

デジタル化・ポストコロナ時代の ものづくり

2020年6月

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
藤本隆宏

まずは、現場を繰り返し観察することから出発



Yamagata, Japan, 2011.8

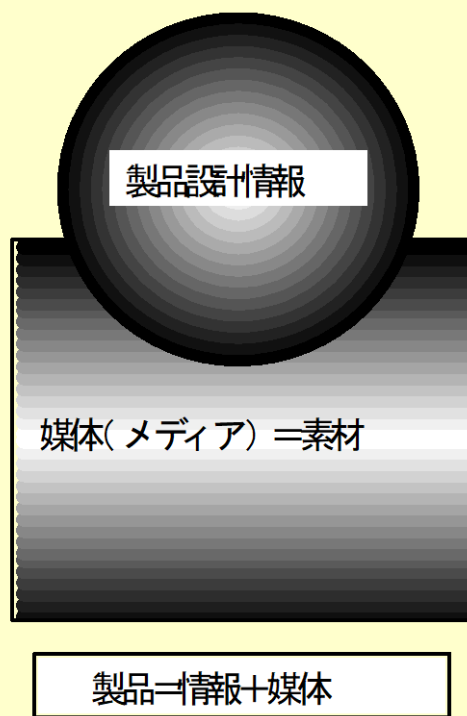
「広義のものづくり」・・付加価値は設計情報に宿る

製品とは設計情報が媒体＝素材に転写されたものである

プラトンとアリストテレス



アテナイの学堂・ラファエロ



アリストテレス … 個物(現物)＝形相(設計情報)＋質料(媒体)

「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



アリストテレス …… 現物 = 形相 + 質料 (形相が本質)



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。

媒体が有形なら製造業(物財)



無形ならサービス業



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)。

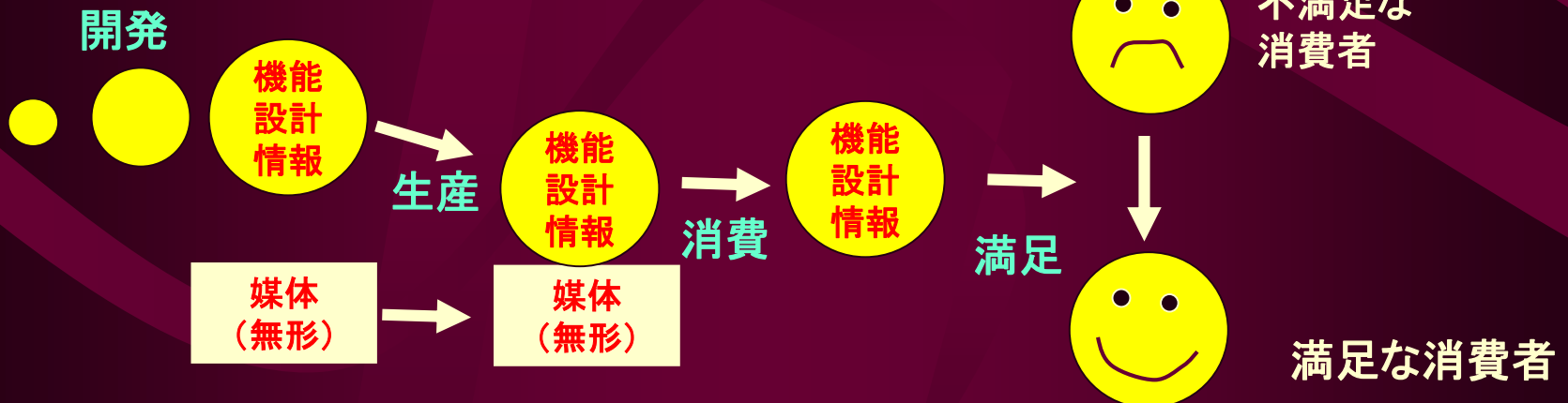
開かれた(広義の)ものづくり …… 人工物に託して、設計情報を創造し、
転写し、発信し、お客に至る流れを作り、顧客満足と経済成果を得ること。

物財(有形媒体)とサービス(無形媒体)

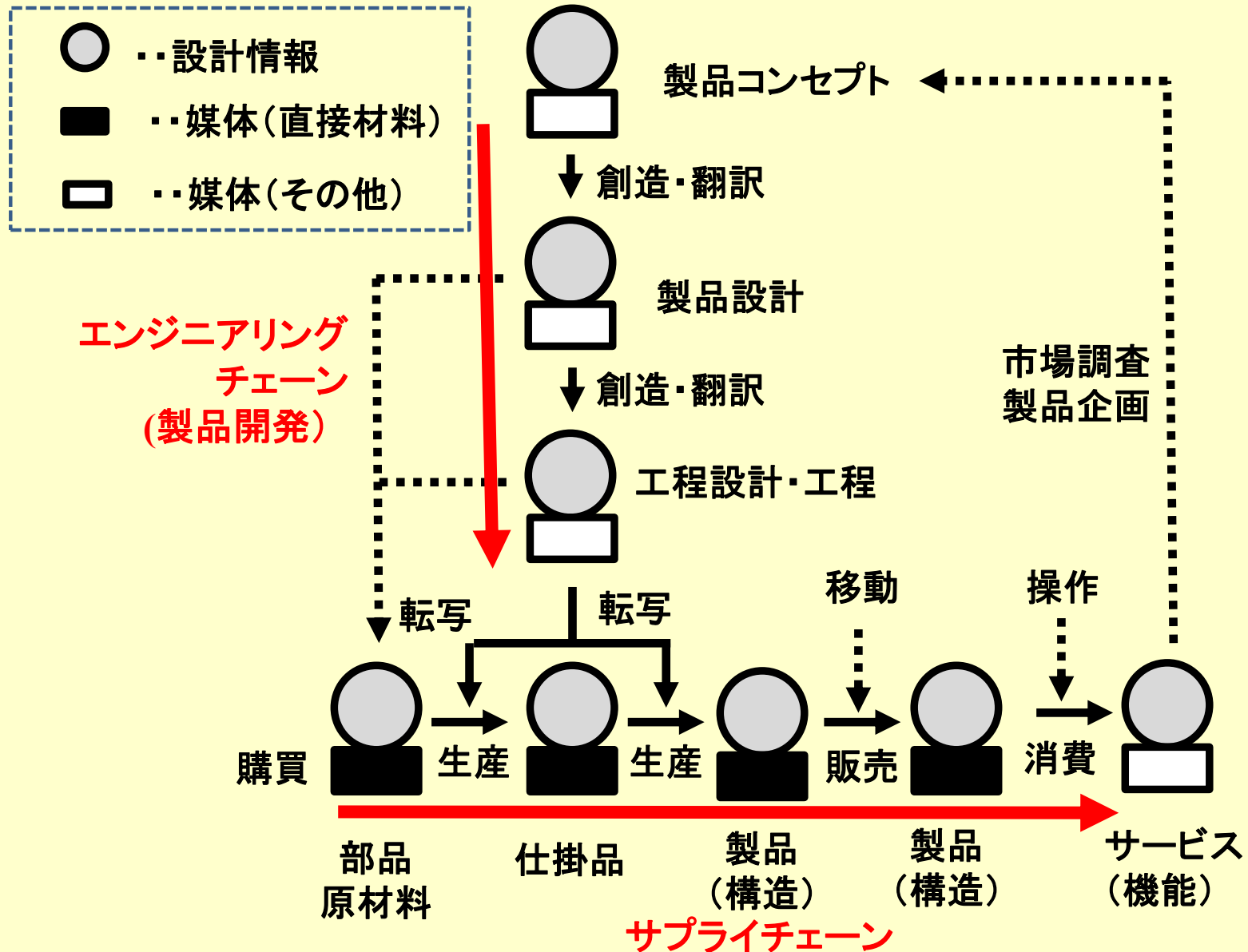
物財(有形媒体) ... 2段階転写: ①媒体への構造設計情報転写(生産)
②顧客への機能設計情報転写(消費)



サービス(無形媒体) ... 顧客への直接転写



設計情報のトータルな循環を良くすること・・・ものづくり



「設計情報の創造・転写システム」としてみた 統合型の開発・生産組織能力(トヨタは典型例)

生産:「工程から製品への、密度・精度の高い設計情報の転写」

… 設計情報(付加価値)をお客様に向けて「よどみなくスーっと流す」

製品開発:「早期で統合的な問題解決サイクルの束」

… 未完設計情報の待ち時間を減らし、「よどみなくスーっと流す」

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」

… 設計情報がサプライヤーとの間で淀みなく流れる

販売・サービス・システム

お客様に、高質なカーライフ経験を、正確かつタイムリーに発信する

… 設計情報(付加価値)がお客様に向けて淀みなく流れ転写される

要するに…「知のめぐりの良い組織」である

プロセス産業・農業の場合：「直接労働者」は分子自体

プロセス産業における「情報転写」は、無数の分子や微生物自身が自己組織的に行う

化合物 = 自らを結合する能力を持った超マイクロな部品 化合物2

触媒 = 結合を助ける超マイクロ的な道具 分子

エネルギーを加え、多くのマイクロ部品を他のマイクロ部品に結合させる自己組織系。
オペレータは全員、付加価値を生まぬ「間接要員」である。

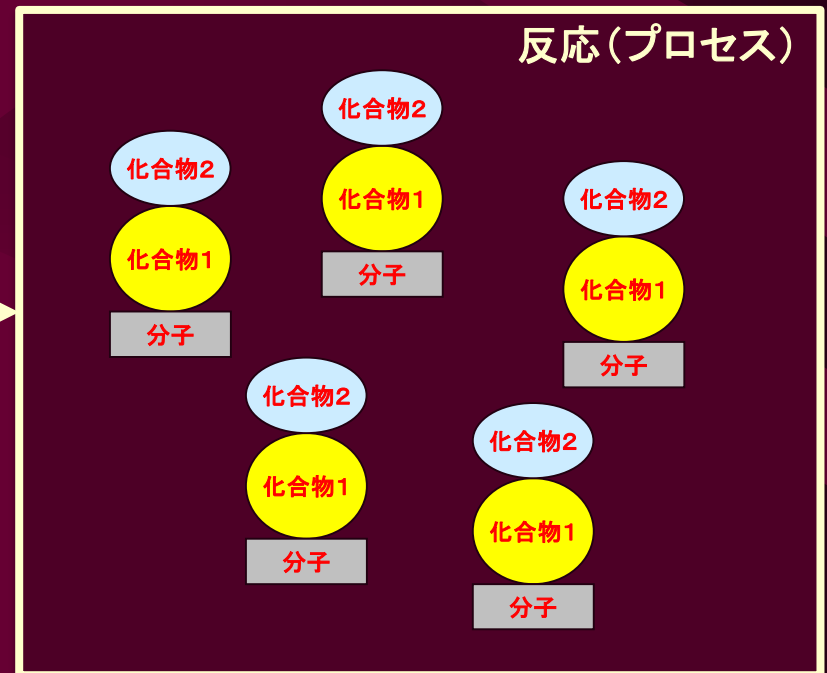
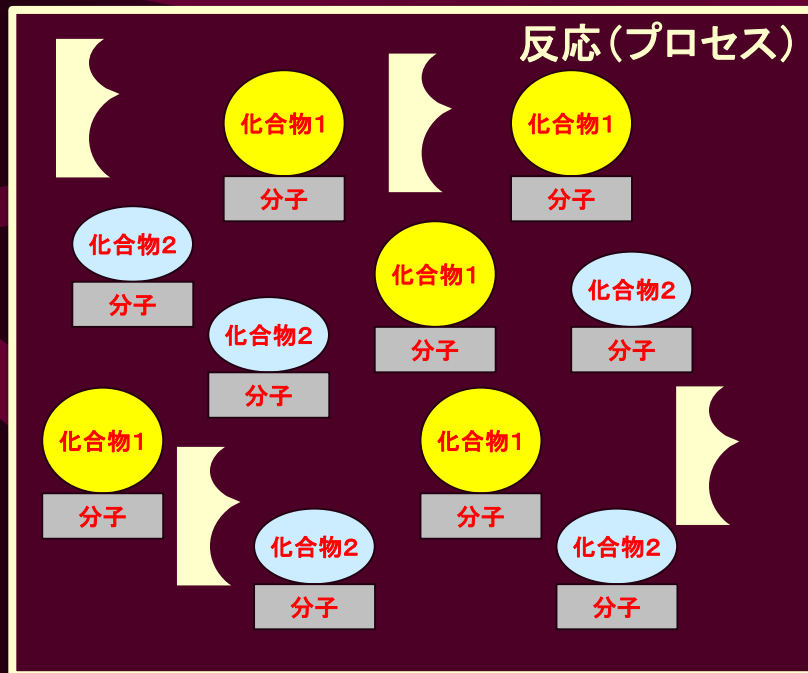
農業、醸造業なども基本形は同じ。ただし、設計情報ではなく遺伝子情報。

反応器(設備)

反応器(設備)

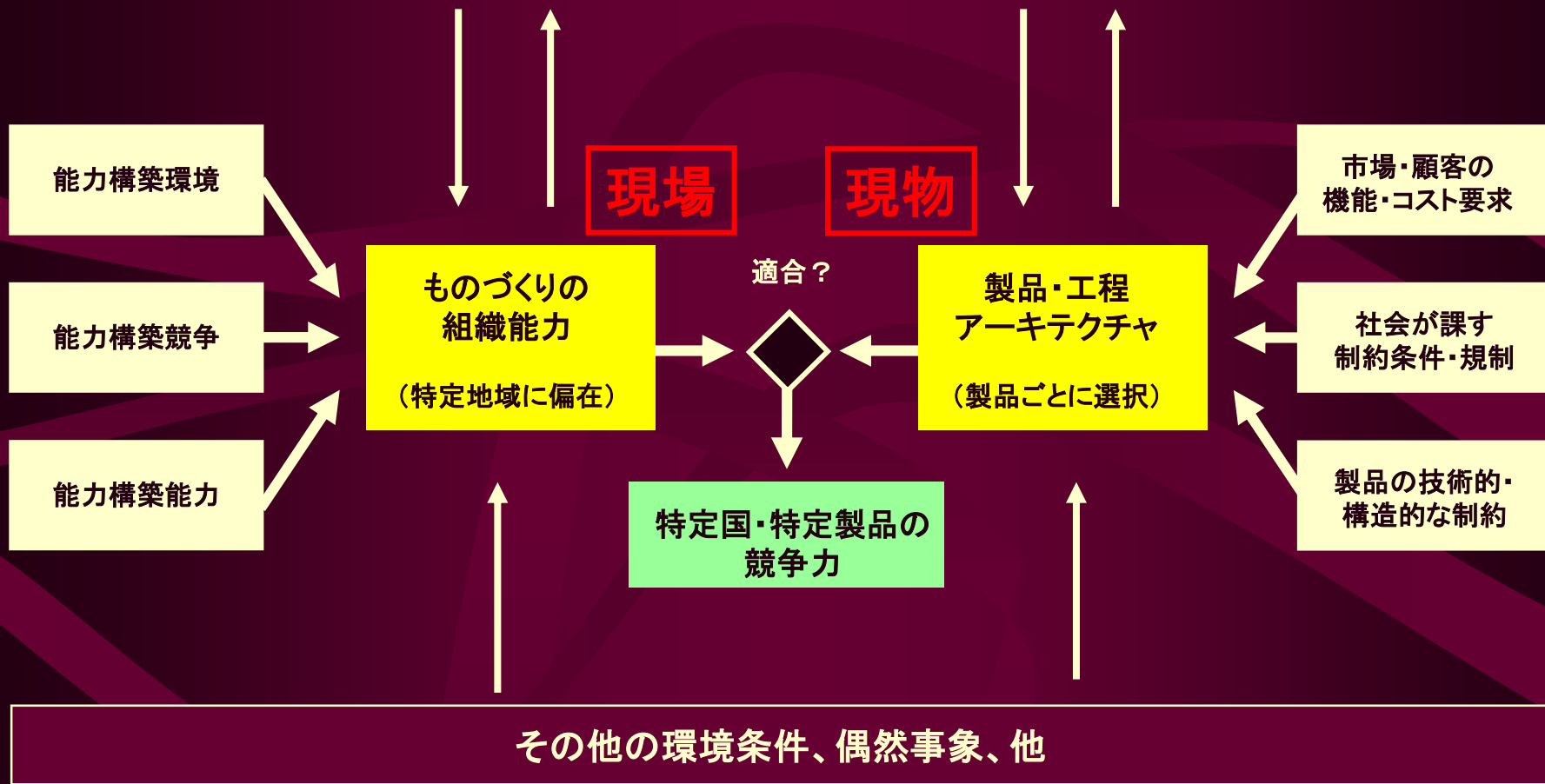
反応(プロセス)

反応(プロセス)



