

研究開発の俯瞰及び 重点テーマ検討

2023年2月1日

JST研究開発戦略センター(CRDS)
システム・情報科学技術ユニット

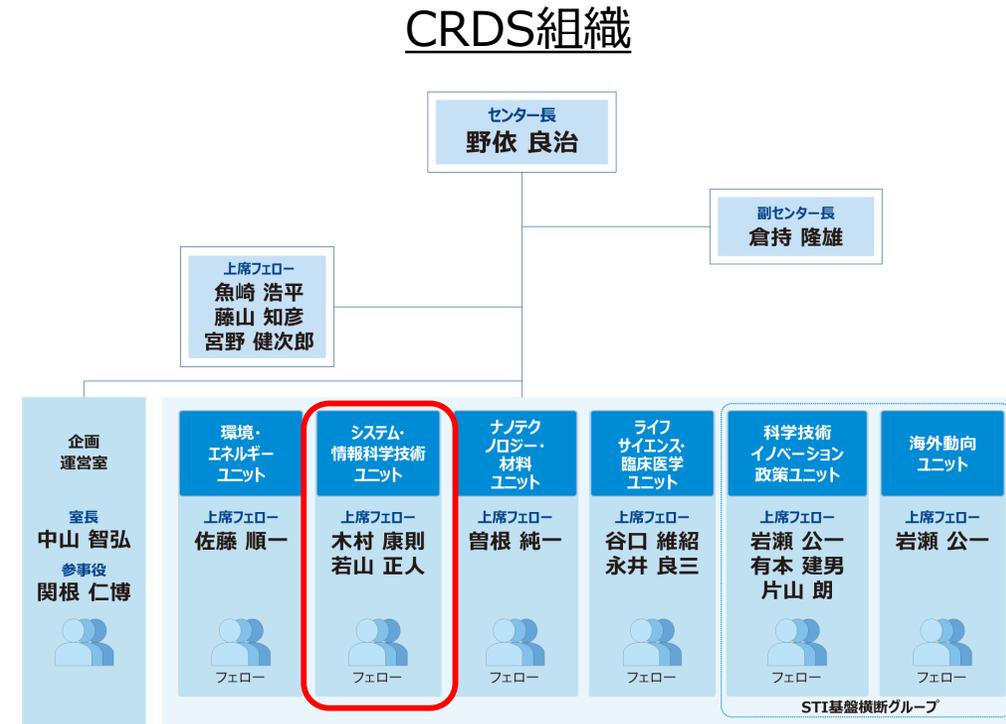
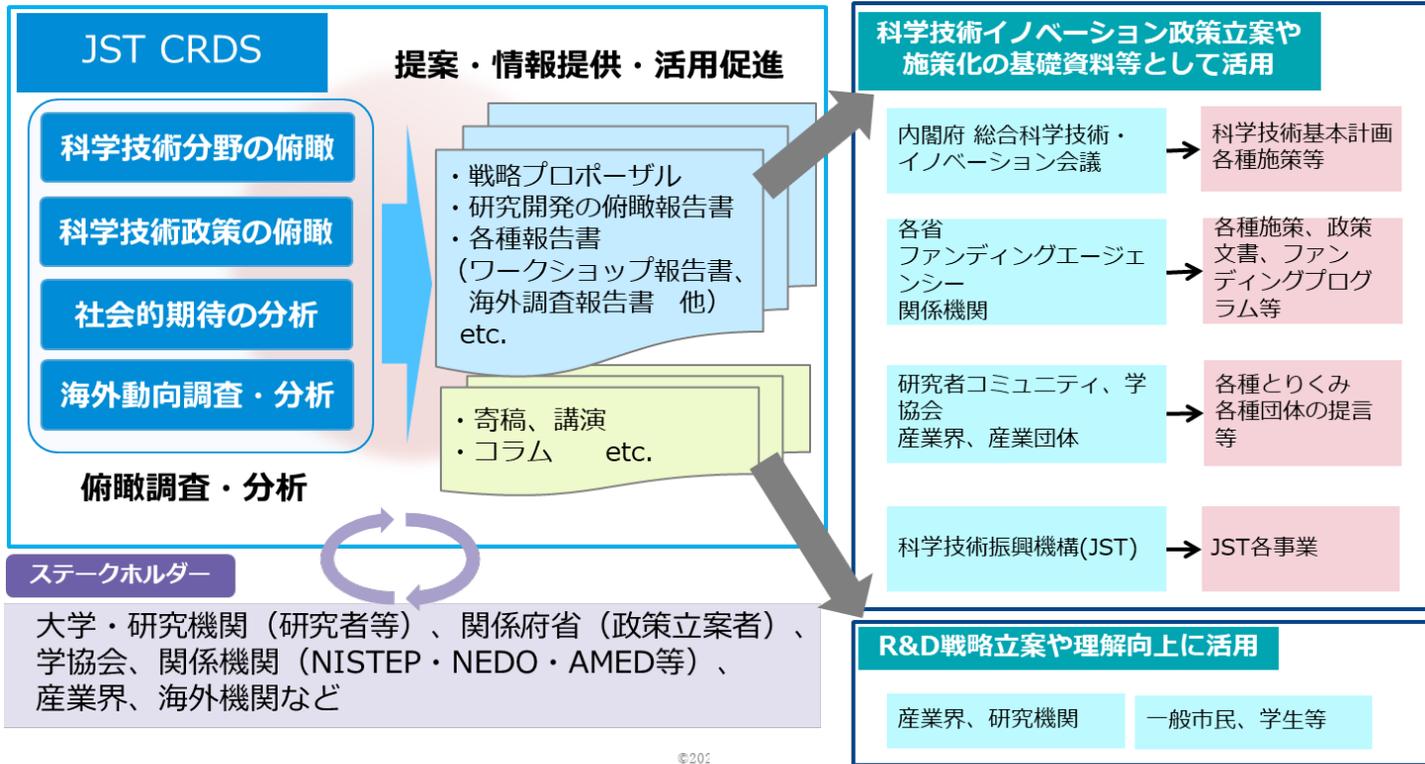
上席フェロー 木村康則・若山正人

フェロー 青木孝・嶋田義皓・高島洋典・
寺西裕一・平池龍一・福井章人・
福島俊一・的場正憲・茂木強・
吉脇理雄



科学技術振興機構(JST)研究開発戦略センター(CRDS)

- ①国内外の社会や科学技術イノベーションの動向及びそれらに関する政策動向を俯瞰的に捉えて分析し、課題を抽出します。
- ②俯瞰報告書や研究開発戦略提案「戦略プロポーザル」をとりまとめ、その実現に向けた取り組みます。
- ③ワークショップ等を開催し、関係者の共通認識の醸成を図ります。



(2022年8月時点)

システム・情報科学技術ユニットの俯瞰活動

国として重点的に
取り組むべき

注目技術群

- 外部の調査会社・団体・学会等が注目する技術トピック群
- 有識者ヒアリング等に基づきCRDS関係メンバーが注目した技術トピック群
- CRDS特任フェローによるアドバイス
- 国家戦略、科学技術イノベーション政策

3つの選定基準

- ① エマージング性
- ② 社会の要請・ビジョン
- ③ 社会インパクト

基準に基づいて選別し、結果をクラスタリング

俯瞰対象とする

区分・領域

7区分・51領域

- AI・ビッグデータ
- ロボティクス
- 社会システム科学
- セキュリティー・トラスト
- コンピューティングアーキテクチャ
- 通信・ネットワーク
- 数理学

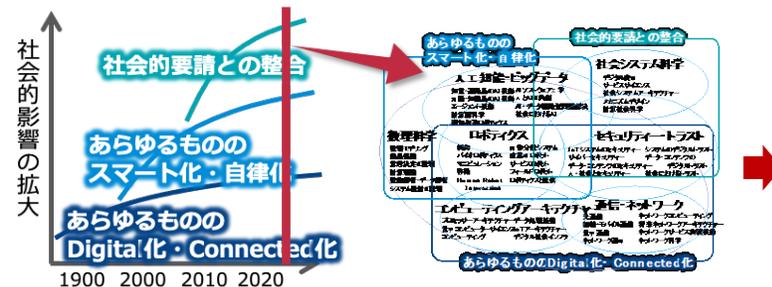
総合的な戦略精査

- 3つの選定基準に基づく精査
- 4つのシナリオに基づく国際競争力確保
- 3つの技術トレンド/ビジョンに沿った強みの継続的育成・蓄積
- 社会環境・世界情勢の変化に応じた打ち手
- ユニット外有識者との議論

研究開発課題

11課題

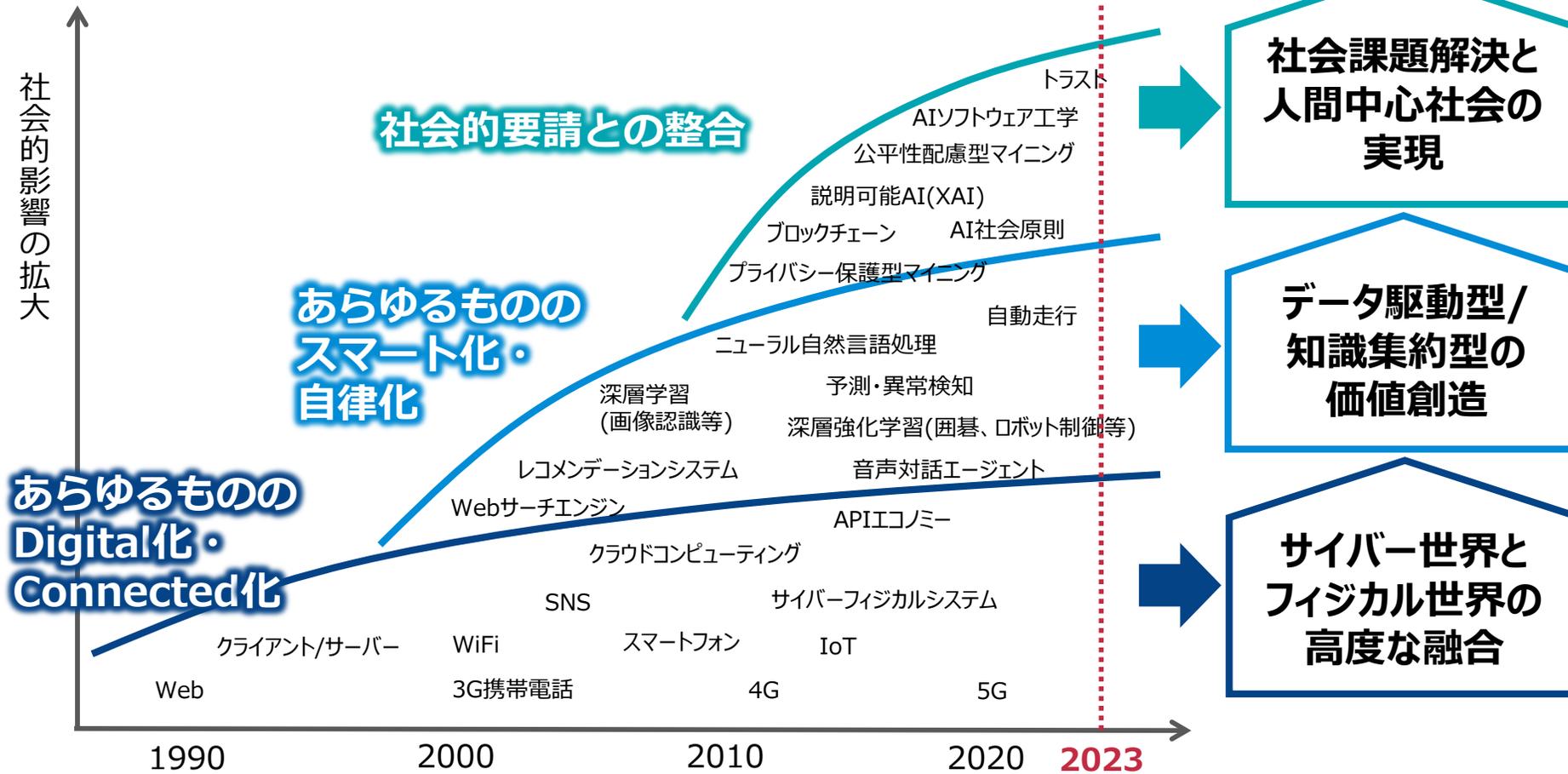
- トラスト形成
- セキュリティー
- データ共有
- 知能モデル解明
- バイオロボ
- インタラクション
- 最適化
- メタバース
- スマートネット
- デジタルツイン
- AIアーキテクチャ



