

IoT, AI を用いた粉体プロセスの革新

Innovation of Powder Process Using IoT, AI

藤田 幸¹, 北村 智浩¹, 村田 憲司²
Sachi FUJITA¹, Tomohiro KITAMURA¹, Kenji MURATA²

¹ ホソカワミクロン株式会社 粉体工学研究所
² 同 研究室室長

¹ Powder Technology Research Institute, Hosokawa Micron Corporation, JAPAN

² Laboratory Office Section Manager, Powder Technology Research Institute, Hosokawa Micron Corporation, JAPAN

抄 録

昨今の情報通信技術とデータサイエンスの発展は我々の生活に大きな変化をもたらしつつある。産業界においても、第4次産業革命あるいはインダストリー 4.0 といわれる変革に向けた動きが加速しており、生産現場への導入が検討されている。当社はこのような産業界のニーズに応えるため、トータル IIoT サービスとして HOSOKAWA GEN4[®] の提供を開始した。これはセンサーなどにより装置の運転状態や製品の品質データを収集し、そのデータを管理することにより、また、機械学習 (AI) による解析結果を用いることにより、プロセスの生産性の向上や事業継続性の改善に寄与するサービスである。HOSOKAWA GEN4[®] を適用したシステムの具体例を示し、HOSOKAWA GEN4[®] がどのようなものか、また、機械学習による最適運転条件の提案について報告する。

ABSTRACT

Recent developments in information communication technology and data science are bringing about major changes in our lives. In the industrial sector as well, the movement toward transformation called the Fourth Industrial Revolution or Industry 4.0 is accelerating, and the introduction to plants is being considered. In order to meet the needs of such industries, we have started providing HOSOKAWA GEN4[®] as a total IIoT service.

HOSOKAWA GEN4[®] contributes to the improvement of process productivity by collecting the operation and product data using sensors and analyzing the collected data by machine learning. In this article, a concrete example of a system to which HOSOKAWA GEN4[®] is applied and a proposal of an optimum operating condition by machine learning is reported.

1 はじめに

昨今の情報通信技術とデータサイエンスの発展は我々の生活に大きな変化をもたらしつつある。産業界においても、第4次産業革命あるいはインダストリー 4.0 といわれる変革に向けた動きが加速してお

り、生産現場への導入が検討されている。インダストリー 4.0 の最大のポイントは工場のスマート化である。これは進化したセンサ技術と IoT (Internet of Things) を組み合わせて、工場内のあらゆる設備をインターネットにつなぎ、収集したデータを利用することで生産効率の向上や高付加価値商品の製造を

実現させることをいう。

粉体プロセスはその制御の複雑さから、現時点ではスマート化への取り組みがあまり進んでいない分野と考えられる。しかし、上記の動きは粉体プロセスも例外ではなく、今後ますますスマート化による工場の生産効率向上の要求が高まると予測される。当社はこの要求に応えるために、IoT、AI、およびBig Dataを活用したトータル IIoT (Industrial IoT) サービスとして HOSOKAWA GEN4[®] の提供を開始した。

2 HOSOKAWA GEN4[®] の概要

HOSOKAWA GEN4[®] の最大の特徴は製造業向けに特化したプラットフォームと機能を有していることである。クラウドサービスは一般化してきており、様々なツールが用意されているが、クラウドへのデータ送信、またそのデータの可視化はユーザー自ら設定・調整を行うか、パートナー企業を調査・選定して依頼する必要がある。そのため、まだ敷居が高いというのが多くの設備担当者の実感ではないだろうか。HOSOKAWA GEN4[®] ではデータ送信からデータ監視、機械学習・解析、管理までのすべてをホソカワミクロンが準備するため、ユーザはサービ

スを導入すればすぐに使用できる環境が整うことになる。

2.1 HOSOKAWA GEN4[®] サービスの概要

図 1^[1] に HOSOKAWA GEN4[®] のサービスの流れと概要を、図 2^[2] にデータの流れを示す。

- 1) 粉体プロセスラインの機器にセンサを取り付け、そのデータをクラウドに送信する。
- 2) 送信されたデータを収集し、機械学習により解析する。
- 3) クラウドに送信されたデータを遠隔監視等に利用する。
- 4) 機械学習により解析・作成したモデルを用いて最適運転条件等の提案を行う。
- 5) 3), 4) により粉体プロセスの生産性、事業継続性の改善に寄与する。

