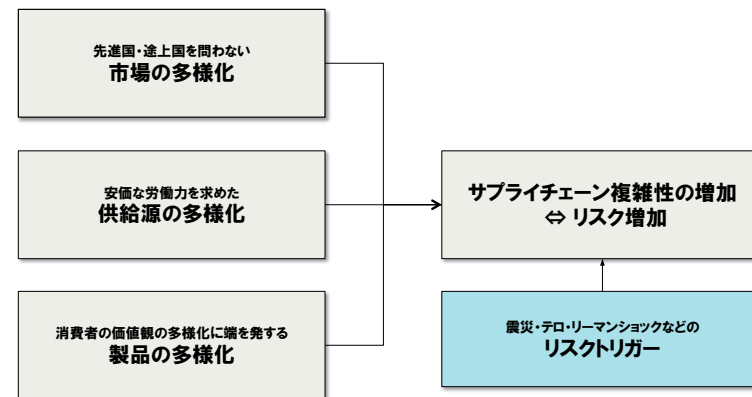


# サプライ・チェーン・リスクと バラツキの**伝**播

東京工業大学  
大学院社会理工学研究科 経営工学専攻  
鈴木 定省

(C) Sadami SUZUKI

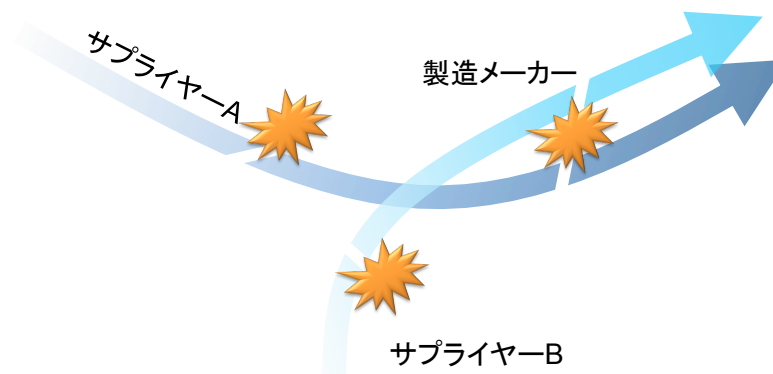
## サプライチェーンの複雑性とリスクの増加



(C) Sadami SUZUKI



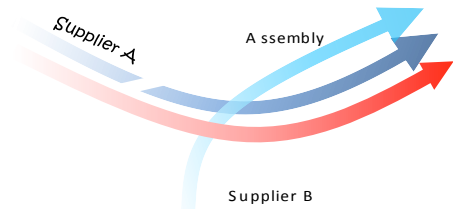
特に**合流**のあるサプライチェーンにおいては被害大



(C) Sadami SUZUKI

# 代替案を十分に用意していた企業は被害小

1. 柔軟性の高い Supply Chain
2. レジリエンシーの高い Supply Chain



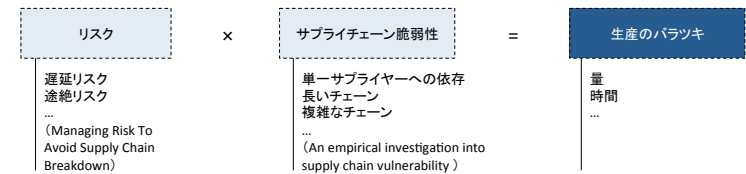
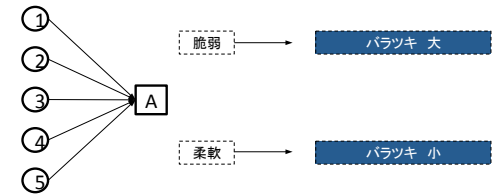
**B C P**  
business continuity plan

