

2014年9月17日

ドイツ政府の第4次産業革命 Industrie 4.0

科学技術振興機構 研究開発戦略センター 澤田 朋子



Center for Research and Development Strategy – Japan Science and Technology Agency

独立行政法人 科学技術振興機構 研究開発戦略センター

海外動向ユニット

■ 発表内容

1. Industrie 4.0 とは
2. 政府の行動
3. 経済界、学界からのアイデア創出
4. Industrie 4.0 の運営
5. 政府の産学連携施策における Industrie 4.0 の事例
6. 考察

1 1 1 1 0 0 0

1 1 0 0 1

0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0

0 0 1 1 0 0 1 0 1 0 1

1 1 1 1 1 0 0 0 0

AT A TCTATAAGA CTCTAACT

GA CCCC

CC AAAA GGCCI

ATAAGA CTCTAACT CI

A TAATC

A TCTATAAGA CTCT/

CTC GCC AATTAATA

ATTAATC A AAGA CCTAACT

A TCTATAAGA CTCTAACT

CTC GCC AATTAATA

TTAATC A AAGA CCTAACT CTC

A TCTATAAGA CTCTAACT

ATTAATC A AAGA CCT

GA CCTAACT CTCAGACC

1110 000

11 001010 1

1110 000

0011 1110 000

00 11 001010 1

11 1110 000

1. Industrie 4.0 とは

\ TCTATA

GCC AATTAATA

ATC A AAGA CC

A TCTATAAGA

AATC A AAG

CCTAACT C

1 1110 00

11 0010

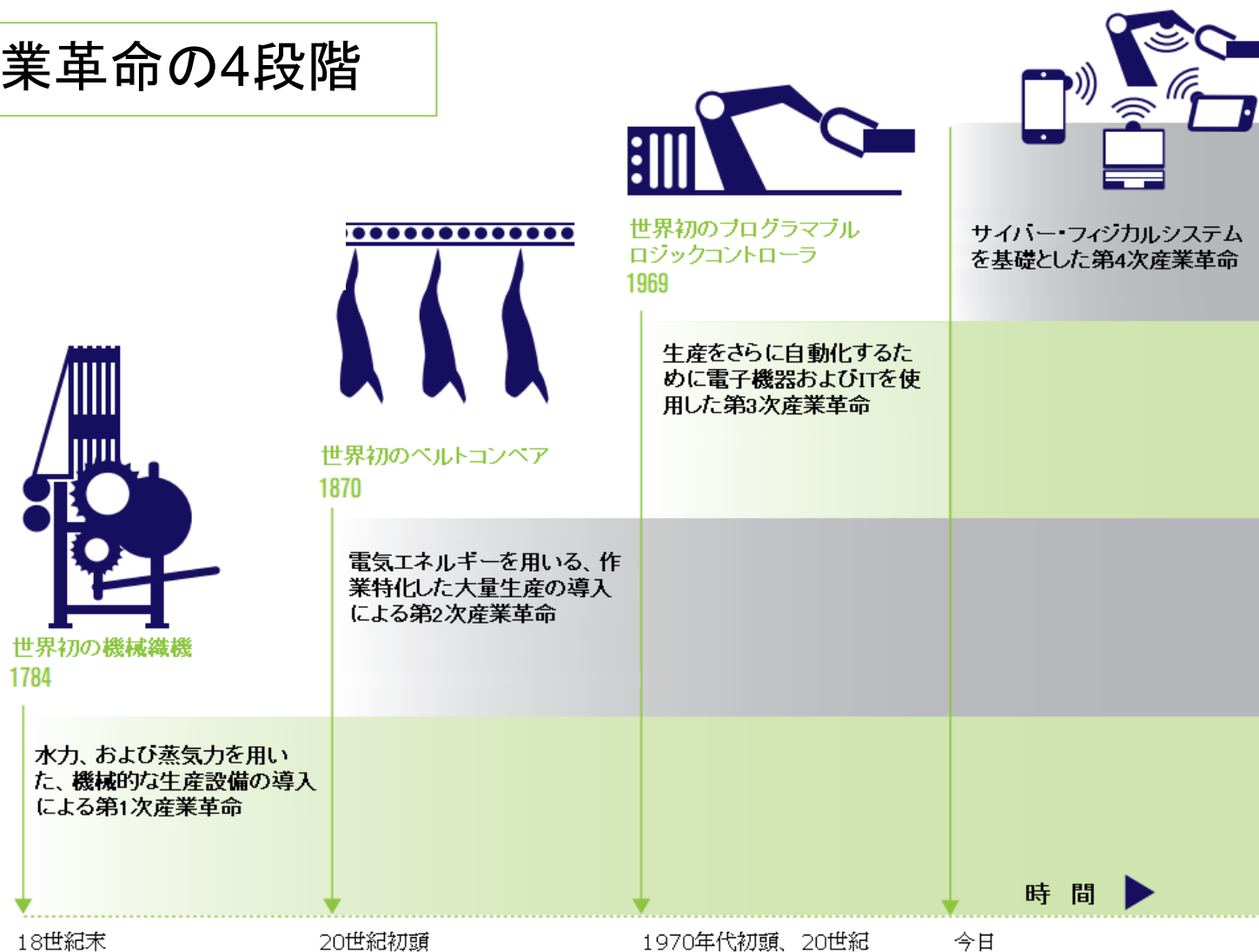
■ Industrie 4.0とは

- 製造業高度化に向けた産官学共同のアクションプラン
- 生産拠点としてのドイツの未来を確実なものにするため施策
- 製品輸出、および製造技術輸出のデュアル戦略
- 革新的な生産技術、プロセスの研究・開発に特化
- モノとサービスのインターネットの生産過程への活用
- CPS (Cyber-Physical Systems)でネットワーク化された「考える工場」
- 労働の高度化、省エネルギー、高効率化、個別化生産

