

# 情報システムの進展における システム思考と要求工学の関係の深化

- 情報システムの発展
- システム思考
- 要求工学
- システム思考と要求工学の関係

名古屋国際工科専門職大学 教授  
名古屋大学 名誉教授 山本修一郎

# 背景 システム思考についての依頼・発表

1. 山本 修一郎,「複雑化する問題の解明に向けて」, 横幹DX研究会, 4.20
2. 山本修一郎,「DXの本質は課題解決」, DX白, 書2023
3. 山本修一郎,「DX成功への道筋」, リスクマネジメント TODAY, 3月号,pp.6-9, 2023
4. 山本修一郎,「DX推進のための自社の未来の描き方」, DX SQUARE, 2023
5. 山本修一郎,「本質的なことだけが大事」, IPA, DX事例調査報告書, 巻頭言、2023.3
6. 基調講演「システム思考と情報システム～一般情報教育に向けて～」, シンポジウム「これからの大学の情報教育」2022, 12.11
7. 講演,「進展する情報システムとシステム思考の関係」,サイバーフィジカルシステムとしてのシステムオブシステム調査研究会, 2023.4.1

# 情報技術の波

1979年 電電公社横須賀電気通信研究所に入社

時代	名称	主な技術
1960-1985	電算化	メインフレーム, DBMS
1986-1992	ダウンサイジング	PC, Windows, EUC, WS, サーバ, C/S, RDB
1993-2005	イントラネット, eコマース	インターネット, E-Mail, Web, WebDB連携, ポータル, Webサービス, ICカード, RFID, 携帯, BPR
2006-2016	モバイル, クラウド	モビリティ, クラウド, IaaS, Software as a Service, P2P, OSS, SNS, iPhone(07), Android(08), EA
2017-	ポストクラウド	Machine learning, Speech/image processing, AI Agents/bots/algorithms, RPA, IoT, sensors, 3D Printer, server less, Vehicles, drones, robots, Smart products/systems, Wearables/implants, AR/VR, 5G, Biometrics/brain interfaces, Block chains, digital cash, GPUs
2018-	DX	デジタルツイン, Web3, DAO, メタバース, AlaaS

参考)山本修一郎, DXの基礎知識、近代科学社デジタル, 2020



# 3つのソフトウェアタイプ

分類	説明	例
S-type	【Specifiable type】 仕様を厳密に確定できる 時間経過に左右されない	sin(x)の計算
P-type	【Problem-solving type】 問題を厳密に記述できる 完全な解の仕様は定義できないが、システムを段 階的に改善できる	囲碁・将棋 予測システム
E-type	【Embedded type】 現実世界の環境に組み込まれ、時間経過に依存す るため、問題も解も厳密に定義できない	業務システム 組込システム

参考)M.M. Lehman and L.A. Belady, Program Evolution -Process of Software Change, Academic Press, 1985

# 情報システムの不変点と変動点

不変点	変動点
<p>経営とITの整合性 情報システムの失敗理由</p>	<p>社会浸透の拡大 情報技術の急速な発展・多様化</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■要素システムが異なる組織によって独立に所有され管理され，相互連携の影響を事前に予測できない</li> <li>■要素システムに分解して逐次的に改善するという還元主義では，システムを適切に統合，展開できない</li> <li>■社会技術システムでは，技術的要因に加えて，人間，組織，社会，政治的要因を考慮する必要がある</li> </ul> <p style="text-align: right;">(Ian Sommerville,他, 2012)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■情報社会の変化に適応するために，情報システムの内部も変化する必要がある</li> <li>■社会物理環境の変化に適応するために，実世界とデジタル表現とのギャップを動的に観測して適応する必要がある</li> <li>■変化する社会物理環境のデジタルツインを情報システムの内部に具備することで情報システムが変化する必要がある</li> </ul>

山本修一郎, DX成功への道筋, リスクマネジメント TODAY, 3月号, pp.6-9, 2023

# システム思考と情報システム開発

Mike Jackson, 1997

ITシステムが失敗しがちなのは、技術的な能力と効率性に過度の重点が置かれ、ITシステムを使わなければならない人々に関する問題やITシステムが関連するより幅広い組織的な問題にあまり注意を払っていなかったから

## 【システム思考】

人間や人間の信念、価値観と利害に多くの関心を注ぐとともに、技術と組織の構造と戦略との関連をも視野に入れている

Mike Jackson, Systems Thinking and Information Systems Development, Journal of the Japan Society for Management Information Vol.6 No.3, Dec.1997, pp.5-16



# システム思考の発展

第1世代	OR	決定論的システムの中での相互依存関係を明らかにする
第2世代	Cybernetics, Open system	生命システムにおける相互依存関係と自己組織化からなる課題を明らかにする
第3世代	Design	社会文化システムにおける相互依存関係と自己組織化および選択からなる課題を二重ループ学習により、明らかにする

