

総合科学技術イノベーション政策会議大臣有識者会議
科学技術イノベーション政策のための科学
ICT分野政策オプションの調査研究

慶応義塾大学名誉教授

「科学技術イノベーション政策のための科学推進委員会」主査
政策研究大学院科学技術イノベーション政策研究センター政策分析・影響評価領域PM
科学技術振興機構研究開発センター(CRDS)上席フェロー

黒田 昌裕

2015.09.10

Contents

1. 「科学技術イノベーション政策の科学」とは
 - 1-1 「科学技術イノベーション政策の科学の全体像
 - 1-2 「科学技術イノベーション政策」と「科学技術イノベーション政策の科学」の共進化
2. 科学技術イノベーション政策の影響力評価
～ 大変革時代の到来と政策課題～
3. 科学技術イノベーション政策の影響力評価
政策オプションとは？
4. IoT分野における政策オプション作成
 - ・ IoT導入と雇用：“機械と人間”問題と“Platform”構築
 - ・ ICT分野政策の技術俯瞰 - 必要技術の体系的整理
5. IoT導入の政策効果と課題
6. 政策評価のための「科学技術イノベーション政策の科学」
 - 自然科学と人文社会科学の連携の重要性と公共政策としての「科学技術イノベーション政策」 -

1. 「科学技術イノベーション政策の科学」の推進

21世紀の科学は、情報科学、物質材料科学、計測科学などの基盤的科学技術の飛躍的進歩によって、生化学・ライフサイエンス、システム科学、エネルギー・環境科学、そして宇宙科学のあらゆる自然科学領域にまたがる科学技術全域に革新的な進展が、社会経済的に人類に多大な影響を与えることが、予想される。

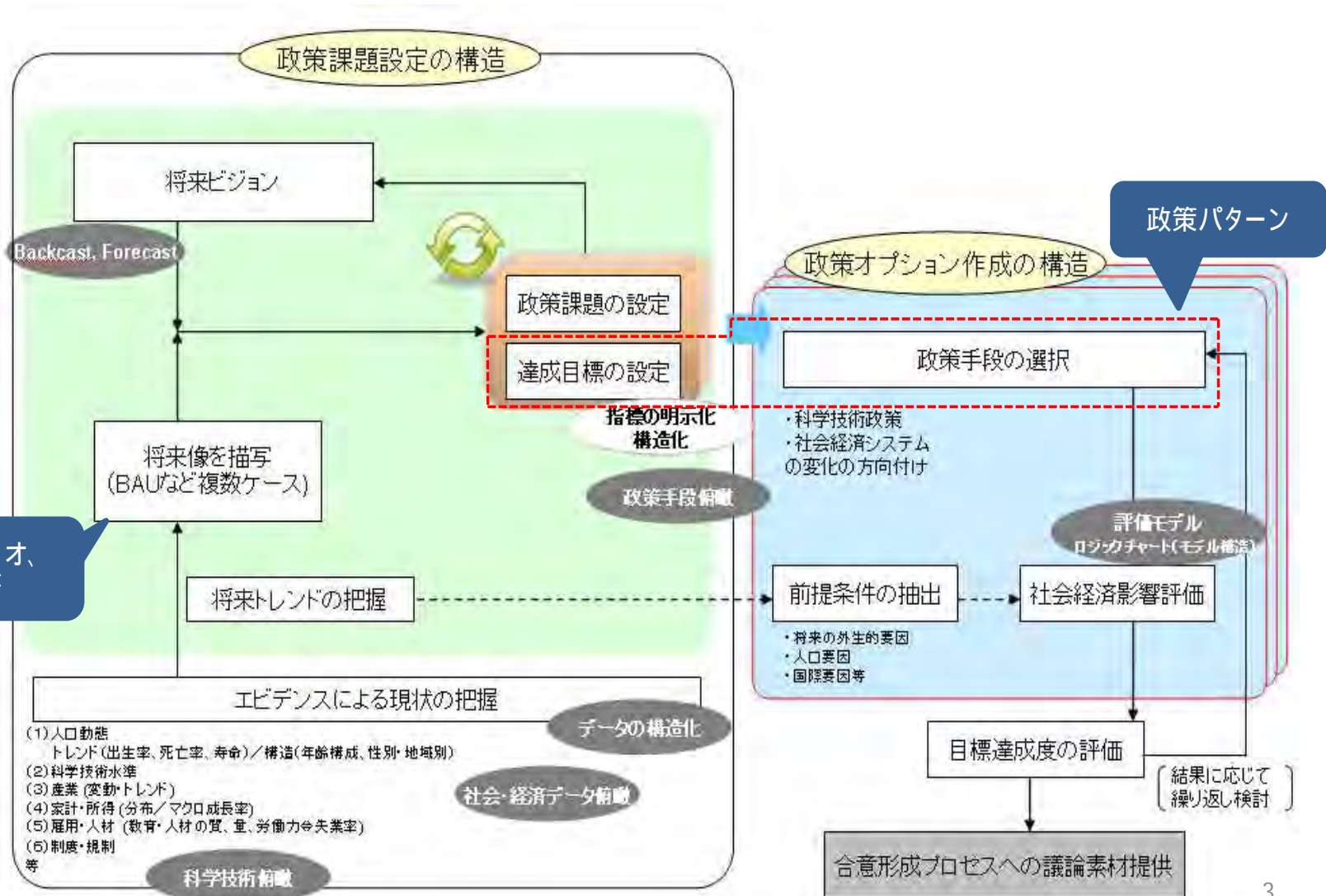
そうした中で、人類が科学技術の進歩の利益を享受し、安定的な持続的成長の社会システムを構築できる施策を探ることが、科学技術イノベーション政策に求められている最大の課題である。

