

平成 1 7 年度 特許出願技術動向調査報告書

電動機の制御技術 (要約版)

< 目次 >

第 1 章 電動機の制御技術に関する技術動向調査の 目的と方法	1
第 2 章 電動機の制御技術の特許動向分析	4
第 3 章 電動機の制御技術の研究開発動向分析	35
第 4 章 電動機の制御技術の市場環境分析	44
第 5 章 電動機の制御技術の政策動向分析	51
第 6 章 電動機の制御技術の総括と展望	53
第 7 章 電動機の制御技術の提言	55

平成 1 8 年 3 月

特 許 庁

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

第1章 電動機の制御技術に関する技術動向調査の目的と方法

第1節 技術動向調査の目的

電動機は古くからあらゆる産業分野において用いられている基盤技術であり、一方では成熟技術の側面があるが、他方では急速な技術革新が進んでいる。地球温暖化防止の面からは消費電力の6割を占める電動機の高効率化や自動車のハイブリッド化が展開され、産業の生産性向上の面からは電動機の高速度・高精度化が展開されている。さらには、IT化等に伴う急速な小型・高性能化、効率や静粛性の向上が進んでいるが、とりわけ、電動機制御理論の進歩と電力変換装置の性能の飛躍的な向上に伴い、電動機の制御技術は急速に進歩している。また電動機の技術競争力については、従前から我が国が優位性を保ってきたが、近年ではアジア地域での技術の向上が目立ちつつある。我が国が持続的な技術競争力を維持するためには、さらなる高付加価値化、高性能化、高効率化および高信頼性が不可欠であり、ますます制御技術の重要性が高まっている。

本調査では、制御技術を中心に電動機を巡る特許の動向を調査し、あわせて経済情報・産業情報を踏まえた技術革新の状況、技術競争力の状況と今後の展望を検討する。

第2節 調査対象技術

調査対象技術は、電動機の制御技術であり、以下、
、
の要素技術を含むものである。

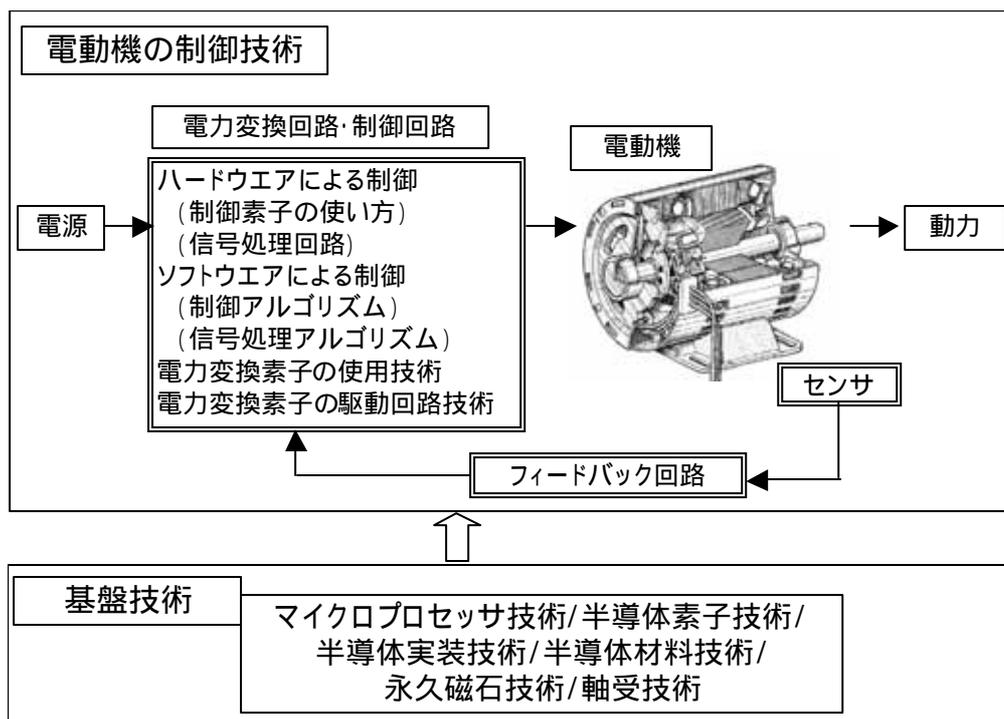
電動機

発電機

電力変換回路（インバータ等）

電動機の制御技術について、第1-1図に技術俯瞰図を示す。

第1-1図 電動機の制御技術の技術俯瞰図



本調査の対象技術範囲は、第 1-1 図における上部枠内の範囲であり、電力変換回路の「ハードウェアによる制御技術」、「ソフトウェアによる制御技術」、「電力変換回路素子の使用技術」、電動機・発電機と電力変換回路の系全体としての「フィードバック回路技術」、「センサ使用技術」である。同図の下部枠内に示す、「マイクロプロセッサ技術」、「半導体素子技術」、「半導体実装技術」、「永久磁石技術」、「軸受技術」など、電動機の制御技術の基盤となる技術は対象としない。電動機の制御技術のなかには、電動機の稼働段階・状態から「始動技術」、「停止技術」、「電力回生技術」などのさまざまな技術があり、制御目的からは「力率改善技術」、「静音化技術」などさまざまな技術がある。これらは、全て対象とする

第 3 節 技術俯瞰の解析軸と技術分類

電動機の制御技術を俯瞰するために、(1)電動機型式、(2)センサ、(3)用途、(4)制御形式、(5)電力変換器の構成・電動機結線方式の 5 つの解析軸から技術分類をして、特許文献等に記載された技術の全貌を解析することにする。

この技術分類は、特許庁で用いられている F タームコード「5H576：インバータを用いた交流機の制御」等の回転電機に関する技術分類をベースにし、新たな観点の技術分類を追補して設定したものである。

制御技術というテーマのため、センサ、制御形式、電力変換器の構成・電動機結線方式の技術分類が細分化される。電動機の型式、用途も制御技術と密接な関係にあるため技術分類を付与して解析軸に設定する。

第 4 節 応用産業の概要

電動機の制御技術の応用産業は、電機メーカーと各種電動機適用機器を製造・販売する産業である。また、電動機適用機器を産業プロセスに導入し、プロセスの最適制御をはかる各種産業も、ユーザの側面が大きい。応用産業と言える。

第 1-1 表に、応用産業と用途の概要を記す。

第 1-1 表 電動機の制御技術の応用産業と用途

	業種	用途
代表的メーカー	電動機製造業・インバータ製造業	電動機の製造、インバータの製造
	産業機械製造業	製造機械、工作機械、荷役機械、産業用ロボット、エレベータ、エスカレータ等の製造
	家電機器製造業	エアコン、洗濯機、冷蔵庫、掃除機などの製造
	自動車製造業	電気自動車、ハイブリッド車、車載電動品などの製造
	輸送機器産業、 情報通信機器製造業	船舶、航空機、電車などの製造 HDD、DVDなどの製造
	ユーザ産業の例	鉄鋼業
製紙業		抄紙機等の生産ライン
印刷業		印刷機
新聞業		輪転機
鉄道業		電車

企業の実態からは、電気機器製造と電動機適用機器製造の双方を業とする企業があり、ユーザ産業のなかには自ら電動機制御システムを開発する企業がある。電動機用途が多岐にわたり、電動機制御技術の応用産業の形態も多岐にわたっている。

第5節 調査方法

本調査は、特許動向分析を中心に据えており、出願年が1990年から2003年までの特許出願について公開特許文献をもとにして、統計的解析をする。また、注目すべき技術分野の重要特許についての解析と特許権の活用状況を解析する。

加えて、特許動向分析を補完するため、各種刊行物、技術文献、インターネット情報および関連機関へのヒアリング等の調査により、研究開発動向、市場環境、政策動向の解析をする。

以下に、調査方法について記す。

1. 特許動向分析

1.1 出願特許統計調査

日米欧および東アジアの特許出願を時系列出願動向と累計出願動向で把握する。分析の視点は、技術分類区分、出願人区分(国籍区分、産学官区分、出願数上位出願人)での動向と、日米欧および中韓の出願構造の動向である。

1.2 重要特許調査

出願特許統計調査で明らかになった、注目技術分野の特許群について、対象期間の技術展開を把握する。

1.3 権利活用状況調査

特許権の活用状況を技術特性や業界特性の関連において、把握する。

2. 研究開発動向分析

電動機の制御技術に関する論文を検索し、統計解析することにより、発表論文動向を把握する。これを各種文献情報、ヒアリング情報で補い、研究開発動向を分析し、特許動向分析を補強するとともに、今後の研究開発の方向性を解析する。

3. 市場環境分析

各種市場調査レポート、企業情報より、電動機の市場を推定し、市場環境と産業の対応を把握する。電動機型式、制御形式の成長分野の把握や、東アジア地域の電動機関連産業の状況を把握することにより、今後の市場環境の展開を解析する。

4. 政策動向分析

各種文献情報、政府ホームページ等により、電動機に関連する政策を収集し、電動機および電動機制御技術の研究開発・技術開発との関連、産業競争力維持・拡大との関連を把握する。

第2章 特許動向分析

第1節 全体の特許動向

この節では、対象技術全体についての日米欧中韓の出願件数推移、出願人国籍別出願件数推移、日米欧中韓5極間の相互出願構造をまとめる。検索範囲としては全体概要把握としてIPC-H02P：電動機，発電機，回転変換機の制御または調整-の検索データとさらに制御技術として主にベクトル制御に焦点を当て、IPC-H02P21：磁界オリエンテーション制御による電動機の制御装置または調整装置；ベクトル制御-の検索データを用いた。

1. 国別出願動向

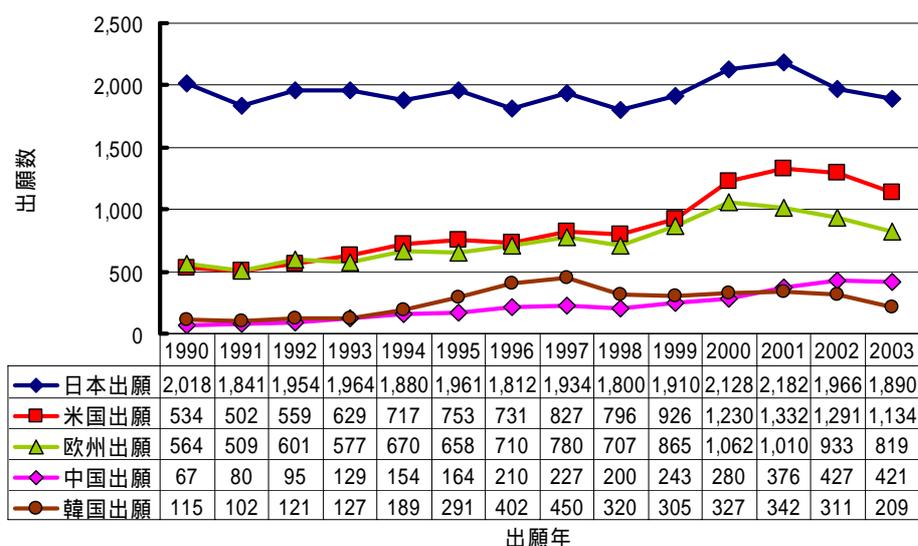
(1) IPC-H02P：電動機，発電機，回転変換機の制御または調整

検索IPCとしてH02P（電動機，発電機，回転変換機の制御または調整）による検索データに基づく解析を示す。

第2-1図に出願先国別の出願数の推移を示す。

日本特許出願は1990年、2000年、2001年に2,000件を超す出願が見られるが、その後は1900件前後の出願が継続されている。米国出願は2000年の早期公開制度導入までの件数は登録件数を集計したものであり、2000年以降の1,200件台の出願数が実態を表している点に留意する必要がある。欧州特許出願は1900年台から徐々に出願数が増加し、2000年には1,000件を超える出願となっている。その後は多少出願数が落ちる傾向である。中国特許出願は、1990年初頭は100件未満であったが、2002年には400件を超す出願数まで伸びている。韓国特許出願は1996年、1997年に400件を超す出願が見られたが、それ以降は横ばいから多少の減少を示している。

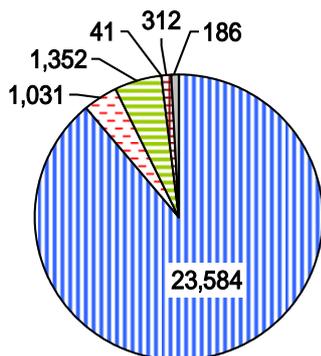
第2-1図 電動機の制御技術の各国別出願推移



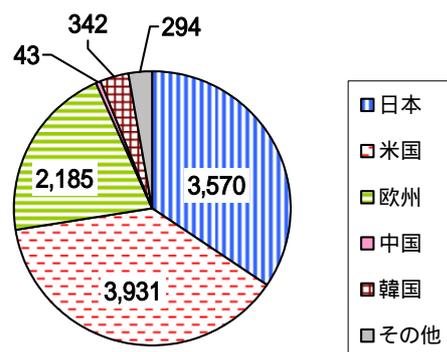
出願先国別に出願人構造を示す。第2-2図に日本特許の状況を示す。日本出願人による出願が約90%(出願数23,584件)を占めている。日本出願人は米国特許で約36%(出願数3,570

件) 欧州特許で約 26% (出願数 2,364 件) 中国特許で約 41% (出願数 1,103 件) 韓国特許で約 29% (出願数 940 件) を占めており、各国への出願を積極的に行っている。特に、中国特許においては地元中国出願人を抜いてトップの出願数となっている。これは日本企業が中国を電動機の生産基地および市場として重視していることの表れと考えられる。第 2-3 図に示される米国特許においては日米に次いで欧州からの出願が約 22% (出願数 2,185 件) と多い。

第 2-2 図 日本特許・出願人別構成



第 2-3 図 米国特許・出願人別構成

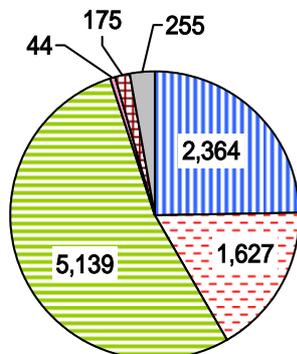


第 2-4 図の欧州特許では地元欧州出願人が約 56% (出願数 5,139 件) を占めてトップであり、日米がそれに続く。

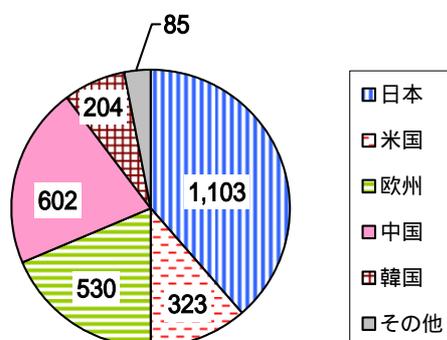
欧州特許では日米欧で 90% 以上 (出願数 9,130 件) を占めており中国、韓国からの出願は少ない。

第 2-5 図の中国出願においてはトップの日本 (出願数 1,103 件) に次いで中国出願人が欧州出願人を抑えて 2 番目 (出願数 602 件) となっている。欧州出願人 (出願数 530 件) 米国出願人 (出願数 323 件) が続き、韓国出願人も出願数 204 件と欧州出願数 (出願数 175 件) を上回る出願を行っている。中国出願では日米欧と中国、そして韓国出願人と他地域に比べて出願数の偏りは少ない。

第 2-4 図 欧州特許・出願人別構成



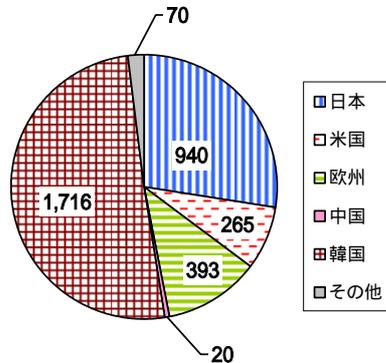
第 2-5 図 中国特許・出願人別構成



第 2-6 図の韓国出願では地元韓国出願人が約 52% (出願数 1,716 件) と半分以上となっている。続いて日本 (出願数 940 件) 欧州 (出願数 393 件) 米国 (出願数 265 件) となり中国出願人は 20 件と少ない。中国出願人は自国を除いてはこの分野での海外出願はまだ活発と

は言えない。

第 2-6 図 韓国特許・出願人別構成



日本、米国、欧州、中国、韓国の 5 地域の出願構造において、地元出願人を除くと日本出願人と欧州出願人の出願が多い。

(2) IPC-H02P21：磁界オリエンテーション制御による電動機の制御装置または調整装置；ベクトル制御

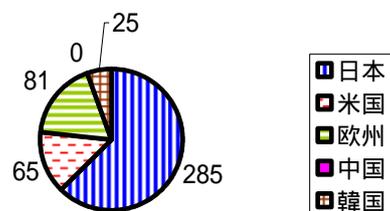
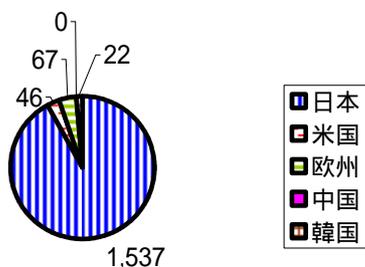
電動機の高精度な制御技術として近年注目を集めているベクトル制御に着目して解析を行った。検索 IPC として H02P21 を使用した。

第 2-7 図に日本特許・出願人の構成を示す。日本出願人が出願数 1,537 件を占め他地域を圧倒している。日本に続くのは欧州出願人で出願数 67 件、次いで米国出願人で出願数 46 件、韓国出願人は出願数 22 件、中国出願人は出願数 0 件である。

第 2-8 図に米国特許・出願人の構成を示す。IPC-H02P の検索結果では（第 2-3 図）地元米国出願人がトップであったが、ベクトル制御の IPC である H02P21 での検索結果では日本出願人が出願数 285 件でトップである。日本に続くのは欧州出願人で出願数 81 件、次いで米国出願人で出願数 65 件、韓国出願人は出願数 25 件、中国出願人は出願数 0 件である。

第 2-7 図 日本特許・出願人別構成

第 2-8 図 米国特許・出願人別構成



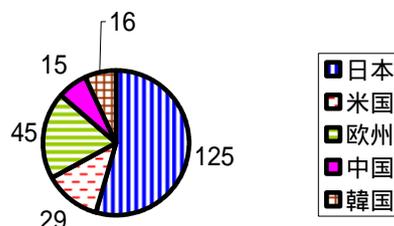
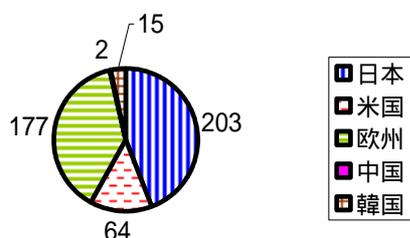
第 2-9 図に欧州特許・出願人の構成を示す。ここでも日本出願人が出願数 203 件でトップを占めている。日本に続くのは欧州出願人で出願数 177 件、次いで米国出願人で出願数 64 件、韓国出願人は出願数 15 件、中国出願人は出願数 2 件である。

第 2-10 図に中国特許・出願人の構成を示す。ここでも日本出願人が出願数 125 件でトップ

を占めている。日本に続くのは欧州出願人で出願数 45 件、次いで米国出願人で出願数 29 件、韓国出願人は出願数 16 件、中国出願人は出願数 15 件である。

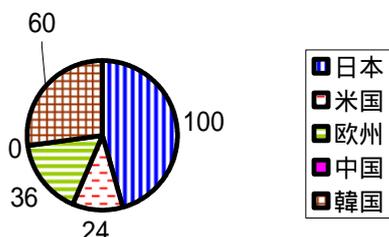
第 2-9 図 欧州特許・出願人別構成

第 2-10 図 中国特許・出願人別構成



第 2-11 図に韓国特許・出願人の構成を示す。ここでも日本出願人が出願数 100 件でトップを占めている。日本に続くのは韓国出願人で出願数 60 件、欧州出願人で出願数 36 件、次いで米国出願人が出願数 24 件、中国出願人は出願数 0 件である。

第 2-11 図 韓国特許・出願人別構成



日本、米国、欧州、中国、韓国それぞれにおいて日本出願人が積極的な出願を行っている状況が示されている。日本に次ぐのは欧州出願人、米国出願人であり韓国出願人および中国出願人は自国を除いては日米欧に圧倒されている状況である。しかしそのような状況の中でも韓国出願人は中国出願の比率が他地域に比べると高く、韓国出願人の中国市場への関心の高さが窺える。

2. 相互出願収支

(1) IPC-H02P：電動機，発電機，回転変換機の制御または調整

国際特許分類（IPC）H02P の検索結果に基づく日本、米国、欧州、中国、韓国の出願収支構造を第 2-12 図に示す。日本出願は総数 26,263 件と米国出願件数 10,048 件、欧州出願件数 9,292 件の約 2.6 倍強と出願件数において飛び抜けて多い状況である。日本出願人は自国出願件数が 23,584 件を数え、この分野の出願に積極的であることはその出願件数から推し量られる。また、日本以外の地域に対しても積極的な出願を行っており、米国出願 3,570 件を筆頭に、欧州出願 2,364 件、中国出願 1,103 件、韓国出願 940 件と多くの出願を行っている。

