

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 4 日現在

機関番号：55501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24700237

研究課題名(和文) 記号データへの効果的な近傍埋め込みに基づくナース・スケジューリング法の開発

研究課題名(英文) Development of Nurse Scheduling Method Based on Effective Neighborhood Embedding into Symbolic Data

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・准教授

研究者番号：50432745

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、看護師勤務表の自動生成に関して、まず、看護師の勤務表を構成する局所的な記号パターンのブロックに着目し、局所記号パターン同士の隣接関係(類似性)をレーベンシュタイン距離に基づいて表現し、次に、構築したこれらの局所ブロックの類似性に基づいて、遺伝的アルゴリズムを用いて勤務表の自動作成を行った。

実験の結果、看護師の勤務に関するガイドラインを完全に満たしつつ、各看護師からあらかじめ提出された希望勤務表を平均して79.4%程度満足する勤務表を生成することができた。また、探索手法である遺伝的アルゴリズムや粒子群最適化法に関しても、基本的な探索性能を改善することができた。

研究成果の概要(英文)：In this research, a new nurse-scheduling algorithm has proposed. The proposed method uses blocks of locally symbolic pattern of elements in a shift roster. The similarity between blocks is represented by Levenshtein distance. In the proposed method, a modified genetic algorithm realizes the nurse scheduling. The modified genetic algorithm uses the modified fitness function for evaluating the interdictory shift patterns and the number of days of the sustained shiftwork. Furthermore, the proposed method changes the crossover and mutation rates adaptively in accordance with the searching progress. Through the experiments, it was observed that the proposed method could generate the shift roster satisfied the guideline on the nurses' shiftwork perfectly. Furthermore, the average satisfaction rate for all nurses' requests was 79.4%. In addition, fundamental searching performances of genetic algorithm and particle swarm optimization have also been improved.

研究分野：計算知能

キーワード：ナース・スケジューリング 進化的計算法 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、人の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病棟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1万を超えるとも言われており、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。多くの病院や各部署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る。

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探索空間が増大し、制約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。

この問題を解決するため、従来は、与えられた特定の制約を満たすような解の生成法や遺伝的演算法に関して主眼が置かれてきた。しかし、ナース・スケジューリングの制約条件は、病院や部署、勤務形態の違いによって大きく異なるため、従来の方法では問題の根本的な解決には至っていない。

### 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、効率的に求解可能な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) 看護師勤務表の自動生成に関しては、まず、看護師の勤務表を構成する局所的な記号パターンのブロックに着目し、局所記号パターン同士の隣接関係(類似性)を表現する。次に、構築したこれらの局所ブロックの類似性に基づいて、遺伝的アルゴリズムを用いて勤務表の自動作成を行った。

具体的には、看護師の勤務に関するガイドラインを完全に満たしつつ、各看護師からあらかじめ提出された希望勤務表を可能な限り満足する勤務表を生成するため、希望勤務表内の局所的なブロックパターンと、遺伝的アルゴリズムで用いる各個体内の局所的なブロックパターンとの類似性をレーベンシュタイン距離に基づいて定義した。次に、この類似性をもとにして、勤務表を評価するための評価関数を設計し、遺伝的アルゴリズムを用いて勤務表の作成を行った。遺伝的アルゴリズムにおける探索の際には、突然変位に改良を施し、突然変異を適用する箇所についても、レーベンシュタイン距離を用いた。

(2) 遺伝的アルゴリズムの基本的な探索性能を改善するため、適合度に基づく個体の変動を新たに取り入れた。具体的には、個体の多様性を効果的に維持するため、各個体の適合度に応じた変動値を算出した。変動値を算出する際には、一様分布および正規分布に基づいて生成する場合の双方について検討を行った。

(3) 探索に用いる最適化法として、遺伝的アルゴリズムとは別に、粒子群最適化法を適用することを念頭におき、その探索性能の改善に関して研究に取り組んだ。具体的には、粒子全体の最良位置と各粒子の自己最良位置の混合成分を考慮した手法の有効性を検証した。提案手法では、全体最良位置と各粒子の自己最良位置の和と差に基づく合成ベクトルをそれぞれ算出し、この合成ベクトルに基づいて状態更新を行った。

### 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) 30日分の勤務表を生成することを目的として、10回の試行実験を行った。実験結果については、禁止勤務パターンの含有率と、あらかじめ看護師から提出された希望勤務表の満足率という2つの観点から評価した。実験の結果、全ての試行結果において、従来手法(満足率の平均:62.6%)に比べて提案手法(満足率の平均:79.4%)で生成した勤務表の勤務希望満足率が高いことが確認できた。また、希望の満足率が80%を超えている勤務表を生成することができ、看護師の希望をより満足できていることがわかった。しかし、看護師の勤務に関するガイドラインを遵守できていない勤務表が10回中1回生成されてしまったことから、探索に失敗する可能性も残っていることがわかった。以上のことから、提案手法は、看護師の勤務希望を満たすことに対して有効であるが、探索に失敗する可能性が残ることがわかった。今後の課題は、禁止された勤務シフトが完全に発生しないような方法を考えるとともに、あらゆる勤務希望に対応できるように改良

