

情報分野における研究開発の状況について

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

青木 孝



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

JST 研究開発戦略センター (CRDS) の俯瞰報告書

研究開発分野と国内外の科学技術イノベーション政策の動向を俯瞰するため、分野ごとに全体像や主要な研究開発領域についての国内外の研究開発動向、科学技術的・政策的課題や日米欧中韓等の国際比較などをまとめたもの。(2年に1度発行)

■ 科学技術分野別 (4分野)

- ① 環境・エネルギー分野 ② システム・情報科学技術分野
- ③ ナノテクノロジー・材料分野 ④ ライフサイエンス・臨床医学分野

各分野の研究開発分野の全体像 (俯瞰の構造と範囲、歴史、現状、今後の展開) や主要な研究開発領域ごとの動向や国際比較等を記載

① 研究対象分野の全体像

- ・ 俯瞰の範囲と構造
- ・ 分野の研究開発を取り巻く現状 (社会・経済の動向、研究開発の動向等)
- ・ 今後の展望・方向性 (日本の研究開発力の現状、推進すべきテーマ等)

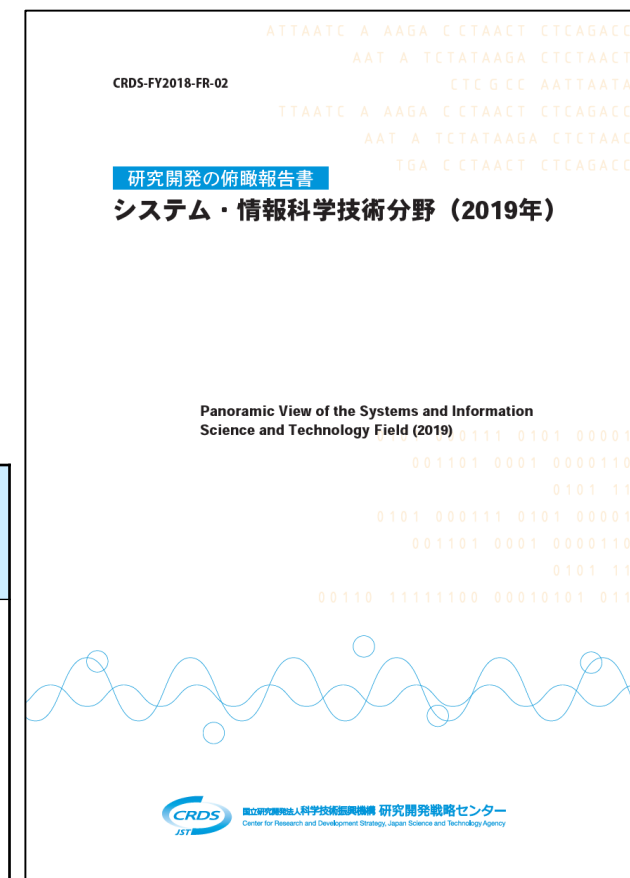
② 研究開発領域 (全126領域) ごとに以下を詳述

- ・ 研究開発領域の定義と概要
- ・ 国内外の注目動向
- ・ 科学技術的課題、その他の課題
- ・ 日、米、欧、中、韓等の国際比較

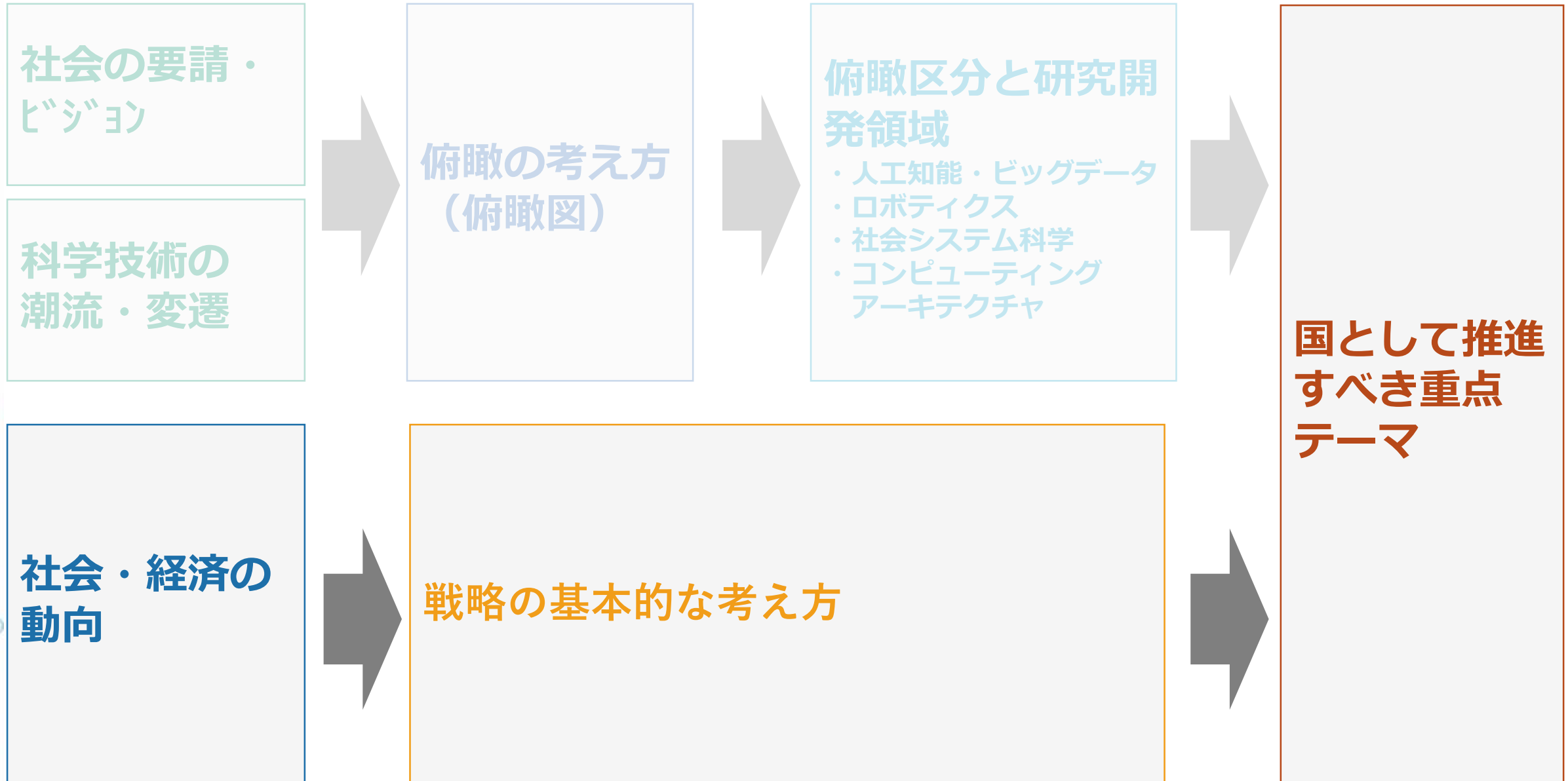
■ 主要国の研究開発戦略 ※毎年発行

■ 日本の科学技術イノベーション政策の変遷

