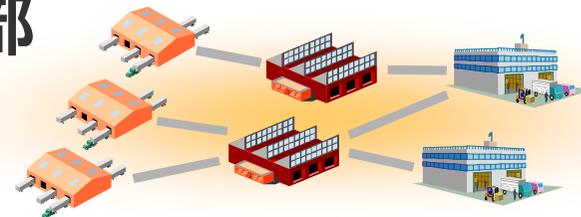


# サプライチェーンネットワーク設計の 研究動向と最適化ツール開発の現状

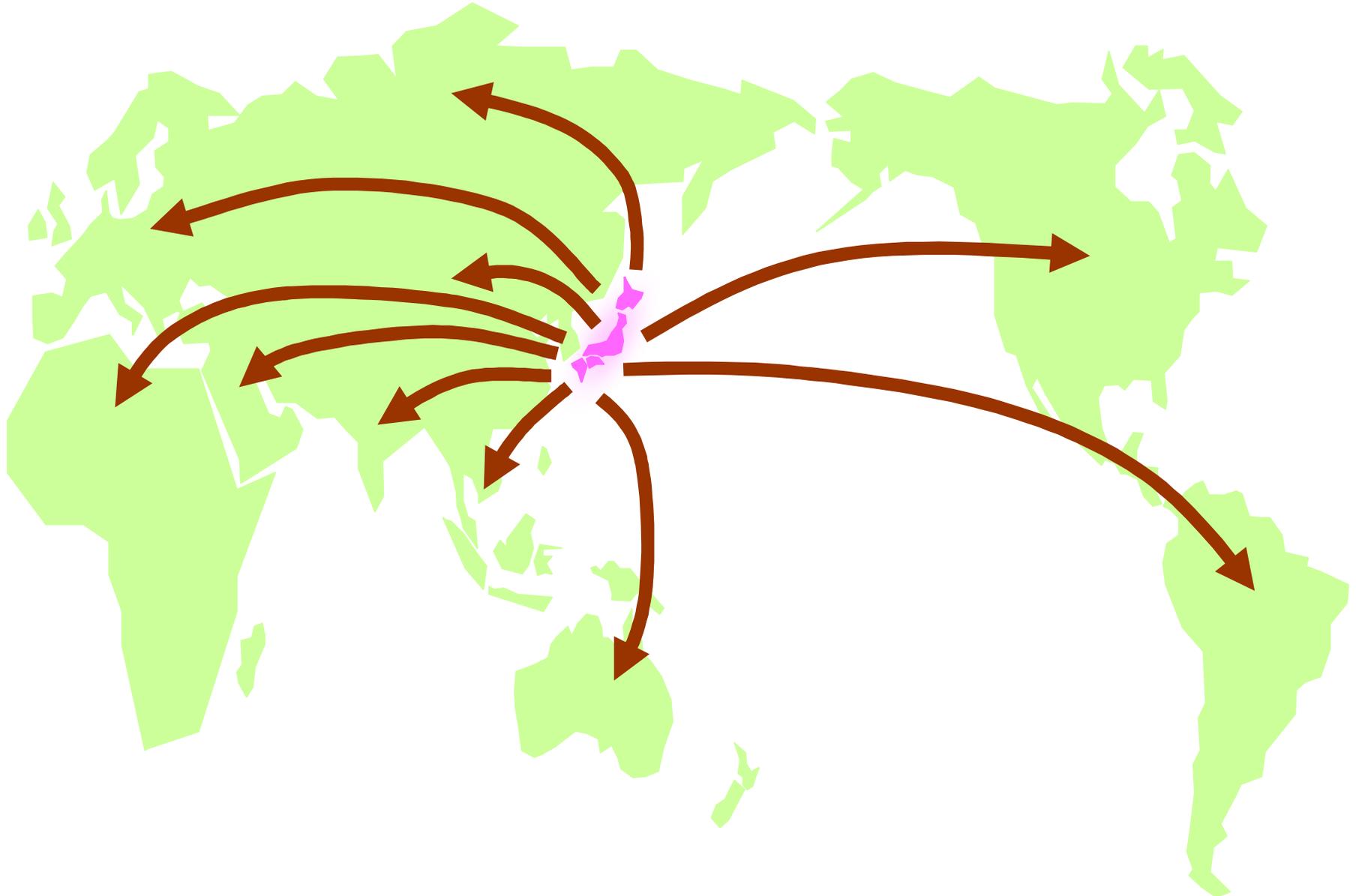
2012年7月26日

(株)日立製作所 横浜研究所  
生産技術研究センター  
生産システム第一研究部  
船木 謙一、細田 順子



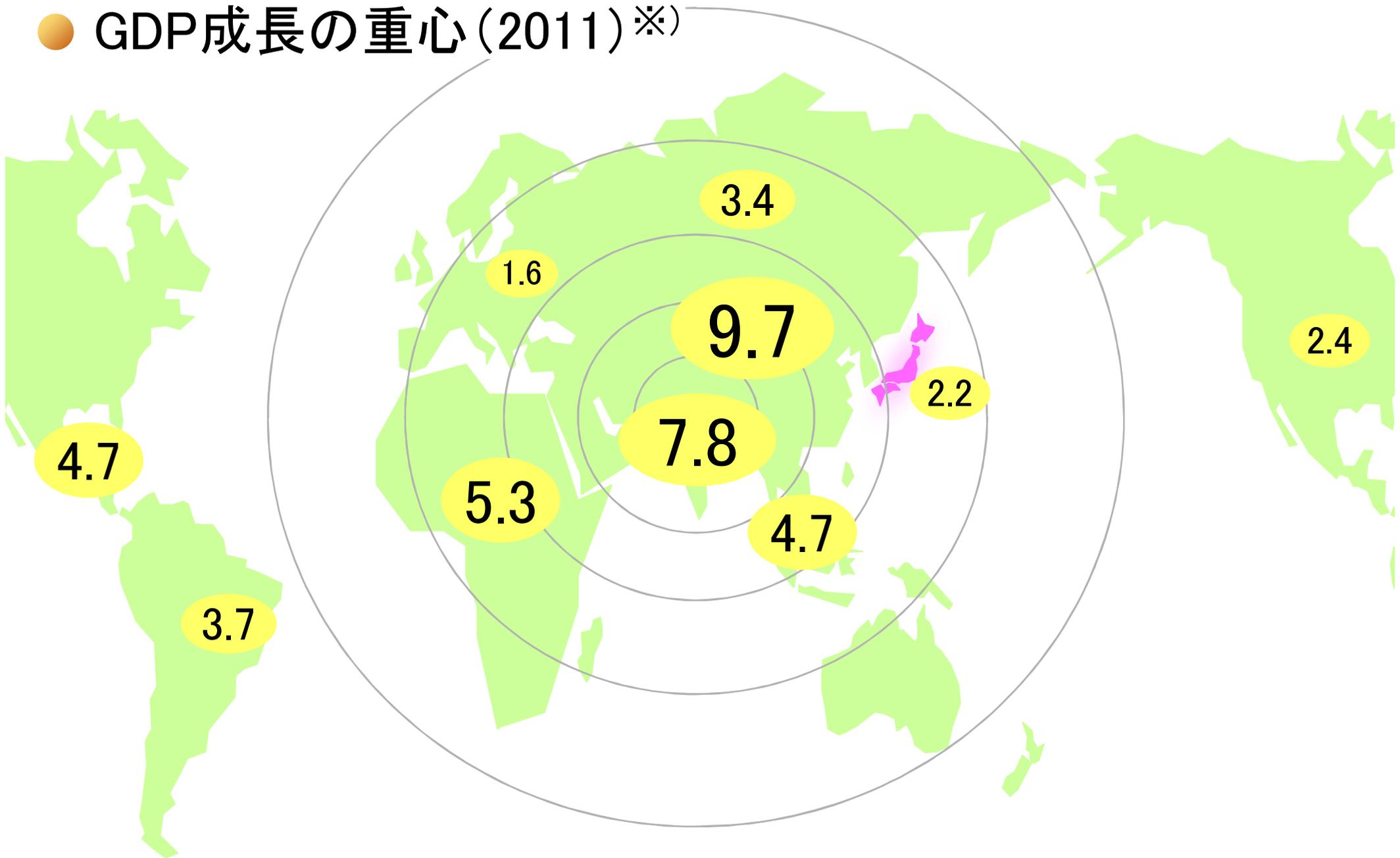
# 1 「真」のグローバルオペレーション時代とは

## ● 日本人が見る世界



# 2 「真」のグローバルオペレーション時代とは

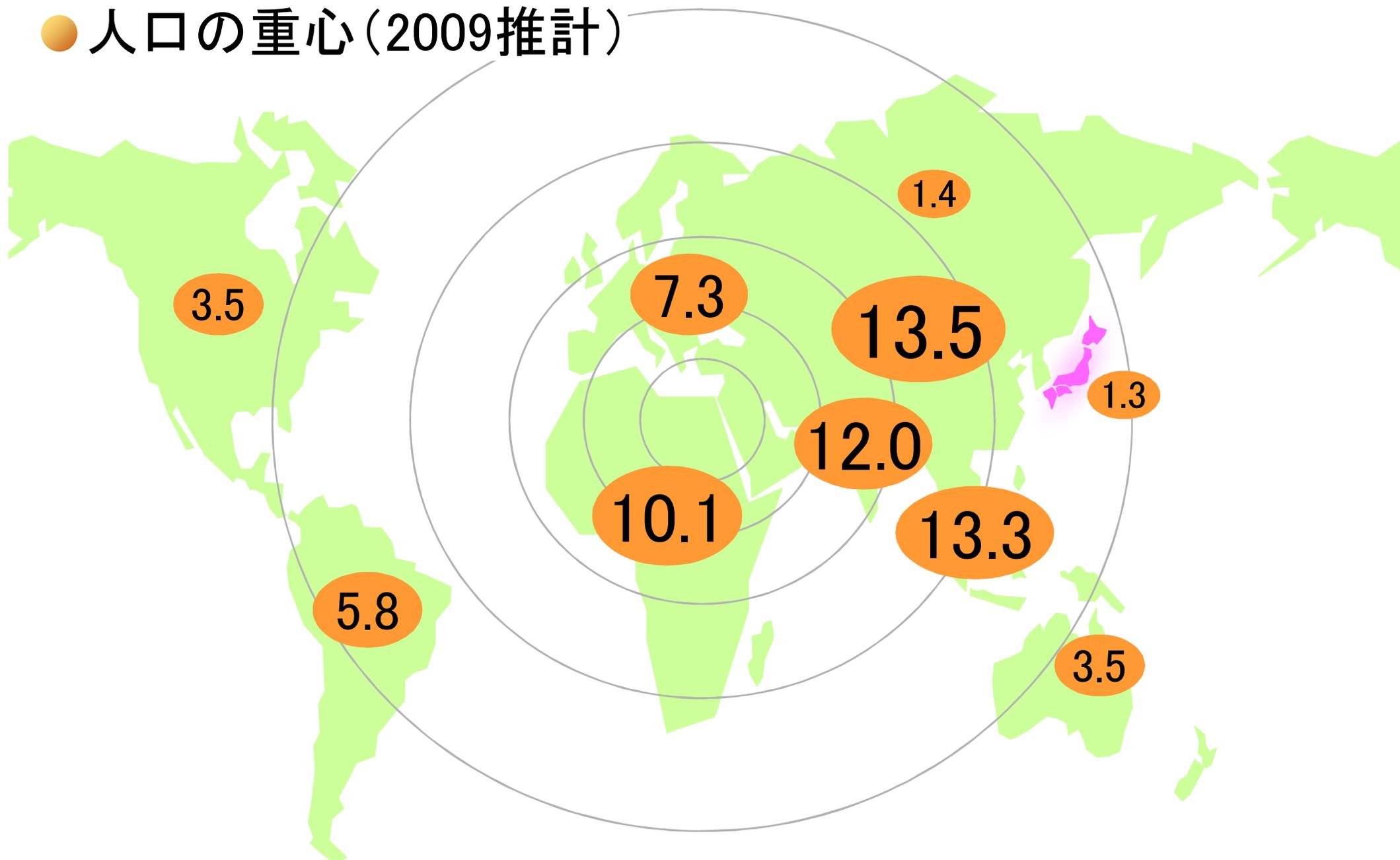
● GDP成長の重心(2011)※)



※) World Economic Outlook, IMF (2010/1)

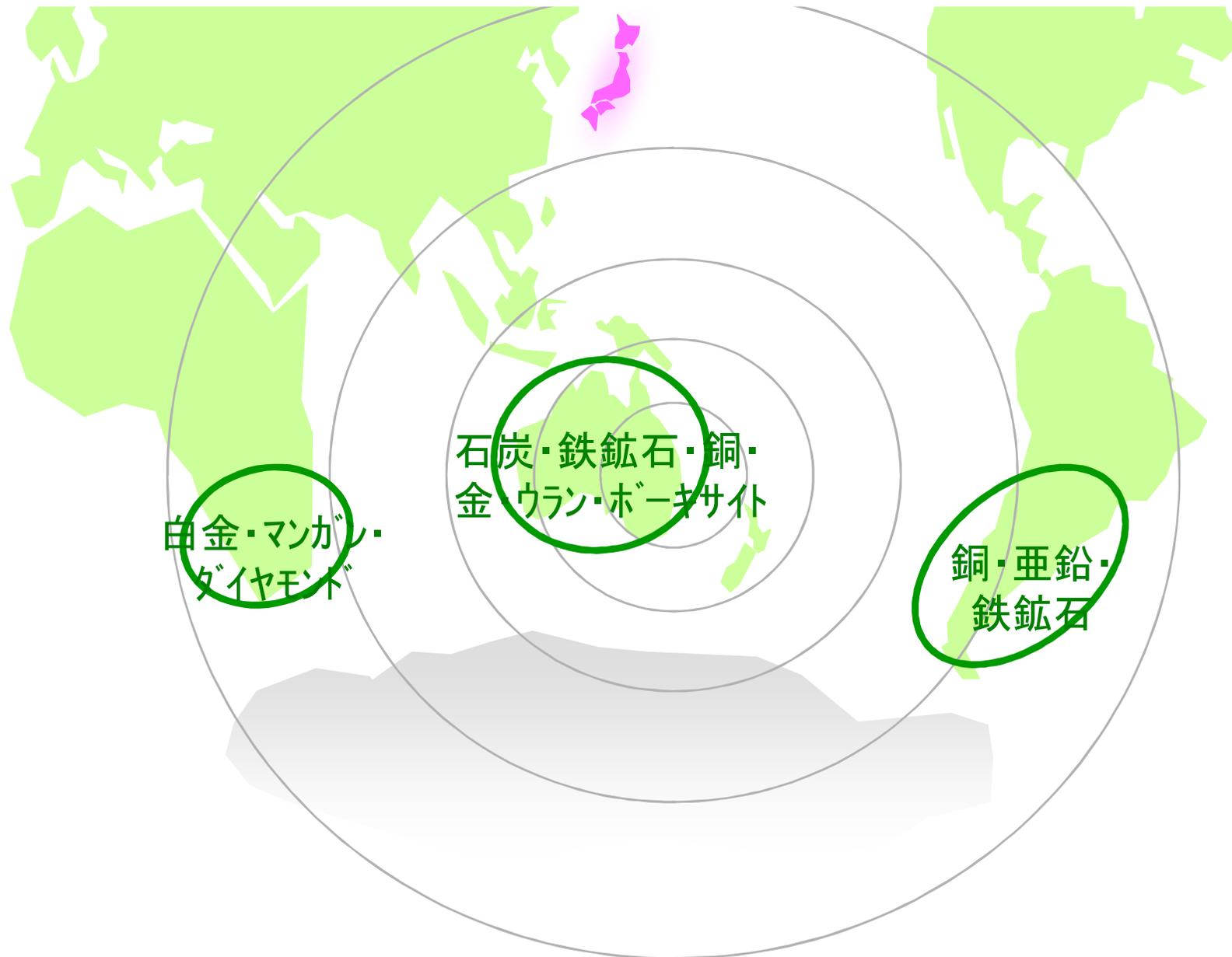
# 3 「真」のグローバルオペレーション時代とは

● 人口の重心 (2009推計)



