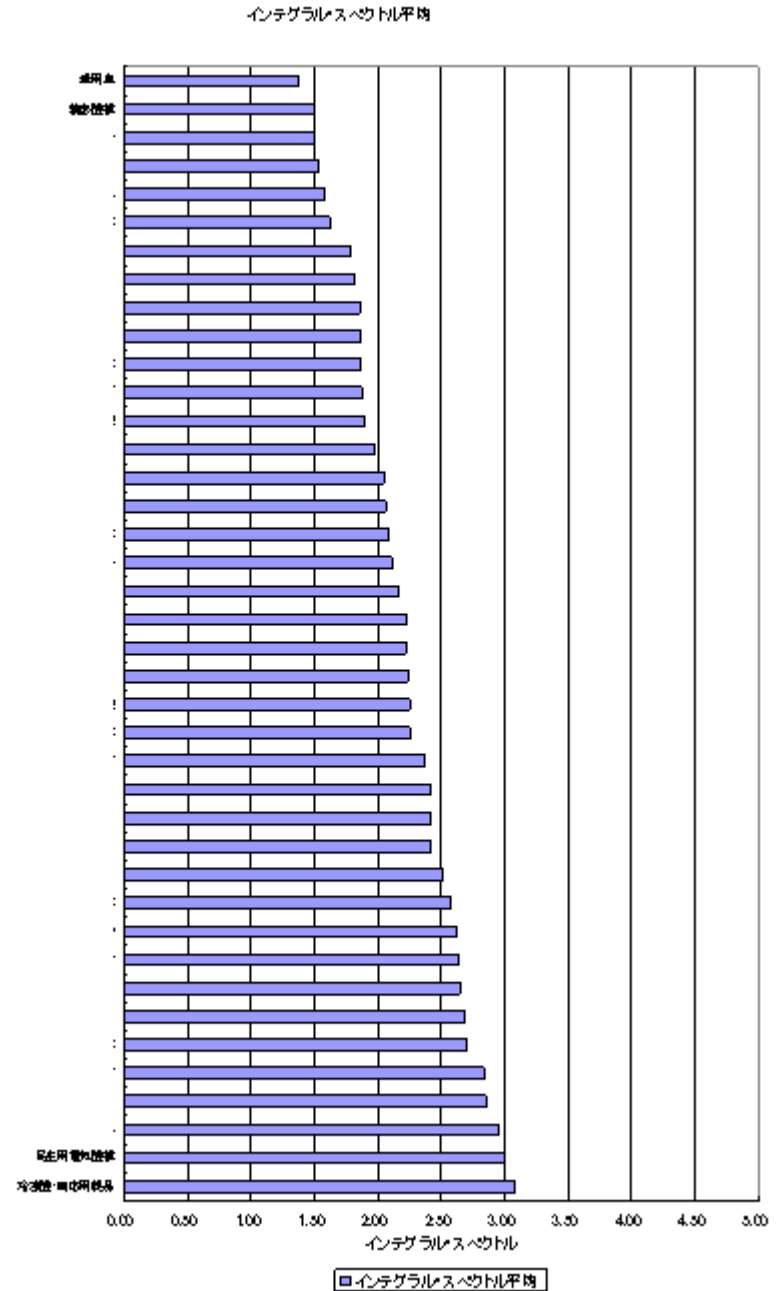
(2) 産業論・ある地域・産業に属する企業群が傾向として持つ

組織能力との相性をみる → 日本の産業競争力

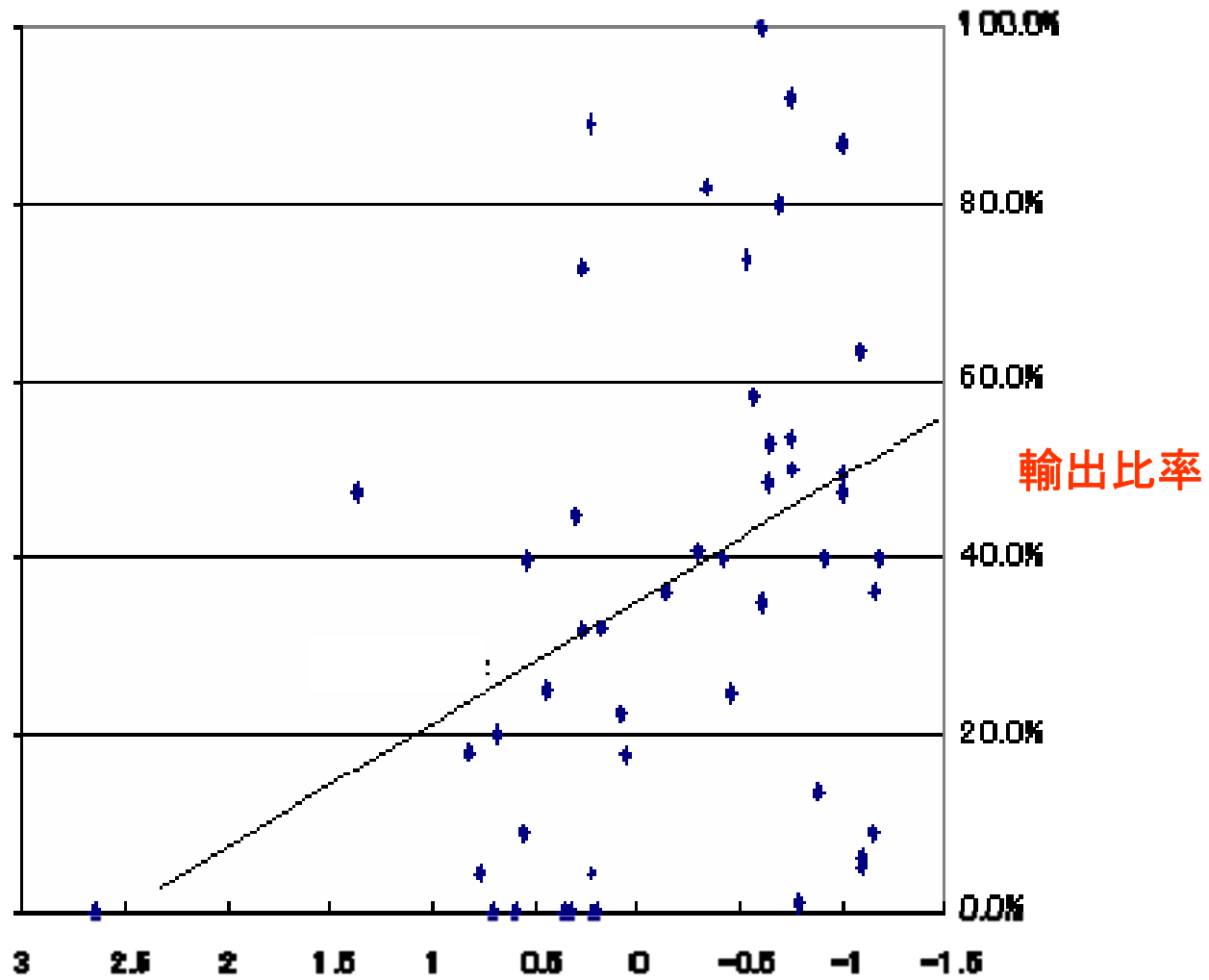
仮説：日本企業が強かった製品アーキテクチャ・・・ 「擦り合わせ」と「囲い込み」

	インテグラル (擦り合わせ)	モジュラー (組み合わせ)
クローズド (囲い込み)	日本企業の強かった分野？ 乗用車、オートバイ ゲームソフト、 軽薄短小家電、他	メインフレーム 工作機械 レゴ
オープン (業界標準)		米国(中国)企業が強い？ パソコン、同ソフト、 インターネット、 新金融商品、自転車、

