

# 平成 2 1 年度 特許出願技術動向調査報告書

## 加速度センサ (要約版)

### <目次>

第 1 章 加速度センサの俯瞰と解析軸.....	1
第 2 章 特許動向分析.....	8
第 3 章 研究開発動向分析.....	25
第 4 章 政策動向分析.....	34
第 5 章 市場動向分析.....	36
第 6 章 総合分析.....	41

平成 2 2 年 4 月

特 許 庁

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

## 第1章 加速度センサの俯瞰と解析軸

### 第1節 加速度センサの俯瞰

#### 1.1. 加速度センサの概要

加速度センサは、速度の時間変化率（時間微分）である加速度を検出するセンサである。物体に働く加速度は加えられた外力に比例するという物理法則を用いて、加速度のそのものの値の測定や、外力が加わったことの検出に用いられる。前者の例は、高精度な測定が要求される科学実験や重力計測、地震計測などでの利用である。後者の例は、傾き、振動、動き、衝撃、落下などに検出に利用される。加速度センサの利用目的により検出すべき加速度の大きさが異なる。また、静的な加速度すなわち重力加速度の検出や動的加速度検出といった加速度の周波数帯域幅もさまざまである。

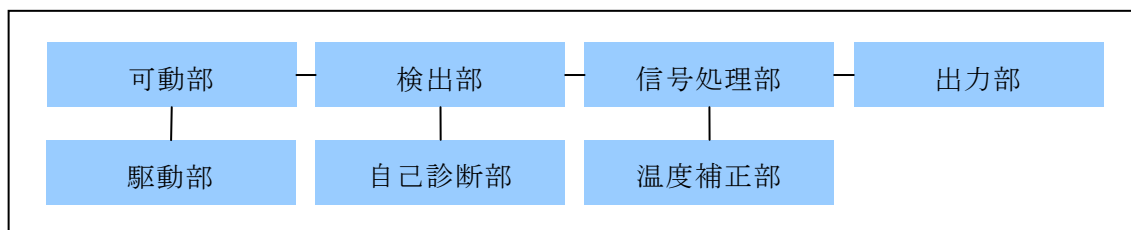
現在、加速度センサは、ゲームや携帯機器の入力装置、HDD（Hard Disk Drive）の保護機構などに利用され、身近なセンサの1つである。また、前記のほか自動車、航空機、ロボット、健康・安心・安全、宇宙、計測などの幅広い用途に応用され、応用産業分野は、IT・情報通信、アミューズメント、機械・運送、環境、医療などへ広がっている。このように、加速度センサの応用範囲が広がった要因は2つある。

1つ目は、MEMS（Microelectromechanical Systems）技術を応用したMEMS加速度センサの登場である。MEMS技術は、半導体の微細加工技術を応用して、微細な構造に様々な機能を実現する技術である。1980年代初頭まで、いわゆる機械式加速度センサまたは電気機械式と呼ばれる加速度センサがエアバッグシステムに用いられていた。MEMS加速度センサがエアバッグシステム用に製品化されると、エアバッグシステムに利用される加速度センサはMEMS加速度センサに置き換わった。MEMS加速度センサは、小型であること、センサ出力のデジタル回路入力容易なことなどが理由として挙げられる。

2つ目は、多軸（2軸方向、3軸方向）の加速度を検出可能な加速度センサが登場したことである。多軸方向の加速度検出には、1軸の加速度センサでは複数組み合わせる必要があるが、多軸加速度センサであれば1つで機能を満たすことができる。また、加速度と角速度を同時に検出できるセンサも開発され、センサ機能の複合化が進んだ。

加速度を電氣的信号へ変換する加速度センサの構成例を図1-1に示す。

図 1-1 加速度センサブロック図



一般的な構成では加速度によりおもり（錘、マス）が慣性力を受け、おもりを支持するばねの反力とのつりあいによって変位する（可動部）。可動部の変位は、おもりに取り付けられた変位検出部、あるいは、ばねのひずみを検出するひずみ検出部で電気信号に変換され、周

辺電子回路で信号処理され出力される。おもな周辺電子回路は、検出機構で検出された信号を増幅したり、アナログ/デジタル変換したりする信号変換部、変換後の信号を出力する出力部などである。サーボ型の場合、検出機構部を駆動するための駆動部、さらに、検出部および周辺電子回路の機能診断をおこなう自己診断部、温度補正をおこなう温度補正部などもある。

加速度センサはこのような構成であるので、設計技術として、センサ全体の総合的な機能を設計するシステム設計技術、周辺回路の回路設計をおこなう回路技術、加速度検出部の設計をおこなうデバイス構造設計が必要である。対応するテスト技術として、システム全体のテストをおこなうテスト技術、電子回路の製造過程のテストをおこなうプロセステスト技術、検出部の動作テストをおこなうデバイステスト技術がある。

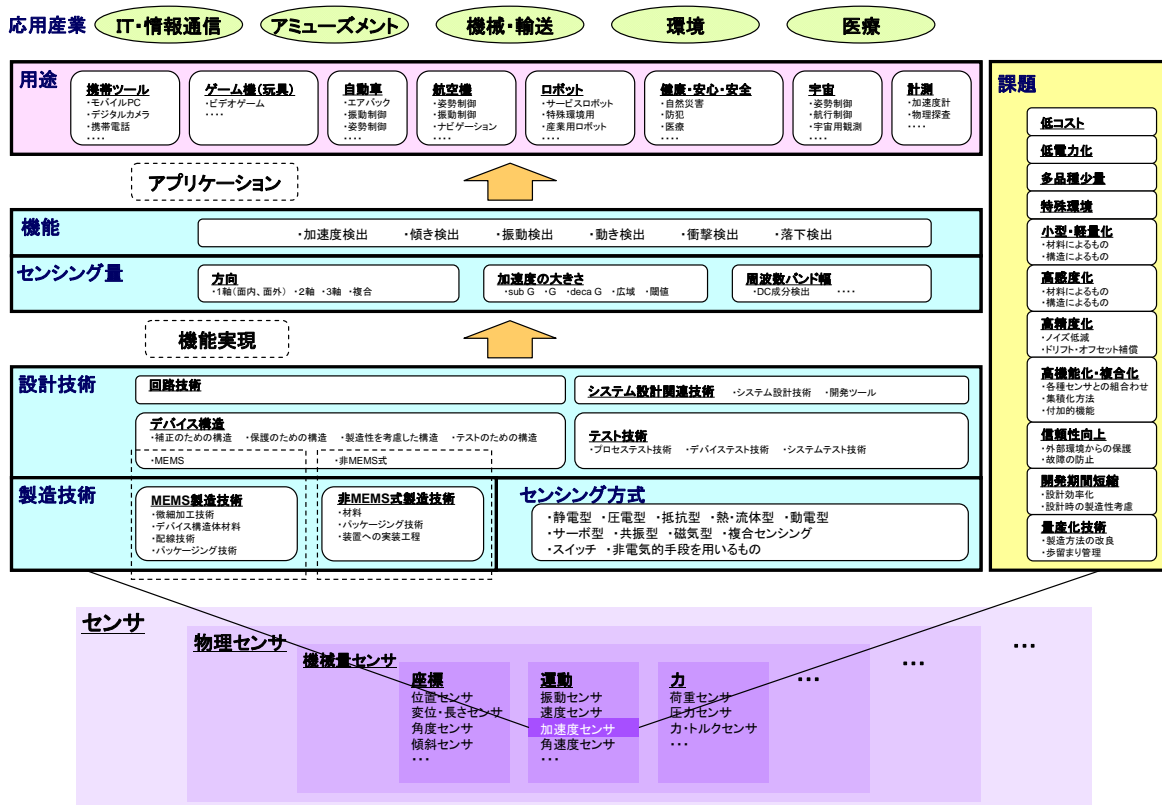
加速度センサを製造する技術は、MEMS 加速度センサと非 MEMS 加速度センサとで大きく異なる。MEMS 加速度センサは微細な構造を形成するため、製造技術として半導体微細加工技術、マイクロマシニング技術を用いる。

加速度検出部のセンシング方式は、静電型、圧電型、抵抗型、熱・流体型、動電型、サーボ型、磁気型などがある。複数軸方向の加速度の同時検出や、角速度との同時検出など複合センシングもある。

加速度センサにおける主な技術的な課題として、低コスト、低電力化、多品種少量、特殊環境、小型・軽量化、高感度化、高精度化、高機能化・複合化、信頼性向上、開発期間短縮、量産化技術などが挙げられる。

以上の状況を踏まえて作成した加速度センサの技術俯瞰図を図 1-2 に示す。

図 1-2 加速度センサの技術俯瞰図



## 1.2. 加速度センサに関する技術

加速度センサに関する技術を、センシング方式、製造技術、設計技術、センシング量、機能、用途に分けて説明する。

### 1.2.1. センシング方式

加速度を電気信号または他の量へ変換するために用いる方式による分類では、静電型、圧電型、抵抗型、熱・流体型、動電型、磁気型、また、制御方式としてサーボ型などがある。

静電型は、センサ内の可動部(おもり)をキャパシタの片側の電極とした加速度センサである。加速度の印加により可動部がフレーム部分に対して相対的に変位する。この変位に伴ってキャパシタの静電容量が変化する。静電容量の変化を電氣的に取り出すことにより加速度を取得することができる。

圧電型は、材料に力を加えると応力に比例した分極が起こる圧電材料を用いた加速度センサである。圧電材料に発生する分極を電氣的に取り出し、慣性力を求め、加速度を取得する。圧電材料に対して、慣性力を引張・圧縮応力として働かせる場合、せん断力として働かせる場合、曲げ応力として働かせる場合があり、それぞれの場合で加速度センサの構造が変わる。

抵抗型は、材料に力を加えるとひずみに比例して電気抵抗が変化するピエゾ抵抗材料や歪みゲージを用いた加速度センサである。電気抵抗の変化をブリッジ回路などの周辺回路により電氣的に取り出し、慣性力を求め、加速度を取得する。

熱・流体型は、加速度センサに流体が封入された加速度センサである。加速度が加わると流体の移動が起こり、温度分布が変化する。この温度変化を検出して加速度を求める。他の主なセンシング方式と異なり、機械的な可動部がないという特徴がある。

動電型は、電磁誘導を利用した加速度センサである。センサ内の可動部(おもり)を磁性体で形成し、コイルと対向して配置する。加速度により磁性体の変位すると誘導起電力が発生するので、この起電力から加速度を算出する。

磁気型は、磁気を利用した種々の加速度センサである。例えば、ホール素子を利用したもの、磁気抵抗効果素子を利用したもの、磁歪効果素子を利用したもの、リードスイッチを利用したものなどが挙げられる。

サーボ型は、可動部(おもり)に慣性力が働いたときに可動部の変位がゼロになるように、可動部に力を加えることができる制御機構をもつものである。どのような加速度、すなわち慣性力が発生しても常に可動部が動かないように、サーボ系を構成しておき、サーボ系が可動部に与えた力から加速度を取得する。

### 1.2.2. 製造技術

製造技術は、MEMS 製造技術と非 MEMS 製造技術に分けられる。

MEMS 製造技術は、半導体微細加工技術、マイクロマシニング技術により加速度センサを製造する技術である。微細加工技術や材料技術、配線技術、パッケージング技術などが含まれる。

非 MEMS 製造技術は、MEMS 式以外の加速度センサを製造する技術である。材料、パッケージング技術、装置への実装技術などが含まれる。

### 1.2.3. 設計技術

加速度センサを設計する技術である。回路技術、システム設計関連技術、デバイス構造、テスト技術からなる。

回路技術は、加速度を電気信号に変換し、転送・出力する回路技術である。ノイズや不要な周波数成分を除去する技術や、加速度センサの動作を自己診断・補正する技術、加速度センサの機能を回路的に保護する技術などがある。

システム設計関連技術は、加速度センサ全体をシステムとして設計する技術である。論理的、物理的設計および検証技術やそれらを支援するツールなどがある。

デバイス構造は、MEMS 式と非 MEMS 式に大きく分けることができる。用途や検出する加速度の種類、静電型や圧電型などのセンシング方式に応じてデバイス構造が最適化される。

テスト技術は、加速度センサの動作や信頼性をテストするための技術である。テスト対象によって、プロセステスト技術、デバイステスト技術、システムテスト技術に分類できる。プロセステスト技術は、加速度センサの製造過程におけるテスト技術である。デバイステスト技術は、加速度センサのうち、加速度検出をおこなう基本単位部分の動作や信頼性をテストする技術である。システムテスト技術は、加速度センサのシステムとしての動作や信頼性をテストするためのテスト技術である。

### 1.2.4. センシング量

検出する加速度は、同時に検出する加速度の方向、検出できる加速度の範囲、周波数帯域幅に分類できる。

同時に検出できる加速度の方向（軸数）は、1 軸のもの、2 軸のもの、3 軸のものがある。また、並進運動の加速度以外の値、すなわち回転運動を同時に検出できるものもある。例えば、3 軸方向の加速度と 3 軸周りの角速度の 6 つの量を同時に検出するなどである。

検出する加速度の大きさによっても加速度センサの特徴が異なる。重力加速度よりも小さな加速度を検出するもの、重力加速度程度の加速度を検出するもの、重力加速度より大きな加速度を検出するもの、幅広い大きさの加速度を検出できるものなどがある。

例を挙げると、重力加速度よりも小さな加速度検出として地震観測、重力加速度程度の検出として傾き検出、重力加速度より大きな加速度検出として衝撃検出などがある。

検出する加速度の周波数帯域によっても加速度の特徴が異なる。静止または等速度運動状態での加速度を検出できる静的加速度検出と、加速度の時間的変化を検出する動的加速度検出とがある。静的加速度のことを、加速度の DC 成分、動的加速度を AC 成分と呼ぶこともある。静的加速度と動的加速度を同時に検出できるものもある。

### 1.2.5. 機能

加速度センサの機能は、大きく分けて加速度検出、傾き検出、振動検出、動き検出、衝撃検出、落下検出などがある。

加速度検出は、加速度の大きさそのものの検出を目的とした場合である。装置としては、加速度計と呼ばれる場合もある。移動体の加速度測定や、地震計測の特徴量として加速度を用いる場合などがある。

傾き検出では、傾きによる重力加速度の変化を検出して傾きを検出する。重力方向に対して、加速度センサ内の座標系の 1 つの軸が一致した状態から傾いた場合、加速度センサ内の

座標系の軸方向成分として検出される重力加速度は、傾きの大きさに依存する。このようにして重力加速度の各軸分解成分の変化によって傾きを検出する。

振動検出では、振動によって発生する慣性力や加速度の変化を加速度センサで検出する。

動き検出では、物体の運動によって発生する加速度の変化により動きを検出する方法などがある。加速度センサ、角速度センサ、地磁気センサを組み合わせ高精度な検出をおこなうものもある。

衝撃検出では、衝撃によって発生する加速度を検出する。大きな加速度が非常に短い時間に発生する。

落下検出では、無重力状態を検出する。加速度センサが静止または等速運動状態である場合には、重力加速度が検出される。自由落下状態であればいわゆる無重力状態となり、検出される加速度が異なるので、落下を検出することができる。

### 1.3. 技術開発動向

#### 1.3.1. 技術課題

加速度センサにおける主な技術的な課題としては、センサ一般の技術課題と一致する。センサの機能としては、特殊環境、高感度化、高精度化、高機能化・複合化、信頼性向上などの技術課題がある。民生利用では、低電力化、小型・軽量化、特に、低コストが技術課題である。開発・製造に関連する技術課題としては、開発期間短縮、量産化技術などが挙げられる。MEMS 技術を用いた製造では、1枚のウェハから多くのチップがとれるので製造するウェハ枚数が少なくなり、MEMS 製品全般的に多品種少量生産に対応する製造技術が必要となる。MEMS センサでは、多品種少量への対応が技術課題に加わる。

#### 1.3.2. 今後注目すべき研究開発

今後注目すべき研究開発として、MEMS 加速度センサの CMOS 集積化技術を取り上げ、集積化方法 (SoC、SiP など) のトレンドを把握する。前述の技術課題に対しては、小型・軽量化、低電力化、高機能化・複合化等と関連する。

MEMS 技術による小型・軽量化により加速度センサの応用範囲が広がり、加速度センサの有用性が認知された。さらなる小型軽量化の実現のためには、MEMS センサと周辺回路を集積化することが有効である。これを実現するには、検出デバイス、センサ用 IC、パッケージ等の総合的な取り組みが必要となる。このような集積化の方法として、半導体産業の中では、旧来より SiP (System in Package) と SoC (System on a Chip) という手法が互いにクローズアップされてきた。SiP は、幾つかのチップを組合せてシステムとするものであり、SoC はひとつのチップ上にシステムを実現するものである。

MEMS 加速度センサでは、SiP と SoC による製品がどちらも存在しており、現状のトレンドがどちらであるか必ずしも明確になっていない。LSI で見られるように、長所短所は、新しく開発された技術により変化するものであるため、SiP/SoC の採用の動向は、製品への市場の要求レベルと同様に、技術の変遷と密接に関連すると考えられる。

## 第2節 解析軸の設定

### 2.1. 設定方針

前章にて述べた加速度センサの俯瞰に基づき、技術動向を分析するための解析軸を設定した。解析軸の大項目としては、加速度センサの技術に関連して、「製造技術軸、設計技術軸、機能軸、センシング方式軸、センシング量軸」を、加速度センサは中間製品であることから最終製品の「用途軸」を、技術が解決すべき課題として「課題軸」を設けた。

### 2.2. 解析軸

技術分類に用いた解析軸を表 1-1 に示す。

製造技術軸は、MEMS 製造技術と非 MEMS 製造技術を中分類とし、これらをさらに中分類以下に分けて分類した。

設計技術軸は、回路技術、システム設計関連技術、デバイス構造、テスト技術を中分類とした。これらをさらに中分類以下に分けて分類した。

用途軸は、携帯ツール、ゲーム機(玩具)、自動車、航空機、ロボット、健康・安心・安全、宇宙、計測、そのほかの用途に分類した。

課題軸は、量産化技術、開発期間短縮、多品種少量、低コスト、低電力化、小型・軽量化、高感度化、高精度化、信頼性向上、高機能化・複合化、特殊環境に分類した。

機能軸は、加速度検出、傾き検出、振動検出、動き検出、衝撃検出、落下検出、その他の検出に分類した。

センシング方式軸は、静電型、圧電型、抵抗型、熱・流体型、動電型、サーボ型、磁気型、複合センシング、その他のセンシング方式に分類した。磁気型はさらに中分類以下に分けて分類した。

センシング量軸は、方向、加速度の大きさ、周波数バンド幅で分類を行った。

表 1-1 解析軸

製造技術軸	MEMS 製造技術	課題軸	量産化技術
	微細加工技術		開発期間短縮
	デバイス構造体材料		多品種少量
	配線技術		低コスト
	パッケージング技術		低電力化
	その他の MEMS 製造技術		小型・軽量化
	非 MEMS 式製造技術		高感度化
	材料		高精度化
	パッケージング技術		信頼性向上
	装置への実装工程		高機能化・複合化
その他の非 MEMS 式製造技術	特殊環境		
設計技術軸	回路技術	機能軸	加速度検出
	信号処理回路		傾き検出
	CPU/DSP による信号処理		振動検出
	センサ IC 化されたもの		動き検出
	その他の回路技術		衝撃検出
	システム設計関連技術	落下検出	
	システム設計技術	その他の検出	
	開発ツール	センシング方式軸	静電型
	その他のシステム設計関連技術		圧電型
	デバイス構造		抵抗型
	MEMS		熱・流体型
	非 MEMS 式		動電型
	補正のための構造		サーボ型
	保護のための構造		共振型
	製造性を考慮した構造		磁気型
テストのための構造	複合センシング		
その他のデバイス構造	スイッチ		
テスト技術	非電気的手段を用いるもの		
プロセステスト技術	その他のセンシング方式		
デバイステスト技術	センシング量軸	方向	
システムテスト技術		1 軸	
その他のテスト技術		2 軸	
携帯ツール		3 軸	
モバイル PC		複合	
デジタルカメラ		加速度の大きさ	
携帯電話		sub G	
その他の携帯ツール		G	
ゲーム機(玩具)		deca G~	
自動車		広域	
航空機	閾値		
ロボット	周波数バンド幅		
健康・安心・安全	DC成分検出		
宇宙	その他の周波数バンド		
計測			
その他の用途			

