

ATTAATL A AAGA C CTAAC T CTCAGACC
AAT A TCTATAAGA CTCTAACT
CTCGCC AATTAATA
TTAATC A AAGA C CTAAC T CTCAGACC
AAT A TCTATAAGA CTCTAAC
TGA C CTAAC T CTCAGACC

戦略プロポーザル

次世代ものづくり

～高付加価値を生む新しい製造業のプラットフォーム創出に向けて～

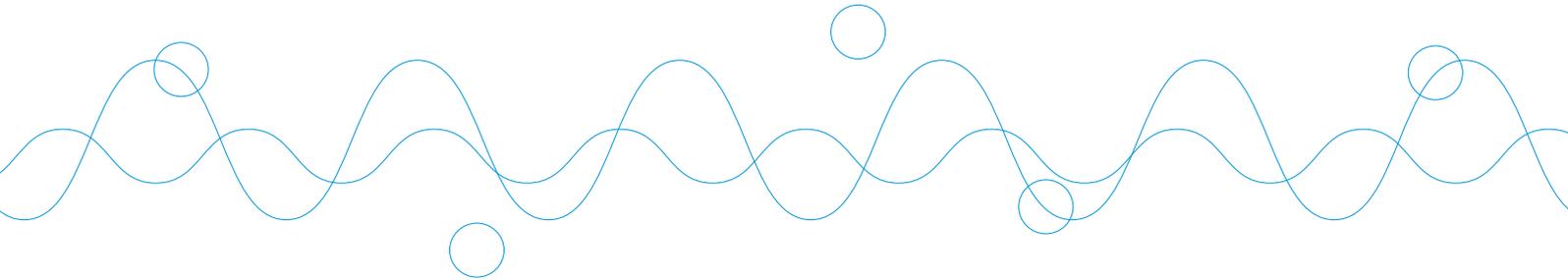
STRATEGIC PROPOSAL

Next Generation Manufacturing:

Towards Creation of New Platform

for High Value-Added Manufacturing

0 0 0 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1
0 1 0 1 0 0 0 1 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0
0 1 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1 0 0 0 0 1
0 0 1 1 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 1 1 0
0 1 0 1 1 1
0 0 1 1 0 1 1 1 1 1 1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 1



研究開発戦略センター(CRDS)は、国の科学技術イノベーション政策に関する調査、分析、提案を中立的な立場に立つて行う公的シンクタンクの一つで、文部科学省を主務省とする国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)に属しています。

CRDSは、科学技術分野の全体像の把握(俯瞰)、社会的期待の分析、国内外の動向調査や国際比較を踏まえて、さまざまな分野の専門家や政策立案者との対話を通じて、「戦略プロポーザル」を作成します。

「戦略プロポーザル」は、今後国として重点的に取り組むべき研究開発の戦略や、科学技術イノベーション政策上の重要課題についての提案をまとめたものとして、政策立案者や関連研究者へ配布し、広く公表します。

公的な科学技術研究は、個々の研究領域の振興だけでなく、それらの統合によって社会的な期待に応えることが重要です。「戦略プロポーザル」が国の政策立案に活用され、科学技術イノベーションの実現や社会的な課題の解決に寄与することを期待しています。

詳細については、下記ウェブサイトをご覧ください。

<http://www.jst.go.jp/crds/about>

エグゼクティブサマリー

製造業は、我が国の GDP の 18.5%、雇用の 15.4% を占める産業であり、経済面、雇用面の双方において極めて重要である。その製造業の競争環境が近年急速に変わりつつある。本プロポーザルは、その変化に対応するための国を挙げた取組について、その指針を提案するものである。

我が国の製造産業は、性能・品質の高い製品を提供することにより競争優位を獲得してきた。しかし、デジタル家電等の分野を皮切りに、この状況が変化しつつある。新興国における製造企業の台頭や、近年の急速な情報ネットワーク化、グローバル化の影響を受け、ものづくりの価値の源泉が製品そのものに留まらず、ユーザとの関係構築を行うに至るまでのサービスを含めたバリューチェーン構築のあり方に移って来ているためである。この新たな価値構築を行うことを前提とした製造業を我々は「次世代ものづくり」と定義した。「次世代ものづくり」においては、例えば、車や航空機等の製品を製造するだけでなく、販売後の運用・保守や新規のサービスを拡充・創出し、ユーザが製品をより効果的・効率的に活用する方策をユーザと共に考え提案する「価値共創」をどのように行うか、そしていかにしてより良いサービスを提供できるかが鍵となる。このような中、あるバリューチェーンの中の基幹的な共通機能を、他社が真似できない質的・量的差別化能力をもって提供するプラットフォーム・ビジネスを担う Amazon、Google 等のインターネット系企業「プラットフォーマー」が製造業の強力な競合、あるいは重要なアライアンスパートナーとして注目されている。本プロポーザルは、これらプラットフォーム・ビジネスとものづくり産業との統合化により、製造業のバリューチェーン構築競争を科学技術・イノベーション政策の側面から支援することを目的に、産学官を挙げて取組むべき研究開発課題とその推進策についての提案を行う。

産学官を挙げて取組むべき研究開発課題は、「①プラットフォームの要件定義に係る研究」と「②共通基盤技術の開発」とに大別される。

「①プラットフォームの要件定義に係る研究」では、何がプラットフォーム・ビジネスになるのか、プラットフォーム・ビジネスを支えるシステム・技術は何か、新市場形成に必要な規制・法制度はどのようなものか、社会受容性評価を踏まえ、どう社会システムをデザインするかといった研究に取組むことが必要となる。このような研究は、工学と人文社会科学領域とが連携する必要がある。

「②共通基盤技術の開発」では、プラットフォーム・ビジネスを支えるため、産業ドメインに依存しない、共通的に取組むことが求められる機能に着目した技術開発が必要となる。ここでは、ユーザの理解を深め価値共創を行うことを目的としたサービス機能、迅速かつ効率的なものづくりを実現する製造機能、サービス・製造に共通する機能についての共通基盤技術の開発を提案する。図 1 はその全体像である。

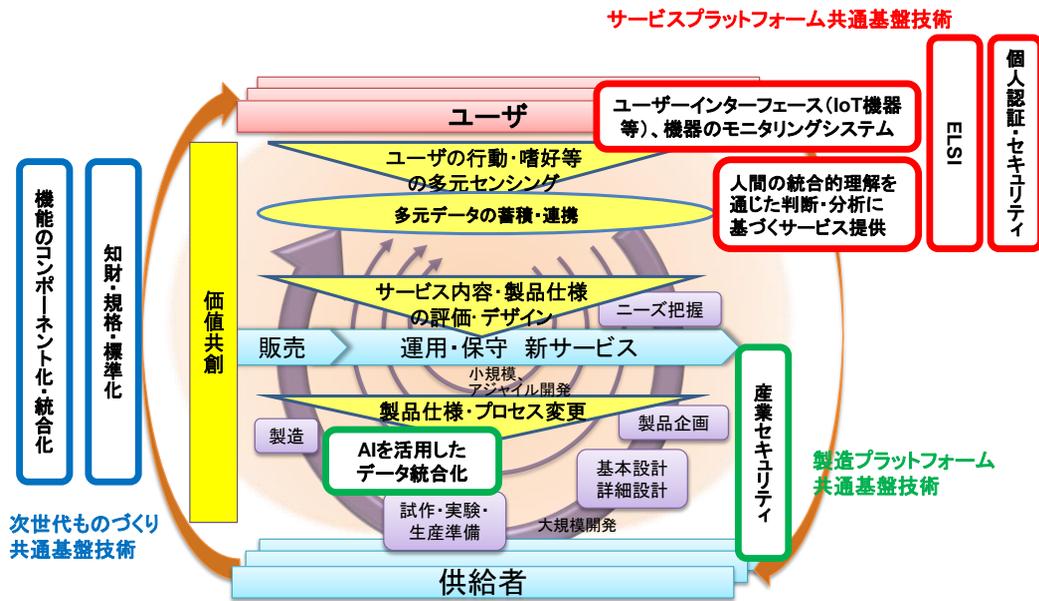


図1 次世代ものづくりプラットフォームの共通基盤技術

上記研究開発課題に取り組むにあたっては、その推進策として、これまで省庁、産業、研究領域、政策ツール毎に個々に取組まれてきた様々な壁を越えて、統合的に研究開発を推進することが求められる。このためにはまず、次世代ものづくりプラットフォームについて、産学官での議論の場や産学官が連携した実証プロジェクトの推進等が必要となる。また、プラットフォーム・ビジネスとものづくりの統合のためには、経営とサイバーとフィジカルとを自在に構成(デザイン)できる人材の育成が欠かせない。ベンチャー創出を益々活性化させることも必要となる。次世代ものづくりにおける産業競争力強化に向け、これを担う人材、事業アイデア、ベンチャー等が次々に生まれる基盤を構築する必要がある。このためには、新しい価値のデザインや技術統合による社会への橋渡しが必要であり、アカデミア、とりわけ大学工学部がキープレイヤーとなることが期待される。

Executive Summary

Manufacturing industry accounts for 18.5% of Japan's GDP and 15.4% of Japan's employment. This clearly indicates the importance of manufacturing industry in terms of economy and securing employment. However, the business environment of manufacturing industry is rapidly changing in recent years and this seems to be causing difficult situation for Japanese manufacturers. The aim of this proposal is to make policy-relevant recommendations to correspond to this transformation.

Manufacturing industry in Japan had captured the competitive advantage by providing high-performance and high-quality products. However, in some areas including digital consumer electronics, the situation is changing. Affected by the rise of manufacturing companies in emerging countries, the rapid growth of global information networks and wave of globalization are transforming the added-value source of manufacturing from the development of product itself to the development of the entire value-chain including services aiming to create social value with customers. In this proposal, we define "Next Generation Manufacturing" as manufacturing which helps perform this type of new value creation. Therefore, the key of "Next Generation Manufacturing" is to create new value including services in cooperation with users, not just to make products such as cars or aircrafts. Under such circumstances, a new type of players so-called "Platform Businesses", such as Google or Amazon who provides differentiated service targeting on a certain basic function in the value chain with quantitative capacity utilizing internets, are arising as a new competitor or important alliance partner of manufacturing industry. This proposal aims to establish competitive advantage for manufacturing industry in the "value chain creation competition" by integrating them with "Platform Businesses." In this regard, we propose R&D issues and policies needed to be conducted under cooperation of industry, academia and government from the standpoint of science, technology and innovation policy.

R&D issues which are needed to be tackled consist of (1) Research on requirement definition of platform and (2) development of common fundamental technology.

On the subject of (1) Research on requirement definition of platform, new type of R&D is needed to be conducted. The R&D topics are, to define what will become a platform business, and to define which technology or system which will support the platform business, and to design legal system in accordance with the strategy to form new markets, and to design social systems concerning the evaluation of social acceptance. These issues are needed to be conducted in cooperation with the scientists in various fields including engineering, humanities and social sciences.

On the subject of (2) development of common fundamental technology, we focused on common fundamental technologies which have potential to support various industrial domains. We recommend to promote technologies to support understanding each users which leads to the value co-creation, technologies to support rapid and efficient manufacturing and other fundamental technologies which are common to provide service and manufacturing. Following figure shows the whole image of common fundamental technologies for “Next Generation Manufacturing”.

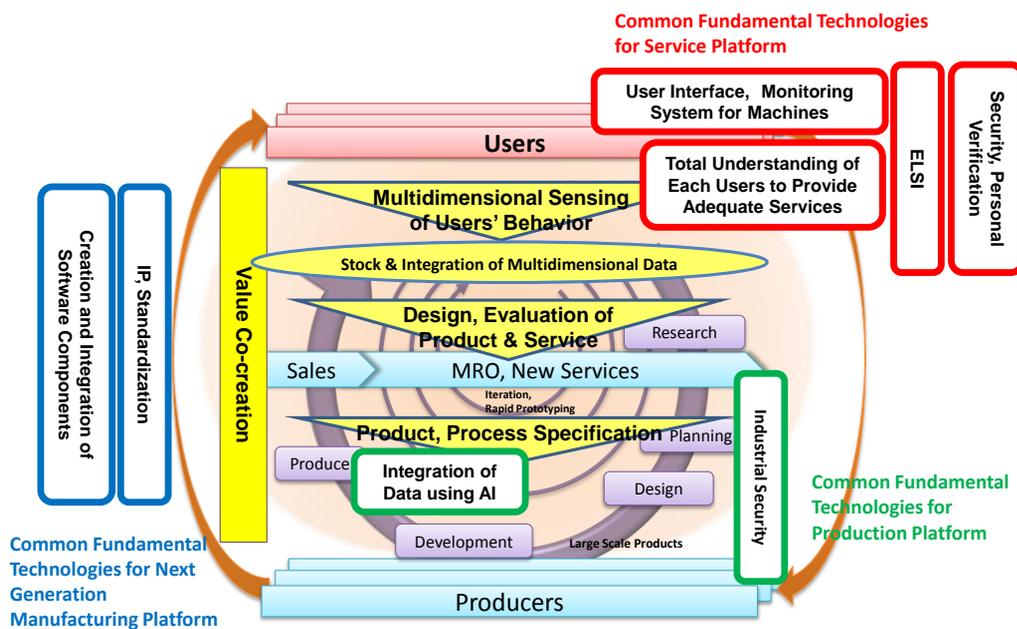


Figure1. Common Fundamental Technologies for “Next Generation Manufacturing”

In order to promote R&D on above mentioned agenda, it is necessary to integrate the existing activities which are vertically segmented by ministry, industry, research field or by policy tool. For this purpose, first, we need a “place” where stakeholders in industry, academia and government can discuss, or promote demonstration projects cooperatively. Second, we need to foster human resources, who can freely design management, cyber technology and physical technology and implement them into business strategically in order to integrate platform business and manufacturing. To activate venture creation is also needed. Finally, we need to establish a foundation to create human resources, business ideas and ventures which are needed to capture industrial competitiveness in the era of “Next Generation Manufacturing”. Academia, especially the college of engineering is expected as the key player.

目 次

エグゼクティブサマリー

Executive Summary

1.	研究開発の内容	1
2.	提案を実施する意義	4
2-1	現状認識および問題点	4
2-2	本提案の位置づけ	11
2-3	社会・経済的効果	14
2-4	科学技術上の効果	16
3.	具体的な研究開発課題	18
3-1	プラットフォームの要件定義に係る研究	18
3-2	次世代ものづくりプラットフォームに係る共通基盤技術開発	20
4.	研究開発の推進方法と時間軸	24
4-1	国の役割	24
4-2	大学及び研究機関の役割	32
4-3	企業の役割	33
4-4	時間軸	34
付録 1	中間とりまとめの概要とアウトリーチ実績	35
付録 2	検討の経緯	38
付録 3	超スマート化による経済効果	47
付録 4	戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)革新的設計・生産技術の研究開発項目	49
付録 5	諸外国における製造業強化策	51

戦略プロポーザル

vi 次世代ものづくり～高付加価値を生む新しい製造業のプラットフォーム創出に向けて～

1. 研究開発の内容

今日、世界の製造業が変貌しつつある。ユーザが単純に「ものを所有」することから、「もの」に内包される機能・サービスを「共有」して利用する時代へと変化中、単に性能の良いことだけでなく、「もの」に付帯するサービス（価値）にユーザの関心が注がれるようになってきている。どのようなサービス（価値）を創造し世界の市場に提供し得るか、価値連鎖（バリューチェーン）をどのように構築するかが、今後の製造業の盛衰を握る鍵となってきた。モノのインターネット（IoT：Internet of Things）、人工知能（AI：Artificial Intelligence）、ビッグデータ等の情報通信技術（ICT：Information and Communication Technology）の急速な進展がこの動きを加速している。このような中、我が国は素材や部品等の分野で優位性を維持するものの、ICTを駆使したシステムインテグレーションやものづくりとサービス事業との融合の面では欧米に遅れをとっていると認識されている。

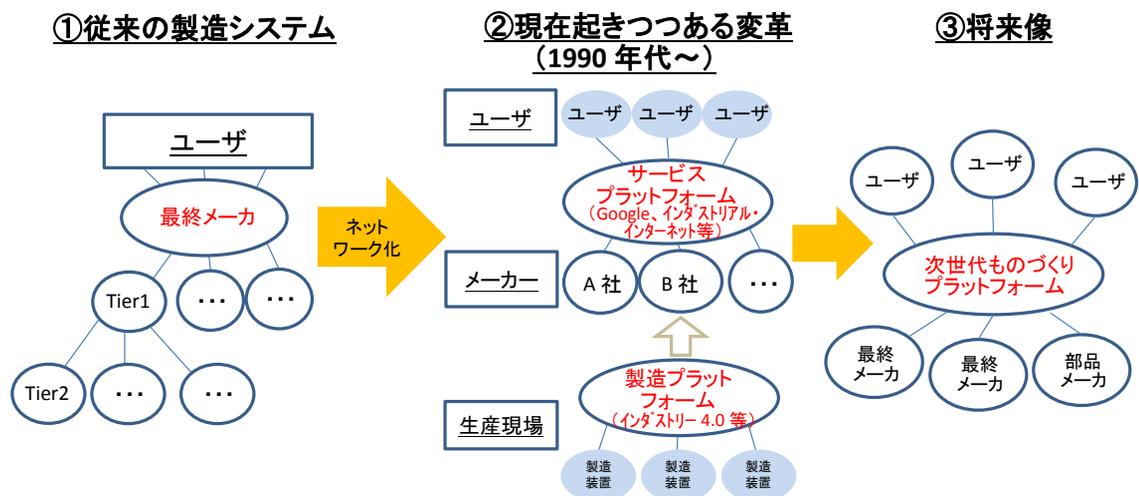


図 1-1 製造業におけるパラダイムシフト

図 1-1 の「①従来の製造システム」に示したような、最終メーカーが最終製品までの製造システムを独占管理し高性能の製品をそのまま市場に提供することで成り立っていた時代は Japan as No.1 といわれ、日本は圧倒的な産業競争力を誇っていた。しかしながら、いまユーザが求めるのは、「もの」を所有することよりも、むしろその「もの」から得られる価値（サービス）を利用することにある。我々がスマートフォンそれ自体ではなく、スマートフォンのアプリケーション群から得られる様々なサービスにより高い価値を実現するのは身近な一例である。

世界の製造業は、絶えず進化を続ける ICT を駆使して、いかなるサービス（価値）を全世界のユーザに提供できるか、どのような効率的な製造システムを構築するか、を競う時代となってきている。このような、新たな価値構築を行うことを前提とした製造業を、ここでは「次世代ものづくり」と定義する。世界が瞬時につながる「グローバルネットワークの時代」を迎え、バリューチェーンの特定領域において全世界で圧倒的規模の利用者を

かかえる Google、Amazon 等のインターネット系産業「プラットフォーム¹・ビジネス」の台頭がこの流れを加速している。また、米国 General Electric 社（以降、GE と略す）を中心とした取組であるインダストリアル・インターネットやドイツ政府の推進するインダストリー4.0 は、オープン・イノベーションを通じて、製造業の立場からこれらの問いに解を見出そうとする戦略に他ならない。（図 1-1②）

今後、現在は製造とサービスに分かれているプラットフォーム・ビジネスが次世代においてどのように統合化されていくのか？誰がその覇権を握るのか？といった問題は、個々の企業だけでなく一国の製造業の盛衰を決定づけるものといっても過言ではない。

このようなグローバル競争の中で、我が国の製造業が活路を切り拓くためには、プラットフォーム・ビジネス形成の前段階として、プラットフォームの機能・要件を見定め、仲間づくりを行うべく、早急に以下の取組を進める必要がある。

- ① ユーザと製造者をつなぐ価値共有やサービス授受のシステムの構築
（以下①のシステムを「サービスプラットフォーム」という。）
- ② 複数の製造現場（あるいは製造装置）、複数の企業をリアルタイムにつなぐ製造システムの構築
（以下②のシステムを「製造プラットフォーム」という。）
- ③ 上記2つのプラットフォームを支える次世代ものづくり共通基盤技術の研究開発と人材育成
- ④ サービスプラットフォームと製造プラットフォームを統合した次世代ものづくりプラットフォームの構築（図 1-2）

