

# 人工知能の研究開発目標と 産業化のロードマップ

平成29年3月31日

人工知能技術戦略会議

# (1-1) フェーズによる人工知能（AI）の発展段階の整理

## フェーズ1

概ね2020年

各領域において、データ駆動型のAI利活用が進む

各産業においてAIとデータの活用が進み、関連するサービス業などの新たな産業の芽が出てくる。

## フェーズ2

概ね2025年～2030年

個別の領域の枠を越えて、AI、データの一般利用が進む

AIとデータの一般利用が進展し、関連するサービス業などの新たな産業が拡大する。

## フェーズ3

各領域が複合的につながり合い、エコシステムが構築される

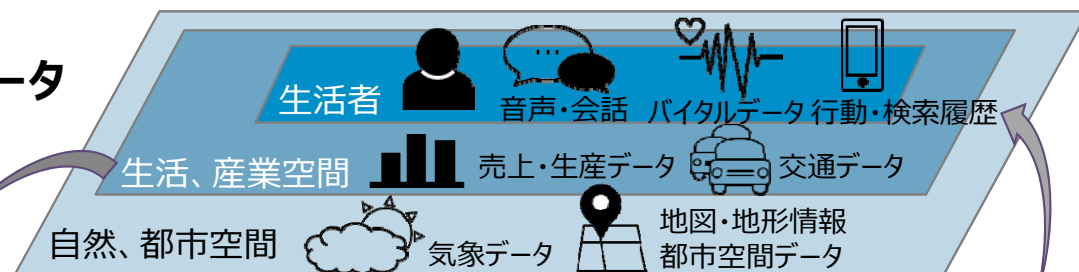
各領域が複合的につながり合って融合化することにより、エコシステムが構築される。

※ 分野によって現在の状況、今後の進展が異なるため、各フェーズの年限を記していない。

- ・ 画像認識
- ・ 自然言語処理
- ・ 音声認識/合成
- ・ 予測
- ...

AI技術

データ



**AIaaS**  
(AI活用サービス : AI as a Service)

新たな価値創造・提供  
(好循環)