日本出願人について出願件数の多いのは欧州出願人であり、欧州出願 5,139 件、米国出願

2,185件、日本出願1,352件、中国出願530件、韓国出願393件と自国出願件数と比較して日本出願人以上に高い割合で他地域への出願を行っている。

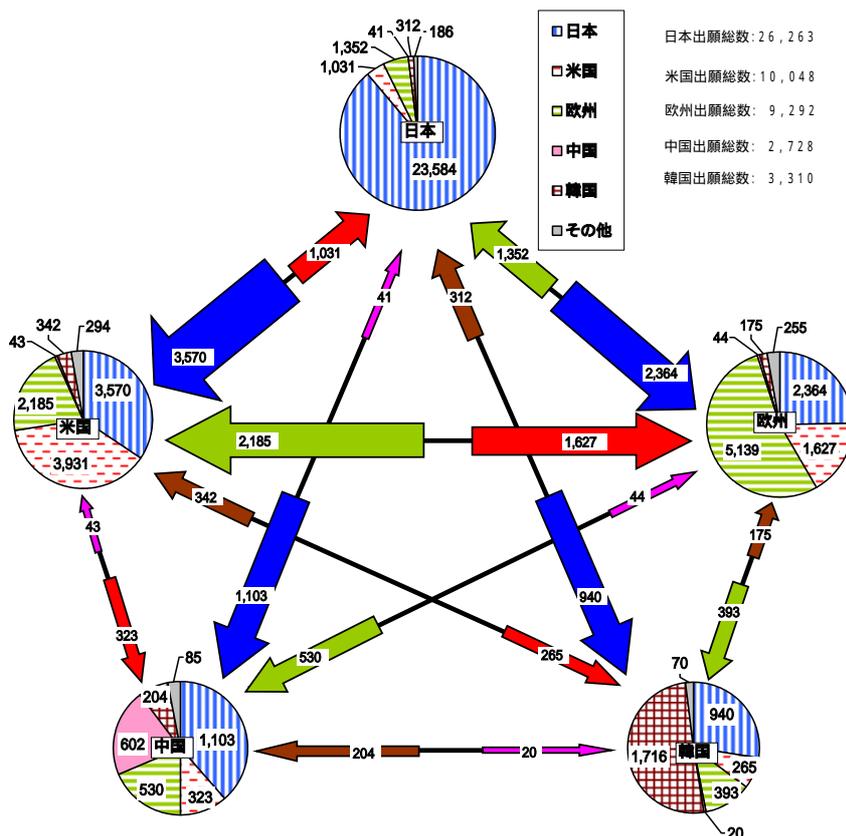
米国出願人は欧州出願人に次ぐ出願を行っている。特に欧州に自国出願件数と比較して約45%強の割合で出願している点が目立つ。

中国出願人は自国出願では602件と多いが、他地域への出願はまだ少ない状況である。欧州出願44件、米国出願43件、日本出願41件、韓国出願20件と大幅な入超の状況である。

韓国出願人は自国出願1,716件と多く、他地域への出願に関しては米国出願が342件と対米国においては出超の状況である。また、中国出願が204件と欧州出願より多く、中国出願に注力していることが窺われる。

全体として、日米欧3極間の出願件数が中国、韓国よりはるかに多い状況にあり、この分野の技術競争の状況がまだ日米欧が中心であることを示していると考えられる。また日米欧および韓国出願人からの中国出願が多くなっており、中国市場が今後とも注目される。

第 2-12 図 日本・米国・欧州・中国・韓国出願収支(IPC : H02P)



(2) IPC-H02P21 : 磁界オリエンテーション制御による電動機の制御装置または調整装置 ; ベクトル制御 - 出願動向

国際特許分類 (IPC) H02P21 の検索結果に基づく日本、米国、欧州、中国、韓国の出願収支構造を第 2-13 図に示す。

日本出願人は自国出願件数が 1,537 件を数え、この分野の出願に積極的であることはその出願件数から推し量られる。また、日本以外の地域に対しても積極的な出願を行っており、

米国出願 285 件を筆頭に、欧州出願 203 件、中国出願 125 件、韓国出願 100 件と多くの出願を行っている。

米国出願データに関しては、米国特許制度が 2000 年の早期公開制度導入以前では登録案件のみの公開のため、出願件数は登録件数のみの集計であり、出願件数は実際より少なくなることを考慮する必要がある。

米国出願人は自国出願件数が 65 件と IPC-H02P での出願件数（3,931 件）と比べると大幅に少ないと言える。また、自国以外の地域に対しては欧州出願 64 件を筆頭に自国出願件数からすると積極的な出願を行っており、日本出願 46 件、中国出願 29 件、韓国出願 24 件の出願を行っている。

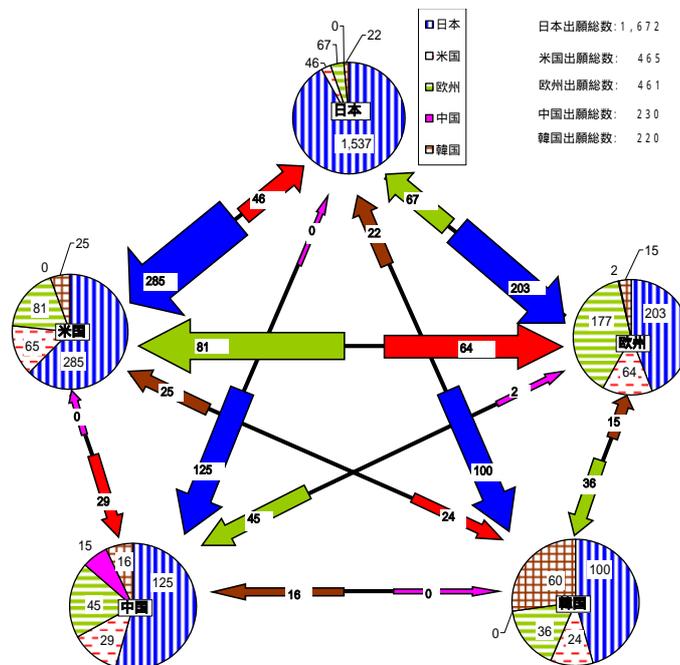
欧州出願人もまた自国出願件数が 177 件と IPC-H02P での出願件数（5,139 件）と比べると大幅に少ないと言える。また、自国以外の地域に対しては米国出願 81 件を筆頭に自国出願件数からすると積極的な出願を行っており、日本出願 67 件、中国出願 45 件、韓国出願 36 件の出願を行っている。

中国出願人においても自国出願件数が 15 件と IPC-H02P での出願件数（602 件）と比べると大幅に少ないと言える。また、自国以外の地域に対してもまだそれほど多くの出願を行っていない。日本出願 0 件、米国出願 0 件、欧州出願 2 件、韓国出願 0 件となっている。

韓国出願人においても自国出願件数が 60 件と IPC-H02P での出願件数（1,716 件）と比べると大幅に少ないと言える。日本出願 22 件、米国出願 25 件、欧州出願 15 件、中国出願 16 件となっており、自国以外への出願割合は中国への出願が他国よりウェイトが高いと言える。

IPC-H02P21 においても日本出願人の出願件数が他地域を圧倒しており、この分野への注力が窺える。

第 2-13 図 日本・米国・欧州・中国・韓国出願収支(IPC : H02P21)



(3) IPC-H02P21：磁界オリエンテーション制御による電動機の制御装置または調整装置；ベクトル制御 - 登録状況

国際特許分類（IPC）H02P21 の検索結果に基づく日本、米国、欧州、中国、韓国の登録収支構造を第 2-14 図に示す。ただし、中国の登録特許は DWPI データベースでは未収録が多く、値は参考値とする。

日本出願人は自国登録数が 385 件を数え、権利化された特許を多く保有している。また、日本以外の地域に対しても多くの登録特許を保有している状況であり、米国登録特許 223 件を筆頭に、欧州登録特許 44 件、中国登録特許 29 件、韓国登録特許 33 件となっている。これは欧州を除けば、それぞれの地域でトップの登録数である。

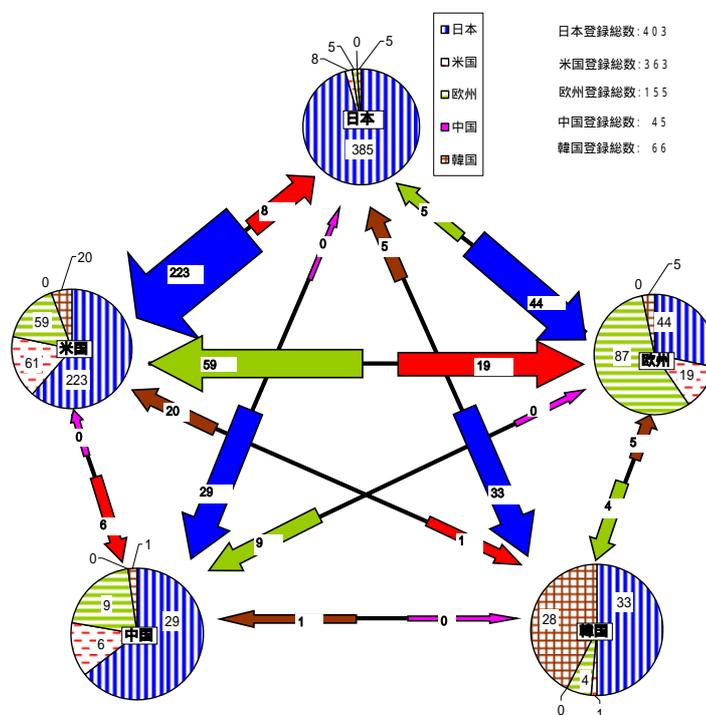
米国出願人は自国登録数が 61 件を数え、自国以外の地域に対しては欧州登録特許 19 件、日本登録特許 8 件、中国登録特許 6 件、韓国登録特許 1 件と日本出願人と比べると大幅に少ない。

欧州出願人は自国登録特許が 87 件と登録の割合は高い。また、自国以外の地域に対しては米国登録特許 59 件を筆頭に、中国登録特許 9 件、日本登録特許 5 件、韓国登録特許 4 件となっている。

中国出願人においては、自国以外の地域に対して出願件数が少ない状況を反映して、調査時点では登録特許 0 件の状況であった。

韓国出願人においては自国登録特許が 28 件と出願件数（60 件）と比べると欧州と同等レベルと言える。米国登録特許 20 件、日本登録特許 5 件、欧州登録特許 5 件、中国登録特許 1 件となっており、自国以外では米国での登録数が多いと言える。

第 2-14 図 日本・米国・欧州・中国・韓国登録特許収支 (IPC : H02P21)



(注) 中国の登録特許は使用したデータベース(DWPI)では未収録が多く、値は参考値とする。(中国登録特許の収録状況：2005年2月現在 - 1994年以降収録、完全収録：1998～2001年、一部欠落：1994年(12/28発行分のみ未収録)、1997年(7/29および11/26発行分のみ未収録)

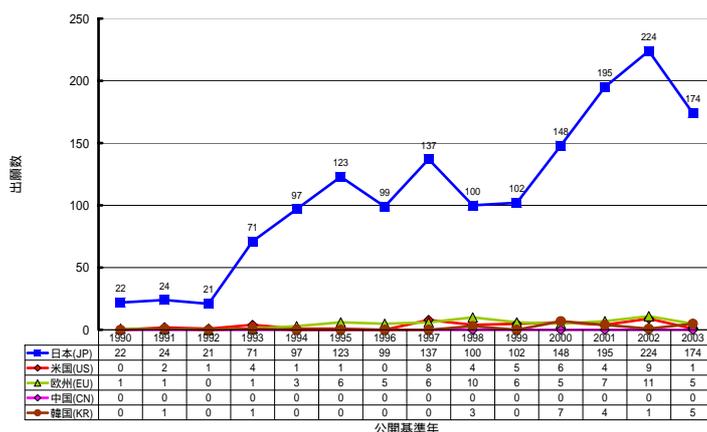
3. 国籍別出願推移

国際特許分類（IPC）H02P21 の検索結果に基づく日本、米国、欧州、中国、韓国の国籍別出願動向を解析した。

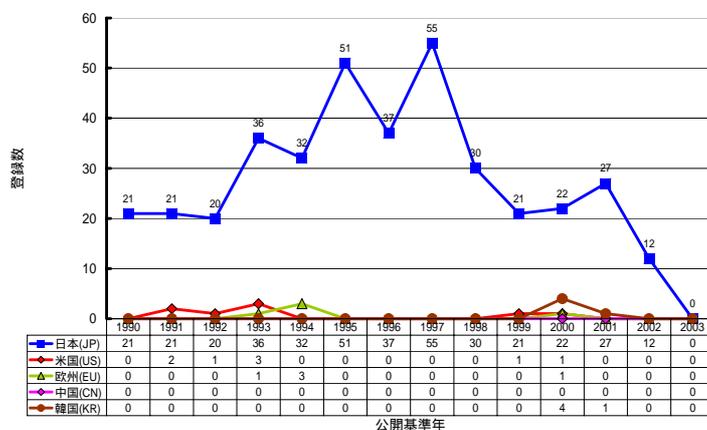
(1) 日本特許の国籍別出願および登録推移

日本特許出願および登録の推移を第 2-15 図に示す。日本出願人は 1993 年以降出願件数を増加させている。1996 年、1998 年、1999 年に停滞が見られるがそれ以外は順調に増加を示している。2003 年の低下は一部の案件がデータベース上で検索時点では未収録の影響が考えられる。米国出願人は 2002 年の 9 件をピークとし 1990 年、1996 年に 0 件があるがほぼ平均に出願している。欧州出願人は 2002 年の 11 件がピークで 1992 年の 0 件を除いて 1995 年以降 5 件を上回る出願を続けている。中国出願人のこの期間での出願件数は 0 件であり、日本に対する出願は活発とは言えない。韓国出願人は 2000 年に 7 件出願のピークがあり 1991 年、1993 年の 1 件除いて、1998 年以降多少の増減はあるが日本出願を継続している。日本特許出願においては日本出願人の出願件数が他地域を圧倒する状況である。

第 2-15-1 図 日本特許・国籍別出願推移



第 2-15-2 図 日本特許・国籍別登録推移

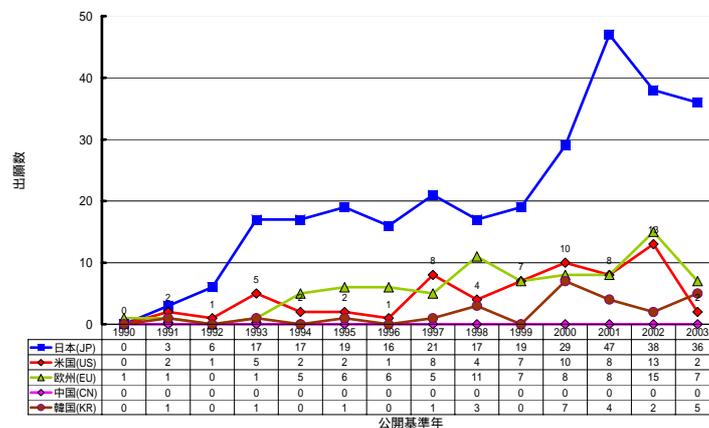


(2) 米国特許の国籍別出願および登録推移

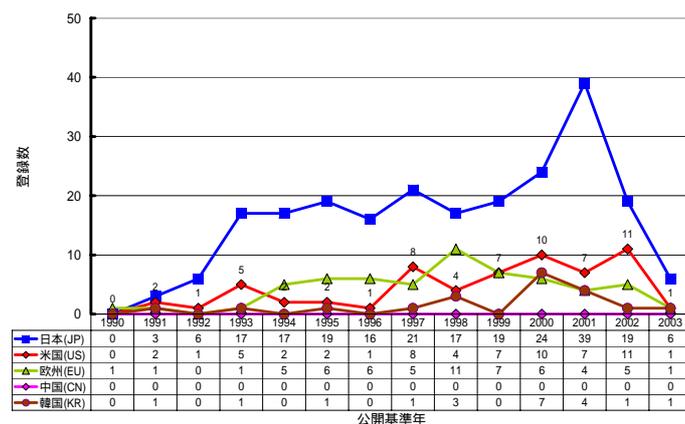
米国特許出願および登録の推移を第 2-16 図に示す。米国特許を見る場合の注意点として、

2000年の早期公開制度導入以前のデータは、登録件数のみを集計したものである点に留意が必要である。日本出願人は1993年以降出願件数を増加させている。1993年～1999年の間はほぼ20件前後の出願（登録）であるが2000年、2001年と出願が増加している。特に2001年は47件と大幅な増加となっている。大幅増の要因は特定企業の大幅な出願増による。特定企業の出願件数は2000年6件、2001年15件、2002年1件と2001年出願件数のピーク要因となっている。2003年の低下は一部の案件が、データベース上で検索時点では未収録であった可能性が考えられる。米国出願人は2002年の13件をピークとし1997年以降2002年まで4件以上の出願件数を継続している。欧州出願人は2002年の15件をピークとし、1994年以降5件以上の出願件数を継続している。中国出願人は1990年～2003年の期間において出願件数は0件である。韓国出願人は2000年に7件出願のピークがあり、2000年以降も出願を継続している。米国特許出願においても日本出願人の出願件数が日本特許と同様に他地域を圧倒する状況である。

第2-16-1図 米国特許・国籍別出願推移



第2-16-2図 米国特許・国籍別登録推移

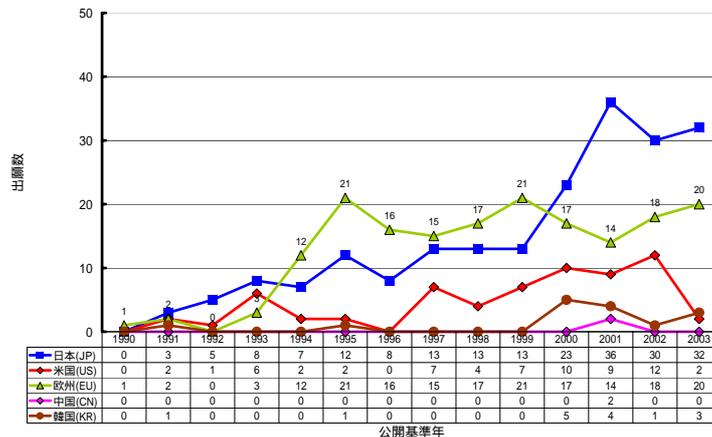


(3) 欧州特許の国籍別出願および登録推移

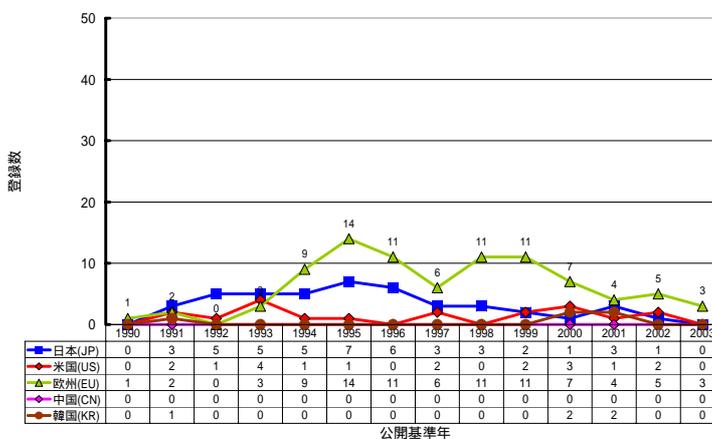
欧州特許出願および登録の推移を第2-17図に示す。日本出願人は1991年から出願を順次増加させ、2000年以降大幅に増加して2001年の36件をピークに30件以上の出願を行っている。米国出願人は2002年の12件をピークとし1997年以降一定水準の出願を継続している。欧州出願人は1995年と1999年の21件をピークとし1994年以降一定水準の出願を継続して

いる。1994年から1999年までは日本出願人を上回る出願件数となっている。1994年以降毎年12件から21件程度の出願が維持されている。中国出願人は2001年に2件の出願を記録している。韓国出願人は2000年に5件出願のピークがあり2000年以降出願が継続されている。欧州特許出願において日本出願人の出願件数は他地域より2000年以降多くなっている。

第2-17-1図 欧州特許・国籍別出願推移



第2-17-2図 欧州特許・国籍別登録推移



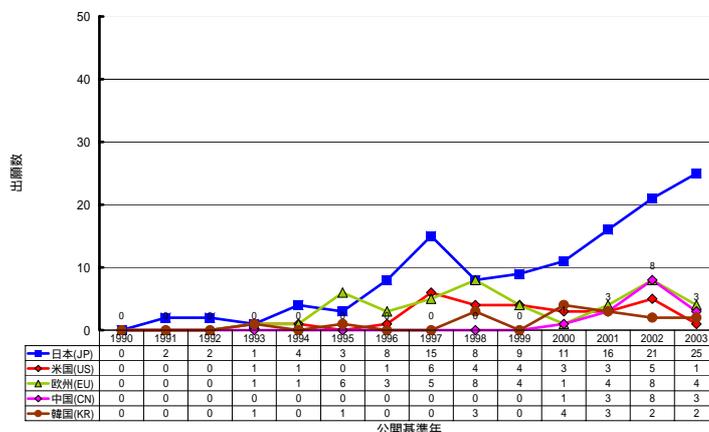
(4) 中国特許の国籍別出願および登録推移

中国特許出願および登録の推移を第2-18図に示す。中国の登録特許はDWPIデータベースでは未収録が多く、値は参考値とする。(中国登録特許の収録状況：2005年2月現在 - 1994年以降収録、完全収録：1998～2001年、一部欠落：1994年(12/28発行分のみ未収録)、1997年(7/29および11/26発行分のみ未収録)