参考) Gharajedaghi, 1996

# システム思考の要素

目的	全体理解, 価値, 効果, 予測
要素	動的振舞, システム構造, 階層構造, ストック, フロー
要素関係	相互作用関係, 因果関係, 非線形関係

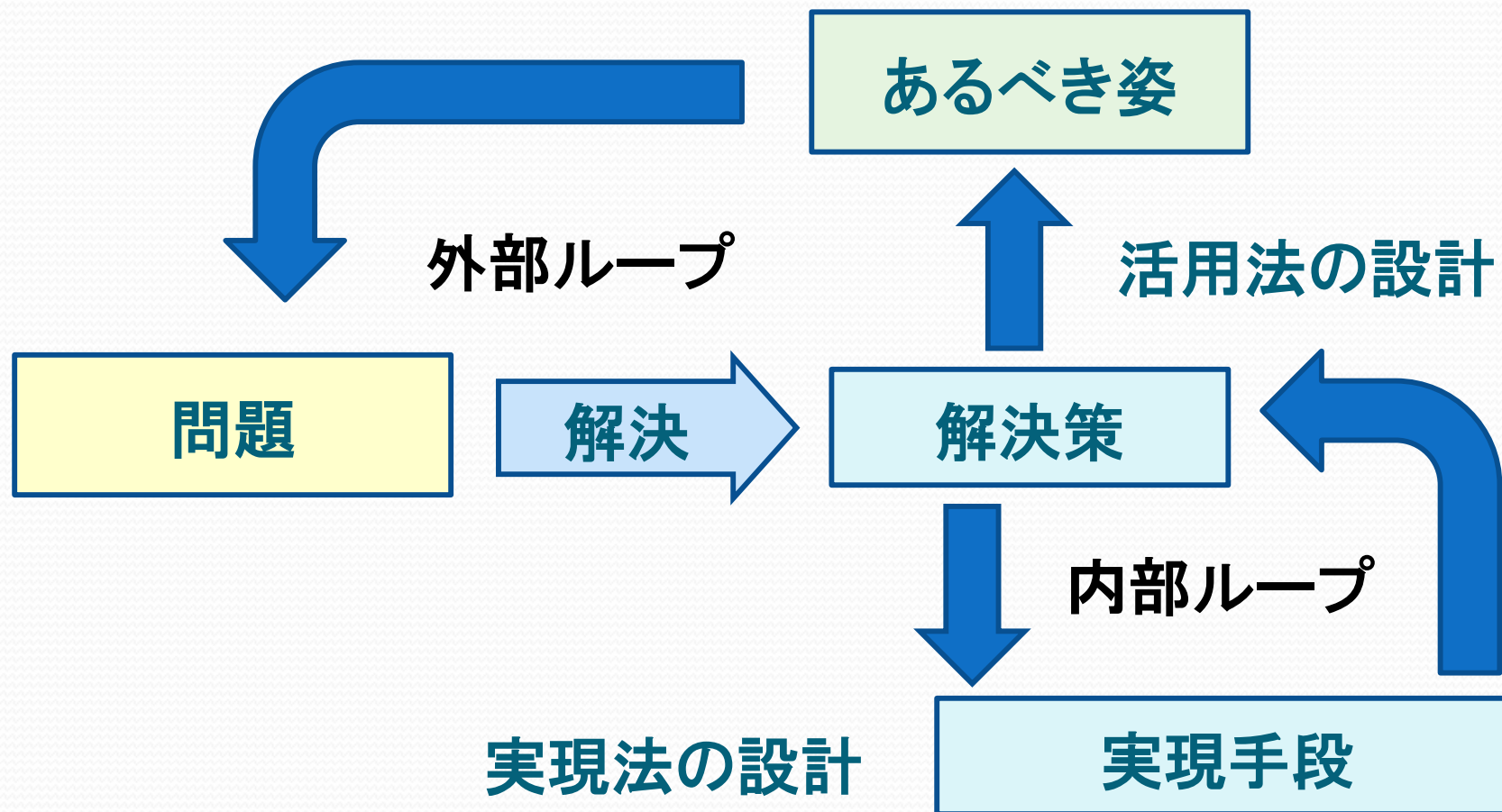
Ross D. Arnold\*, Jon P. Wade, A Definition of Systems Thinking: A Systems Approach, 2015  
Conference on Systems Engineering Research, doi: 10.1016/j.procs.2015.03.050



