次世代工作機械（高精度･高効率、環境対応、超精密機械加工技術）に関する特許出願技術動向調査

平成１５年5月１５日
特許庁総務部技術調査課

第１部　はじめに

第１章　次世代工作機械の調査対象

近年、生産拠点の海外移転による製造業の空洞化が懸念されており、我が国が工作機械の世界的な最適供給基地としての優位性を維持していくためには、加工技術の高精度化・高信頼性化・微小化・造形の迅速化等の革新的なシステムに関する研究開発が必要とされている。

また、人類の共通の課題として環境問題が議論される中、生産財である工作機械についても、これまでとは異なる機械やシステムによる効率的かつクリーンな生産方式が求められている。

こうした状況の下、新たなコンセプトにより高精度・高効率化を目指した工作機械や、環境負荷に配慮した工作機械、電子部品や光学部品をサブミクロン以上の高精度で加工する超精密加工工作機械が実用化されている。

今回の特許出願技術動向調査では、次世代に求められる工作機械技術のうち工作機械のハード面を中心とした機械の構造や要素技術と、それに関連する加工方法を対象として行なった。具体的には、次世代工作機械の主要なテーマである「高精度・高効率加工技術」、「環境対応技術」、「超精密機械加工技術」に対応した、①高速主軸技術、②パラレルメカニズム応用工作機械、③リニアモータ駆動工作機械、④複合加工工作機械、⑤環境対応型工作機械、⑥超精密加工工作機械を調査の対象とした。

本調査では、機械加工の分野でも加工工具を使って被加工物であるワークからその一部を削り取り所望の形状や表面を創り出す除去加工装置やその方法に限定して調査し、プレス加工機や転造加工機を用いた塑性成形、レーザ・放電加工等に代表される光・電気等の間接媒体を用いて加工する装置や方法は除いた。工作機械による除去加工の代表的なものには、旋削加工、ドリル加工、中ぐり加工、ミル加工、歯切り加工、研削加工等がある。なお、本調査では、ドリルや砥石等の加工工具自体の技術や研磨剤・切削剤等の加工補助剤、工作機械の運転方法や加工プログラム等のソフトウエア自体も調査対象から除いた。

第２章　次世代工作機械の技術概要と技術俯瞰図

第１節　技術の概要と技術俯瞰図

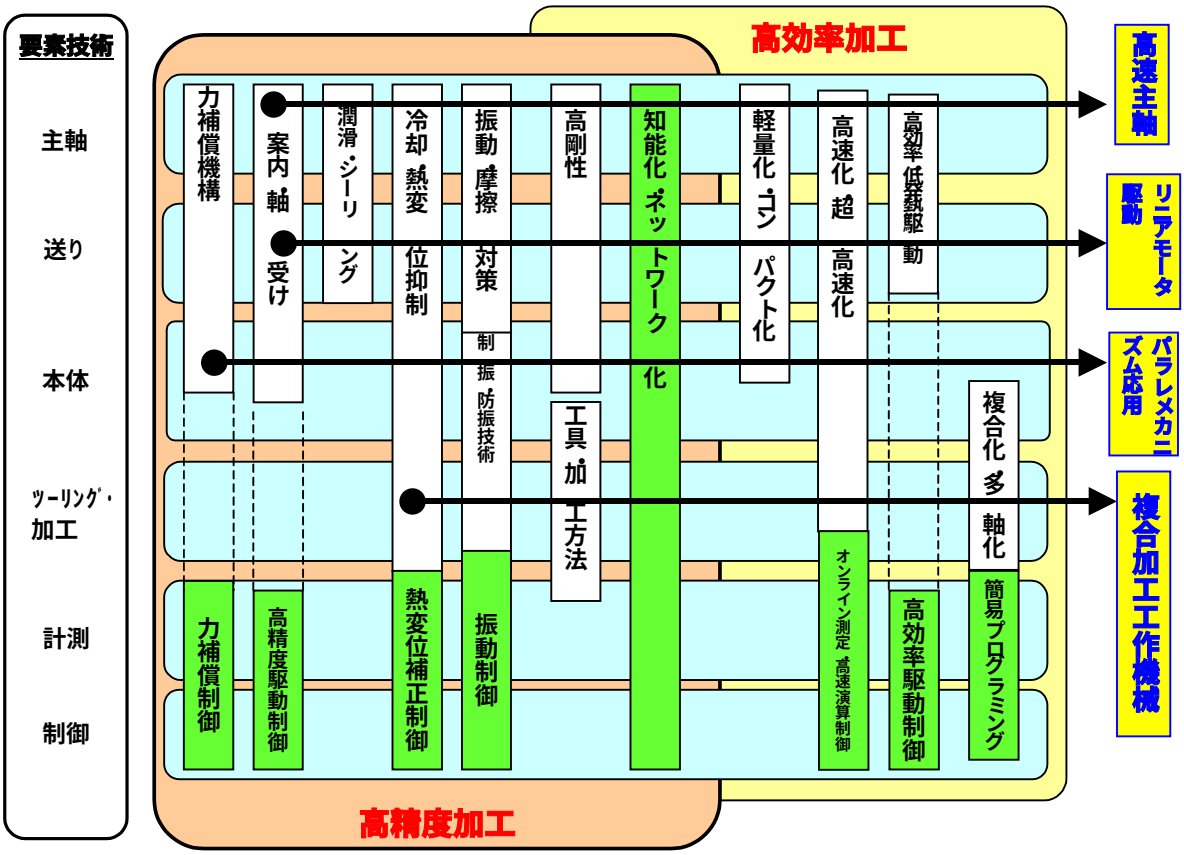
本調査の対象である次世代工作機械とは、従来型工作機械では達成できない、ユーザの高い将来ニーズを先取りする、（１）高精度・高効率な工作機械、（２）環境負荷に配慮した工作機械、（３）超精密加工が可能な工作機械の３つを主要なテーマに取り上げた。

具体的には、「高精度･高効率な工作機械」では主軸性能がDN値200万以上、送り速度100m/sec以上のレベルのもの、「環境負荷に配慮した技術」では地球環境の維持を考慮し、かつ省資源・省エネルギーである技術、「超精密加工」ではサブミクロン以上の加工精度を有する工作機械を対象とした。さらに本調査では、各テーマの技術俯瞰図（後掲）に示す通り、それぞれのテーマにおいて特に重要と思われる具体的な技術を調査対象技術として選択した。

（１）高精度・高効率工作機械の概要

コスト競争力を強化するための国内製造業の海外移転が進む中で、国内製造業の空洞化を回避するためには、高精度化により製品の付加価値を高めるとともに高効率化によりコスト競争力を確保することが次世代工作機械の必須の要件と考えられる。

第 1-2-1 図　高精度・高効率加工の技術俯瞰図



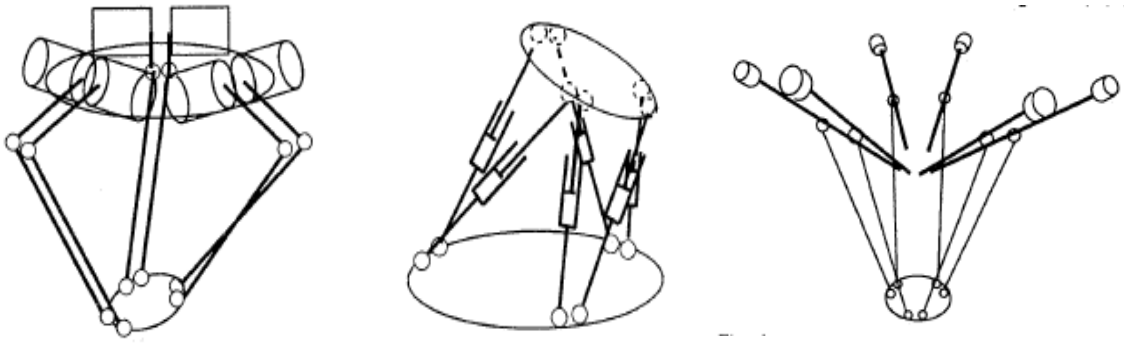
①高速主軸

高精度で高効率な加工には、主軸の高速化は欠かせないものである。主軸を 10,000min^{-1} 以上の高速で回転させると大きな遠心力が発生し、バランスの偏りによる振動は無視できないものとなる。また、長時間の高速回転に耐えるための軸受構造や主軸冷却のための潤滑剤供給装置が必要となる。高速回転用のころ軸受の素材として、軽量で剛性の高いセラミックスの採用、静圧軸受や磁気軸受等の非接触軸受も用いられてきた。また、高速回転でも安定した工具の把持が可能な２面拘束工具方式や高速で効率よく回転させるために主軸を直接駆動するビルトインモータ構造が主流となる。

②パラレルメカニズム応用工作機械

従来の工作機械の案内機構である直線 X,Y,Z の各シーケンシャルな動きを合成して案内する方式から、加工の目的位置へ直接移動できるパラレルメカニズムの工作機械の案内機構への応用が進められている。パラレルメカイズムは従来のようなシーケンシャルな案内３軸のテーブルを使わなくてすむことから駆動部の軽量化が可能となり、駆動エネルギーも少なくてすむ。

第 1-2-2 図　パラレルメカニズムの基本的構造図



屈曲型パラレルメカニズム　　伸縮型パラレルメカニズム　　スライド型パラレルメカニズム

出典：三重県金属試験場業務報告　Vol.1996 31～32 頁　三重県科学技術振興センター工業研究部　金属研究室

③リニアモータ駆動工作機械

リニアモータ駆動の特徴は高推力・高加速能力にあり、またリニアモータは歯車やボールねじ等の駆動伝達媒介を省略できるので、伝達ばね系のロストモーションがなく高精度な位置決めができる。今後は超精密加工機への利用が多くなると共に、従来のボールねじ駆動の代替や複合的な採用が増加するものと期待される。

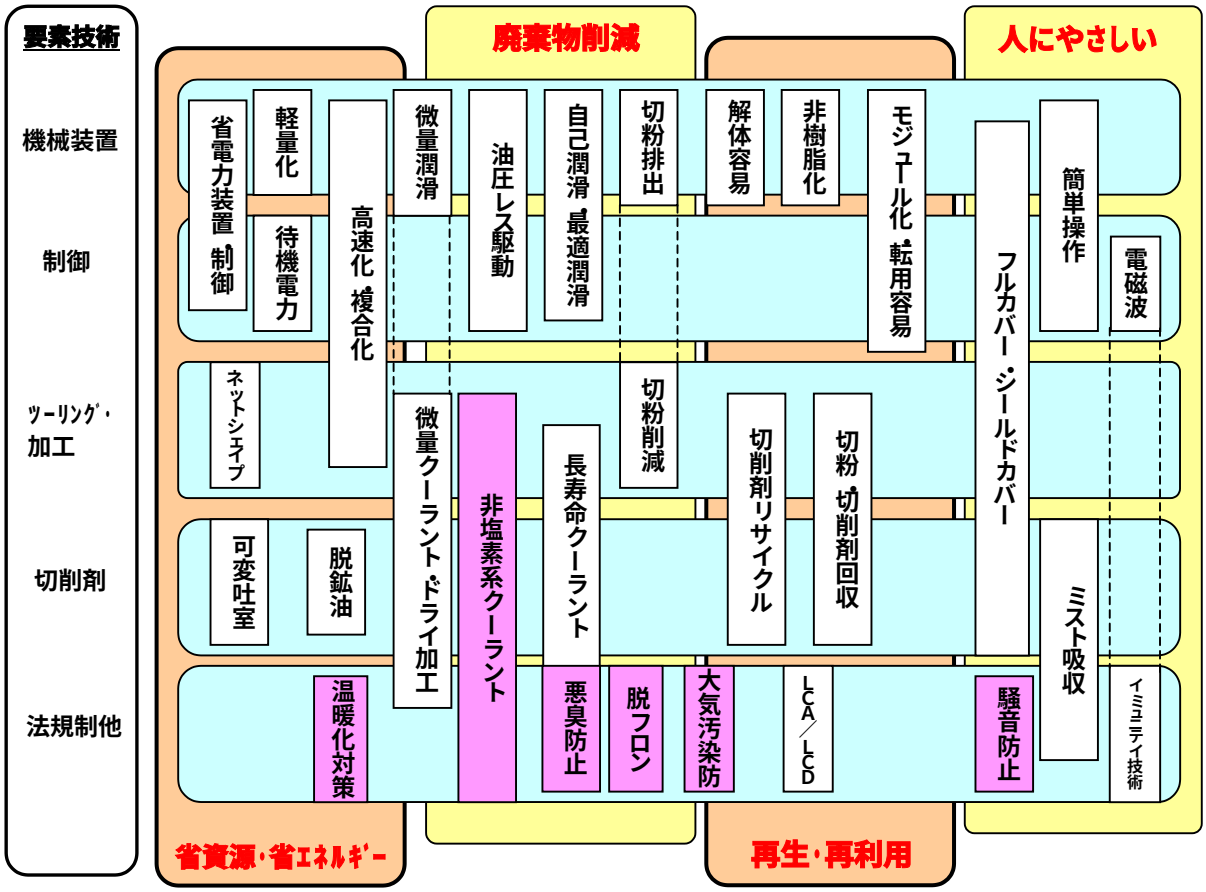
④複合加工工作機械

従来から、回転切削型のマシニングセンタに研削工具を利用しての研削加工やバイトの移動による溝加工を加えた複合加工機械や、旋盤をベースにした丸物加工に穴あけ加工を可能にした複合加工機械も開発されており、また、マシニングセンタをベースにした角物加工に新たな回転軸を加えて旋削加工や多軸加工を可能にした複合機械も開発されている。今後は、旋削・ミリング等の切削加工以外の加工（研削・歯切り・レーザ、光造形等）を取り込み、これらの加工を 1 台の機械で行えるように複合化し、機械への一度のワークの取り付けで多種の加工が行え完成品ができる複合機械の増加が期待される。

（２）環境対応型工作機械の概要

工作機械は、高精度・高効率を第１の目標に開発が進められてきた。しかし、高度経済成長期に顕在化した公害問題や 1970 年代のオイルショック以降、地球の資源枯渇問題が人類の切実な問題として話題になり、さらに 20 世紀末からの地球環境保護に対する関心の高まりや健康上の問題から有害物質の排出規制等が行われるようになってきた。生産財として使用される工作機械においても、工場から大量に排出される切粉や廃油・廃液の処理、ミスト拡散や騒音防止等に対する環境に対する配慮が求められており、次世代の工作機械では必要不可欠な技術である。また環境を配慮した技術は、切削油剤等の消費量や処理コスト、消費エネルギーを抑えることが可能となるため、結局最終製品製造のトータルな生産コストを下げることに繋がり、特に重要な技術テーマである。

第 1-2-3 図　環境対応型工作機械の技術俯瞰図



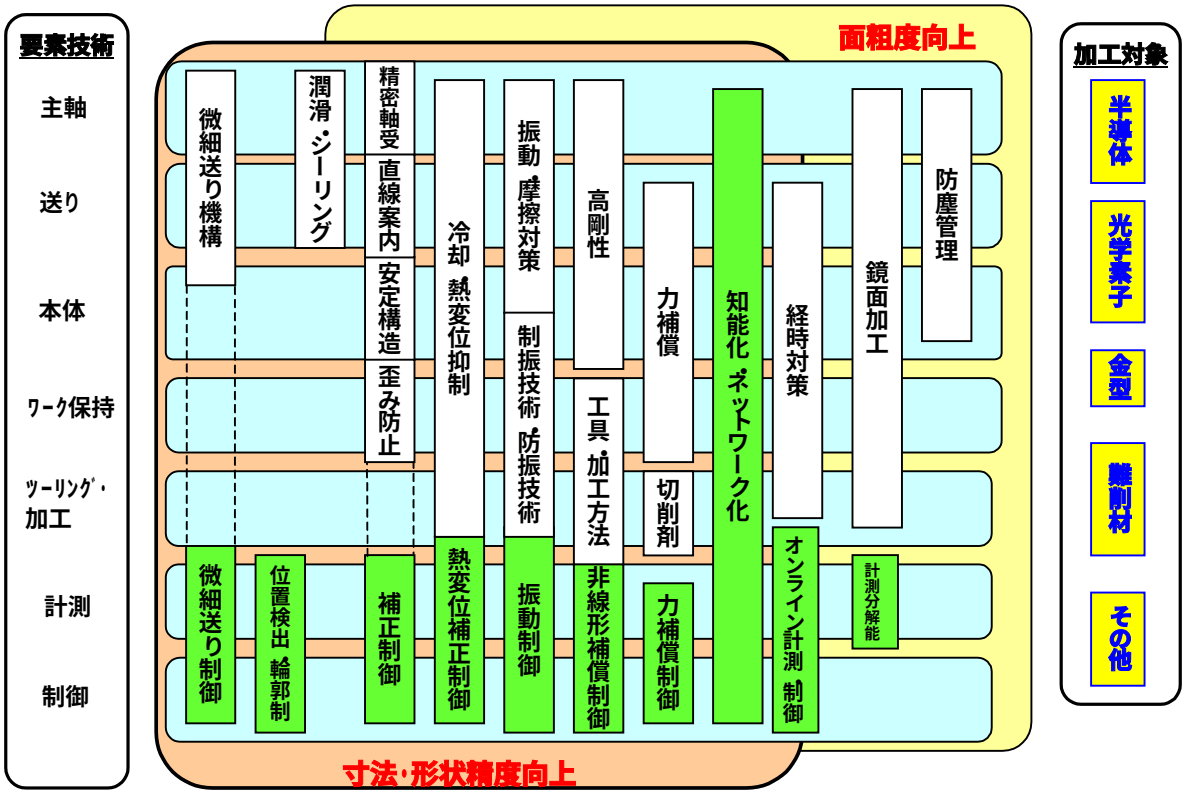
（３）超精密加工工作機械の概要

近年、情報通信技術やバイオテクノロジーの急速な発達に伴い、工作機械についてもミクロンレベルの加工精度を越えたサブミクロンや数十ナノメートルの加工精度が求められている。

