

<ポスト冷戦研究会・報告>

「インダストリー4.0—課題と展望—」  
—独・米・中・日比較を中心に—

2017年9月23日

久保 新一

# はじめに

・デジタル技術 (IoT・AI・ビッグデータ) の発展により、ものづくりのあり方 (生産方式) が転換 (Cyber・Physical・System)、「インダストリー4.0」が提起される

1. 2013年4月、独「Industry 4.0」産官学連携国家プロジェクト設立<sup>[6,7,19]</sup>
2. 2014年3月、米GE・IBM・intel・シスコシステムズ・AT&T、5社: 「IIC」  
(Industrial Internet Consortium)設立<sup>[10~12]</sup>
3. 2015年3月、中「中国製造2025」発表<sup>[14]</sup>
4. 2016年6月、日「日本再興戦略2016—第4次産業革命に向けて」<sup>[27]</sup>

## (1) IoT(Internet of Things)3要素成熟<sup>[10,19]</sup>

①センサー; デジタル化・小型化・省エネ化・低価格化

②ネットワーク; 通信速度高速化・エリア拡大・コスト低下

ISDN(64Kbps)－ADSL(数十Mbps)－FITH(数十M-数Gbps)

③コンピュータ; CPU高速化・計算・データ処理速度向上・誰でも安く使えるクラウドコンピューティング化

## (2) 技術的環境整備<sup>[6,8,10,19]</sup>

2010、Mazeデータ(ビッグデータ収集環境整備)

2011、Apple i Cloud 発表、iPhone4s搭載チップセット「A5」(IBMスパコン

「Deep・Blue」(1997))の演算速度超える、iPhoneX(17、顔認証AI搭載)

2012、①AI・ディープラーニング成熟(2006年～トロント大、Google猫の画像認識)

②Cloud(SAP・IBM・MS・Oracle)出揃う、③IPアドレス(IPv4－6へ移行)

# I ドイツ・「インダストリー4.0」<sup>[6,7,11,12]</sup>

## 1. 最初の新産業革命論

- 1) 契機: グーグル自動運転車開発(11)、米IT産業支配、日本(カイゼン)・中国経済台頭への対抗措置
- 2) 目的: ①スマート工場化、②マスカスタマイズ生産、③中小企業救済
- 3) 特徴: 政府主導・産官学連携プロジェクト、メンバー(独企業・研究機関限定)
- 4) 背景: ①産業用機械で世界をリード(ハード=シーメンス、ソフト=SAP、R&D=フラウエンホーヘン研究所(2万4千人))、②ハノーバーメッセ(産業用機器・毎年春開催)、③EU・システム統合の実績
- 5) 現状: プラットフォーム体制変更(IGメタル(労組)参加)、①技術委員会WG(「RAMI4.0」)主導、②中小企業サポートWG「LMI4.0」、③リサーチ&イノベーションWG、④セキュリティーWG、⑤リーガルフレームワークWG、
  - ・世界の標準化委員会との協力(「Standardization Council I4.0」)

## 6)産業界の動向:[11,23,26]

「I 4.0」(11) から6年、生産性向上 — ビジネスモデルの変革へ  
シーメンスとSAP:ドイツ企業(もの作り)デジタル化の牽引車

### (1)シーメンス:

- ①H.フォンピラーCEO(01~13); 選択と集中(98半導体・07ケータイ整理、11.9原発・撤退)、デジタル化推進(01~07、ソフトウェア会社買収(50億ユーロ))・「デジタルプラットフォーム」提供可能に
- ②G.ケーザーCEO(13~); 「ビジョン2020」(14、デジタル化計画、鍵はソフトウェア、総額1兆円のソフトウェア会社買収)、「電動化」・「自動化」・「デジタル化」(仮想空間に「デジタルツイン」作成、「デジタルプラットフォーム」構築)、事業部再編(16-9、「デジタルファクトリー」事業部新設)、ソフトウェア要員2万人、自社株保有(16.5万人)