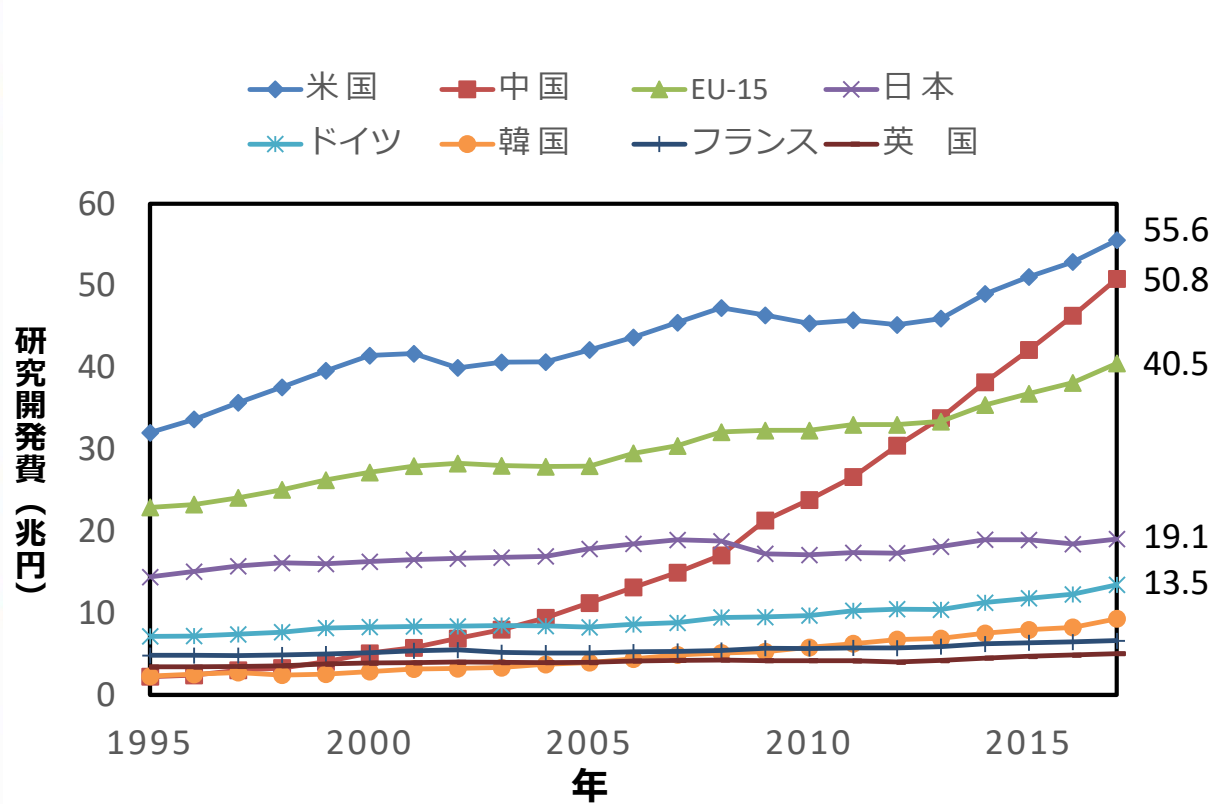
■ 統合版 ~俯瞰と潮流~



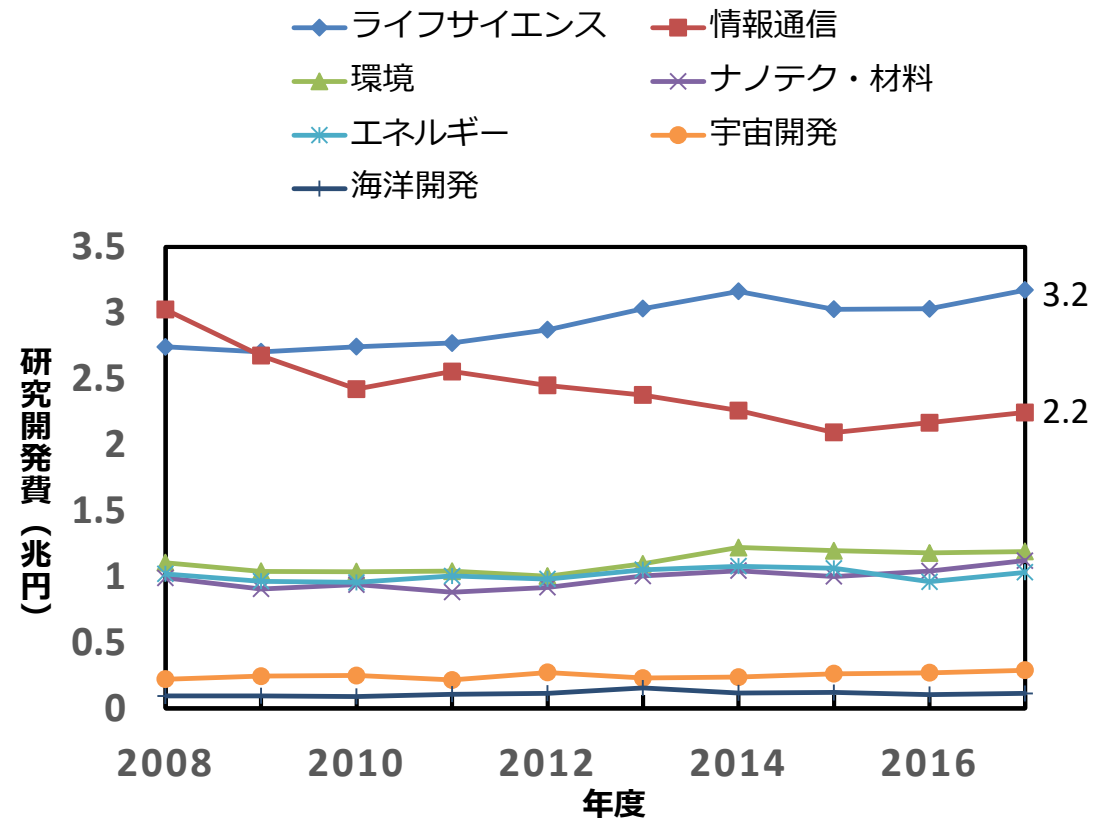
俯瞰の構成と流れ



主要国の研究開発規模



主要国における研究開発費総額（名目額）の推移
 文部科学省 科学技術・学術政策研究所「科学技術指標
 2019」数値データをJST-CRDSがグラフ化



日本の特定目的別研究費の推移
 総務省「科学技術研究調査」数値データをJST-CRDSが
 グラフ化

企業の研究開発費

社名	2018年		2017年	
	R&D支出 (10億ドル)	順位	R&D支出 (10億ドル)	順位
Amazon	22.6	1	16.1	1
Alphabet	16.2	2	13.9	2
Volkswagen	15.8	3	13.8	3
Samsung Electronics	15.3	4	14.3	4
Intel	13.1	5	12.7	6
Microsoft	12.3	6	13.0	5
Apple	11.6	7	10.0	9
Roche	10.8	8	11.8	7
Johnson & Johnson	10.6	9	9.1	12
Merck	10.2	10	10.1	8
Toyota	10.0	11	9.8	10
Novartis	8.5	12	9.6	11
Ford	8.0	13	7.3	15
Facebook	7.8	14	5.9	20

GAFAの研究開発費は世界トップレベル

米国の研究開発費の10%弱をGAFA 4社が支出

上位14社のうちICT関連企業は7社 (Amazon, Google, Samsung, Intel, Microsoft, Apple, Facebook)

「Strategy& The 2018 Global Innovation 1000 study」より

GAFAの企業買収状況

カテゴリー	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018	
Hardware			7 ROBOTS	2	3	2					1		1	1
		1 Kiva		1	2		1	1	1			1		
Software	5	3	5	5	6	2	7		2	2	2	2	1	1
	5	3	6	3	3 Whatsup			2		2	1	5	1	1
Cloud	2		1	1	12		3	2	9		3 Kaggle		2	1
			2		1	3		6		4		4		2
Audio/Music		1			1	1		1			2		1	
					1	1								
Image/Video	2				2	1	2	1	3		1	2	1	
	4 Instagram					1	1		1				1	
AR/VR					1		2	1	1	1	1	1		1
					1 Oculus		2		3		1			
Map				5		1		2		1				
AI			2	2	3 DeepMind			2	1	3	1	2	1	3
			1				1		1		1		1	
Publish						2	1							1
		1			1				1	1				
Wearable	1		1		1			1	1			1		
Healthcare										1		1	1	1
BigData													1	1
			1											
Home					4 Nest									
E-commerce	2		1		1									
							1					2 Whole Foods		1

