

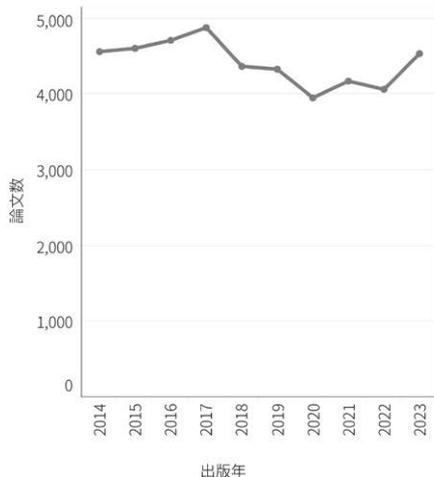
4.1.N6 共通基盤科学技術

4.1.N6.01 微細加工・ヘテロ集積

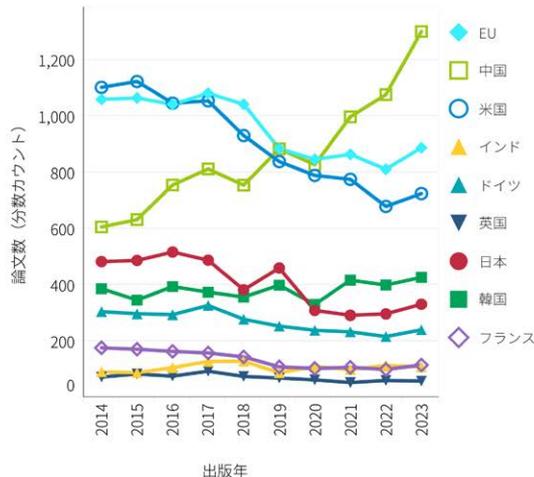
領域の定義

シングルナノメートルレベルまでのシリコンの微細加工プロセス、三次元加工プロセスの高度化、および異種材料ウェハ・チップの集積を実現する研究開発領域である。現状のフッ化アルゴン (ArF) 液浸露光技術と多重露光技術の高度化に加え、EUVリソグラフィ (Extreme ultraviolet lithography)、ナノインプリント、ブロックコポリマー (block copolymer) の誘導自己組織化パターンなどの利用によるシングルナノメートルレベルの新たなリソグラフィ技術、原子層堆積・エッチング (ALD・ALE)、高アスペクト比パターン形成、シリコンと化合物半導体の接合技術、電子デバイスと光デバイスの集積化技術などの研究開発課題がある。

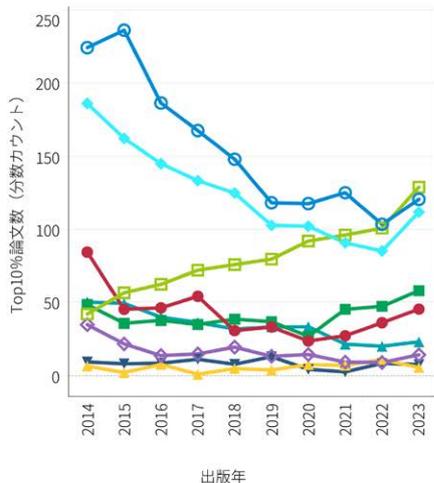
a) 世界の論文数推移



b) 論文数の国別推移



c) Top10%論文数の国別推移



d) Top1%論文数の国別推移

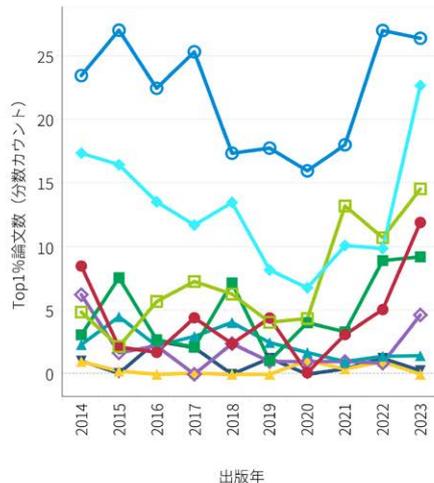
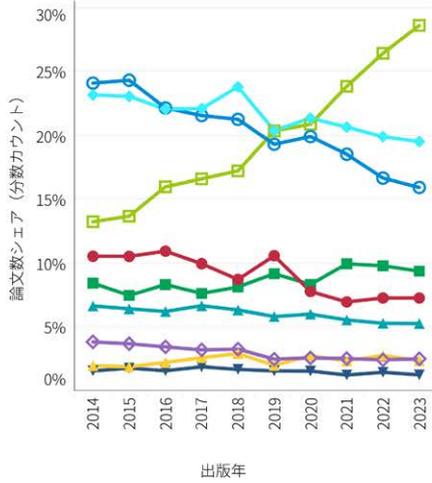
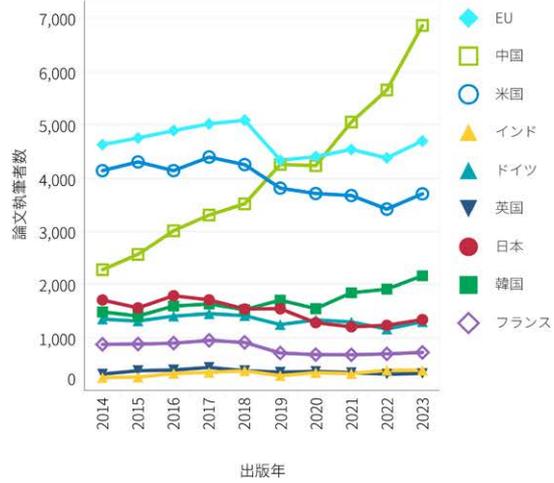


