

# トヨタ生産システム汎用化による競争力 低下傾向：家電・半導体産業の事例から

一橋大学イノベーション研究センター  
中馬宏之

# ストーリー

- 時代背景再考： A.スミス流の“Invisible Hand”化現象が再度顕著化、マーケットの幅と深さが大幅拡大、分業化・専門化急拡大
- 再“Invisible Hand”化のもたらす試練： 局所最適化 大局的最適化、“連繋の失敗”多発？
- 自律分散化・多様化・複雑化したシステムへの対処策： モジュラー化方式 vs トヨタ生産方式
- 我が国メーカーの競争力弱化の背景： 各国で (IT装備の)汎用トヨタシステムが普及？
- 汎用トヨタシステムの逆襲に直面する我が国の家電 (& 半導体)メーカー？

# 時代背景の再考(1)

- 80年代の半ば頃に、A. Chandler的な“Visible Hand”の世界からA. スミスの的な“Invisible Hand”の世界への反転が発生した？ (Langlois (2003)、Lamoreaux, Raff, Temin (2002))。その背景とは？
- ◆ 急速なIT化・ネットワーク化及び運輸・通信コストの低下によって、マーケットのグローバル化が急速に進展？
- ◆ 平均所得レベルの向上によって消費者嗜好の多様化・高級化が急速に進展？ (所得レベルがある種の閾値を突破？)
- ◆ 結果としてマーケットの幅と深さが大幅かつ急速に拡大？

