

論文審査の結果の要旨

氏名 内田圭亮

本論文は、トナーなどの微小粉体を混合輸送するためのスクリーフィーダーに対して、その内部を流動する粉体流動場の計測手法を開発するとともに、その物理的な特性に関する評価について論じたものである。本論文は6章で構成されている。

第1章では、本研究の動機と目的について述べている。微小粉体混合輸送機器としてのスクリーフィーダーについて述べるとともに、その流体挙動評価手法に関する研究の現状をまとめている。粉体が不可視流体であることから、その詳細な挙動を評価する手法が非常に少ないことを示している。これらの現状を踏まえ、粉体挙動に対する X 線を用いた流動計測手法と画像処理手法開発を本研究で目的とする事を明確化している。

第2章は粉体挙動を可視化するための X 線可視化システムについて述べている。不可視流体である粉体を X 線によって透過画像として捕らえるとともに、粉体挙動をトレーサによって可視化する。実験に用いる X 線発生装置や画像計測装置、スクリーフィーダーの具体的な形状や、トレーサ注入システムについてまとめている。これらのシステムによって、粉体中に混入されたトレーサの挙動を動画として捉えることができることを説明している。

第3章では、得られた X 線透過画像を画像処理することによって、さまざまな物理データを算出する手法について述べている。具体的には、移動度(速度)、パスライン、拡散係数の3種類の物理量を算出する手法を示している。移動度は位相平均された背景画像を用いてトレーサ画像のみを抽出することで評価し、粉体の移動速度がブレード速度よりも遅くなることを明らかにしている。またこの画像を重ねることで、軌跡を求めるとともに、時間変化を色で示すことでパスラインの情報をよりわかりやすく示すことができる。さらに、ブレードによる混合量を定量化するため、局所拡散係数をトレーサ画像の拡散から算出する手法を提案している。

第4章は、前章で提案した物理データ計測手法の不確かさ解析を行っている。移動度と拡散係数のそれぞれについて、不確かさ要因と不確かさの伝播を評価している。特にトレーサ粒子の追従性について、理論的評価と実験的評価を組み合わせ、本実験条件の範囲内ではトレーサの追従性が高いことを示している。また、主に画像ひずみによる効果が影響し、20%程度の不確かさとなっていると結論付けている。

第5章では開発した X 線可視化手法と画像処理法を用いて5種類のスクリーフィーダーによる混合輸送を実際に計測し、それぞれの移動度、パスライン、拡散係数を算出している。これらの結果をブレードと粉体との相互作用を考察することで説明するとともに、その特性を明らかにしている。

第6章は結論であり、本論文で得られた成果をまとめている。

なお、本論文第2～5章は、岡本孝司との共同研究であるが、論文提出者が主体となって実験、解析、評価を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

以上のように、本論文は、不可視流体である粉体混合挙動計測法として、X線画像を用いた新しい計測手法を提案し、その有効性を確認するとともに、実際のスクリーフフィーダー計測に適用して、その特性について評価を行った研究であり、人間環境学、特に粉体システム環境学の発展に寄与することが少なくない。よって、本論文は博士(環境学)の学位請求論文として合格と認められる。