

3.1.L3 基礎基盤

3.1.L3.1 遺伝子発現機構

領域の定義

遺伝情報の発現機構、つまり遺伝子の情報が細胞における構造および機能に変換される過程の作用機序と生理機能の解明は、次世代シーケンサー（NGS）等の技術進展を受け近年大きく解析が進んでいる。ここでは、ゲノム、RNA、エピゲノム、クロマチン高次構造の視点から、多種の医学・生物学現象の遺伝子的あるいはゲノムの基盤を明らかにすると同時に、プロセッシング、修飾、翻訳といった分子レベルで構造と機能の相関や生理機能ネットワークを解明する領域を取り上げる。

ポイント

- ・ 領域全体の論文数は10年間で2.5倍に漸増している（図3.1-L3.1-1 a)）。
- ・ 論文数の国別推移では、中国の増加が顕著であり、2019年に米国を抜いて以降首位となっている。米国、欧州も論文数を増やしているが、シェアは低下している。高被引用論文数では米国が首位を維持している。日本の論文数は中国、米国、ドイツ、英国に次いで5位である。（図3.1-L3.1-1 b)、図3.1-L3.1-2 a)、c)、d)）
- ・ 特許ファミリー件数は全体では10年間で1.8倍に漸増している。2022年において、米国の特許ファミリー件数シェアが40%を越えて1位。中国も出願数を増やしており、シェア30%を越えて2位である。日本の特許ファミリー件数は米国、中国、ドイツ、韓国に次いで5位である。（図3.1-L3.1-4 a)、b)）
- ・ Patent Asset Indexのシェアは米国が70%に迫る1位で他を圧倒しており、ドイツが2位となっている。Patent Asset Index順では、MITやBroad Instituteなど米国研究機関が上位を占めている（図3.1-L3.1-4d)、e)）。

3
アウトプットの分析
(研究開発領域別)

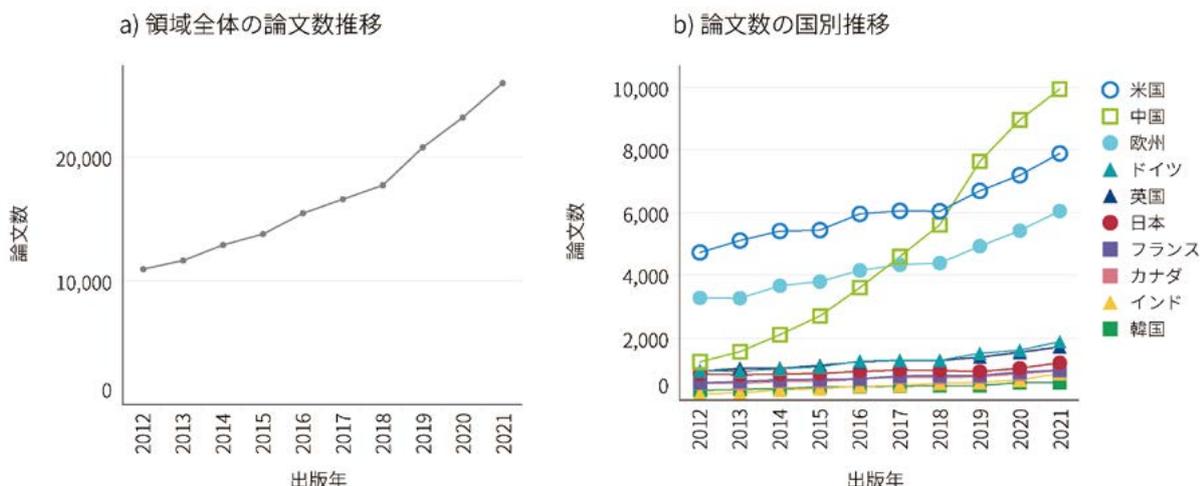


図3.1-L3.1-1 遺伝子発現機構領域における論文数の動向①

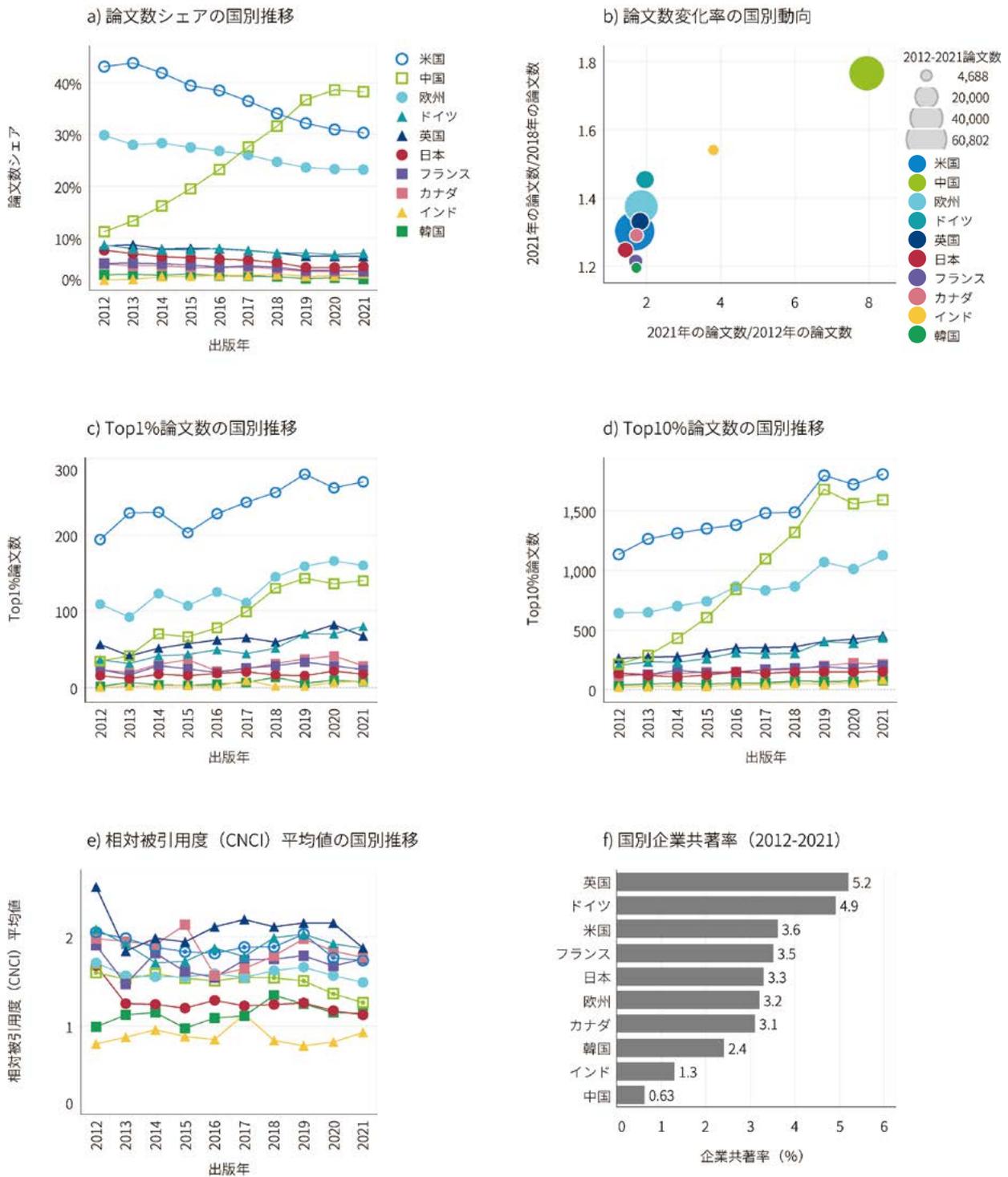


図3.1-L3.1-2 遺伝子発現機構領域における論文数の動向②

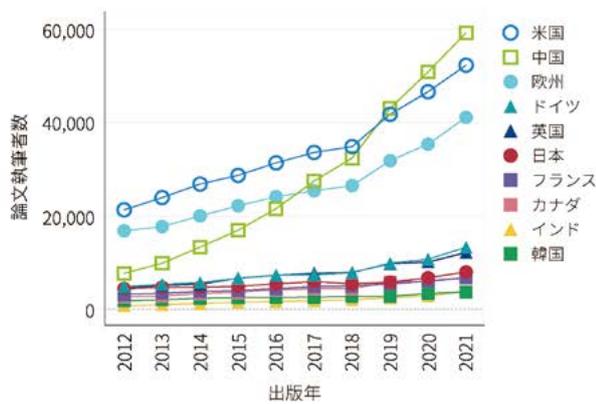
a) 各国間の共著率 (2012-2021)

(%)	米国	中国	欧州	ドイツ	英国	日本	フランス	カナダ	インド	韓国	論文数 (件)
米国	\	13	12	5.5	6	3.1	3.2	4.2	1.3	1.7	60,786
中国	16	\	2.4	1.6	1.7	1.1	0.93	1.5	0.22	0.59	48,845
欧州	24	3.9	\	13	13	2.6	7.3	3.8	0.84	0.9	29,469
ドイツ	26	5.9	30	\	15	3.3	8.6	4.7	1.1	1	13,000
英国	29	6.7	31	16	\	4.3	8.5	6.2	1.3	1	12,745
日本	20	5.5	7.9	4.4	5.7	\	2.8	2.5	0.95	1.9	9,595
フランス	25	6	28	15	14	3.5	\	6.2	1.2	1.1	7,666
カナダ	35	9.7	15	8.4	11	3.3	6.5	\	1.2	1.5	7,270
インド	16	2.2	5	2.8	3.2	1.8	1.9	1.7	\	1.2	4,955
韓国	22	6.1	5.6	2.9	2.7	3.9	1.8	2.3	1.2	\	4,688

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
Harvard University	米国	1	6,091	597	2,382
Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)	フランス	2	4,341	136	921
National Institutes of Health (NIH) - USA	米国	3	4,084	198	1,122
Harvard Medical School	米国	4	4,076	416	1,628
Institut National de la Sante et de la Recherche Medicale (Inserm)	フランス	5	3,663	136	860
Helmholtz Association	ドイツ	6	2,752	191	894
Howard Hughes Medical Institute	米国	7	2,743	417	1,461
Shanghai Jiao Tong University	中国	8	2,601	69	615
University of Pennsylvania	米国	9	2,334	150	775
CNRS - National Institute for Biology (INSB)	フランス	10	2,229	67	480
University of Tokyo	日本	34	1,505	31	280

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)

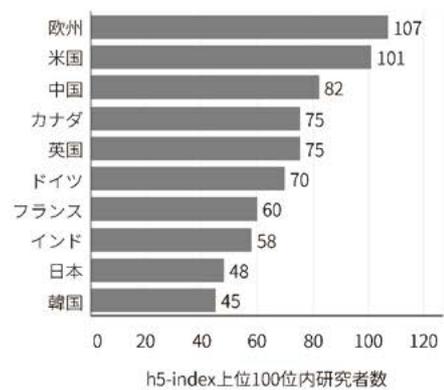


図3.1-L3.1-3 遺伝子発現機構領域における論文数の動向③

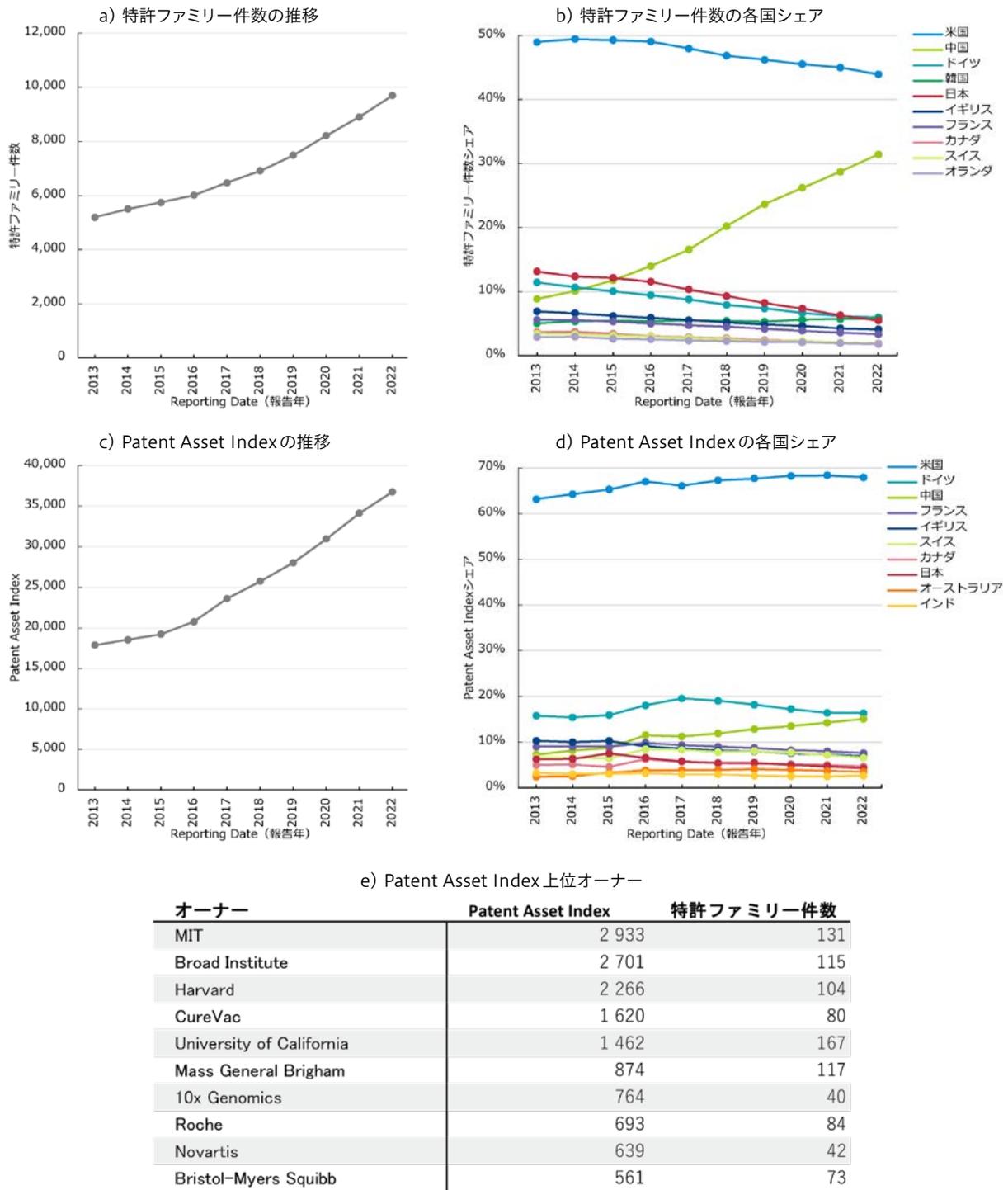


図 3.1-L3.1-4 遺伝子発現機領域構における特許数の動向

3.1.L3.2 細胞外微粒子・細胞外小胞

領域の定義

生体内には、外部から侵入した（外因性）または体内で生じた（内因性）さまざまな「細胞外微粒子」が存在している。外因性微粒子としては環境中の浮遊粒子状物質（Suspended Particulate Matter, SPM、PM2.5など）、内因性微粒子としては細胞外小胞（extracellular vesicles：EVs）などが挙げられる。どちらも小胞に含有されるDNA、RNA、タンパク質、脂質などが他の細胞に受け渡されることで、1細胞レベルを越えた様々な細胞間情報伝達を担うことが判明している。細胞の状態や疾患の進展、細胞間コミュニケーションに関連していると考えられており、医療、創薬、診断などへの応用を目指して、その機能解析やバイオマーカーとしての探索が進められている。

ポイント

- ・ 領域全体の論文数は10年間で8倍に急増している（図3.1-L3.2-1 a））。
- ・ 論文数の国別推移では、中国の論文数が指数関数的に増加しており、2021年におけるシェアは40%に迫り、高被引用論文数でも首位に立っている。欧州、米国も論文数を5倍程度増やしているが、シェアは低下している。2021年の日本の論文数は中国、米国、ドイツ、英国に次いで5位である。（図3.1-L3.2-1 b）、図3.1-L3.2-2 a）、c）、d））
- ・ 特許ファミリー件数は10年間で6倍以上に増加している。中国からの出願件数が45%を占めて1位。米国が2位で、日本は2021年以降韓国に抜かれて4位である。（図3.1-L3.2-4 a）、図3.1-L3.2-4 b））
- ・ Patent Asset Indexのシェアでは、米国が圧倒的な力を示している。MIT、Broad Institute、Harvardなど研究機関の貢献が大きい。（図3.1-L3.2-4 d）、e））