# 時代背景の再考(2)

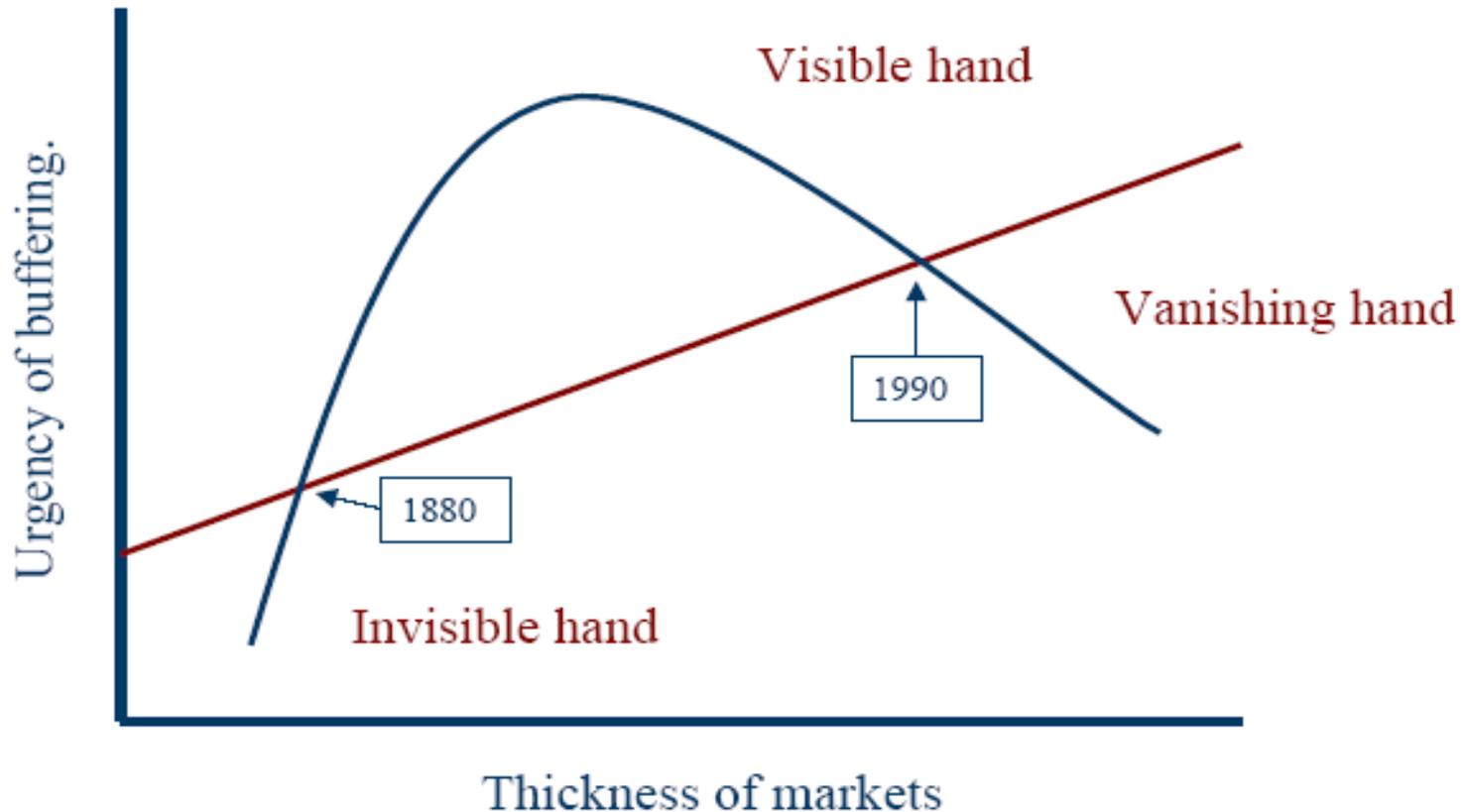


Figure1: the vanishing-hand hypothesis.

# TSMCの例

Table 1

Business processes of TSMC

Value chain activities	Design	Production	Engineering analysis	Customer service
Business processes	Design rule  Process control monitor specification Process flow	Order placement, WIP, shipping notice  Shipping reports, backlog reports  Testing program and quality inspection data	Engineering data  Analysis tool	Customer feedback  Problem solving
Solutions	Provide on-line documents to facilitate customers' product design.	Reduce product cycle time, and provide customers full visibility of product status.	Customers can perform on-line yield analysis at their own sites, using the same data, tool and model with TSMC's engineers.	On-line system-to-track post-sale events and problem solving status.
Communication technologies	WWW	FTP, EDI, WWW, system-to-system integration software (alliance)	WWW, system-to-system integration software (alliance)	WWW

# 再“Invisible Hand” 化をさらに加速させた サイエンス・テクノロジーの発達？

- ◆ 製品・生産システムの高度化・複合化・微細化・システム化(=ソフトウェア化)が急速に進展？
- ◆ 先進国では、製造業のEngineering-based型からScience-based型への転換が急速に進行？
- ◆ これらの現象の背後には、半導体産業(やバイオテクノロジー等)の急速な発展が大きなインパクトを及ぼしている？
- 再“Invisible Hand” 化は、非製造業でも顕著に？  
特にIT化の影響は甚大？

# マーケットの幅と深さ大幅拡大の インパクト (A. スミスの基本原理)

- 企業内・企業間において分業・専門化傾向を加速？ 対応して職業も分業化・専門化？ (システムの自律分散化傾向顕著化？)
- 他方、同時に企業組織内及び企業・組織間に広汎な相互依存性が発生？ (システム内連繋 (coordination) の重要性顕著化？)
- その結果、随所で意思決定の際に考慮すべき最適化の範囲自体が拡大？

# 再“Invisible Hand”化がもたらす試練？

- 企業内・企業間において分業・専門化傾向加速？  
局所最適化行動が大局的最適化行動に繋がらない  
状況がより一般化？  
“連繋の失敗” (Coordination Failure) が企業内・  
企業間の各所で多発？
- 企業組織内及び企業・組織間に広汎な相互依存性  
発生の為、最適化の範囲自体が急拡大？  
旧来型企业・組織(例えば、旧来型IDM)の抱える  
各種の“組織限界”が顕在化

# 組織限界は、半導体産業にてより顕在化？

- a) イノベーションの速度が速い典型的なサイエンス型産業であると共に直面する市場が極めてグローバル
- b) イノベーションの実現に広汎な企業間の戦略的提携や効果的な産学官のコラボレーションが不可欠
- c) 科学者・技術者・技能工等が保有すべき専門・統合的知識・ノウハウの高度化・広範囲化が顕著
- d) 企業レベルでの競争力に、National Innovation System (= 国家レベルでの高等教育制度、産業政策、労働市場特性等々) が大きく影響

