

CRDS-FY2015-SP-02

戦略プロポーザル

IoTが開く超スマート社会のデザイン — REALITY 2.0 —

STRATEGIC PROPOSAL

Beyond “Smart society” designed by IoT
— REALITY 2.0 —



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

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、立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。

さらに詳細は、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

情報科学技術の進展は目覚ましく、その高度化と社会への普及はいつそう進んでいる。データ処理技術や通信技術の進展とともに、ネットワークに接続される機器は増大し、その数は 2020 年には 500 億端末に上り、2025 年にはインターネットに接続する人口は 55 億人に達するとの予測がされている。こうした変化は、産業構造の変化を引き起こし、あるいは個人の生活や社会のあり方にも影響を与え始めている。

これまで、現実世界（実体社会）は、あくまで物理世界であり、サイバー世界は物理世界に情報をもたらすコンピューター群であった。ところが、近年の IoT（Internet of Things）や CPS（Cyber Physical Systems）、ビッグデータ等をはじめとした情報科学技術の進展・普及に伴い、個人やビジネス、社会活動において、サイバー世界が物理世界と一体となって切り離せないものになりつつある。この動きが進展していくことで、近い将来、物理世界とサイバー世界が一体化した世界ができるであろう。CRDS ではこの世界を『REALITY 2.0』と呼んでいる¹⁾。

本プロポーザルでは、REALITY 2.0 におけるサービスプラットフォームの構築とそれを基礎とした先進的サービスの構築に向けて必要となる技術に焦点を絞り、取り組むべき研究開発を提案する。

REALITY 2.0 の世界では、価値の所在が、モノから、モノを通じたサービスへと移行する。ICT によるサービスでは米国発の企業が世界を席巻している状態にある。しかし、REALITY 2.0 におけるサービスではモノやデバイスが不可欠であり、この分野では我が国は、依然、国際的に優位性を持っており、それを活かすためにも、早急に REALITY 2.0 に向けた取り組みを開始しなくてはならない。

ただし、従来のように、サービスの構築にあたって各事業者が独自に取り組むと、社会的コストの二重投資や、利用者の変化する多様な要求への対応が困難となるといった問題が生じてしまう。

これを解決するため、サービスに必要となるコンポーネントを共通的に利用可能とするサービスプラットフォームの構築を進めなくてはならない。これにより、必要となる機能を動的に組み合わせたサービスの構築ができるようになり、状況に応じて変化する多様な要求に対応することが可能となる。また、機能が共通的に利用可能となるため、事業者の投資が抑制され、社会的コストの削減も実現する。

これに向けた研究開発課題として、本プロポーザルでは大別して以下の 2 点を提案する。

- I. サービスプラットフォームの共通基盤技術
- II. 各応用分野のサービスの先進化に向けた共通基盤技術

I. サービスプラットフォームの共通基盤技術とは、REALITY 2.0 におけるサービスプラットフォームの構築から実体定義レンズを介してサービスシステムを構築するまでの、技術である。具体的な技術課題としては、社会に分散して存在する機能（モノ、ヒト、コンピューター資源等）をサービスプラットフォームに取り込むため、機能単位でコンポーネント化するための技術や、サービスプラットフォームから必要な機能呼び出すための実体定義レンズの生成に必要な要求獲得と要件化技術、呼び出された機能でサービス

システムを構築するためのコンポーネント統合化技術、さらに、サービスシステムを運用するための技術の研究が必要となる。

Ⅱ. 各応用分野のサービスの先進化に向けた技術では、サービスプラットフォーム共通基盤から、構築されるサービスの先進化に必要となる技術を対象とする。本提案においては、技術の適応領域として、①人流・物流、②ヘルスケア・介護、③防災・減災の3つのドメインについてケーススタディを行い、その結果、以下の研究開発項目が抽出された。

- (1) 社会資源の情報を集約利活用するための技術
- (2) 異種混合データ融合・統合技術
- (3) ヒトやモノの間で情報をリアルタイムかつ大規模にやりとりする IoT 技術
- (4) エッジコンピューティング技術

研究開発の推進に当たっては、産業界のニーズと学からのシーズをマッチングさせ研究開発目標を設定する必要がある。REALITY 2.0 におけるサービスを社会へ適用するためには、個別要素技術の研究開発に留まらず、システム統合をしなくてはならない。また、それらの成果を実証実験等を通じて評価し、その結果をさらに個別要素技術の研究開発にフィードバックする必要がある。そのためには、特定ドメインを設定し、それに向けて、産業界のニーズと学のシーズをマッチングさせた研究開発目標を設定し、研究と実証を同時に進めるべきである。

研究開発目標の達成に向けて、先進的サービスを実証的に検証するためには、サービス提供者を含めた研究開発体制を構築する必要がある。このためには対象ドメインの専門家と、要素技術の研究者およびシステムを構築するための研究者が必須メンバーとなる。また、サービスプラットフォームの運用にあたっては、「運用する技術」の研究も同時に行う必要がある。

また、要素技術やサービスプラットフォームは、サービスを通じて得られたデータをもとに実証的に研究開発が行わなければならない。そのため、企業や公的機関のドメイン研究者とも連携し、研究とサービス開発を並行して進めることが望ましい。なお、サービスプラットフォーム開発では個別要素技術とサービスとのインターフェースや実体定義レンズを国際的な標準化を考慮しながら開発する必要がある。

サービスの実証的検証の観点では、人文・社会の科学者がメンバーとして加わることも必須となる。さらに、個人情報保護に抵触する可能性のあるデータを扱う場合、法律の専門家と共同してデータ共有・流通のための制度設計やシステム設計を行うことを考慮しなくてはならない。

研究開発からサービス事業化までは、要素技術、サービスプラットフォーム構築、サービス構築を並行して進め、基礎研究、実用化研究、実証実験等の各フェーズ間にかかる時間を極力短くし、問題点を抽出しフィードバックをかけるスパイラル型で行うべきである。

具体的研究開発の進め方としては、CREST 等の戦略的な基礎研究において、特定のドメインを設定し、サービス事業化を見据えた研究開発を実施する。研究当初は基礎研究から実証実験まで小規模で進め、そこで得られた課題を基礎研究にフィードバックし、また、実際の社会への適用やサービス事業化への課題を明らかにしつつ、徐々に実証の規模、社会適用度を拡大していく。このときに、COI プログラムとの連携や、事業化に向けてベンチャーキャピタルの参画も検討すべきである。

実証実験の段階で事業化の目途が立った場合は、産業化や企業化等のプログラム (A-STEP や START 等) に適宜橋渡しすることで、得られた成果の速やかな社会実装、サービス事業化へと進めて行くことが重要である。

サービス事業化においては、あらかじめ社会的課題を抽出し解決策を決めておくことが望ましい。したがって、実証実験と社会的課題抽出では特区利用、地域住民参加や NPO からの協力を仰いで共同開発することを考慮すべきである。

さらに、REALITY2.0 が社会全体へと普及・拡大していった世界に備えて、我が国が研究の第一線に立ち続けるための革新的萌芽研究を進めるとともに、こうした研究を通じて次世代の人材を育成していく必要がある。

情報科学技術の進展、社会への普及・拡大が進み、物理世界とサイバー世界の融合一体化は着実に進みつつある。その結果として、必然的に、REALITY 2.0 という世界が訪れるものと考えられる。そのため、世界に先駆けて REALITY 2.0 に向けた研究開発に着手していくことが重要である。

【参考文献】

- 1) 情報科学技術がもたらす社会変革への展望 — REALITY2.0 — の世界のもたらす革新
<http://www.jst.go.jp/crds/pdf/2015/XR/CRDS-FY2015-XR-05.pdf>

Executive Summary

Information science and technology development has been remarkable, and its sophistication and diffusion in society is advancing even further. Together with the development of data processing technology and communications technology there are an increasing number of machines connecting to networks, and by 2020 that number will rise above 50B. In 2025, 5.5B people are expected to be connected to the internet. These types of changes will either change industrial structures, or begin affecting personal lives and our society.

Until now, the real world (substantial society) has simply been a physical world, and the cyber world has been a group of computers bringing information to that physical world. However, together with the recent development and diffusion of Information science and technology such as Internet of Things (IoT), Cyber Physical Systems (CPS), and big data, the cyber world and physical world have come together in both personal and business social activities, and this unification is becoming more and more inseparable. The progression of this trend can, in the near future, realize a world where the cyber world and physical world have become one. Here at the Center for Research and Development Strategy (CRDS), we call this world “REALITY 2.0” .

This proposal focuses on technologies needed to construct service platforms in REALITY 2.0 and the advanced services that form the infrastructure for those platforms, and proposes research and development that should be worked on.

In the world of REALITY 2.0, the location of value is changing from “things” to “services through things” . When it comes to services provided by information and communications technology (ICT), American companies are dominating the world. However, when it comes to services provided in REALITY 2.0, “things” and “devices” are essential and Japan, which still possess international superiority in this field, must quickly begin implementing initiatives towards REALITY 2.0 in order to also leverage this advantage.

However, if each business operator individually conducts initiatives towards creating services, like how they have done up until now, problems will occur such as an increased difficulty responding to the various changing demands of users and the overlapping investments of social costs.

In order to solve this problem, the construction of a service platform which enables the joint use of necessary system components needs to be promoted. By doing so, it will become possible to not only construct services that dynamically combine needed functions, but also to provide support for various demands that change according to different situations. In addition, since functions can be used in a joint manner, business operator investments will be controlled and the reduction of social costs will also be achieved.

This proposal generally categorizes research and development issues towards this initiative and proposes the following 2 points:

- The service platform' s common base technology
- Technology for advancing the services of each application field

I . The service platform' s common base technology performs tasks ranging from creating service platforms in REALITY 2.0 to introducing entity defining lenses and creating service systems. As a specific technological issue, in order to import functions that are scattered and exist in society (things, people, computer resources, etc.) into the service platform, technological research is needed in order to: promote components in units of function, promote demands and demand acquisition needed to generate entity defining lenses for calling functions needed by service platforms, promote component integration for creating service systems using called functions, and also to operate service systems.

II . Technology for advancing the services of each application field targets technologies needed to advance services created from the service platform' s common base technology. This proposal conducted case studies on the 3 domains of (1) transportation and logistics services (2) healthcare & nursing, and (3) disaster prevention & disaster mitigation as adaptive regions of technology, and as a result has extracted the following research and development items:

- (1) Technology for gathering and utilizing social resource information
- (2) Technology that fuses & integrate dissimilar mixed data
- (3) IoT technology that communicates massive amounts of data in real-time between people and things
- (4) Edge computing technology

There is a need to match the needs of the industrial world with the seeds of academia, and to establish research and development targets in the promotion of research and development. In order to apply services in REALITY 2.0 to society, system integration needs to be conducted without stopping at the research and development of individual component technologies. In addition, there is also a need to evaluate those results through verification tests, etc., and to give those results as feedback to the research and development of individual component technologies. In order to do this, specific domains should be established, research and development targets that match industrial industry needs with academic seeds should be set, and both research and actual proof should be promoted simultaneously.

Research and development systems that include service providers will need to be constructed in order to empirically verify advanced services towards accomplishing these research and development targets. Essential members for this task are target domain specialists, component technology researchers, and researchers for creating systems. In addition, research on “operating technology” for operating the service

platform needs to be conducted simultaneously.

Moreover, empirical research and development for component technology and the service platform needs to be conducted based on data obtained from services. Due to this, it will be favorable for companies and public institution domain researchers to cooperate with one another and for research and service development to progress side by side. Furthermore, when it comes to service platform development, there will be a need to develop individual component technology, interfaces with services, and entity defining lenses while considering international standardization.

From the perspective of empirically verifying services it will be essential to add humanities and social scientists. In addition, if data that can possibly interfere with the protection of personal information is to be handled, then considerations must be made on cooperating with legal experts to design and plan systems for sharing and circulating data.

From research and development until the commercialization of services, component technology, service platform creation, and service construction should all proceed in parallel, the time invested between each phase such as basic research, practical research, verification tests, etc. should be shortened as much as possible, and extracted problematic issues should be given as feedback in spiral-type fashion.

Regarding the progression method for detailed research and development, specific domains will be established in strategic basic research programs such as CREST, and research and development will be implemented in anticipation of the commercialization of services. At first, research will progress on a small scale from basic research to verification tests, then feedback regarding issues obtained there will be given to basic research. From there, continuous efforts will be made to clarify issues towards service commercialization and towards actual social applications, and the scale of actual proof and the degree of social application will gradually be expanded. At that time, cooperation with the COI (Center of Innovation) program and the participation of venture capitalists towards commercialization should also be examined.

If the goal of commercialization is established during the verification test phase, then it will be important to quickly implement obtained results in society by appropriately mediating with industrialization, commercialization, etc. programs (A-STEP, START, etc.) and proceed to commercializing services.

When commercializing services, it will be favorable to extract social issues and decide on solutions in advance. Accordingly, consideration should be given towards conducting joint development by asking for special zones utilization, local resident participation, and cooperation from NPOs regarding verification tests and the extraction of social issues.

Moreover, in preparation for REALITY 2.0' s diffusion and expansion into the global society as a whole, there is a need to educate and raise the next generation of

personnel through this research along with promoting innovative exploratory research in order for Japan to continue standing in the leading line of research.

The development of Information science and technology and its diffusion and expansion into society continues to progress, and the fusion and integration of the physical world and the cyber world are steadily continuing. As a result, it is thought that the world of REALITY 2.0 will inevitably come true. For that reason, it is important to spearhead pioneering global initiatives for research and development towards REALITY 2.0

目 次

エグゼクティブサマリー	i
Executive Summary	iv
1. 研究開発の内容	1
2. 提案を実施する意義	5
2-1 現状認識および問題点	5
2-2 社会・経済的効果	8
2-3 科学技術上の効果	13
3. 具体的な研究開発課題	15
3-1 サービスプラットフォームの共通基盤技術の確立	16
3-2 サービスの先進化に向けた共通基盤技術の確立	21
4. 研究開発の推進方法および時間軸	26
付録1 検討の経緯	29
付録2 国内外の状況	37
付録3 専門用語解説	42

1. 研究開発の内容

これまで、現実世界（実体社会）は、あくまで物理世界であり、サイバー世界は物理世界に情報をもたらすコンピューター群であった。ところが、近年の IoT（Internet of Things）や CPS（Cyber Physical Systems）、ビッグデータ等をはじめとした情報科学技術の進展・普及に伴い、個人やビジネス、社会活動において、サイバー世界が物理世界と一体となって切り離せないものになりつつある。この動きが進展していくことで、近い将来、物理世界とサイバー世界が一体化した世界ができるであろう。CRDS ではこの世界を『REALITY 2.0』と呼んでいる（図 1.1）。

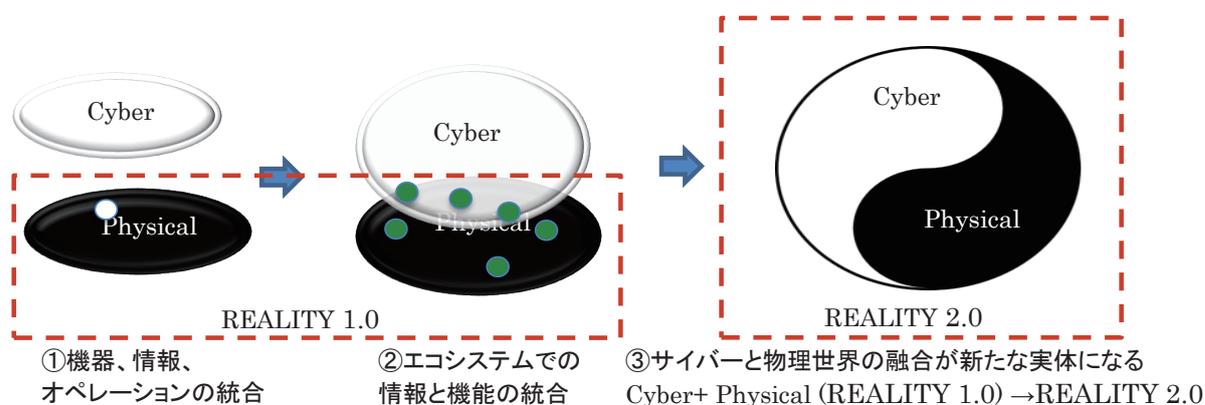


図 1.1 REALITY1.0 から REALITY2.0 の世界への移行

REALITY2.0 の世界では、サイバー世界、物理世界に存在する多様な機能（モノ、ヒト、コンピューターやそれらが提供する、製造、物流、調達、ヘルスケア、ファイナンス、コンサルティング、人事、教育等）が、ネットワークを通じて利用可能なコンポーネントとして存在する。このコンポーネントを適宜組み合わせることによって、サービスを構築することが可能となる。ここで、コンポーネントの構成を指定するものを、Software Defined（ソフトウェア定義）技術を核とした「実体定義レンズ」と呼ぶ。

