

1. 授業内容と目標および生産システムの概念と  
生産システムでの意思決定の科学

2. 意思決定問題の認識と定義のための方法

2.1 合理性と意思決定規則

**2.2 問題発見と問題定義のためのシステムズアプローチ**

2.2.1 ISM法

2.2.2 機能構造化モデルリングーIDEFO

2.2.3 その他の方法

[1] 古典的手法

[2] マインドマップ (Mind Map)

[3] TRIZ

[4] KANO法

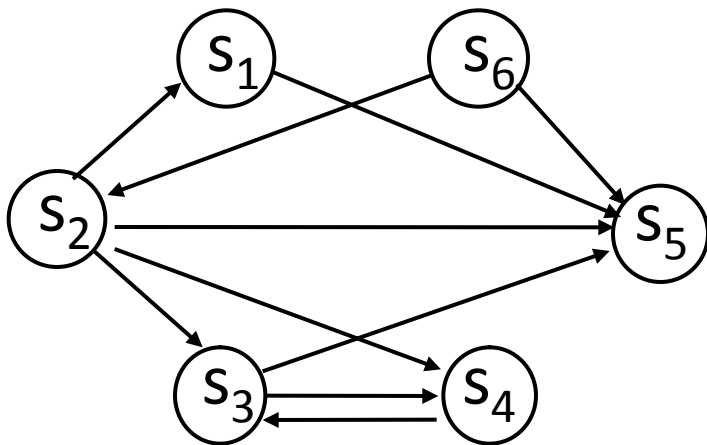
[5] 品質機能展開 (QFD; Quality Function Deployment)

# 構造化モデリング手法 (ISM法)

Interpretive Structure Modeling, by Warfield

システム要素( $s_i, s_j$ )間に関係; R  
⇒ 二項関係;  $s_i R s_j$

有向グラフ表現(→)



Digraph

行列表現(有:1、無:0)

$$\mathbf{A} = \begin{matrix} & \begin{matrix} S_1 & S_2 & S_3 & S_4 & S_5 & S_6 \end{matrix} \\ \begin{matrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \\ S_5 \\ S_6 \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

随伴行列

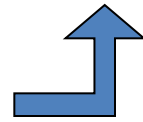
# 随伴行列から可到達行列の導出

随伴行列

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} s_1 & s_2 & s_3 & s_4 & s_5 & s_6 \end{matrix} \\ \begin{matrix} s_1 \\ s_2 \\ s_3 \\ s_4 \\ s_5 \\ s_6 \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

I: 単位行列

$A+I =$



$$\begin{matrix} & \begin{matrix} s_1 & s_2 & s_3 & s_4 & s_5 & s_6 \end{matrix} \\ \begin{matrix} s_1 \\ s_2 \\ s_3 \\ s_4 \\ s_5 \\ s_6 \end{matrix} & \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{pmatrix} \end{matrix}$$



$$\begin{matrix} & \begin{matrix} s_1 & s_2 & s_3 & s_4 & s_5 & s_6 \end{matrix} \\ \begin{matrix} s_1 \\ s_2 \\ s_3 \\ s_4 \\ s_5 \\ s_6 \end{matrix} & \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & \boxed{1} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ \boxed{1} & 1 & \boxed{1} & \boxed{1} & 1 & 1 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

可到達行列

ブル演算(二値演算)

$$1+1=1 \quad 1 \times 1=1$$

$$1+0=1 \quad 1 \times 0=0$$

$$0+0=0 \quad 0 \times 0=0$$

$$T = (A+I)^2 = (A+I)^3 \neq (A+I)$$

# 随伴行列と可到達行列の意味

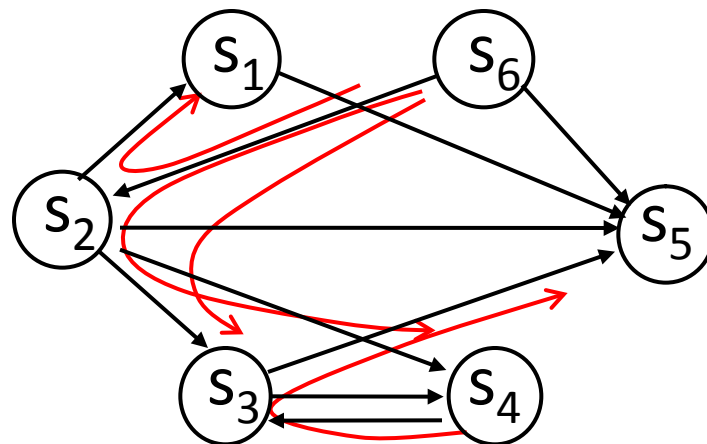
$$\begin{aligned} \mathbf{T} &= (\mathbf{A} + \mathbf{I})^2 = \\ &= (\mathbf{A} + \mathbf{I})^3 \\ &\neq \mathbf{A} + \mathbf{I} \end{aligned}$$

	$s_1$	$s_2$	$s_3$	$s_4$	$s_5$	$s_6$
$s_1$	1	0	0	0	1	0
$s_2$	1	1	1	1	1	0
$s_3$	0	0	1	1	1	0
$s_4$	0	0	1	1	1	0
$s_5$	0	0	0	0	1	0
$s_6$	1	1	1	1	1	1

$$\mathbf{A} = \begin{matrix} & \begin{matrix} s_1 & s_2 & s_3 & s_4 & s_5 & s_6 \end{matrix} \\ \begin{matrix} s_1 \\ s_2 \\ s_3 \\ s_4 \\ s_5 \\ s_6 \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

直接的な遷移状態

推移性を認めた遷移状態  
( $p=2$ は最大パス)



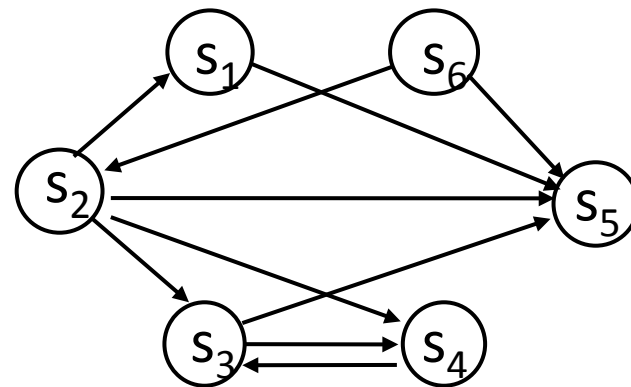
# グラフの階層関係(レベル分割)

$$T=(A+I)^2=$$

	$s_1$	$s_2$	$s_3$	$s_4$	$s_5$	$s_6$
$s_1$	1	0	0	0	1	0
$s_2$	1	1	1	1	1	0
$s_3$	0	0	0	1	1	0
$s_4$	0	0	1	1	1	0
$s_5$	0	0	0	0	1	0
$s_6$	1	1	1	1	1	1

$R_i$  (可到達、ヘデイク)

$A_i$  (先行、ニハイツテクル)



# グラフの階層関係 (レベル分割)(1)

	$s_1$	$s_2$	$s_3$	$s_4$	$s_5$	$s_6$
$s_1$	1	0	0	0	1	0
$s_2$	1	1	1	1	1	0
$s_3$	0	0	0	1	1	0
$s_4$	0	0	1	1	1	0
$s_5$	0	0	0	0	1	0
$s_6$	1	1	1	1	1	1

Identifying process of the 1st level elements

要素 $s_i$	$R_i$	$A_i$	$R_i \cap A_i$	$R_i \cap A_i = R_i$
1	1,5	1,2,6	1	
2	1,2,3,4,5	2,6	2	
3	3,4,5	2,3,4,6	3,4	
4	3,4,5	2,3,4,6	3,4	
5	5	1,2,3,4,5,6	5	Y
6	1,2,3,4,5,6	6	6	

# グラフの階層関係 (レベル分割) (2)

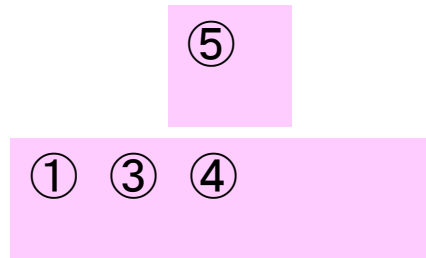
	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$	$S_5$	$S_6$
$S_1$	1	0	0	0	1	0
$S_2$	1	1	1	1	1	0
$S_3$	0	0	0	1	1	0
$S_4$	0	0	1	1	1	0
$S_5$	0	0	0	0	1	0
$S_6$	1	1	1	1	1	1