## (2)SAP : [26]

B. マクダーモットCEO(14~、初の米国人トップ)、鍵はソフトウェア

- ①ソフト開発も新ビジネス創造も組織次第
- ②人材のダイバーシティ(多様性)重視、(要職に若手(30代)登用、管理職の25%女性、自閉症者1%)
- ③非財務指標(CO2排出削減量)重視
- ④シーメンスと、VWやアディダスのプラットフォーム作り推進
- ⑤10年前ERP(統合基幹業務システム)ソフト開発、
- ⑥HANA(高速データベース)開発(ビッグデータ新ビジネス)

- 戦後ドイツで培われてきた非ナチ化・脱ドイツ(ヨーロッパ)化と環境保護=反核・平和運動との連携[7,23]

## 2. 戦後ドイツ史

- 1) 基調: (1)非ナチ化、(2)ヨーロッパ化(58年・EEC結成、NATO軍創設・加盟、70年代・東方政策)、(3)環境保護=反核・平和運動(75年ヴィール原発反対、79年ミサイル・核搬入阻止運動、83年緑の党・国会に議席、86年チェルノブイリ原発事故)
- (4)ポスト冷戦: ①ベルリンの壁崩壊(89)、②東独ドイツ編入・統一(90)、③マーストリヒト条約・EU(欧州連合)発足(92)、④NATO軍地位協定改定(93、裁判権・基地管理権回復、軍関係者40万人→11万人(01))、⑤中・東欧EU加盟(90年代～)、⑥EU危機対処(09年～)、⑦難民受入(15、100万人)

### 2) 環境保護政策[23]

- (1)コール政権(CDU); ①CO2排出量(90、2005年/90年比-5%)

②エネルギー購入法(91、再生可能エネルギー買取制(5%条項))、

③京都議定書(98締結・01年発効、温暖化ガス2012年/90年比-21%)、③電力自由化(98. 4)

(2)シュレーダー政権(SPD・緑連立)(98. 9~05. 9):①脱原発合意(99. 1、財界)、②再生可能エネルギー法改訂(00、5%条項撤廃)、③原子力法改正(02. 1、原発廃止決定)、④労働市場改革(02、「ハルツ改革」(労働時間・労働形態柔軟化、WSを通じて失業者増回避、以降雇用者数13%増)[13]

(3)メルケル政権(CDU/SPD連立、05.9~)[6,7,11]

①「高度技術戦略」(06、脱化石燃料・脱大量生産・消費・廃棄)

②「2022年までに原発廃止宣言」(11.5.30)、シーメンス脱原発(同.9)

③「高度技術戦略2020」(同.11、「I 4.0」位置付け・スタート)

\*「インダストリー4.0」は、単なる国益追及ではなく、普遍性を持つ将来構想(脱化石燃料・原発、脱大量生産・重化学工業、脱国家)に連携

## II アメリカ「I・I・C」(「第3の波」)

### アメリカ:コンピュータ・ICT先進国 & 産業「空洞化」

2012年、GE・「Industrial Internet Concept」提示<sup>[11,12]</sup>

2014年3月、GE他4社、IIC(Industrial Internet Consortium)設立

- 1) 契機: 中国経済台頭(01~)、金融危機(09.2、自動車産業救済)、グーグル自動運転車開発(11)、「アメリカに製造業を呼び戻す」「2017年までに製造業雇用を100万人創出」(09、オバマ)<sup>[1~3,5,7]</sup>
- 2) 目的: 製造業軸・全産業(運輸、流通、サービス)のスマート化
- 3) 特徴: 民間企業(GE,IBM,インテル,C・S,AT&T)5社主導、オープン(会員制: 会費5千\$、5千万\$以上企業5万\$、R&D・非営利2.5千\$、政府機関1万2千\$)、180社(14・独、6・日企業含む)参加(その後250社に増加)

