



第4次産業革命時代の 持続可能なモノづくり

黒岩 恵 (さとし)

(skuro@esd21.jp)

一般社団法人 持続可能なモノづくり・人づくり支援協会(ESD21)

NPO法人「ものづくりAPS推進機構(APSOM)」理事長

元名古屋工業大学客員教授

今日のトピックス

1. はじめに
2. IoT機器とシステム事例
3. Industry4.0の国内外動向
4. TPS/Toyota Way
5. TPS のIT化
6. 持続可能なモノづくり

<略歴>

- 1969年トヨタ自動車（工業）入社
- 生産技術、工場建設、生産準備、工機、物流、FA部門、IT部門
- 生産システムの研究、トヨタ生産方式（TPS）の情報化推進
- トヨタのトップを補佐し、“e-Japan戦略” IT/EC関連の団体活動
- トヨタ退社後、2004年名工大客員教授（産学連携）、NPO活動
- 現在、九州工業大学客員教授、ESD21,APSOMなどNPO活動

ESD21の概要

ESD21: Association for Support of Economic Sustainable Development

ESD21: www.esd21.jp

TPS/Lean方式 セミナー(内川講師)

<ミッション>

- ・**TPS** (人的能力) と**IT** (テクノロジー) による企業の「改善と改革」支援

<会員 (概数) >

- ・法人会員70社 (豊通、小島プレス、富士電機、ヤンマー、古川電機、オージス総研ほか)
- ・個人会員120名

<事業概要>

- ・特別事業 (特別講演会、例会など)
- ・テーマ事業
 - (1) トヨタ生産方式 (TPS/Lean)
 - (2) 情報技術 (IT/CPS事業)
 - (3) ミャンマー事業



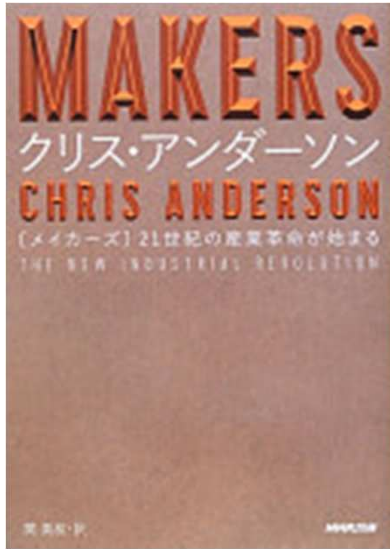
ミャンマーSEDA & ESD21提携記念フォーラム



はじめに

ESD21の活動例

「モノづくりが変わる」： 3Dプリンティングとファブラボの普及啓発



小玉秀男氏
(3Dプリンタ発明者)



ESD21の講演風景



3Dプリンタのメリット

- 従来法で加工不可のモノが加工可
- ・オンデマンド、オンサイトで対応可能
- ・納期、コスト有利



For d社のインタークマニフォルド適用例

試作期間短縮： 120日⇒4日

試作コスト削減： 5万USD⇒3千USD

3Dプリンタ等によるデジタルものづくりの
経済波及効果 (2020年で21.8兆円)



装置・材料等の直接市場 [1.0兆円]



関連市場 [10.7兆円]
付加製造技術で製造した製品市場



生産性の革新 [10.1兆円]
付加製造技術による製造等の効率化

世界の3Dプリンタ出荷台数

5千USD以上 (1998~2012) 累計

- U.S. 71.2%
- イスラエル 10.0%
- 欧州 11.5%
- 中国 3.5%
- 日本 3.3%
- その他 0.5%

引用：モノづくり白書2014 (経産省)

はじめに

ESD21の活動例 (TPS/Agileソフト)