## 第2章 特許動向分析

### 第1節 調査概要

加速度センサに関する特許出願動向について、全体動向分析、技術区分別動向分析、CMOS集積化技術の動向分析、出願人別動向分析、基本特許・重要特許に関する分析を行った。

#### 1.1. 調査対象範囲

特許動向分析のうち、全体動向、技術区分別動向、CMOS集積化技術の動向、出願人別動向の分析では、委員会からの推薦により、出願日（優先権主張日）を基準とし1990～2007年の特許出願を対象とした。

出願先としては、日本、米国、欧州、中国、韓国、台湾への出願、および、PCT（特許協力条約）に基づく国際出願を対象とした。欧州の定義については、以下に記載した。

特許文献は、加速度センサ自体やその用途に関連する国際特許分類（表 2-1）、および、検索に使用したデータベースにおいて加速度センサに関連するキーワード（加速度センサ、加速度、Accelerometer）を有する文献を対象とした。

基本特許・重要特許に関する分析における対象特許は、委員の推薦に基づく重要な技術区分に分類される特許とし、特に発行年による時期的な範囲の限定は行わなかった。

表 2-1 調査対象とする特許の範囲（特許分類および絞込み条件）

● G01P15/00	全件
● G01P21/00 ● H01L21/64 ● H01L21/66 ● H01L23/00 ● H01L29/84	キーワード： ?加速度?（日本語文献） Accelerometer?（英語文献）
● その他 用途などに係わる 22 グループに含まれる分類	タイトル： 加速度センサ（日本語文献） Accelerometer（英語文献）

#### 1.2. 検索方法および調査方法

特許検索のデータベースは、日本への出願についてはPATOLIS(株式会社パトリス提供)、米国、欧州、中国、韓国、台湾への出願、および、PCT出願については、Derwent World Patent Index (DWPI、Dialog社提供)を用いた（検索日：2009年8月26日【日本への出願】、2009年8月21日【他国およびPCT出願】）。

検索の結果として、国内特許文献、外国特許文献、PCT出願文献が、それぞれ、7,424件、6,100件、1,376件得られた。そのうち、国内特許文献全件（7,424件）、外国特許文献とPCT出願文献のうち日本へのファミリーを持たないもの（3,552件）を詳細に解析し、対象外であると判断される特許文献（ノイズ）の除去および解析軸に基づく分類を行った。

出願人の国籍については、公報に含まれる筆頭出願人の国籍とし、日本、米国、欧州、中国、韓国、台湾、その他として分類を行った。欧州国籍の定義については、次項に記載した。

出願人属性としては、企業、大学、大学以外の研究機関、個人、共同出願（企業間）、共同出願（企業と大学）、共同出願（その他）、その他にて分類を行った。

出願件数・登録件数は、各国・地域への出願を公報単位でカウントした。この際に、DWPIデータベースから検索した文献より得られるファミリー特許情報を利用した。日米欧中韓台への出願件数・登録件数総数は、それぞれ、16,914件・5,872件であった。このうち、台湾への出願件数・登録件数は、それぞれ、154件・109件であった。

分析では、主に、日米欧中韓への出願・登録件数を用い、必要に応じて、台湾のものをあわせて利用した。

基本特許・重要特許調査では、委員の推薦による代表的技術区分から、技術の名称、研究・開発者名をキーワードとした検索を行い、引用情報に基づいた再検索を繰り返した。検索の途中で得られた特許文献について、1,000件程度を詳細解析し特許を抽出した。

### 1.3. 「欧州」への出願、「欧州」国籍

欧州への出願とは、欧州特許庁（EPO）への出願、及び、使用するデータベース（DWPI）に収録されている以下のEPC加盟国（計20カ国）への出願とした。

・ オーストリア	・ フィンランド	・ オランダ
・ ベルギー	・ フランス	・ ノルウェー
・ スイス	・ イギリス	・ ポルトガル
・ チェコ	・ ハンガリー	・ ルーマニア
・ ドイツ	・ アイルランド	・ スウェーデン
・ デンマーク	・ イタリア	・ スロバキア
・ スペイン	・ ルクセンブルグ	

出願人の欧州国籍とは、2009年7月1日現在のEPC加盟国の国籍とした。すなわち、以下のEPC加盟国36カ国の国籍を欧州国籍とした。

・ オーストリア	・ ハンガリー	・ ポーランド
・ ベルギー	・ アイスランド	・ ポルトガル
・ ブルガリア	・ アイルランド	・ ルーマニア
・ クロアチア	・ イタリア	・ サンマリノ
・ キプロス	・ ラトビア	・ スロバキア
・ チェコ	・ リヒテンシュタイン	・ スロベニア
・ デンマーク	・ リトアニア	・ スペイン
・ エストニア	・ ルクセンブルグ	・ スウェーデン
・ フィンランド	・ マルタ	・ スイス
・ フランス	・ モナコ	・ マケドニア旧ユーゴスラビア
・ ドイツ	・ オランダ	・ トルコ
・ ギリシャ	・ ノルウェー	・ イギリス

### 1.4. 各国の特許制度の違いによるデータへの影響

各国の特許制度の違いにより、件数に影響があることを念頭におく必要がある。

台湾については、2003年5月より特許公開制度となったため、2003年4月以前は登録特許のみのデータになる。同様に米国は2001年より特許公開制度が行われ始めたため、2000年以前は登録特許のみのデータとなる。

出願から審査請求までの期間と審査にかかる期間は、国ごとに異なっている。日本では、2001年10月以降の出願から、審査請求期間が従来の7年から3年に短縮され、登録特許の件数はこれらの混在による影響がある。

## 1.5. データベースへの収録までの時間差

特許のデータベースへの収録までの時間差により、調査対象期間の終わりごろ（2006 年以降）の件数は今後増加することがあることを念頭に置く必要がある。

特許の申請・登録などが行われてからデータベースへの収録までの期間は、各国によって異なっており、未収録のデータがある。また、PCT 出願が各国の国内段階へと移行するまでにおよそ 30 ヶ月程度かかるため、調査対象期間の終わりごろの特許出願件数へ反映されていない。

## 第2節 全体動向分析

### 2.1. 出願人国籍動向

出願人国籍別の動向を分析した。出願件数では、日本国籍の出願人が 5 割、米国国籍 2 割、欧州国籍 2 割となっている。日本国籍の出願人は、1990 年代では米欧に比べてかなりの高水準で特許を出願し、特許登録では 1990 年代前半にピークがある。米国・欧州は、1990 年代にわたりコンスタントに出願を行っている。日米欧の出願人とも 2000 年代に出願件数を増やしてきているが、特に 2004 年以後、米欧からの出願の伸びが日本の伸びを上回っており、出願件数の差が縮まってきている。

図 2-1 出願人国籍別出願件数の割合（日米欧中韓への出願）

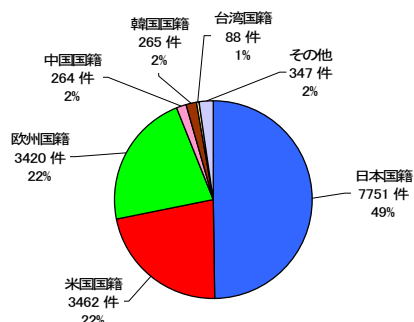


図 2-1 に出願人国籍別出願件数の割合（日米欧中韓への出願）を示す。

日本国籍の出願人からの出願が 7751 件（49%）と最も多く、次いで米国が 3462 件（22%）、さらに欧州 3420 件（22%）、韓国 265 件（2%）、中国 264 件（2%）、台湾 88 件（1%）と続いている。

図 2-2 出願人国籍別出願件数推移（日米欧中韓への出願）

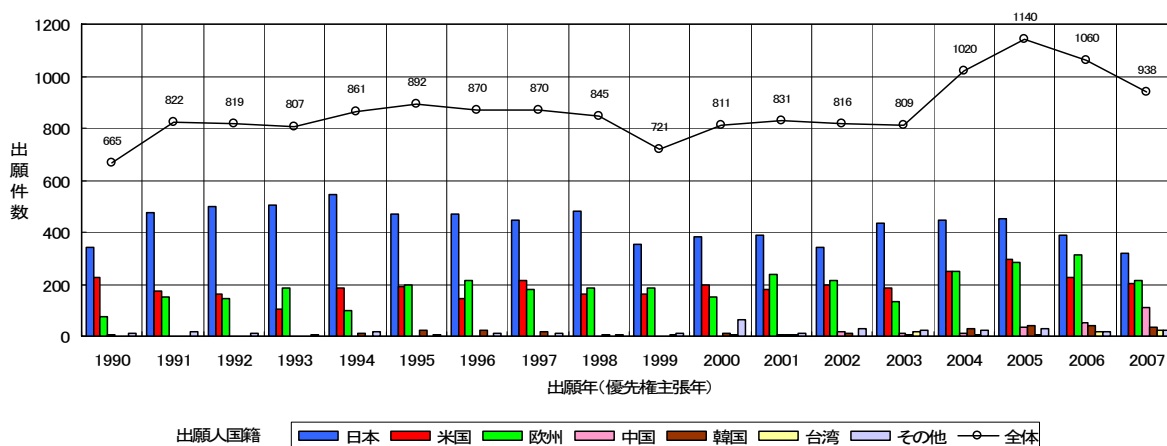


図 2-2 に出願人国籍別出願件数推移（日米欧中韓への出願）を示す。日本国籍の出願人は、1990 年代では米欧に比べてかなりの高水準で特許を出願している。1990 年後半に若干減少するものの現在まで出願件数を維持している。米国・欧州国籍の出願人は、1990 年代では日本に比べて出願件数が少ないが徐々に件数を増やしてきており、特に 2004 年以後件数を伸ばしてきている。

## 2.2. 出願先国－出願人国籍動向・収支

日本国籍の出願人は、自国である日本を始めとして米国、欧州、中国、韓国、および、台湾に多数の出願を行っている。

### 2.2.1. 出願件数動向

図 2-3 出願先国別－出願人国籍別出願件数（日米欧中韓への出願、台湾への出願）

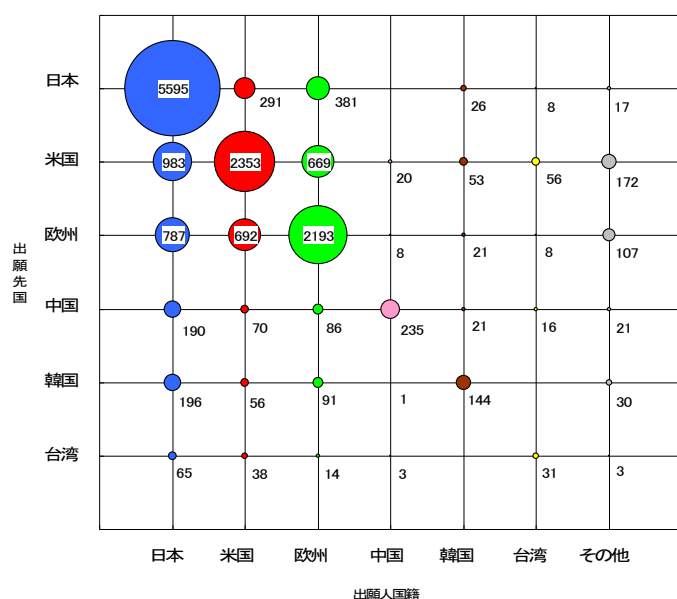


図 2-3 に出願先国別－出願人国籍別出願件数（日米欧中韓への出願、台湾への出願）を示す。日本国籍の出願人から、日本への出願が最も多い。米国へは、他国国籍の出願人からの出願が比較的多く行われているが、日本への他国国籍の出願人からの出願はそれほど多くない。日米欧国籍出願人からは、中国・韓国へ出願されている。数は多くないが、台湾へも出願されており、台湾の製造技術を背景とした企業の戦略の一環と解釈できる。

### 2.2.2. 出願件数収支

図 2-4 に出願先国別－出願人国籍別出願件数収支（日米欧中韓への出願）を示す。出願件数の規模は、日本への出願、次いで、米国、欧州、中国、韓国の順である。規模が最も大きい日本への出願の中では、日本国籍の出願人による日本への出願が特に多いことがわかる。また、日本国籍の出願人は米欧中韓へも多く出願していることがわかる。一方で、他国から日本への出願は多くない。米国・欧州の出願件数規模は同程度であり、相互に同程度の出願を行っている。両者とも、日中韓へ出願を行っているが、日本からの出願よりは少ない。

図 2-4 出願先国別－出願人国籍別出願件数収支（日米欧中韓への出願）

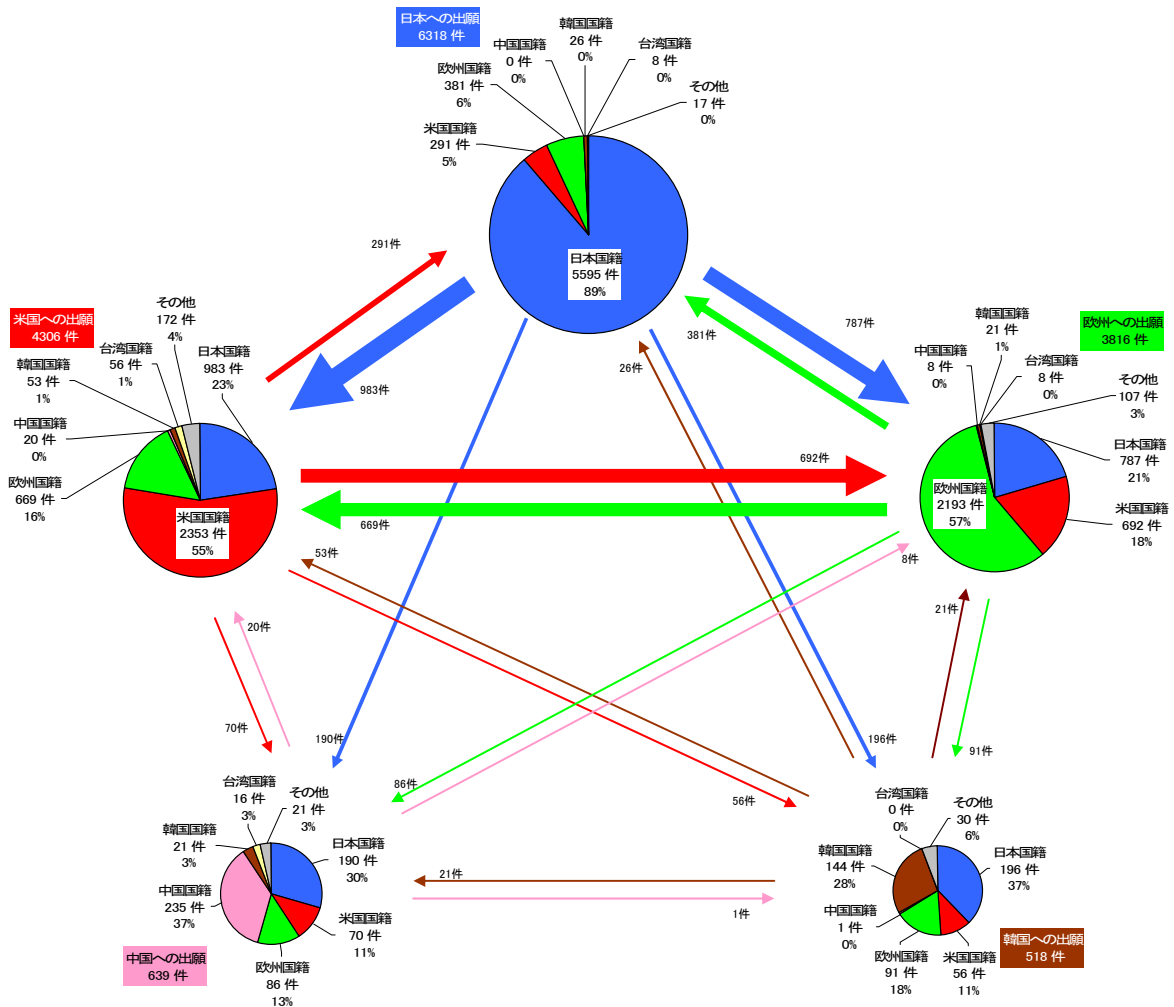
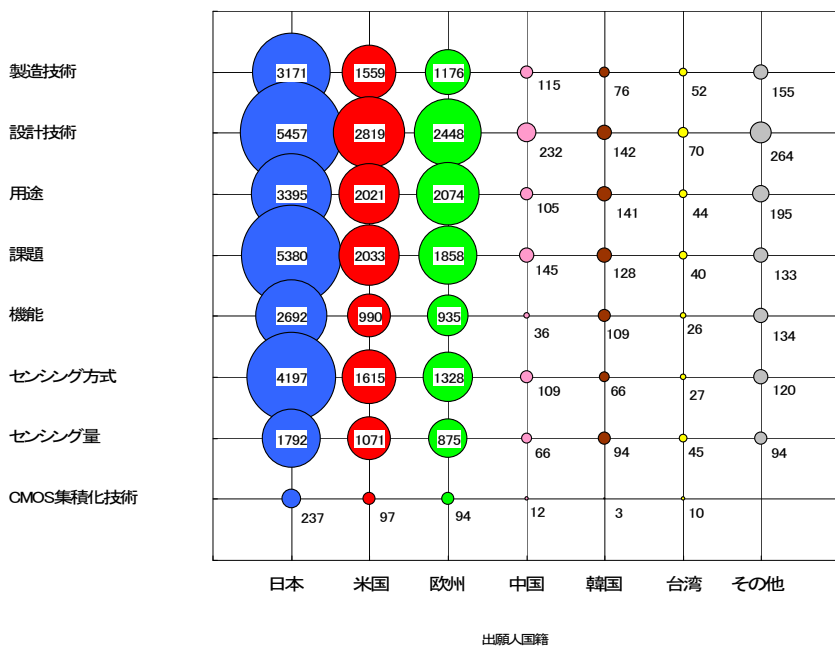


図 2-5 技術区分ごとの出願人国籍別出願件数（日米欧中韓への出願）



### 第3節 技術区分別動向分析

加速度センサに関する特許について、技術区分毎に動向分析を行った。

図 2-5 に技術区分ごとの出願人国籍別出願件数（日米欧中韓への出願）を示す。全ての区分において、日本国籍の出願人の特許が他国国籍を上回っている。他国に比べて 2 倍以上の件数がある技術区分を、わが国の特徴とする技術区分とすると、製造技術、課題、機能、センシング方式、CMOS 集積化技術が該当する。

