

# デジタルエコファクトリー専門委員会

(FAOP-DECOF専門委員会)

## 活動報告書

2020年3月

FAオープン推進協議会

一般財団法人 製造科学技術センター



## 目次

1. 資料説明	1
2. 委員会	2
2. 1 運営体制	2
2. 2 委員会名簿	3
2. 3 委員会開催状況	5
3. 年度別活動報告	6
3. 1 平成25年度デジタルエコファクトリー専門委員会活動報告	6
3. 2 平成26年度デジタルエコファクトリー専門委員会活動報告	8
3. 3 平成27年度デジタルエコファクトリー専門委員会活動報告	12
3. 4 平成28年度デジタルエコファクトリー専門委員会活動報告	16
4. デジタルエコファクトリー(DEcoF)専門委員会発表セミナー	21
4. 1 デジタルエコファクトリーと今後の製造業のあり方について	23
4. 2 デジタルエコファクトリー専門委員会の活動概要	57
4. 3 デジタルエコファクトリーの試作	67
4. 4 生産設備の電力可視化・削減に向けた取り組み	79
4. 5 製造設備の消費電力データによる生産工場の稼働管理システム	89
4. 6 生産工場における消費電力削減の取り組みと DEcoF への期待	95

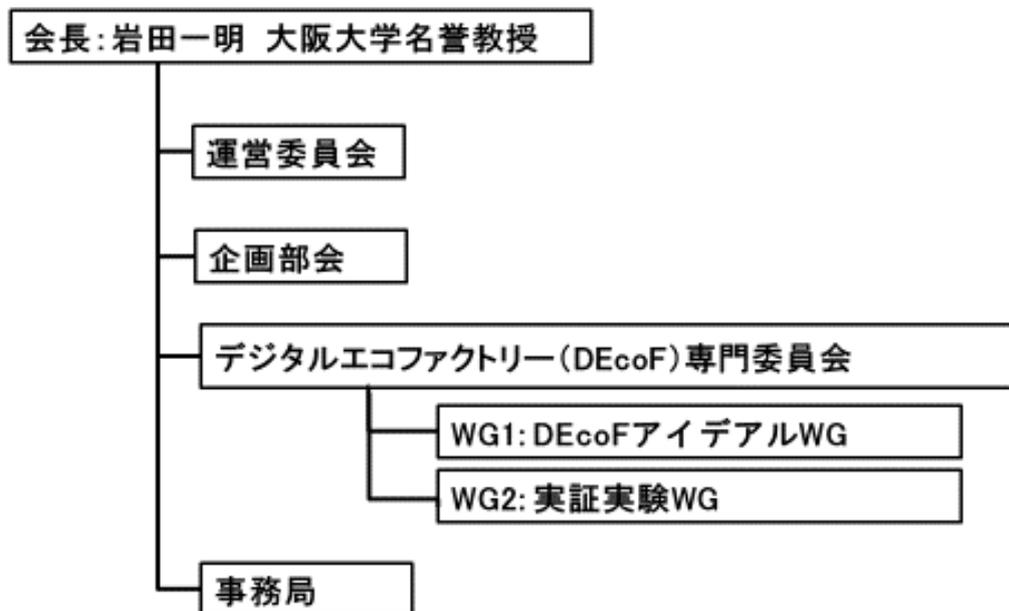


## 1. 資料説明

本資料は、平成25年度から平成28年度のデジタルエコファクトリー（DEcoF）専門委員会合同WG議事録等の資料、平成29年10月26日開催「デジタルエコファクトリー（DEcoF）専門委員会セミナー」の講演配布資料、及びFAオープン推進協議会運営委員会資料を基にデジタルエコファクトリー専門委員会活動報告書として取り纏めたものです。

## 2. 委員会

### 2. 1 運営体制



## 2. 2 委員会名簿

### FAOP-デジタルエコファクトリー（DEcoF）専門委員会

1頁

氏名	法人・所属・役職	
委員長 松田 三知子	神奈川工科大学 情報学部 情報工学科 教授	1
岩田 一明	大阪大学 名誉教授	2
木村 文彦	東京大学 名誉教授	3
藤井 進	神戸大学 名誉教授	4
荒木 一広	(株)ケー・ティー・システム 開発2部 副主査	5
大山 俊雄	清水建設(株) エンジニアリング事業本部 情報ソリューション事業部	6
川井 若浩	オムロン(株) グローバルプロセス革新本部 開発プロセス革新センター ものづくりクリエイティブ 経営基幹職	7
近藤 知明	(株)ケー・ティー・システム 企画開発部 課長	8
高橋 亮	(株)日立製作所 インフラシステム社 生産エンジニアリング部 技師	9
武田 稔	(株)ジェイテクト 研究企画部 産学連携推進グループ グループ長	10
茅野 眞一郎	三菱電機(株) FAシステム事業本部 e-F@ctory戦略プロジェクトグループ 主席技師長	11
濱中 純	(株)日立製作所 サービス&プラットフォームビジネス 制御プラットフォーム統括本部 制御プラットフォーム開発本部 制御プラットフォーム開発部 技師	12
松本 壮太	神奈川工科大学 大学院 情報工学専攻 松田研究室	13
オブザーバ 北嶋 雅之	富士通(株) 環境本部 グリーンマネジメント統括部 環境エンジニアリング部 プロフェッショナルポータルエンジニア	14
オブザーバ 並木 英明	富士通(株) テクノロジー&ものづくり本部 ものづくり技術センター プロセス技術部	15
オブザーバ 松下 直久	富士通(株) テクノロジー&ものづくり本部 ものづくりソリューション事業推進室 エグゼクティブポータルエンジニア	16
事務局 町田 泰亮	(一財)製造科学技術センター FAオープン推進室	17

FAOP-デジタルエコファクトリー（DEcoF）専門委員会

2017年 2月 3日

FAOP-デジタルエコファクトリー (DEcoF) 合同WG

1頁

氏名	法人・所属・役職	
アイデアルWG主査 藤井 進	神戸大学 名誉教授	1
実証実験WG主査 木村 文彦	東京大学 名誉教授	2
専門委員会委員長 松田 三知子	神奈川工科大学 情報学部 情報工学科 教授	3
岩田 一明	大阪大学 名誉教授	4
荒木 一広	(株)ケー・ティー・システム 開発2部 副主査	5
大山 俊雄	清水建設(株) エンジニアリング事業本部 情報ソリューション事業部	6
川井 若浩	オムロン(株) グローバルプロセス革新本部 開発プロセス革新セク ものづくりクリエイティブ 経営基幹職	7
近藤 知明	(株)ケー・ティー・システム 企画開発部 課長	8
高橋 亮	(株)日立製作所 インフラシステム社 生産エンジニアリング部 技師	9
武田 稔	(株)ジェイテクト 研究企画部 産学連携推進グループ グループ長	10
茅野 眞一郎	三菱電機(株) FAシステム事業本部 e-F@ctory戦略プロジェクトグループ 主席技師長	11
濱中 純	(株)日立製作所 サービス&プラットフォームビジネスユニット 制御プラットフォーム統括本部 制御プラットフォーム開発本部 制御プラットフォーム開発部 技師	12
松本 壮太	神奈川工科大学 大学院 情報工学専攻 松田研究室	13
オブザーバ 北嶋 雅之	富士通(株) 環境本部 グリーンマネジメント統括部 環境エンジニアリング部 プロフェッショナルプロジェクトエンジニア	14
オブザーバ 並木 英明	富士通(株) テクノロジー&ものづくり本部 ものづくり技術センター プロセス技術部	15
オブザーバ 松下 直久	富士通(株) テクノロジー&ものづくり本部 ものづくりソリューション事業推進室 エグゼクティブプロジェクトエンジニア	16
事務局 町田 泰亮	(一財)製造科学技術センター FAオープン推進室	17

FAOP-デジタルエコファクトリー (DEcoF) 合同WG

2017年 2月 3日

## 2. 3 委員会開催状況

デジタルエコファクトリー研究会の開催状況は、以下の通り。

平成25年	4月	5日(金)	H25年度第1回	MSTC 会議室
平成25年	6月	28日(金)	H25年度第2回	MSTC 会議室
平成25年	9月	6日(金)	H25年度第3回	MSTC 会議室

デジタルエコファクトリー(DEcoF)専門委員会の開催状況は、以下の通り。

平成25年	10月	25日(金)	H25年度第1回	MSTC 会議室
-------	-----	--------	----------	----------

DEcoF 専門委員会(アイデアル・実証実験)合同WGの開催状況は、以下の通り。

平成25年	12月	13日(金)	H25年度第1回	MSTC 会議室
平成26年	3月	4日(金)	H25年度第2回	MSTC 会議室
平成26年	5月	8日(金)	H26年度第1回	MSTC 会議室
平成26年	7月	10日(木)	H26年度第2回	MSTC 会議室
平成26年	9月	3日(水)	H26年度第3回	MSTC 会議室
平成26年	11月	14日(金)	H26年度第4回	東京ビックサイト会議棟
平成27年	1月	9日(金)	H26年度第5回	MSTC 会議室
平成27年	3月	10日(火)	H26年度第6回	MSTC 会議室
平成27年	5月	21日(木)	H27年度第1回	MSTC 会議室
平成27年	7月	9日(木)	H27年度第2回	MSTC 会議室
平成27年	9月	10日(木)	H27年度第3回	MSTC 会議室
平成27年	11月	19日(木)	H27年度第4回	MSTC 会議室
平成28年	1月	7日(木)	H27年度第5回	MSTC 会議室
平成28年	3月	18日(金)	H27年度第6回	MSTC 会議室
平成28年	5月	12日(木)	H28年度第1回	MSTC 会議室
平成28年	7月	14日(木)	H28年度第2回	MSTC 会議室
平成28年	9月	15日(木)	H28年度第3回	MSTC 会議室
平成28年	10月	27日(木)	H28年度第4回	MSTC 会議室
平成29年	1月	13日(金)	H28年度第5回	MSTC 会議室
平成29年	3月	2日(木)	H28年度第6回	MSTC 会議室

### 3. 年度別活動報告

#### 3. 1 平成25年度デジタルエコファクトリー専門委員会活動報告

MSTC FAオープン推進協議会

### デジタルエコファクトリー (DEcoF) 専門委員会 活動報告

平成26年3月13日

#### 【H25年度の活動概要】

##### 1. 研究会設置の経緯

本研究会は、H22～H23年度にMSTCアイデアファクトリー事業で実施された「テーマ6：グリーンプロダクション基盤としてのデジタルエコファクトリー構築のための調査研究」での成果を引き継いで設置された。主に機械製品を対象として、初期設計から、製造、使用を経て解体、分別、再利用といった製品ライフサイクルを実現するためのインバース工程も含めた製造システムの設計支援ツール、そして製造過程の各場面で行うライフサイクルアセスメント(LCA)実施のためのツールなどを、デジタルエコファクトリーとして統合した環境を構築することを目的としている。そして、この環境をクラウドサービスなどを通してSaaS (Software as a Service)として配信することで、ごく少ないICT投資で広く一般の製造業において利用可能なグリーンプロダクションのための環境情報プラットフォームを提供する。これにより、製品のライフサイクルシミュレーションに、分解、再利用も含めた製造工程についての科学的、定量的、客観的な環境負荷の評価を加えることが可能となり、生産性も意識した上でのもっとも環境負荷の少ないやり方でのものづくりシナリオとそれを実現する製造システムの構成を支援できるようになる。

デジタルエコファクトリーの具体的なイメージは、パネルと呼ばれるユーザインターフェースを介して工場の構成要素である工作機械、ロボット、搬送機、作業員などを定義すると、それらはそれぞれソフトウェアエージェントとしてコンピュータ内にモデル化され、マルチエージェントシステムとして仮想工場：デジタルファクトリーを構成する。一方、ユーザは、設計支援ツールなどを利用して製品のプロダクトモデルとその製品の製造シナリオ(含む製造ライン構成)を用意する。この製造シナリオ案に対して、デジタルエコファクトリー上で仮想生産(シミュレーション)を実施し、各パネルを通して、製品ビュー、装置ビュー、製造ラインビュー、工場ビューで、生産性とともに環境影響も含めた事前検討が可能となる。このようなICTによるグリーンプロダクション支援環境：デジタルエコファクトリーを構築するために、例えば、ユーザごとのオリジナル・デジタルエコファクトリー構築用インターフェースの検討(含む製造装置・製造機械テンプレート)、製造シナリオの構造・作成法・入力インターフェースの検討、シミュレーション画面など出力インターフェースの検討、デジタルエコファクトリー機能と構成、実装についての検討、実製造ラインとのコミュニケーションによる連携法の検討などを行う。

##### 2. テーマ推進活動

デジタルエコファクトリーに対する参加企業の希望するユースケースを収集し、これをまとめることによりデジタルエコファクトリーへの要求仕様の明確化・具体化を試みた。各企業から出されたユースケースは、大まかに3つのシナリオに分けることができ、各シナリオについて入力データ、出力として見たいデータ、計算方法など詳細について検討し、一覧表にまとめることを行なった。シナリオ1は、どんな製品をどこで作るのかという場面(例えば、新製品の製造ラインの検討など)で使うもの、シナリオ2は、既設の製造ラインをどう動かしたらよいのかという場面(例えば、生産品目や生産数量の変化に対する検討など)で使うもの、シナリオ3は、稼働中の製造ラインがうまく運用されているのかという場

面（例えば、実際の監視データと予測データとの比較検討など）で使うものである。

年度途中で専門委員会への昇格が承認され、専門委員会として活動を開始した。委員会内に、デジタルエコファクトリーの理想形を追求するWG1（DEcoF アイデア Gr）とデジタルエコファクトリーの実装技術について対象を限定して検討するWG2（実証実験 Gr）を設置した。当面は合同で活動している。

---

## 【H26年度の活動計画(案)】

### 1. テーマの推進

前年度に得たデジタルエコファクトリーへの要求事項に基づいて、今年度は、デジタルエコファクトリー実装のための基盤としてマルチエージェント技術が適当なものかを検証し、その後、デジタルエコファクトリーをシステムとして具現化するために基本詳細設計を進める。並行して、前述の各シナリオについて、機能要求をまとめ、ユーザインターフェースについての検討も進める。

### 2. 委員会構成

研究会：FAオープン推進協議会の一般会員、情報会員（新規入会の企業も含む）。

企業名一覧：三菱電機(株)、(株)日立製作所、清水建設(株)、オムロン(株)、ジェイテクト、富士通(株)、(株)ケイ・ティー・システム、順不同

### 3. 他団体・組織との連携

外部団体の公募研究助成へ応募し実証実験のための資金を得ることを考えている。また、応募条件により、神奈川工科大学を資金受け入れ窓口とし連携して実証研究を遂行することもあり得る。

## 【次年度以降の計画（案）】

### 1. 基本方針

デジタルエコファクトリーへの要求仕様から基本詳細設計を進めながら、適用分野を絞った技術課題検討のための実証実験を行うため、外部資金獲得を目指して研究助成などへの応募活動などを積極的に展開したい。実証実験（マルチエージェント技術のデジタルエコファクトリー実装への適用検討）とシステム評価を行い、デジタルエコファクトリーの構成法をまとめた設計書、さらに、前述の目的に沿ったデジタルエコファクトリーを用いたグリーンプロダクションについての提言書をまとめたい。

### 2. 活動の普及

現在参加の一般会員5社はすべてデジタルエコファクトリーのユーザサイドに属するため、目的達成のためにはシステムのベンダーサイドの参加者を募る必要がある。そのためには、本活動を広くアピールし、ユーザサイドの参加者をさらに増やして有用性・必要性を示すことが考えられる。

---

以上

### 3. 2 平成26年度デジタルエコファクトリー専門委員会活動報告

MSTC FAオープン推進協議会

## デジタルエコファクトリー (DEcoF) 専門委員会 活動報告

平成27年6月7日

### 【H26年度の活動概要】

#### 1. 委員会設置の経緯

本委員会は、H22～H23年度にMSTC アイデアファクトリー事業で実施された「テーマ6：グリーンプロダクション基盤としてのデジタルエコファクトリー構築のための調査研究」での成果を引き継いでH24年度に研究会として活動を開始し、H25年度半ばに専門委員会に昇格、設置された。委員会内に、デジタルエコファクトリーの理想形を追求するWG1 (DEcoF アイデア Gr) とデジタルエコファクトリーの実装技術について対象を限定して検討するWG2 (実証実験 Gr) を設置し、当面は合同で活動している。生産性と環境影響の両面を考慮した各製造工程のより詳細な事前評価のためのソフトウェアツール：デジタルエコファクトリーの構築を目指している。デジタルエコファクトリーをツールとしてクラウドサービスなどを通してSaaS (Software as a Service)として配信することで、少ないICT投資で広く一般の製造業において利用可能なグリーンプロダクションのための生産支援環境を提供することを目的としている。主に機械製品を対象として、製品のライフサイクルシミュレーションに、分解、再利用も含めた製造工程についての科学的、定量的、客観的な環境負荷の評価を加えることが可能となり、生産性も意識した上でのもっとも環境負荷の少ないやり方でのものづくりシナリオとそれを実現する製造システムの構成を支援できるようになる。

デジタルエコファクトリーの具体的なイメージは、パネルと呼ばれるユーザインターフェースを介して工場の構成要素である工作機械、ロボット、搬送機、作業員などを定義すると、それらはそれぞれソフトウェアエージェントとしてコンピュータ内にモデル化され、マルチエージェントシステムとして仮想工場：デジタルファクトリーを構成する。一方、ユーザは、設計支援ツールなどを利用して製品のプロダクトモデルとその製品の製造シナリオ (含む製造ライン構成) を用意する。この製造シナリオ案に対して、デジタルエコファクトリー上で仮想生産 (シミュレーション) を実施し、各パネルを通して、製品ビュー、装置ビュー、製造ラインビュー、工場ビューで、生産性ととともに消費エネルギーなどについての予測値を得て事前検討が可能となる。このようなICTによるグリーンプロダクション支援環境：デジタルエコファクトリーを構築するために、例えば、ユーザごとのオリジナル・デジタルエコファクトリー構築用インターフェースの検討 (含む製造装置・製造機械テンプレート)、製造シナリオの構造・作成法・入力インターフェースの検討、シミュレーション画面など出力インターフェースの検討、デジタルエコファクトリー機能と構成、実装についての検討、実製造ラインとのコミュニケーションによる連携法の検討などを行う。

#### 2. テーマ推進活動

H25年度にデジタルエコファクトリーに対する参加企業の希望するユースケースを収集し、これをまとめることによりデジタルエコファクトリーへの要求仕様の明確化・具体化を試みた。各企業から出されたユースケースは、大まかに3つのシナリオに分けることができ、各シナリオについて入力データ、出力として見たいデータ、計算方法など詳細について検討し、一覧表にまとめることを行なった。シナリオ1は、製造ラインの設計時に使うもの、シナリオ2は、製造計画の検討時に使う

もの、シナリオ3は、製造ラインの運用管理時に使うものであった。

H26年度は、デジタルエコファクトリーに対する要求機能を、具体的なシステムとして実現するための検討に入った。対象を上述のシナリオ1と2に絞り、特に、マルチエージェント技術を用いてデジタルエコファクトリーの構成することで要求に合う機能実現が可能なことを実証するために、各社共通であるプリント基板ユニット製造ラインを例題とし、市販のマルチエージェントシミュレーションシステムである artisoc アカデミックを利用した実験を開始した。また、本格的な実証実験のための外部研究助成への応募活動、将来の展開に必要な標準化項目の提案活動準備も行った。

---

## 【H27年度の活動計画(案)】

### 1. テーマの推進

今年度は、外部研究助成が得られることとなった。前年度にまとめたデジタルエコファクトリーの利用シナリオと機能要求について、プリント基板ユニット製造ラインを対象にシステムを実装し、各委員にて利用することで実証実験を行う。また、生産機械カタログ（e-ライブラリ）の構成を含むデジタルエコファクトリー構築用インターフェース、製造シナリオの作成法などについて検討する。

### 2. 委員会構成

委員会：F Aオープン推進協議会の一般会員、情報会員。

企業名一覧：三菱電機(株)、(株)日立製作所、清水建設(株)、オムロン(株)、ジェイテクト、富士通(株)、  
(株)ケイ・ティー・システム、順不同

### 3. 他団体・組織との連携

神奈川工科大学を受け入れ窓口とし公益法人 JKA の研究助成（「製造シミュレーションのための装置の電子カタログ開発補助事業」との共同：研究助成 2,982,000 円（2年間））を得たので、協同して実証研究を遂行する。また、ユーザごとのデジタルエコファクトリーを構成するために必要となる動的ふるまいも含んだ機械・装置の e-カタログライブラリの標準化についての提案も、ISO16400 提案準備委員会（平成27年度政府戦略分野に係る国際標準化活動 「動的製造装置モデルを利用した製造シナリオの生産性と環境影響のデジタル検証に関する国際標準化」2年予定）と連携して行う。

## 【次年度以降の計画（案）】

### 1. 基本方針

外部研究助成などを得て、実証実験（マルチエージェント技術のデジタルエコファクトリー実装への適用検討）とシステム評価をしっかりと行い、デジタルエコファクトリーの構成法を実用性の高い形でまとめる。さらに、前述の目的に沿ったデジタルエコファクトリーを用いたグリーンプロダクションの推進についても提案する。併せて、必要な標準化提案についても積極的に展開する。

### 2. 活動の普及

新しく得られた知見や提案については、積極的に国内外での学会発表すると同時に、論文として投稿発表をしていく。できれば、展示会などで積極的にデモやポスター発表を行う。これにより、特に、生産機械・生産装置のメーカー企業の本委員会活動への参加を増やしたい。

### 3. 委員会設置期間について

得られた外部研究助成の期間が、H27～28の2年間であることを鑑み、完了時期を合わせて、委員会の設置期間を1年間延長してH29年3月までとすることを提案する。

---

以上

# DEcoF専門委員会の概要

## 【活動目的】

- 生産性と環境影響の両面を考慮した各製造工程のより詳細な事前評価のためのソフトウェアツール：デジタルエコファクトリーの構築を目指す。
- 本ツールをクラウドサービスなどを通してSaaS (Software as a Service)として配信することで、少ないICT投資で広く一般の製造業において利用可能なグリーンプロダクションのための生産支援環境を提供する。
- 具体的には、ユーザが定義した仮想製造ライン上で、生産性と消費エネルギーについてシミュレーションすることで、様々な観点からの事前検討を可能とする。また、実証実験により、デジタルエコファクトリーの実現手法についても検討する。

## 【委員会構成】

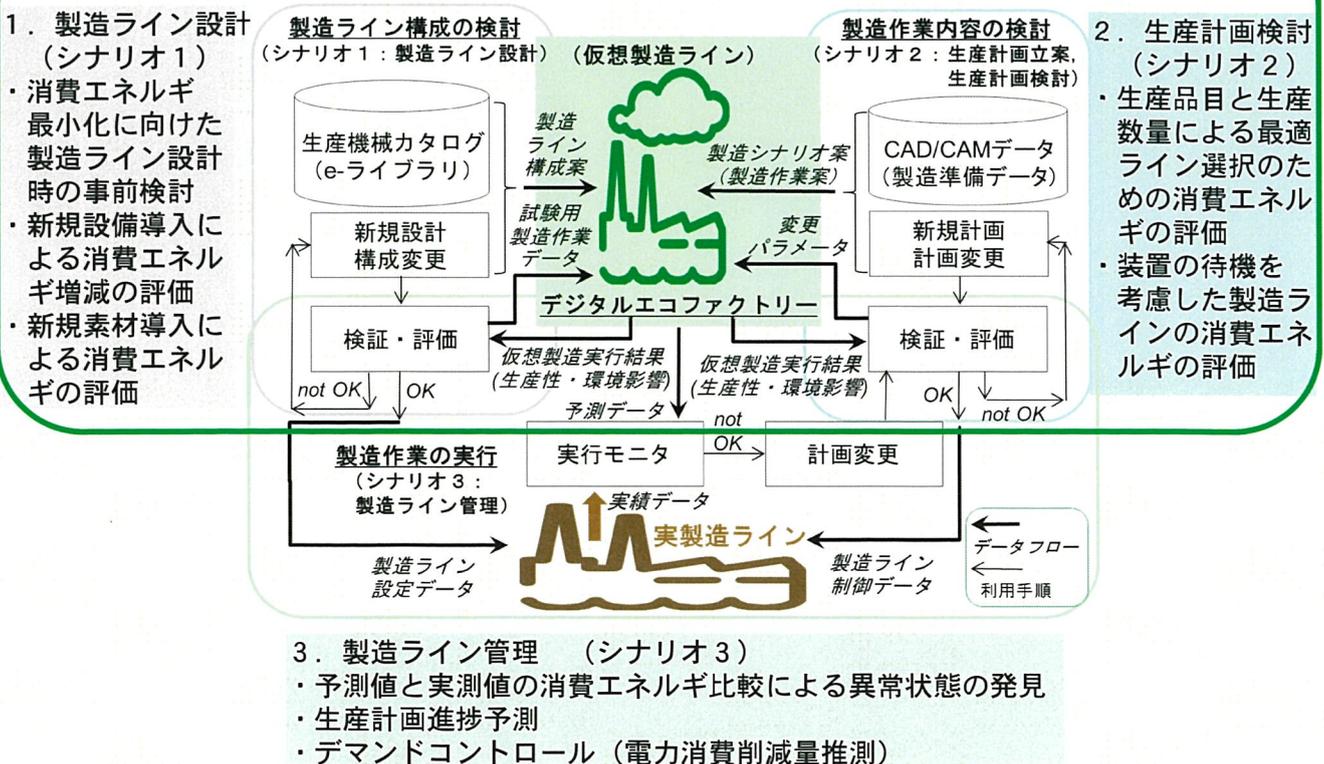
- WG1 (DEcoFアイデアルGr) : デジタルエコファクトリーの理想形追求
- WG2 (実証実験Gr) : ケーススタディを設定しての実証実験

## 【連携・協力】

- ISO16400提案準備委員会 (平成27年度政府戦略分野に係る国際標準化活動「動的製造装置モデルを利用した製造シナリオの生産性と環境影響のデジタル検証に関する国際標準化」2年予定) との連携
- 公益財団法人JKA 研究助成：「製造シミュレーションのための装置の電子カタログ開発補助事業」との共同：研究助成 2,982,000円 (2年間)

## 3つの主なデジタルエコファクトリーの利用シナリオ図

### プリント基板ユニット製造ラインを例題とした実証実験(H27年度)の対象



(H26年度作成)

## DEcoF専門委員会の活動内容

### 【デジタルエコファクトリーを利用した製造活動】（H26年度活動）

ユーザインターフェースを介して工場の構成要素である工作機械、ロボット、搬送機などを定義すると、それらはそれぞれソフトウェアエージェントとしてコンピュータ内にモデル化され、マルチエージェントシステムとして仮想製造ラインがデジタルファクトリー内に構成される。また、ユーザは、生産プランニングシステムやスケジューラなどを利用して、製造対象製品の生産計画を用意する。この計画案に対して、デジタルエコファクトリー上で仮想生産（シミュレーション）を実行し、インターフェースを通して、製品ビュー、装置ビュー、製造ラインビュー、工場ビューで、生産性ととも消費エネルギーについての予測値を得て、製造ライン構成や生産計画について事前検討が可能となる（デジタルエコファクトリーの利用シナリオ図参照）。

### 【今後の活動予定項目】

- 仮想製造ライン構築用インターフェースの検討
- 生産装置テンプレートライブラリ（生産機械カタログe-ライブラリ）の検討
- 製品情報、生産スケジュールなどの入力インターフェースの検討
- シミュレーション結果の出力インターフェースの検討
- デジタルエコファクトリー機能と構成、実装法についての検討
- プリント基板製造ラインを対象とした実証実験
- 実製造ラインとのコミュニケーションによる連携法の検討

### 3. 3 平成27年度デジタルエコファクトリー専門委員会活動報告

MSTC FAオープン推進協議会

## デジタルエコファクトリー（DEcoF）専門委員会 活動報告

平成28年6月26日

### 【H27年度の活動概要】

#### 1. 委員会設置の経緯

本委員会は、H22～H23年度にMSTC アイデアファクトリー事業で実施された「テーマ6：グリーンプロダクション基盤としてのデジタルエコファクトリー構築のための調査研究」での成果を引き継いでH24年度に研究会として活動を開始し、H25年度半ばに専門委員会に昇格、設置された。委員会内に、デジタルエコファクトリーの理想形を追求するWG1（DEcoF アイデア Gr）とデジタルエコファクトリーの実装技術について対象を限定して検討するWG2（実証実験 Gr）を設置し、合同で活動している。主に機械製品を対象として、生産性と環境影響の両面を考慮した各製造工程のより詳細な事前評価のためのソフトウェアツール：デジタルエコファクトリーの構築を目指している。生産性も意識した上でのもっとも環境負荷の少ないやり方での、ものづくりシナリオとそれを実現する製造システムの構成を支援する。デジタルエコファクトリーをツールとしてクラウドサービスなどを通して配信することで、少ないICT投資で広く一般の製造業において利用可能なグリーンプロダクションのための生産支援環境を提供することを目的としている。

デジタルエコファクトリーの具体的なイメージは、工場の構成要素である工作機械、ロボット、搬送機などを生産装置 e-カタログライブラリから選ぶと、それらはそれぞれソフトウェアエージェントとしてコンピュータ内にモデル化され、マルチエージェントシステムとして仮想工場：デジタルファクトリーを構成する。一方、ユーザは、設計支援ツールなどを利用して製品のプロダクトモデルとその製品の製造シナリオ（含む製造ライン構成）を用意する。この製造シナリオ案に対して、デジタルエコファクトリー上で仮想生産（シミュレーション）を実施し、製品ビュー、装置ビュー、製造ラインビュー、工場ビューで、生産性ととも消費エネルギーなどについての予測値を得て事前検討が可能となる。このようなICTによるグリーンプロダクション支援環境：デジタルエコファクトリーを構築するために必要な技術の検討を、ケーススタディなどを通じて行う。

#### 2. テーマ推進活動

H25年度にデジタルエコファクトリーに対する参加企業の希望するユースケースを収集し、これをまとめることによりデジタルエコファクトリーへの要求仕様の明確化・具体化を試みた。各企業から出されたユースケースは、大まかに3つのシナリオに分けることができ、各シナリオについて入力データ、出力として見たいデータ、計算方法など詳細について検討し、一覧表にまとめることを行なった。シナリオ1は、製造ラインの設計時に使うもの、シナリオ2は、製造計画の検討時に使うもの、シナリオ3は、製造ラインの運用管理時に使うものであった。