HOSOKAWA GEN4[®] の導入により、①生産プロセスの遠隔監視 ② 高度な生産自動化 ③ 運転データの解析 ④ 技術の継承⑤運転条件の最適化 ⑥ 属人化の解消 ⑦ 機械の故障予知 ⑧ 生産効率の向上 ⑨ 最適なメンテナンス ⑩ 環境負荷の低減、の 10 項目が実現可能になる。

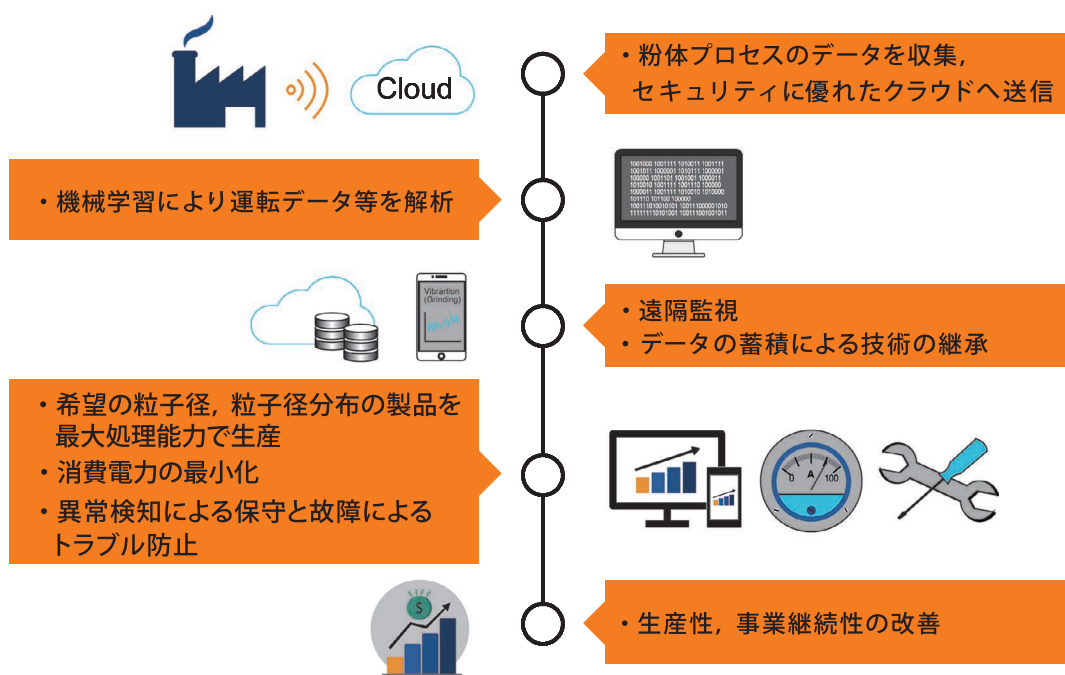


図 1 HOSOKAWA GEN4[®] サービスの概要
Fig. 1 Services overview of HOSOKAWA GEN4[®].

テクニカルノート



図2 HOSOKAWA GEN4® のデータの流れ
Fig. 2 Data flow sheet of HOSOKAWA GEN4®.

2.2 プロセスデータの収集, 管理

機器の運転状態および製品特性を連続的にリアルタイムで収集し、管理を行うことから、品質管理や異常検知が容易になる。例えば、装置の動力や振動に異常があった場合にはスマートフォン上で動作するデータ監視用アプリにより、稼働遠隔地でもアラートを受けることができる。また、クラウドに保管されたデータから自動的に稼働時間、条件や生産量などのデータをまとめた月報を自動的に送付することも可能である。

2.3 従来の制御と HOSOKAWA GEN4® による制御の違い

従来は、例えば、所望の粒子径分布の製品を得る運転条件を設定する場合、風量や分級回転速度から分級点を算出する計算式や過去の経験から、装置の動力を確認しながら分級回転速度や供給速度を調整して所望の粒子径が得られる条件を特定する、という方法を用いていた。しかし、HOSOKAWA GEN4® を導入すれば、教師データとしてあらかじめ収集した各要因の水準を変動させたデータを基に、機械学習により風量、粉碎・分級ロータ回転速度、原料供給速度など、多くの要因の組合せの中から、処理能力および消費電力の観点から最適な組み合わせを選定および提案することが可能である。