その目的を達成するためには、自然科学分野間のみならず、人文・社会科学分野との連携にもとづき、科学技術政策には、

1. 適格な歴史認識にもとづくエビデンスを踏まえた「科学的な政策の設計と立案」
2. “Science for Science Policy” と “Policy for Science” の「信頼にもとづく共進化の政策運営」
3. 科学技術政策の国民への説明責任と国民の理解の創生

が、重要であるとされ、文科省では、第4次科学技術基本計画において、そうした考え方のもと、「科学技術イノベーションのための科学(以下SciREXという)」の推進を進めてきた。

1-1. 「科学技術イノベーション政策の科学」の全体像



1-2. 「科学技術イノベーション政策」と「科学技術イノベーション政策の科学」の共進化

- ・「科学技術イノベーション政策の形成システムの改革」と「科学技術イノベーション政策の科学の発展」は車の両輪。
- ・「科学技術イノベーション政策の科学」の成果が政策形成システムの改革に反映され、これがまた新たな「科学技術イノベーション政策の科学」の発展への新たな刺激となり、循環して両者が共進化することが必要。

科学技術イノベーション政策の科学
(Science for Science Policy)

科学技術イノベーション政策形成システム
(Policy for Science)

これまでの
政策の科学

新たな政策の科学の
発展

「政策形成」と
「政策の科学」
の新たな連携

政策形成
システムの
改革

これまでの政策
立案評価の方法

- ・政策提言機能(公的シンクタンク等)の在り方
- ・政府と政策提言主体の行動規範
- ・新たな政策立案手法の導入等

2. 科学技術イノベーション政策の影響力評価 ～ 大変革時代の到来と政策課題 ～

現代科学の技術特性の歴史的認識

1. 計測技術 / 観測技術 / 実験技術 / 情報通信技術：
情報科学、物質材料科学、計測科学などの基盤的技術の飛躍的進歩によって、生化学・ライフサイエンス、システム科学、エネルギー・環境科学、そして宇宙科学のあらゆる自然科学領域にまたがる科学技術全域に革新的な影響を与える。
2. 情報革命：15-16世紀の大航海時代をはるかに上回る情報規模、伝達速度、解析速度。
情報は、高速度、大規模情報をP2P、P2M、M2M、同時的に複数で交換できる社会が実現している。
情報技術が、伝達、蓄積、収集、解析、ネットワーク、知の創造の世界を、動かし、社会の構造を規定している。
 - ・情報科学が社会の構造を変え、同期化された情報が、個人の価値観の多様化をもたらし、認識のGap (Perception Gap)の拡大をもたらす。
 - ・情報セキュリティの規範と倫理
 - ・情報社会におけるデモクラシーの在り方
3. 知の結合をもたらす「新しい科学」の構造を考えることの重要性。
4. 科学技術の進展による市場の構造変化
社会組織、ネットワークの変化が、いわゆるシュンペーターの技術革新、大結合（組織的イノベーション）をもたらし、TFPをシフトさせる。産業構造 / 雇用構造の大変革
 - ・ **PLATFORM 構築の基盤要素技術の開発の重要性とその社会システムの構築**
 - ・ **新しい市場価値の創造**
5. トランス・サイエンス時代：「科学技術のみでは解決できない人類的課題」に直面

