

技術研究所

技術研究所の概要

(1) 緒言

当技術研究所は、中小企業に重点を置いたものづくり企業支援を使命としている。そのため当所は、ものづくり活動のライフサイクルである①製品開発、②製造、③販売・保守などの各段階で、ものづくり企業に寄り添った事業である研究事業、受託事業、人材育成事業、施設賃貸事業、および成果の普及事業を実施している。

具体的に、①製品開発の段階では、研究事業によるものづくり企業の製品開発の支援をさせていただいており、人材育成事業の一部として、企業の優秀な研究開発を表彰する新機械振興賞事業を実施している。つぎに、②製造の段階では、受託事業として、材料試験分析・精密計測などの受託試験や、加工技術データファイルによる技術情報提供により、ものづくり企業の製造活動を支援している。また、③販売・保守の段階では、受託事業の材料試験分析・精密計測などにより、製品販売後のクレーム処理や保守などの活動を支援している。さらに、施設賃貸事業として、ものづくり企業が営業、開発、製造拠点としてご利用可能な貸室であるものづくり支援スペースを提供している。さらに、成果の普及事業として、研究成果や成果活用製品を、展示会やセミナーで広報し、市場投入の促進をはかっている。

しかし、ものづくり企業は、常に政治、経済、社会、および技術などの外部環境変化に適応し続けている。そこで、当所の事業もこれらの環境変化に応じて内容を変化させ、ものづ

くり企業のニーズにお応えしてきている。

この当所の事業変遷を、当協会が一般財団法人に移行する2011（平成23）年の前後に分け概観する。

(2) 一般財団法人移行前の事業

当協会が設立30周年を迎えた1994（平成6）年から、一般財団法人に移行する2011（平成23）年までにおける外部環境変化と、それに対応した当所の事業の特徴について示す。

外部環境として、1994（平成6）年当時の日本経済は、バブル崩壊による景気後退期と、国内需要の頭打ちから、大手ものづくり企業は、海外市場への進出を増大させた時期であった。具体的に、例えば自動車関連のものづくり企業では、国内で製品開発を行い、海外で作れない部品を国内のマザー工場、およびその下請企業が製造して海外に輸出し、最終製品を人件費の安い新興国などのノックダウン工場が製造するようなグローバル生産の取り組みが始まった。その後、2000（平成12）年頃からは、国内需要の低迷に加え、日本が輸出する部品が減少し、部品の現地調達や新興国での製造が促進されるようになった。この生産のグローバル化が国内で下請けを担う中小ものづくり企業の経営を圧迫した。そして、2008（平成20）年のリーマンショックによる景気低迷期を迎えることとなった。

これらの外部環境変化から、国内で、より高度な製品開発や製造技術などへの要求が高まった。そこで、図1-A～図1-Fのとおり、当所は、専門性の高い事業を実施することにより、この要望に応えた。具体的には、企業の製品開発を支援するため、「複合材料評価に関する研究」などの研究事業、「高低温環境試

験」などの受託事業、および「新機械振興賞」を人材育成事業として実施した(図1-A)。また、製造を支援するため、「工作機械内衝突防止システム」などの研究事業、「MAP試験」などの受託事業、および「受託業務関連研修」を人材育成事業として実施した(図1-B)。さらに、販売・保守を支援するため、「材料試験分析」などの受託事業を実施した(図1-C)。また、海外で日本からの輸入部品や現地調達した部品を用いて、最終製品を作るために必要なグローバル生産の技術要望に対応するため、「IMS国際共同研究」をはじめとする研究事業を実施した(図1-D)。さらに、国内外から、「超精密旋盤UPL-200」などの高度な部品製造を行うための高精度な特殊工作機械の受託事業、工作機械輸出手続きに必要な「工作機械精度検査」の受託事業も実施した(図1-E)。一方、低炭素化などのサステナブルな社会環境のための技術も求められるようになり、研究事業として「ループヒートパイプに関する研究」にも取り組んだ(図1-F)。

(3)一般財団法人移行後の事業

一般財団法人移行後の外部環境変化と、それに対応した「新生技術研究所」について示す。

まず、同時期の外部環境は、2012(平成24)年の超円高、国内の需要低迷、および新興国の安価な人件費などの要因により、高付加価値な製品開発は、国内のマザー工場に残ったものの、現地ニーズに対応した開発が必要な製品の開発拠点や、製造拠点の現地化が進み、国内の空洞化が顕著になってきた。また、少子高齢化に伴う労働人口減少の課題も明らかになってきた。一方で、当協会の一般財団法人化に伴うリソースの変化により、抜本的な業務の見直しが必要となった。

そこで、これらの外部環境変化に対応するため、当所の事業は、選択と集中による事業の効率化、および新たな外部環境変化に対応

した新規事業の投入による「新生技術研究所」を目指すことにした。

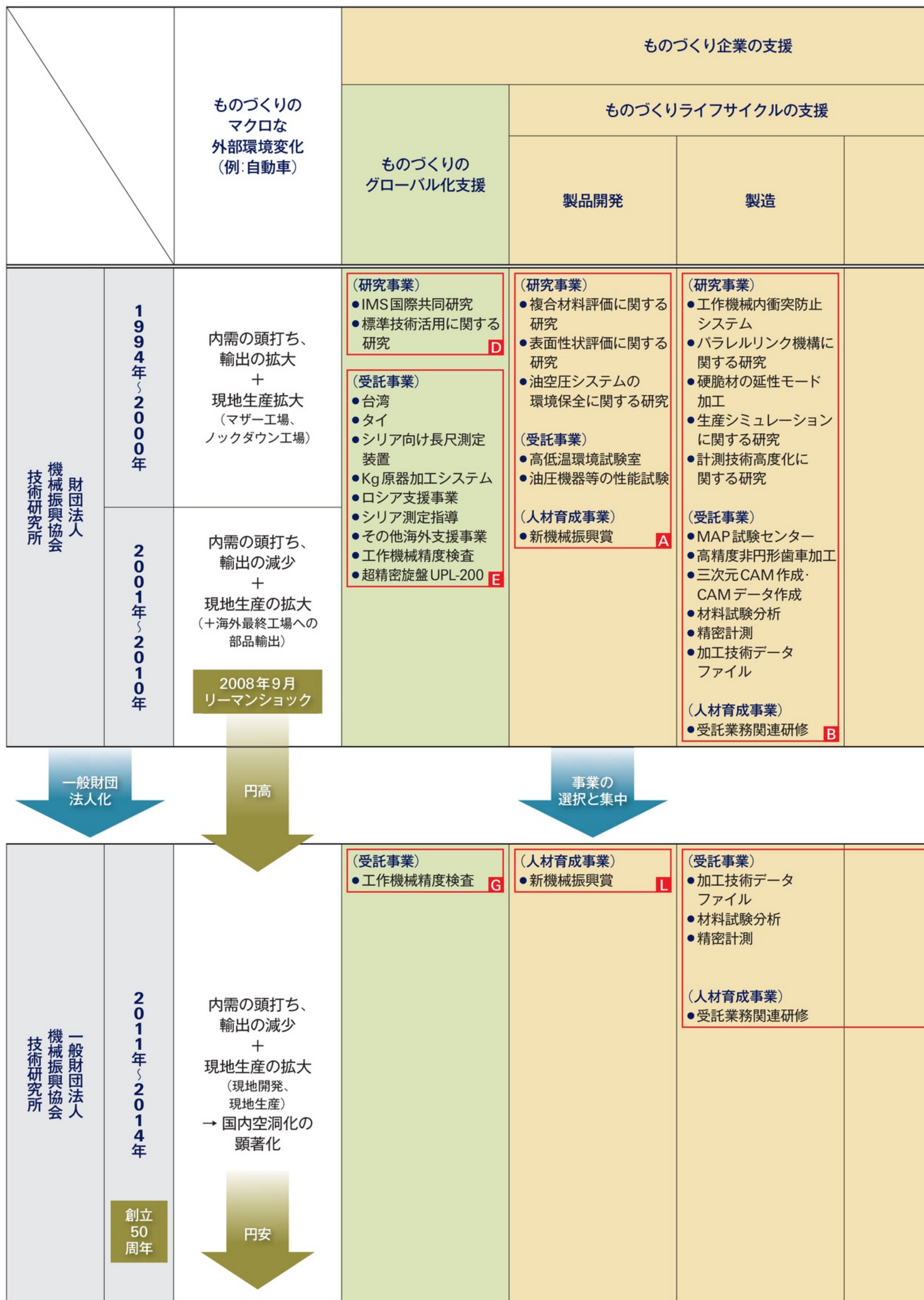
具体的には、2013(平成25)年に、設立以来中心的な業務であった受託事業を大幅縮小し(図1-G)、外部環境である国内の空洞化により要望が高まった中小ものづくり企業の新規市場開拓に資する「作業支援ロボット開発(HART事業〈Human Assist Robot Technologies〉) (図1-H)」、および低炭素化に資する「太陽熱発電事業(図1-I)」を研究事業として開始した。なお、「作業支援ロボット開発(HART事業)」は、第二次産業の生産技術を、農業に適用する「HART農作業支援ロボット開発」、福祉ロボットを開発する「HART移動支援ロボット開発」および企業の製品開発を支援する「HART安全コンサルティング」から成る。また、2014(平成26)年には、労働人口不足対策の一助となり、障害者の機械産業への参加促進を目的とした「3Dプリンタによる障害者就労支援事業(図1-J)」を人材育成事業として開始した。また、これらの事業では、成果の円滑な実用化のため、ユーザーを含む企業、業界団体、大学、行政などの参加を得たオープンイノベーション型研究会(図1-K)などを併設した。さらに、人材育成事業としての新機械振興賞は、2014(平成26)年に審査委員長特別賞を新設し、小規模事業者の支援を強化した(図1-L)。

(4)結言

協会設立50周年を迎えた2014(平成26)年、為替相場は円安に転じ、大手企業を中心に景気回復感が伺えるようになったが、中小ものづくり企業の景気回復感は程遠いようである。

当所は、今後も外部環境の変化に応じて、柔軟に、継続的に、ものづくり企業が必要とする事業を進め、さらなる機械産業の発展に貢献する所存である。

図 1





第1項 研究事業

(1) 工作機械内衝突防止システム

工作機械の段取りミスに起因する工具と素材・治具との衝突事故は、高額な主軸破損を招き、修理しても機械精度低下などの深刻な事態に陥ることもあり、解決技術が求められる。しかし、従来の衝突防止手法は、CAD／CAMや加工シミュレーターなどを活用し、シミュレーションにより衝突を予知したり、工作機械の制御装置に搭載された加工シミュレーターにより衝突を予知したりするものが主であるが、これらは、事前に作成した想定モデルをもとにシミュレーションしているため、素材や治具の段取りミスの検証までできない。

そこで、現場での段取り後、素材や治具を、工作機械に搭載させた3Dレーザースキャナで計測し、素材や治具の実測情報、NC (Numerical Control) 装置内の工具補正值や座標系設定値などを、NC装置に隣接設置したパソコンの市販加工シミュレーターに自動転送し、自動運転開始直前に、工作機械で実際に加工する場合と同等な条件でシミュレーションすることで、衝突事故を予知する手法を開発した。本手法は、実用化を考慮し、次の特長を有する。

- 段取り間違いや素材の寸法間違いも対応 (3Dレーザースキャナで素材・治具を実測)
- 標準技術 ORiN (Open Resource interface for the Network) 活用により、異メーカー、新・旧NC装置に容易に適用可能

- 設置時にNC装置のラダー変更や配線変更などが不要

また、本手法をもとに、実際に活用可能なシステムとして、3軸マシニングセンター向け工作機械内衝突防止システムを開発した。本システムを運用した場合の動作画面例を図2左に示す。

さらに、これらのシステムの実用化をはかるため、工作機械内衝突防止システムの実用化研究会(アドー・ジャパン(株)、(株)ソフィックス、パルステック工業(株)、(株)ブルームLMT、(一財)機械振興協会 技術研究所)を組織し、「シミュレータ連携型工作機械内衝突チェックシステム」を商品名とした試験販売を開始した。また、本商品の派生品として、大型鋳物素材の荒削り時のエアーカットを削減するための「非接触加工前ワーク形状計測システム」も合わせて試験販売を開始した。

試験販売の結果、「シミュレータ連携型工作機械内衝突チェックシステム」は、大手自動車部品メーカーに、「非接触加工前ワーク形状計測システム」は、工作機械メーカー、および自動車メーカーに試験導入された。

さらに、「シミュレータ連携型工作機械内衝突チェックシステム」の成功をきっかけに、工作機械内衝突防止システムの実用化研究会から5軸工作機械の対応に関する要望が高まったため、5軸立形マシニングセンター向けの「5軸対応シミュレータ連携型工作機械内衝突チェックシステム」を開発した(図2右)。本システムでは、3軸対応の「シミュレータ連携型工作機械内衝突チェックシステム」に比べ、素材をA軸、またはB軸、およびC軸により回転させた上で複数回計測して合成する

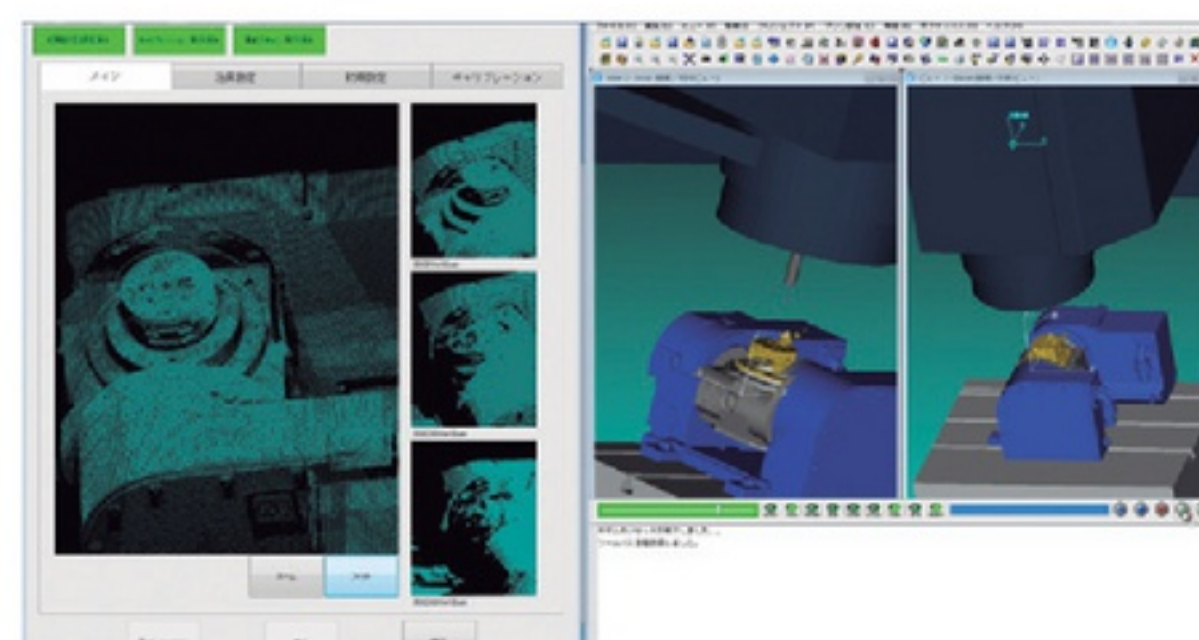
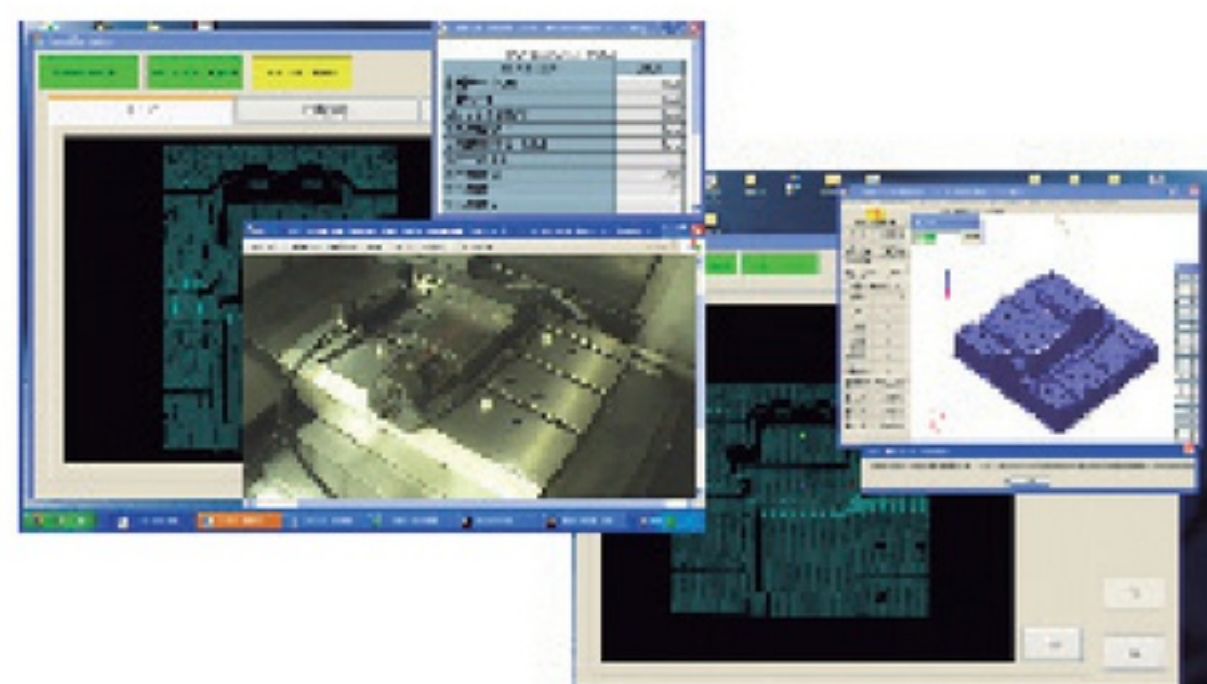


図2 工作機械内衝突防止システム

ことで死角の少ない計測が可能である。

なお、これら研究開発では、関連特許の取得、および試験販売による実用化の他に、学会発表などの広報活動にも尽力した。今後は、これらシステムのさらなる普及を目指す。

(2) パラレルメカニズムに関する研究

① 研究の背景と目的

パラレルメカニズムと呼ばれる機構（図3）は、大型フライトシミュレーターやアミューズメント機器の揺動装置として実用化され、既に30年以上の長い歴史と多くの開発実績がある。近年、このメカニズムが新しいコンピュータ制御技術と結びつくことで再び注目を集め、ロボット、工作機械、測定装置、精密位置決め機構等の分野でさまざまな研究開発が試みられるようになってきている。パラレルメカニズムは、コンパクトに多自由度・多次元の高速動作を実現できる。これまでも、精密位置決め機構、工作機械、ロボット等への応用が試みられてきたが、実用化事例は少なく、有効な利用方法についても手さぐりの状況であった。当所では、①小形多自由度ステージ機構、②三次元曲げ加工機、③多軸材料試験機など、各種産業機械装置への応用研究・開発を行った。

② 三次元曲げ加工機

金属管材の単純な形状の曲げ加工については、これまでに多くの加工法、加工機が実用化されている。代表的なものに、回転引き曲げ、プレス曲げなどがある。これらの加工は、素材を塑性変形させて金型の形状を金属部分に転写する方法であり、大量生産には優れている。しかし、管材の断面形状や曲げ半径に

合わせて多数の型を製作しなければならないため、多品種少量生産では高コストとなる。さらに、曲げ半径が連続的に変化するような曲げや、ねじりを含む複雑な三次元形状の曲げを行うことは困難である。この問題を解決するため、引抜き型によって管を拘束しながら曲げ加工を行う、押通し曲げ加工法が提案された。そこで本研究ではこのことに着目し、押通し曲げ加工における可動金型の駆動にパラレルメカニズムを用いることにより、従来の押通し曲げ加工機に比べシンプルな構造で任意の三次元形状に加工が行えるという特長を持つ、管材など、長尺材の曲げ加工システムを実現しようとするものである。簡単な操作でねじり形を含む多彩な高精度三次元曲げ加工が可能な、汎用NC加工システムの実現を目指した。本研究では、可動金型駆動部に従来のシリアルメカニズム（スライド、回転テーブル）による一般的な多軸制御ではなく、Stewart-Gough プラットフォームの六自由度パラレルメカニズムを用いる構造を採用する。可動金型の位置と姿勢を制御するためには、金型の位置と姿勢から駆動アクチュエーターの操作量を求める逆運動学演算が必要である。パラレルメカニズムでは逆運動学の解を容易に求めることができるため、これまでの押通し曲げ加工機に比べ、多軸制御のための計算がより簡便になるという特長があり、また機械的な回転中心が存在しないため、可動金型の回転中心を任意の位置に指定できるという大きな利点もある。提案する曲げ加工機の概観を図4に示す。

