

2024年度次世代計算基盤に係る調査研究  
合同ワークショップ（2024.12.27）



# ポスト「富岳」時代を見据えた、 新たな政府のスパコン戦略の展望

2024年 12月27日

文部科学省 研究振興局

計算科学技術推進室長 栗原 潔

# 文部科学省 研究振興局

## 計算科学技術推進室長 栗原 潔



平成17年(2005) 文科省 研究振興局産業連携課総括係長

→ 大学知的財産本部、大学発ベンチャー育成支援、知的基盤整備計画

平成19年(2007) 経産省 通商政策局北東アジア課総括係長

→ 日中韓投資協定、日中韓ビジネス環境改善アクション・アジェンダ

平成21年(2009) 文科省 研究振興局ライフサイエンス課総括係長

→ iPS細胞中核拠点整備、再生医療実現化ハイウェイ、JSTバイオサイエンスデータベースセンター

平成23年(2011) 内閣府 原子力安全委員会管理・環境課補佐、原子力規制庁国際課補佐

→ 原子力災害対策指針策定、緊急時防護措置区域、IAEA・OECD・米NRC対応

平成26年(2014) 英国マンチェスター大学 マンチェスター・ビジネス・スクール

→ 科学コミュニケーション方法論

平成27年(2015) 文科省 研究振興局情報担当参事官補佐

→ 人工知能戦略会議設立、理研革新知能センター設立、JST-AIPネットワークラボ、ACT-I

平成29年(2017) 文科省 大臣官房国際課長補佐／科学技術・学術政策局国際戦略官補佐

→ 科学技術外交、SATREPS、SICORP、さくらサイエンス、二国間科学技術協力協定

平成30年(2018) 外務省 在インド・ブータン日本国大使館 科学技術担当一等書記官

→ 安倍総理-モディ首相シャトル外交、日印科学技術人材交流、日印共同研究プロジェクト

令和 3年(2021) 文科省 科学技術・学術政策局研究開発戦略課課長補佐／研発室補佐

→ NISTEP、JST-CRDS、科学技術・イノベーション白書執筆、研究開発法人法

令和 4年(2022) 内閣官房・内閣府 健康・医療戦略室総括担当企画官

→ 健康・医療戦略、創薬力構想会議、認知症閣僚会議、AMEDデータ利活用プラットフォーム

令和 6年(2024) 文科省 研究振興局計算科学技術推進室長

# 文部科学省 研究振興局

## 計算科学技術推進室長 栗原 潔



IPA: ソフトウェア開発技術者、テクニカルエンジニア(ネットワーク)、  
テクニカルエンジニア(セキュリティ)、アプリケーションエンジニア  
バイオインフォマティクス学会: バイオインフォマティクス技術者認定  
日弁連法務研究財団: 法学検定試験2級  
日本数学検定協会: 数学検定1級

物心ついて使った言語: FM R-50でのF-BASIC → MASMでx86アセンブラ → ObjectPASCAL,C++ → Java,Perl

→東京都第一回学生企業家選手権準優勝、各種プログラミングコンテスト、フィンランドソネラ社  
→(資)東京モバイル広告設立 NTT docomo の下請けの下請けの下請けの下請け  
サーバサイド: Perl/Apache 時刻表リアルタイム取得、XML化、広告データ圧縮配信  
クライアント: JAVA docomo-DoJa, SUN-MIDPプロファイル 利用駅依存動画広告データ展開

物心ついて最初に買ったプロセッサ: AMD Am5x86-P75 133MHz  
(Socket3用PentiumODPが高価で買えず、Cyrix5x86は一次キャッシュのライトバックが問題あったから)

物心ついて最初に買ったビデオカード: NVIDIA最初のNV1チップ「ダイヤモンドマルチメディアEDGE 3D」  
(バーチャファイターとバーチャコップとパンツァードラグーンがバンドルなのに、投げ売りされていたから)

物心ついたときに憧れていたもの: DEC Alpha21164 (当時の中高生は、皆が憧れた)、  
BeBOXのマルチプロセッサ筐体のLEDバー、トランスメタ Crusoe/EfficeonのVLIW、  
「はじめてよむ486」※中学生のとき、「SOLARISインターナル カーネル構造のすべて」※大学生のとき

1. 我が国の置かれている状況
2. 科学技術・イノベーション力の現状
3. これまでの計算科学技術・HPC政策
4. 次世代の計算基盤の方向性
5. 令和6年度補正予算・令和7年度予算

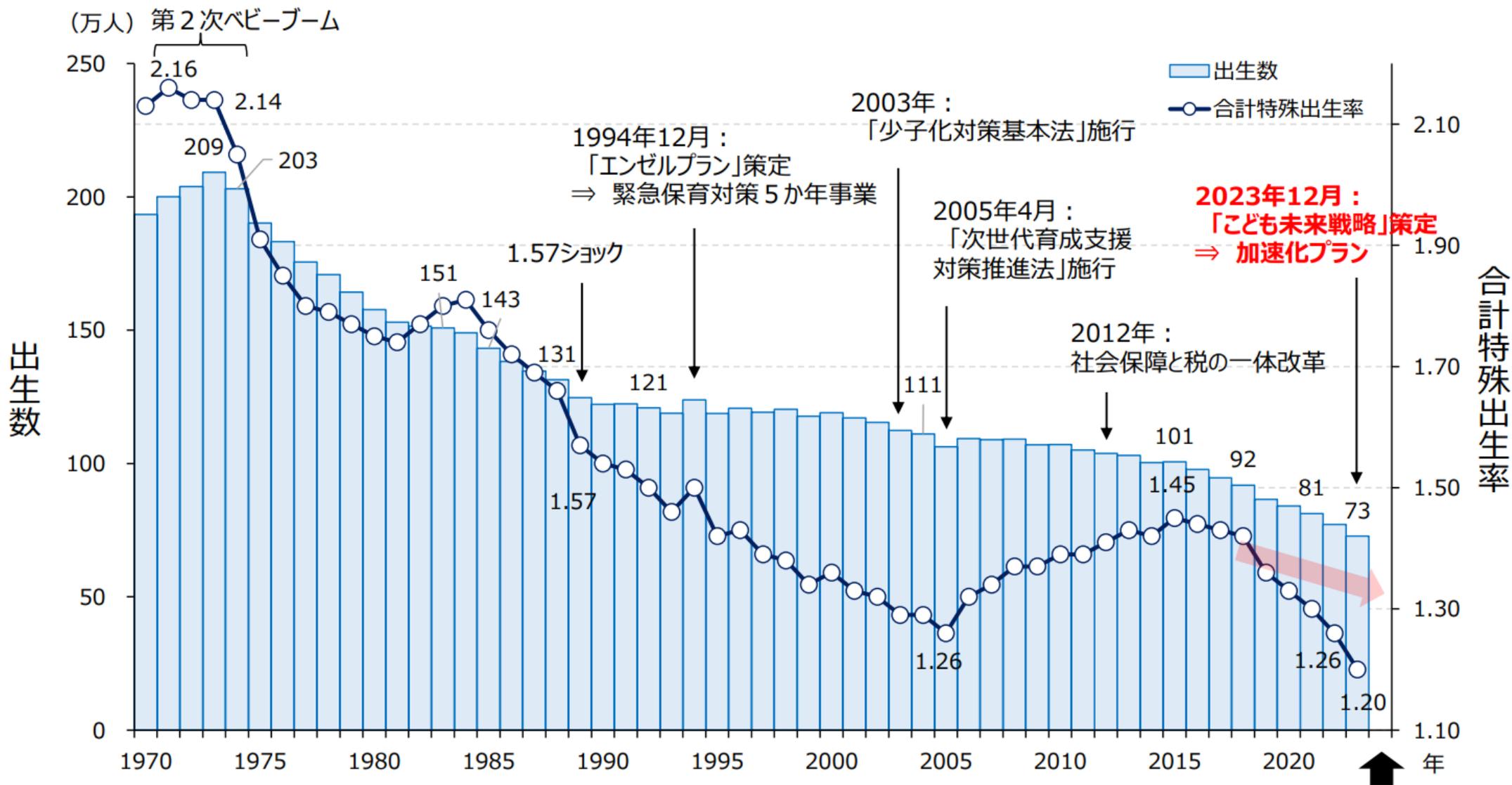
# 各国の各種指標について2000年の値を100としたときの2018~2020の数字

	人口 (2000年度を100) (百万人)	GDP (2000年度を100)	論文数 (2000-2002を100) ( )内は論文数順位 (2000- 2002→2017-2019) (分数カウント)	Top10% 論文数 (2000-2002を100) ( )内は論文数順位 (2000-2002→2017- 2019) (分数カウント)	総研究開発費 (2000年度を100)	大学部門の 研究開発費 (2000年度を100)	公的機関の 研究開発費 (2000年度を 100)	大学部門の 研究者数 (FTE) (2000年度を100, 日本(FTE)は2002 年、英国は2005年 を100)	博士号取得者 (2000年度を 100, 中国のみ 2005年度を 100)	研究支援者 数 (2000年度を100, 2000年は、日本 以外OECDのDB
日本	100(2018) (126)	109(2018)	100 (2017-19) (66022→65742) (2→4)	83 (2017-19) (4560→3787) (4→10)	120 (2019) (19.5757 兆円)	94 (2019) (2.0994 兆円) ※OECD推計値	93 (2019) (1.4025 兆円)	100 (2019) (135,392人) (FTE) 127 (2018) (329,355人) (実数)	94 (2018) (15,143人)	82 (2018) (214,457人) (実数)
米国	116(2018) (327)	201(2018)	140 (2017-19) (203852→285717) (1→2)	119 (2017-19) (31160→37124) (1→2)	216 (2018) (5815.53億ドル)	256 (2019) (787.17 億ドル)	207 (2018) (602.66 億ドル)	NA	230 (2018) (91,887人)	NA
中国	110 (2018) (1,395)	917 (2018)	1182 (2017-19) (29880→353174) (6→1)	2233 (2017-19) (1801→40219) (9→1)	2197 (2018) (1兆9678 億元)	2341 (2019) (1796.62 億元)	1059 (2018) (2986.32 億元)	340 (2019) (502,611人)	230 (2019) (61,060人)	1108 (2018) (2,515,335人)
ドイツ	102(2018) (83)	159(2018)	133 (2017-19) (51296→68091) (3→3)	141 (2017-19) (5153→7248) (3→4)	206 (2018) (1046.69億ユーロ)	235 (2019) (191.73億ユーロ)	206 (2018) (141.68 億ユーロ)	175 (2019) (117,300人)	107 (2018) (27,838人)	121 (2018) (274,019人)
英国	113(2018) (66)	195(2018)	127 (2017-19) (50059→63575) (4→5)	143 (2017-19) (6054→8687) (2→3)	209 (2018) (370.72 億ポンド)	246 (2019) (89.88 億ポンド)	110 (2018) (24.60 億ポンド)	122 (2019) (172,669人)	217 (2018) (24,900人)	134 (2018) (157,682人)
フランス	110(2018) (67)	160(2018)	122 (2017-19) (36774→44815) (5→9)	119 (2017-19) (3563→4246) (5→8)	167 (2018) (517.69 億ユーロ)	185 (2019) (107.50億ユーロ)	121 (2018) (64.73 億ユーロ)	135 (2019) (82,830人)	110 (2018) (11,561人)	93 (2018) (144,972人)
韓国	110(2018) (52)	291(2018)	372 (2017-19) (13508→50286) (13→7)	370 (2017-19) (932→3445) (14→12)	619 (2018) (85.7287兆ウォン)	472 (2019) (7.3716 兆ウォン)	468 (2018) (8.6362 兆ウォン)	175 (2019) (41,448人)	262 (2020) (16,139人)	312 (2018) (92,804人)

※OECD推計値：研究開発費のうち、教員の人件費について、研究専従換算を考慮して計上したもの。科調統計では教員の人件費をすべて計上しているが、OECDでは換算した値を活用。

# 我が国の出生数・合計特殊出生率の推移

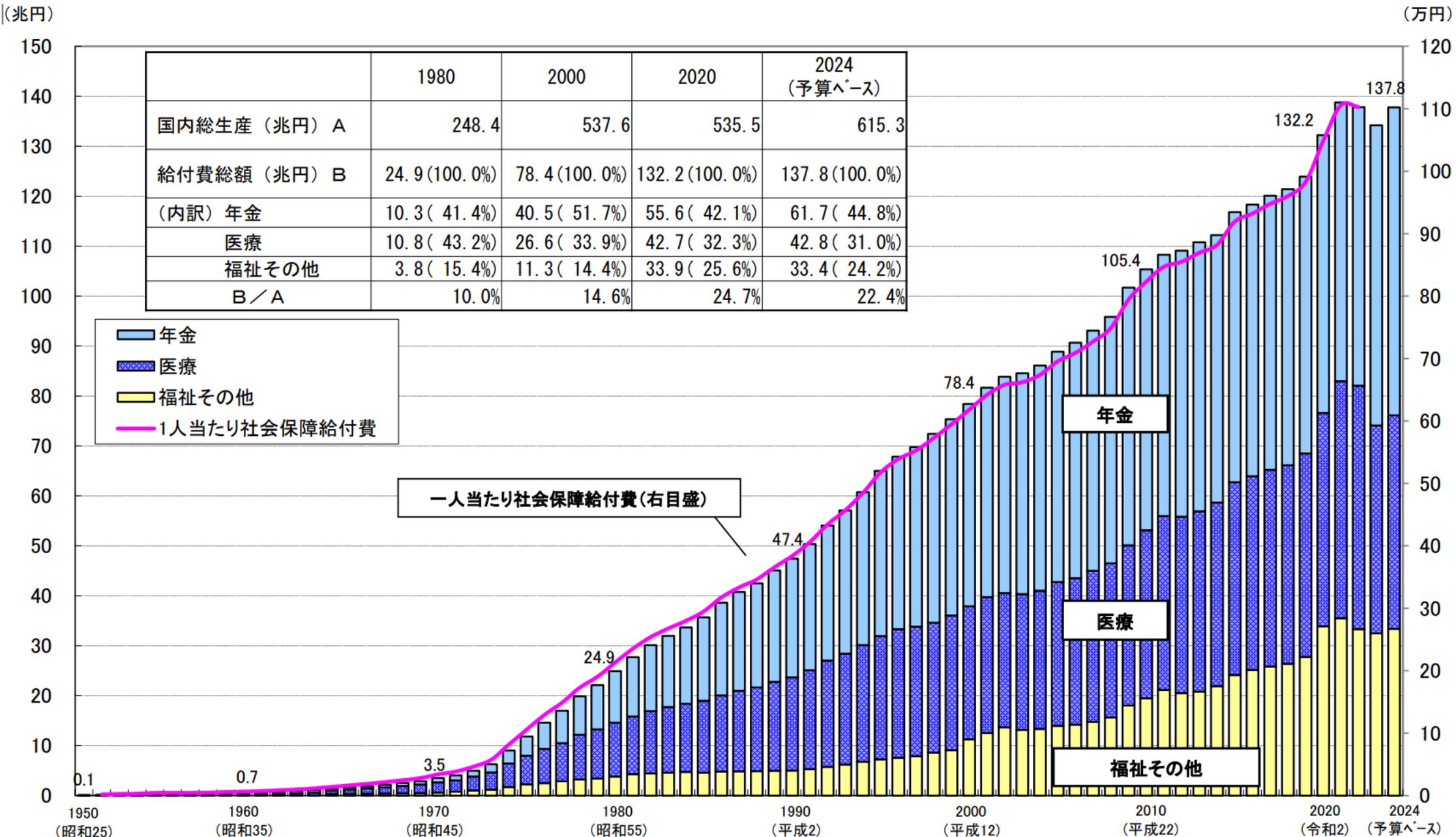
○ 年間出生者数の推移を見ると、2000年代に入るまでは120万人程度、2010年代に入るまでは110万人程度で推移していたが、2016年に100万人を下回って以降、急速に減少し、2024年は73万人となっている。