研究分野俯瞰の方法(1) 対象とする分野・領域の設定

ICT分野全般の技術トレンドと社会の要請・ビジョン

Society 5.0、第6期基本計画に
中核的に貢献



研究分野俯瞰の方法(2)

対象とする分野・領域の設定

注目技術群の母集合

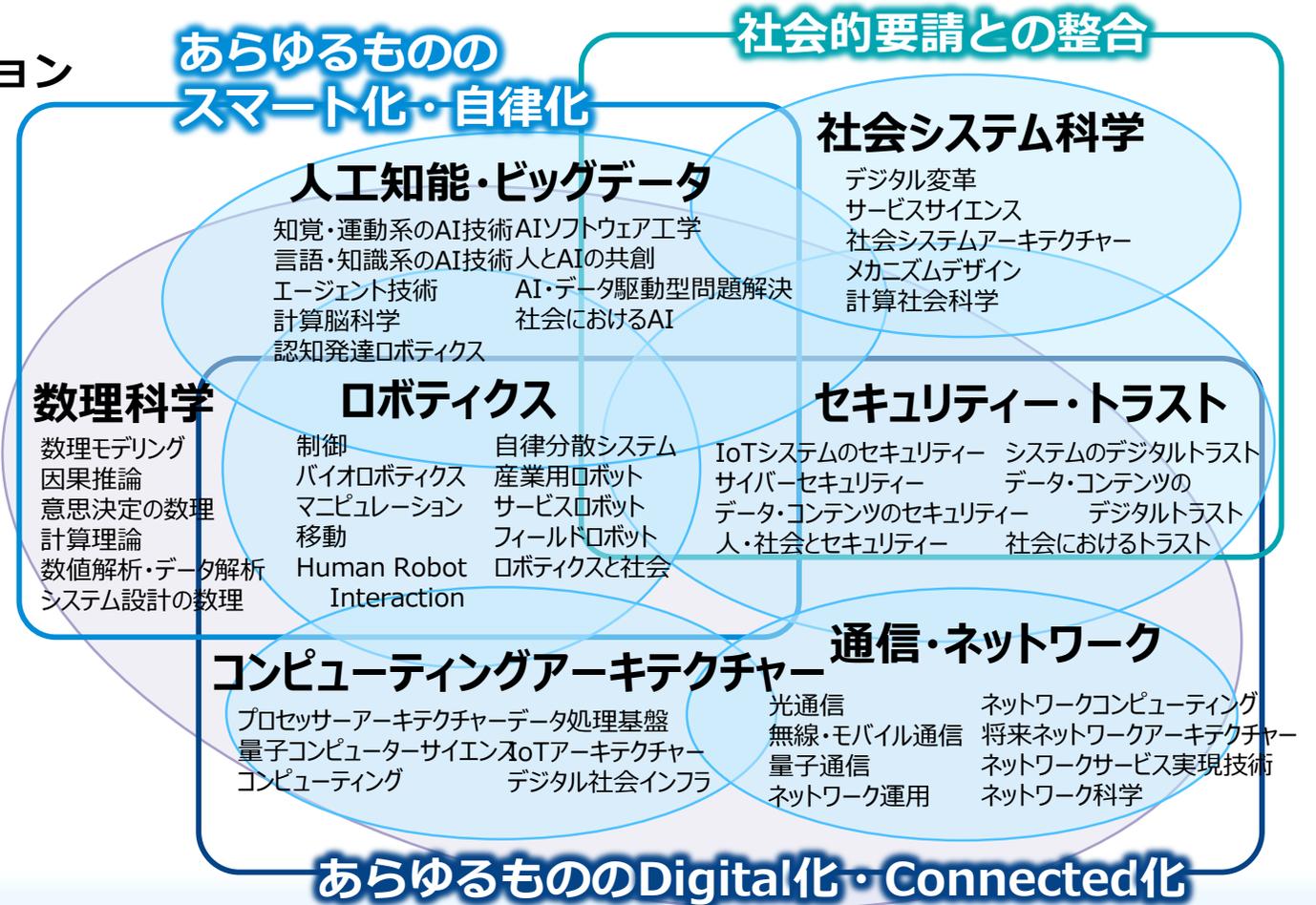
- 外部の調査会社・団体・学会等が注目する技術トピック群
- 有識者ヒアリング等に基づきCRDS関係メンバーが注目した技術トピック群
- CRDS特任フェローによるアドバイス

3つの選定基準

- ① エマージング性
- ② 社会の要請・ビジョン
- ③ 社会インパクト

基準に基づいて選別し、結果をクラスタリング

俯瞰対象とする注目すべき研究領域を決定



日本の国家戦略との対応

AI戦略

「AI戦略2022」（2022.4）では**社会実装の充実に向けて新たな目標を設定して推進**するとともに、**パンデミックや大規模災害等の差し迫った危機への対処**のための取組を具体化。

量子技術イノベーション戦略

「量子未来社会ビジョン」（2022.4）では**量子古典技術システム融合による産業の成長機会創出・社会課題の解決**に注力。量子技術の利活用促進、新産業／スタートアップ支援が謳われた。

新しい資本主義

「経済財政運営と改革の基本方針 2022」（2022.6）ではAI、量子、バイオ、GX、DXなどへの重点投資に加え、PPP/PFI、デジタル田園都市構想、仮想空間などの官民協力で**課題解決と経済成長の同時実現**を目指す。

安全・安心

「「安全・安心」の実現に向けた科学技術・イノベーションの方向性」（2020.1）では自然災害、サイバー攻撃、安全保障環境の変化、など様々な脅威の顕在化が指摘されている。

人工知能・ビッグデータ・ロボティクス

重要視されるAIの信頼性は「AIソフトウェア工学」で扱い、AI×○○の広がりについては「AI・データ駆動型問題解決」で注目する。

コンピューティングアーキテクチャ・通信ネットワーク・数理

「量子コンピューティング」「量子通信」「計算理論」など各区分の中で量子技術・量子情報科学のICT応用に注目。

社会システム科学

「社会課題の解決に向けた取組み」の「（3）多極化・地域活性化の推進」で言及された**NFT、DAO、Web3.0、メタバース**に注目。

セキュリティ・トラスト

フィッシングなどの人の脆弱性を狙った攻撃と社会への影響を守る「**人・社会とセキュリティー**」、デジタル社会のトラストを再構築する「**社会におけるトラスト**」「**デジタルトラスト**」に注目。

俯瞰対象とする区分・研究開発領域（リスト）

俯瞰区分	研究開発領域	
2.1 人工知能・ビッグデータ	2.1.1	知覚・運動系のAI技術
	2.1.2	言語・知識系のAI技術
	2.1.3	エージェント技術
	2.1.4	AIソフトウェア工学
	2.1.5	AI協働と意思決定支援
	2.1.6	AI・データ駆動型問題解決
	2.1.7	計算脳科学
	2.1.8	認知発達ロボティクス
	2.1.9	社会におけるAI
2.2 ロボティクス	2.2.1	制御
	2.2.2	バイオロボティクス
	2.2.3	マニピュレーション
	2.2.4	移動
	2.2.5	Human Robot Interaction
	2.2.6	自律分散システム
	2.2.7	産業用ロボット
	2.2.8	サービスロボット
	2.2.9	フィールドロボット
	2.2.10	ロボティクスと社会
2.3 社会システム科学	2.3.1	デジタル革新
	2.3.2	サービスサイエンス
	2.3.3	社会システムアーキテクチャー
	2.3.4	メカニズムデザイン
	2.3.5	計算社会科学

俯瞰区分	研究開発領域	
2.4 セキュリティ・トラスト	2.4.1	IoTシステムのセキュリティー
	2.4.2	サイバーセキュリティー
	2.4.3	データ・コンテンツのセキュリティー
	2.4.4	人・社会とセキュリティー
	2.4.5	システムのデジタルトラスト
	2.4.6	データ・コンテンツのデジタルトラスト
	2.4.7	社会におけるトラスト
2.5 コンピューティングアーキテクチャー	2.5.1	プロセッサアーキテクチャー
	2.5.2	量子コンピューターサイエンス
	2.5.3	コンピューティング
	2.5.4	データ処理基盤
	2.5.5	IoTアーキテクチャー
	2.5.6	デジタル社会インフラ
2.6 通信ネットワーク	2.6.1	光通信
	2.6.2	無線・モバイル通信
	2.6.3	量子通信
	2.6.4	ネットワーク運用
	2.6.5	ネットワークコンピューティング
	2.6.6	将来ネットワークアーキテクチャー
	2.6.7	ネットワークサービス実現技術
	2.6.8	ネットワーク科学
2.7 数理科学	2.7.1	数理モデリング
	2.7.2	因果推論
	2.7.3	意思決定の数理
	2.7.4	計算理論
	2.7.5	数値解析・データ解析
	2.7.6	システム設計の数理

俯瞰報告書

- 国内外の社会や科学技術イノベーションの動向及びそれらに関する政策動向を把握・俯瞰・分析
- 主要な研究開発領域ごとに国内外の動向や主要国間の国際比較を記載
- 主要国の科学技術政策立案体制、科学技術基本政策、研究開発投資戦略等についても記載
- 今後のあるべき方向性を展望、国として推進すべき重点テーマを抽出
- 2年おきに刊行、次回は2023年3月公表予定（前回は2021年）



<https://www.jst.go.jp/crds/report/CRDS-FY2020-FR-02.html>

国として重点的に取り組むべき研究開発課題の設定

総合的な戦略精査

- 3つの選定基準に基づく精査
- 3つの技術トレンド/ビジョンに沿った強みの継続的育成・蓄積
- 4つのシナリオに基づく国際競争力確保
- 社会環境・世界情勢の変化に応じた打ち手
- ユニット外有識者との議論