リスク

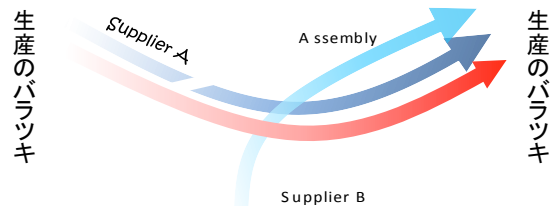
サプライチェーン  
デザイン

生産のバラツキ

**RISK**



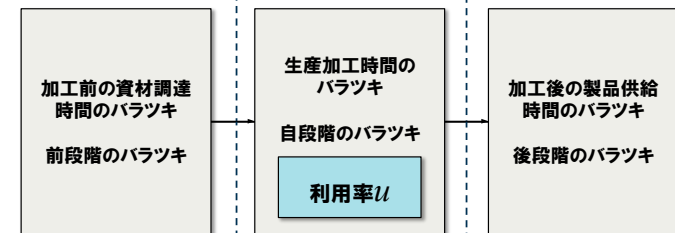
- リスク生起
- サプライチェーンデザイン
- バラツキの伝播



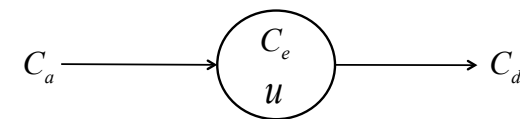
**合流**や**代替案(選択肢の幅)**

を持つことの効果を**生産のバラツキ**の観点から定量化

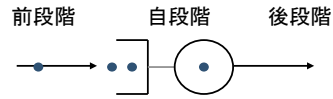
## Factory Physics



$$\text{バラツキ: 変動係数} = \frac{\text{標準偏差}}{\text{平均値}}$$



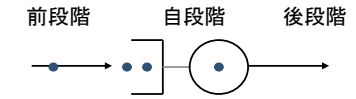
# 3種類のバラツキ



$$C_d^2 = u^2 C_e^2 + (1 - u^2) C_a^2$$



# 利用率・負荷率



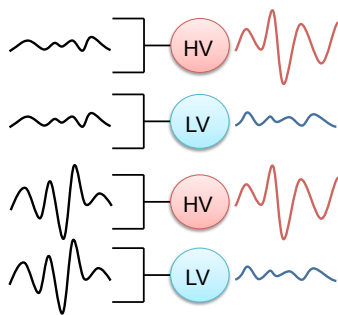
$$C_d^2 = u^2 C_e^2 + (1 - u^2) C_a^2$$

$$u \quad (0 \leq u \leq 1)$$

$$\text{利用率・負荷率} = \frac{\text{負荷 (Loading)}}{\text{キャパシティ (Capacity)}}$$

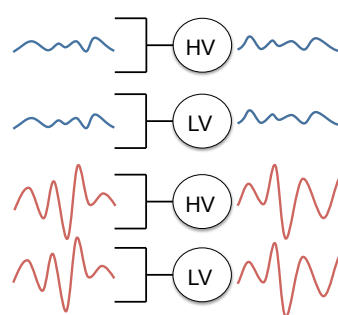
$$C_d^2 = u^2 C_e^2 + (1 - u^2) C_a^2$$

利用率が**高い**場合