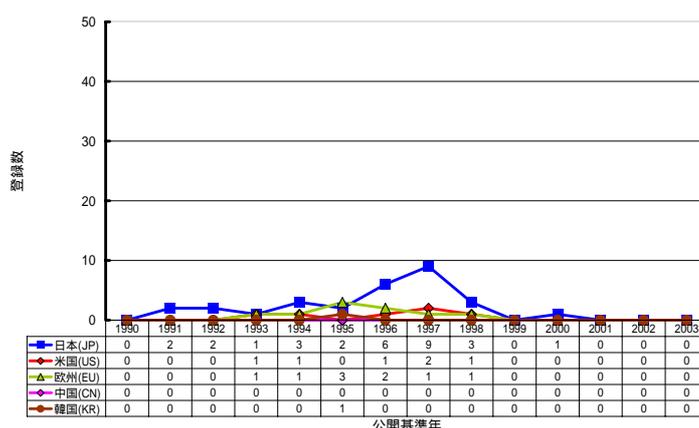
日本出願人は1996年から出願を増加させ、1997年に15件とピーク値を示した後1998年には8件と半減するがその後順次出願件数を増加させている。2003年は25件と他地域を圧倒する出願件数となっている。米国出願人は1997年の6件をピークとして1997年以降3件から5件程度の出願が維持されている。しかし2003年は1件と減少している。欧州出願人は1998年と2002年の8件をピークとし1995年以降一定水準の出願を継続している。中国出願人は2002年に8件の出願を記録し、2000年以降出願が継続している。韓国出願人は2000年

に4件出願のピークがあり1999年に0件があるが1998年以降一定の出願レベルにある。中国特許出願において日本出願人は1999年以降他地域より多くの出願を行っている。

第2-18-1図 中国特許・国籍別出願推移



第2-18-2図 中国特許・国籍別登録推移

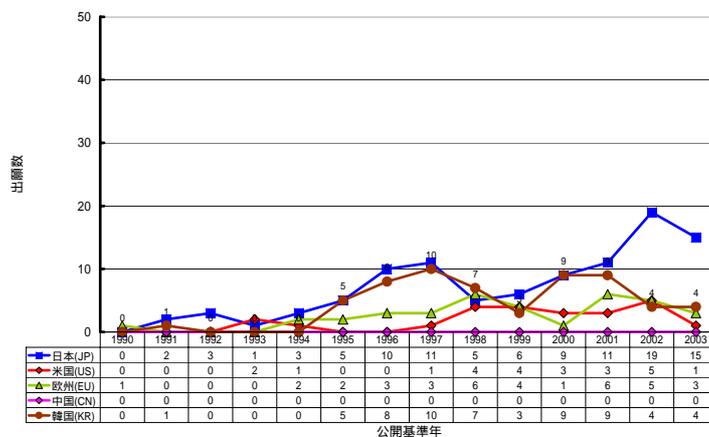


(注) 中国の登録特許は使用したデータベース(DWPI)では未収録が多く、値は参考値とする。(中国登録特許の収録状況：2005年2月現在 - 1994年以降収録、完全収録：1998～2001年、一部欠落：1994年(12/28発行分のみ未収録)、1997年(7/29および11/26発行分のみ未収録)

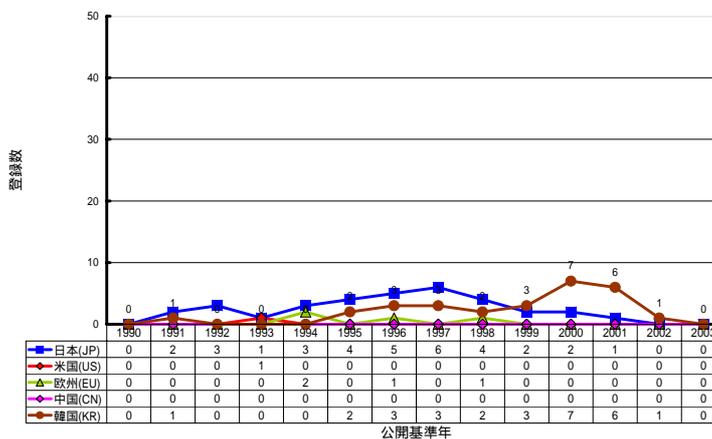
(5) 韓国特許の国籍別出願および登録推移

韓国特許出願および登録の推移を第2-19図に示す。日本出願人は1996年から出願を増加させ、1997年に11件とピーク値を示した後1998年には5件、1999年6件と半減するがその後順次出願件数は増加し、2002年19件と他地域を圧倒する出願件数となっている。米国出願人は1998年以降2002年まで3件から5件レベルでの出願件数が継続している。しかし2003年は1件と減少している。欧州出願人は1998年と2001年の6件をピークとし1994年以降出願件数が増加している。中国出願人の出願は0件である。韓国出願人は1997年に10件出願のピークがあり、1995年以降一定の出願レベルにある。韓国特許出願において日本出願人は2001年以降、他地域より多くの出願を行っている。

第 2-19-1 図 韓国特許・国籍別出願推移



第 2-19-2 図 韓国特許・国籍別登録推移



4. 上位出願人

上位 10 社はすべて日本企業であり、25 社中 16 社が日本企業である。

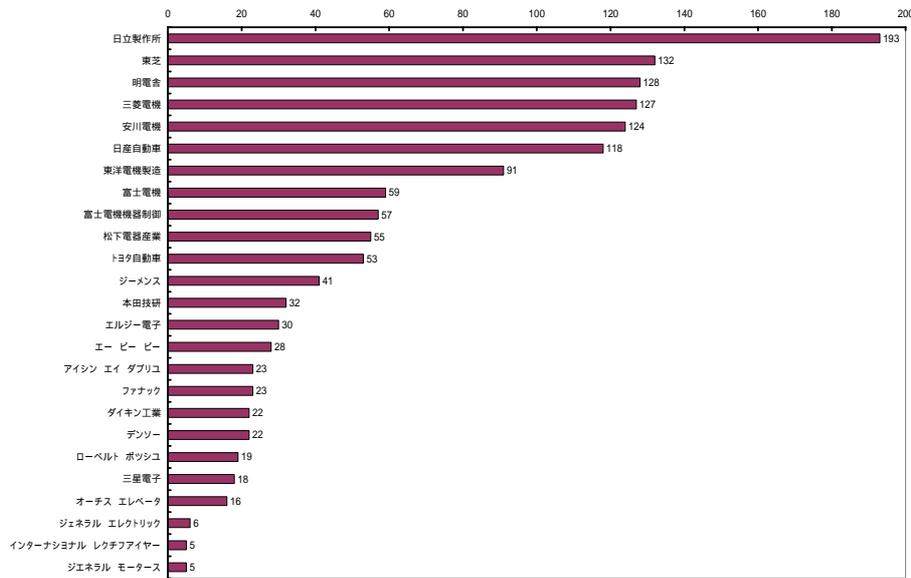
米国企業はオースチンエレベータ、レクチファイヤ、ジェネラル・エレクトリック、ジェネラル・モーターズが 22 位以下にランクされている。

欧州企業ではジーマス、エービービー、ローベルト・ボッシュが 12 位以下にランクされている。

アジア企業では韓国の三星電子（サムスン）が 21 位にランクされている。

この分野での日本企業が圧倒的に多数の出願を行っていることが見て取れる。

第 2-20 図 上位出願人全体



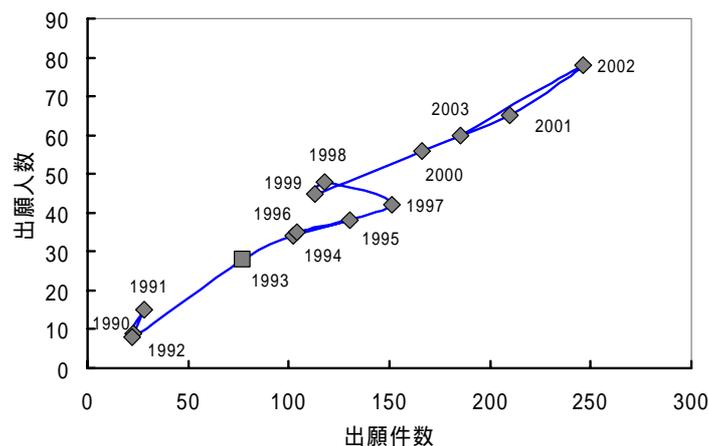
5. 各国別の出願人数の推移

各国別に出願件数の推移と出願人数の推移を解析した。電動機の制御技術分野への参入動向を解析する。2003年については特許データベースにおいて収録が間に合っていない可能性があるためここでは議論の対象としない。

(1) 日本特許

日本特許においては、1996年、1998年、1999年に出願件数の停滞が見られるが、出願人数は1996年を除いて増加し、出願件数も伸びている。このことより、この分野への参入が引き続き行われていると言える。

第 2-21 図 日本特許における出願人数と出願件数の関係

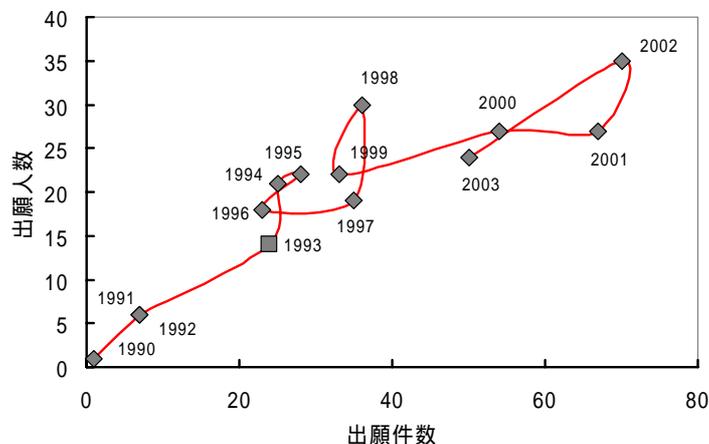


(2) 米国特許

米国特許においては、1994年、1996年、1998年、1999年に出願件数の停滞が見られるが、出願人数は1992年、1996年、1997年、1999年を除いてほぼ増加を示し、2000年、2001年は出願人数の伸びに比べて出願件数が大幅に伸びている。また、2002年は出願人数が大

大きく増加を示している。1999年以降の出願件数の増加が顕著であるが2002年は出願人数の増加の割に出願件数は伸び悩んでいる。

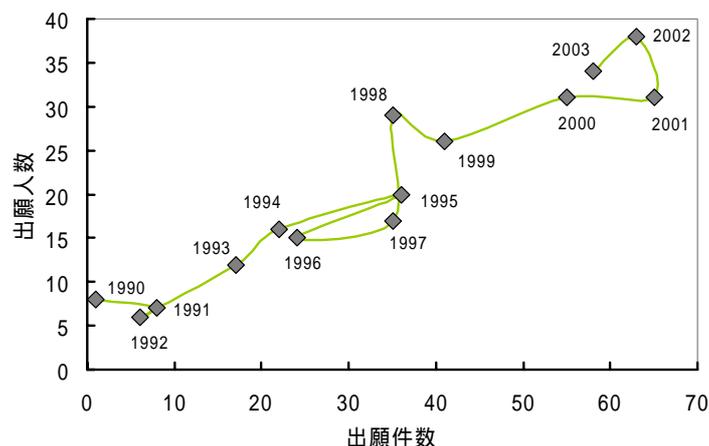
第2-22図 米国特許における出願人数と出願件数の関係



(3) 欧州特許

欧州特許においては、1996年、1998年に出願件数の停滞が見られるが、出願人数は1996年、1997年、1999年を除いてほぼ増加を示し、1998年に大きく増加している。2001年は出願人数の伸びに比べて出願件数が大幅に伸びている。また、2002年は出願人数が大きく増加を示している。1999年以降の出願件数の増加が顕著であるが2002年は後退の傾向が見られる。

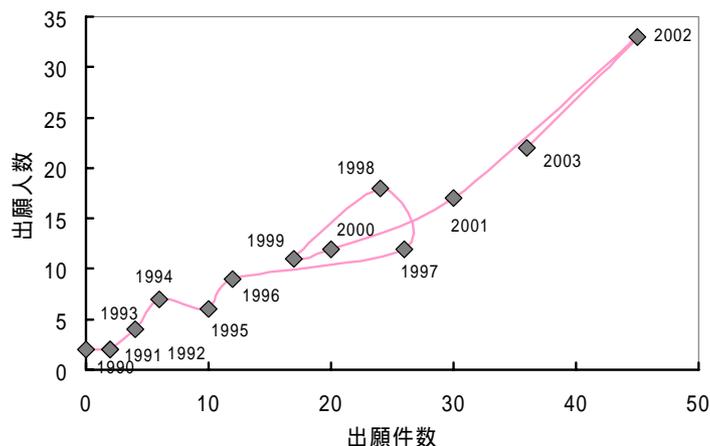
第2-23図 欧州特許における出願人数と出願件数の関係



(4) 中国特許

中国特許においては、1998年、1999年に出願件数の停滞が見られるが、出願人数は1995年、1999年を除いてほぼ増加を示し、2001年、2002年は出願人数の伸びに比例して出願件数が大幅に伸びている。また、2002年は出願人数が大きく増加を示している。

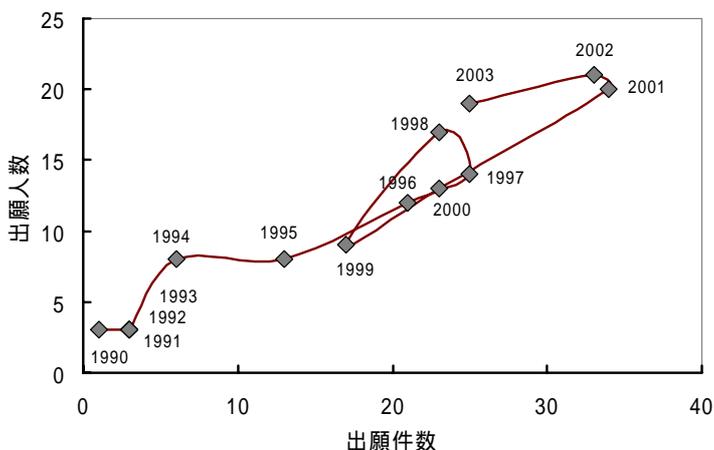
第 2-24 図 中国特許における出願人数と出願件数の関係



(5) 韓国特許

韓国特許においては、1998 年、1999 年に出願件数の停滞が見られるが、出願人数は 1995 年、1999 年を除いてほぼ増加を示している。2001 年は出願人数の伸びに比例して出願件数が大幅に伸びている。

第 2-25 図 韓国特許における出願人数と出願件数の関係



(6) まとめ

各地域とも 1990 年代後半に出願人数や出願数の停滞が見られるが、その後はほぼ出願人数、出願件数とも増加している。このことより、日本、米国、欧州、中国、韓国のそれぞれの地域で電動機の制御技術分野への参入が引き続き活発であることを示している。

第 2 節 技術分野別の特許動向

ここではモータ形式と用途による特許動向の解析を行う。

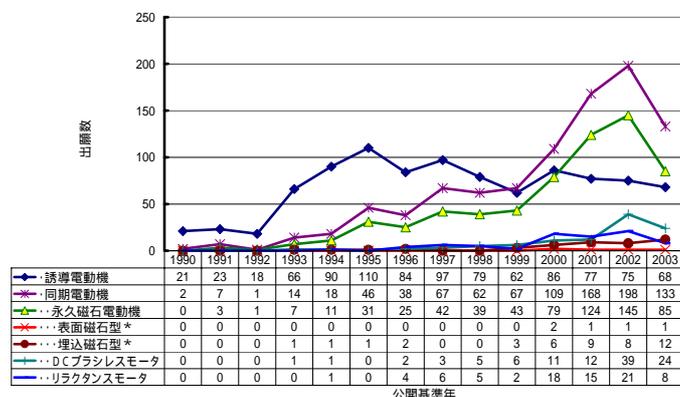
1. 技術分野別出願動向

(1) ベクトル制御によるモータ形式の出願推移

1998 年までは誘導電動機の出願件数が多いが、1999 年以降同期電動機が上回っている。

同期電動機の伸びと同じように永久磁石電動機も伸びている。DC ブラシレスモータ、リラクタンスモータも 2000 年以降増加傾向が見受けられる。永久磁石電動機では埋込磁石型の件数の増加が 1999 年以降顕著である。

第 2-26 図 ベクトル制御によるモータ形式の出願推移



(2) ベクトル制御による用途の出願推移

ベクトル制御を用いる電動機制御技術の公報中その用途に関して記載あるものを解析した。用途記載例は解析データの半分程度であった。自動車メーカーからの出願案件は用途の記載例が多かったが、電動機メーカー等は少なかった。そのため件数的には自動車に関する件数が多くなっていることに注意が必要である。

自動車用途は 1993 年から増加を示し、1997 年、1998 年、1999 年は少し低下を示すが 2000 年以降大きく伸びている。電気自動車およびその下位の車両駆動用が同じように伸びていることから自動車用途では車両駆動がおもな技術テーマとなっている。パワーステアリングは 2000 年以降増加が見られる。車の燃費向上が大きなテーマである今日では、エンジンに負荷が掛かる油圧ポンプ方式より電気を用いた電動機による制御がますます重視される。電動パワステは車両重量の 30～50Kg の軽量化に相当すると言われている。出願が急増した 1993 年の出願人は米国出願人 1 件を除いてはすべて日本出願人である。

電気車は 1995 年 12 件を記録し前年から倍増した後 20 件前後の出願であったが 2001 年 43 件を記録後 2002 年は低下した。2001 年 43 件中日本出願人は 41 件を占めている。

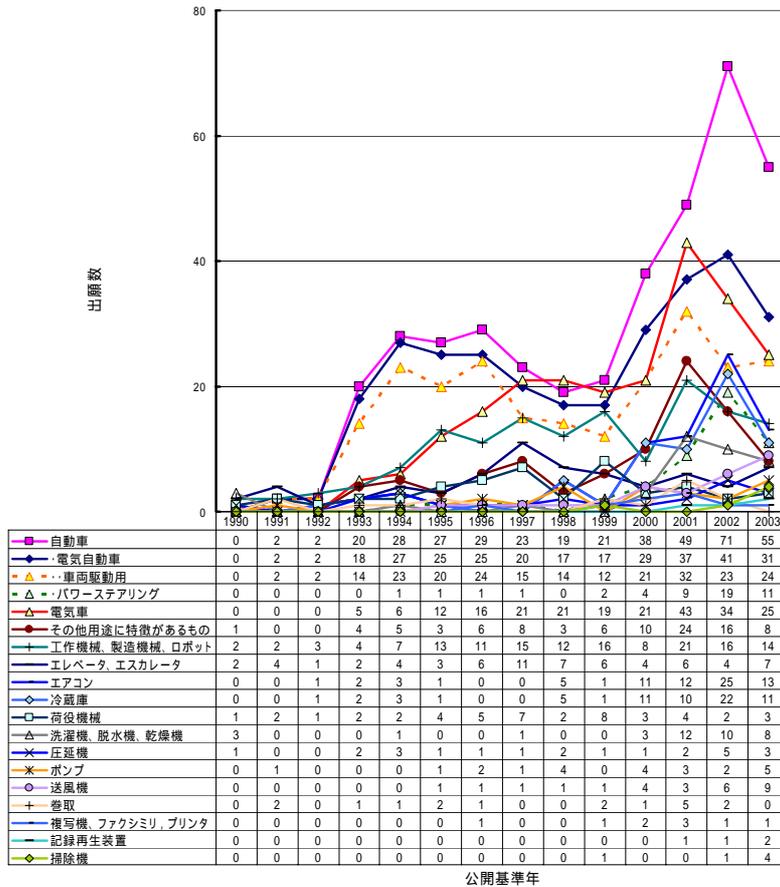
工作機械、製造機械、ロボットの分野では 1995 年以降 2000 年を除いて 11 件以上の出願件数を維持し、2001 年にはピーク値 21 件を記録している。産業機械での省エネや制御の高精度化の要求が高まっているためと考えられる。社団法人日本電機工業会の報告書「電動機・インバータに関するユーザ調査」(2005 年 3 月)によればユーザの希望上位は、低価格化、短納期化、小型化、高効率化、低騒音化が上位を占めている。

エレベータ、エスカレータでは 1997 年に 11 件のピークがあり、その後ほぼ一定レベルの出願を続けている。

エアコンは 2002 年 25 件の出願を記録し、2000 年以降出願が増加している。冷蔵庫もほぼ同じ傾向を示している。

洗濯機、脱水機、乾燥機は 2001 年 12 件を記録し、2001 年以降大きく増加している。

第 2-27 図 ベクトル制御による用途の出願推移



(3) 日本出願人を除いたベクトル制御による用途別の出願推移

日本出願人によるベクトル制御技術に関する出願数が多いため、第 2-27 図には日本出願人の動向が表れている。その他国籍の出願人の動向を見るため、日本出願人を除いた用途別出願推移を第 2-28 図に示す。

