

平成30年度 特許出願技術動向調査 —ストレージクラスメモリー—

平成31年2月
特許庁

1. 調査概要.	P. 2
2. 市場動向.	P. 6
3. 政策動向.	P. 7
4. 特許出願動向.	P. 8
5. 研究開発動向.	P. 13
6. まとめ（調査の総括と提言・示唆）.	P. 16
7. アドバイザリーボード名簿.	P. 20

1. 調査概要 —調査技術—

＝ストレージクラスメモリ（SCM）とは＝

- メインメモリ (DRAM) とストレージ (HDD, SSD) との間の性能の差、コストの差を埋めるメモリの総称である。

＝背景・調査対象＝

- IoTの普及やAIの進化により、大量のデータを高速に処理する能力が要求される。
- 従来のコンピューティングシステムでは、メインメモリとストレージとのアクセス速度の差がボトルネックとなる。
- SCMに適用可能なメモリとして、高速・低消費電力である不揮発性メモリの開発が活発化しており、関連製品が発表されている。
- 本調査ではSCM候補と考えられる不揮発性メモリを主な調査対象とした。

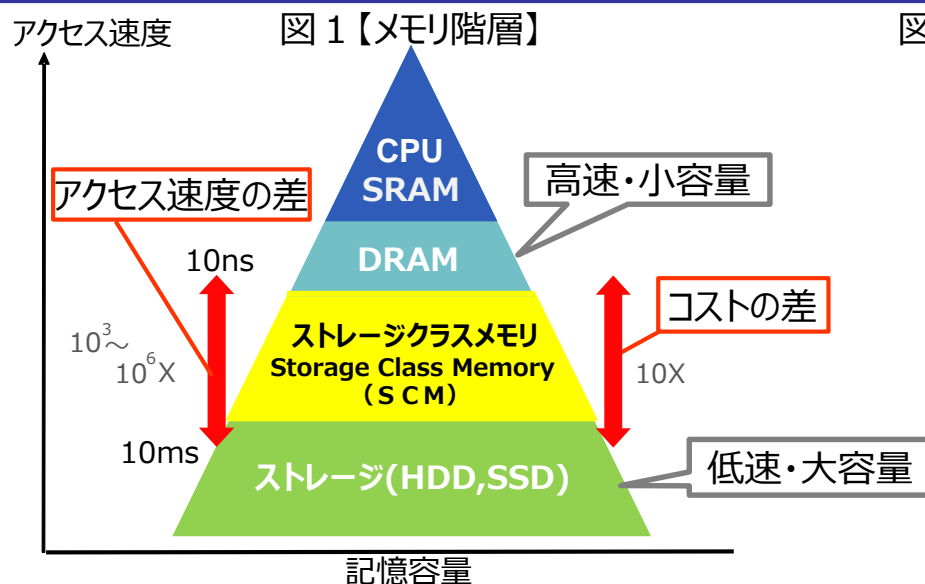
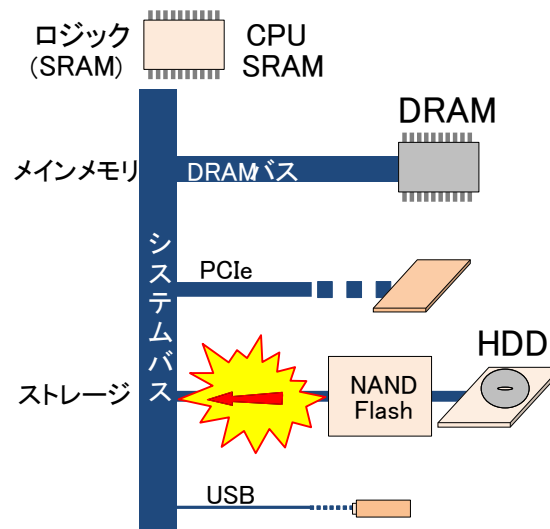


図2【コンピューティングシステム構成の例】



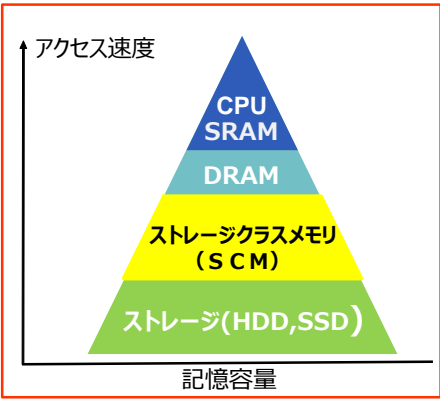
1. 調査概要 — 技術俯瞰図 —

用途・応用産業

- HPC
 - ・AI用途 等
- データセンタ
 - ・サーバー機
 - ・ストレージ装置
- 携帯情報機器
 - ・スマートフォン
 - ・タブレット
 - ・PC
 - ・スマートカード 等
- エッジコンピューティング
 - ・IoT端末
 - ・スマートスピーカ
 - ・車載 等
- 産業機器
 - その他
- 置き換え対象
 - ・ワーキングメモリ
 - ・コードストレージ
 - ・データストレージ

メモリ性能

- セル当たり記憶メモリ数/記憶容量
 - ・多値記憶(MLC等)
 - ・記憶容量
 - ・微細加工寸法: ~1Ynm
- アクセス時間
 - ・書き込み/読み出し時間: 10ns~10ms
 - ・消去時間: 10ns~10ms
- 信頼性
 - ・書き換え可能回数: >10⁶
 - ・データ保持: ~10年
- コスト
 - ・ < DRAMコスト



要素技術

記憶素子(セル)タイプ

- NAND
 - ・MONOS型
 - ・フローティングゲート型
- NOR
 - ・MONOS型
 - ・フローティングゲート型
- MRAM
 - ・STT-MRAM
 - ・SOT-MRAM
 - ・電流磁界型MRAM
 - ・電圧駆動型MRAM 等
- PRAM (PCRAM)
 - ・GeSbTe
 - ・TRAM
- ReRAM
 - ・OxRAM
 - ・CB-RAM
 - ・CeRAM (Mott転移型)
 - ・原子スイッチ 等
- カーボンナノチューブ
- FeRAM
- その他

セル選択スイッチ

- オポニックススイッチ
- 3端子素子
- 2端子素子
- 3次元化
- その他

メモリデバイス構造

- アーキテクチャ
 - ・3次元構造 (クロスポイント構造、3次元積層型(BiCS等)、チップ積層(TSV)等)
- メモリ素子
 - 配線
 - 電極
 - コンタクト
 - その他