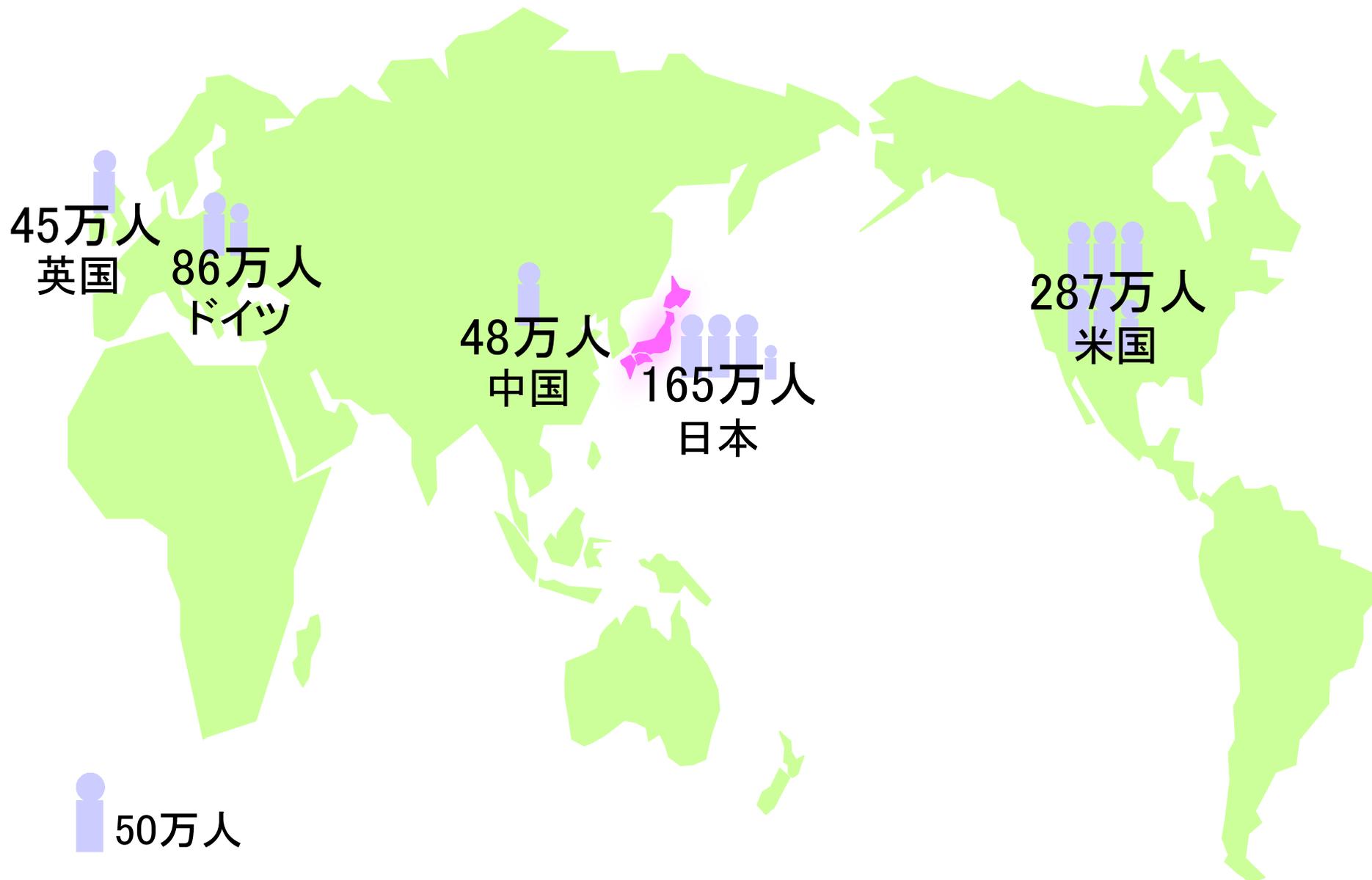
# 4 「真」のグローバルオペレーション時代とは

## ● 鉱山開発の重心(2009推計)



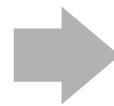
# 5 「真」のグローバルオペレーション時代とは

## ● お金持ち人口（資産額 > 100万\$）



## [常識？]

- ✓世界経済の成長は新興国が牽引する
  - ✓新興国の労働者の賃金は安い
  - ✓先端技術は先進国がリードする
- よって
- ✓コアのモノづくりは国内で行うべきである



	GDP成長見通し※)	
	2005	2013
中国	2.2兆\$	→ 7.6兆\$ (3.4倍)
インド	7,800億\$	→ 2.0兆\$ (2.5倍)
アフリカ・中近東	9,400億\$	→ 3.5兆\$ (3.7倍)

※) World Economic Database, IMF (2008/10)

## [常識？]

- ✓世界経済の成長は新興国が牽引する
  - ✓新興国の労働者の賃金は安い
  - ✓先端技術は先進国がリードする
- よって
- ✓コアのモノづくりは国内で行うべきである



## 日中賃金格差

2009

2014

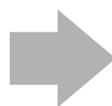
将来

13倍※) → 7倍※) → &lt;2倍？

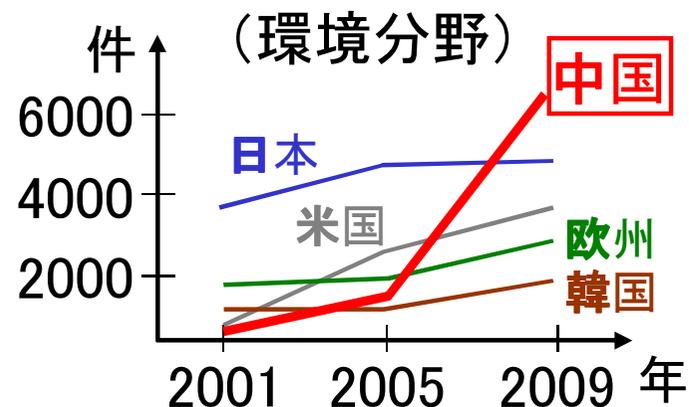
※) JETRO調査(2009/1)

## [常識?]

- ✓ 世界経済の成長は新興国が牽引する
  - ✓ 新興国の労働者の賃金は安い
  - ✓ 先端技術は先進国がリードする
- よって
- ✓ コアのモノづくりは国内で行うべきである



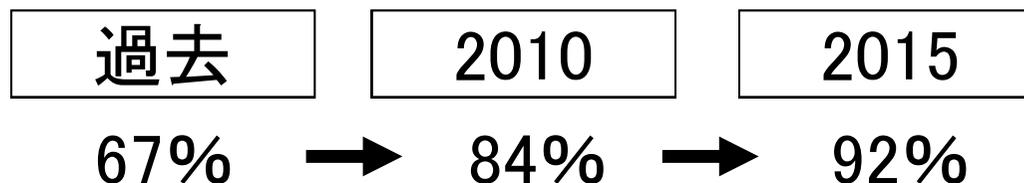
## 特許公開件数



## 研究開発拠点の新興国展開

- ✗ クラリオン: カーナビ開発 (中国)
- ✗ スズキ : 研究開発組織統合 (インド)

## 新興国での現地部品調達率※)



※) 2010年版ものづくり白書(2010/6)

## [常識？]

- ✓世界経済の成長は新興国が牽引する
  - ✓新興国の労働者の賃金は安い
  - ✓先端技術は先進国がリードする
- よって
- ✓コアのモノづくりは国内で行うべきである



## 新興国への製造機能展開

- ・自動車業界：  
トヨタ：インドでエンジン生産  
日産：中国、インド、メキシコ、タイに  
小型車生産集中
  - ・タイヤ業界：  
ブリヂストン、住友ゴム、横浜ゴム：  
タイの製造拠点増強
- ...



## [常識?]

✓世界経済の成長は  
新興国が牽引する



✓新興国の労働者の  
賃金は安い



✓先端技術は先進国  
がリードする



よって

✓コアのモノづくりは  
国内で行うべきで  
ある



もはや日本が唯一の  
モノづくり優位国とは  
言えなくなっている

日本中心

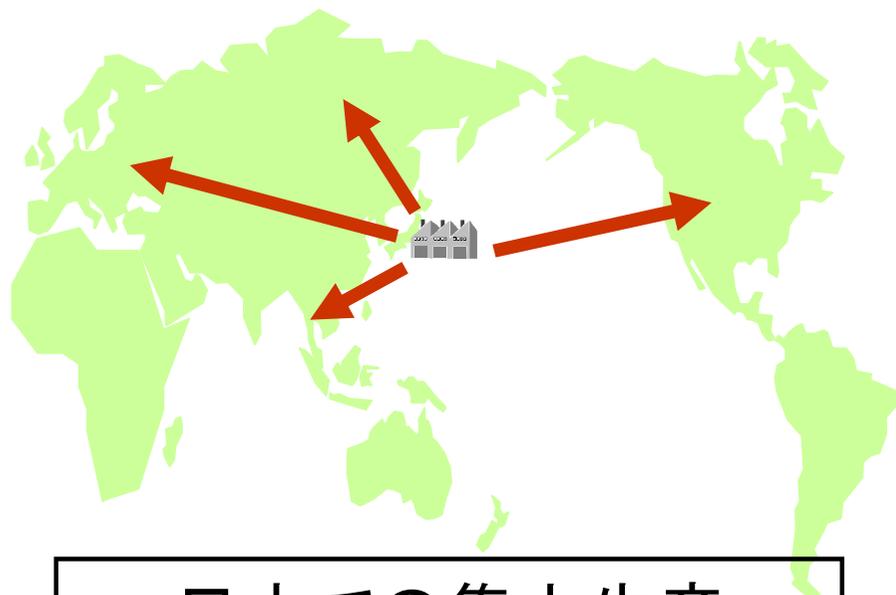
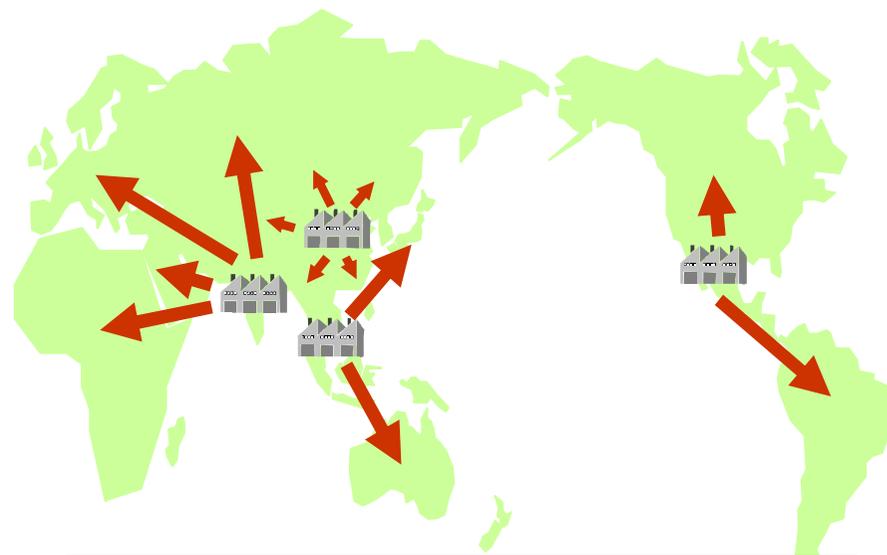


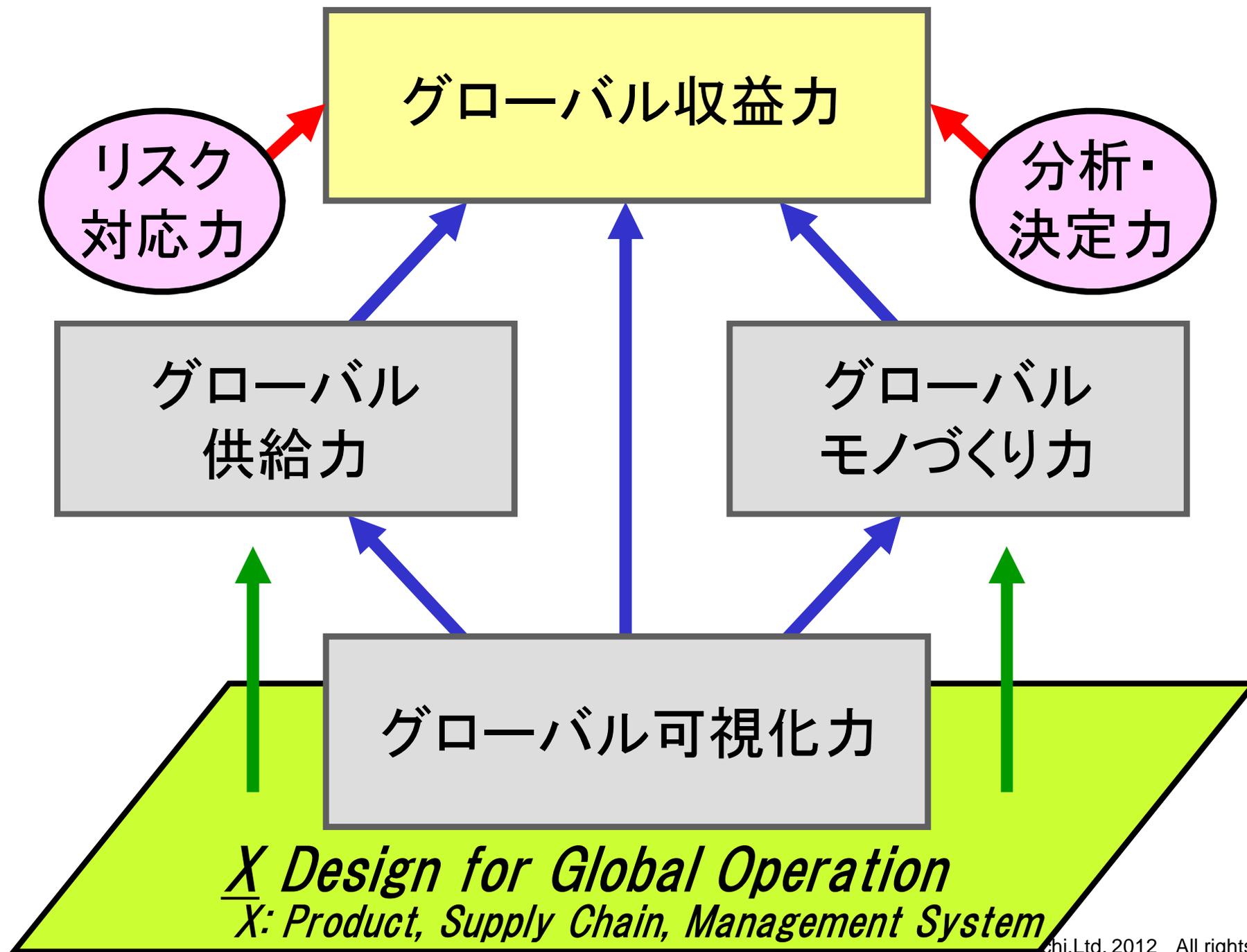
世界の中の  
一選択肢

## ● サプライチェーンの再編

事業環境変化・主力市場シフトに応じた生産・供給体制確立

## 日産マーチの例※)

[従来の供給体制]  
(2000年代)日本での集中生産  
+ 世界への輸出[新グローバル体制]  
(2010年～) 一部構築中含む世界4極生産・供給体制  
への転換