フェーズ3

複合用途型サービス

多目的サービス

多目的サービス

フェーズ2

目的別サービス

目的別サービス

目的別サービス

目的別サービス

目的別サービス

目的別サービス

フェーズ1

工場

病院・  
介護施設

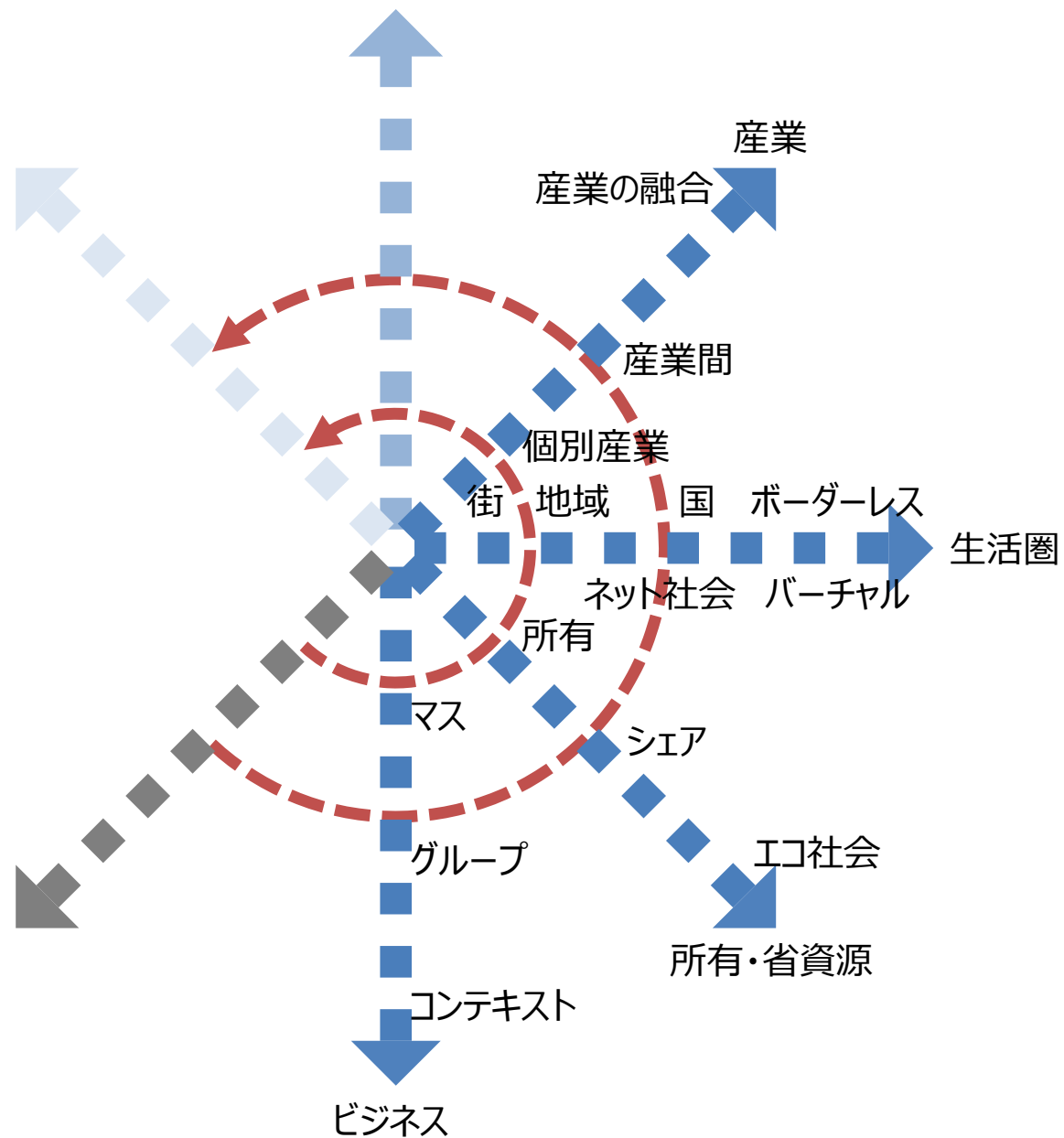
コール  
センター

農場

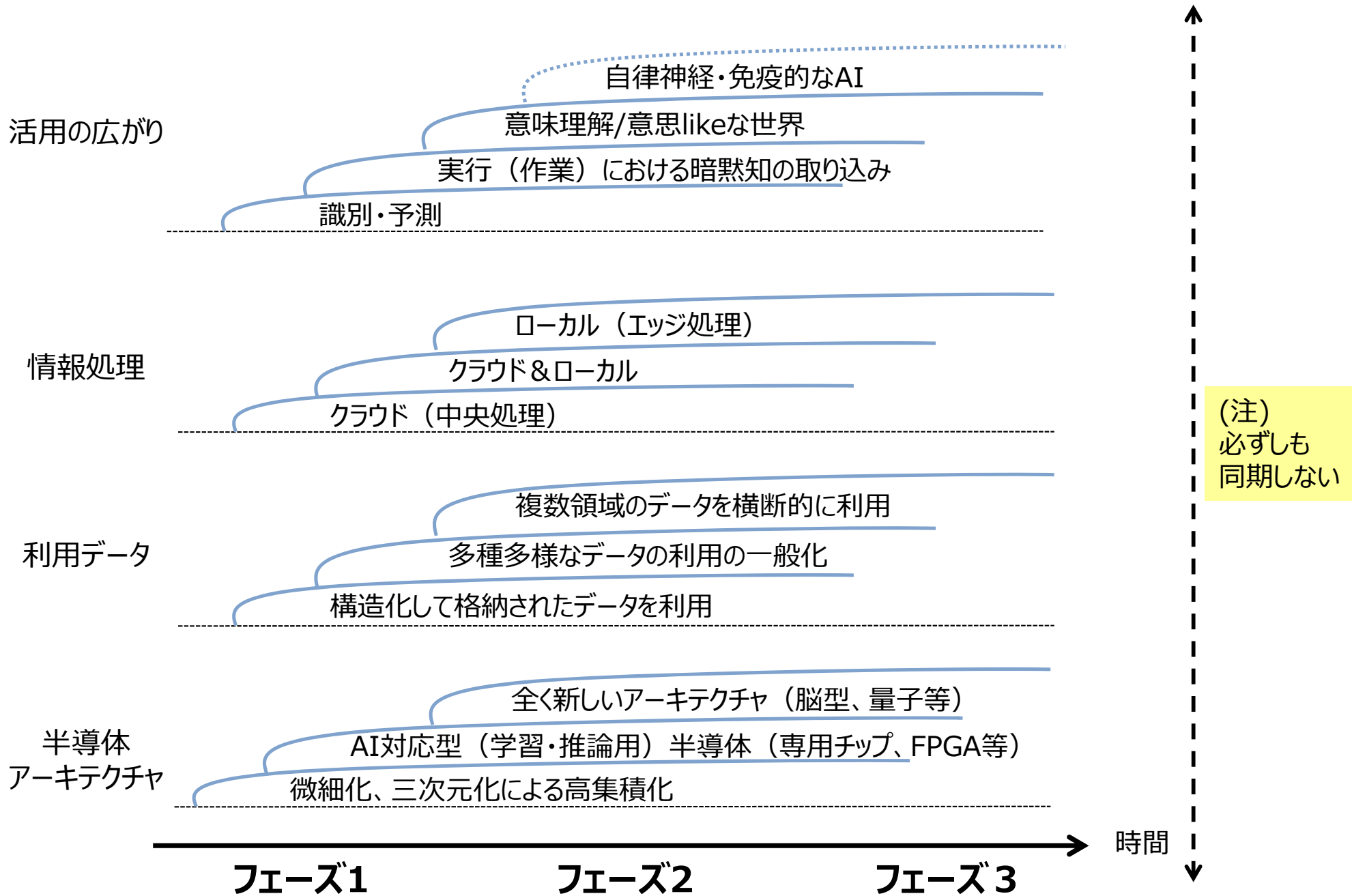
トラック・  
ドローン

※ AIaaSは、分野、国境を超えて、ボーダーレスに展開。

