

3.1.N6 共通基盤科学技術

3.1.N6.1 微細加工・三次元集積

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の高度化および三次元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などの研究開発課題がある。

ポイント

- ・ 領域全体の論文数はやや減少している。中国は増加して2017年頃から減少の米欧に追いついた。韓国はほぼ一定、台湾は減少傾向から増加に転じ、日本は減少が続いている。（図3.1-N6.1-1）
- ・ 日米欧の論文数シェアは減少する一方、中国やインドはシェアが増加しており近年の論文数変化率も高い（図3.1-N6.1-2 a）、b））。
- ・ Top1%・Top10%論文数で中国が増加し、近年では欧米に匹敵している（図3.1-N6.1-2 c）、d））。
- ・ 論文の企業共著率は日本、欧州（フランス）、韓国、米国が高い（図3.1-N6.1-2 f））。
- ・ 多くの国で共著率のトップは米国だが、中国との共著率が高い国（英国、オーストラリア）もある（図3.1-N6.1-3 a））。
- ・ 中国の論文執筆者数が大きく増加し欧米と同レベルになっている。一方、日本は減少傾向が止まらない（図3.1-N6.1-3 c））。
- ・ 領域全体の特許ファミリー件数は単調に増加している。日本と韓国のシェアが低下する一方、中国のシェアが大きく増加し米国を逆転した。ただし、米国はPatent Asset Indexのシェアにおいてはトップの座にある。（図3.1-N6.1-4 a）、b）、d））
- ・ Patent Asset Indexトップ3のオーナーは台湾（TSMC：製造）、オランダ（ASM：装置）、米国（Lam Research：装置）で、半導体製造プロセス関連特許を確実に取得している（図3.1-N6.1-4 e））。

