

令和 2 年度
特許出願技術動向調査 結果概要

触覚センシング

令和 3 年 2 月

特 許 庁

問い合わせ先
特許庁総務部企画調査課 知財動向班
電話：03-3581-1101（内線2155）

令和 2 年度特許出願技術動向調査

触覚センシング

1. はじめに

触れることは、人間にとって最も基本的な動作である。触覚は、物を掴む動作において重要な役割を果たしていることから、ロボティクス分野においては、不揃いの果実をつぶさないようピックアップする動作など、ロボットが人間のような動作を実現するためには、触覚は無くてはならないものである。

触覚センシングは、センサを用いて触覚・力覚などに関する情報を取得、計測する技術であり、医療・福祉、ロボティクス、ヒューマンインタフェースなどの分野において期待が大きい。

このような背景のもと、本調査では、特許文献、学術論文、市場動向、政策動向等を調査分析することにより、触覚センシングの技術全体を俯瞰し技術競争の状況を把握しつつ今後の展望を示すことを目的とした。

(1) 技術俯瞰図

「触覚」とは、視覚、聴覚、嗅覚、味覚と並ぶ五感の一つであり、生理学的には、体の表面で感じる「皮膚感覚」と、体の深部の筋肉、関節などで感じられる「深部感覚」とに区別される。本調査では、工学の分野で主に扱われている前者の「皮膚感覚」に相当するものとしての「触覚」を調査対象とした。

本調査対象である「触覚センシング」は、センサを利用して「皮膚感覚」の様々な情報を計測・数値化する技術である。

図 1-1 に技術俯瞰図を示す。触覚センシングの全体像を「応用産業軸」、「技術軸」、及び、「課題・効果軸」の 3 つの大区分で構成した。

「応用産業軸」は、「産業分野」と「用途」の 2 階層とした。「産業分野」は、触覚センシングの応用先として、医療・福祉、アミューズメント、スポーツ、工場などに区分した。「用途」は、分野に依存しない「ロボティクス」と「ヒューマンインタフェース」の 2 つに区分した。「技術軸」は、「センシング技術」、「実装・生産技術」、「信号処理・伝送技術」の 3 つに区分した。「課題・効果軸」は、「高性能化」、「ユーザーフレンドリー化」、「生産・製造性」の 3 つの中区分に区分した。

(2) 調査範囲

ア. 特許文献

- ・ データベース : Derwent Innovation - Derwent World Patents Index(DWPI)
- ・ 出願先 : PCT 出願及び日・米・欧¹・中・韓・台・インド・ASEAN²

¹ 欧州特許庁 (EPO)、オーストリア、ベルギー、スイス、チェコ、ドイツ、デンマーク、スペイン、フィンランド、フランス、イギリス、ハンガリー、アイルランド、イタリア、ルクセンブルグ、オランダ、ノルウェー、ポーランド、ポルトガル、ルーマニア、スウェーデン、スロヴァキア、トルコ

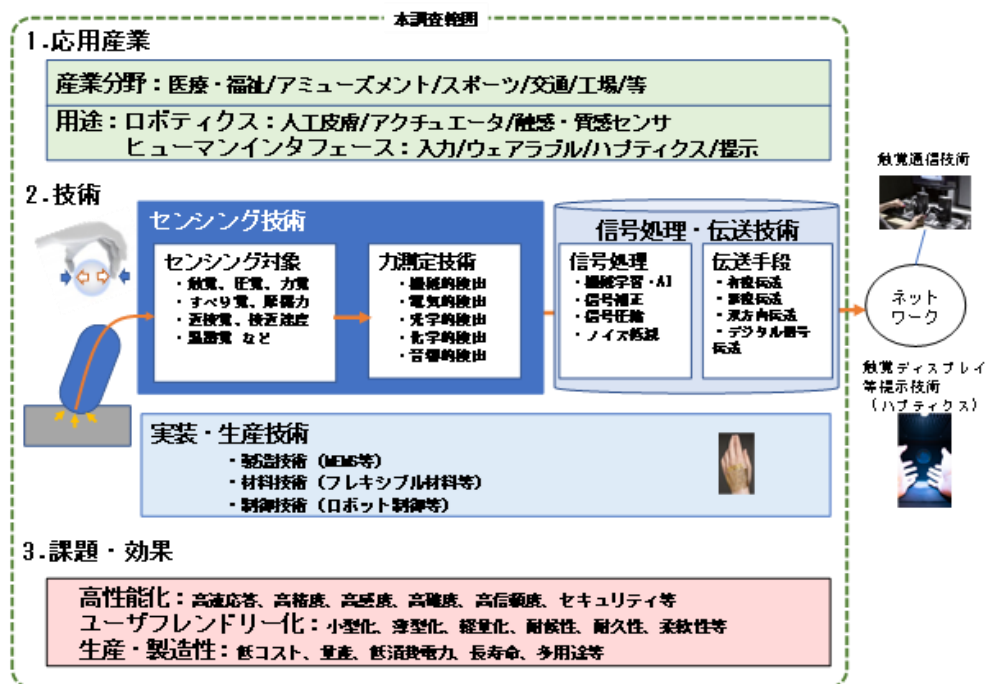
² インドネシア、マレーシア、フィリピン、シンガポール、タイ、ベトナム

- ・ 時期的範囲：2000 年～2018 年（最先の優先権主張年）

イ. 論文文献

- ・ データベース：Derwent Innovation – Web of Science、Conference Proceedings
- ・ 時期的範囲：2000 年～2019 年（発表年）

図 1-1 触覚センシングの技術俯瞰図



(3) 調査手法

ア. 特許文献

触覚センシングに関する国際特許分類及び共通特許分類、DWPI マニュアルコードを使用しデータベース検索を行い、検索で抽出された母集団の特許公報の抄録、請求の範囲（クレーム）、図面を解析し、ノイズ文献の除去を行った調査対象文献（14,142 件、DWPI ファミリ単位）に対して技術区分を付与した。

イ. 論文文献

触覚センシングに関するキーワードを使用し、抽出された論文を解析し、ノイズ文献の除去を行った調査対象文献（6,832 件）に対して技術区分を付与した。

2. 本調査の結果概要

- ・ 触覚センシングの市場は、現時点において必須需要ではなく、今後の需要拡大が見込まれるアプリケーションを模索している段階であり、発展期にあると考えられる。
- ・ 触覚センシングの技術開発は、発展途中の技術であることから、「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）」や「ムーンショット型研究開発制度」における研究開発の他、各府省で様々な課題に応じた研究開発が行われている。

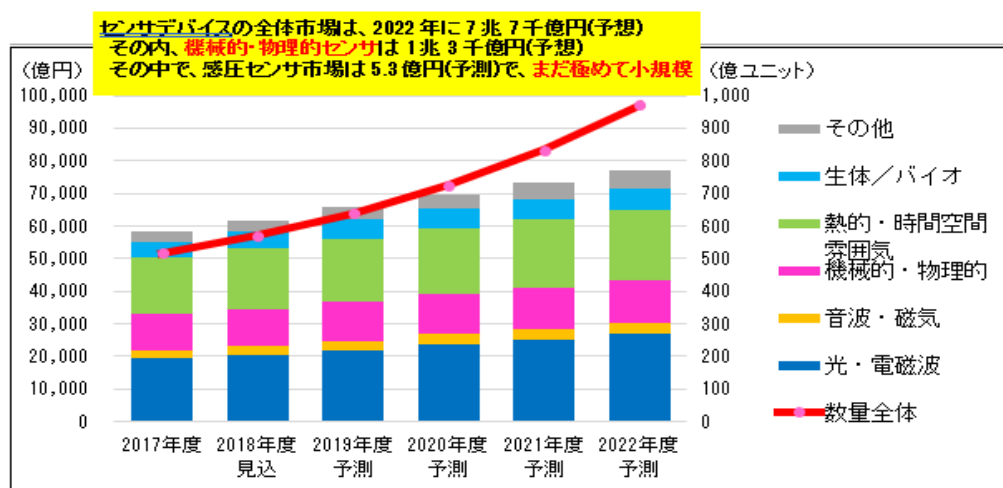
- ・ 出願人国籍・地域別のファミリー一件数推移と件数比率によれば、優先権主張2000-2018年の合計件数の比率は、米国籍（26.8%）、日本国籍（20.1%）、中国籍（17.6%）、韓国籍（14.8%）、欧州国籍（14.0%）の順に多い。
- ・ 2000年から2019年までにかけて国籍別の研究者の発表件数の合計は、第一位が欧州国籍（1,406件）、第二位が中国国籍（936件）、第三位が日本国籍（881件）、第四位が米国籍（761件）、第五位が韓国国籍（388件）である。