このことは特定の熟練した作業者が不在でも的確な条件設定が可能であり（属人化の解消、技術の継承）、また、従来の方法と比べてより精度が高く、

効率の良い運転条件をトライ & エラーで生じる余分な運転時間と原料を使用することなしに設定でき、運転条件の最適化と生産効率の向上が可能であることを示している。

2.4 オンプレミス型制御との違い

オンプレミス型の制御では自社内にサーバを置き、収集ツールやレポートのためのソフトウェアも自社内で準備する必要がある。そのため、サーバやソフトウェアの初期導入費用や保守費用が導入の大きな障壁になる。また、監視などの情報を共有できる範囲も大きく制限される。

これに対してクラウドを使用する HOSOKAWA GEN4® は自社でサーバを管理する必要がないこと、生産に関わる関係者がシステムの運転状況等の情報にいつでもどこでもアクセスできる共有性の高さ、さらに必要に応じてクラウドのソフトウェアをアップデートでき、外部サービスと API (Application Programming Interface) によって連携が可能などの拡張性の高さが特徴である。

3 HOSOKAWA GEN4® の具体例

粉碎システムに HOSOKAWA GEN4® を導入した具体例として、当社技術開発センターに設置した衝撃型分級機内蔵微粉碎機 ACM パルベライザ® システムの詳細を紹介する。

3.1 ACM パルベライザ[®] への HOSOKAWA GEN4[®] の適用

図3^[3]に HOSOKAWA GEN4[®] を適用した ACM パルベライザ[®] のフローシートを示す。

標準の ACM のフローシートに対して、粒子径データをリアルタイムで取り込むためにオンライン粒子径分布測定装置 オプティサイザ[®] を ACM パルベライザ[®] 後段に配置する^[4]。取り込むデータは任意に設定することができるが、ここでは、粉砕、分級ロータおよび原料供給スクリュの回転速度、系内のエア流量などの機器の設定条件だけでなく、各モータの動力、系内の温度、圧力や各部の振動値を取り込む。これらにより単に製品の粒子径を制御するだけでなく、消費電力の最小化や処理能力の最大化などを考慮した最適な運転条件を提案することが可能になる。また、振動、温度および動力を用いて装置の状態を管理することにより機器の故障予知や状態基準保全 (CBM: Condition Based Maintenance) を行うことができる。

3.2 機械学習を用いた運転の最適化^[5]

クラウド上での機械学習の例としてこの ACM パルベライザ[®] のシステムを用いて、目的の粒子径の製品を得るための運転条件を解析した例を紹介する。最適化運転の機能を使用するにはあらかじめ教

師データとなる運転データが必要となる。今回は粉砕システムの制御要因として①粉砕ロータ回転速度②分級ロータ回転速度③風量④原料供給速度の4項目を選定し、種々の条件により運転を実施した。各条件での運転データおよびオンラインで測定した粒子径分布をクラウドに送信し、データ解析を実施した。図4に機械学習の一例としてアルゴリズムに Decision Tree を用いた中位粒子径 D_{50} について解析したモデルを示す。制御要因の水準でデータを分割することを繰り返して粒子径を説明するモデルである。実際には他のアルゴリズムと組み合わせたモデルを作成し、要求された粒子径を得るための制御要因の水準を決定する。ユーザーは要求値入力画面で目標粒子径および能力最大化や消費電力最小化などの目的を選択し、送信すると解析結果として、粉砕回転速度、分級回転速度、運転風量および供給速度などの運転条件と、その条件における予想粒子径分布および予想消費電力が示される。

このように HOSOKAWA GEN4[®] を使うことにより複雑な条件設定が特定の技術者を必要とせずに設定することができ、製造ラインの省力化や高い生産性に寄与できると考えている。