製品のインテグラル度・モジュラー度の測定



日本企業は「擦り合わせ製品」で強い



インテグラル・アーキテクチャ度

自動車用外板の工程アーキテクチャ

Function Process	Surface Appear- ance	Corrosion Resist- ence	Dent Resist- ence	Form- ability	Weld ability	Paint ability	Dimen- sional Accuracy	Rigidity
Iron Making								
Converter	○	○	○	○	○			
Secondary refining	○	○	○	○	○			
Continuous casting	○			○				
Hot Rolling	○			○				
Pickling	○							
Cold Rolling	○		○	○			○	○
Continuous Annealing	○		○	○	○	○	○	
Continuous Galvannealing	○	○	○	○	○	○	○	

Integral Architecture Index = $0.48 = 33 \div (9 \times 8)$

Relatively integral

自動車用内板の工程アーキテクチャ

Function Process	Surface Appear- ance	Corrosion Resist- ence	Dent Resist- ence	Form- ability	Weld ability	Paint ability	Dimen- sional Accuracy	Rigidity
Iron Making								
Converter		○		○	○			
Secondary refining		○		○	○			
Continuous casting				○				
Hot Rolling				○				
Pickling					○			
Cold Rolling				○	○		○	○
Continuous Annealing				○			○	

Integral Architecture Index = $0.23 = 15 \div (8 \times 8)$

Relatively modular

仮説：得意アーキテクチャの「地政学」的な分布

歴史や初期条件の違いにより、
特定の組織能力が国ごとに偏在する傾向がある

→ 相性の良い「得意アーキテクチャ」が異なる

日本：統合力 → 擦り合わせ製品（オペレーション重視）

欧州：表現力 → 擦り合わせ製品（デザイン・ブランド重視）

アメリカ：構想力 → モジュラー製品（知識集約的）

韓国：集中力 → モジュラー製品（資本集約的）

中国：動員力 → モジュラー製品（労働集約的）

ASEAN・定着力？ → 労働集約的な擦り合わせ製品（中国と違う？）

台湾：転換力？ → モジュラーと擦り合わせの柔軟な切替・使い分け

環太平洋の競争優位：擦り合わせ軸とモジュラー軸

擦り合わせ軸

日本

韓国

中国(華南)

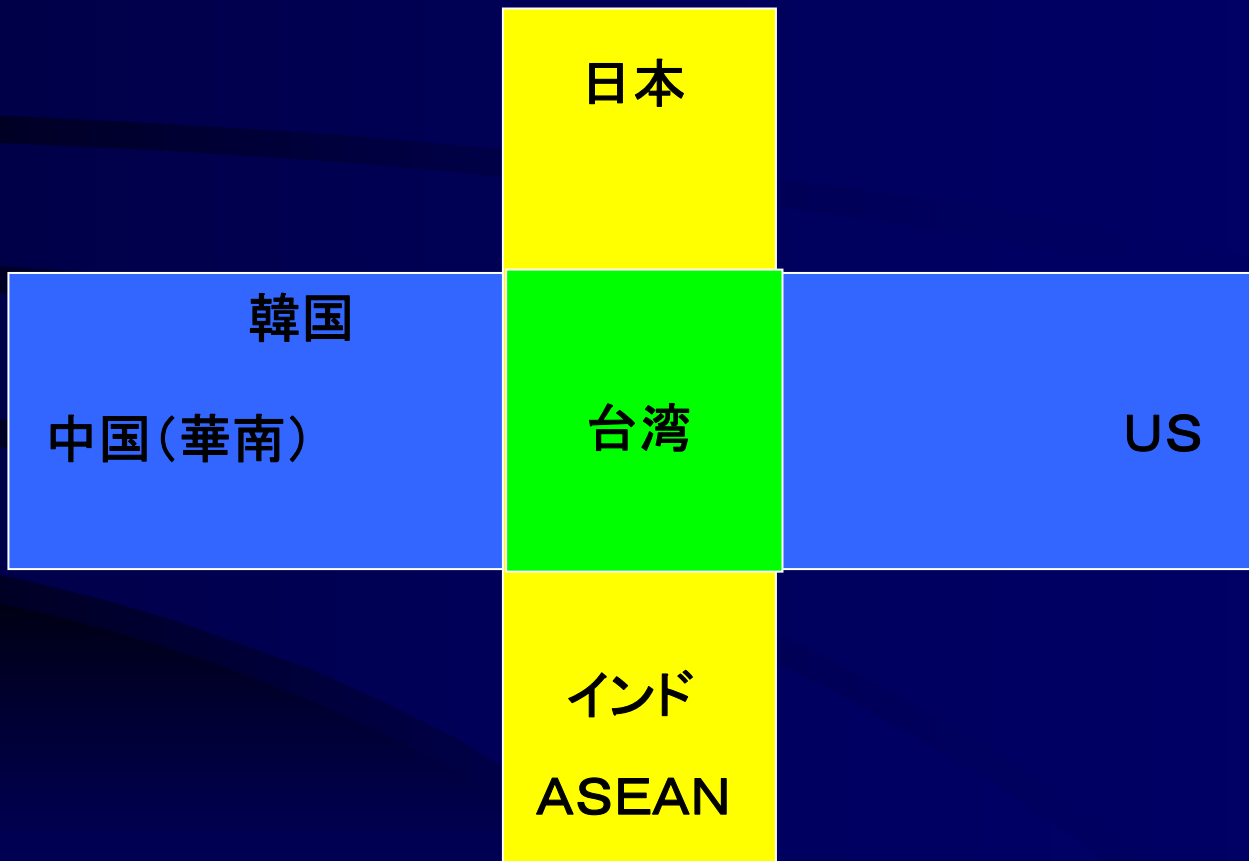
台湾

US

モジュラー軸

インド

ASEAN



中国製造業をどう考えるか

過剰反応(雰囲気的な「世界の工場論」など)は禁物

中国の**多様性**(地域、産業・・・)

珠江デルタ・電子産業モデル(低賃金・単能工)が全てではない

電子機器産業と自動車産業などを同一視しないこと。かなり違う！

製品アーキテクチャが違う(擦り合わせ／組み合わせ)

生産現場の「もの造り能力」のレベルが実は違う！(3倍)