Identifying process of the 2nd level elements

要素 $S_i$	$R_i$	$A_i$	$R_i \cap A_i$	$R_i \cap A_i = R_i$
1	1	1, 2, 6	1	Y
2	1, 2, 3, 4	2, 6	2	
3	3, 4	2, 3, 4, 6	3, 4	Y
4	3, 4	2, 3, 4, 6	3, 4	Y
6	1, 2, 3, 4, 6	6	6	

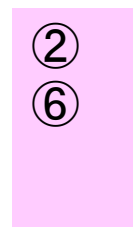
⑤

# グラフの階層関係 (レベル分割) (3)



Identifying process of the 3rd level elements

要素 $S_i$	$R_i$	$A_i$	$R_i \cap A_i$	$R_i \cap A_i = R_i$
2	2	2, 6	2	Y
6	2, 6	6	6	





# グラフの階層関係 (レベル内分割)

	要素 $S_i$	$R_i$	$R_{L_i}$
⑤	1	1, 5	1 (離散)
① ③ ④	2	1, 2, 3, 4, 5	2
	3	3, 4, 5	3, 4 (強連結)
②	4	3, 4, 5	3, 4 (強連結)
⑥	5	5	5
	6	1, 2, 3, 4, 5, 6	6

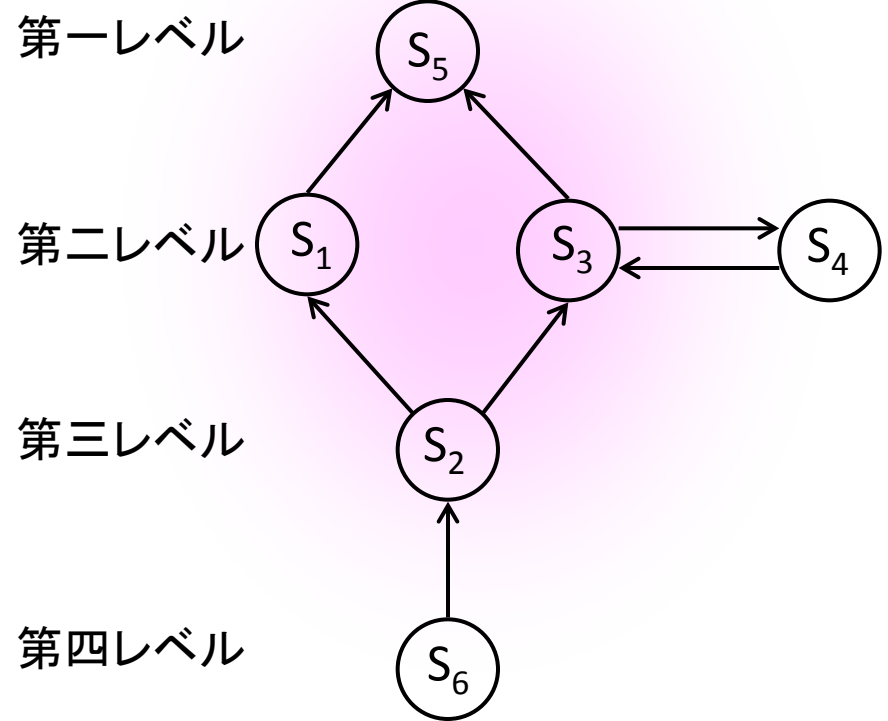
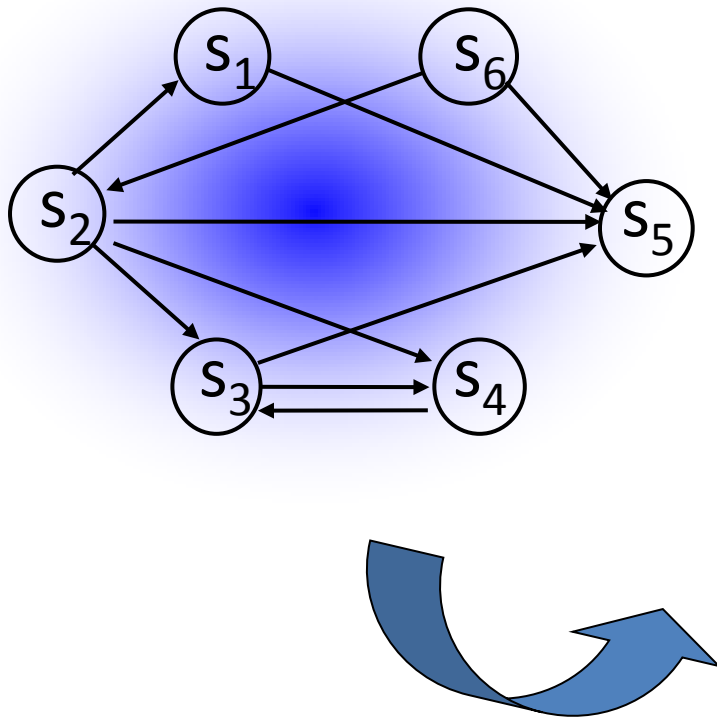
①

③ ④

$R_{Lk}(S_i) = S_i$  : 離散

$R_{Lk}(S_i) \neq S_i$  : 強連結

# 視覚(階層構造)化の効果



ISM structural graph

# ISMの特徴

- ① 問題を明確にするために、多人数の知恵を集める必要がある参加型のシステム
- ② ブレインストーミング等で得られた内容を定性的方法で構造化し、結果を視覚的(階層構造)に示すシステム
- ③ 手法としては、アルゴリズム的であり、コンピュータによるサポートを基本

# 古典的手法

## ブレインストーミング (Brain Storming)

- ・問題解決に必要な要因や手段の列挙や優先順位を見出すための手法
- ・7～8人のグループで行なうのが適当
- ・自由な発言が許された雰囲気の中で共通の問題を取り上げる。
- ・他の人の意見に触発され、新たな発想が生まれることを期待する。

## デルファイ法(アンケート収れん法)

- 同じ内容のアンケートを回答付きで繰返し行なう。
- アンケート結果を見直すことで、自分の意見や観点の自己組織化を通じて、主観的に陥り易い独断的な判断が修正され易くなる。
- 結果として客観性をとり戻した合理的な解決につながり易くなる。



