

画像解析・フラクタル次元を用いた固体の形態評価
に関する研究

メタデータ	言語: ja 出版者: 静岡大学大学院電子科学研究科 公開日: 2008-04-11 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 西本, 一夫 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10297/1572

氏名・(本籍)	西 本 一 夫 (神奈川県)
学位の種類	博 士 (工 学)
学位記番号	工博乙第 71 号
学位授与の日付	平成 8 年 12 月 20 日
学位授与の要件	学位規程第 5 条第 1 項該当
学位論文題目	画像解析・フラクタル次元を用いた固体の形態評価に関する研究

論文審査委員	(委員長)		
	教授 上野晃史	教授 藤安洋	
	教授 佐々木 彰	教授 藤田郁夫	
	教授 秋山 鐵夫		

論 文 内 容 の 要 旨

自然界に存在する様々な形や現象は、不規則かつ非線形で非常に複雑である。特に、本研究の対象であるゴムと粉体は、その歴史が古いにもかかわらず挙動が非常に複雑で、理論的な取り扱いが難しく、多くが未解明の状態である。しかし、近年のコンピュータ技術のめざましい発展にともない、従来、不可能と思われていた諸現象を比較的簡単に解析できるようになった。

本研究では、二つの手法を用いてこれら複雑な諸問題の解明を行う。一つは、画像解析の手法で、コンピュータに取り込んだ画像をデジタル化した後、様々ユークリッド幾何学的諸因子を計測する。もう一つは、非ユークリッド幾何学の一つであるフラクタル理論を適用する方法で、フラクタル次元により複雑さの度合いを数値化する。

1) 加硫ゴムの劣化評価

屋外暴露及び促進暴露により劣化させたスチレン-ブタジエンゴムの表面に発生した複雑な亀裂形態を解析した。画像解析により、亀裂長さ密度、亀裂幅分布、亀裂面積比の3因子を測定し、亀裂形態を数値化した。その結果、劣化の進行にともない亀裂幅方向の合一が生じること、亀裂面積比がゴムの劣化の有用な評価指標となること等を明らかにした。次に、フラクタル次元を測定し、亀裂形態は、二つのフラクタル次元を持つフラクタル図形であること、フラクタル次元は劣化の進行とともに増大し、劣化の評価指標となること、劣化試験方法により異なったフラクタル次元を持ち、劣化試験方法特有の亀裂形態を示すこと等を明らかにした。

2) ゴムの混練り状態評価

密閉混合機によるアクリロニトリル-ブタジエンゴムの混練り状態を、混合機の電力-時間曲線のスペクトル解析結果と、スペクトルから求めたフラクタル次元により評価した。まず、スペクトルピークの物理的意味の解釈を行い、ロータ回転と2倍の回転周期のピーク、及びロータ羽根の噛み合わせ周期とその2倍の周期が含まれることを明らかにした。そして、ゴムの混練り状態は、ロータ総回転数に支配されることを示した。

次に、パワースペクトル密度と周波数の関係がべき法則に従うことを示し、ゴムの混練りがフラクタル現象であることを明らかにした。そして、フラクタル次元は、積算電力、平均ロータ回転速度の増加とともに増大すること、ロータ回転比が1.14~1.30の間で極大値を持つこと、フラクタル次元が大きいくほど混練り状態が良好で、フラクタル次元は混練り状態の評価指標となることを明らかにした。

3) 空気圧変動法による微粉体の構造

新しく開発した造粒法である空気圧変動法は、2段階の工程から成る。第1段階は、粉体が入った容器を減圧後、大気を急速に注入して微粉体の圧搾を行う。第2段階は、圧縮された微粉体が入った容器内の空気を加圧後、瞬時に大気に放出する。このとき固められた粉体が砕かれて顆粒となる。造粒後の顆粒の状態を、画像解析から求めた粒度分布とフラクタル次元により評価した。

