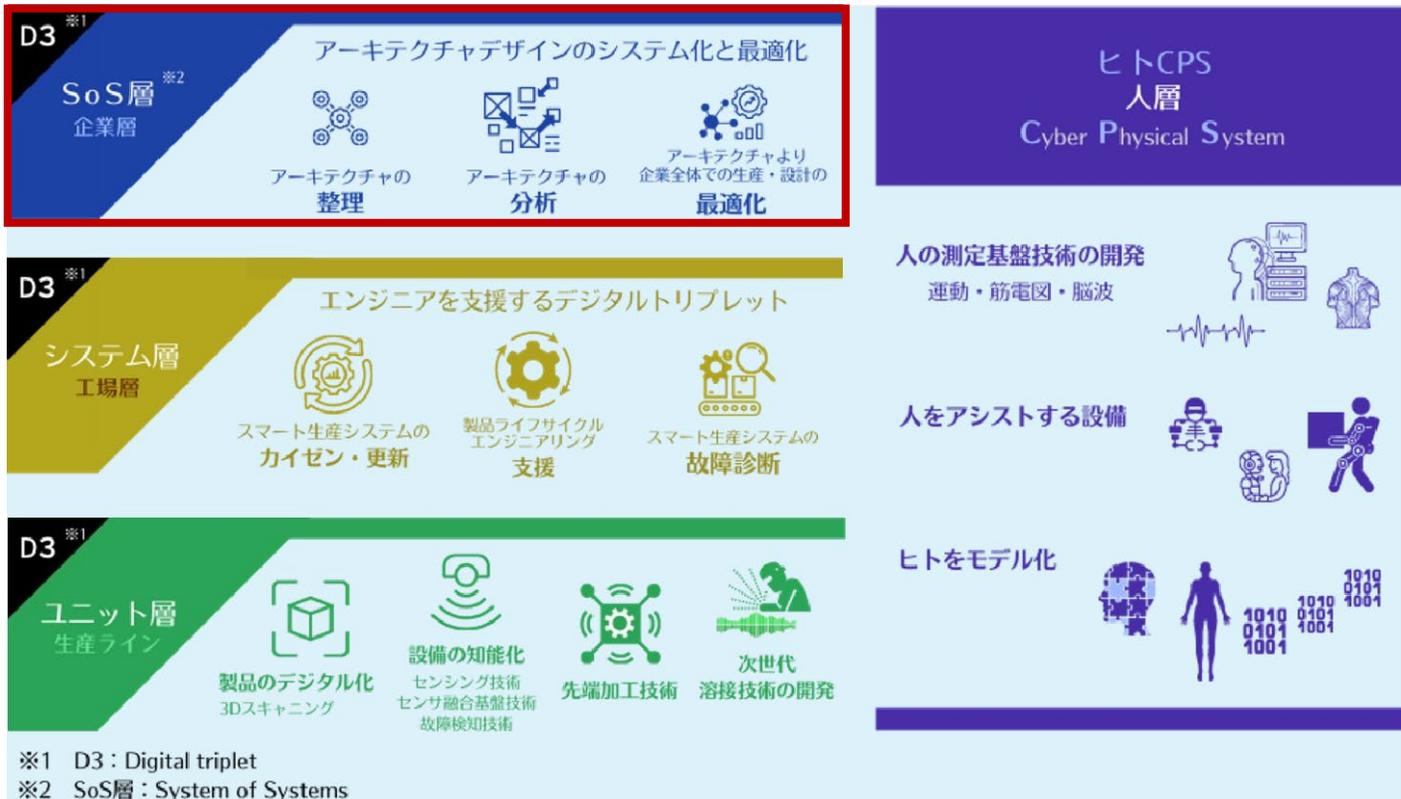


共同研究テーマ 1

持続可能なサプライチェーンを実現する Transformable Architecture のモデリング ーサプライチェーンの統合的モデリングによる設計変更支援システムの提案ー



青山和浩
教授

共同研究者@2024
東京大学：佐藤 佑亮[M2]、劉 静維[M1]
ダイキン工業：高根沢 悟、横瀬 清識、澤井 伽奈

最終目標：スループット、在庫量、リードタイムなどの従来のなサプライチェーン性能指標に加え、レジリエンス性、CO₂排出量等も考慮し、社会システムの激変に対してしなやかに応答できるサプライチェーンを実現できる Transformable Architecture（変形可能アーキテクチャ）を明確にし、アーキテクチャの変形機能のモデルを構築する。

サプライチェーンとは、材料を調達し、製品を顧客へ送り届けるための行為全般

Supply Chain



Supply Chain Management

需要予測
情報共有

在庫管理

工程の無駄とり

在庫管理
効率的な配送

受注情報の管
理・共有

いかにしてオペレーションをうまくやるかが平時の論点

外部環境の変化によって、サプライチェーンに求められる性能が変化しつつある。

I. リスク認識の変化

企業のリスク認識が変化している

- (2011) 自然災害, 政情不安定, 需要ショック
- (2020) パンデミック, 貿易制限, 原材料不足

II. デジタル技術の進展

情報通信技術の進化による国際分業体制の変化2

- ・ アンバンドリング, オフショアリング, アウトソーシングの促進

先端技術の活用可能性の高まり

- ・ AI, ロボティクス, 先端製造技術 (e.g. 3Dプリンタ)

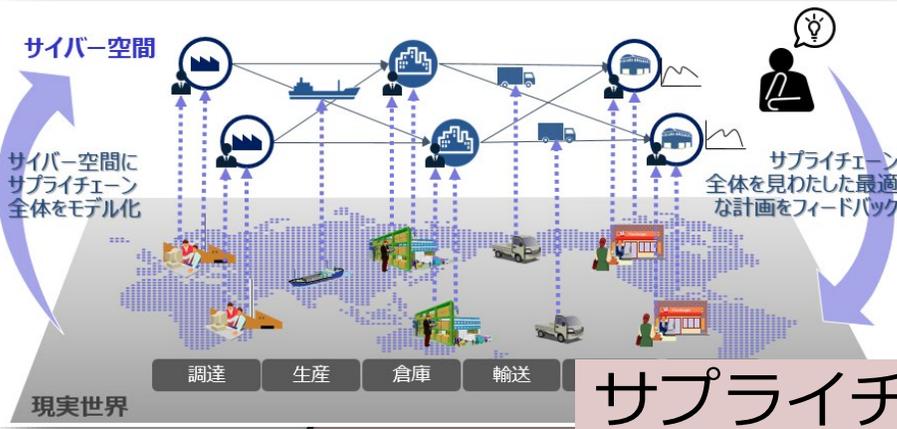
III. カーボンニュートラルの要請

気候変動への危機意識の高まりによる、カーボンニュートラル経営の要請

- ・ 特に消費者向けサービス/プロダクトにおいて、サプライチェーン上で排出されるCO₂は多い

ものづくり（ダイキン）アーキテクチャ：様々なアーキテクチャの集合体

<https://www.twx-21.hitachi.ne.jp/contents/service/sco/index.html>



サプライチェーン

https://www.daikin.co.jp/corporate/overview/glance/modals/02_60_production



世界の生産拠点図

ブラジル工場

<https://newswitch.jp/p/29428>



エンジニアリング
チェーン

製品：エアコン

ビジネスの視点：
エンタープライズアーキテクチャ

工場の視点：
システムアーキテクチャ

製品の視点：
システムアーキテクチャ

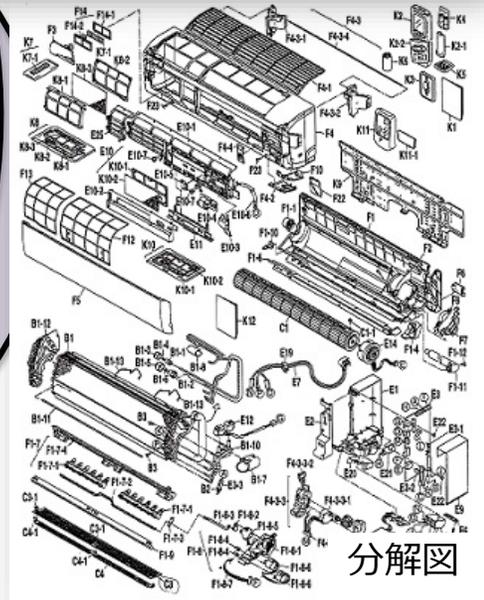
製品：ソフト

https://tajimakinki.jp/news_cat/1103/

DAIKIN ルームエアコン シリーズ別 搭載機能

シリーズ	水内部分	フルボディ	さらさら	プレミアム	AI自動運転	サーモセンサー	給気/排気	うるる加温
ストリーマ (RX)	グリーン	お掃除機能	さらさら	プレミアム	AI自動運転	サーモセンサー	給気/排気	うるる加温
ストリーマ (AX)	グリーン	お掃除機能	さらさら	プレミアム	AI自動運転	サーモセンサー	給気/排気	うるる加温
ストリーマ (MX)	グリーン	お掃除機能	さらさら	プレミアム	AI自動運転	サーモセンサー	給気/排気	うるる加温
ストリーマ (VX)	グリーン	お掃除機能	さらさら	プレミアム	AI自動運転	サーモセンサー	給気/排気	うるる加温
ストリーマ (SX)	グリーン	お掃除機能	さらさら	プレミアム	AI自動運転	サーモセンサー	給気/排気	うるる加温
ストリーマ (FX)	グリーン	お掃除機能	さらさら	プレミアム	AI自動運転	サーモセンサー	給気/排気	うるる加温
ストリーマ (CX)	グリーン	お掃除機能	さらさら	プレミアム	AI自動運転	サーモセンサー	給気/排気	うるる加温
ストリーマ (E)	グリーン	お掃除機能	さらさら	プレミアム	AI自動運転	サーモセンサー	給気/排気	うるる加温

ラインナップ



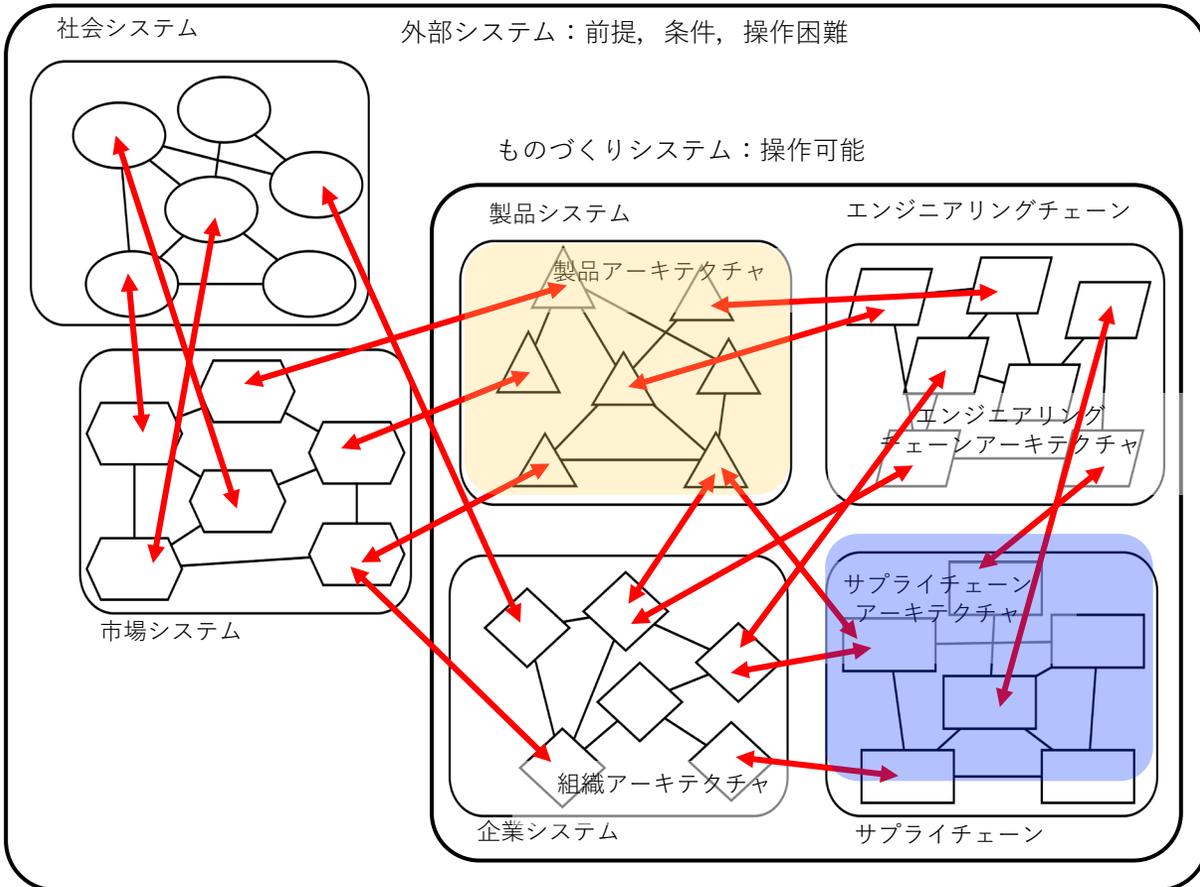
https://kyowaair.co.jp/daikin_eakon/daikin_room/ururutosarara.html