# 半導体産業における組織限界顕在化の事例

- 研究開発部門： R & D遂行に不可欠な科学的知識・ノウハウの公共財的特徴顕著化。その結果、企業の境界を頻繁に飛び越える必要性多発。（例： コンソーシアム等の英知結集の場の重要性急増。）
- 生産技術部門： 相互依存性が装置間・プロセス間や研究・開発・設計・製造部門間にまたがって発生。（例： 研究・開発・設計・製造部門が地理的にも近接して立地することの重要性増大、試作工場と量産工場の同一化傾向加速）
- 製造部門： 高度化した装置・プロセス間にまたがって発生する問題の頻度と重要性増大。（例： 露光工程とエッチング・CMP工程等との相互依存性急増？）
- 営業部門： ユーザーの潜在需要をソリューション提示する形で汲み上げる必要性増大。（例： 代理店あるいは子会社・関連会社経由での間接営業・販売・保守の非効率性増大）

# システムの自律分散化・複雑化への対処策？

- 製品デザイン・生産システムの再モジュール化
- 既存企業・組織の再モジュール化・アンバンドル化
- 企業内・企業間における相互依存性状況の可視化による全体鳥瞰の容易化
- 高度に可視化された知識・ノウハウの共有・促進
- より抽象度の高い知識レイヤーでの新たなビジネス(ソリューション・ビジネス)の促進(結果としてのシステム・アーキテクト事前出現確率の増大)
- 企業・組織内外に発生する各種利益相反問題解消のための組織メカニズム・デザイン再設計(そのための企業内・企業間インターフェースの拡張)

# システムの自律分散化・複雑化への対処策： 市場依存的なオープン・モジュラー化？

- (1) 対処可能な複雑性の範囲の拡大、(2) 対処可能な不確実性の範囲の拡大、(3) 研究・開発・設計・生産リードタイムの短縮

複雑な相互依存性発生のコネクストが、より大勢の人々により容易に認知可能となる？

インターフェースによって仕切られた範囲内で局所最適化行動を採ることのベネフィット増大

局所最適化行動自体が孕むビジネス・リスクを軽減し、社会全体でもビジネス・リスクを分散する新しい仕組み？

一群の企業と市場から構成される新しい“モジュラークラスター”が生まれ、社会全体のイノベーション・スピードが加速

# システムの自律分散化・複雑化への対処策： 市場・企業組織依存的なトヨタ生産方式(1)

- その本質は、部分最適化行動を全体最適化行動に繋げるための仕組み？

## 徹底した“状況の可視化”追求

- 作業標準の明確化・客観化による“気づき”の容易化、
- 担当職務の自己完結化による問題発見・解決マインド (Intrinsic Motivation) の醸成、
- 平準化生産・“自動化”重視による“連繋の失敗”の早期発見、

...

# トヨタ生産システムが強調する可視化便益

『ラインの状況がだれにでもすぐ分かるようにしておく  
と、管理者はこのラインはうまく行っているかどうか  
がすぐ分かる。監督者は自分が今何をしなければ  
ならないかが分かる。工場スタッフや製技部門も何  
が改善点かすぐ分かり自分たちの仕事にフィードバッ  
クできる。……………(省略) 問題がはっきりしていれ  
ば改善案は皆で知恵を出し合ってできる。さらに、  
異常管理に集中できるので管理範囲(能力)が増大  
する。組長、班長は何本ものラインを1人でもてるし、  
工務の部品係は取扱点数が非常に多くても対処で  
きる。』(トヨタ自動車(1975))

# システムの自律分散化・複雑化への対処策：トヨタ生産方式(2)

- その本質は、部分最適化行動を全体最適化行動につなげるための仕組み？

情報共有のための効果的な(企業内・企業間)メカニズム・デザイン(機能別管理 vs 部門別管理、戦略的方針管理、重量級マネージャー(主査)制度、トライ・チーム制度、生産調査部(実践的社内ビジネススクール)、自主研、協豊会、(対ブラックボックス化策としての)承認図方式、……)

