

断面プロファイルから統計分析を用いた L 寸法の同定

長谷川達郎

装置開発技術支援室システム開発技術グループ

概要

旋削加工で円錐形状を加工する場合、先端部では加工中の切削力が材料のせん断荷重を超えると設計値とは異なる形状でせん断破壊してしまう。一般的に「長い・細い・柔らかい」モノの旋削加工は切削力に負けて材料が逃げてしまうことは機械加工技術者の中では広く知られている。これにはしっかりと材料保持と軽度な切削力で仕上げ形状を狙うことになるが、それでも仕上がった円錐形状の先端部は厳密には尖らずに丸みやせん断している。本事例のレーザミラーでは L 寸法が異なると焦点距離がズレてしまうのでミラー面と取り付け面にあたる距離である L 寸法が非常に重要な寸法になる。Fig.1 に示すようにノギスやマイクロメータで測定できればいいが、前述のように先端部は丸みやせん断してしまっているため正確に長さを測定することはできない。そこで余肉を残した状態で三次元測定を用いて断面プロファイルを測定して設計値と断面プロファイルの点群の残差平方和: RSS が最も小さくなるように Z 軸を平行に移動させた。結果として設計値との誤差が少なくあてはまりが良い L 寸法余肉の測定が可能となり取り付け面側の正確な旋削加工が行える。

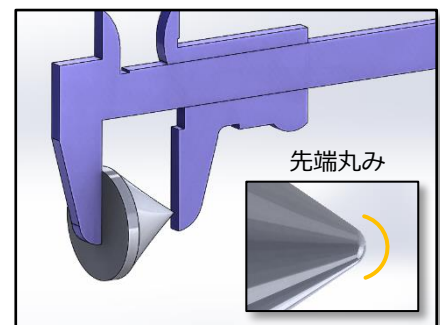


Fig.1 丸みにより L 寸法の測定不可

1 凹形状レーザミラー

Fig.2 のレーザミラーは対となる 2 つの凹凸ミラーから構成されており、本事例では凹ミラーを題材として取り上げる。このレーザミラーは L 寸法が異なると焦点距離がズレてしまうのでミラーの自由曲面と取り付け面にあたる距離である L 寸法が非常に重要な寸法になる。レーザの反射効率を高めるためにミラー面の設計値との誤差が最も少なくなるように形状を製作する必要がある。

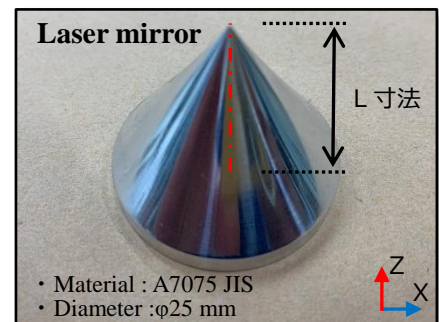


Fig.2 レーザミラー部品

2 製作工程

製作工程は Fig.3 に示すようにミラー面加工→三次元測定→取り付け面加工の順で行う。詳しくは、初めに複合加工機のチャックに固定した材料を旋削工具でミラー面側を仕上げ、L 寸法に余肉を残した状態で突っ切り工具で切り離しを行う。次に、三次元測定機で外周部からミラーの中心座標を決めてからミラー面の断面プロファイルを測定することで現状の L 寸法の余肉が正確にわかる。次に取り付け面側（背面）をジグに取り付け、余肉を切断するために旋削工具で端面加工を行う。

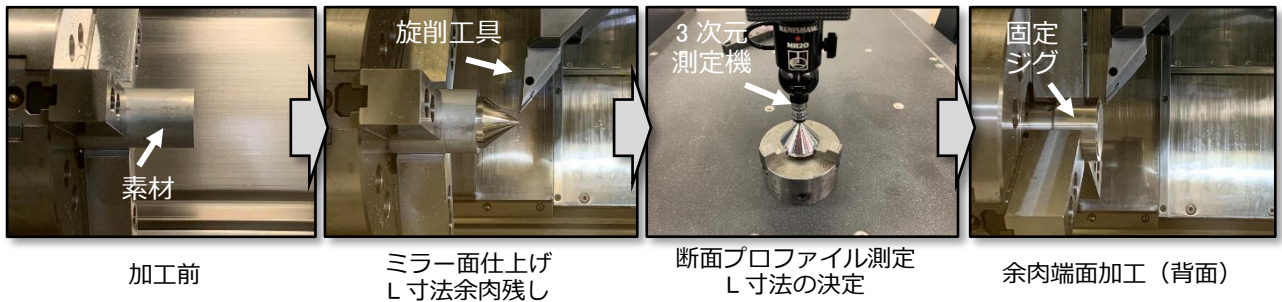


Fig.3 レーザミラーの製作工程

3 断面プロファイルデータの統計分析

Fig.4 に示すように L 寸法に余肉を残した状態のミラー部品を 3 次元測定機で断面プロファイルデータを得る. このデータは測定値の点群であり, 依頼者から提供された設計値と直接比較することができない. 断面プロファイルデータの点群を Z 軸方向に平行移動させる

3.1 残差平方和

残差平方和 (RSS) とは設計値と断面プロファイルデータとの差をそれぞれ二乗して合計する手法であり残差平方和により導き出された値が小さければ小さいほどあてはまりが良いといえる. 式 1 に残差平方和の算出式を示す. また, そのときの残差の分布を Fig.6 に示す. 設計値に対して製作したレーザミラーは-0.050 mm から+0.035 mm の範囲内で加工ができています.

