

ニーズ即応型技術動向調査

「非ノイマン型AIハードウェアチップ」

(令和2年度機動的ミクロ調査)

令和3年4月

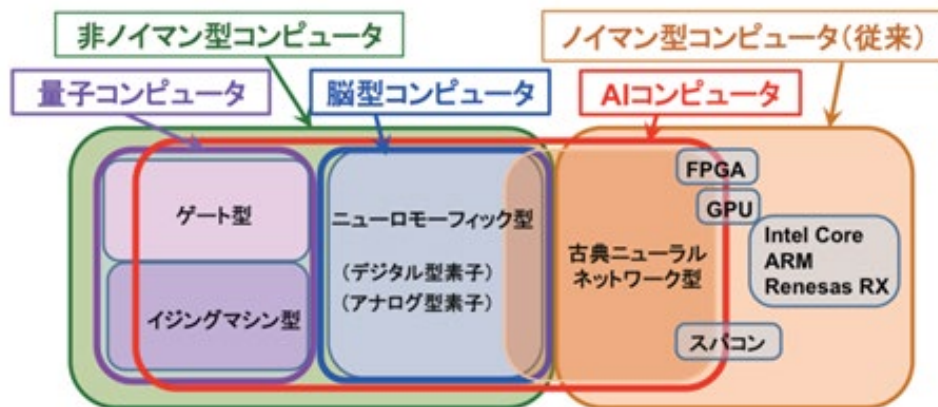
特許庁

1. 技術概要

■AI（人工知能）技術、IoT、ビッグデータ解析などが普及する中、大量のデータや情報を瞬時に処理可能な次世代コンピュータとして非ノイマン型コンピュータが注目されている。

■非ノイマン型コンピュータ技術の人工知能への活用は、半導体微細化の限界、CMOSを超えた技術（Beyond CMOS）への期待、新たな不揮発性メモリ技術の開発等の技術的背景からも、AIを支えるハードウェア研究として注目されている。

■本調査では、AIに用いられる非ノイマン型コンピュータ技術のうち、脳の神経回路網をハードウェアとして実装したコンピュータである脳型（ニューロモーフィック）コンピュータに用いられるハードウェアチップに係る技術を調査対象とした。



【語句定義】

ノイマン型コンピュータ：メモリにデータとプログラムを内蔵、メモリの命令を逐次取り出しプロセッサで実行
非ノイマン型コンピュータ：ノイマン型以外

AIコンピュータ：機械学習、組合せ最適化等の演算処理を行う（プロセッサ、メモリ等の集合体）

脳型コンピュータ（ニューロモーフィック）：ニューロン・シナプスのような脳機能を模倣するデジタル素子やアナログ素子で演算処理を行う

量子コンピュータ（ゲート型）：ロジック演算を行う

量子コンピュータ（イジングマシン型）：アニーリング等、組合せ最適化問題に特化した演算を行う

出所：新エネルギー・産業技術総合開発機構のHP

2. 市場動向

■国内のAIシステム市場は、2019～2024年の年間平均成長率（CAGR）33.4%で推移し、2024年には3,458億8,600万円になると予測されている。（「IDC Japan」の予測）

■国内AI主要8市場（「画像認識」、「音声認識」、「音声合成」、「テキスト・マイニング／ナレッジ活用」、「翻訳」、「検索・探索」、「時系列データ分析」、「機械学習自動化プラットフォーム」、の計8つの市場）のCAGR（2019～2024年度）は20.6%で、2024年度には980億円に達すると予測している。（「アイ・ティ・アール社」の予測）

■ニューロモーフフィックコンピューティング技術の世界市場については、各調査会社により予測がなされている。

調査会社	時期	予測額（米ドル）	CAGR	発表年月
QYResearch 社（米）：ニューロモーフフィックコンピューティング	2029年	34.4億	90.0% （2023～2029年）	2020/3
Research And Markets 社（米）：ニューロモーフフィックチップ	2027年	104億	24.2% （2020～2027年）	2020/7
360 Market Updates 社（米）：ニューロモーフフィックチップ	2023年	60.3億	27.2% （2018～2023年）	2018/3

3. 政策動向

- 内閣府は、人工知能技術戦略実行計画の中で、研究開発において「AIと親和する脳型、量子等の革新的コンピューティング技術等について、具体的な目標を設定して産学官が一体となって研究開発を重点的に推進する」を施策テーマに掲げ、具体的な取り組みとして、2027年度中に「消費電力性能で従来比 100 倍以上を実現する技術を確立」を目標としている。
- 米国は、国防高等研究計画局（DARPA）において、「AINext」キャンペーンと呼ばれる新規および既存のプログラムを支援している。

非ノイマン型AIハードウェアチップの主な政策の例(日本)

管轄機関/ 担当組織	政策・プロジェクト名	時期、予算
内閣府	【人工知能技術戦略実行計画】「高効率・高速処理を可能とする AI チップ・次世代コンピューティング の技術開発事業を立ち上げ、技術開発を実施」	2027 年度
経済産業省	【産業技術ビジョン 2020】「知的資本主義経済を動かす Intelligence of Things・人間拡張、それらを支える次世代コンピューティング等のデジタルテクノロジー」などを掲げ、研究開発ポイントとする。	2020 年 5 月 29 日
文部科学省	【Society5.0 を支える革新的コンピューティング技術の創出】「情報処理を質的に大転換させる新たなコンピューティング技術の創出」、「アルゴリズム、アーキテクチャ等の技術レイヤーを連携・強調させた高効率コンピューティング技術の創出」	2025 年度まで
NEDO	【高効率・高速処理を可能とする AI チップ・次世代コンピューティングの技術開発】「革新的 AI エッジコンピューティング技術の開発」、「次世代コンピューティング技術の開発」	2016~2027 年、2020 年度予算 95.0 億円
産業技術総合研究所/東京大学	「産総研・東大 AI チップデザインオープンイノベーションラボラトリー」を設立し、産業界との橋渡しを推進する。	2019 年
JST	【国際科学技術協力基盤整備事業】「AI チップ技術に向けた三次元異種機能集積 hCFETs」（産業技術総合研究所）	2020~2022 年
	【戦略的創造研究推進事業】「スパイクングネットによるエッジでのリアルタイム学習基盤」（産業技術総合研究所）	2019~2024 年
	【A-STEP】「次世代 AI チップ実現に向けたセンサ・インタフェース技術の開発」（東京理科大学）	2019~2020 年
JSPS	【科学研究費助成事業】「光-物質ハイブリッド状態を用いたニューロモルフィック機能の創出と高度化」（京都工芸繊維大学）、「酸素空孔分布のトポロジー制御を機能原理とするヘテロシナプスプラットフォームの創生」（大阪大学）など 43 件	2020~2024 年 【プロジェクト全体】 5.8 億円