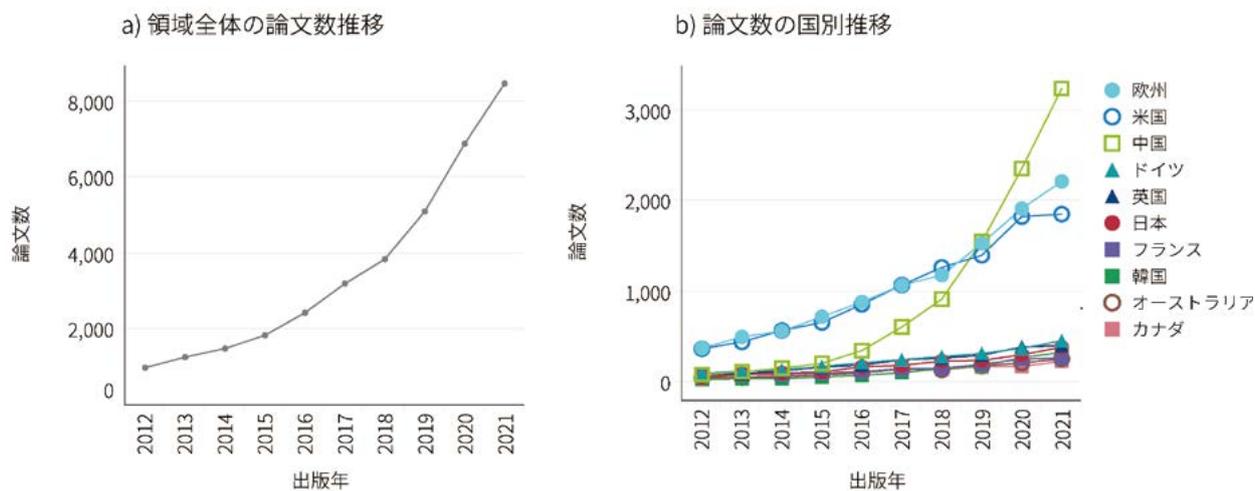


図3.1-L3.2-1 細胞外微粒子・細胞外小胞領域における論文数の動向①

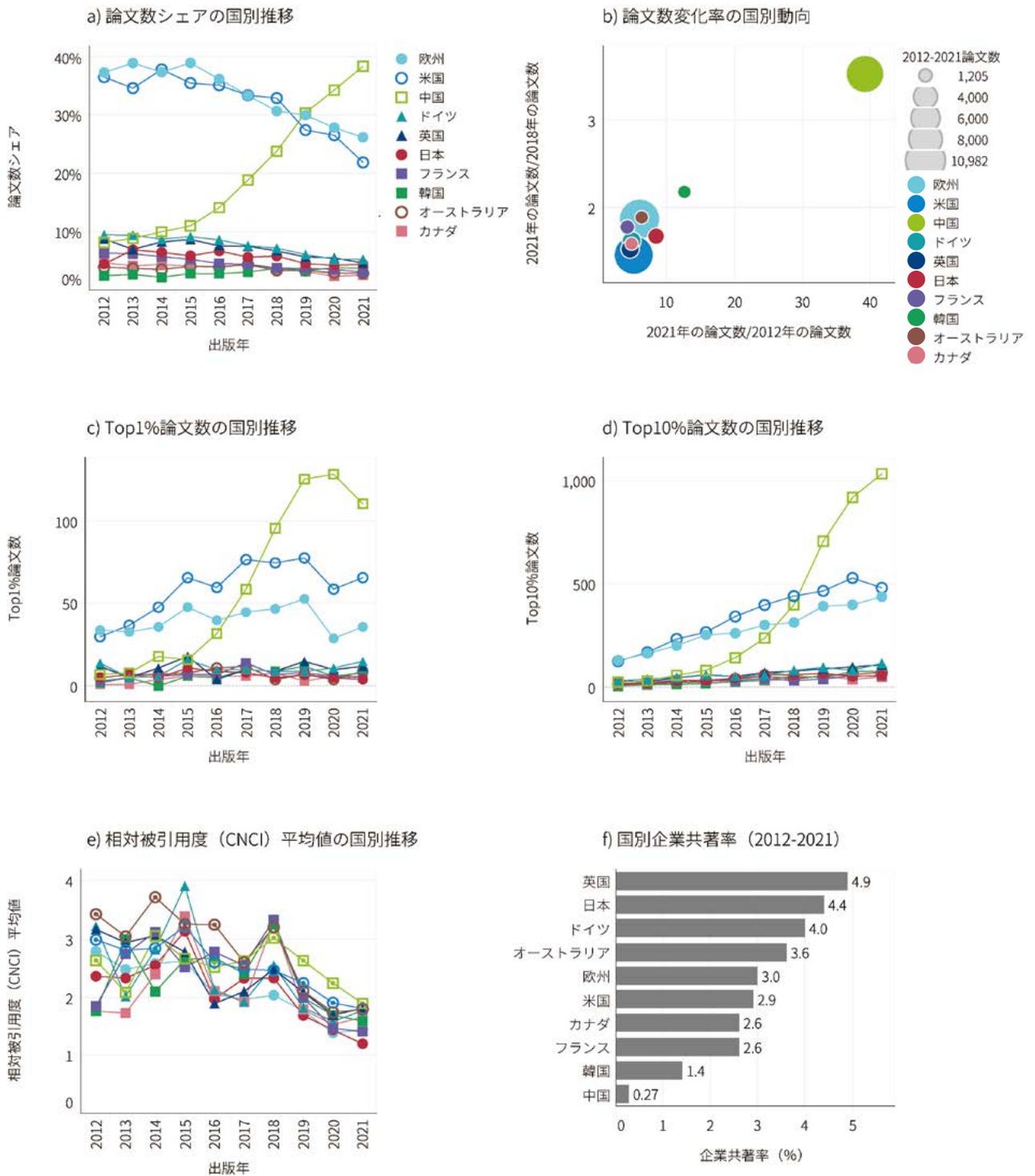


図 3.1-L3.2-2 細胞外微粒子・細胞外小胞領域における論文数の動向②

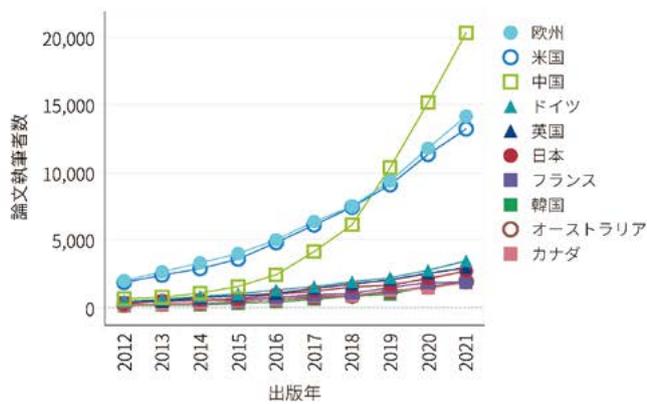
a) 各国間の共著率 (2012-2021)

(%)	米国	中国	欧州	ドイツ	英国	日本	フランス	韓国	カナダ	インド	論文数 (件)
米国	\	13	14	4.9	4.7	2.6	2.5	2.3	2.8	1.4	10,337
中国	13	\	2.2	1.3	1.3	0.78	0.6	0.58	0.98	0.25	9,709
欧州	17	2.6	\	8.7	9.1	1.5	4.7	0.83	2	0.57	8,290
ドイツ	21	5.3	30	\	9.8	2.5	5.4	0.7	3.3	0.75	2,411
英国	22	5.8	33	10	\	2.6	5.7	0.71	4.5	1.2	2,252
日本	15	4.1	6.7	3.3	3.2	\	1.9	1.4	1.8	0.92	1,849
フランス	18	4	27	8.9	8.8	2.4	\	0.55	5.6	1.3	1,460
韓国	19	4.5	5.5	1.4	1.3	2	0.64	\	1.9	1.8	1,250
カナダ	24	7.9	14	6.6	8.4	2.7	6.7	2	\	0.5	1,205
インド	19	3.2	6.2	2.4	3.4	2.3	2.5	2.9	0.79	\	757

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
Harvard University	米国	1	830	91	385
Institut National de la Sante et de la Recherche Medicale (Inserm)	フランス	2	718	48	214
Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)	フランス	3	694	25	187
Harvard Medical School	米国	4	644	81	305
Shanghai Jiao Tong University	中国	5	636	65	299
Nanjing Medical University	中国	6	537	46	267
National Institutes of Health (NIH) - USA	米国	7	469	51	213
Fudan University	中国	8	446	38	193
Zhejiang University	中国	9	408	29	159
Universite Paris Cite	フランス	10	404	31	135
University of Tokyo	日本	73	161	9	44

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)

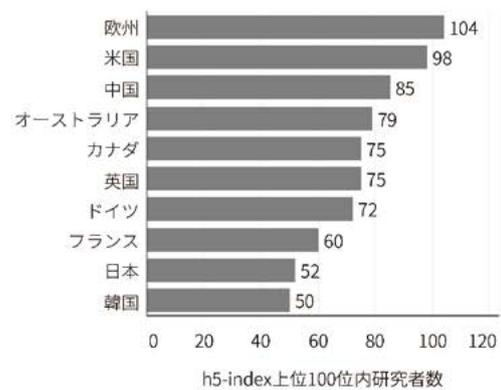


図3.1-L3.2-3 細胞外微粒子・細胞外小胞領域における論文数の動向③

3
アウトプットの分析
(研究開発領域別)

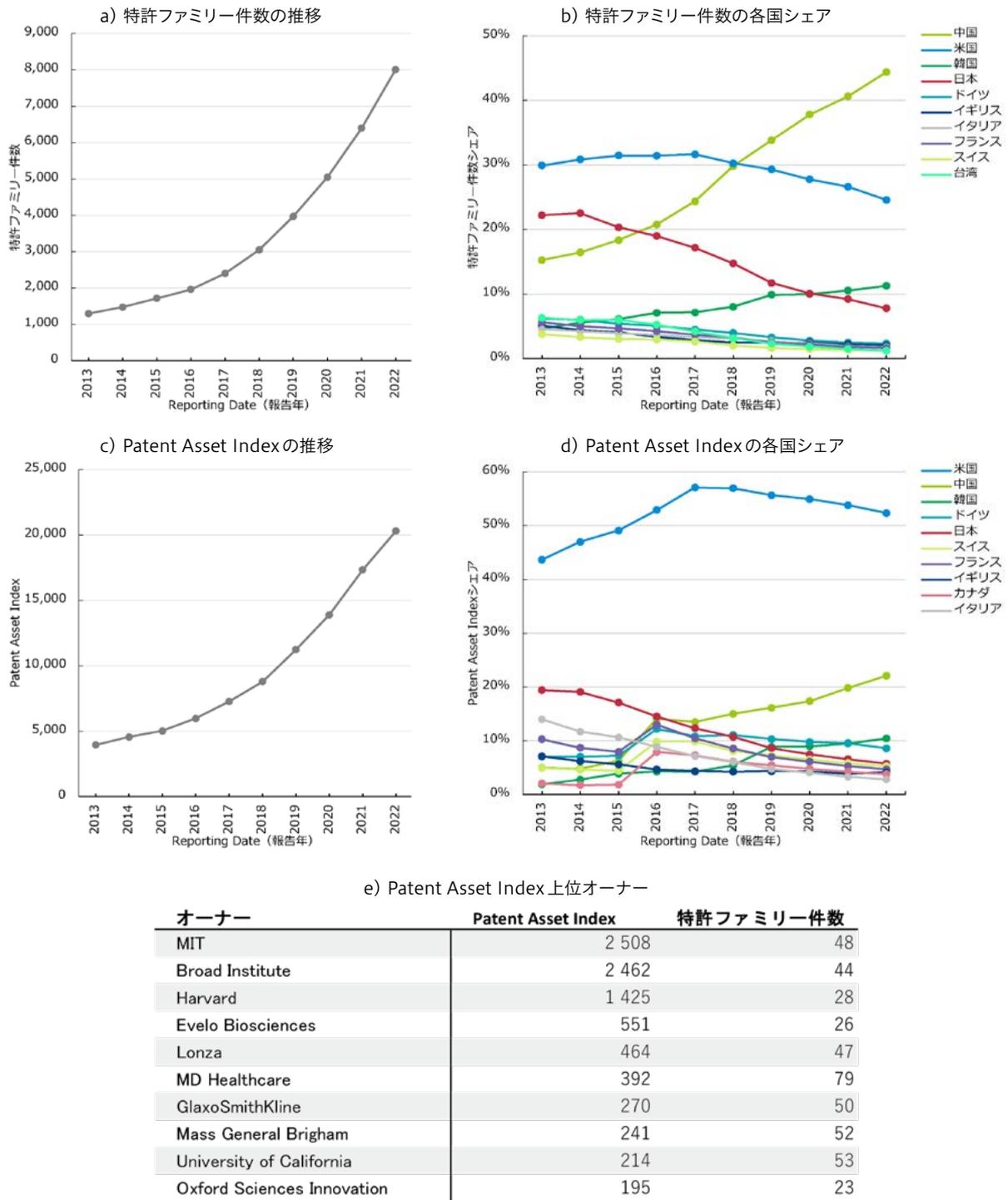


図 3.1-L3.2-4 細胞外微粒子・細胞外小胞領域における特許数の動向

3.1.L3.3 マイクロバイオーーム

領域の定義

土壌、海洋、大気、動植物の体内や体表など、あらゆる環境中に存在する微生物叢（マイクロバイオータ）と、それが持つ遺伝子や機能（マイクロバイオーーム）を解析することで、生命の理解の深化や、新たな概念に基づく健康維持や疾患の予防、治療技術の開発、農産物生産技術や物質生産技術の創出が期待される研究開発領域。ヒトを宿主とした常在微生物叢は全身の体表面に存在するが、特に研究が進んでいるのが、腸内フローラと呼ばれる腸内の微生物叢である。微生物叢のバランスの破綻がいかなる疾患・健康被害をもたらすかを理解することで、健康維持や疾患治療への応用を目指すほか、常在微生物叢に含まれる有用微生物の可能性の探索や、プロバイオティクスや機能性食品の利用可能性の拡大を目指す。また、常在微生物叢の差異に着目することで、より精緻な疾患のサブグループ化、さらには医薬品や食品の有効性を見極める個別化医療や、個別化もしくは層別化栄養の実現も期待できる。植物を宿主とする微生物叢の研究も活発化してきている。主に葉や根などの植物組織における常在微生物叢プロファイルの解析や、それを制御する環境要因や宿主側遺伝子基盤の探索、および、常在微生物叢による植物の成長や生存における潜在的な役割とその基盤を解明しようとする基礎研究が進む。さらには、得られた基礎的知見を活用した微生物の農業利用など、応用にも直結した研究開発領域である。

ポイント

- ・ 領域全体の論文数および特許ファミリー件数は増加している（図3.1-L3.3-1 a）、図3.1-L3.3-4 a））。
- ・ 論文数および論文執筆者数は、英国、ドイツ、フランスを中心とした欧州と米国が牽引してきたが、近年は中国が急増し首位にあるほか、高被引用論文数も中国が首位となった。論文数上位機関にも、米国やフランスに加え、中国の研究機関および大学もランクインしている。（図3.1-L3.3-1 b）、図3.1-L3.3-2 a）、b）、c）、d）、図3.1-L1.13-3 b）、c））
- ・ 日本は、企業共著論文の割合が最も多い（図3.1-L3.3-2 f））。
- ・ 特許ファミリー件数のシェアは中国が全体の60%を占める。一方、Patent Asset Indexのシェアでは米国が首位である。（図3.1-L3.3-4 b）、d））
- ・ Patent Asset Indexに着目すると、食品メーカーやバイオ化学メーカーなどが上位に位置する（図3.1-L3.3-4 e））。

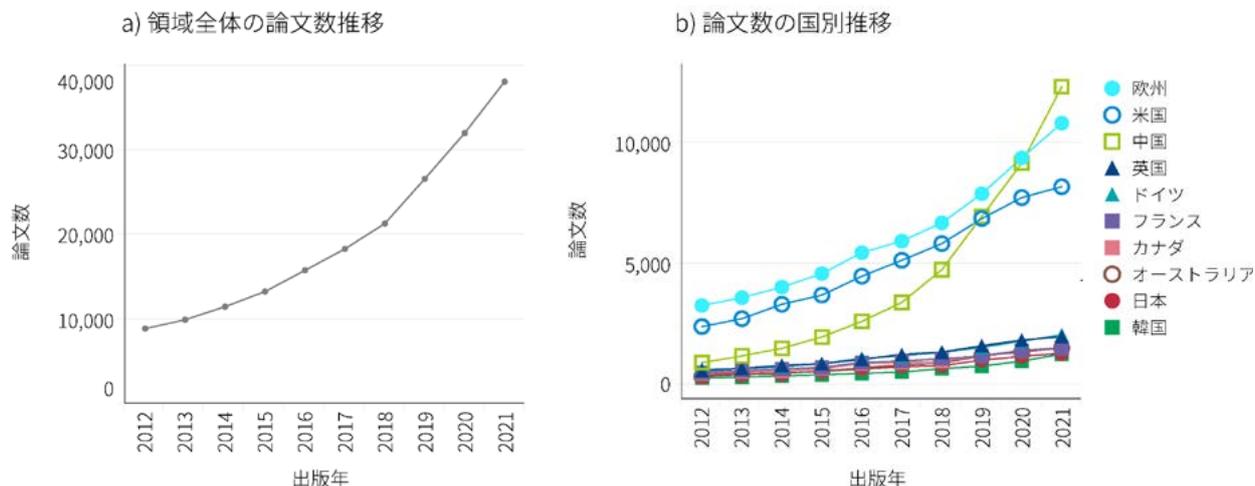


図3.1-L3.3-1 マイクロバイオーーム領域における論文数の動向①

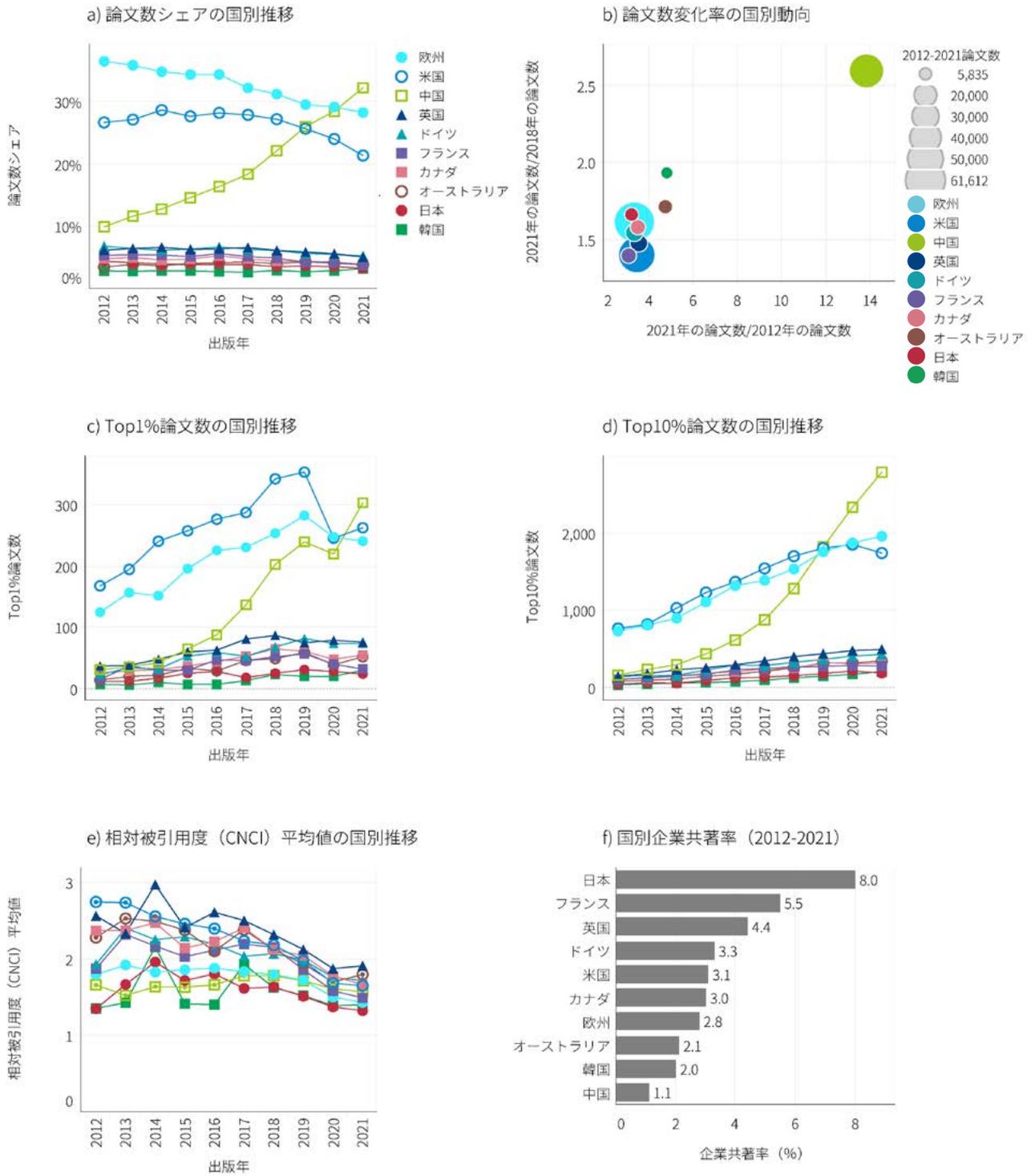


図3.1-L3.3-2 マイクロバイーム領域における論文数の動向②

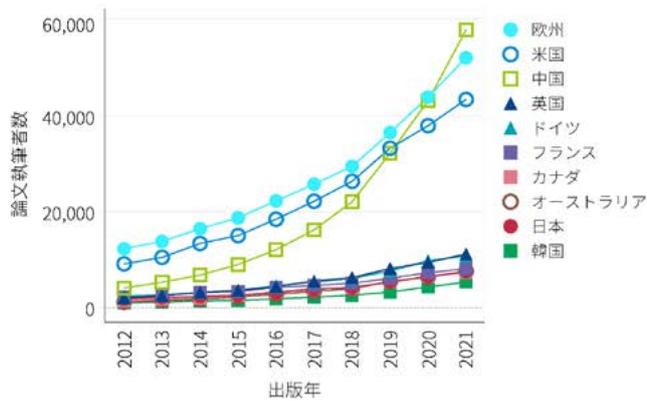
a) 各国間の共著率 (2012-2021)

