

3.1.S5 コンピューティングアーキテクチャー

3.1.S5.1 計算方式

領域の定義

これまでコンピューターはムーアの法則に支えられ、着実な性能向上を果たしてきたが、そのムーアの法則に限界が見えてきたことや、人工知能に代表されるように計算対象や求められる機能・性能にもこれまでと違う変化が現れてきた。特に、人工知能での応用においては、従来のプログラムを順々と処理する逐次型計算処理ではなく、積和演算などを大規模に並列に処理することが必要になる。また、IoTエッジデバイスでAIの学習・推論を実行するには、従来に比べて桁違いに電力効率が高いデータ処理と記憶が求められている。以上のような新しい要請を実現するために、新たな計算方式が求められている。

ポイント

- ・ 本領域においては、論文数はほぼリニアに増加しており、特許も特許ファミリー件数が順調に伸びている（図3.1-S5.1-1 a）、図3.1-S5.1-4 a））。
- ・ 日本も論文の総数は増加しているものの、米国、中国、欧州の伸びに比べて増加率が低いため、シェアは低下傾向である（図3.1-S5.1-1 b）、図3.1-S5.1-2 a））。
- ・ 特許については日本の特許ファミリー件数シェアは低落傾向にはあるものの、競合優位性・総価値はそれほど低下していない（図3.1-S5.1-4 b）、d））。

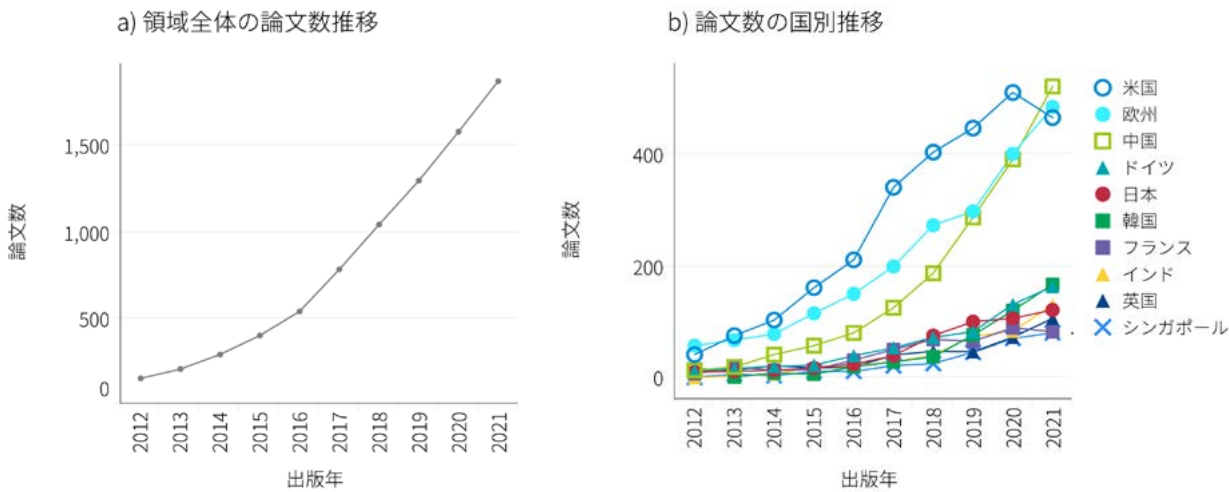


図 3.1-S5.1-1 計算方式領域における論文数の動向①

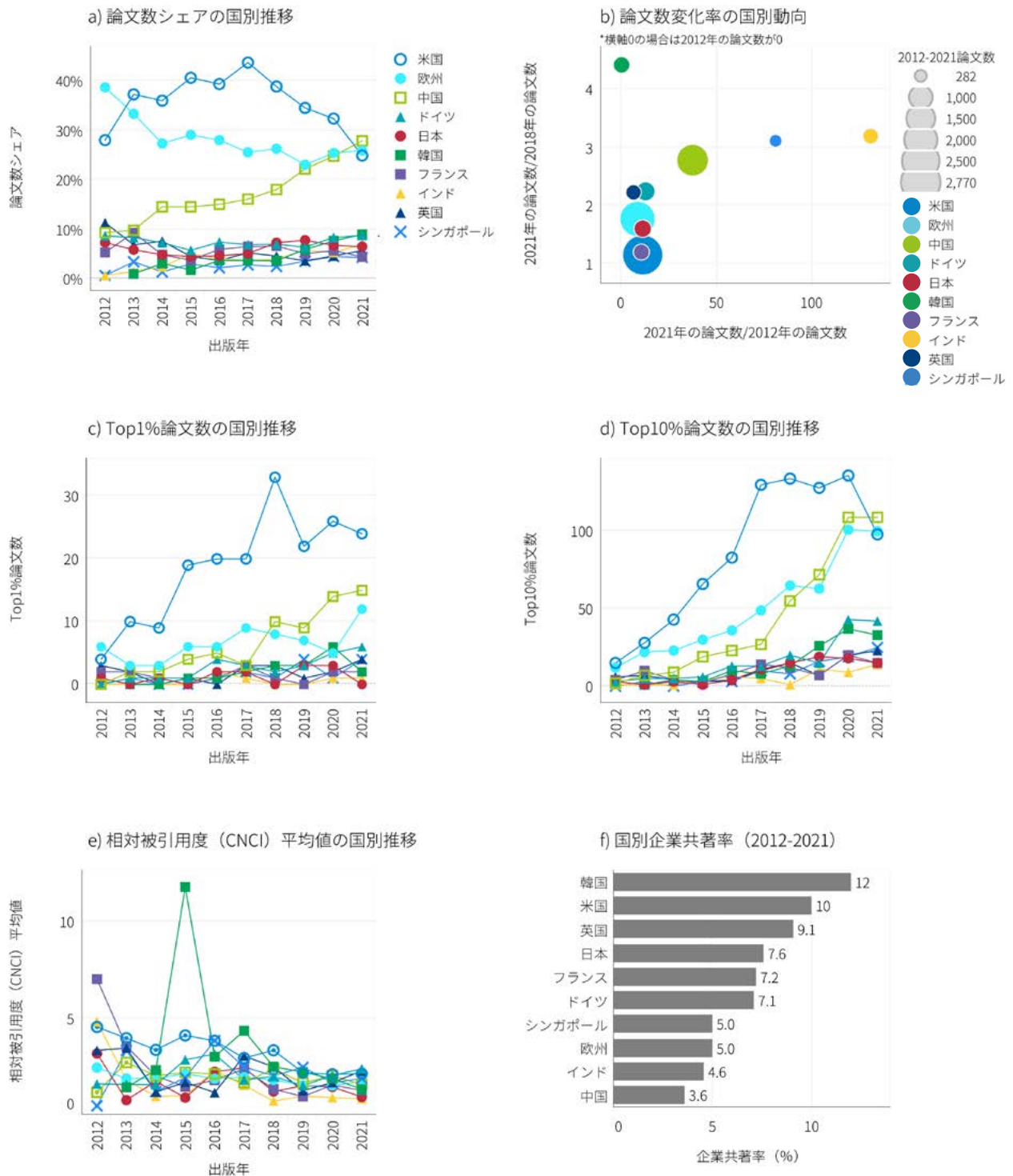


図 3.1-S5.1-2

計算方式領域における論文数の動向②

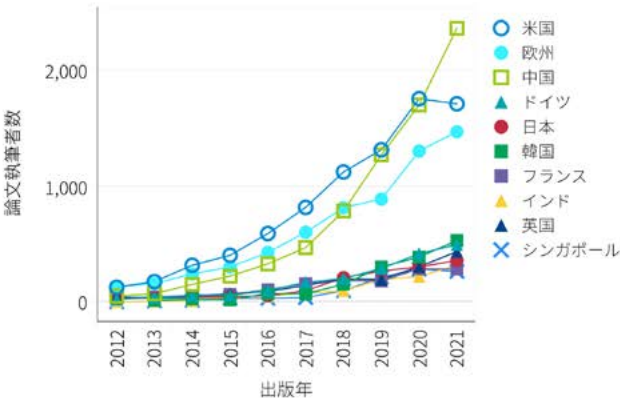
a)各国間の共著率（2012-2021）

(%)	米国	中国	欧州	ドイツ	日本	韓国	フランス	インド	英国	カナダ	論文数 (件)
米国	\	12	5.7	4.2	2	3.1	2.5	1.7	2.4	2.6	2,770
中国	19	\	3.5	1.6	1.5	1.5	1.4	0.28	3.4	3.4	1,772
欧州	12	4.7	\	9.9	1.9	0.68	7.9	2.1	6.4	1.1	1,318
ドイツ	19	4.7	21	\	1.3	1.5	5.6	1.9	9	1.1	621
日本	10	4.9	4.8	1.5	\	1.5	4.2	0.95	2.3	4.9	526
韓国	18	5.7	1.9	1.9	1.7	\	0.85	3.4	1.5	0.64	471
フランス	16	5.6	23	7.8	4.9	0.9	\	1.8	4	2.9	447
インド	12	1.2	6.5	2.9	1.2	3.9	1.9	\	1.7	1.9	413
英国	16	15	21	14	3	1.7	4.4	1.7	\	3.7	407
カナダ	28	23	5.7	2.7	9.9	1.2	5	3.1	5.7	\	262

b) 論文数上位機関（世界上位10機関+日本1位機関、2012-2021）

研究機関	国	ランク	論文数	Top1%論文数	Top10%論文数
Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)	フランス	1	274	10	57
Tsinghua University	中国	2	196	11	71
Purdue University	米国	3	175	19	73
Purdue University West Lafayette Campus	米国	4	174	19	73
International Business Machines (IBM)	米国	5	158	21	68
Nanyang Technological University	シンガポール	6	136	7	39
Peking University	中国	7	134	7	31
University of Michigan	米国	8	133	19	66
Helmholtz Association	ドイツ	9	130	6	42
University of Tokyo	日本	13	114	2	21

