

ドイツ文献のシステム分析

2019年7月4日

RRI WG1 グループ報告会

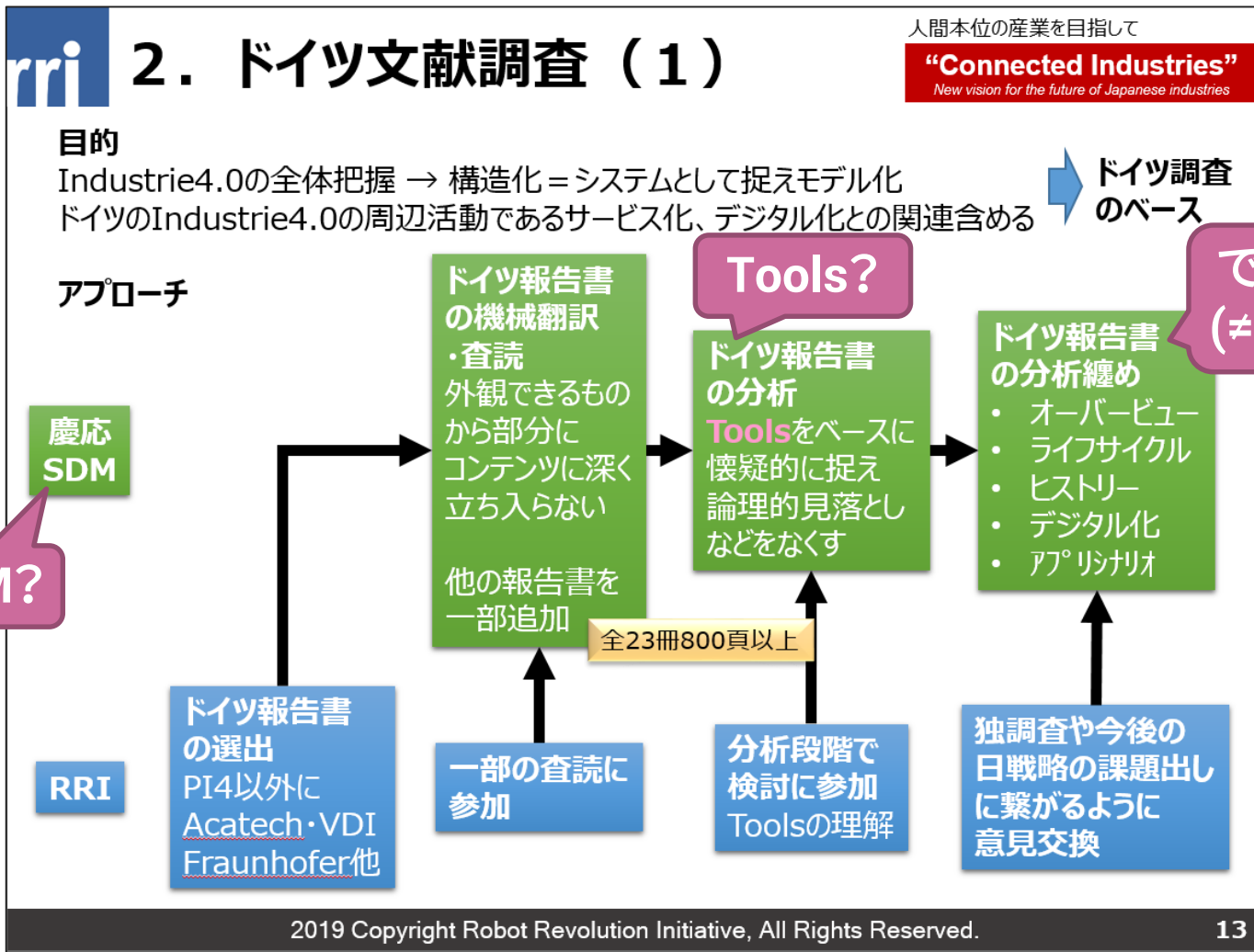
Originator's Props LLC

慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科附属
システムデザイン・マネジメント研究所
System Design Methodology Laboratory

稲山嗣人 武本和久 深山正樹

はじめに

主題＝「何故SDM？」 「何故できた？」 「次は？」



目次

0. はじめに

1. 自己紹介



何故SDM?

2. 分析手法



何故できた?

3. 今後



次は?

目次

0. はじめに

1. 自己紹介

← 何故SDM?

2. 分析手法

3. 今後

分析チーム

SEを基盤とし、多様な専門性・経験を持つメンバーでチームを構成

慶應SDM
System Design
Methodology Laboratory



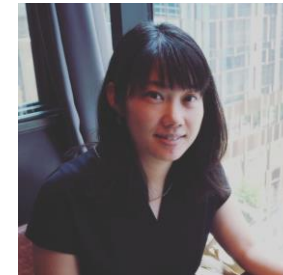
SE修士
博士学生
機械工学
自動車
製品設計



SE博士
研究員
ソフトウェア工学
建設機械
IT戦略策定



SE修士
研究員
機械工学
自動車
製品設計



SE修士
研究員
政策
コンサルティング
PMO



SE修士
研究員
ソフトウェア工学
(電機)
ソフトウェア設計

システムズエンジニアリング

インダストリー4.0の理解の難しさ

多分野のテーマが様々な観点で数多く存在し、全体像が掴めない

1. 4th IR Academy (2) カリキュラム

人間本位の産業を目指して
“Connected Industries”
New vision for the future of Japanese industries

- 第1回(10/10):「オリエンテーション 問題意識の共有」
講師: RRI 水上 潔
- 第2回(10/24):「モデルベースシステムズエンジニアリング」
講師: ダッソー・システムズ株式会社 兼平 靖夫 氏、Thomas BRUN 氏
- 第3回(11/07):「I4.0動向 (管理シエル、IDS、セキュリティ)」
講師: ジーメンス株式会社 Dr.Helmut Wenisch
- 第4回(11/21):「サプライチェーンマネジメントと国際標準」
講師: 株式会社 野村総合研究所 藤野 直明 氏
一般財団法人 流通システム開発センター 市原 氏
- 第5回(12/26):「OPC-UA ITとFA連携」
講師: 日本OPC協議会 米田 尚登 氏 (ダッソー・システムズ株式会社)
- 第6回(1/23):「経営とITシステム ERP」
講師: SAPジャパン株式会社 村田 総一郎 氏
- 第7回(2/6):「BPMとICT」
講師: BPM-navigator 代表 大川原 文明 氏
株式会社BPM実践企画 宇野澤 庸弘 氏
- 第8回(2/20):
「ビジネスエコシステムについて」
講師: 筑波大学 立本 博文 教授
- 第9回(3/6):「プロセス産業におけるスマート化を考える」
講師: 東京農工大学 北島 禎二 助教授