国として重点的に取り組むべき 研究開発課題

(A) デジタル安全保障に対する総合知による取り組み

- デジタル社会におけるトラスト形成
- コグニティブセキュリティー
- データ共有

(B) スマート化・自律化の根本である知能の原理探求

- 知能モデルの解明・探求
- 人間中心インタラクション
- バイオハイブリッドロボット
- 最適化（離散・非線形）

(C) サステナブル社会のためのICT基盤

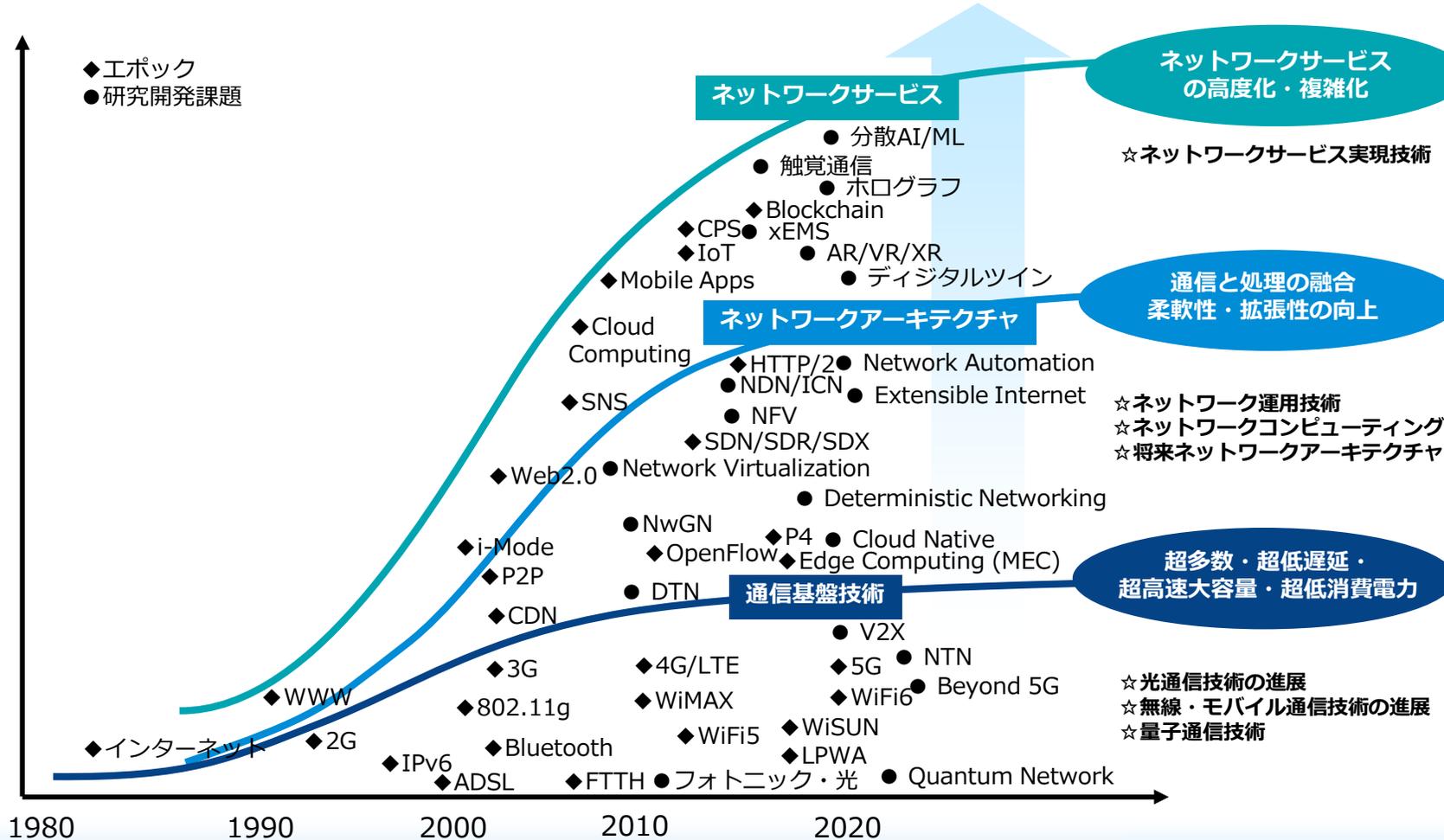
- 社会課題解決に向けたメタバースデザイン
- ネットワークのスマート化
- 社会デジタルツイン
- 社会システムを支えるAIアーキテクチャー

重点テーマ候補抽出(5)

通信・ネットワーク区分から

時系列俯瞰図

ネットワーク研究のスコープ



- 人の接触頻度モデルを用いるネットワーク科学のアプローチのCOVID-19感染流行予測へ応用する研究などが活発化

- Hyper-Giants (GAFAM) によるネットワークのプライベート化を軽減する新たなネットワークアーキテクチャの方向性の検討開始
- ネットワーク運用は自動化・自律型アーキテクチャへ
- 通信と計算処理を融合する「計算基盤」としてのネットワークへと向かう研究開発が活発化
- 計算リソースを含めたマルチドメイン・マルチレイヤオーケストレーションの検討が進む

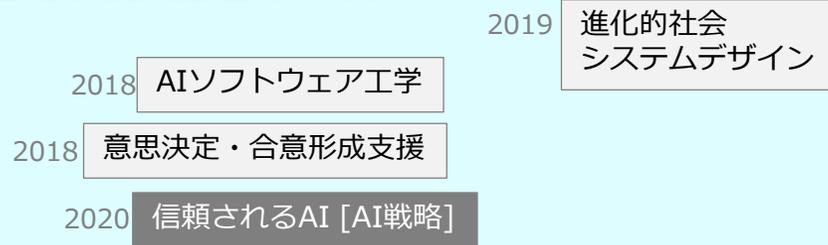
ネットワークのスマート化／通信と処理の融合

ネットワークサービスの要求に合わせて自動的・自律的にリソース配分や構成を決定しつつ通信と処理を融合した計算基盤としての将来ネットワークを実現するハード・ソフト両面にわたる基礎研究・応用研究

- 5Gの次の世代に相当するBeyond 5G (6G) の実現に向けた研究開発が活発化
- 量子通信ネットワークは、古典セキュリティとの融合・衛星系を含むグローバルネットワーク構築などの実用化に向けた検討進む

3つの技術トレンドに沿った強みの継続的育成・蓄積

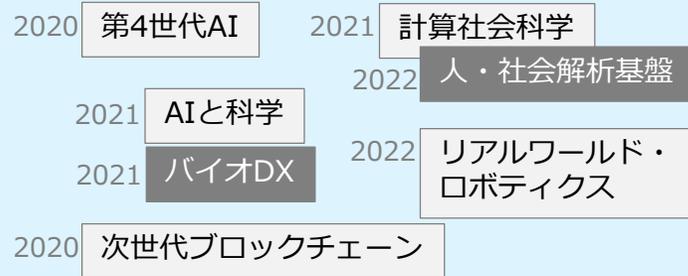
社会的要請との整合



A デジタル安全保障に対する総合知による取り組み



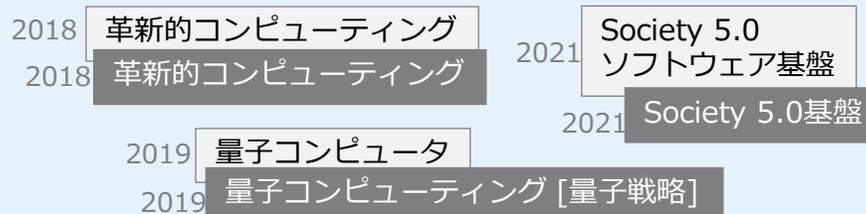
あらゆるもののスマート化・自律化



B スマート化・自律化の根本である知能の原理探求



あらゆるもののデジタル化・コネクティッド化



C サステナブル社会のためのICT基盤



CRDSからの戦略提言

文科省 戦略目標 (→CREST/さきがけ等)

国際競争力の確保に向けた4つのシナリオ

		①強い技術を核とした骨太化	②強い産業の発展・革新の推進	③社会課題の先行解決	④社会基盤を支える根幹技術確保
		既に保有している、あるいは、育ちつつある強い技術を足掛かりとして、技術の国際競争力を骨太化する作戦	既に保有しているあるいは、育ちつつある強い産業を足掛かりとして、国際競争力のある技術群を育てる作戦	課題先進国として、先端技術の社会受容性を活かして、国際競争力を構築する作戦	社会基盤を支える根幹技術は、他国に依存せずに、国として保有・強化しなくてはならないという考え
A	デジタル社会におけるトラスト形成	●		●	●
	コグニティブセキュリティー			●	●
	データ共有		●		●
B	知能モデルの解明・探究／身体性に宿る知能	●	●		
	人間中心インタラクション	●		●	
	バイオハイブリッドロボット	●	●		
	最適化（離散・非線形）	●			●
C	社会課題解決に向けたメタバースデザイン			●	●
	ネットワークのスマート化	●	●		●
	社会デジタルツイン				●
	社会システムを支えるAIアーキテクチャー	●			●

重点テーマ「ネットワークのスマート化／通信と処理の融合」

	光通信	ネットワーク運用	ネットワークコンピューティング	将来ネットワークアーキテクチャ	ネットワークサービス実現技術
注目トピック	<ul style="list-style-type: none"> 光ノード装置のオープン化・トランスポートのSDN化によるプログラマビリティの活用が鍵 IOWN等のプロジェクトでデータセンタへの適用を想定した光電融合デバイスの研究開発が進む 	<ul style="list-style-type: none"> テレメトリによる通信サービス利用者の体感品質計測 AIによる運用の自動化・人を介さない自律型ネットワークの進展 クラウドの技術を通信サービスへ適用するクラウドネイティブな運用 	<ul style="list-style-type: none"> Hyper Giantsによるプライベート化 ネットワークのソフトウェア化 ローカル5Gによる情報通信の民主化 エッジコンピューティングなど通信と計算処理を融合する方向性の研究開発進む 	<ul style="list-style-type: none"> 情報指向型通信(ICN)の実装・ネットワーク内処理の応用が進む 分散台帳をネットワークアーキテクチャへ組み込む動き EIなど既存IPネットワークを拡張する新アーキテクチャの提案 	<ul style="list-style-type: none"> ネットワーク・計算リソースを最適化するマルチドメイン・マルチレイヤオーケストレーション技術 ネットワークの共通機能をAPI提供するサービスイネーブラ Intent-Based Networking
①強い技術	<ul style="list-style-type: none"> 光電融合デバイス、データセンター適用技術で先行 	<ul style="list-style-type: none"> Beyond 5G, ポスト5G事業などの投資による下位レイヤ・通信基盤技術の研究開発成果に期待 		<ul style="list-style-type: none"> ICN実装で先行 IPv6等の基礎研究の下地 	
②強い産業	<ul style="list-style-type: none"> NTT等によるオールフォトニックネットワークの推進 	<ul style="list-style-type: none"> OSS活動・製品開発盛ん 	<ul style="list-style-type: none"> 英独豪と並びローカル5Gによる「情報通信の民主化」先行 		<ul style="list-style-type: none"> 基幹網における仮想化・抽象化技術の実用化進む
④社会基盤	<ul style="list-style-type: none"> 種々の社会課題ソリューションの礎となる構成要素 あらゆるものをconnected化、スマート化する通信・処理基盤として自立が不可欠 				



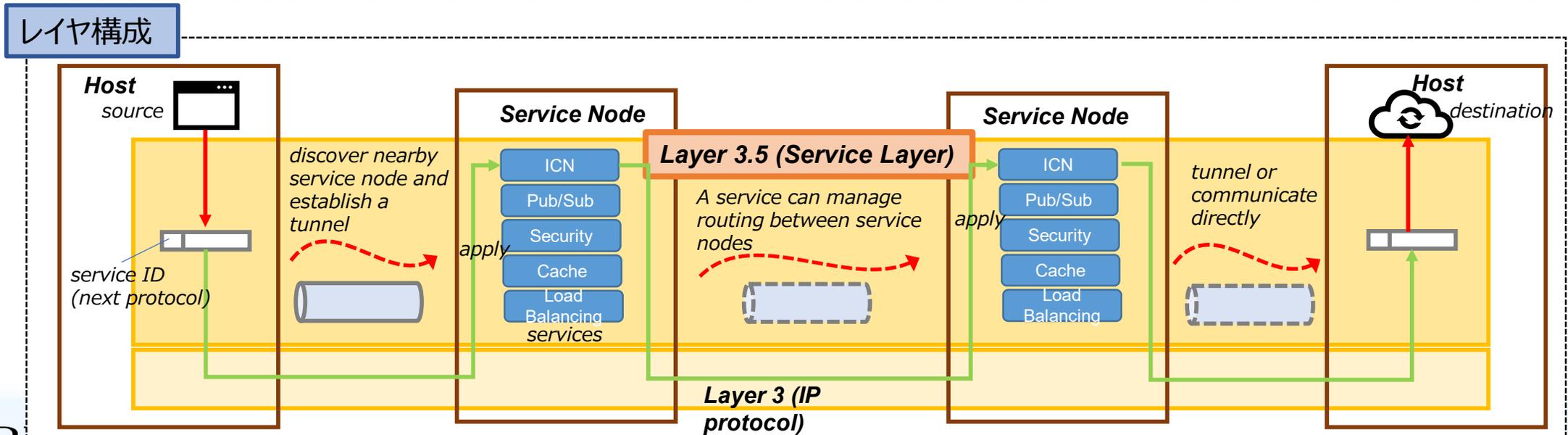
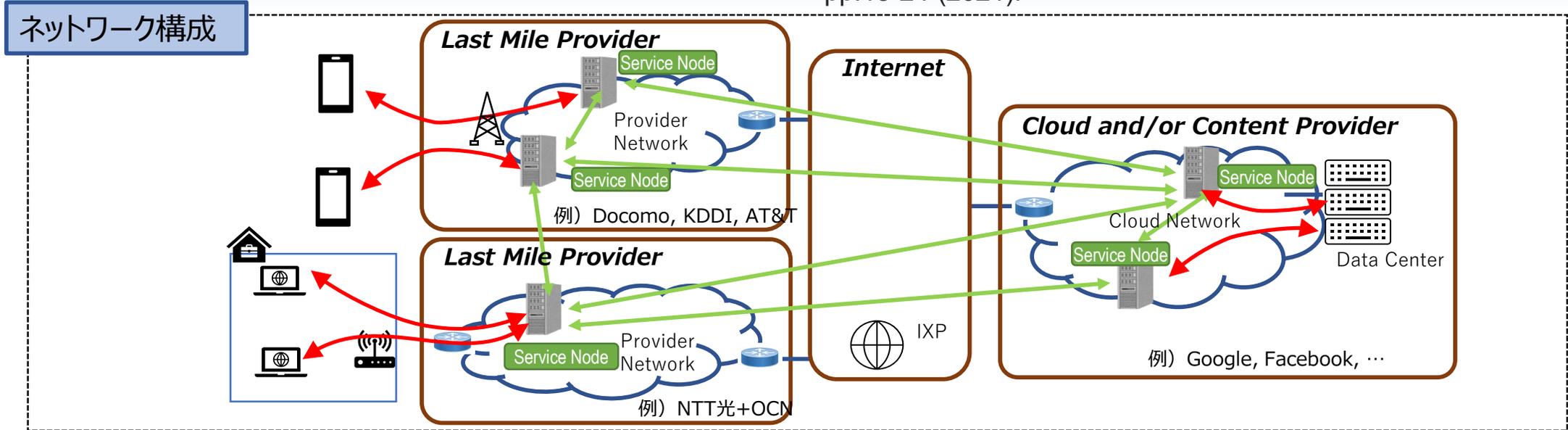
ネットワークのスマート化／通信と処理の融合