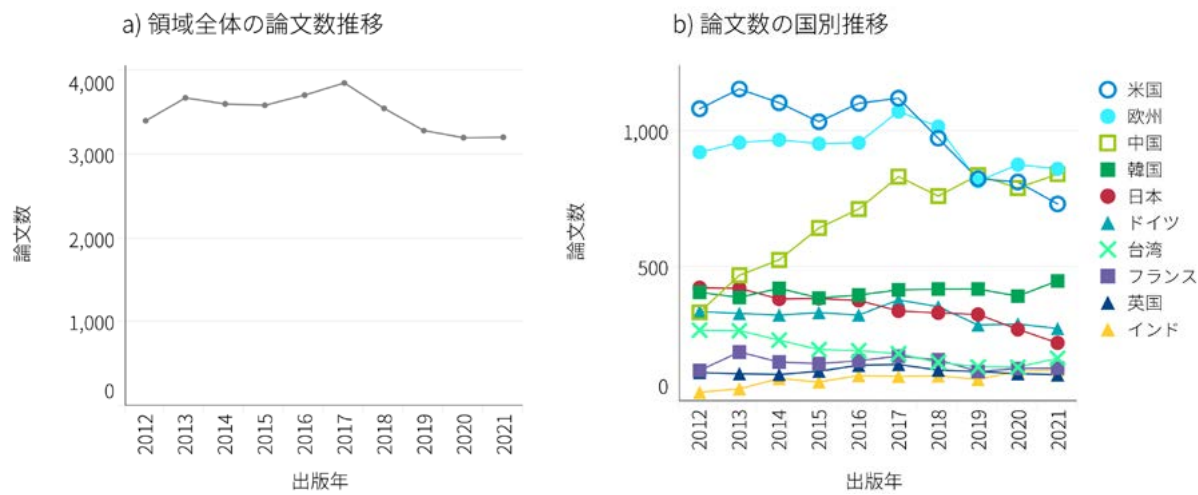


図3.1-N6.1-1 微細加工・三次元集積領域における論文数の動向①

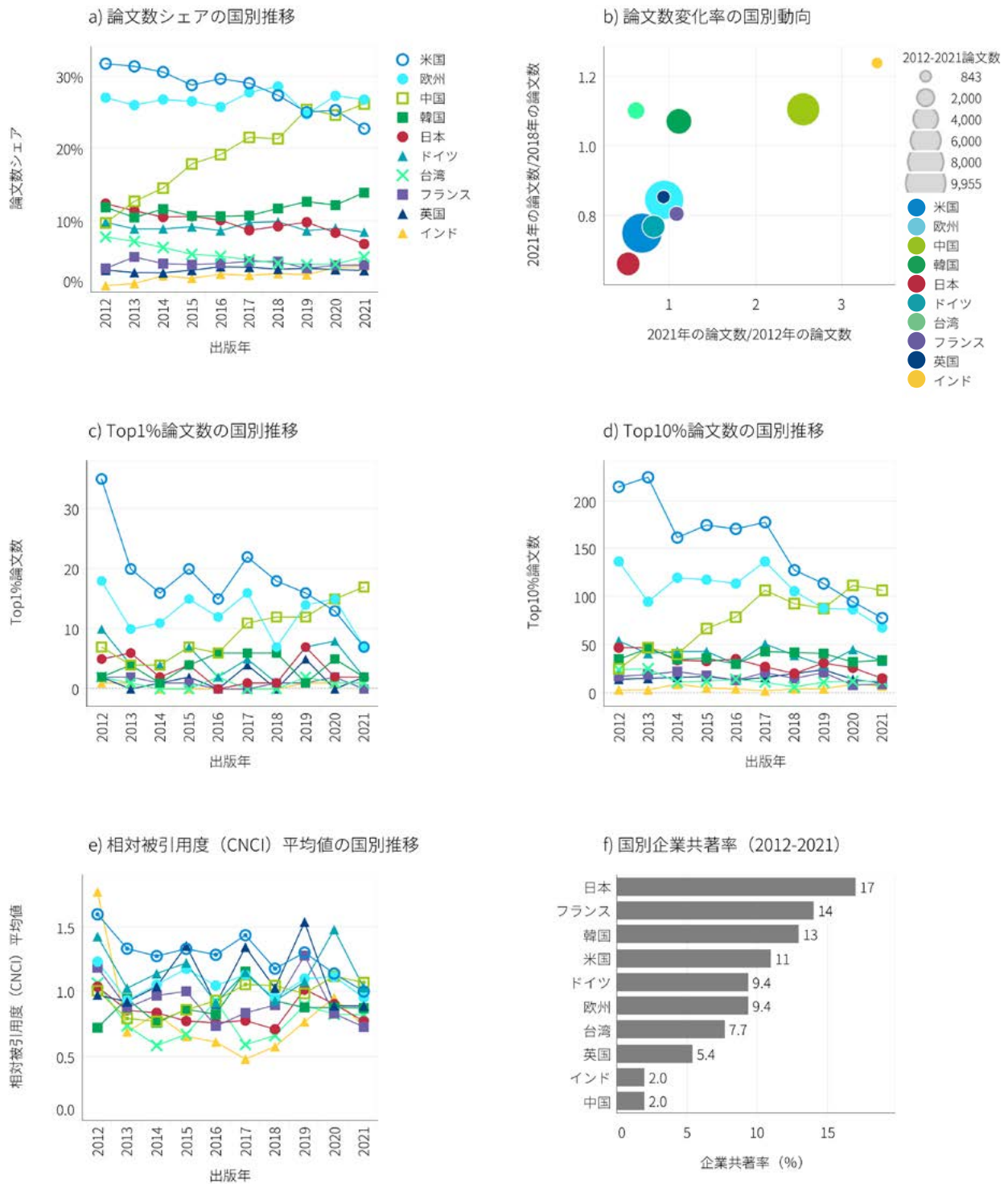


図3.1-N6.1-2 微細加工・三次元集積領域における論文数の動向②

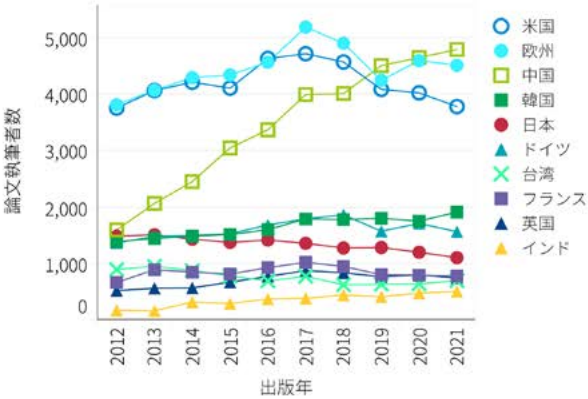
a)各国間の共著率（2012-2021）

(%)	米国	中国	韓国	日本	ドイツ	フランス	英国	インド	カナダ	オーストラリア	論文数 (件)
米国	\	7.9	7.1	3.5	4.1	1.3	1.7	0.99	1.5	0.72	9,955
中国	11	\	1.5	2.1	2.3	0.58	2.4	0.26	1.8	1.9	6,871
韓国	17	2.6	\	2.3	1.7	0.52	0.74	1.1	0.56	0.64	4,076
日本	10	4.2	2.7	\	2.6	1.7	1.2	0.35	0.35	1	3,453
ドイツ	13	5	2.2	2.8	\	4.1	3.9	0.91	1.6	1.7	3,205
フランス	9.3	2.8	1.5	4	9.1	\	4	0.49	3.2	0.84	1,424
英国	15	15	2.7	3.6	11	5	\	1.9	1.8	2.6	1,132
インド	12	2.1	5.2	1.4	3.4	0.83	2.6	\	0.95	1.7	843
カナダ	19	16	3	1.6	6.8	6	2.6	1.1	\	0.92	762
オーストラリア	14	25	5	6.7	10	2.3	5.6	2.7	1.4	\	519

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	908	6	113
Helmholtz Association	ドイツ	2	579	7	67
Hanyang University	韓国	3	545	4	50
Argonne National Laboratory	米国	4	527	10	108
Georgia Institute of Technology	米国	5	494	7	88
Seoul National University (SNU)	韓国	6	443	8	55
Korea Advanced Institute of Science & Technology (KAIST)	韓国	7	442	2	50
University of Chinese Academy of Sciences, CAS	中国	8	441	3	52
Fraunhofer Gesellschaft	ドイツ	9	435	7	60
CEA	フランス	10	417	4	42
Osaka University	日本	21	325	0	14