3. 市場動向

（１）市場動向

図3-1³にセンサデバイスの世界市場を示す。センサデバイス全体の世界市場は、認識、計測、自動化などのニーズを受けて拡大し、2022年には7兆7千億円と予測されている。そのうち、「機械的・物理的センサ」市場は、2022年に1兆3千億円と予測されており、感圧センサの市場規模は、2022年に5億3千万円と予測されている。感圧センサは、現時点において必須需要ではなく、今後の需要拡大が見込まれるアプリケーションを模索している段階と報告されている。そのため、触覚センシングの市場は発展期にあると考えられる。

図3-1 センサデバイスの世界市場



（２）標準化等の動向

表3-1にハプティクスや触覚インターネットなどの国際標準化に向けた触覚センシングに関連する標準化活動を示す。また、国内では、触覚技術に関する大学、学会中心の活動の中から、ハプティクス研究センターや力触覚技術応用コンソーシアムなどが立ち上がり、産業や社会と関わりながら、触覚技術の新興と発展を図る取り組みが始まっている。

³ 出典：富士キメラ総研『2019 センサーデバイス／ビッグデータ・IoT 市場調査総覧』

表 3-1 触覚センシングに関連する標準化活動

標準化組織	触覚技術に関する主な動向
ISO TC159	2005年に、当時存在しなかった触覚に関する人間工学関連規格を検討する場として、国際標準化機構ISO TC159/SC4/WG9 ハプティクス&触覚インタラクションが発足。
IEC TC100	AV・マルチメディア、システムおよび機器に関する国際標準化を行うTC100にて、触覚、振動関係の規格化を提案し、用語の定義、技術・デバイス・評価手法の分類、想定される規格化項目の検討について、2020年にStudy Groupが発足。なお、TC100は日本が推進役で、現在は、再現技術が中心。
ITU Technology Watch	2014年に、極めて低遅延で信頼性の高いネットワークを背景に、触覚を含めてリアルタイム通信が可能となる「触覚インターネット(Tactile Internet)」の概念が提唱された。ITUでは、同年、標準化に向けて、独国の通信関連企業により新しい技術を検討するITUテクノロジーウォッチが立ち上げられた。
IEEE 1918.1	2016年3月から、TactileInternet標準化ワーキンググループ(IEEE1918.1)を立ち上げ、5G以降のアプリケーションとしての触覚インターネットの迅速な実現を推進している。スコープは、製造、交通・輸送、ヘルスケア、モビリティなどの応用分野とフレームワークを検討、定義する。

出典：各 HP、解説等から作成

(3) 触覚センシングに関する応用市場について

図 3-2 に示すように、触覚（ロボット用力覚）センサのグローバル市場での日系シェアは 100%（平成 29 年）を占めている。また、CMOS イメージセンサは 45.5%、ロボット用赤外線センサは 81.8%を占め、動作を行うアクチュエータ、素材等のハードウェア系が日本の強みとなっている。一方で、ソフトウェア系は、欧米企業が強いと分析されている。

図 3-2 日本の強み・弱み 利用者ニーズの把握（AI 次世代ロボット）

・触覚センサ及び視覚センサは日系企業のシェアが高く、アクチュエータ、素材など含めてハード系が日本の強み / 欧米企業は、ソフト系が強み				
要素技術			強み・弱み	競争の状況
脳	人工知能	アルゴリズム (ディープラーニング等)	*	* 日本にも優れた企業が生まれている一方、全体的な層は欧米が厚い。 米GoogleのTensorFlow、米MicrosoftのAzure Machine Learning、 日Preferred NetworksのChainer ※オープンソース化が進展
		計算能力 (HPC)	○	性能指標HPCG(High Performance Conjugate Gradients) 世界第1位 京(日) 2位 天河2号(中国) 3位 Oakforest-PACS(日) 消費電力性能部門 GREEN500 世界1位 Shoubu (日) 2位 Satsuki (日) 3位 Sunway TaihuLight(中) ※2016年6月時点
神経	OS		× (△)	米ROS (OSRF,Open Source Robotics Foundation) ※Linuxをベースとしたオープンソース
視覚	センサ	CMOSイメージセンサ	○	日系シェア45.5%、米国系28.3%、韓国系16.9%
		ロボット用赤外線センサ	○	日系シェア81.8%、米国系18.2%
		ロボット用ビジョンシステム	△	欧州系シェア36.2% 日系シェア33.2%、米国系シェア30.6%
触覚		ロボット用力覚センサ	○	日系シェア100%
体・動作	アクチュエータ	小型モータ	○	日系シェア47.7%、中国系33.8%、欧州系10.9%
	素材	炭素繊維複合材	○	日系シェア82.5%、米国系16.6%
エネルギー	蓄電池	リチウムイオン二次電池	×	韓国系43.1% 中国系42.4%、日系シェア14.5%
		同 車載用	△	中国系45.7%、日系シェア37.4%、韓国系16.0%
デザイン	最終商品		○	産業用ロボット 日系シェア56.5%、欧州系25.2% 工作機械用制御盤(CNC) 日系シェア60.1% 欧州系34.5%
		協調・制御	-	(※今後、複数のロボットの協調・制御等の技術が重要となってくる可能性)

出典：経済産業省「新産業構造ビジョン」産業構造審議会 新産業構造部会 平成 29 年 5 月 30 日

4. 政策動向

(1) 科学技術政策

総合科学技術・イノベーション会議は、第5期科学技術基本計画（2016年～2020年）を策定した。研究開発プログラムとして、「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）」や「ムーンショット型研究開発制度」などが存在する。

(ア) 「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）」

第2期（2018年～2022年）では、研究課題の一つとして「フィジカル空間デジタルデータ処理基盤」が存在し、図4-1に「CPS構築のためのセンサリッチ柔軟エンドエフェクタシステム開発と実用化」の研究開発概要のイメージ図を示す。

外食／中食産業、中小製造業、農林水産業など労働力不足の産業においてロボット活用のニーズが存在する。フィジカル空間において力情報は必須であることから、ロボットの力学的作業に必要な多種多次元の力の分布情報の取得などの触覚センシング技術、その情報を利用した対象をやさしく掴むロボット制御技術が重要である。また、フィジカル空間とサイバー空間の連携における触覚データのAI/ビッグデータ活用などの技術が示されている。

(イ) 「ムーンショット型研究開発制度」

自ら学習・行動するAIロボットの実現に向けて推進すべき挑戦的な研究開発の分野・領域として自ら学習・行動するAIロボットの実現に向けた挑戦的な研究開発領域として、触覚センサが掲げられている。