## 背景

事業のグローバル化、競争のボーダレス化

- ・単なる需要変動を越える市場の地理的、質的シフト
- ・為替変動や資材価格変動など、従来に無い不安定要因が拡大
- ・グローバル／ローカル両立する供給力、適応力が課題

## 積み上がる経営課題

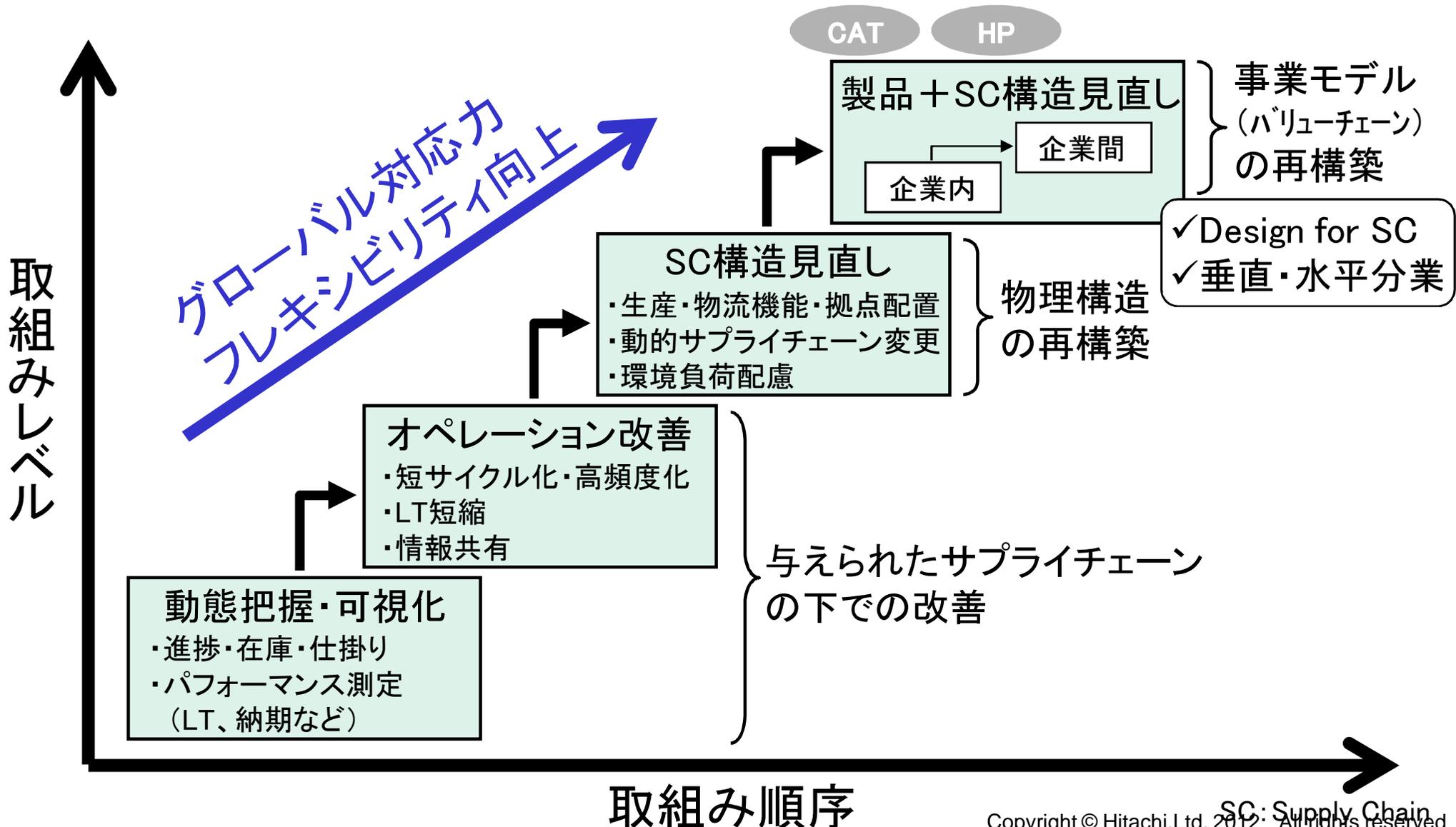


## SCMの施策

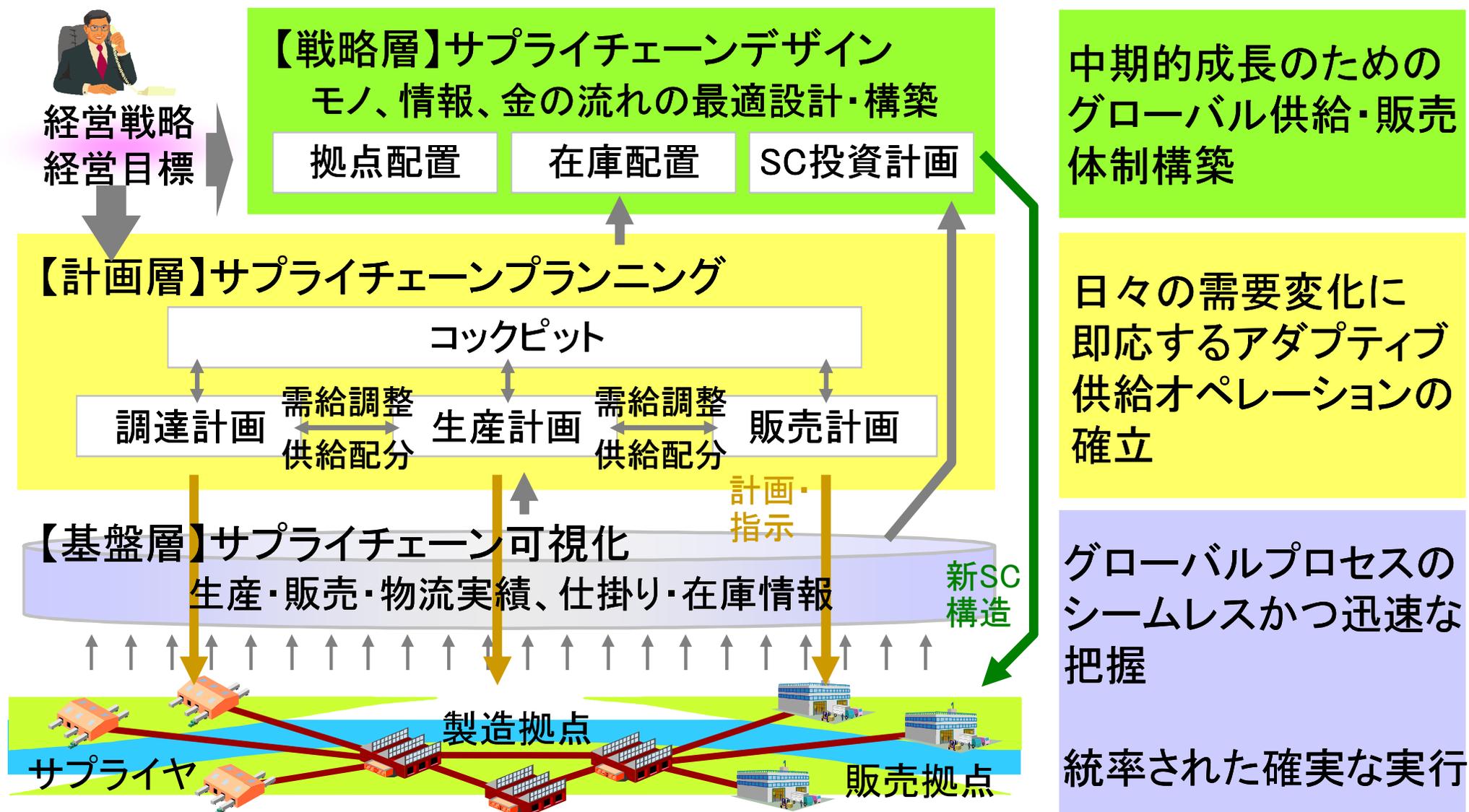
- ◆製造拠点海外展開 ◆計画サイクル短縮・計画一元化 ◆地域別SC
- ◆アウトソーシング ◆MTS→BTO・CTO ◆リスクマネジメント + 地域間調整
- ◆物流拠点統廃合 ◆動態把握範囲拡大・迅速化・精度向上

## イネーブラの出現

メイン フレーム	オフコン	WS	PC	RFID	超小型PC
		CSS	RDB	SOA(ASP)	クラウドコンピューティング
	VAN		インターネット	XML	SaaS Big Data
MRP	MRPII	ERP	SCP	APS	



## ● SCMの3階層モデル



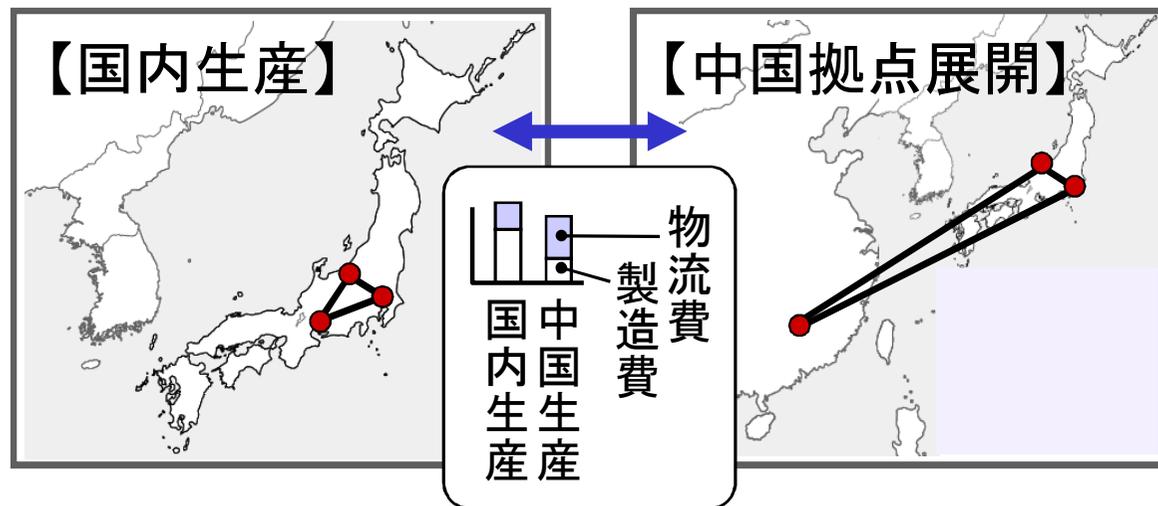
中期的成長のための  
グローバル供給・販売  
体制構築

日々の需要変化に  
即応するアダプティブ  
供給オペレーションの  
確立

グローバルプロセスの  
シームレスかつ迅速な  
把握

統率された確実な実行

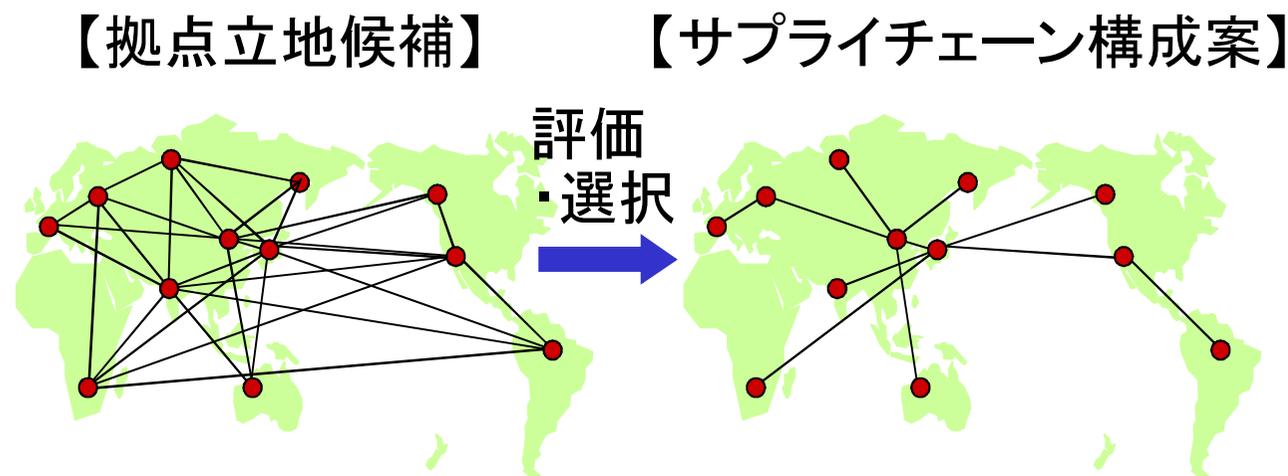
## ● 昔のサプライチェーン設計



海外拠点展開の  
是非判断が中心

- ✓ 単純コスト比較
- ✓ 選択肢少ない

## ● 「真」のグローバル時代



世界規模での  
適地生産・供給体制

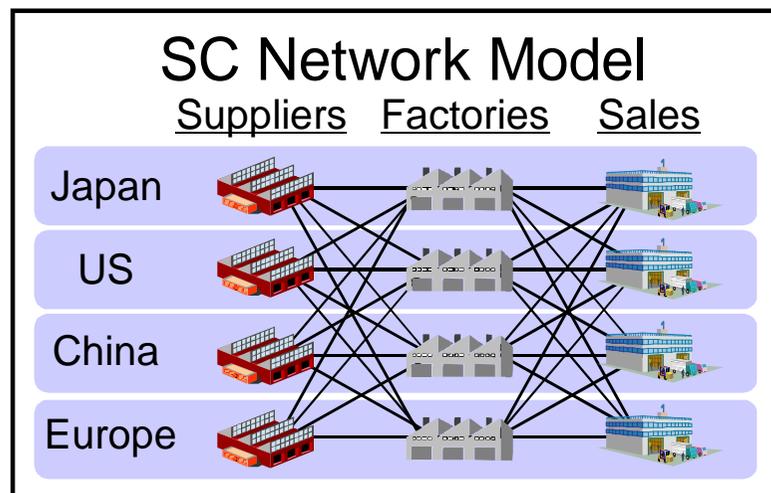
- ✓ 多面的評価必要  
(コスト、キャッシュフロー、リスク…)
- ✓ 多候補からの選択

現地事情の知識＋工学的アプローチ※)がますます必要

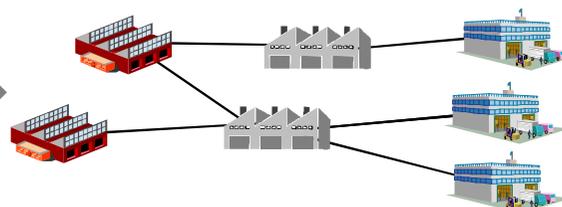
## ● 2000年代まで

	第一世代 (1980年代)	第二世代 (1990年代)	第三世代 (2000年代)
事業背景	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大量生産, 大量販売</li> <li>・安定需要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・需要変動激化</li> <li>・短ライフサイクル化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・グローバル競争激化</li> <li>・需要地域拡大</li> </ul>
経営課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>・トータルコスト削減</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・需要変動対応力強化</li> <li>・キャッシュフロー改善</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・グローバル最適生産・供給・販売体制確立</li> </ul>
施策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・製造拠点海外展開</li> <li>・アウトソーシング</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・在庫水準、配置見直し</li> <li>・物流拠点統廃合</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・グローバル拠点再配置</li> <li>・グローバルキャッシュマネジメント</li> </ul>
要件 / 評価基準	<p>コスト集計・比較</p> <p>国中 内外 内国 製注 生国 産産</p>	<p>フローの評価</p> <p>サプライヤ 工場 販社</p> <p>収益 物流費 欠品数 製造費 納期遵守 在庫</p>	<p>国際的要因の考慮</p> <p>A国 B国 C国 D国</p> <p>Ⓢ: 国際的パラメータ 関税、為替、移転価格...</p>