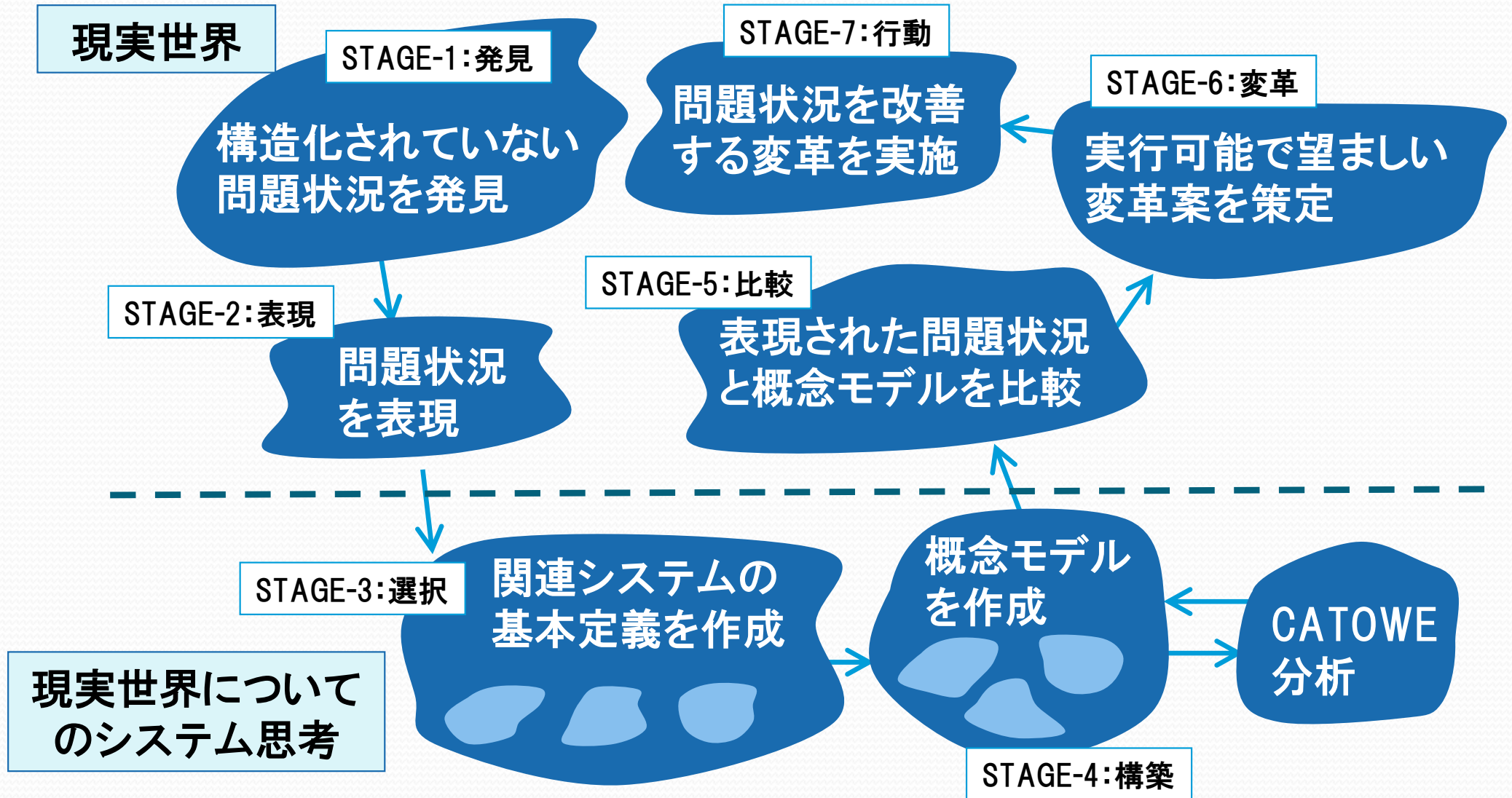
# Cyberneticsにおけるシステム思考の概念

Holism	部分ではなく全体を理解
Transformation	現状から目的状態へ変化
Feedback	正・負のフィードバック
Control	適応制御(負のフィードバック)
Variety homeostasis	内部を安定化するための多様性
Autopoiesis	自己組織化
Nearly decomposable	準分解可能

# 問題解決の2重ループ



# SSM: Soft Systems Methodology



参考) Brian Wilson, 根来龍之監訳, システム仕様の分析学-ソフトシステム方法論, 共立出版, 1996

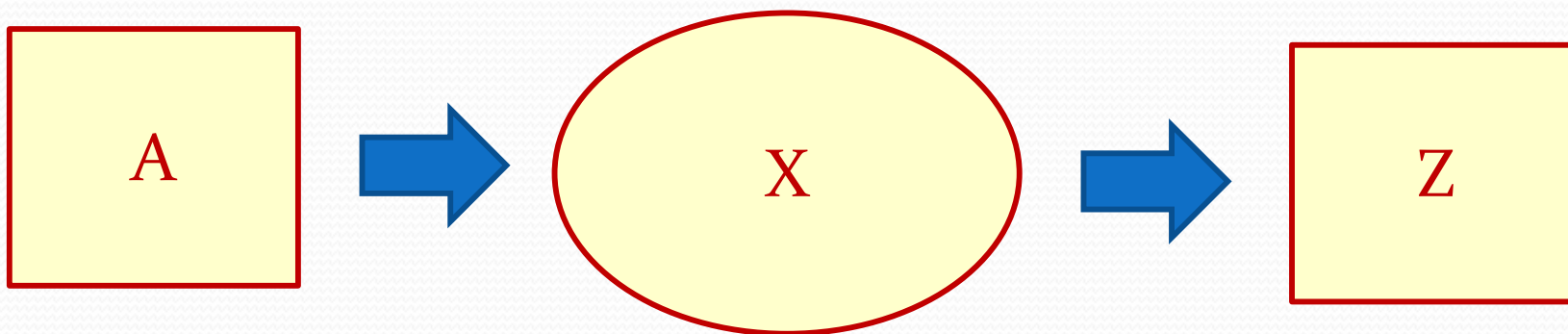


# 基本定義

- 変換過程が「何であるか」を簡潔に記述する
- システムに対する世界観を適切に表現する

【構文】

「Xにより, 入力Aを出力Zに変換する」



**DX = デジタル技術により, 企業をデジタル企業に変革する**

参考) Brian Wilson, 根来龍之監訳, システム仕様の分析学-ソフトシステム方法論, 共立出版, 1996

# CATWOE分析

記号	意味	説明	備考
C	受益者	受益者の状況を分析	Customer
A	実行者	変換プロセスを実行する人	Actor
T	変換	システムの変換プロセス	Transformation
W	世界観	基本定義を取り巻く世界の見方	World view
O	所有者	問題状況の所有者	Owner
E	環境制約	システムを取り巻く外部からの制約	Environmental constraints

参考) Brian Wilson, 根来龍之監訳, システム仕様の分析学-ソフトシステム方法論, 共立出版, 1996

# システムミグラム

Boadman, 2008

システムモデル図が自然言語表現と対応しやすいことに着目して、システムからなるシステム(SoS, System of Systems)を分析する自然言語文と明確に対応する図式

