

機械学習によるガラスセラミックス製品の光学特性予測および製造条件の最適化

(明大理工¹・株式会社ジーシー²) ○竹内 誠¹・保木井 悠介²・秋山 茂範²・佐藤 拓也²・金子弘昌¹

Prediction of optical properties and optimization of manufacturing conditions for glass-ceramics products with machine learning (¹*School of Science and Technology, Meiji University*, ²*GC Corporation*) ○Makoto Takeuchi¹, Yusuke Hokii², Shigenori Akiyama², Takuya Sato², Hiromasa Kaneko¹

The optical properties of dental glass ceramics depend on the crystallization temperatures during manufacturing process. Traditionally, these temperatures were determined empirically, leading to product losses. In this study, machine learning was used to model the relationship between manufacturing conditions and optical properties, and optimal manufacturing conditions were designed through inverse analysis. Products manufactured under these conditions demonstrated excellent quality.

Keywords : glass ceramics ; manufacturing condition ; optical properties ; machine learning

ガラスセラミックスは審美性に優れた材料であり、ガラスインゴットに対して所定の熱処理を施すことにより結晶を成長させて製造している。製品の光学特性は製造過程における結晶化温度に依存するため、ガラスインゴットを適切な温度条件下で結晶成長させる必要がある。しかし、従来の製造プロセスでは目標とする光学特性を得るための結晶化温度の設定が経験や試行錯誤によることが多く、製造の効率化を図るうえでボトルネックとなっていた。本研究ではガラスセラミックスの製造条件と、光学特性の指標のひとつとして測色値との間での機械学習によるモデル化およびモデルの逆解析によるガラスセラミックスの色調の製造条件の最適化を目的とした。製造条件を説明変数とし、測色値として CIE 色座標の黒背景と白背景での $L^*a^*b^*$ 値を目的変数とした。トレーニングデータによるモデル構築とテストデータによる検証を繰り返す交差二乗検証法によりモデルの予測精度を検証し、モデルごとに説明変数間の相関関係を考慮して安定的に変数重要度を計算できる cross-validated permutation feature importance (CVPFI) により解釈した。下図は、黒背景の L^* 値の実測値と予測値のプロットと、上位 10 変数の CVPFI 値である。サンプルが対角線付近に固まっており精度良く予測できたこと、およびガラスインゴット結晶化に関する変数である TP 1、TP 2、TP 3 の 3 変数が光学特性に与える最も大きな要因であることを確認した。さらに、これらの 3 変数を仮想的に変更してモデルの逆解析を行うことで、色調の目標値に達する製造条件の候補を提案した。