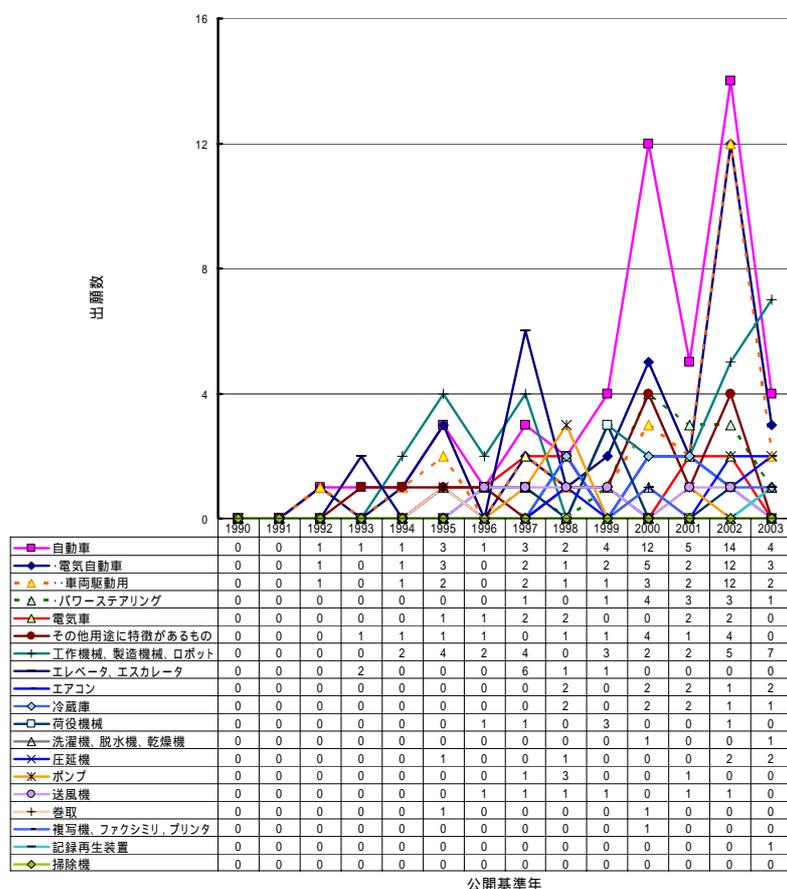
自動車関連は 2000 年に 12 件と急増している。第 2-27 図より、日本出願人は 1993 年頃から出願を増加させていることから自動車用電動機のベクトル制御に関しては他地域に対して先行していると言える。ただし電動パワーステアリングに関して 2000 年 4 件はすべて海外企業であり、日本出願人は 2001 年に 6 件と出願を急増させている状況である。1997 年の 1 件はジーマンス (DE)、2000 年 3 件はボッシュ (DE) と欧州メーカーが先行しているように見受けられる。

工作機械、製造機械、ロボットの分野では 2002 年、2003 年と出願をのばしている。2003 年 7 件の出願人はジーマンス (DE) 3 件、ボッシュ (DE) 2 件、FLENSBURG 専門大学 (DE) 1 件、BRUECKNER MASCHBAU GMBH (DE) 1 件と欧州出願人であった。

エレベータ、エスカレータは 1997 年 6 件出願のすべてがオーチス・エレベータ (US) によるものである。

エアコンの 2000 年 2 件は韓国メーカーである。

第 2-28 図 日本出願人を除いたベクトル制御による用途の出願推移



2. 日米欧 3 極ならびに韓国から中国への技術分野別出願動向

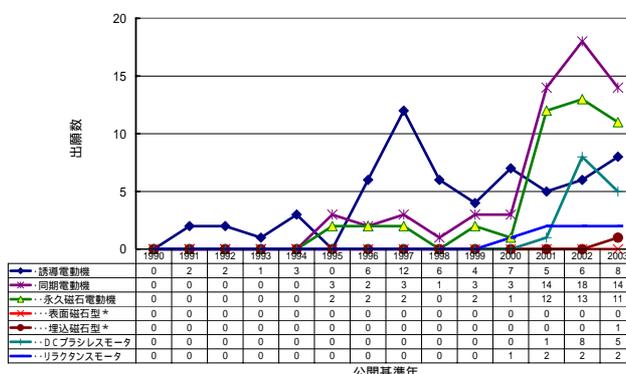
近年、中国は製造拠点および市場として世界中から注目を集めている。日米欧 3 極ならびに韓国からの分野毎の出願動向を解析してその特徴について述べる。

(1) 日本出願人の中国出願推移

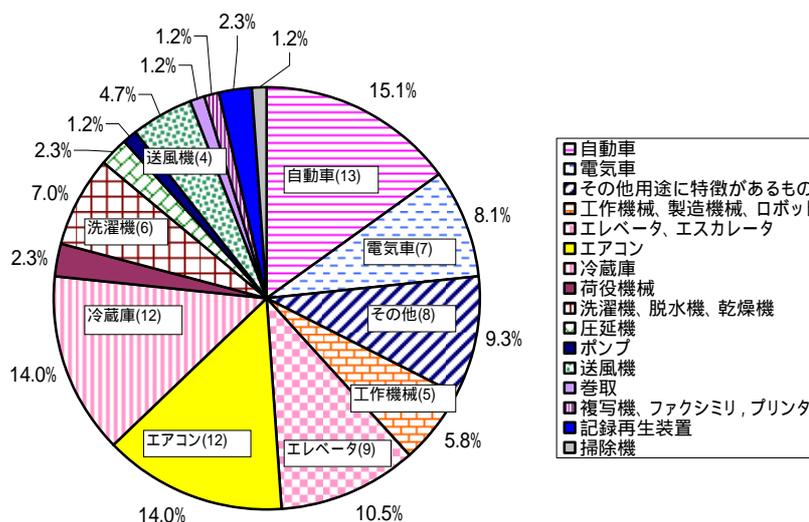
モータ形式による出願推移を第 2-29 図に示す。誘導電動機は 1997 年にピークがあり、その後下降傾向から一定レベルでの出願が続いている。同期電動機は 2001 年大幅な増加があり、2002 年にピークが見られる。2003 年は 2001 年並となっているが誘導機を上回る出願が維持されている。永久磁石電動機は同期電動機の伸びと並行的に推移している。DC ブラシレスモータも 2002 年にそれ以前と比べると大きな伸びが見られる。

第 2-30 図に用途による出願割合を示す。用途の記載は全公報中半分程度であるのが、傾向を見る上で参考になる。日本出願人は自動車用途(13 件)をトップに、エアコン(12 件)、冷蔵庫(12 件)、エレベータ(9 件)等とほぼ満遍なく出願を行っている。

第 2-29 図 日本出願人の中国出願推移 - モータ形式



第 2-30 図 日本出願人の中国出願動向：用途別出願構成

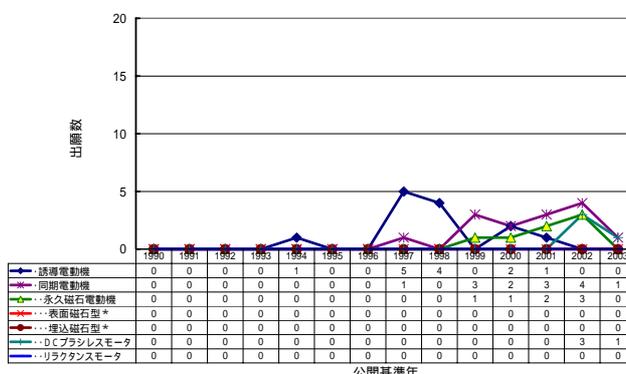


(2) 米国出願人の中国出願推移

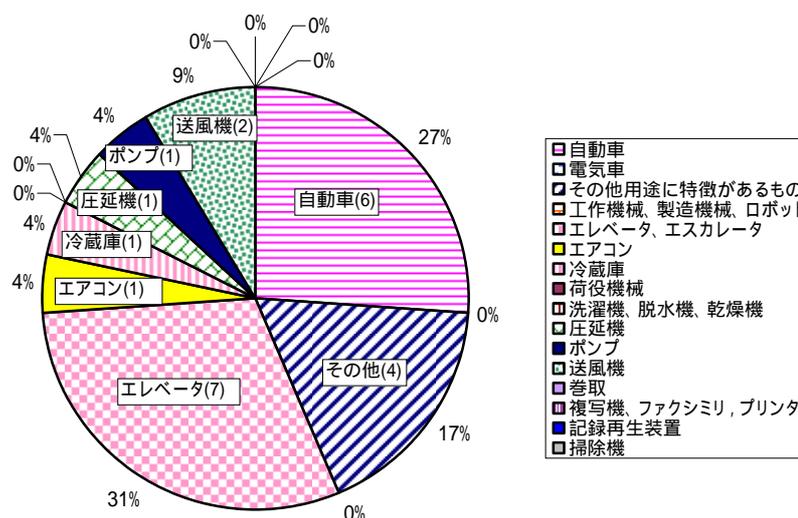
米国出願人の中国出願におけるモータ形式毎の出願推移を第 2-31 図に示す。誘導電動機は 1997 年にピークがあり、その後下降傾向が続いている。同期電動機は 1999 年に増加があるが、その後は一定レベルの出願が続いている。永久磁石電動機は同期電動機の伸びと並行的に推移している。DC ブラシレスモータも 2002 年にそれ以前と比べると大きな伸びが見られる。

第 2-32 図に用途による出願割合を示す。米国出願人はエレベータ(7 件)をトップに、自動車用途(6 件)が目立っている。その他では送風機(2 件)、圧延機(1 件)、エアコン(1 件)、冷蔵庫(1 件)と家電機器と産業機器に出願を行っている傾向が見られる。

第 2-31 図 米国出願人の中国出願推移 - モータ形式



第 2-32 図 米国出願人の中国出願動向：用途別出願構成

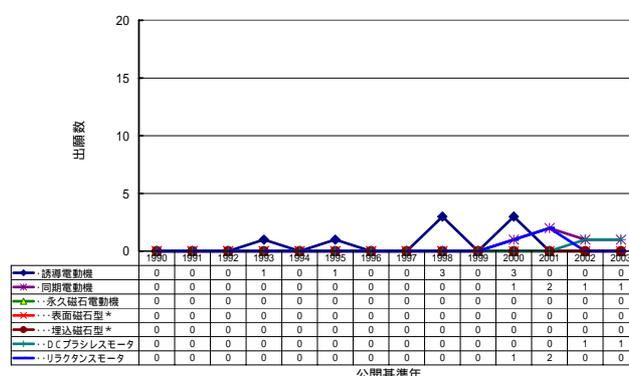


(3) 欧州出願人の中国出願推移

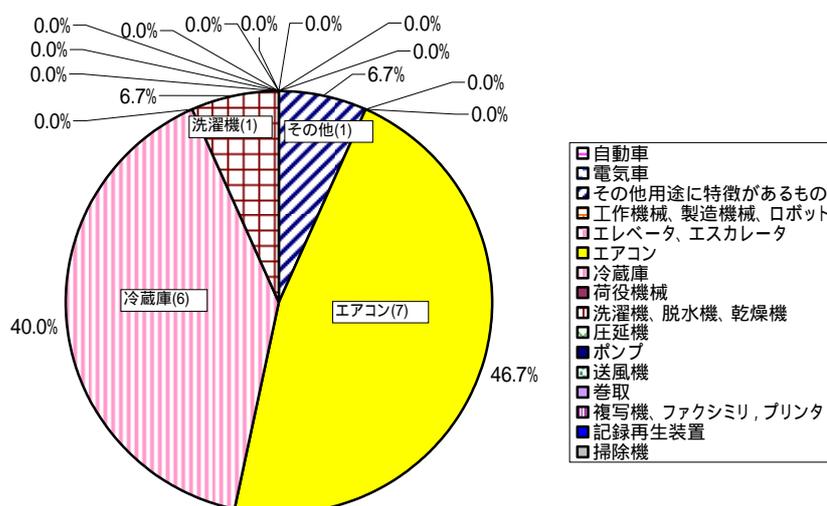
欧州出願人の中国出願におけるモータ形式毎の出願推移を第 2-33 図に示す。誘導電動機は 1998 年にピークがあり、その後下降傾向が続いている。同期電動機は 1998 年と 2002 年にピークがあり、1999 年以降誘導機を上回っている。

第 2-34 図に用途による出願割合を示す。欧州出願人は工作機械(8 件)をトップに、自動車用途(2 件)、電気車(2 件)、荷役機械(2 件))が目立っている。その他ではエレベータ(1 件)、圧延機(1 件)と産業機器を中心に申請を行っている傾向が見られる。

第 2-35 韓国出願人の中国出願推移 - モータ形式



第 2-36 図 韓国出願人の中国出願動向：用途別出願構成



第 3 節 出願人属性別の出願動向

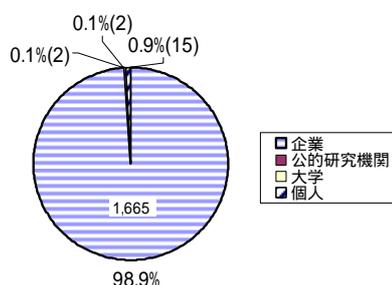
出願人属性を、企業、公的研究機関、大学、個人に分類し各地域別の動向を解析する。

1. 日米欧各国出願における出願人属性構成

(1) 日本特許出願における出願人属性構成

日本特許における出願人属性別構成は企業からが圧倒的で全体の 98.9% (1,665 件) を占めている。公的研究機関からは 2 件で「科学技術振興機構 (JST)」からのものである。大学からの出願は 2 件を数えるのみで、件数としては少ない。大学研究者は企業出願案件の発明者となっている例が多い。または個人としての出願者名で出願もある。個人出願案件は 15 件を数え、その中には大学研究者も含まれる。いずれにしても、日本特許における出願人属性別構成では企業が主である。

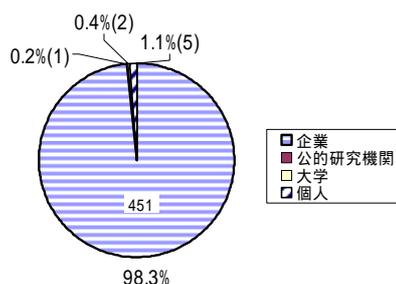
第 2-37 図 日本特許・出願人属性別構成



(2) 米国特許出願における出願人属性構成

米国特許における出願人属性別構成は、やはり企業からが圧倒的で全体の 98.3% (451 件) を占めている。公的研究機関からは 1 件で「フランス国立科学研究センター (CNRS)」からのものである。大学からの出願は 2 件を数えるのみと、日本特許と同様の傾向である。米国特許における出願人属性別構成でも日本と同様に企業が主である。

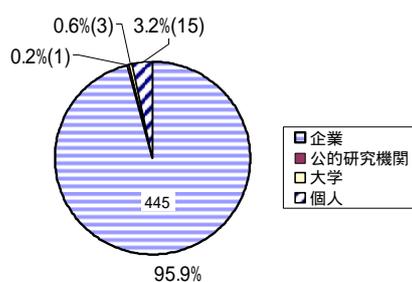
第 2-38 図 米国特許・出願人属性別構成



(3) 欧州特許出願における出願人属性構成

欧州特許における出願人属性別構成は、やはり企業からが圧倒的で全体の 95.9% (445 件) を占めている。公的研究機関からは 1 件で「フランス国立科学研究センター (CNRS)」からのものである。大学からの出願は 3 件を数えるのみと、日本特許と同様の傾向である。個人出願案件は 15 件と他地域と比べると多い。いずれにしても、欧州特許における出願人属性別構成でも日本と同様に企業が主である。

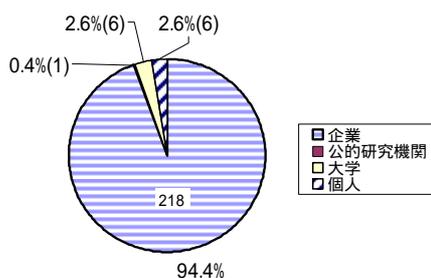
第 2-39 図 欧州特許・出願人属性別構成



(4) 中国特許出願における出願人属性構成

中国特許における出願人属性別構成は、やはり企業からが圧倒的で全体の94.4%(218件)を占めている。公的研究機関からは1件で「フランス国立科学研究センター(CNRS)」からのものである。大学からの出願は6件を数え、日本特許と比べると多い。個人出願案件は6件を数えるのみである。いずれにしても、中国特許における出願人属性別構成は、日本と同様に企業が主であるが、大学からの出願件数が多いのが特徴である。

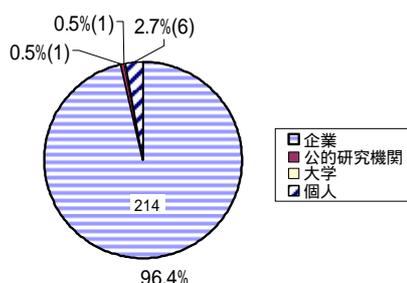
第2-40図 中国特許・出願人属性別構成



(5) 韓国特許出願における出願人属性構成

韓国特許における出願人属性別構成は、やはり企業からが圧倒的で全体の96.4%(214件)を占めている。公的研究機関からは1件で「フランス国立科学研究センター(CNRS)」からのものである。大学からの出願は1件と少ない。個人出願案件は6件を数えるのみである。いずれにしても、韓国特許における出願人属性別構成は、日本と同様に企業が主であるのが特徴である。

第2-41図 韓国特許・出願人属性別構成



各国共に企業からの出願が圧倒的に多く、次いで個人からの出願が多い。

第4節 日本の大学研究者の出願

電動機のベクトル制御に関する論文抽出結果より、日本の大学研究者を選定し、発明者名とIPC=H02P21/00を検索キーとして検索した。検索日は2006/01/31、データベースはPATOLIS-を使用した。検索期間は公開公報公開日1971/07/16~2006/01/26である。

大学別の出願数を第2-1表に示す。1位の神奈川大学は1名突出した出願数の研究者が貢献している。つづいて、長岡技術科学大学、名古屋工業大学、東京理科大学、武蔵工業大学、横浜国立大学が上位を占めている。

第 2-1 表 電動機のベクトル制御技術に関する大学別出願数

順位	大学名	出願数
1	神奈川大学	20
2	長岡技術科学大学	19
3	名古屋工業大学	15
4	東京理科大学	7
5	武蔵工業大学	6
5	横浜国立大学	6
6	明治大学	4
7	名古屋大学	3
7	埼玉大学	3
8	琉球大学	2
9	早稲田大学	1
9	慶応大学	1
9	青山学院大学	1
9	三重大学	1

第 5 節 重要特許の解析

電動機の制御技術のうち、出願数や市場・産業動向から、ベクトル制御技術が最も重要と考えられる。調査対象期間および今後の市場性の観点から、自動車駆動用電動機のベクトル制御技術、家電を代表するものとしてのエアコン用電動機のベクトル制御技術、また調査対象期間の大きな開発目標であったと考えられる技術であるセンサレスベクトル制御技術について、登録特許を調査し技術展開を解析した。

1. 自動車駆動用電動機の制御技術の技術展開

1.1 自動車駆動動力源形態

第 2-2 表に、自動車駆動用電動機の制御技術に関する登録特許についての、出願数推移を示す。上段が電気自動車全体についての出願数推移であり、下段がその内数であるハイブリッド車と明記された自動車についての出願数推移である。

第 2-2 表 自動車駆動用電動機の制御技術に関する登録特許の出願数推移

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
電気自動車総数	1	2	8	9	10	8	5	11	5	9	9	3	1
ハイブリッド車総数							1	3	1	1	3	2	

電気自動車の駆動用電動機の制御技術は、日本の自動車メーカーと電気メーカーが開発をリードし、特にトヨタ自動車、日産自動車、日立製作所の登録特許数が多い。このうち近年脚光を浴びているハイブリッド車の登録特許は、1997 年から 2002 年の集計で見ると、電気自動車総数の電動機 24% を占める。ハイブリッド車は、自動車駆動系が内燃機関と電動機と 2 系統あり、電動機制御技術としても自動車駆動システムとしても複雑であるから、技術開発要

素が多く、今後、産業上の重要特許もハイブリッド車の電動機制御技術に集中していくと考えられる。

1.2 電動機型式

第2-3表に電動機型式で分類し、出願数推移を示す。型式の明記のないものと、いずれでもよいと記載されているものは除く。同期電動機の制御技術が1995年から誘導電動機の制御技術に匹敵するようになり、1997年以降現在まで自動車駆動用電動機の制御技術に関する登録特許のほとんどは同期電動機に関するものである。

第2-3表 自動車駆動用電動機の制御技術に関する登録特許の電動機型式ごとの出願数推移

電動機型式	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
誘導電動機	0	2	0	4	5	2	0	1	0	3	0	1	0
同期電動機	0	0	3	1	4	1	5	7	5	3	5	5	1

1.3 電動機制御方式

第2-4表に自動車駆動用電動機のセンサレス制御技術まとめる。自動車駆動用電動機のセンサレスベクトル制御の展開は、電動機型式の展開と軌を一にし、1995年までは誘導電動機のセンサレス制御の開発であり、その後現在まで同期電動機のセンサレス制御の開発が展開されている。電動機のベクトル制御では、回転速度センサにより回転速度を検出し、磁束位相演算および速度指令値との比較を行ってベクトル演算を行い、速度制御、トルク制御を行っていた。これに対し、電動機の一次電流から、回路定数を基にベクトル演算をし、速度制御、トルク制御を行なうことができる。これが回転速度センサレスベクトル制御の基本で、回転速度センサがないために制御精度が劣化することを抑止する、アルゴリズムあるいは別途センサからの信号利用が開発されてきた。また、自動車駆動電動機のセンサレス制御は、走行中のセンサ故障時の代替制御手段としても必須である。自動車駆動電動機の制御用センサには、自動車総体としてのセンサ数増加の中で、削減ニーズがあることは明らかである。それは、安全性、走行性の課題が解決されることを条件として実施されるが、センサ数の削減は制御アルゴリズムのさらなる改良を要求していくものと考えられる。