図4.1-N6.01-1 微細加工・ヘテロ集積領域における論文数の動向①

a) 論文数シェアの国別推移



b) 論文執筆者数の国別推移



c) 各国間共著論文数と共著率

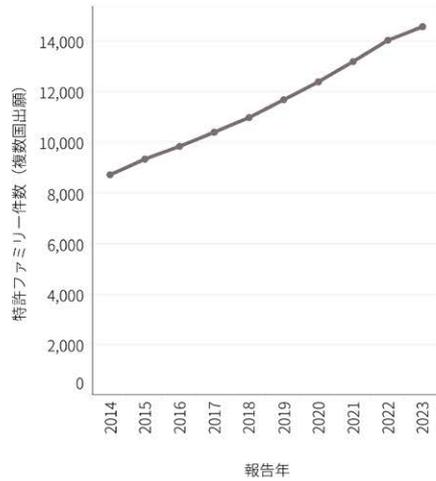
	米国	日本	中国	台湾	韓国	英国	ベルギー	フランス	ドイツ	インド
米国	＼	437	829	224	697	233	354	207	487	136
日本	437	＼	200	93	106	41	138	65	124	23
中国	829	200	＼	139	140	190	55	57	167	22
台湾	224	93	139	＼	20	7	17	6	24	8
韓国	697	106	140	20	＼	46	48	38	86	47
英国	233	41	190	7	46	＼	67	90	181	36
ベルギー	354	138	55	17	48	67	＼	113	216	15
フランス	207	65	57	6	38	90	113	＼	194	14
ドイツ	487	124	167	24	86	181	216	194	＼	45
インド	136	23	22	8	47	36	15	14	45	＼
	8.5%	2.0%	1.4%	0.9%	1.4%	1.9%	0.6%	0.6%	1.7%	0.2%
	9.2%	4.2%	2.0%	0.5%	2.2%	0.9%	2.9%	1.4%	2.6%	0.5%
	15.7%	3.2%	3.2%	0.9%	1.0%	1.1%	0.9%	0.9%	1.9%	1.1%
	18.0%	3.2%	14.6%	0.5%	3.5%	＼	5.2%	6.9%	13.9%	2.8%
	23.0%	9.0%	3.6%	1.1%	3.1%	4.4%	＼	7.3%	14.0%	1.0%
	10.5%	3.3%	2.9%	0.3%	1.9%	4.6%	5.7%	＼	9.8%	0.7%
	12.7%	3.2%	4.4%	0.6%	2.3%	4.7%	5.7%	5.1%	＼	1.2%
	10.5%	1.8%	1.7%	0.6%	3.6%	2.8%	1.2%	1.1%	3.5%	＼

d) 論文数上位機関

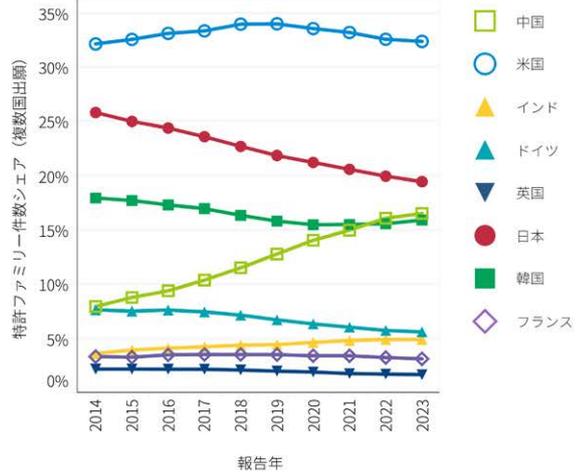
機関	所在国	論文数	Top10%論文数	Top1%論文数
Interuniversity Microelectronics Centre	Belgium	1,175	317	46
University of Chinese Academy of Sciences	China	827	84	10
Georgia Institute of Technology	United States	659	131	18
CEA LETI	France	585	94	22
Université Grenoble Alpes	France	554	72	12
Fudan University	China	484	56	3
Korea Advanced Institute of Science and Technology	South Korea	474	73	2
The University of Tokyo	Japan	474	53	5
Agency for Science, Technology and Research, Singapore	Singapore	465	115	15
Tohoku University	Japan	461	53	6

図 4.1-N6.01-2 微細加工・ヘテロ集積領域における論文数の動向②

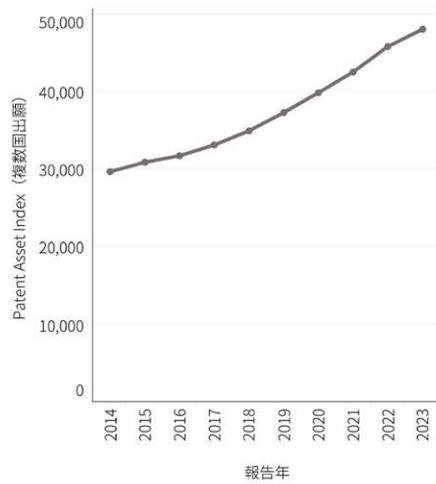
a) 世界の特許ファミリー件数推移



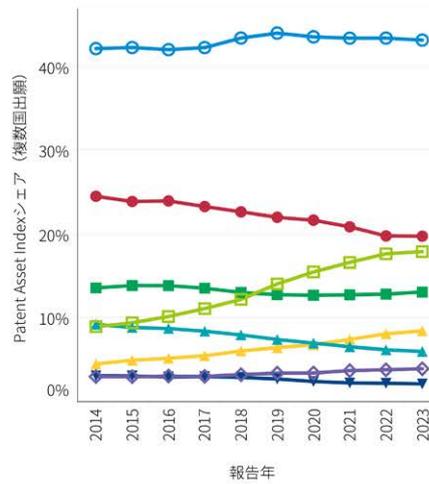
b) 特許ファミリー件数シェアの国別推移



c) 世界のPatent Asset Index推移



d) Patent Asset Indexシェアの国別推移



e) Patent Asset Index上位オーナー

オーナー	特許ファミリー件数	Patent Asset Index
TSMC	1,860	4,984
ASM International	378	4,961
Lam Research	422	2,531
Samsung	1,084	2,512
Applied Materials	543	2,122
Shin-Etsu	519	1,825
ASML	344	1,404
Merck KGaA	208	1,337
Intel	451	1,262
Micron Technology	491	1,180
Tokyo Electron	367	1,016
Carl Zeiss	247	916
SMIC	1,200	779
Chinese Academy of Sciences	894	744
Government of Abu Dhabi	358	723