3. 科学技術イノベーション政策の影響力評価--政策オプションとは？

- n 「科学技術イノベーション政策の政策目標」の達成には、複数の選択可能な「政策手段」が考えられる。選択された「政策手段」ごとに、その政策実施による社会的・経済的影響が異なることが考えられ、政策目標の達成度や影響度に差異がみられる。それを、「政策オプション」と呼んでいる。複数の「政策オプション」を比較・評価することによって、政策の評価をおこなう。
- n この具体的な取り組みとして、ICT分野の技術（IoT/CPS）の政策的促進がもたらす社会的・経済的影響を「PLATFORM」構築の効果評価を例に幾つかの政策オプションとして示す。

政策オプションの概念図

政策シミュレーター

政策オプション

政策パターン

政策の達成目標

+

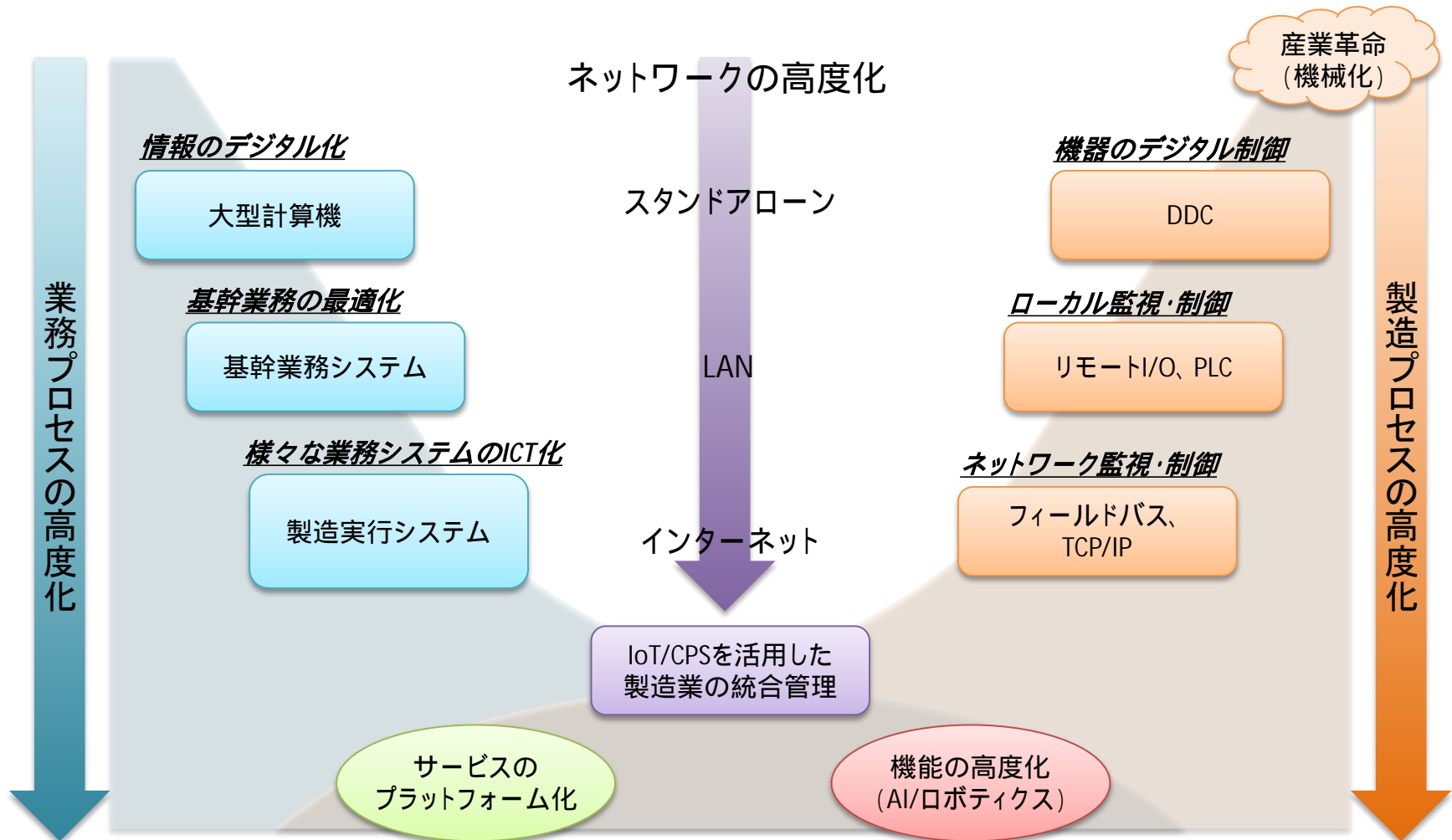