※厳密ではありません。イメージです。

課題 EC・SCの複雑な関係 → 変化への対応, 対応力の強化

サプライチェーン (SC) には非常に多くの要素 (サプライヤ、工場、製品など) や要因 (需要変動、気候、材料価格、国際情勢など) が関係しているため、現実世界をつぶさに見ても全体像や要因同士の影響関係が把握しにくく、どこをどのように変更すればよいか検討が難しい

地球システム



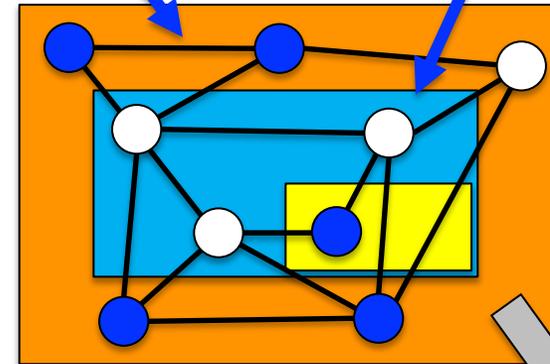
ものづくりアーキテクチャ (SoS: System of Systems)

『最も強い者が生き残るのではなく、最も賢い者が生き残るのでもない。唯一生き残るのは、**変化できる者である**』

by Charles R. Darwin

- 構造化された情報を活用し、要求された変化への対応を講じる
- 対応すべき要素の特定. 必要な対応の導出, 評価.
- 対応が複数ある場合の対応の手順.

外部システム 外部システム



対応すべき範囲の特定

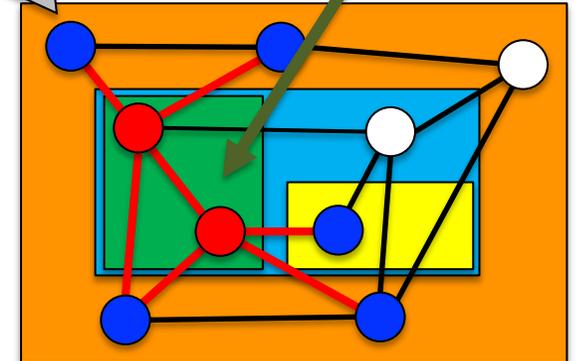
可能な限り狭い範囲 (最小の変更要素) の抽出

対応手順の導出

対応における手戻りが最少となる順序の導出

内部システム 変更への対応

変化に対応した内部システム



- システム要素
- 変化した要素
- 対応した要素

全体像：Transformable Architecture enables Supply Chain Management

レジリエンス（回復力）を備えたサプライチェーンとは、混乱への抵抗力と回復力を持ったサプライチェーン
変化し続ける世界における俊敏性の高いサプライチェーン

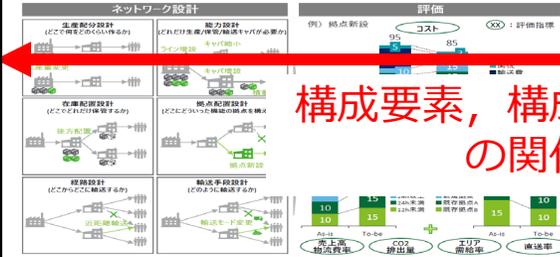
『最も強い者が生き残るのではなく、最も賢い者が生き残るのでもない。唯一生き残るのは、**変化できる者である**』 by Charles R. Darwin

Transformable Architecture

Transformable: 変形可能
Architecture: 構造（構成要素の関係構造）
システムの構成要素：価値，機能，実体など

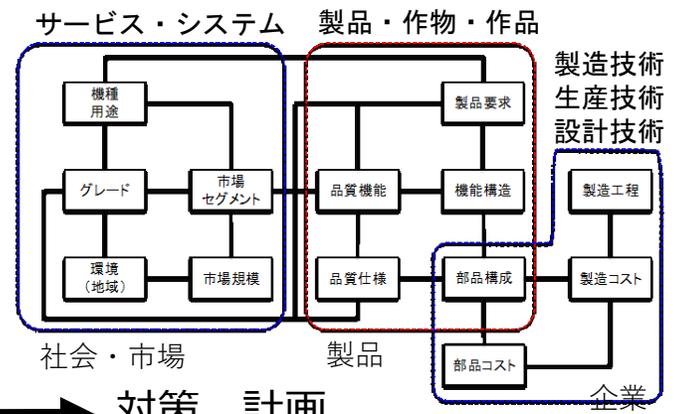
Transformability：Architecture のリスクシナリオに対する Transform の難易度評価

構成要素の関係

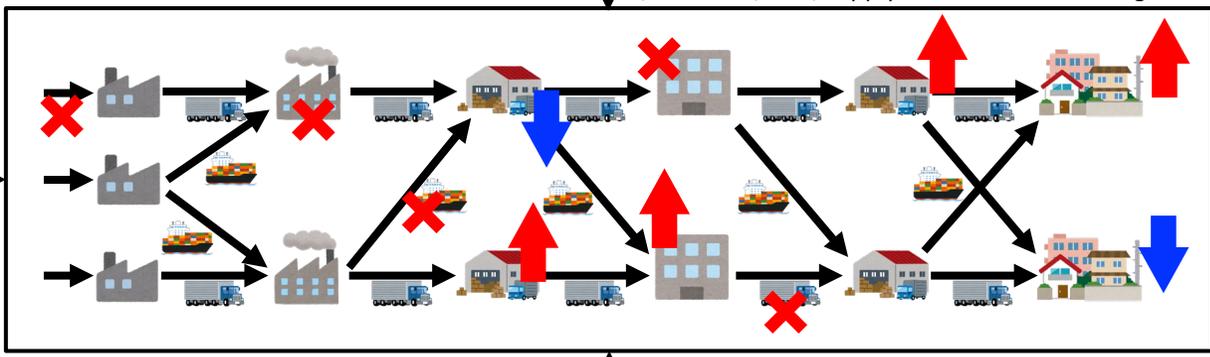


構成要素，構成要素間の関係を変更

構成要素，構成要素間の関係

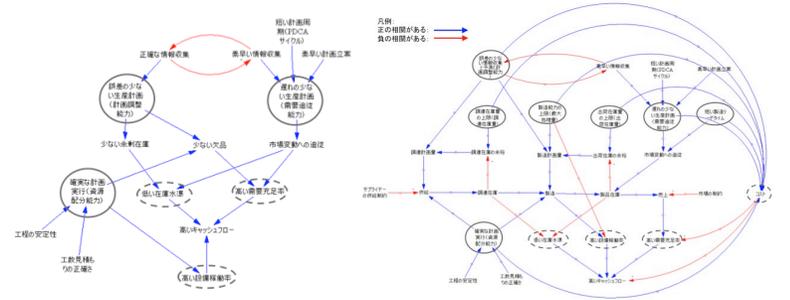


障害の発生
経営の要求
経営者，実務者



対策，計画

サプライチェーンネットワークの時代へ



性能，特性の因果関係

- ① 背反構造分析機能：定性的
 - ・期待できる効果，期待しない効果の把握
 - ・背反（トレードオフ）構造の把握
 - ・背反を解消する要素の特定

② シミュレーションによる定量的評価機能

Before

新型コロナウイルスや自然災害の影響により...

物流網がとぎれる・海外工場での生産中止

トラックの運転手不足
海外からの部品調達に時間がかかる

After

生産マップ再編成・新パートナー開拓
サプライ選択の自動化

スマートVC基盤

SC最高責任者がサプライチェーンの状況を把握・タイムリーに指示

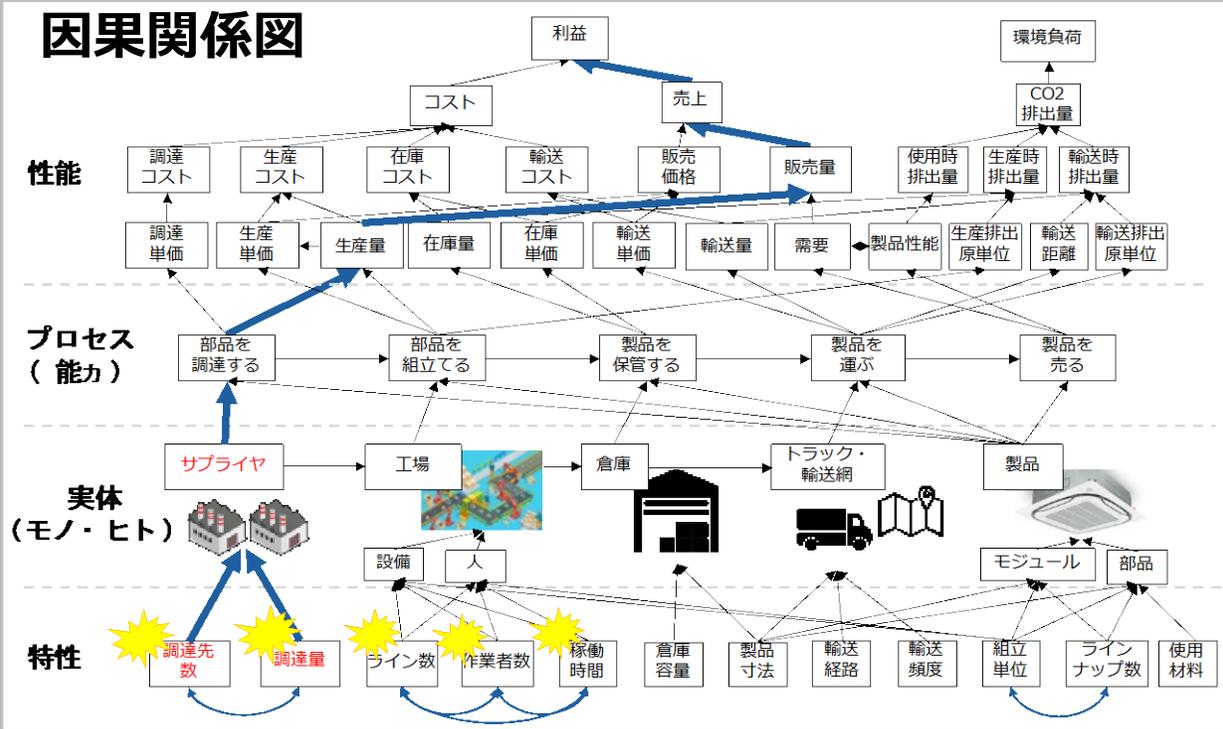
リスク管理ダッシュボード
SC最高責任者
工場長

課題, 予定: 変化への対応, 対応力の強化

ものづくりはエンジニアリングチェーン (EC)、サプライチェーン (SC) の各フェーズの活動により達成され、SCやECにおける1つの決定事項が様々な局面に波及的に影響を及ぼしているため、優れた解を得るにはEC・SCを包括的にとらえて考える必要がある。

