

| | |
|--------------|---|
| Title | 組合せ最適化問題に対するニューラルネットワーク解法のニューロンフィルタに関する研究 |
| Author(s) | 竹中, 要一 |
| Citation | 大阪大学, 2000, 博士論文 |
| Version Type | VoR |
| URL | https://doi.org/10.11501/3169484 |
| rights | |
| Note | |

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

| | |
|------------|---|
| 氏名 | たけなか よういち 竹中 要一 |
| 博士の専攻分野の名称 | 博士(工学) |
| 学位記番号 | 第 15521 号 |
| 学位授与年月日 | 平成12年3月24日 |
| 学位授与の要件 | 学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科情報数理系専攻 |
| 学位論文名 | 組合せ最適化問題に対するニューラルネットワーク解法のニューロンフィルタに関する研究 |
| 論文審査委員 | (主査) 教授 東野 輝夫 (副査) 教授 橋本 昭洋 教授 都倉 信樹 |

論文内容の要旨

与えられた制約条件の下で、ある目的関数を最小（あるいは最大）にする解を求める問題を最適化問題と言い、その中で基礎となる空間が組合せ的、あるいは離散的であるという条件が付加された時、組合せ最適化問題と呼ぶ。本論文では、組合せ最適化問題を対象とした近似解法であるニューラルネットワーク解法の求解性能の向上を目的として、ニューロンフィルタの提案とその評価を行う。

ニューラルネットワーク解法では、組合せ最適化問題の制約条件と目的条件を数式で表したエネルギー関数を、最急降下法を用いて最小化することにより近似解の探索を行う。そのため、ニューラルネットワーク解法では、制約条件を充足する解を必ずしも探索できない場合や、探索できたとしても解の精度が十分でない場合が生じてしまう。

本論文では、ニューラルネットワーク解法の探索空間から制約条件を充足しない領域を除去する機構としてニューロンフィルタの提案を行う。ニューロンフィルタは、ニューロンの入出力値を基に問題の制約条件を最大限充足する出力を生成する。そして、生成した出力を用いてニューラルネットワーク解法の収束判定、すなわち、解が得られたかの判定を行うことにより探索空間の無駄を省き、求解性能を向上させる。本論文では、問題の制約条件に対して一意に決定されるニューロンフィルタの出力生成法及び、その利用法を記す。

ニューロンフィルタは、その出力値を解への収束判定とニューロンの状態更新の双方に利用するフィードバック型ニューロンフィルタと、解への収束判定のみに用いるノン・フィードバック型ニューロンフィルタの2種類に分類される。フィードバック型のニューロンフィルタでは制約条件の充足する出力をニューロンの状態更新に利用するため、ニューラルネットワークの状態遷移領域からニューロンフィルタの充足する制約条件を充足しない実行不可能領域を除去することが可能となる。フィードバック型ニューロンフィルタは、ニューラルネットワークの状態遷移領域から不可能領域を除去する事によって解の探索能力の向上を期する機構である。これに対し、ノン・フィードバック型ニューロンフィルタは、ニューロン出力値のみを用いた収束判定を行う従来ニューラルネットワーク解法と異なり、ニューロン出力値に加えてその入力値を併せ用いる。ノン・フィードバック型ニューロンフィルタは、ニューロン入出力値を利用した収束判定により、解探索能力の向上を期する機構である。

本論文では、問題の制約条件に対して一意に決定されるニューロンフィルタの構成法の提案を行い、N-クイーン問題、セルラー通信網におけるチャネル割当問題、大規模論理エミュレーションシステムにおけるFPGA間のピン配線問題、グラフの全彩色問題に対して適用し、シミュレーションを行う。以上の適用事例を通して、提案するニュー

ロンフィルタがニューラルネットワーク解法の求解性能の向上に有効であり、従来解法に比べ係数依存性が小さく、問題規模の増加に伴う求解性能の低下を低減できる事を示す。

論文審査の結果の要旨

組合せ最適化問題は、グラフ理論、ゲーム理論、離散数学、計算機科学、分子生物学、LSI 自動設計、通信工学、経営科学等の幅広い分野に存在する。実用上多くの組合せ最適化問題が多大な計算時間を要する *NP* 困難なクラスに属するため、厳密解の探索が不可能な場合が多く、短時間で比較的精度の高い近似解の探索を目的とする近似解法の研究が進められている。その中で、ニューラルネットワーク解法は、種々の組合せ最適化問題に対して適用可能であるという汎用性（メタヒューリスティックス性と呼ばれる）と、多数のニューロンとシナプス結合から構成されることに起因する並列性を特長とする近似解法である。ニューラルネットワーク解法は、特にグラフ問題に対する近似解法として優れているものの、求解性能が動作方程式の係数の値に大きく依存し、問題サイズの大規模化に伴い求解性能が低下するなどの問題点が存在する。本論文では、ニューラルネットワーク解法の求解性能を向上させ、且つ、上記の問題点に対する対処法となるニューロンフィルタの提案が行われている。

ニューラルネットワーク解法に対する従来研究では、ニューロン状態の更新が適切に行われるように改善することに焦点が当てられてきたのに対し、本論文で提案されているニューロンフィルタは、ニューラルネットワーク解法の探索空間に着目した新しい機構である。ニューロンフィルタは、ニューロンの入出力値を基に問題の制約条件を最大限充足する出力を生成し、その出力を用いて解への収束判定を行うことより探索空間の限定を行う。ニューロンの出力値が 0 または 1 の 2 値であるため、ニューラルネットワーク解法の探索領域には、制約条件を満足しない出力値の組（実行不可能領域と呼ばれる）が多数含まれる。ニューロンフィルタは、この実行不可能領域を探索領域から効率的に除去することにより、ニューラルネットワーク解法の求解性能を向上させる機構となっている。

ニューロンフィルタは、大多数のニューラルネットワーク解法に適用可能な汎用性を有すると共に既存ニューラルネットワーク解法へのニューロンフィルタの利用が容易であるという特長を持つ。また、理論的にもニューロンフィルタがニューラルネットワーク解法における問題点の対処法となること、すなわち、動作方程式の係数の求解性能の影響及び、問題規模の拡大に伴う求解性能の低下量を減少させることが可能なことなどを示している。さらに、提案するニューロンフィルタの有効性を示すため、4 種類の典型的な組合せ最適化問題を用いて評価を行っている。その結果、ニューロンフィルタが理論上のみならず、実用的にもニューラルネットワーク解法における従来の問題点に対する対処法となっていることが示されている。本研究成果により、ニューラルネットワーク解法の求解性能を向上させる為の新たな機構が与えられており、ニューラルネットワーク解法の発展に大きく貢献している。よって、博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。