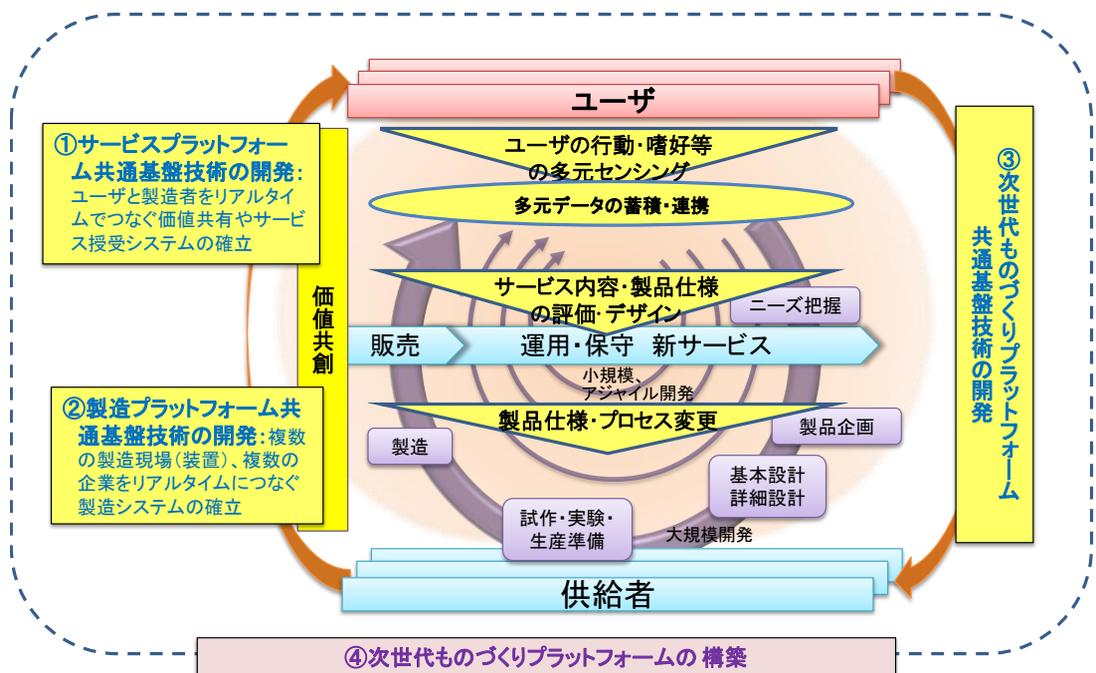


図 1-2 次世代ものづくりプラットフォームとその研究開発課題

¹ ここでは、多くのサービス提供者と多くのユーザーとをつなぐ場のことをプラットフォームとした。なお、プラットフォームを提供する事業をプラットフォーム・ビジネスという。より詳しくは【コラム 1：プラットフォームの台頭とグローバルな価値創造】に後述する。

「サービスプラットフォーム」の構築により、ユーザ（法人及び個人を含む）サイドでの製品の稼働状況や、ニーズに係る評価結果をリアルタイムで製造部門にフィードバックして、製品・サービス（商品）の迅速な改善、ユーザと製造者とのビジョンを共有し共にコンセプトデザインを行う価値共創や、将来予測に基づく機先を制したビジネス展開を図ることを可能とする。また、ユーザとメーカーが商品を共創することも可能となる。ただし、このプラットフォームの構築には、複数事業者間でのビジネスモデルのコンセンサス形成、「つなぐ規格」の標準化の確立等が必要となる。

他方、「製造プラットフォーム」の確立にあたっては、中小企業を含めた多様な事業者の参画を得るため、製造機器間の通信方式、部材仕様等「つなぐ規格」について予め標準化を図っておく必要がある。このプラットフォームは一つの製造業者内の複数の製造現場（あるいは装置）をつなぐ仕組みであることから、場合によっては複数の多様な事業者（デザイン、運輸等、他の業種も含む）を統合する形態とすることもできる柔軟性を持たせることが必要となる。「製造プラットフォーム」を整備することで、製造工程の効率化、低コスト化が図られることはもとより、同業者による分業や他業種とのコラボレーションによる新しい製品・サービスの創出も期待できる。

本提案の目指す「次世代ものづくりプラットフォーム」では、「サービスプラットフォーム」と「製造プラットフォーム」を統合した概念を確立し、「ユーザニーズへのジャスト・イン・タイムでの対応」や、ものづくりにおけるオープン・イノベーション、ユーザがものづくりに参加する「ものづくりの民主化」といった、新たなものづくりのパラダイムを実現することを目指す（図 1-2）。このプラットフォームを構築する上で、IoT、ビッグデータ、人工知能（AI）、セキュリティ、3D 製造等の共通基盤技術が鍵となる。これら ICT 分野の研究開発とその事業化において、我が国は欧米に遅れをとっていると指摘されているところであり、10 年先、20 年先を見越した人材の育成を含めその対策が急務である（第 3 章で詳述する）。また、グローバルなバリューチェーン構築競争が繰り広げられる中で日本が新たな時代においても強みを発揮できるポジションの確立を目指し、様々な業種にわたる複数企業の参画を得る必要がある。これを実現するには、政府及び経済団体の強力なイニシアティブが必要とされる。特に、消費者行動等のビッグデータを活用する際の個人情報保護と活用のあり方、自動走行システムにおける高速道路等のインフラ整備のあり方や事故時の損害賠償のあり方等、全てのステークホルダに共通する非競争的領域に関しては、政府や経済団体のイニシアティブの下で何にも優先して社会的コンセンサスを形成する必要がある（第 4 章で詳述する）。OECD では、政府によるコーディネーションの重要性が高まっているとの指摘がなされているところであり、我が国においても、このようなグローバルな競争に備えた体制づくりを行う必要がある²。

² 2015 年 10 月開催・OECD 閣僚会議資料” Meeting of the OECD Committee for Scientific and Technological Policy at Ministerial Level: Creating our Common Future through Science, Technology and Innovation”

2. 提案を実施する意義

製造業は、我が国の GDP の 18.5%、雇用の 15.4% を占める産業であり、経済面でも、雇用面においても、極めて重要である。しかし近年、その弱体化が懸念されている。本章では、我が国の製造業についての現状認識および問題点について分析した上で、本提案の位置づけ、社会・経済的効果および科学技術上の効果について述べる。

2-1 現状認識および問題点

高機能、高品質の製品を作れば売れる時代は終焉し、作るべきもの、ものの作り方、ものの売り方や使われ方が変化している。ものが単体ではなくソフトウェアを含み、さらにネットワーク化され繋がるのが前提となる中、他の製品やサービスと連携を図ることが重要になってきた（図 2-1）。しかも、そのネットワークはグローバル化されていることが当然と受け取られ、ヒト・モノ・カネの調達先や市場そのものもボーダレス化が進んできた。ユーザの望むことも製品単体が提供する機能だけではなく、その製品を介していかに便利で快適なサービスが得られるかということに移ってきている。

このようにものづくり産業そのものと、それを取り囲む環境が大きく変化しているが、我が国はその変化に必ずしも的確に対応しきれていない状況にある。この波に乗り遅れた結果、かつてはものづくり大国であった日本であるが、電機や通信、エレクトロニクス産業等において、そのプレゼンスが低下している。

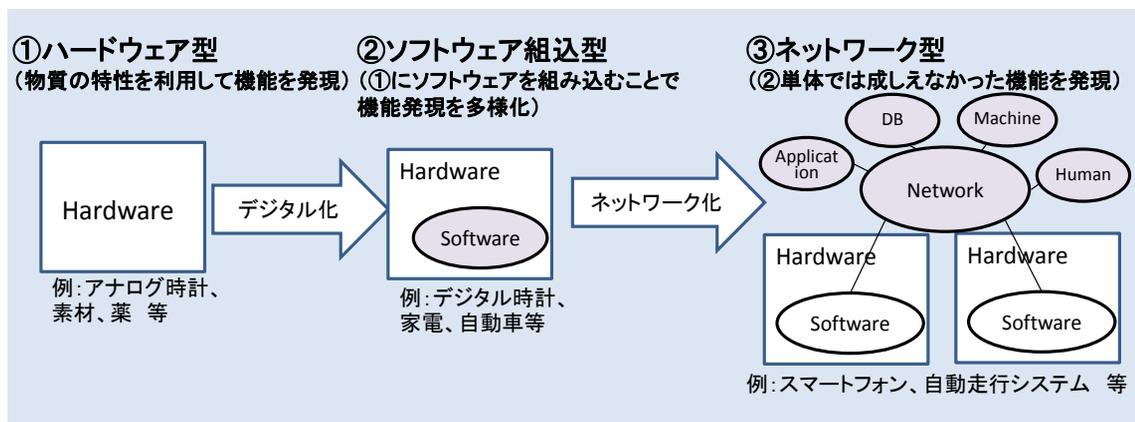


図 2-1 「もの」の変容

出典：CRDS「次世代ものづくり～基盤技術とプラットフォームの統合化戦略～」中間とりまとめ

(a) 我が国の製造業の不振

我が国のものづくりは 1960 年代から 1980 年代にかけて画期的な新製品を次々に生み出し、高い品質と性能で世界市場を圧倒する高い競争力を獲得した。しかし、1990 年代から日本製品の競争力は大幅に低下してきた。例えば、テレビや携帯電話の輸入額は年々増加基調にあり、2012 年にはテレビと携帯電話の貿易赤字額は合わせて 1 兆円を超えた。テレ

ビのようなコモディティ化が進んだ分野では、製品の性能による差別化が図りにくく、価格競争に陥りやすい。そのため円高が進むと日本企業の製品は価格競争力が低下する。また、携帯電話は国内市場においても、デザインやソフトウェアを重視し、そこに経営資源を投入してきた米国や韓国の企業の製品が人気を集めており、日本企業は苦戦を強いられている。この状況を脱却するべく、次世代ものづくりに取り組み、我が国の産業が次のステージでの競争優位を発揮できる体制を確立することが望まれる。

(b) グローバルなビジネス・エコシステム³の重要性

ユーザの求める価値が製品そのものから製品を使ったサービス提供にまで広がってきたことに対して、我が国の先進的な製造業はいち早く対応してきたが、世界標準獲得には至らなかった。

たとえば、日本の携帯電話サービスは1990年代末には世界をリードするものであった。当時、ほとんどの国では通話が主体で、せいぜいSMS（Short Message Service）が利用される程度であったが、我が国はいち早くインターネットに準じるメールサービスや銀行サービス、交通案内等を携帯電話で利用できる環境を整備した。携帯電話端末もカメラや電子マネー等、高度な機能を装備するようになっていた。しかし、国内の通信キャリア間で仕様が異なっていたり、完全にはインターネットに準拠していなかったりと、サービス提供者側と利用者側の双方から見て、プラットフォームとしての広がりには欠けていた。海外への展開も試みられたが大きな勢力にはならなかった。インターネットと互換性のあるスマートフォンが出現するに至り、我が国の携帯電話は「ガラパゴス」と揶揄されるように、特異なもの、異質なサービスとして扱われ、その存在感が急激に失われた。

また、我が国においては、1997年には家庭の電気製品をネットワークで相互に接続するための伝送媒体や通信、サービスのミドルウェアの開発、標準化等を行うことを目的にエコネットコンソーシアムが設立された。国内の家電メーカ、通信機器・情報処理事業者、電力事業者等がメンバーとなっている。これまでに様々な規格や標準を設定してきたが、グローバルな認知度が低い。2014年に入り、Googleがサーモスタットを製造するNest社を買収し、スマートホームの実現に向けて動き始めている。しかし、ここで実現されようとしていることはすでにエコネットコンソーシアムで考えられていたことが多い。

いくつか例を挙げたように、我が国にチャンスがなかったわけではない。それをうまく活かしたグローバルな仲間づくりやエコシステムの構築ができず、大きな流れにすることができなかったのである。こういった事象は、インターネットに関連する分野で顕著にみられているが、ICT化が急速に進みつつある自動車産業をはじめ、いずれ他の大部分の産業でも同様のことが起きるであろう（図2-2）。このような状況を踏まえて、我が国としてどのように仲間づくり、エコシステムづくりをしていくかということを政府と産業が連携して検討し、具体的な領域で戦略的に推進する必要がある。

³ 複数の企業が商品開発や事業活動等でパートナーシップを組み、互いの技術や資本を活かしながら、開発業者・代理店・販売店・宣伝媒体、さらには消費者や社会を巻き込み、業界の枠や国境を超えて広く共存共栄していく仕組みのこと。系列の違う複数の企業やライバル関係にある企業が互惠関係を結ぶこともある。

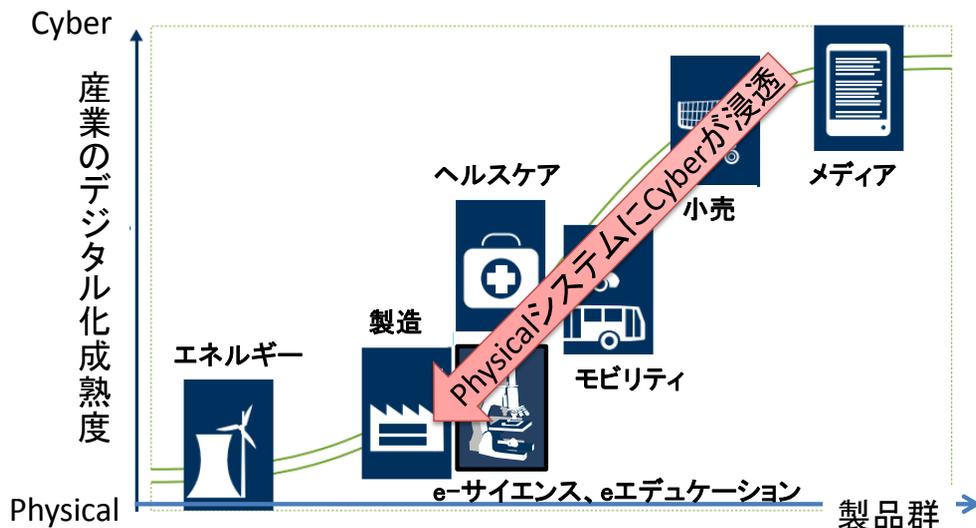


図 2-2 産業と各産業製品群のデジタル化成熟度

(出典) 独・ACATECH 資料に CRDS 加筆

(c) 製造者とユーザの共創プロセス

ユーザの求める価値が製品そのものからサービスへと移っていく中で、ユーザとビジョンを共有しながら将来を予測し、製品・サービスの基本コンセプトを共創する者がこれからのビジネスを制する。このために、製造者は販売後の製品がどのようなシーンでどのように活用されているかを総合的に理解・予測することが重要視されている。ユーザ・エクスペリエンス・デザインがその一例である。単機能の製品提供であれば、市場調査等である程度のは分かるが、今日のように多様な機能が製品に搭載され、しかも製品自体も単体ではなく他の製品やサービスと複合的に組み合わせられる場合、これまでのやり方ではユーザの要望を理解することが困難になってきた。幸い、ICT の進歩に伴い、それぞれのユーザの様々なシーンからの情報を収集、解析し、ユーザの未来経験をシミュレーションすることが可能になってきている。いち早くこれらの情報を収集し、ユーザとビジョンを共有しながら将来を予測し、製品・サービスの基本コンセプトを共創することにすばやく対応することがこれからのビジネスを制するために必要と考えられる。

これらを進めるためには、企業内における経営、業務システムのデジタル化や、これを推進する人材の育成が求められる。

(d) 新たな産業「プラットフォーム・ビジネス」の台頭

価値連鎖の中の基幹的な共通機能を提供し、他社が真似できないサービスを提供することによって、その共通機能を利用する複数の利用者層を引き付け、市場を支配するプラットフォーム・ビジネスが台頭している。既に、パソコンの OS を提供することによって一般利用者とソフトウェアのサードパーティを、あるいはゲーム機がユーザとソフトウェアメーカー両者をひきつけてきたように、従来からこのようなビジネスモデルは存在していたが、近年その動きはますます進展しており、ICT を活用してインターネットサービス事業者や携帯電話製造事業者がグローバルなプラットフォームを築き上げている。この仕組みに当てはまるビジネスにおいては、【コラム 1：プラットフォームの台頭とグローバルな

価値創造】に示すような理由により、一度に大きくなり始めると、ますます大規模になり寡占化が進むという特徴がある。

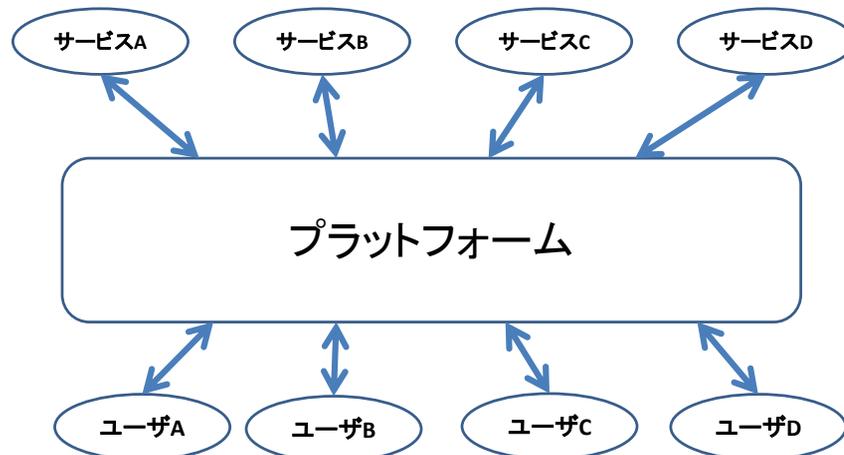
Google や Amazon、Apple といった米国の企業がプラットフォーム・ビジネスを展開し、グローバルな市場を独占しつつあるが、今後、独占的なプラットフォームの力を背景に、製造業を含む様々な産業におけるビジネスを大きく変える可能性がある。こうしたプラットフォームに製造業がものづくりの主導権を奪われ、単なる製造請負的な事業になるという事態も予想される。サイバー世界に起点を置き、様々な機能を自由に組み合わせて新たな付加価値を創出するプラットフォームと、物理的・機械的性質に基づき「もの」をつくってきた製造業との間で、ユーザデータの獲得、標準化等をめぐり衝突が起きているのが現状である。

【コラム1：プラットフォームの台頭とグローバルな価値創造】

あるバリューチェーンの中の基幹的な共通機能を、他社が真似できない質的・量的差別化能力によって支配するとともに、それ以外の領域で他の事業者同士の競争を促して、低価格化を実現することで利用者を広めるビジネスモデル（プラットフォーム・ビジネス）を展開する企業「プラットフォーム」が近年注目されている。従来からこのようなビジネスモデルは存在していたが、近年のICTの進展に伴い、GoogleやAmazonをはじめとするインターネットサービス事業者が、

- ・ 基幹的領域における共通機能を「プラットフォーム」として提供し、共同利用することで当該機能に係るコストの削減
- ・ サービス提供者とユーザは既存の組織や業種、業態の壁を越え参加・連携することが可能であるため、サービスが増えるとそれに魅力を感じるユーザが増え、ユーザが増えるとサービス提供者も増える、という相乗効果によりプラットフォームそのものの魅力が向上する「ネットワーク効果」
- ・ ユーザ情報等が蓄積されたビッグデータの分析・活用等のデータ駆動型イノベーションにより、プラットフォームそのものが提供する機能の向上

といった点においてグローバル規模で価値創造能力を強化している。例えば、Googleはインターネット上の情報検索やスマートフォンのOS(Operating System)等、Amazonは製品の販売・流通といった機能に特化したサービスを提供している。これら企業の活動がものづくりを取り巻く産業構造の変革をも促すとの危惧が、グローバルトップの製造業の経営層の間で徐々に広がっている。



【コラム2：インダストリアル・インターネット とインダストリー 4.0】

●概要

サービスプラットフォームと製造プラットフォームの例として、米国を中心に標準化を進めているインダストリアル・インターネットとドイツで行われているインダストリー 4.0 を紹介する。

インダストリアル・インターネットは、生産システムや産業用機器をインターネットで接続することにより産業の効率化を図るために、その標準化を GE が提唱しているものである。2015 年において、米国を中心として 200 社以上が参画している。インダストリー 4.0 は、ドイツ国内の主に中小企業における製造業の効率化を目的として、当初は民間団体により、2015 年 4 月からは政府主導で、同様の標準化を目指している。両者ともに求めるものとしては、産業の効率化／コスト削減／市場化の時間短縮に留まらず、新しいユーザサービスの創造、リスクの回避等も挙げられる。

この具体的な手段に関して下表にまとめる。両者とも、標準の要となるリファレンスアーキテクチャを中心に、新規ビジネスのための技術開発、社会受容性を考慮したセキュリティ、法整備等の活動が行われている。また、これまでの活動実績から下記のような課題が浮き彫りになってきており、今後の更なる対応が望まれる。

- (1) 既存設備の代替手段や既存の標準化との融合
- (2) 共有化の方策の明確化（オープン化 vs 秘匿化）
- (3) 対象とする膨大なドメインへの対処法（スモールスタートの必要性等）
- (4) 人間と機械の役割の明確化
- (5) 全体の動きの見える化