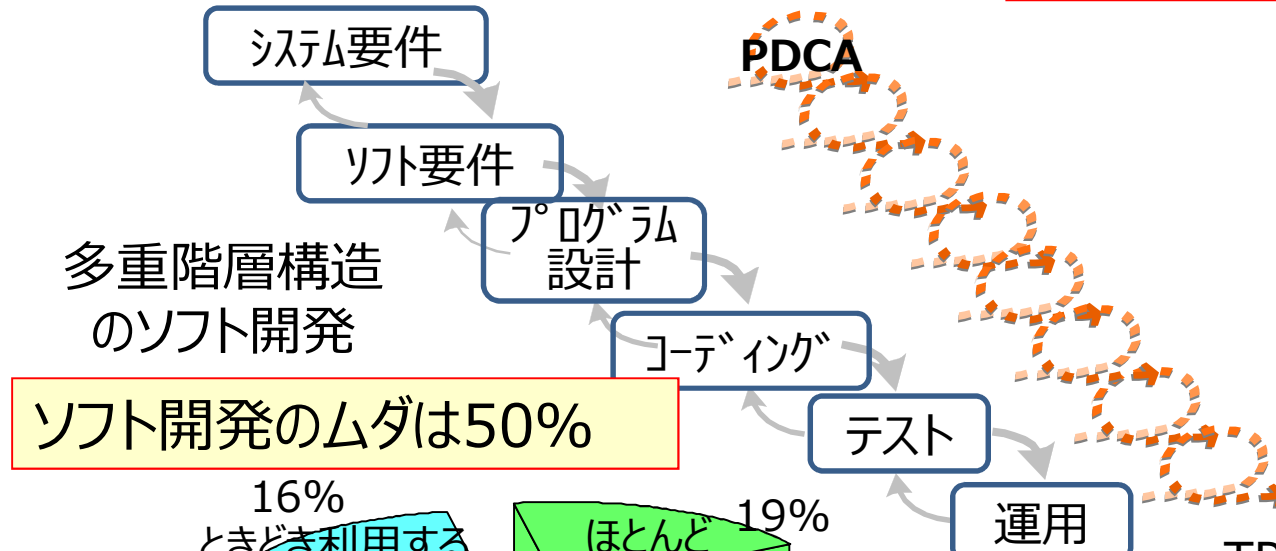
「ソフトウェアづくりが変わる」： ソフトのTPS/Agile開発の普及啓発

ソフトウェア開発の「TPS/Agile方式」への転換は、歴史的必然

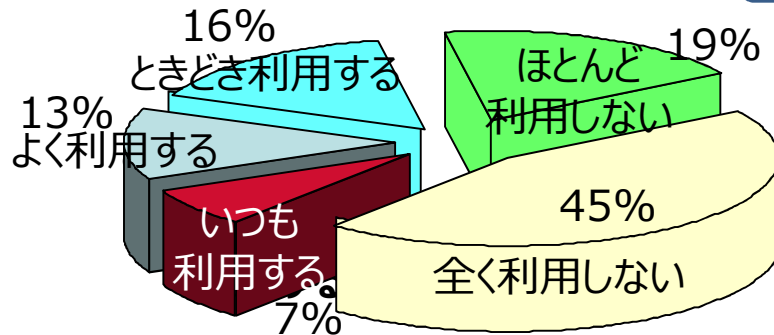
Waterfall プロセス
フォード方式 (1900年代)



TPS/Agile プロセス
トヨタ方式(1960年代～)



- 短いリードタイム
- 速いPDCA サイクル
- 品質不良早期対応
- Push& Pull
- 人間性尊重 (多能工、達成感、モチベーションの向上)



TPS/Agileソフトの適用



はじめに

今、我々は大きな歴史の変曲点にいる

アルビン・トフラー：「第三の波」、ダニエル・ベル：「脱工業化社会」

農業革命

工業革命

情報革命

<技術の変化：産業の原動力>

ドイツのIndustry4.0：製造業の革新

独

第1次産業革命
水力、蒸気を
動力源

第2次産業革命
電気、電力を
動力源

第3次産業革命
コンピュータによる
制御、自動化

第4次産業革命
IoT/ICT, AIとCPS
による自律化

米

<社会の変化>
産業の在り方の変化

第1次産業革命
内燃機関による
工場の機械化

第2次産業革命
電気・電子、IT,
電力による大量生産

第3次産業革命
IoT, ビッグデータ,
AI, CPSによる革新

日

狩猟社会

農耕社会

工業社会

情報社会

超スマート社会

Society5.0
Connected Industries

<情報革命>

- 第1次情報革命：言葉の発明
- 第2次情報革命：文字の発明
- 第3次情報革命：活版印刷術の発明
- 第4次情報革命：電子メディアの到来
- 第5次情報革命：コンピュータの実用化
- 第6次情報革命：通信とコンピュータの融合

<情報技術（IT）の変化>

- 第1次IT革命：コンピュータによる自動化
- 第2次IT革命：コンピュータと通信の融合
- 第3次IT革命：IoT/ICT, AIとCPSによる自律化

はじめに

企業の株式時価総額順位

世界時価総額ランキング World Stock Market Capitalization Ranking 2017

No. ▲▼	前月比 ▲▼	企業名 ▲▼	\$10億 ▲▼	国名 ▲▼
01	01 →	アップル Apple Apple	796.47	 アメリカ
02	02 →	アルファベット (クラスA / クラスC) Alphabet Alphabet	675.11	 アメリカ
03	03 →	マイクロソフト Microsoft Microsoft	539.20	 アメリカ
04	04 →	アマゾン・ドット・コム Amazon.com Amazon	475.40	 アメリカ
05	05 →	フェイスブック Facebook Facebook	438.96	 アメリカ

自動車メーカーの時価総額順位

第1位	トヨタ (日本)	第6位	テスラ (米)
第2位	ダイムラー (独)	第7位	GM (米)
第3位	VW (独)	第8位	フォード (米)
第4位	BMW (独)	第9位	日産 (日本)
第5位	ホンダ (日本)	第10位	現代 (韓国)

注) GoogleはAlphabetの100%子会社

7位 : Johnson & Johnson
11位 : GE
12位 : AT&T
13位 : Alibaba (中国)
14位 : Tencent (中国)
15位 : Samsung (韓国)

47	44 ↓	トヨタ自動車 Toyota Motor Toyota	163.34	 日本
50	49 ↓	IBM International Business Machines IBM	143.40	 アメリカ

はじめに

各国の世界競争力、ICT化、GDPのランク

＜世界競争力＞

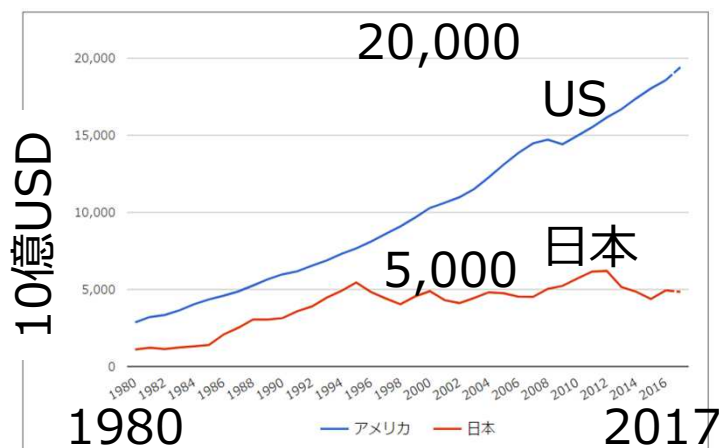
＜国のICT化、デジタル化競争力＞

WEF		IMD		WEF		IMD	
1位	スイス	香港		1位	シンガポール	シンガポール	
2位	シンガポール	スイス		2位	フィンランド	スウェーデン	
3位	米国	シンガポール		3位	スウェーデン	米国	
4位	オランダ	米国		4位	ルウエー	フィンランド	
5位	ドイツ	スウェーデン		5位	米国	デンマーク	
8位	日本	26位	日本	10位	日本	27位	日本

