

補助事業番号 20-107

補助事業名 平成 20 年度製造業の基盤的技術の拡充強化に関する研究等補助事業

補助事業者名 財団法人 機械振興協会

1. 補助事業の概要

(1) 事業の目的

機械工業の情報化の進展、標準化の推進及び地域産業活性化を図るため、機械工業界における共通の、実地的な技術問題の解決に必要な調査研究を行い、もって機械工業の振興に寄与する。

(2) 実施内容等

①. 標準技術活用による生産支援に関する研究

<http://www.tri.jspmi.or.jp/research/h20/system/index.htm>

本研究では、異メーカー機器から成る生産システムの運用、および保守向けに、遠隔監視、ドキュメント管理などの機能を、TV 会議機能により遠隔拠点間で共有し、低いスキルの作業者の遠隔作業や保守支援を行う仕組みである「ポータル・コラボレーション型生産支援システムの研究」を実施した。また、生産システム構築段階向けに、「シミュレーションによる生産システム構築効率化と品質向上の研究」を実施した。

【ポータル・コラボレーション型生産支援システムの研究】

遠隔地間で、紙図面等の非デジタル情報、3D モデル、機器情報、ドキュメントを、同視点表示し、共通ポインタと会話により作業支援するコラボレーション機能を開発した。また、現場側の周辺システムとして、工作機械の段取り後、ワークや治具をレーザスキャナで実測して、その計測情報と、制御装置の状態情報を加工シミュレータに自動送信し、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を予知するシミュレータ連携型工作機械内衝突防止システムも開発した。

本研究による平成 20 年度の成果公表として、特許出願 2 件、論文発表 1 件、口頭発表（学会・講習会）11 件、誌上発表（新聞・学会誌等）14 件、展示会出展 5 件、セミナー 3 回を行い、成果の普及に努めた。

【シミュレーションによる生産システム構築効率化と品質向上の研究】

シミュレーションと設備制御のより密接な連携の研究を応用することで、シミュレーションによる生産システム構築効率化に加え、新たな視点として品質向上という視点からのシミュレーションと設備制御の連携の研究を実施した。具体的には、三次元設備シミュレーションの画像表示技術を利用する外観検査プログラム品質の事前評価の研究を実施した。

本研究による平成 20 年度の成果公表として、特許出願 3 件、論文発表 3 件、口頭発表（学会・講習会）6 件、誌上発表（新聞・学会誌等）4 件、展示会出品 1 件を行い、成果の普及

に努めた。

②. 計測技術高度化に関する研究

(a) 製造現場の形状計測向上に関する研究

<http://www.tri.jspmi.or.jp/research/h20/cmm/index.htm>

「ものづくり」を取り巻く環境は急速に変化してきている。それに伴い、製造現場における形状計測への要求も、これまで以上に高度で多様なものになってきている。そこで、そこで、本研究では製造現場での普及度が高い三次元測定機、真円度測定機および断面形状測定機を取り上げ、これらの測定機の比較、不確かさを含めたトレーサビリティおよび高精度化が実現できる方法を検討し、その基礎情報を提案した。

三次元測定機については、低熱膨張ブロックゲージの目盛誤差からスケール温度計の補正を行い、一般（鋼製）のブロックゲージの目盛誤差からワーク温度計の補正を行うことにより目盛誤差を減少させることができた。これらの技術により、対象の CMM において、温度補正に使用する温度計を補正することにより、年間の温度変化が 10°C 以上ある測定環境で目盛誤差を 7.4 $\mu\text{m}/\text{m}$ から 1.8 $\mu\text{m}/\text{m}$ に改善した。

真円度測定機と断面形状測定機については、測定条件を最適化した断面形状測定機で真円度測定機の切欠き標準の値付けを行う倍率校正法および新しい切欠き標準の形状を提案した。この倍率校正法および切欠き標準の形状を用いることにより校正の不確かさ（標準偏差 0.03 μm ）を 1/2 程度改善することがシミュレーションにより確認できた。

