氏名・(本籍)	石川　秀大（　島根県　）
学位の種類	博　士（　工　学　）
学位記番号	生工博甲第２６６号
学位授与の日付	平成２８年３月２５日
学位授与の条件	学位規則第４条第１項該当
学位論文題目	競合型進化的計算法に基づく階層的最適化による複数の探索空間を持つ問題の解決に関する研究
論文審査委員会	委員長　教　授　石井　和男
	〃　森江　　隆
	〃　古川　徹生
	〃　夏目　季代久
	〃　田中　啓文

学　位　論　文　内　容　の　要　旨

最適化問題とは，ある制約条件において，与えられた目的関数を最小化もしくは最小化する問題であり，最適化問題は我々が生活する環境の様々な場面に潜んでいる。最適化問題を解決する有効な手法の一つとして，遺伝的アルゴリズム（Genetic Algorithm：GA）がある。GA は，生物の進化の過程を工学的に模倣した最適化手法であり，多くの分野において，その有効性が示されている。 GA は，扱う問題の特徴に応じて，より効率的な解探索を実現するために，これまで様々な拡張手法が開発されてきた。階層型 GA は，GA の拡張のひとつであり，複数の最適化問題が，部分問題として階層的に構成された，階層的最適化問題に対して有効な手法である。階層的最適化問題では，上位層の部分問題の解によって，下位層の部分問題の解候補が決定される。つまり，この問題は，上位層において探索空間を決定し，下位層において探索空間の解を探索を行う問題であると考えることができる。したがって，探索空間の数は，上位層の解候補の数だけ存在することになり，本論文では，階層的最適化問題を「複数の探索空間を持つ問題」と定義する。

階層型 GA には，1）個体そのものを階層化する方法，2）問題を階層的に分割する 2 つの方法がある。一般的に階層型 GA とは，個体を階層化する 1）の方法のことを指す。2 つの方法において，本質的な特徴はほぼ同じであり，下位層における解の性質を引き継げる問題においては 1)の方法が有効である。一方，2）の方法では，部分問題においてそれぞれ GA の処理を行うため，複雑なオペレータを必要としない，扱う問題に応じて GA 以外の方法も選択可能であり，拡張の幅が広いという特長を持つ。本論文では，手法の汎用性，拡張性の高さ，実装の容易さを考慮し，2）の方法を階層型 GA として

採用した。

複数の探索空間を持つ問題では，非常に多くの空間を探索する必要があり，各層にGA の処理を適用した階層型 GA では，非常に多くの計算時間を必要とする。また最適解の存在する探索空間以外の探索は不要であるので, 最適解の存在する探索空間を早期に決定し，重点的に探索を行うことができれば，少ない計算時間で安定的に最適解を発見することが可能になる。

本論文は，複数の探索空間を持つ問題に対して，階層型 GA に"探索空間どうしの競合"という概念を適用し，最適解の存在する可能性の高い探索空間を重点的に探索し，少ない計算コストで安定的に最適解を発見できる手法を提案したものである。

第 1 章は序論であり，本研究の背景と目的について述べている。

第 2 章では, 従来の GA および拡張手法である階層型 GA と分散 GA の概要と特徴について述べている。

第 3 章では，考慮する探索空間の数が少ない場合に，効率的に解を探索する手法として，mcDGA を提案している。mcDGA を多項式曲線フィッティングに適用し，競合の基本的な動作と有効性について説明している。検証には多項式曲線フィッティングを用い, 競合を行なわない並列 GA と比較して早期により良い解を発見できることを示している。

第 4 章では，mcDGA の拡張であり，考慮する探索空間の数が多い場合に有効な最適化手法として HmcDGA を提案し，HmcDGA のアルゴリズムと特長について述べ，複数車両配送計画問題（mVRP）と Flexible Job-shop Scheduling 問題（FJSP）に適用している。mVRP を HmcDGA によって解決する場合，各車両が配送する顧客の割り当て（探索空間）は上位層，それらの経路（各探索空間における解）は下位層に配置される。実験では，競合を行わない従来の階層型 GA と比較して，HmcDGA は少ない計算時間で安定して解を発見できることを示している。FJSP に HmcDGA を適用した実験では，ベンチマーク問題を用いて，問題に特化した他の手法の結果と比較しており，HmcDGA は，問題に特化した他の手法と同程度の結果を示し， HmcDGA が十分な解探索能力を持つことが示されている。

第 5 章は結論であり，本研究を総括している。

以上，本論文は，複数の探索空間を持つ問題に対して，探索空間どうしの競合を行いながら効率的に解を探索する手法を提案し，その有効性を実証したものであり，工学に寄与するところが多大である。

学 位 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文に関し，調査委員及び公聴会出席者から，量子コンピュータを用いた最適化手法との性能比較，Deep learning の構造決定への適用の可能性，個体の集中と多様性の減少のバランス，探索収束時に他の探索空間に個体を移住した場合における探索の収束性と分散性などについて質問がなされたが，いずれも著者から満足な回答が得られた。その他にも，種々の質問がなされたが，いずれも著者の説明によって質問者の理解が得られた。

以上により、論文調査及び最終試験の結果に基づき、審査委員会において慎重に審査した結果、本論文が、博士（工学）の学位に十分値するものであると判断した。