以下では、製造技術、設計技術、用途、課題、センシング方式の各々について、詳細な技術区分と出願人国籍の動向について分析を行った。

#### 3.1. 製造技術

図 2-6 製造技術における出願人国籍別出願件数（日米欧中韓への出願）

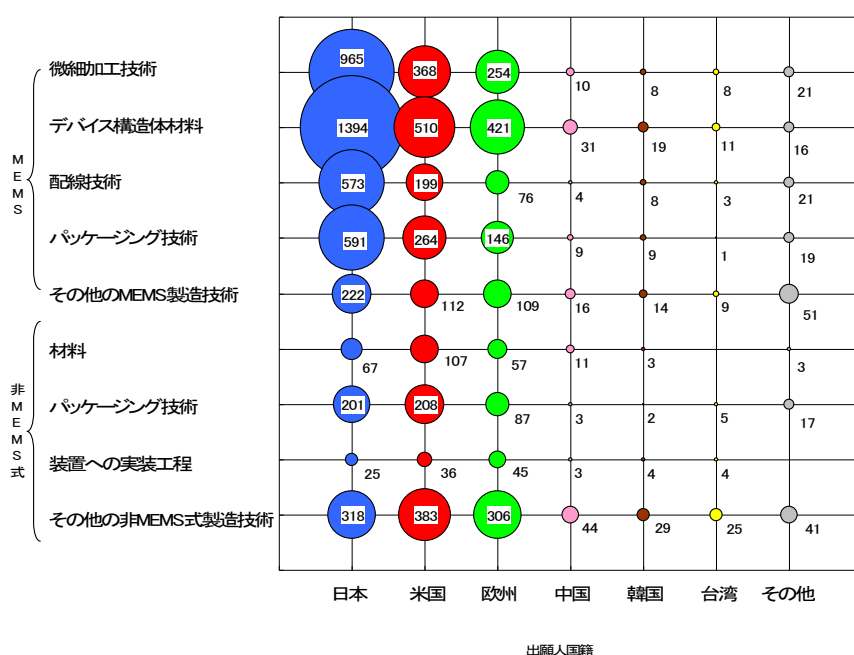


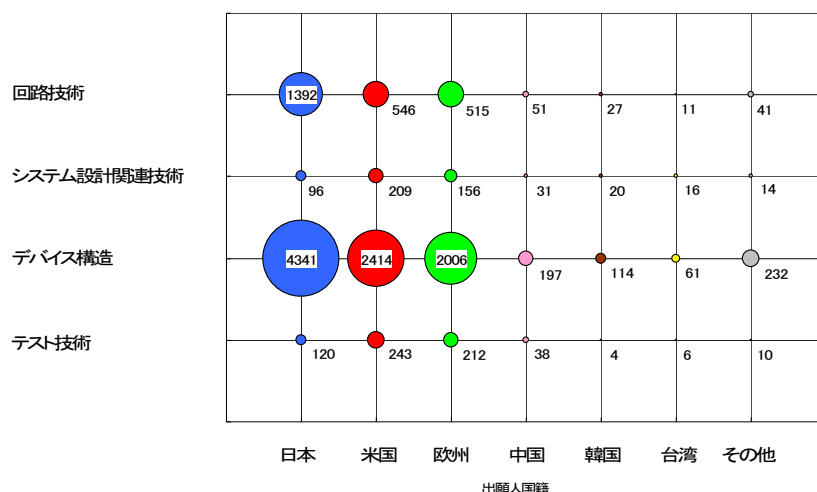
図 2-6 に製造技術における出願人国籍別出願件数（日米欧中韓への出願）を示す。MEMS 関連製造技術は、非 MEMS 式と比較して、全般にわたり出願が多い。特に日本国籍の出願人からは、MEMS 関連製造技術の比率が高く、微細加工技術、デバイス構造体材料、配線技術、パッケージング技術のいずれにおいても、他国籍からの出願件数の 2 倍を上回る。

「日本からの出願件数」 / （「米国からの出願件数」 + 「欧州からの出願件数」）を計算すると、微細加工技術で 1.55、デバイス構造体材料で 1.49、配線技術で 2.08、パッケージング技術で 1.44 となり、いずれも高い値となっている。

#### 3.2. 設計技術

図 2-7 に設計技術における出願人国籍別出願件数（日米欧中韓への出願）を示す。日本国籍の出願人からの特許出願件数は、デバイス構造や回路技術では、米国・欧州を上回っているものの、設計技術やテスト技術では米国・欧州より少ない。

図 2-7 設計技術における出願人国籍別出願件数（日米欧中韓への出願）



### 3.3. 用途

図 2-8 用途における出願人国籍別出願件数（日米欧中韓への出願）

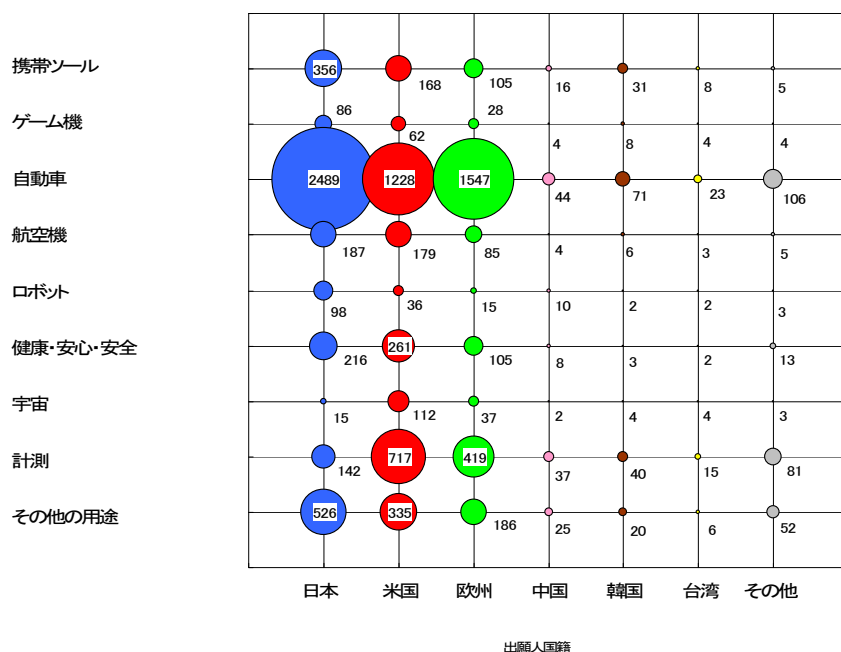
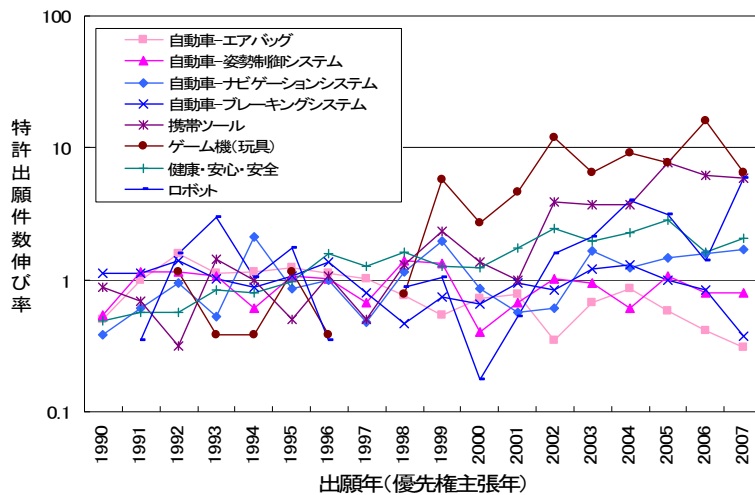


図 2-8 に用途における出願人国籍別出願件数（日米欧中韓への出願）を示す<sup>1</sup>。用途に関する特許では、自動車が大部分を占める。次いで、携帯ツール、健康・安心・安全、航空機、ゲーム機の順となっている。日本からの出願が他国より多いものとして、携帯ツール、自動車、ロボットがある。分野ごとの相対的な比較として、米国では、宇宙、健康・安心・安全分野に、欧州では、自動車分野に特徴がある。

<sup>1</sup> 計測用途の解釈には注意を要する。計測用途カテゴリは最終製品としての加速度の計測機器・装置のカテゴリであるが、英語の *accelerometer* は、加速度の計測機器・装置と加速度センサの両方の意味を含んでいる（*acceleration sensor* という用語はあまり使用されない）。このため、特許の明細からこのどちらを用途に含むか判断できない場合が多く発生し、その場合には計測用途に含めることにした。

図 2-9 用途間の特許出願件数推移（日米欧中韓への出願）の比較



わが国に関連する分野の動向を把握するため、図 2-9 に用途間の特許出願件数推移（日米欧中韓への出願）の比較を示す。用途毎に 1990～1999 年の平均値を算出し、平均値により規格化した値を示している。縦軸（特許出願件数の伸び率）は対数スケールとしている。ナビゲーションシステムを除く自動車関連の用途では減少または横ばい傾向であるが、自動車のナビゲーションシステム、携帯ツール、ゲーム機、ロボット、健康・安心・安全分野では、増加傾向が見られる。

### 3.4. 課題

図 2-10 課題における出願人国籍別出願件数（日米欧中韓への出願）

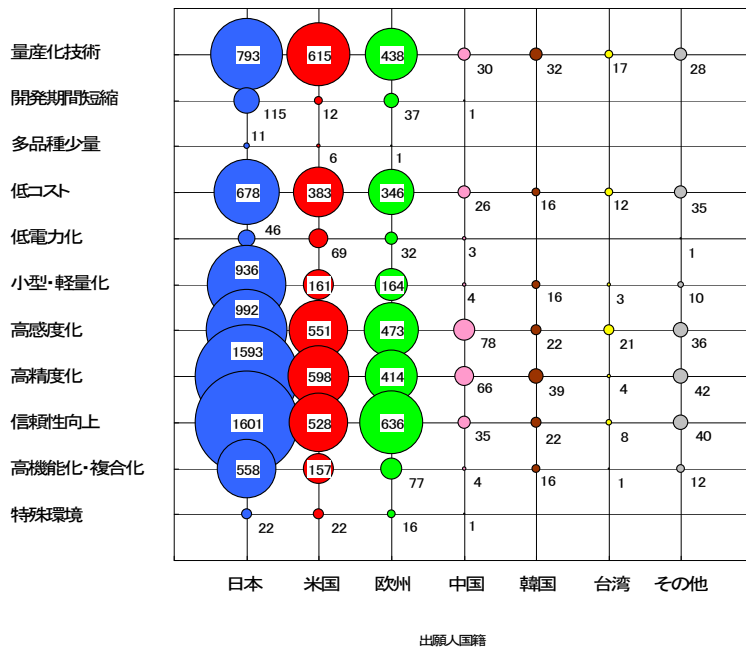


図 2-10 に課題における出願人国籍別出願件数（日米欧中韓への出願）を示した。全体的には、量産化、低コスト、小型・軽量化、高感度化、高精度化、信頼性向上、高機能化・複合化の出願件数が多い。

日本国籍の出願人からは、特に、小型・軽量化、高機能化・複合化、高精度化、信頼性向

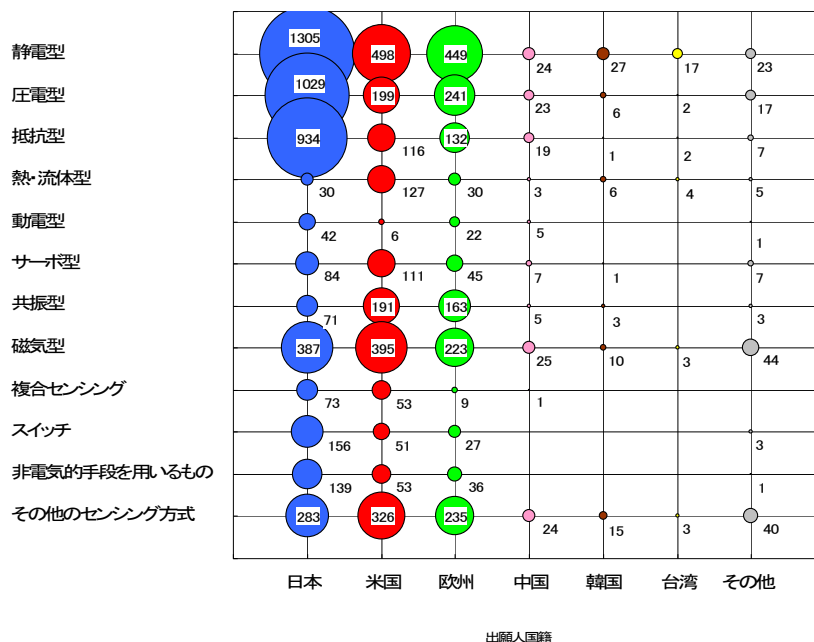
上の割合が高い。量産化技術、低コスト化、高感度化は他国に比べて出願件数自体は多いが、米国・欧州国籍内でのカテゴリの比率に比べて比率が下がっており、相対的に重点が置かれていない。

多品種少量については、加速度センサ自体よりむしろ MEMS 全体の課題といえることから、加速度センサに特化した特許の中ではあまり触れられていないと推測される。

### 3.5. センシング方式

図 2-11 にセンシング方式における出願人国籍別出願件数（日米欧中韓への出願）を示す。全体としては、静電型、圧電型、抵抗型、磁気型の出願件数が多い。各出願人国籍において特定のセンシング方式が全体に占める割合で比較すると、静電型は、日本・米国・欧州で同等といえる。同様な割合で比較すると、日本では、圧電型、抵抗型の割合が高く、磁気型、共振型の割合が低い。米国では、熱・流体型、サーボ型の割合が高く特徴となっている。

図 2-11 センシング方式における出願人国籍別出願件数（日米欧中韓への出願）



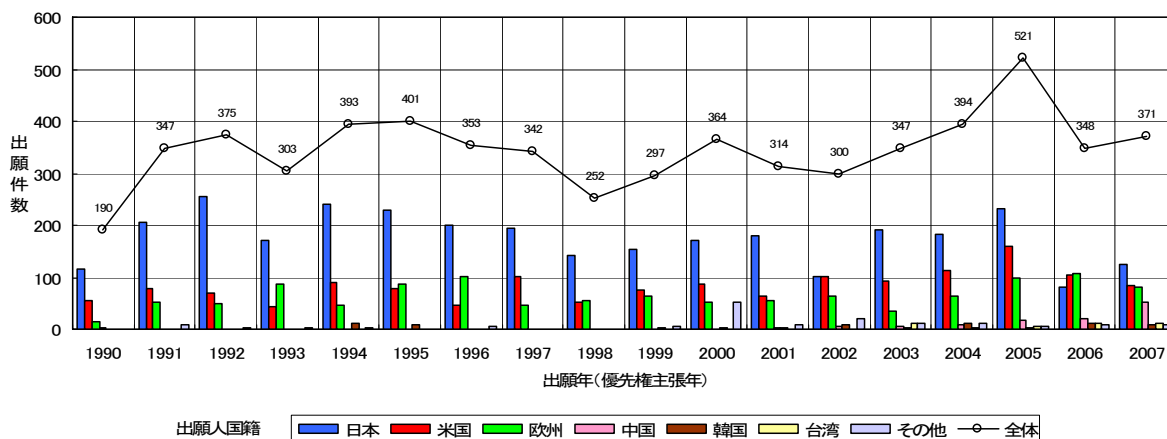
### 3.6. 出願人国籍動向

技術区分ごとに、出願人国籍別出願件数の推移を分析した。

#### 3.6.1. 製造技術

図 2-12 に製造技術における出願人国籍別出願件数推移（日米欧中韓への出願）を示す。全体的には、製造技術は 1990 年より同一水準で推移し、製造技術の重要性が継続的であることが示唆される。2005 年のピークでは、日本・米国・欧州ともに件数が伸びている。

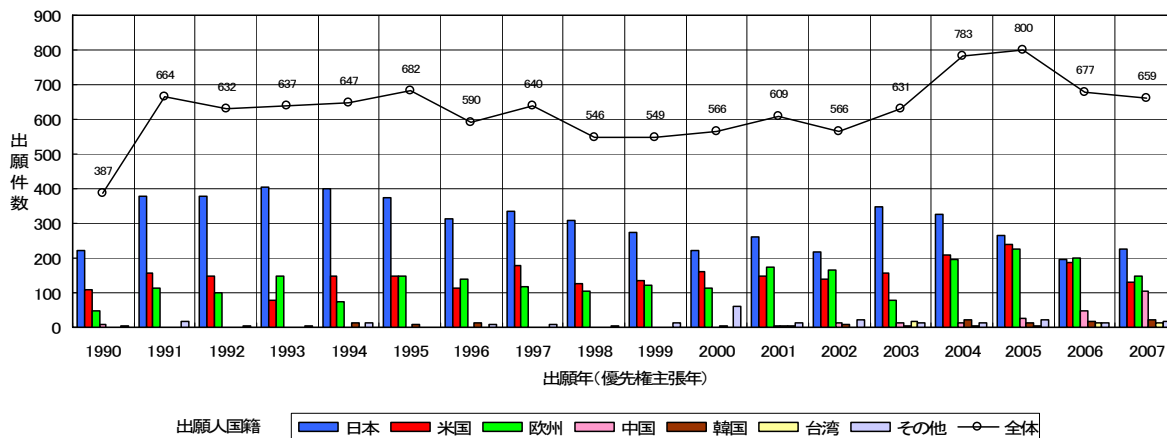
図 2-12 製造技術における出願人国籍別出願件数推移（日米欧中韓への出願）



### 3.6.2. 設計技術

図 2-13 に設計技術における出願人国籍別出願件数推移（日米欧中韓への出願）を示す。全体的には、設計技術は 1990 年より同一水準で推移し、設計技術の重要性が継続的であることが示唆される。2004、2005 年はピークとなっているが、日本は 2003 年でピークとなり減少傾向、一方、米国・欧州がともに件数を伸ばしている。

図 2-13 設計技術における出願人国籍別出願件数推移（日米欧中韓への出願）



### 3.6.3. 用途

図 2-14 用途における出願人国籍別出願件数推移（日米欧中韓への出願）

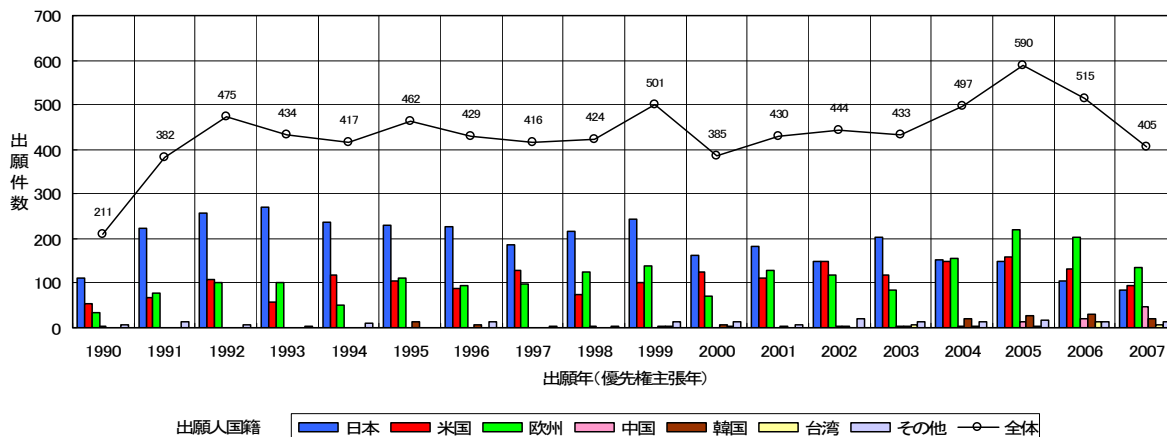


図 2-14 に用途における出願人国籍別出願件数推移（日米欧中韓への出願）を示す。全体的には、1990 年初頭より立ち上がり以後同一水準を保持、2004・2005 年頃から増加傾向にある。日本からの出願件数は当初に比べて減り、代わりに米国・欧州が出願件数を増やしている。