回路技術

- 回路技術
 - ・書き込み
 - ・読み出し
 - ・アドレス選択
 - ・電圧供給
- コントロール技術
 - ・ウェアレベリング
 - ・不良ブロック管理
 - ・論理・物理アドレス変換 等
- ECC
- 高速化

SCMタイプ

- Memory-type SCM
- Storage-type SCM

異なる機能の混載

メモリモジュール構造とインタフェース

新しいメモリシステムアーキテクチャ

製造プロセス (前工程)

- 洗浄
- 成膜
- 微細露光
- エッチング
- 熱処理
- 平坦化加工
- その他

製造プロセス (後工程)

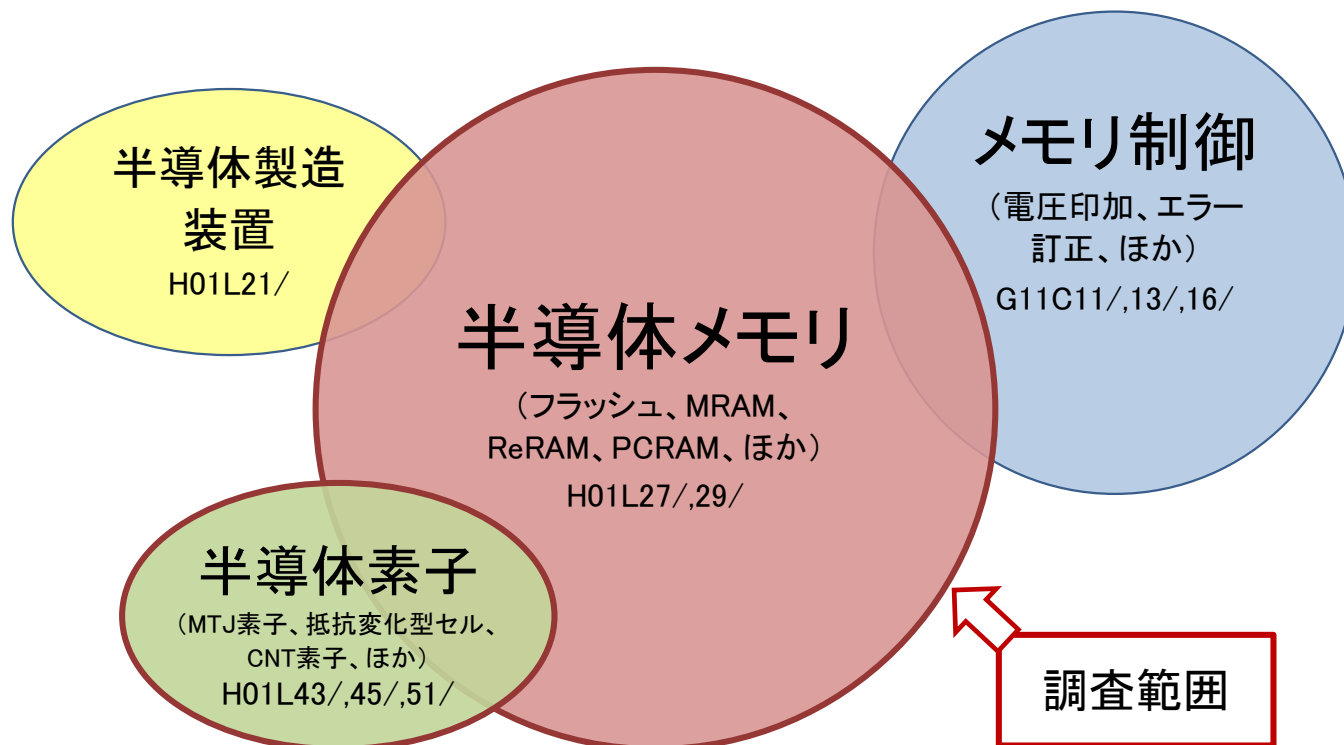
- アセンブリ
- 実装
- 検査
- その他

課題

- 微細・高集積化
 - ・小面積化
 - ・3次元化
 - ・その他
- 高速化
 - ・消去・書き込みの高速化
 - ・読み出しの高速化
 - ・その他
- 低消費電力化
 - ・駆動電流低減
 - ・その他
- 低コスト化
 - ・製造容易化
 - ・歩留り向上
 - ・新材料導入低減
 - ・その他
- 高信頼性化
 - ・劣化メカニズム明確化
 - ・動作アルゴリズム最適化
 - ・誤書き込み・誤読み出しの低減
 - ・その他
- メモリシステムの最適化
 - ・用途毎のメモリ階層の最適化及び簡素化
 - ・セキュリティ強化
 - ・その他
- その他

1. 調査概要 — 調査範囲 —

- 調査範囲は、半導体メモリ、記憶素子(セル)に関する半導体素子を対象とする。
- 特許文献の抽出は、前記の調査範囲に該当する特許分類(IPC、CPC、FI)を用いる。
- 半導体製造装置及びメモリ制御については、前記の調査範囲と重複する部分にある特許は調査対象に含まれるが、重複していない部分にある特許は調査対象に含まれていない。
- 論文の抽出は、前記の調査範囲に該当する半導体メモリ、半導体素子に関連するキーワードを用いる。



1. 調査概要

— 調査対象文献、データベース —

- ストレージクラスメモリの技術分野における、特許出願・登録特許（11年分）と論文（12年分）を調査する。
- 調査対象の文献は、読み込み解析により技術区分に分類する。

調査期間： 特許文献
2006～2016年（優先権主張年ベース）
非特許文献
2006～2017年（発行年ベース）

調査対象： 特許文献
日本公報を含むファミリー 約 11,000 件
外国公報のみのファミリー 約 24,000 件
非特許文献 約 18,000 件

使用DB： 特許文献
Derwent World Patents Index^{*1}
(WPINDEX(STN International^{*2}))
非特許文献
SCOPUS^{*3}