第2-4表 自動車駆動用電動機のセンサレスベクトル制御

	出願番号	出願年
誘導電動機の回転速度センサレス制御	特願平 7-305807	1995
	米国出願 576878	1995
	米国出願 10/137594	2002
同期電動機の磁極位置センサレス制御	特願平 9-183028	1997
	特願平 9-279695	1997
	特願平 10-279695	1998
	特願平 10-282975	1998
	特願平 11-328904	1999
	特願 2001-52477	2001
	特願 2001-53419	2001
	特願 2001-112137	2001
	特願 2001-222807	2001
	米国出願 10/268503	2002
	米国出願 10/268503	2002
	センサ故障対応のセンサレス制御	特願平 3-268167
特願平 6-271938		1994
特願平 10-282975		1998

自動車駆動系全体のテーマとしては、軽量化のための電動機構造や電動機から機械系への動力伝達機構についての技術開発の展開など、大きな枠のなかでの技術開発の一環として電動機制御技術の開発が行われてきており、今後も、そのように展開されるものと考えられる。

2. エアコン用電動機の制御技術の技術展開

第 2-5 表に、エアコン圧縮機用電動機の制御技術に関する登録特許を示す。

2.1 電動機型式

型式に注目して年代順に見ていくと、1992 年出願の特願平 4-11385 と 1994 年出願の特願平 6-293324 は誘導電動機であり、2000 年以降、ダイキン、松下電器産業、三菱電機がブラシレス DC モータ(あるいは埋込型永久磁石電動機)の制御技術に関する出願をし、登録特許としており、韓国のエルジー電子がリラクタンスモータの制御技術に関する出願をし、登録特許としている。このような登録特許の出願年から、エアコン用圧縮機は誘導電動機から同期電動機に 1998 年から 2000 年ころに変換したことがわかる。同期電動機のうち市場を獲得したのはブラシレス DC 電動機である。エアコン、冷蔵庫などの家電製品には、今後さらに電力消費の削減要請があり、型式、構造に省エネ型のものの開発が進むと期待される。

2.2 制御技術

第 2-5 表に挙げたエアコン圧縮機用電動機の制御技術の登録特許は、すべてインバータを用いたベクトル制御である。また、ほとんどは、位置・速度センサレス制御である。

これら特許の出願期間、すなわち 1990 年以降においては、LSI の技術開発が進みインバータの低価格化の方向がはっきりしていたので、インバータを用いたベクトル制御をエアコン等の家電製品に適用する開発が行われたと考えられる。また、従来のベクトル制御は、ホール素子・レゾルバ・磁気エンコーダなどの位置センサによる回転子角度の情報を使用していたが、家電製品適用には、位置センサが電動機の高価格化と大サイズ化の要因となりコスト上の障害になるため、位置センサレスベクトル制御が開発されたと考えられる。さらには、本来的に、圧縮機という高温、高圧部のセンサ設置は望ましくなかったのであろう。

技術展開としては、エアコン圧縮機用電動機の制御技術の技術開発は、ある企業の開発成果が別の企業の開発を刺激したという展開ではなく、1990 年代半ばに各社同時多発的に展開されたという印象である。

第 2-5 表 エアコン圧縮機用電動機の制御技術の登録特許

No	出願番号 (優先権主張番号) 登録番号	出願日 (優先日)	発明の名称	出願人
1	特願平 4-11385 登録 3213763	1992.1.24	誘導電動機の制御方法、制御装置及びその制御装置を具備してなる空気調和装置	日立製作所
2	特願平 6-109970 登録 3057656	1994.11.28	インバータ制御装置	松下電器産業
3	特願 2000-354057 (韓国出願 15348/2000) 登録 3410451	(2000.3.25)	同期リラクタンスモータの速度制御装置	エルジー電子
4	特願 2000-279581 登録 3610897	2000.9.14	インバータ装置、圧縮機駆動装置、冷凍・空調装置、インバータ装置の制御方法	三菱電機

5	特願 2001-295842 (韓国出願 61632/2000) 登録 3586230	(2000.10.19)	同期リラクタンスモータの速度制御装置及びその方法	エルジー電子
6	特願 2001-306752 (特願 2000-311149) 米国登録 6583593	(2000.10.11)	位置センサレスモータ制御方法及び制御装置	松下電器産業
7	特願 2000-322026 登録 3551911	2000.10.20	ブラシレス DC モータ制御方法およびその装置	ダイキン
8	特願 2000-322027 登録 3551912	2000.10.20	同期モータ制御方法およびその装置	ダイキン
9	特願 2000-336791 登録 3622666	2000.11.6	同期モータ制御方法およびその装置	ダイキン
10	特願 2000-377106 登録 3551919	2000.12.12	同期モータ制御方法およびその装置	ダイキン
11	特願 2002-16607 (韓国出願 2001-035034) 登録 3571698	(2001.6.20)	モータの回転速度制御装置	エルジー電子
12	特願 2002-201814 (韓国出願 2001-041275) 韓国登録 421376	(2001.7.10)	同期リラクタンスモータの回転速度制御装置及びその方法	エルジー電子
13	特願 2002-210794 (韓国出願 2001-046573) 韓国登録 414095	(2001.8.1)	往復動式圧縮機の運転制御装置及びその方法	エルジー電子
14	特願 2001-340356 登録 3685122	2001.11.6	電動機の制御装置及びそれを用いた製品	三菱電機
15	特願 2002-49996 登録 3672876	2002.2.26	ベクトル制御インバータ装置及び回転駆動装置	東芝
16	特願 2002-52937 登録 3637897	2002.2.28	同期電動機駆動装置、インバータ装置、同期電動機の制御方法	三菱電機
17	特願 2003-579355 (特願 2002-81171) 米国登録 6822417	(2002.3.22)	シンクロナスリラクタンスモータの制御装置	松下電器産業
18	特願 2003-189630 (韓国特願 2002-061858) 米国登録 6735284	(2002.10.10)	モータの制御システムおよびその制御方法	エルジー電子
19	特願 2004-96938 (韓国特願 2003-031968) 登録 3680016	(2003.5.20)	3 相モータ駆動用インバータの制御装置及び制御方法	三星電子

3. センサレスベクトル制御技術の技術展開

センサレス制御技術に関する登録特許について、自動車駆動用電動機、エアコン用電動機用途以外も含めて、代表的なセンサレスベクトル制御技術の技術展開を示す。

3.1 用途

用途を明記した特許と用途を記載していない特許では、用途を記載しないものが多い。用途を明記したものでは、ジェット機補助動力装置、FA 機器、エレベータ、洗濯機、自動車のパワーステアリング装置などがあり、これらの用途では自動車駆動用電動機やエアコン圧縮機用電動機と同じく、特にセンサレスを指向する理由があったと考えられる。一方、用途を記載していないものは、電動機型式には対応してはいるが用途には限定されない、汎用性技術として開発されてきたものである。そして、実際に、後者の方が多くなっているのは、それだけセンサレスベクトル制御が一般化しつつあることを示しているものと考えられる。

3.2 電動機型式

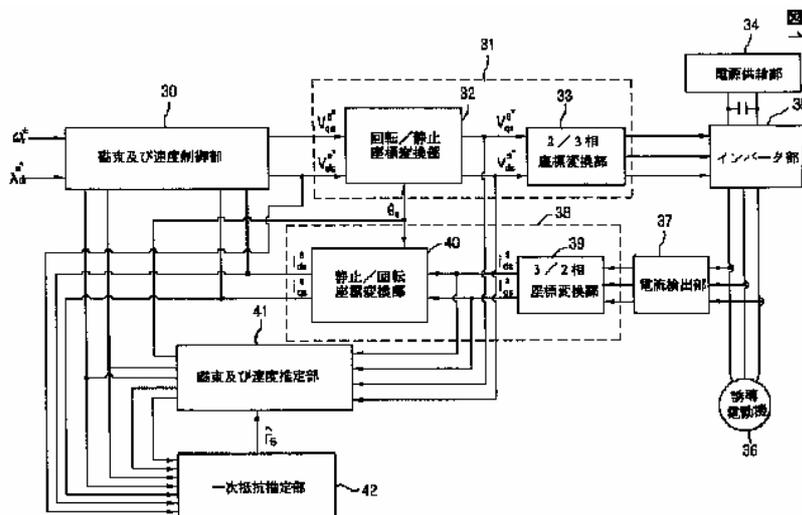
誘導電動機に比べ、同期電動機の特許が多く全体の 9 割に達する。調査機関(1990～2003年)においては、誘導電動機のセンサレスベクトル制御の技術開発のピークが過ぎ、同期電動機における技術開発が盛んに行われた。

3.3 誘導電動機のセンサレスベクトル制御

第 2-42 図に誘導電動機のセンサレスベクトル制御のシステム構成例を示す。このシステムにおいては、磁束および速度推定部において電流検出部から得た電流値をもとに、磁束、磁束角、および推定回転速度を演算し、インバータの制御系に出力している。位置センサも回転速度センサも設置していない。誘導電動機から位置センサ、速度センサを省く理由の一つは、センサの内蔵する電子回路の使用温度範囲が誘導電動機の使用環境を制約することにある。

誘導電動機に位置センサを設置せず、ギヤまたはベルト等の動力伝達機構を介した負荷機械に位置センサを設置し、ギヤ比乗算回路等を追加するベクトル制御としている例もある。

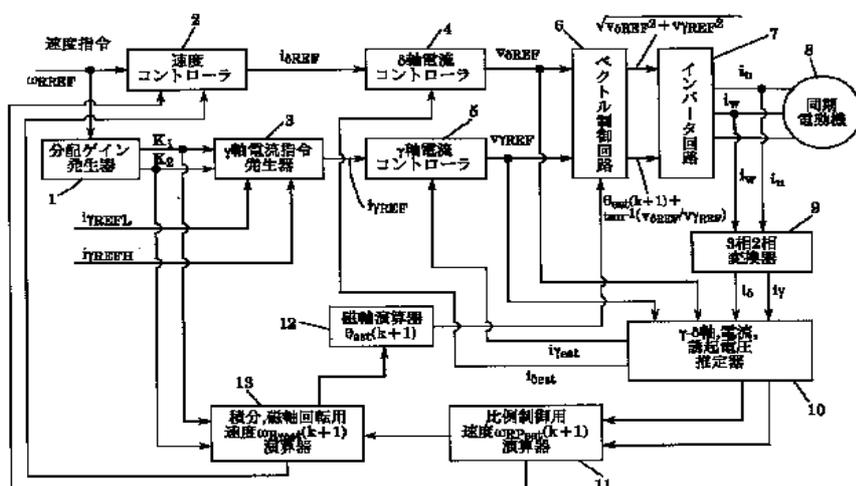
第 2-42 図 誘導電動機のセンサレスベクトル制御 (特願 2001-249297)



3.4 同期電動機のセンサレスベクトル制御

第 2-43 図に同期電動機のセンサレスベクトル制御のシステム構成例を示す。

第 2-43 図 同期電動機のセンサレスベクトル制御 (特願平 8-325345)

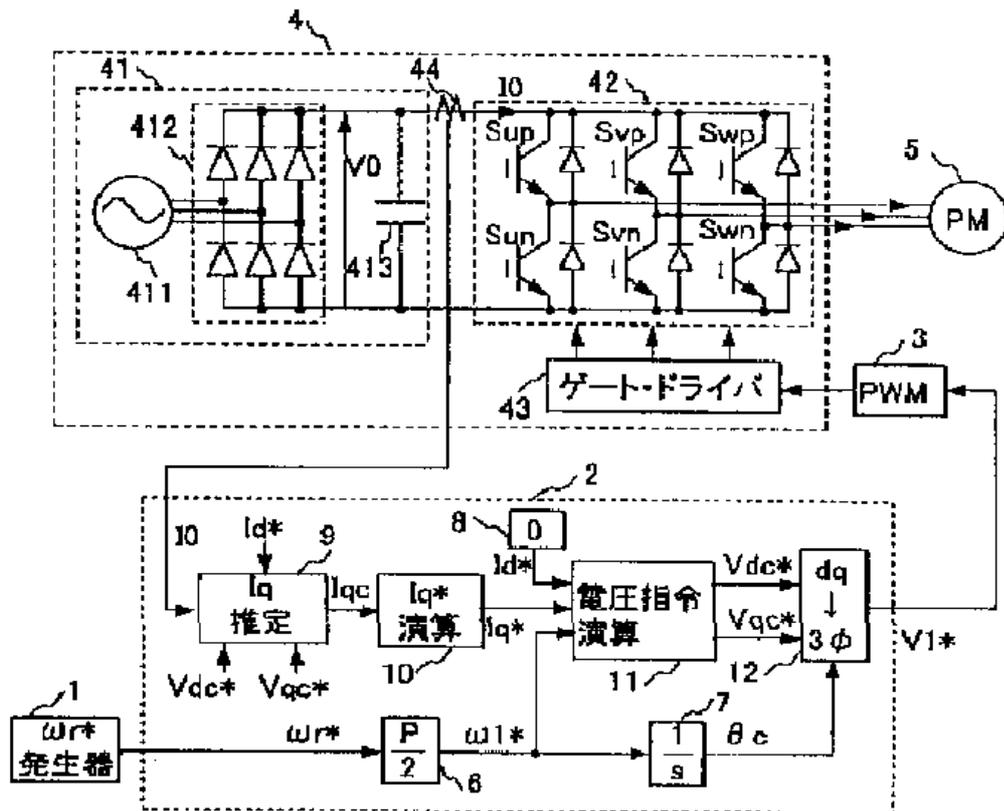


同期電動機の位置・速度センサレス制御のシステム構成も、基本的に誘導電動機と同じである。第 2-43 図において、検出された電流値は 3 相 2 相変換器を経由して 4 つの演算回路を経てベクトル制御回路に入りインバータ制御指令を生成するが、この過程で、比例制御用速度推定器と積分・磁束回転用速度演算器の 2 つの演算器で速度推定がなされている。アルゴリズムと演算回路構成に少しずつ違いはあるが、同期電動機の位置・速度センサレス制御は、電流センサが検出する電動機入力側の電流値を基に、磁極位置と回転速度を推定することで位置センサ・回転速度センサの測定値を代替し、ベクトル制御を可能としている。

3.5 同期電動機の電流センサレス制御

第 2-44 図に同期電動機の電流センサレスベクトル制御のシステム構成例を示す。このシステムは、位置・速度センサに加え電動機の電流センサも省略した構成をとっており、代わりにインバータ直流部の電流センサで検出した電流値で電動機に流れるトルク電流成分を推定し、その推定値に基づいて電動機への印加電圧を決定している。電流センサの省略が低コスト化につながる。

第 2-44 図 同期電動機の電流センサレスベクトル制御 (特願 2001-170425)



センサレス制御については、「センサ削減の方向は制御システムの低コスト化の面から当然の展開ではあるが、制御の精度確保の面からはセンサレス制御のアルゴリズムの開発に加え、安価なセンサの開発も重要な方向性である」との意見がある。安価で設置環境に強いセンサが望まれていることは、確かであろうし、そのようなセンサの出現によってセンサレスベクトル制御の適用の展開も変わっていくのであろう。

第6節 権利活用状況

ライセンス、特許訴訟の調査結果をまとめ、権利活用状況を考察する。

1. 権利活用状況の調査結果

第2-6表にライセンスと特許訴訟の調査結果を概括する。

第2-6表 ライセンスと特許訴訟の調査結果

	情報源	調査結果
ライセンス	企業ホームページ (特許出願数上位15社)	電動機の制御技術に係る特許のライセンスであることを明確に記載する情報はない。 電動機の制御技術に係る特許のライセンスを包含すると推測できる包括的事業提携の情報が若干ある。
	新聞情報 (2000年6月～ 2006年1月)	電動機に関し、2件のライセンス情報がある。 1件は、電動機の制御技術を包含する事業提携であり、1件は電動機の構造に関するクロスライセンスである。
特許訴訟	知的財産権判決データベース (日本最高裁判所)	1995年から2005年までに、電動機に関する6件の特許権・実用新案権に関して、地方裁判所の判決があった。 このうち、純粋に制御技術の侵害に関するものは4件である。
	LitAlert データベース (米国連邦地裁出訴データ)	1996年から2005年までに、連邦地裁に対し電動機システムについて34件、発電機・電動機の構造について18件の提訴があった。 このうち、日本企業、韓国企業が原告・被告になるものも相当数見られる。

2. 権利活用状況の考察

特許権の活用のうちもっとも重要な用途は、自社事業のための活用であり、自社製品の製造・販売の継続と拡大の保証である。電動機の制御技術については、日本企業の出願数が圧倒的に多いが、出願理由は自社開発の製品シェアの維持・拡大を図るためであって、企業は、自社実施技術の他社特許への侵害防止活動と、自社特許への他社からの被侵害監視活動を実施している。

データベースへのアクセスや企業へのヒアリングからは、明確な数値は得られないものの、他社特許の侵害は最終的にはライセンス活動によって回避しているとのことであって、多くはクロスライセンスによって達成されているようである。製品の製造・販売が差止になるような事態になれば、家電製品や車の量販も産業機械の受注も不可能になるから、権利活用の構造は、防衛特許網の構築であり、やむを得ない場合のライセンス契約ということになっていると思われる。

日本企業の国際展開は電動機分野でも活発であり、近年、経済発展が目覚ましい中国については、各企業とも知的財産権の活用について多くの配慮をしているように見られた。中国の課題のひとつは知的財産制度を侵害する不法な技術盗用や模倣であり、ライセンス・技術指導における予期せぬ技術流出の防止対策を続ける必要がある。

第3章 研究開発動向分析

第1節 論文より見た研究開発の動向

1. 論文の統計的解析方法

データベース：JOLIS データベースの内日本語と英語文献を対象とする

検索方法：キーワード「ベクトル制御*電動機」による切り出し

対象期間：1980年～2003年

総文献数：3039件

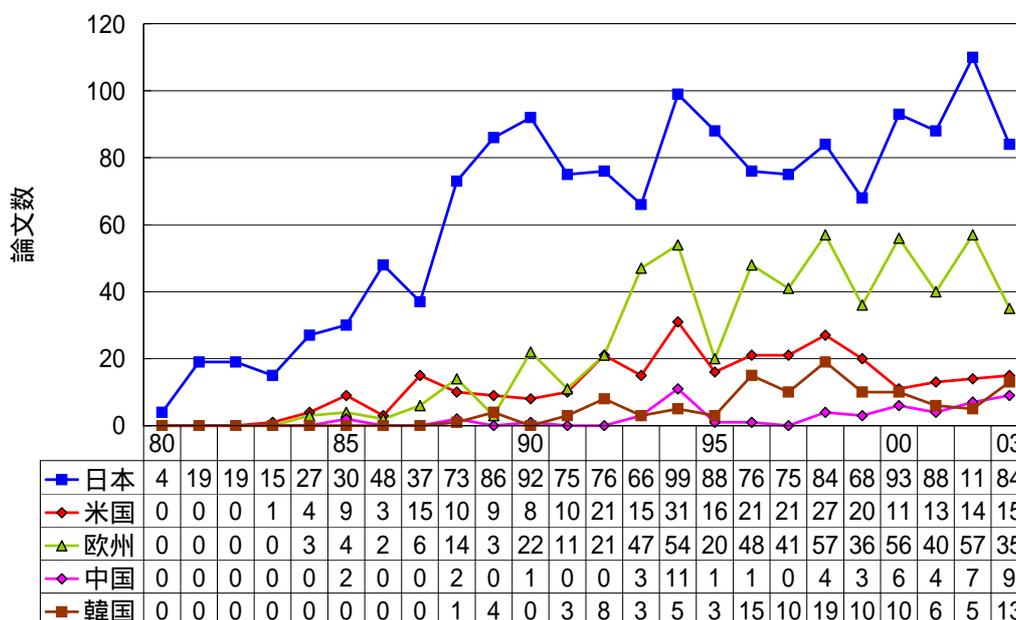
この章の解析は、殆どの場合、日米欧中韓の各国に国籍を持つ所属機関別に行っている。以下の文章中で「日本の論文」とあるのは、「日本国籍の機関に所属する著者から投稿され、採択された論文」を意味している。特に断らない限り、この意味で国籍を使用する。

2. 全体の動向

第3-1図に日米欧中韓の論文数の推移を示す。

日本の論文数は全体の50.4%を占めており、全体から見ると圧倒的な数となっている。また、論文数の各年度の推移を見ても、常に日本が他国より多く、初期から現在に至るまで日本が世界をリードしていることが示されている。