外資／民間な有力企業／周辺部の民営企業／国営企業・・・多様

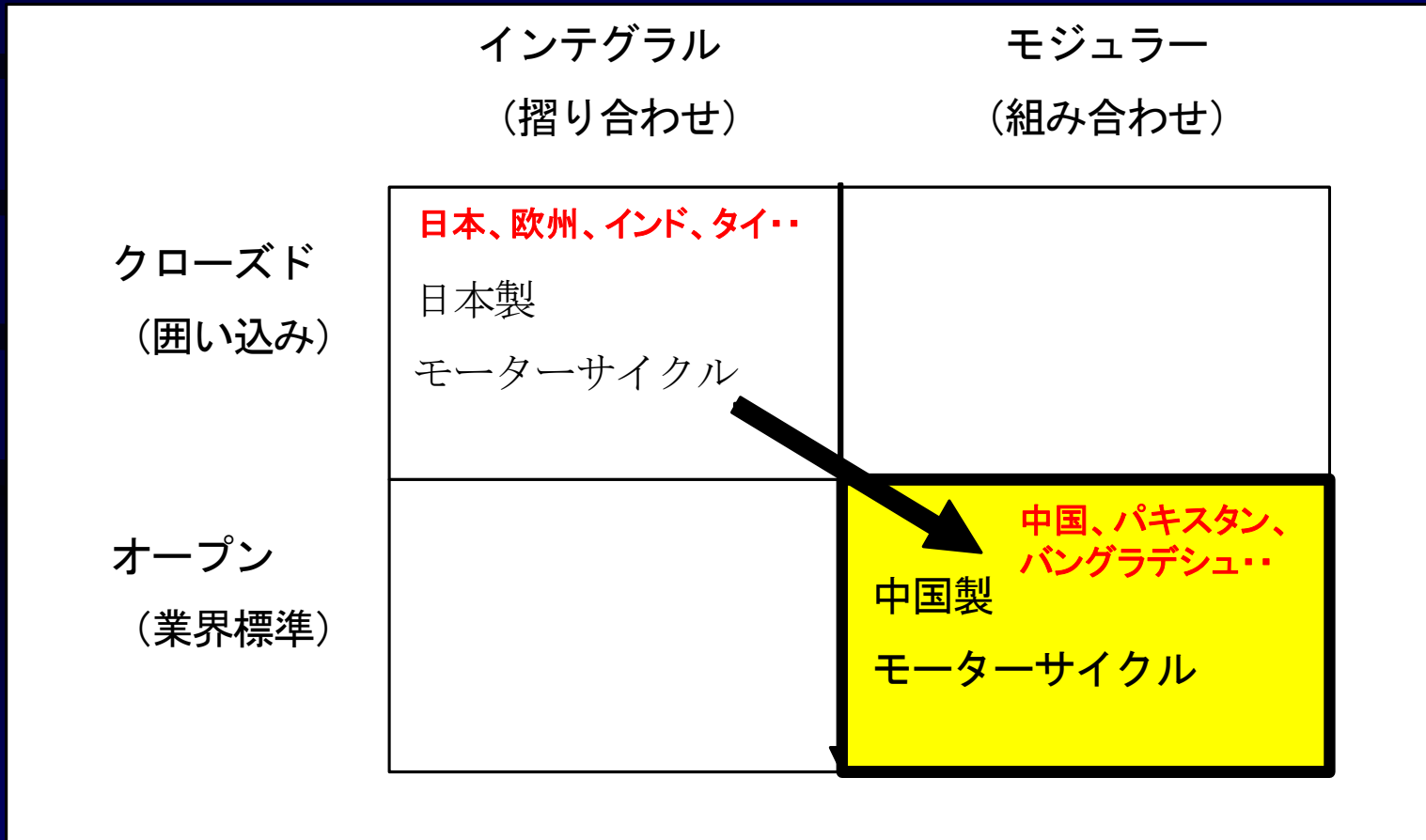
アーキテクチャの換骨奪胎・・・

疑似オープン型アーキテクチャ
商人資本的ベンチャーの殺到
技術的ロックイン

完成品で外資は天下をとれない？ (テレビ、白もの、2輪、自転車・・・)

むしろ**コンポーネントビジネス**にチャンスあり？

中国二輪産業のアーキテクチャは クローズド／インテグラルから オープン／モジュラーへと移行した？



バリエーション展開の例

一つのENGから(125cc)

合計9車種のバリエーション展開



一つのFRMから
(CHA125コピー)

合計4車種のバリエーション展開

50cc



90cc



100cc



125cc



「アーキテクチャの両面戦略」とは

(1) 得意なアーキテクチャ:

... 守り、伸ばす。

(2) 苦手なアーキテクチャ:

... ベストプラクティスに学ぶ、
あるいは補完する
(あるいは捨てる: 集中と選択は可能か?)

たいていの会社は、異なるアーキテクチャの製品を持つ

→ アーキテクチャの両面戦略

「擦り合わせで勝負」論の注意点

- ・ポイントは「擦り合わせを要所に仕込むこと」。擦り合わせ・組み合わせのメリハリ。
・・・「べったり擦り合わせ」は過剰設計・過剰コストになりやすいので注意
- ・あくまでも「統合型ものづくり能力」が前提。能力構築なき擦り合わせは無意味
日本の半導体産業・・・「貧しい青春時代」なし。統合型ものづくりだったか？
- ・技術と市場が許す限り、技術者は「モジュラー化」の最大限の努力を(事前)
しかし、結果としてそれを許さぬ「擦り合わせ」製品で日本企業が強い(事後)
- ・アーキテクチャはお客が決める。ひとりよがりの擦り合わせ製品に未来はない。
「やっぱり擦り合わせモノは違うなあ」とお客に言わせられるかどうか、
「ブランド」と「過剰設計」の分かれ目。
「オタク」(こだわり客)の再生産は出来ている？ クルマ、マンガ、オーディオ・・・
- ・先行開発からブランドを作り込む「深いところからの擦り合わせ製品」を連発すれば、
簡単には負けない。「統合型ものづくり」の潜在力を最大限に引き出すこと。

アーキテクチャ比較優位の 超ミクロ的基礎

—設計プロセス論の観点から—

設計プロセス論による擦り合わせ仮説の補強

- 問題設定: 企業内における日々の設計のプロセスの中で、統合型のものづくり組織能力が、擦り合わせ型製品の比較優位とどのように結びついているのか
- 藤本(2005): 公理系設計論(Suh [1990他)をヒントに、企業の設計活動を、
機能設計パラメータ群 = f (構造設計パラメータ群)
という連立方程式を解く問題にたとえて定式化。
- 統合型の開発組織がインテグラル型アーキテクチャにおいて競争優位を得る経路を素描。
- ①**不正確な連立方程式**を解くことで構造設計パラメータ群の**初期値**を設定し、②**試行錯誤**によって目標とする機能パラメータへ漸近、という「**2段階設計プロセス**」で設計活動を近似。連立一次方程式の体系で示す。
 - 製品の使用者が要求する**機能要素群**を表すベクトルFR (functional requirement)
 - 製品の**構造要素群**(部品等)の設計パラメータのベクトルDP (design parameter)
 - Aは構造パラメータを機能パラメータに変換する定数群からなる行列(m × m)

$$DP^* = A^{-1} \cdot FR^*$$

設計プロセス論による擦り合わせ仮説の補強

公理的設計とアーキテクチャ

モジュラー型

$A \cdot DP = FR$ における A が

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & 0 & \Lambda & 0 \\ 0 & a_{22} & & \\ M & & O & \\ 0 & & & a_{mm} \end{bmatrix}$$

インテグラル型

$A \cdot DP = FR$ における A が

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \Lambda & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & & \\ M & & O & \\ a_{m1} & & & a_{mm} \end{bmatrix}$$

準モジュラー型

$A \cdot DP = FR$ における A が

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & 0 & \Lambda & 0 \\ a_{21} & a_{22} & & \\ M & & O & \\ a_{m1} & & & a_{mm} \end{bmatrix}$$