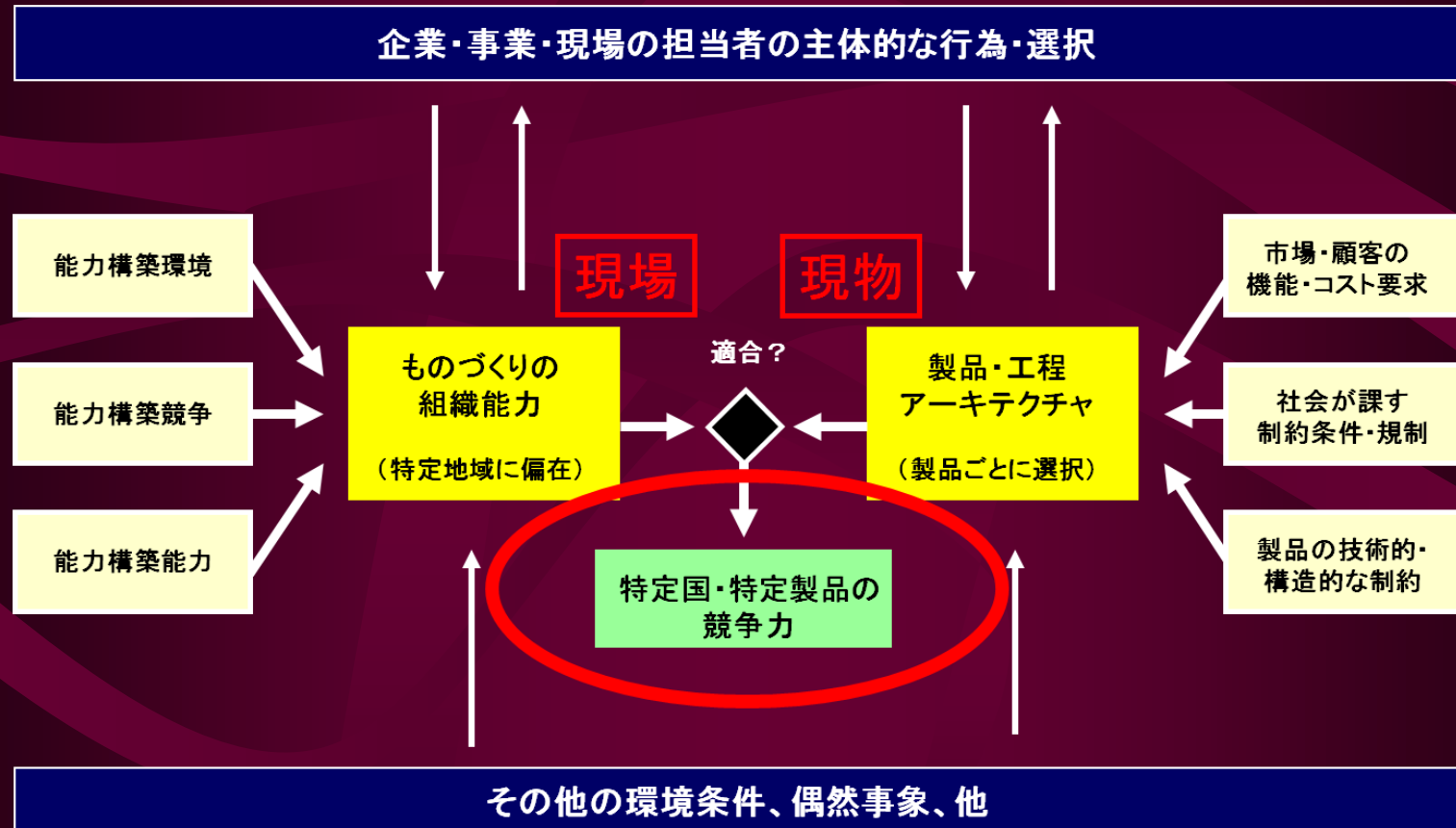
「現場の組織能力」と「現物のアーキテクチャ」からみる 産業競争力の分析枠組

企業・事業・現場の担当者の主体的な行為・選択



競争力とは「選ばれる力」である

— 現場力(裏)、商品力(表)、収益力の重層的な理解 —



競争力は多層的に把握せよ:「まず現場」か「まず利益」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

お客から見えない
現場の実力を測る指標

お客が評価する
製品の実力を測る指標

会社のもうけ

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

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

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

株価

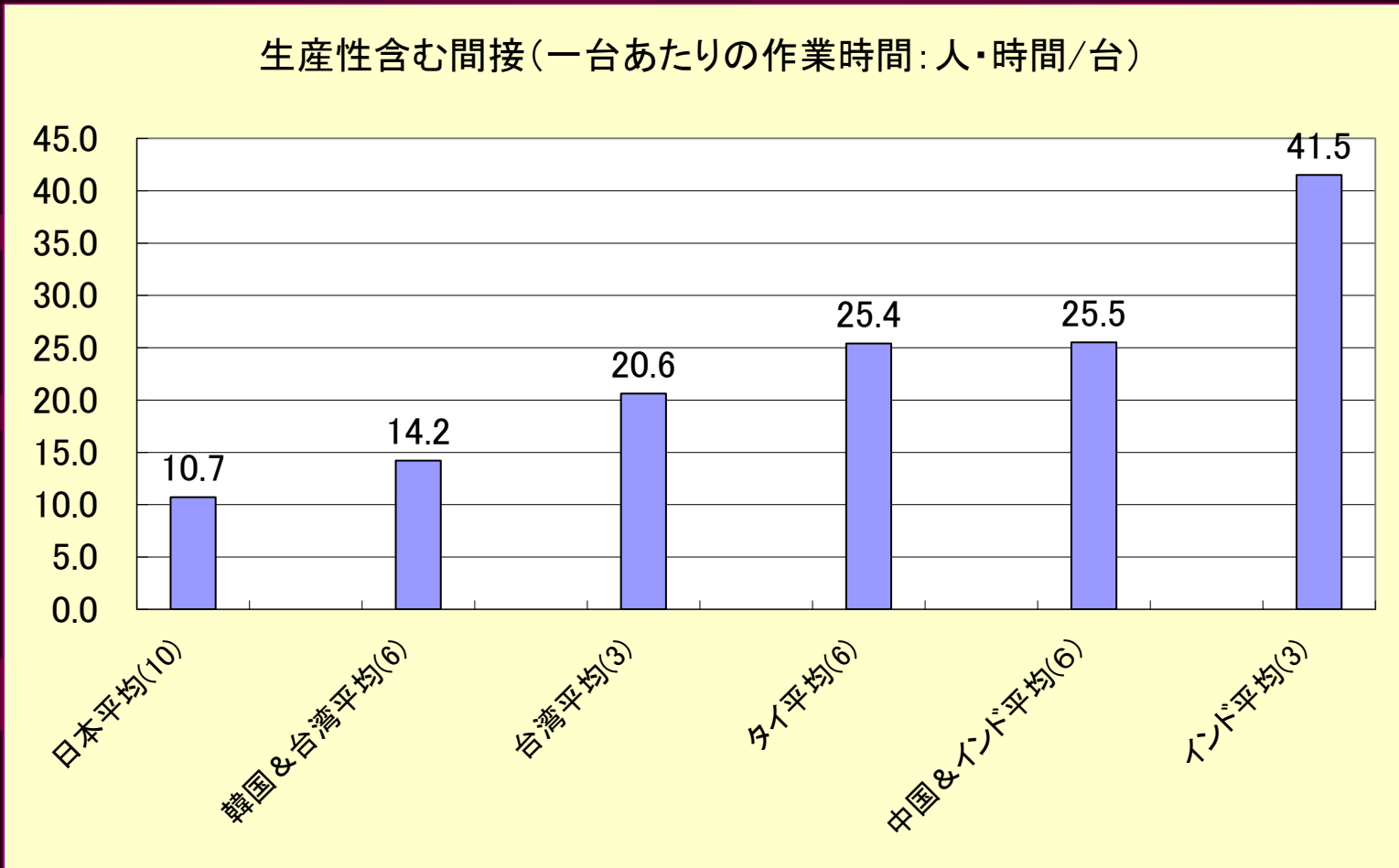
能力構築競争

IMVP ラウンド4

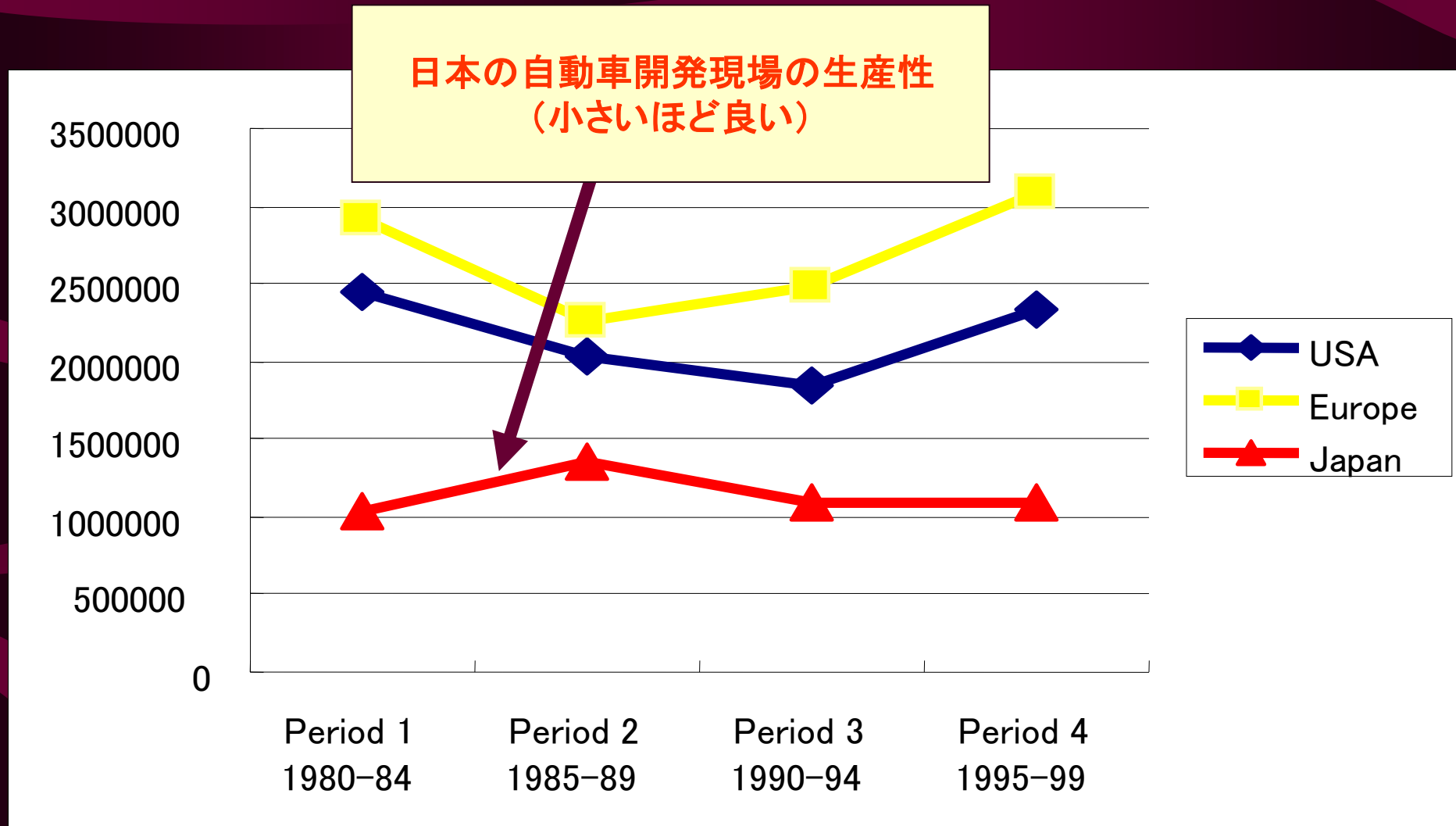
アジア自動車工場の国別・地域別生産性比較

IMVP ラウンド4 アジア自動車工場の国別・地域別生産性比較まとめ

(注): 括弧内はアンケート回答工場数を示す



自動車の開発生産性：日本は欧米の2倍前後で推移



裏の競争力＝「良い流れ」度の基本公式 (情報転写の速度・密度・精度)

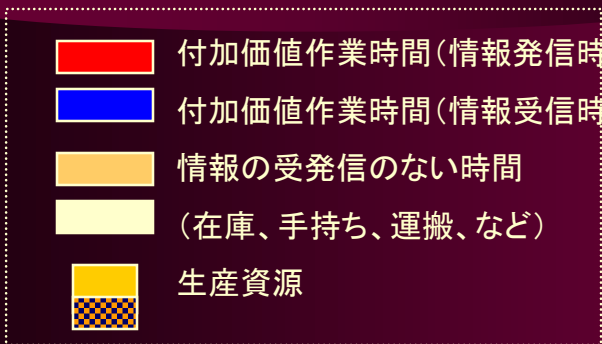
物的生産性 = 設計情報発信の 速度 × 密度 速度・生産技術、労働強化

(流体力学の公式との類似 ・ 流れの自然科学と社会科学)

1 ÷ リードタイム = 設計情報受信の 速度 × 密度

総合品質 = 設計情報転写の 精度 = 設計品質 × 適合品質
(ニーズ→設計) (設計→現物)

設計情報転写の「密度」と物的生産性・生産リードタイム



発信側(生産性)

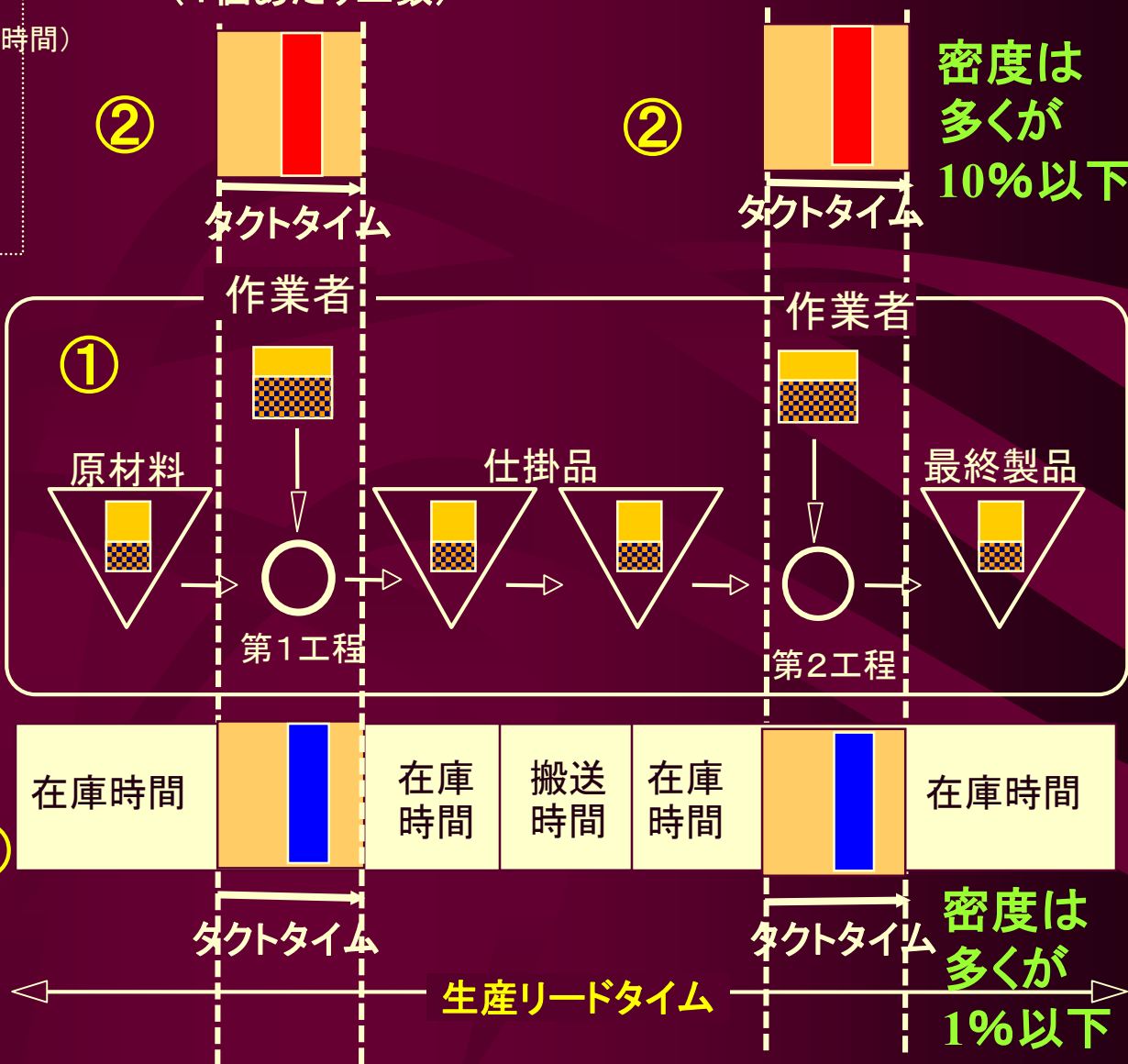
受信側(リードタイム)

第1工程の生産性

(1個あたり工数)

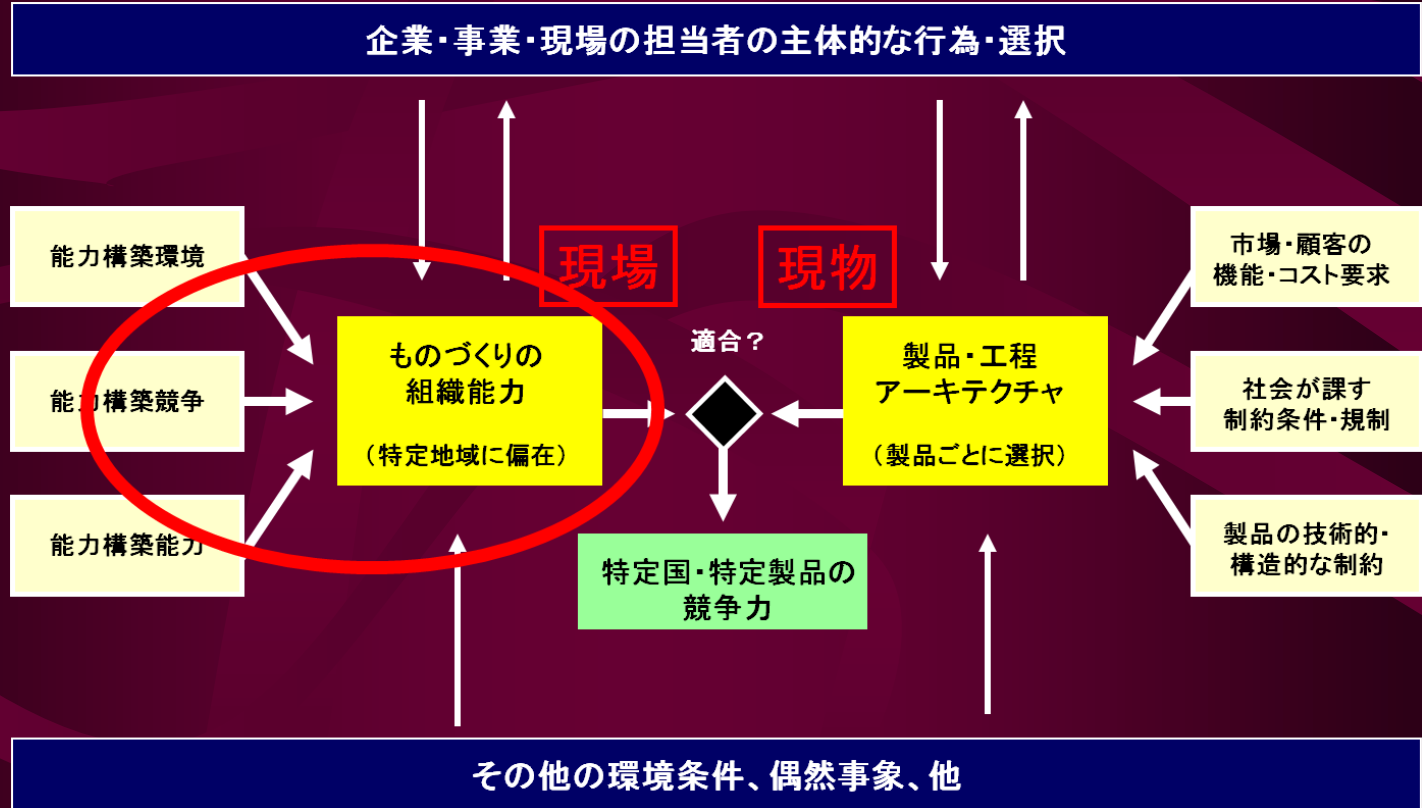
第2工程の生産性

(1個あたり工数)



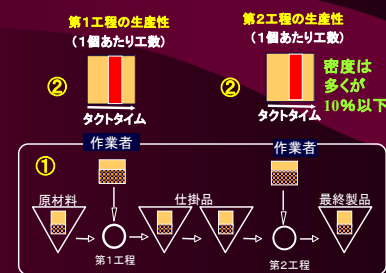
統合型ものづくりの組織能力

— 開発・生産・購買・販売を一気通貫でつなぐ —

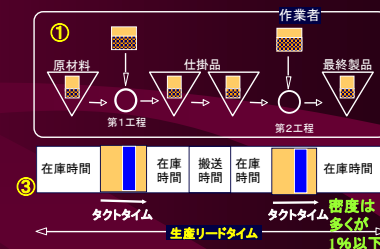


流れ改善の基本ツール：生産性とリードタイム

① 工数山積み表 + 空間流れ図 (レイアウト+フローダイアグラム)



② 時間流れ図(列車ダイアグラム) + 空間流れ図 (「物情」)



IoT, 4.0の時代 – 以上がリアルタイムで把握できる「サイバーフィジカルモデル」で
流れをリアルタイムで見える化し、渋滞を事前に予知し、手を打つ(活用)

① 現場向けには、あくまでも「流れ改善→生産リードタイム短縮」の意識付け

② しかし経営陣(本社向け)には、
「生産性向上(工数低減)→個当たり原価改善→期間利益改善」

本社にIR(投資家対応)あれば、現場にHR(Headquarters Relations; 本社対応)あり

IoT, AI, 自動化の前に「良い流れづくり」を

多くの日本の製造現場は、自動化無しでも生産性を2, 3倍には上げられる。

$$\text{物的労働生産性} = \text{設計情報発信の密度} \times \text{速度}$$

密度(労働時間に占める付加価値時間の比率)はたいてい10%以下!