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）

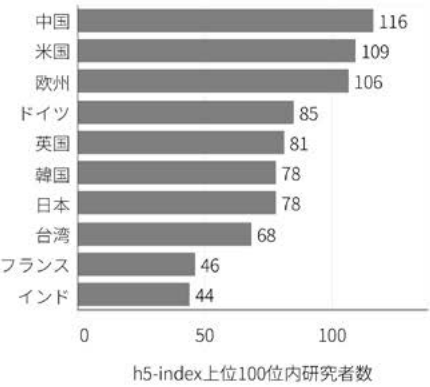


図 3.1-N6.1-3 微細加工・三次元集積領域における論文数の動向③

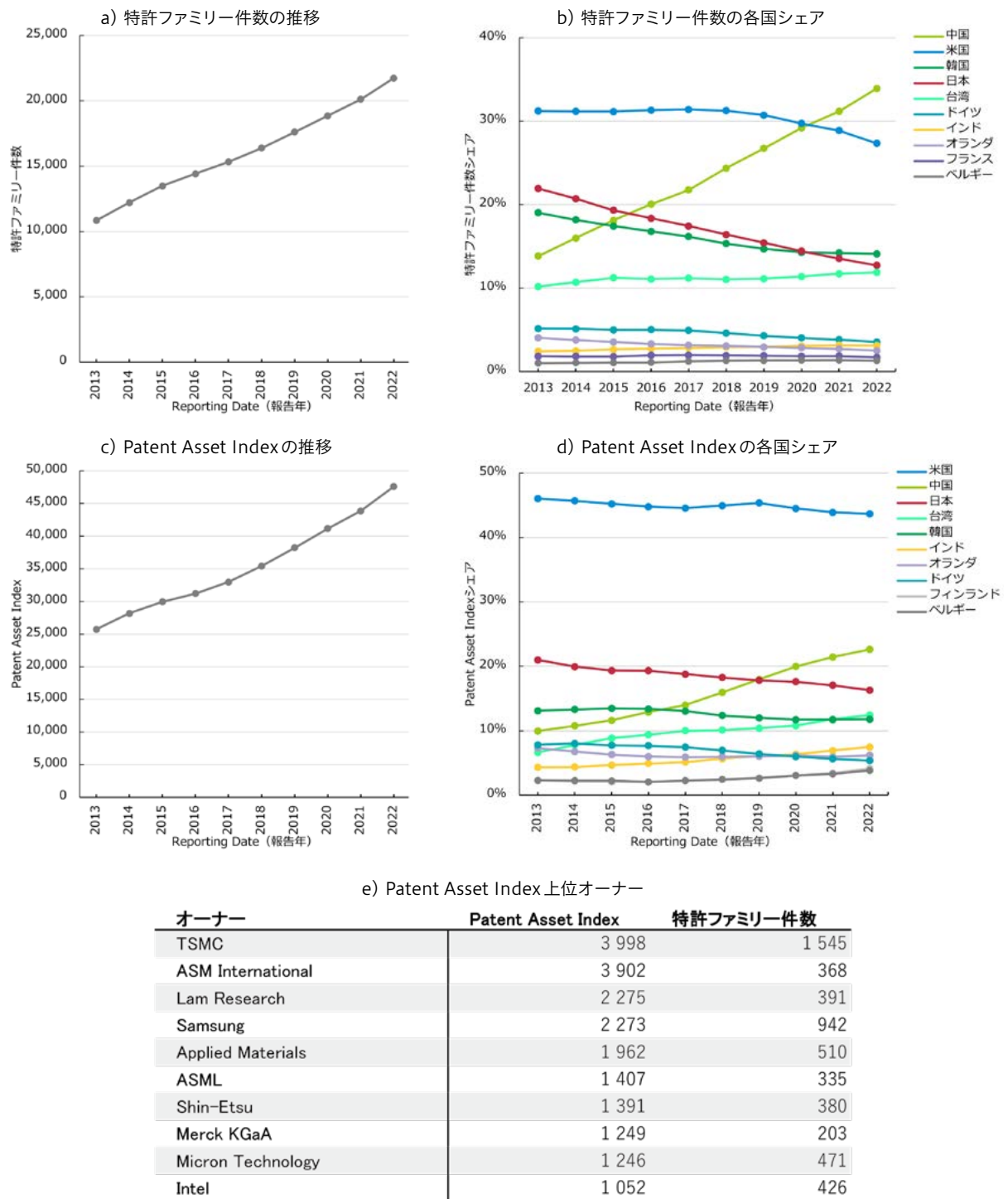


図 3.1-N6.1-4 微細加工・三次元集積領域における特許数の動向

3.1.N6.2 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。

ポイント

- ・ 領域全体の論文数は増加しており、特にインドの増加が顕著である。日本の論文数は横ばいで、相対的なプレゼンスは低下傾向である。(図3.1-N6.2-1、図3.1-N6.2-2-a))
- ・ 日本のTop1%論文数、Top10%論文数および相対被引用度(CNCI)は調査対象国の中で最低水準である。一方、企業共著割合が突出して高い。(図3.1-N6.2-2 c)、d)、e)、f))
- ・ h5-index上位100位以内の研究者数で日本は7位であり、一定のプレゼンスが認められる(図3.1-N6.2-3-d))。
- ・ 日本の特許ファミリー件数およびPatent Asset Indexのシェアは、過去10年間低下傾向にあるが、2022年時点とともに世界2位を維持している(図3.1-N6.2-4 b)、d))。