設計の「連立方程式」と2段階コーディネーション

… しかし、**限定合理性**ゆえに、 $FR = A \cdot DP$ において、

因果知識(A)は不完全にしか分かっていないとしよう。

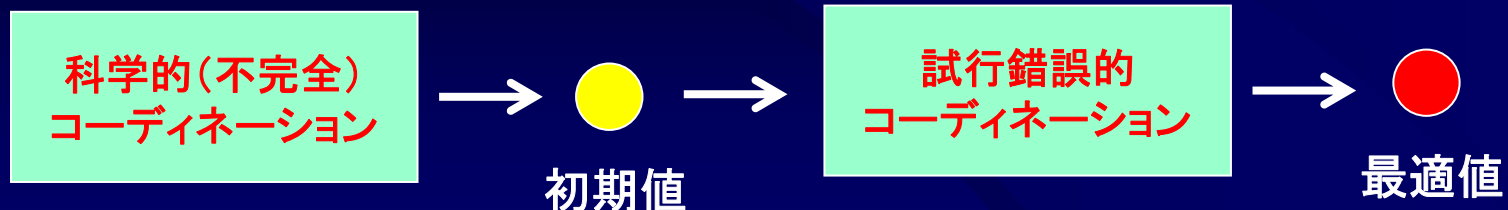
(1)この不完全な方程式を解く … 第1段階 (**科学的調整**) = 試行錯誤の初期値

(2)試行錯誤で最適解に収斂する … 第2段階 (**試行錯誤的調整**)

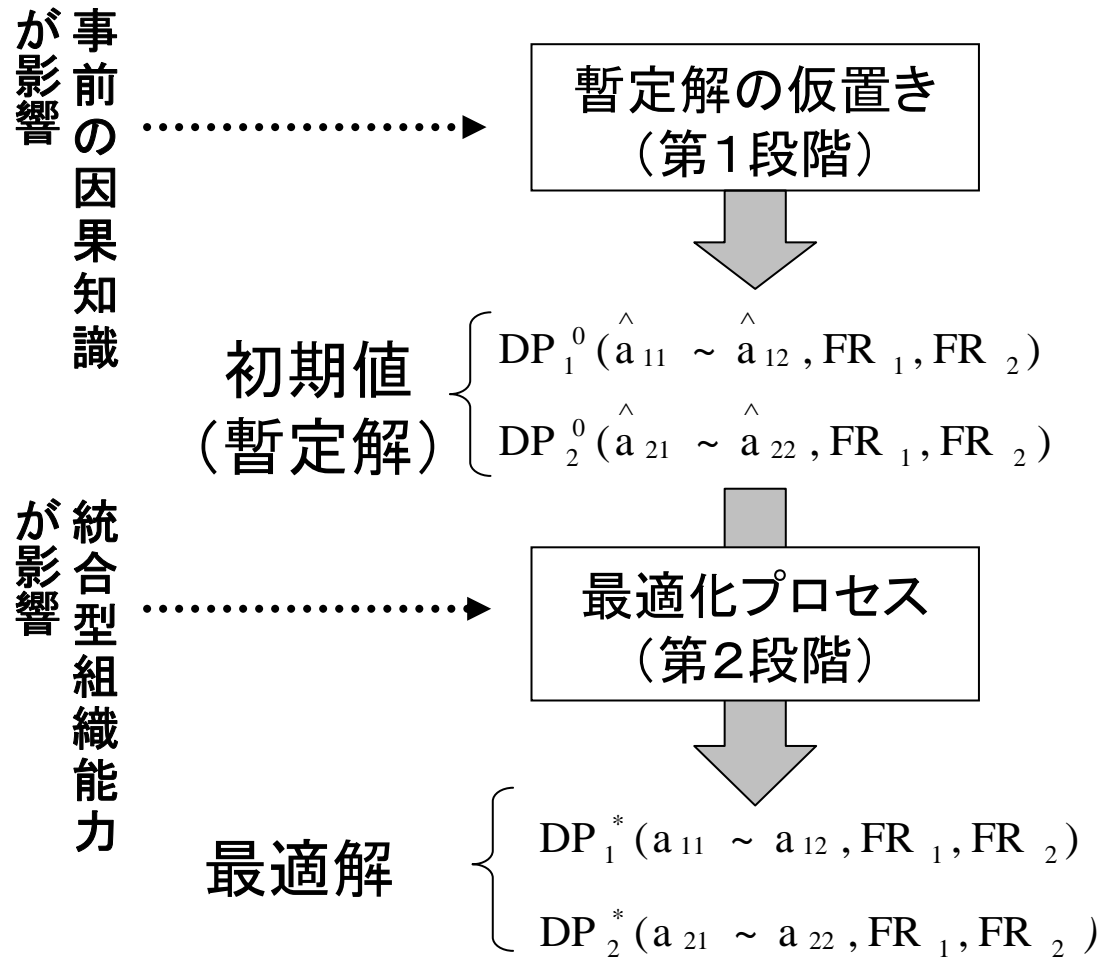
ここで、

(1) **科学的調整の組織能力** … → 初期値の最適値からの距離

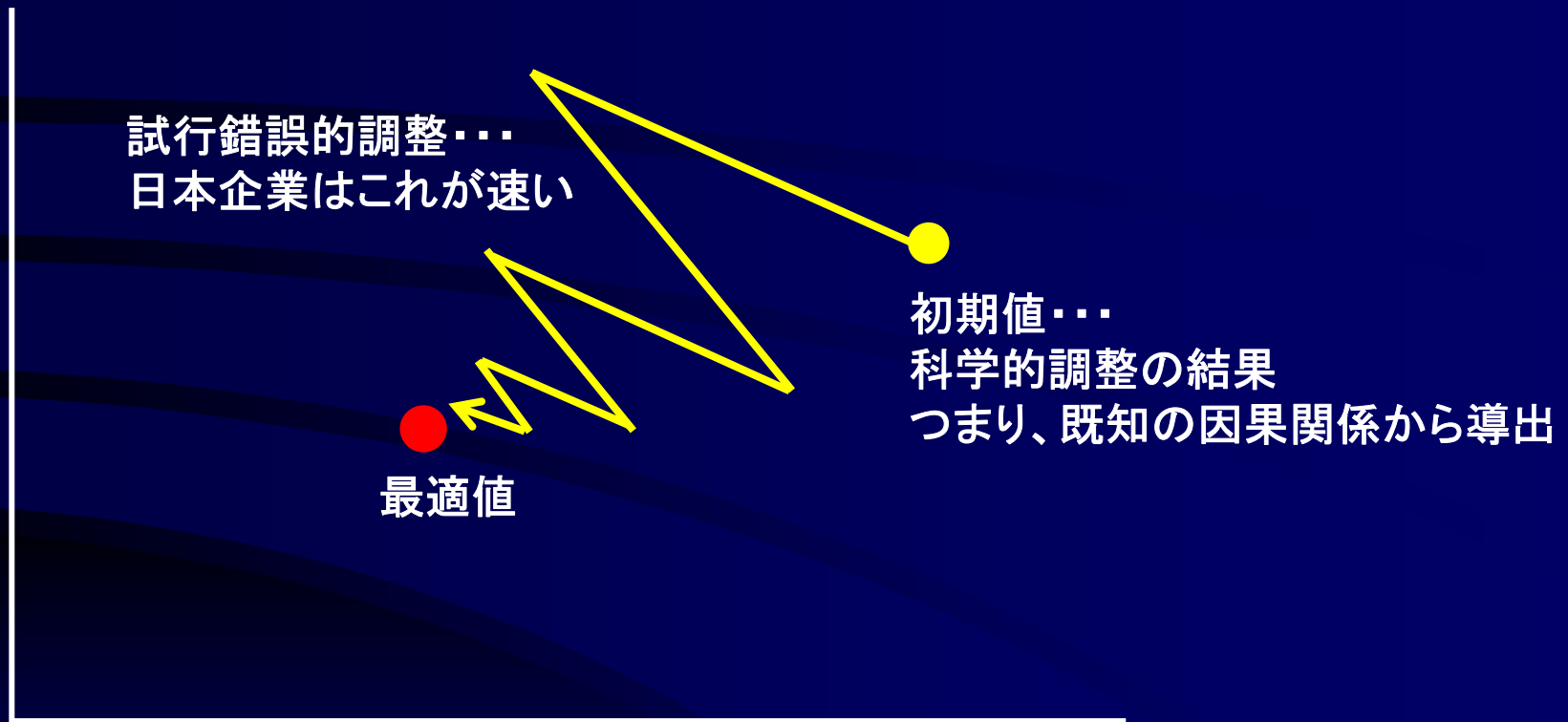
(2) **試行錯誤的調整の組織能力** … 調整応酬のスピード(情報・コード共有による)



