

3.1.S2 ロボティクス

3.1.S2.1 制御

領域の定義

本領域はロボットの制御に関わる研究開発領域である。ロボットの制御とは指令生成により入力を決め、環境の変化を外乱として検出し、その外乱に対する修正項を入力に反映させて目的である出力を得るように速度と力を制御することである。制御の三要素である入力、外乱、出力があるシステム構成になっているという意味ではロボット制御系は特別なものではない。しかし、目標が単純な位置決めだけではないこと、環境の変化に対する動作修正も単純なロバスト性の追求で終わらないこと等は通常の制御システムとは異なり、環境の変化に適応するための自律性をも含んでいるのが特徴である。

ポイント

- ・ 領域全体の論文数は200件(2012年)から400件(2021年)に単調増加している(図3.1-S2.1-1 a))。
- ・ 論文では、2012年時点は僅差だったものが、2021時点では中国が圧倒的1位で米日を引き離している(図3.1-S2.1-1 b))。
- ・ Top10%の論文でも2019年から中国が急速に立ち上がっている。日本は低迷(図3.1-S2.1-2 d))。
- ・ 論文数上位研究期間では、10位以内に中国が8機関、ほかにフランス、日本(東大)が入る(図3.1-S2.1-3 b))。
- ・ 全世界の特許件数はいずれの領域もほぼリニアに増加傾向にある(以下、個々に記載は省略)(図3.1-S2.1-4 a))。
- ・ 特許ファミリー件数シェアは、2013年時点では日、米、中、韓の順であったが、2015年を境に中国が徐々にシェアを伸ばし、2018年頃から約50%を超えた時点で安定した状況にある(図3.1-S2.1-4 b))。
- ・ Patent Asset Indexシェアのトレンドは一貫して米国がトップ、日本は当初2位だったが2017年を境に中国に抜かれ3位になった(図3.1-S2.1-4 d))。

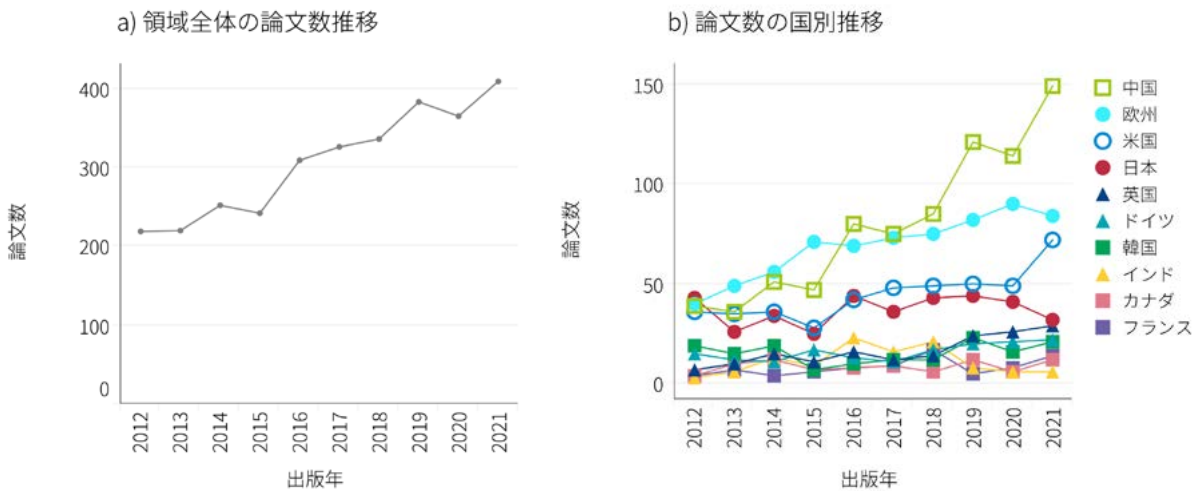


図 3.1-S2.1-1 制御領域における論文数の動向①

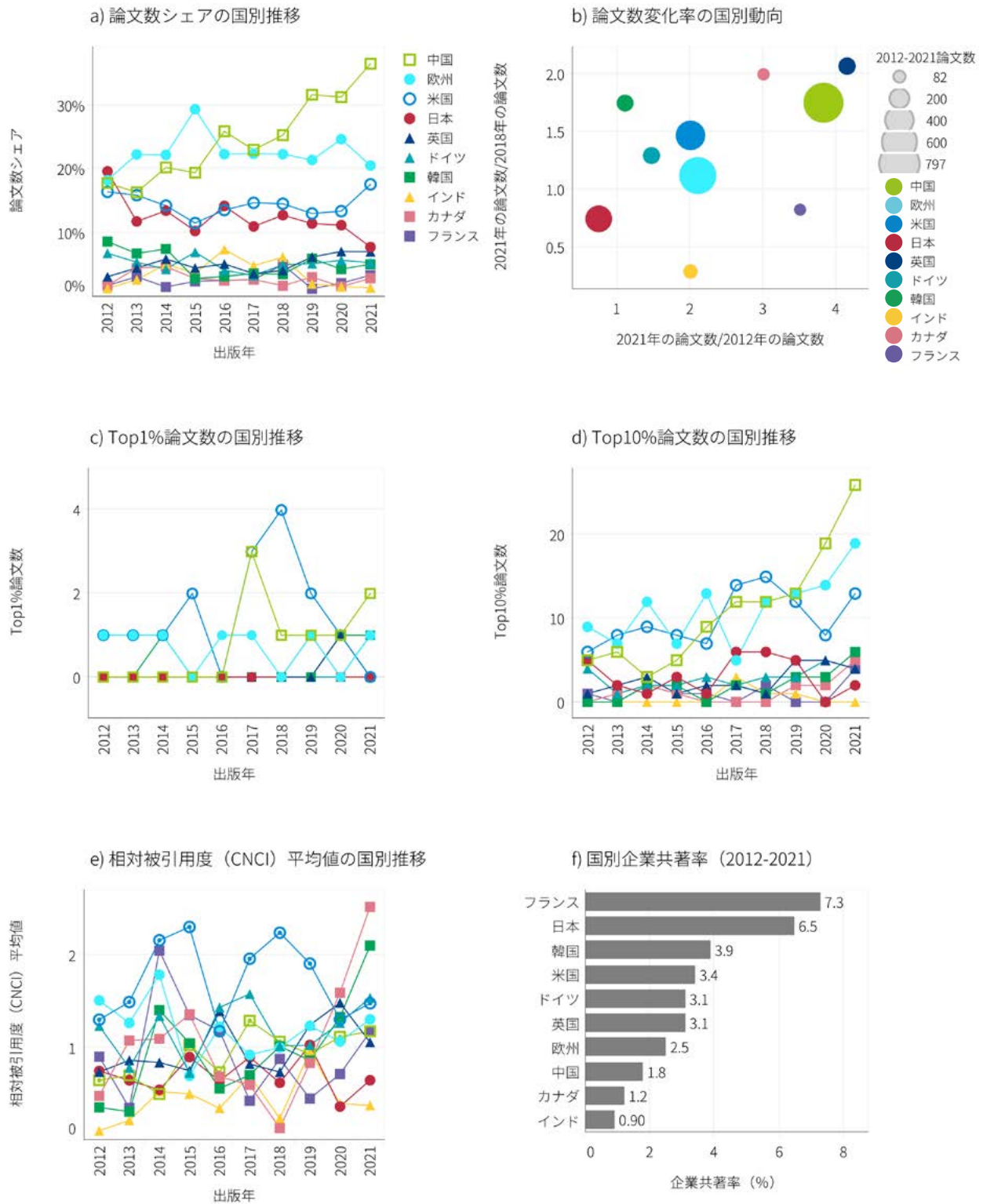


図3.1-S2.1-2

制御領域における論文数の動向②

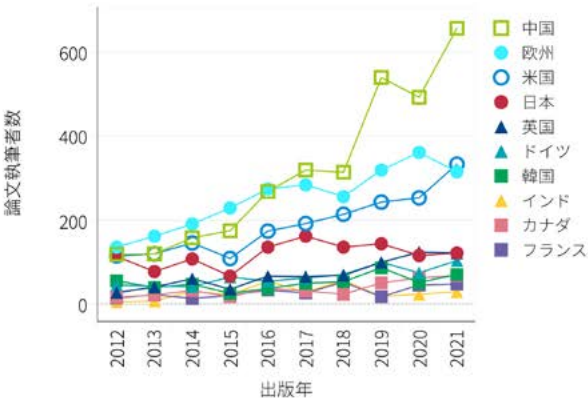
a)各国間の共著率（2012-2021）

(%)	中国	欧州	米国	日本	英国	ドイツ	韓国	インド	カナダ	フランス	論文数 (件)
中国	\	2.5	4.9	4.5	4.3	1.2	0.86	0.12	2.7	1.2	815
欧州	4.1	\	5.8	0.62	5.8	3.7	0	0.41	1	2.5	484
米国	9	6.3	\	2.9	2.9	2.7	3.4	0.45	1.6	0.9	445
日本	10	0.81	3.5	\	0.81	0.27	0.27	0.27	0	1.1	368
英国	21	17	7.9	1.8	\	3.7	0.61	0.61	3.7	4.3	164
ドイツ	6.3	11	7.6	0.63	3.8	\	2.5	0	1.3	4.4	159
韓国	4.5	0	9.7	0.65	0.65	2.6	\	0.65	0	1.3	154
インド	0.9	1.8	1.8	0.9	0.9	0	0.9	\	0	0.9	111
カナダ	26	5.8	8.1	0	7	2.3	0	0	\	1.2	86
フランス	12	15	4.9	4.9	8.5	8.5	2.4	1.2	1.2	\	82

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
Harbin Institute of Technology	中国	1	59	1	3
Beijing Institute of Technology	中国	2	52	0	14
Zhejiang University	中国	3	33	2	5
Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)	フランス	4	32	0	4
South China University of Technology	中国	5	31	0	10
University of Tokyo	日本	5	31	0	4
Huazhong University of Science & Technology	中国	7	28	0	8
Shanghai Jiao Tong University	中国	8	27	1	8
Beihang University	中国	9	26	1	2
University of Chinese Academy of Sciences, CAS	中国	10	24	1	7

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）

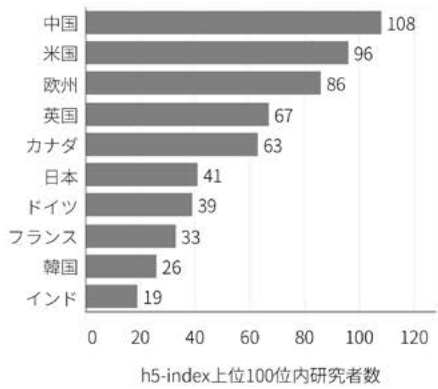


図 3.1-S2.1-3 制御領域における論文数の動向③

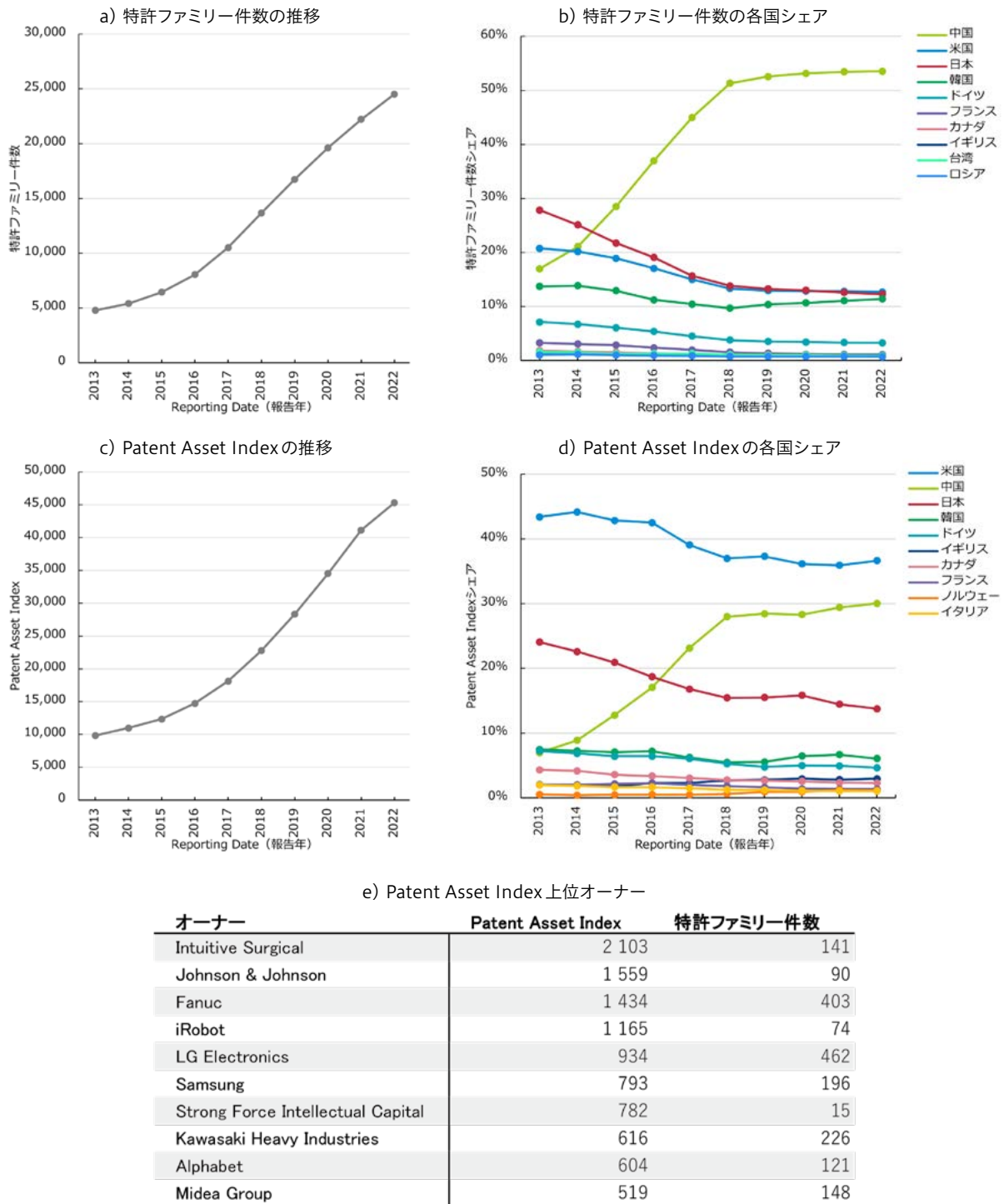


図 3.1-S2.1-4 制御領域における特許数の動向

3.1.S2.2 生物規範型ロボティクス

領域の定義

生物は、進化という壮大な試行錯誤の過程を通して、優れた機能や能力、構造を獲得してきた。生物規範型ロボティクス（Bio-inspired Robotics）は、生物に内在する優れた機能や能力、構造をロボットの設計過程に積極的に取り入れ、発現する性能の向上を図ることを指向する研究開発領域である。広義には、バイオメテックス（生物模倣）と捉えることができる。

ポイント

- ・ 領域全体の論文数は300件（2012年）から1,000件（2021年）に単調増加している（3.1-S2.2-1 a））。
- ・ 国別推移は、2021年は1位中国、2位米国、日本は3位グループに位置する（3.1-S2.2-1 b））。Top1%、Top10%の論文も同様（3.1-S2.2-2 c））、（3.1-S2.2-2 d））。
- ・ 論文上位機関には、シンガポール、米、仏が上位に、次いで中英、日本は16位に東大が入る（3.1-S2.2-3 b））。
- ・ 特許ファミリー件数は、2013年時点で韓国、中国、米国の順だったが、中国が60%に至るまでシェアを拡大し単独トップになっている。日本は徐々にシェアを伸ばし、米韓日の2位グループに入った。（3.1-S2.2-4 b））
- ・ Patent Asset Indexはトップだった米国と2位の中国の順位が入れ替わった。以下、日本、韓国と続く。（3.1-S2.2-4 d））