(出所) 厚生労働省「人口動態統計」  
 (注) 出生数は日本における日本人。

2024年上半期 (概数) は **32万9998人**

# 我が国の社会保障関係経費支出



資料: 国立社会保障・人口問題研究所「令和4年度社会保障費用統計」、2023~2024年度(予算ベース)は厚生労働省推計、

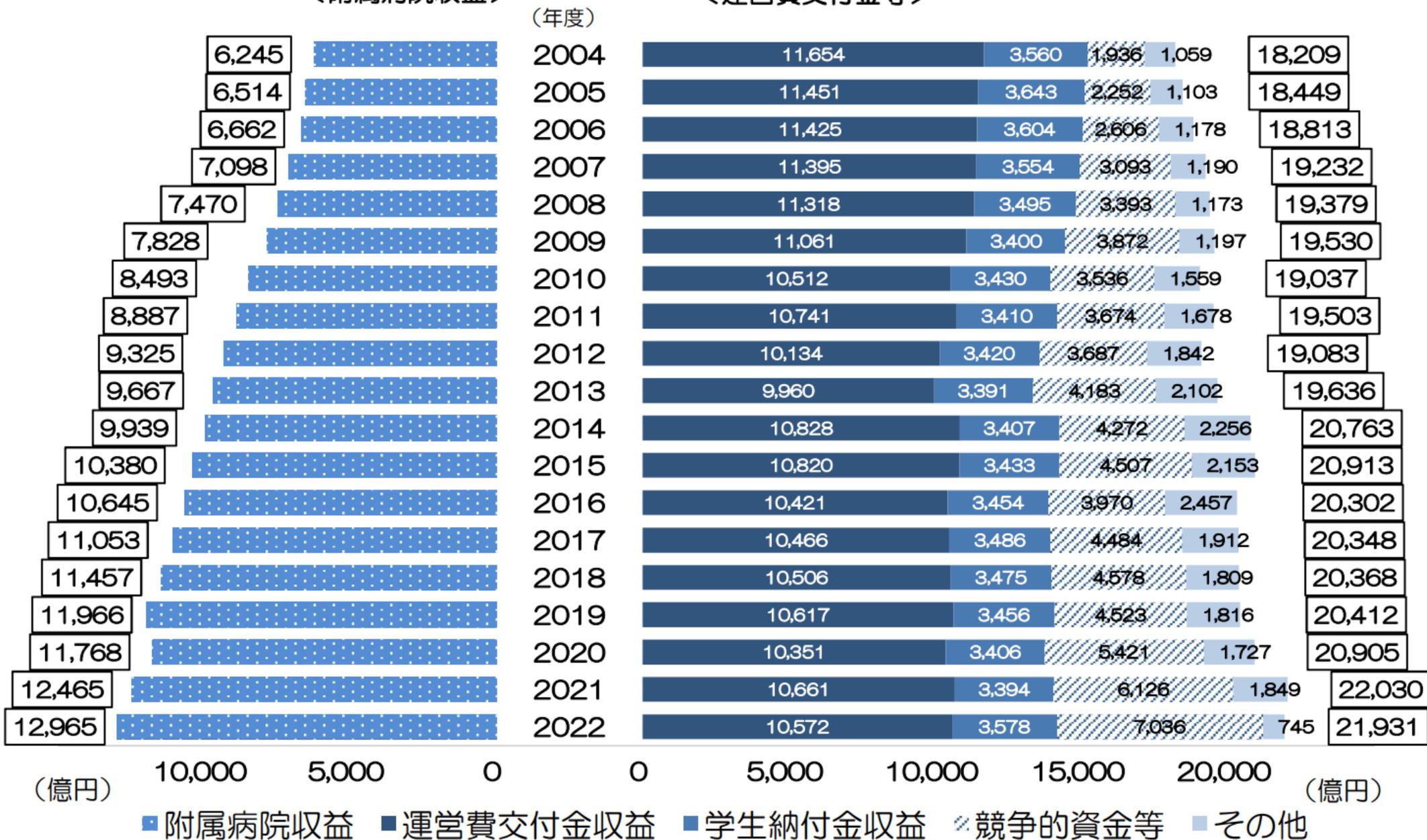
2024年度の国内総生産は「令和6年度の経済見通しと経済財政運営の基本的態度(令和6年1月26日閣議決定)」

(注) 図中の数値は、1950,1960,1970,1980,1990,2000,2010,2020及び2024年度(予算ベース)の社会保障給付費(兆円)である。

# 国立大学の経常収益の内訳（国大協資料）

## <附属病院収益>

## <運営費交付金等>



(注) 競争的資金等は補助金等収益、受託研究等収益等、寄附金収益、研究関連収益の合計額。

(出典) 文部科学省「国立大学法人等の事業年度決算等について」(各年)より国立大学協会事務局作成

<https://www.janu.jp/wp/wp-content/uploads/2024/04/12.pdf>

1. 我が国の置かれている状況
2. 科学技術・イノベーション力の現状
3. これまでの計算科学技術・HPC政策
4. 次世代の計算基盤の方向性
5. 令和6年度補正予算・令和7年度予算

# 全論文数・Top10%論文数の変化(2001年→2011年→2022年)

全分野	2000 - 2002年 (PY) (平均)		
	論文数		
	整数カウント		
国・地域名	論文数	シェア	順位
米国	235,085	31.2	1
日本	73,676	9.8	2
ドイツ	66,467	8.8	3
英国	64,651	8.6	4
フランス	48,119	6.4	5
中国	34,463	4.6	6
イタリア	32,824	4.4	7
カナダ	31,436	4.2	8
ロシア	26,053	3.5	9
スペイン	23,121	3.1	10
オーストラリア	20,260	2.7	11
オランダ	18,413	2.4	12
インド	17,967	2.4	13
韓国	15,609	2.1	14
スウェーデン	15,043	2.0	15
スイス	13,832	1.8	16
ブラジル	11,645	1.5	17
ポーランド	10,837	1.4	18
台湾	10,682	1.4	19
ベルギー	10,109	1.3	20
イスラエル	9,202	1.2	21
デンマーク	7,748	1.0	22
オーストリア	7,430	1.0	23
フィンランド	7,342	1.0	24
トルコ	6,841	0.9	25

全分野	2010 - 2012年 (PY) (平均)		
	論文数		
	整数カウント		
国・地域名	論文数	シェア	順位
米国	317,345	26.7	1
中国	160,296	13.5	2
ドイツ	89,628	7.5	3
英国	85,457	7.2	4
日本	75,975	6.4	5
フランス	64,134	5.4	6
イタリア	53,179	4.5	7
カナダ	52,546	4.4	8
スペイン	45,867	3.9	9
インド	45,781	3.8	10
韓国	44,273	3.7	11
オーストラリア	39,069	3.3	12
ブラジル	33,962	2.9	13
オランダ	30,126	2.5	14
ロシア	27,665	2.3	15
台湾	24,783	2.1	16
スイス	23,107	1.9	17
トルコ	22,498	1.9	18
イラン	21,047	1.8	19
ポーランド	20,693	1.7	20
スウェーデン	19,907	1.7	21
ベルギー	16,983	1.4	22
デンマーク	12,544	1.1	23
オーストリア	11,929	1.0	24
イスラエル	11,035	0.9	25

全分野	2020 - 2022年 (PY) (平均)		
	論文数		
	整数カウント		
国・地域名	論文数	シェア	順位
中国	609,498	30.3	1
米国	414,258	20.6	2
英国	132,205	6.6	3
ドイツ	123,688	6.1	4
インド	105,162	5.2	5
日本	92,673	4.6	6
イタリア	92,051	4.6	7
フランス	81,172	4.0	8
カナダ	78,371	3.9	9
オーストラリア	75,049	3.7	10
韓国	73,760	3.7	11
スペイン	72,515	3.6	12
ブラジル	59,339	2.9	13
イラン	48,252	2.4	14
ロシア	45,187	2.2	15
オランダ	44,952	2.2	16
トルコ	41,213	2.0	17
ポーランド	38,680	1.9	18
スイス	36,986	1.8	19
サウジアラビア	35,209	1.7	20
台湾	32,056	1.6	21
スウェーデン	32,007	1.6	22
ベルギー	25,803	1.3	23
エジプト	24,701	1.2	24
パキスタン	23,693	1.2	25

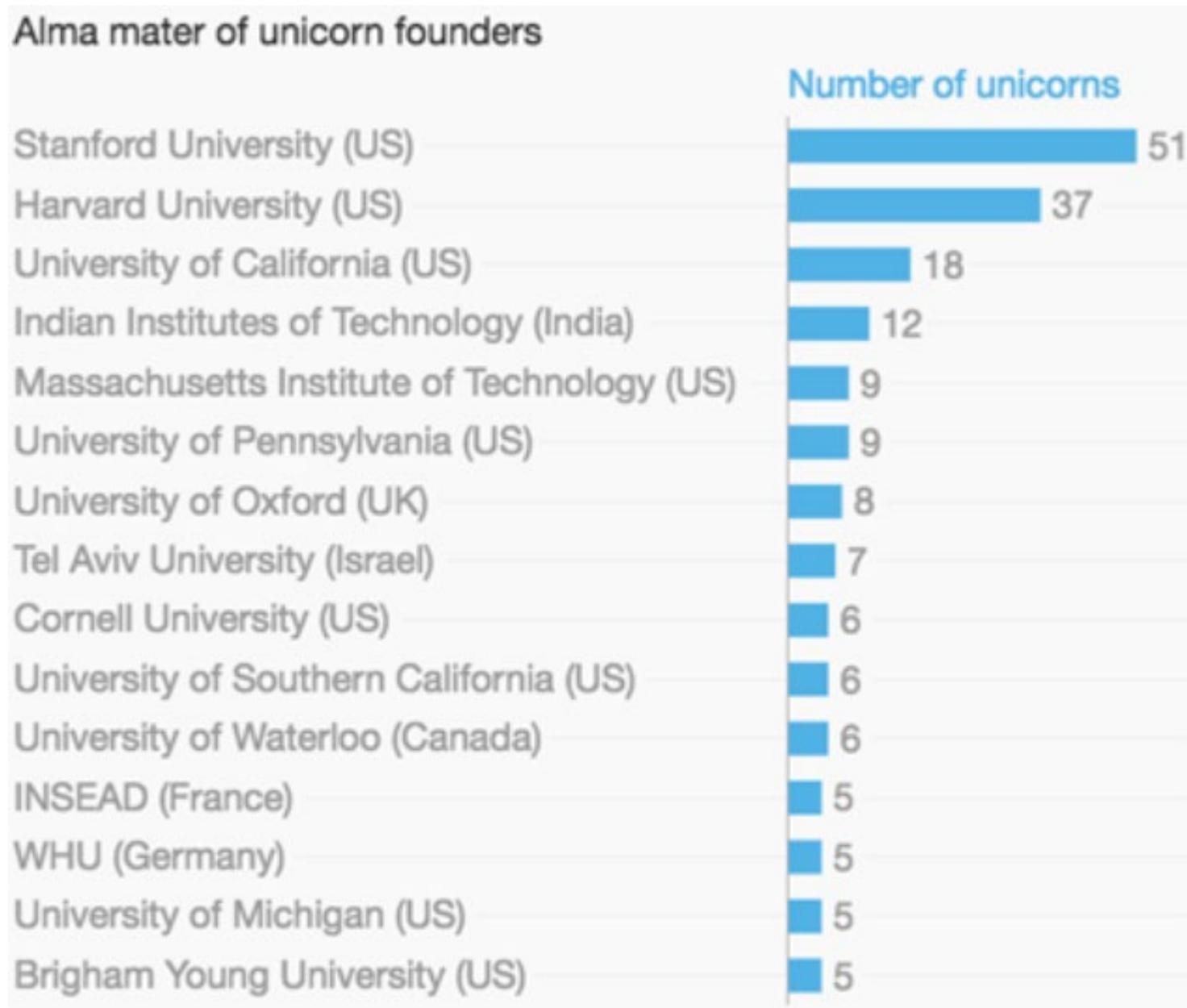
全分野	2000 - 2002年 (PY) (平均)		
	Top10%補正論文数		
	分数カウント		
国・地域名	論文数	シェア	順位
米国	30,661	40.8	1
英国	6,098	8.1	2
ドイツ	5,034	6.7	3
日本	4,472	5.9	4
フランス	3,581	4.8	5
カナダ	2,817	3.7	6
イタリア	2,233	3.0	7
中国	1,830	2.4	8
オランダ	1,818	2.4	9
オーストラリア	1,729	2.3	10
スペイン	1,527	2.0	11
スイス	1,302	1.7	12
スウェーデン	1,227	1.6	13
韓国	920	1.2	14
インド	819	1.1	15
ベルギー	715	1.0	16
イスラエル	707	0.9	17
デンマーク	697	0.9	18
台湾	672	0.9	19
フィンランド	572	0.8	20
ブラジル	469	0.6	21
オーストリア	449	0.6	22
ロシア	419	0.6	23
シンガポール	358	0.5	24
ノルウェー	355	0.5	25

全分野	2010 - 2012年 (PY) (平均)		
	Top10%補正論文数		
	分数カウント		
国・地域名	論文数	シェア	順位
米国	38,275	32.2	1
中国	12,491	10.5	2
英国	7,800	6.6	3
ドイツ	7,003	5.9	4
フランス	4,793	4.0	5
日本	4,329	3.6	6
カナダ	4,283	3.6	7
イタリア	3,707	3.1	8
オーストラリア	3,496	2.9	9
スペイン	3,255	2.7	10
オランダ	2,886	2.4	11
韓国	2,379	2.0	12
インド	2,342	2.0	13
スイス	1,942	1.6	14
スウェーデン	1,386	1.2	15
台湾	1,338	1.1	16
ベルギー	1,237	1.0	17
ブラジル	1,132	1.0	18
デンマーク	1,057	0.9	19
イラン	1,052	0.9	20
シンガポール	1,012	0.9	21
イスラエル	774	0.7	22
トルコ	756	0.6	23
オーストリア	715	0.6	24
ポルトガル	701	0.6	25

全分野	2020 - 2022年 (PY) (平均)		
	Top10%補正論文数		
	分数カウント		
国・地域名	論文数	シェア	順位
中国	64,138	31.8	1
米国	34,995	17.4	2
英国	8,850	4.4	3
インド	7,192	3.6	4
ドイツ	7,137	3.5	5
イタリア	6,943	3.4	6
オーストラリア	5,151	2.6	7
カナダ	4,654	2.3	8
韓国	4,314	2.1	9
フランス	4,083	2.0	10
スペイン	3,991	2.0	11
イラン	3,882	1.9	12
日本	3,719	1.8	13
オランダ	2,878	1.4	14
サウジアラビア	2,140	1.1	15
ブラジル	2,131	1.1	16
スイス	2,071	1.0	17
トルコ	2,052	1.0	18
エジプト	1,826	0.9	19
パキスタン	1,696	0.8	20
スウェーデン	1,565	0.8	21
シンガポール	1,520	0.8	22
台湾	1,511	0.8	23
ポーランド			
ベルギー			