(%)	米国	欧州	中国	英国	ドイツ	フランス	カナダ	インド	日本	韓国	論文数 (件)
米国	\	12	11	5.3	4.4	3	4.8	1.3	2	1.6	50,296
欧州	13	\	4.9	8.3	7.8	5.6	3	1	1.2	0.52	47,180
中国	13	5.1	\	2.4	1.9	0.91	2.3	0.53	1.4	0.94	45,368
英国	23	33	9.2	\	10	8	5.8	1.6	2	1.1	11,813
ドイツ	19	31	7.5	10	\	7.3	4.3	1	2.3	0.98	11,773
フランス	16	28	4.4	10	9.2	\	6	0.93	1.7	0.58	9,329
カナダ	27	16	12	7.7	5.7	6.2	\	1.1	1.7	1.4	8,948
インド	8.1	6.1	3.1	2.5	1.5	1.1	1.3	\	1.4	3	7,723
日本	13	7.5	8.8	3.1	3.7	2.1	2.1	1.4	\	2.2	7,384
韓国	13	4.2	7.3	2.2	2	0.93	2.2	4	2.8	\	5,835

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	3,691	148	845
Harvard University	米国	2	3,147	356	1,261
University of Chinese Academy of Sciences, CAS	中国	3	2,895	107	772
Helmholtz Association	ドイツ	4	2,271	157	658
Institut National de la Sante et de la Recherche Medicale (Inserm)	フランス	5	2,184	154	683
United States Department of Agriculture (USDA)	米国	6	2,080	88	504
Zhejiang University	中国	7	1,931	83	578
Harvard Medical School	米国	8	1,654	191	692
Universidade de Sao Paulo	ブラジル	9	1,641	42	300
Chinese Academy of Agricultural Sciences	中国	10	1,632	63	477
University of Tokyo	日本	103	671	31	170

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)

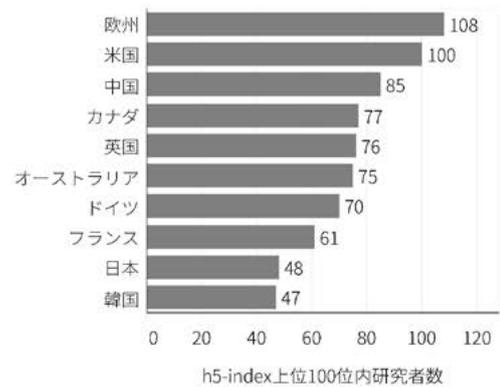


図3.1-L3.3-3 マイクロバイオーム領域における論文数の動向③

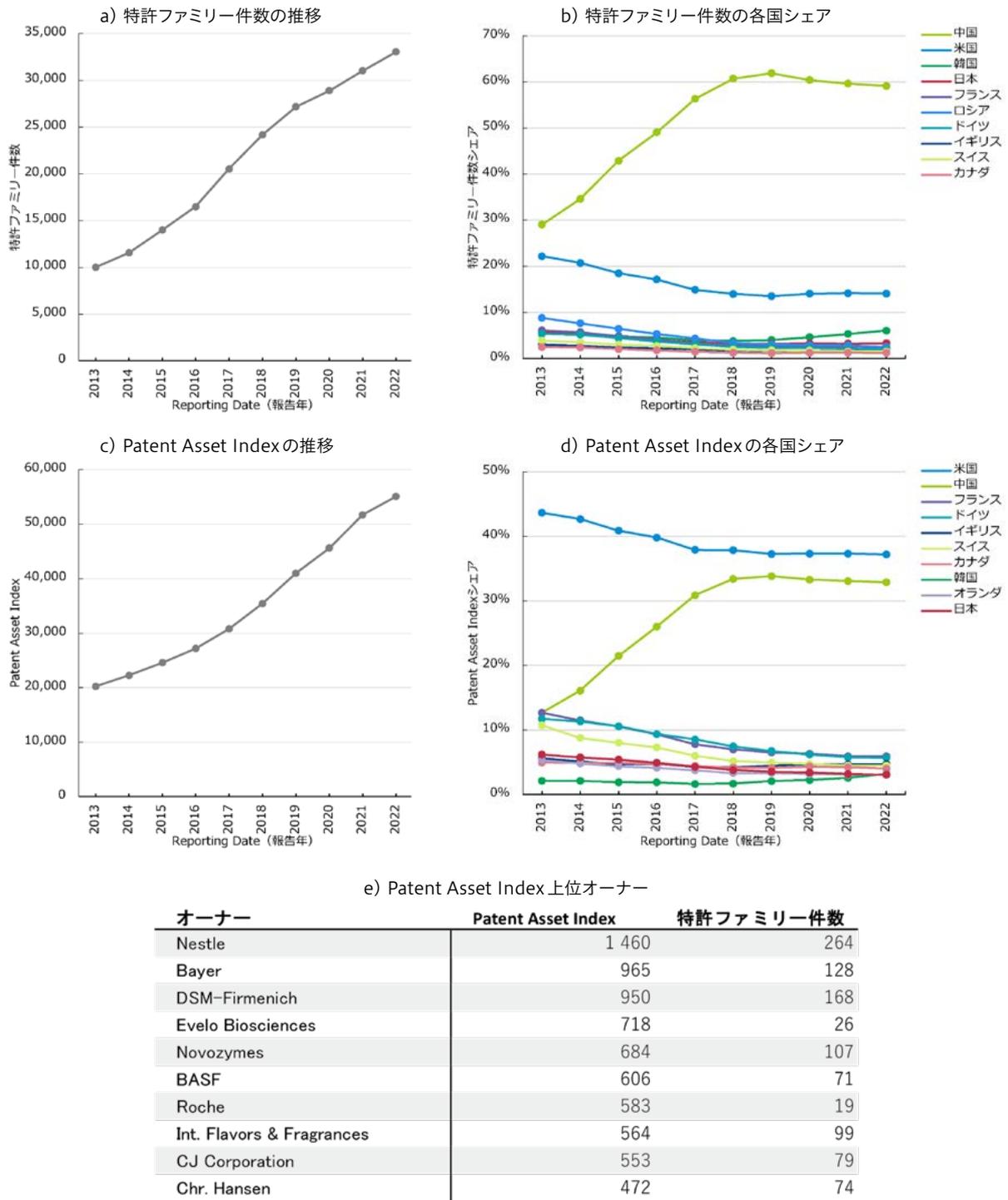


図 3.1-L3.3-4 マイクロバイオーム領域における特許数の動向

3.1.L3.4 構造解析 (生体高分子・代謝産物)

領域の定義

構造生物学は、タンパク質を始めとした生体高分子における原子の空間的配置を決定・推定することでその機能や挙動を理解するための学問である。生体高分子の立体構造情報は、生命の複雑な仕組みを理解するために重要なだけでなく、創薬など応用的な産業分野においても非常に有用な価値を持つ。また、生理的環境下における生体高分子の振る舞いを理解する上では、in vitro での静的な構造情報に加え、分子構造の動的性質や細胞内における in situ での構造の解析が重要である。これらの情報をより幅広い分子に対してより高分解能に取得するために、クライオ電子顕微鏡、溶液NMRなどにおいて構造解析技術の開発が進みつつある。代謝産物の構造解析技術としては、X線結晶構造解析、NMRなどが用いられるが、その解析の対象とすべき分子を自然界から効率よく探索するための技術がボトルネックとなっており、質量分析装置を用いたノンターゲット・メタボローム解析が期待されている。

ポイント

- ・ 論文動向に関して、他の領域と比較してドイツ・英国を中心とした欧州のプレゼンスが高い。企業との共著が多いのも特徴である。(図3.1-L3.4-1 b)、図3.1-L3.4-2 f))
- ・ 特許動向に関して、特許ファミリー件数のシェア・Patent Asset Indexのシェア共に米国が圧倒しており、大手製薬・バイオテック企業の特許出願が目立っている(図3.1-L3.4-4 b)、d)、e))。
- ・ 日本は、論文数では米国、中国、ドイツ、英国に次ぐポジションであったが、近年インドが日本と英国を上回った。特許ファミリー件数のシェアでは米国、中国に次ぐポジションを維持している。(図3.1-L3.4-1 b)、図3.1-L3.4-4 b))

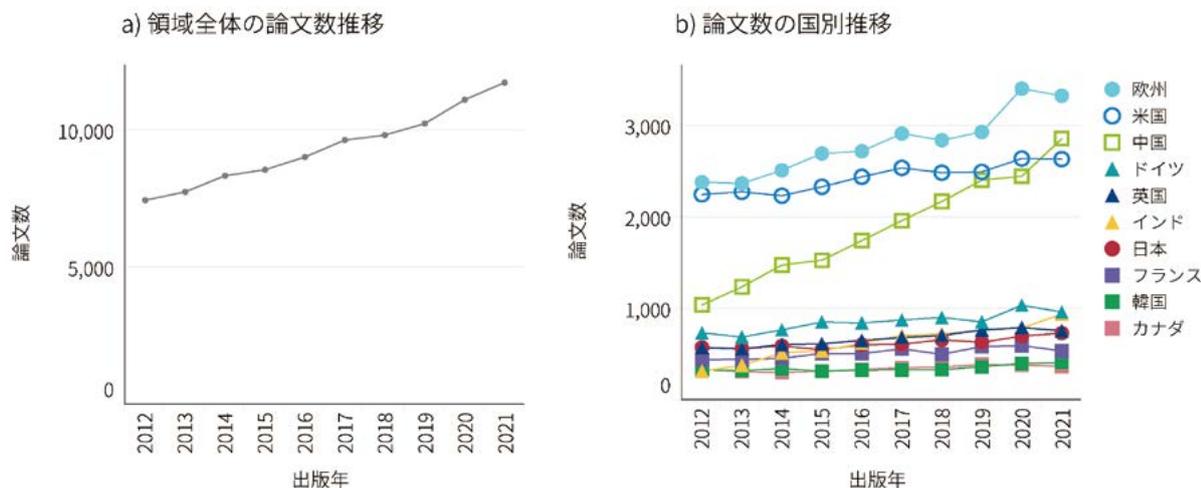


図3.1-L3.4-1 構造解析 (生体高分子・代謝産物) 領域における論文数の動向①

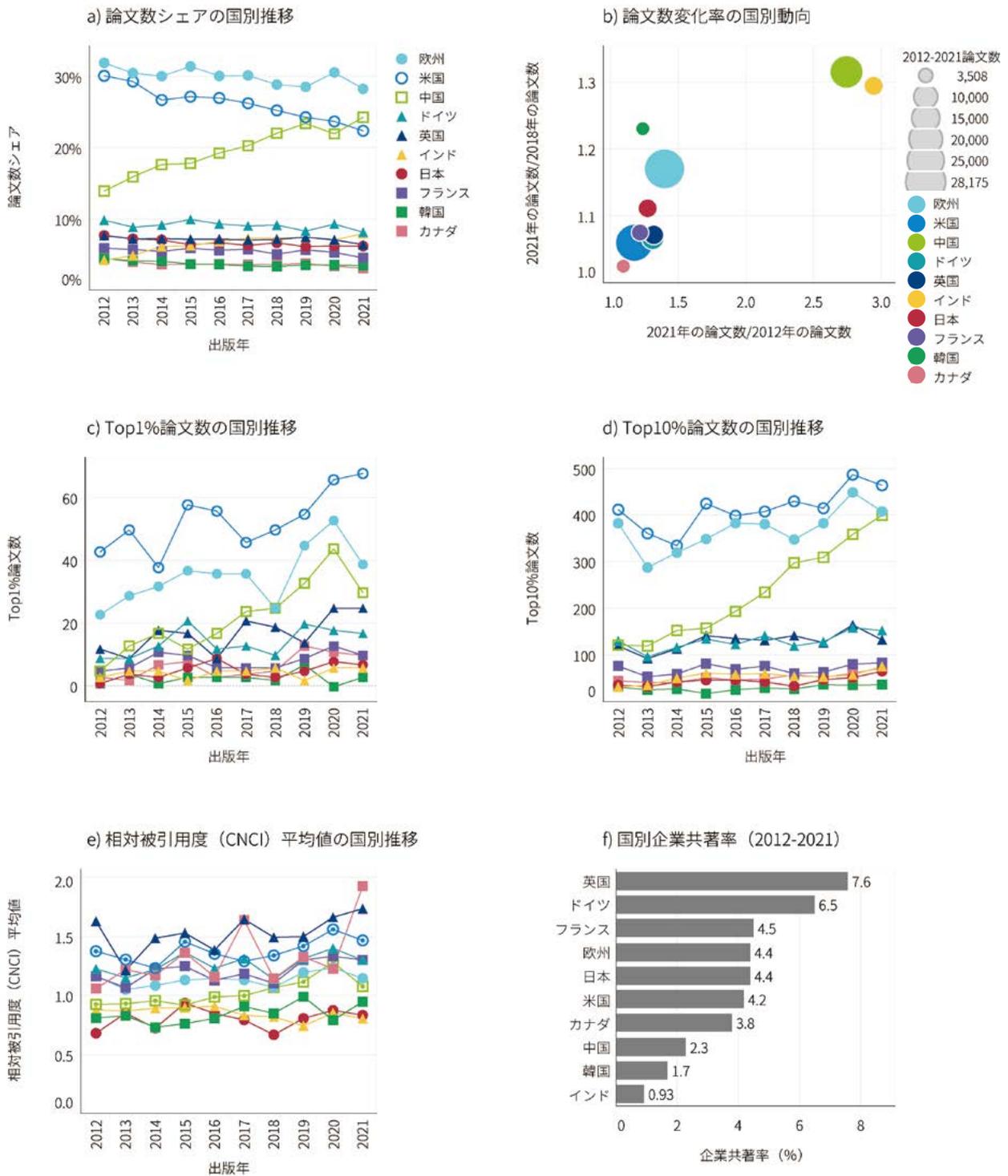


図 3.1-L3.4-2 構造解析 (生体高分子・代謝産物) 領域における論文数の動向②

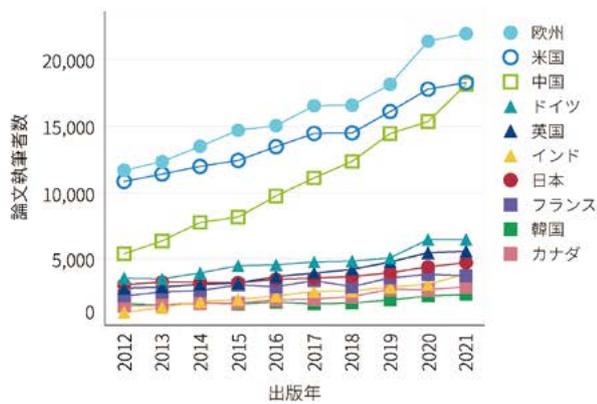
a) 各国間の共著率 (2012-2021)

(%)	米国	中国	欧州	ドイツ	英国	インド	日本	フランス	韓国	カナダ	論文数 (件)
米国	\	8.8	11	6.2	6.1	2.1	2.5	3.3	1.6	3.8	24,396
中国	11	\	3.3	2	1.9	0.48	1.4	0.84	0.93	1.4	19,160
欧州	15	3.4	\	12	10	2	1.8	7.6	0.67	2.8	18,448
ドイツ	17	4.4	26	\	9.8	1.9	2.8	8.1	0.61	2.9	8,581
英国	22	5.2	28	12	\	2.3	2.6	8.7	0.84	4.2	6,773
インド	8	1.5	5.7	2.6	2.5	\	1.5	1.5	2	0.83	6,352
日本	9.7	4.2	5.4	3.8	2.9	1.5	\	2	1.9	1.2	6,274
フランス	15	3.1	27	13	11	1.8	2.4	\	0.6	4.1	5,197
韓国	11	5.1	3.5	1.5	1.6	3.5	3.3	0.88	\	0.71	3,535
カナダ	26	7.4	15	7	8.1	1.5	2.2	6.1	0.71	\	3,508

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	3,399	44	420
Helmholtz Association	ドイツ	2	1,789	36	270
National Institutes of Health (NIH) - USA	米国	3	1,419	48	308
Harvard University	米国	4	1,393	70	392
Max Planck Society	ドイツ	5	1,326	47	337
Institut National de la Sante et de la Recherche Medicale (Inserm)	フランス	6	1,244	21	184
University of Chinese Academy of Sciences, CAS	中国	7	1,083	21	198
CNRS - Institute of Chemistry (INC)	フランス	8	1,005	9	104
Harvard Medical School	米国	9	945	49	273
CNRS - National Institute for Biology (INSB)	フランス	10	909	16	120
Osaka University	日本	38	562	6	56
University of Tokyo	日本	38	562	8	74