新しい概念である、関係者が多いことから、定義は進化・発展中

第四次産業革命

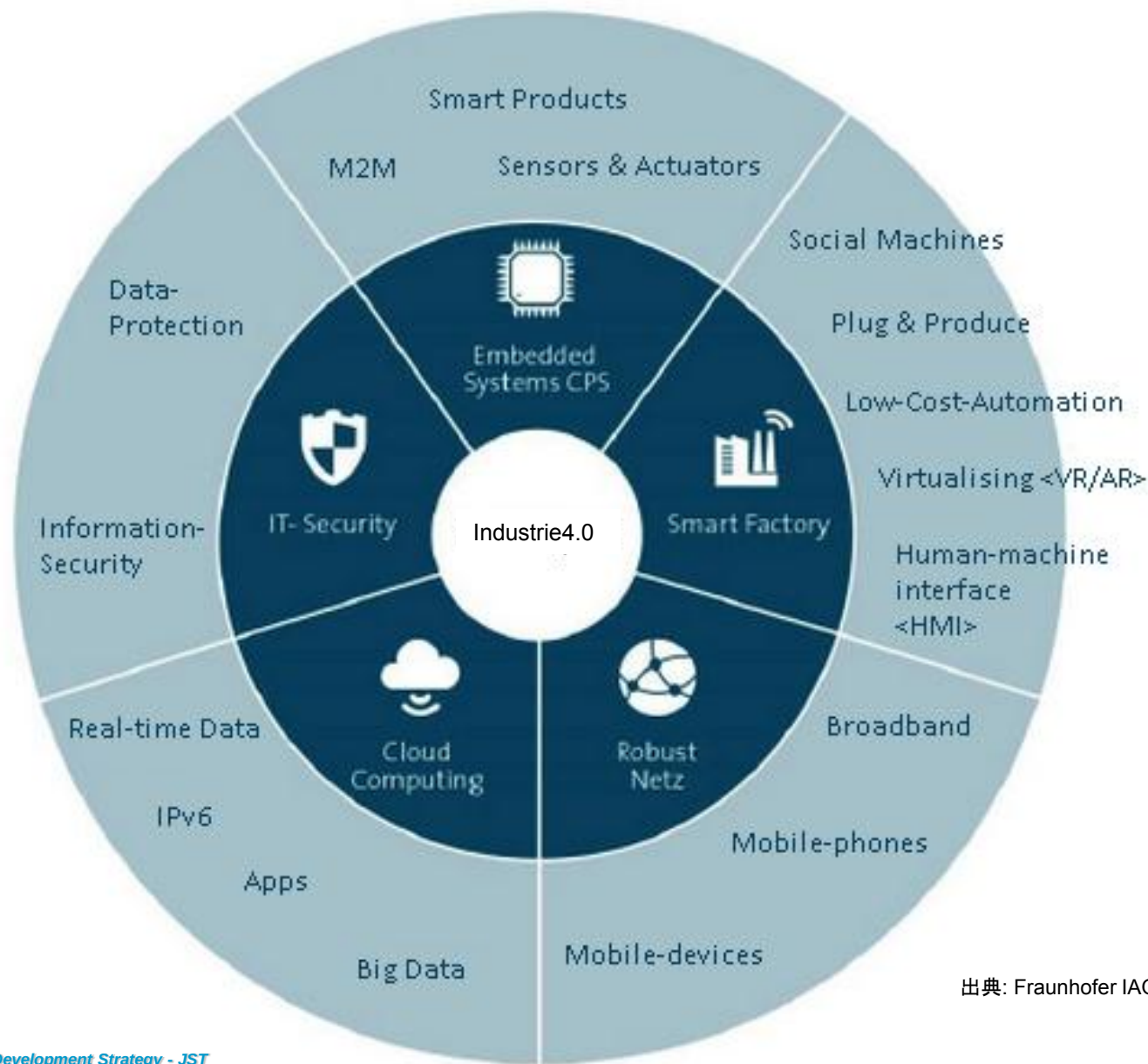
産業革命の4段階



■ 社会的な背景

- 少子高齢化で将来は労働人口減
- 資源の乏しい国としてエネルギー効率化は命題
- 何らかの手を打たなければ産業が空洞化
- アジア、南米諸国が技術力をつけてきている
- グローバル化の中で、市場投入の迅速化が必要
- 需要に応じた個別化、個人化した生産
- 先進国としてのアドバンテージの維持のため標準化
- GDPの25%、輸出額の60%を製造業が占める

■ 対象とする技術分野



出典: Fraunhofer IAO/BITKOM

■ Industrie 4.0の目標

Dual-Strategy ドイツの強みを生かすデュアル戦略

ドイツの生産拠点としての競争力を確保しつづける。

① 主導的サプライヤーとして

工作機械、製造に必要なモジュールを輸出し、世界の工場の製造技術を主導

② 市場のリーダーとして

競争力のある産業拠点として付加価値の高い製品をドイツで生産し、輸出する

Cyber-Physical-Production-System(CPPS)の開発

生産と物流システムに適したCPPSの開発のため、機械工学と設備工学の強みを、自動化技術および情報工学の能力と統合することを中期的な目標とする。

バーチャルに計画される生産プロセスと現実の生産工程の組み合わせ、モジュール化されたCPSと対応するコンポーネント開発を長期的に行う。

Industrie4.0では、あくまで意思決定の主体は「人間」とであるという前提に立ち、技術革新によってどのように働き方が変わるか、人間の労働負担が緩和されるか、という研究を積極的に行っている。

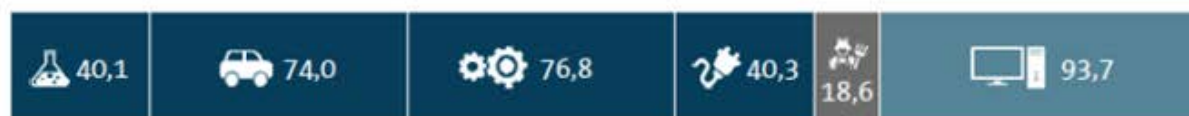
■ Industrie 4.0 による経済価値創造

化学、自動車、機械、電気、農業、ICT業界について

出典: Fraunhofer IAO/BITKOM

ドイツの経済付加価値

2013年 - 特定の産業分野



単位: 10億€
343,3

1,7%
年成長率

ドイツの経済付加価値

2025年予想 - 特定の産業分野



単位: 10億€
422,1

化学 自動車 機械 電気 農業 ICT

出典: Fraunhofer IAO/BITKOM

■ Industrie 4.0 将来あるべき姿

2025年 ドイツの製造業は・・・

■ 成功と評価する基準

コストを抑えた個別化生産

■ 輸出産業はどうなっているか

中国、アメリカを抜いて世界第一位になっている

■ さらに成長が期待される業種は

ITサービス会社、システムインテグレータ、ソフトウェア開発会社で、ニッチなマーケットのプロセスモジュール開発を行う会社

■ 特に強化すべき分野は

セキュリティソリューションの研究・開発、IoT分野の安全技術

■ 持続性のある生産には

効率の良いリサイクルの手法開発が不可欠。

■ さらにドイツの強みを生かすには

製品と付属するサービスのトータルパッケージを提供することに強みがある。標準化プロセスの要をとらえて世界の製造業をリードする。

機械そのものの多様な用途に使用できるよう開発、組み込むソフトウェアやアプリケーションで、特定の目的に応じた利用を可能にする。

■ Industrie 4.0 技術開発応用例

1. 生産していない時間帯の車体組み立て設備 エネルギー需要量の削減

【現在】工場は週末などに休止している間も速やかな生産再開のために電源が入った状態になっており、エネルギー全消費量の12%に上っている。

【将来】休止の場合はスタンバイモードにして消費電力を削減、生産再開に影響の無い技術を開発。

2. リモートサービス

【現在】機械メーカーとはモデムによる直接接続や、VPNの利用でネットワークを構築。ネットワークの保守管理に労力が必要

【将来】生産システムは自動的にクラウドベースのプラットフォームに接続、状況に応じて必要な専門家を検索。機械は機能とデータを自動でダウンロードし、生産性が向上する。

3. 不可抗力によるサプライヤーの交代に対応

【現在】サプライヤーが急に破綻した場合、速やかに対処することは難しい。生産には追加コストが発生、生産の遅延は起業にとって大きな経営リスクとなる。ITはこうした突発的な状況にたいし、一部をサポートしているに過ぎない。

【将来】生産システムをシミュレーションし、在庫、物流、管理情報などを複合的に判断してリスク評価を行う。変動する後続プロセスを計算し、代替サプライヤーを選定し、危機に対応する。

■ Industrie 4.0 技術開発応用例

4. サプライチェーン全体におけるエンジニアリングの一貫システム

【現在】 消費者のリクエストはITシステムによって生産に一部反映されるが、全てが個別的に生産されるわけではない。

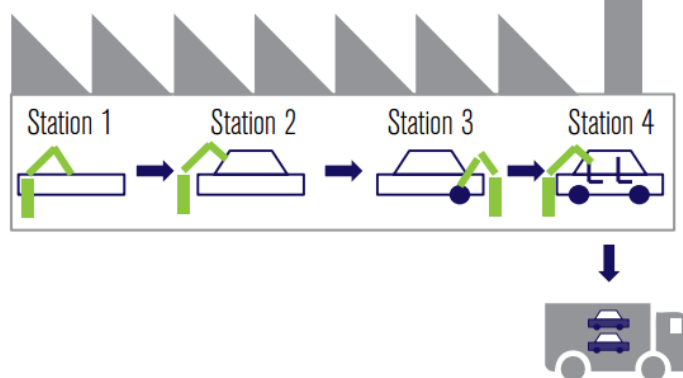
【将来】 設計から生産に至るまでの一貫したエンジニアリングのデジタルシステムにより、希望する個別機能やコンポーネントを個別に組み合わせた製品づくりが可能。