< 各々の組織レイヤーにメタ認知用の“リフレクション・パターン”を挿入している？ >

# システムの自律分散化・複雑化への対処策： トヨタ生産方式(3)

- その本質は、部分最適化行動を全体最適化行動につなげるための仕組み？

## 人の能力への信頼と権限委譲

そのための確固とした全社的決意表明：「個々人には、誰でも、課題を自立的に解決していく想像力がある。メンバーの人間性(考える力や動機)を尊重し、これを引き出すよう努める」(トヨタ自動車グローバル人事部(2001))

Knowledge-Centricな社会では内発的な動機(Intrinsic Motivation)がより重要な役割果たすことを十分に認知？

# システムの自律分散化・複雑化への対処策： トヨタ生産方式(4)

- その本質は、部分最適化行動を全体最適化行動につなげるための仕組み？

市場連鎖型プル型生産システム (JIT、TQC、SCM、・・・)

市場連鎖型のユニークな管理会計システム  
(“原価企画”、“原価改善”、“原価維持”・・・)

全体最適化達成のための安価かつ効率的な  
アルゴリズム = カンバン方式 (JIT、カンバン、  
あんどん等は、一種のTOC実践ツールとして  
も有用？)

# 組織限界打破のためのトヨタの各種試み

- 1994年に車両生産技術部(車両生技部)創設
- 1992年に開発センター制へ移行  
以前は、各種機能部門やプロジェクトによる部分最適化行動が全体最適に繋がらなくなる傾向顕著化。
- 1990年代初頭、製造工程を可能な限り自己完結型にする工夫の実施。
- 1980年代、社内各組織から独立した生産調査部(社内ビジネススクール)の強化  
トヨタ生産システムを、自社のみならずサプライヤーや非製造業等においても実践する方法を習得する場。有能な生産技術者・事務系社員・技能者の“英知結集の場”の提供
- 事技系社員の混成チームからなると強力な購買・調達部門と商品開発部門の存在  
”原価企画“的な発想から必然的に導出される組織経営戦略？
- .....

# 我が国メーカーの競争力弱化の背景： 各国で汎用トヨタシステムが普及？

- 市場連鎖型プル型生産システム( ITを駆使した部品・仕掛・完成在庫削減、生産リードタイム短縮、広汎なSCM導入)
- 自己完結型生産システム( (疑似)セル生産方式、擬似オーナー・カスタマー関係、ライン・カンパニー制等の導入)
- 徹底した状況の可視化( MES等から得られる各種情報を管理目的のみならず労働意欲向上・情報共有・教育訓練目的などにも活用。全社的にも情報共有度が相当に高い?)
- 原価企画( ABC/ABM的な新管理会計制度の積極導入。
- 戦略的方針管理( バランスト・スコアカード、全世界に普及？戦略 = 仮説創造・検定ループに良循環発生?)
- カンバン方式、JIT、原価企画( ITを駆使した生産システムの同期化・整流化、TOC理論やスループット会計の普及?)
- 強力な購買・調達部門( 購買・調達部門への大幅な責任と権限移譲、ユーザー出身エンジニアの有効活用)

# 冷蔵庫メーカーに最近まで顕著だった Push型システム：なぜ？(1)

- 日本市場においては、1990年代半ば過ぎまで、製品在庫の値崩れ殆どなし。そのため、“冷凍”年度計画数量を最速で作り置きする“Push”型生産方式が常態化？例えば、系列代理店依存的なB、C社では、製品在庫率が5ヶ月超だった？また、系列代理店非依存的なA社でも、2ヶ月の製品在庫保有！  
(汎用DRAM依存的であった時代の半導体デバイスメーカーの生産システムに類似？)  
90年代後半以降、製品在庫の値崩れ速度急増。その結果各種在庫コスト急増、2000年前後に各社ともDrasticな改革に着手。その結果、サイクルタイム(1/2)や完成在庫(1/6)、部品在庫(多くはゼロ)、仕掛在庫急減(1/2)。

# 冷蔵庫メーカーに最近まで顕著だった Push型システム：なぜ？(2)

- 流通システム近代化の遅れが、新製品開発プロセスのコンカレント化(トヨタ流主査制度など)にも遅れをもたらした？例えば、B社やC社の場合、トヨタ流主査制度導入は、2000年以降にやっと活発化？(中国ハイアールでの導入は98年！)調達部門や商品開発部門でエンジニアが重要な役割を果たしたのもごく最近！

2000年以降、開発&生産リードタイム短縮化傾向  
(結果として、開発リードタイムは、以前の1/2に?)