(トヨタのラインは30%ぐらい?)

よって、設備投資なしでも、多くの現場が、生産性2倍、3倍は可能性あり。

現場の流れ改善を飛ばした「ロボット設置ありき」の現場改善は効果が少ない

(例: 某トラック工場のTM工程。悪い流れを隠すAGV1台撤去で7人→5人省人化)

いま必要なのは、状況によって、**ロボット設置**も、**ロボット撤去**も指導できる、ものづく

いわゆるIoTも、まずは「流れづくり」のための「IoT」を...

リアルタイムの「**列車ダイヤ図**」が常に現場でも管理室でも見えること
故障予測や不良予測も大事だが、その前に、**広域の「渋滞予測**」を

統合型ものづくりの能力構築

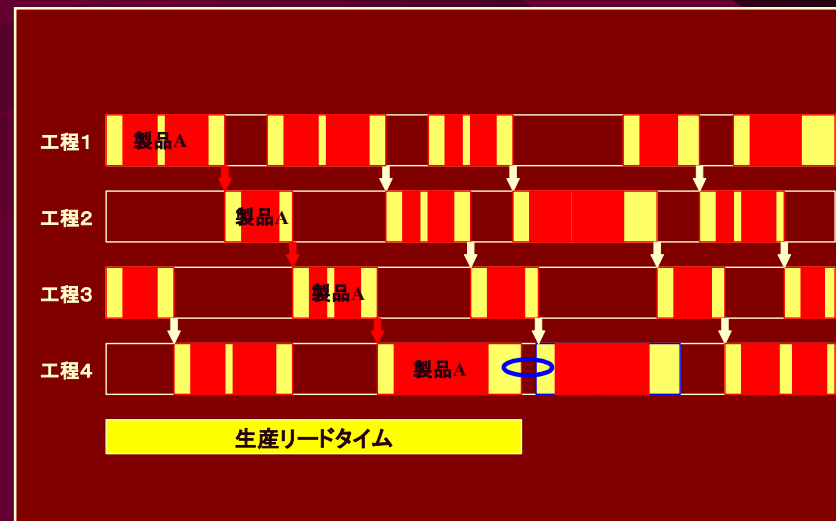
まず付加価値（設計情報）の流れを掴むこと

プロセス流れ図と時間流れ図をきっちり描く → 工夫してリードタイム短縮

空間流れ図

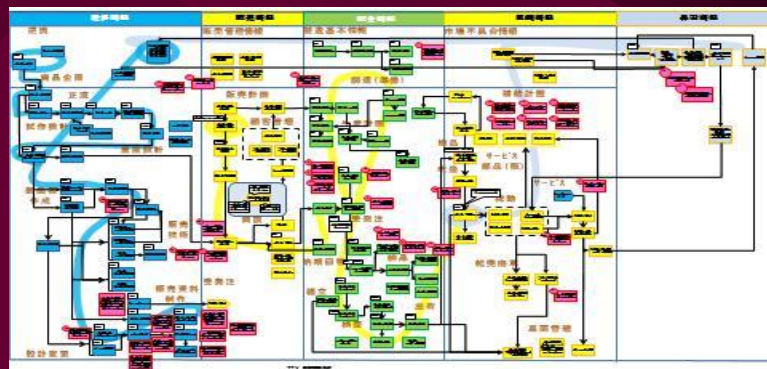


時間流れ図



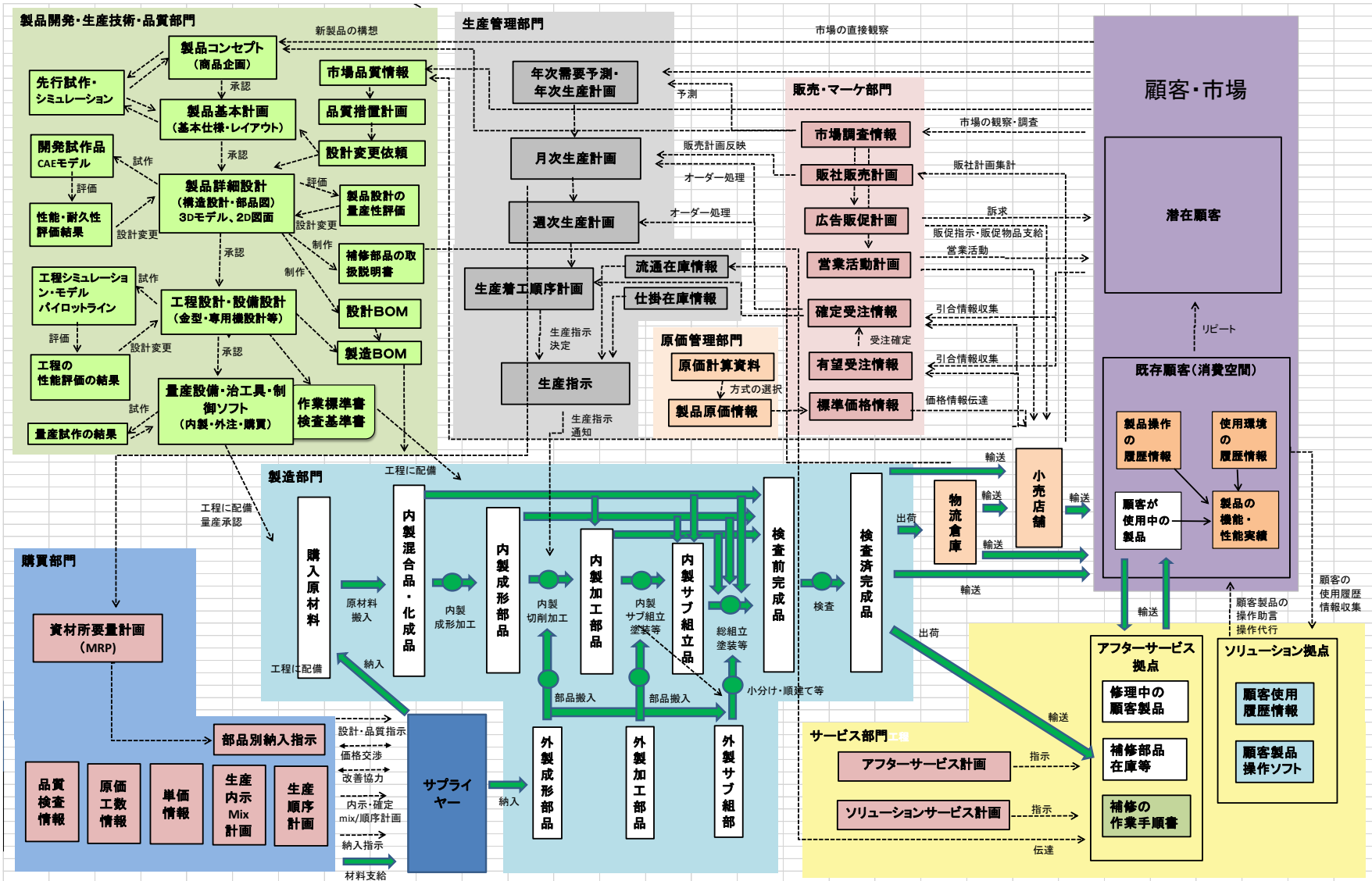
まず高高度(全社レベル)の「設計情報の流れ図」を作る
→ 問題個所を特定、ズームイン、詳細な流れ図を作る

X社での作成風景



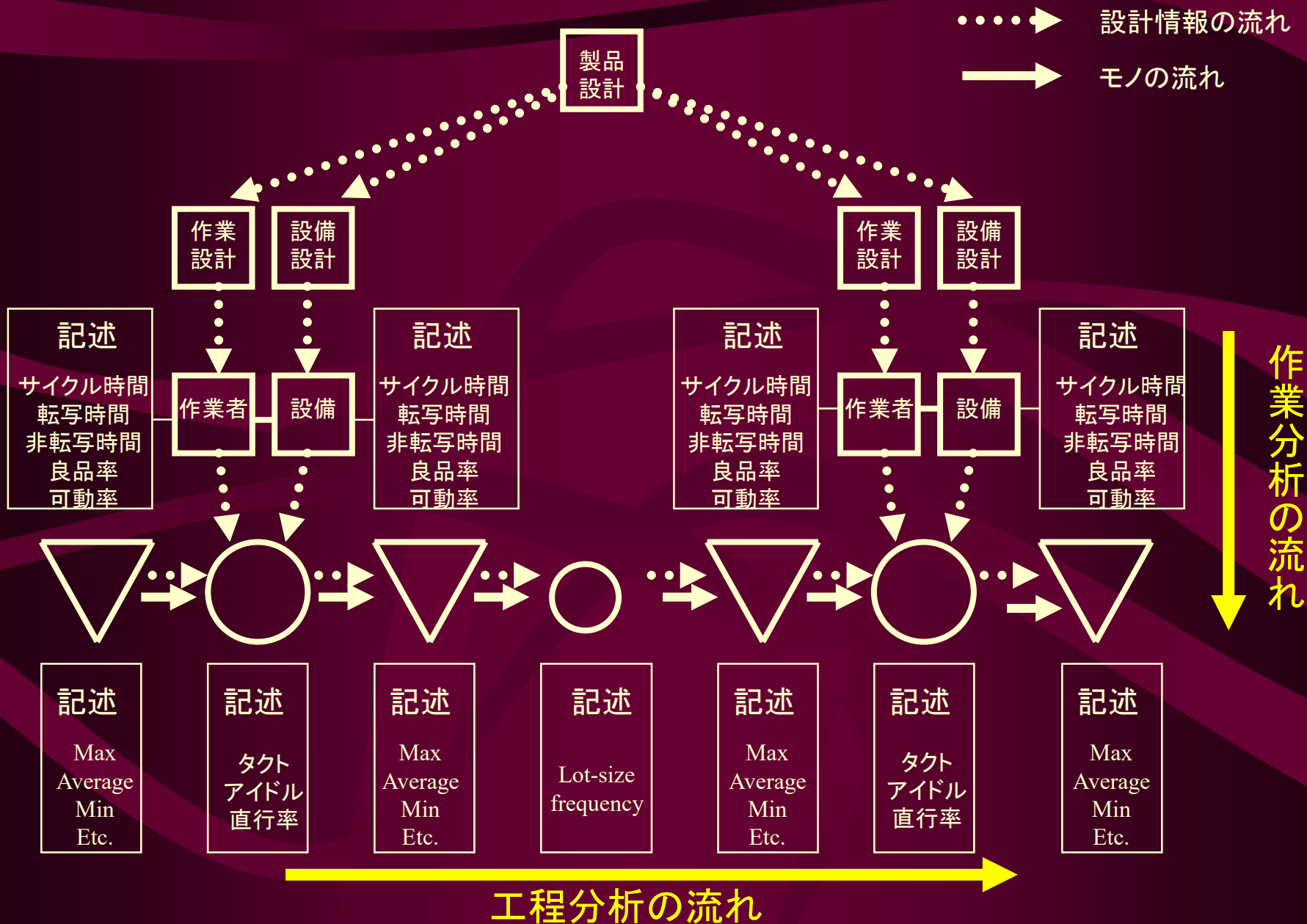
目的別に「縮尺」の異なるマップを複数作って階層的に構成する。

全社流れ図 (高高度の空間流れ図)

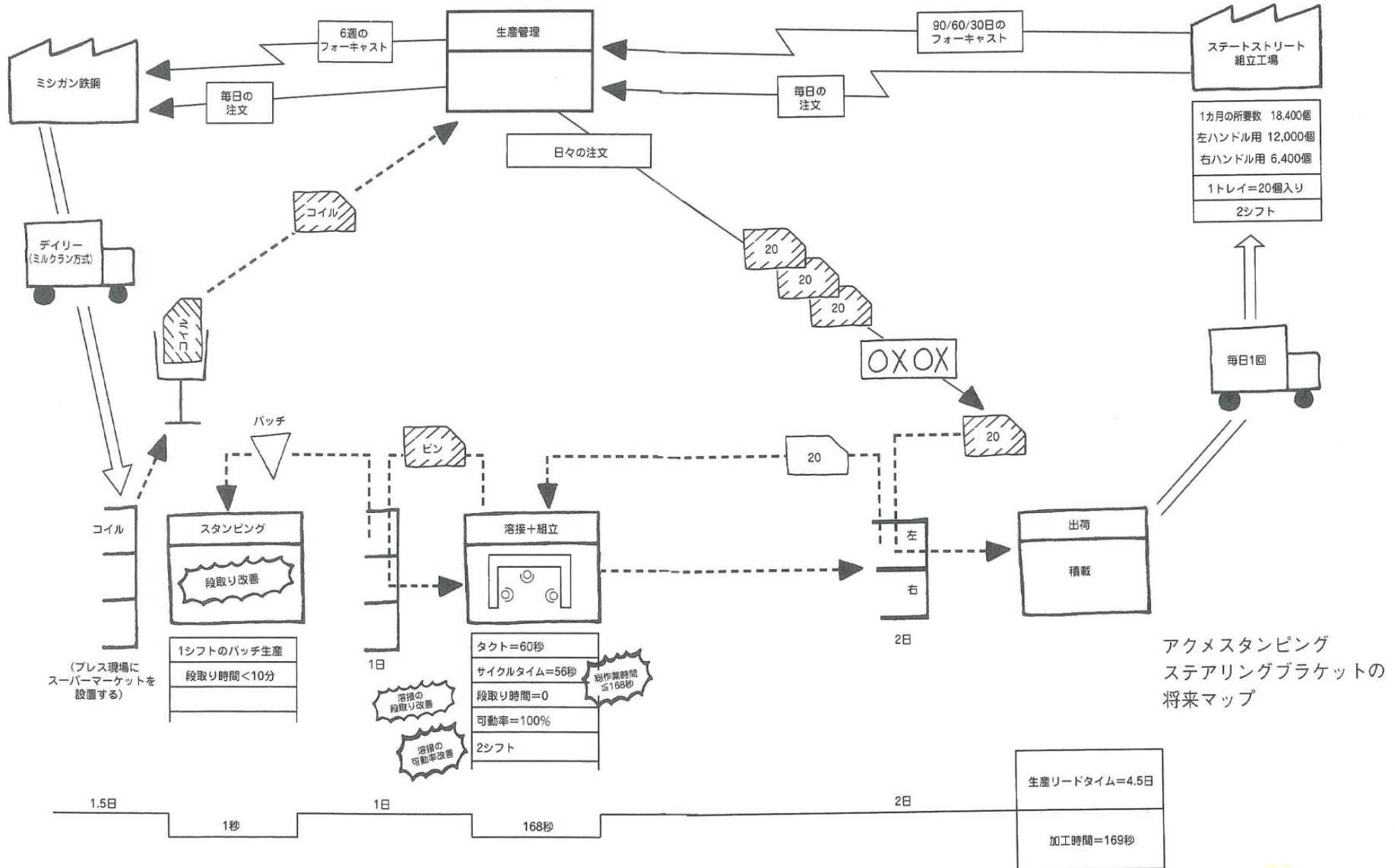


生産現場の設計情報流れ図

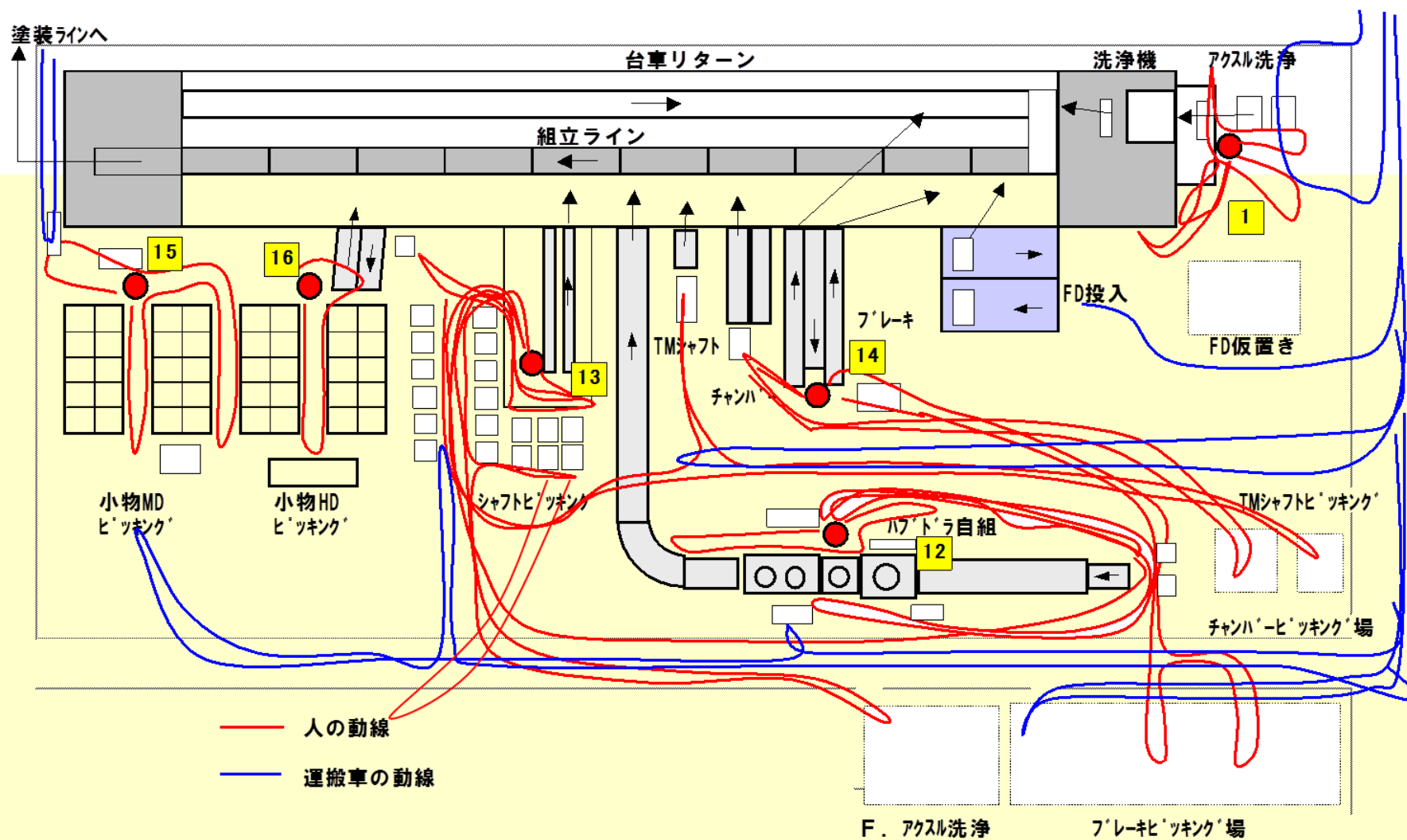
(中高度の空間流れ図)