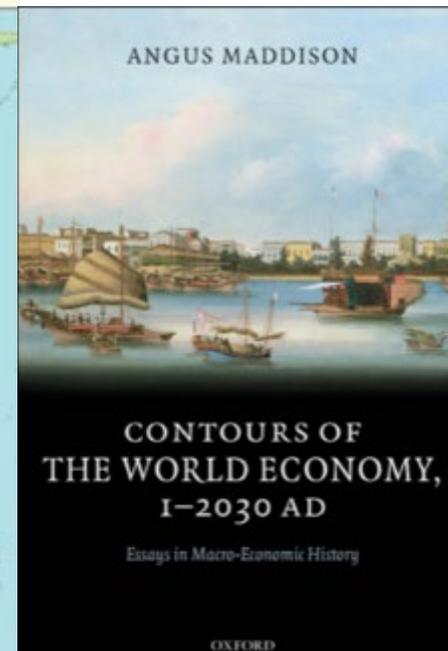
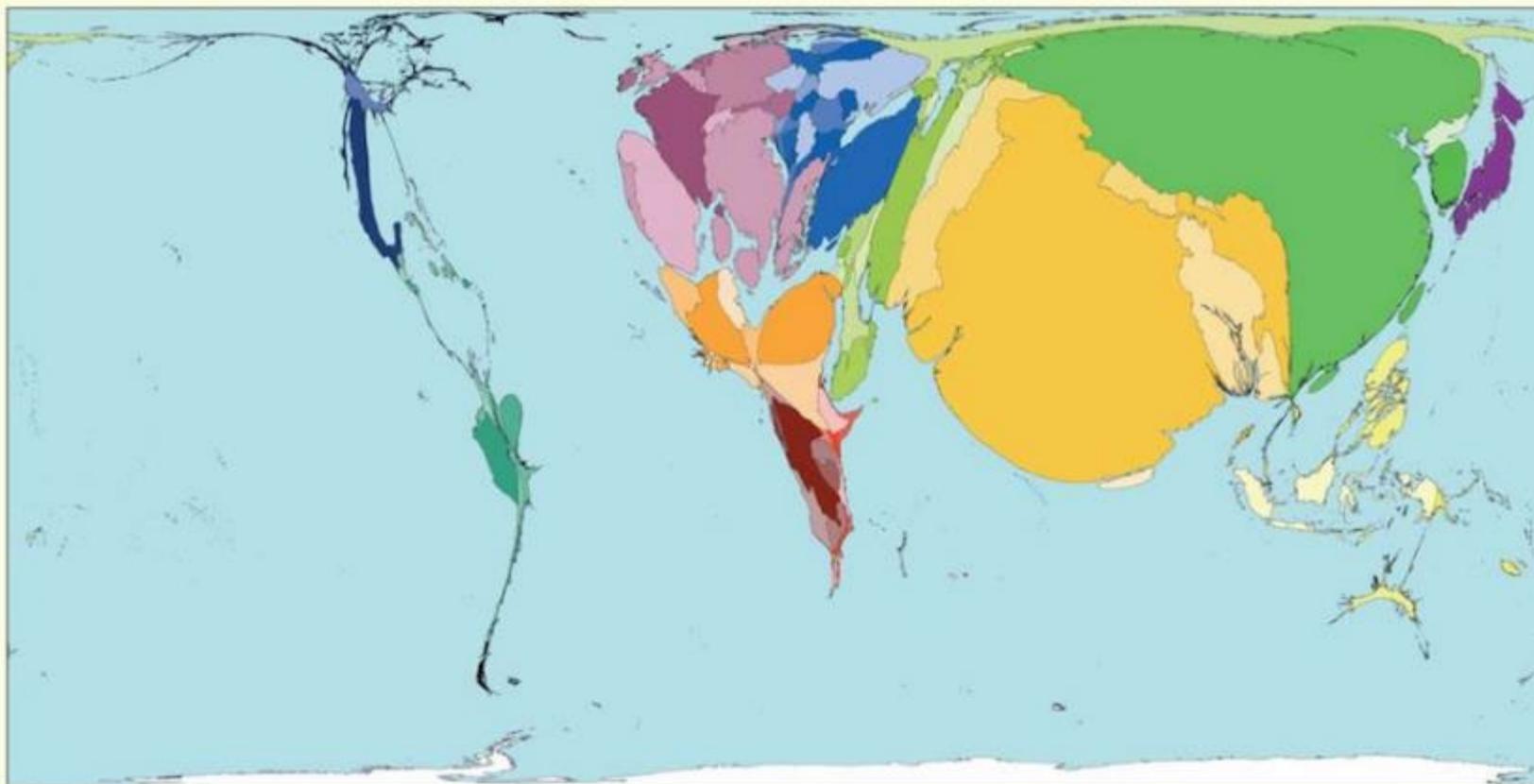


# 大学発スタートアップ・ユニコーン企業



※英国調査会社Sage社公表リスト(2017. 9)より引用

# 2000年前の各国GDP (Angus Maddison氏著書より引用)



**Land area**

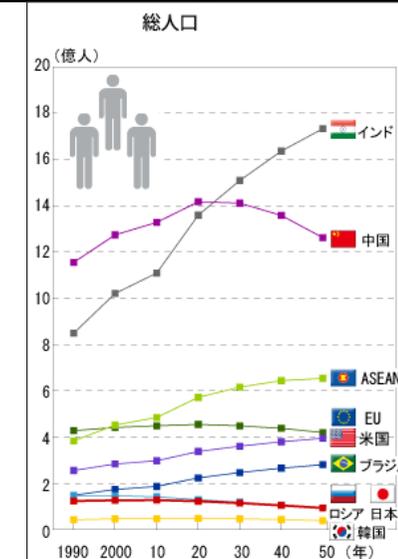
**Technical notes**

- Data are from Angus Maddison's 2003 The World Economy.
- Gross Domestic Product is measured in Purchasing Power Parity (PPP) US\$, thus PPP US\$1 had similar purchasing power then as in 1990 in the United States.
- \*The population for Madagascar, Singapore and New Zealand was thought to be 0 in year 1.
- See website for further information.

## MOST AND LEAST WEALTH IN YEAR 1

Rank	Territory	Value	Rank	Territory	Value
1	Bangladesh	453.7	191	Paraguay	400.14
2	India	452.8	192	Brazil	400.13
3	Italy	452.7	193	Uruguay	400.11
4	Greece	451.9	194	Argentina	400.11
5	France	451.8	195	Canada	400.06
6	Republic of Korea	451.8	196	Panama	400.02
7	Pakistan	451.8	197	Greenland	400.01
8	Spain	451.7	198	Madagascar	0.00
9	Germany	451.7	198	Singapore	0.00
10	China	451.6	198	New Zealand	0.00

average gross domestic product per person in year 1 in purchasing power parity of 1990 US\$\*

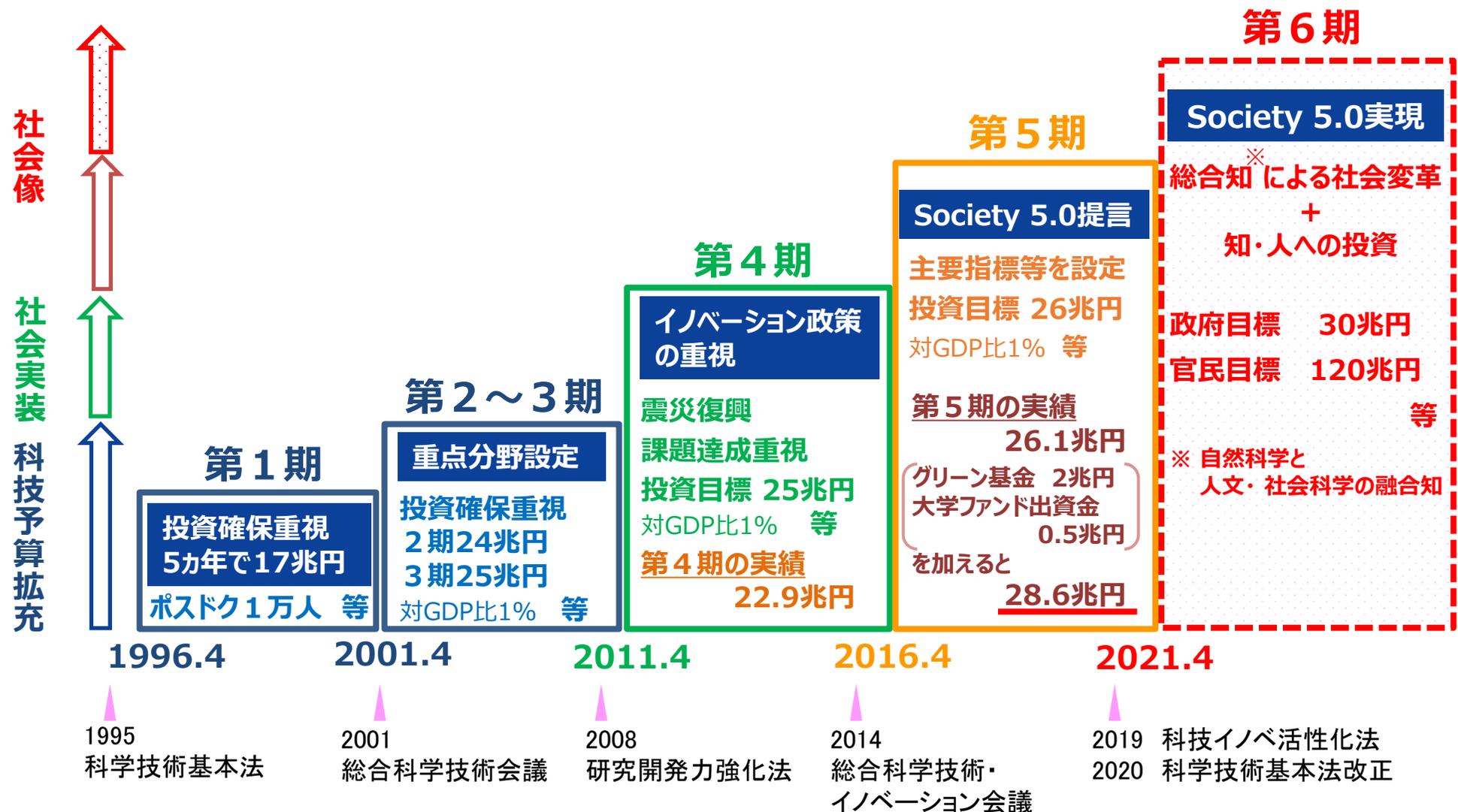


注: 2005年は一部推計値。2006年以降は日経センター予測。米国のみ国連予測。EUは主要19カ国が対象  
資料: 総務省「国勢調査」、United Nations, World Population Prospects: The 2004 Revision

1. 我が国の置かれている状況
2. 科学技術・イノベーション力の現状
3. これまでの科学技術・HPC政策
4. 次世代の計算基盤の方向性
5. 令和6年度補正予算・令和7年度予算

# 科学技術・イノベーション基本計画

- 科学技術基本法制定(1995年)に基づき、基本計画を5年毎に策定
- 第1～3期では**科学技術予算拡充**、第4期では**社会実装**を重視、第5期では「**Society 5.0**」を提言
- 第6期は基本法を改正(2020年)、基本計画の対象に「**人文・社会科学の振興**」と「**イノベーションの創出**」を追加。本格的な社会変革に着手



# 政策の俯瞰

1990	バブル経済崩壊	～1990	通産省 科学技術用高速計算システムプロジェクト
1991	冷戦終結	1991	大学院重点化（大学院学生数を倍増）
1993	EU発足	1992	（米国HPCC計画）
1995	阪神淡路大震災	～1994	通産省 第五世代コンピュータ・プロジェクト
		1992～	リアルワールド・コンピューティング・プロジェクト
		1995	科学技術基本法
1997	京都議定書	1996	（米国ASCIプロジェクト）
1999	ブタペスト宣言 JCO事故	1996	第1期基本計画 政府研究開発投資の拡充、政府投資の総額規模17兆円、競争的研究費の拡充、ポストドクター1万人計画等
2001	小泉政権発足 同時多発テロ	1999	独立行政法人通則法
		2001	省庁再編（総合科学技術会議、文部科学省）
			第2期基本計画 政府投資の総額規模24兆円 重点4分野（ライフサイエンス・情報・ナノ材料・環 競金倍増等
2004	パルミサーレレポート	2004	国立大学法人化
2006	iPS細胞作成成功	2005	総人件費改革（人件費削減）
2008	リーマンショック 日本の総人口ピーク	2006	第3期基本計画 政府投資の総額規模25兆円、 重点推進4分野・推進4分野、教育再生会議設置
2009	政権交代	2008	研究開発力強化法（イノベーション法定、人件費削減例外）
2010	中国GDP 2位	2009	行政刷新会議（事業仕分け）
2011	東日本大震災	2011	第4期基本計画 政府投資目標25兆円 課題達成型、イノベーション政策の 内閣官房 医療イノベーション推進室の設置（2013.2に廃止）
2012	政権交代	2013	研究開発力強化法改正（労契法特例、URA法定、出資） 内閣官房 健康・医療戦略室の設置、健康・医療戦略推進法
2015	SDGs採択 パリ協定採択	2014	総合科学技術・イノベーション会議の改組 第1期健康・医療戦略
2018	国際学術会議（ISC）	2015	国立研究・特定研究制度、日本医療研究開発機構AMED発足
		2016	第5期基本計画 Society 5.0提言 政府投資目標26兆円
2020	新型コロナ流行 英国のEU離脱	2019	科学技術・イノベーション活性化法（基金の迅速造成）、 科学技術・イノベーション基本法（イノベーション創出を法の対象に）
2022	ウクライナ戦争	2021	第6期基本計画 Society 5.0実現 政府30兆円 官民120兆円目標 16



数値風洞



CP-PACS

地球シミュレータ  
の開発開始



京の開発開始



富岳の開発開始



# 80年代以降の主な情報技術関連プロジェクト

情報科学技術委員会  
 (第91回)資料6 H27.12.2  
 【朝日新聞社 馬場氏提出資料】

プロジェクト	実施年度	予算	予算 (現在価値)	背景	目標	タイプ
科学技術用高速計算システム(スーパー・コンピュータ・プロジェクト)	1981-1989 年度	約187億 円	約237億 円	スーパー・コンピュータ分野において、米国が性能・実績で他を圧倒	シリコン素子に代わる、高速で高密度実装可能な素子を開発し、高速並列処理システムにより10GFLOPSを達成	「基礎」寄り
第五世代コンピュータ・プロジェクト	1982-1994 年度	約569億 円	約704億 円	ハード・ソフトのコスト上昇に対応して、90年代に実用化されるべきコンピュータ・システムとは何か	知識情報処理を指向し、並列処理と知識ベースを用いる推論処理を基本メカニズムとする技術体系の確立	「基礎」寄り
リアルワールド・コンピューティング・プロジェクト	1992-2001 年度	約480億 円	約498億 円	情報ネットワークの生活環境への浸透により増加する、情報の量・質・種類への対応の必要性	実世界の多種多様な情報を柔軟に処理できる、情報処理技術の基盤を確立すること	「基礎」寄り
ソフトウェア生産工業化システムプロジェクト(Σプロジェクト)	1985-1989 年度	約250億 円	約291億 円	将来大量のプログラマが不足し、深刻なソフトウェア危機が到来と予測	ソフトウェアの生産性・品質の向上、ソフトウェア技術者の育成	「応用」寄り
情報大航海プロジェクト	2007-2009 年度	約150億 円	約154億 円	情報爆発により、大量に蓄積していく情報を有効に活用	多種多様な大量の情報の中から新たな価値を創出する先進的なサービスを実証	「応用」寄り

「予算(現在価値)」は各プロジェクト開始年度の消費者物価指数から算出、表各行の高さはその大きさを表す。またタイプは筆者判断

計算科学の重要性は航空宇宙工学、原子力工学、気象科学および土木建設工学の分野においては計算機開発の初期の頃から認識されていたが、近年の半導体技術および方式技術の急激な発展により計算機が高速化と大容量化を達成するに及んで宇宙科学、環境科学、分子科学、材料科学等、科学技術の殆どあらゆる分野においてその重要性が認識されるに至った。

米国においては計算科学分野の振興とその研究開発環境の整備のための High Performance Computing and Communications (HPCC) 計画を推進するため、1991年以降、年間6億～10億ドルの予算を投入している。その内容は高速計算機システムの開発、研究および教育用の全国ネットワークの整備、並列処理技術の開発、情報処理支援基盤技術の開発、人材の養成等多岐にわたっている。この計画達成のために主要な国立研究機関の協力が結集されている。

欧州においても ESPRIT 計画等の政府計画において高度情報処理技術の推進を計っている。

我が国においても 21 世紀における計算科学の重要性は関係各省庁において認識されつつあり、先端科学分野の推進を必須要件とする分野の研究開発を多数その傘下に擁している科学技術分野は計算科学の系統的かつ恒常的な推進を講じる時期にきていると考える。