実体定義レンズはソフトウェアプログラムの 1 種であり、サービスの要求者は、実体定義レンズを通じて、必要となる機能を要求する。実体定義レンズは、その要求に応じた機能を持つコンポーネントをサービスプラットフォーム上で検索・発見し、それらを組み合わせることで要求に応じたサービスを構築する。また、実体定義レンズは、適用ドメインやサービスに応じて複数作られる。さらに、これらは多段階に組み合わせることができ、例えばモビリティとヘルスケアを重ね合わせることで、防災・減災に対応するシステムを構成することが可能である。

また、セキュリティーや信頼性といった機能以外の要件（非機能要件）についても、実体定義レンズによって組み合わせることができ、要求するサービスに応じてセキュリティーの強度を利用者が選択するといったことが可能である。

実体定義レンズにより動的に構成される機能のエコシステムを Software Defined Society と呼ぶ（図 1.2）。

これによりさまざまな機能のエコシステムが目的に応じて形成され、革新的なイノベー

ションが生まれるとともに、既存の価値観、社会規範が変貌していく可能性がある。

本プロポーザルでは、こうした REALITY2.0 サービスプラットフォーム（以下、サービスプラットフォームとする）から多様なサービスを構築するために必要となる研究開発を提案する。

具体的な研究開発項目について、以下 I、II に記す。

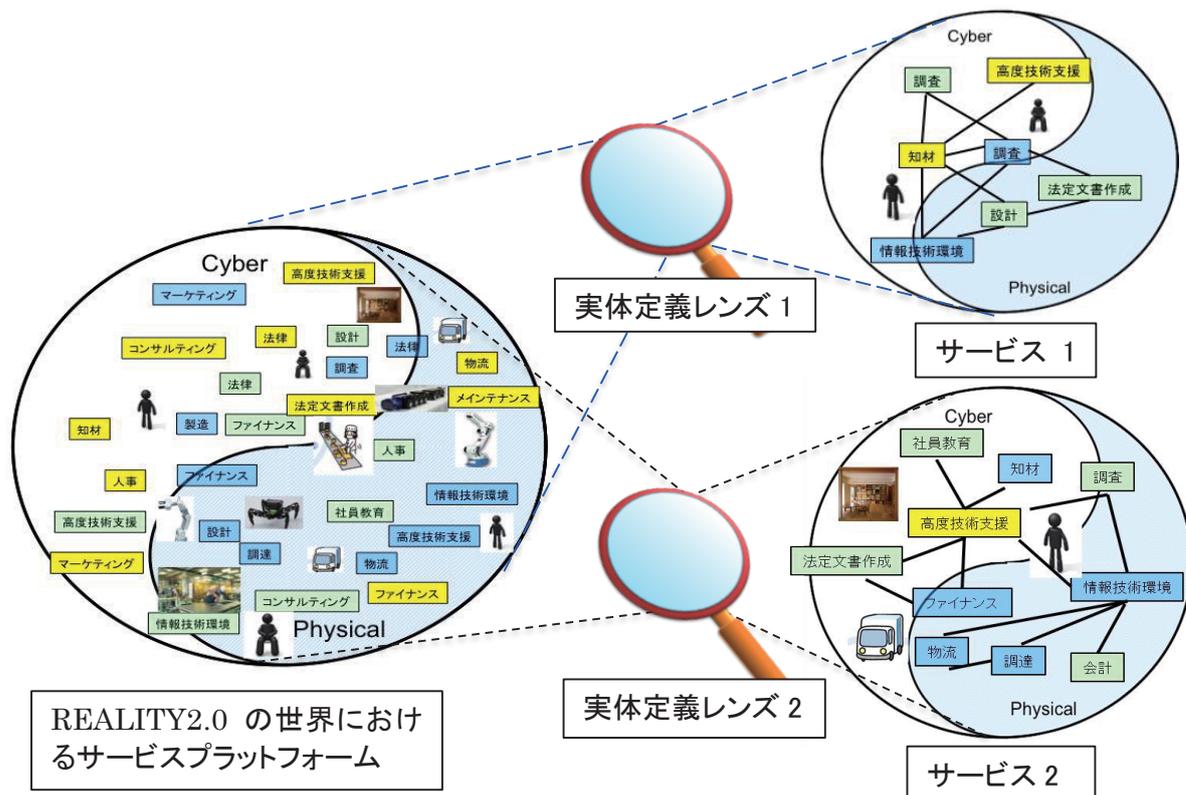


図 1.2 サービスプラットフォームから実体定義レンズを通じたサービスの構築 (Software Defined Society の概念図)

I. サービスプラットフォームの共通基盤技術の確立

サービスプラットフォームから実体定義レンズを介してサービスを構築・運用するまでには共通的な基盤技術が必要となる。

REALITY2.0 の世界は一時に社会全体がこの世界に移行するのではなく、ある限られた領域、区域から始まり、それが徐々に他の領域や区域を横断する形で広がり、社会全体に広がっていくものと考えられる。そのため、REALITY2.0 のサービスプラットフォーム構築に向けて、共通の基盤技術を確立し、各応用領域ではそれを基にそれぞれのサービスを構築していく必要がある。

共通基盤技術としては以下が挙げられる。

- (1) 既存の機能をサービスプラットフォームに取り込むためのコンポーネント化技術
- (2) 実体定義レンズの生成のための要求獲得と要件定義技術
- (3) サービスシステム構築のためのコンポーネント統合化技術
- (4) サービスシステムを運用するための技術

II. サービスの先進化に向けた共通基盤技術の確立

上記 I. サービスプラットフォームの共通基盤技術によって、構築されたサービスをさらに先進化させる技術が必要となる。ケーススタディとして、①人流・物流、②ヘルスケア・介護、③防災・減災の3領域（ドメイン）について検討を行い、必要となる技術を抽出した。具体的には以下のとおりである。

- (1) 社会資源の情報を集約利活用するための技術
- (2) 異種混合データ融合・統合技術
- (3) ヒトやモノの間で情報をリアルタイムかつ大規模にやりとりする IoT 技術
- (4) エッジコンピューティング技術

コラム

「ソフトウェア定義 (Software Defined) から Software Defined Society へ」

これまでのアーキテクチャーの最大の弱点は、「急速な外部環境の変化に対する仕様変更に対応できない」ことである。近年のビジネスは、リアルタイム性、拡張性、継続性、オープン性などがますます求められるようになっており、それを支えるためのテクノロジーも登場している。

現在のシステムは、ハードウェアとソフトウェアが混在し、ハードウェアについては、結線や設定など、人力に頼る必要がある。また、ハードウェアとソフトウェアが密結合しており、例えば、ハードウェアを変更すると、それに対応して OS やアプリケーションの見直しや動作確認が必要であるなど、技術の更新のタイミングの差異により、密結合したシステムの何かひとつが変更されただけでも全体を見直す必要があり、管理上の負荷の増大や、新しい技術の導入の足かせになっている。

そこで、新しいアプローチとして、ソフトウェア定義アーキテクチャーが登場した。ソフトウェア定義とは、異なる方法で個別に制御が必要なハードウェアの制限を、ソフトウェアで制御することで解除し、自動化を実現する手法である。例えば、ネットワークの流れを制御するネットワークスイッチは、複数のベンダーが商品を販売している。ネットワークスイッチは、ソフトウェアのコマンドによる制御が可能であるが、そのコマンドの内容や使い方は、ベンダーごとに異なっている。この違いを吸収し、どのベンダーのネットワークスイッチが使われていても、同じ方法で制御ができる仕組みをソフトウェア定義ネットワークという。

ソフトウェア定義は、ネットワークから始まり、ストレージ、コンピュータ、データセンターといったハードウェアへと広がり、現在では、Web サービスといったアプリケーションソフトウェアにまで広がっている。アプリケーションソフトウェアについても、ネットワークスイッチの例と同様に、同じ機能を提供していても、ソフトウェアベンダーごとにインターフェースが異なる。ソフトウェア定義によって、インターフェースを統一し、どのベンダーのアプリケーションソフトウェア機能でも、同じ方法で制御ができるようになる。

この考え方を、物理世界とサイバー世界が融合した REALITY2.0 世界に適用したものが、Software Defined Society である。この社会では、機能のエコシステムが構

築されている。システムを構成する要素の多様性が増し、ハードウェア、ソフトウェア、システム、モノ、ヒトなど、構成要素の実体がどんなものでも、システム構築を可能にするために、これらの構成要素を機能として抽象化し、コンポーネント化する必要がある。

コンポーネントとは、機器やソフトウェア、システムを構成する部品や要素などを指す。ソフトウェアのコンポーネントは、特定の機能を持ち、単体で完結しているが、その単体では使用されず、他のプログラムから呼び出されたり、連結されたりして使用されるプログラム部品のことをいう。サイバー世界では、コンポーネント化を実現するために、コンピューターリソースを抽象化する仮想化技術を使用している。リソースは、コンピューター本体だけでなく、ストレージやネットワークなどの周辺機器を含んでおり、これらリソースの物理的特性を、そのリソースと相互作用するシステム、アプリケーション、エンドユーザーなどから隠蔽する技術である。仮想化技術によって、コンピューター、OS、アプリケーション、ストレージなど、ひとつの物理リソースを、複数の論理リソースに見せかけたり、逆に、複数の物理リソースをひとつの論理リソースに見せかけたりすることもできる。

REALITY2.0 世界における機能は、その実体が物理世界にあるのか、サイバー世界にあるのかが分からない形で提供される。これらのコンポーネント化された機能を結合し、目的にあったシステムをソフトウェアで構築するために、実体定義レンズ（ポリシー）を適用し、必要な機能の抽出、設定、結合などを自動的に行い、実務支援機能を提供する。

2. 提案を実施する意義

2-1 現状認識および問題点

今日、情報科学技術の進展は目覚ましく、その高度化と社会への普及はあっというまに進んでいる状況にある。データ処理技術や通信技術の進展とともに、ネットワークへ接続される機器の数が増大し、2020年には500億端末に上るといわれている¹⁾。これに伴い、IoT、M2M (Machine to Machine) といった技術やクラウド環境の整備が進んでいる。こうした変化は、生活の場でも起きている。例えば、スマートフォンやPCを通じてインターネットに接続する人口は2015年には55億人、SNS利用者は2017年には23億人に上るとされ²⁾、コミュニケーションの基盤が物理的世界からサイバー空間上へと広がりつつある。

こうした情報科学技術の進展を背景に、ビジネスの手法、考え方も変わり、社会・経済インパクトを強力に引き起こすイニシアティブが出現している。これまで、モノに付随していた価値が、モノ（スマートフォン、車、機器等）を通じたサービスによって提供されるようになってきた。また、サービスの提供に主眼を置き、多様な機能を組み合わせてシステムを構成する、SOA (Service Oriented Architecture) の概念に基づいたビジネスが展開され始めている。

その結果、企業間、個人群、サイバーの世界のエコシステムが価値の源泉になりつつある。機器の運用保守の効率化、新たな価値創造を目指す General Electric 社の Industrial Internet や、機器間から工場間、中小製造業者までを連携させ製造業の変革を狙うドイツ政府が推進する Industrie 4.0 はその顕著な例である。また、生活面では、米国 Uber 社によるタクシーサービスもサイバーと物理的世界が一体化したものと見ることができ

る。情報科学技術の役割は、従来のビジネスのクリティカルインフラとしての機能（第1段階）から社会のクリティカルインフラとしての機能（第2段階）、そして、森羅万象（人間、機械、モノ）の融合による価値創造段階（第3段階）へと進みつつある（図 2.2）。

第1段階から第2段階への変化は、確実にこの5年以内で進んでいく。これは情報科学技術の進展だけで実現される訳ではなく「科学技術による社会変革の科学」と政策を同時に確立しなければ実現できない。この第2段階を成功させることによって、社会コストの大幅な低減による財政の健全化、さらに、新規産業や新規ビジネスの加速が期待される。重要なのは、現時点が、これらの政策の実行により国力や社会の成長の可能性（成熟度、幸福度等）に決定的な差を生じさせる分岐点であることである。その意味で、情報科学技術と社会の成果を手に入れられるかどうかの政策実現の時期は Point of no return を迎えていると言えるであろう。つまり、待ったなしの状態である。

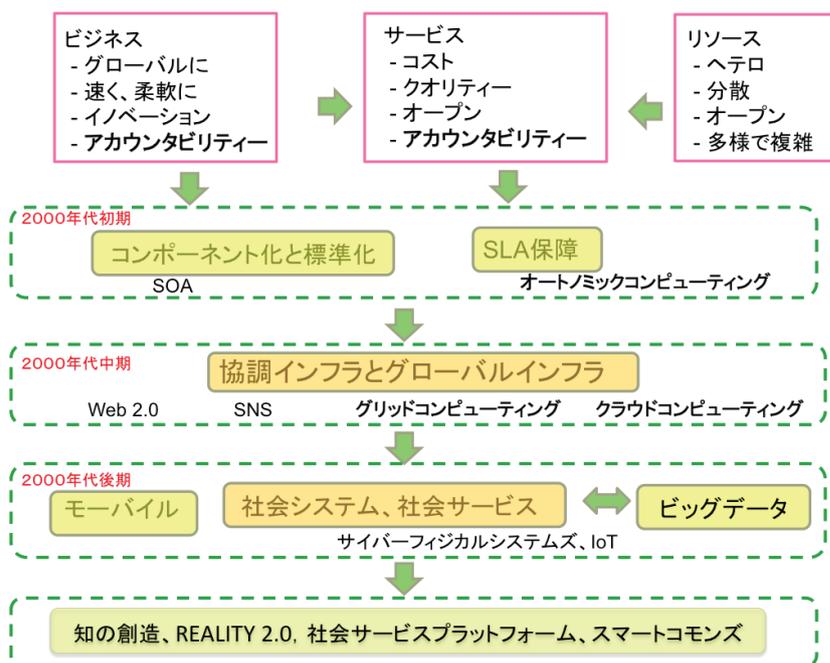


図 2.1 情報科学技術の進展

そのため、各府省もこうした背景を踏まえた施策の検討・取り組みを進めているところである。具体的には、総合科学技術・イノベーション会議では第5期科学技術基本計画において、Society5.0として、IoTを活用し、自動化の範囲を画期的に広げる、超スマート社会の実現やエネルギー・環境問題の解決に、重点的に取り組むことを掲げている状況にある。

第3段階の知、森羅万象、人類にわたる科学技術の挑戦は、端緒についたばかりである。世界でもこの方向への努力が始まっている。この分野の萌芽的研究を戦略的に行うことによって、我が国を新しい科学技術分野のフロントランナーとして位置づける事ができる。

このように、社会のあらゆる面でサイバー化が進展し、その結果、物理社会とサイバー空間の融合・一体化した社会：REALITY2.0が出現し、革新的なイノベーションが生まれるとともに、既存の価値観、社会規範が変貌していく可能性がある。この新しい世界では、サイバーの世界の機能群（アプリケーション群）だけに留まらず、さまざまな社会機能がコンポーネント化されモジュールとして動的に組み合わせられ、サービスプラットフォームから提供される。このことによってさまざまな機能のエコシステムが目的に応じて形成される。

