

戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)  
フィジカル空間デジタルデータ処理基盤  
研究開発計画

令和元年7月25日

内閣府

政策統括官(科学技術・イノベーション担当)

## 目次

研究開発計画の概要.....	3
1. 意義・目標等.....	3
2. 研究内容.....	3
3. 実施体制.....	4
4. 知財管理.....	4
5. 評価.....	4
6. 出口戦略.....	4
1. 意義・目標等.....	5
(1) 背景・国内外の状況.....	5
(2) 意義・政策的な重要性.....	6
(3) 目標・狙い.....	7
① Society 5.0 実現に向けて.....	7
② 社会面の目標.....	8
③ 産業的目標.....	8
④ 技術的目標.....	8
⑤ 制度面等での目標.....	9
⑥ グローバルベンチマーク.....	9
⑦ 自治体等との連携.....	10
2. 研究開発の内容.....	11
Ⅰ. IoT ソリューション開発のための共通プラットフォーム技術.....	23
Ⅱ. 超低消費電力 IoT チップ・革新的センサ技術.....	31
Ⅲ. Society 5.0 実現のための社会実装技術.....	45
追加加速研究開発.....	50
3. 実施体制.....	58
(1) 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構の活用.....	58
(2) 研究責任者の選定.....	58
(3) 研究開発の実施体制.....	58
(4) 各研究開発テーマの運営管理.....	58
(5) 研究体制を最適化する工夫.....	58
(6) 府省連携.....	59
(7) 産業界からの貢献.....	59
4. 知財に関する事項.....	59
(1) 知財委員会.....	59
(2) 知財権に関する取り決め.....	59
(3) バックグラウンド知財権の実施許諾.....	60
(4) フォアグラウンド知財権の取扱い.....	60

(5) フォアグラウンド知財権の実施許諾.....	60
(6) フォアグラウンド知財権の移転、専用実施権の設定・移転の承諾について.....	60
(7) 終了時の知財権取扱いについて.....	61
(8) 国外機関等(外国籍の企業、大学、研究者等)の参加について.....	61
5. 評価に関する事項.....	61
(1) 評価主体.....	61
(2) 実施時期.....	61
(3) 評価項目・評価基準.....	61
(4) 評価結果の反映方法.....	61
(5) 結果の公開.....	62
(6) 自己点検.....	62
① 研究責任者による自己点検.....	62
② PDによる自己点検.....	62
③ 管理法人による自己点検.....	62
6. 出口戦略.....	62
(1) 出口指向の研究推進.....	62
(2) 普及のための方策.....	63
7. その他の重要事項.....	63
(1) 根拠法令等.....	63
(2) 弾力的な計画変更.....	64
(3) PD 及び担当の履歴.....	65

## 研究開発計画の概要

### 1. 意義・目標等

科学技術の進展により人々の生活は便利で豊かになる一方、国際的に解決すべき社会課題は複雑化してきており、課題に対する国際的な取り組みがますます重要になっている。我が国は、課題先進国として経済発展と社会課題解決の両立を世界に先駆け実現できる立場にある。そこで、第5期科学技術基本計画にて、目指すべき未来社会の姿として Society 5.0 構想が提唱された。Society 5.0 の実現において、我が国の質の高い様々な現場(フィジカル空間)の情報を高度・高効率に収集・蓄積し、仮想空間(サイバー空間)と高度に融合させる連携技術(CPS: Cyber Physical Systems)の構築が必要とされる。

求められる CPS 構築において、リアルタイム性、制御性、超低消費電力性等に重点を置いたハードウェア技術やシステム化等、日本の強みを活かした統合技術を開発した上で、新たな共通基盤として体系化が重要である。ところが、CPS を用いた Society 5.0 の実現においてはフィジカル空間処理の高コストや我が国の IT 人材不足が非常に深刻な問題である。そこで本研究課題では、容易にサイバー空間とフィジカル空間を連携させることが出来るエッジに重点をおいたプラットフォーム(以下「エッジ PF」という)を開発し社会実装することにより、フィジカル空間処理のコストを大幅に削減し、かつ我が国の中小・ベンチャー企業を含む産業界を活性化していく。高度な IT スキルを必要としないエッジ PF により、開発期間や人員といったコストを大幅に削減し、これにより新規企業の参入の促進や新しいビジネス機会を増やしていく。

あわせて、日本が強みを持つ材料・デバイス技術を活かした、超低消費電力 IoT デバイス・革新的センサ技術の実用化及びシステム化により、電源供給にかかる技術課題の解決を行い、従来設置できなかったフィジカル空間の環境を計測可能とするなど、CPS の適用範囲を広げることで高度な価値創出をはかる。

また、クラウドベースシステムでは実現不可能なリアルタイム性が不可欠な領域で、フィジカル空間の制御管理等のエッジに重点がおかれた CPS 構築が必須な社会課題実装技術開発を行い、課題の成功事例を広く社会へ示す。

エッジ PF を自立的に維持・更新できる仕組みを構築していくことで、我が国の CPS を用いたソリューションの国際競争力維持や持続的経済成長への貢献を目指す。

それぞれの研究サブテーマは下記を目標とし推進する。

- ・Society 5.0 の中核基盤技術として、従来と比較して IoT ソリューションの開発期間または開発費用を 1/10 以下に削減するプラットフォームを他国に先駆けて開発する。
- ・超低消費電力 IoT チップと革新的なセンサ技術を実現し、センサ近傍処理に必要な電力を 1/5 以下に削減するなど、従来設置できなかった環境での計測を可能にするための技術開発を行う。
- ・上記プラットフォームおよび IoT チップ・革新的センサ技術の有効性を生産分野などで実証するとともに、複数の実用化例を創出し、社会実装の目途をつける。

### 2. 研究内容

新たな共通基盤として、フィジカル空間のリアルタイムなデータ処理、専門的な IT 技術者でなくても利用可能であること、低コスト化、未開拓な領域へのデバイス適用、モノとモノの高度な協調・協働の 5 つをポイントに、様々な分野で利用できる「フィジカル空間デジタルデータ処理基盤」を構築し、社会課題のフロントランナーとして社会実装する。

本プログラムは以下に記す 3 項目の研究サブテーマで進める。各研究サブテーマは有機的に連携して推進することで、目標の達成を促進する。

- I. IoT ソリューション開発のための共通プラットフォーム技術
- II. 超低消費電力 IoT チップ・革新的センサ技術
- III. Society 5.0 実現のための社会実装技術

### 3. 実施体制

佐相 秀幸プログラムディレクター(以下「PD」という。)は、研究開発計画の策定や推進を担う。PD が議長を、内閣府が事務局を務め、関係省庁や専門家・有識者で構成する推進委員会が、総合調整を行う。PD は、管理法人として国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(以下「NEDO」という)を活用し、公募により選定した研究責任者により研究開発を推進する。また、NEDO が事務局をつとめる事業マネジメント会議を開催し、それぞれの研究テーマに対して、本課題の目標の共有化及びテーマの進捗管理並びにテーマ間連携などを管理するとともに事業全体のマネジメントを効果的に行う。事業マネジメント会議は、併置する外部有識者によるエッジ PF 戦略検討を担う戦略委員会と連携し、本事業の成果最大化を目指す。PD はサブ PD をおき、研究開発の推進を補佐させるものとする。

### 4. 知財管理

課題全体の知的財産のマネジメントを実施する知財委員会を NEDO または選定した研究責任者の所属機関(委託先)に置き、各受託機関が持つバックグラウンド知的財産及び本プログラムにより発生したフォアグラウンド知的財産の動向の把握・管理、取扱いに関する適切な管理、関係者間の調整等を行う。

### 5. 評価

ガバナリングボードによる毎年度末の評価前に、研究責任者による自己点検及び PD と管理法人の自己点検を実施する。評価結果は次年度以降の計画に反映させるほか、必要に応じて研究チームを再編し、高い研究開発レベルを維持できるようにする。

### 6. 出口戦略

本プログラムは、我が国の良質なフィジカル空間の情報を、最先端のエッジ PF の標準化により容易かつ効果的に利活用できる環境を構築する。本プログラムの成果により、様々な業種による新しい産業創出の機会を増大させ、Society 5.0 の構想で掲げる経済発展と社会的課題解決を目指す。

そのために、エッジ PF の開発に加え、日本が競争力を有するセンサ近傍の超低消費電力デバイスや革新的センサシステム、社会課題を解決しうるロボット等の IoT 機器、それぞれについて具体的な社会実装の検証を行いながら戦略的に推進する。各研究サブテーマではそれぞれ実際に事業化を担う企業をパートナーとして選定した上で民間資金も投入しながら推進していくことで、産業界での速やかな事業化を推進していく。

フィジカル空間デジタルデータ処理基盤には、既存の PRISM や ImPACT、各府省(AI3 センター等)の関連する成果、SIP 課題の中で対となる「ビッグデータ・AI を活用したサイバー空間基盤技術」、「IoT 社会に対応したサイバー・フィジカルセキュリティ」のテーマの成果を組み合わせることで魅力ある基盤として成長

させ、コンソーシアム等による維持・更新する体制の構築により、プログラム終了後も持続的に新ビジネス機会や産業界の参入の促進を行い、我が国の国際競争力や経済成長の維持・拡大を狙う。

## 1. 意義・目標等

### (1) 背景・国内外の状況

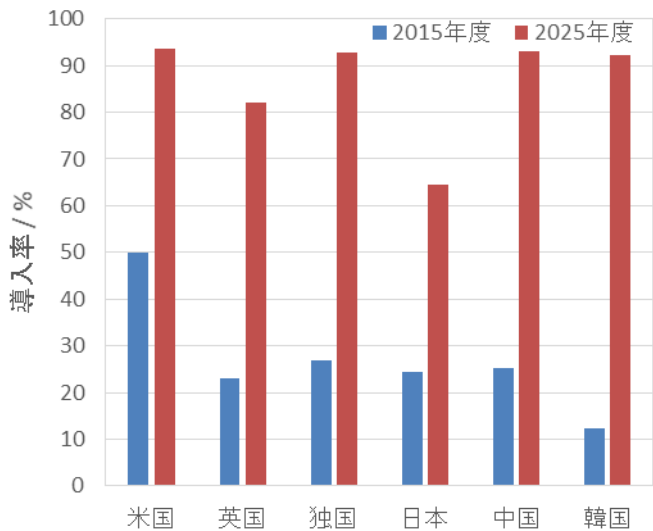
科学技術の進展により人々の生活は便利で豊かになる一方、エネルギーや食料の需要増加、温室効果ガスの排出増加、高齢化の進行等により、国際的に解決すべき社会課題は複雑化してきている。

これらの課題に対する国際的な取り組みがより一層重要となる中で、IoT、ビッグデータ、人工知能(AI)といった新たな技術を活用して社会課題を解決する「デジタル革新」への取り組みに対する期待が高まっている。

我が国は、課題先進国として経済発展と社会課題の解決の両立を世界に先駆けて実現できる立場にあり、第5期科学技術基本計画において今後目指すべき未来社会の姿として Society 5.0 の構想が提唱されている。そこでは、IoT であらゆる人とモノがつながり、様々な知識や情報が共有され、人工知能(AI)やロボットが活用されることにより、モノやサービスが必要な人へ、必要な時に、必要なだけ提供されることで、誰もが快適で活力に満ちた質の高い生活を送ることのできる人間中心の社会を目指している。

また、Society 5.0 の実現においては、我が国の質の高い様々な現場(フィジカル空間)の情報を高度・高効率に収集・蓄積し、仮想空間(サイバー空間)と高度に融合させる連携技術(CPS: Cyber Physical Systems<sup>1)</sup>)の構築が必要とされている。

しかし、総務省の調査<sup>2)</sup>によると、2025 年度までに IoT ソリューションの導入を検討している日本の企業は、アメリカ・ドイツ・中国等の他国に比べて圧倒的に低く、64.5 %となっている。(図表 1-1)



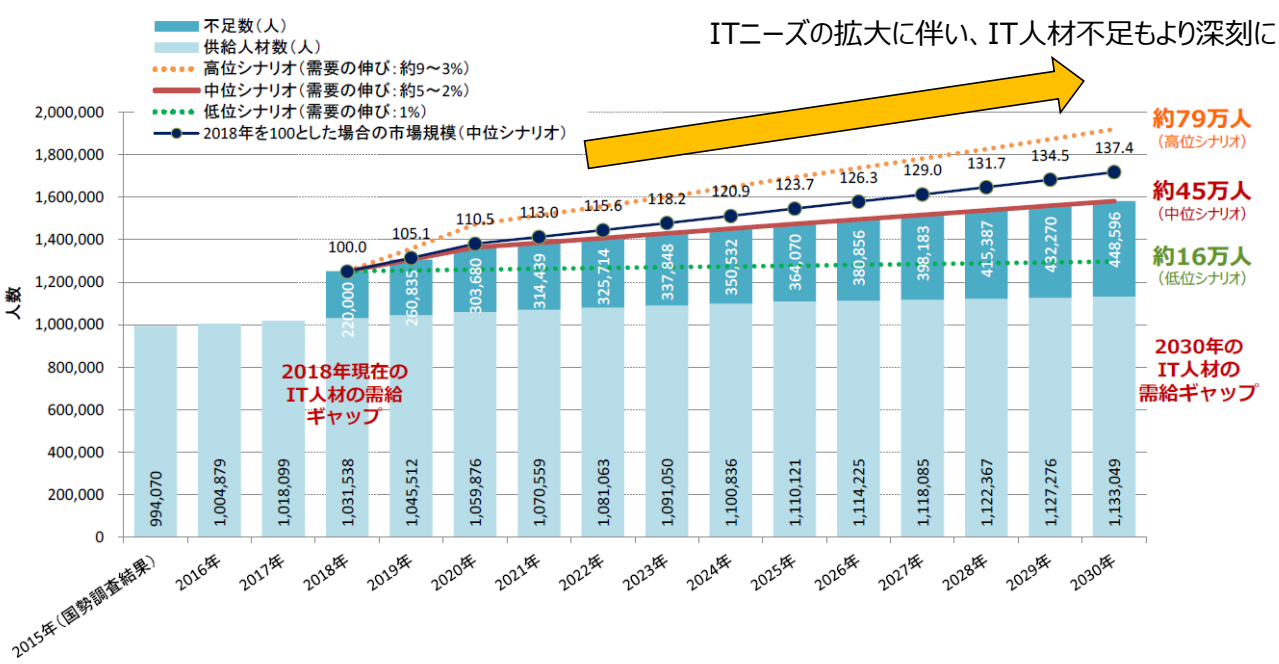
図表 1-1. 企業の IoT ソリューション導入率見込み

<sup>1</sup>現実社会や人間から得られるデータの収集・処理・活用により「ヒトとモノ」や「モノとモノ」の高度な協調・協働を可能とすることで、あらゆる社会システムの効率化、新産業の創出、知的生産性の向上に寄与するもの。

<sup>2</sup>「ICT の日本国内における経済貢献及び日本と諸外国の IoT への取組状況に関する国際企業アンケート」(2016)

加えて、経済産業省の調査<sup>3</sup>によると、日本では 2018 年現在、必要な IT 人材<sup>4</sup>は 117 万人に対して 24.3 万人が不足しており、さらに 2019 年をピークに人材供給は減少する。IT 市場が高率で成長した場合、2030 年には必要な IT 人材数が 132.5 万人に対して不足数は 79 万人に上ると予測されており、深刻な IT 人材の不足が指摘されている(図表 1-2)。その中でも、特に社会課題を CPS に落とし込むためのシステムエンジニア、フィジカル空間のデータを効率よく処理するための AI 人材が不足している。

Society 5.0 の実現に向けては、サイバー空間とフィジカル空間の高度な融合による社会課題を、人材不足という課題とあわせて解決することが必須である。



図表 1-2. IT 人材需給に関する主な試算結果

(2) 意義・政策的な重要性

第 5 期科学技術基本計画での提唱を受け、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(JST-CRDS)は、CPS に必要な高度な情報処理システムの実現に向けて、1)ソフト・ハードの垂直統合技術開発と性能検証、2)新たな共通基盤技術の体系化と各技術レイヤーの強化、の 2 つの研究開発領域を提案している。CPS の実現には、社会課題を解決するための各種サービスを実現するアルゴリズム・ソフトウェアから、回路・アーキテクチャ、デバイス、材料等、全ての技術レイヤーの個別技術を垂直統合的に見た技術開発が重要であると主張している。また、垂直統合的技術開発を行うための体制構築が重要であるとされている。特に IoT システムの開発にあたっては、リアルタイム性、制御性、超低消費電力性等に重点を置き、ハードウェア技術やシステム化等の日本の強みを活かした統合技術を開発した上で、新たな共通基盤としての体系化が求められている<sup>5</sup>。

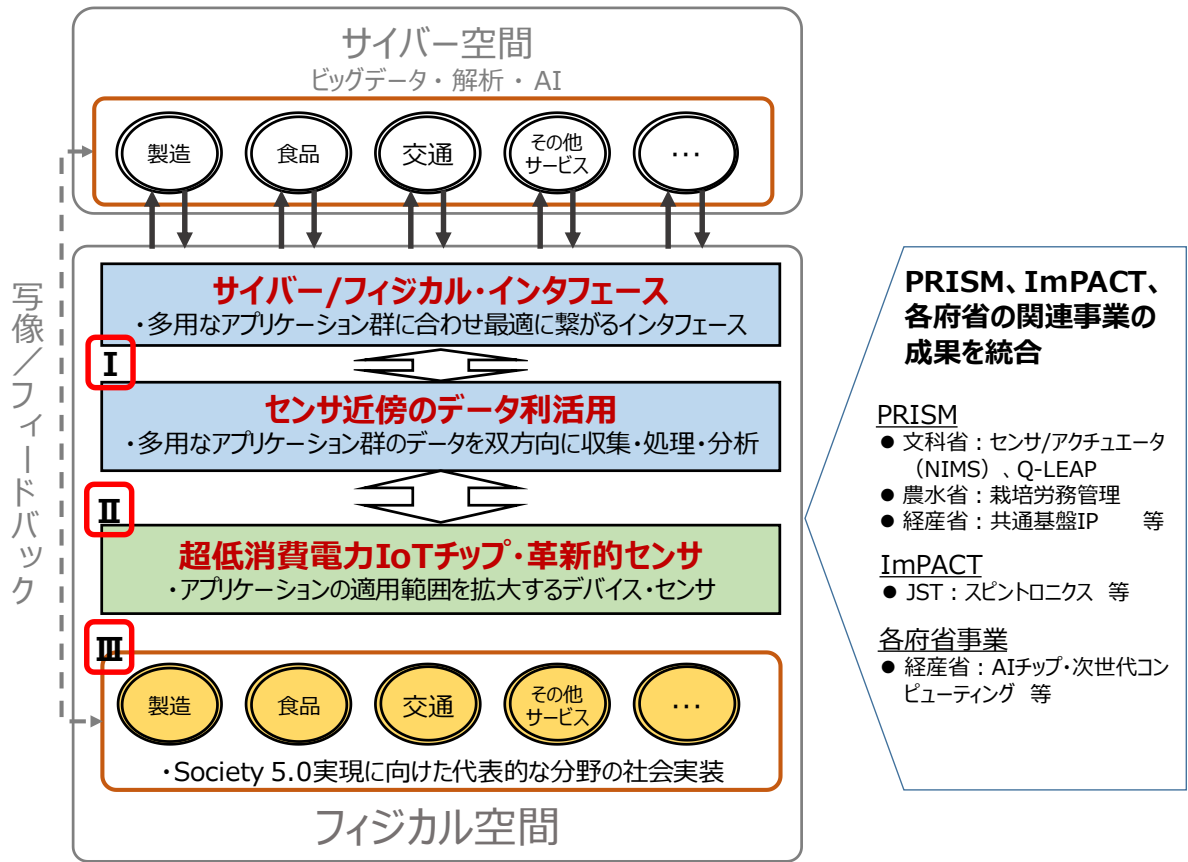
<sup>3</sup> 「IT 人材の最新動向と将来推計に関する調査結果」(2016)

<sup>4</sup> IT 企業と、ユーザ企業の情報システム部門に所属する人材の合計

<sup>5</sup> 戦略プロポーザル「革新的コンピューティング～計算ドメイン指向による基盤技術の創出」(2017)

上記の提言を踏まえ、CPS を実社会に対して広く適用させるため、本プログラムではフィジカル空間のリアルタイムなデータ処理、専門的な IT 人材でなくても利用可能であること、低コスト化、未開拓な領域へのデバイス適用、モノとモノの高度な協調・協働の 5 つをポイントに、社会課題のフロントランナーとして様々な分野で利用できる「フィジカル空間デジタルデータ処理基盤」を構築する。

本基盤は、フィジカル空間を高度に分析・制御するエッジ PF に超低消費電力 IoT デバイスや従来取得できなかった情報を利用可能にする革新的センサを搭載し、人手不足の現場等へ適用することによる飛躍的生産性向上等の、我が国が直面する労働力・人材不足に起因する社会課題解決を世界に先駆けて実現する。



図表 1-3. フィジカル空間デジタルデータ処理基盤の全体像

(3) 目標・狙い

① Society 5.0 実現に向けて

- ・ Society 5.0 の実現には、デジタル革新に関連する次世代の各種技術が実際の産業や社会生活へ実装され広く活用されることが必要であり、具体的な出口を想定した研究開発が重要である。
- ・ 本課題達成により実現した Hyper Connected World では、あらゆるヒトとヒト、ヒトとモノ、モノとモノが繋がりが、地域や年齢、性別などを問わず、あらゆる個人が活躍でき、快適に豊かに暮らせる社会の原動力となる。
- ・ 本課題では、Society 5.0 の実現において重要な、あらゆる人が CPS ソリューションを実現できる基盤



技術(エッジ PF)を中心にすえて、フィジカル空間の効率的なデジタル化の為に超低消費電力 IoT デバイスやセンサを開発する。また、併せてこれらの技術の有効性・有用性を生産分野等で実証する開発を行うとともに、複数の実用化例を創出し、社会実装の目途をつける。

- ・世界に先駆けて、労働人口減少社会における生産性向上実現の成功モデルを構築し、Society 5.0 の実現に貢献する。

## ② 社会面の目標

Society 5.0 が掲げる様々な分野において、特にサイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させることによって「ヒトとヒト」「ヒトとモノ」「モノとモノ」の協調・協働を可能とし、我が国が有する労働力・人材不足に起因する社会課題である生産性向上等の解決を行い、豊かな社会の形成を目指す。

## ③ 産業的目標

- ・IoT への参入障壁を小さくすることで IoT ソリューションの導入を促進し、2025 年度における企業の IoT ソリューション導入率を、グローバル競争レベルの 90%以上に引き上げる。
- ・2030 年までの IoT・AI の経済成長へのインパクトは(市場規模)は 2016 年は 1,070 兆円であるが、ベースシナリオのままでは 2030 年は 1,222 兆円と大きな成長が見込めていない。ところが、新規産業の創出を積極的に推進していく成長シナリオでは 1,495 兆円と大きなインパクトが期待される。特に、「製造業」「商業・流通」「サービス業、その他」において経済成長シナリオとベースシナリオとの差が大きくなる(平成 29 年版 情報通信白書:総務省)。専門的な IT 人材でなくても AI/IoT 技術を容易に活用できるデジタルデータ処理基盤を開発により、これらの産業分野へ浸透させていくことで、多くのプレイヤーが自らのアイデアを具現化する機会を増やし、新規産業の創出が促進されることで、我が国の経済成長、国際競争力向上を目指す。

## ④ 技術的目標

- ・センサ近傍の少ない計算リソースであっても、リアルタイム性を確保しながら高度にフィジカル空間を写像するとともにサイバー空間と連動できる技術、現場の多量多種の機器同士を安定かつ円滑に連携できる技術、デジタル領域のデータの利活用を高度な ICT や AI 等の専門性を必要とせず低労力で実現できる技術等を開発しエッジ PF を構築していくことで、参入障壁を下げた国際競争力の高い技術を確立する。
- ・超低消費電力 IoT デバイスや革新的センサの社会実装を、世界に先駆けて実現する。Society 5.0 実現に向けて、現場の様々な良質のデータを発掘しロボット等に用いる小型・低コストの革新的センサや、そのデータを超低消費電力で処理する IoT チップを開発し社会実装する。
- ・主に製造業で利用されているロボットや生活に直結するサービスにおいて、クラウドベースシステムでは実現不可能なリアルタイム性を有するフィジカル空間の分析・制御管理等の技術を開発し、人手不足が深刻化している食品や交通、介護、その他サービスといった、これまで開発が困難であった領域で広く活用できるように進化させる技術を確立し社会実装する。
- ・生産性革命が求められる中、我が国の製造業(生産現場)などでは産業機器のデジタル化が求められている。しかしながら、現場では多種多様なデータ交換や通信の方式が使用されており、産業機