非ノイマン型AIハードウェアチップの主な政策の例(各国)

国	管轄機関	政策・プロジェクト名	時期、予算
米国	DARPA	「Hyper-Dimensional Data Enabled Neural Networks (HyDDENN)」、「μBRAIN」、「Intelligent Neural Interfaces (INI)」など	2018 年～： 20 億ドル
欧州	EU	【ヒューマン・ブレイン・プロジェクト】「SpiNNaker」	2013 ～ 2023 年： 8,900 万ユーロ/年
		【HORIZON2020】「Ferroelectric Resistors as Emerging Materials for Innovative Neuromorphic Devices」、「Materials for Neuromorphic Circuits」、「Technology and hardware for Neuromorphic computing」など、63 テーマ	2015 ～ 2025 年：約 3 億 7 千ユーロ
中国	工業情報化部	「次世代人工知能発展三カ年行動計画」	2018~2020 年：1,500 億元（約 2 兆 5,500 億円）

4. 調査内容

- 調査対象：非ノイマン型AIハードウェアチップ
- 出願先国(地域)：日本、米国、欧州、中国、韓国、カナダ、PCT
- 調査期間：
 - 特許文献：2007年～2018年（優先権主張年ベース）
 - 非特許文献 2007年～2021年（発行年ベース）
- 使用DB：
 - 特許文献 Derwent Innovation
 - 非特許文献 Web of Science
- 調査方法：検索式により母集団候補を抽出し、読込調査により、ノイズ排除と技術区分付与を行った。

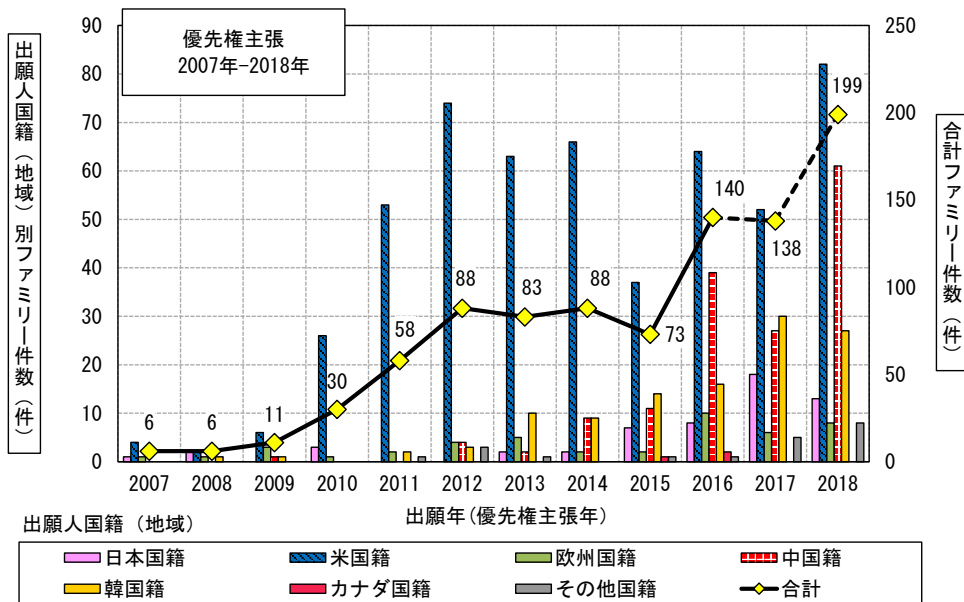
■ 技術区分：

大区分	小区分	大区分	小区分
1. 技術階層	デバイス要素技術	3. 実現手段としての記憶素子	メモリスタ
	アーキテクチャ技術		相変化型メモリ
	セル構造		抵抗変化型メモリ
	システム		磁気抵抗型メモリ
	補助技術		不揮発性メモリ（その他）
	その他		その他特定メモリ
2. 使用している人工知能形式	CNN（畳み込みニューラルネットワーク）	4. 用途・機能	画像・映像処理
	RNN（再帰型ニューラルネットワーク）		音声認識
	GAN（敵対的生成ネットワーク）		健康・医療・介護
	BNN（バイナリニューラルネットワーク）		自動運転、経路案内
	SNN（スパイク型ニューラルネットワーク）		ロボット制御
	ベイジアン		インフラ等社会基盤
	方式共通技術		その他用途・機能が特定されたもの
	その他の人工知能形式		用途・機能が特定されていないもの

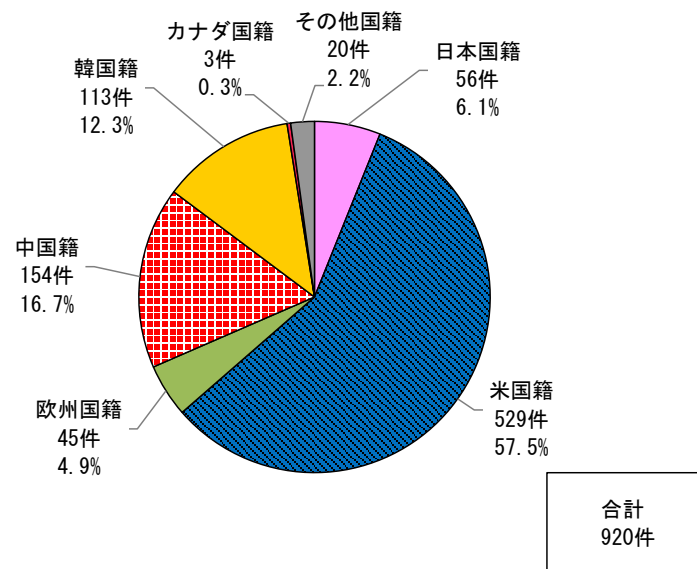
5. 特許出願動向－全体動向（出願人国籍（地域）別件数推移及び件数比率）－

- 「非ノイマン型AIハードウェアチップ」関連技術の特許出願件数は、一時的（2015年）な落ち込みはあるものの、2015年以降の中国籍及び韓国籍の増加の影響で、全体としては増加傾向にある。
- 米国籍が57.5%と最多で、次いで中国籍16.7%、韓国籍12.3%、日本籍6.1%の順である。

