



Title	カオス力学的アプローチによる自然対流場の研究
Author(s)	石田, 秀士
Citation	大阪大学, 2003, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/1572
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏名	石田秀士
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第17990号
学位授与年月日	平成15年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文名	カオス力学的アプローチによる自然対流場の研究
論文審査委員	(主査) 教授 木本日出夫
	(副査) 教授 吉川孝雄 教授 杉本信正

論文内容の要旨

カオス力学系に関しては数多くの研究が行われてきたが、現実的な境界条件の下での熱対流場のカオスに関する研究は比較的少なく、熱流体工学の上でカオス力学的アプローチの有効性は確認されていないのが現状である。そこで、本論文では自然対流場を題材に取り、工学上重要な安定性、ヒステリシス、乱流といった既存概念と初期値鋭敏依存性 (SDIC) の意味でのカオス性との関連を調べることで、工学の評価体系の中にカオスを位置づけた上で、種々の流れ場に対する適用例からカオス力学的アプローチの有効性を明らかにすることを目的とし、自然対流場として自励系や強制振動系、閉じた系や開いた系を各種織り交ぜた種々の条件下でできるだけ一般的な結論を導くために、実験的・数値的に検討を加えた。

その結果、カオス性は平衡領域が現れるような十分発達した乱流の概念より広く、線形安定性解析の意味での不安定よりも狭い概念であることが明らかとなった。特にカオス性は流れ場に加わる乱れが線形メカニズムによって增幅されるとき、これを抑制するために生成される非線形流れ構造で検出され、変動エネルギーのカスケードと関連づけられることが明らかとなった。この結果はカオス性の抑制がシステムの安定化をもたらすことを意味しており、カオス性はシステム設計上有効な指標となりうることが明らかになった。また加振密閉容器内自然対流場においてヒステリシスが存在する加振周波数の領域の内外で過渡カオスからカオスへの現象の変化が観察されるが、上述のカオス性と不安定性の包含関係から、この変化が逆接線分岐によるものであることが明らかとなった。そして、このような分析を可能とするカオス力学的アプローチは、現象やその変化を理解する上で力学的・工学的に極めて有効であることを示した。

論文審査の結果の要旨

“カオス”に関する論文は数多く報告されているが、一定温度、一定熱流束といった現実的な境界条件下で熱対流場のカオスを検討した研究は少なく、また工学的には非定常特性ではなくアンサンブル平均特性が重要であることなどにより熱流体工学の上でカオス力学的アプローチの有効性は十分に確認されていない。

本論文は自然対流場を題材にとり、初期値鋭敏依存性 (SDIC) を有するという意味でのカオス性と安定性、ヒステリシス、乱流といった重要な既存概念との包含関係を調べることで、そのような既存概念の上にカオス性を位置づ

け、カオスとしての特性をより工学的に分かり易く表示することに成功している。本論文で明らかにしたカオスは平衡領域が現れるような十分発達した乱流よりも広い概念であって、カオスとエネルギー・カスケードとの間に関連性が見られるということは、カオス性に基づく分析が極めて広範な熱対流場に対して適用可能であることを明示している。また、カオスが線形安定性解析の意味での不安定に含まれる概念であるという結論を得たことはシステムを安定化するようなパラメータの最適値を探索する際に重要な指標となり得ることを示しており、さらに、特定の条件下でカオス的時間変動が見られる場合に対応する境界値問題としての定常解もしくは周期解は不安定であると結論できたことから、この方法で定常解・周期解の安定性を調べることにより現象の分岐を議論することができると考えられる。本論文で明らかにされているこれらの結果は、カオス力学的アプローチが力学的にも工学的にも極めて有効であることを示している。

以上のように、本論文はカオス力学的アプローチの熱流体工学への応用に貢献するものであり、博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。