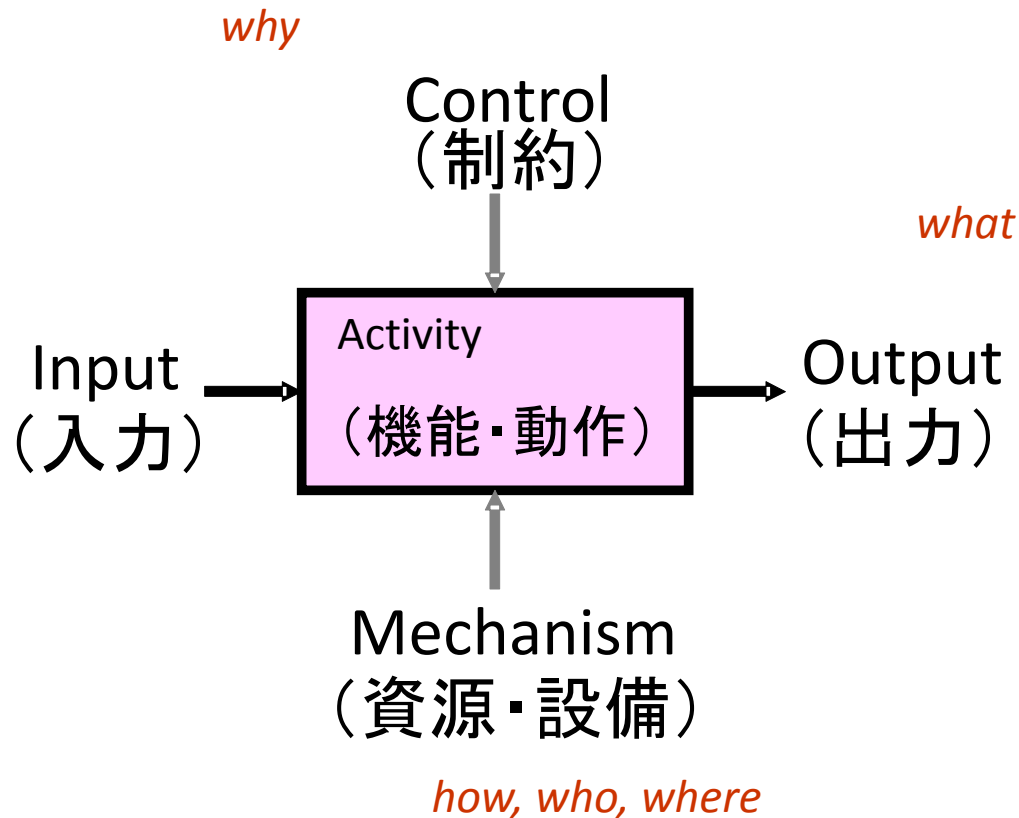
# 機能構造化モデルリング

## ー IDEF0 (Integrated DEFinition Methods)

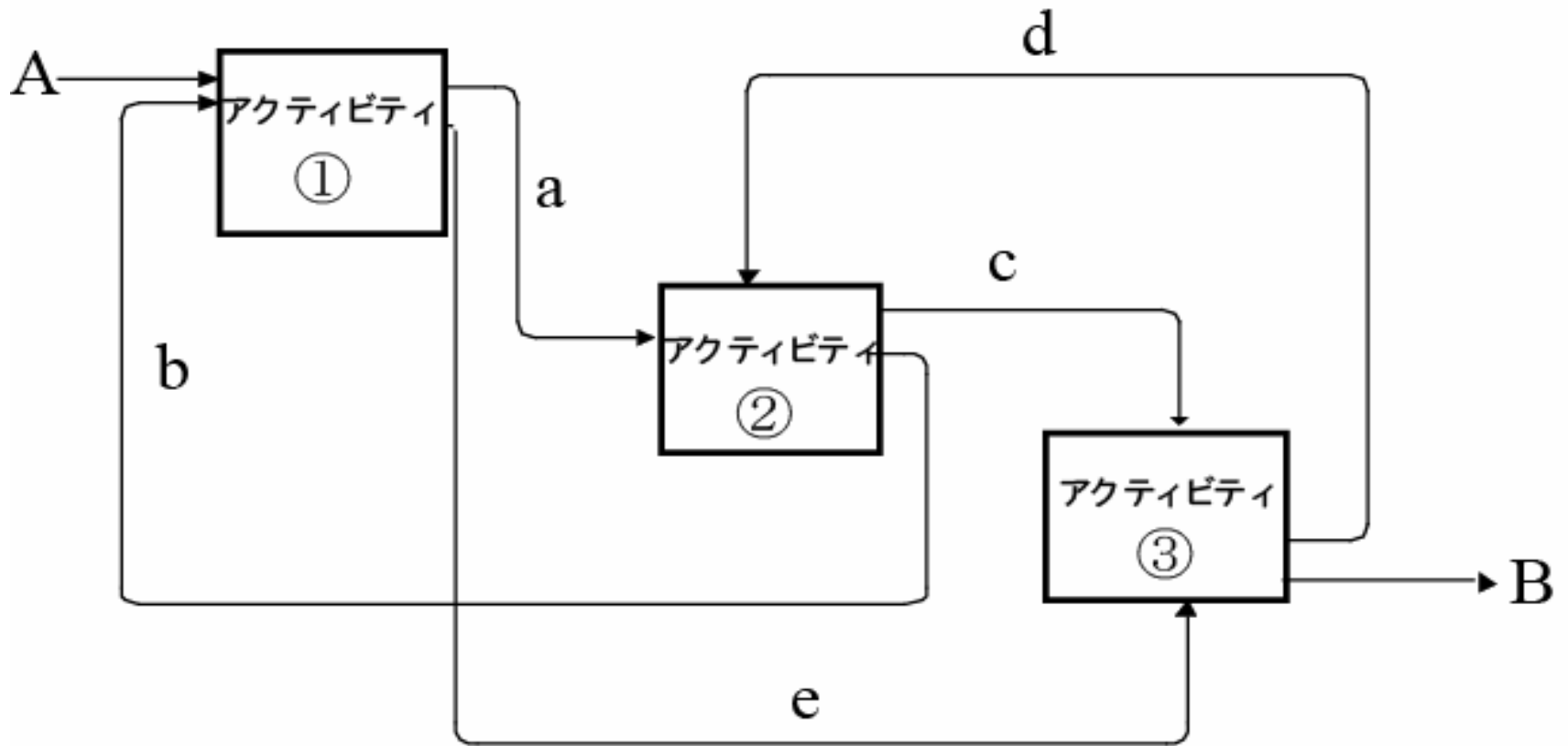
- 米国の空軍が航空機を複数のメーカーに分割して発注する際、発注仕様を標準化するために開発
- 図により見やすく、処理やデータの関連と流れを表現するのに最適
- 欧米ではCIM (Computer Integrated Manufacturing), 米国防総省の物流支援構想CALs, TQM (Total Quality Management), コンカレントエンジニアリングといった分野で利用
- CIM化や経営戦略を実践しようとする企業やコンサルタント会社で広く使用
- 大学などでは、より発展させた形で動的な評価まで行えるような手法の開発
- 国際標準化機構 (ISO) の技術委員会では、標準化作業に使う共通言語として IDEF0 や IDEF1X がよく利用