出願人国籍（地域）別ファミリー件数推移
出願年（優先権主張年）2007年-2018年



出願人国籍（地域）別ファミリー件数比率
出願年（優先権主張年）2007年-2018年

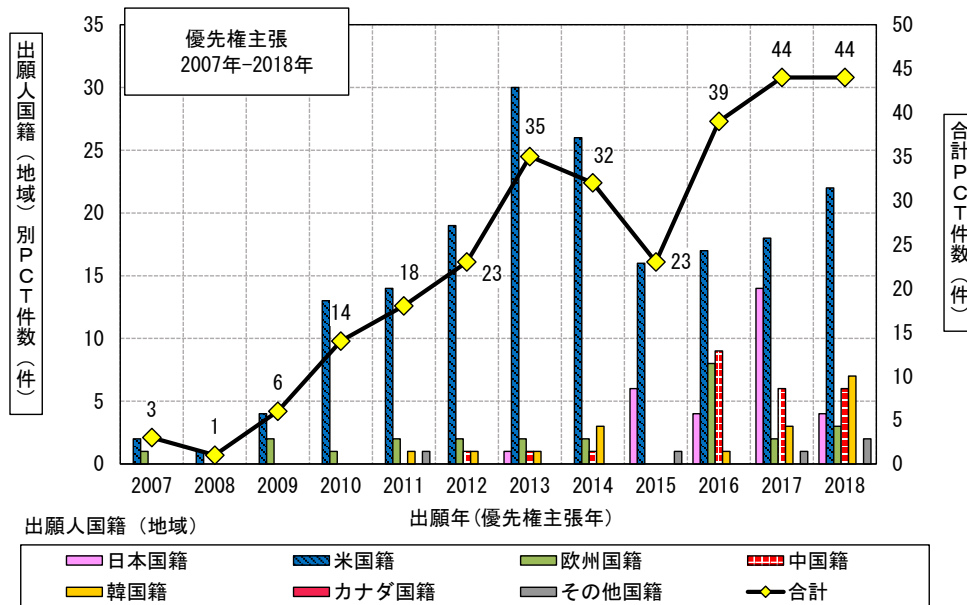


注) 2017年以降はデータベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で、全出願を反映していない可能性がある。

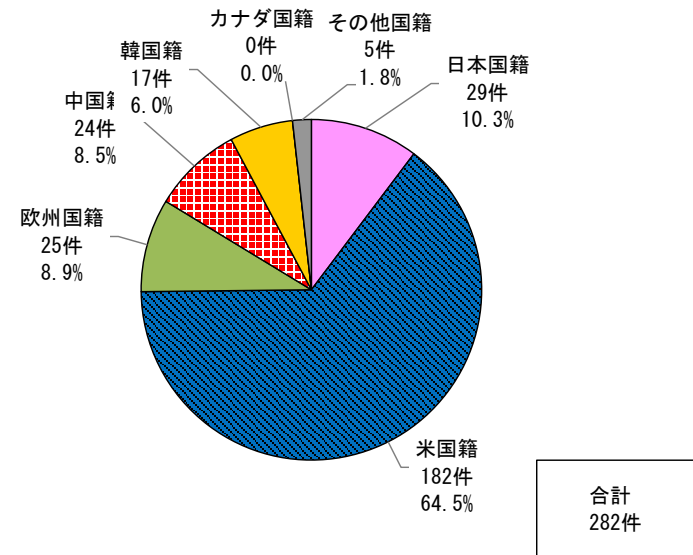
6. 特許出願動向－全体動向（出願人国籍（地域）別PCT出願件数推移及び比率）－

- PCT出願件数は、米国籍の2015年の落ち込みからの盛り返し、2016年以降の中国籍の一定の出願、及び2015年から2017年にかけての日本国籍の出願増加により、一時的な落ち込みを除いて増加傾向にある。
- 米国籍が64.5%で最も多く、日本籍10.3%、欧州籍8.9%、中国籍8.5%と続いている。

出願人国籍（地域）別PCT出願件数推移
出願年（優先権主張年）2007年-2018年



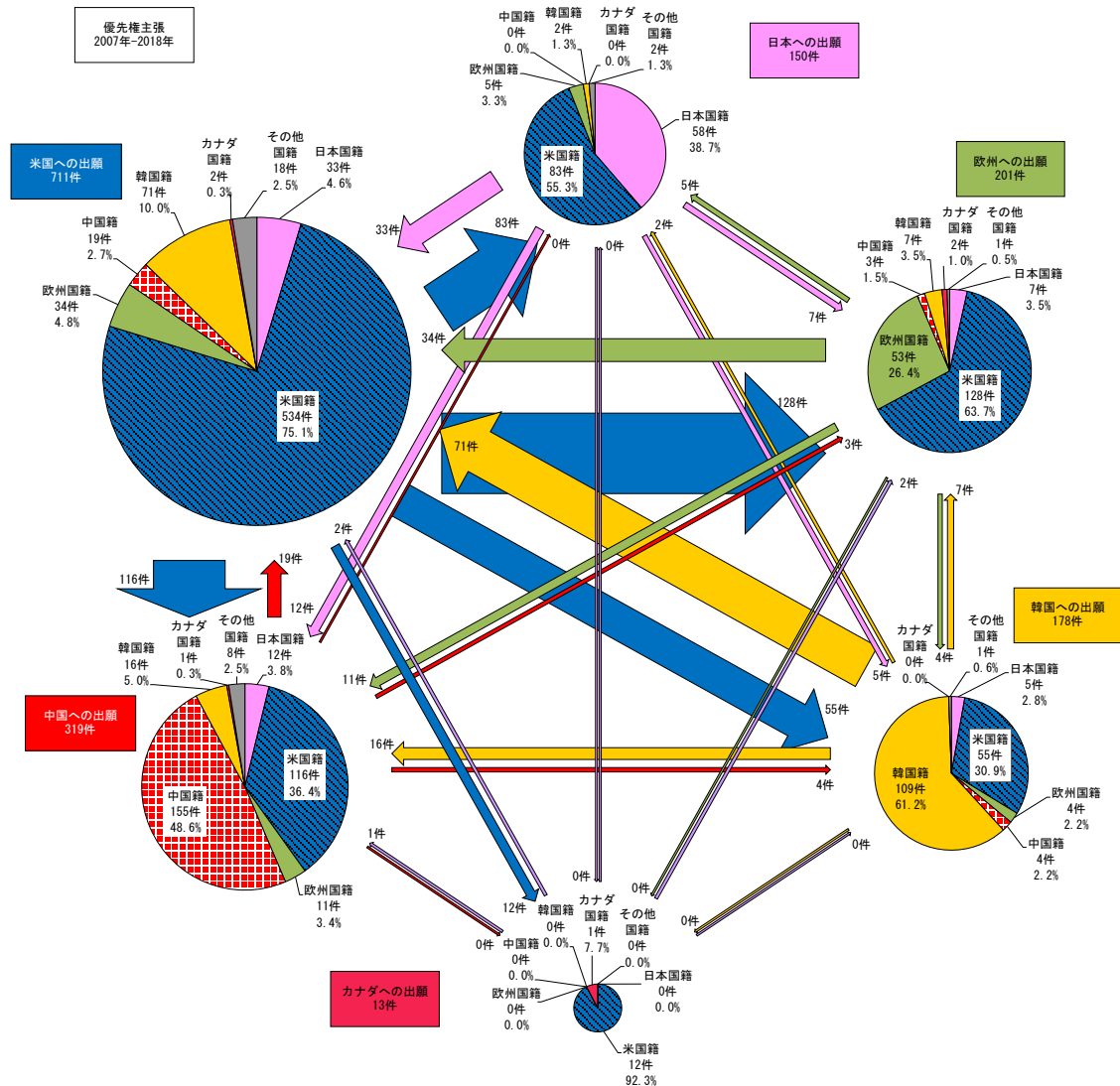
出願人国籍（地域）別PCT出願比率
出願年（優先権主張年）2007年-2018年