H26年度は、デジタルエコファクトリーに対する要求機能を、具体的なシステムとして実現するための検討に入った。対象を上述のシナリオ1と2に絞り、特に、マルチエージェント技術を用いてデジタルエコファクトリーの構成することで要求に合う機能実現が可能なことを実証するために、各社共通であるプリント基板ユニット製造ラインを例題とし、市販のマルチエージェントシミュレーションシステムである artisoc アカデミックを利用した実験を開始した。また、本格的な実証実験のための

外部研究助成への応募活動，将来の展開に必要な標準化項目の提案活動準備も行った。

平成 27 年度は，外部研究助成を得て，前年度にまとめたデジタルエコファクトリーの利用シナリオと機能要求について，プリント基板ユニット（PCA）製造ラインを対象にシステムを実装し，各委員にて利用することで実証実験を開始した。また，製造装置カタログ（e-ライブラリ）の構成を含むデジタルエコファクトリー構築用インターフェース，製造シナリオの入力法などについて検討した。

---

## 【H28 年度の活動計画(案)】

### 1. テーマの推進

今年度は，前年度に実装したプリント基板ユニット製造ラインを対象とした実験システムについて，委員会内での試用を継続する。この試用実験結果に基づいて，提案の実用性評価，生産機械カタログ（e-ライブラリ）の構成を含むデジタルエコファクトリー構築用インターフェース，製造シナリオの作成法などについて検討し，デジタルエコファクトリーの適用対象を拡張する。

### 2. 委員会構成

委員会：FAオープン推進協議会の一般会員，情報会員

企業名一覧：三菱電機(株)，(株)日立製作所，清水建設(株)，オムロン(株)，ジェイテクト、富士通(株)，  
(株)ケイ・ティー・システム，順不同

### 3. 他団体・組織との連携

H27 年度より神奈川工科大学を受け入れ窓口とし公益法人 JKA の研究助成（「製造シミュレーションのための装置の電子カタログ開発補助事業」2,982,000 円（2 年間））を得たので，共同して実証研究を遂行している。また，ユーザごとのデジタルエコファクトリーを構成するために必要となる動的振舞いも含んだ機械・装置の e-カタログライブラリの標準化について，ISO16400 提案準備委員会（平成 27 年度政府戦略分野に係る国際標準化活動 「動的製造装置モデルを利用した製造シナリオの生産性と環境影響のデジタル検証に関する国際標準化」2 年予定）に引き続き協力していく。

## 【次年度以降の計画（案）】

### 1. 基本方針

デジタルエコファクトリーの基本構成について実用性の高い形でこれまでの活動成果をまとめる。この結果に基づいて，デジタルエコファクトリーの利用について今後の展望を明らかにし，次の発展的活動につながる新たな活動を提案する。

### 2. 活動の普及

新しく得られた知見や提案については，積極的に国内外での学会発表を行なうと同時に，論文として投稿発表をしていく。機会があれば，展示会などで積極的にデモやポスター発表を行い，これにより，メーカー企業，特に，生産機械・製造装置メーカーの本委員会活動への参加を増やしたい。

### 3. 委員会設置期間について

本委員会の設置期間は H29 年 3 月までとなっている。できれば，H29 年 4 月からは新たな委員会として，これまでの活動成果をさらに発展させる形で新委員会を設置したい。

---

以上

## DEcoF専門委員会の概要

### 【活動目的】

- 生産性と環境影響の両面を考慮した各製造工程のより詳細な事前評価のためのソフトウェアツール：デジタルエコファクトリーの構築を目指す。
- 本ツールをクラウドサービスなどを通してSaaS (Software as a Service)として配信することで、少ないICT投資で広く一般の製造業において利用可能なグリーンプロダクションのための生産支援環境を提供する。
- 具体的には、ユーザが定義した仮想製造ライン上で、生産性と消費エネルギーについてシミュレーションすることで、様々な観点からの事前検討を可能とする。また、実証実験により、デジタルエコファクトリーの実現手法についても検討する。

### 【委員会構成】

WG1 (DEcoFアイデアルGr) : デジタルエコファクトリーの理想形追求

WG2 (実証実験Gr) : ケーススタディを設定しての実証実験

### 【連携・協力】

- ISO16400提案準備委員会 (平成27年度政府戦略分野に係る国際標準化活動「動的製造装置モデルを利用した製造シナリオの生産性と環境影響のデジタル検証に関する国際標準化」2年予定) との連携
- 公益財団法人JKA 研究助成 : 「製造シミュレーションのための装置の電子カタログ開発補助事業」との共同 : 研究助成 2,982,000円 (H27より2年間)

## DEcoF専門委員会の活動内容

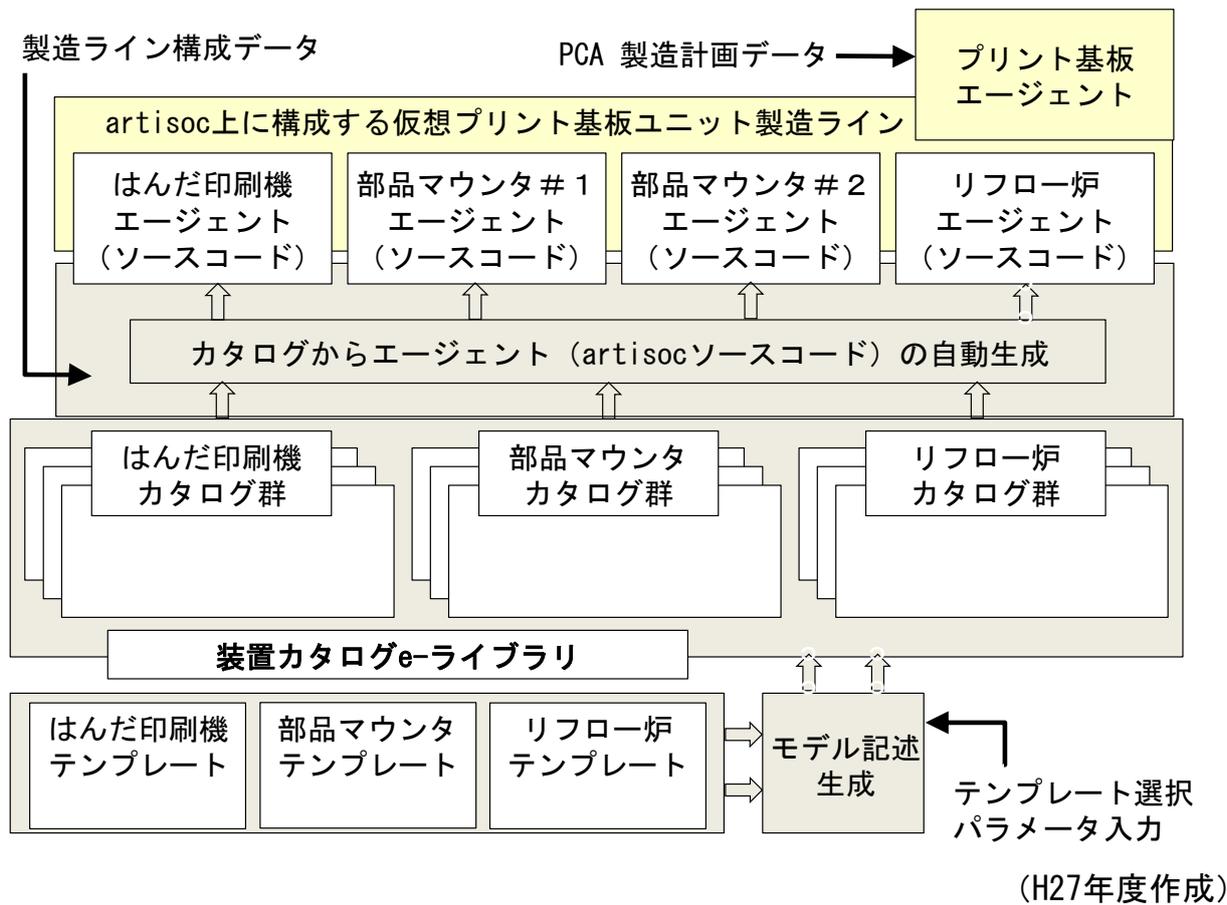
### 【試作を含んだケーススタディ (PCA製造ライン) によるデジタルエコファクトリーの構成に関する検討】 (H27年度活動)

外部研究助成を得て、前年度にまとめたデジタルエコファクトリーの利用シナリオと機能要求について、プリント基板ユニット (PCA) 製造ラインを対象にシステム (PCA製造ラインを対象とした実験システムの構成図参照) を実装し、各委員にて利用することで実証実験を開始した。実験システムは、はんだ印刷機、部品マウンタ、リフロー炉の各テンプレートから具体的なカタログを作成登録する部分と、選択したカタログからデジタルエコファクトリーをマルチエージェントシステムとして構成する部分から成り、これを利用して消費電力シミュレーションを行なった。製造装置カタログe-ライブラリの構成を含むデジタルエコファクトリー構築用インターフェース、製造シナリオの入力法などについて検討した。

### 【今後の活動予定項目】

- PCA製造ラインを対象とした実験システムの試用結果のまとめ
- 試用結果に基づいた実験システムの改良
- 実験システムを用いた消費エネルギーシミュレーションの実行結果と入出力インターフェースの検討
- 一般の生産装置への拡張と装置カタログe-ライブラリの構成検討
- 実製造ラインとのコミュニケーションによる連携法の検討
- 4年間の委員会活動のまとめと今後の展開計画

# PCA製造ラインを対象とした実験システムの構成



### 3. 4 平成28年度デジタルエコファクトリー専門委員会活動報告

MSTC FAオープン推進協議会

## デジタルエコファクトリー (DEcoF) 専門委員会 活動報告

平成29年3月24日

### 【H28年度の活動概要】

#### 1. 委員会設置の経緯

本委員会は、H22～H23年度にMSTC アイデアファクトリー事業で実施された「テーマ6：グリーンプロダクション基盤としてのデジタルエコファクトリー構築のための調査研究」での成果を引き継いでH24年度に研究会として活動を開始し、H25年度半ばに専門委員会に昇格、設置された。委員会内に、デジタルエコファクトリーの理想形を追求するWG1 (DEcoF アイデア Gr) とデジタルエコファクトリーの実装技術について対象を限定して検討するWG2 (実証実験 Gr) を設置し、合同で活動している。主に機械製品を対象として、生産性と環境影響の両面を考慮した各製造工程のより詳細な事前評価のためのソフトウェアツール：デジタルエコファクトリーの構築を目指している。生産性も意識した上でのもっとも環境負荷の少ないやり方での、ものづくりシナリオとそれを実現する製造システムの構成を支援する。デジタルエコファクトリーをツールとしてクラウドサービスなどを通して配信することで、少ないICT投資で広く一般の製造業において利用可能なグリーンプロダクションのための生産支援環境を提供することを目的としている。

デジタルエコファクトリーの具体的なイメージは、工場の構成要素である工作機械、ロボット、搬送機などを生産装置 e-カタログライブラリから選ぶと、それらはそれぞれソフトウェアエージェントとしてコンピュータ内にモデル化され、マルチエージェントシステムとして仮想工場：デジタルファクトリーを構成する。一方、ユーザは、設計支援ツールなどを利用して製品のプロダクトモデルとその製品の製造シナリオ (含む製造ライン構成) を用意する。この製造シナリオ案に対して、デジタルエコファクトリー上で仮想生産 (シミュレーション) を実施し、製品ビュー、装置ビュー、製造ラインビュー、工場ビューで、生産性ととも消費エネルギーなどについての予測値を得て事前検討が可能となる。このようなICTによるグリーンプロダクション支援環境：デジタルエコファクトリーを構築するために必要な技術の検討を、ケーススタディなどを通じて行う。

#### 2. テーマ推進活動

H25年度にデジタルエコファクトリーに対する参加企業の希望するユースケースを収集し、これをまとめることによりデジタルエコファクトリーへの要求仕様の明確化・具体化を試みた。各企業から出されたユースケースは、大まかに3つのシナリオに分けることができ、各シナリオについて入力データ、出力として見たいデータ、計算方法など詳細について検討し、一覧表にまとめることを行なった。シナリオ1は、製造ラインの設計時に使うもの、シナリオ2は、製造計画の検討時に使うもの、シナリオ3は、製造ラインの運用管理時に使うものであった。

H26年度は、デジタルエコファクトリーに対する要求機能を、具体的なシステムとして実現するための検討に入った。対象を上述のシナリオ1と2に絞り、特に、マルチエージェント技術を用いてデジタルエコファクトリーの構成することで要求に合う機能実現が可能なことを実証するために、各社共通であるプリント基板ユニット製造ラインを例題とし、市販のマルチエージェントシミュレーションシステムである artisoc アカデミックを利用した実験を開始した。また、本格的な実証実験のための

外部研究助成への応募活動，将来の展開に必要な標準化項目の提案活動準備も行った。

H27年度は，外部研究助成を得て，前年度にまとめたデジタルエコファクトリーの利用シナリオと機能要求について，プリント基板ユニット（PCA）製造ラインを対象にシステムを実装し，各委員にて利用することで実証実験を開始した。また，製造装置カタログ（e-ライブラリ）の構成を含むデジタルエコファクトリー構築用インターフェース，製造シナリオの入力法などについて検討した。

H28年度は，前年度に実装したプリント基板ユニット製造ラインを対象とした実験システムについて，委員会内での試用を継続した。この試用実験結果に基づいて，提案の実用性評価，生産機械カタログ（e-ライブラリ）の構成を含むデジタルエコファクトリー構築用インターフェース，製造シナリオの作成法などについて検討した。新たにバッファ装置を導入しこれに伴う実験システムの改良を行った。これにより，プリント基板ユニット向けに試作したデジタルエコファクトリーの出力精度が上がり，実用性が確認された。この結果を受けて，デジタルエコファクトリーの適用対象を拡張するための検討を行い，さらなる活用の可能性を見た。

---

## 【今後の計画(案)】

### 1. 基本方針

デジタルエコファクトリー専門委員会のこれまでの活動成果に基づいて，デジタルエコファクトリーの利用について今後の展望を明らかにし，次の発展的活動につなげるために，新たな専門委員会の設置を提案する。

### 2. 活動の普及

新しく得られた知見や提案については，積極的に国内外での学会発表を行なうと同時に，論文として投稿発表をしていく。機会があれば，展示会などで積極的にデモやポスター発表を行い，これにより，メーカー企業，特に，生産機械・製造装置メーカーの本活動への参加を増やしたい。

### 3. 他団体・組織との連携

ユーザごとのデジタルエコファクトリーを構成するために必要となる動的振舞いも含んだ機械・装置のe-カタログライブラリの標準化について，ISO16400を担当するISO/TC 184/SC 5/WG 国内対策委員会と引き続き協力していく。

---

以上

## DEcoF専門委員会の概要

### 【活動目的】

- 生産性と環境影響の両面を考慮した各製造工程のより詳細な事前評価のためのソフトウェアツール：デジタルエコファクトリーの構築を目指す。
- 本ツールをクラウドサービスなどを通してSaaS (Software as a Service)として配信することで、少ないICT投資で広く一般の製造業において利用可能なグリーンプロダクションのための生産支援環境を提供する。
- 具体的には、ユーザが定義した仮想製造ライン上で、生産性と消費エネルギーについてシミュレーションすることで、様々な観点からの事前検討を可能とする。また、実証実験により、デジタルエコファクトリーの実現手法についても検討する。

### 【委員会構成】

WG1 (DEcoFアイデアルGr) : デジタルエコファクトリーの理想形追求

WG2 (実証実験Gr) : ケーススタディを設定しての実証実験

### 【連携・協力】

- ISO16400提案準備委員会 (平成27・28年度政府戦略分野に係る国際標準化活動「動的製造装置モデルを利用した製造シナリオの生産性と環境影響のデジタル検証に関する国際標準化」との連携)
- 公益財団法人JKA 研究助成 : 「製造シミュレーションのための装置の電子カタログ開発補助事業」との共同 : 研究助成 2,982,000円 (H27より2年間)

## DEcoF専門委員会の活動内容

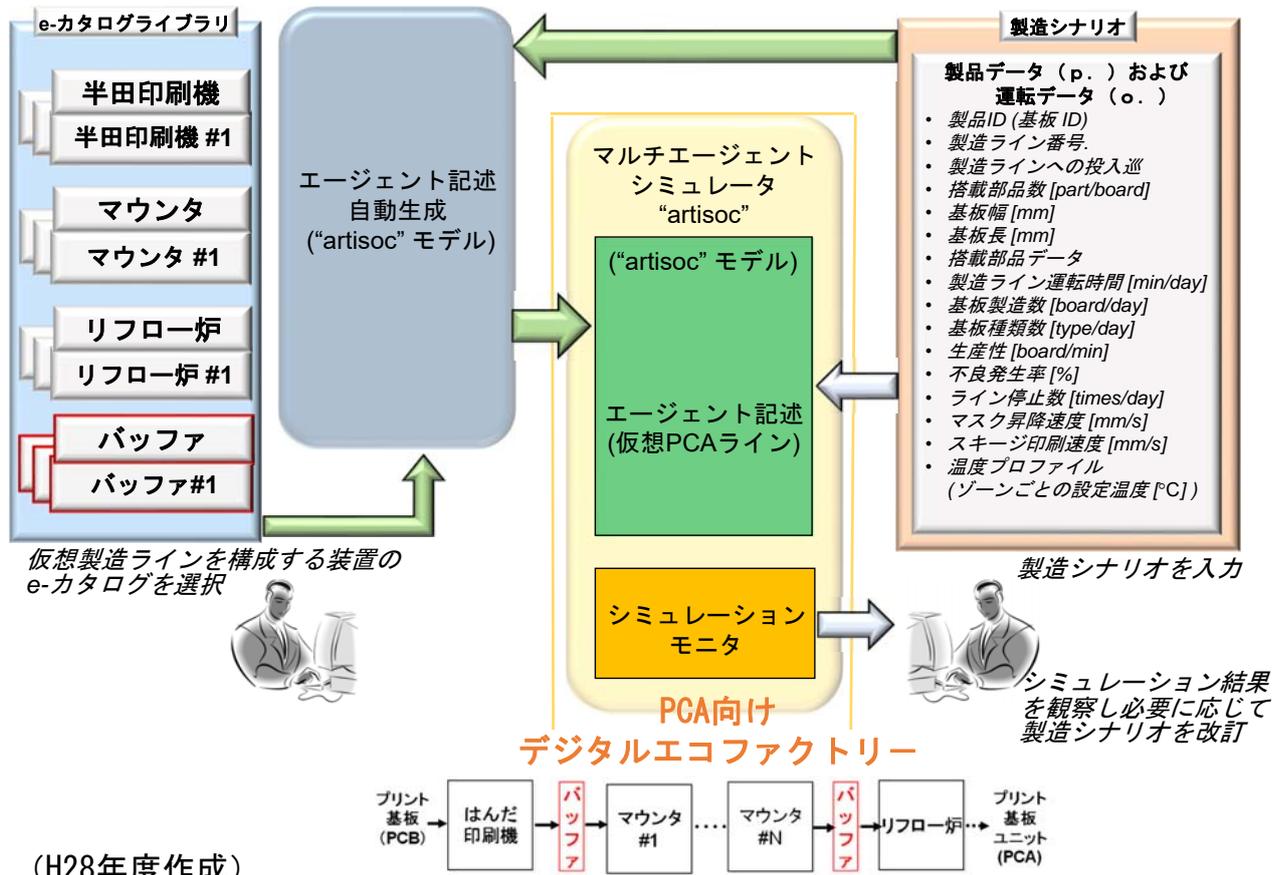
【試作システム (プリント基板ユニット製造向けデジタルエコファクトリー) の試用実験結果に基づく改良と適用範囲拡大検討】 (H28年度活動)

前年度に実装したプリント基板ユニット (PCA) 製造ラインを対象とした実験システムについて、委員会内での試用を継続した。この試用実験結果に基づいて、提案の実用性評価、生産機械カタログ (e-ライブラリ) の構成を含むデジタルエコファクトリー構築用インターフェース、製造シナリオの作成法などについて検討した。新たにバッファ装置を導入しこれに伴う実験システムの改良を行った (バッファを含むPCA製造ラインを対象とした実験システムの構成図参照)。これにより、プリント基板ユニット向けに試作したデジタルエコファクトリーの出力精度が上がり、実用性が確認された。この結果を受けて、デジタルエコファクトリーの適用対象を拡張するための検討を行い、さらなる活用の可能性を見た。

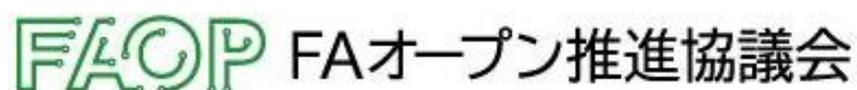
### 【今後の計画】

- 専門委員会のこれまでの活動成果に基づいて、デジタルエコファクトリーの利用について今後の展望を明らかにし、次の発展的活動につなげるために、新たな専門委員会の設置を提案する。
- 製造ライン設計時の利用 (例えば、消費エネルギー最小化に向けた製造ライン設計時の事前検討、新規設備導入による消費エネルギー増減の評価など) や生産計画検討時の利用 (例えば、生産品目と生産数量による最適ライン選択のための消費エネルギーの評価、装置の待機を考慮した製造ラインの消費エネルギーの評価に加えて、新たに製造実行時の製造ライン管理への利用も検討する。

# バッファを含むPCA製造ラインを対象とした実験システムの構成







-グリーンプロダクションのための  
環境情報プラットフォーム-

# デジタルエコファクトリー (DEcoF)専門委員会発表 セミナー

2017年10月26日

FAオープン推進協議会(FAOP)

日時： 平成29年10月26日（木） 14:30～16:30（受付14:00～）

場所： 東京国際フォーラム（ガラス棟 7階 G701）

（東京都千代田区丸の内芝公園3-5-1）

主催： FAオープン推進協議会（FAOP）

プログラム：

司会 FAオープン推進協議会

時刻	演題	講演者
14:30	開会あいさつ	藤井 進氏 神戸大学名誉教授
14:35	「デジタルエコファクトリーと今後の製造業のあり方について」	木村 文彦氏 東京大学名誉教授
15:05	「デジタルエコファクトリー専門委員会の活動概要」	DECOF専門委員会委員長 神奈川工科大学教授 松田 三知子氏
15:25	「デジタルエコファクトリーの試作」	近藤 知明氏 株式会社ケー・ティー・システム
15:45	「生産設備の電力可視化・削減に向けた取り組み」	濱中 純氏 株式会社日立製作所
16:00	「製造設備の消費電力データによる生産工場の稼働管理システム」	川井 若浩氏 オムロン株式会社
16:15	「生産工場における消費電力削減の取り組みとDECOFへの期待」	北嶋 雅之氏 富士通株式会社
終了	16:30	

# デジタルエコファクトリーと今後の製造業 のあり方について

木村 文彦

東京大学名誉教授



---

デジタルエコファクトリー(DEcoF)専門委員会  
2017.10.26 東京

# デジタルエコファクトリーと 今後の製造業のあり方について

東京大学名誉教授  
木村文彦

---

2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 1

## 目次

---

- はじめに
- 情報通信技術による設計生産の革新
- デジタルエコファクトリー
- おわりに

---

2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 2

- **はじめに**
- 情報通信技術による設計生産の革新
- デジタルエコファクトリー
- おわりに

## 顕在化する長期的な社会課題： ～ 2050

---

- **地球環境問題**
  - エネルギー・資源の枯渇
  - 温暖化
  - 環境汚染
  - ゼロエミッション
  - クリーンエネルギー
  - 循環型経済
- **人口問題**
  - 人口減少、高齢化
  - 人口増加: Base市場の膨張
  - 「自動化」
  - 「効率化」、「サービス化」
- **社会・経済活動の停滞**
  - 既存産業の停滞・衰退
  - 産業構造の転換
  - 新サービスの創出

**製造技術の革新が必須: 競争から協調へ**

## 革新的設計生産技術

---

- 要素技術の高度化
  - シンセシスとしての設計工学、モデルベース技術
- システム技術
  - 大規模・複雑システムの構成技術
- 他学術領域との連携・融合
  - 社会インフラとの連携
- 製造者・利用者連携
  - 「人」を含むシステムの構成技術
- CPS (Cyber Physical System)

構成型工学の  
必要性・重要性



ICT基盤がKey Enabler

2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 5

## 目次

---

- はじめに
- 情報通信技術による設計生産の革新
- デジタルエコファクトリー
- 事例
- おわりに

2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 6

## 情報技術による設計生産の発展

---

- 設計生産技術のデジタル化
  - CAD/CAM, PLM
- 自動化技術の進展
  - MES、PLC、NC、ロボット、センサーネットワーク
- ソフトウェア環境との融合
  - ERP、SCM
- 生産者と消費者の繋がり
  - ライフサイクルビジネス



ICT基盤の発展・普及

- 製造業の革新
  - 設計生産活動が社会に組み込まれる
  - 社会構造、産業構造の変化

2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 7

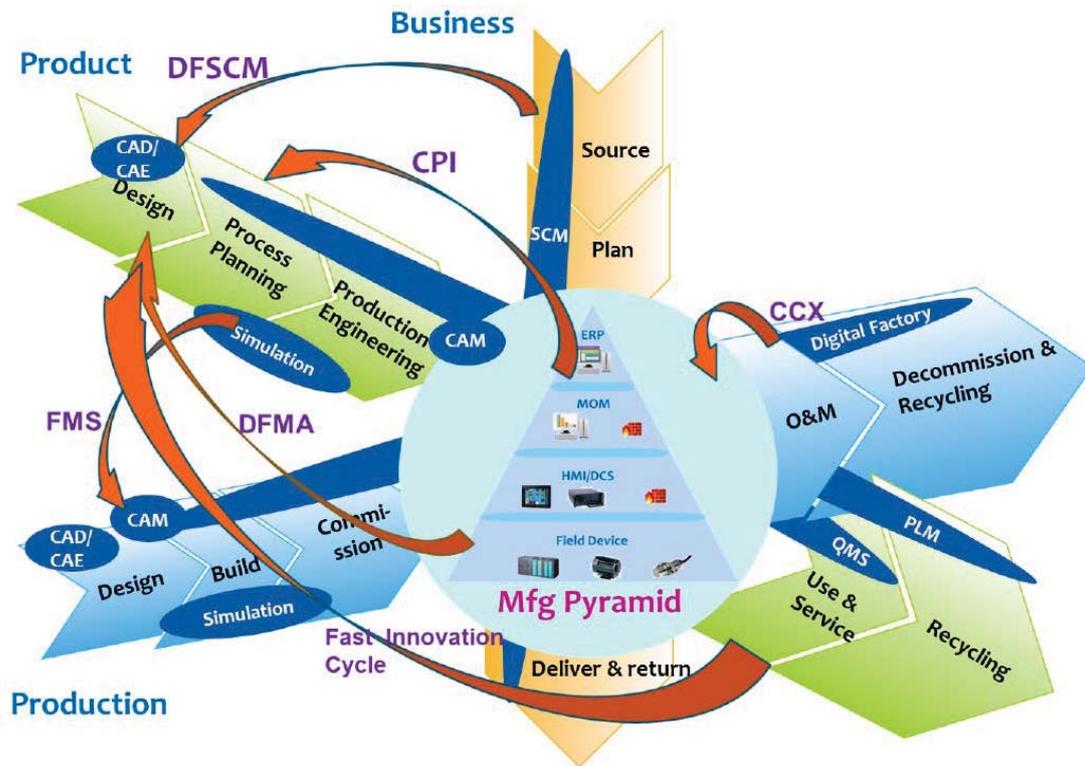
## 情報技術による設計生産の革新

---

- 設計生産活動の「スマート」化
- 「すり合わせ」⇒「原理原則」
- デジタル技術による支援環境
- Industrie4.0, Smart Manufacturing, CPS, etc.
- 製品・製造ライフサイクルを通じたモデリング
  - Digital Twin, Digital Shadow
  - デジタルファクトリー、デジタルエコファクトリー

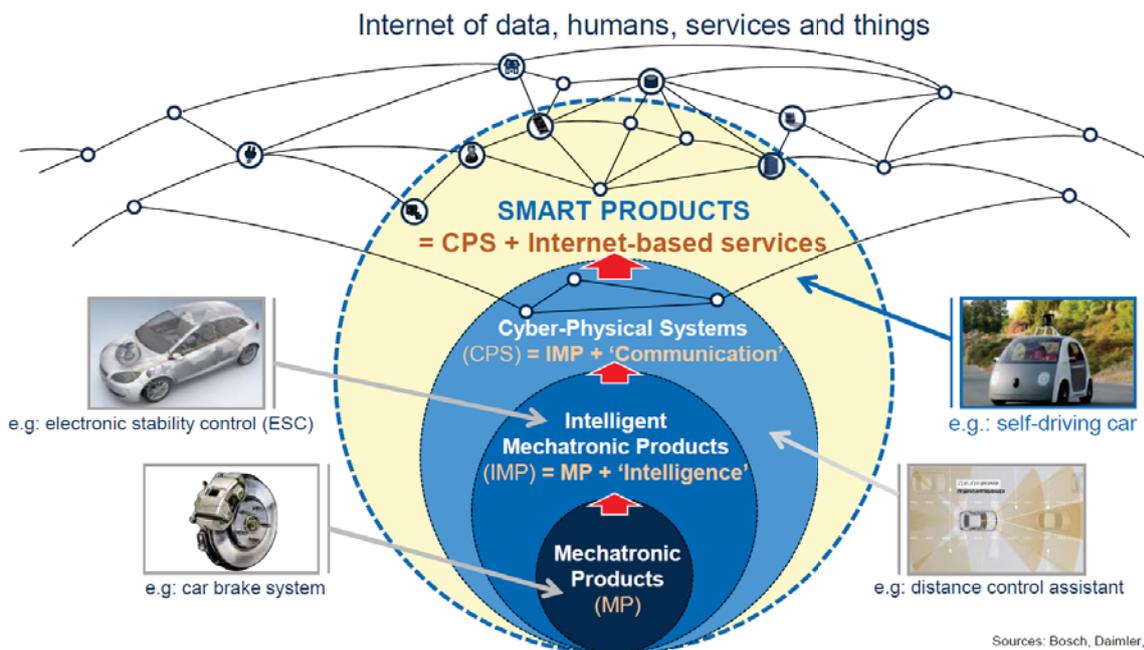
2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 8