# IDEF0の基本単位

## 1つの箱と4つの矢印

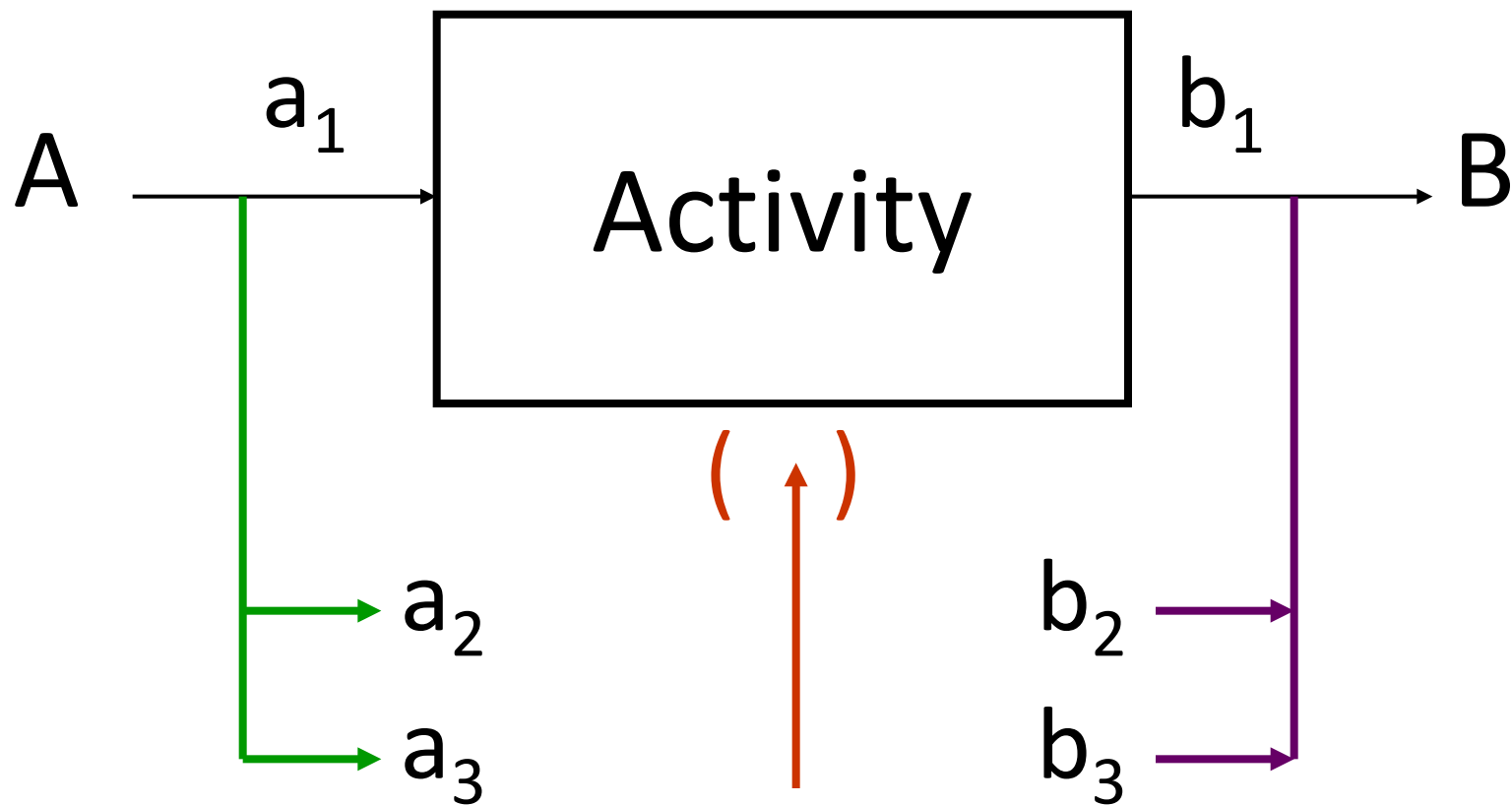


# 矢印の分類

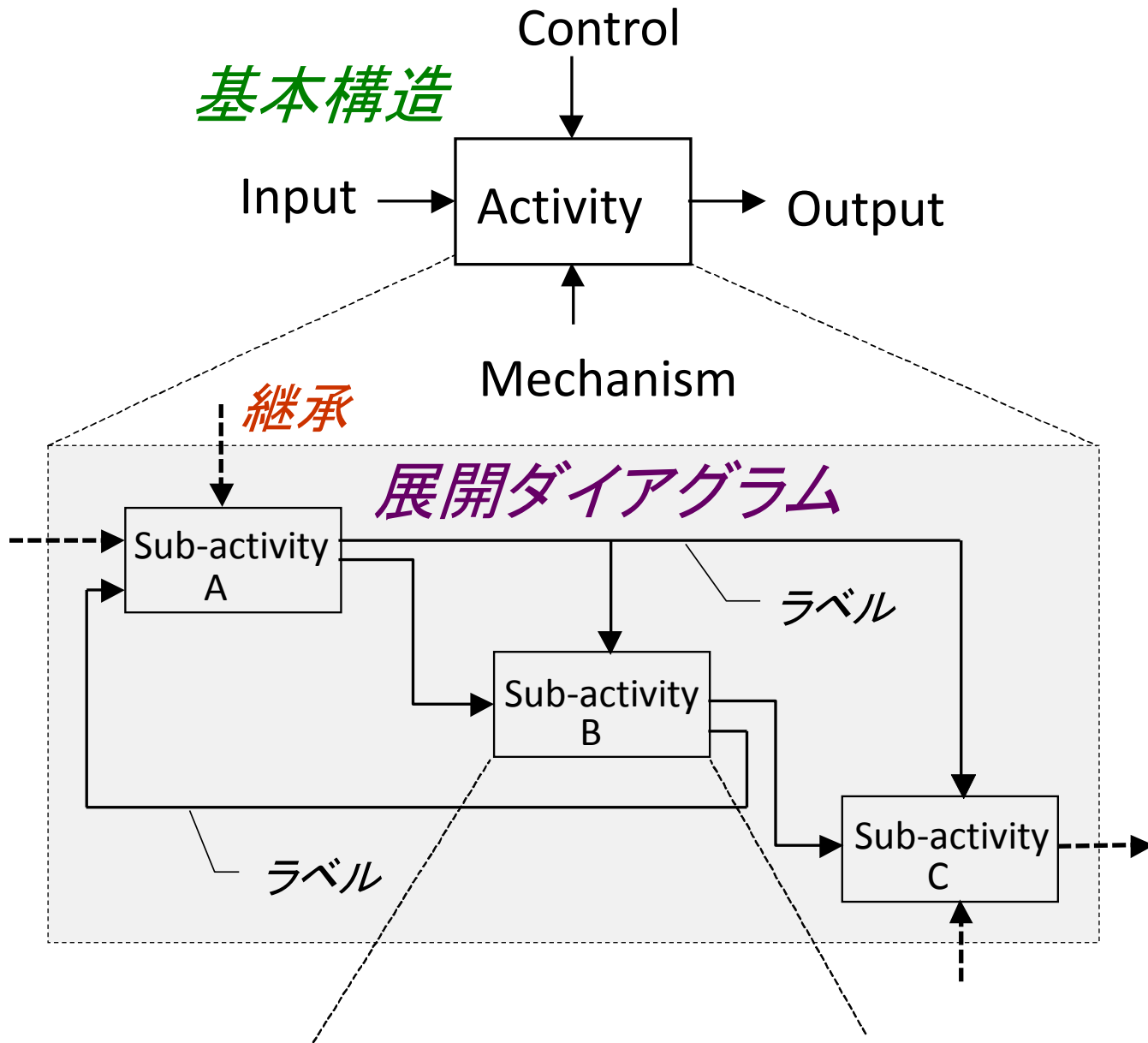


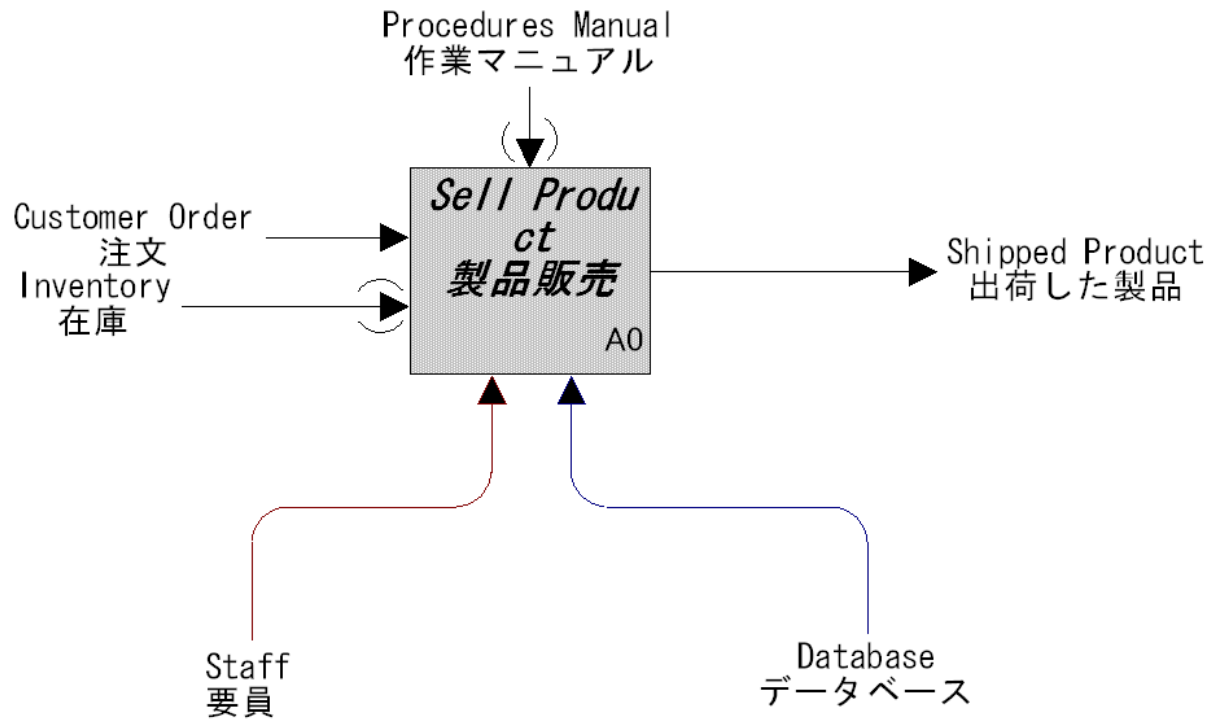
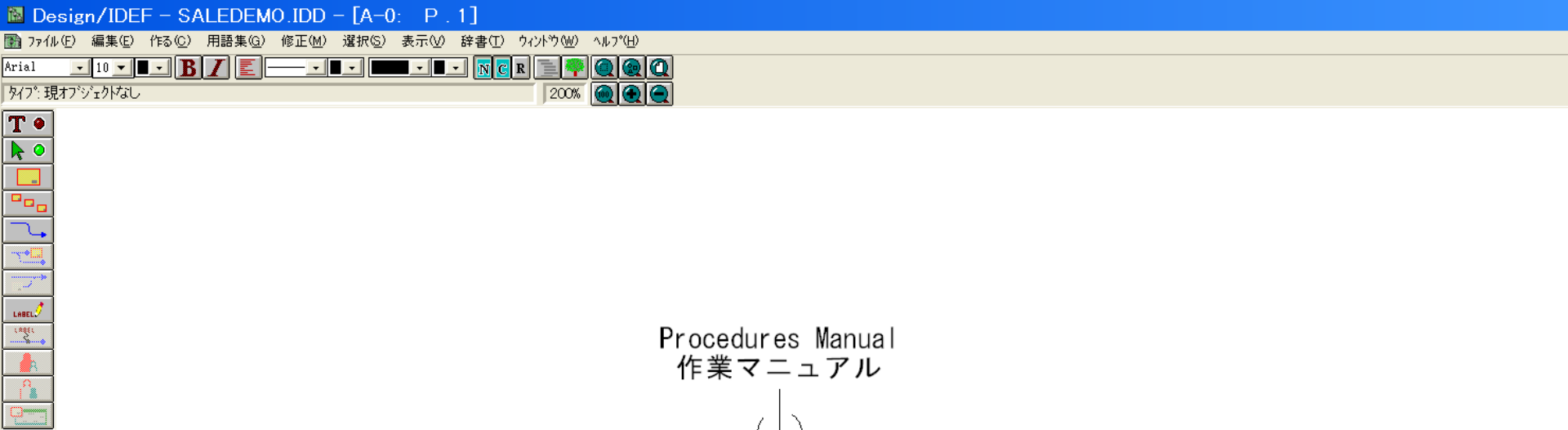