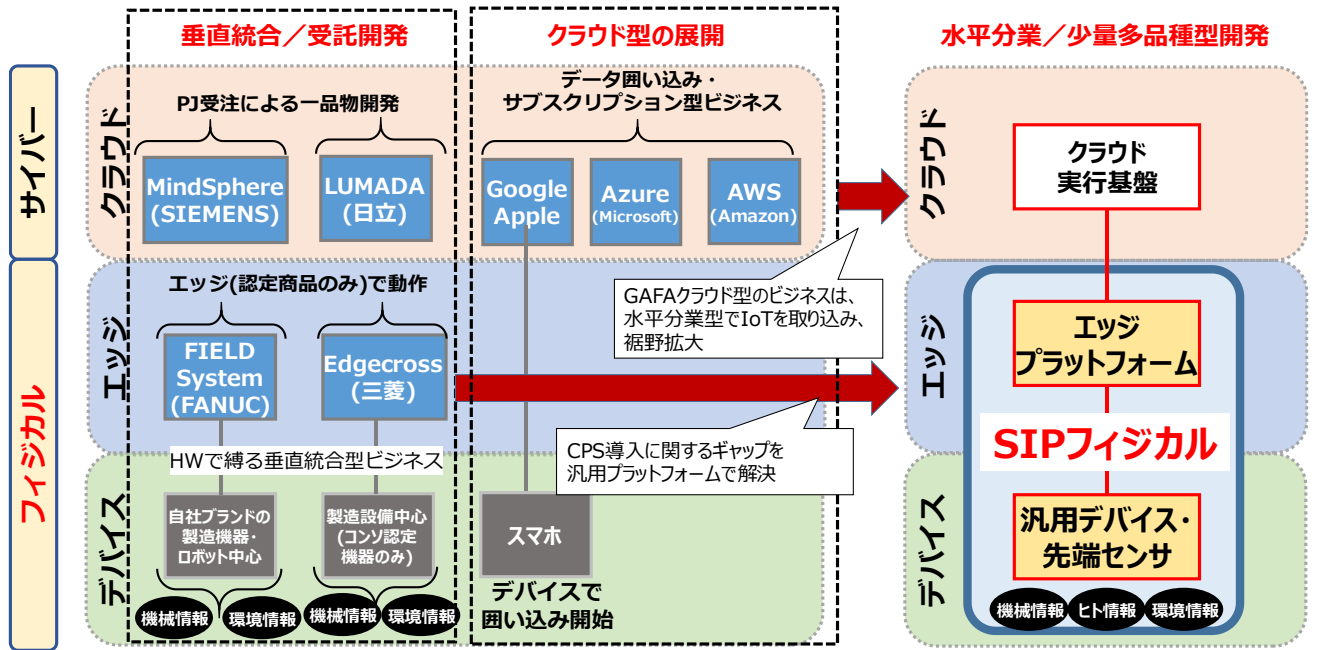
器間の相互連携のための技術が確立していない等の課題がある。様々な産業機器のネットワークへの接続や産業機械同士の相互接続やデータ交換などを加速し、収集したリアルデータを活用して、さらなる生産性向上につなげて行くことが不可欠である。

### ⑤ 制度面等での目標

- ・本プログラムで開発されるフィジカル空間共通基盤は、そのインタフェース規格や成果をオープン化することで産業界の多くのプレイヤーが活用可能なものとする。また、研究責任者が本プログラムを通して得た個別の権利については排他的な独占技術とせず、活用を希望する第三者に適切な価格でライセンスされるものとする。
- ・産業従事者の労働環境改善やICTのアクセプタンスレベルを向上させる等、CPSで解決する場合の問題点を明確にし、制度化を目指す。

### ⑥ グローバルベンチマーク

- ・ドイツのインダストリー4.0は、主として製造業の生産管理や在庫管理をIoTによって個別工場や企業の枠組みを超えた最適化により経済的発展を促進する試みであり、その動きは欧米や新興国に波及している。我が国は、Society 5.0のコンセプトを掲げ、社会システムにおける様々なモノを相互につなげること(モノとモノ、ヒトと機械・システム、ヒトと技術、異なる産業に属する企業と企業、世代を超えたヒトとヒト、製造者と消費者等)で、世界に先駆けて人口減少に伴う高齢化、労働人口の減少等の社会課題解決を目指している。
- ・デジタルデータを産業活用するアプリケーションとして、SIEMENS社の『Mind Sphere』や日立製作所のLumadaといったクラウド上でのデータ連携に主眼を置いたプラットフォームや、ファナックなどが主導する『FIELD system』や三菱電機が主導するエッジコンピューティングの『Edgecross』が挙げられる。これらはいずれも垂直統合型のシステムであり、製品、プラント、システム、およびマシンを接続し管理することを特徴とする。また、Microsoftの『Azure』はクラウド上でのデータ囲い込みを主体としていたが、近年ではオンプレミス環境での対応・連携も強化しており、エッジ側への進出が進んでいる。
- ・日本が強みをもつデバイス技術は、電子部品で38%の高いシェアを有しており(2016年)、研究レベルでは世界最先端の位置にいるが、近年は海外企業との競争激化によるシェア低下が著しい。また、中小・ベンチャー企業を始めとした産業界でデバイスの実用化やCPSへの取り込み等の産業応用には課題がある。
- ・一方、汎用的なクラウド基盤を用いながら、デバイスやセンサを取り込み、社会課題に対応したアジャイル型開発を可能とする水平分業型基盤で十分産業活用できるものは国際的にも育っておらず、今後の重要性が高まってきている。
- ・図表1-4及び図表1-5に本事業で構築するエッジPFにおける位置づけ、ベンチマークを示す。



図表 1-4. フィジカル空間デジタルデータ処理基盤の位置づけ

名称	開発元	PFの分類	アプリ連携のポリシー	ターゲット分野	エッジPF/目的
Mind Sphere	SIEMENS	垂直統合型： 実装は自社受注	クラウド上でデータ連携	製造業/ソリューション	自社受注に活用/ 自社開発効率化
Lumada	日立製作所	垂直統合型： 実装は自社受注	クラウド上でデータ連携	製造業/ソリューション	自社受注に活用/ 自社開発効率化
FIELD SYSTEM	FANUC	垂直統合型： 実装は自社受注	クラウド上でデータ連携	工場の工作機械	自社受注に活用/ 自社開発効率化
AWS	Amazon	クラウド型： ユーザ開発用API公開	クラウド上でアプリアドオン	クラウド上の PaaS(Platform as a Service)	特定デバイス提供開始/ データ獲得の囲い込み
AZURE	Microsoft	クラウド型： ユーザ開発用API公開	クラウド上でアプリアドオン	クラウド上のPaaS	通信セキュリティを注力開始/ データの保全化

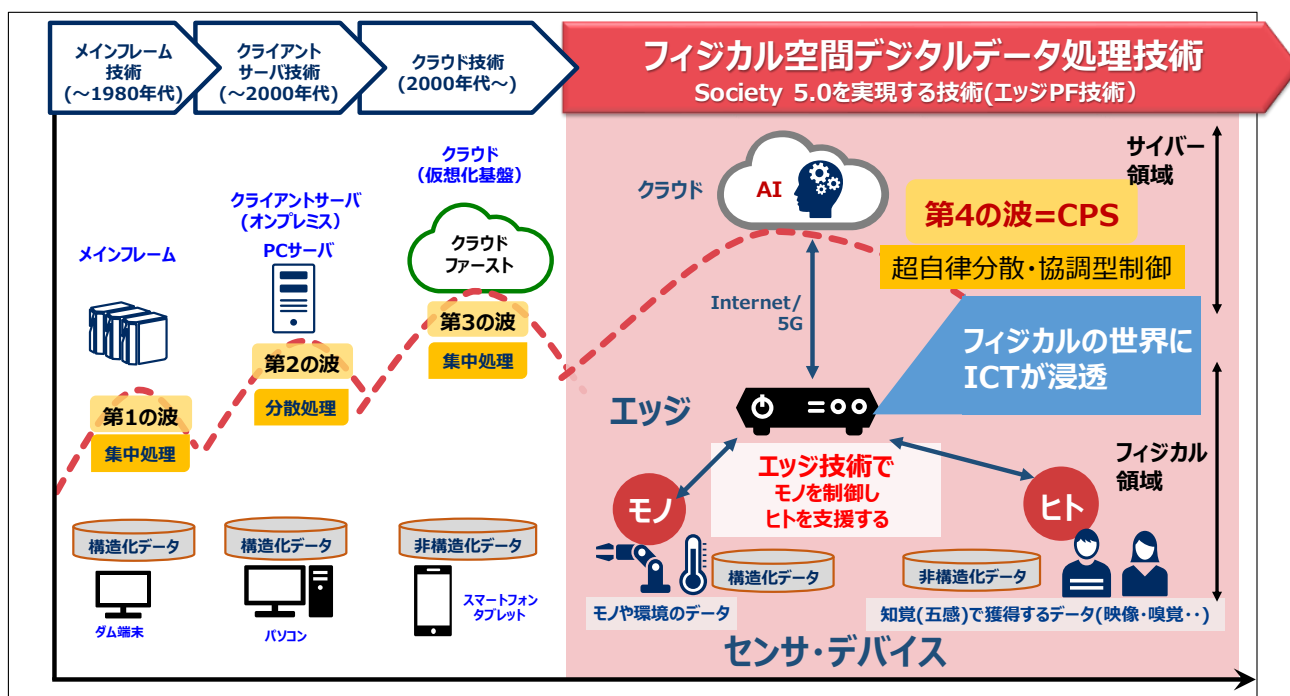
図表 1-5. IoT プラットフォームの整理

### ⑦ 自治体等との連携

今後計画している研究課題について、大学や自治体、中小・ベンチャー企業での連携及び実装におけるフィジビリティスタディを実施し、地域での Society 5.0 実現を具体的に探求・推進していく。

## 2. 研究開発の内容

Society 5.0 の目指す社会では、クラウドでの集中処理からフィジカル空間の中でもエッジに重心をおいた超自律分散・協調型制御に技術の重心が移ってくることは間違いない(図表 2-1)。また、この潮流のなかでも我が国はデバイスやセンサなど国際的にも優位性の高い技術と良質の現場を有しており、これらを制御するためのエッジの技術の確立は、我が国が国際競争力を発揮していくための重要な鍵となる。しかしながら、深刻な IT 人材不足の中ではエッジに重心をおいた高度な CPS を、誰でも、容易に、低コストで実現できる基盤を構築することが必須となる。



図表 2-1. ICT の潮流から見た CPS の位置づけ

そこで、本事業は下記に示すⅠ、Ⅱ、Ⅲの3つを研究サブテーマとして設定し、それぞれが有機的に連携した効率的・効果的な研究開発を推進することで本基盤を構築する。

### 研究サブテーマⅠ:IoTソリューション開発のための共通プラットフォーム技術

多様かつ莫大なフィジカル空間の情報を要求された時間内に少ない計算リソースで、安全に、また多角的・複合的に分析する技術、リアルタイム性や低コスト化を実現するエッジ処理技術、サイバー空間と連携する技術を開発し、システム構築や運用を簡易化することで、産業界の多くのプレイヤーが容易に活用できるエッジ PF を提供する。

- ・我が国が取り組むべき最先端のエッジ PF として必須となる複数の要素技術に関する研究課題を協調領域として設定し、開発に取り組む。
- ・それぞれの研究課題は研究サブテーマⅡ、Ⅲの実施者と密に連携を取り合いつつ、各種インターフェースの設計や標準化の調査、検討を実施する。
- ・Society 5.0 実現の為、エッジ PF のあるべき姿をより戦略的に構築するための検討を行う共同事業

体や委員会を設置する。検討はエッジ PF の垂直統合と水平展開の戦略を主に実施するが、随時、各研究サブテーマへもアウトプットし、各研究サブテーマはアウトプットを踏まえ、研究開発の方向性や軌道修正を適宜行う。

・2020 年度を目途に、要素技術や検討した戦略の成果を取り入れて、エッジ PF の共通化(共通 PF)構築および普及促進を行う。

### **研究サブテーマⅡ：超低消費電力 IoT チップ・革新的センサ技術**

CPS 適用範囲を拡大できる超低消費電力 IoT チップや革新的センサの技術開発・実用化を行う(Ⅰのエッジ PF でも活用することを想定)。

・我が国が国際競争力を有す超低消費電力 IoT チップやセンサデバイスの開発により CPS の適用領域の拡大を行うため、それぞれの開発は 2020 年度で実用化の目途を立て、2021 年度以降で研究サブテーマⅢと連携しつつ実際の運用・産業化を見据えた技術検証を行う。

・全ての期間を通じて、インタフェース等の情報は研究サブテーマを超えて都度共有・連携もしくは提案を行い研究を推進する。

### **研究サブテーマⅢ：Society 5.0 実現のための社会実装技術**

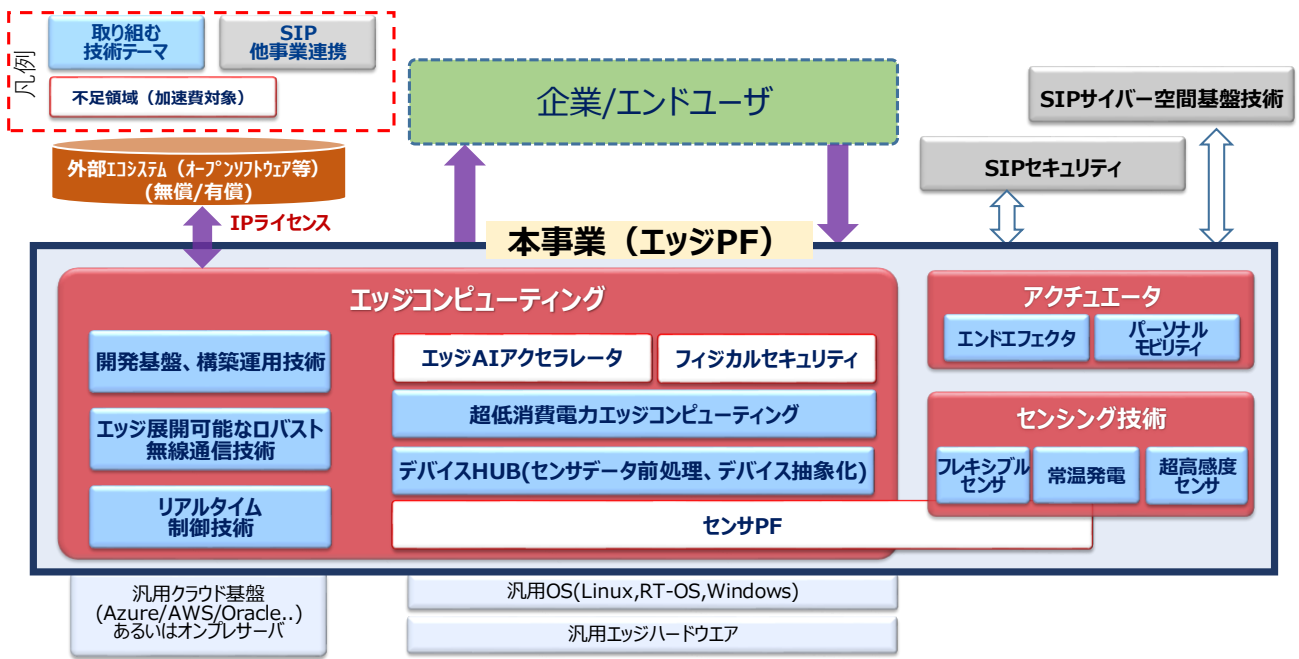
Society 5.0 実現に向け、クラウドシステムベースの集中処理では実現不可能なリアルタイム処理・フィジカル空間の制御管理等、CPS 構築に必要な社会実装技術の開発を行う。

・我が国が有する社会課題を具体的に解決するシステムを明確にし、2020 年度までにシステムデザイン、要素技術の開発及び研究サブテーマⅠの必要技術への情報提供を行う。2021 年度以降でⅠやⅡを組み込んだ社会実装検証を行う。

・全ての期間を通じて、インタフェース等の情報は研究サブテーマを超えて都度共有・連携もしくは提案を行い研究を推進する。

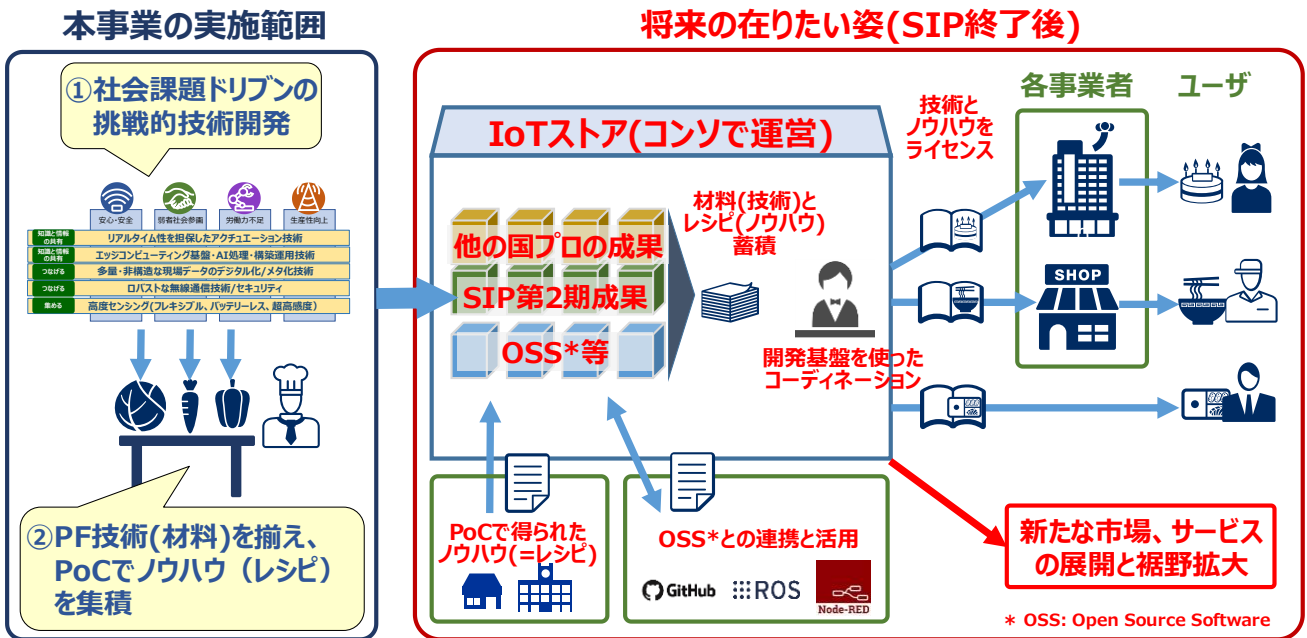
・Society 5.0 の実現による高度な IoT ソリューションを我が国の地域で活性化・浸透させ、新たな産業創出を行うための予備的調査を行う。

本事業で構築するエッジ PF を図表 2-2 に示す。エッジ PF は SIP 他事業の成果や活動、他省庁で開発するデバイス、OSS(Open Source Software)等と連携をしながら完成を目指す。



図表 2-2. 本事業で構築するエッジ PF

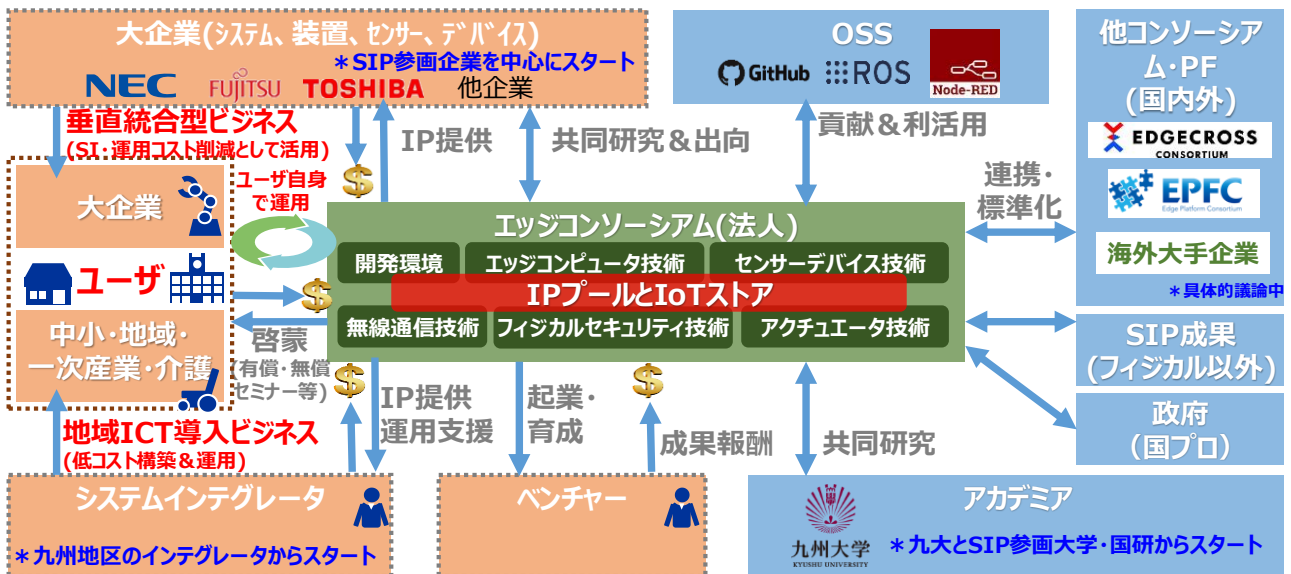
本事業で開発する技術については図表 2-3 に示すような仕組みで技術をスタックしていくことで、システムをスクラッチから開発せずに CPS ソリューション構築可能とし、開発期間やコストを低減させていく。



図表 2-3. プラットフォーム運営・維持・利活用の仕組み

また、エッジ PF のエコシステムとビジネスモデルについて図表 2-4 に示す。中核となるエッジコンソーシアムは、2019 年度にエッジ WG(コンソーシアム前身)を設置し、2021 年度法人化を目指す。WG は事業者である九州大学(伊都キャンパス)に設置し、九州大学・NEC で運営を計画している。コンソーシアム発足

数年間は SIP の予算措置で運営していく。本コンソーシアムではオープンクローズ戦略でイノベーションを実践し、本 SIP 事業の成果はオープン、各社固有技術はクローズとする。



図表 2-4. エッジ PF のエコシステムとビジネスモデル(案)

それぞれの研究サブテーマにおける研究開発の想定スケジュールを図表 2-5 に示す。

	2018年度	2019年度	2020年度 TRL5	2021年度	2022年度 TRL7
研究サブテーマ I ・IoTソリューション開発の為に 共通プラットフォーム技術	IoTソリューション開発の為に研究課題解決				
	プラットフォームの戦略設計				
	共通PF構築・技術検証				
研究サブテーマ II ・超低消費電力IoTチップ・革新的 センサ技術	各サブテーマ間での連携				
	実用化検証完了				
	システム化等による実用化				
研究サブテーマ III ・Society 5.0実現のための社会実 装技術	各サブテーマ間での連携				
	要素技術の試作評価完了				
	社会実装技術検証				

図表 2-5. 各研究サブテーマの想定スケジュール

図表 2-6 に本事業体制を示す。

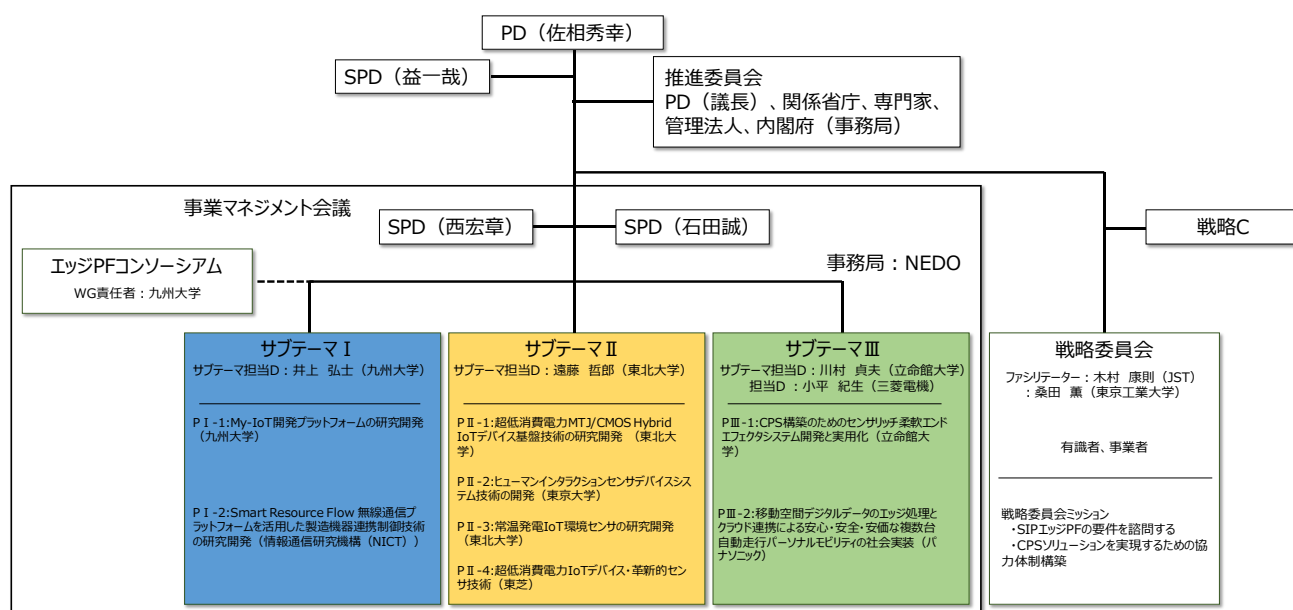
それぞれの研究テーマに対して、本課題の目標の共有化及びテーマの進捗管理並びにテーマ間連携などを着実に行えるよう、事業マネジメント会議を定期的で開催して、PD 及びサブ PD は効果的なマネジメン