利益 : X% ↓, 環境負荷 : Y% ↑

因果関係図

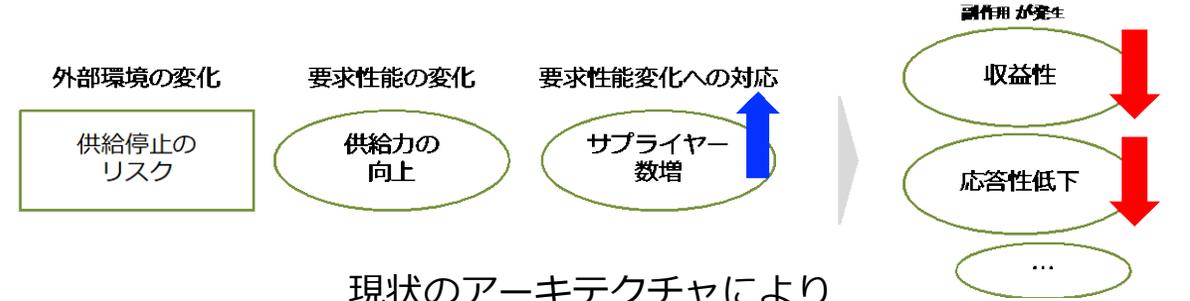


外部環境の変化(例: パンデミック)

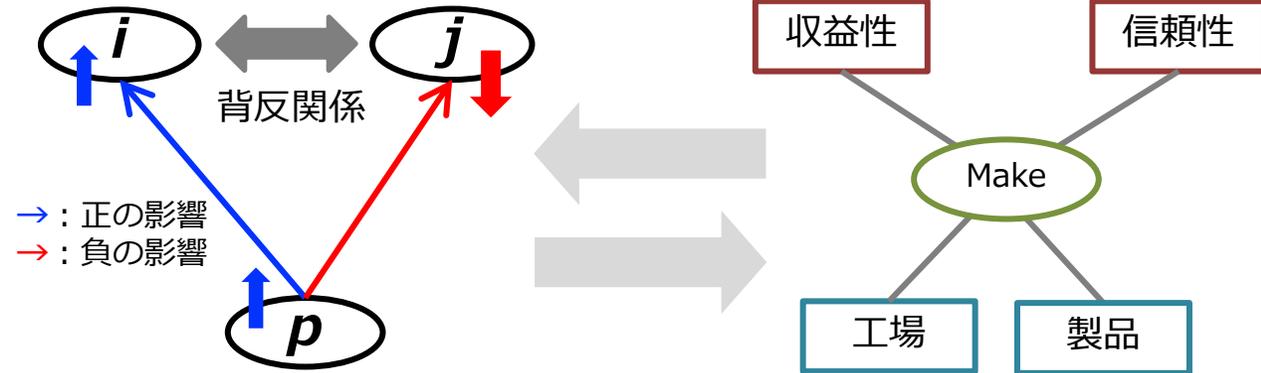
- 性能向上には副作用 (性能悪化) を伴うことが想定される。背反構造の存在。
- しかし、システムの複雑性が原因で設計者には事前に判断することが難しい。
- 複雑なシステムでの背反構造を把握することは容易ではない。

設計者が想定するシナリオ

予想される事態



現状のアーキテクチャによりどのような背反関係があるか



背反を解消するための設計対象は何か?

サプライチェーンの構造 (アーキテクチャ)

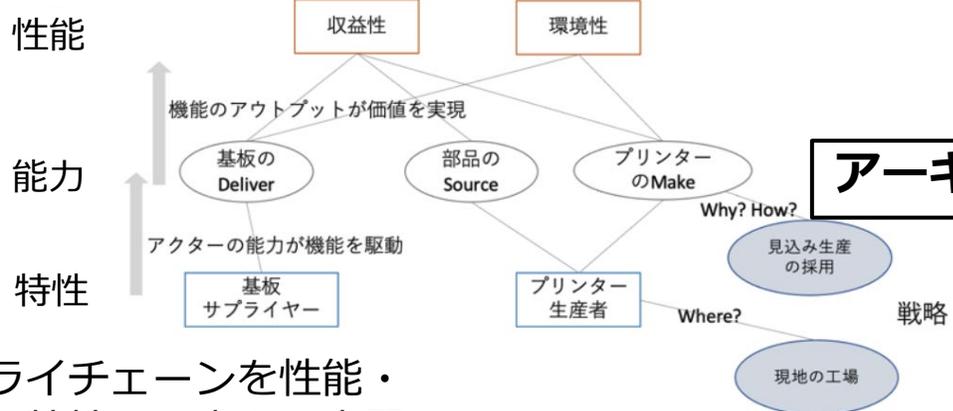
アーキテクチャの理解, 分析

- サプライチェーンの要素を性能・能力・特性の要素間の背反関係の導出
- 背反構造を解消するために必要な範囲, 要素を特定

性能間の背反関係の導出

	性能1	性能2	性能3	性能4	機能特性1	機能特性2	機能特性3	機能特性4	アクター特性1	アクター特性2	アクター特性3	アクター特性4	戦略1	戦略2	戦略3
性能1															
性能2															
性能3															
性能4															
機能特性1															
機能特性2															
機能特性3															
機能特性4															
アクター特性1															
アクター特性2															
アクター特性3															
アクター特性4															
戦略1															
戦略2															
戦略3															