### 3.6.4. 課題

図 2-15 課題における出願人国籍別出願件数推移（日米欧中韓への出願）

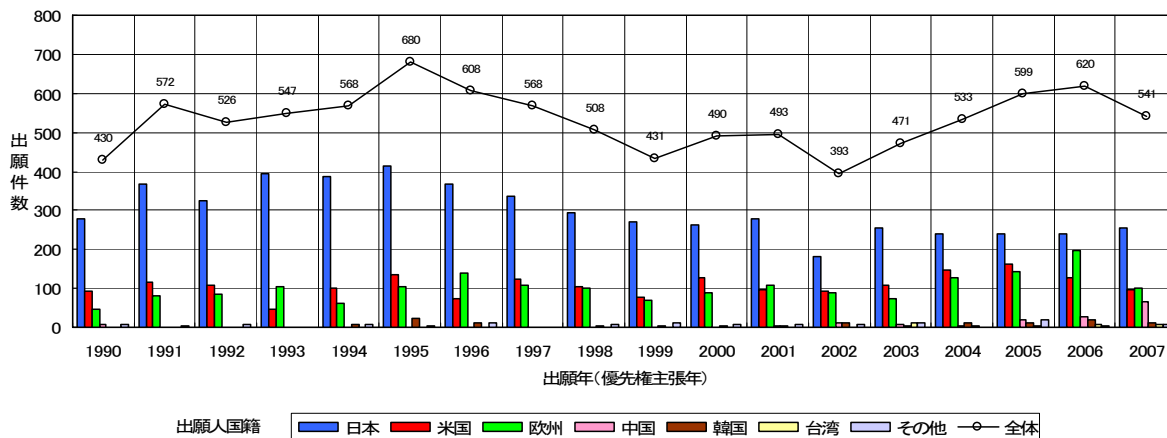


図 2-15 に課題における出願人国籍別出願件数推移（日米欧中韓への出願）を示す。日本国籍出願人からの出願では、1990 年中盤まで高水準で推移し、その後ピーク時の出願件数の 6 割程度に下がり横ばいで推移している。米国・欧州からの出願はほぼ横ばいで推移し、2004 年ごろから増加傾向にある。

### 3.6.5. 機能

図 2-16 機能における出願人国籍別出願件数推移（日米欧中韓への出願）

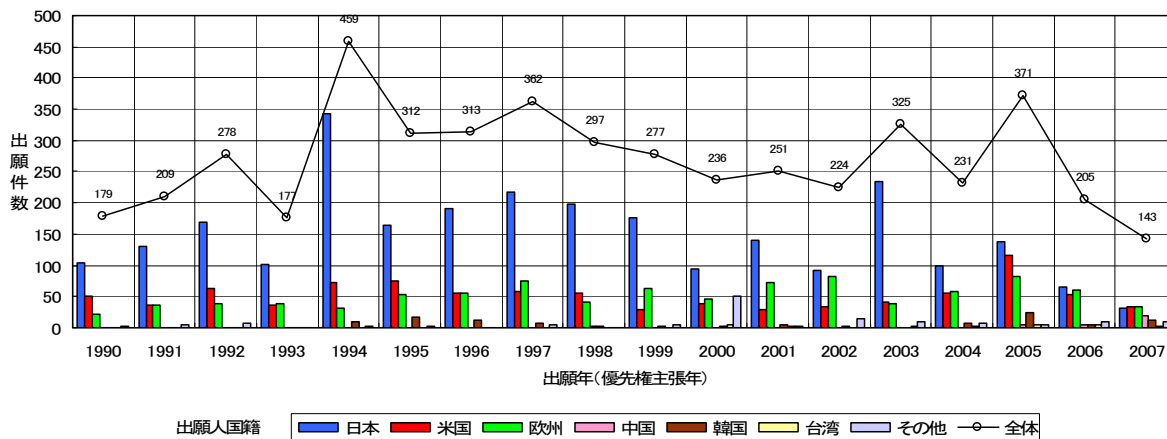


図 2-16 に機能における出願人国籍別出願件数推移（日米欧中韓への出願）を示す。日本国籍出願人からの出願件数では、1994年、2003年に顕著なピークが見られる。

### 3.6.6. センシング方式

図 2-17 センシング方式における出願人国籍別出願件数推移（日米欧中韓への出願）

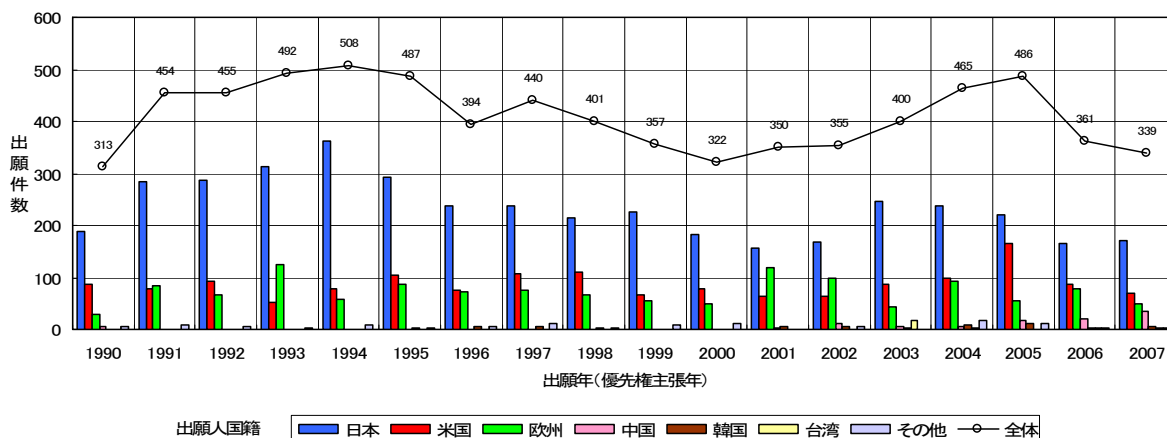


図 2-17 にセンシング方式における出願人国籍別出願件数推移（日米欧中韓への出願）を示す。日本国籍出願人からの出願は、1991-1995年にかけて高水準で推移し、その後減少して2000-2001年にはピーク時の出願件数の6割程度の水準となっているが、2003-2005と再び増加している。米国・欧州からの出願はほぼ横ばいで推移している。

### 3.6.7. センシング量

図 2-18 センシング量における出願人国籍別出願件数推移（日米欧中韓への出願）

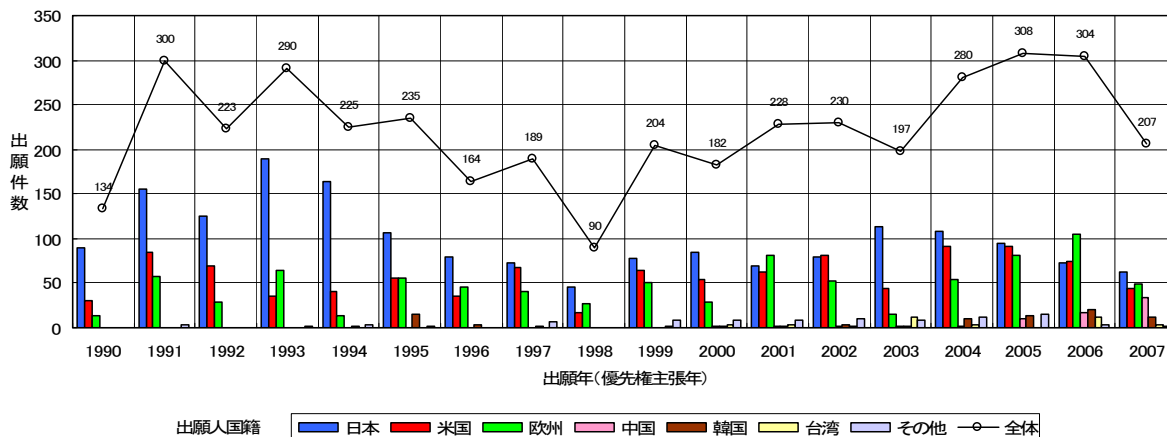


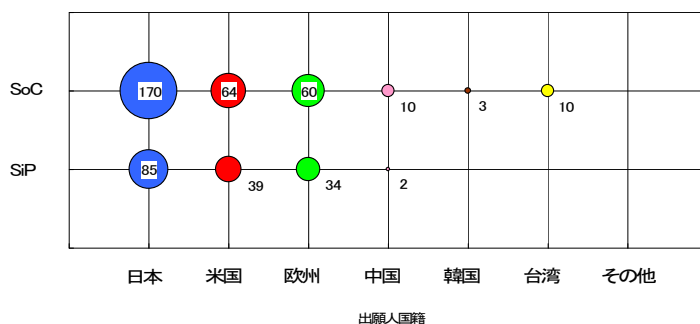
図 2-18 にセンシング量における出願人国籍別出願件数推移（日米欧中韓への出願）を示す。1990年代前半は日本国籍出願人からの出願が多く見られるが、1990年代後半には米国・欧州とほぼ同等の水準となっている。

#### 第4節 CMOS集積化技術の動向分析

CMOS集積化技術として、SoC/SiP 毎の出願人の動向を分析した。

図 2-19 に SoC/SiP 区分における出願人国籍別出願件数（日米欧中韓への出願）を示す。日米欧国籍出願人からの出願は、いずれも SoC が SiP の 2 倍程度となっている。SiP については、韓国国籍・台湾国籍の出願人からの出願はない。

図 2-19 SoC/SiP 区分における出願人国籍別出願件数（日米欧中韓への出願）



#### 4.1. SoC/SiPのトレンド

SoC、SiPともに1990年代初頭・中盤、2000-2005年頃にまとまった出願がある。1990年代初頭・中盤では、日本・米国・欧州が同程度出願しているが、2000-2005年頃の出願は、主に日本である。2001年以降は、中国・韓国・台湾から出願が行われている。

この結果だけから直接現在のトレンドを推測することは難しいが、パッケージのあり方について、SoC/SiPの両方を合わせて検討が繰り返されてきたことがうかがえる。

#### 4.1.1. SoC

図 2-20 SoC における出願人国籍別出願件数推移（日米欧中韓への出願）

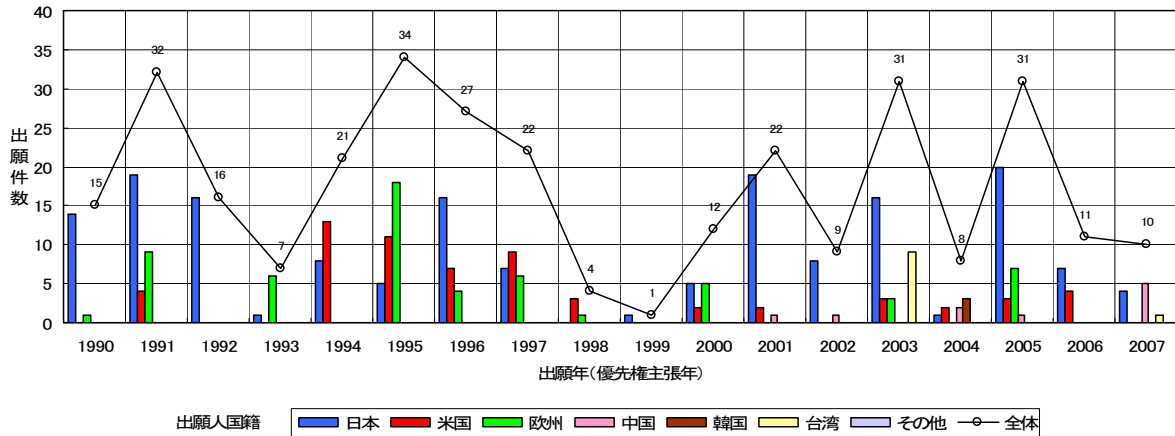


図 2-20 に SoC における出願人国籍別出願件数推移（日米欧中韓への出願）を示す。件数があまり多くなく、出願年によってばらつきがあるが、大まかに見て、1990 年代初頭・中盤、2000-2006 年頃にまとまった出願がある。日本国籍出願人は、1990 年代、2000 年代のどちらにも出願があるが、米国・欧州からの 2000 年代の出願は少ない。

#### 4.1.2. SiP

図 2-21 SiP における出願人国籍別出願件数推移（日米欧中韓への出願）

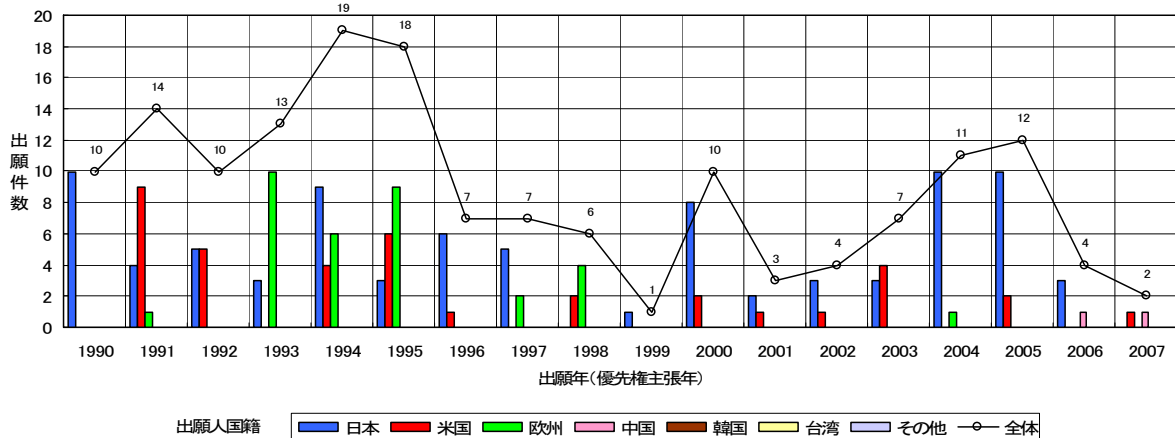


図 2-21 に SiP における出願人国籍別出願件数推移（日米欧中韓への出願）を示す。件数があまり多くなく、出願年によってばらつきがあるが、大まかに見て、1990 年代初頭・中盤、2000-2005 年頃にまとまった出願がある。日本国籍出願人からの出願は、全般的に横ばい傾向である。米国・欧州からは 1990 年中盤以降減少傾向である。

## 第5節 出願人別動向分析

特許出願について筆頭出願人による名寄せを行い、出願人毎の出願件数をカウントすることで出願人の動向を分析した。件数のカウントは、特許出願毎に1カウントとした。出願人の情報として、出願人国籍（日本、米国、欧州、中国、韓国、台湾、その他）と出願人が企業の場合には企業の規模・業態（大企業・中小企業・ベンチャー企業）の区別とを付記した。

大企業・中小企業・ベンチャー企業のご概念および区分は国ごとに異なるため、わが国の中小企業基本法の製造業に属する中小企業の定義を参考にし、従業員および設立後年数による区分（表 2-2）を設定した。なお、出願人名に◎○☆を付記していないものは、属性が企業以外であるものである。

表 2-2 企業の規模・業態区分

区分	表記	従業員	設立後年数
大企業	◎	300人超	—
中小企業	○	300人以下	10年超
ベンチャー企業	☆		10年以下

表 2-3 に出願先国毎の出願人別出願件数上位ランキング比較を示す。日本への出願では、上位をほぼ日本のメーカーが占めるが、海外では自国企業だけでなく外国の企業が出願している。米国への出願でベンチャー企業が1社、韓国への出願で中小企業が1社ランクインしているが、上位ランク者のほぼ全てが大企業である。加速度センサをはじめとする MEMS の製造設備の構築にはかなりの投資が必要であるといわれており、大企業が上位を占めるのは事業の状況と符合する。

表 2-3 出願先国毎の出願人別出願件数上位ランキング比較

日本への出願			米国への出願			欧州への出願			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	順位	出願人	件数	順位	出願人	件数	順位	出願人	件数
1	デンソー(日)◎	513	1	デンソー(日)◎	150	1	ロバート・ボッシュ(欧)◎	445	1	三菱電機(日)◎	21	1	三菱電機(日)◎	36
2	パナソニック電工(日)◎	409	2	ハネウェル・インターナショナル(米)◎	147	2	シーメンス(欧)◎	147	2	日立金属(日)◎	17	2	サムスン・エレクトリック(韓)◎	28
3	パナソニック(日)◎	285	3	ロバート・ボッシュ(欧)◎	132	3	デンソー(日)◎	117	3	OKIセミコンダクタ(日)◎	12	3	ヒュンダイモーター(韓)◎	18
4	三菱電機(日)◎	252	4	三菱電機(日)◎	94	4	村田製作所(日)◎	80	3	セイコーインスツル(日)◎	12	4	ロバート・ボッシュ(欧)◎	17
5	村田製作所(日)◎	250	5	アナログ・デバイス(米)◎	82	5	ハネウェル・インターナショナル(米)◎	78	3	ロバート・ボッシュ(欧)◎	12	5	日立金属(日)◎	16
6	日立製作所(日)◎	195	6	村田製作所(日)◎	76	6	コンティ・テミック・マイクロエレクトロニクス(欧)◎	69	6	デンソー(日)◎	11	6	シーメンス(欧)◎	15
7	トヨタ自動車(日)◎	192	7	チャールズ・スターク・ドレイパー・ラボラトリ(米)◎	66	7	フランス原子力庁(欧)	68	6	ハネウェル・インターナショナル(米)◎	11	7	OKIセミコンダクタ(日)◎	11
8	ロバート・ボッシュ(欧)◎	143	8	エス・ティー・マイクロエレクトロニクス(欧)◎	48	8	三菱電機(日)◎	62	8	サムスン・エレクトリック(韓)◎	10	8	パナソニック電工(日)◎	10
9	フジクラ(日)◎	135	9	イナラプズ・テクノロジーズ(米)☆	45	9	セクスタント・エヴィオニック(欧)◎	57	8	パナソニック(日)◎	10	9	MANDO MACHINERY(韓)◎	8
10	日本航空電子工業(日)◎	134	10	パナソニック(日)◎	40	10	ブリード・オートモーティブ・テクノロジー(米)◎	41	10	トヨタ自動車(日)◎	9	9	センソノール(欧)○	8
									10	清華大學(中)	9	9	パナソニック(日)◎	8
									10	村田製作所(日)◎	9	9	ハネウェル・インターナショナル(米)◎	8

## 第6節 基本特許・重要特許

基本特許・重要特許調査では、委員の推薦による代表的技術区分から、技術の名称、研究・開発者名等をキーワードとした検索を行い、重要特許を抽出した。抽出の過程では、引用情報に基づいた再検索を繰り返し、より早期に出願された影響力の大きい特許を探索した。

代表的技術区分の選定に当たっては、「以後の製品の設計や製造に大きく影響を与える画期的な技術・手法」および「主要な加速度センサ製品成立のキーとなる技術」に関して、委員より推薦を受けた。表 2-4 に委員の推薦による加速度センサに関連した代表的技術区分を示す。この代表的技術区分での技術の名称、研究・開発者名等により検索した一連の特許文献を重要特許の候補とし、被引用件数の多い特許文献、より早期に出願された特許文献を重要特許として選定した。ここで、被引用件数は、審査官が特許審査の際に引用したものである。

表 2-4 委員の推薦による加速度センサに関連した代表的技術区分

解析軸		技術項目	具体的課題等
大分類	小分類		
MEMS 製造技術	微細加工技術	epi-poly、deepRIE、SCREAM 等	低応力、均一性、膜厚等
	デバイス構造体材料	Si/Ge、単結晶シリコン、SOI 等	CMOS 一体加工、高 Q 値、高機械強度等
	パッケージング技術	SoC、WLP、CMOS 一体等	小型、低コスト、高信頼性等
MEMS 設計技術	評価・設計	表面相互作用、ダンピング、陽極接合評価 歪み制御等	表面力メカニズム解明と制御 キャビティの空気圧制御 ダンピングの最適化 自己診断機能等
	回路技術	フィルター回路等	信頼性向上、温度補償等
	シミュレーション	異方性エッチングシミュレーション等	エッチング形状予測・設計等
センシング方式	静電型	---	新規性等
	静電サーボ型	---	広域 G 測定、高信頼性等
	ピエゾ抵抗型	---	小型化等
	熱・流体型	---	小型、軽量、低価格等
センシング量	3 軸	---	各軸の一樣感度、同時検出、感度等

特にボッシュ・プロセスに関する特許（表 2-5）は、現在の加速度センサの成立のキーとなる技術である。静電型加速度センサにおいて、高アスペクト比の構造を作製しその構造の側面の拡大により静電容量を大きくすることで、高感度にできる。高感度化できれば、信号処理回路を同一 CMOS 上に作成する必要がなくなるため、低コスト化にも寄与する。