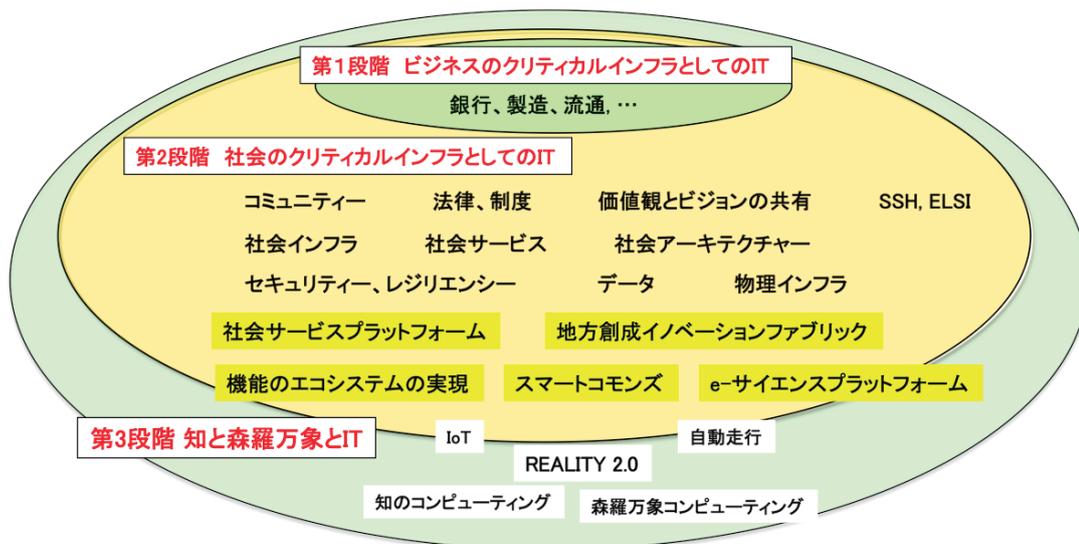


図 2.2 情報科学技術の役割の変遷

このとき、価値の所在は、モノを売る、所有することから、モノを通じたサービスへと移行する。ICT によるサービスの提供という観点では Google や Amazon といった米国発の企業が世界を席巻している状態にある。しかし、REALITY2.0 におけるサービスにおいては、モノやデバイスが不可欠であり、これらについて、我が国は伝統的な強みを持っており、特定の分野においては、依然として、国際的な優位性を有している。これを活かすためにも、早急に REALITY2.0 におけるサービス構築に向けた取り組みを開始しなくてはならない。ただし、企業や自治体等が各々個別に一からサービスを構築すると、その都度多くの費用と時間がかかるため、社会的費用の二重投資を招くこととなり、事業者と利用者双方に損失が生じてしまうことが問題となる。

また、ある特定の目的・用途に応じて事業者が独自にサービスを構築すると、他者が持つ機能・コンポーネントや技術を利用することができず、利用者の変化する多様な要求に対応することが困難となることが懸念される。

こうした問題を解決するためには、サービス事業者各自で対応するのではなく、国として、サービスに必要なコンポーネントを共通的に利用可能とするサービスプラットフォームの構築を進めなくてはならない。これにより、必要となる機能を動的に組み合わせたサービスの構築ができるようになり、状況に応じて変化する多様な要求に対応することが可能となる。また、機能が共通的に利用可能となることで、各事業者の個別対応による、社会的費用の二重投資も抑制される。さらに、共通基盤を利用した新規事業への参入も容易となり、新たなサービスの創出も期待される。

2-2 社会・経済的効果

2-2-1 社会的効果

ドイツの産官学は製造業の高度化を目指したアクションプランである Industrie 4.0 を提唱している。図 2.3 は Industrie4.0 において、ICT 利活用の進展度に対する産業領域の位置づけがどのように変わりうるかを示したものである。Industrie4.0 の様な世界に向けた重要な観点として、価値の源泉がモノの世界からサービスの世界に移ることや、オープンなプラットフォームなどの形態を取っているかどうか、挙げられる。

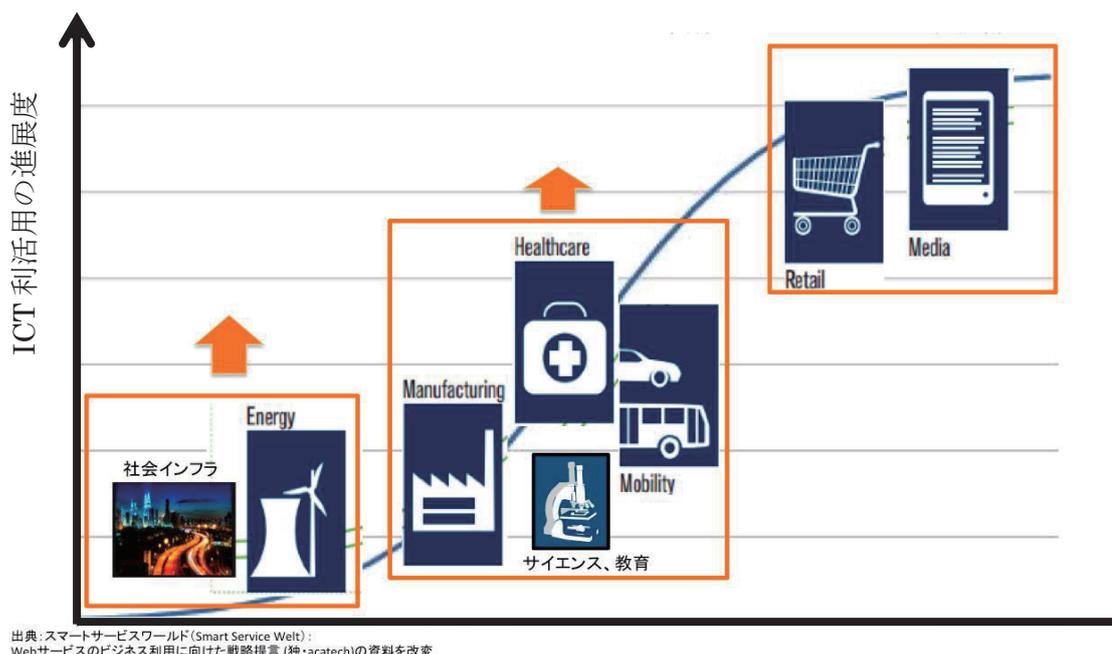


図 2.3 ICT 利活用の進展度とこれから革新が起きる分野

ICT 利活用の進展度がまだ十分ではなかった産業領域（製造業、ヘルスケア、流通、地方自治等）やエネルギー、社会インフラの分野において、ICT によるサービスプラットフォームを実現することにより、サービスの革新が起き、社会コストの大幅な削減や新しい産業、雇用を生み出すことが可能になる。さらに機能のエコシステムを社会的に実現することで現場の効率性や生産性の向上が期待できる。

一方で、図 2.4 のように、ICT の利活用が十分に進展していない分野に焦点をあて、この領域の人や組織の能力とサービスの質を向上し、新たなサービスの創出と心豊かな社会を実現することも目標となる。ICT の利活用が進んでいる一部の大手企業においては、先端的技術者群、豊富な資金などを背景に先進的な情報技術への投資と応用によって、構造革新やイノベーションの促進を迅速に行っている。しかし、多くの大手企業や企業グループ、そして、社会・産業を支えてきたマジョリティーの層（中小企業、地方自治体、教育機関等）は、このような ICT の適用による変革から取り残されている。これは職種による ICT 利活用の差も同様であり、変革による成長が期待される。例えば、看護師、介護士、ヘルパー、建設作業員等である。

これらの層は、日々の細分化された個別活動に従事している。しかし、これらの職種では、

統合的サービス（ファイナンス、社会保障、教育、仕事斡旋、保険、信用評価など）が提供されにくく、社会的・経済的にも機会損失が発生している。

以上から考えると、最初にある領域の人や組織を束ね、その層に必要な機能をサービスプラットフォームから提供していく。これにより、業務プロセスやデータの標準化、質の高度化などが促進される。また、このプラットフォームが、サービスの需要者と供給者の媒介として機能することで新たなサービスの源にもなる。さらに、活動のデータがプラットフォームに蓄積され、ビッグデータの解析等を適用していくことで、さらなるサービスの最適化と質の向上が進み、ひいてはその層の地位の向上が図られる。

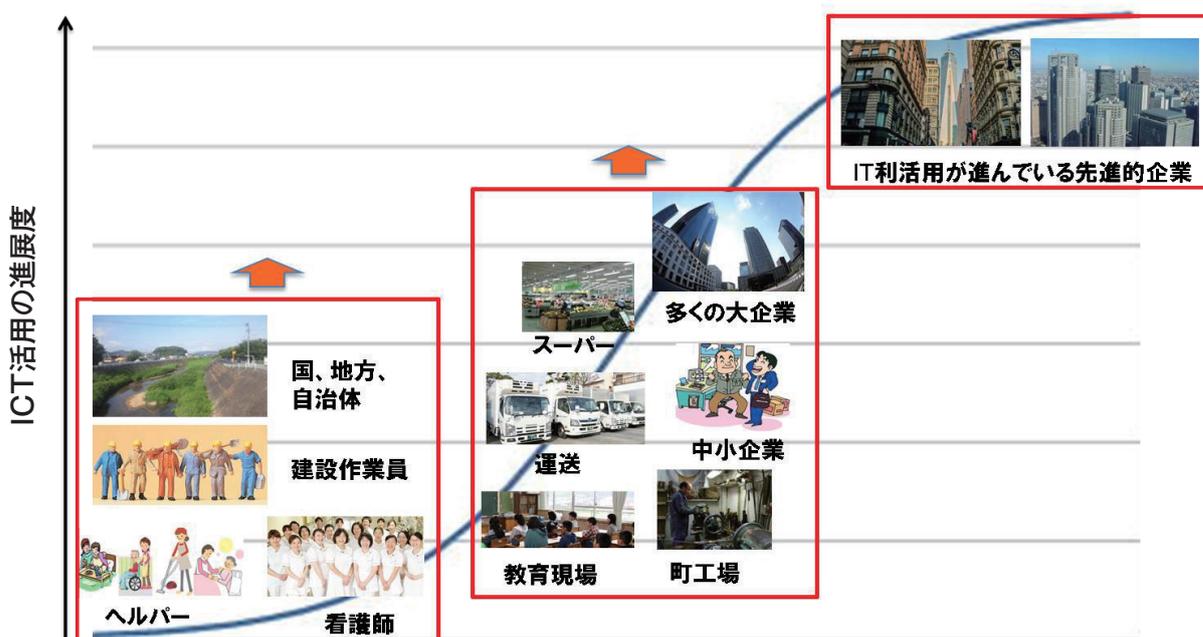


図 2.4 ICT 利活用の進展度による社会変革の度合いからみた成長分野

本提案で述べるサービスプラットフォームを実現することによって以下のような社会的インパクトが期待できる。

①社会コストの低減

ヘルスケア、物流、エネルギーなどのドメインごとに社会コスト（社会的費用）を計測し、それらが見える化し、最適化する。通常、そのような見える化だけでコスト低減が達成できることが知られている。例えば、EMS (Energy Management System) において、エネルギー消費の見える化により、使用者の行動が変化しエネルギー消費削減効果が図られることが知られている。

②新しい雇用創造

2013年のOxford大学のレポートによれば2010年に存在した700あまりの職種のうち、2020年にはその47%が高い確率で機械によって置き換えられるという³⁾。一方で、サービスプラットフォームにより新たな職種の出現および雇用の創造が考えられる。例えば、サービスをパターン化するサービス、品質保証、保険、サービスのエコシステム

を解析・最適化するサービス、社会費用の見える化サービス、コンサルティングなどである。

③地方創成イノベーション

サービスプラットフォームが社会に適用するための橋渡し事業を行なうことで、地方にアカデミアと産業界を結ぶエコシステムや研究開発拠点の創出、人材育成が図られることが期待できる。地方の社会機能をサービスプラットフォームに実装し、さらに、それだけでは足りない技術を REALITY2.0 の機能のエコシステムにより補完することで、その地方に存在する技術やビジネス価値を、地域を越えて提供できる。さらに、地方で閉じていた社会コストの最適化の努力がより広い範囲へ拡大することが期待できる。

④賢い社会インフラの実現（スマートcommons）

ICT で実現された社会インフラと社会サービスを社会的共通資本（commons）として投資、維持、管理していく必要がある。サイバー世界と物理世界が一体となってインフラの情報が収集され、オペレーションされる（スマート化される）ことにより、インフラ維持の管理コストの低減、および、レジリエンスの向上が期待される。

⑤賢い判断と選択のできる社会のための助言サービスの実現

REALITY2.0 の機能のエコシステム上に実体（ヒト、コミュニティー、機械等）が乗っていくことで、それらの状況把握が可能となる。実体の状況把握を行うとともに、高度な知的情報処理システム（Wisdom Computing や次世代 Watson システムなど）を利用することで、実体に対して助言を（リスクつきで）提示することが可能となる。これにより、REALITY2.0 の実体は、サービスと情報をやりとりしながら、適切な選択、決断、行動が可能となり、賢い判断と選択のできる社会に近づくことができる。

2-2-2 経済的効果

○IoT の経済的効果

REALITY 2.0 の前段階的な発展過程として IoT(Internet of Things) がある。車や家電などさまざまなモノがインターネットに接続され、そこから得られるデータを活用して、高度な制御や便利な機能、効率的なモノの利用などが実現される。例えば、道路や橋などの社会インフラにセンサーを装着し、これらを効率的に維持管理できると期待される。これらの維持管理費用は 2030 年には 15 兆円に達すると想定されているが⁴⁾、IoT の活用によりこれを低減できる可能性がある。また、IoT においてはモノ同士が通信を行なうことが一般的であるが、モノとモノとの通信、すなわち M2M 市場は 2017 年に 8,684 億円に上ると予想され⁵⁾、その及ぼす経済効果は M2M 市場よりもさらに大きな値になると言われている。

GE 社はジェットエンジンから医療機器、石油掘削装置などもインターネットに接続し、効率的な運用を目指そうとして、Industrial Internet を提唱している。すでに IBM や Cisco なども参加したコンソーシアムを結成し、標準化に向けた活動を行なっている。この Industrial Internet による、わずか 1% の効率改善であっても、航空業界において年間 20 億ドル、電力において 44 億ドル、医療において 42 億ドル、鉄道に

において18億ドル、石油とガスで60億ドルの節約ができると予想している⁶⁾。Ciscoは、「インターネットに接続される機器は2020年までに500億台に上り、クルマから家電まであらゆるモノがつながるIoE (Internet of Everything) を提唱しており、市場規模を、19兆ドルと予想している⁷⁾。

また、米国の調査会社Gartnerが2014年に発表したIoT市場予測によると、対応機器は2020年までに260億台となり、その経済効果は3,000億ドルに達するという⁸⁾。REALITY2.0の場合、モノだけではなく、ヒトも含めた組織やビジネスも連結されるので、さらに大きな効果があると期待される。

○政府研究開発投資の経済効果

IoTによる経済効果は非常に大きいですが、上記の予測はIoT単体の効果に過ぎない。IoTも含めた情報通信技術は汎用的な性格を持っており、情報通信技術が情報通信産業を通じて、あらゆる産業に影響を与え、さらにその影響が多くの産業へと拡大していくと予想される。こうした効果を予想することは従来行なわれてこなかったが、黒田らが「ICT/IoTに係る科学技術政策の社会的・経済的影響の評価を目的とした多部門相互依存一般均衡モデルの構築」において新たな試みを始めている⁹⁾。

ここでは、生産性向上に向けた研究投資政策として

- ①生産でのセンサーの高度利用を図るために年20億円を5年間にわたって投資
- ②①に加えて生産の自動化を図るためにさらに年20億円を5年間にわたって投資
- ③①②に加えて生産のプラットフォーム化を図るためにさらに年20億円を5年間にわたり投資

という3つのオプションを設定し、日本経済全体のシミュレーションを行い、政府・民間研究開発による技術発展が各産業部門に与える影響を推計し、実質GDPや産業構造の変化を予想した。これによると、政府研究開発投資は民間の投資に先んじて技術発展を促し、GDPの成長を早期にもたらすと予想されている。

また、①IoTの技術進歩は生産性を向上させ、そこでの雇用を減少させるが、情報サービス産業を中心に価値創出と雇用が増加、②効率性の改善により価格が低下し、実質最終需要が拡大し、生産量は増加、③研究開発従事者の需要は拡大という示唆が得られている(図2.5)。

IoTに関する政府研究開発投資の経済効果の評価 (STI政策ユニット、SciREXセンター(GRIPS)との共同研究)