アーキテクチャの認識

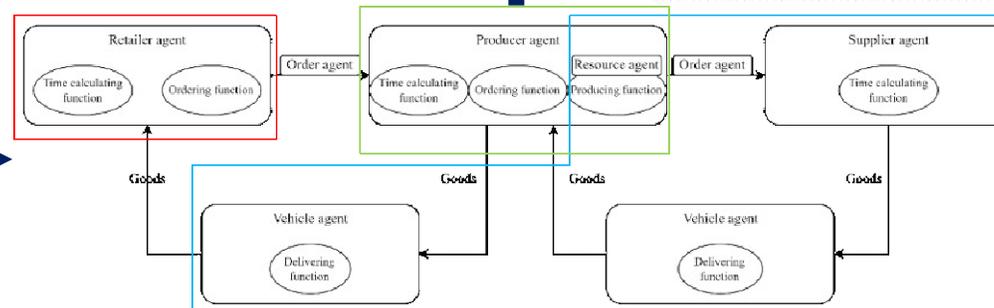


サプライチェーンを性能・能力・特性の要素と要素間の関係でモデル化

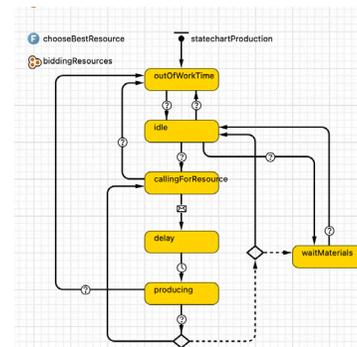
アーキテクチャの創成

Agent Based Modelingを用いて生産工程を定量的にシミュレーション

モデルの生成



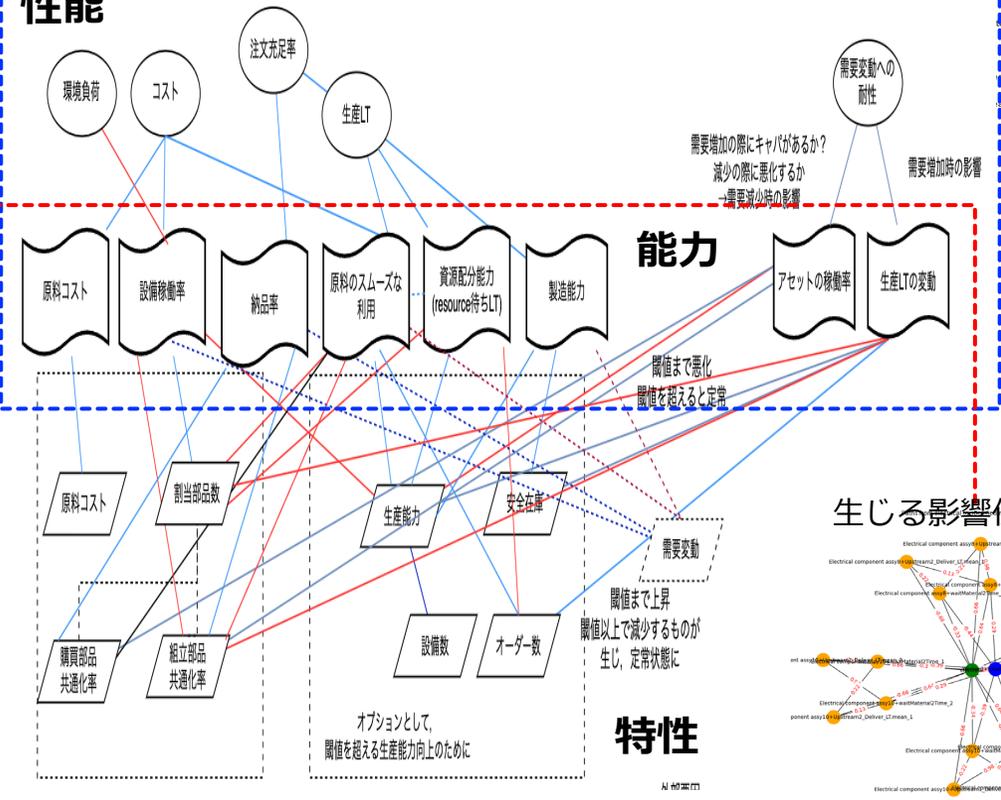
Agent Simulation



アプローチ:アーキテクチャの認識, 理解, 分析

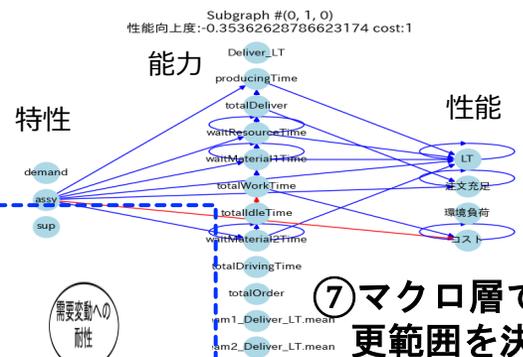
①性能-能力-特性によるSCのモデル化 マクロ層

性能



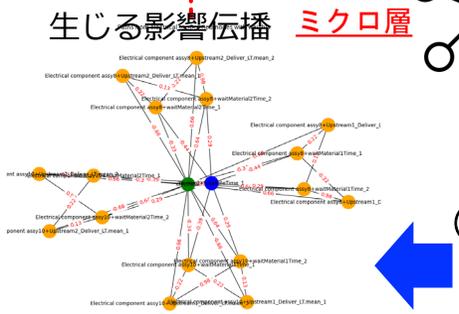
ミクロ層

⑤ミクロ層で影響伝播の具体的なメカニズムや背反関係を理解



⑦マクロ層で変更範囲を決定

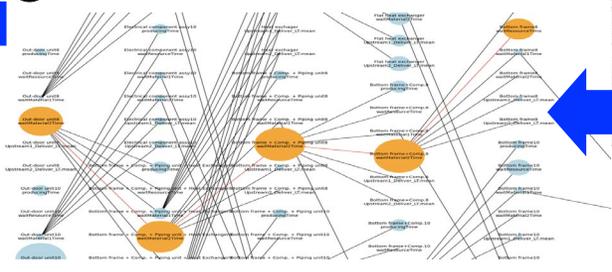
⑧変更範囲に対応するミクロ層を確定



⑥マクロ層の各要素間の影響関係を理解

④要素間の関係を分析・理解

⑥ミクロ層の各要素間の影響関係を理解



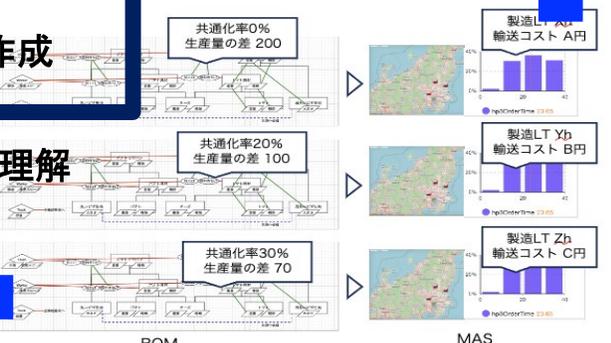
	LT	注文充足	環境負荷	コスト	Deliver LT	producingTime	waitResourceTime	waitMaterial1Time	waitMaterial2Time	totalWorkTime	totalIdleTime	totalDrivingTime	totalOrder	Upstream1_Deliver_LT.mean	Upstream2_Deliver_LT.mean	demand	assy	sup
LT	1															0.023	0.14	0.03
注文充足		1														-0.01	-0.01	0.003
環境負荷			1													-0.013	-0.011	0.003
コスト				1														
Deliver LT					1													
producingTime						1												
waitResourceTime							1											
waitMaterial1Time								1										
waitMaterial2Time									1									
totalWorkTime										1								
totalIdleTime											1							
totalDrivingTime												1						
totalOrder													1					
Upstream1_Deliver_LT.mean														1				
Upstream2_Deliver_LT.mean															1			
demand																1		
assy																	1	
sup																		1

⑤構成要素間の影響関係

⑤構成要素間の相関関係

	Electrical component assy10p																			
Electrical component assy10p	1																			
Electrical component assy10p		1																		
Electrical component assy10p			1																	
Electrical component assy10p				1																
Electrical component assy10p					1															
Electrical component assy10p						1														
Electrical component assy10p							1													
Electrical component assy10p								1												
Electrical component assy10p									1											
Electrical component assy10p										1										
Electrical component assy10p											1									
Electrical component assy10p												1								
Electrical component assy10p													1							
Electrical component assy10p														1						
Electrical component assy10p															1					
Electrical component assy10p																1				
Electrical component assy10p																	1			
Electrical component assy10p																		1		
Electrical component assy10p																			1	
Electrical component assy10p																				1

②シミュレーションモデルの作成



③シミュレーションの実行

サプライチェーンを「性能」 - 「能力」 - 「特性」の対応関係としてモデル化する

■ サプライチェーンアーキテクチャ

性能（価値）：

何が顧客などの要求かわかる

サプライチェーンのステークホルダーが
要求する性能（品質特性）

能力（機能）：

生産方式、何を自社の機能とは別に機能を
構えているかがわかる

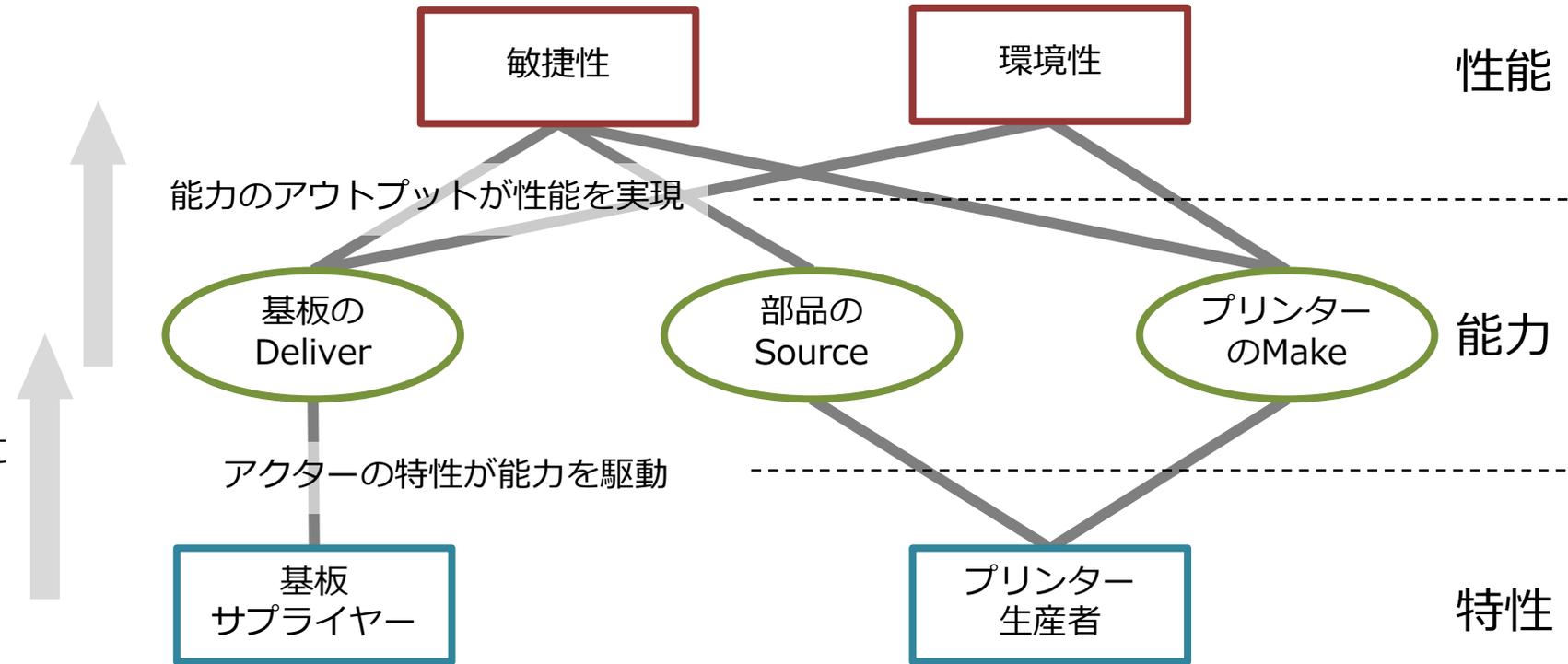
サプライチェーン上のモノや情報を制御
する働き。

Source, Make, Deliver, Planを基準に
整理

特性（アクター）：

資産配置などがわかる

機能を実現する主体と特性（属性）



「性能」 - 「能力」 - 「特性」の対応関係でサプライチェーンを捉えることで、サプライチェーンの戦略の主要素の顧客価値、内製・アウトソーシング、生産方式、資産配置を検討可能とする

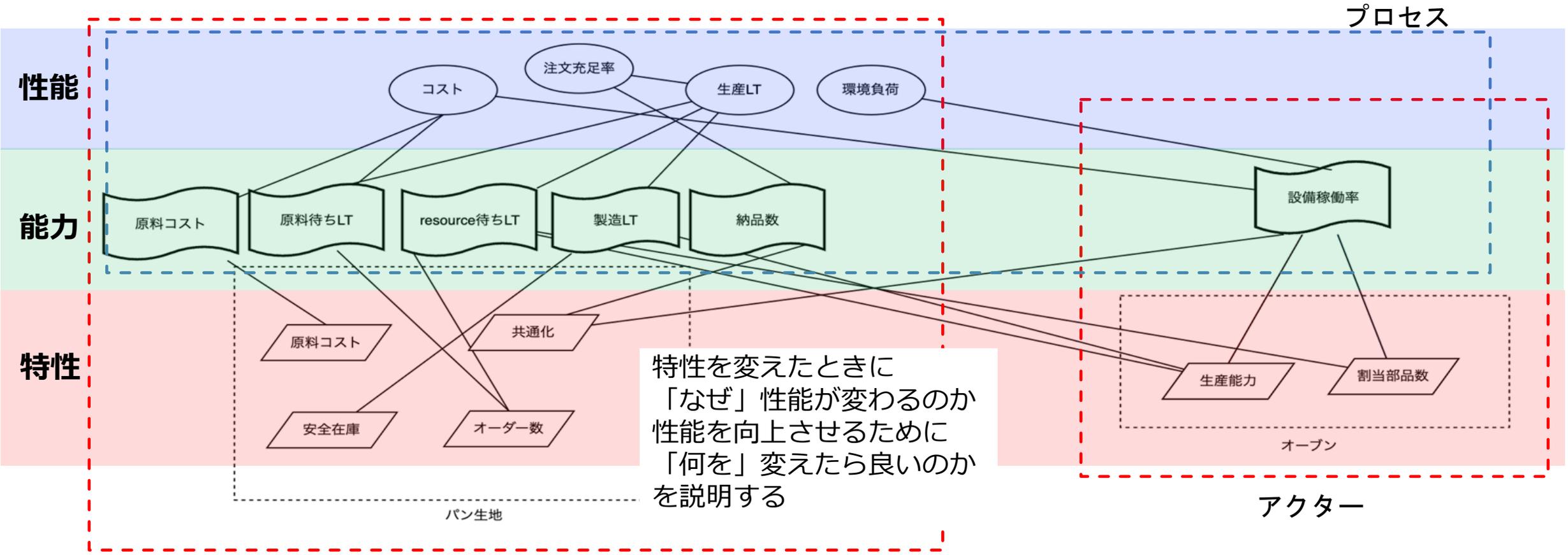
性能・能力・特性の定義：ものづくりアーキテクチャのモデリング

サプライチェーンの変更による影響伝播のメカニズムを理解するため、以下の3属性を定義

性能：プロセスのコストや時間など，サプライチェーンを設計する上での目的変数

能力：性能を細分化し，影響伝播のメカニズムを理解しやすくするための要素

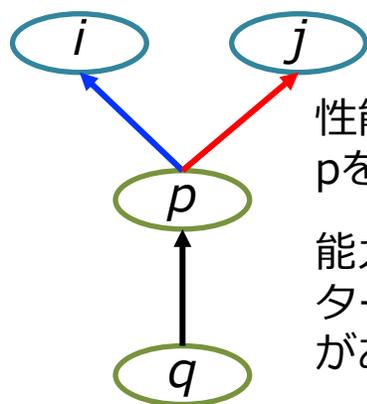
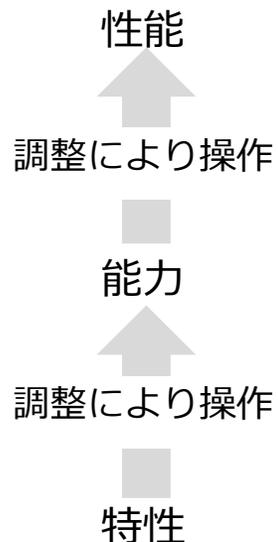
特性：製品アーキテクチャやアクターの属性で設計変数