2段階設計プロセス・モデル

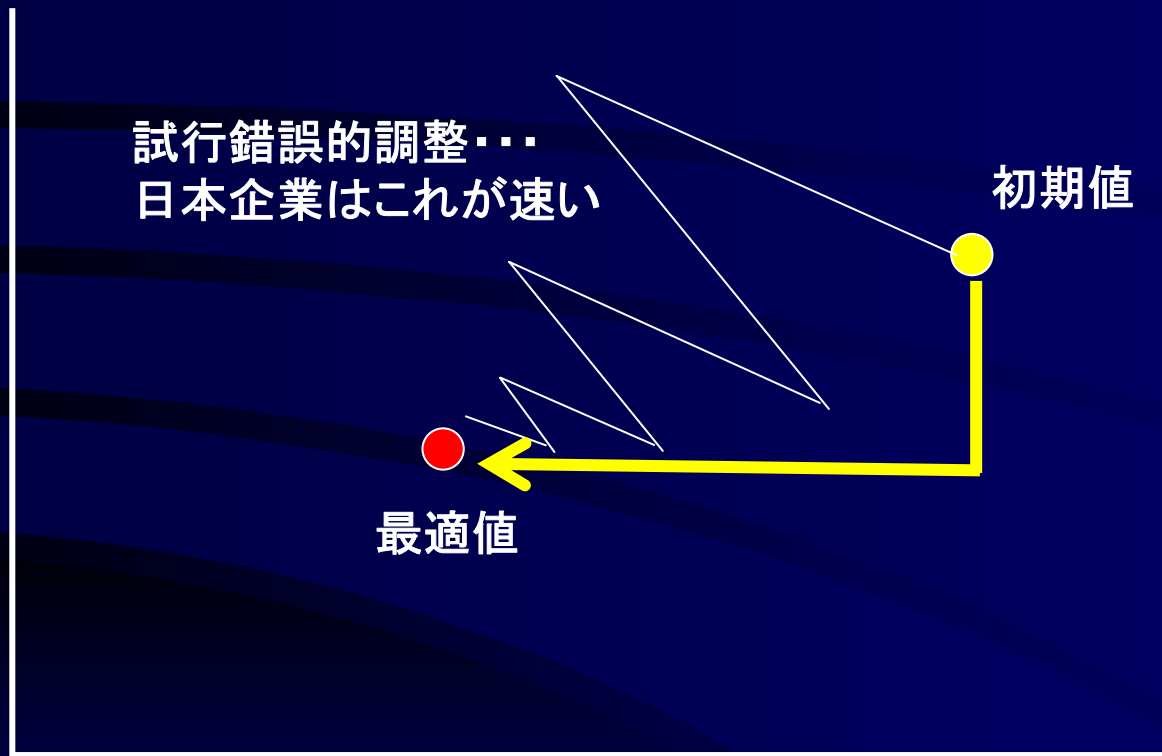


「試行錯誤的調整」における日本企業の優位性



モジュール化における米国企業の優位性

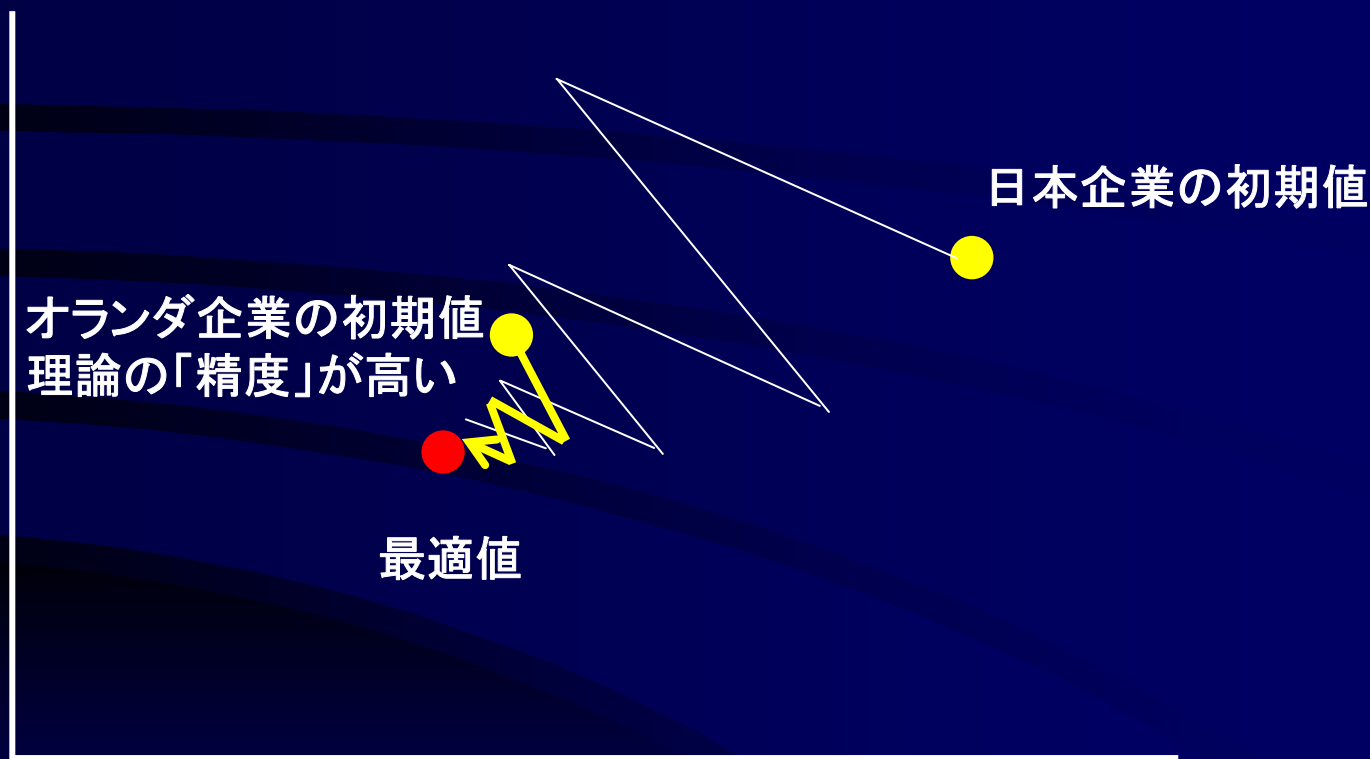
相互依存性の切断によるショートカット効果



- (1) 日本企業は事前の科学的知識が低く、事後的な試行錯誤に頼る
- (2) 米国企業は、モジュール化(方程式の簡略化)でショートカット

「科学的調整」におけるオランダ企業の優位性

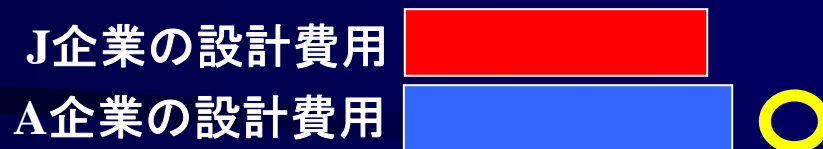
「ウサギと亀」現象



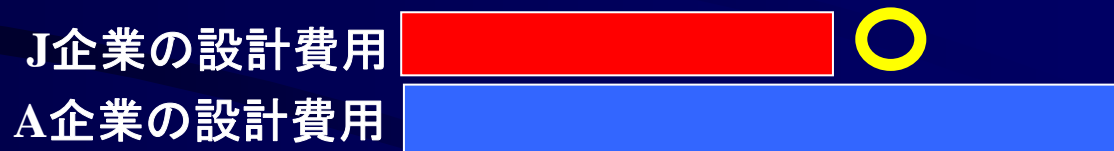
- (1) 製品の「擦り合わせ度」が極端に高い(複雑な連立方程式)
- (2) 日本企業は事前の科学的知識が低く、事後的な試行錯誤に頼る
- (3) オランダ企業は、事前に把握している変数や因果式が多い(科学的調整力)