5. 個別生産支援

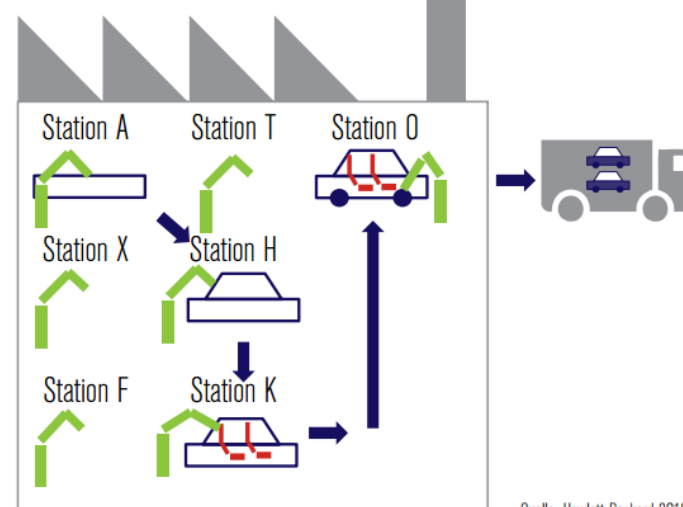
【現在】生産ラインでの単調な生産プロセス

【将来】CPS によるプロセスモジュールによって自律的に生産

【現在】ベルトコンベアでの自動生産



【将来】非連結だが、柔軟で高度に統合された生産システム



Quelle: Hewlett-Packard 2013

■ 参照アーキテクチャ 標準化戦略

ATAARA CTCTAACT CI

- 複数の工場をネットワークで結ぶには技術の標準化が必須
- 相互にシームレスな仕様や実用段階の規則を参照
アーキテクチャと総称
- 工場や流通の設計、開発、統合において実施される
- ソフトウェアおよび関連するサービスに搭載し利用可能とする

CA

■ 参照アーキテクチャ概念図

製造プロセス



装置・機器



参照アーキテクチャ Industrie4.0



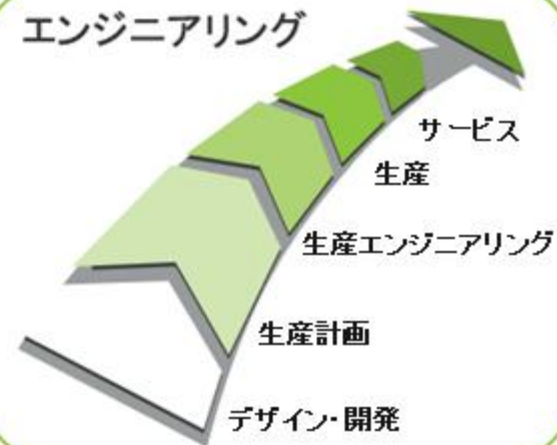
ソフトウェア

マネジメントソフトウェア開発企業

マネジメントソフトウェア

運営・管理ソフトウェア

エンジニアリング



Quelle: Siemens 2013

1 1 0 0 1

0 0 1 1 0 0 1 0 1 0 1

出典: Siemens2013

1 1 1 1 0 0 0 0

AT A TCTATAAGA CTCTAACT

2. 政府の行動

\ TCTATA.
GCC AATTAATA
ATC A AAGA C C
A TCTATAAGA
AATC A AAG
C CTA ACT C
1 1110 00
11 001

GA CCCC
CC AAAA GGCCI
ATAAGA CTCTAACT CI
AA TAATC
A TCTATAAGA CTCT/
CTC GCC AATTAATA
ATTAATC A AAGA C CTA ACT
A TCTATAAGA CTCTAACT
CTC GCC AATTAATA
TTAATC A AAGA C CTA ACT CTC
A TCTATAAGA CTCTAACT
ATTAATC A AAGA C CT
GA C CTA ACT CTCAGACC
1110 000
11 001010 1
1110 000
0011 1110 000
00 11 001010 1
11 1110 000

■ 「ハイテク戦略2020」

- ドイツ初の科学技術イノベーション基本計画「ハイテク戦略」2006年策定
- 2010年に更新、「ハイテク戦略2020」(2015年まで)
- アイデアの創発に加えて、迅速に市場投入するためのイノベーション環境整備を目標
- 省庁横断型で、ファンディングから研究開発システムに至るまで、幅広い施策や戦略を網羅
主管省庁： 連邦教育研究省(BMBF)、連邦経済エネルギー省(BMWi)
- 主な狙い
 - ① EUリスボン戦略 研究開発投資対GDP比3%の実現(2012年達成)
 - ② 研究開発基盤となる教育への投資増(現在GDP比6.5%)
 - ③ 経済成長と雇用の確保
- 国際的競争力のある分野をさらに伸ばす
- グローバルな社会的課題領域 5つの重点分野を設定
- 課題解決型アクションプラン: 11の未来プロジェクトを策定

■「ハイテック戦略2020」 重点分野と未来プロジェクト

グローバルな課題（5つの重点分野）

未来プロジェクト

	気候・エネルギー	健康・栄養	輸送	安全	通信
CO2ニュートラル社会の実現					
エネルギー供給構造改革					
再生可能エネルギー					
個別化医療・よりよい治療					
最適な栄養摂取と健康増進					
自立した高齢者の生活					
持続可能な輸送・電気自動車導入					
通信ネットワーク 個人情報の安全					
インターネットベースのサービス					
Industrie4.0	○	○	○	○	◎

■ Industrie 4.0策定の経緯

ハイテク戦略(HTS)2020発表 11の未来プロジェクトを同時に公表 2010年



研究連盟 経済・科学(Forschungsunion Wirtschaft - Wissenschaft) 2011年1月
のイニシアティブでIndustrie4.0の検討開始



HTSアクションプラン発表 2つの未来プロジェクトが統合されて、HTS 2012年1月
にIndustrie4.0という名称がはじめて登場(予算額2億€/約280億円)
未来プロジェクトは11→10に(2012~2015年の予算見込み:84億€/約1兆2千
億円)



研究連盟 経済・科学がドイツ工学アカデミー(Acatech)と合同の作業 2012年1月-10月
部会でIndusrie4.0実施のための提言を検討
部会長: Bosch副社長のDais博士とAcatech会長のKargermann教授