製品・製造アーキテクチャ

背反関係の特定：定義

2性能間の背反関係の強度の評価には、性能間の期待背反影響度を用いる。



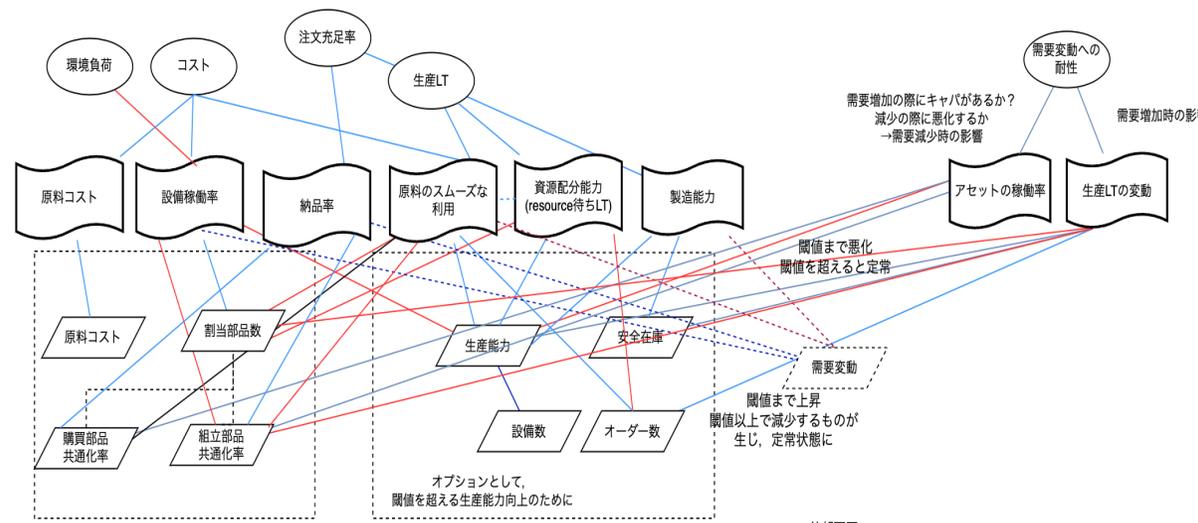
性能iを操作するには能力pを操作する必要がある
能力pを操作するにはアクター特性qを操作する必要がある

→ : 正の影響関係 → : 負の影響関係

意味合いと計算例

	性能		能力	特性
	i	j	p	q
性能	i		1	
	j		-5	
能力	p			3
特性	q			

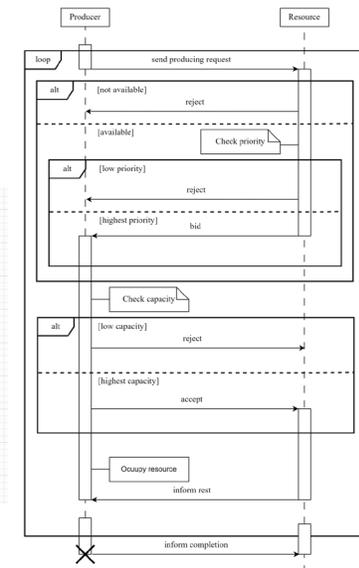
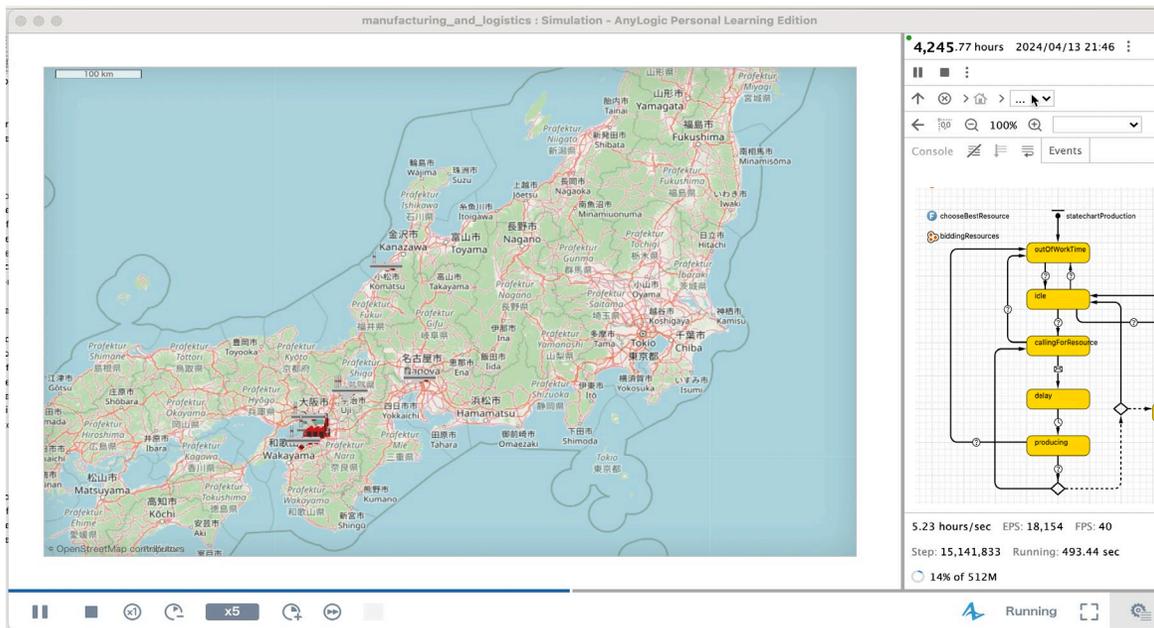
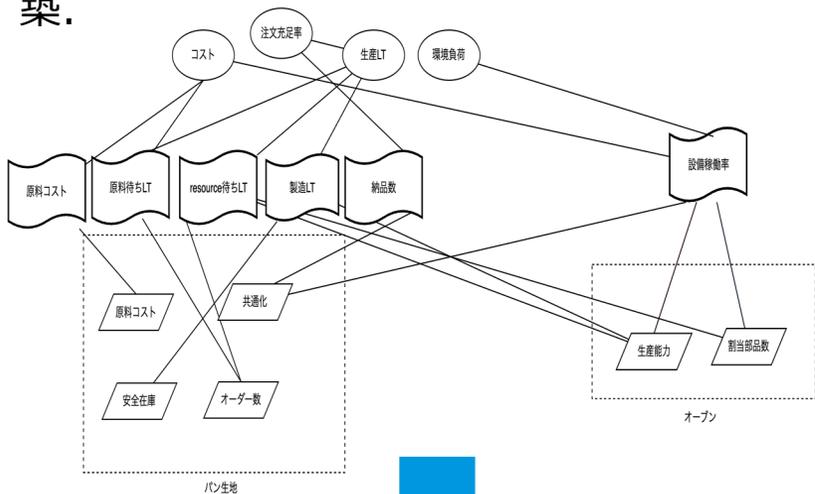
性能iから性能jへの背反影響を評価するには、特性qが能力pを媒介して性能に与える影響度を知る必要がある。



	性能				能力								特性						
	LT	注文充足率	環境負荷	コスト	Deliver_LT	producingTime	totalDeliver	waitResourceTime	waitMaterialTime	totalWorkTime	totalIdleTime	waitMaterial2Time	totalDrivingTime	totalOrder	Upstream1_Deliver_LT.mean	Upstream2_Deliver_LT.mean	demand	assy	sup
性能	LT	3			0.001	0.240		0.004	0.360			0.400			0.002	0.002	0.028	0.140	0.060
	注文充足率		3				0.500						0.500				0.490	0.026	-0.430
	環境負荷			3					0.500	0.500							-0.010	0.000	0.006
	コスト				3								0.430				-0.013	-0.001	0.007
能力	Deliver_LT																		
	producingTime						0.240	-0.060	0.470			0.280						0.167	0.093
	totalDeliver							0.090	0.200		0.120	0.200	0.980	-0.030	0.110		0.000	-0.298	
	waitResourceTime							0.020	0.280		0.260	0.230					0.176	0.104	
	waitMaterialTime								0.480	0.020	-0.040	0.290	0.140		0.230	0.020	0.062	0.039	
	totalWorkTime																0.000	0.000	
	totalIdleTime											0.020		0.020			0.000	0.000	
	waitMaterial2Time												0.260	0.260	0.170	0.270	0.123	0.086	
	totalDrivingTime																0.000	0.000	
	totalOrder																0.950	0.000	-0.298
特性	demand																0.000	0.000	
	assy																0.000	0.000	
	sup																0.000	0.000	

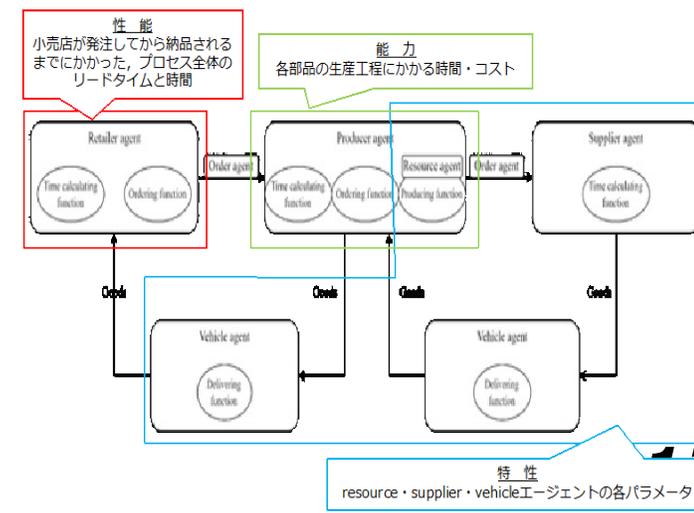
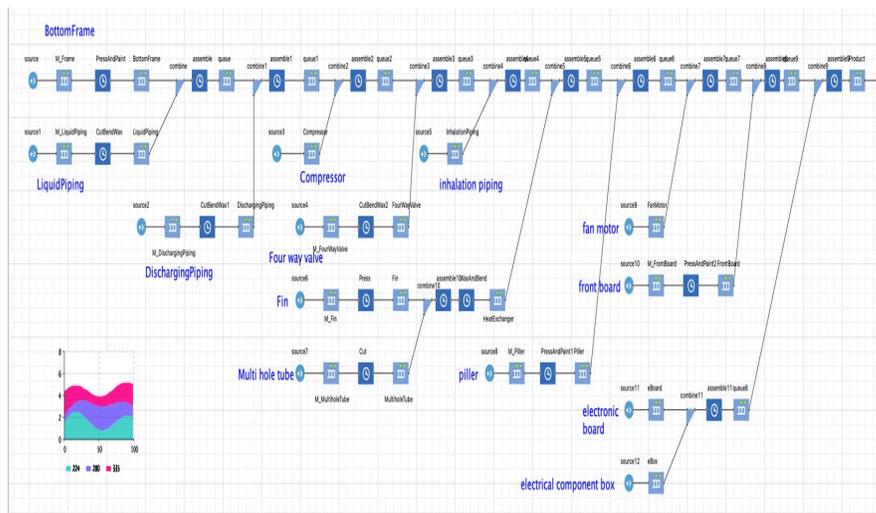
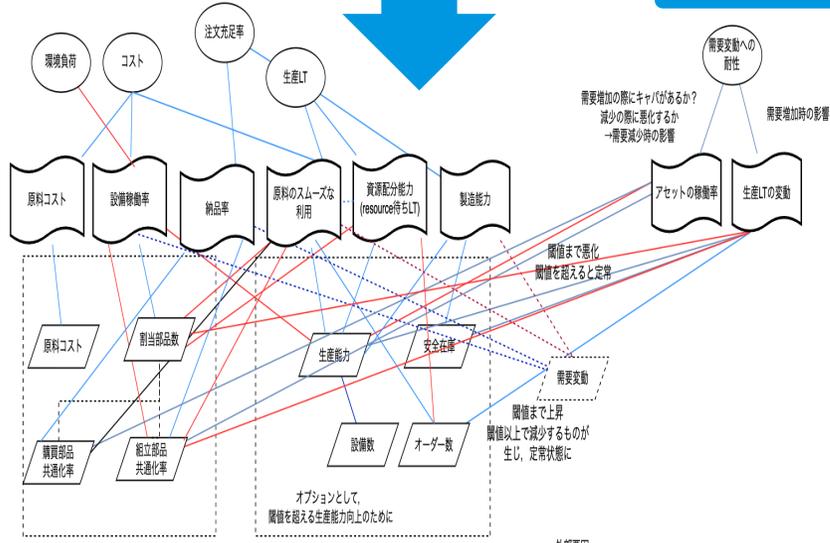
シミュレーションモデルの構築と計算の実行

