

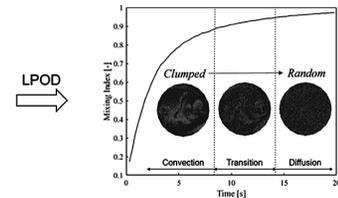
Advanced Powder Technology だより

“Advanced Powder Technology”は粉体工学会が Elsevier 社から発行している国際英文ジャーナルです。そのインパクトファクターは4.969 (2021年)であり、Chemical Engineering カテゴリー 143 誌中 39 位 (Clarivate 社 Journal Citation Reports) に位置し国際的にも高く評価されています。“Advanced Powder Technology”に掲載された日本に関する機関からの論文の要旨を日本語で掲載します。

POD-based identification approach for powder mixing mechanism in Eulerian–Lagrangian simulations

POD 法に基づいたオイラー・ラグランジュ法シミュレーションにおける粉体混合メカニズム同定手法

粉体混合プロセスを通してきわめて多くの製品が製造されている。これらの製品の品質の向上のために、粉体混合メカニズムを把握することが必要となる。粉体の主要な混合メカニズムには、対流、拡散およびせん断があることが知られているが、複数の粉体混合メカニズムが同時に発生することもある。本研究では、主要な粉体混合メカニズムばかりでなく、複数の粉体混合メカニズムの遷移も明らかにするための高度な計算手法を開発した。具体的には、粉体混合シミュレーションで広く用いられる Discrete Element Method (DEM) と Computational Fluid Dynamics (CFD) を連成させた DEM-CFD に固有直交分解 (Proper Orthogonal Decomposition (POD)) を適用することによって、粉体混合メカニズムを同定するための手法を開発した。本研究では、POD 解析において計算時間を大幅に短縮することのできる Lanczos-based POD (LPOD) 法を採用した。本手法の妥当性を確認するために、回転パドルミキサーにおける固液混相流の DEM-CFD シミュレーションを行った後、LPOD 法により粉体混合メ



Advanced Powder Technology
掲載巻号：33 (1) (2022) 103364
著者：Shuo Li, Guangtao Duan, Mikio Sakai
DOI：https://doi.org/10.1016/j.appt.2021.11.016

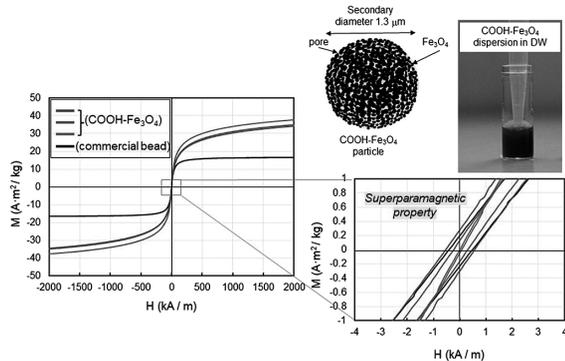
カニズムの解明を行った。その結果、本体系では、混合初期段階では対流が、後期段階では拡散が、支配的な粉体混合メカニズムとなった。さらに、POD 解析結果は、通常の数値シミュレーションでは同定が困難である対流メカニズムから拡散メカニズムへの遷移も同定できることが示された。これらのことから、本手法は粉体工学の発展に大きく貢献する革新的な技術と言える。

責任著者：酒井 幹夫
所属：東京大学大学院工学系研究科レジリエンス工学研究センター
E-mail：mikio_sakai@n.t.u.tokyo.ac.jp

Effect of heating conditions on the magnetic properties of micron-sized carboxyl modified-magnetite particles synthesized by a spray pyrolysis and heating process

