

ホテルにおける従業員スケジューリング問題の

遺伝的アルゴリズムを用いた解法

Genetic Algorithm for Solving Employee Scheduling Problems in Hotels

安和 良祐[†]
Ryousuke Awa

岡崎 威生[†]
Takeo Okazaki

1. はじめに

従業員スケジューリング問題とは、ある期間のシフトに対し必要となる従業員の割り当てを行い、勤務表を作成する問題である。その中でもホテルにおける従業員スケジューリング問題とは、シフト対象日の全ての時間帯に対し従業員の割り当てを行う必要があり、従業員の労働環境に特に注意する必要がある。同じようにシフト対象日の全ての時間帯に従業員を割り振る必要がある問題としてナーススケジューリング問題がある。ナーススケジューリング問題にはさまざまな考慮すべき条件があるが、これら全てを満たす解の生成は難しい。そうした背景から発見的な最適化手法に基づく解法が数多く提案されてきた[1]。ナーススケジューリング問題と比較した際のホテルにおける従業員スケジューリング問題の特徴として、従業員ごとの制約条件の多様性が挙げられる。このような特徴から、ホテルにおける従業員スケジューリング問題に発見的な最適化手法を適用する際、従業員間のシフト交換による近傍解への遷移によって制約条件の違反が起きやすいという課題がある。

本稿ではホテルにおけるシフトスケジューリング問題に対し制約条件を満たしながら近傍解に遷移する遺伝的アルゴリズムを提案する。

2. ホテルにおける従業員スケジューリング問題

一般にスケジューリング問題は制約条件と目的関数によって構成される。ナーススケジューリングの分野ではスケジューリングで考慮する条件を看護の質を守るためのシフト拘束条件と、各ナースの労働負荷を考慮するナース拘束条件に分けることが提案されている[2]。本稿ではホテルにおける従業員スケジューリング問題の制約条件を、ある従業員の月の勤務表から確認できるものと、ある日のあるシフトに携わるメンバーから確認できるものの2グループに分けて考える。ある従業員の月の勤務表を確認することで充足の判定ができる制約条件には、禁止パターン、希望休み、月の合計就業時間の上限などが含まれる。また、ある日のあるシフトに携わるメンバーを確認することによって充足が判定できる制約条件には各シフトの必要人員数がある。目的関数には従業員間の労働時間の平準化、上限に近い連続勤務の最小化、指名係りや外国語対応などの特別な割り当ての充足などがある。

3. 遺伝的アルゴリズムの適用

遺伝的アルゴリズムとは生物の進化の過程を模倣した最適化手法である。最適化される問題の解は複数の遺伝子で構成される個体という形で表す。本稿では制約条件を、ある従業員の月の勤務表を確認することで充足の判定ができるものと、ある日のあるシフトに携わるメンバーを確認することによって充足が判定できるものの2つのグループに分けて考えるため、どちらかの要素を遺伝子としてまとめて扱うことができる遺伝的アルゴリズムが有効であると考えられる。

3.1. 制約条件の表現

制約条件には、ある月の従業員の勤務表から充足が判定できるものと、ある日のシフトに携わるメンバーから充足が判定できるものの2グループがある。ある日のシフトに携わるメンバーから充足が判定できる制約条件は違反の度合いを表す制約逸脱度を導入し、適応度よりも優先した比較を行うことで充足を満たす。制約逸脱度をスケジュール対象日の集合 N のある日 j の従業員割り当て数 A_j と割り当て要求数 D_j を用いて以下のように定義する。

$$\sum_{j \in N} \frac{D_j - A_j}{D_j - 1} \quad (3.1)$$

従業員の月の勤務表から充足が確認できる制約条件については各種操作の後に充足を確認し、違反がある場合は違反箇所を修正しある日のシフトに携わるメンバーから充足が判定できる制約条件を違反しても完全に満たすようにする。労働時間の上限は、ある従業員 i がシフト集合 W の k に割り当てられたとき1,それ以外の場合で0になる変数 x_{ijk} とシフトごとに必要になる労働時間の重み T_k 、ある従業員 i の上限労働時間 L_i を用いて以下のように表す。

$$\sum_{j \in N} \sum_{k \in K} x_{ijk} T_k \leq L_i \quad (3.2)$$

3.2. 目的関数の表現

目的関数として本稿では従業員間の労働時間の平準化、上限に近い連続勤務の最小化、指名係りや外国語対応などの特別な割り当ての充足を設定する。労働時間の平準化では、従業員ごとに設定された標準労働時間と月合計就業時間が一定水準以上離れる場合に罰則を課す関数を用いる。連続勤務の最小化では従業員ごとに設定された最大連続勤務に近い日数の連勤が行われた回数を適応度関数として設定する。特別割り当ての充足では、要求が満たされなかつ

[†] 琉球大学大学院理工学研究科 Graduate School of Science and Engineering, University of The Ryukyus