当所主催の一般公開技術講演・研究会、精密工学会（2 件）、知的基盤部会計測分科会（2 件）などで成果の普及に努めた。

(b) 材料試験技術高度化－微細構造評価に関する研究－

<http://www.tri.jspmi.or.jp/research/h20/ultrastructure/index.htm>

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、表面改質技術や微細加工技術の発展に伴い薄膜・微細構造体を使用されるようになってきている。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として様々な産業分野で用いられてきている。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る。ナノインデンテーション試験は、そのための有力かつ実用的な手法の一つである。しかし、表面形状・表面性状の影響を受けやすく、それらの把握が大変重要である。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や、従来の硬さ試験との連続性などについて取り組みを行うことにより、微小領域・表面層の機械的特性評価の高度化を目的とした。

ナノインデンテーション試験の高度化を検討するにあたり、押し込み試験片のひずみ分布の把握、および押し込み試験後のひずみ、結晶性の評価を行うための顕微ラマン分光・押し込み試験システムを構築し、局所ひずみと押し込み試験の精度についての評価、および押し込み試験の精度向上について検討を行った。

論文発表 4 件、口頭発表 7 件（国際学会 3 件、国内学会 4 件）の発表を行い、成果の普及に努めた。

(c) 材料試験技術高度化－複合三次元材料試験方法の開発－

http://www.tri.jspmi.or.jp/research/h20/material_testing/index.htm

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、日本工業規格 (JIS)、国際標準化機構 (ISO)、米国材料試験協会 (ASTM) 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。

近年の工業製品における高度化に伴って、複合材料や樹脂材料等の新素材に対応した新しい材料試験技術が重要な課題となってきている。負荷方向により機械的性質が全く異なる新素材等に対応するためには、複合三次元材料試験を実現する必要がある。これまでの研究で、パラレルメカニズムによる六軸の位置・力制御が可能なプロトタイプシステムを考案した。より実用条件に近い材料評価方法の確立を目指すため、効率よく実験が進められるよう制御ソフトウェア等の改良を進め、基本的な評価実験を行った。

③. 加工技術高度化に関する研究

(a) 硬脆材料の超精密加工に関する技術

<http://www.tri.jspmi.or.jp/research/h20/brittlematerial/index.htm>

ガラスのフライカットにおける切削現象の解明に関する基礎的な研究を行った。被削材のガラス板 (ソーダ石灰ガラス) に直接 MEMS 加速度センサを接着して切削振動の測定を行い、2 種類の真空チャック (低剛性: 切削動力計内蔵型, 高剛性: 鋼板製) を比較して構造の違いによる切削振動 (加速度) 波形を検討した。その結果、剛性の違いで振動加速度の値が異なり、剛性が高くなると加速度が低くなることが判明した。

光学・理学機器に多用されている石英ガラスに着目し、加工条件と加工面の関係など基礎的なデータを収集した。石英ガラスは、ソーダ石灰ガラスと同一の加工条件でフライカットすると、脆性破壊が発生して加工性が低い材料であることが判明した。また、加工面をレーザ・ラマン分光顕微鏡によってラマン分析し、加工面と未加工面のラマンスペクトルの比較を行った。石英ガラスのラマンスペクトルでは、石英ガラスの中距離構造が起因する D1、D2 のピークには加工の有無による変化はなく、フライカットによる加工では構造変化が起きていないことがわかった。また、加工部分のスペクトルに存在する $3,000\sim 3,500\text{ cm}^{-1}$ 付近のピークは、フライカットによって発生した石英ガラスの非架橋酸素空孔欠陥がラマン分析用のレーザ光に励起された発光であることが判明した。

(b) 加工機械用要素性能向上に関する研究

<http://www.tri.jspmi.or.jp/research/h20/module/index.htm>

外部からの振動による影響を簡便に抑制出来る様、従来からある防振ゴムによるマウントに改良を加え、並列型の防振マウントを開発した。

工作機械のように比較的大きな構造をしたものは、数 Hz～数百 Hz 程度の非常に低い振動の影響を受け易いため、薄い防振ゴムでは十分な減衰力を得ることができない。また、機械重量も非常に重いことから、防振ゴムのたくさん積層させても圧縮されて硬化してしまい減衰力が低下することから、あまりたくさん防振ゴムの積層させても、不安定になり、姿勢変化が大きくなるため、加工精度の維持が難しくなる。防振ゴムの使用方法としては、機械装置の底面全体に防振ゴムを敷き詰め、重量を分散させて防振ゴムの減衰効果を発揮させるのが理想であるが、工作機械の底面は平らではない場合がほとんどであることから、レベル出しという機械を水平に調整する作業も難しくなる。

