

次世代生産システム 設計・運用のための 人材育成

東京大学 大学院工学系研究科

人工物工学研究センター

教授 太田 順

参考文献：太田 順, 梅田 靖, 小島 史夫, 斎藤 賢宏. (2019). デジタル・トリプレットの人材育成, 設計工学, 54, 7, 410/414.

自己紹介

太田 順 (1965.2.19生. 55歳)

東京大学 大学院工学系研究科
人工物工学研究センター 教授
博士 (工学)

1989 東大修士了

1989-91 新日本製鐵 (株)

1991-94 東大助手

1994-96 東大講師

1996-2009 東大助教授・准教授

2009- 東大教授. 現在に至る

1996-97 Stanford Univ. Center for Design Research, visiting scholar

2015より中国華南理工大学客員教授 (兼任)

マルチエージェントロボット, 超適応の科学, 生産システム
設計, 人の解析とロボットを用いた人へのサービスの研究



背景

- デジタル技術の進展が進み、生産システムの構築、カイゼン方法が抜本的に変わりつつある
 - ライン、設備、人という物理世界内で生産システムの構築、カイゼンから、デジタルを介した生産システムの構築、カイゼンに変化しつつある
 - ➡ 生産システム技術者がこれに追従できていない
- Industrie4.0による欧米型デジタルものづくり革命が進み、日本型ものづくりの強みがかき消される危険性がある
 - Digital Tripletによる「日本型ものづくり」のデジタル化が必要
 - ➡ Digital Tripletにむけた教育体系が未確立

デジタルトリプレット (Digital Triplet, D3)

- Industrie4.0は、トップダウンアプローチ
 - トップダウンの意思決定
 - 生産ラインは余裕を持った造りで、そうそうは変わらない



- 日本の強み
 - 現場の熟練者、生産技術者の質の高さ
 - 日々のカイゼン、常にムダ取りをして、日々成長する生産システム
- これを促進し、成長し続ける製造業のスマート化には、今まで熟練者の経験と勘と扱われてきた知を見える化、形式知化する必要がある（デジタル・トリプレット、D3）