図4-1 「CPS構築のためのセンサリッチ柔軟エンドエフェクタシステム開発と実用化」の研究開発概要



出典：内閣府（2019）「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP） フィジカル空間デジタルデータ処理基盤 研究開発計画」

(2) 各府省における研究開発動向

触覚センシング技術は、現在発展途中のため、様々な府省で様々な研究課題に応じた研究開発が行われている。表 4-1 に、各府省で取り組まれている触覚センシングに関する産業政策や研究開発プログラムの例を示す。

研究開発事業では、医療機器開発、リハビリテーション用システム、ロボット制御高度化、感性評価による高品質製品アピールなどへの産業展開に取り組んでいる。

表 4-1 府省による触覚センシング関連研究開発事業および位置づけ

研究開発名称			技術の概要			技術の位置づけ			応用分野		
府省	事業名	研究開発の名称	研究開発技術	触覚	ユースケース	先端技術	システム化技術	基礎技術	医療介護	農産物	汎用
内閣府 (日本医療研究開発機構)	未来医療を実現する医療機器・システム研究開発事業	術者の技能に依存しない高度かつ精密な手術システムの開発	医療用ワイヤレスマイクロセンサシステム	器具の触覚+位置モニタリング	変形切除用肝切除シミュレーションシステム		○		○		
経済産業省 (中小企業庁)	戦略的基盤技術高度化支援事業	ナノメカニカルセンサー技術を用いた褥瘡(じよくそう)管理用評価装置の開発	生体評価技術	三次元触覚センサー	寝たきりによる壊死の回避等	○			○		
経済産業省 (新エネルギー・産業技術総合開発機構)	次世代人工知能・ロボット中核技術開発革新的ロボット要素技術分野革新的なセンシング技術(スーパーセンシング)	次世代ロボットのためのマルチセンサ実装プラットフォーム	マルチセンサ実装プラットフォーム	集積化触覚センサシステム	プラットフォーム利用アプリケーション		○				○
		ロボットの全身を被覆する皮膚センサーの確立と応用開発	全身を被覆可能な力分布センサー	立体曲面の圧電膜及び電極・配線の形成技術	ロボットのスキン	○					○
			ゾルゲルスプレー法	高温特性にも優れたセラミック圧電膜		○					○
			曲面への圧電材料スプレー塗布技術	任意パターン電極・配線形成、多点圧力信号		○					○
			量産技術	多点圧力の大面積・均一膜			○				○
総務省	戦略的情報通信研究開発推進事業(SCOPE)	遠隔触診に向けたハプティックプローブの開発研究	超音波プローブシステム	力触覚と超音波画像の複合情報による診断	オンライン医療	○	○		○		
		結城軸の感性評価に基づいた質感伝達技術に関する基礎研究	結城軸に関わる総合的な感性データベース	視覚や触覚による感性の評価	触覚を含む感性の情報として蓄積			○		○	
		運動データベースのための力学モデルに基づく時空間データ解析技術	運動データベース	位置と力の多次元時系列データの運動方程式	リハビリ支援ロボット			○	○		
厚生労働省	東北3県革新的医療機器等開発事業	患者への優しさと安全性を兼ね備えた次世代内視鏡下手術用鉗子の開発	次世代型鉗子	触覚をフィードバックする機能	内視鏡手術		○		○		
農林水産省 (農業・食品産業技術総合研究機構)	新技術・新分野創出のための基礎研究推進事業	昆虫の生体機能に基づくバイオマイクロマシンの研究	生体機能に基づくバイオマイクロマシン	昆虫の触覚等の解析	昆虫の生体機能に基づくバイオマイクロマシン			○		○	
文部科学省 (科学技術振興機構)	研究成果最適展開支援プログラム(A-STEP)	触覚センサー付きロボットハンドによる加工食品のハンドリング	触覚センサー付きのロボットグリッパ	柔らかく/紐/短冊状の対象物の計量/把持同時実施	加工食品製造工程		○			○	
		近接・触覚MEMSセンサーの実用化開発	高耐久性の小型センサー	近接距離、圧縮・せん断荷重の検出	様々な形状や硬さの物体の把持制御	○	○				○
	大学発新産業創出プログラム(START)	接触面における三次元皮膚負担を推定可能なセンサシートの事業化検証のための大規模センサアレイの開発	触覚センサアレイ	三次元方向の負担分布を推定	負担軽減効果の評価手段/負担の可視化	○			○		
		視覚と触覚を合わせ持つ革新センサーFingerVision事業化	視覚と触覚を合わせ持つ革新センサーFingerVision	手の触覚	ロボットハンド技術	○	○				○
	さきがけ	身体表面分散型エレクトロニクス	無配線ネットワーク化基盤技術	人の状態計測および人の感覚器官へのフィードバック	インタラクション標準ハードウェア	○	○				○
		人の挙動観察に基づく対象情報の推定と身体動作予測	人体動作のリアルタイム予測	対象物への押下力の推定	身体動作予測			○	○		
CREST		繊細な触覚を定量的に検知する「ナノ触覚神経網」の開発と各種の手触り感計測技術への応用	手触り感計測技術	ナノ触覚神経網	指先の触感取得	○		○			○
			高信頼性・超低消費電力ナノエレクトロニクス	ナノ触覚ネットワーク	触覚を備えた先端医療機器	○	○		○		

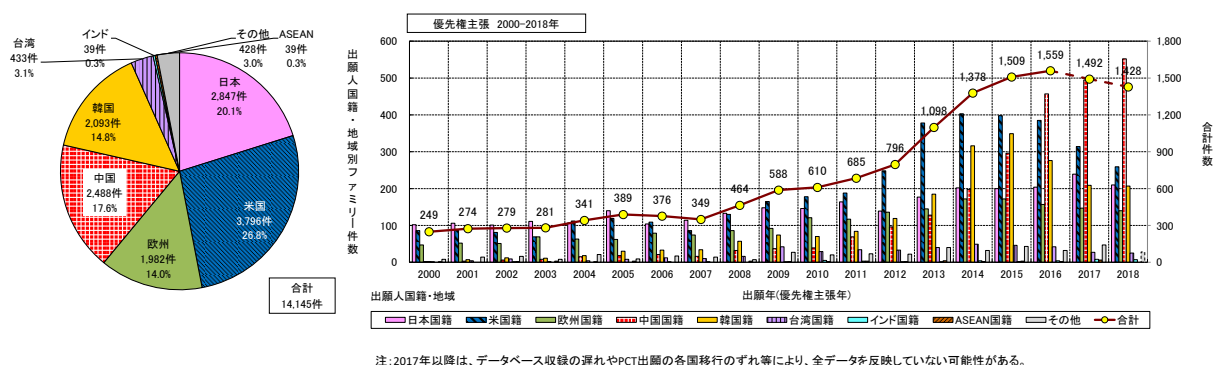
5. 特許出願動向

(ア) 出願人国籍・地域別の出願動向

図 5-1 に出願人国籍・地域別のファミリー一件数推移と件数比率を示す。優先権主張 2000-2018 年の合計件数の比率は、①米国籍（26.8%）、②日本国籍（20.1%）、③中国籍（17.6%）、④韓国籍（14.8%）、⑤欧州国籍（14.0%）の順に多い。

ファミリー一件数推移を見ると、日本国籍・欧州国籍の出願は、2000 年以降微増の傾向を示している。一方、中国籍の出願は、2013 年以降急増している。また、米国籍の出願は 2011 年から 2013 年にかけて増加したものの 2013 年以降横ばいである。