ものと情報の流れ図 (Value Stream Map): (中高度の空間流れ図)



レイアウト上の流れ図(作業者の動線の例): 低高度の空間流れ図



ものと情報の流れ図 (Value Stream Map) - インド Victor Gasket社



生産性改善策の類型・・・「良い流れ」実現のためのIoTを

(1) 作業・機械の正味作業時間比率(=正味作業/工数)アップ = 転写密度のアップ

- ・手待ちのムダとり・・・ラインバランス、多作業持ち、助け合い
- ・動作のムダとり・・・動作の合理化(動作経済)
- ・搬送・物流のムダとり・・・二度手間
- ・段取り替時間の圧縮・ゼロ化・・・外段取り化、段取りレス化、技術改良
- ・歩行時間、ワーク選択・取り出し、ワーク着脱、起動時間の圧縮
- ・設備可動率アップ(設備故障・チョコ停への対応時間の短縮)
- ・設備稼働率アップ(ラインあたりの生産量アップ、品種数アップ)

(2) 作業・機械の正味作業スピード(正味作業時間/個)アップ = 転写速度のアップ

- ・習熟曲線の利用・・・安定的な作業配分、動作の標準化
- ・新技術による転写速度アップ・・・切削速度(回転・送り)、反応速度アップ
- ・新技術による作業の省略・統合・・・自動化・無人化、加工レス、仕上レス、組立レス

(3) 原材料生産性(歩留まり・原単位)のアップ・・・被転写側の効率アップ

- ・製品あたりの組み付け部品点数の低減・削除・・・VA/VE活動
- ・製品あたりの素材使用量の削減・・・材料取りの効率化、素形材の加工しろ削減
- ・工程内良品率アップ(品質作りこみ、工程内検査、最終検査の充実)
- ・新技術による原単位(製品あたり材料・燃料使用量)の低減・削除

工程改善策の類型・「良い流れ」実現のためのIoTを

(1) 生産期間に占める正味作業時間比率のアップ = 転写密度のアップ

- ・原材料・仕掛品・製品の安全在庫、不要在庫削減
- ・拠点間輸送の近接化・高速化
- ・ライン間搬送の近接化、高速輸送化
- ・機能別レイアウトの製品別ライン化、ライン短縮、工程間距離の短縮(間締め)
- ・拠点間搬送ロットサイズの縮小
- ・ライン間搬送ロットサイズの縮小
- ・可動率アップ (設備故障・チョコ停時間低減、段取り替え時間低減)
- ・ラインバランスの改善(同期化)

(2) 生産期間内の正味作業スピード(正味作業時間/個)アップ = 転写速度のアップ

- ・習熟曲線の利用 ... 安定的な作業配分、動作の標準化
- ・新技術による転写速度アップ ... 切削速度(回転・送り)、反応速度アップ
- ・新技術による作業の省略・統合 ... 自動化・無人化、加工レス、仕上レス、組立レス

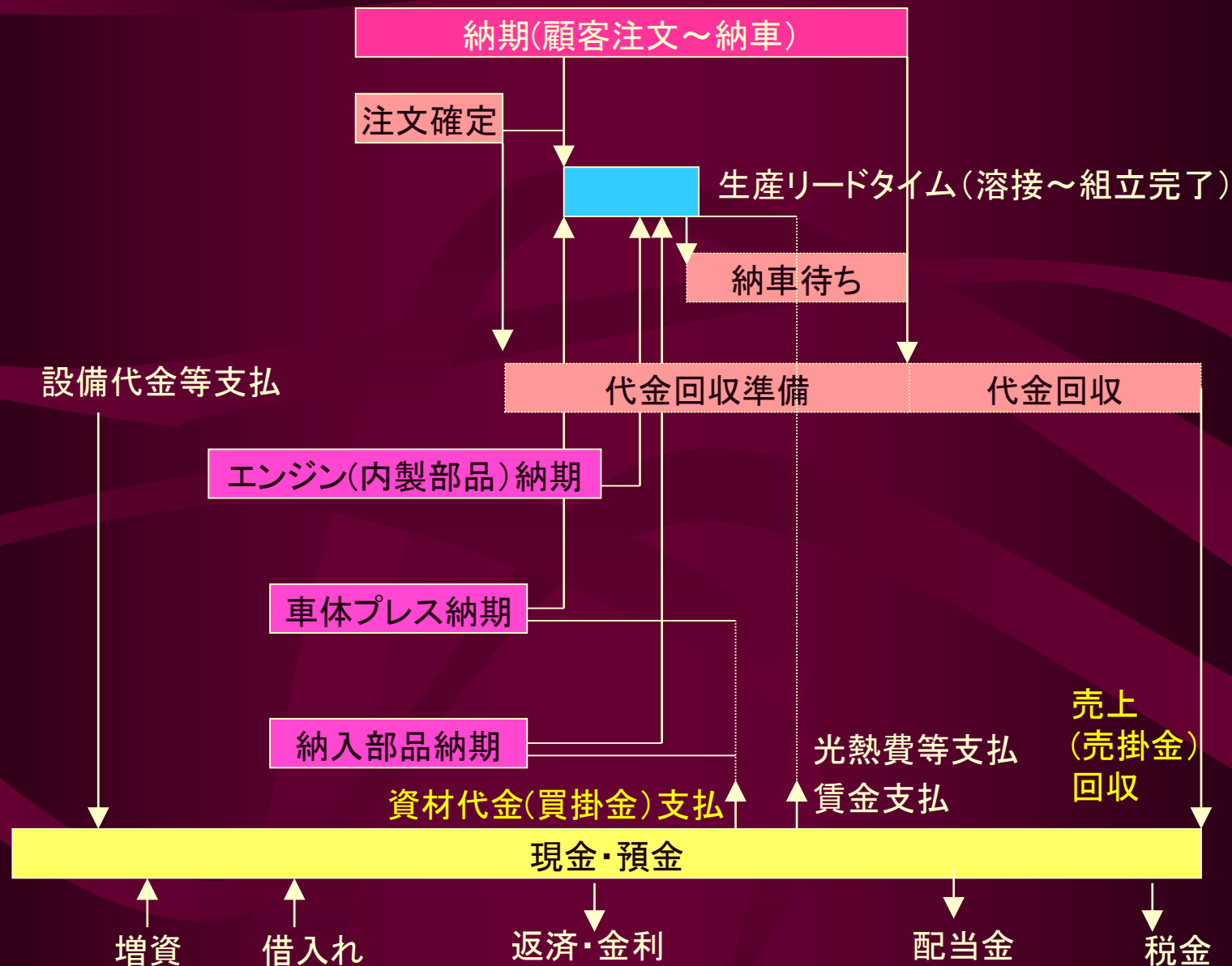
(3) 需要予測の高精度化

(4) 工数計画の柔軟化: 需要にあわせた生産能力の弾力的調整

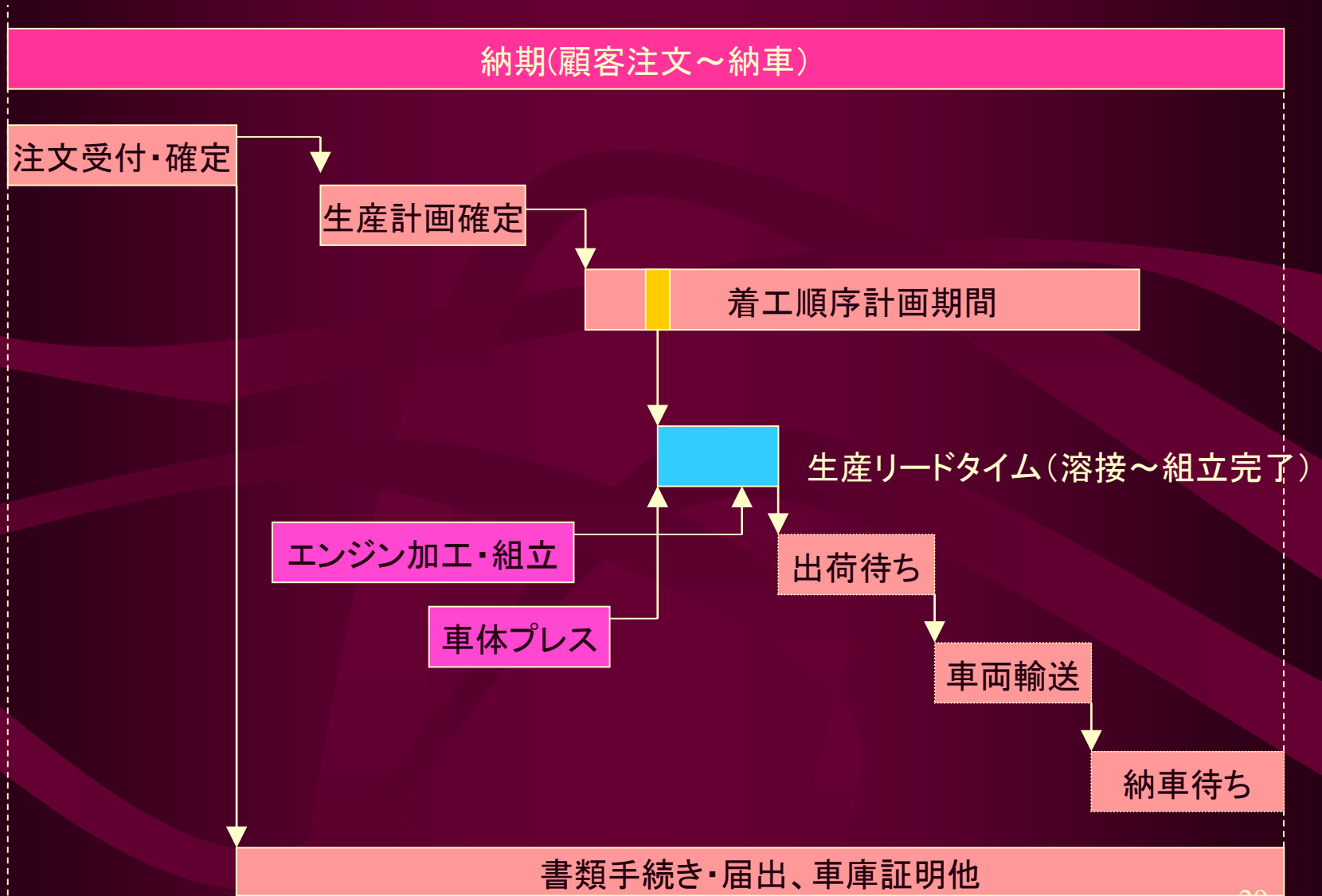
(5) 生産計画の柔軟化: 需要変動に合わせた生産計画の段階的調整

(6) 生産統制の厳格化: 計画通りの生産の実現(可動率、直行率などのアップ)

資金循環・納期・生産リードタイム相関図: (高高度の時間流れ図1)



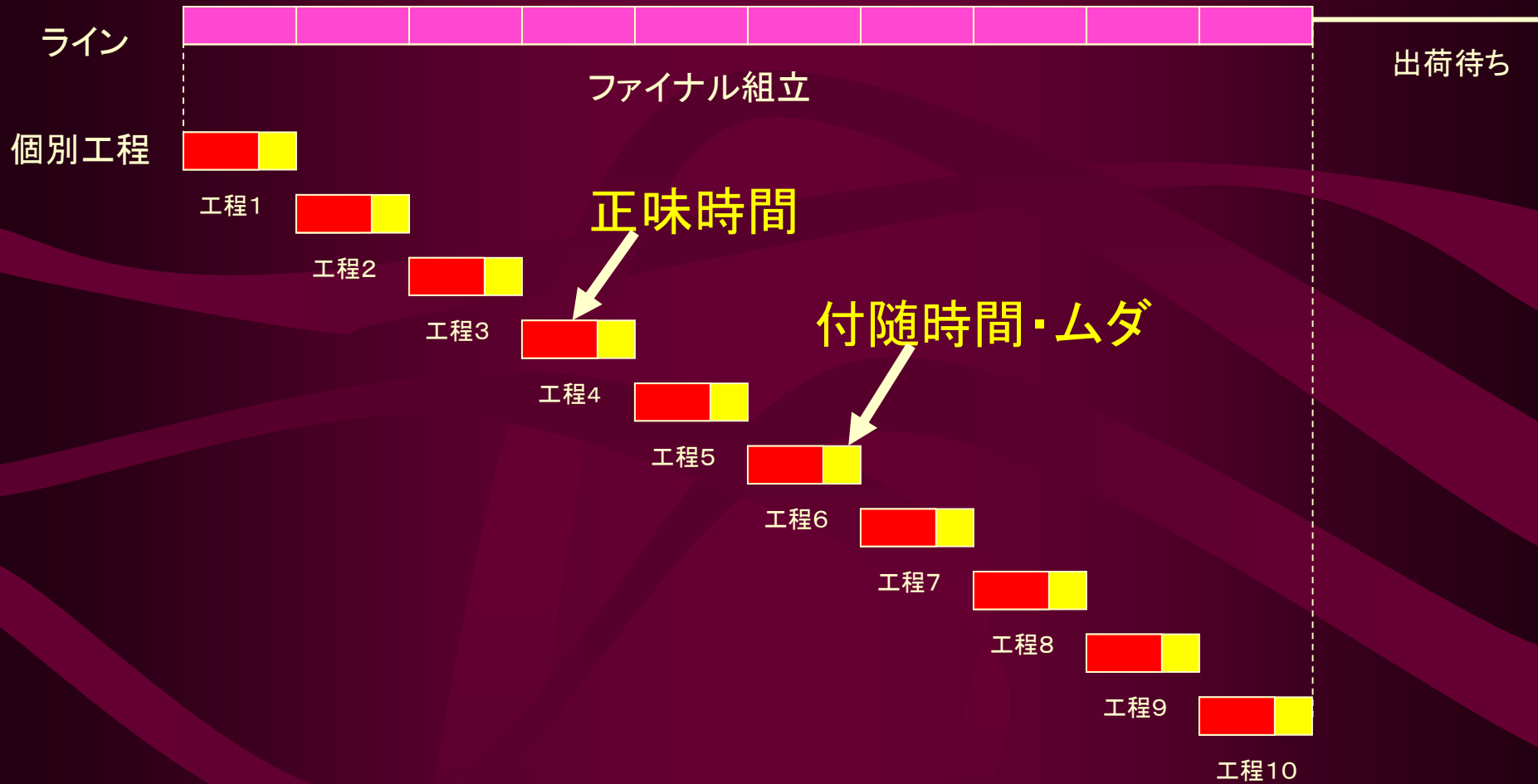
納期・生産リードタイム相関図：（高高度の時間流れ図2）



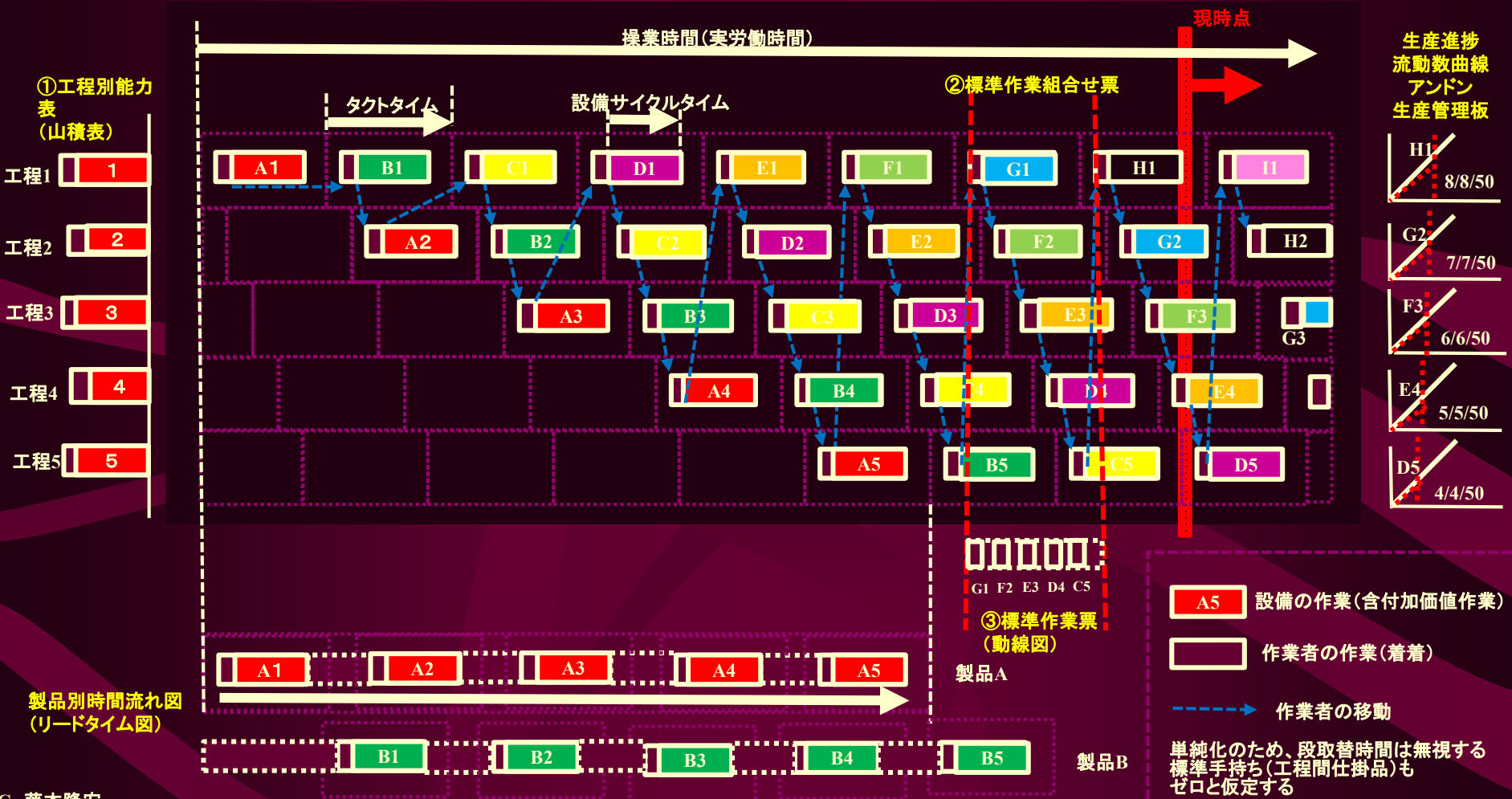
生産リードタイム全体図 (中高度の時間流れ図)