第3-1図 日米欧中韓の論文数推移



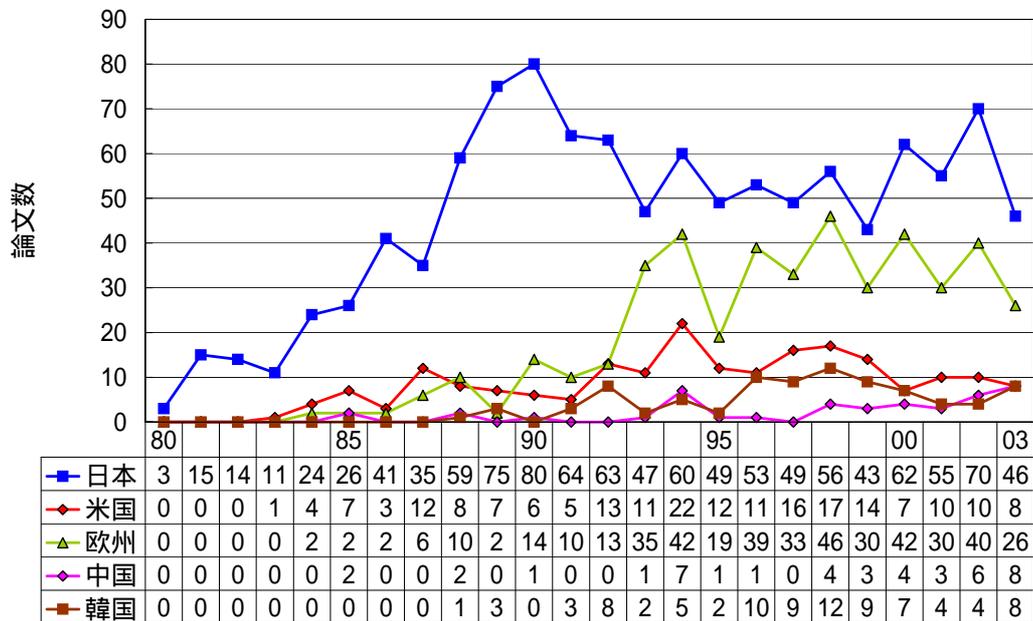
3. 研究対象電動機の変遷

第3-2図には日米欧中韓の誘導電動機に関する論文数を、また、第3-3図には同じく同期電動機に関する論文数を示す。

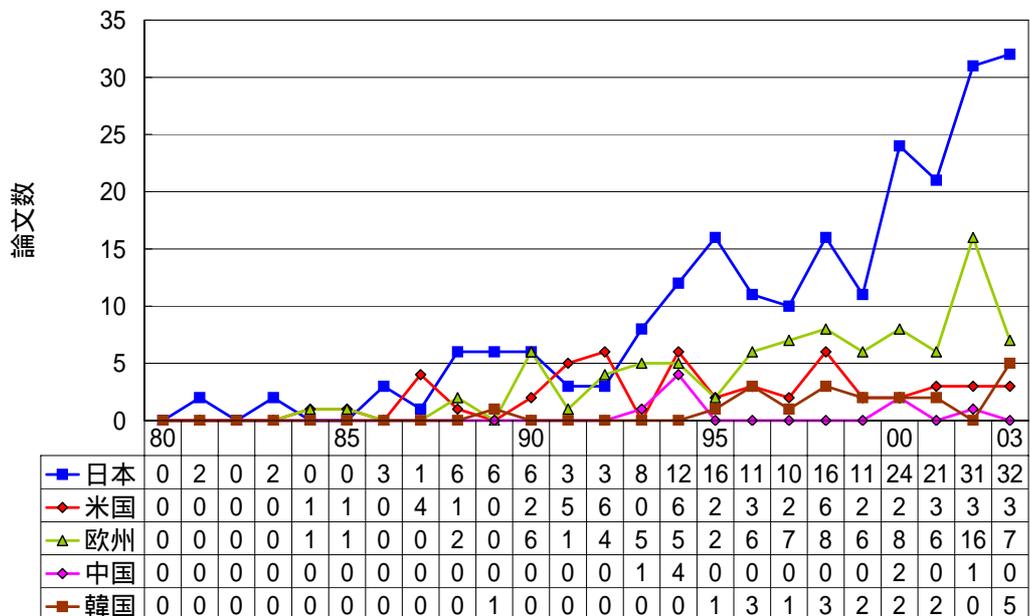
日本からの論文数はいずれの場合も他国からの論文数を引き離している。特に近年では同期電動機に関する論文数が急増している。このことは1982年に日本で発明されたネオジム永久磁石の性能向上とその電動機への適用が1980～1990年代に行われたことを反映している

ものと思われる。一方、誘導電動機に関する論文数も多く、この分野における研究も活発に行われていることを示している。

第 3-2 図 日米欧中韓の誘導電動機に関する論文数



第 3-3 図 日米欧中韓の同期電動機に関する論文数



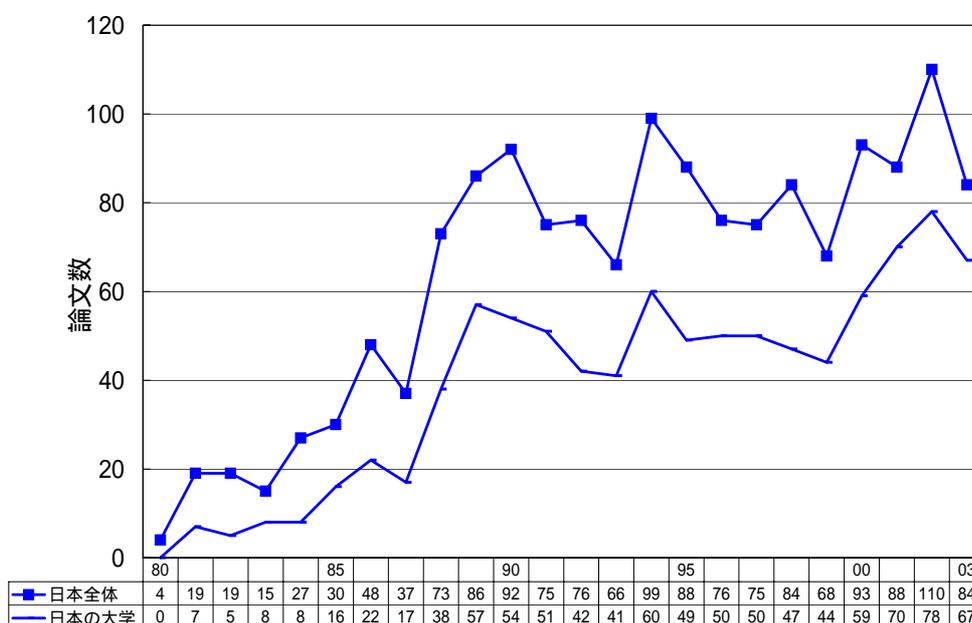
第2節 日米欧中韓の研究開発組織

1. 日本の研究開発組織

第3-4図に日本から出された全論文数と、日本の大学から出された論文数の比較を示す。大学人と企業人の共著論文もあるので必ずしも両者の差が企業人から出された論文数とはいえないが大まかな傾向は示している。

概ね、1990年以前は大学から出された論文数は全体の半以下であるが、それ以降は大学からの論文数が全体の半数もしくはそれ以上となっている。初期の頃の研究開発は企業主導で実用化研究開発が行われ、1990年頃より、実行すべきテーマが増えたこともあり、徐々に研究開発が企業と大学の双方で担われるようになったことが窺われる。

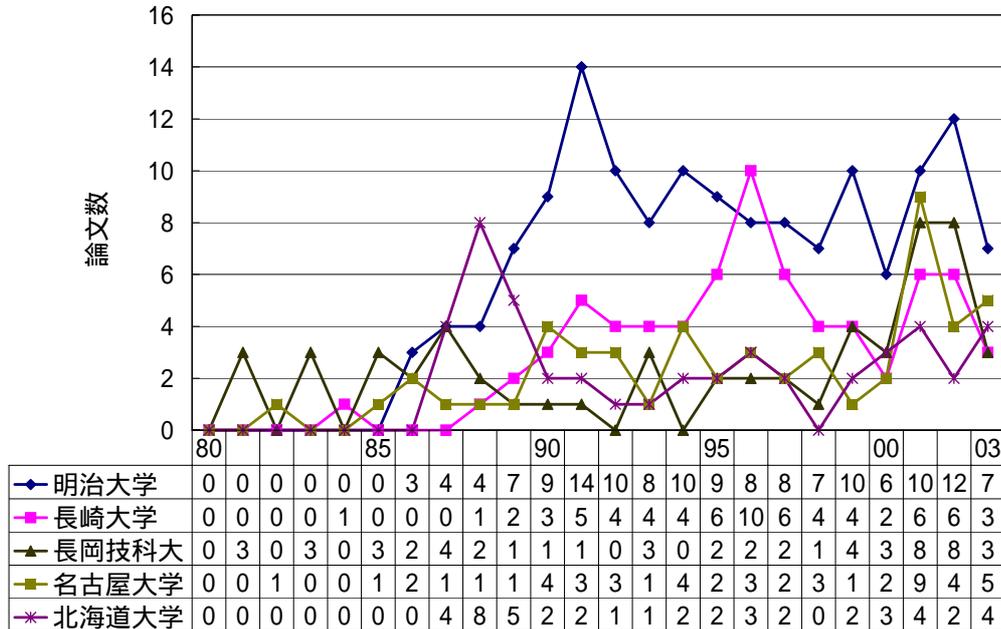
第3-4図 日本から出された全論文数と日本の大学から出された論文数



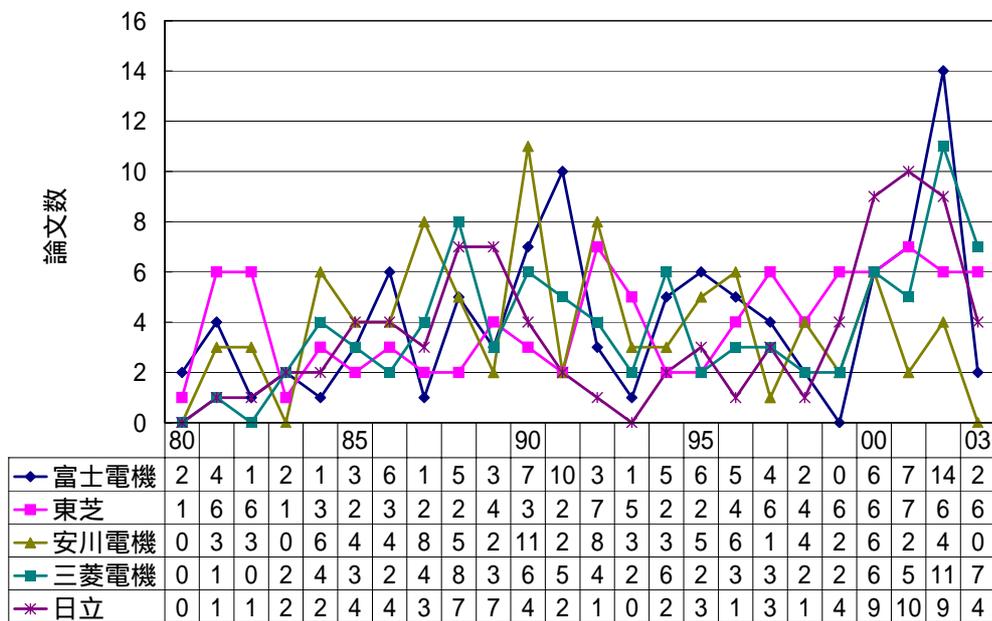
第3-5図には論文数が多い大学5校を、第3-6図には論文数の多い企業5社を示す。

大学別では明治大学が論文数で他大学をリードしているが、企業別では、比較的各社の論文数は拮抗している。これは各社の激しい競争によりこの分野での日本の競争力維持・向上が行われたことを示していると考えられる。

第 3-5 図 論文数が多い日本の 5 大学



第 3-6 図 論文数が多い日本の 5 企業



2. 米国の研究開発組織

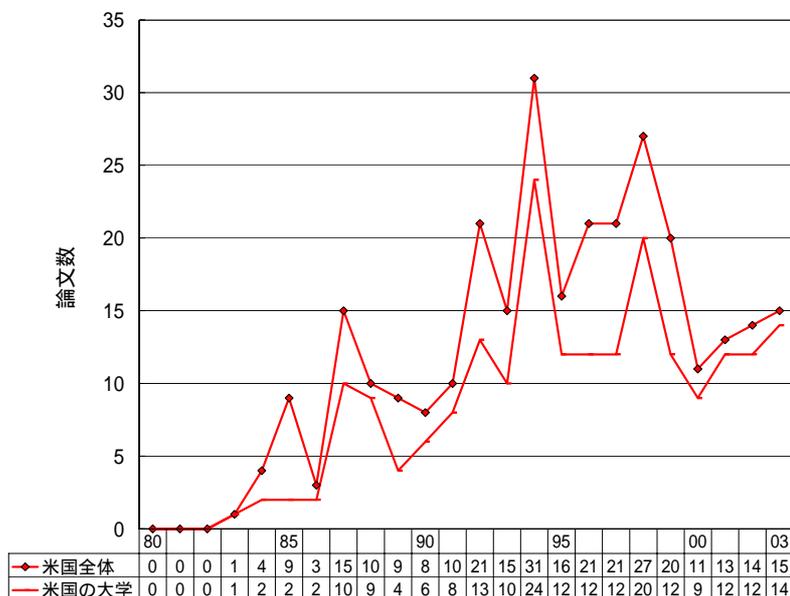
第 3-7 図に、米国から出された全論文数と、米国の大学から出された論文数の比較を示す。

日本の場合と比べると、明らかに大学から出された論文の割合が大きく、米国の研究開発は大学主導であると見られる。

論文数の多い 5 大学を挙げると、Wisconsin 大学、Tennessee 大学、オハイオ州立大学、Texas

A&M 大学、Kentucky 大学となる。

第 3-7 図 米国から出された全論文数と米国の大学から出された論文数



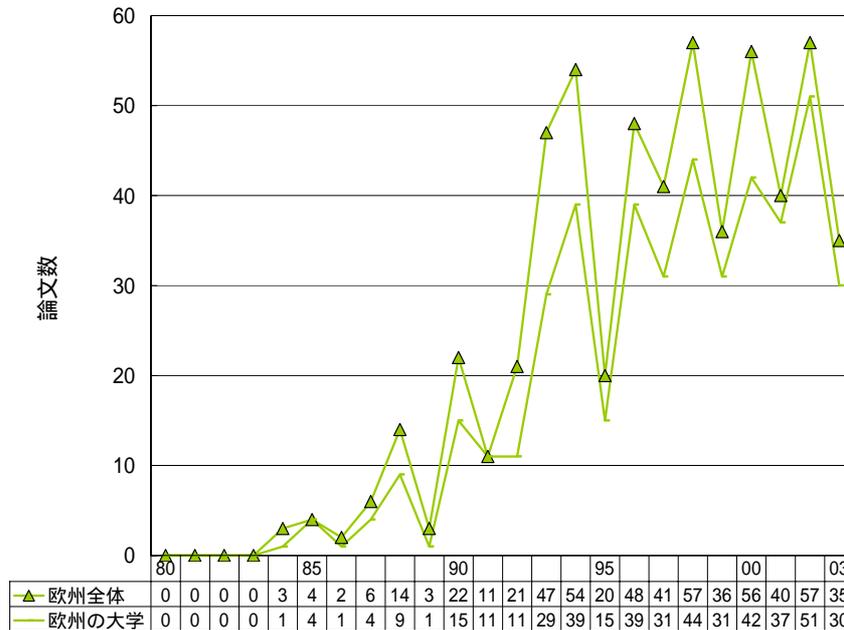
3. 欧州の研究開発組織

第 3-8 図に、欧州から出された全論文数と、欧州の大学から出された論文数の比較を示す。

米国の場合と同様に、大学から出された論文の割合が多く、欧州の研究開発もまた大学主導であることが窺われる。

論文数の多い 5 大学を挙げると、Liverpool John Moores 大学、Politecnico di Torino 大学、Newcastle 大学、Nottingham 大学、Bologna 大学となる。

第 3-8 図 欧州から出された全論文数と欧州の大学から出された論文数



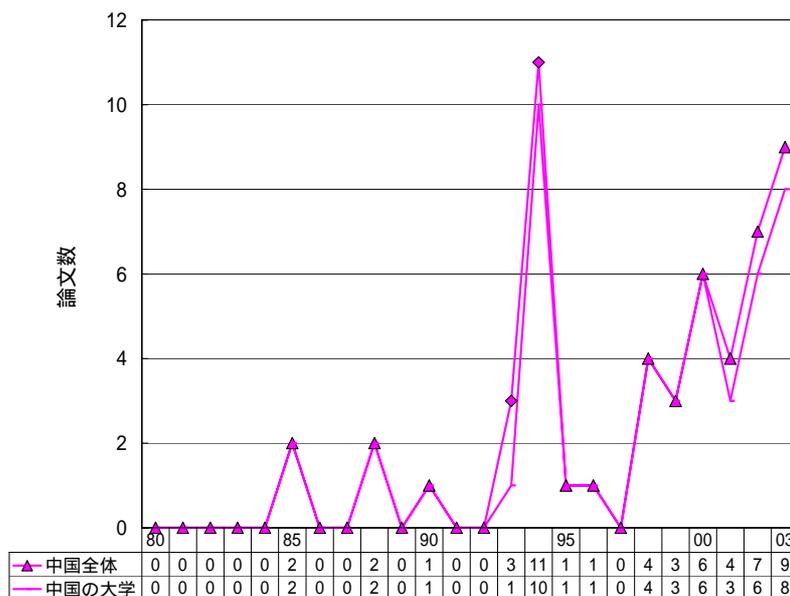
4. 中国の研究開発組織

第 3-9 図に、中国から出された全論文数と、中国の大学から出された論文数の比較を示す。

絶対数が少ないことに注意が必要であるが、中国の場合には大学から出された論文の割合が圧倒的に多く、研究開発は殆ど大学で行われていることが窺われる。

論文数の多い 5 大学を挙げると、Tsinghua 大学、Chongqing 大学、China 大学、Hong Kong Polytechnic 大学、Xi'an 大学となる。

第 3-9 図 中国から出された全論文数と中国の大学から出された論文数



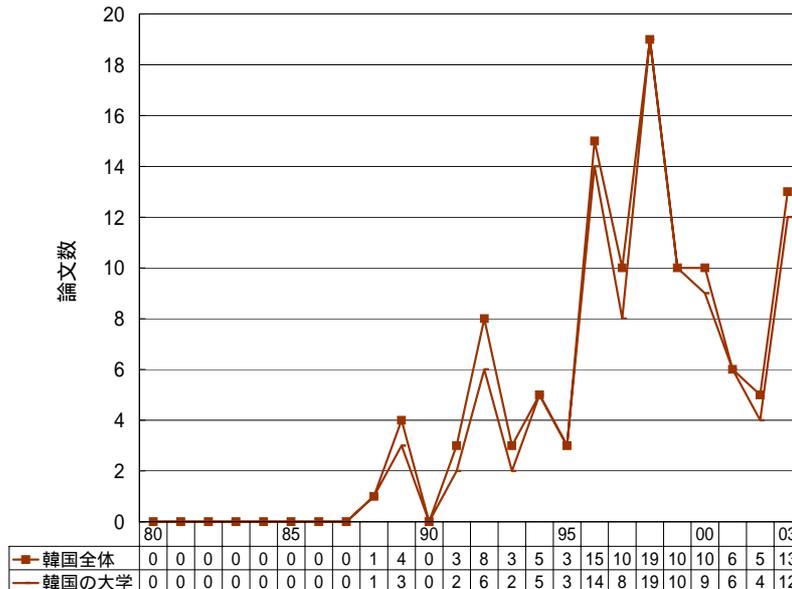
5. 韓国の研究開発組織

第 3-10 図に、韓国から出された全論文数と、韓国の大学から出された論文数の比較を示す。

絶対数は中国に比べて遙かに多いが、韓国の場合にも大学から出された論文の割合が多く、研究開発は殆ど大学で行われていることが窺われる。

論文数の多い 5 大学を挙げると、Seoul National 大学、Hanyang 大学、POSTECH 大学、Inha 大学、Pohang 大学となる。

第 3-10 図 韓国から出された全論文数と韓国の大学から出された論文数



第 3 節 技術テーマ別開発動向と今後の展望

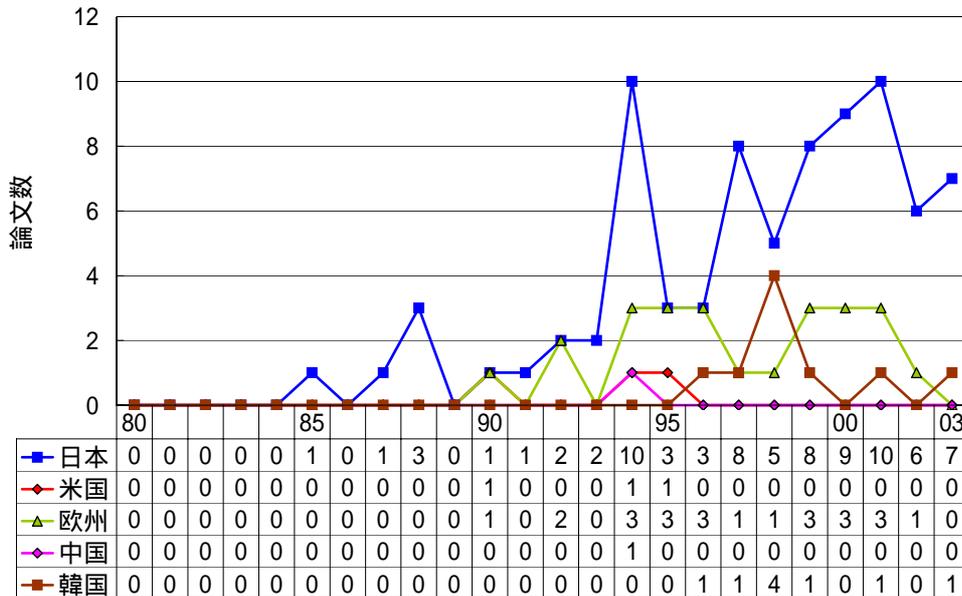
1. 省エネルギー技術

省エネルギー技術はエアコン、冷蔵庫をはじめとする電動機使用家電製品の競争力の源泉であった。省エネ法のトップランナー方式に導かれる形での競争で開発された省エネルギー技術は電気料金の低下というメリットを消費者に与えることで、それらの技術を有しない外国製品に比して、大きな競争力を持つことを可能にした。このような成功を受けて、2006 年 1 月 29 日の新聞発表によると、政府は 2010 年には 2005 年に比べてさらに 20%の省エネルギー目標を課すことを決定したと伝えられている。この目標が達成された暁には日本の家電製品はさらに大きな競争力を有することになると思われる。