*1 キャメロット ユーケイ ビッドコ・リミテッドの登録商標。

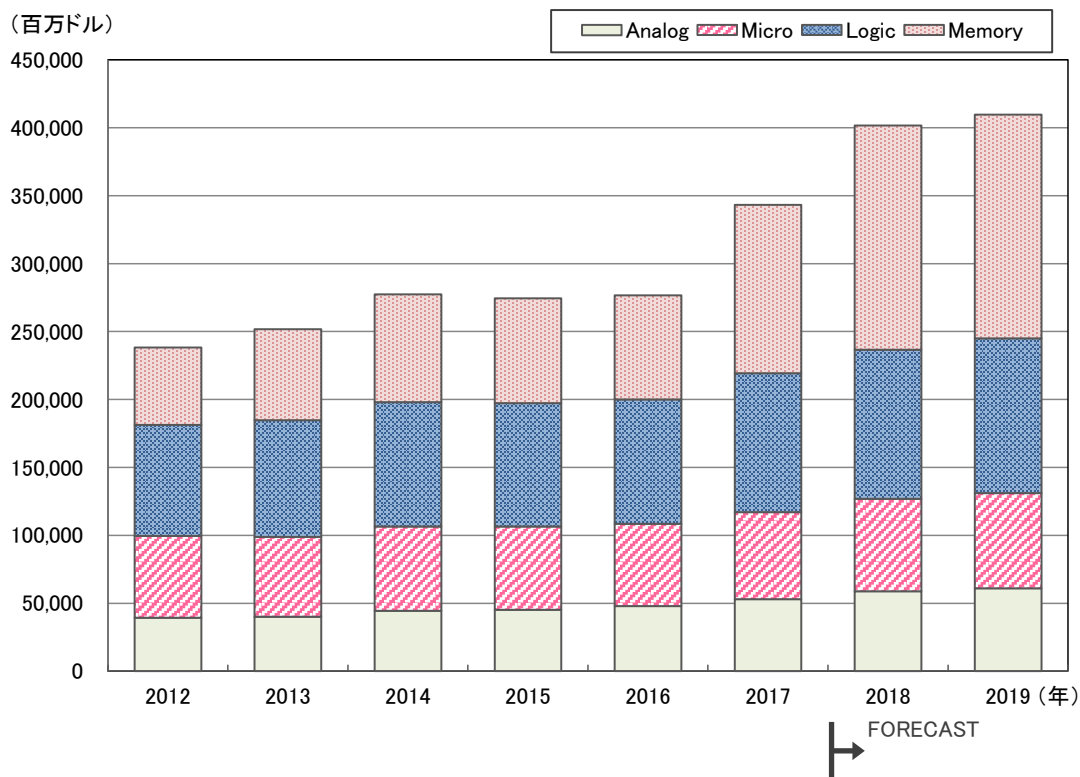
*2 アメリカン ケミカル ソサイエティの登録商標。

*3 エルゼビア ビーブイの登録商標。

2. 市場動向 —メモリ全体の世界市場規模の推移—

- 半導体の世界市場において、DRAM、NANDフラッシュなどメモリ全体の需要は、2017年以降急激に増加すると予想されている。

【半導体市場での製品別市場規模推移予測（出荷額ベース）】



出典：WSTS日本協議会、世界のIC製品別市場予測

<https://www.jeita.or.jp/japanese/stat/wsts/docs/20181127WSTS.pdf> (2018年12月18日アクセス)

【経済産業省】

◇NEDOが推進する事業

- 「半導体アプリケーションチッププロジェクト」の「不揮発性メモリ (MRAM)」 (東芝、日本電気：2003年度～2005年度)
- 「スピントロニクス不揮発性機能技術プロジェクト」 (産業技術総合研究所、東芝など：2006年度～2010年度)
- 「低炭素社会を実現する超低電圧ナノエレクトロニクスプロジェクト (ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造ナノ電子デバイス技術開発)」 (産業技術総合研究所、船井電機など：2009年度～2011年度)
- 「高速不揮発メモリ機能技術開発」 (東京大学、エルピーダメモリ：2010年度～2012年度)
- 「低炭素社会を実現する超低電圧ナノエレクトロニクスプロジェクト (低炭素社会を実現する超低電圧デバイスプロジェクト)」 (富士通など：2010年度～2015年度)
- 「ノーマリーオフコンピューティング基盤技術開発」 (東芝、東京大学など：2011年度～2015年度)
- 「IoT推進のための横断技術開発プロジェクト」として、「高速ストレージクラスメモリを用いた極低消費電力ヘテロジニアス分散ストレージサーバーシステムの研究開発」 (中央大学、富士通など：2016年度～2020年度)

【内閣府の研究開発プログラム】

◇ImPACT「無充電で長期間使用できる究極のエコIT機器の実現」プログラム (佐橋政司PM)」

スピントロニクス素子 (STT-MRAM 並びにSOT-MRAM) を用いた新しい集積回路技術の創出、電圧駆動型MRAMの開発。

【文部科学省】

- 重点研究開発プロジェクト「高機能・超低消費電力メモリの開発」 (東北大学、アルバックなど：2002年度～2006年度)
- 次世代IT基盤構築のための研究開発「高機能・低消費電力スピンドバイス・ストレージ基盤技術の開発」 (東北大学など：2007年度～2011年度)

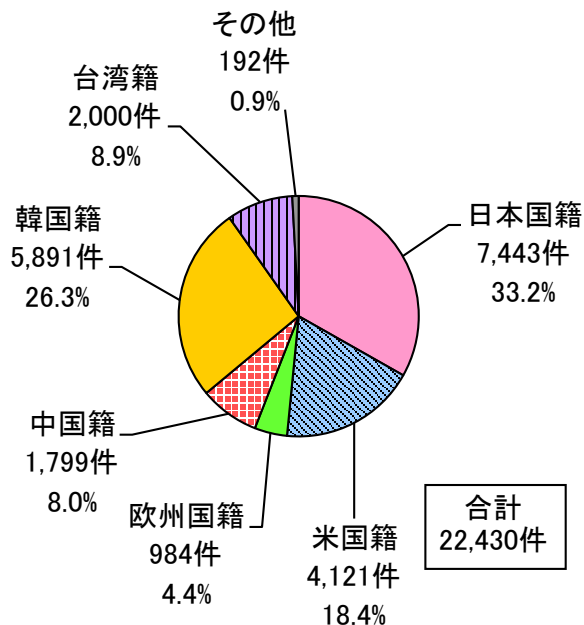
【IRDSによるロードマップ】

- IRDS(International Roadmap for Devices and Systems) による半導体技術のアプリケーションを議論の起点としたロードマップの公開