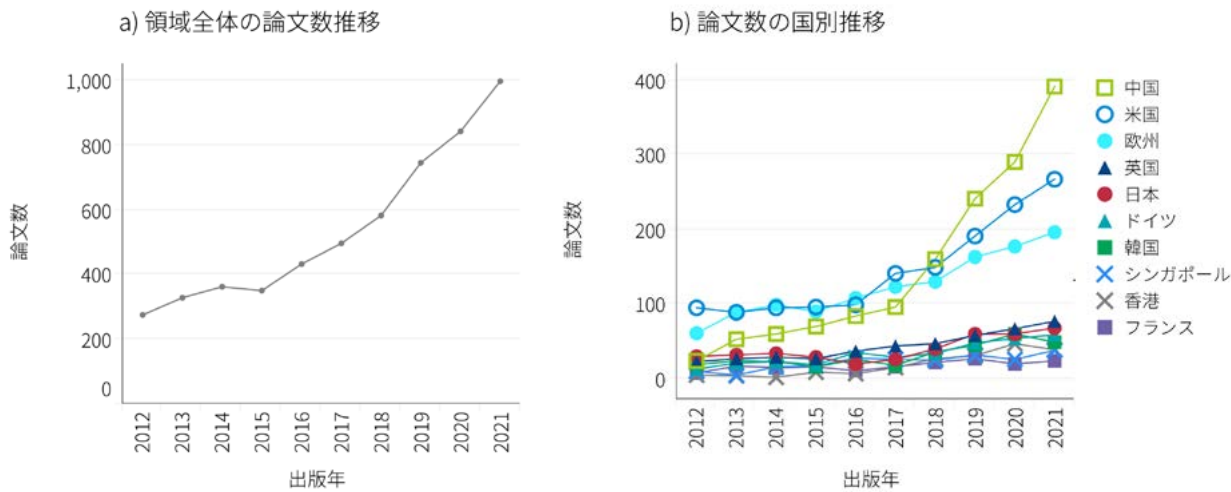


図 3.1-S2.2-1 生物規範型ロボティクス領域における論文数の動向①

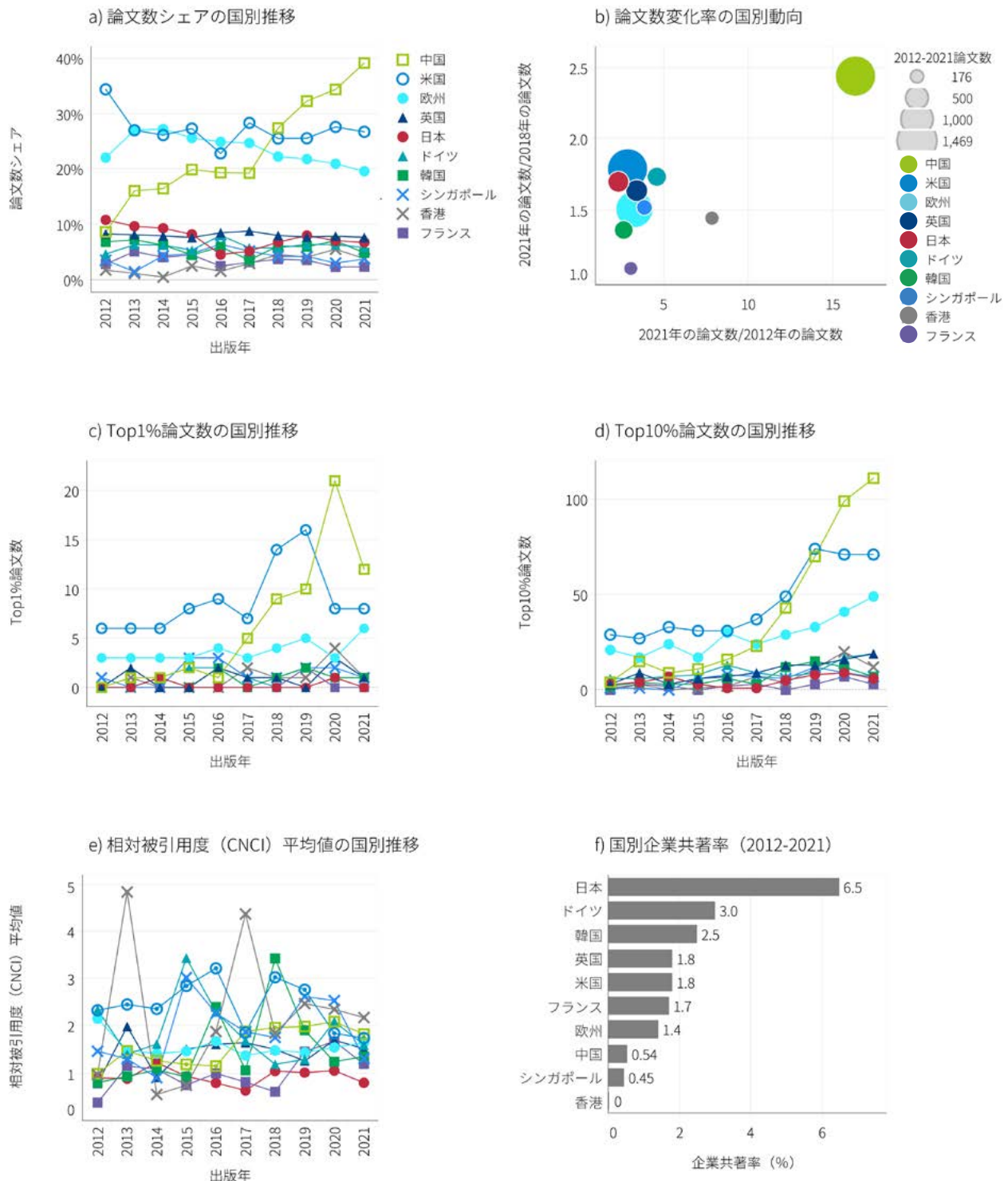


図3.1-S2.2-2 生物規範型ロボティクス領域における論文数の動向②

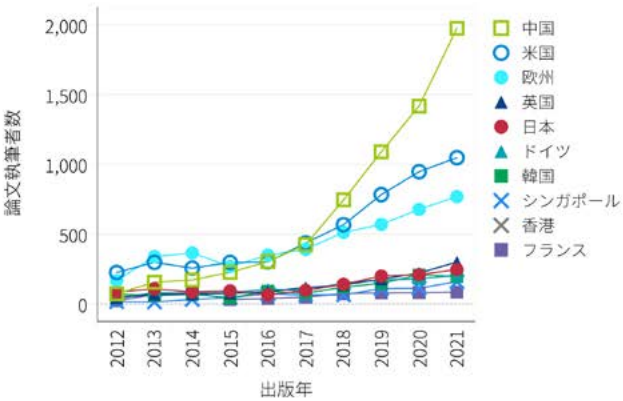
a)各国間の共著率（2012-2021）

(%)	中国	米国	欧州	英国	日本	ドイツ	韓国	フランス	インド	カナダ	論文数 (件)
中国	\	14	3.1	4.4	3.8	2.1	0.78	0.65	0.32	2	1,542
米国	15	\	6.3	2.5	1.6	3.4	2.4	1.3	0.82	1.4	1,455
欧州	5.6	11	\	9.8	2.5	8.9	0.36	4.4	1.2	0.59	841
英国	16	8.5	19	\	4.8	6.7	2.1	4.1	1.2	1.4	436
日本	15	5.8	5.3	5.3	\	0.5	1.3	2.3	0.5	1	399
ドイツ	9.6	15	22	8.7	0.6	\	0.6	2.7	1.8	2.4	335
韓国	3.8	11	0.95	2.9	1.6	0.63	\	0.32	0.63	0.63	316
フランス	5.7	11	21	10	5.1	5.1	0.57	\	1.7	3.4	176
インド	3.1	7.4	6.1	3.1	1.2	3.7	1.2	1.8	\	1.2	163
カナダ	21	14	3.4	4	2.7	5.4	1.3	4	1.3	\	149

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
National University of Singapore	シンガポール	1	127	5	35
Harvard University	米国	2	106	16	62
Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)	フランス	3	100	0	13
Massachusetts Institute of Technology (MIT)	米国	3	100	17	43
University of Chinese Academy of Sciences, CAS	中国	5	97	1	29
Beihang University	中国	6	96	5	29
University of Bristol	英国	6	96	2	23
Tsinghua University	中国	8	92	5	36
Beijing Institute of Technology	中国	10	83	2	23
Harbin Institute of Technology	中国	10	83	6	20
University of West England	英国	10	83	2	20
University of Tokyo	日本	16	65	0	8

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）

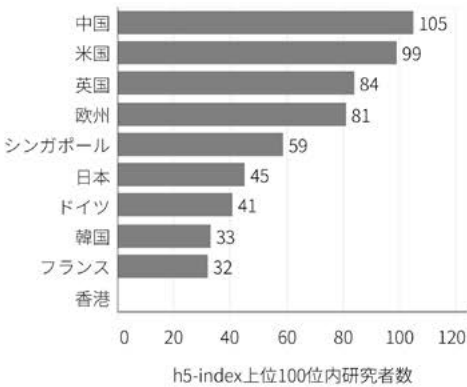


図 3.1-S2.2-3 生物規範型ロボティクス領域における論文数の動向③

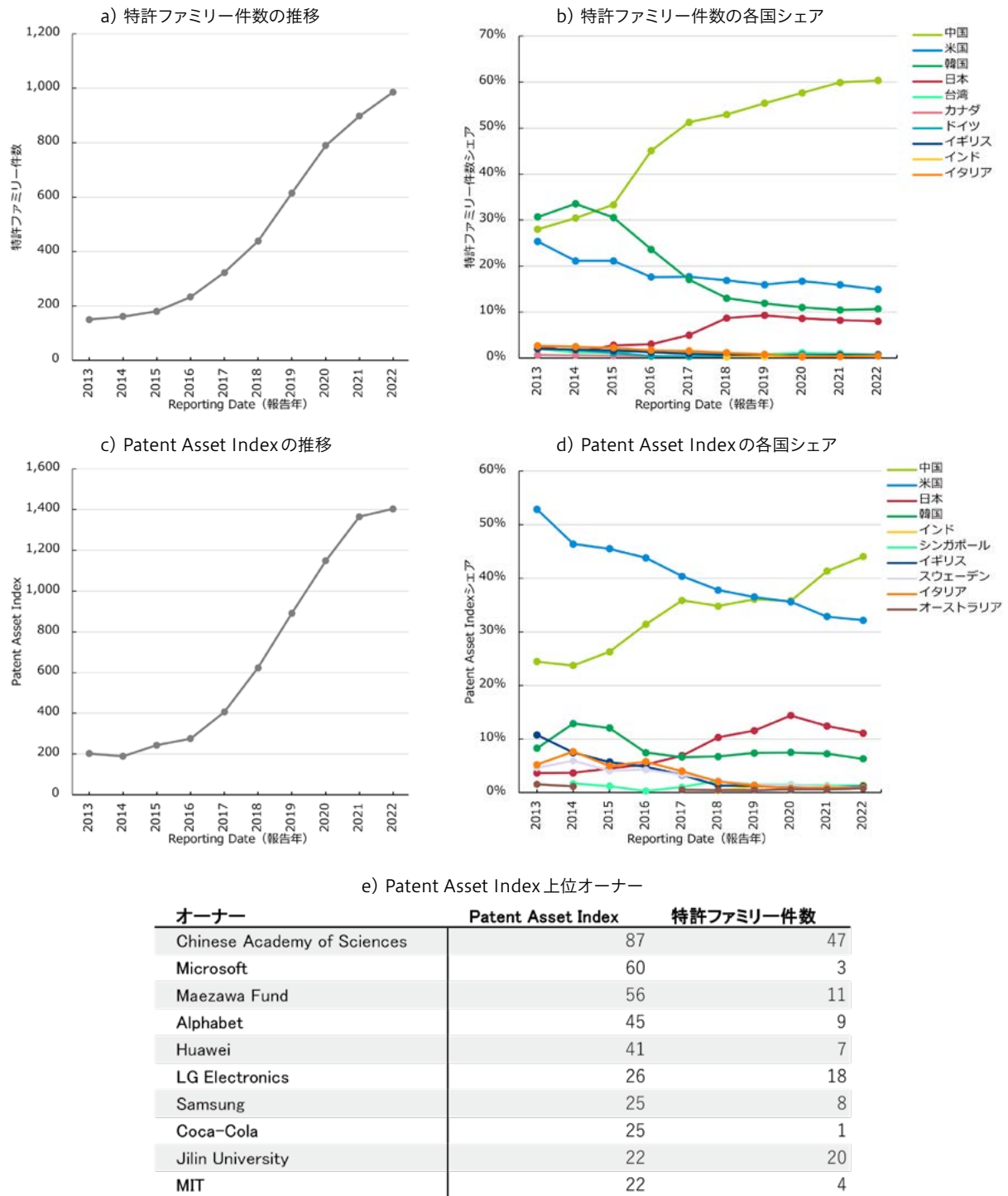


図 3.1-S2.2-4 生物規範型ロボティクス領域における特許数の動向

3.1.S2.3 マニピュレーション

領域の定義

ロボットが、人間の手作業であるピッキング、ハンドリングなどの物体操作をするために必要なセンサー、認識アルゴリズム、行動計画、ハンド機構などの基盤技術の研究、ならびに基盤技術の統合・応用に関する研究開発。さらに人間の手の機能や作業の解明などの学術的な知識の創出を目指す活動も含む。

ポイント

- ・ 領域全体の論文数は約1,000件（2012年）から約2,800件（2021年）に単調増加している（3.1-S2.3-1 a)）。
- ・ 国別では中国、米国の伸びが急峻で、日本は3位グループのトップを堅持している（3.1-S2.3-1 b)）。
- ・ Top1%およびTop10%の論文では米国が1位を独占していたが中国が肉薄している（3.1-S2.3-2 c)）、（3.1-S2.3-2 d)）。
- ・ 論文数上位10機関には、フランス、ドイツが上位に入り、中米に続き、日本（東大）が入る（3.1-S2.3-3 b)）。
- ・ 特許ファミリー件数は2013年時点で日本は36%程度のシェアでトップだったが2022年には17%まで単調減少する（それでも2位）。一方中国はその期間10%強から50%強までシェアを伸ばした。（3.1-S2.3-4 b)）
- ・ Patent Asset indexは、特許ファミリー件数で3位の米国が終始首位で日本は若干下がっているが2018年まで2位をキープしていた。2022年には中国が米国に追いついた。（3.1-S2.3-4 d)）

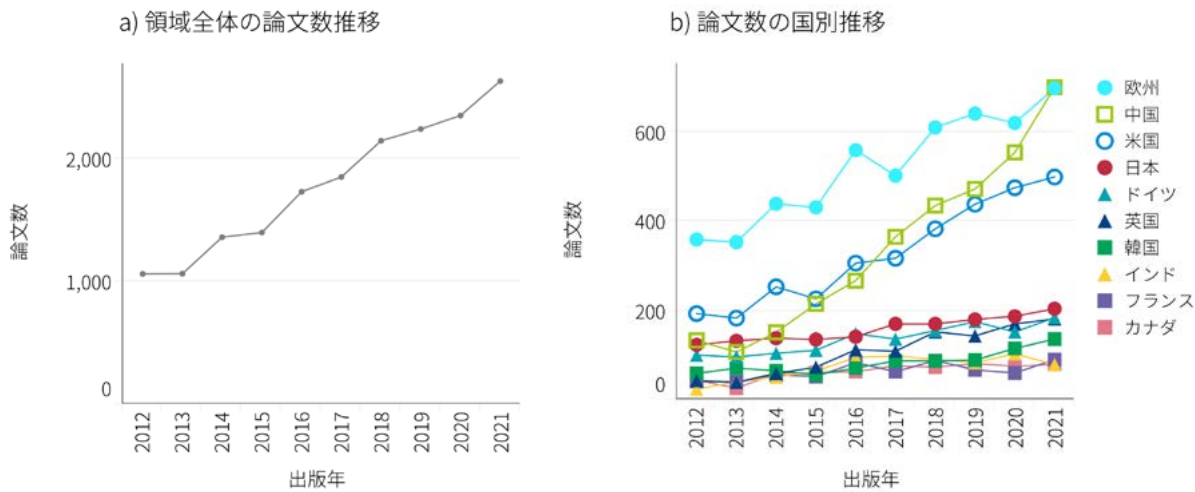


図 3.1-S2.3-1 マニピュレーション領域における論文数の動向①

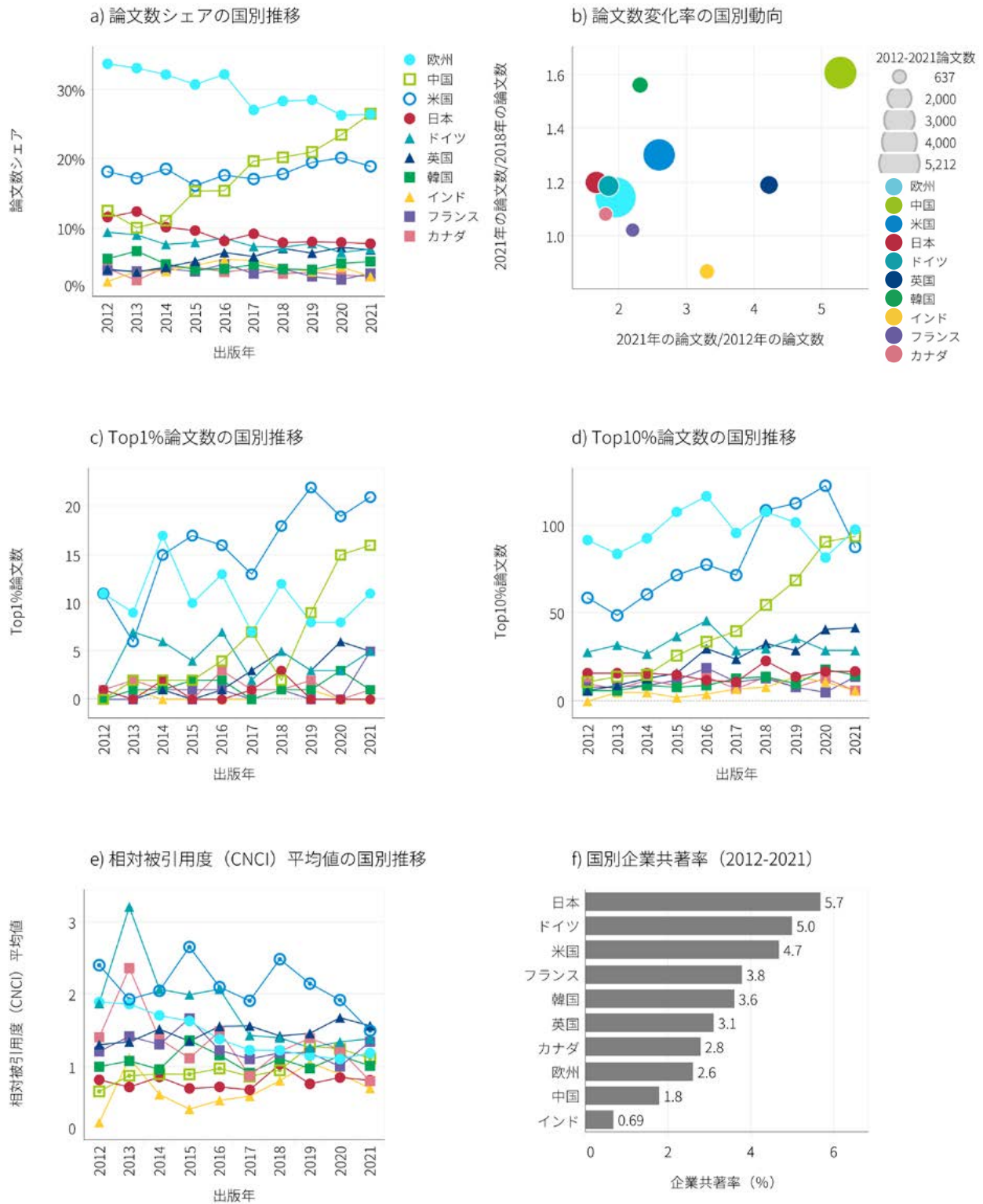


図3.1-S2.3-2 マニピュレーション領域における論文数の動向②

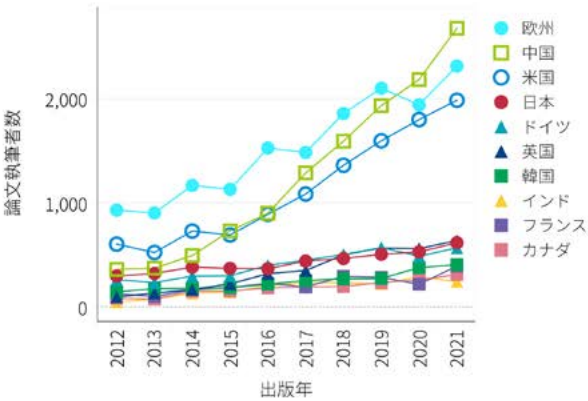
a)各国間の共著率 (2012-2021)

(%)	欧州	中国	米国	日本	ドイツ	英国	韓国	インド	フランス	カナダ	論文数 (件)
欧州	\	3.6	5.3	1	6.6	5	0.53	0.42	3.6	1.1	3,598
中国	3.6	\	6.6	2.7	1.9	5.9	0.42	0.28	0.7	2.2	3,571
米国	5.8	7.2	\	1.5	4.1	2.8	1.9	0.79	1.5	2.2	3,273
日本	2.3	6.1	3	\	2.2	2	0.51	0.19	1.4	0.7	1,580
ドイツ	17	5	9.9	2.6	\	5.7	0.66	0.44	2.7	1.7	1,361
英国	17	20	8.3	3	7.1	\	0.56	1	3.1	1.9	1,081
韓国	2.3	1.8	7.4	0.96	1.1	0.72	\	0.84	0.72	0.24	836
インド	2.1	1.4	3.6	0.41	0.82	1.5	0.96	\	1.2	0.55	728
フランス	20	3.9	7.7	3.4	5.8	5.2	0.94	1.4	\	2.5	640
カナダ	6.4	12	11	1.7	3.6	3.3	0.31	0.63	2.5	\	637

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	332	7	59
Harbin Institute of Technology	中国	2	331	6	47
Helmholtz Association	ドイツ	3	272	13	72
Tsinghua University	中国	4	266	4	45
Technical University of Munich	ドイツ	5	216	5	68
Shanghai Jiao Tong University	中国	6	198	7	29
University of Tokyo	日本	7	195	3	25
Massachusetts Institute of Technology (MIT)	米国	8	166	31	84
Georgia Institute of Technology	米国	9	150	6	41
German Aerospace Centre (DLR)	ドイツ	10	147	9	38

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)