7. 特許出願動向 - 全体動向（出願件数収支） -

■ 米国から他国（地域）への出願及び他国（地域）から米国への出願が総じて多い。

出願件数の
各国間の収支



8. 特許出願動向 - 全体動向（出願人別出願件数ランキング） -

- 米国籍出願人が最も多く、中でも大学等の教育機関が多くランクインしている。それに中国籍、韓国籍、日本籍と続いている。
- 日本国籍出願人は、上位2者（デンソー、半導体エネルギー研究所）が、自国だけでなく日米欧中韓カナダ・米国・欧州・韓国への出願件数上位ランキングにも名を連ね、存在感を示している。

出願人別ファミリー件数ランキング（全体）
出願年（優先権主張年）2007年-2018年

順位	出願人	ファミリー数
1	I B M (米国)	216
2	クゥアルコム (米国)	73
3	ブレインコーポレーション (米国)	45
4	インテル (米国)	31
5	SKハイニックス株式会社 (韓国)	30
6	清華大学 (中国)	19
6	三星電子 (韓国)	19
8	ヒューレット・パッカード・エンタープライズ (米国)	18
9	华中科技大学 (中国)	17
9	电子科技大学 (中国)	17
11	浦項工科大学校 (韓国)	15
11	HRL研究所 (米国)	15
13	株式会社デンソー	14
14	北京大学 (中国)	12
15	株式会社半導体エネルギー研究所	10
15	ソウル大学校 (韓国)	10
15	原子力・代替エネルギー庁 (フランス)	10
18	ハンヤン大学校 (韓国)	9
19	南京邮电大学 (中国)	8
20	BRAINCHIP (米国)	7
20	テネシー大学 (米国)	7
22	フロリダ大学 (米国)	6
23	富士通株式会社	5
23	上海磁宇信息科技有限公司 (中国)	5
23	シリコンストーリーテクノロジー (米国)	5
23	ノウムテック (米国)	5
23	カリフォルニア大学 (米国)	5
23	マイクロンテクノロジー (米国)	5
23	ミシガン大学 (米国)	5
23	江西理工大学 (中国)	5

出願先国（地域）別出願人別出願件数上位ランキング
出願年（優先権主張年）2007年-2018年

日米欧中韓カナダへの出願			日本への出願		
順位	出願人	件数	順位	出願人	件数
1	I B M (米国)	332	1	クゥアルコム (米国)	45
2	クゥアルコム (米国)	248	2	I B M (米国)	24
3	SKハイニックス株式会社 (韓国)	63	3	株式会社デンソー	15
4	インテル (米国)	52	4	株式会社半導体エネルギー研究所	12
5	三星電子 (韓国)	51	5	富士通株式会社	7
6	ブレインコーポレーション (米国)	43	6	フロリダ大学 (米国)	4
7	ヒューレット・パッカード・エンタープライズ (米国)	33	7	本田技研工業株式会社	3
8	株式会社半導体エネルギー研究所	31	7	インテル (米国)	3
9	株式会社デンソー	30	7	ヒューレット・パッカード・エンタープライズ (米国)	3
10	原子力・代替エネルギー庁 (フランス)	28	10	国立研究開発法人産業技術総合研究所	2
10	HRL研究所 (米国)	28	10	シャープ株式会社	2
			10	パナソニック株式会社	2
			10	国立研究開発法人科学技術振興機構	2
			10	慶谷大学	2
			10	三星電子 (韓国)	2

米国への出願			欧州への出願		
順位	出願人	件数	順位	出願人	件数
1	I B M (米国)	225	1	I B M (米国)	48
2	クゥアルコム (米国)	73	2	クゥアルコム (米国)	41
3	ブレインコーポレーション (米国)	42	3	原子力・代替エネルギー庁 (フランス)	19
4	インテル (米国)	30	4	インテル (米国)	13
5	SKハイニックス株式会社 (韓国)	29	5	三星電子 (韓国)	7
6	三星電子 (韓国)	17	6	HRL研究所 (米国)	6
7	ヒューレット・パッカード・エンタープライズ (米国)	16	7	ヒューレット・パッカード・エンタープライズ (米国)	5
7	HRL研究所 (米国)	16	7	オース (フランス)	5
9	株式会社デンソー	14	9	フロリダ大学 (米国)	4
10	原子力・代替エネルギー庁 (フランス)	8	10	株式会社半導体エネルギー研究所	3