ネットワークサービスの要求に合わせて自動的・自律的にリソース配分や構成を決定しつつ通信と処理を融合した計算処理基盤としての将来ネットワークを実現するハード・ソフト両面にわたる基礎研究・応用研究

通信と処理を融合し分散化・非集中化へと向かう潮流は米国を中心とするHyper-Giantsによる独占状態・影響力を軽減する方向性
→日本の強みを生かし主導権を得られる可能性

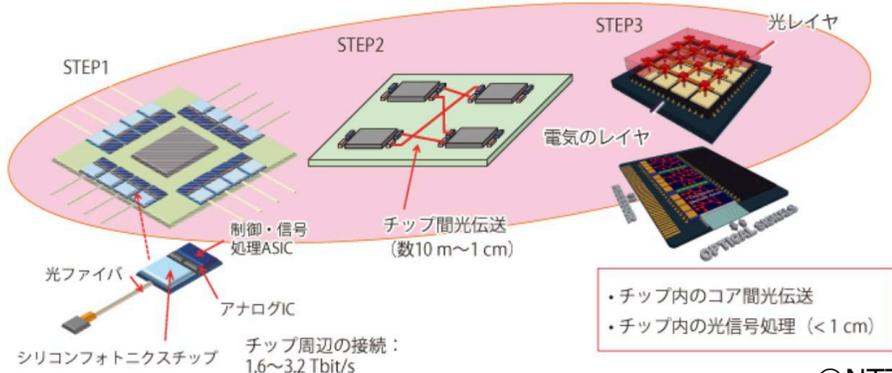
EI (Extensible Internet)

Balakrishnan, Hari, et al. "Revitalizing the public internet by making it extensible," *ACM SIGCOMM Computer Communication Review* 51.2, pp.18-24 (2021):



光電融合・ディスアグリゲートドコンピューティング

光電融合デバイス



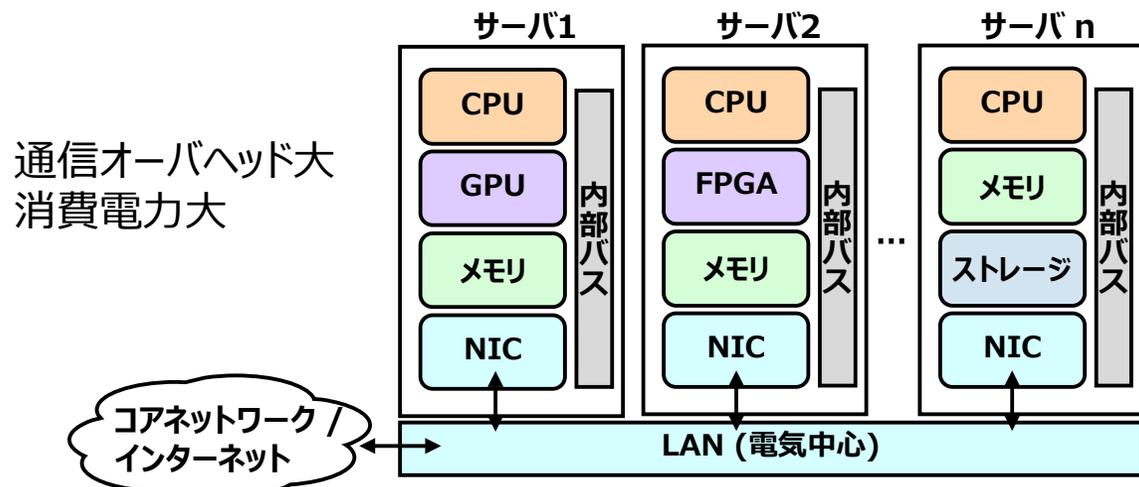
©NTT

ボード上の電気の領域を光に置き換え、高い処理性能を持つコンピュータを低消費電力で実現

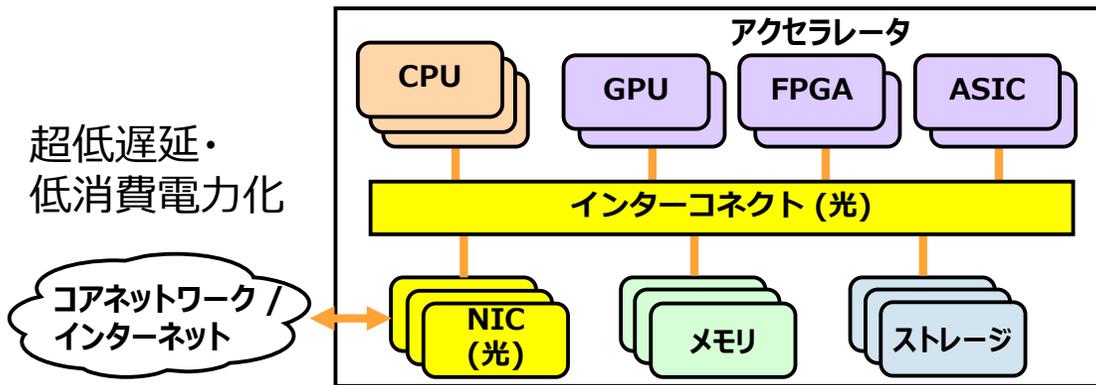
IOWN構想 (NTT) のロードマップ

- IOWN 1.0 (2023年度~) ネットワーク向け小型/低電力デバイス
- IOWN 2.0 (2025年度~) ボード接続用デバイス
- IOWN 3.0 (2029年度~) ボード内チップ間向けデバイス

既存のデータセンター構成



ディスアグリゲートドコンピューティング



CPU・メモリ等の中の通信をラック間スケールに拡大/自由な構成で進化可能なコンピュータを実現

重点テーマ「社会課題解決に向けたメタバース」

メタバースは、バーチャルとリアルが融合した新しい活動空間として活用が拡大
様々な社会課題の取り組みでも、メタバース活用の拡大が期待できる

現在のメタバース

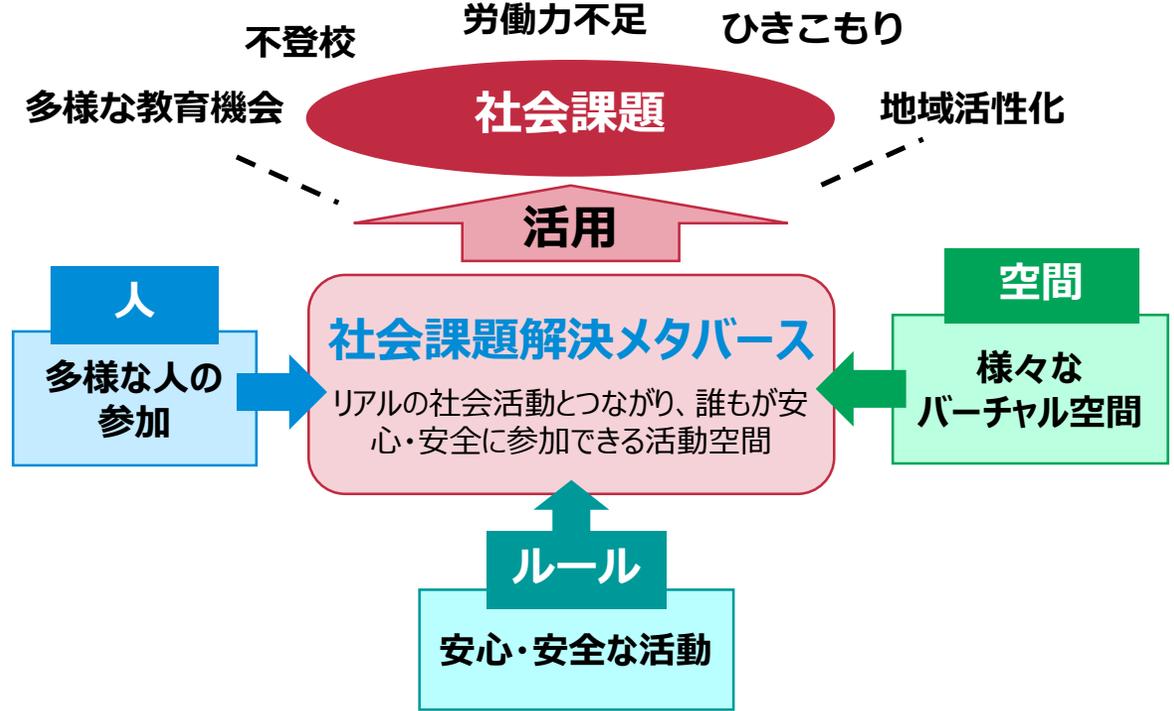
- 3Dゲームを中心とした**ゲーム系のメタバース**
- イベント、ショッピング、リモートワーク、観光などの**リアルの活動をバーチャル空間で行うメタバース**
- バーチャル空間で交流を中心とした**SNS系のメタバース**

社会課題解決メタバース

- **リアルの社会活動とつながり、誰もが安心・安全に参加**できる活動空間
- 様々な社会課題に対して、**スモールスタートでアジャイル**で取り組みを推進

今後、取り組む必要がある課題

- 名前（匿名含め）、外見、人格も変えることができ、活動主体が人、分人、分身（AI）など多様化する中で、**メタバースでの活動が人（個人、集団）に与える影響の理解**や**社会受容性の検証**
- 人に与える影響や社会受容性の理解に基づく**安心・安全な活動のためのルール作りとバーチャル空間構築**
- 技術、認知・行動科学、脳神経学、法学、哲学など**学際的な研究と産学官の連携の推進**



社会課題解決に向けたメタバース 活用例

多様な働き方

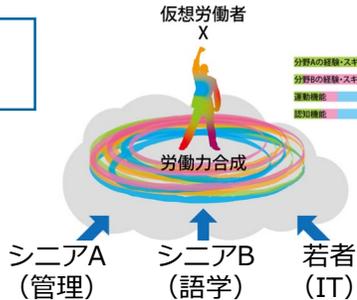
- 時間やスキルを合成したモザイクワーカーで高齢者や女性の労働参加を促す

本人のアバターでの
インタラクション

場所、身体的な制約
からの解放

モザイクワーカー
(時間・スキル合成)

高齢者・非健常者の
リモート就労



出典) 画像は、日本経済新聞「高齢者クラウド 高齢者が社会を支える。モザイク型の就労モデル+ITで実現」(<https://ps.nikkei.com/ibmportal/aging1902/>)より引用し一部改変

新しい教育機会

- バーチャルスクールなどにより学習の機会を広げることでリスキリング

本人のアバターでの
インタラクション

場所、身体的な制約
からの解放

場所を問わない
リモート授業

議論・交流・見学



出典) 画像は、教育関連DXシンポ「VR/メタバース講義の実践と課題(東京大学 雨宮 智治准教授)」(https://www.nii.ac.jp/event/upload/20211210-05_Amemiya.pdf)より引用

社会参加の場の拡大

- ひきこもりや自閉症の方のカウンセリングや体験を通じた社会参加促進

本人のアバターでの
インタラクション

場所、身体的な制約
からの解放



カウンセリング



グループセラピー

外出疑似体験



出典) 画像は、DII Seminar「NLB Project Metaverse(山口大学 林祐子教授)」(<https://scirex.grips.ac.jp/events/2022/973fa43a1aaf11b3ab8cb1c0c120044afca5375.pdf>)より引用