今までの省エネルギーは、電動機とその制御技術の分野で見ると、主に永久磁石同期電動機による 2 次側銅損の削減と、それに対するベクトル制御等の採用による低速から高速までの高効率運転により、もたらされてきたと考えられる。今後は、これらの技術の徹底とともに、新しい省エネルギー技術の開発も必要になると考えられるので、民間企業のみでなく、大学等の研究機関による研究開発が期待される。

第 3-11 図は省エネルギー関係の論文数を、省エネルギーに直接関係する「鉄損 or 銅損」という言葉を抄録中に含む論文を抽出することによって推定している。

第 3-11 図 鉄損・銅損に関する論文数



省エネルギー技術において日本はトップを走っているが各国の追上げも激しくなっている姿が見て取れる。省エネルギー技術は日本が電動機制御技術で主導権をとるための中心技術であるので、今後更なる研究開発が望まれよう。

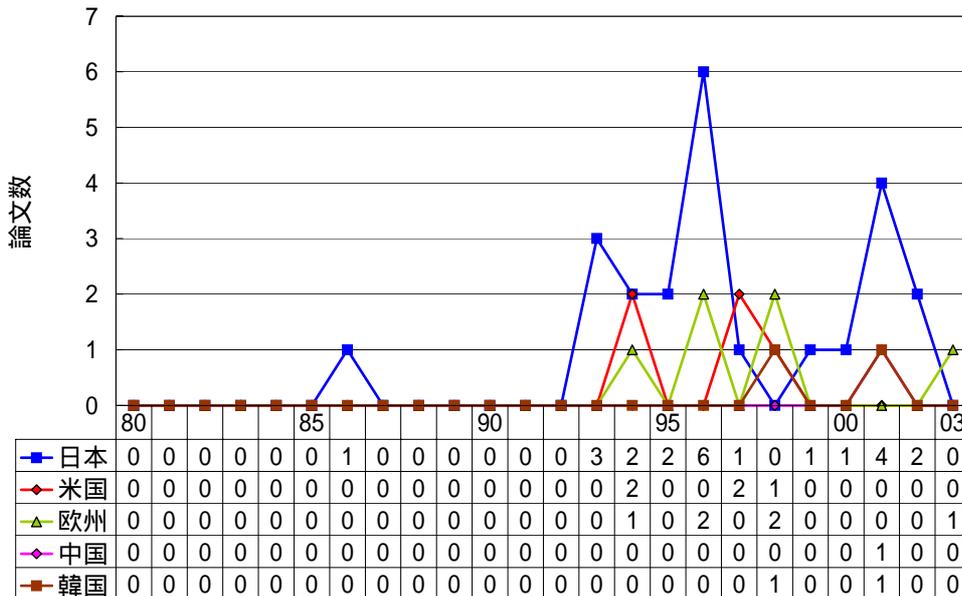
2. 電気自動車・ハイブリッド自動車用電動機の開発

電気自動車、ハイブリッド自動車は、電動機分野の近い将来における一大市場となることが期待されている。この分野の消長は電動機分野だけでなく、日本の産業分野全体に大きな影響を及ぼす可能性がある。

第 3-7 図には電気自動車に関する論文数を、論文抄録中に「電気自動車」という言葉を含む論文を抽出することによって推定している。

日本の論文数はもっとも多いが、米国、欧州でも着実に研究されていることが窺われる。

第 3-12 図 電気自動車に関する論文数



3. オートチューニング

ベクトル制御では、その適用のために電動機の電機子巻線抵抗、インダクタンス等の複雑なパラメータを正確に入力しなければならず、これは非常に煩雑な、また現場では実施困難な作業となっている。これらのパラメータは運転中の温度上昇等により変動し、電動機の正確な制御を難しくしている。さらに、負荷の慣性等の変化も電動機の正確な制御を難しくしている。

このような困難を克服するために、パラメータ変動を自動的に検出・推定して、常に電動機を最適な状態に保持する技術がオートチューニング技術である。

本分野は将来のベクトル制御関係の競争力を左右すると思われるので、今後本分野に関するより一層の研究開発が必要と考えられる。

4. 低騒音化

日本電機工業会のアンケート調査等によると、低騒音化の要求は省エネルギー化に劣らない改善要求事項となっている。この技術は電車の静粛化等、高度化する日常生活に密接な関係を持っている。

低騒音化技術は日本以外ではあまり研究されていない技術であるが、生活の複雑化・高度化に従って必須となる技術と思われるので、今後とも積極的な研究開発が期待される。

5. 始動・起動技術

同期電動機は何らかの方法で磁極位置を検出する必要があり、始動・起動技術は常に大きな関心事であった。特に、省エネルギーのために永久磁石同期電動機の採用が主流になってきた今日では始動・起動特性の改善は重要な技術となっている。

現状では日本がリードしているが、電動機の製品化には大事な技術であるので、引き続き着実な研究開発が期待される。

第4章 市場環境分析

制御の観点から見た電動機とその制御器の市場を考えやすくするため、この章では市場を大型電動機と小型電動機、およびエアコン、洗濯機、冷蔵庫等の家電製品に組み込まれて使用されている組込電動機市場の3分野に分けて考察する。

この章では、主にベクトル制御の観点から市場を考察する。

また、大型電動機と小型電動機の区別は、資料の関係から、世界市場と国内市場を対象とする場合で変えている。第4-1表にその基準を示す。

第4-1表 大型電動機と小型電動機の区別

	大型電動機	小型電動機
世界市場	容量0.75KW以上	容量0.75KW未満
国内市場	容量70W以上	容量70W未満

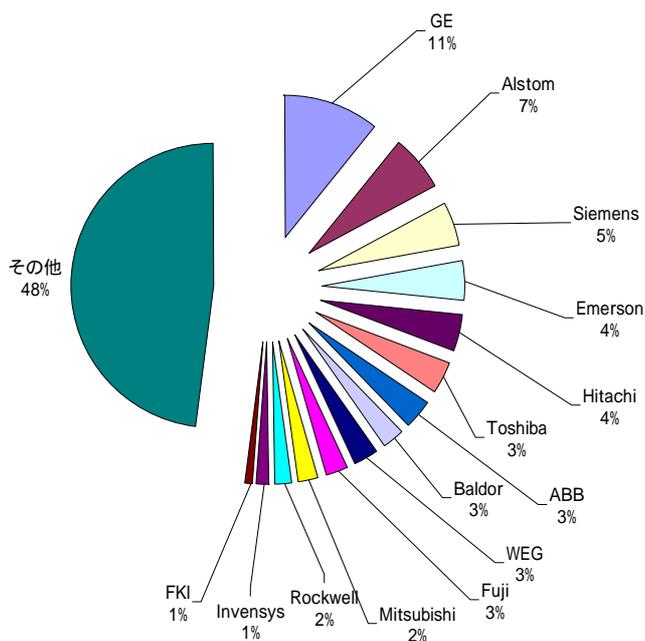
第1節 電動機の市場概要

1. 大型電動機市場概要

国際市場における競争の激化を受けて、日本では大型電動機メーカーの生産・研究開発を含めた全面的な統合が進んでいる。

大型電動機の世界市場は2002年で16,407百万ドル(1ドル118円として約1兆9400億円)と推定されている。そのメーカー別シェアを第4-1-1図に示す。これより、大型電動機市場では、海外電動機メーカーは国内電動機メーカーよりもかなり規模が大きいことがわかる。また、有識者の意見では、これらの海外巨大メーカーは国際的な製造ネットワークを構築済みであると言われている。これらを考え合わせると、合併による国内電動機メーカーの規模拡大の背景には、これら巨大な海外電動機メーカーに対抗する必要上行われたと推定される。

第4-1図 世界市場における大型電動機のメーカー別売上高シェア(2002年)



出典：(財)産業研究所：重電産業の海外市場及び海外メーカーの動向等に関する研究調査、H16.3、p.142,146

ベクトル制御分野では日本は圧倒的な強みを持っているが、世界市場で海外巨大メーカーと対抗するためにはベクトル制御以外の技術的・非技術的競争力も重要で、電動機の研究開発と製造の両面で経営統合が進展することはさげられない方向であったと思われる。

2. 小型電動機の市場概要

小型電動機市場でも、統合の動きは多くなっている。

これらも、大型電動機における統合と同じく、激しくなる一方の競争に対応するための提携・統合と思われる。ただし、有識者の意見を参考にすると、この場合の競争は国外小型電動機メーカーとの競争でなく、国内電動機メーカー間の競争が主要なものであると考えられる。

この分野の電動機の制御にはベクトル制御は殆ど採用されていない。

3. 組込電動機の市場概要

台数的にベクトル制御の主な対象となっている数百W～数kWの永久磁石同期電動機分野では、単体として生産されている電動機の見ただけでは、全く電動機とその制御技術の流れを把握することはできないものと思われる。これらの電動機市場で決定的に重要なのは、エアコン、洗濯機、冷蔵庫等に組み込まれて出荷されている永久磁石同期電動機であると思われる。これらの市場における電動機とその制御技術の革新が、大きな省エネルギー効果を発揮して、今日の日本製家電製品競争力の源泉となっている。

このことを例を挙げて説明する。日本電機工業界の資料¹では、2005年の国内での同期電動機を含む誘導電動機以外の生産台数は2,001千台となっている。一方、国内で生産されているエアコン、洗濯機、冷蔵庫の生産台数は2005年で合計約11,059千台²であり、エアコンには1台あたり最低限1台、洗濯機、冷蔵庫についても全体の30～40%に永久磁石同期電動機が使用されていることがわかっている。これから推定すれば、少なくとも7,530千台は永久磁石同期電動機も生産されていると推定される。これは資料に示された同期電動機数の3.8倍という大きな台数になっている。このことは日本電機工業会資料が電動機単体として生産されている台数の統計を取っているのに対して、エアコン、洗濯機、冷蔵庫に使用されている電動機は各メーカーにより生産・組込されて出荷されているので、調査には電動機として数えられていないためであると考えられる。近年の日本の数百W～数kW程度の電動機の省エネルギー技術を支えているのは主に永久磁石同期電動機であり、そのことを考慮しないと電動機の市場動向、研究開発動向の正確な判断が行えないと思われる。

数百W～数kWの電動機分野では、取引されている電動機生産台数よりも、それが組み込まれている機器の生産台数に、より注目する必要があるものと思われる。

第2節 電動機の世界・国内市場

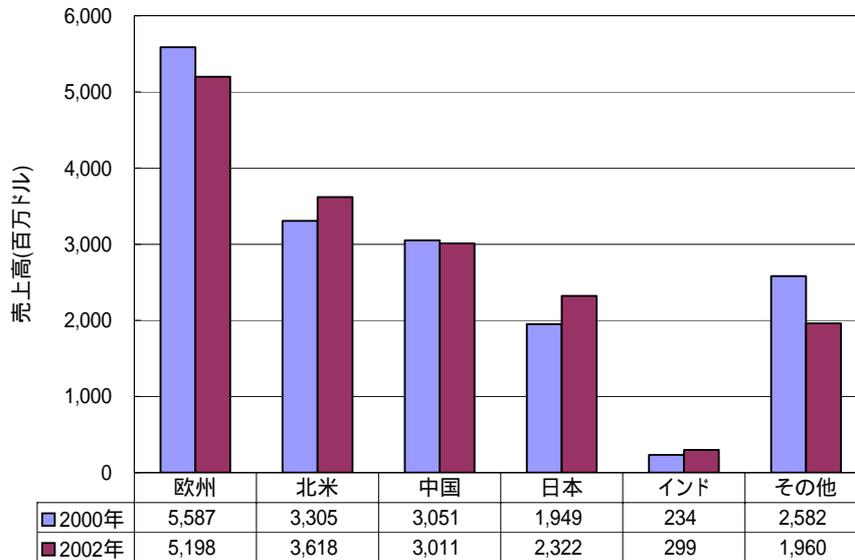
1. 大型電動機の世界市場

第4-2図に大型電動機の地域別市場を示す。全世界合計売上高は2000年が16,708百万ドル(1ドル118円として約1兆9700億円)、2002年が16,407百万ドル(1ドル118円として約1兆9400億円)である。

¹日本電機工業会「平成17年 日本の電機産業」、p.14,15

²日本電機工業会「平成17年 日本の電機産業」、p.28,29

第 4-2 図 大型電動機の地域別市場規模

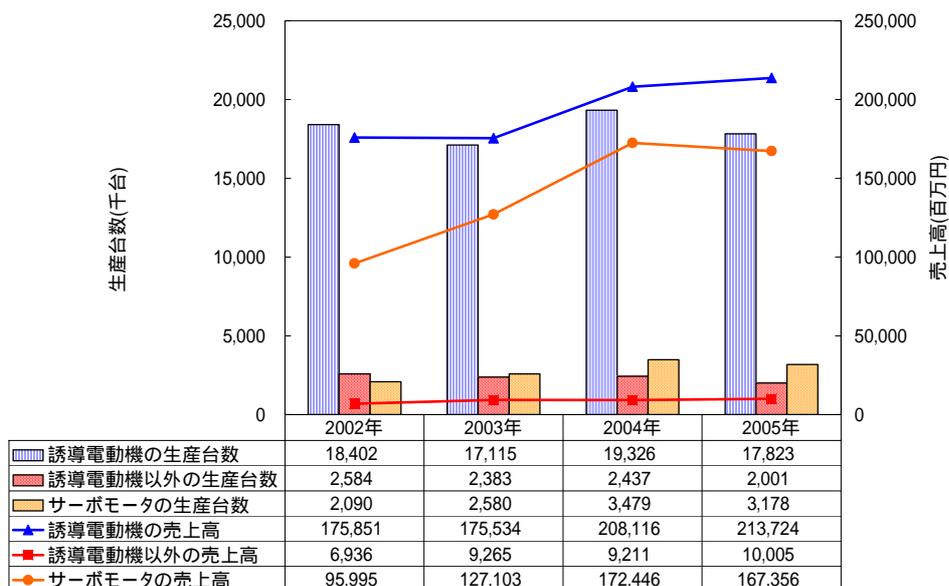


出典：(財)産業研究所：重電産業の海外市場及び海外メーカの動向等に関する研究調査、H16.3、p.132
 ~ 146

2. 大型電動機の国内市場

第 4-2-2 図に、大型電動機の国内生産台数および売上高を示す。このうち、サーボモータは主に制御用に使用されている電動機であり、直流電動機、交流電動機のいずれの電動機も使用されているが、最近では交流電動機の使用が多い。便宜上、サーボモータはすべて大型電動機に分類している。大型電動機の 2005 年の総国内生産は約 2,300 万台、3,911 億円である。

第 4-3 図 大型電動機の国内市場



出典：日本電機工業会「平成 17 年 日本の電機産業」、p.14,15

3. 小型電動機の世界市場

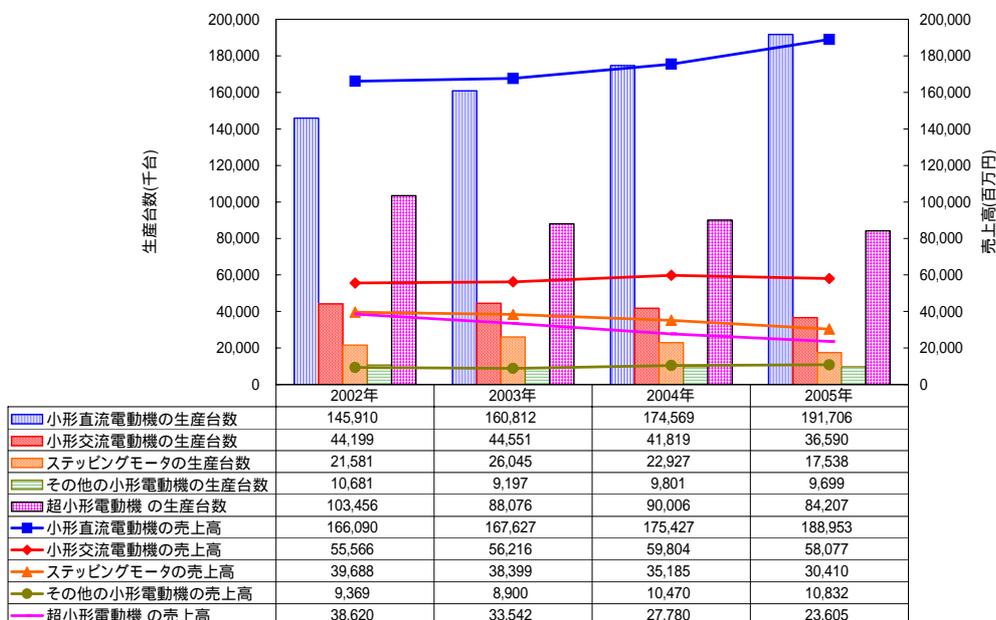
小型電動機の世界市場に関するはっきりした調査データは存在しないようであるが、資料³によれば世界生産の50～60%のシェアを海外工場も含む日本企業が生産しており、また、実際に20～30%が国内で生産されているものと推定されている。

仮に、世界生産の中で台数、金額とも25%を国内で生産していると仮定すれば、次項のデータを参考にして、小型電動機の世界市場は十数億個/1兆円強程度の規模となる。

4. 小型電動機の国内市場

第4-4図に小型電動機の国内生産台数および売上高を示す。グラフ中、「超小型電動機」とあるのは、容量3W以下の電動機である。小型電動機の2005年の総国内生産は約3億3,970万台、3,119億円である。

第4-4図 小型電動機の国内市場



出典：日本電機工業会「平成17年 日本の電機産業」、p.14,15

5. 組込電動機市場の試算

本節では、組込市場の中でも、エアコン、洗濯機、冷蔵庫の3種類の家電製品に組み込まれている永久磁石型同期電動機について考察する。

2005年のエアコン、洗濯機、冷蔵庫の国内生産台数は合計約11,059千台である⁴。この内、有識者の方からのヒアリングにより、エアコンには全装置に1装置あたり1台以上、洗濯機では全体の30～40%の装置に1装置あたり1台以上、冷蔵庫では40%以上の装置に1装置あたり1台以上、永久磁石同期電動機が組み込まれていることが分かっている。これらより、少なくとも7,530千台の永久磁石同期電動機がこれら家電製品に組み込まれている結論にな

³ 「はじめてのモータ技術」秋山勇治(工業調査会)

⁴ 日本電機工業会「平成17年 日本の電機産業」、p.28,29

る。

一方、日本電機工業界の資料による電動機生産台数では、永久磁石同期電動機の実生産台数は約 200 万台程度となっている。これは電動機単体の国内生産台数であると思われる。

従って、家電では、電動機単体の生産量の少なくとも 3.8 倍程度の永久磁石同期電動機台数が生産されており、これが省エネルギーの中心技術として活躍していることになる。これら組込電動機を考慮に入れなければ永久磁石同期電動機の技術は正確には考えられないことになる。

家電用永久磁石同期電動機には、ベクトル制御の採用も広く行われている。

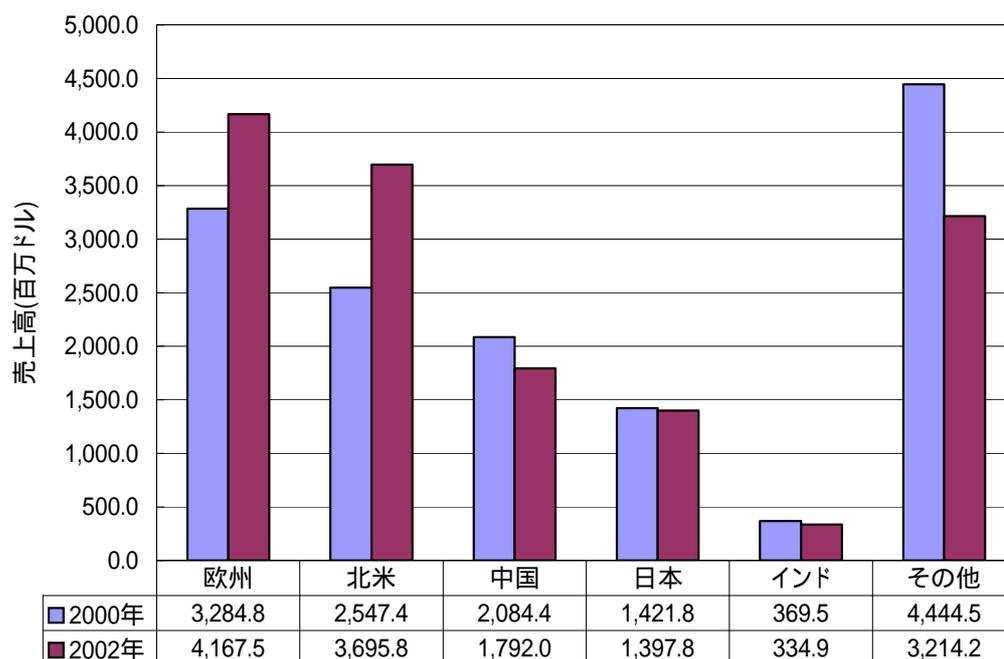
世界市場では上記の数倍の冷蔵庫、エアコン、洗濯機が生産されているが、海外メーカー製品には永久磁石同期電動機でなく、誘導電動機が採用されているようである。