2019 Copyright Robot Revolution Initiative, All Rights Reserved.

6

2. ドイツ文献調査 (2)

人間本位の産業を目指して
“Connected Industries”
New vision for the future of Japanese industries

■ 主な報告書 – 多岐に渡る



2019 Copyright Robot Revolution Initiative, All Rights Reserved.

14

インダストリー4.0理解のためのアプローチ

多分野のテーマが様々な観点で数多く存在し、全体像が掴めない

俯瞰的に見て

要素を統合する

1. 4th IR Academy (2) カリキュラム

人間本位の産業を目指して
“Connected Industries”
New vision for the future of Japanese industries

- 第1回(10/10):「オリエンテーション 問題意識の共有」
講師: RRI 水上 潔
- 第2回(10/24):「モデルベースシステムズエンジニアリング」
講師: ダッソー・システムズ株式会社 兼平 靖夫 氏、Thomas BRUN 氏
- 第3回(11/07):「I4.0動向 (管理シェル、IDS、セキュリティ)」
講師: ジーメンス株式会社 Dr.Helmut Wenisch
- 第4回(11/21):「サプライチェーンマネジメントと国際標準」
講師: 株式会社 野村総合研究所 藤野 直明 氏
一般財団法人 流通システム開発センター 市原 氏
- 第5回(12/26):「OPC-UA ITとFA連携」
講師: 日本OPC協議会 米田 尚登 氏 (ダッソー・システムズ株式会社)
- 第6回(1/23):「経営とITシステム ERP」
講師: SAPジャパン株式会社 村田 総一郎 氏
- 第7回(2/6):「BPMとICT」
講師: BPM-navigator 代表 大川原 文明 氏
株式会社BPM実践企画 宇野澤 庸弘 氏
- 第8回(2/20):
「ビジネスエコシステムについて」
講師: 筑波大学 立本 博文 教授
- 第9回(3/6):「プロセス産業におけるスマート化を考える」
講師: 東京農工大学 北島 禎二 助教授

2019 Copyright Robot Revolution Initiative, All Rights Reserved.

6

2. ドイツ文献調査 (2)

人間本位の産業を目指して
“Connected Industries”
New vision for the future of Japanese industries

■ 主な報告書 - 多岐に渡る



2019 Copyright Robot Revolution Initiative, All Rights Reserved.

14

慶應SDMとは

多様な専門性を統合することで、システム全体を創造的にデザインするための知恵とスキルを教授することを目指して設立

俯瞰的に見て

要素を統合する

デザイン学、マネジメント学など

システムズエンジニアリング

Multi-Disciplinary

Engineering

Art

Social Science

Political Science

Economical Science

Legal Science

.....

SDM学

システムズエンジニアリングやシステム思考、デザイン思考、プロジェクトマネジメント等をベースに構築された、文理融合型、学問分野横断型の学問体系

SEの理解の難しさ

多様な人が似たことを言うが、具体的内容が乏しいものが多い



経済産業省 ものづくり白書(2018)

2. 「システムズエンジニアリングについて」

本章では、MBSE について簡単に紹介します。冒頭で述べたように、MBSE は、開発の複雑さに対応するための技法であり、開発プロセスでもあります。また、MBSE は、拡張されたシステムズエンジニアリングと捉えることもできます。そこで、まず導入として 2.1 節では、MBSE の元となったシステムズエンジニアリングの概要を説明し、その上で「モデルベース」について考えます。2.2 節からは、簡単な例を用いて、MBSE への理解を深めます。まずは、システムをブロックボックスとして考えてシステムに求められる要求を明確化し、その後、システム内部に要求される機能を分解し繰り返し検討することでシステムアーキテクチャを構築していきます。このような一連の開発上流モデルの必要性を理解してもらいます。また、開発を通じて統括必要となる要求からの一貫したトレーサビリティについても触れています。

2.1. システムズエンジニアリングの概要

2.1.1. システムズエンジニアリングとは何か

システムとは、相互に関連があって全体として機能をコンポーネントの集まりと定義することができます。システムズエンジニアリングとは、システムの開発を成功裏に実現するための複数の分野にまたがるアプローチ及び手段です。開発の初期の段階で利害関係者の要求を明確化し、機能要求などのシステム要求を定義し、関連する問題を全て考慮しながら設計のための統合とシステムの検証と妥当性確認を行います。システムズエンジニアリングは、利害関係者の要求に合致した品質の製品やサービスを提供することを目的とし、ビジネスと全ての顧客の技術的要求の両者を考慮します。製品やサービスを一つのシステムと考え、それを開発することをシステム開発と言いますが、システムのライフサイクルは、システム開発の始めから終わりまでばかりではなく、その運用、廃棄までを含みます。システムズエンジニアリングのカーパスな範囲は、このシステムのライフサイクル全般にわたります。

IPA

モデルベースシステムズエンジニアリング 導入の手引き

※SE：システムズエンジニアリング

画像：ものづくり白書、モデルベースシステムズエンジニアリング導入の手引き、システムズエンジニアリングの基本的な考え方、

慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科ホームページ

2 システムズエンジニアリング概要

2.1 システムズエンジニアリングとは

システムとは、ある目的を達成するために簡略化された機能要素の集合であり、簡略化により単なる要素以上の特性を発生するものと定義される。システムズエンジニアリング(以下 SE と表す)は、このようなシステムの目的(ミッション要求)を実現するための工学的な方法論(及び、その一連の活動)である。

システム開発の過程は幾つかのステップを経る。第一に、ミッション要求を明確に定義することが必要である。そして、そのミッション要求と制約条件から定められたシステムの機能を段階的に分割し、分割された機能要素間の関係を詳細に検討する。また、分割された要素を統合して適切なシステムを作り上げたいとき、それぞれの設計が要求される機能と満足していることを確認し、最終的には、システムの中に組み込まれた運用状態が試験で検証することが求められる。この一連の活動を示したのが図 2-1 に示す V 形状である。全体を分割し統合が大別し、V 字型に折り曲げること、同じ階層におけるアウトプット(成果物)間の検証や上位要求に対する妥当性確認を行うという関係を表している。

図 2-1 に示すように、システム開発の中では、システムレベル、サブシステムレベル、コンポーネントレベルで同じようなプロセスが繰り返される。個々の開発プロセス(SE プロセス、第 3 章参照)には普遍性があり、3 項で述べるように個々に分類することが SE の方法論である。この分類により個々の SE プロセスをきりりと区別して実行することが等しいが、それぞれは独立でない。それらを有機的に結合させること、すなわち、全体を見渡すというシステム思考のもとで SE プロセスを実践することが SE の肝である。