c) 論文執筆者数の国別推移



d) h5-index上位100位内研究者数（2017-2021）

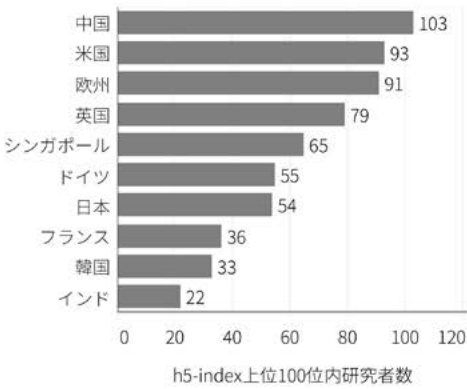


図 3.1-S5.1-3 計算方式領域における論文数の動向③

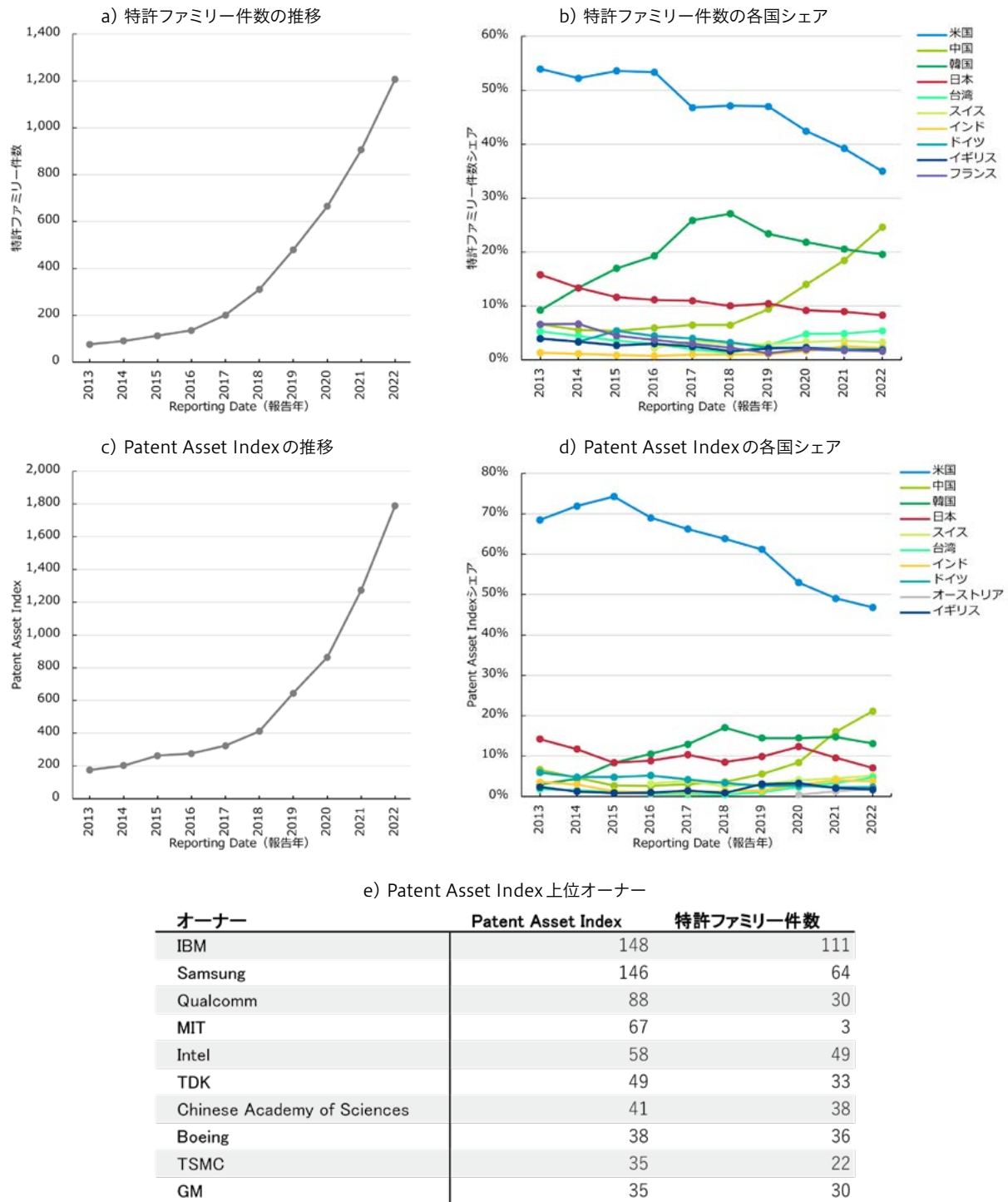


図3.1-S5.1-4 計算方式領域における特許数の動向

3.1.S5.2 プロセッサアーキテクチャー

領域の定義

コンピューティングにおいてプロセッサは中心的な役割を果たし、長らくフォンノイマン型アーキテクチャーが大勢を占めていた。アーキテクチャー（Architecture）という言葉は、元来は建築学分野において建築様式を意味する言葉であるが、情報処理分野では、計算機ハードウェアの基本様式、基本構造、設計思想などを指す言葉として使われている。ソフトウェアは「アーキテクチャーをターゲットとしてコンパイルされる」ものであり、ハードウェアは「アーキテクチャーをもとにしてデザインされる」ものであると理解することができ、ソフトウェアとハードウェアとを結びつける抽象モデルがアーキテクチャーであると言える。その位置付けは極めて重要であり、プロセッサを特徴付ける概念である。

ポイント

- ・ 本領域においては、論文数はほぼリニアに増加しているが、近年若干伸び率が下がっている。特許ファミリー件数も同様の傾向を示している。（図3.1-S5.2-1 a）、図3.1-S5.2-4 a）
- ・ 論文数では中国の伸張が著しく、米国および欧州の伸びを遙かに上回っている。日本も論文の総数は微増ではあるが、シェアは低下傾向である。（図3.1-S5.2-1 b）、図3.1-S5.2-2 a）
- ・ 特許については特許ファミリー件数シェア、Patent Asset Indexシェアともに中国が著しく伸びており、米国と地位を交替する勢いである。日本は件数、Patent Asset Indexともにシェアが低下している。（図3.1-S5.2-4 b）、d）

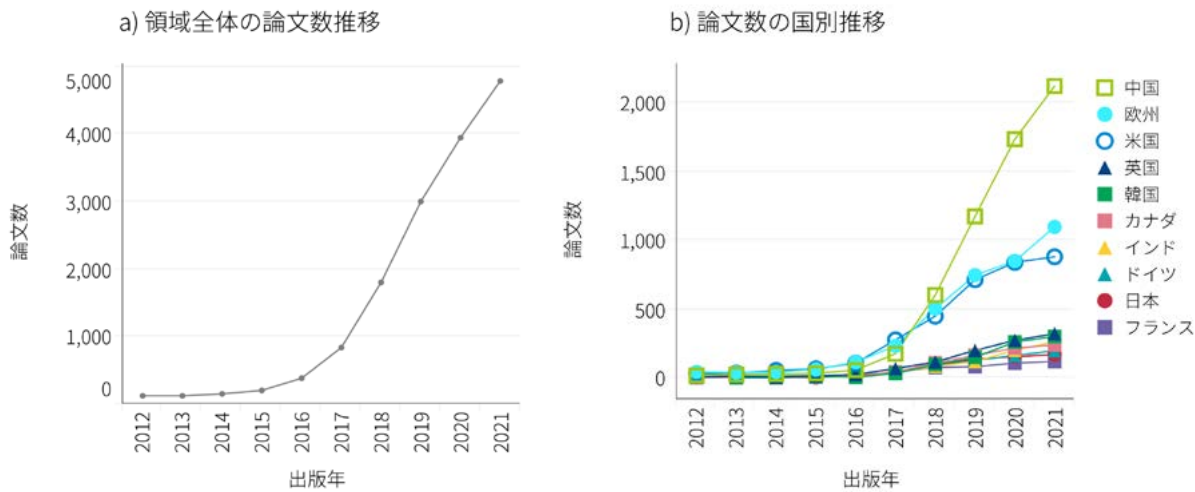


図3.1-S5.2-1 プロセッサアーキテクチャー領域における論文数の動向①

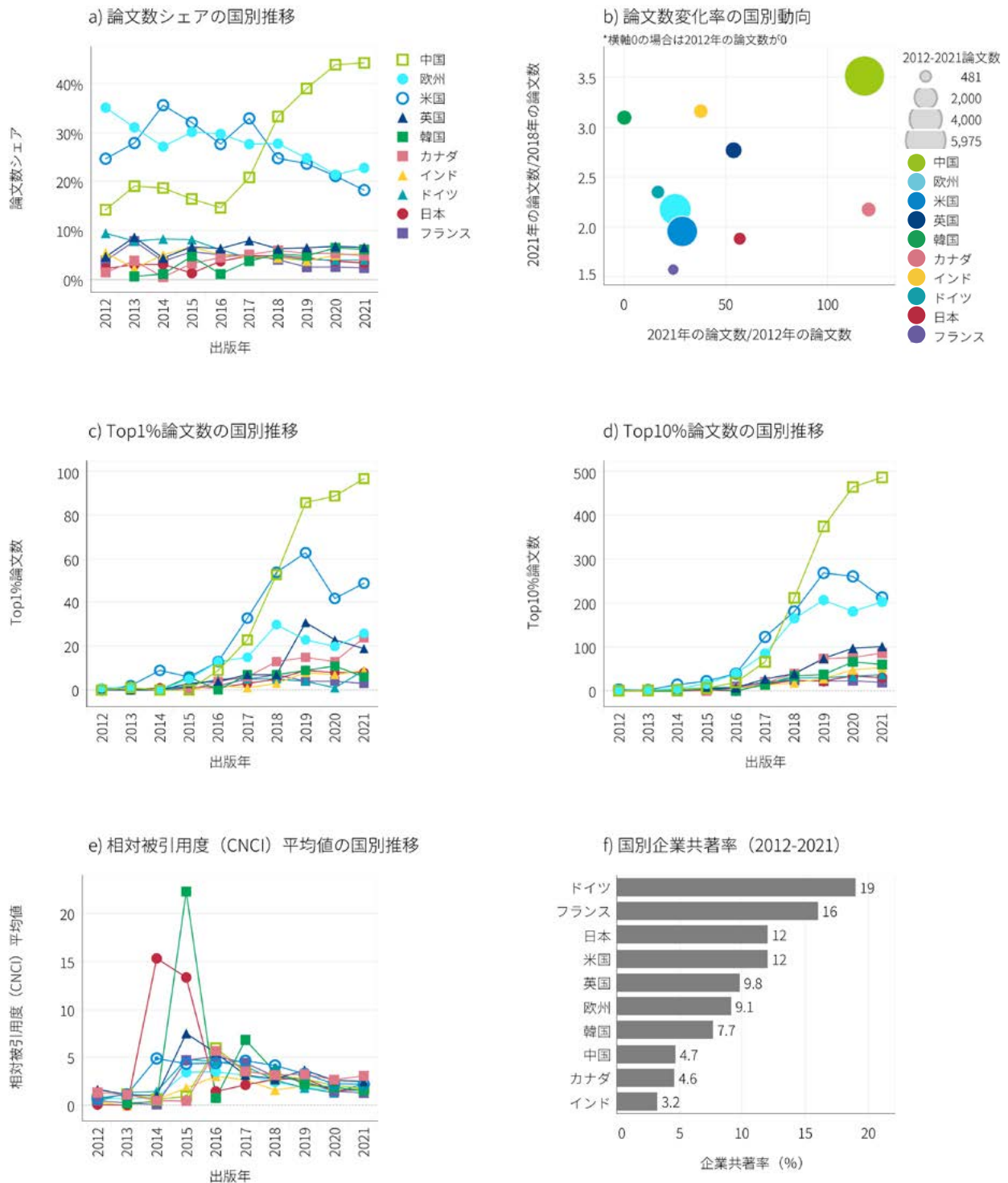


図 3.1-S5.2-2 プロセッサアーキテクチャー領域における論文数の動向②

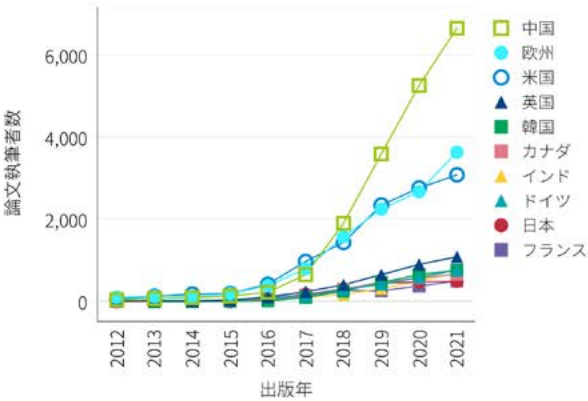
a)各国間の共著率 (2012-2021)