超精密加工では、サブミクロンからナノメートルレベルの精度の検出から始まり、検出量には経時変化の少ないことが必要となる。工具やワークを装着する主軸、回転テーブルについては、振れの少ないもの、運動精度の高いものが必要となり、例えば空気静圧軸受などの技術を必要とする。また、サブミクロンからナノメートルレベルでの加工にあたっては、温度変化や周辺の塵等の周辺環境が加工精度に大きく影響することから、熱変位の抑制や防塵技術も必要である。

超精密工作機械を用途別に区分すると、半導体ウエハ研磨用機械に代表される半導体加工用工作機械、フレネルレンズ・光ファイバ・導光板などの光学素子を加工するための光学素子用工作機械、非球面レンズ用超精密成形金型等を加工するための球面・非球面加工用工作機械、さらに水晶・セラミックス・その他結晶等を加工するための難削材用工作機械、さらに磁気ディスク、磁気ヘッド等を加工する工作機械なども知られている。

第 1-2-4 図　超精密加工工作機械の技術俯瞰図



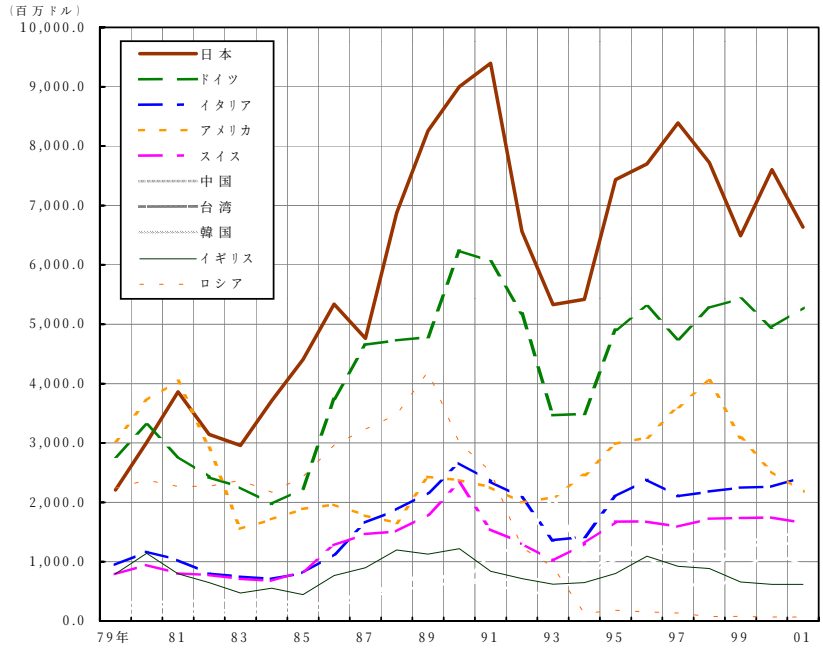
第２部　工作機械をめぐる市場・政策・標準化の動向

第１章　市場概況

第１節　主要国の工作機械生産動向

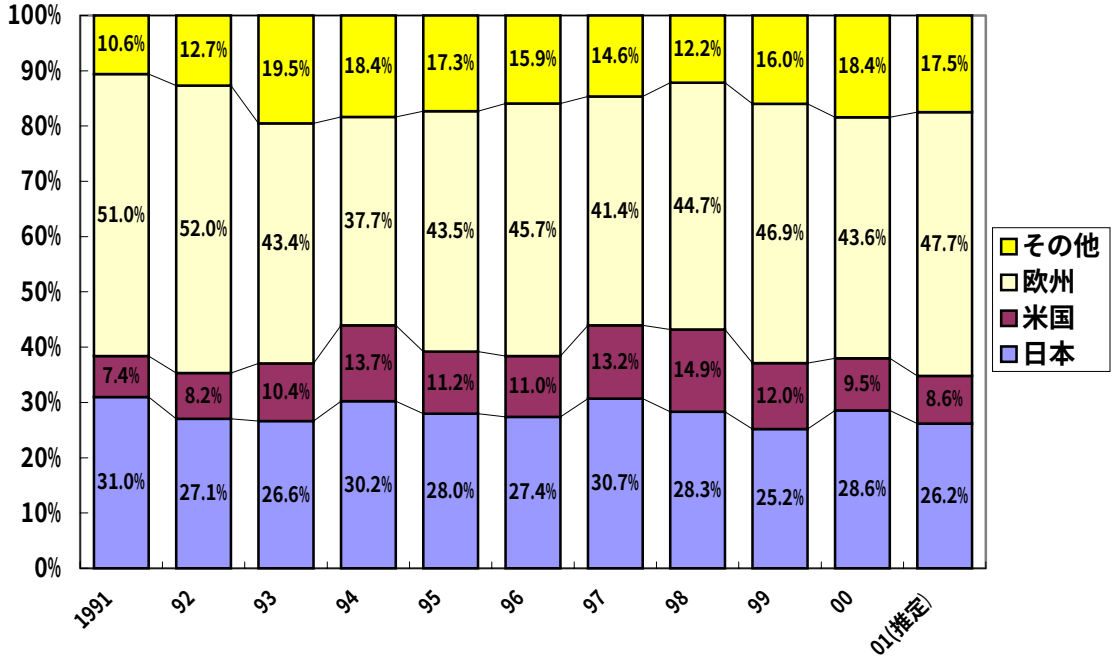
生産財である工作機械の生産動向は景気サイクルと密接に連動しながら推移している。生産額の上位を占めるのは、日本、ドイツ、イタリア、米国などで、特に第１位の日本と第２位のドイツのシェアが高く、2001 年では両国の生産額を合わせると世界の約 47%を占めている。日本の工作機械産業は 1982 年に米国を抜いて世界一になって以降 20 年間その地位を保ちつづけている（第 2-1-1 図）。日米欧とその他地域別の生産額シェアで見ても 25～30%の高いシェアを維持しており（第 2-1-2 図）、非常に高い国際競争力を持ちつづけてきたといえる。このように日本が競争優位性を築いた理由としては、汎用機の NC 化で先行したことと、家電や自動車産業の急激な拡大に伴って精度や能力等の厳しい要請に答えてきたことが大きな理由と言われている。しかし欧米諸国も NC 化で日本をキャッチアップしてきており、特にドイツは国際競争力を回復しつつある。

第 2-1-1 図　主要国の工作機械生産額



出典：American Machinist, Gardner Publication 統計資料より作成

第 2-1-2 図　工作機械生産の地域別シェア

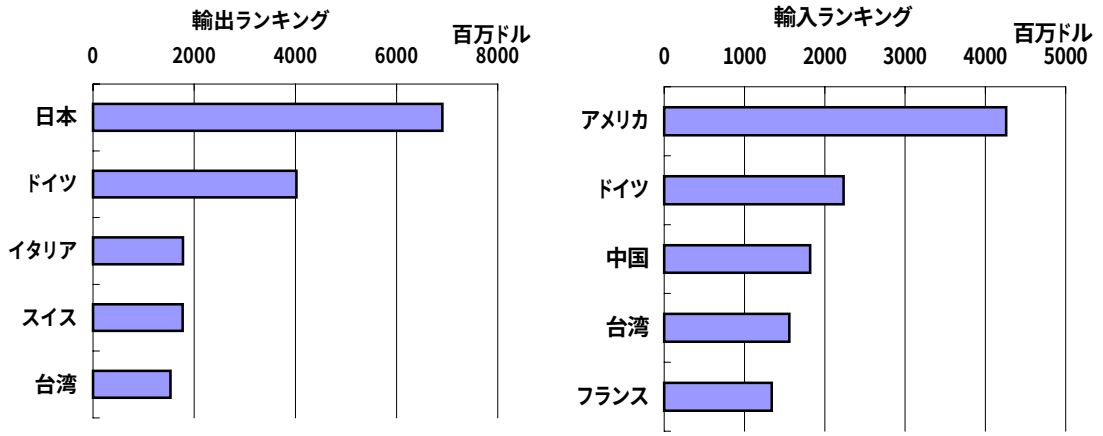


出典：American Machinist, Gardner Publication 統計資料より作成

第２節　工作機械の輸出入構造

工作機械の輸出入を見てみると、輸出では日本、ドイツ、イタリア、スイス、台湾が上位を占め、米国は第６位となっている（第 2-1-3 図）。一方輸入額のランクでは、米国、ドイツ、中国、台湾、フランスが上位を占め、日本は９位となっている。

第 2-1-3 図　工作機械の輸出入ランキング（2000 年）



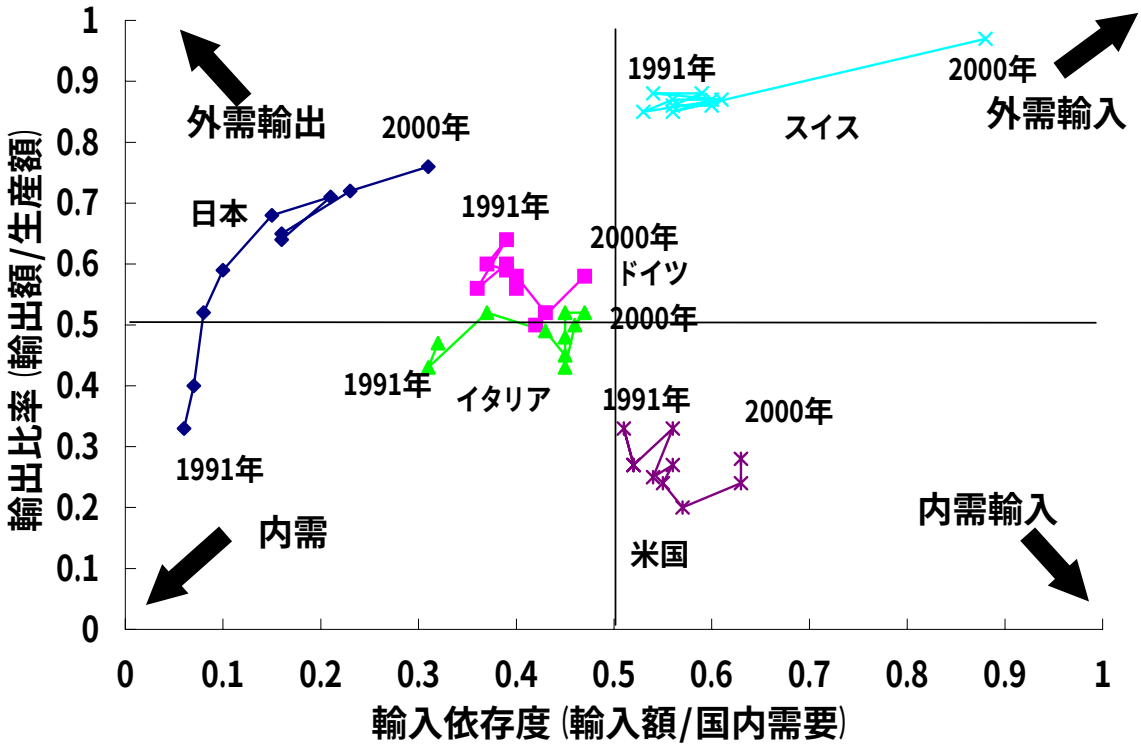
出典：American Machinist, Gardner Publications 統計資料より作成

第 2-1-4 図では日本、ドイツ、イタリア、米国の輸出入構造の変化を表している。同図では縦軸に生産額における輸出比率、横軸に国内需要に対する輸入依存度をとっている。

日本の輸出入構造の特徴として、輸出比率が、年々高くなっている一方で、輸入依存度はアジア諸国からの輸入が増加していることもあり、近年高くなる傾向にある。ドイツ、イタリアについて輸入依存度は比較的に低いが、輸出比率も日本についで高い水準となっている。

米国については、生産額では世界第４位にあるものの、輸出比率が低く、また輸入依存度は年々高くなってきている。

第 2-1-4 図　主要国の輸出入構造図



出典：American Machinist, Gardner Publications 統計資料より作成

第３節　市場投入動向

日本と欧州については、全ての分野において製品が投入されているが、米国についてはパラレルメカニズム応用工作機械について、製品の存在を確認できていない。

第 2-1-1 表　高速主軸市場投入状況

	日本	米国	欧州
主要製品	F-MACH（東芝機械）	HIPERMACH(CINCINATI MACHINE)	「DMC シリーズ」（DECKEL MAHO）
	A-55（牧野フライス製作所）	HIGH VELOCITY PROFILER（INGERSOLL MILLING MACHINE）	XP245（EX-CELL-O）
	UH55（豊田工機）		XSM400（MICRON）
注目製品（開発中を含む）	ハイブリッド軸受主軸（エヌティエヌ）		磁気軸受け主軸（IBAG）

第 2-1-2 表　パラレルメカニズム応用工作機械市場投入動向

	日本	米国	欧州
主要製品	COSMO CENTER PM600（オークマ）		TRICEPT（NEOS ROBOTICS）
	HexaM（豊田工機）		SKM400(HECKERT)
	HVS5000（ホンダエンジニアリング）		DS SPRINT Z3(DS-TECHNOLOGY)
注目製品（開発中を含む）	COSMO CENTER PM600（オークマ）	HEXAPOD（INGERSOLL MILLING MACHINE）	リニアモータ搭載パラレルメカニズム工作機械 SPECHT EXPERIMENTAL(CROSS HULLER)

第 2-1-3 表　リニアモータ駆動工作機械市場投入動向

	日本	米国	欧州
主要製品	Linia MII、CG32M-63（豊田工機）	マシニングセンタ（INGERSOLL MILLING MACHINE）	マシニングセンタ、ターニングセンタ（DMG グループ）
	LX シリーズ（松浦機械製作所）		URANE(RENAULT AUTOMATION)
	マシニングセンタ、放電加工機等（ソディック）		
注目製品（開発中を含む）	マシニングセンタ、放電加工機等（ソディック）		リニアモータ搭載パラレルメカニズム工作機械 SPECHT EXPERIMENTAL(CROSS HULLER)

第 2-1-4 表　複合加工工作機械市場投入動向

	日本	米国	欧州
主要製品	MAC TURN シリーズ、MU シリーズ（オークマ）	V-CNC シリーズ（CINCINNATI MACHINE）	DMU シリーズ（DECKEL MAHO）
	MT シリーズ、GV シリーズ（森精機製作所）		G シリーズ（INDEX）
	INTEGLEX シリーズ、VARIAXIS シリーズ（ヤマザキマザック）		MILL TURN シリーズ（WFL）
注目製品（開発中を含む）	金属光造形複合加工機（松浦機械、松下電工、大阪大学、福井県工業技術センター、福井県産業支援センター）		レーザとミル加工の複合機 DML60HMC（DECKEL MAHO）

第 2-1-5 表　環境対応型工作機械市場投入動向

	日本	米国	欧州
主要製品	MQL 対応マシニングセンタ（ホーコス）	PHOENIX シリーズ（GLEASON）	SPECT 500T（HULLER HILLE）
	窒素ドライ加工立て形マシニングセンタ ES450（エンシュウ）		
	Ecolo G 研削シリーズ（豊田工機）		
注目製品（開発中を含む）	窒素ドライ加工立て形マシニングセンタ ES450（エンシュウ）	PHOENIX シリーズ（GLEASON）	ドライマシニングシステム（EX-CELL-O）

第 2-1-6 表　超精密加工工作機械市場投入動向

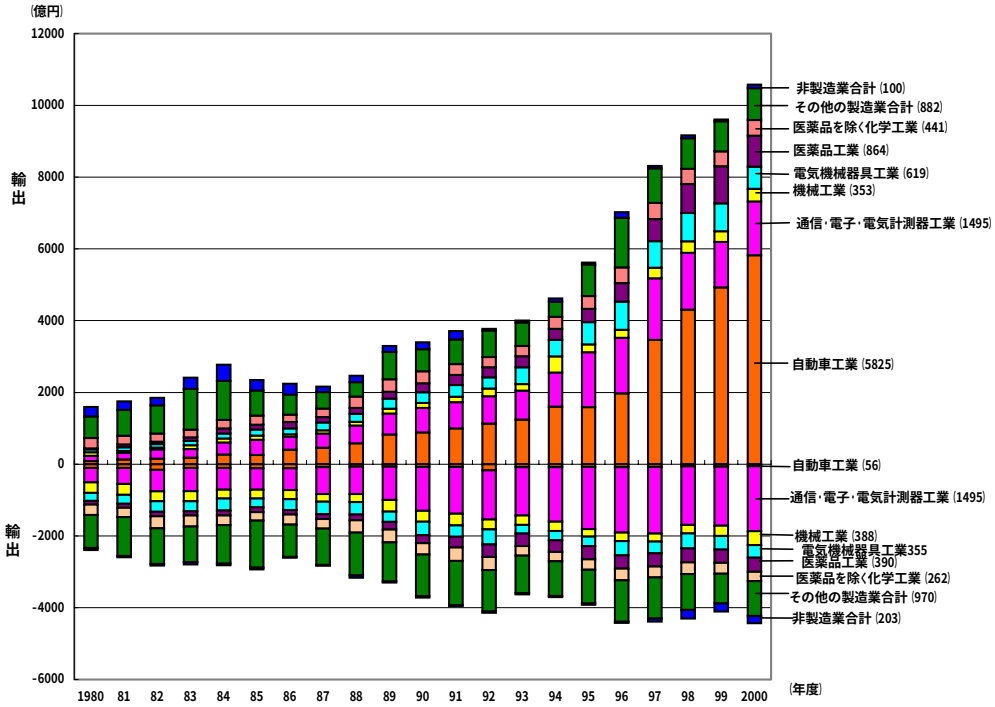
	日本	米国	欧州
主要製品	ULG シリーズ、UFG-80、UMP-4550、UTD-420（東芝機械）	NANO フォームシリーズ、FREEFORM シリーズ、OPTOFORM シリーズ（PRECITECH）	4R シリーズ(PETER WOLTERS)
	ASP シリーズ、SPG シリーズ、RG シリーズ（不二越）	NANOTECH シリーズ（MOORE NANOTECHNOLOGY SYSTEMS）	NANO シリーズ（G&N）
	AH16、AHN10、AHN-3D、SP46（豊田工機）	MIRRA シリーズ、REFLEXION シリーズ（APPLIED MATERIALS）	
	EP0222（荏原製作所）	MOMENTUM(SPEED FAM-IPEC)	
	8000 シリーズ（ディスコ）		
	SVG201D（岡本工作機械製作所）		
注目製品（開発中を含む）	ROBO NANO Ui（ファナック）	FREEFORM 700G(PRECITECH)	