ライフサイクルにわたるエンジニアリング活動の統合的支援

設計 ⇄ 生産 ⇄ 使用 ⇄ メンテ ⇄ 再生産 ⇄ 循環

生産段階を例に取れば

知的活動世界: 人の知でデータから価値を産み出す

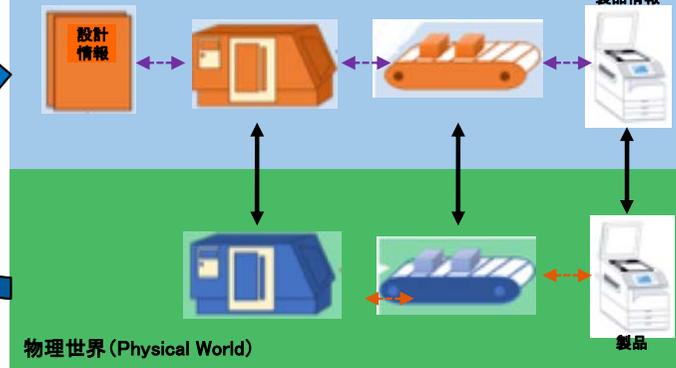


分析・制御

判断・解釈・意思決定

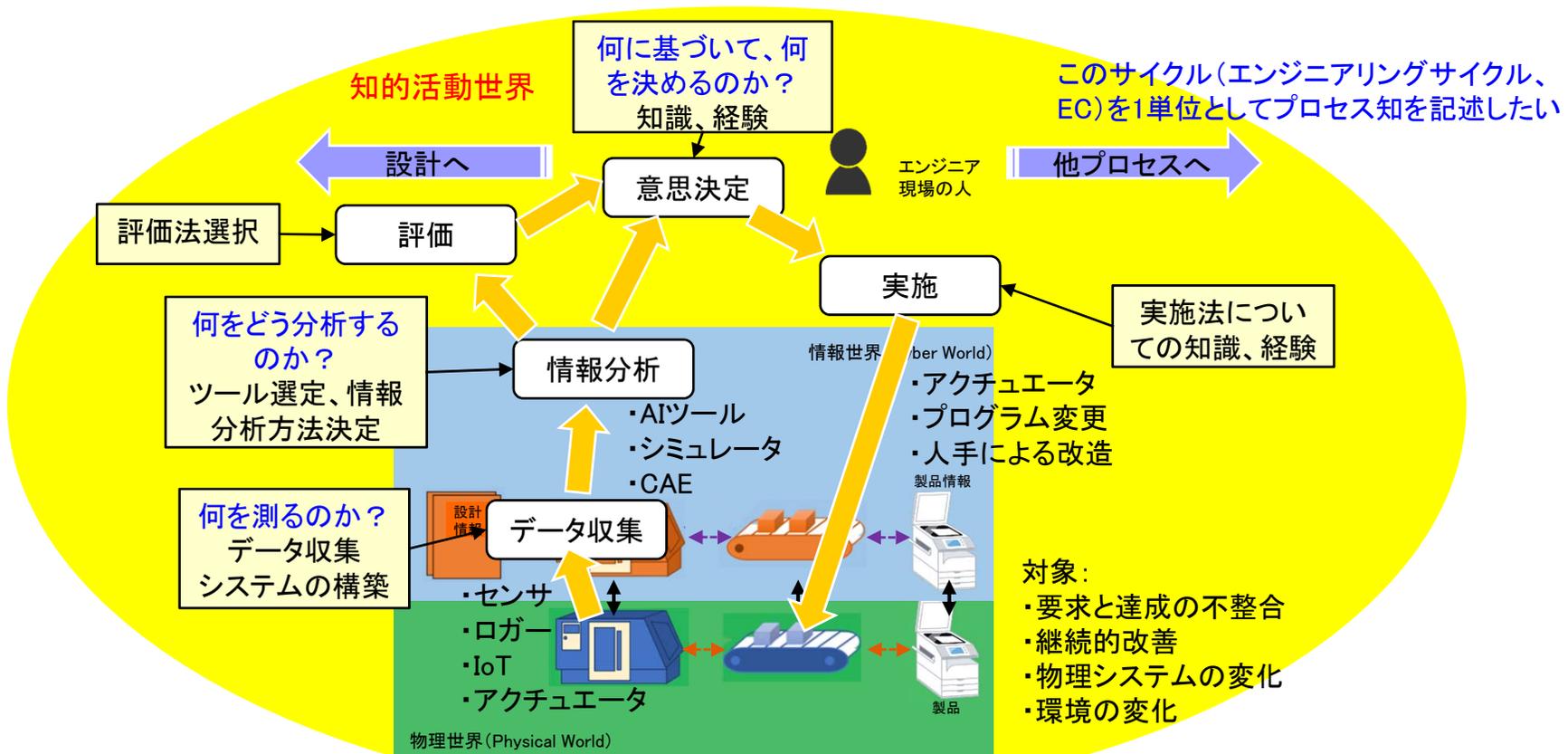
DT構築・更新

情報世界 (Cyber World)