表 2-5 <その他微細加工技術>における重要特許（ボッシュ・プロセス）

タイトル	機関	出願日	登録日	特許番号（登録）	被引用回数
Verfahren zum anisotropen Ätzen von Silicium	Robert Bosch GmbH	Dec 05, 1992	May 26, 1994	DE4, 241, 045	—
Method for anisotropically etching silicon	Robert Bosch GmbH	Nov 27, 1993	May 22, 2000	EP0, 625, 285	—
Method of anisotropically etching silicon	Robert Bosch GmbH	June 23, 1994	March 26, 1996	US5, 501, 893	211

製造側から考えた場合の実態として、ボッシュ・プロセスに対応した多くの深堀エッチング装置製品が市販されており、いくつかではライセンス契約の存在が明言されている。

これらのファミリーのうち引用文献の追跡が可能で US5,501,893 について、引用している特許の出願人国籍の内訳は表 2-6 のようになる。米国籍の出願人からの引用が非常に多くなっているが、このことは、DRIE 装置市場でのメインプレーヤーである米国企業がライセンスを受けるだけでなく、対抗手段の開発・クロスライセンスへ向けた周辺技術の開発などの積極的な取り組みを行っていることをあらわしていると考えられる。

表 2-6 US5,501,893 を引用している特許の出願人国籍の内訳

日本	米国	欧州	中国	韓国	台湾	その他	合計
16	175	18	0	0	0	2	211

## 第3章 研究開発動向分析

### 第1節 調査概要

加速度センサに関する研究開発動向について、全体動向分析、技術区分別動向分析、CMOS集積化技術の動向分析、研究者所属機関・研究者別動向分析、重要論文の変遷に関する分析を行った。

#### 1.1. 調査対象範囲

研究開発動向分析のうち、全体動向、技術区分別動向、CMOS集積化技術の動向、研究者所属機関・研究者別動向の分析に関しては、特許動向分析（1990年～2007年）との時期的な整合性を考慮して、1990年～2008年発表の論文を対象とした。加速度センサは、様々な分野で用いられることから特に論文雑誌の指定は行わず、使用したデータベースに含まれる論文のうち、加速度センサに関係するキーワード、または、英語タイトルをもつ、抄録付きの原著論文全てを対象とした。

重要論文の変遷の分析における対象論文は、委員の推薦に基づく代表的技術区分に分類される論文とし、特に発行年による時期的な範囲の限定は行わなかった。

#### 1.2. 検索方法および調査方法

検索にはJST提供のデータベースであるJDreamIIを用いた（検索日2009年9月22日）。検索の結果得られた8,522件の論文を詳細に解析し、ノイズを除いて分析を行った。論文の分類には特許分析と同じ解析軸を用い、1990年～2008年発表の論文6,322件を、全体動向、技術区分別動向、CMOS集積化技術の動向、研究者所属機関・研究者別動向の分析の対象とした。特に、国際的な比較を行う場合には、米国政府関係のレポートを除いた英語文献4,061件を分析に用いた。

重要論文の変遷の調査では、委員の推薦、および、詳細解析を行った1981年～2008年の論文から、技術の名称、研究・開発者名による検索を行い、重要論文を選定した。

### 第2節 全体動向分析

国際比較対象とした論文をもとに研究開発の全体動向を分析した。

図 3-1 研究者所属機関国籍別論文件数の割合

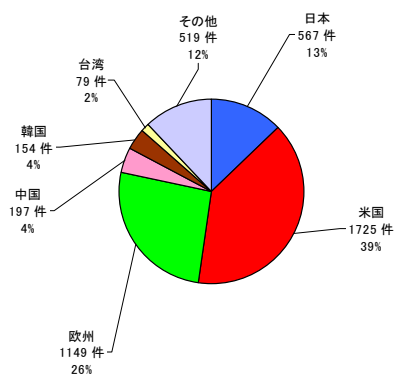


図 3-1 に研究者所属機関国籍別論文件数の割合を示す。米国の研究機関からの発表が1725件（39%）と最も多く、次いで欧州が1149件（26%）、さらに日本567件（13%）、中国197件（4%）、韓国154件（4%）、台湾79件（2%）と続いている。

特許出願（図 2-1）と比べて日本の割合がかなり少なくなっており、米国の割合が増えている。

図 3-2 研究者所属機関国籍別論文件数推移

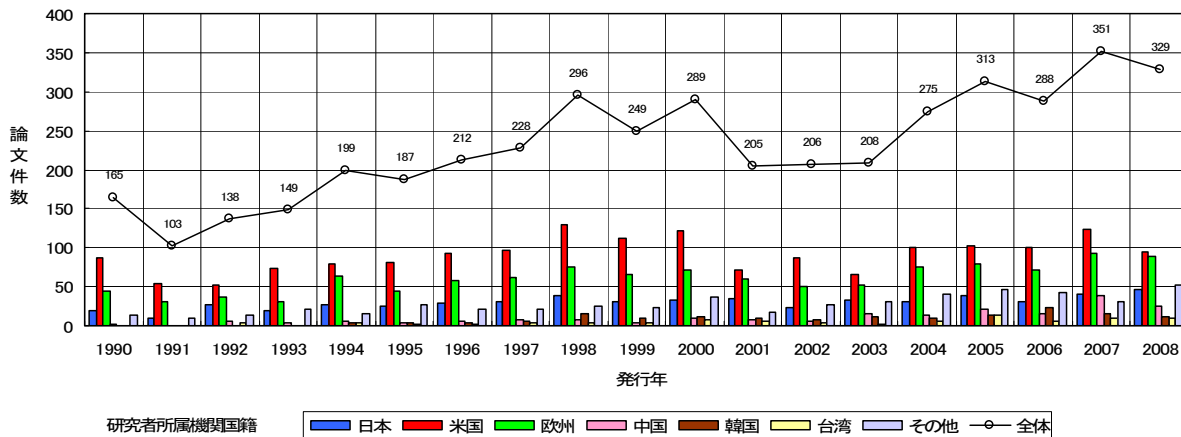


図 3-2 に研究者所属機関国籍別論文件数推移を示す。全体的に 1998-2000 年あたりでピークがあり、いったん減少した後再び増加している。全体の傾向は、米国および欧州によるものであるが、日本も同様な傾向にある。近年では中国の増加が見られる。

### 第3節 技術区分別動向分析

技術区分別に研究開発動向を分析した。

#### 3.1. 技術区分ごとの研究者所属機関国籍別論文件数

図 3-3 技術区分ごとの研究者所属機関国籍別論文件数

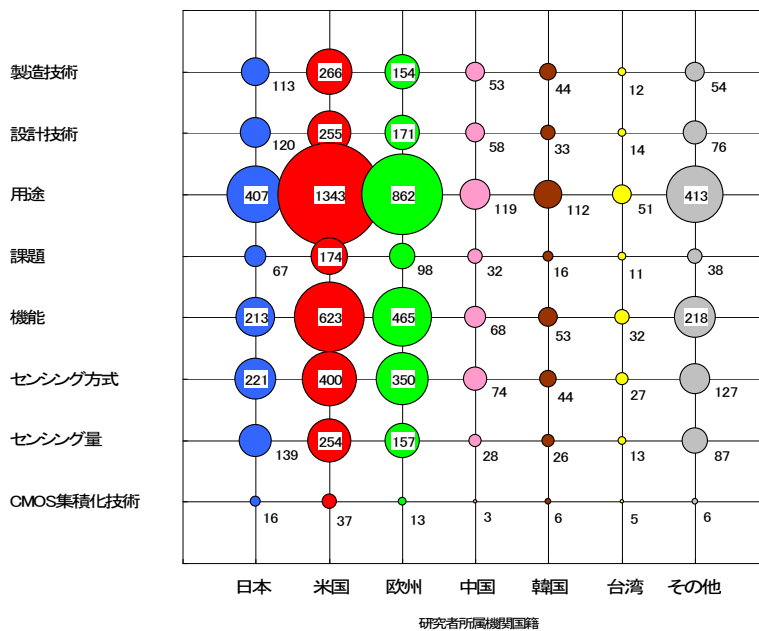


図 3-3 に技術区分ごとの研究者所属機関国籍別論文件数を示す。特許出願件数 (図 2-5) と比べ、論文は加速度センサの機能と用途について記載したものが多い。特に用途について記載した論文は対象とする論文の 8 割以上である。日本でも用途区分の論文件数は多いが、

他区分との比較において、米国・欧州での割合ほど多くはない。

加速度センサそのものの設計技術・製造技術に関しては、特許での状況（図 2-5）に比べてかなり少なくなっている。

以下では、製造技術、用途、課題、センシング方式について詳細に述べる。

### 3.1.1. 製造技術

図 3-4 製造技術における研究者所属機関国籍別論文件数

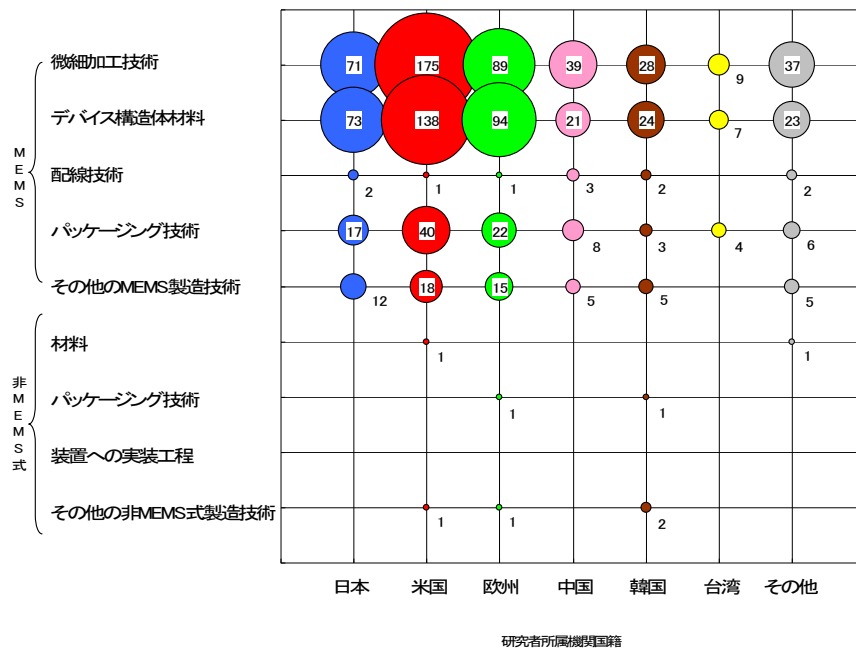


図 3-4 に製造技術における研究者所属機関国籍別論文件数を示す。製造技術を MEMS・非 MEMS 式で見た場合、MEMS に関する製造技術がほぼ全てを占めている。微細加工技術、デバイス構造体材料、パッケージングの順に件数が多くなっている。

### 3.1.2. 用途

図 3-5 用途における研究者所属機関国籍別論文件数

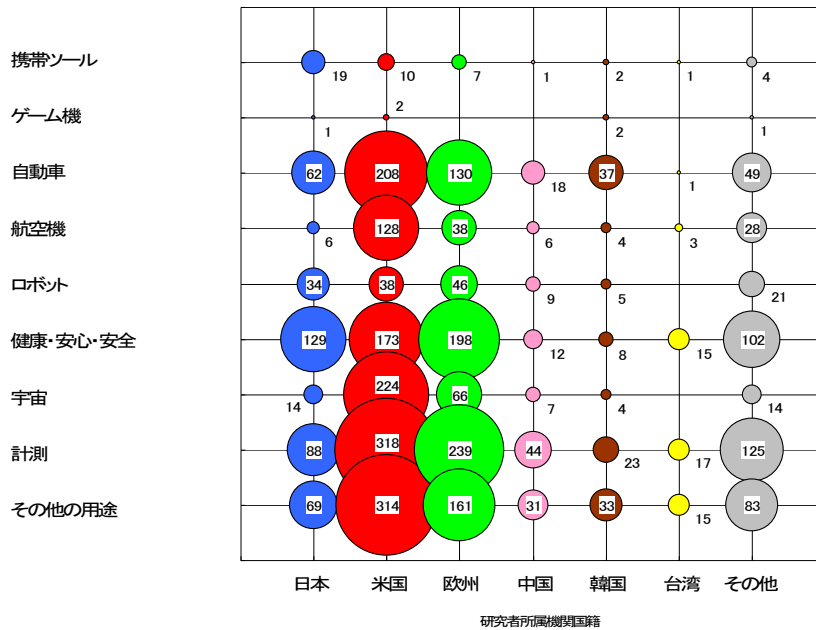


図 3-5 に用途における研究者所属機関国籍別論文件数を示す。特許動向では自動車の割合が圧倒的に多い（図 2-8）が、論文ではそれほど多くない。日本では、健康・安心・安全、ロボット、携帯ツールが、米国では、宇宙、航空機など、国籍によって用途の特徴が見られる。その他の用途では、先進的なインターフェイス・デバイスの研究が多く見られる。

### 3.1.3. 課題

図 3-6 課題における研究者所属機関国籍別論文件数

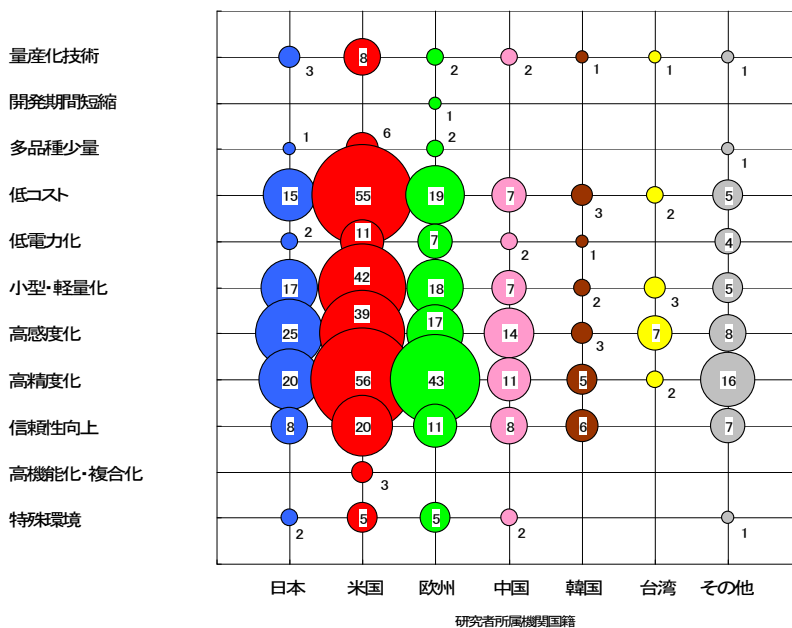


図 3-6 に課題における研究者所属機関国籍別論文件数を示す。日本では、「高感度化」の割合が最も高く、特徴がある。米国では、「低コスト」「高精度化」に特徴がある。論文では、

特許出願（図 2-10）に比べて、量産化技術の割合が少ない。

### 3.1.4. センシング方式

図 3-7 センシング方式における研究者所属機関国籍別論文件数

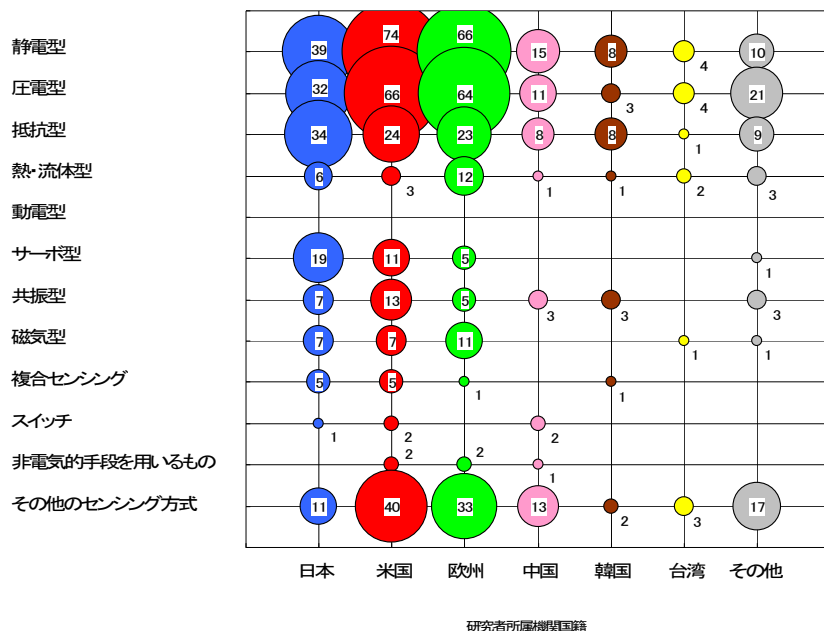


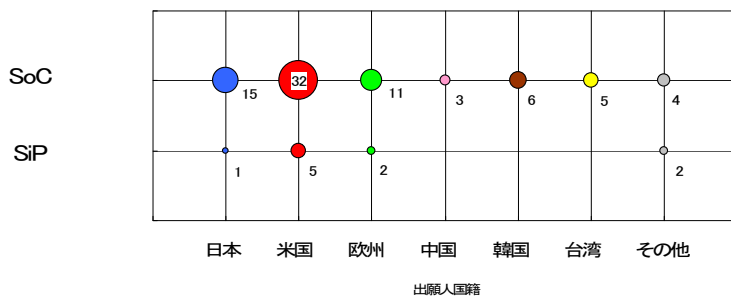
図 3-7 にセンシング方式における研究者所属機関国籍別論文件数を示す。方式間の相対的な比率で考えると、日本では「サーボ型」、「抵抗型」が特徴となっている。また、「その他のセンシング方式」に関する論文件数は米国・欧州に比べて少ない。「その他センシング方式」には、トンネル効果、超伝導を利用したもの、干渉計によるもの、光ファイバ・光導波路（光弾性、偏光測定、ブラッグ格子）を利用するもの、弾性表面波を検出するものなどがある。

## 第4節 CMOS集積化技術の動向分析

CMOS 集積化技術として、SoC/SiP 毎の研究開発動向を分析した。

図 3-8 に SoC/SiP における研究者所属機関国籍別論文件数を示す。全体的には、特許出願（図 2-19）と比べて、さらに SoC の件数が多い。国籍別では、米国からの SoC に関する論文が最も多い。

図 3-8 SoC/SiP における研究者所属機関国籍別論文件数



#### 4.1. SoC/SiPのトレンド

論文件数は多くないため、トレンドについて確定的なことはいえないが、SoCについては1990年代の後半と、2005-2007年頃にピークがある。SiPについてはさらに件数が少ないが、SoCの1990年代後半のピークの始まりである1995年から、年間1件程度の発表が見られる。

##### 4.1.1. SoC

図 3-9 SoCにおける研究者所属機関国籍別論文件数推移

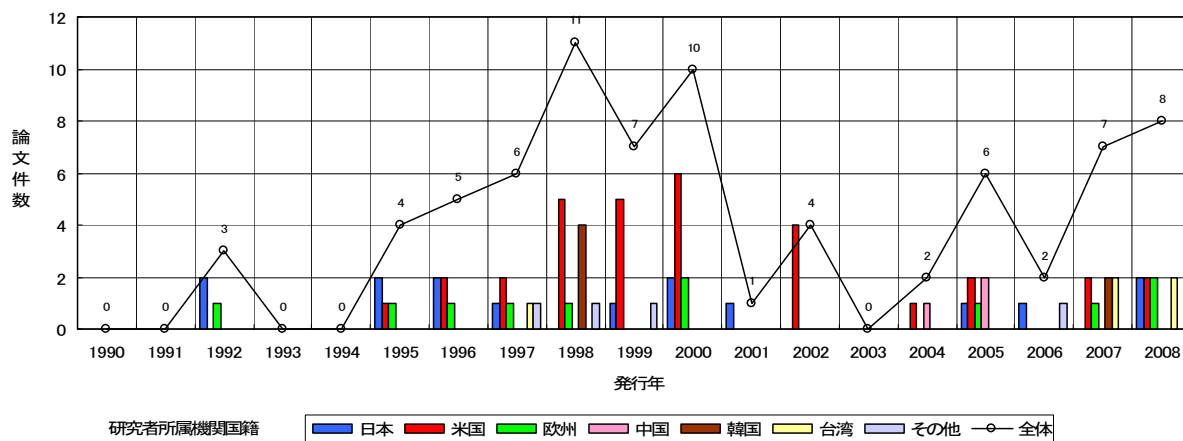


図 3-9 に SoC における研究者所属機関国籍別論文件数推移を示す。1990 年代の後半と、2005-2007 年頃にピークがある。これらのピークは、特許出願でのピーク（図 2-20）とも関連があるように見受けられる。