第２章　技術貿易

第１節　我が国の主要業種の技術貿易額の推移

2000 年度の製造業の総務省統計では、輸出が多いのは自動車工業、医薬品工業と電気機械器具工業である。輸入が多いのは通信・電子・電気計測機工業である。工作機械業種が含まれているその機械工業で依然として技術輸入が多い状況である。

第 2-1-1 図　日本の主要業種の技術貿易額の推移

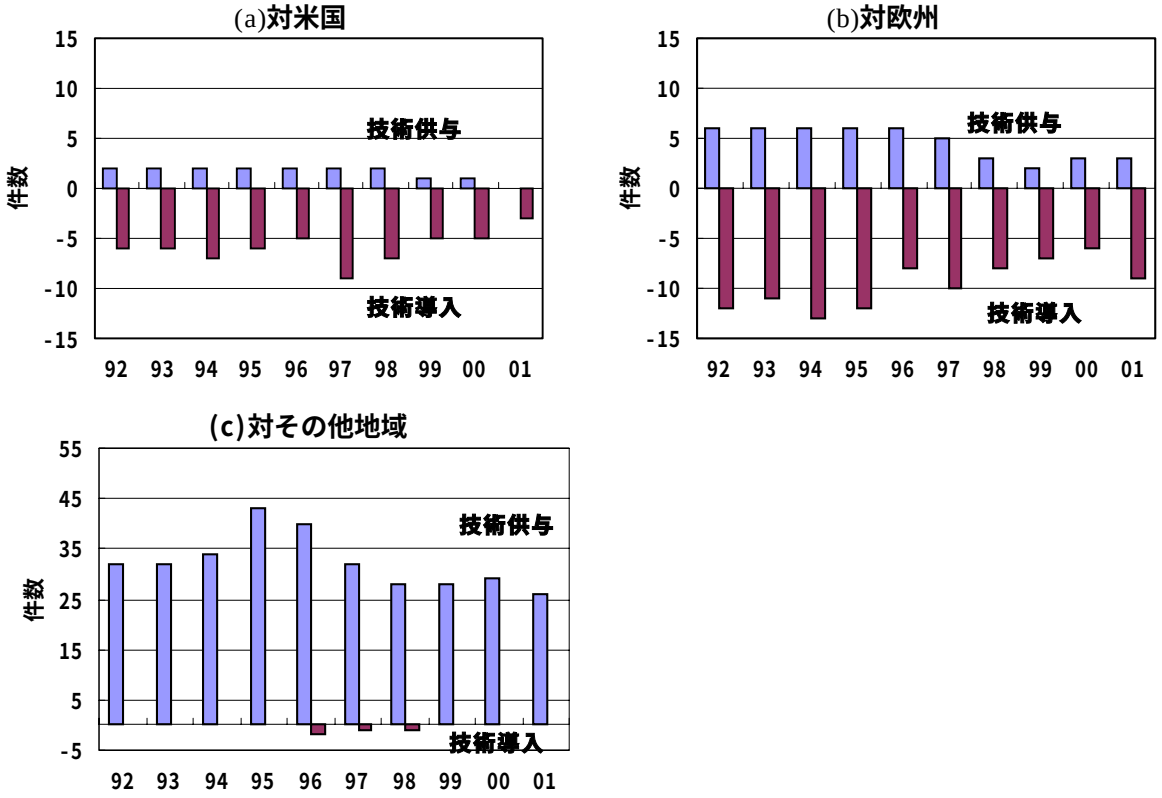


出展：総務省統計局「科学技術研究調査報告」統計資料より作成

第２節　工作機械関係の技術提携推移

1992 年から 2001 年までの我が国と欧米及びその他の国との技術提携推移を示したものが第 2-2-2 図である。欧米からの工作機械の技術導入件数は減少傾向にあるものの、依然として技術供与と比べた場合には導入の件数の方が多く入超となっている。アジア諸国を中心としたその他の国との技術提携では、圧倒的に日本からの技術供与が多いが、1995 年をピークに減少傾向にあることがわかる。これは、周辺諸国への技術移転が進んできたことと供与するような技術が少なくなってきたことを表している。

第 2-2-2 図　日本の工作機械業界における技術提携状況



出典：（社）日本工作機械工業会調べ

第３章　日米欧の主な技術開発施策

第１節　日本の技術開発施策

我が国においては、経済や産業の活性化により持続的に経済発展を遂げていくために、重点分野を決めて研究開発施策が行われている。現在では特に重点的に取組む４分野として、「ライフサイエンス分野」「情報通信分野」「環境分野」「ナノテクノロジー・材料分野」がある。この分野以外に国が取組むべき基盤的な分野として、「エネルギー分野」「製造技術分野」「社会基盤分野」「フロンテイア分野」がある。

次世代工作機械のテーマとして関係する施策としては、①新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）における「エネルギー使用合理化工作機械技術開発プロジェクト」並びに「待機時消費電力削減技術開発」、②文部科学省と科学技術振興財団が推進する「地域結集型共同研究事業」、③経済産業省の推進する「マイクロマシン技術の研究開発」等が挙げられる。

①「エネルギー使用合理化工作機械技術開発プロジェクト」及び「待機時消費電力削減技術開発」

「エネルギー使用合理化工作機械技術開発プロジェクト」は産業界における中核的生産設備である工作機械の使用エネルギー削減を目的として、1999 年よりスタートした NEDO と企業との共同開発プロジェクトである。開発テーマとしては、特に油剤の使用量削減を中心とした下表のテーマについて開発が進められた。これらのテーマの一部で NEDO との共同開発としは終了したものもあるが、引き続き各企業において開発が続けられ、既に実用化に至ったものもある（第 2-3-1 表）。

第 2-3-1 表　エネルギー使用合理化工作機械等技術開発プロジェクト開発テーマ

開発テーマ	開発機関
環境対応形研削加工システムの研究開発	豊田工機㈱
自然現象を巧みに応用した省エネルギー高精度旋盤の開発	高松機械工業㈱
窒素ガスを使用したドライ加工技術とドライ加工用マシニングセンタの研究開発	エンシュウ㈱
省エネルギーＣＮＣホブ盤の研究開発	㈱カシフジ
放電加工を置換する切削加工法の研究開発	東芝機械㈱
油圧レス工作機械の研究開発	オークマ㈱
トランスファマシンの省エネ技術の研究開発	㈱日平トヤマ
省エネ化と実用化を実現するリニアモータシステムの開発	オークマ㈱
水溶性潤滑油に係わる環境負荷低減等技術開発	日石三菱㈱
ドライ切削用耐摩耗・潤滑性被覆工具の開発	三菱マテリアル㈱
微量油膜付水滴による加工方法の研究	大同メタル工業㈱

また、「待機時消費電力削減技術開発」は、産業機械のエネルギーロスの大きな要因の一つである待機時の電力消費を削減するための共同研究プロジェクトで、同じく 1999 年度よりスタートしている（第 2-3-2 表）。

第 2-3-2 表　待機時消費電力削減技術開発テーマ（工作機械関連のみ）

開発テーマ	開発機関
工作機械に関連する待機時消費電力削減技術の研究開発	㈱森精機製作所

②地域結集型共同研究事業

地域結集型共同研究事業は都道府県や政令指定都市（地域）において、国が定めた重点分野の中から地域が目指す特定の研究開発目標に向け、地域の大学、国公立試験機関、企業等が結集して共同研究を行うことにより、新技術、新産業の創出に資することを目的として、文部科学省と科学技術振興財団が推進している事業である。

福井県地域結集型共同研究事業において、松浦機械製作所、松下電工、大阪大学、福井県工業技術センター、福井県産業技術支援センターが共同研究を行い、金属光造形と切削加工の複合機械を開発している。

③「マイクロマシン技術の研究開発」

平成３年度に当時の通商産業省工業技術院が、産業科学技術研究開発精度のもとで、マイクロマシンの共通基盤技術、機能デバイスの高度化技術、システム化技術を含めた研究開発を推進した。本研究は、NEDO を通じて（財）マイクロマシンセンターに委託され、12 に及ぶ研究開発が行われた。この中の一つとして、ファナックが同社の開発した超精密加工機「Robo Nano Ui」による超精密マイクロ加工技術の開発を行っている。

第２節　米国の技術開発施策

米国では、1993 年に RAND 社が RAND レポートを米国政府に提出して、投資減税や国研の研究開発の必要性を提案して実施に移した。1993 年２月にはエネルギー省が National Machine

Tool Partnership を立ち上げてローレンスリバモア国立研究所（LLNL)、ロスアラモス国立研究所、サンディア国立研究所などの国立研究所の保有する技術を産業界へ移転する努力を重ねた。また、同年９月には工作機械のビッグユーザである自動車産業に対して"Partnership for a New Generation Vehicles"プロジェクトを立ち上げて、2004 年までに燃費効率を４倍に改善する燃料電池自動車などの開発を 50 以上の産学で行うことを目的として活動しているが、そのキーテクノロジーの一つとして自動車産業を支える工作機械のあるべき課題を提言している。また、上記の LLNL は有名な光学部品用大型超精密旋盤 LODTM(Large Optic Diamond Turning Machine)で培った超精密工作機械用の測定技術や制御技術を工作機械業界に移転する努力をしている。また、NIST (National Institute of Standard and Technologies) はインガーソル社と共同でパラレルリンク工作機械を開発してそのパラレルリンク機構を兵器部品を加工する超精密工作機械に応用する試みをした。

第３節　ドイツの技術開発施策

ドイツは三極の中で産学の連携が一番盛んであり、また伝統的に機械工業は開発施策のなかでも重要な産業の位置を占めている。ドイツ国内では公的な研究機関が多く、国や企業からの委託研究が盛んに行われている。

①ドイツの公的研究機関の概要

工作機械分野の公的な研究機関としては、大学や連邦政府の研究機関の他に、国立研究センターに相当するヘルムホルツセンター、マックスプランク協会、ブルーリスト機関とフラウンホーファー協会がドイツ全国に多数設けられている。

②工作機械分野での研究開発・産学共同の具体的な取組みの例

・アーヘン工科大学付属研究所（WZL）

ドイツ最大の工作機械研究センターで 580 名の職員、４つの部構成されている。従来の生産技術の分野を専門とする。工作機械の研究では、超精密加工、高速ツーリング、機械構成の改善や構成部品、リニアモータ駆動、NC 制御、機械診断等を行う。また、環境面での潤滑油対策(ドライ切削)の研究も行う。

・フラウンホーファー生産技術自動化研究所（IPA）

約 200 人の職員からなる。研究所の目標は、企業の自動化、合理化の可能性を調査し、国際競争力のある製造プロセスを提案し、生産現場を改善することにある。

・フラウンホーファー工作機械プレス技術研究所（IWU）

約 150 人の職員と専攻過程の学生 100 人が切削と成形プロセスの研究を行う。パラレルメカニズムやボーリング加圧機等が最近の主要なプロジェクト。

・工作機械生産技術研究所

1999 年 9 月に設立され、それまでドイツ工作機械工業会（VDW）が実施していた研究開発活動を継承した。研究所では、新プロジェクトの提案、研究開発重点分野の設定を行い、加盟企業は共同研究への参加、終了成果へのアクセス、新テーマ分野における新プロジェクト構想等が受けられる。進行中のプロジェクトとしてロールフライス加工、旋削－研磨の複合加工等がある。

第４章　工作機械に関連する環境規制等

第１節　日本における環境規制等

1997 年 12 月には京都で気候変動枠組条約第３回締約国会議(COP3)が開催され、日本が議長国となり二酸化炭素削減の国際的枠組みが決められた。また、潤滑・切削油等の冷却機器や洗浄剤として使われてきたフロン(HCFC)が地球温暖化対策(オゾン層破壊物質)として規制され、1995 年末に生産が中止された。こうした洗浄剤の代替品としてトリクロロエチレンや塩化メチレンなどの塩素系溶剤に切り替わったが、1997 年２月に「ベンゼン、トリクロロエチレン及びテトラクロロエチレンの大気環境基準」が公示され規制されることになった。また、「ダイオキシン対策に関する大気汚染防止法及び廃棄物処理法の政省令」が改正された。切削剤の添加剤として用いられてきた有機塩素系添加剤(塩素化パラフィン)がダイオキシン発生原因の一つとして取り上げられ、工作機械業界においては非塩素系切削油剤への代替えや油剤使用量の削減等の対策が進められることとなった。

第２節　米国における環境規制等

米国では早くからダイオキシン類は内分泌撹乱物質(環境ホルモン)として問題視されており、環境保護庁においてダイオキシンを削減する方策を模索してきた。その結果、1998 年には PBT(難分解性、高蓄積性、毒性)化学物質の低減プログラムが開始され、2000 年には有害化学物質排出項目制度の指定化学物質 18 種類の PBT 物質に、PCB、水銀とダイオキシンが加わった。

第３節　欧州における環境規制等

ドイツは、国民の環境に対する関心が高く、ダイオキシンの規制に関しては、1993 年の化学品流通禁止令で指定された。化学品禁止令の中で、適用除外条件とともに含有許容量が規定され、一例として 2,3,7,8-TCDD は含有量の合計が１μｇ/Kg を越えると流通禁止とされている。また、ごみ処理に係わるダイオキシン類の発生防止の基準は焼却炉で 0.1ng-TEQ/Nm3（1991 年基準）とされている（日本は 97 年に制定された基準で、新設炉が 0.1 で既設炉は 0.5～5 と緩い)。

一方、有害と思われる化学品の規制にも積極的であり、03 年には、船底塗料の TBT や切削剤や皮革処理に使う短鎖塩素系パラフィンの使用を禁止することになっている。

第３部　次世代工作機械の技術動向と競争力比較

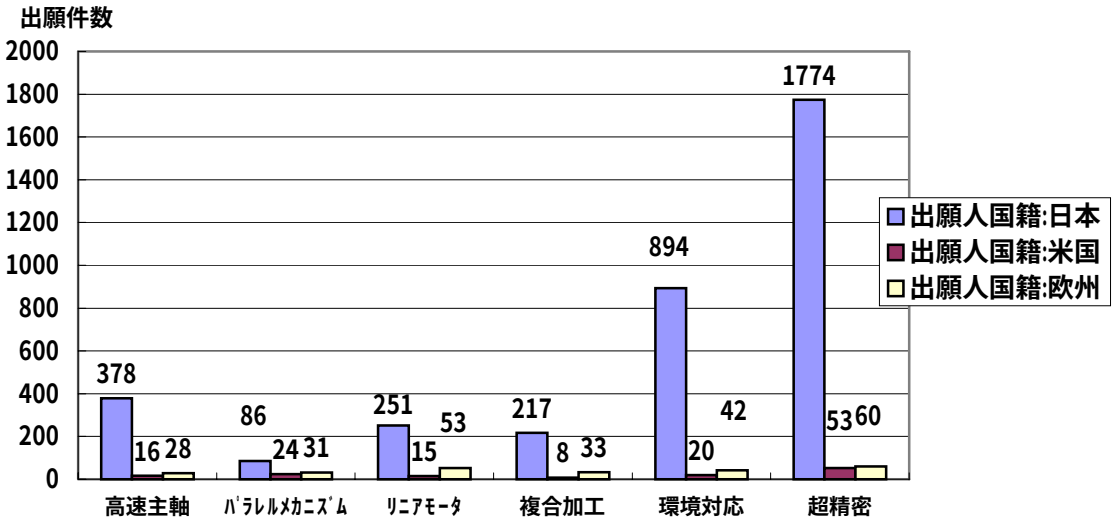
第１章　特許出願動向

次世代工作機械のテーマ、「高速主軸技術」「パラレルメカニズム応用工作機械」「リニアモータ駆動工作機械」「複合加工工作機械」「環境対応型工作機械」及び「超精密加工工作機械」に関して日米欧の特許出願の全体動向について、内外特許データベースから検索した特許件数を用いて比較を行った。データベースには「PATOLIS」及び「DWPI」を用い、1991 年～2000 年迄に出願された日米欧の特許を対象とした。検索式は国際特許分類と関連する技術タームを用いた。それぞれヒットしたものの抄録から６テーマに該当する特許を選びだして分析を行った。ここで、米国特許に関しては 2001 年３月以前は審査されて登録されたもののみが公告されるので、出願したものが原則全て公開される日欧とは件数的に差がでることを考慮する必要がある。

日米欧三極の出願人国籍別の特許出願件数（第 3-1-1 図）を比較すると、日本人は次世代工作機械に関するいずれの技術についても、欧米人と比較して多くの出願を行っているが、日本人の出願の約 49%が超精密加工に関する出願であり、次いで環境対応に関する出願が約 25%となっているのに対して、欧州人の出願については、約 25%が超精密加工に関する出願であり、次いでリニアモータ駆動に関する出願が約 22%、環境対応に関する出願が約 17%となっている。また米国人の出願については、超精密加工に関する出願が約 39%であり、次いでパラレルメカニズムに関する出願が約 18%となっている。

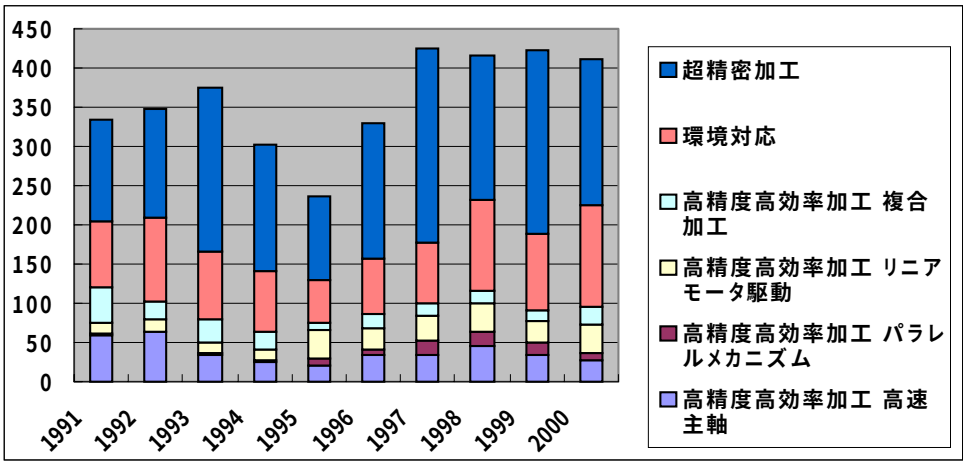
いずれの国籍についても超精密加工に関する出願が最も多くなっているが、日本人は環境に関する出願の比率が超精密加工に次いで高いのに対して、欧州人はリニアモータ駆動に関する出願の比率が比較的高く、また米国人はパラレルメカニズムに関する出願の比率が比較的高いものとなっている。