【図 5-1 出願人国籍・地域別ファミリー一件数推移及びファミリー一件数比率（出願先：日米欧中韓台印 ASEAN、優先権主張 2000-2018 年）】

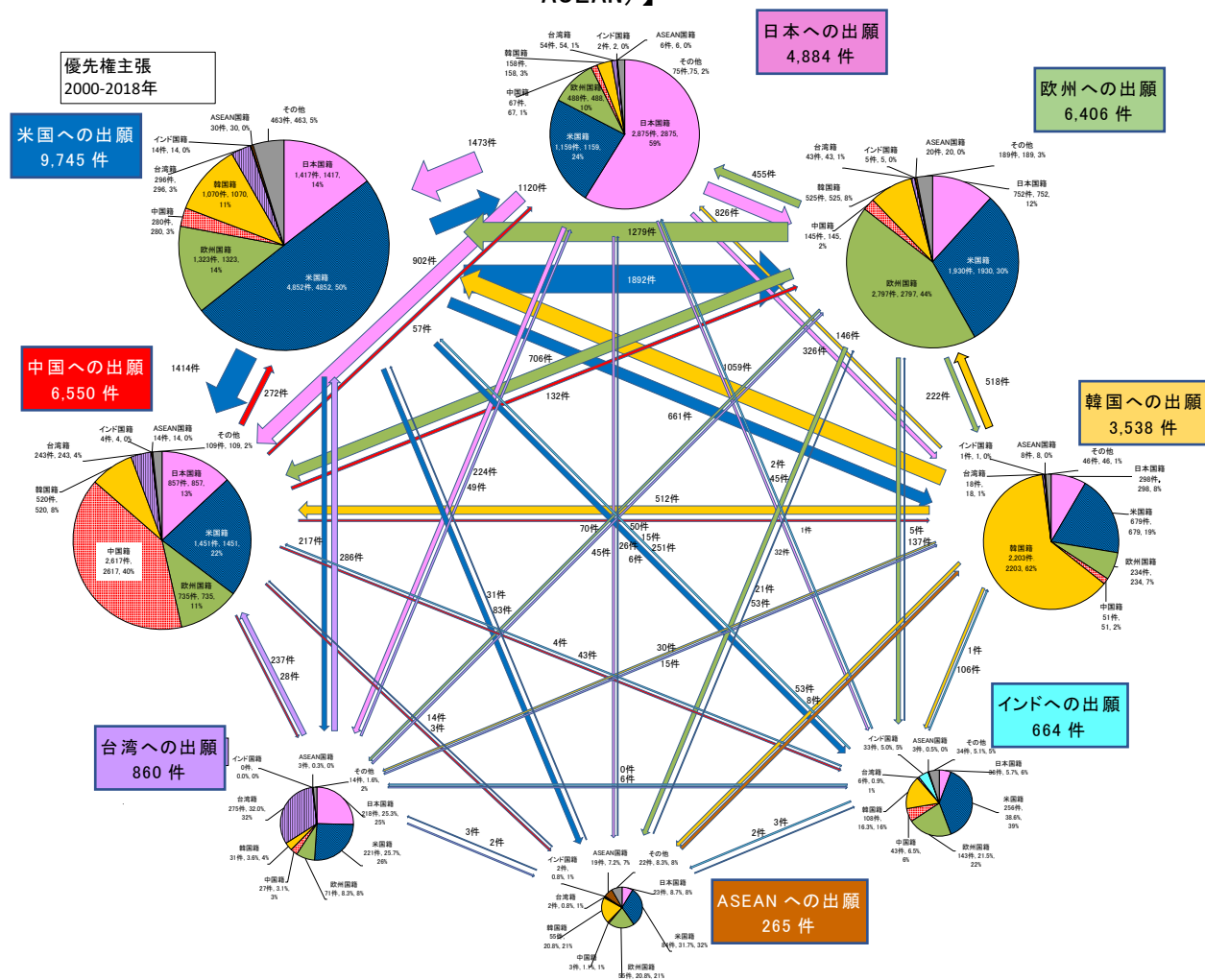


(イ) 日米欧中韓印台 ASEAN における出願収支

図 5-2 に日米欧中韓印台 ASEAN における出願収支を示す。出願先国は、優先権主張年が 2000 年から 2018 年までの合計件数によれば、第一位が米国（9,745 件）、第二位が中国（6,500 件）、第三位が欧州（6,406 件）、第四位が日本（4,884 件）、第五位が韓国（3,538 件）の順番である。また、各国とも自国への出願が一番多く、次に米国への出願が多い。

また、自国への出願を除いた当該出願件数は、第一位が米国（4,893 件）、第二位が中国（3,933 件）、第三位が欧州（3,609 件）、第四位が日本（2,009 件）、第五位が韓国（1,335 件）の順番となっている。このことから、米国、欧州、中国において触覚センシング技術の市場ニーズが期待されていると考えられる。

【図 5-2 出願先国・地域別の出願人国籍・地域別出願件数収支(日米欧中韓印 ASEAN)】



(ウ) 技術区分別の出願動向

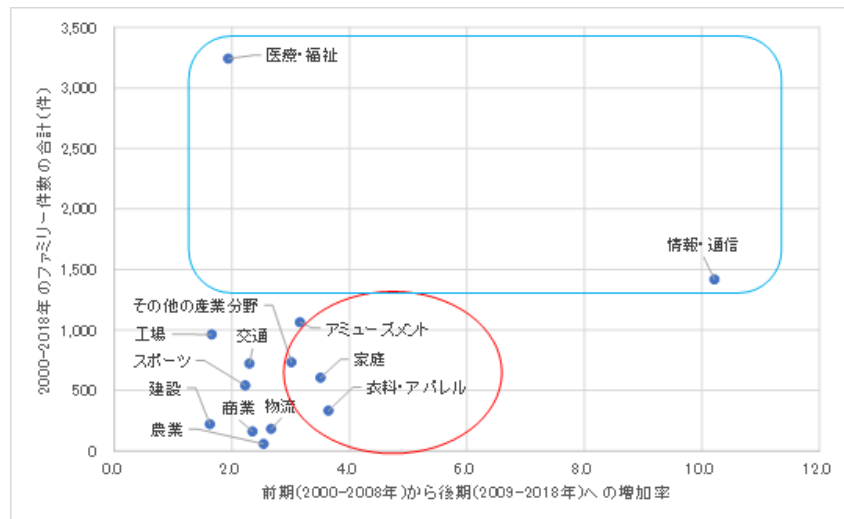
図 5-3、図 5-4 に、産業分野・用途に関する各出願動向マップを示す。出願動向マップとは、「2000-2018 年のファミリー件数の合計」を縦軸、「前期(2000-2008 年の合計値)から後期(2009-2018 年の合計値)への増加率」を横軸として各技術区分を 2 次元上にプロットしたものである。

出願動向マップによれば、産業分野の出願規模は、「医療・福祉」(3,242 件)が一番大きく、「情報・通信」(1,417 件)、「アミューズメント」(1,063 件)、「工場」(962 件)の順に続く。また、「情報・通信」は、増加率も 10.22 と著しく大きい。また、「衣料・アパレル」(増加率 3.64 倍)、「家庭」(増加率 3.51 倍)、「アミューズメント」(増加率 3.16 倍)は、件数規模は小さいものの増加率が大きいため、触覚センシングの今後注目の応用産業であると考えられる。

また、用途の出願規模は、「入力装置」(5,645 件)が一番大きく、「状態センシング機器」(3,515 件)、「ウェアラブル機器」(2,411 件)、「特定用途口

ボット」(2,351件)の順に続く。また、「ウェアラブル機器」(増加率 7.70 倍)、「人工皮膚」(増加率 3.28 倍)、「ハプティクス機器」(増加率 3.11 倍)は、増加率が大きいため、今後の注目の用途であると考えられる。