日本企業は「中程度の擦り合わせ」製品が得意 サイエンス活用力が日本企業の課題か？

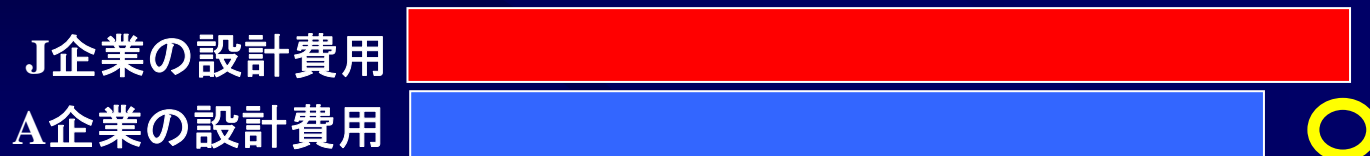
モジュラー製品・・・試行錯誤の数が少ないので設計費の差が出ない



中程度の擦り合わせ製品・・・試行錯誤の数が多いため設計費の差が出る



極端な擦り合わせ製品・・・科学的調整の巧拙で逆転が生じる



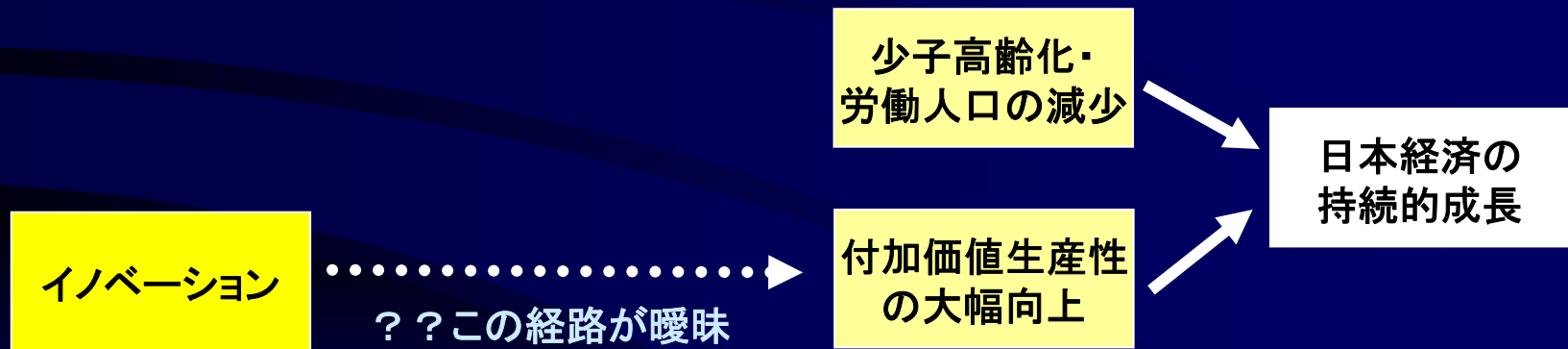
経済成長・イノベーション・現場論

現場論の希薄なイノベーション・経済成長論

「イノベーション」という言葉が、経済成長論議の中で、多用されるようになった

一つのコンセンサスが形成されつつある...

- ・21世紀の日本では**少子高齢化**により、労働人口も総人口も減り始める。
- ・かといって、米国並みの大々的な移民受入れは、日本社会の構造になじまない。
- ・よって経済成長のためには、**生産性**(労働人口当たり付加価値)を高めるしかない。
- ・その源泉は、技術進歩を伴う**イノベーション**である。