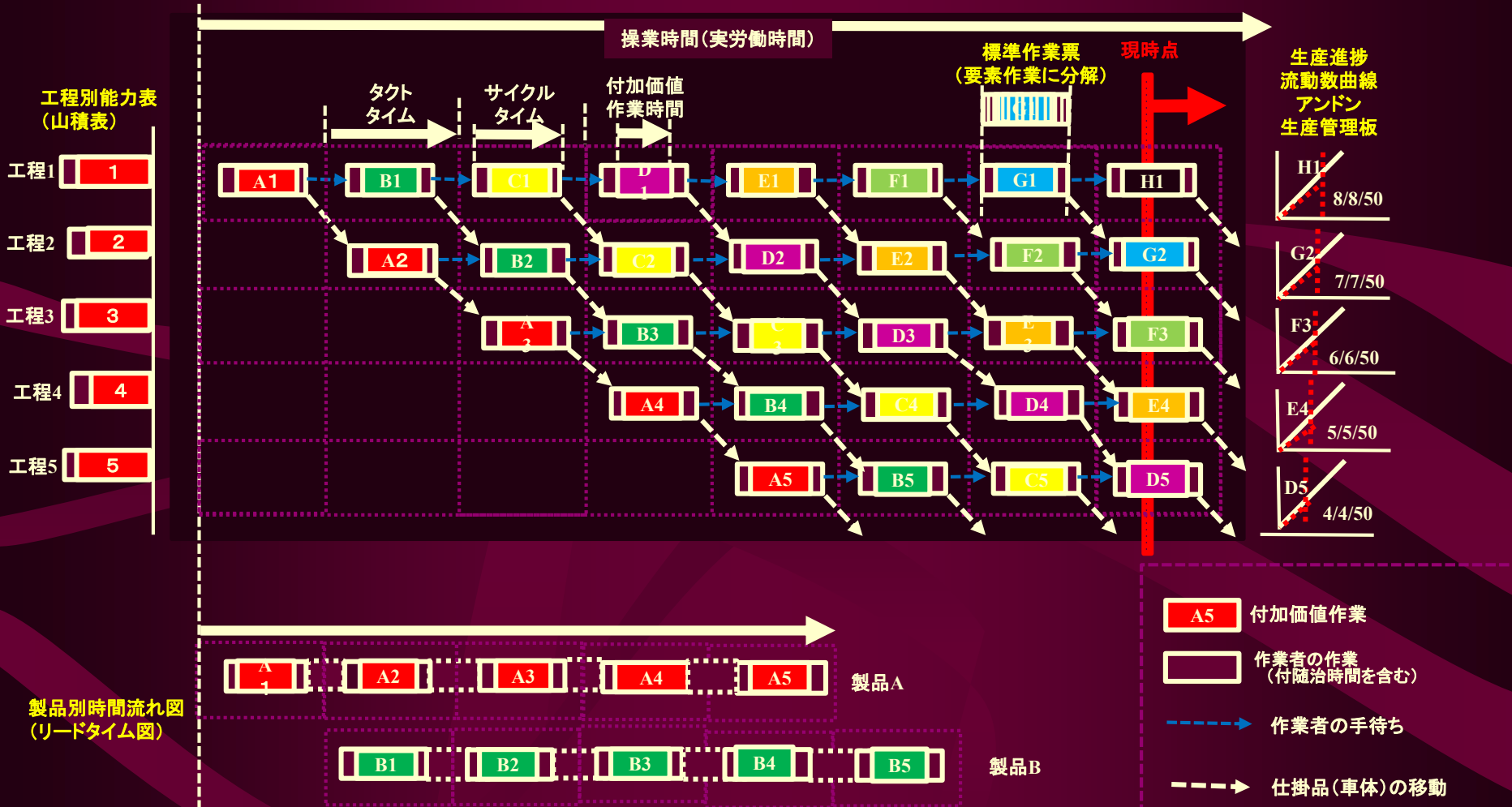
生産リードタイム部分図： (低高度の時間流れ図)



生産管理における「列車ダイヤ図」と標準三票 自動送り機械作業の場合



生産管理における「列車ダイヤ図」 組立ラインの例



IoTの本質はIfT (Information from Things:ものから情報を)

発信機付きセンサー、ビデオカメラ、流れサーバー等を「流れ」の要所に付ける→

ものの「流れ」からリアルタイムでデータを取る(サイバーフィジカル・モデル)→

すぐ意味づけ(タグ付け)し「情報化」する(情報化できる良いデータを取る)→

「見える化」して皆で情報共有する (空間流れ図、時間流れ図、集計グラフ)→

「高質データ」はプライベートクラウドのアプリで分析(付加価値時間、稼働率、LT)→

あるいは、「とりあえずのビッグデータ」をパブリッククラウドのAIに食わせてみる→

問題をより早く予知する(仕掛品の渋滞予知、不良発生予知、設備故障予知)→

早めに手を打つ(高稼働率での渋滞防止、予知品質管理、予知保全)→

予兆の背後にある因果関係を掴む→腑に落ちる(帰納法から演繹法へ)→

より根本の原因を見つける(なぜなぜ5回)→根本原因に遡って解決→ 標準化・共有化

リードタイム・稼働率のトレードオフ(工場物理学)の緩和へ

リードタイム

(始発から終点までの所要時間)

稼働率70%で渋滞する工場を
稼働率80%でも渋滞しない工場へ

IFT/IoT導入前

IFT・IoT導入後

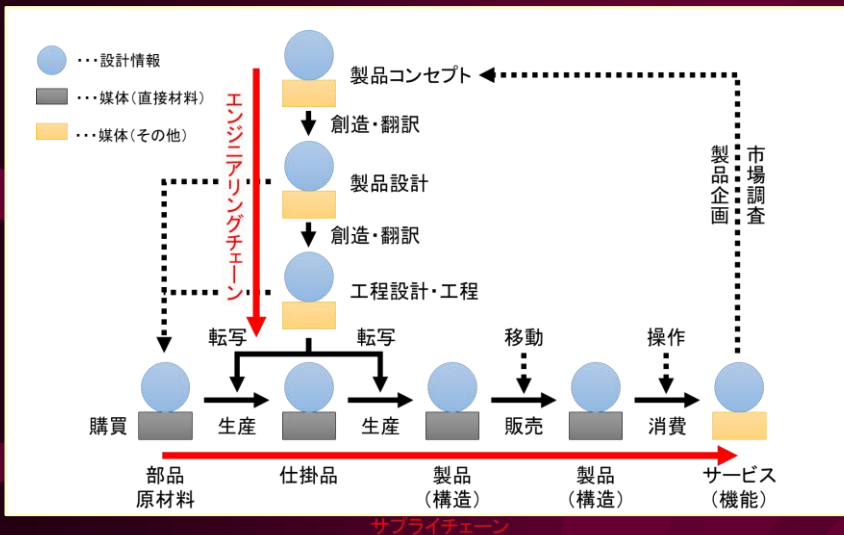
稼働率

(作業時間、付加価値時間の時間密度)

これが出来れば、多品種変量の面倒な仕事は日本企業に来る。
どうせやるなら、「怒られないIoT」ではなく「勝てるIFT」を

「流れ改善」の方法:まとめ

ものづくり = 付加価値を生む「良い設計の良い流れ」を作ること



まず、現状の「流れ」を正確に把握すること

空間流れ図 (動線つきレイアウト図など)

順序流れ図 (プロセスフローダイアグラムなど)

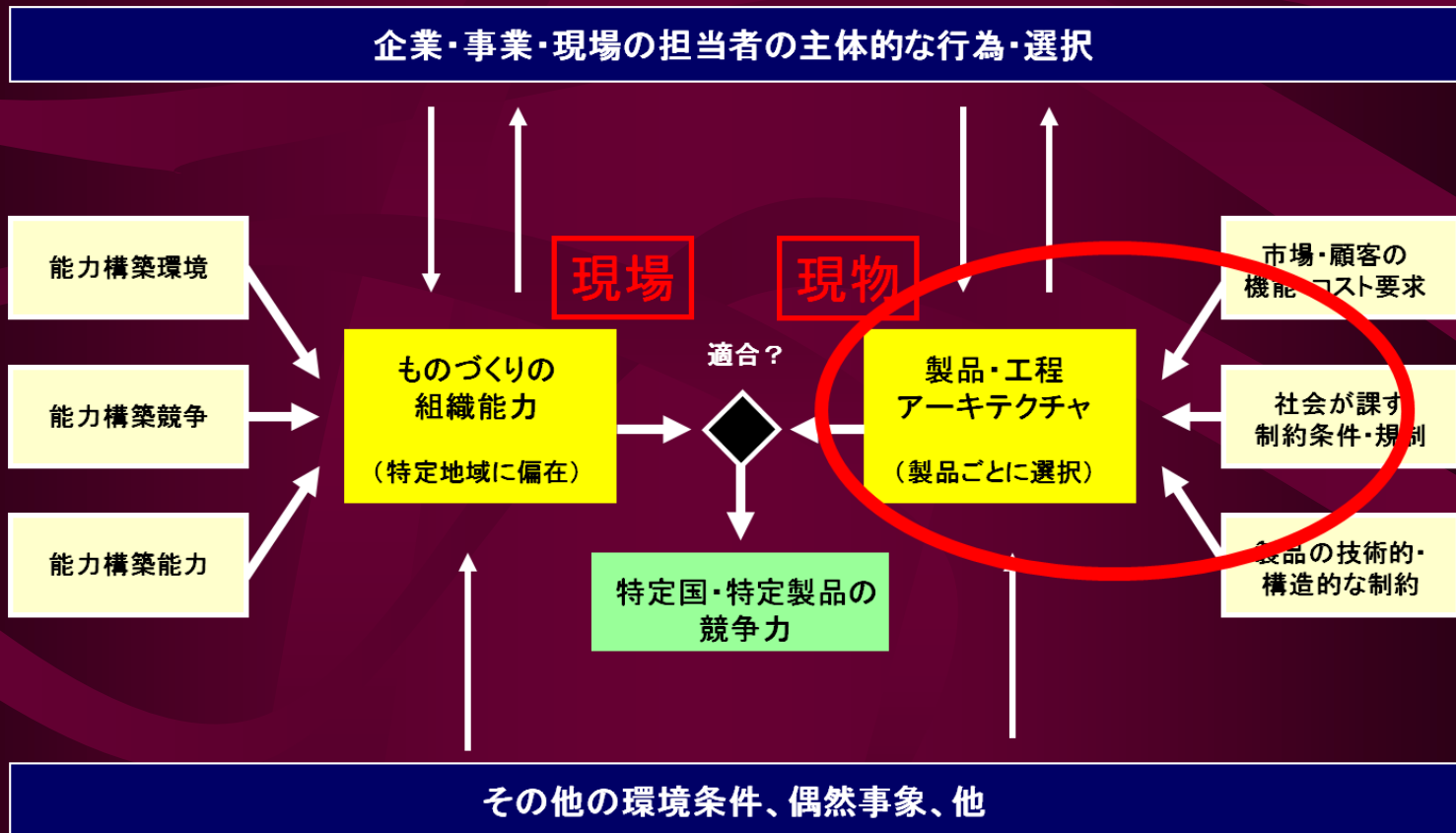
時間流れ図 (列車ダイヤ図など)

流れの悪いところ(兆候)を把握 → 特に悪い流れの集中するところは、ズームインして、より細かいマップで分析

根本原因に遡って分析し、より良い流れを作る「処方箋」を考える。以上を繰り返す

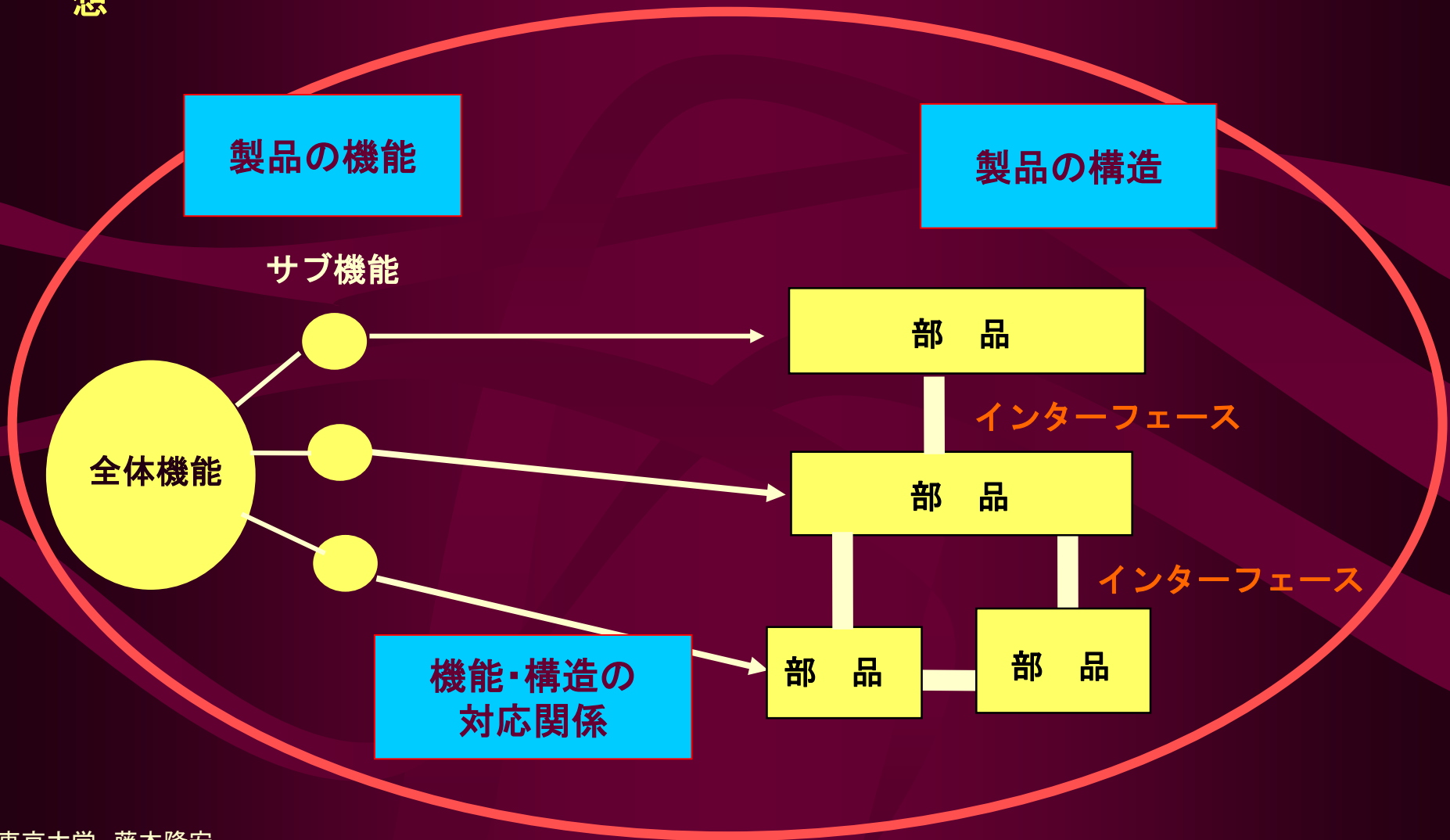
アーキテクチャによる製品の見極め

既成の産業分類という固定観念にとらわれずに、
現物の観察から日本の産業競争力を見極めること



「設計者の発想」のことを「アーキテクチャ」という

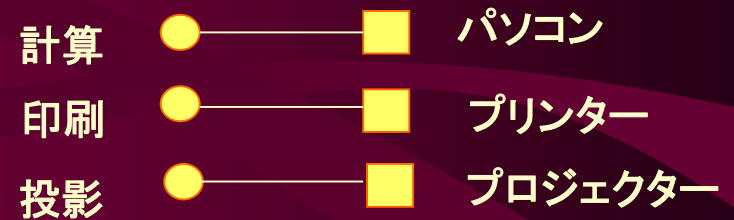
製品に要求される機能を、製品の各構造部分(部品)にどのように配分し、部品間のインターフェースをどのようにデザインするか、に関する、基本的な設計思想



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

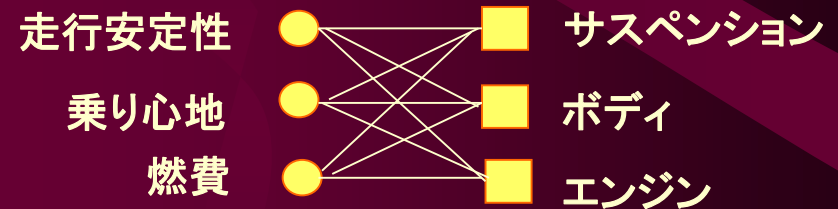


製品の機能

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

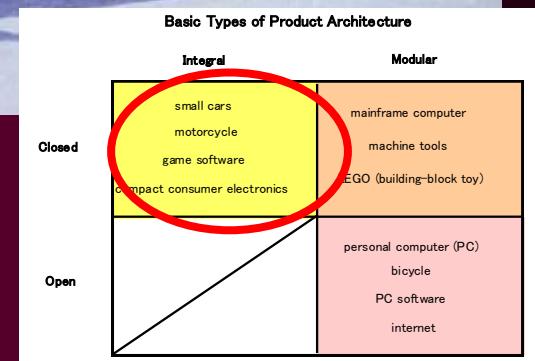
	インテグラル (擦り合わせ)	モジュラー (組み合わせ)
クローズド (囲い込み)	クローズド・インテグラル 乗用車、オートバイ ゲームソフト、 軽薄短小家電、他	クローズド・モジュラー メインフレーム、 工作機械、 レゴ
オープン (業界標準)		オープン・モジュラー パソコン、同ソフト、 インターネット、 新金融商品、自転車、