この解析モデルの検証を行うために、得られた解析モデルによる予想値と実験値との比較を行った結果を図5^[2]に示す。これからわかるように、粒子径

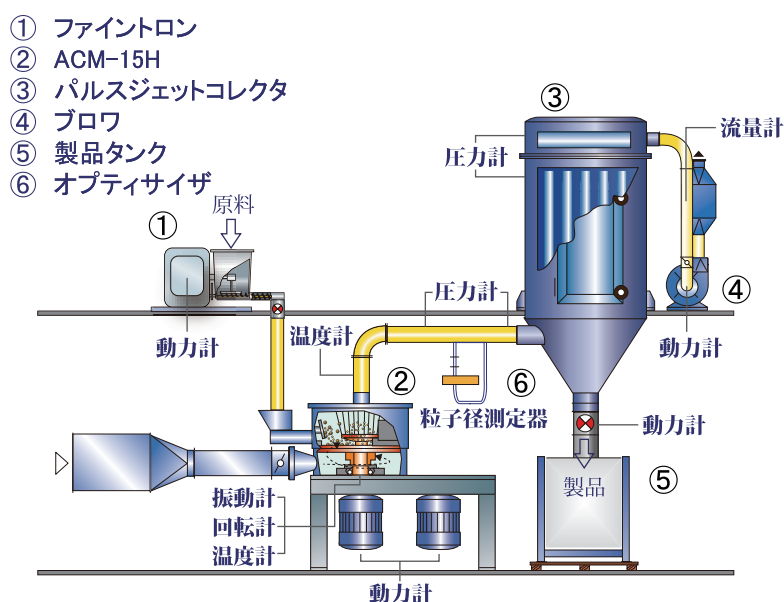


図3 HOSOKAWA GEN4[®] を適用した ACM パルベライザシステム[®] のフローシートとセンサ類
Fig. 3 Flow sheet and sensors of ACMPULVERIZER[®] system adopting HOSOKAWA GEN4[®].

テクニカルノート

の予測値と実験値は非常に高い相関関係にあり、機械学習で解析したモデルの精度が実プロセスに適用可能なレベルにあることがわかる。また、消費電力についても高い精度で予測できていることがわかる。

ここまで HOSOKAWA GEN4® の適用を粉砕・分級システムを例に挙げて説明したが、HOSOKAWA GEN4® は乾燥、混合、複合化など、あらゆる粉体システムに適用可能である。例えば乾燥システムでは製品の湿分を NIR (近赤外線分光装置) などを用いてオンラインで分析することにより設備の運転状態と製品の品質のデータセットをリアルタイムで得ることができる。このデータセットを機械学習で解析することにより所望の製品を効率よく生産するための運転条件を提案することが可能である。

4 今後の展開

前述の HOSOKAWA GEN4® を適用した ACM パル

ペライザ® 粉砕システムは当社の技術開発センターに設置しており、ユーザーの原料を使って実証テストを行うことができる。HOSOKAWA GEN4® は既設のシステムに付与することも可能であり、より多くのユーザーに触れていただけることを期待する。

現在、HOSOKAWA GEN4® はリモートモニタリング機能のみ提供を開始している。上記 AI を用いた最適化運転技術等については、基礎的検証試験は完了しており、現在は多種多様なユーザーのニーズに対し、十分な精度で提供できるように検証を実施している段階である。早期の提供開始を目指し、開発を進めている。なお、現時点では機械学習により実行されるのは条件の提案のみであり、直接システムを制御することを想定していない。これは外部からシステムを制御することに誤動作やハッキングなどのリスクが存在するためである。技術的には可能であり、今後、エッジデバイスに条件提案、制御の機能を持たせ自動フィードバック運転を行うことも検