新しい市場の開拓

- イベント開催・観光振興・デジタルコンテンツ販売による新しい市場の開拓して労働機会を増加

本人のアバターでの
インタラクション

場所、身体的な制約
からの解放

仮想通貨やデジタル資産による新しいエコシステム

地域情報発信
観光振興

イベント開催
交流拠点形成



出典) 画像は、メタバース「バーチャルやぶ」(<https://www.city.yabu.hyogo.jp/soshiki/kikakusomu/kikaku/metaverse/9581.html>)より引用

社会課題解決に向けたメタバース 要件と課題

メタバースを社会課題解決に活用するための要件

- **インタラクション・コミュニケーションの観点**
 - ・ 自然な会話や表情を伝えて活動ができる
 - ・ バーチャル空間での行動・インタラクションが人（個人、集団）に害をおよぼさない
 - ・ 情報リテラシー・年齢などに係わらず誰もが利用できる
- **多様な活動の観点**
 - ・ 様々なバーチャル空間やアバターを誰もが効率的に構築できる
 - ・ 持続性・継続性が保証されている
 - ・ コンテンツ・活動の価値が正しく評価される
- **安心・安全の観点**
 - ・ 本人であることが保証されている
 - ・ 個人情報・プライバシーが保護されている
 - ・ 不正行動やフェイク等への対策がされている

今後、取り組むべき課題

- **バーチャル空間での人や集団の認知・行動の理論構築**
 - ・ バーチャル空間でのアバターを介した人の感情や行動を理解するための認知・行動の理論の確立が必要
- **社会課題に応じて誰もが参加できるバーチャル空間構築**
 - ・ システム情報技術に加え、人・集団の認知・行動理論、基本ルールを学際的に検討し、様々な社会課題に活用できるバーチャル空間の構築が必要
- **安心・安全な活動のためのルール作り**
 - ・ メタバース特有の問題の探索とそれに基づく倫理や法律、利用規約、及びプラットフォームへの実装の検討が必要

重点テーマ「コグニティブセキュリティー」

人の認知（コグニティブ）を狙った情報攻撃から人・社会を守るセキュリティーの研究開発が必要

人への情報攻撃と社会への影響

- フィッシング詐欺が年々増加し被害が拡大
- フェイクニュースやデマによる世論の誘導
- インフォでミックによる社会的な不安の高まり

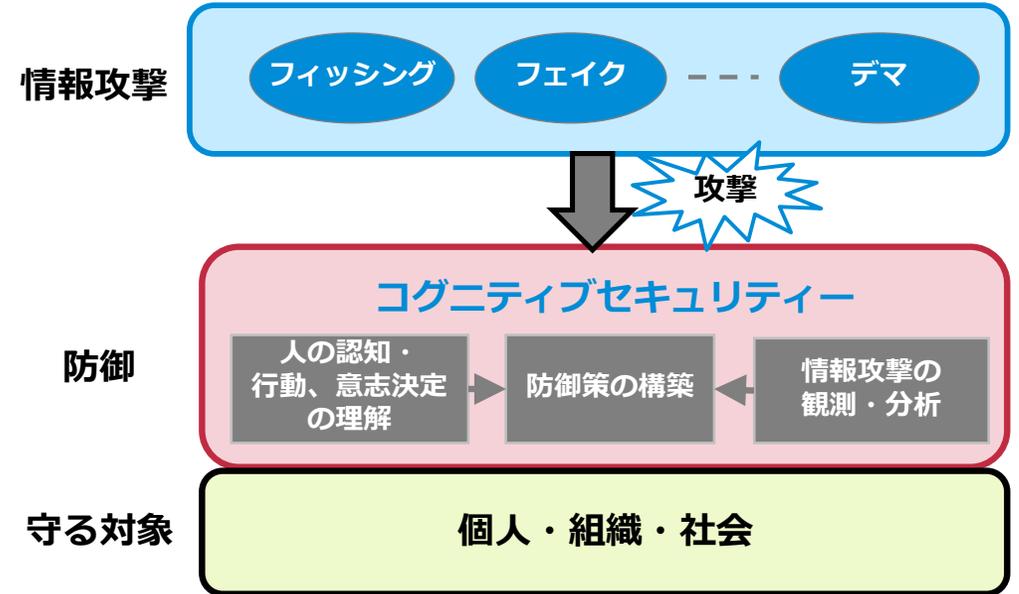
コグニティブセキュリティーとは

- 人間の認知（コグニティブ）を狙った攻撃を防御するセキュリティー
- 人間の認知や行動、意志決定の理解に基づき、情報攻撃を防御

主な研究課題

セキュリティー技術単体だけでなく、心理学、社会学、経済学、法学などを含めた学際的なセキュリティーの研究が必要

- 人の認知・行動、意思決定の理解
- 情報攻撃の観測・分析
- 「総合知」による攻撃に対する防御策の構築



米国 国防高等研究計画局（DARPA）の研究開発例

- Active Social Engineering Defense (ASED) : ソーシャルエンジニアリングの検出・分析・防御技術の開発
- Semantic Forensics (SemaFor) : フェイクの検出技術の開発
- Influence Campaign Awareness and Sensemaking (INCAS) : 大規模な情報攻撃の検出・分析・追跡技術の開発

重点テーマ「データ共有」

AI・ビッグデータの観点

- アルゴリズムの独占は難しく、学習や分析に用いるデータが競争力の源泉
- 学習データとモデルの超大規模化。巨大IT企業しか最先端AIモデル開発競争に参戦できない

→ **日本は最先端のAIモデル開発のためのデータ確保にどのような戦略で臨むべきか？**

- データの質（例えばDeepL）やアーキテクチャ（二重過程モデル、自由エネルギー原理など）が今後の競争ポイントか？
- 大規模データを共有しつつ、マルチモーダルで様々なメタデータ・関係性を付与した高付加価値化に様々な部隊が貢献しあうエコシステムが必要ではないか？

経済安全保障の観点

- データは資源であり、それを活用することが産業上の重要課題
- アメリカはテック・ジャイアントがデータを独占しながら、様々な活用を進めている。欧州はGDPR枠組みで対応、地域の資源を保護しようとしている。中国も独自の仕組みを持つ。

→ **日本はいかなる手段をもって自国産業の保護を行うべきか？**

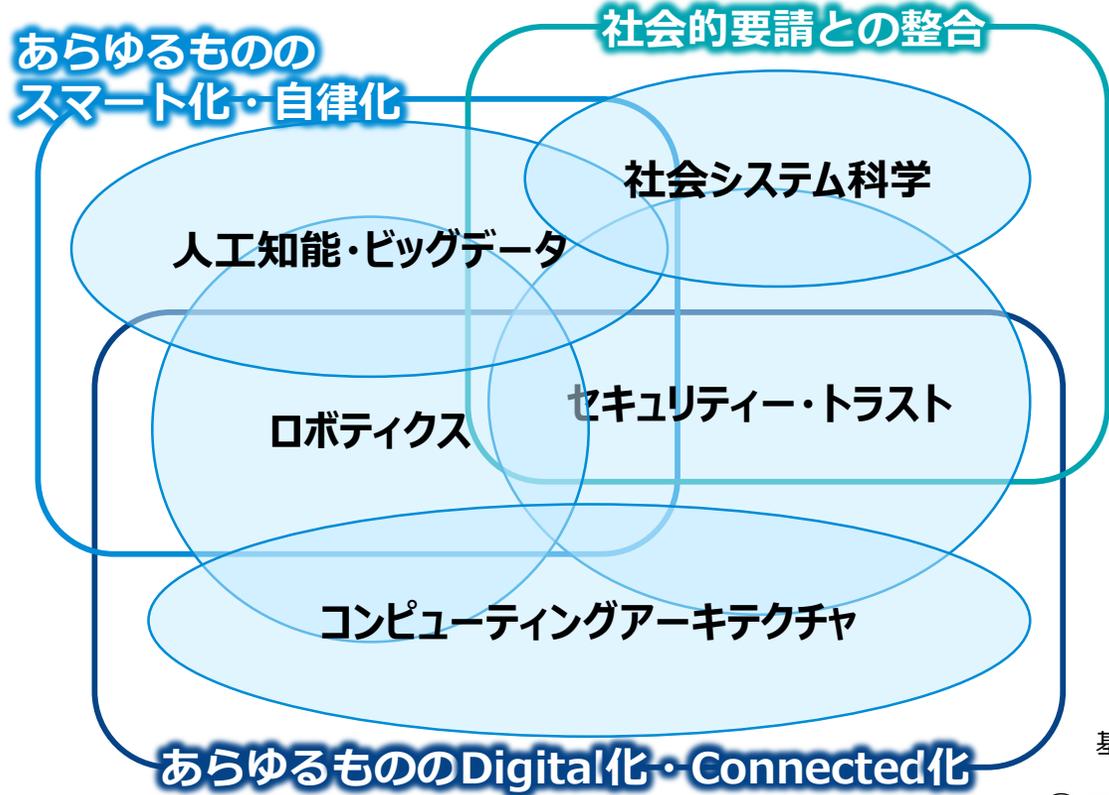
省庁・自治体のDXの観点

- 多くのデータを保有しているが、PDFで公開するなど再利用の観点がなく、省庁・自治体間のフォーマットや内容が統一されていないため利用しにくい。
- 検索手段が限られ必要なデータが存在するのか、関連しそうなデータがあるのか分からない。廃棄手順が確立されていないデータもある（裁判記録など）。

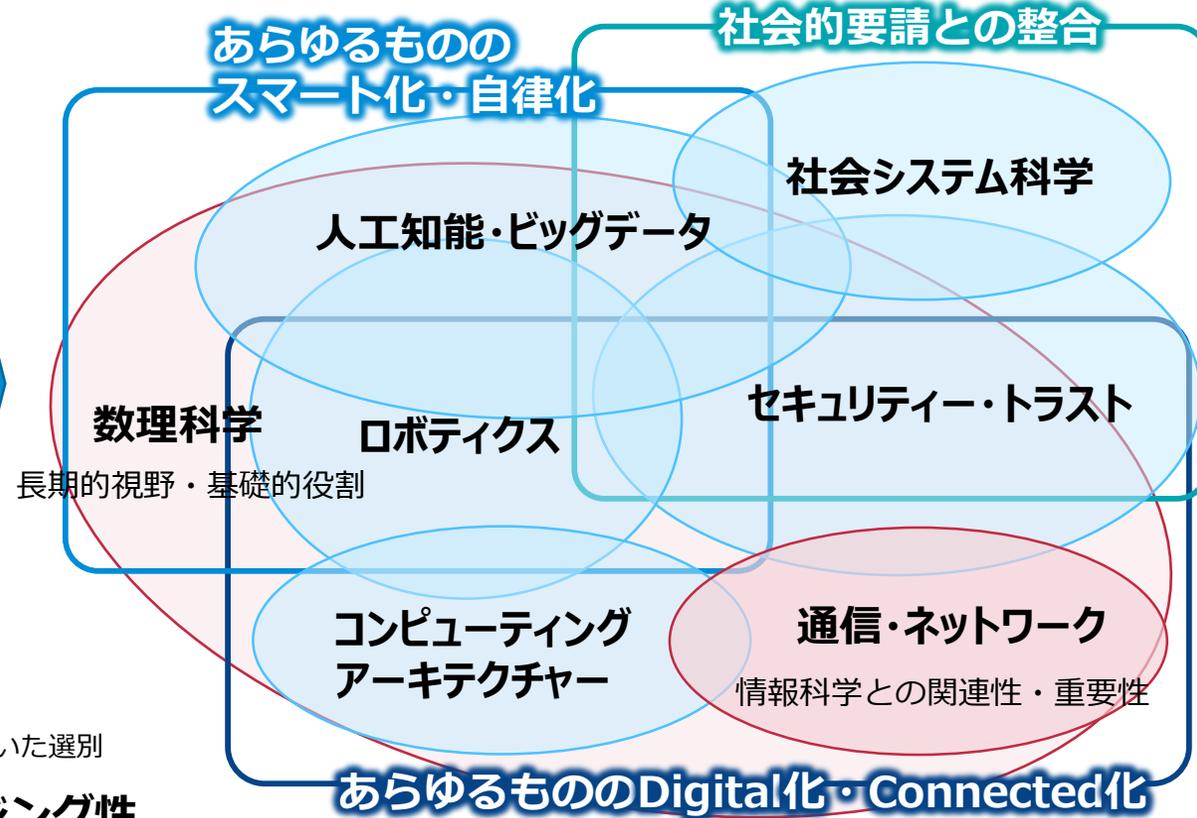
參考資料

俯瞰区分の変遷 (2021→2023)