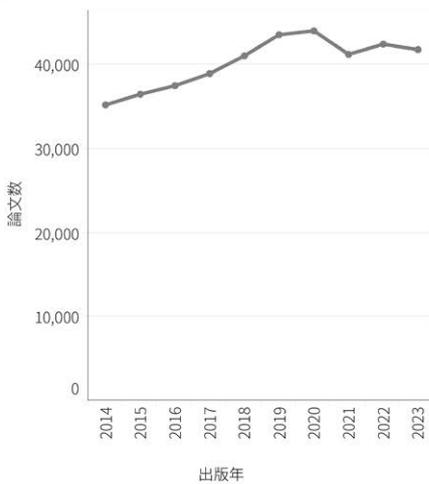
図 4.1-N6.01-3 微細加工・ヘテロ集積領域における特許ファミリー件数の動向

4.1.N6.02 ナノ・オペランド計測

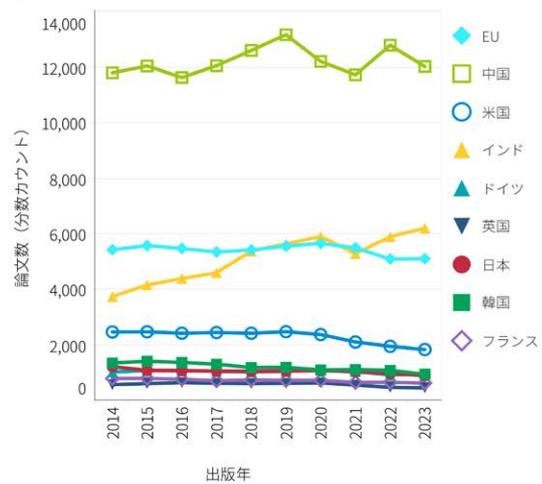
領域の定義

材料やデバイス等の機能発現中に刻々と変化する現象の実時間または経時観測によって、観測対象のナノスケール構造と実環境中の機能との相関を見出すことを目的とした研究開発領域である。最近ではオペランドという用語が初めて使われた触媒分野にとどまらず、生きた細胞や組織などの生体試料から、半導体や蓄電池などの実デバイスにまで測定対象は急速な広がりを見せ、学术界と産業界の両方において不可欠な研究手法となりつつある。実環境に即したモデル環境の構築、計測装置の高感度化・高分解能化、大量データを効率的に処理し階層スケール間をつなぐデータ科学技術、ユーザーの利便性を考慮した計測・解析システム構築、などの研究開発課題がある。

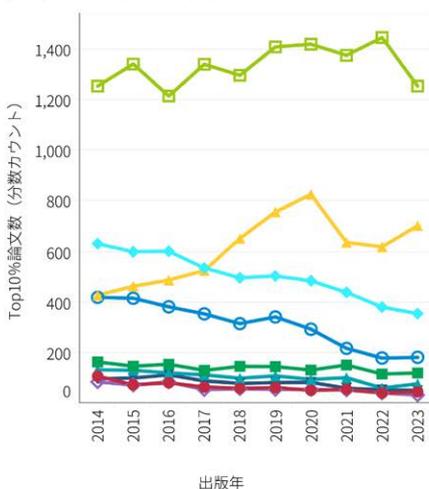
a) 世界の論文数推移



b) 論文数の国別推移



c) Top10%論文数の国別推移



d) Top1%論文数の国別推移

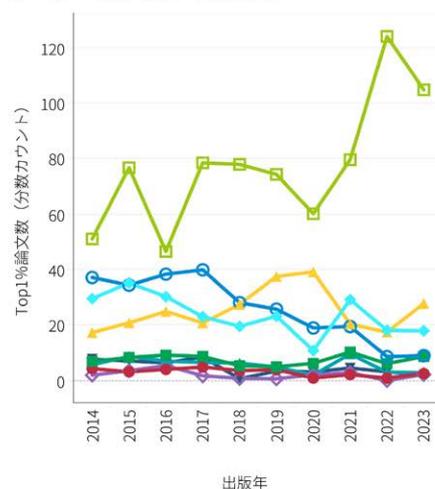
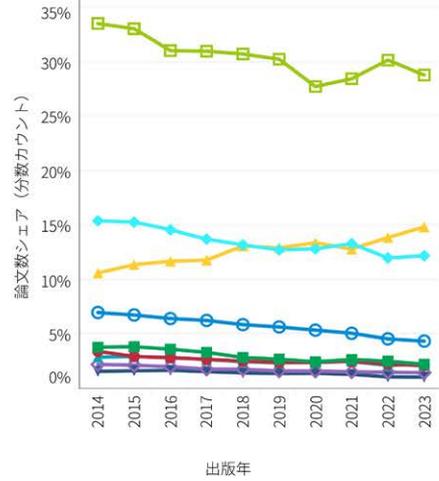
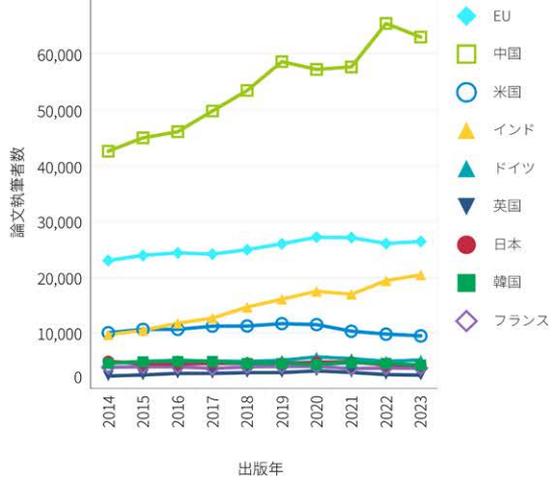