第 3-1-1 図　出願人国籍別出願件数

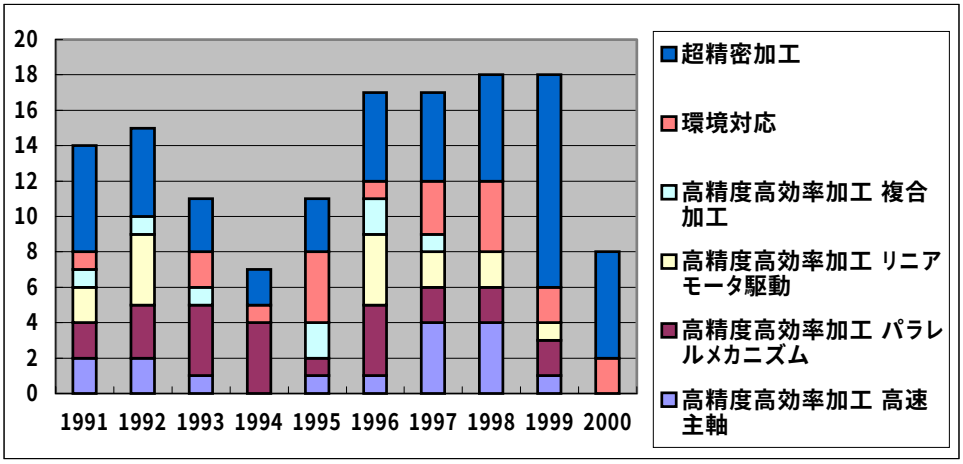


日米欧三極の出願人国籍別の特許出願動向を時系列で比較すると、日本人は過去 10 年間に亘ってコンスタントな比率で各技術について出願しており、1999 年の出願は高精度・高効率加工：約 22%、環境対応：約 23%、超精密加工：約 55%となっているが、米国人は 1999 年から急激に超精密加工への出願比率を増やしており、1999 年出願は超精密加工：約 67%となっている。他方、欧州人は 1994 年頃から急激に超精密加工への出願比率を減らしており、1999 年出願は、高精度・高効率加工：約 72%となっている（第 3-1-2 図～第 3-1-4 図）。

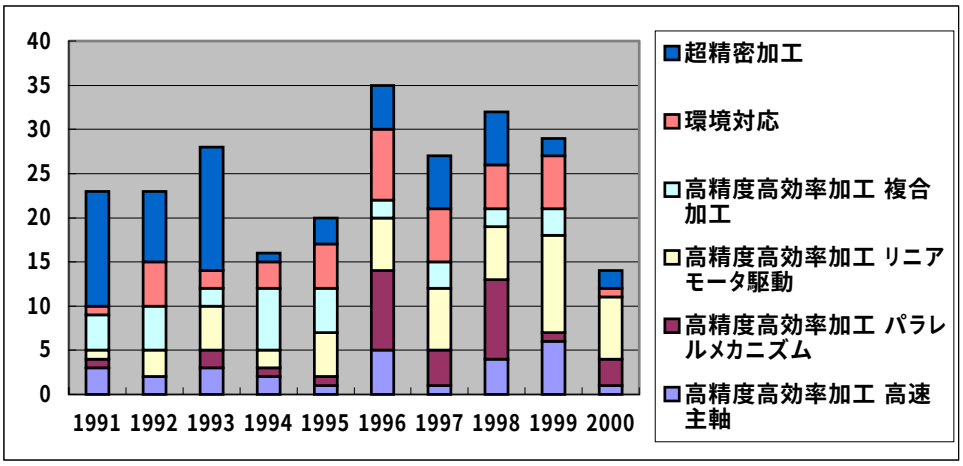
第 3-1-2 図　日本国籍出願件数推移



第 3-1-3 図　米国国籍出願件数推移

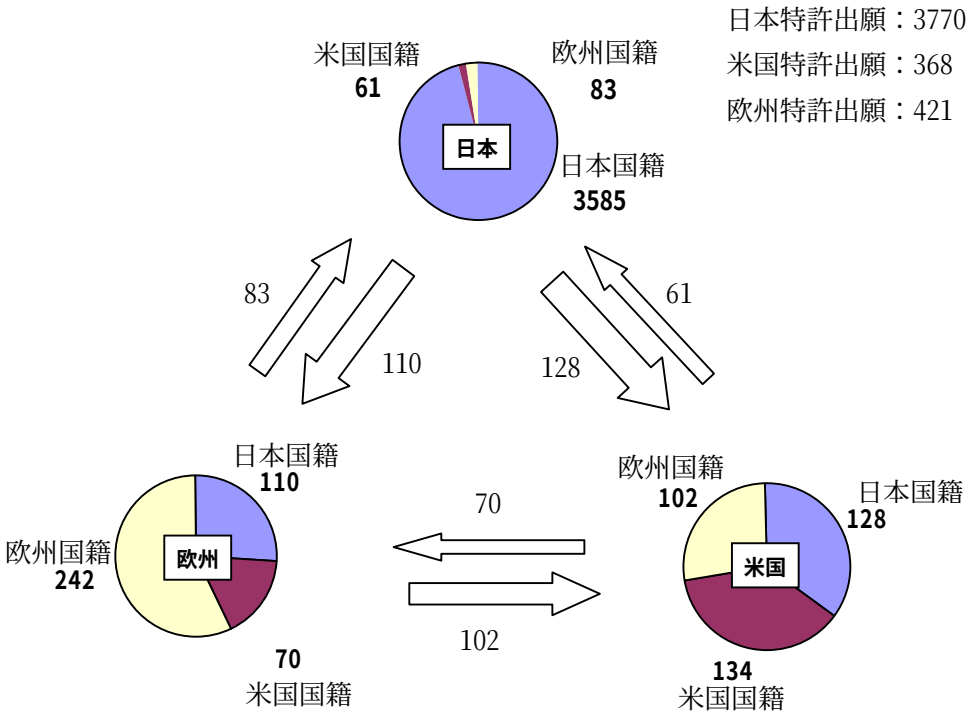


第 3-1-4 図　欧州国籍出願件数推移



外国への出願動向（第 3-1-5 図）については、日本人の出願のほとんどは日本国内のみの出願であり、欧米には全体の５％程度が出願されているのに対して、欧州人は日米に対して 34～42%程度、米国人は日欧に対して 47～52%程度を出願しているが、日本人の欧米への出願件数は欧米人の日本への出願件数を上回っており、米国においては出願シェアで米国人と同等の約 34%程度、欧州においても欧州人の半分弱の約 26%程度を占めている。

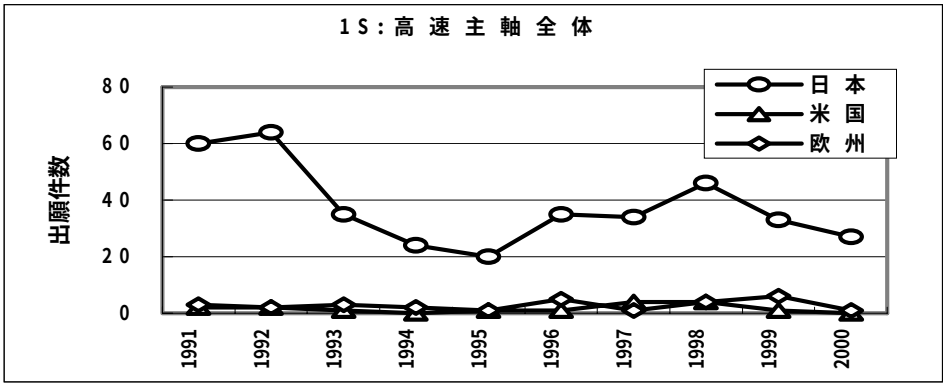
第 3-1-5 図　次世代工作機械全体三極出願比較



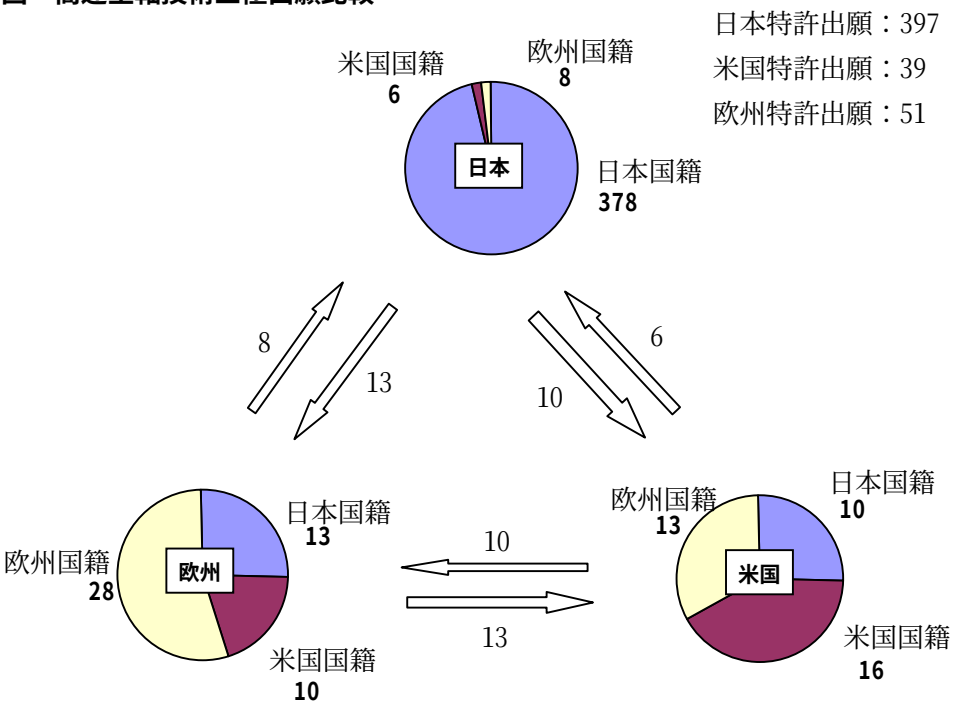
第１節　高速主軸技術

高速主軸技術については、日本人の出願動向は減少傾向にあり、欧米人の出願動向は低調ではあるが継続して行われている（第 3-1-6 図）。外国への出願動向（第 3-1-7 図）については、全体動向とほぼ同様である。

第 3-1-6 図　高速主軸技術出願人国籍別出願動向



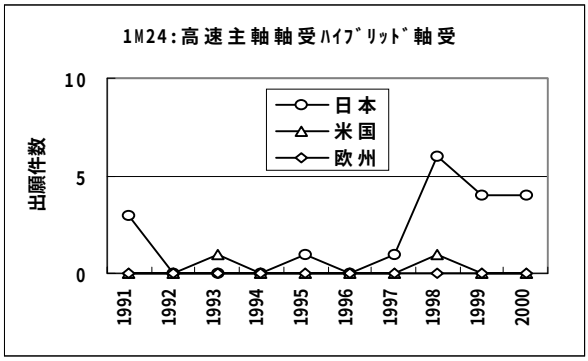
第 3-1-7 図　高速主軸技術三極出願比較



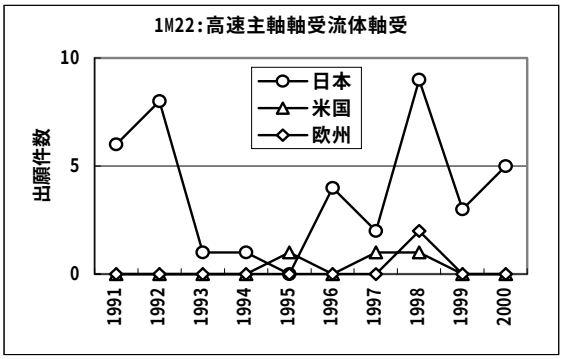
要素技術等について詳細に見ると、日本人の出願についてはハイブリッド軸受や流体軸受を用いた技術の出願が増加傾向にある。ビルトインモータについては、1998 年をピークに出願は減少傾向にあり、開発は一段落した状態と考えられる。

上位出願人を見ると、日本人にはエヌティエヌや日本精工等の軸受メーカが上位に入っている点が特徴である。

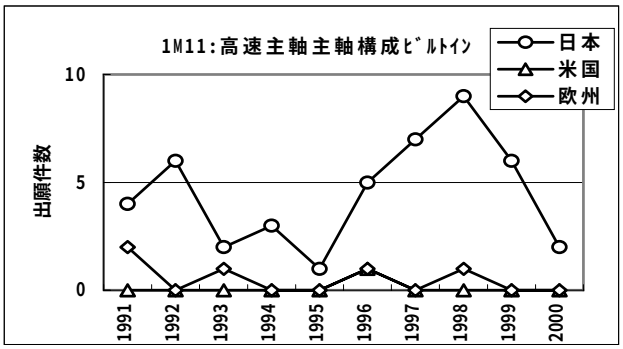
第 3-1-8 図　高速主軸技術ハイブリッド軸受出願動向



第 3-1-9 図　高速主軸技術流体軸受出願動向



第 3-1-10 図　高速主軸技術ビルトインモータ出願動向



第 3-1-1 表　高速主軸技術出願人別出願件数ランキング

日本国籍

出願人名	件数
エヌテイエヌ	44
オークマ	29
東芝機械	28
豊田工機	23
日本精工	23
日立ビアメカニクス（旧、日立精工）	19
エンシユウ	17
住友電気工業	17
三菱重工業	13
日平トヤマ	12
日立精機	11
牧野フライス製作所	11

米国国籍

出願人名	件数
INGERSOLL MILLING MACHINE	3
ELECTRO SCI IND	2
個人（COOK HD）	3

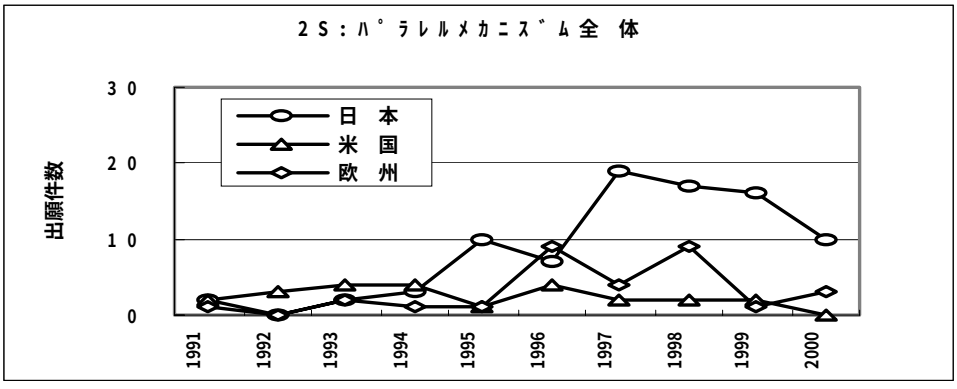
欧州国籍

出願人名	件数
LIND FINANCE & DEV	5
DECKEL MAHO	2

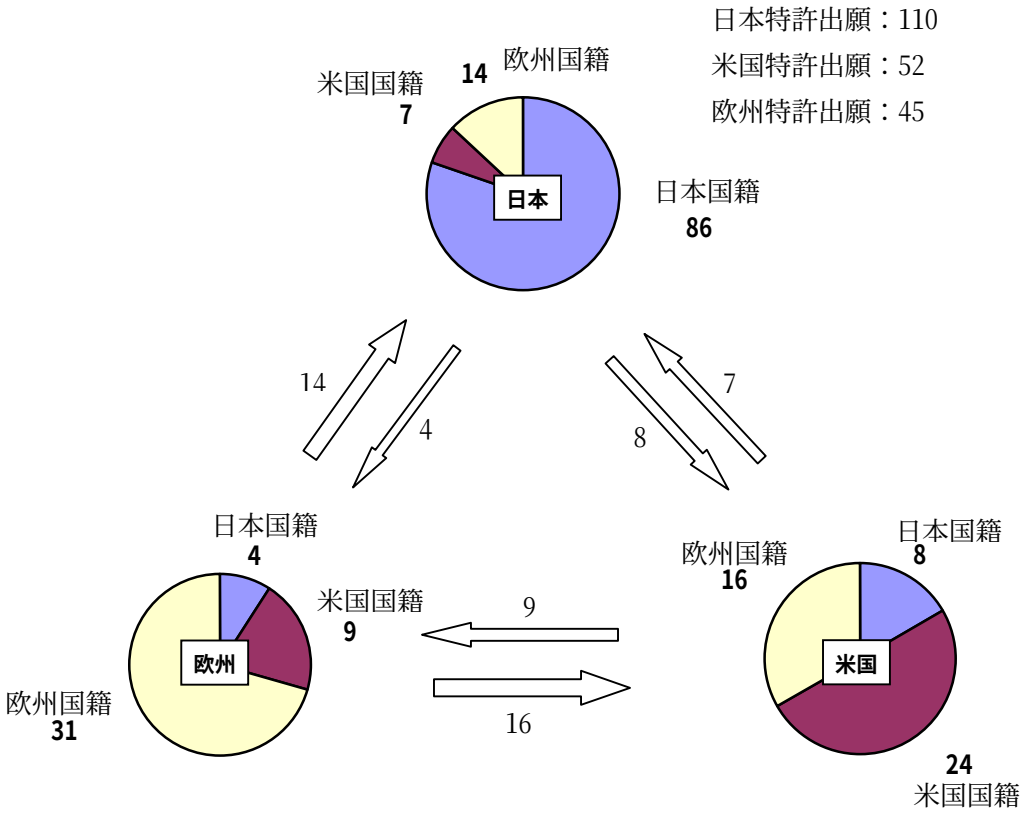
第２節　パラレルメカニズム応用工作機械

パラレルメカニズム応用工作機械については、当初、米国人が出願をリードしていたが 1995 年以降は日本人及び欧州人が多くの出願を行っている（第 3-1-11 図）。海外への出願動向を見ると、日本人の外国出願が少ないことから、日本人の欧米における出願シェアは欧米人と比較して最も少ない件数となっている（第 3-1-12 図）。