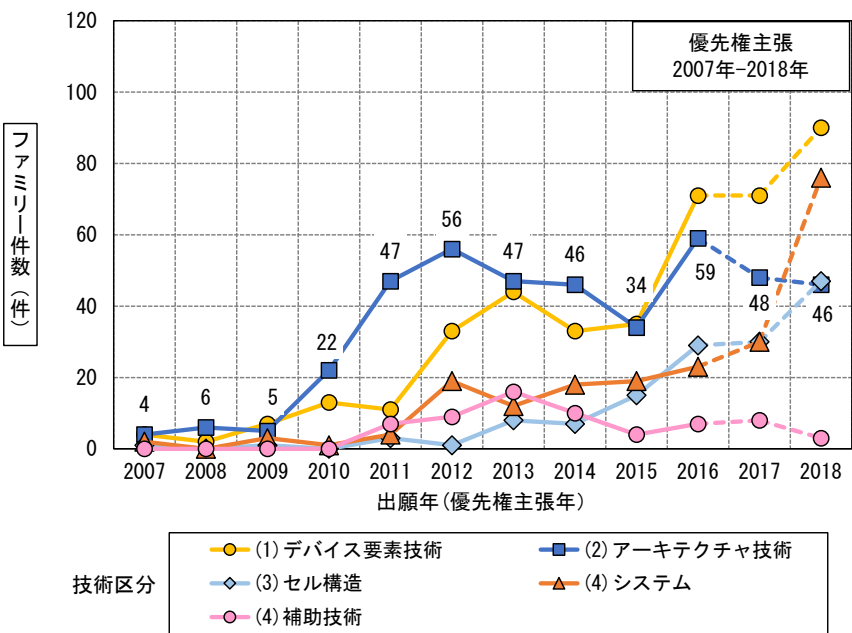
中国への出願			韓国への出願		
順位	出願人	件数	順位	出願人	件数
1	クゥアルコム (米国)	42	1	クゥアルコム (米国)	37
2	I B M (米国)	33	2	SKハイニックス株式会社 (韓国)	30
3	清華大学 (中国)	19	3	三星電子 (韓国)	17
4	华中科技大学 (中国)	17	4	浦項工科大学校 (韓国)	15
4	电子科技大学 (中国)	17	5	ソウル大学校 (韓国)	10
6	北京大学 (中国)	12	6	ハンヤン大学校 (韓国)	9
7	南京邮电大学 (中国)	8	7	株式会社半導体エネルギー研究所	5
7	三星電子 (韓国)	8	8	韓国電子通信研究院 (韓国)	4
9	ヒューレット・パッカード・エンタープライズ (米国)	6	8	フロリダ大学 (米国)	4
9	HRL研究所 (米国)	6	10	北京中科奥源科技有限公司 (中国)	3
9	杭州海创信息技术有限公司 (中国)	6	10	ヒューレット・パッカード・エンタープライズ (米国)	3
				イファ女子大学校 (韓国)	3
				明知大学校 (韓国)	3
				光州科学技術院 (韓国)	3

カナダへの出願		
順位	出願人	件数
1	クゥアルコム (米国)	10
2	APPLIED BRAIN RESEARCH (カナダ)	1
2	I B M (米国)	1
2	カリフォルニア大学 (米国)	1

9-(1). 特許出願動向 — 技術区分別動向—

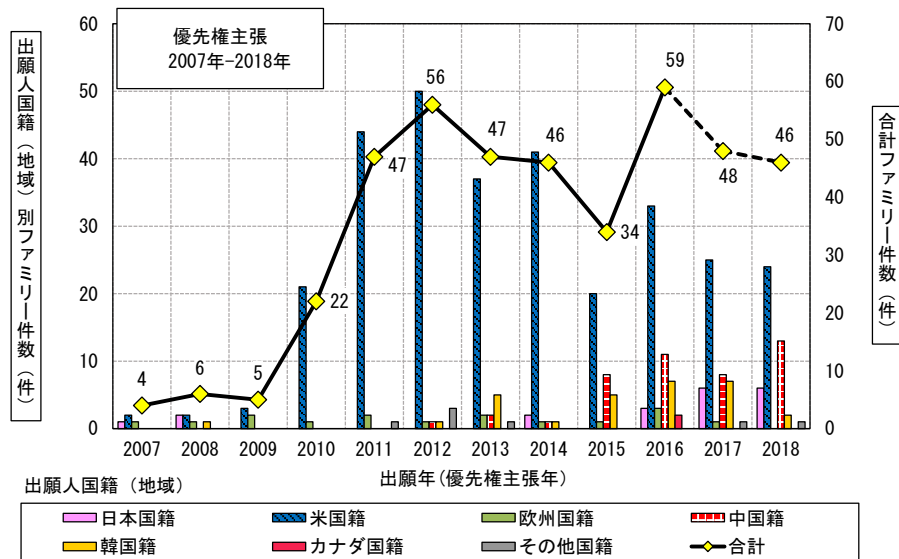
■ 「技術階層」では「アーキテクチャ技術」が多く、「デバイス要素技術」及び「システム」が増加傾向にある。

「技術階層」各技術別ファミリー件数推移



注) 2017年以降は、データベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で、全出願データを反映していない可能性がある。

出願人国籍(地域)別「アーキテクチャ技術」についてのファミリー件数推移

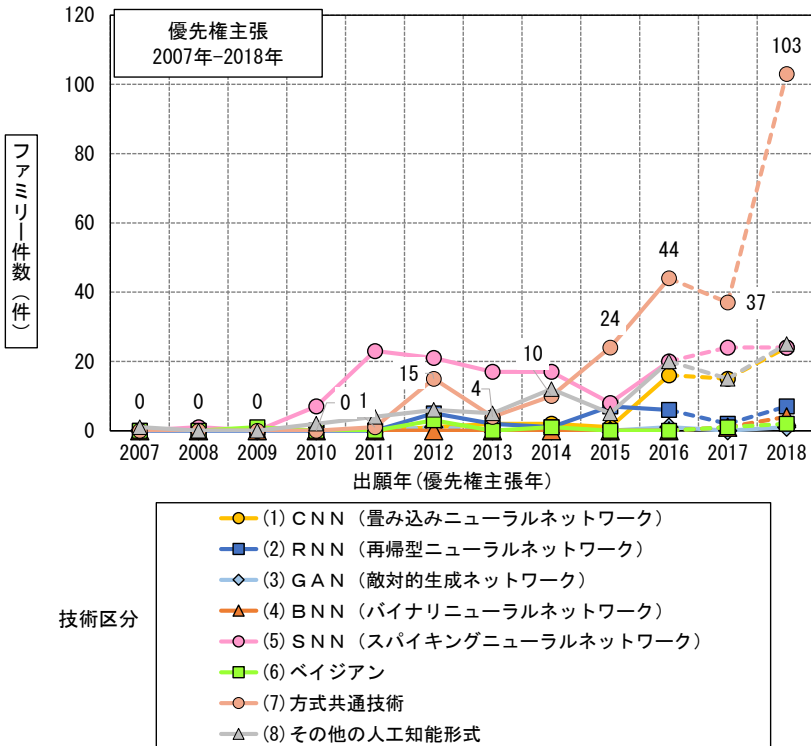


注) 2017年以降は、データベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で、全出願データを反映していない可能性がある。