達成目標
実現のための
政策手段



社会的・経済的
影響の評価

IoT/CPSの技術開発・社会実装に関する複数の政策オプションを作成し、その中から最適なオプションを政策として選択するための議論の材料を提供する。

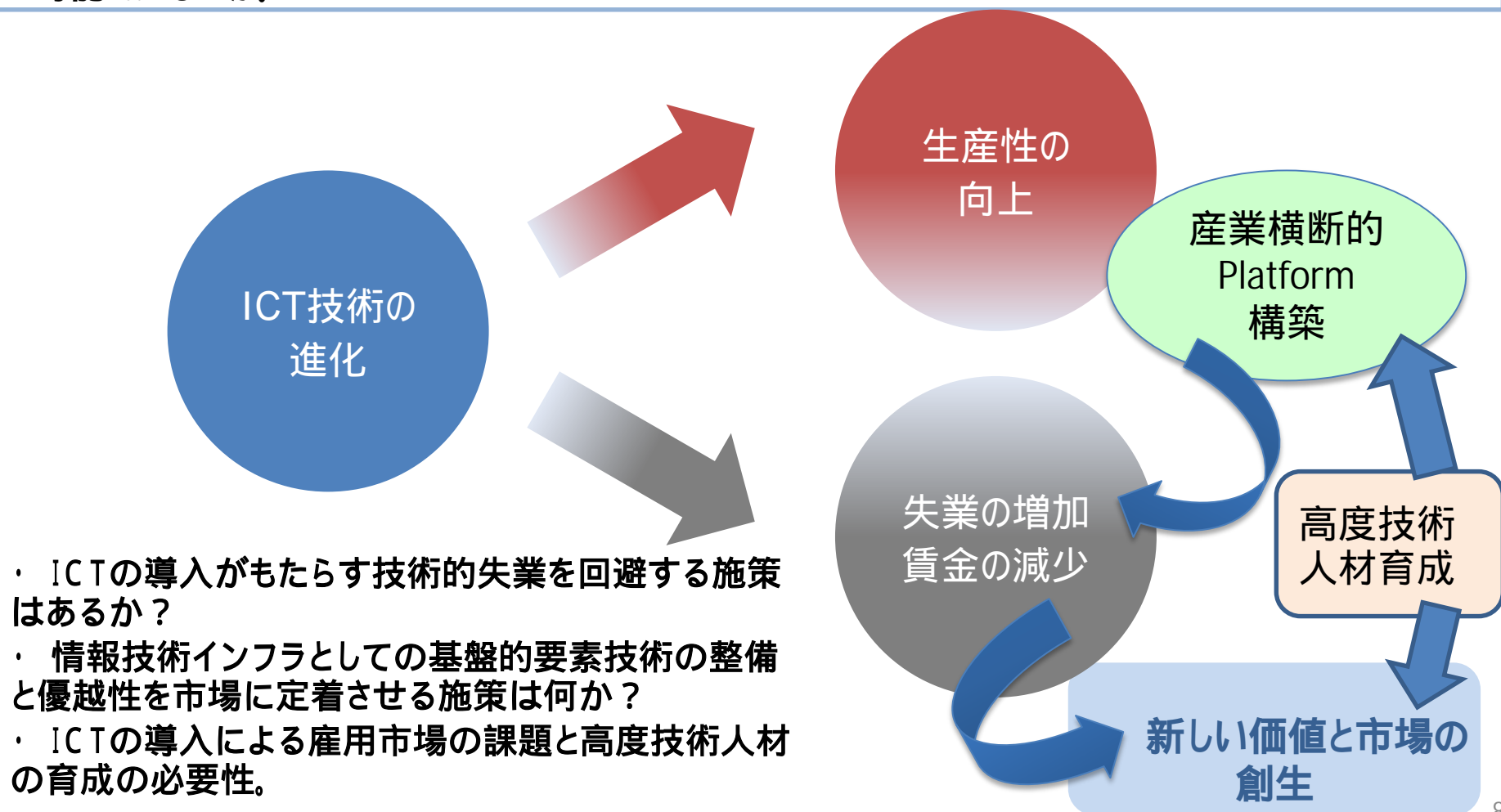
- n GDPの約20%を占める製造業において、ICTによる効率化・高度化は国際競争力維持不可欠。
- n 製造業においては、業務/製造の両プロセスにおいて、モノづくりとサービスの融合・統合化が深化させる方策としてIoT/CPSによる技術進化に高い期待。
- n 限られた予算の中で、IoT/CPSの製造業への効果的な適用を進めるため、ICTの科学技術の開発とインフラ整備、社会実装の効果増大のための社会システム設計が、政府の役割として、極めて重要。