(%)	中国	米国	欧州	英国	韓国	カナダ	インド	ドイツ	日本	フランス	論文数 (件)
中国	\	15	4.1	6.6	1.9	5.9	1.2	0.89	2.4	0.95	6,079
米国	26	\	7.6	4.3	3.9	3.5	2.3	2.8	1.8	1.9	3,455
欧州	8.7	9.1	\	7.7	2.2	2	2.4	6.5	2.3	4.3	2,889
英国	38	14	21	\	2.4	5.8	2.8	4.4	1.4	3.8	1,043
韓国	14	16	7.2	2.9	\	2.4	3.3	1.4	1.1	1.2	860
カナダ	44	15	7.2	7.4	2.6	\	1.5	1.1	2	2.5	808
インド	9.6	11	9	3.8	3.7	1.6	\	1.1	1.8	1.2	759
ドイツ	7.9	14	28	6.7	1.8	1.3	1.2	\	2.3	3.6	687
日本	23	9.9	11	2.4	1.4	2.6	2.2	2.6	\	1.6	624
フランス	12	13	26	8.3	2.1	4.2	1.9	5.2	2.1	\	481

b) 論文数上位機関 (世界上位10機関+日本1位機関、2012-2021)

研究機関	国	ランク	論文数	Top1%論文数	Top10%論文数
Beijing University of Posts & Telecommunications	中国	1	607	42	187
Tsinghua University	中国	2	259	19	89
Xidian University	中国	3	240	35	108
Shanghai Jiao Tong University	中国	4	235	9	68
University of Electronic Science & Technology of China	中国	5	232	34	91
Huazhong University of Science & Technology	中国	6	190	27	84
Nanyang Technological University	シンガポール	7	182	19	66
International Business Machines (IBM)	米国	8	168	26	70
Southeast University - China	中国	9	167	10	50
Zhejiang University	中国	10	163	14	62
National Institute of Informatics (NII) - Japan	日本	128	46	4	16
Research Organization of Information & Systems (ROIS)	日本	128	46	4	16

c) 論文執筆者数の国別推移



d) h5-index上位100位内研究者数 (2017-2021)

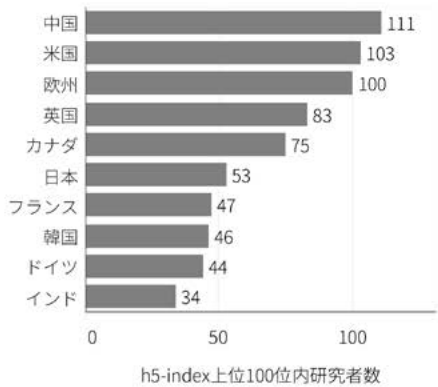


図3.1-S5.2-3 プロセッサアーキテクチャー領域における論文数の動向③

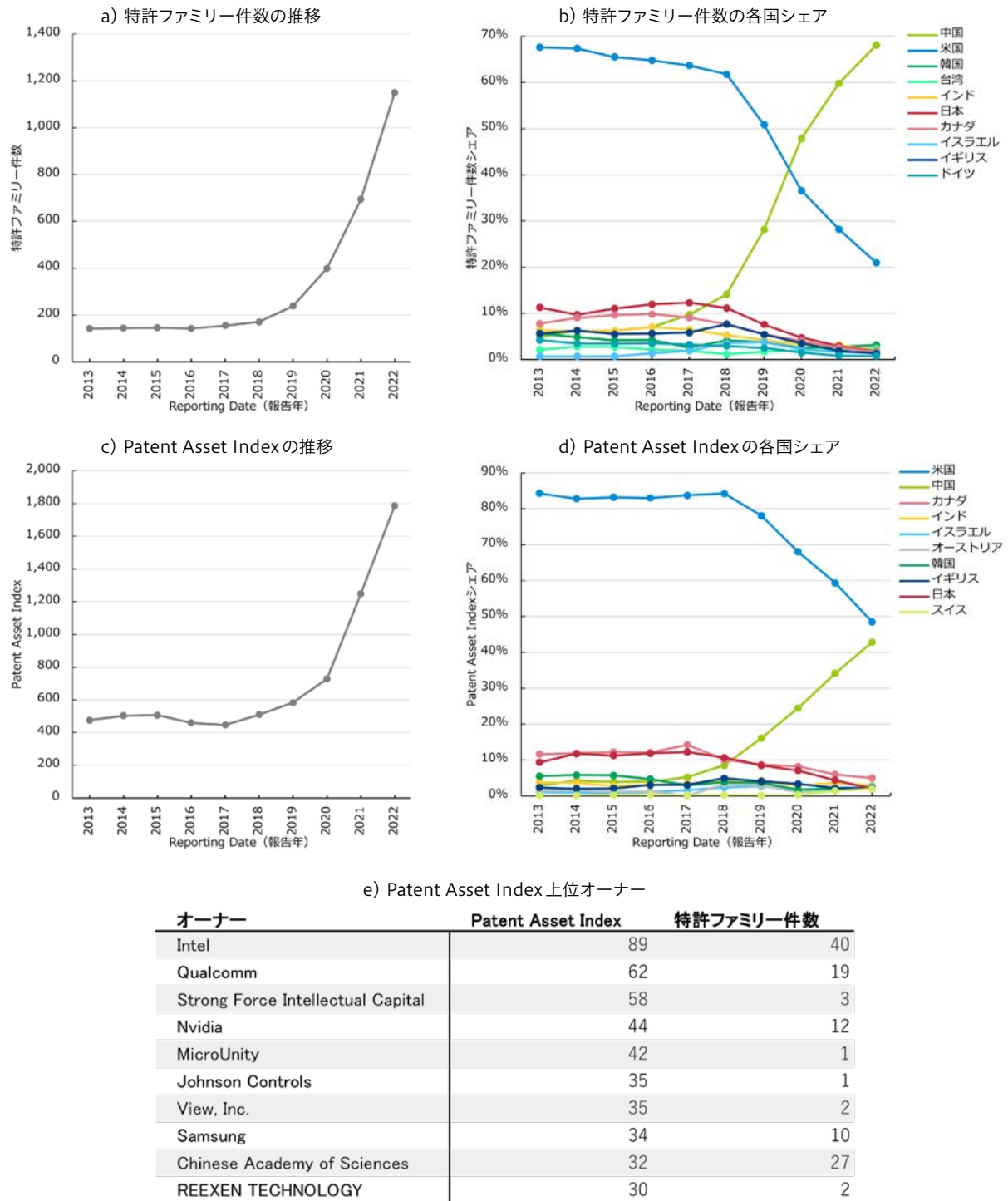


図 3.1-S5.2-4 プロセッサアーキテクチャ領域における特許数の動向

3.1.S5.3 量子コンピューティング

領域の定義

量子コンピューティング（量子計算）とは、状態の重ね合わせ、量子もつれ、量子干渉などを計算資源として、従来の計算機では不可能な情報処理を可能とする新たなコンピューティングパラダイムである。本研究開発領域は、理論的な計算モデルから、ソフトウェア、アーキテクチャー、ハードウェアなど物理学・計算機科学・電子工学の広範囲に及ぶ話題を含む。また、量子コンピューター実現に必要なさまざまな工学、量子コンピューター研究を通して得られる計算機科学への示唆も関連トピックスとして含む。

ポイント

- ・ 本領域においては、論文数はほぼリニアに増加している。特許は件数、Patent Asset Indexともに指数関数的に増加している。（図 3.1-S5.3-1 a）、図 3.1-S5.3-4 a）、c））
- ・ 論文数では米国および欧州が順調に増加しているが、中国はそれを上回る伸びを示している。日本も論文の総数は微増ではあるが、シェアは低下傾向である。（図 3.1-S5.3-1 b）、図 3.1-S5.3-2 a））
- ・ 特許についてはファミリー件数シェア、Patent Asset Indexシェアともに中国が著しく伸びており、ファミリー件数シェアでは米国を追い越している。日本は件数シェア、Patent Asset Indexシェアともに低下している。（図 3.1-S5.3-4 b）、d））