## 【プロジェクトの目的】

- 計算科学技術を発展させ、広汎な分野の科学技術・科学研究及び産業における幅広い利用のための基盤を提供することにより、我が国の競争力を強化するとともに、材料や医療をはじめとした多様な分野で社会に貢献する研究成果を挙げる。
- 我が国において、継続的にスーパーコンピュータを開発していくための技術力を維持及び強化する。

## 【プロジェクトの目標】

- 世界最先端・最高性能の次世代スーパーコンピュータを開発し、汎用性を重視しつつ、以下の性能を達成するとともに、大学・研究機関等が必要とする多種多様な計算機としての展開、及び開発を通じて獲得した技術の他の製品開発への展開に道筋をつけること。
  - i) Linpackで10ペタFLOPSを達成する。
  - ii) HPC CHALLENGE 全28項目中、過半数以上の項目で最高性能を達成する。
- 次世代スーパーコンピュータを最大限利活用するためのソフトウェア（ナノテクノロジー分野及びライフサイエンス分野のグランドチャレンジ・アプリケーション）を開発し、普及させること。
- スーパーSINETで接続された大学・研究機関のスーパーコンピュータと連携し、次世代スーパーコンピュータを幅広く共同利用するための体制を整備することにより、科学技術に係る広範な研究活動の基盤となる柔軟性のある計算環境の提供を可能とすること。
- 次世代スーパーコンピュータを中核として、世界最高水準のスーパーコンピューティング研究教育拠点(COE)を形成すること。

1. 我が国の置かれている状況
2. 科学技術・イノベーション力の現状
3. これまでの科学技術・HPC政策
4. 次世代の計算基盤の方向性
5. 令和6年度補正予算・令和7年度予算

## ◎ 政策文書における記載

### 【経済財政運営と改革の基本方針2024（令和6年6月21日閣議決定）】

（研究の質を高める仕組みの構築）

さらに、官民共同の仕組み等による**大型研究施設の戦略的な整備・活用・高度化の推進**<sup>226</sup>や研究DXによる生産性向上、若手研究者の処遇向上や、女性研究者、研究開発マネジメント人材の活躍促進、産学官連携によるキャンパスの共創拠点化、大学病院における教育・研究・診療機能の質の担保に向けた医師の働き方改革の推進等を図る。

<sup>226</sup> 大型放射光施設SPring-8及びNanoTerasuや**スーパーコンピュータ「富岳」**等。生物・医学、素粒子物理学、天文学、情報学といった、世界の学術フロンティアなどを先導する国際的なものを含む。

（A I・半導体）

**A Iに関する競争力強化と安全性確保を一体的に推進するため、「統合イノベーション戦略2024」<sup>26</sup>に基づき、官民連携の下、データ整備を含む研究開発力の強化や利活用の促進、計算資源の大規模化・複雑化に対応したインフラの高度化、個人のスキル情報の蓄積・可視化を通じた人材の育成・確保を進めるとともに、**

<sup>26</sup> 令和6年6月4日閣議決定。

### 【新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計画2024年改訂版（令和6年6月21日閣議決定）】

（1）**A IのイノベーションとA Iによるイノベーションの加速**

A Iの研究開発力の強化とA Iの利活用を一体的に官民が連携して進めていくとともに、**計算資源等のインフラの高度化**や人材の育成・確保に取り組む。

①研究開発力の強化

**A I開発に不可欠な計算資源を諸外国に対して劣後せず、幅広い開発者が利用できるよう、引き続き官民で整備を進める。**

医療や創薬、マテリアル等の分野で日本の強みである科学研究データ創出基盤の強化（A I for Science：科学の成果を得るためにA Iを活用すること）や労働力不足の解消やGX等に資する革新的なA Iロボット等の研究開発・実装等を官民で加速するとともに、**「富岳」の次世代となる優れたA I性能を有する新たなフラッグシップシステムの開発・整備に着手する。**

## ◎ 政策文書における記載

### 【統合イノベーション戦略2024（令和6年6月4日閣議決定）】

#### 2. 3つの強化方策

##### (3) AI分野の競争力強化と安全・安心の確保

医療や創薬、マテリアル等の分野で日本の強みである科学研究データ創出基盤を強化するなど**AI for Science**を官民で加速するとともに、「富岳」の次世代となる優れたAI性能を有する新たなフラッグシップシステムの開発・整備に着手する。

#### 3. 着実に推進する3つの基軸

##### (2) 知の基盤（研究力）と人材育成の強化

##### ② 研究施設・設備の強化、オープンサイエンスの推進

（研究DXを支えるインフラ整備や研究施設・設備の共用化の推進）

- 引き続き、「富岳」を効率的かつ着実に運用し学术界・産業界における幅広い活用を促進するとともに、データサイエンスの進展や生成AIに係る技術革新等に伴い研究開発に必要なスパコン等の計算資源の需要が急拡大・多様化していることも踏まえ、新たなフラッグシップシステムの開発・整備に着手する。

### 【科学技術イノベーション基本計画（令和3年3月26日閣議決定）】

#### ② 研究DXを支えるインフラ整備と高付加価値な研究の加速

##### (3) AI分野の競争力強化と安全・安心の確保

- スパコン計算資源については、2021年よりスーパーコンピュータ「富岳」の本格的な共用を進めるとともに、**国内の大学、国立研究開発法人等のスパコン計算資源について、全国の研究者の多様なニーズに応える安定的な計算基盤として増強**する。加えて、次世代の計算資源について、我が国が強みを有する技術に留意しつつ、産学官で検討を行い、2021年度までに、その方向性を定める。この検討の結果を踏まえ、必要な取組を実施する。

## 各科学分野におけるAIの活用領域の拡大

### 2. ナノサイエンス・デバイス

- 材料研究におけるAI活用:機械学習ポテンシャル分子動力学
- データ科学と分光実験の融合による材料解析フローの構築
- 量子コンピュータを用いた機械学習モデル構築と物性計算への展開
- 新材料開発におけるAI活用
- データ駆動型アプローチによる強相関量子物質の解析
- 量子多体問題の数値解法とその活用
- 実験データの統合解析
- 非晶物質ダイナミクスへのAI活用-GNNから生成モデリングへ

### 3. エネルギー・資源

- シミュレーションとインフォマティクスによる材料設計と材料探索
- 機械学習ポテンシャルを用いた分子系の高精度分子動力学シミュレーション
- 人工ニューラルネットワークによる量子多体系の記述
- ハイパフォーマンス・コンピューティングと人工知能が加速する量子化学

### 4. 素粒子・原子核

- 核子多体系の構造・反応計算
- 人工ニューラルネットワークを用いた量子多体問題の解析

### 5. 生命科学

- 機械学習に基づく生体分子の立体構造解析
- 機械学習を用いた生体分子の反応座標探索
- 「世界モデル」を組み込んだ強化学習による医学・生物学研究の遂行
- フラグメント分子軌道計算とAI/データ科学
- 差分シミュレーションを用いた分子動力学力場の最適化
- AIを用いた粗視化分子動力学(CGMD)の力場開発
- 機械学習ポテンシャルの発展と展望
- 生体高分子ダイナミクスを記述するための次元削減
- VAEを拡張したタンパク質ダイナミクスの表現学習

### 6. 創薬・医療

- 医療における言語モデルとマルチモーダル基盤モデル
- タンパク言語モデルの現状と課題
- ゲノム配列を扱う大規模言語モデル
- 遺伝子発現データのための基盤モデル
- 生成モデルによる分子設計
- 化合物-タンパク相互作用予測
- タンパク質立体構造予測
- 医療におけるAIの説明可能性と介入シミュレーション

### 7. 設計・製造

- CNN-AEによる流れの特徴抽出とその応用
- 3D 生成 AI の構造最適設計への応用

### 8. 社会科学 (2024年度以降に執筆予定)

### 9. 脳科学・人工知能

- 神経科学とAI技法 そして大規模詳細神経回路シミュレーション

### 10. 地震・津波

- 地震学の逆問題における PINN の活用事例と大規模問題への適用可能性
- データサイエンティスト的手法による大規模シミュレーションの高速化

### 11. 気象・気候

- サロゲートモデルリング:雲微物理過程へのAIの適用、重力波パラメタリゼーション、Navier-Stokes乱流に対するRC学習
- 気象への応用:全球数値気象モデル(GCM)エミュレーション、AI データ同化融合・降水ナウキャスト、リザーブ計算・気象予測への応用
- データセット・モデル共有・相互比較・分析のためのプラットフォーム

### 12. 宇宙・天文

- 深層学習による高エネルギー天体现象の研究
- 天文ビッグデータからの宇宙論的情報の抽出

## 将来のLLMパラメータ数の推定

- 仮定：2016年~2022年と同様のペースで必要計算量/パラメータ数が増加すると仮定
- 将来のLLMパラメータ数の予想
  - 2028年頃:  $9.0 \times 10^{25}$  FLOPs (グラフより)  $\rightarrow$  0.85 Trillion parameters (式3より)
  - 2029年頃:  $1.5 \times 10^{26}$  FLOPs (グラフより)  $\rightarrow$  1.10 Trillion parameters (式3より)
  - 2030年頃:  $3.0 \times 10^{26}$  FLOPs (グラフより)  $\rightarrow$  1.59 Trillion parameters (式3より)

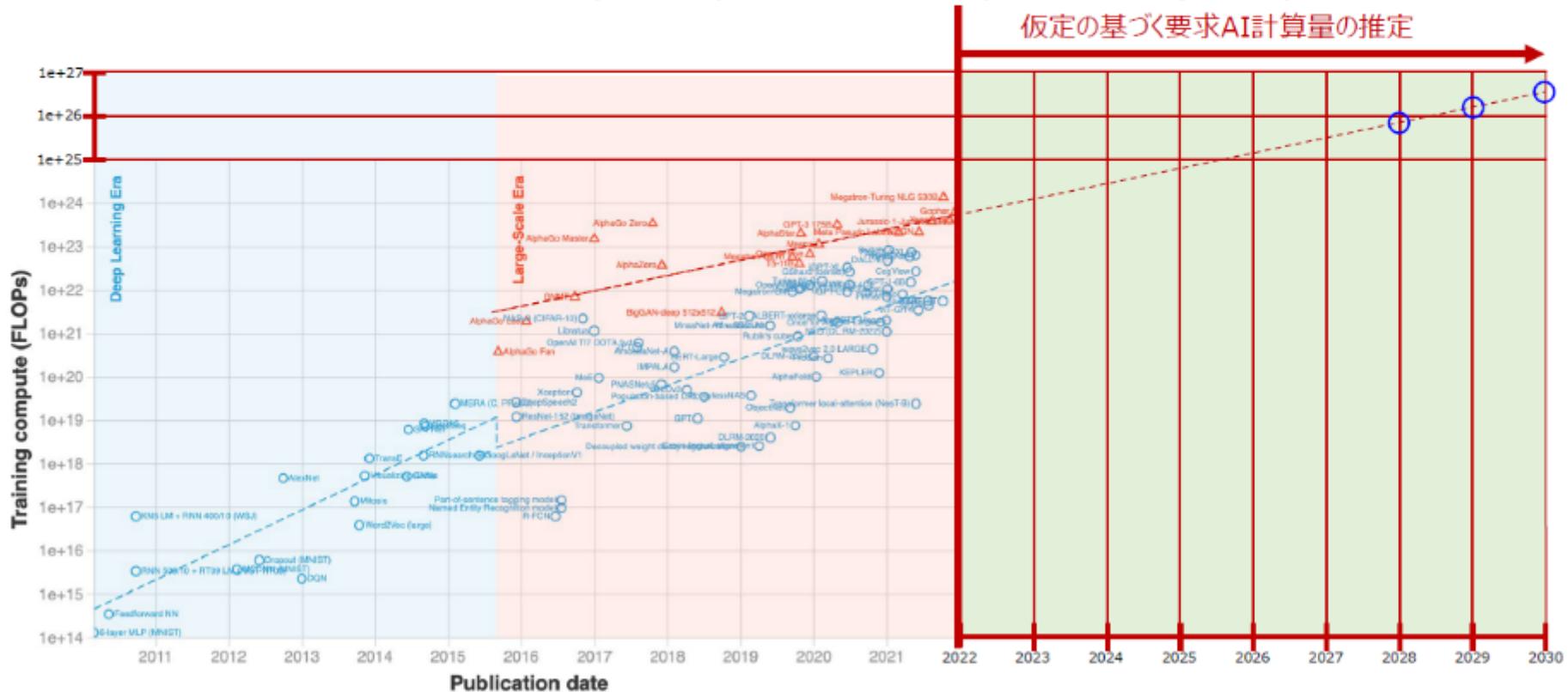


Figure 3: Trends in training compute of  $n$  102 milestone ML systems between 2010 and 2022. Notice the emergence of a possible new trend of large-scale models around 2016. The trend in the remaining models stays the same before and after 2016.

Source: arXiv:2202.05924v2 [cs.LG] 9 Mar 2022

## AI for Science ロードマップでのニーズ事例 (一部を抜粋)

### 【エネルギー・資源】AIによる量子化学ソフトウェア開発および実験の加速 (例 1)

#### 研究背景: 量子化学による新材料の発見

量子化学計算によって得られたビッグデータを分析することによって、より高性能・高機能な新しい分子や材料の発見に役立つ。

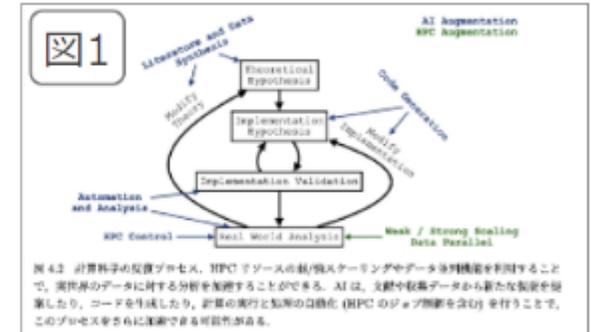
#### AI4S ロードマップ: AIによる開発・実験の加速 (図1)

**基盤モデルと計算科学:** 新しい量子化学方法論の開発や新材料の設計・探索に基盤モデルを統合し、作業を加速。

**AIの活用:** 既存の文献やデータに基づき、量子化の理論やコードの革新的な最良案を提案し、開発時間を短縮。

**インタラクティブな開発プロセス:** AIを使用して計算実験を実行し、量子化学データ抽出を行うインタラクティブなプロセスの構築。

量子化学計算においてAIを活用することで新材料の発見を加速



### 【設計・製造】3D形状生成AIの構造最適設計への応用 (例 2)

#### 研究背景: 構造の形状や寸法、材料の最適化

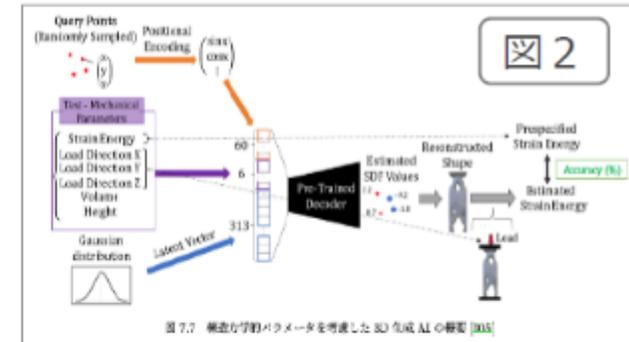
航空宇宙、自動車、建築、機械などのさまざまな工学分野に応用可能。2022年以降に急速に発展している 3D生成AI用いたデータ駆動のアプローチが期待されている。