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

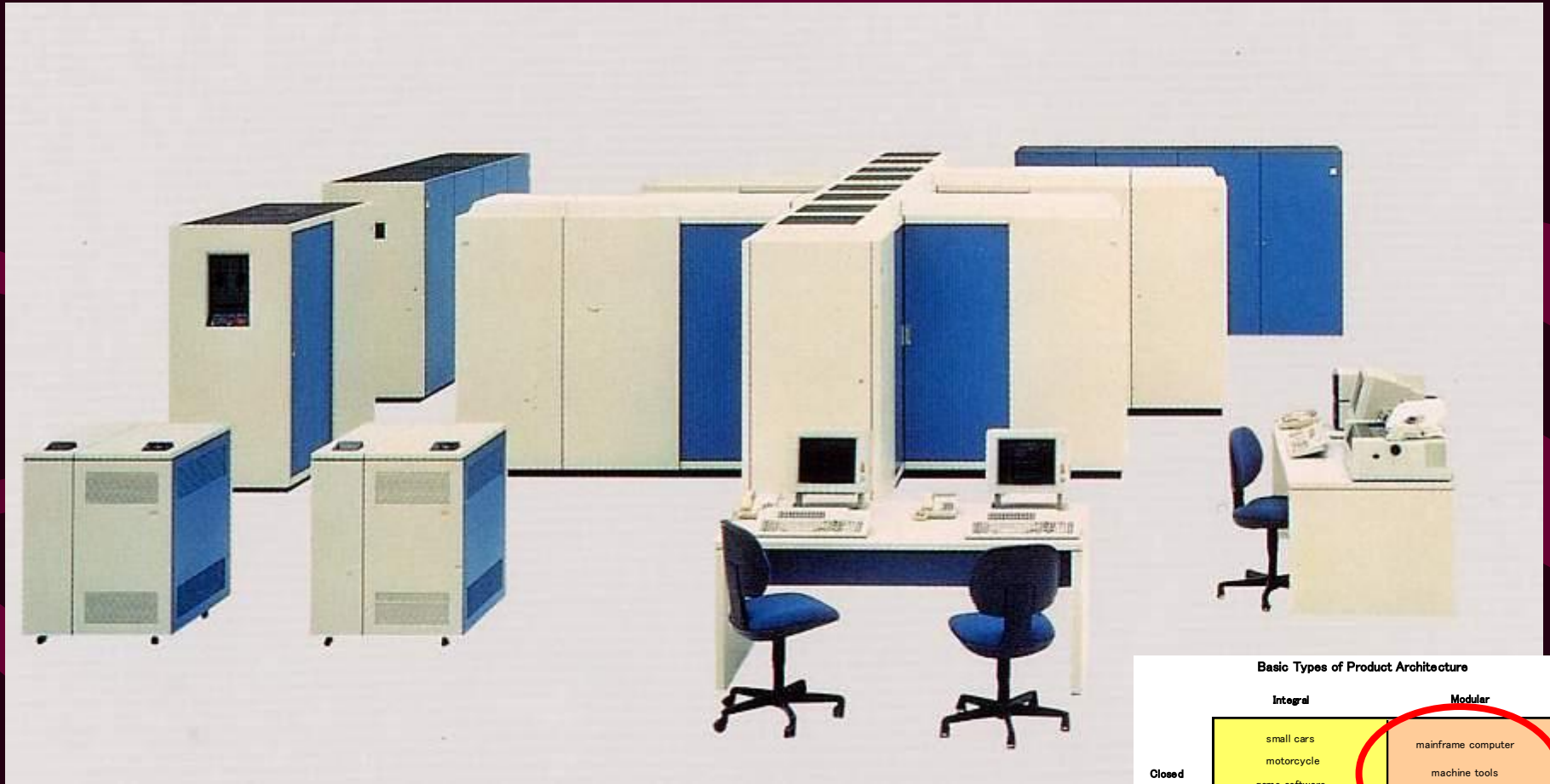
製品アーキテクチャの基本タイプ

	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、

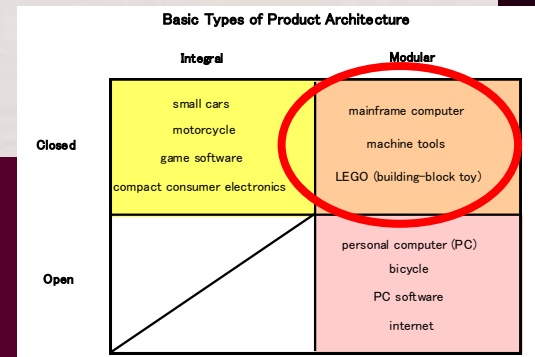
社内共通部品の
寄せ集め



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



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・モジューラー型の製品(パソコンシステム)



汎用部品(いろいろな会社の製品で使える)は50%以上

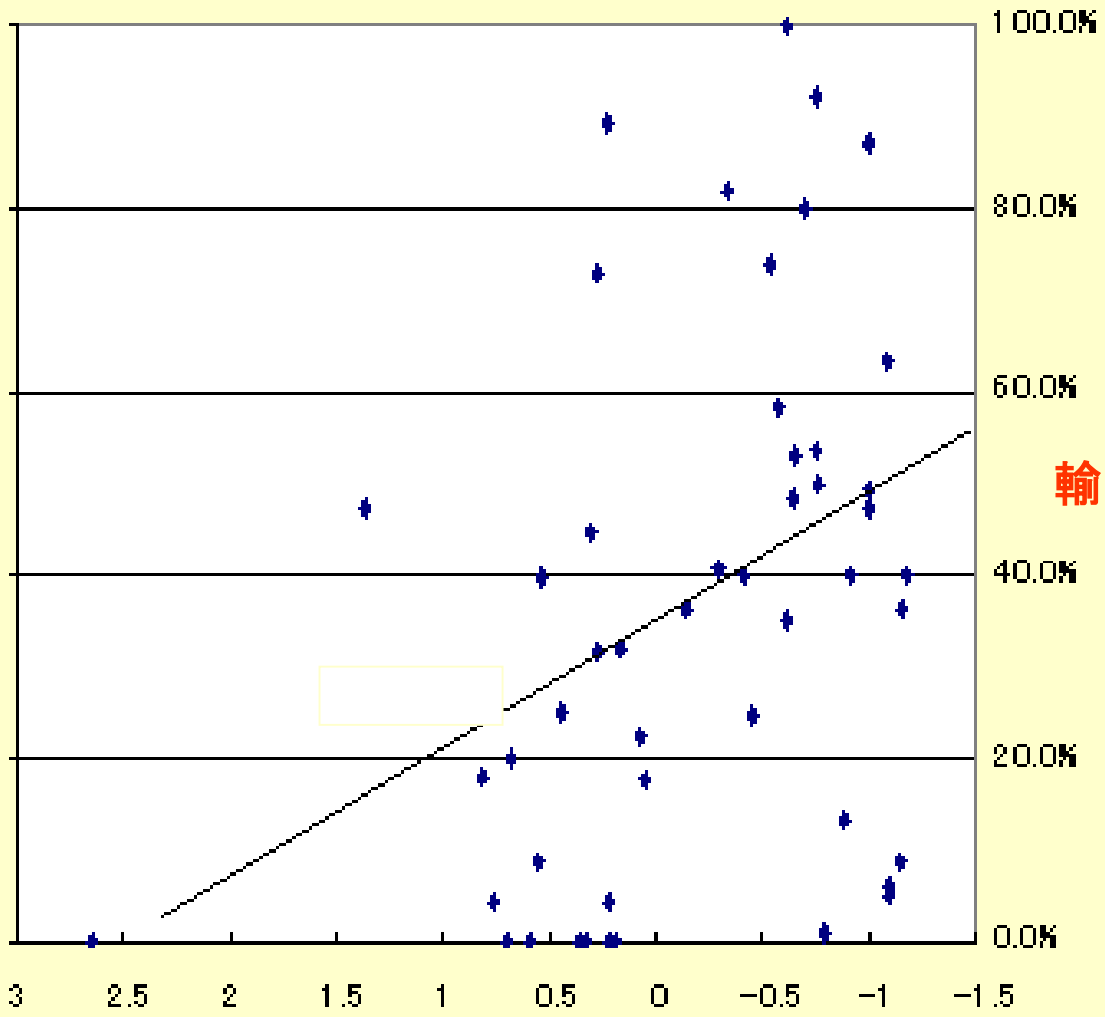
Basic Types of Product Architecture

	Integral	Modular
Closed	small cars motorcycle game software compact consumer electronics	mainframe computer machine tools LEGO (building-block toy)
Open		personal computer (PC) bicycle PC software internet

設計比較の優位説：日本企業が強い製品の傾向 高度な「擦り合わせ」と「作りこみ」

	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 低燃費乗用車、 高機能産業機械 ゲームソフト、高級鋼 機能性化学品、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、

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

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（華南）：動員力 → モジュラー製品（労働集約的）

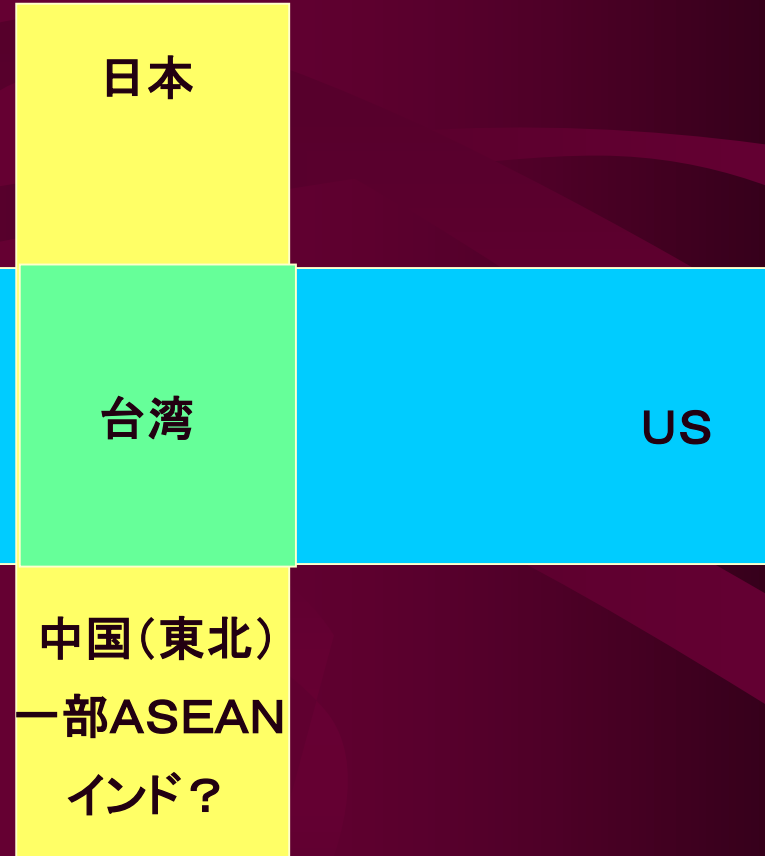
ASEAN・定着力？ → 労働集約的な擦り合わせ製品（中国と違う？）

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

「適財適所」の拠点選択とは？

擦り合わせ軸



モジュラー軸

アーキテクチャの位置取り(ポジショニング)戦略

顧客の製品・工程は？

インテグラル(カスタム)

モジュラー(標準品)

インテグラル

自社の
製品・工程は？

モジュラー

中インテグラル・
外インテグラル

日本の自動車・2輪部品
自動車用樹脂
システムLSI
コピー・プリンタ消耗品・・・

中インテグラル・
外モジュラー

インテル、シマノ(ギア)
信越化学(半導体シリコン)
村田製作所(コンデンサ)
超小型家電、プリンタ・・・

中モジュラー・
外インテグラル

デル(カスタマイズPC)
デンソー(一部の部品)
キーエンス(ソリューション)
ダイキン(ソリューション)

中モジュラー・
外モジュラー

汎用樹脂、
汎用グレード鋼、
汎用液晶、DRAM・・・

半導体・関連産業のマトリックス (推定・仮置き)

日本が比較的強いもの・赤字表示

外インテグラル
カスタム化
ローカル情報依存
営業費率高

外モジュール
標準化(ナンバーワン戦略)
グローバル情報の収集
営業比率低

パワー・アナログ半導体	マイコン(MCU)	MPU (インテル)
半導体製造装置	ASSP (クアルコム)	中インテグラル
ASCP(狭義のASIC)	コンデンサー等電子部品	設計費高 R&D費高
FPGA(field programmable gate array)	DRAM (サムソン)	
SIP (システムインパッケージ)	デジタル家電(標準型) パソコン(デスクトップ)	中モジュール
ソリューション・ビジネス	ファンドリー(TSMC)	設計費安 R&D費安
	EMS(ホンハイ)	

I 電子のアーキテクチャ戦略

外インテグラル
カスタム化
ローカル情報依存
営業費率高

外モジュラー
標準化(ナンバーワン戦略)
グローバル情報の収集
営業比率低

新製品

特定顧客のためのフルカスタム品
承認図方式が多い

標準品

内部は最適設計化
自社仕様製品として市場で販売

中インテグラル

設計費高
R&D費高

カスタム品

標準部品を活用したカスタマイズ品
承認図方式が多い

中モジュラー

設計費安
R&D費安

A電気のアーキテクチャ戦略

外インテグラル
カスタム化
ローカル情報依存
営業費率高

外モジューラー
標準化(ナンバーワン戦略)
グローバル情報の収集
営業比率低

C製品(モジュール)

客先仕様 カスタム度が高
車載モジュール。承認図方式

エアコンパネルなど
車載モジュールが多い

A製品(コンポーネント)

標準部品 市場で販売強化

スイッチ類、エンコーダなど
ホーム、モバイル、車載

中インテグラル

設計費高
R&D費高

B製品(モジュール)

客先仕様 A製品(部品)多用
車載モジュール。承認図方式

パワーウィンドウスイッチ
通信モジュール、チューナなど

中モジューラー

設計費安
R&D費安

デジタル化時代の現状認識： 質量のある世界とない世界の結合・・・ややこしい時代に

21世紀は、以下の①と②、2つの潮流が交錯し、かじ取りが難しい。

① **重さのない weight-free な世界**（情報・電子や論理法則が支配）
・・・ ネットワーク化、モジュール化、多様化が爆発的に進む

② **重さのある weighty な世界**（物質・エネルギーや物理法則が支配）
・・・ 安全・エネルギー・環境の制約条件が厳しくなり、設計は**複雑化**

一方的なものの見方（ICT一辺倒の議論、古いものづくり現場への引きこもり）
では、潮目を見誤る。ものごとの両面を見る広い視野が必要！

モノとコトは代替的ではなく**補完的**。ここを間違えた論説も多い。

上空と地上のアナロジー 1970s-80s

上空

ICT システム

メインフレームの時代
IBM が支配
PC の勃興
インターネットはまだ

オープン・
モジュラー寄り

米国のプラットフォーム
盟主企業

第三次産業革命(電子が産業を動かす)は、
上空のICT と地上のFA/カーエレクトロニクス等が
別々に進化してきた

地上

質量のある物財産業・FA
(自動車、鉄、アナログ家電・・・)

ものづくり企業の活躍
顧客へ向かう「良い流れ」を作る
トヨタ方式、リーン方式、カイゼン

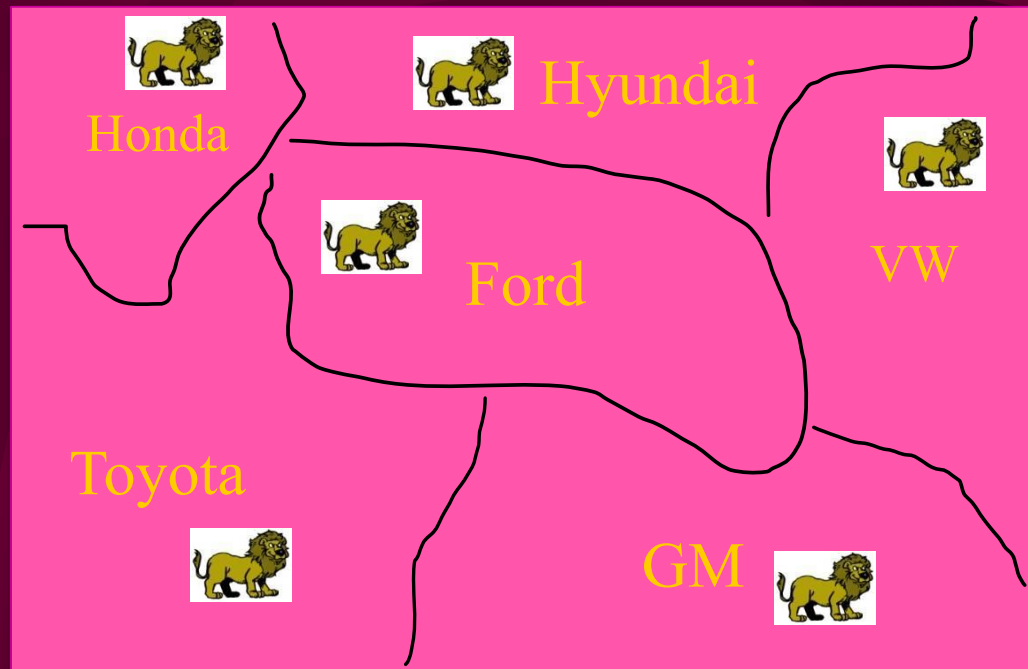
クローズド・
インテグラル寄り

日本のものづくり
優良企業

地上の競争:地道なプロダクト間競争

物理法則の働く世界。クローズド・アーキテクチャ、
製品間競争、現場間の能力構築競争、
比較的少数の寡占競争、revolutionというよりはevolution(進化)
人工物＝製品は複雑化(安全・燃費・環境・機能)

中クローズド・
アーキテクチャ



比較的ストレートな製品間のコスト・性能競争

High Sky
ICTSystem
Mainframe Computers
IBM
PC Emerging
Internet Not Yet

Ground
FA System (Process/Equipment in Genba)
Physical World: Cars, Steel, Analog TVs
Good Flow of Good Design Info. to Customers.
Genba, LT, Productivity, Quality
Lean/TPS/TQM Kaizen

上空(ICT)の大きな変化 (1990年代) プラットフォーム間競争の出現

上空

質量の無い ICTの世界

サイバー、デジタル
インターネット、クラウド。
AI、データセンター
しかしEverythingではない
セキュリティや帯域保証に問題

重さの無い世界、デジタル情報革命
オープンアーキテクチャ、業界標準、破
壊的イノベーション
米国プラットフォーム盟主企業
が席卷
プラットフォーム間競争

地上

質量のある物財の世界

フィジカル・インダストリー
(自動車、工場、エネルギー他)

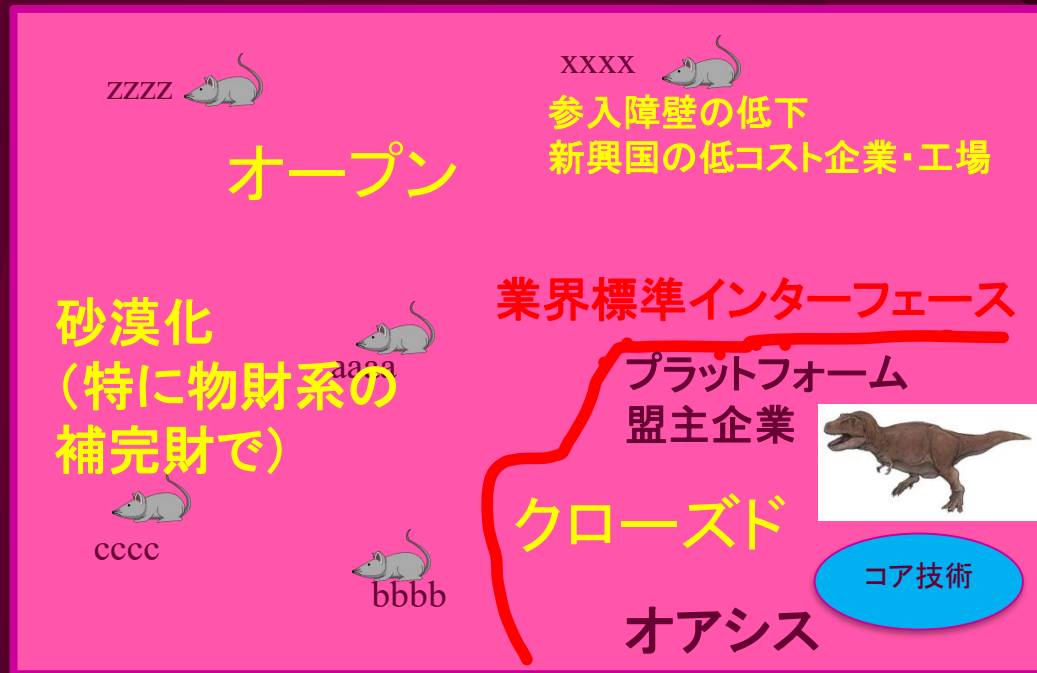
重さの有る世界、アナログ
クローズドアーキテクチャ
地道な進化と改善
寡占的な製品間競争
ものづくり、能力構築競争
トヨタ生産方式
リーン生産方式