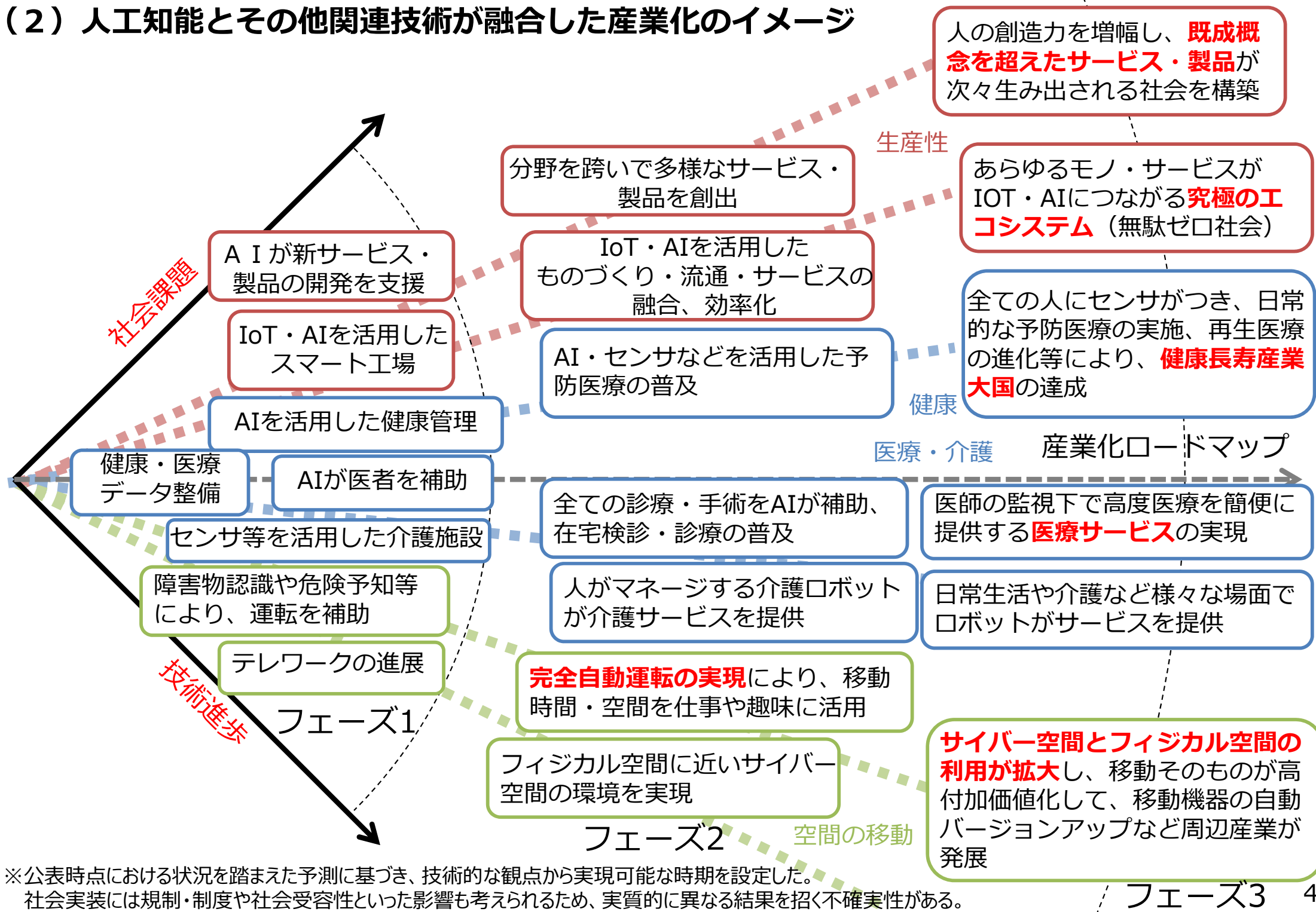
## (1-2) 各領域をつなげる軸が融合しながら進化



# (1-3) 人工知能の利活用のベースとなるシステム x データ x ハードの進化



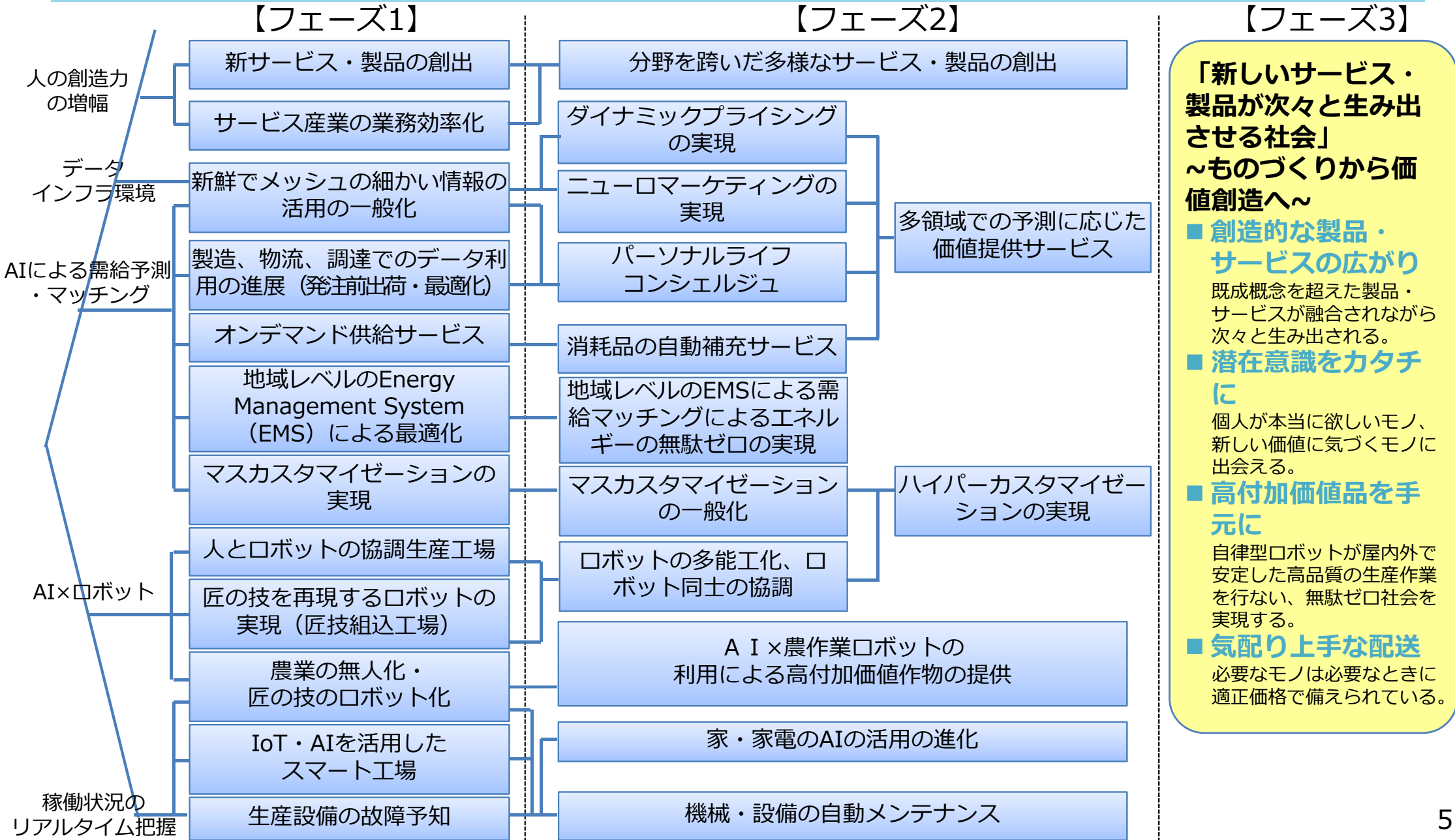
## (2) 人工知能とその他関連技術が融合した産業化のイメージ



※公表時点における状況を踏まえた予測に基づき、技術的な観点から実現可能な時期を設定した。  
 社会実装には規制・制度や社会受容性といった影響も考えられるため、実質的に異なる結果を招く不確実性がある。