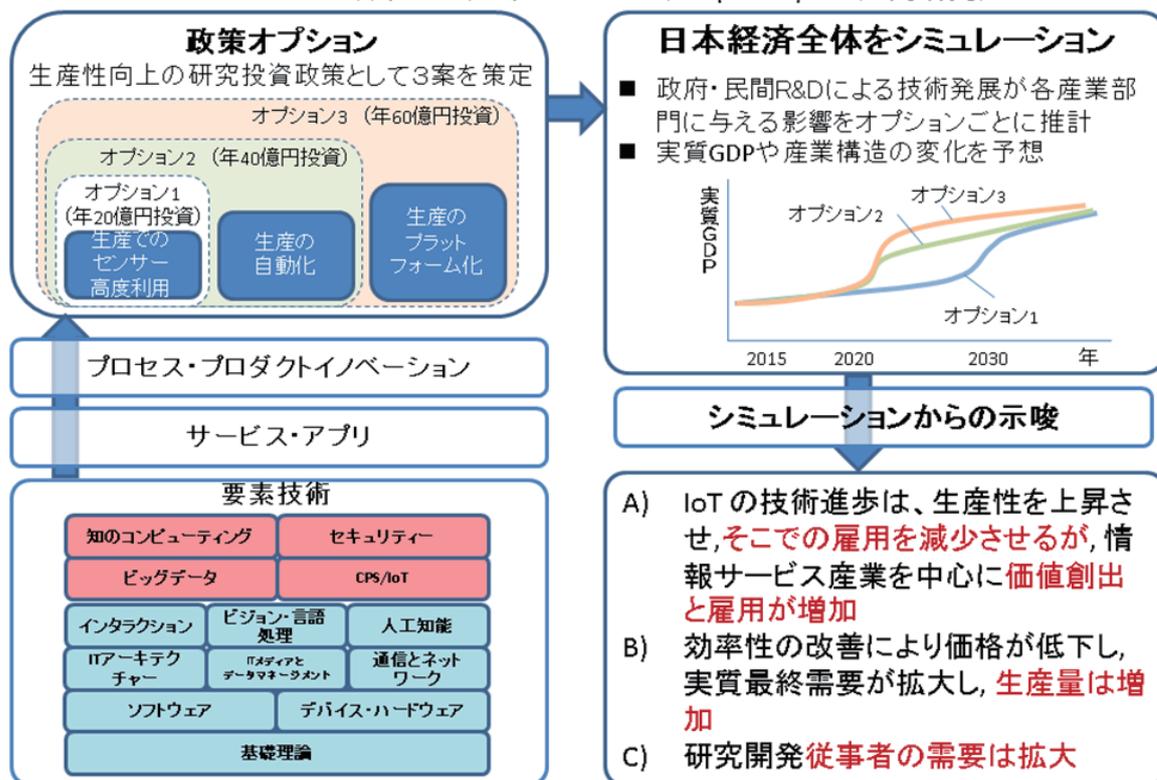


図 2.5 IoT に関する政府研究開発投資の経済効果の評価

【参考文献】

- 1) Cisco Systems (Cisco) 社ホームページ
<http://newsroom.cisco.com/feature-content?type=webcontent&articleId=1208342>
- 2) 総務省平成 26 年版 情報通信白書
- 3) Carl Benedikt Frey, Michael A. Osborne, THE FUTURE OF EMPLOYMENT: HOW SUSCEPTIBLE ARE JOBS TO COMPUTERISATION?, September, 17, 2013
http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf
- 4) 日経エレクトロニクス, 2013 年 4 月 15 日号
- 5) 日経エレクトロニクス, 2014 年 1 月 6 日号
- 6) GE 社ホームページ (インダストリアル・インターネット)
<http://www.ge.com/jp/industrial-internet>
- 7) Cisco ホームページ (Internet of Everything)
<http://ioeassessment.cisco.com/>
- 8) Gartner 社プレスリリース (2014 年)
<https://www.gartner.co.jp/press/html/pr20140408-01.html>
- 9) 黒田昌裕, 他, ICT/IoT に係る科学技術政策の社会的・経済的影響の評価を目的とした多部門相互依存一般均衡モデルの構築, 日本経済学会 2015 年度秋季大会
http://www.jeameetings.org/2015f/Program/Strage/General/K-014abstract_YASUSHIHARA.pdf

2-3 科学技術上の効果

2-3-1 新しい研究領域の開拓

REALITY2.0の世界において、サービスはヒト、集団、機械など森羅万象を対象としたものとなっていく。そのため、サービスを通じて、これまで得られなかったデータが多数得られるようになる。

こうしたデータを基にして、情報の価値、機能の価値、プラットフォームの価値、エコシステムの価値や知の価値を計測・分析することが可能となる。これにより新たな経済モデルやシミュレーション方法の確立といった研究領域が開拓される。また、こうした研究を実施することで、科学技術による社会変革を数字で説明することが可能となり、科学技術への適切な投資に役立つ。

また、REALITY2.0の実現に向けたヒトや集団の行動原理の理解、社会適用の受容性の検討が必要となる。そのため、SSH(Social Sciences and Humanities)とELSI(Ethics, Legal, and Social Issues)を踏まえた科学技術の推進や自然科学者と人文・社会系研究者の連携・融合の促進も期待される。

2-3-2 e-サイエンスプラットフォームの構築

本研究開発の具体的な適用領域の1つとして、e-サイエンスプラットフォームの構築が挙げられる。研究を実施する際に、研究環境をその都度用意するのではなく、研究者の要求に応じて、必要となる機能（実験装置、計算資源、データ、人材等）を動的に組み合わせることで、研究コスト削減につながると共に、仮説から実験、分析・観測、結果考察といった一連の研究のサイクルが高速につながると期待される。また、このプラットフォームにより、実験手順や分析、データ解析といった研究全体の可視化が可能となり、ファンディング・評価・管理業務の効率化や研究の質の向上に貢献する。

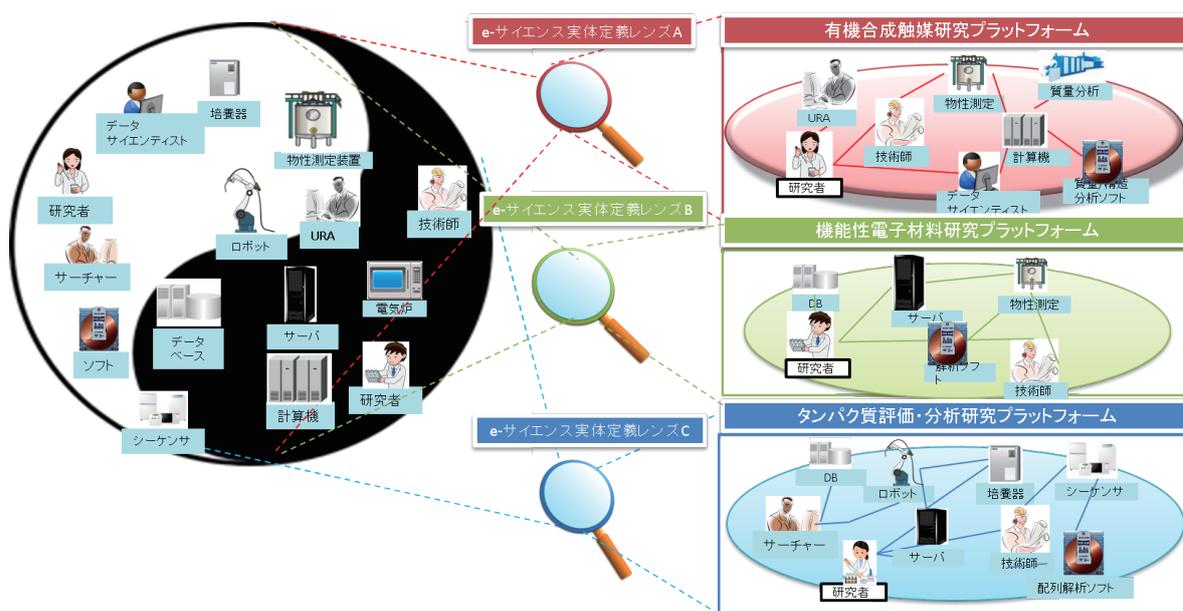


図 2.6 e-サイエンスプラットフォーム

こうしたプラットフォームが実現されることにより、さらに以下のような科学技術的貢献が図られると考えられる。

- データや研究環境の共有化により、研究者間同士の連携促進、より緊密なコラボレーション研究が実現
- 実験、分析等をセンシング、可視化し、実験のノウハウの共有やオートメーション化が実現
- 研究の各段階においてビッグデータ、AI による知的活動支援（候補物質の抽出、データ選定、仮説構築・科学的法則発見の支援、等）

3. 具体的な研究開発課題

超スマート社会 REALITY2.0 の世界を実現するため本プロポーザルは、大別して以下2つの技術の確立を提案する。

- I . サービスプラットフォームの共通基盤技術
- II . サービスの先進化に向けた共通基盤技術

まず、上記 I . サービスプラットフォームの共通基盤技術により、既存の機能をコンポーネント化し、サービスプラットフォームに取り込み、実体定義レンズを通してサービスシステムを構築する。また、超スマート社会にふさわしいサービスシステムを実現するために II . サービスの先進化に向けた共通基盤技術を確立する。なお、II . の共通基盤技術をサービスプラットフォームに組み込むことで、次の先進的サービスを持ったコンポーネントを利用可能な状態にする。

以下では、上記 I . II . の研究開発について、詳細を記す。

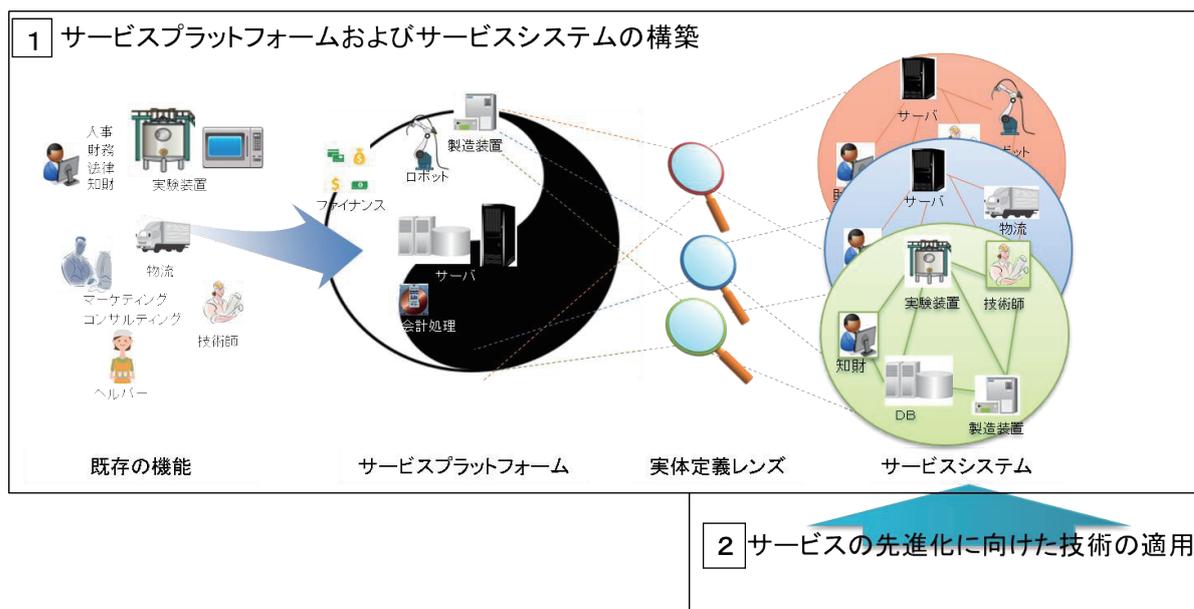


図 3.1 REALITY2.0 におけるサービスシステムの構築

3-1 サービスプラットフォームの共通基盤技術の確立

ここではサービスプラットフォームから実体定義レンズを介してサービスシステムを構築するまでの、共通基盤的な技術について記す。

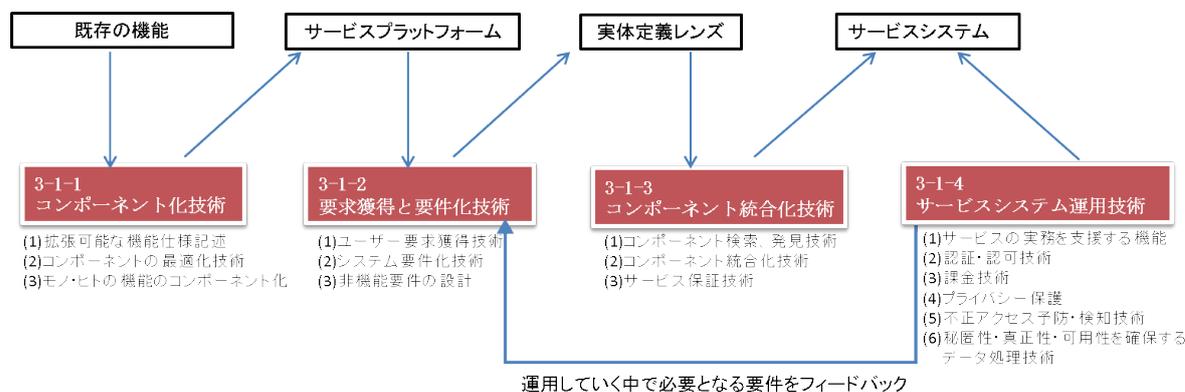


図 3.2 サービスプラットフォームの共通基盤技術によるサービスシステムの構築

図 3.2 では、サービスプラットフォームの共通基盤技術とサービスシステム構築までの流れを示している。まず、社会に分散して存在する機能（モノ、ヒト、コンピューター資源等）を、コンポーネント化しサービスプラットフォーム上に取り込み、サービスプラットフォームを充実させる。次に、サービスプラットフォームから、利用者（サービスシステム）の要求に合った機能（サイバーだけでなくモノ、ヒトを含む）を動的に呼び出すことを可能にする実体定義レンズを構築する。そして、呼び出された機能コンポーネントを組み合わせることでサービスシステムを構築し、運用する。

図中 3-1-1 ～ 3-1-4 は各段階において必要となる共通基盤技術を指している。各技術について詳細は以下のとおりである。

3-1-1 既存の機能をサービスプラットフォームに取り込むためのコンポーネント化技術

社会システムやヒト、モノがつながり、連携し、最終的にはコンピューターに代表されるサイバー世界と、ヒトやモノなどの物理世界が融合する超サイバー社会を実現する上で、コンピューター、ヒト、モノなどは、超サイバー社会を構成する“機能”として存在する。これら“機能”を組み合わせ、必要なシステムを組み上げる。そのためには、“機能”をコンポーネント化し、システムから使いやすいようにサービスプラットフォームへ実装していく必要がある。

(1) 拡張可能な機能仕様記述

“機能”をシステムから利用するためには、外部仕様を公開しておく必要がある。公開される外部仕様の記述形式を統一することによって、コンピューター処理が可能になる。また、将来の拡張性までを含めた、REALITY2.0 の社会で使用するのに最

適な外部仕様の記述方法を研究する必要がある。

(2) コンポーネントの最適化技術

システム全体の性能を考えたとき、“機能”（コンポーネント）の粒度が重要になる。粒度を大きくし過ぎると、アプリケーションからの使用頻度が少なくなり、再利用性が悪化する。再利用性を高めるために粒度を下げると、インターフェースの呼び出しによるオーバーヘッドが大きくなり、性能が悪化する。REALITY2.0の社会における最適な再利用性と性能のバランスを考えた粒度を研究する必要がある。

(3) モノ・ヒトの機能のコンポーネント化

サイバーなコンポーネントは、既存技術を活用することで、REALITY2.0の社会への組み込みが可能である。モノについても、センサーの活用や、制御システムの追加により、既存技術で比較的容易に実現可能であろう。しかし、ヒトについては、既存技術であるスマートフォンなどを經由してつなぐことも考えられるが、確実性が低くなる。確実にヒトをつなぎ、REALITY2.0の社会に組み込むための技術の研究が必要である。