【図 5-3 応用産業に関する特許出願動向マップ（出願先：日米欧中韓台印 ASEAN、優先権主張 2000-2018 年）】



【図 5-4 用途に関する特許出願動向マップ（出願先：日米欧中韓台印 ASEAN、優先権主張 2000-2018 年）】

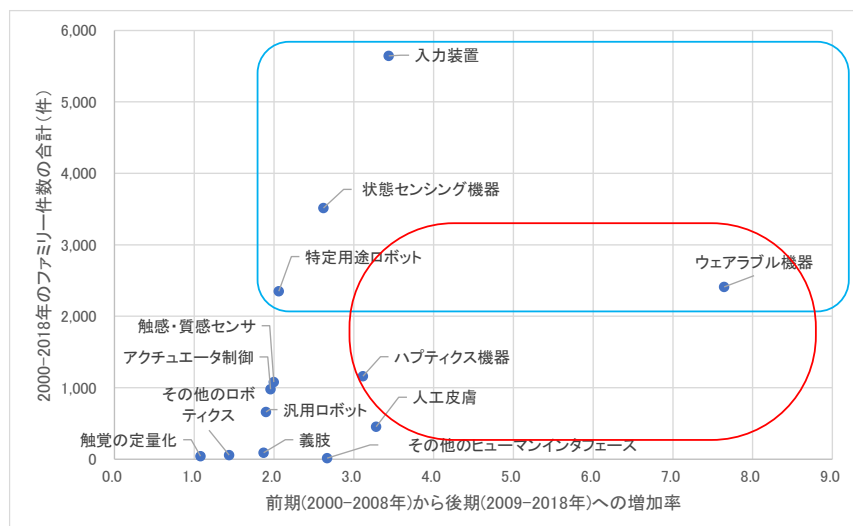
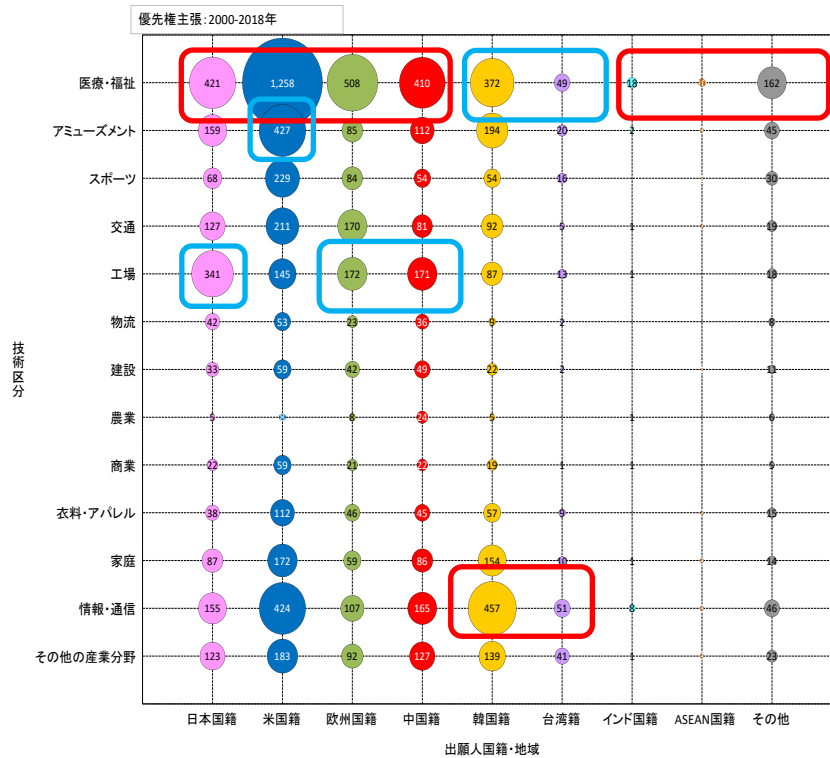


図 5-5、図 5-6 に、産業分野、用途（ロボティクス）における出願人国籍・地域別ファミリー件数を示す。赤線枠は、各国籍・地域でのトップの項目、青線枠は 2 番目の項目を示す。

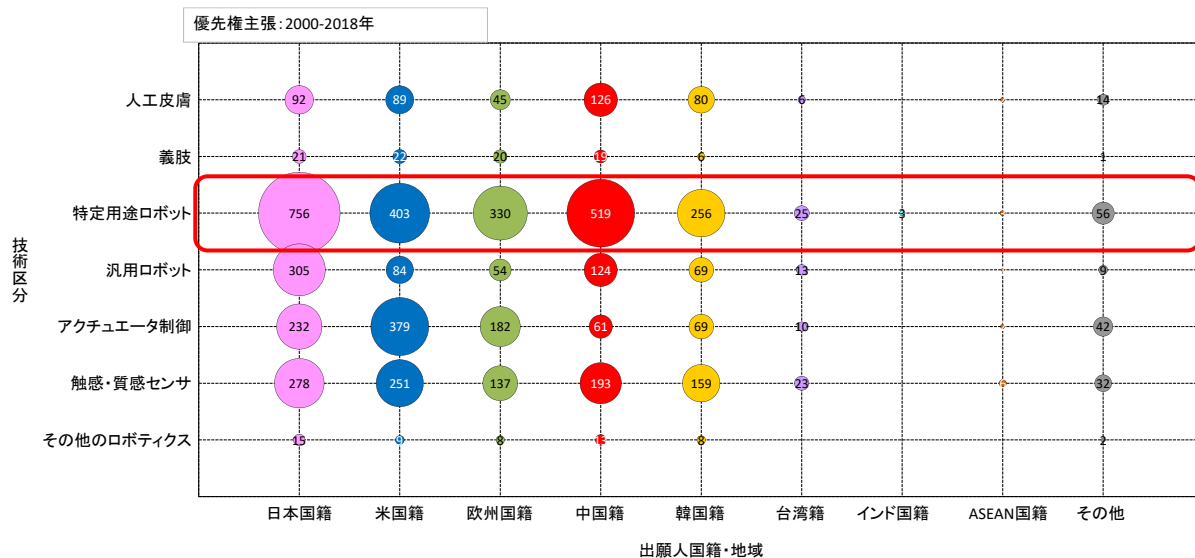
日本、米国、欧州、中国、インド、ASEAN 国籍・地域において、「医療・福祉」の産業分野がトップである。一方、韓国、台湾国籍・地域においては、「情報通信」の産業分野がトップである。日本、欧州、中国国籍・地域においては、「工場」の産業分野が 2 番目である。米国国籍では、「エンターテインメント」が 2 番目の産業分野であり、韓国、台湾国籍・地域においては、「医療・福祉」の産業分野が

2 番目である。また、用途において、手術支援用など各産業分野と組合せたロボットである特定用途ロボットが、各国とも一番多く、触覚センシング技術の応用先として注目していると考えられる。

【図 5-5 技術区分別一出願人国籍・地域別ファミリー件数(出願先：日米欧中韓台印 ASEAN、産業分野、優先権主張 2000-2018 年)】



【図 5-6 技術区分別一出願人国籍・地域別ファミリー件数(出願先：日米欧中韓台印 ASEAN、用途（ロボティクス）、優先権主張 2000-2018 年)】



(エ)日本の技術力マップ

特許動向調査の分析において、触覚センシング技術の日米欧中韓の強みと弱み、日米欧中韓の注力度を分析するために、技術俯瞰図における「応用分野」、「用途」について、「拡大係数」を縦軸、「特化係数」を横軸として各技術区分を2次元上にプロットし、「出願件数規模」をバブルの大きさとした散布図を作成して拡大係数／特化係数分析を実施した。「拡大係数」、「特化係数」の算出方法は、以下の通りである。