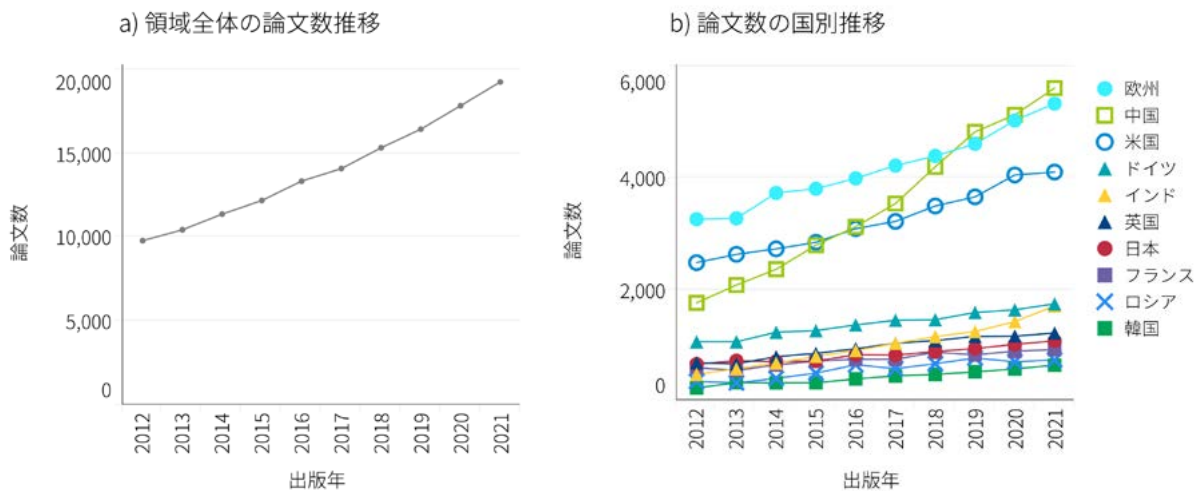


図 3.1-S5.3-1 量子コンピューティング領域における論文数の動向①

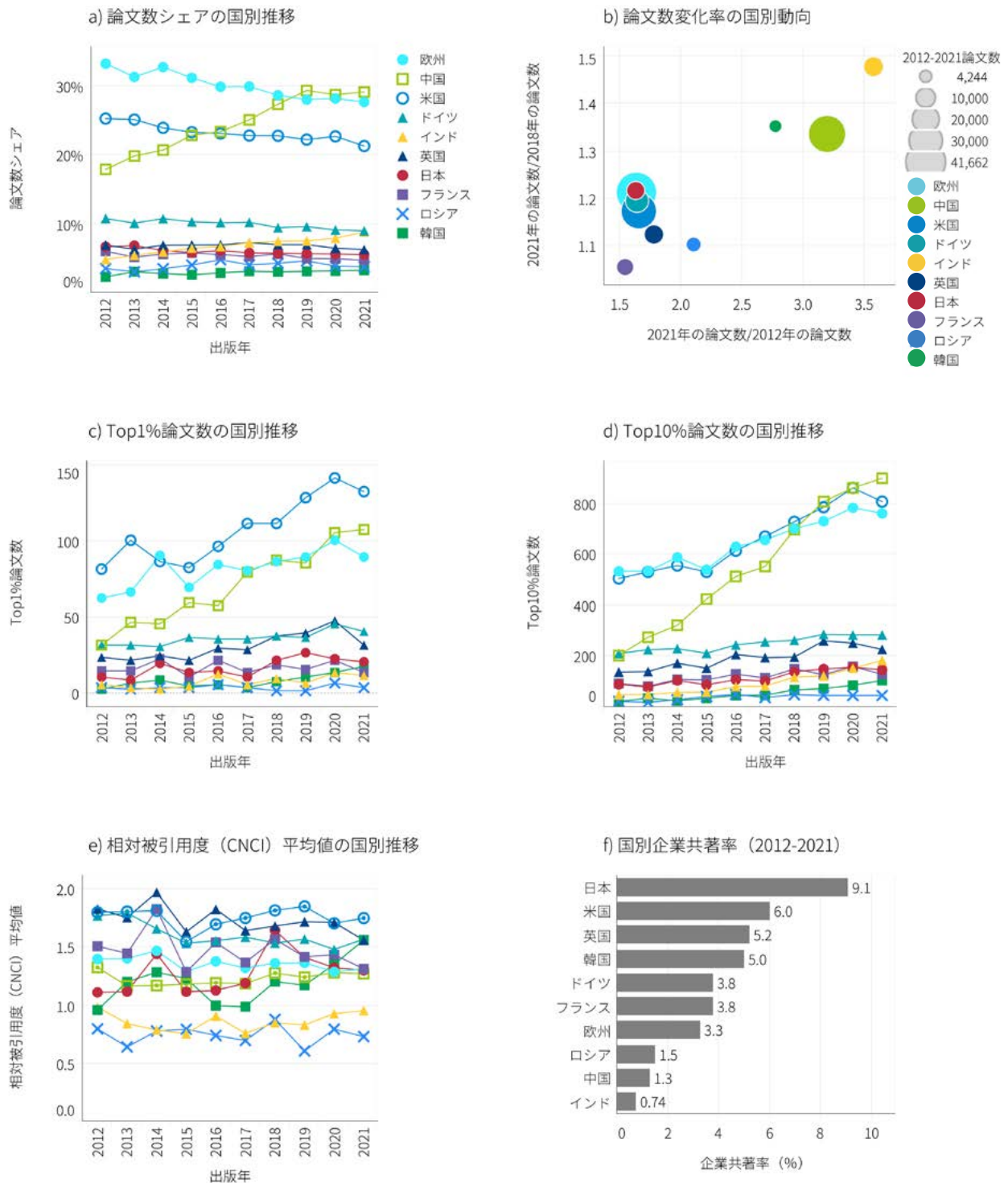


図3.1-S5.3-2 量子コンピューティング領域における論文数の動向②

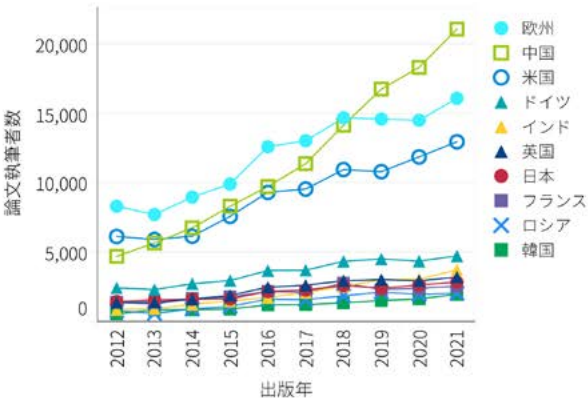
a)各国間の共著率（2012-2021）

(%)	中国	米国	欧州	ドイツ	インド	英国	日本	フランス	カナダ	韓国	論文数 (件)
中国	\	11	4.7	3	0.61	3	2.1	1.3	1.8	0.87	35,988
米国	12	\	13	7.6	2	5.4	4.1	4.1	4.5	2.2	32,309
欧州	6.2	15	\	14	2.2	9.8	3.5	8.4	3.2	1.2	27,004
ドイツ	7.7	18	28	\	2.1	9.8	4.3	7.1	3.6	1.4	13,832
インド	2.2	6.4	5.9	2.8	\	2.1	1.6	1.7	1.6	3.1	9,978
英国	11	18	28	14	2.2	\	4.7	7.5	4.7	1.8	9,569
日本	9.1	16	11	7.1	1.9	5.4	\	4.3	2.6	2.7	8,352
フランス	6.2	18	30	13	2.2	9.6	4.8	\	3.1	1.3	7,492
カナダ	12	27	16	9.1	3	8.4	4	4.3	\	1.8	5,436
韓国	7.4	17	7.3	4.7	7.2	4.1	5.3	2.2	2.3	\	4,244

b) 論文数上位機関（世界上位10機関+日本1位機関、2012-2021）

研究機関	国	ランク	論文数	Top1%論文数	Top10%論文数
Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)	フランス	1	5,592	126	905
Max Planck Society	ドイツ	2	2,324	117	604
University of Science & Technology of China, CAS	中国	3	2,160	69	422
Helmholtz Association	ドイツ	4	1,926	63	351
University of Chinese Academy of Sciences, CAS	中国	5	1,781	44	329
Massachusetts Institute of Technology (MIT)	米国	6	1,587	119	538
Universite Paris Saclay	フランス	7	1,503	42	273
Tsinghua University	中国	8	1,477	66	334
University of Tokyo	日本	9	1,345	37	235
ETH Zurich	スイス	10	1,301	66	373

c) 論文執筆者数の国別推移



d) h5-index上位100位内研究者数（2017-2021）

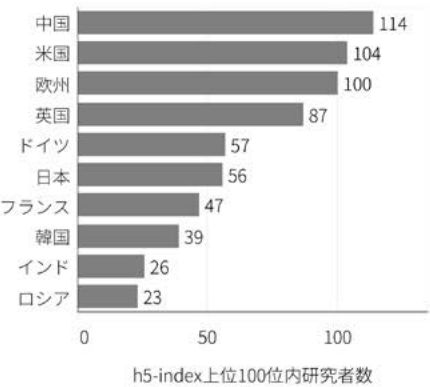


図 3.1-S5.3-3 量子コンピューティング領域における論文数の動向③

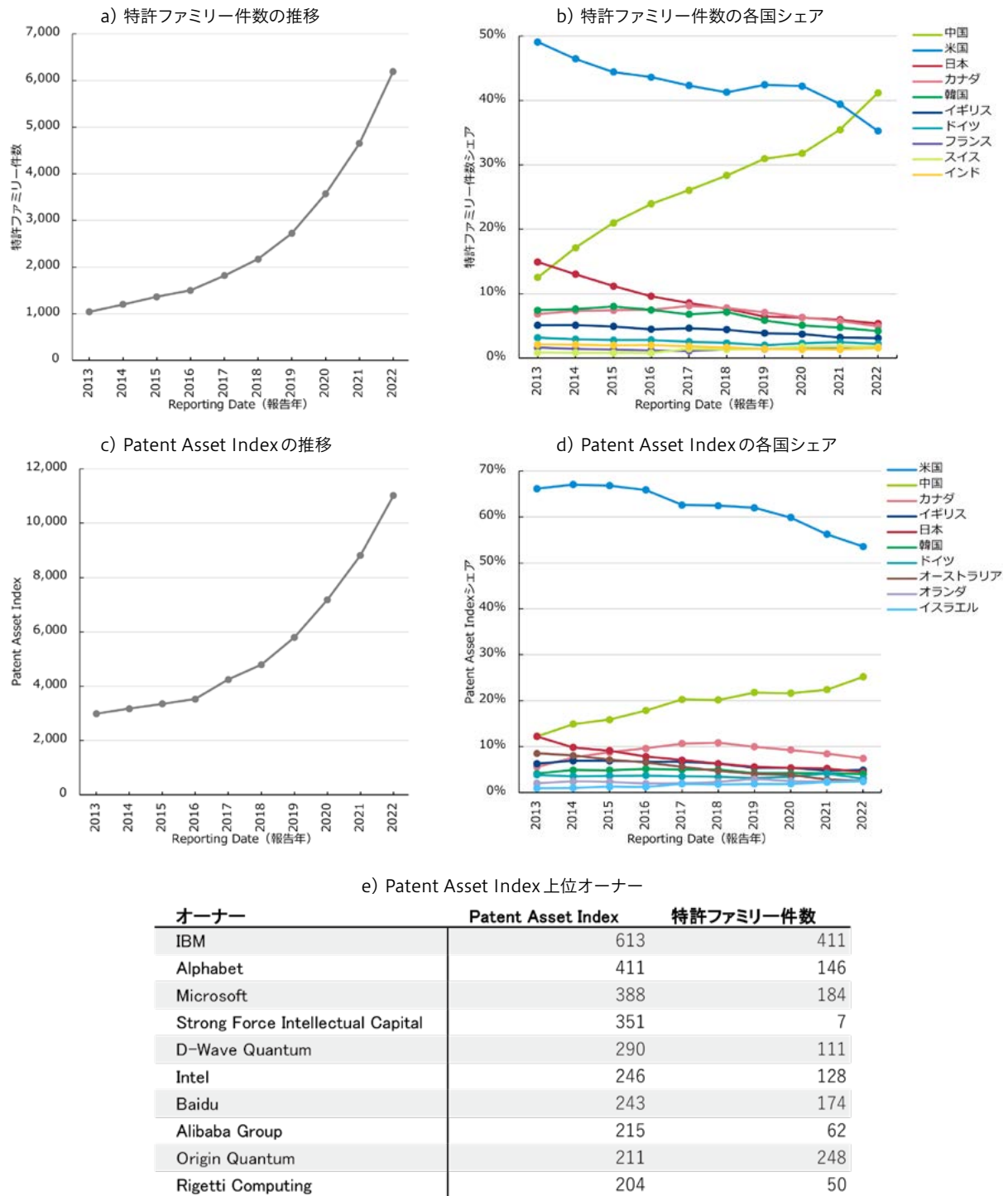


図 3.1-S5.3-4 量子コンピューティング領域における特許数の動向

3.1.S5.4 データ処理基盤

領域の定義

本領域は、多数の計算機あるいはメニーコアを搭載するなどのハイエンドな計算機を利用することで、大規模なデータ（ビッグデータ）に対する処理を効率的に実行する基盤的ソフトウェア技術を確立する領域である。主要要素技術はクラウド環境で利用されている分散並列型の大規模データ処理であり、代表的なデータ処理の例としてデータベースの検索処理、機械学習、データマイニングが挙げられる。