なお、サービスプラットフォームを構築していく際には、モノを新しく作りコンポーネント化するだけでなく、既存にあるシステムをサービスプラットフォーム上で活用していくことが重要である。例えば、位置情報の機能が必要となった場合は、G空間情報や順天頂衛星システムといった既存システムを活用することが考えられる。

3-1-2 実体定義レンズの生成のための要求獲得と要件化技術

これまでのアーキテクチャーの最大の弱点は、「急速な外部環境の変化に対する仕様変更に対応できない」ことである。近年のビジネスは、リアルタイム性、拡張性、継続性、オープン性などがますます求められるようになっており、このようなスピード感が、他社優位性を確保し、企業の成長の原動力になっている。そのため、急速に変化する外部環境から、ユーザー要求を獲得し、それらを迅速に具現化する必要がある。また、その修正が他に影響を及ぼさないように、あらかじめ、システムやソフトウェアの構造を設計、構築すべきである。さらに、実体定義レンズ生成のための方法論およびツール群を確立しておくべきである。

(1) ユーザー要求獲得技術

外部環境には、①マクロ環境、②顧客、③競合の3つがある。

①マクロ環境では、人口動態、経済動向、自然・環境、技術進歩、政治、文化を、②顧客では、顧客動向（数、年代、性別など）、ニーズ、購買行動を、③競合では、新規参入、代替品、顧客交渉力、供給業者交渉力、業界内の競合他社を、分析する必要がある。自社に蓄積されたデータに加え、為替、株価、人口、他社戦略、ソーシャルメディアなどのあらゆるデータを総合的に分析し、ユーザーが求めているものは何か、という情報を獲得する必要がある。

(2) システム要件化技術

ユーザーが求めているものが把握できたら、それらを迅速にシステム化する必要がある。ユーザー要件から自動的に新規システム仕様を作成する技術や、既存システム仕様を動的に変更する技術が必要である。また、その変更が他に影響を及ぼさないように、システム仕様を作成する際に考慮しておく必要がある。

(3) 非機能要件の設計

セキュリティやプライバシー、スケーラビリティ、信頼性等の非機能要件については、サービスシステムの設計段階から確保し、また持続的に担保するべきである。そのために、協調設計・検証技術セキュアなシステム更新技術の研究開発を行う。

3-1-3 サービスシステム構築のためのコンポーネント統合化技術

サービスプラットフォームを通じて先進的なサービスを構築するに当たっては、多様なドメインのサービスの利用者（または提供者）の変化する状況や多様な要求に応じて、“機能”を選び、動的に組み合わせ、サービスを構築する技術が必要となる。さらに、3-1-2と同様に、ここでもサービスシステム構築のための方法論およびツール群を確立しておくべきである。

(1) コンポーネント検索、発見技術

システムを構築する上で、どのような“機能”が世の中に存在するのか、を知る必要がある。“機能”は、インターネットなどの通信手段を通じて、全世界に存在しており、またサイバー世界であるシステムや、物理世界であるヒトやモノを含んでいる。このような、物理世界とサイバー世界が融合している REALITY2.0 の社会に存在する、自分のサービスシステムに必要な“機能”を検索、発見する必要がある。

(2) コンポーネント統合化技術

自分のサービスシステムに必要な“機能”が見つからない場合、複数の“機能”を合成し、必要な“機能”を統合化する必要がある。このために、従来サイバーの世界での使用されてきたソフトウェア定義技術を、コンポーネント化されたモノやヒトの機能に適用して統合化するコンポーネント統合化技術の研究が必要である。なお、“機能”を組み合わせた複数のシステムを、目的に応じて、プラットフォームとして提供、公開することで、新たなサービスシステムの構築が可能となる。そのための技術の研究も必要となる。

(3) サービス保証技術

システムは、通常、複数の“機能”（サービス）を組み合わせられて提供される。提供元の異なる“機能”を組み合わせたシステムのテストは、事前に十分に行われていないことが多い。単体では問題がなくても、組み合わせると問題が発生する可能性がある。このような問題に対応するために、サービスを組み合わせた後の品質保証を迅速に行う必要がある。

上記に加え、サービスプラットフォームを通じて先進的なサービスを構築するには、機能コンポーネントを自動的にキュレーション（最適配置）することを可能とする人工知能技術や、状況に応じてアクセスできるデータや機器（デバイス、センサー等）を逐次変更することが出来る認証技術も必要となる。こうした技術を実装することで、変化する多様な要求にも対応できるプラットフォームが構築され、様々なサービスの創出が実現すると考えられる。

3-1-4 サービスシステム運用技術

コンポーネントの統合化によりサービスシステムを構築し安定的に運用していくためには、サービスシステムレベルを維持するための技術が必要となる。また、機能がサービスに利用されるという「機能のエコシステム」を適切に管理運営していくためには、個人情報等含むデータを安全に利用するための技術や、データや機能を提供する者に対して適切にその対価を支払う技術が必要である。以下に具体的に必要となる技術を記す。

(1) サービスの実務を支援する機能

プラットフォームを構築し、一般提供するための運用支援機能が必要である。たとえば、①サービスレベルが維持されているかどうかの監視のために、ハードウェアやソフトウェアの現在の状態を監視、②ハードウェア故障時に、故障ハードウェアを切り離して、別のハードウェアにサービスを移行、③複数サーバーの負荷のアンバランスが起きた場合、バランスを調整する機能、④サービスレベルが維持されているどうかや、サービスプラットフォームの負荷状況のモニタリング・レポート機能などの研究が必要である。

(2) 認証・認可技術

オープンデータなどの一般公開しているものであれば、原則自由に使えるが、企業の売上や在庫データなど、一般には公開できないデータを扱う場合、正規ユーザーとして承認するための認可技術の研究が必要である。また、運用時には、正規ユーザー（認可されたユーザー）かどうかを判断する認証技術が必要である。

(3) 課金技術

サービスシステムにおいて、コンポーネント化された機能やデータを利用した場合に、それらを提供している者に対して適性に対価が支払われる必要がある。そのため、使った人や組織に対し、使用した機能の時間やデータ量などに基づいて正しく課金し、請求、費用を回収するための技術の研究が必要である。

(4) プライバシー保護

データに個人情報が含まれる場合、プライバシーの保護が重要となる。また、企業データや特許などの他の知的財産の保護も重要である。これらの情報の保護の対策として、パスワード／暗証番号、匿名化、暗号化などがある。これらの技術を適切に組み合わせ、保護を強固にする必要がある。また、これらの情報を保護するために暗号化を行うと、データの処理に時間がかかる。また、復号化により暗号状態を解除する

とデータ漏洩の危険性がある。情報の保護状態を維持したまま、高速にサービスを実行する技術の研究も必要である。

(5) 不正アクセス予防・検知技術

コンポーネント（デバイス、サービス）、サービスプラットフォーム、実体定義レンズへの不正アクセスの検知や、改ざんの予防・検知技術、不正アクセス後の追跡・分析のための技術、および、暗号ハードウェアへの物理的アクセスに基づく攻撃（物理攻撃）に対し、物理的特性を観察されない様にするための物理セキュリティ技術の研究開発を行う。

(6) データ秘匿性・真正性・可用性を確保するデータ処理技術

ネットワーク内（サービスプラットフォーム内）で流通するデータを守り、改ざんを防ぎ、かつ利便性を保持する技術、および、新たな暗号処理技術や、利便性とセキュリティのバランスを保つことが可能な認証技術・情報処理技術の研究開発を行う。

将来的に必要となる技術として、上記 3-1-4 で挙げた技術に加えて、REALITY2.0 が社会全体に普及・拡大していくに当たり、社会に与えた影響や、処理に要した費用、削減できた社会コストなどを計算するための社会的費用計測技術の研究開発が必要となる。

また、IoT の本質の 1 つとして、モノまたは、モノを通じて提供されたサービスのデータを、ネットワークを通じて取得し、分析することで、モノやサービスを改善する一連のサイクルを随時回すことが可能となり、これによって新たな社会的価値を生み出すということが挙げられる。

ここで構築されたプラットフォームを介してサービス（コンポーネント）を提供することにより、多様なドメインから、様々な利用状況のデータを得ることが可能になる。

このデータを蓄積し、多様な利用者、サービス提供者が情報を得られるようにし、モノやサービスへフィードバックをかける仕組みを構築するための研究も必要である。

3-2 サービスの先進化に向けた共通基盤技術の確立

3-2-1 先進化に向けた共通基盤技術

ここでは、サービスプラットフォーム共通基盤から、各応用分野の先進的なサービスを構築するために必要となる研究開発について記す。3-1に示す技術を確立することによって、既存の機能を動的に組み合わせてサービスを提供することが可能となる。ただし、既存の機能を利用することを想定しているため、構築されるサービス自体は既存のレベルと同等のものになると考えられる。REALITY2.0において先進的なサービスを構築していくためには、ここで挙げる技術を確立する必要がある。

そのため、本提案においては、REALITY2.0の適応領域として、①人流・物流、②ヘルスケア・介護、③防災・減災の3つのドメインに絞って先進的なサービスシステムについてケーススタディ（3-2-2に詳細を記す）を行い、それに向けて必要となる技術を検討した。

(1) 社会資源の情報を集約利活用するための技術

多様な社会資源（モノやヒト、コンピューター資源等）の情報を収集するための技術が必要となる。具体的には、①センシング技術の高度化、②センサー、デバイスの小型化・省電力化技術、③センサー、デバイスへの通信・ネットワークの組み込み技術、などの研究が必要である。また、REALITY2.0の社会では、システムにヒトがつながっている。ヒトから得られる情報を適切に利活用するため、ヒトの意識や感情、意図などを読み取って、その後の処理を最適化する知的対話処理技術が必要である。

(2) 異種混合データ融合・統合技術

REALITY2.0で扱うデータには、表形式などで表すことができる構造型データと、センサーデータ、画像データ、音声データなどの構造が定まっていない非構造型データが混在する。このような異種混合データを、意味的に結合するなどの方法で融合させ、データ処理を行うための異種混合データ融合技術が必要である。また、データを意味的に結合するためには、情報の意味や関連性を使って統合していくため、コンピュータープログラムの定型処理だけでは実現できず、それらの意味を定義したメタデータや辞書といった別の情報を使った統合技術や方式が必要である。

こうした技術によって、各応用領域の多様なデータへの対応が可能となり、REALITY2.0における先進的サービス構築が可能となる。

(3) ヒトやモノの間で情報をリアルタイムかつ大規模にやりとりするIoT技術

システム、ヒト、モノの間で、大規模情報をリアルタイムに処理するための技術が必要となる。具体的には、①コンピューターそのものの処理速度を向上させるハードリアルタイム情報処理技術、②コンピューター間の通信を高速にして、システム全体の処理速度を向上させるリアルタイムネットワーク技術、③これらの高速化されたハードウェアやネットワークを組み合わせ、大規模データを大量の複数のコンピューターに分散、並列処理させる、大規模分散並列処理技術、が必要である。

(4) エッジコンピューティング技術

REALITY2.0の世界ではモノやヒトに係る大規模なデータを処理することが必要となる。そのため、すべてのデータを中央のコンピューターに集めて処理することでシステム全体の負荷が増大し、遅延や処理性能の観点で対応が難しくなる。この課題を解決するために、たとえば、センサーデータであれば、センサーの近く（ネットワークのエッジ）にコンピューターを置き、ある程度の処理をさせた上で、その結果を中央のコンピューターに送ることによって、処理を分散化させるエッジコンピューティング技術が必要となる。これにより、システム全体の負荷を軽減させることができるほか、情報処理の遅延（レイテンシー）の抑制にもつながり、システム全体にリアルタイム性を持たせることが可能となり、REALITY2.0に対応したコンピューティングシステムが構築可能となる。

3-2-2 先進化されたサービスシステムの例

ここでは、3-2-1の共通基盤技術を抽出するに当たって検討した、REALITY2.0の各ドメインへの適応によるサービスシステムの先進化のケーススタディを示す。今回は、REALITY2.0の適用にふさわしい領域として、物理世界とサイバー世界の融合によるインパクトの大きい3つのドメインに対応するサービスシステムの検討を行った。

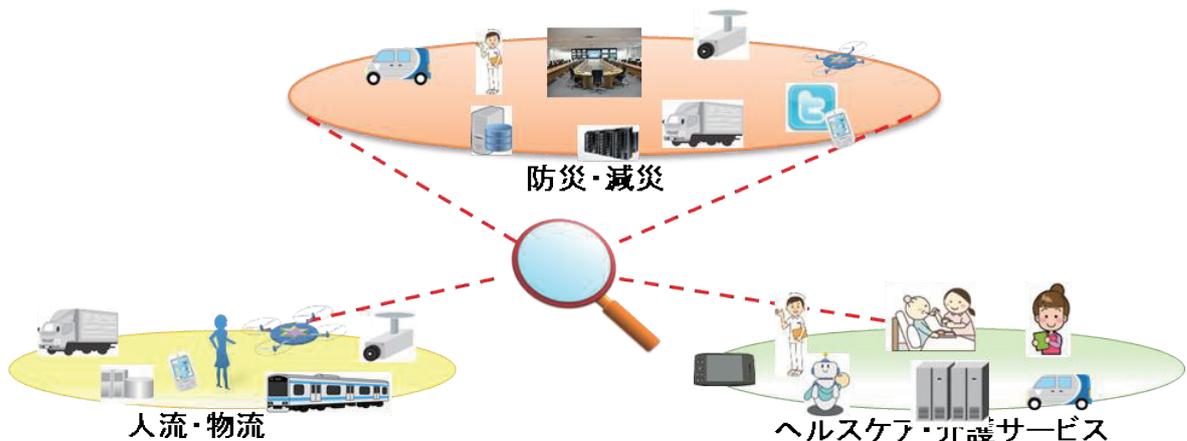


図 3.3 サービスプラットフォームを基礎とした先進的サービスシステムの構築の例

①人流・物流への適用

「ヒトやモノの活動量推定・活用技術の確立による横断的移動情報活用実現・新ビジネス創出」

人流・物流については、運輸や鉄道等の各企業において、ICTを活用したサービスの効率化、高度化が図られている。しかし、道路、駅・鉄道、商業施設、地域等に関する全体の最適化は図られていない。サービスプラットフォームを通じた、機能コンポーネントの共通化により、個別の要素技術に加えて、異種データベースが統合化され、ヒトやモノの活動量推定・活用技術が確立される。

これによって、複数の移動手段の融合など業界横断的な連携が可能となり、社会コスト削減だけでなく新たなビジネスの創出が可能となる（図 3.4）。

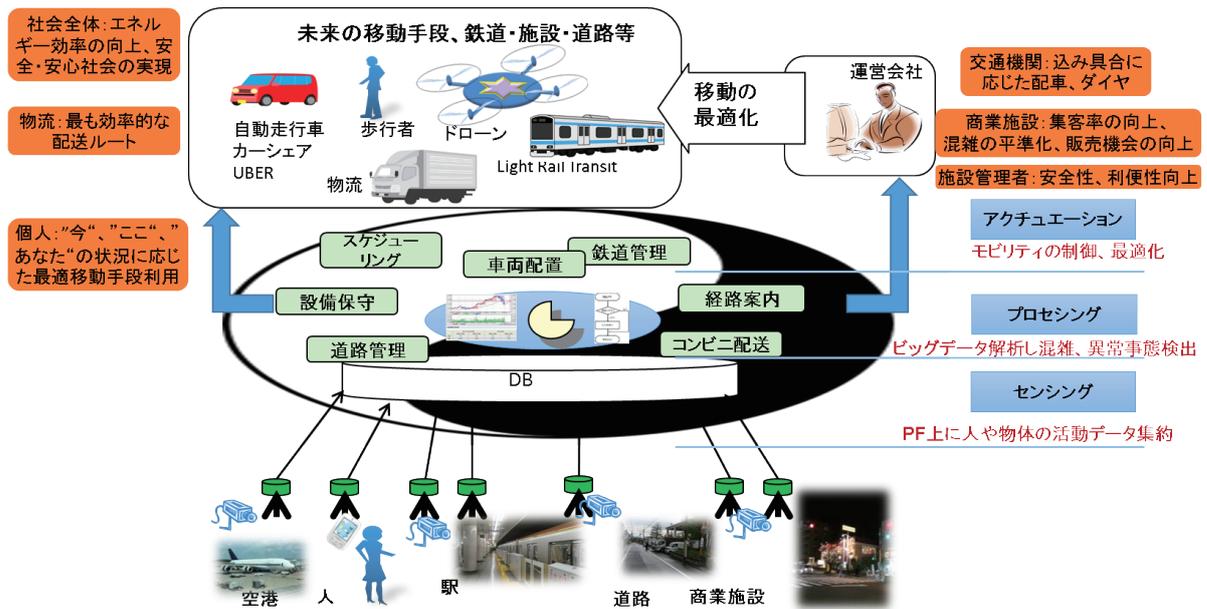


図 3.4 人流・物流サービスへの適用イメージ

②ヘルスケア・介護への適用

「ヒューマンセントリックな IoT システム技術の確立による地域ニーズに応えるヘルスケア・介護サービスの実現」

ヘルスケア・介護については、社会的に重要な領域であるが、前章図 2.3 で示したとおり、情報科学技術の適用が進んでいない状況である。また、この領域は、地域や個人に根ざした領域であり、共通のプラットフォームを使いながらも、地域や個人の特性、ニーズに応えられるサービスを構築していく必要がある。