**自**段階に依存したバラツキの伝播

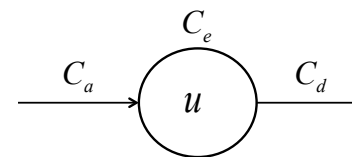
利用率が**低い**場合



**前**段階に依存したバラツキの伝播

## Factory Physics:直列型モデル

Factory Physicsにおけるバラツキの伝播式:直列型モデル



【パラメータ】

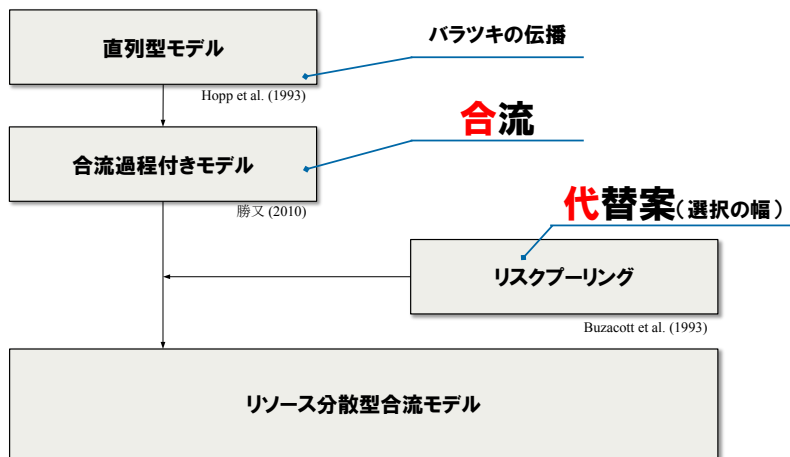
- $C_a$  ... 前工程からのバラツキ (調達)
- $C_e$  ... 自工程のバラツキ (生産)
- $u$  ... 自工程の利用率 (負荷率)
- $C_d$  ... 後工程へのバラツキ (供給)

$$C_d^2 = u^2 C_e^2 + (1 - u^2) C_a^2$$

← サプライチェーンデザイン(合流・代替案)

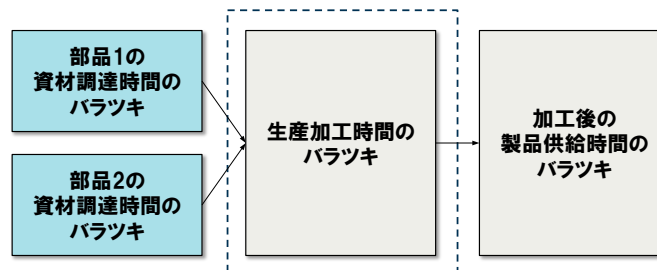
リソース分散型合流モデル

## モデル概要

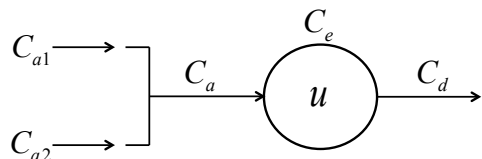


## 合流過程付きモデル

### 2つのサプライヤーからの合流を想定



## 合流過程付きモデル



前段階のバラツキ  $C_a$  は部品1・部品2それぞれから等しく影響を受ける

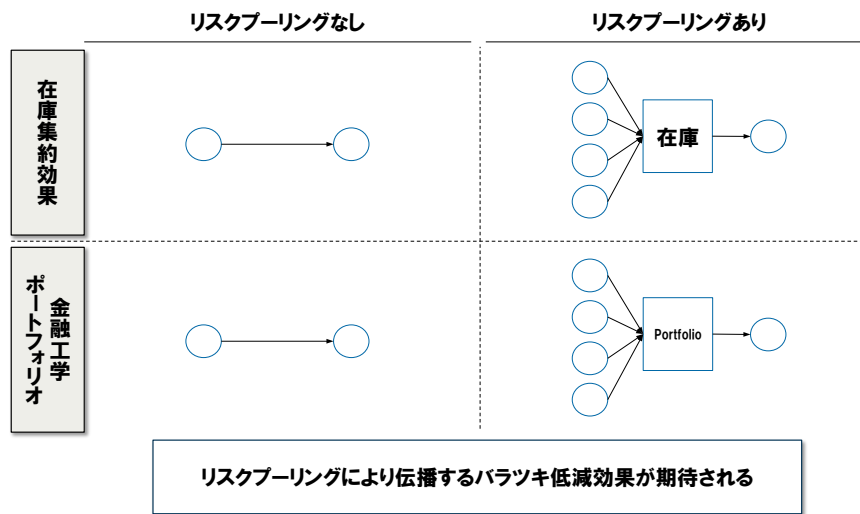
$$C_a = \frac{C_{a1} + C_{a2}}{2}$$

直列型モデルへ代入

$$C_d^2 = u^2 C_e^2 + (1-u^2) C_a^2$$

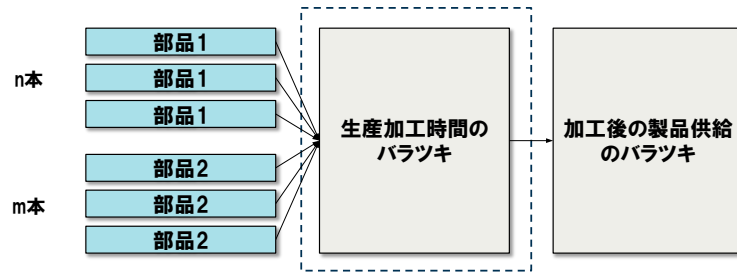
$$C_d^2 = u^2 C_e^2 + (1-u^2) \frac{(C_{a1} + C_{a2})^2}{4}$$