#### AI4S ロードマップ: 3D形状生成AIによる構造最適化技術の確立

**より複雑な3D形状データセットの作成:** 数百万要素から数億要素メッシュの解析が必要。

**大規模言語モデルと3D形状生成AIの統合:** 構造に対する要件を言語入力とする大規模言語モデルを用いた3D形状パラメータ制御 (図2) と、生成された3D形状の自然言語理解の研究が必要。

大規模言語モデルと3D形状生成AIによる構造最適設計の「民主化」



### 【設計・製造】AIによる流れの特徴抽出とそのものづくりへの応用 (例 3)

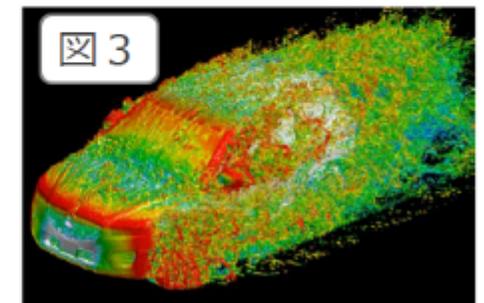
#### 研究背景: モード分解による流れ場の特徴抽出

流れの制御技術は、流動抵抗や騒音の低減、熱伝達や混合の促進を通じて、あらゆるものづくり産業の省エネルギー化・低環境負荷化を実現。

#### AI4S ロードマップ: 自動車形状周辺の高レイノルズ数の乱流の再現 (図3)

設計・製造の現場で行われる自動車形状周辺の高レイノルズ数の乱流シミュレーションの再現に適用する場合、並列計算機上での大規模分散学習が必要なため、より実効AI性能が高い計算機が必要となる。

高い実効AI性能により詳細なシミュレーションが可能となりものづくり産業において高省エネルギー化を実現



# 次世代計算基盤に関する報告書 最終取りまとめ（2024年6月）概要

## 次世代計算基盤に係る近年の情勢変化

- 令和3年3月9日、スーパーコンピュータ「富岳」の共用が開始。
- 生成AIに係る技術革新などにより、研究開発に必要な計算資源の需要が急拡大するとともに多様化
- AIとシミュレーション、リアルタイムデータや自動実験などを組み合わせた取組(AI for Science)の重要性が指摘
- 世界各国で、「富岳」を上回る性能のコンピュータの開発、高度化が加速
- GPUなどの加速部を活用した計算手法がこれまで以上に主流に
- 半導体分野をはじめとするデジタル産業の再興を目指した取組が進展



### 安全保障と産業競争力のための HPC優位性確保（合計約5,500億円以上）

→2022年以降にエクサ級のスパコンを複数導入  
今後、さらに高性能なスパコンを導入予定



### EuroHPC JU （合計約1兆円以上）

→エクサ級スパコンを導入  
さらに複数の計画も示唆



### 軍民挙げての開発強化

→2-3台のエクサ級のスパコンに係る  
研究開発を実施中とみられる



## 新たなフラグシップシステムの方向性

- AI for Science をはじめとした新たな時代を先導し、卓越した研究成果を創出
- 計算速度のみの追求ではなく、AI 性能をはじめ、あらゆる分野で世界最高水準の計算能力を提供
- 自国の技術を中心にスパコンを開発・整備する能力を確保し、コア技術を特定
- 利用拡大、要素技術の世界での普及により、我が国の産業競争力や経済安全保障の強化に貢献
- 長期間にわたり同一のシステムで稼働するのではなく、需要の変化に柔軟に対応し、十分な性能を常に提供し続ける

# 次世代計算基盤に関する報告書 最終取りまとめ（2024年6月）概要

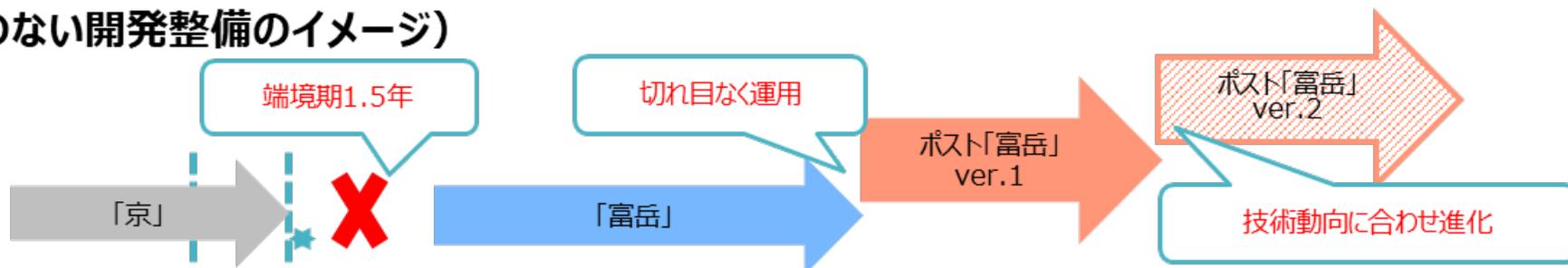
## 求められる性能・機能

- 遅くとも2030年頃の運転開始を目指し、科学者コミュニティの需要予測を踏まえ、電力性能の大幅向上により以下の計算環境を提供
    - 既存の「富岳」でのシミュレーション → 現状の5～10倍以上の実効性能
    - AIの学習・推論に必要となる性能 → 世界最高水準の利用環境(実効性能50EFLOPS以上※)
- ※2030年代に想定される最先端の基盤モデルを数か月程度で学習可能な実効的性能
- 加速部の導入、コア技術としてCPU開発、インテグレーション、メモリ実装技術を位置づけ
    - システムソフトウェアの開発においては、運用開始後も継続的に改善を図るべき
    - 開発の成果が社会実装され、広く普及することが重要

## 求められる開発・整備の手法、利用拡大に向けた取組

- 「端境期」を極力生じさせず、利用環境を維持
- 適時・柔軟に入れ替え又は拡張可能とし、進化し続けるシステム
- 将来の需要増に大きく貢献し得る技術の評価・研究開発を継続
- 開発アプリケーションの継続利用・改良に加え、生成AI利用など新たなHPC領域の開拓
- 成果創出の加速、新領域の拡大に向けた研究開発プログラムの実施と利用の拡大

### (端境期のない開発整備のイメージ)



1. 我が国の置かれている状況
2. 科学技術・イノベーション力の現状
3. これまでの科学技術・HPC政策
4. 次世代の計算基盤の方向性
5. 令和6年度補正予算・令和7年度予算

# スーパーコンピュータ「富岳」及び革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラ（HPCI）の運営

令和7年度予算額（案） 173億円  
令和6年度補正予算額 19億円



文部科学省

## 事業目的

- 多様なユーザーニーズに応える革新的な計算環境（HPCI：革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラ）として、「富岳」を中核として国内の大学等のシステムやストレージを高速ネットワークで結び、全国の利用者が統一的な申請窓口を通じて多様なシステムを利用できる制度を運営するとともに、計算したデータの共有や共同での分析を実施できるシステムを構築・運営し、その利用を推進することで、我が国の科学技術の発展、産業競争力の強化、安全・安心な社会の構築に貢献する。

### 統合イノベーション戦略2024（令和6年6月4日閣議決定）

- ・ AI・データ駆動型研究による研究開発の効率化・迅速化を推進するため、SINET（超高速・大容量のネットワーク基盤）、計算資源、ストレージ等の研究デジタルインフラの高度化を進めていく。引き続き、「富岳」を効率的かつ着実に運用し学术界・産業界における幅広い活用を促進する（略）

## 事業概要

### 1. 「富岳」の運営等 152 億円

- 令和3年に共用開始した世界最高水準のスーパーコンピュータ「富岳」について、**安定した運転や課題選定・利用者支援を継続**するとともに、社会的課題等の解決のために**成果創出の取組を加速**する。

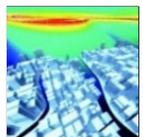
### 2. HPCIの運営 21 億円

- 国内の大学・研究機関のスパコンを高速ネットワークでつなぎ、利用者が一つのアカウントにより様々なスパコンやストレージを利用できるようにするなど、多様なユーザーニーズに応える環境を構築し、**全国のユーザーの利用拡大を促進**する。

### 【期待される成果例】

#### ★防災・環境問題

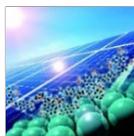
★気象ビッグデータ解析により、線状降水帯のリアルタイム予測等に活用



★地震の揺れ・津波の進入・市民の避難経路をメートル単位でシミュレーション

#### ★エネルギー問題

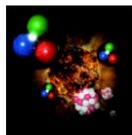
★太陽電池や燃料電池の低コスト・高性能化や人工光合成メタンハイドレートからメタン回収を実現



★電気自動車のモーターや発電機のための永久磁石を省レアメタル化で実現

#### ★基礎科学の発展

★宇宙でいつどのように物質が創られたのかなど、科学の根源的な問いへの挑戦



#### ★健康長寿社会の実現

★高速・高精度な創薬シミュレーションの実現による新薬開発加速化



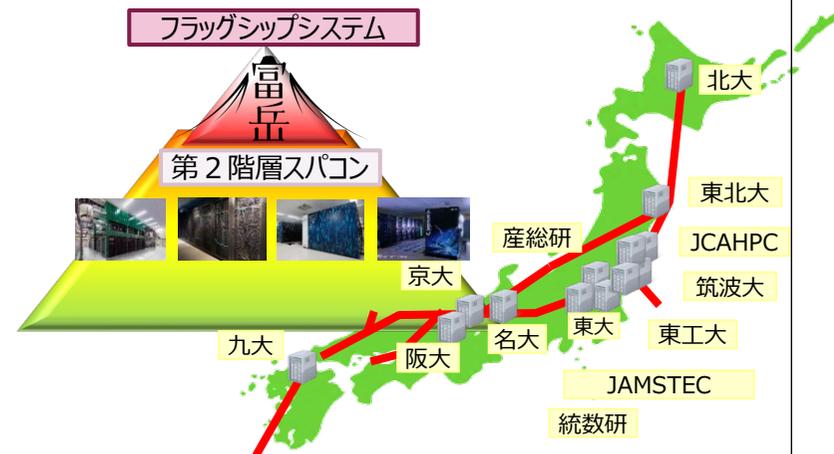
★医療ビッグデータ解析と生体シミュレーションによる病気の早期発見と予防医療の支援実現

#### ★産業競争力の強化

★次世代産業を支える新デバイスや材料の創成の加速化



★飛行機や自動車の実機試験を一部代替し、開発期間・コストを大幅に削減







©RIKEN  
理化学研究所のスパコン「富岳」=理研提供

文部科学省は国の基幹スーパーコンピューター「富岳」の後継機の開発を早ければ2024年度中に始める。29日に閣議決定した24年度の補正予算案に関連費用として約69億円を盛り込んだ。補正予算が成立すれば、25年度としていた開始時期を早め、システム開発や施設整備に着手する。30年ごろの運用開始に向けて開発を加速させる。

ポスト富岳は理化学研究所が主体となって開発する。人工知能（AI）を活用した科学研究の発展に対応するため、従来のシミュレーション（模擬計算）に加えて、AI向けの計算でも世界最高の性能を目指す。

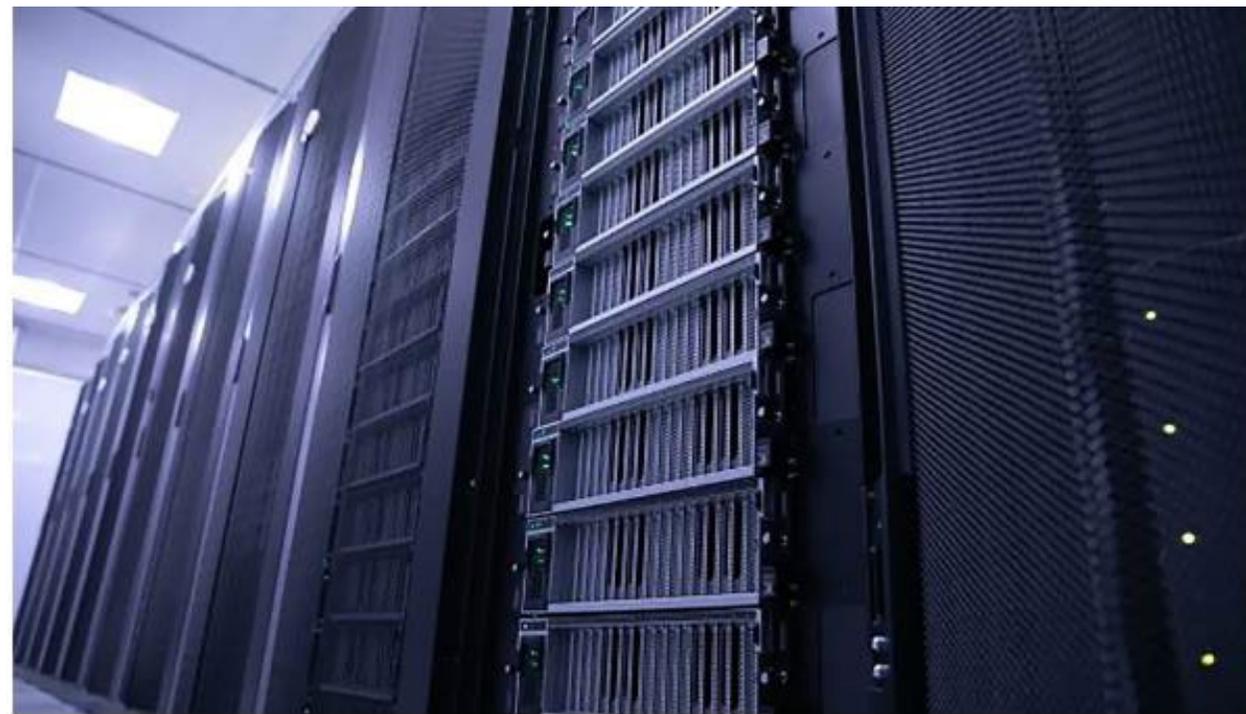
理研は今後、ポスト富岳を共同開発する相手を選ぶ。補正予算が成立すれば、24年度中に基本設計の検討に入る。開発には国内企業だけでなく、海外も含めた複数企業が参画する可能性が高い。富岳を共同開発した富士通のほか、米半導体大手のアドバンスト・マイクロ・デバイス（AMD）やエヌビディア、インテルなどが候補として有力とみられる。

## Japan to begin developing ZetaFLOPS-scale supercomputer in 2025

News

By Anton Shilov published August 27, 2024

Well, 'AI' ZetaFLOPS.



(Image credit: Lenovo)

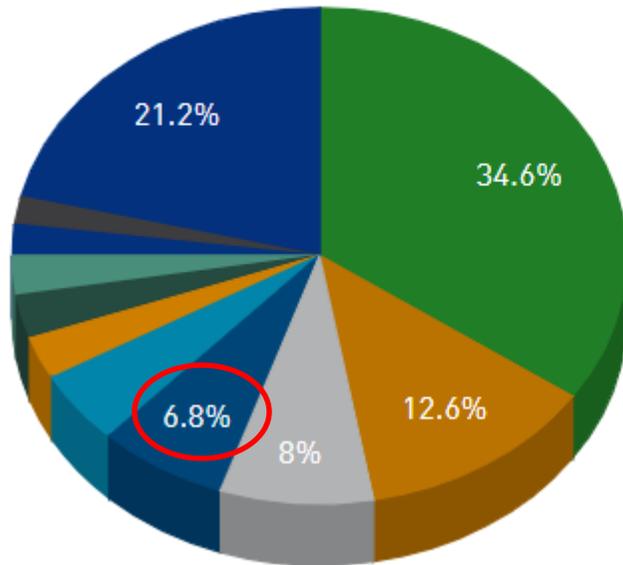
Japan's Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT) has announced [PDF] plans to build a successor to the country's Fugaku supercomputer, which was once the world's most powerful HPC machine. The ministry wants RIKEN and Fujitsu to start developing the supercomputer next year, reports Nikkei.