	インダストリアル・インターネット	インダストリー 4.0
目的	生産システムや産業用機器のインターネット接続による資産の効率的運用とサービス性能の向上	製造業の効率化/コスト削減/市場化への時間短縮等を目指した IoT/CPS 活用による業務プロセスの改革
主なワーキンググループ	<ul style="list-style-type: none"> ・技術開発(リファレンスアーキテクチャを含む) ・マーケティング ・セキュリティ ・テストベッド(検証) ・ビジネスソリューション ・法律対応 	<ul style="list-style-type: none"> ・リファレンスアーキテクチャ ・研究とイノベーション ・セキュリティ ・雇用と育成 ・法律対応
特徴的な活動	<ul style="list-style-type: none"> ・テストベッドによる技術検証 ・エコシステムの探求 ・オープンエンジニアリング 	<ul style="list-style-type: none"> ・3次元モデルによるリファレンスアーキテクチャ ・オブジェクトのコンポーネント化

●分析：各社のプラットフォーム・ビジネス実現化に向けた戦略

インダストリアル・インターネットは、製造業が川下のサービス領域を強化することにより、プラットフォーム・ビジネス化を目指す例といえる。提唱者である GE は、航

空機、医療機器、発電機器等の産業機器を製造してきた。インダストリアル・インターネットではこの取組を一步進め、これら産業機器がユーザ企業でどのように利用・運用されているかモニタリングを行う中で「効率的な資産管理を行うためのシステム（ソフトウェア）」を開発した。同社では、個々のユーザ企業と機器の使用情報を共有し、より効果的な資産活用方法について共に検討していくことで、ユーザ企業はコスト削減効果を楽しむ。一方、GE は各ユーザ企業の使用情報を束ねたビッグデータを持つことで、自らの提案力を高め、優位性を維持することを狙っていると考えられる。ハードウェア企業からソフトウェア企業へと変貌することを目指す GE は、「産業機器の資産管理」という切り口からプラットフォーマーとなる道筋を模索しているといえる。

インダストリー4.0は、その企画立案に深く関わっているソフトウェア企業である SAP 社が情報産業の立場からものづくり分野におけるプラットフォーマーとなることを目指す例であるとの見方ができる。SAP 社はドイツ最大手、2014年現在、売上高でマイクロソフト、オラクル、IBM に次ぐ世界第4位のソフトウェア企業である⁴。同社は製造業における統合業務パッケージ（ERP：Enterprise Resource Planning）⁵を開発・製造している。日本での大手企業向け ERP 市場における同社のシェアは5割弱⁶となっている。インダストリー4.0が目玉として掲げる IT と製造技術（OT：Operation Technology）の融合は、ERP（＝IT）システムを製造装置と接続し、SAP 社が提供する「業務管理」の対象を製造機器にまで広げる取組にもなり得る。さらに、SAP 社ではパッケージソフトウェアとして提供してきた ERP のクラウドサービス化を進めている。クラウド化により、インターネットを介した企業間取引の支援や製造機器のモニタリング・管理支援等、同社のサービスは製造業の業務プロセス全般に拡大する可能性が高まる。このような SAP 社の取組は、「ものづくりのビジネスプロセス」という切り口で情報産業がプラットフォーマーとして更なる成長の道を模索していると見ることができる。

また、同じくインダストリー4.0の立案にかかわっている独・ジューメンズ社は、企業内において、デジタル技術により接続された設計・製造基盤の構築を得意としている。インダストリー4.0の活動を通じて、SAP 社が提供する「業務管理ソフトウェア」というプラットフォームと、ジューメンズ社が提供する「デジタル設計・製造基盤」というプラットフォームとの相互接続の仕組みを業界標準とすることができれば、両者にとって win-win の関係が構築できるといえよう。

一企業の取組みとしては、建設機械やエレベータ等の分野において日本が先行していたが、後追いでありながら、インターネットを活用したオープンなプラットフォームを作ることにより、グローバル規模で仲間を引き込み、デファクトを取っていく仕掛けづくりは特筆すべきと考える。今後は、これらの海外動向を十分にウォッチし、日本としての独自性をデザインできる方策が必要と考える。

⁴ ガートナー社レポート（<http://www.gartner.com/newsroom/id/2696317>）

⁵ 企業の経営資源を IT で管理することにより部門を越えて可視化し、経営の効率化を図ることを目的としたソフトウェア。従来は個々の企業が手作りしてきた、会計、販売、購買といった各種の業務管理ソフトウェアを束ねる形で商品化することにより、システムに係るコストを安価にするとともに、より標準的なビジネスプロセスを全社に導入することができる点が導入のメリットとして挙げられる。

⁶ 2013年国内出荷額ベース、ミック経済研究所調べ。

2-2 本提案の位置づけ

よく知られているように、バリューチェーンにおける機能を横軸に、付加価値を縦軸にプロットすると、いわゆるスマイルカーブが描かれる（図 2-3）。特に先進国のグローバル企業において、バリューチェーンの川上と川下で一定規模の市場を一旦確保すると利益を独占し続けやすい構造をうまく活用して高収益を誇る企業が出現している。川上の例としてはインテルの CPU、ストレージシステム（IBM、日立等）、医療機器（ジーマス、フィリップス、GE 等）のようにキーコンポーネントを押さえ製造業の高付加価値化を図るものであり、川下の例としては Google 等のプラットフォーム・ビジネスや、GE が提唱するインダストリアル・インターネットの様に製造業のサービス化による高付加価値化を図ること等があげられる。本プロポーザルでは、高度な知財戦略に裏打ちされた個別企業の基盤技術を根拠とする川上側ではなく、多くの製造業に共通する課題であり、産学官が一丸となって取り組む必要性の高い川下側に着目し、「プラットフォーム化と、それを支える共通基盤技術」について論を進め、我が国発のプラットフォーム構築に係るアイデア創出の場を提供するとともに、そのアイデアを実証する場づくりについて提言する。

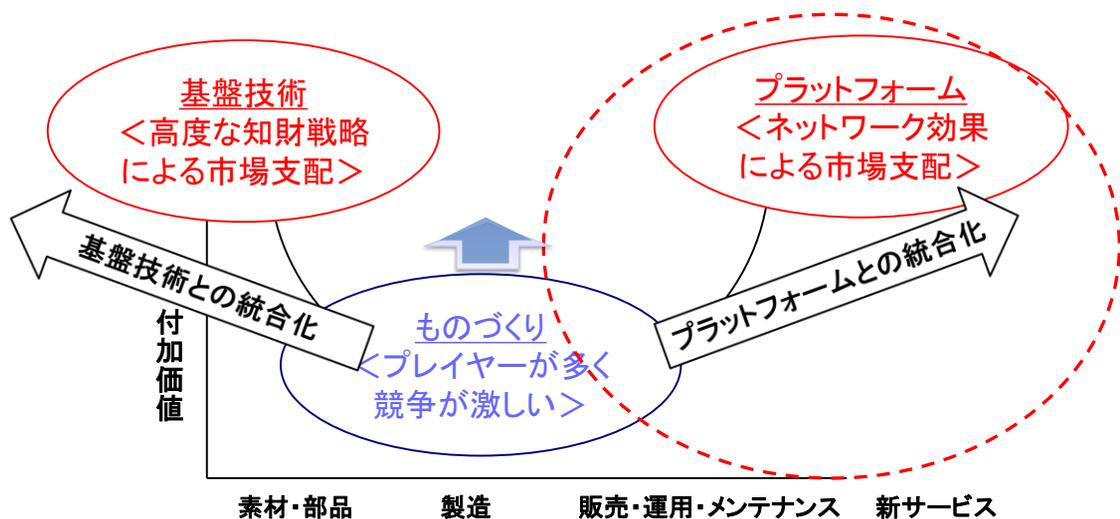


図 2-3 バリューチェーンの川上・川下における競争環境⁷

出典：CRDS「次世代ものづくり～基盤技術とプラットフォームの統合化戦略～」中間とりまとめ

おりしも 2016 年から始まる第 5 期科学技術基本計画では、超スマート社会⁸の実現を掲げており、このような取組が正に始まろうとしている。CRDS においては、この超スマート社会を実現化するための技術を Reality2.0 として提案している⁹。本戦略プロポーザル

⁷ 経営共創基盤代表取締役 CEO 富山和彦氏講演（CRDS シンポジウム・2014/11/7 開催）、小川絢一著「オープン&クローズド戦略」等を参考に CRDS 作成

⁸ 第五期科学技術基本計画では、超スマート社会とは、「必要なもの・サービスを、必要な人に、必要な時に、必要なだけ提供し、社会の様々なニーズにきめ細かく対応でき、あらゆる人が質の高いサービスを受けられ、年齢、性別、地域、言語といった様々な違いを乗り越え、生き活きと快適に暮らすことのできる社会」であり、人々に豊かさをもたらすことが期待される、としている。

⁹ 「情報科学技術がもたらす社会変革への展望 - REALITY 2.0 の世界のもたらす革新 -」
(www.jst.go.jp/crds/pdf/2015/XR/CRDS-FY2015-XR-05.pdf)

「次世代ものづくり～高付加価値を生む新しい製造業のプラットフォーム創出に向けて～」は、我が国のものづくりがグローバルな社会において将来的に競争力を維持するための提案であり、超スマート社会及び Reality2.0 が対象とする一つの領域（ドメイン）にフォーカスしたものである。ものづくりの他にも、ドメインとして、モビリティ、ヘルスケア、エネルギー等が挙げられる。

我々は、2014年12月に発行した調査報告書「次世代ものづくり～基盤技術とプラットフォームの統合化戦略～」において、今後、ものづくりと様々なドメインにおけるサービスとの統合化が進むとの考えを示した（図2-4）。

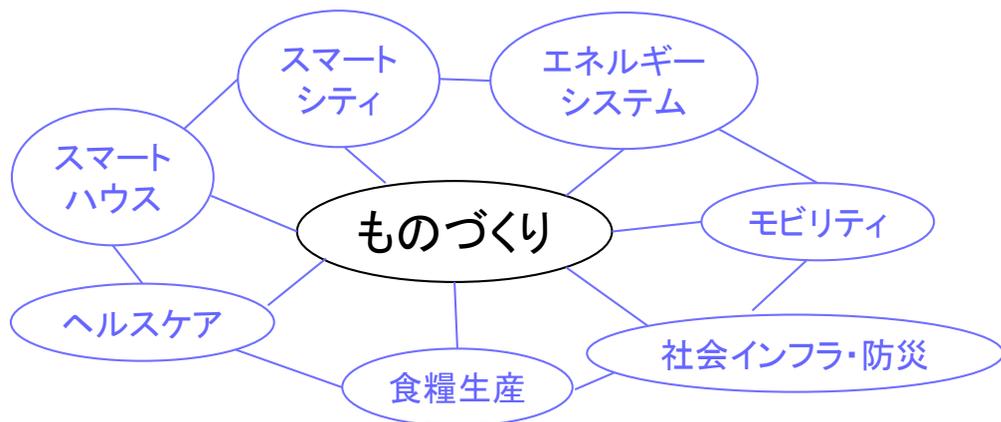


図 2-4 サービスプラットフォームの領域（ドメイン）イメージ

出典：CRDS「次世代ものづくり～基盤技術とプラットフォームの統合化戦略～」中間とりまとめ

これらのドメインにおいて、サービス業、あるいは製造業の立場からプラットフォーム・ビジネス化に資する取組が既になされているものもある。市場において一定の存在感を示している企業や商品があるドメインを対象に、プラットフォーム化の対象となる機能及び当該機能を担う企業・商品を表2-1に例示する。当然のことながら、ここに示したものの他にも、プラットフォーム化し得る機能は多数存在している¹⁰。今後我が国からグローバルに波及するプラットフォーム・ビジネス創出を推進することは、「次世代ものづくり」を強化する上で極めて重要な鍵となる。

¹⁰ 例えばものづくりの場合、設計・製造や生産に係る機能の取組例として、CAD、CAM、CAE、PLM、MES、SCADA等が、社内資源管理や受発注、ユーザ管理等の業務プロセス管理に係る機能の取組例として、ERP、SCM、CRM等のソフトウェアを提供する企業が既に多数あるが、ここでは比較的市場においてドミナントな企業が存在するCAD、ERPに絞って紹介する。

表 2-1 プラットフォーム化可能な機能と代表的な企業・商品の例

ドメイン	機能(例)	プラットフォームの鍵となるデータ/ソフトウェアの例	代表的な企業/商品例
ものづくり	デジタル設計	CAD ¹¹	ダッソー・システムズ(仏) オートデスク(米) 図研(日)
	社内資源管理・受発注管理	ERP(会計、人事、受発注データ等)	SAP/ERP(独) OBIC(日) ワークス・アプリケーションズ(日)
	大型機器(航空機、発電機器、医療機器等)の資産管理	機器の稼働データ	(新興企業・商品) GE/Predix(米)
モビリティ(自動走行)	位置情報の収集・獲得	デジタル地図	HERE(フィンランド) Google/Google Map(米)
	テレマティクス	車載 OS	MS/Windows on the car(米) Apple/CarPlay(米) Google/Android Auto(米)
ヘルスケア	ゲノム解析・計測	ゲノム情報	BGI(中)
	診療	電子カルテ	EPIC 社(米) 富士通(日)
エネルギーシステム	エネルギーの需給管理	EMS(BEMS, CEMS, HEMS, FEMS 等) ¹²	メーカーを中心に多数プレイヤーが乱立

提案を実施する意義

¹¹ Computer Aided Design

¹² EMS はエネルギー管理システム (Energy Management System) の略。BEMS はビル、CEMS は地域、HEMS は家庭、FEMS は工場を対象とした EMS である。

2-3 社会・経済的効果

ものづくりは、古くは「作り手」と「使い手」の二者の関係で成り立っていた。ここに、商業等のサービス業が入り込むことにより取引市場が形成され、現在に至るまで様々な歴史的経緯の中で、「製造業」、「ユーザ」、「サービス業」の三者の関係に変化が生じる度に新たな市場が創出されてきた。CRDS 及び GRIPS では、我が国における IoT の導入の経済効果の算出について試行した結果、IoT の導入は、マクロレベルでは GDP を押し上げる要因となることが示唆された。また、ミクロレベルで見ると、産業構造の変化に伴い、主生産部門の雇用減少、サービス部門における雇用増等の変化が生じると予測している¹³。ICT の出現は、国およびグローバル規模でこのような変化を加速しており、ものづくりに係るビジネス・エコシステムの新たな覇権競争を巻き起こしている。本節では近年生じた変化として、下記 3 点について分析するとともに、その社会・経済効果について述べる。

- (a) 「製造業」の中にノウハウとして蓄積されていた製造プロセスを、ICT が専門である「サービス業」が切り出して事業化したことにはじまる、インダストリー4.0 とその波及効果
- (b) 「製造業」が「サービス化」することにより、ユーザ情報を握ることを目指したプロダクト・サービス・システムの例である、インダストリアル・インターネットとその波及効果
- (c) 「ユーザ」の情報をビッグデータとして握る「サービス業」であるプラットフォームとその波及効果

(a) 製造プロセスのサービス化～インダストリー4.0 とその波及効果～

トヨタ生産方式の研究に熱心に取り組んできた米国では、BPR (Business Process Reengineering) という概念が 1990 年に生まれた。トヨタ生産方式は、現場でのリアルな生産管理・プロセス管理であるが、BPR はここに ICT を活用して、情報が共有化されることを前提に最適化された業務プロセスを新たにデザインするものである。このように ICT と企業の経営管理システムを融合し、業務改革へとつなげる潮流が生まれる中、ドイツの SAP 社の R/3 (現・ERP) をはじめとする様々な業務プロセスを対象としたパッケージソフトウェアが生まれた。また、2000 年頃にはこの業務プロセス管理の取組を企業内に留まらず、インターネットと繋げ、企業間取引にまで拡大する e-マーケットプレイスという概念が出てきた。そして今、IoT、ビッグデータ、AI 等を活用することで、これまでデジタル化により効率化が図られてきた製造プロセスやサービスが、状況に応じて運用を最適化できるスマート化されたシステムへと進化させる取組が活発化している。これが、インダストリー4.0 の目指すところであり、BPR の概念が出てから四半世紀の時を経て、ものづくりの「サプライチェーン全体の最適化」が、ようやく現実のものとなる可能性が見えてきたと見ることもできる。

ドイツの公的研究機関であるフラウンホーファー労働経済・組織研究所 (IAO) らはインダストリー4.0 を通じて生産性の向上、新製品・新サービスの出現等が期待されることか

¹³ 政策研究大学院大学・科学技術イノベーション政策研究センター、JST/CRDS、三菱総合研究所「政策のための科学における ICT 分野政策オプションの調査研究」(<http://scirex.grips.ac.jp/center/ja/439>)

ら、自国の経済付加価値が年 1.7%伸びると予測している¹⁴。また、マッキンゼーは、製造分野への IoT の導入により、保守や業務効率化により 0.9～2.3 兆ドル/年のコスト削減効果が期待されると試算している¹⁵。

これら既存の波及効果は、IoT 等の利用によりどれだけコスト削減を実現できたかに基づき試算されているが、例えば、1972 年創業の SAP 社は 2013 年には売上高 168 億ユーロ（約 2.2 兆円）にまで成長したことに代表されるように、新たな産業を創出する効果があった点を見逃してはいけない。また、様々な製造業の中に抱えられてきたノウハウを、サービス産業が掌握することで、サービス産業の市場における交渉力が上がるといったインパクトにも留意すべきである。

(b) プロダクト・サービス・システム～インダストリアル・インターネット～

製造業の付加価値向上策として、図 2-3 に示した様な、バリューチェーンの川下のサービスを強化し、製品（プロダクト）とサービスとを組み合わせ提供する、「プロダクト・サービス・システム（PSS）」という概念が出てきている。具体例としては、自転車を製造してきたメーカーがレンタサイクル業へと事業領域を拡大すること等が挙げられる。また、2-1 で述べた、あらゆる産業機器をネットワーク経由で使用状況を把握し、効率的なメンテナンスができるようにし、資産管理を効率化する取組である「インダストリアル・インターネット」は、これをさらに進めた例といえる。

GE は、インダストリアル・インターネットに関連する市場の規模は極めて大きく、世界の GDP の 46% に相当する 32.3 兆ドルの市場へのアクセスのきっかけとなると見込んでいる¹⁶。

(c) ユーザの情報を握るサービス業～プラットフォームとその波及効果～

(a) で述べた IoT、ビッグデータ、AI 等を活用した「スマート化されたシステム¹⁷」は、製造プロセスに留まらず、ありとあらゆる産業分野に波及する可能性がある。個々の産業ドメインで構築されてきた多様なシステムが、業界を超えて連携・接続していく超スマート社会においては、従来の業種の枠組みを超えた新たな産業が形成される可能性が高い。

その具体例として、検索サービスを皮切りにインターネット上でのプラットフォームを興すことに成功した Google を見てみよう。Google は、2004 年に株式公開（IPO）された当時、売上高が 50 億ドルに満たない企業であったが、その後右肩上がりの急速な成長を遂げ、2013 年には売上高 550 億ドルにまで達し、その成長はいまだ衰える様子が見られない。2013 年の同社の営業利益は 220 億ドルと、トヨタ自動車とほぼ並んだ。現在、自動走行を含む様々な新サービスの仕組みを試行する同社は、ユーザと直接つながることにより、強

¹⁴ Industrie 4.0 - Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland (フラウンホーファー-IAO/BITKOM)

¹⁵ Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy (McKinsey & Company, 2013.5)

¹⁶ GE 「インダストリアル・インターネット」。数値は、2010 年実績に基づき推計されている。

¹⁷ スマート化システムとは、従来のサービスや業務プロセスに ICT を導入することで、状況に応じて運用を最適化するインテリジェントなシステムのことである。本戦略プロポーザルでは、スマート化システムが電力等の特定ドメインを対象とするのに対し、超スマート化されたシステムは電力のみならず、都市や交通といったより広いドメインを対象とし、産業を超えた連携、さらには産業構造や社会システムの変革を及ぼすものと定義する。

