



Title	流体混合における混合度と混合能：マルチフラクタルとKullback-Leibler情報量に基づく解析
Author(s)	柴，貴子
Citation	大阪大学，2008，博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/48854">https://hdl.handle.net/11094/48854</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">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏 名	柴 貴 子
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 2 2 1 0 4 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 20 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 基礎工学研究科物質創成専攻
学 位 論 文 名	流体混合における混合度と混合能—マルチフラクタルと Kullback-Leibler 情報量に基づく解析—
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 井 上 義 朗 (副査) 教 授 上 山 惟 一    教 授 大 垣 一 成

### 論 文 内 容 の 要 旨

攪拌槽内における流体の混合を定量的に表現するとき、何に注目するかが重要になる。混合評価において取り得る因子は2種類あり、1つは攪拌槽内に形成される混合パターンに含まれる静的な幾何学的特性（混合度）、もう1つは混合を引き起こす流れ場そのものの運動特性（混合能）である。混合度は、混合操作の目的によってアプローチの方法が異なるため、混合操作の目的を明確にすることが重要である。これに対して混合能は、流れ場そのものの持つ混合能力を評価する指標であるので混合操作の目的には左右されないが、流れ場の特性を十分正確に捉えるために、系内に配置するテスト粒子の数を多くし、かつ系内に均一に配置しなくてはならない。本研究においては、新しい混合度と混合能の両方に対する新しい指標の提案を混合指標間の関係付けが可能になるマルチフラクタルや Kullback-Leibler 情報量を利用して行った。

本論文の第2章と第3章では、マルチフラクタル解析を利用した単成分と多成分の混合度を検討した。層流場における拡散や化学反応は異種流体間の界面上で起こるため、攪拌槽内に形成される混合パターンの形状の影響を受けやすい。特に分子拡散効果が少ない高粘性流体のカオス混合では、攪拌槽内の流体混合パターンが点や線など特有の複雑な幾何学的模様を呈する。マルチフラクタル解析は、場所ごとに異なる混合パターンの特徴をフラクタル次元のスペクトルによって表現する。フラクタル次元は一般のユークリッド次元を非整数にまで拡張した次元で、パターンの持つ特徴を見た目に近い形で反映するという利点を持つため、混合パターンの持つ直感的な幾何学的特徴を適切に表現可能な混合度が得られる。

第4章では、流れ場そのものもつ混合能力を表現する指標である混合能の検討を行った。系内に配置した流体粒子間の距離の流体運動に伴う変化が、混合能を表現するうえでの重要な因子となる。本研究では流体粒子の距離の変化を因子として、かつ情報量の形をとった混合能を定義した。そのために、流体粒子間の距離に基づく確率測度の導入、導入した確率測度を用いた混合能の提案、新たに提案した混合能の有効性について検討した。

## 論文審査の結果の要旨

本論文では、流体混合を混合度と混合能という両面から定量的に評価することを目的として新しい定量的指標を提案し、いくつかのサンプル系に対してそれらの指標を適用し、その有効性と問題点を明らかにしている。

混合度の新指標として、マルチフラクタル解析に基づくフラクタル次元を利用している。混合パターンにおける濃度斑の分散値をもとにした従来型の混合度では、混合パターンの複雑な空間分布の特徴を十分に捉えることは困難であったが、本混合度はフラクタル次元のスペクトル表現を用いるため、その問題点を克服できた。また、3種以上の成分を含む系についても混合度が定義できるように拡張した。

混合能の新指標では、流体系内に含まれる流体粒子群の初期位置と一定時間後の位置の2つの空間分布の違いをKullback-Leibler型の情報エントロピーを用いて定量化した。これにより、混合パターンを利用することなく流体運動の力学的情報だけから、流体系の持つ混合能力の大きさを定量的に表現することを可能にした。

以上の研究成果は、流体混合という工学的に重要な操作に役立つとともに、流体混合に関する理論的研究にも応用価値の高いものであるため、博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。