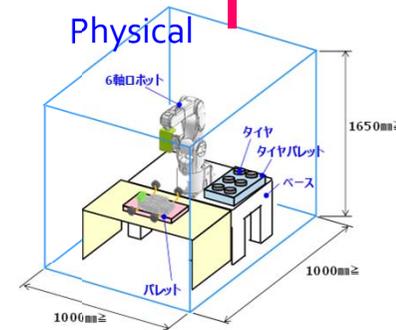
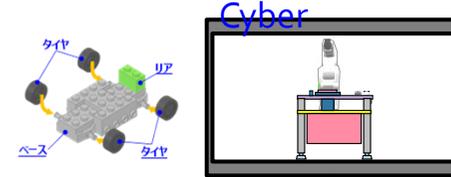
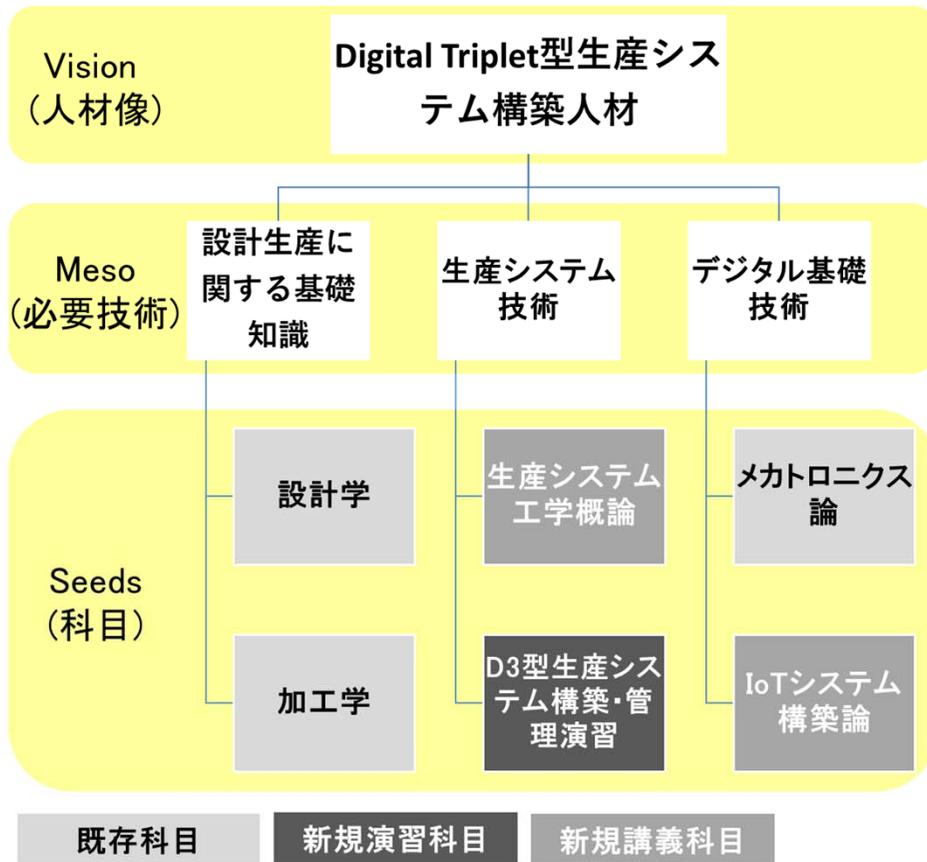
物理世界 (Physical World)

人のエンジニアリング活動と デジタルトリプレット



人材育成プログラム：産学連携デジタルものづくり 中核人材育成事業「Digital Triplet型生産システム 構築人材育成プログラムの開発」

2018年6月～2019年2月 東京大学, (株)デンソー, (株)野村総合研究所



D₃型生産システム構築・管理演習演習の日時と参加者

- 2018年11月19～20日@東京大学本郷キャンパス
- 受講者：住友電気工業（株），三菱電機（株），（株）デンソー，（株）野村総合研究所，東京大学から2名ずつ計10名.
- 所属毎に2名で1チームを構成.
- 業務内容は，生産システム設計，製造業向けコンサル，研究開発等様々.