2021
5区分



2023
7区分



基準に基づいた選別

- ① エマージング性
- ② 社会の要請・ビジョン
- ③ 社会インパクト

社会・経済の動向

	社会・経済のトレンド	システム・情報科学技術との関連
世界	新型コロナウイルス感染症の世界的蔓延。それに伴う社会の分断、経済活動の後退など大きな影響。	国際間の意思疎通、連携協調をサイバーで支援し、分断を少しでも避ける。リアル世界の活動を少しでも補足、強化するための動きが必要。
	世界経済成長は年3-4%と低成長、需要拡大の妙手なし、中国経済変動の影響大	システム・情報科学技術への投資の減少
	民主主義の揺らぎ	システム・情報科学技術が本来持つオープン性や公平性への挑戦
	地球規模ないし一国内での格差問題の提起、SDGsニーズの市場化、無くならない貧困、食料偏在化	格差・飢饉・貧困の低減への期待
	市場主義の揺らぎ、特に金融市場主義への反発	新たな市場原理の構築の期待
	中国・ロシア・イスラム世界など地政学リスク高水準、テロ増加	危機回避、リスク対策への期待
	温暖化、地球環境リスク、自然災害リスクの増加、都市化による問題増	予防、予知、減災への期待高まる
	IoT・AI・ビッグデータ等による産業構造、労働構造、人間行動の変化、意志決定システムの変化、教育への期待の変化	システム・情報科学技術の利活用の推進によるシステム・情報科学技術投資拡大、同時に依存度が高まる危惧
	先進国、新興国の消費・サービス構造の変化	サービス化はさらなる高度なシステム・情報科学技術を要請する
日本	新型コロナウイルス感染症による社会、経済活動の後退。	国を挙げてのデジタルトランスフォーメーションの実現。
	少子高齢化(役割担い手の減少)	ロボットやエージェント、知的処理などによる労働力の代替
	経済低成長と財政の行き詰まり	システム・情報科学技術やロボット産業拡大および社会コスト削減への期待
	社会インフラ老朽化	インフラ再構築、コスト削減への期待
	原発の位置づけとエネルギー問題	リスク検知・オペレーション最適化のためにシステム・情報科学技術活用
	自然災害の脅威	予防、予知、減災への期待高まる
	地方創生への期待	システム・情報科学技術による物理的制約の超越と地場産業興隆
	社会保障費の増大、介護・教育・安全安心への期待	生涯健康管理システムの構築
	働き方の変革、一億総活躍	ワークシェア、AI/ロボットとの共存社会、皆が働ける社会の実現

社会との関係における問題

ICT は

- ・ 人間社会、経済、政治行動を全般的に変革するような影響を与える
- ・ 他の科学分野の飛躍的発展のインフラ

(1) 経済安全保障

経済安全保障のために**情報技術や情報資産を守る取り組み**を国益として推進すべき

- ・ 地政学的な変化や新型コロナでサプライチェーンの重要性が高まり、
- ・ 重要部品確保の取り組みが進められているが、情報技術、情報資産も重要
- ・ プラットフォームによるデータのインフラを独占
- ・ 価値の源泉となるデータを如何に自国に蓄積・流通・活用していくかの議論が必要

(2) 情報のトラスト

情報が意志決定・合意形成に与える影響に対処するために**トラストの仕組み構築**が必要

- ・ SNSを使った誹謗中傷、フェイクなどによる選挙や国民投票などへの介入や誘導の問題。
- ・ ウクライナ侵攻では、SNSを駆使した情報戦。安全保障の観点からも重要性が高まっている。
- ・ トラストの仕組みの再構築が必要となっている。

(3) デジタル化の推進

デジタル化の推進における**国民性を意識した推進**が必要

- ・ 日本社会のプライバシー感覚やゼロリスクを求める姿勢に対して、国民的議論、コンセンサスが必要である。
- ・ 一方で科学的なデータに基づいた必要性を説得し、デジタル化を推進していくことが重要である
- ・ 例) マイナンバーカード、新型コロナ感染者追跡アプリ

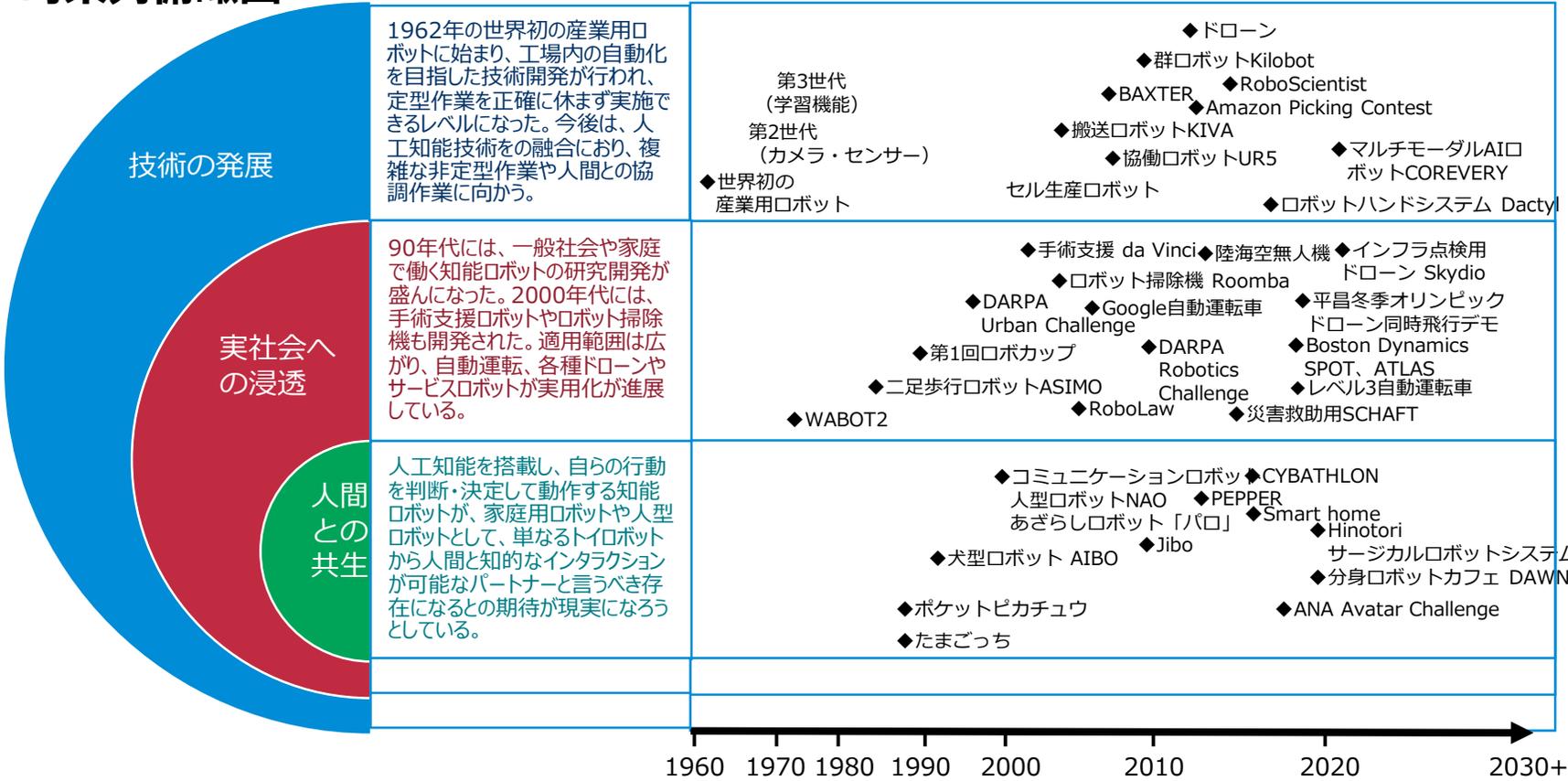
科学技術政策・研究開発戦略の動向

	米国	欧州	中国	日本
AI	<ul style="list-style-type: none"> 国家AI研究開発戦略 AI権利章典のための青写真 	<ul style="list-style-type: none"> AI白書 AI規則案 	<ul style="list-style-type: none"> 次世代人工知能発展計画 北京AI原則 次世代人工知能ガバナンス原則 次世代の人工知能倫理規範 十三五 科技创新2030「次世代AI」 	<ul style="list-style-type: none"> 人間中心のAI社会原則 AI戦略2022
サイバーセキュリティ	<ul style="list-style-type: none"> 国家サイバー戦略 連邦サイバーセキュリティ研究開発戦略計画 		<ul style="list-style-type: none"> 十三五 科技创新2030「国家サイバーセキュリティ」 	<ul style="list-style-type: none"> 「安全・安心」の実現に向けた科学技術・イノベーションの方向性 サイバーセキュリティ戦略
デジタル化・DX・データ		<ul style="list-style-type: none"> 一般データ保護規(GDPR) 欧州データ戦略 欧州デジタル戦略 2030デジタルコンパス デジタル市場法 デジタルサービス法 	<ul style="list-style-type: none"> デジタル中国戦略 デジタル経済発展第14次五カ年計画 ロボット産業発展 十四次五カ年計画 	<ul style="list-style-type: none"> 第6期基本計画、統合イノベーション戦略2022 包括的なデータ戦略 トラストを確保したDX推進サブワーキンググループ報告書 改正個人情報保護法
通信・ネットワーク	<ul style="list-style-type: none"> 5Gおよび次世代通信の安全性確保法 5Gの安全性を確保するための国家戦略 	<ul style="list-style-type: none"> コネクティング・ヨーロッパ・ファシリティー 	<ul style="list-style-type: none"> 十四五 中国製造2025 	<ul style="list-style-type: none"> Beyond 5G 推進戦略 Beyond 5G に向けた情報通信技術戦略の在り方
量子	<ul style="list-style-type: none"> 量子情報科学に関する国家戦略概要 国家量子イニシアチブ法 	<ul style="list-style-type: none"> Horizon 2020 Flagship「量子技術」 	<ul style="list-style-type: none"> 十四五 中国製造2025 十三五 科技创新2030「量子通信及び量子計算」 	<ul style="list-style-type: none"> 量子技術イノベーション戦略 量子未来社会ビジョン

重点テーマ候補抽出(2)

ロボティクス区分から

時系列俯瞰図



特に注目するエマージングな研究動向

サービスロボットの新潮流

- 工場から飛び出し人と一緒に働く **コワーキングロボット** (パスタ自動調理ロボット、食器仕分け自動化ロボット、惣菜盛付自動化ロボット)

生物規範ロボティクスの新潮流

- 細胞等の生体材料をつかったウェットな **バイオハイブリッドロボット** (昆虫ロボット・昆虫センサー、蚊の嗅覚受容体を用いる等のバイオハイブリッドセンサー)

ロボティクス研究の新潮流

- 人工知能や生物学の研究成果を取り込んだ **身体性に宿る知能** (予測符号化理論、動物理解のためのロボティクス)