③ まとめと今後の課題

管材は棒材に比べ、重量あたりの曲げ剛性

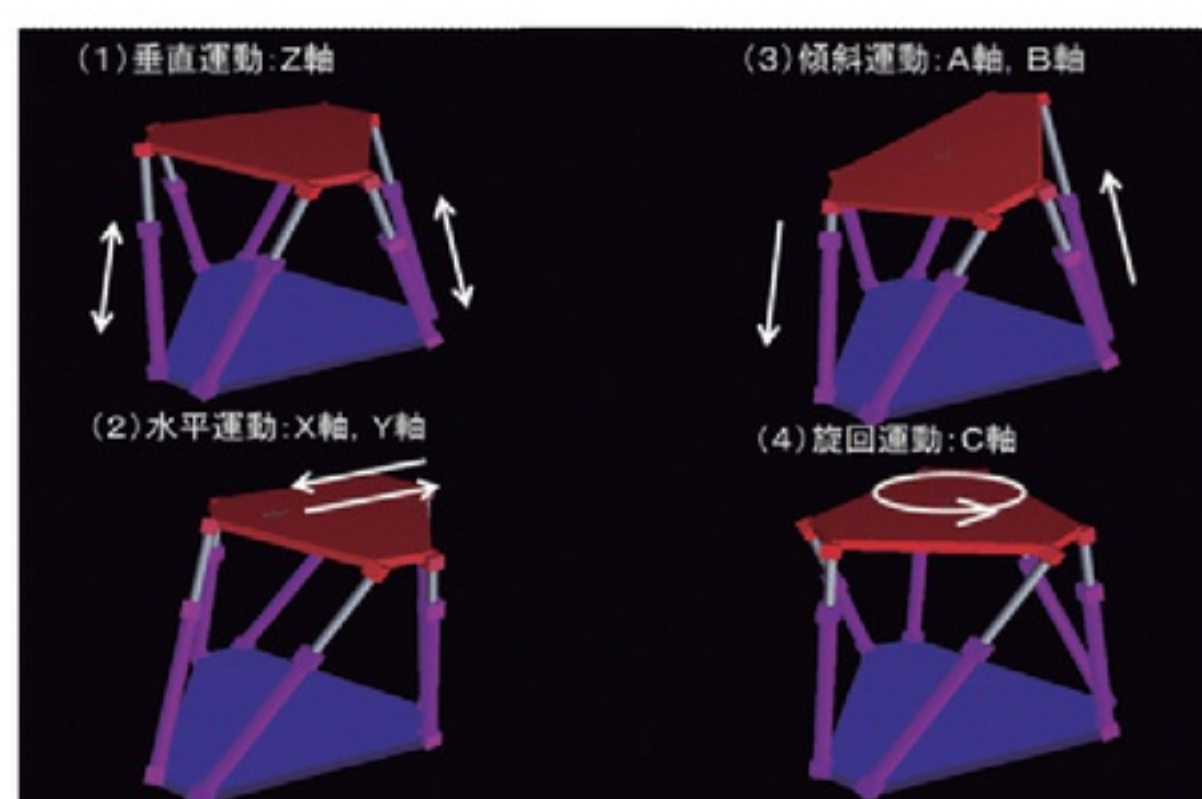


図3 パラレルメカニズム概要

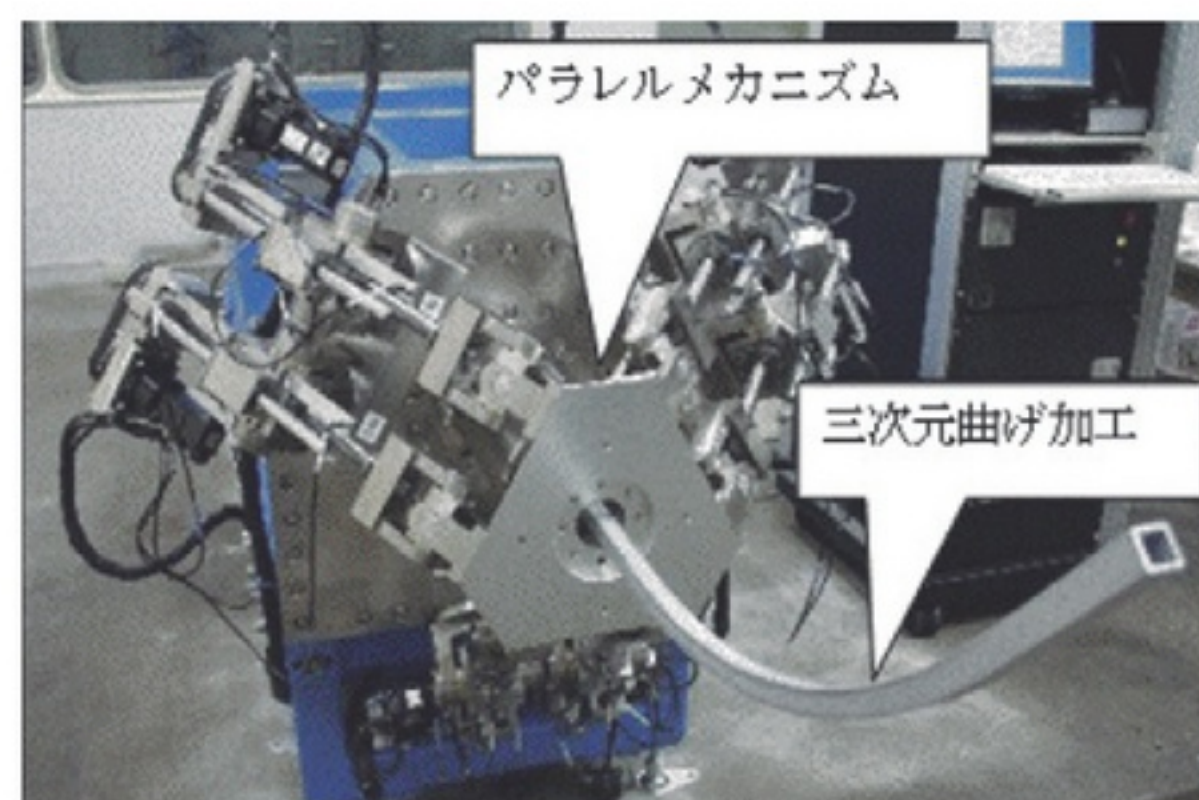


図4 試作した曲げ加工機

やねじり剛性が高いため、軽量化や省資源、コスト低減に有利であると考えられる。本加工機の利用によりこれまで不可能であった複雑な形状の加工が実現でき、適用範囲の拡大が期待される。本研究開発の成果は既に実用化され、民間企業等で活用されている。

(3) 硬脆材料の延性モード加工

ガラスは建築資材、光学部品、家電品、医療機器、さらには食器に至るまでさまざまな製品に使用されている身近な材料である。しかし、ガラスは室温では硬く割れやすいため、機械加工が困難な代表的材料でもある。

一般に、材料とその加工方法は、加工技術の進展に伴って変化していく。硬く焼き入れされた鋼鉄の加工は、過去には砥石を使う研削・研磨に頼っていた。現在は、工具と工作機械の技術が進歩したので、切削加工が主流となっている。また、過去には砥粒で磨いていた金属鏡は、超精密加工技術の発展によりダイヤモンド工具による切削加工で生産されている。しかし、常温におけるガラスの加工方法は、現在においても研削・研磨加工が主流である。

ガラス、セラミックスおよび金属シリコンなどは、硬くて脆い性質のために金属同様に切削・研削加工を施すとクラックなどの脆性破壊が容易に生じる。しかし、これらの硬脆材料では、切り取り厚さ（切り込み量）をマイクロメートル以下の極めて薄い値に設定すると、金属同様の加工（延性モード加工）が可能となる。一般に、ガラスでは切り込み量（切り取り厚さ）を0.1マイクロメートル（0.0001mm）付近まで極めて薄くすると、割

れを発生させずに切削加工を行うことが可能となる。この値は材料の種類や加工条件によって異なり、延性－脆性遷移点と呼ばれる。

以上により、旋削によってガラスに延性モード切削を施すためには、加工を行う工作機械には、延性－脆性遷移点以下となる0.1マイクロメートルの切り取り厚さを安定して維持し続ける能力が要求される。

そこで、当研究所では超精密旋盤を開発し、単結晶ダイヤモンド工具を用いて光学ガラス（BK7）の円盤に旋削（正面切削）を施すことにより、延性モード切削を実現した（図5・図6）。しかし、ガラス円盤の表面を0.1マイクロメートル程度の薄さで削り取る加工方法は、極めて加工能率が低く、非現実的な加工方法であることは否定できない。

この問題の解決のため、旋削に代わるガラスの切削加工の手法として、工具を回転させるフライカットに着目した。超精密旋盤を改造し、ガラスの延性モード切削がフライカットで可能か確認する切削実験に着手した。その結果、旋削の100倍以上の切り込み深さ（約15マイクロメートル）で延性モード切削を実現した。このフライカットは、ガラスの加工方法として実用性のある手法であると考ええる。また、硬脆材料の加工では、工具摩耗がコスト上昇の一因となっている。

ダイヤモンドは地上でもっとも硬い材料であり、工具として優れた性質を備えている。しかし、ダイヤモンド工具でガラスを切削すると、ダイヤモンドは容易に摩耗してしまう。このダイヤモンド工具の摩耗は、工具逃げ面に発生し、工具と工作物の機械的な摩擦が原因と考えられている。本研究ではこのダイヤ

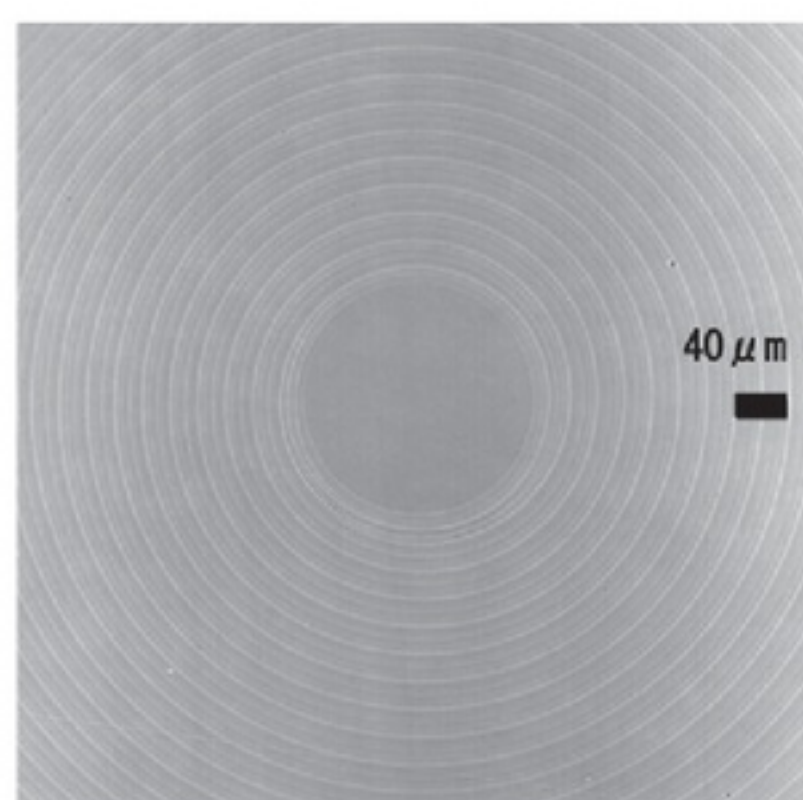


図5 ガラスの延性切削加工面
（BK7ガラス円盤への正面切削、中心部分）

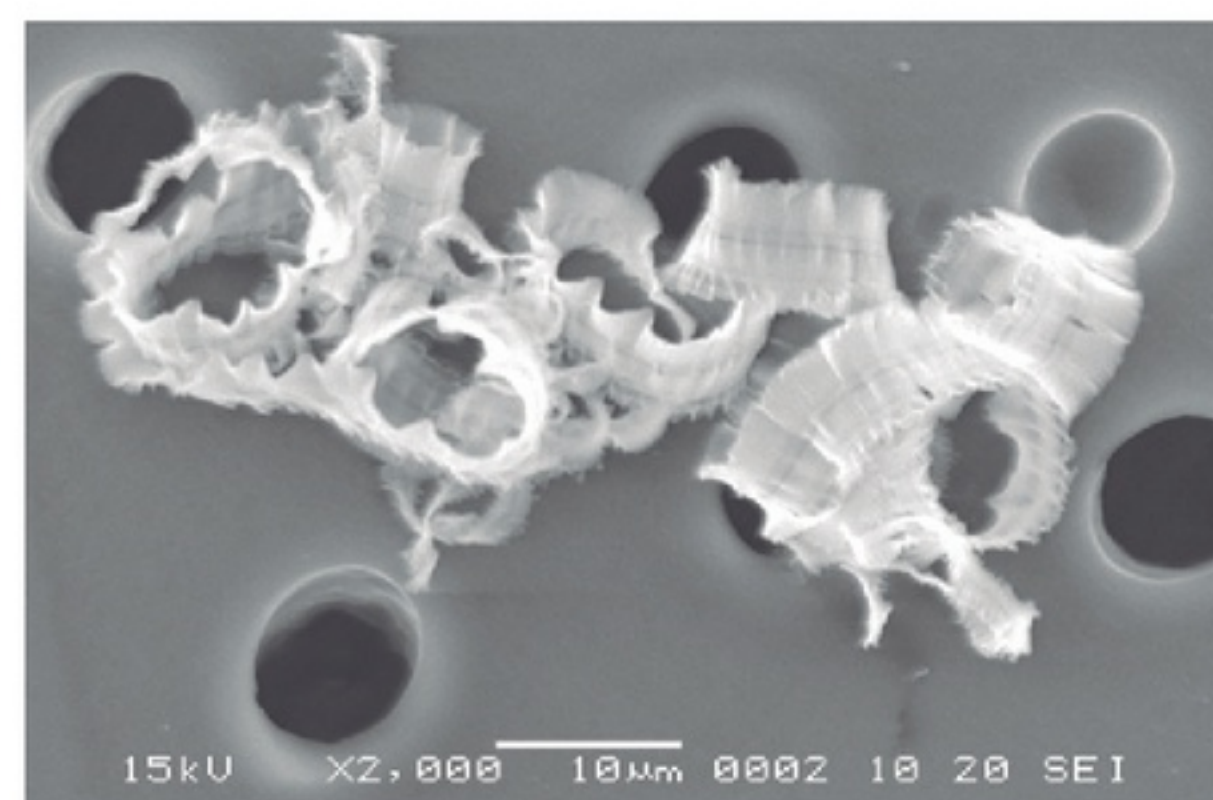


図6 延性モード切削加工によるガラスの切りくず
（ソーダ石灰ガラス円盤への正面切削）

モンド工具に生じる摩耗を再現するため、ダイヤモンドとガラスの摩擦摩耗実験を行って工具摩耗の原因を探った。その結果ガラスとダイヤモンドの摩擦面にグラファイトの付着を確認し、ダイヤモンドはガラスとの摩擦でグラファイトに変化していることが判明した。また、ダイヤモンドとガラスの摩擦実験では、摩擦部分が発光し、その光を分析した結果、トライボマイクロプラズマであることを確認した。よって、ダイヤモンドの摩耗原因は、摩擦熱だけではなく、トライボマイクロプラズマも影響していることが判明した。

(4)生産システムのシミュレーションに関する研究

1990年代以降、製品需要の多様化、個性化に伴い、製品の市場における寿命は短くなり、市場ニーズは種類のにも量的にも激しく変動する傾向が顕著になっている。このような市場動向に敏速に応え、顧客満足度を高めることができる生産システムを短期間に構築し、運用・改善することは産業界の競争の生き残りに不可欠となっていた。そこで、産業界では、製品開発から生産準備、工程実装に至るさまざまな活動を、情報技術を利用して高度化するデジタルマニュファクチャリングの導入が重要となっていた。技術研究所においては、生産システムのシミュレーション技術の高度化の研究を継続的に実施した。大きく2つの研究を実施した。

まず、一つ目の研究として、生産システム設計・改善時のモデル化とシミュレーション技術の研究を実施した。生産システムシミュレーションは、生産システムをコンピュータ

上の仮想モデルとして模擬的に表現し、ワークなどのものの流れ方と、生産指示情報などの情報の流れ方を、離散的に時刻を進めながら擬似実現を可能とする(図7参照)。設備の処理時間や故障間隔などは乱数を利用して確率的に変動可能なため、対象システムの動的な挙動評価を可能とする。この生産システムシミュレーションの利用を容易にする支援技術として、モデル化手法を開発した(1993年～1999年)。また、大規模な生産システムの評価手法として、異なるシミュレーションを結合して一つの統合シミュレーションを実現するための分散シミュレーション(異種シミュレーション統合)の研究を実施した(1999年～2004年)。

次に、二つ目の研究として、設備シミュレーションの研究を実施した。設備シミュレーションは、生産システムを実際に構築する工程実装の早い段階で部分的に実機と仮想モデルを連動し、その時点で存在しない実機やソフトウェアなどをシミュレーションで補間しながら、リアルタイムな時刻の進行に沿って生産システムを模擬動作させる。これにより、システムの動作、状況、現象などの事前評価や三次元モデルによる挙動の可視化を可能とする。仮想モデル上の設備動作や状況の変化に伴うタイミング制御などは実コントローラーとの同期により精密さを持って実現できる。図8に技術研究所で開発した設備シミュレーションの概要を示す。具体的には、設備シミュレーションの利用により、ロボット、コンベアなどの機器が製造現場に揃う前に、それらの機器の振る舞いをシミュレーション上で仮想的に補うことで、システムの制御プ

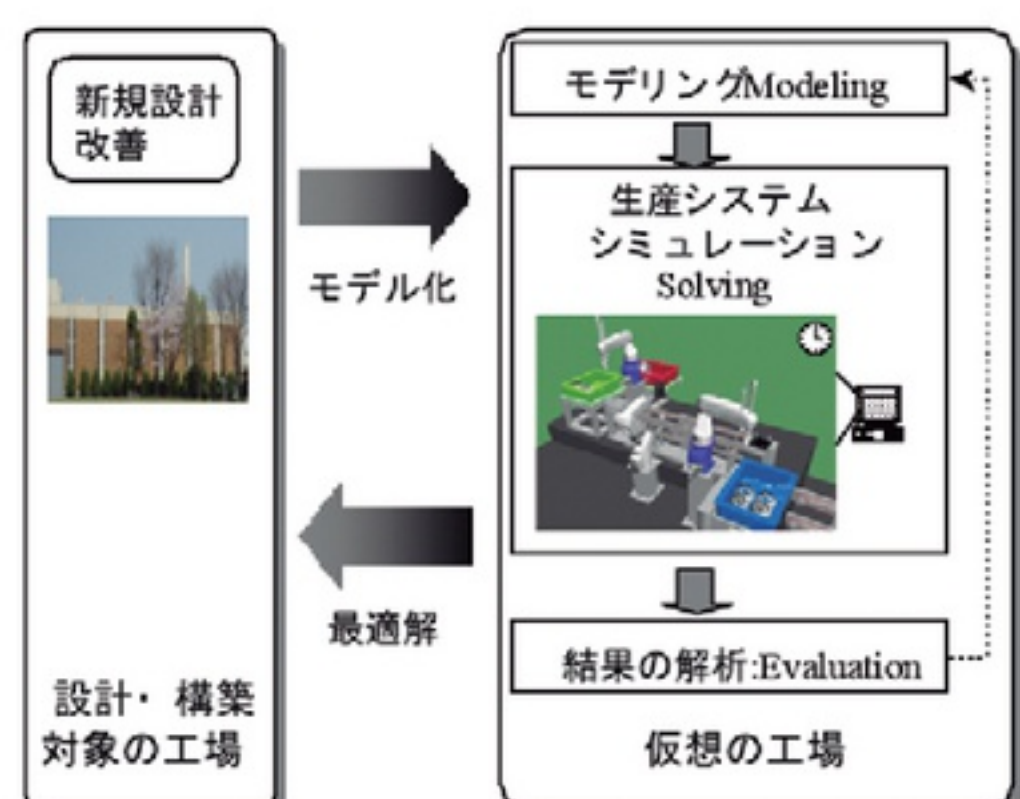


図7 生産システムシミュレーションの概要

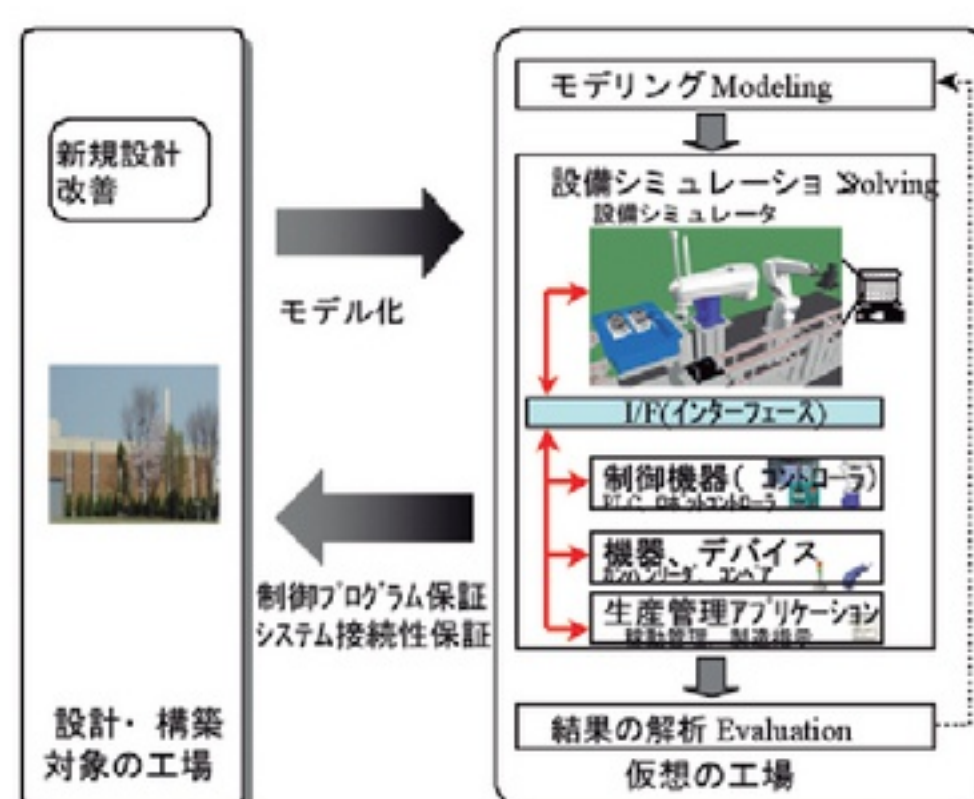


図8 設備シミュレーションの概要

プログラムの検証、多種多様な機器との同期や情報交換などの接続性に関する検証、各種生産管理アプリケーションの動作や接続性に関する検証を可能とする。

生産システムシミュレーションと設備シミュレーションのエンジニアリングプロセスにおける適用範囲を図9に示す。

基盤的な開発を進めながら、その成果を、共同研究として、経済産業省IMS国際共同研究MISSIONプロジェクト（6社4大学2公的研究所）（1994年～2002年）、MSTCアイデアファクトリー（7社2大学）（2006年～2011年）、および、基盤的生産技術研究会（4社5大学）（2006年～2013年）で活用した。

また、外部公開として、技術研究所の一般公開での公開、特許出願、特許取得、学会論文発表などを実施した。

(5) 現場環境における三次元測定機の高度化に関する研究

① 背景および目的

三次元測定機（座標測定機 Coordinate Measuring Machine、以下、CMM）は、機械部品の三次元形状、寸法、位置などを測定するために、広く機械産業分野で利用されている測定機であり、このCMMの高度化は、品質保証のうえで必要不可欠な要求である。また、CMMによる測定は、測定室や恒温室で使われている状況から広く工場や生産現場（以下、現場環境）で使われるようになってきている。

一方、CMMを利用した測定における不確かさの評価については、多くの研究があるがCMMの精度評価、幾何学誤差の補正、測定

戦略の影響などが大部分で、測定環境の影響を考慮したものは少ない。そこで、本研究では、現場環境でCMMを使う場合に問題となる要因を解析し、問題解決のための提案を行うことにより、現場環境における三次元測定の高度化を行うことを目標にする。

② 研究概要

現場環境に置かれたCMMの不確かさの要因は、以下のように分類できる（図10）。

(a) 環境条件による不確かさ

- ・ 温度変化による熱膨張
- ・ 温度変化による温度ドリフト
- ・ 振動、ゴミ、供給空気など

(b) CMM本体の運動学誤差による不確かさ

- ・ スケール誤差
- ・ 直角誤差
- ・ 真直度誤差、姿勢誤差

(c) プロービングシステムによる不確かさ

- ・ 測定力
- ・ ゴミ、摩耗
- ・ 回転式プロービングシステムによる測定の指示誤差（形状誤差、サイズ誤差、位置誤差）

これらの不確かさ要因に対して、環境条件による不確かさでは、「温度ドリフトの評価および補正」として、温度変化による温度ドリフトの原因を解明するとともに、温度ドリフトの補正法を提案した（図11）。CMM本体の運動学誤差による不確かさでは、「低熱膨張ブロックゲージを用いた温度補正の評価」として、低熱膨張製のブロックゲージと普通（鋼製）のブロックゲージとの目盛誤差を比較することにより、スケールとワーク温度計を補正する手法を提案した。