Google	Apple
Facebook	Amazon

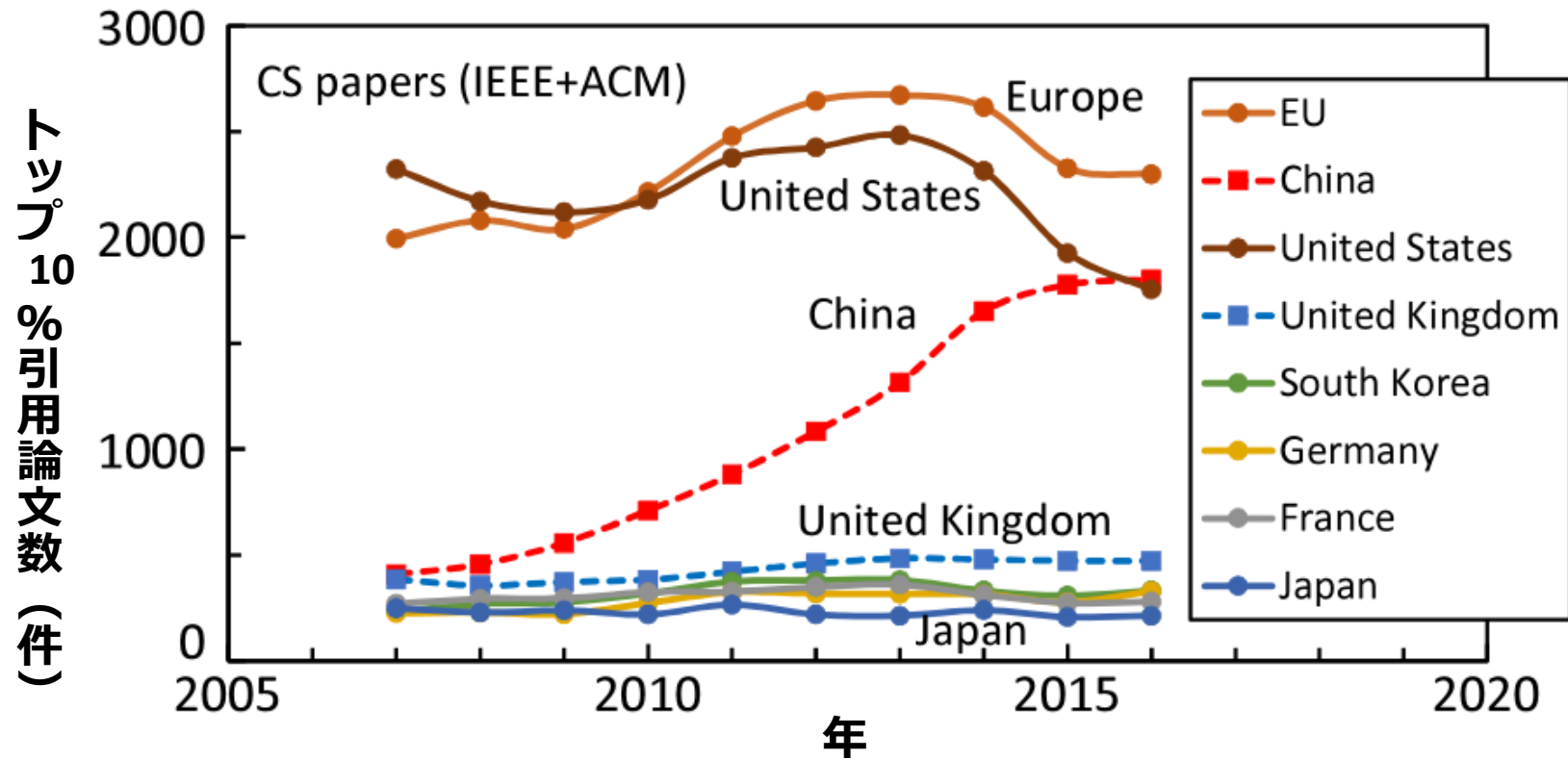
各社が買収した会社の数と特徴的な会社名

Institutional Publication Metrics for Computer Science(に見るGAFA+MSの研究領域)

Microsoft	ランク	Google	ランク	Apple	ランク	Facebook	ランク	Amazon	ランク
人工知能	1	データマイニング	1	プログラム言語	258	Web技術	15	オペレーティングシステム	106
計算経済学	1	機械学習	1	アーキテクチャ	402	オペレーティングシステム	23	機械学習	159
データベース	1	Web技術	3	アルゴリズム	428	情報検索	28	システム	187
HCI	1	人工知能	4	デザインオートメーション	469	計算経済学	31	Web技術	200
情報検索	1	情報検索	4	回路	472	データベース	34	情報検索	204
モバイル	1	自然言語処理	5	オペレーティングシステム	488	機械学習	43	データマイニング	224
ネットワーク	1	理論	6	モバイル	509	データマイニング	48	データベース	299
オペレーティングシステム	1	データベース	7	データマイニング	627	ビジョン	50	セキュリティ	299
性能評価	1	オペレーティングシステム	8	ハイパフォーマンスコンピュータ	641	自然言語処理	51	理論	334
プログラム言語	1	ビジョン	10	データベース	646	HCI	55	ネットワーク	355
セキュリティ	1	計算経済学	13	システム	767	人工知能	57	アルゴリズム	365
ソフトウェアエンジニアリング	1	アーキテクチャ	16	マルチメディア	861	性能評価	67	人工知能	377
システム	1	HCI	16	人工知能	862	ネットワーク	120	自然言語処理	397
ビジョン	1	アルゴリズム	18	機械学習	878	システム	127	ビジョン	408
Web技術	1	システム	19	情報検索	881	プログラム言語	150	ロボティクス	417
グラフィックス	2	コンピュータインテリジェント教育	20	HCI	893	アーキテクチャ	182	モバイル	508
マルチメディア	2	セキュリティ	26	グラフィックス	924	セキュリティ	214	HCI	549
理論	2	ネットワーク	32	検証	989	グラフィックス	241	ソフトウェアエンジニアリング	613
検証	2	プログラム言語	33	並列計算	1032	理論	252	ハイパフォーマンスコンピュータ	669
アルゴリズム	3	性能評価	36	ロボティクス	1328	ハイパフォーマンスコンピュータ	384	性能評価	689
データマイニング	3	並列計算	52	ビジョン	1382	ソフトウェアエンジニアリング	396		
組み込み・リアルタイム	3	マルチメディア	54	理論	1388	回路	414		
自然言語処理	3	ソフトウェアエンジニアリング	70	ネットワーク	1447	アルゴリズム	415		