力なビッグデータ基盤を益々拡充していく中、超スマート社会の中核をなす機能を担う存在となる可能性が高い。

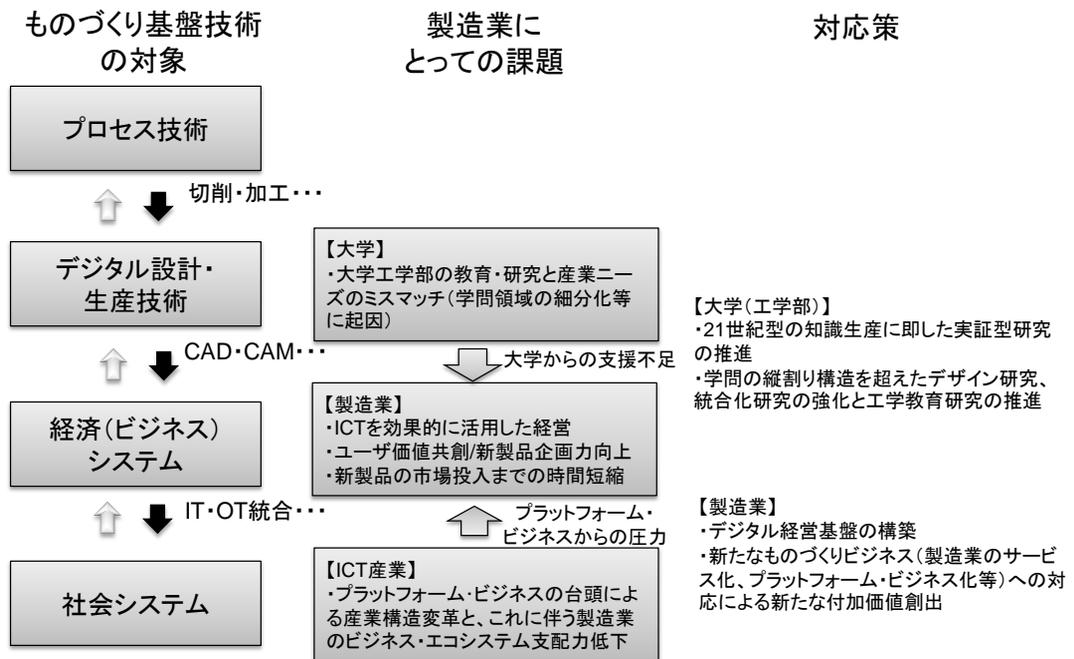
国の立場からすると、このような成長産業が自国内に台頭することによる経済効果はきわめて大きい。ユーザの立場から見ると、今までになかった新たなサービスを享受できるようになる。製造業の立場で見ると、新たな市場が広がる可能性がある一方で、サービス業の市場における交渉力が強くなるため、新たな立ち位置の形成が必要になる可能性がある。

2-4 科学技術上の効果

我が国におけるものづくり研究は、材料開発や切削・加工に代表されるものづくりの基盤となるプロセス技術の研究にはじまった。その後、このような物理的な「もの」を形作る技術に加え、設計や生産技術にコンピューターを活用する CAD、CAM (Computer Aided Manufacturing)、CAE (Computer Aided Engineering) といった ICT を活用した製造技術が研究対象に加わった。この中で、大学におけるものづくりに関する研究は産業分野に対応した専攻・学科に分散して存在し、さらにそれぞれの専攻・学科内で材料・設計・加工等の研究室に細分化されている状況にある¹⁸。このため、関連する技術全体を統合する設計と個々の技術との間に距離が生じていった。そして、様々な「もの」がネットワークで繋がるようになりつつある現在、ものづくりにおける課題はさらに複雑化している。まず、ICT を活用したユーザの潜在ニーズの把握やユーザとの共創を通じて、新製品の企画力を向上させるための研究開発が必要となる。また、1990 年代以降情報化が進められてきた経営・事業に係る基幹システム (IT) とデジタル設計・生産技術 (OT: Operational Technology) の融合による業務効率の向上や、新製品の市場投入までの時間短縮等、デジタル技術を駆使して生産システムを更に高度化することが求められる。さらには、プラットフォーム・ビジネスという ICT 分野の新興産業により牽引される産業構造の変革への対応も必要となってきた。

上述の様な変化が生じる中、製造業は新たなビジネス・エコシステムにおける経営のあり方を再考する時期に来ている。このような時期、アカデミア、とりわけ大学工学部に対して期待されるのは、真理の探究を行う要素還元型の研究に留まらず、新たな社会的価値をデザインし社会との対話の中でそれを実証していく、新たな研究や人材育成に係る体制を構築することといえよう。特に、サイバー世界の驚異的な進展を新たな価値の創造に活用することを視野に入れることが重要である。以上の状況を図 2-5 にまとめる。

¹⁸ 日本学術会議機械工学委員会生産科学分科会、「報告：21 世紀ものづくり科学のあり方について」(平成 20 年 9 月 18 日)



提案を実施する意義

図 2-5 ものづくり基盤技術の対象の広がり と 製造業からみた課題・対応策

本提案が狙う科学技術上の効果は、次世代ものづくりプラットフォームの構築に向けた研究開発を行うことにより、先に述べた様な細分化された研究領域の融合・再統合化や、多様な領域の技術を自由に組み合わせ経営的視点からこれらを使いこなすことができるような融合領域の担い手となる統合的なデザイン力のある人材の育成を、研究開発プロジェクトを推進する中で加速する点にある。また、このような取組の中から生まれた新たな研究推進方法等についての成功事例が、ものづくりに留まらず大規模化・複雑化する社会的課題の解決に資する新たな工学研究や工学教育のあり方に対する指針となることにも期待したい。

3. 具体的な研究開発課題

本提案では、従来のものづくりのバリューチェーン（企画、設計、製造、販売等）にサービスを含めることで、ユーザと供給者とが双方向につながるようになる仕組みづくりを目指す。中でも、主な機能となるのが、ユーザから供給者への情報のフィードバックを通じた「個々のユーザ理解に基づく新たなマーケティング」、ニーズを踏まえて最適なタイミングで多様なステークホルダが連携して製造を行う「つながるものづくりシステム」及びユーザに対して適切なタイミングで製品・サービスを提供する「ジャスト・インタイムでの対応」の仕組みである（図 3-1）。本章では、これら機能を備えた「次世代ものづくりプラットフォーム」の構築に係る研究開発課題について述べる。その内容は、プラットフォームの要件定義を行うことと、プラットフォームを支える共通基盤技術の開発を行うことの2点に集約される。

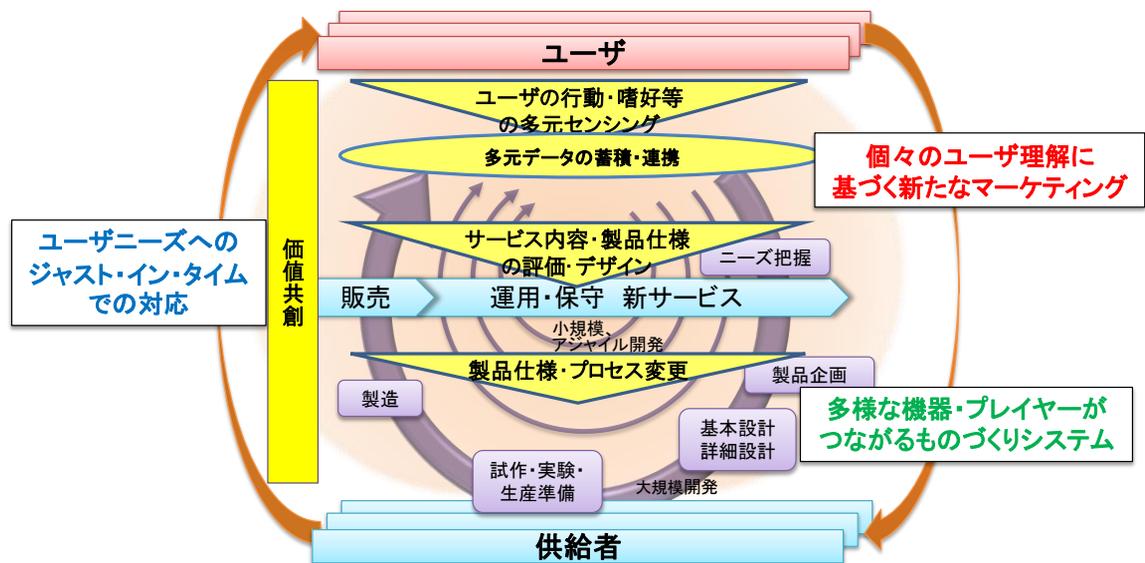


図 3-1 次世代ものづくりプラットフォームの概要

3-1 プラットフォームの要件定義に係る研究

本章冒頭で述べた次世代ものづくりプラットフォームでは、各ユーザの行動・嗜好等を理解し、個々のユーザのニーズに基づくサービス・製品仕様のデザインを行った上で、実際のものづくりへと落とし込むことが求められる。次世代ものづくりプラットフォーム構築に向けて、このような概念をより詳細な要件へと落とし込むための研究が必要となる。

ここで留意すべきは、将来的に多様なもの・サービスが次世代ものづくりシステムと相互接続することを見据える必要がある点にある。ものづくりだけではなく、多様なドメイン（モビリティ、ヘルスケア、エネルギー等）のデータが統合されることも視野に、共通のアーキテクチャを設計・構築していく必要がある。この検討の具体的な方法の一例として、自動走行の分野を事例として取り上げ検討した内容を、「付録 2：検討の経緯」の「3. プラットフォームの要件定義に係る検討例～自動走行のケーススタディより」に示す。ま

た、プラットフォームの設計・構築に向けて、具体的に研究、検討すべき事項を以下に示す。

なお、プラットフォームの要件検討にあたり、このプラットフォームに参加する者が必要とする機能を自由に使用できるよう、ものの構成要素（部品、製品、センサー、モジュール等）、製造プロセスやサービス機能（仕様、制御等）、情報（使い方、ニーズ等）がコンポーネントとして提供され、必要に応じて呼び出し可能な構造とし、ユーザと供給者との価値共創が進むような仕掛けが不可欠であることに留意する必要がある。このため、どのような機能を、どの程度の粒度で、何処までコンポーネントとして共通利用可能にするのか、あるいは、どこからは各企業の競争領域にするのか、といったオープン/クローズ戦略や、知的財産の取扱、規格、法的整備、国際標準化も念頭にプラットフォームのデザインに係る研究を進めていくことが肝要である。

(a) ユーザ・社会に受容されるプラットフォーム/システムの要件定義

次世代ものづくりシステムは、最終的にユーザや社会に受容され機能しなければ成立しない。故に、次世代ものづくりシステムを構想する場合には、当該システムに求められる機能について、運用者や利用者を含めた幅広いステークホルダを巻き込んで検討することが必要となる。また、社会ニーズはその時々々の情勢や人々の嗜好等により常に変化する。当初の構想通りに計画を進めるだけでなく、変化する目標（Moving Target）やあいまいで事前に明確にし難い仕様に対してシステムを構想していくアジャイル¹⁹型の研究開発が必要となる。このようなことを前提条件とした上で、超スマートシステム全体、あるいは、その核となるプラットフォームの要件を、社会システムデザイン等の手法を取り入れながら仮説として設定し²⁰、多様な仮説について実証プロジェクトを通じて検証することから着手する必要がある。

(b) プロダクト・サービスに係る技術俯瞰と競争領域/非競争領域の設定

(a)で定義するシステムは、その技術構成要素が多岐に亘り、極めて複雑なものとなる。また、このようなシステムにおいては、国際標準獲得に向けた各種交渉や共通基盤技術の開発が重要になるため、コスト・スピード面での国際競争に対峙できる体制を、我が国の産業界が一丸となって構築する必要がある。例えば、OECDにおいても、オープン・イノベーション時代における新たなイノベーション政策の推進策として、マルチ・ステークホルダによる協業の必要性を強調している²¹。まずは、プロダクト・サービスに係るシステム全体を構成する技術体系を俯瞰し²²、その中で、どこを競争領域/非競争領域とするかについて産学官連携体制の下で十分な議論を行うことが必要となる。そして、非競争領域の技術については、大学・国研等で広く役割分担を定め、効率的に研究開発を推進することで、システム全体の構築速度を加速する必要がある。

¹⁹ 要求が不明確なシステムを構築する場合、プロトタイプを作成して利用者に使用してもらい、改善を繰り返すことにより、徐々にシステム全体を構築していく、システム開発の一手法。

²⁰ 具体的な検討例について、付録2の「3(a) 社会に受容されるプラットフォーム/システムの要件定義」に示す。

²¹ 2015年10月開催・OECD 閣僚会議資料” Meeting of the OECD Committee for Scientific and Technological Policy at Ministerial Level: Creating our Common Future through Science, Technology and Innovation”

²² 具体的な検討例について、付録2の「3(b) システムを構成する技術の構造化」に示す。

3-2 次世代ものづくりプラットフォームに係る共通基盤技術開発

次世代ものづくりプラットフォームは、多くのユーザ、企業等のステークホルダがつながり、多様な領域におけるサービスを創出するとともに、これらがものづくりの供給者となっていくことが鍵となる。ここでは「つながること (Connectedness)」に主眼を置き、今後とも続いていく、ものづくりの変化に対応するための共通基盤技術について述べるとともに、その全体像を図 3-2 に示す。なお、各産業領域固有の技術については、ここでは取り上げない。

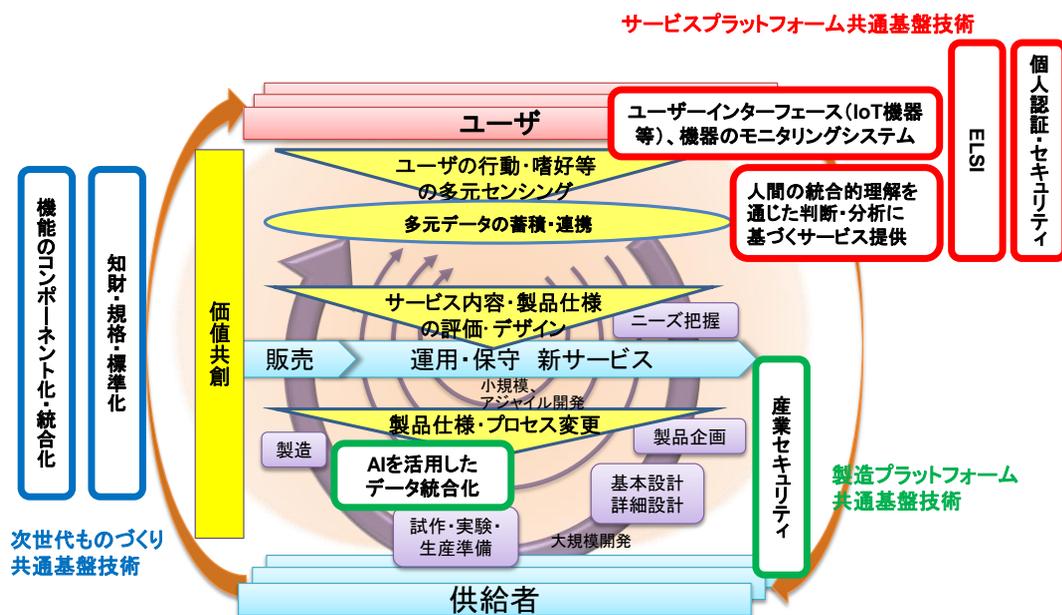


図 3-2 次世代ものづくりプラットフォームの共通基盤技術

(a) サービスプラットフォーム共通基盤技術の研究開発

- ユーザ向けのサービスプラットフォームを実現する共通サービス基盤技術の研究

多様なドメイン（モビリティ、医療・ヘルスケア、エネルギー等）に対して IoT 等を通じてサービスを提供する際、個々のドメイン特有の機能の他に、IoT 機器の稼働状況に関するモニタリングやユーザの情報収集等、共通に利用可能な機能がある。これらの情報をサービス内容の改善に反映させ、サービスのロバスト性を高めるため、これら機能の動作プロセスや接続形態に関する汎用的なフレームワークを、3-1 で述べた議論に基づき構築することが必要となる。また、より多くのユーザを巻き込むためには、誰でも気軽に使えるユーザインターフェースの開発等を含むユーザ・エクスペリエンス・デザインやユーザが意識することなくリアルタイムでモニタリングを行う仕組み等に活用可能な共通基盤技術の開発が求められる。

- センシング情報に基づく人間の総合的理解とこれを活用したサービスの提供（五感センシング～データ解析～情緒理解～アクチュエーションの統合化）

ICT を活用して「人間の嗜好・感情・情緒を理解」することは、ユーザの潜在ニーズの発掘、個々人のニーズに即したマーケティング（デジタルマーケティング等）やデバイス設計への展開等の産業応用に発展すると期待される。ウェアラブルデバイスをはじめ、五感や加速度等のセンシングに係る研究は個々に進められているが、これらを一歩進め、センシング情報と認知心理学や感性工学、脳神経科学等との融合研究を推進することにより、多角的なデータを効果的に蓄積・連携させるための方策を見出すとともに、サービスの受容性評価に係る研究としてのサービス科学等の知見も取り入れながら、人間と社会の総合的理解へとつなげる研究開発が必要である。

また、時間内での情報処理や実時間処理がクリティカルなサービスにおいては、センシングで得られたデータをリアルタイムに処理し、得られたセンシング情報と連携して動作（アクチュエーション）させるための技術や、異なるアーキテクチャを有するセンシングとアクチュエーションの統合化に関する研究が必要である。

- 人文・社会科学（SSH：Social Science and Humanities）と自然科学の総合的実践や倫理的・法的・社会問題（ELSI：Ethical, Legal and Social Issues）の指針、問題共有化に関する研究

ユーザのニーズからサービス内容や製品仕様を評価しデザインするためには、ユーザの行動や嗜好を多角的にセンシングしデータ化することが必要となる。この場合、科学技術と社会の関係、社会のニーズ・期待の把握・予測、知を創造した者の権利とユーザとの価値交換の方法及びプライバシーとビッグデータとの整合性等を明確にし、行動規範や社会的コンセンサスを形成し、さらには法令等の整備を具体的に進める必要がある。個々人の情報リテラシー等に依存した社会的格差の是正や不合理への配慮等も必要となる。人文・社会科学と自然科学分野の科学者が問題を共有して考え方を整理し、社会的に信頼できる指針を確立するためには、人文・社会科学と自然科学が連携した研究開発活動が必須となる。

- ユーザセキュリティ、プライバシー概念の確立とその研究

IoTにより、ユーザが利用する様々な機器がコンピュータネットワーク上でつながり、機能を共有するシステムでは、プライバシー侵害に加え、情報操作や機器の不正操作、これに連動した不正課金等、より幅広い問題が発生する可能性が高まるため、より高度なユーザセキュリティを確保する必要がある。サービスシステム全体のセキュリティやプライバシーに係る概念を確立し、これを社会に適応させるための研究が必要となる。

(b) 製造プラットフォーム共通基盤技術の研究開発

- ビッグデータ処理、AI技術によるユーザ・設計・製造データの統合化（異分野センサーデータの統合と分析等）

各企業や企業内の各部門のデータは、相互の接続性が確保されていない場合が多い。例えば、ものづくりに使用される部品や素材のデータ等は、その全てが統一化・標準化

されているわけではない。ここに、上記(a)で述べたような多様なユーザデータも含めて、統合的に接続・理解することができなければ、シームレスに繋がる製造プラットフォームにはならない。そこで、AI等を用いてこれらのデータを意味的につなぎ、連携・統合化させる等、技術面からのアプローチによるユーザ、設計及び製造データの統合化を図ることは、産業面で大きなインパクトを生み出す。さらには、統計、AI（機械学習/ディープラーニング等）及びデータマイニング等の基盤技術を用い、現在と過去の測定値をソーシャルネットワーク等の非構造データと併せて分析し、これまで発見されていない相関関係の導出や将来のシステム挙動ないし効果の推測を行うことを実現化する技術開発ができれば、製品仕様、製造プロセス及び事業戦略を継続的に最適化することにつながると期待される。

- 産業セキュリティ基盤に係る研究

多くの企業や、異なる産業間でコンピュータネットワークを通じて産業機器を接続する場合、産業機器の乗っ取り等の機械の動作に係る問題や知的財産の漏洩・流出に係る問題等、新たなセキュリティリスクへの対応が求められるようになる。産業応用に耐えるネットワークセキュリティのあり方に係る研究（セキュリティを保障するネットワーク・アーキテクチャ研究等）やネットワーク監視、不正・漏洩防止に係る技術開発が求められる。

(c) 次世代ものづくりプラットフォーム共通基盤技術の研究開発

- 機能のコンポーネント化・共通アーキテクチャの設計と統合化研究

プラットフォーム上で付加価値を創出するためには、各機能（部品、製品、システム、ソフトウェア、センシング、制御、機能、ニーズ等）を共通的なコンポーネント（ソフトウェアの部品）²³に落とし込むことが必要となる。これを **Software Defined Service** と呼ぶこともある。

サービスやアプリケーションを小刻みに改善する必要があるシステムの場合、開発と運用が協力し、ビジネス要求に対して柔軟かつ迅速にシステムを構築する **DevOps** といった概念が出てきている。コンポーネント化は、このような開発手法とも親和性が良い。これらのコンポーネントを組み合わせ、新たな機能を実現する方法論の研究は、先に触れた **Reality2.0** の中心テーマであり、製造プラットフォームの構築においても先駆的な取組が望まれる。