更に重要なことは、V 形状の全体を常に見渡し一貫した開発計画を立てること、そしてそこに内在するリスクを識別し、できる限りの低減策を講じることである。実際のシステム開発においては、定められた制約条件の中で品質・コスト・スケジュール(QOD: Quality, Cost, Delivery)をバランスよく満たすこと、すなわち、Best Compromise が求められる。開発の初期段階から、V 形状の最終的なアウトプットと全ライフサイクルを見通しつ、QOD のバランスを考えることが欠けである。

JAXA

システムズエンジニアリングの 基本的な考え方

システム+デザイン+マネジメントとは？

システムとは、複数の機能要素が相互作用する集合体のことです。SDM 研究科でいうシステムは、IT システムのような限定的な意味ではなく、情報、通信、メディア、ハードウェア、サービスから、人間、組織、社会、地球環境まで、あらゆるシステムを包含します。

システムデザインとは、システムの意味、価値、目的、機能、ダイナミクス、社会環境、地球環境等、あらゆる要因の関係をバランスさせて、具体的な対象システムの構造を創造的にアーキテクチャリング&デザインするとともに、フォービリティを確実に評価することを表します。SDM 研究科でいうデザインは、産業デザインのような限定的な意味ではなく、技術システムのデザインから、組織のデザイン、コミュニティのデザイン、経営や政策のランドデザインまで、あらゆるシステムにおける構想・計画、ソリューション提言を含みます。

システムのマネジメントとは、多様な視点から適切な目標を立案し、環境の変化や人間の不確定性を含むさまざまな要因を考慮して、対象システムの運用体系を創造的に調整的にマネジメントすることを表します。

つまり、システムデザイン・マネジメントとは、技術システムの設計から社会システムの構想・計画まで、大規模・複雑で不確定要素の多いあらゆるシステムを創造的にデザインし、確実にマネジメントするための学際分野およびその実践を表します。SDM 研究科では、V モデルを基本とするシステムズエンジニアリングやイノベーティブなデザイン思考をベースに、システムデザイン・マネジメントの教育・研究を行っています。また、プロジェクトマネジメントから組織論まで、マネジメントについてもシステムティックに教育・研究しています。

システムズエンジニアリングとは？

システムズエンジニアリング国際協議会(INCOS)によると、システムズエンジニアリングとは、「システムを成功裏に実現させることができる、複数の専門分野にまたがるアプローチおよび手段。An interdisciplinary approach and means to enable the realization of successful systems」(INCOS Handbook, 2000)とあります。



日本では、「SE」、「システムエンジニア」というと、コンピュータシステムやソフトウェアを主として扱うエンジニアのことを指すことが多い。ただし、「システム工学」、「システムズエンジニアリング」は、ソフトウェアを中心とするシステムのための工学と誤解されることが多い。世界的には、「システムズエンジニアリング」は、ソフトウェアに限らず、機械システム、建築、土木システム、コミュニケーションシステム、社会システムなど、あらゆるシステムに関する工学を意味します。もちろん、SDM 研究科で扱う「システム」は後者を指します。

慶應SDM

システムデザイン・マネジメント とは？

今回のポイント

SEの「考え方」レベルについての実践ポイントとその実例

SEの

■ 考え方

← 今回はここ

■ 進め方

← SEコンサル

■ やり方

← ツールベンダー

注)

違いを際立たせるための表現であり、あくまで主観です。

全てが上記に分類される訳ではありませんので、ご承知おきください。

※考え方：進め方とその組み合わせを考える方法、進め方：やり方とその組み合わせを考える方法、やり方：作業の方法

目次

- 0. はじめに
- 1. 自己紹介
- 2. 分析手法
- 3. 今後



分析対象 (RRI依頼分)

多分野のテーマを様々な観点で述べた数多くの文書

rri 2. ドイツ文献調査 (2)

人間本位の産業を目指して
“Connected Industries”
New vision for the future of Japanese industries

■ 主な報告書 – 多岐に渡る

サービス化
SMART SERVICE
WELT/Recommendations for the Strategic Initiative

働き方
The Future of Work in the Digital Transformation

国際動向分析
Industrie 4.0 in a Global Context

国際ベンチマーク
Industrie 4.0 - International Benchmark, Options for the Future and Recommendations for Manufacturing Research