Institutional Publication Metrics for Computer Science(は大学、機関、企業の主要なCS関連論文誌掲載数/学会発表数をカテゴリごとにランキングしたもの <http://csmetrics.org/>

コンピュータサイエンス関連論文数



主要国のトップ10%コンピュータサイエンス関連論文数（分数カウント）の推移

- IEEE論文とACM論文の引用数。ElsevierのScopusデータを利用してJSTが独自に集計。
- 中国の急増と米国の大幅な減少。



2020年度「研究開発優先項目」

- 予算案編成上の優先領域として以下を掲げ、戦略的コンピューティングを国家安全保障と経済競争力の確保のための重要技術と位置付ける

国民の安全保障	AI、量子、戦略的コンピューティング	接続性と自律性
製造	宇宙探査・商業化	エネルギー支配
医療イノベーション	農業	

ネットワーキング・情報技術研究開発（NITRD）

- 21省庁・機関による横断枠組み。プログラム・コンポーネント・エリア(PCA)と呼ばれる研究対象領域を設定し、ICT分野に戦略的な予算配分を実施

2020年度の研究対象領域

人工知能	インテリジェント・ロボット工学と自律システム
フィジカルシステムをネットワーク化するコンピューティング	サイバーセキュリティとプライバシー
人のインタラクション、コミュニケーション、能力向上のためのコンピューティング	ハイケイパビリティコンピューティング・システムの研究開発
教育と人材	ハイケイパビリティコンピューティング・インフラと応用
大規模データ管理と解析	大規模ネットワーク



Horizon 2020

- 研究・イノベーション枠組プログラムとして「Horizon 2020」が進行中
- 2021年以降は後継となる「Horizon Europe」が開始予定
- 卓越した科学のFuture and Emerging TechnologiesにおいてICTのインフラとなる先端技術

グラフェン	ヒューマン・ブレイン	量子技術
-------	------------	------

- 産業リーダーシップにおいて6つのキー技術の一つにICTが指定。76億€の投資。

Horizon Europe

- Horizon Europeでは、第2の柱（社会的課題の解決）の予算額527億€のうちデジタル化・産業化に150億€を要求。

第一の柱（フロンティア研究の支援） 「卓越した科学」 258億€	第二の柱（社会的課題の解決） 「グローバルチャレンジ・欧州の産業競争力」 527億€	第三の柱（市場創出の支援） 「イノベティブ・ヨーロッパ」 135億€
European Research Council (欧州研究会議)	<ul style="list-style-type: none"> •健康 •文化、創造性、包括的な社会 •社会のための市民の安全 •デジタル、産業、宇宙 •気候、エネルギー、モビリティ •食料、生物経済、資源、農業、環境 	European Innovation Council (欧州イノベーション会議)
マリーキュリーアクション		欧州イノベーション・エコシステム
研究インフラ		Joint Research Centre (共同研究センター)

参加拡大と欧州研究圏 (ERA) 強化



中国科学技術イノベーション第13次五カ年計画（2016-2020）

- 2016年に発表された、科学イノベーションや戦略的新興産業発展に関する五カ年計画
- 従来の科学技術五カ年計画と異なり、イノベーションを重視する姿勢
- 重大科学技術プロジェクト実施15領域中7領域がICT関連

航空機エンジン・ガスタービン	深海ステーション	量子通信・量子コンピュータ
脳科学と類脳研究	国家サイバーセキュリティ	深宇宙探査・軌道上サービスとメンテナンス
種子業自主的イノベーション	石炭のクリーンかつ高効率利用	スマートグリッド
天地一体化通信網	ビッグデータ	インテリジェント製造とロボット
重点新材料	北京・天津・河北環境総合修復	健康保障