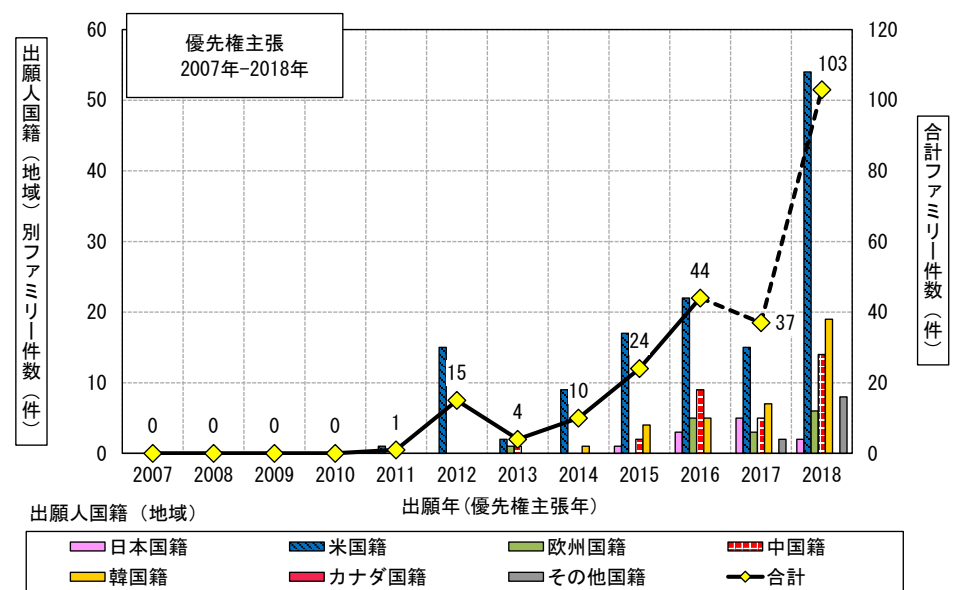
9-(2). 特許出願動向 — 技術区分別動向—

- 「使用している人工知能形式」では「方式共通技術」の増加が顕著であり、件数も他と比べ突出している。

「使用している人工知能形式」各技術別ファミリー件数推移



出願人国籍 (地域) 別「方式共通技術」についてのファミリー件数推移



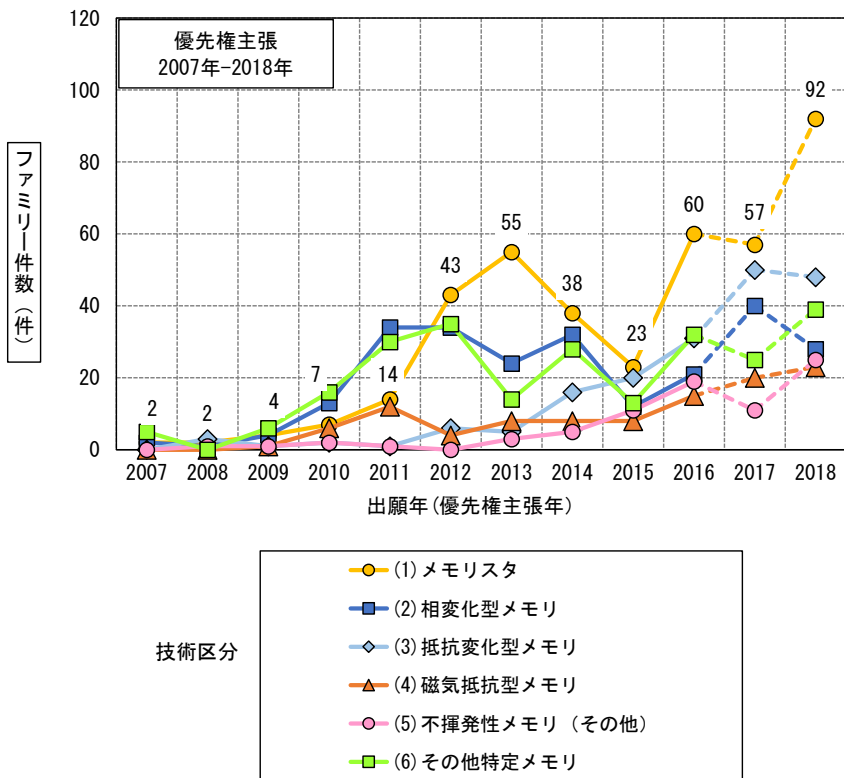
注) 2017年以降は、データベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で、全出願データを反映していない可能性がある。

注) 2017年以降は、データベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で、全出願データを反映していない可能性がある。