第 3-1-11 図　パラレルメカニズム応用工作機械出願人国籍別出願動向

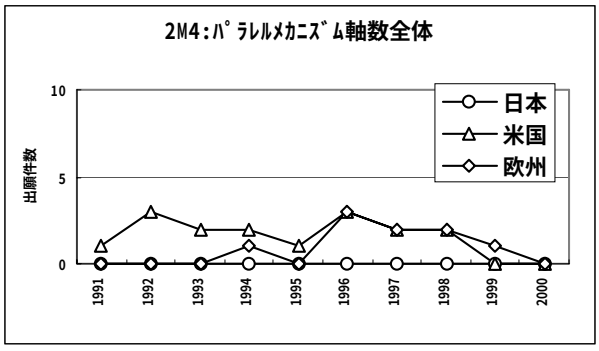


第 3-1-12 図　パラレルメカニズム応用工作機械三極出願比較

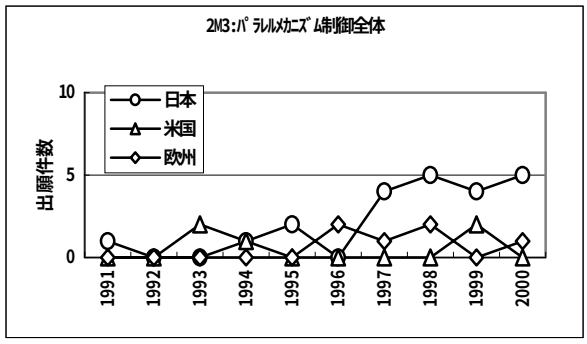


要素技術について詳細に見ると、欧米人がパラレルメカニズムの軸数に関する出願を多く出しているのに対して（第 3-1-13 図)、日本人はパラレルメカニズムの制御に関する出願を多く出しており（第 3-1-14 図)、最後発である日本人がパラレルメカニズムの実用化に向けた技術開発に注力しているものと考えられる。

第 3-1-13 図　パラレルメカニズム応用工作機械　軸数出願動向



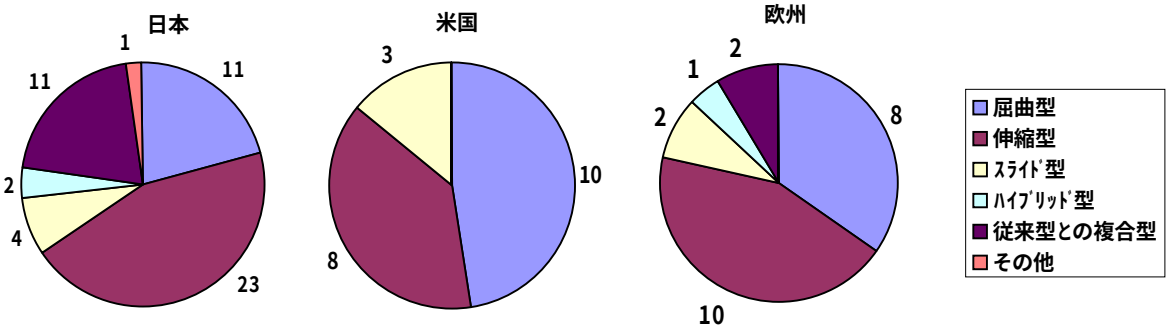
第 3-1-14 図　パラレルメカニズム応用工作機械　制御出願動向



全体構造の駆動形態に関する特許の割合を日米欧で見た場合、日本人の出願では伸縮型が最も多く、次ぎにアームの屈曲型と従来型機器とパラレルメカとの複合型が同数でそれに続くのに対して、米国人は伸縮型と屈曲型で大部分を占め、次ぎにスライド型が出願されておりハイブリッド型や複合型はない。欧州人の出願に関しては、日本人と似ており伸縮型が多く、次ぎに屈曲型が続き、従来機器との複合型やスライド型も出願されている（第 3-1-15 図)。

上位出願人を見ると、欧州人にフラウンホーファー研究所が入っておりドイツの技術開発政策の成果が出願動向に反映されているものと考えられる。

第 3-1-15 図　パラレルメカニズム応用工作機械形態別出願件数



第 3-1-2 表　パラレルメカニズム応用工作機械出願人別出願件数ランキング

日本国籍

出願人名	件数
豊田工機	12
オークマ	8
東芝機械	7
フアナツク	7
オリンパス光学工業	7
日立精機	5
新日本製鉄	4
セイコー精機	3

米国国籍

出願人名	件数
GIDDINGS & LEWIS	6
SHELDON VAN SOMEREN	3
INGERSOLL MILLING MACHINE	2
NASA	2

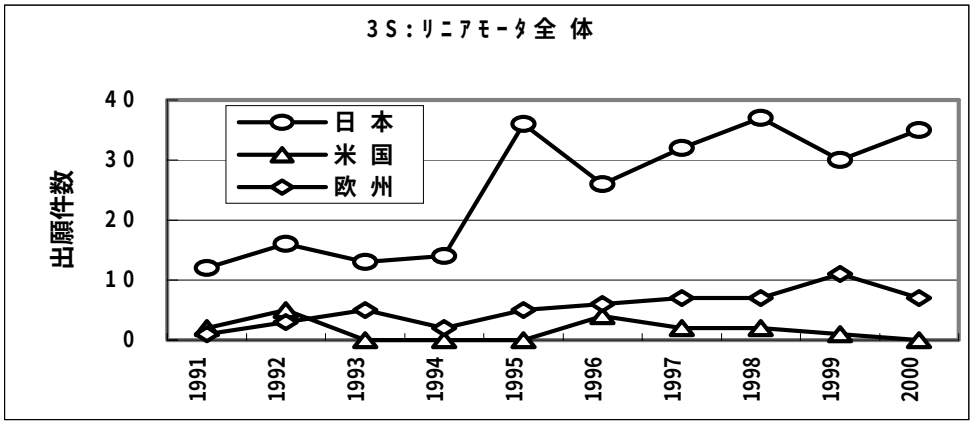
欧州国籍

出願人名	件数
GEODETIC TECHNOLOGY INT HOLDINGS	4
FRAUNHOFER GES FOERDERUNG ANGEWANDTEN	3
HUELLER HILLE	3
VDW VER DEUT WERKZEUGMASCHINEN FABRIKEN	3

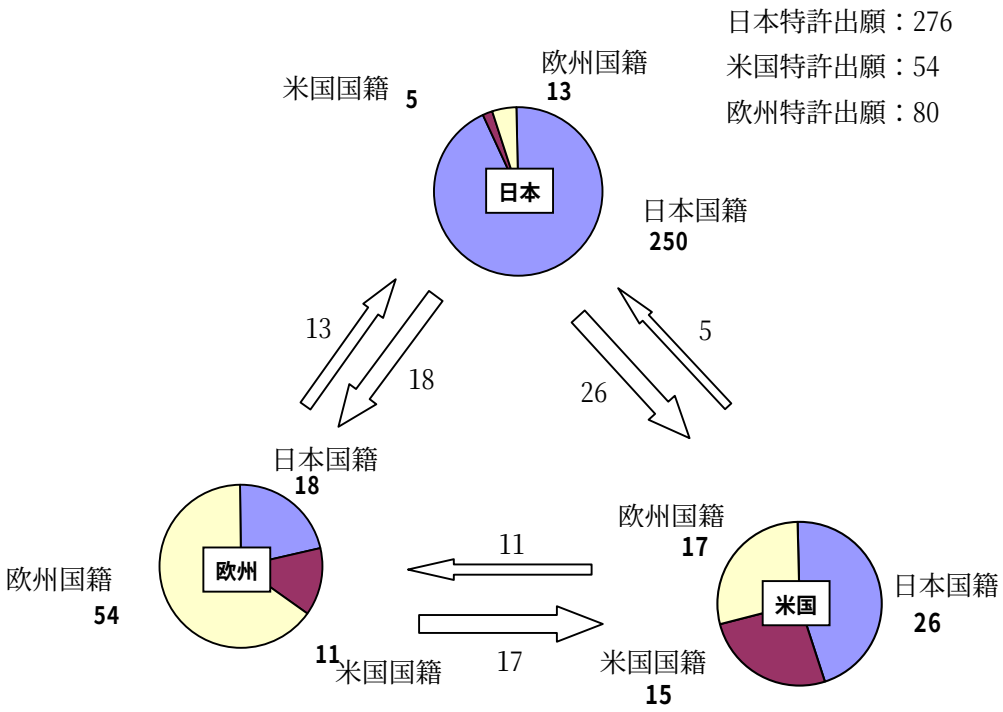
第３節　リニアモータ駆動工作機械

リニアモータ駆動工作機械については、日本人と欧州人の出願が増加傾向にあり、米国人については低調に推移している（第 3-1-16 図）。海外への出願については日本人が約 10%程度を米国に出願しており、米国における特許シェアでは日本人が上位であるが、欧州においては欧州人と比較して少ない（第 3-1-17 図）。

第 3-1-16 図　リニアモータ駆動工作機械出願人国籍別出願動向



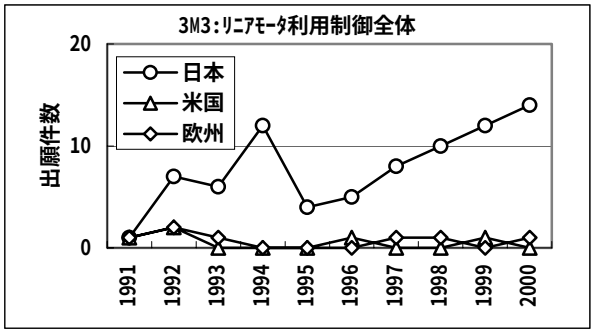
第 3-1-17 図　リニアモータ駆動工作機械三極出願比較



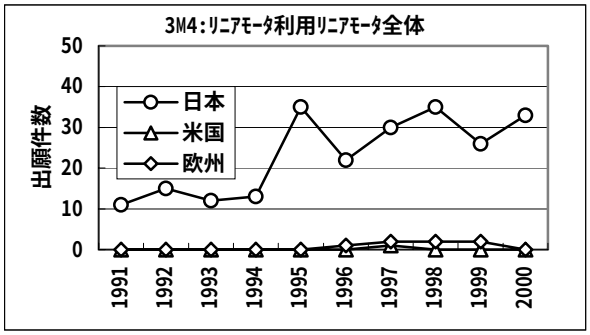
要素技術について詳細に見ると、日本人がリニアモータの制御やリニアモータ自体の出願を多く行っており出願が増加傾向であるのに対して（第 3-1-18 図）、欧州人は工作機械の構成全体について出願を多く行っている傾向があり（第 3-1-19 図）、日本人が実用化を前提としてリニアモータ自体から技術開発を行っているのに対して、欧州人は工作機械のみを対象としていることが判る。

上位出願人について見ると、日本人ではキヤノンやニコン等の精密機械メーカが入っている一方、米国人で FORD　MOTOR の出願人が入っている点が注目される。

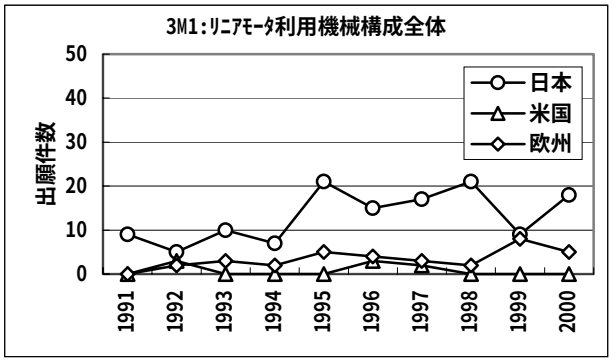
第 3-1-18 図　リニアモータ駆動工作機械制御出願動向



第 3-1-19 図　リニアモータ駆動工作機械リニアモータ出願動向



第 3-1-20 図　リニアモータ駆動工作機械機械構成出願動向



第 3-1-3 表　リニアモータ駆動工作機械出願人別出願件数ランキング

日本国籍

出願人名	件数
キヤノン	58
豊田工機	22
安川電機製作所	14
ニコン	13
アルプス電気	10
東芝機械	9
住友重機械工業	9
日本トムソン	9
日本精工	7
エヌテイエヌ	6
三菱電機	6

米国国籍

出願人名	件数
FORD MOTOR	4
INGERSOLL MILLING MACHINE	2
SYSTEMS MACHINES AUTOMATION COMPONENTS	2

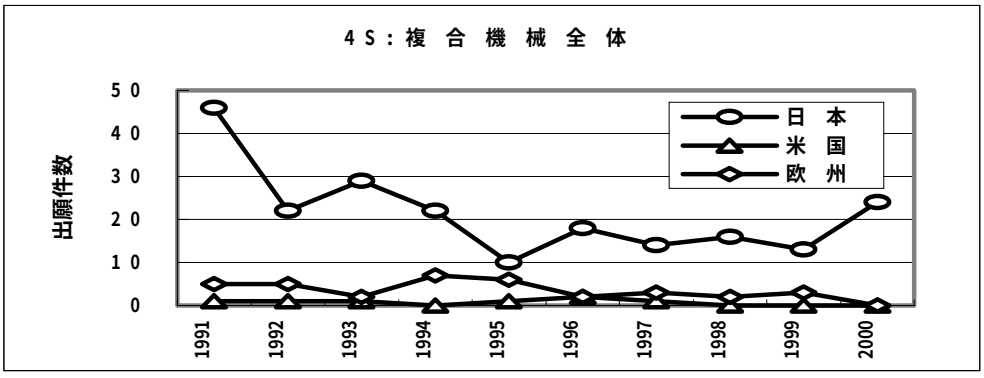
欧州国籍

出願人名	件数
FORD WERKE	3
HUELLER HILLE	3
LIDKOEPING MACHINE TOOLS	3
EX-CELL-O	2
JOBS	2
KUMMER FRERES	2
NAXOS-UNION SCHLEIFMITTEL & SCHLEIFMASCH	2
RENAULT AUTOMATION	2
SCHULER PRESSEN	2

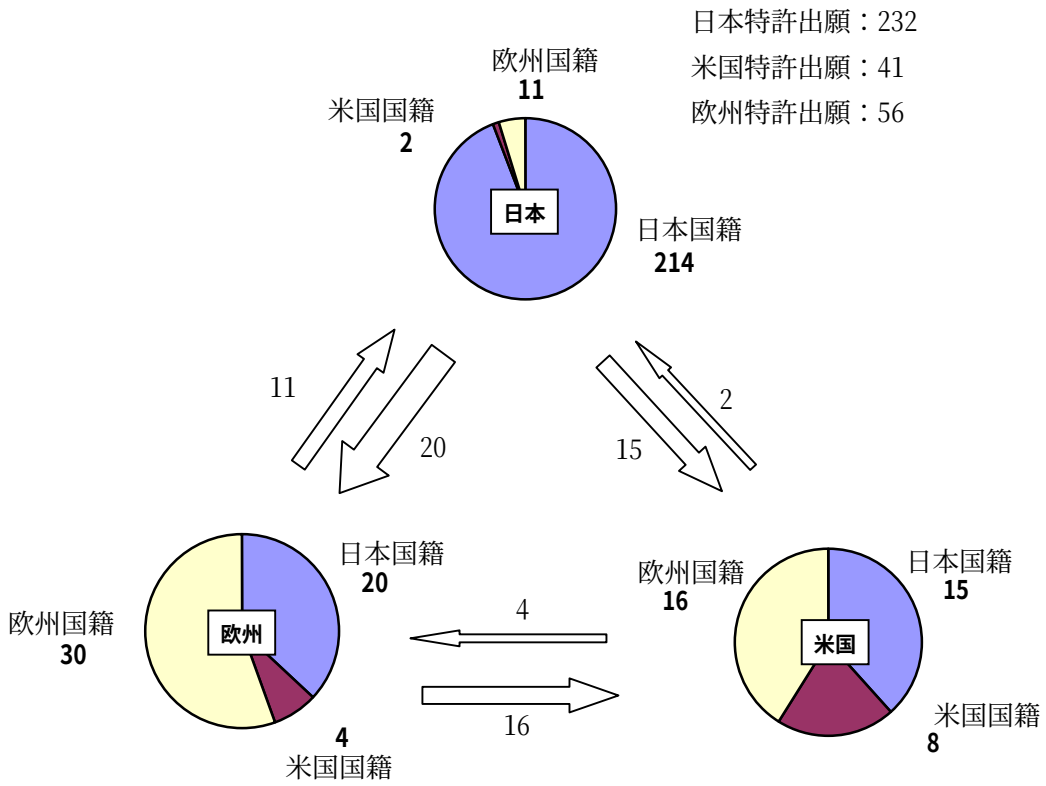
第４節　複合加工工作機械

複合加工工作機械については、日本人が先行して出願を行っており一旦は出願が減少したものの近年、再度増加傾向に向かいつつあるものと考えられる。欧州人については９０年代半ばに出願が増加したが近年は低調に推移しており、また、米国人の出願はほとんどない（第 3-1-21 図）。海外への出願については日本人が欧州に対して約９％程度出願を行っており、また、米国においては欧州と同程度の特許シェアとなっている（第 3-1-22 図）。