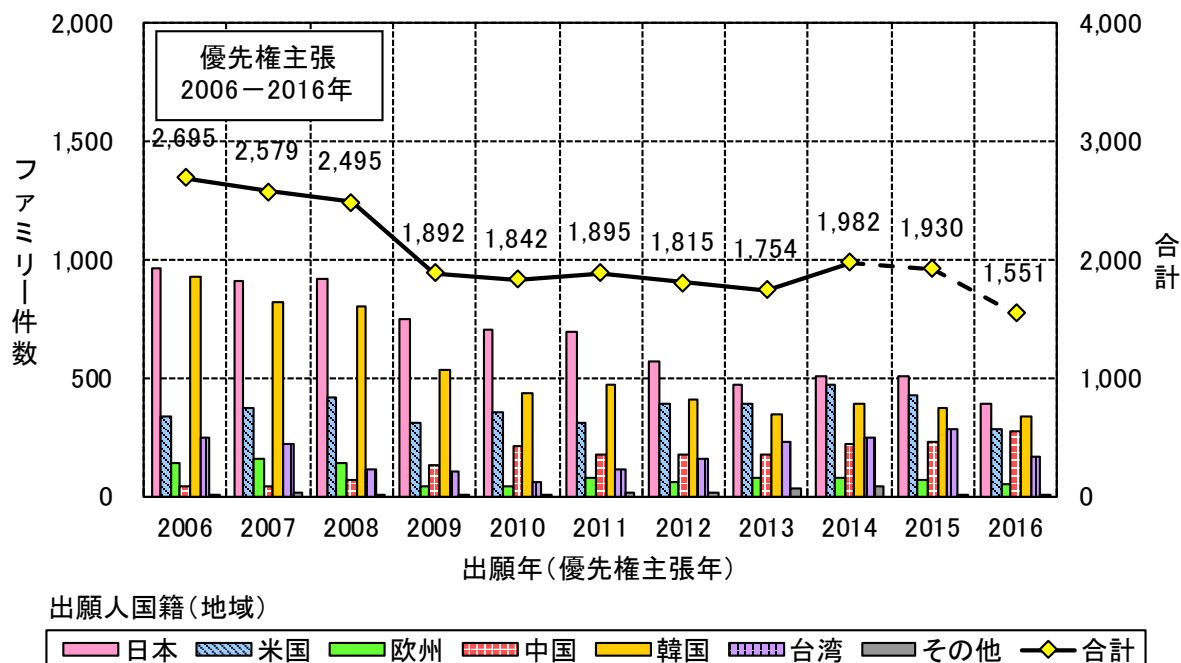
4. 特許出願動向 — 出願人国籍（地域）別出願動向 —

- ファミリー件数は全体的に減少傾向であったが、2014年は増加している。
- 日本国籍が最も多く、韓国籍が2位で、近年は米国籍と台湾籍が増加傾向にある。

【出願人国籍（地域）別ファミリー件数比率】



【出願人国籍（地域）別のファミリー件数推移】



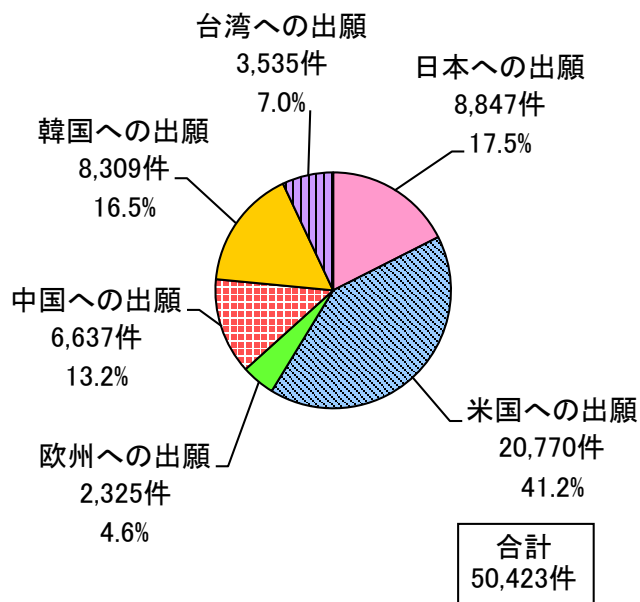
日米欧中韩台への出願、出願年（優先権主張年）：2006-2016年

注：2015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。

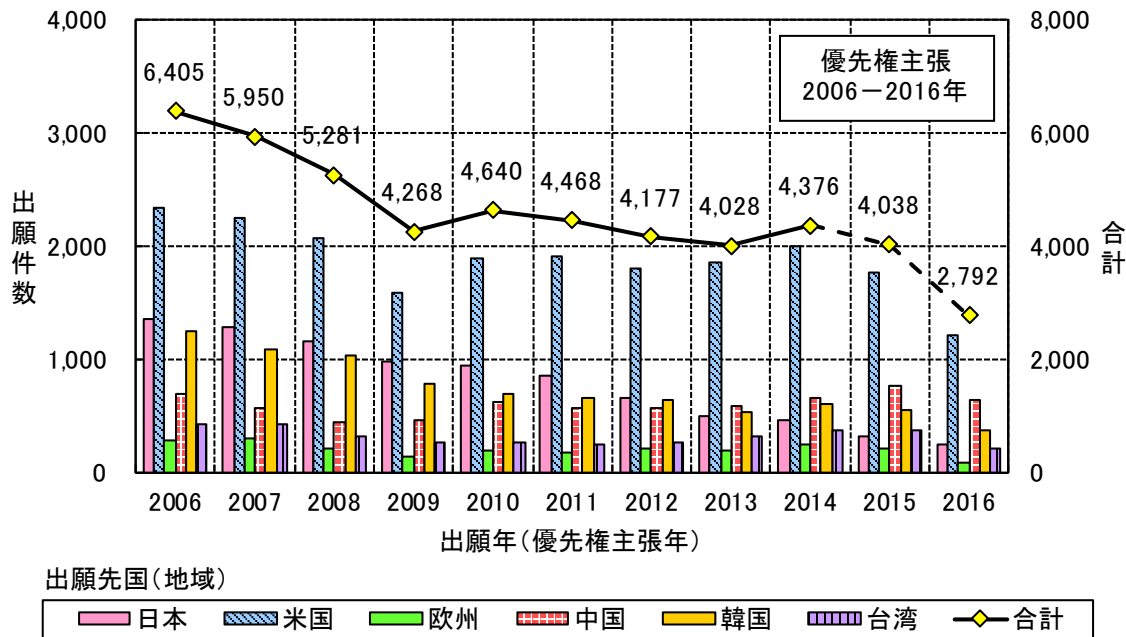
4. 特許出願動向 — 出願先国（地域）別出願動向 —

- 出願件数は全体的に減少傾向であったが、2014年は増加している。
- 米国への出願が最も多く、2位の日本と3位の韓国は僅差である。
- 近年、中国への出願が増加している。