## リスクプーリングによるバラツキ低減



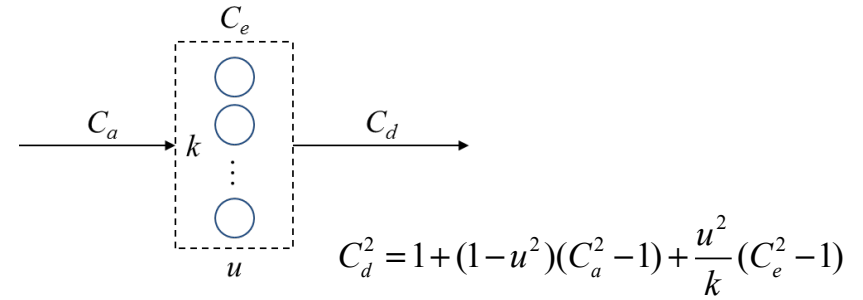
## リソース分散型合流モデル

合流過程付きモデルに対し  
それぞれのサプライヤーに代替案を確保した場合を想定



(C) Sadami SUZUKI

## 自段階マルチライン化によるリスクプーリング



自段階代替案によるリスクプーリング効果

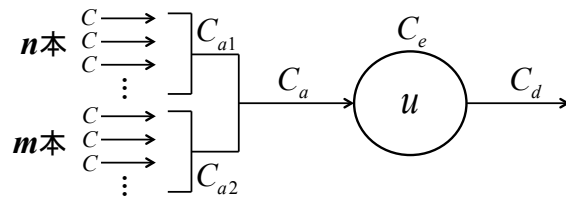
$$C_e^{(k)} = \sqrt{1 + \frac{1}{k}(C_e^2 - 1)}$$

**前段階における代替案・リソース分散(選択の幅)に援用**

Buzacott et al. (1993) "Stochastic Models of Manufacturing Systems"

(C) Sadami SUZUKI

## リソース分散型合流モデル



部品1・部品2それぞれでリスクプーリングが働く

$$C_{a1} = \sqrt{1 + \frac{1}{n}(C^2 - 1)} \quad C_{a2} = \sqrt{1 + \frac{1}{m}(C^2 - 1)}$$

合流過程付きモデルに代入

$$C_d^2 = u^2 C_e^2 + (1 - u^2) \frac{(C_{a1} + C_{a2})^2}{4}$$

$$C_d^2 = u^2 C_e^2 + \frac{(1 - u^2)}{4} \left( \sqrt{1 + \frac{1}{n}(C^2 - 1)} + \sqrt{1 + \frac{1}{m}(C^2 - 1)} \right)^2$$

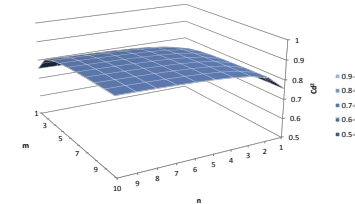
(C) Sadami SUZUKI

## 数値によるリスクプーリングの効果の視覚化

リソース分散型合流モデル

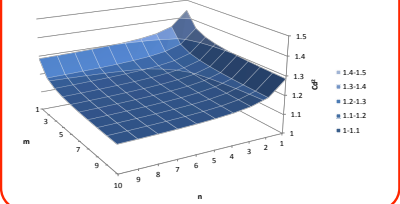
$$C_d^2 = u^2 C_e^2 + \frac{(1 - u^2)}{4} \left( \sqrt{1 + \frac{1}{n}(C^2 - 1)} + \sqrt{1 + \frac{1}{m}(C^2 - 1)} \right)^2$$

① 前段階のバラツキ: 小



震災時...