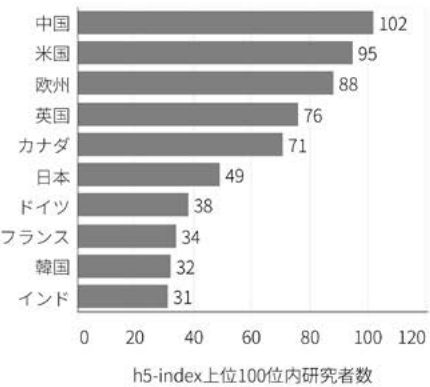


図3.1-S2.3-3 マニピュレーション領域における論文数の動向③

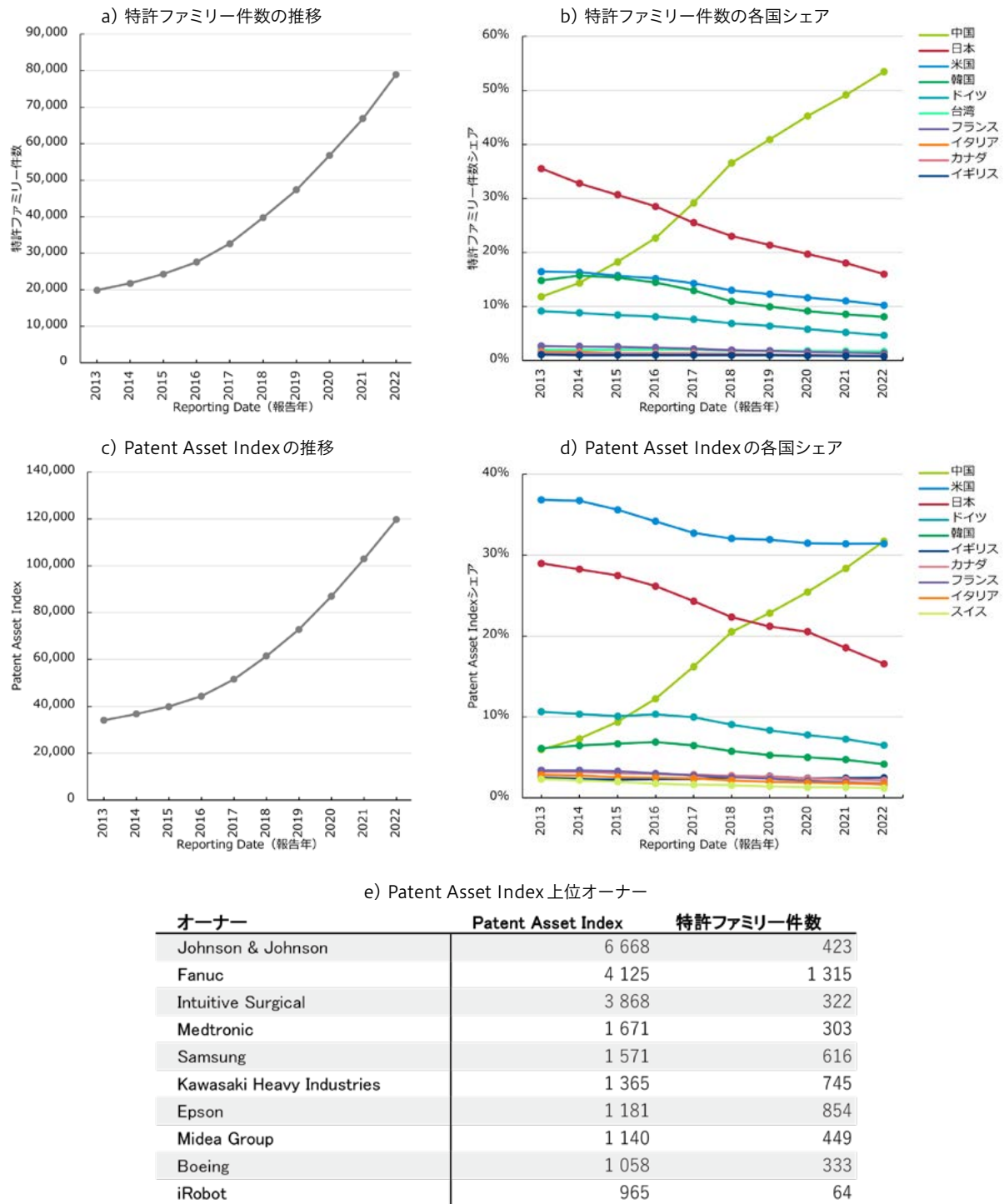


図 3.1-S2.3-4 マニピュレーション領域における特許数の動向

3.1.S2.4 移動（地上）

領域の定義

ロボットの移動機能に関する研究分野であり、物理的な機構としては主に車輪機構と脚機構に大別される。車輪を用いた地上移動としては、工場内の自動搬送や、自動車の自動運転なども移動ロボットとして捉えることができる。脚ロボットには2脚ロボットや4脚ロボットがあり、また上半身に腕を持ち物体環境操作が可能な人型ロボットも含まれる。

ポイント

- ・ 領域全体の論文数は約2,000件(2012年)から約2,600件(2021年)と微増傾向(図3.1-S2.4-1 a))。
- ・ 論文数・論文シェアは、中米が1, 2位を占め、日本は3位に位置するも下降傾向を示す(図3.1-S2.4-1 b)) (図3.1-S2.4-2 a))。
- ・ Top1%、Top10%の論文も同様の傾向 (図3.1-S2.4-2 c))、(図3.1-S2.4-2 d))。
- ・ 論文数上位機関では、フランスに続き、中国(数では一位)、日本(東大)が入る(図3.1-S2.4-3 b))。
- ・ 特許ファミリー件数シェアは、日韓米中が4強、当初4位だった中国が2022年には50%強に躍進。その結果、日韓米はシェアを落とした。欧州勢は低調(図3.1-S2.4-4 b))。
- ・ Patent Asset indexは、2013年から2022年の間で米国(1位から2位)、日は2位から3位、韓は3位から4位、中国は4位からトップになった(図3.1-S2.4-4 d))。

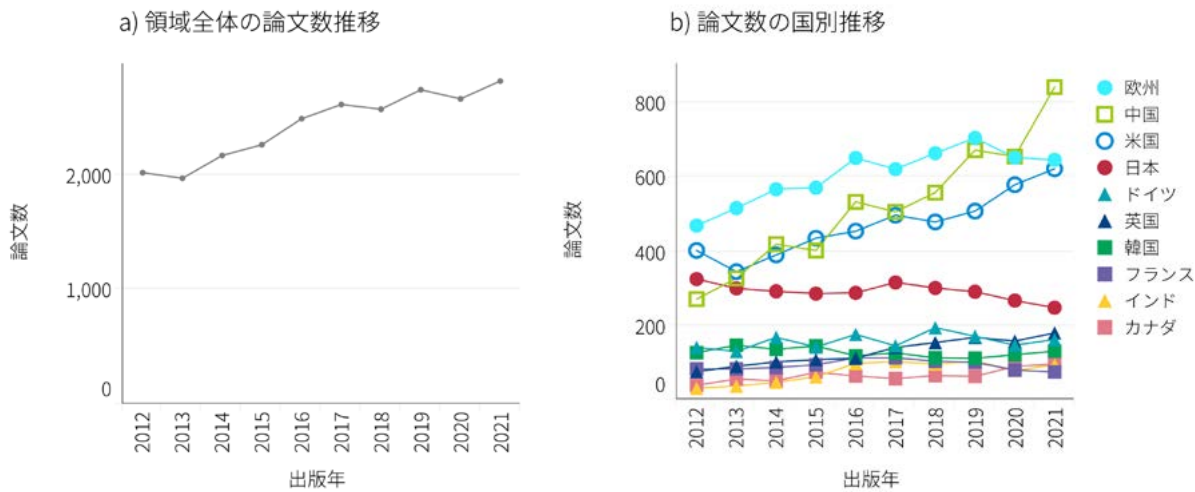


図3.1-S2.4-1 移動（地上）領域における論文数の動向①

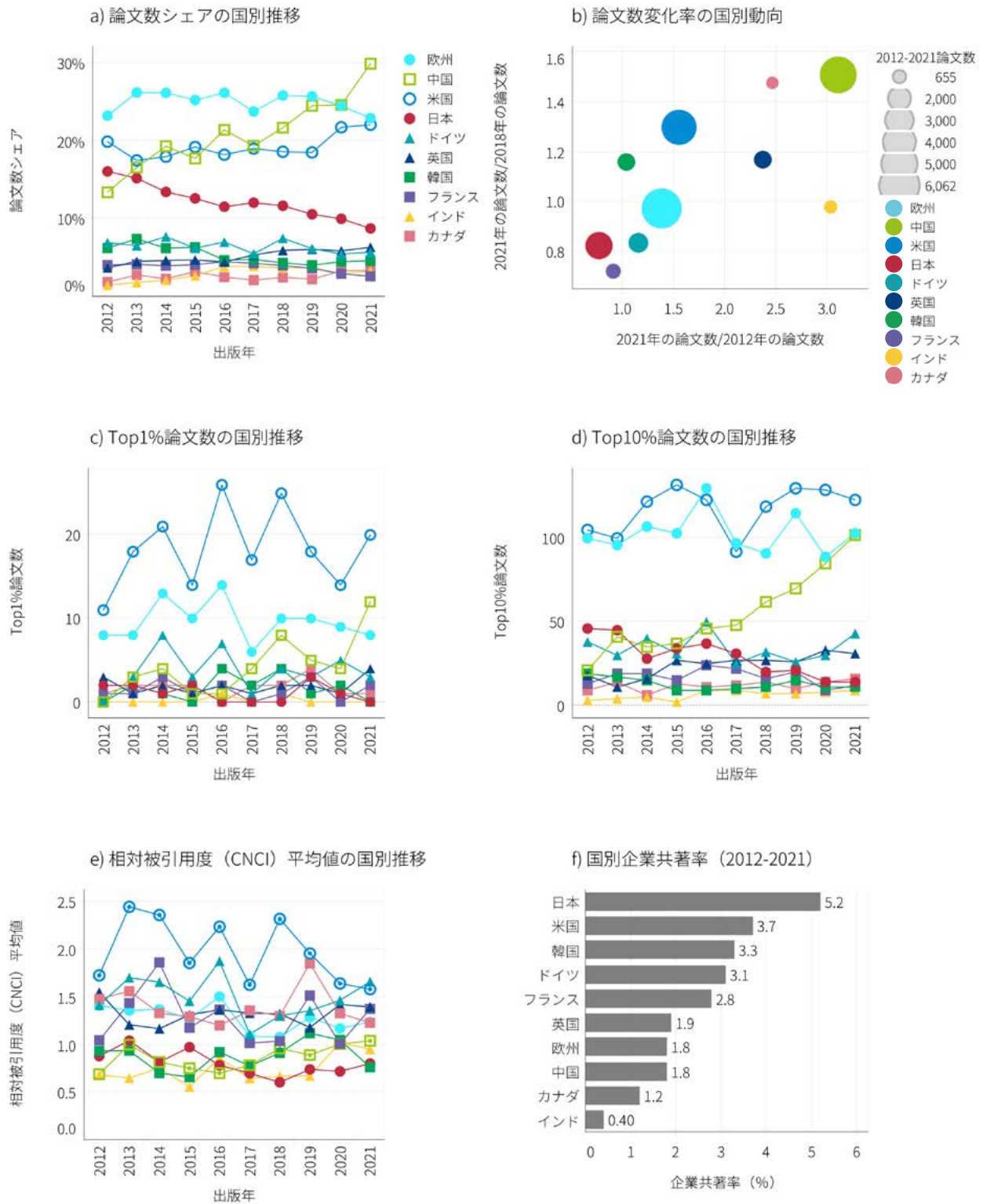


図3.1-S2.4-2 移動（地上）領域における論文数の動向②

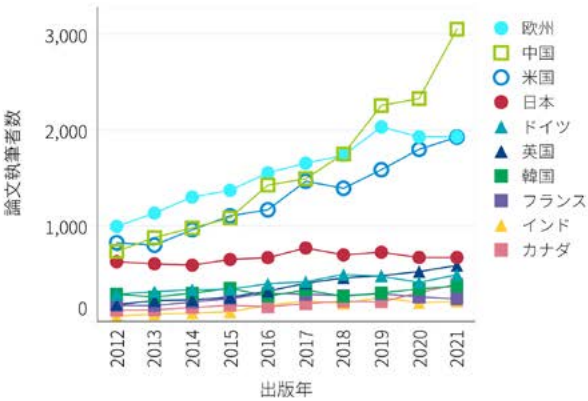
a)各国間の共著率（2012-2021）

(%)	中国	米国	欧州	日本	ドイツ	英国	韓国	フランス	インド	カナダ	論文数 (件)
中国	\	7	3.2	4.6	1.5	4.2	0.56	0.56	0.17	2.7	5,314
米国	7.9	\	5.7	2.5	3.7	2.4	2.7	1.2	0.68	1.4	4,712
欧州	4.3	6.6	\	3.4	7	7.3	0.99	3.8	0.67	1.3	4,027
日本	8.4	4.1	4.7	\	1.8	1.9	0.89	4.3	0.31	0.62	2,914
ドイツ	5.1	11	18	3.2	\	5.4	1.4	3.9	0.06	1.7	1,576
英国	17	8.8	23	4.2	6.6	\	1.2	4.2	0.54	1.9	1,289
韓国	2.4	9.8	3.1	2	1.7	1.3	\	0.47	0.78	0.47	1,276
フランス	3.2	6.2	16	13	6.5	5.8	0.64	\	0.32	2.6	933
インド	1.2	4.3	3.6	1.2	0.13	0.93	1.3	0.4	\	0.53	751
カナダ	22	10	7.9	2.8	4.1	3.8	0.92	3.7	0.61	\	655

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	518	8	105
Harbin Institute of Technology	中国	2	459	3	43
Beijing Institute of Technology	中国	3	384	4	47
University of Tokyo	日本	4	344	1	52
Carnegie Mellon University	米国	5	285	13	93
Georgia Institute of Technology	米国	6	269	8	72
Massachusetts Institute of Technology (MIT)	米国	7	263	41	120
Helmholtz Association	ドイツ	8	262	6	70
Beihang University	中国	9	258	6	36
Ecole Polytechnique Federale de Lausanne	スイス	10	253	15	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）

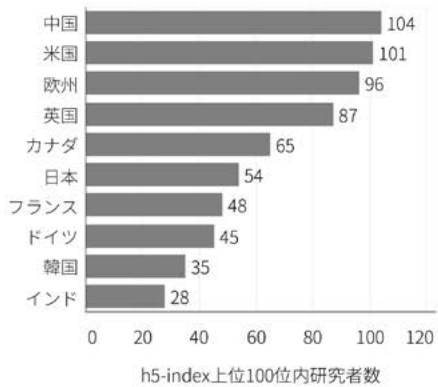


図3.1-S2.4-3 移動（地上）領域における論文数の動向③

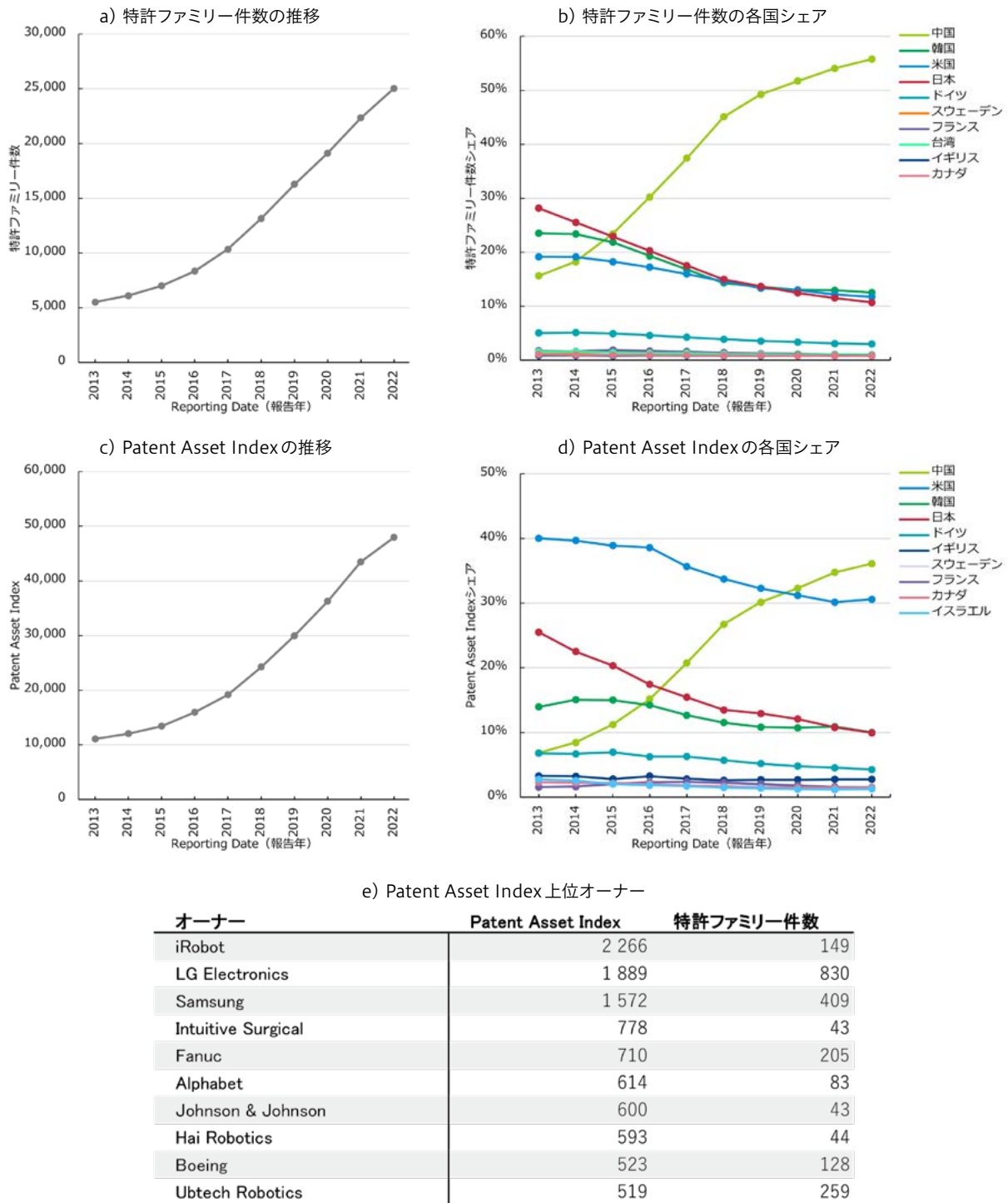


図 3.1-S2.4-4 移動（地上）領域における特許数の動向

3.1.S2.5 Human Robot Interaction

領域の定義

ヒューマンロボットインタラクション研究は、物理空間・情報空間での人間の経験や表現を豊かにすることに役立つシステムを構築するための研究開発領域である。ロボティクス分野においては、人間との交流、協働、行動支援等を意図したロボットの外部認識・意思決定モデルの構築、素材や機構の開発、ユーザビリティ評価といった研究が行われている。近年は、ユーザーの分身または身体の一部と考えるなど、ロボットの捉え方を柔軟に再解釈したインタラクション研究開発が活発化しており、その対象は情報空間上のアバターの身体にも及ぶ。

ポイント

- ・ 領域全体の論文数は約180件（2012年）から約320件（2021年）に単調増加している（図3.1-S2.5-1 a)）。
- ・ 論文数、論文シェアでは、米国が高い。中国、日本は2位グループ（図3.1-S2.5-1 b)、図3.1-S2.5-2 a)）。
- ・ Top1%、Top10%の論文では米中が独占し、日本の存在感はほぼなし（図3.1-S2.5-2 c)、図3.1-S2.5-2 d)）。
- ・ 論文数上位機関の1位は、日本（阪大）、フランス、ドイツ、米国が続く（図3.1-S2.5-3 b)）。
- ・ 特許ファミリー件数シェアは、米韓日中の4強だが、2013年に4位だった中国が2016年以降1位になり2022年には50%超のシェアを占めている（図3.1-S2.5-4 b)）。
- ・ Patent Asset indexシェアは、2013年時点では米国が60%超、日本が20%弱だった。直近5年は米中が40%弱で競う状況。（図3.1-S2.5-4 d)）