# Smart Manufacturing Standards Landscape NISTIR 2016



2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 9

## Smart Product and Services



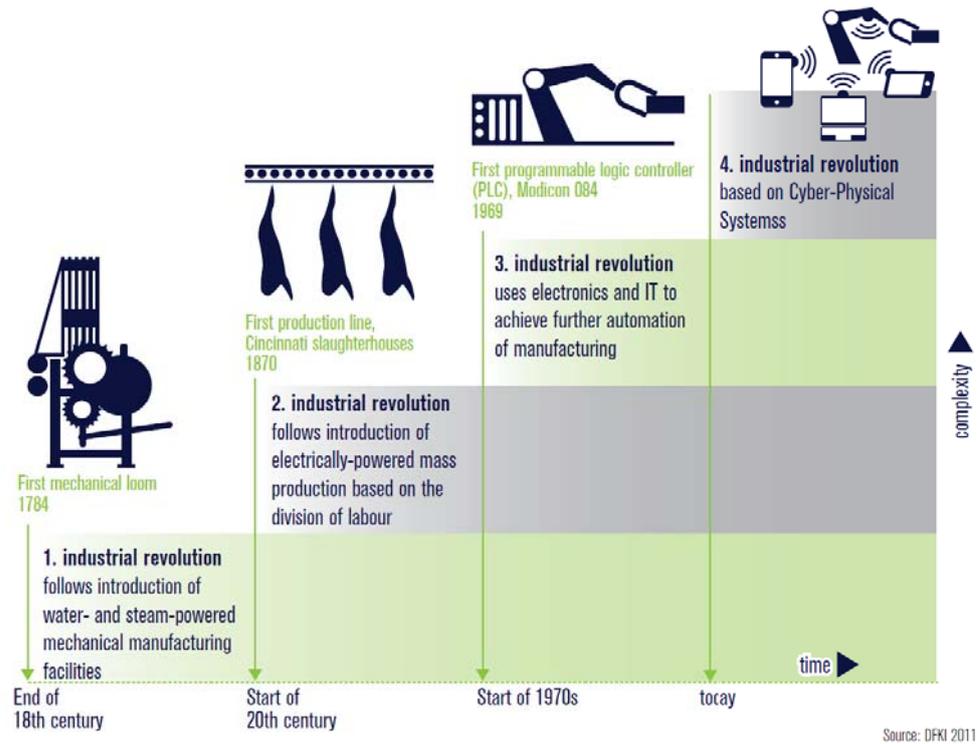
**'SMART PRODUCTS are Cyber Physical Systems integrating Internet-based Services'**

(M.Abramovici, Ruhr University Bochum, 2015)

2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 10

# Industrie 4.0: Acatech, Germany, April, 2013

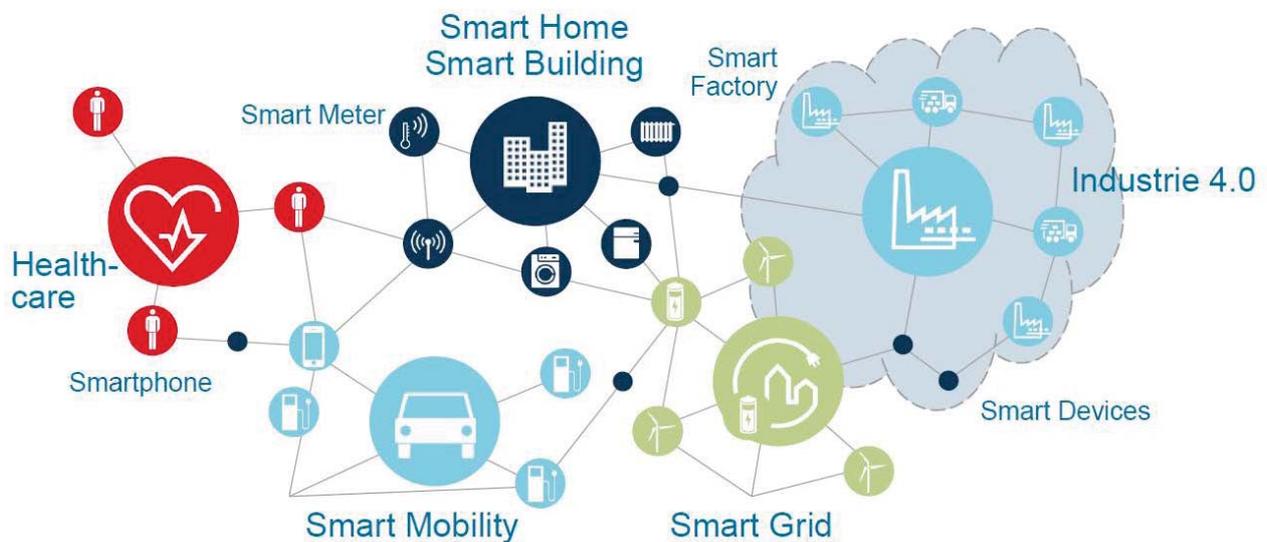
Figure 1:  
The four stages of  
the Industrial Revolution



2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 11

## Industrie4.0

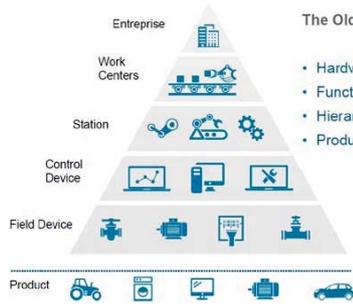
### The Internet of Things and Services



2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 12

# ものづくりのネットワーク化

## Axis 1 – Hierarchy: The Factory



### The Old World: Industrie 3.0

- Hardware-based structure
- Functions are bound to hardware
- Hierarchy-based communication
- Product is isolated



## Axis 1 – Hierarchy: The Factory

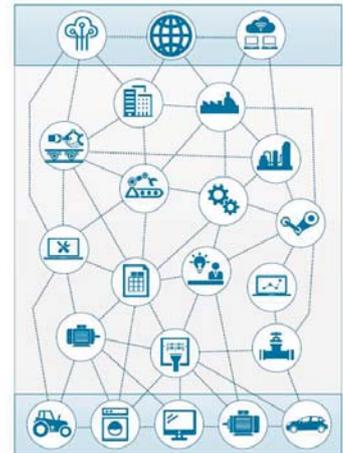
### The New World: Industrie 4.0

- Flexible systems and machines
- Functions are distributed throughout the network
- Participants interact across hierarchy levels
- Communication among all participants
- Product is part of the network

### Connected World

### Smart Factory

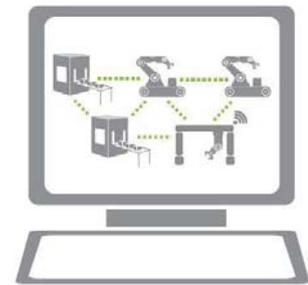
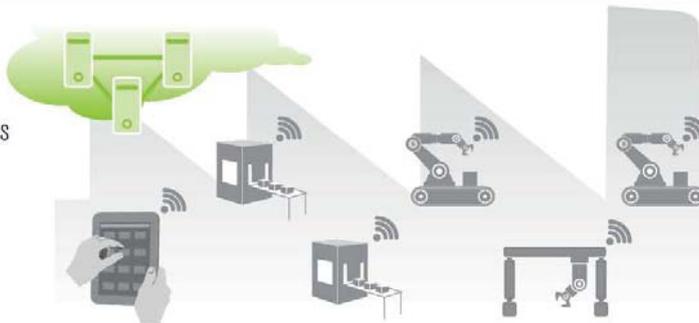
### Smart Products



2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 13

## Industrie 4.0: Acatech, Germany, April, 2013

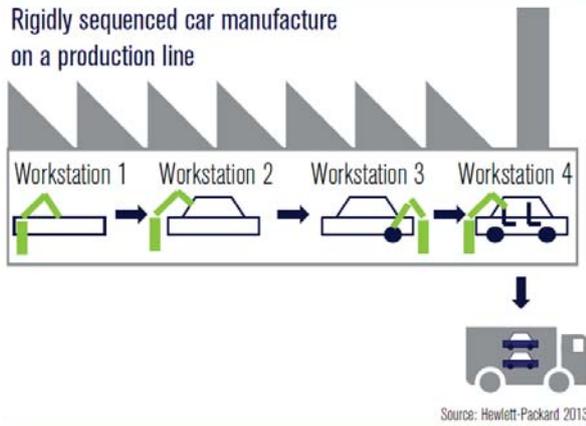
Vertical integration  
and networked  
manufacturing systems



Source: Siemens 2012

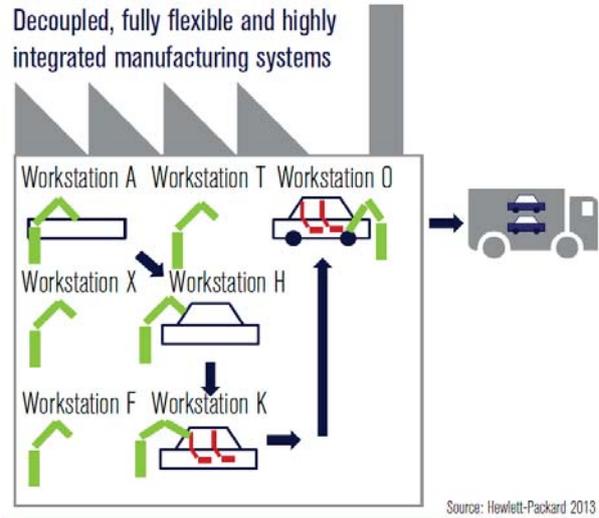
## Today

Rigidly sequenced car manufacture on a production line



## Tomorrow

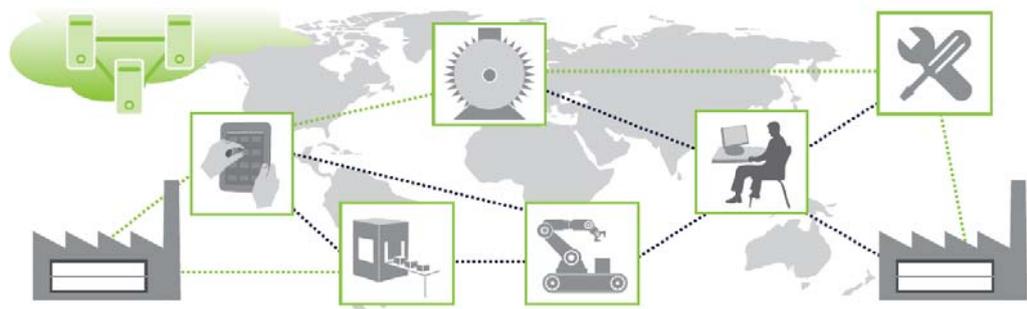
Decoupled, fully flexible and highly integrated manufacturing systems



2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 15

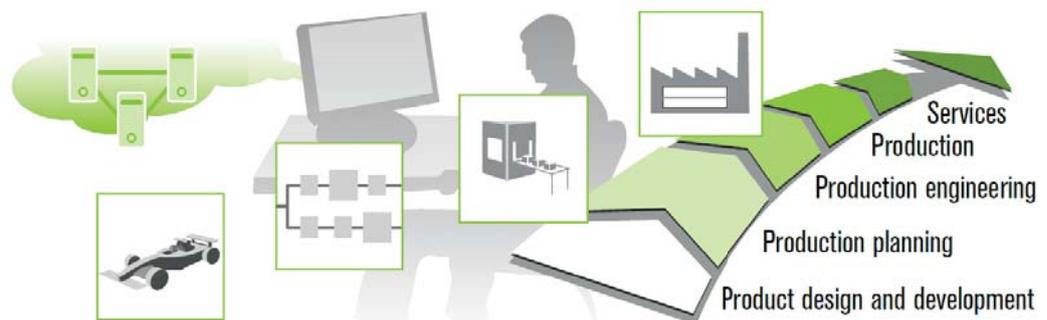
## Industrie 4.0: Acatech, Germany, April, 2013

Horizontal integration through value networks



Source: Siemens 2012

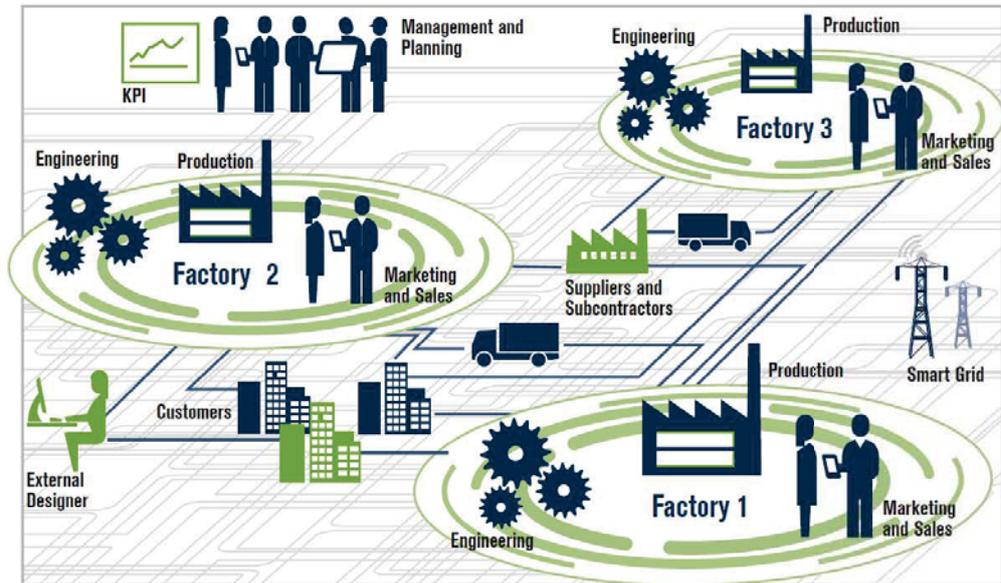
End-to-end engineering across the entire value chain



Source: Siemens 2012

2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 16

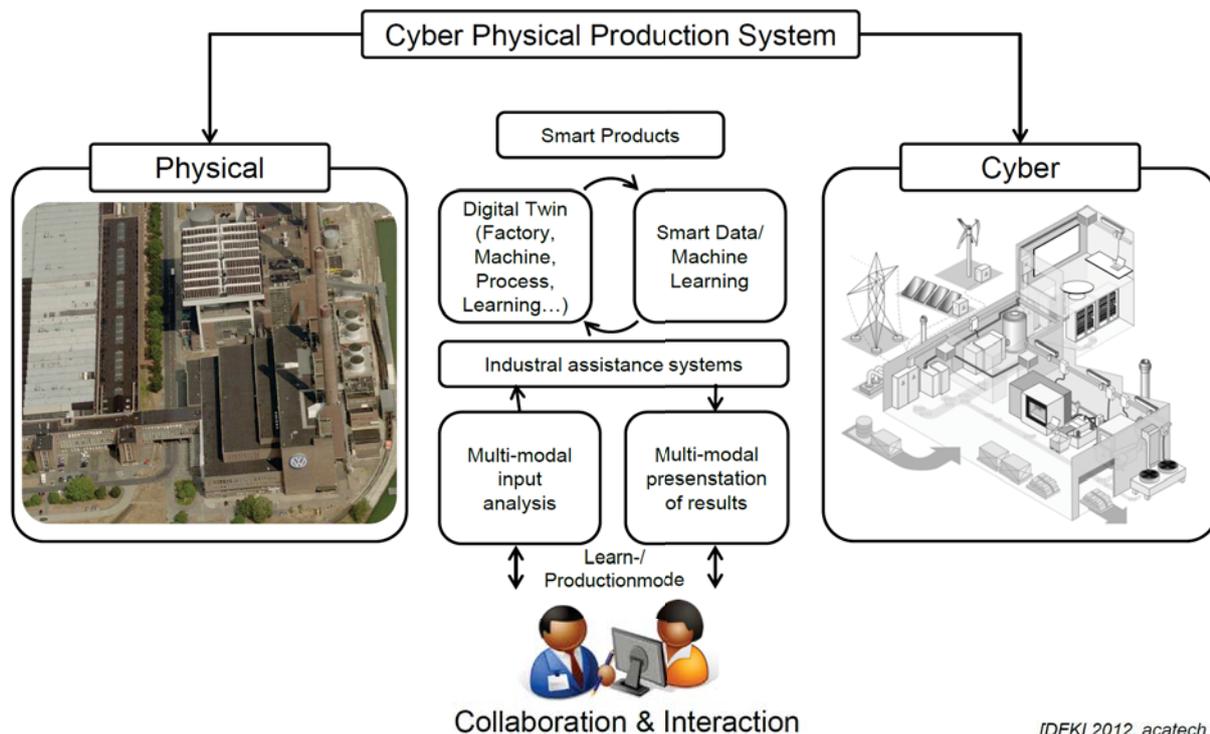
Horizontal value network



2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 17

## Cyber Physical Production System

(Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann, Technische Universität Braunschweig, Germany)



[DFKI 2012, acatech 2013]

2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 18

# ARENA2036

Active Research Environment for the Next Generation of Automobiles



Graphik: Werner Sobek Stuttgart GmbH & Co. KG



2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 1

## ARENA2036

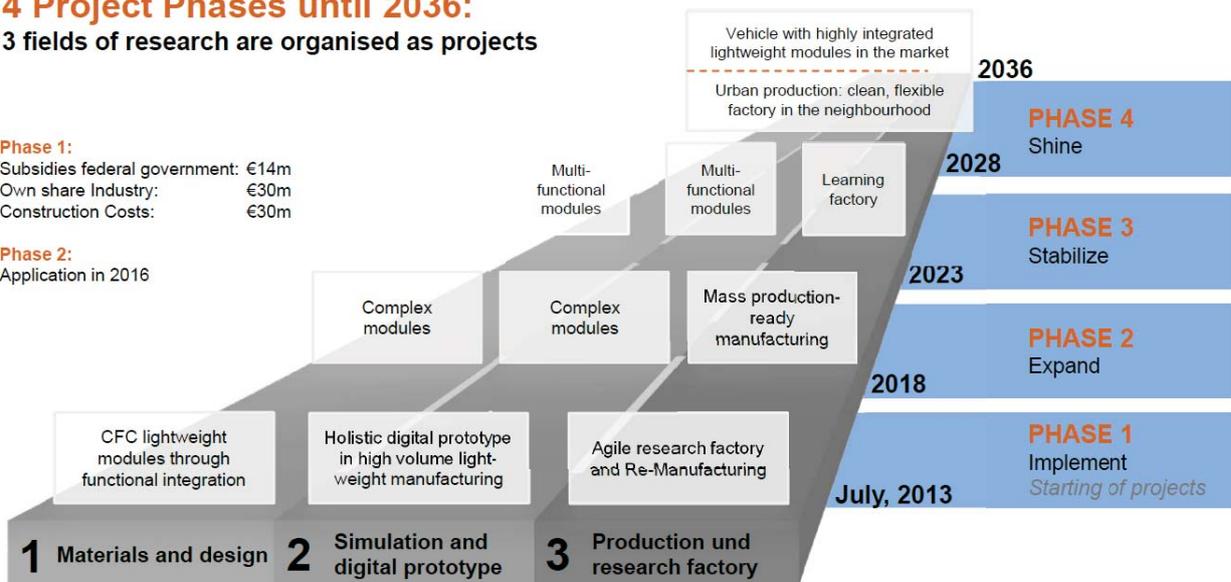
### 4 Project Phases until 2036: 3 fields of research are organised as projects

**Phase 1:**

Subsidies federal government: €14m  
Own share Industry: €30m  
Construction Costs: €30m

**Phase 2:**

Application in 2016

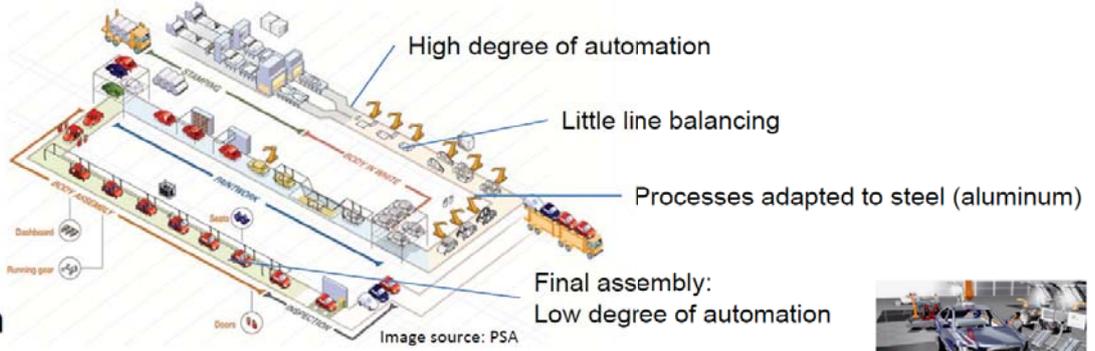


A long-term oriented research and promotion program provides high planning security for ARENA2036 partners.

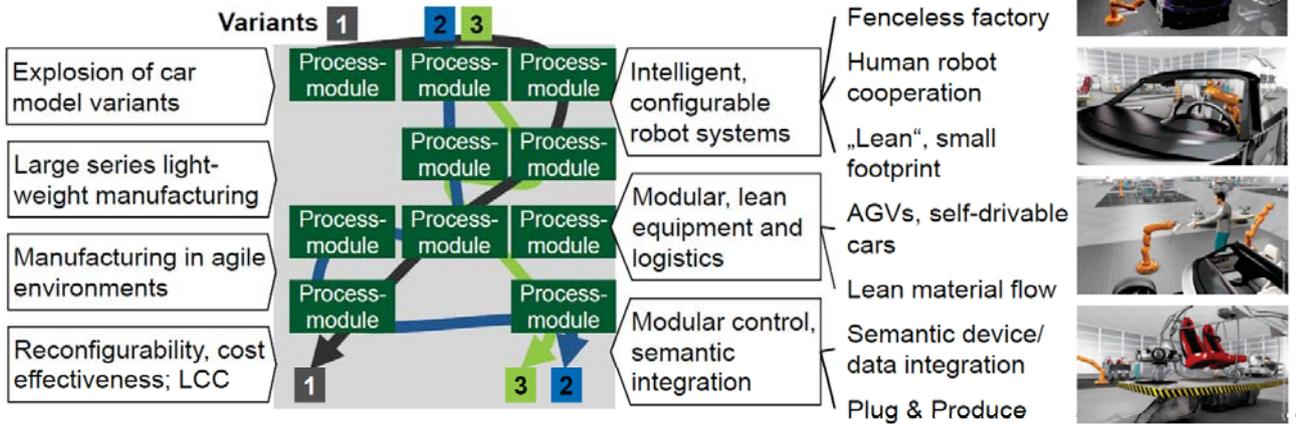
Funding will increase in Phase 2 with future partners and additional projects.

2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 2

Today

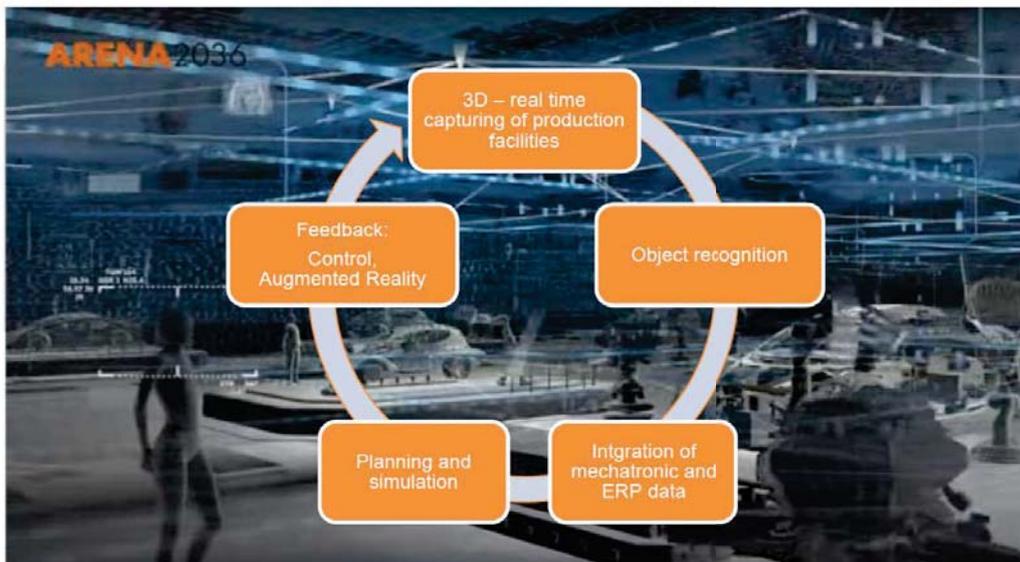


The Vision



2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 3

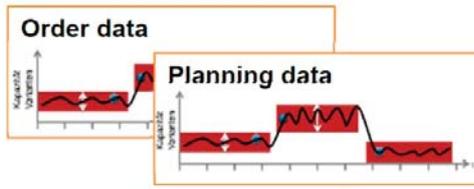
- Maintain a digital copy of the real world production which permanently up to date and integrates geometric, mechatronic and production data
- Usage of the digital shadow for forecasts on future processes



The Digital Shadow is permanently up to date, digital image of the real production that is automatically created and maintained. The Digital Shadow is the foundation for Industry 4.0 in production.

2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 4

Agile Body-In-White Production

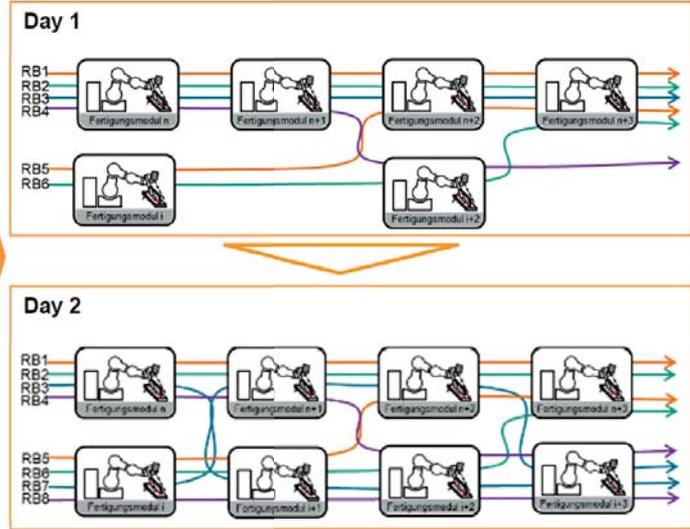


Planning-/ Control data

- Wholistic production planning methods
- Control of orders
- Determining production modules and connection of production modules Planning and Logistics

Agile production structures      Agile means of production

Agile body in white production of the future:



Today product and means of production are statically interlinked and not agile. Future body in white productions will do away with rigid linking of production and create new degrees of freedom. New planning methods will allow to use these degrees of freedom to improve productivity and agility.

2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 5

e.GO Mobile



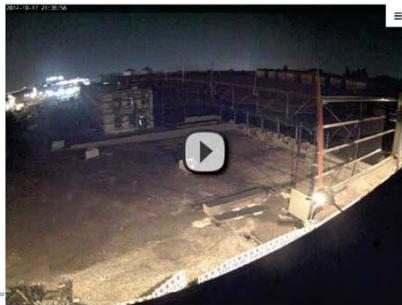
**e.GO Life**  
das Stadtauto

2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 6

## Webcam: Production site

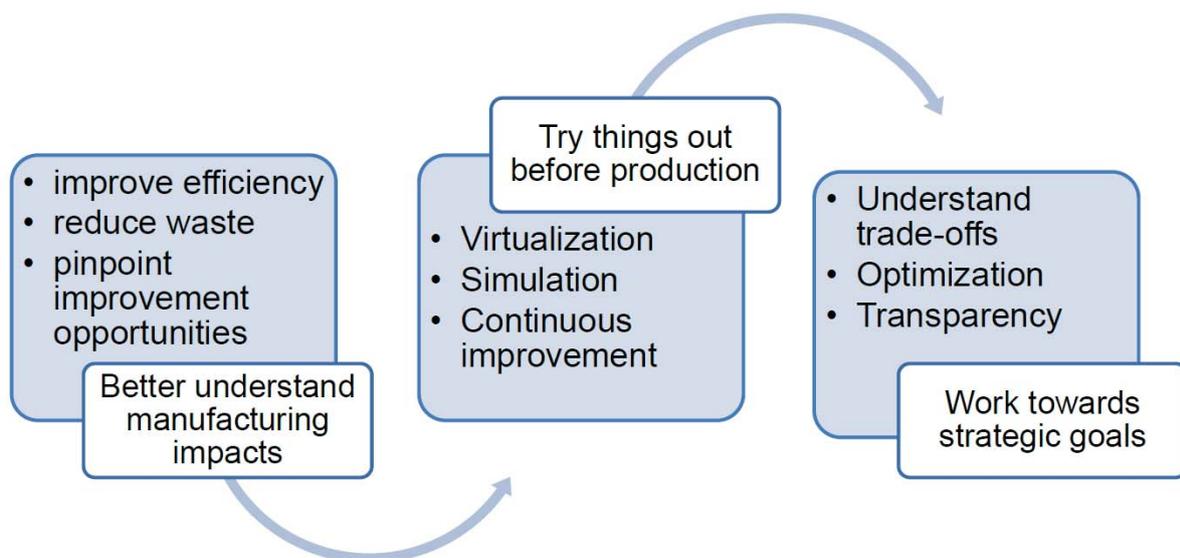
The series production of the e.GO Life will start in spring 2018 in the TRIWO Technopark, Aachen. The state of North-Rhine Westphalia provides funding for the construction of the production site under the "Regional Business Promotion" programme (RWP). Minister Duin handed over the allocation decision of approximately 2.6 million euros. The overall investment amounts to 25.7 million euros. The TRIWO AG will erect the buildings and rent them to the e.GO Mobile AG who will establish a model Industrie 4.0 factory there.