##### 4.1.2. SiP

図 3-10 SiPにおける研究者所属機関国籍別論文件数推移

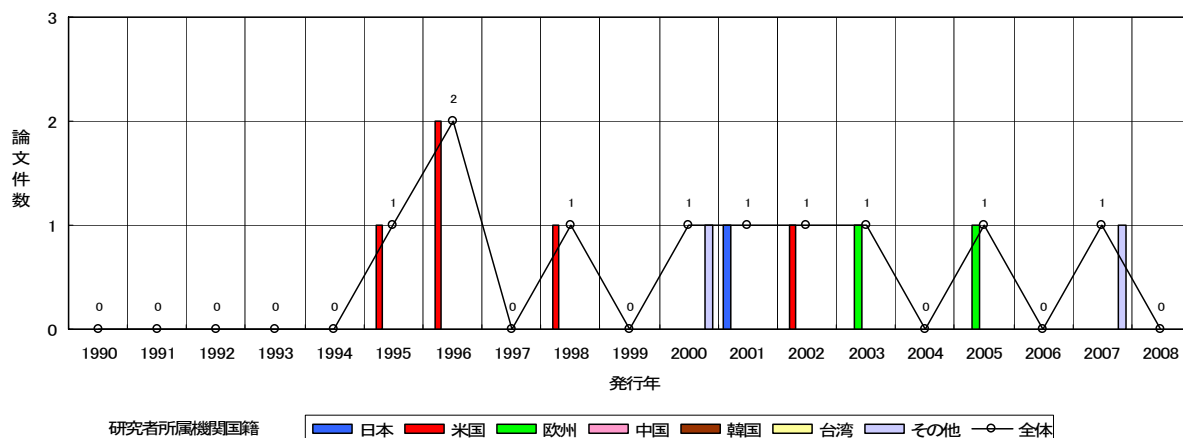


図 3-10 に SiP における研究者所属機関国籍別論文件数推移を示す。件数は少ないが、1995 年から年間 1 件程度の発表が見られる。

## 第5節 研究者所属機関・研究者別動向分析

加速度センサに関する論文（6952件）について、論文件数の多い研究者所属機関および研究者の上位ランキングを作成した。加速度センサに関連する研究を行っている機関や研究者の動向を把握するため、1件の論文に複数の機関が関与する場合、各々の機関に1件をカウントすることとした。同様に1件の論文で複数の研究者が著者となっている場合は、各々の研究者に1件をカウントした。

研究機関の動向では、論文発表件数ランキングの上位を米国の大学・研究機関が占めており少数の日本の大学も上位に来ている。一方で、研究者の動向では、日本の研究者が欧州の研究者とともにランキングの上位に位置するが、研究者が所属する研究機関が集中する傾向にある。

これらのランキングの傾向から、わが国では少数の研究者による精力的な研究活動が行われているが、研究の裾野が広がらないことがうかがえる。

### 5.1. 研究機関の動向

表 3-1 に研究者所属機関別発表件数ランキング（上位 20 位）を示す。表の機関名欄には、機関名と国籍を記載している。

上位 21 機関（順位 20 位まで）のうち、日本の機関は、東京大学、東北大学、立命館大学、豊橋技術科学大学の 4 機関である。他国では、米国の機関は 14 機関、欧州 1 機関、韓国 1 機関、シンガポール 1 機関となっている。

加速度センサに関する研究は米国の研究機関が主要な推進機関となっている。上位 20 位のうち、大学・公的研究機関は 20 機関、企業は 1 機関のみであり、大学・公的研究機関が研究をリードしている様子がうかがえる。

表 3-1 研究者所属機関別発表件数ランキング（上位 20 位）

順位	機関名	件数
1	カリフォルニア大学(米)	114
2	サンディア国立研究所(米)	53
3	ミシガン大学(米)	43
4	カリフォルニア工科大学(米)	42
4	東京大学(日)	42
6	東北大学(日)	39
7	カーネギーメロン大学(米)	33
8	ジョージア工科大学(米)	32
9	ペンシルベニア州立大学(米)	31
10	KAIST(韓)	28
11	マサチューセッツ工科大学(米)	27
12	立命館大学(日)	26
13	豊橋技術科学大学(日)	25
13	サウサンプトン大学(欧、英)	25
13	バデュー大学(米)	25
16	アメリカ地質調査所(米)	24
17	フォード・モーター(米)	23
17	シンガポール国立大学(シンガポール)	23
17	オハイオ州立大学(米)	23
20	ミネソタ大学(米)	21
20	テキサス大学(米)	21

## 5.2. 研究者の動向

表 3-2 に研究者別発表件数上位ランキング（上位 18 位）を示す。ランキングの集計にあたって、複数の異なる機関へ所属する同一の研究者名がある場合、ウェブの情報による研究者経歴、共著者の傾向などから同一人物であるかどうかを判断した。なお、研究者名の下に付記した所属機関は、論文に記載された研究機関である。所属機関が複数ある場合には、「|」にて区切り併記した。著者名の欄の最後には、国籍を記載した。

表 3-2 研究者別発表件数上位ランキング（上位 18 位）

順位	著者名	件数
1	江刺正喜(東北大学)(日)	29
2	石田誠(豊橋技科大学   JST-CREST)(日)	28
3	松本佳宣(豊橋技科大学   東北大学)(日)	17
3	杉山進(立命館大学)(日)	17
5	高尾英邦(豊橋技科大学   JST-CREST)(日)	16
6	KENNY THOMAS W(スタンフォード大学   カリフォルニア工科大学)(米)	15
6	NAJAFI K(ミシガン大学)(米)	15
8	梅田章(産業技術総合研究所   計量研究所   計量計画研究所)(日)	14
9	CHO YOUNG-HO(KAIST   漢陽大専校)(韓)	12
9	DAO DZUNG VIET(立命館大学)(日)	12
11	ACERNESE FAUSTO(INFN   サレルノ大学   ナポリ大学)(欧、伊)	11
11	BARONE FABRIZIO(INFN   サレルノ大学)(欧、伊)	11
11	BLANCHARD R C(NASAラングレー研究所)(米)	11
11	DE ROSA ROSARIO(INFN   ナポリ大学   サレルノ大学)(欧、伊)	11
11	ESTEVE J(CSIC)(欧、西)	11
11	FEDDER GARY K(カーネギーメロン大学)(米)	11
11	FORBES JEFFREY M.(コロラド大学)(米)	11
18	関根正樹(千葉大学   DARTMOUTH COLL   国立長寿医療センター研究所   東京電機大学)(日)	10
18	佐川貢一(弘前大学   東北大学)(日)	10
18	氏平増之(北海道大学)(日)	10
18	上田和永(産業技術総合研究所   計量研究所   計量計画研究所)(日)	10
18	牧川方昭(立命館大学   大阪大学)(日)	10

上位 18 位（22 名）までのうち 12 名が日本の研究機関に所属する。他国では、米国所属が 5 名、イタリア 3 名、スペイン 1 名、韓国 1 名となっている。

ランキングでは、日本をはじめとし、米国・欧州国籍の研究機関所属の研究者が上位に来ている。研究者の所属機関を見ると、日本・欧州は集中する傾向があるが、米国ではバリエーションがある。

## 第6節 重要論文の変遷

### 6.1. 重要論文の選定

重要論文の変遷の調査では、委員の推薦による代表的技術区分について、委員の推薦に基づく重要論文、および、技術の名称、研究・開発者名等をキーワードとした検索を行い、重要論文を選定した。

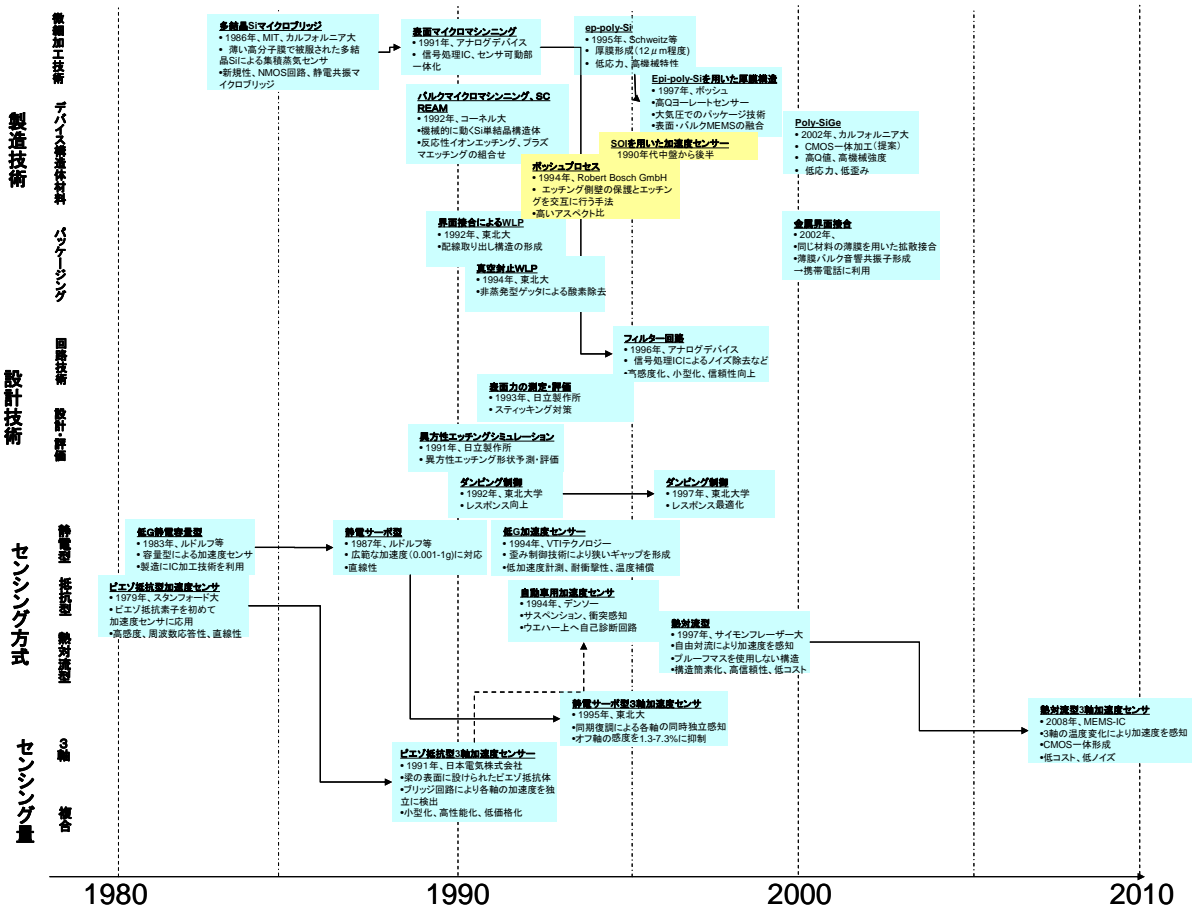
代表的技術区分については、「以後の製品の設計や製造に大きく影響を与える画期的な技術・手法」および「主要な加速度センサ製品成立のキーとなる技術」に関して、基本特許・重要特許調査の際に委員より推薦を受けた技術区分と同じ技術区分（表 2-4）とした。

### 6.2. 重要論文の変遷

委員の推薦、および、技術の名称、研究・開発者名等をキーワードとした検索を行って選

定した重要論文に対して、技術区分および発表年をもとに、技術の変遷をまとめた。

図 3-11 重要論文の変遷



## 第4章 政策動向分析

本節では、加速度センサ関連の政策動向について整理した。加速度センサは、国家政策としては、半導体製造技術、MEMS 製造技術などの枠組みの中で捉えられている。

### 第1節 我が国の政策動向

経済産業省および独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下 NEDO と記載）による「技術戦略マップ 2009」（2009 年 4 月）では、システム・新製造として MEMS 分野が取り上げられている。ロードマップでは、今後 20 年を見据え、MEMS 産業の国際競争力維持・強化及び革新的な MEMS デバイスの創出に必要な、高機能化・小型化・低コスト化・異分野融合等の MEMS 製造技術の俯瞰、要素技術の抽出、今後の技術発展の展望が描かれている。プロジェクトでは、NEDO を中心として、様々な MEMS 技術開発プロジェクトが実施されている。加速度センサと関連の深いプロジェクトを表 4-1 に示す。

表 4-1 主要な加速度センサ関連技術開発プロジェクト

実施機関「プロジェクト」	概要
NEDO 「MEMS プロジェクト」	平成 17 年度までに、RF-MEMS、光 MEMS、センサ MEMS の各分野において特に有望と期待されるデバイスの実用化に必要な製造技術を確立するとともに、これらの MEMS を実用化することを目標としたプロジェクト。ウェハレベルパッケージの実用化技術開発を通じた超小型 MEMS センサの製造技術の開発を実施。
NEDO 「高集積・複合 MEMS 製造技術開発プロジェクト」	MEMS の「技術戦略マップ」を踏まえ、今後成長が期待される市場である自動車、情報通信、安全・安心、環境、医療等において必要不可欠となる小型・省電力・高性能・高信頼性の高集積・複合 MEMS の製造技術を開発することを目的としたプロジェクト。ナノ機能との融合、半導体との一体化および MEMS 間の結合などの重要な技術課題に対して、選択的・集中的な開発を実施。
NEDO 「立体構造新機能集積回路技術開発」	情報通信デバイスや信号処理デバイスの小型化、低消費電力化に必要な、Si 貫通ビアを用いた三次元積層システムインパッケージ (SiP) を実現するための設計技術および評価解析技術の確立を目標としたプロジェクト。

### 第2節 海外の政策動向

海外の加速度センサ関連技術を含む MEMS 政策の動向を整理し、わが国のプロジェクトを含め、プロジェクト俯瞰図を作成し示した（図 4-1）。日本・欧州・米国・韓国共に国家としての研究開発投資の方向性は、“高集積化”、“融合”を通じた更なる高機能化となっている。

### 第3節 その他政策動向（標準化、研究拠点整備）

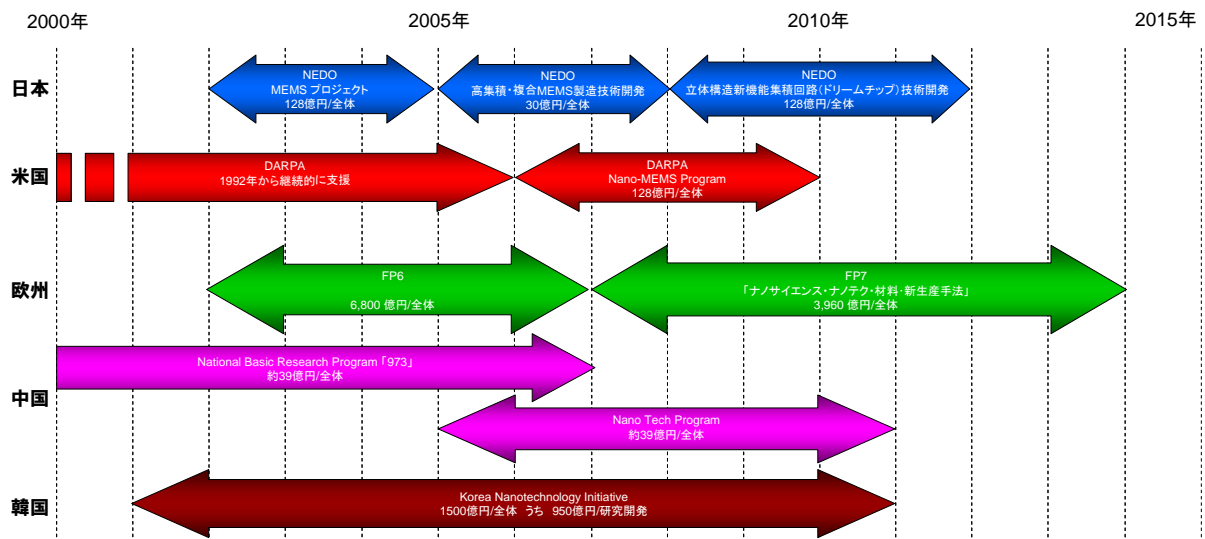
#### 3.1. 標準化動向

半導体加速度センサの標準化は現在 SC47E/WG1 において検討が重ねられている。日本発の国際標準規格作りに向け、産業技術総合研究所の梅田氏をリーダーとして 2000 年 1 月に EIAJ（現 JEITA）の SC47E/WG1 国内小委員会（主査：東芝、柿嶋氏）の中に発足した加速度センサ検討グループの主導によって進められているものである。

その後の IEC への提案により、IEC の正式な作業項目となり、加速度測定法や較正法の詳

細を記述した付属書を盛り込んだ国際規格原案が作成されている。現在は ISO の TC108（振動衝撃）と規格内容について調整を行っている。

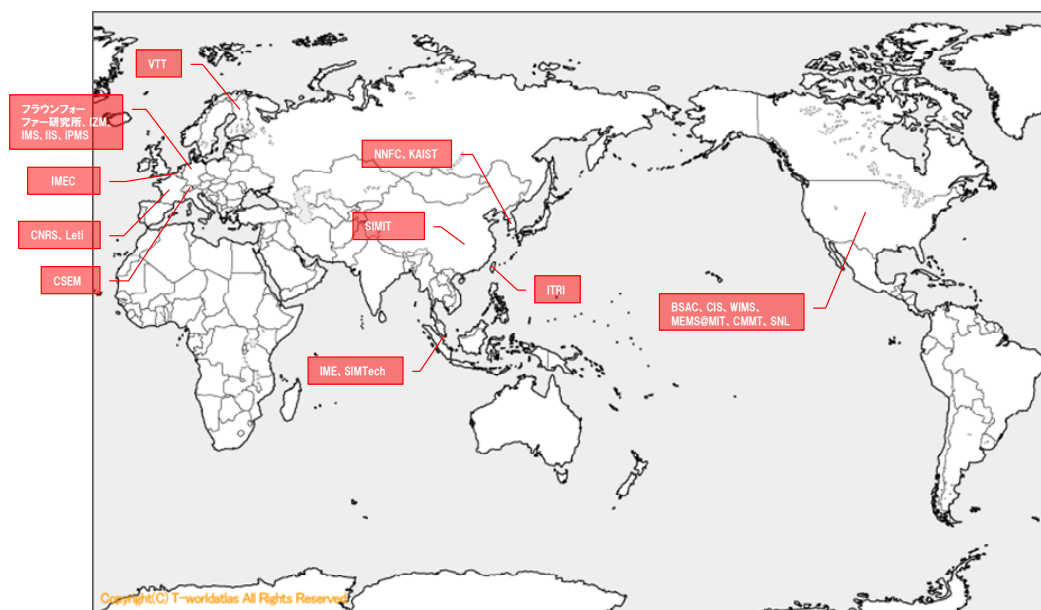
図 4-1 プロジェクト俯瞰図



### 3.2. 研究開発拠点

主要な世界の MEMS 研究開発拠点を整理した。欧州ではベルギー、フランス、ドイツ等に先端研究拠点が整備されている。アジア地域では、中国の SIMIT が MEMS パッケージングや MEMS センサの研究拠点となっている。また、韓国では、国を挙げて Si 系集積化デバイスの研究開発施設「National NanoFab Center (NNFC)」の大規模投資を行った。一方、我が国では例えばベルギーの IMEC や韓国の NNFC のように国を挙げて大規模投資を進めている MEMS 関連の研究開発施設は整備されていないのが現状である。(図 4-2)。

