

## ターゲット領域「革新的フィジカル空間基盤技術」実施方針

領域統括 佐相 秀幸

## I. ターゲット領域における現状

- ・日本では、社会全体の Cyber Physical Systems (CPS) 化による Society 5.0 の実現に向けて官民一体となって取り組んでいる。
- ・社会全体の CPS 化による Society 5.0 の実現には、サイバーとフィジカルをつなぐ界面層の技術に課題がある。
- ・CPS の基本技術は、①様々な事象をデータ化して取り込み、センサとデータ処理結果に基づきフィジカル空間にフィードバックを行うアクチュエータ/ロボティクスを核とするヒューマンインタラクション技術、②取り込んだデータを利活用するためのフィジカル空間データ処理技術、③サイバー空間との橋渡しをするサイバー・フィジカル界面層技術、およびこれらを制御し統合する④フィジカル空間化技術である。また、これらをつなぐ通信技術や、次世代のデバイスやコンピューティングの基盤となる光・量子技術とその応用も重要である。本領域ではこれらの研究開発に注力する。

## II. 解決すべき課題／目標

## ① ヒューマンインタラクション技術

人や人間社会等のフィジカル空間とサイバー空間の接点となるセンサー・アクチュエータ等のヒューマンインタラクション技術が重要となる。大量のデータを収集するためには、多種多様なセンサを、ニーズに合わせて選択し、様々な場所に設置する必要がある。そのためには、安価で、耐久性があり、多様なニーズに合わせてカスタマイズが可能であり、電源等の場所にも制約を受けないセンサプラットフォームの開発が重要である。さらに、データ処理により得られたフィードバックを、各種ニーズに応じた精度・速度等でフィジカル空間に影響させるアクチュエーション技術も必要である。

## ② フィジカル空間データ処理技術

センサ等からの大量のデータを全てサイバー空間に転送すると、大量通信による負荷や遅延が生じる。これを回避するためには大量のデータから必要なデータを取捨選択するアライメント技術や、フィジカル空間内でローカルに一部の演算処理を行う技術が重要となる。つまり、バックエンドのサイバー空間だけでなく、情報・データをフロントで解析し活用するための IoT 分散処理システムが重要である。