ポイント

- ・ 本領域においては、論文数は順調に増加している。特許は件数、Patent Asset Indexともに指数関数的に増加している。（図 3.1-S5.4-1 a）、図 3.1-S5.4-4 a）、c））
- ・ 論文数では欧州が優位であったが、若干その位置が低下し、米国および中国とほぼ同等の位置づけになっている。日本も論文の総数は増加しているが、シェアは一定である。（図 3.1-S5.4-1 b）、図 3.1-S5.4-2 a））
- ・ 特許については特許ファミリー件数シェア、Patent Asset Indexシェアともに中国が著しく伸びており、米国と地位を交替する勢いである。日本は件数シェア、Patent Asset Indexシェアともに低下している。（図 3.1-S5.4-4 b）、d））

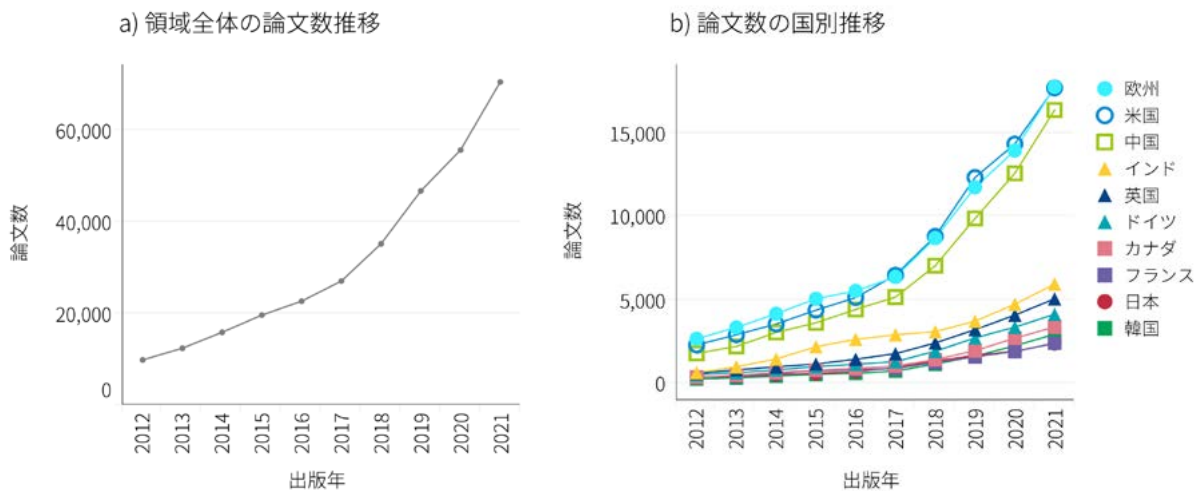


図 3.1-S5.4-1 データ処理基盤領域における論文数の動向①

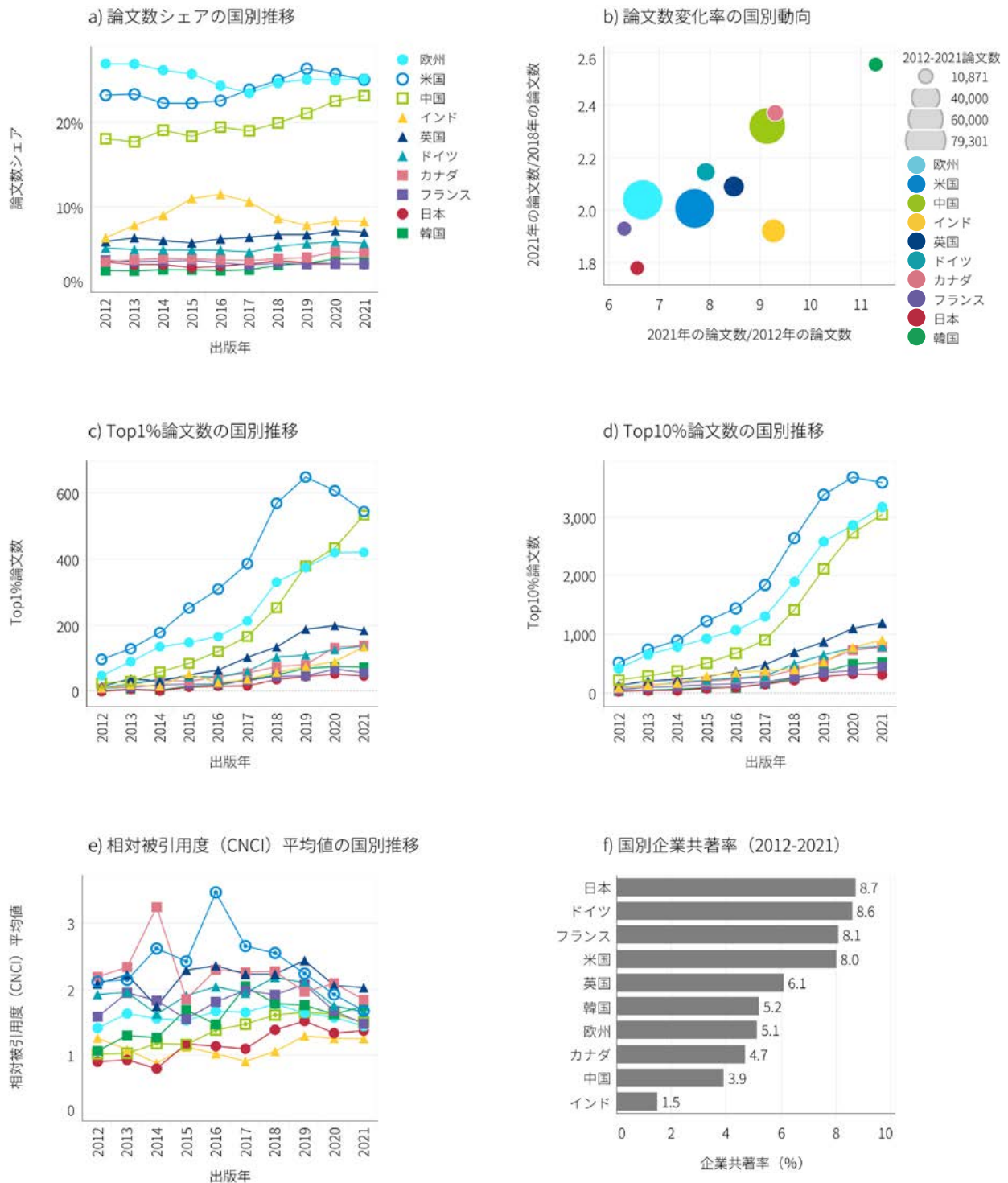


図 3.1-S5.4-2 データ処理基盤領域における論文数の動向②

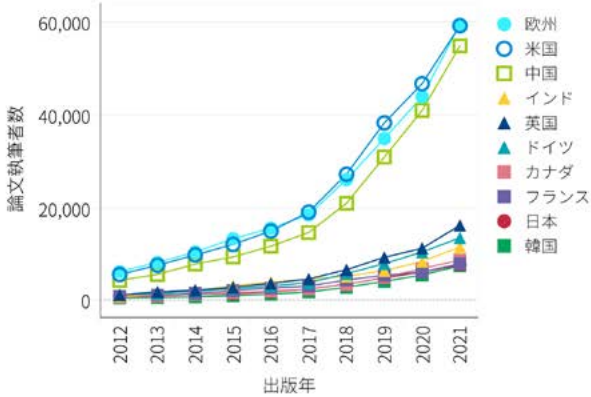
a)各国間の共著率（2012-2021）

(%)	米国	中国	欧州	インド	英国	ドイツ	カナダ	フランス	日本	韓国	論文数 (件)
米国	\	12	8.6	2.1	5	3.5	3.8	2.2	1.4	2	77,952
中国	14	\	3.9	0.84	4.4	1.2	3	0.95	1.5	1.1	68,084
欧州	12	4.6	\	1.8	8.7	7.2	2.6	4.5	1.3	1	57,879
インド	5.9	2	3.8	\	2	0.87	1.1	0.64	0.77	1.3	28,336
英国	18	14	23	2.6	\	8.4	3.9	5	2.2	1.5	21,560
ドイツ	16	4.7	24	1.4	10	\	3.3	5.6	1.9	1.5	17,557
カナダ	21	15	11	2.2	6.1	4.3	\	4	1.8	1.8	13,671
フランス	15	5.8	24	1.6	9.7	8.9	4.9	\	2.6	1.1	11,047
日本	10	9.4	7	2	4.3	3.1	2.3	2.6	\	1.7	10,875
韓国	15	6.8	5.4	3.3	3	2.5	2.2	1.1	1.7	\	10,871

b) 論文数上位機関 (世界上位10機関+日本1位機関、2012-2021)

研究機関	国	ランク	論文数	Top1%論文数	Top10%論文数
Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)	フランス	1	4,256	132	834
Harvard University	米国	2	2,959	227	1,002
Tsinghua University	中国	3	2,544	123	704
Massachusetts Institute of Technology (MIT)	米国	4	2,218	218	838
Beijing University of Posts & Telecommunications	中国	5	2,173	75	449
Stanford University	米国	6	2,154	201	823
Shanghai Jiao Tong University	中国	7	2,079	85	468
University of Chinese Academy of Sciences, CAS	中国	8	2,070	69	452
Helmholtz Association	ドイツ	9	1,957	108	512
Zhejiang University	中国	10	1,810	77	486
University of Tokyo	日本	28	1,335	39	230