中小向けI4化ガイドライン
Guideline Industrie 4.0

法規制改革
Changes to competition law in the context of Industrie 4.0

Industrie 4.0 - How well the law is keeping pace

活動報告
Progress Report 2018 Applying Industrie 4.0

PROGRESS REPORT APRIL 2016 Digitization of Industrie - Platform Industrie 4.0

DX対応
Shaping the Digital Transformation Within Companies

将来像
Aspects of the Research Roadmap in Application Scenarios

準備状況分析
Industrie 4.0 Readiness

標準化ロードマップ
German Standardization Roadmap Industrie 4.0

データ流通
white paper Industrial Data Space

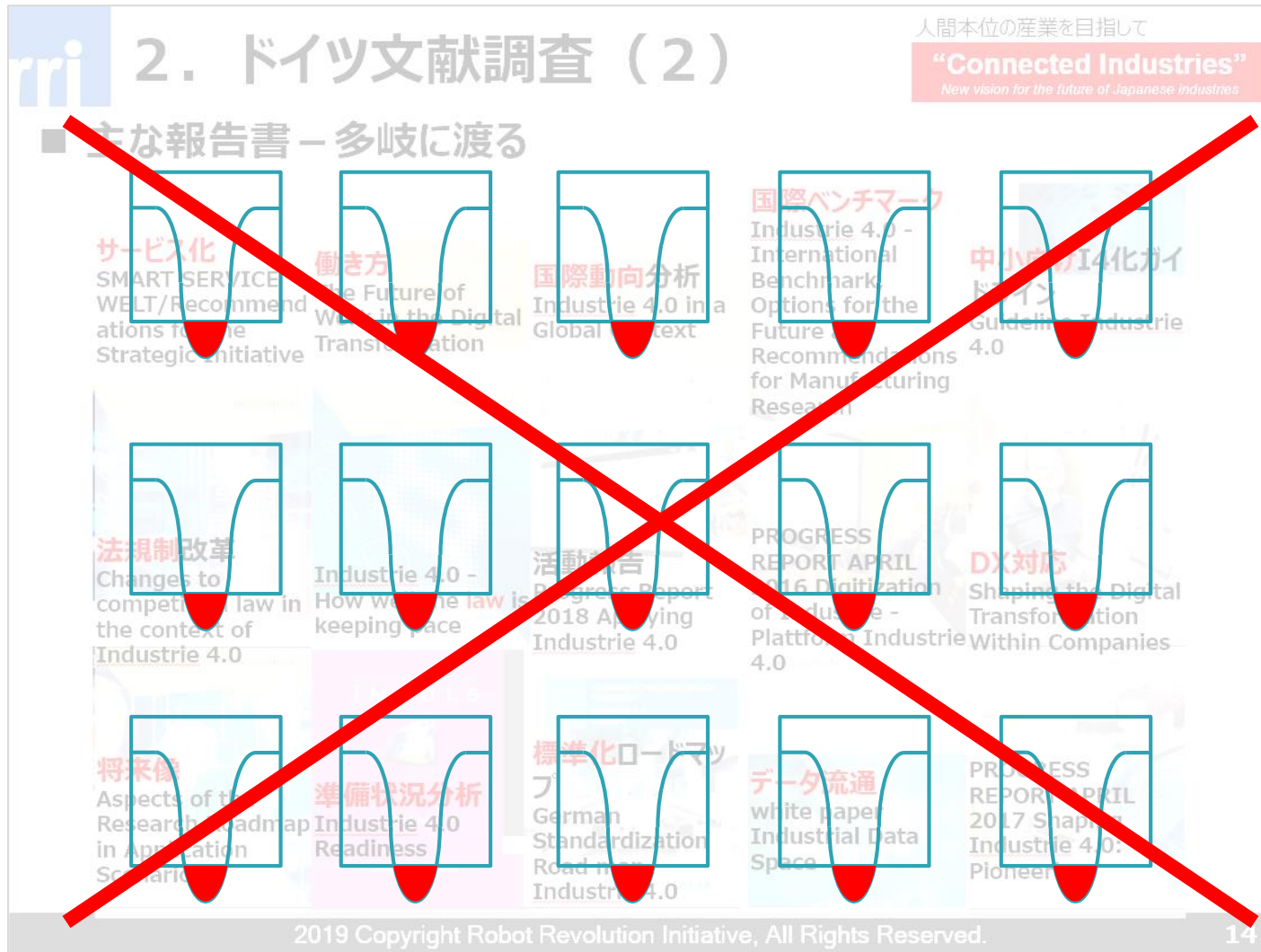
PROGRESS REPORT APRIL 2017 Shaping Industrie 4.0: Pioneering.

2019 Copyright Robot Revolution Initiative, All Rights Reserved.

14

採用しないアプローチ

個別文書の内容に深く入り込まない



理解の範囲
理解の深さ

採用するアプローチ①

個別文書の構造化 & 文書全体の構造化



2. ドイツ文献調査 (2)

■ 主な報告書 – 多岐に渡る

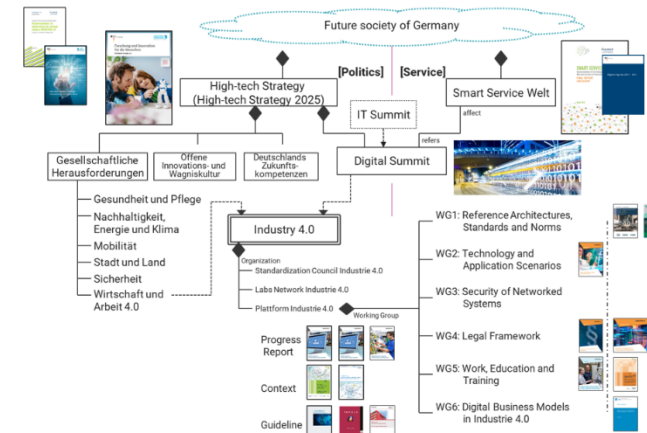


2019 Copyright Robot Revolution Initiative, All Rights Reserved.

14

参考 報告書の位置付け

■ 11年頃から始まるIndustrie4.0の活動に関連した活動と主な成果報告書→システム分析



2019 Copyright Robot Revolution Initiative, All Rights Reserved.

17

構造化①～文書全体

分類・層別 & 不足文書追加



ざっくり内容理解

分類

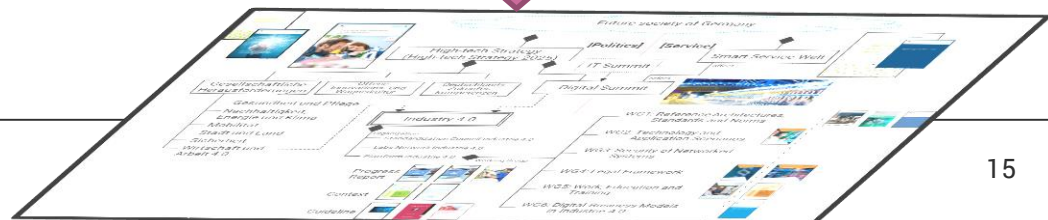
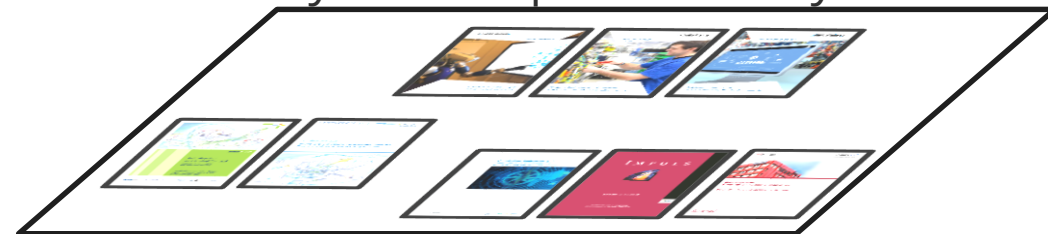
層別

Upper Layer

System Requirement Layer

System Element Layer

文書構造化&統合



構造化②～個別文書

こんなこと書いてる & こんなこと思った

2. ドイツ文献調査 (2)

■ 主な報告書 - 多岐に渡る

サービス化 SMART SERVICE WELT/Recommendations for the Strategic Initiative

側方 The Future of Work in the Digital Transformation

国際動向分析 Industrie 4.0 in a Global Context

国際ベンチマーク Industrie 4.0 - International Benchmark, Options for the Future and Recommendations for Manufacturing Research

中小向けガイドライン Small Business Guide

法規制改革 Changes to competition law in the context of Industrie 4.0

Industry 4.0 - How well the law is keeping pace

活動報告 Progress Report 2018 Applying Industrie 4.0

PROGRESS REPORT APRIL 2016 Digitization of Industrie - Plattform Industrie 4.0

DX対応 Shaping the Transform

将来像 Aspects of the Research Roadmap Industrie 4.0 in Application Scenarios

準備状況分析 Readiness

標準化ロードマップ German Standardization Road map Industrie 4.0

データ流通 white paper Industrial Data Space

PROGRESS REPORT APRIL 2017 Shaping Industrie 4.0: Pioneering.