上記提言の提出。産業系3団体(VDMA、BITKOM、ZVEI)を事務局と 2013年4月
したプラットフォーム設立



プラットフォームからホワイトペーパー(実施スケジュール)発表 2014年4月

■ Industrie 4.0策定における政府の取り組み

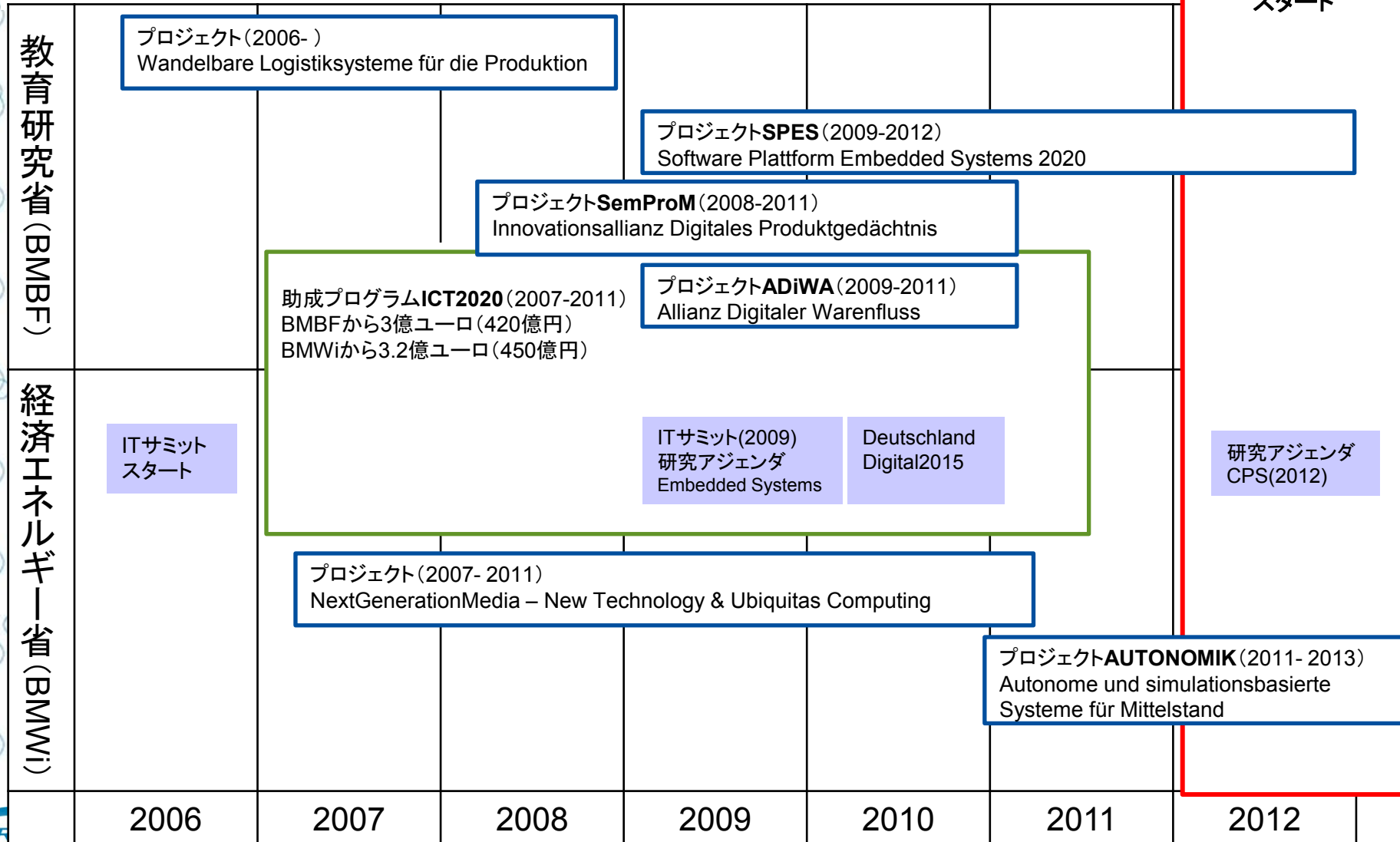
ハイテク戦略2020 未来プロジェクト

ITを活用した省エネ

未来の労働形態・組織

ハイテク戦略2020

アクションプラン：
Industrie4.0
スタート



AT A TCTATAAGA CTCTAACT

GA CCCC

CC AAAA GGCCI

ATAAGA CTCTAACT CI

AA TAATC

AATAAGA CTCT/

CTC GCC AATTAATA

ATTAATC A AAGA C CTA ACT

A TCTATAAGA CTCTAACT

CTC GCC AATTAATA

TTAATC A AAGA C CTA ACT CTC

A TCTATAAGA CTCTAACT

ATTAATC A AAGA C CT

GA C CTA ACT CTCAGACC

1110 000

11 001010 1

1110 000

0011 1110 000

00 11 001010 1

11 1110 000

3. 経済界、学界からのアイデア創出

TCTATA

GCC AATTAATA

ATC A AAGA CC

A TCTATAAGA

AATC A AAG

C CTA ACT C

1 1110 00

11 0010

(1) 研究連盟 経済・科学

2006年に設置された諮問機関で、「ハイテク戦略」および「ハイテク戦略2020」における方針作成への助言や、政策の評価に大きく関与。近年、科学技術政策策定の過程において重要な役割を果たす。企業、大学、研究機関など計28名から構成され、会長はフラウンホーファー応用研究促進協会会長(当時)のBullinger教授と、食品メーカー社長のOetker博士が務める。



Photo: <http://www.forschungsunion.de/>

研究連盟 経済・科学 メンバー

会長:	Prof. Dr. Hans-Jörg Bullinger フラウンホーファー応用研究促進協会 前会長	
	Dr. Arend Oetker 科学のための基金拠出者連盟 会長	
メンバー構成:	大学	4名
	研究機関	7名
	産業界	13名
	金融機関 (Venture Capital)	1名
	労働組合	1名