噴霧熱分解法と熱処理によって合成されたマイクロサイズのカルボキシ基修飾マグネタイト粒子の磁気特性におよぼす熱処理条件の影響

超常磁性を示すマイクロサイズのカルボキシ基修飾マグネタイト (Fe_3O_4)($\text{COOH-Fe}_3\text{O}_4$) の多孔質粒子を、0.1 M $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ および 0.2 M クエン酸溶液の噴霧熱分解と、その後の $\text{Ar}+1\%\text{H}_2$ ($P_{\text{O}_2} = 10^{-20}$ Pa) または N_2 ($P_{\text{O}_2} = 1$ Pa) ガス雰囲気中での加熱プロセスによって合成した。クエン酸の熱分解によって発生する炭素および水素ガスの影響により、 P_{O_2} が 10^{-23} Pa 以下の還元条件下でも Fe_3O_4 の合成に成功した。 $\text{Ar}+1\%\text{H}_2$ または N_2 雰囲気中で加熱された $\text{COOH-Fe}_3\text{O}_4$ 粒子は、多孔質 (40% 気孔率) であり、直径は約 1.2 ~ 1.3 ミクロンであった。本 $\text{COOH-Fe}_3\text{O}_4$ 粒子は、直径約 7 nm の $\text{COOH-Fe}_3\text{O}_4$ 結晶子からなり、 $\text{Ar}+1\%\text{H}_2$ 雰囲気中での加熱時間を 10 時間から 20 時間に増やすことにより、比表面積は 116 から $127 \text{ m}^2/\text{g}$ に増加した。また、 $\text{Ar}+1\%\text{H}_2$ 中で 10 時間加熱した $\text{COOH-Fe}_3\text{O}_4$ 粒子 ($38.7 \text{ A} \cdot \text{m}^2/\text{kg}$) の飽和磁化は市販の磁性マイクロビーズ ($17 \text{ A} \cdot \text{m}^2/\text{kg}$) よりもはるかに高く、保磁力は 0 kA/m であった。蒸留水に分散したこれらの超常磁性 $\text{COOH-Fe}_3\text{O}_4$ 粒子は、市販の磁気マ



Advanced Powder Technology
掲載巻号：33 (2) (2022) 103412
著者：Masami Hashimoto, Seiji Takahashi, Koichi Kawahara, Tomoyuki Ogawa, Masakazu Kawashita
DOI：https://doi.org/10.1016/j.appt.2021.103412

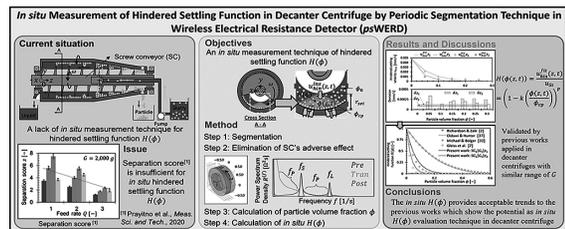
イクロビーズの 10 秒と比較して、400Mt の外部磁場下で 7 ~ 10 秒で NdFeB 磁石に集磁することを確認した (図参照)。

責任著者：橋本 雅美
所属：一般財団法人ファインセラミックスセンター材料技術研究所
E-mail：masami@fcc.or.jp

In situ measurement of hindered settling function in decanter centrifuge by periodic segmentation technique in wireless electrical resistance detector (psWERD)

周期的セグメンテーション・ワイヤレス電気抵抗検出器 (psWERD) によるデカンタ型遠心分離機内の干渉沈降関数の in situ 計測

周期的セグメンテーション・ワイヤレス電気抵抗検出器 (psWERD: periodic segmentation technique in wireless electrical resistance detector) を提案し、デカンタ型遠心分離機内の粒子沈降速度評価において重要な干渉沈降関数の in situ 計測を初めて実現した研究である。干渉沈降関数 H の計測プロセスは、(1) 遠心分離機内の抵抗値計測、(2) スクリューによる周期的な抵抗値変動成分の校正、(3) 粒子体積分率 ϕ の計算、(4) 干渉沈降関数 H の推定の手順で実施される。まず、(1) 遠心分離機に取り付けた独自開発のワイヤレス電気抵抗検出器を利用して、作動中の遠心分離機内で変動する抵抗値を計測する。計測された抵抗値は、液相、粒子、スクリューの影響を受け、スクリューの回転に従って周期的に変動する。(2) 計測された抵抗値からフーリエ変換を利用した周期的セグメンテーションにより、スクリューによる抵抗値の周期的な変動成分を校正する。(3) 有効媒質理論より、(2) で校正された抵抗値から求めた液相、粒子、スラリー相の導電率から粒子



