

平成 30 年 6 月 13 日現在

機関番号：55501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00356

研究課題名(和文)大規模ナース・スケジューリング問題を効果的に解く階層型進化的計算法の確立

研究課題名(英文)Development of Hierarchical Evolutionary Computation Method Solving Large-scale Nurse Scheduling Problem

研究代表者

久保田 良輔 (Kubota, Ryosuke)

宇部工業高等専門学校・制御情報工学科・教授

研究者番号：50432745

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：階層型進化的計算アルゴリズムの開発を行った結果、複雑な問題を階層化することにより、従来手法と比較して探索に要する時間を約30%削減することができた。また、開発したアルゴリズムの汎用性についても明らかにすることができた。それに加えて、個体集団を分割することで、探索の効率が改善されると同時に、探索の安定性が向上することを明らかにすることができた。

研究成果の概要(英文)：In this research, a new hierarchical evolutionary computation algorithm has proposed. In the proposed method, optimization problem is divided into several levels of hierarchy. The proposed method realized more effective search than the conventional method. Further, the general versatility of the proposed algorithm has been investigated. Additionally, the effective and stable search has been realized by dividing the population into several sub-population.

研究分野：ソフトコンピューティング

キーワード：進化的計算法 階層型遺伝的アルゴリズム

1. 研究開始当初の背景

医療の現場では、人命に係わる業務を行っているため、そのスタッフには非常に質の高い勤務が要求されている。しかし、24時間切れ目のない活動を求められる看護師の勤務表作成(ナース・スケジューリング)では、看護の質だけでなく、スタッフの労働負荷も法律に照らし合わせて十分考慮しなければならないので、多種多様な制約が存在し、それら全ての条件を満たすことは非常に難しい。

ナース・スケジューリングは、大半の病院において各部署の看護師長や作成能力に秀でた熟練のスタッフによって手作業で行われているが、その作業には平均して約7時間を必要とし、一部のスタッフに対する大きな負担となっているのが現状である。また、日本における病院の数は1万を超えとも言われており、ナース・スケジューリング作業は毎月約3万部署で発生している。さらに、多くの病院の規模が巨大化しつつあり、作成すべき勤務表は複雑化・大規模化してきている。多くの病院がこのような問題を抱える状況下において、効率的なナース・スケジュールを自動的に行うことができれば、作成者の負担だけでなく、看護師全体の労働負荷をも軽減することが可能であり、質の高い医療サービスが提供できることは間違いない。

ナース・スケジューリングでは、看護師の数が多く、スケジューリング期間が長くなるに従って組み合わせの数(探索空間の次元に相当する)が増大し、制約についてもその種類や数が多いほど目的関数が複雑になるため、一般的な最適化法で解くことは難しく、進化的計算法に代表されるメタヒューリスティックなアプローチが有効と考えられている。しかし、これらのアルゴリズムは汎用的に使用できる反面、多くの制約が存在する場合において、効率良く探索を行うことは極めて困難である。

現在、ナース・スケジューリングに関する研究は国内外で盛んに行われており、特に国外では数多くの方法が提案されている。しかし、国内外での看護師の勤務形態の違いのため、国外の方法をそのまま適用することは不可能である。

一方、国内では、遺伝的アルゴリズムに制約条件などを考慮した遺伝的演算を組み込んだ手法や、ナース・スケジューリングにおける制約条件の構造を解析することにより、制約条件を部分問題として扱う手法、ナース・スケジューリングを多目的最適化問題として捉え、島モデル型多目的遺伝的アルゴリズムとインタラクティブ探索を併用した手法などが提案されているが、いずれの手法も制約条件の変更起因するアルゴリズムの変更が必要であり、また、大規模なナース・スケジューリング問題には歯が立たないのが現状である。

2. 研究の目的

本研究では、多くの病院の様々な部署での実用化を念頭に置き、大規模な最適化問題を階層的最適化問題に置き換えることで効果的に解くための階層型進化的計算法を開発し、多種多様な制約条件下において汎用的に適用可能なナース・スケジューリングアルゴリズムの確立を目指す。