# 矢印の分岐, 合流およびトンネル化



# ダイアグラムの階層化

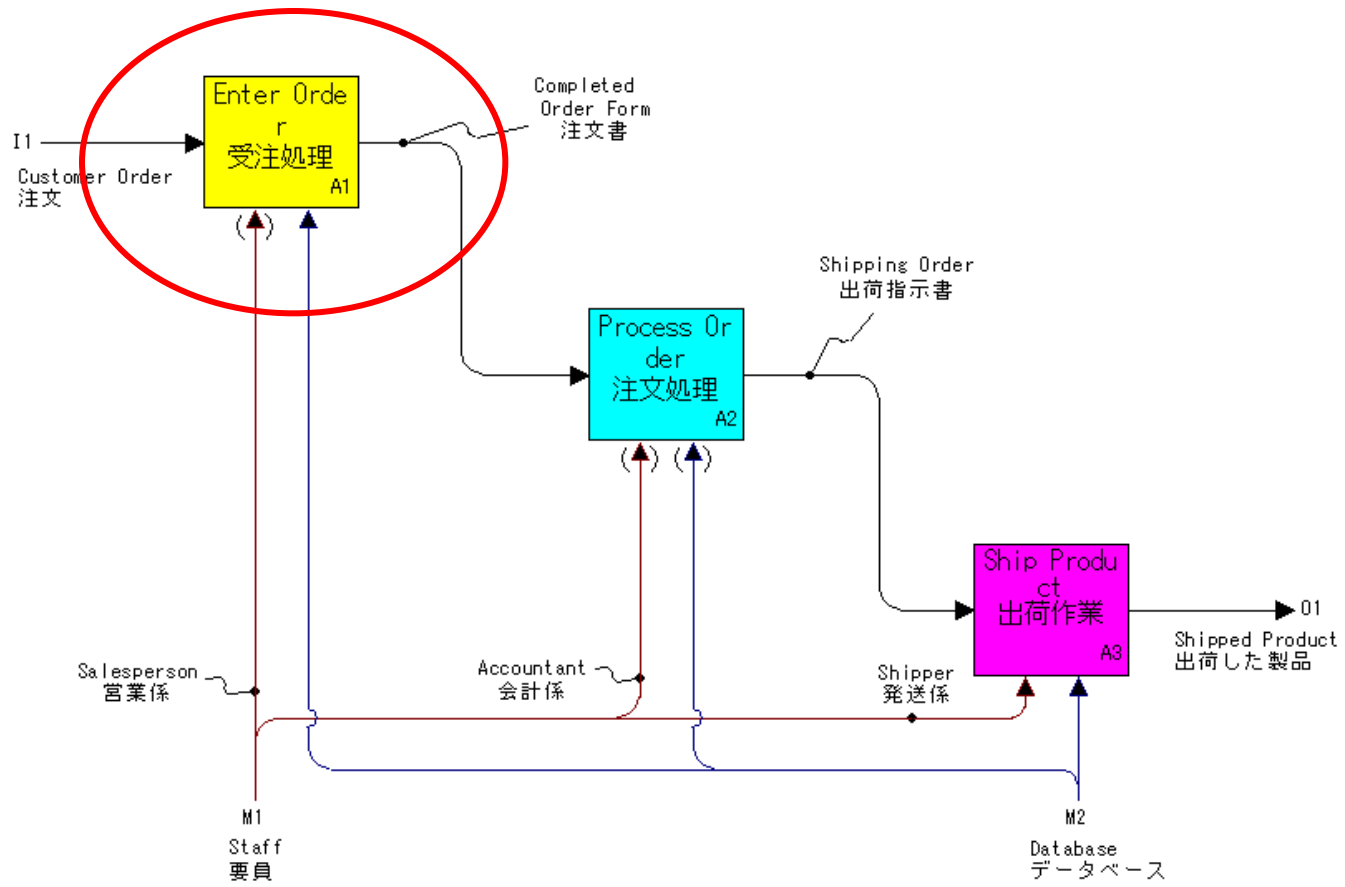


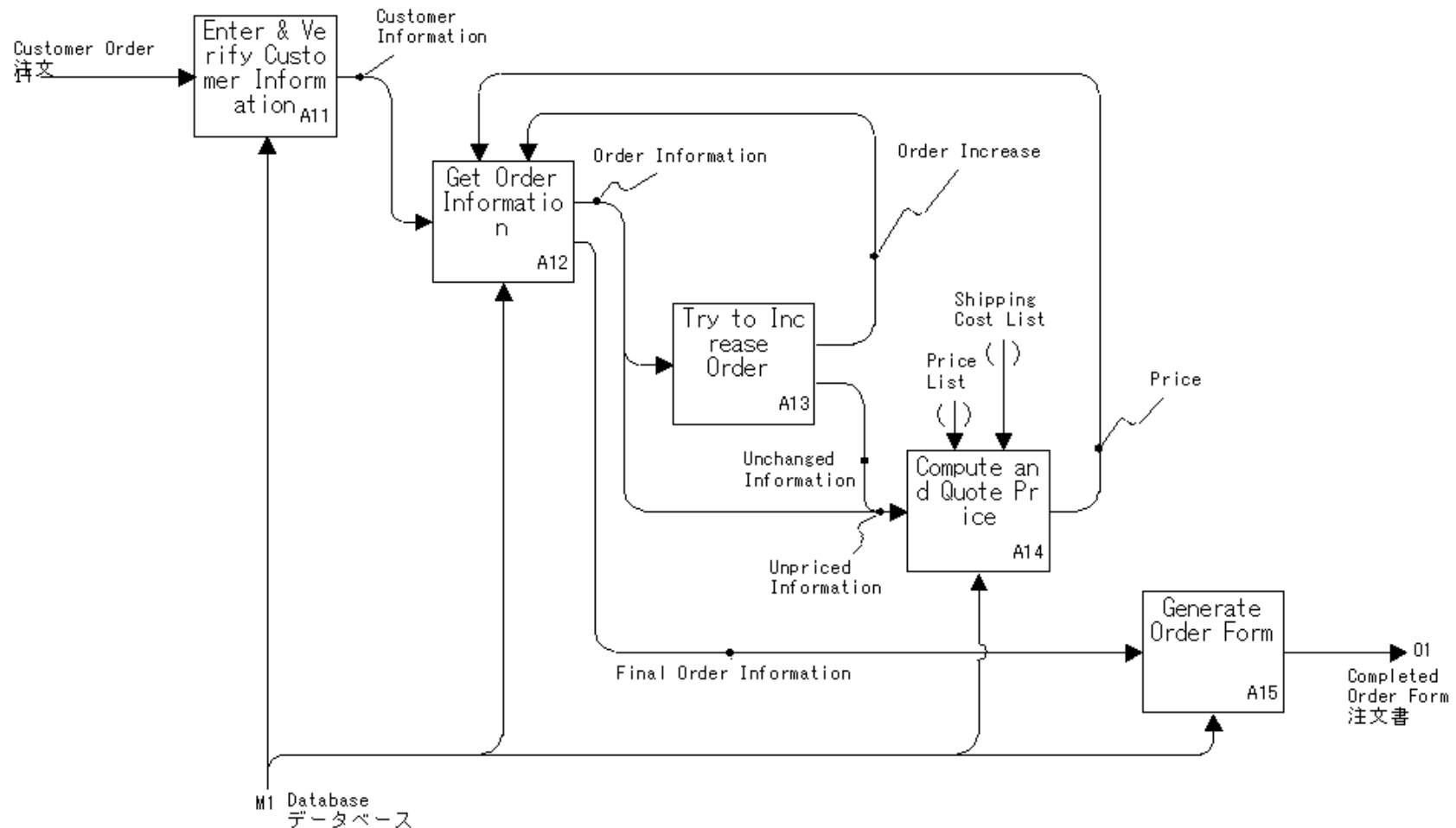
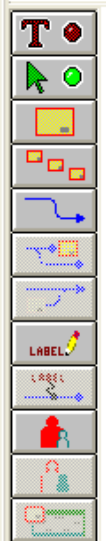


Purpose: Document structure of a sales order processing department for use in identifying areas of inefficiency.