図 4-2 主要な世界の MEMS 研究開発拠点



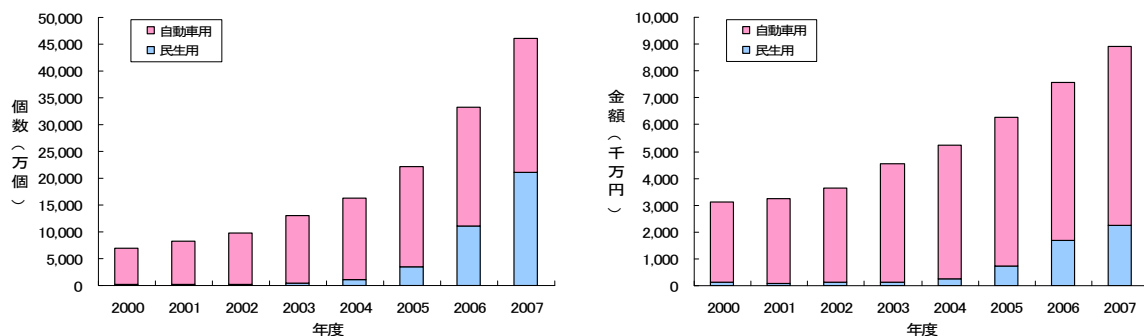
## 第5章 市場動向分析

### 第1節 応用製品市場動向

応用製品の市場として、既に市場が確立されている、自動車用の加速度センサ、およびモバイル PC、デジタルカメラ、携帯電話、ゲーム機等に搭載されている民生用加速度センサについてその動向を整理した。

自動車用加速度センサと民生用加速度センサの市場動向を数量にて示す。また、数量ベース・金額ベースでの自動車用と民生用の比率を整理し併せて整理し示す。加速度センサ市場は自動車用の漸進的な成長と、民生用の急激な成長により、大きく成長している市場であることがわかる。また、数量ベースでの自動車用と民生用の比率を見ると、2000年にはほぼ自動車用が大半を占めていた状況が、Wii(任天堂の登録商標)などのゲーム機や iPhone(Apple Inc.の商標)などの携帯電話の市場拡大に伴い急激に伸びてきている近年の動向がうかがえる。

図 5-1 民生用加速度センサと自動車用加速度センサの市場推移 (左:数量ベース、右:金額ベース)

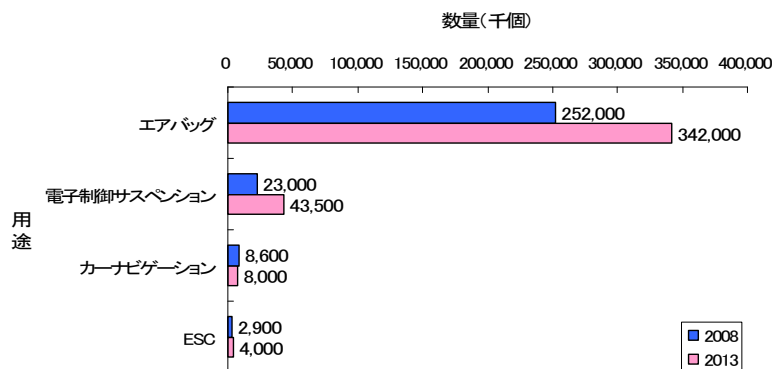


注: メーカー出荷ベース

出典: (株) 矢野経済研究所「圧力・加速度・角速度センサの徹底研究 2008-2009」

#### 1.1. 自動車用加速度センサの動向

図 5-2 自動車用加速度センサの用途毎の市場規模と予測



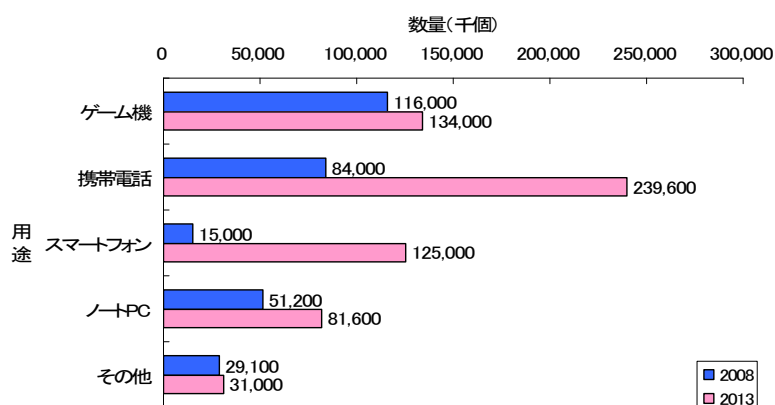
出典: (株) 富士キメラ総研「MEMS&ナノマテリアル関連市場総調査 2009」より作成

自動車用加速度センサ市場においては、数量でエアバッグが 9 割近くを占めている状況にあり、その傾向は 2013 年においても継続するとの予測がなされている<sup>1</sup>。この背景には、一般的に自動車 1 台に対してエアバッグ用加速度センサは ECU<sup>2</sup>に 1 個、サテライトセンサ用に 2 個の計 3 個が用いられることが挙げられる。

## 1.2. 民生用加速度センサの動向

民生用加速度センサ市場の今後の見通しとしては、2008 年から 2013 年の間で全体的に市場は成長するとの予測がなされている。特に携帯電話およびスマートフォンで大きな伸びが予想されている。これにより、将来的には据え置き型のゲーム機から、携帯電話やスマートフォンに搭載されたポータブルゲーム機能への移り変わりが起こることも予想されている。

図 5-3 民生用加速度センサの用途毎の市場規模と予測



出典：(株) 富士キメラ総研「MEMS&ナノマテリアル関連市場総調査 2009」より作成

## 第2節 主要プレーヤーの製品および市場動向

自動車用加速度センサと民生用加速度センサ製品における主要プレーヤーを整理し、分野ごとにわが国のシェアを整理した。

センサ素子材料をセラミックと半導体で大別し、さらに半導体の中で検知方法によって、静電型、ピエゾ抵抗型、熱・流体型に分類できる。セラミック素子はコスト優位性で半導体に劣り、自動車用からの撤退傾向である。一方半導体素子では、海外メーカーが多く採用する静電型、国内メーカーが多く採用する抵抗型（ピエゾ抵抗）、熱・流体型がある。民生用加速度センサ製品においては静電型と抵抗型（ピエゾ抵抗）がシェア争いをやっているが、現

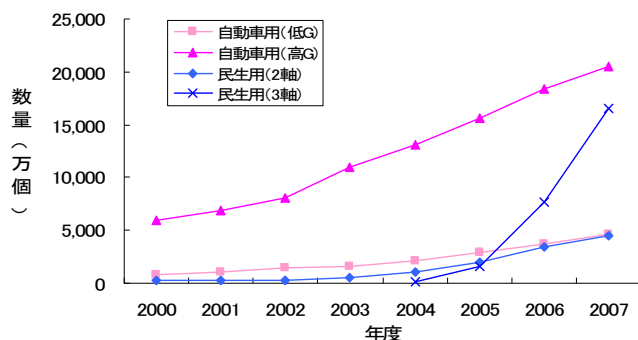
<sup>1</sup> ここでの統計は出典として富士キメラ総研の将来市場予測値を引用しているため、前頁にて示した、矢野経済研究所の統計とはデータの取り方が異なっている。最も異なっている点は、矢野経済研究所の統計では民生用に位置付けられていたカーナビゲーション・システムが、富士キメラ総研では自動車用と定義されている点である。

<sup>2</sup> ECU：Electronic Control Unit の略。アクセル開度と空気流入量、負荷などからエンジンへの燃料噴射量を演算する CPU、自動変速機の変速プログラム、安全のためのトルクコントロールなどから、モデルによってはエアバッグ、ABS をはじめとする安全装備の制御も行うマクロコンピュータである。自動車に要求される技術の高度化によって、受け持つ機能は拡大傾向にある。

在のところよりコスト優位性の高い静電型が優勢という状況である。

用途による分類では、自動車用加速度センサとして低 G 対応および高 G 対応を、民生用加速度センサとして 2 軸と 3 軸のサブカテゴリを設けて整理した。

図 5-4 自動車用（低 G、高 G）、民生用（2 軸、3 軸）区分ごとの出荷数量の推移



注：メーカー出荷数量ベース

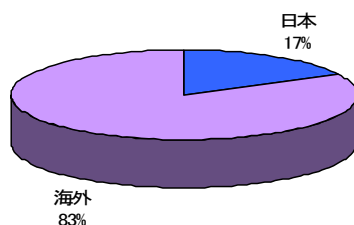
出典：(株) 矢野経済研究所「圧力・加速度・角速度センサの徹底研究 2008-2009」をもとに作成

図 5-4 に自動車用（低 G、高 G）、民生用（2 軸、3 軸）区分ごとの出荷数量の推移を示す。全体的に数量は伸び続けているが、特に自動車用高 G 加速度センサおよび民生用 3 軸加速度センサで伸びが大きくなっている。自動車用高 G 加速度センサは車載のエアバッグ装置向けであり、今後も市場の成長が見込まれている。一方、民生用 3 軸加速度センサも、これまで 2 軸が用いられていた製品において 3 軸への切り替えが進みつつあり、今後も市場の成長が見込まれている。

## 2.1. 自動車用低G加速度センサの市場

低G加速度センサでは、ESC<sup>1</sup>向けが大半を占めており、その他の用途としては、Roll Over や 4WD用ABS、サスペンション制御、トランスミッションのニュートラルコントロールなどが挙げられる。この市場での日本企業のシェアは、17%である。

図 5-5 2007 年度自動車用低 G 加速度センサにおける国別シェア



注：メーカー出荷数量ベース

出典：(株) 矢野経済研究所「圧力・加速度・角速度センサの徹底研究 2008-2009」をもとに算出・作成

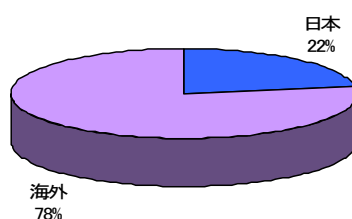
<sup>1</sup> ESC： Electronic Stability Control の略。横滑り防止機構であり、急なハンドル操作時や滑りやすい路面を走行中に車両の横滑りを感知すると、自動的に車両の進行方向を保つように車両を制御したり、ESC のコンピューターの指令に基づいて各車輪に適切にブレーキをかけて、車両の進行方向を修正、維持したりする役割を担う。

## 2.2. 自動車用高G加速度センサの市場

高G加速度センサは、1軸と2軸が製品化されており、測定レンジおよび軸数によって設置場所が異なる。1軸はサテライトセンサであり、車両のサイドおよびフロントに設置される。サイドに設置される加速度センサはサイドエアバッグ、カーテンエアバッグを展開させるためのセンサであり、フロントに設置される加速度センサはオフセット衝突を検知するためのセンサである。2軸はECUに搭載されることが主流となっている。

この市場での、日本企業のシェアは22%である。

図 5-6 2007年度自動車用高G加速度センサにおける国別シェア



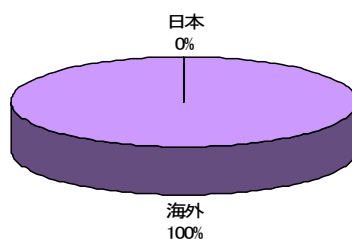
注：メーカー出荷数量ベース

出典：(株) 矢野経済研究所「圧力・加速度・角速度センサの徹底研究 2008-2009」をもとに算出・作成

## 2.3. 民生用2軸加速度センサの市場

熱・流体型の加速度センサは中国向け携帯電話のモーションセンサとして出荷されている。また、静電型加速度センサがカーナビゲーションや携帯電話向けに出荷されている。この市場では、海外企業が100%のシェアを占めている。

図 5-7 2007年度民生用2軸加速度センサにおける国別シェア



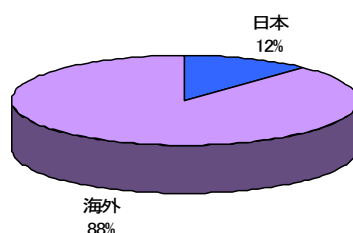
注：メーカー出荷数量ベース

出典：(株) 矢野経済研究所「圧力・加速度・角速度センサの徹底研究 2008-2009」をもとに算出・作成

## 2.4. 民生用3軸加速度センサの市場動向

民生用3軸加速度センサは、ゲーム機器、ノートPC、携帯電話、DVC、PND等に搭載されている。特にゲーム機向けが市場を牽引しており、Wii（任天堂の登録商標）のコントローラに採用されている。その他には、ノートPC向けとゲーム機器向けセンサ、歩数計、DVCやドライブレコーダ向けのセンサが中心となっている。この市場での日本企業のシェアは、12%である。

図 5-8 2007 年度民生用 3 軸加速度センサにおける国別シェア



注：メーカー出荷数量ベース

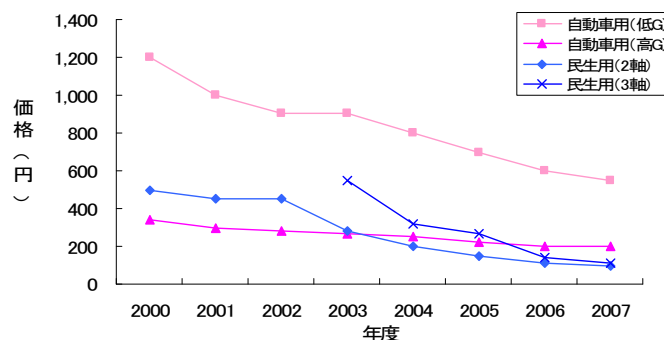
出典：(株) 矢野経済研究所「圧力・加速度・角速度センサの徹底研究 2008-2009」をもとに算出・作成

### 第3節 価格動向

自動車用低 G、高 G、および民生用 2 軸、3 軸の加速度センサの価格動向を整理し示す。自動車用低 G 加速度センサは、主に ESC 向けであり、価格も他の加速度センサより高額である。しかし、2000 年の 1,200 円から 2007 年では 550 円まで低価格化が進んできている状況にある。この傾向は他の加速度センサについても同様であり、自動車用高 G 加速度センサでは 2000 年の 340 円程度から 2007 年では 200 円に、民生用 2 軸加速度センサでは 2000 年の 500 円程度から 2007 年では 100 円に、民生用 3 軸加速度センサでは 2004 年の 320 円程度から 2007 年では 110 円に低価格化が進んでいる状況にある。2007 年時点での価格を見た場合、自動車用が民生用と比較し、依然として高額であることが特徴的である。

また、民生用 2 軸加速度センサでは、2002 年から大きな価格下落が生じているが、これは、この周辺時期に MEMSIC の熱・流体型加速度センサが市場に投入されたことにより、激しい価格競争が生じた結果と予測される。

図 5-9 自動車用（低 G、高 G）、民生用（2 軸、3 軸）区分ごとの加速度センサの低価格化



注：メーカー出荷数量ベース

出典：(株) 矢野経済研究所「圧力・加速度・角速度センサの徹底研究 2008-2009」をもとに算出・作成

これらのコストダウンの背景には、メーカー各社が、チップサイズのシュリンク、検査費用の低減、パッケージ材の見直し等の低コスト化努力を行っている結果であり、この傾向は今後も持続される見通しである。今後、民生用加速度センサでは 100 円以下となる可能性も十分にありえる。

## 第6章 総合分析

### 第1節 個別分析の総括

#### 1.1. 特許動向分析

加速度センサに関する特許出願を検索し、技術分類することにより、特許出願から見た技術動向を調査した。時期的範囲は、出願年（優先権主張年）が1990年から2007年とした。

対象となる特許文献は、日本、米国、欧州、韓国、台湾への出願、および、PCT出願で、総数は出願件数16,914件、登録件数は5,872件であった。

日米欧中韓全体の出願動向は、1990年初頭に増加が見られるが、以後2003年までほぼ同一水準で推移したのち、2004年以後に増加に転じている（図2-2）。出願人国籍別での内訳では、日本が1990-2007年を通じて米欧を上回っているが若干減少傾向にある。比して、米国・欧州は全体的に増加傾向にある。また、近年の中国から出願は、日米欧に急速に接近してきている（図2-2）。出願人の属性としては、日本・米国・欧州の企業が主体となって特許を出願している（図2-2、図2-3、図2-4）。技術区分全般にわたり、1990年代には日本からの出願が多かったが、2000年代に入り米国・欧州に追いつかれつつあり（図2-12～図2-18）、特定の用途・課題・センシング方式技術分野によっては逆転している分野や、地域性を反映して1990年代から米国・欧州が強い分野もある。

全般的にみて、特許出願・登録件数からは、日本の技術的なポテンシャルの高さが示されている（図2-3）。日本の技術的ポテンシャルの高い分野として、MEMSを中心とした製造技術（図2-6）、用途として自動車・携帯ツール・ロボット（図2-8）、課題として小型・軽量化、高精度化、信頼性向上、高機能化・複合化（図2-10）、センシング方式として圧電型、抵抗型（図2-11）が挙げられる。

MEMSと非MEMS式の加速度センサについては、MEMS加速度センサに関する特許出願が多くなされている。特に日本では、MEMS加速度センサへの傾向が顕著である（図2-6）。

加速度センサをはじめとするMEMS製造技術ではDRIEが重要な技術として利用されており、現在の静電型加速度センサの普及の鍵となっている。特に、ロバート・ボッシュ社によって開発されたボッシュ・プロセスに関する特許は、英Surface Technology Systems plc.などへライセンスされ製造装置が販売されている。

注目研究開発テーマとして取り上げたCMOS集積化技術におけるSoCとSiPの動向では、特許出願件数が少なかったが、SoCに関わる特許出願がSiPの倍程度あった（図2-19）。特許出願のピークは、SoCとSiPともに大まかに1990年代と2000年代にあり（図2-20、図2-21）、パッケージに関する模索が繰り返されてきたことがうかがえる。

#### 1.2. 研究開発動向分析

加速度センサに関する論文を検索し、技術分類することにより、研究開発動向を調査した。特許動向分析との整合性から1990年～2008年の6,322件を、全体動向、技術区分別動向、CMOS集積化技術の動向、研究者所属機関・研究者別動向の分析の対象とした。特に、国際的な比較を行う場合には、英語で記された文献4,061件を分析に用いた。

論文件数は、調査対象期間を通じて全体的に増加傾向であり、約2倍程度に増えている（図3-2）。世界的に見て、製造・設計技術に関する論文よりは、加速度センサの用途に言及する

論文が多く、研究用のツールとして使われている傾向が見られる（図 3-3）。研究者所属機関国籍では、米国が最も多く、欧州、日本と続いている（図 3-1、図 3-3）。

研究機関ごとの論文発表件数では、米国の優位性が見られる（表 3-1 表 3-5-1）。一方で、研究者ごとの論文発表件数からみると、わが国の研究者も健闘しており、上位に並んでいる（表 3-2）。これらから、日本では少数の研究者により精力的に研究が進められているものの、研究者、大学・研究機関に偏りがあり、総合的な研究ポテンシャルでは米欧、特に米国に遅れをとっていることがうかがえる。

日本の研究ポテンシャルの高い分野については、用途による分類では健康・安心・安全、ロボット、携帯ツール（図 3-5）が挙げられる。課題による分類では、小型化・軽量化、高感度化が挙げられる（図 3-6）。また、センシング方式として、抵抗型、サーボ型が挙げられる（図 3-3-20）。

MEMS と非 MEMS 式の加速度センサについて、論文ではほとんどが MEMS 加速度センサに関するものであり、非 MEMS 式のものほとんどない（図 3-4）。

注目研究開発テーマとして取り上げた CMOS 集積化技術における SoC と SiP の動向では、特許出願件数同様に論文件数も多くなかったが、特許よりさらに SoC への偏りが見られた（図 3-8）。

### 1.3. 政策動向

各国の研究開発プロジェクトのなかで、加速度センサをメインテーマとして取り上げたプロジェクトは見られない。MEMS 関連技術開発や半導体関連技術開発の中で、加速度センサに関わる要素技術開発が実施されてきた。