WEF The Global Competitiveness Report 2016
IMD World Competitiveness Ranking 2017

WEF Global Information Technology Report 2016
IMD World Digital Competitiveness Ranking 2017

US, 中国、日本の名目GDP推移(1980～2017)



IMF一人当り
名目GDP

- 1位：ルクセンブルグ
- 2位：スイス
- 3位：ルウエー
- 4位：マカオ
- 5位：アイルランド

22位：日本

IMF World Economic Outlook Databases、世界経済のネタ帳より

はじめに

産業構造の変化とイノベーション

ITの技術革新により、プロダクト（商品、サービス）と、ビジネスプロセスは大きく変化。新しいビジネスモデルの創出が期待される。

<課題>

- (1) 少子高齢化、人口減少と地域活性化
- (2) 地球規模の資源・環境の変化対応
- (3) 近隣諸国との政治摩擦
- (4) 英のBrexit, 米「American First」

IT業界の構造変化

垂直構造 (80年代中頃) → 水平構造 (2000年代初) → 水平構造 (現在)

IBM ほか

全製品をカバー	全製品をカバー
---------	---------

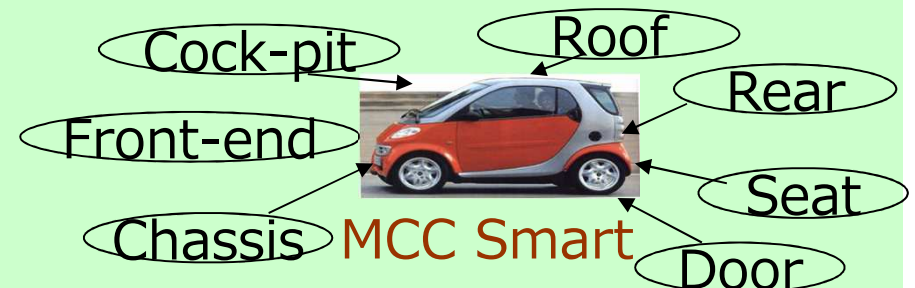
CPU : Intel
OS : Window
AP : SAP
N/W : Cisco
周辺 : Canon
PC : Dell

主役交代,新しい
ビジネスモデル

Apple,
Google
Amazon
FB ほか

自動車産業

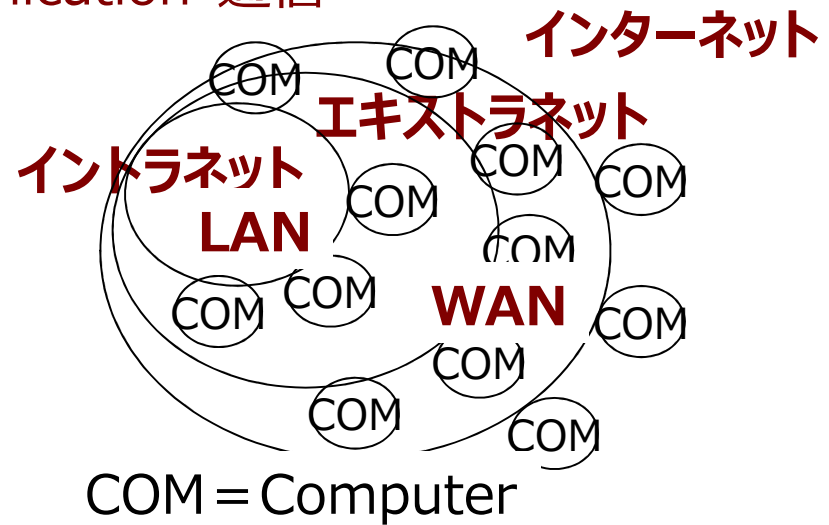
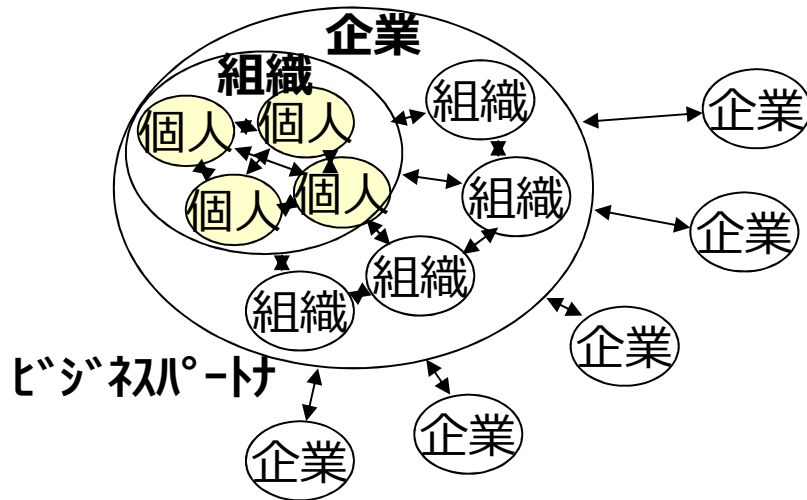
1. EV/HV/PHV/FCV (地球環境)
2. BRICs対応 (メガコンペティション)
3. シェアリング、コネクテッド
4. 自動運転 (例) モジュール化



