

2015年 7月22日 一橋講堂

システムの俯瞰方法による 製品システムの開発マネジメント

- 複雑化する製品システムの開発設計における
マネジメント支援システムの構築 -

東京大学 大学院工学系研究科
システム創成学専攻
技術経営戦略学専攻 兼任

教授 青山 和浩

aoyama@sys.t.u-tokyo.ac.jp

<http://www.m.sys.t.u-tokyo.ac.jp/>



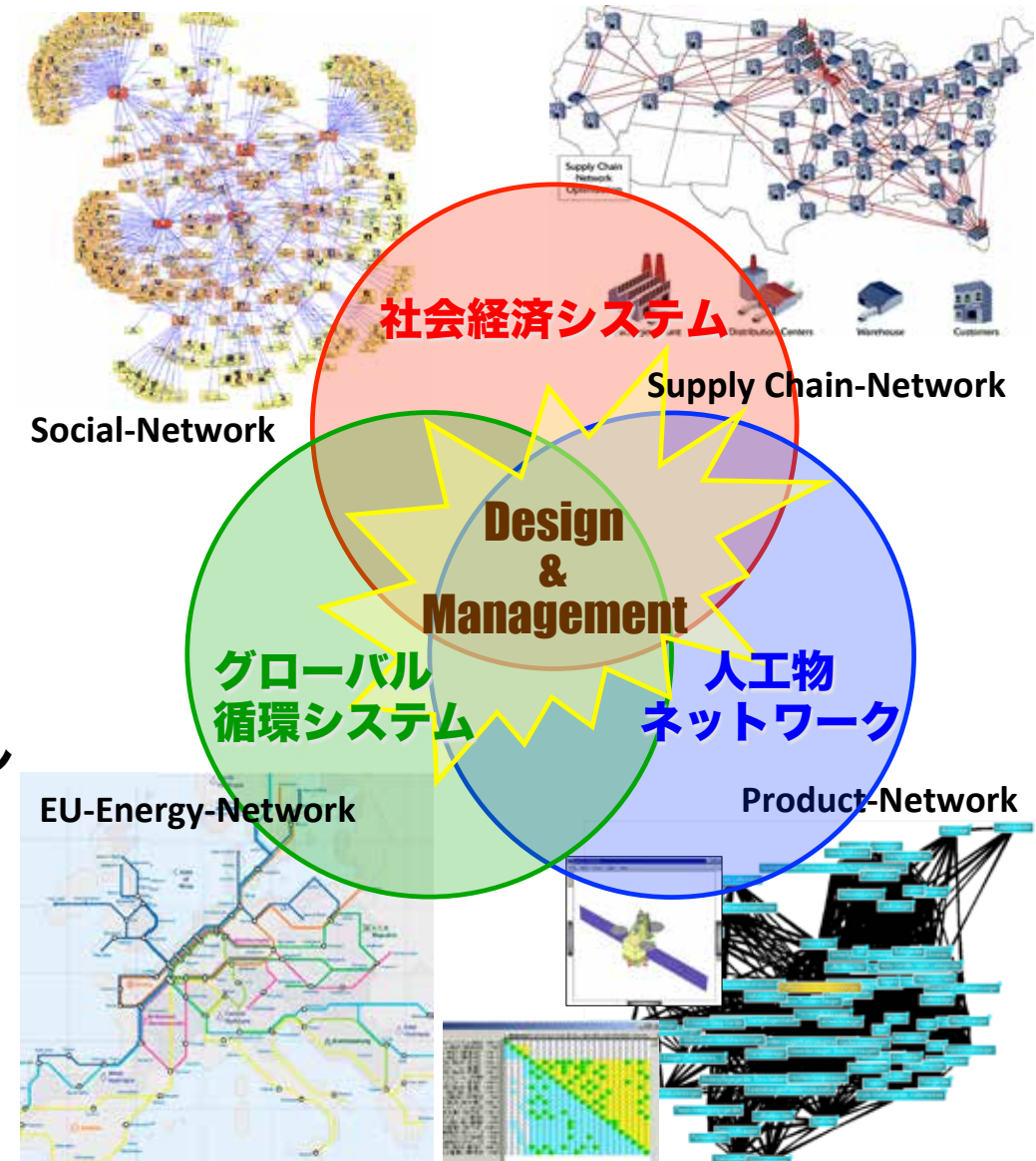
東京大学大学院
工学系研究科 システム創成学専攻
生産システム工学研究室

自己紹介

研究教育領域：システム創成学専攻

SoS: System of Systems

- **人工物ネットワークシステム**
 - 低炭素社会に向けたエネルギーシステム開発
 - エネルギー・環境システムのための先進材料
 - グローバル生産・物流のための技術開発
- **グローバル循環システム**
 - グローバル物流のシステム化・高度化
 - 資源循環・炭素循環の動態解明とシステム化
 - 資源・エネルギー安全保障のための技術開発
- **社会経済システム**
 - 人間行動の分析・モデル化とシミュレーション
 - マーケット・社会制度などの社会デザイン
 - サービスデザイン

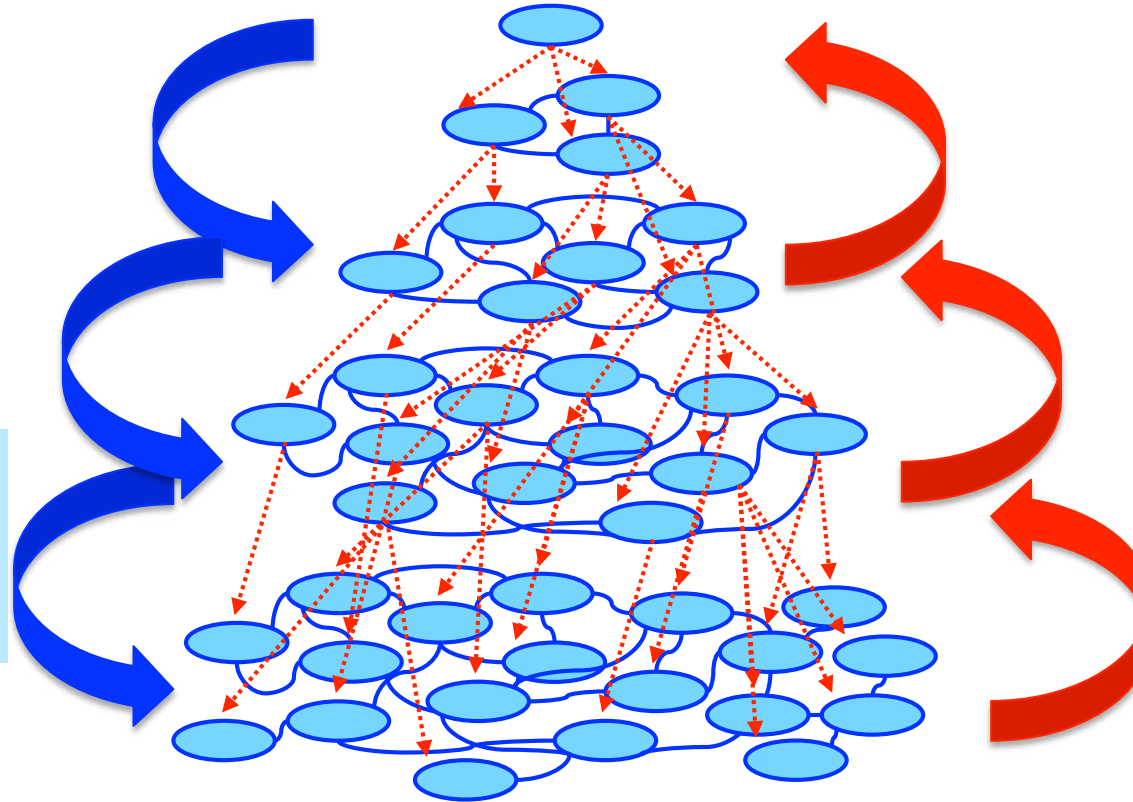


システムを創成する過程と能力

常に新しい試みを果敢に実験する志向

具体的な現象からその背景にあるものを見抜くことができる抽象化の能力

構成要素の認識, 仮定
要素間の関係の認識, 仮定



抽象化力に基づいて広い視野から判断を行うための体系的思考ができる能力

構成要素の評価, 確定
要素間の関係の評価, 確定

異なる文化や価値観をもつ人々を含めて共同作業を行う能力

21世紀の教育で重要な課題は、シンボリック・アナリストを人類全体の役に立つ手だての発見に向かわせると同時に、その弊害を最小限に抑制するような市場を組織し、作りあげることである。(ライシュ)

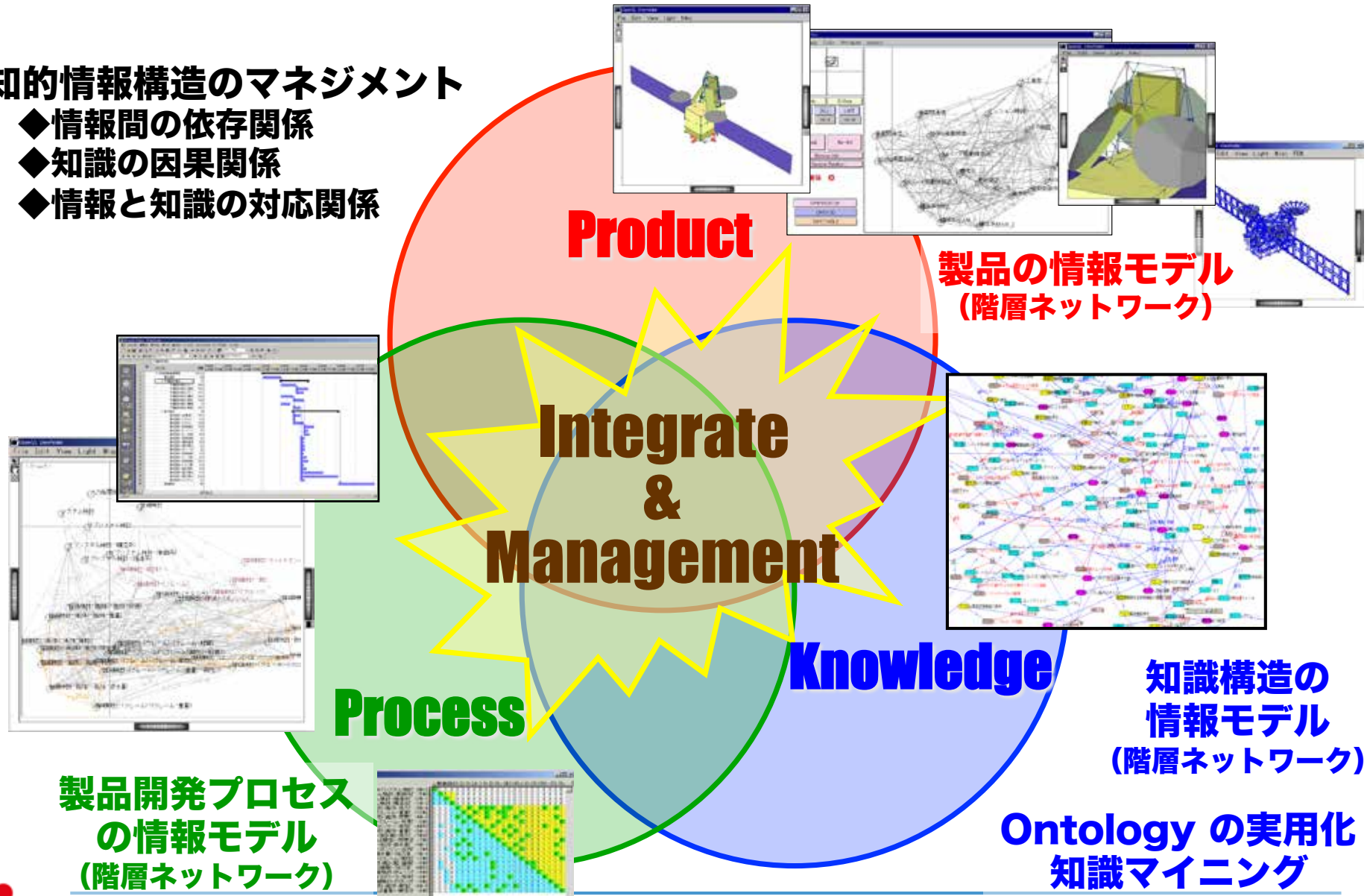
研究概要：生産システムに関連する研究

- システム工学と設計学を基盤とするシステム設計学
- 基盤とする学術領域
 - システム工学，設計工学，生産工学
- 研究のアプローチ
 - システムモデリング環境の構築（UML，SysML，BPMLなどに関連）
 - システムモデリング環境を駆使し，システム工学的手法の利用によるシステム設計論を展開し，課題を解決する。
- 研究課題
 - システム設計統合環境の構築（CADとCAEなどの融合とDfXによるエンジニアの試行錯誤環境）
 - 製品の設計不具合と製造工程の不具合情報の記述と管理による製品開発支援
 - モジュール・プラットフォーム設計の支援によるマス・カスタマイゼーション型の製品設計，生産システムの実現に関する研究
 - ライフサイクルシミュレーションとDfE：Design for Environment
 - ビジネスプロセスモデリングとプロセス・シミュレーションを統合したツールの構築 など

製品－プロセス－知識の融合

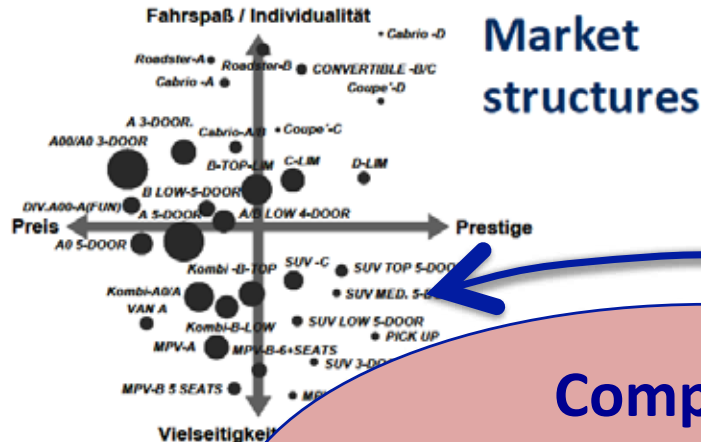
知的情報構造のマネジメント

- ◆情報間の依存関係
- ◆知識の因果関係
- ◆情報と知識の対応関係

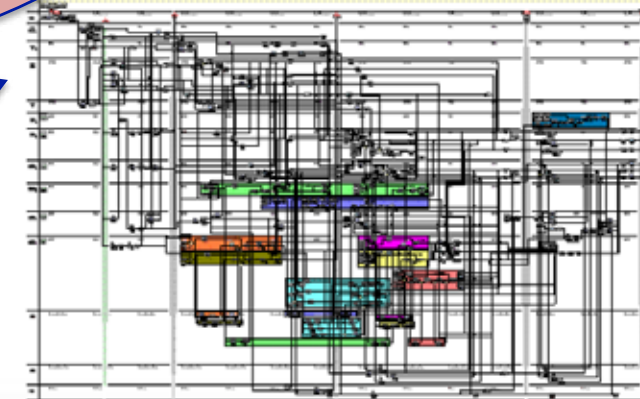
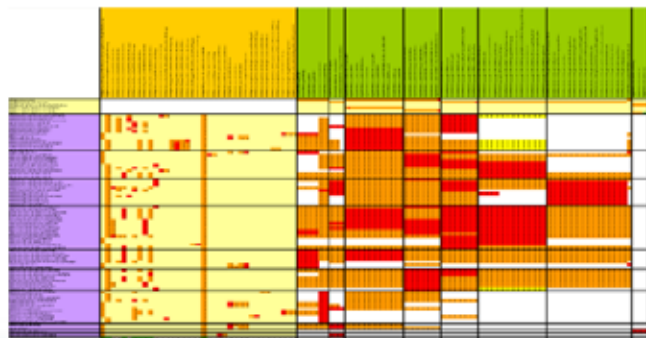


Structures in product design

1985:	9 Segmente
1992:	16 Segmente
1997:	24 Segmente
2002:	33 Segmente
2005:	> 40 Segmente

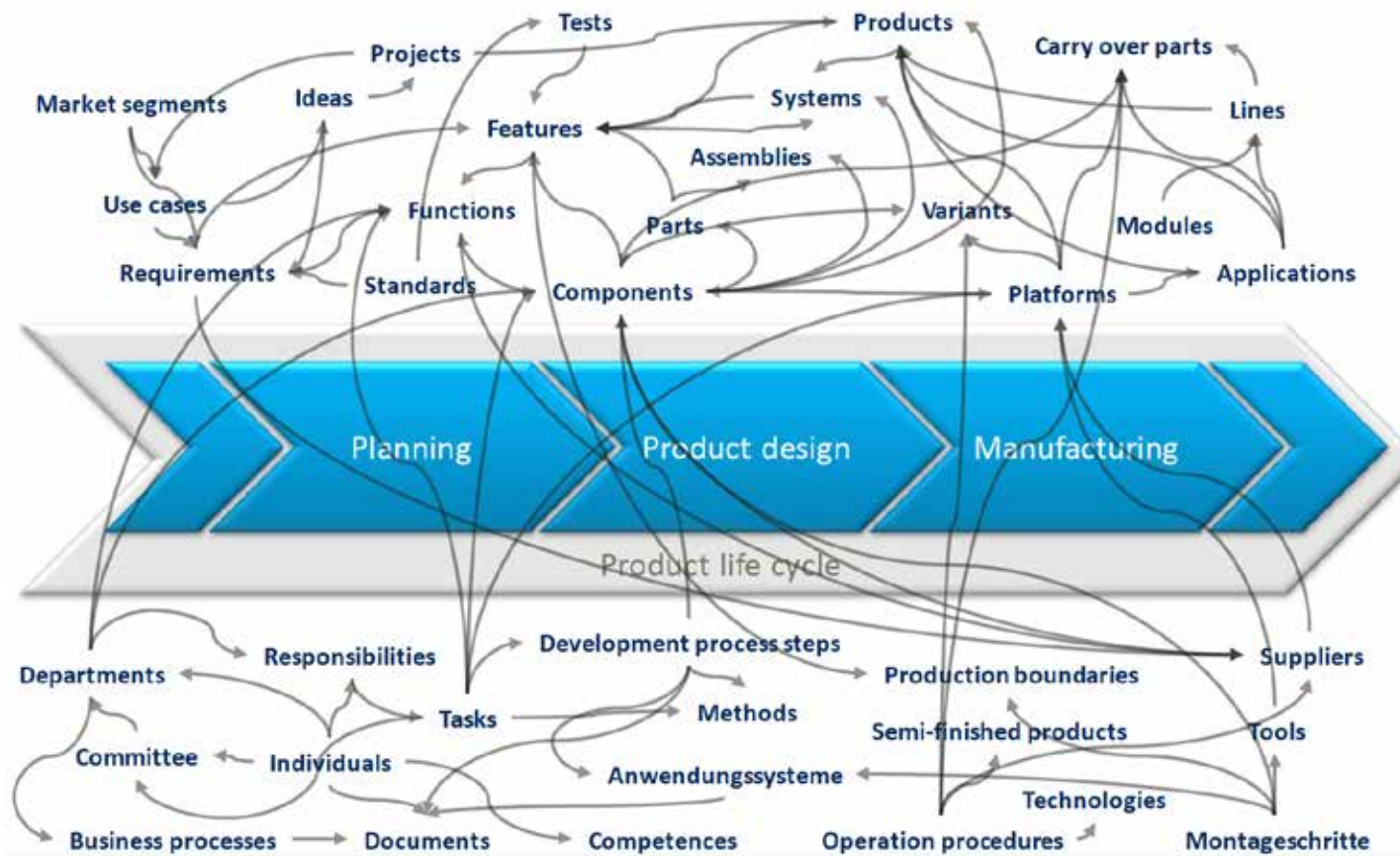


Organizational structures



Complexity in product development

マーケット，製品システム，企業組織が複雑化する中で
製品開発プロセスの高度なマネジメントが必要不可欠である
良いプロセスは，製品システムを革新させる基盤となる



Maik Maurer: Multi-Domain Analysis and Optimization in Product Development, DSM Conference Tutorial 資料より

本日の内容

背景と目的

- **革新的な製品の実現には、設計開発力を強化する必要がある。**
- **設計開発力の強化のためには、設計開発のマネジメント力を強化しなければならない。**
- **製品情報や組織情報等を有効活用し、良い設計開発プロセスの計画や組織マネジメントに必要な情報提供を実現する方法を議論する。**

アプローチと方法

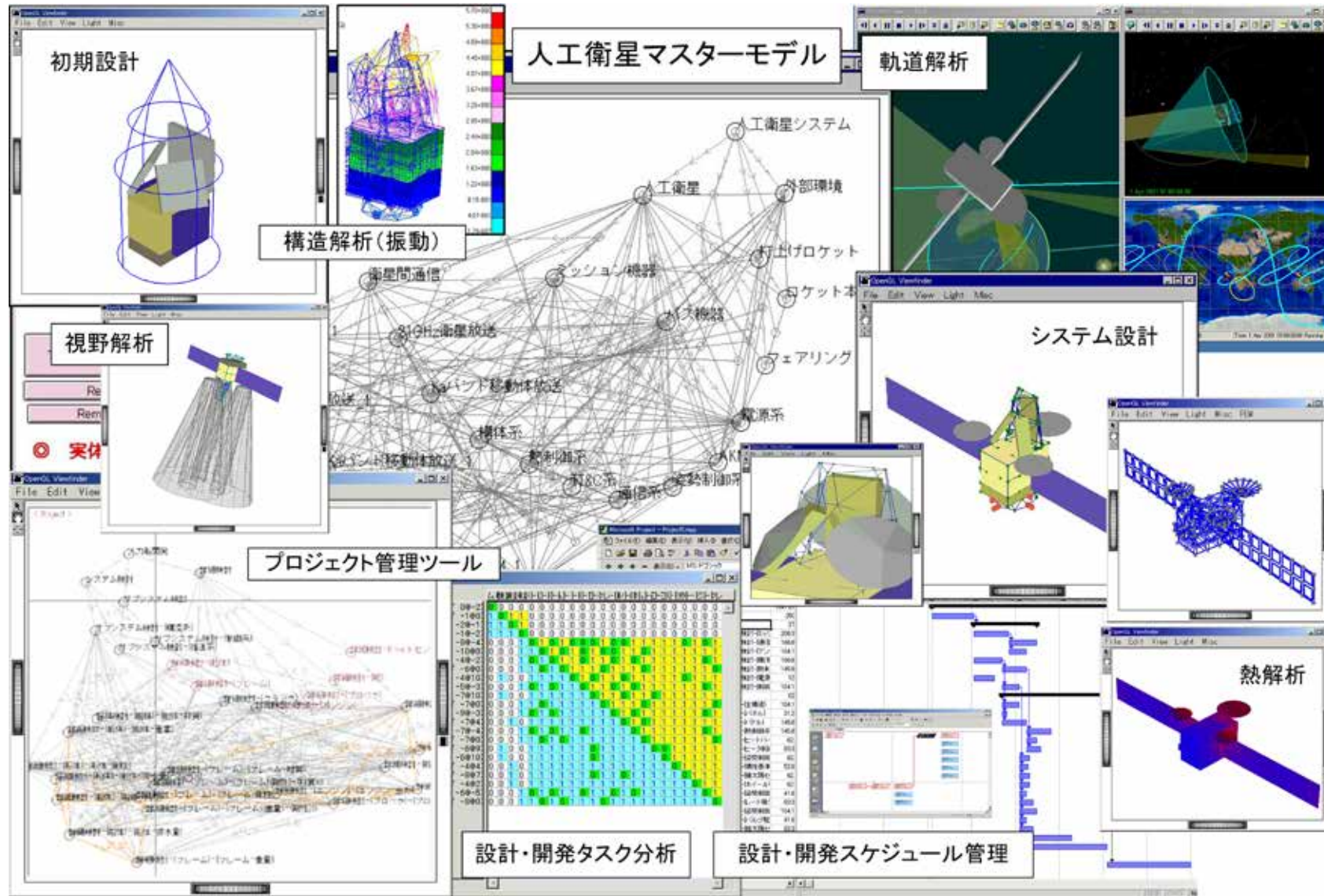
- **製品システムの開発における設計プロセスのマネジメント**
 - システムのプロファイル情報から設計パラメータを決定する順序を確定する手法
 - システムのプロファイル情報から関係情報を抽出する方法の検討
- **設計上流における製品情報の抽出と設計マネジメント**
 - 製品情報から関係情報の抽出と関係情報からプロセス情報への変換などを議論
 - 設計組織を考慮した機能構造に基づく製品ファミリーの設計支援
- **ビジネス・プロセスのモデリングとマネジメント**
 - 多領域の情報からプロセスを抽出、記述する方法とシステムを議論

システムの構造分析手法

DSM: Design Structure Matrix

MDM: Multiple Domain Matrix

人工衛星のシステムデザイン環境の構築

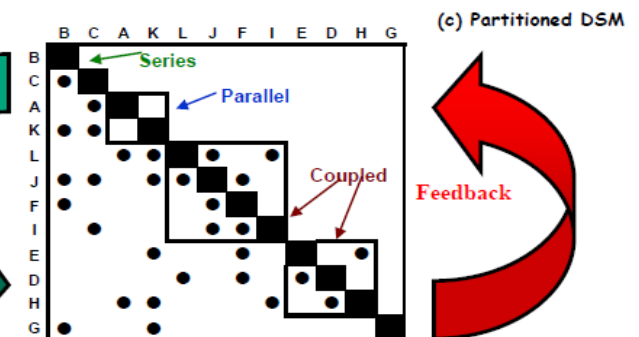
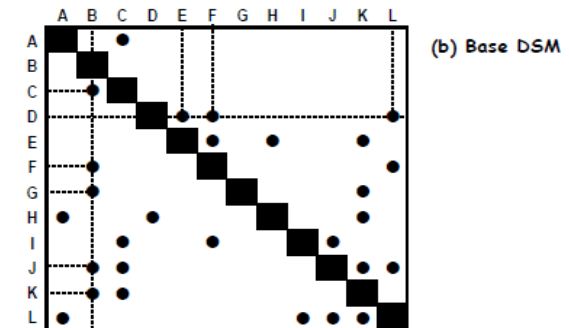
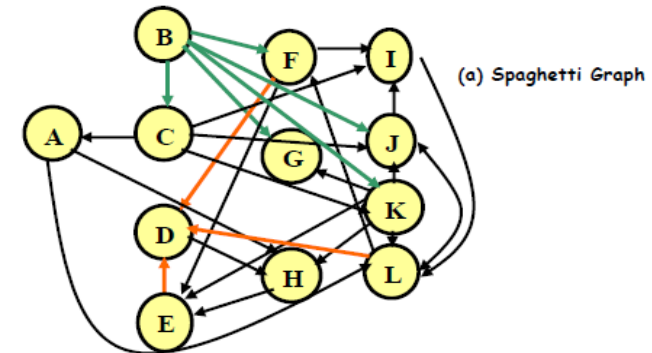


注：1999-2003 NASDAとの共同試験研究。プロトタイプシステムの構築。

DSM : Design Structure Matrix 概要

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
要求仕様の決定□	A	A												
コンセプト生成/選択□	B	X	B											
試験計画の作成□	C	X	X	C	X									
製造装置の手配・購入□	D			X	D			X						X
試作モジュールの設計□	E	X	X		E									
試作モジュールの製作□	F				X	F								
試作モジュールの試験□	G			X	X	X	G							
製品モジュールの設計□	H	X	X		X	X	H	X			X			X
製品モジュールの検証□	I			X					I		X			
型設計□	J	X	X				X	X	J					X

DSMの例



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
要求仕様の決定□	A	A												
コンセプト生成/選択□	B	X	B											
試験計画の作成□	C	X	X	C	X									
試作モジュールの設計□	E	X	X		E									
試作モジュールの製作□	F				X	F								
試験計画の作成□	C	X	X	X	C									
試作モジュールの試験□	G			X	X	X	G							
製品モジュールの設計□	H	X	X	X		X	H	X			X			X
型設計□	J	X	X			X	J	X						X
組立用工具の設計□	M							X	X	M				
製造装置の手配・購入□	D			X	D		X	X						
型の製作□	K							X			K			
型の手直し・修正□	L						X	X			X	L		
製品モジュールの検証□	I			X					X		I			
量産開始□	N									X	X	X	N	

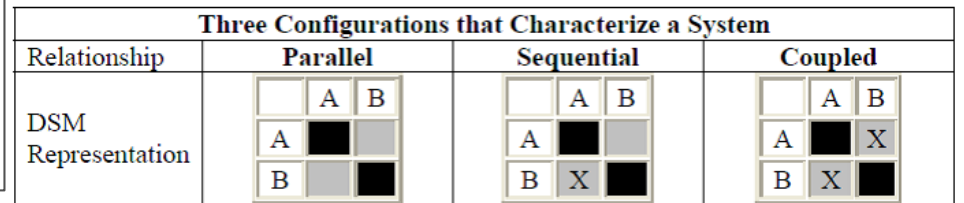
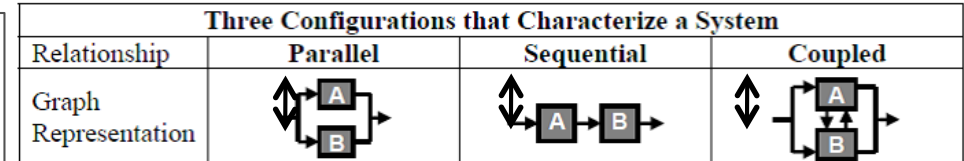
パーティショニング



Design Structure Matrix 概要

DSMを用いると、次の4つの領域における要素間の関係を表すことができる

- ・ タスク, アクティビティ
- ・ パラメータ
- ・ チーム, リソース, 組織
- ・ 製品コンポーネント, 部品など



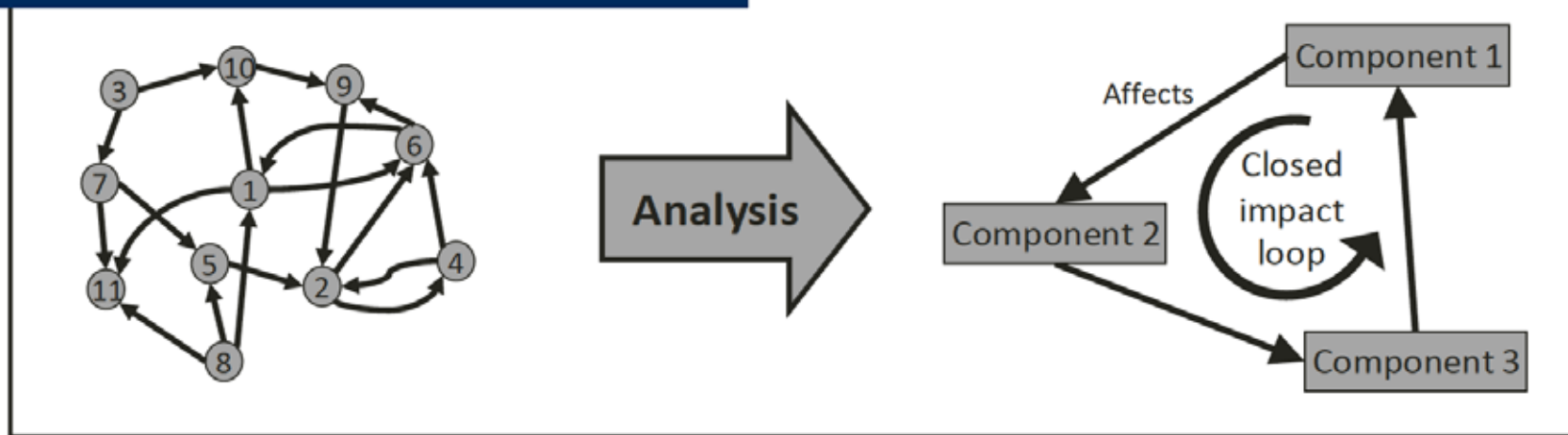
Ali A. Yassine , University of Illinois at Urbana-Champaign, 2007.12.27

「Design Structure Matrix (DSM) メソッドを用いた製品開発プロセスのモデル化と解析」より引用

DSM データタイプ	表現するもの	応用範囲	分析メソッド
タスクベース	タスク/アクティビティ入力/出力関係	プロジェクトスケジューリング、アクティビティの順序決定、サイクル時間の短縮	パーティショニング、ティアリング、バンディング、シミュレーション、固有値分析
パラメータベース	パラメータ決定点および必要な先行条件	低レベルのアクティビティの順序決定およびプロセスの組み立て	パーティショニング、ティアリング、バンディング、シミュレーション、固有値分析
チームベース	複数チームのインターフェイス特性	組織設計、インターフェイス管理、チーム統合	クラスタリング
コンポーネントベース	複数コンポーネント間の関係	システム構築、エンジニアリング、設計	クラスタリング

Feedback loops in system structures

Single-domain dependency network

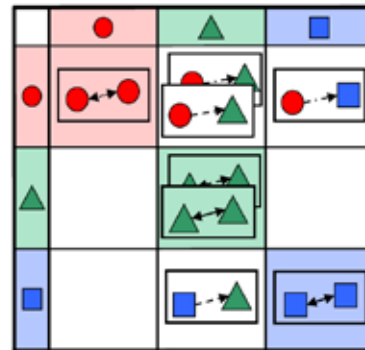
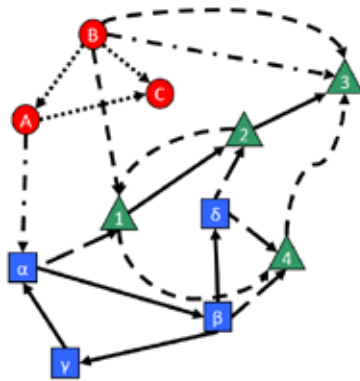


Multiple-domain dependency network



出典 Udo Lindemann: Structural Complexity Management, Springer

MDM - Introduction

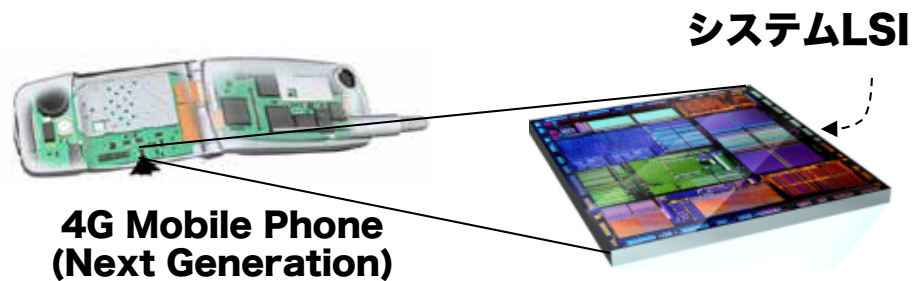


- Empty fields → no links
- Each dependency type forms one DSM or DMM
- Computation of further matrices based on acquired ones

出典 Udo Lindemann: Structural Complexity Management, Springer

	Environmental Domain	Social Domain	Functional Domain	Technical Domain	Process Domain	
System Drivers	System Drivers X System Drivers	Stakeholders X System Drivers	Objectives X System Drivers	Functions X System Drivers	Objects X System Drivers	Activities X System Drivers
Stakeholders	System Drivers X Stakeholders	Stakeholders X Stakeholders	Objectives X Stakeholders	Functions X Stakeholders	Objects X Stakeholders	Activities X Stakeholders
Objectives	System Drivers X Objectives	Stakeholders X Objectives	Objectives X Objectives	Functions X Objectives	Objects X Objectives	Activities X Objectives
Functions	System Drivers X Functions	Stakeholders X Functions	Objectives X Functions	Functions X Functions	Objects X Functions	Activities X Functions
Objects	System Drivers X Objects	Stakeholders X Objects	Objectives X Objects	Functions X Objects	Objects X Objects	Activities X Objects
Activities	System Drivers X Activities	Stakeholders X Activities	Objectives X Activities	Functions X Activities	Objects X Activities	Activities X Activities

Engineering Systems Multiple Domain Matrix



システムLSIの構想設計支援

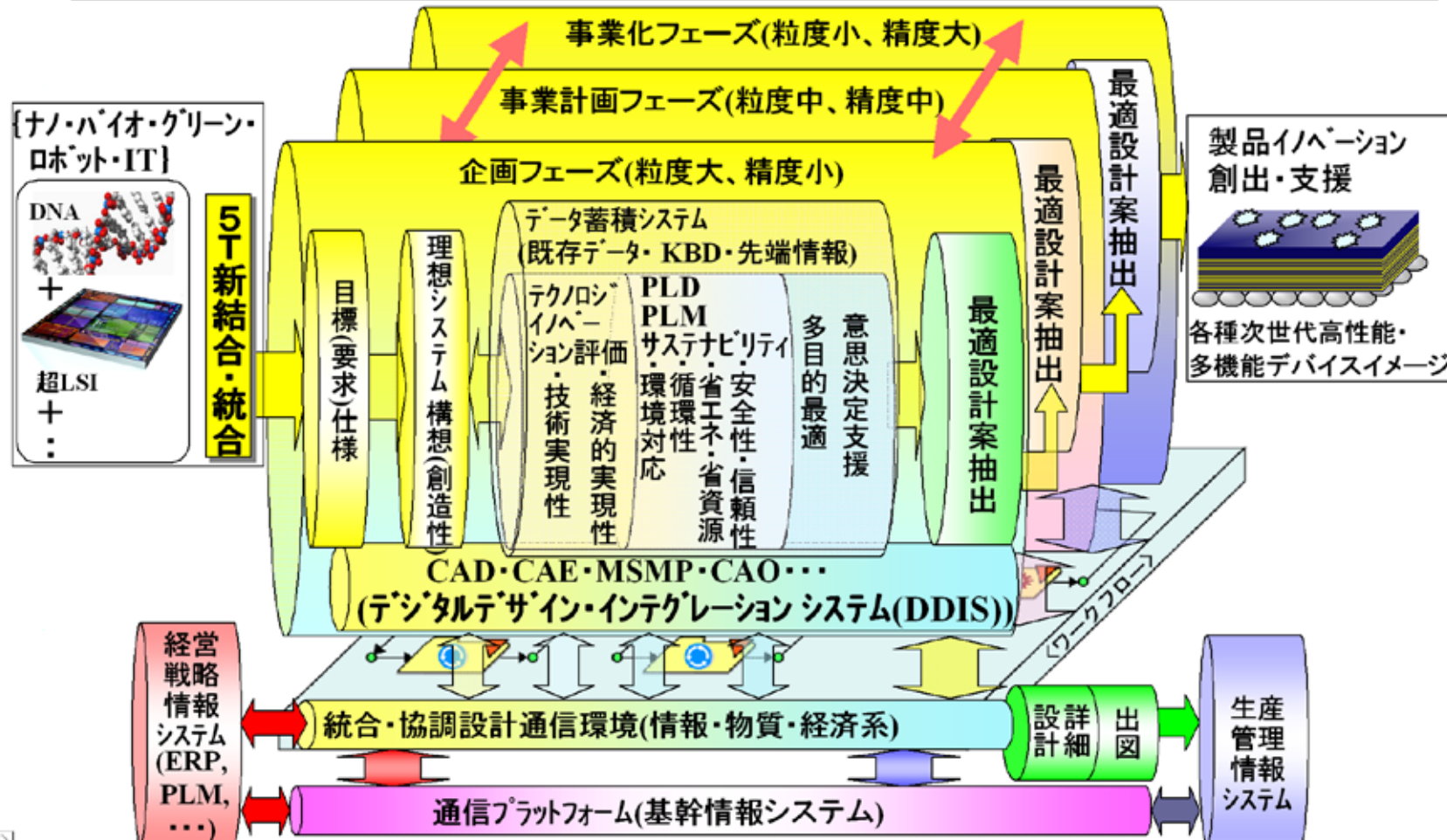
設計プロセスのマネジメント

製品システムの開発における
設計プロセスの導出支援

日本学術会議 177委員会 : SDSI

ポイント

- ・フレームワーク及びワークフローを統一
- ・全ての設計・問題をパラメトリックに扱えること
- ・統一フレームワークで、各フェーズ(企画・事業計画・事業化)を粒度・精度を 変えて繰り返す。
- ・各フェーズで、要・不要検討項目を明確化

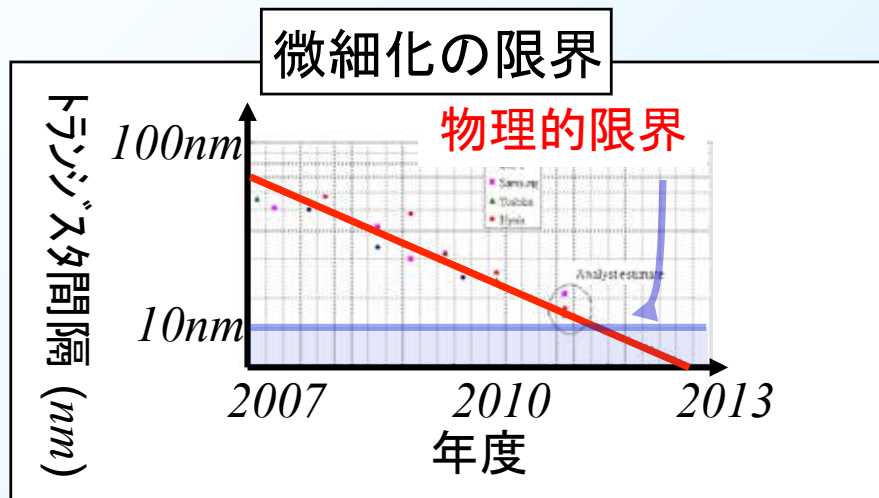


システムLSIの設計における問題

過去

問題が**明確**

パフォーマンスの追求



主要関心事：
問題をどのように解決するか？

今日

問題が**不明確**

万能なLSIは存在しない

問題定義の不明確化



SoC:
System-On-a-Chip ?

or



SiP:
System-In-Package ?