【出願先国（地域）別出願件数比率】



【出願先国（地域）別の出願件数推移】



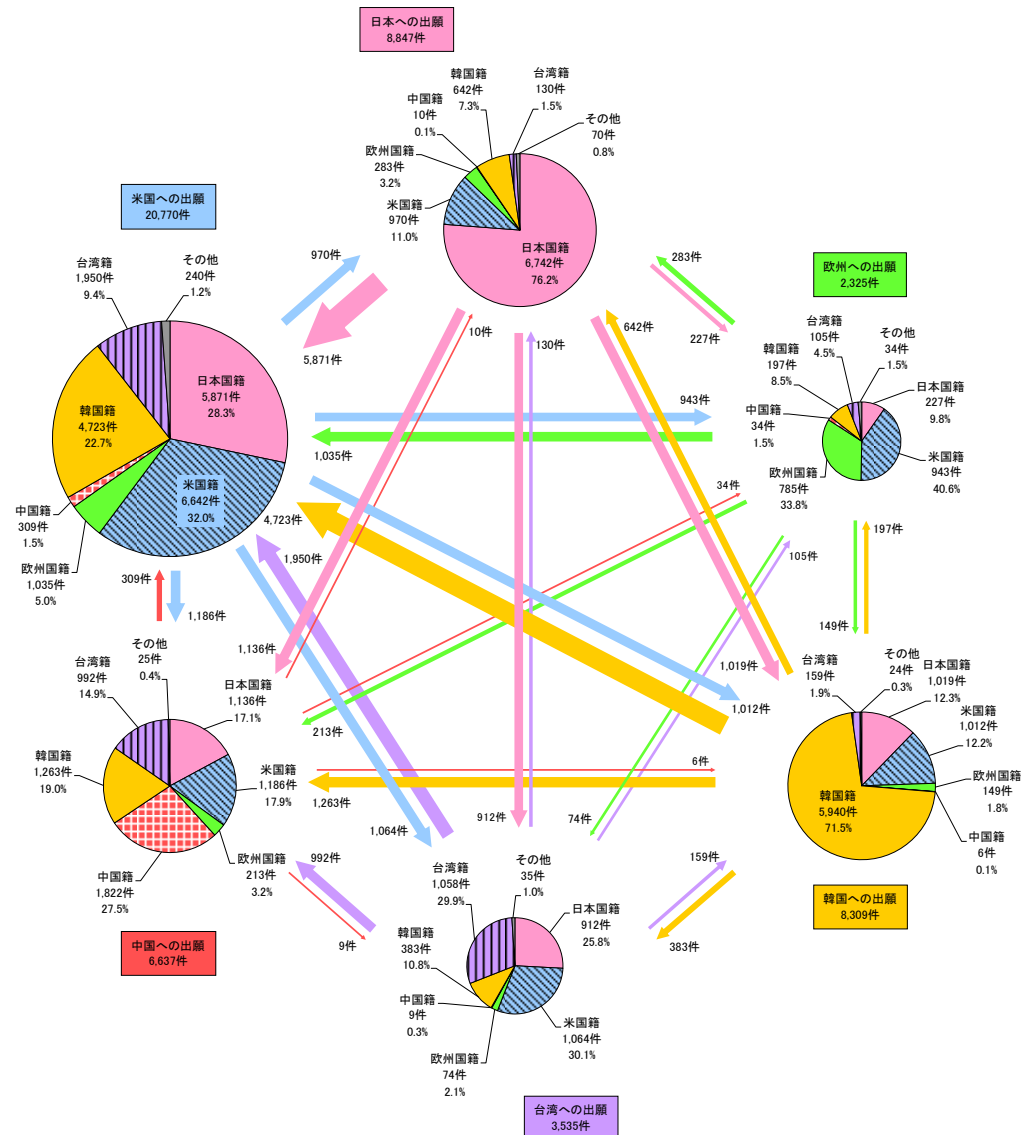
日米欧中韓台への出願、出願年（優先権主張年）：2006-2016年

注：2015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。

4. 特許出願動向

— 日米欧中韓台における出願件数収支 —

【出願先国（地域）別—出願人国籍（地域）別出願件数収支】



- 日本は、欧州を除いて、出願する件数が出願される件数より多い。
- 各国籍（地域）は米国への出願が多いことから、米国が技術競争の主戦場であるといえる。
- 米国籍、欧州国籍、台湾籍は、出願先国（地域）の1位が米国であり、日本国籍、中国籍、韓国籍は、出願先国（地域）の1位が自国、2位が米国である。
- 全体的に、出願先国（地域）は、自国（地域）や米国に次いで、中国が多い。

4. 特許出願動向 —出願人別ランキング—

- 上位25位以内は、中国科学院上海微系統与信息技術研究所以外は全て企業である。
- 1位の東芝を始め、上位25位以内に日本は9機関が入っている。
- 米国は8機関が入っている。