(1) 特化係数について

特定の技術区分における各国のシェアを示す「特化係数 f_{ij} 」は以下の式で定義される。

$$f_{ij} = \frac{P_{ij} / \sum_i P_{ij}}{\sum_j P_{ij} / \sum_i \sum_j P_{ij}}$$

P_{ij} : 各国籍 j における特定の技術区分 i の件数

$\sum_i P_{ij}$: 各国籍 j における大分類内全技術区分の件数の合計

$P_{ij} / \sum_i P_{ij}$: 特定の技術区分 i の各国籍 j における構成比

$\sum_j P_{ij}$: 全国籍における特定の技術区分 i の件数

$\sum_i \sum_j P_{ij}$: 全国籍における大分類内全技術区分の件数の合計

$\sum_j P_{ij} / \sum_i \sum_j P_{ij}$: 全国籍の技術区分 i の構成比

(出願先：日米欧中韓台印 A S E A N、優先権主張 2000-2018 年)

特化係数は、ある技術区分のある国籍における構成比を、ある技術区分の全国籍の構成比で規格化していることから、特化係数が1より大きい小さいかで、全国籍平均の構成比に対して上位か下位かを示している。そのため、ある技術区分について全国籍平均に対する相対的な優位性を一覧で定量的に見ることができる。

(2) 拡大係数について

特定の技術区分が近年どの程度増加しているかの指標を示す「拡大係数 g_{ij} 」は以下の式で定義される。

$$g_{ij} = \frac{Q_i / q_i}{\sum_j Q_{ij} / \sum_j q_{ij}}$$

Q_i : j 国籍出願における技術区分 i における 2012-2018 年の合計件数

q_i : j 国籍出願における技術区分 i における 2005-2011 年の合計件数

Q_i / q_i : 技術区分 i における増加率

$\sum_j Q_{ij}$: 技術区分 i における 2012-2018 年の全国籍の累積件数

$\sum_j q_{ij}$: 技術区分 i における 2005-2011 年の全国籍の累積件数

$\sum_j Q_{ij} / \sum_j q_{ij}$: 技術区分 i における全国籍の増加率

(出願先：日米欧中韓台印 A S E A N、優先権主張 2005-2018 年)

全国籍平均増加率で規格化しているため、拡大係数が1より大きければ「技術区分 i における全国籍の平均増加率」よりも大きく、拡大係数が1より小さければ「技術区分 i における全国籍の平均増加率」よりも小さいことがわかる。そのた

め、近年の出願件数の増加率に関して全国籍での位置から、国籍ごとに定量的な比較をすることができる。

例えば、ある技術区分の「拡大係数」と「特化係数」が共に1より大きい場合は、当該技術区分は、技術力マップ上で右上にプロットされる。このため、バブルが大きく、「技術力マップ」上でプロットされた当該技術区分は、その国にとって注力度・競争力が高く、出願規模も大きいいため、その国の「強み」であり、今後も成長が期待できると考えられる。

一方、ある技術区分の「拡大係数」と「特化係数」がともに1より小さい場合は、当該技術区分は、技術力マップ上で左下にプロットされる。その場合、当該技術区分は、その国にとって注力度・競争力が低いため、その国の「弱み」であり、技術のブレークスルーや市場のニーズが生まれない限り、今後の成長がその国において難しい技術区分と考えられる。

図 5-7 日本の応用産業技術力マップ

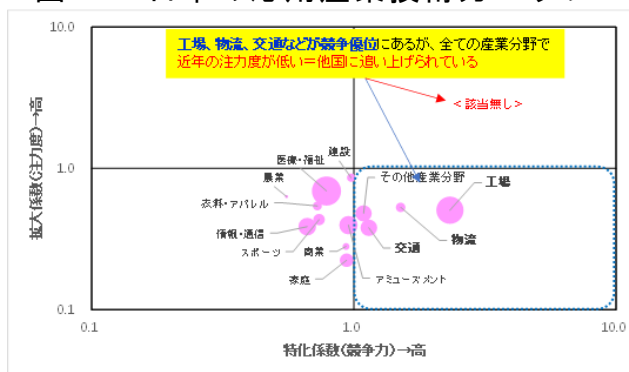
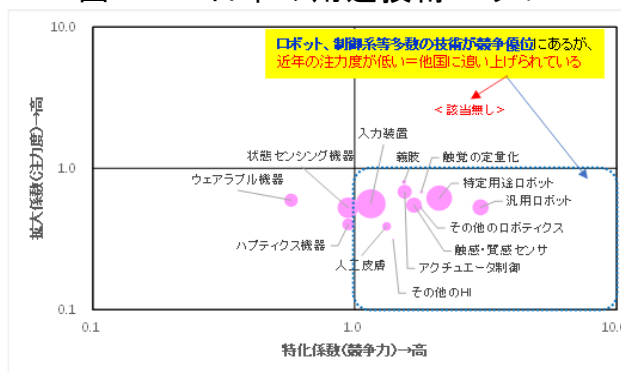


図 5-8 日本の用途技術マップ



日本の触覚センシング技術の強みを技術力マップから分析した。

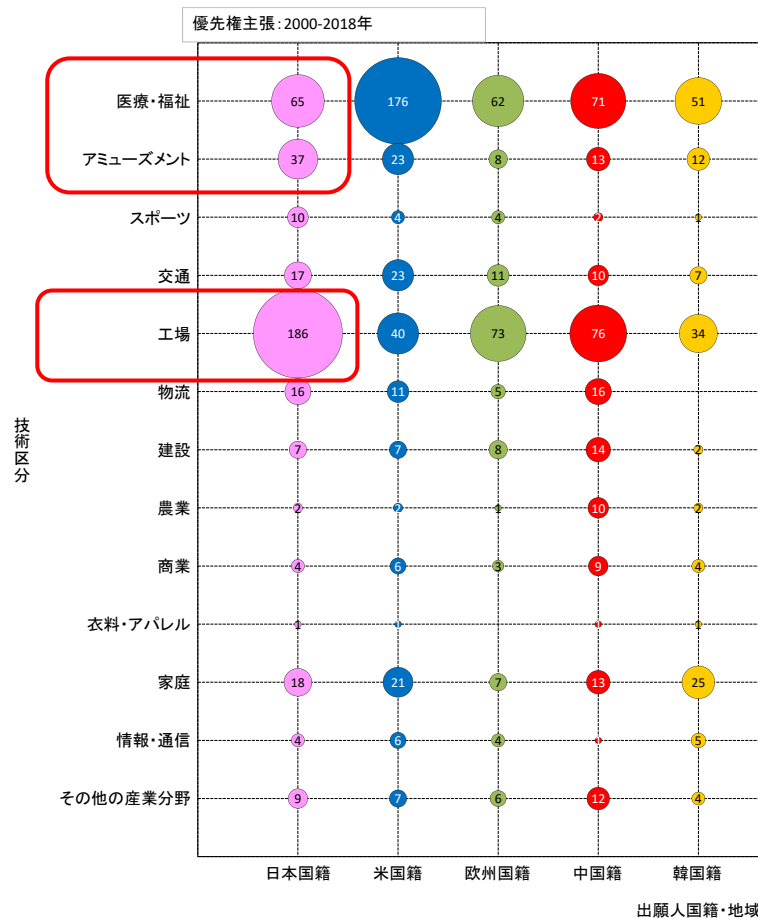
図 5-7 に産業分野に関する技術力マップを示す。技術力マップによれば、日本は、「工場」、「物流」、「交通」の産業分野について競争優位であると考えられる一方、全ての産業分野で近年の注力度が世界全体と比較し相対的に低いことから、他国から追い上げられている状況であると考えられる。