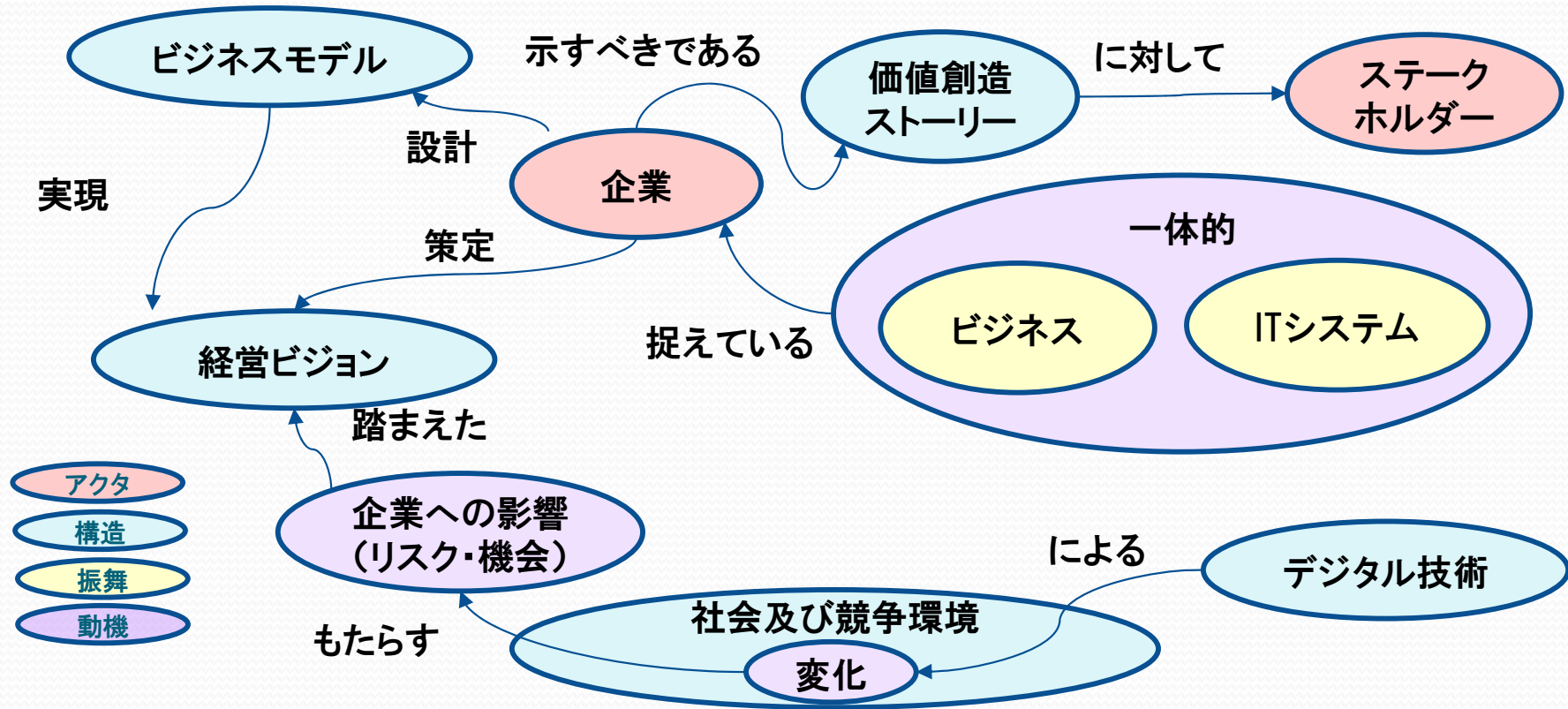
ノード	説明	形式	例
人工物 Artefact	具体的対象物	名詞句	文書, 製品, 機械
エージェント Agent	主体	名詞句	個人, 集団
重要要因 Critical factor	抽象的プロセス特性	名詞句	会議, 判断, レビュ, 知識 手続き, システム

Boardman, J and B Sauser. 2008. *Systems Thinking: Coping with 21st Century Problems*. Boca Raton, FL: Taylor & Francis / CRC Press.



# ビジョン・ビジネスモデル

企業は、ビジネスとITシステムを一体的に捉え、デジタル技術による社会及び競争環境の変化が自社にもたらす影響(リスク・機会)を踏まえた、経営ビジョンの策定及び経営ビジョンの実現に向けたビジネスモデルの設計を行い、価値創造ストーリーとして、ステークホルダーに示していくべきである。



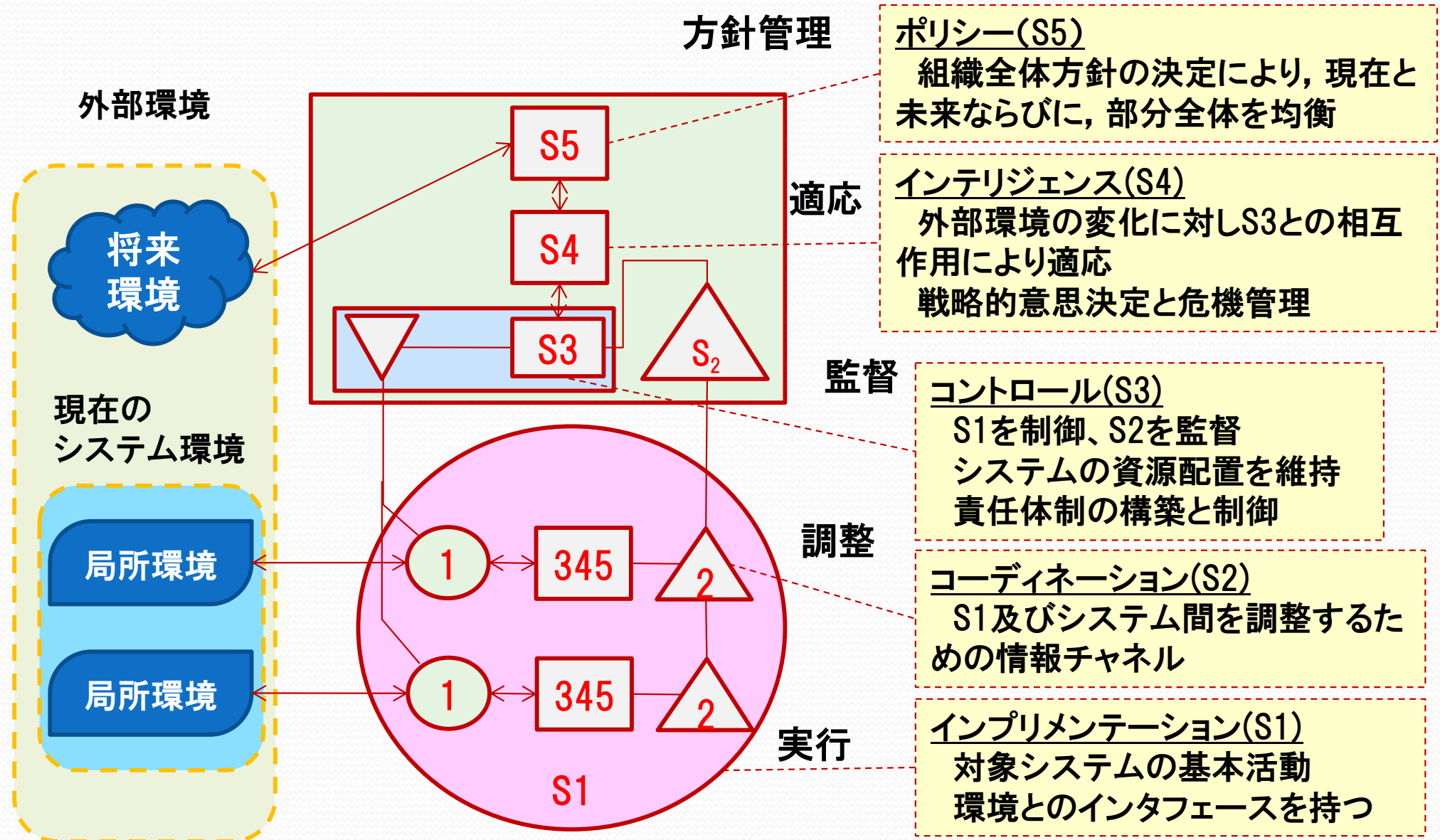
山本修一郎,システム思考によるデジタルガバナンス・コードの分析, KBSE研究会信学技報KBSE2022-8, pp.47-52, 5/21, 2022