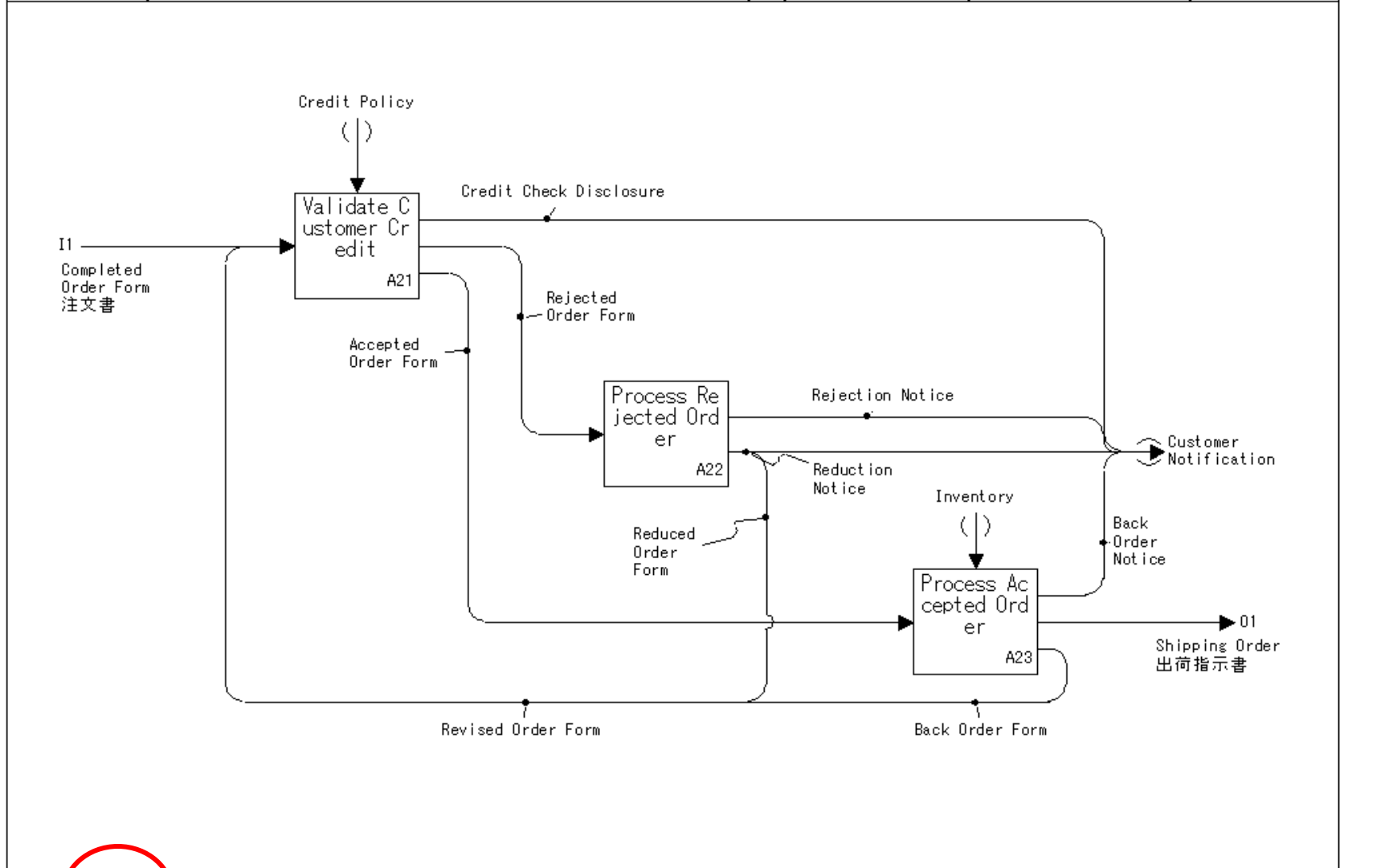
Viewpoint: The department manager.

USED AT:	AUTHOR: John Charles Mann	DATE: 08/05/29	x	WORKING	READER	DATE	CONTEXT:
	PROJECT: Sales Order Model	REV: 1.0		DRAFT			-
	NOTES: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10			RECOMMENDED			
				PUBLICATION			





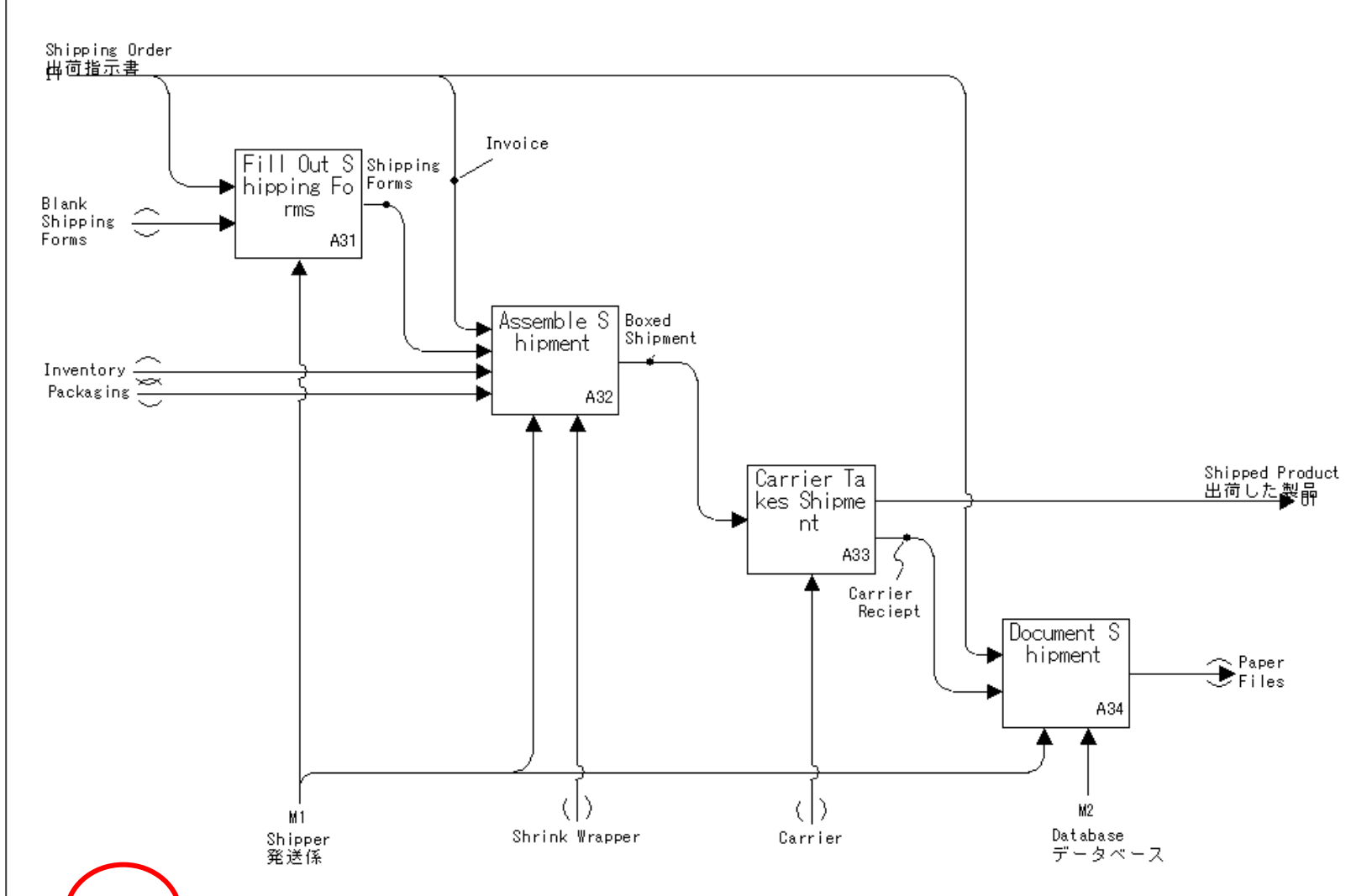
USED AT:	AUTHOR: John Charles Mann	DATE: 08/05/29	x	WORKING	READER	DATE	CONTEXT:
	PROJECT: Sales Order Model	REV: 1.0		DRAFT			- - -
	NOTES: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10			RECOMMENDED			
				PUBLICATION			



Arial 10 [B] [I] [U] [Color] [Font] [Align] [Zoom] [Print] [Save] [Close] [Exit]

タイプ: 現オブジェクトなし 100%

USED AT:	AUTHOR: John Charles Mann	DATE: 08/05/29	x	WORKING	READER	DATE	CONTEXT:
	PROJECT: Sales Order Model	REV: 1.0		DRAFT			- - -
	NOTES: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10			RECOMMENDED			
				PUBLICATION			