今回開発した並列型防振マウントは、防振ゴムは機械重量に対し並列に働くようになってきている。この方法により、機械装置を支える場所を自由に選ぶことができ、機械装置を支える点を機械装置の周辺部にすることができるため、ピッチングやヨーイングといった機械装置全体が揺動するような動きに対して、効果的に支えることができる。

今回開発した防振マウントは、それぞれの防振ゴムを仕える仕切板の固定方法が弱く、十分な減衰効果が得られなかった。今後は接合方法を改良し、理論上の性能が発揮できるようにしていく予定である。

(c) 温度制御による加工技術信頼性向上に関する研究

http://www.tri.jspmi.or.jp/research/h20/heat_control/index.htm

切削加工において、従来からの大量の切削油を使用する温度制御方式から、コストさらには環境に配慮した方式が求められている。そのために、流体の潜熱を利用し、ウィックの毛細管力により流体を還流することにより、動力を必要としない熱輸送デバイスで切削工具、および切削体の温度を制御する方式が有効と考えられる。本研究では、ヒートパイプの技術を応用したループヒートパイプ（LHP: Loop Heat Pipe）に着目し、この設計・試作・試験を通じて汎用的な温度制御方式の確立を目的とした。

本年度は、LHP 性能試験装置を用いて LHP の伝熱特性試験を行った。

試験結果から、熱抵抗は、ウィック部およびウィックと蒸発器容器との隙間に侵入した作動流体の熱抵抗に大きく依存した。次に、ウィック部含有量以上の液量が蒸発器に侵入すると、伝熱が阻害され熱抵抗は増加した。最後に、最大熱輸送量は、ウィック粒子径を大きくすると毛細管力以上にウィック部圧力損失が減少するため増加することがわかった。

上記結果を踏まえて、性能要求（熱抵抗：0.07W/K、熱輸送量：200W）を満たす蒸発器の提案を行った。この蒸発器は平板型であり、CPU 等の吸熱体に効率よく配置できる利点がある。

設計・解析関連では、熱バランス式を構築し、LHP 各部温度を予測する手法の提案を行った。さらに、上記手法をまとめ、「LHP 設計・解析ソフトウェア」の基本設計を行った。

2. 予想される事業実施効果

① 標準技術活用による生産支援に関する研究

【ポータル・コラボレーション型生産支援システムの研究】

本研究の効果として、まず、開発したコラボレーション機能については、幣所主催の基盤的生産技術研究会 標準技術活用ビジネス小研究会（8社1団体1大学4標準化団体参加）において、展示会出展、セミナー開催などにより成果を公開した結果、数多くの見学や問い合わせ得ており、そのうち国内企業1社が製品化採用を検討中である。つぎに、シミュレータ連携型工作機械内衝突防止システムについては、工作機械内衝突防止システムの実用化に関する研究会（5社1団体参加）に成果が採択され、製品化に向けた検討を行っており、またユーザモニタ（候補5社）も準備中である。本システムについても問い合わせや見学が大変多い状況である。

【シミュレーション技術やその利用の高度化の研究】

本研究の効果として、産業界では生産システムの構築時間短縮が至上命題であり、開発した事前評価技術はその解決策の一つであると考えている。また、本技術は、標準化技術ORiNやHLAを応用し開発しており、汎用性が高いシステムを提案している特徴がある。本技術は、数社が実際の導入の検討中で、海外からの問い合わせも増えている。また、開発した技術は、産業界等との共同研究（製造科学技術センター主催のIMSアイデアファクトリー、当所主催の基盤的生産技術研究会等）において、導入を含めた検討を実施している（6社、6大学参加）。