c) 論文執筆者数の国別推移



d) h5-index上位100位内研究者数（2017-2021）

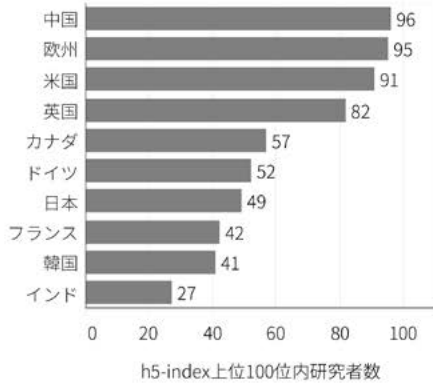


図 3.1-S5.4-3 データ処理基盤領域における論文数の動向③

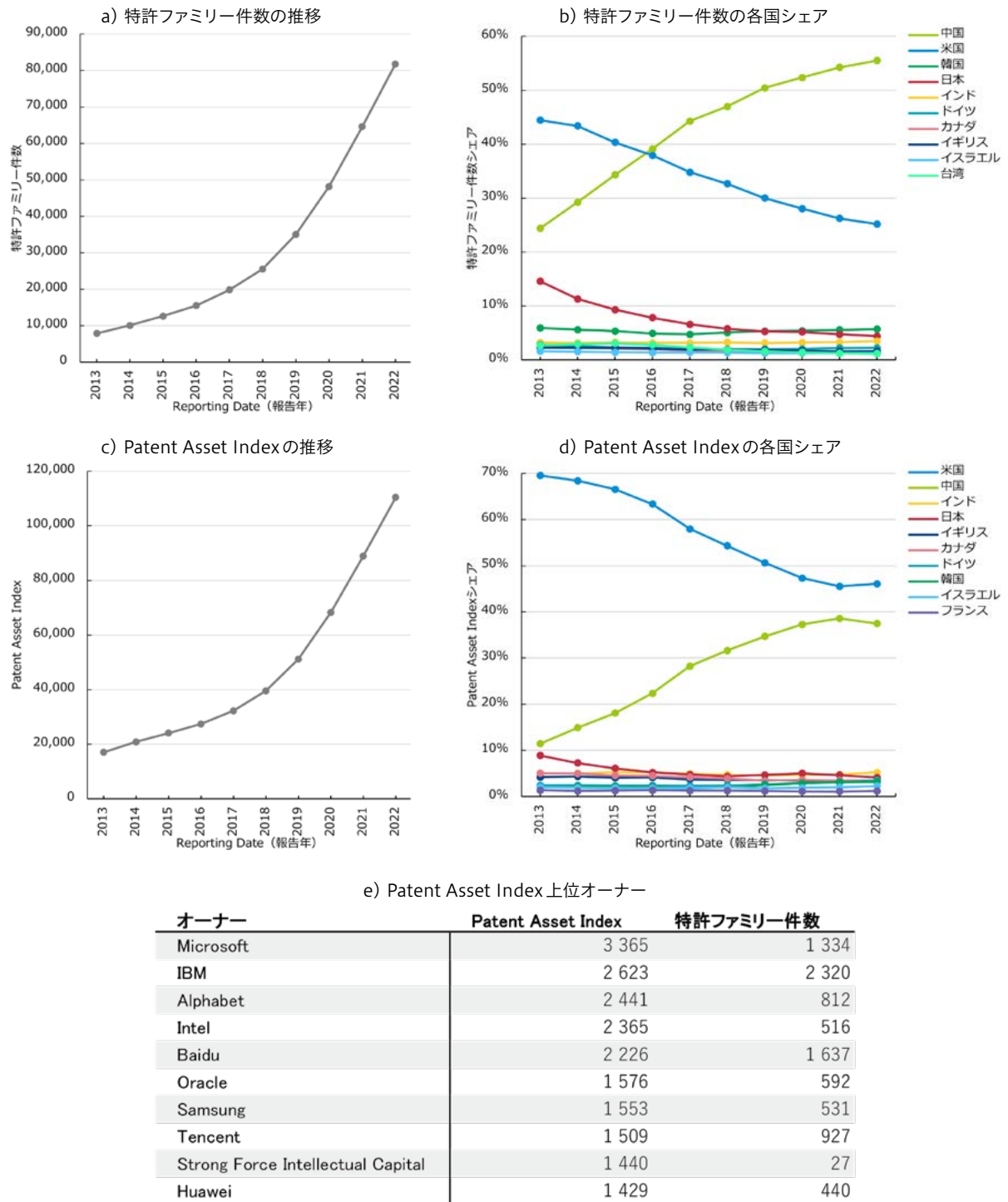


図 3.1-S5.4-4 データ処理基盤領域における特許数の動向

3.1.S5.5 IoTアーキテクチャー

領域の定義

本研究開発領域で取り扱う技術は、膨大な数のセンサーや端末がネットワークに接続されるIoT時代において、実世界と情報世界を高度に融合するコンピューティング環境を実現するための技術である。実世界を構成するモノ・ヒト・コトの状況を認識するセンサー技術、それらに作用や情報を与えるアクチュエーション技術、デバイスそのものの構成法、認識処理方式、作用や表示方式等の情報通信技術をはじめとして、長期稼働を実現するための電力供給技術、必要に応じて機器や端末が自律的に移動する技術、ビッグデータ分析を可能にする機械学習/AI技術、データに含まれるパーソナルデータのセキュアな取り扱いのためのセキュリティー技術が含まれている。

ポイント

- ・ 本領域においては、論文数は順調に増加している。特許ファミリー件数、Patent Asset Indexも順調に増加している。（図3.1-S5.5-1 a）、図3.1-S5.5-4 a）、c））
- ・ 論文数では欧州が優位であったが、その位置が低下し、中国に取って代わられている。米国も若干の低下傾向である。日本も論文の総数は増加しているが、シェアは一定である。（図3.1-S5.5-1 b）、図3.1-S5.5-2 a））
- ・ 特許については特許ファミリー件数シェア、Patent Asset Indexシェアともに中国が著しく伸びており、ファミリー件数シェアでは中国が米国を追い越し、Patent Asset Indexシェアでも並ぶ勢いである。日本は件数シェア、Patent Asset Indexシェアともに低下している。（図3.1-S5.5-4 b）、d））

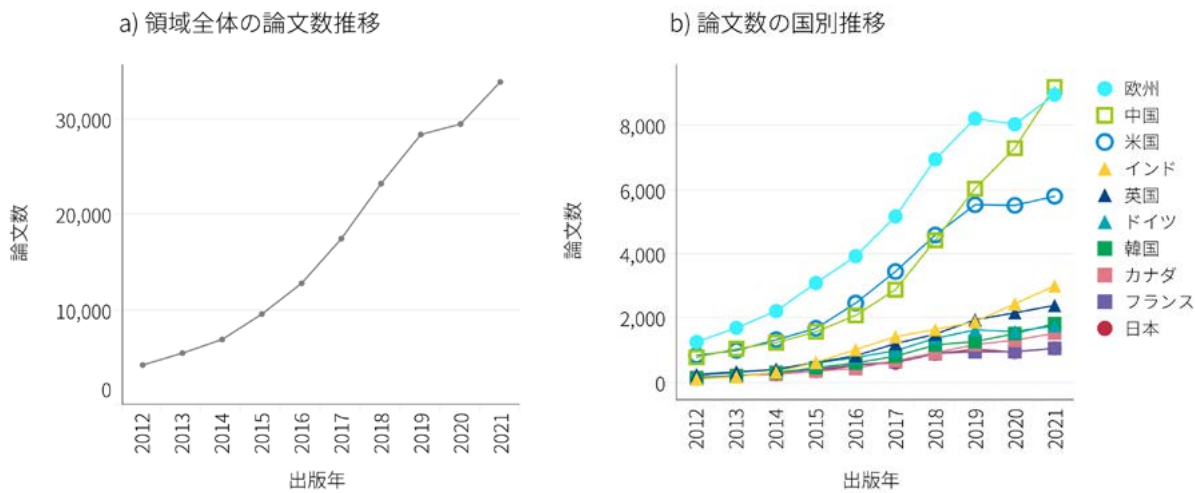


図3.1-S5.5-1 IoTアーキテクチャー領域における論文数の動向①

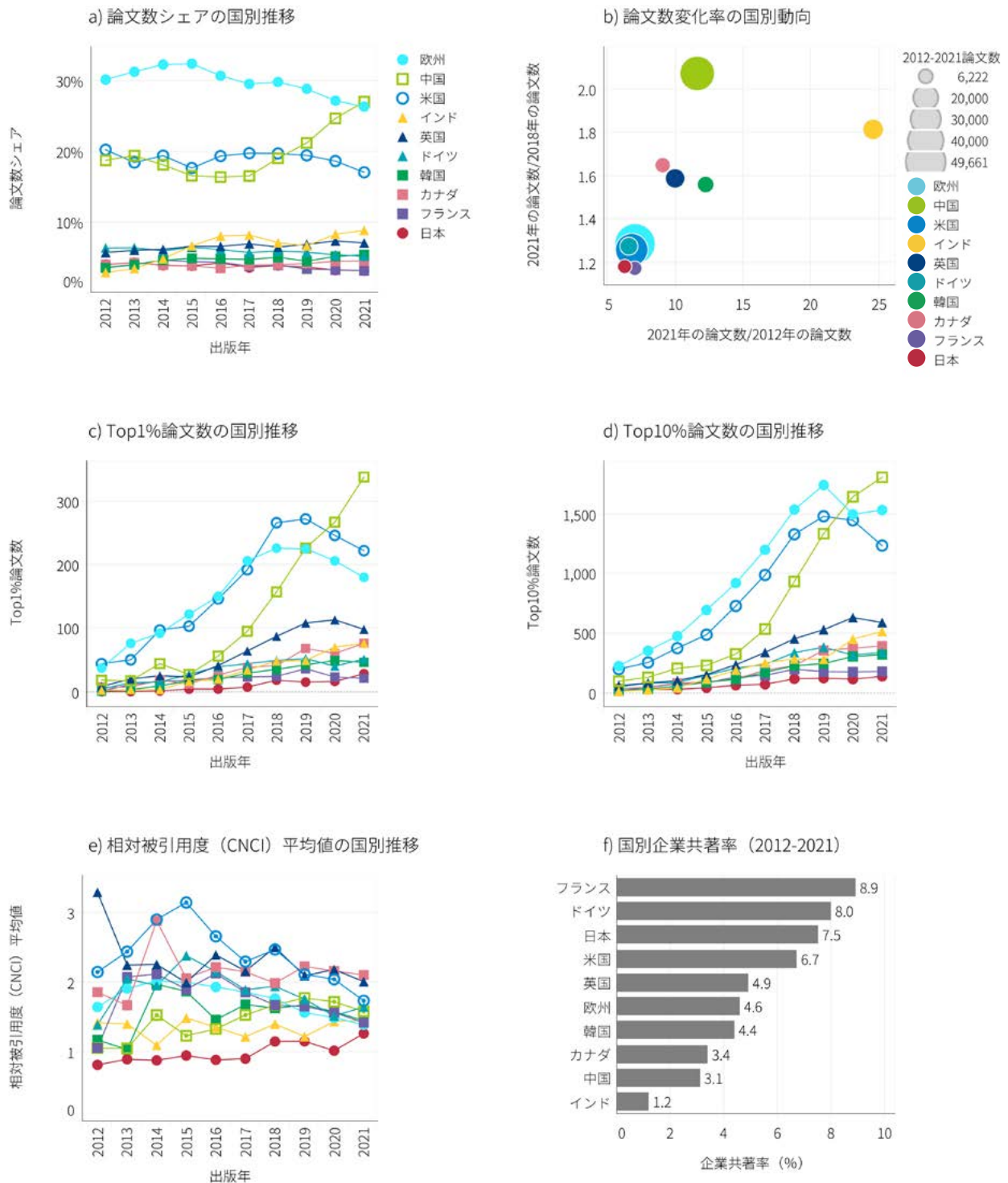


図3.1-S5.5-2 IoTアーキテクチャー領域における論文数の動向②

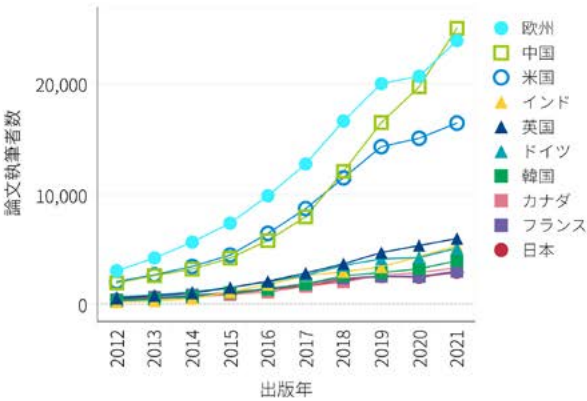
a)各国間の共著率（2012-2021）

(%)	中国	欧州	米国	インド	英国	ドイツ	韓国	カナダ	フランス	日本	論文数 (件)
中国	\	4.1	12	1.6	5	0.8	1.7	4	0.88	1.9	37,824
欧州	4.2	\	7.2	1.6	6.8	5.1	0.99	1.5	3.2	1	36,706
米国	15	8.1	\	2.4	4	2.8	2.7	3.4	1.6	1.3	32,342
インド	4.6	4.7	6	\	2.6	0.41	2.4	1.1	0.73	0.66	12,814
英国	16	21	11	2.8	\	5.3	1.9	3.1	3.5	1.3	11,786
ドイツ	3.1	19	9.3	0.53	6.4	\	0.83	2.3	3.3	1.5	9,861
韓国	7.7	4.3	10	3.6	2.7	0.97	\	1.5	0.86	1.1	8,468
カナダ	21	7.4	15	2	5	3.1	1.7	\	3.2	1.6	7,203
フランス	5.3	18	8.1	1.5	6.6	5.2	1.2	3.7	\	1.8	6,288
日本	11	6.1	6.6	1.4	2.5	2.4	1.5	1.9	1.9	\	6,222

b) 論文数上位機関 (世界上位10機関+日本1位機関、2012-2021)