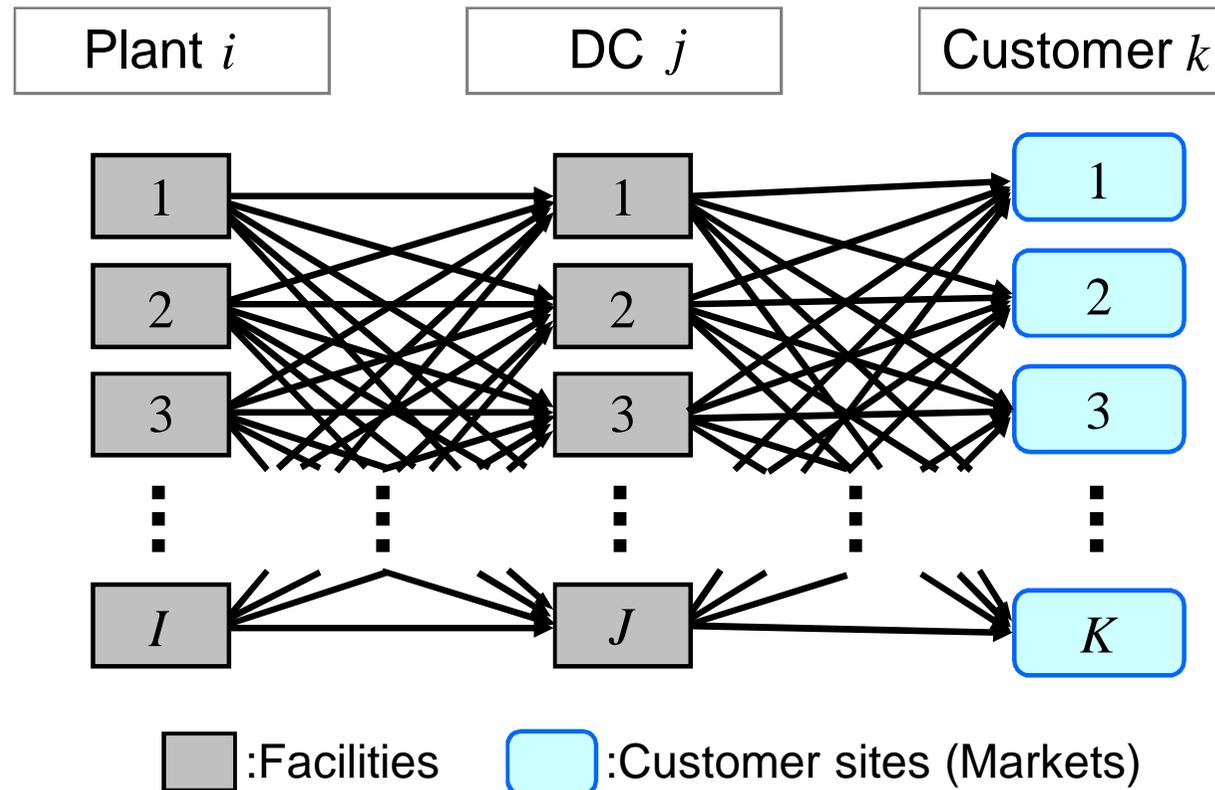
## ● 伝統的な問題



Simple SCND problem



- ✓ Linear cost basis
- ✓ Simple MIP

Production-Distribution Network

[Objective function]

$$\text{Supply chain cost} = \text{Operation cost} + \text{Transportation cost} \\ + \text{Stock-holding cost} + \text{Fixed cost}$$

Problem  $P0$ 

## [Notation]

## Parameters

$PC_{pi}$	Production cost per unit of product $p$ at plant $i$
$TC_{pij}$	Transportation cost per unit of product $p$ from plant $i$ to distribution center $j$
$HC_{pj}$	Handling cost per unit of product $p$ at distribution center $j$
$DC_{pjk}$	Delivery cost per unit of product $p$ from distribution center $j$ to customer $k$
$PF_i$	Fixed cost for planning horizon at plant $i$
$DF_j$	Fixed cost for planning horizon at distribution center $j$
$D_{pk}$	Quantity of demand of product $p$ from customer $k$
$R_p$	Capacity requirements per unit of product $p$
$CAP_i$	Capacity of plant $i$
$M$	A large constant number

## Decision variables

$x_{pij}$	Quantity of product $p$ shipped from plant $i$ to distribution center $j$
$y_{pjk}$	Quantity of product $p$ delivered from distribution center $j$ to customer $k$
$z_{pi}$	Quantity of product $p$ produced at plant $i$
$a_i$	Binary variable, which is 1 if plant $i$ is open and 0 otherwise
$b_j$	Binary variable, which is 1 if distribution center $j$ is open and 0 otherwise

Problem P0

$$\min C_0 = \underbrace{\sum_p \sum_i PC_{pi} z_{pi}}_{\text{Processing cost}} + \underbrace{\sum_p \sum_i \sum_j TC_{pij} x_{pij} + \sum_p \sum_j \sum_k (HC_{pj} + DC_{pjk}) y_{pjk}}_{\text{Transportation costs}}$$

$$+ \underbrace{\sum_i PF_i a_i + \sum_j DF_j b_j}_{\text{Fixed costs}}$$

Fixed costs

subject to

$$\sum_k^J y_{pjk} = D_{pk}, \forall p, k \quad \text{Demand constraint}$$

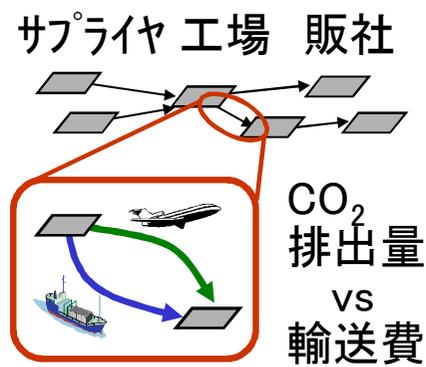
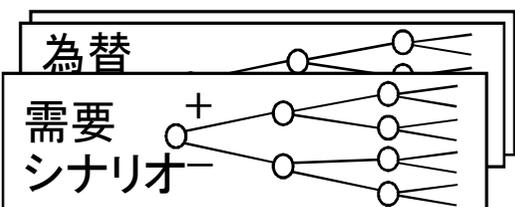
$$\left. \begin{aligned} \sum_k^K y_{pjk} &\leq \sum_i^I x_{pij}, \forall p, j \\ \sum_i^J x_{pij} &\leq z_{pi}, \forall p, i \end{aligned} \right\} \text{Quantity conservation constraint between facilities}$$

$$\sum_p^P R_p z_{pi} \leq CAP_i a_i, \forall i \quad \text{Capacity constraint}$$

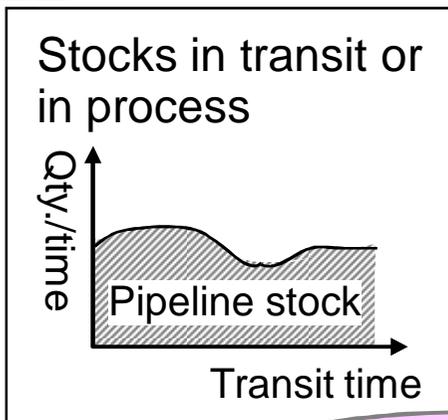
$$\sum_p^P \sum_k^K y_{pjk} < M \cdot b_j, \forall j \quad \text{Logical constraint}$$

$$a_i, b_j \in \{0,1\}, \forall i, j \quad \text{Binary constraint}$$

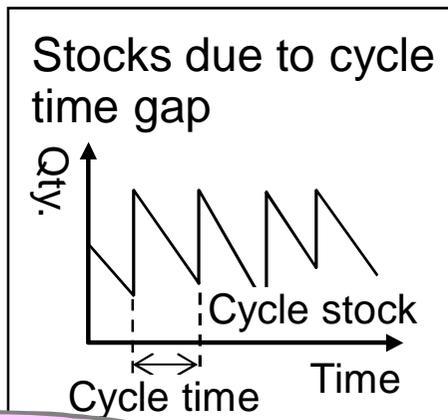
## ●これから

	第一世代(1980年代)	第二世代(1990年代)	第三世代(2000年代)	これから(2010年代以降)
事業背景				<ul style="list-style-type: none"> <li>・地球環境変化</li> <li>・生活水準格差増大</li> <li>・グローバルリスク増大</li> <li>・経済多極化、需要地域移動</li> <li>・人生観多様化</li> <li>・成長シナリオ見直し</li> </ul>
経営課題				<ul style="list-style-type: none"> <li>・経済合理性と地球環境配慮のバランス</li> <li>・多様な生活形態、価値観への貢献</li> <li>・事業環境変化対応力強化</li> <li>・リスク対応力強化</li> </ul>
施策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・省エネ、低排出型サプライチェーン構築</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・サプライチェーンロバスト化(バッファ適正化、冗長化、拠点分散など)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・拠点配置、物流の機動的変更</li> </ul>
要件 / 評価基準	<p>自然環境負荷考慮</p> <p>サプライヤ 工場 販社</p>  <p>CO<sub>2</sub>排出量 vs 輸送費</p>	<p>機能・在庫最適配置</p> <p>サプライヤ 工場 販社</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▽安全在庫</li> <li>▽季節在庫</li> </ul> <p>物流断絶ダメージ考慮</p> <p>機会損失 vs 在庫水準</p> <p>市場逸失 vs 冗長投資</p>		<p>時系列変更過程も考慮</p> <p>為替</p> <p>需要シナリオ</p>  <p>N年 N+1年 N+2年</p>

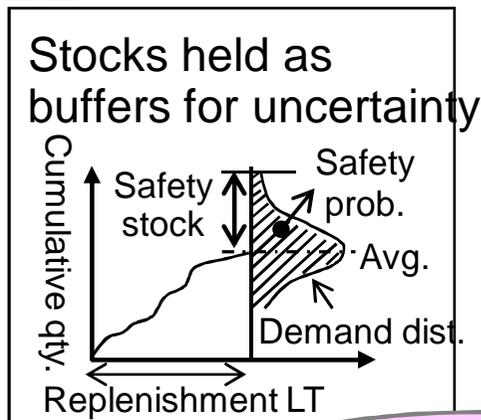
**P** Pipeline stock



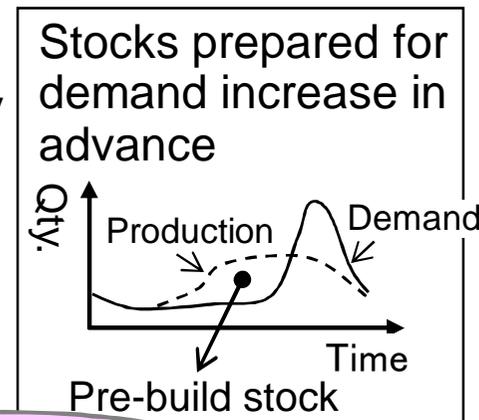
**C** Cycle stock



**S** Safety stock

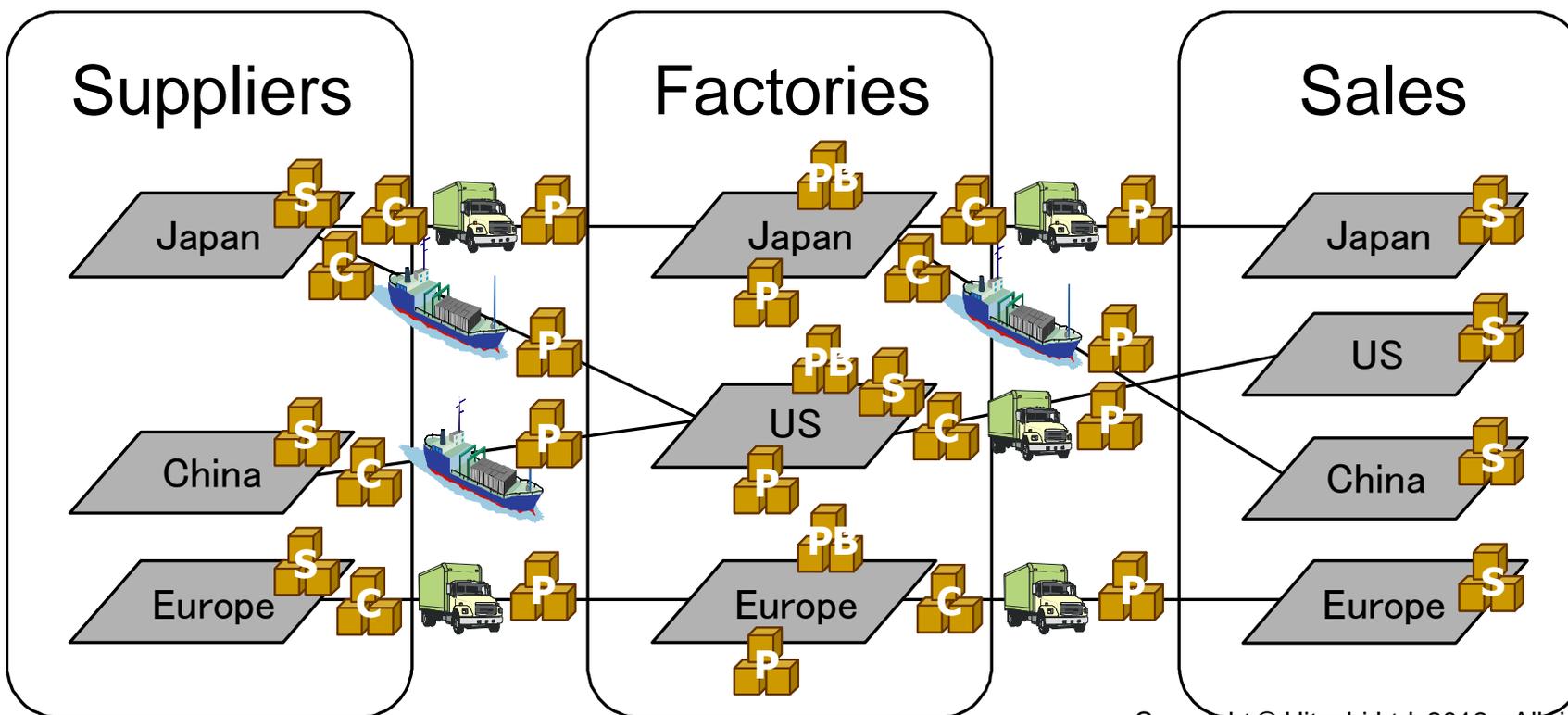


**PB** Pre-build stock

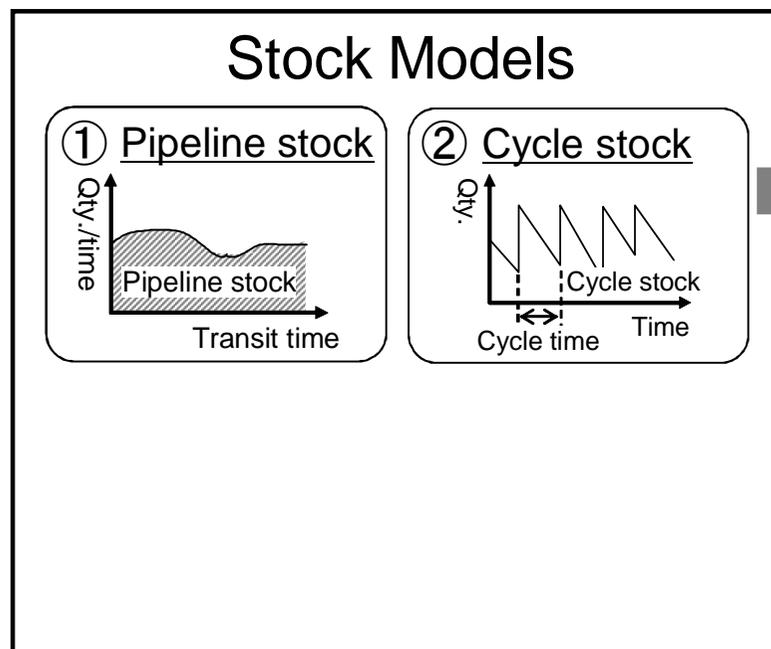
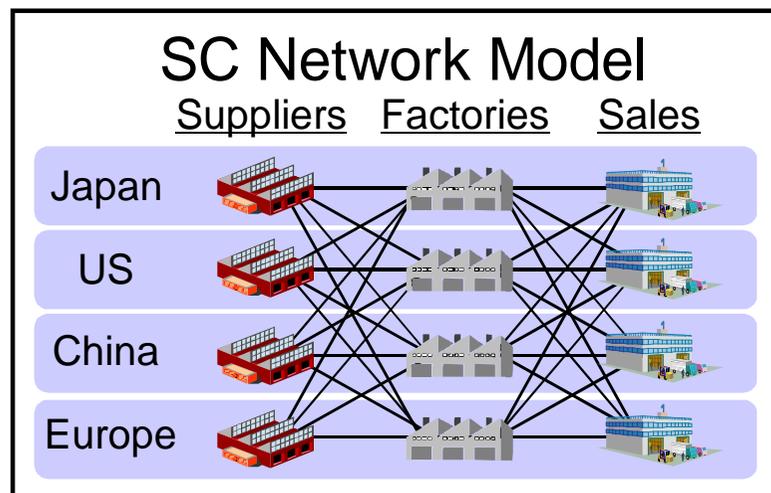