# VSM: Viable System Model

システム	役割	説明
S1	インプリメンテーション	対象システムの基本活動 環境とのインタフェースを持つ
S2	コーディネーション	S1及びシステム間を調整するための情報チャネル
S3	コントロール	他のS1を制御するだけでなく、S2を監督 システムの資源配置を維持 責任体制の構築と制御
S4	インテリジェンス	S4は外部環境の変化に対してS3と相互作用することによりインテリジェントに適応 戦略的意思決定と危機管理
S5	ポリシー	S5は様々な部分のバランスをとり、組織全体方針の決定と舵取りにより、現在と未来をバランス

参考) Beer, S., Diagnosing The System for Organisations, John Wiley, 1985

# VSMの再帰的構成



参考) Stafford Beer, DIAGNOSING THE SYSTEM For Organisations, 1985

Copyright Prof. Dr. Shuichiro Yamamoto 2013

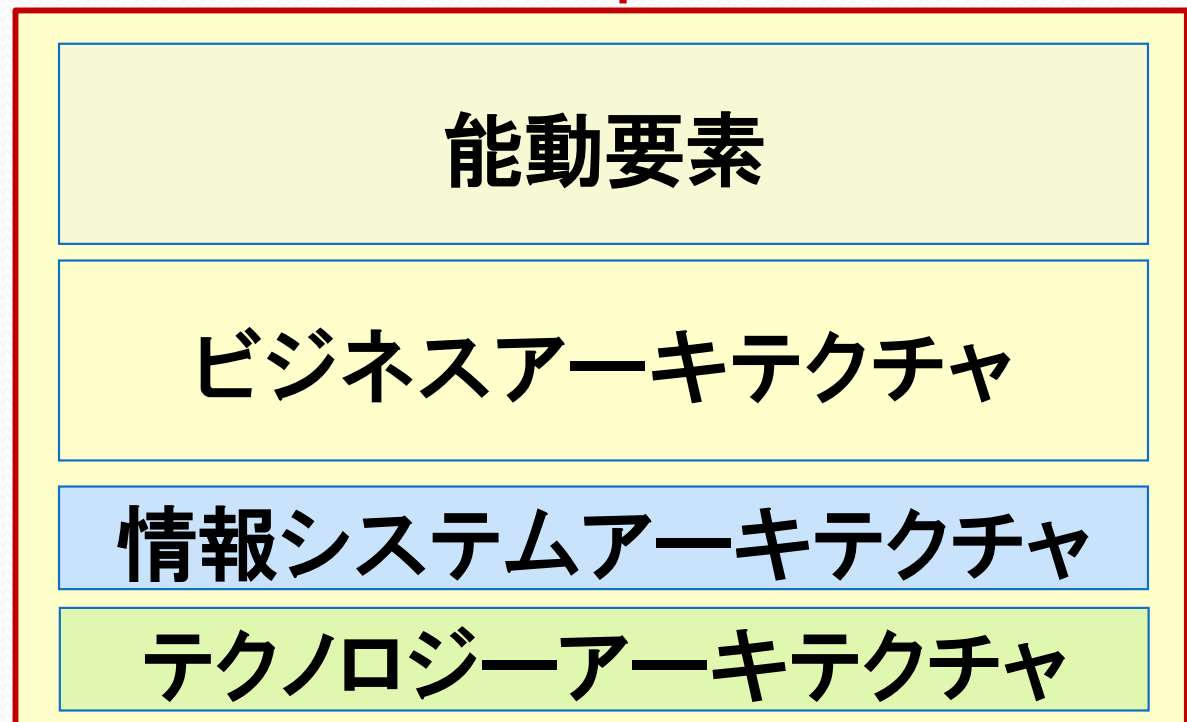
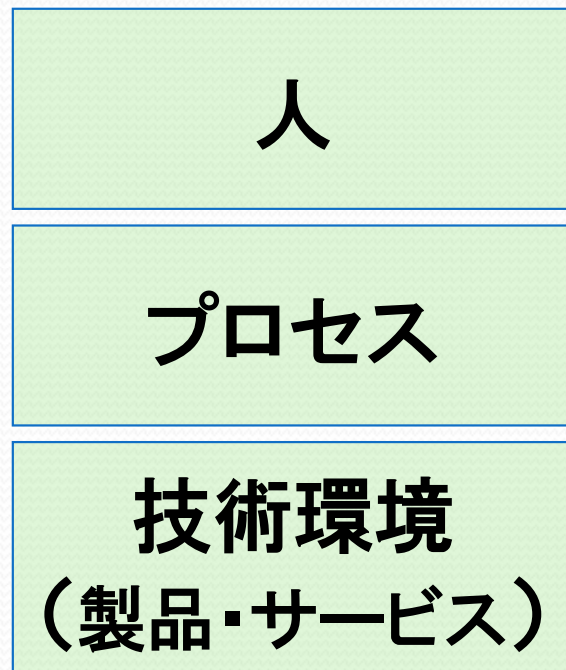


# 社会技術的システム

## socio-technological system

- 技術環境(製品・サービス)を用いて人々がワークフロープロセスを遂行するシステム

### Enterprise Architecture



参考) Rebovich, G., and Brian, W., Enterprise Systems Engineering – Advances in Theory and Practice, CRC Press, 2011.