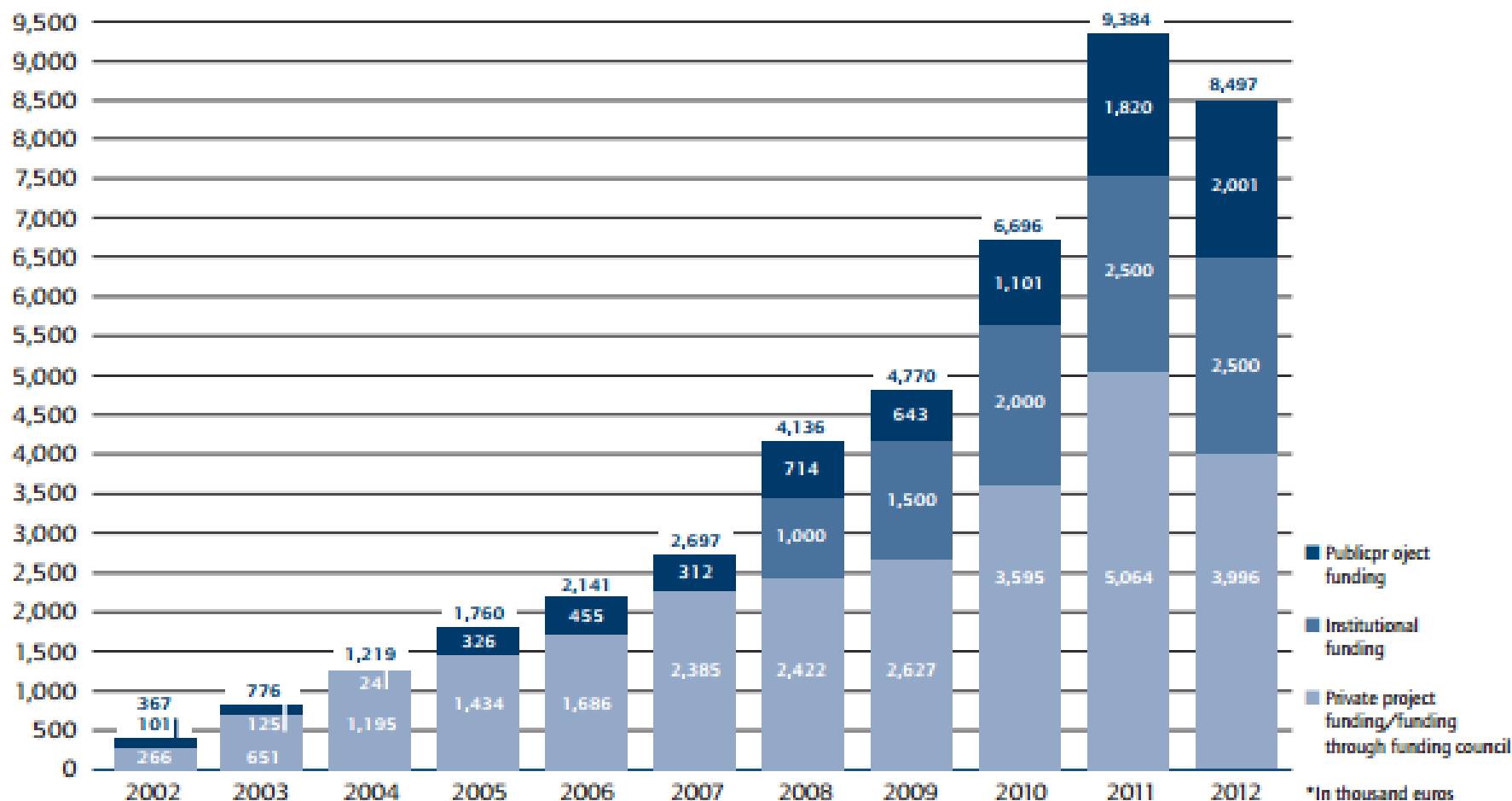
(2) ドイツ工学アカデミー

- 発想1899年 ⇒ 発足2002年
- 2008年 連邦・州の財政支援開始
(メルケル首相、シャバーン大臣の強烈なイニシアティブ)
- 会員: 研究上の業績
- 評議員: 経済界、科学団体など
- 会長: 2人 (経済界からはSAP創立者 Kagermann教授)
- 目的:
 - ① 将来の課題に対する技術的見地からの提言
 - ② 科学と経済の交流の場
 - ③ 若手後継人材(工学)の支援
 - ④ 工学者の声を内外に伝達



■ 経済界、学界のアイデアを活用

ドイツ工学アカデミーの収入



AT A TCTATAAGA CTCTAACT

GA CCCC

CC AAAA GGCCI

ATAAGA CTCTAACT CI

AA TAATC

A TCTATAAGA CTCT/

C AATTAATA

ATTAATC A AAGA C CTAAC

A TCTATAAGA CTCTAACT

CTC GCC AATTAATA

TTAATC A AAGA C CTAAC CTC

A TCTATAAGA CTCTAACT

ATTAATC A AAGA C CT

GA C CTAAC CTCAGACC

1110 000

11 001010 1

1110 000

0011 1110 000

00 11 001010 1

11 1110 000

4. Industrie 4.0 の運営

\ TCTATA

GCC AATTAATA

ATC A AAGA C C

A TCTATAAGA

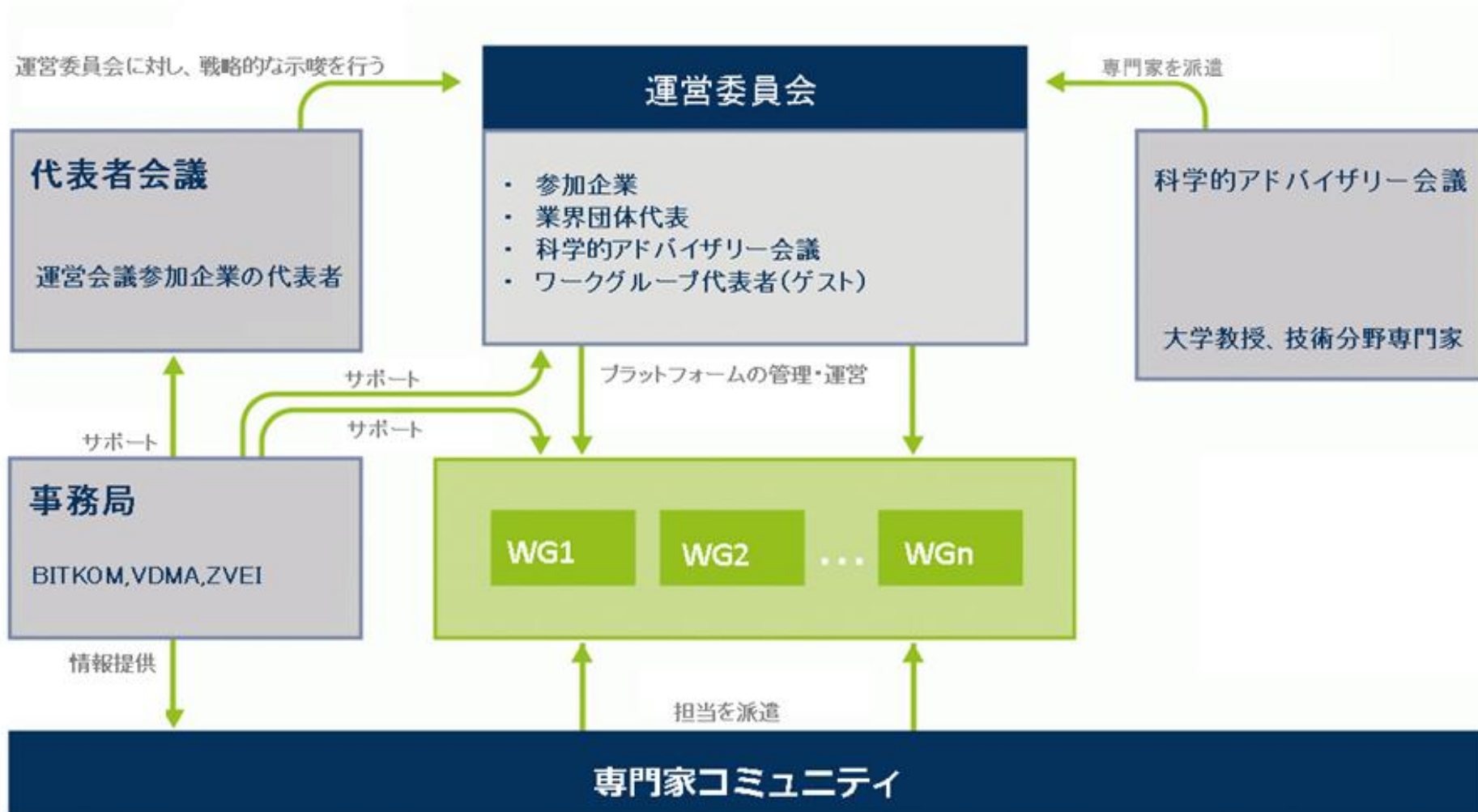
AATC A AAG

C CTAAC C

1 1110 00

11 0010

■ Industrie 4.0 プラットフォーム



■ Industrie 4.0 プラットフォーム運営委員会

■ 運営委員会メンバー

ABB AG Christoph Winterhalter Director Corporate Research Center	Hewlett Packard GmbH Johannes Diemer Business Development Manager	Robert Bosch Industrietreuhand KG Dr. Siegfried Dais Gesellschafter- Sprecher des LK
Bosch Rexroth AG Olaf Klemm Leiter Projekt Industrie 4.0	IBM Deutschland GmbH Friedrich Vollmar Software Sales Manager	SAP Deutschland AG & Co. KG Dr. Daniel Holz Sector Leader Manufacturing & Automotive
Deutsche Telekom AG Thomas Schiemann Referent der Politischen Interessenvertretung	Infineon Technologies AG Dr. Thomas Kaufmann Vice President Corporate Supply Chain Factory Integration	Siemens AG Dr. Wolfgang Heuring Head of Research and Technology Center
FESTO AG & Co. KG Bernd Kärcher Leiter Forschung Mechatronik Komponenten	PHOENIX CONTACT Electronics GmbH Hans-Jürgen Koch Leitung Business Unit Control Systems	ThyssenKrupp AG Dr.-Ing. Reinhold Achatz Head of Corporate Technology, Innovation
TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH Klaus Bauer Leitung Systementwicklung	WITTENSTEIN AG Dr. Bernd Schimpf Bereichsvorstand Mechatronik	Technische Universität Darmstadt Prof. Dr.-Ing. Reiner Anderl Sprecher des Wissenschaftlichen Beirates
VDMA Rainer Glatz Informatik, Software, Elektrische Automation	ZVEI Dr. Bernhard Diegner Forschung, Berufsbildung, Fertigungstechnik	BITKOM Wolfgang Dorst Bereichsleiter Industrie 4.0