3. 研究の方法

本研究では、以下に示す3つの項目に対して取り組んだ。

(1) 複数の部分的な最適化問題を階層的に構成した階層的最適化問題を、複数の探索空間をもつ最適化問題と定義し、これを解く手法を遺伝的アルゴリズムに基づいて開発した。開発した手法では、まず、複数の探索空間同士の競合という操作を導入した。この操作では、一定世代ごとにサブ母集団間での個体数の調整を行うことで、良質な解を有する母集団の個体数を増やし、そうでない母集団の個体数を減らすことで、探索の効率化を図った。また、階層的最適化問題に適用するため、探索空間を上位層と下位層に分割し、上位層では探索空間の最適化を行い、下位層では各探索空間における解の探索を行った。

(2) (1)の階層型遺伝的アルゴリズムに、近年提案された花火アルゴリズムの探索概念を導入した新たな階層型進化的計算アルゴリズムを開発した。花火アルゴリズムは、花火の炸裂点とそのスパークを探索点とする手法であり、開発した階層型進化的計算アルゴリズムでは、上位層で炸裂点の最適化を行い、下位層でスパークの生成範囲と生成個体を最適化する。

(3) 個体集団の分割という概念を新たに導入した粒子群最適化アルゴリズムを開発した。開発したアルゴリズムでは、従来の自己最良位置と母集団全体の最良位置に関する情報に加えて、サブ母集団における最良位置に関する情報を考慮した探索を行う。また、粒子の状態更新においては、各サブ母集団内において、従来の更新則にしたがう粒子に加えて、差分進化アルゴリズムに着想を得た更新則にしたがう粒子を導入した。

4. 研究成果

3で述べた各項目について、以下の成果が得られた。

(1) 開発したアルゴリズムの基礎的な特性を検証するため、複数車両配送問題へ適用した。この問題は、一般的に知られている配送計画問題の拡張であり、複数の車両を用いて全ての顧客をちょうど一回ずつ訪問するという制約条件下において、最小コストの経路を探索する問題である。また、開発したアルゴリズムと従来の階層型遺伝的アルゴリズムとの性能比較を行った。その結果、従

来手法と比較して、探索に要する時間を約30%削減することが可能となった。また、開発したアルゴリズムをフレキシブルジョブショップ・スケジューリング問題に適用した結果、その汎用性が高いことを明らかにすることができた。

(2) 開発したアルゴリズムの基礎的な特性と汎用性を検証するため、デジタル画像の雑音検出フィルタの設計に適用した。開発したアルゴリズムと従来の遺伝的アルゴリズムとの性能評価を行った結果、従来手法と比較して良質な解を得ることができた。また、階層型遺伝的アルゴリズムと花火アルゴリズムを融合することで、さらに良質な解を得ることができることを明らかにすることができた。それに加えて、スケジューリング問題以外の最適化問題に対しても、開発したアルゴリズムの有効性を確認することができた。

(3) 開発したアルゴリズムの有効性を検証するため、従来の粒子群最適化法と開発したアルゴリズムを9種類のベンチマーク関数に適用し、最適解を求めるのに要した世代数を比較した。実験の結果から、開発したアルゴリズムを用いることで、従来手法では最適解を発見できないベンチマーク関数においても、安定して最適解を発見できることを示すことができた。また、探索空間の次元数が小さい場合には、従来手法と比較して少ない探索回数で最適解を発見できることを示した。さらに、探索空間の次元数が大きくなるにつれて、従来手法と比較して、最適解の発見率が高くなることも示すことができた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計1件)

Shudai Ishikawa, Ryosuke Kubota, Keiichi Horio, Effective Hierarchical Optimization by a Hierarchical Multi-Space Competitive Genetic Algorithm for the Flexible Job-Shop Scheduling Problem, Expert Systems With Applications, Vol.42, No.24, pp.9434-9440, 2015, 査読有, DOI: 10.1016/j.eswa.2015.08.003.