- 講師：東京大学メンバー，デンソーメンバー．2名のティーチングアシスタント

演習の内容

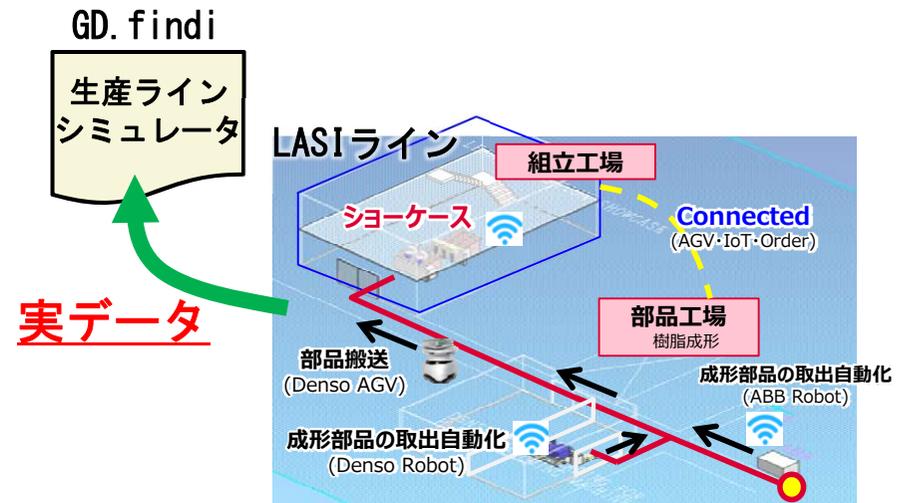
- 全体像をつかむための講義

- ① 生産ラインからの情報抽出と状況理解：生産システムにおける操業データから有用な情報を抽出する。そこから現在生産ラインがどのような状況にあるかを理解する。
- ② 生産ラインの改善提案：その状況にある生産ラインをどのように改善するかを提案する。
- ③ 生産ラインの制御：仮想空間内のシミュレーション技術を用いて実生産ラインを制御する。

- 振り返り

①生産ラインからの情報抽出と 状況理解

近年、設備のIoT化で膨大かつ詳細な設備データがリアルタイムで取得できるようになってきている。演習を通じて、取得したデータをどのように活用すると“問題点が把握/解決できるのか”を理解してもらい、実務での設備総合効率（OEE, overall equipment effectiveness）向上などに役立てられることを目指す。また、データから分かったこと（原因推定・仮説など）を生産ラインシミュレータ上で検証する手法を学んでもらうことで、確度の高い事前検証（質・効率・スピード）方法を理解・習得してもらおう。



②生産ラインの改善提案

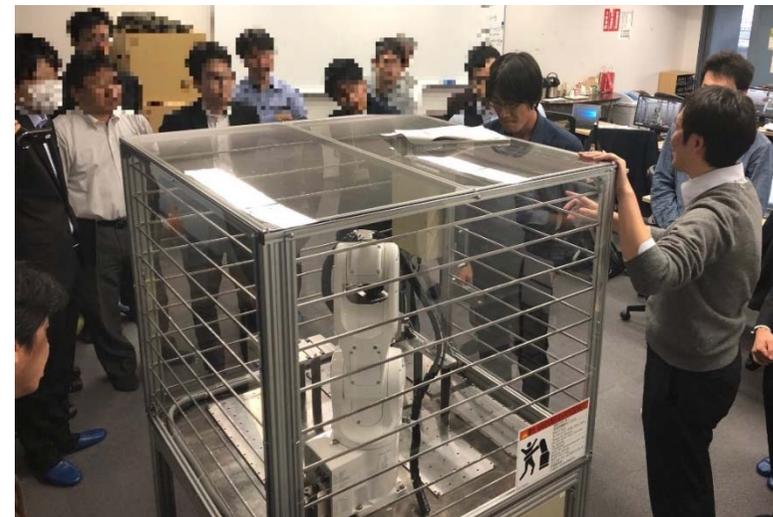
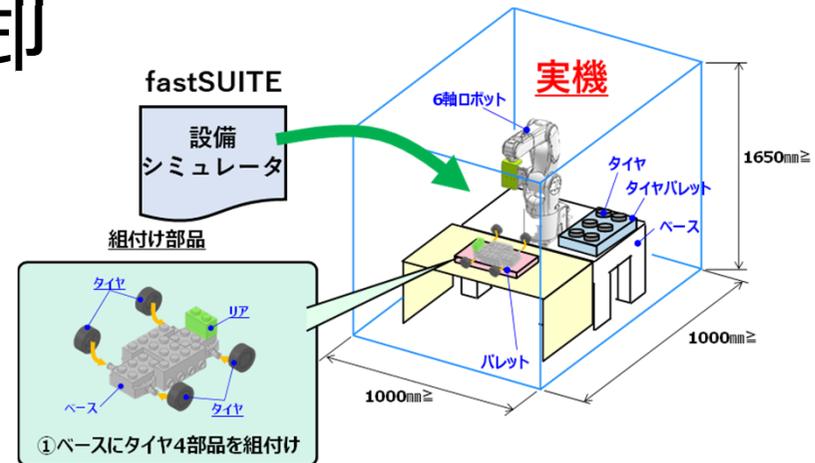
①で得た知識を用いて、生産ラインの改善を考える。OEEが十分でない仮想生産ラインを想定し、この生産ラインのOEEを上昇させることを目指す。しかしながらラインにはさまざまな複雑な要素が絡んでおり、単純な試行錯誤では、簡単にはOEEが改善しない。このような状況で、課題を見つけたうえで、解探索の方針を立て、GD.findi上で検証しながら、適切な生産ラインパラメータの発見を促す。すなわち評価関数を適切に設定し、それを最適化するパラメータを迅速に見つけることが重要である。