一方、大規模なシステムにおいては、多数のドメインのもとでの共通化を行う必要があるため、そのコンポーネントの粒度、インタフェース、統合化との関連等を考慮する必要がある。これを実行する際には、まず、全体としてのコンポーネントの共通的な考え方（アーキテクチャ）をとりまとめることが必要となる。例えば、【コラム3：インダストリー 4.0 アーキテクチャモデル】にも記載があるレファレンスアーキテクチャモデルは、3次元の各層に存在するコンポーネントに、その位置付けによって異なるデータ

²³ ものづくりにおいて、標準化された部品（ネジ等）を組み合わせることが効率化につながるのと同様、ソフトウェアも部品（ここではコンポーネントと呼ぶ）を組み合わせることで大きなシステムを構築することで開発を効率化し、相互接続性を向上させることができる。

の形態（桁数、変数定義等）、インタフェース（呼び出し関数等）及び実行する機能等を、多数存在する個々のサービスに対応させ、相互接続性を確保するためのフレームワークとなる。このようなフレームワークのもと、どのようなコンポーネントを揃え、これらコンポーネントの組み合わせによりどのようなサービスを実現するかについての検討を行う統合化研究が必要である。

- 知的財産、規格、国際標準化に関する検討

プラットフォームの構築において、機器の仕様、機能、センシングデバイス、情報、制御等をコンポーネント化する場合、広く共有するものと秘匿するものを峻別する必要があり、知的財産の取扱いもこれに沿ってあらかじめ明確にしておく必要がある。また、世界的な標準規格に向けた活動を主導し、我が国が優位なポジションを獲得する仕掛けも必要である。

4. 研究開発の推進方法と時間軸

これまでの検討から「3 具体的な研究開発課題」の研究を推進するには、ものづくりに係る産業・社会構造の変革期において、新たな価値創出に果敢に取り組むための仕組みづくりが必要となる。本章ではその推進方法についてまとめた。

<国の役割>

- ・「(仮称) 超スマート社会に向けたプラットフォーム構築推進連絡会議」の設置
- ・実証プロジェクトの推進
- ・サイバー・フィジカル両領域に精通した融合型人材の育成と確保・人材の再配置
- ・ルール形成戦略の立案と規制・標準化活動との連携
- ・中小企業活性化・ベンチャー創出支援策との連携
- ・新たな国際協力の仕組みづくり

<大学及び研究機関の役割>

- ・社会の多様なステークホルダを巻き込んだ将来像づくりとその実証研究の推進
- ・デザイン研究、統合型研究の強化を軸とした工学教育研究の改革

<企業の役割>

- ・製造業のあり方に関する検討
- ・デジタル経営基盤の構築
- ・プラットフォームの構築・事業化

4-1 国の役割

これまでの研究開発は、省庁の個々の事業・政策ツール、産業・企業、研究領域・研究コミュニティといった枠組みのもと、個々に取組まれてきた。次世代ものづくりをはじめとする超スマート社会を目指す取組においては、これら事業の壁を突破し、連携を図る中で、イノベーションを創出するための新たな仕掛けづくりが必要となる。このため国レベルでは以下のような取組が重要である。

(a) 「(仮称) 超スマート社会に向けたプラットフォーム推進連絡会議」の設置

次世代ものづくりプラットフォームを主要な構成要素とする超スマート社会に向けたシステム・仕組みづくりは、新たなルール形成を伴う取組となるため、一企業で対応するには限界がある。政府が音頭を取り、産業界がより円滑に連携するとともに、新たな時代に即応した制度設計、規制改革等を進めていくことが望まれる。そこで、超スマート社会に向けた方向性の議論、関連する機関間の情報共有・連携・総合調整のための場、あるいは、次世代ものづくりを含む多様なドメインでのプラットフォーム構築に向けた取組について、各省庁の垣根を越えた検討を行う場として、「(仮称) 超スマート社会に向けたプラットフォーム推進連絡会議」を、内閣府等、省庁横断的な取組を担える機関に設置することを提案する。

ここでは、システム全体についての構想から非競争領域の設定に至るまで、幅広い議論をとりまとめ、プロジェクトを組成し、推進していく必要がある。また、各省庁で既に実施されている取組（IoT推進ラボ、ロボット革命イニシアティブ協議会等）や産学連携での取組（IVI：Industrial Value Chain Initiative）等を有効に活用し、これらと連携する体制が必要である。

このための鍵となるのは、多様なステークホルダを束ねて幅広い領域での議論を行い、コンセンサス形成に至るプロセスを纏める能力を有するリーダーの人選である。また、リーダーを支えるブレーンとして、製造業や情報通信産業の現場から経営に至るまでの状況に精通する者や、新規事業の企画立案、諸外国のステークホルダとのネットワークを持つ者等による支援が必要となる。

なお、検討を進めるにあたり、各企業において多様な仕組みが既に定着している製造プラットフォームについては、関係者間で十分な議論・コンセンサス形成の時間を要すると考えられる。このため、まずはサービスプラットフォームの検討と実証から先行的に着手することが望まれる。

(b) 実証プロジェクトの推進

i. 長期スパンでの省庁横断型実証プロジェクトの創設

すでに、戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）においては内閣府主導で省庁横断型の研究開発が進められている。例えば現在、SIPの中でのものづくりの設計・生産技術を中心に取組まれているプロジェクト「革新的設計・生産技術」では、革新的造形、加工技術の複合化・知能化、最適化設計・生産クラスター及び超上流デライト設計等の研究開発を通じて、供給者とユーザとの価値共創を目指し、研究拠点やコンソーシアムの設立を視野に研究開発が行われている。

また、文部科学省のセンターオブイノベーション（COI）プログラムでは、大規模な産学連携研究チーム（拠点）を形成し、異分野が連携したバックキャスト方式の研究開発に取り組んでいる。

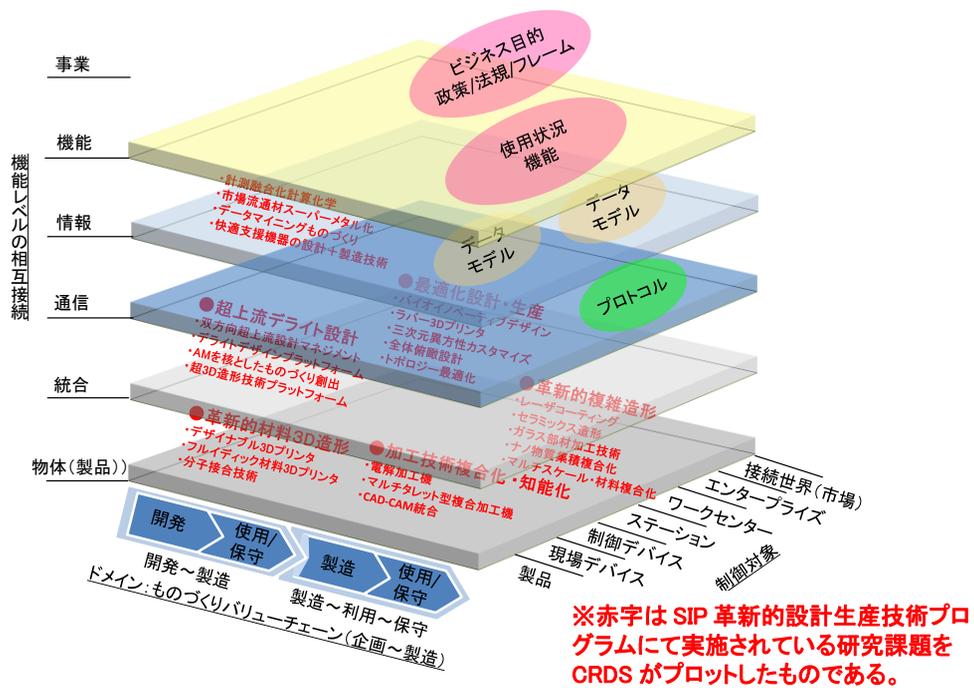
これらの取組について、まずはプロジェクトで得られたデータやノウハウをしかるべき主体（業界団体等）が蓄積し、継続的に共有資産として活用可能な体制を構築することが望まれる。COIでは、構造化チームがプロジェクト横断的な成果のプラットフォーム化に一部取り組んでいる。これらを次世代ものづくりプラットフォームとして整理・統合化することにより、横断的な広がり期待できる（次項【コラム3：インダストリー 4.0 アーキテクチャモデル】中の図を参照）。

また、これまでのプロジェクト推進の経験を生かしながら、第5期科学技術基本計画において、継続性と拡張性を持ったものづくり関連の研究プロジェクト（ポストSIP等）を創設することを提案する。

【コラム3：インダストリー 4.0 アーキテクチャモデル】

ドイツのインダストリー 4.0 では、プラットフォームを形成するためのリファレンスアーキテクチャ 4.0 を提唱している²⁴。これは、様々な製品、機能、情報、サービスを共通のモデルとしてまとめることを目標としており、規格化、標準化も視野に入れている。下図の縦軸は、複雑なユニットの相互接続を、製品物体、統合、情報、通信、機能、事業の機能レベルで示している。横軸は、企画～製造までのものづくりのバリューチェーンを表したものである。第三軸は、製品（機器）から市場の制御範囲を示したものである。このアーキテクチャ上に、機械、部品、通信機器、ソフトウェア等を管理シェル（コンポーネント）として登録し、ネットワークインターフェースを用いて繋ぎ、ものづくりをスマート化することになる。これは、ものづくりのみならず、様々なシステムが横断的に融合する場合の基本的な考え方と言え、スマートグリッドリファレンスアーキテクチャが元になっている²⁵。

一例として、戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）革新的設計・生産技術の研究開発項目²⁶を、将来的にプラットフォームとして纏めることを想定して、リファレンスアーキテクチャ上に示した。



インダストリー 4.0 リファレンスアーキテクチャモデル

²⁴ Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0)、April 2015、VDI/VDE-Gesellschaft Mess-und Automatisierungstechnik を元に CRDS にて加筆

²⁵ Smart Grid Reference Architecture、CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group、November 2012

²⁶ 詳細は、付録4「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）革新的設計・生産技術の研究開発項目」参照。

ii. 新たなプラットフォーム構築の基盤としての産学連携の場の形成～ファンディングエージェンシーに求められる新たな役割

3-1で述べた、次世代ものづくりプラットフォームについては、何が新たなプラットフォームとなるのかについて、様々な仮説を設定し、それをユーザとの対話を繰り返しながら実証し、社会に受容されるシステムについて探索することが求められる。このため、共通基盤技術の研究開発においても、単に論文・特許等だけで評価するのではなく、新たなシステムと接続した際の社会受容性を視野に入れた研究や実証活動についても評価を行う、新たな産学連携拠点形成支援の仕組みが必要となる。

また、実証研究を推進する際に、プロジェクトを実施したことによる波及効果を高めるため、次のような点に配慮することが望まれる。

- 柔軟な計画変更・失敗の許容：ユーザの受容性に基づき評価を行うため、ある方法がユーザに受容されなかった場合は、失敗ではなく、「ユーザに受容されないことが検証された」という成果として認め、新たなアプローチで研究を継続する、柔軟なプロジェクト運営を行うことが求められる。
- 教育と研究の一体的推進：研究開発プロジェクトに参画した学生が、システム全体を見据えながら、共通基盤技術の研究開発を行える、デザイン志向の高い融合型人材に育つような支援・評価を行うことが望まれる。
- ベンチャー創出支援策との連携：プロジェクトの中で、ベンチャーを通じた事業化が望ましい成果については、既存のベンチャー創出支援制度とシームレスに接続可能な体制を構築する等、制度の枠を超えた柔軟な支援を行うことが望まれる。
- 経済・社会インパクトへの対応：本研究では、その成果を通じて新たな市場の立ち上げ、産業構造の転換や人々のライフスタイルの変化を促す、経済・社会的インパクトの大きいテーマについて取扱うこととなる。このため、研究の設計段階から人文・社会科学分野の研究者やユーザ等のステークホルダを巻き込んだ検討を行い、社会実装・市場形成支援に向け、ELSI、法制度改革等を視野に入れた方針について、同時並行で検討を行うことが望まれる。

これは、極めて不確実性の高い取組となるため、きめ細かな進捗管理・評価を行うとともに、上述のような研究開発のスキームが効果的に機能しているか、ファンディングエージェンシーがきめ細かにレビュー・支援を行う新たなスキームづくりが望まれる。先行事例となる、米国 NSF (National Science Foundation) 工学部門の ERC (Engineering Research Centers) においては、上記支援策が効果的に機能しているかについて、ファンディングエージェンシーがプロジェクト参加者 (学生、連携先大学の研究者や参加企業含む) と議論を行い、きめ細かくレビューを行うことを通じて融合型研究拠点のマネジメントを支援している (詳細は【コラム4:ERC】参照)。また、NSF が支援した ERC 拠点での成功が、拠点大学の工学部全体の学際的雰囲気を作り出し、大学改革につながったという例も見られる。我が国においてもこのような支援策を早急に構築することが必要である。

(c) サイバー・フィジカル両領域に精通した融合型人材の育成と確保・人材の再配置

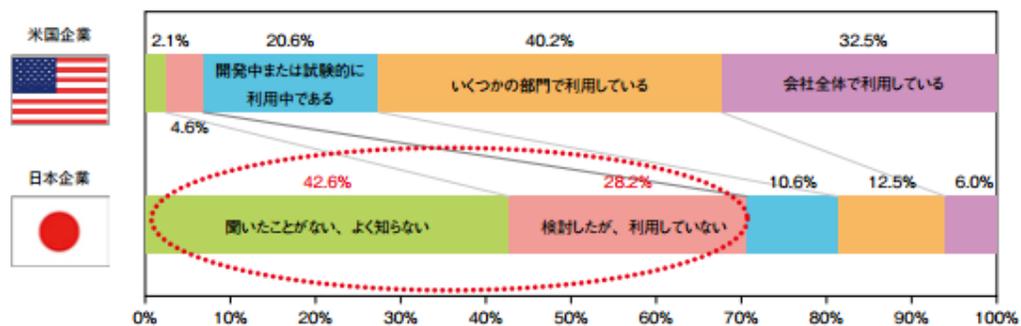
研究を進める中で、先端技術の専門性を高めた人材のほか、技術やサービスの統合化の担い手となる人材の育成が肝要である。しかし、【コラム5：我が国の製造業のICT利活用の現状】に示す通り、我が国においては経営層も現場もICTを戦略的に活用できるだけの人材確保・配置がなされているとは言い難い状況にある。

前述の(b)に述べたような研究開発プロジェクトに学生が参画することにより、構成型・分野融合型の研究活動を行う中で、サイバー（情報）とフィジカル（もの）両方の分野を使いこなし、ベンチャー等を通じた事業化といった経営的視点を視野に入れながら新たなシステムをデザイン・構築できる次世代のものづくり人材を育成することが肝要である。彼らは、超スマート社会の実現や、次世代のものづくりにおいて中核的な役割を果たすことが期待できる。

【コラム5：我が国の製造業のICT利活用の現状～2015年版ものづくり白書より】

2015年版ものづくり白書では、我が国製造業においては「ICTの利活用自体が省人化や省エネ化といった生産効率改善のための利用が中心的」であって、IoTやビッグデータの利活用を前提とした「新たなビジネスモデルへの変革」に大きく遅れをとっている現状を指摘している。

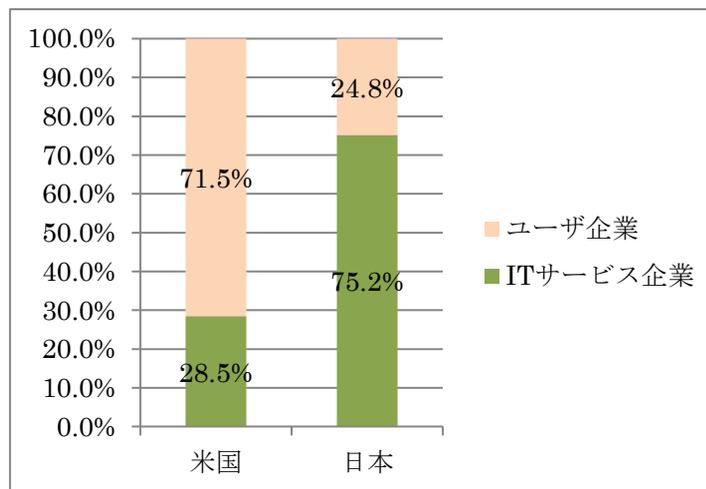
例えば、日本企業（従業員数300人以上）の経営層の70%以上がビッグデータについて、「聞いたことがない、よく知らない」あるいは「検討したが、利用していない」と回答している。米国企業の90%以上がビッグデータを「利用している」と回答したとと比較すると、日米の経営層の間には、ビッグデータ活用に対する意識に大きな隔たりがあることが見て取れる。



※企業規模は、グローバル従業員数300人以上。産業分野は、全業種（医療、教育、政府、情報サービスを除く。）回答者は、経営者及びIT部門以外のマネージャ以上。

出典：2013年ITを活用した経営に対する日米企業の相違区分（JEITA）、日本企業216社、米国企業194社に対するアンケート調査

また、IT技術者の分布状況を見ると、米国では7割以上が製造業を含むユーザ企業に所在しているのに対し、日本では7割以上がITサービス企業に所在している。米国のユーザ企業の多くは自社内にIT技術者を抱え全社的なICT戦略を積極的に進めているのに対し、我が国のユーザ企業の多くは、個別事業部門の情報化をITサービス企業に外注する形態にとどまっている現状を如実に物語っているものと思われる。



出典：各国統計資料（米国労働省 労働統計局等）、NASCOMM、アジア情報化レポート、IPA IT人材白書 2010、ガートナー”Enterprise IT Spending by Vertical Industry Market Worldwide,2008-2014,2010 Update”より経済産業省作成

(d) ルール形成戦略の立案と規制・標準化活動との連携

新しいものづくりを進めていく上で、倫理的・法的・社会問題（ELSI）に関連した政策研究や社会ルールの形成についての研究も同時に進める必要がある。たとえば、新たなサービスは既存の規制の枠を大幅に超えた発想を要する場合があります、実証プロジェクトの中で産学官が連携し、新たな規制の在り方について研究し具体策を提案することが必要となる。また、新しい社会ルールの形成のために、人文社会科学や一般市民の参加が欠かせない。このような認識の元に、「共通基盤技術の開発」、「新たなプラットフォーム構築の基盤としての産学連携の場の形成」等の事業及びプログラムにおいて、あらかじめプロジェクトの一定割合の公的資金を ELSI 関連の研究にあてることが望ましい。

(e) 中小企業活性化・ベンチャー創出支援策との連携

本プロポーザルが対象とする製造業や関連したサービス産業には、大企業だけでなく中小企業やベンチャー企業も含まれる。

各国とも、中小企業の経営効率の向上を重要な政策課題と位置づけ、中小企業の経営のデジタル化、FA化等に対する支援を行う取組等が見られる。我が国の中小企業も同様の課題を抱えており、4-3(b)に後述するようなデジタル経営基盤の整備を行うことから着手する必要がある。ものづくりプラットフォームは、中小企業の活性化と業務効率の向上に結びつくべきであり、このための技術開発と具体的な適用事例を積み重ねる努力が必要で

ある。また、新たなアイデアを持つベンチャーがプラットフォームの構築・活用に参画することを奨励する政策を具体化すべきである。このような観点から、中小企業活性化策や、ベンチャーの創出・育成支援策と連携した取組が望まれる。

(f) 新たな国際協力の仕組みづくり

ものづくりに関する国際連携では、過去に我が国が主導的に取組んだ知的製造システム（IMS : Intelligent Manufacturing System）プロジェクトがある。日、米、欧、アジア諸国が参加し、未来の製造システムに関する国際的な共同研究を、産学官が参加して進めた。製造システムに関する研究開発は、国の競争力に直結するため国際共同研究になじまないという懸念もあったが、非競争領域を中心に研究成果を挙げるとともに、人材の育成にも貢献した。

今日、知的製造システムの研究は先進国だけでなく、新興国や開発途上国においても重要なテーマであり、国際的な規模で新たな研究協力や仲間作りが始まっている。我が国のリーダーシップの元に、知的製造システムに関する国際協力の仕組みを提案すべきではないだろうか。その中では、資源依存型から知識駆動型への製造業の変革、ELSI（倫理的、法的、社会的問題）への対応、オープン・イノベーション等、重要な課題について未来志向の議論がなされるべきである。