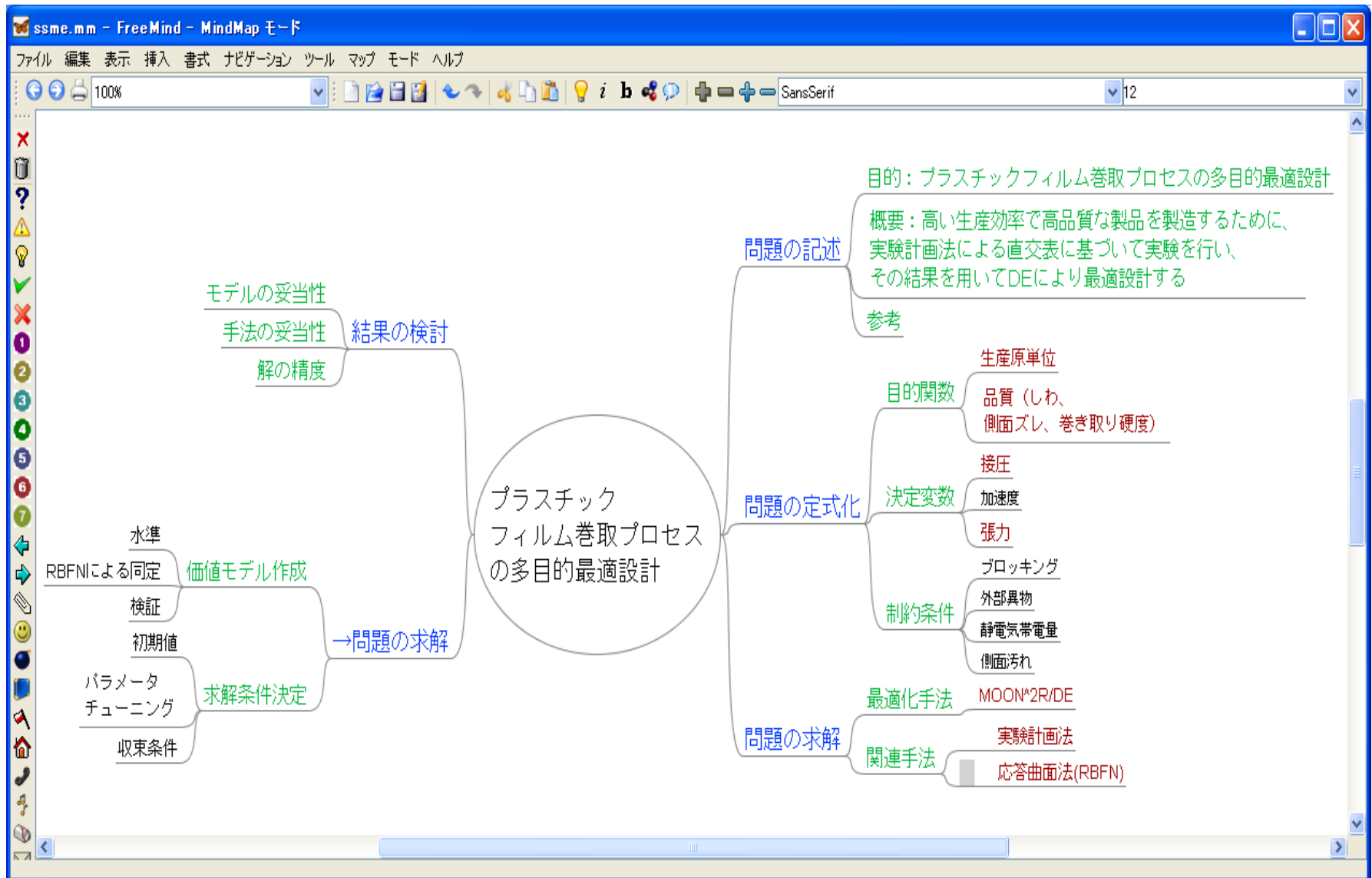


# マインドマップ (Mind Map)

- 英国のT.Buzanによって開発された思考の記録方法
- 思考の進行に従って、紙の中心に描いたテーマから放射状(階層的)に情報を追加していく。
- 情報の「関連付け」、「強調付け」を同時に行う
- 発想を広げるためにも、逆に自分の考えをまとめるためにも使える。
- 詳しい書き込みは避けて、必ずイメージもしくはキーワードを使う。⇒人間の脳はキーワードのような不完全な情報であっても、その並び方(シーケンス・パターン)と自己連想によって記憶をたどることができる。
- 簡潔性のほうがより重視される。



# 定式化結果と問題解決の共有認識のためのMindMap



# TRIZ

- 発明や創造的解決手段を発想するための手法
- 英語でTheory of Inventive Problem Solving を意味するロシア語の頭文字をとったもの
- 1946年にアルトシューラー(G. Altshuller)によって開発
- 40万件近い特許の整理・分析を通して導かれた「創造的な成果を導くための手法や定石は存在する」という知見に基づく

# TRIZの適用結果

TRIZ - table of contradictions

**Mulbury Six Sigma**

© G Tennant 2003

Feature to improve	32 - Manufacturability
Undesired results (conflict)	12 - Shape

Principles	1 Segmentation [3] 28 Replace a mechanical system [4] 13 Other way around [10] 27 Cheap disposable [13]
------------	--

Select the feature you wish to improve, and the feature that thereby requires a trade-off  
The *suggested* group of

Feature to improve	9 - Speed
Undesired results (conflict)	12 - Shape

Principles	35 Physical or chemical properties [1] 15 Dynamism [6] 18 Mechanical vibration [8] 34 Recycling (rejecting and regenerating) [15]
------------	--

「例」航空機の外板構造の熱応力は好ましくない。熱変形の補償は、通常航空機の外板区画の間に小さな隙間を設けることで行う(図2.9参照)。表面

を滑らかにするために、高分子を基材とし粉末化したニッケル、銀、金などを含むシール材(ペースト)を用いてこの隙間を埋めている。ペーストで隙間を埋める作業は重労働で時間のかかるプロセスである。

程度の差はあるが、この状況の問題点はシール材に起因したものである。理想的なシール材とは何であろうか? それは明らかに「存在しないシール材」である。シール材がなければ、パネル間に流し込む生産プロセスは不要になるが、同時に航空機の外板の空力特性を損なう。いいかえると、「操作の容易さ」という属性が「目的に影響された有害要素」という属性を悪化させている。この場合、「対立マトリクス」のアドバイスは、2(分離)、25(セルフサービス)、28(機械的でない方法)と39(中立の環境)の原理の適用である。もし「操作の容易さ」と「(空気抵抗による)エネルギー損失」というシステム対立を設定すると、「対立マトリクス」により以下の原理が提案される:2(分離)、19(周期的な作用)、13(天地逆)。ここで「2(分離)」が重複して提案されていることに気づかれると思う。これにより、シール材の一部を分離することが解に結びつく可能性が高いという仮定が得られるわけである。実際、シール材はパネル間の隙間の表面を覆うことができればそれで十分であり、隙間を埋めるプロセスを容易にしながら、航空機の外板の空力特性の低下を防ぐことができるはずである。

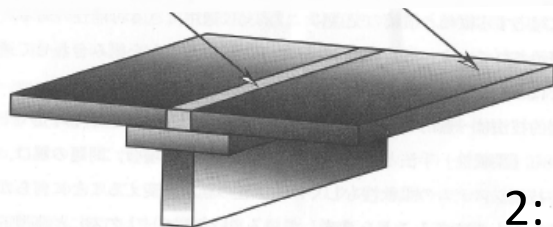


図 2.9

1: 33 vs.30

2: 33 vs.22

この問題に対する実際の解は、この手法を反映したものであった。隙間にパチンとはまり非常に簡単に取り付けられる弾性的リテーナに金属のキャップをつけたものが提案された(図2.10参照)。