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)

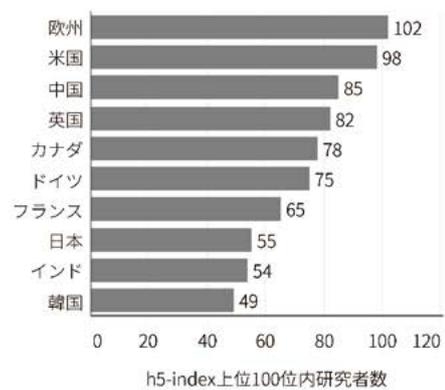


図3.1-L3.4-3 構造解析 (生体高分子・代謝産物) 領域における論文数の動向③

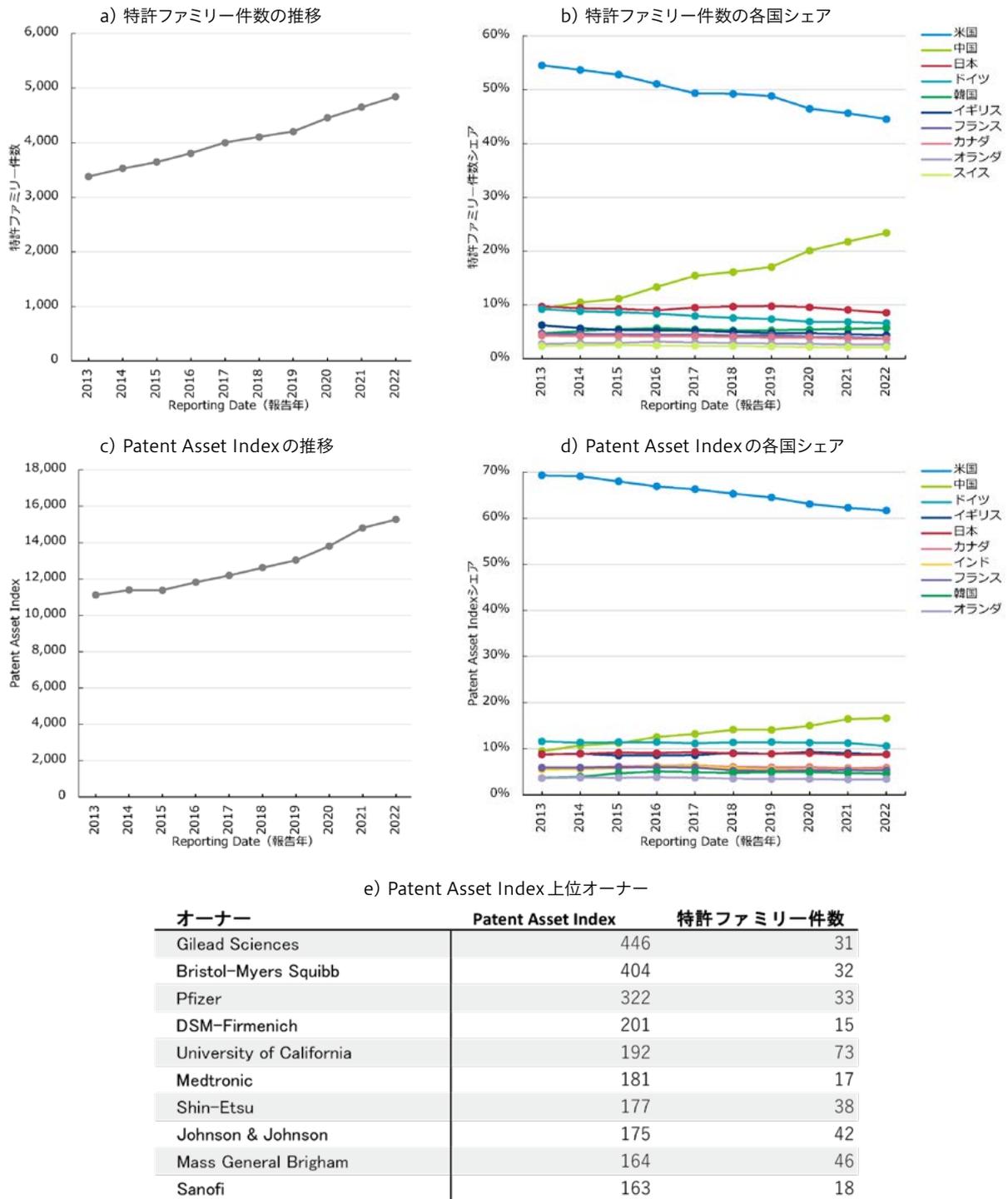


図3.1-L3.4-4 構造解析（生体高分子・代謝産物）領域における特許数の動向

3.1.L3.5 光学イメージング

領域の定義

細胞や動植物の組織の構造、細胞や動植物個体内ではたらく生体分子、および細胞内・細胞間シグナルの根幹をなす生体分子の相互作用や化学修飾を、時間的・空間的に可視化する基盤技術の開発を目的とした研究開発領域である。生命科学・医学基礎研究では、蛍光プローブを用いた蛍光顕微鏡が最も普及しており、時空間分解能や深達度などを高めるための開発が進む。非蛍光のイメージング手法・プローブや計算科学・情報科学技術を活用したコンピュータシミュレーションイメージングも生命科学・医学向け手法が開発されている。また、単一細胞スケールから組織・個体スケールまで、多階層にわたる生命現象を同時に可視化するための手法としてメゾスコピーも注目される。

ポイント

- 論文、特許共に、中国が数で他国を圧倒しており、伸び率も高い。高被引用論文数においても、論文数同様に他国を凌駕しており、特許についても米国に比肩するようになった。(図 3.1-L3.4-1 b)、図 3.1-L3.4-2 c)、d)、図 3.1-L3.4-4 b)、d))
- 論文数において、インドが中国、米国に次ぐ存在となっている(図 3.1-L3.4-1 b))。
- 日本は、論文の数としてはインドに次ぐポジションであるが、高被引用論文数では、ドイツや英国だけでなく、韓国や香港にも劣後しつつある。また、他国と比較して企業共著割合が高い。(図 3.1-L3.4-1 b)、図 3.1-L3.4-2 c)、d)、f))
- 特許動向に関して、2022 年において、日本は特許ファミリー件数のシェアでは中国、米国、Patent Asset Index のシェアにおいても中国、米国、ドイツに次ぐポジションを保っている(図 3.1-L3.4-4 b)、図 3.1-L3.4-4 d))。

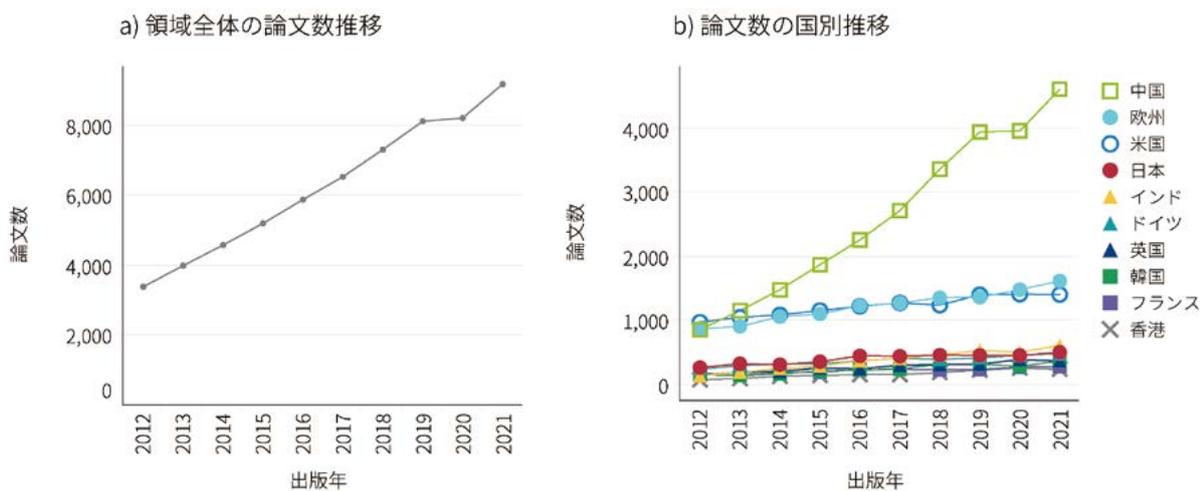


図 3.1-L3.5-1 光学イメージング領域における論文数の動向①

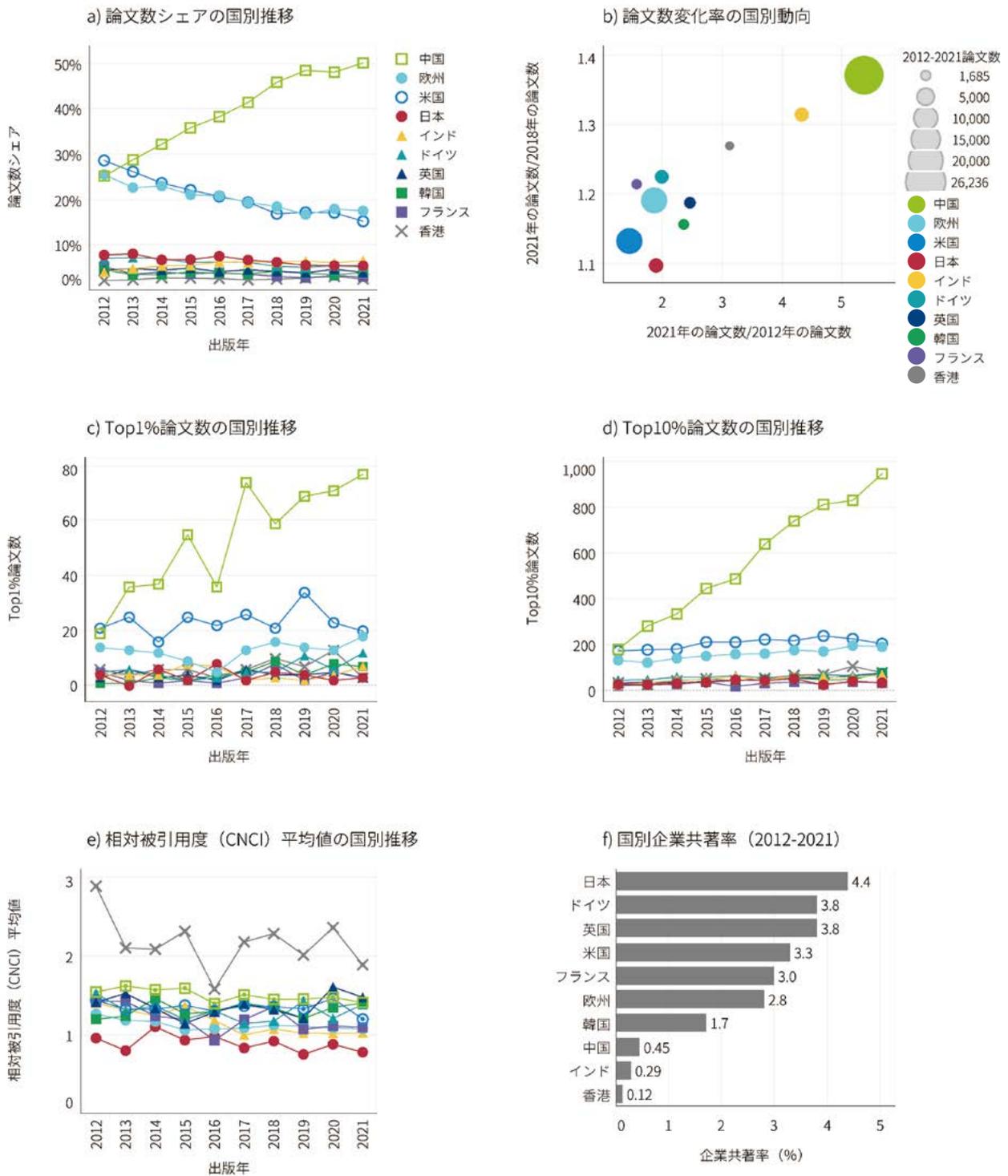


図 3.1-L3.5-2 光学イメージング領域における論文数の動向②

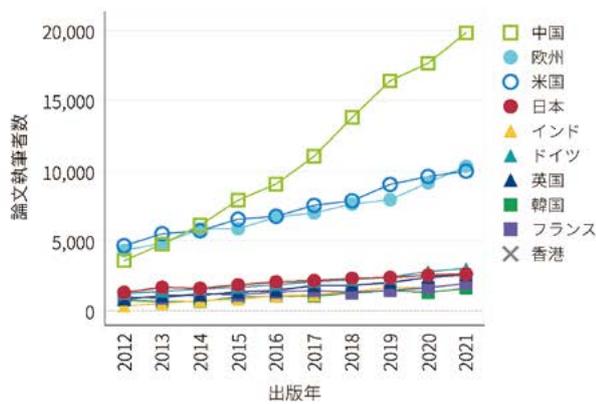
a) 各国間の共著率 (2012-2021)

(%)	中国	米国	欧州	日本	インド	ドイツ	英国	韓国	フランス	カナダ	論文数 (件)
中国	\	6.8	1.5	0.66	0.28	0.74	1.4	0.84	0.53	0.63	26,526
米国	15	\	8.9	2.8	1.4	4.4	3.9	2.9	2	2.2	12,243
欧州	5.1	14	\	2.2	2.2	11	7.7	0.93	6	1.7	7,778
日本	4.3	8.4	4.3	\	1.6	2.2	2.1	1.8	1.7	1.1	4,045
インド	1.9	4.6	4.4	1.7	\	1.3	1.2	4	0.84	0.42	3,793
ドイツ	5.3	14	23	2.4	1.4	\	7.8	0.7	5.6	2.1	3,728
英国	13	17	21	3	1.6	10	\	1.7	5.7	2.6	2,771
韓国	9.2	14	2.9	3	6.3	1.1	1.9	\	1	0.94	2,449
フランス	6.4	11	21	3.1	1.4	9.3	7.1	1.1	\	2.9	2,220
カナダ	13	21	10	3.5	1.2	5.9	5.5	1.8	5	\	1,302

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	1,510	24	205
Hong Kong University of Science & Technology	香港	2	1,125	51	458
South China University of Technology	中国	3	1,091	32	380
Jilin University	中国	4	1,035	19	238
University of Chinese Academy of Sciences, CAS	中国	5	949	22	230
Harvard University	米国	6	845	40	236
Institut National de la Sante et de la Recherche Medicale (Inserm)	フランス	7	689	12	111
National University of Singapore	シンガポール	8	683	33	253
Helmholtz Association	ドイツ	9	680	15	134
Zhejiang University	中国	10	667	20	179
University of Tokyo	日本	24	517	15	76

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)

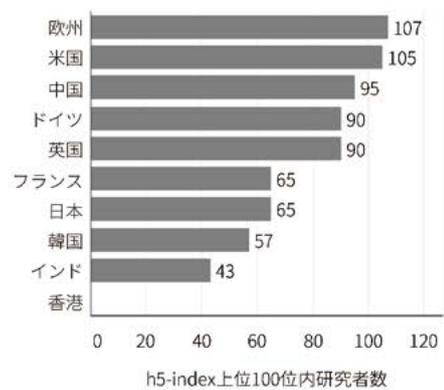


図 3.1-L3.5-3 光学イメージング領域における論文数の動向③

3
アウトプットの分析
(研究開発領域別)

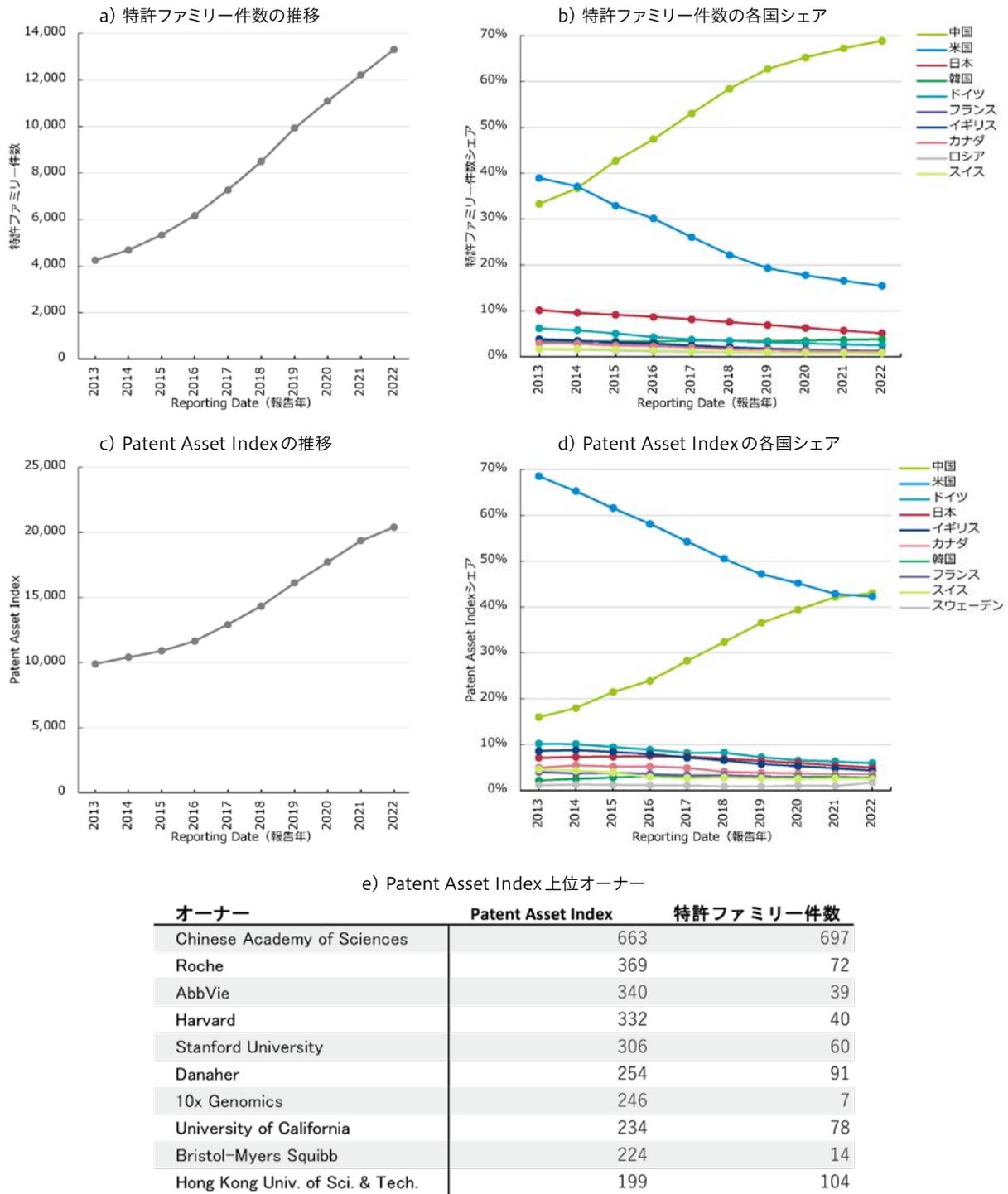


図3.1-L3.5-4 光学イメージング領域における特許数の動向

3.1.L3.6 一細胞オミクス・空間オミクス

領域の定義

1細胞ごとにゲノム、エピゲノム、トランスクリプトーム、プロテオーム、メタボロームなどを計測・解析する学問領域、およびそれにかかわる技術の総称を指す。またこのような技術や蛍光タンパク質、DNAタグによる細胞標識・追跡技術、CRISPR技術との融合によって1細胞レベルで細胞分化の系譜を追跡し、オルガノイド系、胚発生系等の細胞社会、臓器を構成する細胞の挙動の正確な理解の研究が該当する。これによって、疾患発症に関わる細胞種の特徴を解明することやすべての細胞種のアトラスを構築することが可能になる。類似の領域に1細胞が持つ少種類の分子や細胞のマクロな形態・機能を計測する1細胞解析がある。