第 3-1-21 図　複合加工工作機械出願人国籍別出願動向



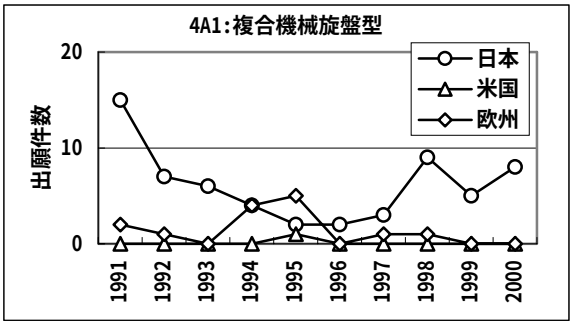
第 3-1-22 図　複合加工工作機械三極出願比較



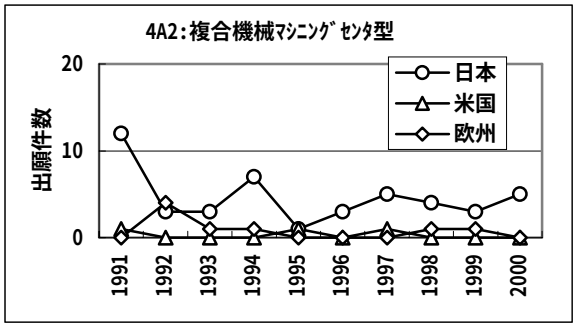
適用機種別に詳細に見ると、日本人の出願について旋盤型が 1990 年代後半に増加傾向となっているのに対してマシニングセンタ型は微増程度となっていることから、近年の日本人の技術開発は旋盤型を中心に進んでいることが判る。また、欧州人は 1990 年代前半にマシニングセンタ型、1990 年代半ばに旋盤型の技術開発を行ったものと思われるが、その後はいずれも低調な出願動向となっている。

上位出願人は日米欧とも工作機械メーカである。

第 3-1-23 図　複合加工工作機械旋盤型出願動向



第 3-1-24 図　複合加工工作機械マシニングセンタ型出願動向



第 3-1-4 表　複合加工工作機械出願人別出願件数ランキング

日本国籍

出願人名	件数
オークマ	26
本田技研工業	10
森精機製作所	8
アマダ	8
キタムラ機械	7
村田機械	7

米国国籍

出願人名	件数
EMHART INC	1
FORD MOTOR	1
WESTERN ATLAS INT INC	1

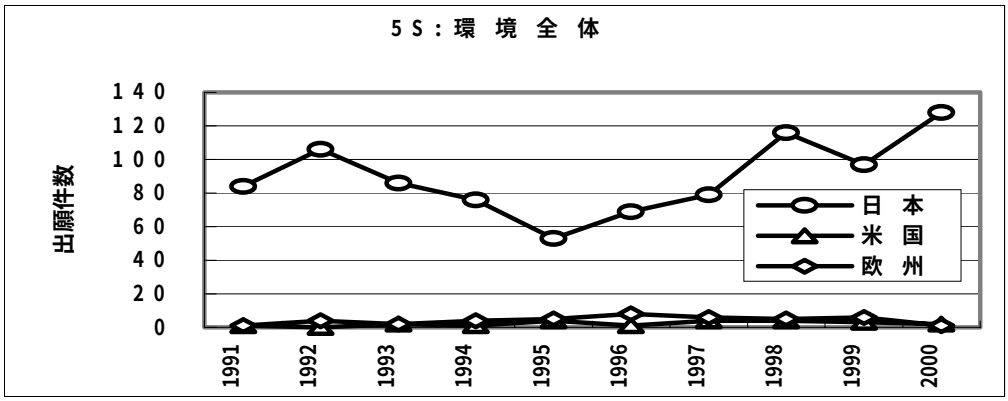
欧州国籍

出願人名	件数
INDEX WERKE KG HAHN & TESSKY	6
TRAUB	3
DECKEL MAHO GMBH	2

第５節　環境対応型工作機械

環境対応型工作機械については日本人の出願が欧米人と比較して多く、特に 1995 年以降は環境基本法制定、大気汚染防止法改正等の法規制強化や、地球温暖化防止京都会議開催に伴う技術開発が活発に行われていることが伺えるが、欧米人の出願動向については低調に推移しており、特段の変化は見られない（第 3-1-25 図)。外国への出願については、日本人の欧米への出願が約２％程度と極めて少なく、日本人の出願のほとんどは日本国内の法規制への対応を中心とした技術であるものと推定される（第 3-1-26 図)。

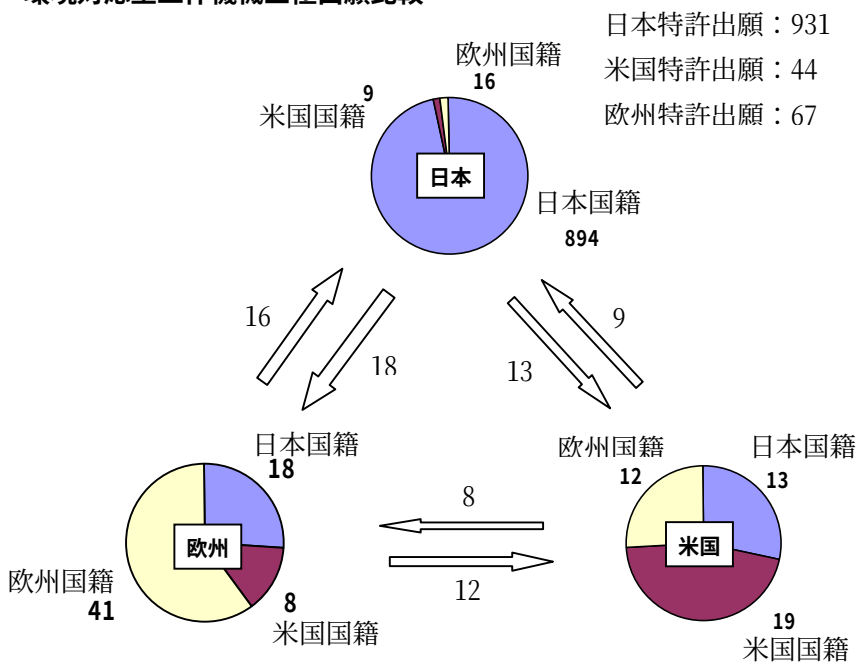
第 3-1-25 図　環境対応型工作機械出願人国籍別出願動向



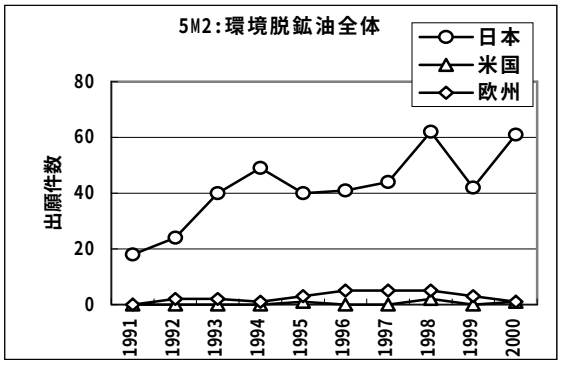
環境対応技術について詳細に見ると、クーラント等の削減に関する技術については日本人及び欧州人が出願しており、特に日本人の出願については 1990 年代を通して増加し続けている（第 3-1-27 図)。一方、クーラント等のリサイクルに関する技術については、日本人が主に出願しており特に 1995 年以降は増加傾向にあるのに対して、欧米人の出願はほとんど見られない（第 3-1-28 図)。また、クーラントの利用を前提とした作業環境改善に関する技術についても日本人が主に出願していたが、クーラント等の削減技術やリサイクル技術と比較して件数は少なく、その増え方も小さい（第 3-1-29 図)。

適用機種について見ると、近年、日本人の出願は切削加工型と比較して研削加工型が大幅に増えており（第 3-1-30 図、第 3-1-31 図)、研削加工機のクーラントをリサイクルする技術の開発が行われているものと考えられるが、欧州人については研削加工型の出願はほとんどなく、切削加工型のドライ加工・MQL 加工等が開発されているものと推定される。

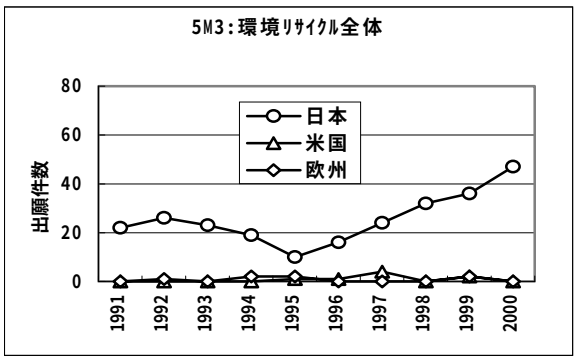
第 3-1-26 図　環境対応型工作機械三極出願比較



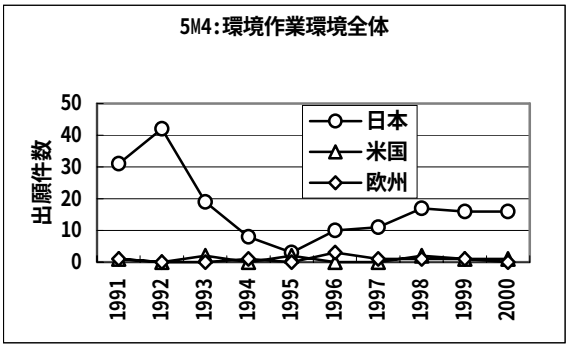
第 3-1-27 図　環境対応型工作機械脱鉱油出願動向



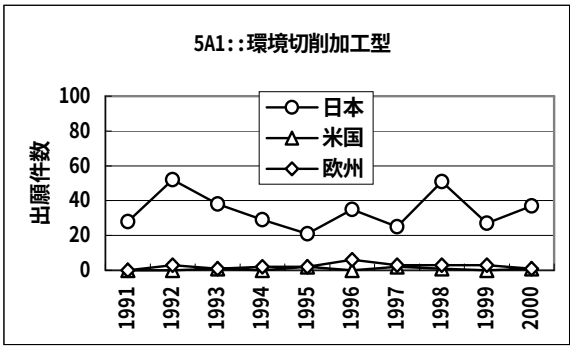
第 3-1-28 図　環境対応型工作機械リサイクル出願動向



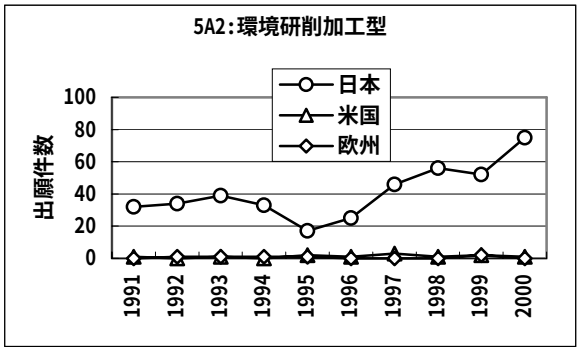
第 3-1-29 図　環境対応型工作機械作業環境出願動向



第 3-1-30 図　環境対応型工作機械切削加工型出願動向



第 3-1-31 図　環境対応型工作機械研削加工型出願動向



上位出願人について見ると、日本人では三菱マテリアルやエンシュウ等の NEDO 共同研究開発プロジェクトに参加した出願人が入っており、日本の技術開発政策の成果が出願動向に反映されているものと考えられる。

第 3-1-5 表　環境対応型工作機械出願人別出願件数ランキング

日本国籍

出願人名	件数
三菱マテリアル	32
エンシユウ	22
栗田工業	20
日平トヤマ	19
ﾌｼﾞｵｰｾﾞｯｸｽ	16
オークマ	15
アマダ	15
東芝機械	15
荏原製作所	15
アミテツク	15

米国国籍

出願人名	件数
APPLIED MATERIALS INC	3
GLEASON	2

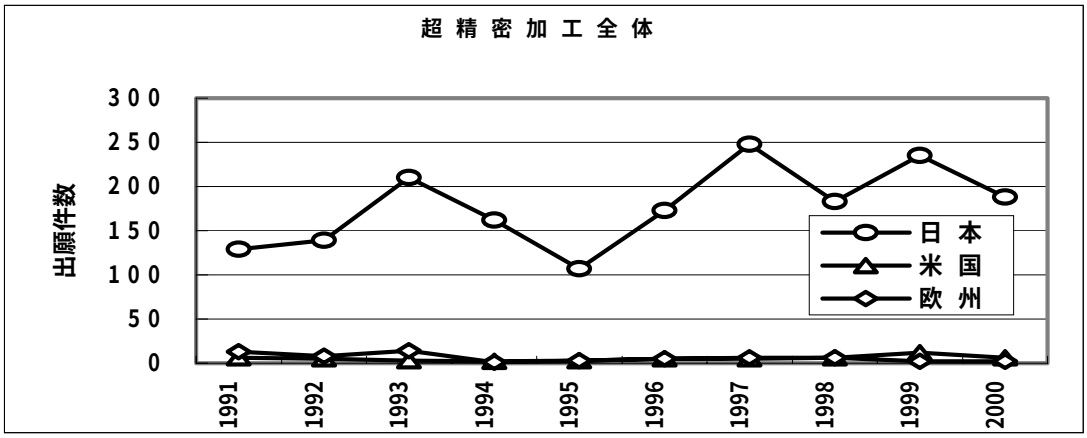
欧州国籍

出願人名	件数
BOSCH GMBH ROBERT	4
DAIMLERCHRYSLER	3
EX-CELL-O	2
FETTE GMBH WILHELM	2
SIEMENS	2

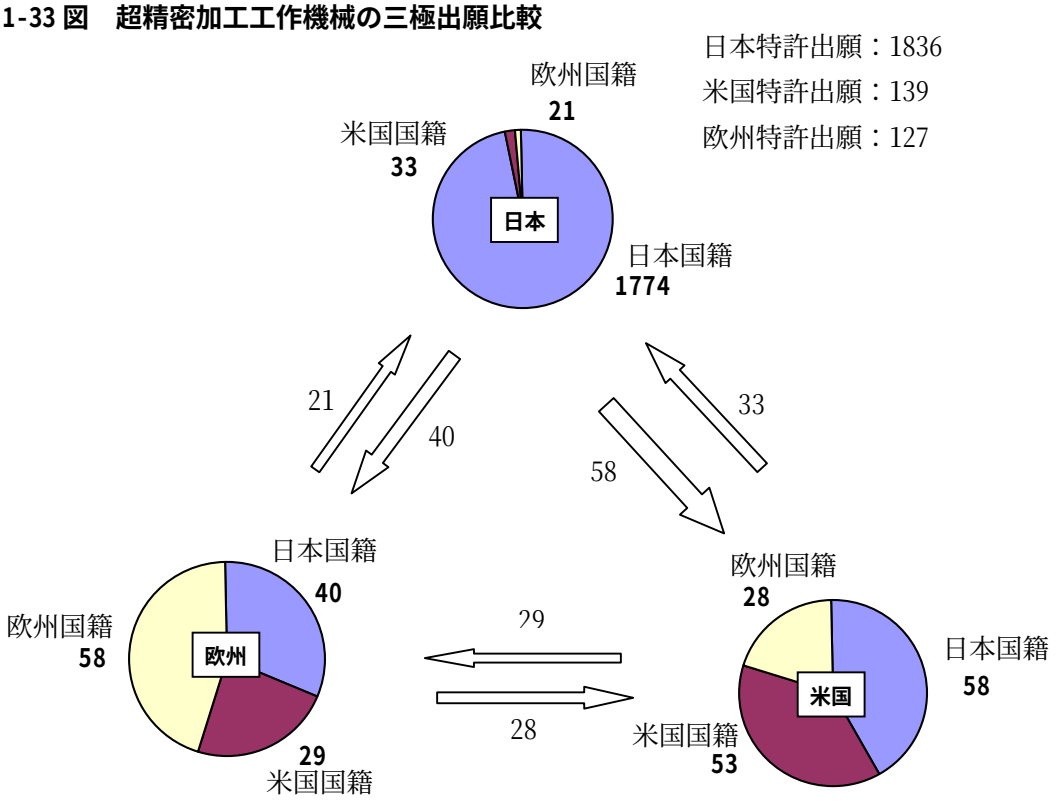
第６節　超精密加工工作機械

超精密加工工作機械については、日本人の出願は欧米人と比較して圧倒的に多く、出願動向は増加傾向にあるものと言える。欧米人の出願については継続して行われてはいるが件数は毎年数件程度であり低調に推移している（第 3-1-32 図）。外国への出願については、日本人の欧米への出願は約３％程度と少ないが、欧米人の出願件数自体が元々少ないこともあり、欧米において約 30～40%のシェアを有している（第 3-1-33 図）。

第 3-1-32 図　超精密加工工作機械出願人国籍別出願動向



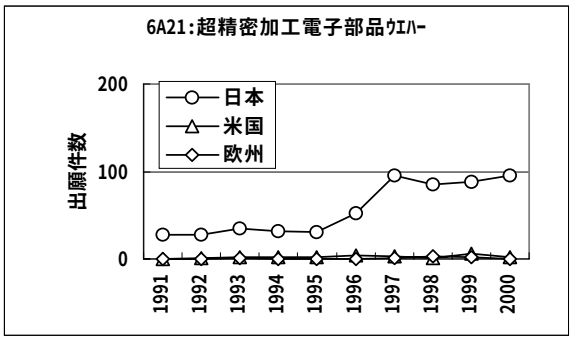
第 3-1-33 図　超精密加工工作機械の三極出願比較



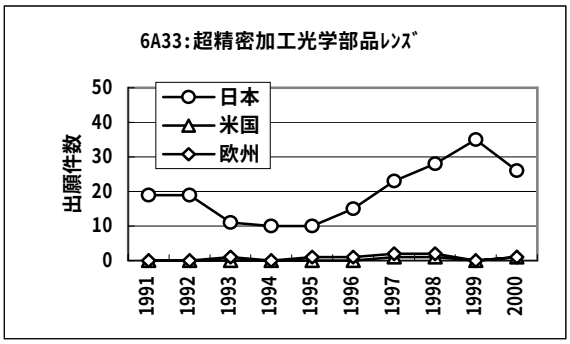
出願動向について詳細に見ると、ワークについては日本人の出願は半導体ウエハ加工用が圧倒的に多く出願されており、また、近年はレンズ加工用の出願が増加している（第 3-1-34 図、第 3-1-35 図）。米国人については半導体ウエハ用が継続的に出願されており、また欧州人についてはレンズ加工用が出願されているが件数はいずれも毎年数件以下である。機種別に見ると、日本人の出願については研磨型が圧倒的に多くかつ増加傾向にあり（第 3-1-36 図）、また研削型についても継続的に多くの出願がなされている（第 3-1-37 図）。旋削型及びミリング型については 1990 年代前半に多く出願されており、1990 年代後半に一度増加してはいるが全体的には減少傾向と言える（第 3-1-38 図、第 3-1-39 図）。米国人については、近年、研磨型が微増傾向にある一方、欧州人については旋削型について継続的に出願をしているほ