IoT導入と雇用：“機械と人間”問題 と “Platform”構築：市場価値の創造

【本調査の課題認識】

- n ICT分野の進歩により「機械と人間」の代替が増加し、単純労働の失業や賃金の低下の懸念。
- n ICTの進化による設計、開発、生産、品質管理、製造といった一連のプロセスの個別技術の改善以上に、一国の産業をまたがるプロセス横断型のプラットフォームが構築が不可欠であり、その段階にまで至れば、IoTサービスの増加やサービス業の高度化により雇用の吸収とより高度な経済の持続的成長が可能ではないか。



ICT分野政策の技術俯瞰 - 必要技術の体系的整理

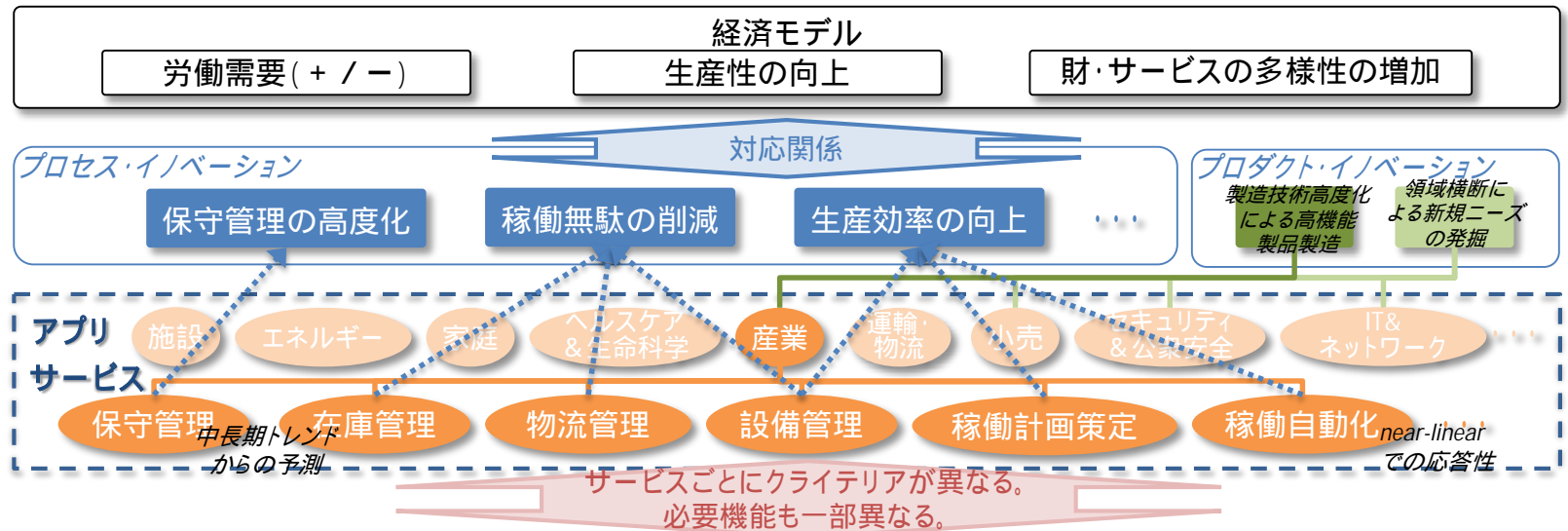
- IoT/CPSの要素技術と製造業の関係全体を俯瞰し、必要となる技術との関係を体系的に整理。
- 本調査研究では、IoT/CPSが製造業のプロセスに与える影響に焦点を絞り、詳細な検討を実施。