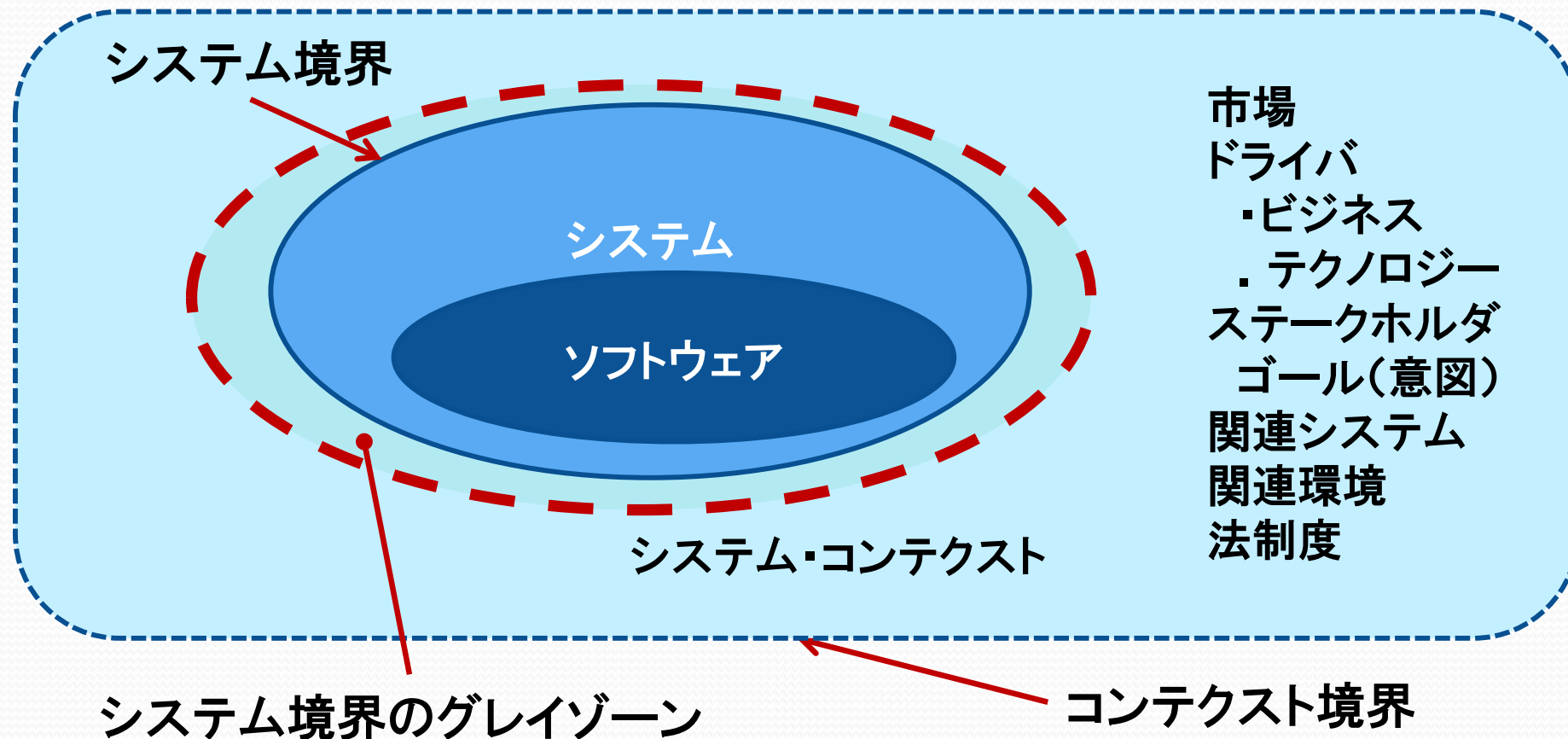
# 要求工学の動向

年代	要求工学の特徴	主要な成果
1970	要求分析の時代	外部環境から概念を獲得する標準的なモデル
1980	要求仕様の時代	曖昧性, 矛盾, 冗長性を解消する標準仕様のテンプレート
1990	要求プロセスの時代	要求プロセスの定義とプロセス改善手法
2000	高水準要求の時代	ゴール記述言語とプロセス
2010	顧客価値要求の時代	<b>顧客価値創造</b> のための要求工学研究と実証評価
2020	環境適応要求の時代	環境変化対応のための要求工学

参考) Davis, A., Keynote speech, RE2010

# システムのコンテキストとコンテキスト境界

- システム境界は要求プロセスの最後にならないと、詳細に定義できないことが多いため、システム境界にはグレイゾーンがある
- グレイゾーン自身が要求開発プロセスの期間内で変化する