# 冷蔵庫メーカーに最近まで顕著だった Push型システム：なぜ？(3)

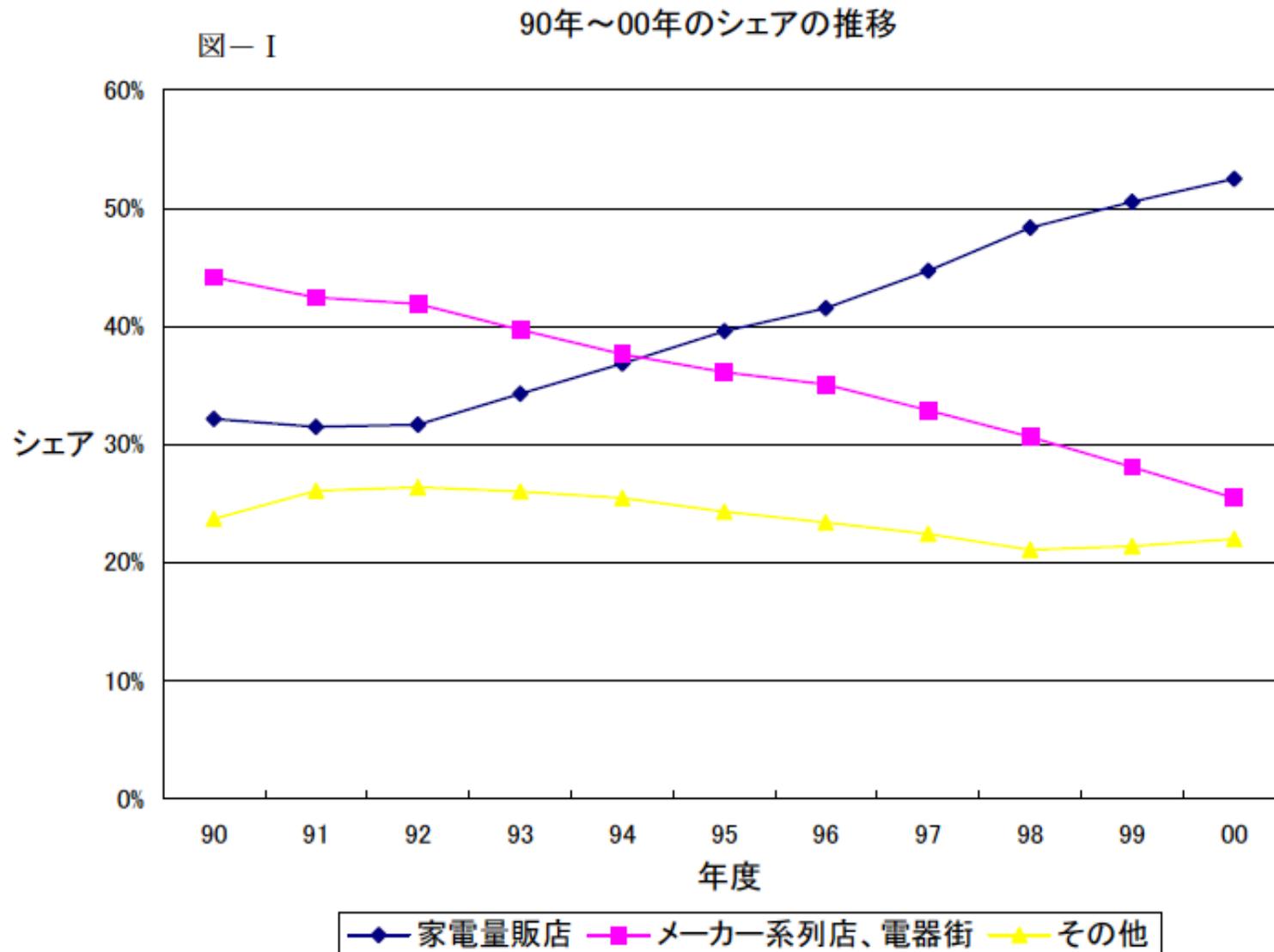
- 我が国管理会計システムの大きな欠陥を無自覚？  
財務会計偏重主義により、各種在庫を棚卸資産として計上する慣行長期間続けた？(アメリカ企業は、80年代半ば以降、この種の前近代的管理会計システム払拭！(Kaplan and Johnson (1986)) ……減損会計すら、未だ導入途上である！  
恣意的な移転(内部振替)価格による会計処理を長年実施してきた？そのことが、本社所属の営業部門と(コストセンターとしての)工場との利益相反を惹起させ、各々の局所最適化行動を助長した？  
本来Push型生産システムの発想に基づいているMRPの利用が上記の傾向をさらに後押しした？