トを実行していく。サブ PD は PD と密に連絡を取り合うことで、各テーマのより実践的なマネジメントを行う。

構築するエッジ PF の出口戦略は、戦略コーディネータ(以下、戦略 C)のもと、戦略委員会およびエッジ PF コンソーシアムを設立し、具体的な出口戦略を策定する。戦略 C は社会実装にあたって要素技術構成の検討を行い、不足機能を明確化する。これに基づいて事業推進過程で追加機能に関する調整、追加事業の統合・提案、事業公募の施策等、本事業の成果の普及促進に対して過不足のない施策を PD へ提案する。

PD はサブ PD、戦略 C の協力のもとマネジメントを実施し、フィジカル空間デジタルデータ処理基盤の構築を目指す。



図表 2-6. 運営体制

戦略委員会にて本事業の目的であるエッジ PF の社会実装領域および普及促進に関する戦略を策定する。さらに、CPS ソリューションを実現するための協力体制の構築を行う。

戦略委員会では

【当該年度の目標】

- ・SIP エッジ PF の要件を諮問する
- ・CPS ソリューションを実現するための協力体制構築

を実施する。

また 2018 年度は、戦略の検討として我が国で IoT の浸透をはかるための課題、ターゲットを明確化するための調査事業を実施した。今後は、開発するエッジ PF の普及戦略・国際化を進めるための方策を明確化するための調査事業の実施を行う。下記に 2018 年度の調査成果概要を示す。



## 戦略検討のための調査事業 : IoT 連携プラットフォーム CPaaS.io をベースとした「地方版 IoT プラットフォーム」の提案

調査事業責任者: 東京大学

IoT や AI、データサイエンスを用いて、課題先進国として我が国の社会課題を解決し、日本経済の活性化を実現可能な PF 構築のための調査を実施した。我が国がかかえる社会課題のなかで CPS ソリューションによる飛躍的な解決が期待される社会課題の多くは地方に存在する。そのため、日本の地域経済に合致した低コストな IoT サービスモデル及びそれを支えるプラットフォームシステムや、その社会実装時に必要とされる変革管理手法に基づき、実際の地方自治体と地方における産業創出プロジェクト 10 件の立案を 2018 年度に実施した(図表 2-7)。各プロジェクトは、モデルとする各地域の状況に基づき立案するとともに、それらを全国の多様な地域に適用する可能性や方法についても検討した。その結果、IoT や AI を用いた日本の地域における活性化を阻害している要因として、(1) コンパクトで低コストな IoT サービスモデル及びプラットフォームのあり方、(2) 組織やサービスを変えていくための変革管理手法 (ChangeManagement) の2つを提言した。また、地方版 IoT プラットフォームを用いた (3) 地方産業創出課題の抽出を実施し整理した。



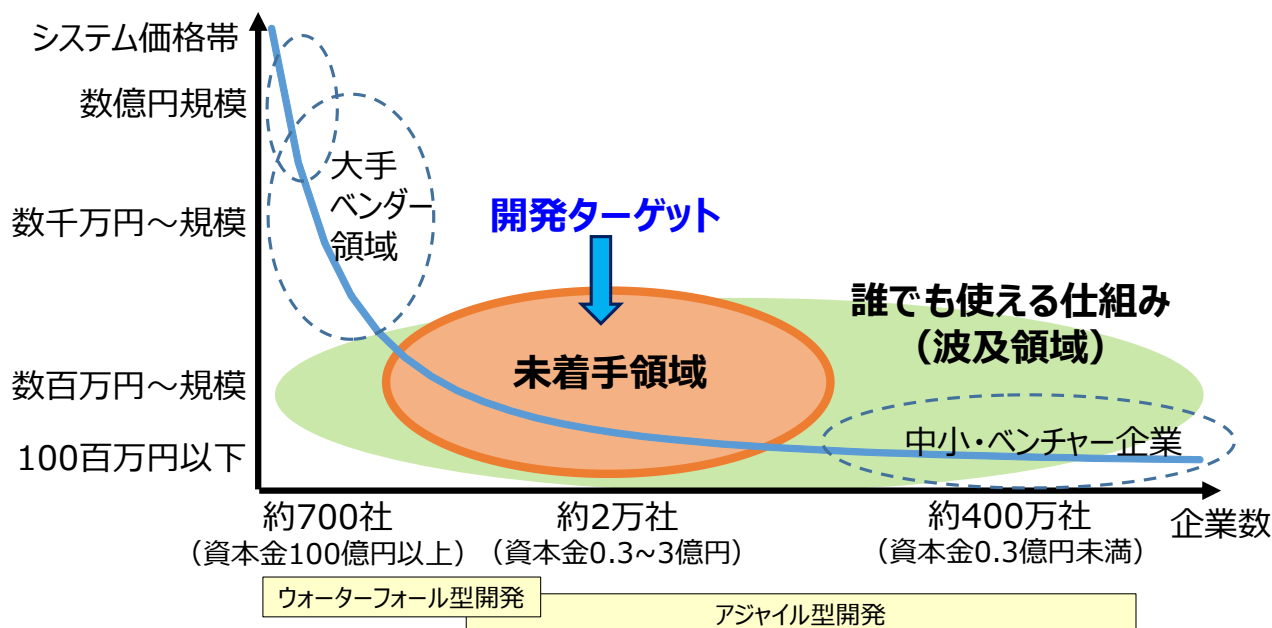
図表 2-7. 産業創出プロジェクト概要

<p>調査概要</p>	<p>戦略立案のための調査結果は以下の通りである。</p> <p>(1) 動向調査</p> <p>IoT を利活用した地方における産業創出の調査として、文献調査及び、国内においては、主に高知県における地域事業化プロセスを調査した。また海外調査としては、ドイツ (ベルリン市、ケルン市) を訪問して動向調査を行った。</p> <p>(2) 産業創出プロジェクトの立案</p>
-------------	--

	<p>日本の地域に基づいた IoT を利活用した産業創出プロジェクトとして、以下の 10 件を立案した。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. IoT 農業／データ駆動型農業（高知県）</li> <li>2. IoT 漁業（仙台市、高知県、広島県）</li> <li>3. IoT 林業（高知県）</li> <li>4. 地域電子母子手帳（高知県）</li> <li>5. IoT 人材育成（高知県）</li> <li>6. IoT 物流配送（横須賀市）</li> <li>7. オープンデータ流通（札幌市）</li> <li>8. IoT 除雪（出雲市）</li> <li>9. 酒造 x IoT（出雲市）</li> <li>10. サンドボックス（広島県）</li> </ol>
抽出した課題	<p>日本の地方では IoT ソリューションの浸透やその前段階の IT/ICT ソリューションが浸透していない。主な理由は地方に多く存在する課題の規模（1 件あたり数百万円程度）に見合ったソリューションが提供できないことによる。そこには、ビジネスモデルや企業体制上の課題も大きいですが、<u>技術的にも IoT のシステム開発環境やシステム・アーキテクチャが未成熟であることによるソリューション開発の高コスト化にも課題がある</u>。また、地方に存在する技術的・ビジネス的意欲のあるベンチャー企業の育成や支援も重要である。</p>
今後の方針	<p>本調査によって明らかになった課題は日本の地方でわかりやすい形で顕在化しているが、個々の顧客に最適化したソリューションを提供するスタイルの事業となる <u>IoT や AI 分野全体の課題</u>でもあり、地方だけの問題ではないと認識すべきである。SIP においては、ビジネス課題やビジネスモデルは範疇ではないものの、IoT の<u>システム・アーキテクチャやシステム開発環境の研究開発を推し進め、ソフトウェアの開発効率の向上、そのためのテスト工程や改修工程の効率化、ソフトウェアの再利用性の向上、Deployment Management 支援、サーバー・エッジが連携した分散システムの高水準な開発環境や並列処理言語などを含む、システム・アーキテクチャ及びソフトウェア工学を中心とする研究が必要である</u>。これを、<u>地方の技術系ベンチャー企業の力を活用して進めることが重要である</u>。</p>
要検討事項	<p>特に、実製品、実ソリューションの開発過程における工数を分析し、特にあるソリューションの横展開が、システムの複製（つまりコスト 0）に限りなく近くできないのか、また、多用途への展開が安価にできないのか？できないとしたら、技術的な原因はどこにあるのか、といった <u>IoT ソリューションの生産工程に着目した検討が必要である</u>と考える。</p>

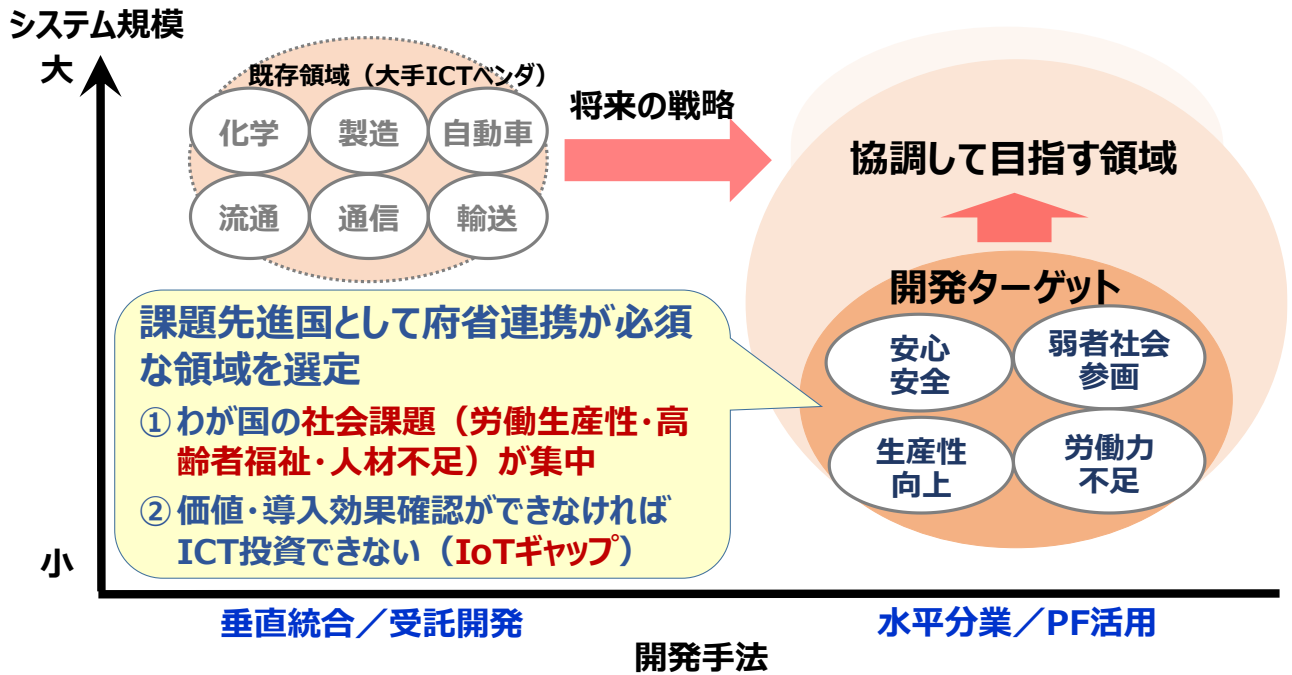
図表 2-8. 調査概要、課題、方針、要検討事項

調査結果を受け、エッジ PF の出口における開発ターゲットを図表 2-9 に示す。現在主流の垂直統合型のシステムにおいてはシステム規模が数千万円以上の価格帯であり、自動車産業やインフラを中心とした CPS となっている。ところが、我が国の企業の多くが中小企業であり、このような規模のシステムを構築できる産業が限られている。そのため、出口のターゲットとしては、中小企業でも利用できる領域をターゲットとして設定した。



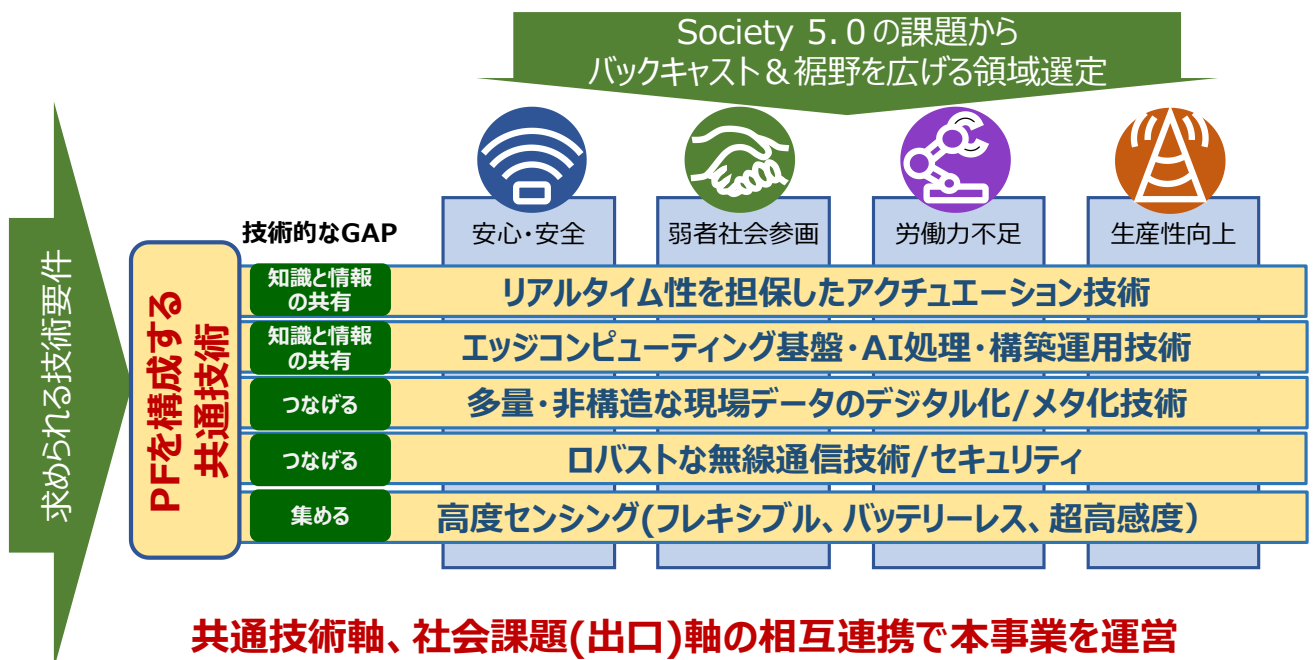
図表 2-9. 開発ターゲット

未着手領域には、Society 5.0 を実現する上では解決が必須な社会課題が山積している。課題先進国の我が国としては、IT 技術の活用により飛躍的な解決が可能な領域でエッジ PF を構築することで、その領域を成長させ国際競争力を高めていく戦略が重要となる。そのため、Society 5.0 の課題からバックキャストをして、少子高齢化・労働力不足を起因とする①安心・安全、②弱者社会参画、③労働力不足、④生産性向上の4領域を社会課題の軸として選定し、具体的な開発を実施する(図表 2-10)。



図表 2-10. 開発ターゲットと将来目指す領域ト

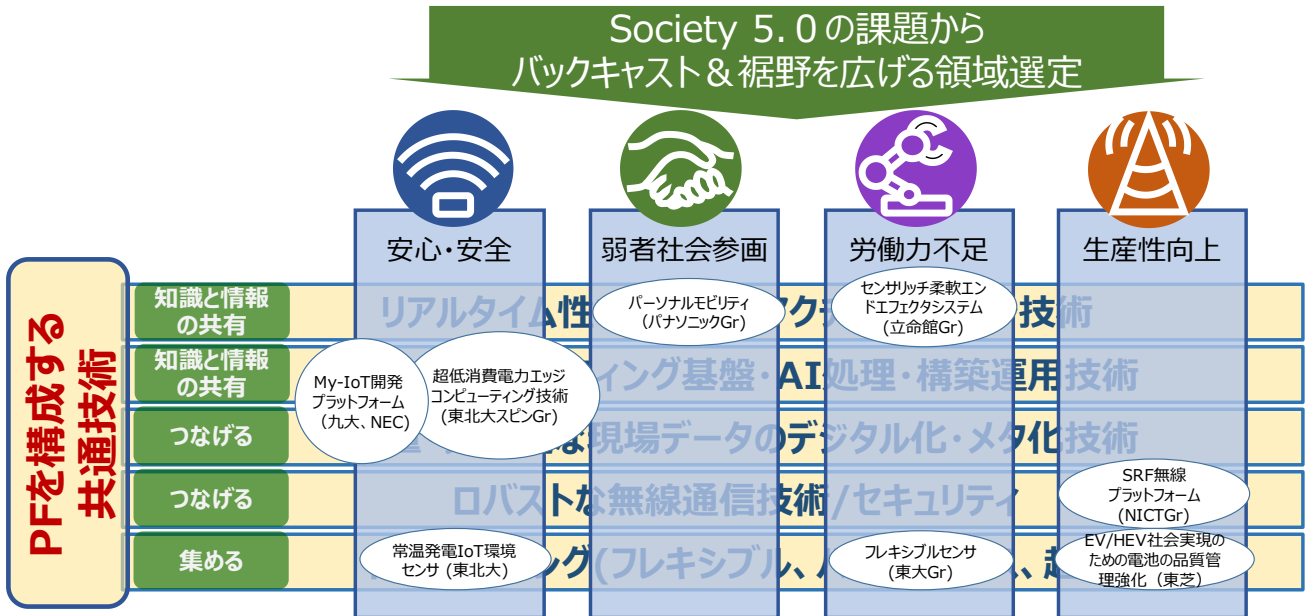
以上のことから、本事業にて構築するエッジ PF の概要を図表 2-11 に示す。出口としての社会課題を縦軸、共通して求められる技術要件を横軸として相互連携をしながら運営をしていく。



図表 2-11. フィジカル空間デジタルデータ処理基盤の進め方概要

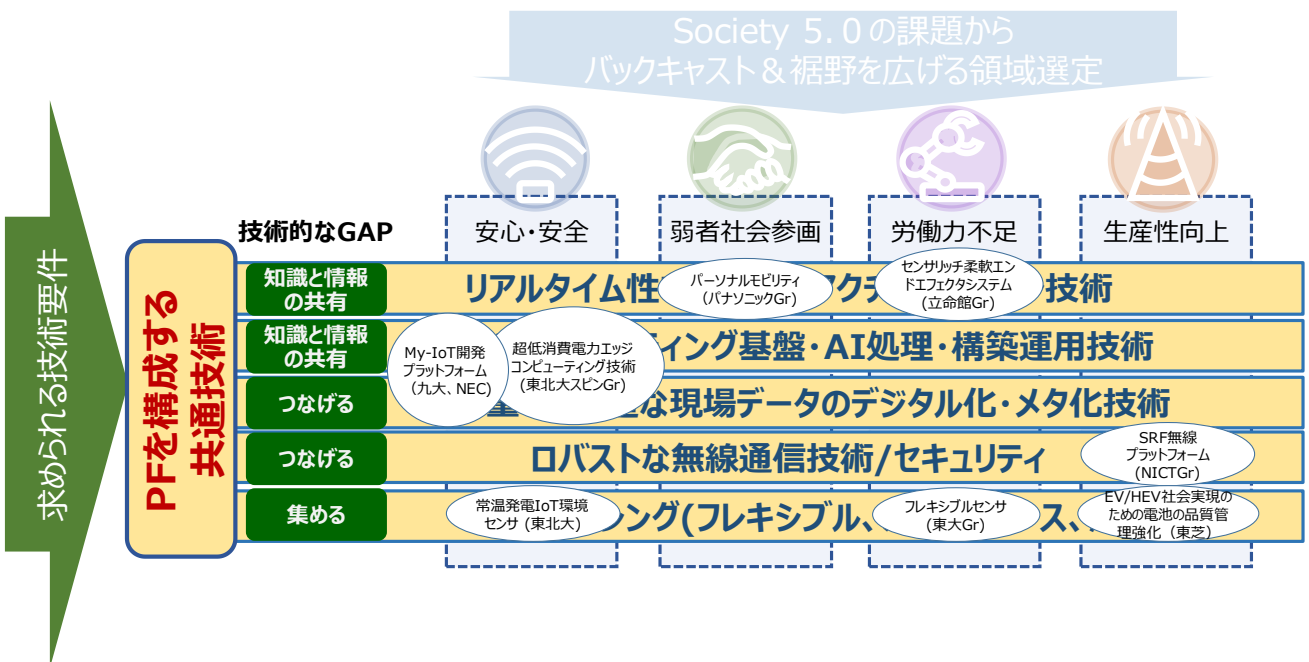
本事業に参画する各事業者の出口を図表 2-12 に示す。それぞれの事業者は、設定した社会課題の中

でニーズドリブンな技術を構築しつつ、社会実装を目指す。



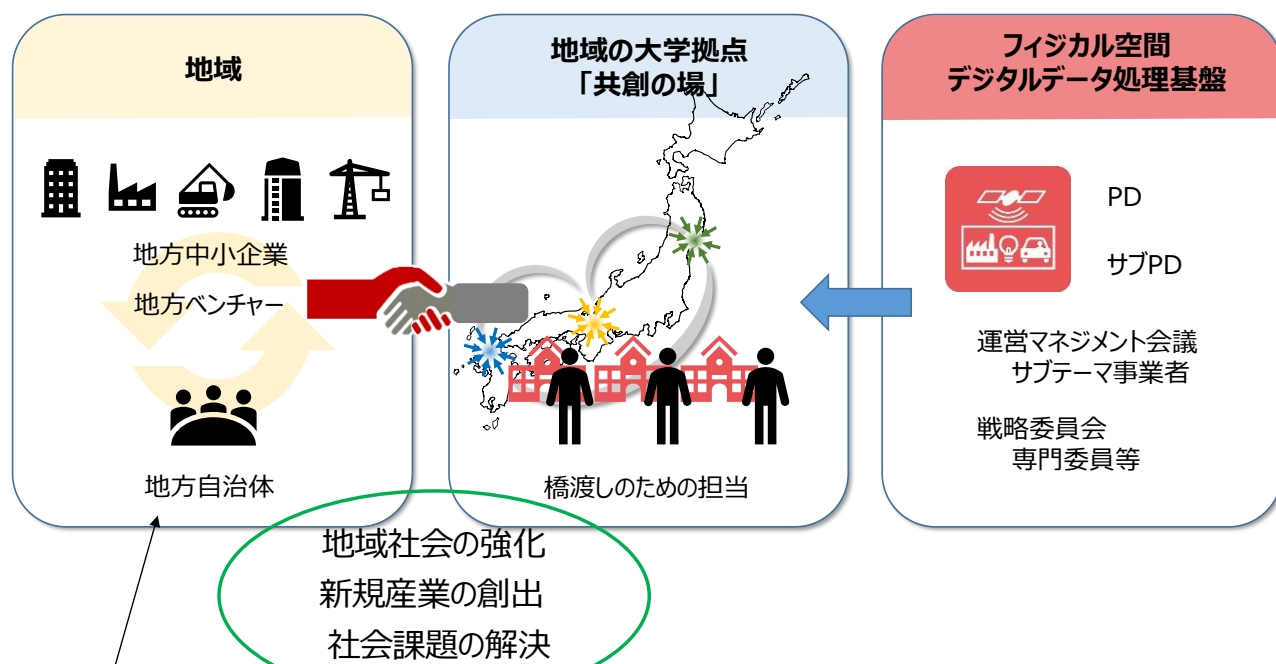
図表 2-12. 各技術/事業者の出口マッピング

エッジ PF は共通的な技術をスタックしていくことで構築していく。共通技術として、1. リアルタイム性を担保したアクチュエーション技術、2. エッジコンピューティング基盤・AI 処理・構築運用技術、3. 多量・非構造な現場データのデジタル化/メタ化技術、4. ロバストな無線通信技術/セキュリティ、5. 高度センシング(フレキシブル、バッテリーレス、超高感度)を軸とした(図表 2-13)。



