



Title	粉碎機内の媒体運動に関する研究：転動ボールミルの数値シミュレーション
Author(s)	井上, 義之
Citation	大阪大学, 2000, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/42115">https://hdl.handle.net/11094/42115</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> 大阪大学の博士論文について

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名	井上義之
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第15493号
学位授与年月日	平成12年3月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科産業機械工学専攻
学位論文名	粉碎機内の媒体運動に関する研究 (転動ポールミルの数値シミュレーション)
論文審査委員	(主査) 教授 辻 裕  (副査) 教授 城野 政弘 教授 永井 宏 助教授 田中 敏嗣

### 論文内容の要旨

本論文は、回転円筒型粉碎機内における媒体群の運動、衝突力の頻度分布および粉碎速度を予測するために必要となる破壊関数などを数値シミュレーションによって解析したものである。本論文は全6章から構成されている。以下に各章の概要を示す。

第1章では、本研究の背景と関連する従来の研究について概観し、本研究の目的および意義について述べている。

第2章では、本研究で用いた離散要素法にもとづく、粒状集合体の運動解析の基礎的概念、そのモデルの説明およびモデル中の各種パラメータの決定方法について述べている。

第3章では、回転軸方向の運動を無視する2次元計算と全ての方向の運動を考慮する3次元計算の結果の違いについて詳細に調べている。媒体充填率や容器回転速度を変化させ、媒体群のフローパターン、媒体群の重心軌跡、媒体速度の時間変動、媒体速度分布および変動速度強度の空間分布について比較を行っている。2次元解析と3次元解析では、媒体群の重心軌跡や媒体速度の空間分布および局所変動速度強度の空間分布などに明らかな差異が見られることを明らかにしている。局所変動速度強度は粉碎の進行に密接に関係する量であり、粉碎の進行の予測には3次元計算が必要であることを明らかにしている。

第4章では、3次元計算による、媒体の衝突回数や衝突力の頻度分布について調べている。媒体充填率の増加とともに衝突回数が増加するが、ある程度大きな充填率では、充填率が増加しても衝突回数に大きな変化がないことを明らかにしている。一方、回転数の影響に関しては、その増加と共に衝突回数が減少する結果を得ている。衝突力の頻度は右下がりの分布形状を示すが、ある程度以下の衝突力ではほぼ一定となることを明らかにしている。さらに、衝突力の最大値はミルの運転条件ごとに異なり、衝突力の最大値を最大とする操作条件があることを明らかにしている。

第5章では、第4章で得られたデータを用いて、粉碎速度を予測するために必要となる破壊関数を求めている。破壊関数は選択関数と分布関数からなるが、両者とも粉碎実験から得られた結果と定性的に一致することを示している。媒体充填率や回転数を変化させて選択関数の計算を行い、選択関数を最大とする充填率や回転数が存在すること、分布関数はどの条件でもほとんど変化しないことを明らかにしている。

第6章は本論文の総括である。

## 論文審査の結果の要旨

粉碎は古くから利用されている単位操作の一種であり、現代においても鉱業から医薬・食品に至るまで、非常に多くの分野で用いられている。粉碎を行うための装置の一種に媒体ミルと呼ばれる装置があり、この装置では、粉碎は媒体と呼ばれる球体が他の媒体または装置壁面と衝突することによって生じる力によって進行する。したがって媒体の運動状態や衝突力をることは装置の運転や設計にとって極めて重要である。しかし粉碎機内の媒体運動の詳細を把握することが困難であるため、媒体運動の解析結果を粉碎操作へ応用することはほとんど行われていない。

近年、個々の粒状物質を個別的に追跡する離散要素法が、計算機の急速な進歩に伴って注目されるようになってきた。本論文では離散要素法による粉碎機の設計又は運転支援を目的とし、シミュレーションによる媒体運動の基礎的な解析を行っている。その成果を要約すると以下の通りである。

- (1) 媒体ミルの一種である転動ボールミル内の媒体運動を離散要素法を用いて解析し、回転軸方向の運動を無視する2次元計算と全ての方向の運動を考慮する3次元計算の結果の違いについて詳細に調べている。そして媒体群のフローパターンや媒体速度分布および変動速度強度の空間分布などについて考察し、粉碎の進行の予測には、従来行われてきた2次元計算ではなく3次元計算が必要であることを明らかにしている。
- (2) 3次元計算によって、実験では測定が極めて困難な媒体の衝突回数や衝突力の頻度分布ならびに空間分布について解析を行っている。その結果、ミルの主要な運転条件であるミル回転数やボールの充填量が、衝突力の頻度分布などと密接に関係していることを明らかにしている。
- (3) 媒体の衝突力の計算結果を、従来から知られている粉碎速度に対するモデル式に適用し、実用上最も重要な粉碎速度の推算を行い、ミル回転数やボールの充填量が粉碎速度に及ぼす影響を求めている。さらにロードセルによる衝突力の実測値から推算された粉碎速度との比較を行い、本手法による結果が実験値と良好な一致を示すことを明らかにしている。

以上のように本論文は、粉碎機内における媒体挙動の解明だけでなく、粉碎速度の予測が数値計算によって可能であることを示している。これらの成果は、粉粒体工学や機械工学に寄与するところが大きく、本論文は博士論文として価値あるものと認める。