人間本位の産業を目指して
"Connected Industries"
New vision for the future

理解の範囲
理解の深さ

2019 Copyright Robot... All Rights Reserved.

14

こんな感じ

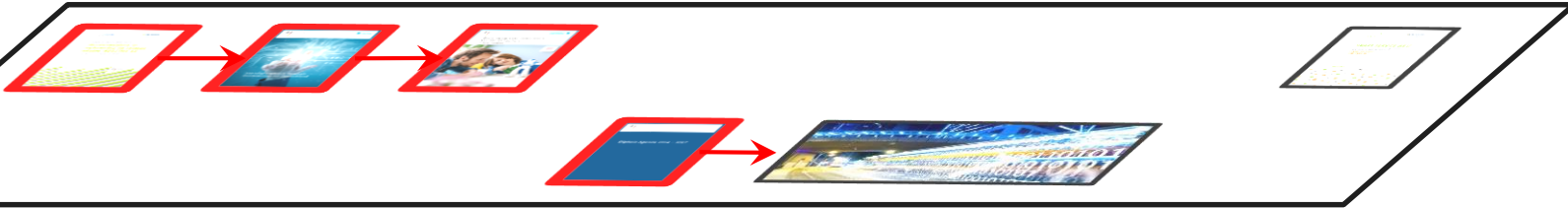


採用するアプローチ②

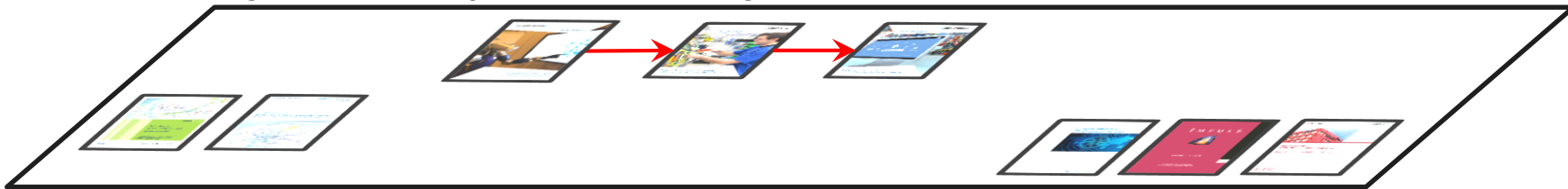
段階的な詳細化 & 動きの理解

発行が古い文書から

Upper Layer



System Requirement Layer



System Element Layer



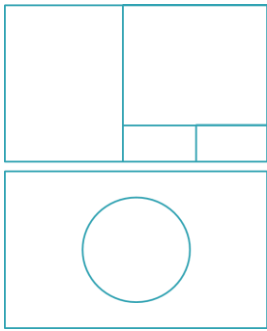
上位階層の文書から

※赤枠文書が追加した文書
※矢印で繋がっている文書のみ、発行順を示す

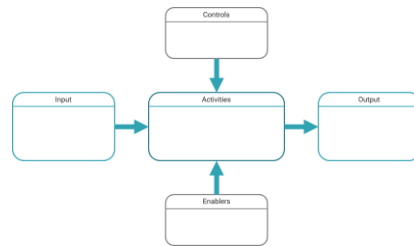
実践のポイント：Tools

どんなこと/ものにも当てはまる見方・捉え方を臨機応変に意識して**“使う”**のではなく**“備わる”**まで身に染み込ませる

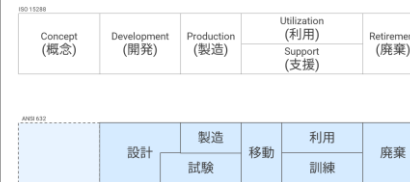
MECE



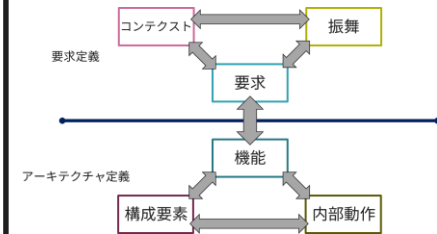
IPO Diagram



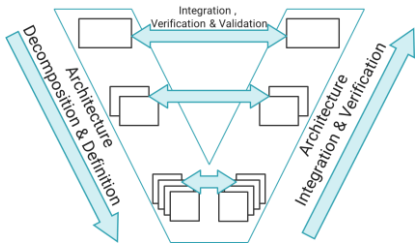
Life-cycle Stages



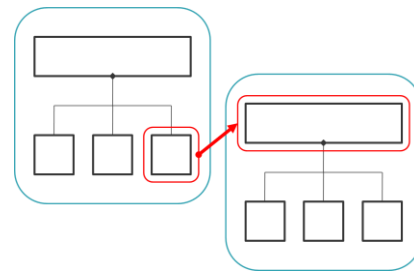
Tool1



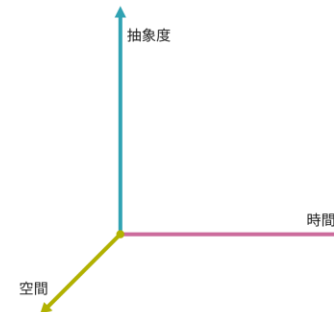
V model



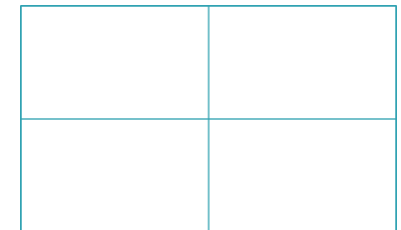
Building Block



Tool2

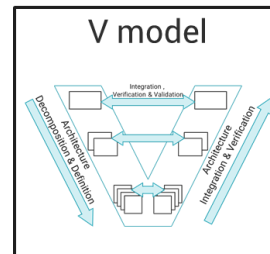
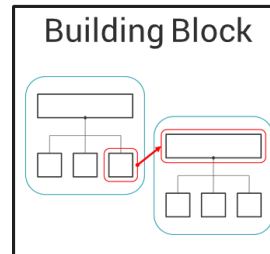
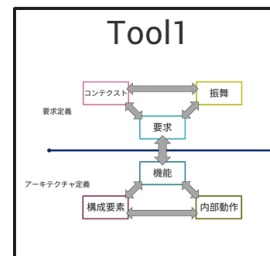
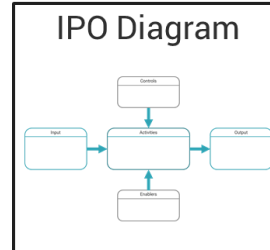
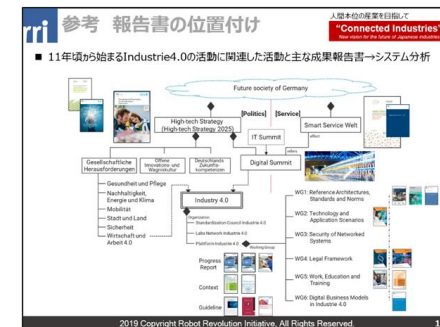