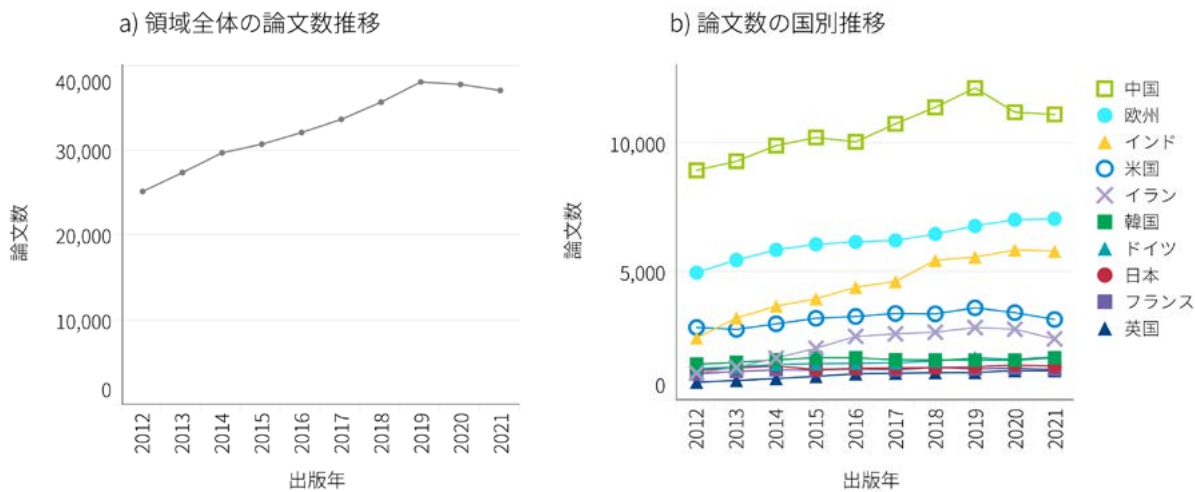


図3.1-N6.2-1 ナノ・オペランド計測領域における論文数の動向①

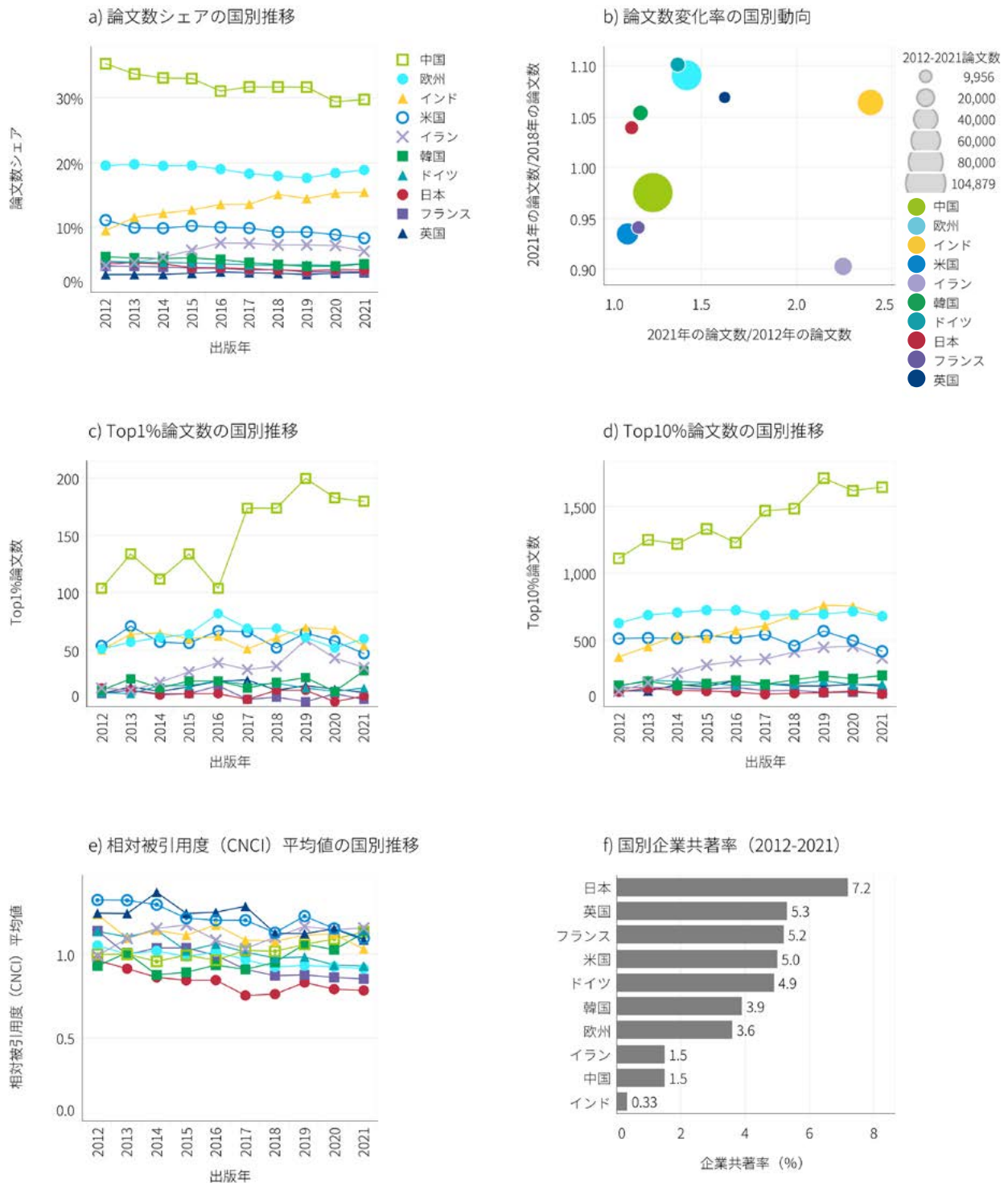


図3.1-N6.2-2 ナノ・オペランド計測領域における論文数の動向②

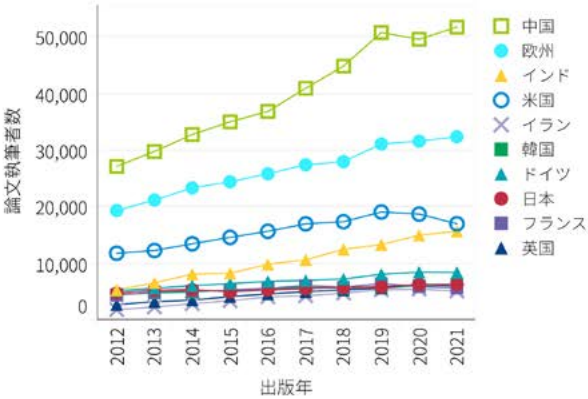
a)各国間の共著率 (2012-2021)

