

平成 16 年度戦略的基盤技術力強化事業  
研究開発成果報告概要

事業管理法人名 (代表者氏名)	株式会社 長津製作所 (牧野俊清)	所在地	〒211-0012 神奈川県川崎市中原区中丸子 57 (Tel:044-433-8371)		
技術分野	金型分野	技術区分	超微細・精密・複雑構造部品成形加工金型技術 / 金型加工技術	研究開発課題	自由曲面レンズ・プリズム、回折格子、光学素子、電子機器部品等の超精密・複雑構造部品の成形加工を可能とする金型技術及び金型加工技術
テーマ名	非軸対称非球面形状光学部品用の超精密金型の加工・計測技術に関する研究開発		研究開発期間	平成 16 年 4 月 1 日 ~ 平成 17 年 2 月 28 日	

1. 委託業務の概要

近年の情報機器、ストレージデバイス、ディスプレイデバイス等の高性能化に伴いこれらの技術を支える基幹部品である超精密非球面光学素子、フロントサイド導光板、光ディスク用ピックアップ光学系、マイクロ機構部品等に対する要求は、複雑化、高精度化の一途をたどっている。

いくつかの例をあげれば、白色 LED による均一照明を可能とする複雑曲線溝を持つバックライト、光学系の部品点数の大幅な削減と高性能化を同時に実現する光ディスクピックアップ用のホログラム光学素子、レーザープリンター等でスキャン光学系を最小化するための非対称非球面光学素子などがある。また、光学素子等の材料も、プラスチックより優れた耐環境性、温度安定性、光学特性を持つ光学ガラスを使用することが強く求められている。

これまで日本が得意とした技術の 1 つが、非球面形状のレンズやミラーの超精密加工技術と精密計測技術であった。その結果、各種情報機器、表示デバイス、情報デバイスなどに用いられる非球面光学部品の 90% 以上が日本で独占製造されていた。しかし、近年の製造のグローバル化は本分野においても例外無く訪れ、単純な軸対称の非球面光学部品においてはプラスチック射出成形工程のみならず、光学部品の量産のキー技術である超精密型の精密加工と精密計測技術も海外移転し始めている。さらに海外の生産技術の向上もめざましく、日本の超精密加工技術力の低下が問題視されている。これらの危機を打破するには、情報機器の高度化進展の中で、高機能・高付加価値化が要求されている光学部品のための、様々な複雑形状を有し付加価値が最も高い、ナノレベルの超精密な非軸対称非球面形状(自由曲面)のガラス製光学部品の量産技術の開発、及び自由曲線溝形状切削 / 研削技術の開発が必要である。

また、金型製造業においても、量産製造拠点がグロ - バリゼ - ションにより海外シフトされ、韓国・中国・東南アジアの金型製造技術能力が、技術指導、CAD デ - タのソリッド化や製造環境の技能レス化等により、その差が小さくなっており、日本における海外に負けない金型製造技術の再構築が必要とされている。

そのために、中小企業を主体とする金型製造業者が、超精密複雑形状の光学部品のための金型製造を目的として、非軸対称非球面形状光学部品用の超精密金型の加工・計測技術を研究開発する。

## 2. 技術目標値

- ア. 複雑形状に対応するため6軸制御の超精密加工機を開発する。目標仕様は、リニアモータ駆動・圧電素子駆動による超高精度高速化、制御分解能1nm、真直度100nm以下、回転軸の回転精度50nm以下、また、オンマシン計測ヘッドの測定再現性は100nm以下とする。
- イ. 複雑非軸対称非球面金型の精度は300nm以下、比較的小さく(<10mm)わずかな非軸対称成分を持つ金型の精度は200nm以下を目標とし、Niメッキ等の軟質金属のみならず超硬合金等の硬質材料も加工可能な技術を開発する。
- ウ. 微細溝形状を持つ超精密金型の微細溝のピッチ精度は200nm以下とする