はじめに

人間系と IT系とのアナロジー

- ビジネス活動は人間系(TPS)・機械系(IT)による情報処理・加工
- 機械系 (IT系) は、この40年に百万倍進化したけど、人間系は？

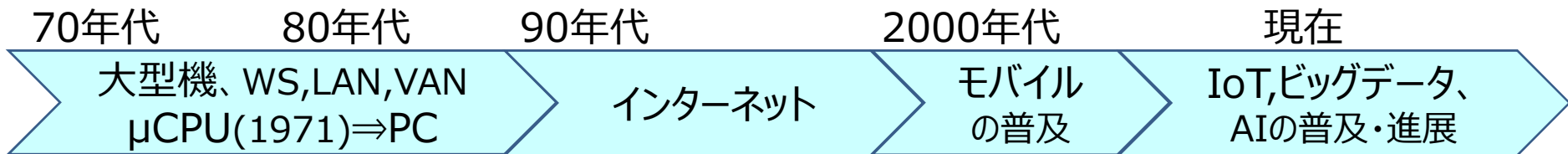


オフィスの仕事 = 人
生産現場の仕事 = 人

+ 機械系 (CAD/CAE,ERP/SCM/Mail)
+ 機械系 (ロボット化/自動化/IT化)

はじめに

インターネットから IoT/CPSのIT新時代へ



40年前(IBM)

μCPUがコンピュータの
世界(IBM)を変えた

DARPA/ARPA ネット
TCP/IP
光ファイバー普及

Intel 8008



NEC, TK80



超LSI 技術研究組合
設立 (75年)

電子立国日本の始まり

20年前 (Wintel)

Internetが通信
の世界を変えた

産業の高度情報化
グローバルビジネスの加速



<経済産業省プロジェクト>



現在～ (GAAF?)

