

軸外しELTミラーの試作を加速する インダストリー 4.0の技術

インダストリー 4.0は、ワイヤレスでクラウドベースの製造技術を表すキャッチコピーだ。それは産業の近代化における次なる波だといわれている。インダストリー 4.0の要素は、データを保存したり処理したりする「クラウド」ベース、工場内の地点やデバイス間の無線通信(モノのインターネット:IoT)、統計学的設計と分析であり、これらすべてはコンピュータとロボットを製造工程に緊密に統合させる。

精密光学産業界は、すでにこの用語を使用せずに、インダストリー 4.0の技術を使い始めている。インダストリー 4.0技術の開発者は、自分たちがこの分野で苦労して獲得した専門知識を、商業光学に応用される分野で共有することを望んではいないかもしれないが、その一方で、巨大かつ一度限りの光学プロジェクトとなると話は別である。

このような話で特に注目されている

プロジェクトが、39.3メートル径の欧州超大型望遠鏡(European Extremely Large Telescope: E-ELT)である。E-ELTは2025年までにチリのアタカマ砂漠に完成する予定だ。この可視光・近赤外光の超大型望遠鏡は、サイズが約1.45m、表面粗さRMSは10nmの軸外し放物面を持つ798枚もの六角形のセグメントミラーで構成される。

台湾の国家中山科学研究院システム製造センター(System Manufacturing Center at the National Chung-Shan Institute of Science & Technology)、英ユニバーシティ・カレッジ・ロンドン(University College London)、英ハダズフィールド大超精密表面研究所(Laboratory for Ultra Precision Surfaces at the University of Huddersfield)の研究者たちと英ジーコ社(Zeeko)は、ヨーロッパ南天天文台(European Southern Observatory: ESO)と契約を結び、ELT用のセグメ

ントミラーの試作品を製造することになったが、望遠鏡の主鏡のエッジ付近のセグメントミラーはすべて軸外しだった⁽¹⁾。

コンピュータ数値制御(Computer-Numerical-Control: CNC)による研削(grinding)と研磨(polishing)によって製作は行われたが、研磨の前にジーコ社によって開発されたプリセッション(Precision)と呼ばれる工程があった。巨大非球面表面を製造する際にと きどき起きることだが、エンジニアは研削中に中空間周波数(Mid-Spatial Frequency: MSF)が発生することを発見した。これは研削工程中に、特に0.02~1mm⁻¹の範囲で発生し、研磨の工程で取り除くことは難しかった。この問題に対応すべく、彼らは「グロリッシュ(grolishing)」という工程を研削と研磨の間に加えた。グロリッシュ工程は、この場合、優先的にMSFピークを取り除く、高速に回転する平滑

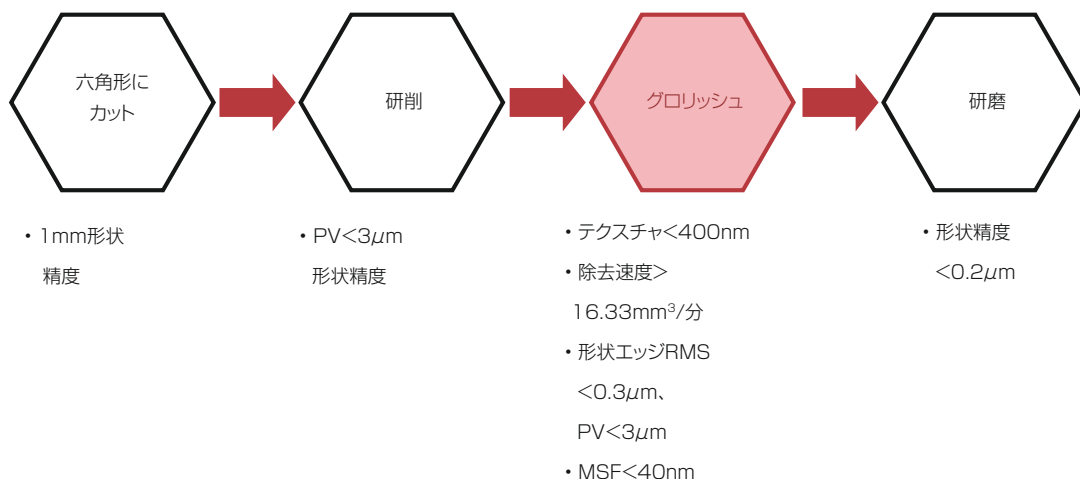


図 E-ELTミラーの試作品の製造工程で発生する中空間周波数表面誤差を減らすため、研究者たちは研削と研磨の工程の間に「グロリッシュ」という工程を追加した。ロボットによって制御されるグロリッシュ工程は、データクラウド上の統計学的な設計及び分析に基づいた自動コンピュータ制御によって実施される。

工具によって実行された(図)。

流動的なグロリッシュツール

エンジニアたちは、従来のCNC位置決めプラットフォームを使うよりも、より高速で低コストなグロリッシュを行うロボットを使うことを選んだ。ロボットでは正確性が低くなることは重要ではなかった。直径100mmのグロリッシュツールは「流動的」であり、それ自体の重さによって位置が保たれるためだ。その後、研磨の精度を上げるには、高精度CNCが使われた。

コンピュータモデルの精度を上げ、試作の迅速化を図るため、試作に関して大規模な統計学的設計がなされ、それぞれの処理工程ごとにデータクラウ

ドが構築された。究極の目的は、人の関与なしに製造装置にパラメータを選ばせること、すなわちインダストリー4.0のアプローチだった。

グロリッシュの統計学的モデルには、適切な時間で平滑に仕上げるために必要な体積除去速度、結果として生じるCNC研磨に移行するのに十分細かい表面テクスチャ、CNC研削によって造られた全体形状を劣化させることなく平滑化する工程、新しくMSFを発生させずに既存のMSFを低減させるためのグロリッシュ工程(ツールパス、負荷など)といった検討事項があった。

グロリッシュ工程を実行するためのコンピュータ制御は、400nm未満の指

定されたテクスチャ、 $16.3\text{mm}^3/\text{分}$ を超える除去速度、 $0.3\mu\text{m}$ 未満の形状エッジRMS、 $3\mu\text{m}$ 未満のPV (peak-to-valley)、及び40nm未満のMSFを達成することにより、自動で応答を最適化できることを試運転で確かめた。その上、それぞれの応答の再現性は95%を超えた。その後、研磨の精度を上げるために測定結果をつなぎ合わせたトモグラフィマップを作るのには、ジーコ社のソフトウェアMetrology Toolkitが使われた。

(John Wallace)

参考文献

- (1) H.-Y. Wu, D. Walker, and G. Yu, Opt. Express (2019); <http://bit.ly/OptExpRef>.

LFWJ



THE FUTURE DEPENDS ON OPTICS™

NEW

TECHSPEC®

λ/10 超低反射ウインドウ

- <math><0.1\%</math>の超低反射率レーザー単波長コーティング
- Nd:YAGやYb:YAGレーザー用の波長オプション
- 10-5の表面品質基板



エドモンド・オプティクス・ジャパン株式会社
〒113-0021 東京都文京区本駒込2-29-24
パシフィックスクエア千石 4F
TEL: 03-3944-6210 E-mail: sales@edmundoptics.jp

Edmund optics | Japan

詳しい情報はこちらへ：
www.edmundoptics.jp/070-8151