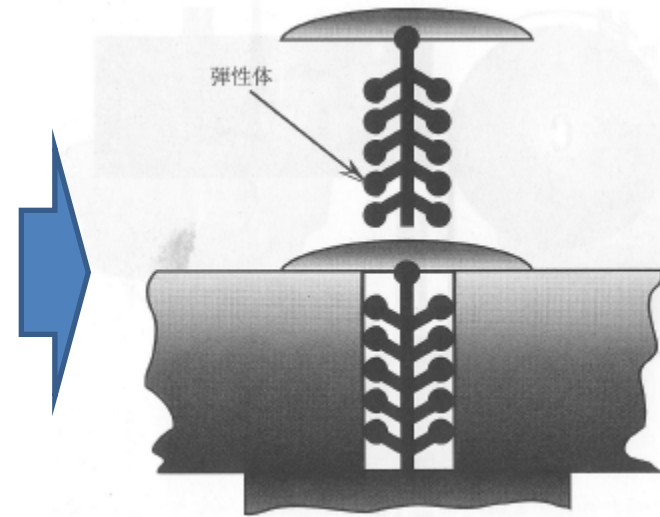
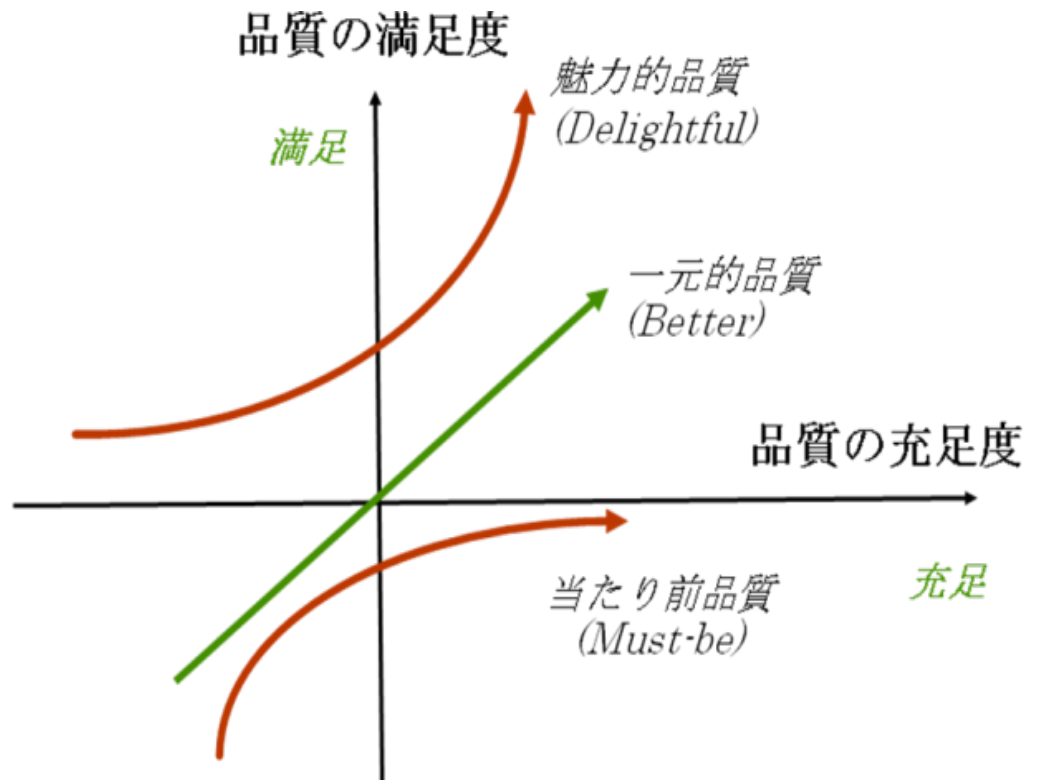


図 2.10

# KANO (狩野) 法

品質を構成する属性の  
物理的な充足状況で決まる客観的側面と、  
個々の品質要素についての満足感という  
主観的側面との対応関係の考察に基づく  
価値分析法の一つ

品質を、  
「当たり前品質」、  
「魅力品質」、  
「一元品質」  
の三つに分類



カメラを例にすると,

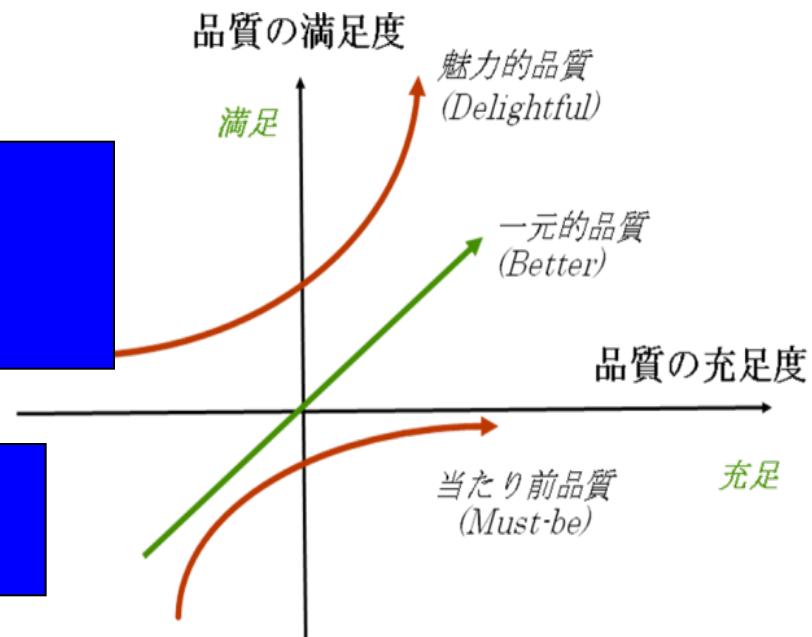
- 露出やピントを自動で調節:



- 特定の人々の笑顔を自動で検出:



- 価格:



狩野法における品質属性の分類

こうした品質の性格の違いを見分けて、  
開発コンセプトを決めることが新製品開発にとって重要

# 品質機能展開

(QFD; Quality Function Deployment)

- ・品質機能を抽象的なものから具体的なものへと展開することを通じた問題解決支援手法
- ・1960年代に、赤尾洋二、水野滋の両氏によって開発
- ・特にあいまい性の高い設計の初期段階や製品企画において有効
- ・表の行に、目的とする品質(市場の要求品質; What)を、列に、直接管理可能な要素(技術が提供できる品質特性; How)を配置
- ・二元表(品質要求展開表)を用い、互いの関係付けから重要性の高い品質要素は何か(設計段階で何をコントロールすべきか)を明らかに

# QFD分析準拠法のEXCELシート上への実装例

高い生産効率と高品質生産の最適化を  
行なうための善取プロセスの多目的最適化問題の定式化

充足度特性	
D: Delight	
B: Better	
M: Must	

試行容易度	
9: 容易に試行可能	
3: 試行可能	
1: 試行困難	
0: 試行不可	

2

				ソフト・ハード制約条件									5 実施可能度	6 決定変数ウエイト合計	k-best(影響の弱い項目を削除した結果)	結果 (If 1 = 選択, 0)		
0次				品質														
1次				形状特性			物理的特性				生産効率						安全性	
0次	1次	2次	3次	シワ	外部異物	側面ズレ	側面汚れ	ブロッキング	静電気帯電量	巻き硬度							相対	相対
充足度特性				B	B	B	M	M	B	B	B	M						
設計・ 操作条件	品質	操業因子	張力設定	0	0	0	0	0	0	0	1	0	9	34	38	1		
			加速度設定	9	0	9	0	3	9	9	9	1	0	3	11	13	1	
			接圧設定	9	9	9	0	9	0	9	0	9	1	0	9	46	50	1
		運転速度	9	0	9	0	9	0	3	9	0	0	0	1	3	0	0	
		カッタ交換頻度	0	9	0	9	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	
	環境因子	クリーンレベル	0	9	0	9	0	0	0	0	0	0	0	3	4	0	0	
		湿度	3	0	0	0	9	9	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
	生産性関連因子	労働者数	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	1	0	0	0	
		熟練度	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	
	安全性	装置因子	安全センサー数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	1	0	0	0	
自動化の割合			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	
ソフトネス度				9	9	9	1	1	9	9	9	1						
制約ウエイト				相対	26	15	26	1	3	5	25	0	0	100				
ms-best(影響の弱い項目を削除した結果)				相対	28	17	28	0	0	0	27	0	0	100				
結果 (If 1 = 選択, 0)					1	1	1	0	0	0	1	0	0					

4

7

ソフトネス度  
9: 最大化・最小化した  
3: 希求水準が存在する  
1: 何らかの基準値が存在する

制約条件と決定変数の関係性  
9: 強い  
3: そこそこ強い  
1: わずかに強い  
0: なし

手順  
1. 制約条件と決定変数の関係性の強さを入力(0, 1, 3, 9)  
2. ソフトネス度・試行容易度を入力(1, 3, 9)  
3. 制約条件を先に決めるか(0), 決定変数を先に決めるか(1)を決定  
4. 多目的最適化の定式化における設計数になるまで閾値を調整

設定(入力)	0	削除の閾値設定(入力)	
目的関数から	0	ms-best	k-best
決定変数から	1	10	10