現在も、先端研究や地球規模の課題解決に向けて、二国間、多国間の国際共同研究プロジェクトが進められているが、次世代ものづくりプラットフォームをグローバルな視点で構築する上で、これらがどのように貢献できるか検討し、我が国のものづくり戦略の一環として取組むことが望まれる。

4-2 大学及び研究機関の役割

(a) 社会の多様なステークホルダを巻き込んだ将来像づくりとその実証研究の推進

大学及び研究機関は、中長期的な視点でものづくりの将来像を示すことが求められる。とりわけ、サイバー世界が加速度的に発展する中で、新しいサービス（価値）コンセプトを提案すると共に、このための次世代ものづくりプラットフォームの要件定義に係る研究や具体化への貢献が期待される。

このために、「仮説」にすぎない新しい発想を具体化し、この有効性を検証する必要がある。これは、机上の考察やコンピューターによるシミュレーションだけでは不十分であり、実環境による実証研究を通じて、POC（Proof of Concept）を提示する必要がある。プラットフォーム／システムや、第3章に述べた基礎的な共通基盤技術の統合化を、分野を超えた研究者及び技術の運用者を含めた多様な立場のステークホルダによって試行錯誤する場が必要であり、研究者にはこのような場でのプロセスをリードしていく役割も期待される。また、このような役割を果たすことにより、細分化された研究領域を統合化するようなデザイン研究、統合化研究の担い手となる人材を育成することが望まれる。

研究機関においては、機関内での研究を研究者「個人」の取組に留めず、組織として責任ある形で担う推進体制づくりを行うことが求められる。上述のような長期スパンでの実証研究を推進する場の提供、環境整備、多分野の研究者や多様なステークホルダを巻き込むための仕組みづくりの支援や、実証検証の結果、「仮説の否定」イコール「失敗、損失」ではなく、「学習、経験が得られた」といった評価、コンセンサス形成等を支援することが重要である。このようなコンセンサスがあつてこそ、一つの問いや仮説に対して、複数の仮説が同時並行で研究、検証され、さらにスパイラル的に進展するようなメカニズムが機能する。このような新たな工学研究を後押し、支援し、将来の産業ニーズに応える仕組みづくりを強化することが望まれる。

(b) デザイン研究、統合型研究の強化を軸とした工学教育研究の改革

我が国の工学教育研究の改革は、過去20年以上にわたって議論されてきた。1999年には、八大学工学系研究科から、「21世紀に活躍できる工学技術者の育成の指針」が公表され、種々の角度から考察しながら統合できるデザイン（創成）力等の能力の育成の重要性等が指摘された²⁷。また、2000年には、日本学術会議からは、「グローバル時代における工学教育²⁸」と題する提言が出され、プロジェクト・ベース・ラーニングの重要性等が指摘された。背景には、工学部の教育や研究が、専門毎に深堀することに注力され、新しい価値のデザインや技術統合による社会への橋渡しという重要な任務が軽視されてきたことへの懸念がある。これらは、いずれも我が国のものづくりの将来にとって、重要な指摘である。

超スマート社会におけるものづくりは、単に製品を設計するのではなく、サービスのあり方やユーザとの関係構築を考慮したビジネスモデルづくり等の経営戦略を含めたトータルでの事業デザインを行う能力を有する人材の育成が求められ、大学工学部がこのような人材育成の中核となることが望まれる。このような工学教育研究の改革には、たとえば大

²⁷ <http://www.eng.hokudai.ac.jp/jeep/08-10/pamph3.html>

²⁸ http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/17htm/17_22.html#mokuji

学における研究者の評価のあり方を見直し等大学内部の努力だけでなく、産業界からの積極的な働きかけと支援が必要であることは言うまでもない。

4-3 企業の役割

プラットフォームを持続的に維持・発展させるためには、最終的には考案された仕組みが企業の事業活動に位置づけられ、市場競争による淘汰のメカニズムを機能させることが必要となる。企業の役割として以下が求められる。

(a) 製造業のあり方に関する検討

4-1の国レベルの施策を実践するためには、産業界の主体的な参加が欠かせない。具体的には、ものづくりのあり方に関する検討から研究開発拠点における産学官の連携、人材育成や社会的実装にいたる活動を、企業の枠を超えてリードすることが望まれている。このために、企業や業界団体の個別対応に加えて、業界を超えた取組も重要である。

とりわけ強調したいのは、これからの製造業のあり方についての検討である。製造業を取り巻く環境は激しく変化している。諸外国の動きも分析しながら、我が国としての具体的な戦略を磨いていく必要がある。我が国の産業競争力懇談会（COCN）では、様々な業種の参加企業が自主的に参加して次世代ものづくりを中心にした研究戦略を検討し、国の政策立案に貢献してきたのはその一例である。

企業から国レベルの戦略策定に参画する場合、特定の業種や企業の利害のレベルで議論するのではなく、産業界の経験を活かしつつ中長期的な国づくりの観点で議論する姿勢が必要である。また、このような人材を育成することは企業の社会的責任でもある。

(b) プラットフォームとつながる体制づくり～デジタル経営基盤の構築

我が国の企業は、企業内における ICT インフラを人件費削減、業務効率化といった観点から活用してきたが、収益の源として十分に活用できているとは言い難い状況にある。【コラム5：我が国の製造業の ICT 利活用の現状】で示した通り、米国企業がビッグデータを積極的に活用しているのに対し、我が国の企業の多くは活用していない、といったアンケート結果に、このような姿勢が如実に現れている。

製造業が次世代ものづくりプラットフォームを自社の事業機会拡大のために有効に活用するには、自社内の事業活動・経営基盤がデジタル化に対応していることが求められる。まず、多くの企業において、事業や部門毎に様々なシステムが混在している状況が見受けられる。このため、一社内においても、データの連携、相互接続性が十分に確保されていない場合が多々ある。これでは、プラットフォームが構築されたとしても、自社内での調整に要する時間・コストがボトルネックとなってしまうかねない。まずは、このようなデジタル経営基盤を整備した上で、ICTにより世界中がネットワークを通じて瞬時につながる世界において、市場ニーズに対して迅速に対応し、事業機会を獲得する、攻めの姿勢での ICT を活用することが益々重要になる。

(c) プラットフォームの構築・事業化

次世代ものづくりプラットフォームの構築は、関係企業が参画し、オープン・イノベーションのもとで、新しいサービス領域（ドメイン）について実践することが実際的である。

プラットフォームそのものの担い手は、民間企業であり、収益事業として持続的に運用される必要がある。第2章の【コラム2：インダストリアル・インターネットとインダストリー4.0】で紹介した通り、製造業が川下のサービス領域を強化する形で事業化することや、情報通信産業が主な担い手として想定される。前者の場合、同業他社や競合他社とオープンに連携しながらも、自社の得意領域を活かしながら、新たな成長戦略としてグローバル規模でのプラットフォームの担い手となる道筋を模索する野心的な企業の出現が望まれる。最終的には幅広い企業やユーザが活用する中で、おのずと市場競争による淘汰のメカニズムが働くものと考えられる。

4-4 時間軸

4-1～4-3に述べた研究開発は、進みながら考える方式で推進する必要がある。このため、一旦計画を立てて実行に移したら計画を見直さないのではなく、計画立案から統合型研究、実証研究、社会実装までのPDCAサイクルをまわしながら、長期スパン（10年程度）で取組むことが望ましい。併せて、構成型・分野融合型研究者の育成、グローバル市場における我が国産業の優位性を発揮するためのルール形成戦略、規制・標準化等との活動との連携も必要となる。

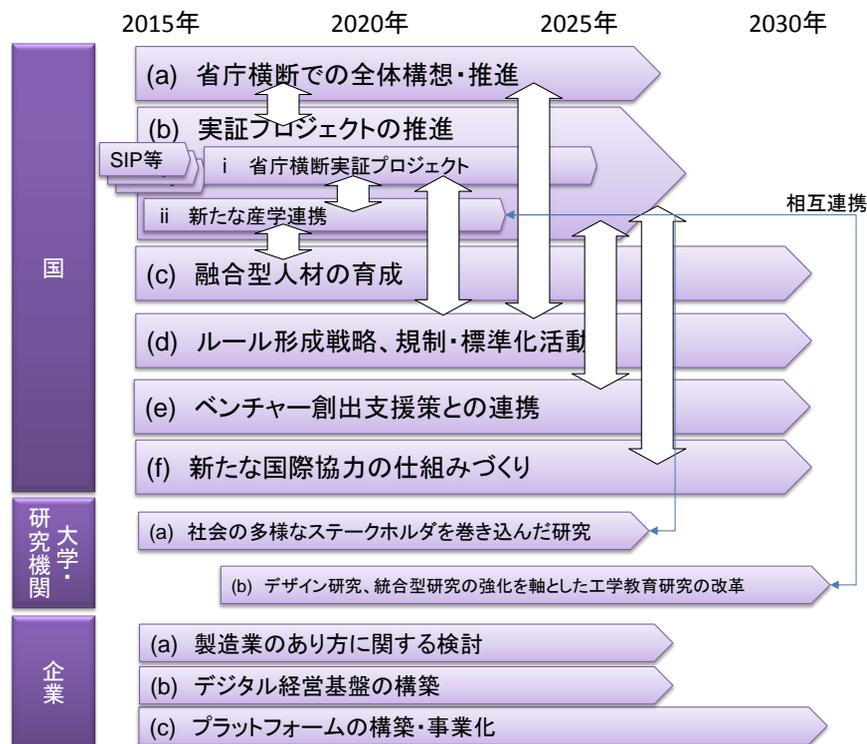


図 4-1 研究開発の推進方法と時間軸

付録1：中間とりまとめ²⁹の概要とアウトリーチ実績

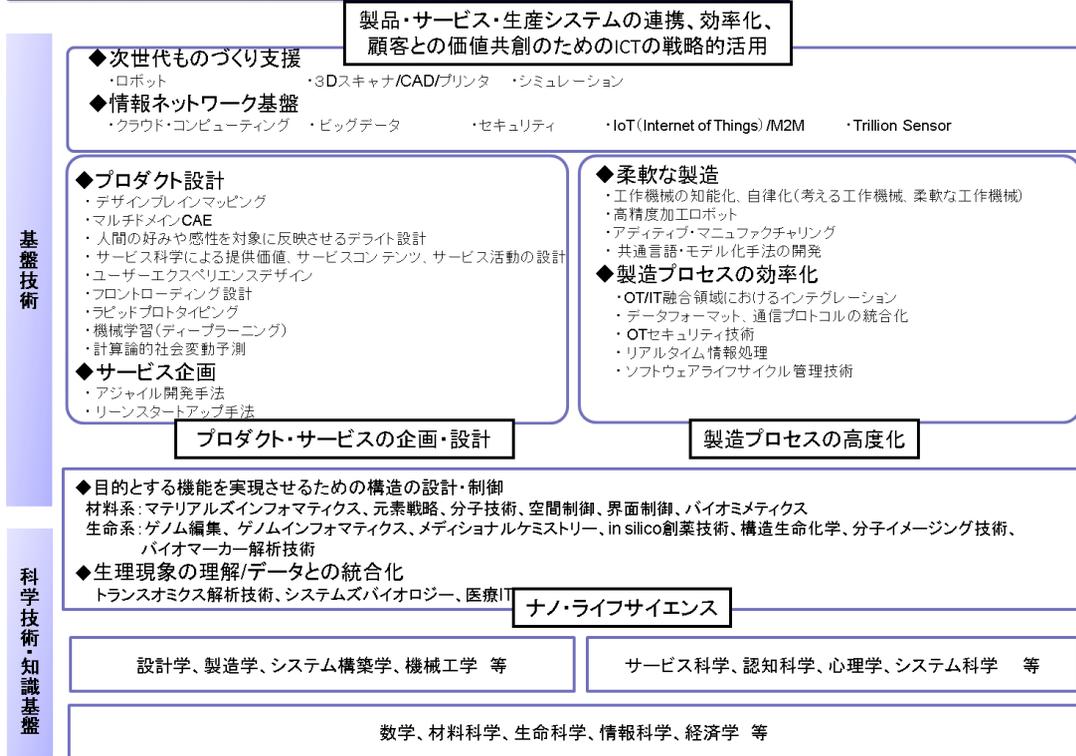
1. 中間とりまとめ(2014年12月発行)の概要

平成26年度、次世代ものづくり基盤技術に関する横断グループでは、次世代ものづくりの方向性とこれを支える基盤技術のあり方について、以下の問題意識のもとで検討を行った。

- ものづくり分野でどのようなパラダイムシフトが起きているのか？これを加速するために、基盤技術はどのように進展すべきか？
- 我が国の製造産業が国際的な競争優位を獲得するために、これからのものづくり文化はどうあるべきか？
- 我が国の次世代ものづくりに関する研究開発をどのように推進すべきか？

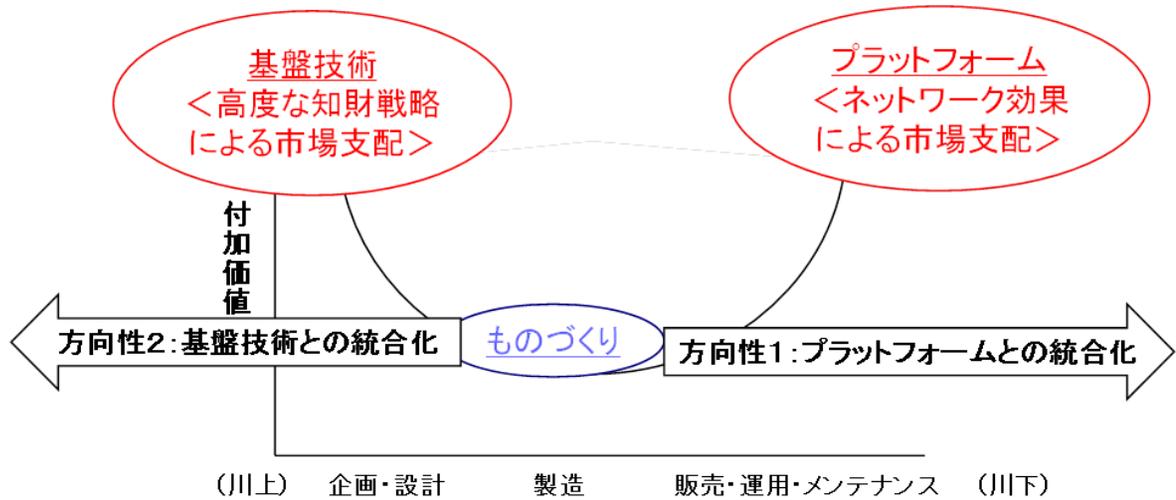
検討の結果を「中間とりまとめ」として平成26年12月に発刊している。結論として、ものづくりは製品単品の設計・製造から、ネットワーク化されたサービス・システムを含めたデザインを必要とする領域が増えてきており、このような新しい時代の製造業とそれを支えるものづくり基盤技術を下図の通りに俯瞰した。

次世代ものづくり基盤技術の俯瞰(中間とりまとめ)



²⁹ CRDS-FY2014-RR-04 調査報告書 次世代ものづくり～基盤技術とプラットフォームの統合化戦略～<中間とりまとめ> (<http://www.jst.go.jp/crds/pdf/2014/RR/CRDS-FY2014-RR-04.pdf>)

また、我が国の製造産業が国際的な競争優位を獲得するためには、下図に示すとおり、サービス・システムとものづくりの統合化したプラットフォーム・ビジネス化【方向性1】、あるいは、製品・サービスのキーコンポーネントをおさえる基盤技術との統合化【方向性2】を重視する戦略が必要との見解を示した。



付図 1-1 日本のものづくりが目指すべき方向性～2つの統合化

さらに、上記戦略の推進策として、以下の2つの方向性を打ち出した。

－ 方向性1 プラットフォームとの統合化

バリューチェーンの川下の領域において、ICTを核にした新たなサービス・システムを打ち出すため、多様な関係者が協同でロードマップを策定するとともに、具体的な研究開発課題を設定し、仮説検証型のプロジェクト推進することが重要であり、国はそのような動きを支援する必要がある。

－ 方向性2 基盤技術との統合化

ものづくり基盤技術の開発のためのオープンで永続的な分散ネットワーク型研究開発拠点の整備を行い、要素研究からサービス・システムの実証までの統合型研究の推進に、産学官が連携して取り組むべきである。

「中間とりまとめ」では、海外の動向や基盤技術の俯瞰を行なったが、本プロポーザルでは、この中で特にこれからの産業のターニングポイントとなる「プラットフォーム創出」に焦点を絞って提案を行なっている。

2. 中間とりまとめの内容をもとに実施した産学官との対話

<国内（主要なものを抜粋）>

年月日	主催者	会議名	講演タイトル
2014/11/12	日本機械工業連合会	会員講演会	次世代ものづくり～基盤技術とプラットフォームの統合化戦略～
2014/11/17	日本学会会議	幹事会附置委員会:学術の観点から科学技術基本計画のあり方を考える委員会(第1回)	同上
2015/1/8	日本電機工業会	標準化部会	次世代ものづくり～基盤技術とプラットフォームの統合化戦略～中間とりまとめの概要
2014/2/4	内閣府 GSTI	幹部向け内部勉強会	同上
2015/3/3	名古屋大学協力会	10周年記念シンポジウム:これからのひと／ものづくりを支える次世代ロボット技術	欧米における次世代製造業強化策と研究開発戦略
2015/8/3	中部インダストリアル・エンジニアリング協会	海外モノづくり戦略研究部会	第4次産業革命～欧米における次世代製造業強化策
2015/8/28	JST/NEDO	イノベーション・ジャパン 2015	次世代ものづくり～基盤技術とプラットフォームの統合化戦略～

<国外>

年月日	主催者	会議名	講演タイトル
2014/11/28	日欧産業協力センター／日仏財団 (於:ベルギー・ブリュッセル)	From De-industrialization to the future of industries	Converging Manufacturing and Service: In the Era of Transformation
2015/5/7	中国国家情報化委員会／中国機械工業会 (於:中国・上海)	第3回中国先進製造大会 (※)	New Paradigm of Manufacturing and Government Policy in Japan- From perspective of Science & Technology Policy

※海外からは独・シーメンス社副社長、独・SAP社ディスクリート産業部門副社長等が参加

3. その他、アウトリーチ実績

中間とりまとめの内容をもとに、日刊工業新聞のコラム「ものづくりのパラダイムシフト(全14回)」(2014年12月18日～2015年3月26日、週一回掲載)を連載記事として執筆・掲載した。

付録2: 検討の経緯

1. 専門家へのインタビュー

次世代ものづくりの検討にあたり、付録1「(2) 中間とりまとめの内容をもとに実施した産学官との対話」に記した機関・団体との議論の他に、以下の方々にインタビュー等を通じてご指導・アドバイスいただいたので、ここに御礼申し上げます。

五十音順

・新井民夫	教授	(芝浦工業大学)
・石川正俊	教授	(東京大学)
・井上友二	代表取締役会長	(株式会社トヨタ IT 開発センター)
・小笠原敦	センター長	(NISTEP 科学技術動向研究センター)
・岡野原大輔	代表取締役副社長	(株式会社 Preferred Networks)
・神里達博	特任准教授	(大阪大学)
・小島史夫	テクニカルエキスパート	(株式会社デンソー)
・小菅一弘	教授	(東北大学)
・斉藤剛	パートナー	(株式会社経営共創基盤)
・坂上好功	理事	(株式会社リコー)
・桜田一洋	シニアリサーチャー	(ソニーコンピューターサイエンス研究所)
・佐々木直哉	政策参与	(内閣府)
・新誠一	教授	(電機通信大学)
・瀬戸屋英雄	理事	(一般財団法人製造科学技術センター)
・高田広章	教授	(名古屋大学)
・手塚明	総括研究主幹	(産業技術総合研究所)
・中山浩太郎	特任講師	(東京大学)
・西岡靖之	教授	(法政大学)
・西野壽一	執行役専務	(株式会社日立製作所)
・根来龍之	教授	(早稲田大学)
・原辰徳	准教授	(東京大学)
・前野隆司	教授	(慶應義塾大学)
・松尾豊	准教授	(東京大学)
・南悦郎	執行役員	(新日鐵住金ソリューションズ株式会社)
・宮下敬宏	室長	(株式会社国際電気通信基礎技術研究所(ATR))
・村井純	教授	(慶應義塾大学)
・持丸正明	センター長	(産業技術総合研究所)
・安井公治	技師長	(三菱電機株式会社)
・安浦寛人	教授・副学長	(九州大学)
・脇田玲	教授	(慶應義塾大学)
・渡邊浩之	顧問	(トヨタ自動車株式会社)