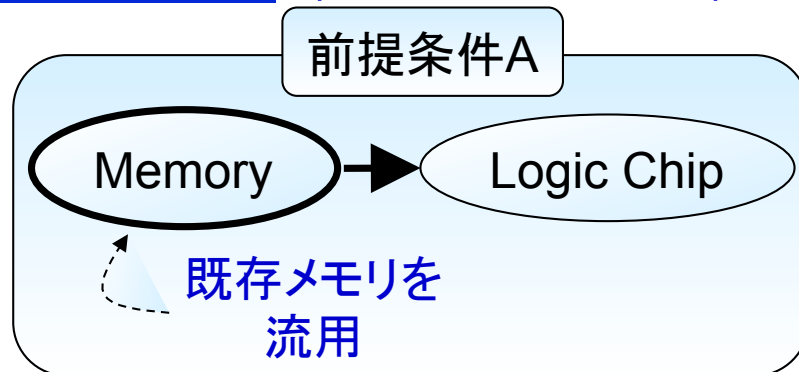
主要関心事：
どちらの方針で設計すべきか？
どのような問題を設定すべきか？

「良い問題定義」自体が重要に

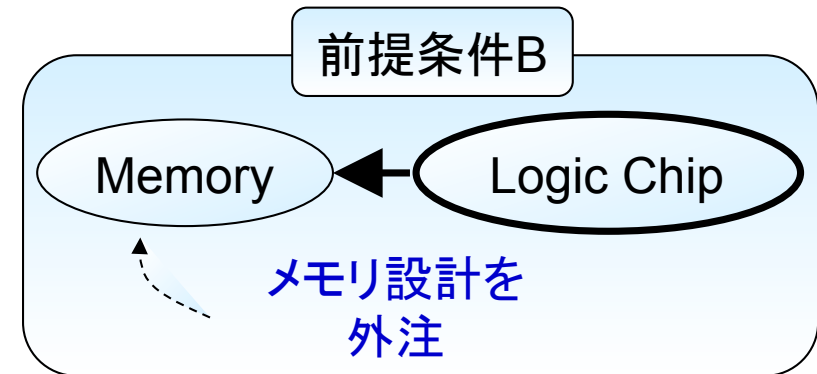
システム構想段階の問題設定とは

問題の定義を, 以下1. ~3. に詳細化

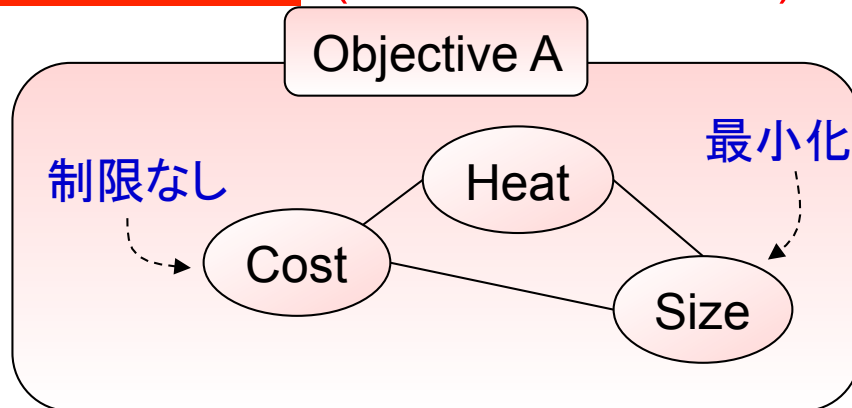
1. 前提条件 (意思決定の方向)



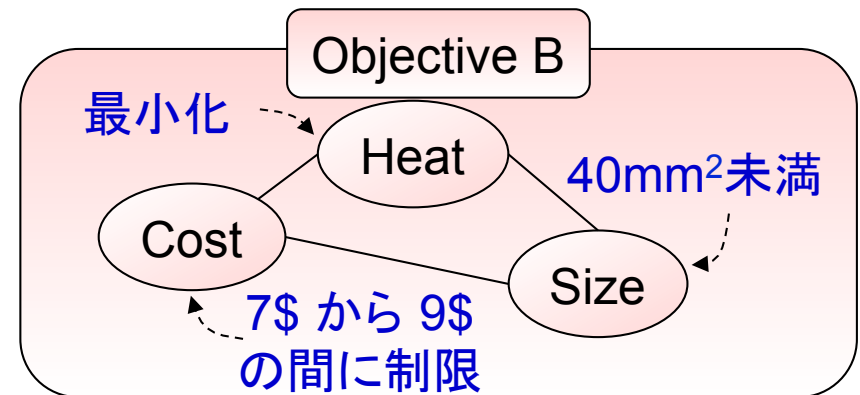
OR



2. 目的関数 (重要度, ターゲット)



OR

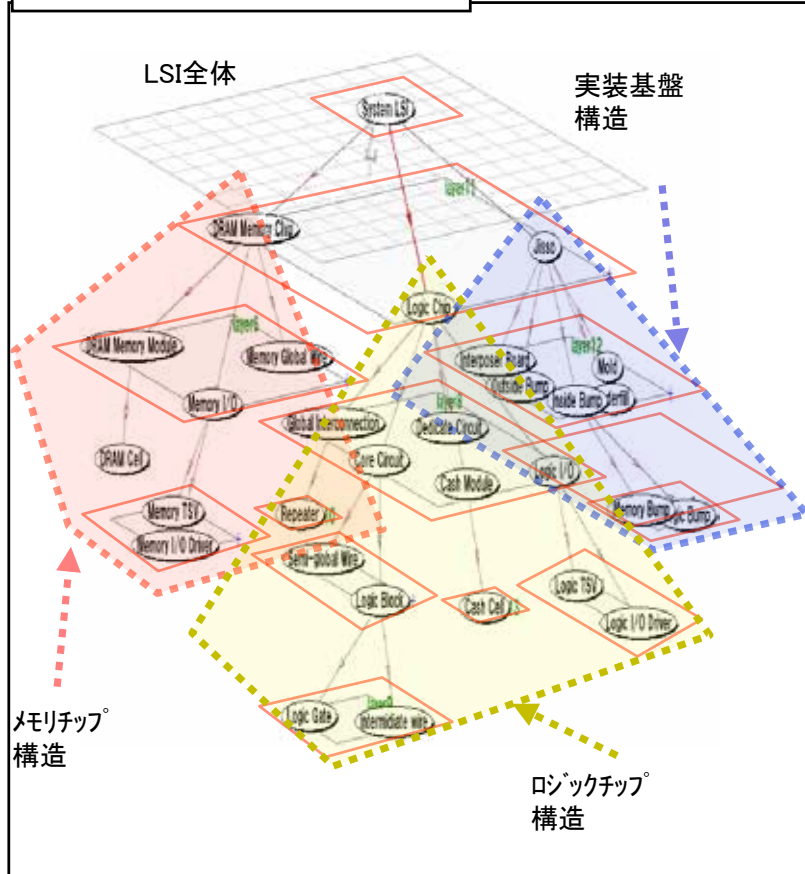


3. 設計変数 (製品アーキテクチャ)

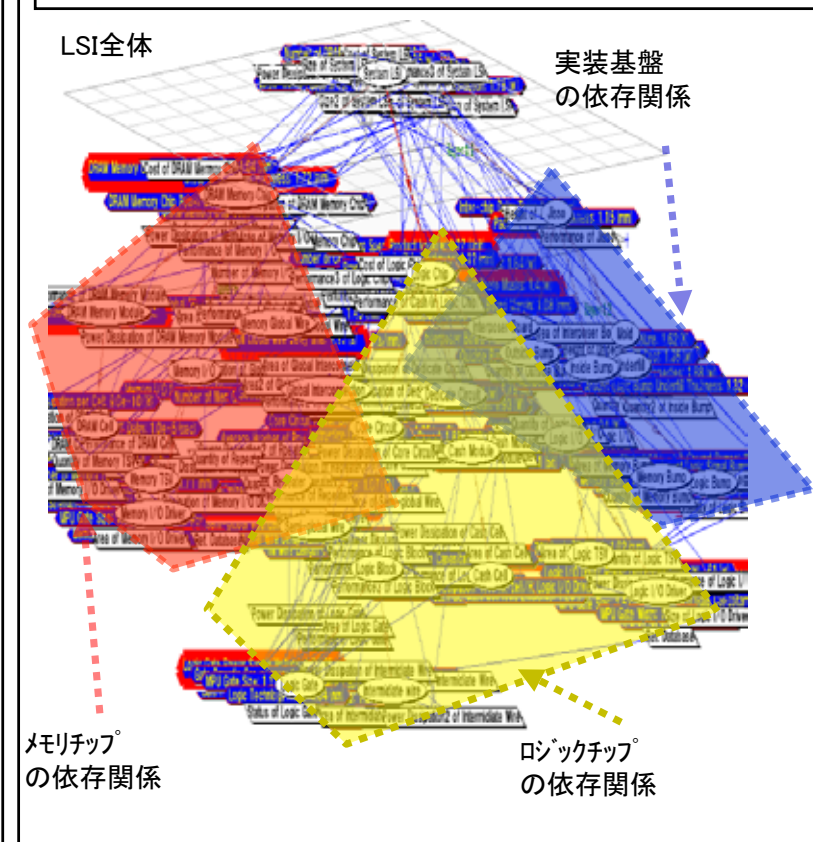
LSIのネットワーク構造

System LSI: Integrated circuit

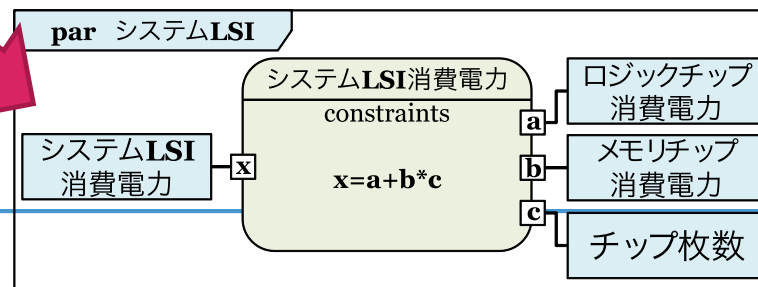
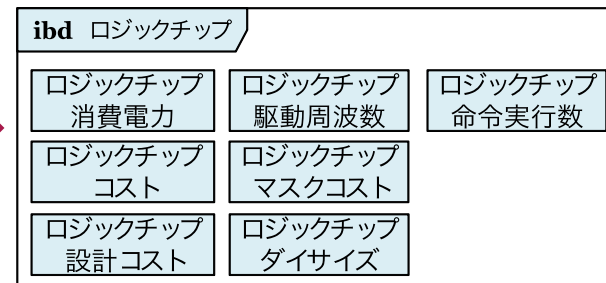
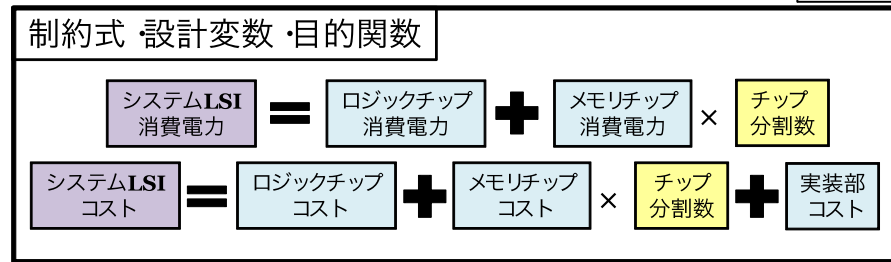
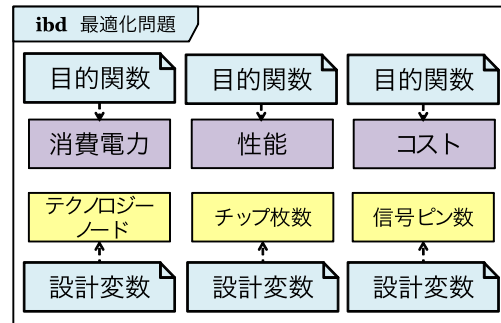
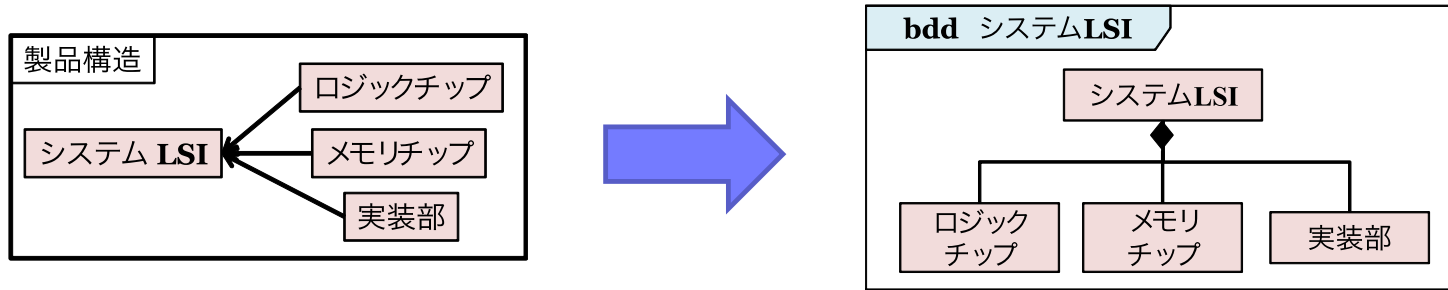
Physical Structure



Dependencies between Design Parameter

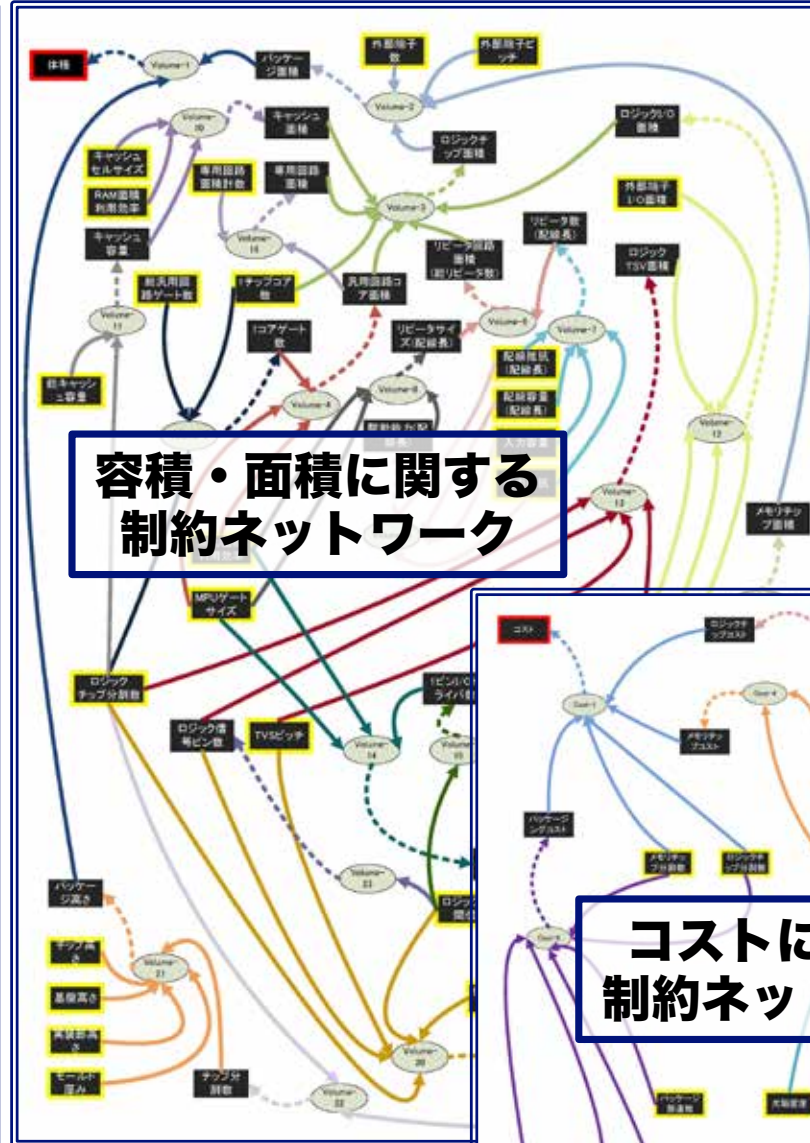
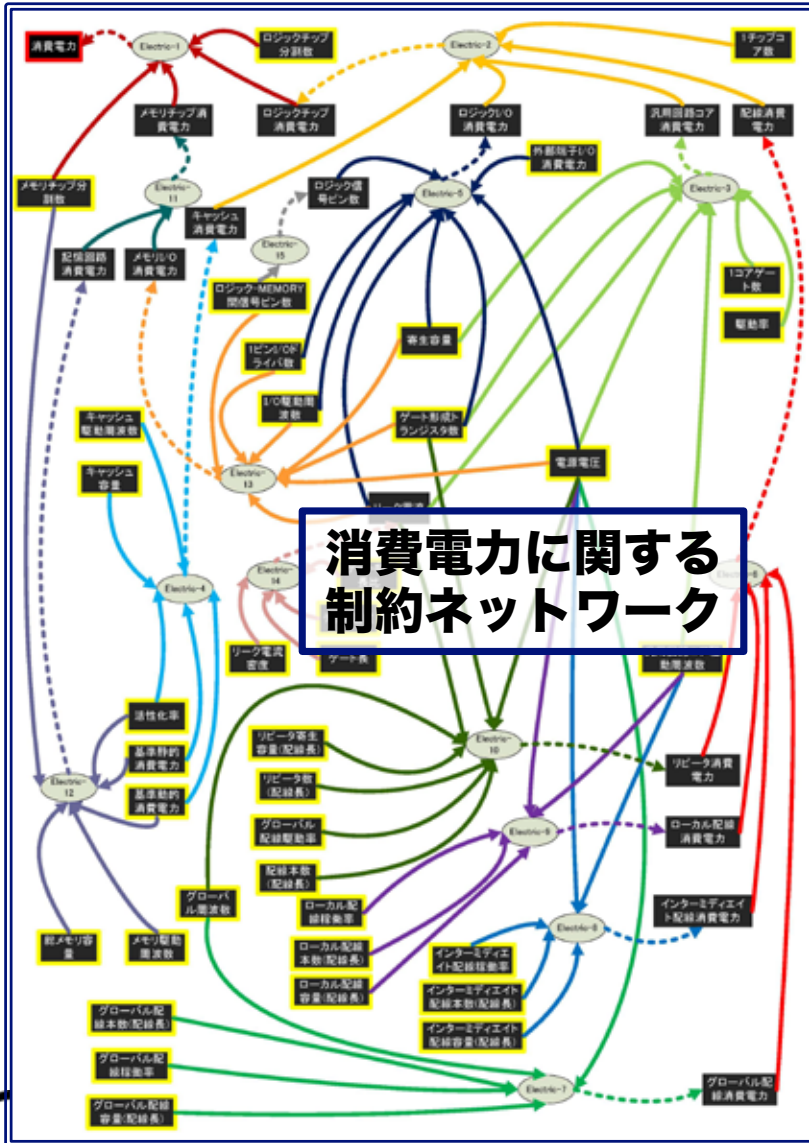


SysMLによるシステムプロファイル定義



大阪大学
佐藤・岩田

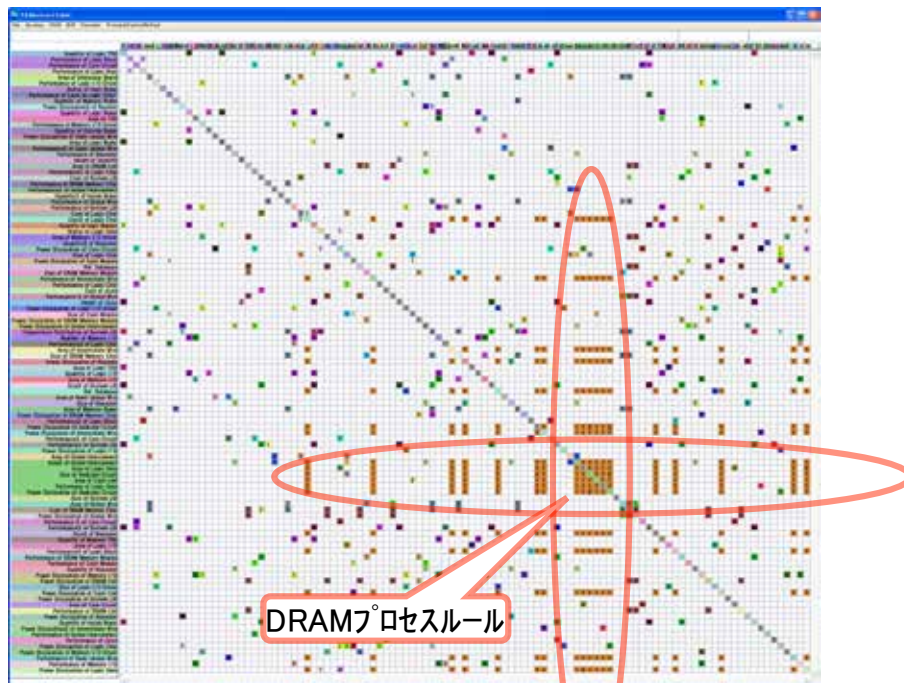
様々な領域の制約ネットワーク (LSI)



ネットワークからの設計手順の抽出

Bad Process

重要な依存関係が設計上流から下流まで**散逸**
 大きな手戻りの発生リスクが**高い**



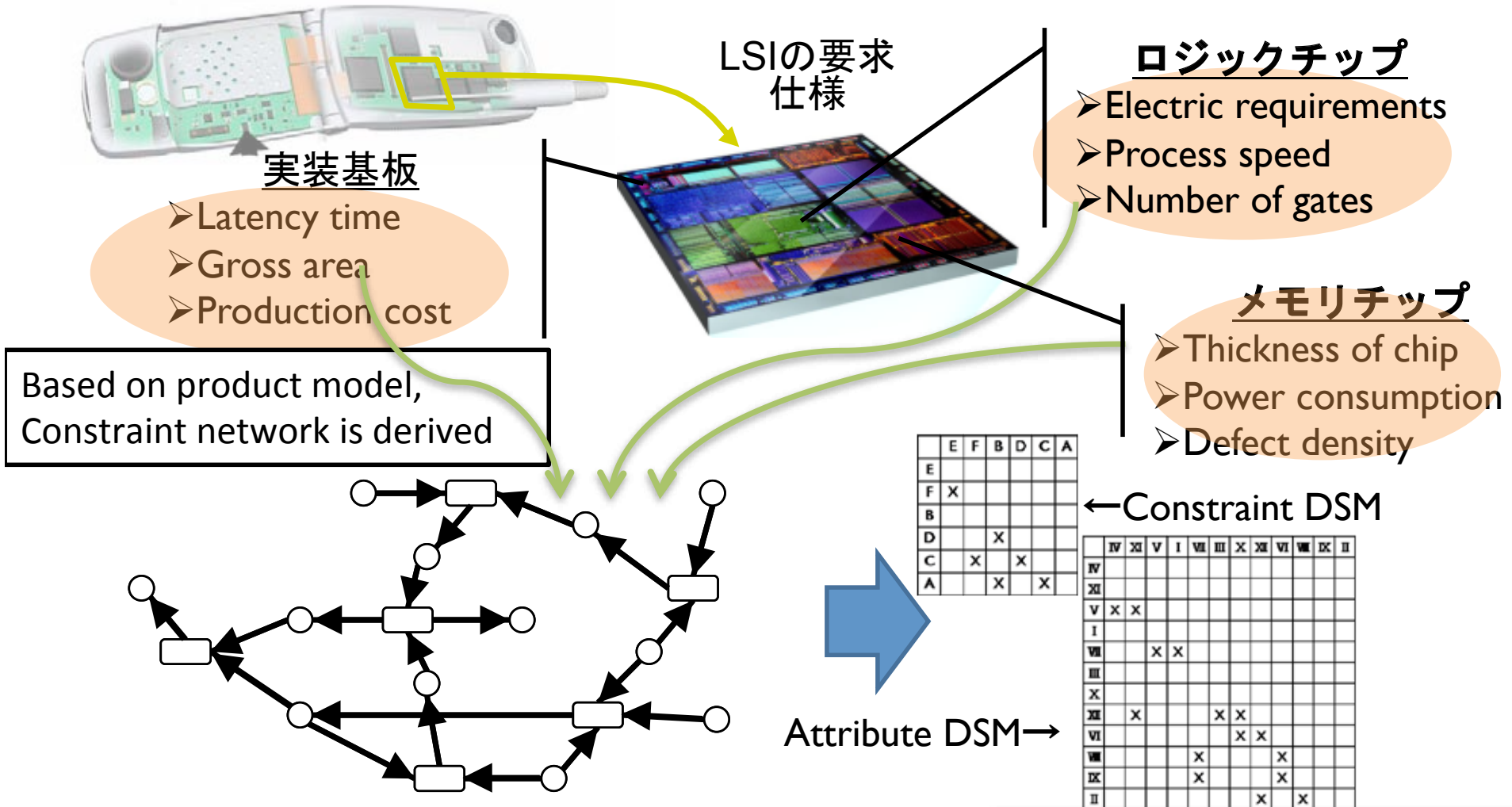
Good Process

重要な依存関係毎に、まとめて設計可能
 大きな手戻りの発生リスクが**低い**



※行&列は、パラメータ間の制約式を、セルの色は、依存するパラメータの種類を意味する。
 依存関係の内容を吹き出しで付記

LSIの設計システム外観



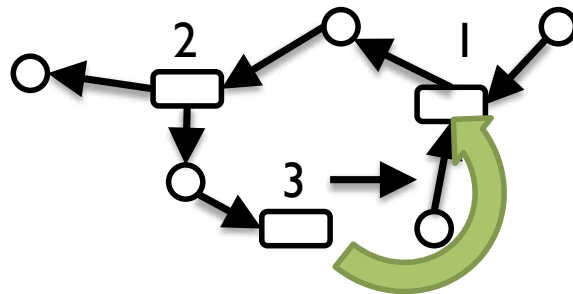
- : Constraint (chart, equation, etc.)
- : Attribute (parameter, shape, etc.)

Difficult problem:
How to define the directions?
(Some is come from problem definition)

設計プロセス探索

2つの指標による評価

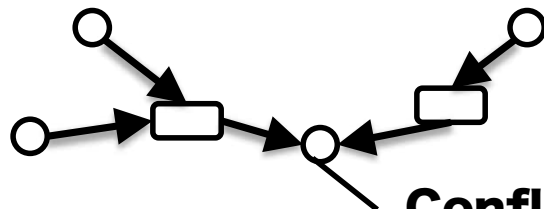
1. Process Return



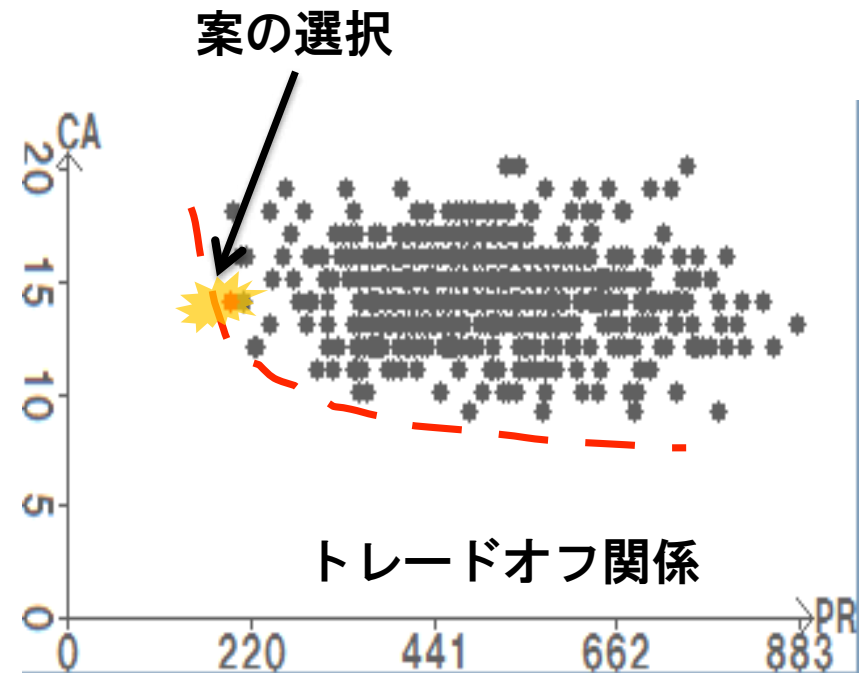
Process Return : 2



2. Conflict Attributes



Conflict Attributes
⇒ Conflictが起きるAttributeの数

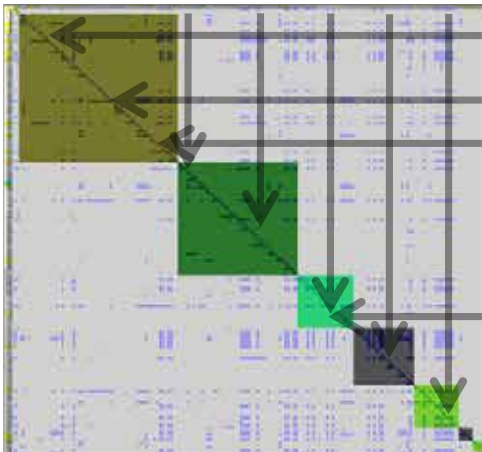


グループ化と順序最適化の効果

Plan A

- 1: グループ化 他手法
- 2: 順序計算 他手法

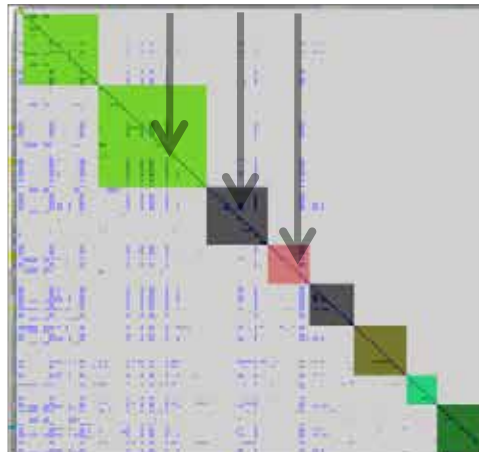
初期状態：
多くの依存関係



Plan B

- 1: グループ化 他手法
- 2: 順序計算 提案手法

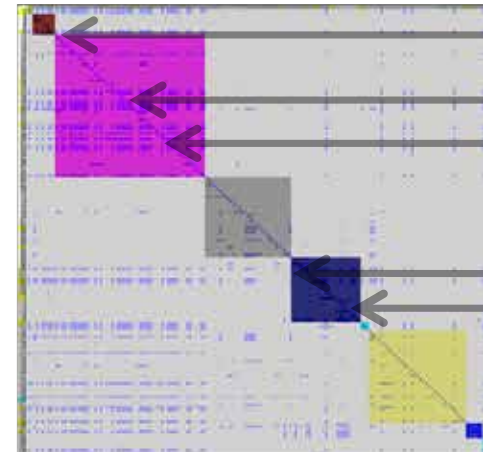
横列における
依存関係が低減



Plan C

- 1: グループ化 提案手法
- 2: 順序計算 他手法

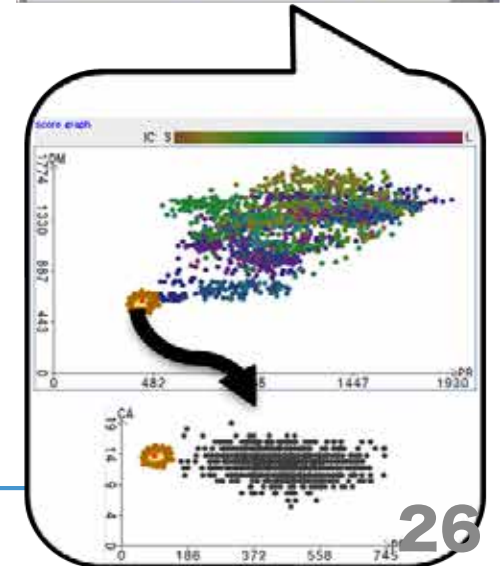
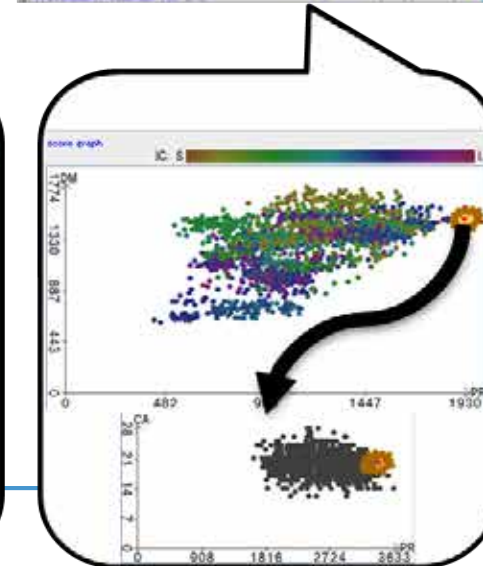
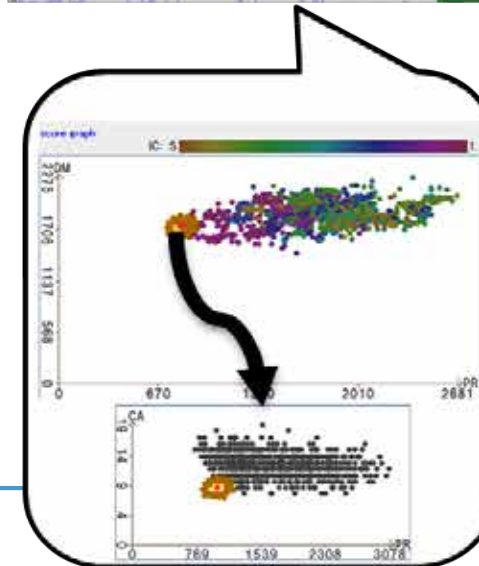
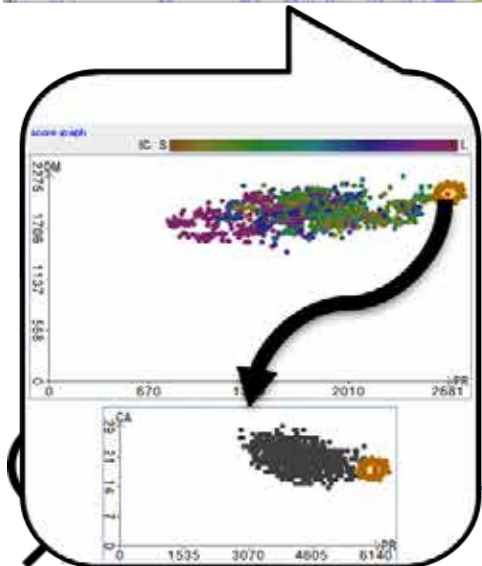
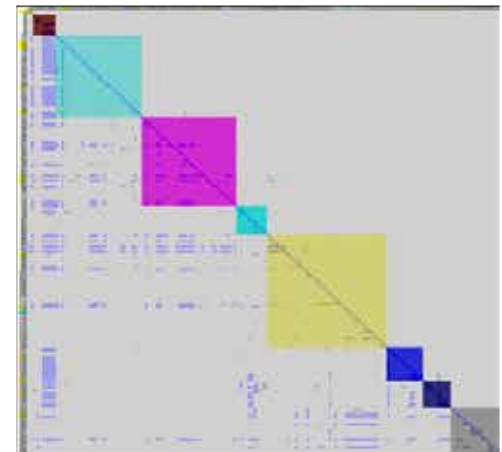
縦列における
依存関係が低減