IoT, Big Data, AIなど
CPSによる新しいビジネス
モデル、新価値の創出

2020年までのIoT接続数

- ・ガートナー社：260億
- ・シスコ社：500億
- ・IDC社：2,100億

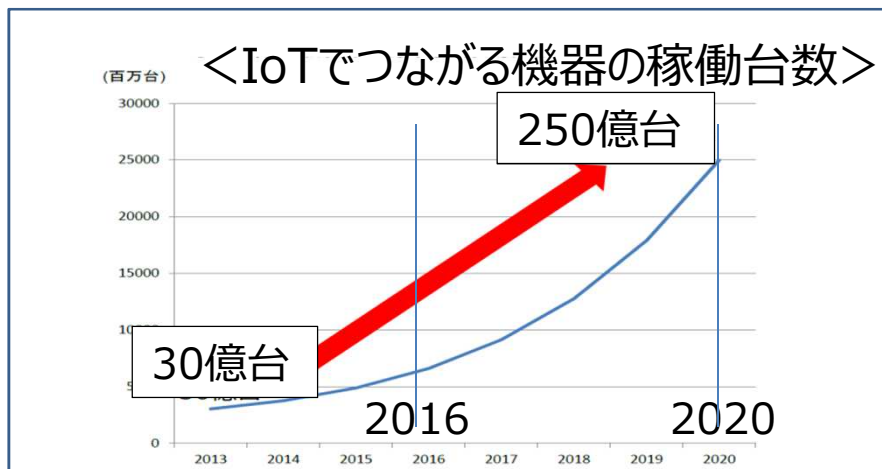
<独・米プロジェクト>

- Industry 4.0,
- Industry Internet

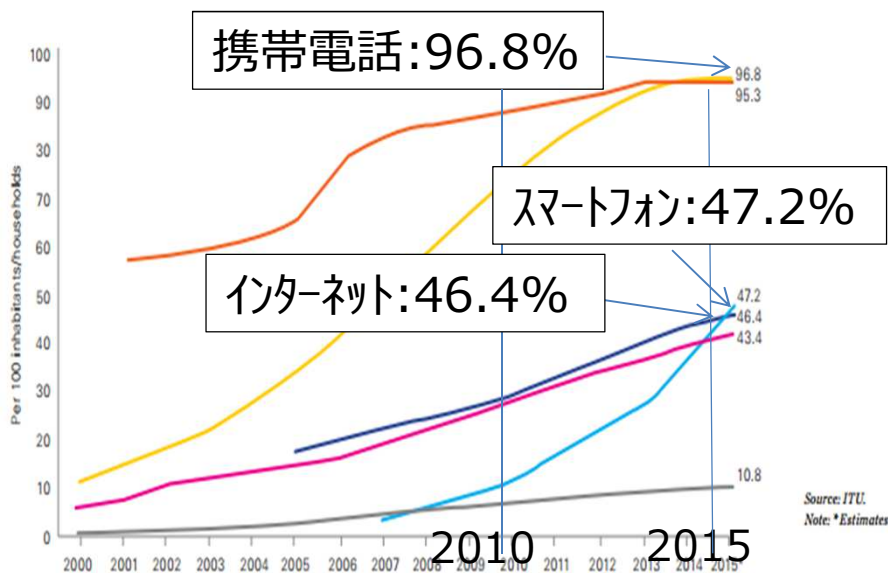
<経済産業省プロジェクト>

- 「IoT革命にシニアブ」(RRI)
- IoT推進コンソーシアム

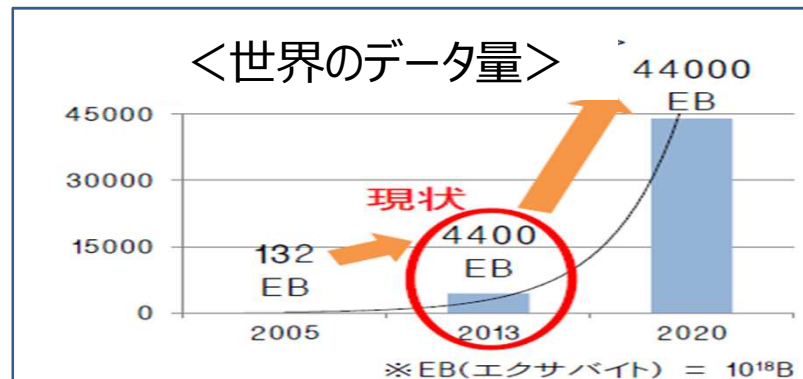
ICTによる変革のスピードは想像を超える？



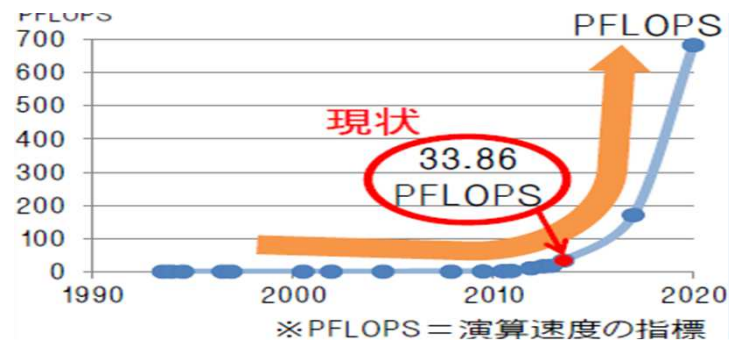
世界のインターネット、モバイルの普及



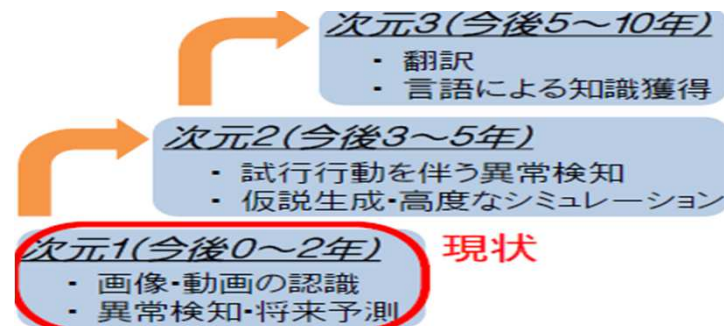
出所：ITU ICT Facts and Figures in 2015



＜スーパーコンピュータの演算速度＞



＜人工知能 (AI)の非連続的進化＞

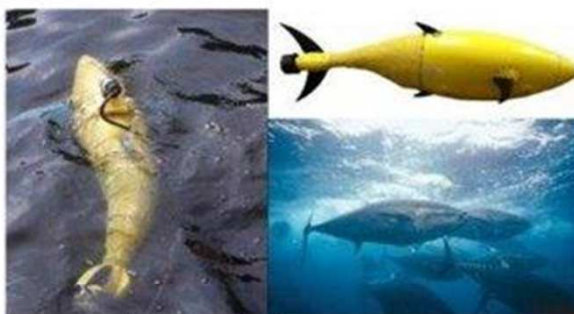


出所：経済産業省商務情報政策局2015

IoT 機器と応用例



ボール内部に9個の重力センサー、電池、Blue tooth内蔵。



Bio Swimmer

米Boston Engineering社で開発。自動航行により機雷を発見



Fedexの荷物配送用IoT。10×10cmの機器にGPS搭載。位置、温度、圧力などを計測



スマートコンタクトレンズ。糖尿病患者の血糖値管理

Facebook Hangers



Uber's colorful solution



Google Glass In Factory
Volkswagen Employees



Kinetic
Warehouse Safety Wearable:

出所:総務省「H27情報通信白書」ほか各社HP

Amazon, Google と Tesla



近い将来、ドローン宅配
Amazon Prime Air



Amazonは倉庫ロボット15000台導入し、
最大1000億円の人件費削減へ

創業期のAmazon



テスラの
オートパイロット



出所：Car Watch



出所：Google HP

トヨタの車載 ITと人工知能への取組み

- ・トヨタは昨年1月初に西海岸にTRI設立を発表。5年間10億ドル投資予定。CEOのDr.ギル・プラットのAIドリームチームによる研究開発スタート。
- ・今年5月、AI技術で米半導体メーカーNVIDIAと提携。グローバル連合に参画

T-Connectの基本構成



<つながる車>



2014年にサービス開始した「T-Connect」は、2002年のG-BOOKに代わるテレマティクスサービス

- ① **エージェント** : ロボットオペレータサービス（エージェント音声対話）、有人への引継ぎ、先読みサービスサービスなど。
- ② **Apps** : 車両情報連動のアプリ（運転支援、インフォ・テイメントなど）を最大20個インストール可。
- ③ **オンラインケア** : ヘルプネットなど、Gbookで評判の機能の引継ぎ。「ルート探索」は、VICS情報に加えて、トヨタの物流車両のプローブ情報（位置、速度）のビッグ・データを活用し、最適ルート案内。