2 x 2



実践例のポイント①～アプローチ

InとOut & 分解と統合 & 構造と動き



発行が古い文書から

Upper Layer

System Requirement Layer

System Element Layer

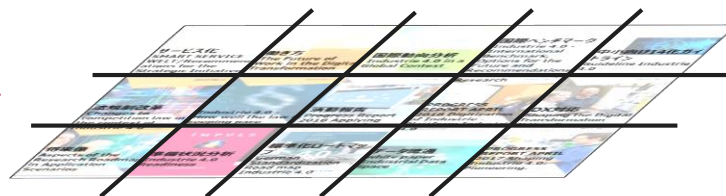
上位階層の文書から

実践例のポイント②～文書全体の構造化

内と外 & 上と下



内と外

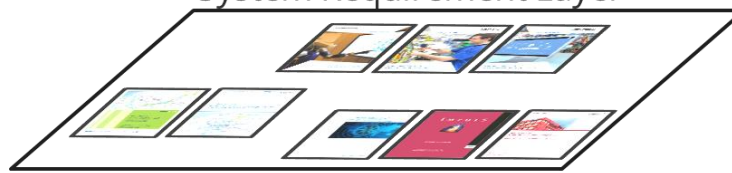


上と下

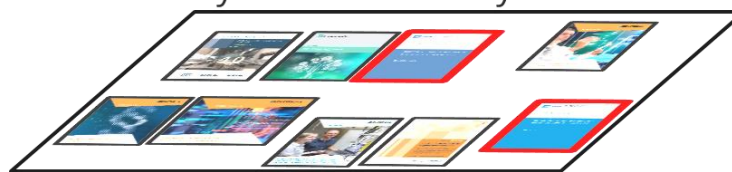
Upper Layer



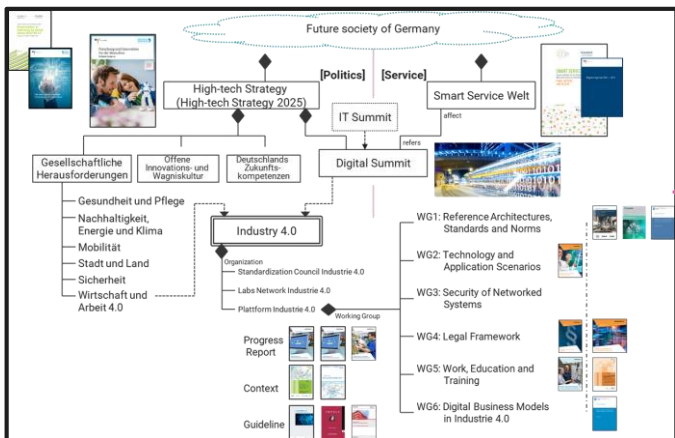
System Requirement Layer



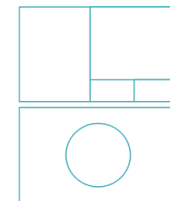
System Element Layer



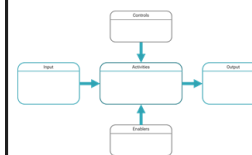
統合



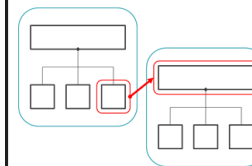
MECE



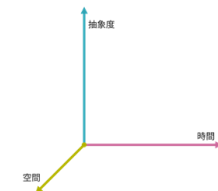
IPO Diagram



Building Block

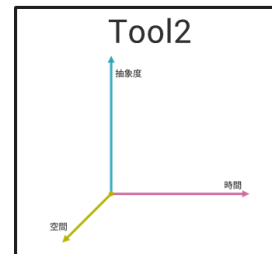
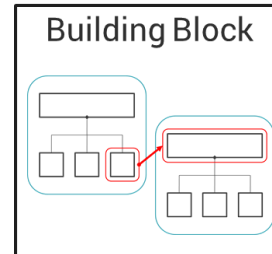
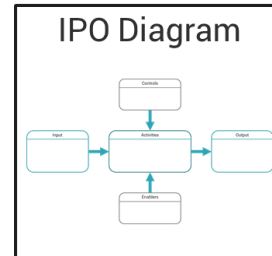
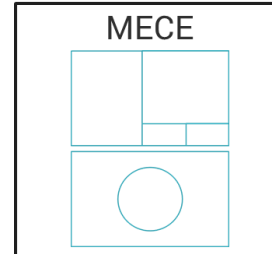
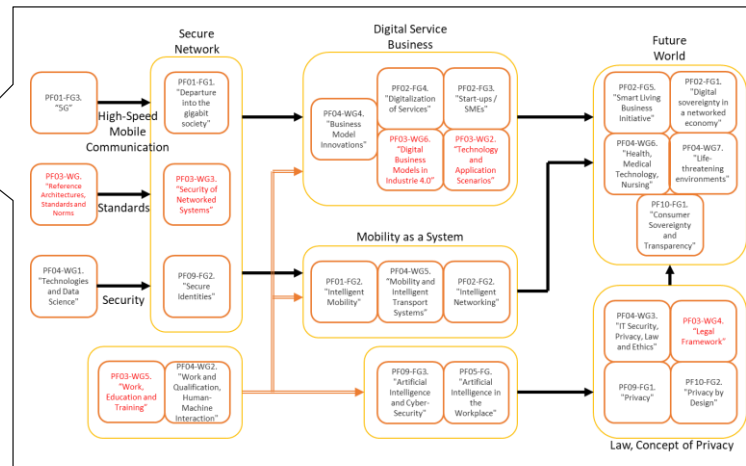
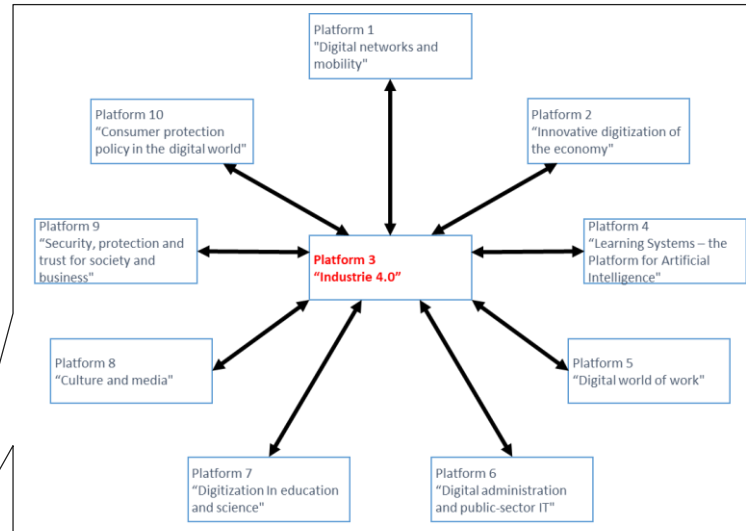
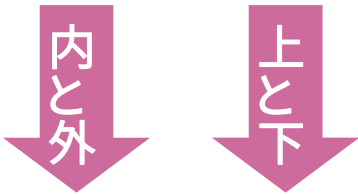