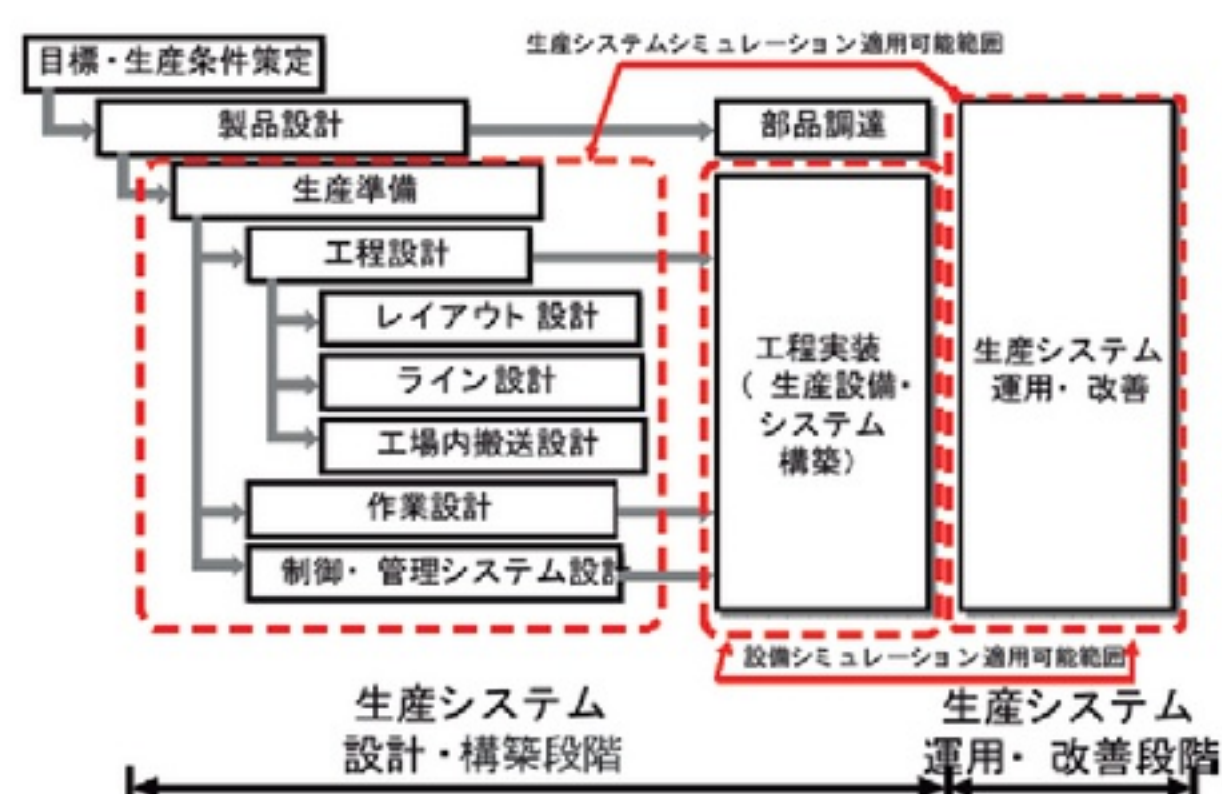


図9 シミュレーションの適用可能範囲

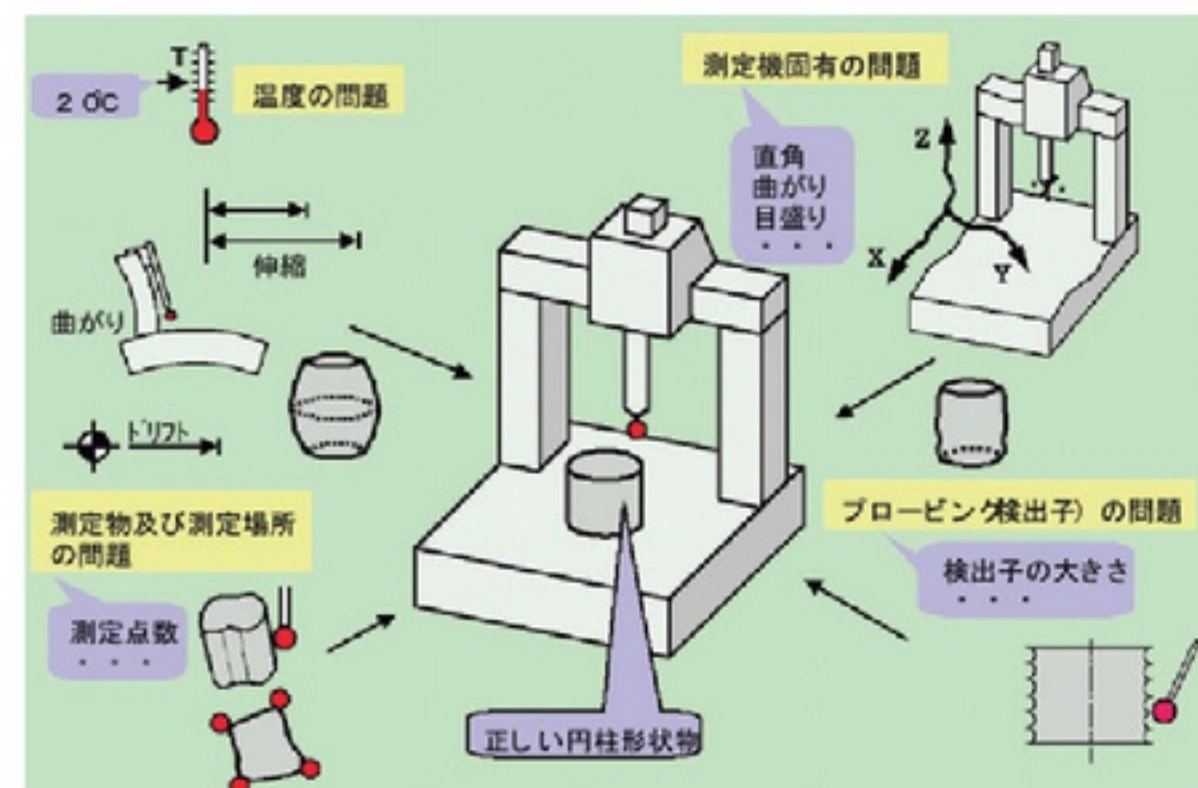


図10 CMMの不確かさの要因

また、「直角誤差の評価および補正」として、企業等の現場においても応用できる簡易で安定性の高い、マシンチェックゲージによる評価法を提案するとともに、この評価法を用いた直角誤差の補正法を提案した。プロービングシステムによる不確かさでは、「回転式プロービングシステムの評価」として、回転式プロービングシステムによる測定 of 指示誤差である形状誤差、サイズ誤差、位置誤差の評価を行うとともに、CMMの測定位置による直角誤差の違いを利用して、校正球の位置と測定位置の直角誤差の値を用いて位置誤差を評価する手法を提案した。

また、「プロービングシステムの評価」として、測定力とプロービング誤差との関係性を評価するとともに、スタイラス球の汚れの影響と洗浄方法を提案した。

③研究の成果

これらの手法を用いて評価および補正を行うことにより、ユーザが使用しているCMMの持つ精度以上の高度化が可能となり、生産現場の製品精度向上が期待できる。

(6)標準技術活用に関する研究

①概要

現場改善や製販一体化のためには、工場内の情報を連携させ、自在に活用可能にさせるITの仕組みが必要となる。そのためには、安価で、かつ容易に、製造現場の情報連携をは

かることができるネットワークの標準技術の活用が有効である。対象の製造現場は、例えばIEC62264-1では、工場内の機能を、製造コントロール、製造オペレーション管理、経営計画とロジステックスなどに分類している。

しかし、従来の標準技術は、製造コントロールの領域では、PLC (Programmable Logic Controller) 向けに数多くの標準技術があり、工作機械向けでは過去に標準化の試みがあったものの実用化に至らなかった。一方、ロボット向けでは、ORiN協議会が、ロボットの相互接続仕様であるORiNの普及を進めていた。また、製造オペレーション管理や経営計画とロジステックスの領域では、製造業XML推進協議会が、標準技術として、MESX、PSLX (Planning and Scheduling Language on XML specification) を検討していた。しかし、これら標準技術間の相互連携はなされていなかった。

そこで、本研究では、標準技術間の連携により、製造コントロール、製造オペレーション管理、および経営計画とロジステックスを相互連携させる情報連携環境を構築した。さらに、本環境上で、異メーカー、新旧、異機種 of 機器から構成される生産システム向けの応用システムの開発を行った。

②情報連携環境の開発

本標準技術活用に関する研究で開発した情報連携環境について示す。

まず、製造コントロールの領域において、ORiNの新旧工作機械への適用開発を行った。本適用開発では、工作機械のNC装置について、API (Application Programming Interface) 仕様が公開されたオープンNC装

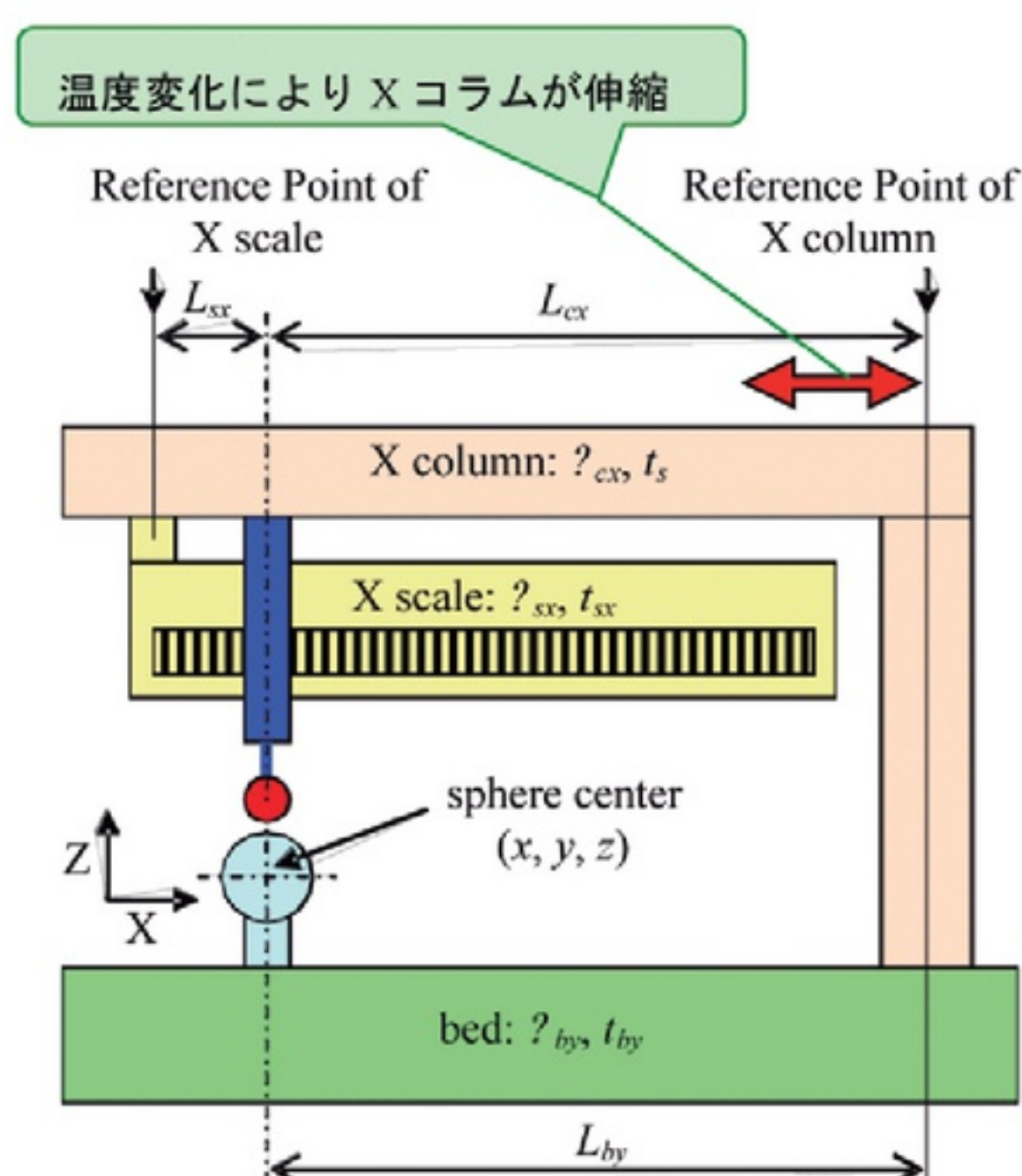


図11 温度ドリフトのモデル

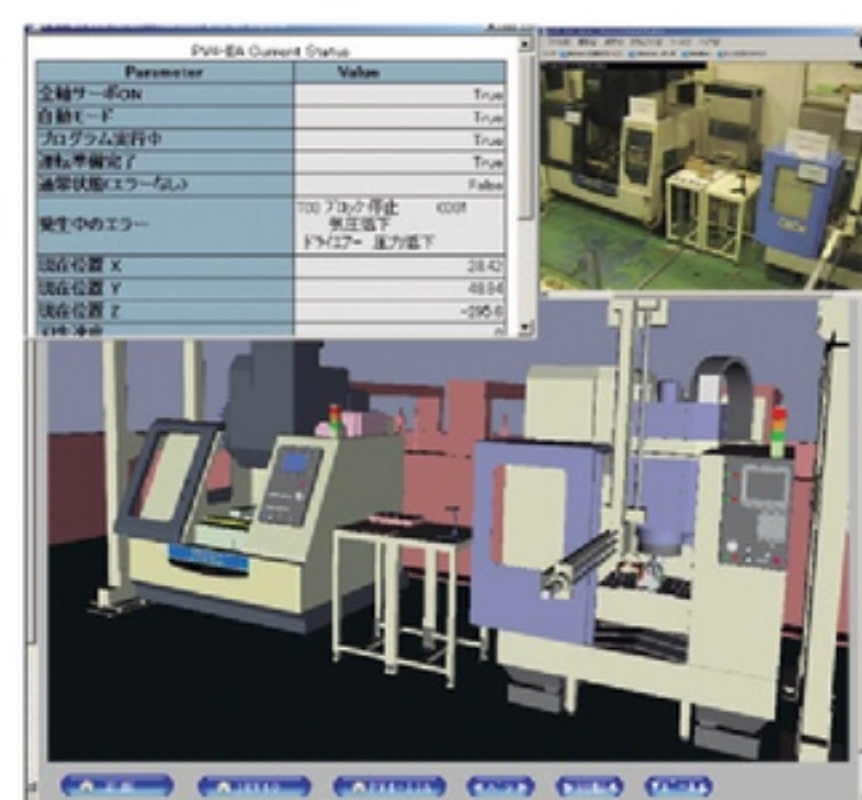


図12 3-D表示遠隔監視システム

置、NCプログラム中のマクロの外部出力機能を有するNC装置、およびRS232CによるDNC (Direct NC) を活用するNC装置などのさまざまな形態に適用可能なORiNとの接続方式を開発した。この成果により、本開発方式を活用した4製品が実用化された。さらに、ORiN協議会の協力のもと、ORiNとPLCの各標準技術との接続方式を開発した。これらにより、製造コントロールにおける相互接続環境が実現した。

次に、製造コントロールと、製造オペレーション管理や経営計画とロジステックスとの情報連携については、製造業XML推進協議会、ORiN協議会、および(一財)機械振興協会技術研究所が連携して、ORiNとMESXとの接続開発を行った。

これらの活動により、製造コントロール、製造オペレーション管理、経営計画とロジステックスを統合する情報連携環境が実現した。

③応用システムの開発

情報連携環境の実現により、その後、さまざまな応用システムの研究開発が実施された。

具体的は、企業の製品を総合接続した実証デモンストレーションを行い、展示会などへ出展した。さらに、異メーカーの機器から構成される生産ラインを画像、ドキュメント、機器情報などのマルチメディアで監視する3-D表示遠隔監視システム(図12)、および3-D表示遠隔監視システムの情報のみならず、紙図面や機器や部品画像を遠隔地間で同時表示し、相互にマウスで指し示して会話しながら遠隔の作業や保守支援を行うためのリモートファクトリー(図13)などを開発し、実用化に至った。



図13 リモートファクトリー

(7) 複合材料評価に関する研究

①研究の背景と目的

工業製品の品質、安全性を確保するためには、材料の基礎特性・機械的性質の評価を行う材料試験が非常に重要である。試験方法は、JIS、ISO (International Organization for Standardization)、ASTM (American Society for Testing and Materials) などで規格化されており、各種試験を自動で効率よく実施する試験システムが実用化されている。近年、強化繊維と樹脂を結合した、新しい複合材料が各種登場している。これらの材料は、一般的に強度、剛性が高くかつ軽量であるという特徴を有している。しかし、これらの強化材料では、強化繊維の方向と荷重方向の組み合わせにより、機械的性質が全く異なり、材料特性の把握が標準的な試験では難しいという問題がある。

このような複雑な機械的特性を把握するためには、多方向の荷重を単独、あるいは同時に付加する多軸材料試験が必要である。現在行われている炭素繊維強化プラスチック(CFRP)等の材料試験では、既存試験機を利用し、試験実施者の創意工夫、経験や勘に頼る部分が多く、試験の効率化という点からも問題である。

本研究では、負荷方向により機械的性質が全く異なる新素材に対応した、新しい多軸制御による、より実用条件に近い複合材料試験方法の確立を目指した。

②複合材料試験機の提案

開発する試験システムは、パラレルメカニズムを利用することで、多軸制御による六軸の位置・力制御を行う。その結果、より実

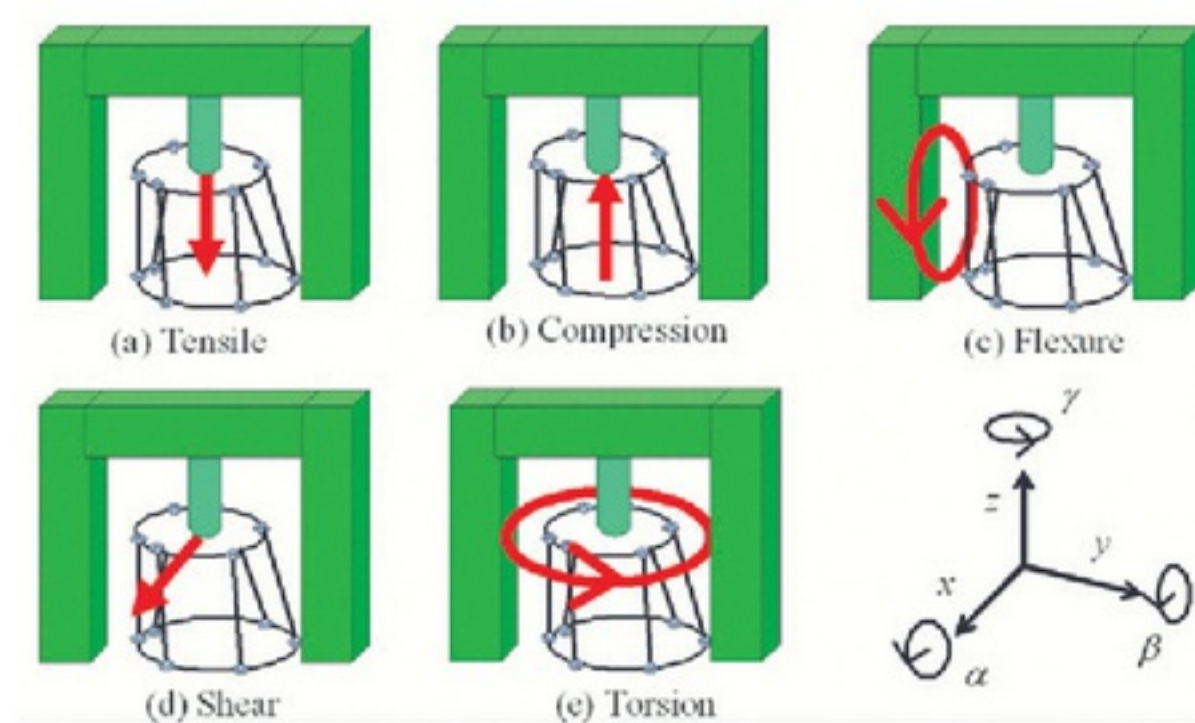


図14 多軸材料試験概要

用条件に近い多方向の複合負荷による試験を実現することが可能となる。したがって、図14に示すような、引っ張り、圧縮、曲げ、せん断、ねじりの各種試験を1台の試験機で実施することが可能になると考えられる。

図15に、提案する試験システムの概要を示す。本システムは、既存の万能材料試験機のクロスヘッド上に、六自由度の動作が可能なパラレルメカニズムを設置し、動作プラットフォーム上に試験材料を固定、多方向の荷重を単独、あるいは同時に付加することで試験を実施する。

本システムで利用する六自由度パラレルメカニズムは、Stewart-Goughプラットフォームと呼ばれるメカニズムである。固定ベース上に六個の伸縮可能なリンクを、球面ジョイントにて結合し配置。各リンクの上端も、球面ジョイントにて動作プラットフォームに結合する。ボールネジを利用した動作機構により、各球面ジョイント間の距離が調節され、動作プラットフォームの位置と姿勢が制御される構造となっている。本研究では、パラレルメカニズムによる六軸の位置・力制御を実現し、より実用条件に近い試験が可能な材料試験システムの確立を目指している。

このためには、位置と力の制御を実現する制御システムの実現が必須である。パラレルメカニズムでは、シリアルメカニズムに比べ、慣性質量が小さくでき、剛性、粘性、慣性も等方的であるため、より高精度な力制御を実現することが期待できる。本装置では、六軸の位置や力を個別に制御する必要があるため、位置+力のハイブリッド制御法を採用している。

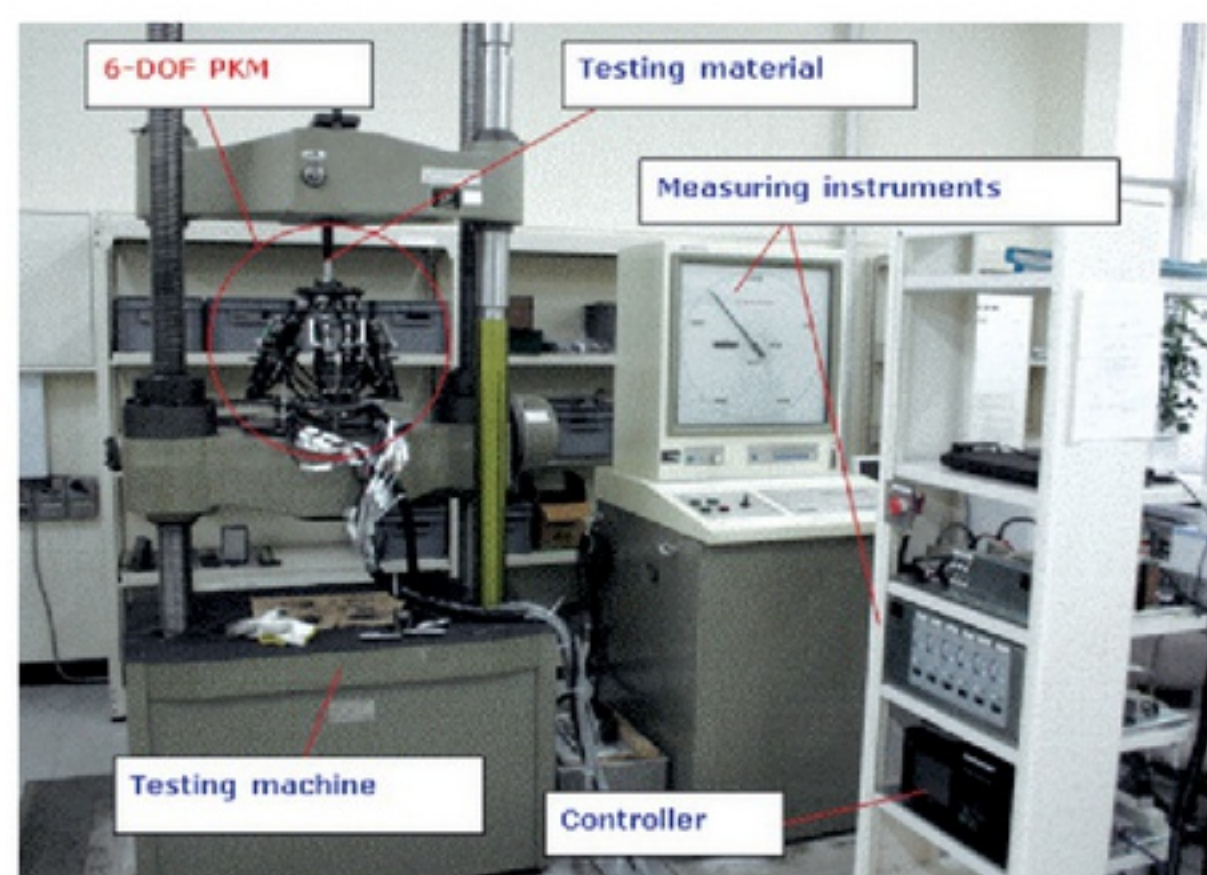


図15 試作した複合材料試験システム

③まとめと今後の課題

本研究では、より実用条件に近い材料評価方法である、パラレルメカニズムによる複合材料試験システムの実現が可能であるとの見通しを得た。今後は、産業への利用普及を目的として、開発を継続している。