# Transition in the Amount of (Domestic) Refrigerator Production

## ①国内生産台数・金額

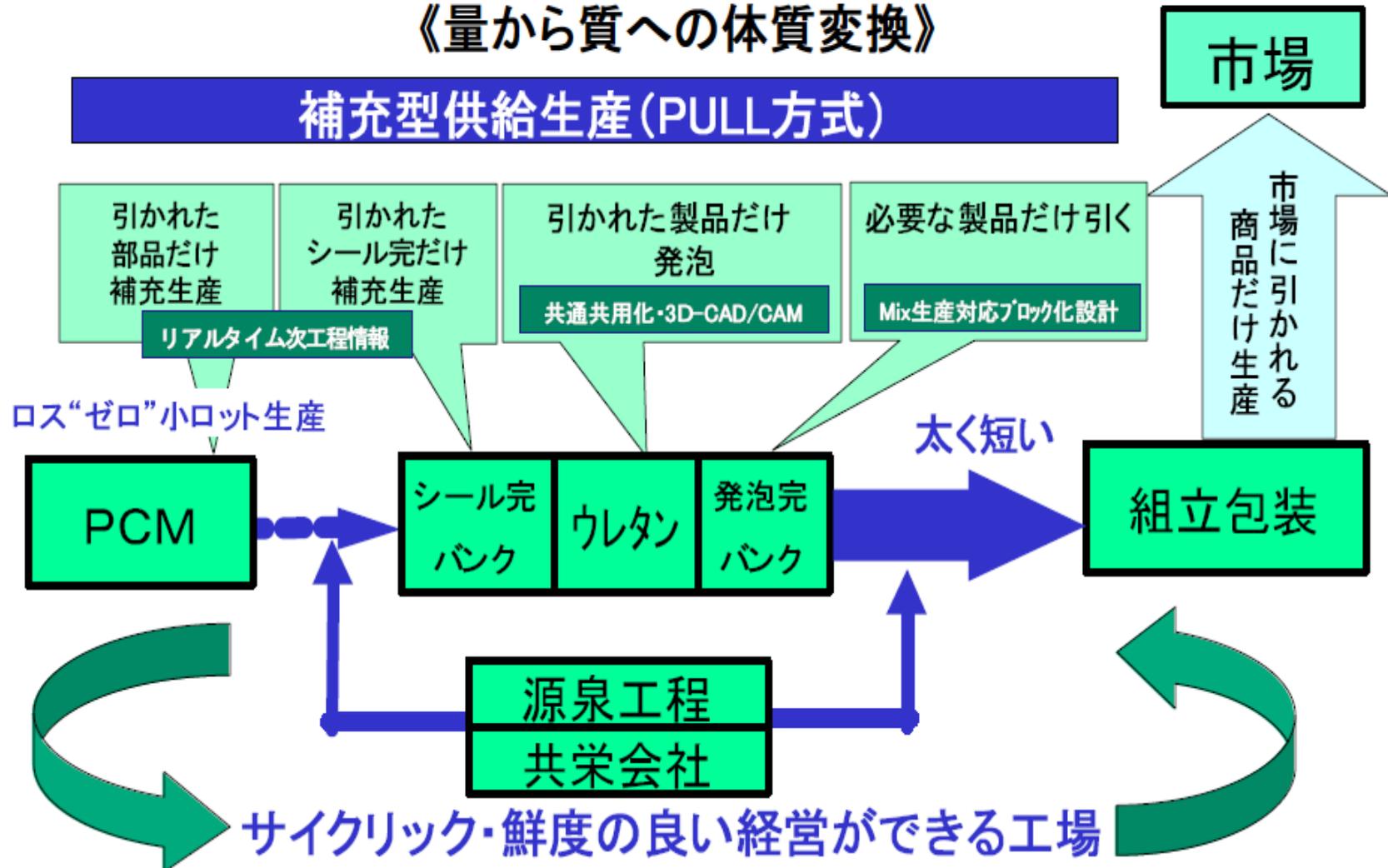
暦年	国内生産台数 (千台)	前年比 (%)	国内生産金額 (百万円)	前年比 (%)
2002年	3,317	85.5	324,926	78.6
2001年	3,879	91.9	413,243	95.0
2000年	4,223	93.0	434,992	90.9
1999年	4,543	93.7	478,511	103.5
1998年	4,851	90.4	462,380	89.6
1997年	5,369	104.0	516,017	103.6
1996年	5,163	103.0	498,049	101.0
1995年	5,013	101.2	492,904	99.5
1994年	4,952	113.8	495,627	112.3
1993年	4,351	98.3	441,165	100.2