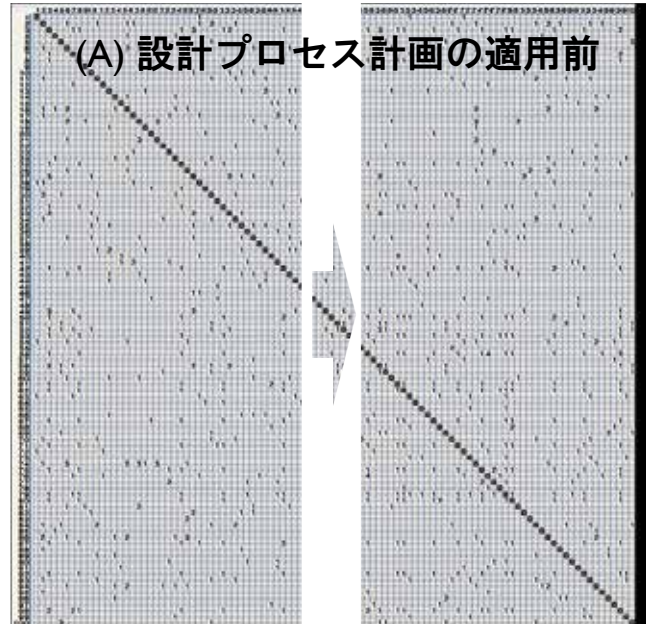
Plan D

- 1: グループ化 提案手法
- 2: 順序計算 提案手法

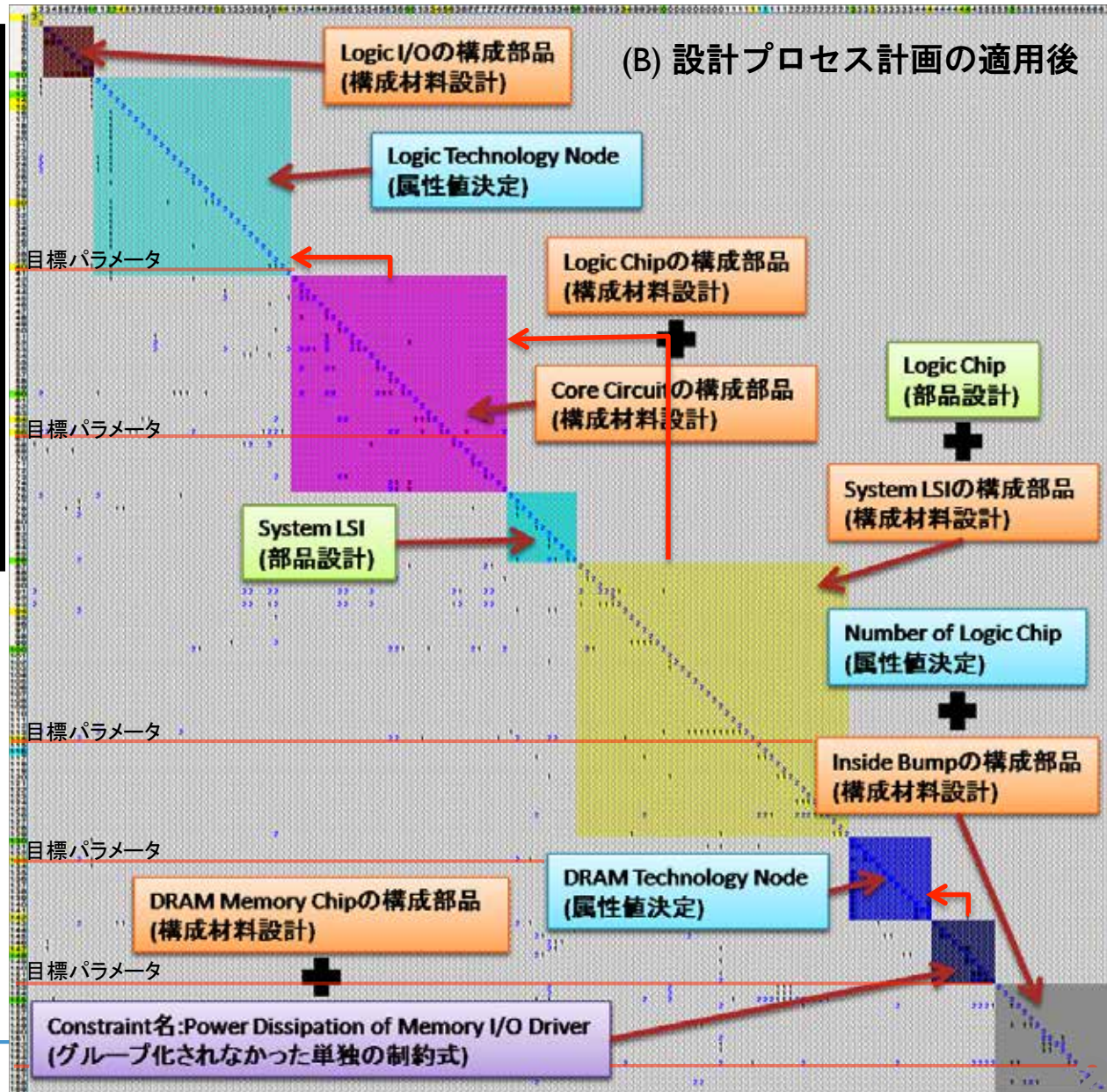
右上対角エリアにおける
依存関係が低減



システムLSIの設計問題の構造化

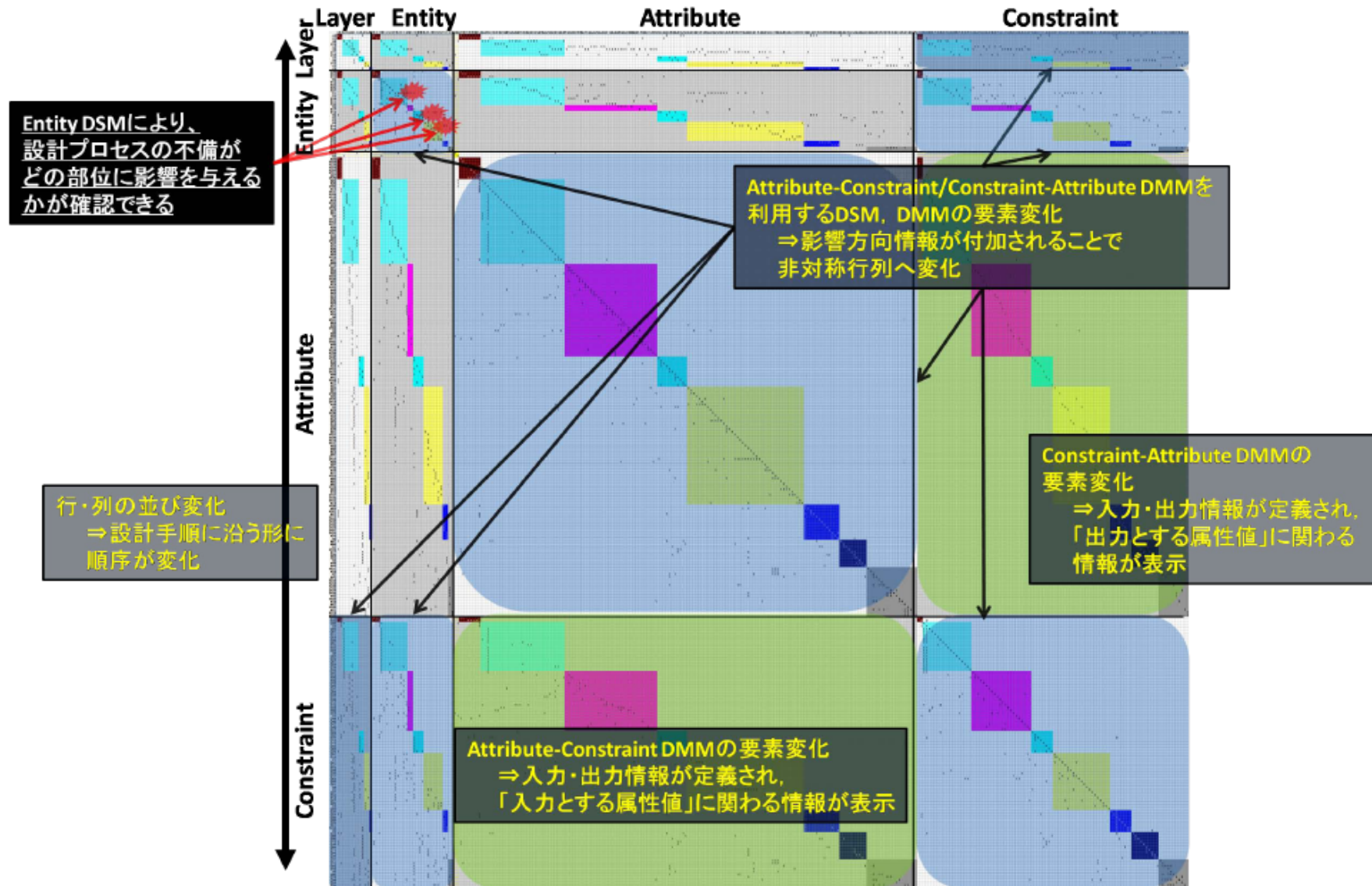


行および列: 設計タスク
セル: パラメータ等の依存関係



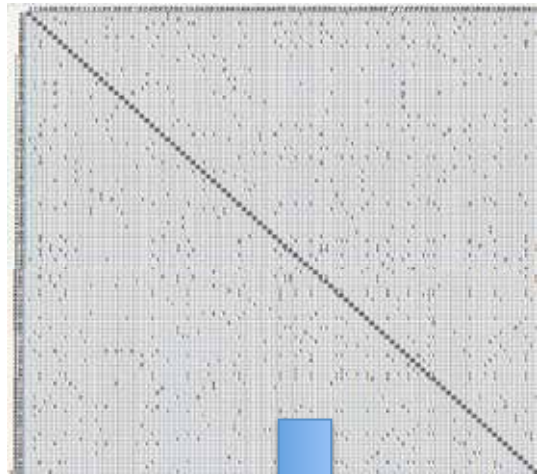
- (1) 機能・構造の視点から設計タスクのグループ化
- (2) 手戻りが少なくなるように順序を決定
- (3) 手戻りが少なくなるように設計タスク間の連携を設計

システムLSIのMDM全体図

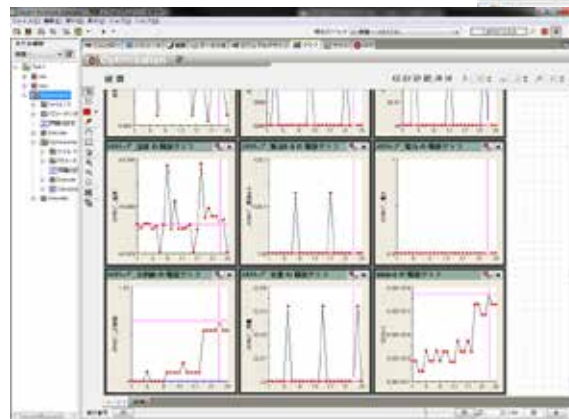


属性、制約ネットワークからワークフローへ

属性、制約ネットワーク



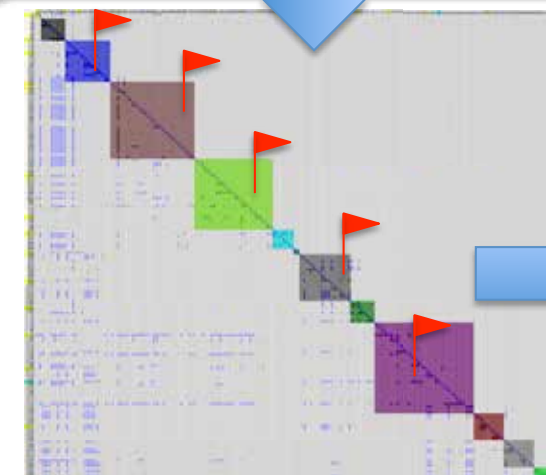
iSIGHT(最適化実行)



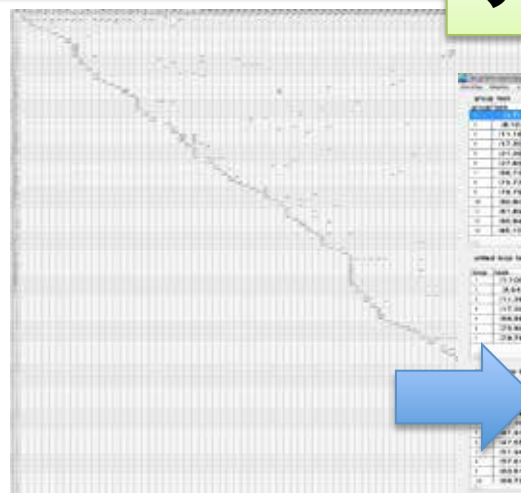
iSIGHT(WorkFlow)



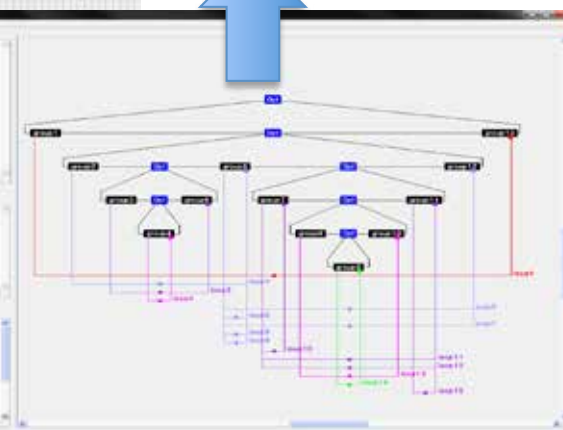
ディスクリプションファイル



設計プロセスの算出



IN-OUTマトリクス



ワークフローの算出

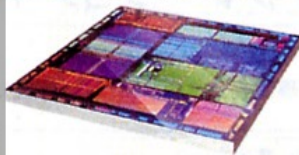
試行錯誤の効率化に基づく問題設定支援

1. 問題の設定

システムプロファイル情報

1. 前提条件の定義
2. 目的関数の定義
3. 設計変数の定義

メモリは購入



処理速度を最大化,
面積を最小化

4. 結果から知見を獲得

1. トレードオフの発見
2. ボトルネックの発見
3. 限界を知る

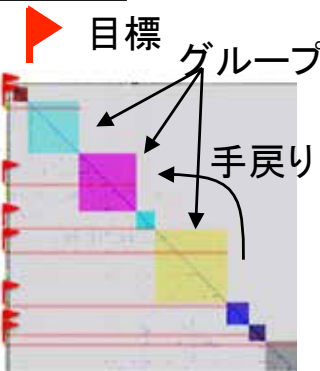
解空間



トレードオフ

2. 問題の構造化

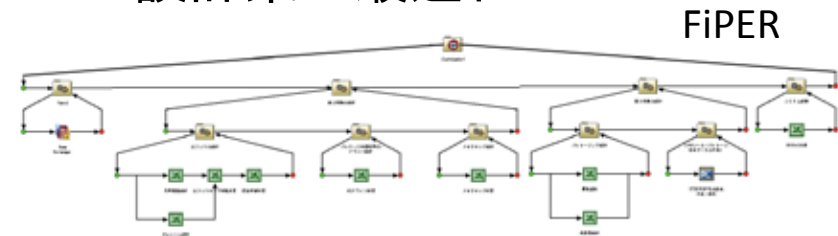
1. 設計プロセスの構成
2. 設計における手戻り・衝突の最小化
3. 設計グループに良い目標を設定



設計プロセス

3. 設計

1. 設計案の計算
2. 設計案の最適化



5. 対象のモデル化

システムの設計 (定義)

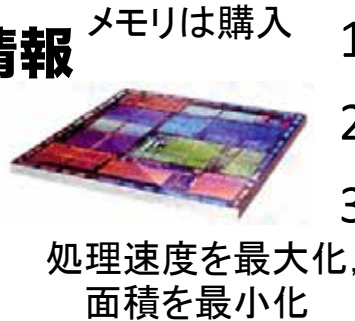
- 1. 設計情報
- 2. 製品モデル

システムプロファイルの定義 問題の記述環境

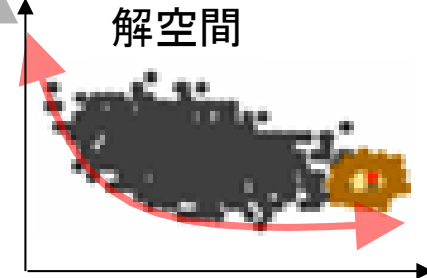
1. 狭義の問題の設定

システムプロファイル情報

- 1. 前提条件の定義
- 2. 目的関数の定義
- 3. 設計変数の定義

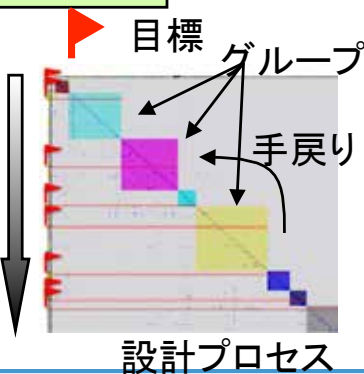


- 1. トレードオフの発見
- 2. ボトルネックの発見
- 3. 限界を知る



2. 問題の構造化

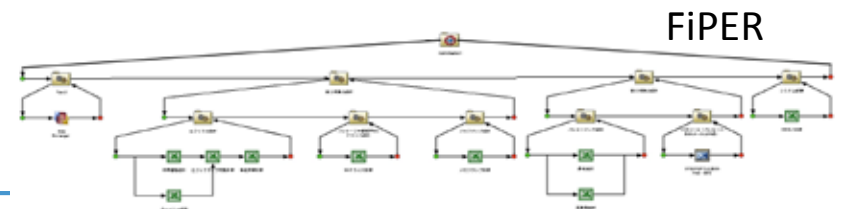
- 1. 設計プロセスの構成
- 2. 設計における手戻り・衝突の最小化
- 3. 設計グループに良い目標を設定



4. 結果から知見を獲得

3. 設計

- 1. 設計案の計算
- 2. 設計案の最適化



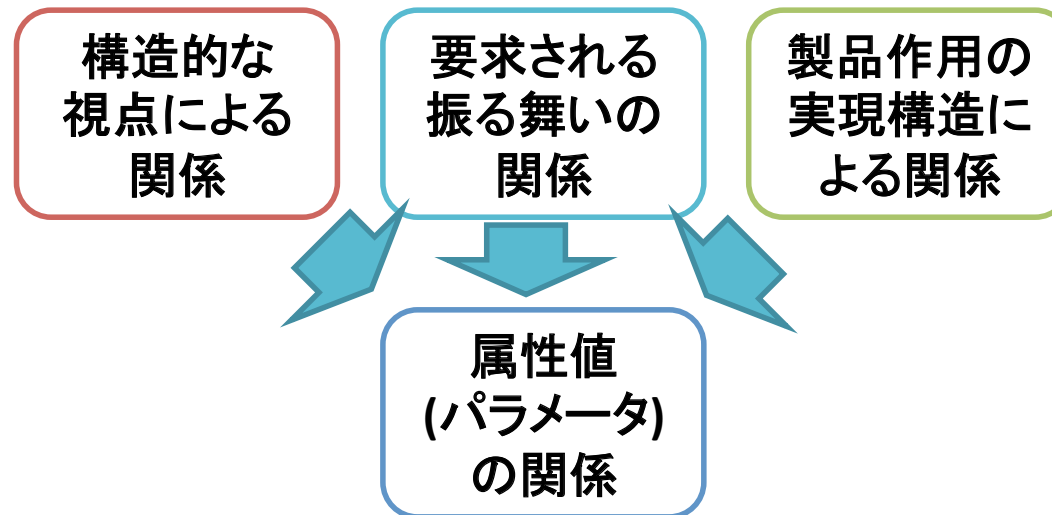
システムモデリングの課題と対応

関係情報の抽出手法の検討

パラメータに注目したシステム思考設計

◆ パラメータ間の関係

- ：製品の構造や振る舞いの情報が集約された関係
- ：影響関係や制約関係が存在する



◆ パラメータ間関係を利用すると様々な設計支援が可能となる

◆ 特に、製品全体を踏まえたシミュレーションや検証が可能となる

- 設計プロセス導出
- 計算機による物理シミュレーション
- 製造方法の検討、モジュール設計等

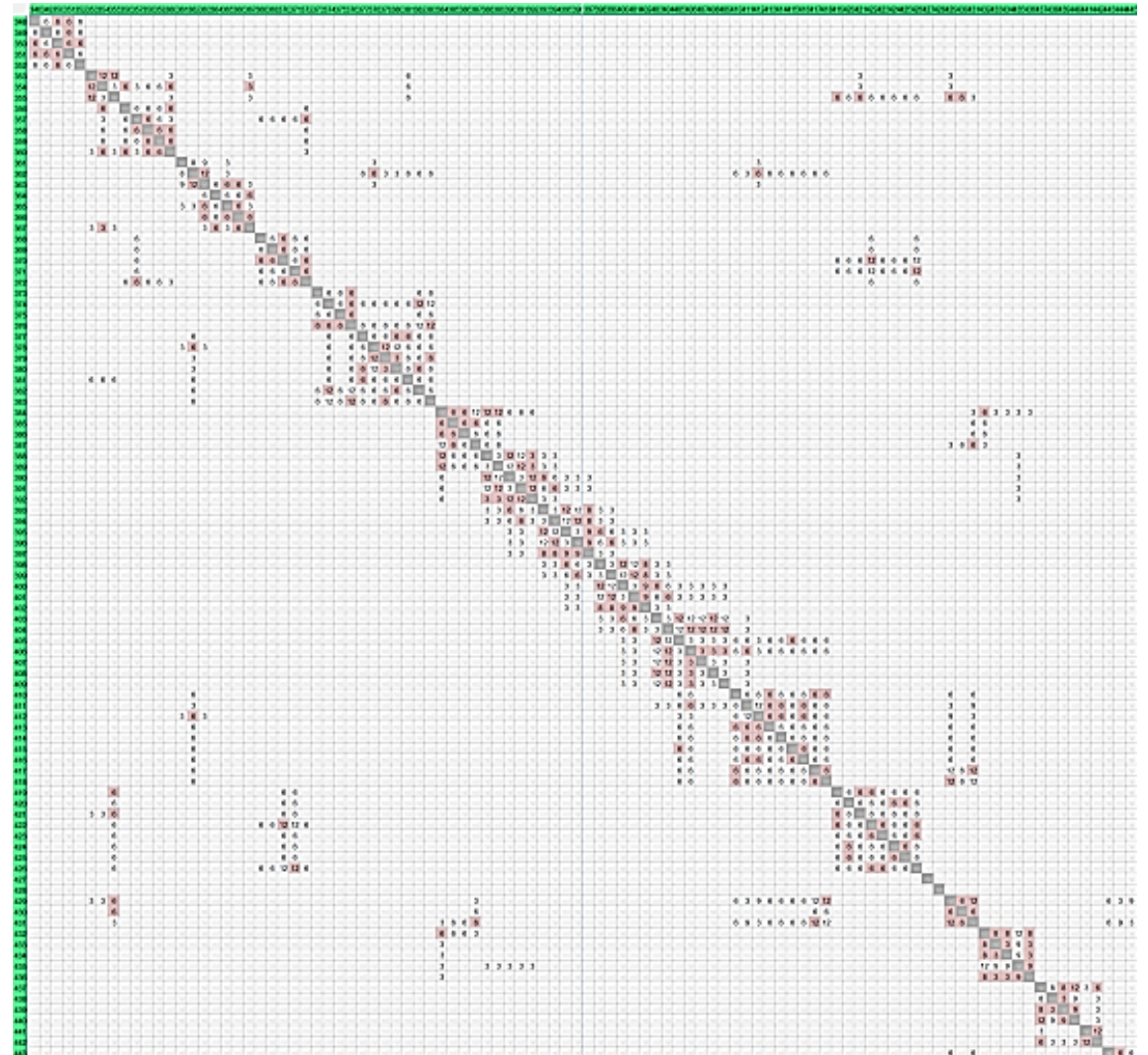
システムモデリングの課題

※ラベルに属性値を定めたDSM
関係のある箇所に数値が入力される

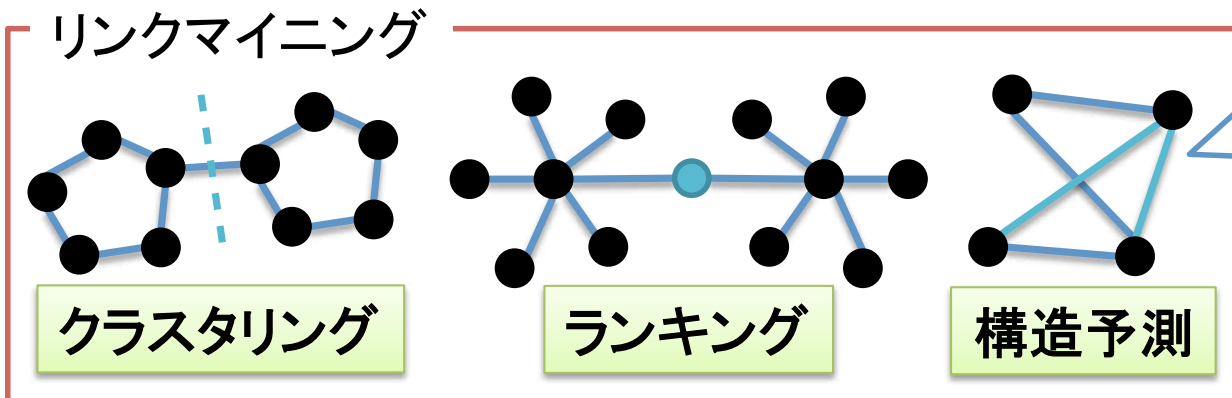
- 属性値間の関係を定義することは大変である
 - 膨大な可能性を一つずつ確認していく必要がある

DSMによる属性値間の関係定義の様子⇒

- 膨大なセルを一つずつ確認していく作業が求められる
- 定義ミスが発生すると、検討や設計支援の結果に影響が出る
- 様々な専門知識がないと定義ができない

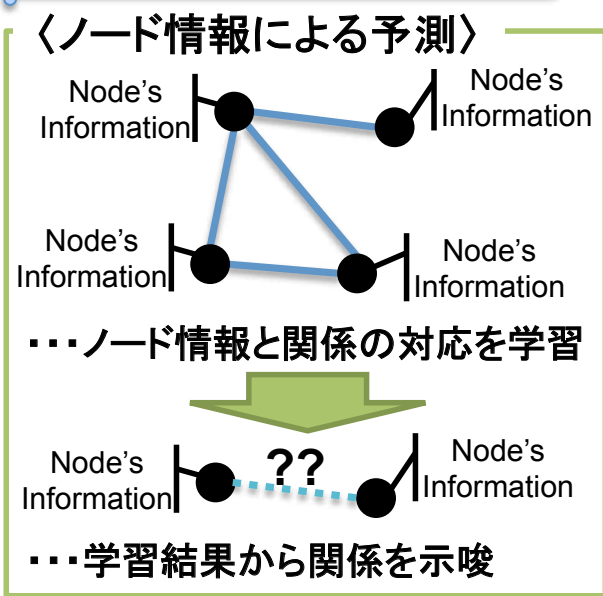


システム要素間の関係示唆を行う既存研究



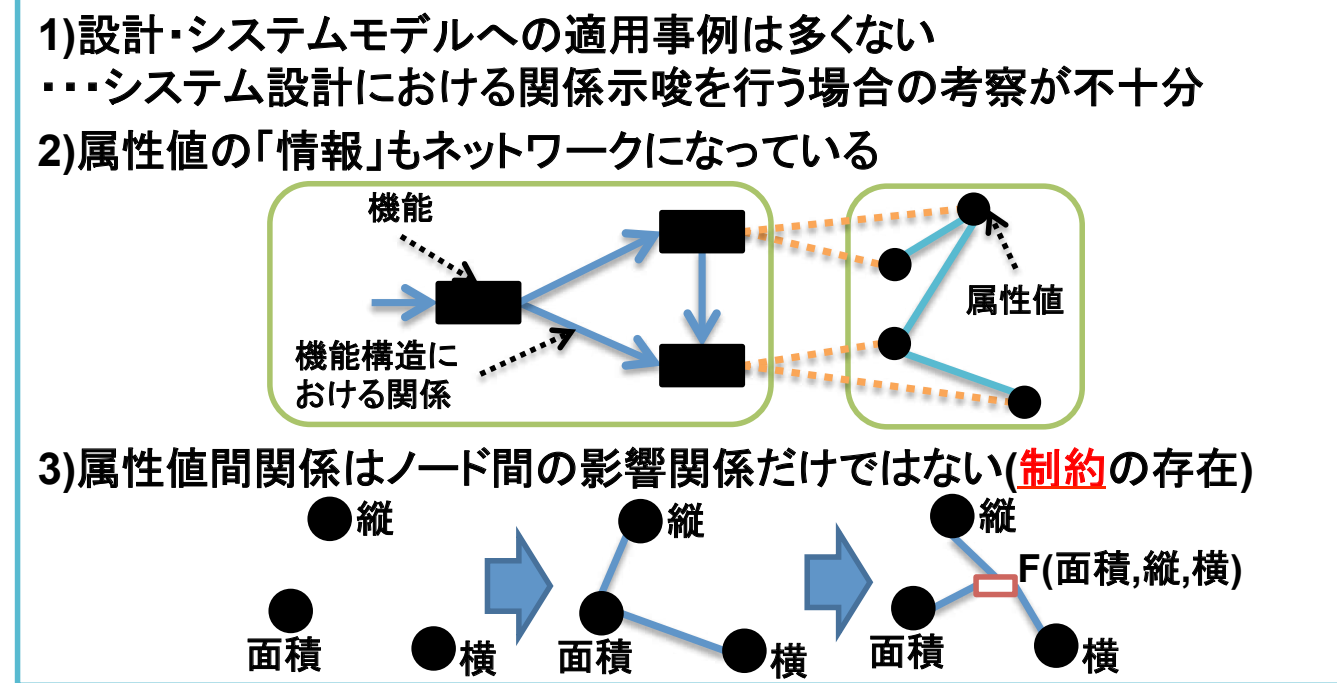
- ✓ ウェブ/SNSネットワーク
 - ✓ 文献ネットワーク
 - ✓ 生物の生態ネットワーク
 - ✓ 社会ネットワーク
- 等に利用されている

構造予測の基本概念

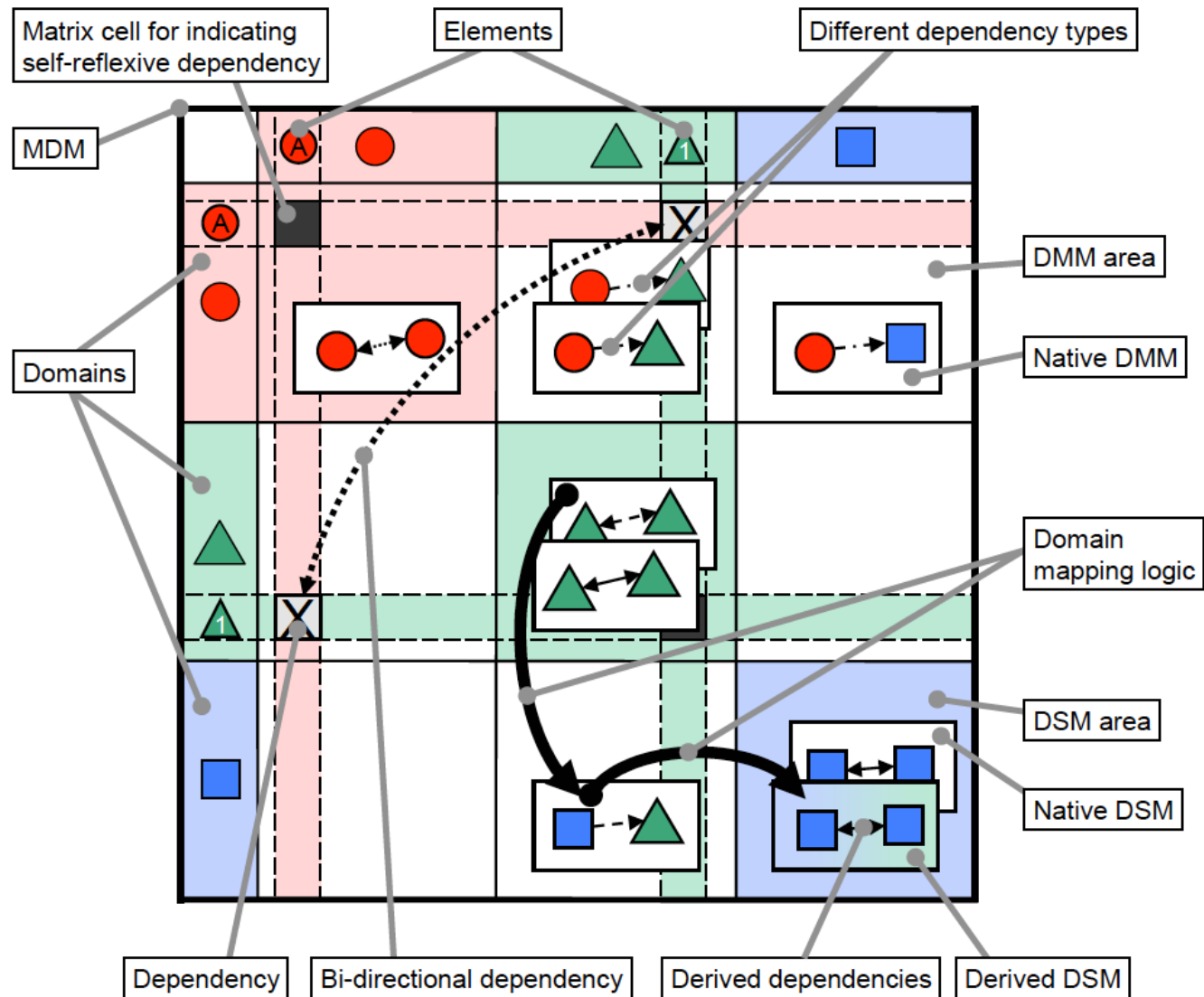


※構造情報による予測も存在
 ...共通の隣接ノードを持つほど関係があり得る、等

本研究の目的とのギャップ

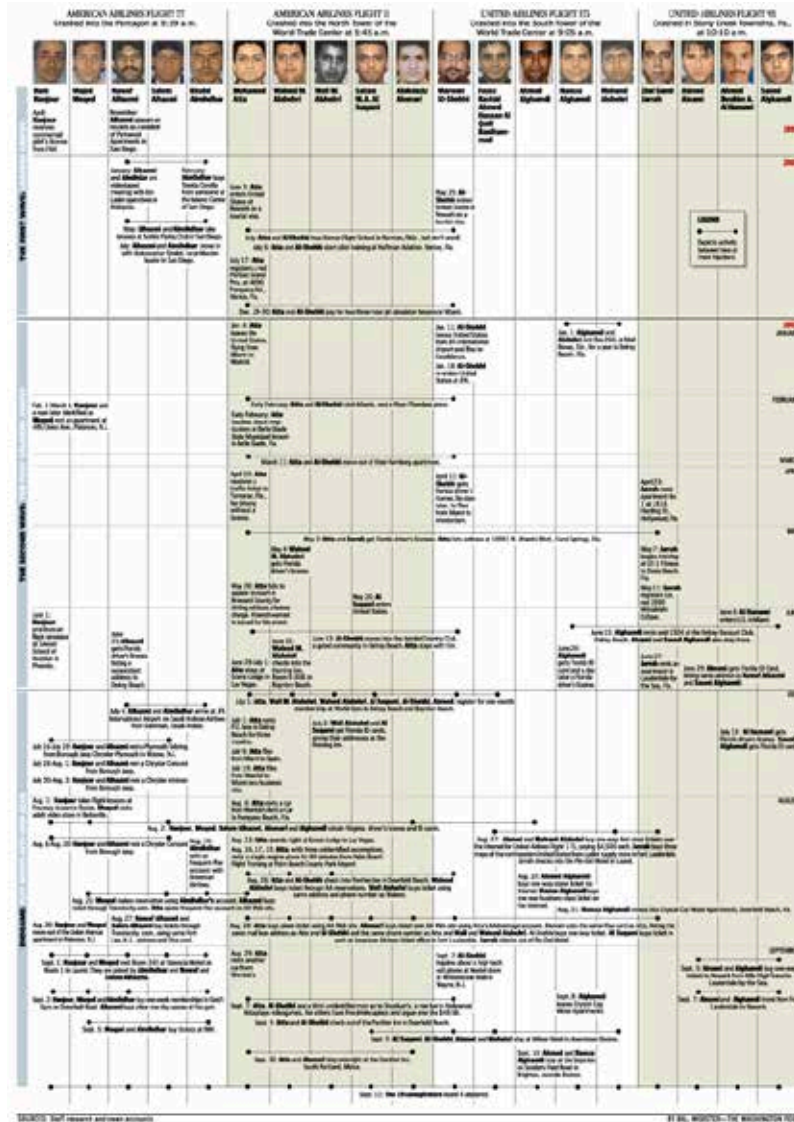


Composition of the MDM



出典 Udo Lindemann: Structural Complexity Management, Springer

例：911テロの人間関係の抽出

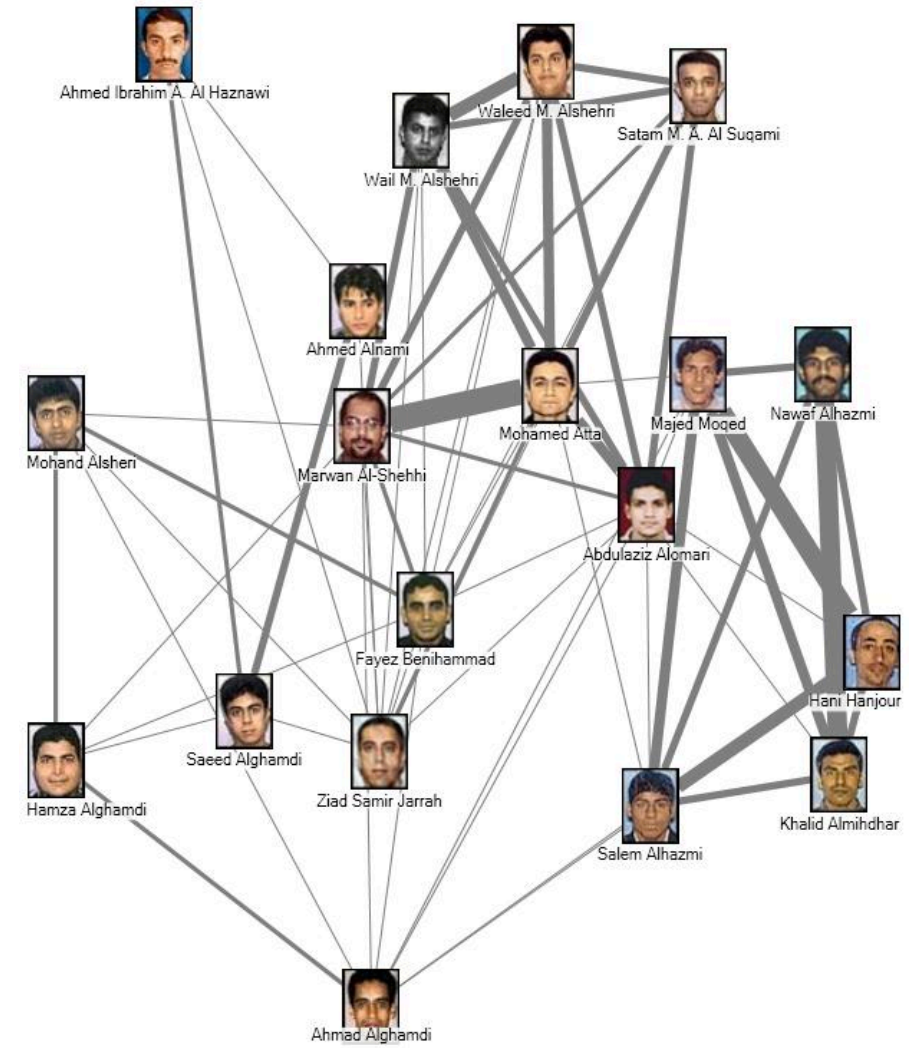


AMERICAN AIRLINES FLIGHT 11
Crashed into the Pentagon at 9:03 a.m.