【SCM全体における出願人別ファミリー件数上位ランキング】

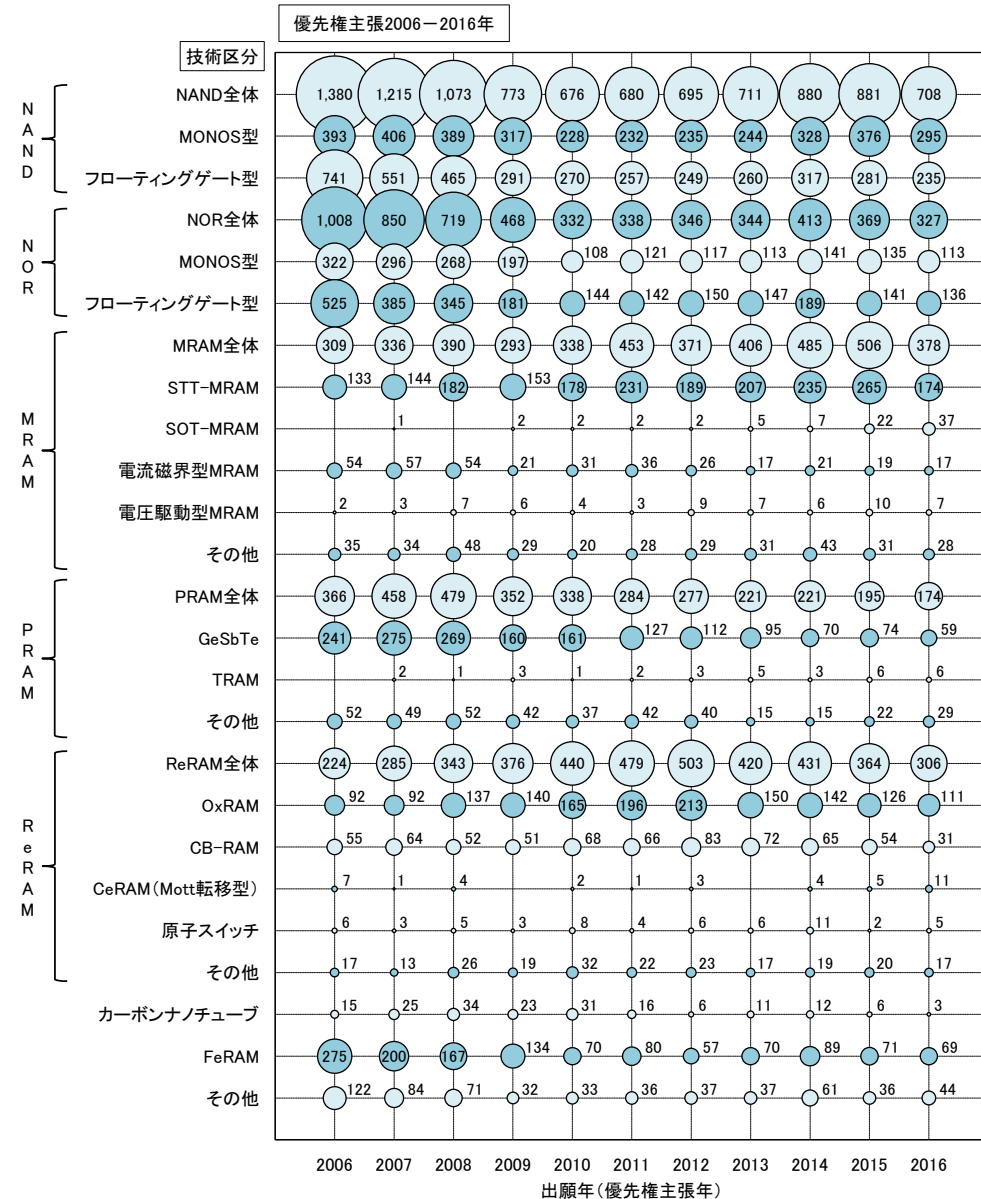
順位	出願人	件数
1	東芝	2,604
2	サムスン電子 (韓国)	2,494
3	エスケーハイニックス (韓国)	2,357
4	東芝メモリ	1,039
5	マクロニクスインターナショナル (台湾)	812
6	マイクロンテクノロジー (米国)	662
7	ルネサス エレクトロニクス	636
8	サンディスク・テクノロジーズ (米国)	608
9	富士通	487
10	パナソニック	466
11	セミコンダクター・マニュファクチャリング・インターナショナル (中国)	442
12	台湾積體電路製造 (TSMC) (台湾)	377
13	ドンブハイテック (韓国)	320
14	グローバルファウンドリーズ (米国)	318
15	ソニー	269
16	NEC	236
17	IBM (米国)	215
18	ウィンボンドエレクトロニクス (台湾)	197
19	インテル (米国)	195
20	サイプレスセミコンダクター (米国)	184
21	セイコーエプソン	163
21	中国科学院上海微系統与信息技術研究所 (中国)	163
23	半導体エネルギー研究所	155
24	クアルコム (米国)	148
25	ヒューレット・パカード (米国)	136
25	エヌエックスピー (オランダ)	136

日米欧中韓台への出願、出願年（優先権主張年）：2006－2016年

4. 特許出願動向

— 要素技術（記憶素子（セル）タイプ） —

【SCM全体における要素技術（記憶素子（セル）タイプ）に関する技術区分別ファミリー件数推移】



- 「NAND全体」、「NOR全体」は件数が多いが、減少傾向にある。
- 「MRAM」は、全体的には増加傾向にあり、「STT-MRAM」が最も多い。「電流磁界型MRAM」は減少傾向にあり、「電圧駆動型MRAM」は件数が少ないが近年増加傾向にある。
- 「PRAM」は件数があるが、減少傾向にある。
- 「ReRAM」は、「OxRAM」の件数が多い。
- 「FeRAM」は、減少傾向にある。
- 「その他」の主なものは、EEPROM、有機メモリ、分子メモリ、酸化物半導体を用いたメモリなどである。

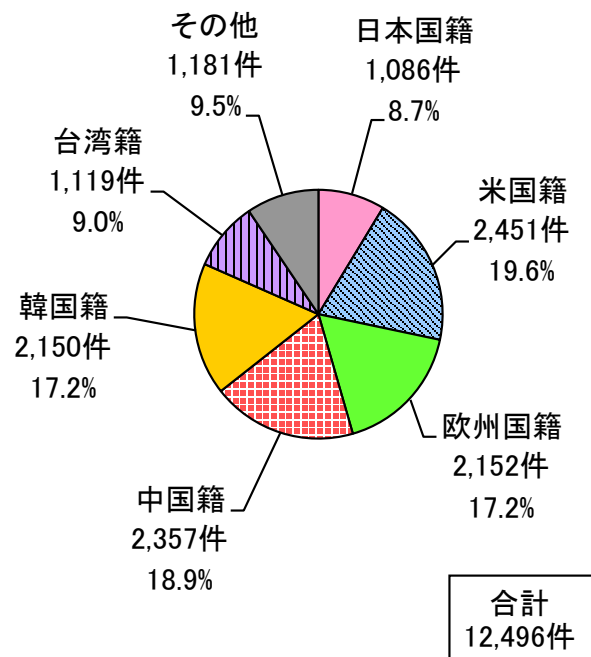
日米欧中韓台への出願、出願年（優先権主張年）：2006-2016年
 注：2015年以降はデータベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行の遅れ等で全出願データを反映していない可能性がある。