戦略プロポーザル発行済み

- リアルワールド・ロボティクス(2022)
 - ・開かれた環境に柔軟に適應するロボティクス学理基盤の創出

バイオハイブリッドロボット

- ・生物の素材をそのまま部品として使った **工学的生命システム**の研究

身体性に宿る知能

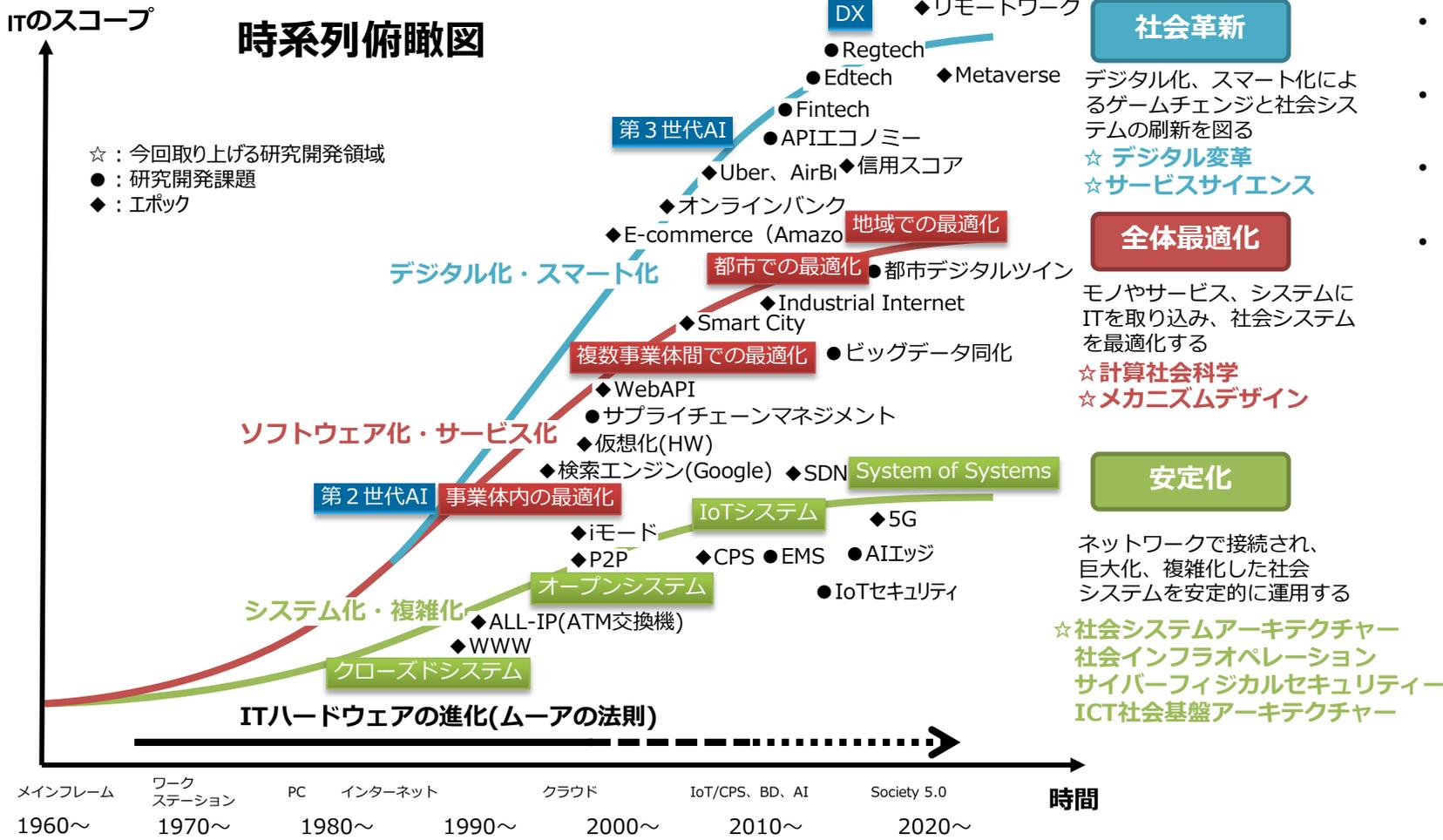
- ・生物が進化の過程で獲得した **感覚と運動に関する無意識プロセス**の解明

人間中心インタラクション

- ・インタラクションやロボットの研究から **「人間理解」を深化**させ、新たなインタラクション技術を創出

重点テーマ候補抽出(3)

社会システム科学区分から



- 基本的な領域(社会システムアーキテクチャー、メカニズムデザイン、計算社会科学)は変化が少ない。
- メカニズムデザインはマッチング理論やオークション理論をビジネスに利用しようという動きがみられる。
- サービスサイエンスは観光・ホスピタリティーなど、適用範囲を広げている。
- デジタル変革は一番変化が大きい領域で、Web3.0やメタバースというワードが、経済財政運営と改革の基本方針2022で取り上げられたり、省庁で研究会が開催されたり、関連業界団体が乱立するなどの大きな動きがみられる。ただし、期待の裏には危険が付きものなので、負の側面も見ていく必要がある。

社会課題解決に向けたメタバースデザイン

- メタバースを新しい社会システムとして社会課題解決などの社会活動に活用するために、メタバースでの人間の認知・行動の理解と社会システムとしてのメタバースの基本ルール作りに関する研究開発

社会デジタルツイン

- 社会課題解決を支援するために、IoT等のセンシング技術で取り込んだ実際の社会活動データを解析し構築された社会モデルを利用して、社会現象を模擬する社会シミュレーターの実現に取り組む

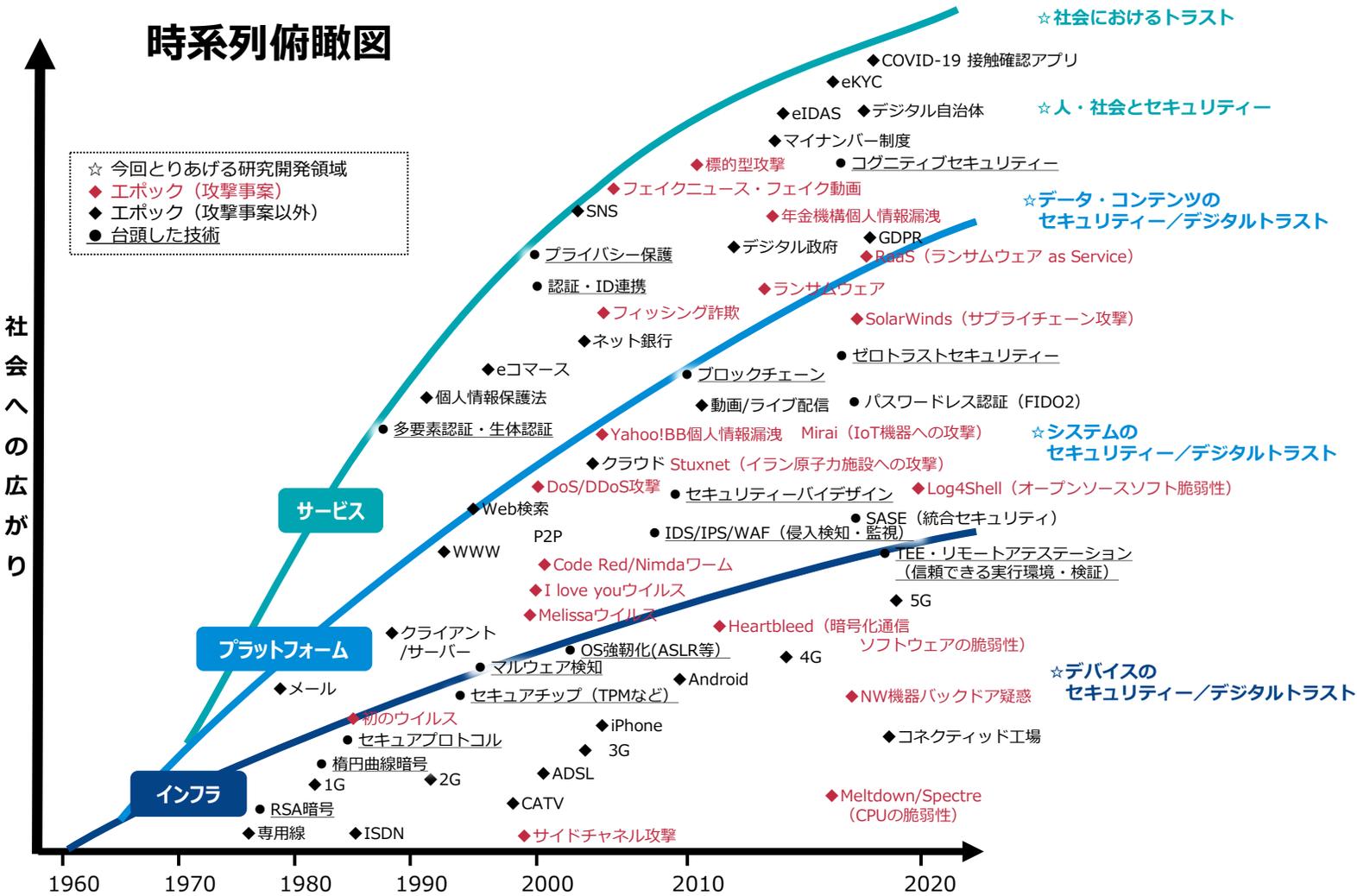
戦略プロポーザル発行済み

- 進化的社会システムデザイン(2019)
- 計算社会科学(2021)

重点テーマ候補抽出(4)

セキュリティ・トラスト区分から

時系列俯瞰図



- サイバー攻撃が高度化・激化、重要インフラやサプライチェーンなど社会に被害拡大(直接被害だけでなく2次被害・3次被害も含めて深刻化)
 - ・ 人への攻撃の増加(フィッシング、内部不正)
 - ・ 製造業への攻撃の増加(マルウェア、ランサムウェア)
- 内閣サイバーセキュリティセンター(NISC) サイバーセキュリティ戦略が閣議決定(2021年9月)
 - ・ 攻撃観測・収集・分析、AI for Security、Security for AI、サプライチェーン、耐量子計算機暗号
- ゼロトラストセキュリティ等の技術が強化される中、人間の脆弱性をつく攻撃が高度化
- また、攻撃に対する防御だけでなく、信頼できる情報・システムの提供が重要に



コグニティブセキュリティ

人工知能・ビッグデータ区分ともクロス

- 人間の脆弱性を突く攻撃や、人間の認知や思考・意思決定などに悪影響を与える攻撃からの防御に関する研究開発

デジタル社会におけるトラスト形成

人工知能・ビッグデータ区分に記載

重点テーマ候補抽出(6) コンピューティングアーキテクチャー区分から

- 最初は1台のコンピューター、すぐに複数のコンピューターを接続
- インターネットの普及とモバイル通信NWによって利用者、サービスが爆発的に増大
- これまでコンピューターはムーアの法則に支えられ、着実に性能向上 (70年代から40年間で、チップあたりのトランジスタ数は100万倍に)
- 2003年頃にCPUクロック速度が上限に達し、2004年からマルチコアが主流になり、ソフトウェア対応による性能向上へ

- ムーアの法則の限界や、人工知能に代表されるようなワークロードの変化などにより、新たなコンピューティングアーキテクチャーへの期待が高まっている
- Society5.0の実現に向けて、デジタル社会インフラの重要性が増している