# Increasing Role of the Discount Stores



# 現状の高度なPull型生産システム

“目先の効率”を狙わないモノづくり・ひとづくり  
生産数拡大→過不足なく要望数だけの生産  
《量から質への体質変換》



# 我が国冷蔵庫メーカーと中国HaierのIT化度

- 日本メーカーは、80年代後半から90年代初頭にかけて自動化(CIM化)に失敗。加えて90年代以降における深刻な不況&国内需要飽和状況到来。その結果、生産・調達システムのIT化・ネットワーク化に相当な遅れ発生？大規模導入は、各社とも2000年以降？

A社やB社に比べて、C社の高度化が顕著。ただし、生産現場の技能者の熟練度は $C < B < A$ 。

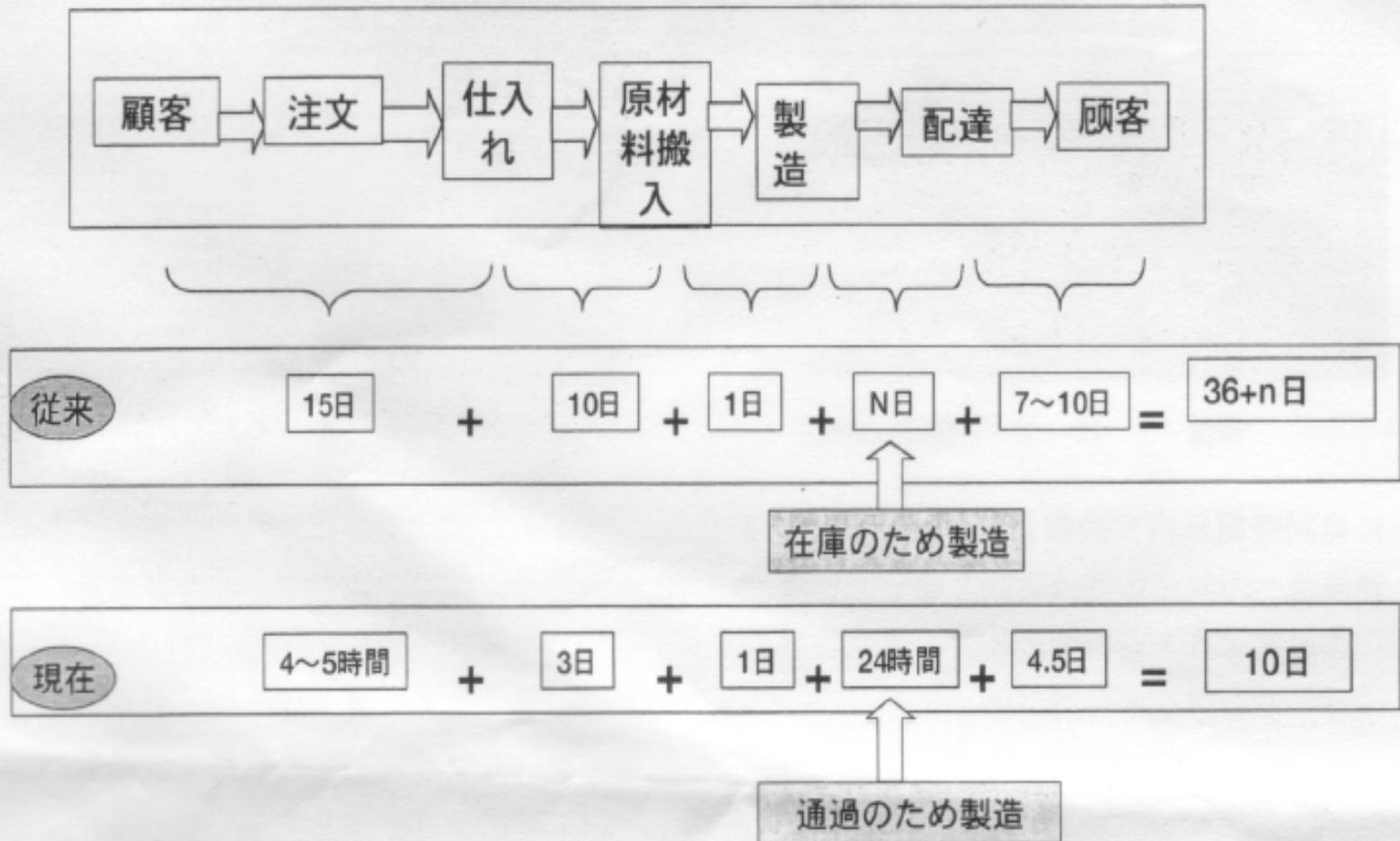
中国・青島ハイアールのIT化・ネットワーク化(&SCM化)度はC社に匹敵？科龍のそれは、日本のA、B社並？