Tool2



実践例のポイント③～文書の構造化①

内と外 & 上と下



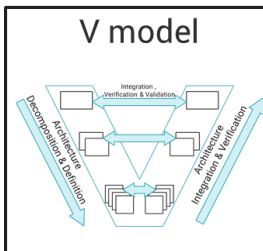
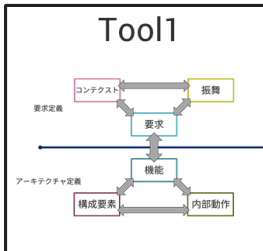
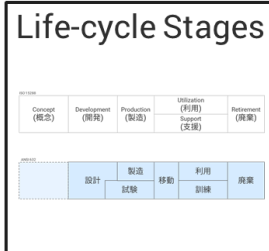
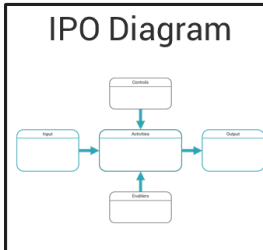
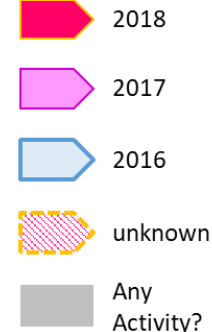
実践例のポイント④～文書の構造化②

実施と結果 & ステージ & 要求と手段 & 設計と検証



		CONCEPT	DEVELOPMENT	PRODUCTION	UTIL & SUPPORT	RETIREMENT
WG1: Reference architecture, standardization, and norms	1) RAMI 4.0 2) Administration shell 3) Supporting global interoperability 4) Industrie 4.0-testbed		2017 2018 ? ? ?	2016-04 2017 2018	2017 2018	
WG2: Technology and application scenarios	1) Application scenarios 2) Industrie 4.0 research roadmap 3) Controlled manufacturing scenario using 5G 4) Promote cross-WG study	2018	2017 2018	2017 2018 ? ? ?		
WG3: Security of networked systems	1) Strengthening IT security 2) Security for standardization and technology 3) Global cooperation along professional 4) Architecting for organization	2017 2018	2018 2018	2018		
WG4: Legal framework	1) Cartel law and Industrie 4.0 2) Legal significance of block chain 3) Detail consideration of AI 4) Legal support for SMEs	2017 2018 2018 2018	2018 2018 2018			
WG5: Work, education, and training	1) Education and training for companies and employees 2) Study on AI and learning process for operation 3) Learning opportunity for agile development 4) Developing a strategy for the acceptance of Industrie 4.0 in companies	2017 2018 2018 2018	2018 2018 2018			
WG6: Digital business models for Industrie 4.0	1) Necessity of Industrie 4.0 business model 2) Development of digital business terminology 3) Specify the use case and testbed 4) Information and proposal for SMEs		2018 2018 2018 2018			