研究機関	国	ランク	論文数	Top1%論文数	Top10%論文数
Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)	フランス	1	2,055	42	390
Beijing University of Posts & Telecommunications	中国	2	1,857	75	415
Xidian University	中国	3	1,394	73	406
University of Electronic Science & Technology of China	中国	4	1,278	89	370
Tsinghua University	中国	5	1,259	83	375
Shanghai Jiao Tong University	中国	6	1,138	54	313
Nanyang Technological University	シンガポール	7	985	79	348
King Saud University	サウジアラビア	8	915	57	317
Beihang University	中国	9	853	41	194
University of Chinese Academy of Sciences, CAS	中国	10	830	34	189
University of Tokyo	日本	48	538	6	81

c) 論文執筆者数の国別推移



d) h5-index上位100位内研究者数（2017-2021）

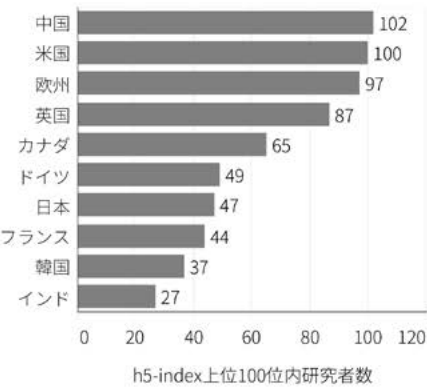


図 3.1-S5.5-3 IoTアーキテクチャー領域における論文数の動向③

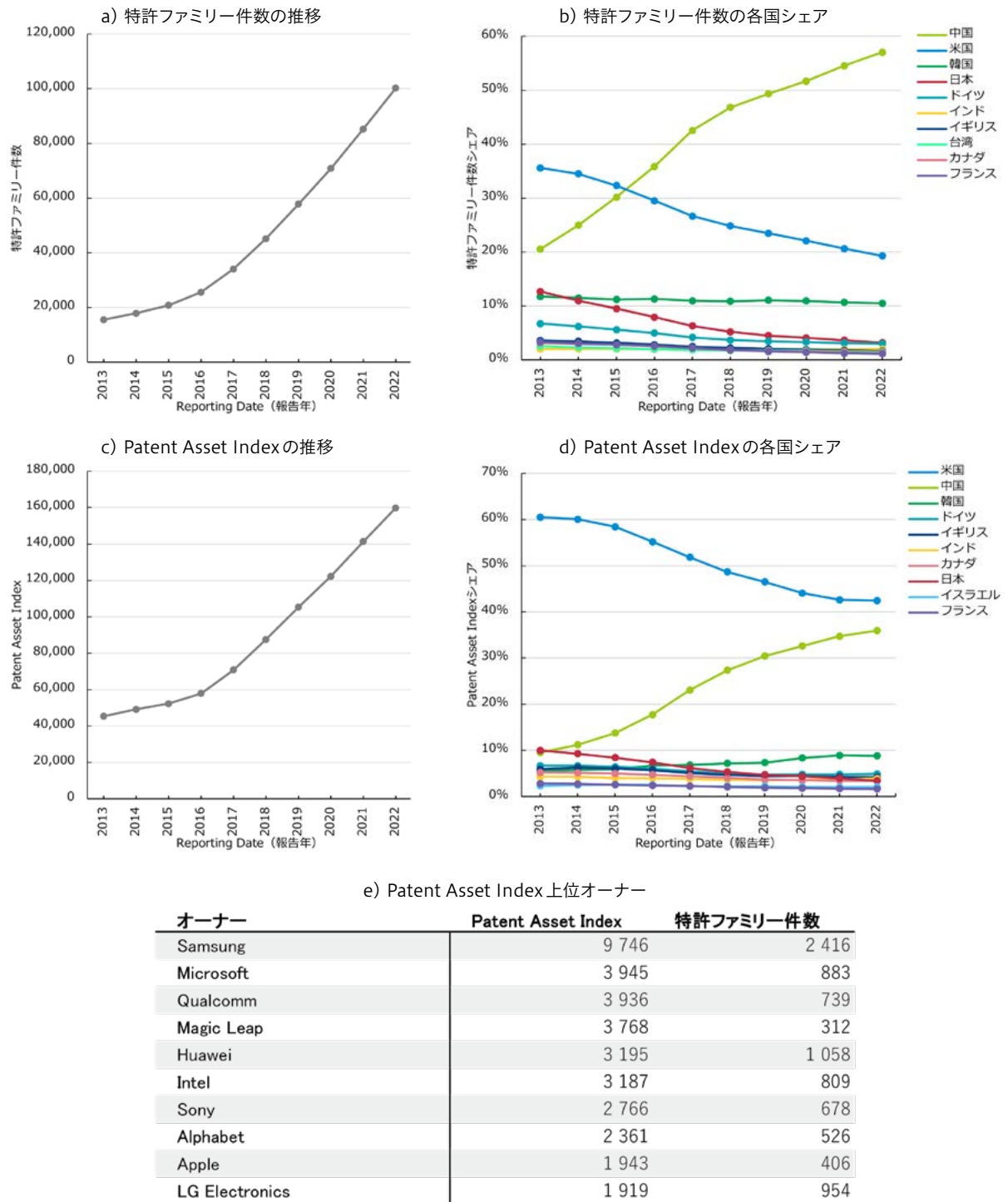


図 3.1-S5.5-4 IoTアーキテクチャー領域における特許数の動向

3.1.S5.6 デジタル社会基盤

領域の定義

センサーやスマートフォンなどのIoT機器を用いて人やモノの状況把握・行動推定のためのさまざまな情報をセンシングできるようになってきており、複数のセンシング情報を組み合わせ、それらの経時的な変化などを収集・分析することで、自動運転や街のエネルギー削減、防災・減災など街のスマート化や、健康管理、高齢者見守り、未病改善など人の健康や医療・介護に資することを可能にするものである。

Society 5.0はこのようなサイバーとフィジカル世界の融合した社会を目指しており、それを支えるデジタル社会基盤としては、社会を網羅的に計算可能化する技術の確立が必要である。すなわち、ダイナミックな社会の情報が自律分散的に集まるデータ収集基盤と、データを安全に共有してさまざまな主体がさまざまな目的で計算可能とするデータ共有基盤、および計算結果を用いて社会と人のウェルビーイングを向上させる技術の確立が必要である。

さらに非機能的要件としては、ディペンダビリティを向上させる技術や、IoT情報基盤構築技術、ゼロエネルギーIoTネットワーク技術の創出も重要である。本領域は異なる要素技術を含む複合領域であり、具体的な研究開発課題は多岐にわたる。

ポイント

- ・ 本領域においては、論文数は順調に増加している。特許は件数、Patent Asset Indexともに順調に増加している。(図3.1-S5.6-1 a)、図3.1-S5.6-4 a)、c))
- ・ 論文数では欧州がますます優位にある。中国は多少シェアを伸ばし、米国はその地位が低下しつつある。日本も論文の総数は増加しているが、シェアはある程度低下気味である。(図3.1-S5.6-1 b)、図3.1-S5.6-2 a))
- ・ 特許については特許ファミリー件数シェア、Patent Asset Indexシェアともに中国が圧倒的な強みを持っている。日本は優位な立場にあったが、件数、競争力ともに低下している。(図3.1-S5.6-4 b)、d))