ポイント

- ・ 2010年代にシングルセルRNAシーケンシング (scRNA-seq) 技術が徐々に普及して以降、関連論文数、特許件数ともに急進的な増加を見せている。Top10%論文数を見ても米国、中国の勢いが顕著である。(図3.1-L3.6-1a)、d)、図3.1-L3.6-4a))
- ・ 特許ファミリー件数のシェアでは2021年以降、中国が米国を上回ったが、Patent Asset Indexのシェアを見る限り米国の強さが目立つ(図3.1-L3.6-4b)、d))。
- ・ 論文、特許ともにマスとしての日本の存在感は大きくない(図3.1-L3.6-2a)、図3.1-L3.6-4b))。

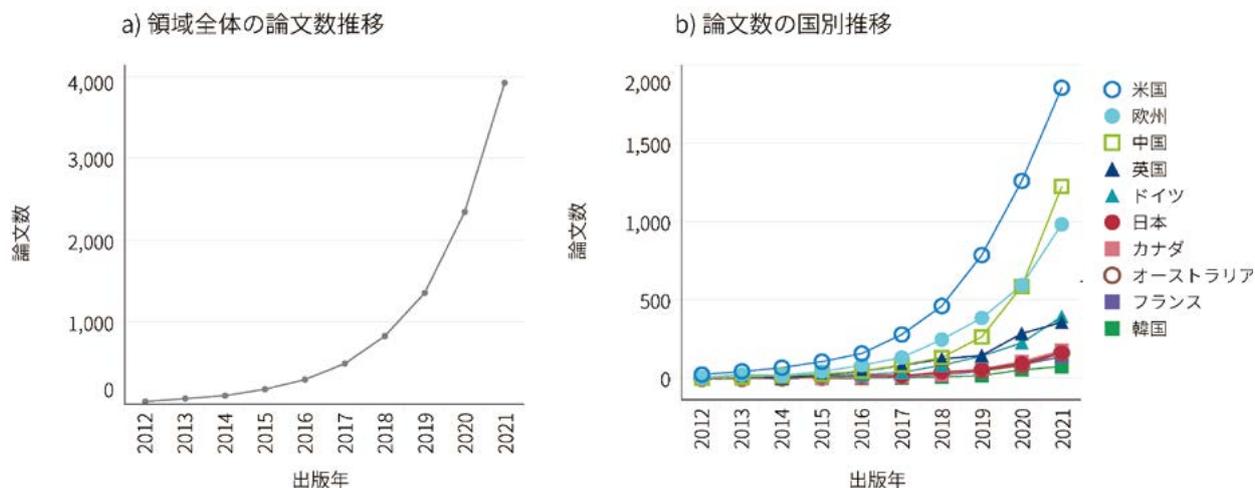


図3.1-L3.6-1 一細胞オミクス・空間オミクス領域における論文数の動向①

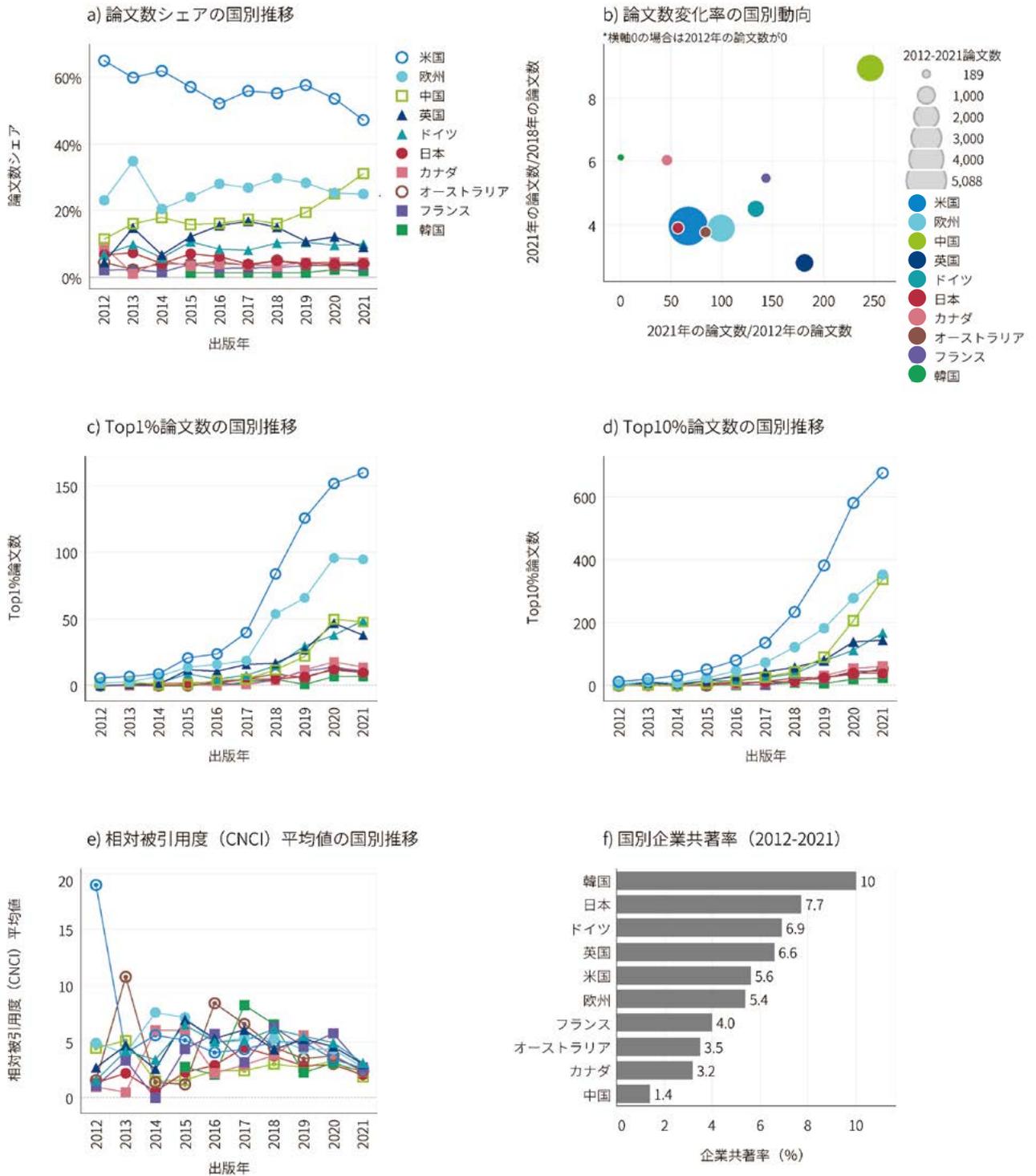


図3.1-L3.6-2 一細胞オミクス・空間オミクス領域における論文数の動向②

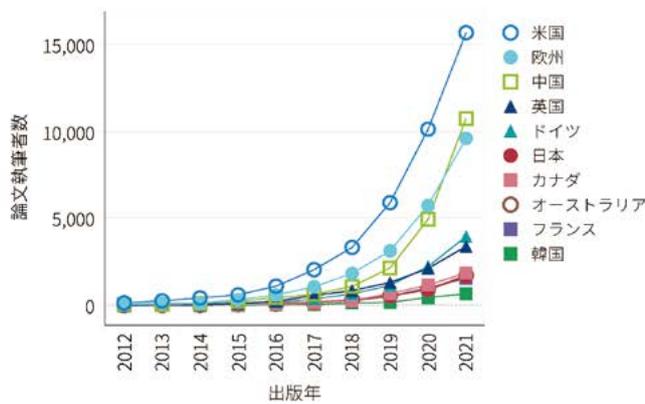
a) 各国間の共著率 (2012-2021)

(%)	米国	中国	欧州	英国	ドイツ	日本	カナダ	フランス	韓国	インド	論文数 (件)
米国	\	13	12	7.2	6.8	3.3	4.1	2.2	1.5	0.57	5,078
中国	27	\	5.8	4.9	3.1	1.6	2.4	1.2	0.4	0.16	2,498
欧州	38	8.7	\	20	18	3.9	5	6	1.7	0.48	1,676
英国	33	11	30	\	18	4.4	4.7	5.7	1.6	0.54	1,110
ドイツ	36	7.9	31	21	\	5.1	5.1	6.9	0.93	0.62	970
日本	38	8.9	15	11	11	\	4.1	3.4	1.4	1.1	439
カナダ	47	14	19	12	11	4.1	\	5.5	2.1	0.92	437
フランス	33	9	29	18	19	4.3	6.9	\	0.58	0.87	346
韓国	39	5.3	15	9.5	4.8	3.2	4.8	1.1	\	1.1	189
インド	31	4.3	8.6	6.5	6.5	5.4	4.3	3.2	2.2	\	93

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
Harvard University	米国	1	799	200	491
Harvard Medical School	米国	2	530	139	323
Massachusetts Institute of Technology (MIT)	米国	3	415	129	273
Stanford University	米国	4	368	83	223
Howard Hughes Medical Institute	米国	5	359	123	279
Helmholtz Association	ドイツ	6	341	63	181
Broad Institute	米国	7	339	117	231
University of Cambridge	英国	8	326	72	190
National Institutes of Health (NIH) - USA	米国	9	280	34	130
Peking University	中国	10	260	34	122
University of Tokyo	日本	66	98	7	30

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)

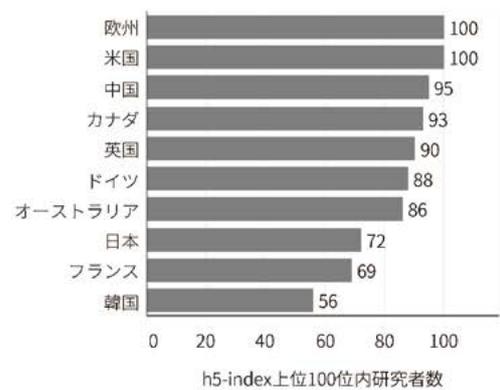


図3.1-L3.6-3 一細胞オミクス・空間オミクス領域における論文数の動向③

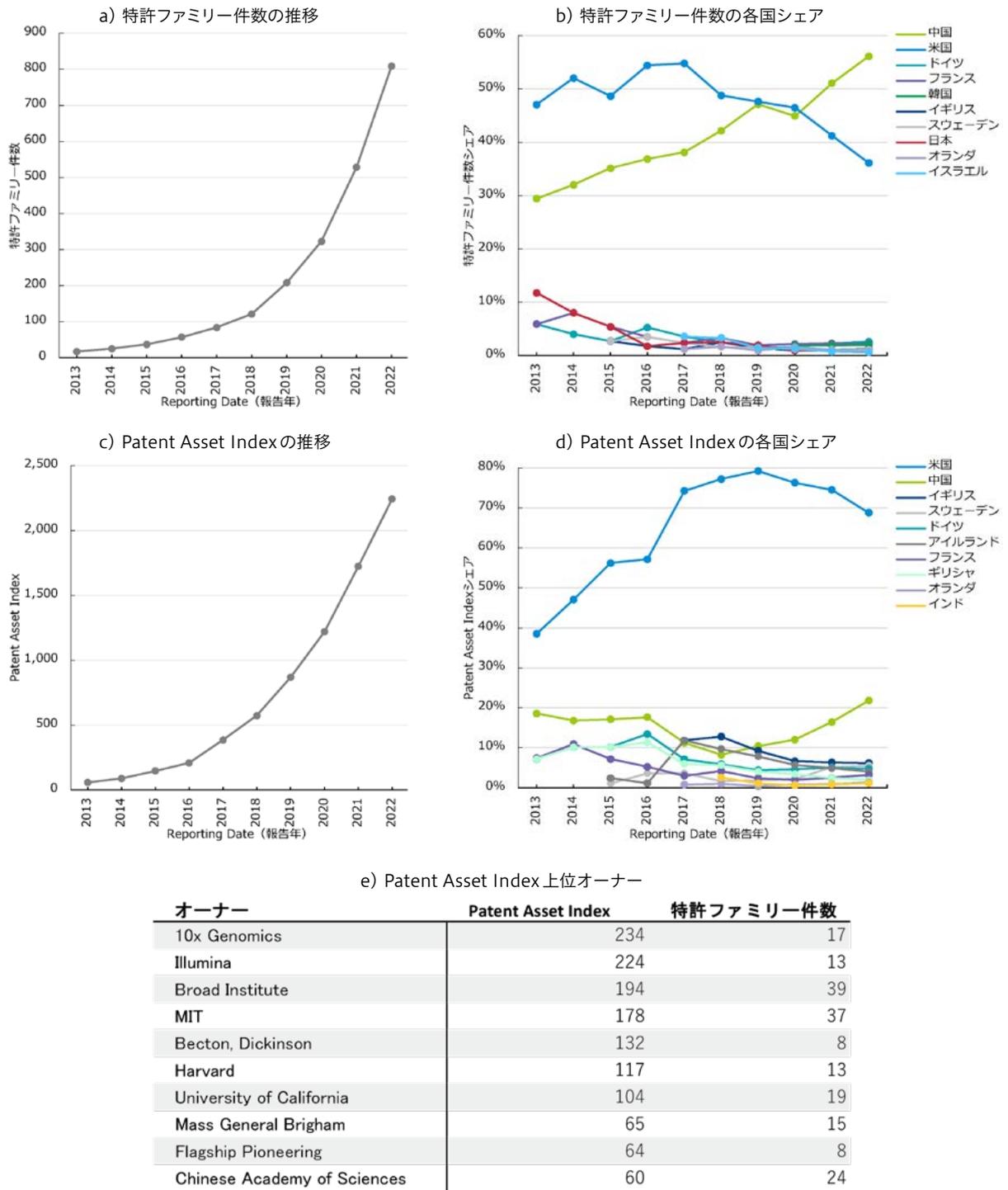


図 3.1-L3.6-4 一細胞オミクス・空間オミクス領域における特許数の動向

3.1.L3.7 ゲノム編集・エピゲノム編集

領域の定義

ゲノム編集 (Genome Editing) は、微生物から動物、植物まで原理的には全ての生物種に適用可能なこと、様々なタイプの遺伝子改変が可能であることから次世代のバイオテクノロジーと位置づけられている。近年ではDNA切断による編集のみならず、DNA修飾タンパク質などの機能ドメインとの融合や標識のような新たな技術開発が進展している。特に、DNAやヒストンの修飾酵素のドメインを連結することによって特異的にエピゲノム情報を改変する技術としてエピゲノム編集や二本鎖DNA切断を伴わずに特定の塩基を書き換える塩基編集やプライム編集が注目されている。

ポイント

- ・ 領域全体の論文数は10年間で10倍に急増している (図3.1-L3.7-1a)。
- ・ 論文数と高被引用論文数では、米国、中国、欧州の順で競っている。米国の研究機関からの論文が上位を占めているが、フランスの研究機関からの論文も6位と10位となっている。日本の論文数は中国、米国、ドイツ、英国に次いで5位である。(図3.1-L3.7-1b)、図3.1-L3.7-2c)、d)、図3.1-L3.7-3b))
- ・ 特許ファミリー件数は10年間で20倍に増加している。中国の特許ファミリー件数のシェアが2021年に米国を抜いて首位となった。日本は中国、米国、韓国、ドイツに次いで5位である。(図3.1-L3.7-4a)、b))
- ・ Patent Asset Indexのシェアでは、米国が圧倒的な力を示している。MIT、Broad Institute、Harvardなど研究機関や遺伝子治療関連スタートアップの貢献が大きい。(図3.1-L3.7-4d)、e))