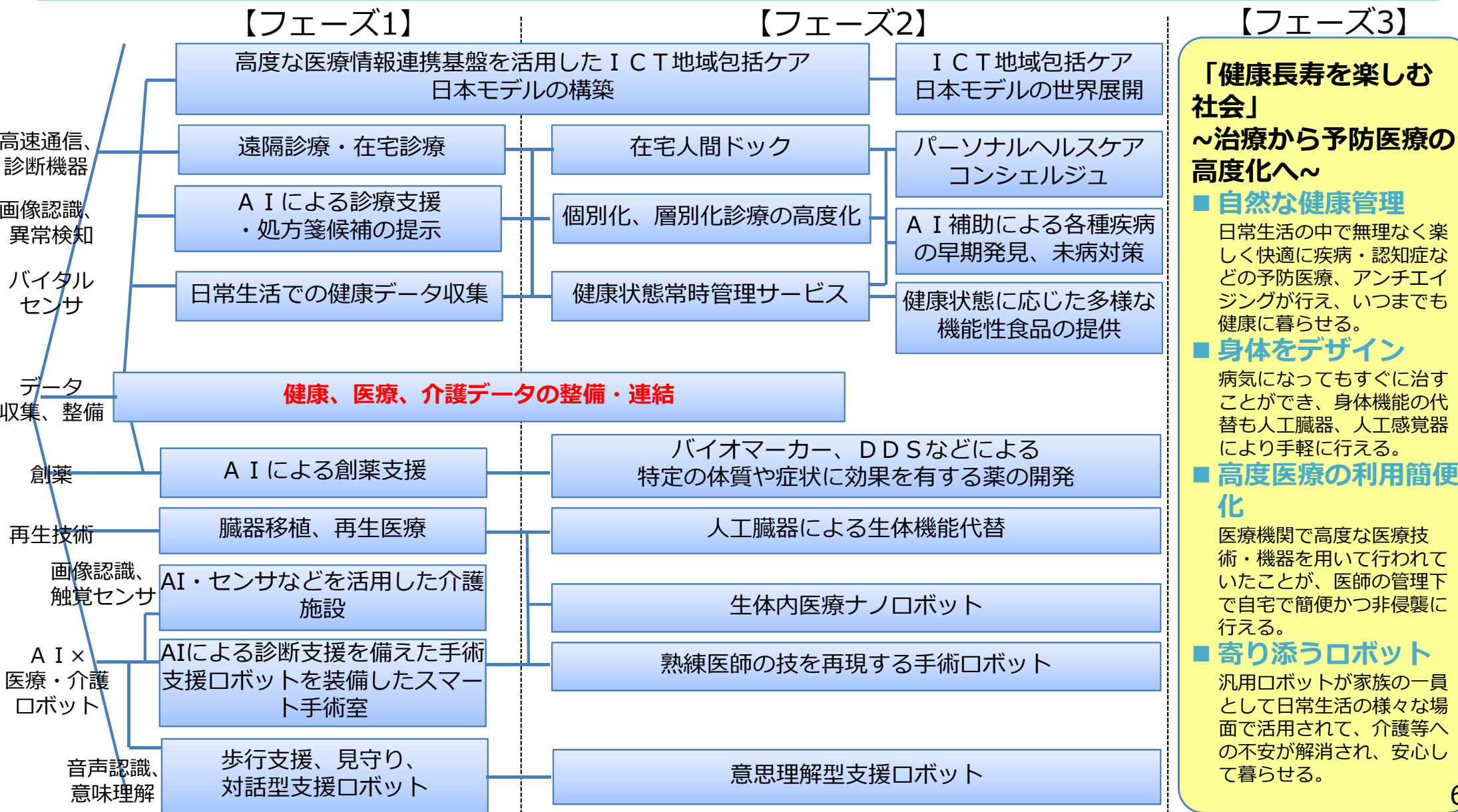
# (3-1) 人工知能とその他関連技術の融合による産業化のロードマップ【生産性分野】

- 生産システムの自動・最適化、サービス産業の効率化・最適化、物・サービスへのニーズとのマッチングによりハイパーカスタマイゼーションを実現することにより、ものづくり・流通・サービスの融合が進み、エネルギー・食料なども含めた社会全体としての生産性を高めた究極のエコシステムを構築する。
- 人が創造力を増幅することにより、次々と新しいサービス・製品が生まれる社会を構築する。