期待される効果

高

レイヤー

低

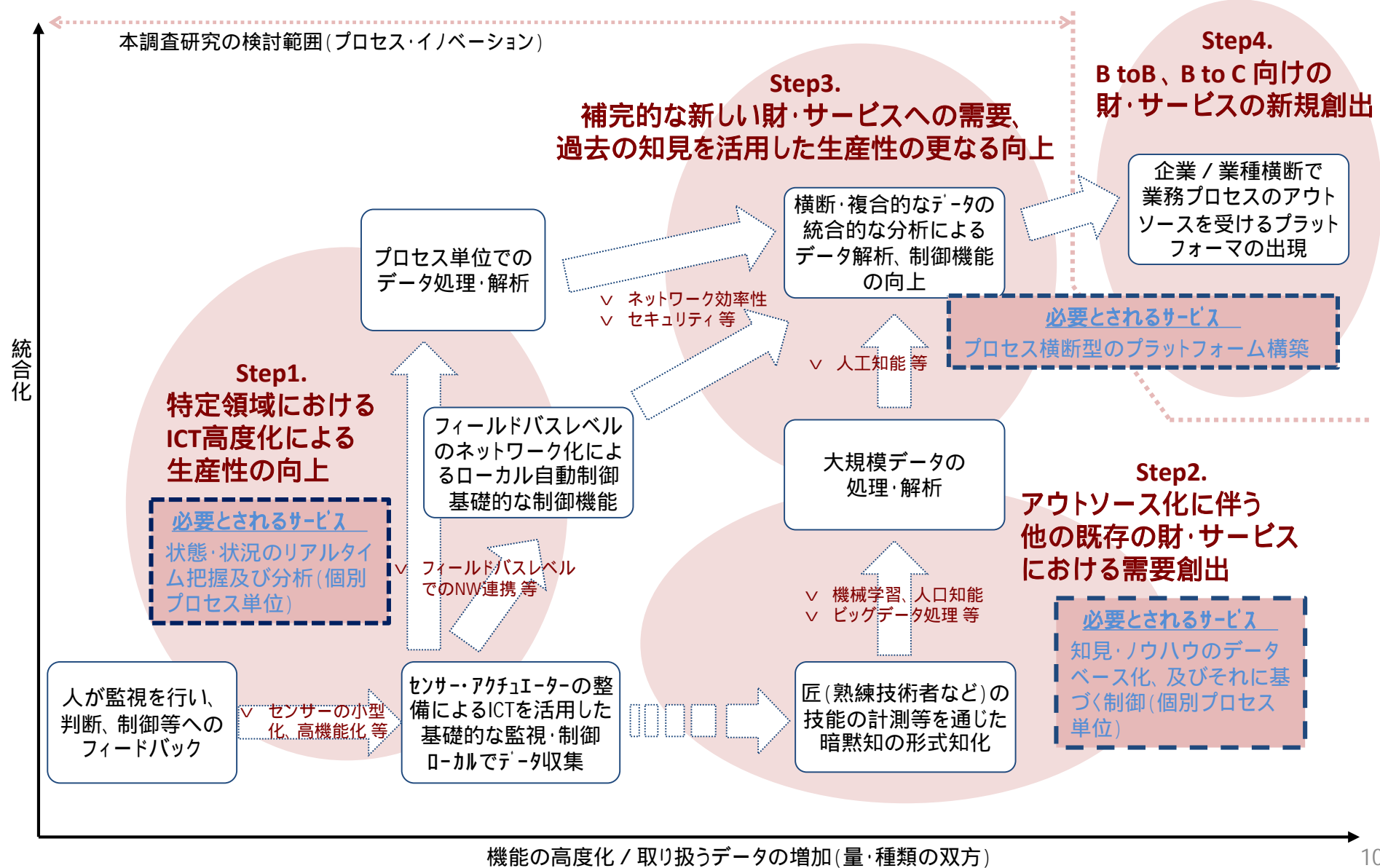


要素技術	知のコンピューティング 社会に新たな価値をもたらす知の集積・伝播・探索、知の予測・発見の促進、知のアクチュエーション、知の社会エコシステム・プラットフォーム、社会への影響・普及促進のための倫理・法的・社会的課題、応用	セキュリティ 次世代暗号技術、ITシステムのためのリスクマネジメント技術の体系化、要素別セキュリティ技術の向上、認証・ID連携技術、サイバー攻撃の検知・防衛次世代技術、プライバシー情報の保護と利活用の両立、ITシステムのフォレンジックとレジリエント技術	
	ビッグデータ ビッグデータ基盤技術、ビッグデータ解析技術、クラウドソーシング、プライバシー保持マイニング関連技術、ITメディアとビッグデータ、ゲノムをとりまくビッグデータ、教育とビッグデータ、社会インフラとビッグデータ、オープンデータ、著作権とビッグデータ、プライバシーとビッグデータ	CPS/IoT CPS/IoTアーキテクチャー、M2M、社会システムデザイン、IoTセキュリティ、応用と社会インパクト、ものづくりとIoT	
	インタラクション BMI, Augmentation, 触覚 / 多感覚, ウェアラブル, Human-Robot Interaction, グラフィクス・ファブリケーション	ビジョン・言語処理 大規模言語処理に基づく情報分析、言語情報処理応用 (機械翻訳), 言語情報処理応用 (音声対話), 言語と映像の統理解読、画像映像処理・理解	人工知能 探索とゲーム、機械学習、オントロジーとLOD, Webインテリジェンス、ロボットにおける言語・知識・動作、統合AI、汎用人工知能、認知科学