性能・能力・特性によるモデリングを基に、エージェントシミュレーションを構築。

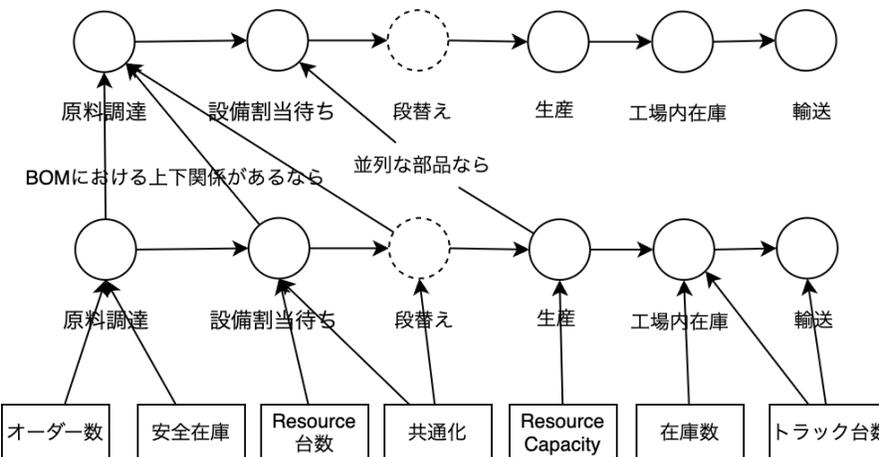


Interactions of agents

シミュレーションから性能・能力・特性間の関係を明確化する

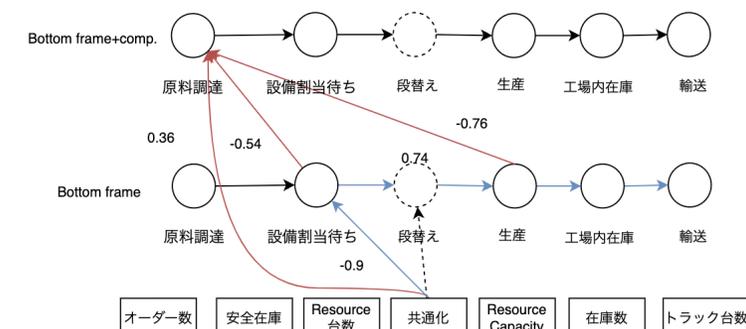


- 相関係数は全ての変数間で計算可能だが、その中で因果関係があるものとなないものがある
- シミュレーションでの実装関係から直接の因果関係があるものを別途記録
- 相関係数マトリクスと合わせて、直接関係がある部分だけの相関係数を取得・辿ることが可能に



能力-特性の相関関係

	bottomframe	comp	bottomcomp	piping	b+prth	electrical	demand
Bottom frame + Comp. + Piping unit + Heat Exchanger+waitMaterialTime	0.24554	-0.3401	-0.1818	-0.3458	-0.1031	-0.2452	0.73004
Bottom frame + Comp. + Piping unit + Heat Exchanger+waitResourceTime	0.45507	-0.2052	-0.59789	-0.2046	-0.8338	0.14437	-0.2139
Bottom frame + Comp. + Piping unit + Heat Exchanger+waitProducingTime	0.389418	-0.38942	-0.20339	-0.38942	-0.10988	-0.38941	0.51746
Bottom frame + Comp. + Piping unit + Heat Exchanger+waitMaterial2Time	0.103176	-0.1036	-0.00322	-0.10384	-0.00065	-0.10364	-0.13882
Bottom frame + Comp. + Piping unit + Heat Exchanger+waitMaterial1Time	0.247893	-0.24865	-0.19247	-0.24869	-0.1038	-0.24848	0.715501
Bottom frame + Comp. + Piping unit + Heat Exchanger+waitMaterial2Time	0.689889	-0.68451	-0.10807	-0.68344	-0.97225	-0.10248	0.252893
Heat exchanger+waitResourceTime	0.361782	-0.38973	-0.20359	-0.38978	-0.10979	-0.38978	0.607628
Heat exchanger+waitMaterialTime	0.321715	-0.38921	-0.20181	-0.37061	-0.10882	-0.37061	0.541996
Heat exchanger+waitMaterial2Time	0.321715	-0.38921	-0.1970	-0.38921	-0.10882	-0.38921	0.687329
Bottom frame + Comp. + Piping unit+waitResourceTime	0.103176	-0.1036	-0.00322	-0.10384	-0.00065	-0.10364	-0.13882
Bottom frame + Comp. + Piping unit+waitMaterialTime	0.103176	-0.1036	-0.00322	-0.10384	-0.00065	-0.10364	-0.13882
Bottom frame + Comp. + Piping unit+waitMaterial2Time	0.103176	-0.1036	-0.00322	-0.10384	-0.00065	-0.10364	-0.13882
Bottom frame + Comp. + Piping unit+waitMaterial1Time	0.280544	-0.36182	-0.25239	-0.36197	-0.19275	-0.32347	0.719027
Bottom frame + Comp. + Piping unit+Upstream1_Deliver_LT.mean	-0.17284	-0.1037	-0.82486	-0.32838	-0.88818	0.18737	0.128885
Bottom frame + Comp. + Piping unit+waitResourceTime	0.307463	-0.39722	-0.202	-0.39721	-0.10853	-0.39718	0.486247
Bottom frame + Comp. + Piping unit+waitMaterialTime	0.122298	-0.12551	-0.08612	-0.125	-0.08374	-0.12333	-0.2139
Bottom frame + Comp. + Piping unit+waitMaterial2Time	0.122298	-0.12551	-0.08612	-0.125	-0.08374	-0.12333	-0.2139
Bottom frame + Comp. + Piping unit+waitMaterial1Time	0.122298	-0.12551	-0.08612	-0.125	-0.08374	-0.12333	-0.2139
Bottom frame + Comp. + Piping unit+Upstream1_Deliver_LT.mean	-0.1027	-0.10715	-0.07415	-0.388477	0.21049	0.19172	-0.37887
Flat heat exchanger+waitResourceTime	0.37031	-0.37031	-0.20381	-0.37031	-0.10985	-0.37031	0.603669
Flat heat exchanger+waitMaterialTime	0.270134	-0.27017	-0.14882	-0.2704	-0.08107	-0.27032	0.271211
Flat heat exchanger+waitMaterial2Time	0.387245	-0.38815	-0.20338	-0.38749	-0.10986	-0.38749	0.626488
Flat heat exchanger+waitMaterial1Time	0.284444	-0.28487	-0.20354	-0.28488	-0.10978	-0.28488	0.618981
Flat heat exchanger+Upstream1_Deliver_LT.mean	0.377166	-0.44889	-0.36381	1.61	-0.19604	0.16733	-0.34296
Flat heat exchanger+Upstream2_Deliver_LT.mean	0.378928	-0.32859	-0.14173	-0.34494	-0.17308	-0.19028	0.089532
Bottom frame+Comp.8+waitResourceTime	0.355928	-0.35719	-0.20344	-0.35787	-0.1097	-0.35787	0.686664
Bottom frame+Comp.8+waitMaterialTime	0.37091	-0.37137	-0.20481	-0.37108	-0.11044	-0.37108	0.588825
Bottom frame+Comp.8+waitMaterial2Time	-0.07818	-0.37488	-0.53873	-0.17216	0.2905	-0.17216	0.129754
Bottom frame+Comp.10+waitResourceTime	0.504878	0.483953	0.889208	-0.1729	0.50064	-0.1729	-0.08017
Bottom frame+Comp.10+waitMaterialTime	0.369434	-0.36944	-0.20341	-0.36943	-0.10989	-0.36943	0.517678
Bottom frame+Comp.10+waitMaterial2Time	0.369441	-0.36947	-0.20353	-0.36964	-0.10978	-0.36964	0.530233
Bottom frame+Comp.10+waitMaterial1Time	0.287288	-0.2874	-0.20378	-0.28729	-0.10982	-0.28729	0.418099
Bottom frame+Comp.10+Upstream1_Deliver_LT.mean	0.888888	0.183191	-0.45928	0.21264	-0.24755	0.21221	-0.16007
Bottom frame8+waitResourceTime	0.36331	-0.36888	-0.20716	-0.36888	-0.11171	-0.36888	0.607656
Bottom frame8+waitMaterialTime	0.068093	-0.1524	-0.14803	-0.1524	-0.07883	-0.1524	-0.07884
Bottom frame8+waitMaterial2Time	0.32257	-0.364821	-0.20174	-0.364821	-0.10879	-0.364821	0.664082
Bottom frame8+Upstream1_Deliver_LT.mean	0.748658	0.002212	0.500714	0.001008	0.20449	0.001759	-0.10282
Bottom frame10+waitResourceTime	-0.3731	0.371634	0.203339	0.371634	0.09757	0.371634	-0.57118
Bottom frame10+waitMaterialTime	-0.980181	0.34779	-0.22026	0.369802	-0.11885	0.369802	-0.41993
Bottom frame10+waitMaterial2Time	0.327417	0.371788	0.202448	0.371788	0.100438	0.371788	-0.37118
Bottom frame10+Upstream1_Deliver_LT.mean	-0.371398	0.371391	0.204479	0.371391	0.110264	0.371391	-0.37118