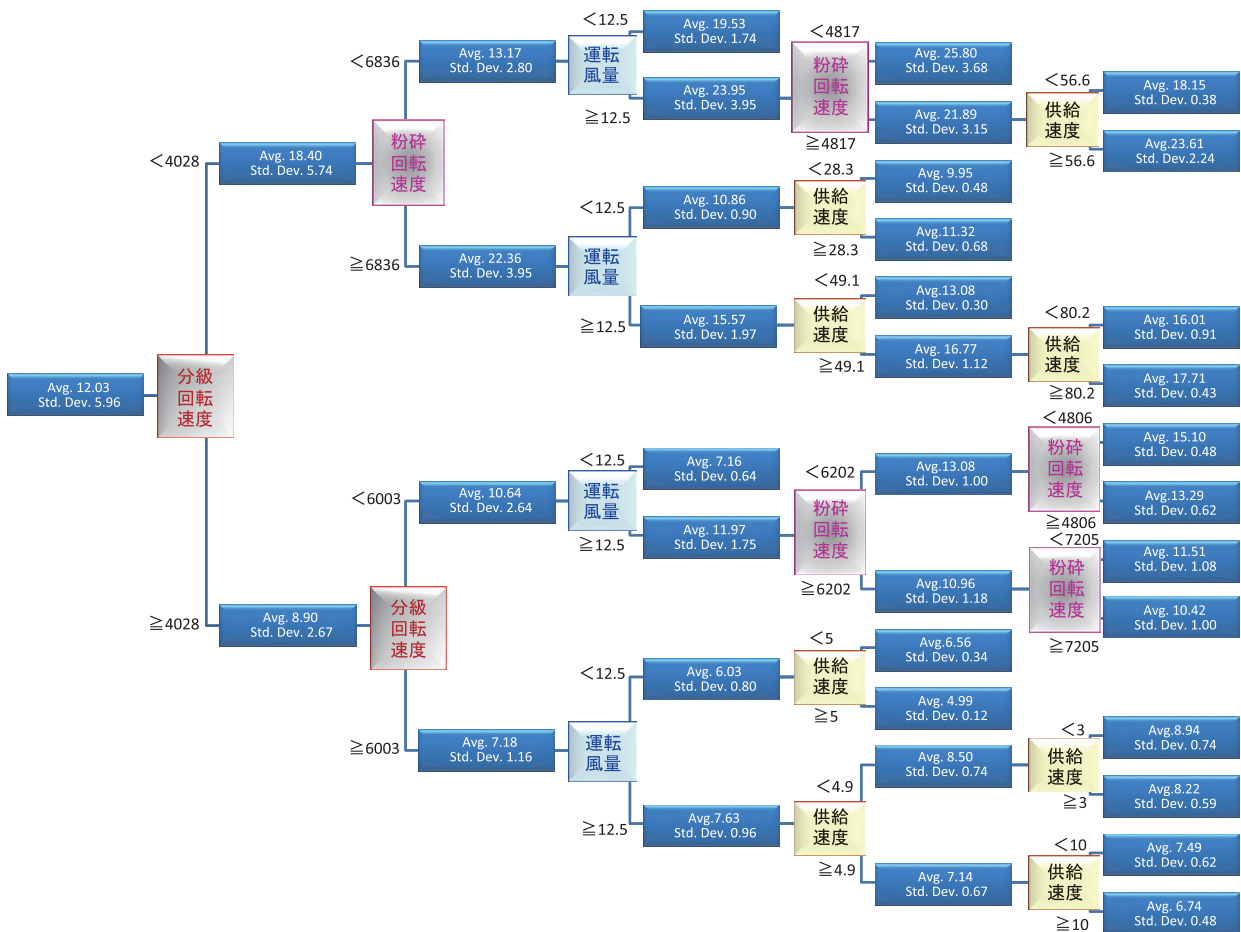


図4 機械学習による解析例：Decision Tree による D_{50} の解析
 Fig. 4 Example of Diagnosis by machine learning: Analysis of D_{50} by Decision Tree.