## 4) 背景:

### (1) 政府・製造業再興を最優先課題

①自動車産業救済(09、GM・クライスラーに850億\$)

②「2009年米国再生再投資法」(09.2、8千億\$)

③「先進的な製造業パートナーシップ構想」(11、5億\$予算)

\* 1990年加州ZEV規制以来の低公害車規制(10州)の強化(18、対象拡大)

### (2) GM・製造業回帰[5,6]

①ウェルチCEO(81~01): 脱・製造業(コングロマリット化、非製造業・40%)、  
20年間(売上高5倍、純利益8倍、00年株価時価総額6010億\$(世界一、  
80=140億\$))

②イメルトCEO(01~17): ウェルチ路線継承(07年、過去最高益)[12]

金融危機(08、金融関連特損160億\$)

製造業回帰(選択と集中; 弱電・放送・映画・金融部門整理 — ソフトウェア・  
産業機器中心)

- ・グーグル営業利益2兆円(トヨタ並み、機器提供者の役割陳腐化の恐れ)[3]
- ③製造業のデジタル化(09、産業用プラットフォーム=「Predix」自社開発)  
産業用機器分野で巨額買収(14、仏充電メーカー・アルストム(エネルギー部門)1兆円、16、韓国排熱回収ボイラー2億5千万\$)
- ④「Industrial Internet」に数十億\$構想発表(11)  
シリコンバレーにソフトウェア開発拠点設置(11)  
2020年までにソフト事業売上高150億\$企業(IT企業トップ10入目指す)  
GE・Digital独立(15、2.6万人)(16、売上高40億\$)
- ⑤本社、ボストン移転(16)  
2016年、売上高(1236億\$)の91%産業用機器
- ⑥イメルト退任(17.7) — ジョン・フラナリーCEOへ
- ・イメルトCEO(16年間、売上高2倍、R&D投資22億—55億\$(16)、株式時価総額1/3に減少)

- Apple; iPhone(07,iOS・グーグルAndroid、2強)、Amazon; AWS・クラウドS
- グーグル; 自動運転車開発(11)・猫の画像認識(12)[3]

(3)IBM:ビッグデータ分野の最重要顧客・新興企業に奪われる危機[11]

①データ分析ソフト・ワトソン実用化(14、データ分析に3千億\$投入)

②IoT本部立上げ(15)、組み込みデバイス・センサーをクラウドに接続し、データ分析、

③ワトソン、ヘルスケアグループ・医療診断処置に利用

(4)マイクロソフト:パッケージソフト販売 — クラウド・ベースに転換

\* CPS (Cyber・Physical・System) への転換

製品販売 — サービス販売(長期的価値の最大化)

\* \* 民間企業主導とはいえ、政府の強力な支援を受ける

### III 中国「製造強国」<sup>[14]</sup>

2011年11月、「第12次5カ年規画」(IoT・M2M、重点分野の一つ)

2014年、メルケル首相・訪中、協力要請

2015年3月、「中国製造2025」制定(製造大国→製造強国へ)

- 1) 契機: 金融危機(08)、過剰生産(製造大国危機)、環境問題悪化
- 2) 目的: 製造大国 → 製造強国(「大衆創業・大衆創新」)
- 3) 特徴: 90~00年代、IT化・デジタル化と共に製造大国化、金融危機を機に、製造強国への転換を目指す
- 4) 背景: ①2015年、特許出願件数100万件(世界一、日=40万件)<sup>[18]</sup>  
②華為(ファーウェイ); 企業別で2014~5年と2年連続世界一、Appleとクロスライセンス協定締結(華為→Apple(769件)、Apple→華為(98件)で出超)  
③パソコン生産(世界一)

- ④レノボ(PC生産世界一) ハイアール(家電販売シェア世界一)、
- ⑤アリババ(ネット通販)、小米(スマホ生産)、百度(検索エンジン)
- ⑥アメリカ留学・IT技術者帰国・起業(デジタル化の新担い手)