図表 2-13. PF を構成する共通技術の開発技術/事業者マッピング

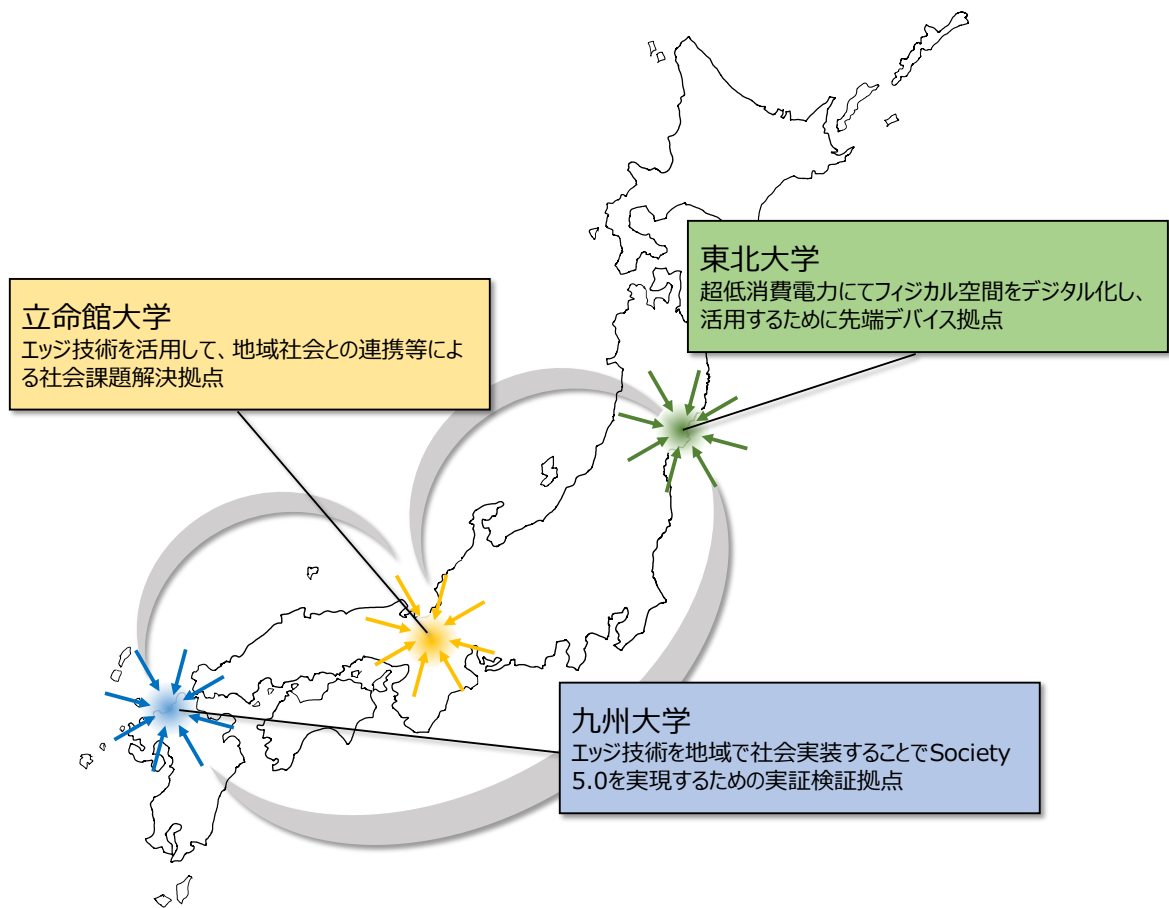
我が国の社会課題の解決に向け、サブテーマ毎に地域の大学を「共創の場」として活用し、社会課題に対するエッジ PF の定着や社会実装の検討を行う拠点とする(図表 2-14)(図表 2-15)。さらに、SIP 課題の中で対となる「ビッグデータ・AI を活用したサイバー空間基盤技術」や、「IoT 社会に対応したサイバー・フィジカルセキュリティ」との融合、既存の PRISM や ImPACT、各府省の関連する研究開発との連携が、本プログラムの推進を加速する上で重要であるため、連携するための関係者による検討会等も随時開催していく。



サブテーマⅢ事前調査成果  
Society 5.0の実現による高度なIoTソリューションを我が国の地域で活性・浸透させ、新たな産業創出を行うための事前調査

図表 2-14. 地域の大学拠点の共創の場としての運用案





図表 2-15. 地方での Society 5.0 の実現の為の拠点

## I. IoTソリューション開発のための共通プラットフォーム技術

### サブテーマ担当 D:井上 弘士(九州大学大学 教授)

本サブテーマは研究開発プロジェクト 2 件及びプラットフォーム戦略ワーキンググループにより構成される。以下にそれぞれの共通項及び個別内容を示す。

#### 研究サブテーマの目標

研究サブテーマ I では、最先端の CPS を実現し維持するエッジ PF の開発を行う。具体的には要求された時間内にセンサ近傍の少ない計算リソースで、フィジカル空間の多様かつ莫大な情報をセンサ制御しながら収集し学習型分散マルチモーダル分析にて ICT 利活用のためのデジタル化を行う技術、サイバー空間からの要求に基づいて現場のアクチュエータを確実に接続・制御し連携する技術、現場適用コネクションコントロールにより現場の多様かつ大量な機器同士を安定かつ円滑に連携する技術等を開発し、システム構築や運用を簡易化する技術と組み合わせてエッジ PF として提供する。

現在、CPS はシステム要件毎に合わせた個別開発が主流であるため、開発期間や費用、人材の観点で課題がある。エッジ PF の目的の一つとして、専門的な IT 人材の持つセンサ等の使いこなしのノウハウや IoT ソリューションの構築に必要な作業を可能な限り自動化・半自動化して提供することにより、我が国の様々な業種の企業が CPS を容易に構築できるようにする。さらに本研究終了後はエッジ PF を継続的に維持・更新・提供するコンソーシアム等を構築することで、中小・ベンチャー企業等も含む我が国全体での CPS を活用した新ビジネスへの参入機会及び適用領域の拡大を行う。

また少ない計算リソースで動作する組み込み OS 等を活用してエッジ PF 全体のリアルタイム性を実現し、さらに汎用デバイスや各府省の関連事業の成果に加え、研究サブテーマ II で開発するインタフェースを有した超低消費電力 IoT デバイス技術や革新的センサ技術を柔軟にエッジ PF に取り込み、研究サブテーマ III への展開をはかる。

本研究サブテーマは、社会実装に不可欠なエッジ PF 技術の体系化において、図表 2-16 に示す①フィジカル空間の写像(フィジカル空間の状況情報(コンテキスト)を生成するための、フィジカル空間の適切なデジタル分析技術)、②サイバー空間との連動(サイバー空間とフィジカル空間の連携をリアルタイム性を意識しながら実装するエッジ PF 技術)、③構築、導入、運用の簡易化(エッジ PF を様々なレイヤで IT 人材に活用してもらえるための仕掛けの実現)が必要となる。

#### ① フィジカル空間の写像

フィジカル空間のヒトの行動/状態やモノの状態/状況を収集し、アルゴリズムを用いて多角的/複合的に分析することにより、フィジカル空間の状態を的確にセンシングし ICT で利活用できるようにデジタル化すること(写像)を実現する。

①では、センサ情報を集めるデバイス、デバイスからの情報をクラウドに集約するゲートウェイ、エッジでデータを分析するミドルウェア、サイバー空間とアクセスするインタフェース等で構成され、各機能ブロックは個々に密接に連携させて開発する。

#### ② サイバー空間との連動

フィジカル空間の写像を基にしたサイバー空間からの要求に応じて、フィジカル空間の IoT 機器等の特定

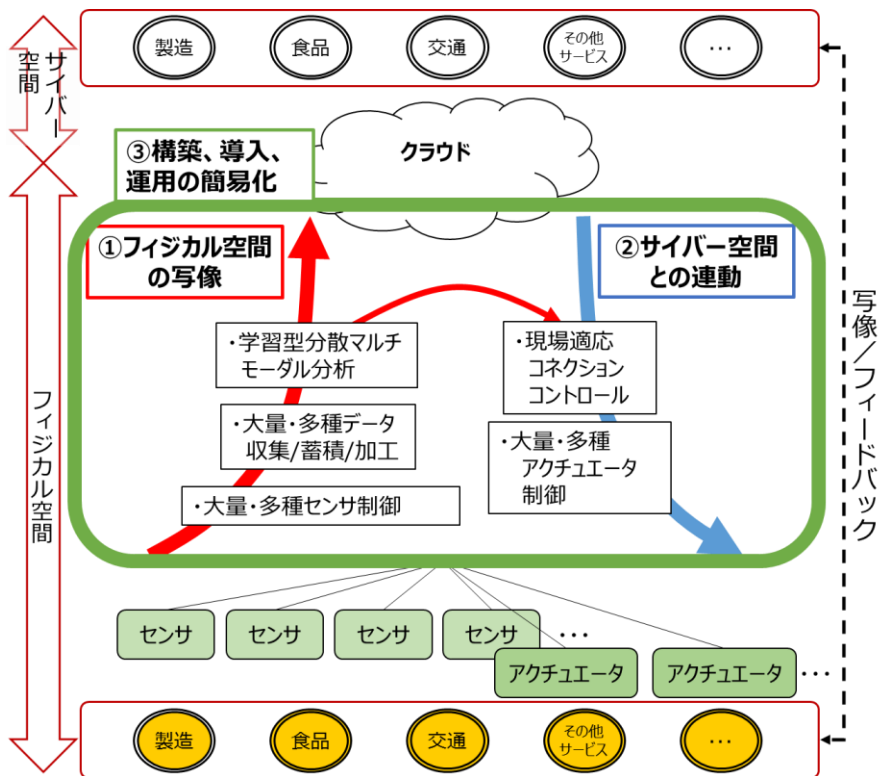


等を行い、サイバー空間からの要求を翻訳して伝達する機能を提供すること(連動)を実現する。

②では、サイバー空間とアクセスするインターフェース、サイバー空間からの要求に応じてデバイスを特定するミドルウェア、ミドルウェアからの情報をデバイスに即時応答性を持たせて伝送するゲートウェイ、受信した情報を翻訳してアクチュエータ等に伝送するインターフェースモジュール等で構成され、各機能ブロックは個々に密接な連携をする。

### ③ 構築、導入、運用の簡易化

社会実装の効率化、高速化、低コスト化の支援に向け、エッジ PF 活用を簡易化するフレームワークを提供する。また①、②を実現するための開発・実行基盤としてのハードウェア/ソフトウェアを構築する。



図表 2-16. 共通プラットフォーム技術の全体像

本研究サブテーマでは、①②の領域において世界最先端のエッジ PF として協調領域に課題を設定し先行して研究開発を推進するとともに、③の領域で、様々な技術者が利活用できるエッジ PFとして設計する。なお、事業者は、上記共同事業体や委員会等と連携・協力をしつつ推進する。

研究プロジェクト番号: P I -1

研究プロジェクト名 : My-IoT 開発プラットフォームの研究開発

研究開発責任者: 九州大学大学院

共同提案者: 日本電気株式会社

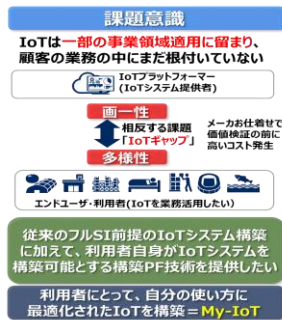
研究概要: IoT システムの多様性(利用者視点)と画一性(提供者視点)の矛盾、すなわち、IoT ギャップが IoT システムの普及を阻む本質的な原因と捕らえ、本課題を解決すべく研究を実施する。そのため、利用者が自分の IoT システムを容易に開発運用できる「My-IoT プラットフォーム」を構築し、その実現と普及に向け、①仮想化システムアーキテクチャの研究開発、②次世代エッジコンピューティングの研究開発、③環境適応型エッジアクチュエーションの研究開発、④エッジプラットフォームの自動構成・開発環境の研究開発、⑤ユースケース適用実験と検証、⑥コミュニティ形成と運営、を実施する。

IoTシステムの多様性(利用者視点)と画一性(提供者視点)の矛盾、すなわち、IoT ギャップが IoTシステムの普及を阻む本質的な原因

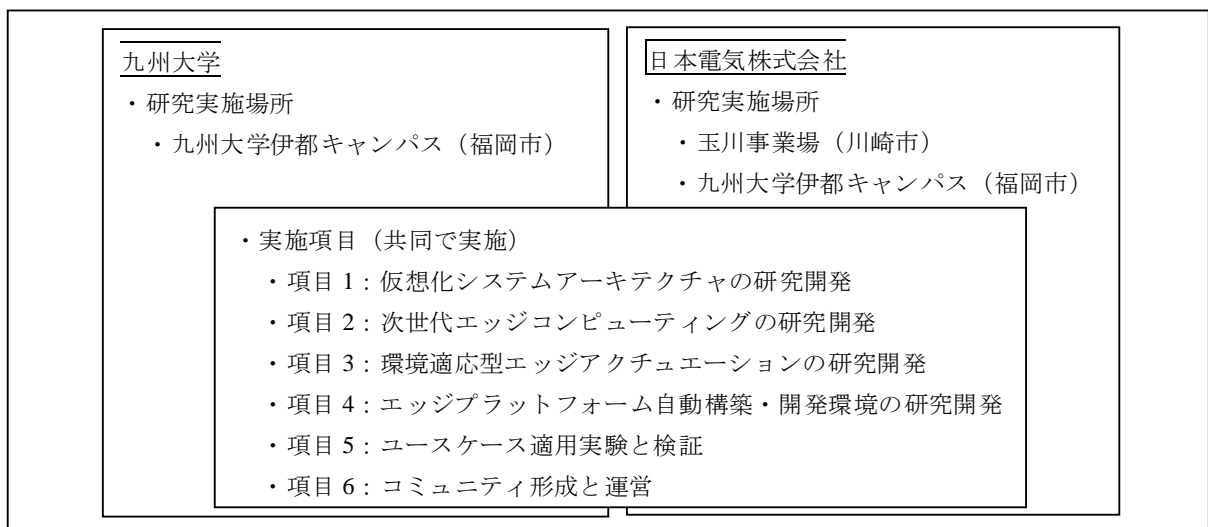


研究開発内容 : My-IoTプラットフォームの構築

- いつでも、どこでも、簡単に、自分のIoTシステムを安価に設計・入手・運用できるIoT版エコシステム
- ニーズに基づき多種多様なMy-IoTが現場から生まれ、設計資産のオープン化により新たなビジネスチャンスを作成
- つまり、IoT創出サイクルを廻す仕組みを実現



図表 2-17. 研究開発概要



図表 2-18. 研究体制スキーム

課題	<p>現状の IoT(Internet of Things)システムは、機器メーカーによる自社商品による垂直統合型の囲い込み型か、あるいは GAFA に代表されるようなメガクラウドによるデータ囲い込み型である。一方で国内においては、ヒト視点の情報利活用(例えば人の行動やバイタルデータのみならず、中小企業におけるナレッジなど)が喫緊の課題であるにもかかわらず、これを低コストでかつ素早く IoT システムを構築できるような技術が存在していない。このように製造業を中心としたモノのデータ収集の利活用システムを通常生活の場において、ヒト情報のデータ収集と利活用に転用することは困難であり、このままでは市場に浸透してきたスマートデバイス経由でわが国のヒトに関するデータが GAFA で直接収集・利活用され、ヒト視点において Society5.0 実現に少なからず影響を及ぼす可能性がある。一方で、国内の社会課題においては、生産労働人口の減少や医療費の増大など、まさにヒト視点の社会課題が山積しており、実世界での環境やモノのデータに加えて、ヒトに関するデータも効率よく収集できるエッジ構築技術の開発が急務である。</p>
研究開発の位置づけ	<p>今回の My-IoT 開発プラットフォームの位置づけは大きく2点ある。一点目は、従来の IoT システムがターゲットとしていたモノや環境のフィジカルデータの収集だけでなく、ヒトに関係するデータも併せて効率的に収集できるエッジシステムを簡単に構築できる技術開発を行う事である。この技術開発に当たっては、PC を扱える程度の IT リテラシーを持つ利用者なら専任の構築者を雇用あるいは手配することなく IoT を構築できるエッジ自動セットアップ技術、利用者自身の有休資産を有効にエッジの資源として活用できるシングルコンピュータ技術(エッジ仮想化技術)を世界に先駆けて開発することが大きな目標となっている。二点目は、データ収集だけでなく、本エッジで収集したモノ・環境・ヒトの情報に基づいて、実世界にあるロボットやドローンなどのアクチュエーターへのリアルタイムな制御へつなげるエッジアクチュエーション技術を開発することで、今回のエッジ構築技術で構築されたエッジを HUB として IT(情報技術)と OT(制御技術)が有機的に連動することが可能となる。本研究開発が完遂されることは、利用者にとって自身で低コストに実証実験ができる環境が整えられることにつながり、多くの利用者が自ら実証者となることができる。さらにこの実証実験で得られた成果を従来の垂直統合型で囲い込まれるのではなく、ソーシャルな形でワールドワイドでナレッジとして共有できるようにするための仕組みも準備する。またわが国で喫緊の課題となっている社会的弱者(認知症、高齢者等)の支援と社会との共生を進めるため、社会課題解決テーマとして「デジタルヘルスケア」に着目し、事業化を見据えたうえで、被験者の許諾と第三者の有識者を招へいたうえてヒトのバイタルに関する情報センシングや見守りロボット等の実証実験を通じた技術の効果確認を実施する。</p>
優位性	<p>世界的には、IoT を実現するためのクラウド側の機能が PaaS として提供されているが、自動セットアップ機能は提供されておらず、またエッジ側の開発効率化を実現するものではない。また、従来はスマートデバイス単体で簡易な IoT システムを構築するための仕組みは提供されておらず、専用機器が必要であったりクラウド利用が必須であったりすることが前提であり、コスト削減が難しかった。これに対し本研究開発では、IoT システムの多様性に対応すべく、新しい仮想化技術を導入し、これに基づく IoT システム開発・普及のエコシステムを構</p>

	<p>築する点やパーソナライズのし易さに独創性ならびに優位性がある。また、大学キャンパスを利用した様々な実証実験により社会への展開を的確に見据えた研究開発を推進できる点も大きな利点である。</p> <p>【独創性・優位性:①最先端仮想化技術②センサ統合技術③環境適応制御技術④自動構築技術】</p>
その他	<p>本研究開発の成果は、産学官の参画・連携に基づく新技術開発や新ビジネスモデル創出を推進するための体制構築を目的として設立された「IoT 推進コンソーシアム」や、産業界のコンソーシアム(IVI、Edgecross コンソーシアムなど)での導入や利用、さらにIoT やエッジの国内外関連プロジェクトや地方におけるIoT 実証プログラムでの活用を通して、開発・導入・運用効率を高める。IoT ギャップが存在する領域は様々な省庁と関係しており、IoT 研究開発の加速に寄与するものとする。また、大学を中心としたコミュニティー形成により成果の普及を目指す。</p>

図表 2-19. 研究の課題、位置づけ、優位性、その他

【当該年度の目標】

必要となる要素技術開発の一部を完了、プロトタイプシステムの一部を構築。ワーキンググループを設立し成果普及に向けた活動を開始。

【中間目標】(2020 年度末時点)

既存 IoT 環境でのユースケース実装完了。

【最終目標】(2022 年度末時点)

My-IoT 結合評価完了、ユースケースによる実証実験完了、IoT システム導入コスト 1/10 を確認。

研究プロジェクト番号:P I -2

研究プロジェクト名 : Smart Resource Flow 無線通信プラットフォームを活用した製造機器連携制御技術の研究開発

研究開発責任者:国立研究開発法人 情報通信研究機構

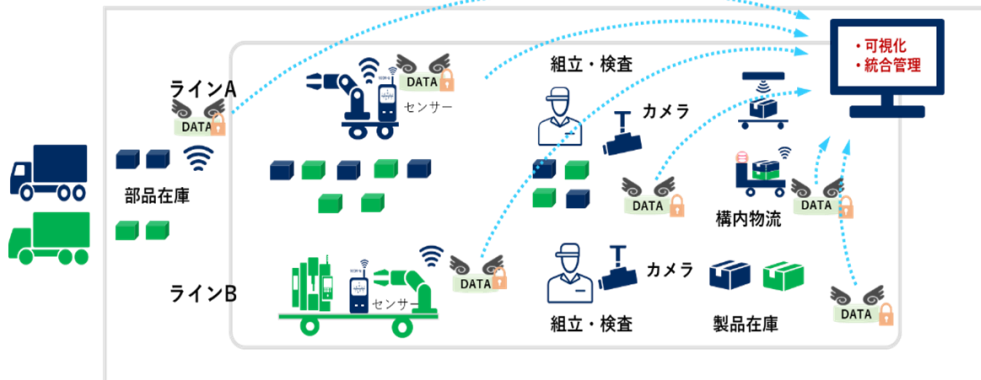
共同提案者:サンリツオートメーション株式会社

株式会社モバイルテクノ

日本電気株式会社

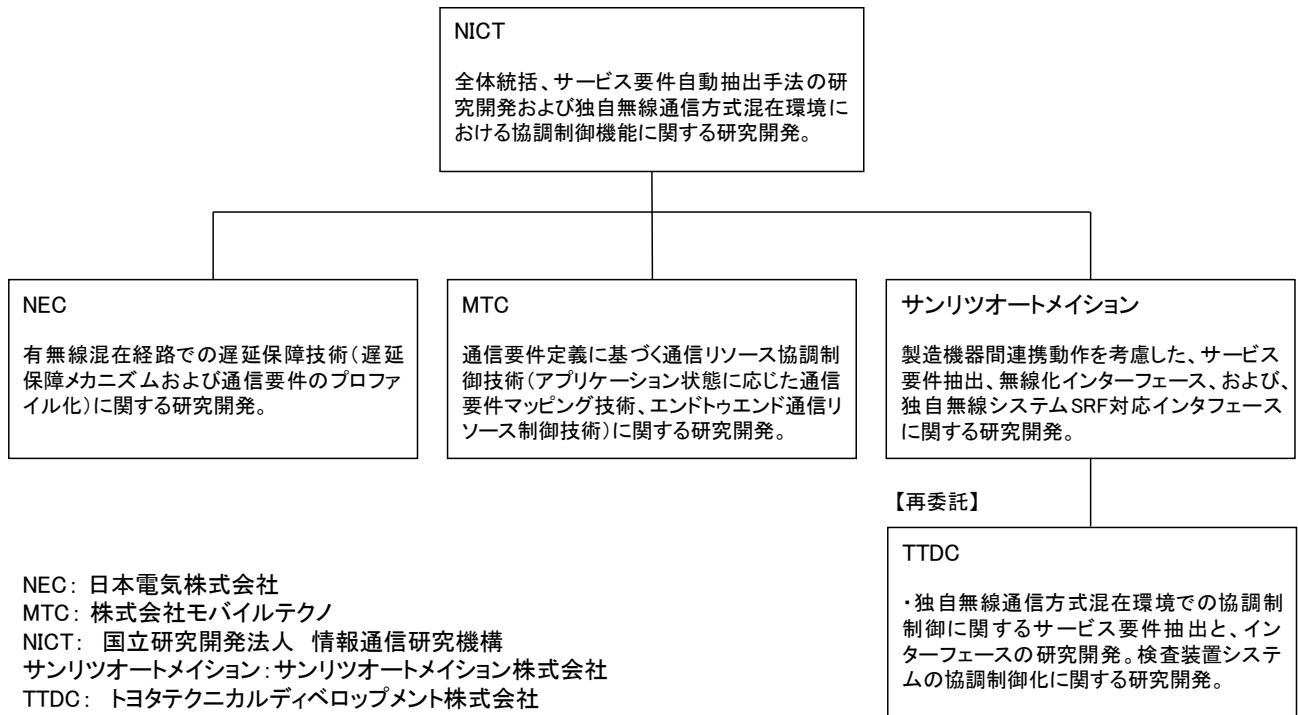
研究概要:IoT 機器で収集した情報に基づくフィードバックを具体的な製造ラインを想定して実現することで、製造領域において、国際的な競争力を有する CPS 実現に向けて、空間内の無線通信を最適化する技術“Smart Resource Flow(SRF) 無線プラットフォーム”を活用し、製造機器の相互連携を適応的かつ円滑にするシステムを開発する。

(1) サービス要件定義技術、(2) 通信要件定義技術、(3) 有無線混在経路での遅延保障技術+標準化で産業化を加速



無線通信を用いたデータ収集やライン間・システム間の情報共有が可能になることで、各製造システムの連携、リアルタイムな可視化や統合的な管理が可能に！

図表 2-20. 研究開発概要



図表 2-21. 研究体制スキーム

課題	<p>製造現場では、新旧様々な世代・種類の機器が入り交じり、近年の多品種少量生産の流れから製造ラインの組み換えが頻発するため、IoTソリューションにおいて必要な情報収集・制御への無線通信技術、特に免許不要の周波数帯の無線通信技術の利用への期待が高い。一方で、製造現場では、各製造機器やアプリケーションが許容できる遅延時間内でのデータ配信が必須である。しかし、既存の無線通信技術では、免許不要帯におけるデータ送信時</p>
----	--



	<p>の遅延は保証されないことが、製造現場におけるIoT化が遅れている原因の一つとなっている。その結果、現状の製造現場では各ラインにおける生産性向上に有益な情報を共有しリアルタイムな可視化や統合的な管理を行うことが困難。</p>
研究開発の位置づけ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 製造現場において無線通信を用いたデータ収集や各ラインでの情報共有を可能とすることで、各製造システムの連携、リアルタイムの可視化や統合的な管理を実現</li> <li>・ 様々な無線システムが共存するアンライセンズバンドにおいて、遅延等の通信品質保証を行う無線リソース協調制御に大きな新規性</li> <li>・ 現場にある各種システムの通信要件を抽出しマッピングする事により、通信の非専門家でも容易にシステム構築可能</li> <li>・ 製造現場をはじめ、今後無線導入が期待される医療現場、空港や鉄道などの社会インフラ分野においても極めて実用的</li> <li>・ 製造現場のみならず、倉庫、病院、駅、空港などにも応用可能であり、各機能の連携を行うためのインターフェースとプロトコルを規格化し、少ない実装コストや検証コストで各システムに本研究成果を適用</li> <li>・ 無線システムを販売するベンダー、製造機器メーカー、製造システムインテグレーターのシステム内での無線通信の不安定化リスク低減し、ユーザーの期待を満足させることができ、市場機会の増加</li> </ul>
優位性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 製造現場の無線化に関する活動は日本(我々)が先行しており、このタイミングで標準化を推進することにより、世界に先んじてグローバルに競争力があるプラットフォームを確立</li> <li>・ 国際的に共通に確保され免許不要で使える周波数帯をターゲットにしていることから、製品開発後のグローバル展開が容易</li> <li>・ 標準化で各種ベンダー機器間の相互接続性を担保し市場規模の拡大を図るとともに、無線リソース協調制御のコア部分を知財化することで競争優位性を確保</li> </ul>
その他	<p>狭空間における周波数稠密利用のための周波数有効利用技術の研究開発(総務省)は、工場内のような狭い空間における無線通信を最適化する機能等の確立と周波数有効利用を目的としたものであり、SRF無線プラットフォーム(PF)の研究開発を実施している。本研究開発では、システム全体へのSRF無線PFの適用に必要な3つの技術(1)上位層のアプリケーションに応じたサービスの要件を定義する手法、(2)通信要件を定義する手法、(3)無線区間を含む経路における遅延保障手法を確立し、SRF無線PFの機能を完成、社会実装に向けた実証実験を共同で実施する。</p> <p>製造現場における無線技術に係る標準化等の推進団体であるFFPA(Flexible Factory Partner Alliance)における標準化活動と連携し、市場機会を逃さない実用化と社会実装を目指す。</p>