人工知能・ビッグデータ領域の国際比較

		機械学習	画像・映像解析	自然言語処理	AIソフトウェア工学	意思決定支援	データに基づく問題解決	計算脳科学	社会におけるAI
日本	基礎	○↗	○↗	○→	○↗	○↗	○→	◎→	◎→
	応用・開発	○↗	◎→	○↗	○↗	○↗	○↗	○→	○↗
米国	基礎	◎↗	◎→	◎→	○↗	◎↗	◎→	◎→	◎→
	応用・開発	◎↗	◎↗	◎↗	○↗	◎↗	◎↗	◎→	◎→
欧州	基礎	○→	◎↗	○→	○↗	◎↗	○→	◎→	◎→
	応用・開発	○↗	○↗	○→	○↗	◎↗	○→	◎→	◎↗
中国	基礎	○↗	○↗	◎↗	△→	○↗	○→	○↗	△→
	応用・開発	◎↗	◎↗	◎↗	△→	△→	◎↗	○↗	△↗
韓国	基礎	△→	○→	△→	×→	△→	△→	○→	△→
	応用・開発	△↗	△↗	○↗	×→	△→	○→	○→	△→

ロボティクス領域の国際比較

		認知発達 ロボティクス	生活支援 ロボット	医療 ロボット	海中 ロボット	宇宙 ロボット	インフラ 保守・建設 ロボット	災害対応 ロボット システム	ソフトロボ ティクス	生物規範型 ロボティク ス	産業用 ロボット	ライフサイ エンス研究 開発用ロ ボット	ナノロボ ティクス
日本	基礎	○→	◎↗	○→	○↘	○→	○→	◎→	○→	△↗	△↗	◎→	○→
	応用・開発	◎↗	○↗	◎↗	○→	○→	◎↗	○→	○→	△→	△→	◎↗	○→
米国	基礎	△↘	○→	◎→	◎↗	◎↗	○↗	◎↗	◎↗	△↗	△↗	△→	◎↗
	応用・開発	△↘	◎↗	◎↗	◎↗	◎↗	○→	◎→	◎→	○↗	○↗	△↘	◎↗
欧州	基礎	○→	◎↗	○→	○↗	◎→	○→	○→	○→	○↗	○↗	△→	◎↗
	応用・開発	○→	◎↗	◎↗	◎↗	◎→	○→	◎↗	○→	○↗	○↗	△→	◎↗
中国	基礎	△↘	△↗	○→	△↗	○↗		△→	△→	△→	△→	△→	△↗
	応用・開発	△↘	○↗	○↗	◎↗	○↗		○↗	×→	○↗	○↗		△↗
韓国	基礎	△↘	△→	○→	×↘	△→	△→	○→	○↗	△→	△→		○→
	応用・開発	△↘	×→	○→	△→	△→	△↗	△→	×→	△→	△→		△→
ロシア	基礎					◎→							
	応用・開発					◎→							

社会システム科学領域の国際比較

		計算社会科学	社会インフラ マネジメント	サイバー フィジカル セキュリティ	社会システム アーキテクチャ	制度設計	サービス サイエンス
日本	基礎	○→	◎↗	○→	△→	○↗	○→
	応用・開発	△↗	○→	◎↗	○→	△→	○→
米国	基礎	◎↗	◎→	○→	◎→	◎↗	◎→
	応用・開発	◎↗	◎↗	◎↗	◎↗	◎↗	◎→
欧州	基礎	◎↗	◎→	○→	◎→	◎↗	○→
	応用・開発	◎↗	◎↗	◎↗	◎↗	○↗	◎↗
中国	基礎	◎↗	○→		○→	○↗	
	応用・開発	○↗	○→		○↗	△→	
韓国	基礎	○↗	○→		○→	△→	
	応用・開発	○↗	○→		△→	△→	

コンピューティングアーキテクチャ領域の国際比較

プロセッサアーキテクチャ 量子コンピューターサイエンス データセンタースケール・コンピューティング データ処理基盤技術 サービスプラットフォーム IoTアーキテクチャ ブロックチェーン

国	領域	プロセッサアーキテクチャ	量子コンピューターサイエンス	データセンタースケール・コンピューティング	データ処理基盤技術	サービスプラットフォーム	IoTアーキテクチャ	ブロックチェーン
日本	基礎	△→	○↗	△↘	△→	△↘	△→	○→
	応用・開発	△→	△↗	○↗	○→	△↘	○↗	○→
米国	基礎	◎→	◎↗	◎→	◎→	◎→	◎→	◎→
	応用・開発	◎→	◎↗	◎→	◎→	◎→	◎→	◎→
欧州	基礎	○→	◎↗	○→	◎→	◎→	○→	○→
	応用・開発	○→	△↗	○→	○→	○→	◎↗	◎↗
中国	基礎	◎→	○↗	○→	○→	◎↗	△→	○→
	応用・開発	◎↗	△→	◎↗	◎→	◎↗	◎↗	◎↗
韓国	基礎	○→		○→	○→		○→	△→
	応用・開発	△→		○→	△→		○↗	△→
カナダ	基礎		◎↗					
	応用・開発		◎↗					

戦略の基本的な考え方

①技術：

強い技術を核とした骨太化

- 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・シナリオ
- 国の研究開発プロジェクトなどで生み出した中核技術に、周辺技術をかけあわせて、強みを出す技術領域を拡大・強化するといった作戦・シナリオがその一例

②産業：

強い産業の発展・革新の推進

- 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・シナリオ
- 日本に強みのある産業において、現存する課題や将来直面する課題を見極め、それらを解決するための技術開発を推進し、その成果を産業に投入していくことで、その産業とそれを支える技術群の競争力を育成・拡大

③社会：

社会課題の先行解決

- 課題先進国として、先端技術の社会受容性で先行できることを活かして、国際競争力を構築する作戦・シナリオ
- 社会課題解決のための先端技術導入・環境変化に対する社会受容性の面で、他国に先行できるチャンスがあり、社会課題の先行解決ができれば、それを他国に事業展開

