



Title	フラクタル理論に基づく濃厚系凝集サスペンションのレオロジーモデルの構築とその応用 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	後藤, 卓
Citation	北海道大学. 博士(工学) 甲第11466号
Issue Date	2014-03-25
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/55541
Rights(URL)	http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	theses (doctoral - abstract and summary of review)
Additional Information	There are other files related to this item in HUSCAP. Check the above URL.
File Information	SUGURU_GOTOH_review.pdf (審査の要旨)



[Instructions for use](#)

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士(工学) 氏名 後藤 卓

審査担当者 主査教授 名和 豊春
副査教授 廣吉 直樹
副査教授 佐藤 努
副査准教授 胡桃澤 清文

学位論文題名

フラクタル理論に基づく濃厚系凝集サスペンションのレオロジーモデルの構築とその応用
(Development and application of a rheological model for concentrated flocculated suspensions based on fractal concept)

粒子分散系サスペンションは、建設用コンクリート、セラミックス、塗料、食品、化粧品、フィルターの入った接着剤や高分子材料など様々な分野で幅広く利用されている。これらの材料は、混合、移送、成型などの様々な工業上の工程で高精度の制御が必要となり、そのためその流動特性の理解や予測が重要な課題である。粒子分散系サスペンションの流動性は、分散質である粒子の体積分率、形状、サイズ、さらには分散媒の粘性などの構成材料の特性にも影響されるが、電解質イオンや界面活性剤などの高分子の添加がもたらす分散粒子間の相互作用力による粒子の凝集体の形成と、せん断力による凝集体の解砕による影響が大きい。この粒子の凝集分散に基づくサスペンションの流動性については数多くの研究がなされ、様々な理論が提案されている。しかし、濃厚系では凝集構造を直接観察することは難しく、未だ凝集構造に基づいた流動モデルの統一化はなされていない。

本学位論文は、希薄凝集サスペンションで有効性が確認されている凝集体のフラクタル性が濃厚凝集サスペンションにおいても成立すると考え、粒子間力とせん断力が凝集構造に及ぼす効果を平均場理論に立脚して解析し、濃厚サスペンションの降伏値および粘性を予測できる数理モデルを構築することを目的としたものである。主たる成果は以下に列挙される。

第1の成果は、剛体球からなるサスペンションの平均場理論に基づく Mills の粘度モデルが濃厚系で妥当であることを示すと同時に、剛体球粒子をフラクタル凝集体に置換した凝集サスペンションの粘度を予測する様々な既往モデルについても検証し、その問題点を指摘するとともに、せん断力による凝集体の解砕の理論的定式化により、粒子間力による凝集とせん断流による解砕を考慮した解析的な流動モデルを提案した点である。その中で、サスペンションの体積濃度の増大とともに凝集体のフラクタル次元が増大することを既往の実験結果も含めて実験的に示すとともに、そのメカニズムについてもフラクタル理論から説明した点や、せん断流による解砕を示すべき乗則の指数が凝集体自体のフラクタル次元と密接に関連していることを理論的に示し、従来のシミュレーションでは説明できなかった指数の体積濃度依存を説明した点は、独創的であり学術的に高く評価される。

第2の成果は、著者が提案した粘性予測モデルを、ランダム充填で最大体積濃度に及ぼす粒度分布の影響を考慮することにより、粒度分布を有する粒子の濃厚サスペンションまで拡張することに

成功したことである。さらに、非定常状態での凝集体の粒度分布変化にも適用し、凝集開始前の粒度分布の想定と、粒子間力による凝集とせん断力による解砕による凝集体粒度分布の時間的变化に伴うフラクタル次元の変化を考慮した結果、非定常状態の濃厚サスペンションの粘性の変化を予測できることを示している。この成果は、実際の製造工程での流動性予測にとって非常に有用であり、工学的に高く評価される。

第3の成果は、静的光散乱の実験結果に基づき、せん断を受ける前のサスペンション中の粒子のネットワーク構造に対してもフラクタル理論を導入し、降伏応力の予測モデルを構築することに成功した点である。濃厚サスペンションの降伏値と塑性粘度の間には相関がないという既知の事実が本成果でよく説明されるとともに、せん断速度が変化した時の非定常状態での流動性予測の高度化が達成され、工学的に高く評価される。

第4の成果は、流動性の制御で使用されている界面活性剤の効果を提案した粘度予測モデルを用いて説明できることを示した点である。そこでは、既往の研究成果と異なり、界面活性剤が疎水的に凝集したと考えられる吸着形態が示唆され、AFMによる観察結果と一致することから、提案した粘度モデルの妥当性が示されるとともに、新規分散剤の開発に大きく貢献するものと考えられ、工学的に高く評価される。

これを要するに、著者は凝集体のフラクタル性に着目し、粒子間力とせん断力が凝集構造に及ぼす効果を理論的に定式化し、濃厚サスペンションの流動性を予測できる数理モデルを構築したものであり、資源材料工学およびレオロジー学に貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。