Resultant

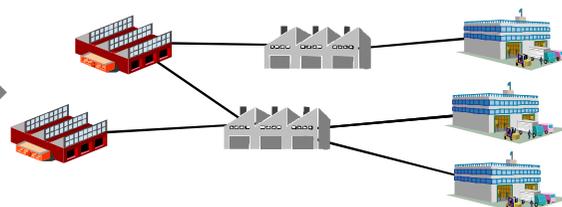
Intentional



## ● 最近の課題：ネットワークと在庫配置の統合設計

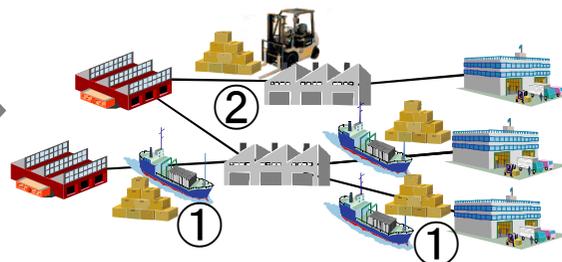


### Simple SCND problem



- ✓ Linear cost basis
- ✓ Simple MIP

### SCND with resultant stock



- ✓ Linear stock qty. calculation (pipeline & cycle stock)
- ✓ MIP basis

Problem ***P1*** (w/ Pipeline & Cycle Stock)

[Notation (additional)]

## Parameters

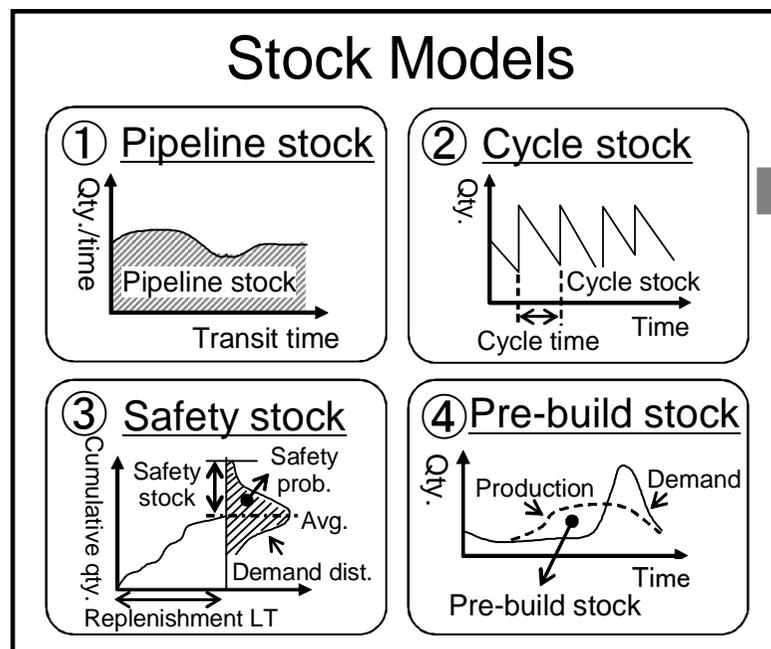
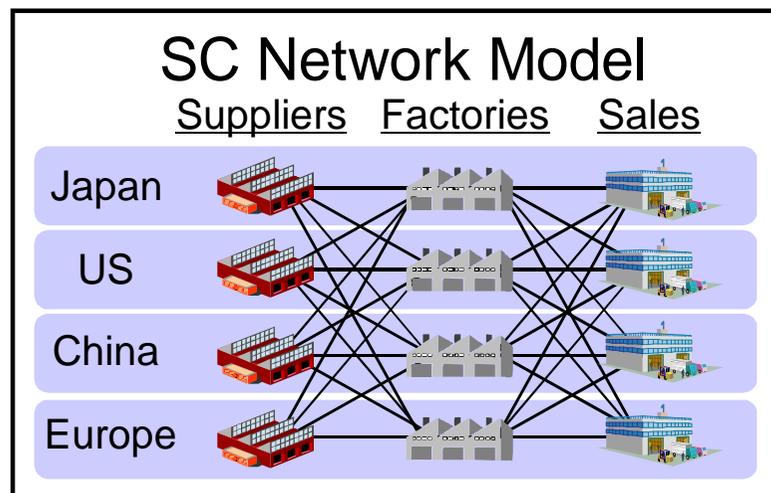
$VW_{pi}$	Value of work in process per unit of product $P$ at plant $i$ ( $VW_{pi}$ should be selected to fit average value of WIP, normally half of sum of values at input and output of the process.)
$VP_{pi}$	Value per unit of product $P$ at plant $i$
$PT_{pi}$	Average lead-time for production of product $P$ at plant $i$
$TT_{pij}$	Average transit time of product $P$ from plant $i$ to distribution center $j$
$RF_{ij}$	Replenishment times during the planning horizon of product $P$ from plant $i$ to distribution center $j$
$r$	Inventory holding cost rate for the planning horizon

Problem P1 (w/ Pipeline & Cycle Stock)

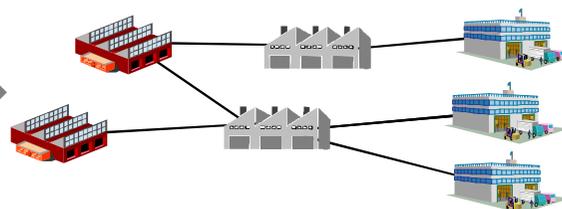
$$\begin{aligned}
 \min C_1 = & \underbrace{\sum_p \sum_i PC_{pi} z_{pi}}_{\text{Processing cost}} + \underbrace{\sum_p \sum_i \sum_j TC_{pij} x_{pij}}_{\text{Transportation costs}} + \underbrace{\sum_p \sum_j \sum_k (HC_{pj} + DC_{pjk}) y_{pjk}}_{\text{Inventory costs}} \\
 & + \underbrace{\sum_p \sum_i rVW_{pi} PT_{pi} z_{pi}}_{\text{Pipeline stock holding cost}} + \underbrace{\sum_p \sum_i \sum_j rVP_{pi} TT_{pij} x_{pij}}_{\text{In-transit stock holding cost}} + \underbrace{\sum_p \sum_i \sum_j \frac{rVP_{pi} x_{pij}}{2RF_{ij}}}_{\text{Cycle stock holding cost}} \\
 & + \underbrace{\sum_i PF_i a_i + \sum_j DF_j b_j}_{\text{Fixed costs}}
 \end{aligned}$$

Constraints are same as in Problem P0.

## ● 最近の課題：ネットワークと在庫配置の統合設計

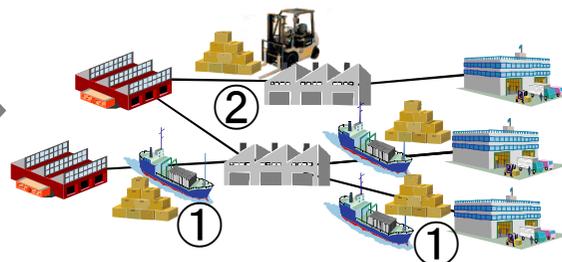


### Simple SCND problem



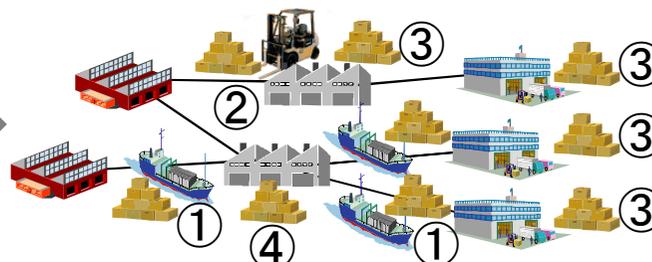
- ✓ Linear cost basis
- ✓ Simple MIP

### SCND with resultant stock



- ✓ Linear stock qty. calculation (pipeline & cycle stock)
- ✓ MIP basis

### SCND with intentionally holding stock



All the four inventory classes included

- ✓ Strategic stock placement decision
- ✓ Nonlinear and complicated problem

Authors	Inventory class involved				Model type & solution method
	Pipeline	Cycle	Pre-build	Safety	
Arntzen, B. et al. (1995)	✓		✓ Multiple time phasing		MIP, Specific method with elastic constraints, etc.
Dogan, K. et al. (1996, 1999)	✓	✓ Fixed replenishment cycle	✓ Multiple time phasing		MIP, Benders decomposition
Jayaraman, V. (1998)	✓	✓ Fixed replenishment cycle			MIP, Not specified
Bhutta, K. S. et al. (2003)			✓ Multiple time phasing		MIP, Not specified
Miranda, P. A. et al. (2004)		✓ EOQ model		✓ Single echelon	Nonlinear MIP, Lagrangian relaxation
Croxton, K. L. et al. (2005)				✓ Square root law model	MIP, CPLEX
Graves, S. C. et al. (2005)	✓			✓ Guaranteed-service model	Nonlinear MIP, Dynamic programming

Problem P2 (w/ Pipeline, Cycle & Pre-build Stock)

[Notation (additional)]

## Parameters

- $VG_{tp}$  Value per unit of product  $p$  as goods in time  $t$
- $IP_{pi}$  Initial stock quantity of product  $p$  held at plant  $i$  at the beginning of the planning horizon
- $ID_{pj}$  Initial stock quantity of product  $p$  held at distribution center  $j$  at the beginning of the planning horizon

## Dependent variables

- $PS_{tpi}$  Stock quantity of product  $p$  held at plant  $i$  at the end of time  $t$
- $DS_{tpj}$  Stock quantity of product  $p$  held at distribution center  $j$  at the end of time  $t$

Other parameters and variables are additionally suffixed by time index  $t$ .

Problem P2 (w/ Pipeline, Cycle & Pre-build Stock)

$$\begin{aligned}
\min C_2 = & \underbrace{\sum_t \sum_p \sum_i PC_{tpi} z_{tpi}}_{\text{Processing cost}} + \underbrace{\sum_t \sum_p \sum_i \sum_j TC_{tpij} x_{tpij} + \sum_t \sum_p \sum_j \sum_k (HC_{tpj} + DC_{tpjk}) y_{tpjk}}_{\text{Transportation costs}} \\
& + \underbrace{\sum_t \sum_p \sum_i r_t VW_{tpi} PT_{tpi} z_{tpi}}_{\text{Pipeline stock holding cost}} + \underbrace{\sum_t \sum_p \sum_i \sum_j r_t VP_{tpi} TT_{tpij} x_{tpij}}_{\text{In-transit stock holding cost}} + \underbrace{\sum_t \sum_p \sum_i \sum_j \frac{r_t VP_{tpi} x_{tpij}}{2RF_{tij}}}_{\text{Cycle stock holding cost}} \\
& + \underbrace{\sum_t \sum_p \sum_i \frac{r_t VP_{tpi} (PS_{(t-1)pi} + PS_{tpi})}{2} + \sum_t \sum_p \sum_j \frac{r_t VG_{tp} (DS_{(t-1)pj} + DS_{tpj})}{2}}_{\text{Pre-build stock holding costs}} \\
& + \underbrace{\sum_t \sum_i PF_{ti} a_i + \sum_t \sum_j DF_{tj} b_j}_{\text{Fixed costs}}
\end{aligned}$$

✓ Simple linear but often huge problem due to time-phasing index  $t$

Problem P2 (w/ Pipeline, Cycle & Pre-build Stock)

subject to (in terms of pre-build stock calculation)

$$\sum_k^K y_{tpjk} \leq DS_{(t-1)pj} + \sum_i^I x_{tpij}, \forall t, p, j \quad \text{Quantity shippable from DC}$$

$$DS_{(t-1)pj} + \sum_i^I x_{tpij} = DS_{tpj} + \sum_k^K y_{tpjk}, \forall t, p, j \quad \text{Inventory offsetting at DC}$$

$$DS_{0pj} = ID_{pj} \geq 0, \forall p, j \quad \text{Initial inventory quantity at DC}$$

$$\sum_j^J x_{tpij} \leq PS_{(t-1)pi} + z_{tpi}, \forall t, p, i \quad \text{Quantity shippable from plant to DC}$$

$$PS_{(t-1)pi} + z_{tpi} = PS_{tpi} + \sum_j^J x_{tpij}, \forall t, p, i \quad \text{Inventory offsetting at plant}$$

$$PS_{0pi} = IP_{pi} \geq 0, \forall p, i \quad \text{Initial inventory quantity at plant}$$

## ● Pre-build Stockに関する課題

[従来アプローチ]

- 時点ごとの生産能力制約に応じた前倒し生産量と需要量の差で計算
- ➡
- 最適化における探索空間が大きい
- 需要の不確実性考慮なし

## ● Multi-echelon Safety Stock(多段階安全在庫配置)への対応

[難しさ]