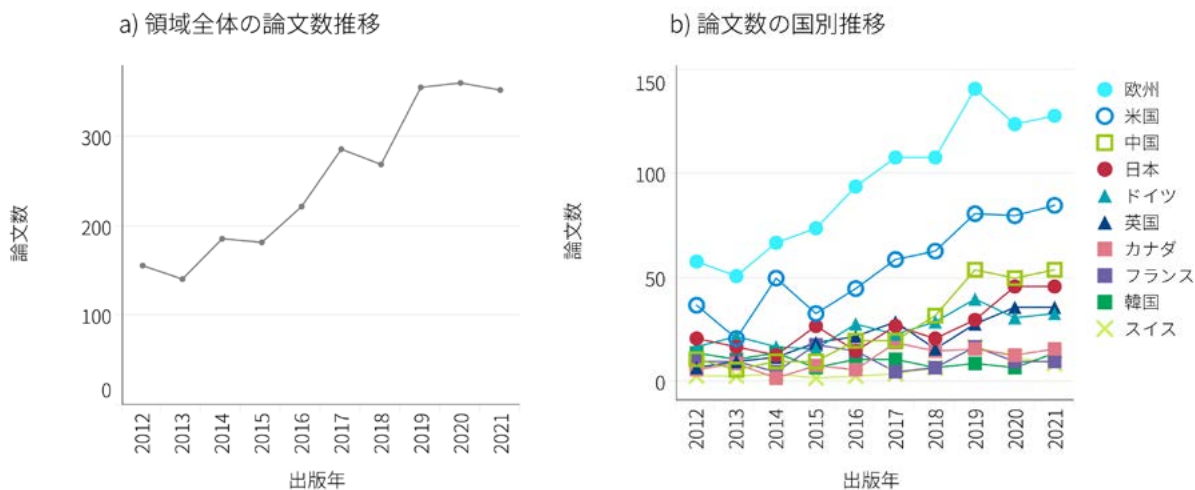


図3.1-S2.5-1 Human Robot Interaction 領域における論文数の動向①

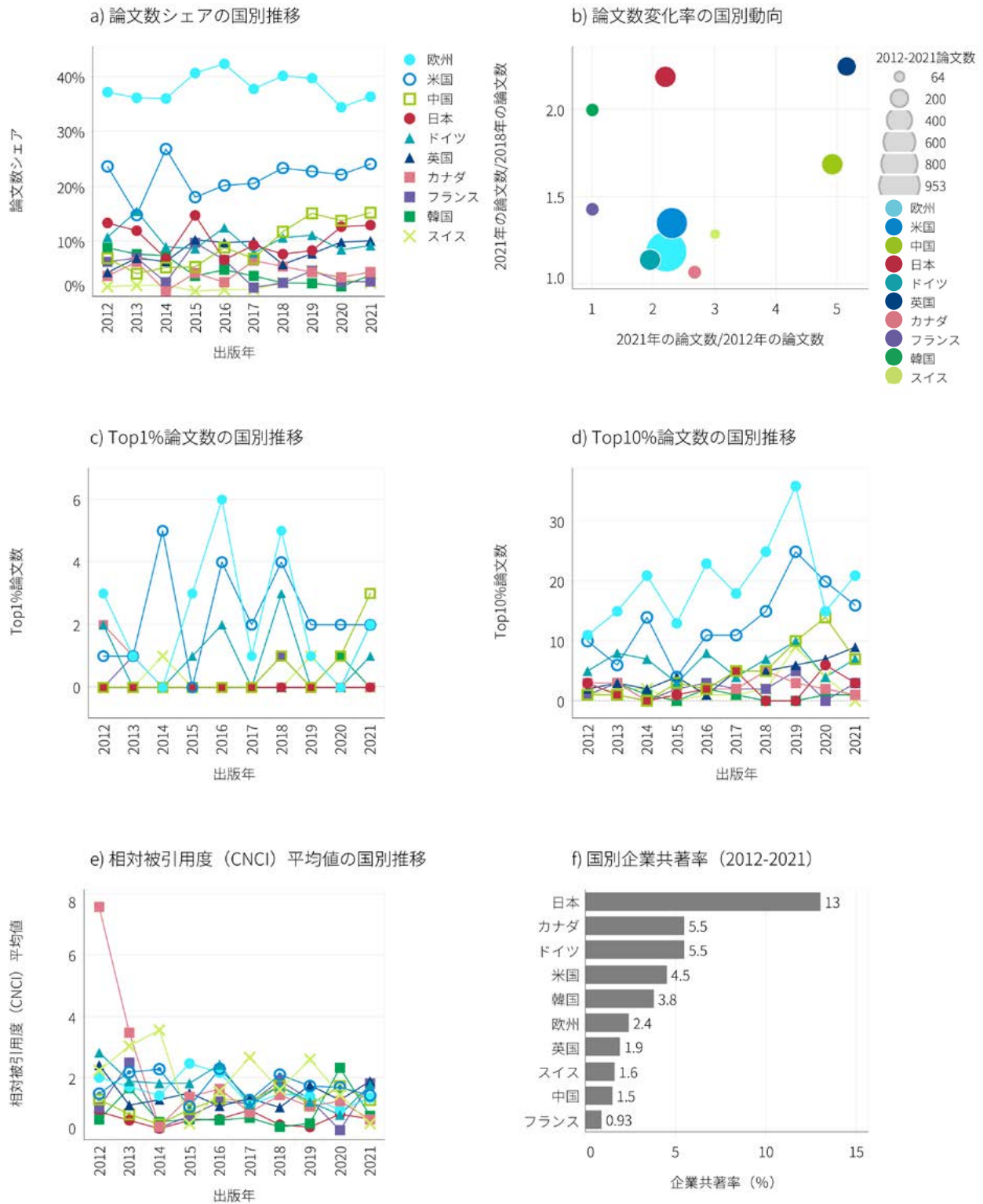


図3.1-S2.5-2 Human Robot Interaction 領域における論文数の動向②

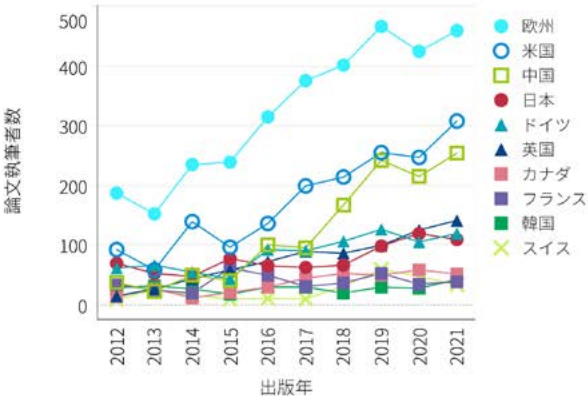
a)各国間の共著率（2012-2021）

(%)	欧州	米国	中国	日本	ドイツ	英国	カナダ	フランス	韓国	インド	論文数 (件)
欧州	\	6.2	3	3.3	7.4	5.9	1.6	3.9	0	0.3	675
米国	7.6	\	4.3	1.6	3.1	2.5	2.7	1.4	1.6	0.72	554
中国	7.1	8.5	\	6	1.8	14	3.6	1.8	1.1	0.35	282
日本	8.4	3.4	6.5	\	1.5	4.2	4.2	1.5	0.38	0.38	263
ドイツ	20	6.6	2	1.6	\	5.9	1.2	4.7	1.2	0	256
英国	19	6.5	19	5.1	7	\	1.4	4.2	0.93	1.4	215
カナダ	10	14	9.1	10	2.7	2.7	\	0	0	0	110
フランス	24	7.5	4.7	3.7	11	8.4	0	\	0.94	0	107
韓国	0	8.6	2.9	0.95	2.9	1.9	0	0.95	\	0	105
インド	5	10	2.5	2.5	0	7.5	0	0	0	\	40

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
Osaka University	日本	1	48	0	6
Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)	フランス	2	42	0	10
Technical University of Munich	ドイツ	3	40	1	7
Carnegie Mellon University	米国	6	31	3	11
Georgia Institute of Technology	米国	6	31	4	7
South China University of Technology	中国	6	31	1	11
University of Bristol	英国	6	31	1	9
University of West England	英国	6	31	1	8
Imperial College London	英国	9	25	1	7
University of Bielefeld	ドイツ	9	25	2	7

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）

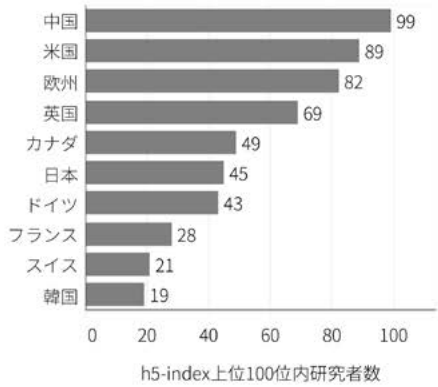


図 3.1-S2.5-3 Human Robot Interaction 領域における論文数の動向③

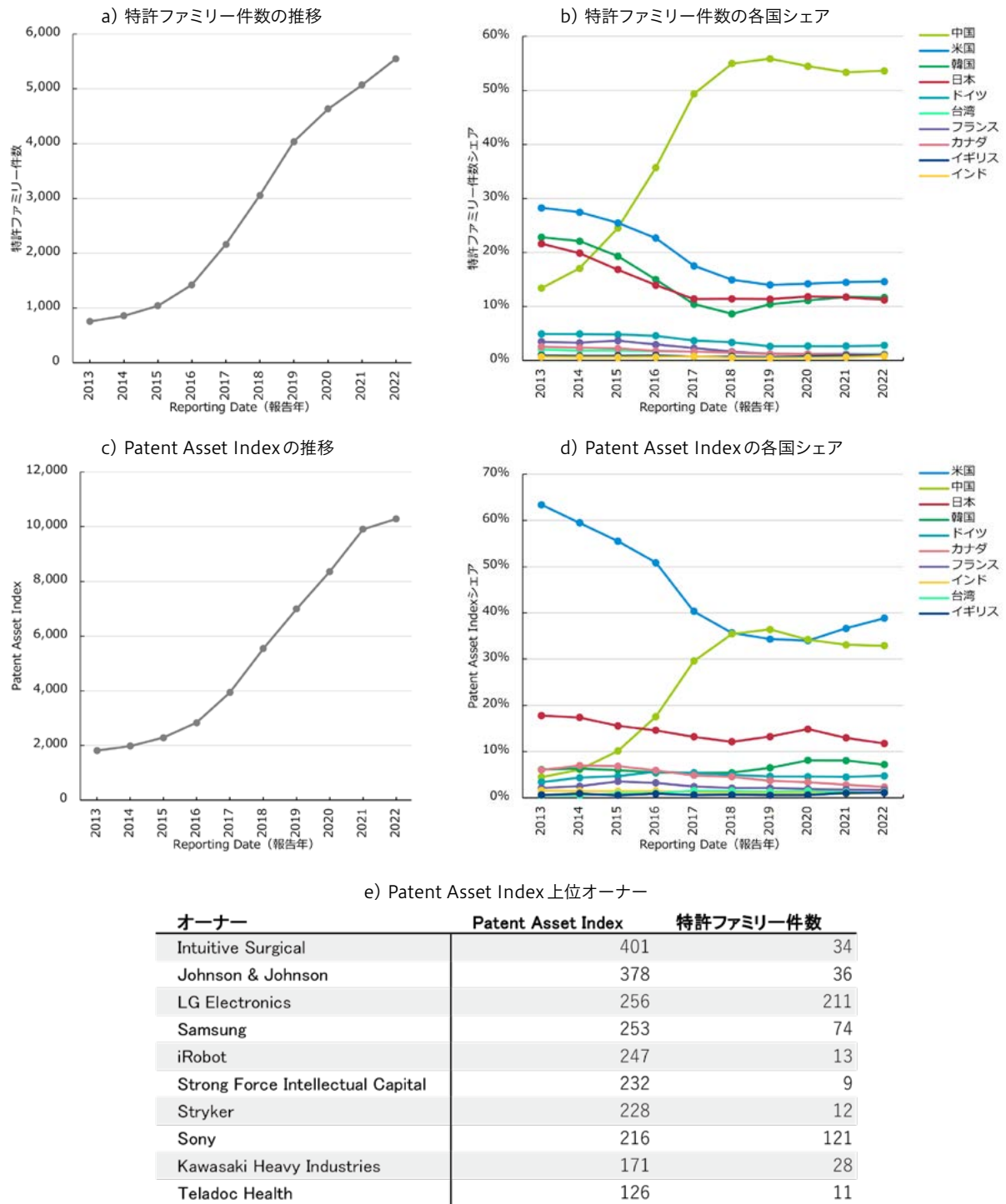


図 3.1-S2.5-4 Human Robot Interaction 領域における特許数の動向

3.1.S2.6 自律分散システム

領域の定義

生物の世界では個体が群れになって全体として意図を持って行動しているように見えることがある。例えば、ムクドリやイワシが数千とか数万匹集まって全体として大きな生物のように見える団体行動をとることはよく知られている。このような生物の群れには中央で統率する司令官のような存在はいないにもかかわらず、全体として目的を持っているかのように行動する。さらに、シロアリの巨大な蟻塚にみるように、集団になると個々の個体が持っている能力を上回る能力が発現する。生物が単独で行動する方が有利か、集団で行動する方が有利かは状況によって異なり、その選択には数理が隠されている。

ポイント

- ・ 領域全体の論文数は約 300 件（2012 年）から約 750 件（2019 年）でピークに到達し以後横ばい（図 3.1-S2.6-1 a））。
- ・ 論文数、論文数シェアとも米国が 1 位独占、次いで中国、日本は 3 位グループの中位（図 3.1-S2.6-1 b）、図 3.1-S2.6-2 a））。
- ・ Top1%、10% 論文も米国がトップ、中国、英国、ドイツが続く。日本は 5 位グループと低迷。（図 3.1-S2.6-2 b）、図 3.1-S2.6-2 c））
- ・ 論文数上位機関では、フランスがトップ、米国と中国、英国が入る、日本は広島大学が 17 位に入る（図 3.1-S2.6-3 b））。
- ・ 特許ファミリー件数は、米中 2 強に韓日が続く。中国は他の領域に比べ早い時点（2014 年）には米国を抜きトップとなり、2022 年では 50% 超のシェアを確保。米のシェアは 30% 強から 20% まで低下。（図 3.1-S2.6-4 b））

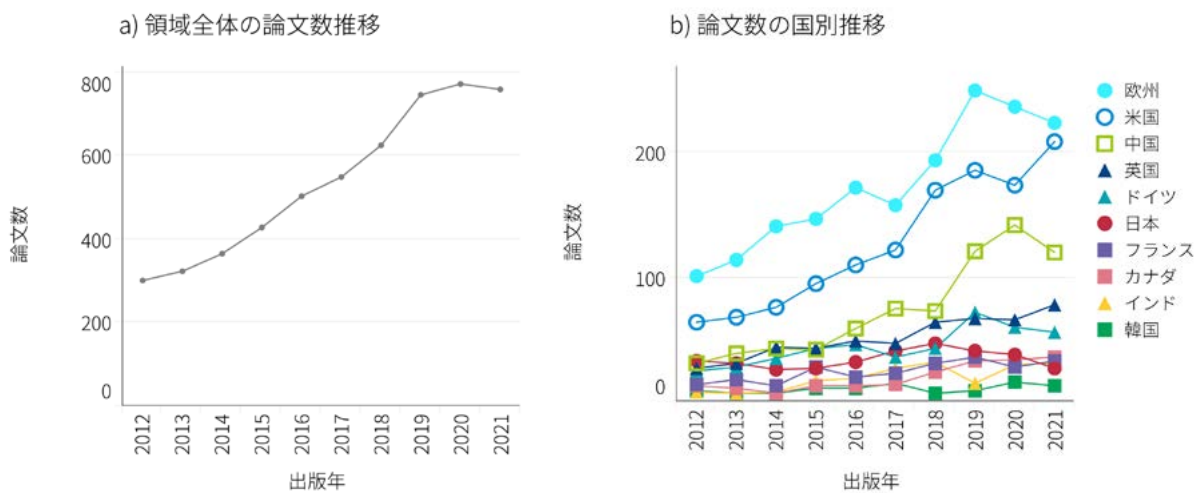


図 3.1-S2.6-1 自律分散システム領域における論文数の動向①

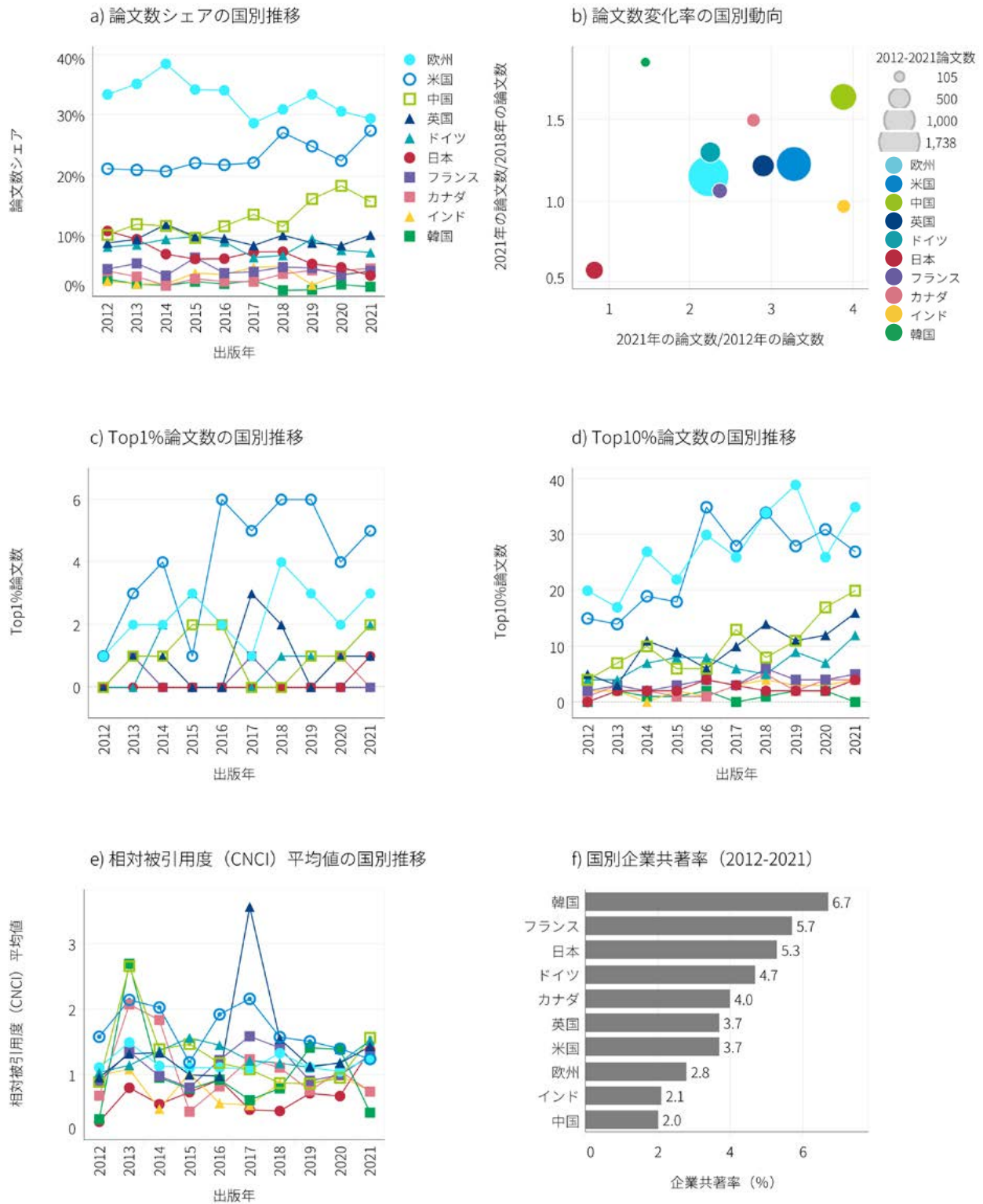


図 3.1-S2.6-2 自律分散システム領域における論文数の動向②

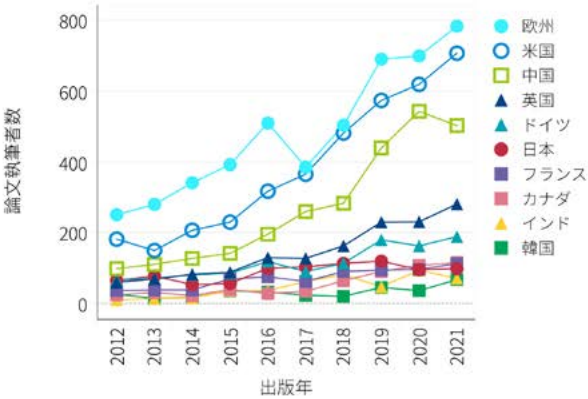
a)各国間の共著率 (2012-2021)