5. 研究開発動向

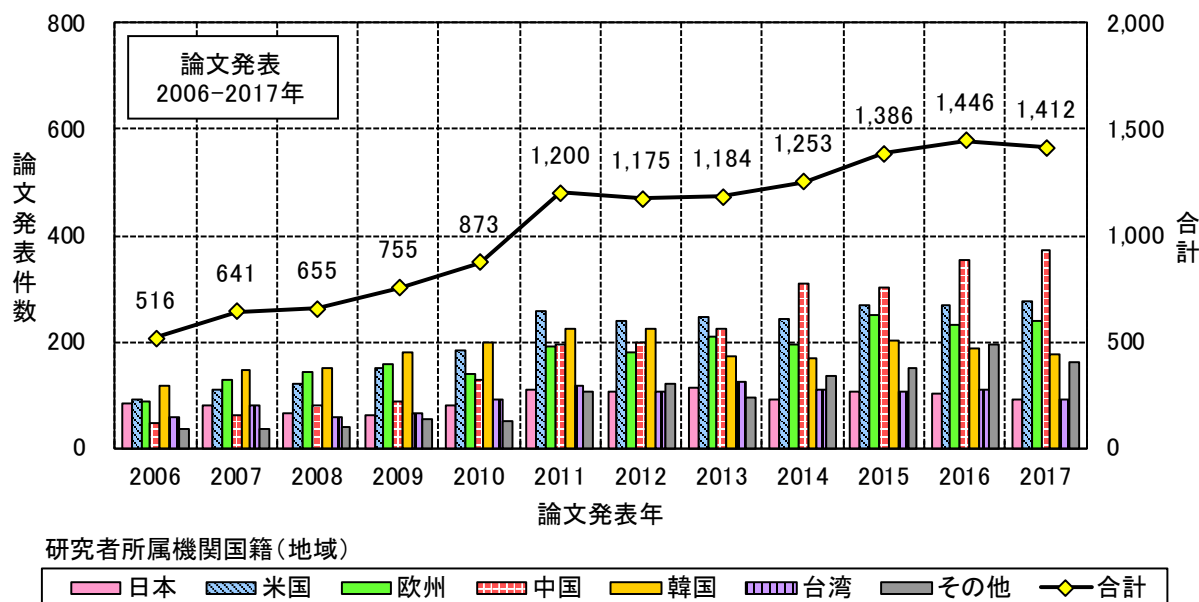
—研究者所属機関国籍（地域）別動向—

- 論文件数は、おおよそ増加傾向にある。
- 研究者所属機関国籍（地域）は、米国、中国、欧州、韓国、台湾、日本の順に多い。
- 日本はあまり増加していないが、中国は近年増加が顕著である。

【研究者所属機関国籍（地域）別論文発表件数比率】



【研究者所属機関国籍（地域）別論文発表件数推移】



論文発表年：2006-2017年

5. 研究開発動向 –論文発表件数上位ランキング–

＜SCM全体についての研究者所属機関別論文発表件数上位ランキング＞

- ・上位ランキングには、大学、研究機関が多いが、企業ではサムスン電子が5位に入っている。
- ・上位15位までに韓国が4機関入っており、国籍（地域）別では最も多い。日本は1機関が入っている。

＜SCM全体における研究者別論文発表件数上位ランキング＞

- ・上位15位までに中国が7人入っており、国籍（地域）別では最も多い。
- ・日本は1人が入っている。

【SCM全体についての研究者所属機関別論文発表件数上位ランキング】

順位	所属機関	件数
1	中国科学院(中国)	406
2	フランス国立科学研究センター(フランス)	382
3	ソウル大学(韓国)	315
4	国立交通大学(台湾)	222
5	サムスン電子(韓国)	207
6	カリフォルニア大学(米国)	198
7	漢陽大学(韓国)	193
7	国立清華大学(台湾)	193
9	清華大学(中国)	163
10	延世大学(韓国)	154
11	北京大学(中国)	148
12	東北大学	134
13	アイメック(ベルギー)	131
14	マクロニクスインターナショナル(台湾)	130
15	スタンフォード大学(米国)	126