	ITアーキテクチャー エンタープライズアーキテクチャー、クラウドコンピューティング、ワークロード特化型アーキテクチャー、HPC、モバイルコンピューティング、ストレージシステム	ITメディアとデータマネジメント マルチメディア情報の個人適応検索技術、個人ライフログデータの記録・活用技術、次世代情報検索・推薦技術、センサーデータ統合検索分析技術、ビッグデータの統合・管理・分析技術、時空間データマイニング技術、ユーザ生成コンテンツとソーシャルメディア	通信とネットワーク 光通信技術、無線通信技術、ネットワーク・エネルギー・マネージメント、ネットワーク仮想化技術、通信行動とQoE (Quality of Experience)、ネットワークサイエンス、新たな情報流通基盤
	ソフトウェア システムソフトウェアとミドルウェア、プログラミングモデルとランタイム、組込みシステム、ソフトウェア工学	デバイス・ハードウェア 集積回路技術、MEMSデバイス技術、フォトニクス、プリンタブル技術、エネルギーハバステデバイス、センサー、アクチュエーター、アナログ、情報処理、メモリー、電源、通信、超低消費電力技術、量子コンピューティング	
	基礎理論 情報理論、暗号理論、離散構造と組合せ論、計算複雑度論、データ構造、アルゴリズム理論、最適化理論、プログラム基礎理論、データアナリシス		