2. ワークショップ開催概要

(1) 設計・製造:ものづくり基盤技術俯瞰ワークショップ

日時：2014年5月9日（金）10：00～18：00

会場：科学技術振興機構 東京本部別館2階セミナー室（東京都千代田区五番町7）

オーガナイザー：曾根純一（JST-CRDS 上席フェロー）

プログラム（敬称略）：

- | | | |
|-------------|--|---|
| 10:00～10:10 | 開会挨拶 | 曾根純一（JST-CRDS）
中村道治（JST）
吉川弘之（JST-CRDS） |
| 10:10～10:25 | ワークショップの趣旨説明 | 島津博基（JST-CRDS） |
| 10:25～11:15 | 基調講演「ものづくりのトレンドと今後の展望」（各講演20分+議論5分） | |
| | 「生産技術の課題と大学・研究機関との連携」 | 森郁夫（東芝 生産技術センター） |
| | 「自動車生産技術の現状と今後の動向」 | 前田千芳利（トヨタ自動車 生技開発部） |
| 11:15～12:35 | 話題提供①「設計、ITの活用」（各講演15分+議論5分） | |
| | 「CADの研究開発の展望」 | 鈴木宏正（東京大学） |
| | 「工作機械の知能化・自律化とCAD/CAM/NC連携の現状、課題と今後の展望」 | 白瀬敬一（神戸大学） |
| | 「クラウドを活用した新しい「ものづくり」の目指すところ」 | 村上和彰（九州大学） |
| | 「スパコンによるものづくりの革新を目指して」 | 加藤千幸（東京大学） |
| 12:35～13:05 | 休憩 | |
| 13:05～14:05 | 話題提供①「成形・除去製造・加工」（各講演15分+議論5分） | |
| | 「切削加工に関する現状、課題と今後の展望」 | 帯川利之（東京大学） |
| | 「複合材成形に関する現状、課題と今後の展望」 | 石川隆司（名古屋大学） |
| | 「超精密加工技術の研究開発と取り組み事例について」 | 大森整（理化学研究所） |
| 14:05～16:25 | 話題提供②「付加製造・加工」（各講演15分+議論5分） | |
| | 「付加製造を核とした新しいものづくり」 | 新野俊樹（東京大学） |
| | 「電子ビーム積層造形技術に関する現状、課題と今後の展望」 | 千葉晶彦（東北大学） |
| | 「レーザー加工に関する現状、課題と今後の展望」 | 塚本雅裕（大阪大学） |
| | 「接合技術から考える、ものづくり技術の革新」 | 藤井英俊（大阪大学） |
| | 「先進コーティング技術を通して見えてきた、産学連携、技術移転の実態と実用化への課題」 | 明渡純（産業総合技術研究所） |
| | 「エレクトロニクス実装とプリントエレクトロニクス」 | 菅沼克昭（大阪大学） |
| 16:25～17:55 | 総合討論（参加者コメント） | |
| 17:55～18:00 | 閉会 | (JST-CRDS) |

コーディネータ：

田中秀治（JST-CRDS 特任フェロー、東北大学 教授）

コメンテータ：

笠木伸英（JST-CRDS）、佐々木直哉（日立製作所）

(2) ICT:情報科学技術分野・俯瞰ワークショップ 次世代ものづくり基盤技術

日時：2014年8月14日（木）10:00～17:30

会場：科学技術振興機構 東京本部別館1階ホール（東京都千代田区五番町7）

オーガナイザー：有本建男（JST-CRDS 副センター長）

岩野和生（JST-CRDS 上席フェロー）

プログラム（敬称略）：

10:00～10:05 開会挨拶 中村道治（JST）

10:05～10:30 ワークショップの趣旨説明 有本建男（JST-CRDS）

岩野和生（JST-CRDS）

CRDS からの問題提起

岡山純子（JST-CRDS）

10:30～11:50 「セッション1：次世代ものづくりに向けたエコシステムの再デザイン」

「デジタルによる産業の確信が注目される背景について」 西野壽一（日立製作所）

「業際イノベーションと運用系のセットで」 井上友二（トヨタ IT 開発センター）

「製品のコモディティ化と製造業のサービス化」 持丸正明（産業技術総合研究所）

「ものづくり戦略と情報セキュリティ」 新誠一（電気通信大学）

11:50～12:30 討 論

13:15～15:15 「セッション2：次世代ものづくりにむけた技術変革」

「ものづくり・デザイン・顧客」 手塚明（産業技術総合研究所）

「プロダクトからサービスへ」 原辰徳（東京大学）

「ものづくりとロボット」 小菅一弘（東北大学）

「ものづくりとIT」 南悦郎（新日鉄住金ソリューションズ）

「Trillion Sensors Universe 時代のものづくり」 桜田一洋（ソニーCSL）

「精神文明としてのものづくりへ」 脇田玲（慶応義塾大学）

15:15～15:55 討 論

15:55～16:10 休 憩

16:10～17:20 総合討論・まとめ

17:20～17:30 総合コメント・閉会 吉川弘之（JST-CRDS）

ディスカッサント（五十音順）

小笠原敦（NISTEP 科学技術動向研究センター）

斉藤剛（株式会社経営共創基盤）

瀬戸屋英雄（一般財団法人製造科学技術センター）

曾根純一（JST/CRDS ナノテク・材料ユニット）

竹田陽子（横浜国立大学大学院環境情報研究院）

田中信彦（経済産業省 産業技術環境局 研究開発課）

三宅隆悟（文部科学省 科学技術・学術政策局 研究開発基盤課）

守屋直文（内閣府 政策統括官（科学技術政策・イノベーション担当）付）

(3) 製造プラットフォーム:超スマート製造システムワークショップ

日時：2015年4月9日（木）13:00～17:45

会場：文部科学省第2講堂（東京都千代田区霞ヶ関3-2-2）

主催：文部科学省/JST-CRDS

プログラム（敬称略）：

13:00-13:05 挨拶 文部科学省 文部科学審議官 土屋定之

13:05-13:10 挨拶 JST/CRDS センター長 吉川弘之

13:10-13:15 参加者ご紹介 GRIPS 教授 兼 JST/CRDS 上席フェロー 有本建男

13:15-13:30 「次世代ものづくりについて」 JST 理事長 中村道治

13:30-13:45

【トーンセッティング】「ものづくりのパラダイムシフト」（JST/CRDS 岡山純子）

13:45-15:05 （講演 40 分、コメント・ディスカッション 40 分）

【第1部：次世代製造システム～我が国における取り組みと今後の展望】（モデレータ：高島洋典）

- ・「機械産業から見た最近の生産革新を狙う活動動向 ～IoT、Industry4.0、国内動向など～」
三菱電機 FA システム事業本部 安井公治 技師長

- ・「つながる工場のための Industrial Value Chain Initiative ～問題意識と目指す姿～」
法政大学デザイン工学部 西岡靖之教授

- ・「システムづくりの成功事例：ネットワークロボットにおける技術標準獲得と
ミドルウェアの重要性（仮）」 ATR 宮下敬宏室長

- ・ディスカッション：次世代ものづくりシステムの姿とは？

※ディスカッサント：IGPI 斉藤剛パートナー

15:15-16:15（講演 30 分、コメント・ディスカッション 30 分）

【第2部：ICTによる変革が起きる中、鍵となる基盤技術は何か？】（モデレータ：高島洋典）

- ・物理的に繋がる上での技術課題：「ネットワーク化の実現に向けて克服すべき課題」
東京大学 石川正俊教授（10分）

- ・データベース連携に係る技術課題：「ディープラーニングの進展と人工知能でつながる
データベースの可能性」 東京大学 松尾豊准教授（10分）

- ・研究開発からものづくりに至るまでデジタル化できる可能性はあるのか？：

「デジタルものづくりシステムの現状と電池・材料開発との連携に係る課題」

トヨタ自動車・射場英紀部長（10分）

※ディスカッサント：内閣府 SIP 佐々木直哉PD

16:15-17:30

【第3部：基盤技術とシステムとをつなぐ政策とは何か？】（モデレータ：有本建男）

※コメンテータ：慶応義塾大学 安西祐一郎名誉教授

JST 大竹暁理事

GRIPS 角南篤教授

- 統合化・システム化に向けて改革すべきことは何か？

- 産学官が果たすべき役割・機能
- 鍵となる基盤技術とイノベーションへの展開
- ファンディングシステムの改革
- 人材の確保・養成

- 我が国に求められるものづくり COE/NOE の姿とは？

17:30-17:40 全体総括 JST/CRDS 有本建男上席フェロー

17:40-17:45 閉会 文部科学省 科学技術・学術政策局 岸本次長

【参加者】

- アカデミア

- 東北大学 青木孝文 教授
- 東京大学 青山和浩 教授
- 慶應義塾大学 安西祐一郎 名誉教授 (JSPS 理事長、慶應義塾 学事顧問)
- 奈良先端科学技術大学 飯田元 教授
- 東京大学 石川正俊 教授
- GRIPS 角南篤 教授
- 法政大学 西岡靖之 教授
- 東京大学 松尾豊 准教授
- 慶應義塾大学 田中浩也 准教授
- 慶應義塾大学 松川昌平 准教授
- ATR 宮下敬宏 室長

- 産業界

- トヨタ自動車 射場英紀 部長
- ファナック ロボット研究所 加藤哲朗 副所長
- 経営共創基盤 斉藤剛 パートナー
- 日立製作所 内閣府 SIP・佐々木直哉 PD
- デンソー 小島史夫 テクニカルエキスパート
- 三菱電機 FA システム事業本部 安井公治 技師長
- 東芝 コーポレートコミュニケーション部 産業政策渉外室 山口慶剛 室長

- 政府・関係機関

- 文部科学省 土屋定之 文部科学審議官
- 文部科学省 科学技術・学術政策局 川上伸昭 局長、他
- 内閣府 総合科学技術会議 (CSTI) 守屋直文 参事官、他
- 科学技術振興機構 (JST) 中村道治 理事長
- 科学技術振興機構 (JST) 吉川弘之 センター長、他

(4) サービスプラットフォーム:自動走行におけるケーススタディ

日時：2015年9月25日（金）10:00～17:30

会場：科学技術振興機構 東京本部別館2階A-1会議室（東京都千代田区五番町7）

主催：JST/CRDS

プログラム（敬称略）：

9:00 開会挨拶/参加者紹介（内閣府自動走行SIP 渡邊浩之 PD/CRDS 有本建男）

9:05 トーンセッティング：ものづくりのパラダイムシフトと自動走行システム
（CRDS 岡山純子フェロー）

9:15 講演：SIP・自動走行システム～SIP-adus 進捗報告～
（内閣府SIP自動走行・葛巻清吾サブPD）

9:30 超スマート社会におけるサービスプラットフォーム・REALITY2.0の世界・
（CRDS 岩野和生上席フェロー）

【セッション1：自動走行を支える技術】

9:40 話題提供1：新しい時代の研究プロジェクトのあるべき姿/高速画像処理と
自律走行への応用（東京大学・石川正俊教授）

9:50 話題提供2：自動運転に対する取り組み（Preferred Networks・岡野原副社長）

10:00 ディスカッション1（30-40分） ※モデレータ：CRDS 高島洋典

【セッション2：社会から見た自動走行のインパクト】

10:40 話題提供3：システムとしての技術と社会—技術史的な観点から
（大阪大学・神里達博特任准教授）

10:50 話題提供4：自動走行と社会システムデザイン（慶大・前隆司野教授）

11:00～ ディスカッション2 ※モデレータ：SIP自動走行 葛巻清吾サブPD

11:55 閉会挨拶（JST 中村道治理事長）

【参加者】

（大学・大学発ベンチャー）

- ・石川正俊 東京大学情報理工学系研究科教授
- ・岡野原大輔 株式会社 Preferred Networks 代表取締役副社長
- ・神里達博 大阪大学コミュニケーションデザインセンター 特任准教授
- ・中山浩太郎 東京大学工学系研究科 松尾研究室 特任講師
- ・前野隆司 慶應義塾大学システムデザイン・マネジメント研究科教授

（SIP・自動走行関係者）

- ・渡邊浩之 SIP・PD
- ・葛巻清吾 SIP・サブPD
- ・天野肇 SIP国際連携WG主査（東京大学生産技術研究所客員教授、ITSジャパン専務理事）
- ・内村孝彦 SIP国際連携WG副主査（ITSジャパン理事）

- ・福島正夫 SIP 推進委員会 構成員
- ・鶴浦清純 SIP システム実用化 WG 構成員
- ・遠藤徳和 SIP HMI サブ WG 構成員
- ・廣田誠 SIP PD サポート

(関連省庁)

- ・内閣官房 情報通信技術総合戦略室 内藤博道 参事官補佐
- ・内閣府 政策統括官（科技イノベーション担当）付 森下信 企画官
吉川元淳 上席調査員
- ・警察庁 長官官房 加藤信宏 参事官
飯田大介 係長
- ・総務省 総合通信基盤局 新世代移動通信システム推進室 中村裕治 室長
佐竹紘彰 係長
北城崇史
- ・国土交通省 道路局 道路交通管理課 ITS 推進室 河南正幸 室長
- ・文部科学省 研究振興局 情報担当 榎本剛 参事官
- ・文部科学省 科学技術・学術政策局 産業連携・地域支援課 江頭基 課長補佐
- ・JST 中村道治 理事長、他関係者

3. プラットフォームの要件定義に係る検討例～自動走行におけるケーススタディより

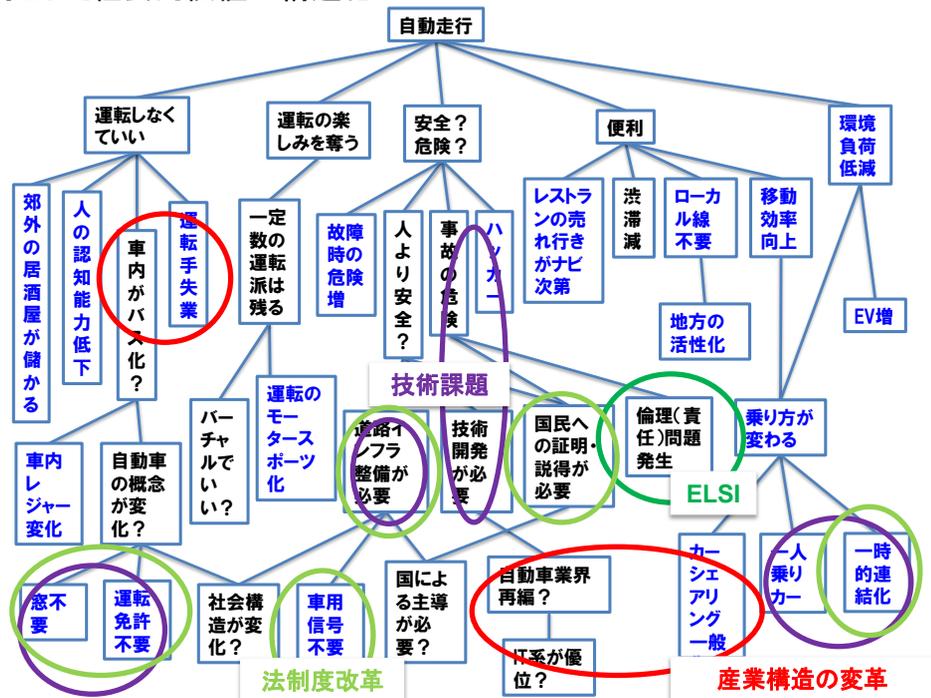
本文第3章「3-1プラットフォームの要件定義に係る研究」の具体的な検討例として、自動走行ワークショップで提案された「自動走行を例とした社会的価値の構造化」および「階層的並列分散システム」について詳しく紹介する。

(a) 社会に受容されるプラットフォーム／システムの要件定義

新しいシステムを社会に投入することにより、良い意味でも、悪い意味でも、様々なステークホルダに影響する可能性がある。これらの全体像を描き切ることには不可能に近いが、自動車コミュニティ外の人々との対話を通じて、より社会の期待に近く、より受容されやすいシステムを追求していくことが必要となる。

自動走行システムを対象に試みられた、価値の構造化の一手法について下図に例示する。ここでは、試行的に約2000人の知人（自動走行については原則素人の方）に対して、自動走行の価値、社会に与える影響についてFACEBOOK上で意見募集を行い、その結果をロジックツリーにまとめたものである。

自動走行を例とした社会的価値の構造化



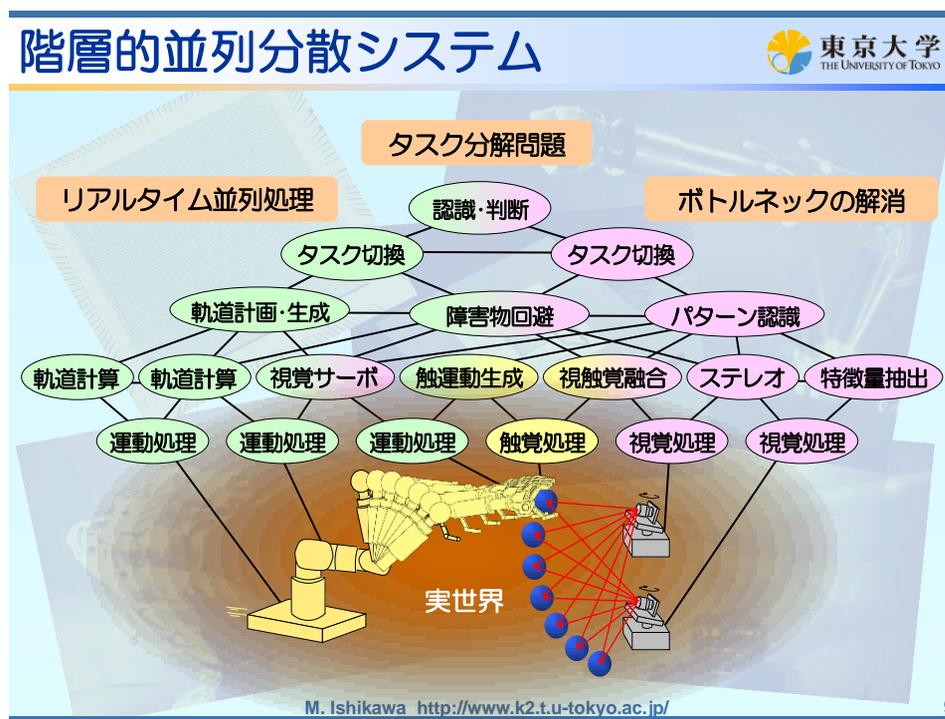
※課題抽出（技術課題、法制度改革、ELSI、産業構造の改革）については、JST/CRDS 加筆。
 出典：次世代ものづくりのケーススタディ「自動走行システム」ワークショップ（2015年9月25日開催）における慶應義塾大学・前野隆司教授講演資料

付録

(b) システムを構成する技術の構造化

自動走行システムにおいては、人間が行ってきた「認識・判断・動作」をシステムが代行することとなる。「認識」ひとつを取っても、道路、障害物等の固定化された主体と、人間、動物、対向車等の移動する主体、地震・災害等の非常事態の認識といった様々な外部環境や、ドライバーの状況等の車内の環境など、多岐に亘る。「判断」となると更に複雑であり、多数の人間が前後左右から同時に飛び出し、誰かを犠牲にしなければならない、といった究極の場面をも想定し得る。このような複雑な認識・判断と同時に、ほぼリアルタイムで動作に移行できなければ、急な環境変化に耐えられず事故が起きることとなる。このように、極めて複雑な機能を仮説として検討・定義を行う研究が必要となる。前節(a)で述べた様なプラットフォーム/システムの要件定義を含めて、機能仮説の精度を上げていくことが必要となる。

また、上述の機能仮説について、その構成要素に分解することが必要となる。単純な系を想定したのが、下図である。「認識・判断」として、人間の視覚に相当するタスクにおいては、パターン認識、障害物回避等、動作に係る判断を行うことが必要となる。また、これらの処理結果を動作に移行するには、自動車が走行する軌道計画を生成し、これに基づき走行（運動）することとなる。このようなタスクをシームレスに、リアルタイムで続けることができれば、完全自動走行は実現化できない。より大きくくりに捉えると、どのように「タスクを分解」し、「リアルタイムで並列処理」を行うか、そして「タスク全体の中にあるボトルネックの解消」が必要となる。



出典：次世代ものづくりのケーススタディ「自動走行システム」ワークショップ（2015年9月25日開催）における東京大学・石川正俊教授講演資料

付録3: 超スマート化による経済効果

本文に示したように、超スマート社会による製造分野に対する経済効果としては、下記の予測がある。

- ・ IoTによる波及効果（グローバル）：0.9～2.3兆ドル/年（マッキンゼー）
- ・ Industrie4.0による波及効果（ドイツ）：年1.7%成長（フラウンホーファー）