[学会発表](計12件)

石川 秀大, 飯田 隆太郎, 久保田 良輔, 堀尾 恵一, 階層型遺伝的アルゴリズムを用いた多種車両を考慮する配送計画問題の解決における近傍個体の投入指標の検討, 第11回進化計算シンポジウム2017講演論文集, 2017.

石本 真也, 堀尾 恵一, 久保田 良輔, 個体の変動を取り入れた遺伝的アルゴリズムの階層化とそのスイッチングメジアンフィルタ設計への応用, 電子情報通信学

会技術研究報告, Vol.117, No.70, 2017.
飯田 隆太郎, 石川 秀大, 久保田 良輔, 堀尾 恵一, 多種車両を用いた配送計画問題への階層型遺伝的アルゴリズムの適用と遺伝オペレータの改良, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.116, No.482, 2017.

Shinya Ishimoto, Hideaki Misawa, Keiichi Horio, Ryosuke Kubota, A Switching Median Filter with Multi-thresholds by Using Variability-based Real-coded Genetic Algorithm, International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia (SISA 2016), 2016.

石本 真也, 堀尾 恵一, 久保田 良輔, 個体の変動を取り入れた遺伝的アルゴリズムに基づくスイッチングメジアンフィルタの設計法, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.115, No.505, 2016.

町田 雄紀, 三澤 秀明, 久保田 良輔, 個体集団の分割と遺伝的操作を導入した差分進化アルゴリズムに関する研究, 第10回進化計算シンポジウム2016講演論文集, 2016.

松山 公弥, 石川 秀大, 久保田 良輔, 堀尾 恵一, 適切な休暇配置を用いた遺伝的アルゴリズムによるナーススケジューリング問題の効率的解法, 第10回進化計算学会研究会, 2016.

飯田 隆太郎, 石川 秀大, 久保田 良輔, 堀尾 恵一, 貨物配置を考慮した配送計画問題における階層的解法の検討, 第10回進化計算学会研究会, 2016.

石川 秀大, 久保田 良輔, 堀尾 恵一, 階層的最適化における探索空間の重複を考慮した効率的探索手法の提案と有効性の検証, 第10回進化計算学会研究会, 2016.

Shudai Ishikawa, Ryosuke Kubota, Keiichi Horio, Effective Hierarchical Optimization Using Integration of Solution Spaces and Its Application to Multiple Vehicle Routing Problem, 2015 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS 2015), 2015.

Keita Sueyasu, Ryosuke Kubota, A Modified Particle Swarm Optimization Considering Conflated Component of Personal and Global Best Positions, International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia (SISA 2015), 2015.

末安 慶大, 久保田 良輔, 個体間の差分情報と母集団の分割に基づく粒子群最適化法, 第9回進化計算シンポジウム2015講演論文集, 2015.

〔図書〕(計1件)

Ryosuke Kubota, Hakaru Tamukoh, Hideaki Kawano, Noriaki Suetake, Byungki Cha and Takashi Aso, A Color Quantization Based on Vector Error Diffusion and Particle Swarm Optimization Considering Human Visibility, Image and Video Technology (Lecture Notes in Computer Science, Vol. 9431), Springer International Publishing AG, pp.332-343 (525 pages), 2016.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

久保田 良輔 (KUBOTA, Ryosuke)
宇部工業高等専門学校・制御情報工学科・
教授
研究者番号：5 0 4 3 2 7 4 5

(2) 研究分担者

堀尾 恵一 (HORIO, Keiichi)
九州工業大学・大学院生命体工学研究科・
准教授
研究者番号：7 0 3 6 3 4 1 3

三澤 秀明 (MISAWA, Hideaki)
宇部工業高等専門学校・電気工学科・准教
授
研究者番号：4 0 6 3 6 0 9 9

石川 秀大 (ISHIKAWA, Shudai)
大分工業高等専門学校・情報工学科・助教
研究者番号：6 0 7 8 0 9 8 9