「上空」の大変化

コア技術を持つ企業が、業界標準インターフェースの創造によりプラットフォーム盟主企業に化ける（補完財とのネットワーク効果）

「オアシス」の建設と、サバンナの「砂漠化」（特に物財系補完財で）
ポスト冷戦期の低賃金新興国対抗と重なった歴史的偶然
日本のエレクトロニクス系企業の大不振

中クローズド
外オープン
アーキテクチャ
位置取り戦略



プラットフォーム盟主企業の 中オープン・クローズド・外オープン・アーキテクチャ戦略

外アーキテクチャ (エコシステムのアーキテクチャ)

クローズド

オープン

中クローズド・外クローズド

伝統的な製品
ストレートな製品間競争
(良いものが勝つ)
製品が複雑なら寡占競争に

高性能自動車、高機能部品・材料

中クローズド・外オープン

プラットフォームリーダー
業界標準インターフェース作り
→エコシステム作りの競争
補完財の仲間を集める
ネットワーク効果で独り勝ち
アップル、グーグル、アマゾン…
米国が強い

中オープン・外クローズド

カスタム化した製品
比較的小さな企業でも高収益
ダイレクトビジネスモデル(直販)
ソリューション・ビジネス

中オープン・外オープン

業界標準
低コスト・低機能製品・大量生産
低賃金新興国が強い

クローズド

中アーキテクチャ

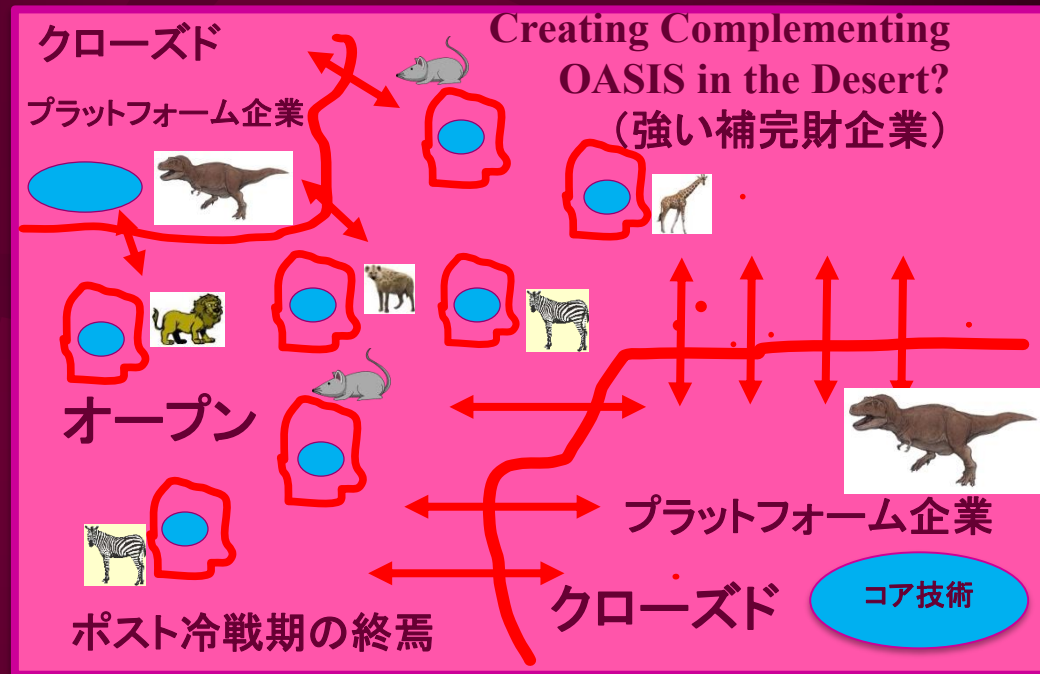
(自製品のアーキテクチャ)

オープン

「上空」の大変化(3) 2010年代

「強い補完財」戦法による砂漠の「再緑化」の可能性

中クローズド
外オープンの
アーキテクチャ
位置取り戦略



プラットフォーム盟主企業と「強い補完財企業」の共存
流れの良い強い現場と、業界標準を取れる強い本社の相互補完
『砂漠の再緑化』の可能性 ・ ・ 村田製作所、ソニーCMOSセンサ

これを米中技術覇権摩擦に應用するなら・・・

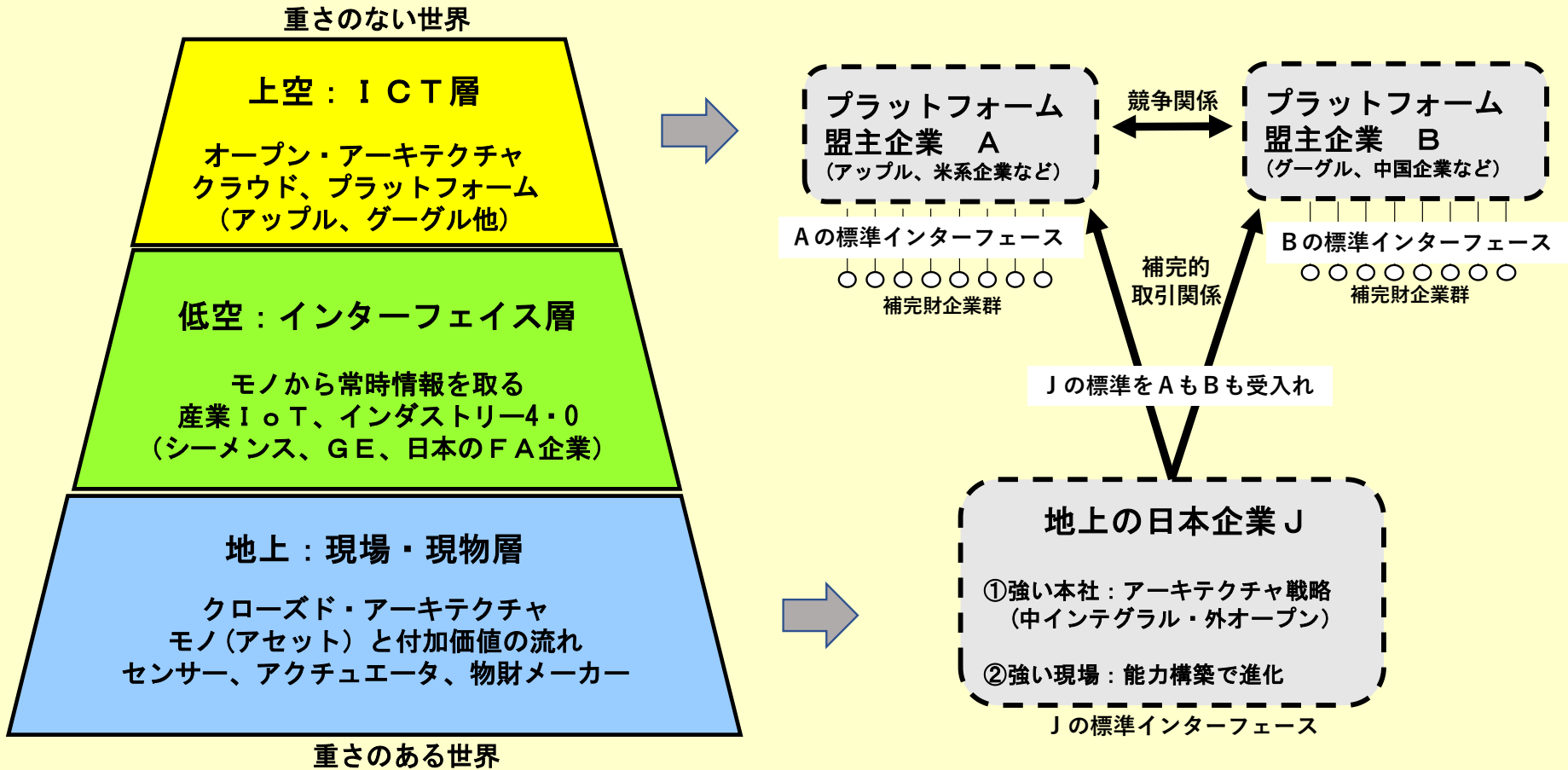
米国・中国が補完関係から競争関係(ハイテク・モジュラー同士)に変われば、双方が苦手とするインテグラル型アーキテクチャの部品・補完財・設備の発注は、米中双方から日本に来る。「売り手市場」のチャンスも。(本社の正念場)

中クローズド
外オープン
の
アーキテクチャ
位置取り戦略



主なプレイヤー：米・中・日・独。中国企業が「手っ取り早い自動化」を目指し、ドイツ企業がこれを支援すれば、モジュラー型が得意なレゴ式工場が林立。その上で米中技術摩擦が長期化すれば、現場力とアーキテクチャ戦略を持つ日本企業の「しぶとい哺乳類」戦略が効いてくる可能性は大きい。

日本企業のプラットフォーム補完戦略(哺乳類戦略)



2010年代・・・「低空」 = インターフェース層の出現 (工場自動化の例)

上空

ICTシステム

サイバー、デジタル、クラウド
IoT? IIoT?
インターネットは重要だが、
全てではない

上空は質量のない世界
オープン・モジュラー・アーキテクチャ中心
グローバル標準インターフェースがカギ
ネットワーク外部性、補完材
プラットフォームリーダーの爆発的成長
米国勢が制空権を握る)

Google, Amazon, Apple Facebook

低空

FA-ICT インターフェース

サイバーフィジカル、デジタル・インダストリアル
地上から湧き上がるビッグデータの
高速での処理、意味づけ、仕分け
安価にコネクタブルなインテリジェント工場機能

「上空」とは役者が異なる。
フィジカルの分かる企業がサイバーへ
台頭する Siemens, IBM, GE, --
IIoT, インダストリー4.0の主戦場
日本勢は? 日本とアジア?
「天下三分の計」にもっていけるか?

地上

フィジカル(現場、工場)

良い設計の良い流れ(広義のモノづくり)を実現する
統合型ものづくりIT
軽くて誰でも使えるITツール(FoA, VXL, CAIなど)
どこにセンサーを付けどのデータをとるかのセンス

質量がある世界。物理法則の制約
安全・環境・資源・・・サステナブル
革命、破壊というよりは
進化、能力構築、積み重ね
ものづくり能力構築、トヨタ式

「低空戦」の動向

グローバルとローカルのバランス:三菱電機安井技師長説も

「上空企業」(e.g., GAFA)も「地上企業」(e.g., GE, Siemens、三菱電機)も参入可

「上空」の広いグローバル・ネットワーク力と、
「地上」の深いローカル知識、アセット知識のバランスが鍵 (GE, UBERの教訓)

シーメンスはアセット知識を持つDigital Manufacturing に絞り、M&Aも抜け漏れなく
行い、現状で成功(Digital Manufacturing 高利益、中国50%、その80%はハード)

GEは、コンセプトは素晴らしいが、自らのアセット知識を過小評価? 出遅れ。

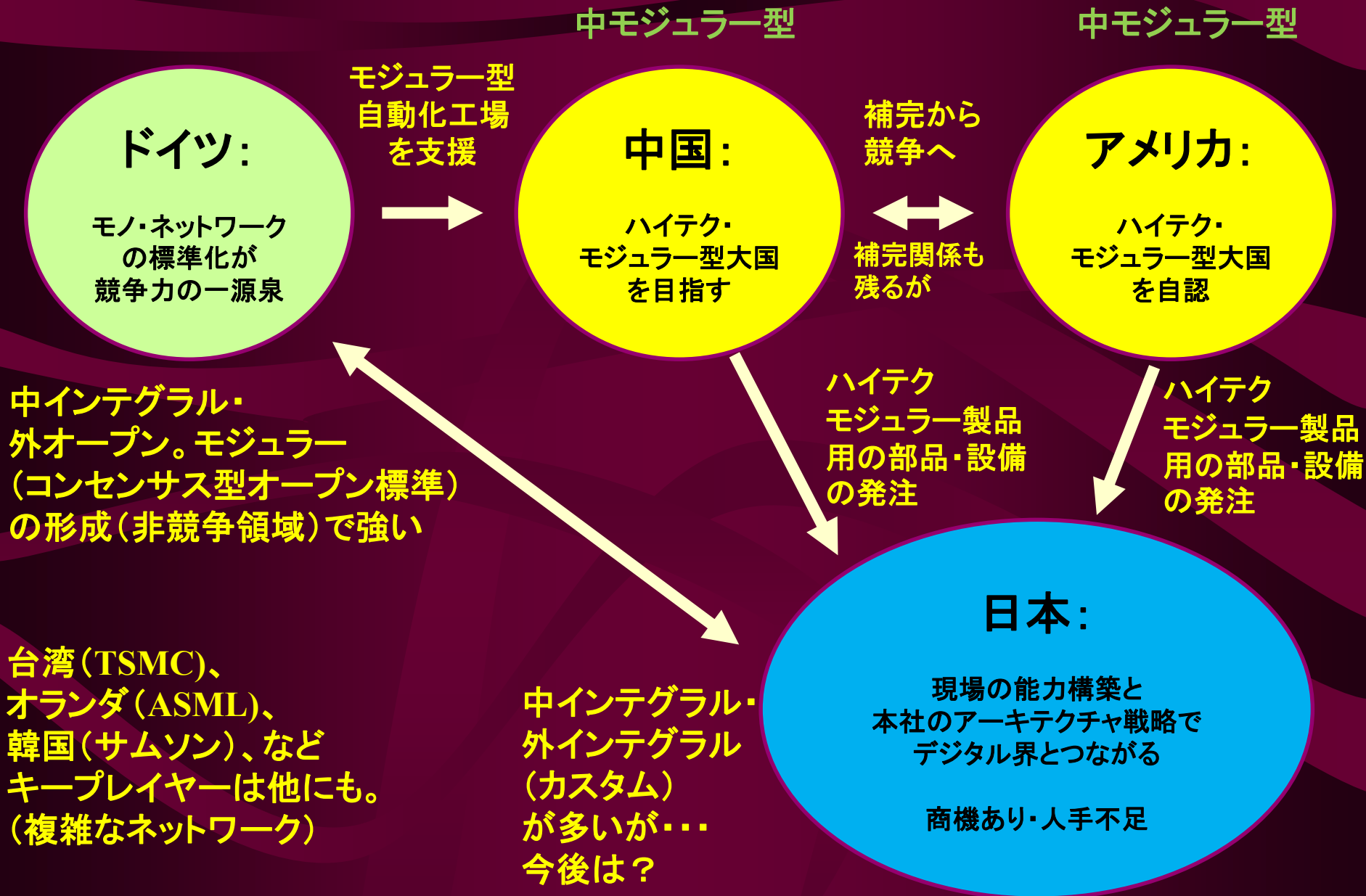
日本では、設計情報系(PLM/NC等)と管理情報系(ERP/MES/PLC等)の標準化が
課題。M社、F社、O社、H社など「薩長連合前の薩長」状況か。

うまく「同盟」が出来れば、欧米勢と「天下三分の計」が可能か。

ムーアの法則続行で、日本の機器メーカーにもチャンス(レーザー、電子描画、真空等)

5Gはローカル5G先行? クローズド、ワイヤレスマシン化、柔軟なレイアウト変更
などで、現場継続改善が得意な日本の優良ものづくり企業は有利?

米中独と日本の今後 .. アーキテクチャの地政学で読む



日本の現場の70年史ー歴史認識なくして未来戦略なし

前史・・・明治維新 ・ 逆垂直貿易からの出発 ・ 富国強兵 ・ 殖産興業 ・ 工業化 ・ 敗戦

冷戦開始 ・・・ 1945年終戦 ・ 「日本を弱小民主国家に」 ・ ところが1947年冷戦勃発
日本の戦略的位置(西側の西の端) ・ 日本の「富国弱兵」を許容
貿易立国日本再始動 ・ 通産省 ・ 設計力の残存 ・ 技術輸入

1950～60年代・・・「移民なき高度成長」

米国・中国と違い工業化地域へ人口大移動なし→ 労働力不足
「不足の経済」→多能工のチームワーク ・ 統合型現場の族生

1970～80年代・・・「冷戦下のグローバル競争」・・・先進国間の競争(賃金同等)

低成長(10%→4%)と円高開始(変動相場制)で内外競争激化
しかし現場の能力構築で生産性向上。貿易黒字・貿易摩擦
日本の現場力(トヨタ方式、TQC、カイゼン)に世界が注目

1990～2000年代・・・「冷戦後のグローバル競争」・・・新興国との競争(賃金20分の1)

冷戦終結と中国の参入・デジタル情報革命・円高続行
現場にとってはハンディ最大の暗黒時代。しかしあきらめず能力構築

2010年代～20年代 ・・・新興国の賃金高騰でハンデ緩和・・・「長いトンネルを抜けた」?

