主　論　文　要　旨

報告番号	㊙ 乙 第　　号	氏 名	岡 本　卓

主 論 文 題 目 :

非線形力学系およびその結合モデルを
用いた大域的最適化手法に関する研究

（内容の要旨）

最適化問題の目的関数の形状が多峰性である場合，その局所的最適解に停留せずに，大域的最適解を得る大域的最適化手法の開発が長年の研究テーマとなっている．これまで，平衡統計力学や神経生理学などの力学的モデルを計算モデルとして用いる“Physically Inspired”ともいえる最適化手法が各種提案され，これらモデルの開発と成功を背景に，非線形力学系モデルを用いた手法が提案されてきた．非線形力学系モデルを用いた手法に共通な特徴は，勾配などの力学系から与えられるベクトル量を駆動力とした探索点の自律運動を用いて大域的探索を実行し，その探索領域をアニーリングなどの操作により制限していくことによって大域的最適化を実現することにある．一方，近年のコンピュータスペックの飛躍的な発展を背景に，ヒューリスティックスにより高機能な探索戦略を付与したメタヒューリスティックス (MH) が各種提案されて注目を集めている．MH は，多数の探索点の結合系として実装されることが多く，その運動の駆動力には確率的に振舞う探索点間の相互作用が用いられる．このため，いったんある探索点に探索点全体が集中してしまうと有意な探索戦略に基づく駆動力を失い，探索の多様性を喪失してしまう問題点がある．これに対し，非線形力学系モデルを用いた手法では，大域的探索を可能にする自律運動により多様性は維持できるが，一般に，目的関数値を考慮した探索戦略を有していないため，より目的関数値が低い領域への集中化戦略がないという問題点がある．これは，これら最適化モデルが確定論的方程式にしたがうにもかかわらず，そのメカニズムの解析が十分に行われていないことにも起因している．

本論文では「非線形力学系モデルを基本的駆動モデルとして，そこへ MH の優れた探索戦略を導入した新しい最適化モデル」を提案している．具体的には，まず，前半の第 2 章において，単点の非線形力学系モデルに対して，その力学特性を定量的に解析した上で，MH で用いられる優れた探索戦略を考慮した，いくつかの改良モデルを提案している．とくに，離散化勾配系のカオス軌道の特性を利用して，目的関数値の小さい領域へカオス的探索軌道を引き込みながら大域的最適化を実現する「水抜き法」とよばれるより強力な最適化手法を提案している．つぎに，後半の第 3 章，第 4 章において，非線形力学系モデルを駆動モデルとして自律探索を行う複数の探索点からなる結合系を形成した上で，探索点を優秀探索点の軌道への同調させることで，目的関数値を考慮した探索戦略を非線形力学系モデルへ導入した，まったく新しい最適化手法の提案と体系化を行っている．とくに，カオス的探索軌道に対する同調現象発現の安定性を考慮した新しい結合モデルによって，より安定的に優秀探索点への同調を実現した最適化モデルを提案している．提案手法は，非線形力学系モデルを用いた手法と MH のハイブリッド型手法であり，非線形力学系モデルを用いた手法の立場からも MH の立場からも，それぞれのメリットを生かしながらデメリットを互いに補っているとみなすことができ，とくに高次元多峰性問題における大域的最適化性能の向上が期待される．

本論文では，典型的なベンチマーク問題の問題点を解消したより一般的なベンチマーク問題の作成法についても言及し，これら適切なベンチマーク問題に対する提案手法の適用を通して，提案した最適化モデルの優れた大域的最適化性能を体系的に確認している．