

IoT活用による粉体プロセスの パラダイムシフト



ホソカワミクロン株式会社
粉体工学研究所 測定分析センター
センター長 笹辺 修司



ホソカワミクロン株式会社
粉体工学研究所 研究開発部
北村 智浩

1. はじめに

現在の生産現場は、コツや設定といった“すり合わせ”の塊で構成されており、そこに日本企業の強みがある。しかし、加熱するIoTによって、今後は製造業のデジタル化が進み、すり合わせ自体の付加価値が相対的に減っていくことが危惧されている。

従来の部分的な効率化に留まらず、製造業の全バリューチェーンを通じたデジタル技術のフル活用がインダストリー4.0の本質であり、それは質の高い膨大なデータが生まれる仕組みであるとも言える。

当社グループも英国の子会社を中心に、オランダ、アメリカ、日本が協力してIoTを推進しており、センシング、データマイニング等の基礎的な技術研修、今後の開発課題と役割分担等の協議を行っている。

本稿では、当社が推進するIoTの一端について、当誌3月号掲載内容からの進捗を中心に紹介する。

2. オンライン粒子径分布測定装置 オプティサイザXO

当装置は、プロセスライン中を流れる粉体の粒子径分布をリアルタイムで連続的に測定し、パソコン・制御

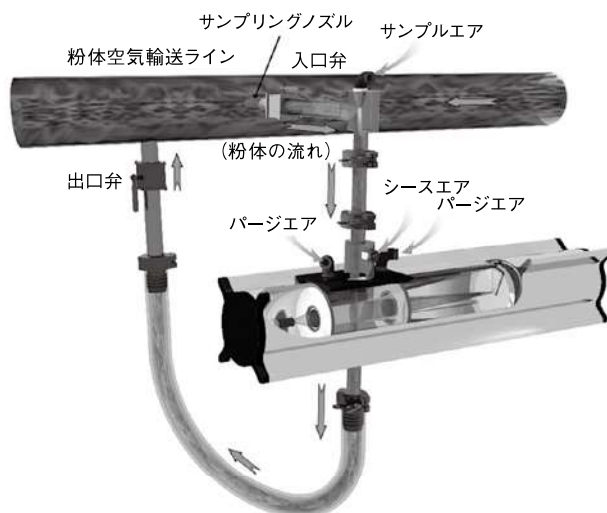


図1 オンライン粒子径分布測定装置オプティサイザXOの構造図

部画面上でモニタリングが可能なオンラインの粒子径分布測定装置である。図1に構造図を示す。本装置は、レーザ回折・散乱法を用いて粒子径分布を測定する。エジェクタの負圧効果を利用し、プロセスライン中に設置したサンプリングノズルから粉体を吸引・分散し、測定セルへ導いて粒子径測定を行う。測定後の粉体は再びプロセスライン中に戻されるため、製品ロスがない。測定した粒子径データはパソコンに送られ、専用ソフトで解析・表示される。更に解析データを外部出力することで、プロセスラインへのフィードバック制御も可能である。本体はレーザ発振部と検出部が一体の構造となっており、測定セルの脱着による光軸への影響がないため、測定セルの清掃や交換が容易にできる。独自のエア洗浄方式を採用し、パージエア、シースエア及びセルフクリーニングエアによって粉体が測定セルに付着し難い構造となっている。また、リアルタイムでモニタリングを行うことで、プロセスラインの最適化による製造能力及び品質の最適化やエネルギーコストの削減が比較的安価なイニシャルコストで実現できる。

3. XpertRuleシステム

粉体プロセスの制御は、ある一定範囲の許容粒子径域(上限/下限)を目的に実施する場合、対象となる目標

の粒子径はひとつとなる。しかし、この目標に加えて、処理能力や消費エネルギー効率の向上、あるいはこれら2つのバランスをとった条件での運転を行うことは、パラメータが多いことや条件間の関係性が定量的に掴めないことから、人間では理解不能に陥る。また、数値化できない条件のため、多変量解析も利用できない。