(%)	米国	欧州	中国	英国	ドイツ	日本	フランス	カナダ	インド	韓国	論文数 (件)
米国	\	8.5	6	3.5	3.4	2	2.2	2.6	1.3	0.94	1,274
欧州	9	\	3	9.3	6.8	2	5.3	1.6	0.92	0.25	1,198
中国	9.9	4.7	\	4.7	1.8	0.91	1.4	4.4	0.39	0.52	768
英国	8.5	22	7	\	5	1.9	2.7	1.9	0.39	1.4	516
ドイツ	9.7	18	3.2	5.9	\	1.8	2.3	1.8	0.45	0.23	444
日本	7.6	7	2	2.9	2.3	\	2.9	1.5	0.88	2.3	343
フランス	11	26	4.5	5.7	4.1	4.1	\	3.3	0.41	0.41	244
カナダ	17	9.6	17	5.1	4	2.5	4	\	1	1.5	198
インド	8.3	5.7	1.6	1	1	1.6	0.52	1	\	0	194
韓国	11	2.9	3.8	6.7	0.95	7.6	0.95	2.9	0	\	105

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	115	0	18
United States Department of Defense	米国	2	102	3	15
Beihang University	中国	3	72	2	12
Massachusetts Institute of Technology (MIT)	米国	4	69	5	22
Georgia Institute of Technology	米国	5	61	3	15
Carnegie Mellon University	米国	6	59	3	11
University of Bristol	英国	7	53	2	11
US Army Research, Development & Engineering Command (RDECOM)	米国	8	47	2	7
University of Pennsylvania	米国	9	44	2	14
Arizona State University-Tempe	米国	10	43	2	9
University of Sheffield	英国	10	43	1	17
Hiroshima University	日本	17	37	0	0

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)

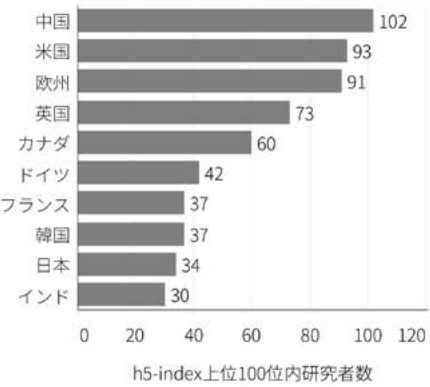


図 3.1-S2.6-3 自律分散システム領域における論文数の動向③

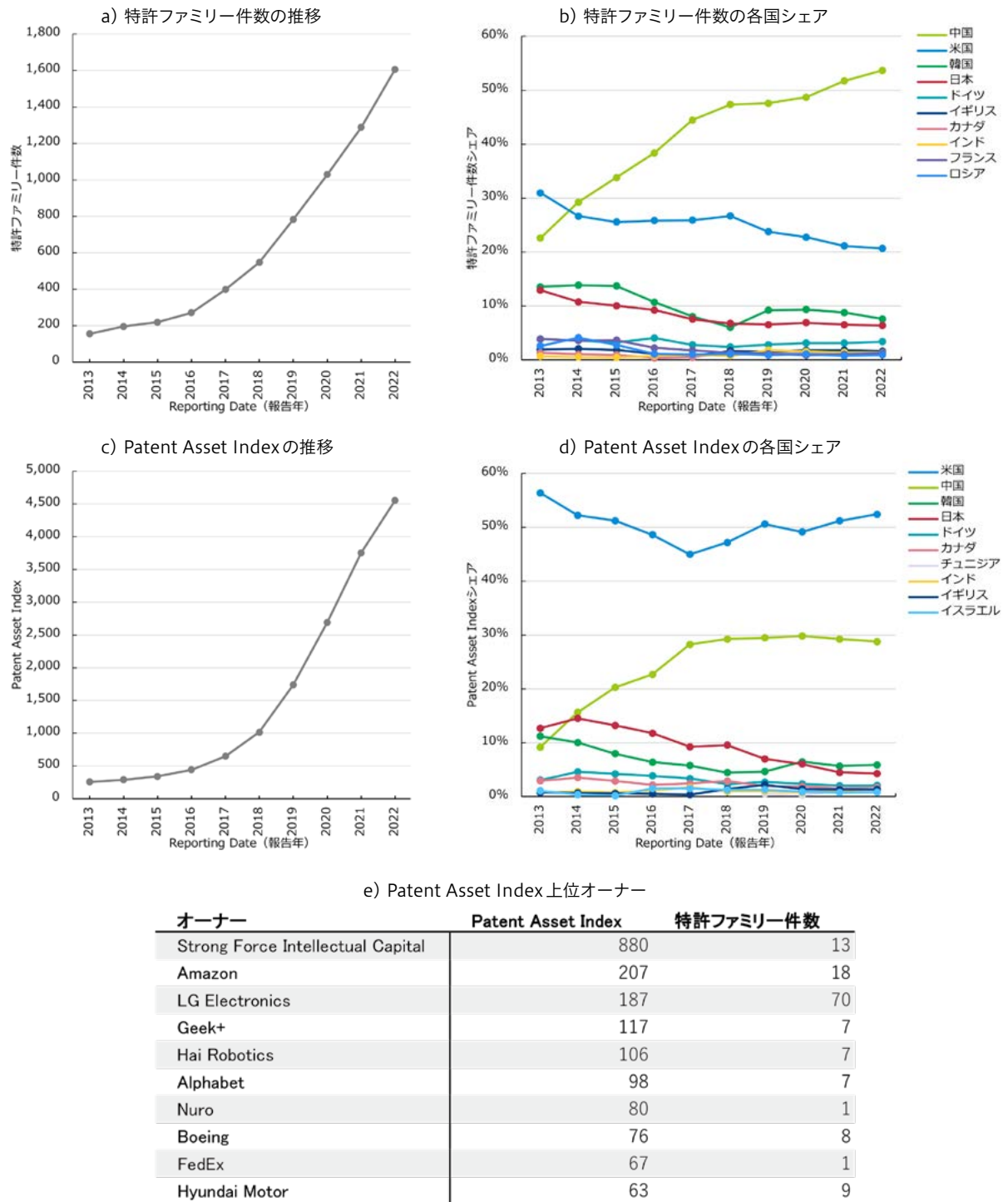


図3.1-S2.6-4 自律分散システム領域における特許数の動向

3.1.S2.7 産業用ロボット

領域の定義

産業用ロボットは、自動車産業、電気電子産業、など、主に製造業で自動化を目的として利用されるロボットである。近年は食品産業などの新たな分野や高度な作業、中小企業への導入が求められ、従来のような繰り返し再生による大量生産ではなく状況に応じた柔軟なシステムの開発の重要性が増している。本領域はそのようなトレンドへの対応を目的として、ものづくりのための高度な要素技術開発、システムインテグレーション技術の高度化などの研究開発を実施する領域である。

ポイント

- ・ 領域全体の論文数は約150件（2012年）から約900件（2021年）に大幅に増加している（図3.1-S2.7-1 a））。
- ・ 論文数、シェアとも中国、米国、ドイツ、英国、日本の順（図3.1-S2.7-2 a）、図3.1-S2.7-2 b））。
- ・ トップ1%、10%も同様の傾向で、中国が頭一つ抜けている（図3.1-S2.7-2 c）、図3.1-S2.7-2 d））。
- ・ 論文数上位機関は、フランスが1位なるもドイツと中国がそれぞれ4機関、日本は55位に産総研が入る（図3.1-S2.7-3 b））。
- ・ 特許ファミリー件数シェアは2013年でダントツだった日本が2016年に中国に抜かれ2022年には15%に低下（図3.1-S2.7-4 b））。
- ・ Patent Asset indexは日米独の3強に中国が猛追して2018年に1位となり2022年には40%近いシェアを獲得している。それでも日米独の存在感はある。（図3.1-S2.7-4 d））

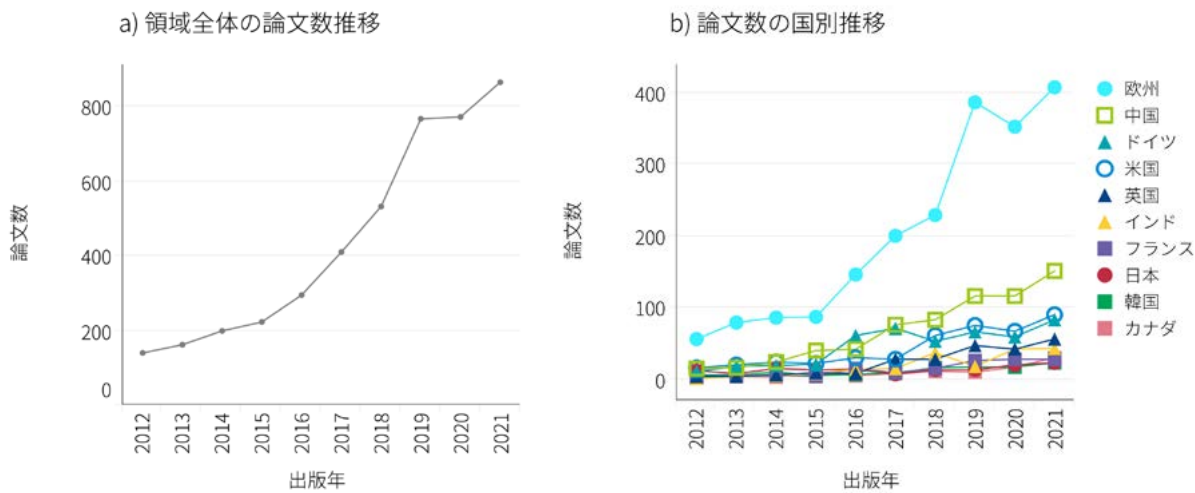


図3.1-S2.7-1 産業用ロボット領域における論文数の動向①

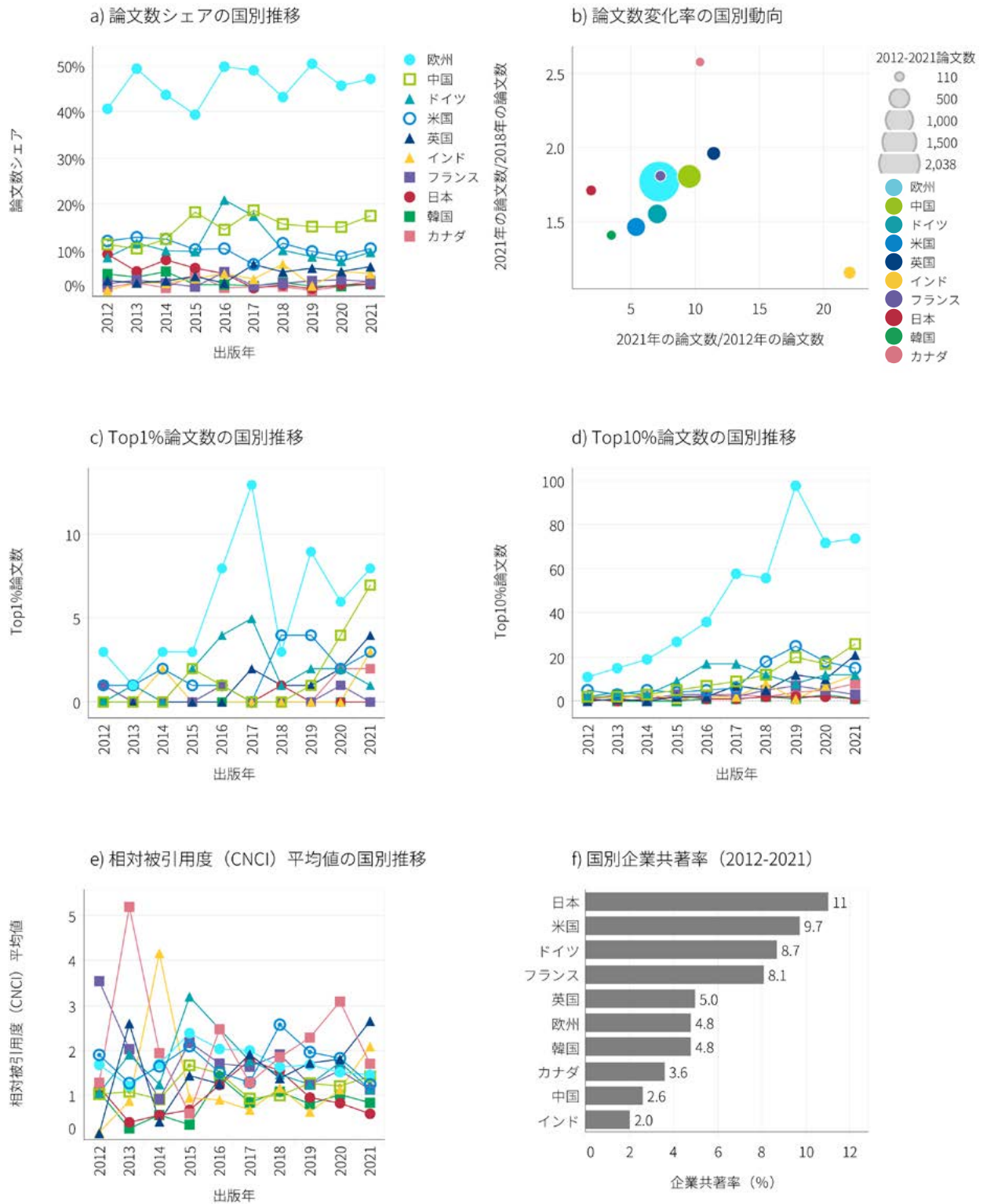


図3.1-S2.7-2 産業用ロボット領域における論文数の動向②

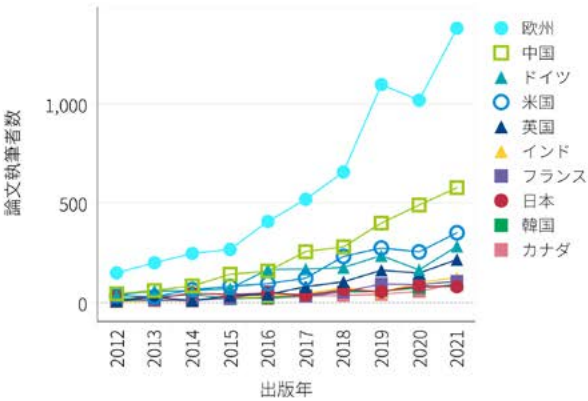
a)各国間の共著率（2012-2021）

(%)	欧州	中国	ドイツ	米国	英国	インド	日本	フランス	韓国	カナダ	論文数 (件)
欧州	\	2	4.6	2.2	3.2	0.72	0.33	2	0.13	0.85	1,524
中国	4.3	\	1	5.7	8.7	0.85	1.3	1	0	3	702
ドイツ	15	1.5	\	3.4	2.5	0.42	0.21	1.7	0.85	1.7	472
米国	7.7	9	3.6	\	3.2	1.6	2.5	2	1.1	3.2	443
英国	20	25	5	5.8	\	2.1	2.9	4.5	0.41	1.7	242
インド	5.6	3.1	1	3.6	2.5	\	1	1	0	1.5	197
日本	3.4	6.1	0.68	7.4	4.7	1.4	\	1.4	1.4	1.4	148
フランス	21	4.7	5.4	6.1	7.4	1.4	1.4	\	0.68	1.4	148
韓国	1.6	0	3.2	4	0.79	0	1.6	0.79	\	0	126
カナダ	12	19	7.3	13	3.6	2.7	1.8	1.8	0	\	110

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	50	2	10
RWTH Aachen University	ドイツ	2	46	2	11
Fraunhofer Gesellschaft	ドイツ	3	44	1	14
Technical University of Munich	ドイツ	4	42	0	8
Wuhan University of Technology	中国	4	42	0	11
Harbin Institute of Technology	中国	7	36	0	4
Huazhong University of Science & Technology	中国	7	36	0	8
South China University of Technology	中国	7	36	3	8
Helmholtz Association	ドイツ	9	33	1	4
National Institute of Standards & Technology (NIST) - USA	米国	10	32	0	2
National Institute of Advanced Industrial Science & Technology (AIST)	日本	55	12	0	3

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）

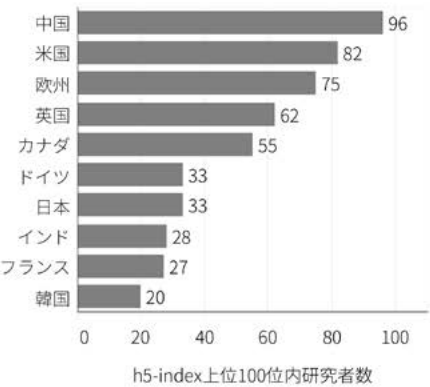


図 3.1-S2.7-3 産業用ロボット領域における論文数の動向③

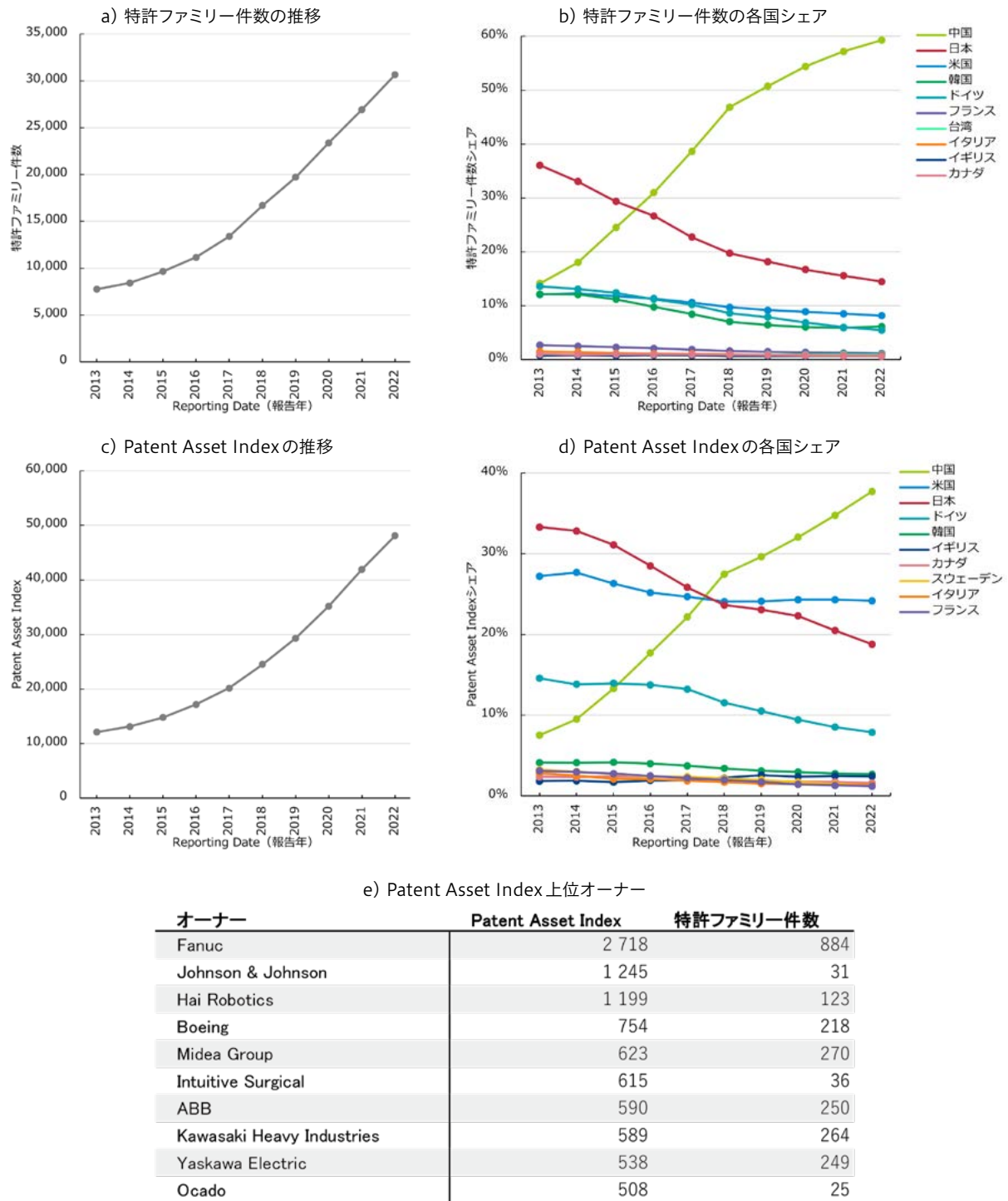


図3.1-S2.7-4 産業用ロボット領域における特許数の動向

3.1.S2.8 サービスロボット

領域の定義

サービスロボットとは、汎用的な産業用ロボット以外のロボット全般を指すことが多く、明確に定義されているものではないが、本稿においては、1) 基本日常生活動作（ADL：Activities of Daily Living）や調理・掃除などの手段的日常生活動作の質的向上や社会的弱者の自立支援を目的とした、生活支援・介護ロボット、2) 小売業や宿泊、飲食サービス業などで客や従業員と同じ場所で共に働くコワーキングロボット、3) 人々と社会的なインタラクション、会話、触れ合いなどを行うコミュニケーションロボットの3分野を対象とする。人へのサービスを提供するロボット分野であることから、ユーザーとの距離が近いことに起因する「安全性」や、自ら考え、認識、判断する「自律性」などの技術の確立を課題とした研究開発領域である。