## 5) 現状:[10]

2015年6月、中独「I 4.0」規格策定に向けた協力作業開始(グローバル標準プラットフォーム形成への布石)

2016年「第13次5か年規画」(2020年までにEV/PHV500万台普及目標、ユーザー・メーカー補助・利用環境補助政策、NEV規制(18,HV除外)、20社対象)[25]

2017年、トヨタ(7/22)・日産(8/29)、(19年から中国でEV生産・発表)

\* 台湾・韓国(ドイツ詣で)、Fox.con (I 4.0へ転換、企業として追及)

\* \* 2015年4月、インド・モディ首相、ハノーバーメッセ招待(「メイド・イン・インド政策」でICT技術の積極的導入推進表明)、2017年6月、2030年EV車以外販売禁止声明

## IV 日本（「第3の敗戦」<sup>[23]</sup>）

2015年3月、メルケル首相・訪日、首脳会談で協力要請（中小企業分野）

7月、GE・イメルト会長来日

10月、IoT推進コンソーシアム設立

2016年6月、「日本再興戦略2016－第4次産業革命に向けて－」<sup>[27]</sup>

2017年6月、「未来投資戦略2017－「Society5.0」をめざす－」<sup>[28]</sup>

- 1) 契機：メルケル首相の訪日・働きかけ、自動運転車PH喪失危機
- 2) 目的：アベノミクス成長戦略の失敗・補填（成長戦略の一環として）
- 3) 特徴：
  - ①成長戦略の一環（2020年GDP600兆円目標の一部（30兆円））<sup>[27]</sup>
  - ②国民的議論の欠如
  - ③担い手（リーダー企業・産業）不在

## 4)背景:

### (1)アベノミクス:金融危機(08)、東日本大震災・F1原発事故(11)

二重危機に対し、巨額の財政支出(公共投資、財政規律無視)と異次元の金融緩和、武器・原発輸出依存の成長戦略で臨む[1]

#### ①異次元金融緩和・リフレ政策(「物価上昇率2%」目標)

株高、円安による輸出企業の収益増

2%目標達成目途立たず(デジタル化のGDP・物価引下げ効果無視)

#### ②成長戦略

原発輸出政策破綻(F1事故後の原発建設コスト上昇、米シェールガス開発成功、再生可能エネルギーコスト低下)

武器・原発輸出政策破綻 — 「I4.0」(IoT・AI・ロボット)で代替[27]

\*「I4.0」(IoT・AI・ロボット)モノの生産のデジタル化推進、GDP・雇用減に帰結

\* デジタル革命の時代認識を欠くアナクロニズム政策(「第3の敗戦」)[23]

## (2)産業界：リーダー企業・産業不在[20]

- ・ 総合重(電)機企業；2006年原子力カルネッサンス(経産省誘導)

- ①東芝；米WHを買収(6千億円)、2012年、サマー原発2・3号機、ボーゲル原発3・4号機落札(78年スリーマイル原発事故後34年ぶり新設許可)、F1原発事故後規制強化で建設コスト増、ベテラン技術者退職で巨額赤字(17.3, 1兆100億円)・破産
- ②日立；GEと合併、GE原発製造部門持たず、サービス・エンジニアリング特化、原発建設部門は日立(GE原発事業、売上高の1%以下) 2012年原発4基落札出来ず、2017年3月期決算(米原発事業で700億円の営業外損失)、メインフレームR&D撤退(17・9)
- ③三菱重工；仏アレバに出資・合併、80年代以降仏電力の受注一巡で激減、00年代オルキルト原発3号機建設遅滞・訴訟で建設コスト上昇(14年度50億ユーロ損失)、アレバへ500億円出資、F1事故後キャンセル続出、仏30%出資要請

▪ 情報・通信・弱電産業[20]