青島ハイアールでは、ボトルネック工程(ウレタン発泡、真空成型)部分に最新のドイツ製あるいは日本製自動化設備を導入！他方、労働集約型の工程は、サブアセンブリーライン化してアウトソーシング化？

この工程には、かなりの技能と技術を要するので、他の条件を一定とすると、中国側の問題発見・解決能力劣る。最新設備導入は、そのような状況への対処策？

# 高度な中国ハイアールのSCM

図表-6 生産・物流リードタイムの短縮効果



# 参考文献

- Chuma, H. and Y. Aoshima (2003), “Determinants of Microlithography Industry Leadership: The Possibility of Collaboration and Outsourcing,” 経済産業研究所ディスカッションペーパー, 03-E-003
- 中馬宏之(2002), 『UMCジャパンの強さを分析:半導体版『トヨタ生産方式』を实践か』、日経マイクロデバイス、2002年12月号、64～71頁。
- 藤本隆宏(1997), 『生産システムの進化論 - トヨタ自動車にみる組織能力と創発プロセス』(有斐閣)
- 日野三十四(2002), 『トヨタ経営システムの研究:永続的成長の原理』(ダイヤモンド社)
- 久田修義・太田一郎(1997), 『働く人を中心に位置づけた組立ラインの開発』、日本オペレーション・リサーチ学会誌『オペレーション・リサーチ』、72～76頁。
- H.T. Johnson and R. S. Kaplan (1986), 『レバンス・ロスト 管理会計の盛衰』、(白桃書房、鳥居宏翻訳は1992)
- 加藤豊(1993), 『原価企画:戦略的コストマネジメント』(日本経済新聞社)
- 延岡健太郎(1997), 『マルチプロジェクト戦略 ポストリーンの製品開発マネジメント』(有斐閣)
- Langlois, R.N. (2003), “The Vanishing Hand: the Changing Dynamics of Industrial Capitalism,” *Industrial and Corporate Change* 12(2): 351-385 (2003).
- Lamoreaux, Naomi R., Daniel M. G. Raff, and Peter Temin. (2002), “Beyond Markets and Hierarchies: Toward a New Synthesis of American Business History,” Working Paper 9029, National Bureau of Economic Research, July.
- トヨタ自動車車両生産技術部・トヨタ自動車九州(1993), 『新しい自動車ラインの開発 - 人を中心とした自立適応型新組立方式』(社内資料)
- トヨタ自動車グローバル人事部(2001), 『The Toyota Way 2001』(社内資料)。