超微粉無水珪酸と珪藻土を用いて造粒実験を行い、第1段階での減圧度と第2段階での加圧度が十分に大きくないと造粒が成功しないこと、層高は顆粒形成にほとんど影響しないことを明らかにした。また、得られた顆粒形態はフラクタル図形であり、超微粉無水珪酸の場合、実験条件はフラクタル次元に影響しないこと、珪藻土の場合、第1段階での減圧力が若干影響することを示した。

4) 2次元振動層内の粉体混合状態の評価

白色と黒色のガラスビーズの層で交互に満たした2次元容器に縦方向に振動を加え、層内の粒子運動を画像解析により、また、その分布状態をフラクタル次元により評価した。フラクタル次元の経時変化は、混合速度と混合度合いの定量的な情報を表しており、混合速度は、層高と粒子径に無関係に、層の中央部で最も速く増大すること、また、層高に沿った混合速度の変化は、粒子径が大きくなるほど減少することを明らかにした。更に、フラクタルパターンを引き起こす実験条件について検討し、ボックスカウンティング法を適用するにあたっては、トレーサー粒子(黒色粒子)の分布の初期のパターン(縞模様配置)が重要であることを示した。

以上の諸現象の解析結果により、本研究で用いた手法が、従来の方法では困難であった様々な複雑な物理現象を解明する有力な手段であることを明らかにした。これらの手法は、現在まだ発展途上にあり、将来、様々な分野で応用されるようになると思われる。

論文審査結果の要旨

ゴムと粉体は人間との関わりの歴史が古く、その特性を理解する努力が現在にいたるまで多種多様の科学的アプローチによりなされている。しかし、ゴムや粉体の挙動は非常に複雑なため、多くの未解明の問題が残されている。本論文はゴムと粉体に関する複雑な諸問題を画像解析とフラクタルの手法を用いて解析評価し、従来の手法では解明が困難であったこれら固体や粉体の様々な挙動、機構に対する定量化を行い、新しい知見を提供するとともに、解析手法の有用性を明らかにしたものである。

第1章は序論で、ゴムと粉体に関する諸問題を画像解析とフラクタルの手法を用いて研究する意義と、本研究の目的および概要について記述している。第2章では、画像解析法とフラクタル理論の概要と測定方法について詳述している。第3章では、屋外暴露および促進暴露により劣化されたスチレン-ブタジエンゴムの表面に発生した複雑な亀裂形態を、画像解析法とフラクタル理論を用いて解析している。そして、劣化の進行にともない小亀裂が集合して大きい亀裂になること、亀裂面積比およびフラクタル次元がゴムの劣化の有用な評価指標となること等を明らかにしている。第4章では、密閉混合機によるアクリロニトリル-ブタジエンゴムの混練り状態を、混合機の電力-時間曲線のスペクトル解析結果と、スペクトルから求めたフラクタル次元により評価している。得られたスペクトルピーク中には、ロータ回転に基づく周期成分が含まれていること、ゴムの混練り状態は、ロータ総回転数に支配されること、フラクタル次元の大きいものほど混練り状態が良好となること等を明らかにしている。第5章では、空気圧変動法と名付けた新しい造粒法により微粉体の造粒実験を行い、実験の操作条件が顆粒状態に及ぼす影響について検討している。造粒に成功するのに必要な操作条件を示し、得られた顆粒のフラクタル次元は、超微粉無水珪酸の場合、操作条件の影響を受けないが、珪藻土の場合、減圧度の影響を受けることを明らかにしている。第6章では、2次元振動層内の粒子層の運動挙動と混合状態をフラクタル次元により評価している。フラクタル次元の経時変化から、混合速度は層高と粒子径に無関係に層の中央部で最も増大すること、層高に沿った混合速度の変化は、粒子径が大きくなるほど減少すること等を明らかにしている。第7章は、総括である。

以上のように、従来、定量的な評価が困難であったゴムや粉体に関する複雑な諸問題を、画像解析法とフラクタル理論を適用して数値化する手法を示し、その有用性を確かめたものである。その手法は、様々な複雑な現象、形態の解析に幅広く応用可能であることを示す工学上貴重な成果を得ている。よって、本論文は博士(工学)の学位を授与する内容を有するものと認める。