(8)材料表面の微細構造評価技術に関する研究

①背景と目的

材料表面における薄膜・微細構造は、高次機能性を実現するための基幹要素として、さまざまな産業分野で利用されている。特に表面改質技術や微細加工技術の発展の影響が顕著で、加工工具における硬質材料皮膜、半導体デバイスにおける印刷導体、マイクロマシンなど、その応用範囲はますます拡大する傾向にある。しかし、このような薄膜・微細構造は高次機能性を実現するための基幹要素である一方、分析評価手法は製造技術の進歩に比べ遅れており、その信頼性向上・高機能化のために薄膜・極微小領域の機械的特性評価の必要性が高まっていた。本研究では、このような微小領域の表面性状・表面形状が機械的特性に及ぼす影響を、複数の手法を複合化することで把握することを目的として推進された。

②複合装置開発と実績

本研究ではさまざまな複合装置、複合を実現するための組み込み装置が試作・開発された。以下に装置と研究内容を列挙する。

・レーザ・ラマン分光顕微鏡システム(図16)

レーザ共焦点顕微鏡とラマン分光分析の複合により、形状測定とひずみ・結晶状態の把握を同視野で実現できる。主な実績として、

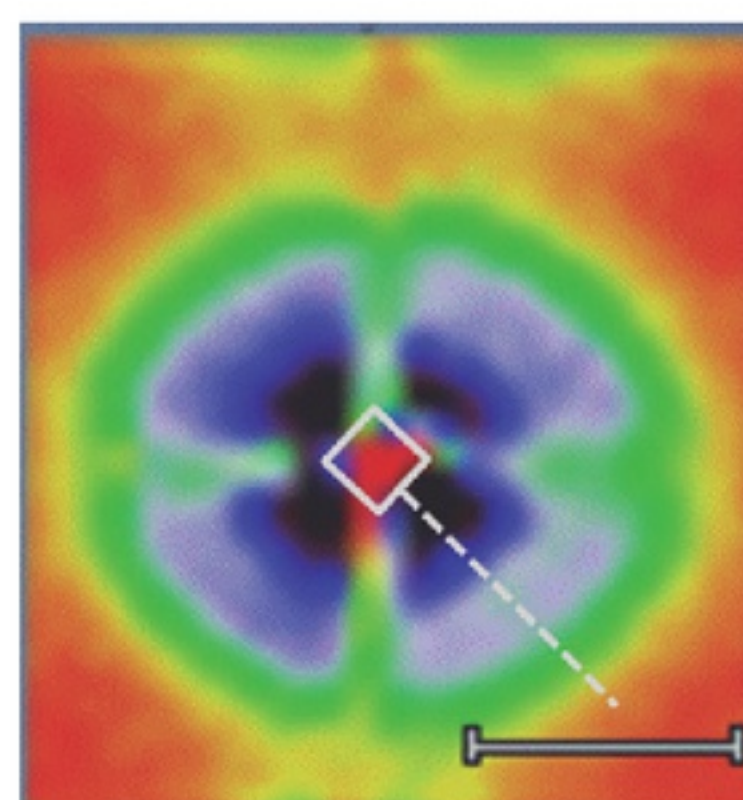


図16 ラマン分光による圧痕周辺の残留応力観察

MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) デバイスである圧力センサ試料のダイヤモンド構造の微小変形に関する測定、加工面の品質評価として切削面の表面の残留応力や結晶性を調査、さらには励起光に波長の短い紫外のレーザを用いることでワイドギャップ半導体として代表的な半導体である炭化珪素、ダイヤモンド、珪素ガラスなどの測定を行い基礎データの取得を行った。

・三次元表面形状観察ナノインデンテーションスター (図17)

共焦点顕微鏡と超微小硬度計であるナノインデンターの組み合わせによる複合装置である。主な研究内容としては周辺構造物が硬度測定に与える影響把握、斜面や円筒面への押込みの際に試料の形状が硬度測定に与える影響の把握、圧痕の寸法計測への共焦点観察や位相シフト干渉の応用などが挙げられ、特に広い視野を生かした最適な測定箇所および測定後の圧痕探索において有用性が示された。

・顕微ラマン分光・押込み試験システム

ラマン分光とナノインデンターの複合装置であり、特にラマン分光分析ではライン状に絞ったレーザをスキャンすることで素早い面分析を可能としている。主な研究実績は硬さ試験前後のひずみと結晶性の評価、特に表面残留応力の把握、圧痕周辺の残留応力場の詳細観察は目視確認できない材料性状の可視化に成功しており、過去の圧痕や研磨面の残留応力が外乱にならぬよう確認できるなど想定の高精度化に有効であることが確認できた。

・走査プローブ顕微鏡内蔵対物ユニット

三次元表面形状観察ナノインデンテーションスターの対物レンズ部に組み込み可能な

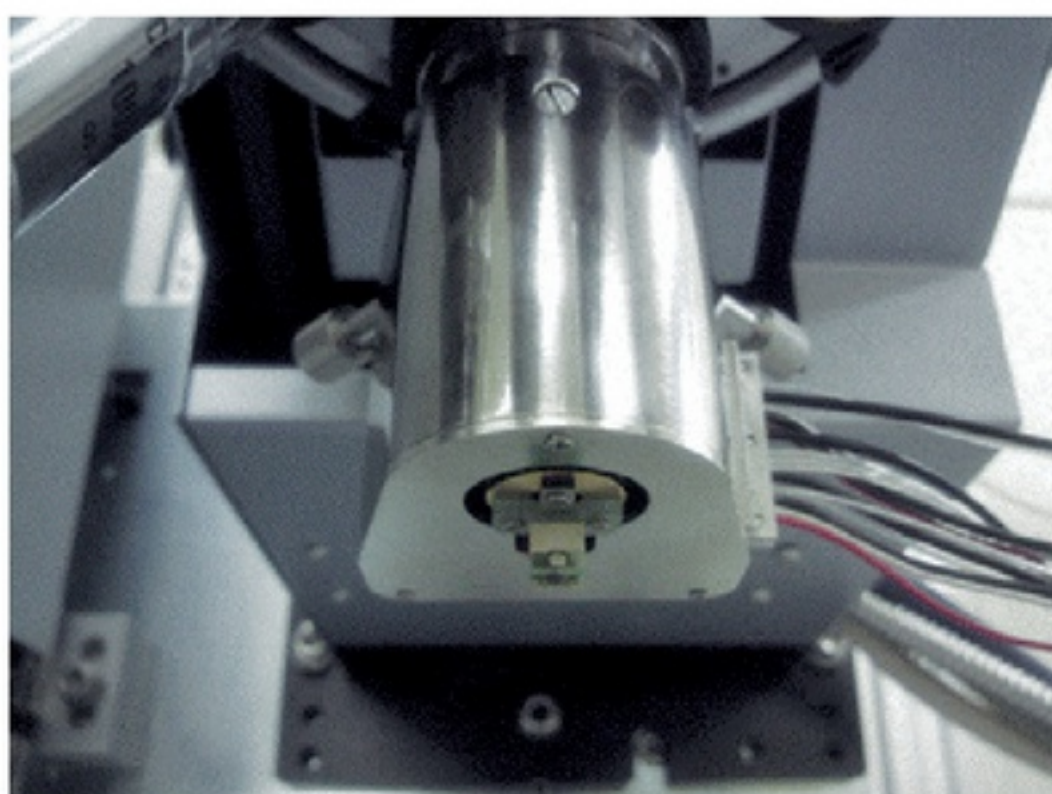


図17 走査プローブ顕微鏡内蔵対物ユニット

AFMヘッドである。これにより三次元観察の領域をナノ領域まで拡大でき、微小圧痕の観察もスムーズに実現することに成功した。

③まとめ

薄膜・微細構造の技術は既に家庭用製品の開発にも利用されており、今後さらに高い性能が要求されると予想される。本研究の成果が、次代の製品開発の評価技術として活用されることを期待している。

(9) ループヒートパイプに関する研究

①目的

民生電子機器、サーバ、および通信設備の小型化により、「機器駆動のための電力」と「排熱を処理するための電力」が飛躍的に増加してきており、機器駆動および排熱機器の省電力化が急務となっている。この問題を解決するため、流体の潜熱を利用して排熱用冷媒還流の動力を最小限とする技術の開発が求められている。

このために、ヒートパイプの技術を応用した無動力の熱制御素子ループヒートパイプ (LHP: Loop Heat Pipe) の研究を行った。

②研究概要

LHPの機能を図18に示す。LHPの原理は、蒸発器内のウィックの毛細管力により流体を環流させることである。LHPの動作は、蒸発器に加えられた熱で蒸発器内の液体を気化させ、蒸気として蒸気管を流れ凝縮器内で凝縮させる。凝縮した液体は、液管を流れ、蒸発器内の毛細管力により蒸発器に戻る。

図19に示す100W程度の熱を輸送可能なLHPの設計・製作・試験を行い、その伝熱特性を把握しサーバ等の熱制御への適合性を評

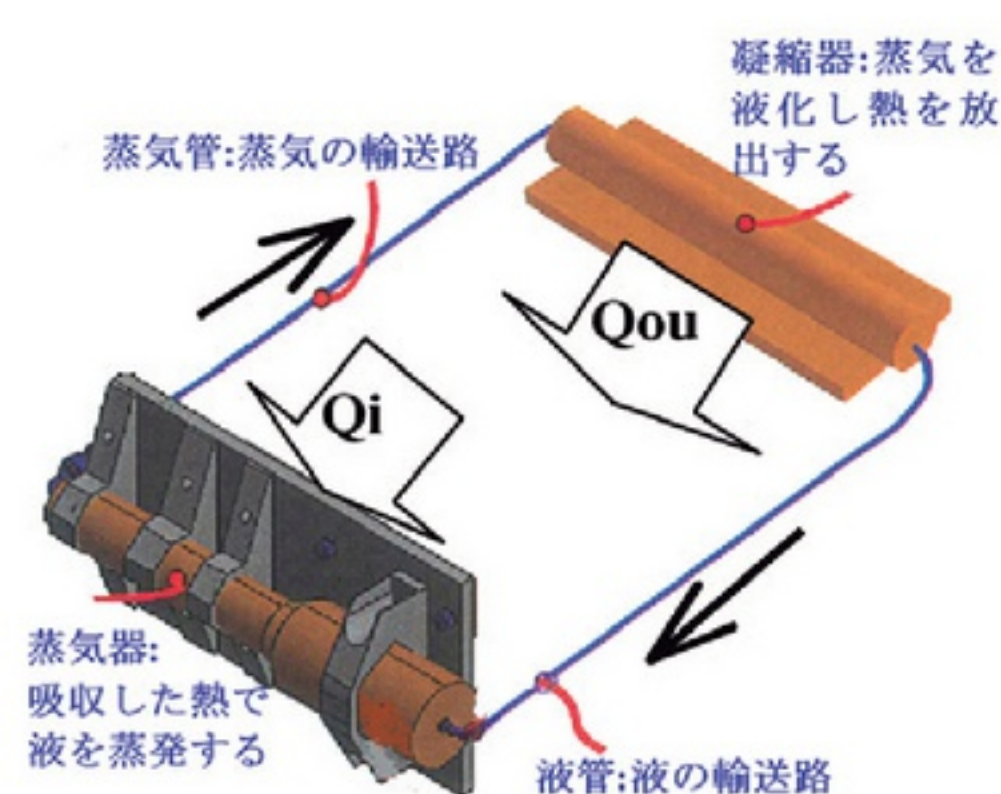


図18 LHPの機能

価した。さらに、LHPを設計するための汎用的なツールの整備を行った。

③研究の目標

LHPを用いた温度制御は、温度制御のための動力を必要としないため環境配慮の点で優れている。そのため、本システムはパソコン、サーバ、液晶テレビ等の機械産業において広く利用できる利点がある。

データセンターでは、通信機器の小型化により、機器駆動の電力、さらにその排熱を処理するための電力が増大している。特に排熱は「IT産廃」と言われるようになり、データセンター内の省電力化が急務となっている。例えば、サーバ50台程度のデータセンターのサーバ内の温度制御を空冷からLHPに換えると年間約84軒分の家庭電力が節約でき、大きな省電力効果が期待できる。

④研究の成果

- ・100 W程度の熱を1 m程度輸送できるLHPを製作・試験し実用化への一歩とした。
- ・LHP内の流動・伝熱機構を解明した。
- ・上記理論を用いて、LHPの最大熱輸送量と動作温度を予測する「LHP設計ツール」を開発した。

(10)油圧システムの環境保全に関する研究

①背景と目的

作動油や潤滑油、加工油は広く一般産業、機械、輸送機器などで利用され、国内で消費される総量は約200万キロリットル(2008年石油連盟資料)となっている。近年、資源高騰、環境負荷軽減、機器ライフサイクルコスト低減の観点からこれら作動油、潤滑油のロングライフ化が強く求められている。

油劣化の原因は、主に酸化と熱的な分解である。この結果、フィルター目詰まり、機器誤作動・損傷などの問題が生じる。この対策の一つとして、近年、油中気泡を積極的に除去することが、油の寿命延長に大きな効果があることが報告されている。しかしながら、気泡を効率良く除去し、小形、低コストで実用的な装置が少なく、気泡除去性能の定量的で標準的な評価手法についても確立されていないことが大きな課題となっている。

②開発した気泡除去装置と原理

通常の油圧動力伝達システムの油には、数%～10%程度の気泡(空気)が存在しており、見かけ上の油の剛性が低下し、動力伝達ロスが発生する油中に気泡が存在すると、いわゆるスポンジ効果により、伝達された動力が気泡の圧縮による体積変化として損失になる。この油中に存在する空気が、ポンプ等で瞬時に加圧圧縮されると急激な温度上昇のため、油の熱的劣化が促進され、油の寿命が低下する。また、油中の気泡の空気層による断熱効果で、油の熱冷却効果が阻害され、油やシステムの温度上昇が促進される。油中気泡は、油の交換やシステムの振動に伴う巻き込み、ポンプ吸い込み側からの吸引等により生じる。また、絞り弁などで急激に圧力が低下することに伴い、油中に溶解している空気が析出する、キャビテーションという現象によっても生じる。

従来、キャビテーションの原因となる油中の気泡は、油タンクに戻った油が停留している時間に、自然に放気させることによって除去していた。しかし、自然放気という受動的な方法では、十分に油中気泡を除去すること



図19 試作LHP

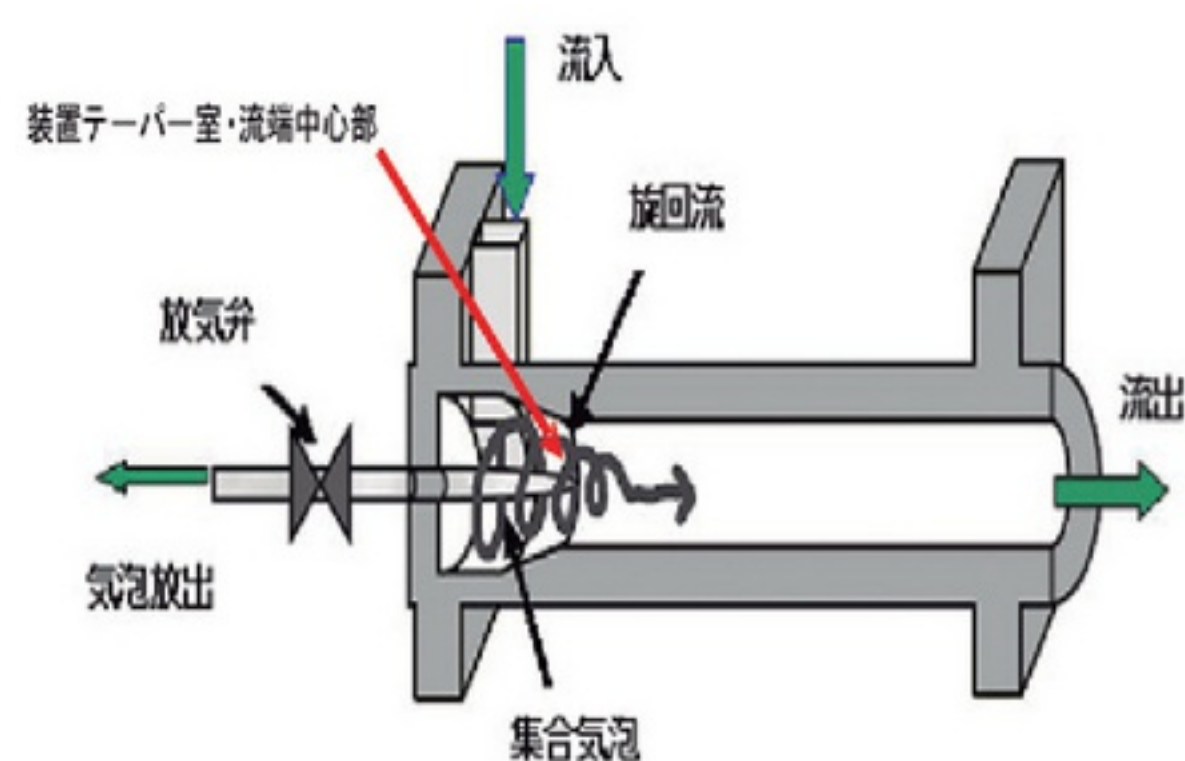


図20 気泡除去装置の原理図

ができず古くから問題となっていた。

本研究開発では、こうした油中気泡を積極的に除去するために、旋回流を用いた気泡除去システムを考案した。この装置は、旋回流を用いて中心付近に気泡を集合させ、発生した圧力差による簡易な原理で、効率よく油と気泡を分離することができる。図20に気泡除去装置の原理図、図21に外観を示す。

テーパー部を持つ円筒容器内部に接線方向から流入した気泡を含む油は、テーパー管路内で旋回流を形成しながら、下流方向へ加速して流れる、旋回流により油中の気泡は中心軸上に集合し、お互いに合体しながら気泡柱を形成する。旋回流により集合した気泡は、下流へ流されることなく停留する。ここで全体に背圧かけ放気口を開くと、集合した気泡は流れと逆方向の放気口より押し出され、油と気泡が効率よく分離除去される構造となっている。

③まとめ

この装置を用いて油中気泡を積極的に除去することにより、油の温度上昇と劣化の抑制効果が期待できる。今後、油圧駆動システムの高圧化はますます進み、その上で、地球環境負荷の低減を進める必要がある。そのキーテクノロジーとして、油中気泡除去技術は欠かせないものであると考える。

(11)IMS 国際共同研究

①背景と目的

1980（昭和55）年当時、わが国の製造業においては、製造活動のグローバル化、市場環境の変化、環境問題の高まりといった環境の変化に加え、技能者・技術者の絶対数の不足

など、製造業にとってその存在基盤が脅かされかねない状況が続いており、これらの諸問題はわが国のみならず、欧州、米国等の先進工業国が共通に抱える深刻な問題であった。

これらの問題を産・学・官の国際的な共同研究により解決するため、生産技術分野での国際貢献が最重要課題として提唱された。財団法人製造科学技術センター内にIMSセンターが設立（1989年）され、フィージビリティ・スタディを経て、日、米、加、豪の4カ国でIMSプログラムがスタート（1995年）した。

その後、スイス、EU、韓国の加入により、今では常識となった国際研究活動を先導してきた。

IMSの主な事業である「国際共同研究活動」は、競争前段階または競争後の製造プロセスや環境などをテーマとした多くのプロジェクトを立ち上げ、大きな成果を挙げた。以下当所が参加した主な国際共同研究プロジェクトを示す。

②Globeman21（1995年-1999年）（図22）

21世紀の生産形態を考察すると、変種変量生産とグローバル生産の潮流は疑いようもないと考えられた。Globeman21プロジェクトは、このような時代背景と生産形態に対応するために、グローバルで変種変量生産が行われる時代の到来に備え、企業が抱える課題を探索し、解決・対応のための方法論、モデル、ツールなどの開発または使用評価を目的としたもので、4つの研究部会を設け、53のパートナーにより国際研究開発を推進した。