図 4.1-N6.02-1 ナノ・オペランド計測領域における論文数の動向①

a) 論文数シェアの国別推移



b) 論文執筆数者の国別推移



c) 各国間共著論文数と共著率

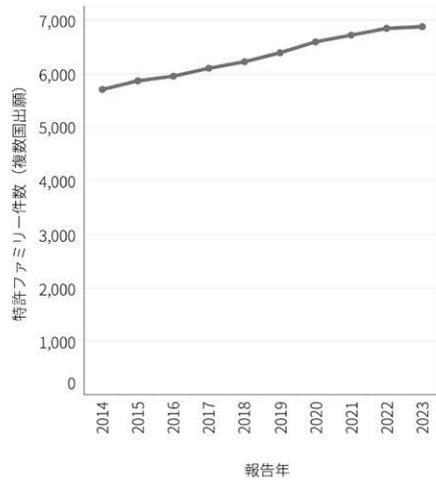
	米国	日本	中国	韓国	ロシア	フランス	ドイツ	サウジアラビア	インド	イラン
米国	—	1,019 2.9%	6,345 18.1%	1,421 4.0%	456 1.3%	1,002 2.9%	1,661 4.7%	749 2.1%	1,549 4.4%	627 1.8%
日本	1,019 6.9%	—	1,659 11.2%	486 3.3%	234 1.6%	459 3.1%	497 3.4%	173 1.2%	744 5.0%	83 0.6%
中国	6,345 4.8%	1,659 1.3%	—	1,064 0.8%	544 0.4%	809 0.6%	1,444 1.1%	1,018 0.8%	1,026 0.8%	464 0.4%
韓国	1,421 8.6%	486 3.0%	1,064 6.5%	—	142 -0.9%	131 0.8%	281 1.7%	850 5.2%	2,657 16.2%	318 1.9%
ロシア	456 3.5%	234 1.8%	544 4.2%	142 1.1%	—	493 3.8%	775 6.0%	198 1.5%	402 3.1%	131 1.0%
フランス	1,002 7.5%	459 3.4%	809 6.1%	131 1.0%	493 3.7%	—	1,288 9.6%	254 1.9%	406 3.0%	115 0.9%
ドイツ	1,661 9.7%	497 2.9%	1,444 8.4%	281 1.6%	775 4.5%	1,288 7.5%	—	216 1.3%	573 3.3%	339 2.0%
サウジアラビア	749 6.4%	173 1.5%	1,018 8.6%	850 7.2%	198 1.7%	254 2.2%	216 1.8%	—	2,771 23.5%	120 1.0%
インド	1,549 2.7%	744 1.3%	1,026 1.8%	2,657 4.6%	402 0.7%	406 0.7%	573 1.0%	2,771 4.8%	—	305 0.5%
イラン	627 2.6%	83 0.3%	464 1.9%	318 1.3%	131 0.6%	115 0.5%	339 1.4%	120 0.5%	305 1.3%	—

d) 論文数上位機関

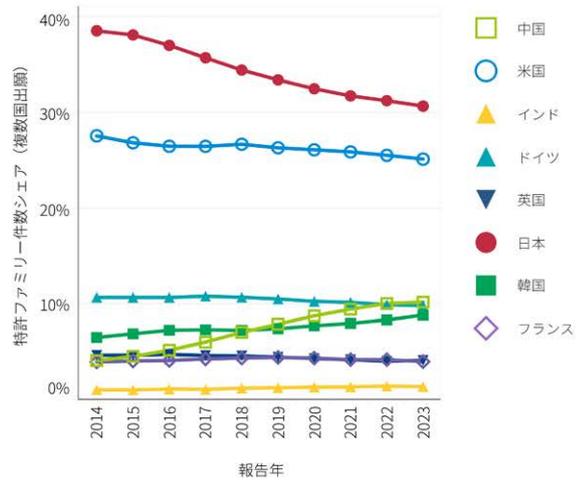
機関	所在国	論文数	Top10%論文数	Top1%論文数
University of Chinese Academy of Sciences	China	3,861	488	33
King Saud University	Saudi Arabia	3,402	805	62
Central South University	China	3,021	391	25
University of Science and Technology Beijing	China	2,770	280	20
Harbin Institute of Technology	China	2,378	300	25
Tsinghua University	China	2,318	369	38
South China University of Technology	China	2,219	383	33
Jilin University	China	2,173	297	13
Tianjin University	China	2,164	287	20
University of Science and Technology of China	China	2,162	384	50

図4.1-N6.02-2 ナノ・オペランド計測領域における論文数の動向②

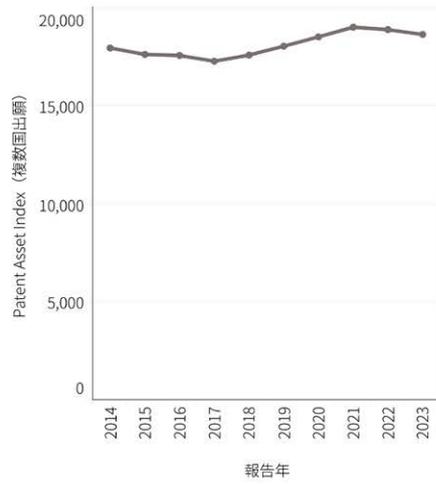
a) 世界の特許ファミリー件数推移



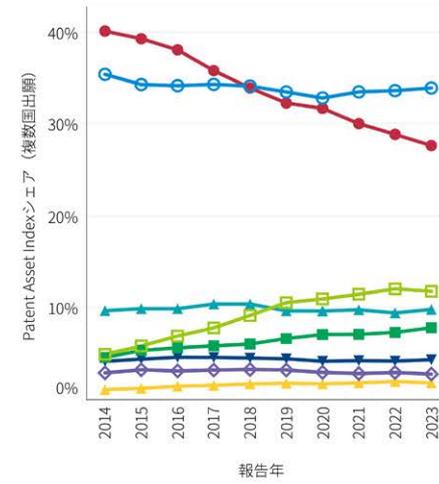
b) 特許ファミリー件数シェアの国別推移



c) 世界のPatent Asset Index推移



d) Patent Asset Indexシェアの国別推移



e) Patent Asset Index上位オーナー

オーナー	特許ファミリー件数	Patent Asset Index
Canon	105	824.8
Hitachi	449	701.9
Tokyo Institute of Technology	7	614.1
Chinese Academy of Sciences	720	584.1
Samsung	211	530.9
KLA	108	507.9
Thermo Fisher	162	500.5
Bruker	148	341.3
Government of Japan	26	311.6
Tsinghua University (China)	172	307.5
Carl Zeiss	76	277.2
Bayer	9	231.4
ASML	57	230.8
Tsinghua Tongfang	62	199.8
Philips	84	186.9