On 16,000 square meters, assembly and logistics halls as well as office space will be created in Lilienthalstraße 1, the TRIWO Technopark Aachen, which is the former Philips site. e.GO Mobile AG's production of the affordable city car e.GO Life at a price of € 15,900 (before deduction of the environmental bonus) will start in the second quarter of 2018. "We are proud to be able to start the series production of up to 10,000 vehicles per year in Aachen in spring 2018", says Professor Günther Schuh, CEO of the e.GO Mobile AG and adds: "We will create 140 new jobs."



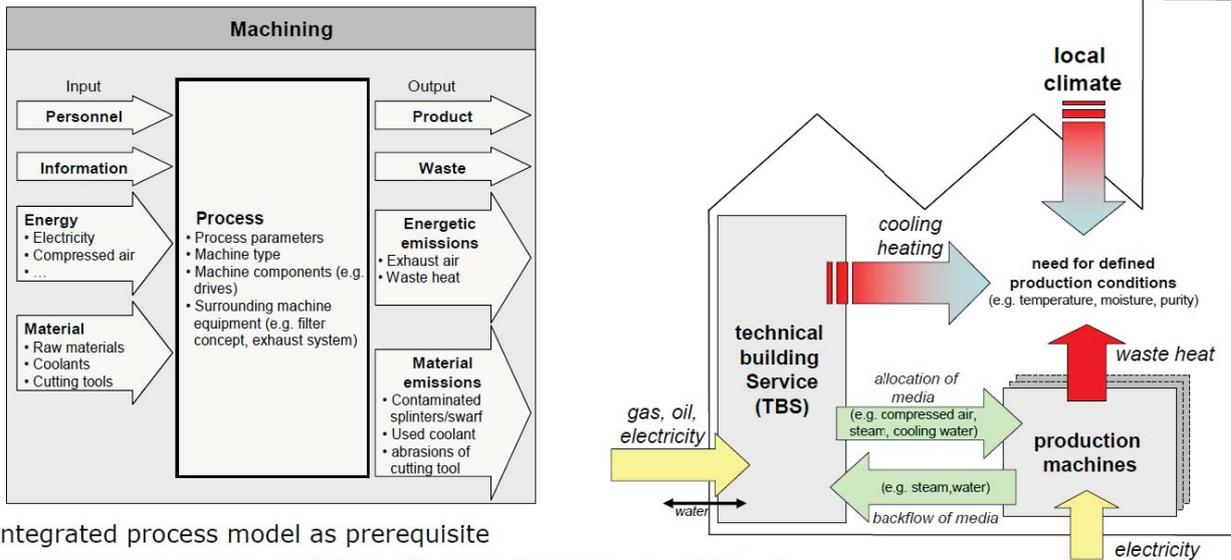
2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 7

## What's Smart Manufacturing mean for Sustainability?



- Evolution and Directions for Sustainable Manufacturing Standards (KC Morris & Bill Bernstein, NIST, USA)

2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 8



- > integrated process model as prerequisite
- > on plant level complex and dynamic control system consisting of:

> **Production System**

- > Machines and Employees as part of production systems for value creation and transport
- > Planning and Control as task of production management

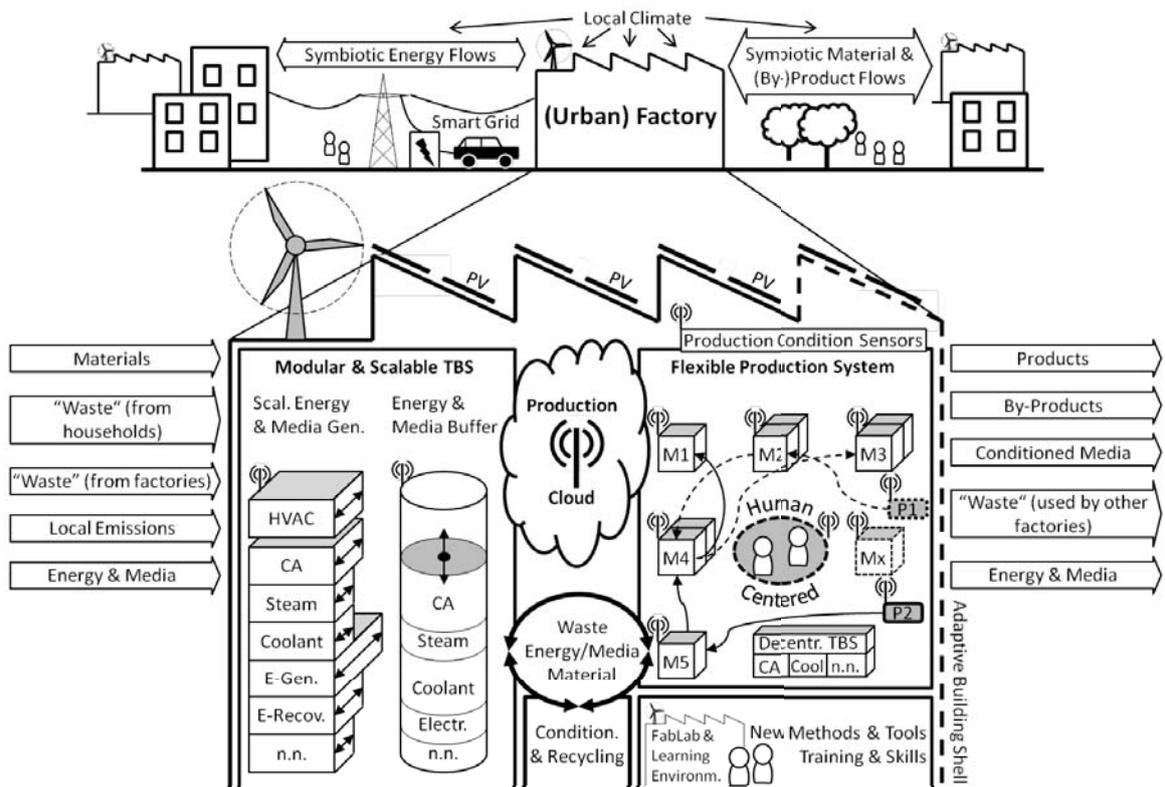
> **Technical Building Service (TBS)**

- > ensuring necessary production conditions (e.g. temperature, moisture, purity)
- > allocation of energy and necessary media for production machines

[Hesselbach, J.; Herrmann, C.; Detzer, R.; Martin, L.; Thiede, S.; Lüdemann, B., Energy Efficiency through optimized coordination of production and technical building services. In: 15th CIRP LCE, Sydney, Australia, 2008.]

## Positive Impact Factories

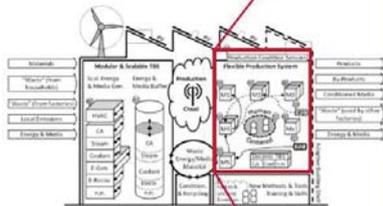
(Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann, Technische Universität Braunschweig, Germany)



# Positive Impact Factories

(Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann, Technische Universität Braunschweig, Germany)

## Energy Transparency in Production



- Identification of non-value-creating energy demand
- Effective analysis and evaluation of energy demand data
- Decision support on the shop floor
- Process best practices to reduce cost and process times while maintaining quality



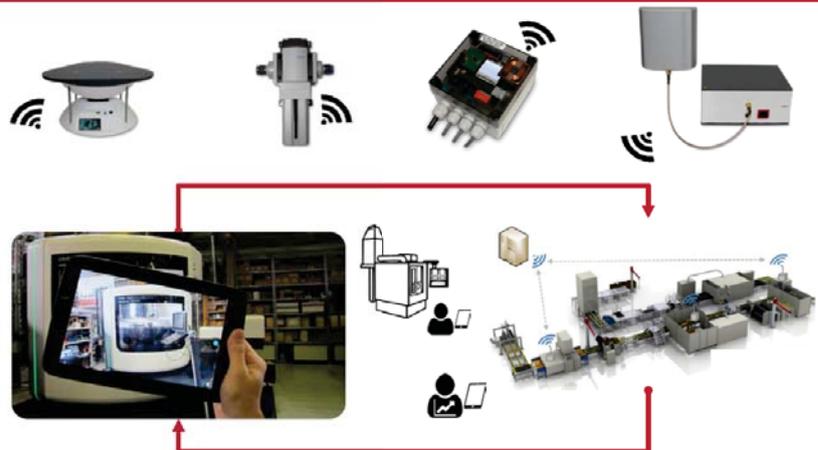
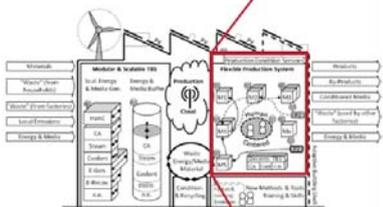
[IWF – mit uns digital, 2017]

2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 11

# Positive Impact Factories

(Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann, Technische Universität Braunschweig, Germany)

## Power Autonomous Sensor Systems



- Miniaturised power autonomous sensor systems
- No interference with the production system
- Monitoring of machine data, energy demand, environmental data
- Human-machine-interaction supporting energy management and maintenance

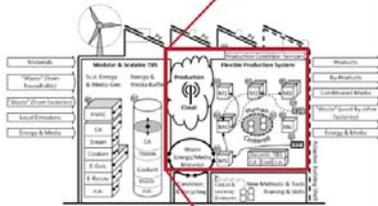
[ESIMA, 2016]

2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 12

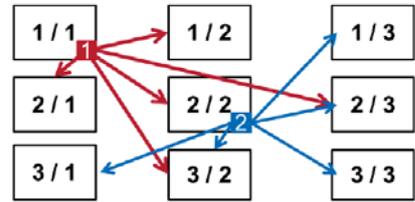
# Positive Impact Factories

(Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann, Technische Universität Braunschweig, Germany)

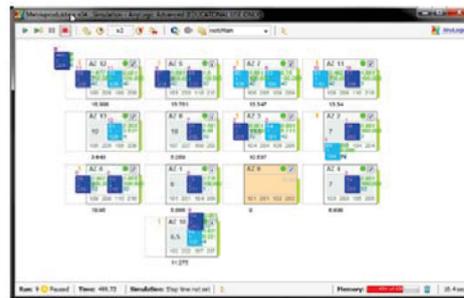
## Self-Organising Matrix Production Concept



- Agent based simulation for system planning and control
- Highly flexible - synergetic use of the matrix production systems by different products
- Cycle time independent
- Large cycle time spreads possible
- System stability by redundancy
- Products and production processes are connected and can take actions



Idea: work packages can be assembled on various work cells.



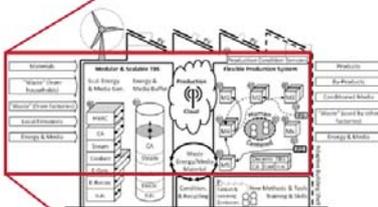
[IWF]

2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 13

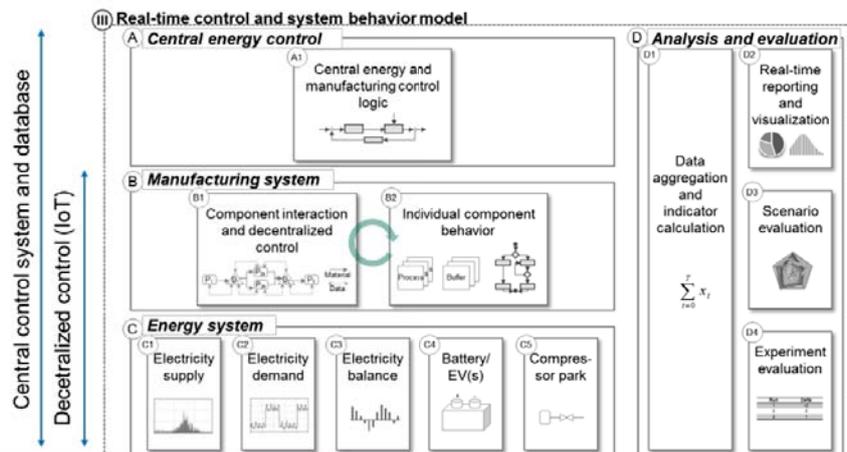
# Positive Impact Factories

(Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann, Technische Universität Braunschweig, Germany)

## Energy Flexibility in Production Systems



- Align electricity demand of a factory to supply
- All planning stages considered in holistic approach
- Goal: Real-time manufacturing control through modular system design tool with energy and material flow dynamics
- Multi-indicator evaluation



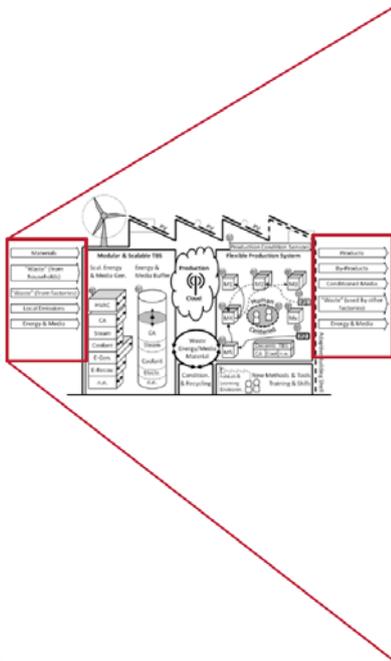
[Beier et al. 2017]

2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 14

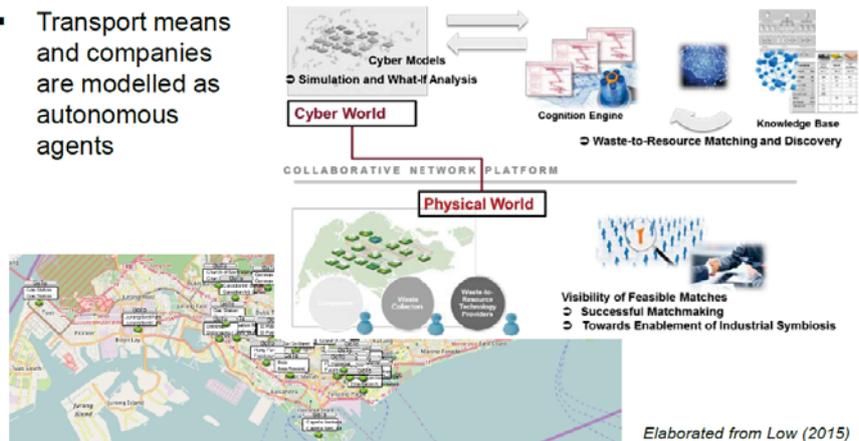
# Positive Impact Factories

(Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann, Technische Universität Braunschweig, Germany)

## Energy Flexibility in Production Systems



- Industrial symbiosis describes the utilization of output flows (waste) as resource input to other companies
- Market place system needs to dynamically connect all resource flows and decentral data input
- For the realization of the simulation data input from a high number of physically distributed entities and decentralized computing is required
- Transport means and companies are modelled as autonomous agents

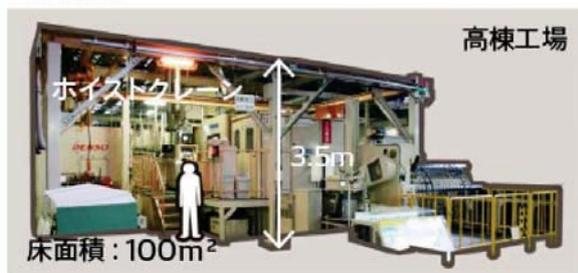


2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 15

## DENSO: Compact, Simple, Slim, Speed ➔ Smart

“ダントツ工場”  
 「自動化の追求・検査のスリム化・物流合理化・長時間稼働設備・  
 超高速ライン・無停止ライン・1/n加工機」

これまで



1回転の中で工程分割し、  
 時間差を設けて逐次加工することで  
 必要な設備荷重(動力)を大幅削減

(Denso)

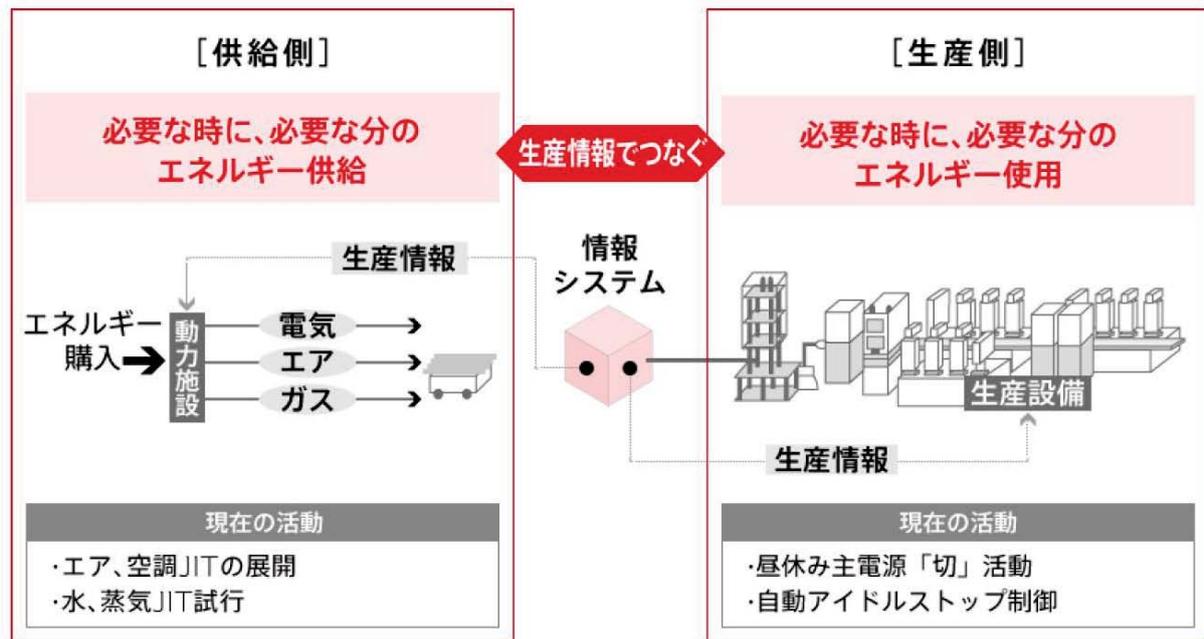
今回



設備の大きさ: 1/6、  
 CO<sub>2</sub>排出量: 1/3を実現

2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 16

# DENSO: Energy JIT



(Denso)

- はじめに
- 情報通信技術による設計生産の革新
- **デジタルエコファクトリー**
- おわりに

### 製品・製造ライフサイクルを支えるICT基盤

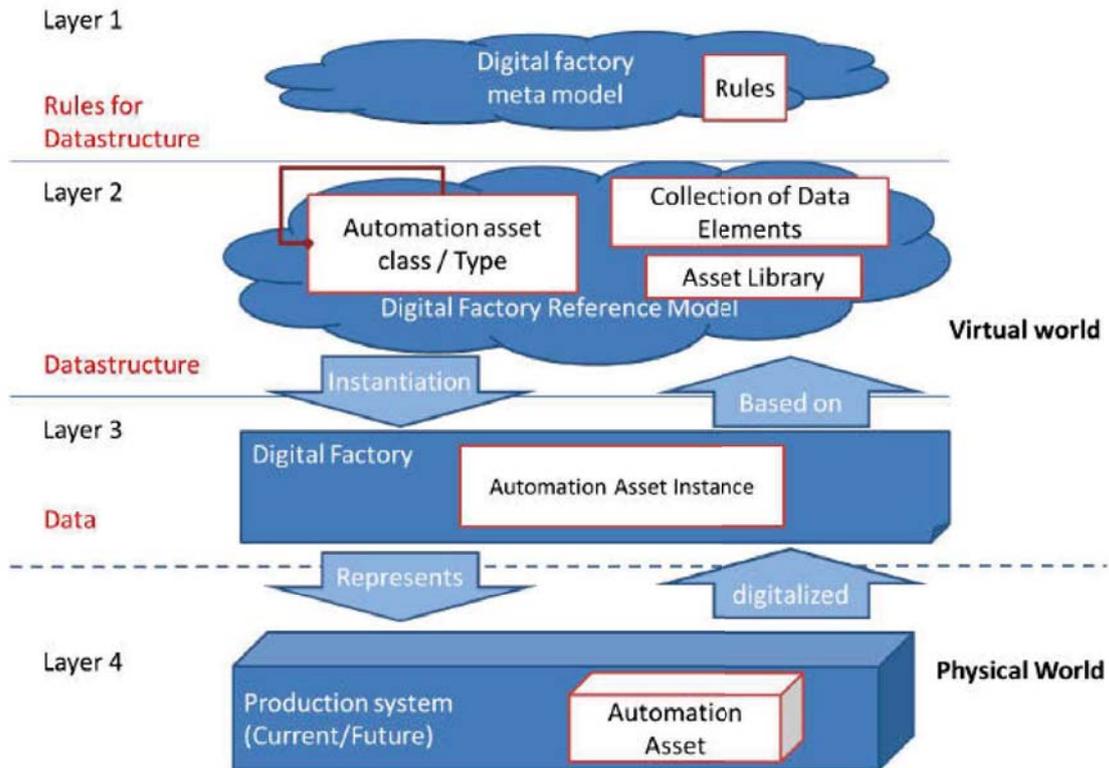
---

- 設計生産支援ツールは適用領域ごとに多様化
- 目的に応じた視点でシステム化できることが重要
- 情報共有 ⇒ モデリング
- 参照モデル プラットフォーム
- 標準化
  - 高度な技術
  - de facto / de jure
- 非常に重要であるが、日本は強くない



# IEC 62832 Digital Factory

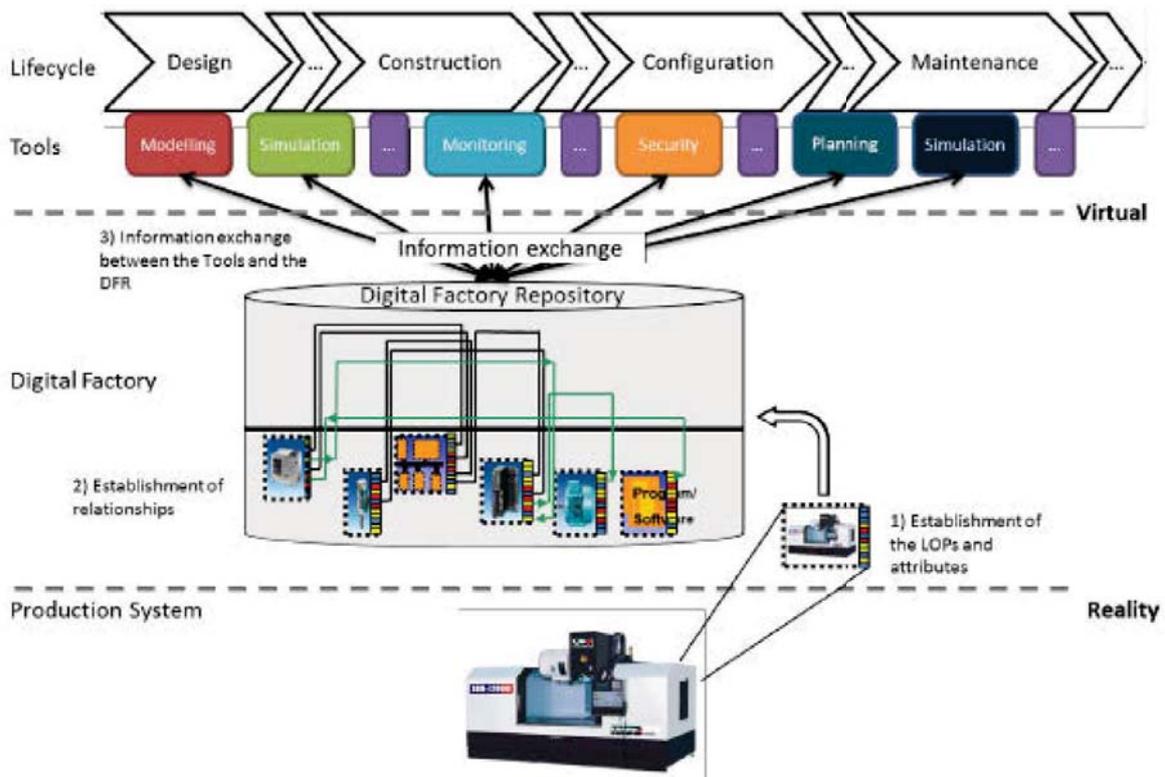
## Conceptual layers of the Digital Factory Framework



2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 5

## IEC 62832 Digital Factory

### Overview of the Digital Factory repository, automation assets and activities



2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 6

## IEC 62832: Digital Factory Example of header and body information

	Asset	data element identifier	
class code	Name of the Asset	AAA063	} Header
	Name inside the Installation	AAB864	
	Installation Date	AAC945	
	Status	AAA019	
Identifier e.g. AAB008		AAB418	} Body
		AAB529	
		AAC603	
		AAC019	
		AAA529	
		AAC529	
		AAC113	
		AAB305	
		AAA530	
		AAB719	
		AAB805	
		AAC017	

2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 7

## IEC 62832: Digital Factory Example of classifying data elements

### Construction data elements

- Length of the Sensor Cell
- Diameter of the Sensor Cell
- Sensor Cell Material
- Weight of the Sensor
- Dimension of the Housing
- Material of the Housing
- Vibration Protection
- Local Display
- Local Operator Panel etc.

### Function data elements

- Threshold Level & Event Signalling
- Linearisation Curve
- Compensating Function
- Time Stamp Function
- Self Calibration
- Fail Safe Mode
- etc.



### Performance data elements

- Measuring Time
- Cycle Time
- Filter Time
- Communication Interval
- Start up Time
- Wake up Time
- Energy Consumption etc.

### Business data elements

- Price
- Delivery Time
- Rebate

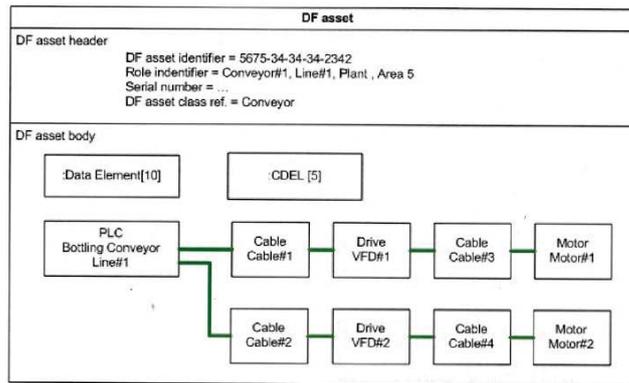
### Location data elements

- Location of mainboard
- Location of communication Board

2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 8

# IEC 62832: Digital Factory

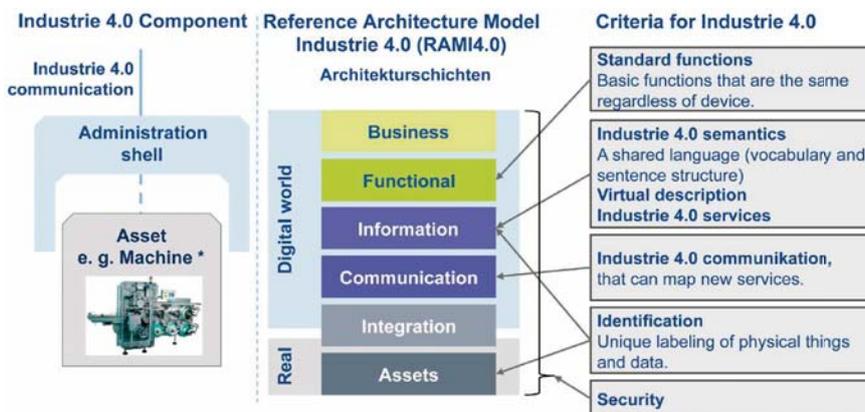
## Example of composite DF asset



DF asset header	
DF asset identifier	5675-34-34-34-2342
Role identifier	Conveyor#1, Line#1, Plant Area 5
Serial number	...
DF asset class ref.	Conveyor
...	...
DF asset body	
Data element Id 1	<value>
Data element Id 2	<value>
Data element Id 3	<value>
...	...
CDEL Id 1	
└ Data element Id 4	<value>
...	...
DF asset 1	(PLC Bottling Conveyor Line#1)
└ DF asset 1 description	...
...	...
DF asset link 1	(Link between PLC and Cable#1)
└ DF asset link 1 description	...
...	...