ストーリー

- 以下の条件の下で、生産能力を改善し、顧客の受注の急増に応えよ
 - 現場の努力だけでは、とても対応しきれないほどに受注が増え、緊急の対応が必要となった
 - 設備・マシンは限界能力で操業しており、能力不足の場合は台数を増やすしかない
 - 経営環境の悪化を防ぐためにも、投資額はなるべく抑制したい
 - 2号ラインの立ち上げは納期・予算的に困難。現行ラインの改善で対応するしかない
 - 1直（8h）あたり、1440台以上を完成させる必要がある
 - 労働時間、環境負荷はなるべく低減したい
- 投資ポイントを可能な限り少なく、目標の生産高を達成したい。

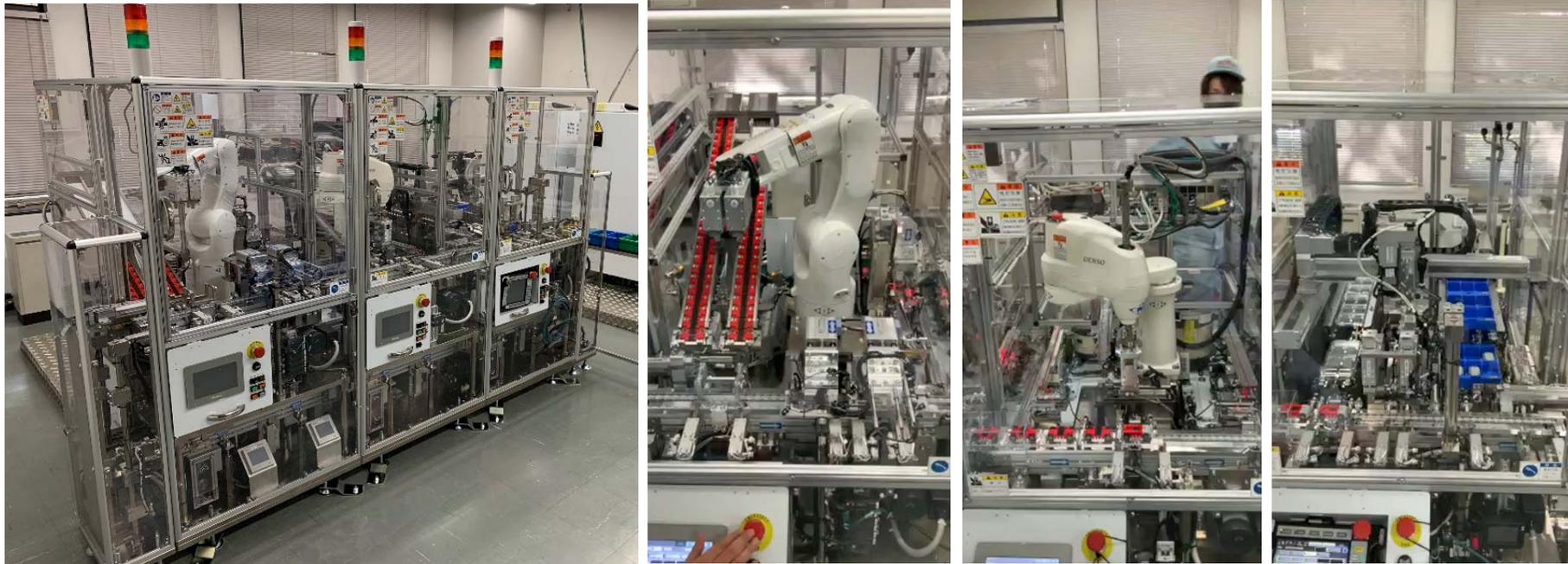
③生産ラインの制御

設備シミュレータを活用した工程・設備設計のメリットと実機を用いた演習で体感してもらい、生産技術力のレベルアップと実務効率アップを図ることを目指した。具体的には、設備シミュレータ上（仮想空間）でデジタル情報として再現されたロボットマニピュレータを動かしながらロボットの動きを試行錯誤で決定する課題を設定した。作業環境内に存在する障害物を避けながらできるだけ短時間かつ無理のない動きで組み付け作業を実現するロボットの軌道进行を設計する。その結果（ロボット動作）を実際のロボットに転送し、実ロボット動作に反映させることで、サイバー空間と実空間の相互作用についての理解の深化を目指す。