しかし、どのようにして、イノベーションが生産性の向上につながるのか・・・？

リアリティのある**現場論**が欠けている。

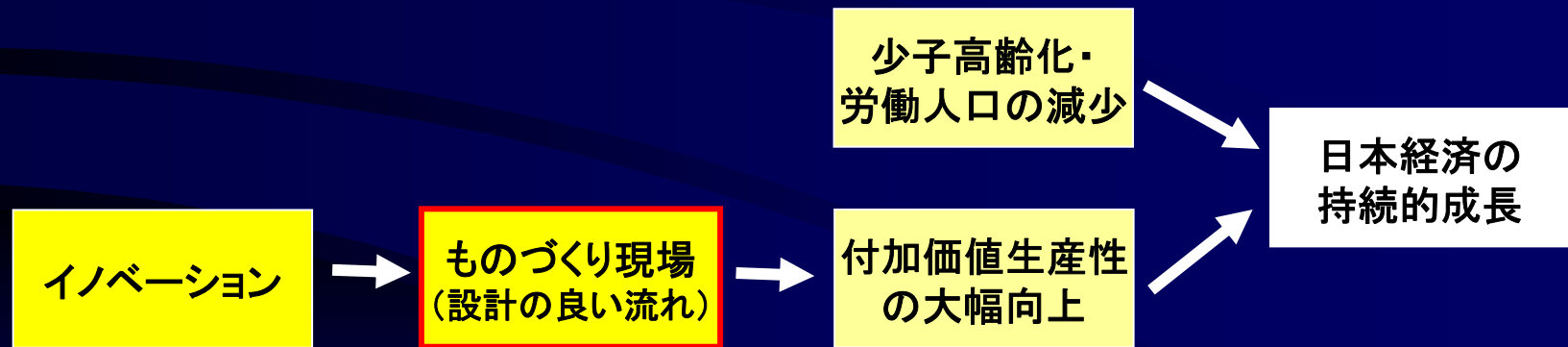
「ものづくり現場の将来」という視点

欠けていたのは、イノベーションがもたらす「ものづくり現場の将来像」ではないか

ここで「ものづくり」とは、設計ベースの「開かれたものづくり」を指す

顧客へ向けた設計情報の創造(開発)・転写(生産)・発信(販売)を含む広義の概念

開かれたものづくり・・・「顧客に向けた良い設計情報の良い流れを作ること」



イノベーション → 世界の顧客にとって価値のある、新しい設計情報の、より良い流れ

→ より良いものづくり現場 → 産業の生産性 → 国の生産性

あらためて .. イノベーションとは何か

イノベーションとは ... **新設計の人工物**で顧客を満足させ、**経済成果**をあげること

人工物とは...製品・サービス、生産プロセス、販売プロセス、サプライチェーン、組織、etc.

イノベーションに含まれるもの

生活を一変する**画期的技術**の創造(自動車、テレビ、コンピュータ)だけでなく

生産現場や販売現場における日々の細かい**プロセス設計改善**もイノベーション

有形の物財や生産設備だけでなく、無形の**サービス**や**ビジネスモデル**の改善・革新も

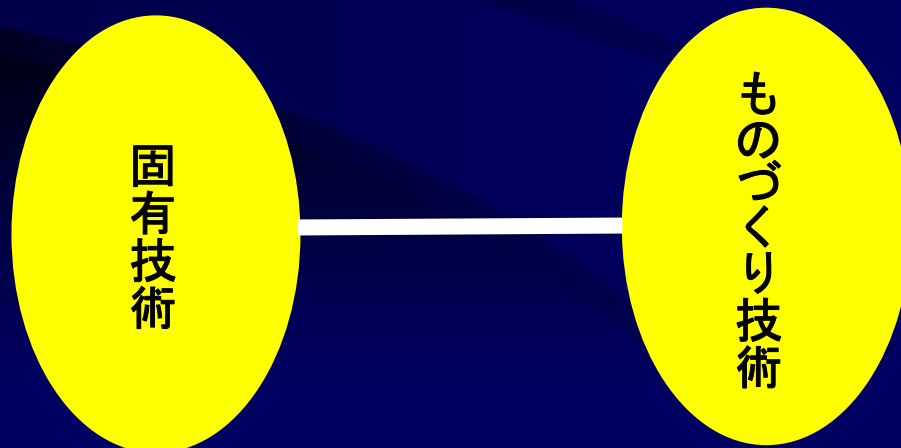
イノベーションに含まれないもの

どんなにすごい新技術であっても、

売上げ・付加価値につながらねばイノベーションではない (シュンペータ)。

①固有技術イノベーションに偏るなかれ

- **固有技術**・・・それ単独では単なる「**技術の離れ小島**」・・・経済価値を生まない。
- 固有技術は、他の技術とつながり、顧客が喜ぶ形に設計され、良い素材に転写され、正確かつ効率的に生産され、販売を通じ顧客にタイムリーに到達しなければ、期待された売上を生まない。
- 固有技術を製品の中に仕込み、顧客にまで到達させる「設計情報の良い流れ」を作るための能や知識を「**ものづくり技術**」という。
- 固有技術とものづくり技術・・・産業のイノベーションにとってクルマの両輪



②巨大イノベーションに偏るなかれ

- 政府は2006年第3期科学技術基本計画で、5年間25兆円を投入
- 日本の研究開発費支出の対GDP比率は3%以上。主要国では最高水準・・・だが・・・国の科学研究予算の、産業創造・経済成長に対する貢献は、期待通りではなかった
- 政府の科学技術担当部署は「**巨大プロジェクト**」への**偏重**」に注意すべし
(官庁の予算獲得行動・・・最小プロジェクト数で最大予算を・・・)
- 産業の創造と成長は、**大小多数のイノベーション**によって支えられている。
巨大科学技術プロジェクトは、多くの**補完的なイノベーション**と組み合わせさせて、
はじめて事業、産業、経済成長を生み出す。
- 小さな「**ものづくりイノベーション**」の積み重ねは、大きな経済成果を呼ぶ
(自動車メーカーのVE・現場改善、スーパーの売り場設計改善・・・)
- 要はバランスの問題。「ものづくりイノベーション」にもそれなりの予算配分を
(とくに、産業横断的なものづくりイノベーションを担う**人材育成**に)

③ 価値創造と価値獲得のバランスをとれ

- 製品イノベーションのプロセス .. アイデア創造→問題解決→事業化→普及
 - ① **アイデア創出** ... 萌芽的な新技術開発、製品・サービスのコンセプト創造
 - ② **問題解決** .. その技術を顧客の問題解決に応用する新製品開発
 - ③ **事業化** .. 生産プロセス・販売プロセス・事業モデルを構築 → 新製品発売
 - ④ **普及** .. その新技術を他社が応用することで経済成果が増幅すること。
- イノベーションの花形は上流(①②)。独創的アイデアが新製品を生めば脚光を浴びる。
- しかし、イノベーションとは新知識・新技術・新設計を市場につなげる「**流れ**」の総体下流(③④)が伴わねば、経済成果には限りがある。

例えば ... 収益性のある**事業システムの構築**
他社のイノベーションを応用した事業化
他産業・他企業の「ものづくり技術」の導入が、大きな経済成果を生む
- 日本の優良企業は**価値創造**(①②)は比較的得意だが、**価値獲得**(③④)が苦手
(延岡健太郎『技術経営入門』)

→ 現場は強いが会社は儲からない傾向あり。価値獲得(下流)を軽視しないこと。

イノベーション論に関する小括

- 現在さかんな多くの「イノベーションによる経済成長」論には、ミクロの現場論が欠けているため、そのリアリティには限界がある。
- 「ビッグサイエンス (big push)」論や、「バラ色の未来生活 (big pull)」論だけでは、「イノベーション→生産性上昇→経済成長」という道筋を説得力ある形で示すことはできない。
- 「顧客に向かう設計の流れ」をカギ概念とする「開かれたものづくり」論をベースに、イノベーション、生産性、競争優位、経済成長などの概念を再検討する。
- 「生産性上昇による経済成長」は、ものづくり現場における「設計の改善」「流れの改善」を伴う。
- ものづくり現場の進化の方向を見極め、「未来のものづくり現場」のあるべき姿を構想しない限り、「イノベーションによる経済成長」をリアリティをもって語ることはできない。

競争不全部門へのものづくり技術の普及

- **ものづくり技術の横展開** …

規制・談合・保護により低生産性の「**競争不全部門**」(金融、サービス、建設など日本経済の数十%)に、「**競争貫徹部門**」(主に製造業。日本経済の十数%)が培ってきた「ものづくり技術」を移転。

- こうした、**産業間のものづくり知識移転**がもたらす経済効果は、花形技術によるイノベーションの経済効果を、はるかに上回る可能性がある。
- 産業間のものづくり知識移転の主役となりうる存在
… 定年を迎える**団塊世代の「ものづくりベテラン」**である。
- 他産業でも教えられる現場指導人材を養成する「**ものづくりインストラクタースクール**」
受講者の平均年齢は50歳台後半。現場30年以上の経験を持つものづくりベテラン。
- 他業種からのものづくり技術の移転は、立派なイノベーションである。