④基盤：

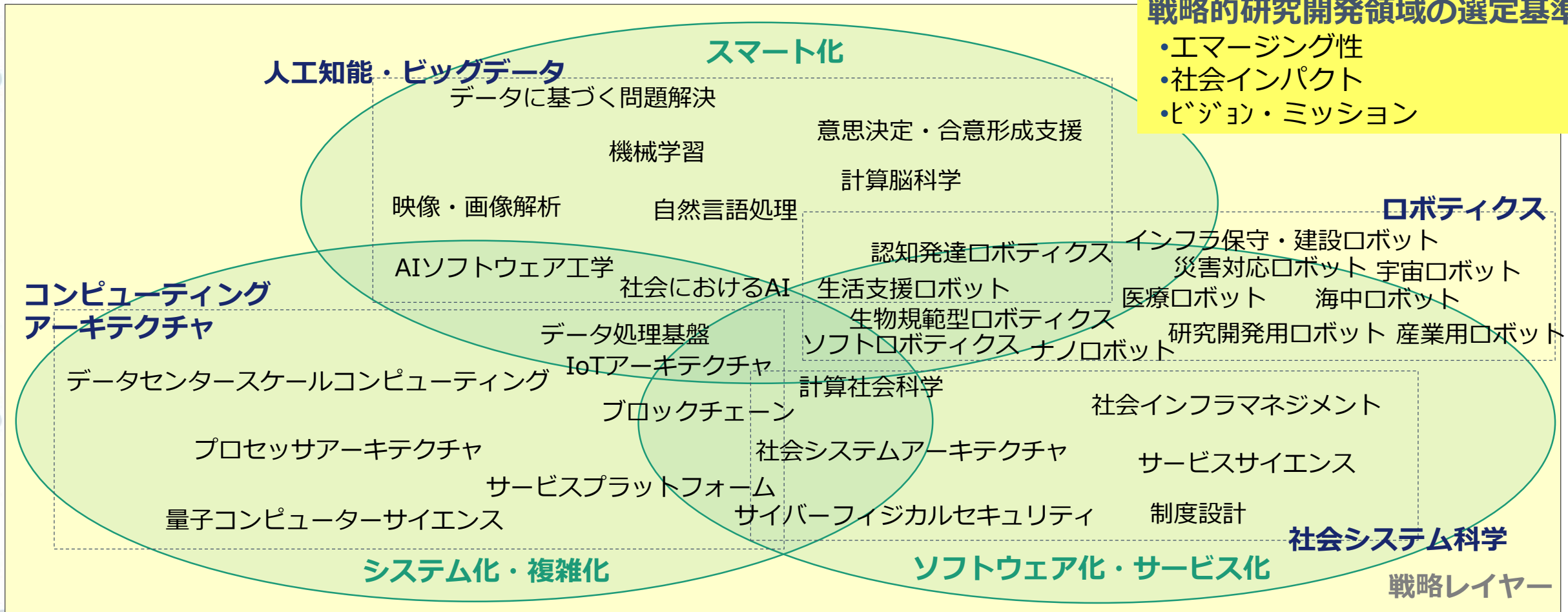
社会基盤を支える根幹技術確保

- 社会基盤を支える根幹技術は、国として保有・強化しなくてはならないという考え
- 今日、あらゆる技術を自前開発でそろえることは不可能であり、オープンイノベーション、他国からの技術導入も組み合わせ、バランスよく技術開発・活用を進めることが必要

分野の俯瞰と戦略的研究開発領域

戦略的研究開発領域の選定基準

- ・エマージング性
- ・社会インパクト
- ・ビジョン・ミッション



人工知能	ビジョン・言語処理	インタラクション	システムズ エンジニアリング
ITメディアとデータ管理	通信とネットワーク	ITアーキテクチャー	モデリング・制御・最適化
デバイス・ハードウェア	ソフトウェア	複雑系科学	システム・情報基礎理論

基盤レイヤー

理学 (数学、物理、化学)	工学 (電気電子、機械、材料)	生命化学 (生物、農学、医学)	人文科学・社会科学
----------------------	------------------------	------------------------	------------------

国として推進すべき20の重点テーマ 人工知能・ビッグデータ

1.意思決定・合意形成支援 ①技術, ④基盤

多様な価値観が混在・対立し、フェイクニュースが社会問題化しつつある複雑社会において、個人・集団が主体性や納得感を持って意思決定できるよう、ITを活用したより良い仕組みを実現。

JST (戦略プロポーザル) 複雑社会における意思決定・合意形成を支える情報科学技術 (平成29)

2.AIソフトウェア工学 ①技術, ③社会

データの例示によってシステムの動作を帰納的に定義するシステム開発の新パラダイム。安全性・信頼性を確保したAI応用システムの効率のよい開発方法論・技術体系の確立と社会実装。

JST (戦略プロポーザル) AI応用システムの安全性・信頼性を確保する新世代ソフトウェア工学の確立 (平成30)

 説明可能なAI(XAI)

3.計算脳科学 ①技術

脳を情報処理システムととらえた研究分野で、深層学習・強化学習をはじめAIの基本メカニズムとの関係が深まっている。Neuroscience-Inspired AI、計算機による全脳シミュレーション、社会脳科学等の進展からAI技術への示唆が見込まれる