(%)	中国	インド	米国	韓国	ドイツ	日本	フランス	英国	オーストラリア	カナダ	論文数 (件)
中国	\	0.65	5.8	0.93	1.1	1.5	0.68	1.5	1.9	0.93	105,414
インド	1.5	\	2.6	4.5	1	1.6	0.73	1.1	0.73	0.54	44,942
米国	19	3.6	\	4.2	4.7	2.9	2.9	3.8	1.8	2.4	31,989
韓国	6.2	13	8.6	\	1.6	3	0.7	1.4	1.2	0.81	15,822
ドイツ	8.1	3.1	10	1.7	\	2.9	7.8	5.6	2	1.4	14,827
日本	12	5.5	7.2	3.7	3.4	\	3.2	2.6	2.4	0.79	12,851
フランス	6	2.7	7.8	0.92	9.6	3.4	\	5.6	1.2	2.5	12,025
英国	16	4.9	12	2.2	8.3	3.3	6.8	\	3.3	1.9	9,955
オーストラリア	36	5.8	10	3.2	5.3	5.4	2.6	5.7	\	1.4	5,651
カナダ	18	4.4	14	2.4	3.8	1.9	5.5	3.5	1.4	\	5,423

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	8,290	82	886
Islamic Azad University	イラン	2	4,920	66	677
Council of Scientific & Industrial Research (CSIR) - India	インド	3	4,116	44	543
Helmholtz Association	ドイツ	4	3,521	34	460
University of Chinese Academy of Sciences, CAS	中国	5	3,257	60	473
CNRS - Institute of Chemistry (INC)	フランス	6	2,958	33	315
Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR)	イタリア	7	2,425	21	274
Consejo Superior de Investigaciones Cientificas (CSIC)	スペイン	8	2,354	29	288
King Saud University	サウジアラビア	9	2,270	65	475
Tsinghua University	中国	10	2,179	55	341
Tohoku University	日本	53	1,161	16	123

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)