こうした領域に REALITY2.0 を適用していくことで、生体センサーやケアマネージャー等を通じて、個人の状態を把握するとともに、地域に存在するヒト、モノ、サービスの状況を把握しそれらを必要なヒトに、必要な時、必要な場所に提供するというキュレーション（最適配置）が可能となる。これにより地域のニーズや特性を踏まえ、個人に最適なヘルスケア・介護サービスの提供が実現する。また、サービスが統合化され、プロセスやデータの標準化、質の高度化、新たなサービスの創出等、多様な効果も期待される（図 3.5）。

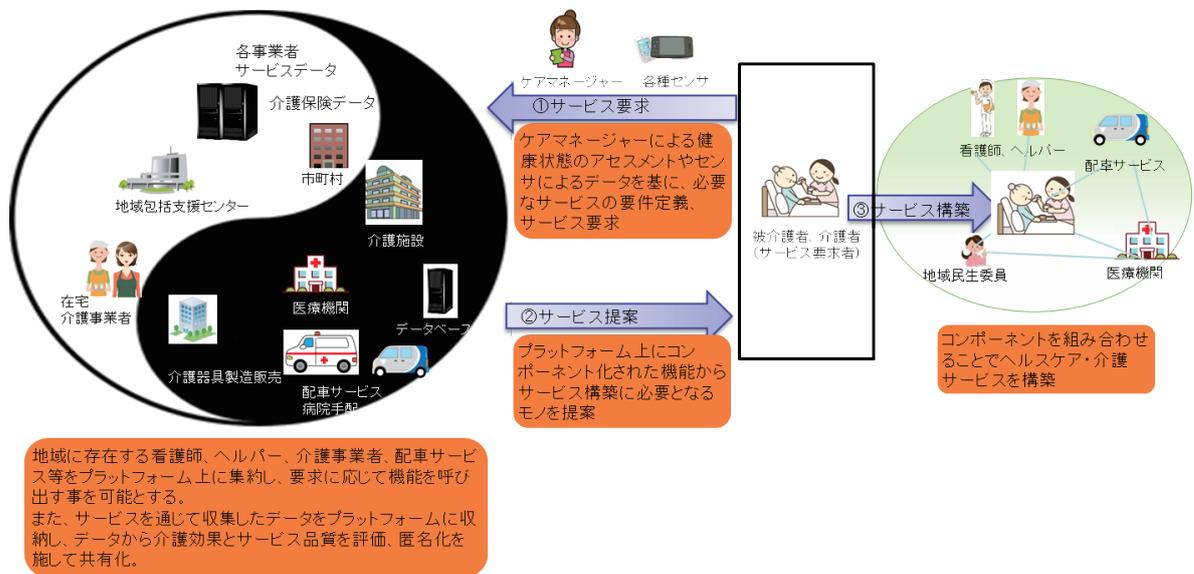


図 3.5 ヘルスケア・介護サービスへの適用イメージ

③防災・減災への適用

「災害時の情報捕捉技術の確立による失見当期（災害直後に情報が入らない混乱期）短縮の実現」

防災・減災について、特定の目的のみに特化して対応するシステムを構築した場合、社会的費用の増大や、実際の緊急時に十分活用できるか否か、といった問題が懸念される。また、想定外の事象への対応が困難になることも考えられる。本提案では、機能コンポーネントを目的に応じて動的に組み合わせ、多様なサービスを構築することが可能である。例えば、人流・物流やヘルスケア・介護といったサービスで提供されている機能を、非常時には防災・減災という、変化する状況に合わせて、組み替えてシステムを構築するということが可能である。これによって、大規模災害など当初からの想定が難しく、また逐次変化する要求にも対応できる防災・減災のシステムを構築することが可能となる。

具体的な適用例として、災害時の情報捕捉技術の確立により、発災地域に存在するデバイス（センサー、監視カメラ、モバイル機器、生体センサー、ウェアラブル端末、ドローン、自動車等）とそこから得られるデータを一時的に共有可能な状態にし、動的にそれらを組み合わせることで被災地の情報を即座に取得することにより、失見当期短縮の実現が挙げられる（図 3.6）。

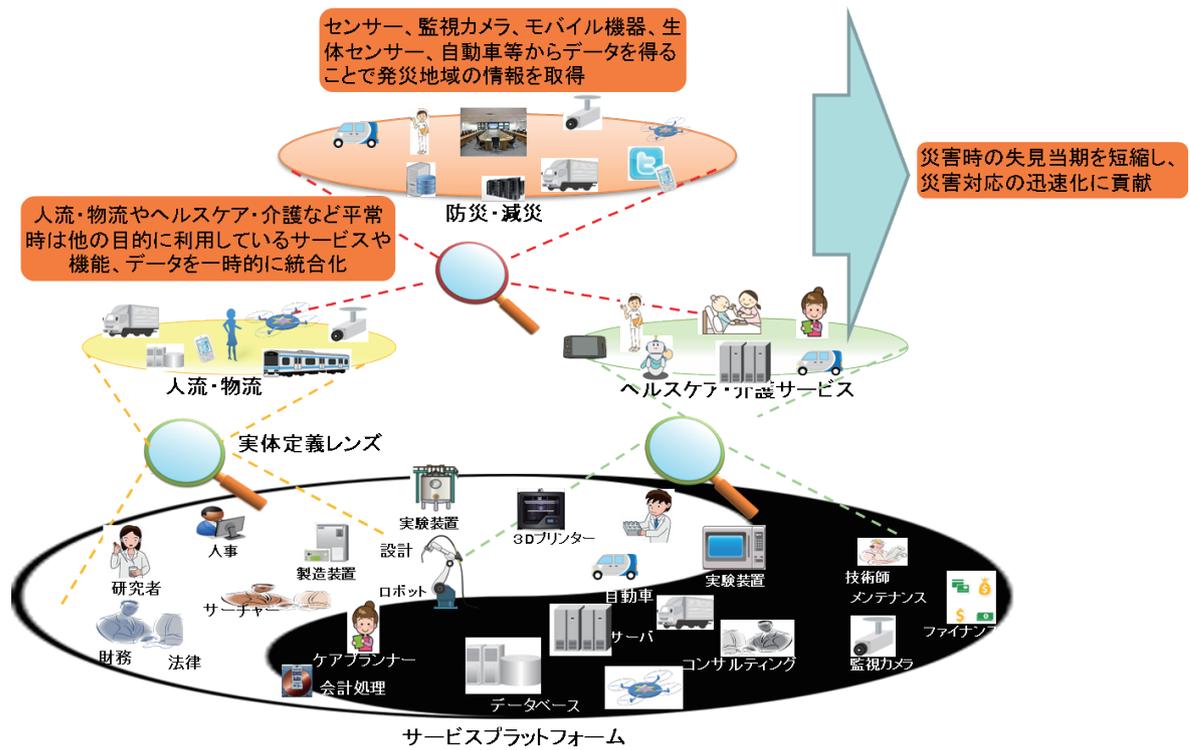


図 3.6 防災・減災への適用イメージ

1 研究開発の内容

2 提案を実施する意義

3 具体的な研究開発課題

4 研究開発の推進方法および時間軸

付録

4. 研究開発の推進方法および時間軸

ここでは、REALITY2.0 の社会への適用に向けた研究開発の推進方法として、目標の設定、体制構築、研究開発からサービス事業化までの推進方法について記す。またその時間軸についても示す。

○産のニーズと学のシーズのマッチングによる研究開発目標の設定

研究開発を開始するにあたって、産業界のニーズと学からのシーズをマッチングさせ研究開発目標を設定する必要がある。REALITY2.0 におけるサービスを社会へ適用するためには、個別要素技術の研究開発に留まらず、システム統合をしなくてはならない。また、それらの成果について実証実験等を通じて、その有効性、実用性、経済性などを評価し、その結果をさらに個別要素技術の研究開発にフィードバックする必要がある。そのためには、いくつかの特定ドメインを設定し、研究と実用化を同時に進める必要がある。また、想定したドメインにおいて研究を開始するにあたり、どのような先進的なサービス目標を達成するかを明らかにすることが重要である。例えば、3章で取りあげた人流・物流、ヘルスケア・介護、防災・減災を応用ドメインに設定し、産業界からのニーズと学からのシーズの整合を取ると、表4のようになる。

表4 応用ドメインの例とニーズ・シーズのマッチング

ドメイン	産業界のニーズ	マッチングする技術	学からのシーズ
人流・物流	V 2X、交通流把握、 住み良い地域、スマート 鉱山プラットフォーム	平常時/非常時スライ ディング、インセンティ ブ、常にアップグレード する社会インフラ	G 空間、実空間データ流
ヘルスケア・ 介護	人と時間のキュレーショ ン PF、五感×感性× AI+IoT	巨大 IoT システムの設 計検証基盤、地産地消/ Cloud スライディング	トリアージ、 大規模データ管理、巨大 IoT システム設計検証基 盤
防災・減災	失見当期の短縮、デバイ ス管理技術、救助方針自 動策定	スパイラル的に賢くなる 基盤、Crowd sourcing と Crowd curation	クラウドティクス基盤 (状況把握、平時・非常 時共通)、ロボット

○サービス提供者を含めた研究開発体制構築

達成目標に向けた ICT 技術の創出・高度化とサービスプラットフォーム構築により先進的サービスを実証的に検証するためには、サービス提供者を含めた研究開発体制を構築する必要がある。

このためには対象ドメインの専門家と、要素技術の研究者およびシステムを構築するための研究者が必須メンバーとなる。対象ドメインの専門家はサービスの設計と利用するデータの提供および社会的な価値の検証、要素技術の研究者は次世代要素技術の創出・高度化、システムを構築するための研究者は個別要素技術を有機的に組み合わせてサービス

を実現するためのサービスプラットフォーム構築を行う。また、サービスプラットフォームの運用にあたっては、「運用する技術」の研究も同時に行う必要がある(3-1-4項参照)。

これらのサービス、要素技術、サービスプラットフォームはサービスの提供を通じて得られたデータをもとに実証的に研究・開発が行われなければならない。そのため、民間企業または公的サービス機関のドメイン研究者とも連携し、研究とサービス開発を並行して進めることが望ましい。

なお、サービスプラットフォーム開発では、個別要素技術とサービスとのインターフェースや実体定義レンズの国際的な標準化を考慮しながら開発する必要がある。

また、サービスを実証的に検証するには人や社会についての理解が必要であり、人文社会の科学者の参画も必須となる。個人情報保護に抵触する可能性のあるデータを扱う場合、法律の専門家と共同してデータ共有・流通のための制度設計やシステム設計を行うことを考慮する必要がある。

ファンディング機関として研究開発を推進するにあたっては、一つの研究チームのみで実用的なサービスを実現することは難しいため、複数の研究チームが連携しながら研究推進できる仕組みの検討も必要である。例えばバーチャルな研究センターの中で研究チームが情報交換しながらサービスプラットフォームを強化していくことが考えられる。各チームを評価するマイルストーンを設け、有望なサービスや技術の創出が見込めるチームは統合して新たなチームを作ることを検討すべきである。こうした取り組みの一つの例として、マイルストーンと目標を定めた、Performance-Based-Research Funding System (PRFS) が、近年議論されている^{1),2)}。

○研究開発からサービス事業化までの推進

研究開発からサービス事業化までの流れを示す(図4)。本研究開発は、要素技術、サービスプラットフォーム構築、サービス構築を並行して進め、基礎研究、実用化研究、実証実験等の各フェーズ間にかかる時間を極力短くし、問題点を抽出しフィードバックをかけるスパイラル型で行うべきである。ICTは技術の進展が速いため、基礎研究から実証研究までのサイクルを1~3年程度の短期間で行うことが望ましい。このためには、実証実験で何を行うか目標を定め、研究開発の対象を絞り込み、小さい規模から始めることが必要となる。こうした研究開発を進めることで、基礎研究段階から、事業化に必要な技術水準を明確化でき、また、前述のシーズとニーズのマッチングを図ることも容易となる。

具体的研究開発の進め方としては、CREST等の戦略的な基礎研究において、上記の体制を構築し、基礎研究からサービス事業化を見据えた研究開発を実施する。この時、技術の社会適用を見据えて目標ドメインを設定し、それに向けた研究開発を進めることが望ましい。

研究当初は基礎研究から実証実験まで小規模で進め、そこで得られた課題を基礎研究にフィードバックしつつ、また、実際の社会への適用やサービス事業化への課題を明らかにし、徐々に実証の規模、社会適用度を拡大していく。このときに、研究内容や適用ドメインに応じて、既に地域のフィールドを持ち、産学で実証研究を進めているCOIプログラムとの連携や、事業化に向けたベンチャーキャピタルの参画も検討すべきである。実証実験の段階で事業化の目途が立った場合は、産業化や企業化等のプログラム(A-STEPやSTARTなど)に適宜橋渡しすることで、得られた成果の速やかな社会実装、サービス事

業化へと進めて行くことが重要である。

サービス事業化においては、あらかじめ社会的課題を抽出し解決策を決めておくことが望ましい。したがって、実証実験と社会的課題抽出では特区利用、地域住民参加や NPO からの協力を仰いで共同開発することを考慮すべきである。

さらに、REALITY2.0 が社会全体へと普及・拡大して行った世界に備えて、我が国が研究の第一線に立ち続けるための革新的萌芽研究を進めるとともに、こうした研究を通じて次世代の人材を育成していく必要がある。

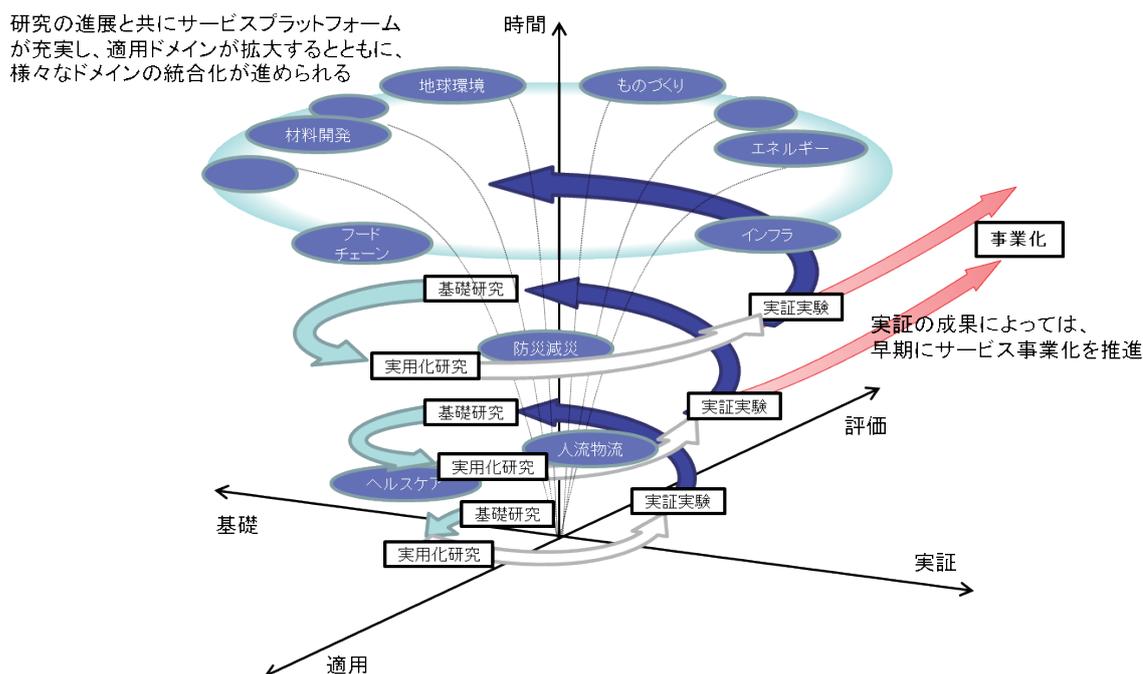


図 4. 研究開発の進め方と時間軸

○研究開発の時間軸

上記の研究開発からサービス事業化までの時間軸を図 4 に示す。基礎研究から実証実験までのサイクルを 1 ～ 3 年程度の短期間で実施し、得られた成果によっては、適宜サービスの事業化へと進めて行くことが望ましい。