■ 関連省庁・協力団体:

連邦経済エネルギー省 (BMWi)

連邦教育研究省 (BMBF)

連邦内務省 (BMI)

ドイツ機械工業連盟 (VDMA)、

ドイツ IT・通信・ニューメディア産業連合会 (BITKOM)

ドイツ電気・電子工業連盟 (ZVEI)

■ プラットフォーム代表者会議メンバーの発言例1

■ Prof. Henning Kagermann :acatech

未来の工場は、最適な資源利用で想像もつかないほどの柔軟性を実現する。ドイツにとってIndustrie4.0は、生産拠点、工作機械サプライヤー、そして産業用ITのベンダーとして、さらに強力になるためのチャンス。



■ Dr. Johannes Helbig: Deutsche Post

モノのインターネット(IoT)やサービスのインターネットは、生産技術の革新に対し計り知れない可能性を提供している。さらに今、ウェブベースのサービスをIndustrie4.0に統合すれば、理想的に潜在力を高めることができる。



■ Prof. Wolfgang Wahlster: DFKI(ドイツ人工知能研究センター)

Industrie4.0では、人間とコンピュータの相互作用のパラダイムシフトを可能にする。機械は人間に適応し - その逆ではない。



■ プラットフォーム代表者会議メンバーの発言例2

■ Ernst Burgbacher : 連邦経済エネルギー省政務次官

" 強力な機械やプラントエンジニアリング、自動車、さらにエネルギーによってドイツは産業拠点としての地位を揺るぎないものにしている。停止している余裕はなく、Industrie4.0の発展は決定的に重要である。"



■ Dr. Georg Schütte : 連邦教育研究省事務次官

" Industrie4.0では、中小企業に適した技術的および組織的なソリューションを開発し、職場での専門知識を活用することが重要になる。労働者に優しい組織と関連した適切な労働スキルが決め手である。"



5. 政府の産学連携施策における Industrie 4.0 の事例

AT A TCTATAAGA CTCTAACT
GCC AATTAATA
ATC A AAGA C C
A TCTATAAGA
AATC A AAG
C CTAAC T C
1 1110 00
11 001

GA CCCC
CC AAAA GGCCI
ATAAGA CTCTAACT CI
TAATC
TCTAGA CTCT/
CC AATTAATA
ATTAATC A AAGA C CTAAC T
A TCTATAAGA CTCTAACT
CTC G C C AATTAATA
TTAATC A AAGA C CTAAC TCT
A TCTATAAGA CTCTAACT
ATTAATC A AAGA C C T
GA C CTAAC T CTCAGACC
1110 000
11 001010 1
1110 000
0011 1110 000
00 11 001010 1
11 1110 000

■ Industrie 4.0 主な研究開発プロジェクト/クラスター

プロジェクト	主な研究内容	主管省庁/総助成額
CyproS	スマートファクトリに関連したCPSの運用方式・ツールの開発、提供	BMBF/560万€
Kapaflexcy	自立生産システムの実現	BMBF/270万€
Prosense	人工知能システムとインテリジェントセンサーに基づいた生産管理の実現	BMBF/308万€
Autonomik for Industrie 4.0	自立制御システムの実現	BMWi/5,000万€~3億€
It's OWL	「考える工場」スマートファクトリのモデル運用 Plug and Produce	BMBF/4,000万€
Integrative Produktionstechnik für Hochlohnländer	高人件費の先進国における製造業の在り方	BMBF/3,000万€
Digital Photonic Production	レーザー技術の生産応用	BMBF/1,000万€~
SPES 2020_XTCore	組み込みソフトウェア開発	BMBF/1,500万€
NextGenerationMedia	輸送、健康、家電、生産分野におけるネットワーク構築(2011年終了)	BMWi/4,000万€

■ it's OWL-1 概要

■ 中心的な研究機関:

パダーボルン大学 (Paderborn University)

ビーレフェルド大学 (Bielefeld University)

オストヴェストファーレンーリッペ大学 (Hochschule Ostwestfalen-Lippe)

経済専門大学 (Fachhochschule der Wirtschaft)

ビーレフェルド専門大学 (Fachhochschule Bielefeld)

フラウンホーファー研究所 IOSB-INA

(オプトエレクトロニクス・システム技術画像処理研究所産業オートメーション研究センター)

フラウンホーファー研究所 ENAS (エレクトロ・ナノシステム研究所)

フラウンホーファー研究所 IPT (生産技術研究所)

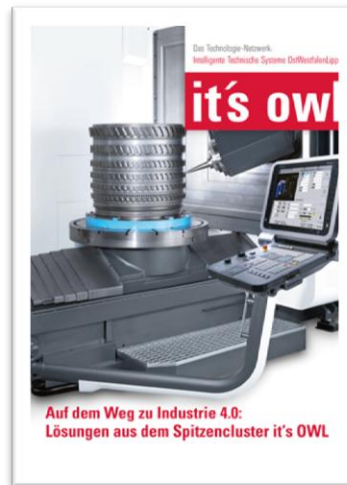
■ 総予算: 5年間総額 約1億ユーロ (連邦政府から4千万ユーロ)

■ 期間: 2012-2016年

■ 参加企業:

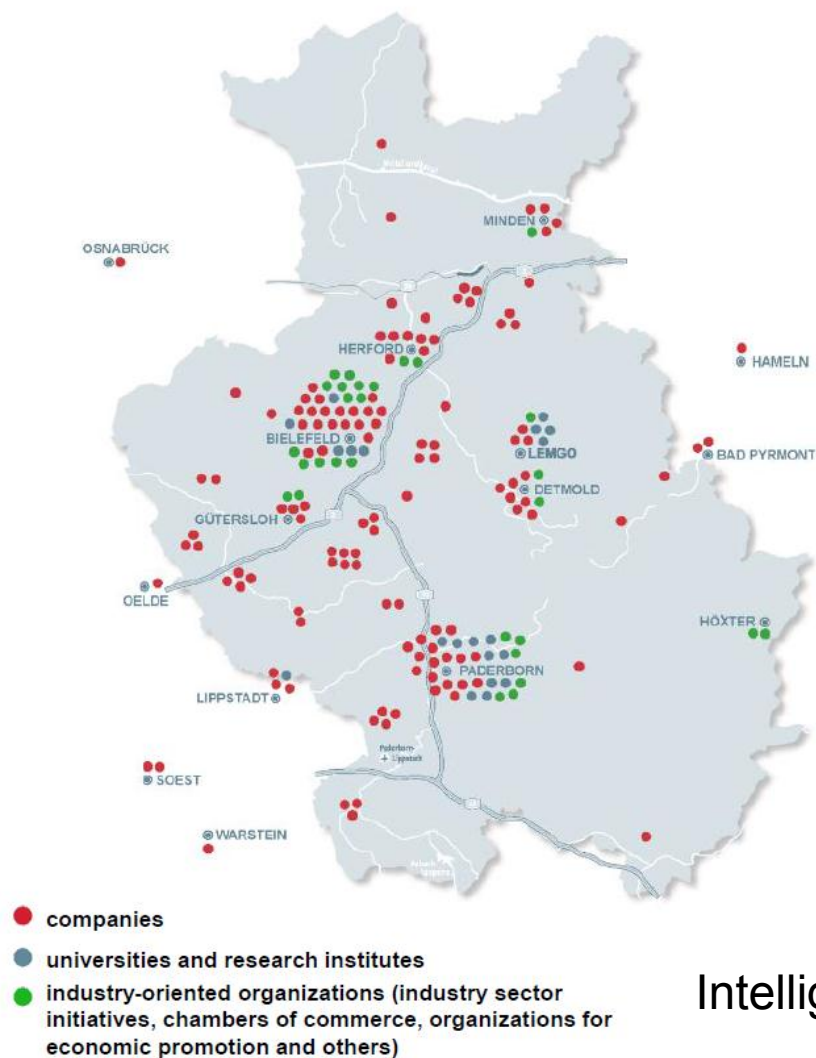


図表: its-owl.com



■ it's OWL-2 拠点分布図

オストヴェストファーレンリッペ地域(デュッセルドルフから北東に150km)

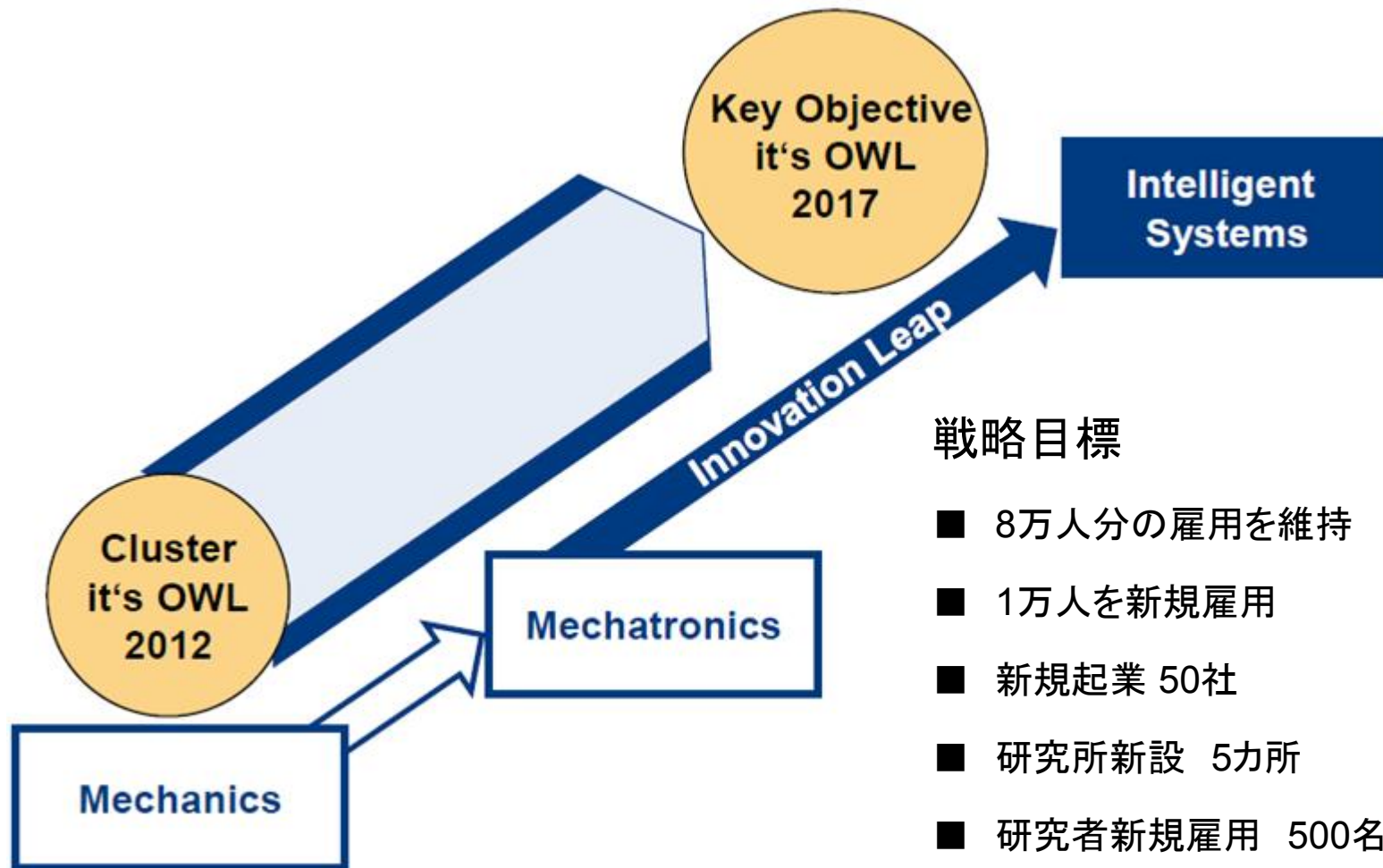


クラスター参加団体

- 研究開発主体企業: 22社
- 会員企業: 80社
- コンサルティング: 24社
- 助成期間: 5年
- 研究機関、大学: 17機関
- 関連団体(商工会議所など): 30機関