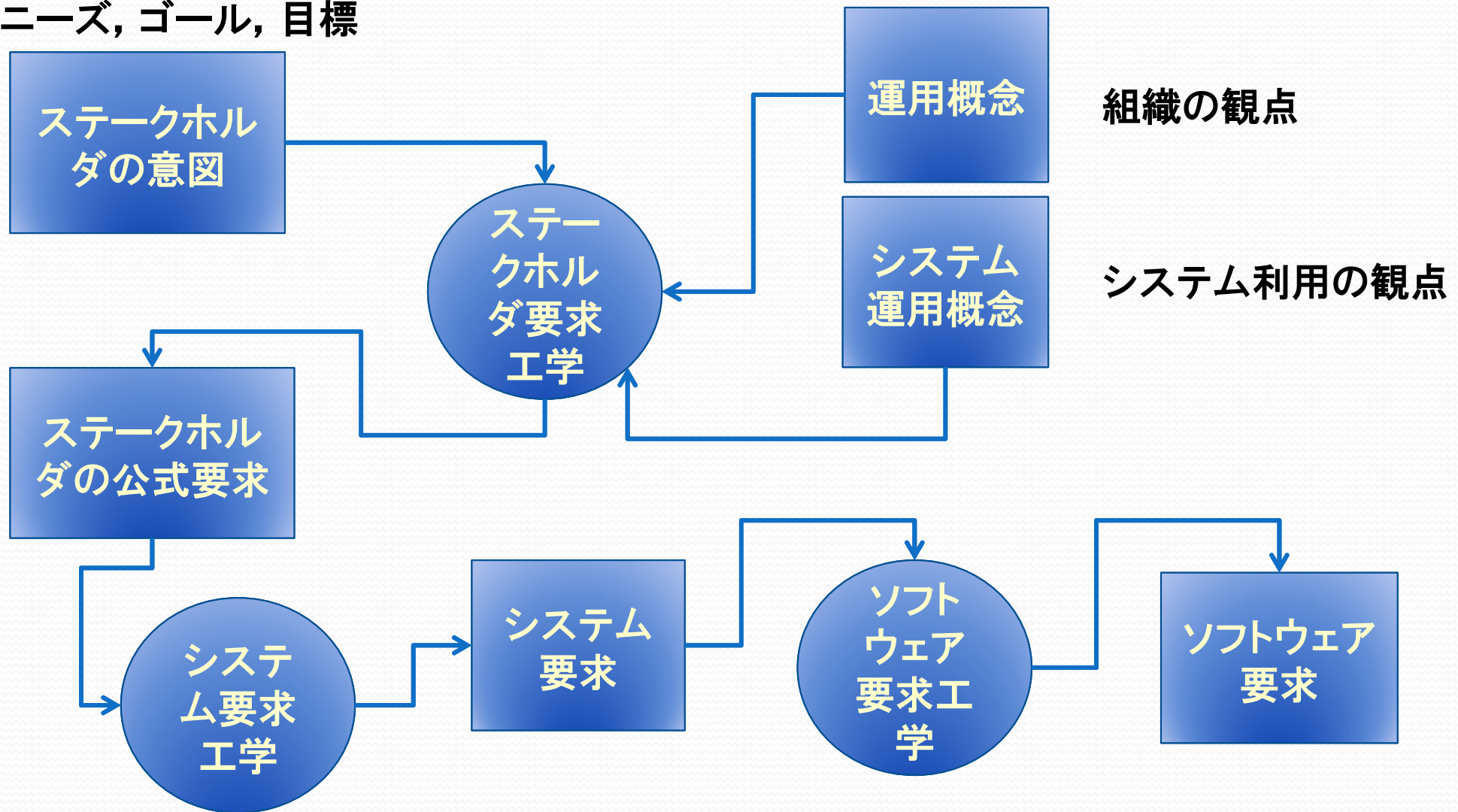


山本修一郎, 要求開発の基礎知識, 近代科学社デジタル, P17, 2019



# ISO/IEC/IEEE 29148:2011

ニーズ, ゴール, 目標



参考) ISO/IEC/IEEE 29148:2011, Systems and software engineering —Life cycle processes — Requirements engineering, 5.2.3