このように制御の限界に関する課題に対し、ビッグデータの解析技術の活用が注目されている。

ビッグデータの解析技術は、「クロス集計」、「ロジスティック回帰分析」、「決定木分析」、「アソシエーション分析」、「クラスター分析」等、様々な方法が提案されている。

当社の英国子会社Hosokawa Micron Ltd.と英国XpertRule社では、XpertRule社のデータマイニング機能を備えた制御ソフトウェアによる粉体プロセス制御の検討を始めている。

本技術は、主に決定木分析 (Decision Tree Analysis)、遺伝的アルゴリズム、ファジー化の組み合わせで構成されている。

決定木分析は、樹木状のモデルを使って要因を分析し、その分析結果から境界線を探して予測を行うデータマイニング手法のひとつである。

図2に当社の分級機内蔵型微粉砕機ACMで重質炭酸カルシウムを粉砕した際の目標とする粒子径d10は、

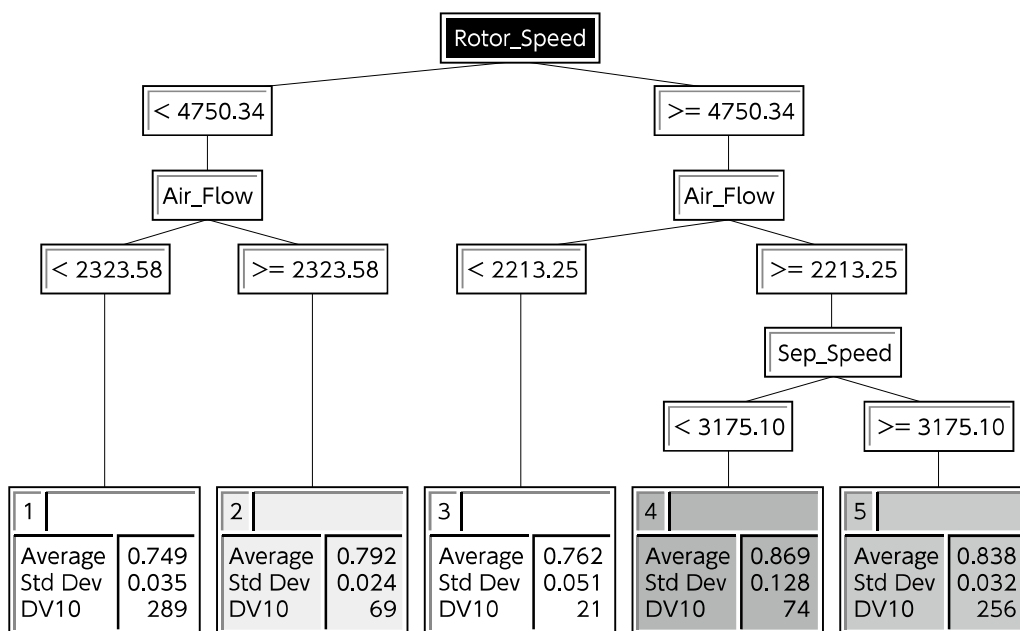


図2 XpertRuleによるACM粉砕条件のデータマイニングの決定木結果

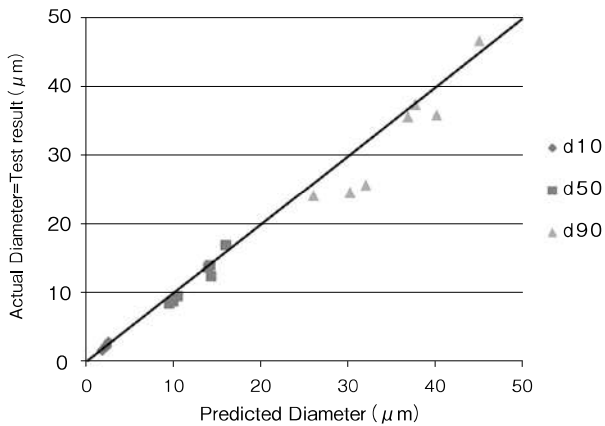


図3 XpertRuleの予想値とその実験結果(粒子径)