図表 2-22. 研究の課題、位置づけ、優位性、その他

【当該年度の目標】

特定のシステムを想定したサービス要件の抽出機能の一次試作を行い、機能検証を完了する。

【中間目標】（2020 年度末時点）

アプリケーション状態に応じた通信要件マッピング技術およびエンドトゥエンド通信リソース制御技術を組み合わせた部分実証実験を実施し抽出した課題を解決する改良を加える。

【最終目標】（2021 年度末時点）

FFPA 標準への提案を完了する。

【最終目標】

Society 5.0 の中核基盤技術として、従来と比較して IoT ソリューションの開発期間または開発費用を 1/10 に削減するエッジ PF を他国に先駆けて開発する。これにより、中小・ベンチャー企業を含む我が国の産業界の様々な業種が CPS を活用してデジタル化されたデータを社会課題の解決に利活用し、新しいビジネスを創出できる環境を構築していくことを目指す。

## Ⅱ. 超低消費電力 IoT チップ・革新的センサ技術

サブテーマ担当 D:遠藤 哲郎 (東北大学 国際集積エレクトロニクス研究開発センター センター長)

本サブテーマは研究開発プロジェクト 4 件により構成される。以下にそれぞれの共通項及び個別内容を示す。

### 【研究サブテーマの目標】

研究サブテーマⅡでは、GPS の適用範囲を拡大するために、超低消費電力 IoT チップや革新的センサ等の実用化技術開発を行う。

高度な GPS による Society 5.0 の実現に向けては、我が国が特徴的に有している生産性向上、モビリティ、医療・介護といった領域に存在する良質なデータ源泉を活用していくことが必要である。そのためには、これまで開拓してこれなかった電源がない環境や従来のセンシング技術では理解できなかった現場の状況に対応できるデバイスの開発が重要である。このデバイスを常時運用するためには、センサ信号取得から情報のアップロードまでのバックエンド側の電力消費の低減や、センサそのもののダウンサイズ化、エネルギーハーベスト技術の実用化など、社会実装のための課題を解決する技術が必要となる。

そこで本研究サブテーマにおいて、これまで収集できなかったデータを発掘し現場で利活用するために、超低消費電力 IoT デバイス、および革新的センサの開発に焦点を絞り、商用されていない新方式の基礎的な技術開発を実施する。開発には、実用化のための設計環境整備や、商用移行に向けた産業基盤整備なども含み、3 年間の開発を経て実用化を見据えた段階に至ったものについては、社会実装に向けて研究サブテーマⅠ、Ⅲとの連携などの実用環境での動作検証を、産学官を中心とした体制で密に連携して行う。本技術開発により、これまで実現できていないような情報のセンシングやフィジカル空間の大量なデータ処理にかかる電力消費の低減等の成果を検証し、成果の最大化及び日本が競争力を有する先端的技術の産業化をはかる。

研究プロジェクト番号:PⅡ-1

研究プロジェクト番号:PⅡ-1

研究プロジェクト名 : 超低消費電力 MTJ/CMOS Hybrid IoT デバイス基盤技術の研究開発

研究開発責任者:東北大学

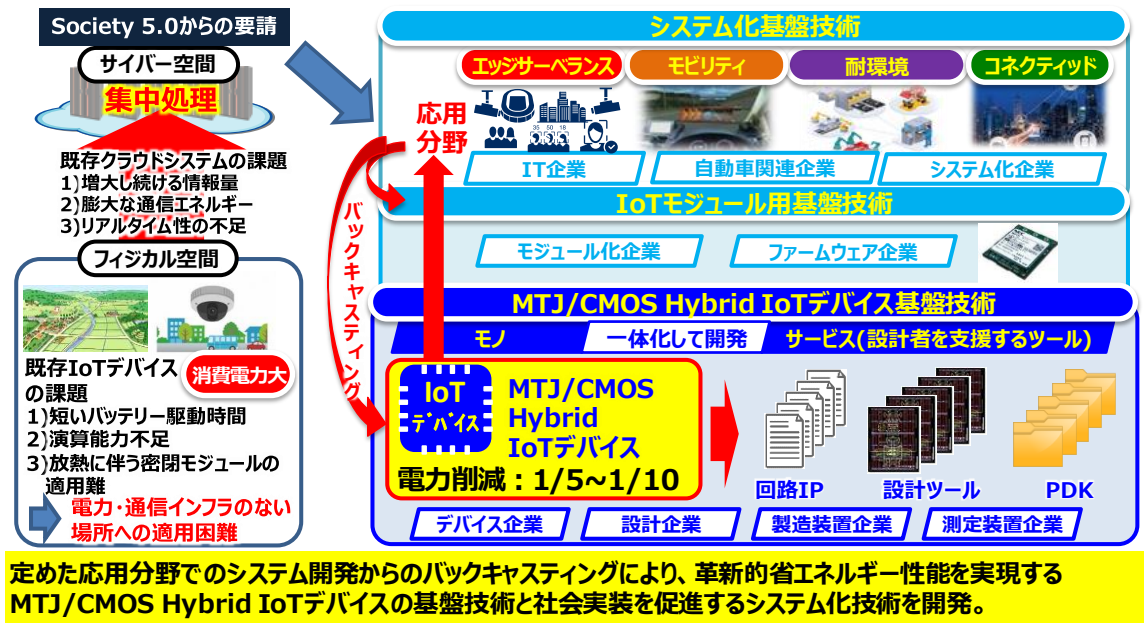
共同提案者:日本電気株式会社

株式会社ケーヒン

キーサイト・テクノロジー・インターナショナル合同会社

研究概要:本提案では、提案者らが開発してきたスピントロニクス素子である磁気トンネル接合(MTJ)と CMOS 技術を融合させた MTJ/CMOS Hybrid 技術を用いて、あらゆる IoT デバイスに演算処理機能に加えて不揮発機能(電源を切っても情報を忘れない機能)を融合させることで従来の消費電力と演算処理性能のジレンマを解消し、フィジカル空間に求められる飛躍的な低消費電力性能(従来比:1/5~1/10)を有する IoT デバイスの基盤技術を構築する。加えて、実証検証開発を通じて社会実証を促進するシステム化基盤技術を開発する。本 SIP 事業を通じて、革新的低消費電力 IoT デバイスがもたらす大変革を我が国が主導して成し遂げ、Society 5.0 の実現に資する。





図表 2-23. 研究開発概要



図表 2-24. 研究体制スキーム

課題	フィジカル空間とサイバー空間の間での情報トラフィック量を削減するために、IoT デバイスには更なる高度な演算処理機能が求められている。しかし、電力供給が制限されているエッジ側システムに、許容できる消費電力にて求められる演算処理性能を、既存技術による IoT デバイスで実現することは非常に困難であり、Society 5.0 を支える IoT デバイス基盤技術における大きな技術課題となっている。加えて、高い実用性を有した IoT デバイスが無いが故に、必要となるモジュール基盤技術やシステム化基盤技術の開発が遅れており、社会を支える大型の IoT 事業が始まっていないことも、基盤技術とアプリケーションの融合が重要であるフィジカル空間産業にとって大きな課題である。
----	--

研究開発の位置づけ	本提案では、内閣府革新的研究開発プログラム(ImPACT)事業等で提案者らが開発してきたスピントロニクス素子の中で最も実用化が見込まれている磁気トンネル接合(MTJ)とCMOS技術を融合したMTJ/CMOS Hybrid集積回路の基盤技術を用いて、IoTデバイスに演算処理機能に加えて不揮発機能(電源を切っても情報を忘れない機能)を融合させることで、従来の消費電力と演算処理性能のジレンマを解消し、対消費電力当たりの演算処理性能を5倍~10倍へと飛躍的に向上させ、フィジカル空間に求められるIoTデバイス基盤技術を構築する。
優位性	演算機能に加えて不揮発機能を有し、高い実用性を備えたIoTデバイス開発は見当たらない。一方、MTJデバイスのパイオニアワークに加え、MTJ/CMOS Hybrid技術は、東北大学が世界を牽引してきた技術であり、技術的優位性を有している。本研究開発による革新的低消費電力IoTデバイスの基盤技術の構築とその社会実装を牽引するモジュール技術・システム化基盤技術の構築により創出される「製造業や生活に直結するサービスの創出をもたらす革新的保安セキュリティ技術、革新的介護・くらし支援技術、革新的自動車交通システム、ロボット等の革新的ものづくりシステム、革新的省エネルギー技術、革新的3次元地図情報活用技術、革新的遠隔医療・介護支援等」の波及効果は極めて大きく、本事業に参画している企業を含めて我が国が世界のプレゼンスを維持しているIT産業、自動車関連産業や半導体関連産業の更なる国際競争力強化に資するものである。
その他	東北大学は、内閣府ImPACT事業等で提案者らが開発してきた基盤技術を活用し、Society 5.0における本研究開発技術の応用分野を定め、バックキャストによる要求仕様と技術的課題を抽出し、IT企業から自動車企業、更にデバイス・設計・製造装置・測定装置企業(12社)、協力3大学からなる研究体制を構築し、研究開発を推進する。MTJ/CMOS Hybrid IoTデバイス基盤技術を経済産業省及びNEDOと連携し、標準化・オープン化を通してエッジプラットフォームが維持できる仕組みを構築する。加えて、宮城県と、本研究開発の初期段階から、みやぎ高度電子機械産業振興協議会(425企業・団体)とみやぎ自動車産業振興協議会(610企業・団体)を通じて、県内製造業の中核である高度電子機械、及び自動車産業との連携を図ることで、地域におけるSociety 5.0の実現を目指す。

図表 2-25. 研究の課題、位置づけ、優位性、その他

【当該年度の目標】

＜システム化基盤技術開発＞

評価環境を整備し、ImPACTで得られたMTJベース不揮発性マイコンを活用してIoTモジュールを試作するとともに、ファームウェア等のソフト開発環境を整備し、早期デモを行う。これにより、システム化基盤技術の開発課題抽出を行う。加えて、これを基に、IoTデバイス/モジュール用基盤技術開発にフィードバックする。

＜IoTデバイス基盤技術開発＞

MTJ/CMOS Hybrid IoTデバイス基盤技術の研究開発では、昨年度と今年度導入する設備を用い、テストチップ用デバイスパラメーターの取得とIPライブラリ・PDKの拡充を図る。

さらに、上記の早期デモからの課題抽出結果を反映し、それらを基に昨年度と今年度導入する設備

を用い、テストチップの設計・試作をすすめる。これにより、次年度で行うIoT モジュール開発に繋げる。

#### <IoT モジュール用基盤技術開発>

IoT モジュールの3次元実装の検討を進めるとともに、GaN on Si パワーコントローラの高周波化・高効率化を進め、IoT モジュール全体としての世界最小、最高効率という最終目標達成に向けた課題抽出をさらに進める。

#### 【中間目標】(2020 年度末時点)

##### <IoT デバイス基盤技術開発>

モビリティ・エッジサーバー・耐環境・コネクティッドからなる4つの出口からのバックキャストに基づいて 2019 年度に設計・試作した MTJ/CMOS Hybrid IoT デバイスを評価する。これにより、CMOS ベースの IoT デバイスと比較して消費電力を 1/3~1/5 に減少できる実証検証を行うと共に、最終目標達成に向けた課題を抽出し IoT モジュールとシステム化基盤技術へつなげる。加えて、テストチップ用デバイスパラメーターと集積プロセス性能を統合化して、第 1 次 PDK を構築し、開発した回路 IP も統合する。また、抽出した課題を解決するための各種開発を進めて、昨年度に途中まで試作したサンプルを活用した試作を行い、実証チップに向けた検討を進める。これらのチップ評価・追加の小規模試作と並行する形で、PDK・回路 IP を構築するために必要となる MTJ/CMOS Hybrid IoT デバイスにおける基本 MTJ デバイスパラメーター抽出ツールを高度化する。

##### <IoT モジュール用基盤技術開発>

一次試作と評価を完了する。加えて、シミュレーションなどを用いて、従来比で小型化 1/5、省エネ化 1/10 の目処をつける。

##### <システム化基盤技術開発>

2019 年度に試作したテストチップの評価結果を用いてシステム検討し、システム性能評価を進め、抽出される課題をデバイス/モジュール基盤技術開発にフィードバックし、シミュレーションを用いながら、最終目標を達成するための目途を付ける。

#### 【最終目標】(2022 年度末時点)

##### <IoT デバイス基盤技術開発>

CMOS ベースの IoT デバイスと比較して消費電力を 1/5~1/10 に低減できる実証検証を行うと共に、実証用 IoT デバイスで用いたデバイスパラメーターと集積プロセス性能を統合化し、PDK を構築し、開発した回路 IP も統合して、共通プラットフォーム化し、開発コストを 1/10 に削減する。加えて、第 2 次 PDK・回路 IP を構築するために必要となる MTJ/CMOS Hybrid 技術を用いた多様な IoT デバイス用 MTJ デバイスパラメーター測定系の構築とモデリング技術を統合する。

##### <IoT モジュール用基盤技術開発>

従来技術に比べて、小型化 1/5、省エネ 1/10 を実現する。また、サブテーマとの連携で開発期間、コスト削減に関して見極める。

##### <システム化基盤技術開発>

実証チップの試作を踏まえて、MTJ/CMOS Hybrid IoT デバイス基盤技術活用により既存 IoT デバイ

スと比較して消費電力性能を 1/5 にできることを TRL5 ~ 7 で実証する。

研究プロジェクト番号:P II-2

研究プロジェクト名 : ヒューマンインタラクションセンサデバイスシステム技術の開発

研究開発責任者:東京大学

共同提案者:国立研究開発法人 産業技術総合研究所

大日本印刷株式会社

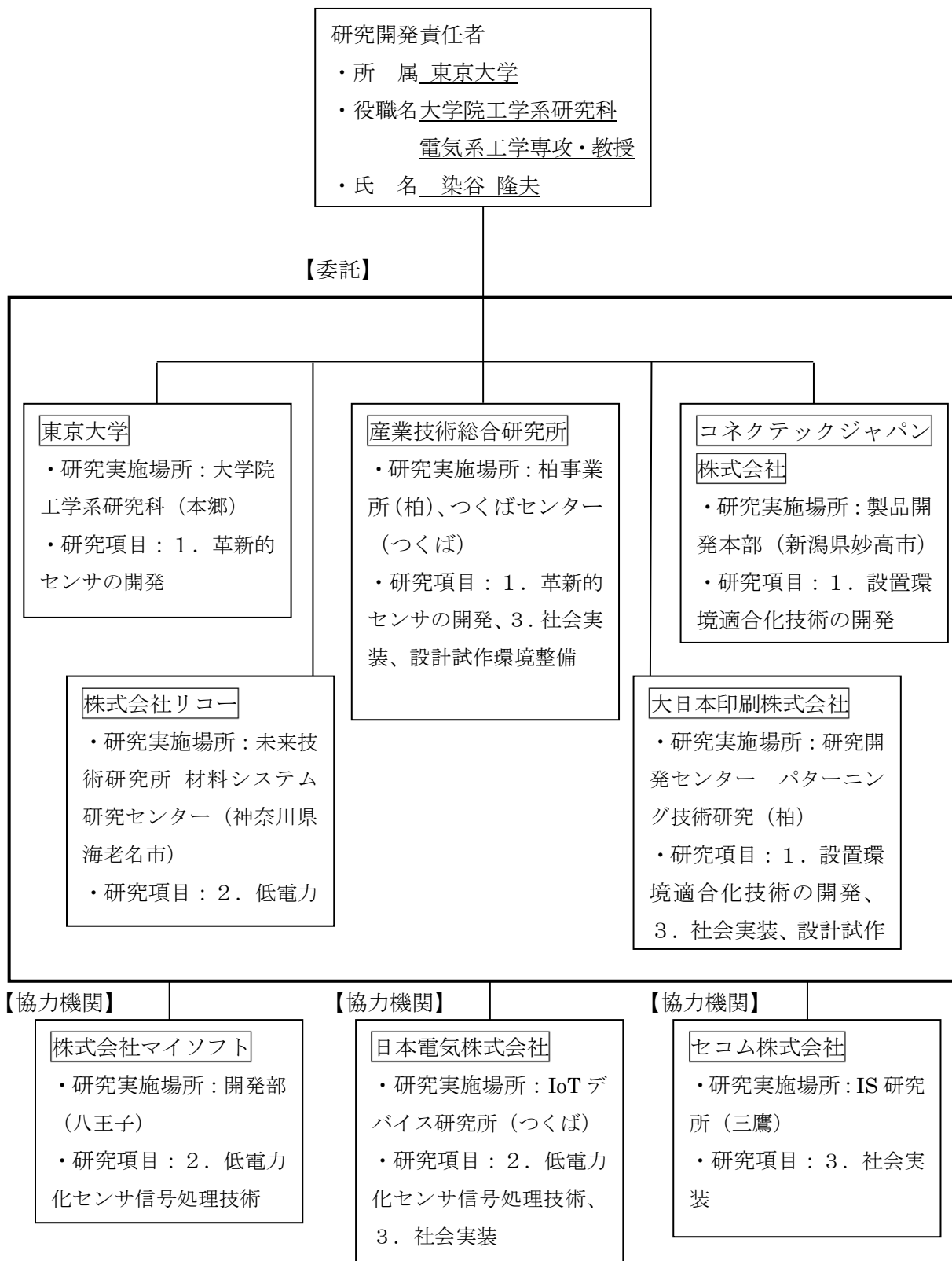
株式会社リコー

コネクテックジャパン株式会社

解決すべき課題:研究概要:本提案では、生活環境におけるヒト・モノとの様々な3次元的なインターフェースにおいて、これまでに得られなかった価値の高い情報を接触情報として収集する革新的センサの開発とその実用化に関する開発を行う。



図表 2-26. 研究開発概要



図表 2-27. 研究体制スキーム



課題	<p>少子高齢化に基づく労働力不足、福祉介護サービスの需要増加などの社会課題に対応するため、スマート社会の構築が重要であり、そのためにフィジカル空間からサイバー空間への情報の効率的伝達が重要な技術課題となっている。現在、この目的のために画像情報が積極的に活用されているが、画像情報は、プライバシー、死角の問題、情報過多等に課題があり、現行の情報収集システムを補う革新的センシング技術の開発が必要となっている。またヒトの生活環境において、生体情報などから無意識情報を収集するセンシング技術の開発とその利活用が求められている。</p>
研究開発の位置づけ	<p>本技術開発では、3次元曲面シートセンサ技術、その実装技術、データ処理技術等を開発し、モノやヒトとのインターフェースにおける接触情報から、対象の個別認識・識別とその状態情報とを同時にリアルタイムで収集することができる独自の・革新的センシング技術を提供する。このシートセンサは、大面積・多点・マルチモーダル・任意形状適合性という特徴を有しており、それを身の回りのあらゆるモノに浸透させていくことによって、これまでに設置環境の制約等により収集できなかった多面的、多角的なモノやヒトの情報を収集可能にし、その特徴的なデータを利活用した機器制御やサービス等が提供できる。産業波及効果としては、本技術の適用により、流通・物品管理での効率化・自動化による生産性向上、プライバシーに配慮した効率的な福祉介護サービスの提供などの実現が期待される。また、それらの技術を広く活用できる設計・試作環境を整備するとともに、IoT産業においてデバイス、サービス等のさまざまなプレイヤーが集結できるハブ機能を有するコンソーシアムを設置し、技術の普及とモノづくり産業の活性化を図る。</p>
優位性	<p>必要な情報のみをリアルタイムで効率的に活用する情報収集システムの構築のため、センサのマルチモーダル化、高集積化、設置環境への適合、必要な情報の選別などが重要な技術課題となっている。今日、国内外において、それぞれの各課題に対して集中的に強化推進が図られるようになってきたが、これらを統合してセンシングに活用することを実践している機関は未だどこにも存在しない。本技術開発では、上記課題を一括統合して開発し、その情報活用を可能にするセンシングシステムを提供できることに優位性を有している。特に、接触情報にフォーカスし、必要な情報のみを抽出することで、情報過多、プライバシー侵害、死角に存在する場所からの情報収集など、通常の画像では不得手な部分を補う情報取得手段としての優位性を有する。</p>
その他	<p>本技術は、JST 戦略的創造研究推進事業(ERATO)「生体調和エレクトロニクス」、NEDO「次世代プリントエレクトロニクス材料・プロセス基盤技術開発」など、省庁横断プロジェクトにて開発された生体調和センサ技術、フレキシブルシートセンサ技術などを基盤とし、NEDO エネルギー・環境新技術先導プログラムにて、「マルチモーダル高集積多点分布情報センサ技術開発」として、そのスマート社会構築に資するセンサ技術としての適合性、有効性、優位性などを調査検討してきた。</p>

図表 2-28. 研究の課題、位置づけ、優位性、その他

【当該年度の目標】

伸縮性センサーシート等を多点・マルチモーダル化したプロトタイプ試作を実施し、それを用いてユーザーにて実証実験を開始するとともに、展示会出展等を行って新規ユーザーの開拓を行う。

【中間目標】（2020 年度末時点）

企業のセンサ開発へ新規参入を支援するための試作環境と設計ツールを提供する。

【最終目標】（2022 年度末時点）

マルチモーダルセンサで収集されたデータを利活用しサービスに繋げるための解析技術を完了させ、サービスの事業化検討を開始する。

研究プロジェクト番号:P II-3

研究プロジェクト名：常温発電 IoT 環境センサの研究開発

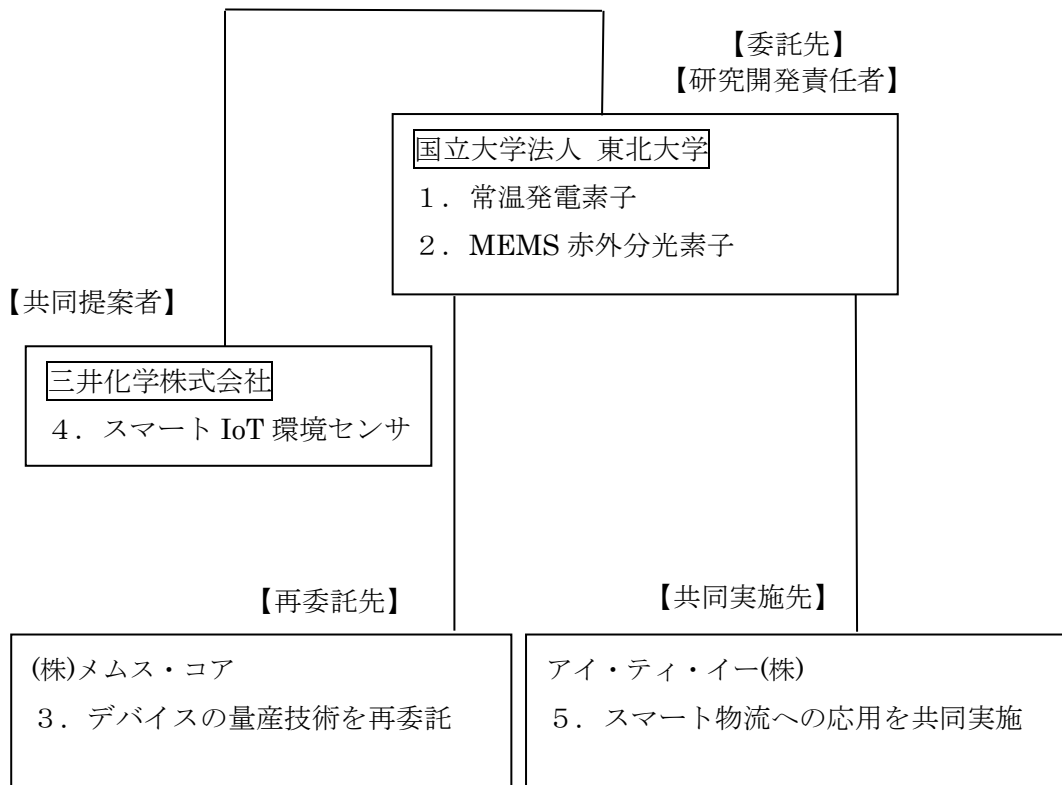
研究開発責任者:東北大学

共同提案者:三井化学株式会社

研究概要:低品質熱源から発電・蓄電し動作するスマート IoT 環境センサを開発する。生鮮食品の状態のロガーなどスマート物流においてフィールド実験して実証し、将来は、食品、農業や安全安心などに拡張可能な小型 IoT 環境センサシステムを開発する。







図表 2-30. 研究体制スキーム

課題	<p>スマート社会を実現するための物理情報を取得するIoT センサでは、様々な場面や環境でも動作することが求められ、理想的には無給電で動作する小型・安価なセンサシステムが必要とされる。低品質熱源から発電する新しい常温環境発電を実現し、低消費電力 IoT センサと組み合わせて無給電で動作する分子認識センサ(環境センサ)を実証し、食の安全・安心、環境センサ、ガス検知などに適用可能な IoT センサシステムを開発する。本開発では共通プラットフォームを活用して開発を加速し、サブテーマ III との連携により Society 5.0 の実現に貢献する。</p>
研究開発の位置づけ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・低品質熱源から発電し、IoT センサへ給電するシステム(常温発電)を開発する。</li> <li>・小型で高効率、かつ量産が可能な熱電・蓄電素子を開発し、常温発電の高効率化を達成する。</li> <li>・低消費電力の新規分子認識センサを開発する。</li> <li>・スマート IoT 環境センサシステムとして実用化する。</li> <li>・スマート物流において、食や医薬品の安全モニターへの応用を実証する。</li> <li>・将来の環境モニタリング、スマート農業への応用などの拡張性を有したシステムを開発する。</li> <li>・Society 5.0 の実現に貢献する。</li> </ul>

