

Title	群行動由来最適化法の開発
Author(s)	内種, 岳詞
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/51403">https://hdl.handle.net/11094/51403</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

【4】

氏名	うちねたけし 岳 詞
博士の専攻分野の名称	博 士 (情報科学)
学位記番号	第 25841 号
学位授与年月日	平成25年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 情報科学研究科情報数理学専攻
学位論文名	群行動由来最適化法の開発 Development of Animal Swarm Optimization
論文審査委員	(主査) 教 授 八木 厚志 (副査) 教 授 藤崎 泰正 教 授 沼尾 正行

論 文 内 容 の 要 旨

最適化問題は古くから研究されてきたが、コンピュータの発展に伴いナノテクノロジーから宇宙開発までその扱うべき問題のスケールは大きくなりつつある。最近、それらの問題を解決するための集団ベースの最適化方法の開発が盛んになっている。とりわけ1995年にKennedy-Eberhartにより導入された粒子群最適化法は良く知られている。

彼等は、鳥の群行動をベースにしつつも人間が取得した情報を処理して自身の行動を決めるといふ社会的行動規範を部分的に取り込んでこのような最適化法の開発を行った。本論文では動物の群行動のモデルに忠実な最適化法の導入を行う。群を構成する各個体は、周囲の個体と一定の距離を保ちつつかつ集団を形成するように振る舞う。同時に、各時刻で自身の位置での評価関数の勾配ベクトルを感知し、よりよい方向へと移動する力を受けるとする。また、これらの情報処理や行動にともなうノイズも考慮することにする。このような観点から群行動由来最適化法を開発し、最適化法としての個体の振る舞いの評価を行うとともにその特徴を明らかにする。

第1章は、序論で本論文の目的について述べる。第2章では、粒子群最適化法について述べるとともに、そのロボットの歩行動作獲得問題への適用を行う。第3章では、多目的の粒子群最適化法を取り扱う。個体の振る舞いを定めるガイドの選択法について新しい提案を行う。第4章では、群行動由来最適化法の基本モデルとなる群行動の数理モデルを導入する。確率微分方程式を用いて定式化し、同モデルについて局所解および大域解の構成を行う。第5章では、4章で定式化した確率微分方程式モデルに基づいて最適化アルゴリズムの開発を行う。ベンチマーク問題に開発したアルゴリズムを適用してその個体の振る舞いを評価するとともに、縄張りの半径、誘引力の到達距離、ノイズの強さなどのパラメータを変動させることによりその役割について考察する。さらに第6章では、評価関数の勾配ベクトルが計算できない問題への本アルゴリズムの適用法について議論する。最後の第7章で、本論文で行った研究を総括し今後の課題についても述べる。

## 論文審査の結果の要旨

最適化問題の研究は長い歴史をもっているが、近年コンピュータの発展をうけて集団ベースの最適化方法の開発が盛んになっている。取り分け1995年にKennedy-Eberhartにより導入された粒子群最適化法は先駆的な研究として良く知られている。彼らは、鳥の群れ行動をベースにしつつも人間が取得情報を処理して自身の行動を決めるといふ社会的行動規範を1部取り込んでこのような最適化法の開発を行った。本論文では、動物の群行動の規範により忠実な最適化法の導入を行っている。各個体は、周囲の個体と一定の距離を保ちつつかつ集団を形成するように運動すると設定されている。同時に、各時刻で自身の位置での評価関数の降下ベクトルを感知し、最も下降する方向へと移動するとされている。このような観点から群行動由来最適化法を開発し、その特徴を明らかにするとともにその性能を評価しており、主な成果は以下の4点に集約できる。

1. 最適化アルゴリズムの元となる群れ行動の連続動態モデルの導入を行っている。生態学で観察されている鳥や魚の群行動を、各個体については万有引力による粒子運動のアナロジーとして捉え、それに衝突回避行動、情報処理の不完全性などを加味して確率微分方程式で定式化し、それらを連立させることにより群れ全体について記述するアイデアを提案している。
2. 連続動態モデルを元にして最適化アルゴリズムの開発を行っている。粒子集団の各個体は、一方で群行動をするとともに、他方で自身の位置において評価関数の値が最も急降下する方向へと移動するとしている。このように、粒子集団の群行動と各個体の最急降下およびノイズを組み込んだ最適化方法を考案している。
3. 考案アルゴリズムをベンチマーク問題、Sphere関数、Rastrigin関数、Rosenbrock関数などに適用することによりその性能および特性の評価をおこなっている。多峰性関数の典型例であるRastrigin関数では、12次元問題においても最適解に非常に近い解を見出せること、谷が長いカーブを描いて変化するようなRosenbrock関数でも多次元問題において最適解に近い解が見出せることを示している。ただし、十分によい近似解を得るためには粒子間の距離を問題に応じて適切に調節する必要があることも併せて示している。ノイズに関しては、弱すぎると集団全体として局所最適解の周りに捕らわれてしまい大域的な探索ができなくなること、反対に強すぎると各個体は自由に動き回り群性を失ってしまつて集団探索のメリットが損なわれることを示している。
4. 一般の問題では、ベンチマークと異なり評価関数の最急降下の方向ベクトルが容易に計算できないような場合が多い。このような問題、特にロボットの最適歩行動作学習問題、に対して本アルゴリズムを適用するた

めの方法についてもいくつか有用と見られる示唆を与えている。

以上のように本論文は、動物の群行動に由来した新しい集団ベース最適化法を提案するもので情報科学、特に情報数理学に寄与するところが大きい。よって、博士（情報科学）の学位論文として価値のあるものと認める。