S05410

PIV 計測と機械学習を活用した粉体塗布プロセスのモデル化検討

Study on the Dry Particle Coating with Particle Image Velocimetry (PIV) and Machine Learning

○正 古谷 優樹^{*1}, 織田 達広^{*1}
 Yuki FURUTANI^{*1}, Tatsuhiko ODA^{*1},
^{*1} 株式会社東芝 Toshiba Corporation

Key Words: 機械学習、ニューラルネットワーク (NN)、可視化、PIV 法

●緒言

粉体塗布とは、気流により粉体粒子を対象基板まで誘導し、基板上に粉体層を形成させる技術 (図 1) であり、電池や半導体などの製造に利用されている⁽¹⁾。粉体層の密度、分散性、均一性などが最終製品の特性に大きな影響を及ぼすが、装置内の気流・粉体挙動が複雑なため、投入から粉体層形成までのプロセスが十分に解明できていない。本研究では、粒子画像流速計測法 (Particle Image Velocimetry, PIV 法) を用いて気流・粉体挙動を可視化・数値化し、機械学習により装置内の粉体挙動をモデル化することを目的とした。

●方法

透明な粉体塗布プロセス可視化装置内にトレーサー粒子を投入し、流量 80 L/min の粉体流を発生させる。装置上部と下部にシート状のレーザー光 (波長 532nm) を照射し、粒子からの散乱光を高速度カメラ (8,000fps) で撮影する。動画データに PIV 法と粒子数計測法を適用し、装置上部の速度分布と装置下部の粒子数に対して、それぞれ 2.0 秒間の時系列データを収集する。

前処理として、収集した速度分布データを移動平均により平滑化し、4 対 1 の割合で学習データとテストデータに分割する。学習データを用いて平滑化した速度データから粒子数を予測するニューラルネットワーク (NN) モデルを構築し、テストデータから二乗平均平方根 (RMS) によって予測精度を確認する。

●結果

PIV 法と粒子数計測法により、装置上部の 378 個の計測点における X、Y 方向の 2 成分の速度の時系列データと、装置下部の左、中央、右の 3 領域における粒子数の時系列データをそれぞれ 16000 個収集した。

移動平均による平滑化した速度データを用いて NN の重みを更新し、予測モデルを構築した。図 2 に粒子数の実験値と移動平均の前処理を加えた NN モデルによる予測値を示す。RMS が 0.003 以下となり、実験値を定量的に予測することができた。

●結論

可視化実験により取得した動画データに PIV 法と粒子数計測を適用することで、速度と粒子数の時系列データを収集した。移動平均により平滑化した速度データを用いて、予測精度の高い NN モデルを構築した。

図 1. 粉体塗布プロセス

図 2. NN モデルによる予測値

文 献

(1) Fu, D. et al., *Journal of Power Sources*, Vol. 206, (2016), pp. 325-33.