図 4.1-N6.02-3 ナノ・オペランド計測領域における特許ファミリー件数の動向

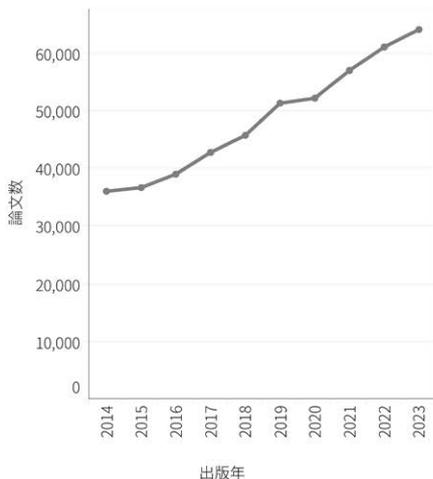
4.1.N6.03 物質・材料シミュレーション

領域の定義

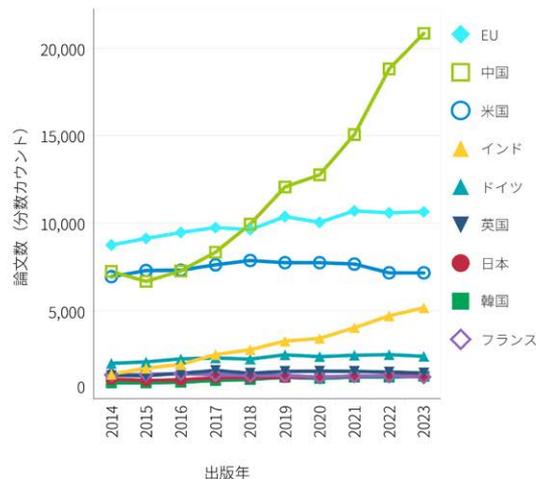
量子力学や統計力学の諸知見を元に、物質の構造、物性、材料組織、化学反応機構などを高精度に解析・予測する技術の確立をめざす研究開発領域であるが、近年では、データ科学の応用による手法の高度化もなされている。化学反応や電子移動などの原子・電子レベルの現象の解明に加えて、それらがミクロな組織や物性に与える影響、メソスコピックレベルの非線形現象とマクロな性能・機能との関係性など、マルチスケールの階層構造、さらには異なったスケールにおける多様な物理・化学現象が絡みあうマルチフィジクスプロセスを明らかにすることで諸現象の制御方法を見出し、新材料の設計指針を提供する。

また、実験的手段による解析が困難な極限環境下の現象予測などにおいても、非経験的で予言能力の高いシミュレーション技術が大きな役割を果たしている。近年盛んになってきた、マテリアルズ・インフォマティクス等のデータ駆動材料創生にも、大きな関わりを持っている。

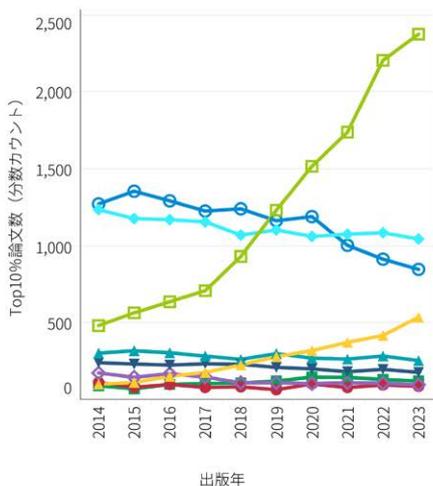
a) 世界の論文数推移



b) 論文数の国別推移



c) Top10%論文数の国別推移



d) Top1%論文数の国別推移

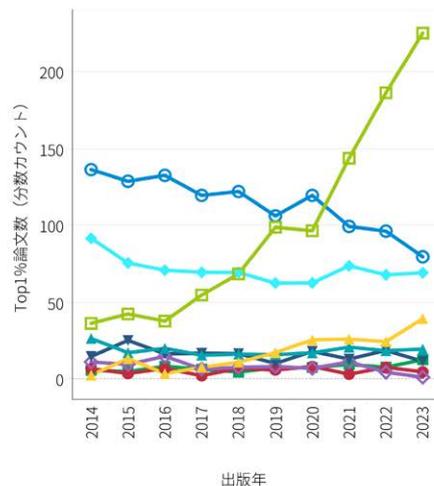
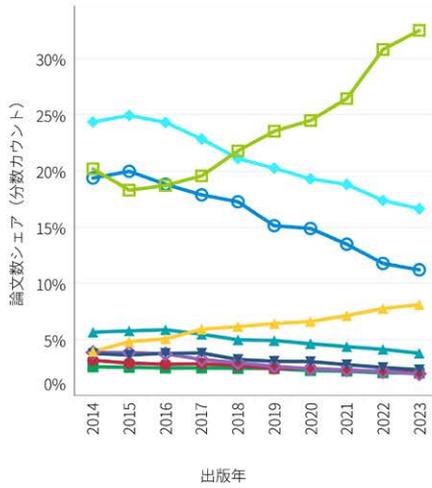
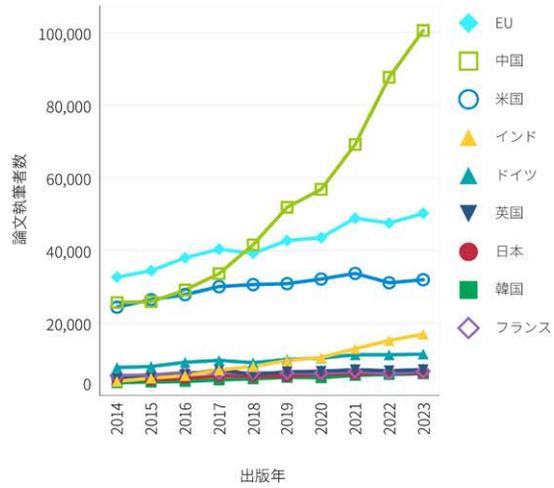