提供：トヨタ自動車

ビックデータ利用による社会システム化

東京都心部



路側感知器
データ



プローブデータ



超音波
マイクロ波
光ビーコン



従来の交通情報システム



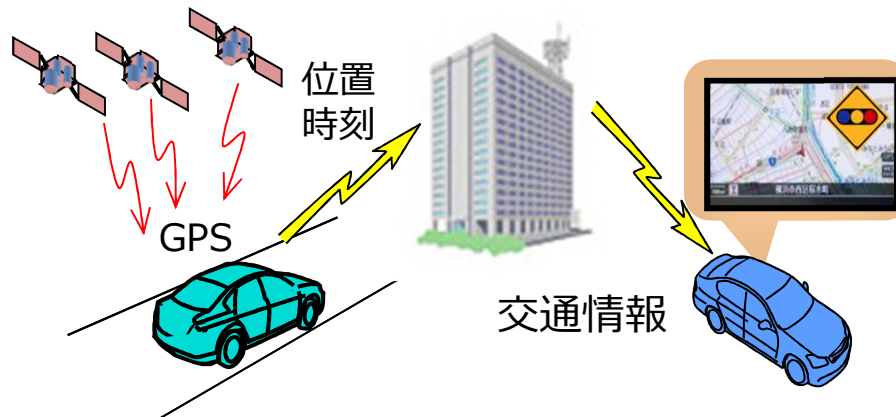
交通管制センター



新東名高速 (センサー-6500)

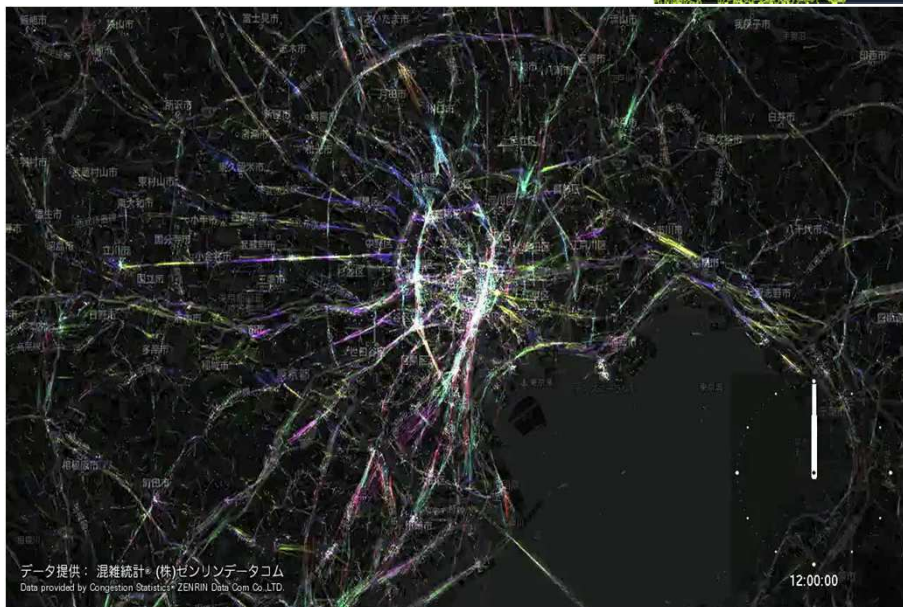


プローブシステム



提供：トヨタ自動車

2011年3月11日 14:46
東日本大震災の地震発生
時の車両プローブデータ



人型ロボットの適用とトヨタのロボット開発

- ◆ 「人とロボットの関係」の変化： 代替(分離) ⇒ 協働 ⇒ 融和
- ◆ AI(人工知能) の適用で人と自律型ロボットの共存が加速する

日産、販売店の接客にPepper(100台)



引用：carview

生産現場にPepper導入評価

クラウドとロボットを
結合した、設備監視
トラブル対応支援



産業用ロボット
(1980～)



パートナーロボット
(2000)



医療・介護支援、生活支援ロボット



移乗支援ロボット



HSR (Human Support Robot)