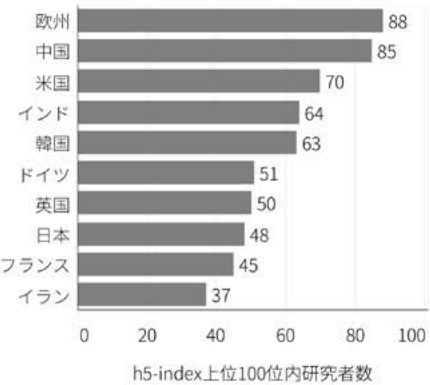


図3.1-N6.2-3 ナノ・オペランド計測領域における論文数の動向③

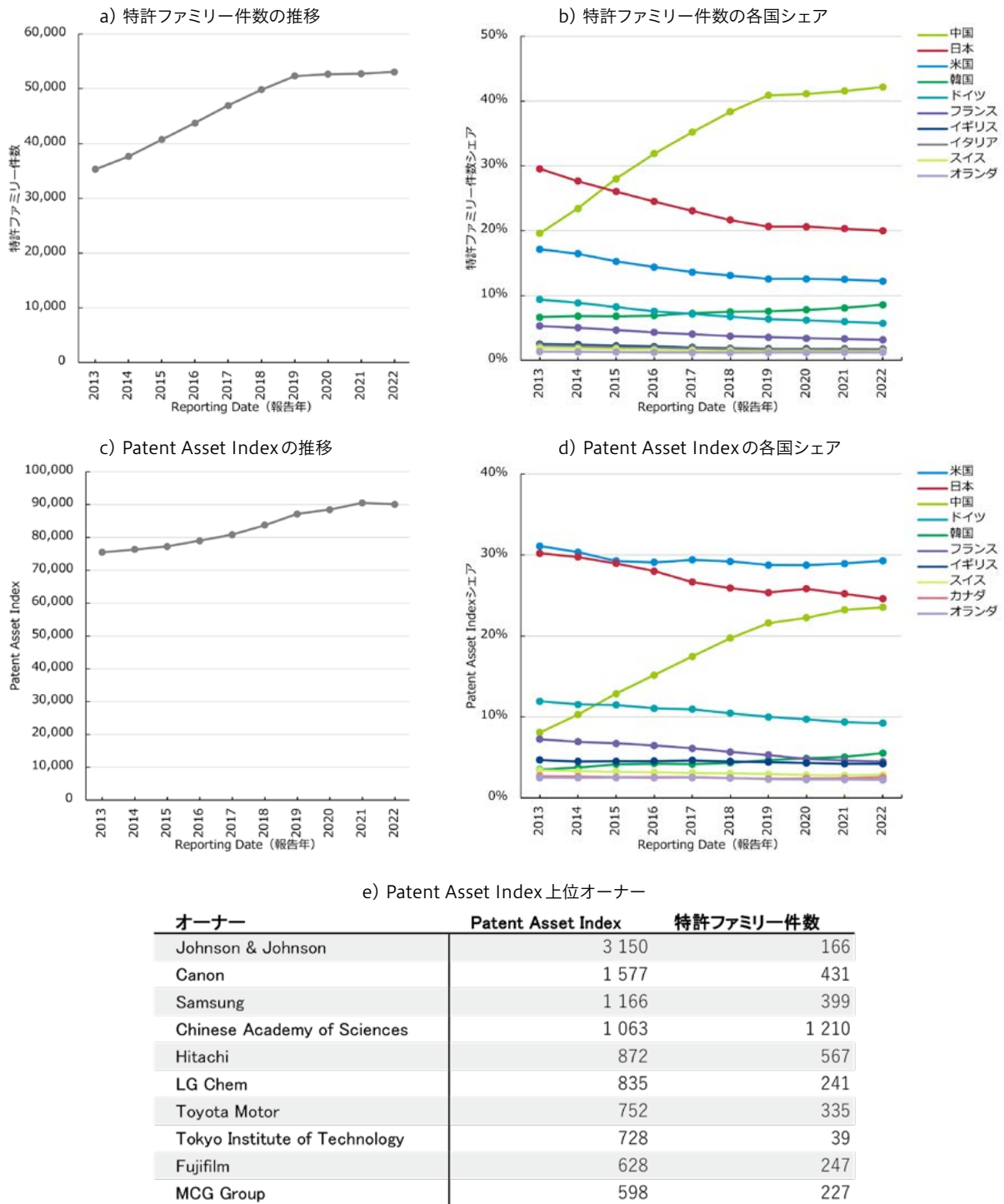


図 3.1-N6.2-4 ナノ・オペランド計測領域における特許数の動向

3.1.N6.3 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ッ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。

ポイント

- ・ 領域全体の論文数は10年で2.5倍のペースで増加している。国別では、中国が2019年以降に論文数首位となっている。（図3.1-N6.3-1）
- ・ 論文数シェアは、中国のシェア増大に伴い、欧州、米国は減少している。インドは2021年で論文数シェア3位になっており、論文数変化率も目立って高い。韓国、イランも論文数変化率が高い。（図3.1-N6.3-2 a）、b）
- ・ Top1%論文数・Top10%論文数は、2021年には中国が群を抜く1位となっている。インドも増加が続いている。（図3.1-N6.3-2 c）、d）
- ・ 論文の企業共著率は日本が調査対象国中で1位（8.2%）である（図3.1-N6.3-2 f）。
- ・ 各国とも米国との共著率が高い（図3.1-N6.3-3 a）。
- ・ 論文数上位機関の第3位に、イランの機関（イスラム・アザド大学）がある（図3.1-N6.3-3 b）。
- ・ 特許ファミリー件数は、領域全体では10年間で2倍の割合で増加しており、国別シェアで見ると中国が2022年時点で他国を圧倒し、首位となっている。Patent Asset Indexのシェアにおいても中国が米国を急迫している。（図3.1-N6.3-4 a）、b）、d）

