

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	High-Performance Heuristics with Applications to 2D/3D IC Physical Design Optimization
著者(和文)	盛益強
Author(English)	Yiqiang Sheng
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9602号, 授与年月日:2014年7月31日, 学位の種別:課程博士, 審査員:高橋 篤司,國枝 博昭,上野 修一,一色 剛,原 祐子,小平 行秀
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9602号, Conferred date:2014/7/31, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

(論文博士)

## 論 文 要 旨 (和文2000字程度)

(Summary)

報告番号	乙 第 号	氏 名	シェン イチャン 盛 益強 (SHENG Yiqiang)
<p>( 要 旨 )</p> <p>多項式時間で最適解を得ることが困難であると考えられているNP困難と呼ばれる様々な最適化問題に対して、様々な種類のアルゴリズムが提案されている。集積回路物理設計などの分野では短時間で準最適解を得ることが要求されるが、問題規模の増大などにより、短時間で準最適解を得ることが困難となっており、アルゴリズムのさらなる性能向上が求められている。本研究では、探索的アルゴリズムの性能を向上させる技法を提案し、それらを適切に組み合わせることで新たな高性能な探索的アルゴリズムASA-XおよびRRAを提案した。さらに、集積回路物理設計に応用してその効果を確認した。大規模問題では、一般に、構成的アルゴリズムで短時間で準最適解を得ることは困難であるため、解を次々に生成し、生成された解の中で評価が最も良い最良解を出力する探索的アルゴリズムが用いられることが多い。探索的アルゴリズムでは、解の表現、評価値、および、解に対する修正操作により隣接解を定義することで解空間を構成し、準最適解に到達するために、初期解を生成し現在解とした後、現在解から隣接解を解の評価値などに基づき選択し、現在解とすることを繰り返すことで解空間を探索する。これまでに、隣接解の定義および選択方法の違いなどにより様々な探索的アルゴリズムが提案されている。</p> <p>代表的な探索的アルゴリズムには、遺伝的アルゴリズム(GA)および焼きなまし法(SA)がある。GAでは、複数の現在解を保持し、解に他の解を交叉させることで隣接解を生成する交叉を主要な解の修正操作とする。解空間の大域的な探索を効率よく行うため、良解の近傍まで効率よく到達できるが、交叉では解の評価値が大きく変更される可能性が高く、局所的な修正で良解に到達できる場合でもその良解に到達する可能性が低い。SAでは、初期解を生成したのち、評価が悪い隣接解の選択を温度パラメータにより確率的に許容することで局所最適解に陥ることを防ぎ良解に接近するが、良解に到達するためには評価値の変化が少ない修正操作を用いる必要があるため、大域的な探索を必ずしも効率よく行うことができない。</p> <p>本研究では、大規模問題に対して多数の解を保持することは現実的ではないため、現在解と現在までの最良解のみを保持する探索アルゴリズムを対象とする。一般に、解の評価値が良く良解が近傍に存在する場合には、解を小さく変更する修正操作を用いることが望ましい。しかし、解の評価値が悪く解の近傍に良解が存在しない場合には、大域的な探索を効率よく行うために、解を大きく変更する修正操作を用いることが望ましい。SAでは、解を大きく変更する操作は、良解の近傍で良い隣接解が生成される確率が極端に低下し探索効率が悪化するため用いられない。GAでは、交叉により解を大きく変更するが、対象とする探索アルゴリズムでは解を高々2つしか保持しないため、生成される隣接解の多様性</p>			

に乏しい。そこで、多様な隣接解を生成する解を大きく変更する操作を提案した。提案する変更操作では、解が記号列で表現されている場合にSAで用いられる修正操作を一般化し、複数の記号や記号対に対して修正操作を行う。また、GAで用いられる交叉を一般化し、解を2分割して一方を反転し他方に交叉させる修正操作を定義するとともに、現在解、現在までの最良解、もしくは、ランダム解を交叉させる。

探索アルゴリズムにおいて、解を大きく修正する操作は、解の評価値が高く良解に近い場合には、評価がよい隣接解が得られる可能性は極端に低くなり、探索効率は悪化する。そこで、修正操作の選択確率を修正操作の効率に応じて変更する適用的選択技法を提案する。提案する適用的選択技法では、探索効率を維持するために、解の評価値の改善効率が高い修正操作の選択確率を高くするように各修正操作の選択確率を動的に変更することで、解の状態に応じて適切な修正操作を適応的に選択する。

ASA-X法は、SAの拡張アルゴリズムで、SAの基本的な修正操作に加え最良解との交叉を取り入れ、適応的選択技法を用いることで準最適解を効率よく得る。交叉を導入することで初期段階での大域的探索の効率を上げるとともに適応的選択技法を用いることで、最終段階での探索効率の悪化を防ぐ。RRA法は、概略探索、詳細探索、リレーを繰り返すことで準最適解を効率よく得る。RRAの概略探索および詳細探索は、改善する隣接解のみを選択する逐次改善法を構成し、概略探索では解を大きく変更する修正操作を用いて良解の近傍まで効率よく到達し、詳細探索では解をちいさく変更する詳細修正により良解まで効率よく到達する。リレーでは、ランダム解を適切な割合で現在解に交叉させることで、局所最適解から抜け出し、近傍の他の良解を探索することを可能とする。多くの良解を効率よく探索することで、準最適解を効率よく得る。

実験では、ASA-XおよびRRAを2次元および3次元の集積回路物理設計問題に適用し、既存アルゴリズムと比較することで、短時間に良解を得られることを確認した。提案技法および提案アルゴリズムは、様々な分野の大規模な最適化問題に対して効果が得られることが期待される。

(論文博士)

## 論 文 要 旨 ( 英 文 )

(300語程度)

報告番号	乙 第 号	氏 名	シエン イチャン 盛 益強 (SHENG Yiqiang)
<p>( 要 旨 )</p> <p>High-performance heuristic is a class of search method which improves the efficiency of NP-hard problem solving in many different technical fields such as 2D/3D IC physics design optimization. With the fast advancement of design optimization, it is increasingly hard to satisfy the high-performance requirements of computation due to short product life cycle, large design scale and high complexity. In this research, various techniques including moving method, adaptive selection and similar optimum search are discussed to improve the performance of existing search methods. Based on the combination of the techniques, two new heuristic algorithms are proposed as follows. Firstly, a new variation of simulated annealing named adaptive simulated annealing with crossover (ASA_X) is proposed by introducing a guide with adaptive probabilities to select diverse moving methods including a special crossover. Secondly, a novel heuristic named relay-race algorithm (RRA) is proposed to explore similar local optimal solutions more efficiently by introducing rough moving methods and relay with sophisticated strategies. RRA includes three stages: rough search, focusing search and relay. Rough search is designed to get over small hills on the solution space and to approach a local optimal solution as fast as possible. In rough search, rough moving methods that modify a current solution relatively large are used. The focusing search is designed to reach the local optimal solution as close as possible. In focusing search, focusing moving methods that modify a current solution little are used. Relay is one-time modification which is controlled by a global parameter so that the solution generated is far enough from the current local optimum to escape from it without loss of search continuity. As typical applications, the proposed heuristics are used to solve packing and placement problems in 2D/3D IC physical design. According to the experimental data, the performance is considerably improved. The overall Pareto improvement of two conflicting objectives is obtained. With regard to the impact, the proposed heuristics have potential to improve existing search methods for more NP-hard problems.</p>			