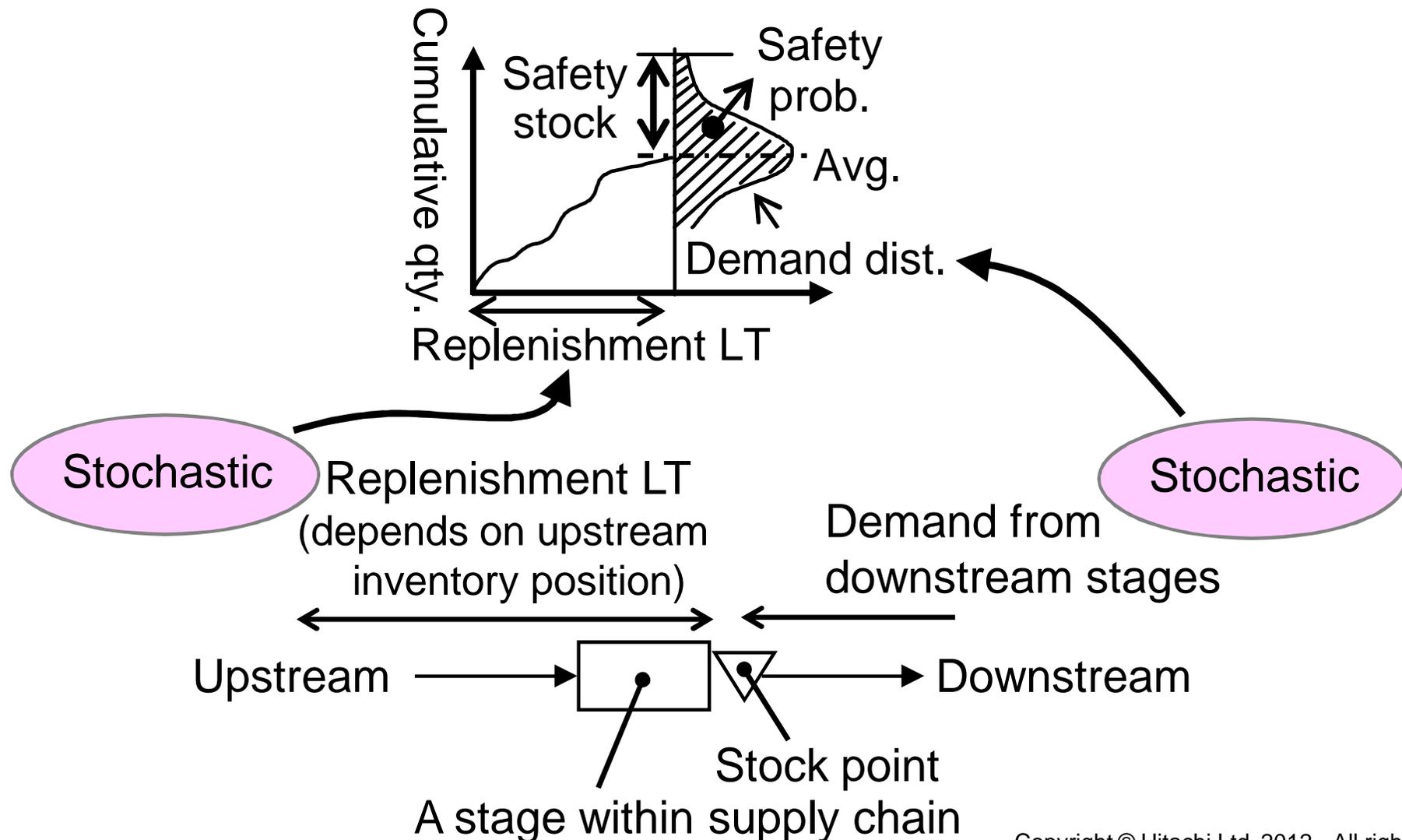
- 上流工程からの供給時間変動と下流工程からの需要量変動の双方の確率的相互作用
- ➡
- ある工程での供給時間を表す確率分布の特定自身が組合せ問題になる

[従来の研究\*]

- 定常需要を前提
- 納期考慮不要な一般消費材想定
- ➡
- 需要にトレンドや季節変化がある場合(これが普通)に対応できない

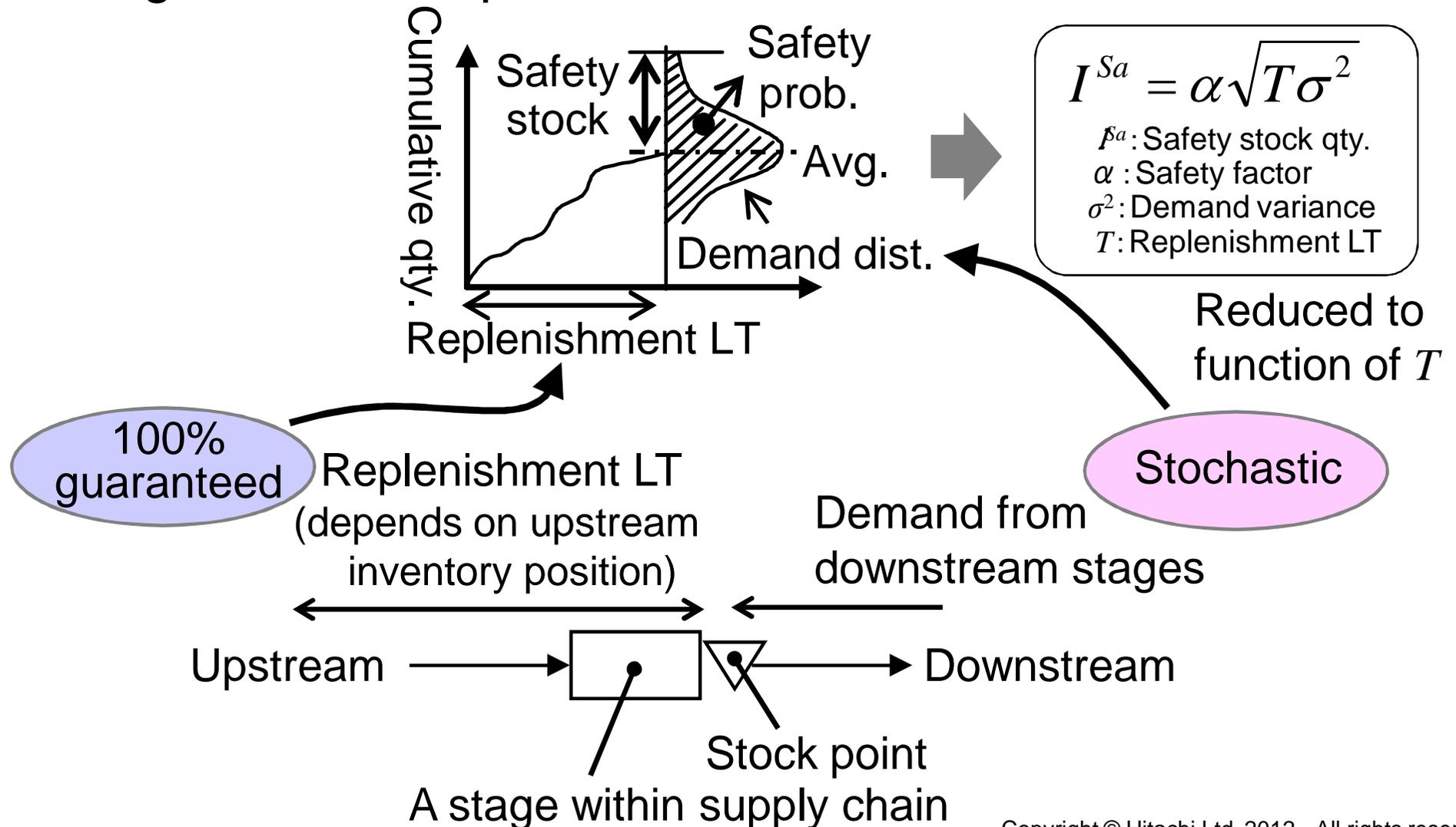
\*Graves, S. C. et.al., Optimizing the supply chain configuration for new product, *Management Science*, Vol.51, No.8, pp.1165-1180 (2005)  
Copyright © Hitachi, Ltd. 2012 All rights reserved

● 供給時間変動と需要量変動の相互作用



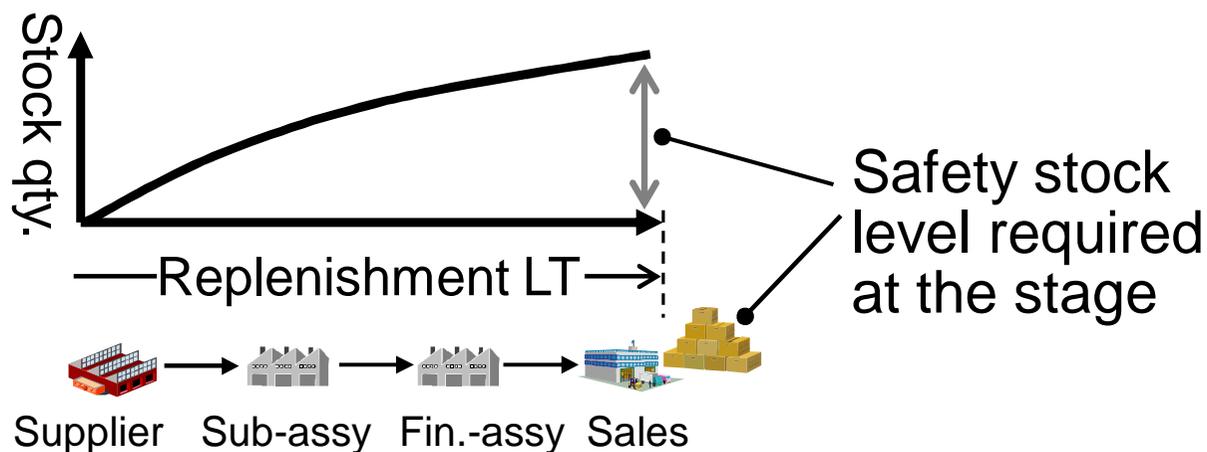
● Guaranteed-service Model (保障型サービスモデル) アプローチ

Cancel stochastic effects from upstream stages by defining 100% guaranteed replenishment time; service time



## ● Guaranteed-service Model (保障型サービスモデル) アプローチ

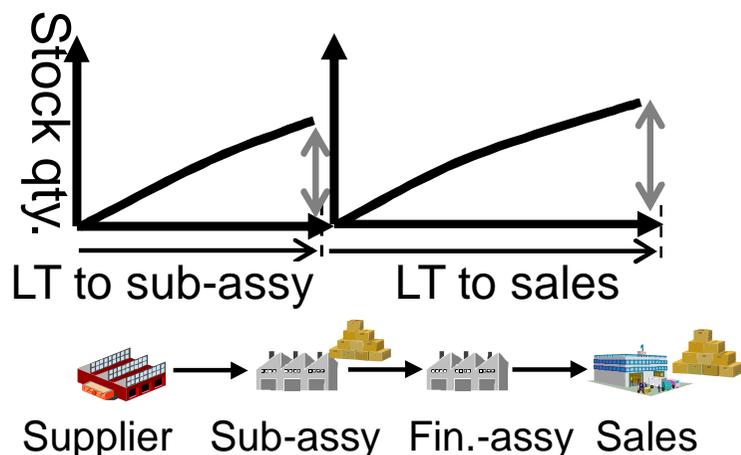
### Single stage placement



$$I^{Sa} = \alpha \sqrt{T \sigma^2}$$

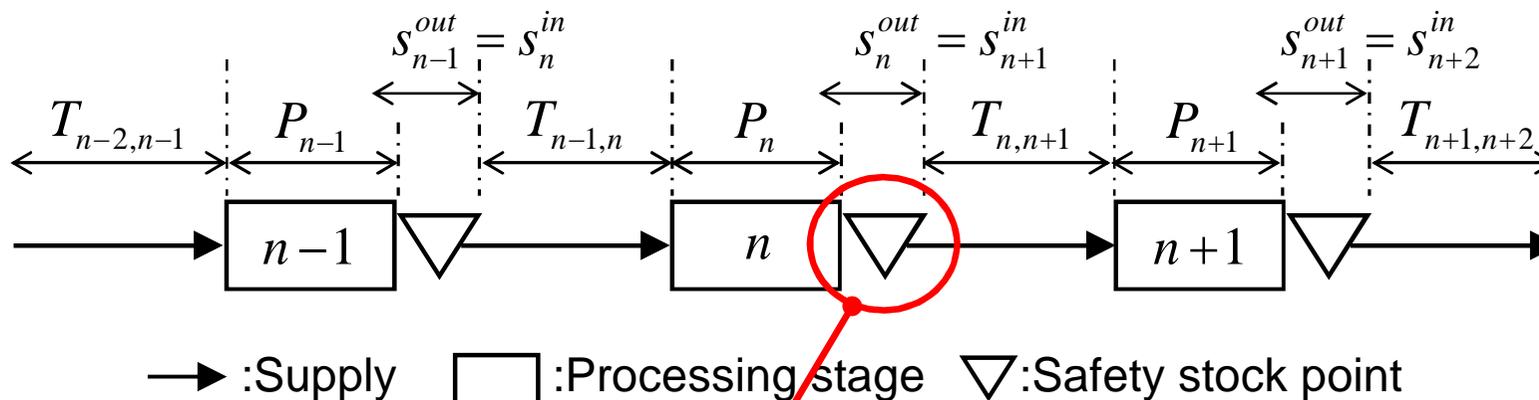
$I^{Sa}$ : Safety stock qty.  
 $\alpha$ : Safety factor  
 $\sigma^2$ : Demand variance  
 $T$ : Replenishment LT

### Two stage placement



Multi-echelon placement  
 ||  
 LT Allocation to Stages

## ● Guaranteed-service Model (保障型サービスモデル)



Standard description

$$I_n^{Sa} = \alpha \sqrt{(s_n^{in} + T_{n-1,n} + P_n - s_n^{out}) \sigma^2}$$

Service time : Replenishment time committed to its immediate downstream stage

$I_n^{Sa}$  : Safety stock level at stage  $n$

$\alpha$  : Service level parameter

$s_n^{in}$  : Incoming service time to stage  $n$

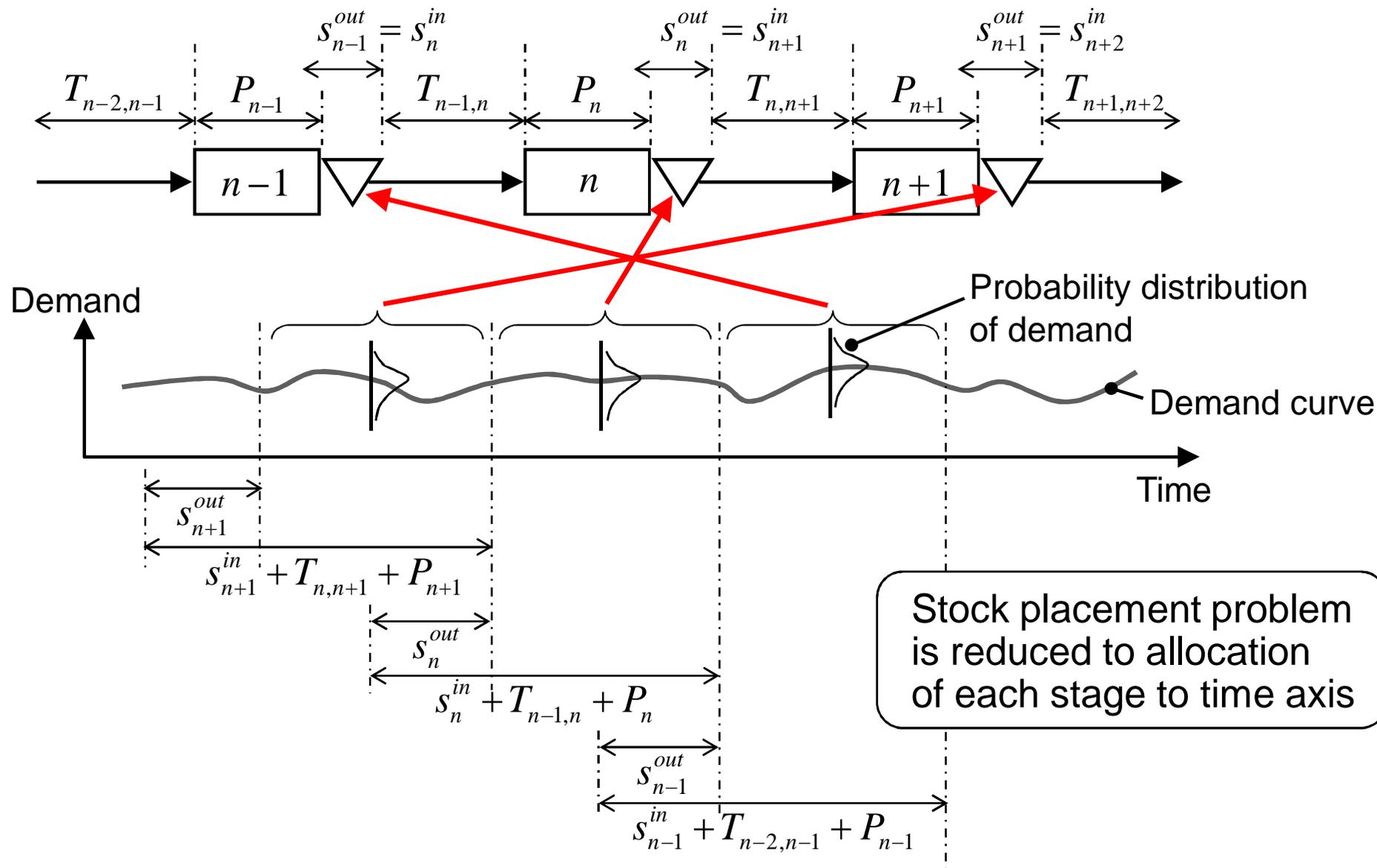
$P_n$  : Processing (lead) time at stage  $n$