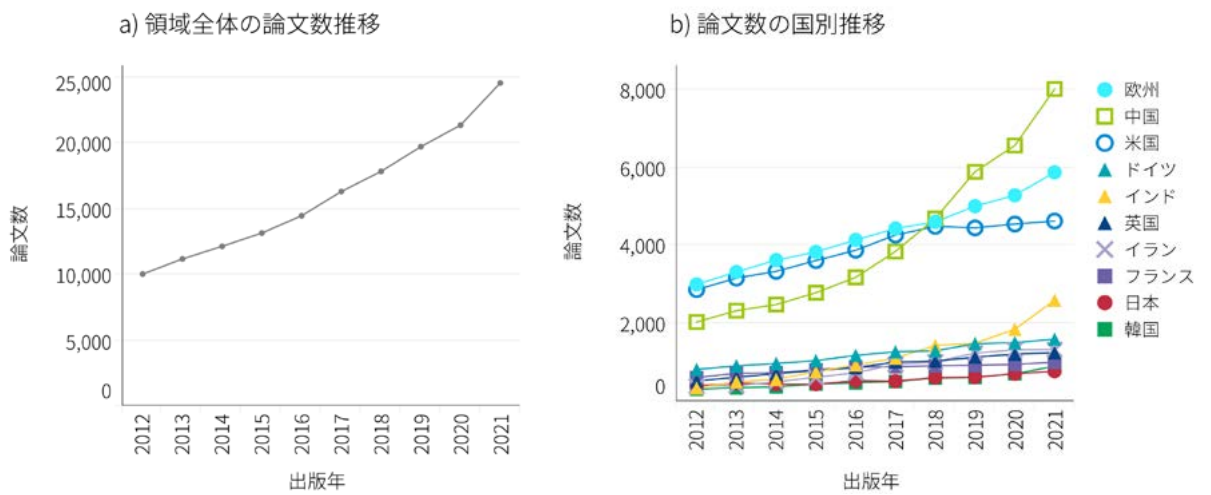


図3.1-N6.3-1 物質・材料シミュレーション領域における論文数の動向①

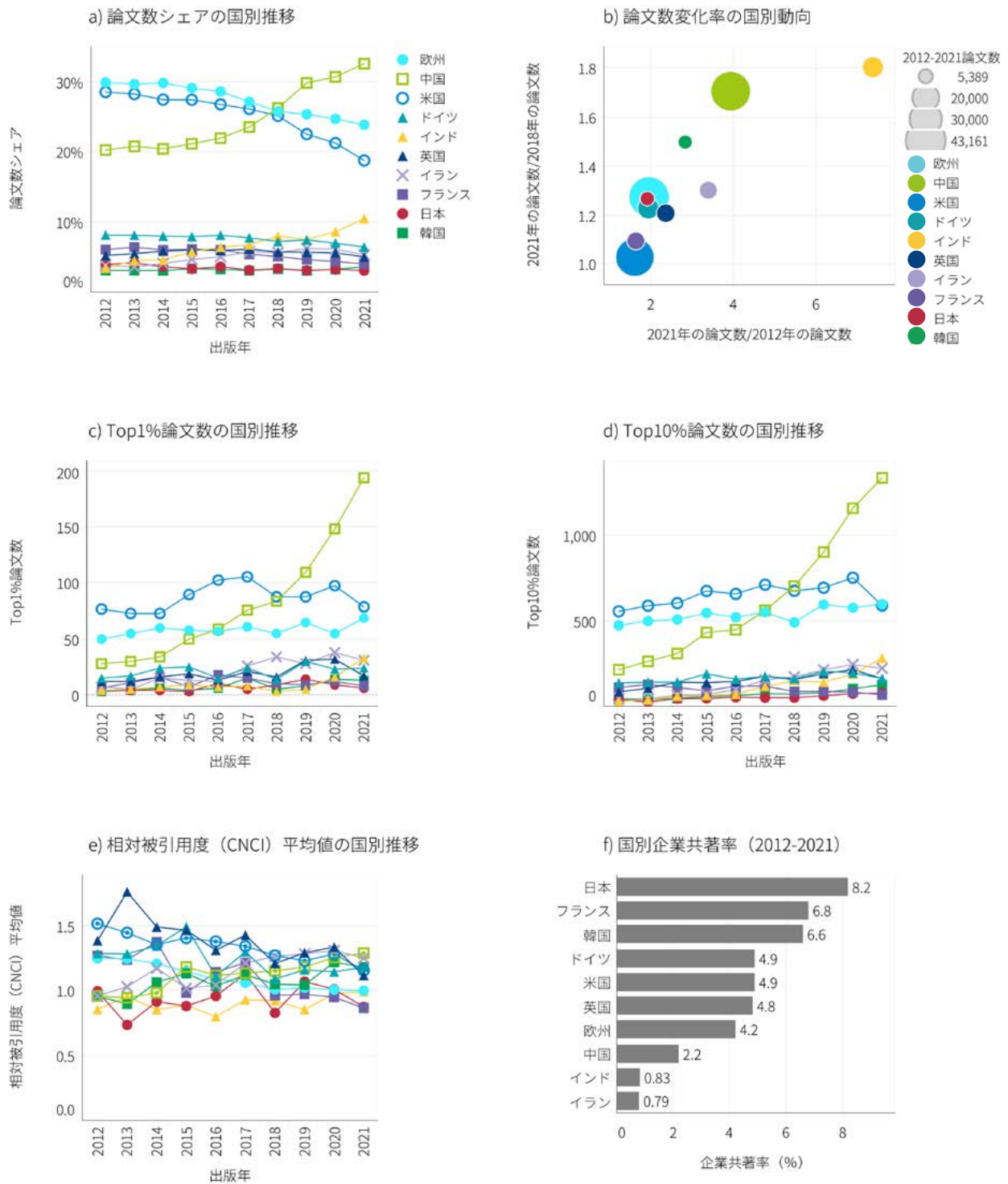


図3.1-N6.3-2 物質・材料シミュレーション領域における論文数の動向②

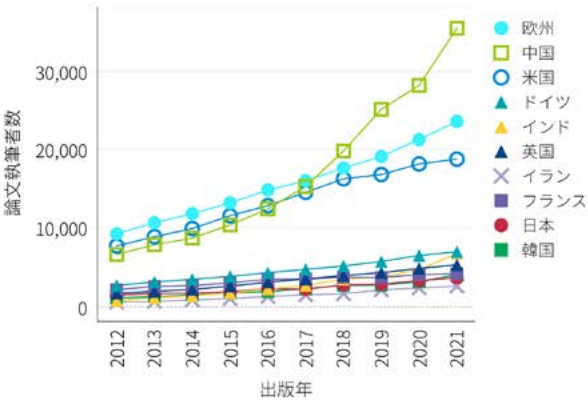
a)各国間の共著率 (2012-2021)

(%)	中国	米国	ドイツ	インド	英国	フランス	日本	韓国	オーストラリア	カナダ	論文数 (件)
中国	\	14	2.4	0.5	3.3	1.2	1.8	0.97	3.3	1.7	42,507
米国	15	\	4.3	1.9	3.7	3	2	2.7	1.6	2	39,274
ドイツ	8.2	14	\	1.9	7.1	6	2	1.5	2.3	1.7	12,162
インド	1.8	6.4	2	\	2.3	0.94	0.82	1.7	1.4	0.86	11,675
英国	15	16	9.3	2.9	\	6.5	2.7	1.3	3.8	2	9,239
フランス	5.9	14	8.6	1.3	7	\	2.7	0.89	1.7	2.4	8,527
日本	14	14	4.3	1.7	4.5	4.2	\	2.7	3.1	1	5,609
韓国	7.7	20	3.4	3.8	2.2	1.4	2.8	\	1.7	0.89	5,389
オーストラリア	30	13	6	3.4	7.6	3.1	3.8	2	\	1.8	4,623
カナダ	16	18	4.6	2.3	4.2	4.7	1.3	1.1	1.9	\	4,408