Intelligente Technische Systeme OstWestfalenLippe

■ it's OWL-3 戦略目標



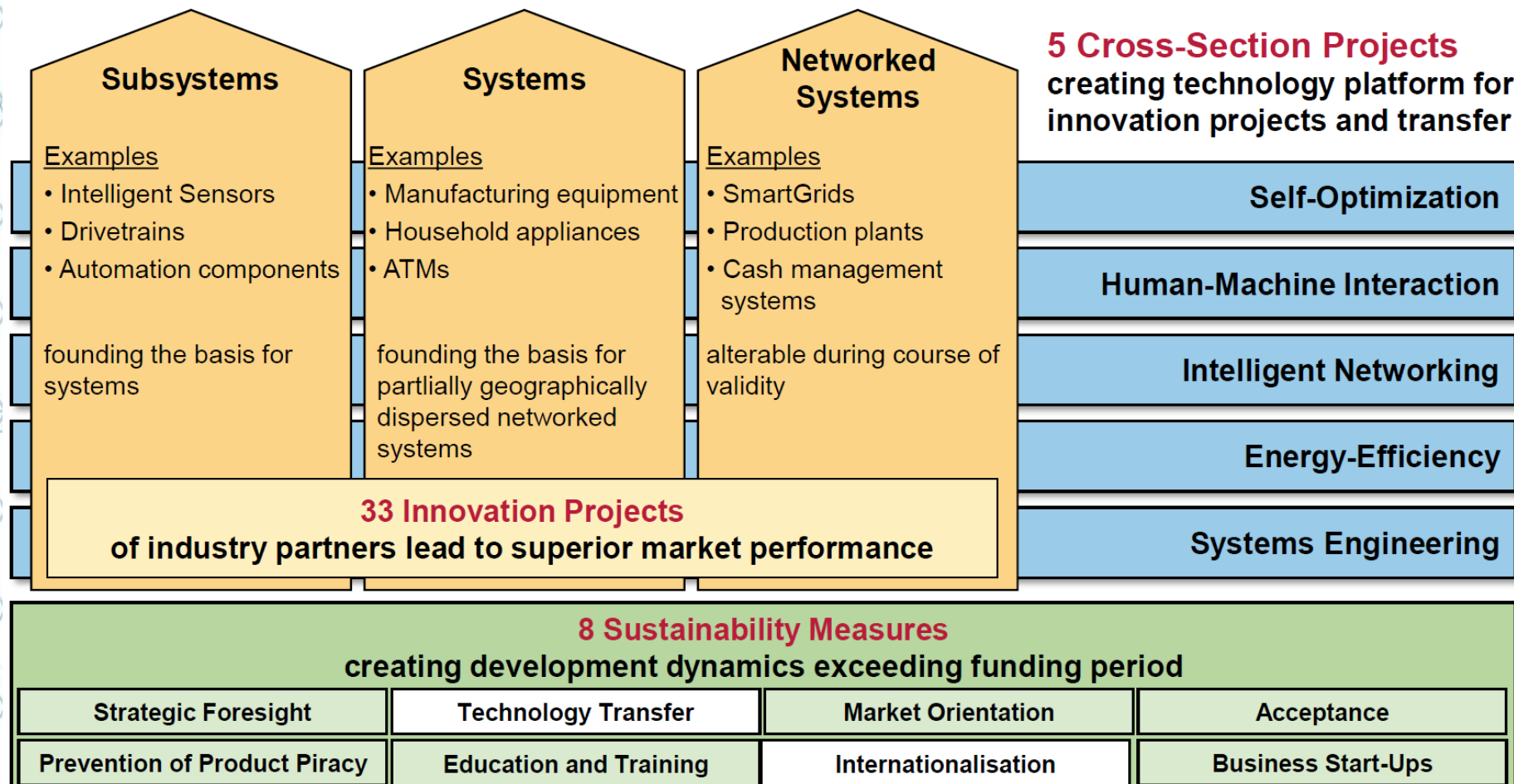
戦略目標

- 8万人分の雇用を維持
- 1万人を新規雇用
- 新規起業 50社
- 研究所新設 5力所
- 研究者新規雇用 500名
- 学部・学科新設 4学部

図表: its-owl.com

■ it's OWL-4 プロジェクト構成

Global Market for Intelligent Technical Systems



図表: its-owl.com

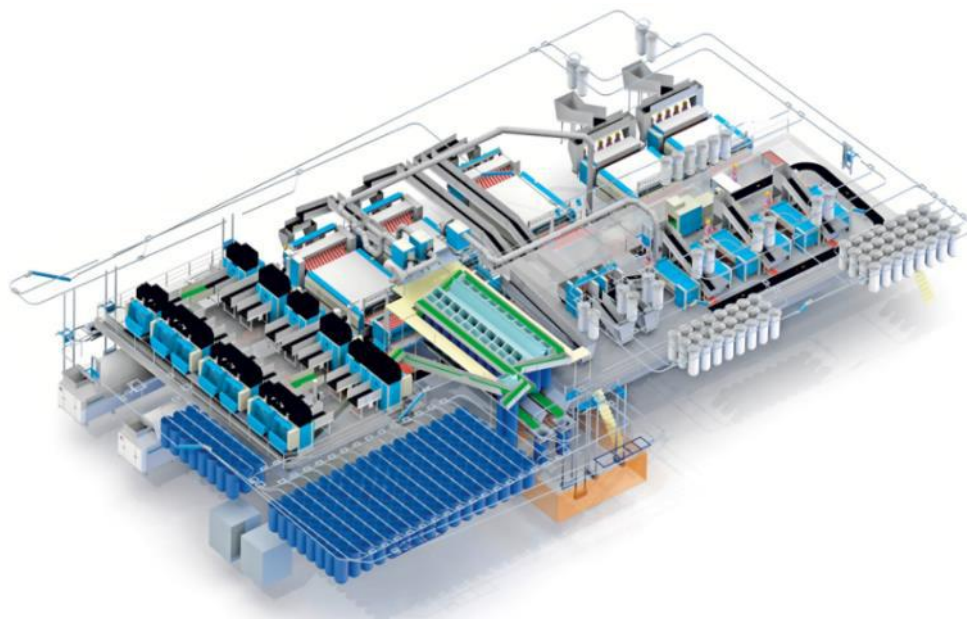
■ it's OWL-5 事例

研究開発例： 自動最適化でエネルギー効率性の高い産業用洗濯工場
目的：

自立的、省エネ型産業用洗濯装置の開発

開発のポイント：

洗濯量、汚れの具合を機械が自動的に判断して、衛生基準ならびに
労働基準に適合した上で水、洗剤、電力を最適化。



■ it's OWL-6 リサーチパーク

デモ機(2014年4月ハノーファー見本市で展示されたもの)



- 製品、製品パーツ自体が工場内のどこへ行くかを認識している。
- 管理センターが動線を指示するのではなく、パーツに搭載されているチップが次の工程を指示。ロボットアームがそのチップを読み取る。
- また、ロボットはGoogle Glassのようなデバイスで人間の行動(目線)と作業手順を学習する。

■ it's OWL-7 今後の展開

EU EIT資金の活用 : European Institute of Technology

- 本部 ブダペスト (2008年発足)
- KICs (Knowledge and Innovation Communities) を束ねる組織
- 高等教育＋研究＋ビジネス(起業家養成＋持続的発展)
⇒ 'knowledge triangle' を一体的に実現
- 2010年に3か所でKICをスタート
Climate-KIC, EIT ICT Labs, KIC InnoEnergy
- コアパートナー: 29企業、29大学、25研究センター、24自治体、NPO
- 登録大学院生数: 1,300 (2012-2013年)
- 予算: FP7 €308M → Horizon 2020 €3.18B
- 今後の採択予定分野、時期
2014年 (Healthy living, Food4Future, Raw materials)
2018年 (Urban mobility, **Added-value manufacturing**,
Smart secure societies) **への応募を考慮中**

AT A TCTATAAGA CTCTAACT

6. 考察

\ TCTATA
 GCC AATTAATA
 ATC A AAGA C C
 A TCTATAAGA
 AATC A AAG
 C CTA ACT C
 1 1110 00
 11 001

A C C C
 C C A A A A G G C C I
 A T A A G A C T C T A A C T C I
 A A T A A T C

A TCTATAAGA CTCT/
 CTC G C C AATTAATA
 ATTAATC A AAGA C CTA ACT
 A TCTATAAGA CTCTAACT
 CTC G C C AATTAATA
 TTAATC A AAGA C CTA ACT CTC

A TCTATAAGA CTCTAACT
 ATTAATC A AAGA C C T
 G A C CTA ACT CTCAGACC

1110 000
 11 001010 1
 1110 000
 0011 1110 000
 00 11 001010 1
 11 1110 000

■ 考察

1. ドイツの力強さ

製造技術とソフトウェアの結合による世界市場における地盤強化
現在の強さは、技術＋経済＋政治（一昔前はドイツ病・・・）

2. シンプルな新概念による効果

議論の積み重ね、政策決定への参画

中長期的進路への共振、意識の共鳴（例：エネルギー政策）

3. 「強いものをより強く」政策

欧州一位⇒世界一位

4. 創造的中小企業への支援

中小企業、隠れたチャンピオンによる付加価値創造

5. 若手人材養成

「手に職」主義の伝承、産学連携

6. 人間重視（よい響き）

7. 標準化 EUへの連結