③MISSION（1997年-2002年）（図23）

FA / CIM化の進展と共に、さまざまな要素技術が復号化し、投資も大規模なものになってきている。また、製造現場ではこうし



図21 気泡除去装置外観

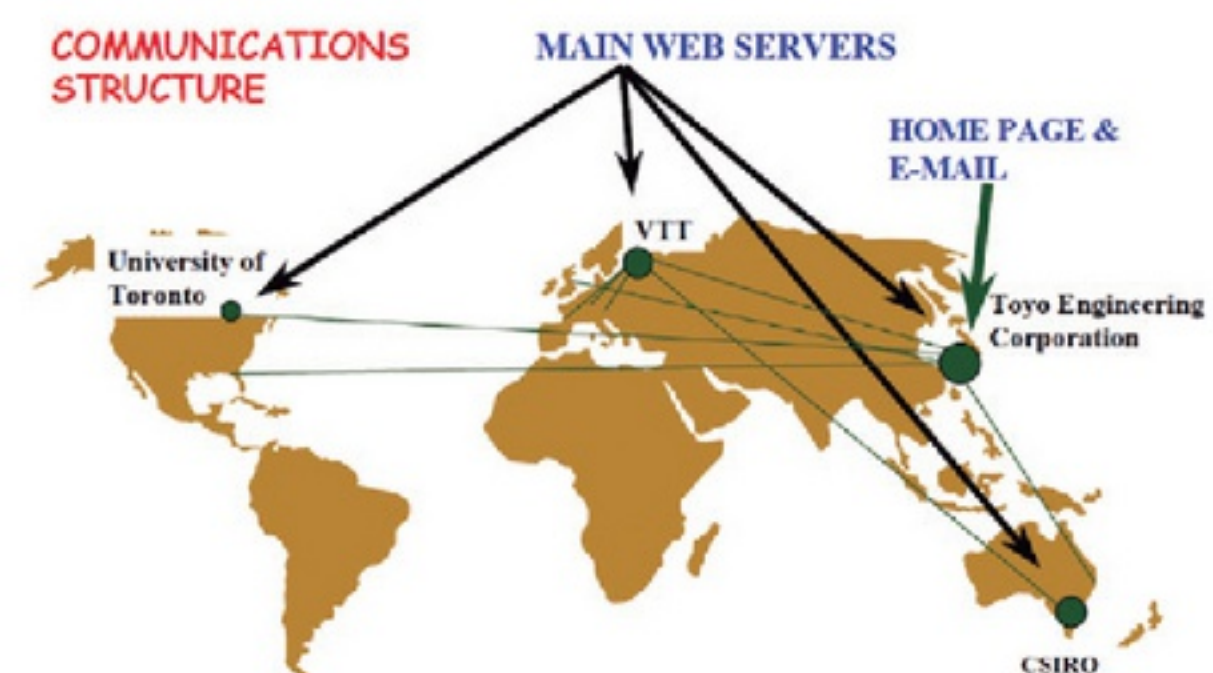


図22 Globeman21 国際共同研究体の構成

た生産システム環境の高度化、復号化、グローバル化、リードタイムの短縮化と価格競争の激化、環境・エネルギー・エコ生産などへの対応を迫られている。この環境変化に対応した生産システムエンジニアリングには、システムの構築にあたって多面的・多視点的な評価が不可欠となっている。しかし、このような生産システムの計画・評価手法に対する既存のシステムは機能・性能・適用性等の面で満足できるものとは言い難い。本研究では次世代の評価環境を捉え、生産システムの計画・設計・構築・運用・廃棄の全ライフサイクルにおける、モデリングとシミュレーションをキーテクノロジーとしてシステムを評価する統合環境である Mission Modeling Platform (MMP) の構築を目指し、国際研究開発を推進した。計画・評価システム使用するユーザーの視点から最適なシステムの実現に必要な手法を確立し、具現化する研究であり、技術的な側面で、計画と評価の統合的環境（プラットフォーム）の確立を目指した。

④まとめ

今後はIMSネットワークを展開した経験を活用し、アジア地域においてもオープンイノベーションを意識した国際共同研究スキームにより、世界の国々と力を合わせて環境破壊、温暖化対策など地球規模の問題を協業で解決することが必要であると考えられる。

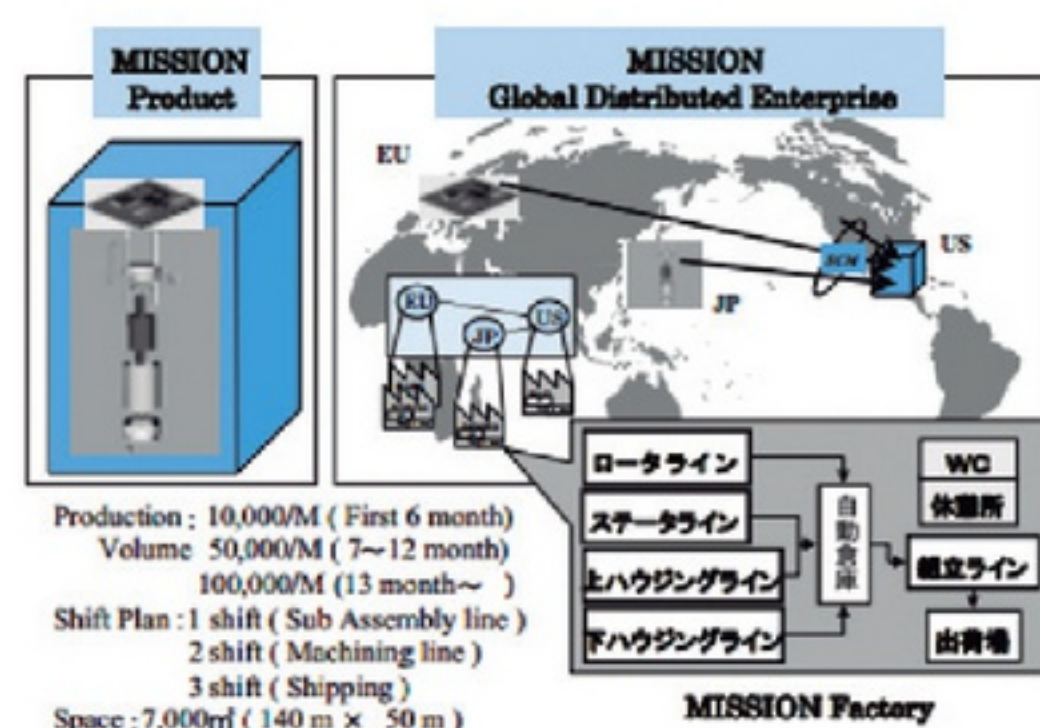


図23 MISSION研究シナリオ概要

第2項 受託事業

(1)受託概要説明

技術研究所開所当初から1990年代後半にかけては、企業単独では所有が困難な試験設備等を当所が保有し、企業より依頼を受けて受託試験および受託分析を行っていたほか、企業との共同研究や受託研究、受託開発等を行っていた。また、1990年代は海外への技術指導を数多く行ったのも特徴的で、計測技術やCAD / CAM等の生産システムに関する技術指導や研修生の受け入れを行ってきた。

(2)受託試験

①MAP試験センター

MAP (Manufacturing Automation Protocol) は米国の自動車メーカー GM社が1970年代から始まった日米自動車戦争への対抗策の1つとして、工場内のFA-LANの標準化を目指して始めたものである。その後、FA分野の国際的な標準通信仕様として発展し、1984(昭和59)年に第1版が発行され、実用普及版となるMAP3.0が1988(昭和63)年に発行された。日本でも1986(昭和61)年に財団法人国際ロボット・FA技術センター内にMAP委員会が発足し、MAPの普及に努めた。1989(平成元)年10月に世界初となるMAP試験センターを技術研究所内に創設し、MAP製品の適合性試験を行うための試験装置(図24)を設置し、翌年3月よりメーカーなどから依頼を受けて製品の適合性試験を行い、その結果を依頼者に報告する業務を開始した。

MAPは国内の制御機器メーカーやコン



図24 MAP試験装置

ピューター会社、大学など多くの団体が参加するようになったが、当初産業用のデータ通信には不向きとされていたイーサネットが民生用途のデファクトスタンダードとなり、価格の低下による普及とともに性能が向上し、産業用途でも主流となり、MAP試験センターは、1996（平成8）年3月をもって業務を終了した。

② 高低温環境試験室

1971（昭和46）年の開業当時は、材料の低温脆性が問題視され、自動車等屋外で稼働する機械ならびに屋外に設置される機械装置等が、輸出の進展に伴い海外の極寒地に適応しているか、事前に低温環境試験を実施し、材料の選択、設計等のための的確なデータをつかみ、その機能を確認することが要望されていた。本施設の利用に関しては、車両、トラック、バス、乗用車など輸送関係の利用が最も多く、開業後十数年は順調な稼働状況で、受託収益の柱となっていた。しかし、1984（昭和59）年以降の利用状況は下降の一途をたどった。これは、オイルショックなどの影響もあるが、関係企業が独自に施設を持つようになったことが主な原因と思われる。また、1995（平成7）年11月に発生した小低温室加熱蒸気コントロールバルブ本体の破損を機に1996（平成8）年9月末をもって業務を終了することとした。

③ 油圧機器等の性能試験

技術研究所では開所当初より業界等と協力して油空圧機器の性能試験および研究を行ってきた。性能試験としては企業より委託を受け油空圧機器の性能試験および騒音等の計測等を行った。また、シリンダー、ベーンポン

プ、水駆動システム等の性能向上および油空圧機器の振動や騒音等、環境保全を目的とした自主研究を行い油空圧機器の性能向上に努めてきた。しかし、企業自らが研究設備を保有するようになり独自の研究開発を行うようになってきたため、2002（平成14）年3月をもって業務を終了した。

(3) 受託加工・CAMデータ作成

① 高精度非円形歯車加工

非円形歯車は、一对の歯車の組み合わせで、不等速運動を実現できる便利な機構である。しかし、その設計および加工にはさまざまな条件を考慮しなくてはならない。例えば単純な転位歯車としてピッチ円半径を変化させた場合は、切り下げが発生して、歯車の強度が著しく低下してしまう。非円形歯車加工（図25）では、ピッチ円半径を変化させるだけでなく、ピニオンカッタの回転角を調整して被加工歯車の圧力角を許容範囲内に抑えながら加工する必要がある、複雑な計算が求められる。技術研究所では、CAD / CAM 開発の実績を生かし、これらの計算を自動的に行うためのソフトウェアを開発するとともに、1981（昭和56）年にはわが国初となるCNCギヤシェーパーを開発した。また、研究だけでなく受託加工の主な業務の一つとして非円形歯車の高精度加工を行ってきた。しかし、ワイヤーカットによる非円形歯車の加工が可能になったことと、NC工作機械の精度測定 of 業務に注力するために2006（平成18）年7月をもって業務を終了した。

② 三次元CAM作成・CAMデータ作成（図26）

CAD / CAM に関する当研究所の研

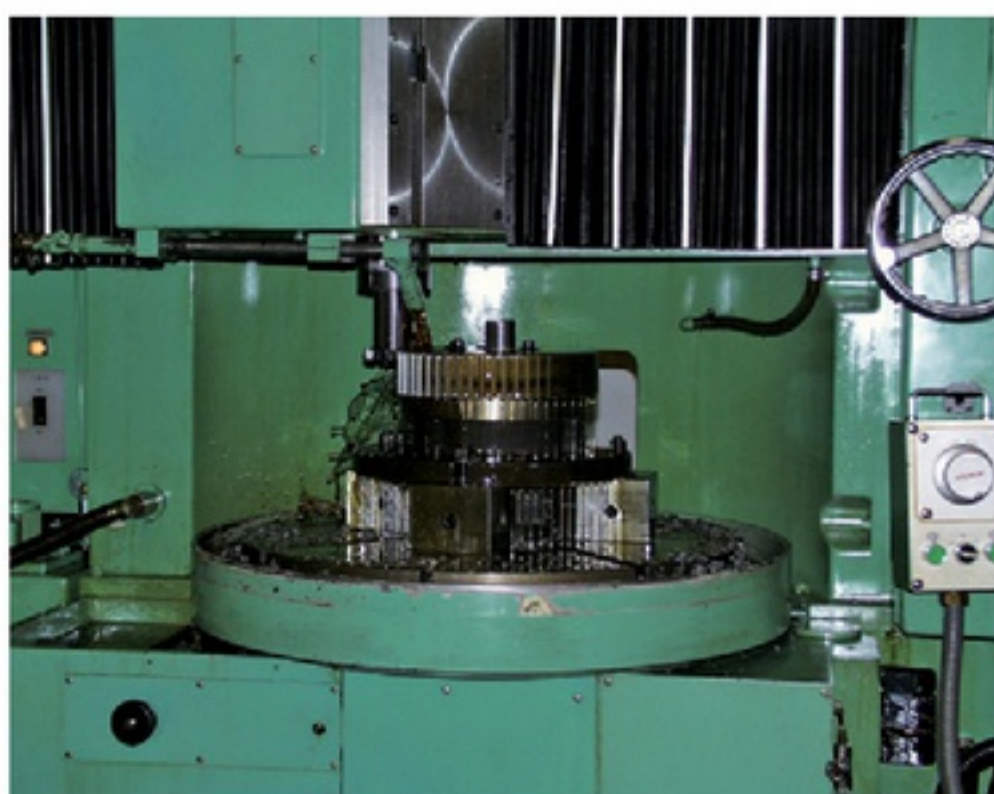


図25 非円形歯車加工

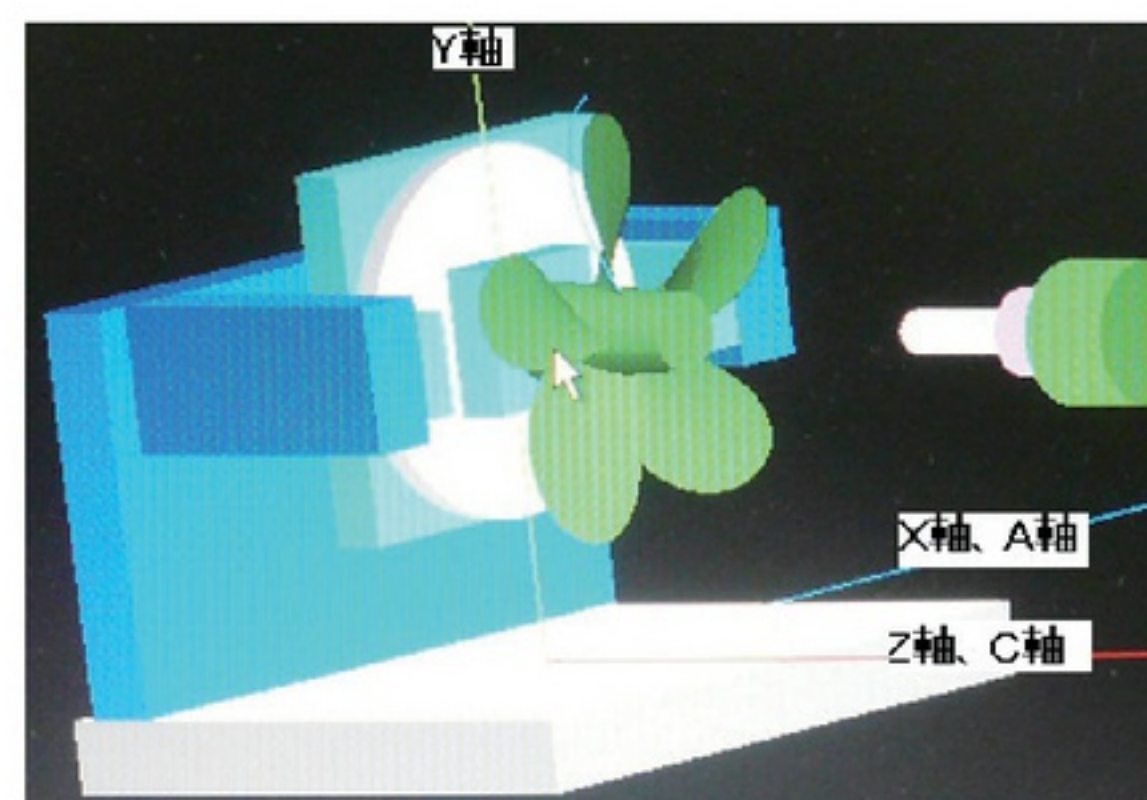


図26 三次元CAMによる加工シミュレーション画像

究は、1960年代後半より行われており、MITで開発されたAPT (Automatically Programmed Tool) を、国産コンピュータへ移植したり (1968年)、さらに小型化したKikaishinkokyokai APTの開発等を行ったりしてきた。その後、1980年代に自由曲面加工システムの開発を行い、1983 (昭和58) 年に船舶用プロペラ削成用システムの開発を行い、造船会社より船舶用プロペラの加工プログラム作成を受託するようになった。この自由曲面加工プログラムは、独自に開発されたものであるため、企業や団体ユーザー等の希望によりカスタマイズされたものを納入してきており、2004 (平成16) 年には光学機器メーカー向けの超精密光学部品用多軸CAMシステムの受託開発を行った。しかし、汎用CAMの性能が上がり、カスタマイズされた個別のCAMの需要が少なくなったため、2006 (平成18) 年にCAMデータ作成およびCAMの受託開発業務を終了した。

(4) 受託装置開発・海外協力事業

① シリア向け長尺測定装置 (図27)

途上国の工業化支援を目的として国際協力事業団 (JICA) より依頼を受けて開発した測長装置で、CCDカメラと画像認識ボードを内蔵したパーソナルコンピュータによる自動目盛り線検出、簡易NC装置による自動位置決めと自動測定、ダブルデジタルスケールによるAbbe誤差の低減を特徴とする測定装置である。自動で測定が行われるため、作業者の練度をあまり必要とせず、総合の繰返しで0.3マイクロメートルのばらつきに納まる性能を実現している。本装置は1997 (平

成9) 年にシリア・アラブ共和国・国立計測標準研究所 (National Standard and Calibration Laboratory) に納入され、現地の作業者の測定でも250mmの標準尺を2マイクロメートル以内の不確かさで校正可能となった。

② 超精密旋盤 UPL-200

光学機器メーカーからの依頼により1994 (平成6) 年より光学機器向けの超精密旋盤 (図28) の開発に着手した。具体的にはCDやDVD、Blu-rayのデータを読み書きするためのピックアップレンズの金型を加工するための旋盤で、X軸とZ軸が油静圧スライド、主軸スピンドルが空気静圧受けとなっている。特徴としては、メトロロジーフレーム (Metrology Frame) と呼ぶ計測器の概念を取り入れたことで、運動誤差や温度変化による誤差が生じにくい構造とした。その結果、再現性の高い加工が可能となり、 $20 \pm 1^\circ\text{C}$ の環境において修正加工を併用して、誤差が10ナノメートル程度の加工が可能となった。本装置は1997 (平成9) 年に納入され、その翌年には、2号機の製作依頼を受けたほか、3号機以降の製作指導を行った。本装置により納入先の光学機器メーカーはピックアップレンズにおいて世界的に高いシェアを得たとのことである。

③ kg原器加工システム

質量は商取引の基準となる場合が多く、特に国際取引においては互いの国の基準が曖昧であると、紛争のもとになってしまう恐れがある。そのため、国際的な質量の基準は国際度量衡局 (BIPM) にある国際kg原器を基準としており、各国にはその複製が配布されている。しかし、kg原器に求められる加工精度および仕上げ面の品質は現在の加工技術を



図27 シリア向け長尺測定装置

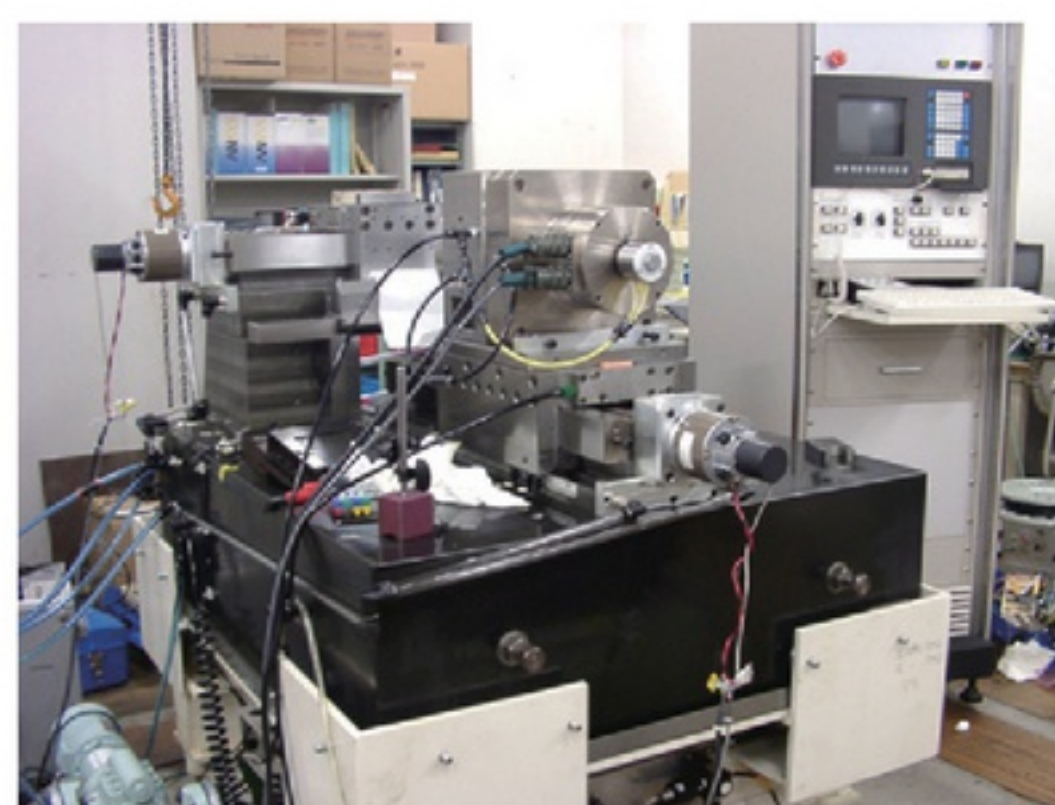


図28 開発中の超精密旋盤

もってしても困難なものであり、熟練工の腕と忍耐に支えられていた。1993（平成5）年に国際度量衡局（BIPM）より高い加工技術を持つ日本にkg原器加工システム（図29）の寄贈の依頼があり1996年に当協会が製作および寄贈を行う契約を交わした。

仕様としてはkg原器特有の条件が多く、加工精度だけではなく、温度管理をしやすくするためと、加工物の洗浄後に質量測定を行うまでの温度安定に時間がかかることから、極力人の手が介在しない自動加工システムとした。同システムは1998（平成10）年にパリ郊外にあるBIPMに納入された。

④ロシア支援事業

1993（平成5）年～1997（平成9）年にかけてNEDOの国際特定共同研究開発に参加し、ロシア科学アカデミー極東支部所属の自動化・制御プロセス研究所と機械加工支援システムの開発に関する共同研究を実施した。この事業により1995（平成7）年には自動化・制御プロセス研究所より2名の研修生を受け入れ、技術研究所職員の指導の下、研究開発を行った。また、1994（平成6）年～2000（平成12）年にかけては、ロシア東欧貿易協会からの依頼により、ロシアの中小企業支援のための職員派遣や、研修および実習等の受け入れを行った。

⑤シリア測定指導

技術研究所では以前よりシリアの技術者の研修受け入れを行ってきたが、1998（平成10）年および1999（平成11）年に国際協力事業団からの依頼により、シリア・アラブ共和国・国立計測標準研究所に計測に関する技術移転を行うための技術者の派遣を行った。それぞ

れ1カ月近くにおよぶ研修を行い、長さ標準およびポリゴン鏡、角度ゲージの校正、真円度、ブロックゲージ校正技術の指導を行った。

⑥その他、海外支援事業

1991（平成3）年から2001（平成13）年にかけて技術研究所の海外支援事業が盛んとなり、先に挙げたシリアやロシア以外にも台湾、中国、タイ王国、韓国、タンザニア、マレーシア、フィリピン、サウジアラビア等の研修や技術者派遣等の事業を行った。