その後

教育への展開：東大工学系における集中講義



東京大学に設置されたLearning Factoryと組立工程の様子

2020/11/20

今後の海外人材育成の在り方勉強会（第2回）
(c)Jun OTA 2020

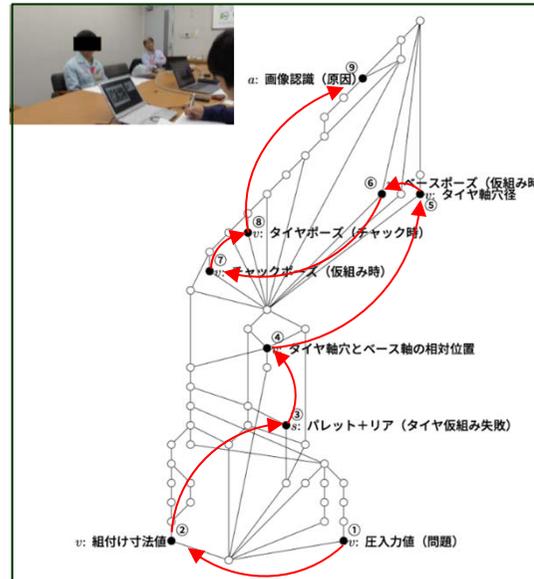
研究への展開： 熟練者のカイゼンプロセスのモデル化とカイゼンプロセス支援

IoTデータを用いたカイゼンプロセス支援に向け、[Learning Factory](#)上での熟練者のカイゼンプロセスをモデル化

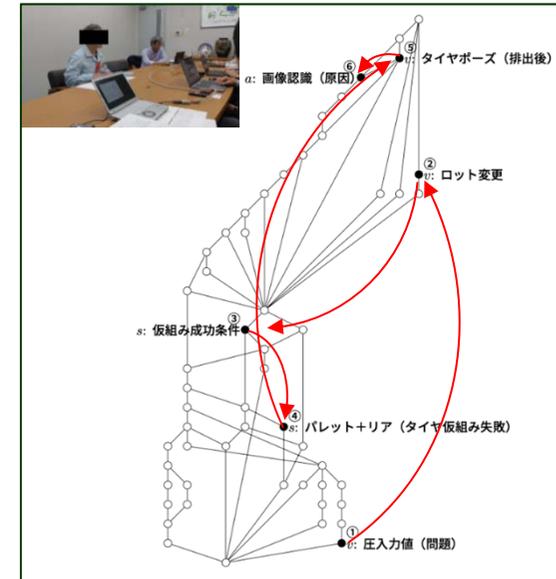
- ・不具合を必要なときに再現できる(実験再現性)
- ・センサ等の取り付け容易



Learning Factory (東京大学に設置済み)



原因発見までのプロセスの例 (初心者の場合)