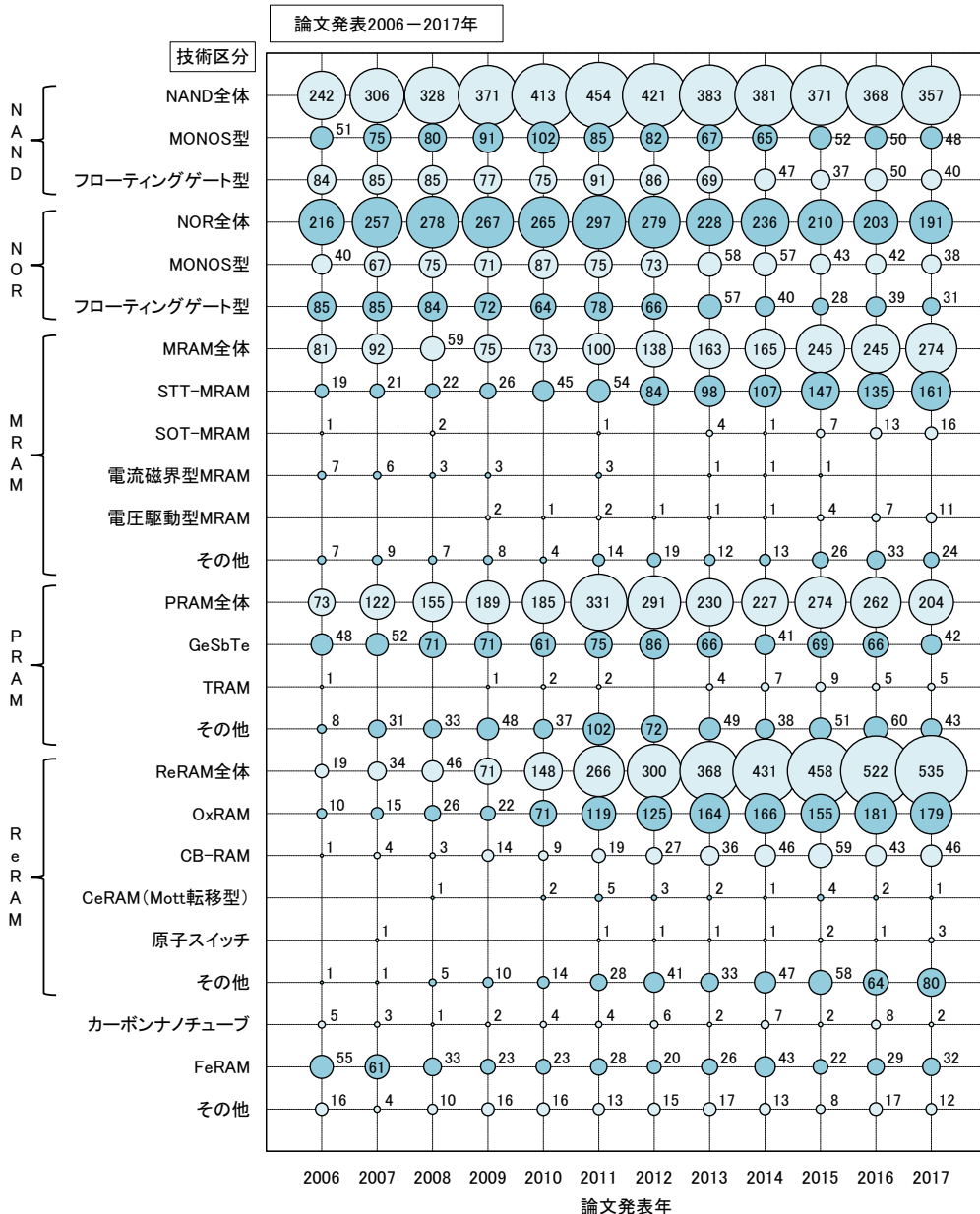
【SCM全体における研究者別論文発表件数上位ランキング】

順位	研究者氏名	所属機関	件数
1	Song Z.	中国科学院(中国)	180
2	Liu B.	中国科学院(中国)	138
3	Park B.-G.	ソウル大学(韓国)	125
4	Feng S.	中国科学院(中国)	115
5	Lu C.-Y.	マクロニクスインターナショナル(台湾)	94
6	Wu L.	中国科学院(中国)	84
7	Rao F.	中国科学院(中国)	82
8	竹内 健	中央大学	80
9	Perniola L.	フランス国立科学研究センター(フランス)	72
10	Ielmini D.	ミラノ工科大学(イタリア)	69
10	Liu M.	中国科学院(中国)	69
12	Song S.	中国科学院(中国)	62
13	Wong H.-S.P.	スタンフォード大学(米国)	60
14	Chang T.-C.	国立中山大学(台湾)	57
15	Jurczak M.	アイメック(ベルギー)	55
15	Kim K.	サムスン電子(韓国)	55

5. 研究開発動向

— 要素技術（記憶素子（セル）タイプ） —

【要素技術（記憶素子（セル）タイプ）に関する論文発表件数推移】



- 「NAND」と「NOR」が全体的に多い。
- 「MRAM」では「STT-MRAM」が最も多く、「STT-MRAM」の増加に伴って「MRAM全体」も増加している。
- 「PRAM」では「PRAM全体」の件数が多く、その中で「GeSbTe」が最も多い。
- 「ReRAM」では「OxRAM」が最も多く、「ReRAM全体」、「OxRAM」とも急激に増加している。

論文発表年：2006-2017年

- 半導体の世界市場において、DRAM、NANDフラッシュなどメモリ全体の需要は、2017年以降急激に増加すると予想されている。
- 特許出願動向では、日本国籍が最も多く、韓国籍が続いている。日本国籍、韓国籍は2006年以降減少しているが、米国籍や台湾籍は近年増加傾向にある。
- 記憶素子（セル）タイプ別の出願動向では、NANDは件数が多いが減少傾向、MRAMはSTT-MRAMを中心に増加傾向、PRAMは件数があるが減少傾向、ReRAMは0xRAMの件数が多い。日本国籍は、MRAM、ReRAM、NANDの特許出願が多い。
- 主要出願人の出願動向では、ファミリー件数上位ランキングの上位25位以内は、一つの研究機関以外は全て企業である。日本国籍は1位の東芝を始め、9機関が入っている。日本国籍に次いで多いのは米国籍で、8機関が入っている。
- 研究開発動向では、米国籍が最も多く、中国籍、欧州国籍、韓国籍、台湾籍、日本国籍が続いている。日本はあまり増加していないが、中国は近年増加が顕著である。

- 研究開発、技術開発を進める上で重要となる研究開発、技術開発のテーマ設定と、その推進方法の視点から提言を挙げる。

<研究開発、技術開発のテーマ設定>

提言・示唆1: ユーザの要求性能とそれに整合した技術の方向付け
(ユーザの要求性能と課題) (デバイスとメモリシステム技術の見極め)

提言・示唆2:
メモリ性能の更なる
向上(記憶素子特
性の向上)

提言・示唆3:
SCM回路・コントロー
ラ・メモリシステムの
研究開発・技術開発
(記憶素子特性の
補完技術の向上)

<研究開発、技術開発の推進方法>

提言・示唆4:
企業による大学及び
研究機関との連携強
化(先端技術開発)

提言・示唆5:
次の多様な製品
群への対応(製品
供給の確保)

提言・示唆6:
早期の製品化

提言・示唆7:
知的財産の活用

【提言・示唆 1】 ユーザの要求性能とそれに整合した技術の方向付け

SCMの研究開発・技術開発が目指すべき方向性として、SCMユーザの要求性能を満たすための課題を明確にし、その課題を解決する技術開発を行うべきである。

【提言・示唆 2】 メモリ性能の更なる向上

NAND、MRAM、PRAM、ReRAMがSCM用記憶素子タイプの主流になっている。記憶素子タイプごとの課題を解決する要素技術開発を進め、性能向上に注力するべきである。

【提言・示唆 3】 SCM回路・コントローラ・メモリシステムの研究開発・ 技術開発

SCMの性能向上には、記憶素子タイプそのものの性能向上だけでなく、記憶素子タイプの使いこなし技術、アプリケーションから見たメモリシステムアーキテクチャが重要である。

【提言・示唆4】企業による大学及び研究機関との連携強化

大学、研究機関は、革新的な先端技術開発を行っている。SCMメーカーは大学や研究機関の研究成果を積極的に取り入れて、製品化につなげるべきである。

【提言・示唆5】次の多様な製品群への対応

市場で主流のSCMとなるために、次に製品化される製品群の仕様を早期に決めるべきである。

【提言・示唆6】早期の製品化

早期に製品を市場投入し、存在感を示すべきである。そして、製品化での課題を早期に検出し、対応すべきである。

【提言・示唆7】知的財産の活用

積極的な出願で技術的な優位性が確保される体制を構築すべきである。また、ライセンスなどで知的財産を適切に活用することも検討すべきである。

7. アドバイザリーボード名簿

(敬称略、所属・役職等は平成31年2月現在)

委員長

河村誠一郎 国立研究開発法人科学技術振興機構
ACCELプログラムマネージャー
慶應義塾大学大学院 理工学研究科 訪問教授

委員

秋永 広幸 国立研究開発法人産業技術総合研究所
ナノエレクトロニクス研究部門 総括研究主幹

竹内 健 中央大学大学院理工学系研究科
電気電子情報通信工学専攻 教授

津田 建二 国際技術ジャーナリスト

羽生 貴弘 東北大学 電気通信研究所 ブレインウェア研究開発施設
新概念VLSIシステム研究室 教授

渡辺 寿治 東芝メモリ株式会社 メモリ技術研究所 所長附