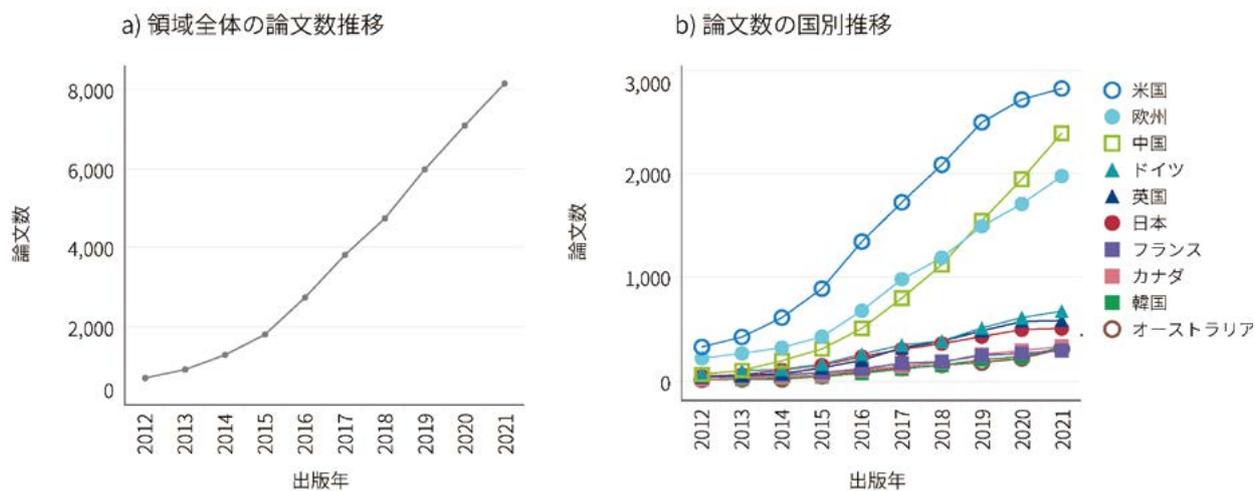


図3.1-L3.7-1 ゲノム編集・エピゲノム編集領域における論文数の動向①

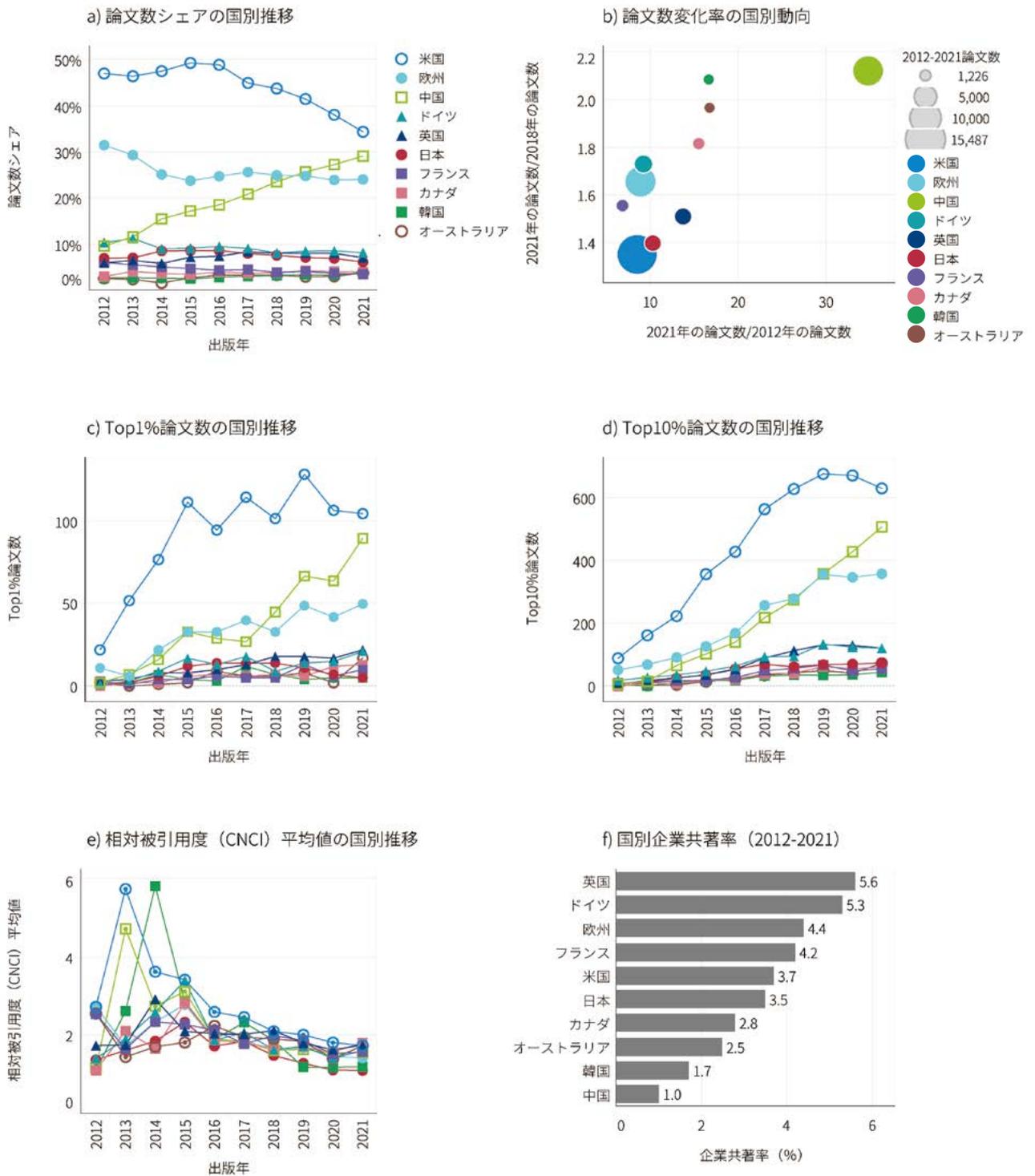


図3.1-L3.7-2 ゲノム編集・エピゲノム編集領域における論文数の動向②

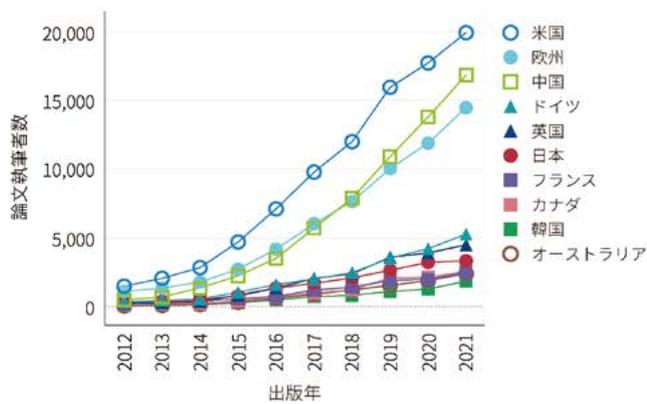
a) 各国間の共著率 (2012-2021)

(%)	米国	中国	欧州	ドイツ	英国	日本	フランス	カナダ	韓国	インド	論文数 (件)
米国	\	14	9.6	5.3	4.9	3.6	2.9	3.4	1.8	1.1	15,483
中国	24	\	4.1	2	2.9	1.9	1.1	1.7	1	0.56	9,165
欧州	26	6.5	\	14	13	2.9	7	3.7	1.6	1.1	5,754
ドイツ	25	5.5	24	\	11	3.5	5.9	2.7	1.1	1	3,287
英国	26	9.1	27	13	\	3.8	7.9	4.6	1.3	1.3	2,890
日本	20	6.3	6	4.2	4	\	1.9	2.2	1.6	0.62	2,748
フランス	28	6.5	26	12	15	3.3	\	5.4	1	1	1,566
カナダ	34	10	14	5.7	8.7	3.9	5.6	\	1.1	0.92	1,522
韓国	22	7.3	7.1	2.9	2.8	3.5	1.3	1.3	\	2.5	1,274
インド	15	4.7	5.7	3.2	3.5	1.6	1.5	1.3	3	\	1,079

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
Harvard University	米国	1	1,710	273	837
Harvard Medical School	米国	2	1,152	171	559
Massachusetts Institute of Technology (MIT)	米国	3	887	211	519
Howard Hughes Medical Institute	米国	4	859	185	551
National Institutes of Health (NIH) - USA	米国	5	807	49	251
Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)	フランス	6	794	28	213
University of Chinese Academy of Sciences, CAS	中国	7	793	61	248
Stanford University	米国	8	706	74	272
Helmholtz Association	ドイツ	9	621	35	186
Institut National de la Sante et de la Recherche Medicale (Inserm)	フランス	10	605	11	151
University of Tokyo	日本	22	407	22	98

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)

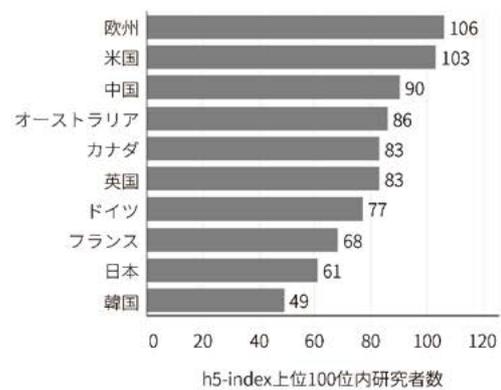


図3.1-L3.7-3 ゲノム編集・エピゲノム編集領域における論文数の動向③

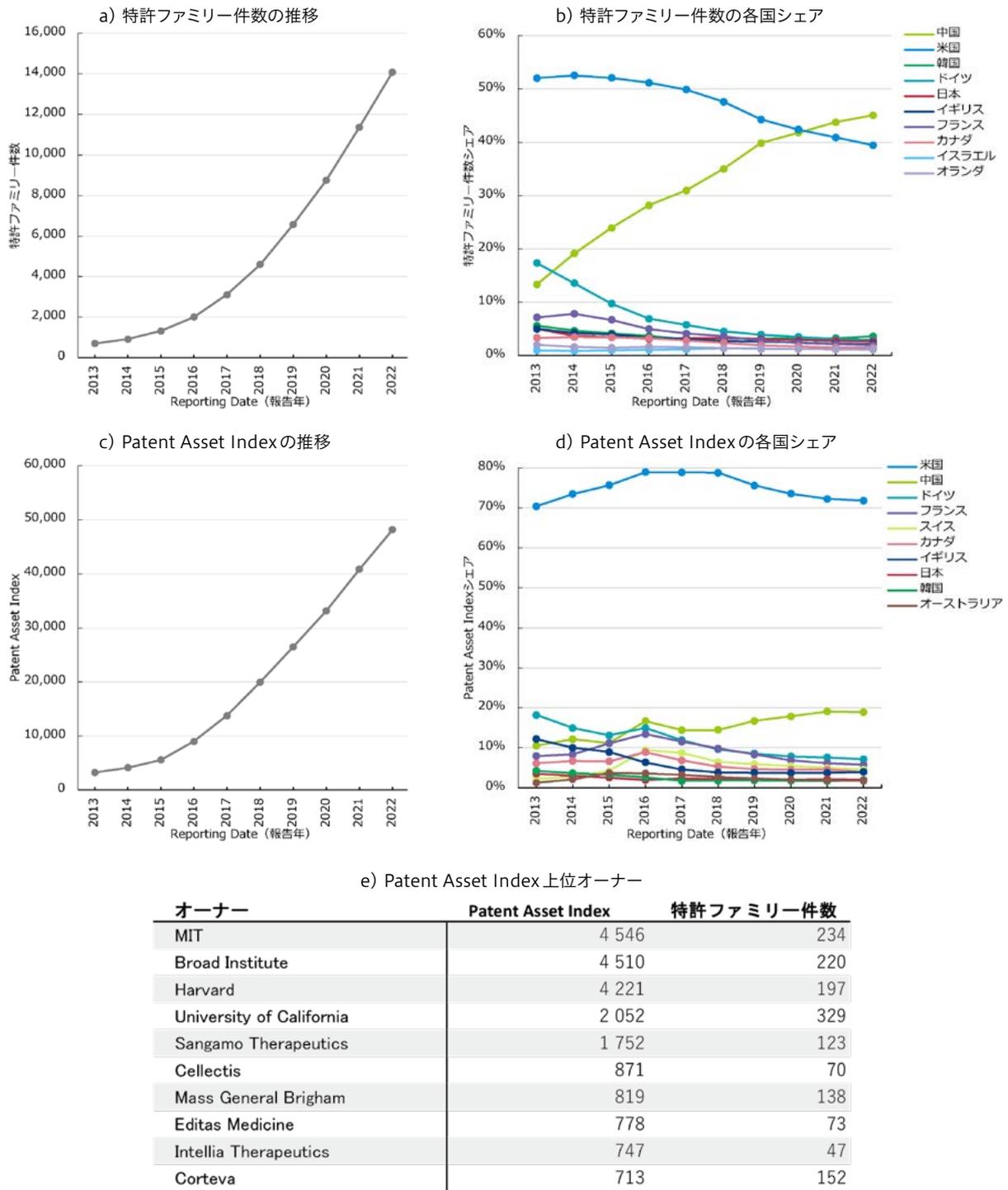


図 3.1-L3.7-4 ゲノム編集・エピゲノム編集領域における特許数の動向

3.1.L3.8 オプトバイオロジー

領域の定義

光を使って生命現象を自在に操作するための技術開発が進められている。この分野は1970年代に有機合成化学のアプローチで創案されたケージド化合物 (caged compound) に端を発するが、2005年に単細胞生物の緑藻 (*Chlamydomonas reinhardtii*) の光受容器官 (眼点) の細胞膜に発現する光駆動型イオンチャンネルのチャンネルロドプシンが神経細胞の膜電位の光操作に利用できることが発見され、神経科学・脳科学の分野に応用されたことにより大きく発展してきた。最近の研究により、チャンネルロドプシンとは全く異なる新たな基盤技術が創出され、神経科学・脳科学のみならず、生命科学の広範な分野に光操作技術の応用が始まっている。今後は、基礎研究のみならず、医療やバイオ生産を含めた様々な応用分野に研究開発が広がっていくと思われる。

ポイント

- ・ 領域全体の論文数は10年間で4倍に増加している (図 3.1-L3.8-1 a))。
- ・ 論文数と高被引用論文数では米国が他を圧倒している。中国が2019年以降ドイツを抜いて2位。2021年において、日本の論文数は米国、中国、ドイツに次いで4位である。(図 3.1-L3.8-1b)、図 3.1-L3.8-2a)、c)、d))
- ・ 特許ファミリー件数は10年間で3倍に増加している。中国の特許ファミリー件数のシェアが2020年以降米国を抜いて首位。中国と米国で80%を占める。2022年において日本は9位に低迷している。(図 3.1-L3.8-4a)、b))
- ・ Patent Asset Indexのシェアでは、米国が圧倒的な力を示している。中国とドイツがこれに次ぐ (図 3.1-L3.8-4d))。

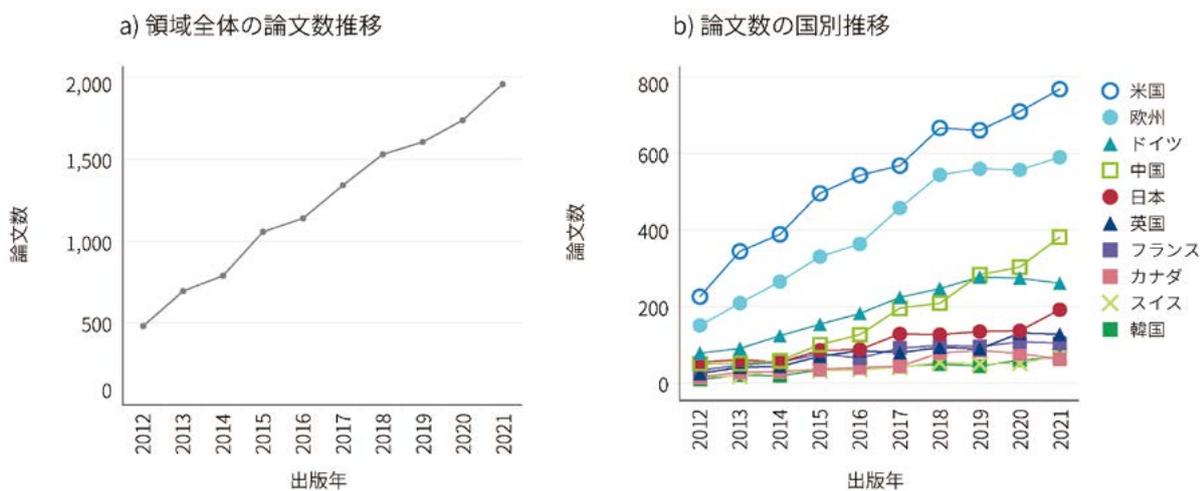


図3.1-L3.8-1 オプトバイオロジー領域における論文数の動向①

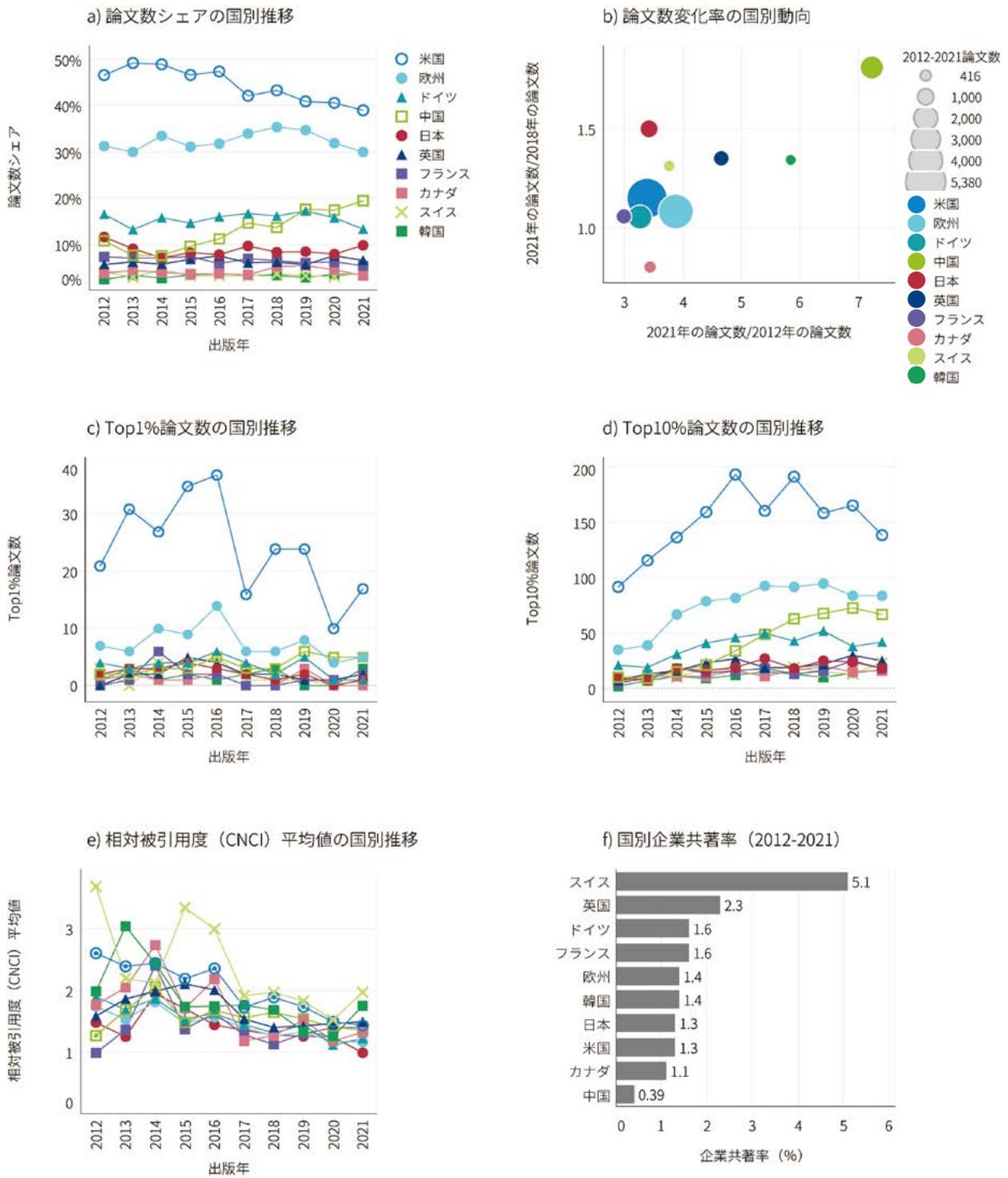


図 3.1-L3.8-2 オプトバイオロジー領域における論文数の動向②

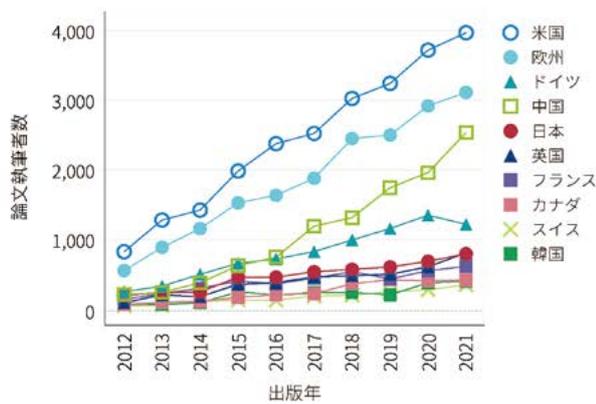
a) 各国間の共著率 (2012-2021)

