

# 論文審査の要旨および学識確認結果

報告番号	甲 第 号	氏 名	小熊 祐司	
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	工学博士	相吉 英太郎
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士	足立 修一
		慶應義塾大学教授	工学博士	本多 敏
		慶應義塾大学准教授	博士(情報理工学)	山本 直樹
		首都大学東京教授	工学博士	安田 恵一郎
(論文審査の要旨)				
<p>学士(工学)、修士(工学) 小熊祐司君 提出の学位請求論文は、「安定性解析に基づく多点型確率的最適化アルゴリズムの設計に関する研究」と題し、6章より構成されている。</p> <p>工学システムにおける「最適化」の重要性の高まりと計算機の演算能力の飛躍的発達を背景に、最適化アルゴリズムの高速化・高機能化が求められ、それに呼応する形で新しいタイプの最適化手法が登場している。たとえば、目的関数の数式表現やその勾配情報などを用いずに、大域的最適解を近似する良質な解を比較的短時間で計算することができるメタヒューリスティクスとよばれる計算パラダイムをあげることができるが、それらの多くは、(1) 複数の探索点を用いる多点型探索法であること、(2) 更新則中に擬似乱数を用いる確率的探索法であること、などを特徴とした「多点型確率的最適化アルゴリズム」である。このため、それらの更新則自体の数理的な取り扱いが容易ではなく、本来最適性条件を与えることができない大域的最適解への収束性の立証や、有限の計算時間内でのそれへの収束性の保証を著しく困難にしている。そこで申請者は、メタヒューリスティクスにおいて、相互に干渉しあいながら確率的に挙動する複数の探索点に対し、それら探索点群の広がりや一定を保ちつつ、局所的探索と大域的探索を繰り返しながら、許容される計算時間内で最適解を探索し続ける新しい計算論を提唱し、探索点群の動特性に対する安定性解析に基づき、更新則中のパラメータを安定-不安定境界領域に設定するアルゴリズムの設計指針を確立している。</p> <p>本論文では、以上のような研究の背景や目的を、第1章において論文の構成や表記法とともに述べ、また、第2章において、多点型確率的最適化アルゴリズムの構造を数理的に解説したうえで、メタヒューリスティクスとして代表的な手法である Particle Swarm Optimization (以降 PSO と略記) と Differential Evolution (以降 DE と略記) を取り上げ、更新則中のパラメータ設定に関する課題を提起している。これを受けて、第3章では、乱数の影響を考慮した安定性解析を PSO に対しておこない、その持続的探索のためのパラメータ設定法を提案し、数値実験によりその有効性を確認している。これに続く第4章では、最大エントロピー法を用いた探索点の分布解析により、DE の探索点とその初期収束を回避して持続的探索をするための更新則中のパラメータ設定条件を示している。以上の二つの手法に対する各論的な洞察を踏まえ、本論文の核心部である第5章において、持続探索可能なパラメータの設定が可能な多点型確率的最適化アルゴリズムの包括的枠組みを与え、この枠組のアルゴリズムに対し、分散共分散行列を指標とする探索点分布に関する安定性定理の導出に成功している。この包括的なアルゴリズムの枠組みとそれに対する安定性定理により、大域的最適解を求めて探索し続ける新たな多点型確率的最適化アルゴリズムの数理的な設計を可能にしている。なお、その具体的な設計例として、PSO の設計思想をこの枠組みで構成し、導出した安定性定理を用いて安定-不安定境界領域にパラメータ設定することで、第3章において実現した持続探索型 PSO と同等の最適化性能が得られることを、数値実験によって確認している。最後の第6章では、この安定性定理に基づく設計指針による新たな多点型確率的最適化アルゴリズムの提案の可能性、およびそれらの応用の可能性について論じている。</p> <p>以上のメタヒューリスティクスに対する課題提起とそれを克服する新たな計算論の提唱、及びそのもとで導出された安定性定理に基づく多点型確率的最適化アルゴリズムの設計指針の提示は、この分野における最適化アルゴリズム開発のブレークスルーになりうるものとして期待される。</p> <p>よって、本論文の著者は、博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p>				
学識確認結果	<p>学位請求論文を中心にして関連学術について上記審査委員会で試問を行い、当該学術に関し広く深い学識を有することを確認した。</p> <p>また、語学(英語)についても十分な学力を有することを確認した。</p>			