AMERICAN AIRLINES FLIGHT 11
Crashed into the North Tower of the World Trade Center at 8:45 a.m.

ENTERED AIRLINES FLIGHT 115
Crashed into the South Tower of the World Trade Center at 9:03 a.m.

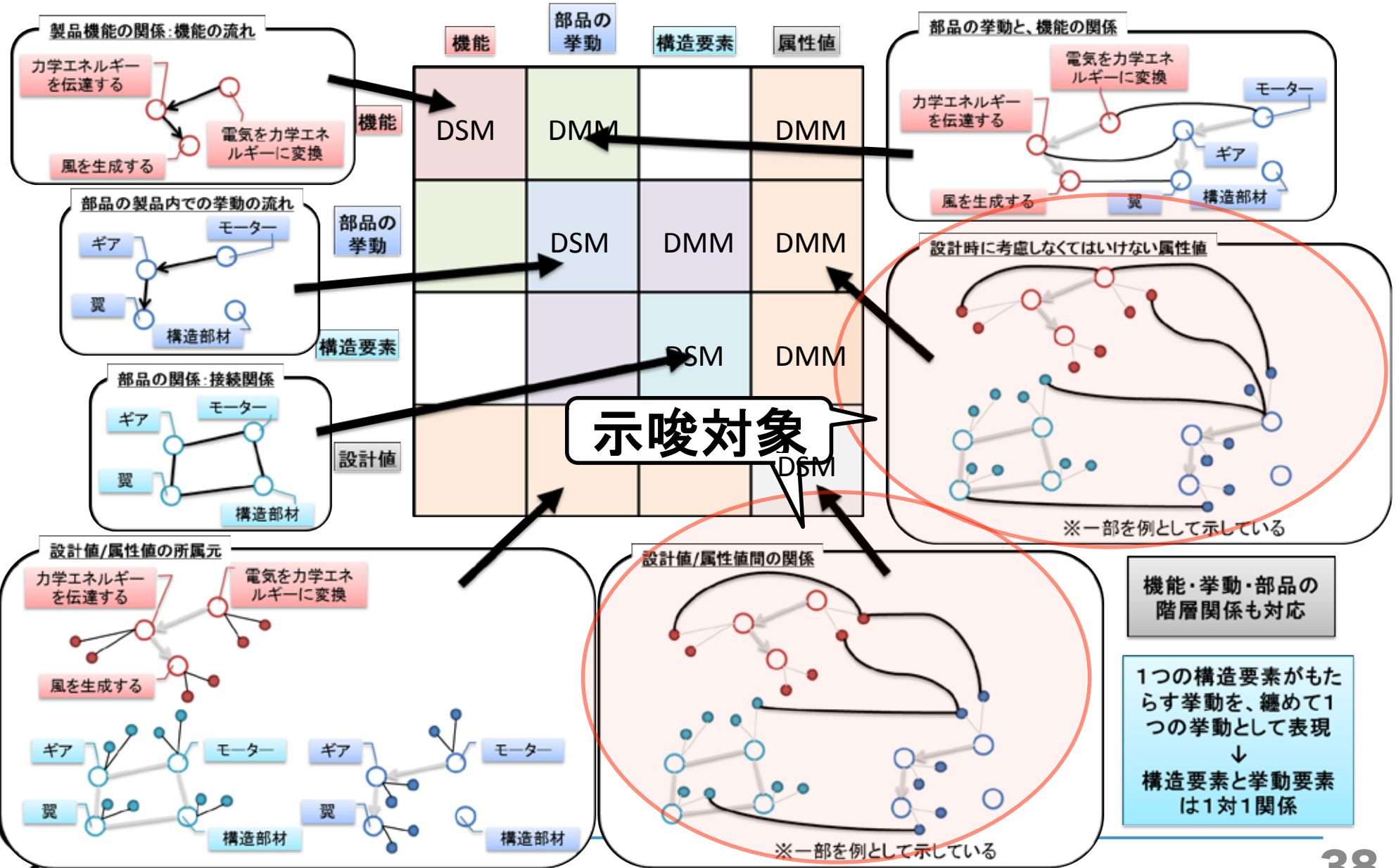
ENTERED AIRLINES FLIGHT 115
Crashed into the South Tower of the World Trade Center at 9:03 a.m.



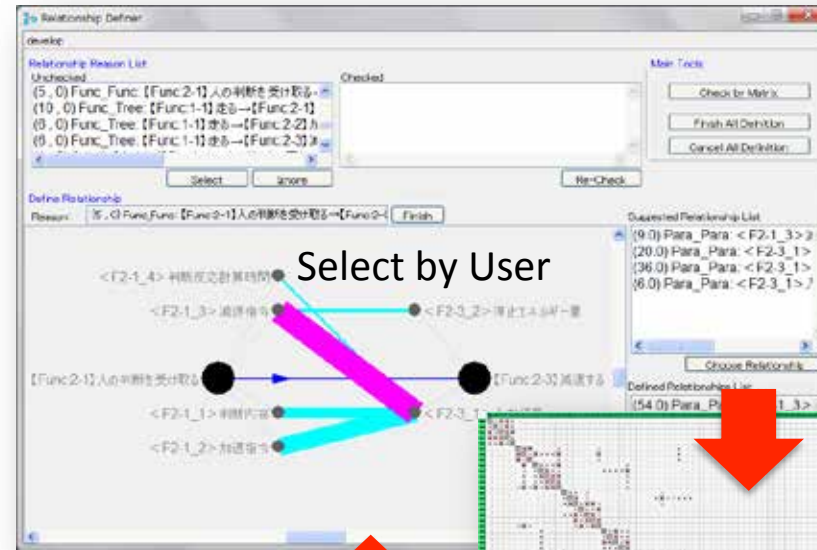
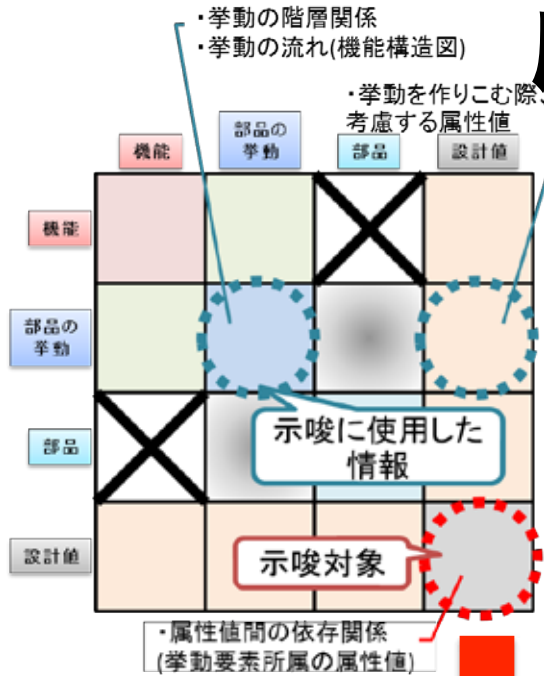
Created with NodeXL (<http://nodexl.codeplex.com>)
http://www.washingtonpost.com/wp-srv/nation/graphics/attack/investigation_24.html



製品システム要素の関係情報と類推する関係



属性情報の関係情報の抽出結果



Simple Model
(Automobile)

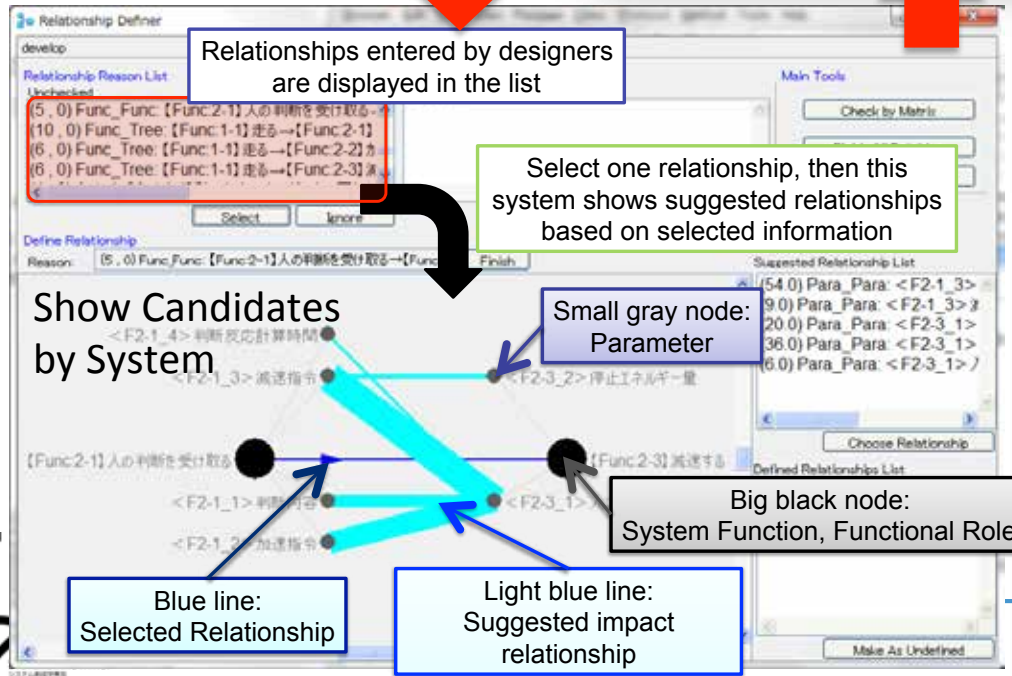
- ✓ System Functions: 4
- ✓ Structural Members: 8
- ✓ Functional Roles: 8
- ✓ Parameters: 56

Outputs:
Generated Dependency Network of Parameters

凡例(結果の一部拡大)

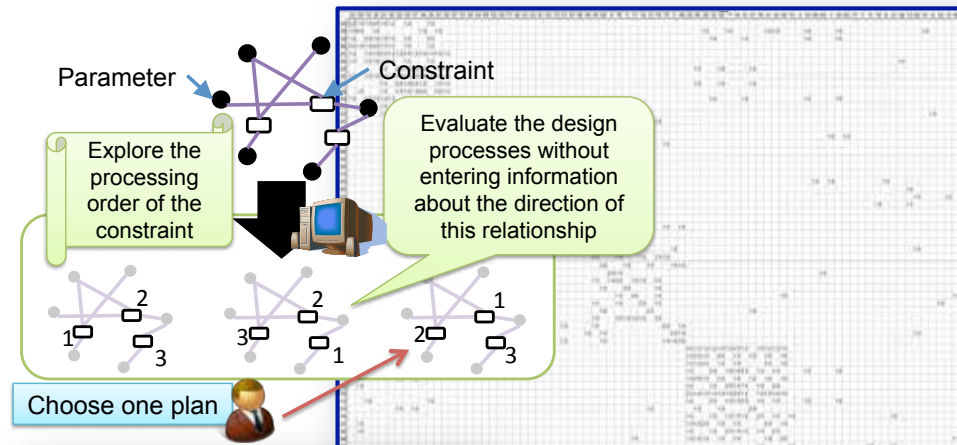
	348	349	350	351	352
348	nil	6	6	6	nil
349	6	nil	6	6	6
350	6	6	nil	6	6
351	6	6	6	nil	6
352	6	6	6	6	nil

セル内数字: システムによる示唆
(値が大きいくほど関係性の可能性が高い)
セルの色: 人が判断した、関係があるところ

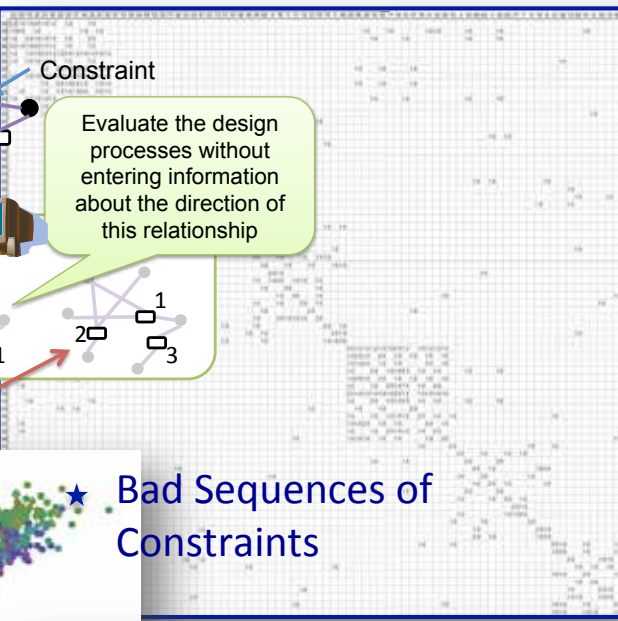




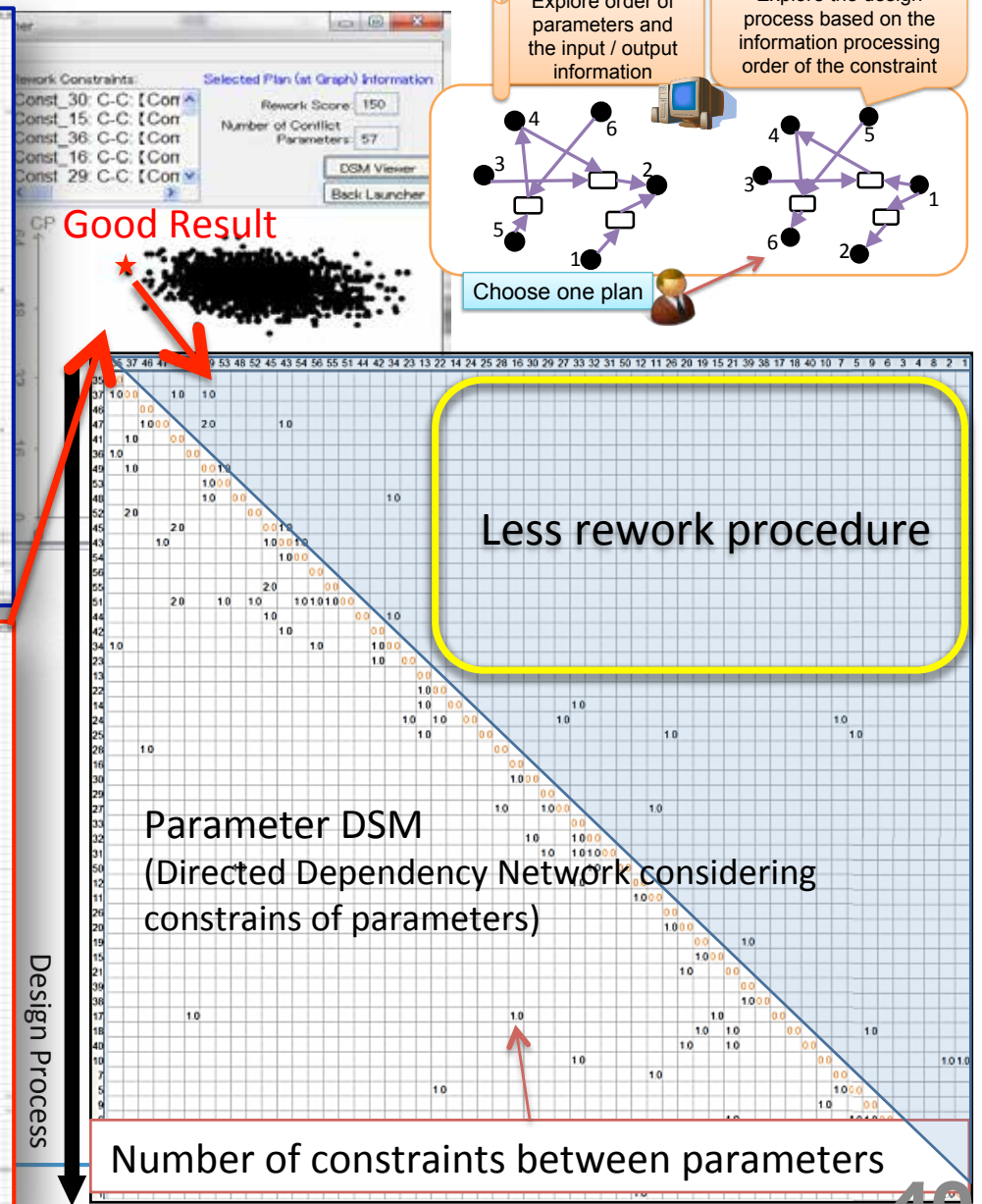
設計プロセスの探索



Sequencing of groups and design tasks



Parameter DSM
(Undirected Dependency Networks)



Good Result

Less rework procedure

Parameter DSM
(Directed Dependency Network considering constrains of parameters)

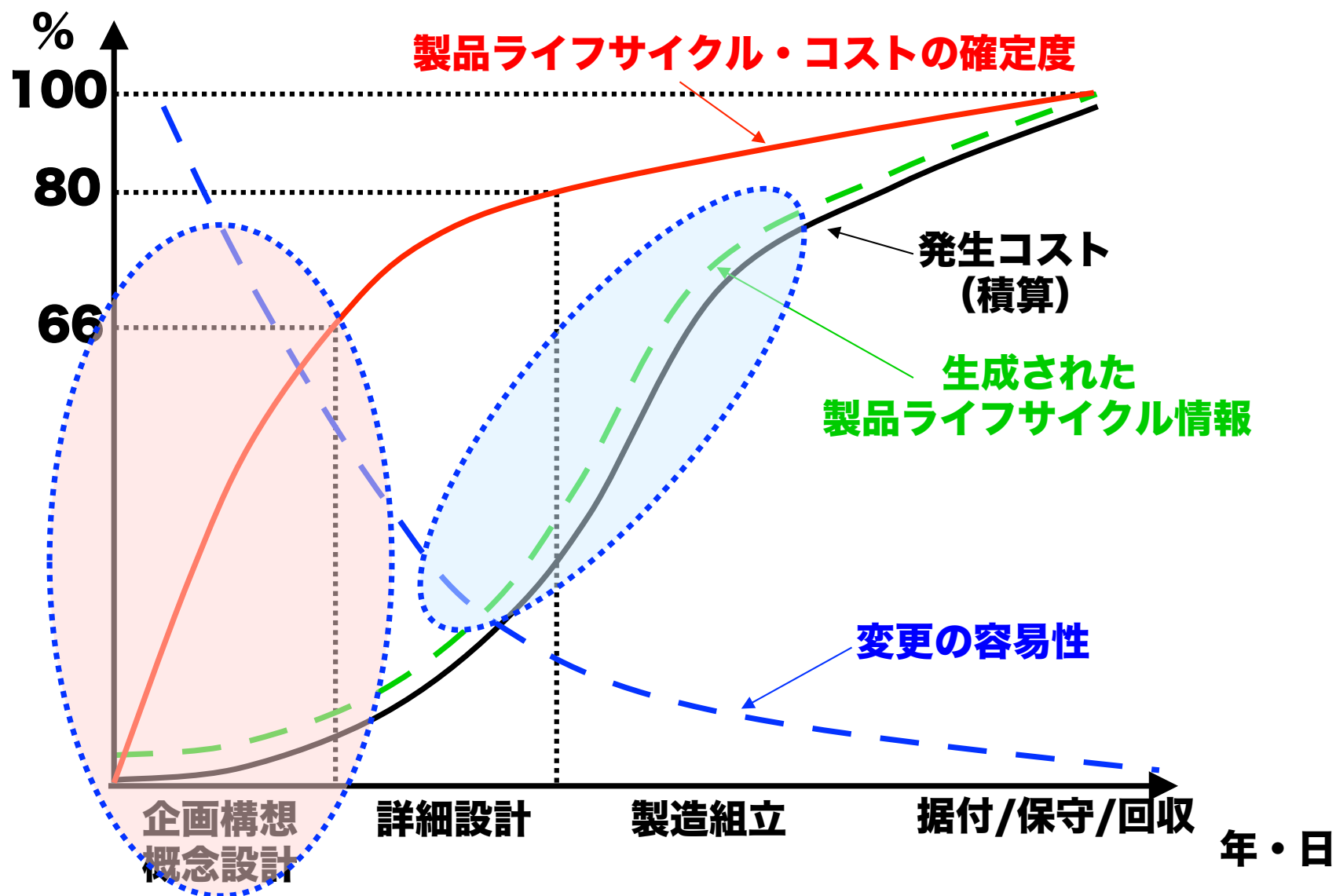
Number of constraints between parameters

Design Process



設計上流における 製品情報の抽出と設計マネジメント

設計上流の重要性



設計情報のモデル化：クルーレス・ソーラーボート

製品情報 => 製品モデル

構成部位:

ソーラーパネル, 船体, 水中翼

機能尺度:

最高速度, 航続距離, 旋回半径

設計変数:

船体形状, バッテリー容量, モータ出力



プロセス情報 => 製品開発プロセスモデル

設計タスク: 船体の設計, 駆動系の設計

評価タスク: 航行試験, 旋回試験

試作タスク: 船体の試作, スクリュの試作

検討タスク: 船体設計方針会議, 駆動系設計の承認



組織情報 => 設計組織モデル

ケーパビリティ

流体力学, 材料力学, 動力学・制御

設計リソース

ビル, エイブラハム

組織ユニット

Dチーム, Rチーム

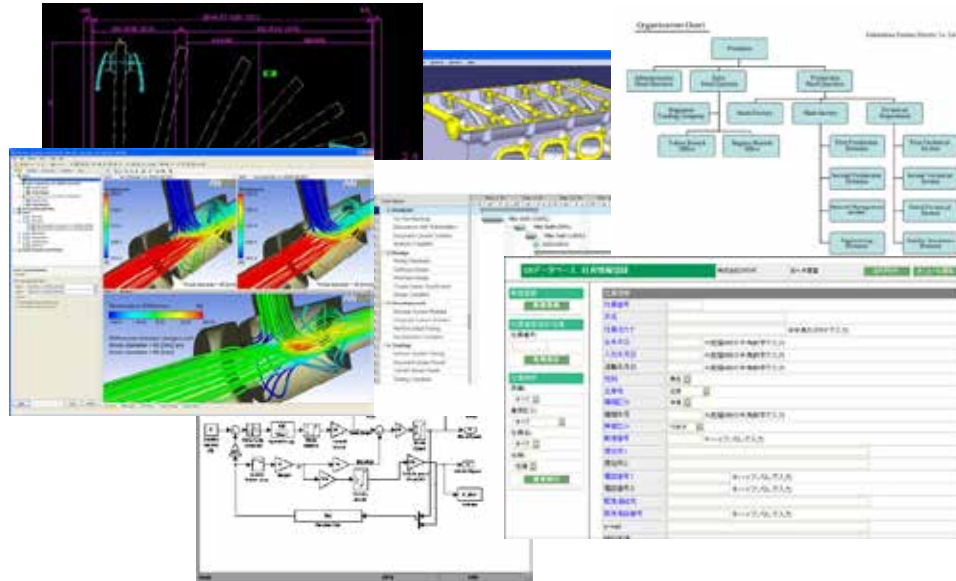
(船体構造設計課, 推進制御システム係など)





背景

製品開発を取り巻く環境



どうやったらうまく設計できるだろう？

- ・勤所はどこだろう？
- ・どんな手順で設計しよう？
- ・誰に何を任せよう？
- ・今の組織でいいのだろうか？



設計マネジメント

製品の「複雑化」によって…

- 製品の複雑化・プロセスの複雑化・組織編成の困難性
 - ・ 製品不具合の発生 => **製品の問題**
 - ・ 開発遅延, 予算超過 => **プロセスの問題**
 - ・ 市場や技術の変化に組織改編が間に合わない => **組織の問題**

問題設定・着眼点

- **設計マネジメントにおける要件**
 - **製品を基にした設計開発プロセスおよび設計組織の構成・分析**
 - **製品・設計開発プロセス・設計組織の統合モデルベースを上記要件を横断的に支援可能なように構築し、また、上記の要件それぞれに対する支援手法を開発・実装する**

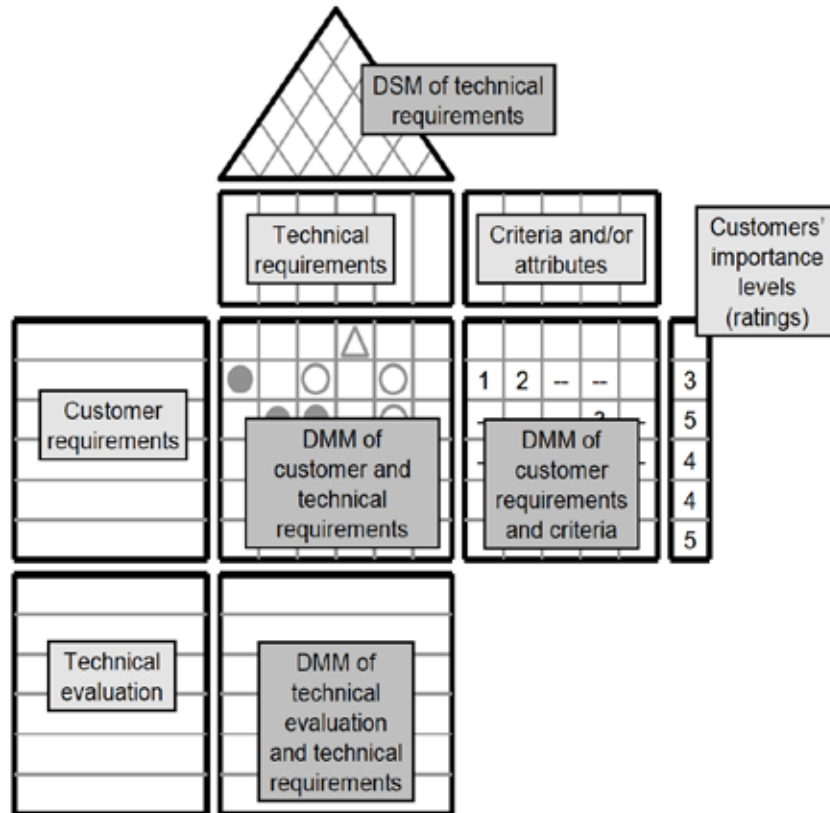
*モデルベース：構造化されたモデルのリポジトリ

- **適切な設計マネジメントとは…**
 - **製品における構成要素間の関係を適切に調整**
 - **設計・開発プロセスにおけるタスク間の関係を適切に調整**
 - **設計組織における構成要素間の関係を適切に調整**

上記を包括的・戦略的に検討する必要がある。

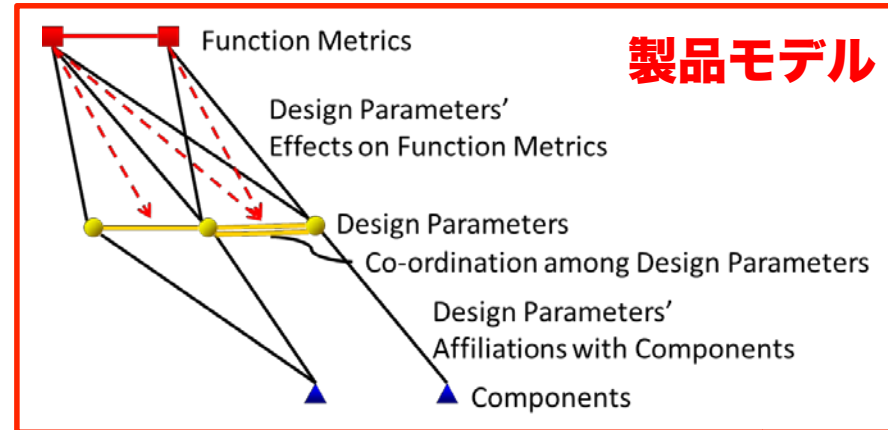
- **設計マネジメント性 = 関係の調整の良し悪し**

QFD: One Example of Multiple-Domain Matrices

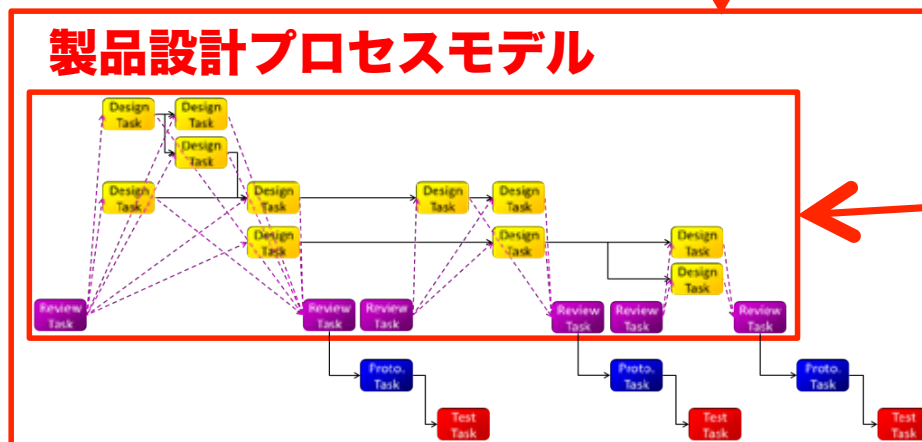
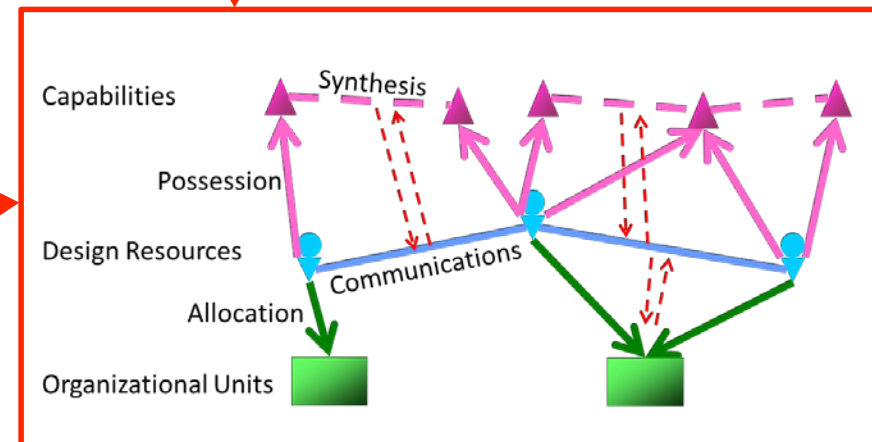


1次	能力的要素	機能的要素												品質品質													
		動力	冷却力	駆動力	伝動力	制御力	駆動力	伝動力	制御力	駆動力	伝動力	制御力	駆動力	伝動力	制御力	駆動力	伝動力	制御力									
1次	動力	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2次	動力	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
3次	動力	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4次	動力	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5次	動力	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
総計		80	71	33	24	24	44	10	30	10	23	18	28	21	12	96	16	12	79	36	26	26	10	0	24	6	0
品質重要度		40	35	19	12	16	21	5	15	5	12	7	13	10	6	41	7	7	40	20	14	15	11	5	0	13	0
設計点		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

製品・プロセス・組織の統合モデル



製品設計組織モデル



製品開発プロセスモデル

製品・プロセス・組織の統合モデル—マトリクス表示

- 製品・プロセス・組織をそれぞれの構成要素間の関係性を記述することによってモデル化
- 関係性を辿ることによって他のドメインにおける関係を説明・導出

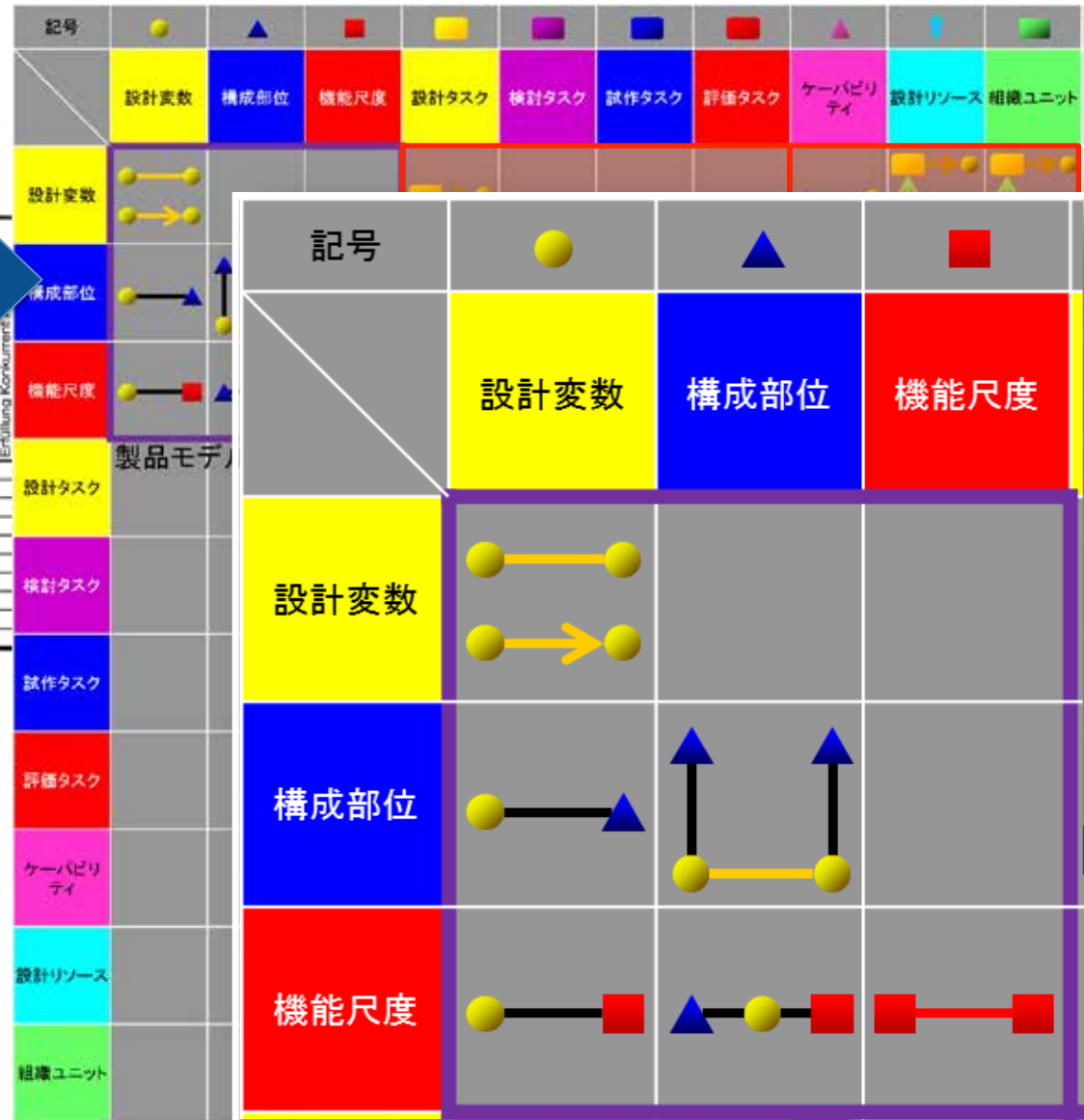
記号	●	▲	■	■	■	■	▲	●	■	
	設計変数	構成部位	機能尺度	設計タスク	検討タスク	試作タスク	評価タスク	ケーパビリティ	設計リソース	組織ユニット
設計変数	●→●			■→●				▲→●	●→■	■→■
構成部位	●→▲	▲→▲		製品—開発プロセス モデル統合				製品—組織 モデル統合		
機能尺度	●→■	▲→■	■→■				■→■			
設計タスク	製品モデル			■→■	■→■				■→■	■→■
検討タスク				■→■						開発プロセス