# 環境適応性要求

## 物理環境変化への適応要求

### 物理環境依存システム

IoT-Based Systems

Adaptive Systems

Self-Learning  
Systems

Autopoietic  
Systems<sup>注)</sup>

環境知識を明確化・保持し, 実行時の環境  
仮説の妥当性を検査すること

実世界とデジタル表現とのギャップを動的  
環境の実体レベルで解消すること

開発時には予測できないような物理環境の  
変化を扱うこと

新たな状況を評価して物理世界の現象に  
最適な応答を選択できるようにすること

中心的な現象が環境仮説から逸脱したら,  
システムの劣化モードを考慮すること

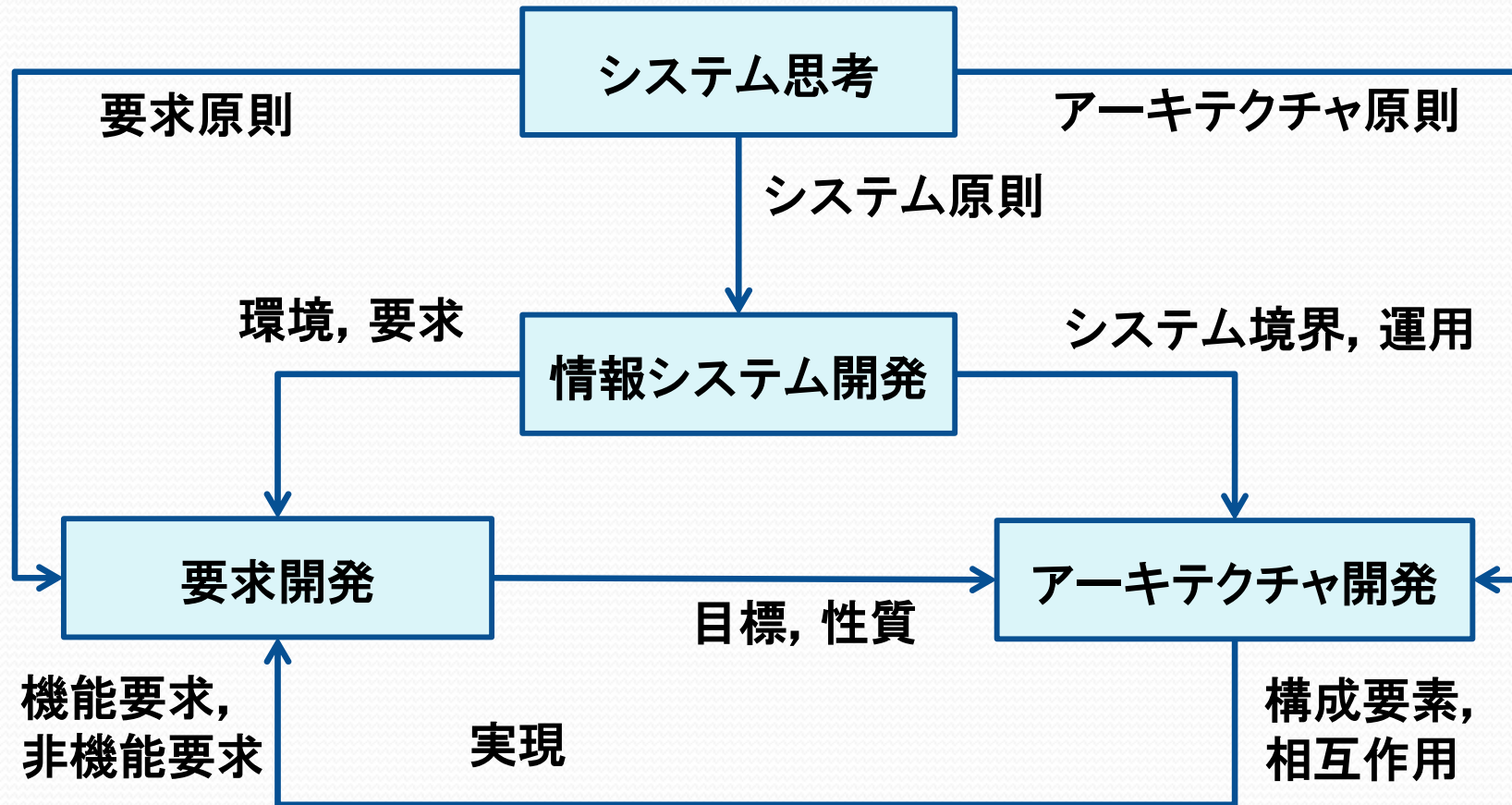
システムが環境仮説を学習して一般化し,  
獲得した情報を仕様に追加すること

注) Autopoietic system: 自己再構築・変換過程をもつ協働要素からなる持続的システム

Thorsten Weyer, Marian Daun, Bastian Tenbergen, *The Changing World and the Adoptive Machine-- How digital transformation Changes Requirements Engineering in the Embedded and Cyberphysical Systems Industry*, IEEE Software, Sept. /Oct., pp.83-91, 2021



# システム思考と要求工学



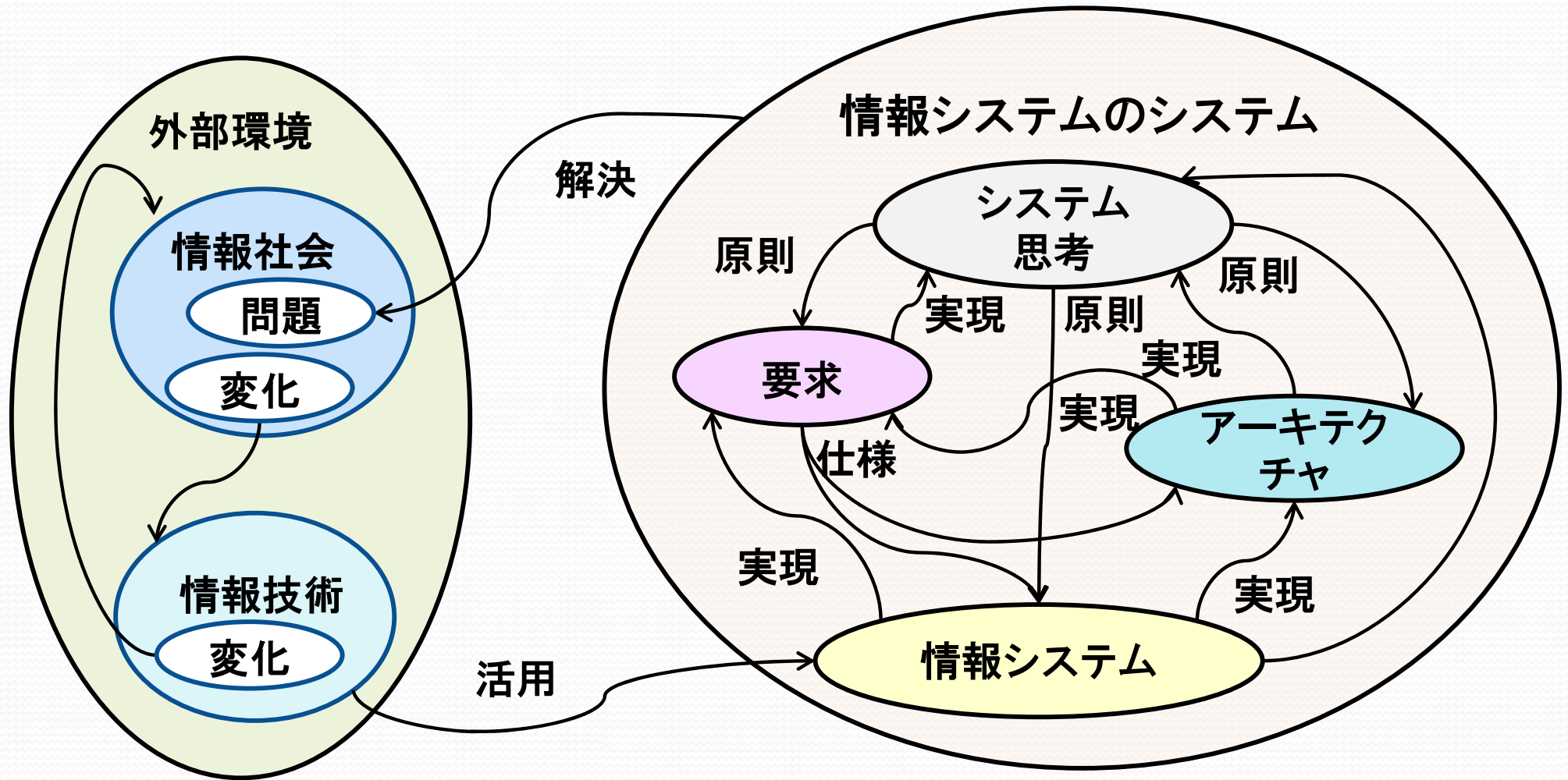


# GPDAC:モデル融合

## Systemigram, OPM, ArchiMate

GPDAC	Systemigram	OPM	ArchiMate
Goal	動機	Object	Goal, Requirements
Process	振舞	Process	Process, Function, Service
Data	データ	Operand, Object	Business object
Actor	主体	Agent, Instrument	Actor, Device
Control	制度・社会・事業構造	Object	Principle, Constraint

# 情報システムのシステム思考





# 今後の課題

- **情報社会と情報システム要求**
- **企業連携組織における情報システム要求**
- **物理環境や事業環境の変化に適応する情報システム要求**



# まとめ

- 情報システムの発展
- システム思考
- 要求工学
- システム思考と要求工学の関係