

技術開発センタープロジェクト研究報告書

プロジェクトリーダー

機械系

教授 柳 和久

研究題目	レーザーによる微細表面構造実量器の製作と加工条件の定量化					
研究期間	平成16年4月1日～平成19年3月31日					
研究組織	学 内			学 外		
	所 属	職 名	氏 名	所 属	職 名	氏 名
	機械系 機械系 機械系 機械系	教 授 教 授 助 手 助 手	柳 和久 伊藤義郎 田辺里枝 田中秀岳	東成エレクト ロビーム(株)	代表取締役 常務取締役	上野 保 横井哲郎

研究概要

目 的	<p>工業製品の表面性状を測定し評価するための市販の表面性状測定機を校正、あるいはその性能を検証するためには標準面マスター（表面構造実量器）が必要となる。制御された確定的な凹凸形状を創製する必要があり、除去加工と付加加工での対応が一般的である。</p> <p>本プロジェクトではレーザー照射による熱エネルギーを用いた除去加工によって表面構造実量器を製作するための基礎データを収集することを目的とした。それに先立って、</p> <p>(1)標準面マスターの幾何学的必要条件と除去加工用のデータ書式を明確化し、特に3次元のランダム表面構造データの生成ソフトウェアを完成させる。</p> <p>(2)3次元表面構造データを極小径レーザービーム加工機のNCデータに変換するプログラムを作成する。さらに、面領域のレーザービーム位置決め精度に連動したレーザーの強度制御とフォーカシングの組み合わせ問題を定式化する。</p> <p>レーザー源はQスイッチによる短パルスYAGレーザーとフェムト秒レーザーの2種類を対象とし、被加工材質はグラッシーカーボンとSKD-11、STAVAXおよびSUS304とする。</p> <p>(3)レーザーの種類と材質によるレーザー加工条件の最適化問題として実験解析を行う。</p> <p>(4)加工面の微細表面形状の測定と評価は、実用面を考慮して光学式の走査型コンフォーカル顕微鏡を用いることにし、測定条件と測得データの評価条件についても検討する。</p>
研究内容	<p>標準面マスターに関する国際標準化機構の動きを調査した結果、単純な形状の校正用標準片のみが標準マスターに提唱されている段階であった。表面構造実量器のデータ生成を非因果的自己回帰モデルに基づいてコンピュータプログラムを開発した。特に、境界両端が繰り返し連結可能なように数値計算条件に工夫を凝らした。表面の微細な凹凸を短パルスレーザーの重ね撃ちによる深彫り加工で創製できるものと仮定して、まず、レーザーごとのパルス幅（時間）と走査速度の最適な組み合わせ条件を実験的に求めた。横移動速度変動は無視できるとしてパワー変動を未知とした場合の加工面性状と平均加工深さのばらつきを被加工面材質ごとに統計解析した。その結果、短パルスYAGレーザーとグラッシーカーボンの組み合わせに関しては、照射パワー制御と走査速度制御を併用すること、さらに、重ね加工を施すことで表面凹凸形状が創製できる見通しを得た。ただし、表面波長帯域の限界があること、極短波長のランダム成分が重畳するという付随的な課題が残った。横方向の移動速度むらを防ぐために走査機構としてのガルバノミラーに改良を加えたがスタート/ストップ時の不安定性は未解決課題として残された。他の金属材料については加工面に熔融成分が残留するために仕上げ面性状の制御性が極端に悪化するという結果が例外なく得られた。極微</p>

	<p>細な砥粒を噴射する表面層除去加工の併用も考えられたが、高精度の形状創製技術としては実用性が低いと判断した。なお、フォーカシング制御によるエネルギー密度調整により表面構造を創製する可能性については研究期間内に試みることができなかった。今後の大きな課題である。</p> <p>レーザー加工後の表面形状は微細な凹凸が重畳されているため、市販の走査型コンフォーカル顕微鏡でそのまま形状測定を行うと異常データあるいはデータ欠損が頻発することを明示し、そのためのデータ補正技法（後述の研究成果）を開発した。さらに、面領域の表面性状評価指標としてISO等で提唱されている特徴パラメータの算出プログラムを開発した。異常値検出やデータ補正機能も含めた実用的なソフトウェアパッケージとして形にすることができた。</p>
<p>研究成果</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ M. Uchidate, T. Shimizu, A. Iwabuchi and K. Yanagi : Generation of reference data of 3D surface texture using the non-causal 2D AR model, <i>Wear</i>, 257 (2004) 1288-1295. ・ 星野文雄、伊藤義郎：レーザーによる高硬度金型材料の微細加工、2006年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集、(2006-3) 1239-1240. ・ K. Nemoto, M. Aketagawa, M. Uchidate, K. Yanagi, H. Maruyama, D. Kanda and I. Yoshida : A study on traceable measurement standards for areal surface texture measuring instruments—Manufacturing of irregular surface topography standard—, 2nd Int. Symposium on Standard Materials and Metrology for Nanotechnology, SMAM P2-02 (2006-May) 37. ・ 齋藤輝明、花田 光、柳 和久：高低差の累積確率曲線を利用した表面凹凸データの異常値検出法、設計工学（日本設計工学会誌）、41, 6 (2006) 309-314. ・ 長谷川真之、柳 和久：直交格子状離散点の表面凹凸形状データに基づく面領域特徴パラメータに関する研究—第 2 報：特徴パラメータとその算出条件—、精密工学会誌、72, 12 (2006) 1525-1530. ・ 小野寺洋輔、田辺里枝、伊藤義郎、阿久津昭勝ほか：多層薄膜素子の選択的レーザー加工技術の開発とその時間分解観察（第 2 報）、2007年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集、H76 (2007-3) 769-770. ・ 神田大地、根本賢太郎、柳 和久、明田川正人、吉田一朗：面領域表面性状測定機のための校正標準に関する研究、2007年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集、F76 (2007-3) 565-566.