2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 9

## Internet of Things



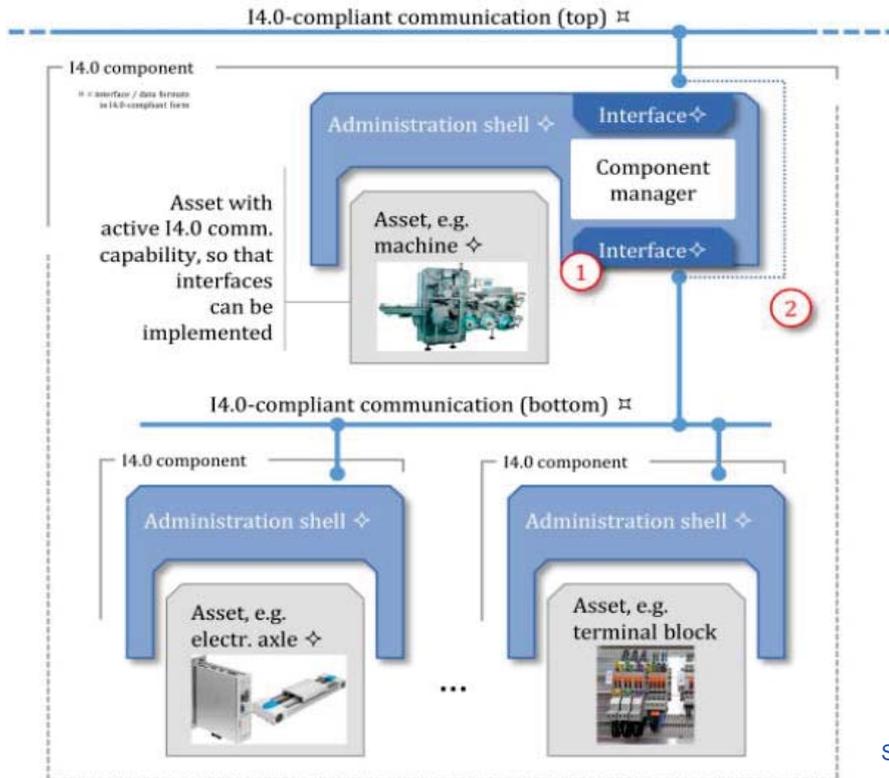
Source: ZVEI, Martin Hankel (Bosch Rexroth)



(ZVEI: What Criteria do Industrie 4.0 Products Need to Fulfil ? April 2017)

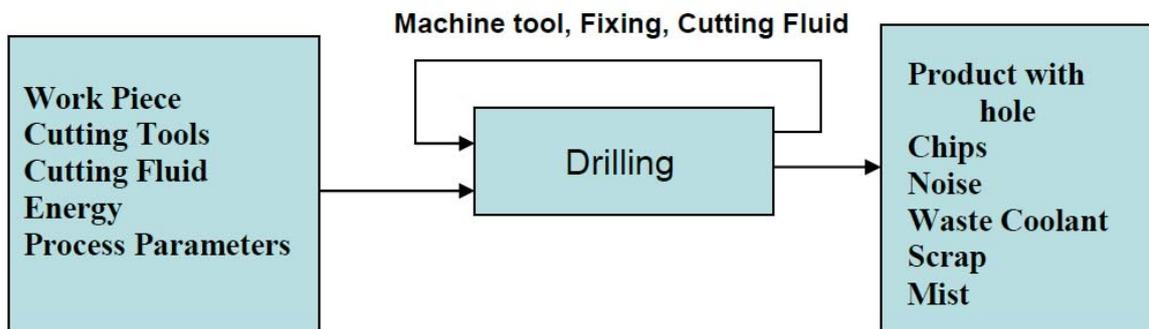
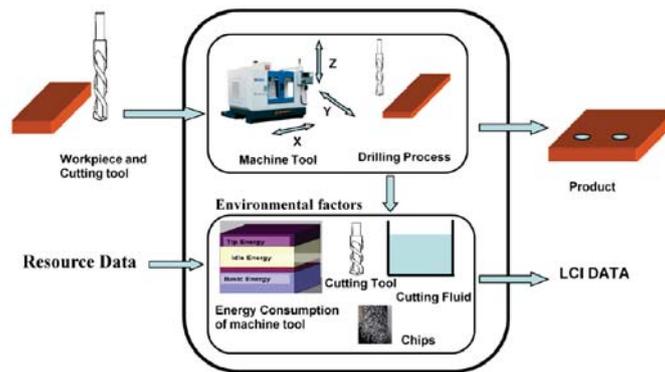
2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 10

# RAMI 4.0: Nestability of I4.0 components

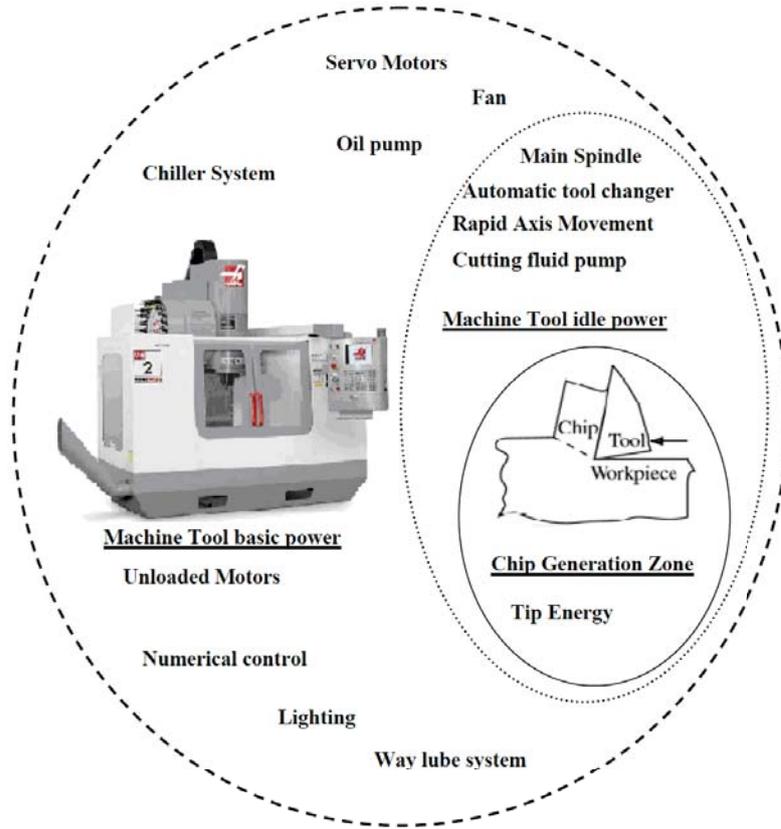


2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 11

## Case: Drilling Process

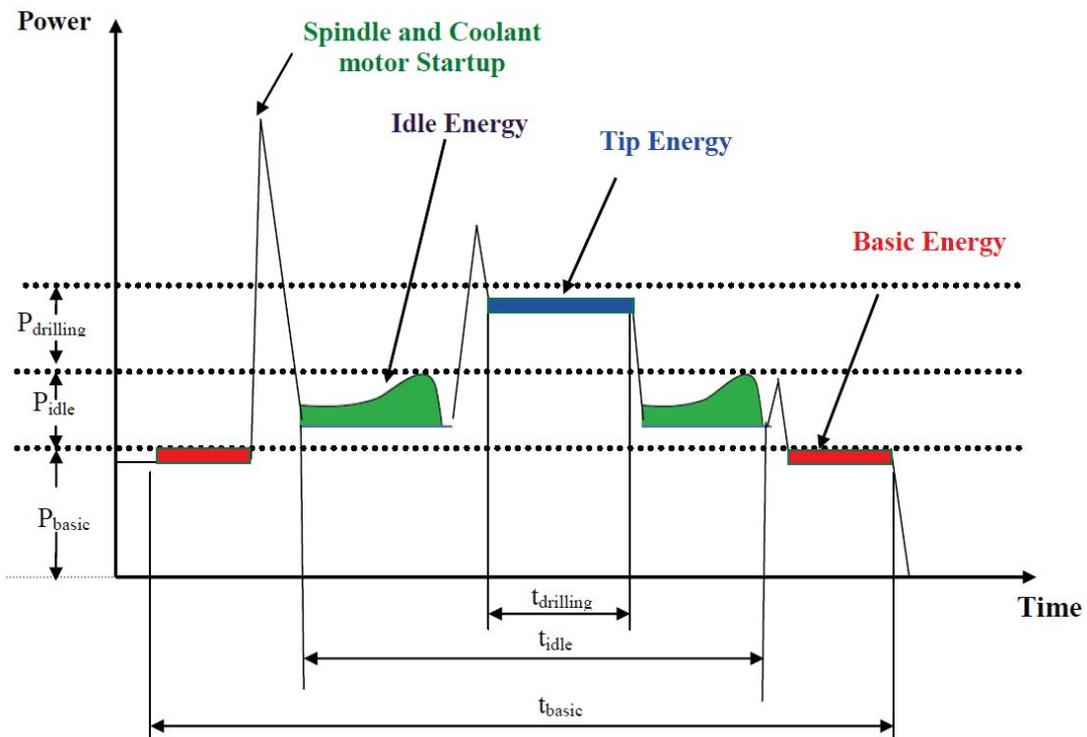


# Drilling Process



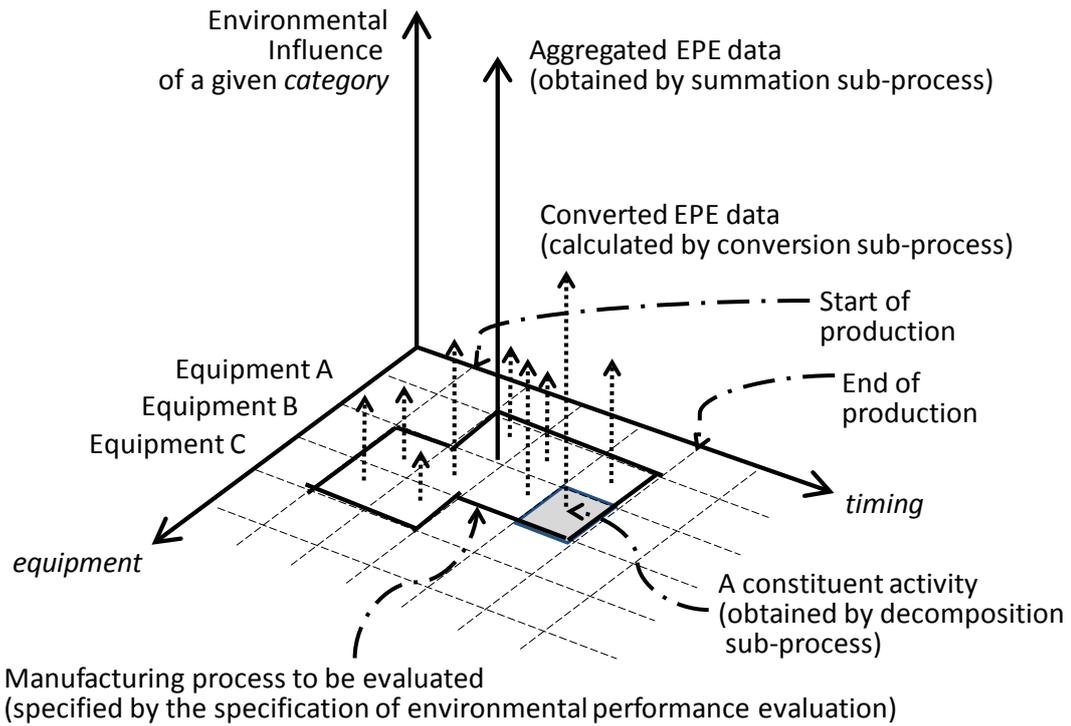
: Fumihiko KIMURA: P 13

# Drilling Process



2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 14

# ISO 20140: Evaluating energy efficiency and other factors of manufacturing systems that influence the environment



2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 15

## ISO 22400

### Key performance indicators (KPIs) for manufacturing operations management

KPI description	
<b>Content:</b>	
Name	Energy per Part
ID	
Description	The total amount of energy consumed by a process in the production of a part. It is the total energy consumed by a process (EC) divided by the quantity of parts produced at a process (PQ).
Scope	Process Level
Formula	Energy per Part = EC/PQ
Unit of Measure	kWh
Range	Min: 0 Max: process specific
Trend	The lower, the better
<b>Context:</b>	
Timing	Real-time, on-demand, periodically
Audience	Operator, Supervisor, Management
Production methodology	Discrete, Continuous, Batch
Effect model diagram	
Notes	The Energy per Part measures the energy consumed by a process per part produced. This includes waste energy and usable energy. The energy consumption can be measured through a power meter or by estimating based on specific process parameters.

2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 16

# TC 39 on Machine Tools



GF Agile MIKRON HPM 1850u

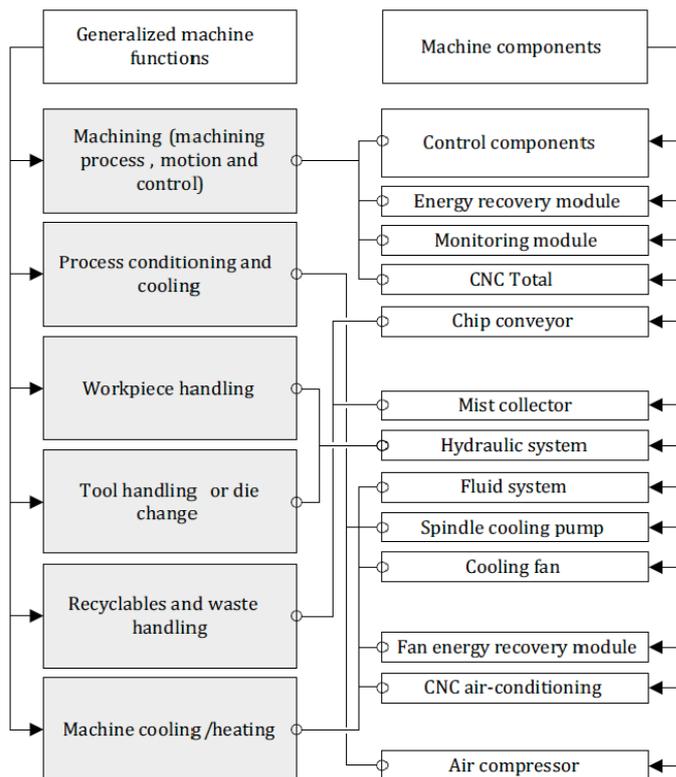


Optional Add-on Components & Sub-assemblies

- 14955 –Environmental evaluation of machine tools
- For integrating energy-efficiency aspects into machine tool design.
- Approach based on 14000 Series
  - Addresses the energy efficiency of machine tools during the use stage only
  - Decompose machine tools into functions and allocate impact on a functional basis

2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 17

## ISO 14955-1:2014

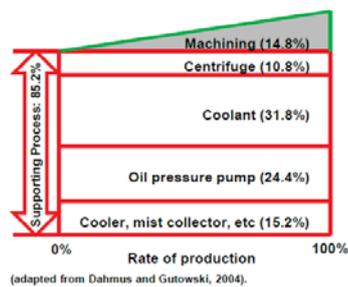


Assignment of machine tool functions to machine components

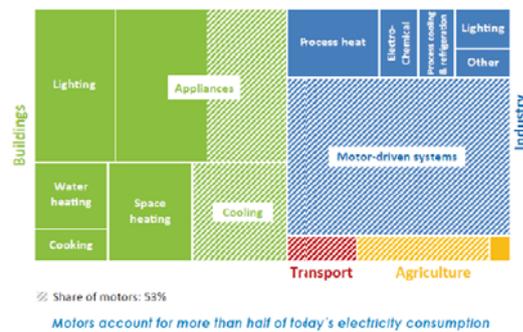
2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 18

## Advancing Environmental Sustainability of Machine Tools

- ◆ Goal:
  - Identify opportunities for reduced energy consumption
- ◆ Scope:
  - Supporting processes of the machine tool
  - Motors within the machine tool



Global total final electricity consumption by end-uses, 2014

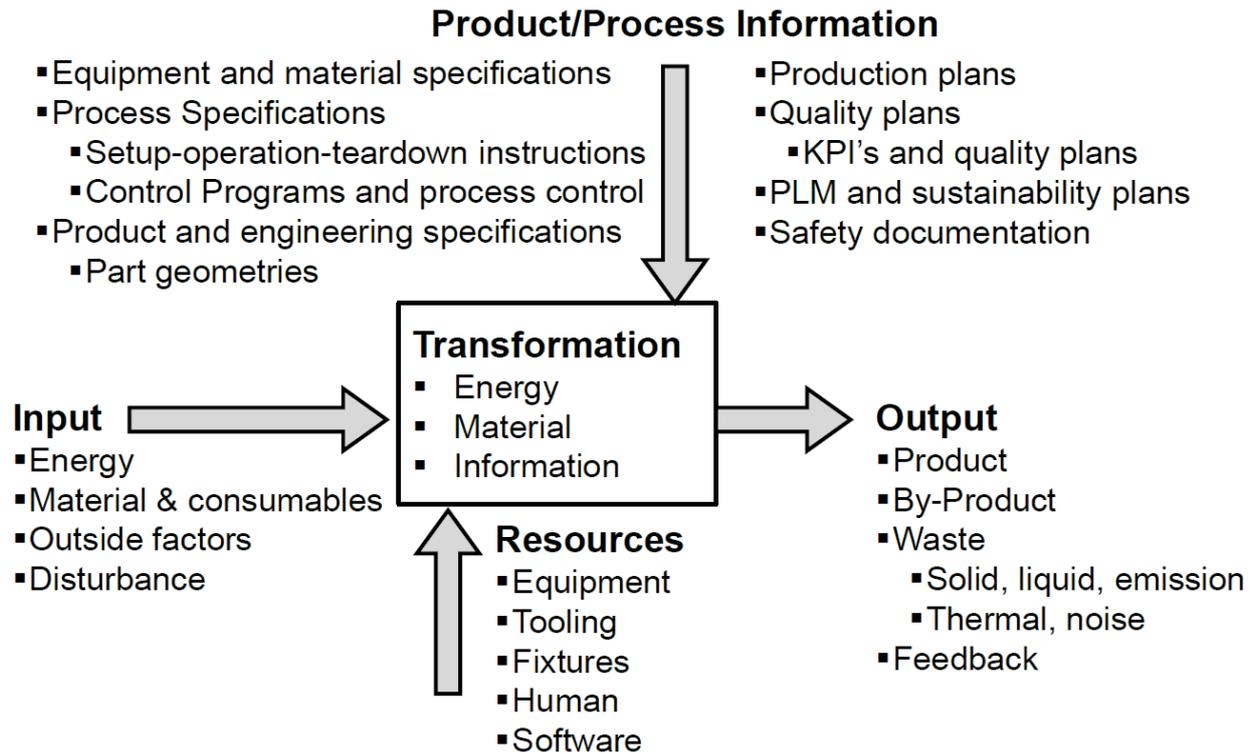


Source: IEA analysis.

## ASTM E60.13 on Sustainable Manufacturing

- *E2986 Evaluation of Environmental Aspects of Sustainability of Manufacturing Processes* provides guidance for manufacturers on how to conduct a sustainability study in order to improve their practices.
- *E3012 Characterizing Environmental Aspects of Manufacturing Processes*, provides guidance for the actual characterization of manufacturing processes.
- *E2987 Standard Terminology for Sustainable Manufacturing*, includes terminology applicable to sustainable manufacturing.
- *E3096 Definition, Selection, and Organization of Key Performance Indicators for Environmental Aspects of Manufacturing Processes*.
- *NWI New Classification for Discarded Materials from Manufacturing Facilities and Associated Support Facilities*
- *NWI Investment Analysis in Sustainable Manufacturing*

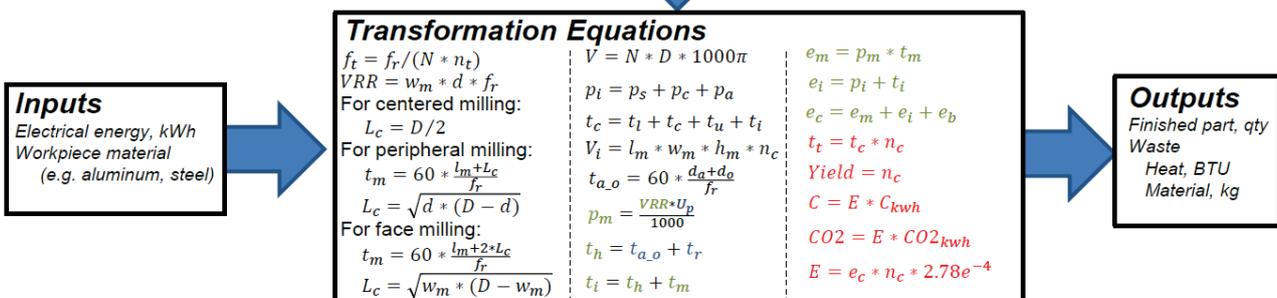
# ASTM 3012-16: Characterizing Environmental Aspects of Manufacturing Processes



2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 21

# ASTM 3012-16: Characterizing Environmental Aspects of Manufacturing Processes

<b>Product &amp; Process Information</b>	<b>Variable definitions for transformation equations (short list)</b>	
<b>Job Information</b> Part: Heat Sink Test Part Description: Geometry: Complex, see CAD file (file.stp) Material: Al6061 Operations: Mill thicknesses, bosses and counter bores, deburr, mill chamfers, radii, mill fins Required Tools: End mills, chamfer mills, rounding mills	$U_p$ – Specific Cutting Energy (W/mm <sup>3</sup> ) $V_i$ – volume of input (mm <sup>3</sup> ) $V$ – Cutting Speed (m/min) $t_{a,o}$ – Approach and Overtravel time (sec) $t_r$ – Retract time (sec) $t_h$ – Handling Time (sec) $t_i$ – Milling Idle time (sec) $p_i$ – Milling Idle power (kW) $e_i$ – Milling Idle Energy (kJ) $e_c$ – Energy Consumed per cycle (kJ/cycle) $t_c$ – Total time per cycle (sec)	$p_m$ – Milling Power (kW) $e_m$ – Milling Energy (kJ) $f_t$ – Feed per tooth (mm/tooth) $VRR$ – Volume Material Removal Rate (mm <sup>3</sup> /min) $L_c$ – Extent of the first contact (mm) $t_m$ – Milling Time (sec/cut) $E$ – Total energy consumed (kWh/cycle) $C$ – Total cost for energy (\$) $CO_2$ – Total CO <sub>2</sub> for energy (kg) $t$ – Total time for all cycles (sec) $Yield$ – Items produced in all cycles (qty)



<b>Resources</b>	<b>Tool List:</b>
Operator: John Doe Machine: GF Agile HP600U Fixture Details: Mill Clearance, Drill, Ream and Tap Mounting Holes Orientation, Origin → (0.100,0.720,0.168) Software: See MasterCam for fixture and tooling specifics	(1) 1/4" Dia. 2 Flute Stubby Fullerton E.M. (2) 3/16" Dia. 2 Flute Stubby Fullerton E.M. (3) 3" Face Mill (4) 1/2" Dia. 2 Flute Stubby Fullerton E.M. (5) 1/4" x 45° Chamfer Mill (6) 1/4" 2 Flute E.M. With .020" x 45° Chamfers (7) 1/4" x .093" Corner Rounding E.M.

# Model Based Design: Technical & Physical Systems

- Model により Virtual-Real の自在な組み合わせ
  - Modelling 技術
- ↓
- 機能から実体へ
  - マクロからミクロへ
  - 複合領域の扱い
  - Verification & Validation
- ↓
- Virtual から Real へ

参考: P.Fritzson: Introduction to Modeling and Simulation of Technical and Physical Systems with Modelica, Wiley-IEEE Press, 2011.

2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 23

## Model-Based Approach

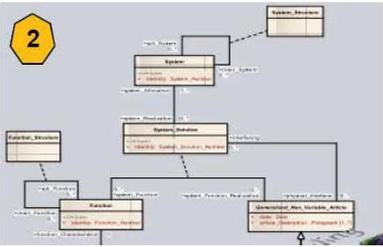


### Model Based Simulations for Behavior Analyzes

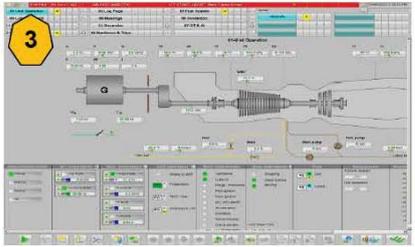
**1**



**2**



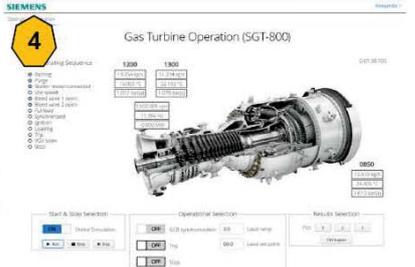
**3**



**Model based technology is critical to meet customer requirement and regulation e.g. safety, green environment:**

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Geometric models (3D visualization)</li> <li>2. Information models (UML, collaboration,PLCS)</li> <li>3. Hardware-in-the-loop (real-time simulations)</li> <li>4. Cyber-Physical systems (behavior, sensors)</li> </ol>	<p>CAD/PLM OPENPROD MODRIO openCPS</p>	<p>1980 - ... 2009-2012 2013-2016 2016- ...</p>
---	--	---

**4**

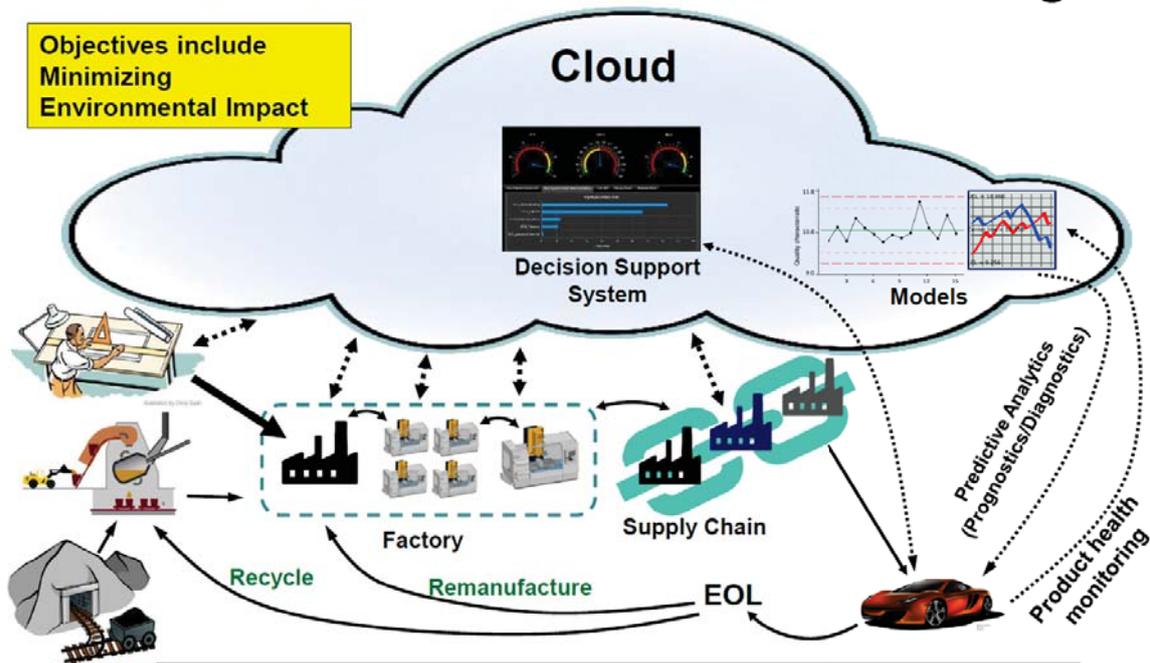


2017/10/24 : Fumihiko KIMURA: P 24

- はじめに
- 情報通信技術による設計生産の革新
- デジタルエコファクトリー
- おわりに

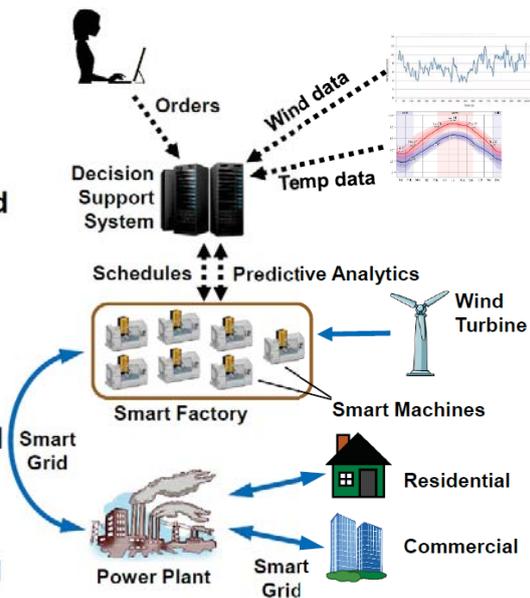
Securing the Future of Advanced Manufacturing in the United States  
John W. Sutherland (CIRP-LCE 2017)

**Vision: Smart/Sustainable Manufacturing**



## Smart Manufacturing System

- ◆ Grid, factory, and wind turbine connected
- ◆ Manufacturing equipment infused with smart technologies to minimize energy in real time
- ◆ Customer orders are communicated – job demand forecast
- ◆ Wind forecast used to forecast renewable power
- ◆ Weather forecast used to forecast energy demand
- ◆ Production schedules (to minimize energy and energy costs) set based on grid price forecasts (and forecast WT power)
- ◆ Production schedules adjusted in real time to reflect actual smart grid prices



# デジタルエコファクトリー専門委員会の 活動概要

松田 三知子

神奈川工科大学教授



## デジタルエコファクトリー専門委員会 活動概要 (2013.9~2017.3)

松田三知子 (神奈川工科大学)

WG 1 (DEcoFアイデアルGr)

WG 2 (実証研究Gr)

委員長：松田三知子 (神奈川工科大学)

WG1主査：藤井進 (神戸大学)

WG2主査：木村文彦 (法政大学)

参加企業：オムロン株式会社, 株式会社日立製作所,  
三菱電機株式会社, 清水建設株式会社,  
富士通株式会社,  
株式会社ケー・ティー・システム

2017-10-26  
東京国際フォーラム

### 専門委員会の活動目的

- 生産性と環境影響の両面を考慮した各製造工程のより詳細な事前評価のためのソフトウェアツール：デジタルエコファクトリーの構築を目指す。
- 本ツールをクラウドサービスなどを通してSaaS (Software as a Service)として配信することで、少ないICT投資で広く一般の製造業において利用可能なグリーンプロダクション支援のための情報環境を提供する。
- 具体的には、ユーザが定義した仮想製造ライン上で、生産性と消費エネルギーについてシミュレーションすることで、様々な観点からの事前検討を可能とする。また、実証実験により、デジタルエコファクトリーの実現手法についても検討する。
- 以上により、製品のライフサイクルシミュレーションに、分解、再利用も含めた製造工程についての科学的、定量的、客観的な環境負荷の評価を加えることを可能とし、生産性も意識した上でのもっとも環境負荷の少ないやり方でのものづくりシナリオとそれを実現する製造システムの構成を支援できるようにする。

## 専門委員会設置への発端活動

### 製造科学技術センター

アイデアファクトリー 採択テーマ6：

## グリーンプロダクション基盤としての デジタルエコファクトリー構築のための調査研究

(実施期間 2010年9月～2012年3月)