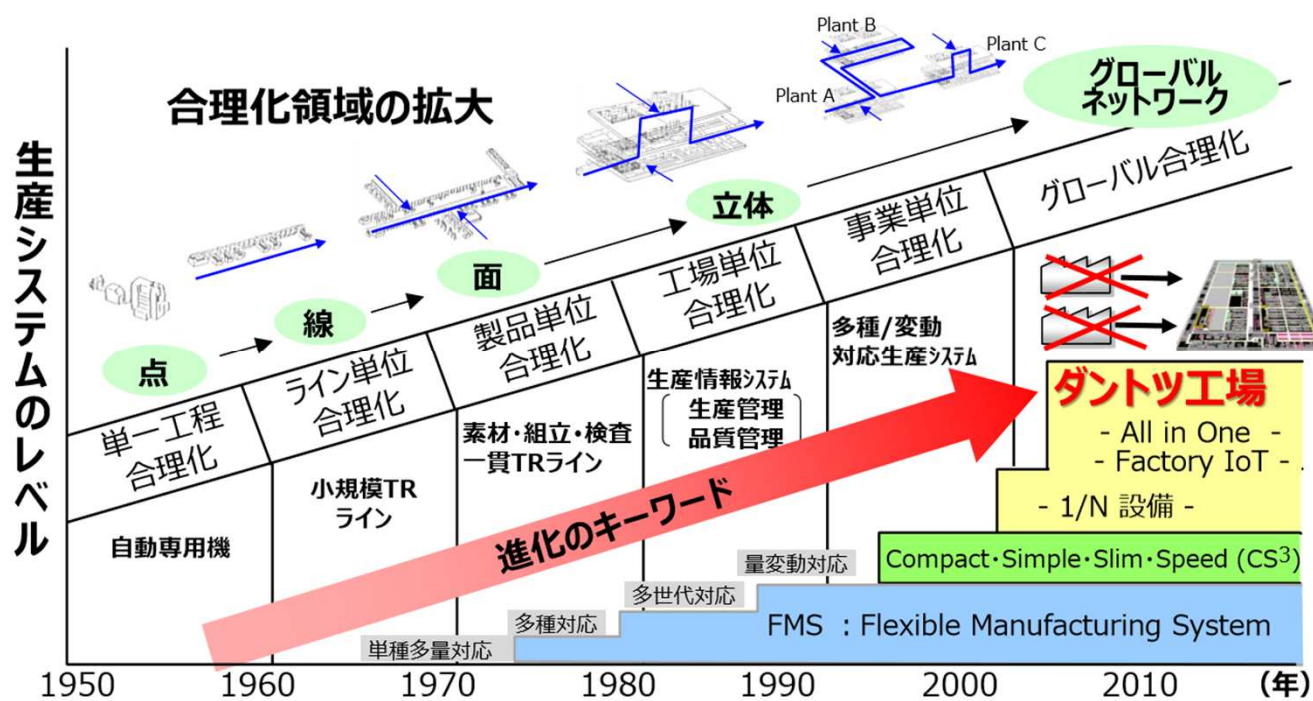
デンソーの生産システムの歩みと工場 IoT

- 自動車部品メーカーも、工場のIoT化の取り組みスタート
- IoT活用で判断/知恵を結集⇒ダントツ工場進化によりコスト競争力強化

デンソー、全工場にIoT
「あたかも、1つの工場のように運営する」
日本経済新聞
2016/1/18

- ①グローバル規模で柔軟なブリッジ生産
- ②グローバルに力を結集、スリムな生産準備
- ③設備故障・不良の予兆検知、未然防止・遠隔サポート

生産システムの歩み

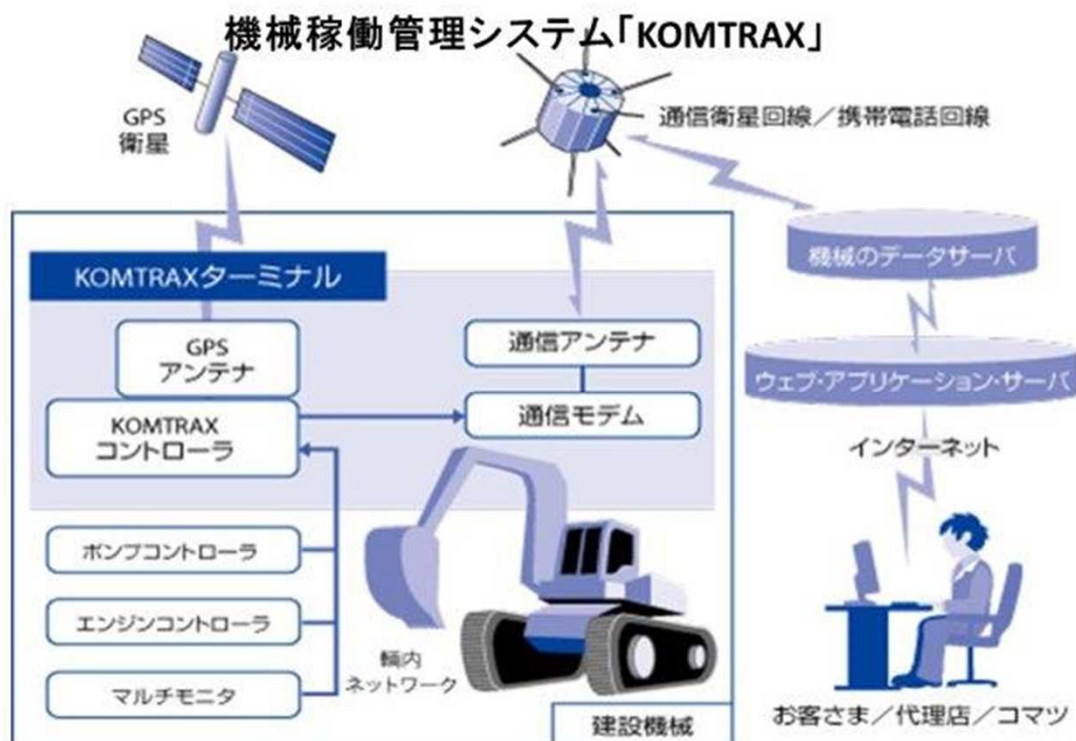


日本のIoTの代表例、コマツのKOMTRAX

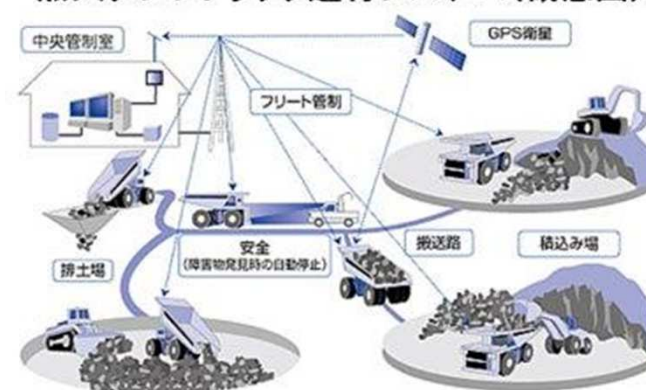
システムの機能よりビジネスモデルに価値がある。

http://www.komatsu.co.jp/CompanyInfo/profile/product_supports/

日本の製造業のIoT、Big Data導入の代表例。建設機械に取り付けた機器から、車両の位置や稼働時間、稼働状況などの情報を提供するシステム。お客さまの保有車両の稼働率向上や維持費の低減等、機械のライフサイクルサポート。



無人ダンプトラック運行システム(概念図)