以下では、これらの詳細内容について、説明する。

1. IoTによる波及効果³⁰

マッキンゼーは、経済的に大きな影響を与える可能性のある、以下に示す12の破壊的技術を取り上げ、10年後の2025年の潜在的経済インパクトを予測している。

- | | |
|-------------------|---------------|
| ・ モバイルインターネット | 3.7～10.8兆ドル/年 |
| ・ 知識労働の自動化 | 5.2～6.7兆ドル/年 |
| ・ モノのインターネット | 2.7～6.2兆ドル/年 |
| ・ クラウド技術 | 1.2～6.2兆ドル/年 |
| ・ 先進ロボティクス | 1.7～4.5兆ドル/年 |
| ・ 自動運転車 | 0.2～1.9兆ドル/年 |
| ・ 次世代ゲノミクス | 0.7～1.6兆ドル/年 |
| ・ エネルギー蓄積 | 0.1～0.6兆ドル/年 |
| ・ 3Dプリンティング | 0.2～0.6兆ドル/年 |
| ・ アドバンスマテリアル | 0.2～0.5兆ドル/年 |
| ・ 先進的な石油・ガスの探索・採収 | 0.1～0.5兆ドル/年 |
| ・ 再生可能エネルギー | 0.2～0.3兆ドル/年 |

これらの内、特に製造分野に対するインパクトの大きい技術として、「モノのインターネット（IoT）」が取り上げられている。IoT全体としては、全世界で2.7～6.2兆ドル/年の成長を予想している。この中で、製造関連を、0.9～2.3兆ドル/年と見込んでいる。この導出は、下記手法による。

- ・ 2025年を想定した経済・社会コスト：現在の製造関連の経済・社会コストが25兆ドルであることから、2025年のコストを47兆ドルと見積もる。
- ・ 達成率：IoTの費用対効果の改善を考慮し、全製造業で80-100%の達成率を想定。
- ・ 経済効果：製造業における保守や入力効率化を含めての削減費用として、2.5～5.0%と見積もる。

上記により、IoTによる削減費用として、0.9～2.3兆ドル/年を算出した。

³⁰ Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy (McKinsey & Company, 2013.5)

2. Industrie4.0 による波及効果

Industrie4.0 では、ドイツの経済付加価値が年 1.7%伸びると予測している。この予測値は以下の考え方により導出されたものである。(下図参照)

- 自動車製造：リアルタイムデータ処理により生産性が向上し、HMI(Human Interface)による柔軟な自動生産が可能。これにより、740 億ユーロ(2013 年)→888 億ユーロ(2025 年)に増加。
- 機械：ネットワーク化の進展と HMI の改善による労働生産性向上。これにより、768 億ユーロ(2013 年)→998 億ユーロ(2025 年)に増加。
- 電機・化学：リアルタイムデータ処理の進展と生産プロセスのモニタリング。これにより、804 億ユーロ(2013 年)→1,045 億ユーロ(2025 年)に増加。
- ICT：新製品・新サービスの出現とリアルタイムデータ処理による生産計画・と管理の進展。これにより、937 億ユーロ(2013 年)→1,077 億ユーロ(2025 年)に増加。

ここに、農業を加え、全体として、3,433 億ユーロ(2013 年)→4,221 億ユーロ(2025 年)に増加すると想定している。結果として、年成長率が 1.7%と算出される。

出典: Fraunhofer IAO/BITKOM



付録4:戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 革新的設計・生産技術の研究開発項目

戦略的イノベーションプログラムは、日本再興戦略、科学技術イノベーション総合戦略（平成 25 年 6 月、閣議決定）に基づき創設され、総合科学技術・イノベーション会議が司令塔機能を発揮し、府省の枠を超え、基礎研究から実用化・事業化までも見据えた研究開発を推進するもので、総合科学技術・イノベーション会議がプログラムディレクター（PD）を決め取組まれている。プログラムの内、地域の企業や個人のアイデアやノウハウを活かし、時間的・地理的制約を打破するような新たなものづくりを確立し地域の競争力を強化することを目的として、佐々木直哉 PD のもと革新的設計・生産技術の開発が行なわれている³¹。現在、以下に示す通り 11 のプログラムが実施されている。

付表 4-1 SIP 課題一覧³²

課題	管理法人
革新的燃焼技術	JST
次世代パワーエレクトロニクス	NEDO
革新的構造材料	JST
エネルギーキャリア	JST
次世代海洋資源調査技術	JAMSTEC「海のジパング計画」
自動走行システム	内閣府, 警察庁, 総務省, 経産省, 国交省
インフラ維持管理・更新・マネジメント技術	JST, NEDO
レジリエントな防災・減災機能の強化	JST
次世代農林水産業創造技術	農研機構(生研センター)
革新的設計生産技術	NEDO
重要インフラ等におけるサイバーセキュリティの確保	NEDO

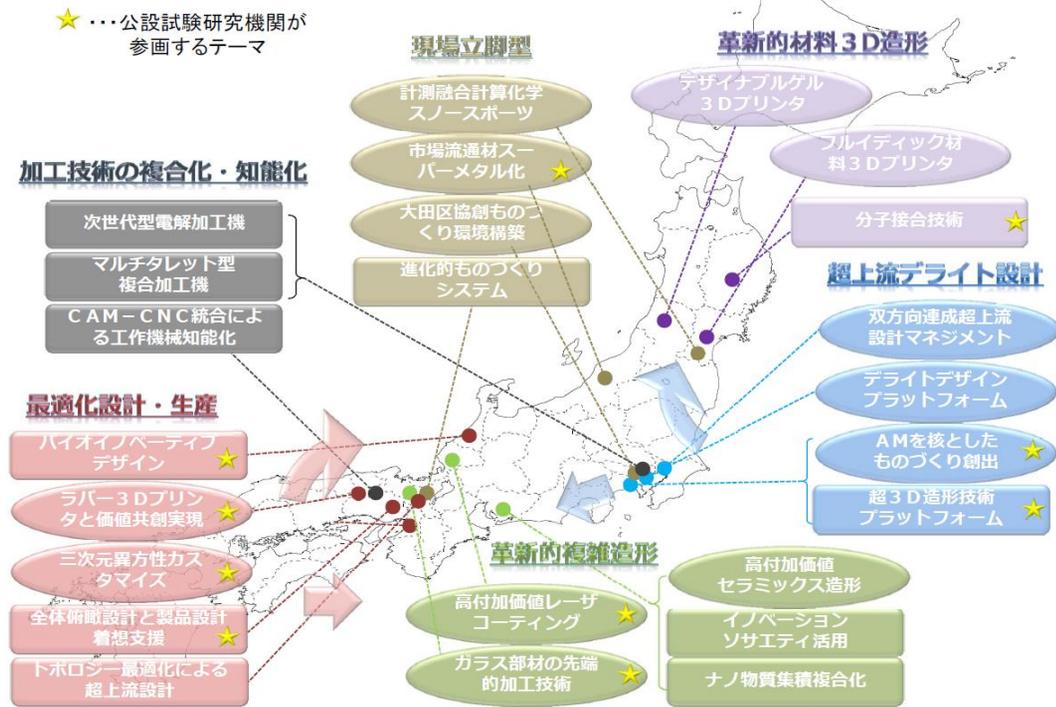
革新的設計・生産技術では 24 の研究テーマを 6 つの研究クラスターに分け研究を推進すると共に、研究クラスター内の連携はもとより、研究クラスター間の連携ワークショップ、情報共有とデライト設計試作評価のワークショップ、シンポジウムによるテーマ間相互連携、公開シンポジウムを開催している。また、各研究において、地域との連携や新たなクラスターの創出など積極的に進められている（付図 4-1）。

6 つの研究クラスターは、需要家のニーズ、製品の使われ方をセンシング、データ分析し、価値概念を設計、試作・製造、製品サービスに反映し、さらには革新的生産・製造技術を開発することを目的として連携体制が構築されており、将来的には次世代ものづくりプラットフォームとして統合、進化することが期待できる（付図 4-2）。

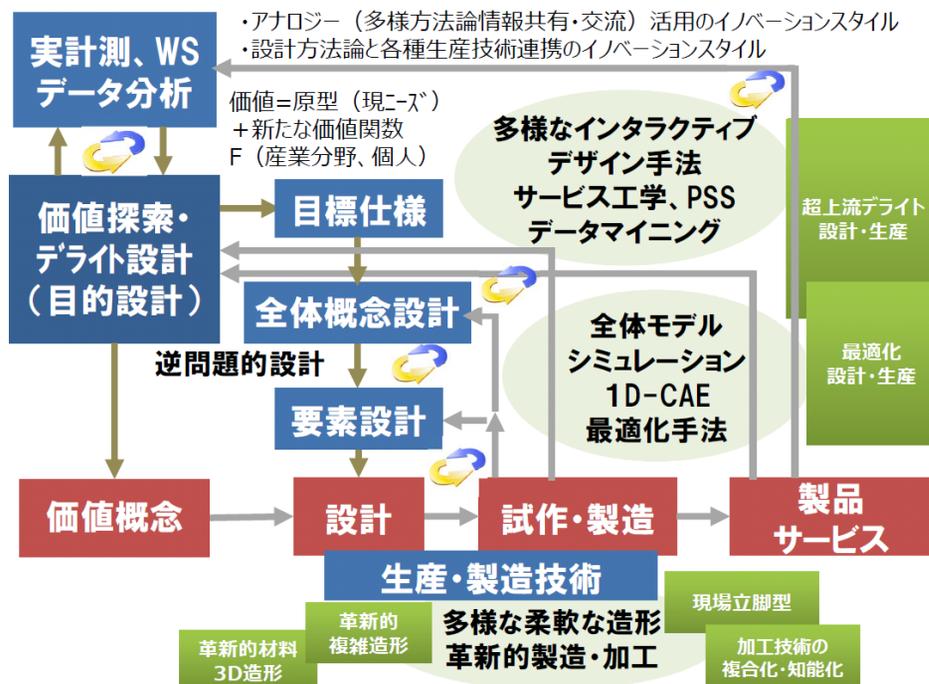
³¹ SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）の概要、内閣府 第1回推進委員会資料、2014年6月3日

³² 内閣府 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) ホームページ、<http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/index.html>

研究クラスターの地域俯瞰



付図 4-1 研究クラスターの領域俯瞰³³



付図 4-2 新しいモノづくりスタイルを生み出す連携体制 (6 クラスタ)³³

³³ SIP (戦略的イノベーション創造プログラム) の概要、内閣府 第2回推進委員会資料、2014年10月27日

付録5：諸外国における製造業強化策³⁴

諸外国で策定された次世代製造に係る戦略・施策の概略を付表 5-1 にとりまとめる。

付表 5-1：諸外国の次世代製造業に係る戦略・プログラム等

	ビジョン・戦略	主な推進プログラム・拠点等	予算
米国 (拠点型)	先進製造パートナーシップ(AMP) ・オバマ大統領のイニシアチブで実施 ・技術ブレークスルーのためのプラットフォーム提供、先進製造技術ロードマップ作成、中小企業が使用可能な施設整備等を実施 ・重点4領域：安全保障、先端材料、次世代ロボティクス、製造プロセス・エネルギーの効率使用	米国製造イノベーションネットワーク(NNMI) ・AMPの中核をなすプログラム ・45の製造イノベーション研究所(IMI)設置(2012～) ・America Makes(金属付加製造技術)で試行 ・パワエレ、軽量・新金属、デジタル製造・設計、先進複合材料の拠点を採択済	1拠点：50-70百万USD/5年
ドイツ (原則、プロジェクト型)	ハイクテック戦略(Industrie 4.0) ・ハイクテック戦略(2011-2014)の1重点領域の位置づけ ・CPSでネットワーク化された考える工場 ・国内製造基盤強化と製造システム輸出双方を見据えたデュアル戦略	Industrie 4.0(2011-) ・次世代製造業研究 ・Autonomik für Industrie4.0 ・Smartfactory KL(研究拠点：ドイツ人工知能研究所が主体)	総額：2億ユーロ/3年 加えて、下記プログラムを実施。 ・先端クラスター(2億ユーロ/件) ・Autonomik for Industry4.0 (5,000万-3億ユーロ/1件)
イギリス (拠点型)	未来の製造業 Foresightの一環として以下を提唱。 ①作って売ってだけではない「ものづくり」 ②顧客ニーズへの敏感な対応 ③新たな市場機会の顕在化 ④持続可能な発展 ⑤質の高い労働力ニーズ増大	カタパルト(高価値製造)(2011-) ・カタパルト・プログラムの1つとして、高価値製造を実施。BIS傘下のInnovate UK (IBTSB)が管理・運営。 ・先進成型、先進製造、プロセスイノベーション、複合材料等の7つの既存の研究センターを高価値製造業分野のカタパルト・センターとして1つに統合	総額：1.4億ポンド/6年 (ただし、Innovate UKにおける高価値製造全体に対する2014年度予算は7,200万ポンド)
EU (プロジェクト型)	Manufactureの戦略的研究アジェンダ ・高付加価値の新しい製品・サービスや新しいビジネスモデルの創出 ・新しい製造工学・科学の創出 ・研究・教育インフラの整備 等	Horizon2020(2014-20) ：Factories of Future(以下6領域) ①先進的な製造プロセス ②応用性のありスマートな製造システム ③ヴァーチャル化され、資源高効率な工場 ④連携可能で移動可能性の高い企業活動 ⑤人間中心の製造 ⑥消費者の意に沿った製造	総額：11億5千万ユーロ/7年 ・民間が実施する場合は、プロジェクト総額の7割を支給。
中国	中国製造 2025 ・中国政府が現在策定中の次世代製造産業戦略 ・工業化と情報化の高度な融合が鍵。ネットワーク化、デジタル化、知能化技術の開発・利用、インターネットとの融合を重視	・ハイクテック産業振興プログラム(863計画)や、国家自然科学基金等の既存のファンディングスキームの中での支援 ・中国科学院における研究開発拠点の設置 等	

米国では、製造機能が国内になくなると、雇用が確保できないばかりでなく、米国が得意とし特化してきた R&D、デザイン、サービスも徐々に新興国に移行してしまうとの危機意識が高まる中、オバマ大統領のイニシアチブにより先進製造を強化する一連の政策が展開されている。特に重要な施策として、全米製造イノベーション・ネットワーク(NNMI：National Network for Manufacturing Innovation)プログラムがある。本プログラムは、先進製造分野において全国的なパートナーシップのもと、金属付加製造(3Dプリンタ)、パワーエレクトロニクス、軽量金属材料、デジタル設計・製造等の先進製造技術を対象に産学のコンソーシアム組織、製造革新機構(IMI：Institutes of Manufacturing Innovation)の設置を行い、技術の普及・拡散に努めている。2014年10月にはPCASTよりNNMIの取り組みを補完する製造センターオブエクセレンスの設置が提案されるなど、先進製造イノベーション加速に向けた取り組みを強化している。

³⁴ JST/CRDS「主要国における次世代製造技術の研究開発に係る政策動向」(2015年3月)より引用

ドイツでは、ハイテク戦略の一環として、Cyber Physical System (CPS) でネットワーク化された「考える工場」の実現を目指すプログラム「インダストリー4.0」を実施している。このプログラムは、機械、自動車、化学製品等の輸出競争力のある製品の製造能力を高めて輸出力を強化することと、工作機械の輸出大国として製造システムを統合化したスマートファクトリーそのものを輸出する二段階の戦略（デュアル戦略）に基づき実施されている。このための基盤技術として、米・日に次いで第3位の規模の生産額を誇る組み込みシステムを活用したCPSを主軸に、スマートファクトリー、ITセキュリティ、クラウド・コンピューティング、通信基盤等の革新的な生産技術、プロセスの研究開発を強化している。

イギリスでは、Innovate UK（2014年夏以降の通称。以前の名称は技術戦略審議会（TSB：Technology Strategy Board））が特定の技術分野において世界レベルの技術・イノベーション拠点とするための産学連携の場としてカタパルト・センターの設置を進めている。その最初の取り組みとして2011年10月に高価値製造業（High Value Manufacturing）のカタパルト・センターが設立された。ここでは、既存の7つの製造関連の研究・技術センターを統合し、個々の企業や大学だけでは投資できない最新の研究設備を整備すること等により、多様な製造業（医薬品・バイオテクノロジー、食物・飲料、ヘルスケア、航空機、自動車、エネルギー、化学、電子等）を幅広く支援し、研究成果の迅速な商業化を目指している。

EUでは、2004年にManufutureという製造分野の戦略策定を目的とした産学官連携型の組織が立ち上げられ、2006年に戦略提言を出している。その内容は、新興国との競争、技術ライフサイクルの短期化、環境問題などを前提に、高付加価値の新しい製品・サービスや新しいビジネスモデルの創出、新しい製造工学・科学の創出、世界レベルの製造業創出のための研究・教育インフラの転換、といった課題について産業分野横断的に取り組むべきというものである。このManufutureで策定された戦略提言を受け、2008年、「欧州『未来の工場』研究協会（EFFRA：European Factories of Future Research Association）」が設立された。EFFRAは、Manufutureの戦略に基づき研究開発ロードマップを策定し、それに従いEU枠組みプログラムであるHorizon2020のファンディングも実施している。

中国では、次世代製造業に向けたビジョンとして中国製造2025を2015年に策定した。ここではスマートファクトリーへの取組みを掲げるなど、インダストリー4.0との連携を意識している様子が伺える。もともと中国では、2006年からの国の中長期の科学技術の発展を見据えた、国家中長期科学技術計画綱要（2006-2020）の中で先端技術の一つとして、先進製造技術が指定されるとともに、科学技術と産業との隘路解消のため、大型航空機をはじめとする16の重大特定プロジェクトに着手していた。また、2011年開始の第12次五ヵ年計画では、これを一歩進め、省エネ・環境産業、ハイエンド設備製造業等の戦略的新興産業を推進する方針を打ち出していた経緯があり、これらの活動を次のステージに進めるための今後の取組が注目される場所である。

■戦略プロポーザル作成メンバー■

有本 建男	上席フェロー	(総括責任者／科学技術イノベーション政策ユニット)
岡山 純子	フェロー	(リーダー／海外動向ユニット)
高島 洋典	フェロー	(システム・情報科学技術ユニット)
富川 弓子	フェロー	(システム・情報科学技術ユニット)
馬場 寿夫	フェロー	(ナノテクノロジー・材料ユニット)
宮下 哲	フェロー	(ナノテクノロジー・材料ユニット)
緒方 寛	フェロー	(環境・エネルギーユニット)
島津 博基	フェロー	(環境・エネルギーユニット)
日紫喜 豊	フェロー	(科学技術イノベーション政策ユニット)
中山 智弘	室長	(経営企画部 イノベーション企画推進室)
宮田 裕行	研究監補佐 (ICT)	(経営企画部 イノベーション企画推進室)
古川 雅士	研究監 (ナノ材料)	(経営企画部 イノベーション企画推進室)
浅野 佳那	研究監補佐 (ナノ材料)	(経営企画部 イノベーション企画推進室)

※お問い合わせは、システム・情報科学技術ユニットまでお願い致します。

CRDS-FY2015-SP-01

戦略プロポーザル

次世代ものづくり

～高付加価値を生む新しい製造業のプラットフォーム創出に向けて～

Next Generation Manufacturing:

Towards Creation of New Platform for High Value-Added Manufacturing

平成 28 年 1 月 January 2016

国立研究開発法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター
次世代ものづくり基盤技術に関する横断グループ
Center for Research and Development Strategy
Japan Science and Technology Agency

〒102-0076 東京都千代田区五番町 7 番地

電 話 03-5214-7481

ファックス 03-5214-7385

<http://www.jst.go.jp/crds/>

©2016 JST/CRDS

許可無く複写 / 複製することを禁じます。

引用を行う際は、必ず出典を記述願います。

No part of this publication may be reproduced, copied, transmitted or translated without written permission.

Application should be sent to crds@jst.go.jp. Any quotations must be appropriately acknowledged.

ATTAATC A AAGA CCTAACT CTCAGACC

CT CTCGCC AATTAATA

TAA TAATC

TTGCAATTGGA CCCC

AATTCC AAAA GGCCTTAA CCTAC

ATAAGA CTCTAACT CTCGCC

AA TAATC

AAT A TCTATAAGA CTCTAACT CTAAT A TCTAT

CTCGCC AATTAATA

ATTAATC A AAGA CCTAACT CTCAGACC

AAT A TCTATAAGA CTCTAACT

CTCGCC AATTAATA

TAAATC A AAGA CCTAACT CTCAGACC

AAT A TCTATAAGA CTCTAACT

ATTAATC A AAGA CCT

GA CCTAACT CTCAGACC

0011 1110 000

00 11 001010 1

0011 1110 000

0100 11100 11100 101010000111

001100 110010

0001 0011 11110 000101

ISBN978-4-88890-480-3