# LIST STATISTICS

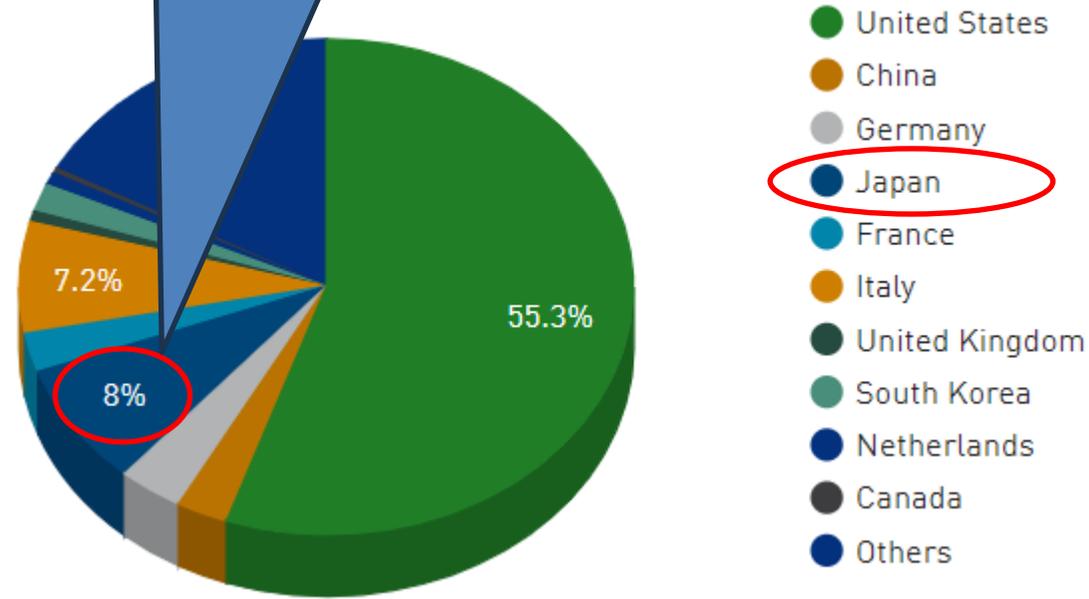
$R_{max}$  and  $R_{peak}$  values are in GFlops. For more details on other fields, check the TOP500 description.

日本が世界第二位のパフォーマンスシェアを維持していることは、競争力の源泉たりうる

Countries System Share



Countries Performance



	Countries	Count	System Share (%)	Rmax (GFlops)	Rpeak (GFlops)	Cores
1	United States	173	34.6	6,477,869,130	10,267,226,568	56,856,656
2	China	63	12.6	319,062,154	548,507,445	20,121,848
3	Germany	40	8	399,727,830	577,160,600	4,736,708
4	Japan	34	6.8	940,710,340	1,249,016,118	11,736,944
5	France	24	4.8	298,085,500	431,753,642	4,500,728
6	Italy	14	2.8	849,088,330	1,097,238,408	7,314,432
7	United Kingdom	14	2.8	84,813,684	142,257,324	1,970,096
8	South Korea	13	2.6	213,090,900	286,331,880	2,438,772
9	Netherlands	10	2	98,363,520	169,511,060	899,488
10	Canada	9	1.8	38,930,360	64,416,745	773,504

## パネルディスカッション

「今後の次世代計算基盤開発・整備の在り方」

の実施にあたって、事前に提示された  
各論点についての私見

## 論点1:FS事業(フィージビリティスタディ)の評価

### 1)事業の良かった点・どう機能したか

- 多様なステークホルダーが一堂に集まった意義 ※他国では難しいかもしれない  
(厳しくツツコミ、一緒にビジョンを描く、熱量と期待感)
- 日本独自の強みと海外動向を同時に俯瞰、“総合的な視野”
- “計算科学重視”という路線はブレずに、AI・量子・クラウド連携など  
広い領域と接合して検討ができた

### 2)改善の検討

- アウトリーチが足りない、かもしれない ※NDAによる機密保持との両立の困難さ  
(研究成果を社会や産業界の皆さんにどう“魅せる”のか。  
それが結局どう実用化され、社会インパクトを与えるのか。)
- 期間の短さ、金額規模のサイズ感、フェーズ分けの困難さ
- 実証→開発→社会実装、の時間の進み方、“ビジネス化”への道筋  
(国の年度単位の予算配分、大学の研究・教育スパン、  
企業は四半期で動き、絶え間ない開発動向)

### 論点2: 今後の次世代計算基盤開発のあり方

#### 1) 将来のFSのあり方・システム設計・アーキテクチャ等

- アーキテクチャのさらなる多様化、ムーアの法則の停滞に対応する幅広いフレキシビリティ、それとともに、継続性
- 用途の拡大への対応、生成AIや量子ハイブリッド、さらにその次
- 国際連携と人材が鍵
  - + 幅広い国民的サポートの継続的確保

#### 2) 将来の設置台数や構成。富士山型か八ヶ岳型か

- この問いの設定が、将来的にそもそも成立するのか？
- 現実的かつグローバルの実態に即したアプローチに追随しなければ、全体の日本国の状況からみて、長期持続可能なスキームとはならない。

例えば、（モデル学習はクラウドのGPUインスタンスを大規模スケールアウト、推論部分は軽量化したモデルを分散配置というワークフロー）  
（クラウドネイティブな運用管理、  
AI向けプロセッサとの適切なワークロード分担）  
（世界的クラウドサービスとの融合利用）

### 結論（個人的私見）

- ・ 単独の一国完結では、もはや先端研究を維持しきれない時代。
- ・ (例えば)クラウドベンダー・ハイパースケーラ等が提供する大規模なAIファームと、日本のスーパーコンピュータをシームレス接続。
- ・ 日本の得意分野を生かす協調体制、“スペック主義”から“ソリューション創出力”へ。
- ・ グローバルレベルでの市場創出に向けて、新産業を生みだしていく基盤となる『HPC+クラウド+生成AI』の複合プラットフォーム。
- ・ 若手研究者やエンジニアの育成を海外大学や企業と“ジョイント”で、教育から研究、研究室からビジネスの現場までを繋ぐ“人の循環”の確立。
- ・ 日本発の、研究も教育も社会課題解決も包含する“新世代HPCエコシステム”が求められる。

(以下、参考資料)

# スーパーコンピュータ開発の国際動向

★ 米国・欧州・中国など、世界各国で、研究開発インフラとして、スーパーコンピュータの開発が加速



## 米国：安全保障と産業競争力の為の“High Performance Computing(HPC)”優位性確保

- 世界の主要なロジック半導体メーカーの大半を国内に有しており、HPC分野でも世界をリード
- 「米国のイノベーションおよび国家安全保障における重要・新興技術」において「先進コンピューティング」(Advanced Computing)の一部として Supercomputingを重要な技術分野として指定（2022/2 発令）
- BIS(米国産業安全保障局)が対中国へのスーパーコンピュータ等に利用される半導体関連技術の開発・輸出をさらに規制強化（2022/10 発令）
- DOEでは**エクサスケール(～1EFlops(=1,000PFlops))スパコンを3機以上導入。**

Frontier(2022,1.2EFLOPS)、Aurora(2023,1.1EFLOPS)、El Capitan(2024,>2EFLOPS)、VENADO（2024）



## 欧州：エクサスケールスパコンの戦略的整備、域内開発技術の確保

- 加盟国の取組みを基本としつつ、EU域外技術依存によるセキュリティ・データ保護リスク等を踏まえ、EU内でのHPC基盤構築の為のEuroHPC JU（33カ国）による世界トップレベルのスパコンの新設を目指しており、2021年から2027年の期間に約70億ユーロの予算を確保。
- 既に3機のプレエクサスケールスパコンが運転を開始（LUMI、Leonardo、MareNostrum5）。今後、2機のエクサスケールスパコンを整備する計画。
- エクサスケールスパコンのうち1機は、**JUPITER（ドイツ）で、NVIDIAのGH200GPUを採用し、域内で初めてエクサスケールを達成する**
- また、2021年より、**独自開発の加速部を含むHPCシステム開発プロジェクトを開始し、域内で設計、開発力の底上げを図る。**



## 中国：対中輸出規制を乗り越え、国を挙げての開発強化

- 科学技術イノベーション14次五カ年計画（2021～2025年）にて自国産のハイエンドチップ・汎用プロセッサ等の研究開発促進
- 7つ（天津、深圳、長沙、済南、広州、無錫、鄭州）の国家超級計算センターを中心に研究開発を実施
- 2016年のSunway TaihuLightを最後に、フラッグシップスパコンのTOP500への登録は行われていない。
- 2022年に発表された情報によれば、**純国産CPU New Sunwayを用いて、1.5エクサ級のスパコンの運用を達成。**加速部を持たないCPUの並列により、大規模化が図られてきた。

# 海外のスパコン開発の動向

 <b>米国</b>	<b>政策</b> 安全保障と産業競争力のためのHigh Performance Computing(HPC)優位性確保	<b>施策</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 「米国のイノベーションおよび国家安全保障における重要・新興技術（2022/2 発令）」における「先進コンピューティング」(Advanced Computing)の一部として<b>Supercomputingを重要な技術分野として指定</b></li> <li>○ 省庁横断で、戦略的にHPCのR&amp;D・インフラ・アプリケーションへ投資</li> <li>○ 2015年に打ち出された国家戦略的コンピューティングイニシアティブ(NSCI)のもと、<b>2016年より、DOE等にて、DOE国立研究所にエクサスケール(1EFlops = 1000PFlops)の計算能力を有するスパコンを2020年代に整備すべく予算要求</b>(アプリケーション開発：1.5億ドル(約160億円)、ソフトウェア技術：7,500万ドル(約83億円)、ハード等：5,300万ドル(約58億円))</li> </ul>						
<b>◆省庁横断枠組みでの各機関計上額(2019年予算額：約1,800億円 ※公表情報ベース)</b>								
<b>予算</b>		<table border="1"> <tbody> <tr> <td data-bbox="315 443 589 533"> <b>基盤研究</b> </td> <td data-bbox="589 443 2210 533">           ・国立標準技術研究所(NIST) : <b>1,270万ドル(約14億円)</b>            ・情報高等研究開発活動(IARPA) : 非公開 (標準化、セキュリティ、次世代技術等の取り組み)         </td> </tr> <tr> <td data-bbox="315 533 589 659"> <b>開発・運用等</b> </td> <td data-bbox="589 533 2210 659">           ・国防総省(DOD) : <b>3.4億ドル(約375億円)</b> 軍事・国防            ・エネルギー省(DOE) : <b>6.1億ドル(約667億円)</b> ↓            ・国立科学財団(NSF) : <b>3.1億ドル(約344億円)</b> 基礎科学 (スパコン開発・運用、基幹技術強化、人材育成)         </td> </tr> <tr> <td data-bbox="315 659 589 783"> <b>アプリケーション応用</b> </td> <td data-bbox="589 659 2210 783">           ・国立衛生研究所(NIH) : <b>2.5億ドル(約277億円)</b>            ・航空宇宙局(NASA) : <b>7,780万ドル(約86億円)</b>            ・海洋大気局(NOAA) : <b>3,540万ドル(約39億円)</b> 等 (医療・宇宙・環境等の各分野でのデータ駆動科学の推進)         </td> </tr> </tbody> </table>	<b>基盤研究</b>	・国立標準技術研究所(NIST) : <b>1,270万ドル(約14億円)</b> ・情報高等研究開発活動(IARPA) : 非公開 (標準化、セキュリティ、次世代技術等の取り組み)	<b>開発・運用等</b>	・国防総省(DOD) : <b>3.4億ドル(約375億円)</b> 軍事・国防 ・エネルギー省(DOE) : <b>6.1億ドル(約667億円)</b> ↓ ・国立科学財団(NSF) : <b>3.1億ドル(約344億円)</b> 基礎科学 (スパコン開発・運用、基幹技術強化、人材育成)	<b>アプリケーション応用</b>	・国立衛生研究所(NIH) : <b>2.5億ドル(約277億円)</b> ・航空宇宙局(NASA) : <b>7,780万ドル(約86億円)</b> ・海洋大気局(NOAA) : <b>3,540万ドル(約39億円)</b> 等 (医療・宇宙・環境等の各分野でのデータ駆動科学の推進)
<b>基盤研究</b>	・国立標準技術研究所(NIST) : <b>1,270万ドル(約14億円)</b> ・情報高等研究開発活動(IARPA) : 非公開 (標準化、セキュリティ、次世代技術等の取り組み)							
<b>開発・運用等</b>	・国防総省(DOD) : <b>3.4億ドル(約375億円)</b> 軍事・国防 ・エネルギー省(DOE) : <b>6.1億ドル(約667億円)</b> ↓ ・国立科学財団(NSF) : <b>3.1億ドル(約344億円)</b> 基礎科学 (スパコン開発・運用、基幹技術強化、人材育成)							
<b>アプリケーション応用</b>	・国立衛生研究所(NIH) : <b>2.5億ドル(約277億円)</b> ・航空宇宙局(NASA) : <b>7,780万ドル(約86億円)</b> ・海洋大気局(NOAA) : <b>3,540万ドル(約39億円)</b> 等 (医療・宇宙・環境等の各分野でのデータ駆動科学の推進)							
 <b>欧州</b>	<b>政策</b> 世界5位以内のエクサスケール・コンピュータ新設を目標(欧州高性能コンピューティング共同プロジェクト(EuroHPC JU))	<b>施策</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 各国での取組みを基本としつつ、EU域外技術依存によるセキュリティ・データ保護リスク等を踏まえ、EU内でHPCの基盤としての活動を支えるべく、<b>欧州高性能コンピューティング共同プロジェクト(EuroHPC JU, 33カ国(2018発足))による世界トップレベルのスーパーコンピュータ新設を官民共同で目指す</b></li> <li>○ 2014年より、研究・イノベーション枠組プログラムとして“Horizon 2020”のもと、約5.7億ユーロ(約741億円、2014年～現在のHPC関連プロジェクト合算)を支出</li> <li>○ 2021年からの中期的プログラムとして“Digital Europe Programme”にて、スーパーコンピューティングに27億ユーロ(約3,510億円、2021～2027年)を支出予定</li> </ul>						
<b>予算</b>		<table border="1"> <tbody> <tr> <td data-bbox="315 1377 589 1556"> <b>基盤研究/開発</b> </td> <td data-bbox="589 1377 2210 1556">           DG CONNECT(欧州委員会 情報社会・メディア総局)            ・Connecting Europe Facility : <b>10億ユーロ(約1,300億円、2014～2020年)</b>            ・Digital Europe : <b>27億ユーロ(約3,510億円、2021～2027年)</b> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="315 1556 589 1556"> <b>アプリケーション応用</b> </td> <td data-bbox="589 1556 2210 1556">           DG RTD(欧州委員会 研究・イノベーション総局)            ・Horizon 2020 : <b>5.7億ユーロ(約741億円、2014～2020年)</b>            ・Horizon Europe : (2021～2027年) (医薬品設計、バイオエンジニアリング、気候変動対策、材料設計、エネルギー等)         </td> </tr> </tbody> </table>	<b>基盤研究/開発</b>	DG CONNECT(欧州委員会 情報社会・メディア総局) ・Connecting Europe Facility : <b>10億ユーロ(約1,300億円、2014～2020年)</b> ・Digital Europe : <b>27億ユーロ(約3,510億円、2021～2027年)</b>	<b>アプリケーション応用</b>	DG RTD(欧州委員会 研究・イノベーション総局) ・Horizon 2020 : <b>5.7億ユーロ(約741億円、2014～2020年)</b> ・Horizon Europe : (2021～2027年) (医薬品設計、バイオエンジニアリング、気候変動対策、材料設計、エネルギー等)		
<b>基盤研究/開発</b>	DG CONNECT(欧州委員会 情報社会・メディア総局) ・Connecting Europe Facility : <b>10億ユーロ(約1,300億円、2014～2020年)</b> ・Digital Europe : <b>27億ユーロ(約3,510億円、2021～2027年)</b>							
<b>アプリケーション応用</b>	DG RTD(欧州委員会 研究・イノベーション総局) ・Horizon 2020 : <b>5.7億ユーロ(約741億円、2014～2020年)</b> ・Horizon Europe : (2021～2027年) (医薬品設計、バイオエンジニアリング、気候変動対策、材料設計、エネルギー等)							
 <b>中国</b>	<b>政策</b> 軍民挙げての開発強化(科学技術イノベーション14次五カ年計画(2021～2025年)でも注力)	<b>施策</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 主に7つの国家超級計算センター(天津、深圳、長沙、済南、広州、無錫、鄭州)で研究開発を実施。</li> <li>○ 中央政府、地方政府、民間、軍事を含めた総予算は不明</li> <li>○ マテリアルサイエンス、計算生物学、天文学、地球科学、スマートシティ、クラウドコンピューティング等の応用研究が盛ん。</li> </ul>						