ポイント

- ・ 領域全体の論文数は約900件（2012年）から約4,000件（2021年）に大幅に増加している（図3.1-S2.8-1 a)）。
- ・ 論文数・論文シェアとも米中が1、2位を競い合う。日本は第3グループの筆頭を守っている（図3.1-S2.8-1 b)、図3.1-S2.8-1 b)）。
- ・ Top1%、10%論文は長年米国が突出していたが近年中国が追いついてきた。日本は低調。（図3.1-S2.8-2 c)、図3.1-S2.8-2 d)）
- ・ 論文上位機関は、フランス、シンガポール、米国の順。日本からは6位に大阪大学が入る。（図3.1-S2.8-3 b)）
- ・ 特許ファミリー件数は2013年時点では韓日中米の4強。中国は2016年にトップとなり2022年には60%のシェアを持つ。（図3.1-S2.8-4 b)）
- ・ Patent Asset indexも同様のトレンドだが、2022年では2位米国、3位韓国、4位日本となっている（図3.1-S2.8-4 d)）。

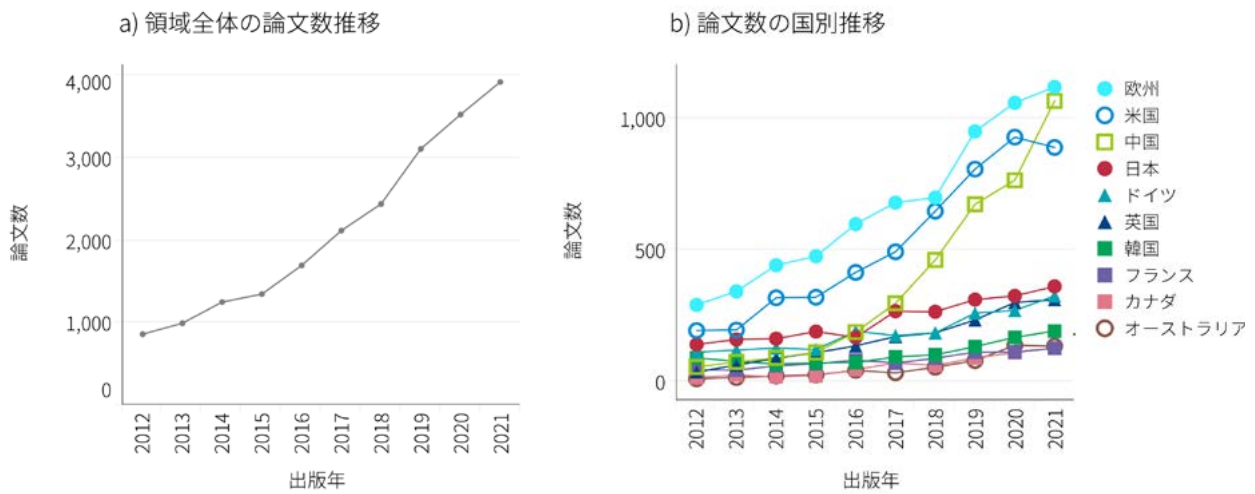


図3.1-S2.8-1 サービスロボット領域における論文数の動向①

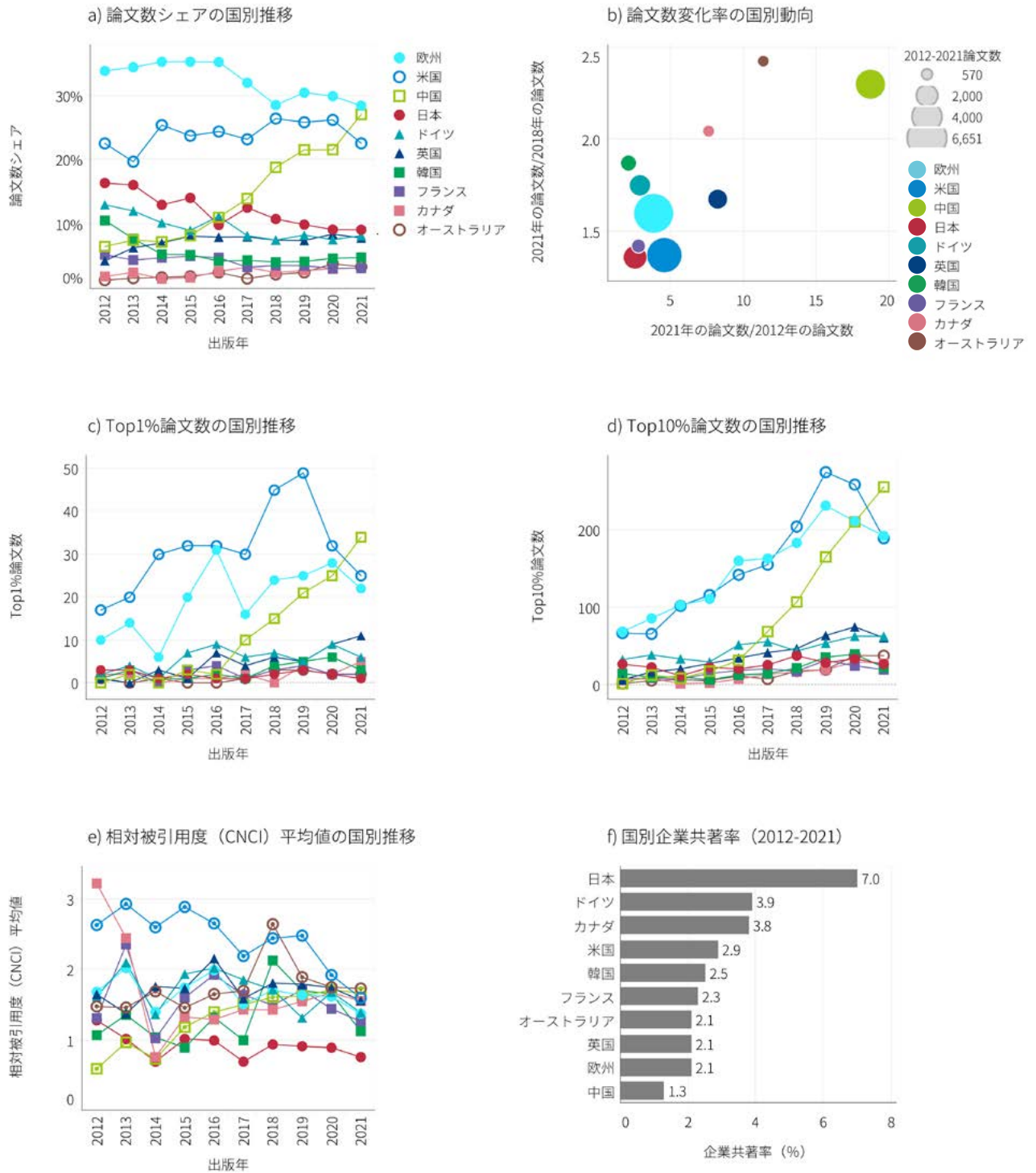


図 3.1-S2.8-2 サービスロボット領域における論文数の動向②

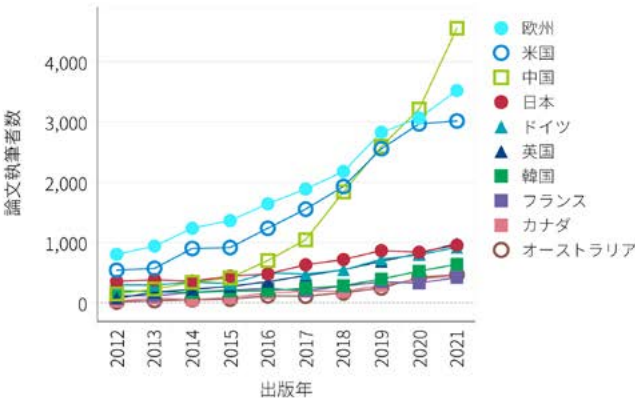
a)各国間の共著率（2012-2021）

(%)	米国	欧州	中国	日本	ドイツ	英国	韓国	フランス	カナダ	インド	論文数 (件)
米国	\	7.3	8.9	2.7	3.4	3	2.3	1.3	1.8	0.63	5,208
欧州	8.4	\	3.1	2.8	8	9.1	0.73	4.1	1.3	0.42	4,511
中国	12	3.5	\	3.9	1.6	6.3	0.83	0.86	2.2	0.23	3,967
日本	6	5.3	6.5	\	2.1	2.8	0.89	1.7	1.1	0.25	2,361
ドイツ	9.3	19	3.4	2.6	\	6.9	1.1	3.8	1.5	0.58	1,898
英国	9.5	25	15	4	7.9	\	1.4	5.2	2.3	1	1,646
韓国	11	3.1	3.1	2	1.9	2.1	\	0.28	0.19	0.19	1,078
フランス	8.3	22	4.1	4.8	8.8	10	0.36	\	1.2	0.36	821
カナダ	16	10	15	4.2	4.7	6.2	0.33	1.7	\	0.17	600
インド	10	6	2.8	1.9	3.5	5.4	0.63	0.95	0.32	\	317

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	377	6	77
National University of Singapore	シンガポール	2	291	21	101
Carnegie Mellon University	米国	3	284	27	120
Massachusetts Institute of Technology (MIT)	米国	4	269	40	120
Harvard University	米国	5	228	58	138
Osaka University	日本	6	226	4	29
Technical University of Munich	ドイツ	7	223	8	57
Ecole Polytechnique Federale de Lausanne	スイス	8	218	18	77
Shanghai Jiao Tong University	中国	8	218	7	52
Zhejiang University	中国	10	217	8	62

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）

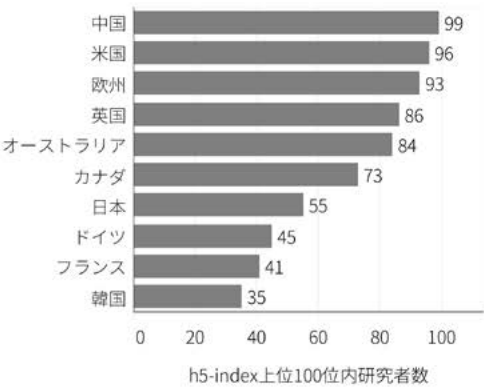


図 3.1-S2.8-3 サービスロボット領域における論文数の動向③

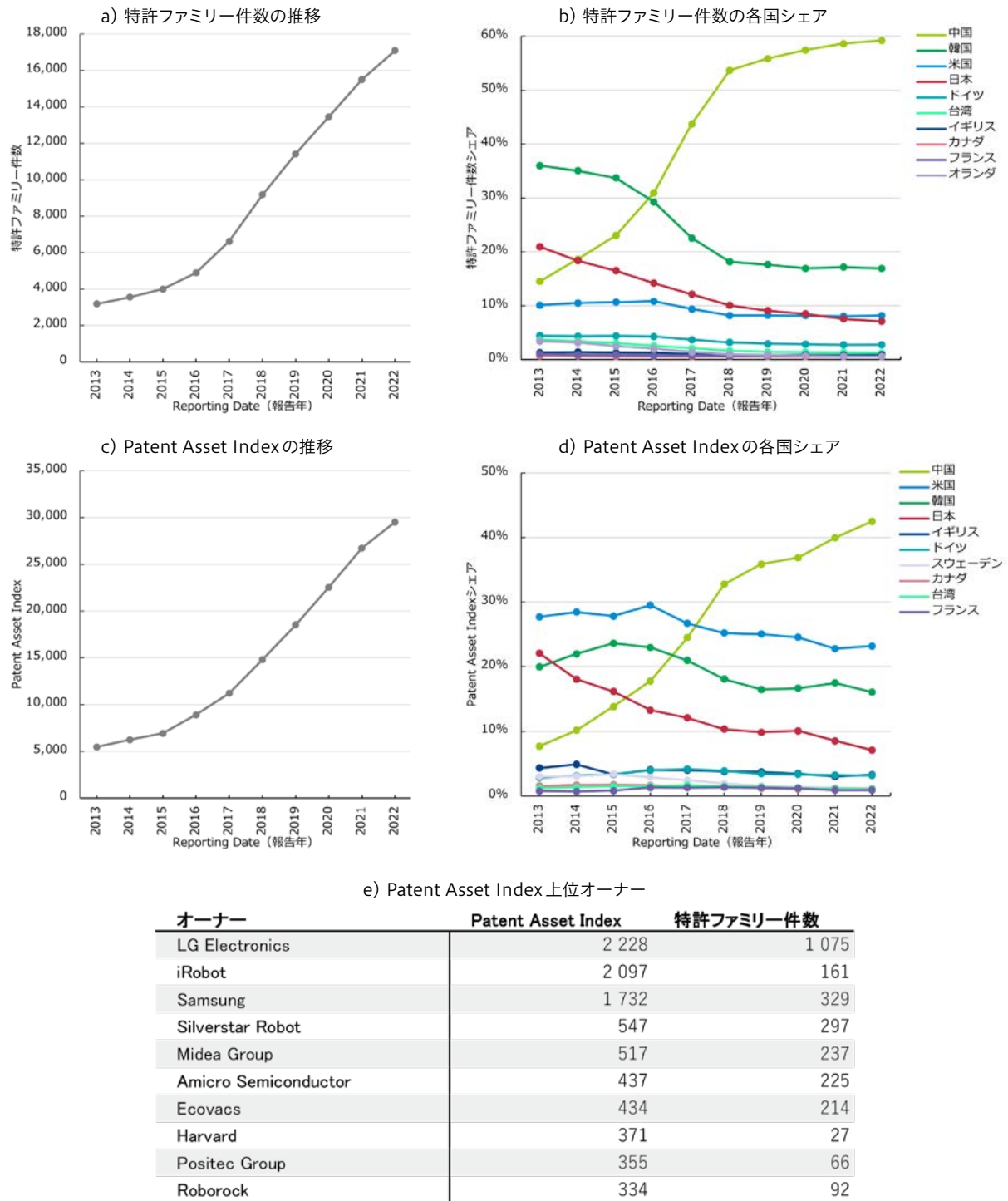


図 3.1-S2.8-4 サービスロボット領域における特許数の動向

3.1.S2.9 災害対応ロボット

領域の定義

地震、津波、集中豪雨による水害、台風による暴風雨、山崩れ・地滑り、森林火事、竜巻、火山噴火、土石流、雪崩、未知のウイルスによる感染症などの自然災害および工場でのプラント事故、原子力発電所の事故、公共交通機関での事故、テロによる事故、火災などの人為災害が世界で頻繁に発生している。これらの災害現場に人間が入っていくには大きなリスクがある。本領域は、人間の代わりに災害直後の現場に進入し、情報収集や人命救助などの緊急対応や災害からの復旧復興に関わるタスクを極限環境で遂行するロボット（災害対応ロボット）に関わる研究開発領域である。なお、災害対応ロボットはレスキューロボットとも言う。

ポイント

- ・ 領域全体の論文数は約 200 件 (2012 年) から約 700 件 (2021 年) に増加している (図 3.1-S2.9-1 a))。
- ・ 論文数・国別シェアは、米中日の順だが、米中が順調に伸びているのに対して日本は変化が少ない (図 3.1-S2.9-1 b)、図 3.1-S2.9-2 a))。
- ・ Top1%、Top10% の論文は、米国の独占状態だったがここ 4、5 年で中国が急迫している (図 3.1-S2.9-2 c)、図 3.1-S2.9-2 d))。
- ・ 論文数上位機関は、1 位フランスにつづいて、東北大 (2 位)、東大 (3 位)、東工大 (6 位)、早稲田大 (9 位) が入る (図 3.1-S2.9-3 b))。
- ・ 特許ファミリー件数は中国 1 強状態、2022 年には 8 割近いシェアを持つ。2 位グループに日韓米が並ぶ。 (図 3.1-S2.9-4 b))
- ・ Patent Asset Index シェアは 2013 年と 2022 年で順位が入れ替わり、2022 年では中国 60% 弱、米国 20% の 2 強 (図 3.1-S2.9-4 d))。