米中摩擦で日本企業にも勝機? 能力構築とアーキテクチャ戦略

新型コロナウイルス感染拡大と 日本企業のサプライチェーン(抜粋)

2020年6月

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
藤本隆宏

「見える災害」対策の基本形(震災、水害、火災など)

新型コロナウイルス感染拡大は、
グローバル競争時代に起こった初めての真にグローバルな災害

日本の「**逆境に強い工場群**」は、アフターコロナ時代に国際的な評価を高める可能性がある。

地震や水害など、製造設備に物理的損害を与える
「**見える国内災害(visible & domestic disaster)**」には強い
日本の優良企業(トヨタなど)

見える物理的災害

自社やサプライヤーの「工場の中」が被災する



対策

日頃の予防策と、被災時の

サプライチェーン早期復旧能力 (capability of supply chain recovery)



① 被災現場の「その場の復旧能力」

(capability of on the spot recovery)

① 代替生産の能力 (capability of substitutive production)

「見える災害」の対応策

品目ごとに、期間需要量、在庫量、復旧期間、代替生産準備期間を緊急調査

「在庫量÷期間需要量＝在庫期間」で
在庫期間を把握

災害自体で需要急増する製品（医療用品やマスク）
…需要急増で在庫期間急減..要注意

サプライチェーン頑健性のための 3つの方策

全体として「サプライチェーン復旧期間<在庫期間」
(供給が止まらないこと)が目標

- ① 「被災現場復旧期間<代替生産準備期間」なら「**その場復旧**」に全力投入(代替生産はバックアップ)
- ② 「在庫期間<被災現場復旧期間」かつ「代替生産準備期間<被災現場復旧期間」なら、被災現場復旧まで「**一時的な代替生産**」
- ③ 被災工場の復旧が長期的に困難なら「**恒久的な生産地切替**」(同企業他拠点優先 → 他企業あるいは内製化の順で検討)

基本は、あくまでも災害対応の「能力構築」

競争力や組織能力を棄損するような形での
安易な在庫増加や生産ライン分散は避けるべき

稼働率低下のリスクのある生産ラインの恒久的な複数化よりも、
生産ラインのバーチャル・デュアル化

設計情報の迅速な移転によって、1本の実験ラインに
あらかじめ潜在的に2本分の機能を持たせておくこと

しかし、新型コロナウイルス感染拡大は、

①世界中のどの工場が止まるか分からない
「グローバル災害(global disaster)」

②設備は無事だがウイルス侵入で従業員が
出勤できなくなる「見えない災害(invisible
disaster)」

「見えない災害」への対処 — 外に対する防御

- ① 「見える災害」 被災するのは工場の中。対策は中の「復旧」(recovery)
- ② ウイルスによる「見えない災害」 被災しているのは工場の外。対策は、外に対する「防御」(defense)
「水攻めにあった城の防衛」に近い
存続に必要な兵糧は搬入、外からの感染侵入を防ぎ、中での感染蔓延を防ぐ

「見えない災害」の一例は福島原発事故後の周辺工場

放射能侵入を防ぐ策はないので工場は恒久的に閉鎖するしかない

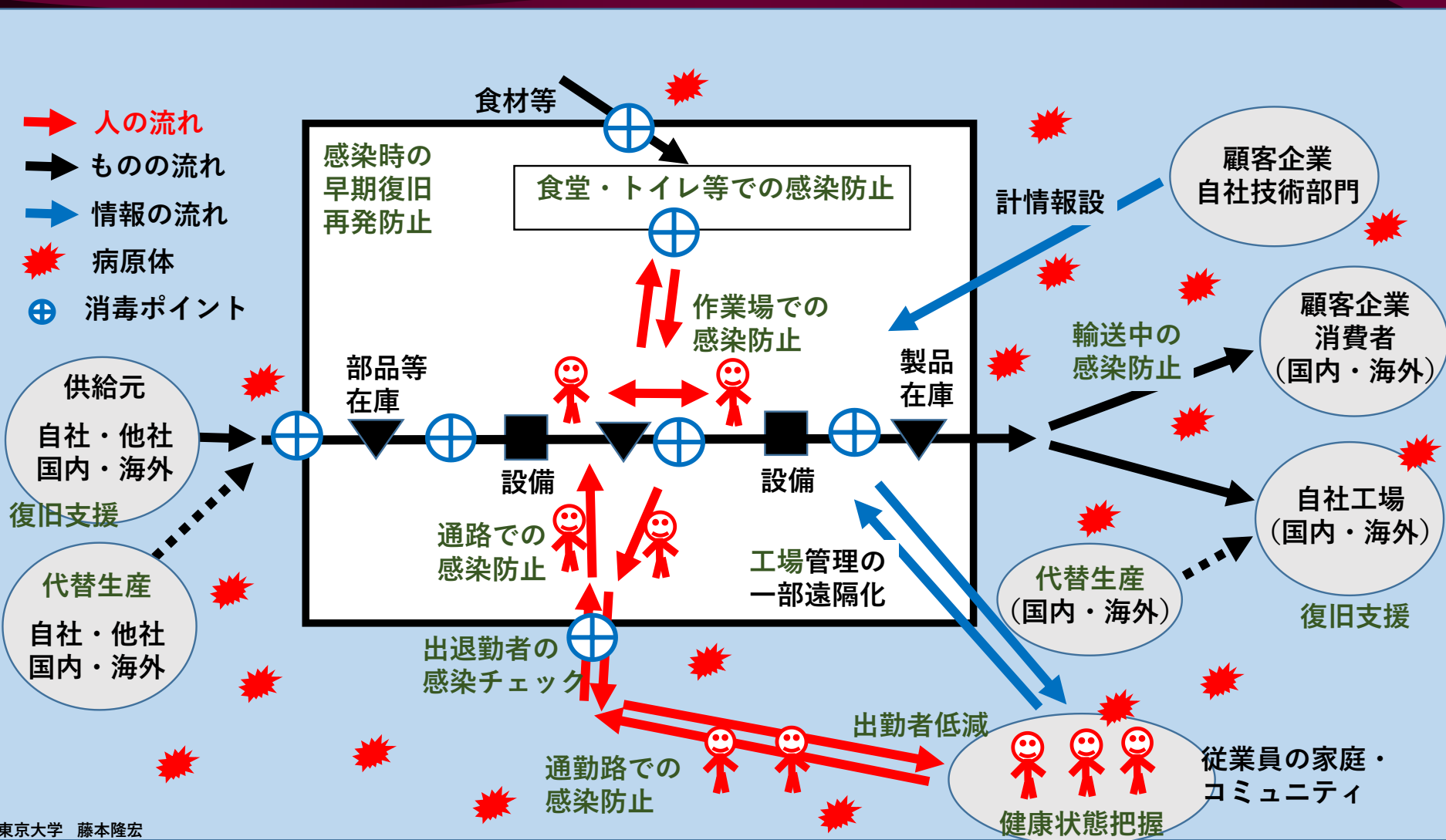
人と物の出入管理

①出勤者等の人の出入りと、②資材の搬入を許容しつつ、工場内へのウイルス侵入を防止し、工場閉鎖命令発動がなければ、工場は稼働続行可能

構内の感染、出勤者の感染・・・この場合は工場閉鎖。

再開には徹底した洗浄消毒と再発防止策が必要

感染拡大に対する生産拠点の「防御力」— 人とのものと情報の流れ図



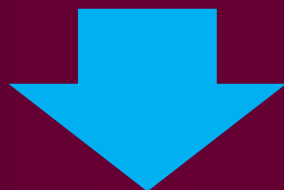
東京大学 藤本隆宏

まとめ：新型コロナウイルス感染に対する工場の防御能力10項目（仮）

- ① 工場出入口での出退勤者・来訪者の出入管理(感染者の入出構防止)： 水際管理。
- ② 工場内に搬入される資材・食材等の衛生管理
(汚染資材等からの接触感染の防止)
- ③ 工場内の衛生管理(手洗い、消毒、マスク・ガウンの着用、換気、陽圧・陰圧装置の活用、その他)
- ④ 工場内でのクラスター感染の防止のための物理的距離や時差の確保
(手渡しライン中止、コンベア復活、洗浄消毒工程挿入、ライン数増加、一人屋台方式、自動化・無人化、通路の一方通行化、従業員および訪問者間の動線区分、集合朝礼の停止、コミュニケーションの遠隔化、交替制の時間差の拡大、時差入構による始業時の混雑防止、他)
- ⑤ 出勤者数の低減(事務職・技術職等の在宅勤務、操業の計画休止・減産、他)
- ⑥ 通勤退勤途中の感染防止(公共交通機関の回避、通勤者ライドシェア等)
- ⑦ 従業員の在宅時の健康状態把握・健康管理支援、感染予防および発症時に備えた職員教育
- ⑧ 工場から搬出される製品等の衛生管理(汚染製品の出荷防止)
- ⑨ 工場内で感染者が発生した場合の、迅速な洗浄消毒作業などによる早期の工場復旧
- ⑩ 被災した川上・川下の自社工場・サプライヤーの復旧支援

- C国の製造企業も、自社の低コスト生産拠点の一部をC国からA国に移してくるだろう
- A国には、相対的に高賃金・高生産性・インテグラル型製品が多い国企業の工場と、相対的に低賃金・低生産性・モジュラー型製品が多いC国企業の工場が併存する可能性が高い
- A国政府は、2タイプの工場誘致政策を用意する必要

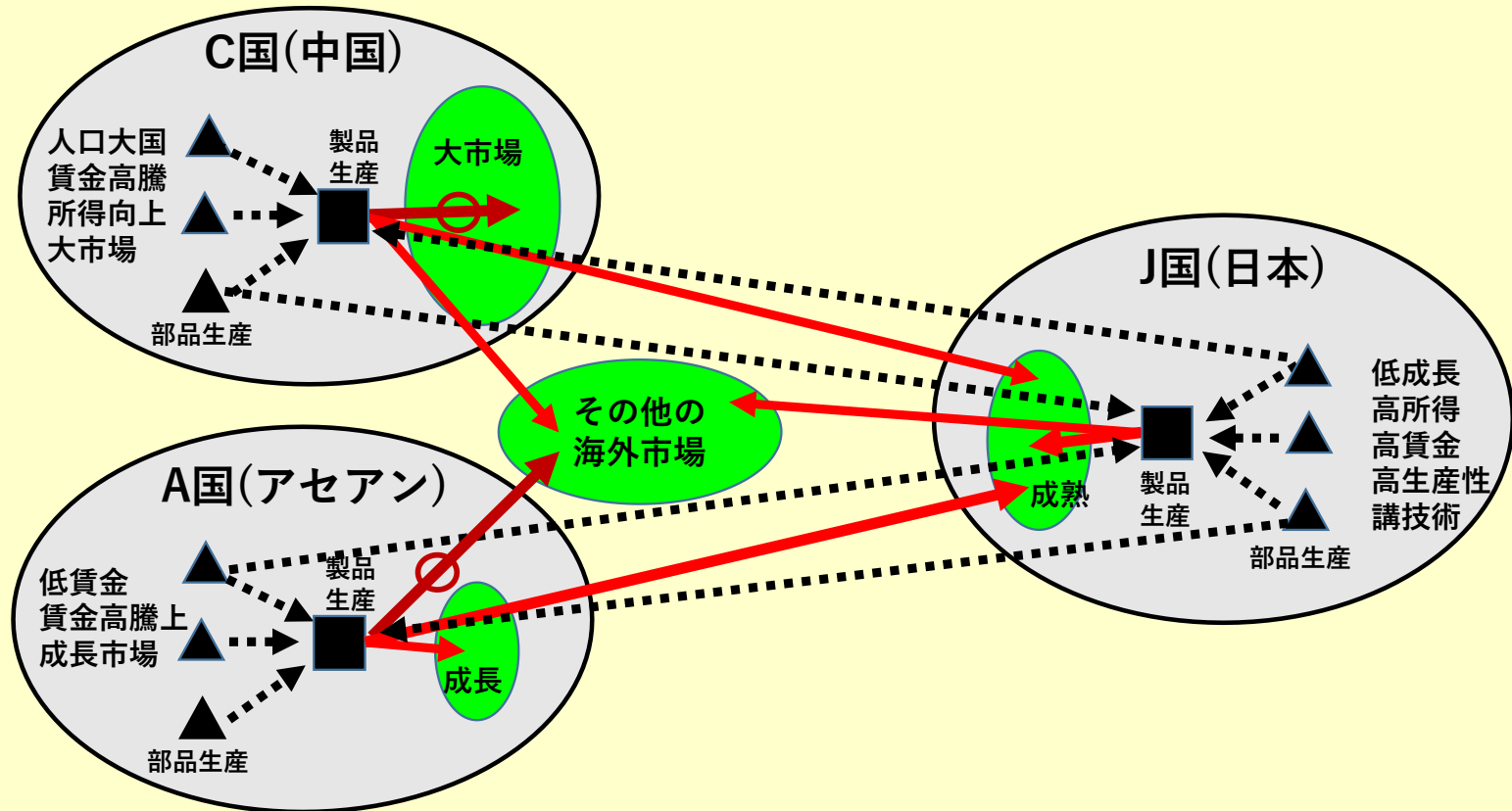
A、B、C、全ての国の工場が、工場閉鎖命令、外出禁止命令、工場の感染クラスター化、その他の理由で工場閉鎖のリスクを抱え、高い不確実性下にあるとしよう



アフターコロナ時代のグローバルサプライチェーン — 平時はあくまでも国際競争力を重視 —

アフターコロナのサプライチェーン（アジア・平時）

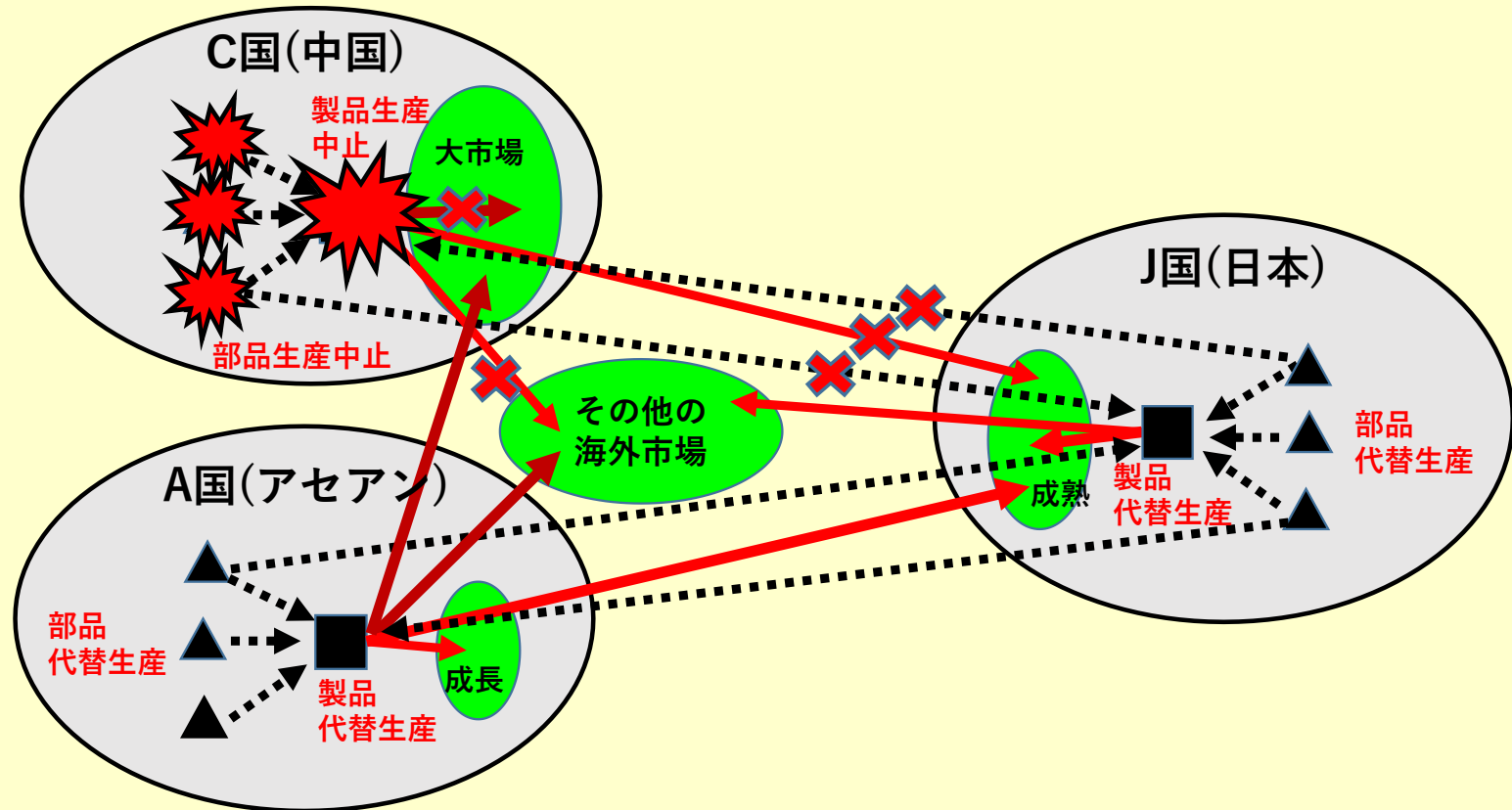
新型コロナウイルス
感染症・応用編



アフターコロナ時代のグローバルサプライチェーン — 被災時には、サプライチェーン頑健性モードにスイッチ —

アフターコロナのサプライチェーン（C国非常時の場合）

新型コロナウイルス
感染症・応用編



「兵站戦の長いグローバル・サプライチェーンは脆いので懲りた。これからは地産地消のローカル・サプライチェーンだ」・・・極端から極端の意見？

大災害に圧倒されるあまり、無理にローカル・サプライチェーンに縮こまる必要はない

平時 ① 比較優位立地（得意な国で集中生産し相互輸出）
② 現地生産立地（主に輸送費の高い製品・部品を各国分散生産）
をバランスさせ、競争力ベストのサプライチェーンを構築

有事 ● 日本の生産拠点は、
① 被災国拠点の復旧支援や部材供給支援
② 被災国拠点からの供給枯渇に対して迅速な国内代替生産への切替
● 自在にサプライチェーンの陣形を変える

アフターコロナ時代のグローバル戦略(まとめ)

1. 平時には競争力ベストの原則で伸び伸びとしたグローバル・サプライチェーンを動かし、
2. 有事の時の災害対応能力(復旧能力、代替生産能力、防御能力)は平時から鍛え(能力構築)
3. 実際の有事にはサプライチェーン頑健性を重視する布陣に迅速に切り替える。必要ならローカル・サプライチェーンに迅速にスイッチする。

伸縮自在なグローバル・ローカル・サプライチェーン

強い現場と強い本社」の連携でデジタル化時代を乗り切る

(1) 強い現場 ・・ 地道なものづくり能力構築は続くこれは変わらない！

「グローバル能力構築競争の時代へ・・・ 新興国賃金高騰
ハンデの緩和で、現場は、着実にものづくり能力構築を続ければ
生き残れる見通しが立ってきた ・・ 地域に根差す明るい現場
草の根イノベーション ・・ 生産性向上と需要創出の同時追求
顧客満足、利益確保、雇用確保の「三方よし」

(2) 強い本社 ・・ 本社がイノベーションを仕掛ける時代に

アーキテクチャの位置取り戦略、オープン標準獲得、ブランド戦略
強い現場を使い切る。現場と本社の相互信頼
潮目を読み切る的確な製品戦略を。固定観念にとらわれるな
「戦うマザー工場」を中心とした「二本足で立つグローバル戦略」
プラットフォーム競争の時代に「強い補完材」戦略で対抗

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
- ・サービス業にも広がる「開かれたものづくり」 → 藤本他『ものづくり経営学』光文社新書
- ・日本の強いプロセス産業への応用 → 藤本・桑嶋編『日本型プロセス産業』有斐閣
- ・現場発の国家政策・地域振興・産業活性化 → 藤本『ものづくりからの復活』日本経済新聞社
- ・複雑化する製品・工程・人工物に企業はどう対応するか
 - 藤本編『「人工物」複雑化の時代』有斐閣
- ・地域インストラクタースクールへの取組 → 藤本・柴田編『ものづくり成長戦略』光文社新書
- ・ものづくり現場の視点から見た日本産業論 → 藤本『現場主義の競争戦略』新潮新書
- ・グローバル経営とものづくり経営を両立させるITシステム → 藤本・朴編『ITを活かすものづくり』日経出版社
- ・2010年代のものづくり現場の再評価 → 藤本・新宅・青島編『日本のものづくりの底力』東洋経済新報社
- ・まずは現場の潜在力を正確に評価できる本社能力を → 中沢・藤本・新宅『ものづくりの反撃』ちくま新書
- ・上空と地上をつなぐ知恵を用いた現場発の企業戦略論 → 藤本『現場から見上げる企業戦略論』角川新書