か、研削型やミリング型について 1990 年代前半に出願が見られるがその後は途絶えている。

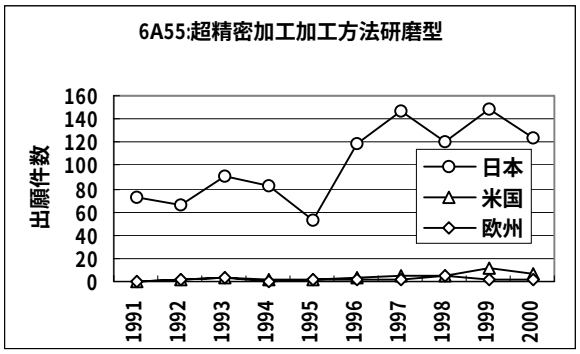
第 3-1-34 図　超精密加工工作機械
半導体ウェハー加工出願動向



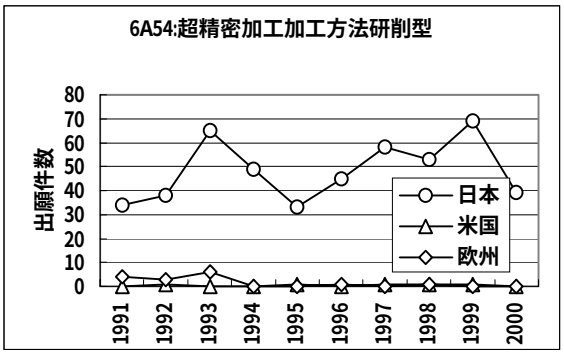
第 3-1-35 図　超精密加工工作機械
レンズ加工出願動向



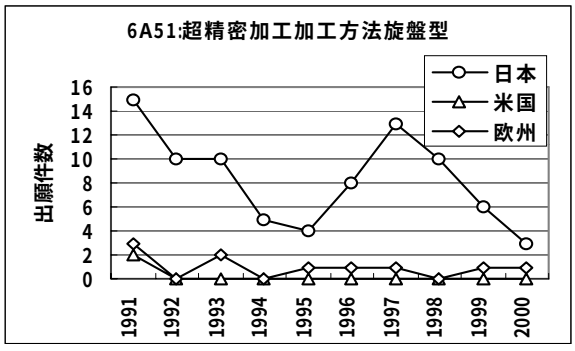
第 3-1-36 図　超精密加工工作機械研磨型
出願動向



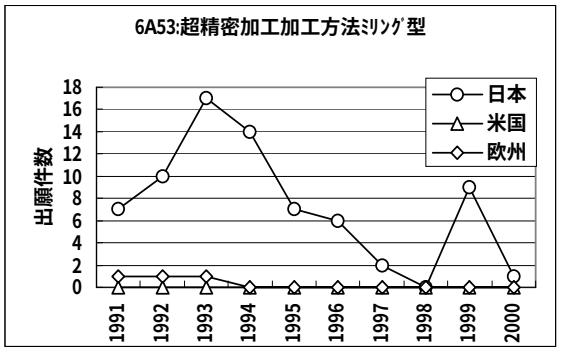
第 3-1-37 図　超精密加工工作機械研削型
出願動向



第 3-1-38 図　超精密加工工作機械旋盤型
出願動向

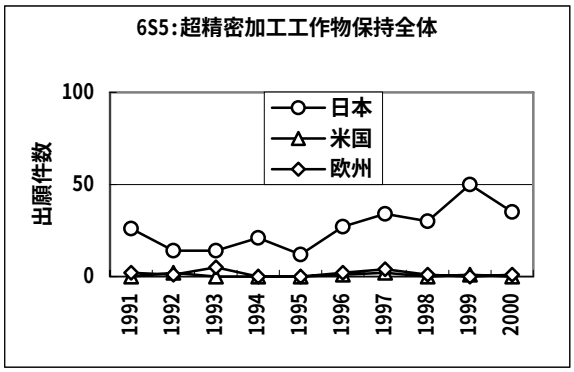


第 3-1-39 図　超精密加工工作機械ミリング型
出願動向

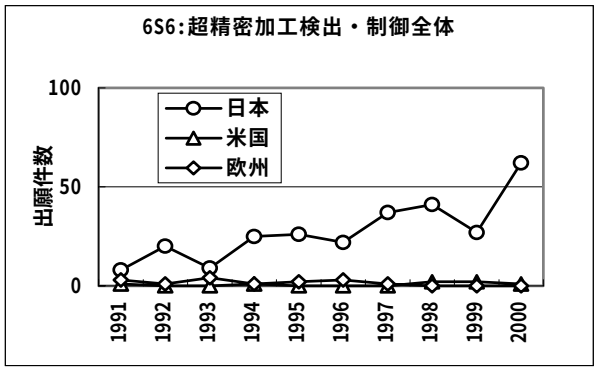


要素技術別に見ると、日本人は工作物保持や検出・制御から加工環境の管理等、実用上必要な技術に関する出願が増加する傾向にあるのに対して（第 3-1-40 図～第 3-1-42 図)、欧米人は検出・制御に出願が見られる。

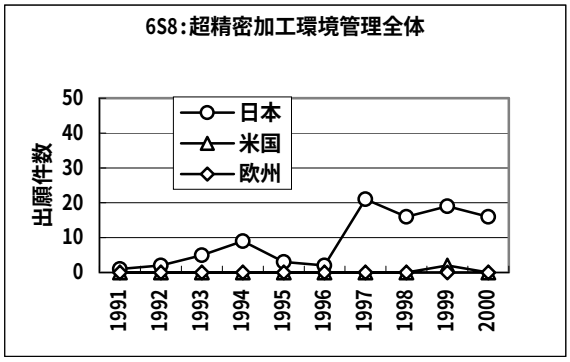
第 3-1-40 図　超精密加工工作機械工作物保持出願動向



第 3-1-41 図　超精密加工工作機械検出・制御出願動向



第 3-1-42 図　超精密加工工作機械環境管理出願動向



上位出願人について見ると、日本人についてはオリンパス光学、キヤノン、ニコン等の精密機械メーカやソニー、日立製作所、松下電器産業等の電機メーカが入っており、工作機械メーカは東芝機械と不二越機械が食い込む程度である点、米国人についても APPLIED MATERIALS、IBM、MOTOROLA 等の半導体関係のメーカが入っている点が特徴である。

第 3-1-6 表　超精密加工工作機械出願人別出願件数ランキング

日本国籍

出願人名	件数
ソニー	115
ｵﾘﾝﾊﾟｽ光学工業	103
キヤノン	95
ニコン	90
日立製作所	73
松下電器産業	59
東芝	45
東芝機械	36
三菱マテリアル	33
富士通	33
不二越機械工業	33

米国国籍

出願人名	件数
APPLIED MATERIALS	11
IBM	5
RODEL HOLDINGS	4
MOTOROLA	3
AGERE SYSTEMS GUARDIAN	2
HONEYWELL	2
LAM RES	2
LUCENT TECHNOLOGIES	2
SIBOND LL	2

欧州国籍

出願人名	件数
WESTERN ATLAS UK	4
WACKER SILTRONIC GES HALBLEITERMATERIALI	4
UNOVA UK LTD	3
EROWA	2
BOSCH GMBH ROBERT	2
CRANFIELD PRECISION ENG	2
OPTOTECH OPTIKMASCHINEN	2
SIEMENS AG	2
HEIDENHAIN	2

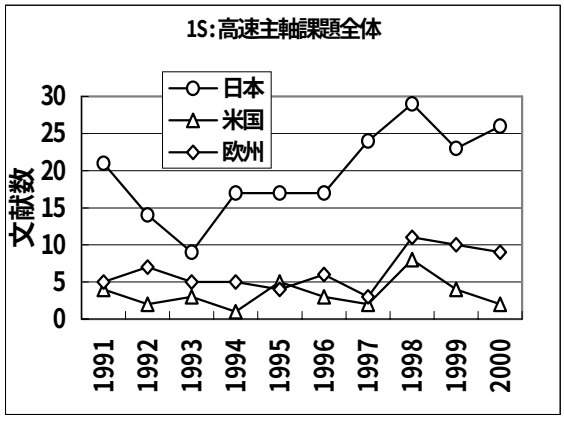
第２章　文献発表動向

次世代工作機械の６テーマに関する 1991 年以降発行の技術文献を JICST を使用して検索抽出した。検索式は関連する技術タームと JICST 科学技術分類コードの積を中心に行った。さらに記事区分コードを使って論文や学会予稿集解説等を中心に短報や文献レビューは除いたものを抽出した。それらの抄録からテーマに関係しないものを除くとともに、重要と思われる文献を分析した。

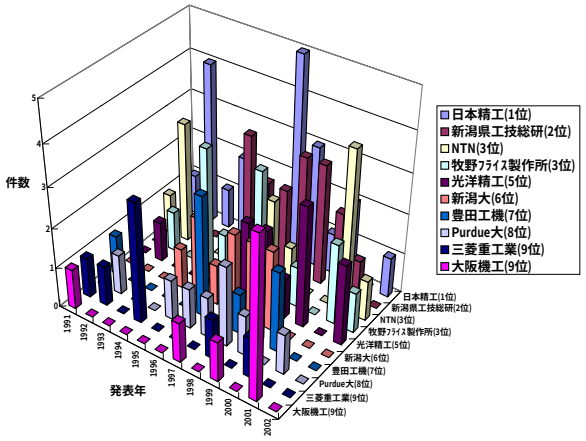
第１節　高速主軸技術

特許出願と同様に日本人の発表が多く見られ、日本人の発表件数が増加傾向にある一方、欧米人の発表件数は横這いと言える（第 3-2-1 図）。発表者上位は日本精工、エヌティエヌ、光洋精工等の日本人の軸受メーカが入っており、また、上位発表者の新潟県工業技術総合研究所や新潟大学については東芝機械との共同研究が知られており、その研究成果を両研究機関が論文発表するとともに東芝機械が特許出願しているものと推定される（第 3-2-2 図）。

第 3-2-1 図　高速主軸技術文献発表動向



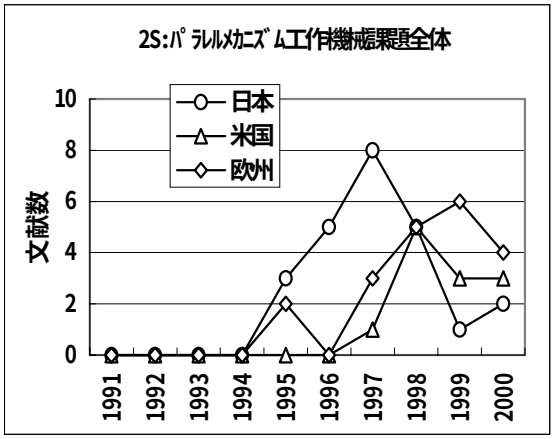
第 3-2-2 図　高速主軸技術発表者別文献数



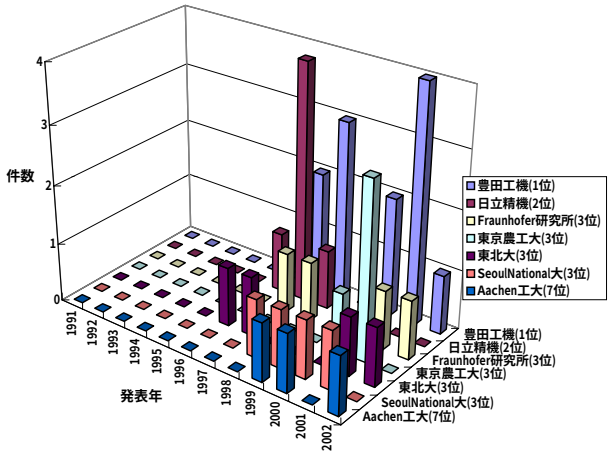
第２節　パラレルメカニズム応用工作機械

日米欧とも 1994 年から発表が増加しており、特に日本人について見ると、特許出願件数ほど発表されている文献数が多くないものとなっている（第 3-2-3 図）。発表者上位については、豊田工機や日立精機等の工作機械メーカは２社のみであり、東京農工大、東北大、ソウル大、ン工科大、フラウンホーファー研究所といった研究機関からの発表が多い（第 3-2-4 図）。

第 3-2-3 図　パラレルメカニズム応用工作機械
文献発表動向



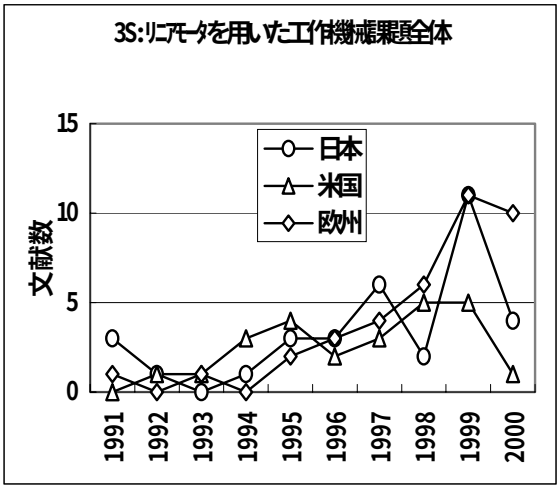
第 3-2-4 図　パラレルメカニズム応用工作機械
発表者別文献数



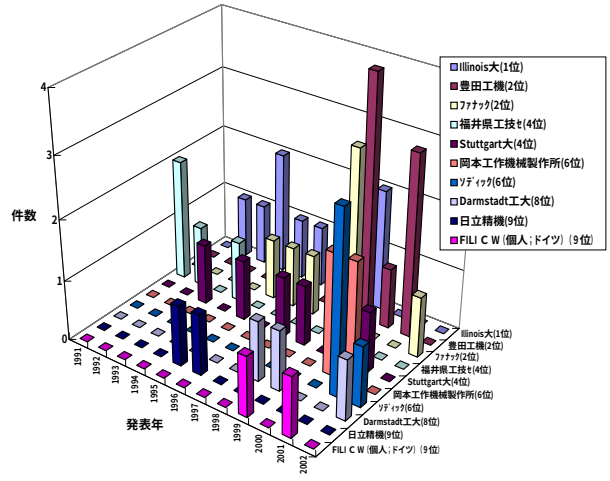
第３節　リニアモータ駆動工作機械

日米欧とも発表文献数は増加傾向にあり、特に日本人について見ると、パラレルメカニズム応用工作機械と同様に特許出願件数ほど発表されている文献数は多くないものとなっている（第 3-2-5 図）。発表者上位については、日本人については豊田工機、ファナック、岡本工作機械製作所、ソディック、日立精機といった工作機械メーカが多いのに対して、欧米人ではイリノイ大、シュツッツガルト大といった研究機関が多い（第 3-2-6 図）。

第 3-2-5 図　リニアモータ駆動工作機械
文献発表動向



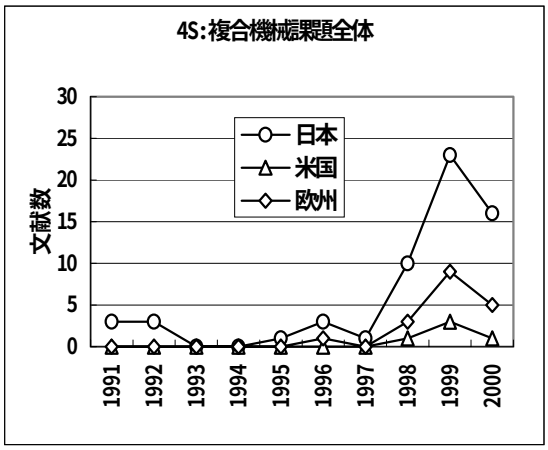
第 3-2-6 図　リニアモータ駆動工作機械
発表者別文献数



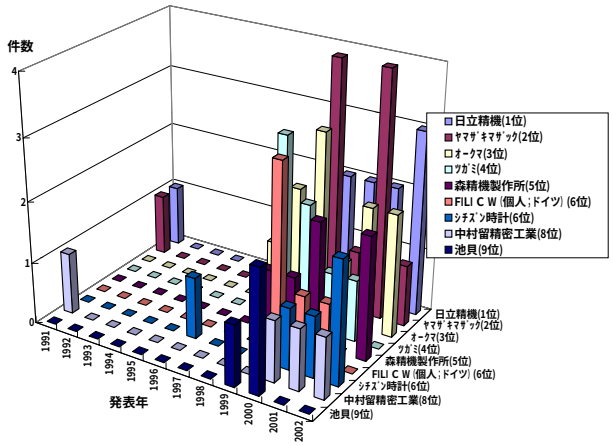
第４節　複合加工工作機械

特許出願と同様に日本人の発表が多く見られ、特に 1997 年以降、日本人と欧州人の発表件数が増加傾向にある（第 3-2-7 図）。発表者上位は日本の工作機械メーカがほとんどを占めている（第 3-2-8 図）。