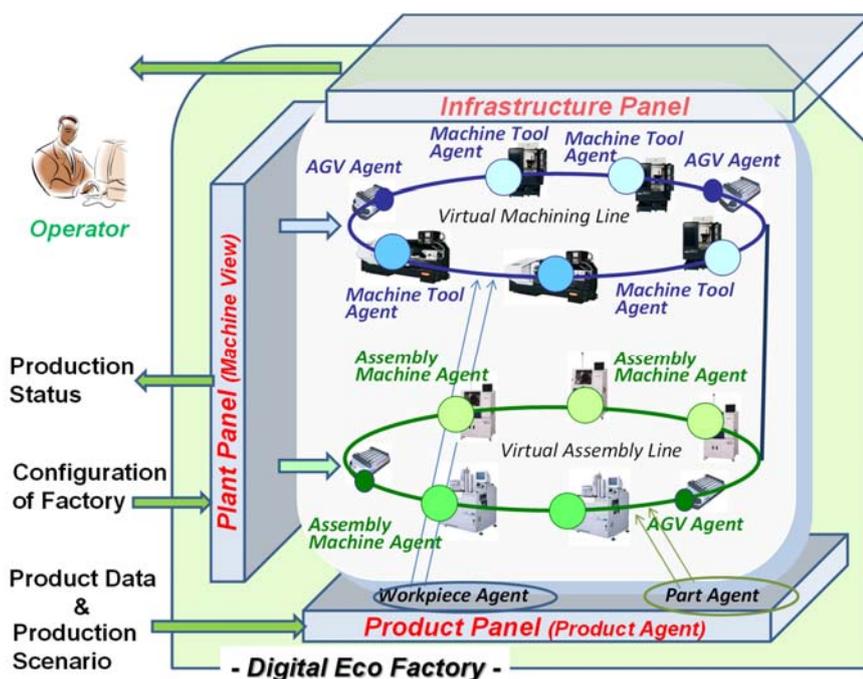
### 【アイデアファクトリーでの活動】

- デジタルエコファクトリーの要求仕様の洗い出し
- 提案するデジタルエコファクトリーの要求仕様書案の検討
- デジタルエコファクトリーの概念設計案作成
- ケーススタディによる検討
- デジタルエコファクトリーの設計案の検討

3

## デジタルエコファクトリーの構成イメージ

(アイデアファクトリーでの活動結果より)

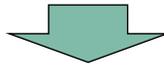


- 製造ラインを構成する装置類，製造作業対象である素材や部品などをソフトウェアエージェントとしてモデル化し，デジタルファクトリーを構成する。
- プロダクトパネル，プラントパネル，インフラパネルを設け，それぞれの視点から，製造シナリオや製造ラインの設定，デジタルファクトリー上で実行する仮想生産のコストや環境パフォーマンスをモニタするインターフェースを与える。

4

## 専門委員会設置へ

- 現在の製造業では、製品ライフサイクル全体を視野にいれたものづくりが当然となっており、素材や構成部品のリサイクルやリユースを意識するのみにとどまらず、根本的に製品づくりの仕組みを見直し効果的な方策を提示する必要がある。
- ライフサイクルアセスメントの手法については、国際規格化された方法論が確立されつつあり、製造現場では、従来どおり生産性を意識しつつも環境に配慮したモノづくりが要求されている。
- 従来の生産コストの視点からの評価に加えて、リデュース・リユース・リサイクルの視点からの評価を取り入れたシミュレーションを伴う生産設計手法の提示や、生産性と環境影響の両面を考慮した各製造工程のより詳細な事前評価ツールの、少ないICT投資で利用できる形式での提供が望まれている。



2012年秋 デジタルエコファクトリー研究会活動開始

2013年秋 デジタルエコファクトリー専門委員会設置

5

## 委員会活動内容の当初計画

デジタルファクトリー上で仮想生産（シミュレーション）を実施することで、製品ビュー、装置ビュー、製造ラインビュー、工場ビューで、生産性ととも環境影響も含めた事前検討を可能とする、ICTによるグリーンプロダクション支援環境：デジタルエコファクトリーを構築するために以下のことを行う。

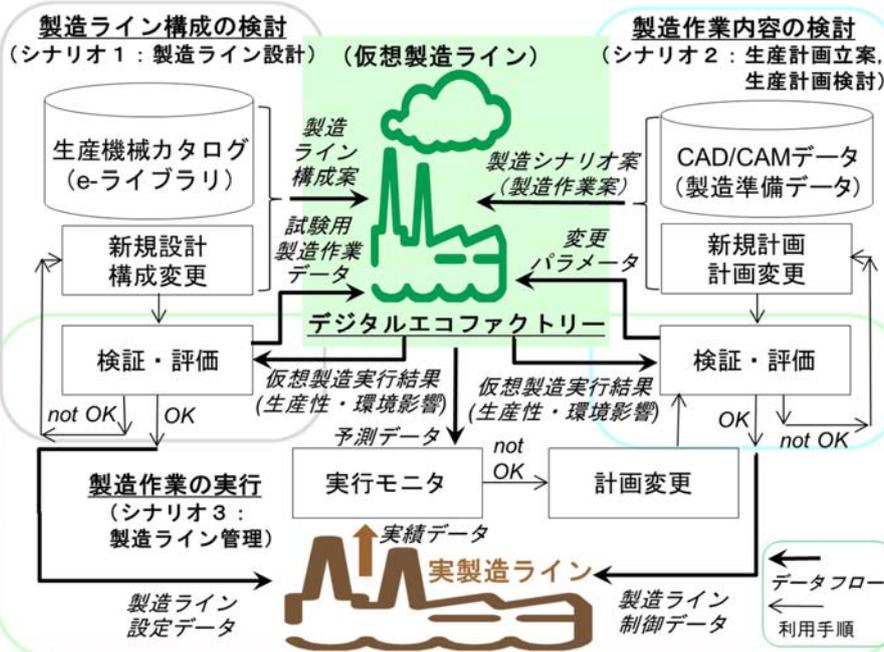
- デジタルエコファクトリー機能と構成、実装法についての検討
- 仮想製造ライン構築用インターフェースの検討  
（製造装置カタログを利用した仮想製造ラインの構成）
- 装置テンプレートを利用した製造装置モデルのe-カタログ化検討
- 製品情報、オペレーションデータやスケジュールなどの入インターフェースの検討
- シミュレーション結果の出インターフェースの検討
- 実製造ラインとのコミュニケーションによる連携法の検討

6

### 3つの主なDEcoF利用シナリオ

#### 1. 製造ライン設計 (シナリオ 1)

- 消費エネルギー最小化に向けた製造ライン設計時の事前検討
- 新規設備導入による消費エネルギー増減の評価
- 新規素材導入による消費エネルギーの評価



#### 2. 生産計画検討 (シナリオ 2)

- 生産品目と生産数量による最適ライン選択のための消費エネルギーの評価
- 装置の待機を考慮した製造ラインの消費エネルギーの評価

#### 3. 製造ライン管理 (シナリオ 3)

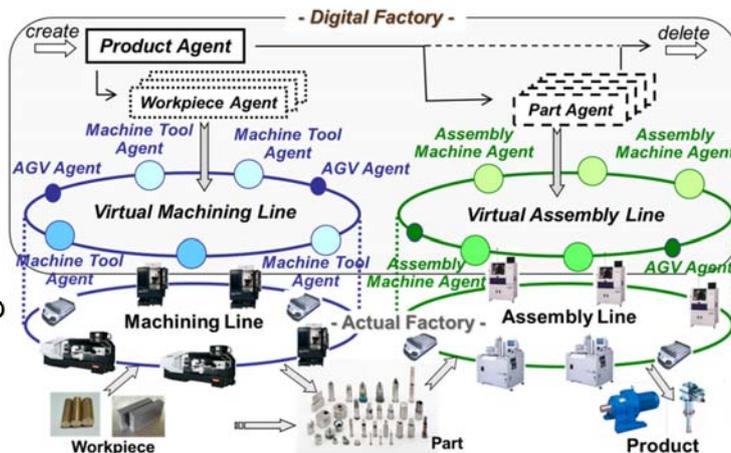
- 予測値と実測値の消費エネルギー比較による異常状態の発見
- 生産計画進捗予測
- デマンドコントロール (電力消費削減量推測)

2014年9月発表

7

### DEcoF設計上の考慮点

- マルチエージェントシステムとして構成したデジタルファクトリーをベースにデジタルエコファクトリーを構築
- (ソフトウェア)エージェントとして作る生産システムの構成要素(素材, 部品, 生産機械, 搬送装置など)に消費エネルギーの計算機能を付加
- システム全体, 製品ごと, 機器ごと, 工程ごとなど様々な粒度で時系列的に生産性および消費エネルギーを見るビューを付加
- 製造ラインを構成する装置などのモデルのe-カタログを準備し, これを利用したユーザオリジナルなデジタルエコファクトリーの構成と容易な変更
- 将来的には, 環境視点で, 個別最適に対して全体をみて調整するエコ・エージェントを全体最適を図るために導入



8

## DEcoFの実装における課題

- 精度の高いシミュレーションの実行には、シミュレーションの場である仮想製造ラインを構成する各製造装置の振舞いやアクティビティも含めた詳細なモデルが必要である。すなわち、従来の装置仕様書をe-カタログ化したような静的装置モデルだけではなく、アクティビティも含めた動的装置モデルが必要である。
- 現在は各ソフトウェアツールごとに製造装置モデルを準備して対応している。
- 製造ラインの新規構築や構成変更、ライン上の装置の入替検討などの際には、装置モデルを組合わせて新しく仮想製造ラインを構成しなくてはならないが、その都度、検討対象の装置データを準備するのは容易ではない。
- ソフトウェアツール内の仮想製造ライン構成に必須な製造装置モデルデータの提供手法が確立されていない。特に、動的装置モデルについては顕著である。製造装置の環境パフォーマンスについてのモデルデータについても同様である。

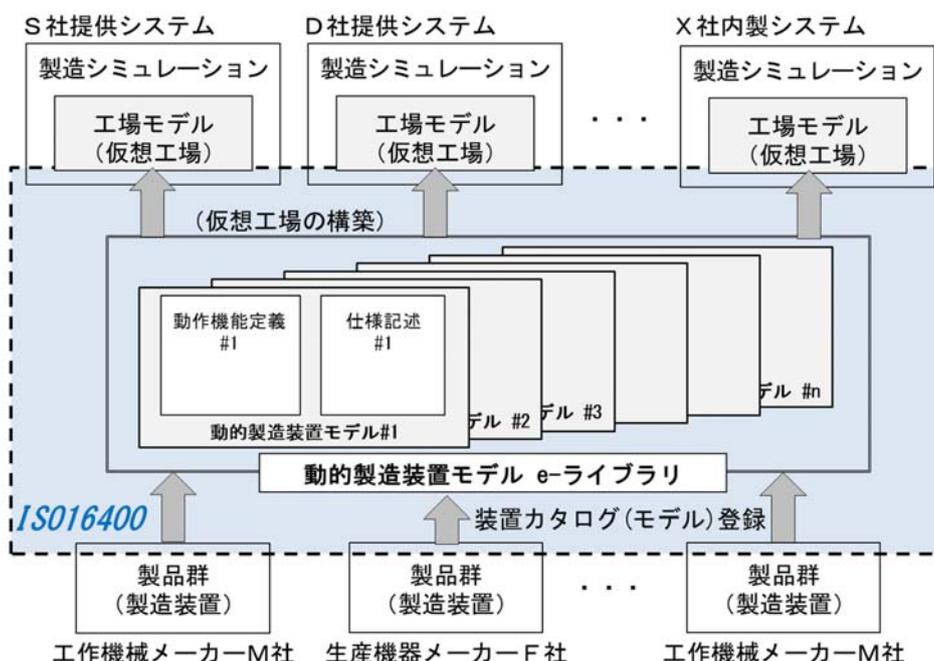


### 国際標準 ISO 16400シリーズ の提案

「製造シナリオのデジタル検証のための動的製造装置モデルe-ライブラリサービス」

9

## 国際規格 ISO 16400 シリーズの提案

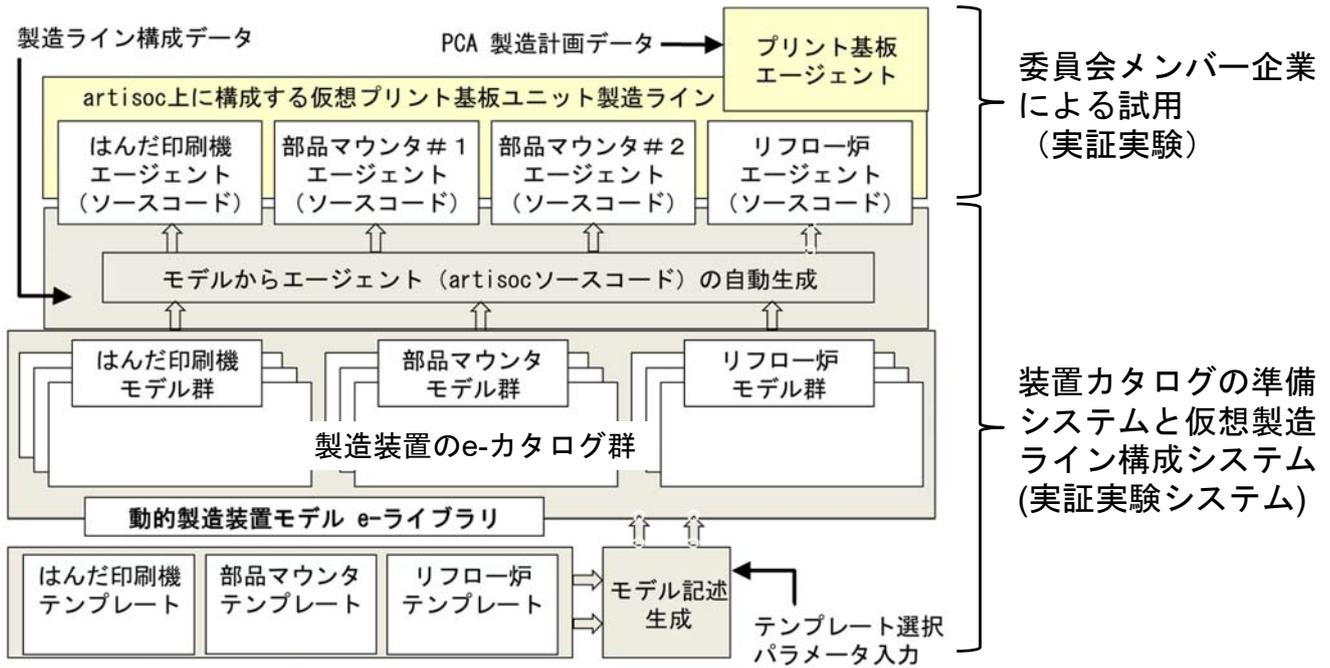


- 動的製造装置モデルとは、従来の装置の仕様データに、機械としての動作や時間的な変化挙動、環境パフォーマンスを加えた動的なモデルデータのことです。コンピュータ上でのシミュレーションシステムに組み込んで使えるモデルデータである。
- 製造装置モデルの構成方法、記述法と記述ルールを国際標準化する。

ISO 16400: Equipment behaviour catalogues for virtual production system  
ISO/TC 184/SC 5/WG 13（コンビナ：日本）で2017年9月より審議開始

10

## 【ケーススタディ】プリント基板ユニット製造 (PCA) ライン



委員会メンバー企業  
による試用  
(実証実験)

装置カタログの準備  
システムと仮想製造  
ライン構成システム  
(実証実験システム)

- 対象をDEcoF利用シナリオ1と2に絞り、プリント基板ユニット製造ラインを例題として、その実装法を検討した。
- マルチエージェントシミュレーションシステムartisocを利用して実証実験を計画した。11

## 外部研究助成の獲得 (2015.4~2017.3)



公益財団法人JKA 平成27年度自転車等機械工業振興補助事業 (研究補助)  
「製造シミュレーションのための装置の電子カタログ開発補助事業」

1. プリント基板を例題とした電子的装置カタログを利用した仮想製造ライン構成システムの概要設計
2. 印刷機・マウンタ・はんだリフロー炉の装置カタログの詳細設計
3. 装置カタログを利用したプリント基板向け仮想製造ライン構成システムの設計
4. 各装置カタログの実装と仮想製造ライン構成システムの実装 (委託)
5. 実装システムの評価法検討
6. プリント基板向け仮想製造ラインの構成・試用評価実験
7. 装置カタログと仮想製造ライン構成システムの改訂設計
8. 装置カタログと仮想製造ライン構成システムの改訂実装 (委託)
9. プリント基板製造シミュレーションによる仮想製造ライン構成システムの評価
10. 一般装置の電子カタログ化への拡張手法検討
11. 汎用の製造シミュレーションのための装置の電子カタログを利用した仮想製造ライン構成システムへの枠組みの拡張設計

## 今後の展開

### 2017年4月 デジタルエコファクトリー利活用専門委員会設置

デジタルエコファクトリー（DEcoF）専門委員会での

- DEcoF利用シナリオの検討（要求機能の洗い出し）
- DEcoFの構成，実装法についての検討
- DEcoFの核となる仮想製造ライン構築法の検討
- 実証実験（PCAラインを対象としたDEcoFの実装）

などの活動成果をベースに，さらなる発展を目指して，以下の活動を行なう。

- PCAラインを対象とした実証実験の評価とまとめ
- 適用分野拡大のための機能拡張検討と実装実験
- 実製造ラインとの連携法の検討
- DEcoF利用シナリオに基づいた検証

13

## 期待する便益と受益者

対象	期待する便益の内容
製造システム 開発者	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 製造ラインのコストと環境の両面から事前評価</li> <li>・ 製造ラインの構成機器の事前検討（導入前検討）</li> <li>・ 製造シナリオのコストと環境の両面から事前検討</li> <li>・ クラウドサービスによる安価で軽い情報環境の提供</li> <li>・ シミュレーション環境の自在な設定／変更</li> </ul>
工作機械／製造装置 メーカーとベンダー	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 機械／装置エージェントによるモデル化で仮想製造ライン上での動作の事前検討</li> <li>・ 機械／装置エージェントを利用したe-カタログ化（動作シミュレーション）による販促</li> </ul>
製造業全般 （一般社会）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ グリーンプロダクションの推進</li> <li>・ ICT投資コストの減少</li> </ul>

**委員会活動への新規ご参加をお待ちしております**

14



## デジタルエコファクトリーの試作

近藤 知明

株式会社ケー・ティー・システム



-グリーンプロダクションのための環境情報プラットフォーム-  
デジタルエコファクトリー (DEcoF) 専門委員会発表セミナー

# デジタルエコファクトリーの試作

2017年10月26日  
東京国際フォーラム G701  
株式会社 ケー・ティー・システム



(C) K.T.System Co., Ltd. All rights reserved.

## 目次

1. 会社概要
2. 検討
3. 試作
4. デモ





# 1. 会社概要

## 2. 検討

## 3. 試作

## 4. デモ



# 会社概要



## 事業内容

### 製造業向けシステムの開発 & パッケージ販売

(MES / スケジューラ / 設備監視 / 自動認識 / 在庫管理)

### 業務系システム開発

(受発注 / 工程・納期管理 / 勤怠)



## 参加・関係団体



(C) K.T.System Co., Ltd. All rights reserved.

# 1. 会社概要



# 2. 検討

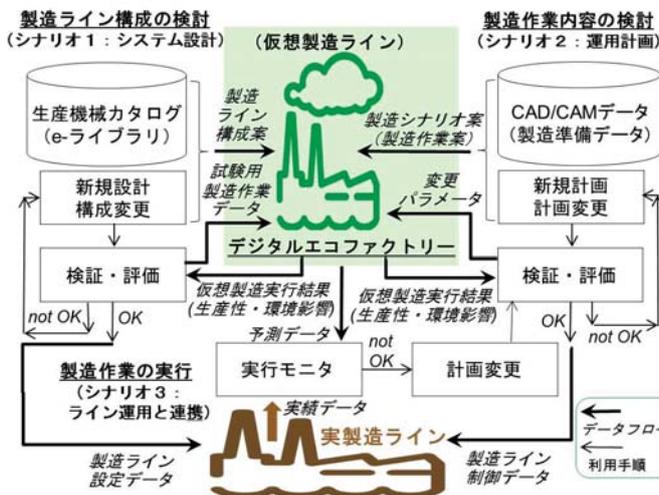
# 3. 試作

# 4. デモ



## 検討

### 3つの主なDEcoF利用シナリオ



#### 1. シナリオ1 (生産技術、ライン設計)

- 製造ライン変更時の消費エネルギー最小化
- 新規商品の製造ライン設計
- 新規装置、製造方法導入時のエネルギー評価
- 自動機導入による製造コスト増減の評価
- 新規商品の(環境負荷低減)構造設計

#### 2. シナリオ2 (生産計画、生産管理)

- 生産品目による省エネ最適ラインの選択
- 生産数量による省エネ最適ラインの選択
- 待機を考慮した製造ラインの組合せ選択
- 稼働時間帯を考慮した製造ライン選択
- 製造ラインでの電力消費予測

#### 3. シナリオ3 (製造ライン、工場管理)

- 製造ライン不具合(現在値⇄予測値)監視
- 製造ライン状態(稼働、待機、停止)管理
- 作業進捗のリアルタイム監視、進捗予測
- デマンドコントロール(削減量推測)

# 検討

## シナリオ実現の検討

### 期待

- ✓ 製造ライン変更時の消費エネルギー最小化
- ✓ 新規商品の製造ライン設計
- ✓ 新規装置、製造方法導入時のエネルギー評価
- ✓ 自動機導入による製造コスト増減の評価
- ✓ 新規商品の（環境負荷低減）構造設計



### 今回の試作目的

生産性指標＋環境指標を実現する【e-カタログ化】  
＋  
【e-カタログ】を用いたデジタルファクトリーの実現

KTSystem

(C) K.T.System Co., Ltd. All rights reserved.

7

# 検討

## 求められる要件 《製造現場》

生産性パラメータ	生産量	製造品質	設備稼働率
	製造タクト	歩留まり	作業員数
	立上げ時間	立下げ時間	段取替え時間
電力	電力量	待機電力	電気料金
	電気料金	再生可能エネルギー量	蓄電エネルギー量
発熱量	周囲温度変化		
CO2	換算係数での変動		
ガス	圧縮Air消費量		
時間	稼働時間	待機時間	停止時間
従事作業員	作業員数＋時間	作業担当	コスト
燃料	使用燃料	コスト	
稼働状態	起動状態		
環境影響評価	インベントリデータ	評価データ	
製造物別エコ指数	エネルギー原単位	エネルギーロス率	
工程別エコ指数	エネルギー消費量・率	資源消費量・率	エネルギー原単位

製造現場全体では『燃料』などの生産性パラメータ以外に、どの製品の製造段階で発生したか分類が難しい『従事作業員』などの費用（間接費）などが存在する。



e-カタログの設計では製造装置を中心とした検討を行った。

KTSystem

(C) K.T.System Co., Ltd. All rights reserved.

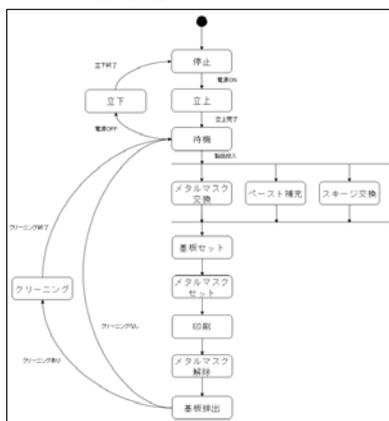
8



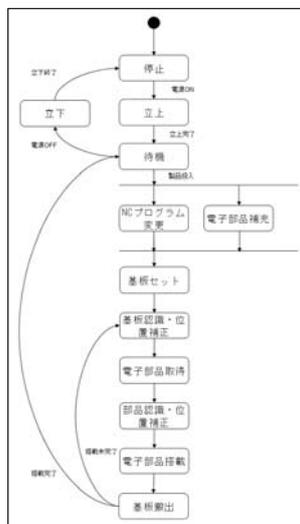
# 検討

## [ケーススタディ] アクティビティ整理

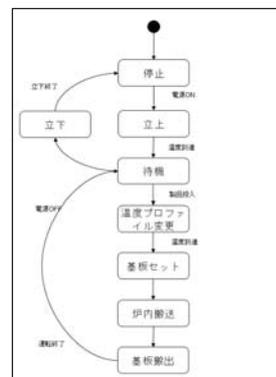
はんだ印刷機



マウンタ



リフロー炉



《状態の遷移条件》《状態毎の動的データ要素》を定義する事で、生産設備の動きを定義する事ができる。

KTSystem

(C) K.T.System Co., Ltd. All rights reserved.

11

## 1. 会社概要

## 2. 検討



## 3. 試作

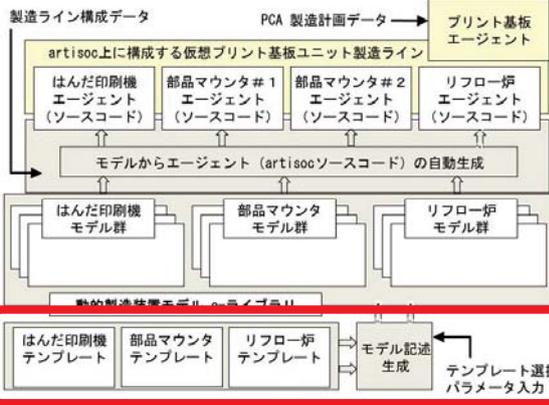
## 4. デモ



未来を切開く先端技術へ  
Driving Force Technology

# 試作

## デジタルエコファクトリー試作構成



## ■生産設備テンプレート

- ✓ Microsoft Office Excel
- ✓ 静的データ要素の定義
- ✓ 状態の追加/削除
- ✓ 状態間の遷移条件の定義
- ✓ 状態毎の動的データ要素の定義
- ✓ e-ライブラリモデルの出力



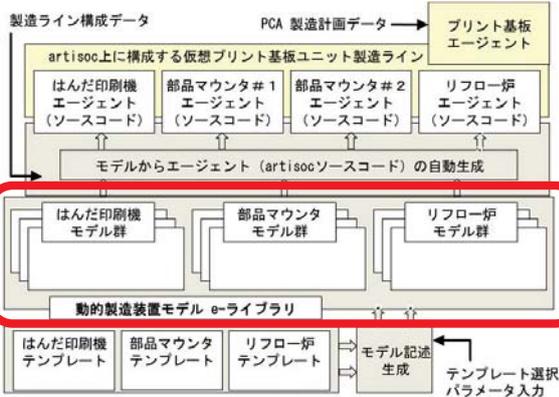
KTSystem

(C) K.T.System Co., Ltd. All rights reserved.

13

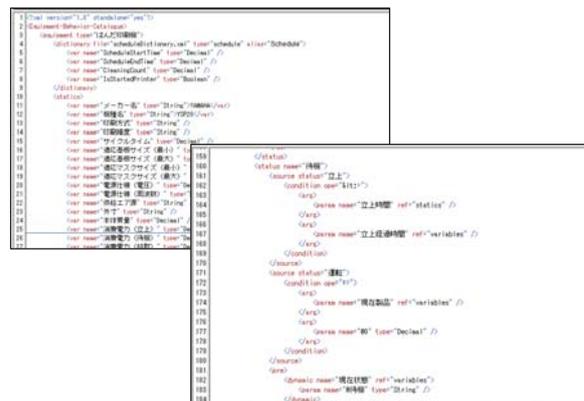
# 試作

## デジタルエコファクトリー試作構成



## ■動的製造装置モデル e-ライブラリ

- ✓ XMLフォーマット
- ✓ テンプレートは装置種類毎に用意
- ✓ e-ライブラリは装置単位に設定する



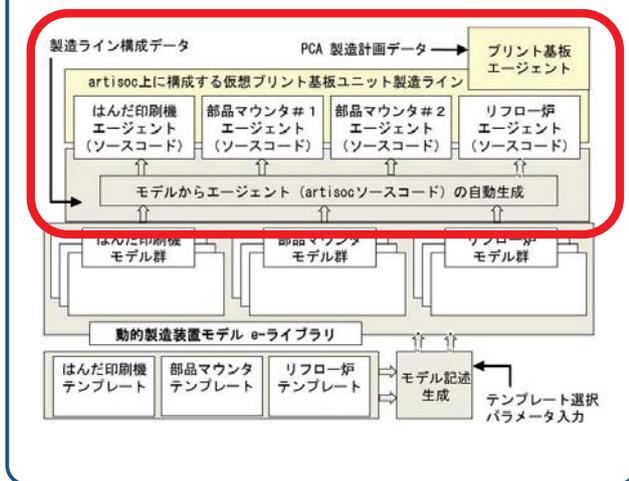
KTSystem

(C) K.T.System Co., Ltd. All rights reserved.

14

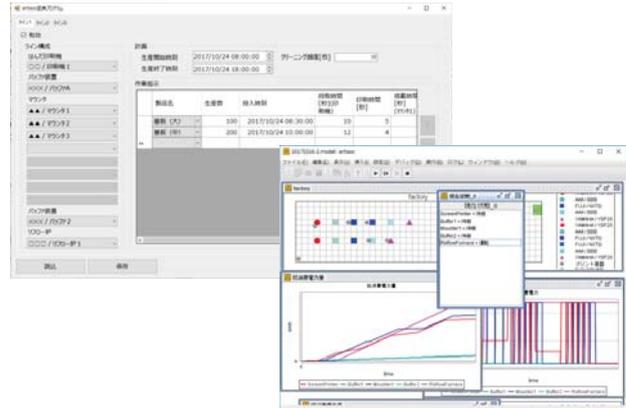
# 試作

## デジタルエコファクトリー試作構成



## ■仮想製造ライン

- ✓ 複数の製造ライン構成の選択
- ✓ ライン毎に、製造設備を選択
- ✓ 製造計画データの設定
- ✓ 各装置間にバッファ装置を設定可能
- ✓ マルチエージェントシミュレーションシステム (artisoc) への出力



(C) K.T.System Co., Ltd. All rights reserved.