2000年代;デジタル化の進展で、韓国・台湾・中国企業に主導権移る(製造業生産額114兆円(97・ピーク)、00年代以降90兆円台(電機・電子凋落)[23]

①デジタル製品;技術革新急、アナログ製品と違い作り方によって差が出ない

半導体・液晶製品 — 韓国企業(サムソン・LG)へ

ケータイ・スマホ — 台湾・EMS(Fox・con)へ

白物家電・PC製品 — 中国企業(ハイアール・レノボ)へ

②コンピュータ関連基幹製品(CPU・MPU・OS・Soft・PH)

米IT企業(IBM・Intel・Microsoft・Apple)依存、下請け販売企業化

\* 電力会社・電電公社依存(不況時に設備投資で景気回復、利益は電気料金・電話料金値上げで回収・「親方・日の丸」経営)[20]

\* IBM製品の販売・サービス依存

\* 日本的経営(年功序列型)組織継続(経営者層、60代が大半)

## ▪ 研究・開発

### ①科学論文数(英「Nature」2017. 3・特集)[21]

世界で発表された論文数、過去10年で80%増、日本14%増

2005年 7.4% — 2015年 4.7%(絶対数も減少)(中国躍進)

(2004年国立大学法人化、運営交付金削減、教育支出対GDP比OECD平均以下)

### ②特許出願数:2015年 日本40万件で減少、中国100万件で増加(世界一)

### ③脳神経科学研究[24]

米:Brain Initiative; 2014年~19(短期)24(中期)29(長期) 5000億円

EU:Human Brain Project; 2013年~10年計画 1500億円

日:脳科学研究戦略プログラム; 2015年~10年間 113億円

### \* NRI・「デジタル化進展(企業)意識調査」(2016.12~2017.1)[16]

「デジタル化への対応遅れている」(90%)、「自社の経営に影響あり」(90%)

## おわりにー課題と展望ー

1. 現状：デジタル革命（一次（70-80年代、PC）、二次（90-00年代、IT）、三次（10年代、AI・IoT））第三局面・「インダストリー4.0」（①指数関数的変化（変曲点）②デジタル化、③組合せ型イノベーション）[5]

## 2. 課題

- 1) 大恐慌後の30年代、経済を制御する手段として、GDP概念（統計）創出  
金融危機後の2010年代、Cyber新世界を制御する手段の創出・必要

① OECD委員会：幸福度指標、② IoT・AIによるビッグデータ処理

- 2) Cyber新世界の特徴[7,8]

① オープン・OS、プラットフォーム＝共有財、② 生産物＝限界費用ゼロに近い

③ 起業＝容易（物財のように、土地・工場・機械・設備・輸送手段不要）

④ プラットフォーム企業（Amazon(94)・Google(98)・Facebook(04)等）；起業10年  
足らずで上場、フォーチュン500企業入り

### 3) Industry 4.0 の世界 (Cyber・Physical・System)

IoT・Cloud/C(AI)・ビッグデータにより、仮想 (Cyber)世界が現実 (Physical)世界と融合して物財生産が行われる[2,6~9]

(1)仮想空間でモデル作成・試作ー現実世界で生産ー全過程をフォロー・フィードバック可能

- ① 製品の修理・機能向上可能、② サプライチェーンーバリューチェーン
- ③ ハード・機械エンジニアリングーソフトウェア・システムエンジニアリング
- ④ プラットフォームを握った者が勝者

(2)マスカスタマイズ生産 (注文生産の大量生産化)

- ① 見込み生産による在庫、売れ残りの解消、② 生産者主導ー消費者主導

(3) CPS+3Dプリンター (プラグイン) 生産[7,8]

- ① 消費者の地元で機器生産可能 (輸送コスト・原材料コスト削減)
- ② ナノテク・生命科学の発展、原材料の現地調達を可能に[7]