●	▲	■	■	■	■	■	▲	●	■
設計変数	構成部位	機能尺度	設計タスク	検討タスク	試作タスク	評価タスク	ケーパビリティ	設計リソース	組織ユニット
								開発プロセス—組織 モデル統合	
								設計組織モデル	

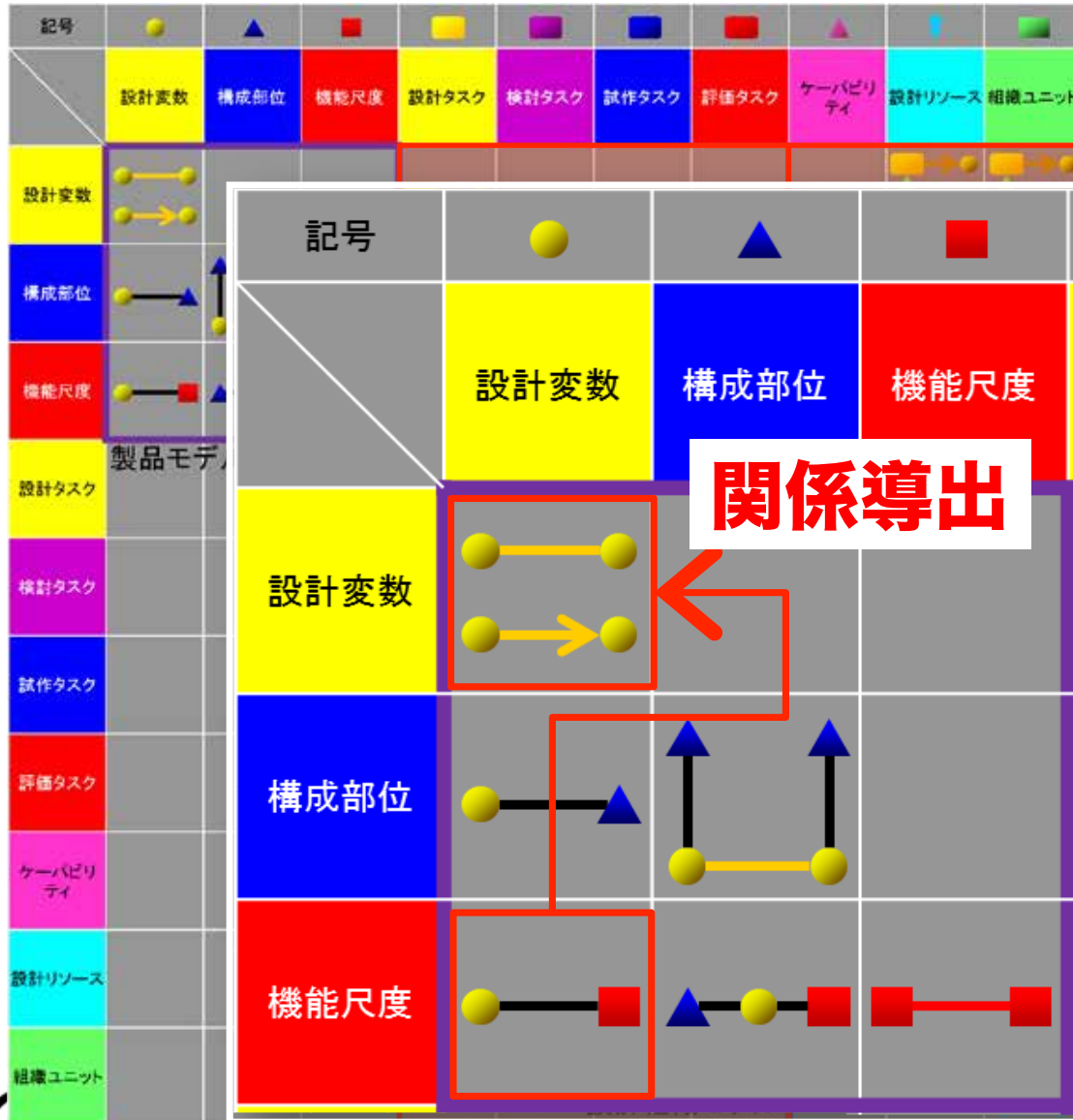
品質機能展開 (QFD)

Variationsrichtung	製品モデル									
	Proportionen/Abmessungen	Anzahl Farben	Herstellkosten	Betriebsstunden	Leistung des Motors	Batterieleistung	Saugfläche	Gewicht	Entleerungs- bzw. Reinigungszeit	Leistung des Motors
Preis	3	3	9	3	3	9	3	3	3	8
Verpackung	1	1	1				3			7
Design	9	9	3		1	1	3	1	3	8
Handhabung	9				1	1	3	9	9	6
Entleerung	3		3					9		8
Saugleistung			3	1	9	9	9	1		9
Materialien	3	1	9	3			3			8
Betriebsdauer			3		9	9	3		3	7
Lautstärke			3		9		3			4
Lebensdauer			9	9						8
Technische Schwierigkeit	4	1	8	3	2,00	2	2	7	9	9
Absolute Bedeutung	371	243	504	222	317	329	301	194	285	222
relative Bedeutung [%]	12%	8%	17%	7%	11%	11%	10%	6%	10%	7%

QFD

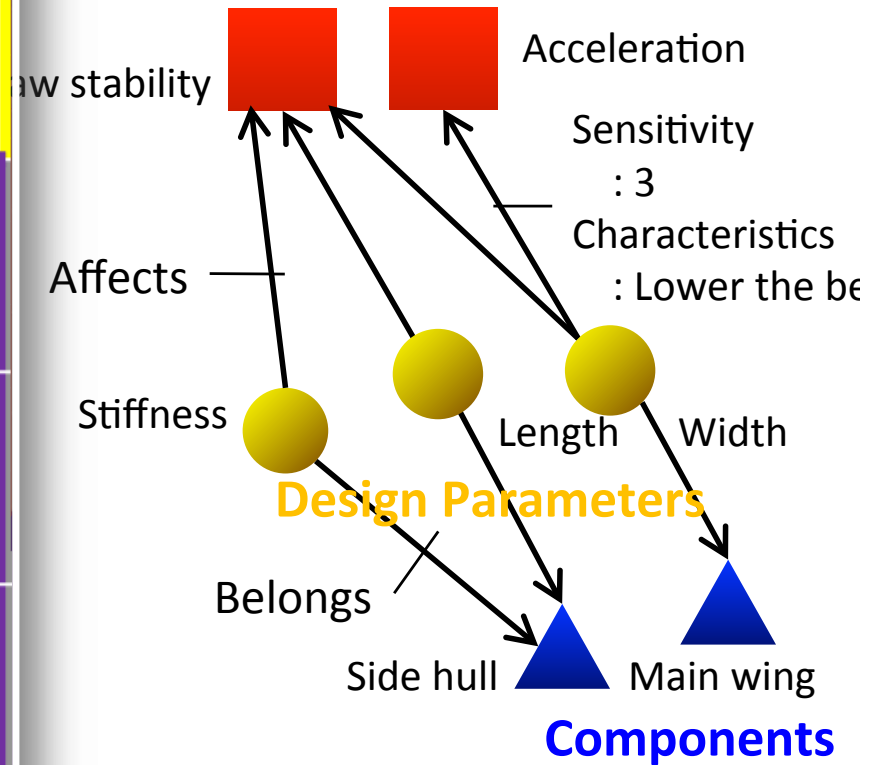


製品情報モデルと設計変数間の関係の導出



- Fm. : Function metric
- Dp. : Design parameter
- ▲ Comp. : Component

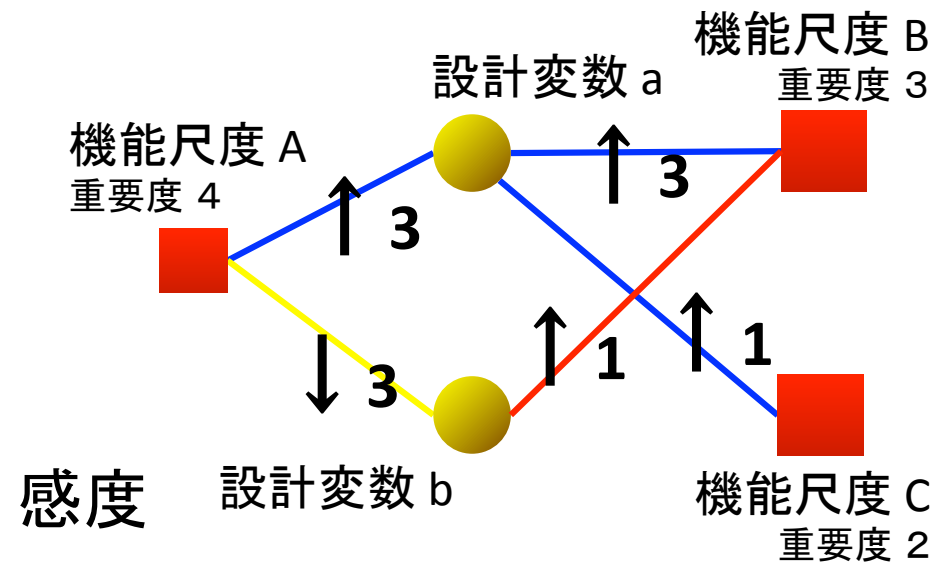
Function Metrics



設計変数間の関係の導出

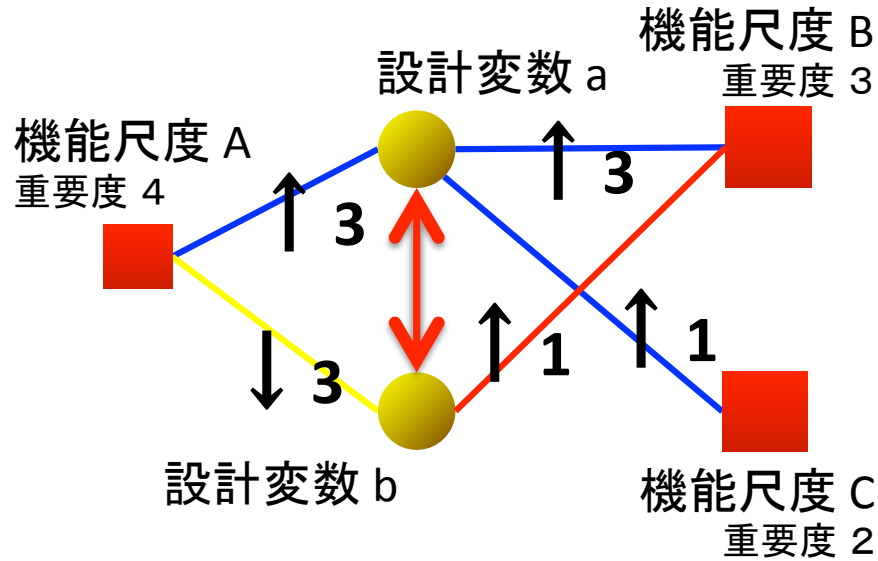
- 機能尺度に対する設計変数の対応関係から導出
 - 設計変数間の調整関係：設計変数の共役
 - 設計変数間の優先関係：設計変数の相反

特性 Ex) 望小特性		設計変数		P
		a	b	c
機能尺度 A	4	↑ 3	↓ 3	
機能尺度 B	3	↑ 3	↑ 1	↓ 1
機能尺度 C	2	↑ 1		↓ 1



機能尺度の重要度

設計変数間の共役性に基づく調整関係の導出



			P	
		a	b	c
A	4	↑3	↓3	
B	3	↑3	↑1	↓1
C	2	↑3		↓1



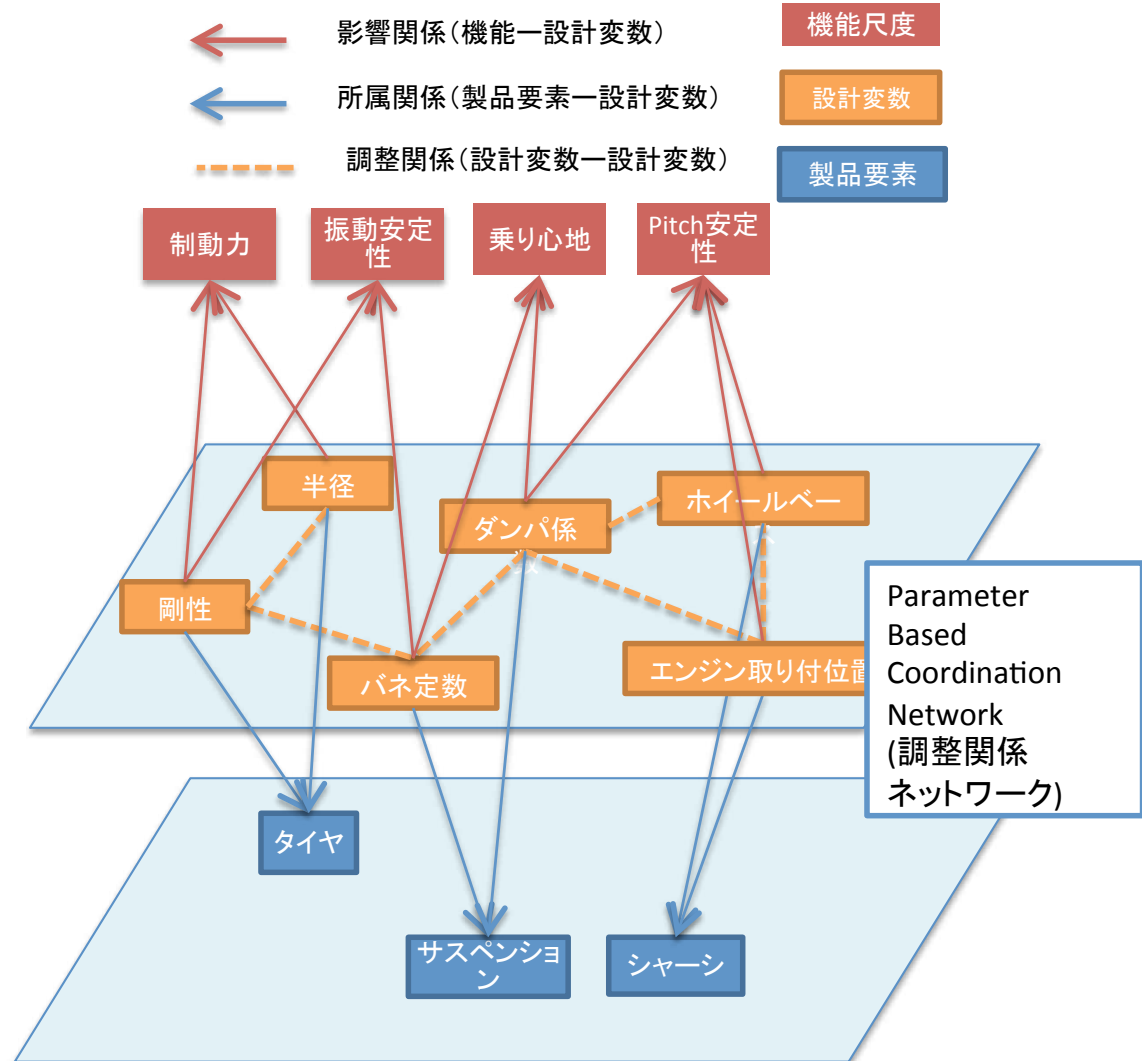
	a	b	c
a		A,B	B,C
b	A,B		B
c	B,C	B	

調整関係の導出

所与の情報		タイヤ		サスペンション		シャーシ	
		半径	剛性	バネ定数	ダンパ係数	ホイールベース	エンジン取り付け位置
Function (機能尺度)	制動力	3	1				
	振動安定性		1	1			
	乗り心地			1	1		
	Pitch安定性				1	3	1



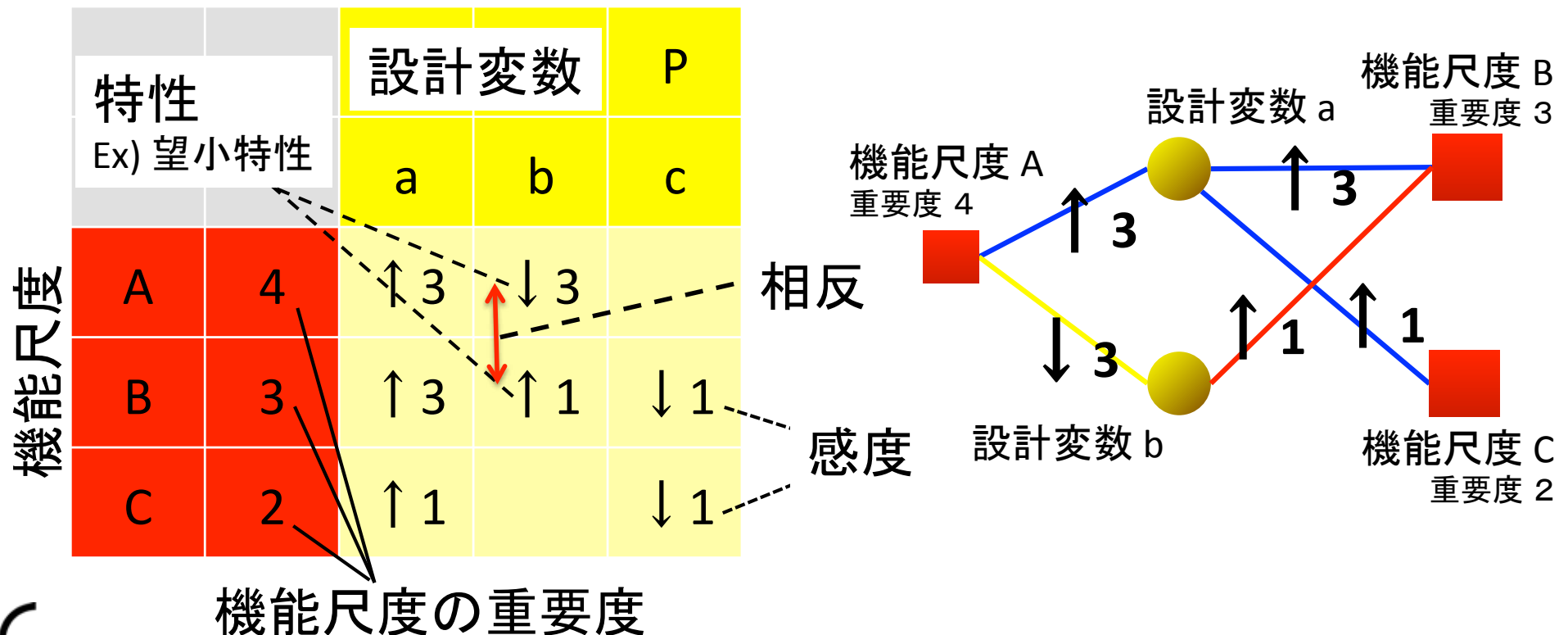
Original Product DSM (調整関係の重み=調整作業量)		Design Parameter					
		半径	剛性	バネ定数	ダンパ係数	ホイールベース	エンジン取り付け位置
Design Parameter	半径		4				
	剛性	4		2			
	バネ定数		2		2		
	ダンパ係数			2			2
	ホイールベース						4
	エンジン取り付け位置				2	4	



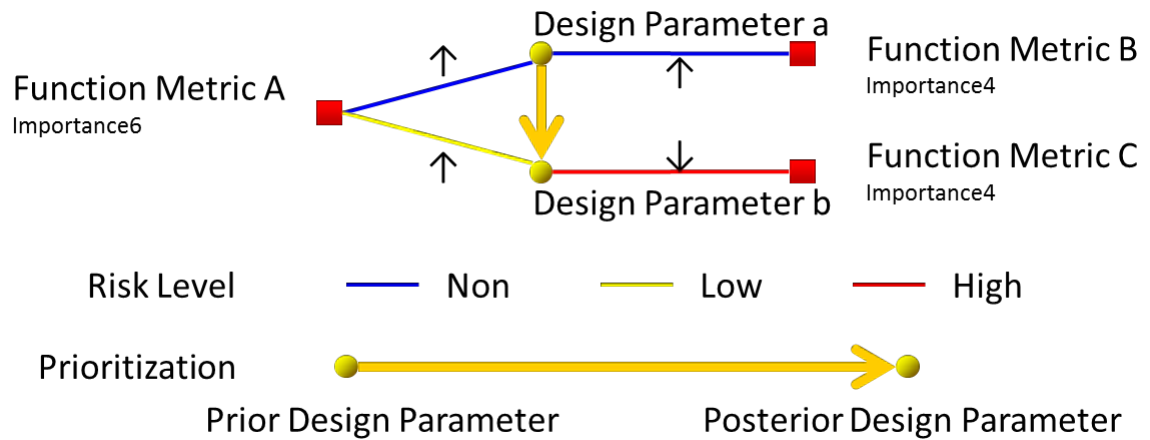
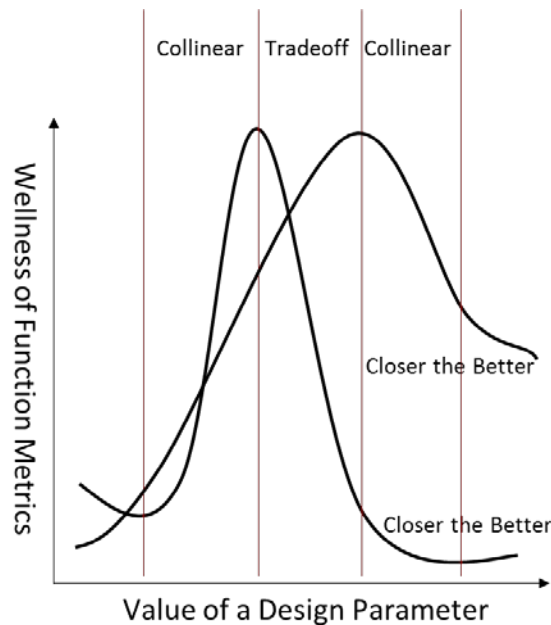
設計変数間の調整関係は、ともに機能尺度に影響関係を持つという共役性から導かれると定義する。

機能尺度に対する設計変数の影響

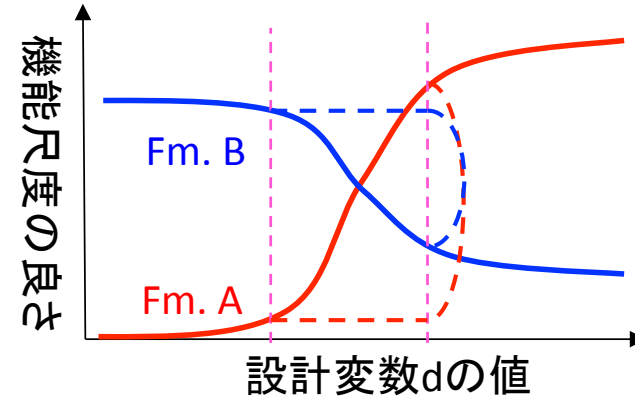
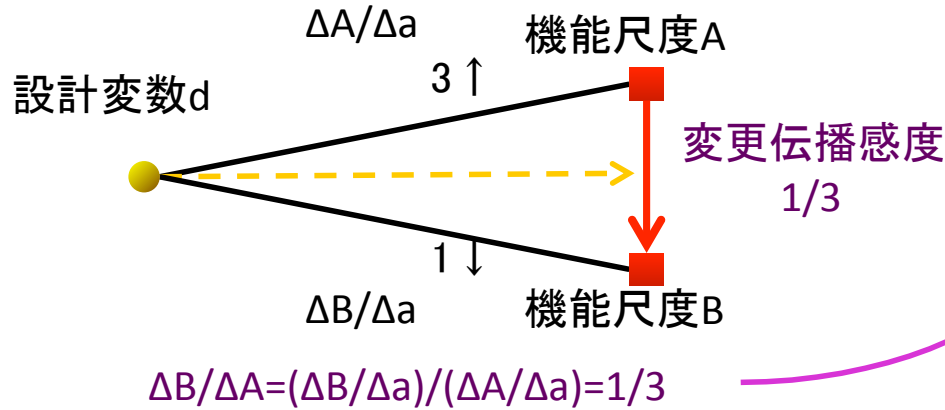
- 機能尺度の実現のために設計変数を操作
 - 設計変数の設計優先順序は、機能尺度と設計変数の関係を特徴づける情報に依存



操作リスクに基づく設計変数間の優先関係の導出



変更伝播の把握



		設計変数										
		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	
機能尺度	A	4	↑ 3	↓ 1	↑ 3	↓ 3	↑ 3	↓ 1	↑ 3	↓ 3	↑ 3	↓ 3
	B	3	↑ 1	↑ 1/3	↑ 1/3	↓ 1	↑ 3	↑ 3	↑ 3	↑ 3	↑ 1/3	
	C	4	↑ 1	↑ 1/3	↑ 1/3	↓ 1	↑ 3	↑ 3	↑ 3	↑ 3	↑ 1/3	
	D	2	↓ 3	↓ 3	↓ 3	↑ 3	↓ 3	↓ 3	↑ 3	↑ 3	↑ 3	

Propagation Sensitivities

$(1 + 1/3 + 1/3 + 1 + 1/3) / 10 = 0.3$

期待変更伝播感度

	A	B	C	D
A		1.57		0.50
B	0.30			0.33
C				0.33
D	0.20	0.57	2.00	



製品情報モデル 「ソーラーボート」

構成部位

設計変数

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB
1		part		Main Hull		Side Hull		Main Wing		Front Wing		Height Sen/Solar Panel		Battery		Motor		Fin		Helm								
2		precondition																										
3				Length	Width	Stiffness	Length	Width	Stiffness	Length	Width	Stiffness	Length	Width	Stiffness	Sensitivity	Length	Width	Output	Capacity	Torque	Revolution	Size	Number	Length	Depth		
4	Performance/Speed	Maximum Speed		6	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
5		Acceleration		9	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
6	Stability	Roll Stability high spe		7	-	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
7		Roll Stability low spe		4	-	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
8		Yaw Stability high spe		3	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
9		Yaw Stability low spe		2	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
10	Distance	Max reachable Distanc		3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
11		Distance in high spee		4	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
12		Max reachable Distanc		2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
13		Distance in high spee		3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
14	Curve	Minimum Radius low sp		6	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
15		Minimum Radius high		4	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓

↓	↑	↓	↓
↑	↓	↓	↓
↑	↓	↑	↑
↑	↑	-	-

機能尺度 (+重要度)

a) 製品情報CSV (影響特性)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB
1		part		Main Hull		Side Hull		Main Wing		Front Wing		Height Sen/Solar Panel		Battery		Motor		Fin		Helm								
2		precondition																										
3				Length	Width	Stiffness	Length	Width	Stiffness	Length	Width	Stiffness	Length	Width	Stiffness	Sensitivity	Length	Width	Output	Capacity	Torque	Revolution	Size	Number	Length	Depth		
4	Performance/Speed	Maximum Speed		5	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	3	3	3	1	1	1
5		Acceleration		9	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1	1	1	1	1	3	1	3	1	3	1	3	3	1	1
6	Stability	Roll Stability high spe		7	-	1	1	1	1	3	1	1	3	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7		Roll Stability low spe		4	-	1	1	1	1	3	1	1	3	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8		Yaw Stability high spe		3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9		Yaw Stability low spe		2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	Distance	Max reachable Distanc		3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
11		Distance in high spee		4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
12		Max reachable Distanc		2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13		Distance in high spee		3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	Curve	Minimum Radius low sp		3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15		Minimum Radius high		4	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

1	1	1	1
3	3	1	1
1	3	1	1
1	3	1	1

b) 製品情報CSV (感度)





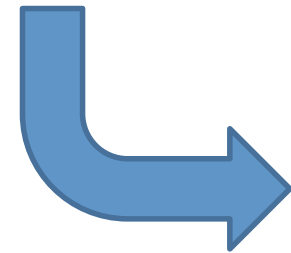
実行例 設計プロセスの構成

設計変数

機能尺度

	dp1	dp2	dp3	dp4	dp5	dp6	dp7	dp8	dp9	dp10	dp11	dp12	dp13	dp14	dp15	dp16	dp17	dp18	dp19	dp20	dp21	dp22	dp23
fn1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1				3	1	1	3	3	3	1	1	
fn2	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1	1			3	1	3	1	3	3	1	1	
fn3		1	1	1	1		1	3	1	1	3	1	3	1	1		1					1	1
fn4		1	1	1	1		1	3	1	1	3	1	3	1	1		1					1	1
fn5	3	1	1					1	1		1	1					1					3	1
fn6	3	1	1	3	1	1		1	1		1	1					1					3	1
fn7	1	1		1	1		1	1		1	1		3	3	3	3	1	3	1	1	1	1	1
fn8	1	1		1	1		1	1		1	1		3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1
fn9	1	1		1	1		1	1		1	1		1	1	3	3	1	3	1	1	1	1	1
fn10	1	1		1	1		1	1		1	1		1	1	3	3	1	1	1	1	1	1	1
fn11	3			3			1																
fn12	3						1																

設計変数間の優先関係DSM



列の設計変数⇒
行の設計変数の
優先関係

Window File Matrices Compute Cells Develop

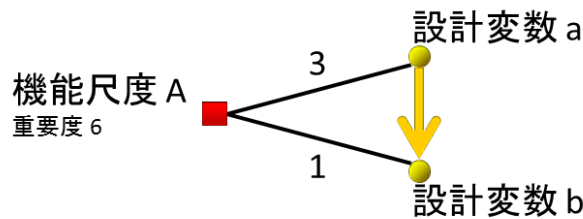
Column: Front Wing/Length
Row: Main Wing/Length

列要素「前翼/長さ」
行要素「主翼/長さ」

重要度の和

	dp1	dp2	dp3	dp4	dp5	dp6	dp7	dp8	dp9	dp10	dp11	dp12	dp13	dp14	dp15	dp16	dp17	dp18	dp19	dp20	dp21	dp22	dp23
dp1	91	55	111	85	49	93	103	79	93	76	79			31	31	69	39	79	69	69	69	105	100
dp2	58	56	74	74	28	70	80	56	70	53	56	22	41	41	42	33	68	42	42	42	42	53	53
dp3	35	57	54	54	34	52	57	57	52	47	57	22	22	22	30	15	60	30	30	30	42	42	
dp4	74	71	47	78	32	69	71	62	69	51	62	22	34	34	42	39	66	42	42	42	69	67	
dp5	58	73	49	80	34	69	73	58	69	53	58	22	34	34	42	39	68	42	42	42	53	53	
dp6	17	17	17	17	17	15	17	17	15	17	17				15	15	17	15	15	15	17	17	
dp7	69	67	43	83	67	21	100	67	91	64	67	22	41	41	42	30	64	33	42	42	64	64	
dp8	79	66	42	76	60	25	89	66	80	73	66	22	30	30	42	30	63	33	42	42	63	63	
dp9	64	51	51	68	52	34	53	63	53	59	86	22	11	11	20	15	58	30	30	30	71	71	
dp10	78	76	52	92	76	30	100	100	76	73	76	22	30	30	42	30	63	33	42	42	63	63	
dp11	83	59	40	79	63	34	78	94	70	78	70	22	11	11	20	15	58	30	30	30	71	71	
dp12	64	51	51	68	52	34	53	63	86	53	59	22	11	11	30	15	58	30	30	30	71	71	
dp13	11	11	11	11	11	11	22	11	11	22	11			11	11			11				11	11
dp14	17	39	22	39	39		39	39	22	39	32	22	22	46	17	24	32	13	10	10	32	32	
dp15	17	39	22	39	39		39	39	22	39	32	22	22	46	17	24	32	13	10	10	32	32	
dp16	27	33	15	27	27	15	36	36	15	27	12	15		19	19	24	36	38	42	42	12	12	
dp17	42	69	45	69	69	45	69	69	45	69	57	45		26	26	69	57	62	57	57	57	57	
dp18	52	67	46	71	71	25	69	76	50	60	62	50	22	39	39	54	30	45	54	54	59	59	
dp19	43	49	24	43	43	24	43	43	24	43	28	24		22	22	54	33	43	49	49	28	28	
dp20	39	45	15	39	39	15	48	48	15	39	24	15		24	24	54	24	48	45	54	24	24	
dp21	39	45	15	39	39	15	48	48	15	39	24	15		24	24	54	24	48	45	54	24	24	
dp22	88	70	46	92	74	32	65	70	69	65	81	69	22	35	35	54	54	77	54	54	54	105	
dp23	88	75	51	92	76	34	65	75	74	65	86	74	22	35	35	54	54	82	54	54	54	110	

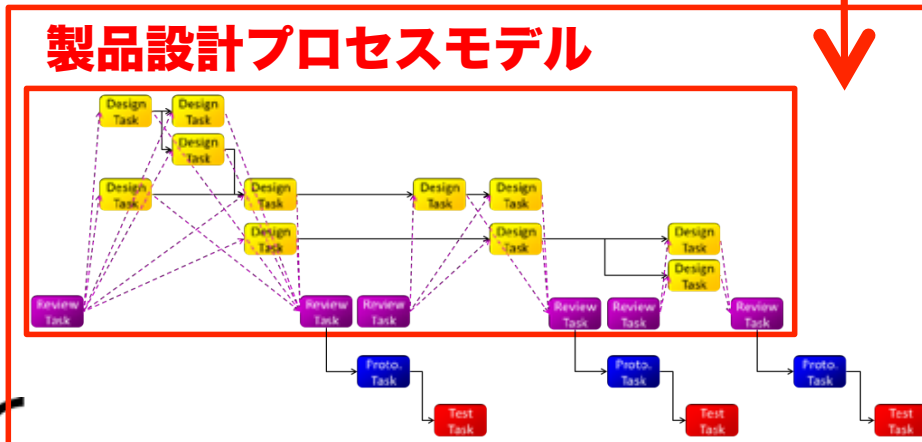
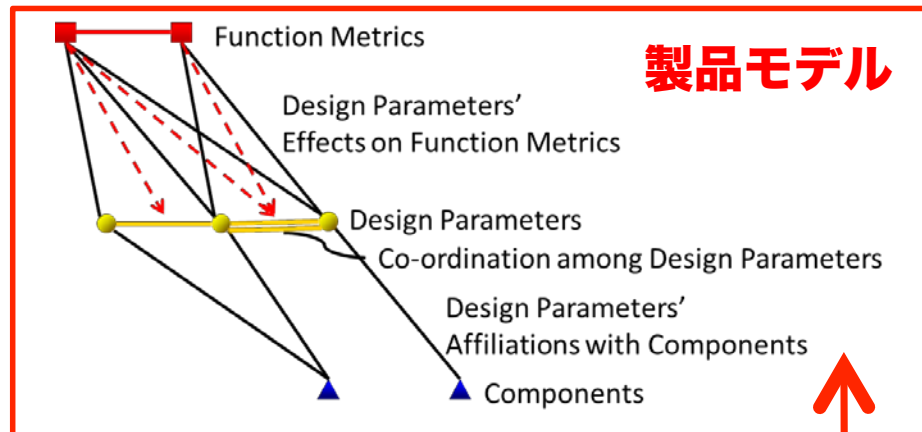
選択セル