Legend



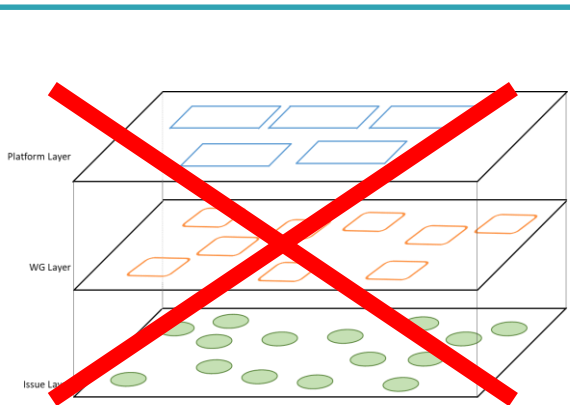
目次

- 0. はじめに
- 1. 自己紹介
- 2. 分析手法
- 3. 今後

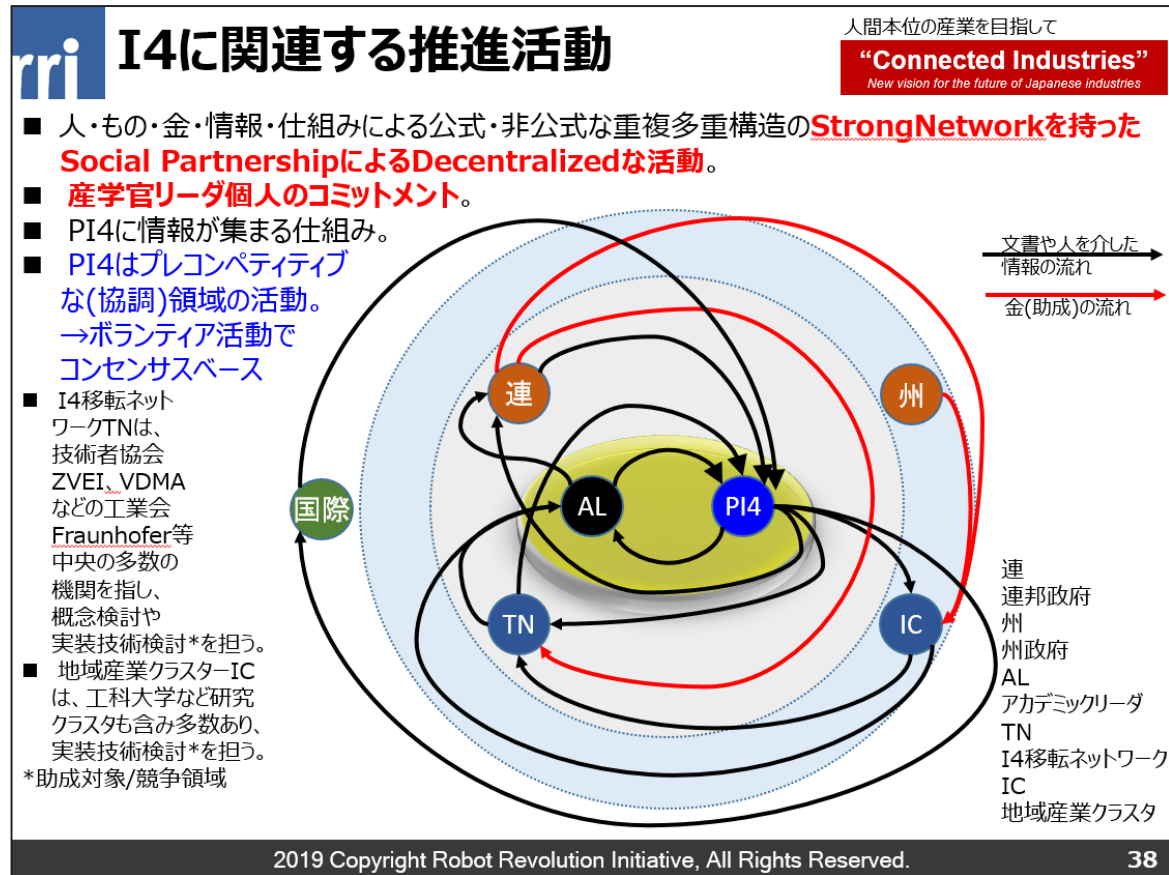


ドイツ調査で分かったこと

前提が違った。。。I4.0は、PI4.0だけで実現させていない



		CONCEPT	DEVELOPMENT	PRODUCTION	UTIL & SUPPORT	RETIREMENT
WG1: Reference architecture, standardization, and norms	1) RAMI 4.0 2) Administration shell 3) Interoperability 4) ...	2017	2018-2020	2020	2020	2020
WG2: Technology and application scenarios	1) Application scenarios 2) Industry 4.0 roadmap 3) Controlled manufacturing using 5G 4) Promote cross-WG study	2017	2018	2019	2020	2020
WG3: Security of networked systems	1) Strengthening IT security 2) Security for standardization and technology 3) Global cooperation along professional 4) Architecting for organization	2017	2018	2019	2020	2020
WG4: Legal framework	1) Legal law and Industrie 4.0 2) Legal significance of block chain 3) Detail consideration of AI 4) Legal support for SMEs	2017	2018	2019	2020	2020
WG5: Work, education, and training	1) Education and training 2) Study on AI and ... 3) ... 4) ...	2017	2018	2019	2020	2020
WG6: Digital business models for Industrie 4.0	1) Development of digital business model 2) ... 3) Specify the use case and tested 4) Information and proposal for SMEs	2017	2018	2019	2020	2020



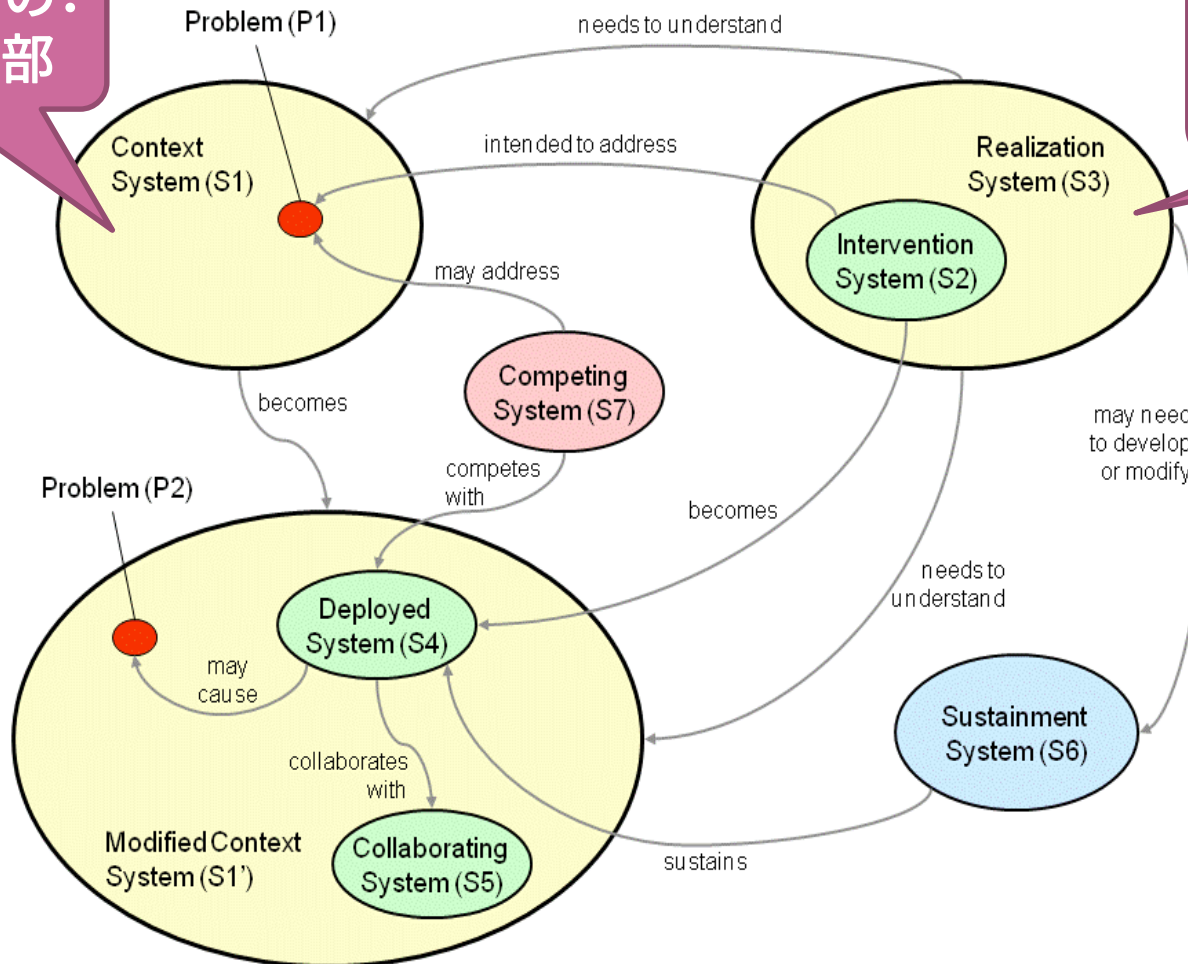
2019 Copyright Robot Revolution Initiative, All Rights Reserved.

38

今後の方向性

見ていたものの、更にその外側を含めて整理する

見ていたもの：
S1,P1の一部



見ていたもの：
S2,3の一部
=PI4.0