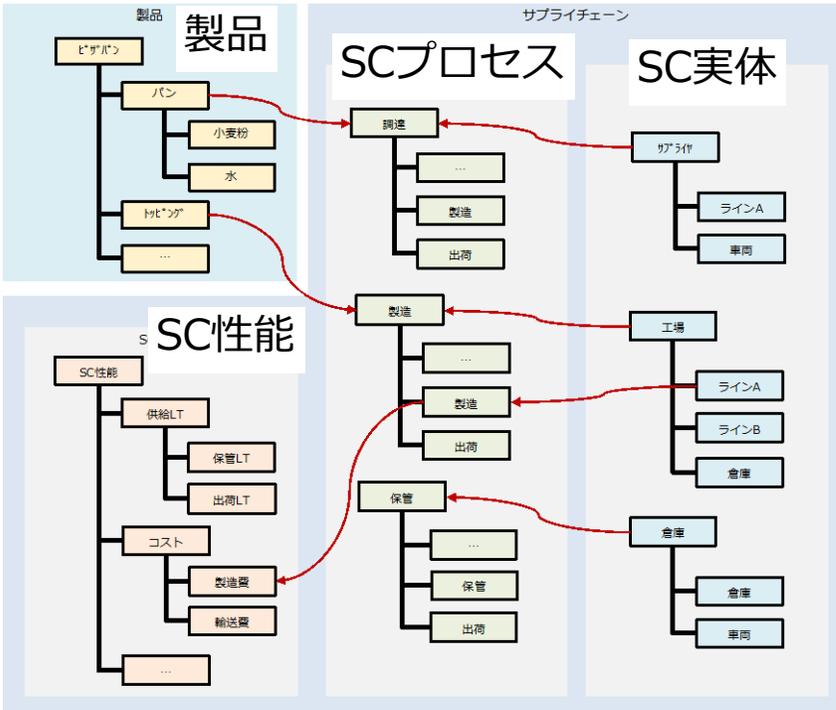


能力間の相関関係

	Bottom frame+Comp.8+waitResourceTime	Bottom frame+Comp.8+waitMaterialTime	Bottom frame+Comp.8+waitMaterial2Time	Bottom frame+Comp.8+waitMaterial1Time	Bottom frame+Comp.10+waitResourceTime	Bottom frame+Comp.10+waitMaterialTime	Bottom frame+Comp.10+waitMaterial2Time	Bottom frame+Comp.10+waitMaterial1Time	Bottom frame+Comp.10+Upstream1_Deliver_LT.mean	Bottom frame8+waitResourceTime	Bottom frame8+waitMaterialTime	Bottom frame8+waitMaterial2Time	Bottom frame8+Upstream1_Deliver_LT.mean	Bottom frame10+waitResourceTime	Bottom frame10+waitMaterialTime	Bottom frame10+waitMaterial2Time	Bottom frame10+Upstream1_Deliver_LT.mean
Bottom frame+Comp.8+waitResourceTime	1	0.974764	0.569078	-0.13562	0.942417	0.948624	0.641945	-0.25507	0.983786	0.345183	0.997553	-0.33152	-0.96621	-0.33152	-0.96621	-0.33152	-0.96621
Bottom frame+Comp.8+waitMaterialTime	0.974764	1	0.655849	-0.1292	0.991525	0.992876	0.745711	-0.24009	0.989053	0.439005	0.987595	-0.33862	-0.99937	-0.33862	-0.99937	-0.33862	-0.99937
Bottom frame+Comp.8+waitMaterial2Time	0.569078	0.655849	1	-0.49095	0.71444	0.683083	0.921673	0.112581	0.656272	0.86489	0.598405	-0.55444	-0.66613	-0.55444	-0.66613	-0.55444	-0.66613
Bottom frame+Comp.8+Upstream1_Deliver_LT.mean	-0.13562	-0.1292	-0.49095	1	-0.12406	-0.12484	-0.21235	-0.55521	-0.13274	-0.10046	-0.13153	0.602986	0.126892	-0.33199	0.126205	0.127986	0.127986
Bottom frame+Comp.10+waitResourceTime	0.942417	0.991525	0.71444	-0.12406	1	0.997908	0.815474	-0.23792	0.897083	0.525291	0.961799	-0.33618	-0.99473	-0.33618	-0.99473	-0.33618	-0.99473
Bottom frame+Comp.10+waitMaterialTime	0.948624	0.992876	0.683083	-0.12484	0.997908	1	0.789014	-0.23089	0.989894	0.482525	0.965921	-0.33647	-0.9953	-0.33647	-0.9953	-0.33647	-0.9953
Bottom frame+Comp.10+waitMaterial2Time	0.641945	0.745711	0.921673	-0.21235	0.815474	0.789014	1	-0.21844	0.743758	0.889675	0.675201	-0.26984	-0.75879	-0.26984	-0.75879	-0.26984	-0.75879
Bottom frame+Comp.10+Upstream1_Deliver_LT.mean	-0.25507	-0.24009	0.112581	-0.55521	-0.23792	-0.23089	-0.21844	1	-0.24445	-0.12332	-0.2526	-0.80638	0.238193	0.813556	0.239282	0.236458	0.236458
Bottom frame8+waitResourceTime	0.983786	0.989053	0.656272	-0.13274	0.987083	0.989894	0.743758	-0.24445	1	0.446841	0.993019	-0.34403	-0.99567	-0.34403	-0.99567	-0.34403	-0.99567
Bottom frame8+waitMaterialTime	0.345183	0.439005	0.86489	-0.10046	0.525291	0.482525	0.889675	-0.12332	0.446841	1	0.375545	-0.25397	-0.45171	-0.25397	-0.45159	-0.45159	-0.45159
Bottom frame8+waitMaterial2Time	0.997553	0.987595	0.598405	-0.13153	0.961799	0.965921	0.675201	-0.2526	0.993019	0.375545	1	-0.33524	-0.98141	-0.33524	-0.98141	-0.33524	-0.98141
Bottom frame8+Upstream1_Deliver_LT.mean	-0.33152	-0.33862	-0.55444	0.602986	-0.33618	-0.33647	-0.26984	-0.80638	-0.34403	-0.25397	-0.33524	1	0.338763	-0.38649	0.337675	0.340492	0.340492
Bottom frame10+waitResourceTime	-0.96621	-0.99937	-0.66613	0.126892	-0.99473	-0.9953	-0.75879	0.238193	-0.99567	-0.45171	-0.98141	0.338763	1	0.736463	0.999999	0.999998	0.999998
Bottom frame10+waitMaterialTime	-0.7081	-0.73456	-0.24473	-0.33199	-0.73135	-0.73176	-0.54268	0.813556	-0.72732	-0.25857	-0.72015	-0.38649	0.736463	1	0.737243	0.735219	0.735219
Bottom frame10+waitMaterial2Time	-0.9662	-0.99936	-0.66572	0.126205	-0.99473	-0.9953	-0.75877	0.239282	-0.99566	-0.45159	-0.98141	0.337675	0.999999	0.737243	1	0.999996	0.999996
Bottom frame10+Upstream1_Deliver_LT.mean	-0.96621	-0.99937	-0.66613	0.127986	-0.99473	-0.99531	-0.75882	0.236459	-0.99568	-0.45191	-0.98142	0.340492	0.999998	0.735219	0.999996	1	1

	原料待ち	割当設備待ち	安全在庫	共通化
原料待ち	1			
割当設備待ち		1		
安全在庫			1	
共通化				1

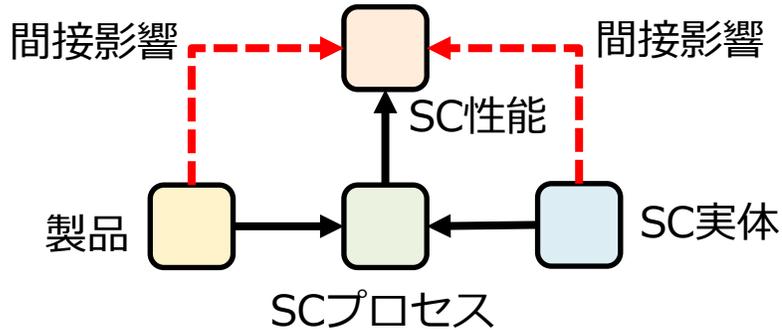
まとめ : Transformable Architecture の実現へ



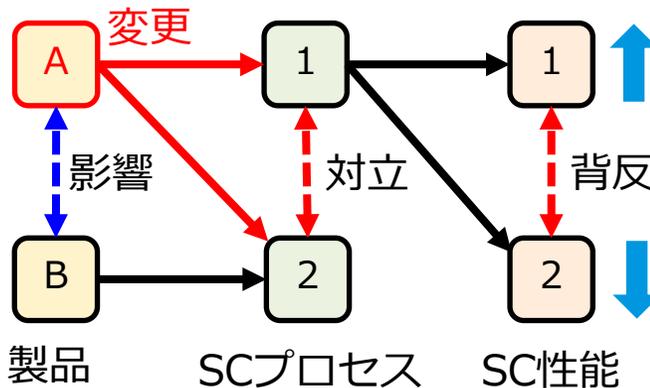
	製品A	製品B	SC性能1	SC性能2	SCプロセス1	SCプロセス2	SC実体1	SC実体1
	1	2	3	4	5	6	7	8
製品A	1				↑	↑		
製品B	2	2				↑		
SC性能1	3		3		↑	↑		
SC性能2	4			4	↓	—		
SCプロセス1	5	↑			5		↑	
SCプロセス2	6	↑				6		↑
SC実体1	7						7	
SC実体1	8							8

	製品A	製品B	SC性能1	SC性能2	SCプロセス1	SCプロセス2	SC実体1	SC実体1
	1	2	3	4	5	6	7	8
製品A	1				↑	↑		
製品B	2	2				↑		
SC性能1	3		3		↑	↑		
SC性能2	4			4	↓	—		
SCプロセス1	5	↑			5		↑	
SCプロセス2	6	↑				6		↑
SC実体1	7						7	
SC実体1	8							8

アーキテクチャ (ネットワーク)
製品—SC性能—SCプロセス—SC実体



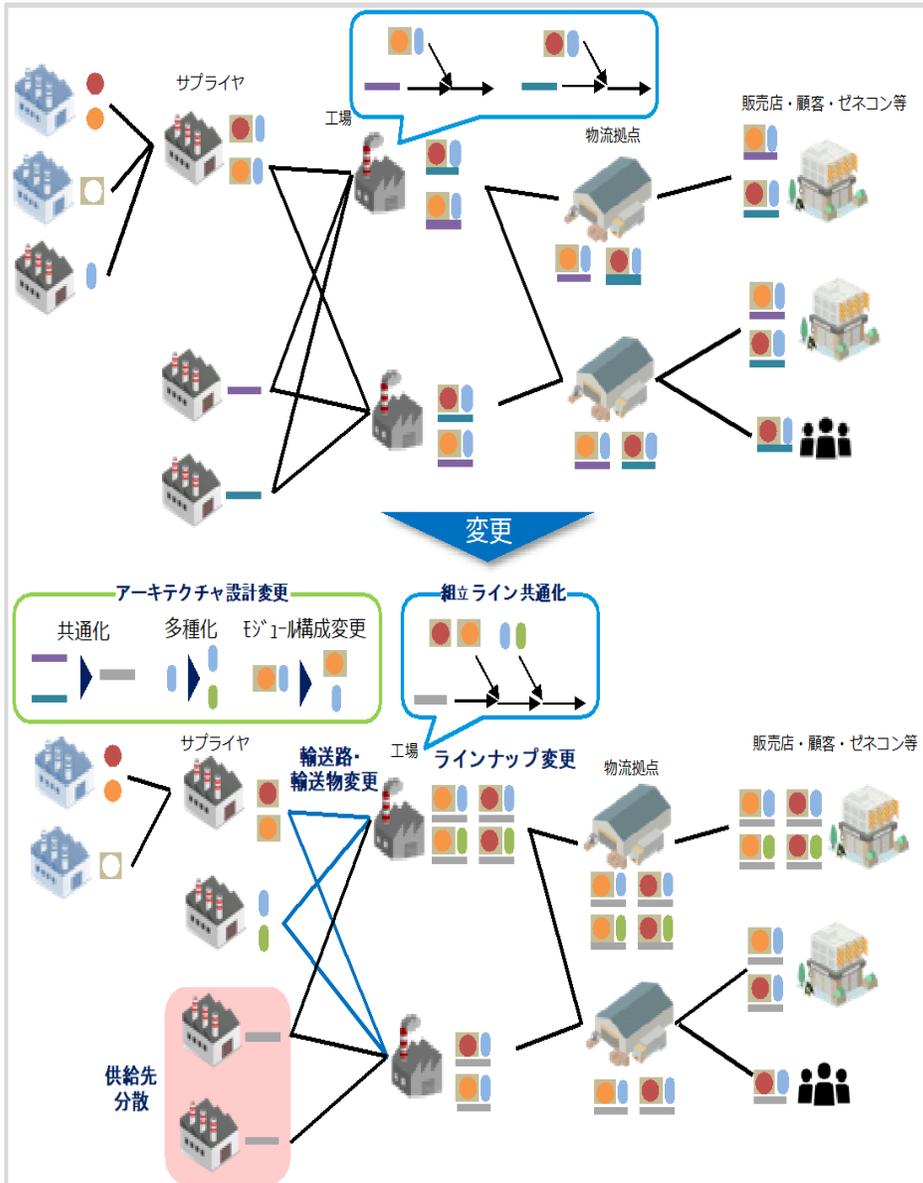
アーキテクチャ (マトリクス)