図4.1-N6.03-1 物質・材料シミュレーション領域における論文数の動向①

a) 論文数シェアの国別推移



b) 論文執筆者数の国別推移



c) 各国間共著論文数と共著率

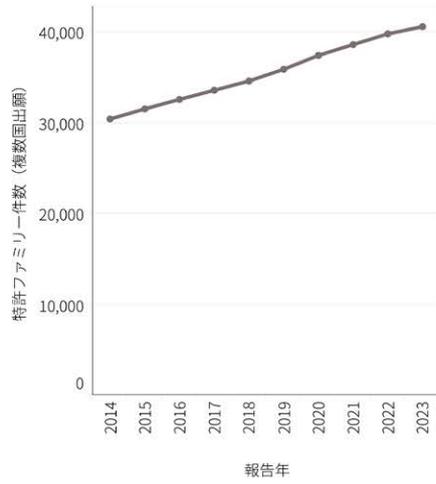
	米国	日本	中国	英国	ロシア	フランス	ドイツ	インド	イラン	イタリア
米国	\	1,792 1.8%	11,452 11.8%	3,843 3.9%	749 0.8%	2,610 2.7%	4,164 4.3%	1,846 1.9%	1,106 1.1%	2,213 2.3%
日本	1,792 10.9%	\	1,712 10.4%	611 3.7%	199 1.2%	547 3.3%	634 3.9%	286 1.7%	94 0.6%	291 1.8%
中国	11,452 8.6%	1,712 1.3%	\	3,668 2.7%	568 0.4%	1,304 1.0%	2,078 1.6%	577 0.4%	630 0.5%	663 0.5%
英国	3,843 14.7%	611 2.3%	3,668 14.1%	\	337 1.3%	1,517 5.8%	2,267 8.7%	791 3.0%	378 1.5%	1,744 6.7%
ロシア	749 4.6%	199 1.2%	568 3.5%	337 2.1%	\	432 2.7%	827 5.1%	232 1.4%	149 0.9%	315 1.9%
フランス	2,610 12.4%	547 2.6%	1,304 6.2%	1,517 7.2%	432 2.0%	\	1,807 8.6%	292 1.4%	179 0.8%	1,329 6.3%
ドイツ	4,164 12.3%	634 1.9%	2,078 6.2%	2,267 6.7%	827 2.5%	1,807 5.4%	\	569 1.7%	374 1.1%	1,569 4.7%
インド	1,846 5.2%	286 0.8%	577 1.6%	791 2.2%	232 0.7%	292 0.8%	569 1.6%	\	171 0.5%	285 0.8%
イラン	1,106 6.9%	94 0.6%	630 4.0%	378 2.4%	149 0.9%	179 1.1%	374 2.3%	171 1.1%	\	262 1.6%
イタリア	2,213 11.2%	291 1.5%	663 3.3%	1,744 8.8%	315 1.6%	1,329 6.7%	1,569 7.9%	285 1.4%	262 1.3%	\

d) 論文数上位機関

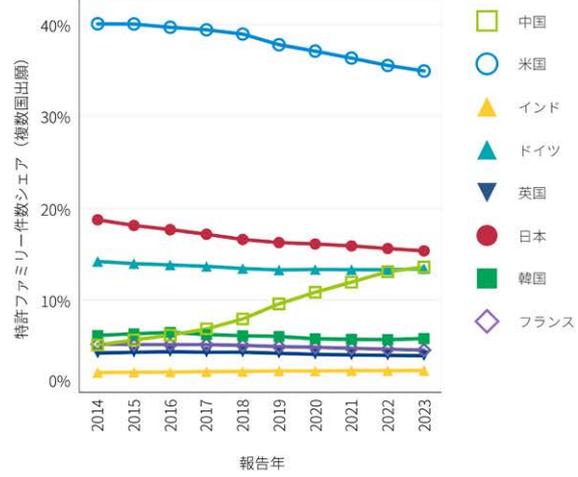
機関	所在国	論文数	Top10%論文数	Top1%論文数
Tsinghua University	China	4,687	754	92
Xi'an Jiaotong University	China	4,140	557	53
University of Chinese Academy of Sciences	China	4,009	640	80
Shanghai Jiao Tong University	China	3,671	563	46
Harbin Institute of Technology	China	3,512	389	29
Zhejiang University	China	3,194	489	53
Huazhong University of Science and Technology	China	2,790	481	56
Massachusetts Institute of Technology	United States	2,762	749	127
Tongji University	China	2,707	403	44
Dalian University of Technology	China	2,675	277	21

図 4.1-N6.03-2 物質・材料シミュレーション領域における論文数の動向②

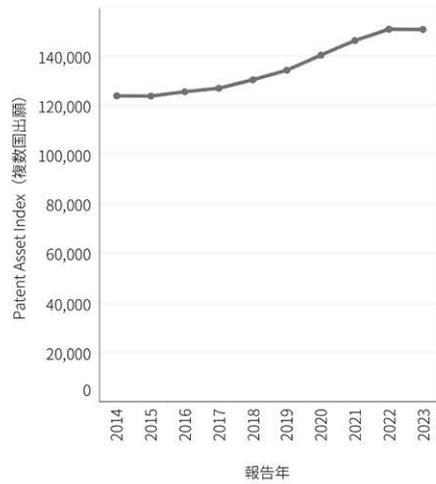
a) 世界の特許ファミリー件数推移



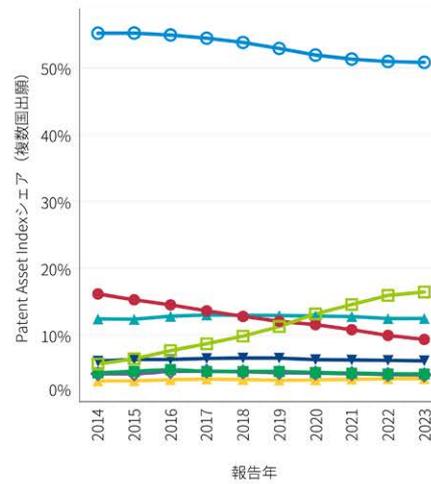
b) 特許ファミリー件数シェアの国別推移



c) 世界のPatent Asset Index推移



d) Patent Asset Indexシェアの国別推移



e) Patent Asset Index上位オーナー

オーナー	特許ファミリー件数	Patent Asset Index
Apple	294	4,723
Qualcomm	650	4,498
Chinese Academy of Sciences	2,177	2,170
Microsoft	406	1,567
Alphabet	302	1,564
State Grid Corp	1,913	1,452
Samsung	570	1,430
Intel	343	1,408
Strong Force Innovation	26	1,203
MIT	105	1,191
Siemens	612	1,151
Align Technology	108	1,143
Tencent	575	1,140
Canon	917	1,069
Sony	296	1,045