② 前段階のバラツキ: 大



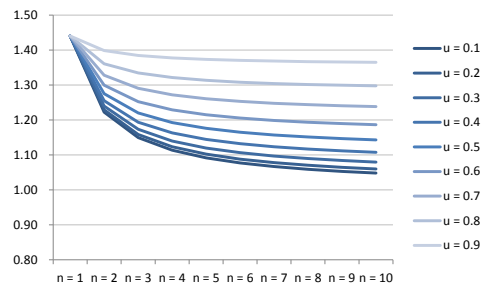
**高不確実性(バラツキ:大)環境下ではリソース分散の効果も大きい**

(C) Sadami SUZUKI

## 利用率の影響

### リソース分散型合流モデル

$$C_d^2 = u^2 C_e^2 + \frac{(1-u^2)}{4} \left( \sqrt{1 + \frac{1}{n}(C^2 - 1)} + \sqrt{1 + \frac{1}{m}(C^2 - 1)} \right)^2$$



ただし、利用率が高いとリスクプーリング効果は薄まってしまう

(C) Sadami SUZUKI

## 考察: 日本的生産方式の強みと課題

日本的  
生産方式

- 絶え間ない**改善活動**
- 強力な**現場力・ヒューマンウェア**

$C_e^2 \downarrow$   
改善を繰り返し、  
工程のバラツキを  
徹底的に削減

### リソース分散型合流モデル

$$C_d^2 = u^2 C_e^2 + \frac{(1-u^2)}{4} \left( \sqrt{1 + \frac{1}{n}(C^2 - 1)} + \sqrt{1 + \frac{1}{m}(C^2 - 1)} \right)^2$$

$C_e^2 \downarrow$   
各種改善活動  
により自段階の  
バラツキを徹底的  
に削減

$u \uparrow$   
自段階能力の  
徹底活用

$1-u^2 \downarrow$   
利用率UPに基づく  
後段階への  
影響低減

高負荷率を求められるリーンな体制下においても生産・供給活動は高い効率性を保持

前段階からのバラツキを減らすことが可能

(C) Sadami SUZUKI

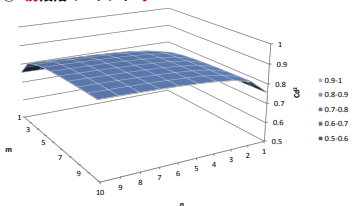
## 数値によるリスクプーリングの効果の視覚化

### リソース分散型合流モデル

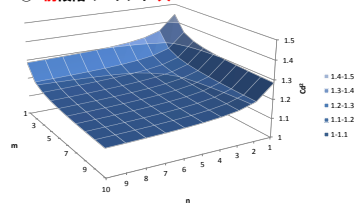
$$C_d^2 = u^2 C_e^2 + \frac{(1-u^2)}{4} \left( \sqrt{1 + \frac{1}{n}(C^2 - 1)} + \sqrt{1 + \frac{1}{m}(C^2 - 1)} \right)^2$$

### 従来型日本モデル?

① 前段階のバラツキ: 小



② 前段階のバラツキ: 大



定常状態(バラツキ: 小)下ではリソース分散は**逆効果**

(C) Sadami SUZUKI

## 考察: 日本的生産方式の強みと課題

### リソース分散型合流モデル

$$C_d^2 = u^2 C_e^2 + \frac{(1-u^2)}{4} \left( \sqrt{1 + \frac{1}{n}(C^2 - 1)} + \sqrt{1 + \frac{1}{m}(C^2 - 1)} \right)^2$$