## (3-2) 人工知能とその他関連技術の融合による産業化のロードマップ【健康/医療・介護分野】

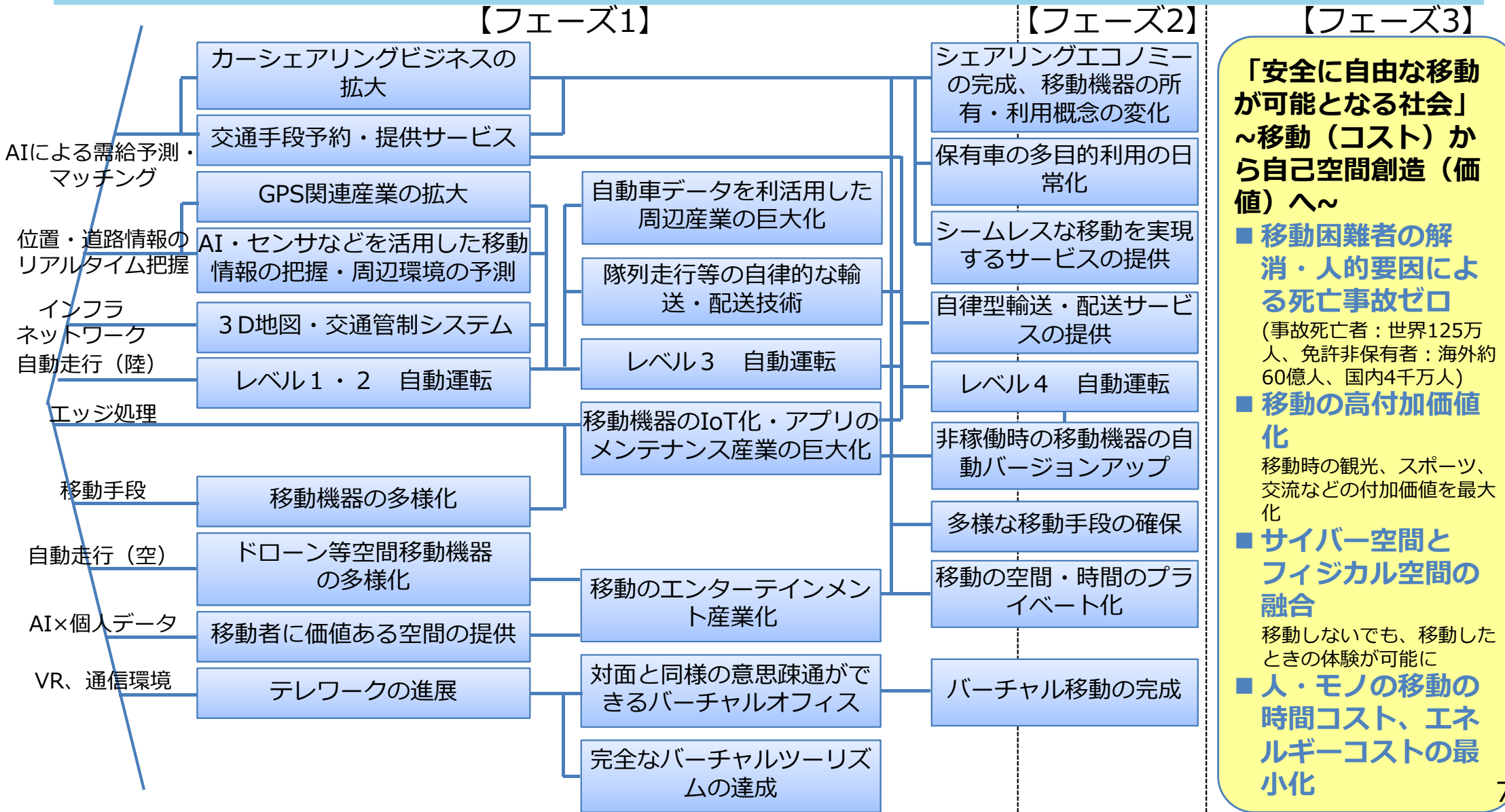
- 世界で最初に急激な高齢化社会を迎えている日本において、医療・介護の膨大な情報をビッグデータ化し、AIを使って世界一の医療技術先進国・介護技術先進国を構築する。
- 予防医療の高度化により、病気にならないヘルスケアを実現する健康長寿産業大国を構築する。2030年には人口の40%以上が高齢者となる中で、80歳でも就業を希望する高齢者が元気に働いている社会を実現する。これにより、個人としての満足度を上げるだけでなく、社会保障費の軽減を図ると同時に労働人口の減少という課題への対応の方策ともなる。



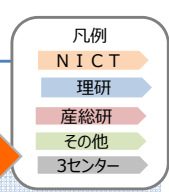


### (3-3) 人工知能とその他関連技術の融合による産業化のロードマップ【空間の移動分野】

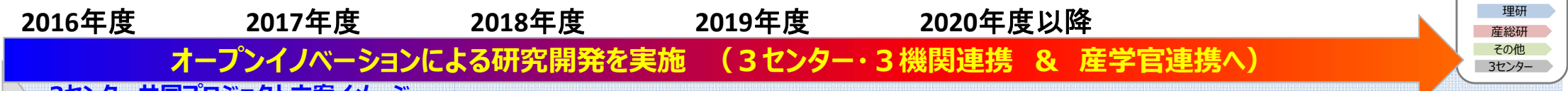
- 人の移動時間・移動空間を、「移動」そのものではなく、その他の「作業」、「生活」、「娯楽」を行う時間・空間にする。
- 全ての人に自由に安全な空間の移動を確保する社会を構築する。人・物の移動にかかる移動手段のシェアリングエコノミーを構築することにより、移動のエコ社会を実現する。これらにより、人的要因による事故を減らし、「移動」に伴う社会コストを最小化する。
- 移動の高付加価値化、自動運転等を活用した自律的な輸送配送、バーチャル移動も完成し、移動そのものに価値が生まれる社会を実現する。







# 3センターの連携による研究開発目標イメージ



## 3センター共同プロジェクト立案イメージ

### 3センターのデータ・プラットフォーム連携イメージ

- データ基盤整備
- 熟練技能者データ
- 生活現象データ
- 地理空間データ
- 言語処理データ
- 脳活動データ
- AIセキュリティ基盤データ
- リモートセンシングデータ等
- 健康・医療データ (29FYデータプラットフォーム事業)
- 共通プラットフォーム整備
- 先進モジュール開発
- AIミドルウェア開発
- 汎用基盤技術開発 (理論研究・アルゴリズム開発)

**○安全で効率的な交通手段・価値ある移動空間を実現するスマートモビリティの実現**

3次元環境構築、安価なセンサによる自動走行技術開発  
 パーソナルモビリティ用高精度マーカ開発 → 測位システム構築 → 実証評価 (3センター・3機関 & 産学官連携)

スマートモビリティに資するユニバーサルコミュニケーション支援技術の開発  
 移動空間の高付加価値化を実現するために価値ある情報・知識をやりとりできる対話技術の研究開発

SIP「自動走行システム」との連携 (セマンテックマップへ)      自動車メーカー等との連携

○利用するデータ:  
 地図データ、ダイナミックマップ (SIP)  
 Webデータ、SNSデータ等

○利用する実証環境:  
 道路環境

空間の移動

**○消費者の需要を反映させた適時適量・多品種少量生産を可能とする次世代生産技術の実現**

人間協調型工場の高機能化に関する研究  
 製造プロセスビッグデータ収集・分析・モデル化 → 異常検知・不良予測・メンテナンス効率化 → 実証評価 (3センター・3機関 & 産学官連携)

人間協調型工場のCPSの構築 → 工場間統合による変種変量生産システム開発

マニファクチャ・インフォマティクスによる製造革命のための基盤技術の構築  
 データ取得技術の開発や、取得したデータと高精度シミュレーションの組合せによる、最適プロセス探索にかかるリードタイムや製造時間の短縮プロセス削減等による効率化