$s_n^{out}$  : Outgoing service time from stage  $n$

$T_{n,m}$  : Transit time from stage  $n$  to stage  $m$

$\sigma^2$  : Variance of demand

## ● Guaranteed-service Model (保障型サービスモデル)



## ● ネットワークとSafety Stock 配置の統合設計\*

- 非定常需要を持つ組立型製品を対象に修正 Guaranteed-service model による最適化モデル構築
- シンプルな閾値関数により、不要な探索を省く最適化アルゴリズム
- サプライチェーンコスト削減効果確認(事例での試算)

## ● Pre-build Stockの組み込み\*\*

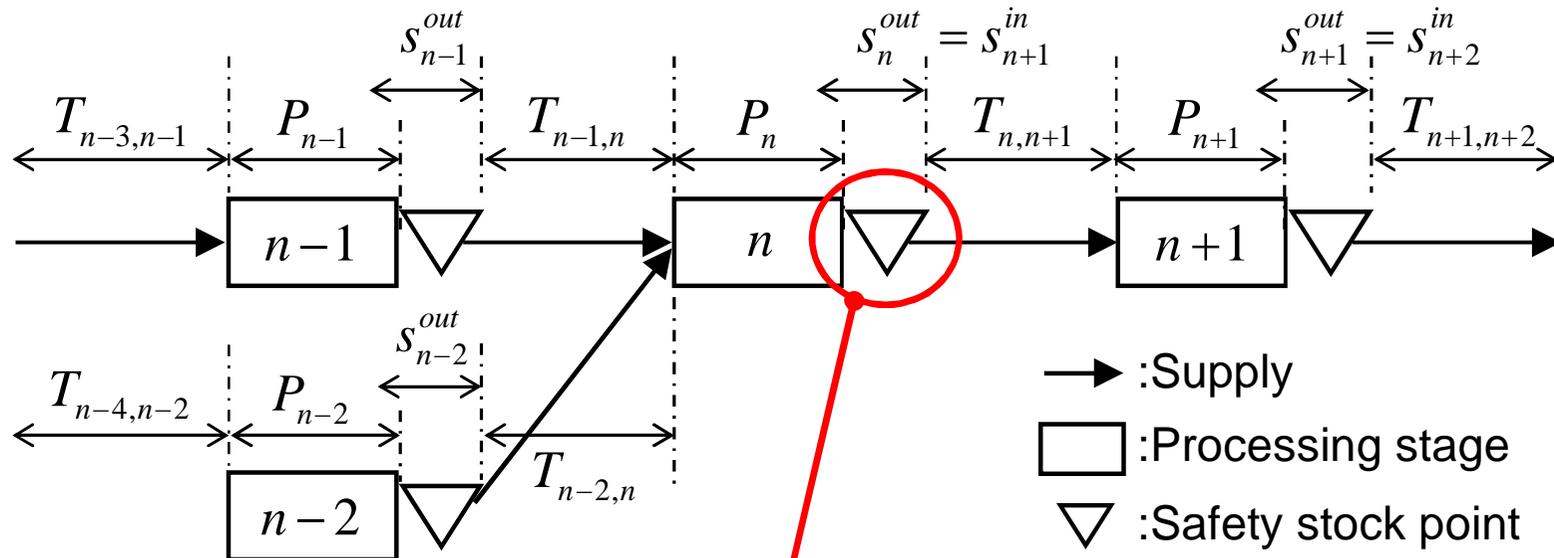
- 4つの在庫種類をすべてカバー
- GAによるSafety Stock 配置案探索と確率シミュレーションによる Pre-build Stock 量計算の組合せ処理
- 実規模問題に対し、実用時間内で最適解近傍5%内の解探索能力を確認

\*Funaki, K., Strategic safety stock placement in supply chain design with due-date based demand, *Int. J. Prod. Econ.*, Vol.135, No.1, pp.4-13 (2012)

\*\*Hosoda, J. et.al., Multi-echelon stock placement problem with production capacity constraints (in Japanese), Proceedings of Japan Industrial Management Association Conference, Fall 2011

## ● 修正 Guaranteed-service Model

(Merging process, Multiple parts consumption & Nonstationary demand)



### Modified description

$$I_{nt}^{Sa} = \alpha \sqrt{\sum_{\tau=t+LT_n+s_n^{out}+1}^{t+LT_n+s_n^{in}+T_{n-1,n}+P_n} \beta_n \sigma_\tau^2}, \quad s_n^{in} = \max_{m|(m,n) \in A} (s_m^{out}), \quad LT_n = \sum_{m \in \text{Index}(NS^n)} (T_{m-1,m} + P_m)$$

$I_{nt}^{Sa}$  : Safety stock level at stage  $n$  at  $t$

$\beta_n$  : Number of parts consumed per product

$\sigma_t^2$  : Variance of demand at  $t$

$A$  : Set of links in the graph

$NS^n$  : Set of nodes in stream from stage immediately downward from stage  $n$  to end stage

## ● 最適化手順

### [Step1]

Enumerate all the supply chain network patterns and calculate threshold value\* for each network pattern.

### [Step2]

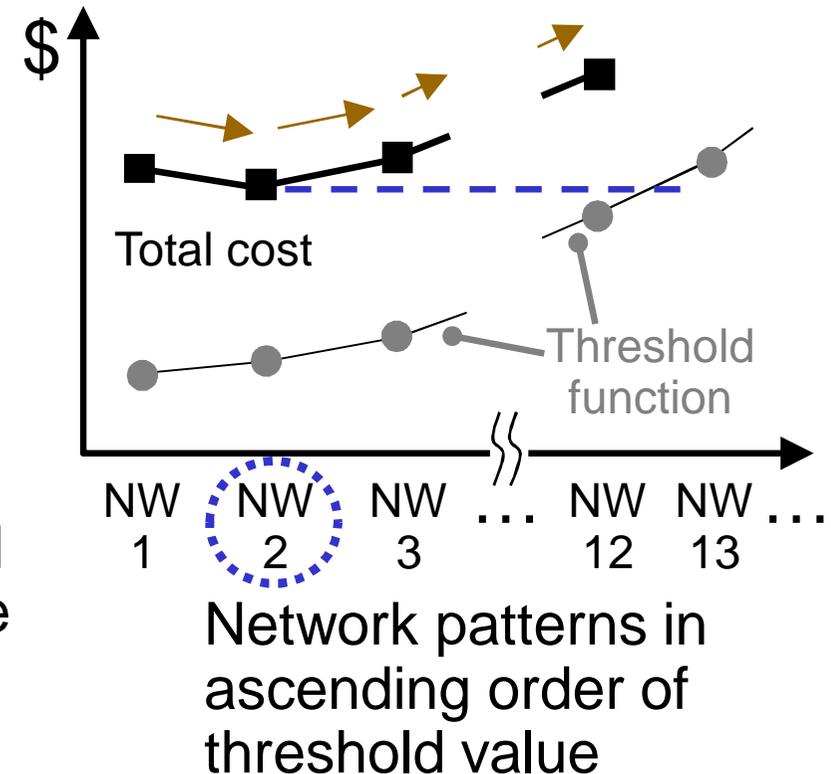
Find optimal safety stock placement\*\* and calculate corresponding total cost for each network in ascending order of its threshold value until the threshold value exceeds the minimum total cost already calculated.

### [Step3]

The network which gives the minimum total cost in the step2 is the optimal solution.

\*The threshold value is set as lower bound of total cost for networks whose optimal safety stock placement have not been examined.

\*\*Optimal safety stock placement for a network is found by specific dynamic programming algorithms.



## ● ネットワークとSafety Stock 配置の統合設計\*

- 非定常需要を持つ組立型製品を対象に修正 Guaranteed-service model による最適化モデル構築
- シンプルな閾値関数により、不要な探索を省く最適化アルゴリズム
- サプライチェーンコスト削減効果確認(事例での試算)

## ● Pre-build Stockの組み込み\*\*

- 4つの在庫種類をすべてカバー
- GAによるSafety Stock 配置案探索と確率シミュレーションによる Pre-build Stock 量計算の組合せ処理
- 実規模問題に対し、実用時間内で最適解近傍5%内の解探索能力を確認

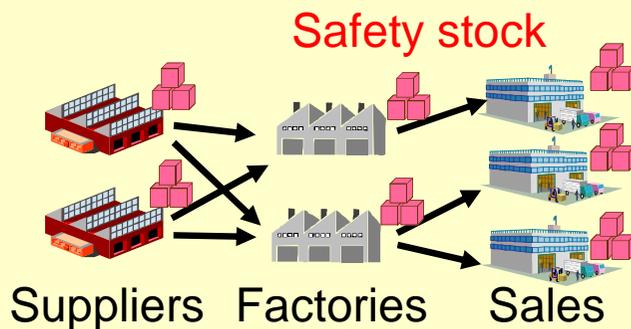
\*Funaki, K., Strategic safety stock placement in supply chain design with due-date based demand, *Int. J. Prod. Econ.*, Vol.135, No.1, pp.4-13 (2012)

\*\*Hosoda, J. et.al., Multi-echelon stock placement problem with production capacity constraints (in Japanese), Proceedings of Japan Industrial Management Association Conference, Fall 2011

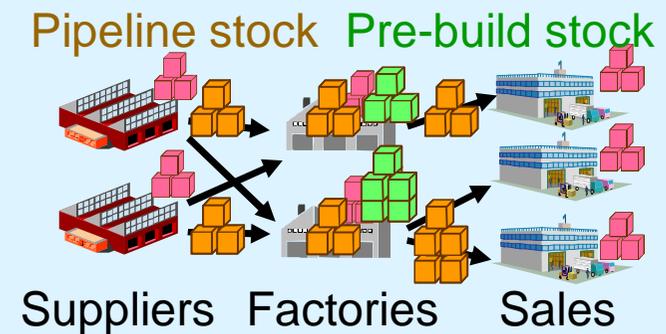
- ✓ All the four inventory classes covered
- ✓ GA based algorithm with stochastic simulation of pre-build stock quantity

## GA based algorithm with simulation

(1) Combination of safety stock locations and positions



(2) Simulation of demand, production and distribution



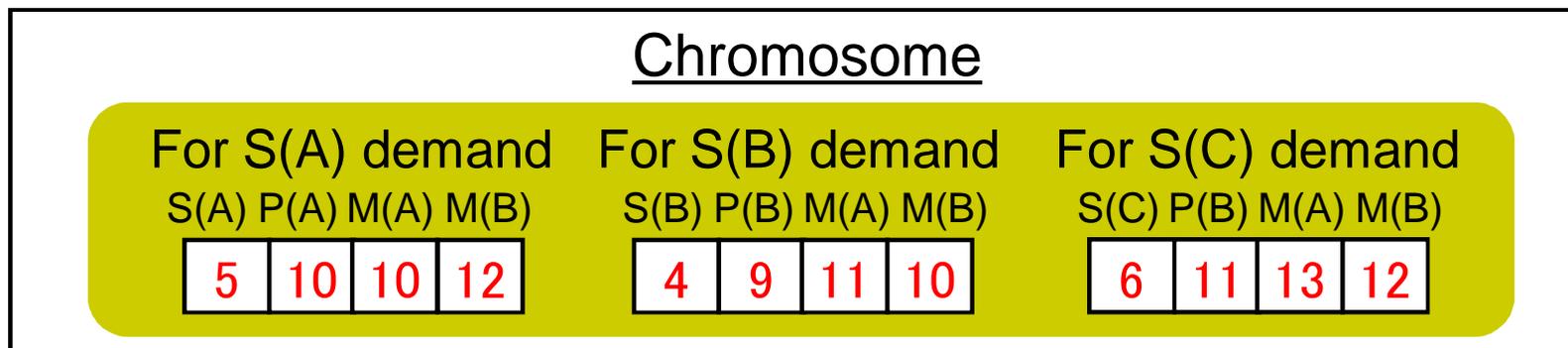
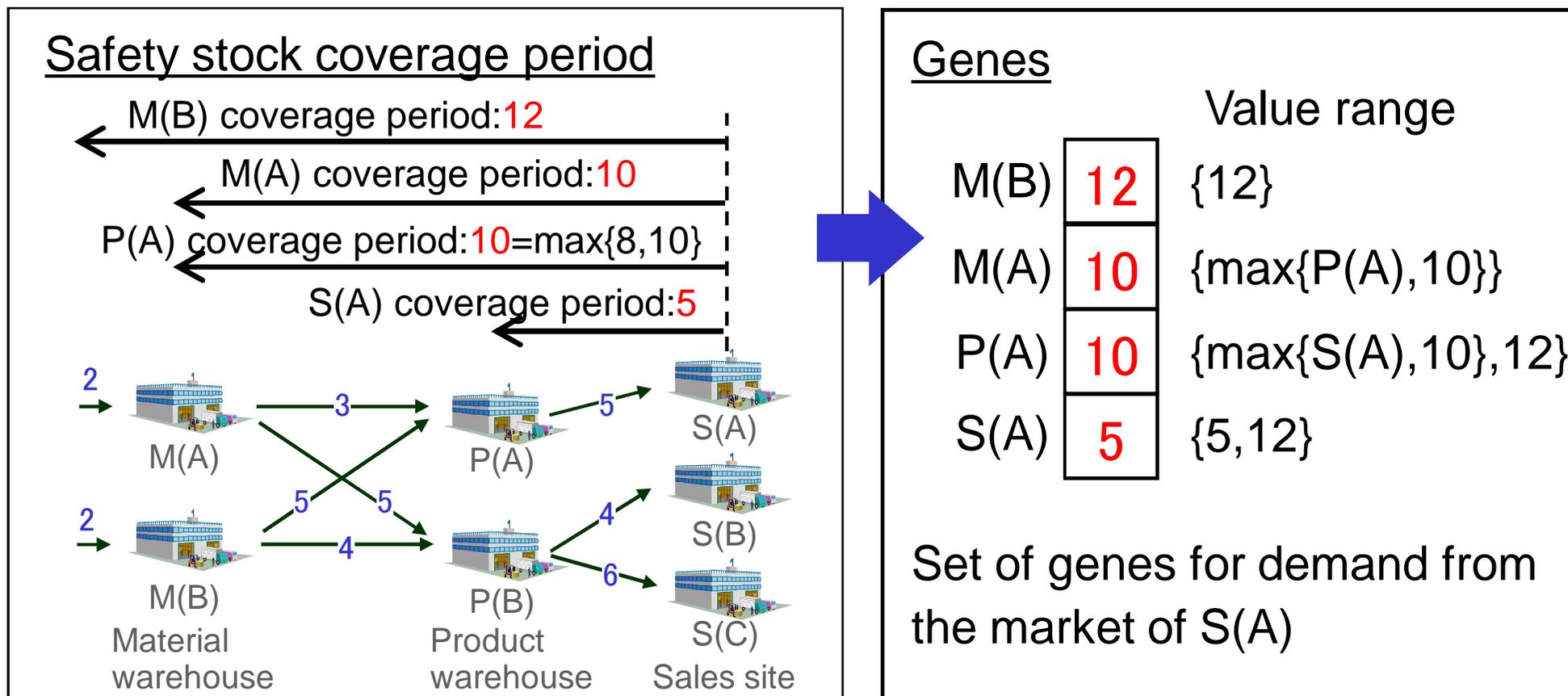
GA based search

Small enough?