第 3 節 発電機の世界・国内市場

1. 発電機の世界市場

第 4-5 図に 0.75 kW 以上の発電機の地域別市場を示す。全世界合計売上高は 2000 年が 14,152 百万ドル(1 ドル 118 円として約 1 兆 6,700 億円)、2002 年が 14,602 百万ドル(1 ドル 118 円として約 1 兆 7,230 億円)である。

第 4-5 図 発電機の地域別市場規模



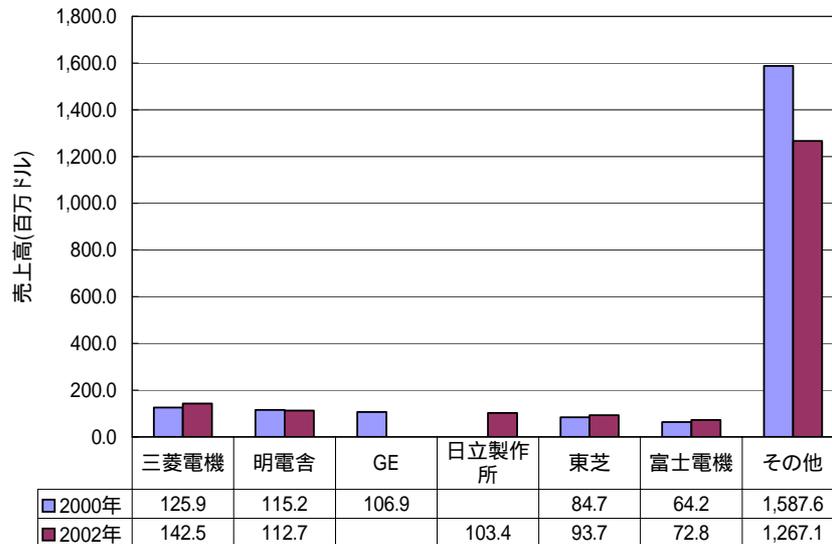
出典：(財)産業研究所：重電産業の海外市場及び海外メーカーの同行等に関する研究調査、H16.3、p.111,121

2. 発電機の国内市場

第 4-6 図に 0.75 kW 以上の発電機の日本市場のメーカーシェアを示す。

首位の三菱電機から富士電機まで、シェアに大差はなく、市場を分け合っている。合計売上高は 2000 年が 2,084 百万ドル(1 ドル 118 円として約 2,460 億円)、2002 年が 1,792 百万ドル(1 ドル 118 円として約 2,110 億円)である。

第 4-6 図 発電機の日本市場のメーカーシェア



出典：(財)産業研究所：重電産業の海外市場及び海外メーカーの動向等に関する研究調査、H16.3、p.116,126

第 4 節 今後市場を牽引する応用製品と電動機制御

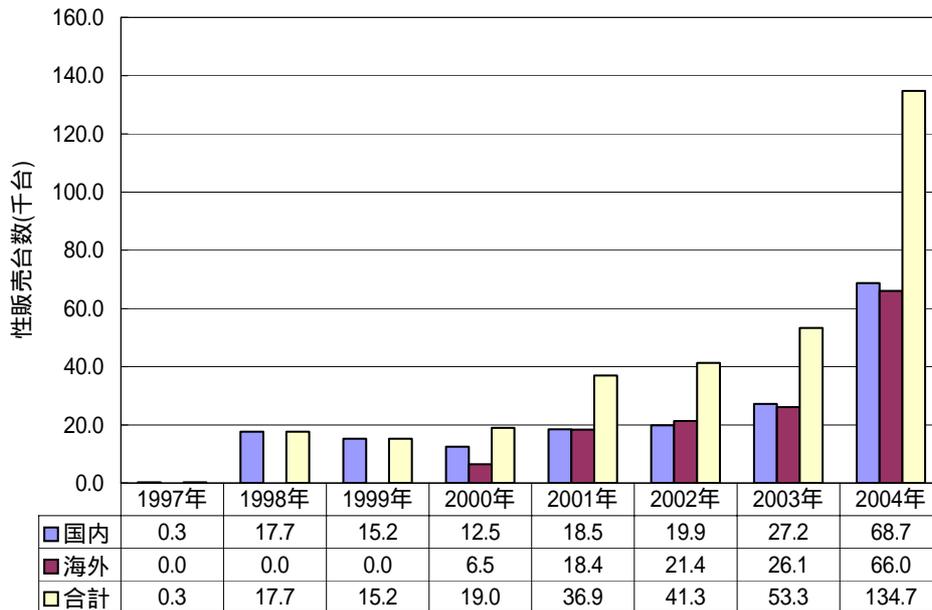
1. 電気・ハイブリッド自動車市場

特にハイブリッド自動車の電動機制御技術は、同製品の競争力にとって重要な要素であると思われる。ハイブリッド自動車の制御では今後ともベクトル制御技術が重要であろう。

第 4-7 図にハイブリッド自動車の国内外販売台数を示す。2005 年 10 月時点で、トヨタ自動車製ハイブリッド自動車の累計販売台数が 50 万台を超えたことが発表されている。

2003 年のトヨタの新型プリウス投入、2004 年のフォード参入に続いて、2006 年 2 月にはホンダからフィット等の小型車への低価格ハイブリッド投入が発表されており、石油高を背景に、ハイブリッド車の需要は今後飛躍的にのびることが期待されている。2010 年には 150 万台以上になるという需要予測もある。

第 4-7 図 トヨタ自動車製ハイブリッド自動車販売台数



出典：「ハイブリッド車の累計販売台数が 50 万台を突破」トヨタ自動車ニュースリリース 2005 年 11 月 25 日 (http://www.toyota.co.jp/jp/news/05/Nov/nt05_1115.html)より

2. 家電市場

2006 年 1 月に政府は新しい省エネルギー目標を発表している(第 3 章参照)。この目標の達成には困難が予想されるが、成功すれば、その省エネルギー効果を活かして、更に我が国の家電製品の競争力を押し上げることになると思われる。有識者見解では、永久磁石同期電動機の更なる改良とリラクタンストルク併用、及びそのベクトル制御が有力な対応手段候補として考えられている。

3. 大型電動機市場

製紙、鉄鋼圧延市場では、引き続き数千 kW 以上の効率的な電動機とその制御が求められよう。このような技術は産業の基本的な競争力を左右するので、今後とも重要性を維持していくものと思われる。

第5章 政策動向分析

第1節 日本の研究開発支援政策

1. 技術開発の重点化政策との関連

科学技術基本計画では、国家的、社会的課題に対応した研究開発の重点化が必要であると、重点4分野として、ライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテクノロジー・材料に、政府研究開発投資を優先的に配分することになっている。さらに、エネルギー、製造技術、社会基盤、フロンティア（宇宙、航空）の4分野を基盤的な領域として推進することになっている。電動機あるいは電動機の制御技術は、エネルギーや製造技術と関連し、構成要素としては上記8分野のいずれとも関連する。しかし中核的研究開発テーマとしては、いずれの分野においても研究開発テーマに取り上げられていない。電動機および電動機の制御技術の技術開発は、政策的には科学技術基本計画と関連し、それからの要請や刺激を受けながら、民間企業の製品開発と従来範疇における大学の研究開発を中心に実施されてきた。

2. 公的研究開発および準公的研究開発

独立行政法人産業総合研究所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において、超低電力損失 SiC 静電誘導型トランジスタの開発など電動機の制御技術に関連するテーマの研究開発が実施されている。

非営利研究機関である財団法人電力中央研究所および財団法人鉄道総合技術研究所において、電動機および電動機制御技術に、広い意味で関連するテーマの研究開発が実施されている。

第2節 日本の省エネルギー政策

エネルギーの使用の合理化に関する法律（省エネ法：1979年6月22日法律49号）は、工場、輸送、建築物および機械器具についての省エネルギーを総合的に進めるための措置を定めており、四半世紀にわたる日本の省エネルギー政策の指針となってきた。同法においては、各産業の事業者の取り組むべき措置を規定しているが、それらのうち電動機制御技術の向上と密接に関係するものは、工場においては電気の動力への変換の合理化、輸送においてはエネルギー消費性能に優れた輸送機器の使用、建築物においては空気調和設備等のエネルギー使用合理化、機械器具についてはエネルギー消費性能に優れた機械器具の製造である。電動機および電動機の制御技術は、このような省エネルギー政策に応えるテーマとして、技術開発、製品開発が進められてきた。

なお、省エネルギー政策と密接に関連する政策として環境政策がある。電動機の制御技術の向上は、化石燃料による発電量の削減にもつながり、技術開発の展開が要請されている。

第3節 日本の技術流出防止政策

日本企業の国外への技術流出防止対策が、競争力を維持する経営課題として認識され、これを支援する政策が展開されている。日本の製造業のうち、電動機を含む電気機器製造業は、情報通信機械・電子機器や自動車と並んで海外生産が多い。そのため、技術流出防止政策は特定技術に特化した政策ではないが、電動機関連技術はこの政策の支援が有効な分野であると考えられる。

近年、中国を初めとする東アジア地域において、日本企業の事業展開が急速に増加しており、事業計画で想定した技術移転の枠を越えた技術流出の事態が起きており、これへの対策が実施されてきた。

第4節 諸外国の政策

1. 米国のエネルギー政策法

高効率電動機以外の産業用電動機の使用を禁止するエネルギー政策法(Energy Policy Act of 1992)が1992年に制定され1997年10月から施行されている。この法律は2,4,6極の1~200HPの電動機について、その効率を規制するもので、規定値を満たさないと罰金が科せられる。また、これは電動機単独でなく、電動機が組み込まれた製品にも適用される。

このようなエネルギー政策法は、米国企業のみならず、米国に輸出する日本の電動機メーカーおよび電気機器メーカーの事業戦略にも影響を与え、たとえば埋込磁石構造の永久磁石型同期電動機が、誘導電動機に比べ小型、軽量、高効率ということで注目され、エアコン等への応用が進むことの一因となり、同期電動機のベクトル制御技術の研究開発が促進されることにもつながったとも考えられる。

2. 欧州連合の標準化活動

欧州共同体(EC)が欧州連合(EU)と名称を変えて単一市場の形成を加速させたのは1993年である。欧州委員会主導で多くの産業政策を実現してきたが、このなかで欧州標準化委員会の進めてきた欧州規格(European Standards)が、EU加盟国各国の国内規格として批准されてきた。EUの広域標準化活動の実績は、国際規格の制定段階においても影響力を及ぼす力となっており、欧州標準化委員会が関与するISO規格や、欧州電気標準化委員会(CENELEC)が関与するIEC規格(International Electrotechnical Commission規格)の制定・改定活動においても、EU加盟国を幹事国に送りこみ、EUの域益を損なわない国際的リーダーシップを占めようとのスタンスをとってきた。このような活動は、EU加盟国の電動機メーカーにとって、EU域内にとどまらず、非欧州圏への輸出においても産業競争力強化につながることになる。

国際標準化活動において、リーダーシップをとることが日本の産業競争力を維持する上で重要であることが認識されており、日本においてもそのような対応がとられつつある。

3. 中国の高度経済成長政策

中国は、急激な経済成長を示している。中国の輸出入では、日本企業を含めた外資系企業の間接財輸入、完成品輸出のシェアが50%を超えており、まさに「世界企業の工場」となっている。一方、所得向上は徐々に内陸に向かいつつあり、電気機器、電子機器、自動車などの大きな市場となりつつある。「第11次5ヵ年計画(2006~2010年)」のなかに省エネルギー政策が初めて位置づけられ、2010年までに、主要なエネルギー消費設備のエネルギー効率を国際的トップ水準に引き上げるとしている。これらを支えるのは各方面の省エネルギー技術であるが、電動機の制御技術もその一翼を担うことになる。

中国の政策については、電動機および電動機制御技術に限定した政策を見るだけでなく、激変の中における中長期の全体的な国家戦略を冷静に観察し対応していくことが必要であろう。

第6章 総括と展望

特許動向分析、研究開発動向分析、市場環境分析、政策動向分析の結果を総括し、日本の技術力、産業競争力の課題を展望する。

第1節 総括

1. 市場環境

市場環境分析の結果によれば、電動機、発電機の市場規模は下記のとおりであり、今後とも産業・民生双方の用途拡大・民生向上の需要にともない規模の拡大が予想される。

(1) 世界市場

市場に単体で流通している電動機の世界市場は、0.75 kW以上の大型電動機で16,407百万ドル(2002年。1ドル118円として約1兆9,400億円)と推定され、また70W以下の小型電動機市場は1兆円強と推定される。従って、70W~0.75 kWの容量範囲を除いて、電動機の世界市場は3兆円強であると推定される。

その他に、電動機単体ではなく、家電等に組み込まれて出荷される組込電動機の市場があるが、流通している電動機が組み込まれている例もあり、組込部分のみの量ははっきりしない。

発電機の世界市場は、0.75 kW以上の発電機のみについてはあるが、14,602百万ドル(2002年。1ドル118円として約1兆7,230億円)と推定される。

(2) 国内市場

市場に単体で流通している電動機の2005年の国内生産は70W以上の大型電動機で約2,300万台、3,911億円、70W未満の小型電動機で約3億3,970万台、3,119億円である。

また家電等に組み込まれて出荷される組込電動機の市場があるが、このうち数百W~数kWの永久磁石同期電動機が重要である。これらは単体で市場に流通しないため市場規模推定が困難であるが、数百W~数kWの永久磁石同期電動機は7,530千台程度の市場と推定される。この市場が省エネルギー技術の中心となっている。

発電機の国内市場は、0.75 kW以上の発電機のみについてはあるが、11,792百万ドル(1ドル118円として約2,110億円)と推定される。

2. 研究開発動向と日本の技術競争力

特許動向分析および研究開発動向分析の結果によれば、日本は研究開発のトップリーダーの地位にあり、技術競争力において国際的優位にある。

(1) 電動機の制御技術の研究開発

研究開発動向分析では、電動機制御技術のうちベクトル制御関連の論文発表動向から電動機制御技術の研究開発動向を分析した。その結果によれば、日本におけるベクトル制御関係の研究開発では、企業と大学がバランスをとって基礎研究、応用研究を推進している。この特徴は米欧および中国、韓国には見られない特徴であり、日本がベクトル制御分野で世界をリードする地位を築いた原動力となっていると思われる。

(2) 電動機およびその素材・部品の研究開発

特許動向分析では、用途別に電動機制御技術の出願動向を分析した。その結果によれば日本の産業は、電機産業、自動車産業、家電産業を中心に、製品に直結する応用研究を旺盛に行っており、研究成果の特許出願も他国産業を圧倒している。これらの出願は、電動機の制

御技術で抽出したものはあるけれど、電動機本体、その部品、あるいは適用機器の研究開発の旺盛さを反映するものである。また、特許動向分析で分析したベアリングレスモータのように、大学においても新規電動機の研究開発が実施されている。

一方、近年の永久磁石電動機は高性能磁石の開発成果をもって実現されたものであるが、この高性能磁石や電磁鋼板等の電動機素材は、日本企業が研究開発をリードしてきたと言える。

3.日本の産業競争力

産業競争力は、電動機制御技術を応用する製品とそれを扱う業種ごとに評価しなければならないが、日本の電機メーカー、自動車メーカー、産業機械メーカーのいずれもが、国際市場で優位な競争力を維持している。

市場環境分析における大型電動機のメーカー別売上高シェアによれば、General Electric、Alstom、Siemens といった米欧企業が上位にあるが、これらはその経営規模・販売品目の大きさによるもので、日本の電機メーカー各社も高いシェアを確保している。また、電動機適用製品については、日本の自動車メーカー、家電メーカーの産業競争力の優位性は極めて高い。

特許動向分析の結果からも、電動機の制御技術を中心とする、電機メーカー、自動車メーカー、家電メーカー、産業機械メーカーの技術競争力とそれを背景とする国際的産業競争力の優位性が明らかである。

政策動向分析の結果からは、中国、韓国等の東アジア諸国の追従に対し、日本企業の産業競争力維持の政策が、知的財産権政策を中心に実施されている。また、電動機に限定したものではないが、ものづくり基盤の強化とグローバルオペレーションを支援する政策が実施されており、これらは日本の国際的産業競争力を支える基盤の一つとなっている。

4.日本の優位点・劣位点

(1)日本の優位点

電動機制御技術、とりわけベクトル制御技術を背景として、電動機および電動機適用製品に関する日本の技術競争力、産業競争力は、基礎から応用にわたるほぼ全分野で優位性を確保しているものといえる。これらは、第2次世界大戦以前からの電磁気学の基礎・応用研究の継続と、戦後の高度経済成長期の産業・民生双方における国内電動機需要にもとづく応用研究に支えられてきた。現在においても、省エネルギー政策を背景としたエアコン、冷蔵庫を初めとする家電や自動車のエネルギー変換効率向上技術の開発・適用に代表されるように、国際的競争力が維持される必然的背景があった。

国内電力産業の設備投資の減少や、景気低迷による鉄道新線の需要が落ち込んだため、大型発電所の発電機、鉄道車両用の電動機については、国外でのプロジェクト対応に比重がかかり、その国際的産業競争力が課題ではあるが、背景としての技術競争力は、過去の国内実績を背景に十分なものを備えている。

小型電動機分野では、日本企業が生産面・技術面で圧倒的なリードを保っているものと考えられる。

(2)日本の劣位点

必ずしも国際的に比較劣位にあるとはいえないが、日本の技術競争力、産業競争力の維持において憂慮されることは、いくつか存在する。以下列記する。

次世代商品の研究開発、技術開発は進んでいるか。

中国をはじめとする後発工業化国の産業競争力は、家電、自動車をはじめとする既存用途において、特に汎用品では、日本のレベルに遠からず追いつくであろう。日本の国際競争力維持のための、次世代商品の開発(高性能化、新規用途)は、十分であろうか。

研究基盤は充実しているであろうか。

日本の大学は、産学連携および知的財産立国の推進過程にあり、電動機分野においても成果をあげてきた。一方、電動機設計のコンピュータシミュレーションはできる環境にはあるが、その試作品をつくる実際のものづくりの環境が失われつつある。実際のものづくりの復活がないと、研究基盤は充実しない。

人材の供給は、維持できるであろうか。

日本が技術競争力、産業競争力を維持するためには、電動機およびその制御技術の研究者を養成、供給することが必要である。当該技術応用領域の裾野の広がりの中で、十分な規模の人材養成を維持できる教育、基礎研究の環境が整備されているかどうか課題があると考えられる。

第2節 展望～日本の取り組むべき課題

ベクトル制御分野では日本の競争力は製品分野、研究開発分野の両方で十分に強力であり、今後必要となるのは、現在保持している競争力の維持・向上である。

そのために、電動機制御技術について、日本が取り組むべき課題は、以下のように展望される。

(1) 技術開発面では、制御技術の一層の高度化をはかり、比較優位をさらに拡大する。具体的には、例えば、以下の事項が挙げられる。

- ・用途に応じた制御とモータ構造を一体として最適化する技術
- ・全運転領域、全運転条件での制御の最適化技術
- ・センサー等の性能拡大等周辺技術

(2) 産業面では、現在の中心課題である高度省エネルギー製品の開発に加え、次世代製品の開発による新産業分野、新市場を開拓することである。具体的には、例えば、以下の事項が挙げられる。

- ・ベアリングレスモータやダイレクトドライブモータ(超低速モータ)、超高速モータ等の適用製品
- ・医療用小型モータ、新産業ロボットのアクチュエータ

第7章 提言

「電動機の制御技術に関する技術動向調査」のまとめとして、日本の技術競争力、産業競争力の比較優位拡大、比較劣位回復のための、提言を試みる。

1. 日本の研究開発について

- (1) 省エネルギー、省資源が世界規模の課題であり、電動機制御技術がその重要な要素技術であることから、これに対応した電動機制御技術の研究開発、製品開発を継続すべきである。
- (2) 構築された電動機の制御技術を基盤に、用途開発を中心とする次世代製品の開発を進め、産業競争力の維持に努めるべきである。
- (3) 研究開発基盤の整備と産学官連携の推進をはかり、基礎研究、応用研究のバランスのとれた展開をはかるべきである。また、研究開発基盤の整備の一環として、中小・ベンチャー企業等におけるものづくり技術の維持・強化が必要である。

2. 日本企業の特許戦略について

- (1) 日本企業は、電動機および電動機適用機器について、産業競争力を維持・拡大するため有用な開発成果の国内外への特許出願を継続し、活用できるパテントポートフォリオを構築することが必要である。
- (2) 出願技術の国際的活用にあつては、予期せぬ技術流出や特許権の被侵害を防ぐような監視活動を充実させる必要がある。

3. 日本の産業政策について

- (1) 電動機およびその適用製品の技術を支える SiC 等の新規デバイスの研究開発への政策支援を充実すべきである。電動機制御技術と電動機部品と制御用デバイスがあいまって電動機分野の競争力を向上できるからである。
- (2) 家電を中心とするトップランナー方式の省エネルギー政策を、産業界の広範囲に拡大すべきである。現在の電動機およびその制御技術の適用により、省エネルギー効果の拡大が予想され、一方で電動機およびその制御技術の技術開発促進の契機にもなるからである。
- (3) 産学官連携については、人事交流の一層の促進を図ると共に、人事をより柔軟化すべきである。様々な分野の専門家を集めることにより、機能的に研究プロジェクトを立ち上げることができるからである。