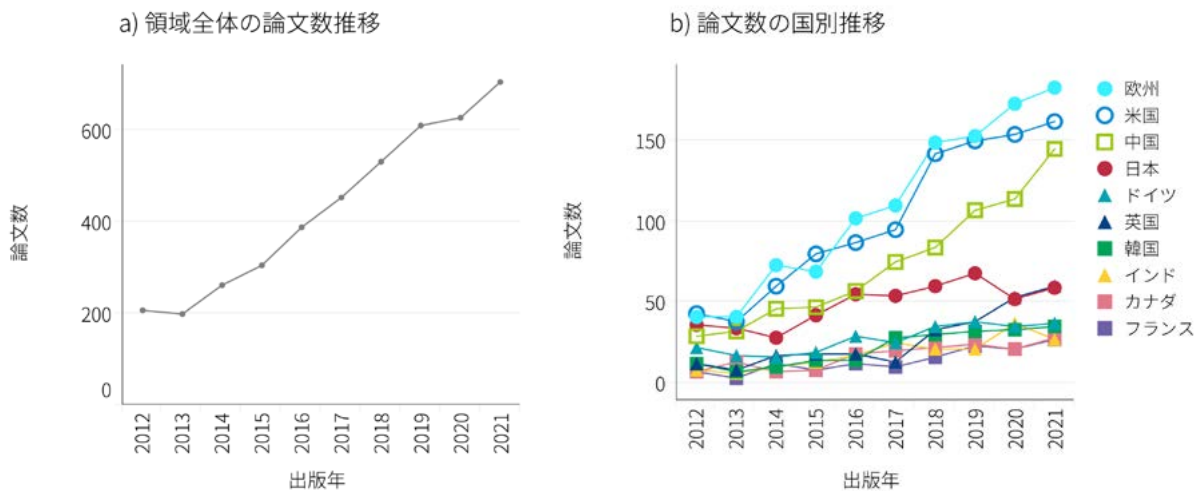


図 3.1-S2.9-1 災害対応ロボット領域における論文数の動向①

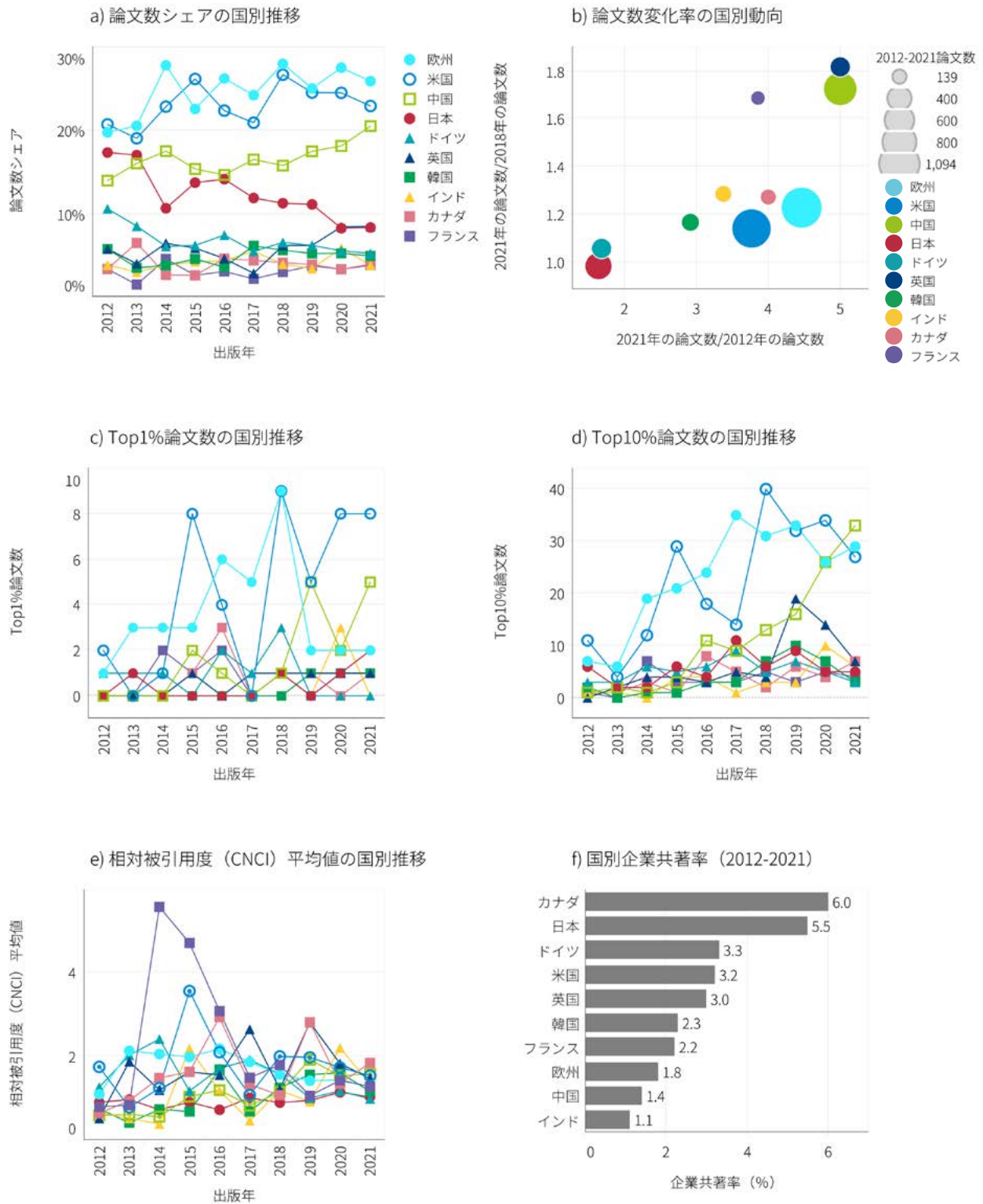


図 3.1-S2.9-2 災害対応ロボット領域における論文数の動向②

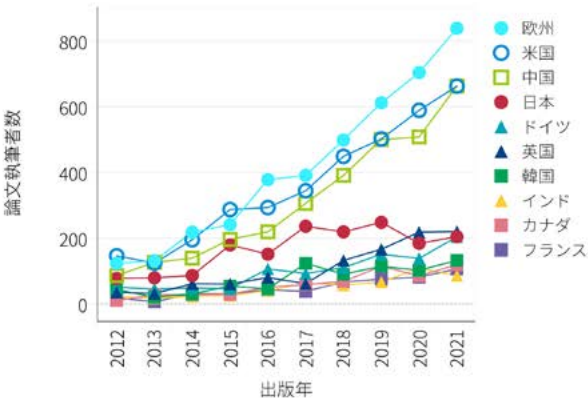
a)各国間の共著率（2012-2021）

(%)	米国	欧州	中国	日本	ドイツ	英国	韓国	インド	カナダ	フランス	論文数 (件)
米国	\	7.9	6	2.8	2.8	3.1	2.3	1.7	3	1.3	1,011
欧州	10	\	4	2.2	7.8	8.7	1	0.9	1.8	4.2	780
中国	8	4.1	\	3.4	1.1	5	1.5	0.66	3.6	0.92	761
日本	5.7	3.5	5.3	\	2.3	2.5	0.41	0	1.2	0.82	488
ドイツ	10	22	2.9	4	\	6.6	1.1	0	1.8	3.3	273
英国	11	25	14	4.4	6.7	\	1.1	2.6	3.7	3.7	270
韓国	11	3.7	5.1	0.93	1.4	1.4	\	2.3	0.47	1.9	215
インド	9.2	3.8	2.7	0	0	3.8	2.7	\	0.54	0.54	185
カナダ	18	8.3	16	3.6	3	6	0.59	0.59	\	1.8	168
フランス	9.4	24	5	2.9	6.5	7.2	2.9	0.72	2.2	\	139

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	61	5	21
Tohoku University	日本	2	55	2	8
University of Tokyo	日本	3	51	0	3
Texas A&M University College Station	米国	4	38	1	7
ETH Zurich	スイス	6	36	4	16
Harbin Institute of Technology	中国	6	36	0	4
Imperial College London	英国	6	36	1	5
Tokyo Institute of Technology	日本	6	36	0	4
United States Department of Defense	米国	9	34	1	6
Waseda University	日本	9	34	0	4

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）

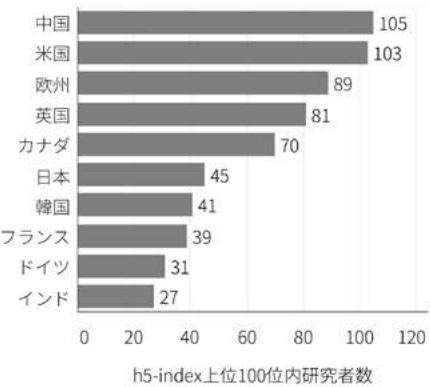


図 3.1-S2.9-3 災害対応ロボット領域における論文数の動向③

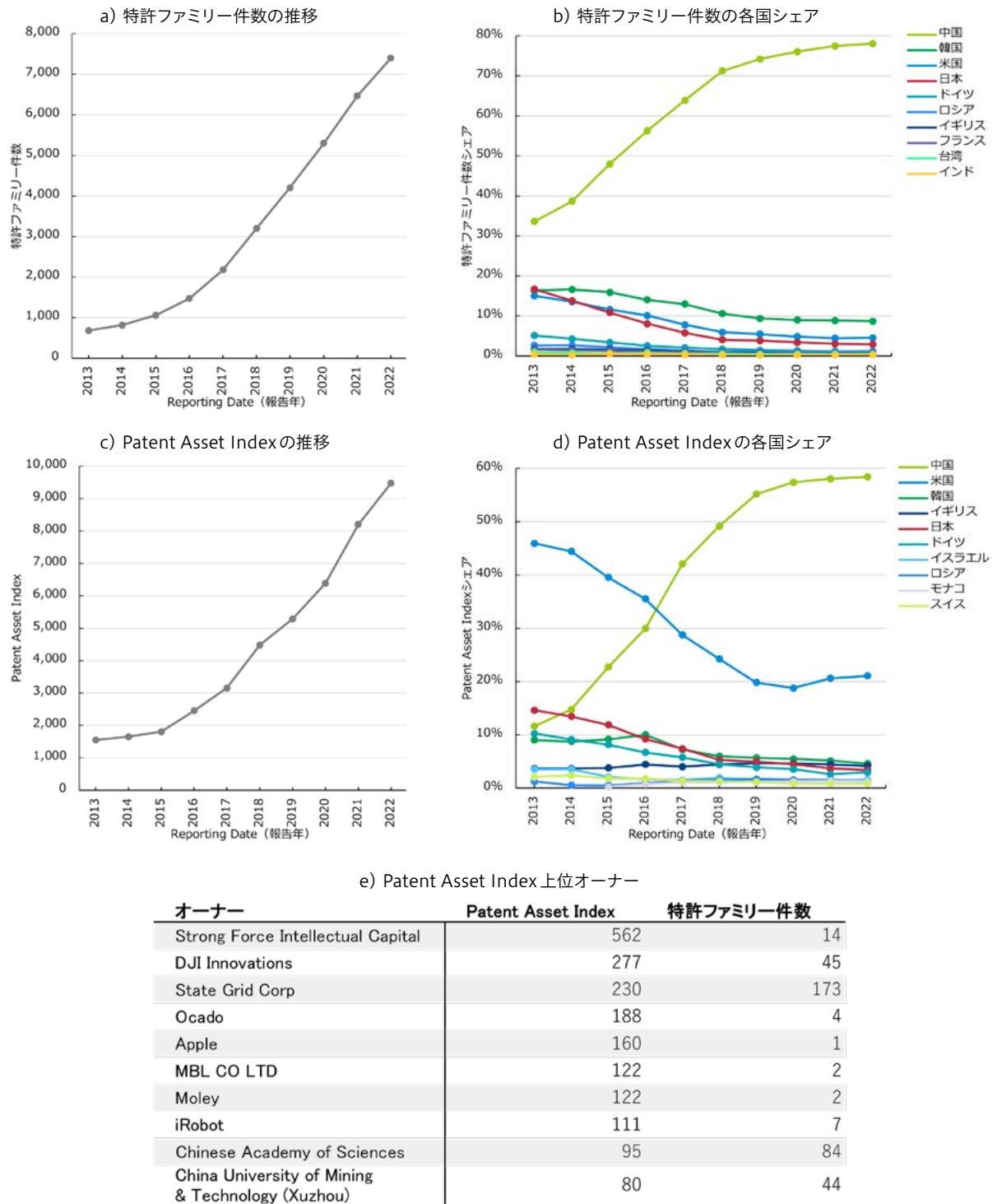


図 3.1-S2.9-4 災害対応ロボット領域における特許数の動向

3.1.S2.10 インフラ保守ロボット

領域の定義

現在、日本の建設業では、少子化に起因する若年就業者数の減少が進むと共に、これに起因する熟練技術者や技能者の不足が大きな問題となっている。また、高度経済成長期に集中的に整備された膨大な社会資本が老朽化したため、インフラの維持管理・更新が急務であるが、この分野においても、同様の問題が発生している。これらの問題を解決するため、現在、ICTやロボット工学を適用した、建設機械やインフラ点検の自動化・省人化技術に関する研究開発が進められている。このように、新技術の創出ではなく、既存のロボット技術を建設分野に適用し、フィールド分野における新たな価値創出の実現を目指すものが、本研究開発領域である。

ポイント

- ・ 領域全体の論文数は約140件（2012年）から約600件（2021年）に大幅に増加している（図3.1-S2.10-1 a)）。
- ・ 論文数、国別シェアでは米中が1、2位。日本も2017年頃までは同ペースだったがその後失速。（図3.1-S2.10-1 b)、図3.1-S2.10-2 a)）
- ・ Top1%、10%論文では米国がダントツ、近年中国が追いつけている。日本は低調。（図3.1-S2.10-2 c)、図3.1-S2.10-2 d)）
- ・ 論文数上位機関は、スイス、米国、オーストラリア、フランス、韓国の順で、日本は20位に東大が入るのみ（図3.1-S2.10-3 b)）。
- ・ 特許ファミリー件数のシェアは、2013年時点で日米中韓が20%だったが、中国のみがシェアを伸ばし（2022年で70%強）、日米韓は10%を切った（図3.1-S2.10-4 b)）。
- ・ Patent Asset indexのシェアも、中国は2013年の10%から2022年には50%でトップ、米国は40%から20%台に低下、日本も20%から7%に低下（図3.1-S2.10-4 d)）。

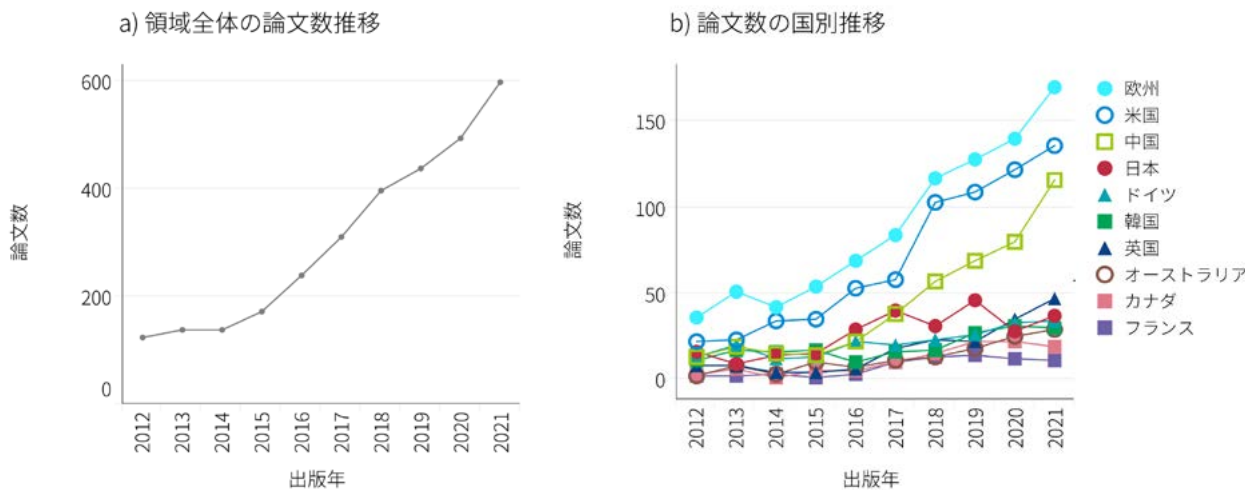


図3.1-S2.10-1 インフラ保守ロボット領域における論文数の動向①

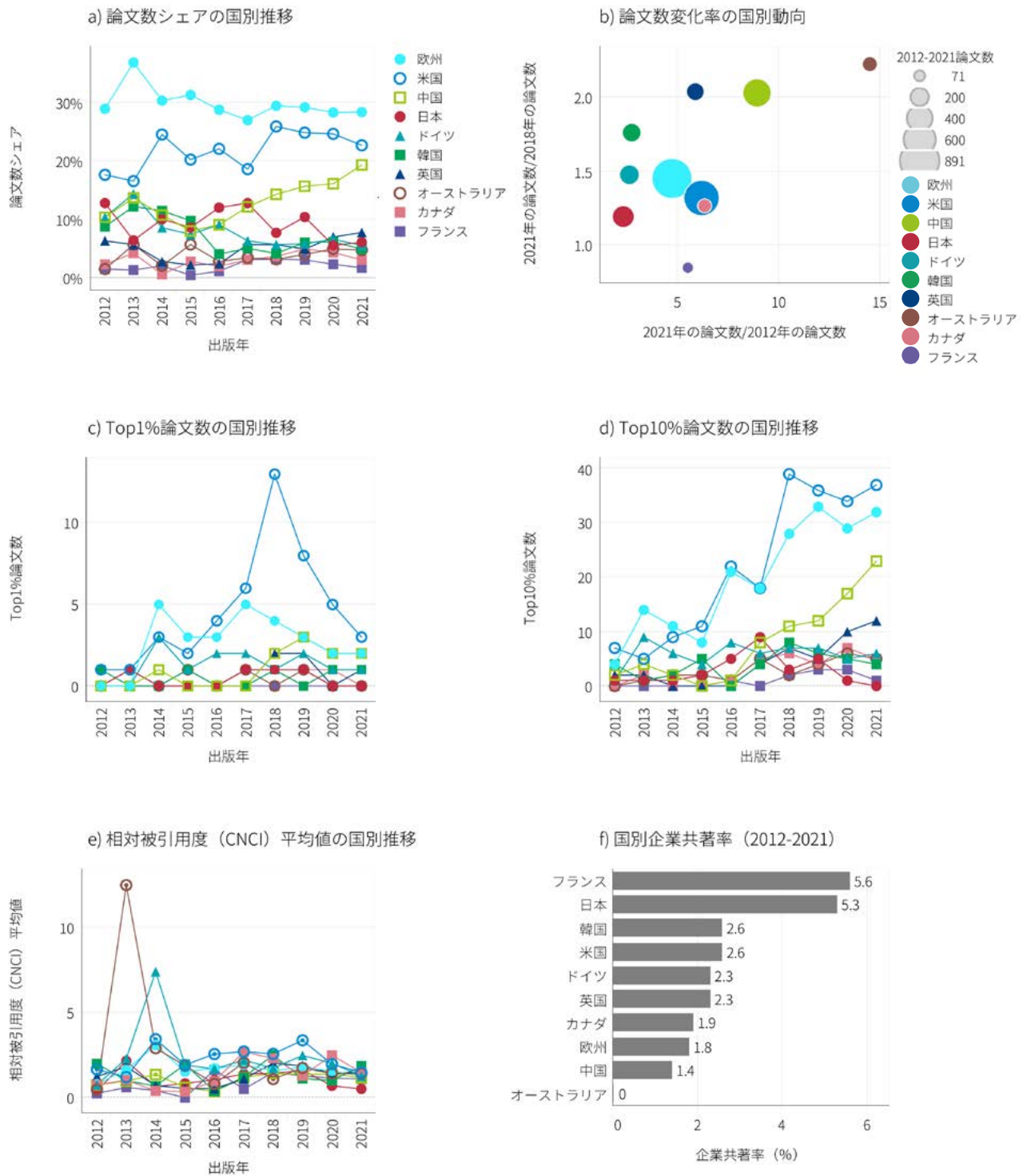


図3.1-S2.10-2 インフラ保守ロボット領域における論文数の動向②

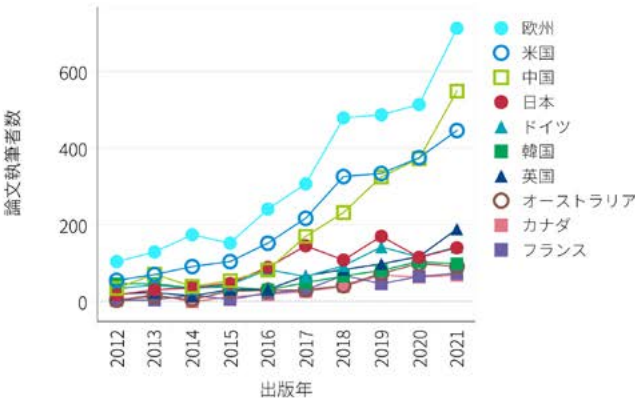
a)各国間の共著率（2012-2021）

(%)	米国	欧州	中国	日本	ドイツ	韓国	英国	カナダ	インド	フランス	論文数 (件)
米国	\	6	6.8	1.6	2.6	3.2	1.4	2.2	0.86	0.14	695
欧州	6.4	\	2.9	0.91	5.6	0.45	4.7	0.91	1.1	2.9	661
中国	10	4.2	\	1.5	0.66	0.22	4.6	2.6	1.3	0.66	456
日本	4.2	2.3	2.6	\	1.1	0.38	0	0	0.38	1.5	265
ドイツ	8.3	17	1.4	1.4	\	0.46	2.8	0.46	0.46	1.9	216
韓国	11	1.6	0.52	0.52	0.52	\	1.6	0.52	1	0	192
英国	5.7	18	12	0	3.4	1.7	\	4.6	0.57	2.3	175
カナダ	14	5.6	11	0	0.93	0.93	7.4	\	0.93	0.93	108
インド	6.4	7.5	6.4	1.1	1.1	2.1	1.1	1.1	\	0	94
フランス	1.4	27	4.2	5.6	5.6	0	5.6	1.4	0	\	71