Advanced Powder Technology

掲載巻号: 33 (1) (2022) 103370

著者: Yosephus Ardean Kurnianto Prayitno, Prima Asmara Sejati, Tong

Zhao, Yoshiyuki Iso, Daisuke Kawashima, Masahiro Takei

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.appt.2021.11.022>

体積分率 ϕ および沈降速度 u_{hin} を計算する。(4) 干渉沈降関数 H と粒子体積分率 ϕ の経験式に基づいて u_{hin} を計算し、(3) で推定した u_{hin} との最小二乗フィッティングにより、干渉沈降関数 H を推定する。本提案の psWERD を実機に実装し、遠心力をパラメータとして推定された干渉沈降関数 H について評価したところ、デカンタ型遠心分離機の H の数値計算解および実験値と比較し、良好な一致を得た。

責任著者: 川嶋 大介

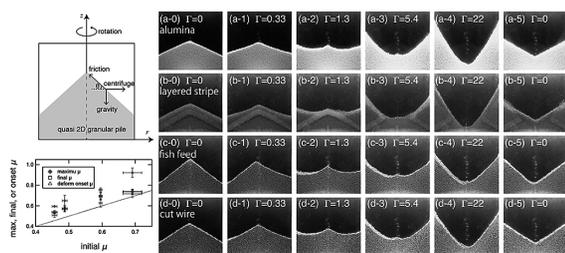
所属: 千葉大学国際高等研究基幹 / 大学院工学研究院 (兼任)

E-mail: dkawa@chiba-u.jp

History-dependent deformation of a rotated granular pile governed by granular friction

粉体摩擦が支配的な砂山の回転による形状変化の履歴依存性

重力と回転による遠心力の影響を受けて変形する砂山の形状とそれを特徴付ける粉体摩擦の履歴依存性を実験的に調べた。初期状態として、擬二次元セル内の中央に頂点を持ちその両側に安息角で広がる砂山形状を用意した。砂山頂点(セル中央)を回転軸としてセルを回転させることにより、砂山に遠心力を加え変形を誘起した。セルの回転数を 0 から 620 rpm まで段階的(準静的)に上昇させた後、再び 0 まで減少させ、回転数に依存した砂山変形の様子をカメラで撮影した。さまざまな粉体材料を用いて実験を行った結果、いずれの場合も同様の変形様式を示し、その変形の様子は砂山表面にかかる力(重力、遠心力、摩擦力)のバランスを考慮したモデルにより定量的に説明できることが明らかになった。本研究では、モデルの中でもっとも重要なパラメータとなる摩擦係数 μ の Γ (回転による遠心力と重力の比を表す無次元パラメータ) 依存性を調べた。その結果、回転数を上昇させている状態と減少させている状態とで、 Γ が同じ状態でも μ が異なる値を示すことを実験的に発見した。具体的には、 μ の値は Γ



Advanced Powder Technology

掲載巻号: 33 (8) (2022) 103629

著者: Terunori Irie, Ryusei Yamaguchi, Sei-ichiro Watanabe, Hiroaki

Katsuragi

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.appt.2022.103629>

上昇時には増加する傾向を示したが、 Γ を減少させると μ は元の (Γ 上昇時の) 値には戻らないことがわかった。この複雑な粉体摩擦挙動の全貌を本研究で明らかにできたわけではないが、砂山表面形状をよく説明するモデルの開発に成功したことから、今後、さまざまな応用展開が期待される。たとえば、重力、遠心力、摩擦力の釣り合いにより支配されると考えられる太陽系小天体表面地形の進化に関する基礎的知見の深化に繋がることなどが予想される。

責任著者: 桂木 洋光

所属: 大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻

E-mail: katsuragi@ess.sci.osaka-u.ac.jp