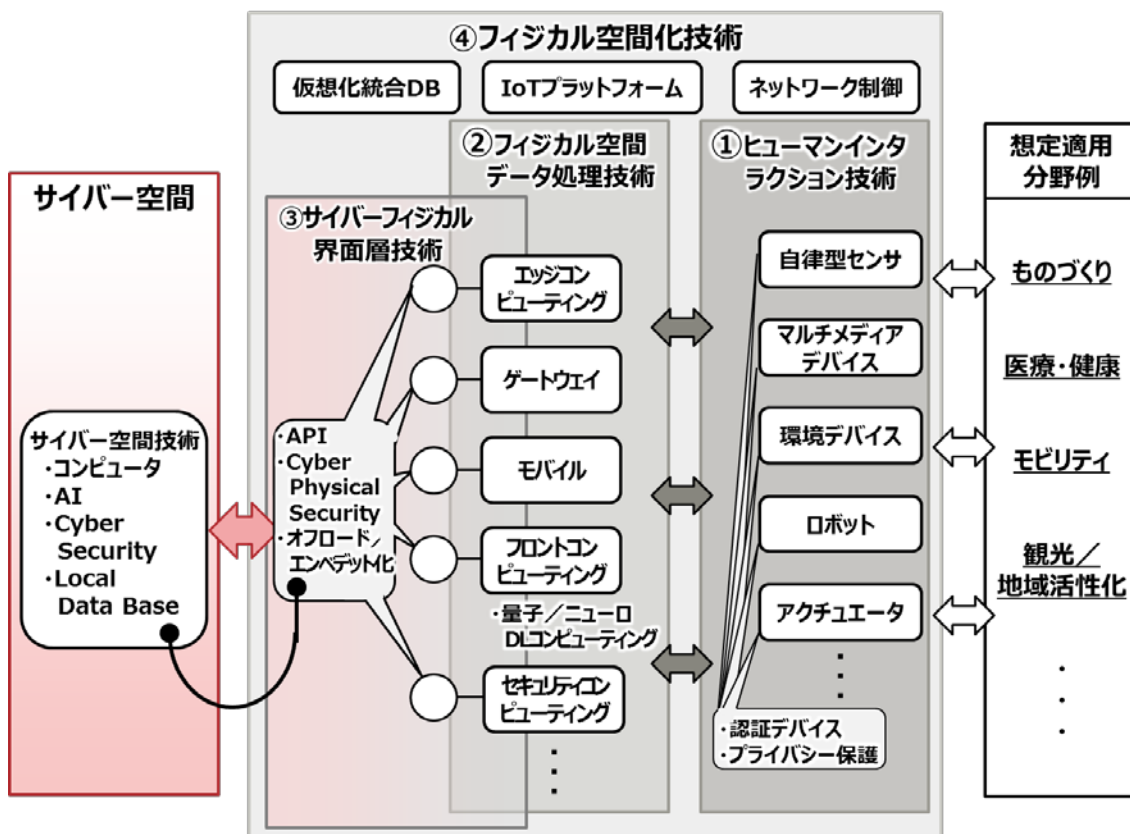
## ③ サイバー・フィジカル界面層技術

安心・安全・安定なサービスを提供するために、フィジカル空間とサイバー空間が高度に連携する技術が必要である。特にフィジカル空間とサイバー空間の一貫的なプロテクトを保障するセキュリティ技術や、負荷変動耐性を高めるためにサイバーとフィジカルの分担をリアルタイムに変動させる等の連携技術が重要である。

#### ④ フィジカル空間化技術

上記①②③を状況に合わせて全体的に制御・運用するロバストかつレジリエントなプラットフォームが必要である。特に速さ、安定性、コスト、低消費電力等のニーズに応じて、リアルタイムで通信の経路を最適化させる技術が重要である。また、分散したデータをマネジメントする仮想化統合データベース等も必要である。

### Ⅲ. 必要となる主な研究開発要素



#### ① ヒューマンインタラクション技術

人やモノ等がサイバー・フィジカル空間を相互に連携しながら、情報の授受やアクチュエーションするためのフロント技術および、実世界との人やモノのインタラクション技術。

フィジカル空間に大規模・大量・多点で配備可能なセンサ、端末やロボット等から、情報、モノ、コト、プロセスをデジタル化し、サイバー空間に収集・入力・集積する技

術。サイバー空間で知識化されたデジタル情報・データをフィジカル空間の人に価値としてアクチュエーションする技術。

自律・分散・共調動作可能な、アクチュエータ/ロボット技術と可視化/可聴化/可触化等のマルチメディア技術、および、その制御基盤技術の開発。情報・データを高セキュリティに入出力するための認証デバイスやプライバシー保護技術。

センサ・デバイスの小型、低コスト、低消費電力、メンテナンスフリーを実現するための3次元実装、複数のセンサを集積・実装する技術、MEMS、環境発電、高性能小型電池、無給電技術、高耐久性パッケージ、ソフトウェア自動更新等の要素技術と、上記を実現するための加工・評価技術、およびこれら要素を組み合わせたセンサプラットフォームの開発。

## ② フィジカル空間データ処理技術

フロントでの入出力事象を起点とした、データの転送速度、処理容量・能力等、両空間間でのギャップを解消するために、フィジカル空間で一部のデータ処理を行う技術。

膨大な量のデータを処理するためにデータの形を変えるデータクレンジング、アライメント、マルチメディアデータ統合等の技術。ローカルでデータ処理を行うためのエッジコンピューティング。さらに、センサ、端末、ロボット自体が高機能・知能化するフロントコンピューティング。また、更にフロントを高機能・知能化させるための量子/ニューロコンピューティングと Deep Learning(DL)コンピューティング。

## ③ サイバー・フィジカル界面層技術

サイバー空間とフィジカル空間が容易かつ安全に連携するための Application Programming Interface (API)技術やセキュリティ技術。必要に応じて、サイバー・フィジカル界面層に、サイバー空間のコンピューティング/AI リソースの機能の一部を受け渡す(オフロード)ことでフィジカル空間システムの負荷を軽減し、更にフィジカル空間の機能をサイバー空間へ逆に受け渡す、相互組み込みが可能なデータ処理・解析・提供システム。