図 5-8 に用途に関する技術力マップを示す。「汎用/特定用途ロボット」、「アクチュエータ制御」、「入力装置」など数多くの技術で競争優位にあるが、注力度が全国籍平均以下であり、競争力の相対的な低下が懸念される。

用途に関する技術マップの結果より、「特定用途ロボット」の出願規模が大きくかつ競争優位であると考えられる。そこで、「特定用途ロボット」が、具体的にどのような産業分野で使用されているかを分析するため、図 5-9 に、「特定用途ロボット」と「産業分野」をクロス解析したものを示す。

その結果、日本は「工場」(186 件)が一番多く、「医療・福祉」(65 件)、「アミューズメント」(37 件)の順に多いことが分かった。すなわち、工場用ロボットや、医療・介護ロボットに強みを有すると考えられる。

【図 5-9 特定用途ロボットと産業分野をクロス解析した出願人国籍・地域別ファミリー件数（出願先：日米欧中韓台印 ASEAN、優先権主張 2000-2018 年）



(オ) 主要出願人と共同出願の状況

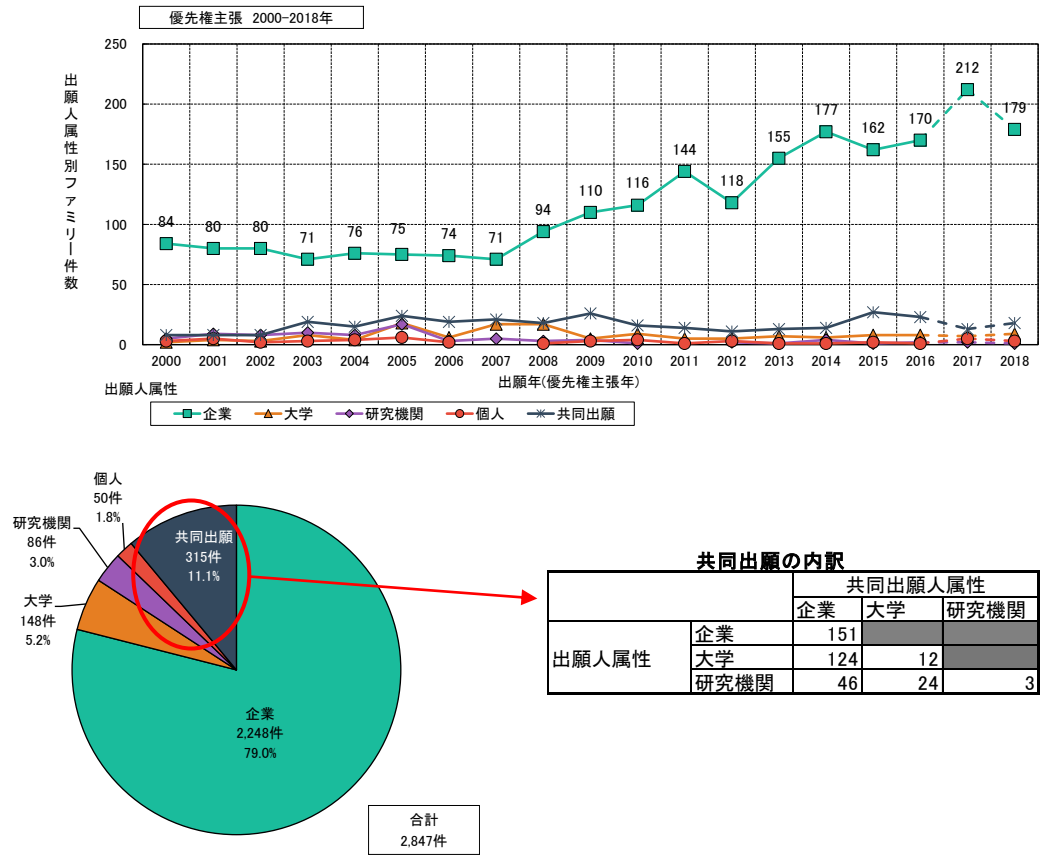
表 5-1 に出願人別ファミリー件数上位ランキングを示す。日本企業は、第 4 位「セイコーエプソン」（219 件）、第 5 位「ソニー」（190 件）、第 9 位「パナソニック」（117 件）、第 10 位「ファナック」（87 件）、第 11 位「トヨタ自動車」（82 件）がランクインしている。

図 5-10 に日本国籍の出願人属性別ファミリー件数推移とその比率、及び共同出願の内訳を示す。共同出願は 315 件、全出願数の 11%となっている。共同出願の内訳は、企業間、及び企業と大学によるものが約 88%を占めている。

【表 5-1 出願人別ファミリー件数上位ランキング(出願先：日米欧中韓台印ASEAN、全体、優先権主張：2000-2018 年)】

日米欧中韓台印ASEANへのファミリー出願 (2000-2018年)		
順位	出願人名称	件数
1	サムスン電子(韓国)	611
2	LGエレクトロニクス(韓国)	409
3	アップル(米国)	330
4	セイコーエプソン	219
5	ソニー	190
6	イマージョン(米国)	170
7	マイクロソフト(米国)	125
8	アルファベット(米国)	120
9	パナソニック	117
10	ファナック	87
11	トヨタ自動車	82
12	フィリップス(オランダ)	81
13	東芝	79
13	インテル(米国)	79
15	ボッシュ(ドイツ)	76
16	シャープ	69
17	本田技研工業	68
18	キヤノン	67
19	韓国科学技術院(韓国)	66
20	ノキア(フィンランド)	57
21	安川電機	55
22	アイビーエム(米国)	54
22	クアルコム(米国)	54
22	京東方科技集団(中国)	54
25	メトロニック(米国)	53
26	アルプスアルパイン	52
27	レノボ(中国)	51
27	シーメンス(ドイツ)	48
29	デンソー	46
30	アイロボット(米国)	43
30	インテュイティブサージカル(米国)	43

【図 5-10 日本国籍の出願人属性別ファミリー件数推移、比率、及び共同出願内訳】



6. 研究開発動向

図 6-1 に、研究者所属機関国籍・地域別の論文発表件数推移と比率を示す。

2000 年から 2019 年までにかけて国籍別の研究者の発表件数の合計は、第一位が欧州国籍（1,406 件）、第二位が中国国籍（936 件）、第三位が日本国籍（881 件）、第四位が米国国籍（761 件）、第五位が韓国国籍（388 件）である。論文発表件数推移をみると、日本国籍は、2001 年から 2008 年にかけて増加したものの 2008 年以降減少に転じ、2011 年に底を打った後に 2013 年以降ほぼ横ばいを示している。一方、欧州国籍、中国籍については 2000 年以降増加傾向を示している。

表 6-1 に、研究者所属機関別論文発表件数上位ランキングを示す。日本国籍は、第 1 位「東京大学」（96 件）、第 2 位「名古屋大学」（72 件）、第 6 位「東北大学」（58 件）が上位にランクインしている。また、論文発表件数の上位のほとんどが大学関係である。したがって、触覚センシング技術においては大学が中心となって基礎研究を進めていると考えられる。