図 4.1-N6.03-3 物質・材料シミュレーション領域における特許ファミリー件数の動向

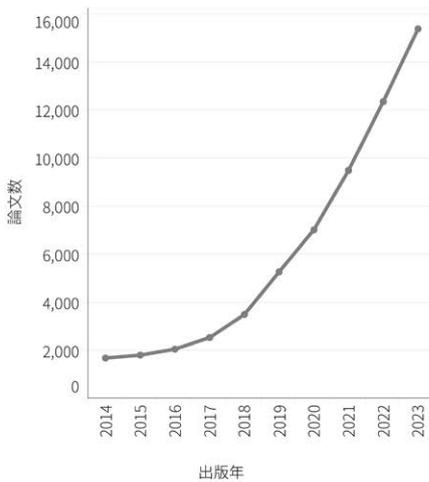
4.1.N6.04 データ駆動型物質・材料開発

領域の定義

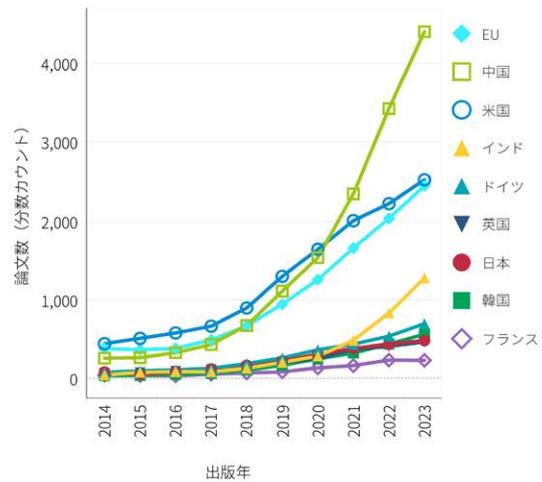
4つの科学（実験科学、理論科学、計算科学、データ科学）を統合的に活用して、新物質・新材料開発を効果的に推進する研究開発領域である。新規物質・材料の設計・探索・発見を飛躍的に加速するマテリアルズ・インフォマティクスが一定の成果を示しており、材料製造プロセスを最適化するプロセス・インフォマティクスや、計測・解析を効率化する計測インフォマティクスとの連携が進んでいる。生成AIを物質・材料開発のさまざまな段階に活用する研究も始まりつつある。

また、それらを支えるロボットによるハイスループット実験や、AI技術を活用した自律的最適化（ClosedLoop）実験など実験DXも重要な技術要素である。

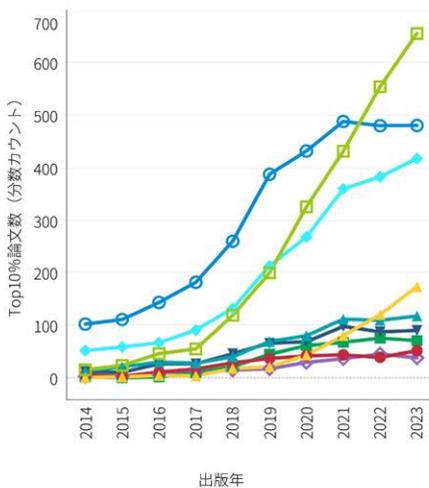
a) 世界の論文数推移



b) 論文数の国別推移



c) Top10%論文数の国別推移



d) Top1%論文数の国別推移

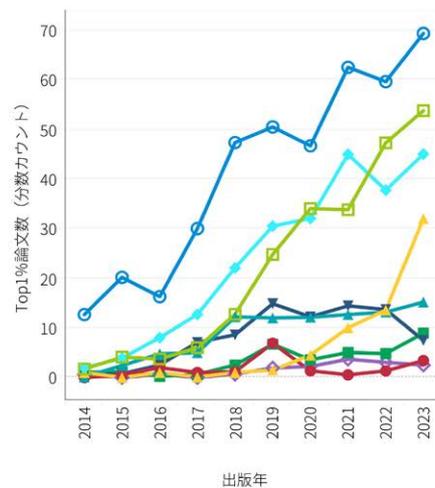
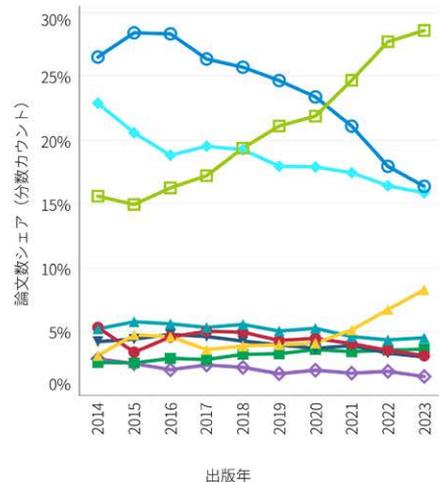
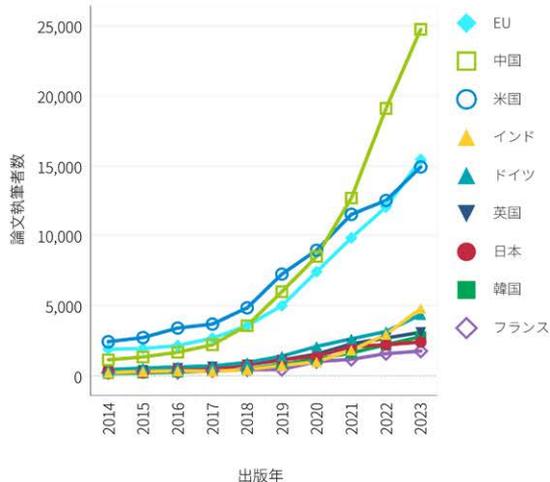