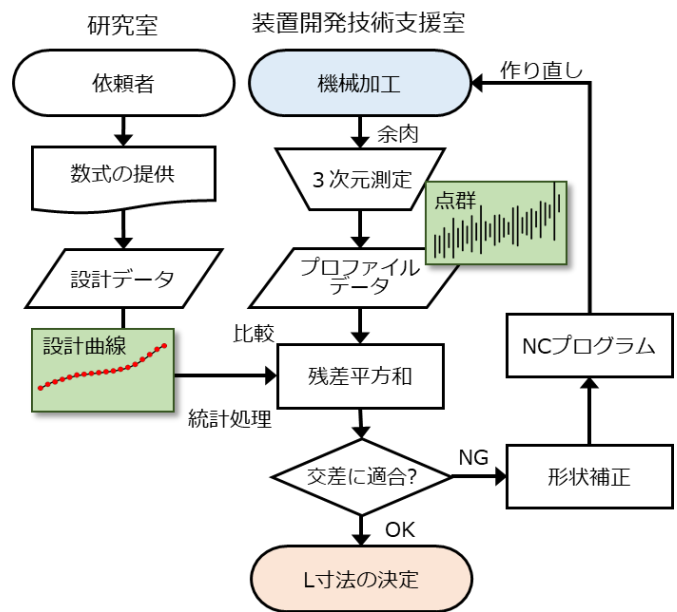


Fig.4 断面プロファイルデータの統計分析

$$RSS = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

・・・(1)

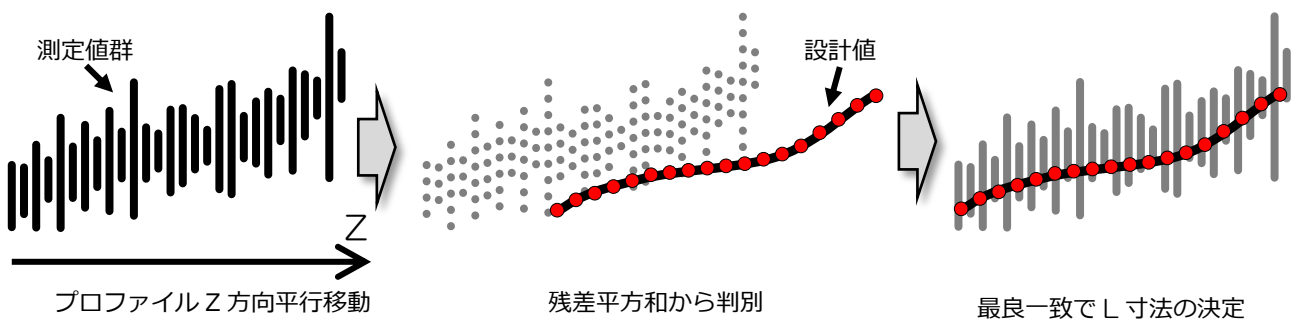


Fig.5 統計分析によるL寸法の決め方

6 結論

統計分析の手法を用いることで設計値と断面プロファイルの点群の残差が最も小さくなるように Z 軸と平行に移動させたことにより設計値とのあてはまりが良い L 寸法余肉の測定が可能となり取り付け面側の正確な旋削加工が可能となった下記に製作する上で得られた技術をまとめる。

- (1) L 寸法をレーザミラー面から統計分析によって決定することができる。
- (2) あてはまりが良いかの判別は **RSS** による残差分析が有効な手段である。
- (3) レーザ反射効率が高い凹形状レーザミラーを製作することが可能となった。

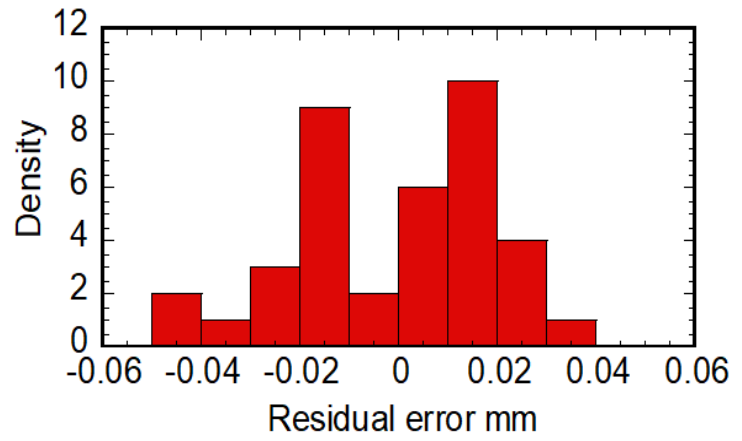


Fig.6 残差のヒストグラム