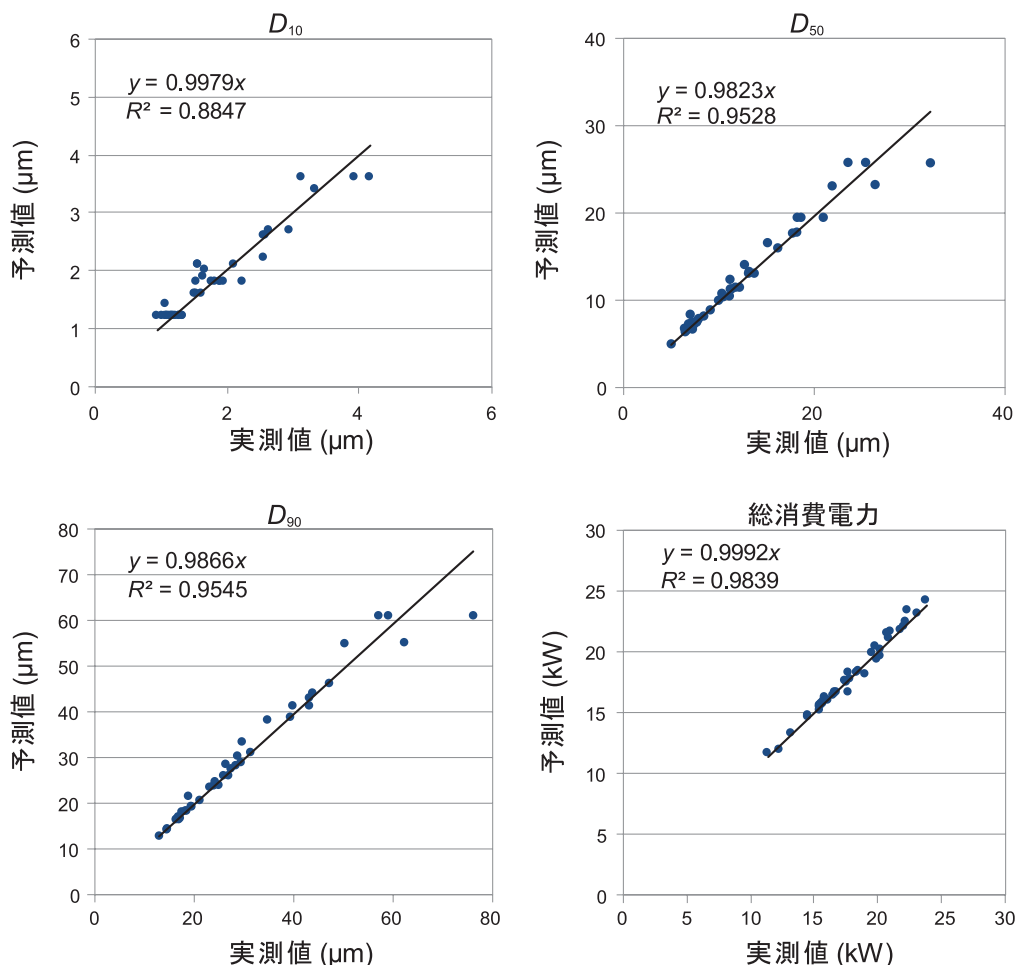


図5 機械学習による予測値と実測値の関係
Fig. 5 Relationship between predicted values by machine learning and measured values.

討している。

また、機械学習を用いた故障予知技術に基づいた最適なメンテナンスの提供や遠隔地のメンテナンスを支援するリモートサービスの実用化も進めているところである。

さらに、将来的には機械制御だけではなく、デジタルツインやVR (Virtual reality) 技術と組み合わせることにより、生産管理などの業務の効率化に貢献することも視野に入れて開発を行っている。

5 おわりに

HOSOKAWA GEN4[®] はホソカワミクロンが100年

以上にわたり蓄積してきた知識と技術を、クラウドやビッグデータ解析などのデジタル技術を用いたスマート化をユーザーへ提供するトータル IIoT サービスである。本サービスを導入するにあたり、各種センサ、ソフトウェアやクラウド使用料などの費用は発生する。しかし、粉体処理システムの高効率化や省人化の実現によりユーザーの利益に貢献できるサービスであると確信している。今後も最適なサービスを継続的に提供するために開発を進めていく所存である。

References

- [1] ホソカワミクロンウェブサイト (2018) <www.hosokawamicon.co.jp/jp/service/tech_a.html> accessed 18.05.2019.
- [2] 北村 智浩, 藤田 幸, 村田 憲司, IoT, AI, Big Data

テクニカルノート

- 時代に対応する粉体生産プロセス，化学装置，61(5) (2019) 31–36.
- [3] ホソカワミクロン HOSOKAWA GEN4® カタログ (2018).
- [4] 笹辺 修司，IoT 活用による粉体プロセスのパラダイムシフト，粉体技術，10(11) (2018) 973–977.
- [5] イアン クロスリー，モノのインターネット，製造プロセスを改善するチャンス，粉砕，60 (2017) 33–45. <https://doi.org/10.24611/micromeritics.2017009>

〈著者紹介〉



藤田 幸 Sachi FUJITA

〔経歴〕 2015 年九州工業大学大学院工学府物質工学専攻卒業。同年ホソカワミクロン株式会社入社。テストセンター，技術開発部を経て，2017 年から現職。

〔専門〕 粉体工学。

最近は，IoT，分級ロータ，ジェットミルの研究に取り組んでいる。

〔連絡先〕 sfujita@hmc.hosokawa.com



北村 智浩 Tomohiro KITAMURA

〔経歴〕 2014 年創価大学工学研究科修士課程修了。同年，ホソカワミクロン(株)入社。2014 年から現職。

〔専門〕 粉体工学。現在は，IoT，データ解析，振動診断の応用開発に取り組んでいる。

〔連絡先〕 tkitamura@hmc.hosokawa.com



村田 憲司 Kenji MURATA

〔経歴〕 1991 年岡山大学工学部精密応用化学科卒業。財団法人ファインセラミックスセンター等を経て 2003 年ホソカワミクロン株式会社に入社し，粉体工学研究所に配属。メンテナンスサービス事業本部を経て 2017 年より現職。

〔専門〕 材料化学，粉体工学。

〔連絡先〕 kmurata@hmc.hosokawa.com