【図 6-1 研究者所属機関国籍（地域）別論文発表件数比率及び推移
（発行年：2010-2019 年）】

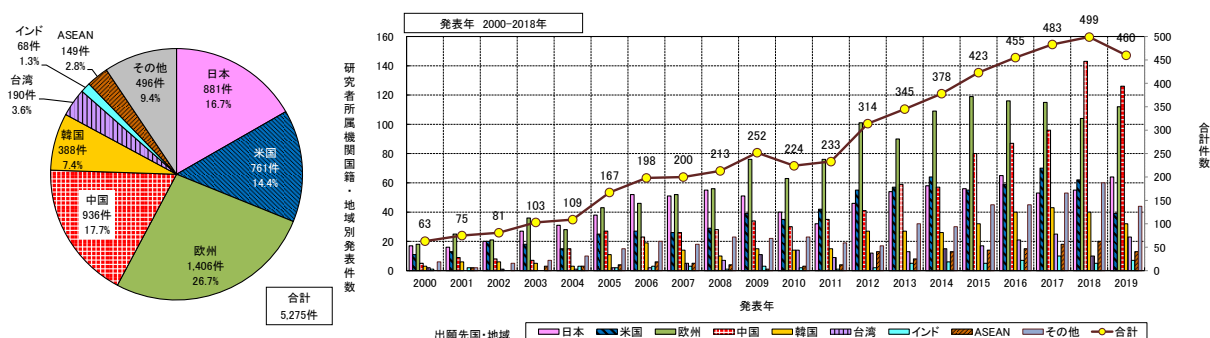


表 6-1 研究者所属機関別論文発表件数上位ランキング（発表 2000-2019 年）

研究者所属機関別論文発表件数上位ランキング (2000-2019年)		
順位	所属機関名称	件数
1	東京大学	96
2	名古屋大学	72
3	ロンドン大学(英国)	64
3	哈爾濱工業大学(中国)	64
5	国立清華大学(台湾)	61
6	東北大学	58
7	成均館大学校(韓国)	52
7	韓国科学技術院(韓国)	52
9	清華大学(中国)	41
10	スイス連邦工科大学チューリッヒ校(スイス)	39
11	浙江大學(中国)	38
11	コンコルディア大学(カナダ)	38
13	西安交通大学(中国)	37
13	国立台湾大学(台湾)	37
13	シンガポール大学(シンガポール)	37
16	カリフォルニア大学(米国)	36
17	燕山大学(中国)	35
18	スタンフォード大学(米国)	35
18	ジョンズホプキンス大学(米国)	35
20	慶應義塾大学	34
21	マサチューセッツ工科大学(米国)	33
21	延世大学校(韓国)	33
23	大阪大学	32
24	名古屋工業大学	31
25	学校法人立命館	30
26	合肥工業大学(中国)	29
27	ハーバード大学(米国)	27
27	マラガ大学(スペイン)	27
29	早稲田大学	26
29	ジョージア工科大学(米国)	26

7. 調査の総括と提言

【提言 1】発展期における研究開発の推進

測定原理の確立からシステム化までが並行して進んでいる触覚センシングの技術領域で、日本の競争力を維持・向上するために、用途に応じた課題にも着目し、測定原理の確立、センサデバイスの実装技術開発、新規材料開発、システム化関連技術の開発、様々な応用分野への触覚センシング技術の適用など、研究開発動向・特許出願動向を注視し、幅広く研究開発を推進すべきである。

- ・触覚センサの市場規模は、世界のセンサデバイス市場の中でも極めて小さく、触覚センシング技術は発展期にあると考えられる。有識者ヒアリングでは「触覚センシングはスタートしたばかりであるが、最終的に小さいとは捉えていない」との意見があった。
- ・触覚センシングの研究開発動向については、理論・原理、材料開発などの先端技術開発を含め、システム化技術、多様な応用分野への適用に関する研究開発が並行して行われている。アドバイザリーボードからは、例えば、医療・福祉用途の場合、「広面積」、「耐久性」、「柔軟性」、「安価」等の性質が求められる旨意見もあり、用途に着目した課題も重要との意見があった。
- ・有識者ヒアリング、アドバイザリーボードにおいては、日本は、ある分野では優位性があるが、ものづくり力が低下していることや、触覚センサの需要が拡大する際に、米国、中国に対して強い危機感がある旨の意見があった。また、「研究技術開発リソースを特定分野に集中するのではなく、幅広く研究開発を推進すべきである」「近年の研究開発力の相対的な低下を防ぐために、若手研究者、技術者の人材育成に取り組むべき」との意見があった。

【提言 2】強みを活かしたニーズ指向の技術開発

触覚センシング市場を拡大し日本の競争力を強化するために、近年注力してきている米国・中国等の動向を把握し、日本が現在競争力を有している工場用ロボット分野に留まらず、介護ロボット、ウェアラブル機器などの開拓先を見据えて、ユーザーニーズの課題解決を意識しつつ、触覚センサで得られたフィジカル空間のセンサ情報と人工知能などのサイバー空間の連携、技術シーズとユーザーニーズの連携、異業種間などの連携を図り、ニーズ指向の技術開発に注力していくべきである。

- ・ロボット用触覚センサの日系シェアは 100%(2017 年資料)を占め、優位を示している。
- ・ロボット分野では、日系が強い製造用ロボットに加え、多様な介護用ロボットへの期待が高まっている。更に、他のセンサやエッジコンピューティングなどの革新デバイスと協調して、多様な利用シーンへの展開も期待されている。
- ・拡大係数／特化係数による分析結果からみると、日本国籍企業はこれまでの技術開発の蓄積の結果、工場、ロボットやアクチュエータ制御等他国との競争力のある分野は多く存在する。

・有識者ヒアリングでは、「日本の強みであるアナログ技術力は世界に通用する。アナログ技術力を活かし、DX(デジタルトランスフォーメーション)等へ発展させるためにも、基本となる触覚センサの研究開発に注力すべきである。」との意見があった。

・有識者ヒアリングでは、「技術は、日本に強みがあるが、市場は米国に強みがあり、大量生産が得意なのは中国だろう」「日本の強みが弱みにもなることには注意が必要である」との意見があった。

【提言 3】研究開発情報の利用を促進する基盤整備

触覚センシング技術に関連するプレーヤーは、大学、研究開発機関や大企業、中小、ベンチャー企業など個別・多岐に渡り、連携や情報共有が難しいため、政府機関、関連企業、大学等が協力して、グローバル展開を先行して図るため、標準化推進、研究開発情報の利用を促進するための基盤整備を推進すべきである。また、スタートアップ企業が、大学の研究成果を会社実装につなげることができるような環境も整備・拡充すべきである。

・触覚センシングに関する施策は、府省ごとに個別に研究開発テーマを設定した上で進められている。また、様々な種類の触覚センサが、様々な企業から発売されている。

・日本国籍の特許出願においては、数件規模で出願している中小企業を含む出願人が非常に多く、一方、上位出願人は大企業であり多様な業種が見られる。また、論文発表の上位プレーヤーは大学であることから、触覚センサ技術に関連するプレーヤーは個別・多岐に渡っている。

・産学連携での技術開発は一定数行われているが、有識者ヒアリングでは「日本の中で情報が連携されていない、つなげる人がいない」「大学のみではユーザーのニーズが捉えられない」という意見があった。

・触覚に関する標準化は、国際標準化機関 ISO/IEC、ITU-T、IEEE1918.1 で検討が開始されている。触覚センサに関する業界標準の動きは見出せなかったが、国内ではハプティクス研究センターや力触覚技術応用コンソーシアムなどが立ち上がり、触覚に関する学協会での活動から、産業や社会と関わり、触覚技術の進行と発展を図る取組みが始まっている。

・一方、嗅覚分野では、嗅覚センサ素子の業界標準化に向けた MSS フォーラム が 2017 年に発足し、より多くの企業、機関が参加したオープンな意見交換、情報共有ができる場へ発展している。

・有識者ヒアリング、及びアドバイザリーボードでは、ベンチャー企業等が大学の研究成果を社会実装につなげることができるような環境を整備すべきということや個々の企業の協力体制ではなく、数社集まるコンソーシアム体制で予算がつく形で産官学がまとまると良いという旨の意見があった。