(%)	米国	欧州	ドイツ	中国	日本	英国	フランス	カナダ	韓国	インド	論文数 (件)
米国	\	8.6	6.6	6.8	3.7	4.3	3.4	2.9	2.8	0.41	5,377
欧州	23	\	18	3.8	3.6	9	10	2.5	0.61	1.1	1,969
ドイツ	18	18	\	3.5	3.8	7.5	7.8	3.1	0.72	0.88	1,932
中国	20	4.2	3.8	\	2.7	2.2	1.7	2.3	2	0.5	1,809
日本	18	6.5	6.7	4.5	\	4.1	4.3	2.7	2	0.37	1,086
英国	29	22	18	4.8	5.4	\	9.4	4.1	0.99	1.1	811
フランス	23	25	19	3.8	5.9	9.5	\	4.5	0.75	0.62	800
カナダ	29	9.5	11	8	5.5	6.3	6.9	\	1.5	0.19	525
韓国	36	2.9	3.4	8.7	5.3	1.9	1.4	1.9	\	1.9	416
インド	8.8	8.4	6.8	3.6	1.6	3.6	2	0.4	3.2	\	251

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	615	10	111
Howard Hughes Medical Institute	米国	2	421	88	240
Stanford University	米国	3	413	66	178
Harvard University	米国	4	406	29	164
Max Planck Society	ドイツ	5	375	5	106
Massachusetts Institute of Technology (MIT)	米国	6	310	41	143
Institut National de la Sante et de la Recherche Medicale (Inserm)	フランス	7	279	12	73
Harvard Medical School	米国	8	239	15	95
National Institutes of Health (NIH) - USA	米国	9	236	13	91
Helmholtz Association	ドイツ	10	219	3	51
University of Tokyo	日本	11	218	7	39

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)

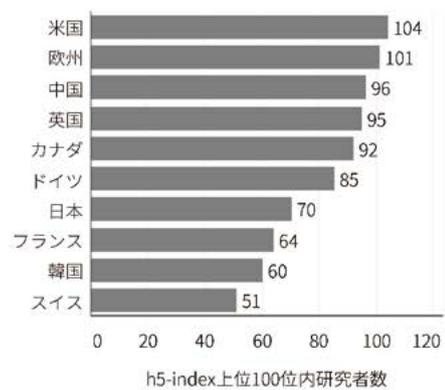


図3.1-L3.8-3 オプトバイオロジー領域における論文数の動向③

3
アウトプットの分析
(研究開発領域別)

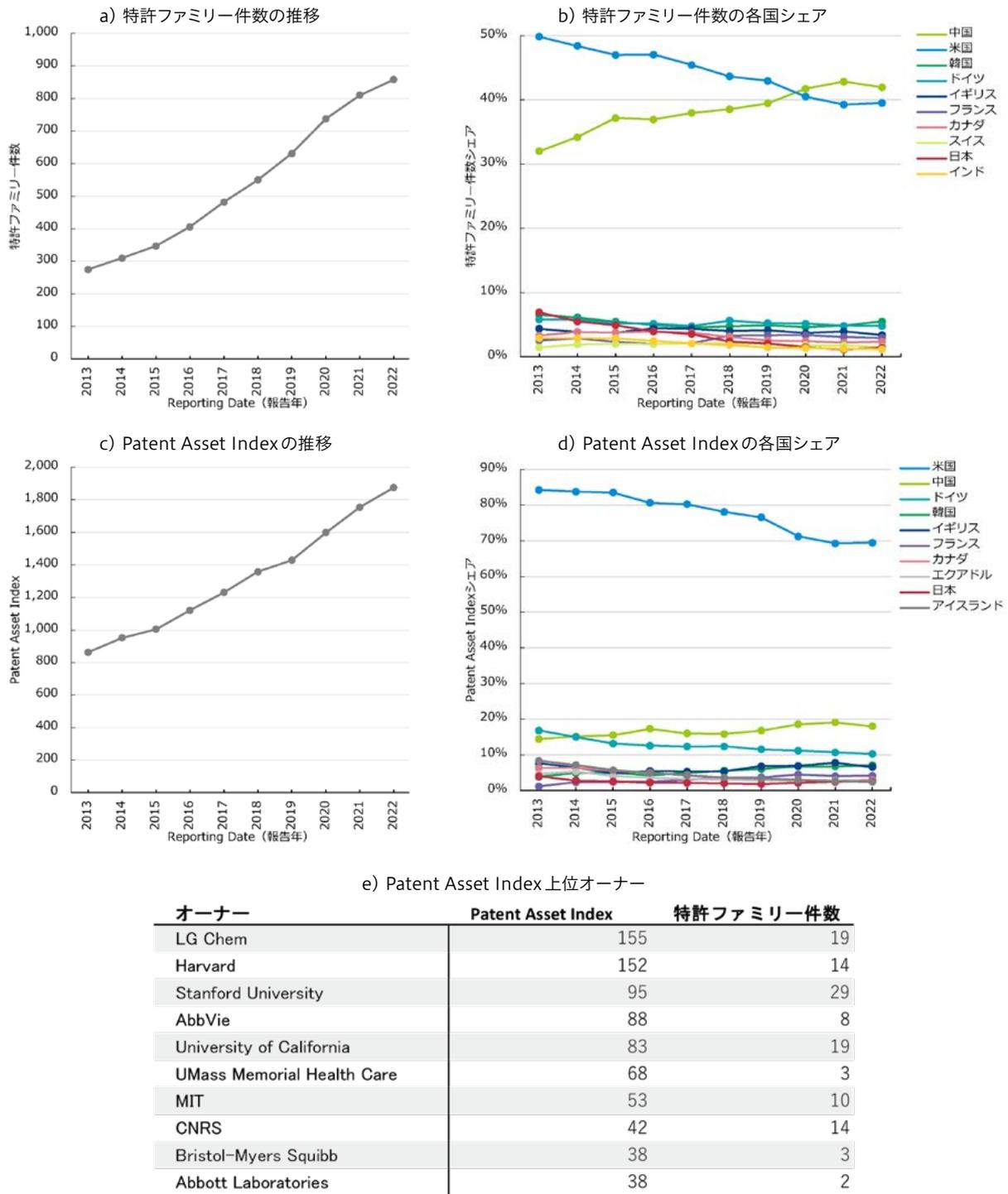


図 3.1-L3.8-4 オプトバイオロジー領域における特許数の動向

3.1.L3.9 ケミカルバイオロジー

領域の定義

ケミカルバイオロジーとは、化学を基盤とした生命科学研究である。タンパク質や核酸などの生体分子やそれらが制御する分子プロセスを「可視化」あるいは「操作」する化学ツールを開発し、種々の生命現象や疾患の分子レベルでの作用機序解明を目指す領域である。現在、有機化合物を用いて生体分子や生命システム（細胞・組織・個体）を制御する技術開発研究が盛んになっており、生命研究ツールとしてのみならず、新しい創薬体系や治療法への展開が期待されている。

ポイント

- ・ 領域全体の論文数は10年間で2.5倍に増加している。(図 3.1-L3.9-1 a))
- ・ 論文数の国別推移では、中国の論文数の増加が顕著であり、欧州、米国を抜いて首位に立っている。質的にも中国が首位である。2021年における日本の論文数は中国、米国、ドイツ、英国、インドに次いで6位である。(図 3.1-L3.9-1 b)、図 3.1-L3.9-2 a)、c)、d))
- ・ 特許ファミリー件数は10年間で3倍に増加している。中国の特許ファミリー件数のシェアが60%以上を占めて1位、米国が2位で、日本は3位である。(図 3.1-L3.9-4a)、b))
- ・ Patent Asset Indexのシェアでは、米国が首位であるが、中国が急迫している。日本は3位であるが、低下傾向である。(図 3.1-L3.9-4 d))

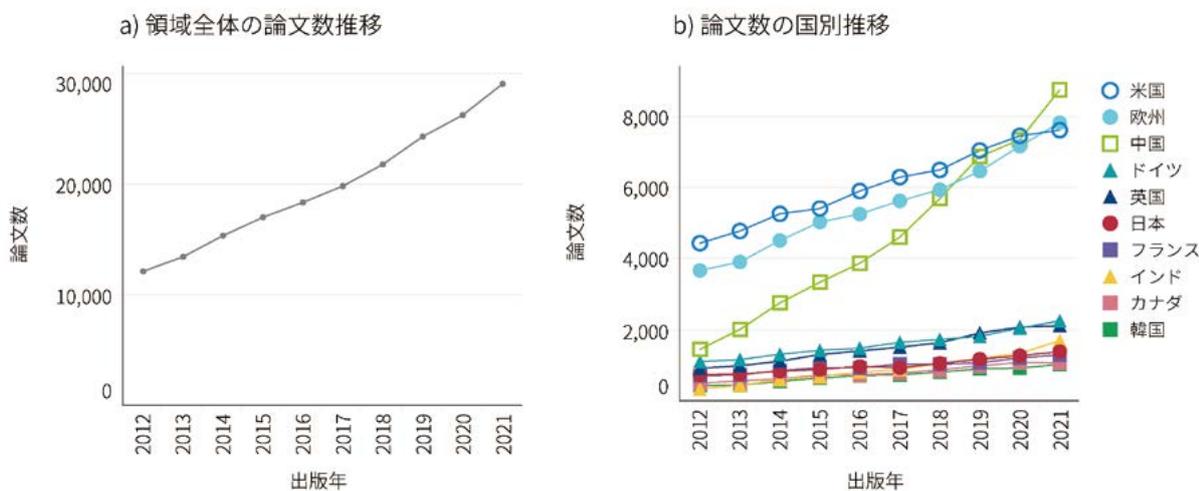


図 3.1-L3.9-1 ケミカルバイオロジー領域における論文数の動向①

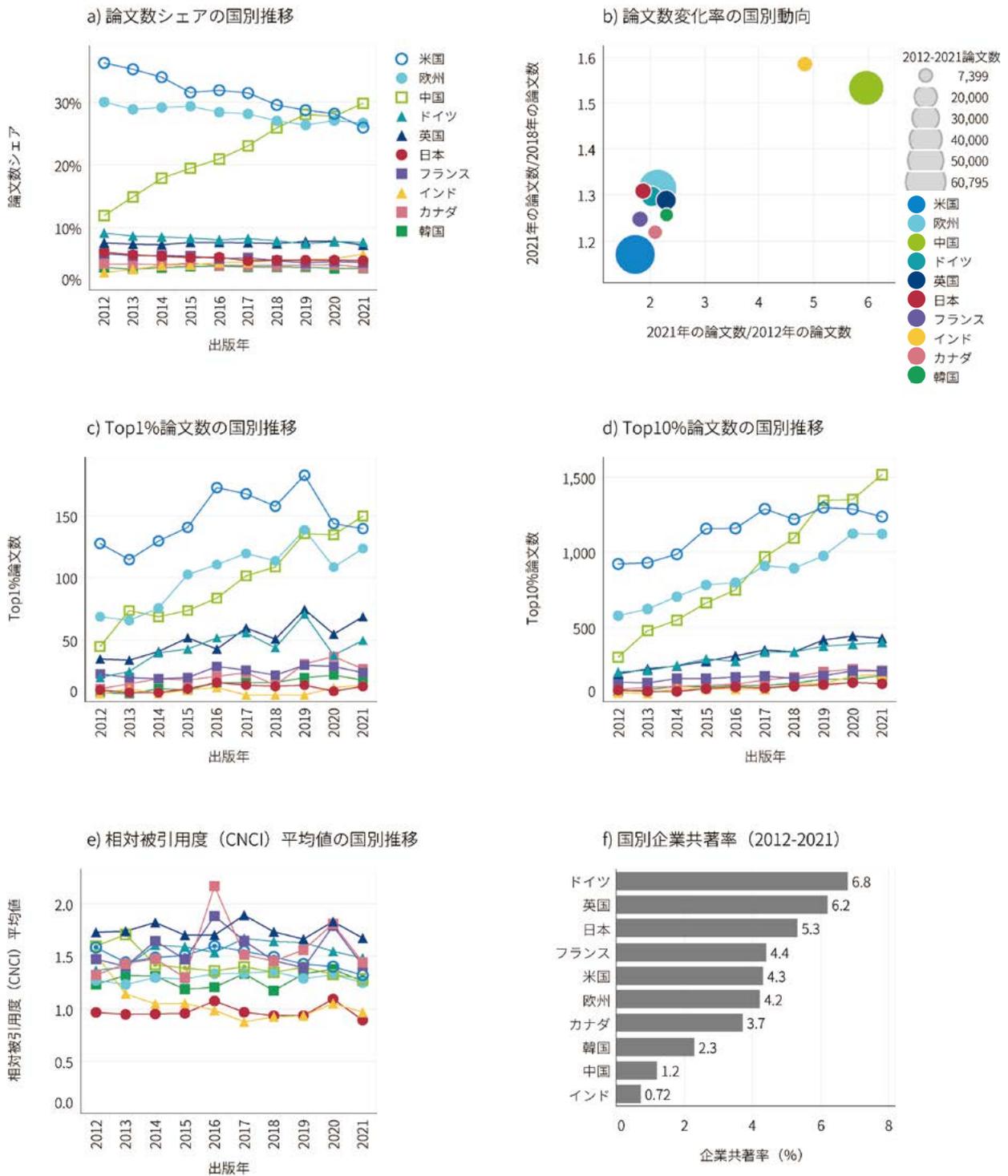


図3.1-L3.9-2 ケミカルバイオロジー領域における論文数の動向②

a) 各国間の共著率 (2012-2021)

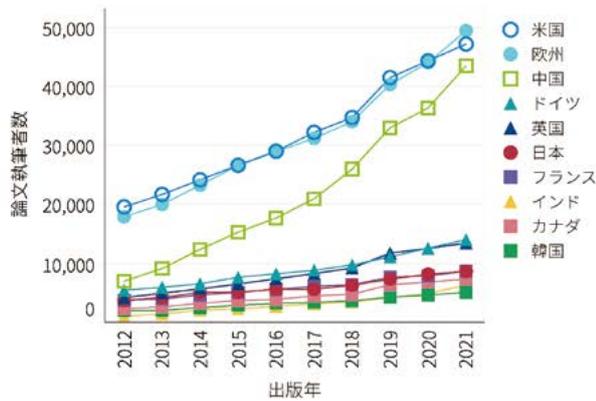
(%)	米国	中国	欧州	ドイツ	英国	日本	フランス	インド	カナダ	韓国	論文数 (件)
米国	\	10	11	5.4	5.4	2.2	2.8	1.3	3.9	2.1	60,780
中国	13	\	2.8	1.4	2.1	1.1	0.78	0.45	1.2	1	47,806
欧州	17	3.6	\	12	12	1.7	7	1.3	3.4	0.74	36,728
ドイツ	20	4	27	\	12	2.2	7.7	1.1	4.2	1	16,176
英国	21	6.7	29	13	\	2.5	7.7	1.7	5	1.2	15,179
日本	13	5.1	6.2	3.5	3.7	\	2.6	1.5	2.1	2	10,215
フランス	17	3.7	26	12	12	2.7	\	1.3	5.5	0.74	9,999
インド	8.3	2.3	5.1	1.8	2.7	1.6	1.4	\	1.1	3	9,258
カナダ	29	7.3	15	8.3	9.3	2.6	6.7	1.2	\	1.4	8,162
韓国	17	6.7	3.7	2.2	2.5	2.7	1	3.8	1.6	\	7,399

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
Harvard University	米国	1	5,123	254	1,390
Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)	フランス	2	4,933	83	760
Institut National de la Sante et de la Recherche Medicale (Inserm)	フランス	3	3,241	75	581
Harvard Medical School	米国	4	3,181	153	863
Helmholtz Association	ドイツ	5	2,927	117	669
University College London	英国	6	2,560	140	705
National Institutes of Health (NIH) - USA	米国	7	2,431	117	669
Stanford University	米国	8	2,292	109	650
Massachusetts General Hospital	米国	9	2,236	94	602
Universite Paris Cite	フランス	10	2,197	72	442
University of Tokyo	日本	67	949	25	156

3
アウトプットの分析
(研究開発領域別)

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)