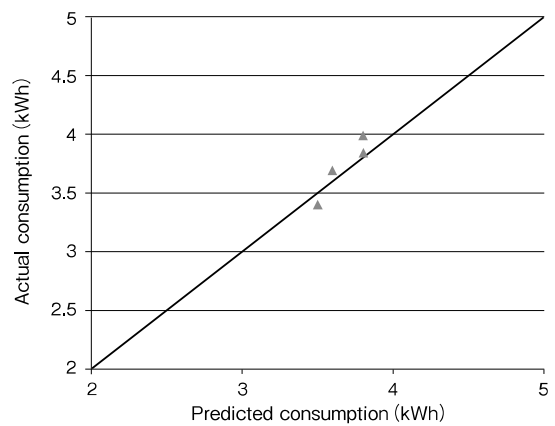


図4 XpertRuleの予想値とその実験結果(消費電力)

どのパラメータで決定されるかをXpertRuleで解析した結果を示す。

最も重要なパラメータは、粉碎ロータ回転数で4,750rpmが最適値である。以降、風量、分級ロータ回転速度の順となる。その条件下の粒子径と標準偏差の計算結果を示し、使用されたデータ数量も表示される。

ここで使用されるデータは、総数の1/2~1/3であり、使用されなかったデータは、解析後のシミュレーション用途に用いられる。

一方、図2の結果にある粉碎ロータの回転数を制御する場合、4,750.34rpmより1rpmでもずれると制御プログラムが動作してしまうことが課題として残る。これは、プロセス制御であるマニュアル制御、PID (Proportional Integral Derivative) 制御等に共通する問題である。

本技術は、過敏に反応しすぎてシステムが不安定になるのを回避するため、決定木における各枝の数値に対して、ある程度の幅(マージン)をもたせる作業をプログラムが自動的に行い、決定木のファジー化を実施している。

図3には、操作条件を変更した結果をXpertRuleにて解析し、その解析結果が正確か検証を行った結果を示す。横軸にXpertRule解析による粒子径、縦軸に実際に検証した粒子径を示す。無作為に7点程度の目標値を定め、その目標に対し、検証運転を実施した。予測条件で検証した結果は、相関係数0.9799で目標に対して、予測が行えることを示している。

図4には、消費電力について検証を行った結果を示す。予測の結果に対し、その操作条件で検証テストを行った結果、良好な相関関係を示した。このように、リアルタイム計測により、常時、最適な運転を行うことで、従来トレードオフの関係で、困難とされてきた安定した高品質な商品の生産と高効率化を両立できる可能性が出てきたと考える。

4. おわりに

本稿では、粒子径と高い生産性(処理量)あるいは低い消費エネルギーを両立する下記の取り組みを紹介した。

- ① 各種センシングによるビッグデータの構築
- ② 運転条件のルール化
- ③ 安定制御のための前処理
- ④ 遺伝的アルゴリズムによる決定木の組み合わせ

また、センシングするデータ種類を増やすことで、システムの予知保全やお客様のより高度な要求にも応えられる粉体処理装置の開発の可能性があると考えている。このようにAIを使って、粉体操作をコントロールする時代になってきている。

更に粒子径を対象とした粉体設計に、当社グループが持つ粉体評価技術を融合させることで、従来の概念を覆す粉体特性を制御した製品作りを図っていきたい。今後ますます多様化するであろうお客様の新製品に最適な粉体加工を可能にする粉体プロセスのパラダイムシフトに向け、早期のサービス提供を目指す所存である。