IoTの導入の政策効果 - IoT/CPSの進化過程

- n IoT/CPSの進化に合わせて、製造業の生産性が段階的に向上。
- n これらを実現するためには、3つのサービスの実現が必要となると予測。

本調査研究の検討範囲(プロセス・イノベーション)



IoTの導入の政策効果 - IoT/CPSの政策手段

n 必要なサービスを実現するための政策パターン（案）とその中で実施することが想定される政策手段（例）は、以下のとおり。

製造業の生産性向上に寄与する IoT/CPSサービス		サービス実現のための政策パターン（案）	政策パターンの中で採用される可能性のある政策手段（例）
<p>状態・状況のリアルタイム把握及び分析 (個別事業所 / 個別プロセス単位)</p>	<p>様々なセンサを活用して自動的に収集されるログの分析に基づく、制御の高度化</p>	<p>要素技術の研究開発を支援し、その後開発した技術の有効性を検証するための実証実験を実施。有効性が確認された技術の国際標準化を支援するとともに、当該技術の商品化支援、製品の導入事業者に対する税制優遇、加えて工場等に機器を導入する際の安全基準の策定等を行うことにより、社会実装を加速化。</p>	<ul style="list-style-type: none"> n 補助金・助成(研究費) n 実証実験 n 補助金・助成(商品化支援) n 税制優遇(技術導入企業) n 社会普及に資する関連制度創設 n 国際標準化等規格化支援
<p>知見・ノウハウのデータベース化、及びそれに基づく制御 (個別企業 / 個別プロセス単位)</p>	<p>定量化可能な知見等データのデータベース化によるオンデマンド判断支援</p>	<p>要素技術の研究開発を支援し、その後開発技術の有効性を検証するための実証実験を実施。従来データ化されていなかった情報のデータ化に係る規格の国際標準化を図り、メタデータの流通促進基盤を整備。データアナリティクスを専業とするベンチャー企業の起業支援等を通じて、新しい市場の確立を支援するとともに、企業内でも当該業務を実施できるアナリティクス人材の育成を支援(キャパシティ・ビルディング)。</p>	<ul style="list-style-type: none"> n 補助金・助成(研究費) n キャパシティ・ビルディング n 実証実験 n ベンチャー企業支援 n 国際標準化等規格化支援
	<p>匠(熟練技術者など)の技能の計測とモデリングを通じた形式知と暗黙知のアーカイブ化による制御等の高度化</p>		<p>社会予測等を行う際に利用可能な基盤情報を整備するとともに、オープンデータ等により、ICTにより容易に利用可能な環境を整備。ビッグデータによる解析結果を解釈したり、個々の状況にあった分析を行うことを可能とするアナリティクス人材の育成を支援。必要に応じて、より高度なビッグデータ解析を可能とする技術の研究開発を支援</p>
<p>プロセス横断型のプラットフォーム構築 (産業横断的な、新しい市場の創生)</p>	<p>設計、開発、生産、品質管理、製造といった一連のプロセスがデジタル化することでデジタルパイプラインが実現</p>	<p>関係者間で情報流通を促進・加速化するためモデル的に複数事業者が連携して実証検証を行うための連携プロジェクト(場の提供)を支援。各工程あるいはその複合工程の高度化に資するデータ解析等を専業とするベンチャー企業の起業支援等を通じて、新しい市場の確立を支援。関係者間で企業機密等に関わる情報を流通させる際に遵守すべきセキュリティ要件等のガイドライン・制度化を図る。</p>	<ul style="list-style-type: none"> n 補助金・助成(連携プロジェクト) n 実証実験 n ベンチャー企業支援 n 社会普及に資する関連制度創設

IoTの導入の政策効果 - 評価モデルの作成：政策シミュレーターの特長

この調査研究で用いるアプローチは、従来のアプローチには無い、次の特長を有する。

- n 政府R&D投資により開発される技術とその導入の影響（アウトカム・知識ストック）を可視化・定量
- n 開発される技術が影響を与える産業部門・消費者・政府等への経済社会効果をシミュレーターで推計