第 3-2-7 図　複合加工工作機械文献発表動向



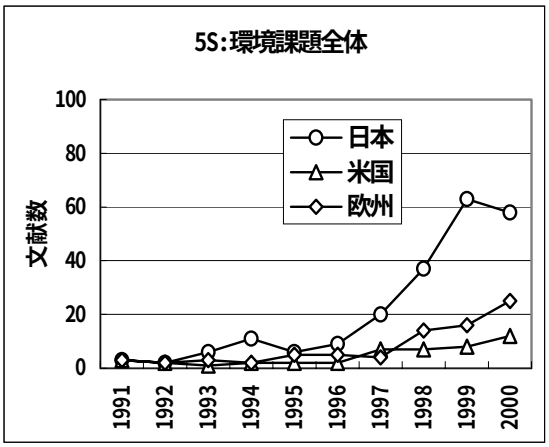
第 3-2-8 図　複合加工工作機械発表者別文献数



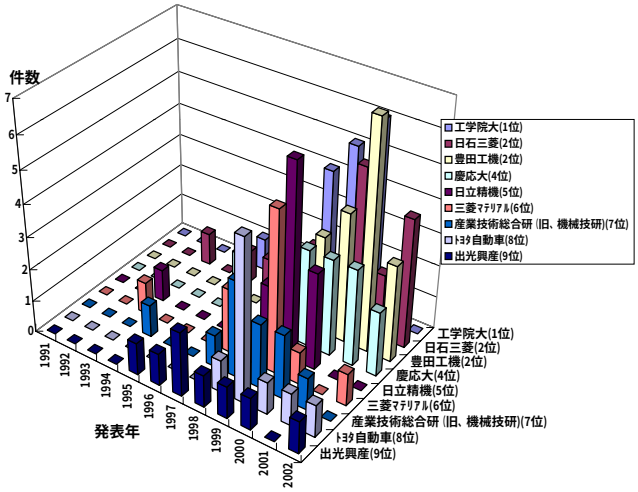
第５節　環境対応型工作機械

特許出願と同様に日本人の発表が多く見られ、特に 1997 年以降は日米欧ともに発表件数が増加傾向にある（第 3-2-9 図）。発表者上位は日本人で占められており、工学院大、慶応大、産総研といった研究機関や、日石三菱、出光興産等の油剤メーカが入っている（第 3-2-10 図）。

第 3-2-9 図　環境対応型工作機械文献発表動向



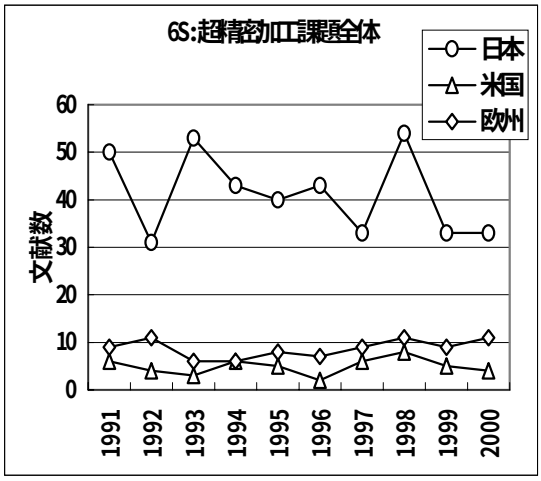
第 3-2-10 図　環境対応型工作機械発表者別文献数



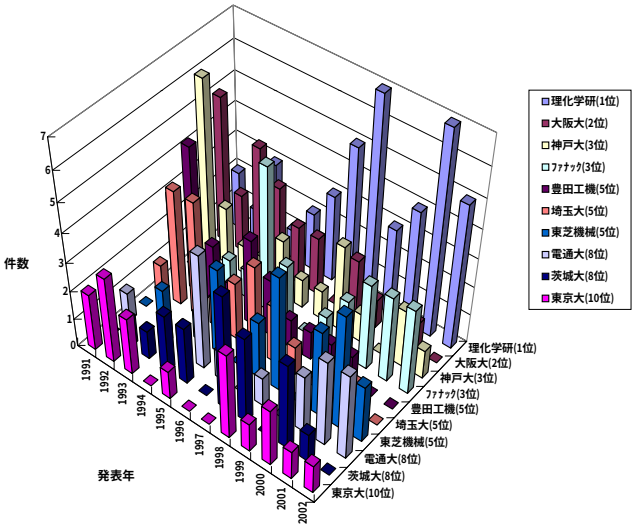
第６節　超精密加工工作機械

特許出願と同様に日本人の発表が圧倒的に多く見られる（第 3-2-11 図）。発表者上位は日本人で占められており、理化学研、大阪大、神戸大といった研究機関が多く、工作機械メーカはファナック、豊田工機、東芝機械が入っている（第 3-2-12 図）。

第 3-2-11 図　超精密加工工作機械文献発表動向



第 3-2-12 図　超精密加工工作機械発表者別文献数



第４部　特許出願動向から見た我が国の技術競争力

第１章　テーマ別技術競争力比較

我が国の次世代工作機械に関する技術競争力をテーマ別に分析すると以下のようになる。

第 4-1-1 表　我が国の技術競争力分析

技術テーマ	出願動向	研究開発動向	我が国の主要出願人	研究開発リーダ	我が国の主要市場参入者	技術動向から見た日本の優位性	技術動向から見た日本の劣位性
高速主軸	↘→	↘↗	軸受メーカ（NTN等） 工作機械メーカ（オークマ、東芝機械、豊田工機等）	軸受メーカ（NTN等） 工作機械メーカ（牧野フライス、豊田工機等） 研究機関（新潟県工業技術総合研究センター）	東芝機械 牧野フライス 豊田工機	○市場投入している工作機械メーカ（ビジネスリーダ）が、研究開発成果を確実に特許出願 ○コアテクノロジーである軸受を専門とする軸受メーカが研究開発成果を確実に特許出願	○欧米における特許出願シェアが25%程度と比較的低い
パラレルメカニズム	↗→	↗	工作機械メーカ（豊田工機、オークマ、東芝機械等）	工作機械メーカ（豊田工機、日立精機等） 大学（東京農工大、東北大等）	オークマ 豊田工機 ホンダエンジニアリング	○市場投入している工作機械メーカが、研究開発成果を確実に特許出願 ○特に制御技術について特許出願が多い	○欧米における特許出願シェアが8～15%と極めて低い ○欧米が技術開発で先行 ○大学等研究機関の研究成果のスピンオフが不十分
リニアモータ駆動	↗	↗	精密機械メーカ（キヤノン、ニコン等） 工作機械メーカ（豊田工機、東芝機械等） 電気メーカ（安川電機等）	工作機械メーカ（豊田工機、ファナック、ソディック等）	豊田工機 松浦機械製作所 ソディック等	○精密機械メーカや電機メーカ等の半導体製造装置関連機器における技術の蓄積 ○米国における特許シェアが48%程度と高い。	○工作機械への応用では欧米が先行 ○特に欧州における特許出願シェアが22%程度と少ない ○市場投入している工作機械メーカ（ビジネスリーダ）の特許出願件数が比較的少ない
複合加工	↘→	↗	工作機械メーカ（オークマ、森精機製作所、キタムラ機械等）	工作機械メーカ（日立精機、ヤマザキマザック、オークマ、ツガミ、森精機製作所）	オークマ 森精機製作所 ヤマザキマザック	○市場投入している工作機械目0か（ビジネスリーダ）が確実に特許出願 ○欧米における特許出願シェアが35～37%程度と比較的高い	○マシニングセンタ型について欧州が先行
環境対応	↘→	↗	工具メーカ（三菱マテリアル） 工作機械メーカ（エンシュウ、日平トヤマ等） 関連機器メーカ（栗田工業）	大学（工学院大、慶応大等） 工作機械メーカ（豊田工機、日立精機） 油剤メーカ（日石三菱、出光興産等） 研究機関（産総研） 工具メーカ（三菱マテリアル）	ホーコス エンシュウ 豊田工機	○市場投入している工作機械メーカがNEDO共同研究開発プロジェクトの成果を特許出願 ○ドライ加工・MQL加工のみでなく、クーラントのリサイクル技術についても特許出願	○大学等研究機関の研究成果のスピンオフが不十分 ○欧米に於ける特許出願シェアが25～26%程度と比較的少ない
超精密加工	→	→	電機メーカ（ソニー、日立製作所、松下電機産業、東芝等） 精密機械メーカ（キヤノン、ニコン、オリンパス光学工業等） 工作機械メーカ（東芝機械、不二越等） 工具メーカ（三菱マテリアル）	研究機関（理化学研） 大学（大阪大、神戸大等） 工作機械メーカ（ファナック、豊田工機、東芝機械等）	東芝機械 不二越 豊田工機 ファナック ディスコ 荏原製作所 岡本工作機械製作所	○精密機械メーカや電機メーカ等の半導体研磨装置やレンズ研磨装置における技術の蓄積 ○欧米における特許出願シェアが31～42%程度と比較的高い	○市場投入している工作機械メーカの特許出願が比較的少ない

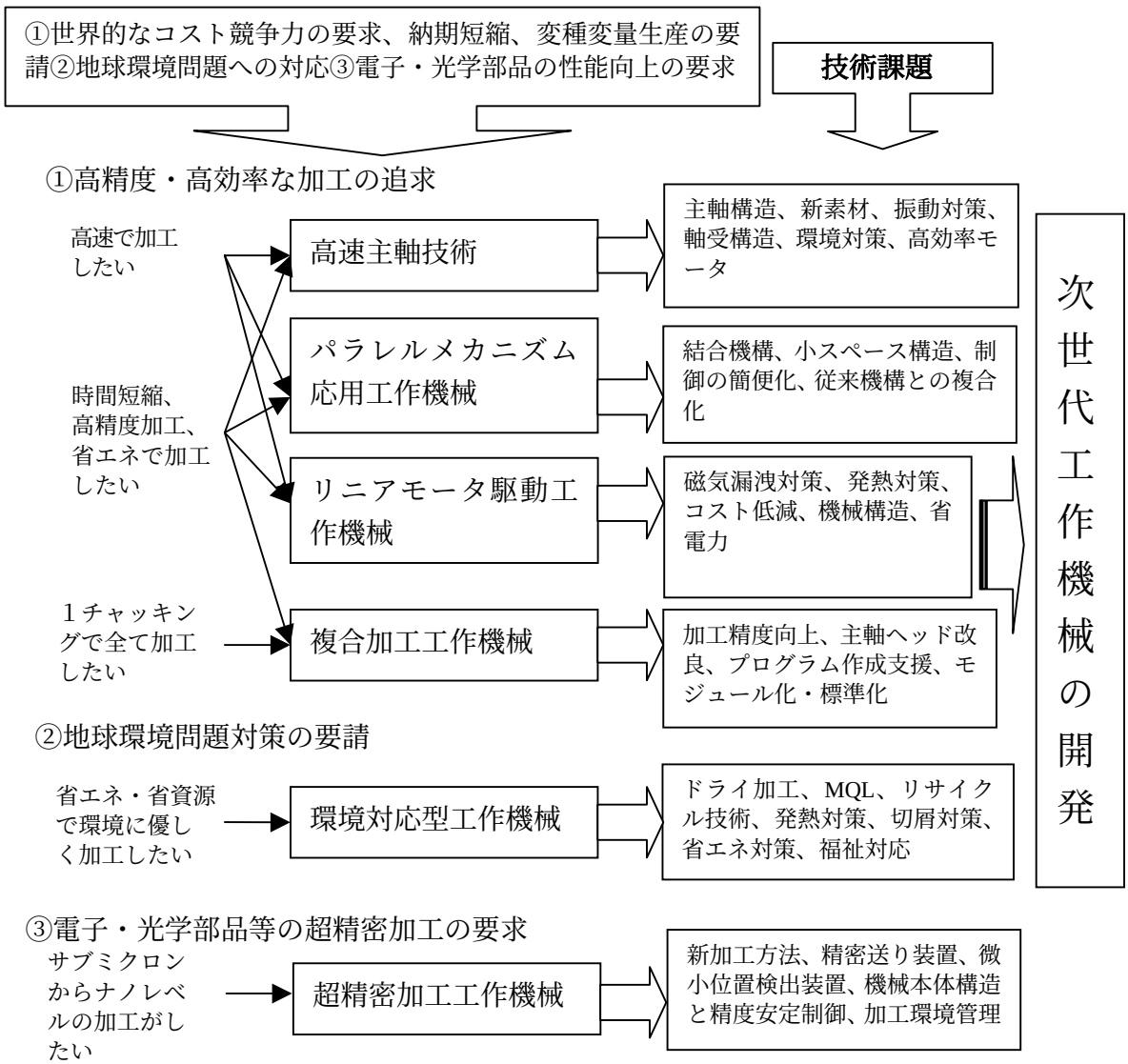
第５部　今後の技術開発の方向性と課題

第１章　次世代工作機械の技術課題

次世代工作機械に関する今後の技術的課題をテーマ別に整理すると第 5-1-1 図のようにな

る。

第 5-1-1 図　次世代工作機械の技術課題



第２章　我が国の技術開発の方向性

次世代工作機械については、第１部で述べたとおり我が国の国内産業の競争力強化を図るために求められる次世代の工作機械技術として位置付けられるが、次世代工作機械に関する我が国の技術競争力について見ると、第４部で論じたように各テーマごとに優位、劣位が存在しており、今後の技術開発にあたっては優位性を有効に活用しつつ、劣位性を克服していく必要がある。

そこで、今後の我が国の技術開発の方向性について以下のように提言する。

（１）共同研究・技術移転による技術開発の促進

リニアモータ駆動や超精密加工に関する技術については、特許動向から精密機械メーカや電機メーカが多くの特許を取得していることが確認されており、リニアモータ駆動工作機械や超精密加工工作機械の開発にあたっては、このような知的資産の蓄積を他の工作機械に移転することが、我が国の優位性を有効活用する上で好ましいものと考えられる。

また、文献発表動向からパラレルメカニズム、環境対応、超精密加工について大学等研究機関で活発な研究が行われていることも確認されており、パラレルメカニズムについては劣位性克服のために、また環境対応技術や超精密加工技術については優位性をより一層強化するために、大学等研究機関における技術的蓄積の移転や共同研究により技術開発を促進し、新たな知的資産を創造していくことが必要である。

（２）戦略的特許の取得

第４部で論じたとおり、日本人の海外における特許出願件数は国内における特許出願件数と比較して一般に少ないため、海外における技術競争力を確保するために必要な特許出願を十分に行っていない可能性がある。特に高速主軸、パラレルメカニズム、複合加工については海外における特許出願シェアが少なかったことから、これらの技術についてはより多くの外国出願を行う必要がある。

特にパラレルメカニズムやリニアモータ駆動については、元々、欧米が先行して技術開発を行ってきたものであることから、我が国がこの分野で技術競争力を強化・維持するためには、実用上必要不可欠な制御技術等について戦略的に外国出願して、技術競争力の強化を図る必要がある。

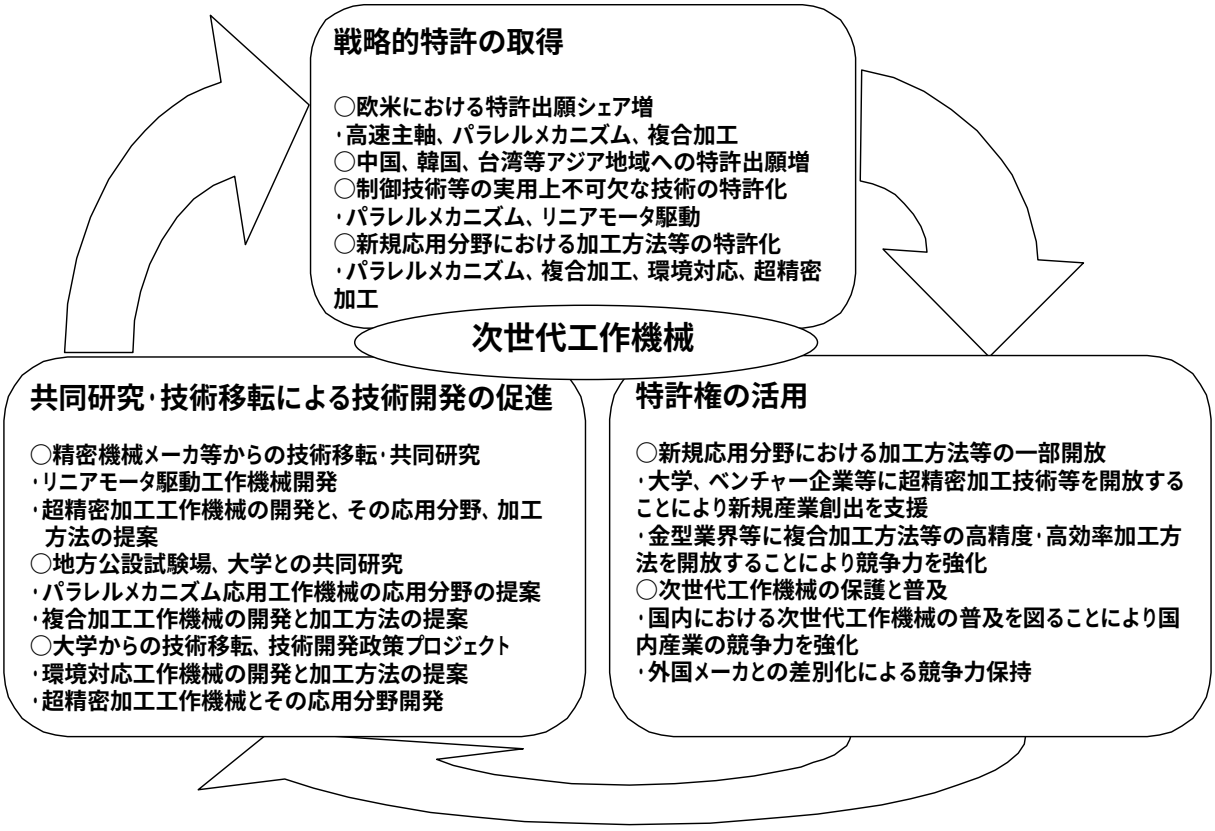
さらに、今回の調査対象ではないが、近年の我が国製造業の中国への移転に伴い、我が国から中国への工作機械の輸出は増加しており、長期的な視野にたって中国等アジア地域への出願も増やしていく必要がある。

また、（１）で提言した共同研究の成果については、知的創造サイクルの一環として特許出願することにより、開発に要した投資の回収を図るべきである。

（３）特許権の活用

次世代工作機械により我が国の国内産業の産業競争力強化を図るためには、次世代工作機械自体について特許権を活用することにより保護するのみでは足らず、さらに精密機械メーカや電機メーカが保有する超精密加工方法や、大学等との共同研究の成果物であるパラレルメカニズム応用工作機械や複合加工工作機械による加工方法の一部を開放することにより広く普及させて、新規産業の創出や金型産業等の競争力強化に繋げていく必要がある。

第 5-2-1 図　次世代工作機械の知的創造サイクルモデル



【お問い合わせ先】特許庁 総務部 技術調査課 技術動向班
TEL：03-3581-1101（内 2155）　FAX：03-3580-5741
E-mail：PA0930@jpo.go.jp