フィジカル空間側のセンサ・デバイス・ロボット等を自律分散処理制御するオペレーティングシステム、サイバーとフィジカル間のコンテキストコヒーレンシ(プログラムや制御情報等の一貫性)管理技術、インタオペラビリティ(種多様なデバイスが様々なネットワークに接続可能なシステム)、フィジカル空間を含むディペンダビリティ(信頼性、可用性、セキュリティの高い)制御等。これらのサイバー・フィジカル界面層技術は「革新的サイバー空間技術」と調整しつつ進める。

#### ④ フィジカル空間化技術

上記①、②、③領域を統合し、トータルで制御するプラットフォームを実現する技術。分散したデータをマネジメントする仮想化統合データベース。センサからの大量のデータを高効率・低消費電力で収集・処理するための、5G から Personal Area Network(PAN)、Body Area Network(BAN)を含むあらゆる無線ネットワークの動的仮想化技術。様々なサービスの要求に応じてネットワークリソースを最適に自動配分する技術。

分散処理機能の自己成長のための再生可能コンピューティング等の管理システムおよび、「100年耐久」を実現する維持技術。

#### IV. 出口戦略

- ・革新的フィジカル空間技術によって Society 5.0 の様々な問題を解決するためには、必要な研究開発成果を結集すること。具体的な想定応用分野での展開の考え方と方向性を明確にすること。重点分野を決めたうえで、民間企業が主導的にかかわったフィールド実証を実施すること。これらを予定している。
- ・データ利活用を推進する標準化、規格化、ルール作成。
- ・CPS の基本技術である、①ヒューマンインタラクション技術、②フィジカル空間データ処理技術、③サイバー・フィジカル界面層技術、④フィジカル空間化技術に関して、各要素が連携した概念実証を実施し、そのいくつかにおいて実用化等の社会実装を目指す。また、概念実証や社会実装を促進するために、必要な開発検証環境の整備を図る。

## 【付録】

### ①ヒューマンインタラクション技術例

[ハード系 (材料、アクチュエータ、デバイス、プロセス等)]

- ・フィジカルデバイスそのもの
- ・能動デバイスそのもの
- ・受動デバイスそのもの
- ・センサそのもの
- ・非接触・非侵襲センサ
- ・MEMS 等の超小型センサ
- ・ダイヤモンドセンサ等の量子センシング
- ・新実装技術 (フレキシブル実装、生体親和実装等)
- ・センサインテグレーション
- ・センサフュージョン
- ・情報をフィジカル空間に写像、具現化するアクチュエータ/ロボット技術
- ・認証デバイス/プライバシー保護技術
- ・上記を支える材料、デバイス技術、開発技術 (オープンソースハードウェア等)、生産技術、評価技術

### ②フィジカル空間データ処理技術例

- ・フィジカル空間データ処理 LSI
- ・スピントロニクス組み込み LSI
- ・エッジコンピューティング
- ・データアライメント/クレンジング等のプリプロセッシング
- ・フロントコンピューティング
- ・センサ/デバイスオリエンテッドコンピューティング
  - マイクロアーキテクチャ
  - メモリドリブンコンピュータアーキテクチャ
  - セキュリティコンピューティング
  - Deep Learning (DL)コンピューティング
  - 革新的 ICT アーキテクチャ
  - フロントデバイス高機能・知能化技術
- ・量子/ニューロコンピューティングアーキテクチャ

### ③サイバー・フィジカル界面層技術例

- ・フィジカル空間 API
- ・サイバー・フィジカルセキュリティ技術
- ・オフロード/逆オフロード

### ④フィジカル空間化技術例

- ・フィジカル空間 IoT プラットフォーム
- ・ロボティクス
- ・仮想化統合データベース（マルチメディア、時系列等の非構造化データ）
- ・ネットワークフュージョン（5G と LAN、PAN、BAN）
- ・自律型センサネットワーク制御
- ・低遅延ネットワークシステム
- ・ネットワーク省電力クラスタリング
- ・センサノデバイス群制御