② 計測技術高度化に関する研究

(a) 製造現場の形状計測向上に関する研究

本研究で提案された補正法が実現されることにより、現在ユーザが使用している測定機の持つ精度以上の高精度化が可能となり、生産現場の製品精度向上が期待できる。

(b) 材料試験技術高度化－微細構造評価に関する研究－

研究成果の発表などを通して多くの問い合わせがある。硬さ試験における圧痕部およびその周辺部の応力分布や結晶性の理解への取り組みは数少ないので、興味深い対象であるといえる。また、本研究による成果は、硬さ試験の高精度化のみに限らず、機械加工現象の理解を深める上でも有用なものと考えられ、今後さらにその重要性が増してくるものと思われる。

(c) 材料試験技術高度化－複合三次元材料試験方法の開発－

本研究のような複合三次元材料試験は現在実用化されておらず、標準の試験方法などが存在しない。したがって、実際の利用状態を想定したシミュレーション実験など、利用価値が高く、需要が高い分野で試験技術が確立できれば、当所技術協力センターでの受託試験への展開、様々な産業での利用・普及が期待できる。

③ 加工技術高度化に関する研究

(a) 硬脆材料の超精密加工に関する技術

フライカットによる石英ガラスの加工面は光学鏡面には至っておらず、肉眼で観察されるような巨視的なクラックは発生していない。しかしながら、ラマン分析のスペクトル、紫外線レーザの照射では発光が観察された。光学鏡面にラップされた面での発光は観察されないため、加工における延性と脆性のモードの判断にはこの発光現象が利用可能であると考えられる。延性/脆性の加工モードの定量的な判断手法は必要な技術とされており、現在の加工面の顕微鏡観察・表面粗さ測定による評価ではなく、紫外線(レーザ光)励起による発光の有無が延性モード加工の判断の技術として確立されれば、光学・理学機器のみならず医学業界まで貢献は広がると考えられる。

(b) 加工機械用要素性能向上に関する研究

従来の防振ゴム製の防振マウントと同様の使用方法が出来、機械装置の姿勢安定性が高い防振マウントにより、高速移動を得意とするリニアモータ駆動機構による姿勢変化を抑制し、高精度な加工装置を安価に作成出来るようになると考えられる。

(c) 温度制御による加工技術信頼性向上に関する研究

今回提案する LHP は、従来の空冷、水冷の熱制御に必要なファン、ポンプの駆動用電力を必要としないため省エネルギー・環境配慮の点で優れている。しかし、無重力状態における宇宙空間での人工衛星等の温度制御に適用した実験結果は報告されているが、地上製品への適用の報告はない。今後、本研究により地上製品の温度制御への適用の可能性を見つけることに意義があると考えている。そのため、切削加工のみならず、パソコン、サーバー、液晶テレビ等の機械産業への応用を考えている。例えば、サーバー50 台を擁するデータセンターのサーバー内ユニットの温度制御を空冷から LHP に換えると、年間約 84 軒の家庭電力が節約でき、大きな省電力効果が期待できる。

3. 本事業により作成した印刷物等

標準技術活用による生産支援に関する研究報告書<KSK-GH20-1>

計測技術高度化に関する研究報告書<KSK-GH20-2>

加工技術高度化に関する研究報告書<KSK-GH20-3>

一般公開・講演会のパンフレット

4. 事業内容についての問い合わせ先

団体名：財団法人 機械振興協会（キカイシンコウキョウカイ）

住所：事務局：105-0011

東京都港区芝公園3-5-8

技術研究所：203-0042

東京都東久留米市八幡町1-1-12

代表者：会長 庄山 悦彦（ショウヤマ エツヒコ）

担当部署：技術研究所 管理部 企画室（ギジュツケンキュウシヨ カンリブ キカクシツ）

担当者名：室長 長島 清隆（チョウジマ キヨタカ）

電話番号：042-475-1157

F A X：042-476-4870

E-mail：chojima@tri.jspmi.or.jp

U R L：<http://www.tri.jspmi.or.jp/>