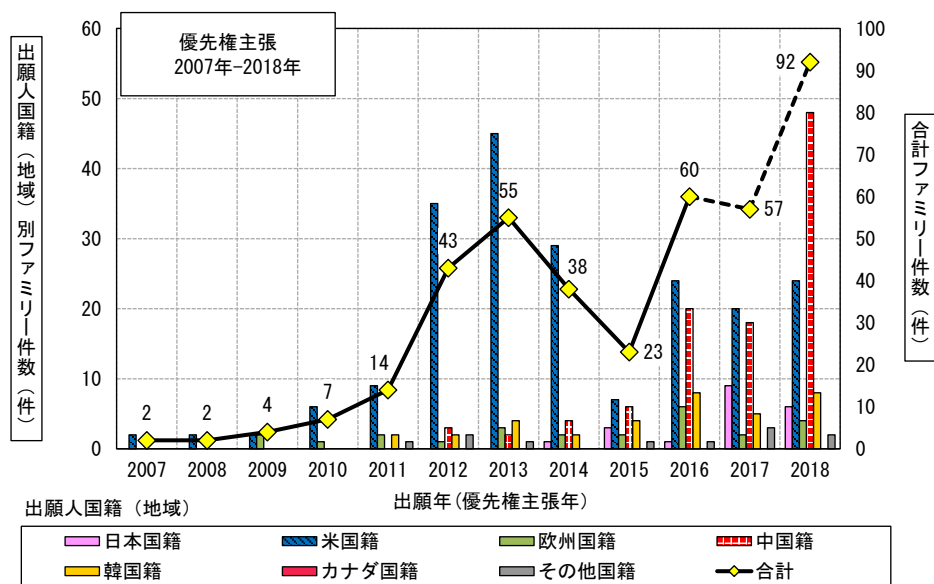
9-(3). 特許出願動向 — 技術区分別動向—

■ 「実現手段としての記憶素子」では「メモリスタ」の増加が目立ち、件数も多い。

「実現手段としての記憶素子」各技術別ファミリー件数推移



出願人国籍 (地域) 別「メモリスタ」についてのファミリー件数推移



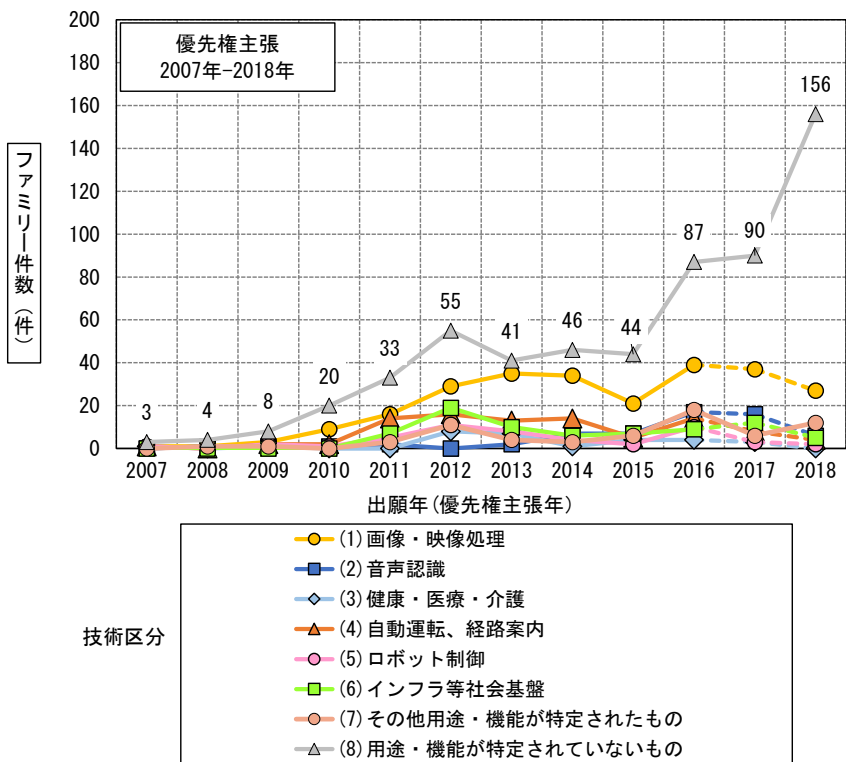
注) 2017年以降は、データベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で、全出願データを反映していない可能性がある。

注) 2017年以降は、データベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で、全出願データを反映していない可能性がある。

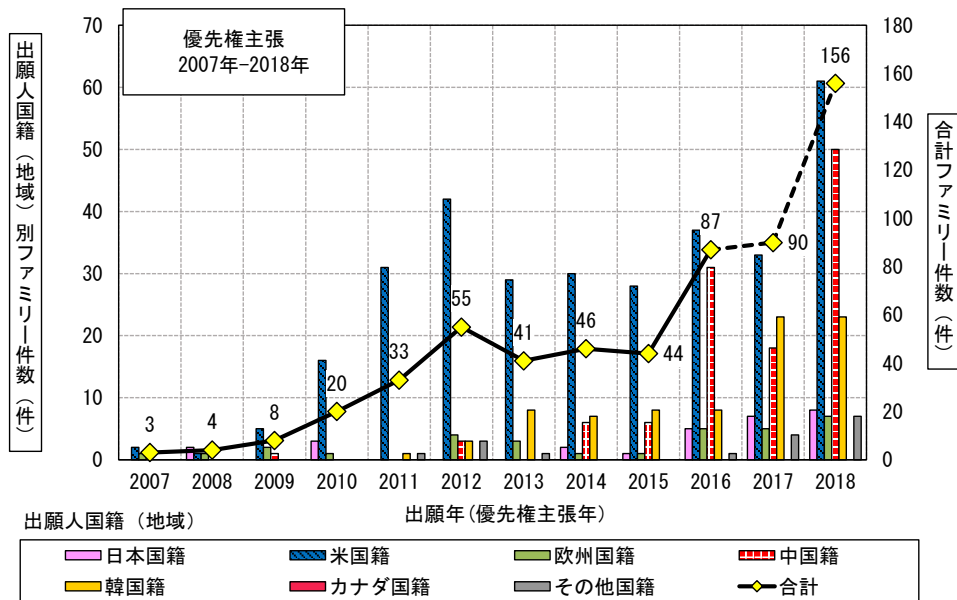
9-(4). 特許出願動向 — 技術区分別動向—

■ 「用途・機能」では「用途・機能が特定されていないもの」の増加が顕著であり、件数も他と比べ突出している。

「用途・機能」各技術別ファミリー件数推移



出願人国籍（地域）別「用途・機能が特定されていないもの」についてのファミリー件数推移



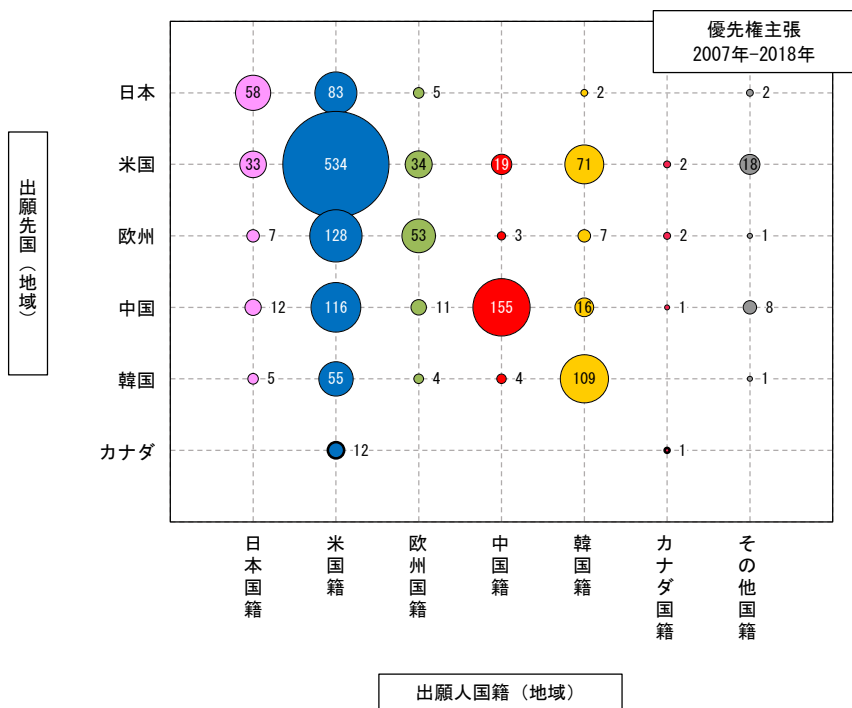
注) 2017年以降は、データベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で、全出願データを反映していない可能性がある。