Total cost  
evaluation

Stock placement solution

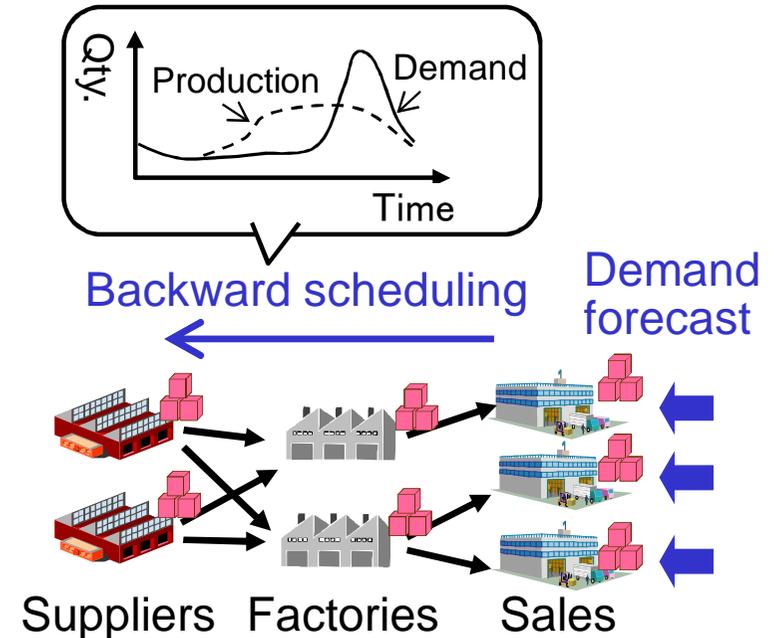
## GA 空間でのSafety Stock配置の表現



## ● シミュレーション処理

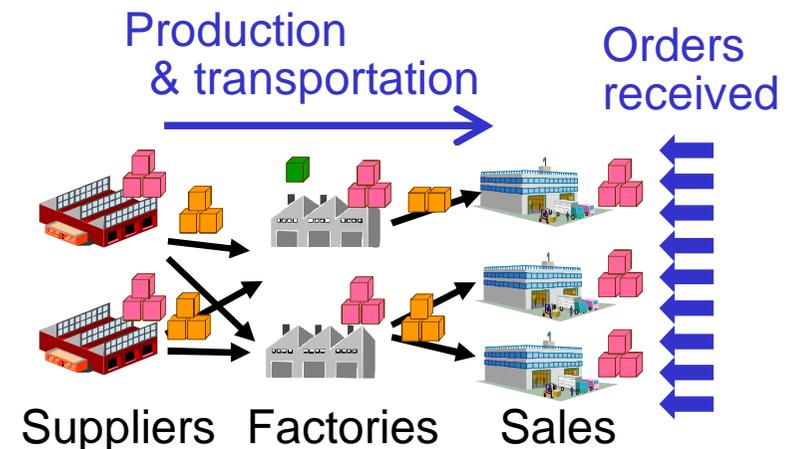
### (1) Generate Production Schedule

- ✓ Backward scheduling according to demand and safety stock setting
- ✓ Leveling production under capacity constraints

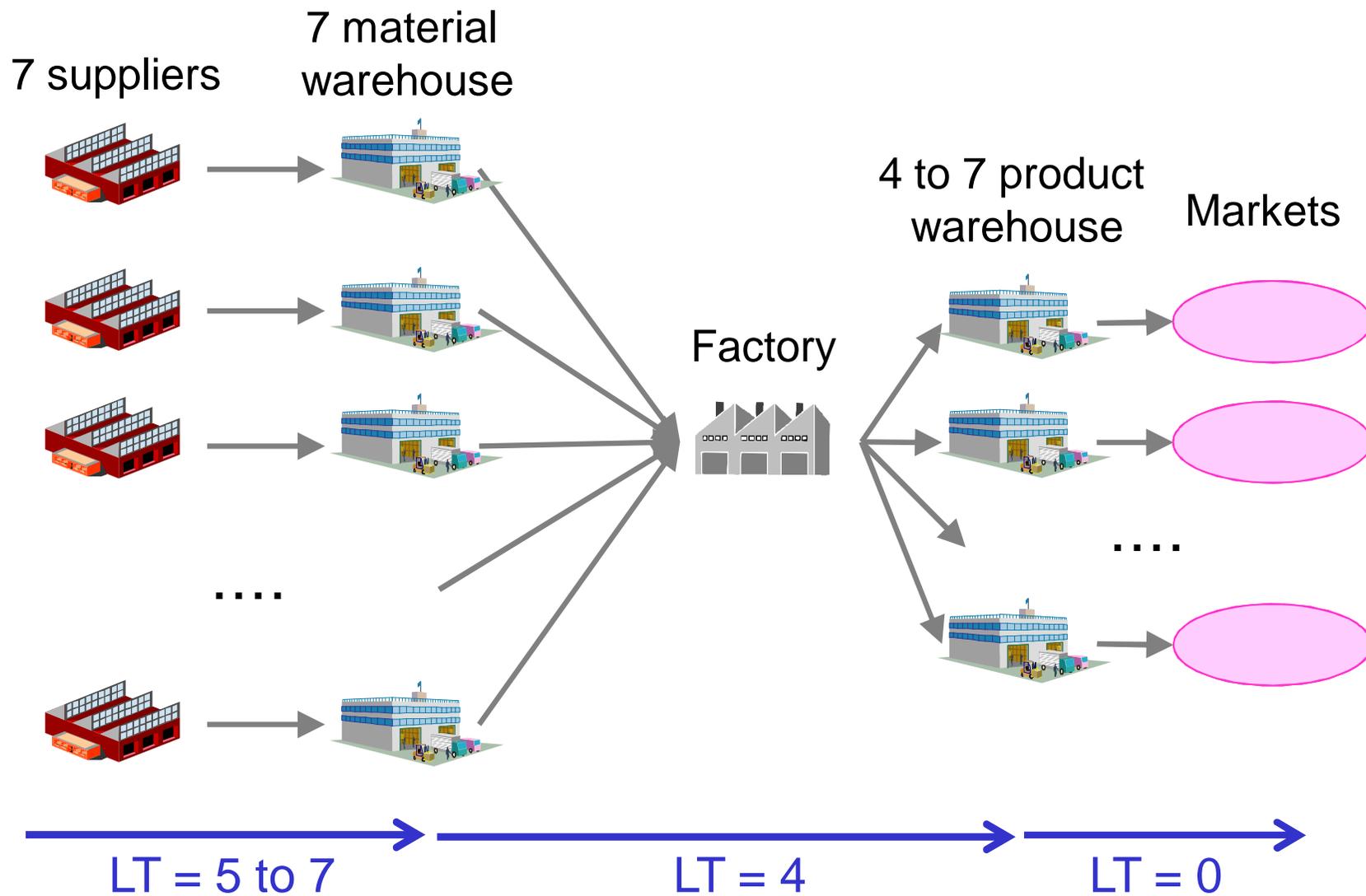


### (2) Production and transportation simulation

- ✓ Generate orders (stochastic)
- ✓ If orders exceeds scheduled production volume, orders are satisfied by safety stock and replenishment orders are released to upstream stage.



## ● サプライチェーン構成

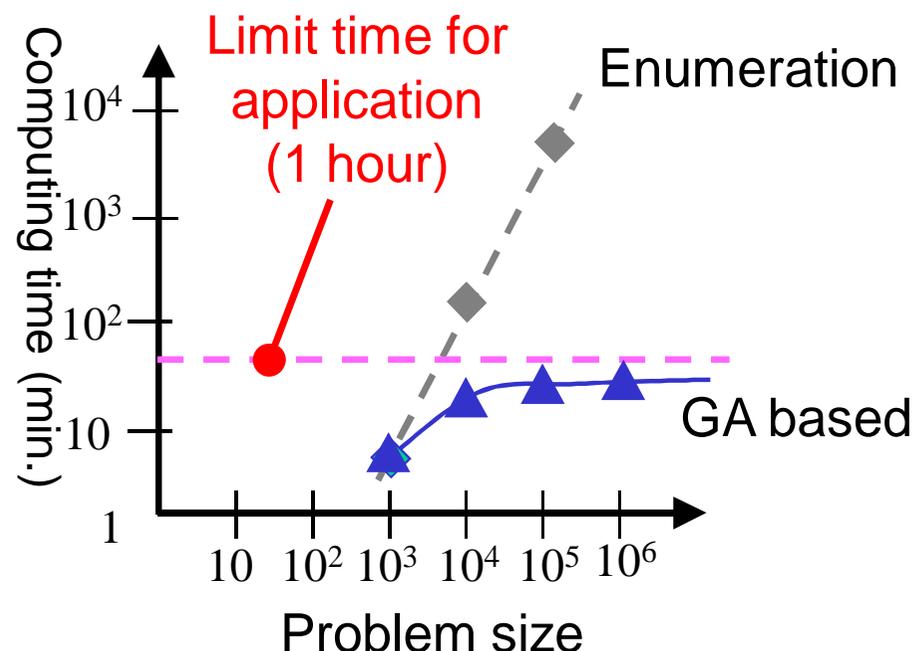


## ● 実験結果

- ✓ Hardware: Dual-Core AMD Opteron 2.8GHz with 32GB RAM
- ✓ Time to reach 5%-near optimal solution
- ✓ Average of 1000 simulation samples

Table. Computing time (min.)

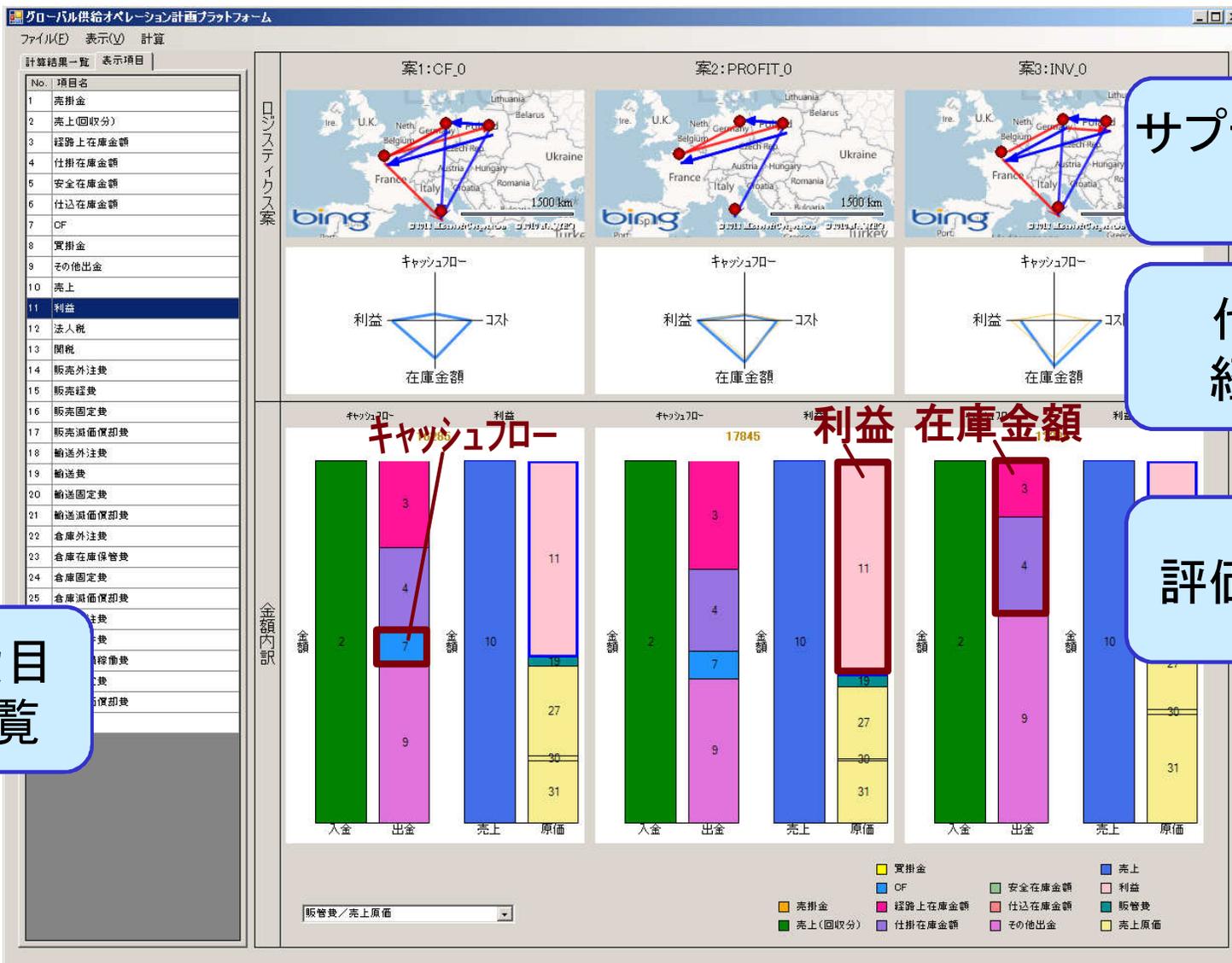
Problem size*	Enumeration	GA based
$10^3$	3	3
$10^4$	120	41
$10^5$	6,740	53
$10^6$	86,640	56



\*Problem size is number of safety stock placement patterns, i.e. number of combinations of safety stock locations and quantity.

## ● 画面イメージ

### 複数案のサプライチェーン構成、コスト構造を比較表示



サプライチェーン  
構成

代表的な  
経営指標

評価結果内訳

コスト費目  
など一覧

## ● 実践上のボトルネック

何と言ってもデータ!!

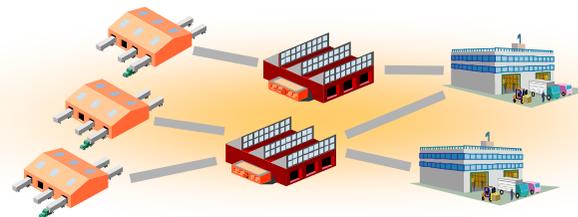
- ✓ 需要見通しのシナリオ
- ✓ サプライチェーンのパラメータ; LT、能力、サイクル...
- ✓ コストパラメータ; 製造、輸送、保管・倉庫費...
- ✓ 在庫評価; 保有コスト、在庫価値...

プロジェクト遂行時間の70%はデータ準備に費やす

## ● 最近のホットトピックス

- ✓ リスクに強いサプライチェーン
- ✓ 地域経済圏・パートナーシップを考慮したサプライチェーン戦略  
(EPA、FTA、TPP...)

- Thank you.
- ありがとうございます
- 谢谢
- 고마워요
- Merci
- Danke!



**HITACHI**  
Inspire the Next