優位性	国内外で各種の分子認識センサが開発されているが、ppm 以下の複数の低濃度分子を検知できるシステムはまだ実現できていない。参画メンバーが持つ機能性ポリマー技術を利用して新たなセンサシステムを用いることで、高感度で分子識別機能をもつ IoT センサを世界に先駆けて実現する。また、本グループは、量産可能なプロセスによる熱電材料技術で世界最高の技術を有しており、さらにこの技術を実用化レベルまで発展させることで、IoT センサとハイブリッド化して、無給電動作を世界で初めて実現する。
その他	マイクロシステム研究開発センターの開発環境は、JST の先端融合イノベーション創出拠点の形成プログラム (H19-H28 年度) の成果を活用している。本研究は、東北大学、三井化学、メムス・コア、アイ・ティ・イーによる産産学連携となっており、将来は宮城県などとの連携も視野に入れる。また、国土交通省や他の SIP プログラムの「スマート物流」などとの連携も考えられる。

図表 2-31. 研究の課題、位置づけ、優位性、その他

【当該年度の目標】

常温発電素子の理論モデルを構築し、プロセス開発や p 型材料選定に目処をつける。小型蓄熱素子や薄膜型マイクロスーパーキャパシタの試作を通じて設計パラメータ等の知見を得る。

【中間目標】 (2020 年度末時点)

分解能  $16\text{cm}^{-1}$  のマイクロ分光器を試作する。流通フィールド実験実施の体制を構築する。

【最終目標】 (2022 年度末時点)

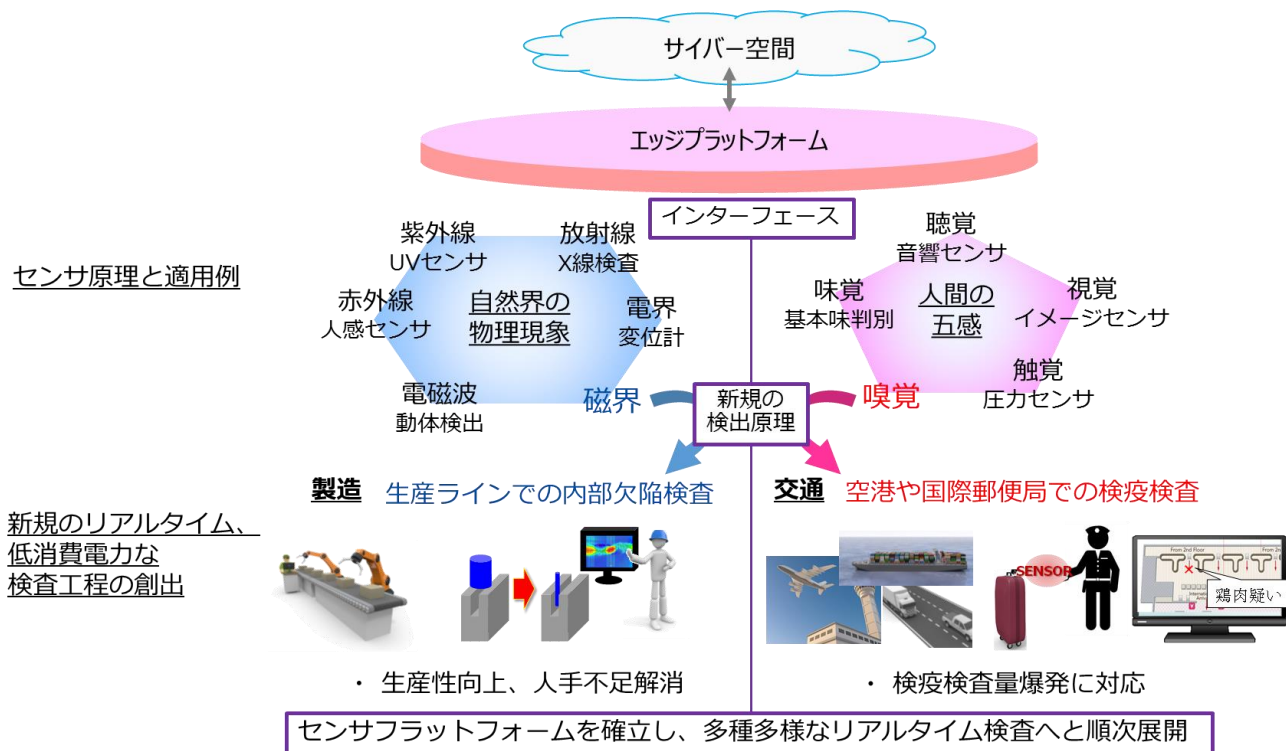
IoT 環境センサシステムプロトタイプのフィールド実験を通じてシステムの有効性を実証し、社会実装のためのビジネスモデルを構築する。

研究プロジェクト番号: P II-4

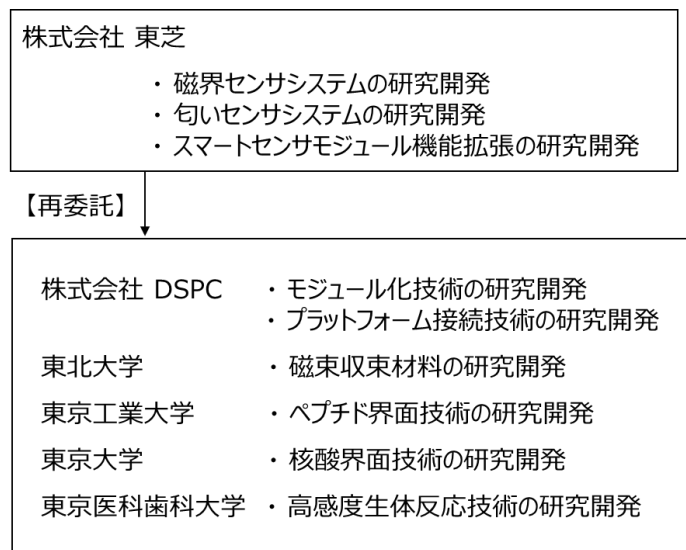
研究プロジェクト名: 超高感度センサシステムの研究開発

研究開発責任者: 株式会社東芝

研究概要: Society5.0 実現に向けて、多種多様なセンサが組み込まれたフィジカル空間から良質なデータを収集・加工・分析できるエッジプラットフォームの構築を目指し、革新的な検出原理を利用した、リアルタイム性、制御性、超低消費電力を両立できる超高感度センサシステムを開発する。



図表 2-32. 研究開発概要



図表 2-33. 研究体制スキーム

課題	<p>従来、センサは人間の五感で警えられるものと、自然界の物理現象を利用したものをベースに、様々な産業で活用され始めているが、検出原理の制約から小型化や低消費電力化が困難であるため、大型機器による大掛かりな検査か、断念して熟練工の暗黙知による簡易検査で凌いでいる工程が多いのが現状である。このような検査工程は、Society5.0の実現において、リアルタイム性、制御性、低消費電力性が今後益々重要となるエッジプラットフォームの普及・促進の妨げとなる。</p>
----	---

<p>研究開発の位置づけ</p>	<p>磁性体や二次元材料といったナノ材料と、センサの感度を最大化する独自の回路設計や構造、材料を組み合わせた革新的な検出原理のセンサ素子部を確立し、リアルタイムな可視化が不可能だった重要な検査工程の適用が可能になる。具体的な応用先としては、工場(電池、EV/HEV、発電所、精密電子機器など)の製造ラインやインフラ(橋梁、道路の基礎部分、ビルなど)点検でのリアルタイム内部欠陥検査、空港及び国際郵便局等での検疫検査を想定しており、地球温暖化対策として普及が想定されるEV/HEVに使用される電池の品質管理強化や、労働力の減少による人手不足が及ぼす製造業の生産性低下、危険物質に対する水際対策の脆弱化の抑止に貢献する。ここで確立したセンサプラットフォームを活用して、介護・医療分野や農業・食品分野といった多種多様な検査分野へ順次展開していく。</p>
<p>優位性</p>	<p>磁界センサが目標とする、高感度内部欠陥検査に適応可能な素子部の競合技術としては、①本提案と同様の巨大磁気抵抗効果(GMR)やトンネル磁気抵抗効果(TMR)を用いた素子や、②原子磁気、③ダイヤモンド中の窒素-空孔中心を用いた量子センサが報告されている。その中で、内部欠陥検査に必要な仕様である、検出感度、空間分解能、検出深さ、素子サイズ、そして量産性までを考慮したものは本提案のみである。同様に、匂いセンサの素子部の競合技術としては、①金属酸化物、②導電性高分子、③嗅覚受容体などの生体組織を用いたバイオセンサ、が報告されている。その中で、検疫検査に必要な仕様である、特定の匂いへの高い感度と選択性、可搬性、量産性、リアルタイム性までを考慮しているものは本提案のみである。いずれも既存技術での限界特性を遥かに超えた革新技術であるため、国際競争力は非常に高い。</p>

図表 2-34. 研究の課題、位置づけ、優位性、その他

【当該年度の目標】

磁界センサの高感度化の主要技術となる Magnetic Flux Concentrator (MFC)の設計と試作を行い、簡易試作した独自のブリッジおよび差動増幅回路を用いて、MFC ゲイン 50 倍を確認する。また、磁界センサモジュール開発を行い、特定のユースケース(リチウムイオン電池の短絡検知、構造体内部欠陥の渦電流探傷、等)を想定したプロトタイプシステム開発に着手し、磁界センサモジュールを組み込んだ状態のシステムの構成検討と動作環境整備を完了させる。また、匂いセンサにおいては、柑橘類の匂い成分であるリモネンに対する濃度依存的な応答を確認するとともに、気中からの匂い分子取り込みのための要素技術を検証し、匂い検出モジュールとしての実現性を確認する。

【中間目標】(2020 年度末時点)

磁界センサにおいて、試作した素子とその出力の周波数分離検出と差動増幅を行う低ノイズモジュールを試作し、従来技術の 50 倍(pT レベル)の高感度化を確認する。また、匂いセンサにおいて、実際の気中から ppm レベルの匂い分子を取り込んで検出するためのモジュールを試作し、動作検証する。更に、それらセンサデバイスをエッジプラットフォームに接続するインターフェースの仕様確認を行う。

**【最終目標】（2022 年度末時点）**

高感度磁界センサモジュールによる欠陥検査機能の検証を完了する。具体的には、差動増幅系の低ノイズ化を進め、1mm レベルの欠陥検出を従来の 1/10 のサイズの素子で実現する。匂いセンサにおいては、探知犬並み (ppb レベル) の希薄な匂い分子を検出する技術を確立し、実際の空港でのデモを通じて、検疫検査に活用できる性能を有することを実証する。

**【最終目標】**

超低消費電力 IoT チップと革新的なセンサ技術を実現し、センサ近傍処理に必要な電力を 1/5 以下に削減、またはセンサのサイズ 1/5 以下、開発費用を 1/10 以下とするなど、従来設置できなかった環境での計測を可能にするための技術を確立する。標準的な技術基盤をシステム化することで、研究サブテーマ I のエッジ PF による社会実装を容易とし、中小・ベンチャー企業などの参入並びに産業化の障壁を払拭し IoT システム構築を促進する。

### Ⅲ. Society 5.0 実現のための社会実装技術

サブテーマ担当 D:川村 貞夫 (立命館大学 理工学部 教授)

サブテーマ担当 D:小平 紀生 (三菱電機株式会社)

本サブテーマは研究開発プロジェクト 2 件により構成される。以下にそれぞれの共通項及び個別内容を示す。

#### 【研究サブテーマの目標】

研究サブテーマⅢでは、Society 5.0 の実現を見据えた技術の開発を、従来ロボット等の IoT 機器が入り込めなかった製造、生産や介護、交通、その他サービス(形状や硬さが課題となる例えば食品工場や、通信速度等が課題となる群制御(複数台の自律・協調)が必要な例えば小規模型自律運転サービス等)への社会実装技術の開発を行う。

そのために、研究サブテーマⅠのエッジ PF の活用を念頭に、クラウド単独では限界のある精密性やリアルタイム性の付与(部材や部品を多点センシングすることによるインテリジェント化等)やフィジカル空間の制御管理(センシングモジュールによるローカルレベルでの最適制御等)をサイバー空間と連携させることにより実現可能とする、真のサイバー/フィジカル連携の社会実装技術に注力して開発を行う。

社会実装の際には研究サブテーマⅠ、Ⅱの結果を反映し、社会実装結果を研究サブテーマⅠ、Ⅱへフィードバックしていくことで、システム全体の高効率化、高機能化、高付加価値化を行い、本プログラムの研究課題であるデジタルデータ処理基盤の確立の実証を行っていく。

さらに、社会課題の解決には、地域に根差したモデルの検討も重要であるため、本研究サブテーマでは地域に根差したモデルの検討も実施する。

#### 研究プロジェクト番号:PⅢ-1

研究プロジェクト名 : CPS 構築のためのセンサリッチ柔軟エンドエフェクタシステム開発と実用化

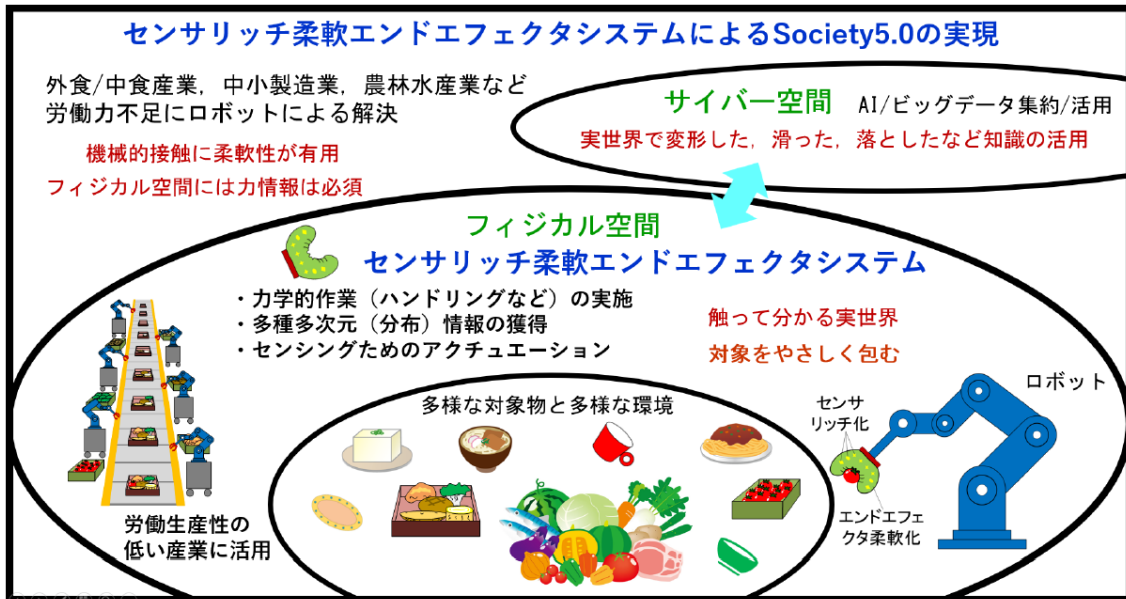
研究開発責任者:立命館大学

共同提案者:山形大学

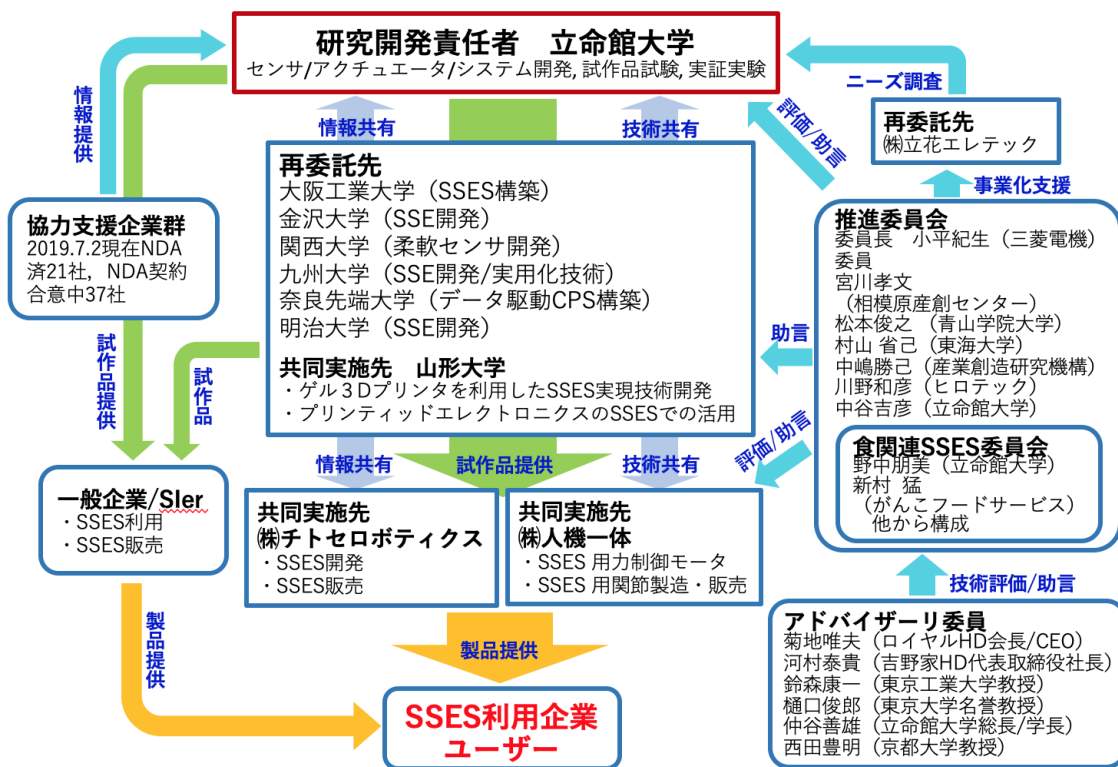
株式会社チトセロボティクス

株式会社人機一体

研究概要:CPS(Cyber Physical System)構築のために、柔軟で多種多様なセンサを設置したエンドエフェクタを開発する。これはロボットなどの機械システムに搭載され、フィジカル空間での目的とする作業を実現し、サイバー空間へのデータ化を達成する。開発されるシステムによって労働生産性の低い産業の抜本的改革を実現する。



図表 2-35. 研究開発概要



図表 2-36. 研究体制スキーム



課題	<p>変動する環境での多様な対象物のハンドリング作業は、製造業、食品産業など多くの業界に存在する。このような作業では、判断/認識の機能と物理的ハンドリングを巧妙に組み合わせる必要がある。一般にこのような作業は、既存の IT、IoT 技術のみでは解決が困難である。そのため、このような作業を中心とする業界では、現在も労働生産性の低い状況が続き、人手不足が深刻化している。本研究開発では、CPS として、変動環境において多様な特性を有する対象物のハンドリングを可能とする IoT 技術を利用したセンサリッチで柔軟なエンドエフェクタシステムを実現し、労働生産性の低い産業の改革に貢献する。</p>
研究開発の位置づけ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・多様な物体操作の科学的知見を、視触覚情報の統合とビッグデータ技術から得ることができる。</li> <li>・社会からのニーズ駆動によりソフトロボティクス分野の基礎研究に貢献できる。</li> <li>・SSES を基盤とする新しいビッグデータ集約が可能となる。</li> <li>・SSES 製造、販売、サービスなど新しい産業育成が可能となる。</li> <li>・外食中食産業など労働集約型産業の人手不足の解消に貢献できる。</li> </ul>
優位性	<p>弾性材料を利用可能な3D プリンタが実用化され、ソフトな構造体を複雑な形状で容易に製作可能な状況となっている。さらに、本研究グループメンバーが開発したゲル3D プリンタやプリンティッドエレクトロニクス技術によって、SSES として新しいデバイス開発が可能となっている。様々な高分子材料による曲げや力などのセンサや柔軟構造物の実現を、日本の材料メーカーとシステムインテグレーション技術者が協力することは国際的な優位性を持つ。さらに、ハンドリング分野におけるビッグデータ活用は、新しい分野であり今後の国際競争を有利に展開できる可能性がある。</p>
その他	<p>外食中食産業や農林水産業など、農林水産省と経済産業省の連携分野での SSES の利用が期待される。また、産業用ロボットの導入が進んでいない中小企業の生産性の向上に貢献する。材料メーカーと大学、デバイス製造メーカーと大学、ユーザー企業と大学など本質的に産学の連携が不可欠となっている。本研究開発で生み出される SSES は、作業目的によって、様々な種類となるので、業種ごとに異なる特徴の SSES を開発する。このことは、本研究開発の基礎技術を利用して、多くの企業が新しい SSES を開発、販売する可能性を有している。</p>

図表 2-37. 研究の課題、位置づけ、優位性、その他

【当該年度の目標】

- ・各要素技術の基本的特性を、要素試作品などを用いて明らかにする。
- ・システム化/データ・IoT 利用の実施構想案をまとめる。
- ・SSES の試作を行い、実証フィールドでの実証実験を開始する。

【中間目標】(2020 年度末時点)

- ・SSES 及び IoT システムを完成する。

- ・外食/中食産業の現場での実証実験を行い、SSES の食産業での実証化を達成する。

【最終目標】（2022 年度末時点）

- ・中小製造業、農林水産業での実証化を達成する。
- ・食産業関連などにおいて、SSES の実利用を全国的に広げる。

研究プロジェクト番号:PⅢ-2

研究プロジェクト名：移動空間デジタルデータのエッジ処理とクラウド連携による安心・安全・安価な複数台自動走行パーソナルモビリティの社会実装

研究開発責任者：パナソニック株式会社

共同提案者：スズキ株式会社

産業技術総合研究所

東京大学

研究概要：自律移動システムを活用したパーソナルモビリティにより、移動困難者であっても目的地まで安心で安全かつ安価に移動できることを指す。エッジ側で環境認識とセンサ情報のリアルタイム処理を行い、クラウド側では効率化のための複数台の最適協調制御技術を開発する。

【Before】 現行社会

- ・ 交通弱者の増加
- ・ 電動車椅子の事故多発
- ・ 移動サポート者不足



【After】 Society5.0

- ・ 安心、安全、安価な移動手段提供
- ・ 利用者の無人搬送
- ・ 無人回収

パーソナルモビリティの自動走行技術

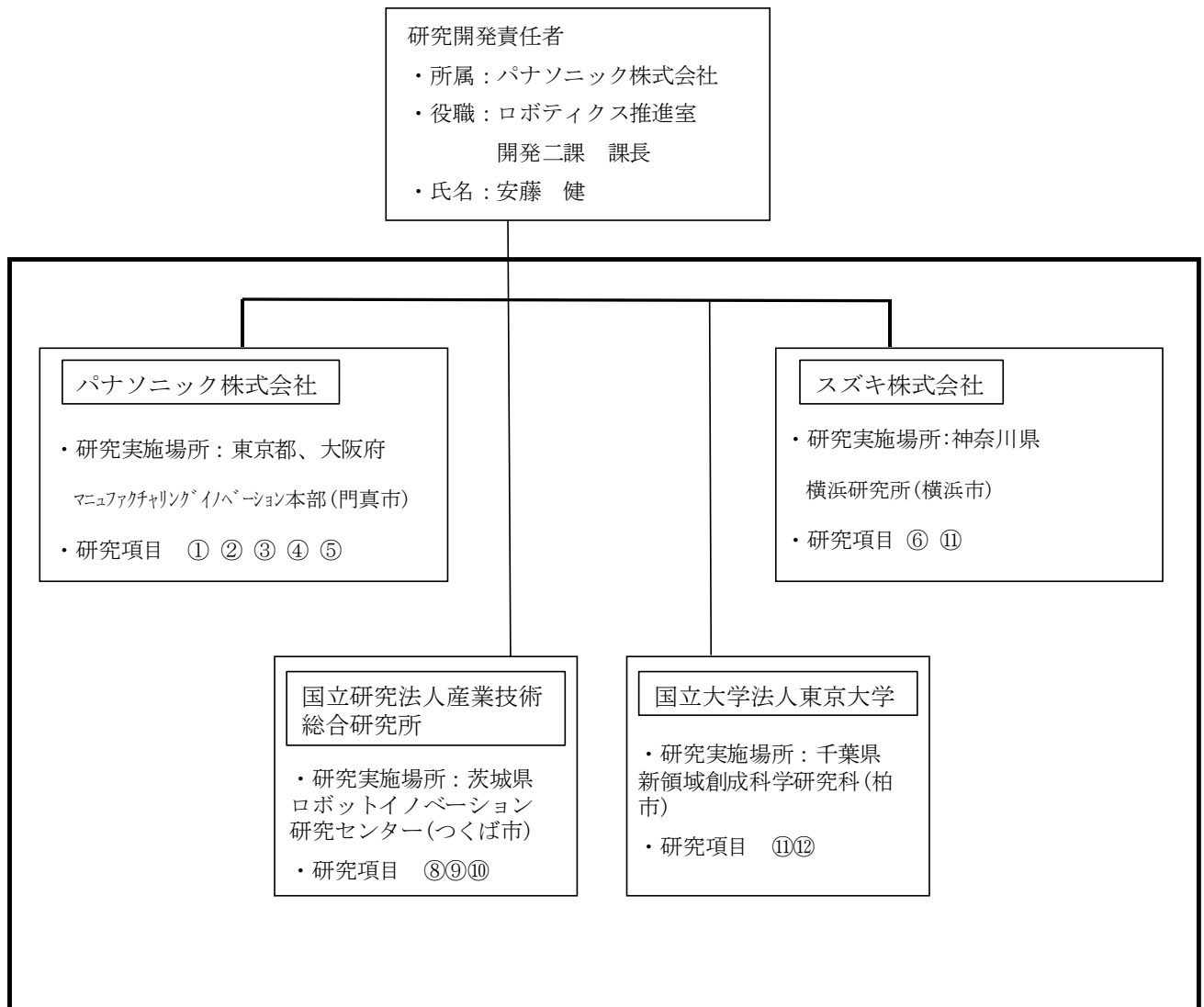
屋内



屋外



図表 2-38. 研究開発概要



図表 2-39. 研究体制スキーム

課題	<p>高齢化や生産労働人口減少という人口動態の変化に伴い生じる</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 交通弱者の増加</li> <li>・ 電動車椅子の事故多発</li> <li>・ 移動サポート者不足</li> </ul> <p>などの移動に関連する社会課題を解決することを目指す。</p>
研究開発の位置づけ	<p>商業施設などの屋内施設での移動や生活地域での屋外移動をサポートする自動走行技術を開発し、交通弱者であっても行きたいところに行くことができるスマート社会を創出する。また、開発する技術は、人の移動支援だけでなく、モノの自動搬送にも適応が可能であり、人手不足が深刻な物流業界などに対しても、自動化に伴う生産性向上および人手不足解消を行うことができる。</p>