【参考文献】

- 1) Performance-based Funding for Public Research in Tertiary Education Institutions Workshop Proceedings, <http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/education/performance-b>
- 2) The proposed institutional funding principles and their rationale, Barbara Good, Brigitte Tiefenthaler, <http://metodika.reformy-msmt.cz/the-proposed-institutional-funding-principles-and-their-rationale>

付録1 検討の経緯

CRDS では、平成 27 年度に戦略プロポーザルを作成すべきテーマの候補を CRDS 戦略スコープ 2015 策定委員会において指定し、平成 27 年度 4 月に CRDS 内に検討チームを発足させた。その後、検討チームにおいて提言作成へ向けた調査・分析・検討を重ねた。

チームの活動では、調査によって提言の方向性を検討するため、以下の有識者へのインタビュー・意見交換を実施した。

また、物理世界とサイバー世界が融合・一体化した「超サイバー社会 - REALITY2.0 -」という未来像を描き、REALITY2.0 の世界観・目標の共有および実現に向けた課題等を明らかにすることを目的として、『「IoT が開く超サイバー社会のデザイン - REALITY2.0 -」サミット』を開催した。サミットの結果は、報告書として平成 28 年 1 月に CRDS より発行している (CRDS-FY2015-WR-03)。

その上で、CRDS が構築した仮説を検証する目的で、科学技術未来戦略ワークショップを開催した (詳細 33 ページ)。ワークショップの結果は報告書として、平成 28 年 1 月に CRDS より発行している (CRDS-FY2015-WR-04)。

CRDS では、以上の調査・分析の結果と、サミットおよびワークショップの議論等を踏まえて、平成 28 年 3 月に本戦略プロポーザルを発行するに至った。

○有識者インタビュー (敬称略、50 音順、所属・役職はインタビュー時のもの)

井上友二	(株式会社トヨタ IT 開発センター 代表取締役会長)
栄藤 稔	(NTT ドコモ株式会社 執行役員 イノベーション統括部長)
神里達博	(千葉大学 高等教育研究機構 教授)
北川勝浩	(大阪大学大学院 基礎工学研究科 教授)
久間和生	(内閣府 総合科学技術・イノベーション会議 議員)
桑名栄二	(日本電信電話株式会社先端技術総合研究所 所長)
佐川千世己	(富士通株式会社 サービスプラットフォーム戦略企画室 執行役員/室長)
桜井貴康	(東京大学 生産技術研究所 教授)
猿渡俊介	(静岡大学情報学部学術院 情報学領域 講師)
杉浦孔明	(国立研究開発法人情報通信研究機構)
西尾信彦	(立命館大学 情報理工学部 教授)
東野輝夫	(大阪大学大学院 情報学研究科 教授)
宮下敬宏	(株式会社国際電気通信基礎技術研究所)
森川博之	(東京大学先端科学技術研究センター 教授)
山下克司	(日本 IBM 株式会社 グローバルテクノロジーサービス事業本部 技術理事)
吉野正則	(株式会社日立製作所 研究開発グループ シニアプロジェクトマネージャー)

○サミット：「IoT が開く超サイバー社会のデザイン - REALITY 2.0 - 」

・プログラム委員会

委員長：岩野和生 (科学技術振興機構)
委員：井上友二 (株式会社トヨタ IT 開発センター)
栄藤 稔 (NTT ドコモ株式会社)
森川博之 (東京大学)

・日時、場所

平成 27 年 9 月 27 日（日）～ 28 日（月）

セミナーハウスフォーリッジ（東京都世田谷区船橋 7-11-1）

・プログラム

【1 日目：9/27（日）】

全体セッション

10:00-10:10	事務連絡（JST/CRDS）
10:10-10:20	開催挨拶 倉持隆雄（JST/CRDS）
10:20-10:25	サミット趣旨説明 岩野和生（JST/CRDS）
10:25-10:30	基調講演 中村道治（JST）
10:40-10:55	基調講演 安西祐一郎（日本学術振興会）
10:55-11:15	「超スマート社会に向けた ICT からみた社会変革の展望」 岩野和生、有本建男（JST/CRDS）
11:15-12:00	話題提供 林 孝浩（内閣府） 井上友二（トヨタ IT 開発センター） 森川博之（東京大学）
12:00-13:00	ランチミーティング
13:00-14:35	ポジションペーパー発表①
14:35-14:45	休憩
14:45-16:20	ポジションペーパー発表②
16:20-16:40	休憩
16:40-17:30	話題提供 栄藤 稔（NTT ドコモ） 東條吉朗（NEDO / JETRO） 木村康則（富士通研究所）

分科会 I ビジョン／インパクト検討分科会

17:30-20:00 ビジョン／インパクト検討分科会（5 グループ）

全体セッション

20:00-22:00 ビジョン／インパクト検討分科会ディスカッション結果発表
意見交換・懇親会

【2 日目：9/28（月）】

全体セッション

09:30-10:15	話題提供 稲上泰弘（JST） 川野俊充（ベッコフオートメーション） 大谷晋平（アマゾンデータサービスジャパン）
-------------	--

分科会Ⅱ 研究開発検討分科会

10:15-13:00 研究開発検討分科会 (3 グループ)

全体セッション

13:00-13:50 研究開発検討分科会ディスカッション結果発表

13:50-14:00 問題共有のための話題提供 岩野和生 (JST/CRDS)

分科会Ⅲ REALITY2.0 を起こす仕組検討分科会

14:00-16:00 REALITY2.0 を起こす仕組検討分科会 (3 グループ)

16:00-16:15 休憩

全体セッション

16:15-17:00 REALITY2.0 を起こす仕組検討分科会ディスカッション結果発表

17:00-17:10 まとめ 中村道治 (JST)

参加者 (敬称略、所属・役職は開催時のもの)

氏名	所属・役職
青山 幹雄	南山大学工学部 ソフトウェア工学科 教授
◎ 安西 祐一郎	日本学術振興会 理事長
伊藤 久美	GE ヘルスケアジャパン株式会社 マーケティング本部 本部長
◎★井上 友二	株式会社トヨタ IT 開発センター 代表取締役会長
井上 拓生	株式会社産業革新機構 ディレクター
上田 修功	NTT コミュニケーション科学基礎研究所 上席特別研究員
浦本 直彦	日本 IBM 株式会社東京基礎研究所 クラウド・テクノロジー一部 部長
◎★栄藤 稔	株式会社 NTT ドコモ 執行役員 イノベーション統括部長
榎本 剛	文部科学省 研究振興局 参事官 (情報担当)
◎ 大谷 晋平	アマゾン データ サービス ジャパン株式会社 ストラテジックソリューション部 部長
大橋 弘	東京大学 大学院経済学研究科 教授
生越 満	理化学研究所 経営企画部 次長
鹿島 久嗣	京都大学大学院 情報学研究科 教授
加藤 重治	理化学研究所 理事
上村 理	内閣府 政策統括官 (科学技術・イノベーション担当) 付 上席政策調査員
◎ 川野 俊充	ベッコフオートメーション株式会社 代表取締役社長
川原 圭博	東京大学大学院 情報理工学系 准教授

北川 勝浩	大阪大学大学院 基礎工学研究科 教授
◎ 木村 康則	株式会社富士通研究所 フェロー
栗原 潔	文部科学省 研究振興局参事官 (情報担当) 付 専門官
紅林 徹也	内閣府 政策統括官 (科学技術・イノベーション担当) 付 上席政策調査員
桑名 栄二	日本電信電話株式会社先端技術総合研究所 所長
小泉 寿男	NPO 法人 M2M 研究会 会長
小寺 秀俊	理化学研究所 理事長特別補佐
小安 重夫	理化学研究所 理事
佐川 千世己	富士通株式会社 サービスプラットフォーム戦略企画室 執行役員 / 室長
猿渡 俊介	静岡大学情報学部大学院 情報学領域 講師
志度 昌宏	株式会社インプレス IT Leaders 編集部副編集長
信濃 正範	理化学研究所 経営企画部 部長
鈴木 教洋	株式会社日立製作所 社会イノベーション協創統括本部 統括本部長兼中央研究所 所長
高田 広章	名古屋大学未来社会創造機構 教授
高宮 真	東京大学生産技術研究所 准教授
高本 孝頼	NPO 法人オープンワイヤレスアライアンス 代表
竹上 直也	内閣府 政策統括官 (科学技術・イノベーション担当) 付 参事官補佐
田中 伸彦	経済産業省 産業技術環境局研究開発課 企画官
◎ 東條 吉朗	NEDO プログラムアドバイザー / JETRO サンフランシスコ所長
徳田 英幸	慶應義塾大学 環境情報学部 教授
豊田 正史	東京大学生産技術研究所 准教授
中小路 久美代	京都大学学際融合教育研究推進センター デザイン学ユニット 特定教授
中澤 仁	慶應義塾大学環境情報学部 准教授
中島 秀之	公立はこだて未来大学 学長
中西 宏典	内閣府 大臣官房 審議官
西岡 靖之	法政大学デザイン工学部 教授
◎ 林 孝浩	内閣府 政策統括官 (科学技術・イノベーション担当) 付参事官
日高 一義	東京工業大学大学院 イノベーションマネジメント研究科 教授

藤井 威生	電気通信大学先端ワイヤレス・コミュニケーション研究センター 教授
布施田 英生	内閣府 政策統括官（科学技術・イノベーション担当）付参事官
古屋 輝夫	理化学研究所 理事長室 室長
前田 倫広	理化学研究所 経営企画部 副主幹
松本 洋一郎	理化学研究所 理事
丸山 宏	統計数理研究所 副所長
南 悦郎	新日鉄住金ソリューションズ株式会社 執行役員
◎★森川 博之	東京大学先端科学技術研究センター 教授
矢野 和男	株式会社日立製作所 研究開発グループ 技師長
山下 克司	日本 IBM 株式会社 グローバルテクノロジーサービス事業本部 技術理事
山田 敬嗣	NEC Asia Pacific Pte. Ltd. シニアバイスプレジデント
和田 圭佑	インキュベイトファンド 代表パートナー
◎ 中村 道治	科学技術振興機構 理事長
大竹 暁	科学技術振興機構 理事
安藤 慶明	科学技術振興機構 参事役
◎ 倉持 隆雄	科学技術振興機構 研究開発戦略センター センター長代理
◎ 有本 建男	科学技術振興機構 研究開発戦略センター 上席フェロー
黒田 昌裕	科学技術振興機構 研究開発戦略センター 上席フェロー
永野 博	科学技術振興機構 研究開発戦略センター 特任フェロー
鈴木 慶二	科学技術振興機構 研究開発戦略センター フェロー
富川 弓子	科学技術振興機構 研究開発戦略センター フェロー
藤井 新一郎	科学技術振興機構 研究開発戦略センター フェロー
的場 正憲	科学技術振興機構 研究開発戦略センター フェロー
市岡 利康	科学技術振興機構 経営企画部国際戦略室 上席主任調査員
◎ 稲上 泰弘	科学技術振興機構 経営企画部イノベーション企画推進室 研究監
宮田 裕行	科学技術振興機構 経営企画部イノベーション企画推進室 主任調査員
岡山 純子	科学技術振興機構 経営企画部未来創造システムチーム 主査
松尾 浩司	科学技術振興機構 戦略研究推進部 調査役
◎★岩野 和生	科学技術振興機構 研究開発戦略センター 上席フェロー
小山 健一	科学技術振興機構 研究プロジェクト推進部 主任調査員
寿 桜子	科学技術振興機構 科学コミュニケーションセンター 調査員

1 研究開発の内容

2 提案を実施する意義

3 具体的な研究開発課題

4 研究開発の推進方法および時間軸

付録

神里達博（千葉大学）

ICT と社会 - ELSI 的観点から

15:20-15:30 休憩

15:30-17:20 総合討論

モデレータ：土井美和子（NICT）

17:20-17:30 まとめ：土井美和子（NICT）

参加者（敬称略、役職は開催時のもの）

氏名	所属・役職
井上 友二※	株式会社トヨタ IT 開発センター 代表取締役会長
大谷 卓史	吉備国際大学 アニメーション文化学部 准教授
神里 達博	千葉大学 高等教育研究機構 教授
杉浦 孔明	情報通信研究機構 ユニバーサルコミュニケーション研究所 主任研究員
土井 美和子	情報通信研究機構 監事
西尾 信彦	立命館大学 情報理工学部 教授
東野 輝夫	大阪大学 大学院情報学研究科 教授
前田 裕二	NTT 株式会社 セキュアプラットフォーム研究所 プロジェクトマネージャー
宮下 敬宏	株式会社国際電機通信基礎技術研究所 ネットワークロボット 研究室 室長
吉野 正則	株式会社日立製作所 研究開発グループ シニアプロジェクトマネージャー
榎本 剛※	文部科学省 研究振興局 参事官（情報担当）
重野 誉敬	文部科学省 研究振興局 参事官（情報担当）付 情報科学技術 推進官
栗栖 誠子	文部科学省 研究振興局 参事官（情報担当）付 係長
青山 幸太	文部科学省 研究振興局 参事官（情報担当）付 行政調査員
築田 栄輝	文部科学省 研究振興局 地震・防災研究課 係長
行松 泰弘	文部科学省 研究振興局 基礎研究振興課長
斉藤 卓也	文部科学省 研究振興局 基礎研究推進室長
浅井 雅司	文部科学省 研究振興局 基礎研究推進室長補佐
平田 容章	防災科学技術研究所 経営企画室 主幹
上石 勲	防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター／イノベーション ハブ推進室 センター長／室長

伊藤 宗太郎	科学技術振興機構	副理事
笹月 俊郎	科学技術振興機構	戦略研究推進部 部長
酒井 重樹	科学技術振興機構	戦略研究推進部 課長
松尾 浩司*	科学技術振興機構	戦略研究推進部 調査役
稲上 泰弘*	科学技術振興機構	経営企画部 研究監
中村 宏	科学技術振興機構	未来創造システムチーム 調査役
澤田 寿	科学技術振興機構	未来創造システムチーム 主任調査員
宮田 裕行*	科学技術振興機構	未来創造システムチーム 主任調査員
岡山 純子*	科学技術振興機構	未来創造システムチーム 主査
岩野 和生*	科学技術振興機構	研究開発戦略センター 上席フェロー
小山 健一*	科学技術振興機構	研究プロジェクト推進部 主任調査員
寿 桜子*	科学技術振興機構	科学コミュニケーションセンター 調査員
澤田 朋子*	科学技術振興機構	研究開発戦略センター フェロー
鈴木 慶二*	科学技術振興機構	研究開発戦略センター フェロー
高島 洋典*	科学技術振興機構	研究開発戦略センター フェロー
土井 直樹*	科学技術振興機構	研究開発戦略センター フェロー
富川 弓子*	科学技術振興機構	研究開発戦略センター フェロー
豊田 清*	科学技術振興機構	戦略研究推進部 主任調査員
藤井 新一郎*	科学技術振興機構	研究開発戦略センター フェロー
的場 正憲*	科学技術振興機構	研究開発戦略センター フェロー
宮下 哲*	科学技術振興機構	研究開発戦略センター フェロー
茂木 強*	科学技術振興機構	研究開発戦略センター フェロー
矢倉 信之*	科学技術振興機構	研究開発戦略センター フェロー
山田 直史*	科学技術振興機構	研究開発戦略センター フェロー