製品・プロセスの統合モデル

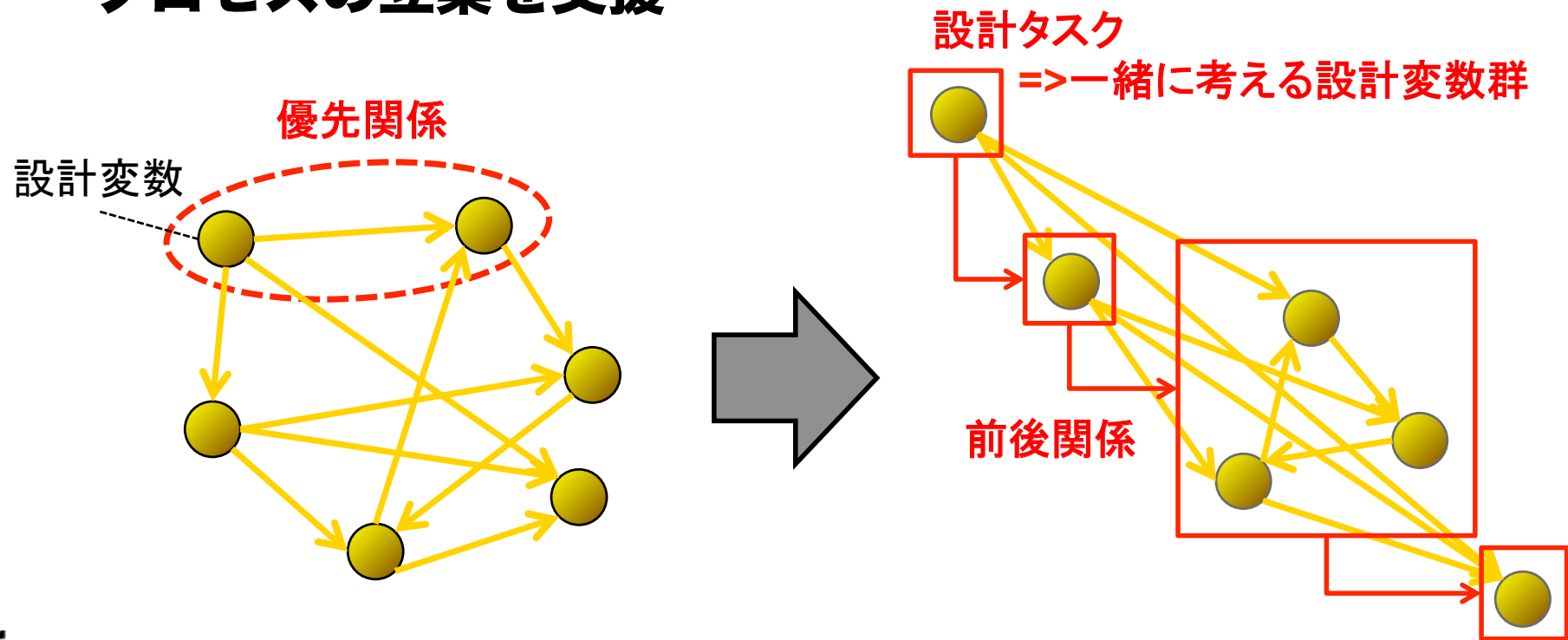
- 製品・プロセスを各構成要素間の関係性を記述することによってモデル化
- 関係性を辿ることによって他のドメインにおける関係を説明・導出



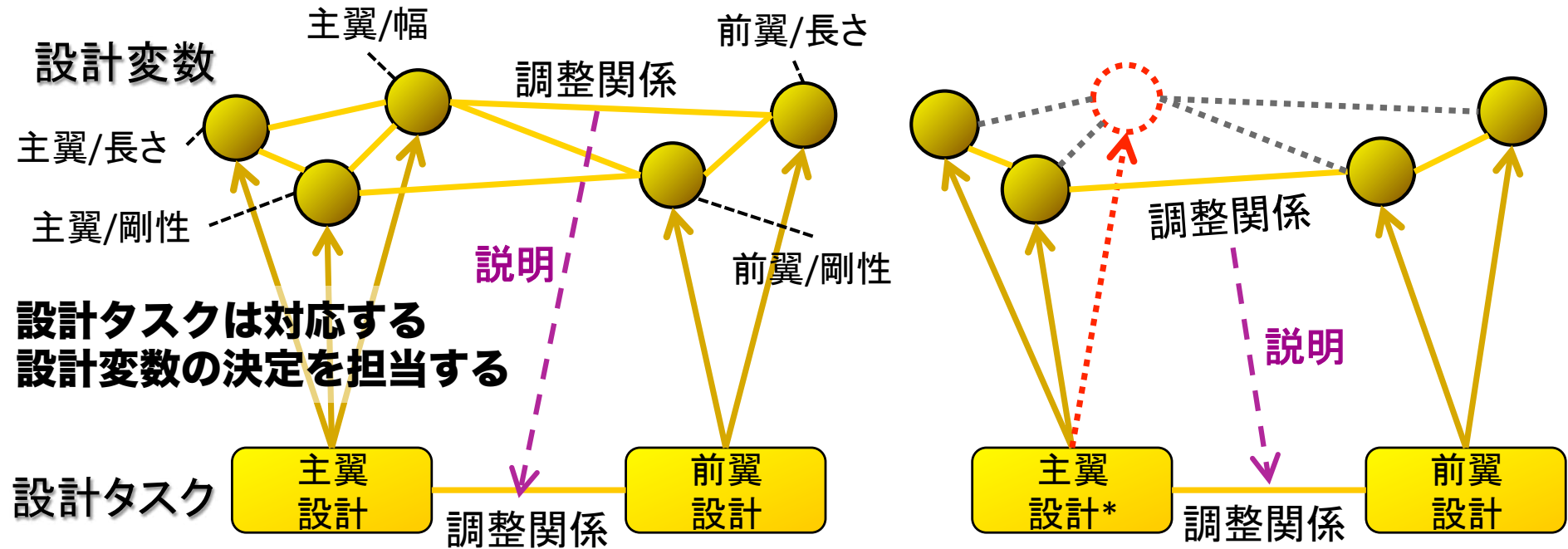
記号	●	▲	■	■	■	■	■
	設計変数	構成部位	機能尺度	設計タスク	検討タスク	試作タスク	評価タスク
設計変数	●→●	●→●	●→●	●→●			
構成部位	●→▲	▲→▲	●→▲	●→▲		▲→▲	
機能尺度	●→■	▲→■	■→■	●→■			■→■
設計タスク	■→■	■→■	■→■	■→■	■→■		
検討タスク				■→■	■→■		
試作タスク				■→■	■→■	■→■	
評価タスク						■→■	■→■

設計変数間の関係から設計プロセスへ

- 設計変数間のお互いの影響関係を考え、こういった順序で設計変数を決めていくかが設計プロセスを構成する
- 設計変数の操作優先順序を論理的に導き、それを基に設計プロセスの立案を支援



モデル統合- 製品モデルと設計プロセスモデル



- 設計タスクは対象とする設計変数を宣言する**
 - 設計タスク間の調整は設計変数間の調整によって説明することができる
 - タスクの定義が変われば、タスク間の調整を説明する設計変数間の調整の組み合わせが変化する
- 設計プロセスの構成を製品モデルに基づいて検討・評価できる**

実行例 設計プロセスの構成

全設計変数DSM

閾値の指定

部位毎にトリム

Column : Front Wing/Length

Row : Front Wing/Width

Front Wing/Length prior to

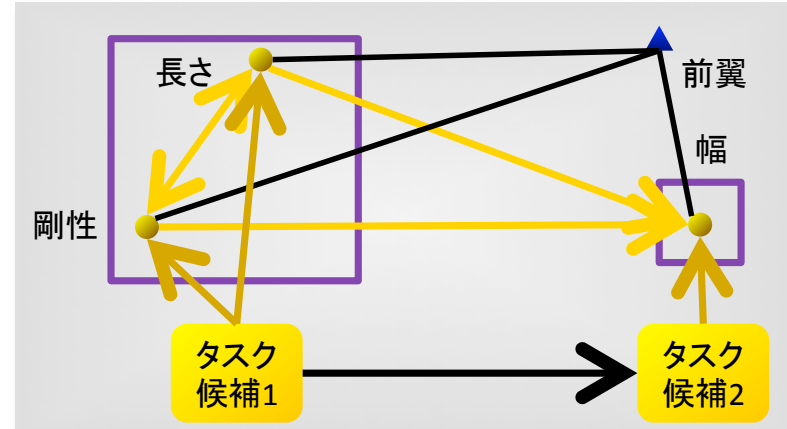
	dp10	dp12	dp11
dp10	9		
dp12	9		
dp11	9	9	

部位毎の設計変数DSM

「前翼」 => 設計タスク候補

赤枠 : 設計タスク候補

	dp13	dp14	dp15	dp6	dp1	dp2	dp3	dp4	dp5	dp7	dp8	dp9	dp10	dp12	dp16	dp18	dp19	dp20	dp21	dp17	dp22	dp23	
dp13	9																						
dp14		9																					
dp15			9																				
dp6				9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
dp1					9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
dp2						9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
dp3							9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
dp4								9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
dp5									9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
dp7										9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
dp8											9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
dp9												9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
dp10													9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
dp12														9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
dp16															9	9	9	9	9	9	9	9	9
dp18																9	9	9	9	9	9	9	9
dp19																	9	9	9	9	9	9	9
dp20																		9	9	9	9	9	9
dp21																			9	9	9	9	9
dp11																				9	9	9	9
dp17																					9	9	9
dp22																						9	9
dp23																							9

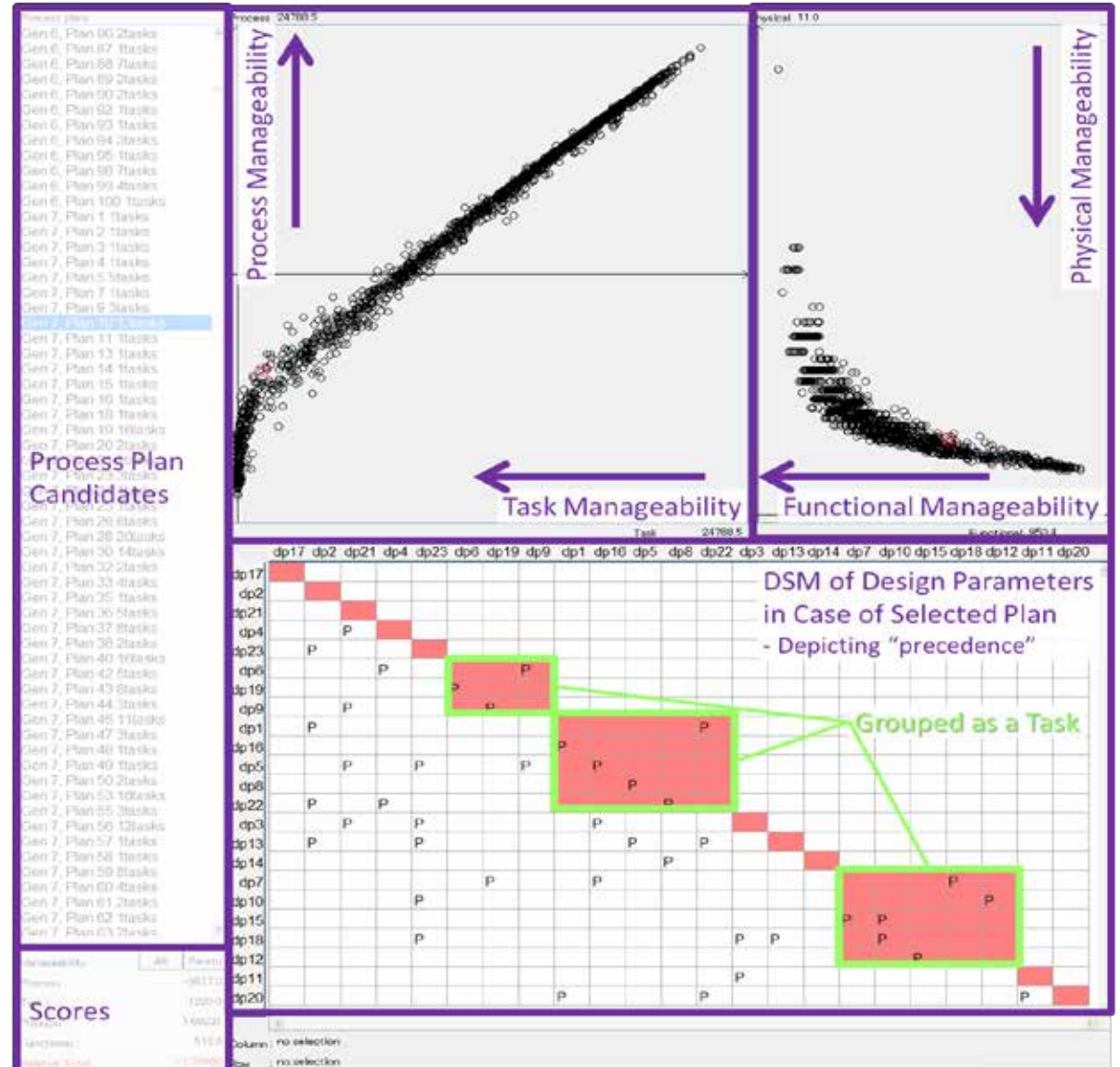


実行例 設計プロセスの構成

4つのプロセス評価指標

- プロセスマネジメント性
- タスクマネジメント性
- 物理的マネジメント性
- 機能的マネジメント性

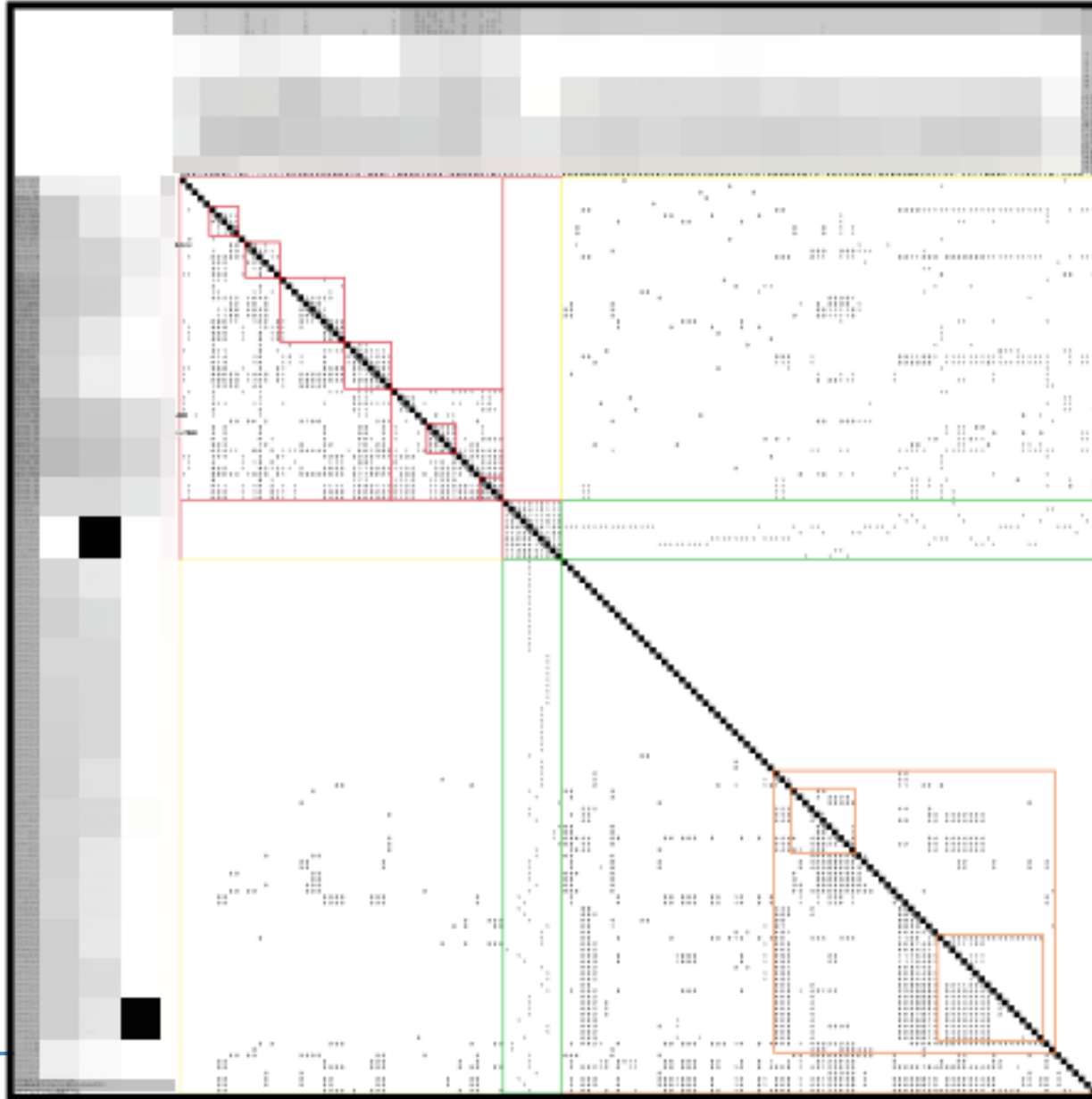
によって多くのプロセス案を探索・比較し採択



QFD : 品質表 (性能—設計パラメータ) の実例

The QFD matrix (House of Quality) displays the relationship between customer requirements (rows) and design parameters (columns). The matrix is a grid with colored cells (green, red, grey) indicating the strength of relationships. The top row lists customer requirements, and the columns list design parameters. The matrix is divided into sections for different product levels: 製品機能 (Product Function), 部品 (Parts), 部材 (Components), 部品 (Parts), 部品 (Parts), 部品 (Parts), 部品 (Parts), 部品 (Parts). The matrix shows a complex network of relationships, with many cells containing numerical values (e.g., 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100). The matrix is divided into sections for different product levels: 製品機能 (Product Function), 部品 (Parts), 部材 (Components), 部品 (Parts), 部品 (Parts), 部品 (Parts), 部品 (Parts), 部品 (Parts). The matrix shows a complex network of relationships, with many cells containing numerical values (e.g., 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100). The matrix is divided into sections for different product levels: 製品機能 (Product Function), 部品 (Parts), 部材 (Components), 部品 (Parts), 部品 (Parts), 部品 (Parts), 部品 (Parts), 部品 (Parts). The matrix shows a complex network of relationships, with many cells containing numerical values (e.g., 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100).

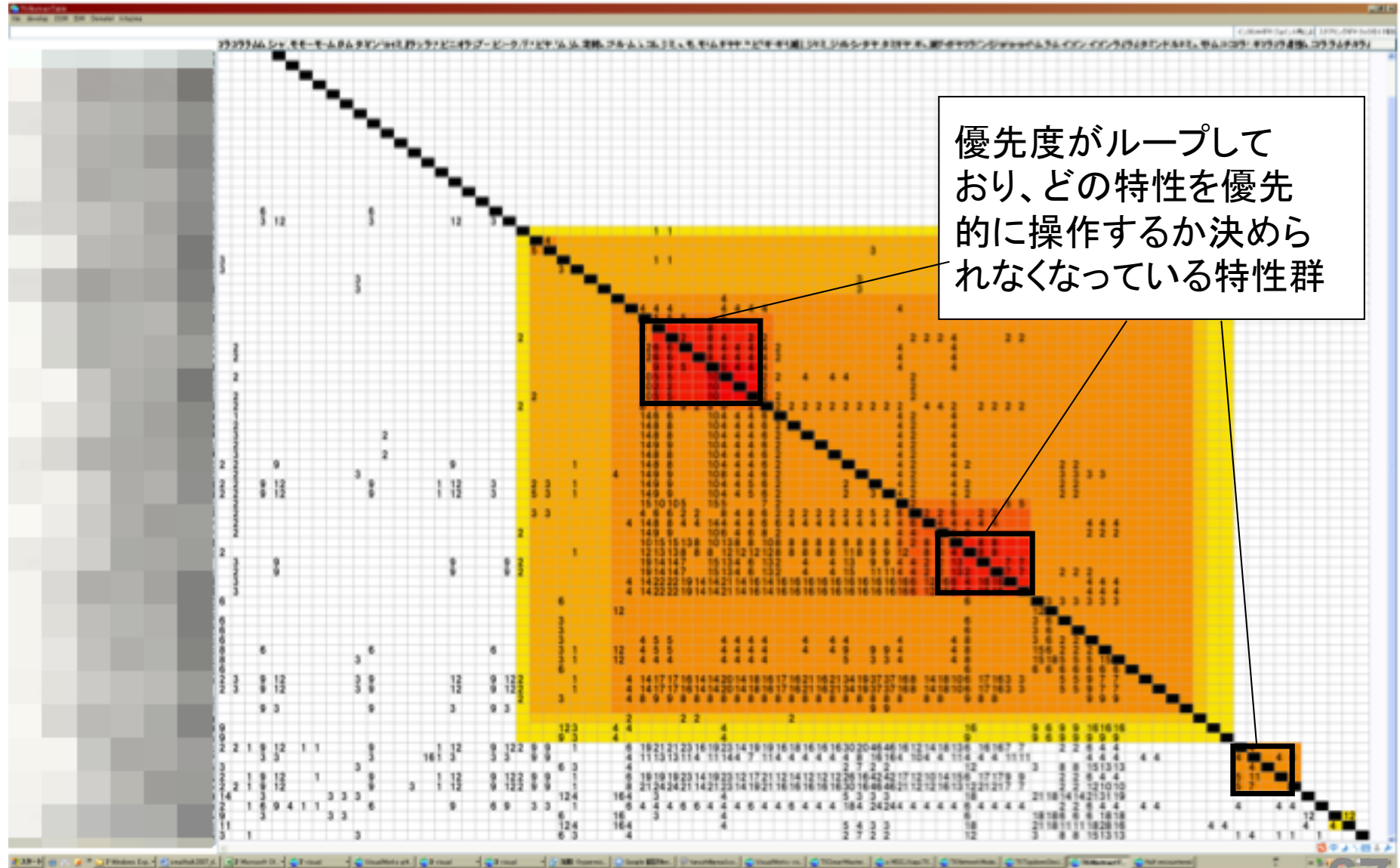
性能—構造—設計パラメータ 影響関係



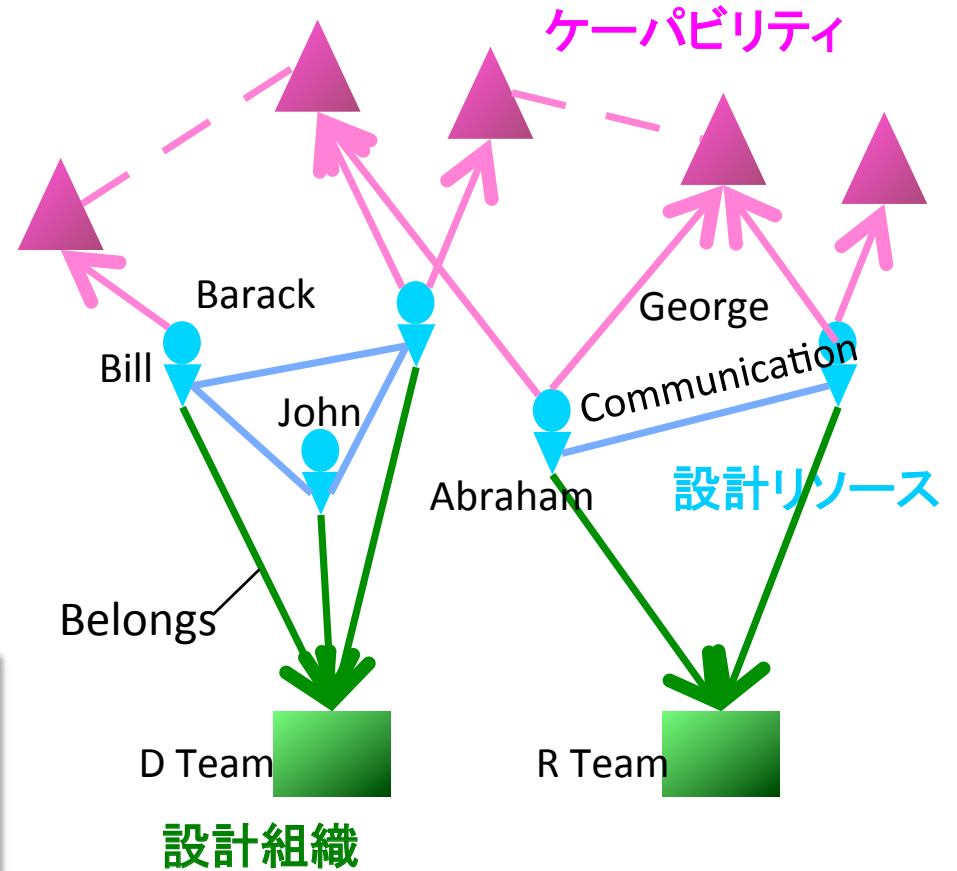
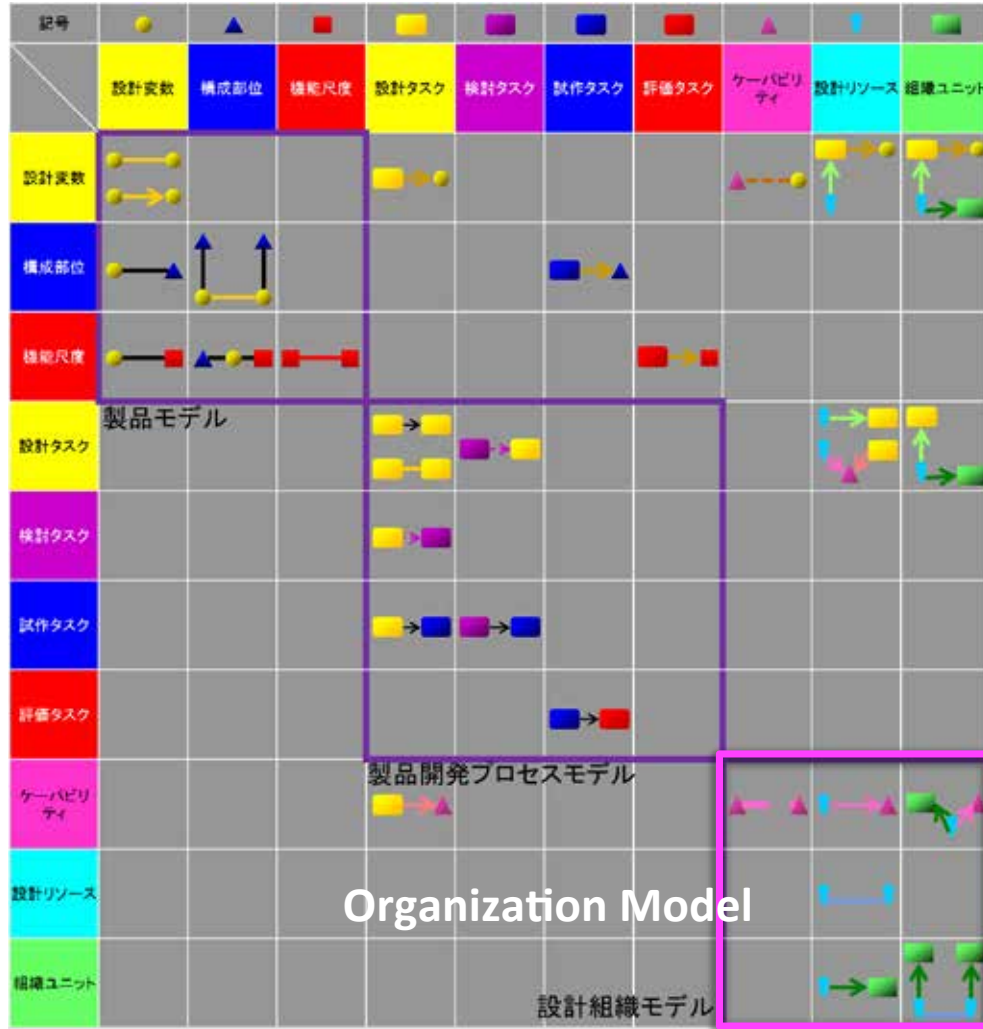
優先度DSMのパーティショニング

■パーティショニングにより、優先順序が一意に決められない特性群を発見

特性優先順序



設計組織モデル



▲ Cp. : Capability

📍 Dr. : Design resource

■ Ou. : Organization unit

設計組織モデル 「ソーラーボート」

設計リソース

組織ユニット

	A	B	E	F	G
Resource	Bill	Barack	John	Abraham	George
D team	lasting	1	1	1	-
R team	lasting	-	-	-	1

solar21.orgsrc

a) 組織情報CSV (設計リソース - 組織ユニット)

設計リソース

ケーパビリティ

	A	B	E	F	G
Resource	Bill	Barack	John	Abraham	George
Physics	Mechanism	3	-	1	1
	Fluid	-	3	-	-
	Strength of	3	-	1	3
Electronics	Dynamics a	-	1	3	-
Science	Material sc	1	-	-	3

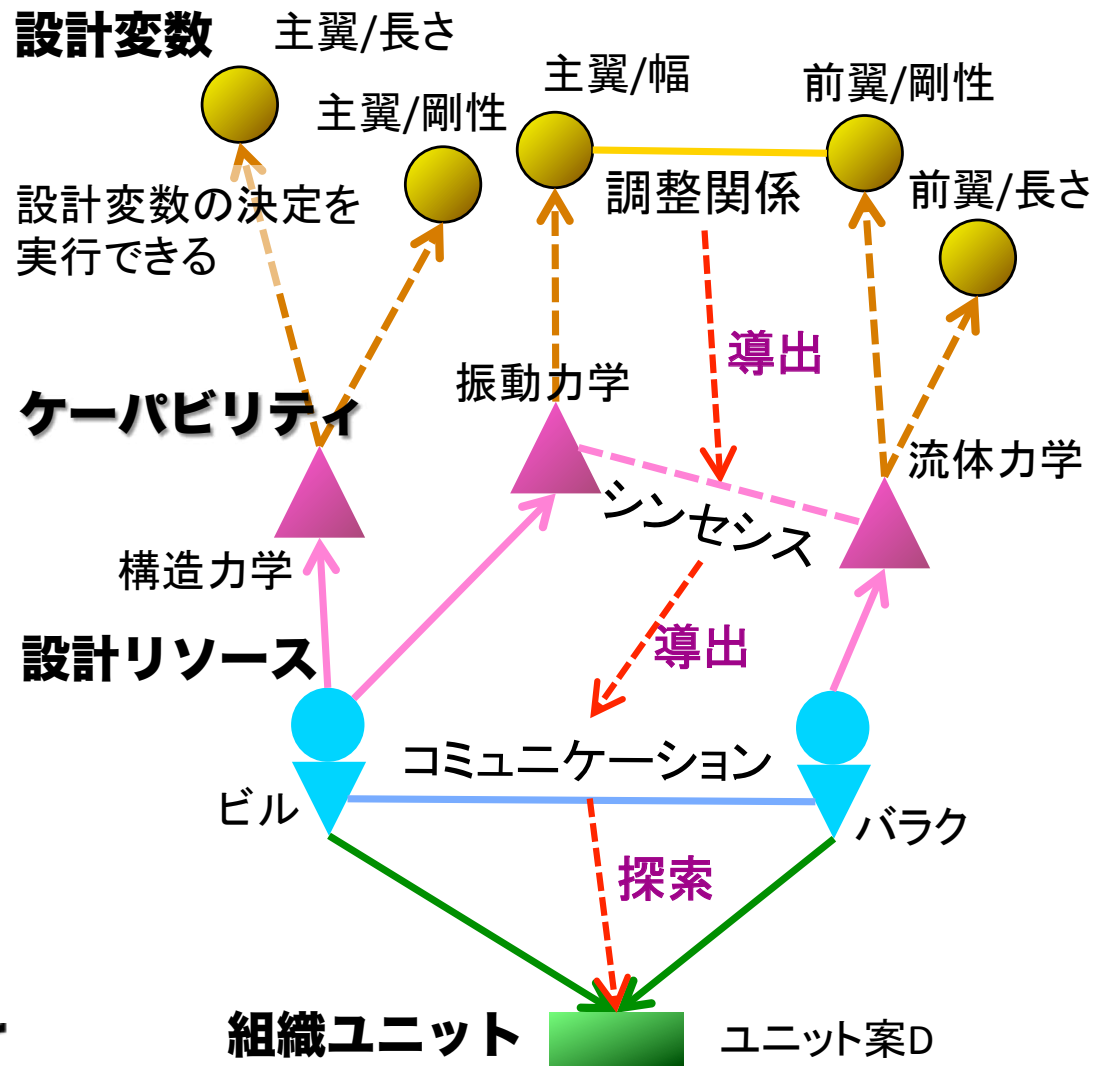
solar22.cpbsrc

コマンド

100%

b) 組織情報CSV (設計リソース - ケーパビリティ)

モデル統合- 製品情報モデルと設計組織モデル



- 設計変数の決定に必要とされるケーパビリティを宣言する

- 設計変数間の調整の必要性からケーパビリティ間のシンセシスの必要性を導出できる
- 設計変数間の調整の必要性から設計リソース間のコミュニケーションの必要性を導出できる

- 設計組織の編成を製品情報モデルに基づいて検討・評価できる

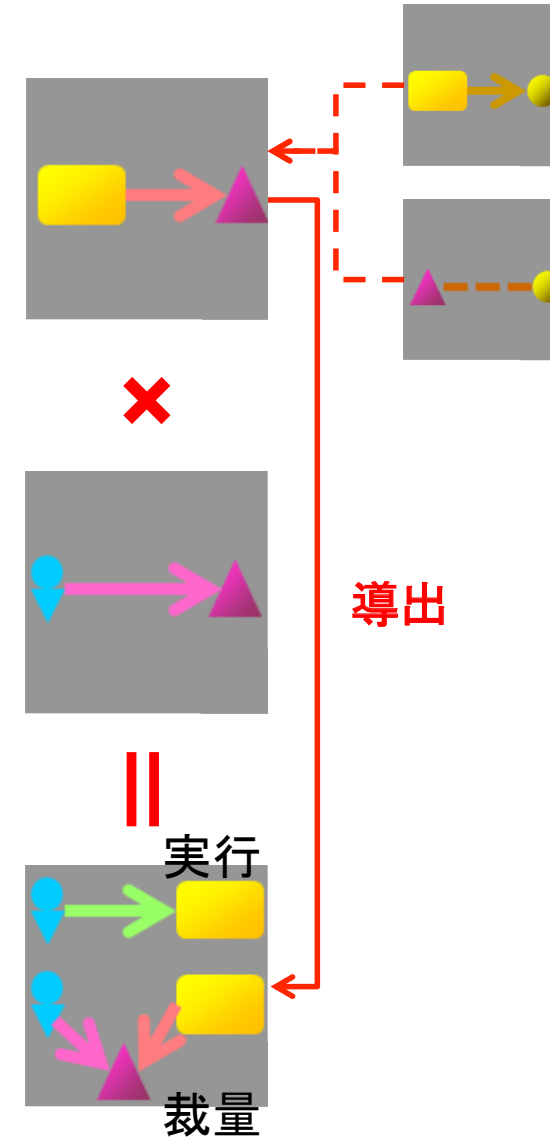
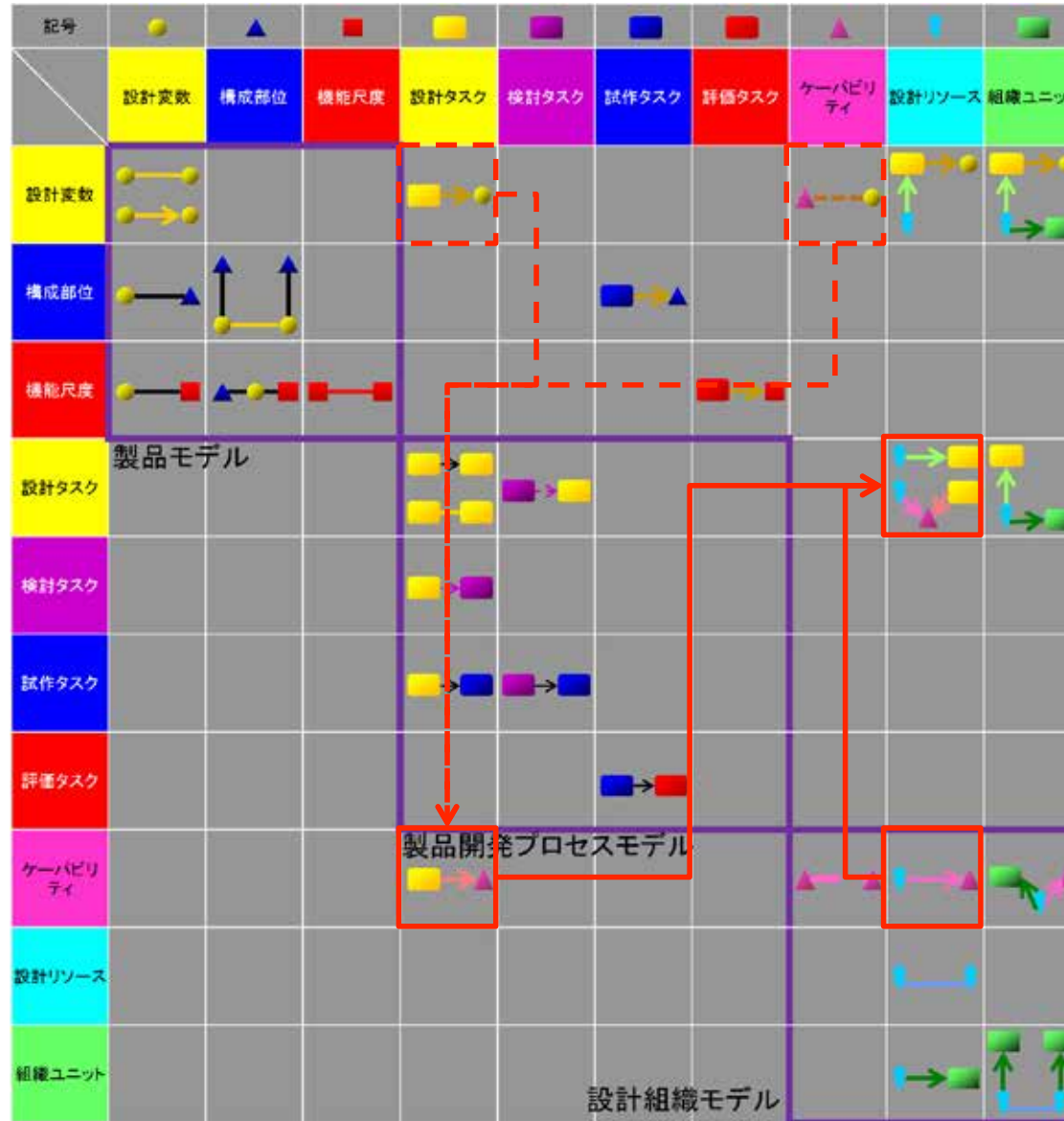
製品情報モデルー設計組織モデル連携