優位性	パナソニックは安全技術をコアとした屋内での移動ロボット技術、スズキは電動車椅子のトップメーカーとしてのモビリティ技術、産業総合技術研究所は幅広い実証活動などで培われた自動走行技術、東京大学は人特性と考慮したモビリティ技術、を有している。 それぞれの強みを掛け合わせることで、屋内外走行可能な Level 4 の自動走行を世界に先駆けて実現することができる。
その他	屋内外での自律走行に関しては、多くの省庁（経済産業省、国土交通省、警察庁など）とも連携をとることで、効率的に開発・実証および導入を進めていく。

図表 2-40. 研究の課題、位置づけ、優位性、その他

【当該年度の目標】

エッジ側での環境認識に必要な技術の第一次開発を行うとともに、クラウド側での運用システムをシミュレーション上で検証する。

開発した要素技術が基本的な要求仕様を満たしていることを示す。

【最終目標】（2022 年度末時点）

自動運転型パーソナルモビリティが、運用システムなどクラウド側と連携しながら、シームレスに移動できることを示す。

**追加加速研究開発**

追加予算実施項目：エッジプラットフォーム(PF)の社会実装を加速するための連携

研究開発責任者：九州大学、NEC

研究開発責任者：モバイルテクノ

研究開発責任者：立命館大

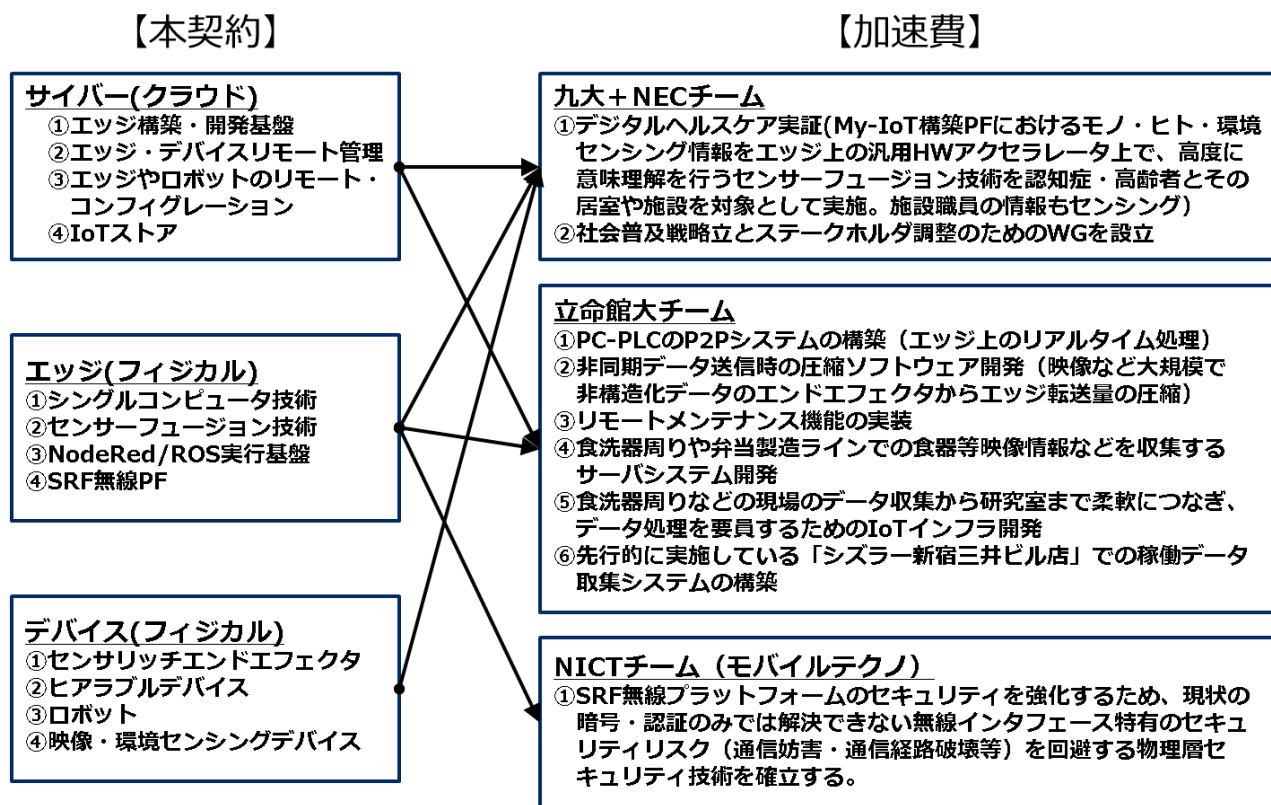
概要：

今回のフィジカル空間デジタルデータ処理基盤の主要な研究課題は、利用者自身が自分の課題解決に適した IoT(エッジおよびアクチュエータ)を簡単かつ低コストに構築並びに活用するための PF 技術開発することにある。この技術開発を加速するために、従来のようにウォーターフォール的に開発を進めるのではなく、現場課題に当てはめた技術実証実験(PoC)と研究開発をアジャイル的に回し、得られた実装要件を早期に開発の上流工程へフィードバックしていくことが重要となる。このプロセスを加速するための具体的な取り組みとして、実際の現場(調理・食洗現場やヘルスケア施設など)を準備し、実際の事業者や利用者のご参画を頂いて実証を行う予定である。この PoC によって、ヒト・モノ・環境などのフィジカルデータを効率的に収集し、エッジ上でリアルタイムに必要な情報を抽出・処理したうえで、サイバー(クラウド)上のビッグデータ処理と連動するだけでなく、センシング結果に基づく対処・制御として、現場のアクチュエータ(ロボットやヒアラブルデバイス)と連動させる研究開発を加速させる。また、リアルタイムかつセキュアに現場のヒト・モノ・環境のセンシングデータを PF へ伝送する無線レイヤでのフィジカルセキュリティ実証を同じ SIP 課題であるフィジカルセキュリティと技術協調することで SIP 間の相乗効果ならびに社会実装の相互加速を狙

う。これらの一連の活動を後押し、産業振興や社会実装、政策提言などの戦略的立案を担当し、業界ステークホルダを巻き込んだ提供者・構築者・利用者を巻き込んだフィジカルデータの利活用と処理 PF の在り方を推進するための活動体(コンソーシアム)の前身として、第三者の有識者を募った WG(ワークグループ)を今年度中に発足させる。

実施項目:

- ① 本エッジ構築 PF の技術実証を事業者ならびに利用者の現場で PoC をおこなうことで、実証結果を技術開発の上流工程に早期にフィードバックが可能となり、エッジ構築 PF の社会実装の前倒しにつながる。この実証に当たっては、九大+NEC チームがデジタルヘルスケア領域を担当し、立命館大チームが調理・食洗の領域での実証とその加速を担当する。この取り組みにおいては、SIP 課題事業者のみならず、第三者の協力者の参画を募り、現場課題に即した技術開発と全体のシステム構築、実証体制の構築を行う。
- ② PoC を通じた技術実証に加えて、国内外との業界・コンソーシアムメンバと構築者・利用者を加えて WG を発足させることで、普及戦略や社会実装戦略を加速する。
- ③ 他 SIP 連携として、フィジカルセキュリティとの技術協調を行い、エッジ PF のセキュリティ強化技術、特に無線レイヤ技術をメインにフィジカルセキュリティとの相乗効果を高める。



図表 2-41. 研究開発概要

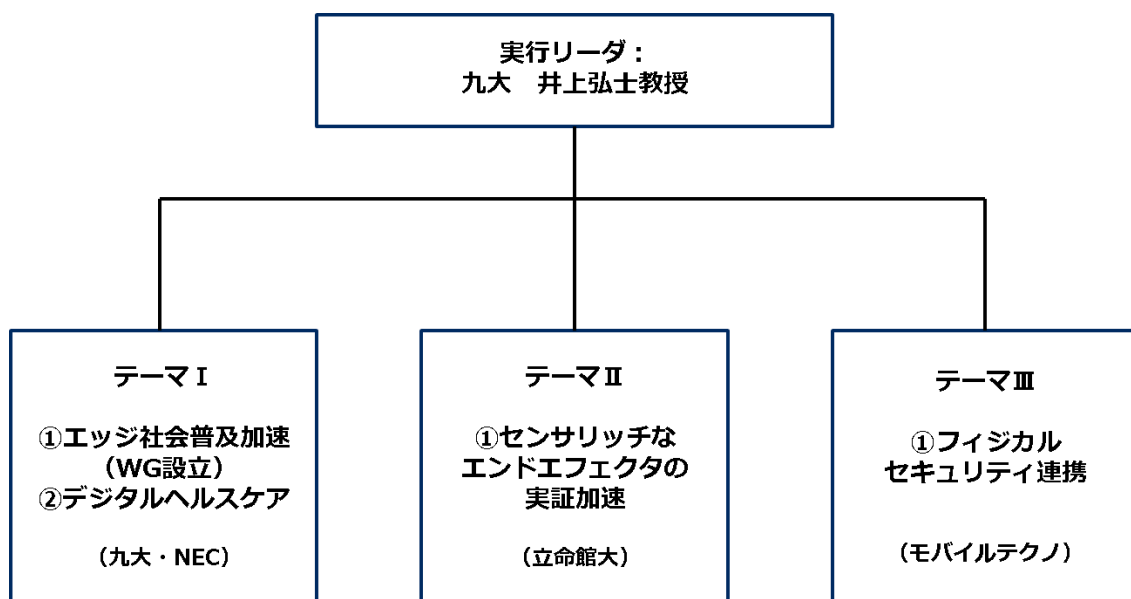


<p>課題</p>	<p>現状の IoT(Internet of Things)システムは、機器メーカーによる自社商品群による垂直統合型であるため、製造業など特定の業界に展開が留まっており、生産性向上や新しいビジネスチャンスが大きな社会課題となりつつある他の産業界に浸透しているとは言い難い状況にある。ロボットシステムについても案件ごとの一品物開発(PJ ベース開発)が主体で、汎用的な開発ならびに構築手法が浸透しているとは言い難い状況にある。また IoT システムでのセンシングの主体であるエッジシステムとセンシング情報に基づいたアクチュエータとしてのロボットシステムは、それぞれ個別システムかつ個別構築であり、導入までに大きな工数と時間がかかってしまうことも課題であった。Society5.0 や GPS の実現に当たっては、これらの構築に当たってのギャップを大きく減らすだけでなく、IoT システムとロボットシステムが有機的に系として繋がり、様々なセンシング情報とその処理から得られた認識・判断に基づいて制御・動作するロボットシステムが簡単に連動する構築・開発環境を提供し、多くの産業界へ普及させることが求められる。また更にこのセンシングデータに基づいて正しく IoT やロボットシステムの動作を担保するために、フィジカルのセンシングデータのセキュリティ担保についても喫緊の課題がある。特に IoT 機器の脆弱性を狙うサイバー攻撃が急増しており、エッジ PF の安全性の確保がその社会実装の加速のためのキー技術のひとつになっている。有/無線ネットワークを含むエッジ PF では、特に無線インタフェースへのサイバー攻撃の回避技術の確立が急務である。</p>
<p>研究開発の位置づけ</p>	<p>1) エッジ構築 PF の社会実装加速(九大・NEC チーム)</p> <p>(1)様々なセンサ情報を統合し仮想センサとして扱い、エッジ上で意味理解を行うセンサーフュージョンの技術実証について、特にヒトのバイタルに関するデータおよび環境データを用いた実証ベースでのアーキテクチャ検証が可能となる。</p> <p>(2)実際の社会課題(特に認知症患者の BPSD 発症予測や高齢者の見守りなど社会的弱者の社会共生と社会参画のための取り組み)の解決に寄与できる。</p> <p>2) センサリッチなエンドエフェクタの社会実装加速(立命館大チーム)</p> <p>(1)多様な物体操作の科学的知見を、視触覚情報の統合とビッグデータ/IoT 技術から得ることができる。</p> <p>(2)食器洗浄自動化の前処理として、回収した食器の状態を把握できる。また、食器分類と認識結果は有効な食器ハンドリングに貢献できる。</p> <p>(3)実証フィールドの IoT 化と ROS 化はセンサリッチ柔軟エンドエフェクタシステム(SSSES)を生産現場に導入する際に参考となる。</p> <p>3)フィジカルセキュリティ連携と実装(モバイルテクノ)</p> <p>1) SRF 無線プラットフォームにおいて、現状の暗号・認証のみでは解決できない無線インタフェースを攻撃する通信妨害・通信経路破壊等のサイバー攻撃を回避する</p> <p>2)近年の無線機に導入されてきている複数バンド(e.g. 2.4GHz/5GHz)、複数テクノロジー(e.g. 無線 LAN/Bluetooth)という複数通信経路を積極的に活用した物理層セキュリティ技術(複数経路秘密分散技術)に大きな新規性がある。</p> <p>3)ソフトウェアで機能実現するため IoT 機器への後付けが容易であり、15 年を超えて利用す</p>

	<p>る機器が 40%以上を占める製造現場への適用に有効である。</p> <p>4)製造現場のみならず、セキュリティ確保が重要課題のひとつである医療/介護分野等での無線 IoT 化の促進に寄与しうる。</p>
優位性	<p>1) モノ・環境・ヒトを統合的にセンシングし、多くのクラウド基盤や汎用センサと連携して動作するエッジ構築 PF 技術を実際の社会課題(デジタルヘルスケア)の解決について実際の事業者・利用者とともに技術開発および実証する取り組みは極めて先進的な取り組みである。またエッジ構築 PF 技術をエコシステムとして構築者のみならず、事業者・構築者・利用者を含めた形で技術開発の上流工程から戦略を含めて議論しうるワーキンググループ(WG)の運営は民需のみの取り組みでは行いう事ができず、SIP の精神である、府省連携・産官学連携の方針に適合する。(エッジ構築 PF の社会実装加速)</p> <p>2) 音声や視覚情報はインターネットを通じて共有することは一般的である一方、フィジカル空間の力学情報や物理情報(食器の特性、もの落とす、盛り付けの見た目など)の共有はまだ広くできていない。本研究ではこれらのフィジカル情報を広く共有するため、IoT システムを構築し、データ収集と解析することによって、開発するセンサリッチ柔軟エンドエフェクタシステム(SSES)の効率を向上する。ハンドリング分野で IoT 技術の活用は、新しい分野(コネクティドハンドリング)であり今後の国際競争を有利に展開する可能性がある。また最も上流にあるロボットの手からの情報をリアルタイムで有効に使いながら、データの流れの最後のクラウドでのデータ解析の有用な情報を同時に得ることができると期待される。(センサリッチ柔軟エンドエフェクタシステム(SSES)の社会実装加速)</p> <p>3) 複数経路秘密分散技術のコア部分を知財化することで競争優位性を確保(フィジカルセキュリティ連携と実装)</p>
その他	<p>1) 本研究開発で生み出される My-IoT 開発 PF(エッジ構築 PF)の加速は経産省・総務省・厚生省にまたがる新しいビジネスモデルの創出と社会課題解決に寄与する。特に厚生労働省が指針として出している認知症患者の「予防」と「共生」を IoT 側として実現加速するものである。</p> <p>2) 本研究開発で生み出されるコネクティド SSES や IoT プラットフォームは、農林水産業など、農林水産省と経済産業省の連携分野での利用が期待される。</p> <p>3) 製造現場における無線技術に係る標準化等の推進団体である FFPA(Flexible Factory Partner Alliance)における標準化活動と完全に連携・連動しており、特に製造現場における無線技術という切り口での新たなビジネスチャンス創出と無線にまつわる現場課題の解決に直接的に寄与する。</p>

図表 2-42. 研究の課題、位置づけ、優位性、その他





図表 2-43. 体制

【当該年度の目標】

テーマⅠ：・デジタルヘルスケア施設獲得と先行実証開始。

・エッジ WG 設立

テーマⅡ：・システム構築(P2P、動作承認サーバー、定時データ受信サーバー)

・立命館大生協でのデータ収集と実証フィールドでの環境構築

・ROS2.0 を用いたロボットとカメラ連携

テーマⅢ：複数通信経路を積極的に活用した物理層セキュリティ技術(複数経路秘密分散技術)の方式・アーキテクチャ開発を完了

【中間目標】

テーマⅠ：デジタルヘルスケア施設でのデータ解析と第三者による効果確認。

エッジ WG からコンソ設立へ移行と法人化準備。

テーマⅡ：・ファームウェアアップデートサーバの構築

・立命館大でのデータ収集と解析システムの構築

・SIP-SSES 実証フィールドで、ハンドに取り付けたセンサ、ロボットの状態などの各データをサーバーに集積し、実証フィールドでのビッグデータ処理システムの構築

・ROS2.0 を用いて複数台ロボットとロボットハンド、カメラやセンサとのシステムの構築及び動作確認とデータ収集と実証フィールドでの環境構築

【最終目標(アウトプット)】

テーマⅠ：デジタルヘルスケア事業開始とエッジコンソ設立とマネタイズ開始

テーマⅡ：開発完了並びに実証フィールドでの検証完了と他地区での横展開並びに事業化

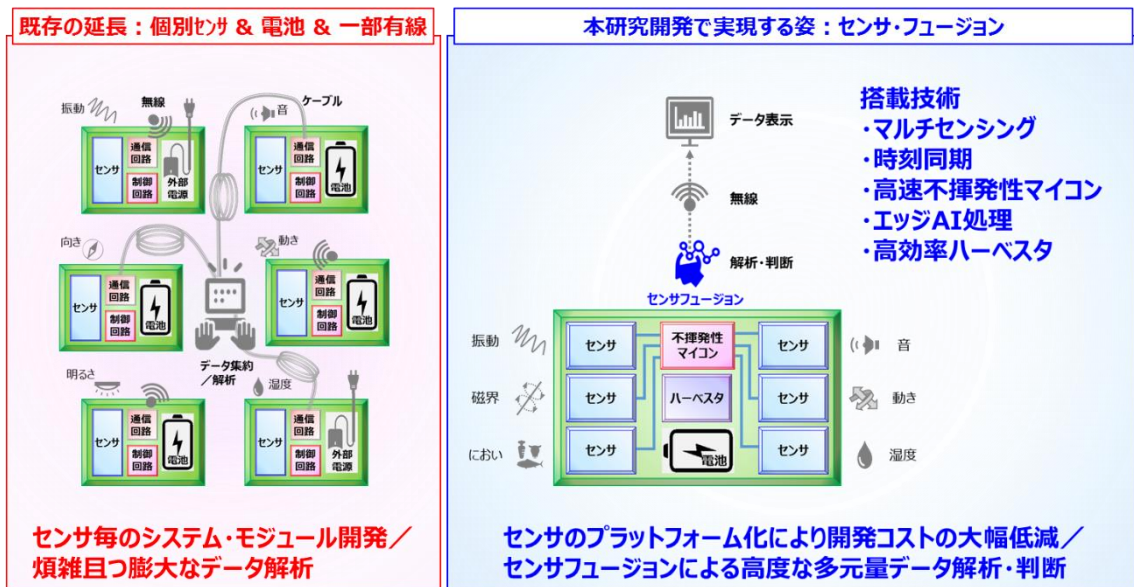
テーマⅢ：複数経路秘密分散技術の実装・評価の完了と機能・性能検証の完了

**追加予算実施項目：マルチセンシングモジュールプラットフォームの研究開発**

研究開発責任者：東芝

研究概要：Society5.0の実現に向けたIoTシステムを構築するためには、AIを使用したセンサフュージョンにより高信頼(セキュア)かつ高度な認識・判断が不可欠である。しかし、多種多様なセンサを搭載したマルチセンシングモジュール(MSM)はカスタム開発のコストや労力が大きく、普及の妨げとなっている。そのため、複数センサと制御回路とを一体化したMSMを容易に実現可能なプラットフォームを構築する。本プログラム(フィジカル空間デジタル)で開発中のデバイス・センサ技術や、東芝が過去のNEDO-Pjで開発したセンサ技術を導入する。本プラットフォーム化により開発コスト1/5と開発期間1/10を達成し、中小企業やベンチャー企業でもセンサフュージョンに基づくIoTシステムを容易に活用できるようになるため、社会実装が加速される。

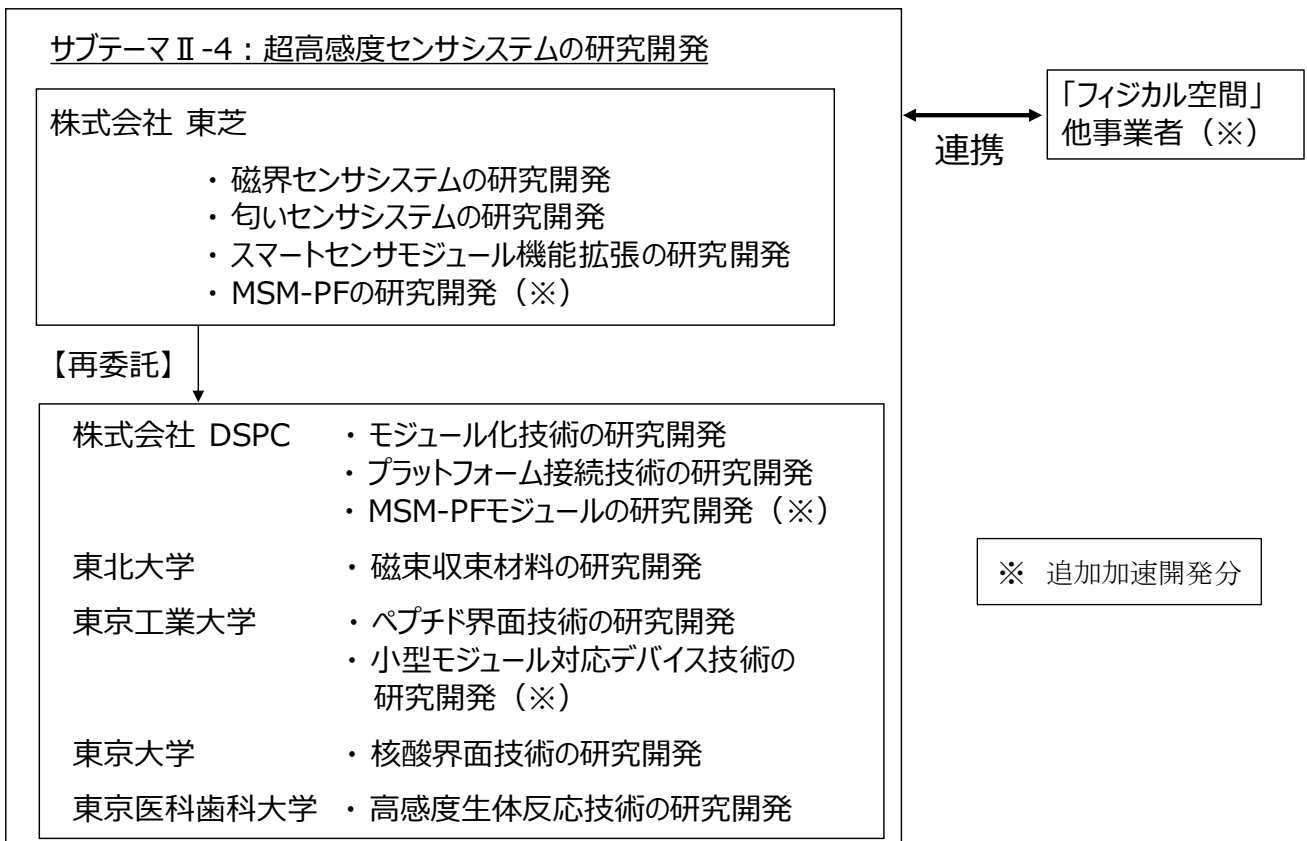
実施項目：本実施項目では多種多様なセンサを搭載したマルチセンシングモジュールプラットフォーム(MSM-PF)を開発する。2019年度においては、既存センサの仕様やセンサインターフェースの調査、本プログラム(フィジカル空間)の他事業者との議論、簡易的なデバイス試作評価を行い、開発するマルチセンシングモジュールプラットフォームの仕様策定を実施する。2020年度においては、仕様を満足する複数の既存センサとマイコンを搭載したモジュールを試作し、2つ以上のセンサデータを組み合わせたセンサフュージョン動作の検証を実施する。2021年度以降においては、AIを用いたマルチパラメータのセンサフュージョンの開発に取り組む。加えて、革新的センサや高速不揮発性マイコン、エネルギーハーベスタ技術の成果も取り込んだ高付加価値MSMの試作検討を実施し、センサフュージョン技術により目的別センサと既存センサとを組み合わせたMSM-PFの実現可能性の検証を完了させる。