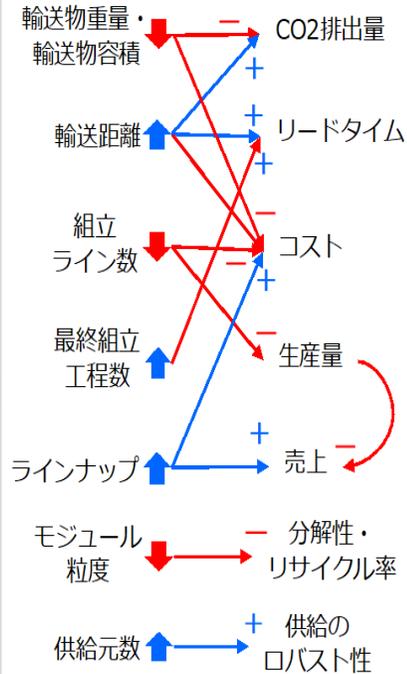
影響伝播分析

アーキテクチャの要素の変更により、他の要素間の間接的影響関係 (矛盾, 対立, 背反など) の顕在化, 明示

- 問題定義 : 解決すべき問題の明確化
- 問題解決はシミュレーション最適化



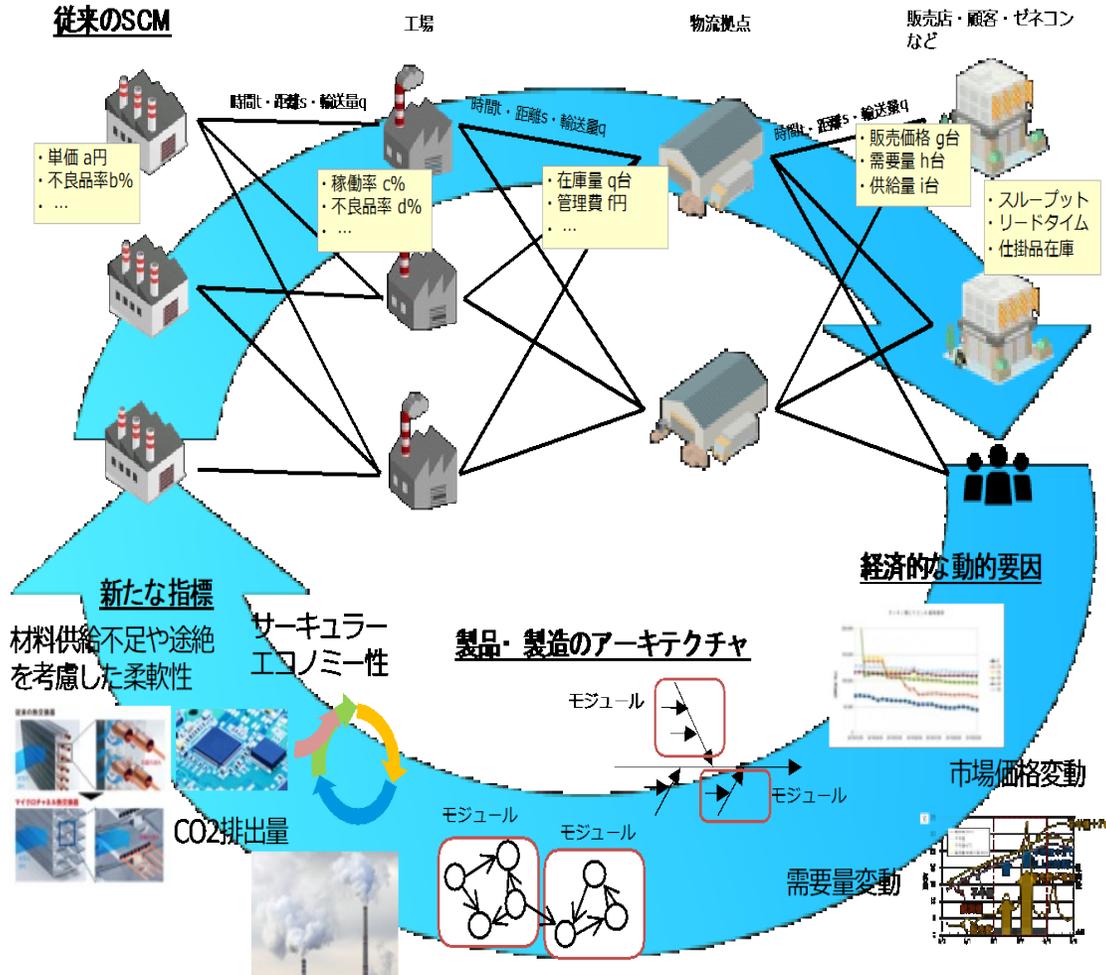
製品アーキテクチャ・
組立ライン変更のSC全体への影響例



SC全体を考慮に入れることでより多くの要求を総合的に満たす製品設計・工程設計の実現が期待できるが、問題が複雑化する点が課題。

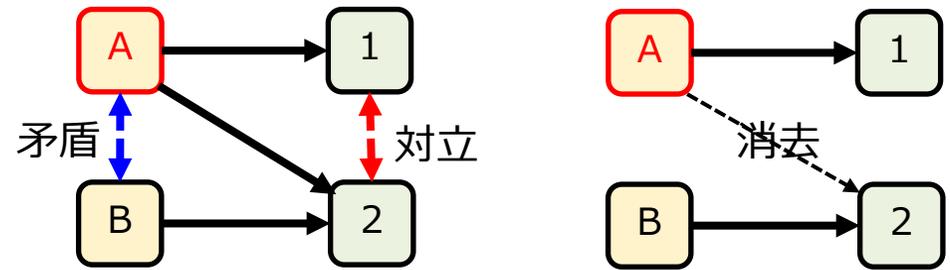
- サプライチェーンを性能（価値）-能力（機能）-特性（アクター）で表現することにより、性能をデザインするという目的志向での設計変更検討が可能。
- 性能間の背反関係に、能力と特性の影響度から構成した影響値を用いることで、背反解消を検討。
 - マクロ層でのシミュレーションを利用して、能力-特性間の影響関係を算出。
 - それらの関係から能力間の影響関係を導出。
 - 能力-性能間の関係より性能間の背反関係を導出。
- ✓ 背反関係を解消するに有効な能力、特性を抽出する仕組みを構築し、SCに生じた課題を解決する手法を提案。
- ✓ 解決策を具体化するマクロ層での特性を特定し、シミュレーションで定量的に評価、検討する手順を提案。
- ✓ 問題発生の可能性やそれに対応可能な意思決定を示唆。

SCをとりまくダイナミクスの包括的なモデル化を行い、戦略レベルで全体最適なSCのアーキテクチャを計算に基づき提案



アーキテクチャのモジュール化, プラットフォーム化

- 要素間の関係の数：変化への対応力に関係（仮定）
- 複雑なアーキテクチャからシンプルなアーキテクチャへ
- 要素間の関係の最少化, 必要最少限化



Change Management

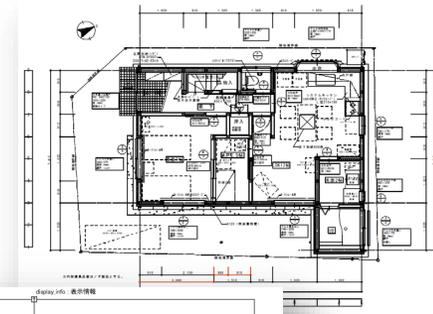
組織においての業務などといった様々な事柄を変革すること、これを推進、加速させ、経営を成功に導くというマネジメントの手法

- 適応すべき（変化すべき）箇所を適切に抽出（認識）すること。
- 適応の効果を推定すること。
- 適応の仕方をオーガナイズ, マネジメントすること

「アーキテクチャ」は、「建築学，構造，構成」などを意味する言葉

- 構造：こういったモノで出来ているか. 全体から部品を見る時
- 構成：部品一つひとつがどのように組み合わされて，形成しているか. 部品から全体を見る時

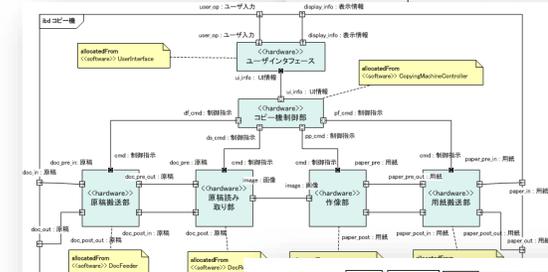
「アーキテクチャ」とは「何で出来ているか，どのようにできているか」を表す見取り図，図面



アーキテクチャの例：

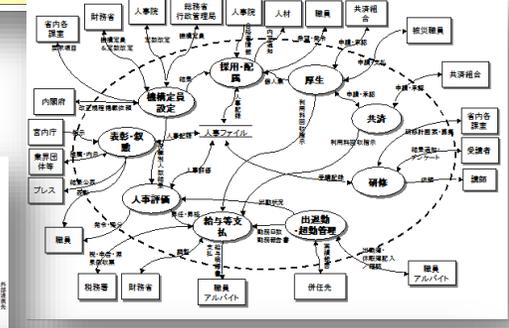
エンタープライズ・アーキテクチャ (EA : Enterprise Architecture)

- 組織の目的を効率よく実現するために、組織構造や仕事の手順を最適化するための構造
- 必要な部署を設けたり無駄な仕事を排除して、利益率をアップさせるための戦略のための設計図



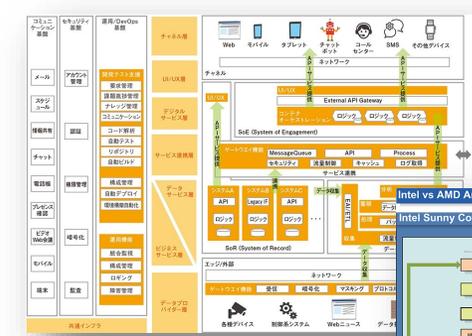
システム・アーキテクチャ (SA : System Architecture)

- システムを構成する要素とその関係を表した、システム全体の構造
- 効率よく動作するコンピュータシステムの設計図



ソフトウェア・アーキテクチャ (Software Architecture)

- ソフトウェアの全体の構造のこと
- ソフトウェアがどのような機能を持つのかを表した設計図



マイクロ・アーキテクチャ (Micro Architecture)

- パソコンのCPUなどのハードウェアにおける構造
- コンピュータのCPU (MPU/マイクロプロセッサ) 内部の回路の設計図