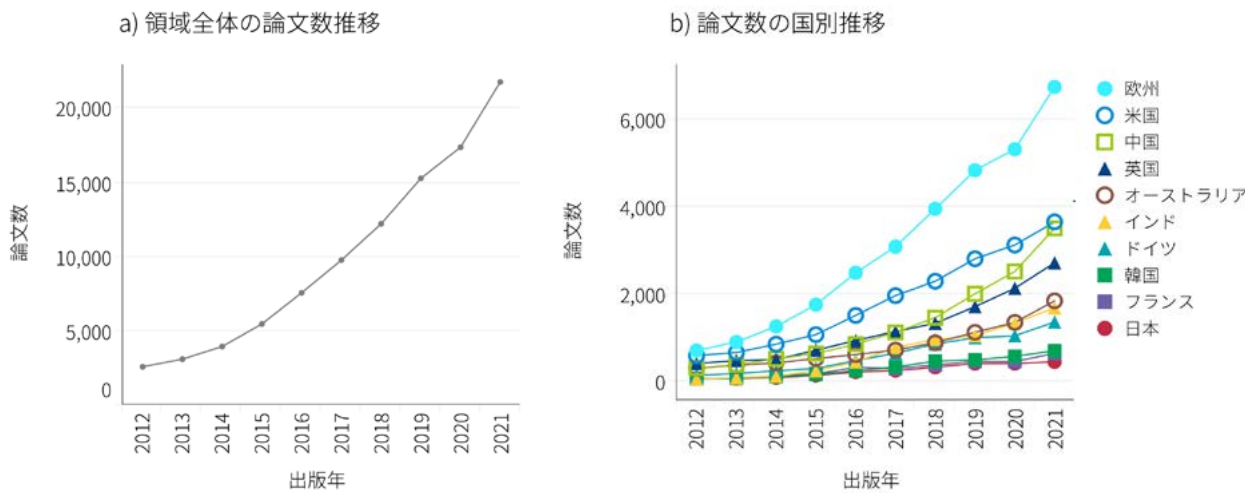


図3.1-S5.6-1 デジタル社会基盤領域における論文数の動向①

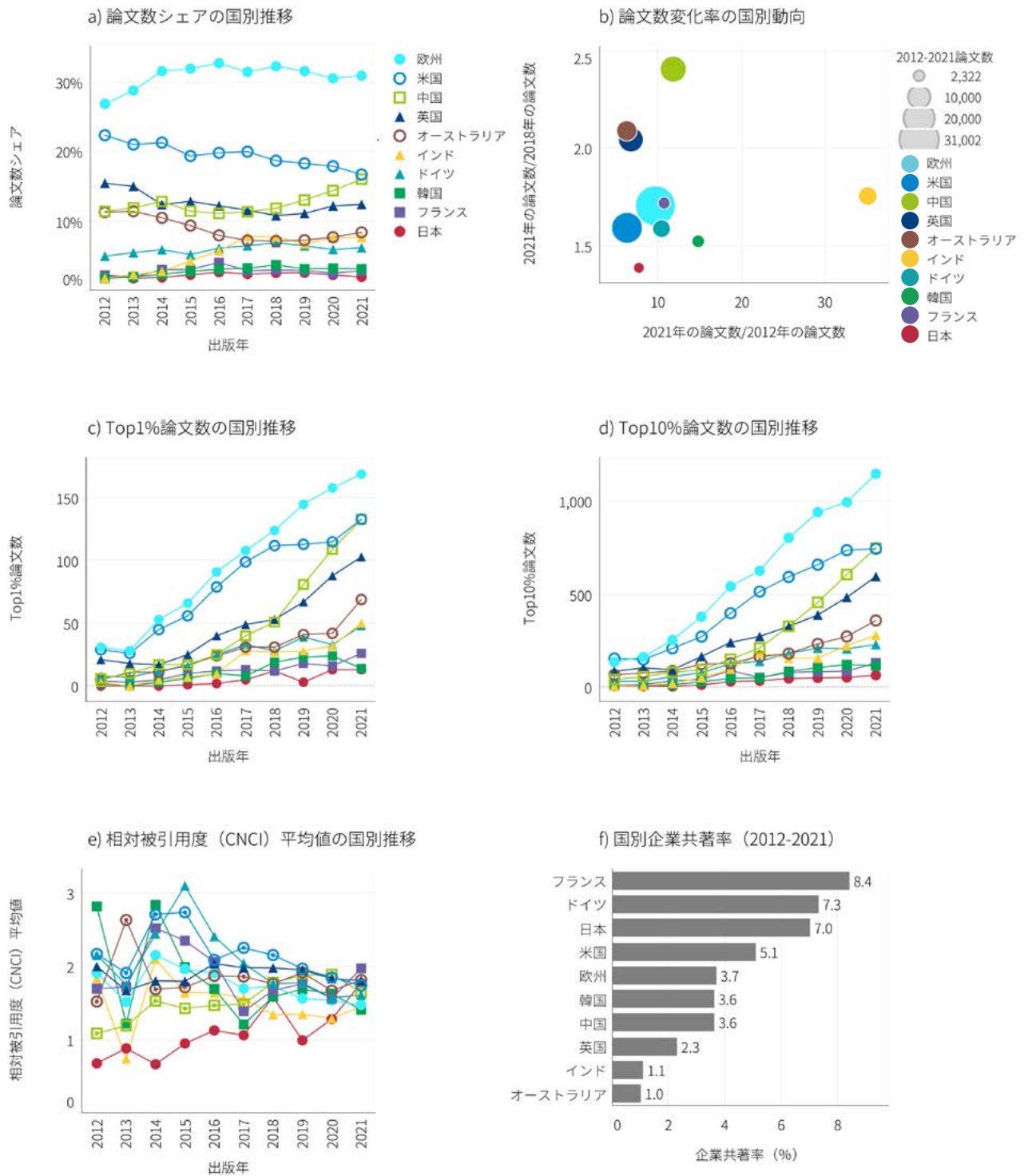


図3.1-S5.6-2 デジタル社会基盤領域における論文数の動向②

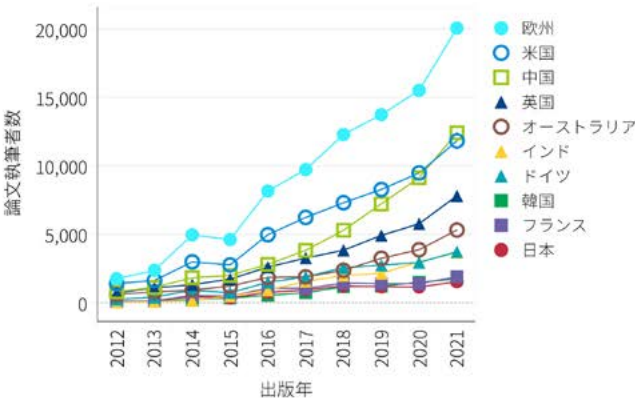
a)各国間の共著率（2012-2021）

(%)	欧州	米国	中国	英国	インド	ドイツ	カナダ	韓国	フランス	日本	論文数 (件)
欧州	\	7.6	3.1	9.3	1.5	5.6	2.1	0.69	3.1	0.81	24,125
米国	9.9	\	11	6.5	2.7	3.2	3.9	2.1	2	1.1	18,471
中国	5.3	14	\	5.9	1.8	1.3	3.7	1.8	1.2	1.8	13,910
英国	19	10	6.8	\	1.9	4.8	3.2	0.64	2.6	1.1	12,003
インド	5.3	7.4	3.6	3.3	\	0.76	1.3	1.6	0.82	0.67	6,678
ドイツ	22	9.7	2.8	9.4	0.83	\	2.4	0.65	3.8	1.2	6,158
カナダ	12	17	13	9.4	2.2	3.6	\	1.3	3	1.7	4,131
韓国	5.3	12	8	2.5	3.5	1.3	1.7	\	1.1	1.5	3,115
フランス	26	12	5.8	11	1.9	8.1	4.3	1.1	\	2	2,906
日本	8.4	8.5	11	5.4	1.9	3.1	3	2	2.5	\	2,322

b) 論文数上位機関（世界上位10機関+日本1位機関、2012-2021）

研究機関	国	ランク	論文数	Top1%論文数	Top10%論文数
University of Melbourne	オーストラリア	1	953	27	214
University College London	英国	2	921	49	247
Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)	フランス	3	920	31	192
University of Sydney	オーストラリア	4	857	29	171
Monash University	オーストラリア	5	786	28	180
University of New South Wales Sydney	オーストラリア	6	758	36	181
University of Queensland	オーストラリア	7	647	19	133
Deakin University	オーストラリア	8	589	16	140
University of Oxford	英国	9	542	22	138
Tsinghua University	中国	10	536	28	127
University of Tokyo	日本	113	229	7	32

c) 論文執筆者数の国別推移



d) h5-index上位100位内研究者数（2017-2021）

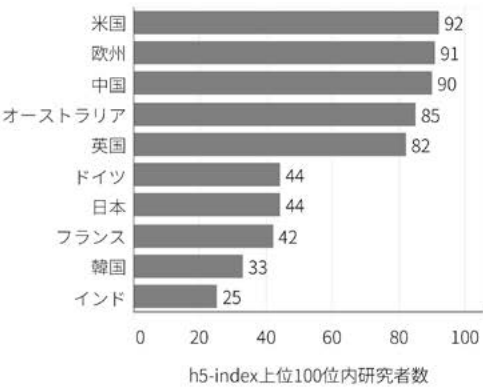


図 3.1-S5.6-3 デジタル社会基盤領域における論文数の動向③

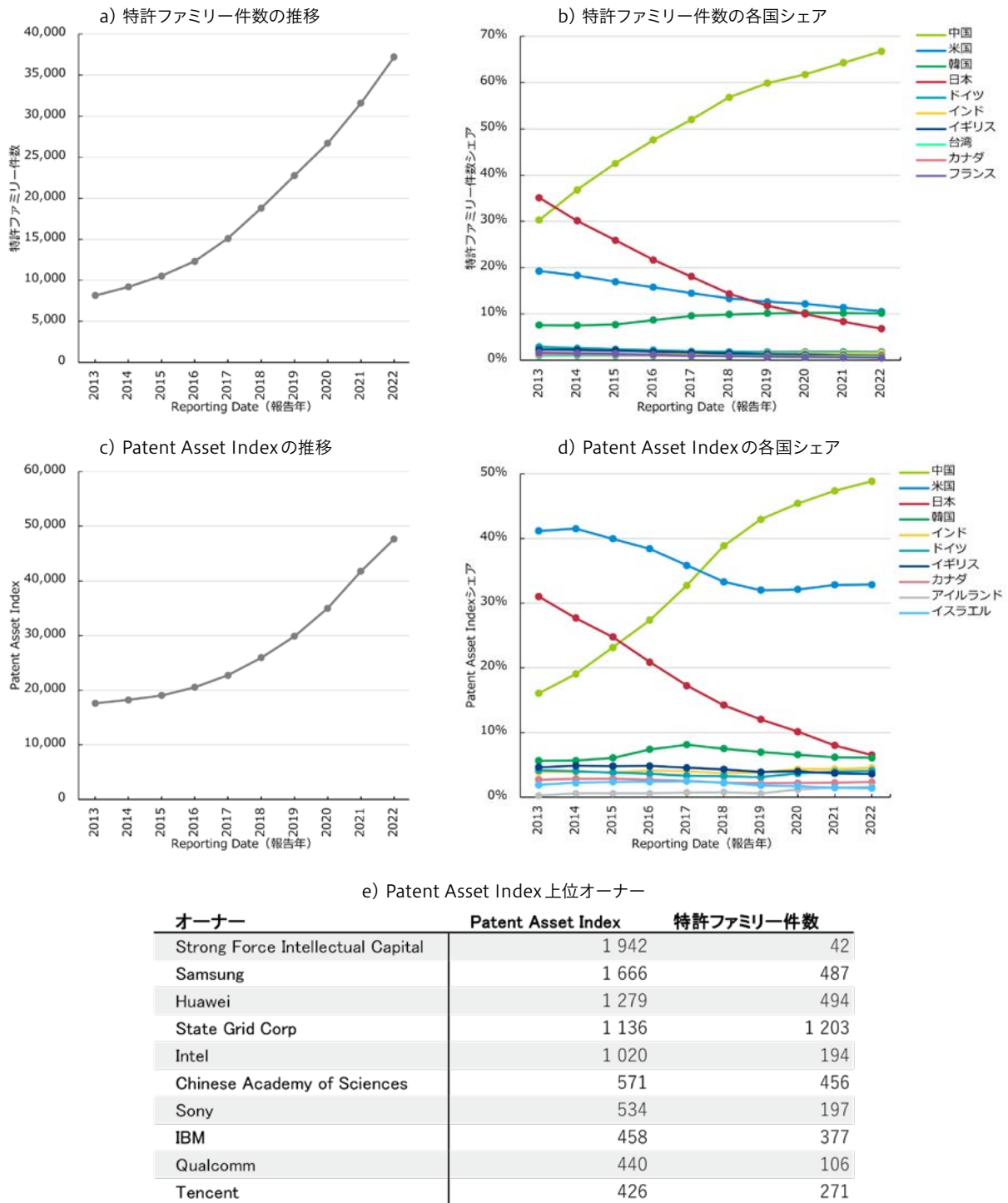


図 3.1-S5.6-4 デジタル社会基盤領域における特許数の動向