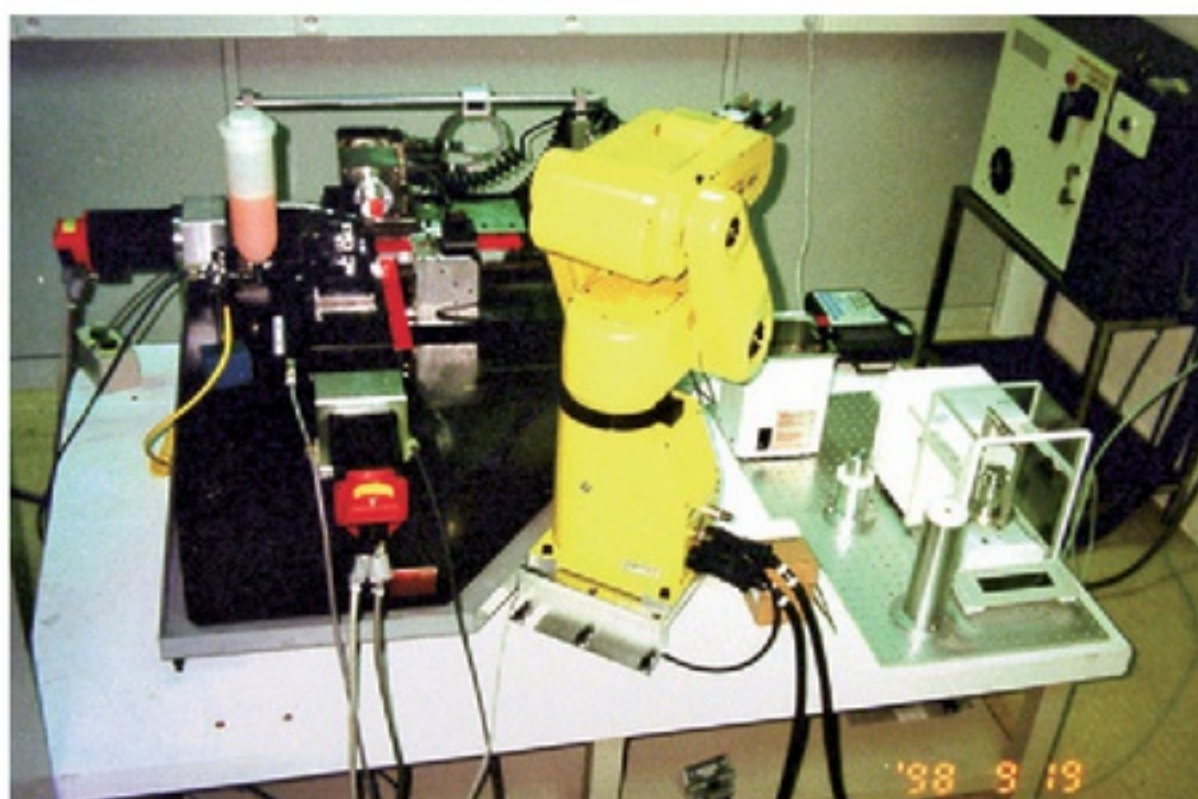


図29 kg原器加工システム

第3項 成果の普及等

技術研究所では技研所報(1965年1月～)や研究成果報告書、技術報告会、学会発表等により成果普及に努めてきた。また、1978(昭和53)年より開始した加工技術データファイルの技術セミナーは現在も年に数回のペース

で開催しており、毎回、大勢の聴講者が参加している。特に技術研究所の一般公開と基盤的生産技術研究会は技術研究所の活動を直接見てもらうことができ、意見交換などができる貴重な機会であった。

表1

1994/11/9	技研における加工機械の開発 —その歴史と現状—
	大学・国研における技術開発とその実用化
1995/11/8	機械工業の将来
	「PL法の現状と対策」 —機械・金属分野を中心として—
1996/11/7	寸法測定精度・データへの人の係わり
1997/11/11	kg標準の加工システム開発
	オープンシステム
1998/11/12	パソコンNCの導入効果—導入事例に基づく メリットとデメリットの考察—
	自由化市場における製造業の国際競争力 —技術開発と人材育成—
1999/11/12	生産システムの構築における シミュレーション技術
	現場的発想からの新加工技術を求めて
2000/11/10	「中小企業の底力」 —日本は俺たちが支えてきた—
2001/11/8	工作機械の位置決め精度の現状
	環境にやさしいこれからの加工技術
2002/11/6	「元素分析技術(EPMA)の応用」
	地域振興と技術開発
2003/11/6	我が国初の多軸制御NC工作機械の開発を 顧みる
	外から見た自動車産業の生産技術力
2004/11/11	新しいメカニズムで機械を変える！ —パラレルメカニズム産業応用の研究—
	韓国の技術力の現状と将来
2005/11/10	軽く回る歯車を、早く、安く、精度良く！
	売れ続ける商品づくりに接して
2006/11/22	これだけは知って下さい 『モノづくり』の機械安全
	デンソーにおけるモノづくり競争力
2007/11/21	ガラスの延性モード切削
	神戸製鋼におけるモノづくりへの取り組み
2008/11/20	現場環境における三次元測定機の高度化
	失敗を活かしたモノづくり —安全な機械をめざして—
2009/11/11	顕微ラマン分光法による応力・結晶性評価
	電気自動車で暮らしが変わる、社会が変わる —低炭素社会の実現をめざして—
2010/11/18	微小なくぼみからわかる機械特性
	国産旅客機 MRJ を世界の空へ
2011/12/6	真円度評価への取り組み
	新技術導入で建設機械の発展に寄与 —コマツのものづくり—

表2

【2004.4～2005.3】 中小企業向けデジタルエンジニアリングソリューションズ研究会
【2004.4～2005.3】 超精密加工に関する研究会
【2004.4～2005.3】 機械・光学部品の計測評価技術に関する研究会
【2004.4～2005.3】 多軸制御加工用CAMシステムに関する研究会
【2006.4～2011.3】標準技術活用ビジネス小研究会
【2006.4～2007.3】 生産システムの垂直立ち上げ手法に関する小研究会
【2006.4～2009.3】 加工と計測に関する小研究会
【2006.4～2007.3】 微小領域の計測・材料分析評価に関する小研究会
【2006.4～2012.3】 受託試験・分析および機械安全に関する研修
【2006.4～2012.3】 機械系技術者のためのエレクトロニクス研修
【2008.4～2011.3】 生産システムの事前評価手法に関する小研究会
【2008.4～2011.3】 計測・分析・材料試験の新規評価技術に関する小研究会
【2008.4～2011.3】 温度制御に関する小研究会
【2010.4～2011.3】 加工・計測・制御に関する小研究会



図30 特別講演

(1)一般公開

一般公開の記録があるのは、1976（昭和51）年からであるが、毎年開催となったのは、1981（昭和56）年からである。来場者は毎年150～200名ほどあり、研究施設や開発装置、受託業務で使用する測定・分析機器の公開と説明を行った。また、150名ほど入場可能な大会議室にて職員による技術講演や外部の講師を招いた特別講演（図30・表1）を開催した。技術講演では、研究所の研究成果や受託業務に関する技術報告を行い、特別講演はその時々合ったタイムリーな内容として、多くの来場があった。表1に、1994（平成6）年以降の講演の一覧を示す。

(2)基盤的生産技術研究会

基盤的生産技術研究会は、先進的な技術のみならず、機械技術に共通かつ基本的な技術の維持、拡充を目的として開設された。また、研究内容により各小研究会（表2）による活動を基本とし、必要に応じて合同の研究会も開催された。また、研修活動にも力を入れ定期的な研修会を開催し、「受託試験・分析および機械安全に関する研修（図31）」は「ものづくり人材育成研修」として現在も続いている。各小研究会および研修会を表2に示す。



図31 受託試験・分析および機械安全に関する研修

第2節 一般財団移行後の活動

第1項 研究事業

(1)HARTプロジェクト

①農作業支援ロボット開発

機械工業などの第二次産業ではグローバル化が進展し、元請け企業の生産拠点は数多く海外へ移転した。そのため、国内に残された下請け企業の受注は減少し、地域社会の空洞化が課題となっている。中堅・中小企業の振興には、新市場の早期開拓が求められている。

昨今、農業に代表される第一次産業は、新たな二次産業への市場として注目されている。代表的な第二次産業である自動車・半導体産業で進展した生産技術やICT技術を、第一次産業に活用する農工連携に期待が寄せられている。しかし、第二次産業の中堅・中小企業においては、農業など第一次産業との接点がないため、具体的なニーズの把握が困難である。さらに、技術開発するための人材、自己資金の不足などの課題もある。

近年、農業分野においては大規模化や企業化が進展している。また、第六次産業といわれ、従来の農業から脱却・事業拡大して栽培、加工、販売を一貫して行う事業に期待が高まっている。

本事業では、当所が蓄積した生産技術やICT技術を農業分野へ展開し、農作業を支援する製品（ハードウェア、ソフトウェア）の開発を目指す。技術開発では、農業法人の協力を得ながら具体的なニーズを掘り起こし、ニーズ先行型で事業を展開する。研究成果は、コンシューマーアグリ研究会（当研究所が主

催する農工連携のコンソーシアム)、展示会、講演会などにおいて、製品化を前提として仕様を公開する。これにより、国内の機械工業における中堅・中小企業への新規事業創生を目指す。

本事業名は農作業支援ロボット開発と称しているが、コンシューマーアグリ研究会会員の農業法人（大半がベビーリーフを主力の生産品目としている）のニーズを調査すると、ロボットである必然性は高くない。また、農作業が行われる圃場（畑）では基本的に電気・圧縮空気の供給がなく、装置には防水、防錆、防塵、結露、防虫などへの対策が必要となる。

さらに、収穫物への汚染防止、消毒が可能であることなど、衛生面に対する配慮が重要である。以上の理由により、産業用ロボットの転用は困難と判断した。したがって、農作業において必要とされる基本的な能力を持った装置・機械の開発を優先することにした。

ベビーリーフは、発芽して10日～30日以内の野菜の葉を総称したものであり、年間10～20毛作が可能である。そのため、機械化の恩恵は高く、装置の稼働率も高くなる。

ソフトウェアの領域では、コンシューマーアグリ研究会の会員である農業法人の協力を得て、農業の生産工程を分析した(図32参照)。その結果、同社が行っている管理作業の代替手段として、ICT技術を応用した生産管理システムが可能であるか検討し、工業分野における生産管理手法を応用すれば対応が可能と

の結論を得た。

ハードウェアの領域では、同社で作業者の肉体的負担が大きく、商品価値を左右する収穫工程の自動化を目標に検討を行った。その結果、刈り取り手法の変更改良が必要であり、刈り取り実験用の農作物育成環境としてビニールハウス（図33参照）、栽培実験装置を試作し、刈り取りおよび栽培実験を開始した。



図33 ビニールハウスと育成装置

② HART 機械の安全・信頼性設計

(a) 背景と目的

近年、人命にかかわる事故が続出している。そのほとんどが利益を最優先したあまり、安全が軽視されて引き起こされたものであり、その対応に何百億円もの費用がかかった例も珍しくない。ものづくりでは、消費者が安心して使用できる装置を作ることが基本である。

ここでは、「安全な機械を作るための技術」を紹介する。機械製品の事故原因の90%は、疲労破壊であるといわれてきた。しかし、最

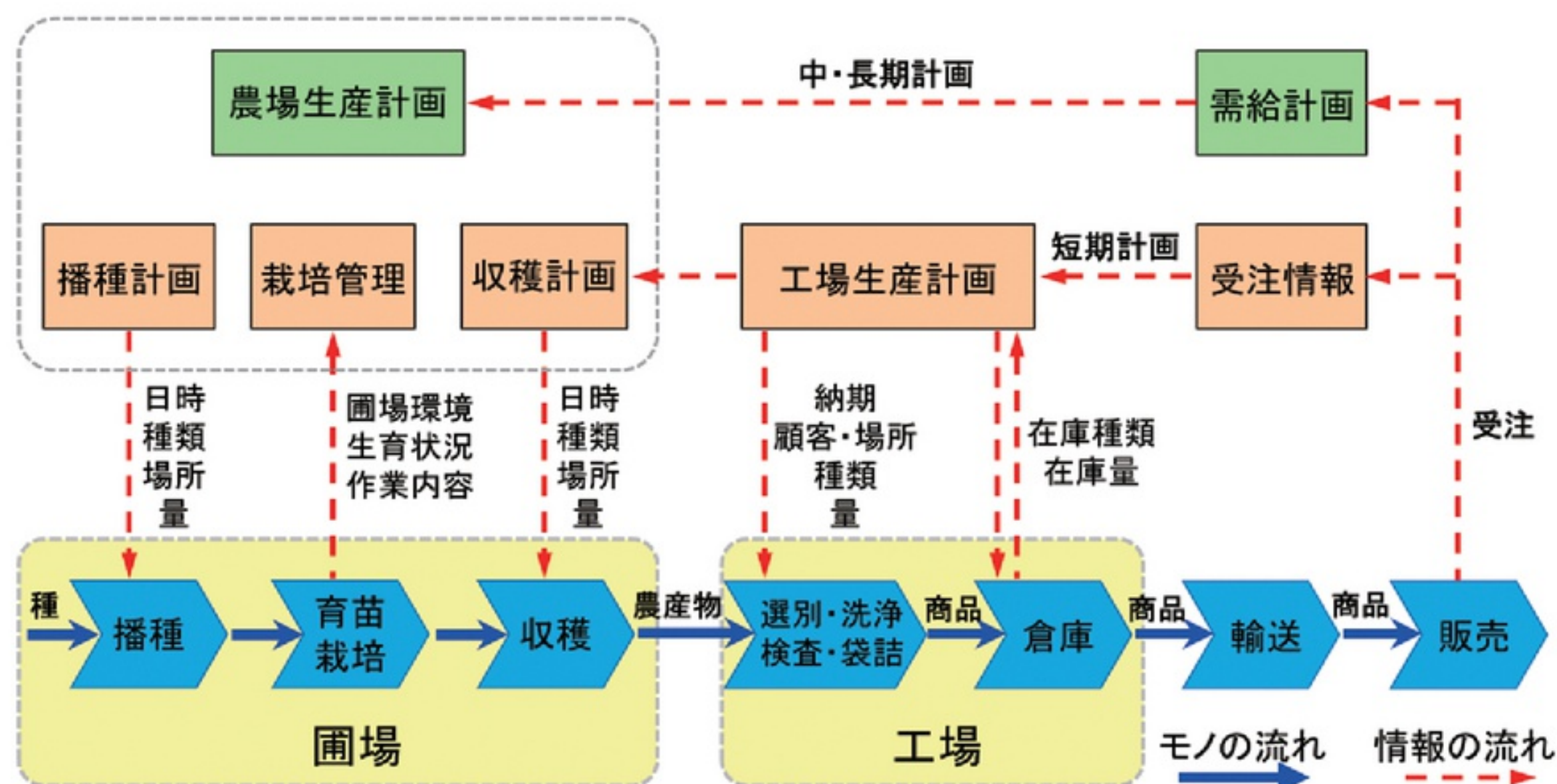


図32 農業の生産工程

近の機械製品は電子制御によるものが多く、温度ストレスによる電子部品等の故障による事故が問題となっている。この対策のために、機械製品における熱制御は必須と考えられる。地球観測衛星みどりII号は、打ち上げ後1年で通信が途絶えた。事故原因は、打ち上げ後のハーネス(電力、信号配線)の温度が、設計時に予測した温度を大幅に上回り、被覆が損傷し短絡したものと推定された。

(b) 安全な機械を作るための技術

製品に不具合が発生すると、その対応、再設計、改修、再製作、損害賠償により膨大な費用が発生する。さらに、消費者の不買運動等の社会的制裁を受けることもある。このような事態を防ぐためにも、設計段階で安全設計(製品の故障、予期せぬ使い方で消費者が被害にあわないことを証明する)、信頼性設計(要求された条件で製品が故障しないことを証明する)が必要である。

さらに、製品開発全体のしっかりしたマネジメントおよび品質管理(要求された条件を満たす製品であるかを確認する)により安全対策を万全にすることが必要である。この考え方の流れを図34に示す。

ISOで定義されている機械安全とは、受け入れ不可能なリスクがないことである。そのため、機械安全に対する考え方が、従来日本で考えられてきた「危険検出型システム」から、欧米型の「安全確認型システム」へと変わってきている。

つまり、使用者が使い方を守れば被害は起きないという「被害ゼロ」の考え方から、作る

人が責任を持って安全設計に取り組み、どうしたら危険の発生を最小限にするかという「危険最小」の考え方に変わってきている。例えば、作業現場における安全性を考えてみよう。従来は防護具と作業者への教育や訓練等、受身の安全対策しか取られていなかった。

しかし、現在ではヒューマンエラーは必ず起こると仮定し、ヒューマンエラーが事故につながらないように作業現場の安全設計を行うようになってきた。また、事故が起きたとしても事故から発生するリスクを最小にすることも考慮し、設計するようになってきた。

安全に対しての欧米と日本の考え方の違いを表3に示す。この表で重要なのは、災害の発生件数ではなく、その重大性にある。人は間違いを起こすものなので、技術力により安全を確保しなければならない。そのために、リスクアセスメントとして危険源を抽出し、生ずるリスクを低減する安全設計が大切である。さらに、危険を低減するためのコストを許容することも肝要である。

(c) まとめ

近年、機械安全の考え方が大幅に変わってきており、国際的な安全基準に基づいた対応が求められている。当所では機械安全の理解のための研修を行い成果の普及をはかっている。

③ HART 移動支援ロボット開発

(a) 背景

わが国の高齢化現象は、世界に例を見ない速度で進展している。特に65歳以上の高齢者人口は2010(平成22)年度の調査では過去最高の2,901万人であり、その総人口に対す

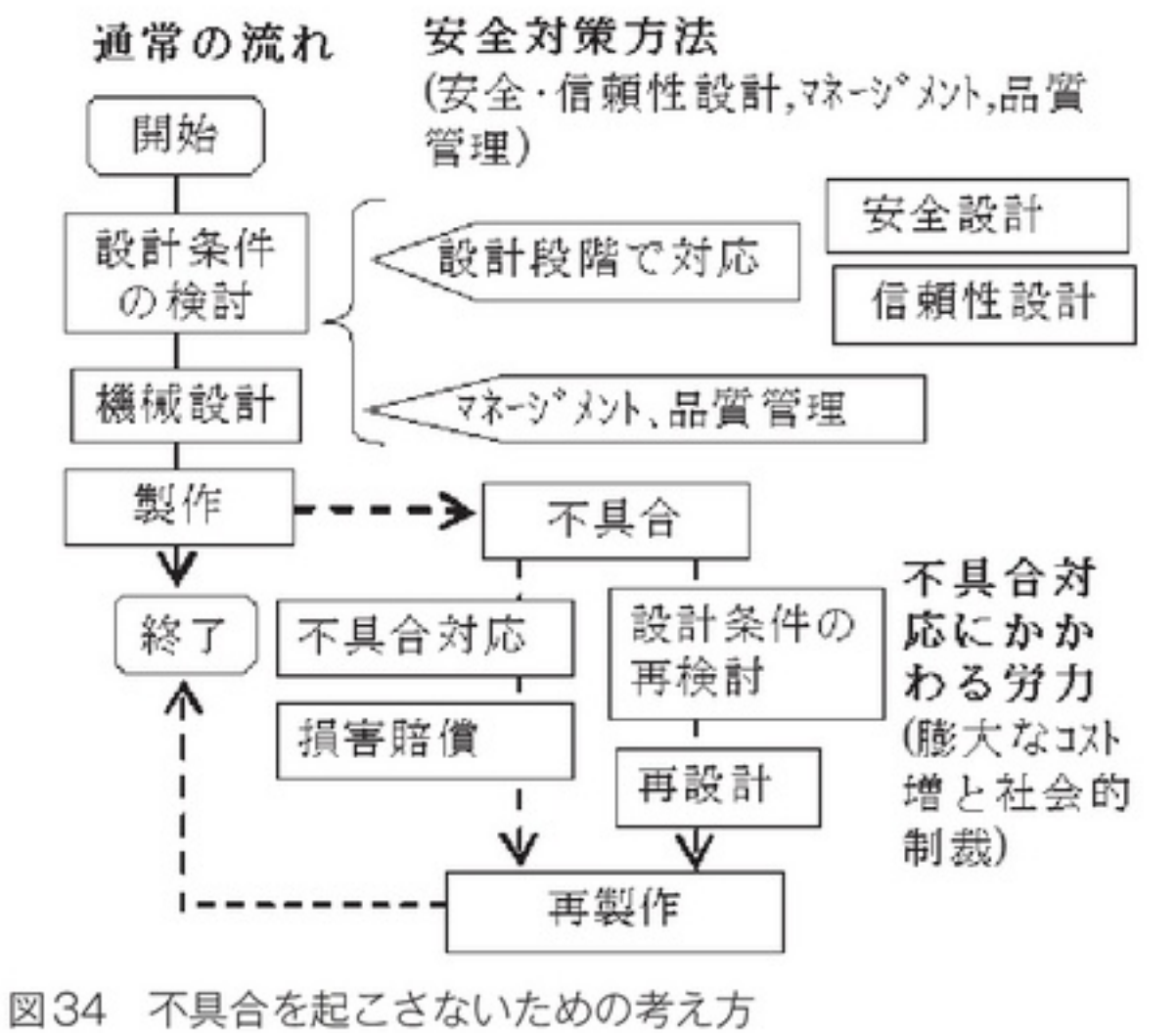


表 3 安全に対する考え方の違い

項目	日本の考え方	欧米の考え方
災害原因	災害の主原因は人である	災害の主原因は技術不足である
災害対応	災害防止努力により災害は防げる	災害防止を行っても技術レベルに応じて起こる
災害対策	管理体制により人の教育・訓練を実施し、規制の強化により安全を確保できる	人は必ず間違いを起こすものであるから、技術力により安全を確保する
災害の重要性	災害の発生件数を重視する	災害の重大性を重視する
安全設計	前例主義により今までに起こった危険に対して対応する	危険源を抽出し、リスクの評価と危険の低減を行う
安全対応技術	今までにあった危険をなくす技術	理論的に安全であることを立証する技術
安全コスト	安全に対してのコストを許容しにくい	安全に対してのコストを許容する

る比率(高齢化率)も22.7%である。この高齢化率の上昇は今後も長期間にわたり継続するとされ、2025(平成37)年には3割、2055年には4割を超過するとの報告されている。

一方で日本はロボット産業、ロボット技術(RT)の分野は世界的に質・量ともにトップクラスであり、産業用ロボットの稼働台数は世界第1位、シェアも1/3を占めているロボット大国である。特に産業用ロボット分野は、自動車や電気といった基幹産業の厳しい要求に応えることで成長を続けてきたため、その高い競争力は研究開発の広さと深さに下支えされている。

この高い競争力は、いわゆるアベノミクスと呼ばれる経済政策の中でも世界に誇れる産業として大きく期待されており、関係する研究者のみならず、幅広い応用、展開を目指し産学官を含む多くの関係者が注目している。このような状況を背景に医療・介護福祉分野へのロボット技術の応用・適用は超高齢社会へ進むわが国にとって喫緊の課題であり、一つの産業分野として自立発展させることが、今後の持続的社會を維持する鍵となる。

少子高齢化で生じるさまざまな問題にわが国のロボット技術は有力な解決手段を提供できるだけの潜在能力を有しており、大企業だけでなく中小企業までもが参画できる研究開発支援策が経済産業省と厚生労働省の連携により展開をされることとなった。

(b) ロボット介護機器開発パートナーシップ

高齢者の自立支援、介護者の負担軽減を検討する際、その想定場面は施設か、在宅かによる違いだけでなく、高齢者の日常生活において実にさまざまである。そこで重点分野と

して(装着型もしくは非装着型)移乗介助、認知症の方の見守り、移動支援(図35)、排泄支援、入浴支援を設定し、政府による補助事業予算化の前段階としてロボット介護機器を開発する積極的意志を有する企業等を募り、機器の開発および実用化のための施策に反映する目的でパートナーシップが組織された(図36)。