# 革新的ハイパフォーマンス・コンピューティングインフラについて

## High Performance Computing Infrastructure

(革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラ)の略

国内の大学や研究機関の最先端のスパコンやストレージを高速ネットワークSINET6で接続することで一体的な利用を可能とし、産業界や学術界の方に広く提供

## フラッグシップシステム



理化学研究所  
「富岳」

## HPCI共用計算資源

14機関 (2024年 4月～)

Arm(「富岳」と同じ)、x86、GPU、ベクトルで多様なニーズに応えます

産業技術総合研究所 ABCI 2.0  
(2024/10/31運用停止、  
その後 ABCI 3.0 の導入予定)

北海道大学  
Grand Chariot/  
Polaire



統計数理研究所  
データ同化スーパーコンピュータ



京都大学  
Camphor3



大阪大学  
SQUID



九州大学  
玄界 ノードグループ A/B  
(2024/ 10～)



理化学研究所  
共用ストレージ西拠点



名古屋大学  
「不老」 Type-I/II



海洋研究開発機構  
地球シミュレータ (ES4)



東京工業大学  
TSUBAME4.0



東北大学  
AOBA- A / B / S



筑波大学  
Cygnus / Pegasus



最先端共同HPC基盤施設  
(JCAHPC)・東京大学  
Wisteria/BDEC-01(Odyssey)



東京大学  
Wisteria/BDEC-01  
(Aquarius)



東京大学  
共用ストレージ東拠点



理化学研究所  
HOKUSAI  
BigWaterfall2



# 「富岳」の次世代となる新たなフラッグシップシステムの開発・整備



実効性能 最大100倍  
(省電力性能 約20倍)



新たなフラッグ  
シップシステム

遅くとも2030年頃運転開始

「京」、「富岳」設置場所：理化学研究所  
(計算科学研究センター(R-CCS))  
兵庫県神戸市(ポートアイランド)

## スーパーコンピュータ「富岳」

### 【システムの特徴】

- 開発主体：理化学研究所
- 高性能CPUを約16万個搭載
- アプリケーションとの協調開発による高い実効性・汎用性

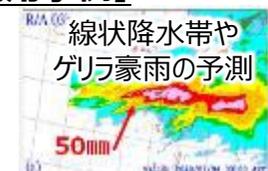
### 【性能】

- 理論性能:537PFlops、電力:約30MW
- 世界的なランキングの4部門で4期連続1位(2020.6-2021.11)  
うち2部門は9期連続1位獲得(2020.6-2024.5(直近))

### 【運用・利用状況】

- 極めて高い稼働率(95%以上)を継続しており、産業利用増  
(共用開始3年で「京」:稼働8年の累計企業数以上のユーザー)

### 【利用事例】



## 新たなフラッグシップシステム

### 【システムの概要・性能の目安】

- 開発主体：理化学研究所
- 既存の「富岳」でのシミュレーション  
→ 「富岳」の5～10倍以上の実効性能
- AIの学習・推論に必要な性能  
→ 世界最高水準の利用環境(実効性能50EFLOPS以上)
- 電力性能の大幅向上により、上記の計算環境を提供
- CPUに加えて、GPUなどの加速部を導入

### 【開発・整備の手法、利用拡大に向けた取組】

- 「端境期」を極力生じさせず、利用環境を維持
- 適時・柔軟に入れ替え又は拡張可能とし、進化し続けるシステム
- 将来の需要増に大きく貢献し得る技術の評価・研究開発を継続

(イメージ)



### 【今後の見通し】

- 2025年度、開発着手予定

# 「富岳」成果創出加速プログラム

(次世代超高速電子計算機システム利用の成果促進)

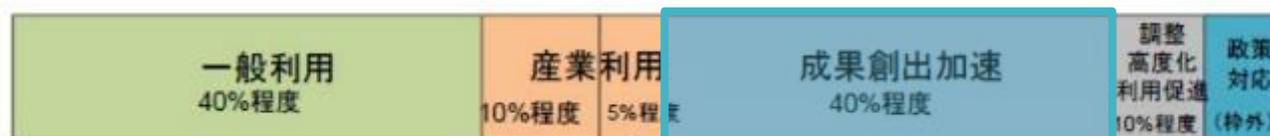
令和6年度予算額 : 627百万円

令和5年度予算額 : 627百万円

## 概要

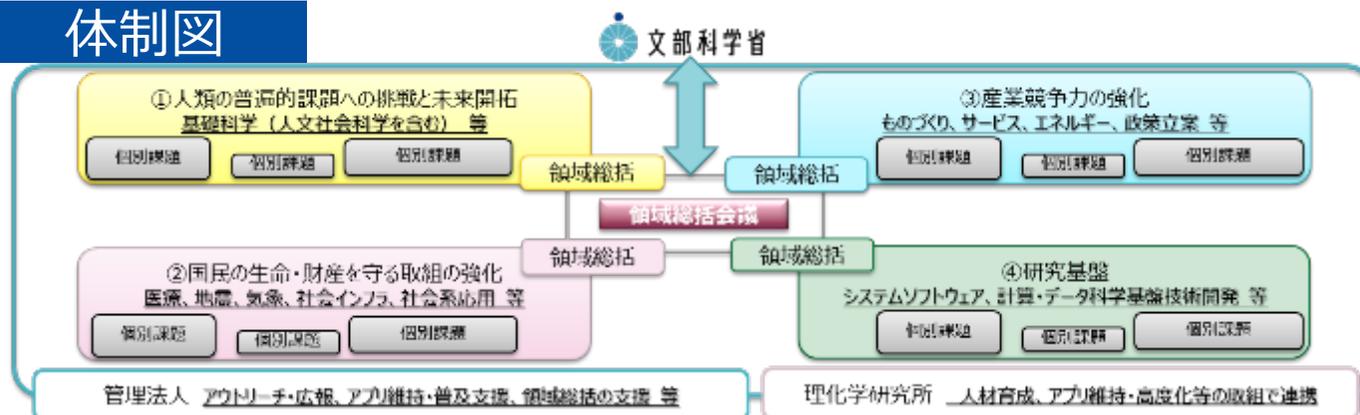
- 近年、大規模シミュレーションとAI・データ科学の融合・連携による成果が国内外で注目されており、計算科学技術を活用した各分野でのブレイクスルーが今後のDXを牽引するためには必要不可欠。
- 世界最高水準の性能を有するスーパーコンピュータ「富岳」の一部の計算資源をトップダウン型で利活用する本事業を通じて、我が国の計算科学技術の発展とともに、**成果創出の早期化・最大化に貢献**。
- 本事業を通じて開発されたアプリケーションにより、**社会的・経済的な重要課題に対して富岳を最大限に活用**。**社会実装や産業界での利用につながる事例も複数創出**されており、**AI・データ科学との融合・連携も積極的に推進**することで、さらに多様な重要課題に取り組んでいく。

スーパーコンピュータ「富岳」利活用促進の基本方針(R2.7決定) 「富岳」計算資源の配分割合



⇒課題推進費 & 「富岳」計算資源の両輪で支援

## 体制図



⇒様々な分野での世界トップレベルの成果創出・社会実装を促進

## 採択課題数

R5採択 (～R7) : 17課題

R3採択 (～R7) : 3課題

# 「富岳」政策対応枠の利用課題（令和6年度）

府省庁名	提案課題名	政策的背景（申請書よりまとめ）	利用開始時期
内閣官房内閣感染症危機管理統括庁	飛沫シミュレーションによる実クラスタ事例の感染リスク再評価とポストコロナ時代の室内環境の検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 新型コロナウイルス感染症が5類感染症に位置付けられ、社会経済活動が正常化してきている状況にあるところ、公共交通機関や公共施設等を対象に<u>感染症等の特性に応じた適切な換気等の感染対策の効果や必要性を明らかにすることが重要</u>。</li> <li>● 感染初期に発生したクラスタ事例を対象としてシミュレーションを行い、当時の感染リスクを再評価するとともに、インフルエンザ等の<u>既存の感染症や新興感染症に備えた室内環境の在り方を検討し、「富岳」を用いた研究成果の社会実装を提案</u>する。</li> </ul>	R3.7～
気象庁情報基盤部 数値予報課	豪雨防災、台風防災に資する数値予報モデル開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 線状降水帯や台風による被害は、近年、毎年のように発生しており、その<u>予測精度の向上は喫緊の課題</u>。</li> <li>● 特に、<u>線状降水帯については、住民の事前の避難行動</u>につなげることが重要であり、「富岳」を用いて、<u>予測技術開発を加速</u>。</li> <li>● 豪雨防災については、より詳細な解像度のモデルの力学過程、物理過程等の改良を行い、<u>計算の安定性や予測精度の向上を確認</u>する。</li> <li>● 台風防災については、高解像度全球モデルの精緻化した物理過程等が、豪雨をもたらす環境場の一因である<u>台風からの湿潤な空気の流れ込みの予測に与える影響を確認</u>する。</li> </ul>	R3.8～ (R4.6～はリアルタイムシミュレーションの実施などにより拡張)
内閣府政策統括官 (防災担当) 付参事官 (調査・企画担当)	日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震に係る長周期地震動の検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震は、300～400年単位の周期性を持って発生しており、<u>最大クラスの津波を伴う地震が切迫している</u>状況。</li> <li>● 一般的に長周期地震動の大きさは、地震のマグニチュードが大きいほど大きくなるため、日本海溝・千島海溝沿いの地震による<u>長周期地震動の影響の評価と対策の検討が喫緊の課題</u>。</li> </ul>	R3.8～
総務省国際戦略局 技術政策課	「富岳」を活用したリモートセンシング技術による高精度データの分析及びリアルタイム配信の実証	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 2025年に大阪万博が開催され、我が国の<u>研究成果等を広く世界に発信</u>することに加え、国内外からの多くの来場者が予想されており、<u>安心安全の観点から様々な準備が必要</u>である。</li> <li>● 会場および夢洲駅周辺の交通網の状況、地理情報、博覧会イベント開催情報等を踏まえ、フェーズドアレイレーダーによる詳細な大気観測を行い、その結果を「富岳」で解析することで<u>ゲリラ豪雨や線状降水帯を予測し、来場者の避難誘導、屋外イベント開催等の運営計画を最適化</u>する。</li> </ul>	R6.6～

# 課題名：「富岳」を活用したリモートセンシング技術による高精度データの分析技術及びリアルタイム配信の実証

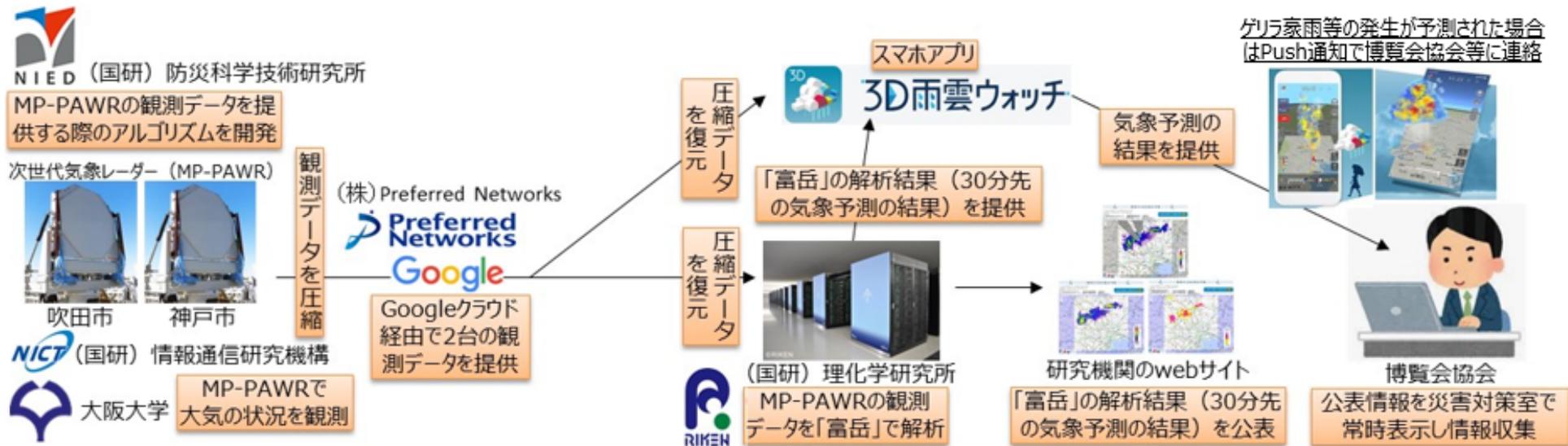
## 政策的背景

総務省国際戦略局技術政策課研究推進室

- ◆ 2025年に開催される大阪万博のコンセプト「未来社会の実験場」に基づき、最新の気象予測研究の成果を広く世界に発信。
- ◆ フェーズドレイ型の次世代気象レーダー（MP-PAWR）で大気の状態を詳細に観測し、「富岳」の解析によりゲリラ豪雨や線状降水帯を予測。予測結果を博覧会協会等にも共有し、気象庁等の予測情報と合わせて大阪・関西万博の運営に活用。

## 実施体制・関係機関・詳細

- ◆ 世界初の試みとして大阪・関西万博の会場及びその周辺地域を吹田市・神戸市に設置の2台のMP-PAWRで観測し、「富岳」を活用してリアルタイムで解析を実施。
  - ・MP-PAWRで観測（レーダーサイトで観測データを圧縮）し、観測データを「富岳」に伝送。
  - ・2台のMP-PAWRの観測データを用いて、「富岳」でデータ同化を行い、30分先までの降水予報を30秒毎に更新。
  - ・「富岳」で計算した結果をスマホアプリに提供すると共に、webサイトでも公開。
  - ・「富岳」によるゲリラ豪雨等の予測情報をスマホアプリのPush通知機能により博覧会協会や来場者等に提供し大阪・関西万博等の防災・減災に貢献。



## 想定される具体的成果

- ◆ 大阪万博会場の来場者等に対する安心・安全の確保。
- ◆ 1台のMP-PAWRで観測した場合の技術的課題の解決を踏まえた、2台での観測による予測精度の向上。
- ◆ 災害時等の限られたトラフィック環境下でも膨大な観測データをリアルタイムで伝送するための圧縮・復元手法の実証。

# これまでの基本計画における官民研究開発投資目標に関する記載

## ■ 第1期（1996年度～2000年度）

「科学技術政策大綱」（平成4年4月24日閣議決定）及び「構造改革のための経済社会計画－活力ある経済・安心できる暮らし－」（平成7年12月1日閣議決定）にいう政府研究開発投資の早期倍増については、**21世紀初頭に対GDP比率で欧米主要国並みに引き上げるとの考え方**の下に、本計画の期間内に倍増を実現させることが強く求められている。**この場合、平成8年度より12年度までの科学技術関係経費の総額の規模を約17兆円とすることが必要**である。

## ■ 第2期（2001年度～2005年度）

政府研究開発投資については、第1期基本計画期間中の対GDP比率の推移を見ると、欧米主要国は低下傾向が継続する一方、我が国は着実に増加し、現時点では、ほぼ同水準に達しつつある。しかしながら、今後とも欧米主要国の動向を意識し、かつ第1期基本計画の下での科学技術振興の努力を継続していくとの観点から、第2期基本計画期間中も**対GDP比率で少なくとも欧米主要国の水準を確保**することが求められている。**この場合、平成13年度より17年度までの政府研究開発投資の総額の規模を約24兆円とすることが必要**である。

## ■ 第3期（2006年度～2010年度）

こうした状況の下で、第2期基本計画期間までの科学技術振興の努力を継続していくとの観点から、政府研究開発投資について、第3期基本計画期間中も**対GDP比率で欧米主要国の水準を確保**することが求められている。**この場合、平成18年度より22年度までの政府研究開発投資の総額の規模を約25兆円とすることが必要**である。