## 3. 目標値を達成するための解決策と具体的方法

### ア) 超精密6軸加工装置の開発

直進軸(X, Y, Z軸)にはV-Vローラーガイド、リニアモータ駆動を採用した。回転軸には超精密多孔質空気軸受けを採用し、高剛性で高精度な回転を達成する。

切削、研削に対応する、圧電アクチュエータを使用した超精密高速ピエゾステージの開発を行った。

また、特殊エアースライドとレーザー干渉式測長器を備えた機上測定用プローブを開発し、高速ピエゾステージに対応可能な分岐回路を設け、オンマシン計測試験を行った。

### イ) 複雑非軸対称非球面の超高精度加工

計測・解析技術と加工制御技術の双方の開発が必要であり難易度は高い。そのため、前年度より比較的難易度の低い軸対称非球面の加工と計測を行ってきたが、加工困難な超硬合金ワークで形状誤差46nmという高精度な結果を得た。

非軸対称非球面としてf レンズ金型コアの加工を行った。ワークには比較的加工が容易なNiメッキを用い、フライカットによる切削で金型加工を行った。また、Niメッキを用いた比較的小さな非軸対称形状であるアスレンズの金型加工を行った。

### ウ) 微細溝形状の超高精度加工高精度加工

ピッチ精度の検証としては、不等ピッチの微細直線溝を切削加工した。

溝断面が三角形の自由曲線溝形状を持つ回折格子(ホログラム光学素子)の加工試験を行った。リニアモータ駆動の超精密加工機で微細曲線溝を多軸制御加工し、びびり模様のない良好な面が得られた。

#### 4．当該年度における技術目標値の達成状況と意義

##### ア) 複雑形状に対応するための6軸制御の超精密加工装置の開発

直進軸には、リニアモータ駆動を採用し、制御分解能 1nm、真直度 60nm / 100mm を達成した。回転軸には 2nm を達成した。

圧電アクチュエータを使用した超精密高速ピエゾステージの開発を行い、分解能 2nm、最大ストローク約 50 $\mu$ m を達成した。

また、オンマシン計測試験を行い、約 20 ~ 30nm の測定再現性を達成した。

これら、リニアモータ化による高速サーボ性能、多軸制御、高速ピエゾ駆動軸を使用して、複雑形状の高速・高精度加工を実現する。

##### イ) 複雑非軸対称非球面の超高精度加工

非軸対称非球面として f レンズ金型コアの加工を行った。長辺で形状誤差 259nm、短辺で形状誤差 122nm を達成した。比較的小さな非軸対称形状であるアスレンズの金型加工においても、約 100nm の形状誤差を達成した。

6 軸制御の超精密加工システムを開発することにより、非軸対称非球面形状（アスレンズ等）、不連続複雑非球面形状（マイクロレンズアレイ等）、不連続溝形状等の高速・高精度加工が可能となる

##### ウ) 微細溝形状の超高精度加工

不等ピッチの微細直線溝を切削加工し、UA3P にて形状測定し、ピッチ精度の目標値 200nm 以下の 160nm を達成した。

リニアモータ駆動の超精密加工機で多軸制御加工した回折格子（ホログラム光学素子）の加工試験などによって良好な結果を得ることが出来、次年度予定の 6 軸不連続溝形状等の高速・高精度加工に見通しができた。

#### 5．事業化の目標と当該年度に把握した事業化を取り巻く環境変化

光ディスクの大容量化が短波長の青紫色レーザーにより進展している。更なる大容量化にはレーザーの非円形性に対応するアスレンズの採用が不可欠となる。カメラ付き携帯電話の画素数が向上しているが、小口径のため曲率半径が少なくかつ高精度のレンズが求められている。また、自動車事故回避システムのように、光学素子の適用範囲が更に増大している。

本プロジェクトの事業化は、客先より、光学素子用超精密金型、超精密ピエゾステージ、微細ダイヤモンド・CBN 工具に関し、問い合わせも多くなっている。事業化におけるルールも課題となる。

また、本年度導入した超精密加工機は、大幅な精度の向上をもたらした。6 軸超精密加工機及びその加工システム、金型の開発、及び事業化に極めて有力な手段を得ることができた。