ものづくり、人づくり、IT構築

21世紀製造企業の人材育成に対する私見

企業における「強いオペレーション」と「強いストラテジー」の両立

ものづくりの強みをしっかり収益に結び付ける「戦略構想力」

そのために必要な人材は・・・

(1) 戦略の概念を理解する技術屋(理科系)

(2) 技術屋さんと有意義な対話のできる事務屋(文科系)

そのために文科系(経済・経営系など)に必要なこと・・・

学部における「ものづくり経営学の教育」・・・理系との連携も
それを前提にした「泥臭い(問題発見型)エリート教育」
その延長線にある大学院教育の拡充

「ものづくり経営研究センター」の設立 (2003年度～2007年度)



東京大学21世紀COE (整備) モノづくり
ものづくり経営研究センター

〒113-0033 東京都文京区本郷3-34-3 本郷第一ビル8階
TEL:03-5842-5501 FAX:03-5842-5536

問い合わせ先: info@ut-mmrc.jp

東京大学「ものづくりインストラクター養成スクール」

● ものづくりインストラクターへの**需要**は膨大にある

- 自社の**技能伝承**
- 増加する派遣・期間工に対する現場指導
- 増加する**海外拠点**での現場指導
- **取引先**のサプライヤーから頼まれての現場指導
- **他業種**から頼まれての現場指導（トヨタ → 越谷郵便局）

● 固有技術は応用範囲に限界があるが、**現場管理技術**はどこでも使える。

● 実は**供給**も多い。30～40台は忙しくて無理。しかし、50台後半～60台は？ 会社が小さかったころに経験を積み、知識の幅は若手をしのぐ。質・量ともに十分。2007年問題は、**2007年チャンス**！

● 本人の年金の足しにもなる。生きがいにもなる。50代後半のモラルアップも。 安い歩合給で喜んで教えてくれる「金の卵」。当面、**日本の生産性向上は、ものづくりシニアが牽引する。**

● そのためには、全国規模で、大々的に、「**ものづくりインストラクター育成**」を！

授業風景

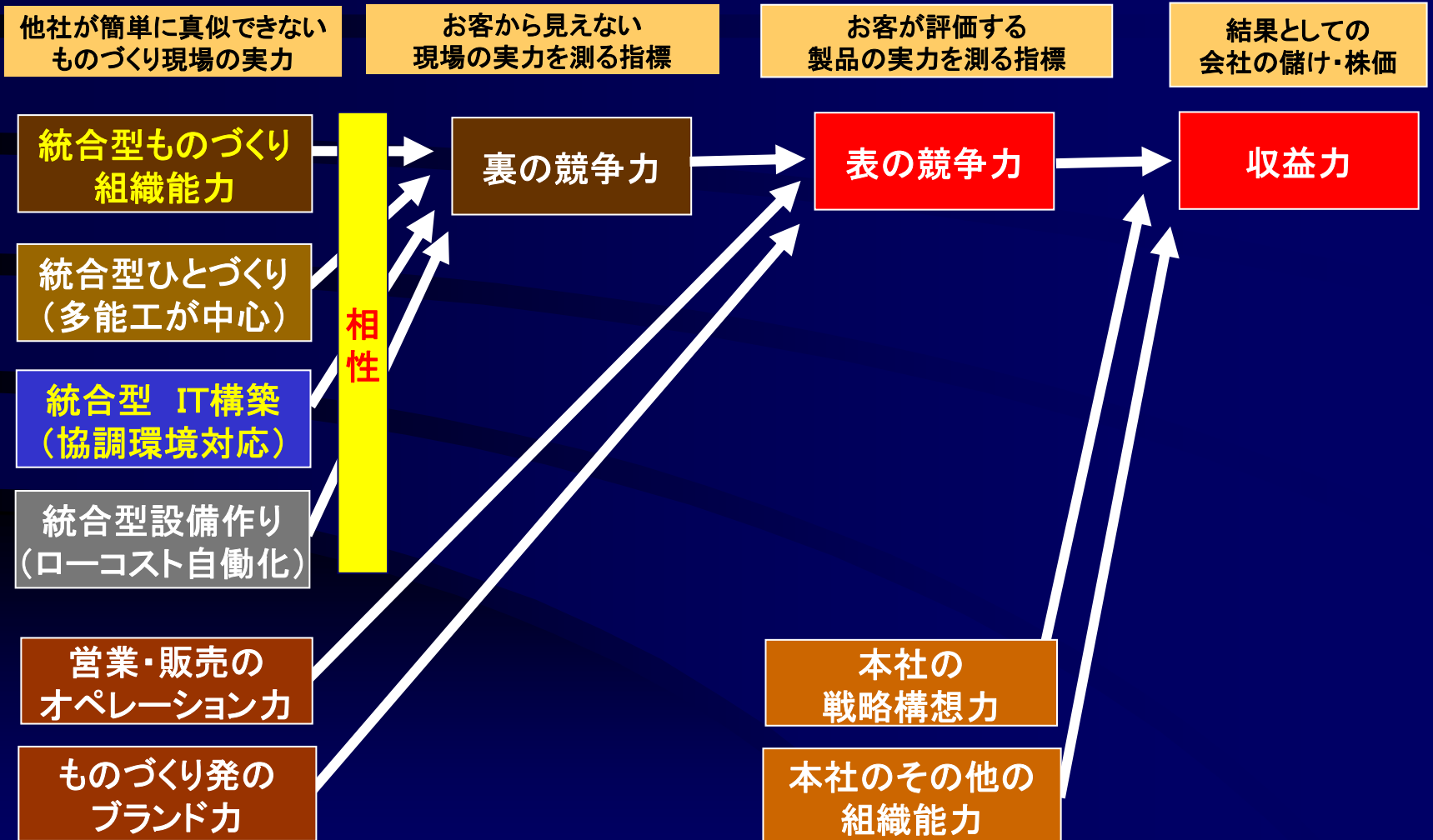


現場実習



ものづくり現場の能力構築から攻める「体育会系戦略」

能力構築競争



参考文献

製品開発の基本的「成功パターン」とは何か(自動車)

→ 藤本・クラーク『製品開発力』ダイヤモンド社

効果的製品開発手法の異なる産業間での比較(コンピュータ、医薬、他)

→ 藤本・安本共編著『成功する製品開発』有斐閣

トヨタ自動車の強さの真の源泉は何か？

→ 藤本『生産システムの進化論』有斐閣

製品アーキテクチャのコンセプトを戦略に活かすこと

→ 藤本・武石・青島編『ビジネス・アーキテクチャ』有斐閣

文系・理系の溝を埋めることをねらった生産管理・技術管理の教科書

→ 藤本『生産マネジメント入門(上)(下)』日本経済新聞社

自動車産業はなぜ強かったのかを問う同時代史

→ 藤本『能力構築競争』中公新書

ものづくり現場発の戦略論の提案

→ 藤本『日本のもの造り哲学』日本経済新聞社

対中国戦略へのアーキテクチャ論の応用

→ 藤本・新宅編著『中国製造業のアーキテクチャ分析』東洋経済新報社