## ■ 第4期（2011年度～2015年度）

政府においては、2020年度までの官民合わせた研究開発投資の拡充目標を設定したところであるが、一方で我が国の政府負担研究費割合が諸外国に比して低水準であること、民間企業の研究開発投資が厳しい状況にある中、政府の研究開発投資が呼び水となり、民間投資が促進される相乗効果が期待されること、更に諸外国が研究開発投資目標を掲げて拡充を図っていること等を総合的に勘案し、第4期基本計画においては政府研究開発投資に関する具体的な目標を設定して、投資を拡充していくことが求められる。

このため、**官民合わせた研究開発投資を対GDP比の4%以上にする**との目標に加え、**政府研究開発投資を対GDP比の1%にすることを目指す**こととする。**その場合、第4期基本計画期間中の政府研究開発投資の総額の規模を約25兆円とすることが必要**である（同期間中に政府研究開発投資の対GDP比率1%、GDPの名目成長率平均2.8%を前提に試算）。

## ■ 第5期（2016年度～2020年度）

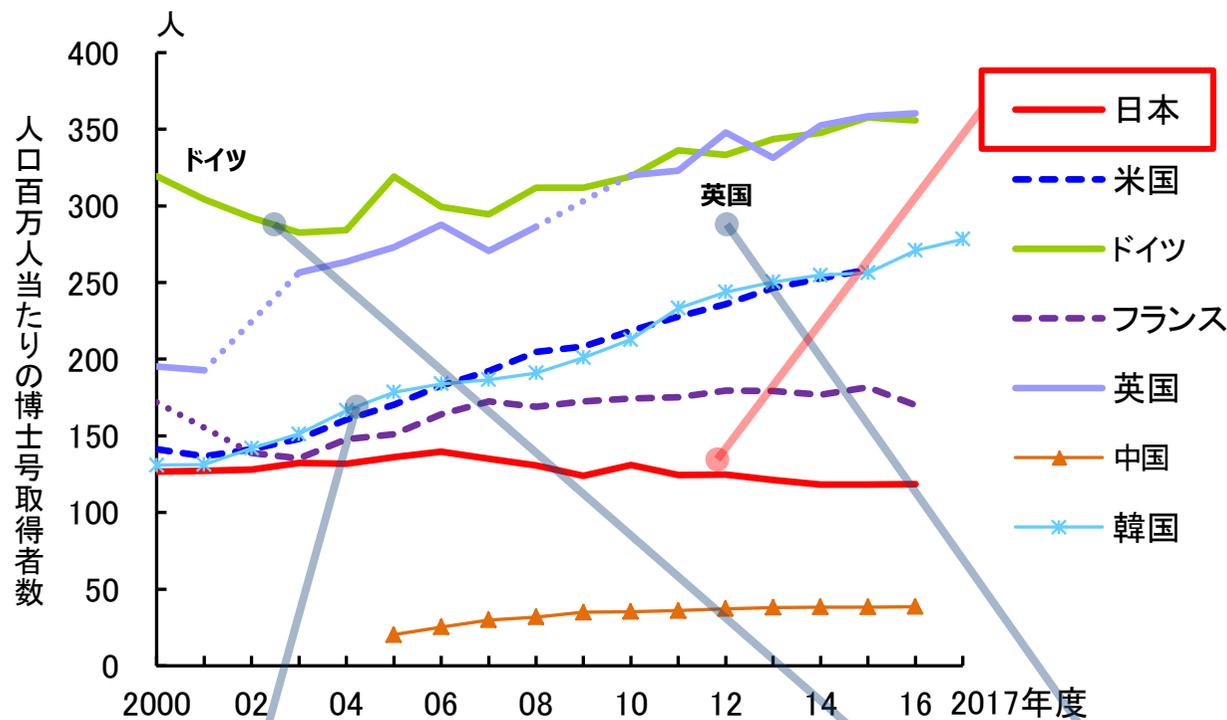
これまで4期にわたる基本計画では、政府研究開発投資について明確な目標を掲げることで、研究開発環境を着実に整備し、ノーベル賞受賞者も数多く輩出するようになった。これらは長年にわたる政府の研究開発投資の成果である。第5期基本計画においても、これまでの科学技術振興の努力を継続していく観点から、恒常的な政策の質の向上を図りつつ、諸外国が政府研究開発投資を拡充している状況、我が国の政府負担研究費割合の水準、政府の研究開発投資が呼び水となり、民間投資が促進される相乗効果等を総合的に勘案し、政府研究開発投資に関する具体的な目標を引き続き設定し、政府研究開発投資を拡充していくことが求められる。

このため、**官民合わせた研究開発投資を対GDP比の4%以上とすることを目標**とするとともに、**政府研究開発投資について**、平成27年6月に閣議決定された「経済財政運営と改革の基本方針2015」に盛り込まれた「経済・財政再生計画」との整合性を確保しつつ、**対GDP比の1%にすることを目指す**こととする。期間中のGDPの名目成長率を平均3.3%という前提で試算した場合、**第5期基本計画期間中に必要となる政府研究開発投資の総額の規模は約26兆円**となる。

# 主要国の人口100万人あたりの博士号取得者数の推移

- 主要国の中では、**日本のみ、人口100万人あたりの博士号取得者数の減少傾向**が続いている。

主要国における博士号取得者数の推移



• 米国、韓国は2000年度には日本と同程度であったが、その後順調な伸びを見せ、最新値では日本の約2倍

• ドイツは継続して主要国の中で一番の規模  
 • 英国は2010年度ごろからドイツに追いつき、その後は両国とも同程度に推移

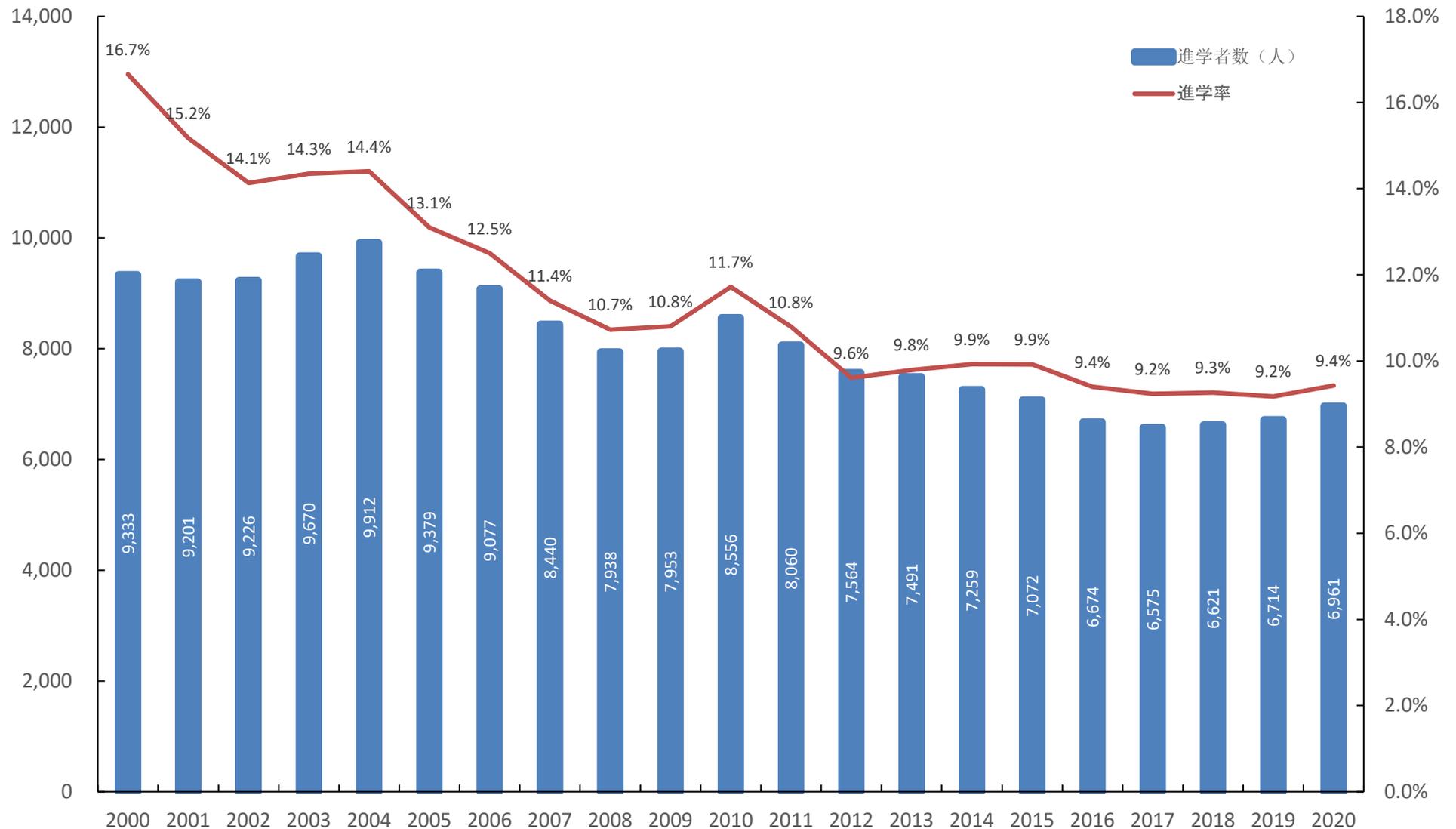
注:米国の博士号取得者は、“Digest of Education Statistics”に掲載されている“Doctor's degrees”の数値から、“Professional fields”(以前の第一職業専門学位：First-professional degree)の数値を全て除いた値である。

出典：科学技術指標2019（調査資料-283, 2019）

【図表3-4-4】 主要国の博士号取得者数の推移 B) 人口100万人当たり博士号取得者

# 修士課程修了者の進学者数・進学率の推移

- ・ 修士課程修了者の進学者数・進学率が減少傾向にあり、2000年から2020年で2,372人（7.3ポイント）減少。



出典：学校基本統計を基に、文部科学省作成

## 米国への留学生数

### 米国大学院への留学生数（コンピューター科学系）

単位：人 出典・参照：NSF

順位	国名	2012年	注
1	<u>インド</u>	12,280	
2	<u>中国</u>	7,550	
3	<u>サウジアラビア</u>	1,250	
4	<u>韓国</u>	670	
5	<u>台湾</u>	550	
6	<u>イラン</u>	550	
7	<u>バングラディッシュ</u>	350	
8	<u>ネパール</u>	290	
9	<u>トルコ</u>	270	
10	<u>ベトナム</u>	190	
18	<u>日本</u>	60	

# インド社会のデジタル化(紙幣流通の廃止、電子マネーの広範な普及)

2023年5月19日、インド中央銀行はインド国内に流通する最高額紙幣(2000ルピー札)の流通を停止し、9月末までに銀行への預け入れをさせ

紙幣を廃止する方針を明らかにした。

インド政府は、既に2016年11月にも高額紙幣廃止措置(※)を行っており、大きな国民の反発は起きなかった。インド国内ではこの2016年の高額紙幣廃止を契機として電子決済システムの普及が急速に進んでいたこともあり、今般の最高額紙幣廃止も大きな混乱無く実施がなされた。

※前回2016年11月の高額紙幣(1000ルピー札と500ルピー札)の廃止措置においては、インド国内発行紙幣の合計価値の86%にあたる現金を一夜にして無効とした。

モディ首相は2016年11月8日夜20時にテレビ演説を行い、「今夜11月9日午前0時をもって、1000ルピー札と500ルピー札が無効となる」

旨を電撃的に発表。

紙幣の単純所持自体にも罰則が科され、学術研究目的以外の所持が禁止された。

直後には経済の混乱も報道された一方で、ブラックマネーの撲滅と現金経済から電子経済への移行という政策意義が理解され、幅広い国民から支持を受け、モディ政権の支持基盤がさらに強固となった。

インドにおける現金の流通廃止により、電子決済システムが爆発的に普及した。併せて、2010年から導入されていた個人情報番号制度ア  
ダール普及も重なって、2020年から続いたコロナ禍においてもインド政府が貧困層等への支援を円滑かつ迅速に行えた、との評価もなされている。

デリー市内街中の路上で営業する床屋(筆者撮影)。  
赤丸で囲んだとおり、バーコード決済により営業されている。  
その他の屋台店舗でもバーコード決済に対応していない、現金決済のみの店舗を見ることは、まず無い。



# インド社会のデジタル化(個人番号の普及、インド版マイナンバーカード)

アダールカード :

インド版マイナンバーカード。

登録は任意となっているものの、インド国内における基礎的なインフラとして機能しており、既に**インド国民の94%以上(2022年末時点)が登録済**であり、国民ひとりひとりに12桁の番号が振られている。

**各個人の生体情報も登録**されており、申請費用は無料。

この導入により、政府補助金の不正受給や中間搾取(導入前の2000年当時は政府補助金の1/4が中間搾取等により失われていたという分析もある)がほぼなくなり、社会保障システムが充実したと評価されている。また、外国人も申請が可能であり、既に520万人の外国人もアダールに登録、外国人労働者の就労環境の向上に役立ったとも報道されている。

市内の各住居区ごとの郵便局や、インド**政府個人識別番号庁ウイダイ(インド第二位の世界的IT企業であるインフォシスのCEOを担当大臣に任命して推進した)**が配置するアダールセンターで申請し、一週間程度でPDFファイルとしてダウンロードが可能となり、PDFファイルを印刷・ラミネート加工して利用する形態であり、コストが低廉に流通できる仕組みとなっている。

銀行口座や携帯電話契約、鉄道乗車券予約、納税等生活のあらゆる場面でアダールカードとの紐づけがなされている。アダールと紐づけされた銀行口座件数も2億7000万件を突破した。

インド政府個人識別番号庁ウイダイにより、**広範なAPIと開発用SDKキットが公開されており、各種システムに組み込むサービス開発が可能**となっている。

アダールのシステム上には、

- ・氏名
- ・性別
- ・住所
- ・生年月日
- ・顔写真
- ・両手の10本の指の指紋
- ・両目の虹彩

の情報が登録されている。



## インド人の世界観(生活の中の論理性)

- 日本においては、結婚式での祝儀袋に入れる金額について、3万円、5万円、7万円などの奇数枚紙幣とする習慣がある。奇数は「割り切れない」ということで結婚祝いに適していると言われている。  
しかし(日本人はそこまでこだわらないが)実は30000、50000、70000は偶数であり割り切れてしまう。
- インドにおいてもほぼ同様の考え方で「Shagun number」が縁起が良いとされるが、インド国内でポピュラーなのは、祝儀袋内の紙幣にさらに1ルピーを追加することで、厳密に奇数にする習慣である。  
市中の店舗で販売されている祝儀袋の封筒には、このための追加1ルピーが封入されているものが大部分である。



# “The Bitter Lesson” by Richard Sutton / March 13, 2019

The biggest lesson that can be read from 70 years of AI research is **that general methods that leverage computation are ultimately the most effective, and by a large margin.**

→計算能力を活用するGeneral methodsが成功してきた70年間

They said that “brute force” search may have won this time, but it was not a general strategy, and anyway it was not how people played chess. These researchers wanted methods based on human input to win and were disappointed when they did not.

Search and learning are the two **most important classes of techniques for utilizing massive amounts of computation** in AI research.

→ディープ・ブルーのスケラブルマルチプロセッサによるモンテカルロ  
グーグル・ディープマインドのTPUによる自己対戦学習

As in the games, researchers always tried to make systems that worked the way the researchers thought their own minds worked---they tried to put that knowledge in their systems---but it proved ultimately counterproductive, and a colossal waste of researcher's time, when, through Moore's law, massive computation became available and a means was found to put it to good use.

One thing that should be learned from the bitter lesson is the great power of general purpose methods, of **methods that continue to scale with increased computation** even as the available computation becomes very great. The two methods that seem to scale arbitrarily in this way are search and learning.

→スケラブルな構造を作り、ドメイン知識を越えて活用される  
計算能力が果たす役割の重要性