関係企業との連携

○利用するデータ:  
 各種製品データ、人体計測データ等

○利用する実証環境:  
 工場模擬環境 (産総研)  
 構造物模擬環境

生産性

**○サービス産業等 (輸送、観光、小売等) の生産性向上及び質の高いサービスの実現**

顧客行動ビッグデータの収集・分析・モデル化による顧客行動予測・介入システムの構築 → 実証評価 (3センター・3機関 & 産学官連携)

生産性および質の向上に資するユニバーサルコミュニケーション支援技術の開発  
 多言語音声翻訳システムの研究開発

時々刻々変化する環境情報と人の志向・嗜好をリアルタイムに結び付ける、新しいIoT to Human技術によるインバウンド観光情報に資するプラットフォームの構築  
 不安定・不正確要素を持ちつつ最適解を求めるための、不特定多数が協調的にデータ解析を行うための枠組み (コンペティション型クラウドソーシングデータ解析プラットフォーム)の構築

関係企業・施設・自治体との連携

○利用するデータ:  
 サービス現場データ、対話データ、音声データ等

○利用する実証環境:  
 コンビニ模擬環境 (産総研)

## 上記を支える基盤技術分野

- AIセキュリティ技術 (秘匿技術・秘匿検索技術・プライバシー保護技術、サイバーセキュリティの強化 等)
- 大規模AI開発環境 (深層学習等の先進的機械学習技術をビッグデータに高速かつ低遅延に適用するためのミドルウェア、並列計算、クラスタ構築技術 等)
- 必要なデータを取得するスキーム等の研究開発 (アノテーション付与技術、データのメタ化技術 (セマンティック技術) へのAIの適用可能性、クレンジングのためのノイズ除去技術等)
- 次世代AIアーキテクチャの研究開発 (脳型アーキテクチャ、脳型デバイス 等)
- 汎用質問応答・対話、多言語の音声認識・自動翻訳・音声合成に係る汎用技術の研究開発
- 脳情報通信技術の研究開発
- 科学技術研究加速 (科学技術文献解析、知識ベース構築、実験計画最適化、仮説生成・検証)
- 汎用基盤技術開発 (不完全情報学習、最適化、因果推論、深層学習、探索、数理科学 等)
- 人文科学的・社会科学的人工知能研究 (社会的影響、法制、社会制度、倫理、プライバシー 等)

## 3センター連携のさらなる高度化

- データ共有 (例: 著作権法によりWebデータ等が共有できない問題を回避するため、Webデータ保有機関に非保有機関の研究員が出向、兼務、クロスポイント等による仮想的データ共有)
- 計算機リソース・ミドルウェア等の共有 (例: AIブリッジクラウドインフラストラクチャー (ABCI: 産総研) の共同活用等)、データ作成のための暗黙知、ノウハウの共有化





# 3センターの連携による研究開発目標イメージ

2016年度      2017年度      2018年度      2019年度      2020年度以降

## オープンイノベーションによる研究開発を実施 (3センター・3機関連携 & 産学官連携へ)

### 3センター共同プロジェクト立案イメージ

#### 3センターのデータ・プラットフォーム連携イメージ

- データ基盤整備
- 熟練技能者データ
- 生活現象データ
- 地理空間データ
- 言語処理データ
- 脳活動データ
- AIセキュリティ基盤データ
- リモートセンシングデータ等
- 健康・医療データ (29FYデータプラットフォーム事業)
- 共通プラットフォーム整備
- 先進モジュール開発
- AIミドルウェア開発
- 汎用基盤技術開発 (理論研究・アルゴリズム開発)

#### ○認知症を含む疾患の早期発見・最適な治療法選択、対処に係るシステムの実現

細胞画像等の医用画像や超音波検査・内視鏡検査等の医用動画像に基づく診断支援システムの構築  
 電子カルテや臨床情報等の統合的な解析に基づく診断・治療法選択支援に関する研究  
 介護ビッグデータの収集・分析・モデル化による介護サービス支援システムの構築  
 個人別・層別の新規医薬品開発における創薬熟練技術のAI解析 → 創薬ロボットシステムへの統合化

fMRIなどによる脳活動計データ分析に基づく脳バイオマーカーの発見や治療を支援するニューロフィードバック技術の研究開発  
 脳情報データベースの設計・構築

MRIなどの画像データや血液画像を対象とした医用画像解析支援システムの構築  
 癌を対象とした、医薬品等の効果を事前に予測するための複合AI診断システムの開発  
 大規模コホートからの特徴表現の抽出による疾患リスク予測モデルの構築  
 共想法に立脚した会話支援技術の開発と認知機能の支援技術への活用  
 iPS細胞等の分化能や移植した細胞の腫瘍化リスクの評価

→ 医療支援統合システム実証評価 (3センター・3機関 & 産学官連携)

医療機関等との連携

- 利用するデータ  
 医療機関が保有する健康・医療データ (画像、ゲノム、カルテ、レセプト、健診等)、介護データ (口述聞き取り等)、医薬品データ、バイオ実験データ等
- 利用する実証環境  
 医療機関、介護施設  
 バイオ実験工場 (産総研)  
 介護模擬環境 (産総研) 等

#### ○甚大な自然災害による被害を最小限に抑え、迅速復旧を可能とする社会システムの実現

自然災害に対する被害抑制、迅速復旧に関する研究  
 振動台によるモデル実験や数値シミュレーションによる被害データの収集と、それらを用いた被害予測技術の開発 → 被害抑制システム・迅速復旧システム開発復旧に関する法制、社会制度の研究

草の根からの情報も含めた幅広い被災情報を効率的に分析・集約し、救援活動を支援する対災害自然言語処理システム → 実証評価

衛星画像や航空画像等を活用した機械学習による被害状況推定に関する研究

→ 統合システム実証評価 (3センター・3機関 & 産学官連携)

関係企業との連携

SIP「レジリエントな防災・減災機能の強化」との連携 (防災科学技術研究所)

- 利用するデータ:  
 自然災害データ、被害に関するデータ  
 衛星データ (産総研) 等  
 Webデータ、SNSデータ
- 利用する実証環境:  
 E-ディフェンス (防災科研)