ケーパビリティ

	A	B	C	D	E	F	G	
1			Physics			Electronics	Science	
2			Mechanism	Fluid	Strength of materials	Dynamics and control	Material science	
3	設計変数	Main Hull	Length	-		1	-	
4			Width	-		1	-	
5			Stiffness	-	-			1
6		Side Hull	Length	-		1	-	
7			Width	-		1	-	
8			Stiffness	-	-			1
9		Main Wing	Length		1	-		
10			Width		1	-		
11			Stiffness	-				1
12		Front Wing	Length		1	-		
13			Width		1	-		
14			Stiffness	-				1
15		Height Sensor	Sensitivity	-				1
16		Solar Panel	Length	1	-			
17			Width	1	-			
18		Battery	Output	1	-			
19			Capacity	1	-			
20		Motor	Torque	-				1
21			Revolution	-				1
22		Screw	Size	1	-			
23			Number	-	1	-		
24		Rudder	Length	-	1	-		
25			Depth	-	1	-		

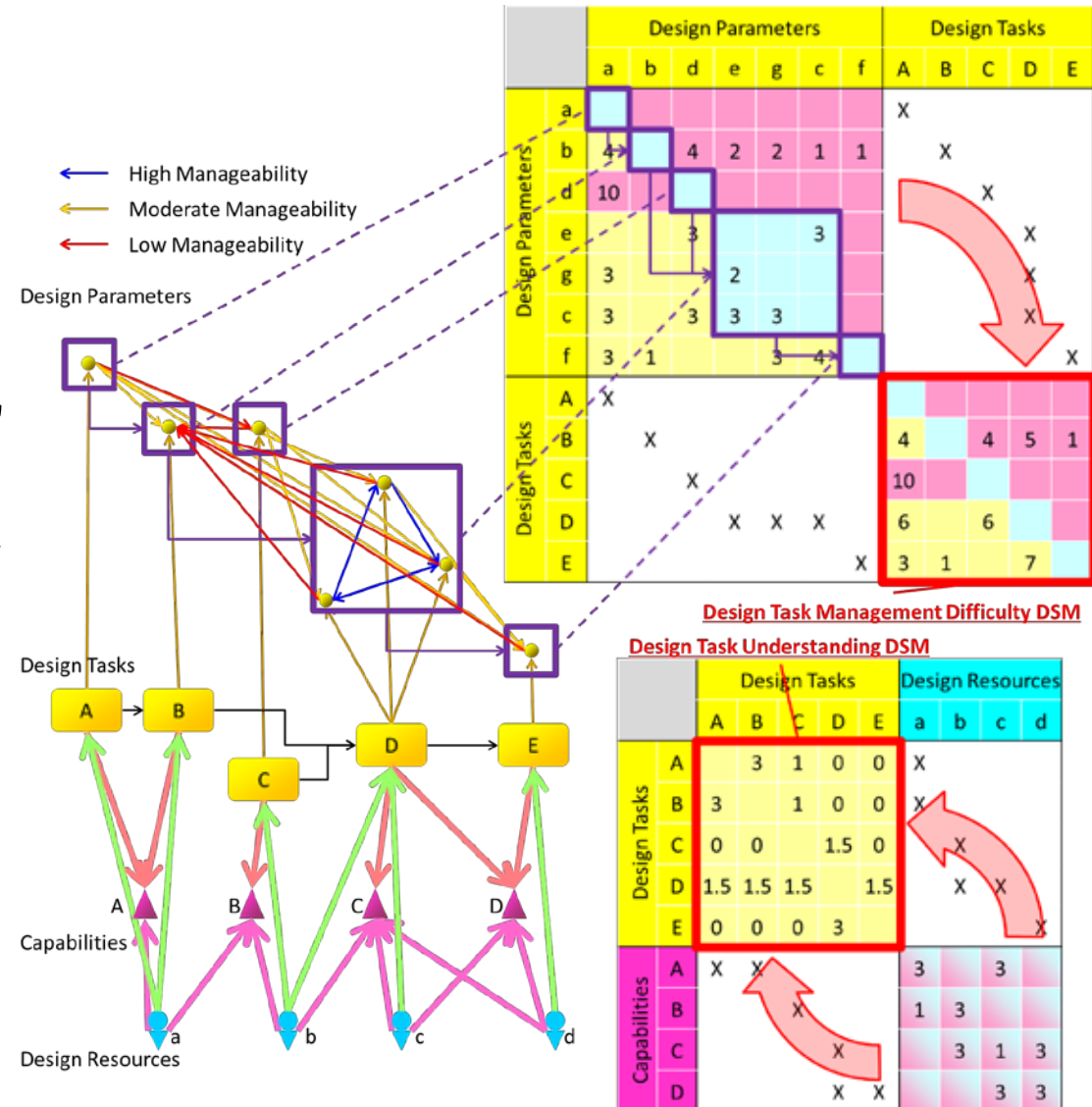
能力情報CSV (ケーパビリティー設計変数)

モデル統合- 設計プロセスモデルと設計組織モデル



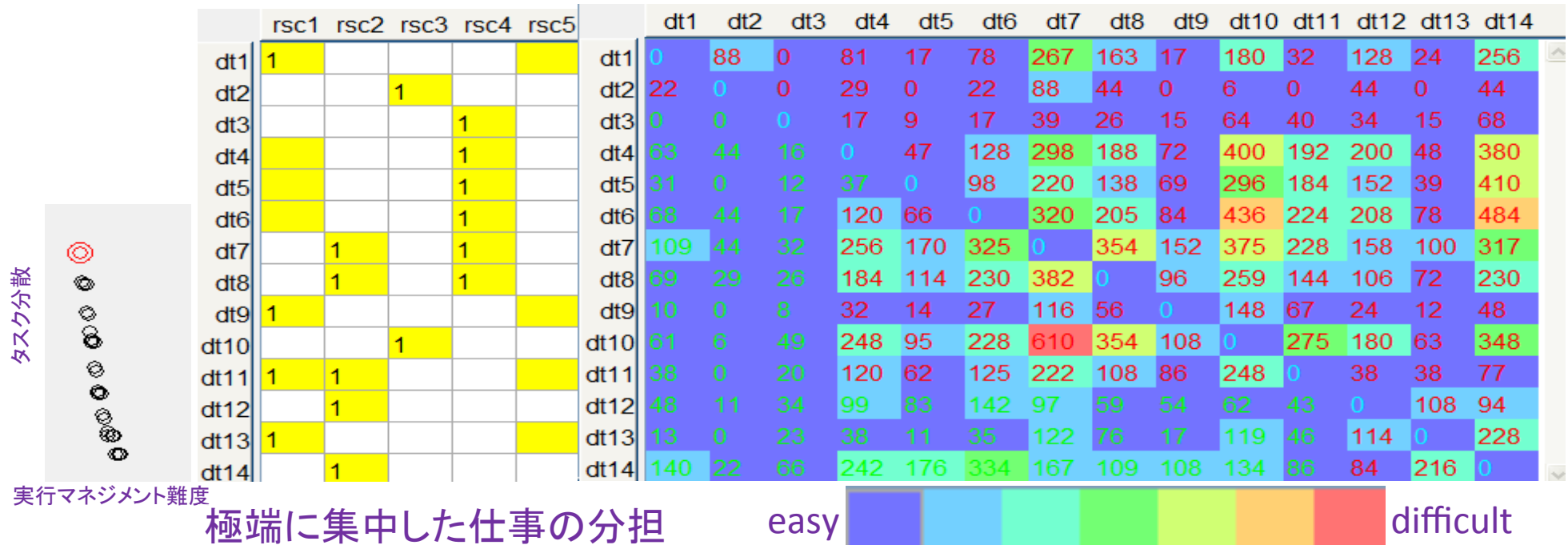
プロセス実行体制の評価

- 製品構造+プロセス構造から判る設計プロセス上のマネジメントのポイント
- プロセスの実行体制が規定するタスク間の理解
- 両者を適合させるような適切なプロセス実行体制を決定
- 評価指標
 - 実行マネジメント難度
 - タスク偏向



実行例 プロセス実行体制の決定

全体として高い実行マネジメント性



- 仕事量の適正配分を無視し、プロセスの効果的な実行を追求した実行体制
 - ジョージ(rsc5)には仕事が割り当てられない
 - バラク(rsc2), ジョン(rsc3), エイブラハム(rsc4)は可能な限りタスクを担当
 - タスク間でリソースの取り合いが発生するため、プロセス自体は長くなる恐れがある

実行例 プロセス実行体制の決定

側船体形状設計の実行者

エイブラハム					ビル						
	rsc1	rsc2	rsc3	rsc4	rsc5		rsc1	rsc2	rsc3	rsc4	rsc5
ut3						ut3					
dt6			1			dt6	1				
dt7		1		1		dt7		1			

主翼設計

	3	dt7	3	dt7
dt1	267	16	267	16
dt2	88	44	88	44
dt3	39	26	39	26
dt4	298	18	298	18
dt5	220	13	220	13
dt6	320	20	533	34
dt7	0	35	0	35
dt8	382	0	382	0
dt9	116	56	116	56
dt10	610	35	610	35
dt11	222	10	222	10
dt12	97	59	97	59
dt13	122	76	122	76
dt14	167	10	167	10

体制案1

self 主翼設計

- abc id
- abc name
- objectives
- relations
- requiredCapabilities**
- tasksAfter
- tasksBefore

OrderedCollection (Physics/Fluid/Science/Material science/)

要求ケーパビリティ
流体力学・材料科学

体制案2

Column: Abraham

Row : Science/Material science/

	rsc1	rsc2	rsc3	rsc4	rsc5
cpb1	3	0	1	1	3
cpb2	0	3	0		1
cpb3	3	0	1	3	0
cpb4	0	1	3		
cpb5	1			3	0

流体力学

材料科学

ビル

エイブラハム

材料科学についてエイブラハムの方が精通している分、理解度に差が生じた

体制案1 体制案2



- ・ **タスク実行者が変わること、プロセス実行の際のマネジメントの難度が変化**
 - 各タスク実行者の能力に依存
 - 能力差のある組織においては、マネジメント性と均一な仕事分担とのトレードオフが生じる

実行例 プロセス実行体制の決定

主翼設計

	dt1	dt2	dt3	dt4	dt5	dt6	dt7	dt8	dt9	dt10	dt11	dt12	dt13	dt14
dt1	0	88	0	244	68	312	267	163	17	180	27	64	24	128
dt2	22	0	0	29	0	22	88	44	0	6	0	44	0	44
dt3	0	0	0	17	9	17	39	26	15	64	40	34	15	68
dt4	63	44	16	0	47	128	298	188	72	400	192	200	48	380
dt5	31	0	12	37	0	98	220	138	69	296	184	152	39	410
dt6	34	44	33	160	66	0	533	341	42	436	134	208	39	484
dt7	109	44	32	256	170	325	0	354	152	375	228	158	100	317
dt8	69	29	26	184	114	230	382	0	96	259	144	106	72	230
dt9	10	0	8	32	14	27	116	56	0	148	67	24	12	48
dt10	61	6	49	248	95	228	610	354	108	0	275	180	63	348
dt11	38	0	20	120	62	125	222	108	86	248	0	38	38	77
dt12	48	11	34	99	83	142	97	59	54	62	43	0	108	94
dt13	13	0	45	114	42	138	122	76	17	119	38	57	0	114
dt14	140	22	66	242	176	334	167	109	108	134	86	84	216	0

easy difficult

Column: Main Wing Design
Row: Motor Design
Nominal1: 305
Nominal2: 0

製品構造上のマネジメント難度:305

Motor Design>>Main Wing/Length pri

タスク間理解度:0

ジョン

	rsc1	rsc2	rsc3	rsc4	rsc5
dt10			1		

モータ設計

ジョンのみがモータ設計の実行裁量あり

self 主翼設計

OrderedCollection (Physics/Fluid/Science/Material science/)

要求ケーパビリティ
流体力学・材料科学

Column: John
Row: Science/Material science/

流体力学 材料科学

ジョンは当該ケーパビリティを有していない

	rsc1	rsc2	rsc3	rsc4
cpb1	3	0	1	1
cpb2	0	3	0	
cpb3	3	0	1	3
cpb4	0	1	3	
cpb5	1			3

組織における設計リソースのケーパビリティ保有の様態によっては、実行体制の如何によっては対応のしきれないタスク間調整が存在する

- 検討タスクによる調整のマネジメント(プロジェクトレベルの対応)
- コミュニケーション増進・ケーパビリティ醸成(組織レベルの対応)

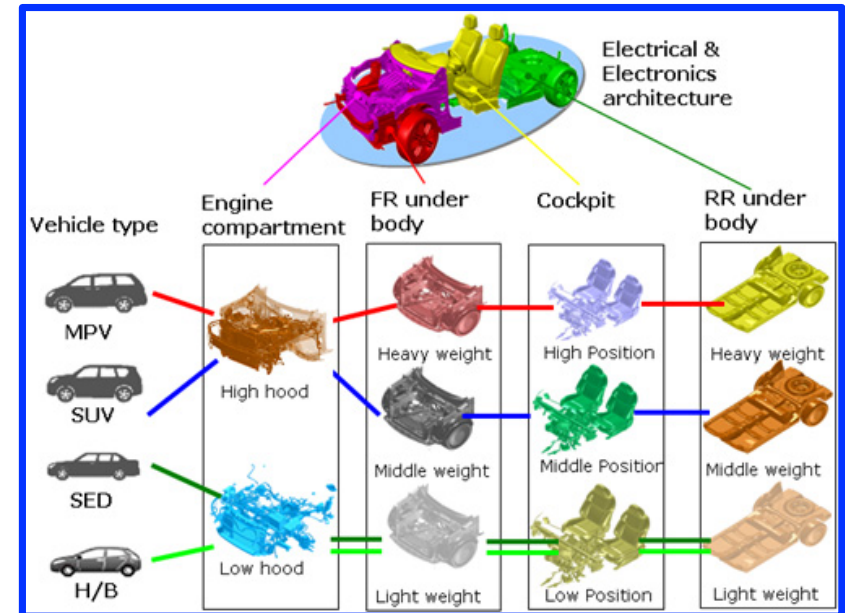


設計組織を考慮した機能構造に基づく 製品ファミリーの設計支援

製品ファミリー戦略における問題意識・研究の目的

製品ファミリー戦略の初期段階における意思決定：製品ファミリーアーキテクチャーの決定問題

- ✓ モジュール分割構造の決定
 - ✓ モジュールの共有構造の決定（バリエーションの検討）
- **モジュール分割のメリット，デメリット**
 - メリット：分業が可能になり製品開発リードタイム短縮に繋がる
 - デメリット：擦り合わせがおこなえなくなる
 - **共有化のメリット，デメリット**
 - メリット： 設計開発コストが削減できる
 - デメリット： 個別最適した部品の設計ができない

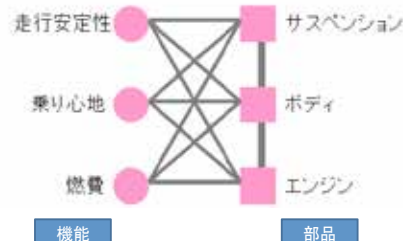


日産のCommon Module Family (CMF) 戦略

⇒様々な問題が複雑に絡み、意思決定が難しい

本研究の目的：設計の上流段階で製品ファミリーアーキテクチャーを決定する際の設計者の意思決定を支援する。

インテグラル型(例:自動車)



製造業関係者

どうモジュール分割おこなえばいいの？
各モジュールのバリエーションは？
設計組織ってどうなっていればいいの？

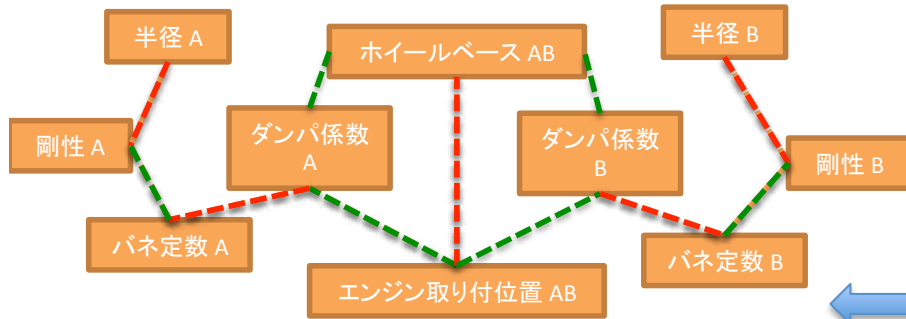
研究の全体像

製品ファミリー案α

製品要素 設計変数	タイヤ		サスペンション		シャーシ	
	半径	剛性	バネ定数	ダンパ係数	ホイールベース	エンジン取り付け位置
製品A	タイヤモジュールA		サスペンションモジュールA		シャーシモジュールAB	
製品B	タイヤモジュールB		サスペンションモジュールB		シャーシモジュールAB	

- ① 製品ファミリー案の表現方法
- ② 製品ファミリー案の生成方法

機能構造モデル



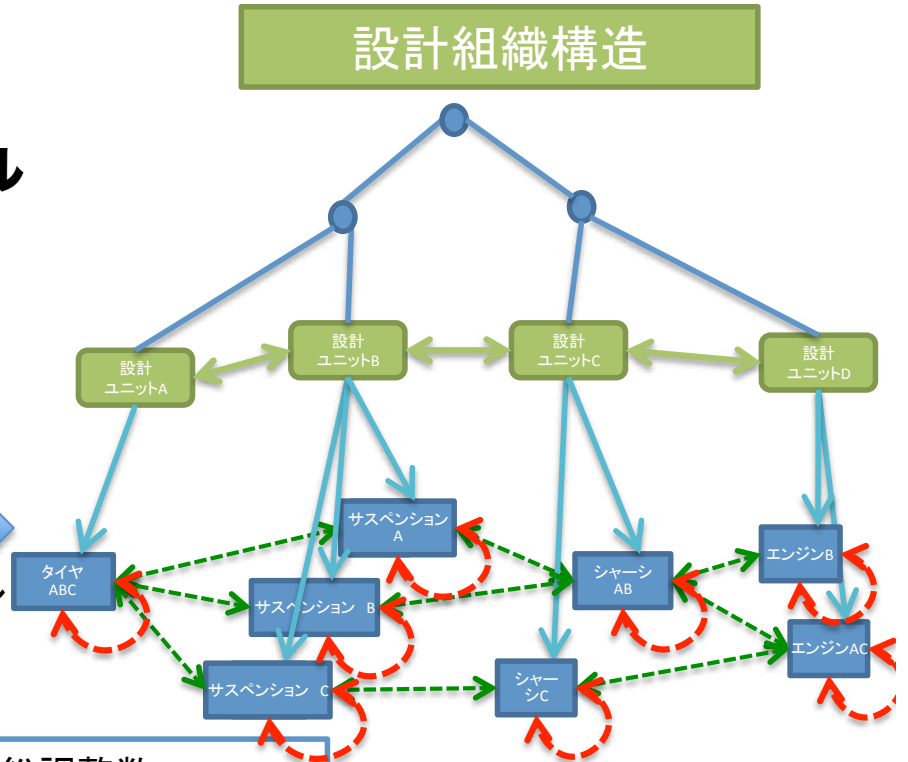
調整ネットワーク



設計組織

・実行体制を考慮した観点から製品ファミリー案を評価

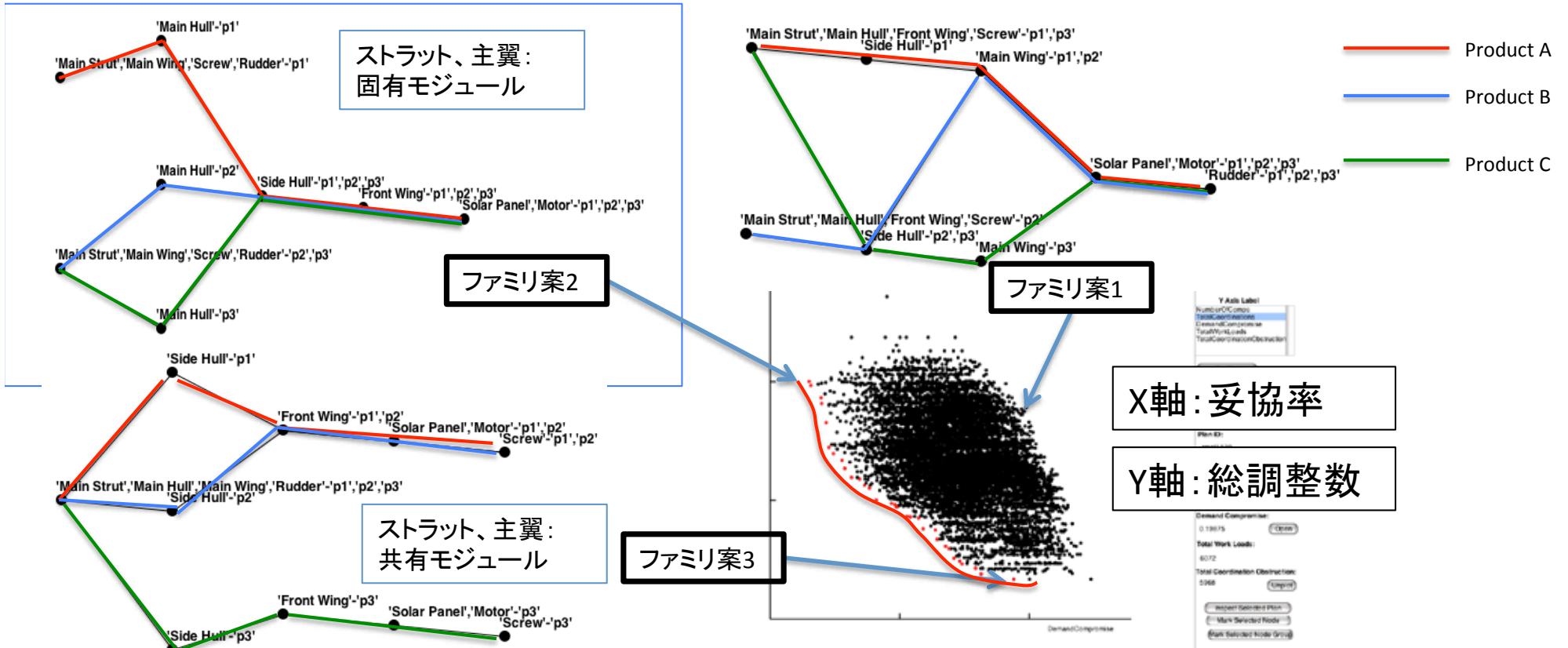
設計組織モデル



③ QCDの観点から評価

- ・総調整数
- ・妥協率
- ・調整時間
- ・調整障害度

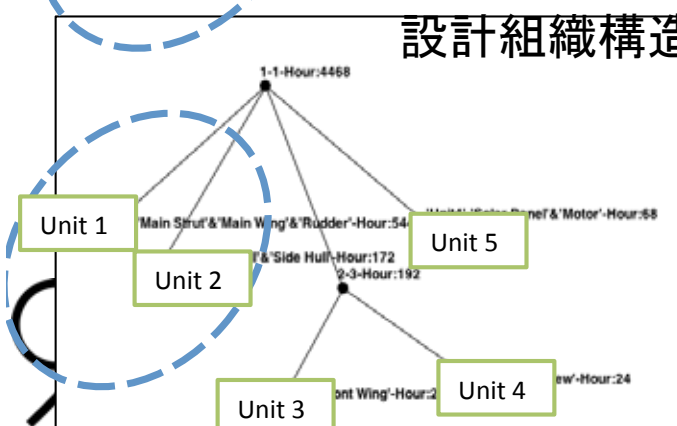
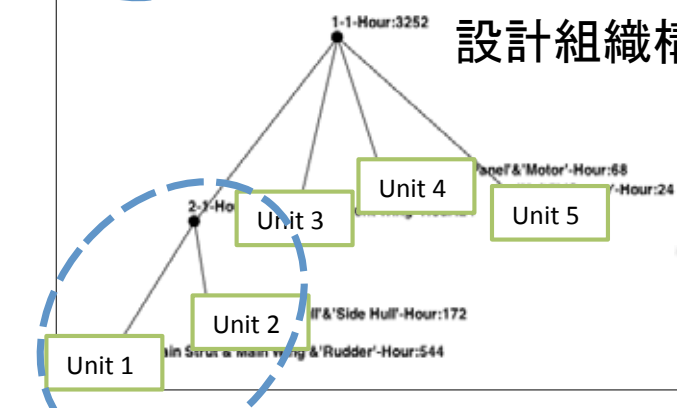
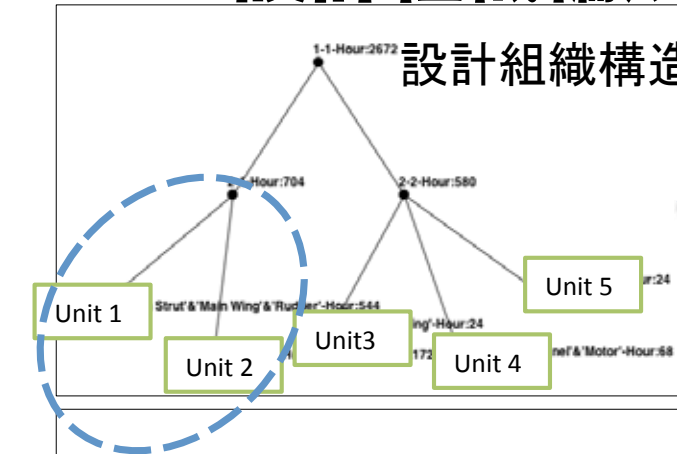
結果：総調整数と妥協率の関係性



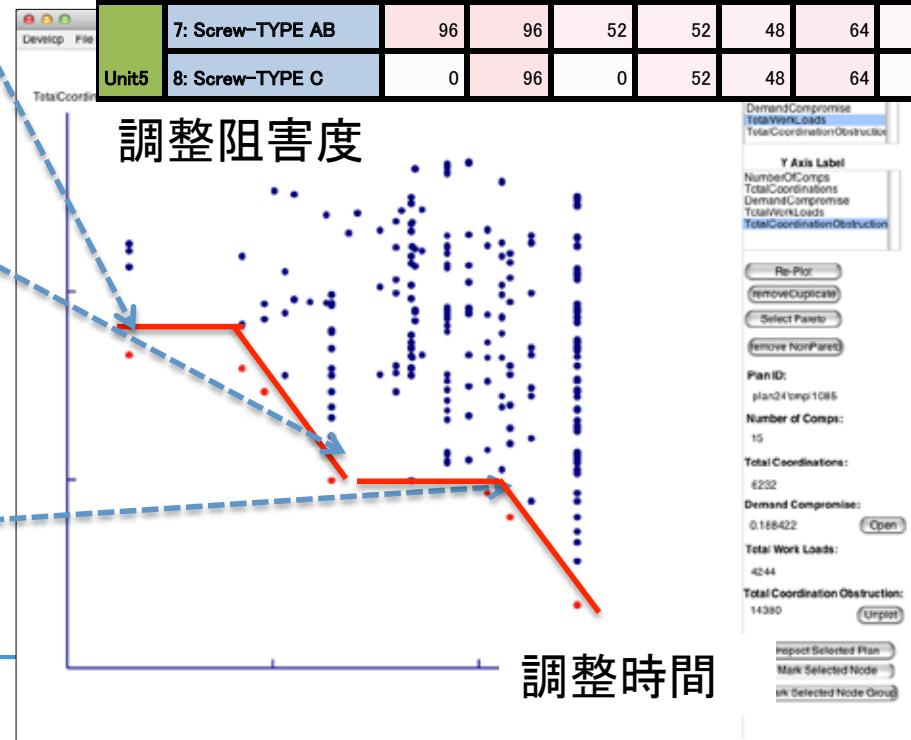
	Main Strut/Length	Main Strut/Width	Main Strut/Stiffness	Main Hull/Length	Main Hull/Width	Main Hull/Stiffness	Main Hull/Wings Coordinate	Side Hull/Length	Side Hull/Width	Side Hull/Stiffness	Main Wing/Length	Main Wing/Width	Main Wing/Stiffness	Front Wing/Length	Front Wing/Width	Front Wing/Stiffness	Solar Panel/Length	Solar Panel/Width	Solar Panel/Output Capacity	Motor/Torque	Motor/Revolution	Screw/Size	Screw/Number	Rudder/Length	Rudder/Depth
Maximum Speed	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	3	3	3		
Acceleration	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1	1	1	1	3	3	1	3	3		
Role Stability			1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1				1	1	1	1				1	1
Yaw Stability			1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1							1				3	1
Minimum Radius low speed	1	1	1	3	1	1	1	3			1	1	1										3	3	3
Minimum Radius high speed	1	1	1	3	1	1	1	1			1	1	1										3	3	3

	Product A	Product B	Product C
Maximum Speed	5	3	1
Acceleration	5	3	3
Role Stability	3	5	3
Yaw Stability	3	3	5
Minimum Radius low speed	3	1	1
Minimum Radius high speed	3	3	5

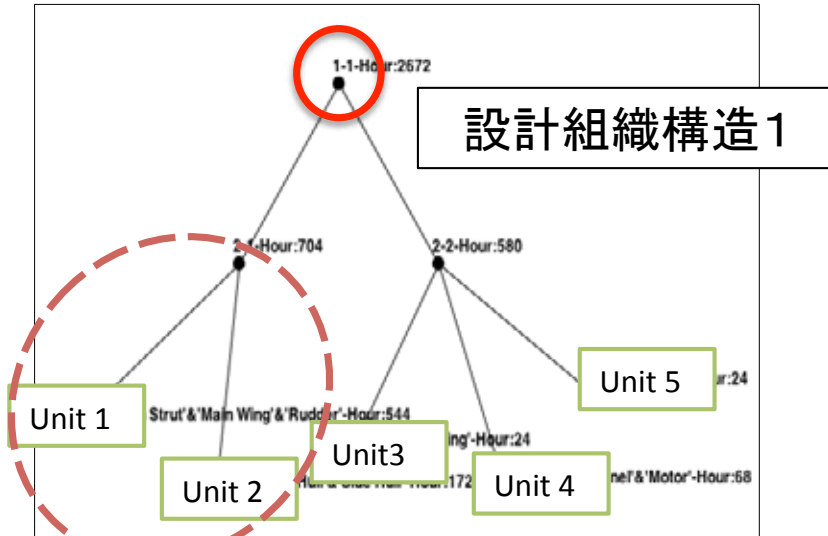
設計組織編成(実行体制の検討)に関する考察



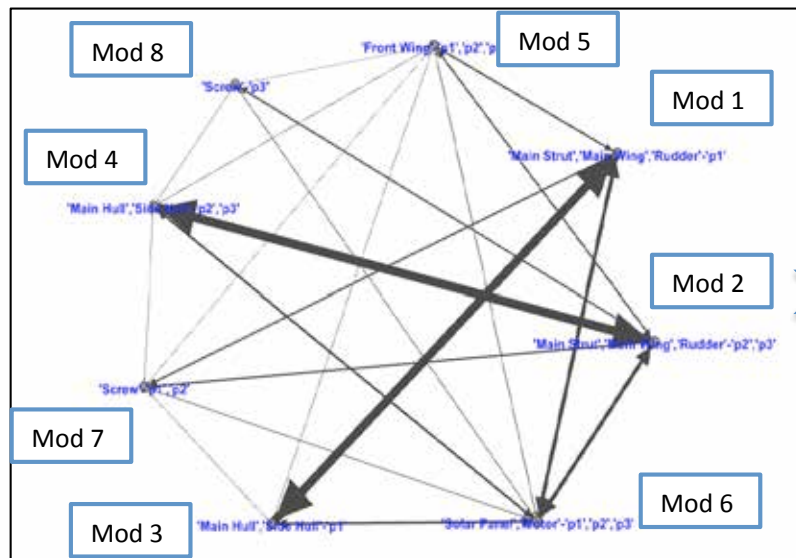
DSM	Unit 1		Unit 2		Unit 3	Unit 4	Unit 5	
	Mod 1	Mod 2	Mod 3	Mod 4	Mod 5	Mod 6	Mod 7	Mod 8
Unit1 1: Main Strut&Main Wing&Rudder-TYPE A	544	0	352	0	98	178	96	0
Unit1 2: Main Strut&Main Wing&Rudder-TYPE BC	0	544	0	352	98	178	96	96
Unit2 3: Main Hull&Side Hull-TYPE A	352	0	172	0	54	116	52	0
Unit2 4: Main Hull&Side Hull-TYPE BC	0	352	0	172	54	116	52	52
Unit3 5: Front Wing-TYPE ABC	98	98	54	54	24	66	48	48
Unit4 6: Solar Panel&Motor-TYPE ABC	178	178	116	116	66	68	64	64
Unit5 7: Screw-TYPE AB	96	96	52	52	48	64	24	0
Unit5 8: Screw-TYPE C	0	96	0	52	48	64	0	24



設計組織編成に関する考察

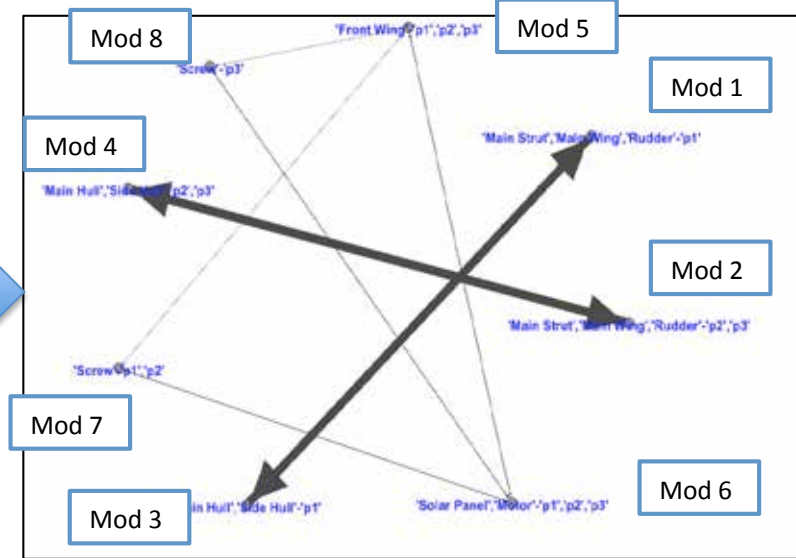


モジュール間調整ネットワーク



DSM		Unit 1		Unit 2		Unit 3	Unit 4	Unit 5	
		Mod 1	Mod 2	Mod 3	Mod 4	Mod 5	Mod 6	Mod 7	Mod 8
Unit1	1: Main Strut&Main Wing&Rudder-TYPE A	544	0	352	0	98	178	96	0
	2: Main Strut&Main Wing&Rudder-TYPE BC	0	544	0	352	98	178	96	96
Unit2	3: Main Hull&Side Hull-TYPE A	352	0	172	0	54	116	52	0
	4: Main Hull&Side Hull-TYPE BC	0	352	0	172	54	116	52	52
Unit3	5: Front Wing-TYPE ABC	98	98	54	54	24	66	48	48
Unit4	6: Solar Panel&Motor-TYPE ABC	178	178	116	116	66	68	64	64
Unit5	7: Screw-TYPE AB	96	96	52	52	48	64	24	0
	8: Screw-TYPE C	0	96	0	52	48	64	0	24