図 4.1-N6.04-1 データ駆動型物質・材料開発領域における論文数の動向①

a) 論文数シェアの国別推移



b) 論文執筆者数の国別推移



c) 各国間共著論文数と共著率

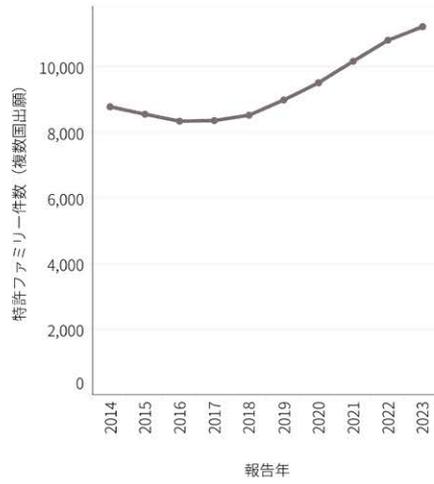
	米国	日本	中国	韓国	英国	フランス	ドイツ	カナダ	インド	イタリア
米国	—	354 2.1%	1,866 11.3%	382 2.3%	918 5.5%	374 2.3%	861 5.2%	663 4.0%	343 2.1%	383 2.3%
日本	354 11.7%	—	293 9.7%	51 1.7%	118 3.9%	69 2.3%	79 2.6%	52 1.7%	40 1.3%	49 1.6%
中国	1,866 11.0%	293 1.7%	—	137 0.8%	560 3.3%	133 0.8%	293 1.7%	265 1.6%	104 0.6%	86 0.5%
韓国	382 14.7%	51 2.0%	137 5.3%	—	73 2.8%	26 1.0%	103 4.0%	49 1.9%	93 3.6%	27 1.0%
英国	918 22.3%	118 2.9%	560 13.6%	73 1.8%	—	237 5.8%	489 11.9%	190 4.6%	130 3.2%	285 6.9%
フランス	374 19.1%	69 3.5%	133 6.8%	26 1.3%	237 12.1%	—	255 13.0%	100 5.1%	31 1.6%	154 7.9%
ドイツ	861 19.3%	79 1.8%	293 6.6%	103 2.3%	489 11.0%	255 5.7%	—	160 3.6%	78 1.7%	231 5.2%
カナダ	663 31.1%	52 2.4%	265 12.4%	49 2.3%	190 8.9%	100 4.7%	160 7.5%	—	62 2.9%	67 3.1%
インド	343 8.2%	40 1.0%	104 2.5%	93 2.2%	130 3.1%	31 0.7%	78 1.9%	62 1.5%	—	52 1.2%
イタリア	383 18.6%	49 2.4%	86 4.2%	27 1.3%	285 13.8%	154 7.5%	231 11.2%	67 3.3%	52 2.5%	—

d) 論文数上位機関

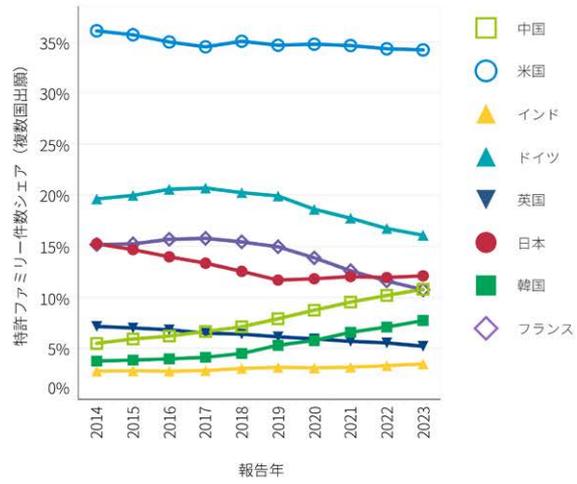
機関	所在国	論文数	Top10%論文数	Top1%論文数
University of Chinese Academy of Sciences	China	677	136	21
Tsinghua University	China	624	178	35
Harvard Medical School	United States	581	201	48
Massachusetts Institute of Technology	United States	576	254	56
Shanghai Jiao Tong University	China	557	115	11
Zhejiang University	China	534	110	13
Stanford University	United States	484	178	41
Harbin Institute of Technology	China	479	96	7
University of Cambridge	United Kingdom	445	150	30
University of Toronto	Canada	428	125	18

図4.1-N6.04-2 データ駆動型物質・材料開発領域における論文数の動向②

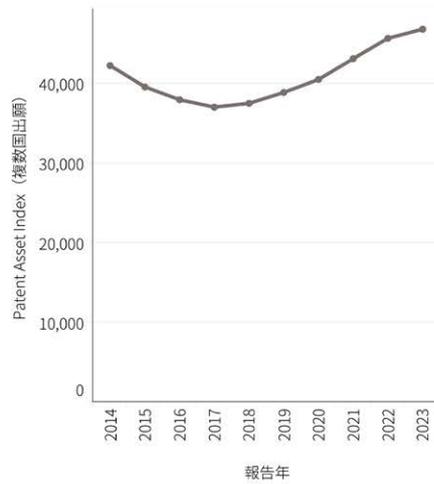
a) 世界の特許ファミリー一件数推移



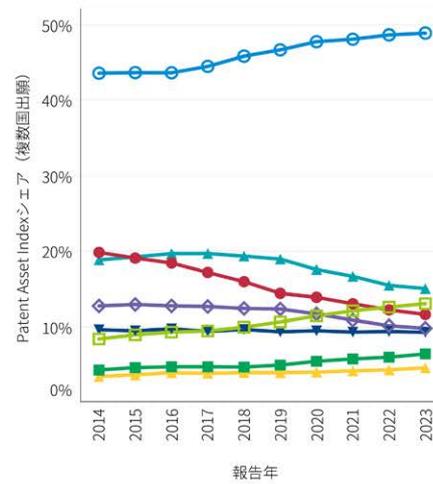
b) 特許ファミリー一件数シェアの国別推移



c) 世界のPatent Asset Index推移



d) Patent Asset Indexシェアの国別推移



e) Patent Asset Index上位オーナー

オーナー	特許ファミリー件数	Patent Asset Index
BASF	209	1,031
Novartis	45	766
Strong Force Innovation	11	688
Pfizer	35	639
Gilead Sciences	23	566
Chinese Academy of Sciences	463	564
Samsung	200	490
Roche	65	462
Canon	59	460
Corteva	66	447
Tokyo Institute of Technology	9	429
Harvard	15	382
Johnson & Johnson	61	381
Siemens	176	374
Vertex Pharma	19	363

図 4.1-N6.04-3 データ駆動型物質・材料開発領域における特許ファミリー件数の動向