※は「IoT が開く超サイバー社会のデザイン・REALITY2.0」サミット参加者

付録2 国内外の状況

本プロポーザルが提案する研究開発内容に関連のある国内の施策および海外の取り組みについて、以下のとおりまとめる。

【日本】

社会システム・サービスの最適化のための IT 統合システムの構築 (2012 年～ 2016 年) 文部科学省

CPS の適応領域と有効性を拡大し、省エネ等社会の様々な課題解決に資する IT の共通の基盤技術の研究開発を行い、個別技術の開発とそれらを統合するアーキテクチャーを提案するとともに、実証システムの中でそれらを評価し実用化に結びつけていくことを目的とする。

制御ループに人も関与するなど、従来の CPS では想定されていなかった複雑な系に対応する技術の実現を目指し、複数データ系列への対応技術や解析結果をリアルタイムにフィードバックする技術など、国内外でも未着手の研究課題に注力する。具体的な実証を通して、開発した技術を IT 統合システムの共通アーキテクチャーへと融合することを目指す。

G 空間プラットフォームにおけるリアルタイム情報の利活用技術に関する研究開発 (2014 年～ 2015 年) 総務省

スマートフォンやセンサーネットワークが時々刻々と生成する大規模な G 空間情報 (以下、「動的 G 空間情報」という) の利活用によって、災害に強い社会の実現や新サービスの創出などが可能になると期待されているが、大規模な動的 G 空間情報をリアルタイムで利活用するための技術基盤は開発されていない。そのため、本研究開発では、大規模な動的 G 空間情報をリアルタイムで利活用することを可能とする基盤技術の実用化に向けた研究開発に取り組む。

スマートなインフラ維持管理に向けた ICT 基盤の確立 (2014 年～ 2016 年) 総務省

無線方式のセンサーを活用した社会インフラの維持管理を実現するため、センサーで計測したひずみ、振動等のデータを、高信頼かつ低消費電力で収集・伝送する通信技術等を確立し、実際の社会インフラにおいてフィールド実証等を行うことにより、その効果を検証する。また、研究開発成果の普及、我が国の社会インフラ維持管理分野における国際競争力の強化のため、フィールド実証等の成果を基に国際標準化を推進する。

ロバストなビッグデータ利活用基盤技術の研究開発 (2013 年) 総務省

ネットワークのエンドノードによる自律的な接続経路設定、信頼性や機密性を確保した分散蓄積及び分散処理を可能とする、ビッグデータの利活用基盤技術の確立を目指す。(1) 自律分散型ネットワーク構築技術 (2) 自律分散ストレージ構築技術 (3) 自律分散処理技術

膨大な数の極小データの効率的な配送基盤技術の研究開発（2013年）総務省

センサーやスマートフォン等から生成される膨大な数の極小データを、信頼性を担保しながらサービス毎の要求品質を考慮して効率よくネットワークに収容する基盤技術等の確立を目指す。(1) ビッグデータのネットワーク配送基盤技術 (2) ビッグデータ用ネットワーク配送基盤の異常検出技術

ワイヤレス M2M 共通基盤の実現に向けたスマートメータ/スマートユーティリティネットワークの研究開発 (SCOPE) (2014年) 総務省

主体的に標準化した IEEE802.15.4g 規格をもとに屋内外利用、マルチホップ機能、コグニティブ無線対応広域システムとの連携ができる各種ユーティリティアプリケーション対応統一無線通信規格を開発し、Wi-SUN アライアンスで国際規格化し、さらに仮想化ネットワーク技術を搭載し、コグニティブ無線、仮想化ネットワーク管理サーバーを統合することでアプリケーションが相乗り可能なワイヤレス M2M 共通基盤ネットワークを実現する。

端末の移動軌跡情報を用いた被災状況推定・避難誘導システムの研究開発 (SCOPE) (2014年) 総務省

各避難者の所有するモバイル端末が定期的に計測した位置情報の履歴（移動軌跡情報）を DTN (Delay Tolerant Networking) 技術によりクラウドシステムへと集める。クラウドシステムは、得られた移動軌跡情報と地図情報から各地の被災状況と人口密度情報を推定し、避難者毎に適した避難経路を計算し、DTN を介して各モバイル端末へと配信する。避難経路を受信したモバイル端末はウェアラブルデバイスと連携し、視聴・聴覚を利用した避難誘導を実現する。以上を実現可能な方式・システムを設計・実装し、シミュレーションと実証実験により有用性を実証する。

新世代ネットワークの実現に向けた欧州との連携による共同研究開発 (2013年～2015年) NICT

新世代ネットワークの実現に向けた技術課題の中から、特に欧州との連携により研究開発の促進が期待できる領域について、欧州委員会と連携して共同公募を行う。クラウド的パラダイムに基づく NW 基盤技術 (課題ア)、異ネットワーク間のリソース制御に関するテストベッド上の実証実験 (課題イ)、コンテンツ配信に着目した省エネルギーな NW アーキテクチャー (課題ウ)、の三つについて研究開発する。

将来ネットワークの実現に向けた超大規模情報ネットワーク基盤技術に関する研究 (日米共同研究開発プロジェクト) (2013年～2015年) NICT (日本側は NICT が、米国側は NSF が研究資金を提供)

2020年頃には、“兆を超える” 超大規模数のオブジェクト (センサーやデバイス、さらにはデータ) がネットワークに接続されると言われている。本研究課題では、このような超大規模情報ネットワークで、顕在化してくると考えられる様々な問題を解決するため、

【領域1】：超大規模情報ネットワークのモデル化および設計に関する研究、【領域2】：超大規模情報ネットワークにおけるモバイルコンピューティング・ネットワーキング技術

の研究、【領域3】：超大規模情報ネットワークを支える光ネットワーク技術の研究 の3領域について、日米共同のチームで研究する。

新世代ネットワークの実現に向けた欧州との連携による共同研究開発および実証（2014年～2017年）NICT(欧州側 Horizon 2020 提案者との共同研究プロジェクト)

新世代ネットワークの実現に向けた技術課題の中から、特に欧州との連携により研究開発の促進が期待できる領域について、欧州委員会と連携して共同公募を行う。課題A：大規模スマート ICT サービス実証基盤を用いたアプリケーション実証、および 課題B：高い密度で集中するユーザに対応可能なアクセスネットワークの開発の二つについて研究開発する。

ソーシャル・ビッグデータ利活用・基盤技術の研究開発（2014年～2015年）NICT

公共性を有する「ビッグデータ」を「ソーシャル・ビッグデータ」と位置付け、ソーシャル・ビッグデータの利活用の促進、サイバーフィジカルシステム、M2M、IoT とも呼ばれるシステム・サービスの実現・普及に貢献する技術を確立し、その有用性や有効性を内外に示すことを目的とする。「ソーシャル・ビッグデータ」に関し、実用化を意識した研究開発、実証実験の課題を産学官から幅広く提案を受けるものとし、当機構が整備するテストベッドの活用や拡張のみならず、ソーシャル・ビッグデータの利活用に対する新たな提案を期待。

次世代ロボット中核技術開発（2015年～2019年）NEDO

人工知能技術やセンサー、アクチュエーター等のロボット要素技術について、我が国と世界の状況に鑑み、速やかに実用化への道筋をつける革新的な要素技術を研究開発する。また、人間を超越する人工知能、センサー、アクチュエーター等を新たな技術シーズとして研究開発し、これまでロボットの適用が考えられてこなかった分野での新たなロボット需要の創出につなげていく。また、特に、人工知能分野においては、従来のロボットの概念を超え、「自律化」「情報端末化」や「ネットワーク化」するロボット、例えば、ビルや社会環境全体がロボットであるような場合を想定した研究開発も実施する。

社会課題対応センサーシステム開発プロジェクト（2011年～2014年）NEDO

センサーネットワークに使用されるセンサーデバイスの共通的な課題である、無線通信機能、自立電源機能及び超低消費電力機能の搭載を実現する革新的センサーの開発を行い、センサーネットワークの導入による、環境計測やエネルギー消費量等の把握（見える化）及びエネルギー消費量の制御（最適化）により、低炭素社会の実現に寄与する。① グリーンMEMSセンサーの開発、② 無線通信機能及び自立電源機能を搭載したグリーンセンサー端末の開発、③ グリーンセンサーネットワークシステムの構築と実証実験。

IoT 時代を支える多種大量データ処理基盤技術に係る先導研究（2014年～2015年）NEDO

多種大量のデータをセンサーあるいはセンサーに近いところ（端末側）で処理を行う IT 基盤技術を開発することが重要である。まだ世界的な標準技術が存在しないこの新し

い分野において、我が国がキーストーンとなる技術、標準、ノウハウを抑えるための先導研究を実施し、技術課題及びその課題の解決に向けたアプローチの在り方等を提示することを目的とする。(1) 画像センサー等で収集した大量のデータを、端末側で即時処理を行う等により、データの利用を容易にするための要素技術開発を行う。(2) 開発した要素技術について、既存あるいは試作したシステムを用いて、試験的なデータ収集・処理を実施し、本分野において将来開発すべきシステム像及びその技術課題、開発されるシステムを適用した場合に期待できる具体的効果等を明確化する。

【米国】

スマート・シティ イニシアティブ (2015)

政府は1億6千万ドルあまりを投じ、交通渋滞の緩和、防犯対策、経済成長の促進、気候変動による影響の管理、市民サービスの向上などの主要な課題に取り組む地域社会を支援する。このイニシアティブは、次の主要戦略に重点を置いて開始される。

- ・「モノのインターネット」アプリケーション向けのテストベッドの作成
- ・新たな複数セクター協力モデルの開発
- ・市民の科学技術活動との協力、及び都市間協力の構築
- ・既存の連邦レベル活動の活用
- ・国際協力の推進

Uber (2009)

自家用車を使ってドライバーになり、客を取って目的地まで届ける米国発のライド・シェアサービス。世界300都市以上に普及しており、推定企業価値は現在646億ドルとも言われるほど急成長している。サービスのしくみは、スマートフォンにUberのアプリをダウンロード、アプリにクレジットカード番号を入力し乗車ごとの支払いを省略する。利用したい時には、アプリから乗車希望ボタンをクリック、スマートフォンに搭載されたGPS機能によって現在位置がわかり、最も近くにいるUberのドライバーが到着する。サイバーと物理的なモノ・人間が一体となって切り離せないREALITY2.0型のサービスといえる。

Industrial Internet (2012)

製品に取り付けたセンサーから得た稼働状況に関するビッグデータを分析し、運用・保守や新製品開発に生かす米GE社の打ち出したコンセプト。Industrial Internetは電力、医療、鉄道、石油・ガスの分野への導入を見込んでおり、それぞれ年間数十億ドル以上のコスト削減が可能だと試算している。GEはIndustrial Internetをビジネス化するためのソフトウェアプラットフォームPredixを開発し顧客企業に提供する。

【欧州】

Industrie4.0 (2011)

デジタル化による製造コストの大幅削減で革命的にビジネスを変えようというドイツのイニシアティブ。生産設備をインターネットでつなぎ、工場と本社機能もリアルタイムに連携することで少量多品種、高付加価値な製品を低コストで生産することを目標としてい

る。関連する技術の研究開発への助成は2億ユーロ程度だが、産学官が一体となった大規模なプロジェクトになってきており、2035年頃を目処にスマート工場の実現を目指している。

FuturICT (2011)

EUのFP7 FET (Future Emerging Technology) Flagship pilot プロジェクト。参加型センシング、可視化、シミュレーションのプラットフォームを構築して、複雑な社会システムを理解・管理し、社会のサステナビリティとレジリエンスを高めることを目的としたもの。220万ユーロ規模のPilotの後、Flagship projectには採択されなかったが、研究としては25ヶ国が参加して継続しており、複雑系の科学をコアに政策決定支援や教育支援などの応用も想定されている。

Human Brain (2013)

FP7 FET (Future Emerging Technology) の Flagship プロジェクトで2013年ー2023年の10年間で総額11.9億ユーロの研究費が投入される。脳科学の研究活動やデータを新しいICTプラットフォーム上に集約したICT統合基盤研究プラットフォームを構築。実験データとニューロインフォマティクスや脳シミュレーション（最終的には細胞レベルに遡った人の全脳シミュレーション）の統合により、脳メカニズムの理解、脳疾患の早期診断と個別治療の実現を目指す。予算の3%が倫理問題にあてがわれる。

【シンガポール】

Smart Nation (2013)

シンガポール政府が推進する、世界初のスマート国家を作るというイニシアティブ。人々が安全で暮らしやすい街を作るために、人材育成、産業集積、ICTの具体的な活用を描いている。情報通信開発庁 (IDA) が所掌して Smart Nation Platform (SNP) というデータ基盤を構築、収集したさまざまなセンサーデータを公共交通、エネルギー供給、ヘルスケアなどのサービスに反映する。実証プロジェクトは民間主導で既に始まっており、都市国家というコンパクトなシンガポールではビジョン実現まで迅速に進むのではないかと期待されている。2015年度予算のうち、昨年度から増加した9,000万シンガポールドルの多くが同イニシアティブに充当されている。

付録3 専門用語解説

○ IoT (Internet of Things)

パソコンやサーバー、携帯電話などの情報・通信機器だけでなく、家電製品や自動車、機械など、様々なモノに通信機能を持たせ、インターネットに接続し、モノの制御や周囲の状況の計測などを行うこと。人、モノ、コンピューターなどが有機的に結合することによって、社会、経済、産業の効率化と付加価値の向上を実現する。

○ SOA (Service Oriented Architecture)

企業のビジネスプロセスを標準化し、コンポーネント化して、それを組み合わせるといふサービスオリエンテッドなシステム構築の考え方のこと。SOAの考え方に基づいてシステムを構築することによって、サービスの目的に応じて機能を容易に組み替える事が出来るようになり、要求の変化に柔軟に対応する事が可能となる。

○ M2M (Machine to Machine) 通信

Machine-to-Machine Communication (マシン間通信)のこと。人間ではなく、モノ同士が通信し、情報を交換する。センサーによる情報収集が多かったが、モノの制御にも使われるようになってきた。さまざまな機械の制御や、自動車などからの情報収集、電力使用状況のモニタリングや制御に使われる。比較的少量のデータが頻繁にやり取りされるなど、人間同士の通信とは異なった特性を持つことが多い。

■戦略プロポーザル作成メンバー■

総括責任者	岩野 和生	JST	CRDS 上席フェロー
チームリーダー	山田 直史	JST	CRDS フェロー
サブリーダー	高島 洋典	JST	CRDS フェロー
	小山 健一	JST	研究プロジェクト推進部 主任調査員
	寿 桜子	JST	科学コミュニケーションセンター 調査員
	澤田 朋子	JST	CRDS フェロー
	土井 直樹	JST	CRDS フェロー
	豊田 清	JST	戦略研究推進部 主任調査員
	宮下 哲	JST	CRDS フェロー
	茂木 強	JST	CRDS フェロー
	矢倉 信之	JST	CRDS フェロー

※お問い合わせ等は下記ユニットまでお願い致します。

CRDS-FY2015-SP-02

戦略プロポーザル

IoTが開く超スマート社会のデザイン — REALITY 2.0 —

平成 28 年 3 月 March 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
システム・情報科学技術ユニット
Systems / Information Science and Technology Unit
Center for Research and Development Strategy, Japan Science and
Technology Agency

〒 102-0076 東京都千代田区五番町 7 K's 五番町
電 話 03-5214-7481 (代表)
ファックス 03-5214-7385
<http://crds.jst.go.jp>
© 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 C CTA ACT 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 C CTA ACT CTCAGACC

AAT A TCTATAAGA CTCTAACT

CTCGCC AATTAATA

TAAATC A AAGA C CTA ACT CTCAGACC

AAT A TCTATAAGA CTCTAACT

ATTAATC A AAGA C CT

GA C CTA ACT CTCAGACC

0011 1110 000

00 11 001010 1

0011 1110 000

0100 11100 11100 101010000111

001100 110010

0001 0011 11110 000101

ISBN 978-4-88890-485-8