健康、医療・介護

安心・安全

### 上記を支える基盤技術分野

- AIセキュリティ技術 (秘匿技術・秘匿検索技術・プライバシー保護技術、サイバーセキュリティの強化 等)
- 大規模AI開発環境 (深層学習等の先進的機械学習技術をビッグデータに高速かつ低遅延に適用するためのミドルウェア、並列計算、クラスタ構築技術 等)
- 必要なデータを取得するスキーム等の研究開発 (アノテーション付与技術、データのメタ化技術 (セマンティック技術) へのAIの適用可能性、クレンジングのためのノイズ除去技術等)
- 次世代AIアーキテクチャの研究開発 (脳型アーキテクチャ、脳型デバイス 等)
- 汎用質問応答・対話、多言語の音声認識・自動翻訳・音声合成に係る汎用技術の研究開発
- 脳情報通信技術の研究開発
- 科学技術研究加速 (科学技術文献解析、知識ベース構築、実験計画最適化、仮説生成・検証)
- 汎用基盤技術開発 (不完全情報学習、最適化、因果推論、深層学習、探索、数理科学 等)
- 人文科学的・社会科学的人工知能研究 (社会的影響、法制、社会制度、倫理、プライバシー 等)

### 3センター連携のさらなる高度化

- データ共有 (例: 著作権法によりWebデータ等が共有できない問題を回避するため、Webデータ保有機関に非保有機関の研究者が出向、兼務、クロスアポイント等による仮想的データ共有)
- 計算機リソース・ミドルウェア等の共有 (例: AIブリッジクラウドインフラストラクチャー (ABC1: 産総研) の共同活用等)、データ作成のための暗黙知、ノウハウの共有化

# AIの研究開発・産業化を担う人材育成の必要性

- 研究開発目標と産業化ロードマップの実現に向けて、AI人材の不足が指摘されるどころ、特にフェーズ1において、**トップレベルのAI人材を、産学官の強力な連携のもと、即戦力として育成することが急務**である。
- フェーズ2及び3においてはより広い産業でのAI技術の活用が予想されるどころ、AI技術が創造する価値を産業として普及させる人材を育成していくことも必要である。

## 『先端IT人材』の将来推計(人)

	2016年	2018年	2020年
潜在人員規模(a+b)	112,090	143,450	177,200
現時点の不足数(b)	15,190	31,500	47,810
現在の人材数(a)	96,900	111,950	129,390

※ 出典: 経済産業省「IT人材の最新動向と将来推計に関する調査結果」(平成28年3月、委託: みずほ情報総研株式会社) p.218 図 4-183より事務局作成  
 ※ 『先端IT人材』とは、ビッグデータ、IoT、人工知能に携わる人材(同上、p.84・218)

## 産業界における人工知能技術分野の人材ニーズ調査

各企業のAI人材について、  
 全くない企業、把握できていない企業、検討自体ができていない企業が多い傾向。

※ 人材育成TFにおいて実施したNEDO委託調査

## 大学における年間養成規模を暫定的に試算した例(人)

	北大	東北大	東大	東工大	名大	京大	阪大	九大	筑波大	早大	慶大	計
修士課程 (推計) <sup>※2</sup>	54.5	50.9	118.0	116.0	51.0	81.7	90.6	56.4	98.4	83.0	63.3	<b>863.8</b>
博士課程 (推計) <sup>※3</sup>	9.0	13.6	19.3	23.0	6.0	20.5	19.1	12.6	16.9	9.0	6.4	<b>155.4</b>

※1 人工知能技術戦略会議 人材育成TFにおいて調査。筑波大・早大は平成27年度入学者数、その他は平成27年度修了者数を母数。  
 ※2 各大学の人工知能技術関係の研究科・専攻等を対象に、「当該研究科・専攻等の入学者又は修了者数」×「当該研究科・専攻等のうち人工知能に関する研究を行っている研究室の割合」をもとに、人工知能技術に係る人材数を試算(人工知能技術関係の研究室に所属する学生の実数が把握できたものは実数をもとに計算)。  
 ※3 博士人材数も、修士と同様の方法で算出。

研究開発目標と産業化ロードマップを具体的に実現するためには、その担い手として、

- ①人工知能技術の**問題解決**  
 (AIに関する様々な知識、  
 価値ある問題を見付け、定式化し、解決の道筋を示す能力)
- ②人工知能技術の**具現化**  
 (コンピュータサイエンスの知識、プログラミング技術)
- ③人工知能技術の**活用**  
 (具体的な社会課題に適用する能力)

の3つの知識・技能を有する人材を育成することが必要。

併せて、AI人材の育成が効果を発揮するには、AI人材を惹き付ける環境整備の観点から、AI人材の活躍できる場の確保が重要。

# AIの研究開発・産業化を担う人材育成の具体的取組

- 研究開発目標と産業化ロードマップの実現に向けた具体策として、**特にフェーズ1をターゲットに、以下の即戦力育成のための取組を集中的に進めていくことが必要。**

## (1) 即戦力育成のための教育プログラムの構想・実施(新規)

- ・ AIに関係する社会人を対象に、業務上必要な分野の最先端の知識やAIの体系的な知識の修得、リアルコモンデータ演習を通じた価値創造力の向上を目指す

## (2) 大学と産業界による共同研究・人材育成の推進

- ・ 大学と産業界との共同研究、OJTを通じた人材育成等の個別の取組を“点”から“面”へと展開していく仕掛け作り  
(上記教育プログラムの普及に係る産学連携方策、インターンシップ充実の検討等)

## (3) 政府・研究機関等によるこれまでの取組と更なる充実

- ・ 産学官連携ガイドライン(2025年までに企業から大学・国立研究開発法人への「投資3倍増」を実現)
- ・ NICT・理研・産総研における若手研究者等の処遇、
  - ・ AIチャレンジコンテスト
  - ・ データ関連人材育成プログラム
- ・ 共同研究者受入、人的交流
- ・ NEDO特別講座、TCP、研究開発事業を通じた人材育成
  - ・ 大学等における数理・データサイエンス教育の強化
  - ・ 成長分野を支える情報技術人材の育成拠点の形成(enPiT) 等
- ・ 産総研AI技術コンソーシアム
- ・ JSTファンディングによる若手人材育成