4.統合AI ①技術

第2次・3次AIブームの先はトップダウンとボトムアップの統合 (機械学習+記号推論、帰納型+演繹型) へ向かう。自然言語処理の分野で深層学習との統合が見られ、さらなる発展が見込まれる。

 AI Next

国として推進すべき20の重点テーマ ロボティクス

5. 自律・認知発達ロボティクス ③社会

人間の学習のように認知機能を学習・創発する仕組みをロボットに与え、認知機能の研究とロボットへの応用をはかる。

JST CREST 認知ミラーリング（平成28～）

JST CREST 脳領域／個体／集団間のインタラクション創発原理の解明と適用（平成29～）

6. 生物規範型ロボティクス ②産業

物理制約による歩き方の効率的学習など、様々な面で生物を規範とするロボティクス技術の開発。ソフトロボティクスを含む。

7. 人間・機械共生 ①技術, ③社会

レベル3自動運転やロボットとの協調など、人間と機械の協力作業にかかるシステム・情報科学技術。技術的側面だけでなく、PL法やソフトウェア品質標準など、法制度的な側面の課題も含まれる。

JST CREST 街角環境で共生するロボットのインタラクション基盤技術（平成29～）

8. ビッグデータに基づく問題解決 ③社会

トリリオンセンサー時代の計測によって作り出されるビッグデータを、社会経済システムおよび人間行動に活かすための研究開発。

JST CREST 科学的発見・社会的課題解決に向けた各分野のビッグデータ利活用推進のための次世代アプリケーション技術の創出・高度化（平成25～）

国として推進すべき20の重点テーマ 社会システム科学

9. Society デジタルツイン ③社会

実際の社会現象の情報をIoTなどから入力し、リアルタイムで情報を更新する「社会のシミュレーター」実現に必要な、数理モデリング、複雑系科学、シミュレーション・データ同化技術など。

10. 社会システムデザイン ④基盤

強靱かつ柔軟で効率的な社会システム実現のための基盤技術の研究開発。継続性・可用性確保のための社会システムの構造設計。

JST (戦略プロポーザル) 進化的社会システムデザイン ～自然科学と社会科学の連携協調による持続可能な社会の実現～ (令和1)

11. RegTech ④基盤

特許や法律などの文章を機械可読とし、テキストマイニングや機械学習の利用により、人間の作業を支援する技術。

12. サイバーフィジカルセキュリティ ④基盤

情報・システム・デバイスセキュリティにわたる、CPS全体の安全性の確保に必要な、技術・人材・法制度の研究・開発・整備。

内閣府 SIP IoT社会に対応したサイバー・フィジカル・セキュリティ (平成30～)

国として推進すべき20の重点テーマ コンピューティングアーキテクチャ

13. サービスプラットフォーム ③社会, ④基盤

Reality2.0 実現基盤としてのプラットフォームの構築。エッジからクラウドに至るCPSアーキテクチャの最適化を含む。

JST MIRAI 多種・多様なコンポーネントを連携・協調させ、新たなサービスの創生を可能とするサービスプラットフォームの構築（平成29～）

14. ブロックチェーン ②産業, ③社会

ネットワーク上の複数のノード間で共有されつつ同期されることで同じ状態が保たれるデータの集合である分散管理台帳を実現する技術の基盤構築と応用開拓。

15. データセンタースケールコンピューティング ④基盤

大規模データセンターにおける計算機システムアーキテクチャの研究開発。データの記憶・移動に要する時間がボトルネックとなるために、メモリー中心のコンピューティングやデータ中心のコンピューティングといったアーキテクチャの研究開発。

16. 非フォンノイマンプロセッサアーキテクチャ ①技術

ニューロモーフィック、量子計算、近似計算、アナログ計算などを含む新しいコンピューティングパラダイムの探求と実装実証。

JST さきがけ 革新的コンピューティング技術の開拓（平成30～）



Rebooting Computing

国として推進すべき20の重点テーマ コンピューティングアーキテクチャ

17.量子コンピューターサイエンス ②産業, ④基盤

アルゴリズムの要求と現状のハードウェア性能の間のギャップを埋めるコンピューター科学・工学の学際的な研究開発。

JST (戦略プロポーザル) みんなの量子コンピューター ～情報・数理・電子工学と拓く新しい量子アプリ～ (平成30)

JST さきがけ 革新的な量子情報処理技術基盤の創出 (令和1～)



18.リアルタイムシステム ②産業, ④基盤

ポスト5Gの高速・大容量・超低遅延通信をねらうICTシステムアーキテクチャの研究開発。
低遅延ネットワークの実現による感覚・体験を共有するサービスなど新産業の創出も見据える。

19.データ流通・共有基盤 ④基盤

政府や行政機関が持つビッグデータの流通・共有を円滑に行うためのデータハブ基盤の構築。共通語彙、API整備、プライバシーや情報セキュリティなど法制度やガイドラインなどの課題解決。

20.数学 ①技術

数学や数理科学と情報科学の連携・融合による新しい理論・技術の構築を目指す。とくに、データ駆動型のアプローチである情報科学と、数理モデル型アプローチの数理科学との連携を重視。

JST CREST 数学・数理科学と情報科学の連携・融合による情報活用基盤の創出と社会課題解決に向けた展開 (令和1～)

JST さきがけ 数学と情報科学で解き明かす多様な対象の数理構造と活用 (令和1～)