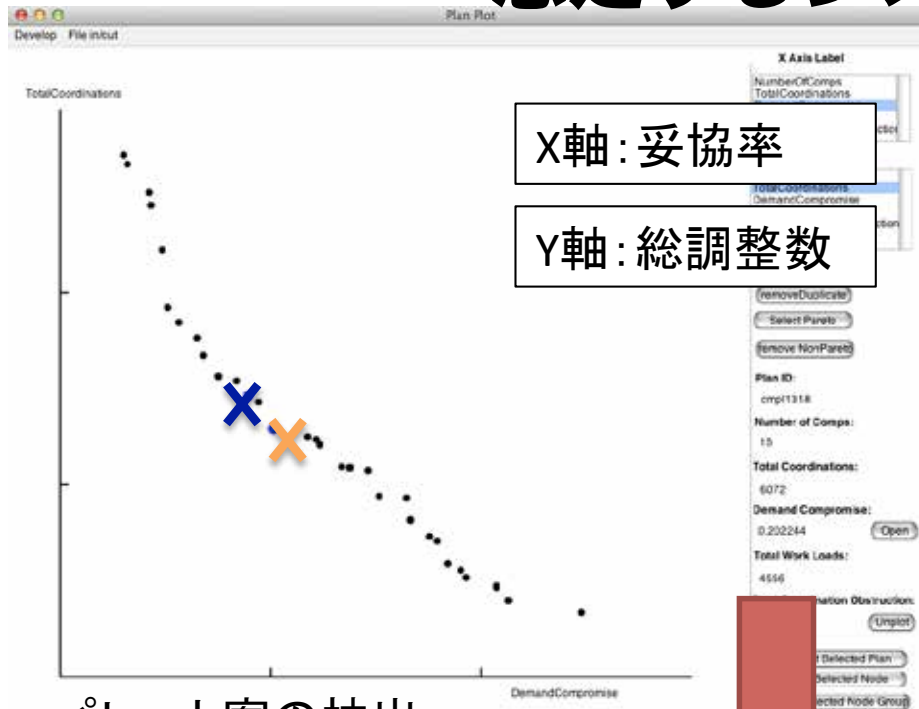
節点1-1でインターフェースを決めた後



調整作業における分業と調整のしやすさを同時に考慮したバランスのとれた設計組織編成案を生成



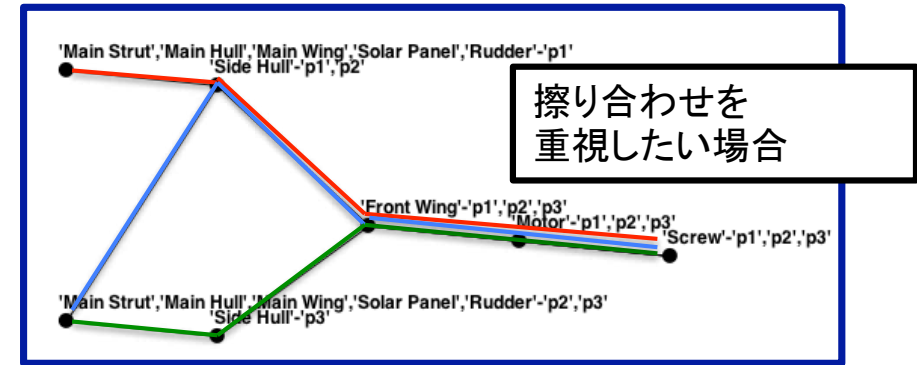
想定するシステムの使い方



X軸: 妥協率

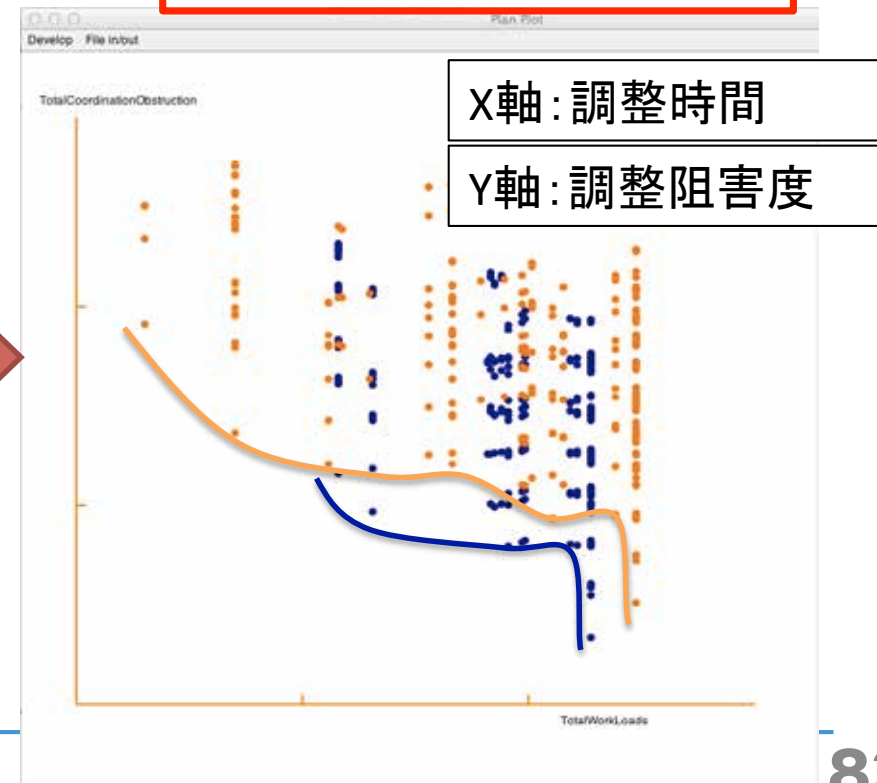
Y軸: 総調整数

パレート案の抽出
実行体制を考慮した上で案を
選びたい



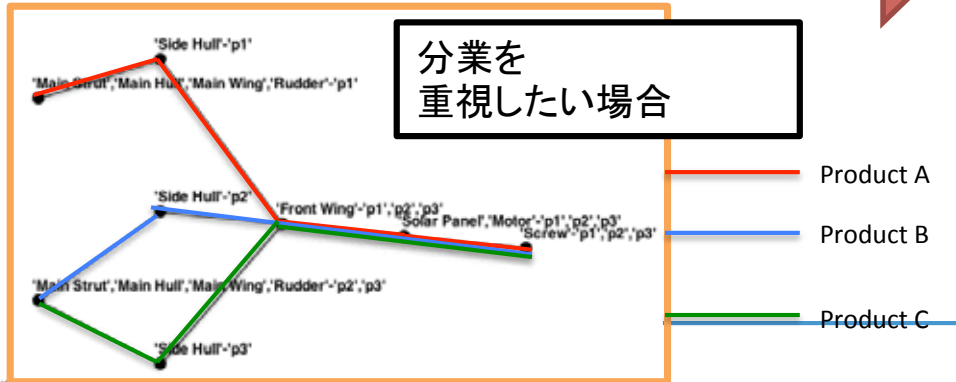
擦り合わせを
重視したい場合

実行体制を考慮した場合



X軸: 調整時間

Y軸: 調整障害度



分業を
重視したい場合

- Product A
- Product B
- Product C



ビジネス・プロセスのモデリング とマネジメント

Business Process Modeling and Management

企業組織における業務プロセス改善の現状

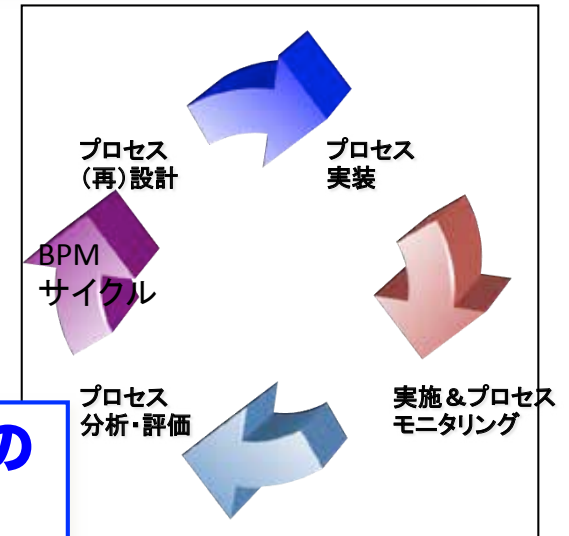
企業組織の抱える課題：「市場の変化」「法令の変化」「技術の革新」などに対する継続的かつ迅速な業務の対応

- EA (Enterprise Architecture) 策定
 - 組織全体における業務の最適化を目指した体系化
- BPM (Business Process Management)
 - 業務プロセスの継続的改革を目指した仕組み

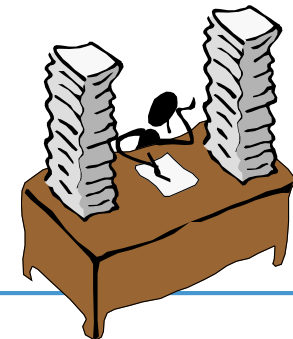


部門ごとの局所最適を脱却した、組織全体の現状業務の

- 暗黙的に認知される業務プロセスの「見える化」
- 記述されたモデルの「分析・評価」
- モデルの整合性を確保した迅速な「改善」



現状は設計者（ビジネスコンサルタント）などの多大なる労力に委ねられている

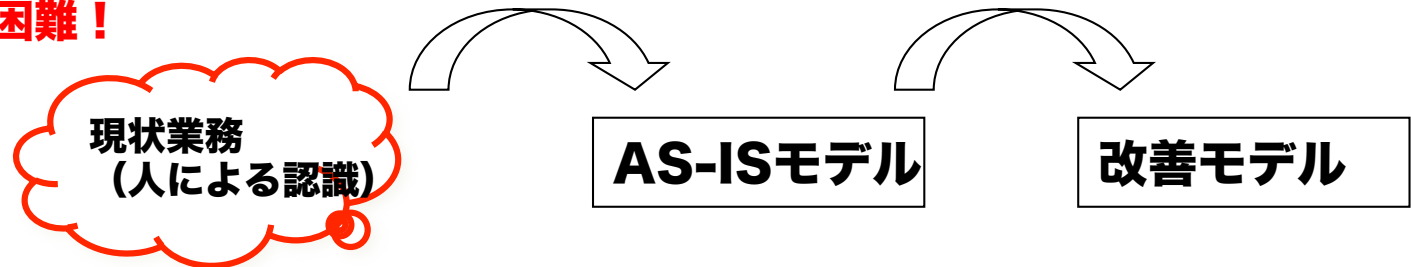


「断片的なモデルの統合化」というアプローチ

組織横断の業務プロセス全体を把握する人が皆無
 → **直接抽出が極めて困難！**

Step 1: 現状業務の見える化 (AS-ISモデリング)

Step 2: プロセス改善 (TO-BEモデリング)



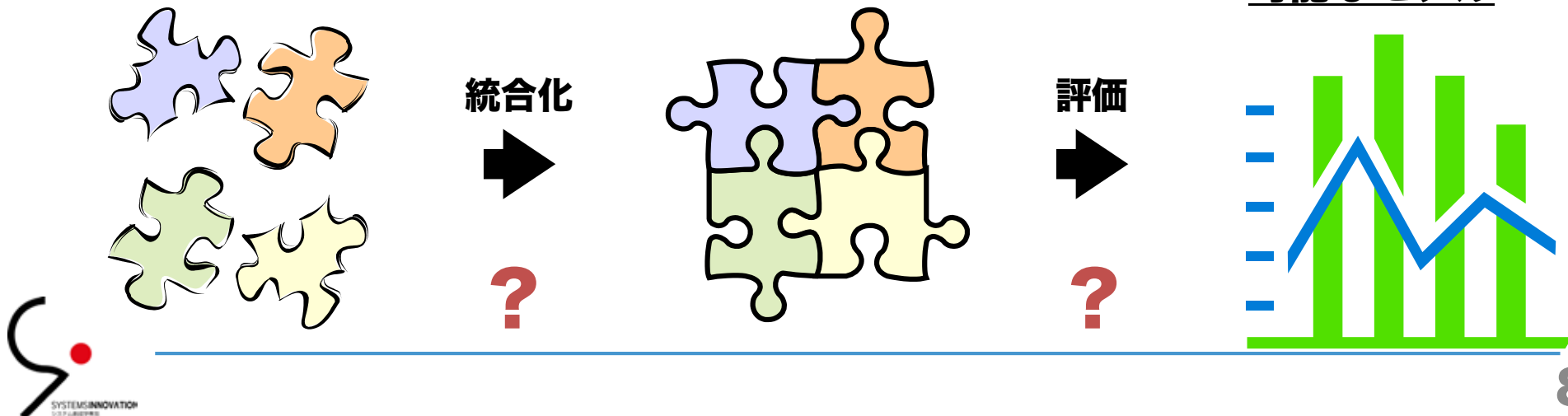
仮定:

業務担当者が関与する業務に関する情報やプロセスのモデルは断片的 (一側面, 局所的) に記述可能

断片的なモデル

統合的なモデル

定量的な評価が可能なモデル

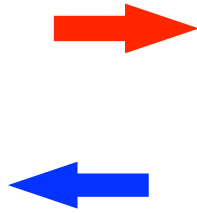


迅速なPDCAサイクル実行のための方法論

計算機と設計者との協調的モデリング

設計者による入力

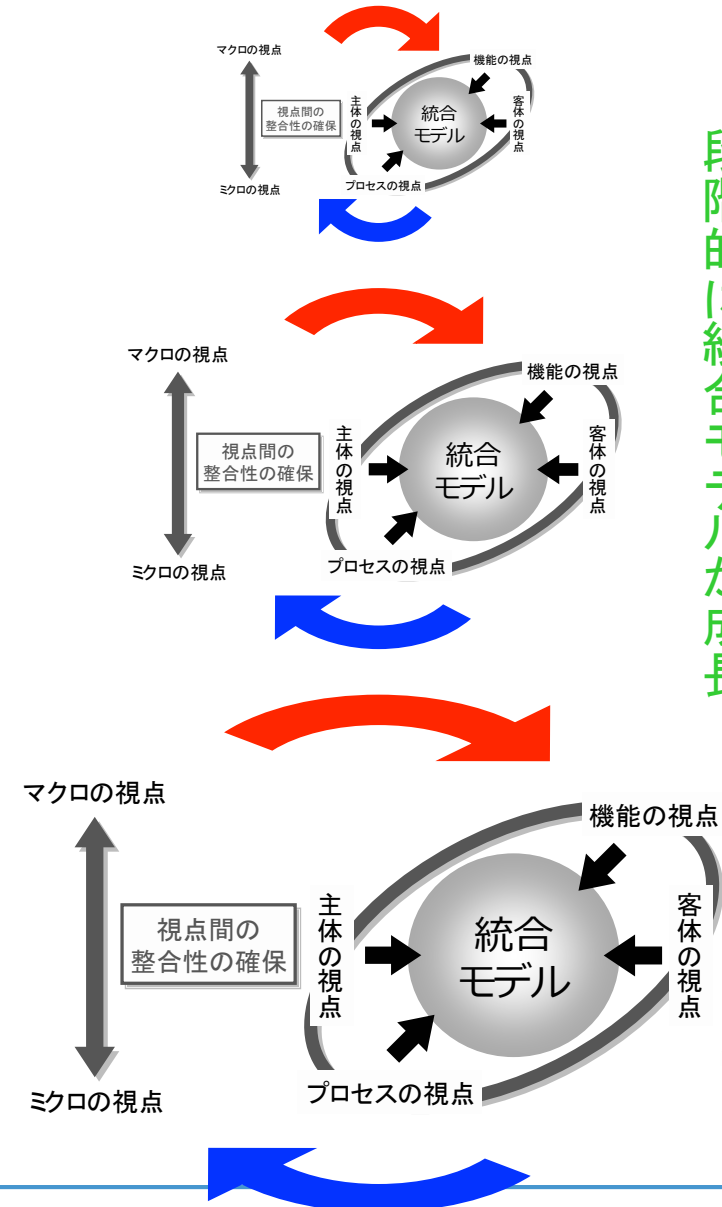
- 断片的な情報
- 創造性のある発想
- 意思決定, 評価, 判断



計算機による出力

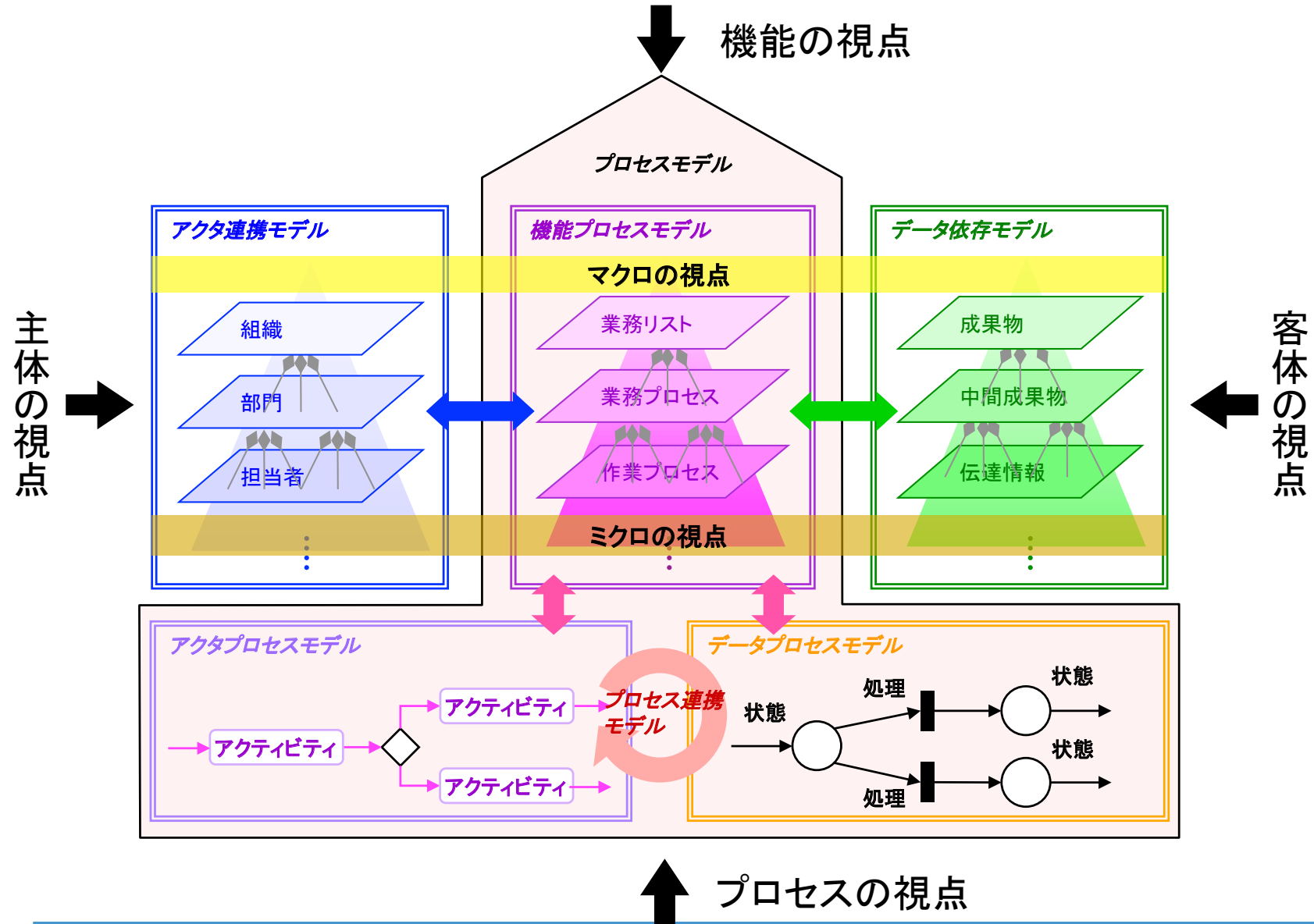
- 体系的な情報
- 機械的な処理
- 構造分析, シミュレーション

視覚的, 直観的に操作可能なグラフモデル, マトリックス, チャートの積極的活用

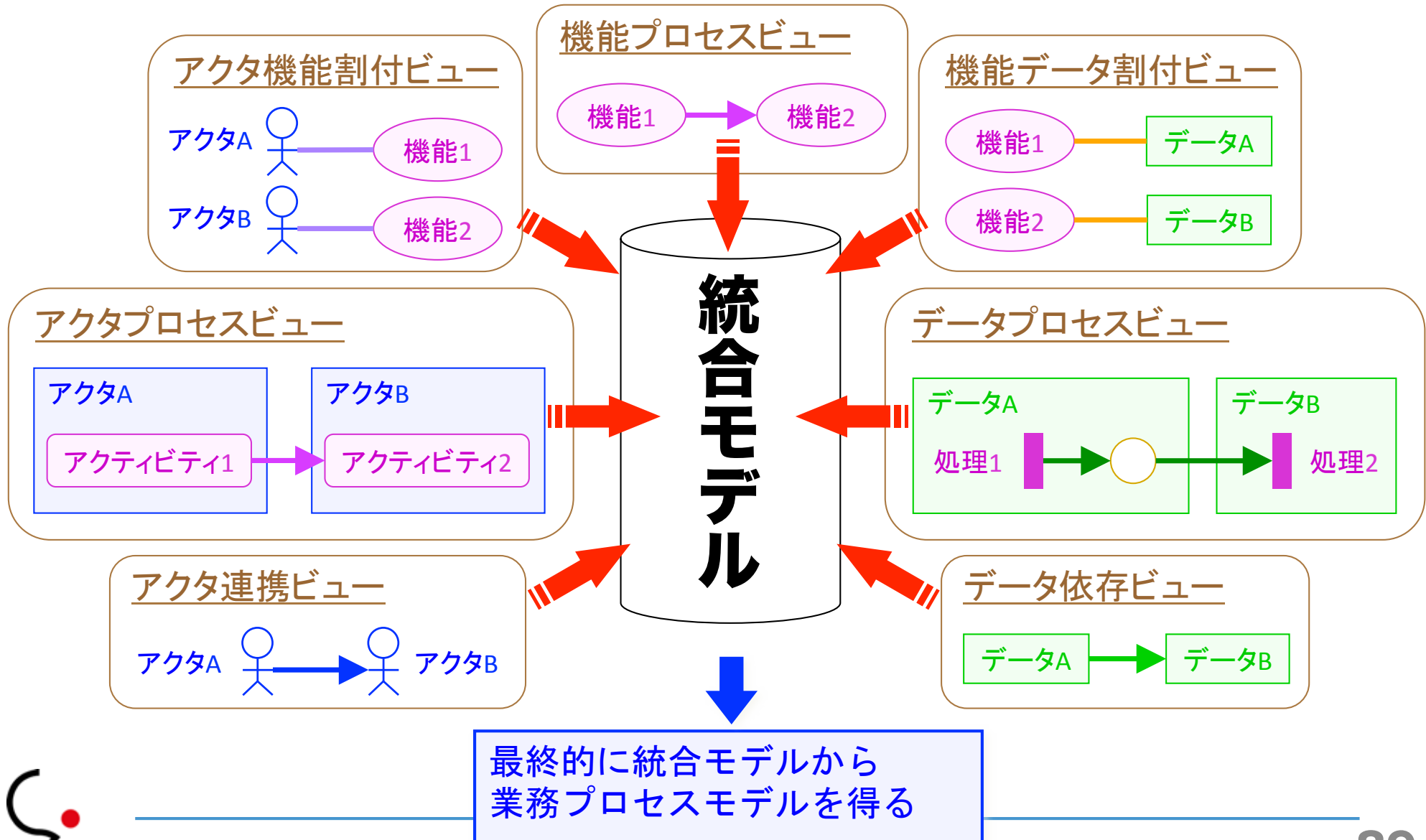


段階的に統合モデルが成長

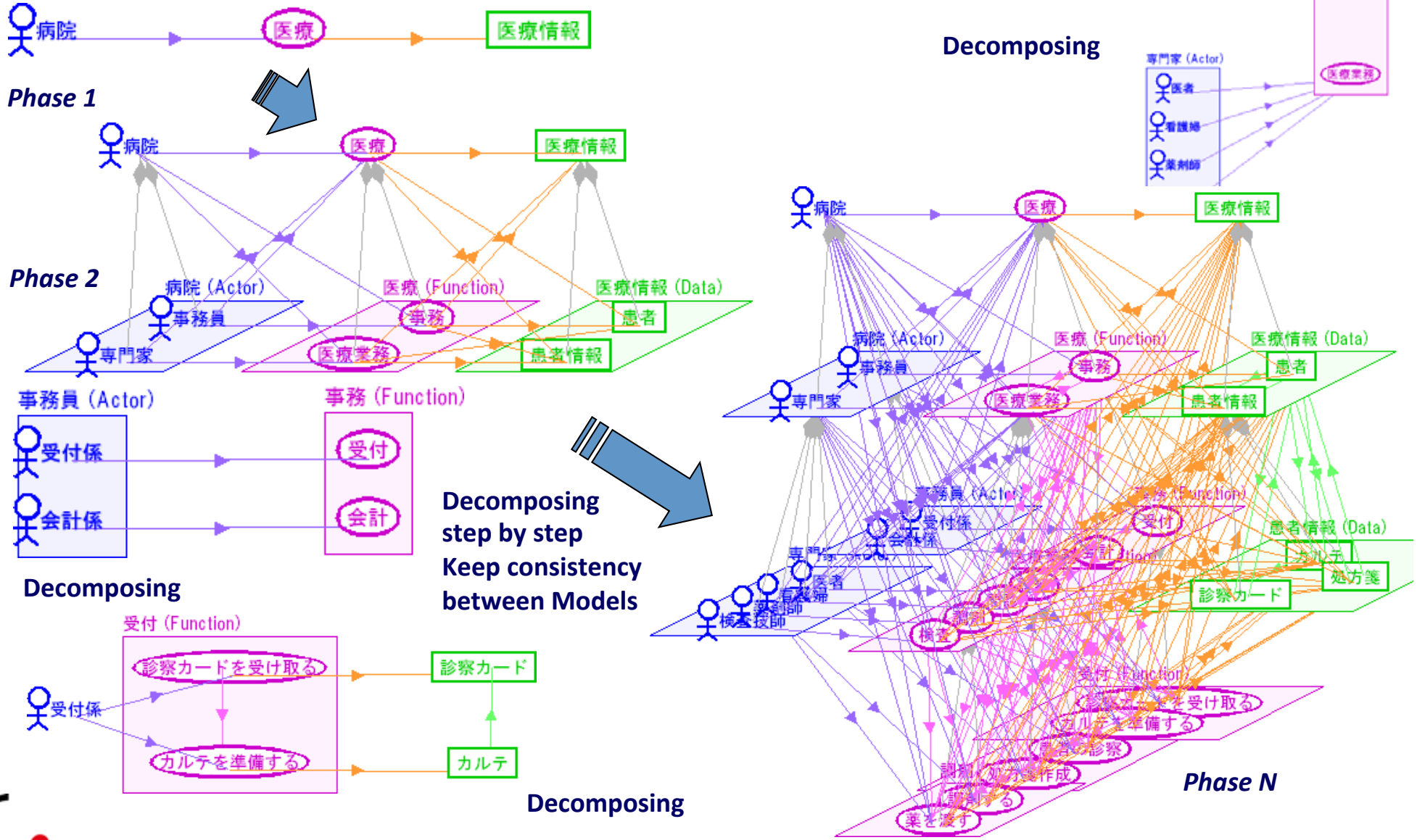
統合モデルにおける各視点の位置付け



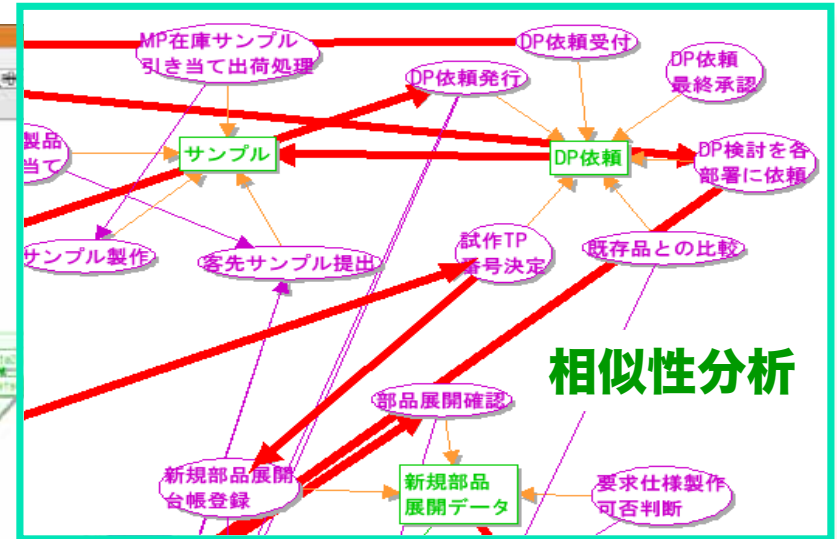
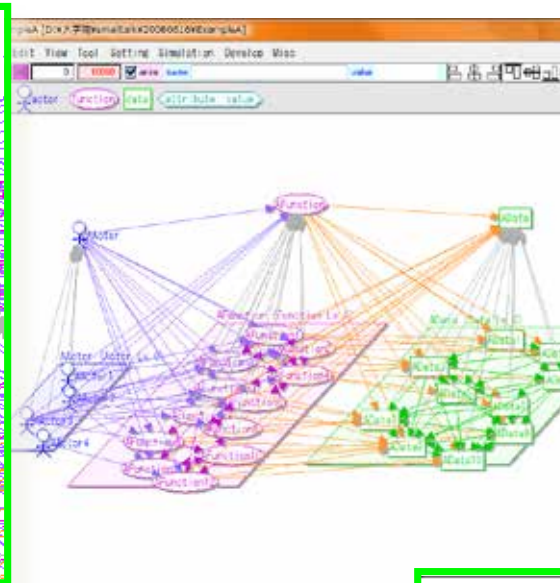
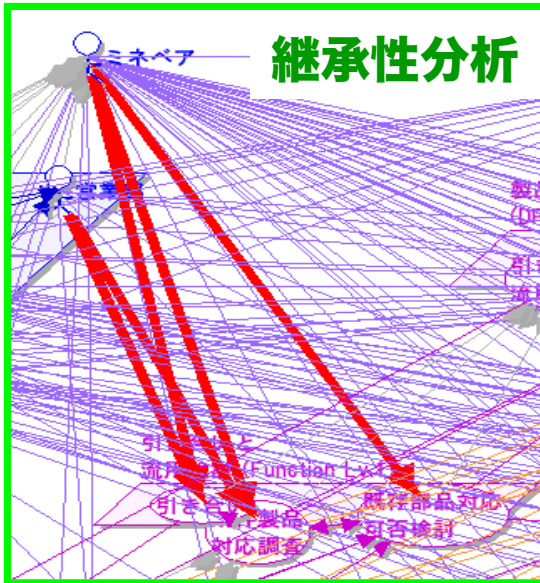
ビジネスプロセスの統合モデル



モデルの構築フロー (概観)



モデリング・シミュレーション環境のプロトタイプシステム



Quantification Method III Matrix

Develop Misc

1. applied matrix eigenvalue: 0.63847

割付分析

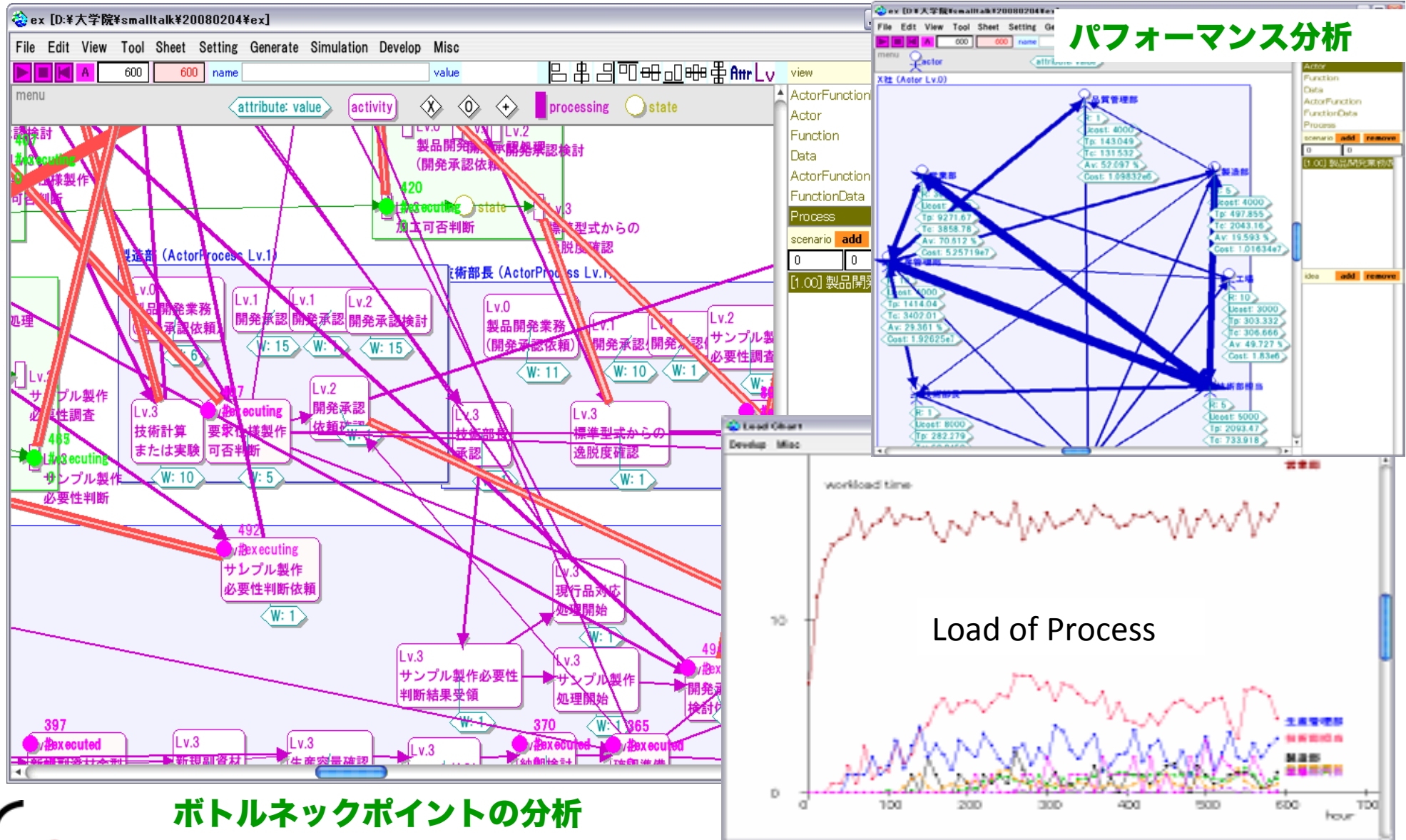
DP 製品開発業務 (DP 依頼)	DP 処理	技術部長承認	MP 在庫サンプル引き当て	既存部品対応調査	サンプル製作必要判断	サンプル製作必要判断	サンプル製作必要判断	引き当り処理	DP 開始処理	既存製品引き当て	既存製品対応可否判断	既存製品対応可否判断	目録製品 (適合製品) 調査	既存製品対応調査
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

事業部門長
品質管理部
製造部
技術部長
工機
技術部担当
生産管理部
ミネベア
営業部

プロセス分析

15. BFunction6	16. BFunction6	17. BFunction4	18. BFunction3	19. BFunction2	20. BFunction1	21. BFunction15	22. BFunction14	23. BFunction23	24. BFunction22	25. BFunction21	26. BFunction20	27. BFunction18	28. BFunction8	29. BFunction7	30. BFunction9	31. BFunction13	32. BFunction12	33. BFunction11	34. BFunction10	35. BFunction24	36. BFunction19	37. BFunction28	38. BFunction27	39. BFunction25	40. BFunction26	41. BFunction7	42. BFunction6		
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

シミュレーションと評価, 分析



パフォーマンス分析

ボトルネックポイントの分析



Process Modeling Example (Product Design Task and Process)

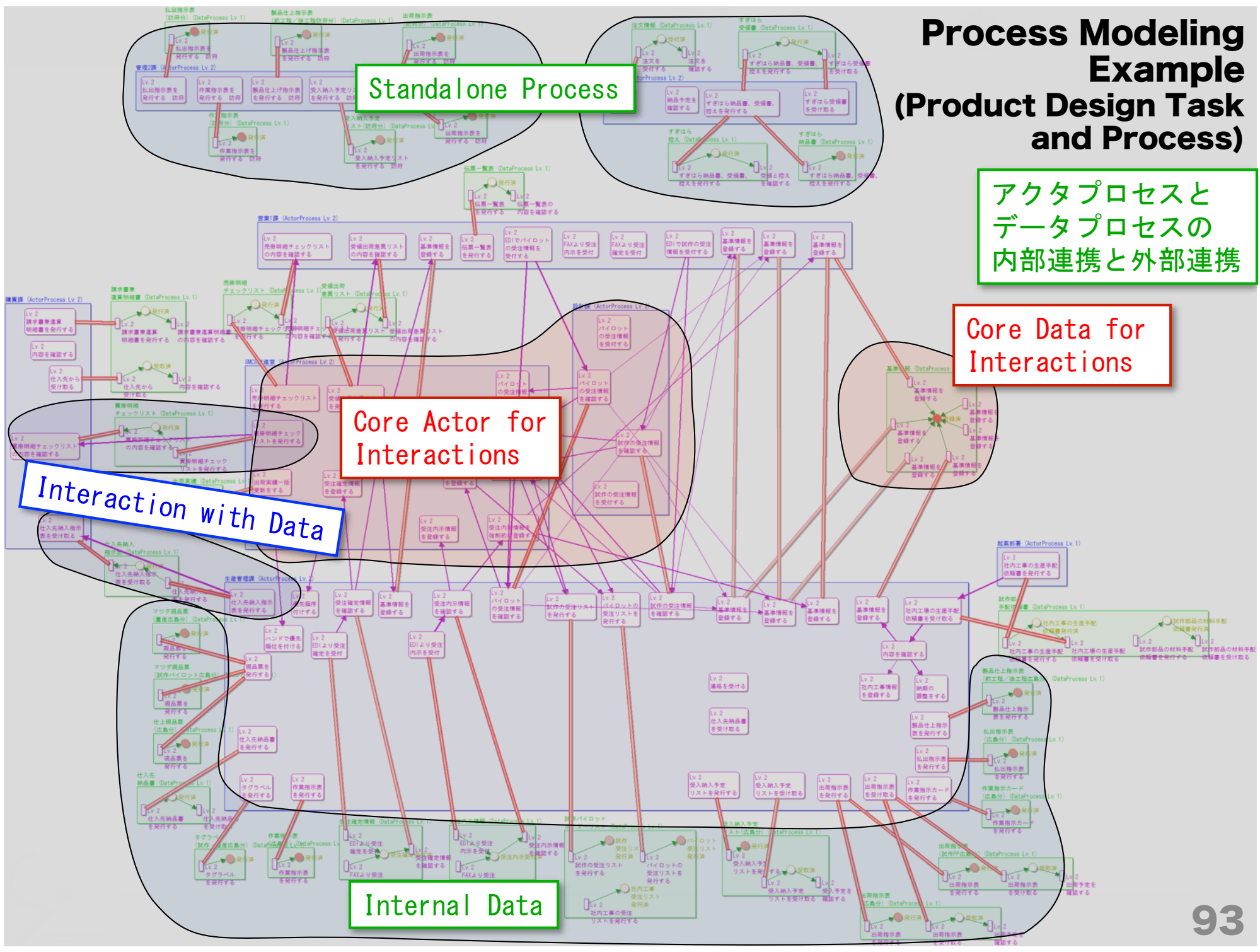
アクタプロセスと
データプロセスの
内部連携と外部連携

Core Data for
Interactions

Interaction with Data

Core Actor for
Interactions

Internal Data



まとめ

- システム設計ではシステムの構成要素間のインタフェイス設計が重要であるが、情報間の関係情報からインタフェイス設計に有用な情報を抽出することは重要である。
- システム設計における意思決定のマネジメントを実現するには、様々な情報の相関関係（影響、依存等）の情報を有効活用することが期待される。
- 詳細な情報が未確定な状況である上流工程においても、情報間の関係情報を有効活用し、その関係の背後にある多様な情報を抽出し、意思決定のマネジメントに活用されることが期待される。
- 構造化手法など、情報間の関係から必要とされる情報を抽出する手法を整理し、体系化することはシステム設計の手法として重要となる。
- アナログ時代の情報獲得には限界が存在した。デジタル時代、クラウド時代では情報獲得の敷居は低くなり、多種多様な情報をまとめて取り扱うことも可能となっている。
- 情報の相関関係から組織の集合知を収集し、有効活用する事は組織力の観点で重要である。