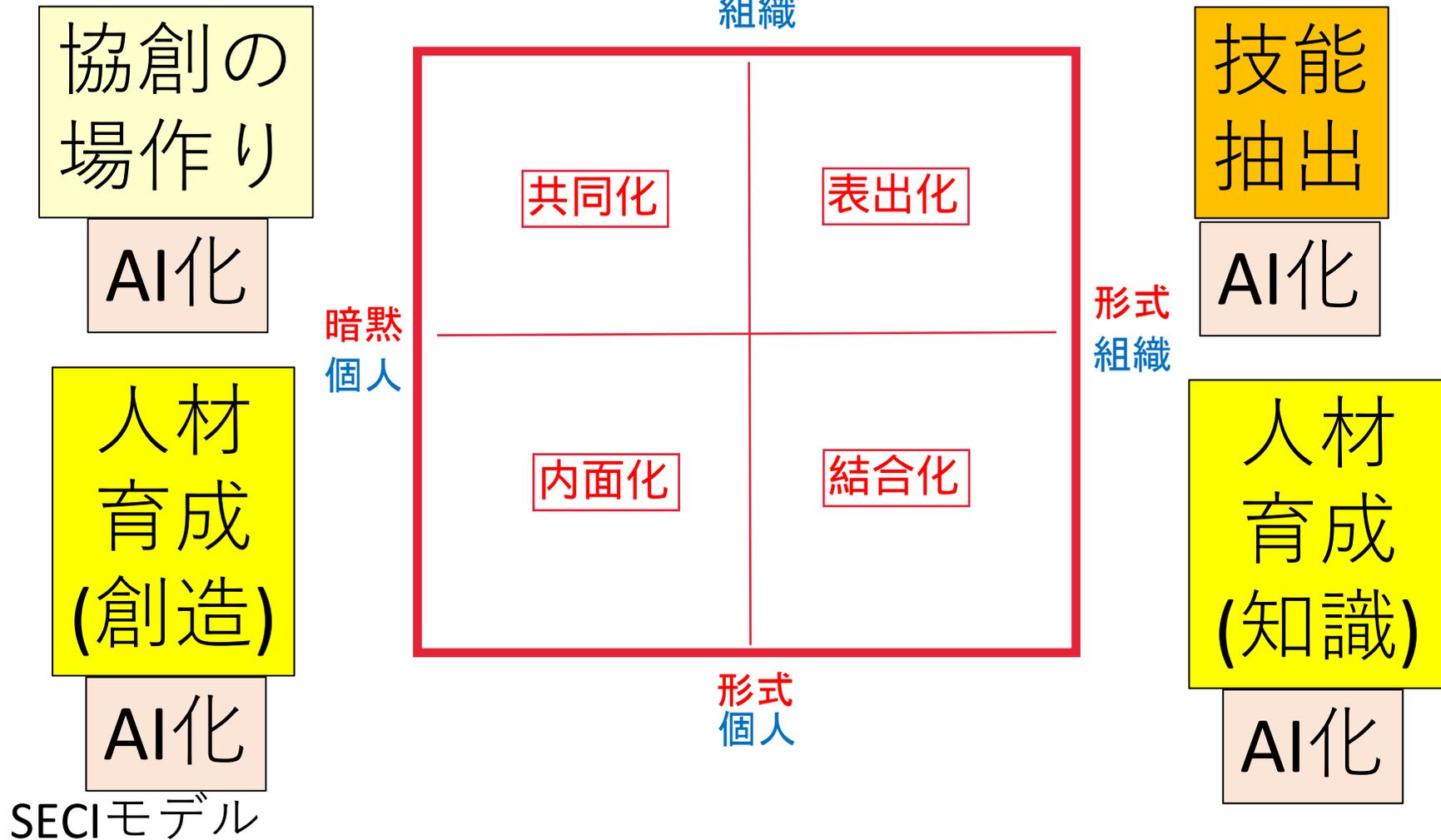


原因発見までのプロセスの例 (熟練者の場合)

熟練者が問題の原因を絞り込む際に重要となるシステム上のポイントが可視化される

項目	AI一般	ものづくりにおけるAI
問題設定	既に出来上がっている（入力データと教師データ）	<ul style="list-style-type: none"> - 問題設定されていない時点から開始。AI化, AIプロセスを重視。 - 「問題記述」, 「AI化部分の抽出」, 「AI化のためのデータ整備」, 「実際のAI化」, 「AI化効果の評価。例えば, 人間系による解決結果との比較。」
データ量	大量	<ul style="list-style-type: none"> - 少量を前提とすべし。 - なので, 「データ量を増大させるシミュレーション技術」や「シミュレータ構築のための対象モデル化技術」が重要。
得られた知見の汎用化	研究レベルで様々なされている	<ul style="list-style-type: none"> - ある事例の知見を, 生産システム設計・運用の別事例に展開 - D₃の概念による様々な事例の共通の枠組みによる記述
日本の競争力	AIアルゴリズムレベル（米国）, データ標準化（欧州）	モノづくりとAIの融合（モノづくりのAI化）により, 初めて日本の強みが発揮されるはず。

SECIモデルと技能・知識循環



知識循環に関するこのようなループを考えたとき、海外でどこまでをやるかを考えるべき？