### 3. 展望

- ・ エネルギー(再生可能エネルギー)・食料・機器の現地生産可能な社会への移行可能性
- ・ エネルギー源・原材料・生産手段の偏在(稀少財) = 所有による市場経済 — エネルギー源・原材料・生産手段の普在(潤沢財) = 共有による協働互酬経済  
へ[7,9,22]
- ・ 過渡期としてのハイブリッド経済(両者の共存)へ[7]
- ・ 価値観・世界観の転換(二元論的・要素還元的・機械論的世界 — 一元論的・全体関係的・生命論的世界)、部分・分断科学 — 全体・関係科学(宇宙誌—生命誌—人類誌)  
宇宙:膨張—冷却—分化[15]  
複雑なネットワークには必ず「小さな世界(クラスター(コミュニティ))が存在」、小さな距離こそ高度な相互連結の条件)  
主体としての人間理解(人間も自然の一部、自己考慮型 — 他者考慮型)[4,17]

## <参考文献>

1. ポール・クルーグマン『さっさと不況を終わらせろ』早川書房、2012.7
2. クリス・アンダーソン『Makers－21世紀の産業革命が始まる－』NHK出版、2012.10
3. E・シュミット他『第五の権力－グーグルには見えている未来－』ダイヤモンド社、2014.2
4. M・マッスイミーニ、J・トノーニ『意識はいつ生まれるのか』亜紀書房、2015.5
5. E・ブリニョルフソン、A・マカフィー『ザ・セカンド・マシン・エイジ』日経BP社、2015.8
6. 尾木蔵人『インダストリー4.0－第4次産業革命の全貌－』東洋経済新報社、2015.10
7. ジェミー・リフキン『限界費用ゼロ社会－モノのインターネット－』NHK出版、2015.10
8. マレー・シャナハン『シンギュラリティー－人工知能から超知能へ－』NTT出版、2016.2
9. レイチェル・ボッツマン/ルー・ロジャーズ『シェア－＜共有＞ビジネス』NHK出版、2016.4
10. 村井 純他『Harvard Business Review－IoTの衝撃』ダイヤモンド社、2016.9
11. IBM「I 4.0から広がる企業変革と課題」file:///c:/users/lbc03015jpJA.pdf
12. 吉野晃生「I・I・Cが目指すもの」monoist、2015.11.24
13. 松本尚子「シュレーダー政権期の労働市場改革・・・」European Studies Vol.15(2016)

14. 「中国製造2025の戦略構想と将来展望」mizuhoglobalNews,2016May&JunVol.85-17
15. 松井孝典『文明はく見えない世界>が作る』岩波新書、2017.1
16. 「日本企業のデジタル化は進展しているか」NRIジャーナル、2017/3/23
17. サミュエル・ボウルズ『モラル・エコノミー』NTT出版、2017.3
18. 高口康太『現代中国経営者列伝』星海社、2017.4
19. 「I 4.0の本質はCPS、その手段がIoT」monoist、2017/5/1
20. 大西康之『東芝解体、電機メーカーが消える日』講談社現代新書、2017.5
21. 田原総一郎「日本の科学研究はこの10年で失速」日経ビジネスOL、2017/5/30
22. 玄忠雄「すべてが無料化する『限界費用ゼロ社会』、企業も変革を」ITPro、2017/7/10
23. 岡部直明「第3の敗戦：日本はなぜドイツに敗れたか？」日経ビジネスOL、2017/8/1
24. 岡部繁男他「国内外における脳科学研究の現状と問題点について」[www.brainscience-union.pdf](http://www.brainscience-union.pdf)
25. 程塚正美「中国における爆発的EV普及と・・・」JRILレビュー、2017.Vol6、No45
26. シーメンス・SAP・CEO「ここまで来たデジタルドイツ」日経ビジネスOL、2017/8/29
27. 「日本再興戦略2016」産業競争力会議・資料
28. 「未来投資戦略2017、Society5.0の実現に向けた改革」[www.kantei.go.jp/keizai\\_saisei](http://www.kantei.go.jp/keizai_saisei)