注) 2017年以降は、データベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で、全出願データを反映していない可能性がある。

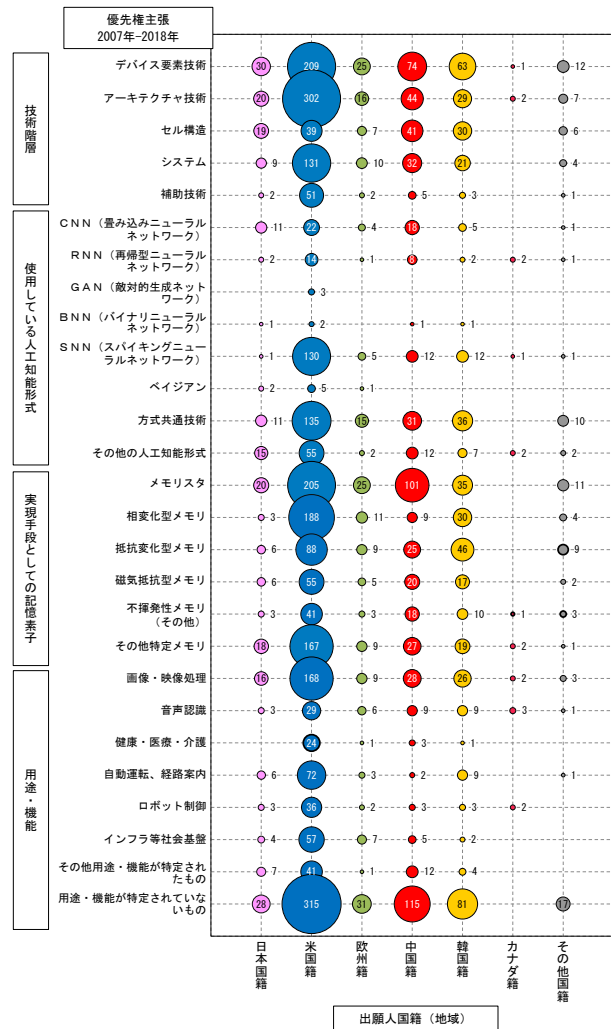
9-(5). 特許出願動向 — 出願人国籍（地域）別動向 —

- 米国籍出願人の出願は、自国のみならず他国（地域）へも総じて多くなされている。
- 米国籍出願人は、どの技術区分においてもファミリー件数が総じて多い。

出願先国（地域）別—出願人国籍（地域）別出願件数



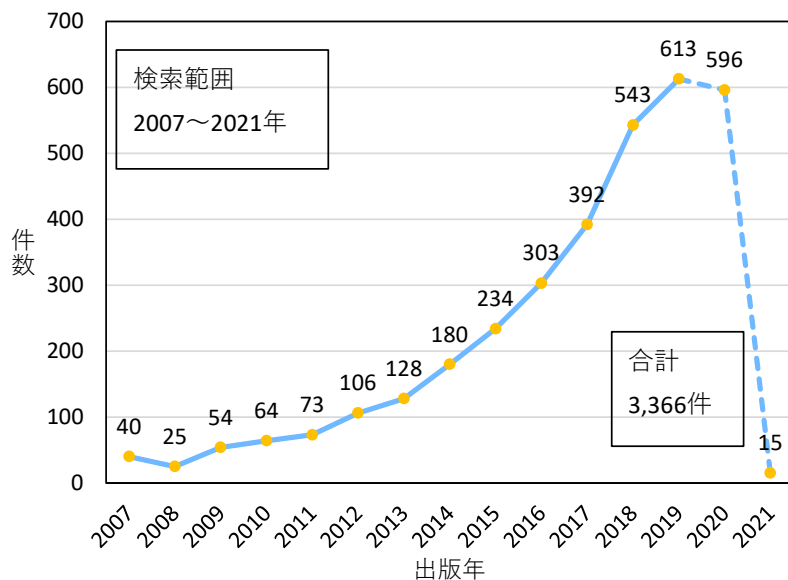
出願人国籍（地域）別—技術区分別ファミリー件数



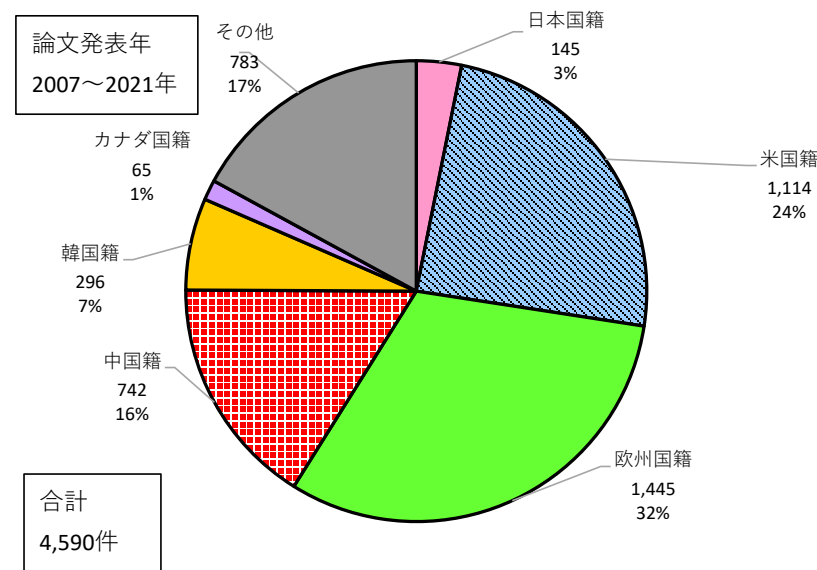
10. 論文動向

- 論文発表件数は、近年増加傾向にある。
- 研究者所属機関国籍（地域）別論文発表件数では、欧州が1位（32%）で、それに米国（24%）、中国（16%）と続き、日本（3%）と韓国（7%）が占める割合は小さい。

論文発表件数推移



研究者所属機関国籍（地域）別論文発表件数比率



注) 2019年以降はデータベース収録の遅れ等で、全論文件数を反映していない可能性がある。