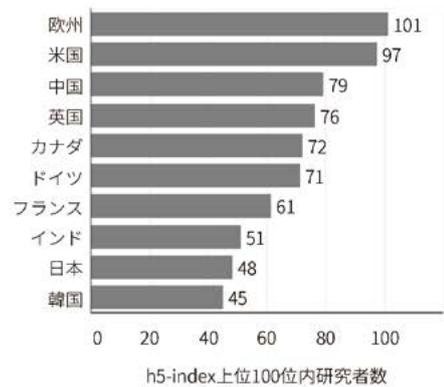


図3.1-L3.9-3 ケミカルバイオロジー領域における論文数の動向③

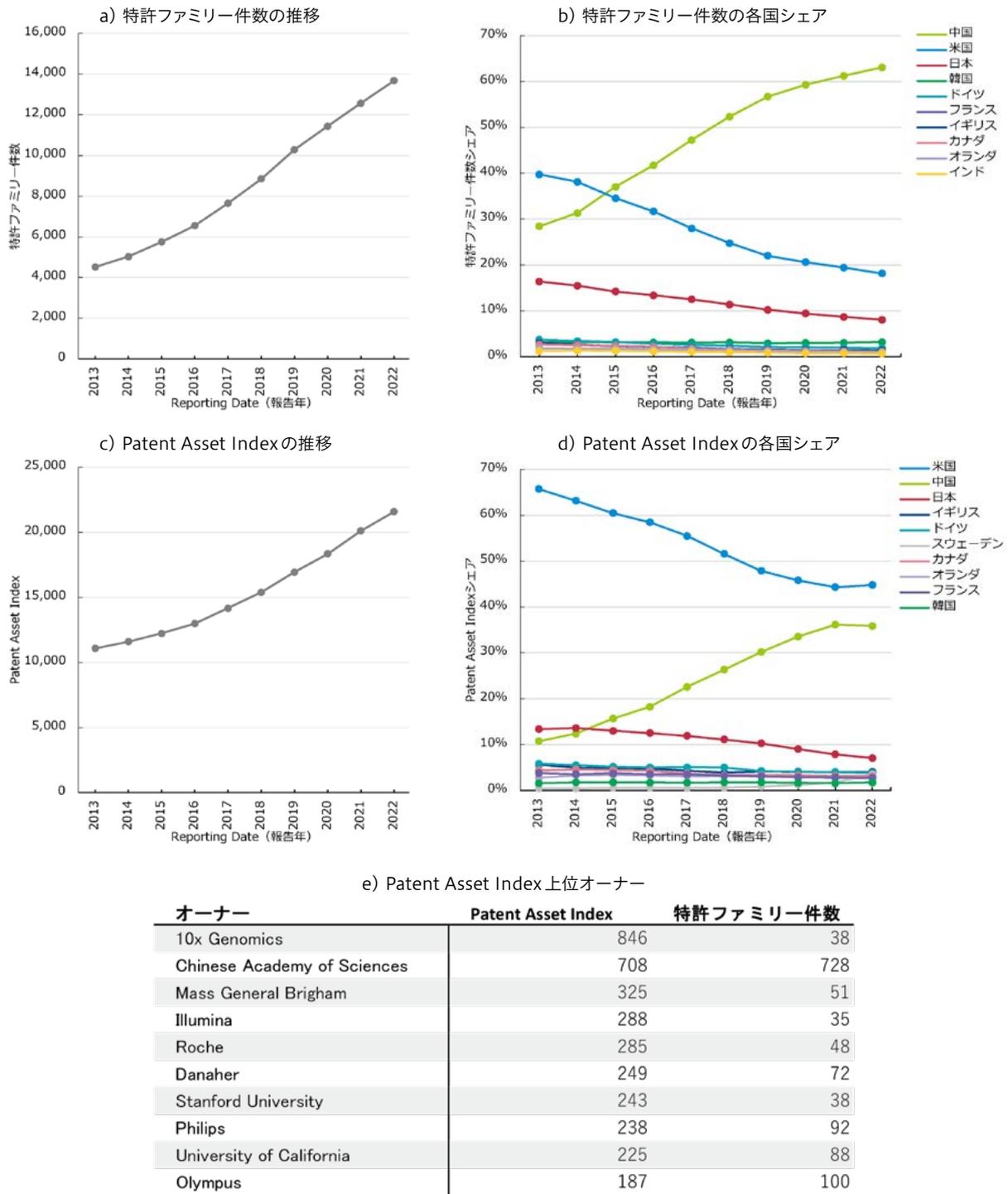


図 3.1-L3.9-4 ケミカルバイオロジー領域における特許数の動向

3.1.L3.10 タンパク質設計

領域の定義

本研究開発領域は、タンパク質分子の構造・機能に関わる情報科学や物理化学にもとづき、自然界のタンパク質とは異なるタンパク質を創出することで、産業、医療、細胞の制御設計に貢献する新規タンパク質を合理設計する基盤技術を構築することを目的とするものである。

ポイント

- ・ 領域全体の論文数は増加傾向であり、国別では欧州と米国が僅差で、突出する中、中国が激しく追いつけている (図3.1-L3.10-1 a)、b))。
- ・ 被引用数がTop10%の論文数は米国が圧倒しており、2020年には中国が欧州を抜いて、存在感を発揮している。欧州の中では、英国 (2021年に3位) やドイツ (僅差で同4位) の存在感が大きいものと思われる (図3.1-L3.10-2 d))。
- ・ 国別特許ファミリー件数では、中国が1位で圧倒的なシェアを占めており、米国がそれに続いている。Patent Asset Indexのシェアでは米国が圧倒的な1位で、中国がそれに続いているが、オランダ (2022年に3位) ドイツ (同4位) など、欧州勢の存在感も大きい (図3.1-L3.10-4 b)、d))。

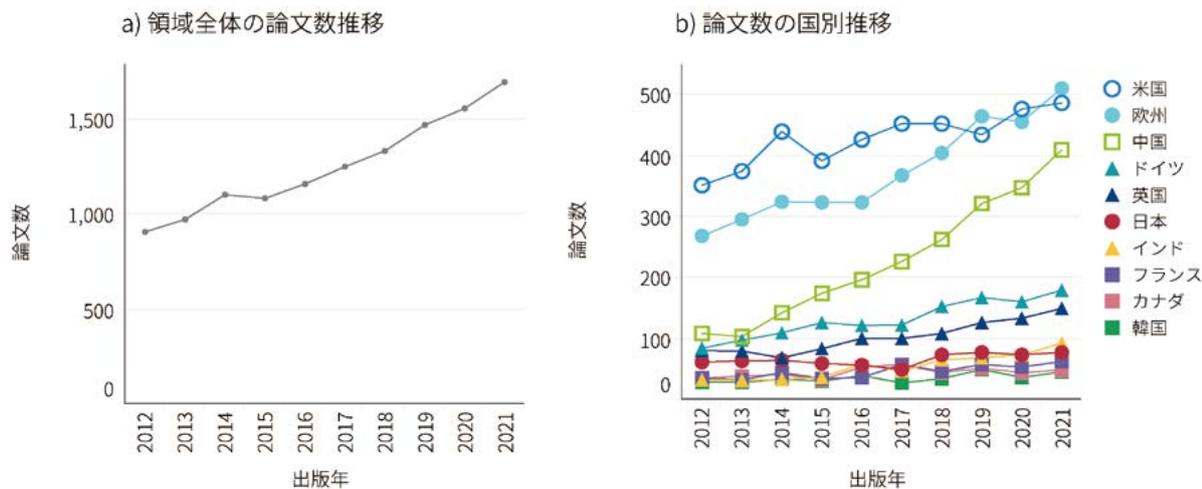


図3.1-L3.10-1 タンパク質設計領域における論文数の動向①

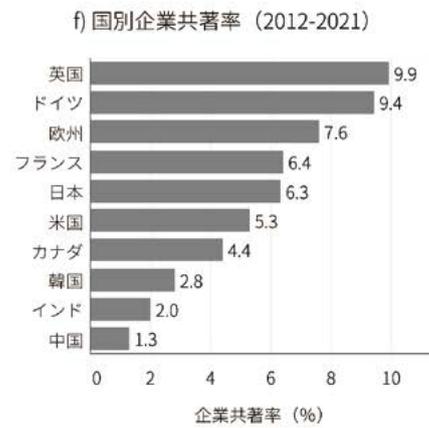
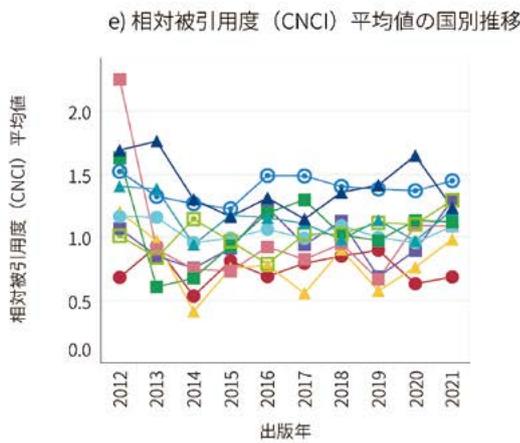
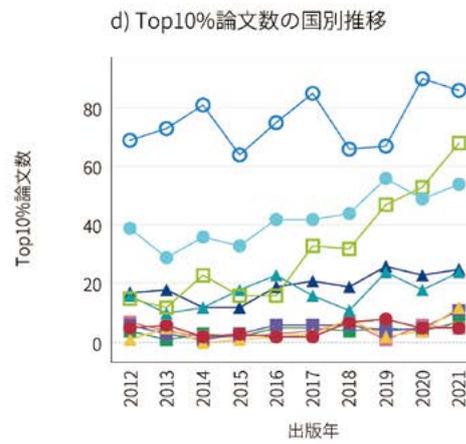
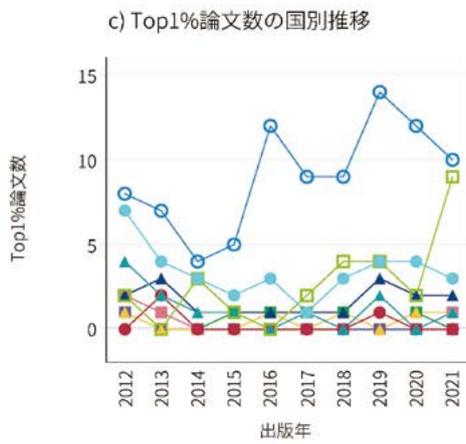
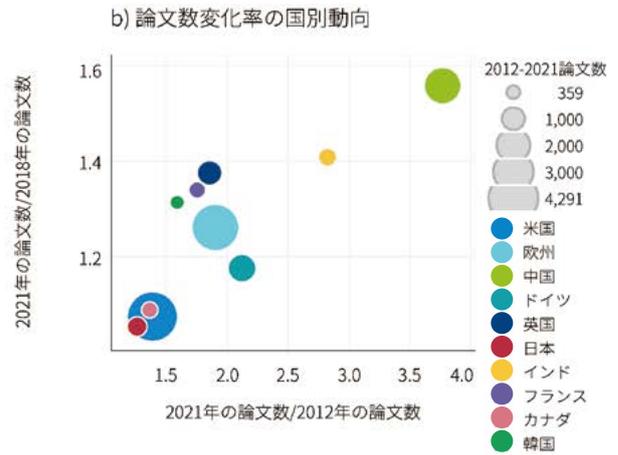
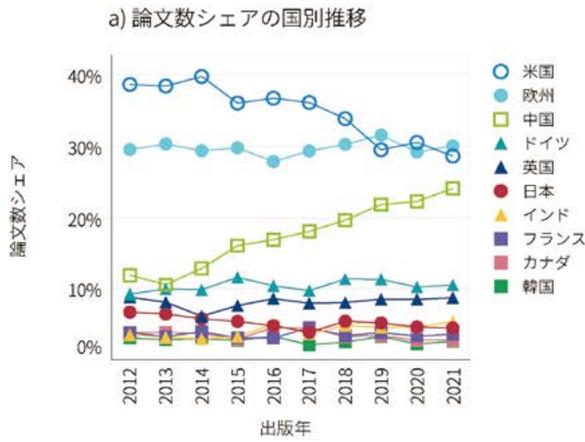


図 3.1-L3.10-2 タンパク質設計領域における論文数の動向②

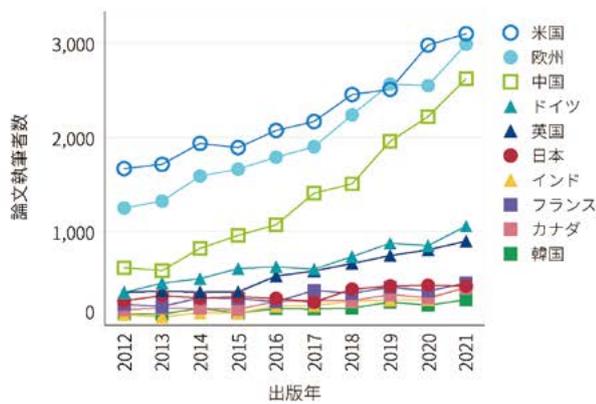
a) 各国間の共著率 (2012-2021)

(%)	米国	欧州	中国	ドイツ	英国	日本	インド	フランス	カナダ	韓国	論文数 (件)
米国	\	8.7	8.7	4.3	4.5	1.7	1.3	2.1	2.7	1.6	4,291
欧州	15	\	4	13	11	1.6	1.2	5.6	2.1	0.61	2,453
中国	16	4.2	\	3.2	2.8	1.3	0.43	0.86	1.4	0.81	2,335
ドイツ	14	25	5.7	\	6.9	1.5	0.68	4.4	2.5	0.83	1,327
英国	18	25	6.4	8.8	\	1.6	1.3	5	2.8	1.1	1,036
日本	11	5.9	4.7	3	2.6	\	1.5	1.1	1.8	0.6	662
インド	10	5.3	1.8	1.7	2.4	1.8	\	0.73	0.55	2.4	544
フランス	19	30	4.3	12	11	1.5	0.86	\	2.4	1.3	466
カナダ	25	11	7.1	7.3	6.4	2.7	0.66	2.4	\	1.3	453
韓国	19	4.2	5.3	3.1	3.1	1.1	3.6	1.7	1.7	\	359

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	321	1	29
Harvard University	米国	2	244	31	103
Massachusetts Institute of Technology (MIT)	米国	3	204	22	69
Max Planck Society	ドイツ	4	185	2	41
Helmholtz Association	ドイツ	5	173	3	20
University of Chinese Academy of Sciences, CAS	中国	6	164	4	33
RWTH Aachen University	ドイツ	7	161	1	12
Howard Hughes Medical Institute	米国	8	156	24	75
University of Cambridge	英国	9	151	2	27
ETH Zurich	スイス	10	148	2	38
University of Tokyo	日本	19	110	1	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)

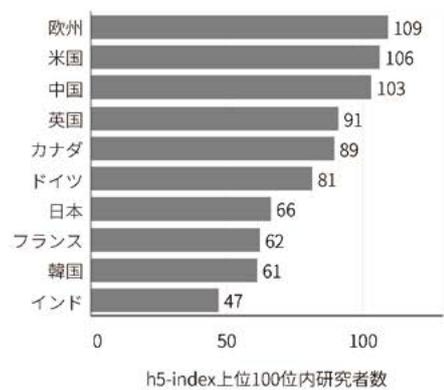


図3.1-L3.10-3 タンパク質設計領域における論文数の動向③

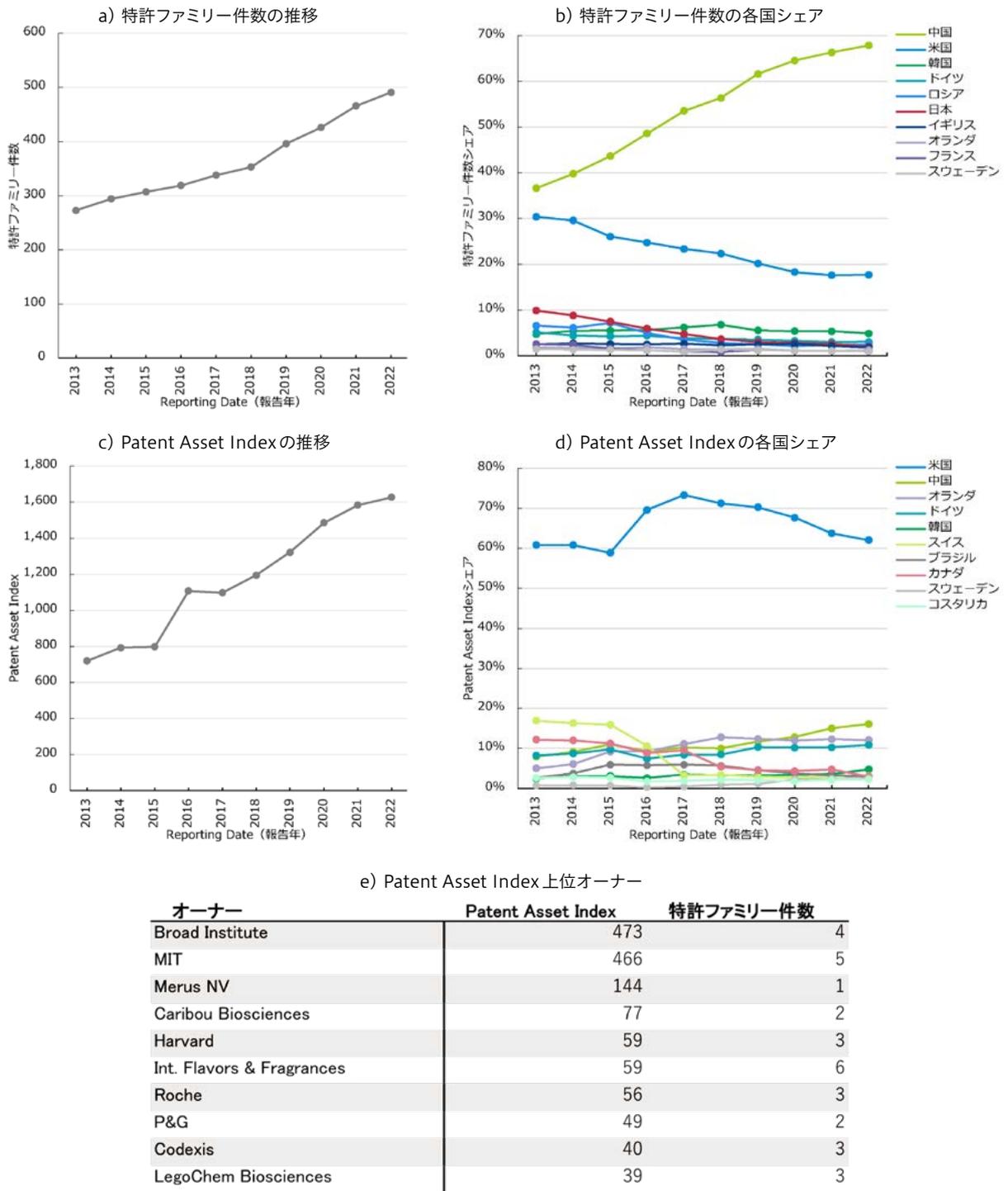


図 3.1-L3.10-4 タンパク質設計領域における特許数の動向