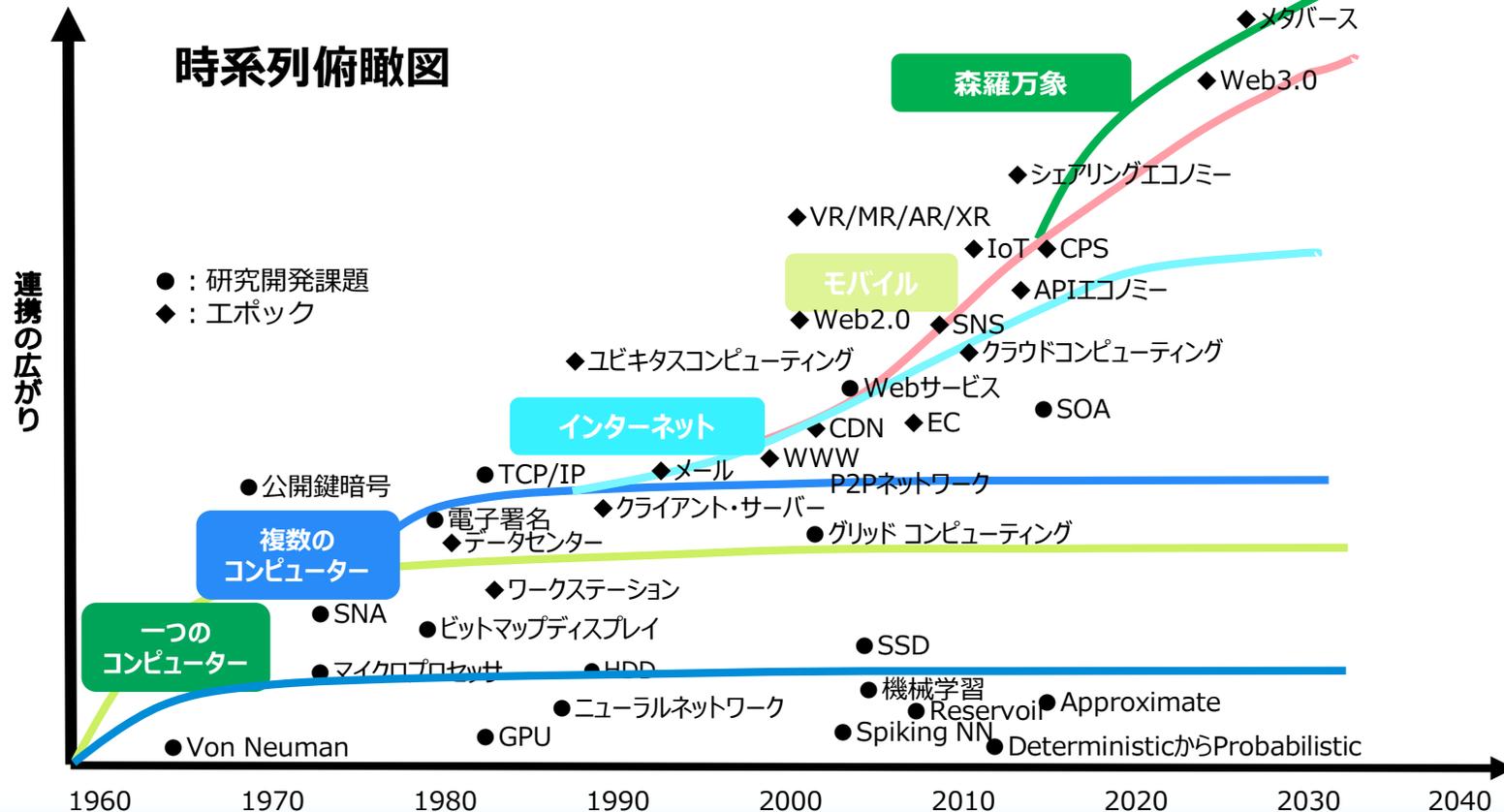
戦略プロポーザル発行済み

- 革新的コンピューティング(2018)
- 量子コンピュータ(2018)
- 次世代ブロックチェーン(2020)
- Society 5.0ソフトウェア基盤(2021)

ソフトウェアの世界では、アルゴリズムの独占は難しく、むしろOSSでの共有が進んでいる。機械学習が広く活用されるようになり、データが性能・競争力の源になっている。

デジタル経済安全保障

- さまざまなシステムの駆動源となるデジタルデータの観点から経済安全保障の問題を考えてみることも必要かもしれない

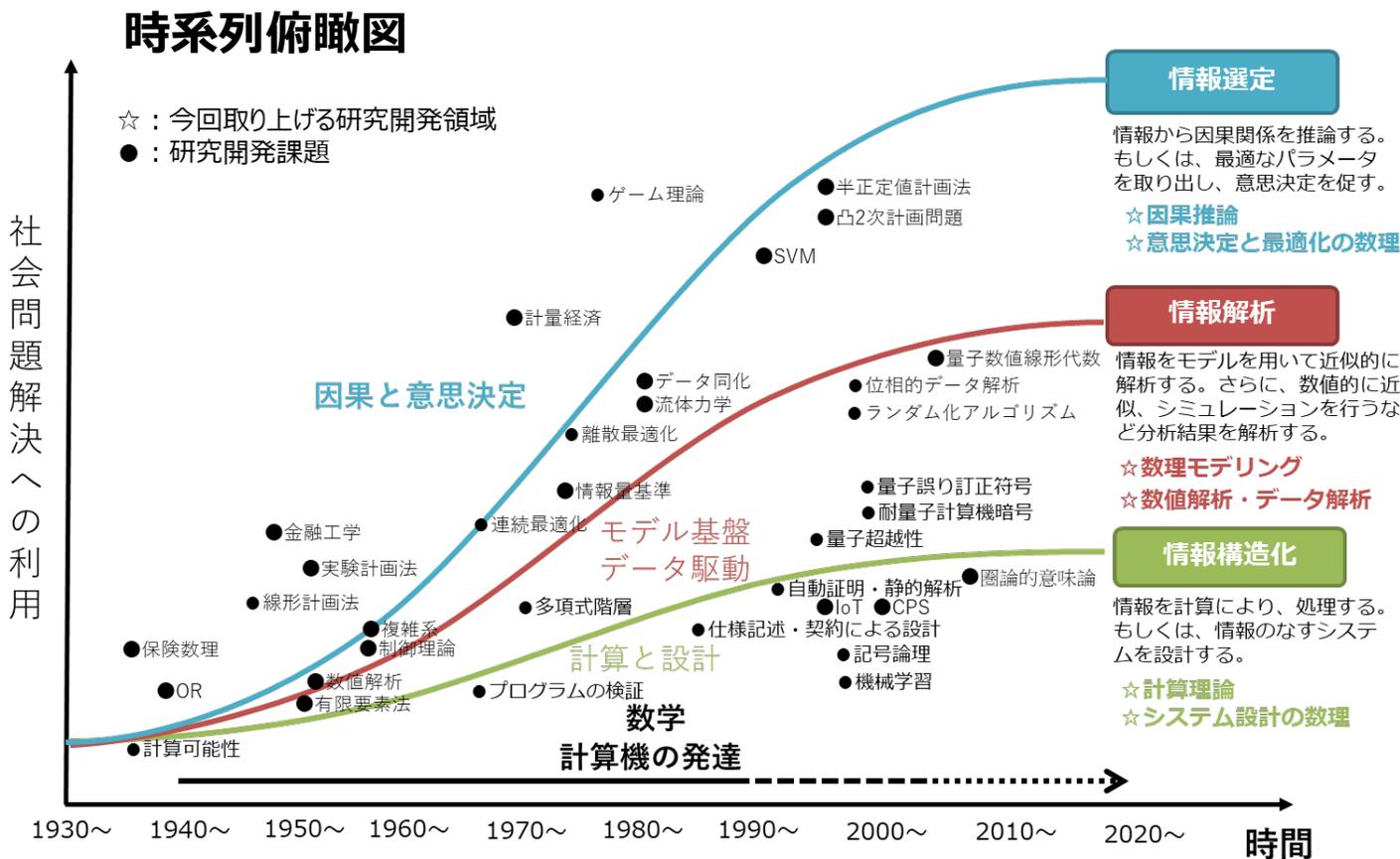


重点テーマ候補抽出(7) 数理学区分から

- 数理学は、科学的・社会的課題に対して基盤的役割を担っており、情報構造化、情報解析、情報選定という3軸で広く社会へ貢献してきた。
- コロナ禍下にあっても社会課題解決に最も直接的に有効な手段といえる**意思決定と最適化の数理**は利活用が限定的。
→今後、貢献の質と幅を広げるために、出口戦略（有用性の社会的受容、制度的基盤構築など）を意識しつつ研究を深化させる必要性あり。

意思決定と最適化の数理とそれを有効利用した社会問題解決

- 人間が**合理的な意思決定を行うための基礎**となる数理的な枠組みの研究開発およびそれを利用した社会問題解決



因果推論

因果関係の導出を軸にした領域。経済・金融での実践的利用が多い。

意思決定と最適化の数理

人間が合理的な意思決定を行うための研究領域。予測と最適化。

数理モデリング

現象の機構の数理的解明と現象の数理的予測を行う領域。理学・医学・工学から社会人文科学までの広大な領域に利用されている。

数値解析・データ解析

数値解析は数理モデルをコンピューター上で計算するための領域。データ解析は現象の背後にあるメカニズムを理解するための領域。

計算理論

数理論理学から生まれ、計算可能性という概念に基づく領域。

システム設計の数理

各種のシステムを設計、解析、検証するための領域。

通信・ネットワーク区分の最新状況・国際動向(1/3)

	光通信	無線・モバイル通信	量子通信
注目トピック	<ul style="list-style-type: none"> 空間多重・マルチバンド伝送 機械学習応用 光ファイバ無線 400Gbps超大容量光パス テレメトリとその活用 光電融合デバイスのデータセンタへの適用 	<ul style="list-style-type: none"> 6Gに向けたE2Eの品質制御 mMIMOによる空間多重技術 ミリ波・THz波活用のための研究開発 NTNによる上空ネットワーク 	<ul style="list-style-type: none"> QKD高速化・長距離化 QKDと古典セキュリティとの融合 衛星量子通信 量子インターネットのネットワーク制御
日本 	NICT Beyond 5G研究開発促進事業による大規模ファンディング実施、IOWNなど関連プロジェクトの推進	NICT Beyond 5G研究開発促進事業による大規模ファンディング実施	量子デバイス・量子インターネット実現に向けたムーンショット等のPJ開始
米国 	高付加価値製品の研究開発及び製品化が続く	先端研究プロジェクトへの大型投資を実施、衛星分野でも先行	OSTP, NSF, DOEが量子インターネット実現に向けた大規模投資実施
欧州 	大型ファンディング実施、空間多重・マルチバンド伝送で先行	6Gシステムの技術開発が充実	OpenQKDプロジェクト、量子インターネットテストベッド構築進む
中国 	国家全体での生産能力・研究レベルが飛躍的に向上	5G/6G実装が急速・3GPP必須特許獲得も多数	QKDへの大規模投資実施、製品化進む

通信・ネットワーク区分の最新状況・国際動向(2/3)

	ネットワーク運用	ネットワークコンピューティング	将来ネットワークアーキテクチャ
注目トピック	<ul style="list-style-type: none"> テレメトリによる通信サービス利用者の体感品質計測 AIによる運用の自動化・人を介さない自律型ネットワークの進展 クラウドの技術を通信サービスへ適用するクラウドネイティブな運用 	<ul style="list-style-type: none"> Hyper Giantsによるプライベート化 ネットワークのソフトウェア化 ローカル5Gによる情報通信の民主化 エッジコンピューティングなど通信と計算処理を融合する方向性の研究開発進む 	<ul style="list-style-type: none"> 情報指向型通信(ICN)の実装・ネットワーク内処理の応用が進む 分散台帳をネットワークアーキテクチャへ組み込む動き EI(Extensible Internet)など既存IPネットワークを拡張する新アーキテクチャの提案
日本 	ネットワーク運用に関する標準化活動、OSS活動、研究活動は盛ん	総務省、経産省のBeyond 5G/ポスト5G事業などの関連投資を実施	ICN実装は先行、インターネットアーキテクチャの基礎研究に関する存在感は低下
米国 	難関国際会議での発表件数最多、クラウド関連NW製品開発が盛ん	産学ともに大きな存在感。応用研究、PAWR等のテストベッド活動が盛ん。Hyper Giantsによる影響力も大	ICN、EI等、多岐に渡り優位性あり、世界を牽引
欧州 	ネットワーク運用に関する研究活動、5G関連の運用製品開発が盛ん	存在感の大きい組織・プロジェクトが目立つ。標準化、テストベッド応用研究も進む	ブロックチェーン・DLT応用研究の大型プロジェクトの動きあり
中国 	難関国際会議での発表件数が急速に増加、標準化・製品開発が盛ん	5G/6Gの国家的取り組みの枠組み形成進む。社会実装も急速に進む	New IP標準化に失敗、次の動きを模索。基礎研究・DLT研究は盛ん

通信・ネットワーク区分の最新状況・国際動向(3/3)

	ネットワークサービス実現技術	ネットワーク科学
注目トピック	<ul style="list-style-type: none"> ネットワーク・計算リソースを最適化するマルチドメイン・マルチレイヤオーケストレーション技術 ネットワークの共通機能をAPI提供するサービスイネーブラ Intent-Based Networking 	<ul style="list-style-type: none"> ネットワーク科学のアプローチを用いたCOVID-19感染流行予測 脳内ネットワーク・Science of Scienceの研究の活発化 Blockchain Networkのスモールワールド性分析
日本 	基幹網における仮想化・抽象化技術の実用化進む	米国物理学会等での発表・国内研究会活動は活発
米国 	Hyper Giantsのネットワーク分野への進出	基礎的分野を牽引する研究者が多く存在、医学応用の研究も活発
欧州 	Horizon Europe等においてオーケストレーションの研究開発多数	Complex Systems Societyの設立により活発化
中国 	AIを組み込むAIOps等の技術開発を推進	関連論文数が米国に次いで2位、基礎研究が盛ん