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
ETH Zurich	スイス	1	40	5	17
Massachusetts Institute of Technology (MIT)	米国	2	35	0	11
University of Nevada Reno	米国	3	33	5	17
University of Michigan	米国	4	31	2	6
University of Technology Sydney	オーストラリア	5	29	1	7
Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)	フランス	6	28	0	4
Korea Advanced Institute of Science & Technology (KAIST)	韓国	7	27	1	11
Helmholtz Association	ドイツ	8	25	1	9
Texas A&M University College Station	米国	8	25	2	8
University of Tokyo	日本	20	18	0	2

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）

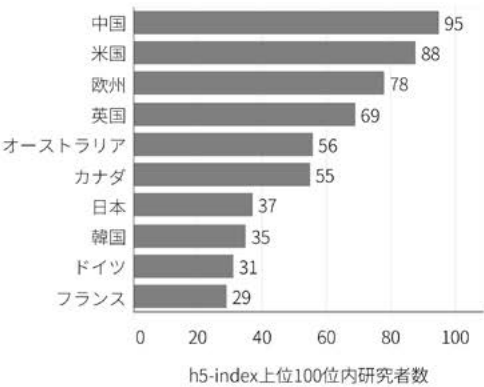


図3.1-S2.10-3 インフラ保守ロボット領域における論文数の動向③

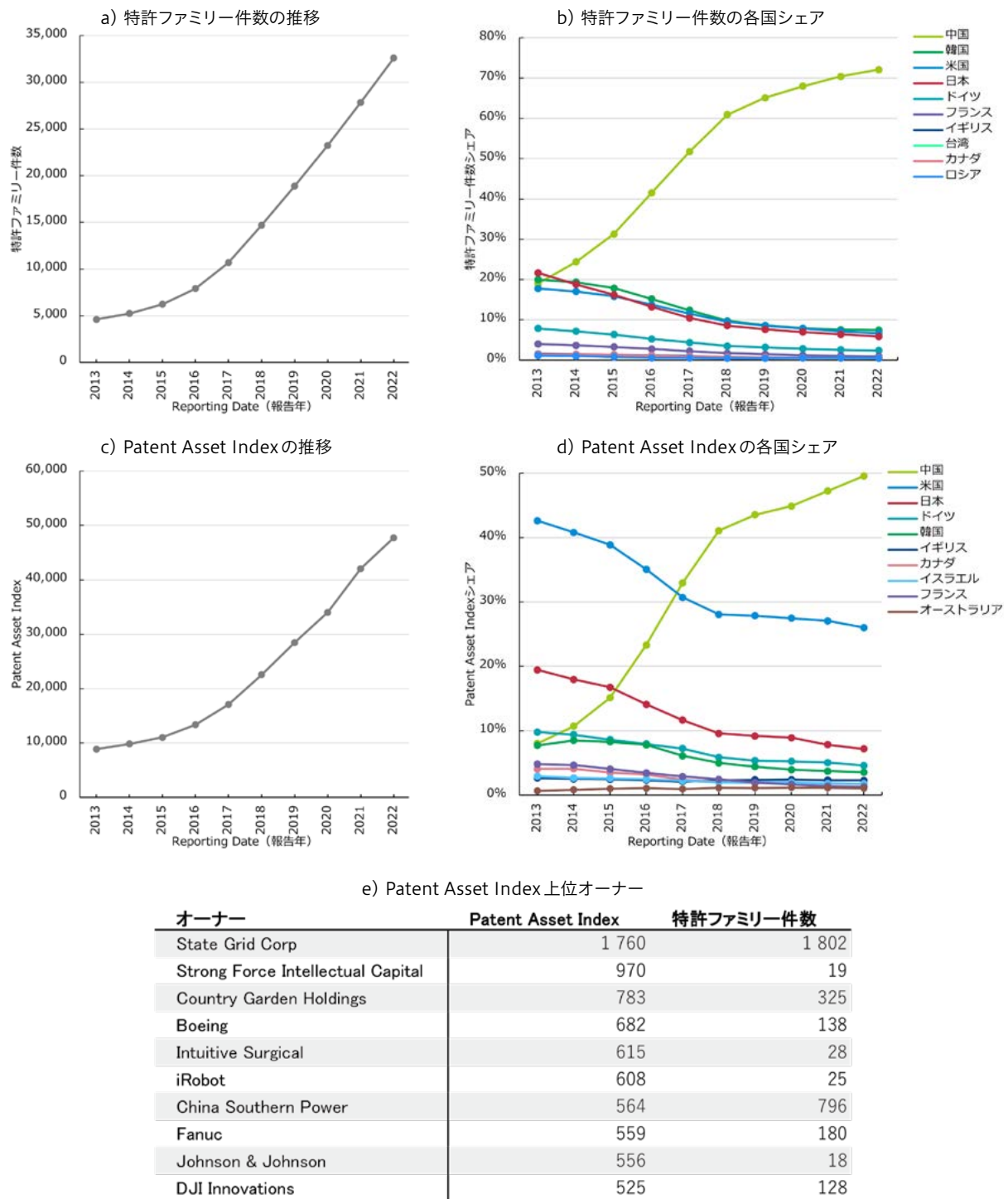


図 3.1-S2.10-4 インフラ保守ロボット領域における特許数の動向

3.1.S2.11 農林水産ロボット

領域の定義

わが国の農林水産業を取り巻く環境は大きく変化している。農業従事者の減少、地域社会の衰退、自然災害の頻発、地球温暖化の進行などは、日本の農業物生産に大きな影響を及ぼしており、それらへの対応が急務である。さらには、新型コロナウイルスのパンデミックや、ウクライナ紛争の勃発などにより食料サプライチェーンの脆弱さが露呈し、食料安全保障の重要性が再認識された。このような状況の中、地域資源の最大活用、脱炭素化、労力軽減・生産性向上等の実現に向けて、農林水産業へのロボティクスの導入は強く求められている。また、世界においても、現場の効率化や労働力不足の他、地球温暖化、干ばつ、環境負荷低減への対応の中で、人に代わって自動で作業を行うロボットの開発が進行している。本領域は、農業（施設園芸、露地栽培、果樹栽培）、林業、水産業に対して、地域資源の最大活用、脱炭素化、労力軽減・生産性向上等の実現するためのロボット技術の研究開発動向を対象とする。

ポイント

- ・ 領域全体の論文数は約200件（2012年）から約1700件（2021年）に大幅に増加している（図3.1-S2.11-1 a））。
- ・ 論文数、シェアとも中国、米国が二強。日本は3位グループに埋もれる。（図3.1-S2.11-1 b）、図3.1-S2.11-2 a）
- ・ Top1%、10%も米中の争いで、日本は存在感が薄い（図3.1-S2.11-2 c）、図3.1-S2.11-2 d））。
- ・ 論文数上位機関では中国が1位、次いでノルウェーや米国が続く、日本は香川大が9位に食い込む（図3.1-S2.11-3b））。
- ・ 特許ファミリー件数シェアは中国1強、2022年段階で70%を超えるシェアを持つ（図3.1-S2.11-4 b））。
- ・ Patent Asset indexシェアは米国が30%から20%のシェアをもつものの、中国が50%のシェアを確保（図3.1-S2.11-4 d））。

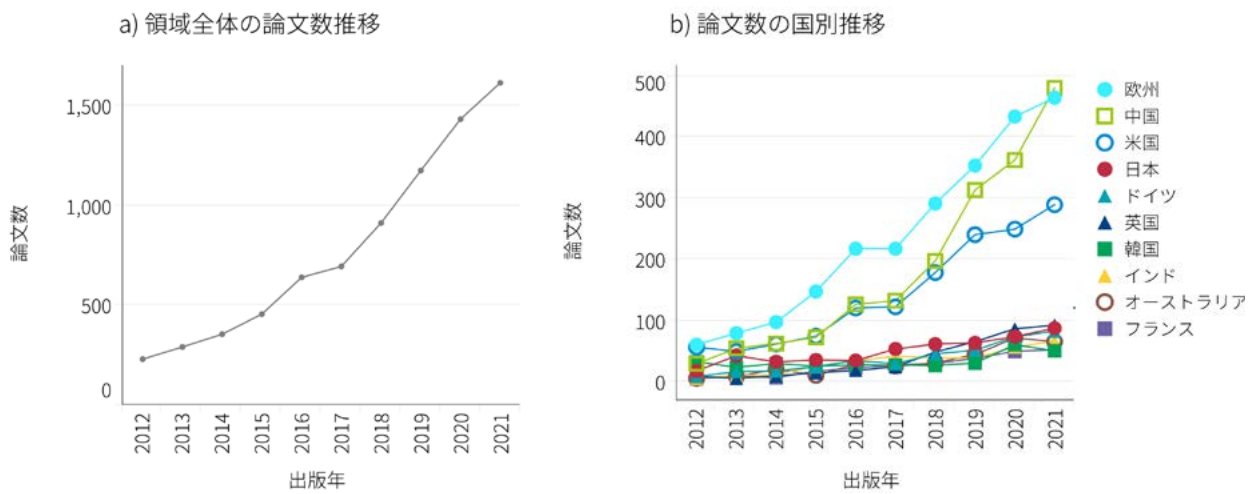


図3.1-S2.11-1 農林水産ロボット領域における論文数の動向①

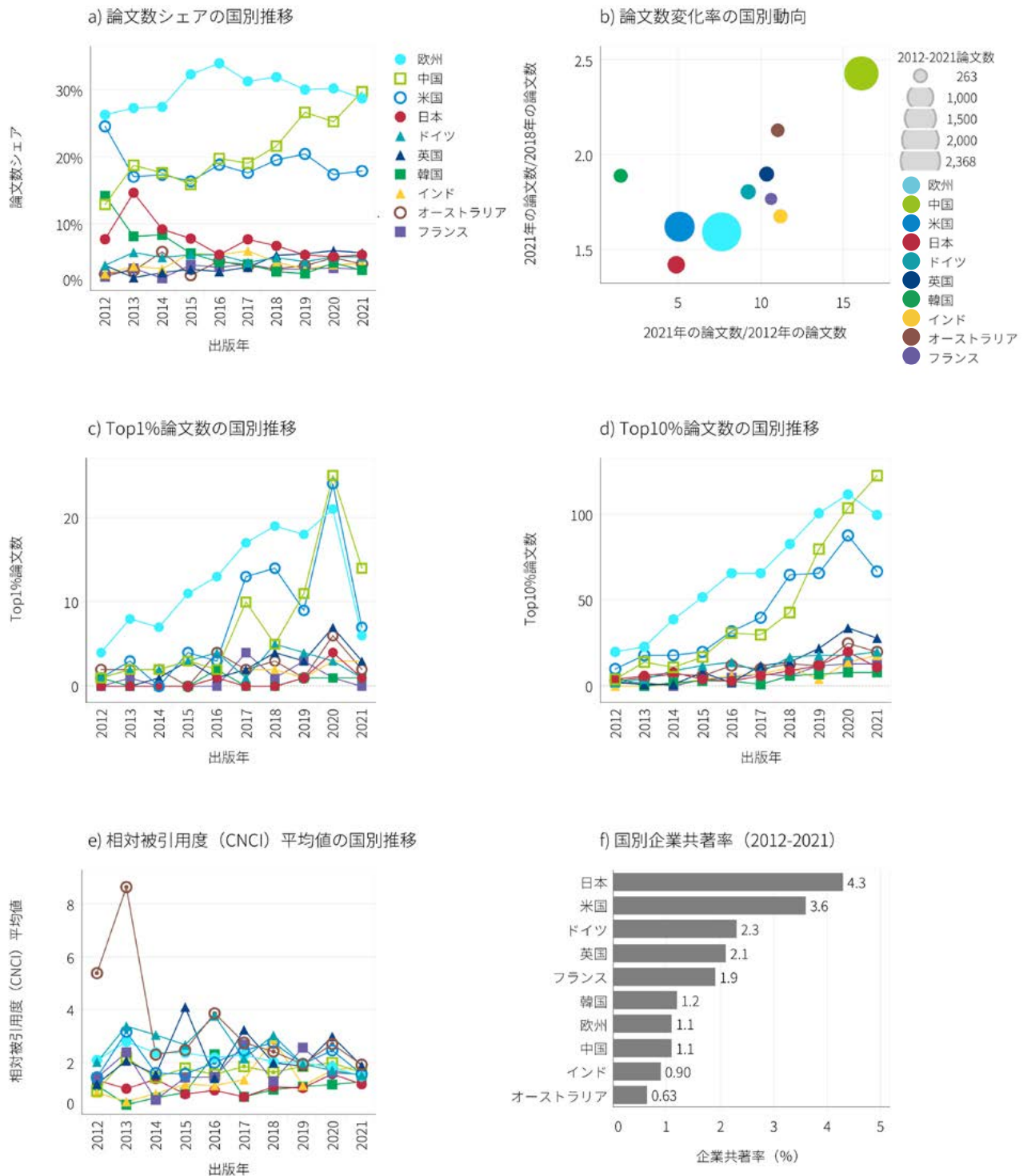


図 3.1-S2.11-2 農林水産ロボット領域における論文数の動向②

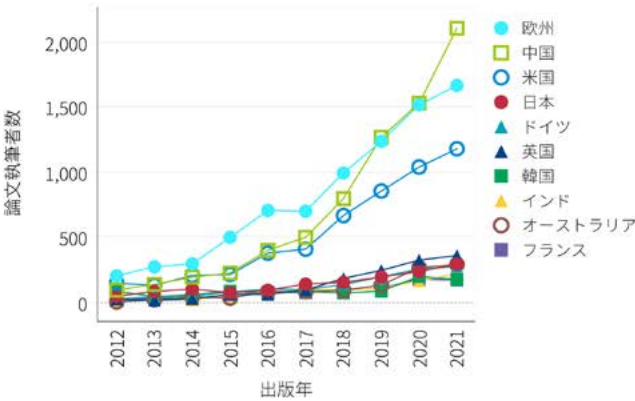
a)各国間の共著率（2012-2021）

(%)	欧州	中国	米国	日本	ドイツ	英国	韓国	インド	フランス	カナダ	論文数 (件)
欧州	\	1.7	7.2	0.69	5	5.9	0.16	0.9	3.8	0.85	1,888
中国	1.7	\	11	5.8	1.6	3.2	0.59	0.49	1.4	2.6	1,850
米国	9.4	15	\	1.7	2.6	3.7	2	1.2	1.7	2.4	1,450
日本	2.6	21	4.9	\	0.59	1.4	0.39	1.4	1.2	0.39	507
ドイツ	24	7.7	9.8	0.77	\	6.4	1.3	1.3	3.9	2.3	389
英国	29	16	14	1.9	6.6	\	1.6	1.6	4.2	2.4	379
韓国	0.89	3.3	8.6	0.59	1.5	1.8	\	1.2	0.29	0.29	339
インド	5.1	2.7	5.4	2.1	1.5	1.8	1.2	\	0.9	1.5	335
フランス	27	9.9	9.1	2.3	5.7	6.1	0.38	1.1	\	1.9	263
カナダ	6.5	19	14	0.81	3.6	3.6	0.4	2	2	\	248

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 Chinese Academy of Sciences, CAS	中国	1	121	2	20
Norwegian University of Science & Technology (NTNU)	ノルウェー	2	100	5	29
United States Department of Agriculture (USDA)	米国	3	97	6	34
Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)	フランス	4	88	1	16
China Agricultural University	中国	5	82	4	31
Beijing Institute of Technology	中国	6	76	0	21
Zhejiang University	中国	7	75	1	14
Massachusetts Institute of Technology (MIT)	米国	8	74	4	26
Kagawa University	日本	9	73	0	22
Peking University	中国	10	69	1	24

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）

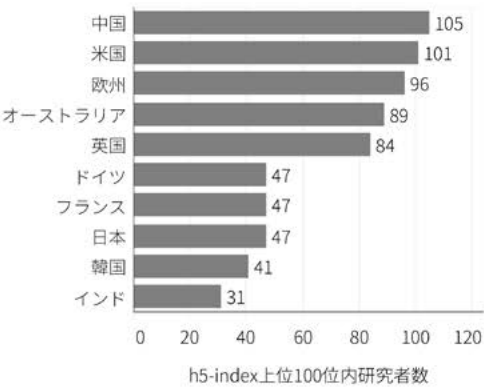


図3.1-S2.11-3 農林水産ロボット領域における論文数の動向③

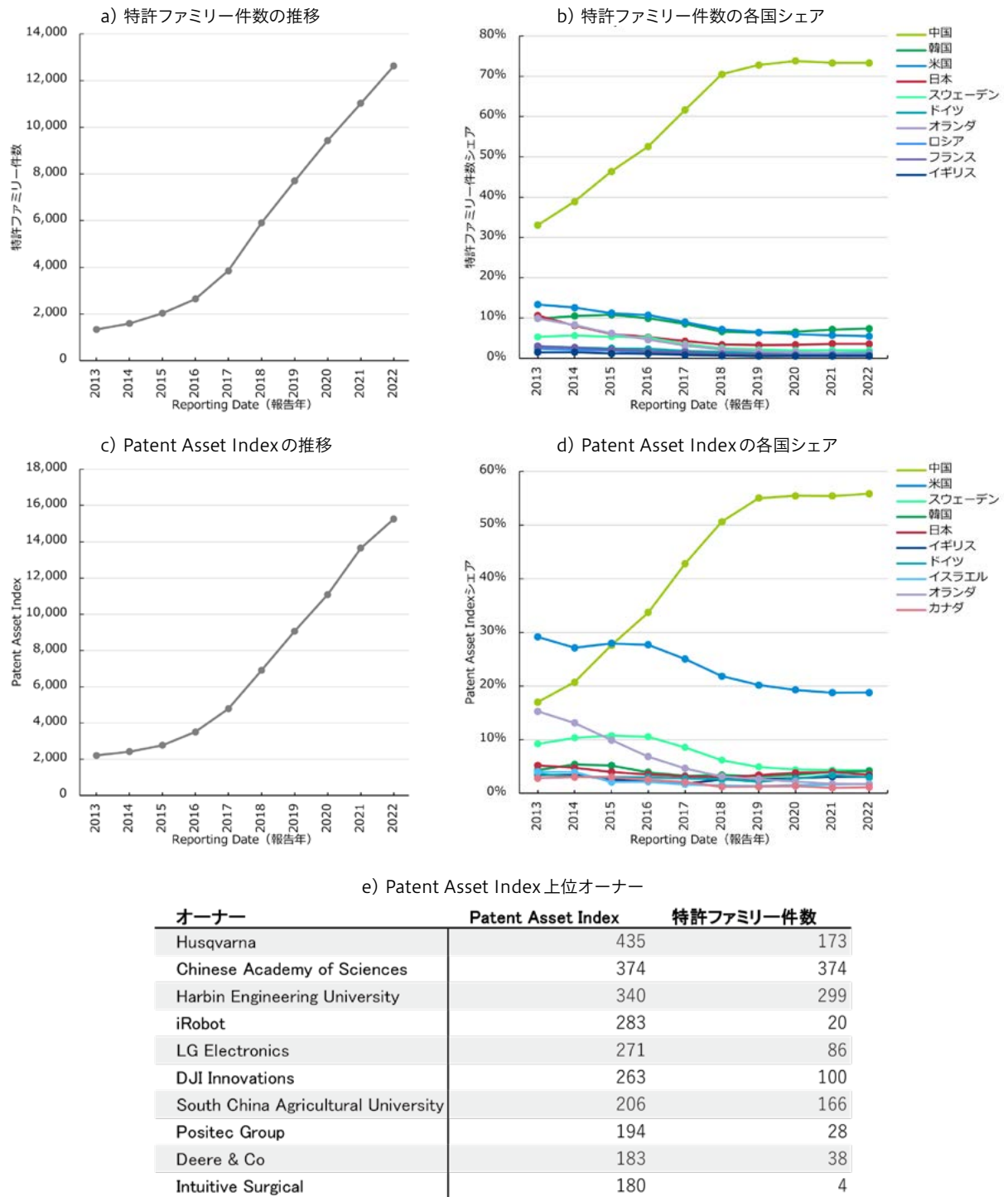


図 3.1-S2.11-4 農林水産ロボット領域における特許数の動向