していくことである。

(2) 提案手法の有効性を検証するため、一般的によく用いられる4種類の最小化ベンチマーク問題へ提案手法を適用し、従来手法との探索性能の比較を行った。各手法において、個体数を100、個体の次元数を2および5、交叉率を0.3、突然変異率を0.05とした。交叉には、BLX交叉法、突然変異には一様突然変異を用いた。また、比較手法として、従来のルーレット選択を用いた。実験では、各種法を用いて1,000世代までの探索を100回行い、探索終了時の最高適合度の平均を算出した。実験結果から、提案手法は、従来手法と比較して効率のよい探索が実現できていることがわかった。特に、個体の次元数が大きくなるほど、提案手法の探索性能の向上が顕著に見られた。また、一様分布に基づいて個体の変動を加えた場合について、それぞれの問題に対して、平均的に良好な結果が得られることもわかった。

(3) 提案手法の有効性を検証するため、従来手法と提案手法を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。実験に用いた各手法のパラメータは次の通りである、まず、各手法に共通する認知パラメータと社会的パラメータをそれぞれ1.49445とし、慣性重みを0.729とした。実験に用いるベンチマーク関数の次元数については、3,5および10とした。探索性能の評価に関しては、各手法においてランダムな初期値から1,000世代の探索を行い、この操作を100回試行した際の関数値の平均を用いて行う。実験の結果から、各従来手法と比較して、提案手法は全体的に少ない探索回数で最適解を発見できることがわかった。特に、ベンチマーク関数の次元数が10の場合の結果から、提案手法を用いた場合、高次元の探索空間においても少ない世代数で最適解を発見できることがわかった。以上の結果から、自己最良位置と全体最良位置の合成成分を考慮し、各最良位置の周辺を幅広く探索することで、探索の性能を改善できることを確認することができた。

#### 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2件)

Y. Ueda, K. Horio and R. Kubota, A Modified Real-Coded Genetic Algorithm Considering with Fitness-based Variability, *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, 査読有, Vol.10, No.4, 2014, pp.1509-1518

R. Kubota and H. Tamukoh, A Particle

Swarm Optimization Using Combined Information on Personal Best Positions, *Innovative Computing, Information and Control Express Letters*, 査読有, Vol.8, No.8, 2014, pp.2069-2074

[学会発表](計10件)

Y. Ueda, R. Kubota and K. Horio, A Modified Selection Operator Considering with Fitness-based Variability in Real-coded Genetic Algorithm, *The 2012 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia*, Sep. 7, 2012, Bangkok (Thailand)

植田 祥明, 久保田 良輔, 堀尾 恵一, 適合度に基づく変動を取り入れた遺伝的アルゴリズムのルーレット選択法, 平成24年度(第63回)電気・情報関連学会中国支部連合大会, 2012年10月20日, 島根大学(島根県松江市)

松田 望, 久保田 良輔, 田向 権, 粒子群最適化法における自己最良位置の混合法に関する一検討, 平成24年度(第63回)電気・情報関連学会中国支部連合大会講演論文集, 2012年10月20日, 島根大学(島根県松江市)

R. Kubota and H. Tamukoh, A Modified Particle Swarm Optimization Considering Component Combined with Personal Best Positions, *The 7th WSEAS International Conference on Circuits, Systems, Signal and Telecommunications*, Jan. 9, 2013, Milan (Italy)

Y. Ueda, N. Suetake, K. Horio and R. Kubota, A Variability-based Adaptive Mutation Operator for Interactive Genetic Algorithm, *The 14th International Symposium on Advanced Intelligent Systems*, Nov. 15, 2013, Daejeon (Korea)

S. Ishikawa, R. Kubota and K. Horio, Hierarchical Optimization Using Hierarchical Multi-competitive Genetic Algorithm and Its Application to Multiple Vehicle Routing Problem, *The International Conference on Signal Processing and Multimedia Applications*, Sep. 3, 2014, Vienna (Austria)

M. Kondo and R. Kubota, A Modified Genetic Algorithm for Nurse Scheduling Problem with Considering

Individual Preference, International Symposium on Technology for Sustainability, Nov. 19, 2014, Taipei (Taiwan ROC)

近藤 将成, 久保田 良輔, 遺伝的アルゴリズムに基づく看護師の要望を考慮した勤務表生成に関する研究, 電子情報通信学会技術研究報告, 2014年12月18日, 京都リサーチパーク(京都府京都市)

未安 慶大, 久保田 良輔, 自己最良位置と全体最良位置の合成成分を考慮した粒子群最適化法に関する研究, 電子情報通信学会技術報告, 2015年3月5日, 明治大学(東京都中野区)

近藤 将成, 久保田 良輔, レーベンシュタイン距離を用いた遺伝的アルゴリズムに基づく個人の希望を考慮した看護師勤務表生成に関する研究, 電子情報通信学会技術報告, 2015年3月5日, 明治大学(東京都中野区)

## 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・准教授

研究者番号: 50432745