【150】

氏　　　　　名	馬（ば）場（ば）孝（たか）之（ゆき）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学 位 記 番 号	第　13955　号
学位授与年月日	平成10年3月25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専攻
学 位 論 文 名	**組合せ最適化問題のあるクラスに対するニューラルネットワーク解法の求解性能向上に関する研究**
論 文 審 査 委 員	（主査） 教 授　菊野　亨 （副査） 教 授　宮原　秀夫　　教 授　柏原　敏伸　　助教授　舩曳　信生

論 文 内 容 の 要 旨

組合せ最適化問題の多くは*NP*困難な問題であり，ニューラルネットワークによる近似解法に関する研究が盛んに行なわれている。本論文は，2種類の組合せ最適化問題のクラス（グループ選択条件付問題のクラス，1次目的関数付問題のクラス）を対象として，ニューラルネットワーク解法の求解性能を向上するための方法を提案する。グループ選択条件付問題のクラスとは，制約条件に1次元グループ選択条件または2次元グループ選択条件を有し，目的関数が決定変数の高々2次形式で表される問題である。1次目的関数付問題のクラスとは，制約条件がグループ選択条件以外の1条件で，目的関数が決定変数の1次形式で表される問題である。

ニューラルネットワーク解法では，通常，制約条件充足化のための項と目的関数最適化のための項の線形和で構成したエネルギー関数を最小化することにより解を探索する。高精度の解を得るには目的関数最適化項の係数を大きくする必要があるが，この場合には実行可能解を得るのが困難となる。そこで従来の研究では，グループ選択条件付問題のクラスに対しては，マキシマム・ニューロンを導入しグループ選択条件をニューロン関数レベルで充足させ，探索方向を決定する動作方程式は目的関数最適化項のみで構成していた。そのため，ニューロンの状態変化が生じにくく，探索領域が狭くなり，ニューロン初期値に依存し易いという問題点があった。また，1次目的関数付問題のクラスに対しては，動作方程式は制約条件充足化項に加え，制約条件を充足する範囲で目的関数を最適化する項の線形和で構成していた。そのため，目的関数最適化の制約が過大となり，得られる解精度が不十分であるという問題点があった。

本論文では，グループ選択条件付問題のクラスに対し，まず，グリーディ初期値設定法を提案する。この方法では，探索開始点であるニューロン初期値に，局所最適解の探索を高速に行うグリーディ解法の解を設定する。次に，動作方程式にω関数を導入することにより，一定周期で故意に自己のニューロン出力をかけて状態を変化させ，局所最適解からの脱出を促進する。最後に，探索空間縮小法を提案することにより，探索空間を高精度の解のみを含む空間に限定する。1次目的関数付問題のクラスに対し，まず，動作方程式における状態遷移項を提案することにより，制約条件とは無関係に目的関数の最適状態にニューロン出力を変化させる項を加える。次に，動作方程式の係数設定法を提案することにより，目的関数の最適化の見地から出力を1にすべきニューロンほど，興奮項（正の項）の係数には大きな値を，抑制項（負の項）には小さな値を設定する。

グループ選択条件付問題のクラスの適用事例には，1次元グループ選択条件を有する無線通信網における通信経路

割当問題を扱う。本問題は，各転送要求に対して全体の転送時間を最小化する転送経路を決定する問題である。本問題に対して，経路長に基づくグリーディ初期値設定法，ω関数を導入した動作方程式，経路数と経路長を制限した探索空間縮小法を提案する。また，２次元グループ選択条件を有するルーク問題を扱う。本問題は，チェス盤上の配置可能な桝目に互いに攻撃し合わないようルークを最大数配置する問題である。本問題に対して，配置可能な桝目の情報に基づくグリーディ初期値設定法を提案する。

１次目的関数付問題のクラスの適用事例には，マルチキャスト・パケット変換方式におけるワンショット・スケジューリング問題を扱う。本問題は，パケット間衝突を防止し送出パケット数を最大化する問題である。本問題に対して，全出力ポートからのパケット送出を促進する項を付加した動作方程式を提案する。また，係数としてパケットの選択が望ましい順に，興奮項には大きな値を，抑制項には小さな値を設定する。

以上の適用事例を通して，提案解法が解精度を向上するのに有効であることを示す。

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，分子生物学，制御，LSIの自動設計等の幅広い分野に存在する。それらの多くは，問題のサイズが大きくなると計算時間が指数的に増大する，いわゆる*NP*困難なクラスに属している。そこで，短時間で高精度の近似解を得る解法が強く求められており，並列処理に適したいわゆるニューラルネットワーク解法が特に注目されてきている。本論文では，グループ選択条件付問題のクラスと１次目的関数付問題のクラスに対するニューラルネットワーク解法の求解性能向上に関する研究成果が報告されている。これら２種類のクラスは，工学上の応用に関して非常に重要な問題を数多く含んでいる。従来，これらの問題に対してニューラルネットワーク解法を含む様々な近似解法が研究されてきたが，その解精度が十分とはいい難い状況にある。

グループ選択条件付問題のクラスでは，まず，探索開始点を決定する重要な要素であるニューロン初期値の設定に関して，グリーディ解法に着目した適切なニューロン初期値の設定法を提案しており，従来の乱数設定法に比べ非常に効率の良い探索を実現することに成功している。次に，局所解に陥り易いという問題点に対しては，探索方向の決定要素である動作方程式にω関数と呼ばれる手法を導入することにより，局所解からの脱出を図っている。また，探索空間の適切な絞り込み方法の提案により，時間・領域計算量を効果的に低減し，従来では対応できなかった大規模問題に対しても高精度の解を得ることに成功している。さらに，工学上重要な２種類の適用事例を通して，提案解法の有効性について検証している。

次に，１次目的関数付問題のクラスでは，従来解法の解精度の悪化の原因を分析し，高精度の解を得る方法として，動作方程式に目的関数の最適化作用を強化する状態遷移項の付加を提案している。さらに，動作方程式の係数にも着目し，各ニューロン毎に目的関数の最適化に適した値の設定方法を提案している。その結果，探索空間が多峰性に富み最適解を得るのが非常に困難であった問題に対しても，高精度の解を得ることに成功している。最後に，グラフ理論，通信制御の両分野に属する適用事例を通して，提案する解法の有効性について検証している。

以上のように本論文では，２種類の組合せ最適化問題のクラスに対するニューラルネットワーク解法の求解性能を向上する有効な手法を提案し，代表的な幾つかの工学分野への適用事例を通してそれらの有効性について検証している。このように本研究は，ニューラルネットワーク解法の本質的な問題に着目して，それらに対処するための方法を与えており，最適化メカニズムの発展に大きな進歩をもたらしている。その意味において，本研究成果は，組合せ最適化問題に対する近似解法の研究分野に貢献するところが多い。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。