15

## 1. 会社概要

## 2. 検討

## 3. 試作

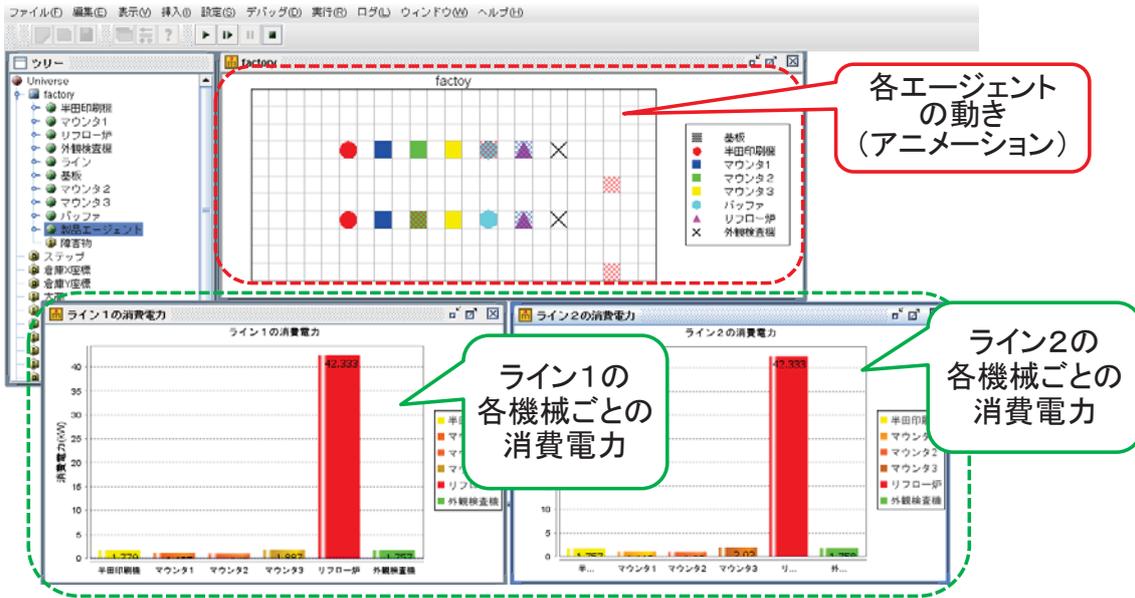


## 4. デモ



未来を切開く先端技術へ  
Driving Force Technology

# デモ



ご清聴有難う御座いました



## 生産設備の電力可視化・削減に向けた 取り組み

濱中 純

株式会社日立製作所



---

## 生産設備の電力可視化・削減に向けた取り組み

2017/10/26

株式会社 日立製作所 大みか事業所  
サービス&プラットフォームビジネスユニット  
制御プラットフォーム統括本部  
濱中 純

© Hitachi, Ltd. 2017. All rights reserved.

## Contents

---

1. 事業所の紹介
2. 電力見える化
3. 設備運用改善事例
4. 現状と課題
5. DEcoFへの期待

## 株式会社日立製作所 (サービス&プラットフォームサービスユニット) 制御プラットフォーム統括本部 大みか事業所



所在地:茨城県日立市大みか町五丁目2番1号  
 操業:1969年8月  
 敷地面積:201,000㎡(東西460m 南北600m)  
 建屋面積:131,700㎡  
 就業人員:約4,100人(2017年4月現在)  
 事業内容:電機・機械器具の製造、販売  
 ・電力、鉄道、社会・産業分野での監視制御システム  
 ・制御コンポーネント、パワーエレクトロニクス製品

ISO50001取得:2012年



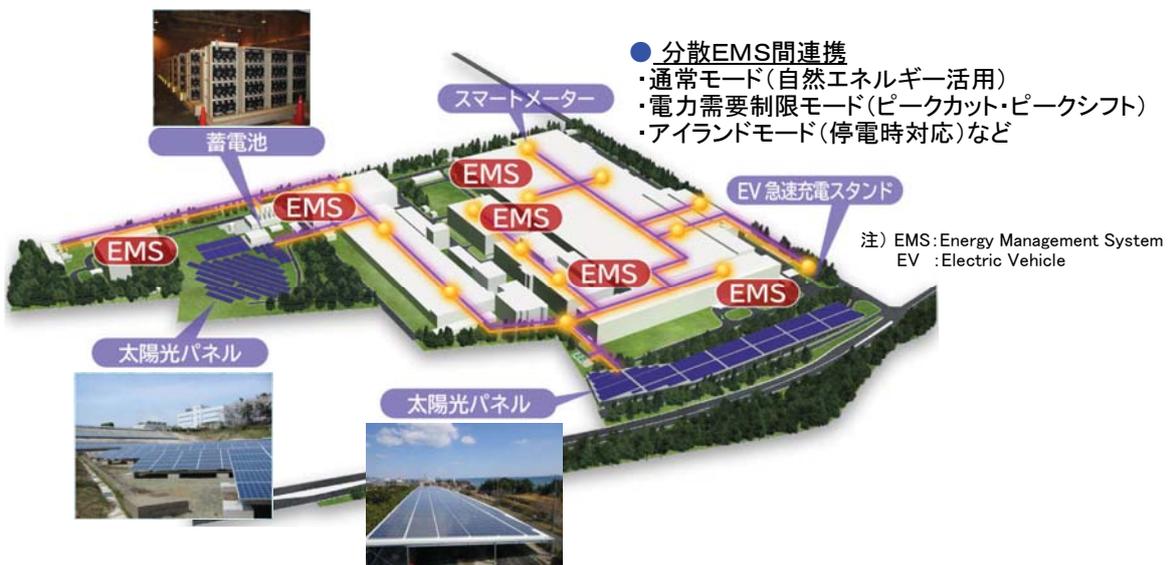
◎第1回CEM\*2)  
 Energy Management Insight Award 受賞:2016年6月

\*2) CEM(Clean Energy Ministerial):  
 世界主要23カ国・地域から構成される、  
 クリーンエネルギーの普及促進を目的とした国際協会

© Hitachi, Ltd. 2017. All rights reserved. 2

## 「スマートな次世代ファクトリー」ショーケース化によるビジネス訴求

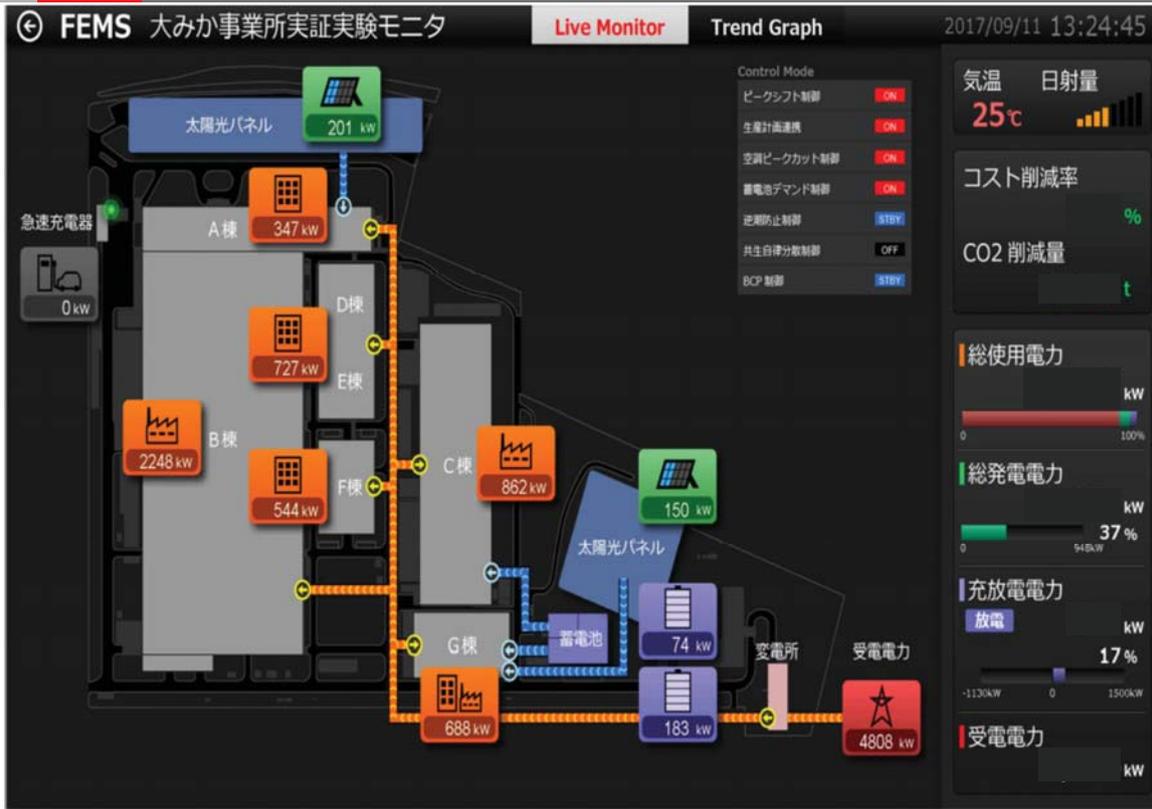
- エネルギー利用の高効率化
  - ・スマートメーターほか(約900ヶ所)による建物別・用途別使用電力量の可視化
  - ・太陽光発電量・需要予測、蓄電池の充放電計画による屋間ピーク電力の低減
  - ・各EMSに割り当てられる目標電力に応じた工場内機器(空調など)の直接制御



- 生産計画連携
  - ・EMSと生産計画の連携によるピークカット・ピークシフト

© Hitachi, Ltd. 2017. All rights reserved. 3

## 2-1 電力見える化:事業所全体のライブ・モニター



© Hitachi, Ltd. 2017. All rights reserved. 4

## 2-2 電力見える化:ホームページでの公開(ISO50001取り組み)

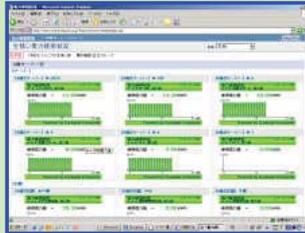
### 従業員への見える化

#### イントラトップ画面



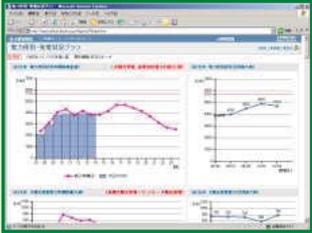
#### 部署・用途別 電力量

各部署の電力量を1時間単位で表示



#### 全体・棟別 電力量

各棟の電力量を1時間単位で表示



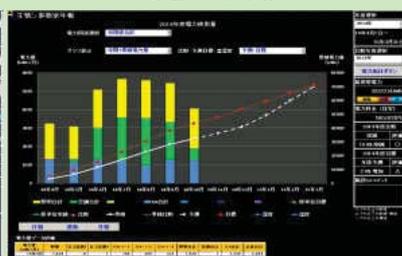
### 管理者への見える化

- ・部署別に各用途のプレーカ単位の電力量を時間単位～月単位まで表記
  - ・希望日時との比較及び今後の使用量予測などができ、現状の活動評価が可能
- ※前年の実績を基に年報予測を算出

部署時間別(週報)



部署月別(年報)

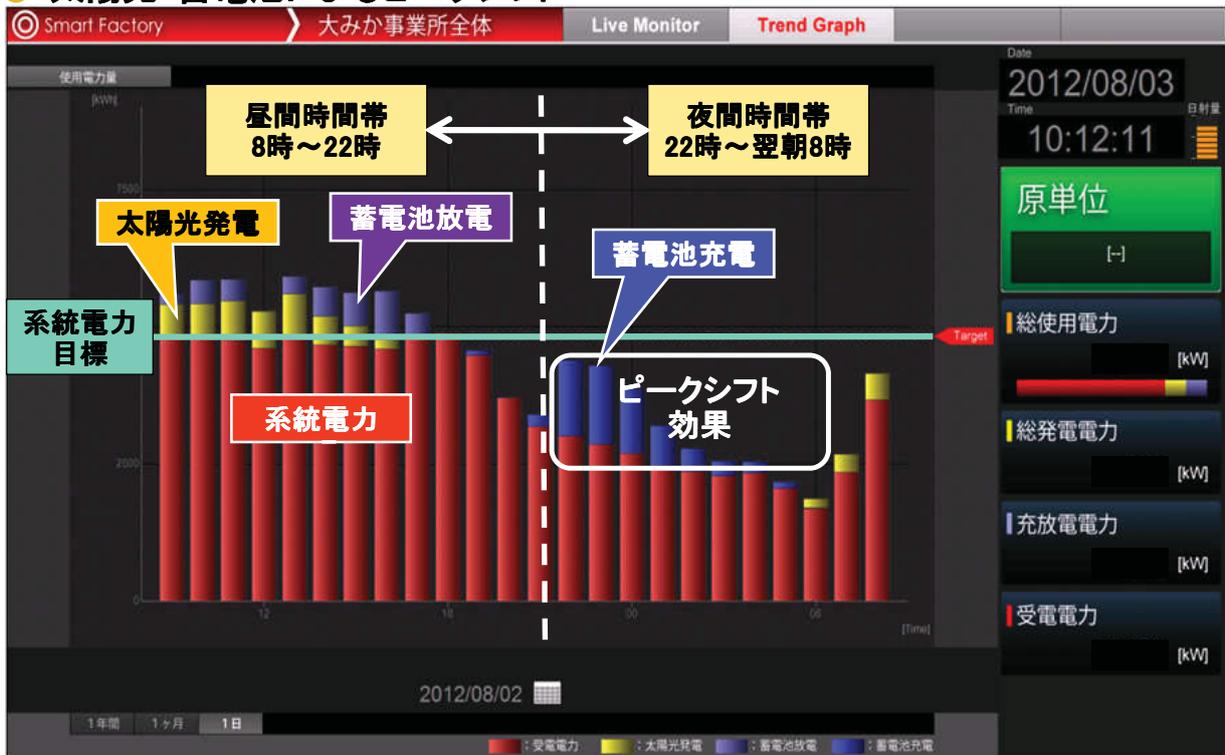


#### 全従業員向け携帯カード



© Hitachi, Ltd. 2017. All rights reserved. 5

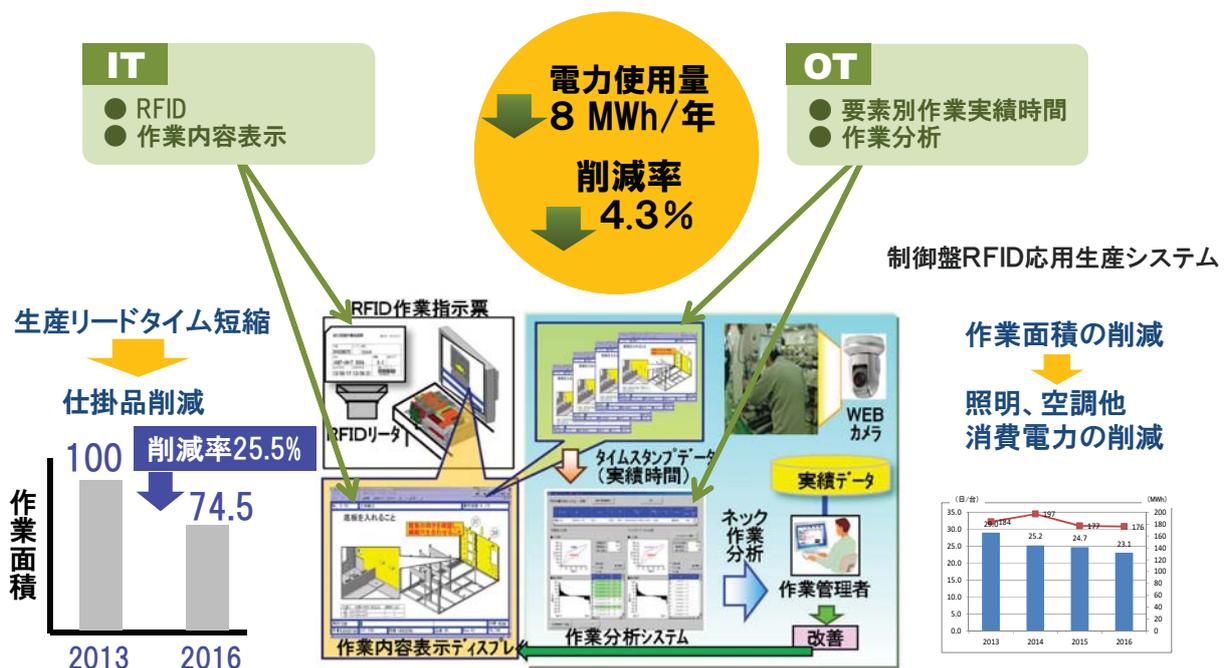
### ● 太陽光・蓄電池によるピークシフト



© Hitachi, Ltd. 2017. All rights reserved. 6

## 3-1 省エネ活動の実施内容

RFID作業指示票を活用し、生産リードタイムを短縮。仕掛品削減により作業面積を25.5%削減。電力使用量 184MWh/年 ⇒ 176MWh/年 削減率 4.3%。

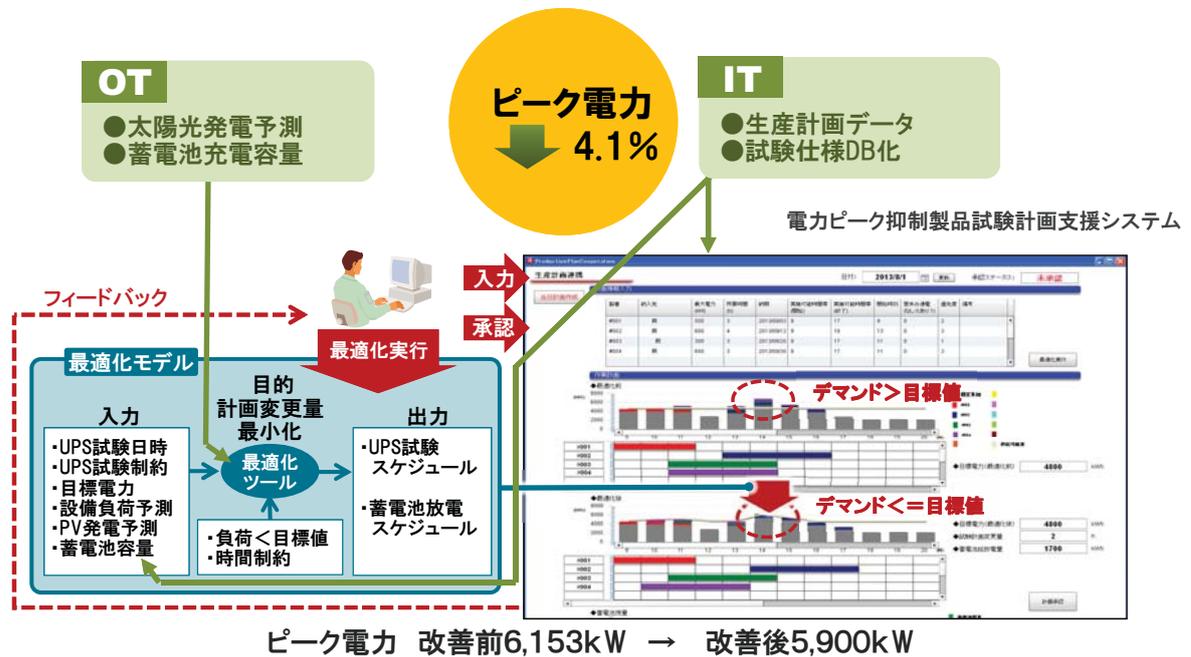


RFID:Radio-Frequency Identification

© Hitachi, Ltd. 2017. All rights reserved. 7

## 電力ピーク抑制製品試験計画支援システム

1製品当りの試験電力100~500kW、目標電力超過を回避する試験計画支援



UPS:Uninterruptible Power System PV:Photovoltaics、Solar photovoltaics DB:Database © Hitachi, Ltd. 2017. All rights reserved. 8

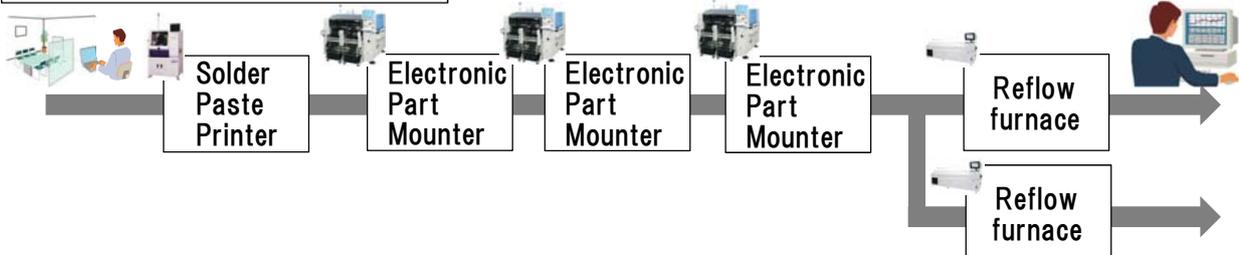
### 4 プリント板製造ラインの現状と課題

#### 現状

各設備毎に最大の稼働率となるよう生産計画を作成

エネルギー、生産リードタイムを考慮した最適な生産計画となっていない

#### プリント板製造ライン



#### 現状

ライン新規構築/変更時の効果算出(リードタイム、エネルギー)の範囲・精度・時間に課題

KPIを主体とした設備やライン構成となっていない

精度良く効果計算ができない

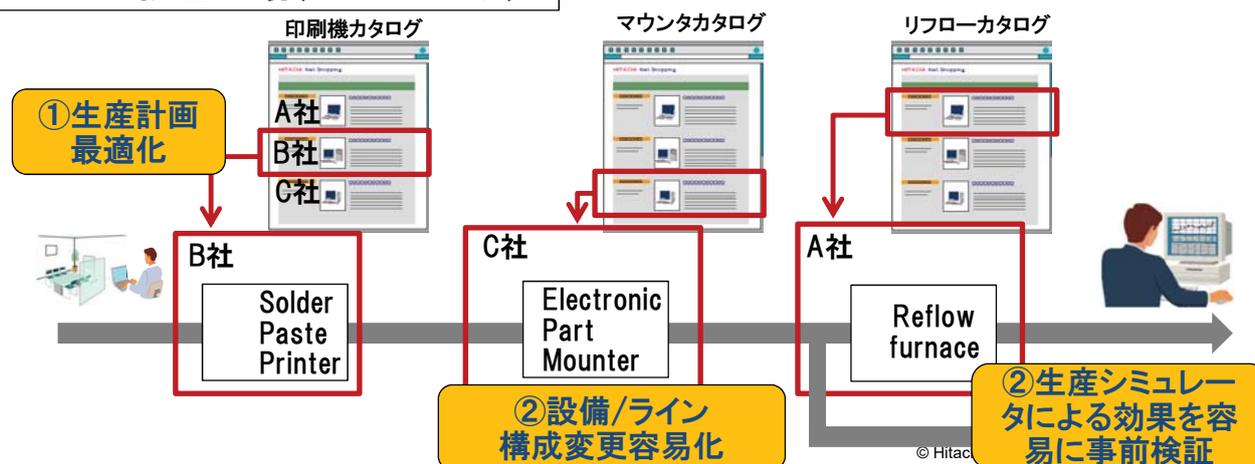
### ①ライン構成/計画の最適化

現状の設備、ライン構成にとらわれず、KPI(消費電力量、生産量、生産リードタイムなど)に最適なライン構成や生産計画を策定

### ②効果の事前把握

各種改善施策や、計画変更における効果を事前に、容易に検証できる

#### DEcoF仮想工場(シミュレータ)



END

2017/10/26

株式会社 日立製作所 大みか事業所  
サービス&プラットフォームビジネスユニット  
制御プラットフォーム統括本部  
濱中 純

**HITACHI**  
Inspire the Next



# 製造設備の消費電力データによる生産工場 の稼働管理システム

川井 若浩

オムロン株式会社



# 製造設備の消費電力データによる 生産工場の稼働管理システム

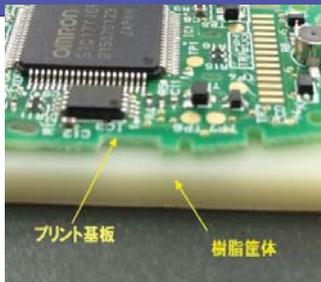
DEcoFへの期待 1 :

シミュレーションにより算出された消費電力の理想数値と、実稼働時の数値を比較することで、工場内で発生する問題をオンタイムで抽出する

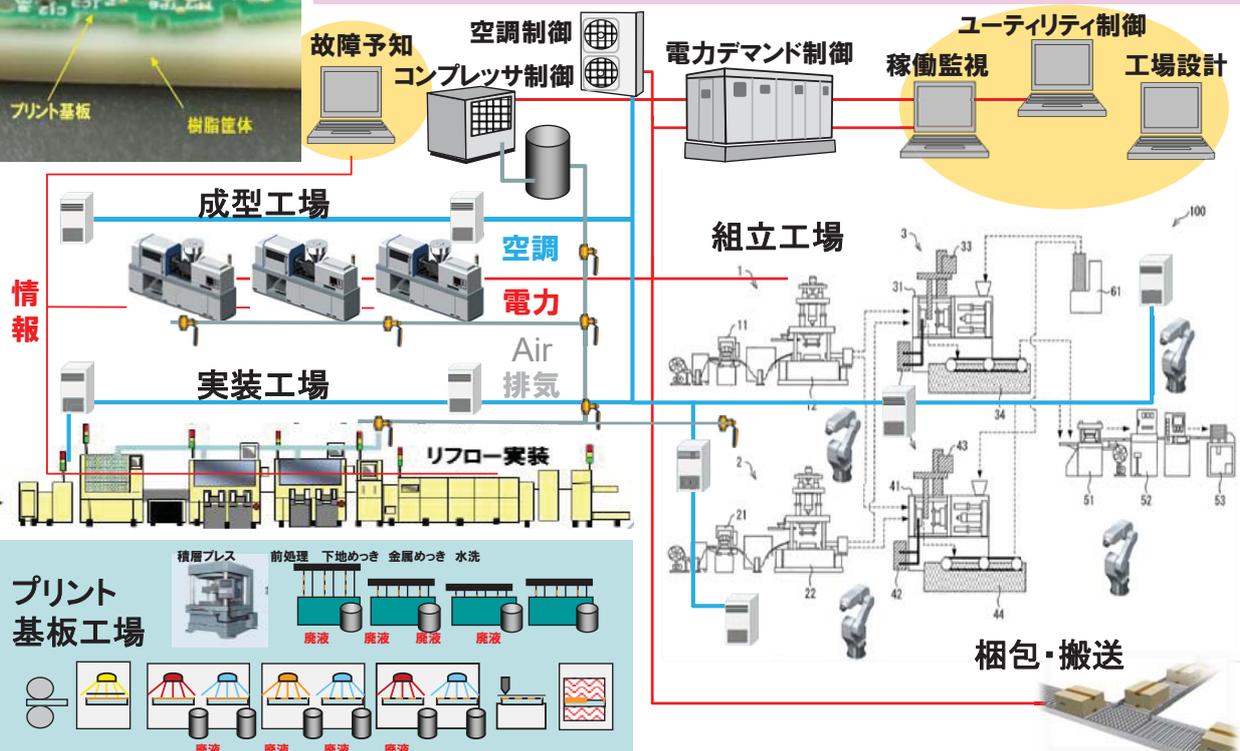
(P1)

## 電子装置生産工程

2017.10.26



例えば、電子装置を製造する全工程、及び工場設備を、消費電力という共通情報のシミュレーション値と実測値で比較して管理する。



(P2)



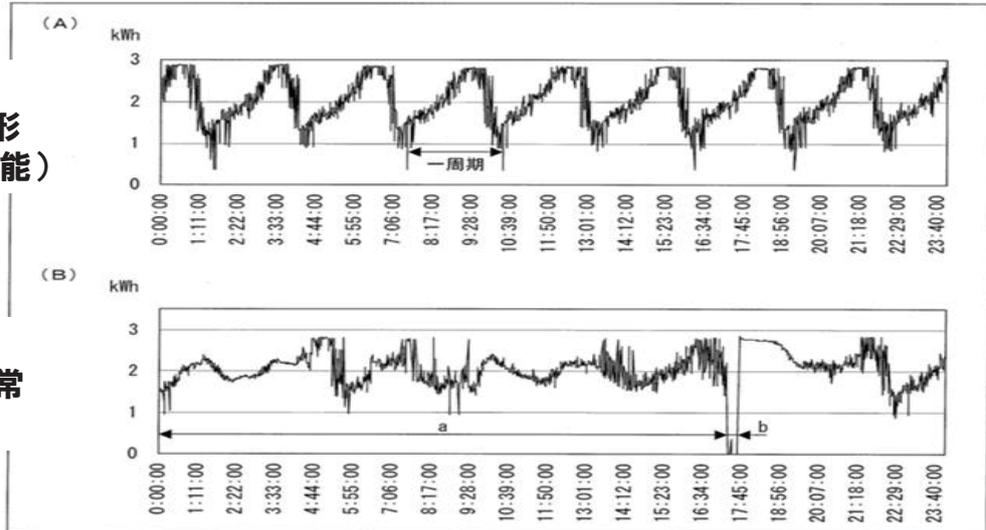
射出成型機

金型温調機

- ・ 温水を金型に循環させる金型温調機では、ヒーター、あるいは循環ポンプの異常等により電力波形が乱れる。
- ・ この電力波形の異常は、装置故障(ポンプ故障等)の数週間前より発生し、正常⇔異常を繰り返す。
- ・ この波形異常を早期に捉えることで、装置の故障予知を行う

金型温調機の正常時電力波形 (シミュレーション可能)

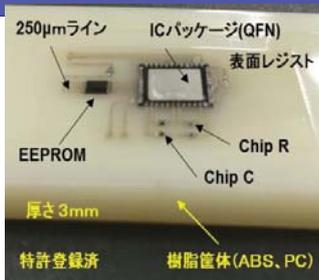
故障発生前の電力波形異常 (実測データ)



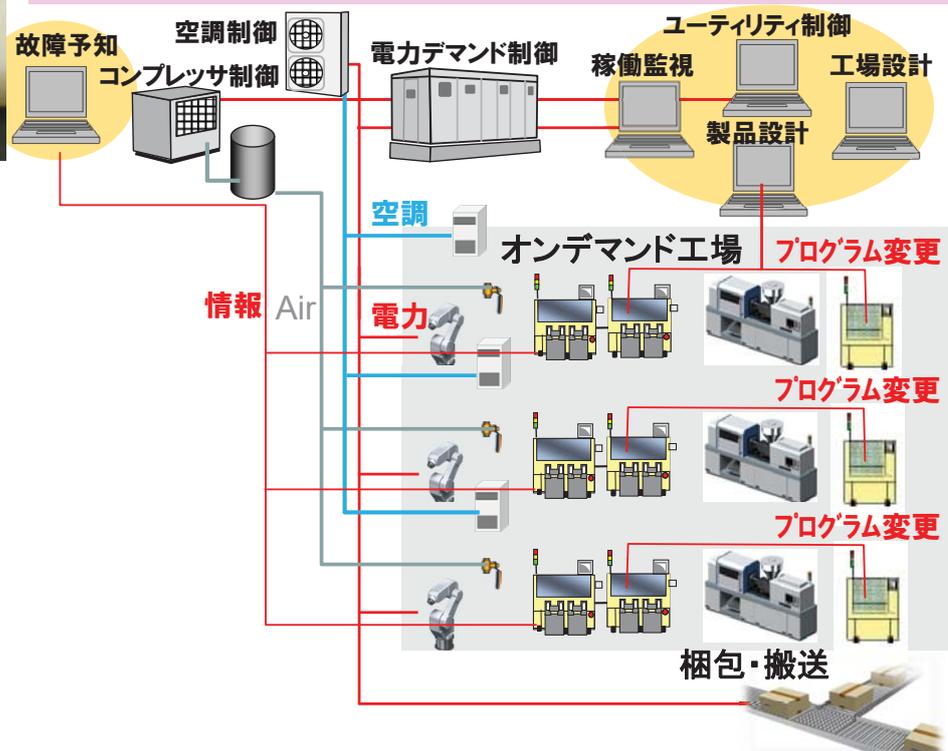
(P3)