た場合に要求の優先度に基づいた重みを罰則として課す目的関数を用いる。

3.3. 選択

ある日のシフトに携わるメンバーから充足が判定できる制約条件の違反の度合いを表すため制約逸脱度を導入し、適応度よりも優先して比較する辞書式比較を利用する。ここで選択方式には適応度の変化の幅がそれほど大きくないことからルーレット選択を用いた。また本稿で扱うホテルにおける従業員スケジューリング問題の目的関数は最小化される方向に最適化されるため、個体群中の最悪の値からある個体の適応度を引いた値を用いた。

3.4. 交叉・突然変異

交叉では2個体間である1日のシフトを入れ替える。入れ替えるシフトは事前に不可能なパターンに抵触しないか確認されてから入れ替えられる。また入れ替えが行われた後は月の合計就業時間が上限を超えていないか確認され、超える場合は対象従業員の入れ替え後のシフトを調整し対応する。突然変異では、交叉で変更される要素が小さいことを考慮し個体の初期化を行う。

4. 検証

5つのシフト種類から構成され合計 528 回の割り当てを必要とする要求に対し、月最大 22 日 200 時間の上限労働時間をもつ従業員が 26 人、月最大 12 日 96 時間の上限労働時間をもつ従業員が 1 人が在籍する部署のメンバーを割り当てる。適用する遺伝的アルゴリズムでは、1 世代あたりの集団サイズを 1000 個体とし、終了条件を 100 世代の交代とした。

4.1. 制約確認

各世代中の全ての制約条件を充足する個体数を数え上げたところ図 4.2 の結果を得た。最終世代において平均して 8 割の個体が完全に制約条件を満たしていることがわかる。

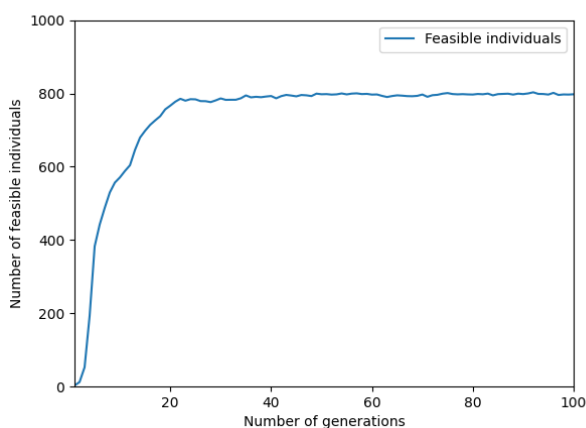


図 4.1 各世代中の制約条件を充足する個体数

4.2. 適応度の収束

労働時間の平準化、連続勤務の最小化、特別割り当ての充足についてそれぞれ単目的で最適化したところ、特別割

り当て以外の適応度の収束が確認できた。また、特別割り当てについても最小値である 0 の値を取り最適解であることが確認できる。

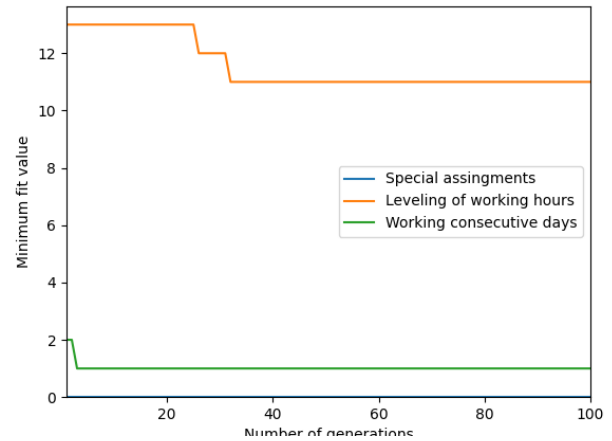


図 4.2 各種適応度の収束

5. まとめ

本稿ではホテルにおける従業員スケジューリング問題の構造を利用することで、制約条件を可能な限り満たした交叉を行う遺伝的アルゴリズムを提案した。実際問題に適用したところ最終世代において制約条件を満たした解が生成されること、最適化の過程で適応度が収束することを示した。今後の課題として全ての制約条件を満たす個体の生成方法がある。本稿ではある日のシフトに携わるメンバーから確認できる制約条件を制約逸脱度として表現した、しかしこれにより適応度関数の最適化が後回しになる課題がある。そのため全ての目的関数を満たしたまま近傍解への遷移を行えるような最適化手法が必要とされている。

参考文献

- [1] 小野里 拓也, 佐藤 眞木彦, 井田 憲一, “負荷分散を考慮したナーススケジューリング問題”, 日本経営工学会, Vol.70, No. 3 (2019)
- [2] 池上 敦子, 丹羽 明, 大倉 元宏, “我が国におけるナーススケジューリング問題”, 日本オペレーションズ・リサーチ, Vol.41, No. 8 (1996).