なお、こうした人材育成に関しては、社会ニーズに応じた教育環境の整備、企業における処遇やマッチング等の課題もあり、これらに関する議論も併せて進める必要がある。

(第4次産業革命 人材育成推進会議、理工系人材育成に関する産学官円卓会議等)



# (参考) 求められる人材の知識・技能

## ① 人工知能技術の**問題解決**

- ・人工知能技術の先導的知識
  - － 知能情報学(機械学習、自然言語処理)
  - － 知覚情報学(コンピュータービジョン、音声情報処理)
  - － 知能ロボティクス
- ・人工知能技術の基盤的知識・関連知識
  - － 推論、探索、知識表現、オントロジー、エージェントなど
  - － 認知科学、脳科学、感性・心理
- ・汎用的能力
  - － 価値ある問題を見付ける(創り出す)能力
  - － 見つけた問題を定式化し、問題解決の道筋を示す能力

考える

見る・聴く

動く

## ② 人工知能技術の**具現化**

- ・コンピュータサイエンスの知識
  - － アルゴリズムとデータ構造、データベース
  - － アーキテクチャ、ネットワーク、IoTなど
- ・プログラミング技術

## ③ 人工知能技術の**活用**

- ・ドメイン知識・ターゲット分野の知識
  - － ものづくり、モビリティ、健康・医療・介護、インフラ、農業、サイエンス、防災・防犯、スマートコミュニケーション・エネルギー、学習、横断的な課題(情報セキュリティ、ウェブ、サービス等)

# 産学官が有するデータ及びツール群の環境整備に関する方針について

方針案	ニーズ、問題意識	期待される具体的行動のイメージ（例）
1. 重点取り組み分野のデータ整備強化	・産業化ロードマップにおける重点分野（生産性等）等については、新たなデータ取得による整備を行うべきではないか。	①府省庁連携研究におけるデータ整備の強化 ②標準画像等、AI性能評価のためのデータ整備 ③研究及び人材育成向けの学習用データセット整備
2. データ整備・提供を担う機関の強化	・研究自体よりも地味で継続的なデータ整備について、支援の強化が必要ではないか。	①データ整備提供を担う専門機関の強化等
3. データ取得やツールの検証を加速する模擬環境、実証環境の整備	・個人情報等データ取得の阻害要因がある中、データ取得できる特別の環境の確保が必要ではないか。	①工場や店舗、病院等、実物を模した模擬環境の整備 ②AI製品・サービスの実証に利用できる現場の確保
4. 産学連携によるデータ、ツールの集積の好循環	・海外AIクラウドに依存せず、国内で好循環する枠組みが必要ではないか。	①産学官における、データ解析力の提供とデータ提供を好循環させるAIクラウドの提供 ②AIクラウド提供を通じた、オープンツール開発支援
5. データセット整備を加速する技術開発、制度整備	・人海戦術となっているクレンジング、タグ付け等データセット化について、効率化が必要ではないか。	①AIで自動的に関連付けを行う技術、匿名化・秘密計算・秘密検索技術等、データ整備加速技術の開発 ②データの自動的登録（蓄積）を促す制度整備
6. 国プロから生じるデータのオープンデータ化	国が率先してオープンデータを提供すべきではないか。	①国プロで取得したデータの管理と提供 ②データ取得自体を目的とする国のプロジェクトを整備
7. データ及びツール群にかかるリソースの一覧化	・所在情報等、ユーザーが利用しやすい環境を整備すべきではないか。	①オープンデータ・オープンツール、計算機資源、データ取得環境（実証・模擬環境等）の一覧情報の提供・活用促進（3研究機関を含む）
8. 民間等保有データの共有、横断的活用等	・データ流通を巡る動きを、AI側としても積極的に対応すべき	①情報銀行、データ取引ルール等、民間主体の枠組みの活用 ②API公開等、データ連携・互換性の向上（IT本部等）



# ベンチャーの立ち上げ支援や、ベンチャーと大企業・金融機関等とのマッチング支援等、AI関連ベンチャーの活動の活性化の方針について

方針案	ニーズ、問題意識	期待される具体的な行動のイメージ（例）
1. AIを巡るコミュニティ・ネットワークの形成（オープンイノベーションの促進）	・個別の専門分野に特化したAIベンチャーが、ベンチャー企業間や大企業や大学等との連携により、研究及び事業化が図りやすい「場」が必要ではないか。	①オールジャパンのAIベンチャーコミュニティの場の形成 ②AIベンチャーと大企業の交流機会 ③AI分野でのベンチャーピッチ（金融との連携）の開催 ④AIベンチャーを交えた産学官によるAIシンポジウムの開催 ⑤AIを巡るコーディネータ、目利き人材ネットワークの形成
2. AIベンチャーの研究・事業化を促す環境整備	・大規模な設備等の保有が困難なAIベンチャーにとって利用しやすい公共リソースの提供が必要ではないか。	①AI研究3機関におけるオープンラボ、インキュベーションラボの設置・拡充 ②データ解析等のための公的コンピュータリソースの提供 ③ハード・ソフトの試作環境の提供 ④データ取得のための模擬環境、製品サービスの実証環境の提供
3. AIのパフォーマンスを比較（ベンチマーク）出来る環境整備	・知名度の低いベンチャー企業にとって、保有するAI技術のパフォーマンスを、客観的かつ外に対してアピールできる環境が必要ではないか。	①AIコンテストの実施（競技形式等） ②AIアワード（表彰）の実施 ③AI性能評価指標の整備（標準画像等の標準化）
4. 公益目的（課題解決）のためのAI活用促進	・AI製品・サービスの初期市場創出が重要ではないか。	①AI需要開拓のための出口府省庁との連携強化 ②行政へのAI製品・サービスの拡大
5. AIと規制の調和	・AI製品・サービスの市場化には、適切な規制レベルの設定が重要ではないか。	①AI等の最新の技術レベルに合わせた規制のあり方
6. 活用できるデータ・ツールの拡大	<データ整備・提供&オープンツールTFで検討>	<データ整備・提供&オープンツールTFで検討>
7. トレーニング機会の拡大	<人材育成TFで検討>	<人材育成TFで検討>
8. その他	AIベンチャーによる活用が期待できる施策の見える化（一覧化）	①AIポータルにおける施策一覧の掲載