図表 2-44. 研究開発概要図表 2-2. 研究の課題、位置づけ、優位性

課題	Society5.0の実現に向けたIoTシステムを構築するためには、AIを使用したセンサフュージョンにより高信頼(セキュア)かつ高度な認識・判断が不可欠である。しかし、実際の導入にはセンサ自体の開発費に加え、データ転送を含む周辺回路との繋ぎこみ費用等、多額の費用がかかり、普及の妨げとなっている。
研究開発の位置づけ	複数センサと制御回路とを一体化したMSMを容易に実現可能なプラットフォームを構築することにより、開発コストの削減と開発期間の短縮を達成する。それにより、中小企業やベンチャー企業でもセンサフュージョンに基づくIoTシステムを容易に活用できるようになるため、社会実装が加速される。
優位性	本テーマのMSM-PFの競合技術としては、①ST Microelectronics社のSensorTileや、②Texas Instruments社のSensorTag、③Raspberry Pi財団のRaspberry Piが挙げられる。その中で、普及に必要な条件として、サイズ、消費電力、開発コスト、インターフェースの冗長性等を総合的に考慮すると、本提案が最も優位である。

図表 2-45. 研究の課題、位置づけ、優位性



図表 2-46. 体制

【当該年度の目標】

既存センサの仕様やセンサインターフェースの調査、本プログラム(フィジカル空間)の他事業者との

議論、簡易的なデバイス試作評価を行い、開発する MSM-PF の仕様策定を実施する。

**【中間目標】**

複数の既存センサと時刻同期を行う機能を備えたマイコンとを搭載したモジュール試作に着手し、2つ以上のセンサデータを組み合わせたセンサフュージョン動作の検証を行う。

**【最終目標(アウトプット)】**

AI を用いたマルチパラメータのセンサフュージョンの開発に取り組む。加えて、革新的センサや高速不揮発性マイコン、エネルギーハーベスタ技術の成果も取り込んだ高付加価値 MSM の試作検討を実施し、センサフュージョン技術により目的別センサと既存センサとを組み合わせた MSM-PF の実現可能性の検証を完了させる。本プラットフォーム技術により、開発コスト 1/5 化と開発期間の 1/10 化を検証する。

### 3. 実施体制

#### (1) 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構の活用

本プログラムは、NEDO 交付金を活用し、図表 3-1 のような体制で実施する。NEDO は、PD や推進委員会を補佐し、予算の管理、研究開発の進捗管理(知財管理含む)、課題の広報・成果発信(シンポジウム対応含む)、研究開発計画や発表資料や関連資料の作成支援、課題に関する Peer Review の実施、外部の関連機関や学会との連絡調整、PD の実施機関訪問の同行、関連する調査・分析等、必要な協力を行う。

#### (2) 研究責任者の選定

NEDO は、本計画に基づき、研究責任者を公募により選定する。研究責任者の選定審査の事務は、NEDO が行う。審査基準や審査員等の審査の進め方は、NEDO が PD 及び内閣府、関係省庁と相談し、決定する。審査には原則として PD 及び内閣府の担当官も参加する。研究責任者の利害関係者は当該審査に参加しないものとする。また、研究責任者の選定に係る審査の過程において、研究開発テーマの実施範囲や研究開発テーマ間の連携等を考慮した上で採択を行う場合がある。

#### (3) 研究開発の実施体制

研究責任者は、企業や大学等の研究機関等(以下、「団体」という。)のうち、原則として日本国内に研究開発拠点を有するものを対象とし、産学官いずれか複数による共同事業体体制を組んだ研究開発への参加を推奨する。ただし、国外に研究開発拠点を有する団体が有する特定の分野における優れた研究開発能力や研究施設等の活用又は国際標準獲得の観点から、当該団体と連携して研究開発を行うことが必要な場合は、その研究開発等に限り当該団体と連携して実施することができるものとする。なお、各実施者の研究開発能力を最大限に活用し、効率的かつ効果的に研究開発を推進する観点から、各研究サブテーマにテーマリーダを置き、その下に研究者を可能な限り結集して研究開発を実施する。

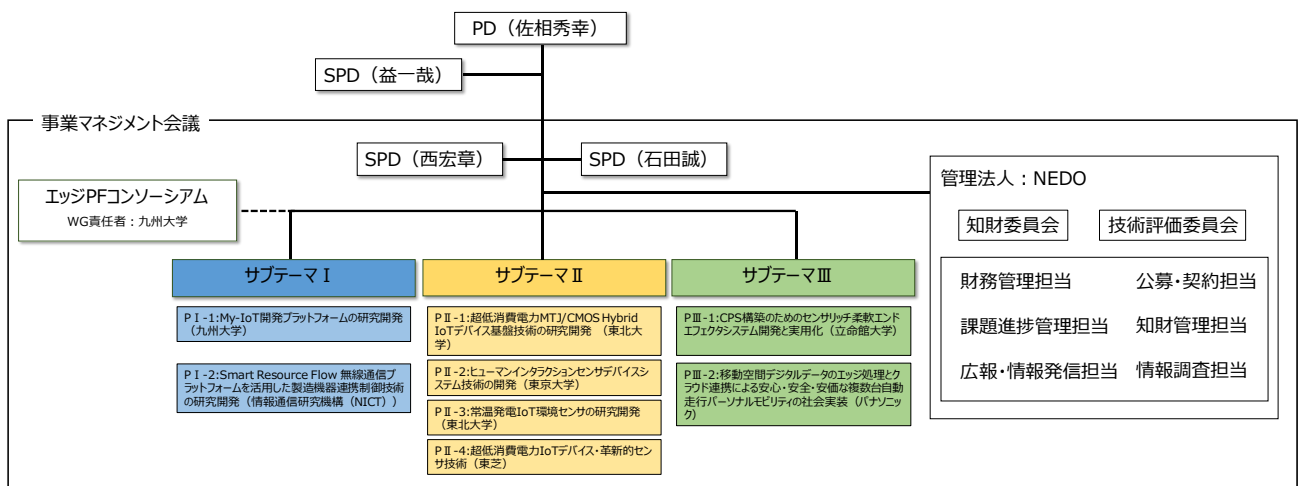
#### (4) 各研究開発テーマの運営管理

各研究開発テーマは、PD 及び NEDO が管理・執行の責任を負い、関係省庁及び研究責任者と密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的及び目標、並びに本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、推進委員会等を設置し外部有識者の意見を運営管理に反映させる他、研究開発テーマの進捗について定期的に報告を受ける等により研究開発の進捗状況の管理を行うものとする。このほか、研究開発テーマで取り組む技術分野の動向や外部環境の変化等を適時に把握し、必要な対策を講じるものとする。

#### (5) 研究体制を最適化する工夫

PD は最適な体制で本プログラムを推進するために、研究課題については「ステージゲート方式」を採用し、研究課題の進捗状況及び関係機関等で実施する技術調査等の調査結果や、社会情勢の変化に応じ、研究課題の追加、変更及び、研究主体の組み替え、絞り込み、追加等、動的な検討を実施する。PD は必要に応じてサブ PD をおき、研究開発の推進を補佐させるものとする。

上記マネジメントを着実に実行していくため及びそれぞれの研究課題に取り組む研究主体同士の連携をはかるため、事業マネジメント会議を設け、定期的な情報交換を通して、本課題の目標を共有する。



図表 3-1. 事業マネジメント会議

## (6) 府省連携

主にセンサ・コンピューティング等の研究開発で文科省と連携、通信部分に関して総務省と連携、デバイスや実用化に関して経産省と密に連携して推進する。また、実用化に当たり厚生労働省、国土交通省、警察庁等の事業省庁との連携も視野に入れて推進する。

## (7) 産業界からの貢献

今後の産業界からの貢献(人的、物的貢献を含む。)は、研究開発費の総額(国と産業界からの貢献との合計)の10%~20%程度を期待している。

## 4. 知財に関する事項

### (1) 知財委員会

- 課題または課題を構成する研究項目ごとに、知財委員会を NEDO 等または選定した研究責任者の所属機関(委託先)に置く。
- 知財委員会は、それを設置した機関が担った研究開発成果に関する論文発表及び特許等(以下「知財権」という。)の出願・維持等の方針決定等のほか、必要に応じ知財権の実施許諾に関する調整等を行う。
- 知財委員会は、原則として PD または PD の代理人、主要な関係者、専門家等から構成する。
- 知財委員会の詳細な運営方法等は、知財委員会を設置する機関において定める。

### (2) 知財権に関する取り決め

- NEDO 等は、秘密保持、バックグラウンド知財権(研究責任者やその所属機関等が、プログラム参加前から保有していた知財権及びプログラム参加後に SIP の事業費によらず取得した知財権)、フォアグラウンド知財権(プログラムの中で SIP の事業費により発生した知財権)の扱い等について、予め委託先との契約等により定めておく。

### (3) バックグラウンド知財権の実施許諾

- 他のプログラム参加者へのバックグラウンド知財権の実施許諾は、知財権者が定める条件に従い(あるいは、「プログラム参加者間の合意に従い」、知財権者が許諾可能とする。
- 当該条件等の知財権者の対応が、SIP の推進(研究開発のみならず、成果の実用化・事業化を含む)に支障を及ぼすおそれがある場合、知財委員会において調整し、合理的な解決策を得る。

### (4) フォアグラウンド知財権の取扱い

- フォアグラウンド知財権は、原則として産業技術力強化法第 19 条第 1 項を適用し、発明者である研究責任者の所属機関(委託先)に帰属させる。
- 再委託先等が発明し、再委託先等に知財権を帰属させる時は、知財委員会による承諾を必要とする。その際、知財委員会は条件を付すことができる。
- 知財権者に事業化の意志が乏しい場合、知財委員会は、積極的に事業化を目指す者による知財権の保有、積極的に事業化を目指す者への実施権の設定を推奨する。
- 参加期間中に脱退する者に対しては、当該参加期間中に SIP の事業費により得た成果(複数年度参加の場合は、参加当初からの全ての成果)の全部または一部に関して、脱退時に NEDO 等が無償譲渡させること及び実施権を設定できることとする。
- 知財権の出願・維持等にかかる費用は、原則として知財権者による負担とする。共同出願の場合は、持ち分比率、費用負担は、共同出願者による協議によって定める。

### (5) フォアグラウンド知財権の実施許諾

- 他のプログラム参加者へのフォアグラウンド知財権の実施許諾は、知財権者が定める条件に従い(あるいは、「プログラム参加者間の合意に従い」、知財権者が許諾可能とする。
- 第三者へのフォアグラウンド知財権の実施許諾は、プログラム参加者よりも有利な条件にはしない範囲で知財権者が定める条件に従い、知財権者が許諾可能とする。
- 当該条件等の知財権者の対応が SIP の推進(研究開発のみならず、成果の実用化・事業化を含む)に支障を及ぼすおそれがある場合、知財委員会において調整し、合理的な解決策を得る。

### (6) フォアグラウンド知財権の移転、専用実施権の設定・移転の承諾について

- 産業技術力強化法第 19 条第 1 項第 4 号に基づき、フォアグラウンド知財権の移転、専用実施権の設定・移転には、合併・分割による移転の場合や子会社・親会社への知財権の移転、専用実施権の設定・移転の場合等(以下、「合併等に伴う知財権の移転等の場合等」という。)を除き、NEDO 等の承認を必要とする。
- 合併等に伴う知財権の移転等の場合等には、知財権者は NEDO 等との契約に基づき、NEDO 等の承認を必要とする。
- 合併等に伴う知財権の移転等の後であっても NEDO は当該知財権にかかる再実施権付実施権を保有可能とする。当該条件を受け入れられない場合、移転を認めない。



## (7) 終了時の知財権取扱いについて

- 研究開発終了時に、保有希望者がいない知財権等については、知財委員会において対応(放棄、あるいは、NEDO 等による承継)を協議する。

## (8) 国外機関等(外国籍の企業、大学、研究者等)の参加について

- 当該国外機関等の参加が課題推進上必要な場合、参加を可能とする。
- 適切な執行管理の観点から、研究開発の受託等にかかる事務処理が可能な窓口または代理人が国内に存在することを原則とする。
- 国外機関等については、知財権は NEDO 等と国外機関等の共有とする。

## 5. 評価に関する事項

### (1) 評価主体

PD と NEDO 等が行う自己点検結果の報告を参考に、ガバニングボードが外部の専門家等を招いて行う。この際、ガバニングボードは分野または課題ごとに開催することもできる。

### (2) 実施時期

- 事前評価、毎年度末の評価、最終評価とする。
- 終了後、一定の時間(原則として3年)が経過した後、必要に応じて追跡評価を行う。
- 上記のほか、必要に応じて年度途中等に評価を行うことも可能とする。

### (3) 評価項目・評価基準

「国の研究開発評価に関する大綱的指針(平成28年12月21日、内閣総理大臣決定)」を踏まえ、必要性、効率性、有効性等を評価する観点から、評価項目・評価基準は以下のとおりとする。評価は、達成・未達の判定のみに終わらず、その原因・要因等の分析や改善方策の提案等も行う。

- ①意義の重要性、SIPの制度の目的との整合性。
- ②目標(特にアウトカム目標)の妥当性、目標達成に向けた工程表の達成度合い。
- ③適切なマネジメントがなされているか。特に府省連携の効果がどのように発揮されているか。
- ④実用化・事業化への戦略性、達成度合い。
- ⑤最終評価の際には、見込まれる効果あるいは波及効果。終了後のフォローアップの方法等が適切かつ明確に設定されているか。

### (4) 評価結果の反映方法

- 事前評価は、次年度以降の計画に関して行い、次年度以降の計画等に反映させる。
- 年度末の評価は、当該年度までの実績と次年度以降の計画等に関して行い、次年度以降の計画等に反映させる。
- 最終評価は、最終年度までの実績に関して行い、終了後のフォローアップ等に反映させる。
- 追跡評価は、各課題の成果の実用化・事業化の進捗に関して行い、改善方策の提案等を行う。

## (5) 結果の公開

- 評価結果は原則として公開する。
- 評価を行うガバニングボードは、非公開の研究開発情報等も扱うため、非公開とする。

## (6) 自己点検

### ① 研究責任者による自己点検

PD が自己点検を行う研究責任者を選定する(原則として、各研究項目の主要な研究者・研究機関を選定)。

選定された研究責任者は、5.(3)の評価項目・評価基準を準用し、前回の評価後の実績及び今後の計画の双方について点検を行い、達成・未達の判定のみならず、その原因・要因等の分析や改善方策等を取りまとめる。

### ② PD による自己点検

PD が研究責任者による自己点検の結果を見ながら、かつ、必要に応じて第三者や専門家の意見を参考にしつつ、5.(3)の評価項目・評価基準を準用し、PD 自身、NEDO 及び各研究責任者の実績及び今後の計画の双方に関して点検を行い、達成・未達の判定のみならず、その原因・要因等の分析や改善方策等を取りまとめる。その結果をもって各研究主体等の研究継続の是非等を決めるとともに、研究責任者等に対して必要な助言を与える。これにより、自律的にも改善可能な体制とする。

これらの結果を基に、PD は NEDO の支援を得て、ガバニングボードに向けた資料を作成する。

### ③ 管理法人による自己点検

NEDO による自己点検は、予算執行上の事務手続を適正に実施しているかどうか等について行う。

## 6. 出口戦略

### (1) 出口指向の研究推進

本プログラムで開発される PF および超低消費電力 IoT チップの有効性を、人手不足等の社会課題が深刻な生産分野等で実証するとともに、経済発展と社会課題の解決の成功事例を複数社会へ示すことで、CPS を実社会に普及させていく。そのために、3 つの研究サブテーマは出口戦略を見据えて推進し、具体的な研究開発成果の実用化・事業化を目指す。各研究サブテーマではそれぞれ実際に事業化を担う企業をパートナーとして選定した上で、人や場所・設備等総額の 10%~20%を目途に民間より出資する。特に研究ステージが進み社会実装・事業化の段階では民間投資を拡張しながら推進をしていく。それにより、産業界での速やかな事業化を推進していく。

- ・研究サブテーマ I では、IT 人材不足による諸問題を解決すべく、共通基盤技術を開発することで、サイバー空間とフィジカル空間を低労力で融合させる。
- ・研究サブテーマ II では、日本が競争力・優位性を有する超低消費電力 IoT デバイスやセンサ近傍のデバイスの開発及びシステム化による社会実装までを目標に掲げる。
- ・研究サブテーマ III では、リアルタイム性や精密性が重要な代表的な社会課題に対し、サイバー／フィジ

カル空間の高度な融合によるロボット等の開発による生産性向上等の具体的な目標を掲げる。

さらに、フィジカル空間デジタルデータ処理基盤には、既存のPRISMやImPACT、各府省(AI3センター等)の関連する成果、SIP 課題の中で対となる「ビッグデータ・AI を活用したサイバー空間基盤技術」、「IoT 社会に対応したサイバー・フィジカルセキュリティ」のテーマの成果を組み合わせることで魅力ある基盤として成長させ、コンソーシアム等による維持・更新する体制の構築により、プログラム終了後も持続的に新ビジネス機会や産業界の参入の促進を行い、我が国の国際競争力や経済成長の維持・拡大を狙う。

## (2) 普及のための方策

本プログラムでは、共通基盤を開発し活用することで、サイバー／フィジカル空間の高度な融合という重要な課題を低労力で解決できる方策を示し、これまで専門的な IT 人材の不足が原因で参入できなかった中小・ベンチャー企業を含む様々な産業界からの参入を促し、市場を活性化していく。

普及のための具体的方針として、

- ・ 研究サブテーマⅠでは、エッジ PF 技術を確立し、オープンクローズ戦略のもと活用可能な仕組みとともにオープン化し、中小・ベンチャー企業を始め我が国の様々な人間が参入・開発を行うことができる場を提供し維持管理をしていく。これにより、高度な CPS を活用したサービスへの参入障壁を低くし、様々な社会課題を解決する多様なサービスの提供が期待できる。
- ・ 研究サブテーマⅡでは、日本が強みを持つ超低消費電力 IoT デバイスや革新的センサの実用化課題を解決し、確実に研究サブテーマⅠに繋げることで、研究サブテーマⅢを介した社会実装を可能とし、新規参入を促す。また、日本の科学技術力の継続的な発展を支え、国際競争力の確保に大いに貢献できる。
- ・ 研究サブテーマⅢでは、リアルタイム性や精密性が求められる具体的かつ代表的な課題に対する実装例を社会に提示することで、研究内容の具体的な価値を広く社会へ展開していく。デジタルデータを低労力で多角的／複合的に分析した結果の活用を示すことで、新規市場の開拓または参入促進が期待できる。
- ・ 本プログラムで開発されるフィジカル空間技術は、そのインタフェース規格を標準化やオープン化することで産業界の多くのプレイヤーが利活用可能なものとする事で、普及をはかっていく。
- ・ 研究サブテーマⅠやⅡは、各府省庁との連携により産業界を巻き込んだコンソーシアム等を設置することで維持・促進し、新たな産業の創出に貢献していく。

## 7. その他の重要事項

### (1) 根拠法令等

本件は、内閣府設置法(平成 11 年法律第 89 号)第 4 条第 3 項第 7 号の 3、科学技術イノベーション創造推進費に関する基本方針(平成 26 年 5 月 23 日、総合科学技術・イノベーション会議)、戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第 2 期(平成 29 年度補正予算措置分)の実施方針(平成 30 年 3 月 29 日、総合科学技術・イノベーション会議)、戦略的イノベーション創造プログラム運用指針(平成 26 年 5 月 23 日、総合科学技術・イノベーション会議ガバニングボード)、および、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第 15 条第 1 項第 2 号に基づき実施する。

## (2) 弾力的な計画変更

本計画は、成果を最速かつ最大化させる観点から、臨機応変に見直すこととする。

### (3) PD 及び担当の履歴

#### ① PD



佐相 秀幸(2018年4月～)

#### ② サブPD



益 一哉(2018年4月～)



西 宏章(2019年7月～)



石田 誠(2019年7月～)

#### ③ 担当参事官(企画官)



登内 敏夫(2018年10月～)

#### ④担当



菅野 普  
(2018年4月～)



玉川 晶子  
(2019年4月～)

## 添付資料 資金計画及び積算

2019 年度 合計 1,950,000 千円

### (資金内訳)

- |                                  |              |
|----------------------------------|--------------|
| 1. 今年度の確定配分額(、一般管理費・間接経費を含む)     | 1,750,000 千円 |
| 2. 昨年度の調整費(※)を配分する額              | 200,000 千円   |
| (※昨年度の確定配分の際に 2019 年度調整する、とした経費) |              |
| 3. 昨年度の繰越額                       | 942,000 千円   |
| <b>合計 1,950,000 千円(確定配分+調整費)</b> |              |

### (支出)

- |                              |              |
|------------------------------|--------------|
| 1. 研究費等(一般管理費・間接経費を含む)       | 2,523,000 千円 |
| 2. 事業推進費(人件費、評価費、会議費等)       | 100,000 千円   |
| <b>合計 2,623,000 千円(確定配分)</b> |              |

工程表

研究開発項目	2018年度計画	2019年度計画	2020年度計画	2021年度計画	2022年度計画	出口戦略	製品化	
<b>研究サブテーマⅠ</b>								
○IoTソリューション開発のための共通プラットフォーム技術								
IoTソリューション開発のための研究課題解決 <span style="float:right">TRL 3～5</span>								
	<ul style="list-style-type: none"> <li>開発環境の構築</li> <li>要素技術の基礎設計</li> </ul> (58%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>要素技術のプロトタイプ開発（試作、評価、改良、検証）</li> </ul> (12%)	(14%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>要素技術のエッジPF組み込み、改良、動作検証</li> </ul> (22%)	(19%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>要素技術のPF搭載</li> <li>インターフェースの標準化による拡張性</li> <li>要素技術の国際規格化</li> </ul>	2023年度～	
民間からの拠出比率（人材、物資、資金等） <span style="float:right">TRL 5～7</span>								
	<ul style="list-style-type: none"> <li>エッジPFインターフェースの標準化、試作</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>エッジPFの試作、評価、動作検証、改良</li> <li>エッジPFの社会実装評価</li> </ul>					
共通PFの戦略的検討、評価								
民間からの拠出比率（人材、物資、資金等） * 戦略的検討は民間資金にて運用。								
<b>研究サブテーマⅡ</b>								
○超低消費電力IoTチップ・革新的センサ技術								
超低消費電力IoTチップのための研究課題解決 <span style="float:right">TRL 3～5</span>								
	<ul style="list-style-type: none"> <li>デバイス基盤技術開発(先端CMOSとの融合技術開発、PDK・設計ツール等の開発基盤整備 など)</li> <li>テストチップ試作等による実証に向けた要素技術検証</li> </ul>			(48%)		<ul style="list-style-type: none"> <li>実用化に向けたデバイス技術の高度化、開発基盤構築</li> <li>実証チップ試作等による実用化検証・評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>中小・ベンチャー企業も利用可能な開発基盤を構築、IoTシステム構築を促進する。</li> </ul>	2023年度～
民間からの拠出比率（人材、物資、資金等）								
	(93%)	(45%)	(48%)	(52%)	(55%)			
革新的センサのための研究課題解決 <span style="float:right">TRL 3～5</span>								
	<ul style="list-style-type: none"> <li>センサデバイス基盤技術開発(センサ集積化技術開発、ヘテロ実装技術開発、PDK等の開発基盤整備 など)</li> <li>センサデバイス試作等による実証に向けた要素技術検証</li> </ul>			(20%)		<ul style="list-style-type: none"> <li>実用化に向けたセンサデバイス技術の高度化、開発基盤構築</li> <li>モジュール化・システム化等による実用化検証・評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>中小・ベンチャー企業も利用可能なセンサデバイス開発基盤を構築、IoTシステム構築を促進する。</li> </ul>	2023年度～
民間からの拠出比率（人材、物資、資金等）								
	(16%)	(13%)	(20%)	(23%)	(18%)			
<b>研究サブテーマⅢ</b>								
○Society 5.0実現のための社会実装技術								
TRL 3～5								
	<ul style="list-style-type: none"> <li>要素技術の基礎検討</li> <li>研究開発環境の整備・構築など</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>要素技術の試作開発、評価及び検証</li> <li>プロトタイプ開発、実証評価</li> </ul>			(11%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>共通基盤的な要素技術の横展開</li> <li>社会実装を通じた社会課題の解決</li> </ul>	2023年度～	
民間からの拠出比率（人材、物資、資金等）								
	<ul style="list-style-type: none"> <li>社会実装の検証開始、現場での試行的適用と実装評価検証</li> </ul>		(13%)		(18%)			
	(17%)	(10%)	(11%)	(13%)	(18%)			