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	5,711	81	707
Islamic Azad University	イラン	2	2,168	59	420
Helmholtz Association	ドイツ	3	2,108	25	294
Tsinghua University	中国	4	1,836	56	359
Massachusetts Institute of Technology (MIT)	米国	5	1,571	85	450
Xi'an Jiaotong University	中国	6	1,515	32	210
Harbin Institute of Technology	中国	7	1,408	12	158
University of Chinese Academy of Sciences, CAS	中国	8	1,403	40	282
Universite Paris Saclay	フランス	9	1,292	31	200
Shanghai Jiao Tong University	中国	10	1,282	36	261
University of Tokyo	日本	55	741	8	86

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)

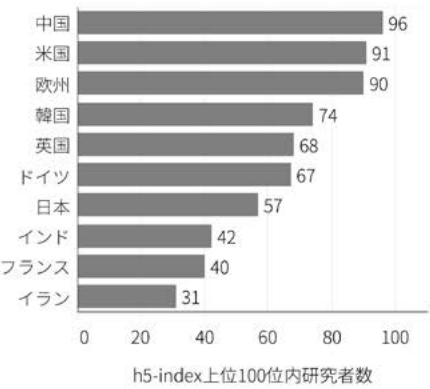


図 3.1-N6.3-3 物質・材料シミュレーション領域における論文数の動向③

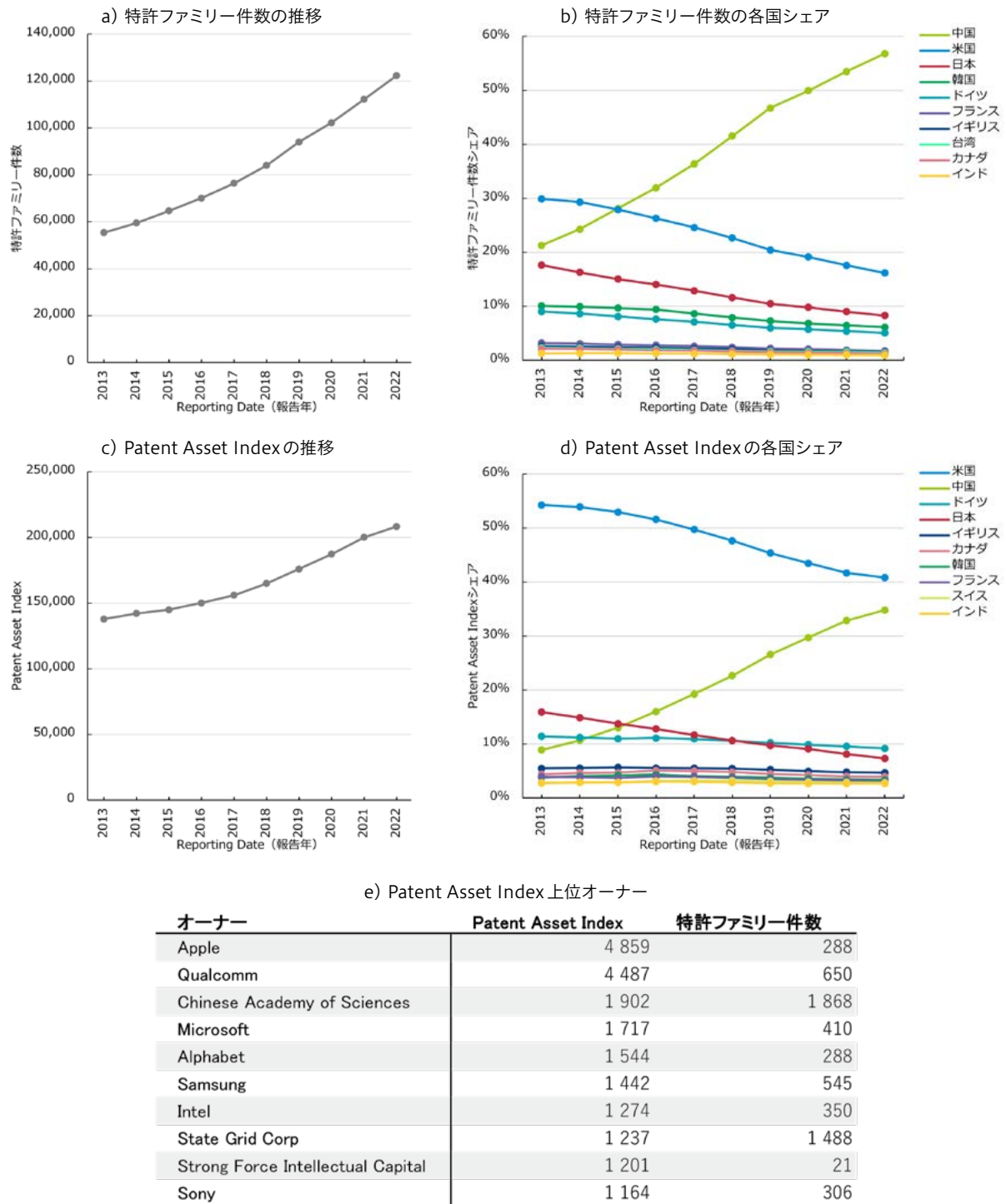


図3.1-N6.3-4 物質・材料シミュレーション領域における特許数の動向