機械振興協会技術研究所は補助事業の採択を目標に移動支援および移乗介助・見守り支援にそれぞれ民間企業、産業支援機関らと共に参画し、情報収集を行った。

(c) ロボット介護機器開発・導入促進事業

パートナーシップに参画した2グループのうち、具体的な開発計画に合意できた移動支援ロボット開発について民間企業2社とアクティブカート開発コンソーシアムを構成し、補助事業の申請をし、採択をされた。機器開発では利用者の安心安全を確保するため、試作機の製作だけでなく、それと併せて開発コンセプト、安全コンセプト、リスクアセスメントなどの各種書面チェックも、各開発フェイズで行われた。また、ヒアリングの結果から利用者が抵抗感を感じやすい福祉機器らしいデザインからの脱却も目指した。

(d) まとめ

高齢者が毎日を積極的に生活できるよう支援する移動支援ロボットの機器開発を目的として、安全コンセプトやリスクアセスメントなどのチェックと、原理試作モデルの製作による動作検証を行った。当所ではこれらの結果をもとに民間企業との開発をすすめ、数年後の実用化・市販を目指している。



図35 移動支援機器イメージ



図36 ロボット介護機器開発パートナーシップ
(会場：機械振興会館B2ホール)

(2) 太陽熱発電事業

① はじめに

2011（平成23）年3月11日の震災に伴う原発事故により、わが国は電力供給に関して不安を抱えた状況が続いている。また、翌年7月より再生可能エネルギー買い取り制度が開始されたが、買い取り価格が高い太陽光発電に集中し、電力供給が不安定化する懸念が生じている。

一方、太陽熱発電は、海外では大規模な研究開発の例もあるが、湿気の多い日本では曇天が多く太陽熱発電には不向きとされ、研究もあまり行われていないのが実情である。

本研究では電力供給の安定化の観点から、蓄熱により容易に電力供給の安定化がはかれる太陽熱発電に着目し、わが国の天候に合った太陽熱発電システムの構築を目指して2012（平成24）年度より研究を開始した。

② 海外の状況

海外では赤道付近や、比較的高緯度でも晴天率の高い場所で太陽熱発電の研究が行われており、最新の太陽熱発電の現状を調査するためにアブダビのマスダール・シティの太陽熱発電システムの視察を行った。

この発電システムは、マスダール大学と（株）コスモ石油、東京工業大学、三井造船（株）等が協同で開発しており、多数のミラーで反射した光を、中央高所にある二次ミラーを介して下方にある集熱レシーバーに集光している。

この方式は集光倍率が高く、発電部を設置しやすい地上あるいは地下に配置できるため高温の熱媒を利用した高効率の発電が期待できる。しかし、アブダビは湿度が高いため光学系への砂の付着が多く、光学系の性能低下

に対する対策が求められる。

③ 研究の概要

一般的な集光型の太陽熱発電では、集光可能な直達日射が必要で、少しでも太陽が陰ると発電量は半減してしまう。本研究では直達日射だけでなく散乱日射から集熱可能とするため集光によらない集熱方法が有効と考え、検討および開発を行った。

図37および図38の左側に本システムで採用した集熱器を示す。この集熱器は、海外で太陽熱温水器として利用されているもので、国内の一般的な太陽熱温水器では高温となる集熱部から逆に熱が逃げてしまう欠点があったが、真空二重ガラス管により、光は透過するものの魔法瓶構造により外部へ熱が逃げにくくなっている。また、この中央にはヒートパイプがあり、内部に少量の水が封じ込められているため光から変換された熱によりこの水は沸騰し、ヒートパイプ内部の圧力を上昇させ、断熱圧縮によりさらに温度を上昇させる仕組みになっている。実際に発電しない状態での循環水の温度は約120℃になることもあった。

しかし、発電時に常時得られる水温は80℃程度と考えられ、蒸気タービンのような流速型の膨張機を動作させることは難しく、容積型のスクロール膨張機を採用し、熱媒には沸点の低いHFC-245faを使用したバイナリー発電システムを採用することとした。

また、発電効率を測定するため、直達日射量や全天日射量を測定するための天候観測システムを構築した（図38の右側）。

なお、2013（平成25）年度は（公財）JKAの補助事業として研究を行い、目標とした1kWを上回る1.2kWの発電を行った。

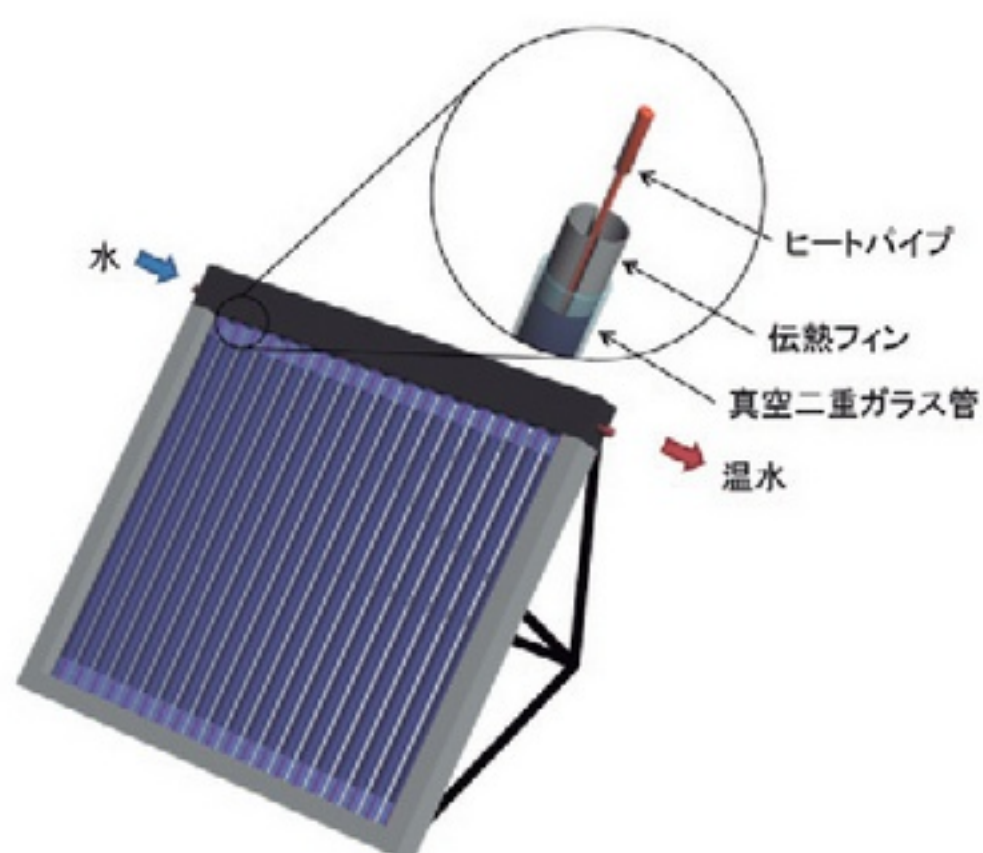


図37 集熱器およびその構造



図38 太陽熱発電システム全景

第2項 受託事業

(1) 工作機械精度検査

工作機械精度検査は1996(平成8)年4月より実施している受託業務で、数値制御された工作機械の位置決め精度を測定し(図39)、その結果を報告書として作成している(図41)。その検査方法は、国際規格であるISO 230-2(JIS B 6192)で定められており、数値制御装置(NC)によって工作機械の直線軸に対し位置決めを行い、その位置が目標位置(指令値)からどれだけ外れているかを計測することとなっている。測定点数は1mあたり最小5点で、往復5回繰り返して測定し、その結果を統計処理して評価値を算出することとなっている。また、機械の温度、周囲の温度、湿度、気圧などの環境の変化が測定結果に大きく影響するため、これらの環境値を測定し、それぞれの値を定められた条件に基づいた補正を行い測定結果に反映させることも定められている。当所ではこれらの規格に則って各直線移動軸の全体の偏差、一方向位置決めを行った場合の位置決め偏差、バックラッシュ、繰り返し位置決め精度などを評価している。

位置決め精度検査には、レーザー干渉位置計測システム(レーザー測長器)を使用している。これは、レーザーの波長を目盛りとして利用し長さを測る測定器で、位置決め精度検査ではこの測定器を使用して、直線移動軸の基準位置からの移動量を測定している。

① ユーザーの利用状況

日本には精度の高い工作機械を製造するメーカーが数多く存在している。しかし、精度の高い工作機械は、大量破壊兵器等の製造にも利用できるため、大量破壊兵器の拡散防

止の観点から、日本では外国為替および外国貿易法によって、工作機械やそれに使われている技術が、不正に海外に持ち出されないよう管理している。そのため工作機械精度検査は工作機械を輸出する際に、これらの法律の規制に非該当であることを証明する際の添付資料として利用されている。

また、その他の利用方法としては、工作機械の位置決め精度保証データや、数値制御による位置決め補正を行う際の補正データの作成にも利用される。

② これまでの実績と今後の取り組み

工作機械精度検査の特徴としては、現地での測定を行っている点で、日本国内のほとんどの地域に対応している。また、開始した1996(平成8)年から2013(平成25)年までで延べ2,620台の測定を行っており、2013(平成25)年度には208台の測定を行っている。

今後は円安等の影響により、海外へ工場を移転する企業が少なくなることが予想されるため、機械精度を向上させる補正データの作成等、工場の海外移転の減少に影響されない測定を充実させていきたいと考えている。

(2) 材料試験分析

機械工業などものづくりの現場において“材料の特徴を知る”ことは、新製品開発や市場製品や製品開発プロセス等における品質管理上の問題解決の重要な手段である。技術研究所では、材料物性の“試験”および材料の化学情報の“分析”の両面から、各種ものづくり現場からのニーズに応えてきた。

また、試験分析品を職員が受け取り試験分析を実施する受託形式だけでなく、依頼者立



図39 NCフライス盤の位置決め精度測定



図40 500kN 万能試験機

ち会いの下で実施する立会形式により、品質管理など早い解決が求められる場合にも、対応できるサービスを展開してきた。

現在は、下記の技術を中心に使用し、業務を実施している。なお下記技術は複数を組み合わせることにより、材料の多面的な評価が可能となる。

①万能試験機(図40)

万能試験機は、材料の代表的物性である引張・曲げ・圧縮強度などを知ることが可能である。技術研究所では最大試験力500kNから1kN以下にわたる幅広い荷重レンジにて精度よく測定が可能であり、金属部品等から、プラスチック部品などの評価に活用している。

②硬さ試験

硬さ試験（ビッカース硬さ、ロックウェル硬さ、ブリネル硬さ）は材料の硬さ情報だけでなく、万能試験機で評価が困難な試験片の強度情報の概算値や、鋼材の熱処理情報などの評価が可能である。さらに、技術研究所では研究開発した、「三次元表面形状観察ナノインデンテーションテスター」を備え、ナノ表面における物性評価に活用している。

③X線透過試験

X線透過試験では、機械部品、電子部品における内部の状態を非破壊で観測可能である。例えば、鉄・アルミ鋳物部品・セラミック部品・ゴム・プラスチックの内部形状、気泡・割れの有無が可能であり、応用的な事例として電子部品中の回路の結線状態の評価等に活用している。

④走査電子顕微鏡(SEM、EDS)

走査電子顕微鏡は、電子線を試料表面に照射し、そこから発生する二次電子や反射電子を検出して試料表面の微細な形態観察をする装置であるが、付属の元素分析装置(EDS:エネルギー分散型検出器)により元素分析も行うことができる。また、単なる試料表面の観察・分析だけではなく、金属部品の微視的な破断状態の観察による損傷原因解析にも活用している。

⑤電子線マイクロアナライザー(EPMA)

電子線マイクロアナライザーも上記走査電子顕微鏡と同様に、電子線を用いた分析装置であるが、EDSよりも高感度な検出器(WDS:波長分散型)を備えていることと標準試料を

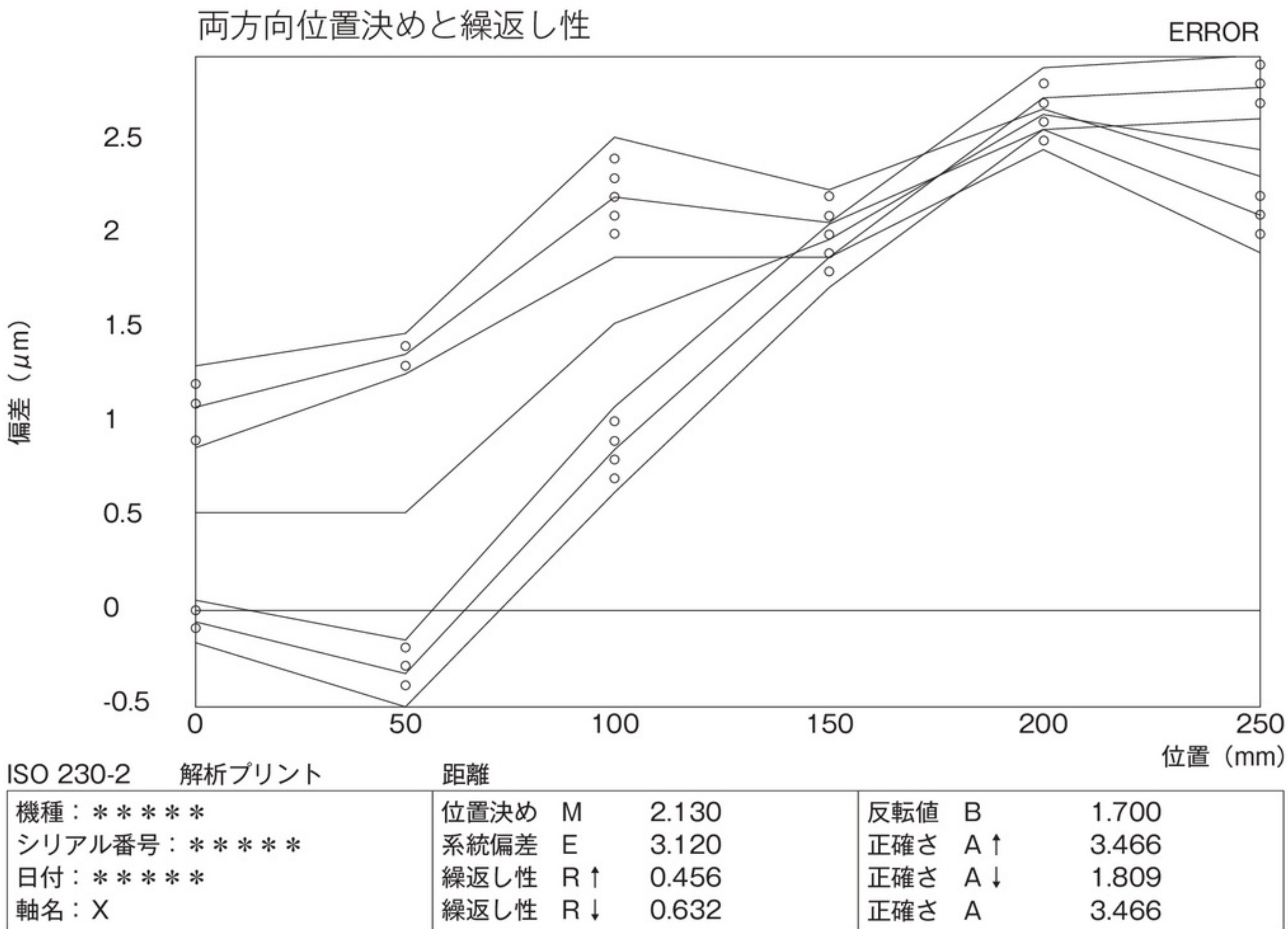


図41 CNC旋盤の測定結果

用いることで高精度の定量分析を必要とする金属鋼種の判定にも活用している。

⑥赤外分光分析(IR、ATR)

赤外分光分析は、赤外線を利用し主として有機材料の化学状態を知ることが可能な手法である。技術研究所では一般的な赤外分光光度計のほか、マイクロサイズの試料に対応した赤外顕微鏡を備えており、マクロサイズのプラスチック、ゴム、フィルム、油等だけでなく電子部品等に付着した微小異物の定性分析などに活用している。

(3)精密計測

品質管理システムでは計測を行ったとき、その結果が国家標準にトレーサブルであることが求められる。これは品質管理システムが特別なことを要求しているのではなく、当然な要求と言える。国家標準を産業界等に供給する中間機関として、長さの標準供給では、ブロックゲージ、レーザー波長、標準尺などの校正、形状関係では、粗さ標準片、真円度マスタの校正を実施してきた。

現在は、依頼件数の多い標準尺の校正を中

心に行っている。

①標準尺の校正

標準尺とはガラススケール（図42）、倍率測定用スケール、対物マイクロメーターなどの総称である。標準尺の校正は、精密な移動台として測長器を使用し、レーザー干渉測長器によって値付けを行う。当所では微細な目盛がある対物マイクロメーターから3,000mmの長さのものまで対応している。また、金属製やガラス製などの材質の異なるものも、対応している。標準尺や対物マイクロメーターなどの目盛り線が細く、シャープなものにはエッジセンサーを用いることによって目盛りの合わせ誤差を小さくしている。

②ブロックゲージの校正

ブロックゲージ（図43）の校正は、光波干渉計を用いて、光の波長を基準にブロックゲージの値付けを行う。当所では通常校正依頼を受けたブロックゲージは、光波干渉計で値付けされた当所のブロックゲージ(基準器)と測微器を用いて比較測定することにより値付けを行う。



