

## 産業機械工学科生産システム工学講座



研究室紹介

三好隆志\*

## 1. はじめに

本講座は、機械生産工学講座として機械生産に関するシステム技術と管理工学の教育と研究を担当するため、昭和44年に設立された。昭和46年に人見勝人先生が初代教授に任命されたが、途中で京都大学教授に配置転換となり昭和55年まで教授を併任されていた。昭和61年に機械系の改組にともない現在の生産システム工学講座に名称が変更された。その後しばらく教授席は空席のままであったが、平成3年10月に北海道大学から私が赴任し、平成7年4月現在、研究室の職員は三好隆志教授、高谷裕浩助手、上村満子事務官の3名で、大学院生は博士後期1名、前期10名、学部学生9名、研究生2名の合計22名である。

当研究室では、“生産システムにおける計測技術”すなわち、加工中におけるインプロセス計測、機上のオンマシン計測、クリーンルーム内の自動計測、3次元自由曲面の形状計測、ナノメートルオーダーの微小表面粗さや微細表面欠陥・形状の測定評価などの計測技術を加工技術に融合させシステム化する研究を行っている。これらの研究概要を以下に紹介する。

## 2. 研究の概要

人間の5感では感知できない、あるいは人間

が直接関与することが難しい“物づくり”の代表例が半導体関連部品である。一方、意匠デザイナーの感性に基づいて設計製作される自動車のボディのように人間の感知能力のほうがかはるかに優れている“物づくり”がある。このような部品や製品の自動化生産システムにおいて必要不可欠となるのが高度な計測技術である。

平成4年には本格的なクリーンルームを設備し、超精密で微細な加工表面形状を製造中に測定・評価・制御を可能にするレーザ応用ナノインプロセス計測に関する研究を始めた。以下にクリーンルーム内で行われている研究を紹介する。

レーザ光を照射するのみで微細加工形状の光学的フーリエ変換像から位相情報を抽出し、回復することによってナノメートルの精度で直接形状を求めることができる[光散乱位相法による微細加工形状のナノインプロセス計測に関する研究]を行っている。この計測技術はSTM(走査トンネル顕微鏡)やAFM(原子間力顕微鏡)のようにプローブを走差する必要がなく高速にナノ形状計測を可能にする特徴を持っている。

光の偏光・回折・干渉現象を考慮してシリコンウエハ加工表面欠陥の正反射方向の光欠陥パターンを高感度に検出することによって、従来の光散乱法では不可能であった $0.1\mu\text{m}$ 以下の付着微粒子の検出および傷やピットなどの表面欠陥識別を可能にし、さらにFraunhofer回折パターンから $1\text{nmRrms}$ 以下のマイクロラフネスをシリコンウエハ全面にわたって測定評価できる[シリコンウエハ加工表面欠陥のナノインプロセス計測に関する研究]を行っている。

また、ホログラムとして光屈折性効果素子で

\* Takashi MIYOSHI  
1944年1月25日生  
昭和42年北海道大学工学部精密工学科卒業  
現在、大阪大学工学部、産業機械工学科、生産システム工学講座、教授、工学博士、生産システム工学、光応用計測  
TEL 06-879-7319



あるBSO結晶を用いることによって、微細加工形状の3次元立体画像を実時間でしかも拡大して直接観察できるホログラフィ技術の開発研究である〔光屈折性効果素子BSOを用いた実時間拡大ホログラフィに関する研究〕も進めている。

セラミックス加工表面のマイクロクラックを非接触で測定評価するために、〔光散乱法によるマイクロクラックの自動検出〕や光散乱特性を解析するために〔電磁波散乱理論に基づくマイクロクラックの計算機シミュレーション〕に関する研究を行っている。

これらの研究に関する測定実験の多くはクリーンルーム内で行われており、図1にクリーンルーム内の実験風景を示す。

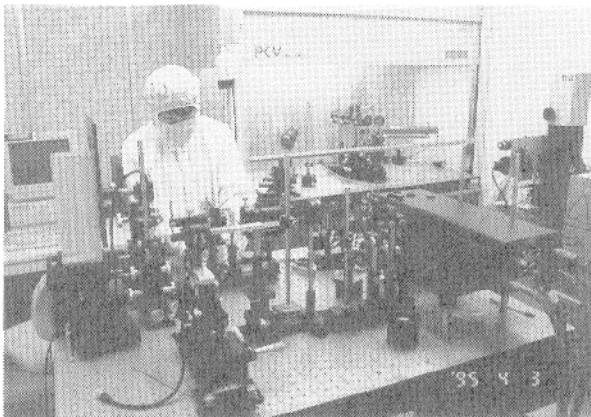


図1 クリーンルーム内の実験風景

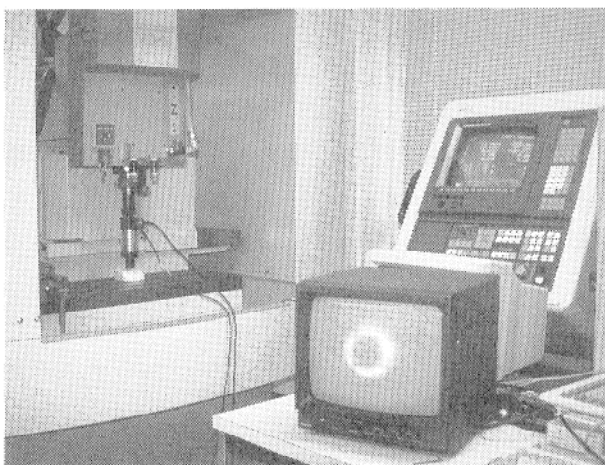


図2 非接触3D形状計測に基づく意匠設計支援システム

以上のようなナノインプロセス計測の研究とは異なり、意匠デザイナーの感性を考慮した3次元自由曲面から構成される意匠製品の自動化生産システムのために、非接触3D形状計測に基づく意匠設計支援システムの開発研究を行っている。

図2は本研究を遂行するために開発した非接触オンマシン3D形状計測システムである。具体的研究テーマとしては意匠モデルの特徴形状や特徴線を高精度に自動検出する〔光リング式変位センサによる3Dエッジプロファイルの自動検出〕、NC工作機械で加工された金型加工面の形状を機上で直接測定評価することができる〔金型加工面形状の非接触オンマシン計測センサの開発〕、計測点群データから生成されるCADモデルの妥当性を評価する〔計測点群データ生成CADモデルの評価法に関する研究〕、意匠モデルの特徴線や特徴形状を考慮してCADモデルを生成するための〔特徴線・形状を考慮した3次B-スプライン曲面へのあてはめに関する研究〕などである。

平成6年度から新たに始めた研究として、高出力Arイオンレーザー光の放射圧で捕捉した数マイクロメートルの微粒子を操作し、微小な機械であるマイクロマシンの寸法や形状をナノメートルの精度で測定する“レーザートラップナノ3D-CMMに関する研究”である。またダイヤモンド砥粒をトラップして高速回転させ光圧力を与えることによって数ナノから数十ナノの微細加工を可能にする“レーザートラップマイクロマシニングに関する研究”である。

### 3. おわりに

人間のような5感と高度なセンシング機能を持ちしかも柔軟に対応できる自動化生産システムはまだないようである。一方、クリーンルーム内で問題となる塵を発生させる最大の要因は人間である。いずれにしても人間中心の自動化生産システムが当研究室の研究課題と考えている。