## 製造プロセスの簡素化

2017.10.26



さらに、電子装置からプリント基板を無くし、内製化できない、あるいは手作業の工程を削減して、工場の自動管理を完全にする。



(P4)

**DEcoFへの期待 2 :**

**シミュレーションによって抽出した消費エネルギーの  
大きい製造工程を優先的に対策して、エネルギーの  
消費を効率的に削減する。**



## 生産工場における消費電力削減の取り組み とD E c o Fへの期待

北嶋 雅之

富士通株式会社



# 「生産工場における消費電力削減の取り組みと DEcoFへの期待」

弊社の消費電力削減事例と、今後のDEcoFシミュレータを活用した展開をご説明させていただきます。

平成29年10月26日  
富士通株式会社  
環境・CSR本部

## 本日の発表内容

- 背景
- エネルギーシミュレーショントライアル
- 今後の展開
- DEcoFへの期待

■ パリ協定の発効（2016年11月4日）

- ✓ **2050年**に向けた世界共通目標として、  
平均気温上昇幅を**2℃以下に抑制し、**  
**さらに1.5℃へ向けて努力**することを採択
- ✓ **今世紀後半**に温室効果ガスの**排出と吸収源**  
による除去の**均衡を達成する**(≒ゼロエミッション)
- ✓ 各国の目標の進捗を把握する仕組みを導入



■ 低炭素でなく、「**脱炭素**」に向けた対応  
現在の延長線でなく、**社会の大転換**（transformation）が必要

- ① **省エネ・GHG排出削減、炭素課税等の規制**の強化
- ② **再生可能エネルギー**の利用拡大
- ③ **マーケットルール(ESG投資、投資撤退、炭素価格付)**の変化
- ④ **未来技術**の創造

	Phase1（2016～2020年）	Phase2,3（～2050年）
ものづくり	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ロボティクス、AI、IoTによる生産プロセスの自動化と最適制御</li> <li>・ <b>製造エネルギーの最適化</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 設計、試作工程の仮想(VR,CPS)</li> <li>・ サプライチェーン全体のネットワーク化と最適化</li> <li>・ 工場間リアル連携による製造プロセスの統合利用</li> <li>・ シェアリング</li> </ul>
建屋 ファシリティ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <b>高効率ファシリティへの転換</b>（多様な熱源の利用）</li> <li>・ 再生可能エネルギー利用（小規模な実証利用、補助金制度活用）</li> <li>・ 建物のZEB化</li> <li>・ 熱源利用の最適化</li> </ul>	
共通	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <b>エネルギー供給ビジネスと連動した再生可能エネルギー利用拡大</b></li> </ul>	

短期的には、ファシリティ改善、生産ライン最適化による省エネ  
中長期では、生産プロセス革新、更新事業所のZEB化、  
事業連携による再エネ導入

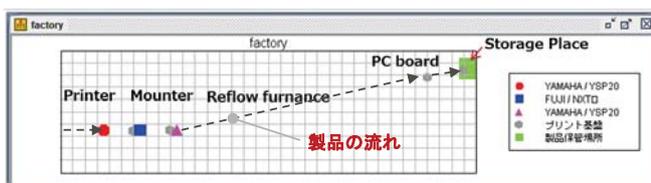
## ■ 主な施策

	2016～2020年	2021年～2030年
工場	リフロー炉等、 <b>設備更新</b>	プロセスAI制御（ <b>運用改善</b> ） 低温はんだ
共通	空調機器更新 照明LED化 その他設備更新 （冷凍機、温水器等）  <b>運用改善</b>	高効率空調、制御 高効率照明、制御 <b>設備更新</b>  <b>運用改善</b>

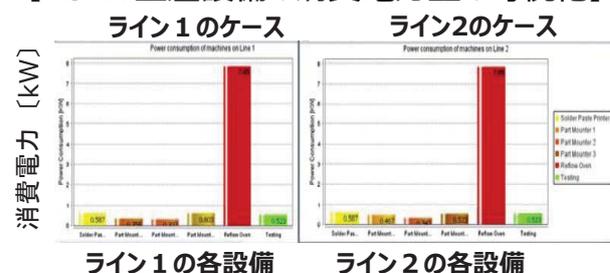
# エネルギーシミュレーショントライアル①

- 目的：仮想空間に生産ラインを構築し、設備毎のエネルギー消費量を予測することで、エネルギー消費量を最小にする生産ライン、製造設備、生産計画を立案・設計する。
- 目標：
  - ・生産ラインおよびファシリティ設備エネルギー消費量削減：現状比10%以上。
  - ・設備入力データフォーマットの国際標準化による設備データベースの構築。
- 概要：
  - ・仮想空間に生産工場を構築し、各条件下でのエネルギー消費量の可視化を図る。
  - ・エネルギー消費量可視化結果から、削減施策を検討し、実行プランを立案する。

【 仮想空間に構築されたSMT生産ライン】



【 SMT生産設備の消費電力量の可視化】



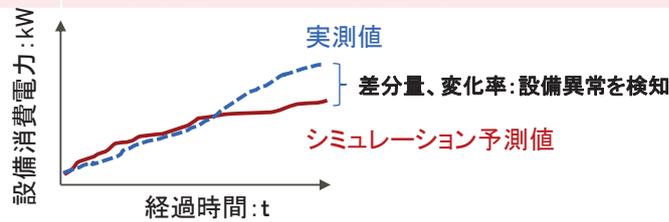
## ■ 活動スケジュール

活動内容	2016上	2016下	2017上	2017下
SMT生産ラインエネルギーシミュレータ	プロト完成 ▼	機能改善 ▼	→	
射出成形バッチラインエネルギーシミュレータ	工場見学(FJK) ▼			

# 【参考】エネルギーシミュレーションのユースケース

使用時期	使用目的	使用方法
生産ライン設計時	省エネ	工場設備の余剰能力低減、負荷平滑化:待機時間削減
"	"	生産条件に合わせたエネルギー消費量最小設備の選定 設備組合せの選定
生産計画時	生産ライン選定	生産設備機種、生産条件、生産時間を入力し、 エネルギー消費量最小のラインを選定
"	設備稼働計画立案	エネルギー消費量シミュレーション結果に基づき、設備の 待機時間・停止時間を決定
生産時	生産ライン保守	エネルギー消費量シミュレーション結果と計測実績値を比較 照合し、乖離量から設備の保守時期を予測
"	稼働状態監視	生産条件通りの生産が実行されているか、エネルギー消費 量で監視、異常を検出
"	故障予知※	エネルギー消費量シミュレーション結果と計測実績値を比較 照合し、各設備のエネルギー消費量変化から設備異常を検 出し、早期に適切な処置を実行

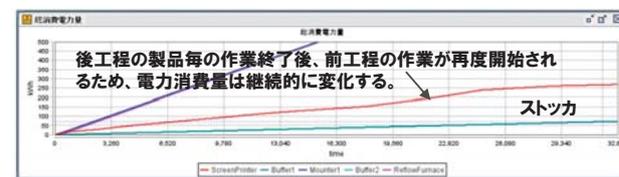
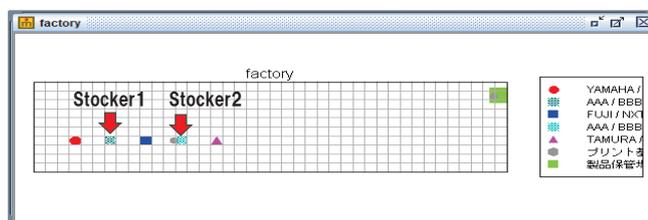
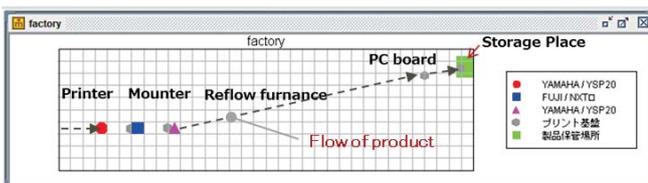
※故障予知の考え方



## エネルギーシミュレーショントライアル②

- ストッカ (バッファトレイ) を実装することでより現実に近いシミュレーションを実行可能とした。

※改善前は、前工程の作業が短時間で完了しており、現実と乖離。



- 電力消費量の数値データを10mSec毎に出力可能とした。

※実績値とシミュレーション値との差異を比較し予測精度を検証し、設備故障を含めた誤差発生原因を検討。

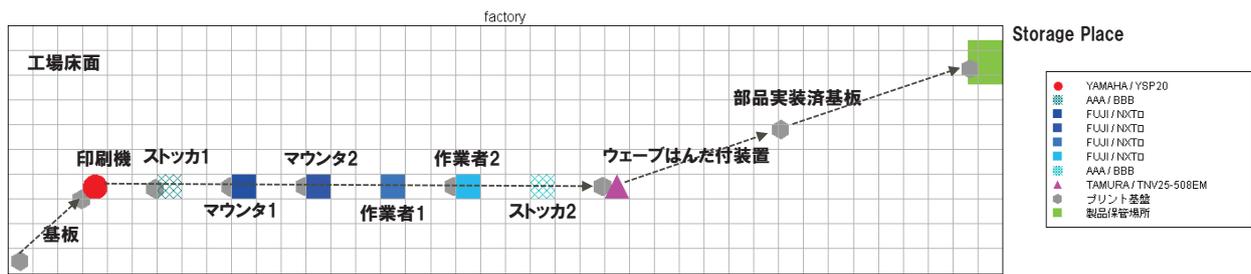
Step	Time	Condition	Electric Consumption(kW)
1	8:00:01	Stop	0
2	8:00:02	Start-up	0.011111111
3	8:00:03	Start-up	0.011111111
4	8:00:04	Start-up	0.011111111
5	8:00:05	Start-up	0.011111111
6	8:00:06	Start-up	0.011111111
7	8:00:07	Start-up	0.011111111
8	8:00:08	Start-up	0.011111111
9	8:00:09	Start-up	0.011111111
10	8:00:10	Start-up	0.011111111
11	8:00:11	Start-up	0.011111111
12	8:00:12	Waiting	0.002222222
13	8:00:13	Arrangements	0.013888889
14	8:00:14	Arrangements	0.013888889
15	8:00:15	Arrangements	0.013888889
16	8:00:16	Arrangements	0.013888889
17	8:00:17	Arrangements	0.013888889
18	8:00:18	Arrangements	0.013888889
19	8:00:19	Arrangements	0.013888889
20	8:00:20	Arrangements	0.013888889
21	8:00:21	Arrangements	0.013888889

Step	Time	Condition	Electric Consumption(kW)
1	8:00:01	Stop	0
2	8:00:02	Start-up	0.011111111
3	8:00:03	Start-up	0.011111111
4	8:00:04	Start-up	0.011111111
102	8:01:42	Waiting	0.002222222
103	8:01:43	Waiting	0.002222222
104	8:01:44	Waiting	0.002222222
288	8:04:48	Arrangements	0.013888889
289	8:04:49	Arrangements	0.013888889
290	8:04:50	Arrangements	0.013888889
408	8:06:48	Operation	0.033333333
409	8:06:49	Operation	0.033333333
410	8:06:50	Operation	0.033333333

# エネルギーシミュレーショントライアル③

## 【 ウェーブはんだ付プロセスにおける電力消費量可視化 】

仮想工場レイアウト



生産計画（生産スケジュール）

artsoc-変換プログラム

印刷機: はんだ印刷機, 海外製 / XXX, パック装置

ストックカ1: 海外製 / ZZZ, マウンタ

マウンタ1: 海外製 / YYY

マウンタ2: 海外製 / YYY

マウンタ3: 作業者 / 手挿入電力なし

マウンタ4: 作業者 / 手挿入電力なし

ストックカ2: パック装置, 海外製 / ZZZ

ウェーブはんだ付装置: リフロー炉, SEHO Systems / D-97892

印刷版清掃頻度: 5

生産開始時刻: 2017/10/26 08:00:00

生産終了時刻: 2017/10/26 17:00:00

低温はんだプロセスでは段取時間を150秒で設定

製品名	生産数	投入時刻	段取時間 [秒] (印刷機)	印刷時間 [秒]	搭載時間 [秒] (リッパ1)	搭載時間 [秒] (リッパ2)	搭載時間 [秒] (リッパ3)	搭載時間 [秒] (リッパ4)	段取時間 [秒] (リッパ)	搬送時間 [秒] (リッパ)
基板 (小)	10	2017/10/26 08:00:00	30	30	120	180	50	54	300	300
基板 (中)	20	2017/10/26 08:00:00	30	30	300	240	60	54	300	300
基板 (大)	15	2017/10/26 08:00:00	30	30	360	360	52	60	300	300
基板 (小)	25	2017/10/26 08:00:00	30	30	120	180	57	56	300	300
基板 (大)	5	2017/10/26 08:00:00	30	30	360	300	61	55	300	300
基板 (小)	30	2017/10/26 08:00:00	30	30	50	65	57	58	300	300
基板 (小)	14	2017/10/26 08:00:00	30	30	120	180	58	58	300	300
基板 (中)	15	2017/10/26 08:00:00	30	30	300	240	60	61	300	300
総生産枚数: 134枚										

FUJITSU CONFIDENTIAL

8

Copyright 2017 FUJITSU LIMITED

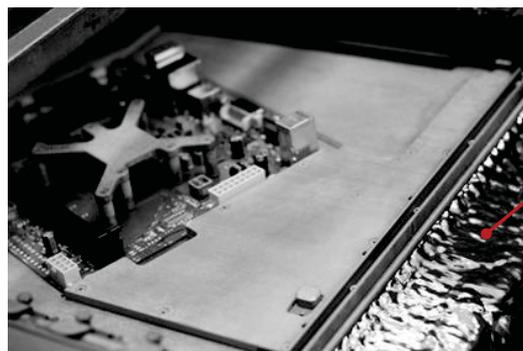
## 【参考】ウェーブはんだ付プロセス



ウェーブはんだ付装置



プリント基板への部品手挿入



熔融はんだ浴

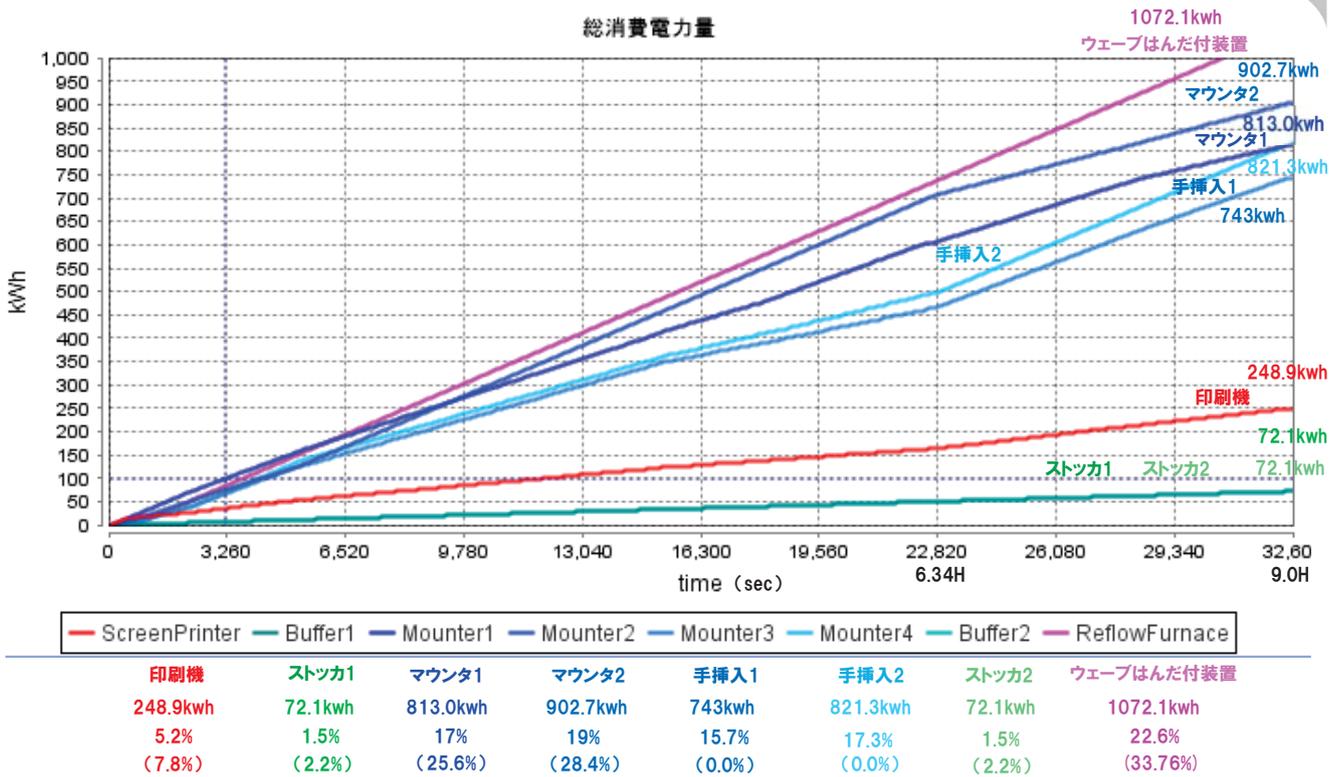
部品挿入後のウェーブはんだ付

FUJITSU CONFIDENTIAL

9

Copyright 2017 FUJITSU LIMITED

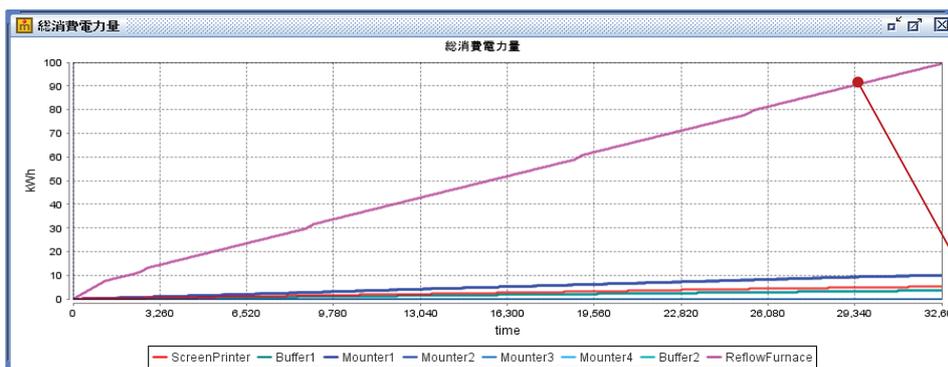
# エネルギーシミュレーショントライアル④



Total 4745.2kwh (3180.9kwh)

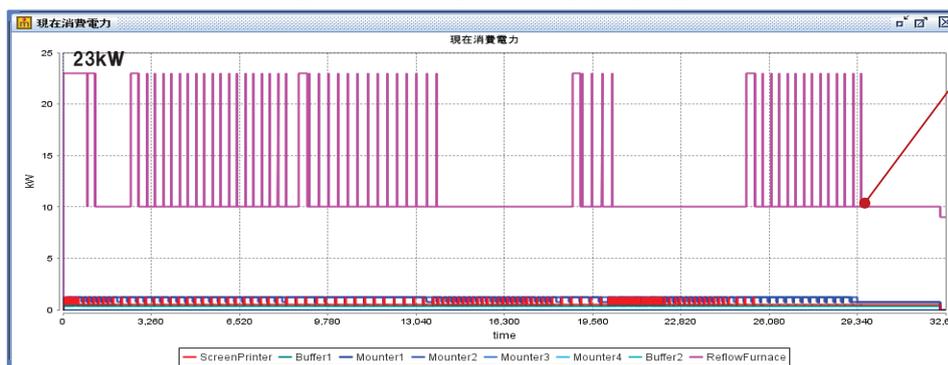
( ) 内は作業者の電力消費量をゼロとした場合のシミュレーション結果

# エネルギーシミュレーショントライアル⑤



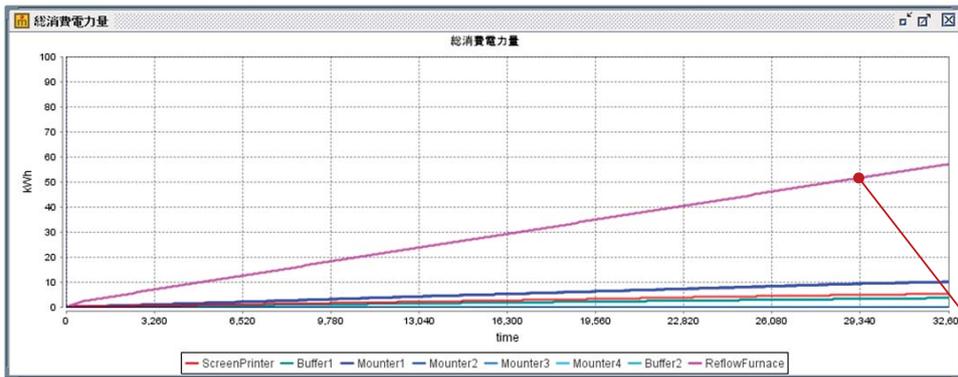
高温ウェーブはんだ付プロセス(総消費電力量)

生産終了

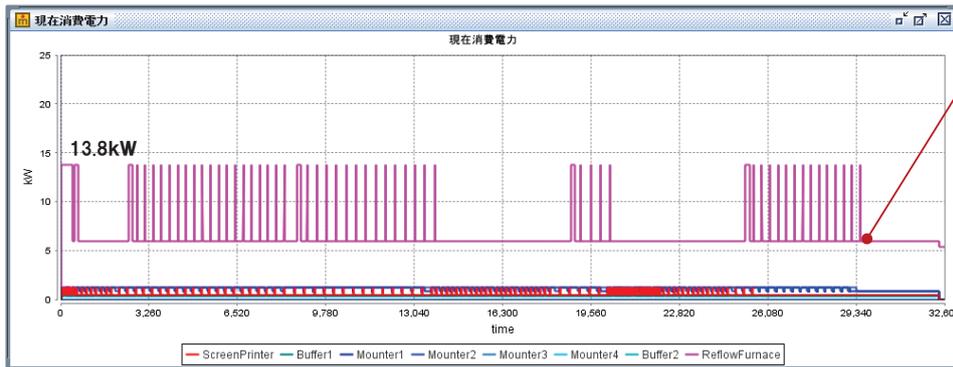


高温ウェーブはんだ付プロセス(消費電力推移)

# エネルギーシミュレーショントライアル⑥



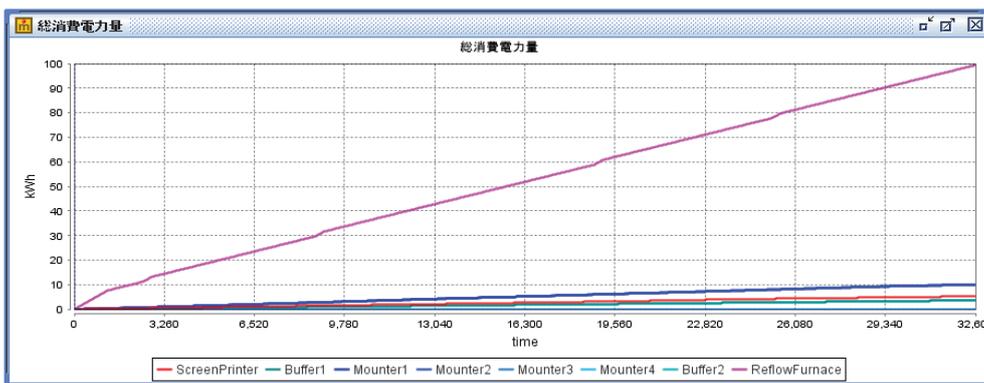
低温ウェーブはんだ付プロセス(総消費電力量)



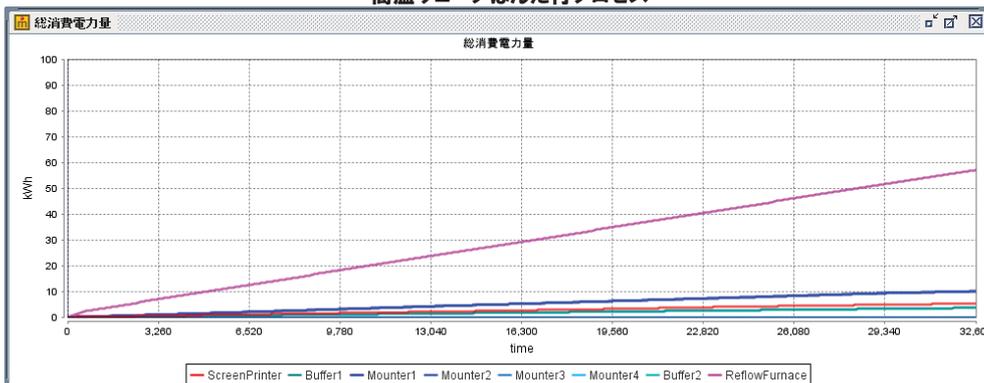
低温ウェーブはんだ付プロセス(消費電力推移)

生産終了

# エネルギーシミュレーショントライアル⑦

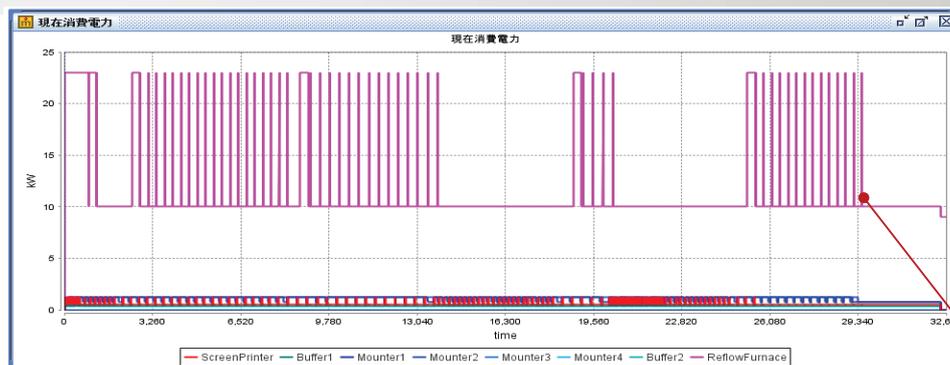


高温ウェーブはんだ付プロセス

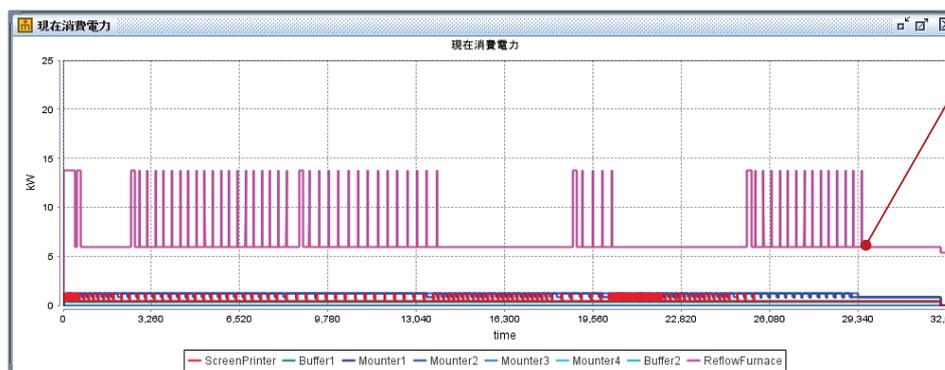


低温ウェーブはんだ付プロセス

低融点はんだ材料の適用によりウェーブはんだ付設備の消費電力量を削減



高温ウェーブはんだ付プロセス



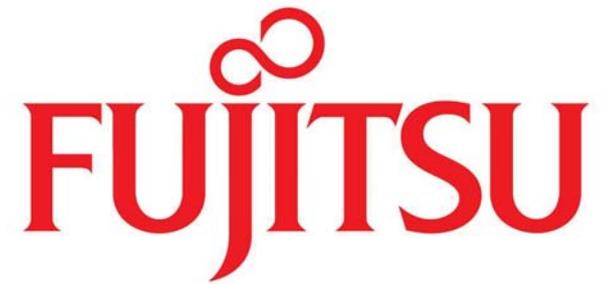
低温ウェーブはんだ付プロセス

生産終了

低融点はんだ材料適用によりウェーブはんだ付設備の生産能力を上昇させても生産時間の短縮につながらない

## DEcoFへの期待

- SMT製造ライン ⇒ 適用分野の拡大 (Pt板ユニット製造ライン)
  - ・射出成形
  - ・半導体
  - ・サーバルーム
  - ・オフィス
  
- エネルギー使用量可視化 ⇒ エネルギー使用最適化 (線形計画法、AI)
  
- 電気エネルギー ⇒ 総合エネルギーシミュレーション
  - ・熱エネルギー (廃熱、ガスコジェネ)
  - ・スマートグリッド (VPP、再エネ、エネルギー地域連携)



shaping tomorrow with you

Copyright 2017 FUJITSU LIMITED

禁無断転載

-グリーンプロダクションのための  
環境情報プラットフォーム-  
デジタルエコファクトリー (DEcoF) 専門委員会  
発表セミナー

発 行 平成29年10月26日

発行者 FAオープン推進協議会  
〒105-0001  
東京都港区新橋三丁目4番10号  
一般財団法人 製造科学技術センター  
電 話 03-3500-4891  
メール [jim-faop@mstc.or.jp](mailto:jim-faop@mstc.or.jp)

禁無断転載

デジタルエコファクトリー専門委員会  
(FAOP-DEcoF 専門委員会) 活動報告書

発行 2020年3月

発行者 FAオープン推進協議会  
〒105-0001  
東京都港区新橋三丁目4番10号  
一般財団法人 製造科学技術センター  
電話 03-3500-4891  
メール [jim-faop@mstc.or.jp](mailto:jim-faop@mstc.or.jp)