図42 ガラススケール

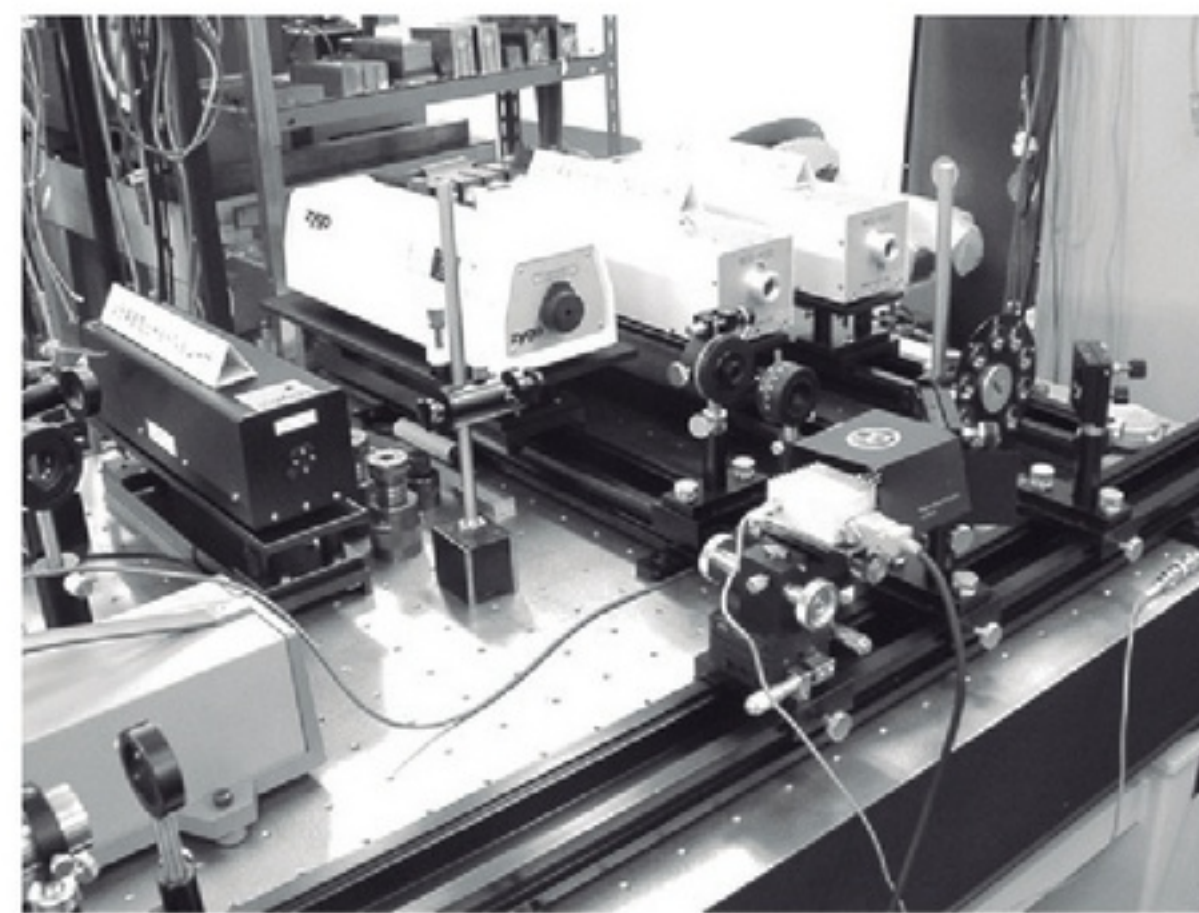


図44 レーザー波長の校正の様子

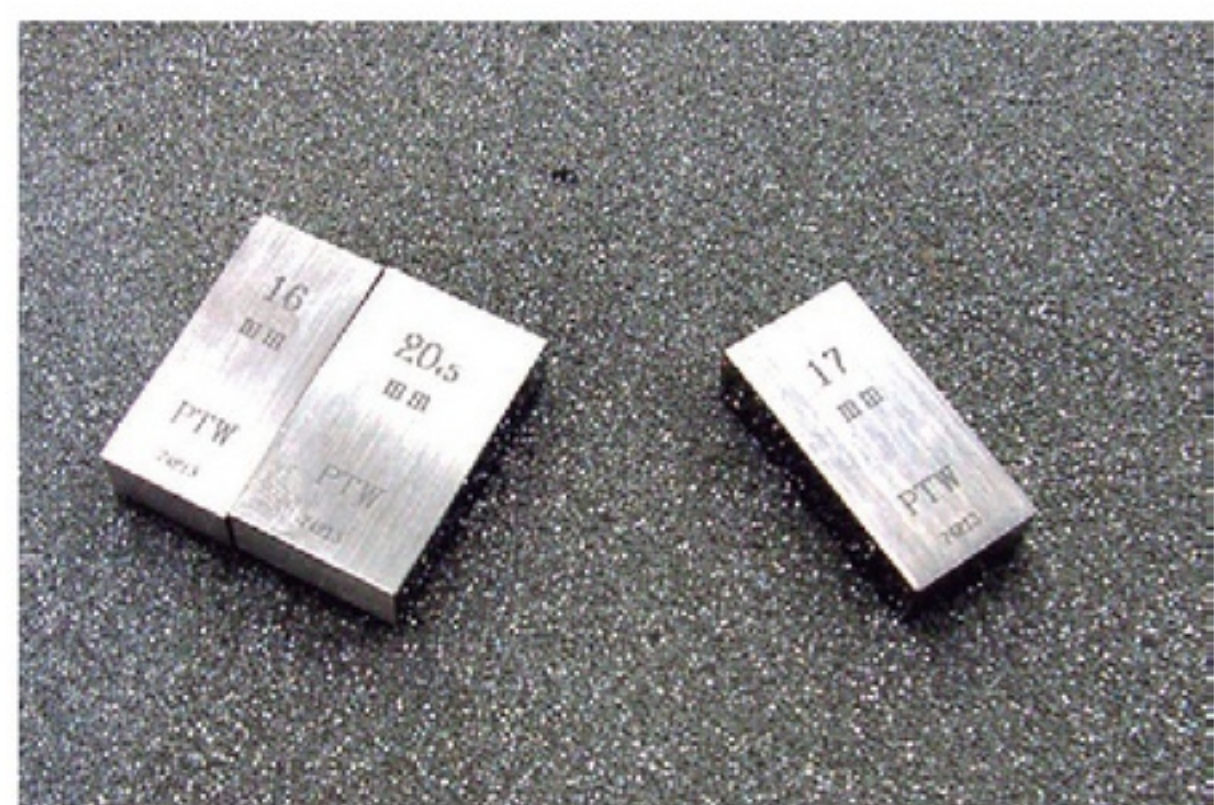


図43 ブロックゲージ

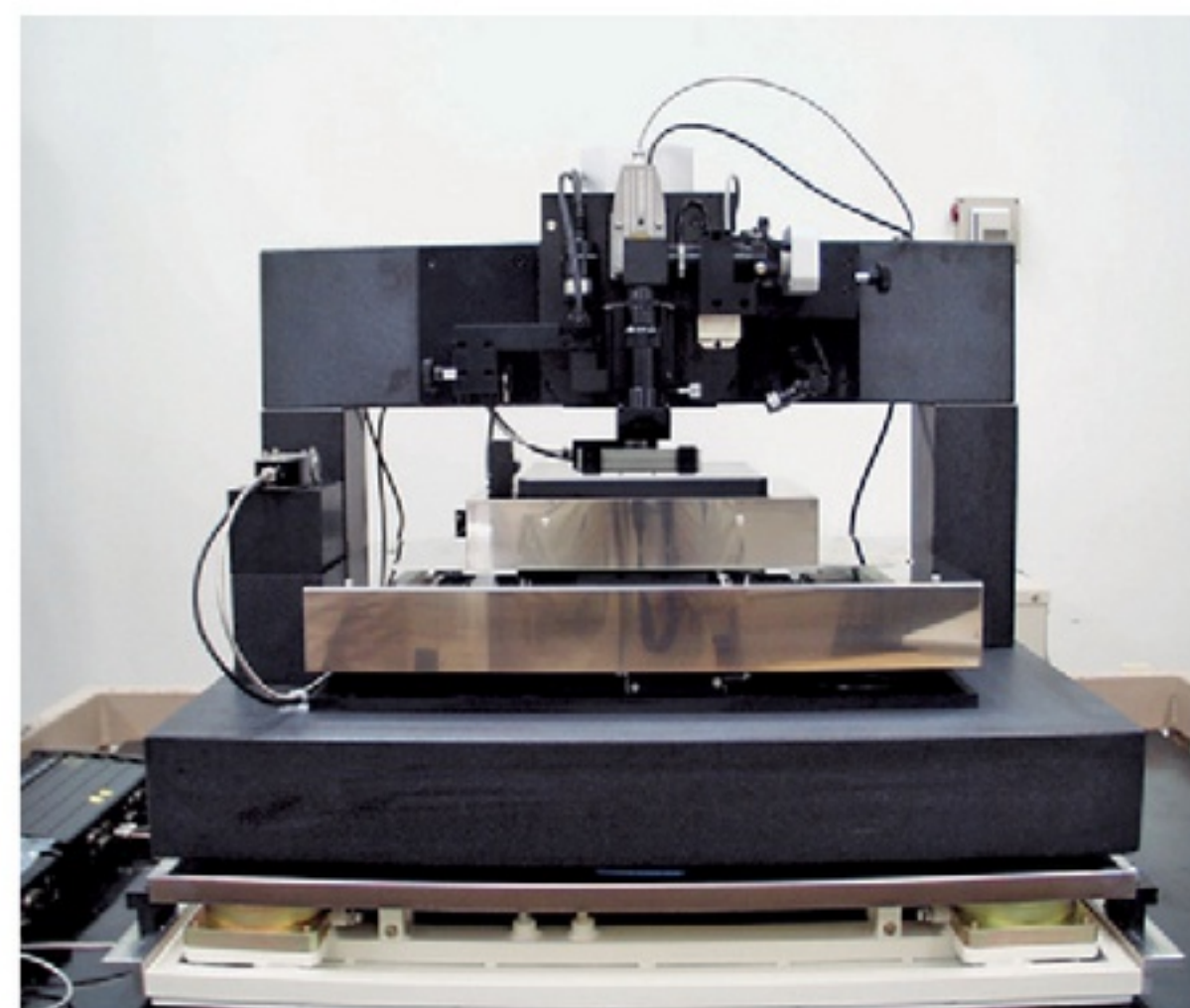


図45 粗さ標準片校正装置

③レーザー波長の校正

レーザー波長の校正方法は、極めて高い精度で波長を安定化したヨウ素安定化He-Neレーザーを用いて校正する。原理は長さの定義「メートルは1秒の299792458分の1の時間に光が真空中を伝わる行程の長さ」より次式により波長（ λ ）を求める。図44にレーザー波長の校正の様子を示す。

$$\lambda = Co / f$$

$$Co = 299792458 \text{ m} / \text{S}$$

$$f = \text{光の周波数}$$

④粗さ標準片の校正

当所で開発した極めて精度および安定性の高い粗さ標準片校正装置（図45）を用いて、段差および各種山形の基準片の校正を行う。この測定器の分解能は0.1ナノメートルで、校正範囲は最大で100マイクロメートルまで校正可能となっている。

⑤真円度マスターの校正

真円度マスターの校正方法は、まず、真円度測定機（図46）を用いて、真円からの偏差である真円度を、測定位置を変えて数回測定する。つぎに、誤差分離方式の一つであるマルチオリエンテーションを用いて、測定機の回転精度の影響を取り除く。これにより、真円からの偏差を高精度に検出することができる。

(4)加工技術データファイル事業

①概要

1971(昭和46)年度より開始された加工デー

タバンクプロジェクトを経て、現在の「加工技術データファイル」として約43年間、機械加工の情報サービスを行っている。現在まで国内約4,400の事業所が利用し、日本の製造業におけるモノづくりの現場で利用されている。チタン合金など難削材をはじめ実際の製品加工における加工条件が記載された貴重な情報で、この分野での生きたデータベースサービスとしては世界に例を見ない。

②変遷と現状

このサービスは、主に切削・研削・研磨・放電・レーザー加工など材料を除去して行う加工を対象に、加工の基礎理論や実際の加工事例で構成され、基礎理論においては1976(昭和51)年5月以降「総説」として12巻約3,800ページを発刊し、その後、単位・材料名など標記の変更に伴い、より使いやすい「基礎編」として2001(平成13)年3月切削加工編を発刊した(図47)。以降、研削研磨加工編、放電・レーザー・電子ビーム・イオン加工などの特殊加工編を発行し現在にいたっている(図47)。

基礎編は、書籍と電子ファイル(CD-ROM)で提供され、生産技術者のほかに、社内研修・教育、大学テキストなど幅広く利用されている。加工事例においては2014(平成26)年3月末時点で5,571件となり現在も増加中である。この間、CD-ROMを経て2004(平成16)年からはインターネット上で利用する「加工事例ネットワーク」の運用へ切り替えるなど、提供する媒体を時代の変化に対応してきた。主に加工条件の設定、工具寿命の延長、製造コストの削減など現場に直結した利用がなされている。



図46 真円度測定機



図47 加工データファイル事業のテキスト

また、普及活動においては、①日本国際工作機械見本市やメカトロテックジャパンなど機械加工関連の展示会出展、②メールマガジン「データファイル通信」の配信、③主に精密加工や難削材をテーマにした技術セミナー（図48）の開催などを行い、広く機械加工の情報発信を行いながら「加工技術データファイル」の利用促進に努めている。

活動全般にあたっては、この加工技術データファイル運営委員会の方々に協力をいただきながら、工具や工作機械のメーカー、製造を主とするいわゆるエンドユーザー、加工関連の研究者など第一線の技術者からデータの提供を受けるなど、まさに業界全体で行ってきたといえる。

製造現場の海外移転、人材の流出、さまざまな経済状況、若年層の製造業離れなど、われわれ業界に関わる人間にとっては、何かと厳しい環境が取り巻いている。今まで関わった多くの技術者に感謝するとともに、この「加工技術データファイル」が今後も現場の担当者利用され、業界の技術向上に寄与できるよう引き続き普及活動に努めていきたい。



図48 技術セミナーの風景

第3項 施設賃貸(表4・図49)

技術研究所は1968（昭和43）年6月に杉並・井荻から東久留米へ本所として格上げされ、約40数余年の月日が経過した。東久留米では発足当時、60名を超える職員で受託、研究等の業務に従事してきた。しかしその後、1996（平成8）年3月にMAP試験センター、同年9月に低温環境試験室、2003（平成15）年3月に計量技術部機器性能課の廃止、2011（平成23）年度の協会の一般財団法人化により資金改善をはかるべく、ものづくり企業の今日的課題に対応した新分野事業への取り組み、試験分析業務をはじめとする従来事業の選択と集中による大規模な業務改革を進めた結果、研究施設等に余裕がでてきた。

また、所内には発足当初から工業団体利用施設として、個々の機械工業団体がその団体特有の問題の解決のために会員が共同して研究するための場として協会が設置、提供してきた。これら団体も時間の経過とともに事業の見直し、縮小等が進み、特に2006（平成18）年まで敷地の一部を貸与していた助素形材センターの事業集約化等に伴う土地の明け渡しを受けて、施設のみならず土地についても遊休地を生じることとなった。

これまで社団法人、財団法人等の公的機関に限って施設貸与の対象としてきたが、当協会の一般財団法人化を契機に、施設の有効活用による資金改善をはかるとともに、中小企業の製品開発拠点等としてご利用いただけるように貸与の対象先を広げ、「ものづくり支援スペース」として施設を貸与することとした。

また、施設の貸与のみならず、敷地の一部

表4 ものづくり支援スペースの貸与状況

貸与施設	利用団体名	業務内容
部 屋	(一財)日本電子部品信頼性センター環境試験所	電子部品の信頼性試験
部 屋	(株)イー・アイ・システムプロダクト	基礎研究実験
駐車場	インベリアル東久留米管理組合	技術研究所東側駐車場(50台分)
部 屋 駐車場	(社福)イリアンソス活動センターかなえ	身体障害者通所訓練事業(授産)、建物建替えによる代替施設地
部 屋	(株)オズスペック	農業機械とITサービス商品の開発
部 屋	(株)TOKYO HOKUTO	電子機器・アンテナ通信機器の開発、試作、評価および量産製造・検査
倉 庫	(株)日立国際八木ソリューションズ	作業用部材の保管
部 屋	スマートロジック(株)	農業用リモートセンシングシステムおよびその派生システムの研究・開発

を駐車場として整備し、近隣住民のための駐車スペースとして貸与を始めた。その他、敷地の有効活用策の一つとして、西側の敷地へものづくり支援サービス付工業団地の設営の可能性について検討している。

なお、これまで研究所の施設を工業団体利用施設、あるいはものづくり支援スペースとしてご利用いただいた組織・団体は以下のとおり（現在の入居中の団体・組織は除く、名称は退室当時のもの）。

（社）日本ダイカスト協会、電子部品微小化技術研究会、（財）素形材センター、日本バルブ工業会、（社）日本防錆技術協会、光学工業技術研究組合、（財）日本機械金属検査協会、（財）日本自動車部品工業会、（一財）能力開発工学センター、（財）オートレース振興協会、（一財）日本車両検査協会、（株）かがやき、（NPO）かるがも花々会。

第4項 人材育成

（1）3Dプリンター

① 実習セミナー

3Dプリンターは、AM（Additive Manufacturing）と呼ばれる技術方式の特長から、ものづくり分野において革命を引き起こす可能性があるものとして、各種メディアで取り上げられ急速に脚光を浴びている。一方、評価・期待が過剰であるとの見方が多いのも事実であり、実態はケースバイケースである。

技術研究所では、社会人・学生を対象としたものづくり人材育成研修の一講座として、以下の内容にて3Dプリンター実習セミナー（図50）を開催している。

（a）講義：3Dプリンター概説

- ・長所、短所
- ・造形方式、機種紹介
- ・用途

（b）実習：3D-CAD、3Dプリンターを体験

フリー版の3D-CADを用いて3Dデータを作成し、パーソナル3Dプリンターで出力する。

ものづくり人材育成の一環として、3Dプリンターの長所・短所、現状の課題・将来展望等を理解するとともに、自身の体験を通して3Dプリンターの可能性や自社の事業に与える影響などを検討するきっかけになることを目的としている。

② 障害者就労支援事業

障害のある人が、勤労意欲を持っているにも関わらず一定レベルの職に就けないことは、その人達の大きなジレンマであり、十分な社会参加ができていないというネガティブ意識を生んでいる。たとえ職に就いたとして



図49 敷地の一部を利用した東側駐車場



図50 3Dプリンター実習セミナー

も、清掃、単純事務など限定的で、福祉作業所で働いている人のほとんどが低工賃となっている。また、少子高齢化の進行により労働人口が減少していく一方で、福祉予算が増大していることは社会的な課題であり、障害のある人の就労が行政からも期待されている。

本事業はJKA補助事業として、障害のある人が付加価値の高い職に就く間口が広がり、より社会参加が可能な職に就けることを目的としている。これにより、工賃の向上と社会の役に立っているというモチベーションの向上がはかられ、「障害のある人が幸せに暮らせる社会創造」の実現に繋がることが期待される。付加価値の高い就労、かつ危険の少ない作業である3Dプリント出力サービスに着目し、障害のある人への適用を検討していく。

2014（平成26）年度は、障害のある人による3Dプリント出力サービスの「ひと、設備、マーケット」を観点としたビジネスモデル創りを行う。ひとに関しては、特に就労支援事業所の指導者や行政向けに3Dプリンター実習セミナーを実施して、専門家の意見を汲み上げていく。また、本事業を円滑に実施展開させるための発案・提言を行うことを目的として、学術（大学）、福祉（東久留米市内の障害福祉事業所）、企業（プリントサービス）、行政（東久留米市）の関係者で構成する専門委員会を設置している。各立場からの意見・提言により多角的な視点から、実現可能なビジネスモデル（図51）を検討していく。

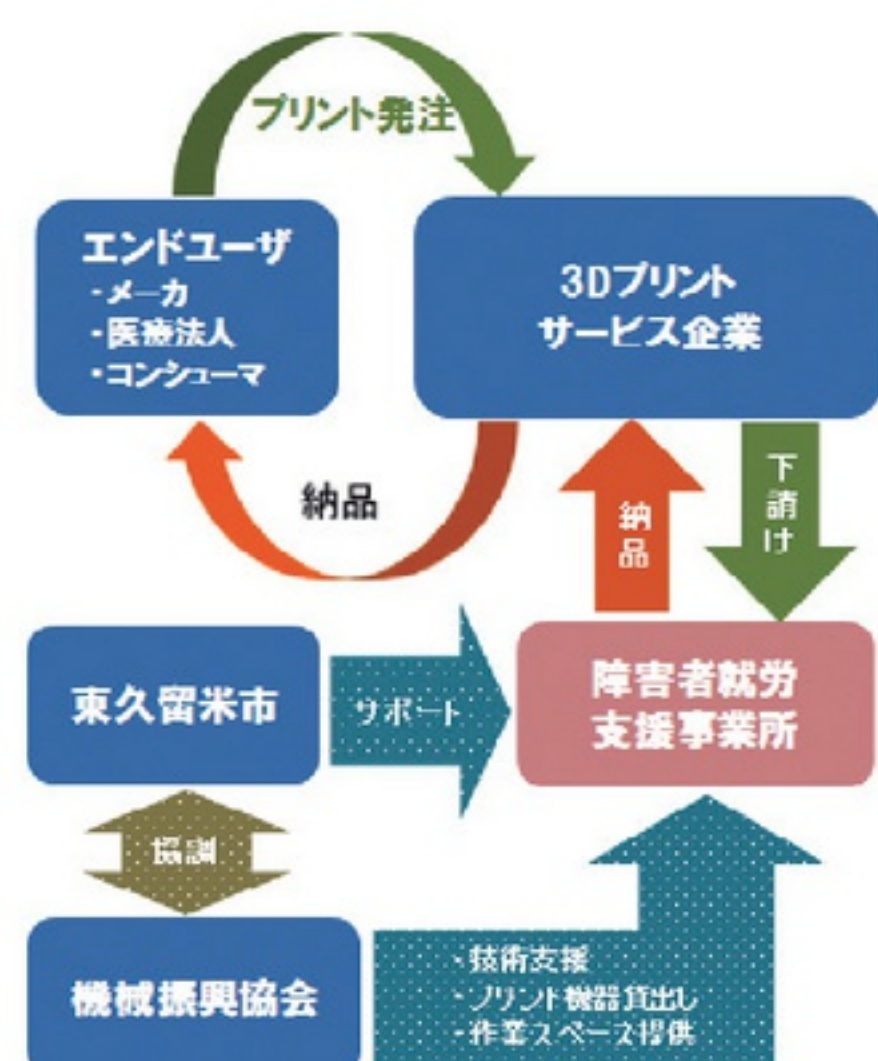


図51 機械振興協会が検討中のビジネスモデル案

(2)テクノフォーラム・研修会

①テクノフォーラム

技術研究所ではこれまで毎年秋に東久留米の所内施設の公開、研究成果の講演会を開催し、研究成果の普及、広報に努めてきた。

2012（平成24）年度から会場を東京・芝公園の機械振興会館ホール等に移し、事業成果の広報、産学官連携の場として技術分野別セミナー「テクノフォーラム」を年4～5回開催（表5・図52）している。

表5 テクノフォーラム開催一覧

回数	開催日	内 容
1	2012.8.2	創造！明日の技術
2	2013.1.17	加工技術データファイル
3	2013.2.20	製造現場を支える三次元測定
4	2013.3.28	環境・エネルギーシンポジウム
5	2013.4.17	ORiNによるオープンイノベーション
6	2013.11.8	オーダーメイド農業の生産技術開発
7	2014.1.30	ORiNによるオープンイノベーション
8	2014.2.5	加工技術データファイル
9	2014.2.28	作業支援ロボットビジネス支援シンポジウム

②研修会

技術研究所では2006（平成18）年度より社会人を対象に「試験・分析・計測および機械安全に関する研修」を年2回開催してきた。この研修は、材料試験、材料分析、精密計測など長年にわたり受託業務などを担当してきた技術者が、ものづくり社会のために実際に装置を使用した実習も含め研修を行うものである。2014（平成26）年度にもものづくり人材育



図52 テクノフォーラム

成事業がスタートしたことを機に「ものづくり人材育成研修」に改名し、講座も一部入れ替えて新たに3Dプリンター実習(図53)を加えた。

開講講座

- A. 安全・信頼性設計のポイント
- B. 破断面解析
- C. 3Dプリンター実習(基礎編)
- D. 有機物分析(赤外分光分析)
- E. 材料試験(引張、硬さ、X線透過等)
- F. 精密計測1(トレーサビリティ、測定原理)
- G. 精密計測2(三次元測定)

また、学生を対象としたインターンシップや3Dプリンター実習コースを実施している。

(3)新機械振興賞(図54)

①新機械振興賞の概要

新機械振興賞は、1966(昭和41)年に創設された「機械振興協会賞」と、1970(昭和45)年に創設された「中小企業向け自動化機械開発賞」(1995年より「中堅・中小企業新機械開発賞」に移行)を、2003(平成15)年に統合して設立されたもので、受賞団体には表彰状と彫塑家津上昌平氏による楯(図55)が贈呈され、開発者には賞金が贈呈される。また、受賞業績のうち特に優秀なものについては、経済産業大臣賞および中小企業庁長官賞(中小企業のみ)への推薦が行われる。

②統合の目的

近年は中小企業の技術開発力も向上してきており、大企業と競えるレベルにある企業も出てきている。そのため、中小企業の技術をより高く評価することによって技術開発促進

をはかるとともに、経済産業大臣賞の受賞の機会を中小企業にも開放する目的で2賞を統合することとした。また、統合による賞運営の効率化も期待される。

③賞の歴史

賞の推移を表6に示す。

機械振興協会賞

新規性のあるすぐれた研究開発を行い、または、その成果を実用化することによって、わが国機械工業技術の進歩向上に貢献した企業および開発者を表彰する制度として、1966(昭和41)年から2002(平成14)年の計37回実施された。

中小企業向け自動化機械開発賞

中小企業の自動化の推進を目的として、中小企業向けの優れた自動化機械を開発し、実用化した企業および開発者を表彰する制度として、1970(昭和45)年から1994(平成6)年まで計25回実施された。

中堅・中小企業新機械開発賞

自動化賞では、中小企業の自動化に貢献した企業を表彰するという一方で、大企業も対象であったが、これを中堅・中小企業自らが開発した技術を表彰する制度と改め、表彰の対象も自動化機械に限らないこととした。ここでいう中堅企業とは、資本金50億円以下、または、従業員数1,500人以下とした。また、最も優れた業績に対しては、中小企業庁長官賞へ推薦することとなった。

④新機械振興賞の審査体制

審査は、受賞候補に対して、幹事会による書面審査やヒアリング調査、現地調査を経た後、審査委員会による厳正な審査により、協会賞および経済産業大臣賞、中小企業庁長官



図53 インターンシップ、3Dプリンター実習



図54 第11回新機械振興賞表彰式

賞への推薦が決定される。授賞式は毎年2月頃に機械振興会館ホールにて執り行われる。

⑤新たな取り組み

第12回(2014年度)より小規模事業者(中小企業基本法における小規模企業者)を対象とした審査委員長特別賞が設けられ、より支援が必要とされる規模の小さな企業への支援体制を整えた。また、従来は賞の選考対象とな

るためには、公設試験場や業界団体等からの推薦を受ける必要があったが、この推薦方式に加え、自薦によるものも選考の対象とすることとした。これにより、業界団体等の支援を受けていない、より支援を必要とする企業からの応募をしやすくした。このことにより、なお一層きめ細やかな企業支援が行えるものと思われる。

表6 賞の推移

機械振興協会賞	中小企業向け 自動化機械開発賞
第1回～第37回 総受賞業績数311、 推薦数1,514	第1回～第25回 総受賞業績数184、 推薦数1,055
1966年度 創設	1970年度 創設
1993年度(第28回)～ 特に優秀な業績を経済産業 大臣賞へ推薦	中堅・中小企業 新機械開発賞
	第26回～第33回 総受賞業績数60、推薦数278
	1995年度 改称 受賞対象を中小企業に限定 特に優秀な業績を中小企業庁 長官賞へ推薦
新機械開発賞	
2003年度(第1回)～ 機械振興協会賞と中堅・中小企業新機械開発賞を統合 賞金の授与 第1回：大臣賞・長官賞ともに50万円 第2回～第7回：大臣賞80万円、長官賞50万円 第8回～第11回：大臣賞80万円、長官賞50万円、会長賞 30万円	
2014年度(第12回)～ 小規模事業者を対象とした審査委員長特別賞を授与(賞金 10万円)	
2015年度(第13回)～ 審査委員長特別賞の賞金を20万円に変更	



図55 振興賞楯(経済産業大臣賞)