わが国では、経済産業省・NEDO による「技術戦略マップ」のなかで、システム・新製造として MEMS がとりあげられており、今後の発展が見込まれている。近年の技術開発プロジェクトでは、MEMS 実用化技術の開発や高機能・複合化のためのプロジェクトが実施されてきた。現在では、高集積化に関する技術開発やバイオとの融合・立体構造・マクロ構造形成を目指すプロセス技術開発が実施中である。

海外においても、米国・欧州・中国・韓国など、ナノサイエンス・ナノテクノロジー、さらには、バイオテクノロジーとの融合を図りつつ MEMS デバイスの開発プロジェクトが実施されており、プロジェクトで必要となる要素技術が将来加速度センサに利用されることも想定される。

標準化については、わが国の研究者グループによって、半導体化速度センサの国際標準規格への取組みが行われた。IEC での半導体デバイス関連分野の幹事国を務めるなどの積極的な取組みが見られる。

大規模な MEMS 研究開発拠点としては、欧州では、ベルギーの IMEC、フランスの Leti、ドイツのフラウンホーファー研究所が有名である。アジアでは、中国の SIMIT、韓国の NNFC などの大規模な研究開発拠点がある。これらの研究開発拠点では、研究開発への積極的な投資が行われ、人的資源、研究基盤、ノウハウや知財の集約などのための国家的な施策が実施されている。わが国でも、研究開発拠点の構築を含めた施策への動きは見られているが現状では実現していない。

## 1.4. 市場動向

加速度センサは、部品として最終製品の市場と連動した市場の形成が行われている。加速度センサの市場は、2000年台の初頭までは、古くからの市場である自動車関連を中心として拡大してきた。2000年台の中盤より、携帯ツール、ゲーム機など民生用に新たな市場が形成され、市場が急速に拡大している（図 5-1）。自動車関連市場は、緩やかであるが依然として市場は伸びている。一方で、民生品市場での携帯電話やスマートフォンで特に大きな市場の拡大が期待されている（図 5-2、図 5-3）。

わが国の企業は、自動車用ではある程度のシェアを握っているが、民生品では米国・欧州の企業にシェアを奪われており、市場において劣位に立たされている（図 5-5～図 5-8）。自動車用、民生用とも低価格化が進み価格競争の段階にある。特に、民生用では価格競争が厳しい（図 5-9）。

このような状況の下、米国・欧州の企業がメイン・プレーヤーとして固定されつつあり、事業から撤退する企業が見られる。一方で、加速度センサ技術を持つ企業を買収する動きも見られる。

### 第2節 提言

加速度センサは、1990年代以前より半導体等の微細加工技術の利用により開発が進められてきた。近年では、量産化が進み MEMS デバイスの中では、インクジェットヘッド、圧力センサ、角速度センサに次ぐ市場規模となっている。主な市場分野は、自動車、携帯ツール・ゲーム機等の民生品である。

加速度センサに関わる研究・技術開発において、わが国は海外を上回る過去からの蓄積を有しているが、必ずしもそれが市場での成功と結びついていない。自動車産業内では、わが国の加速度センサの製造企業はリーダーの一角として健闘しているが、海外の有力な企業が首位の座を占めている。民生品分野では海外企業に遅れをとっており、わが国の企業はチャレンジャー／ニッチャーとして地位が固定されつつある。

このような市場での劣位を回復し国際競争力を高めるため、わが国が取り組むべき課題、目指すべき研究開発、技術開発の方向性として、以下を提案する。

- |      |                          |
|------|--------------------------|
| 提言－1 | 新製品・新市場・新産業の創出にむけた連携技術開発 |
| 提言－2 | 差別化・高付加価値化のための技術開発       |
| 提言－3 | 産業分野に応じた技術開発             |
| 提言－4 | 低コスト化・量産化のための技術開発        |
| 提言－5 | 研究拠点・製造技術開発拠点の必要性        |

以下に、各提言について詳述する。

- |      |                                                                       |
|------|-----------------------------------------------------------------------|
| 提言－1 | 新製品・新市場・新産業の創出にむけた連携技術開発<br>新規技術開発との密接な連携により顕在化する課題、および、最終製品の詳細な課題に対応 |
|------|-----------------------------------------------------------------------|

する技術開発を実施すべきである。

新製品・新市場・新産業の創出によって、わが国の優位性を確保していくためには、既存技術の延長にとどまらないイノベーションの創出が必要である。加速度センサは最終製品を構成する部品であるため、最終製品からの要求スペックに対応した製品を提供する必要がある。新市場・新産業の創出に向けた技術開発において、加速度センサの現状の限界範囲に捉われない機能・性能・信頼性・価格等への要求とそれに応える挑戦的な加速度センサの技術開発とによって、イノベーション創出の一翼を担うことが可能になる。そのためには、新製品・新市場・新産業のための技術開発と連携して加速度センサの技術開発を行う必要がある。

新市場・新産業としては「ロボット」、「健康・安心・安全」分野や、先進的なヒューマン・マシン・インターフェースなどがあり（ヒアリングより）、これらの技術開発との連携により加速度センサに対する課題を顕在化させ、課題へ対応する技術の開発を実施すべきである。

既存市場・産業においても最終製品の詳細な課題に対応する技術開発は依然として必要である（ヒアリングより）。このようなニーズとしては、高温化など過酷な環境での使用、地震の検出のための高感度化などがある。これらの詳細な課題に応える特徴的な製品が、別の市場・産業でのニーズを捉え、新製品として市場に受け入れられる事もあり得る。例としては、高精度な VTI テクノロジー社の低 G 加速度センサのケースがある。

#### 提言－２ 差別化・高付加価値化のための技術開発

わが国の強みとする小型・軽量化、高性能化、信頼性向上、高機能・複合化などの技術として、エッチング、スティッキング対策、シリコン貫通電極、接合、異種材料利用などの技術開発を進めると同時に、材料技術の強みを活かした加速度センサを開発し、差別化・高付加価値化を図るべきである。

市場優位を達成するための方策として、他国の製品との差別化・高付加価値化をはかり市場でのプレゼンスと収益を確保することが考えられる。

特許出願に見られるように（図 2-10）、小型化・軽量化、高感度化、高精度化、信頼性向上、高機能化・複合化などの課題を解決する技術はわが国が得意とする分野といえる。また、「高集積・複合 MEMS 製造技術開発」、「立体構造新機能集積回路技術開発」などの高機能化・複合化に資する NEDO プロジェクトも実施されてきており、わが国の技術のポテンシャルは高いといえる。

わが国の加速度センサ製品についても、高感度・高精度・信頼性という点では、海外のものを上回っているといわれている（ヒアリングより）。高性能な加速度センサを必要とするアプリケーション向けの、わが国の特徴とすべき技術として技術開発を進めるべきである。高精度化・信頼性向上のためには特にエッチング技術の開発、また、高精度化のためには柔らかい構造体に対応するスティッキング対策が必要である（ヒアリングより）。

小型化・軽量化・高機能化・複合化のためには、引き続きシリコン貫通電極(Through Silicon Via) や接合技術、異種材料利用などの技術開発が必要である（ヒアリングより）。材料技術としては、わが国はシリコンウェハなどのシェアに見られるように従来材料技術に強みがあるといわれている（ヒアリングより）。角速度センサでの水晶や圧電薄膜、シリコンマイクの

エレクトレット素子は、わが国の材料技術の強みを活かしたものであり、わが国がこれらのデバイスのシェアを握っている要因であると見られている（ヒアリングより）。加速度センサについても、同様に材料技術の強みを活かしたセンサを開発すべきである。

実際の応用産業におけるニーズが、わが国の強みとする上述の技術と結びつくことで、市場での差別化・高付加価値化を達成することが可能になる。

### 提言－3 産業分野に応じた技術開発

産業分野の現在の技術力、市場動向、および、将来展望に応じて、以下の技術開発が必要である。

- ・「自動車」分野では、高性能加速度センサの低コスト化、インテリジェント・モビリティなどへ向けた高精度化・信頼性向上・通信機能との複合化のための技術開発
- ・「健康・安心・安全」分野では、医療応用や生活環境での予防的モニタリングに向けた高感度化のための技術開発、ならびに、携帯モニタリングに向けた課題解決のための技術開発
- ・「携帯ツール」「ゲーム機」分野では、徹底的な低コスト化と量産化のための技術開発
- ・「ロボット」分野では、サービスロボットの信頼性・安全性のための高精度化・信頼性向上、および、マニピュレータなどの実装形態に対応した小型化・複合化、樹脂などの材料利用のための技術開発

加速度センサは最終製品を構成する部品であるため、その市場動向は、最終製品の市場や産業分野の動向はさることながら、最終製品での利用の程度、最終製品の価値への寄与度に大きく左右される。技術開発戦略を立案する上では、産業分野ごとに加速度センサ利用技術のポテンシャルを評価する必要がある。

以下では、産業分野を現在の産業技術力と将来の発展の可能性により分類し、技術開発戦略を提案する。

#### （1）「自動車」産業分野

わが国の自動車産業を背景として、現在技術力および製品への市場ニーズが高い分野である。加速度センサの市場としては、最も早く立ち上がった市場であるため、成熟度合いの高い産業分野となっている。このような分野では、現在の市場でのプレゼンスを維持しつつ、保有する技術力を背景としながら、新たな応用分野に対応した技術開発が必要である。

市場の動向は、旧来からの衝撃検出を目的とした自動車用高 G センサについては、依然として市場は伸びているものの伸びは緩やかであり、比較的新しい低 G センサは立ち上がりを見せ始めたという状況である（図 5-4）。自動車用では、安全性能上の観点から高精度・高信頼性が求められ参入障壁が高いため、民生用と比べて価格低下の傾きが小さく高 G・低 G センサとも民生用加速度センサより高価格で販売されている（図 5-9）。

特許出願件数から見ると、旧来からの加速度センサの応用であるエアバッグに関する特許は減少傾向であり、姿勢制御システムは維持、ナビゲーションシステムは増加傾向である（図 2-9）。これは、市場での競争の中心が低 G センサに移り始めたことに対応しているとみられる。

今後の市場の動向としては、低 G センサについては、ロールオーバー、ニュートラル検知、トルク配分、クリーブ検知、カーナビゲーションシステムの傾斜センサなどへの利用により、需要が伸びることが見込まれる（ヒアリングより）。低 G では高精度な加速度センサが必要であり、また、現在価格も高い（図 5-9）ことから、競争が激化することも予想される。低 G センサでは、わが国の加速度センサの高性能と信頼性を維持しつつ低コスト化を図る必要がある（ヒアリングより）。

長期的には、自動車やより身近な移動手段として、インテリジェント・モビリティが市場に登場するようになってくると考えられる。これに対応した加速度センサとしては、より安全性に配慮した異常検知手段として利用するための高精度化・信頼性向上、路車間・車車間通信のニーズの高まりによる通信機能との複合化などの開発が必要になると想定される（ヒアリングより）。

## （2）「健康・安心・安全」分野

将来の産業技術力およびニーズが高くなる可能性のある分野である。論文件数に見られるように、地震計・地すべり計など自然災害対策への応用の他、医療、健康への応用が期待されている（図 3-5）。わが国では、医療・健康などで他国に比べて加速度センサを利用した多くの研究が見られ、今後の実用化と市場の形成が期待される。既に市場が形成されているものとしては、健康分野において歩数計やヘルスマーターなどの健康機器に加速度センサが利用されている。

医療分野での研究においては、障害予防やリハビリなどを目的とした生体の力学特性解析、健康管理や循環器系疾患、メタボリックシンドロームなどと運動の関連における運動量の計測、生体機能の正常/異常状態の判別のため、心臓・血管の拍動、呼吸・動作に伴う振動、眼球の運動などの検出に用いられている。医療分野の計測では、生体の微妙な動きを検出するためがあるため、高感度な加速度センサの開発が必要である。また、モニタリングのためのネットワーク機能などの通信機能、信頼性向上のための自己診断機能、携帯のための低電力・自律電源システムなどが必要になってくると想定される。

安全分野では、エレベータ、エスカレータ、サービスロボットなど生活環境での予防的モニタリングでの利用が進むことも想定される。安全性・異常検出では、医療と同様に高感度な加速度センサの開発が必要である（ヒアリングより）。

## （3）「携帯ツール」「ゲーム機」分野

現在技術力が高く、将来にわたってその高さを維持する可能性が示唆される分野である。「携帯ツール」「ゲーム機」分野では、市場が形成され急速に加速度センサの販売数が伸びている（図 5-4）。このうち「携帯ツール」分野では、携帯電話やスマートフォンへの搭載による市場の拡大が期待されており、急速に加速度センサの採用が進展している。世界的にみると携帯端末市場は海外メーカーによって抑えられており、海外の携帯電話に搭載されるかどうかは鍵となる。デジタルカメラ・ビデオでは、現在それほど搭載が進んでいないが今後大きな市場となる可能性がある（ヒアリングより）。

「ゲーム機」分野では、ゲーム機のコントローラへの搭載が引き続き行われ、「携帯ツール」分野ほどではないが市場が拡大すると見られている。世界的には、わが国のメーカーが市場で大きなシェアを占めているが、搭載されている加速度センサは海外製品である（ヒアリン

グより)。

「携帯ツール」「ゲーム機」分野の市場は、加速度センサの市場の中で最も競争が厳しく、急速な販売数の増加と低コスト化が進んでいる(図 5-9)。現在の性能・機能のままなら 5 年後に販売価格で 30 円程度が求められると予想している企業もある(ヒアリングより)。この分野での市場での劣位を回復するには、まず、徹底的な低コスト化と量産化を進める必要がある。

#### (4)「ロボット」分野

現在技術力が高く、将来にわたってその高さを維持する可能性が示唆される分野である。「ロボット」分野では、現在、加速度センサの用途は主に産業用ロボットに限られており、「携帯ツール」や「ゲーム機」分野と比べて出荷台数が少ないため市場規模が小さい(ヒアリングより)。将来的には、サービスロボットの普及の進展とともに、今後の市場形成・発展が期待される分野である。産業用ロボット・サービスロボット分野ではわが国は技術的な優位性を有しており将来市場でも大きなシェアを握ることが予想されるため、ロボット市場の拡大に合わせた加速度センサの市場拡大が期待される。そのためには、ロボット製品のニーズを反映した製品を開発する必要がある。

ロボットの移動に関するセンシングでは、衝突検知、姿勢制御など現在の車と同様な利用方法が想定される。マニピュレータによる把持では、触覚センサを含め微妙な動きの精度が要求されるため高精度化が必要である。また、実装上の制限のため小型化・他のセンサとの複合化が要求されるとともに、樹脂などを利用するなど実装形態が大きく変わる可能性がある。また、人の生活環境での利用という観点からはサービスロボットの信頼性・安全性が要求されるため、加速度センサに対して、高精度化、信頼性向上が必要となる(ヒアリングより)。

#### 提言－4 低コスト化・量産化のための技術開発

低コスト化・量産化のため、製造技術・ノウハウを蓄積・集約すると同時に、現行方式の転換を促す革新的技術の開発が必要である

加速度センサの市場は、自動車の高 G(エアバッグ用など)を皮切りに、自動車用の低 G、ゲーム機、ノート PC、携帯電話などの市場が生まれてきた。これらの市場は、依然市場の伸びはあるものの、成長から成熟へと移行しつつあると思われ、市場の成熟とともに価格競争のフェーズに入ってきている(図 5-9)。

市場においてわが国は劣位にあり、市場優位を達成するための方策として、加速度センサを低価格で供給することが考えられる。現状では、価格競争に関しては海外企業が優勢であり、わが国の企業の中では事業の見直しを迫られている企業もある。また、一方で加速度センサ技術を持つ企業を買収する動きもある。

このような現況の原因として、わが国では、加速度センサを含む MEMS 全般において、海外と比して大規模な生産ラインを有し低コストでの量産を担う企業が少ないことが問題の一つとなっている(ヒアリングより)。特許出願の動向からは、わが国は低コスト・量産化といった課題へ対応する技術的ポテンシャルを有しているとみられ(図 2-10)、このような市

場での劣位状況は技術的なポテンシャルの不足によるものではないことが示唆される。

低コスト化・量産化を実現するためには、わが国が有する技術的ポテンシャルを顕在化させる環境を整える必要がある。そのためには、実際の製造環境を構築するなどして、製造現場での低コスト化・量産化を見据えた製造技術・ノウハウの蓄積・集約を行うことが不可欠である（ヒアリングより）。

一方で、現在の加速度センサの構造や製造方法はかなり合理的であるため、既定路線でのキャッチアップには限界があるとの見方もある（ヒアリングより）。製造技術・ノウハウの蓄積と同時に、現在主流となっているシリコン厚膜や SOI による静電型加速度センサという方式を覆すような、低コスト化・量産化のための革新的な技術開発も強く切望される。現行方式の広がりには、微細加工技術としてボッシュ・プロセスと呼ばれる深堀反応性イオンエッチング（Deep Reactive Ion Etching）の成立と利用が深く寄与しており、ライセンスを受けた装置が使用されている（ヒアリングより）。低コスト化・革新的技術の成立という観点からこのボッシュ・プロセスに取って代わる技術を確立することが必要になる。前述したわが国の強みとなる技術を活かすこと、SoC と SiP などのパッケージ化の模索が繰り返されてきたように、トータル・パッケージとしてコストを抑える設計をすることが鍵であるといえる（ヒアリングより）。

#### 提言－5 研究拠点・製造技術開発拠点の必要性

研究のバリエーションと知見の集積・蓄積を行う拠点が必要であり、基礎研究・応用研究のための拠点が必要である。また、低コスト化・量産化のための技術・ノウハウの集積・蓄積、ならびに、産業界への移転を促進するため、製造技術開発のための拠点が必要である。

主として有識者へのヒアリングにより、わが国の研究開発に関わる基盤として、基礎研究、応用研究、ならびに、製造技術開発の拠点の必要性が指摘された。

#### ● 「基礎研究・応用研究拠点」の必要性

加速度センサをはじめとする MEMS 製品は、半導体・MEMS の製造・設計・生産技術の集積となっており、その開発のためには多種多様な技術要素を検討する必要がある。このような検討の際には、材料技術を中心とした基礎研究を活用して技術開発を行っている（ヒアリングより）。

特許出願件数（図 2-5）と論文件数（図 3-3）の比較に見られるように、わが国では基礎研究の規模が小さい。また、研究者所属機関動向・研究者動向分析に見られるように、研究が少数の研究者個人に集中する傾向がある。ヒアリングにおいても、わが国では MEMS 技術に関連する基礎研究のバリエーションが少なく、また、研究の継続性も個人を主としており知見が研究機関に蓄積されないため、技術開発が困難であるとの意見が聞かれた。また、今後も技術開発が必要とされる接合技術や異種材料の利用においても、基礎研究の裾野の広さの必要性、異種材料の検討のための原理原則に関わる基礎研究の必要性が指摘されている。

一方で、応用研究についても、応用産業へとすぐに結びつくシーズの必要性が指摘されており、基礎研究から産業化へむけた一貫性のあるサポートが必要となっている。

海外では、例えば、フランスの Leti (Laboratoire d'Electronique de Technologie de l'Information) などの研究開発拠点があり、研究所と大学が一体化して研究を進めている。わが国においては、基礎研究・応用研究のための拠点がないたため、これを設けることで研究のバリエーションの確保と知見の集積・蓄積を図るべきである。

- 「製造技術開発拠点」の必要性

提言－４で述べたように、わが国では、海外と比して大規模な生産ラインを有し低コストでの量産を担う企業（ファンドリ）が少ないことが問題の一つとなっている。製造技術では、細やかな安定量産化技術の積み上げが必要である（ヒアリングより）ことから、製造現場において低コスト化・量産化を見据えた技術・ノウハウの集積・蓄積を行うことが不可欠である。そのためには、実際の製造環境を備えた研究拠点を構築し、ファンドリ事業を実施している企業との連携のもと、技術・ノウハウの移転を行う必要がある（ヒアリングより）。