市場の多様化

供給源の多様化

製品の多様化

$C_e^2 \downarrow$   $1-u^2 \downarrow$   
自身の改善活動で  
賅い得る範囲を  
超える複雑性の存在

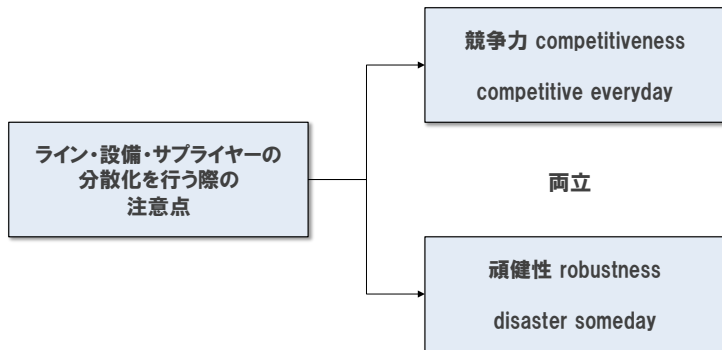
$C$   
外部からの  
バラツキ

$n, m \uparrow$   
代替案の確保による  
リスクヘッジ

複雑性・不確実性が増し、バラツキの拡大する現在の経営環境において、  
**リスクヘッジ**の必要性大

(C) Sadami SUZUKI

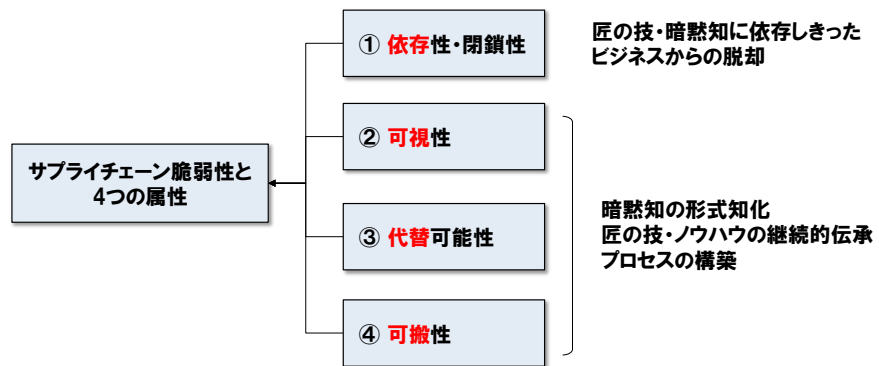
## サプライチェーン構築における競争力と頑健性のバランス



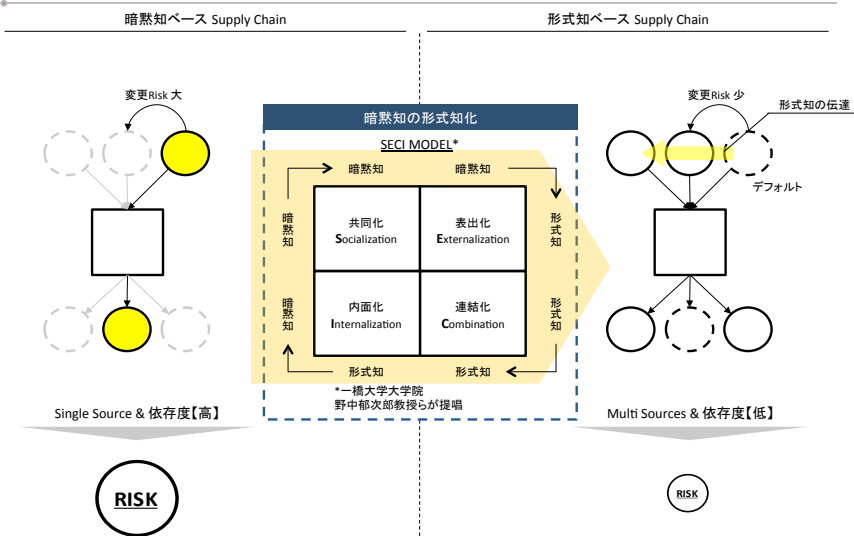
日々の**競争環境**に打ち勝つ体制



## サプライチェーン脆弱性と4つの属性



## リスクヘッジ手法としての暗黙知の形式知化【SECI MODEL】



## 個社でサプライヤーを増やすことは難しい。SC全体での取り組みが必要