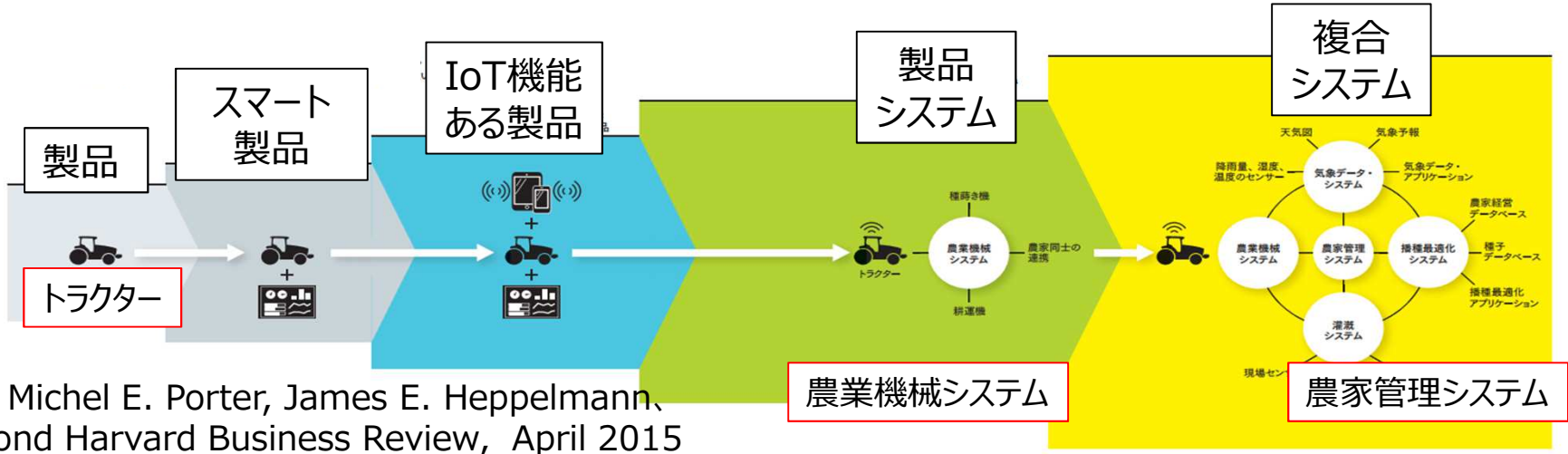
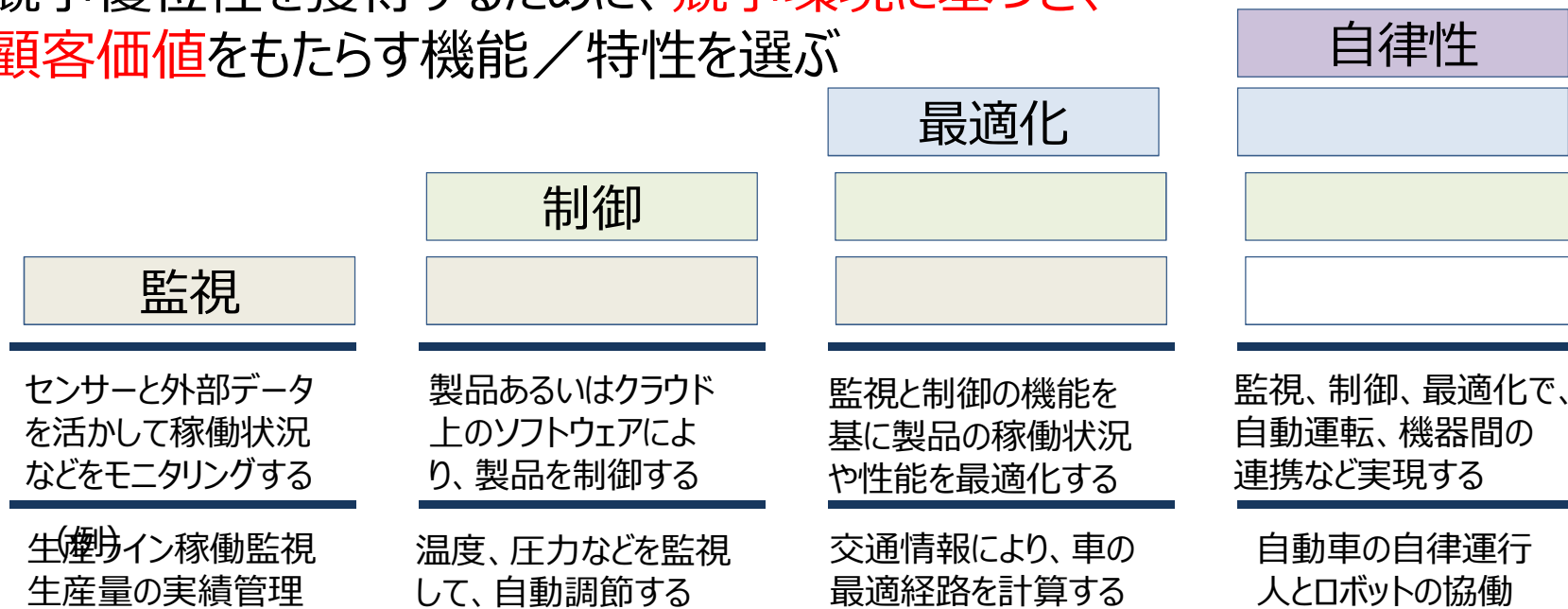
ドローンの適用と施設保守点検サービス

ドローンの適用は、農薬散布、架線工事、写真撮影、災害調査、宅配便、警察(事件・事故現場)、実験機など多分野



IoTによる製品・サービスの機能と事業拡大

競争優位性を獲得するために、**競争環境に基づき**、**顧客価値**をもたらす機能／特性を選ぶ



出所：Michel E. Porter, James E. Heppelmann, Diamond Harvard Business Review, April 2015