# 勤務地間移動を考慮したシフトスケジューリング問題 に対する局所探索法

浅井 俊晴 (指導教員:柳浦 睦憲) 名古屋大学 工学部

## 1.前書き

勤務表を作成する問題を一般にシフトスケジューリング問題という. 勤務に必要な人数, 各人の能力や希望などの様々な条件の下での勤務表の作成は非常に困難な問題として知られている. この問題の中には勤務地間の移動を考慮しなければならない場合があり, この場合においては通常のアプローチでは扱うことが困難である. 本研究では, このような問題に対して局所探索法に基づくアルゴリズムを提案する.

#### 2.問題の定義と定式化

入力としてスタッフ集合 I, シフト集合 J, 各スタッフi にかかる負荷の上限  $b_i$  とそれを越えた際のペナルティ重み  $p_i$ , 各シフト j の必要人数  $d_j$  と開始時間  $s_j$ , スタッフi がシフト j を行う際にかかる負荷  $t_{ij}^A$  とコスト  $c_{ij}^A$ , スタッフi があるシフト j の直後に他のシフト j' を行うときにかかる負荷  $t_{ijj'}^T$  とコスト  $c_{ijj'}^T$  が与えられる. シフトを開始時間  $s_j$  の早い順に実行する. このとき, スタッフへのシフトの割当の中で, 各シフトの必要人数を満たし, 割当に伴うコストとペナルティの重みつき和が最小のものを求めることが, 本研究の目的である.

#### 3.提案手法

本研究では、この問題に対して局所探索に基づくアルゴリズムを提案する。通常のシフトスケジューリング問題 [1,2] を解く際にはスタッフへのシフト割当ての情報は表の形式で表現される。しかし、本研究においては割当てられたシフトの前後関係が解の評価に関わるため、解を表で表現すると効率が悪くなる。そこで、我々の提案する手法では、各スタッフ毎に割当てられたシフトを開始時間の早い順に連結リストで保持することにする。これにより容易にシフトの前後関係を把握でき、計算を効率化することができる。

解を連結リストで保持することにより, 近傍探索の際 にこの解の形式に沿った手法の適用が可能になる. 今回局 所探索に利用した近傍は交換近傍と挿入近傍である. 交 換近傍はあるスタッフのシフトを別のスタッフのシフト のいくつかと入れ替えることにより得られる解集合であ り、挿入近傍は1つのシフトを別のスタッフに移し変え ることにより得られる解集合である. 各スタッフiに割 当てられているシフトの数を  $n_i$  と記す. 挿入近傍や交換 近傍に含まれる解のうち、ある2人のスタッフiとi'の 間でシフトを入れ替えるものについてその評価値を計算 するとき、これらの解を1つ1つ個別に計算すると近傍 内の解1 つあたり  $O(n_i n_{i'})$  時間かかってしまう. しかし, 各シフトの開始時間  $s_j$  によって定まる挿入場所を求める 計算を、近傍を探索する順序を定めてまとめて探索する ことによって全体で  $O(n_i + n_{i'})$  時間に抑えることがで きる. さらに、交換近傍の探索において、交換の対象とす るシフトを限定することによってiとi'にかかわる挿入 近傍と交換近傍の探索を  $O(n_i + n_{i'})$  時間で行えるよう

## にした.

もうひとつの近傍操作として, 負荷容量の余裕に注目した連鎖挿入を提案する. ある人のシフトを 1 つ取り除くと, それによって負荷余裕ができる. その際に負荷余裕分に対して他のスタッフのシフトから挿入近傍操作を試みることでペナルティを違反することなく挿入近傍操作を行え, より良い解が得られることを期待できる. さらに一度の挿入近傍操作によってできた新たな負荷余裕についても, 同様にして挿入近傍操作を試み, 連鎖的に挿入近傍操作を行う. これにより, 挿入近傍や交換近傍にはない解に辿り着くことが期待できる. この近傍操作を行う際に, 負荷余裕の大きさに対して挿入するのに適切なシフトを調べ, そのリストをあらかじめ作っておくことにより, この近傍操作の効率化を図る.

解の評価においては、コストに対するペナルティの割合が大きすぎるために、近傍解の移動がうまくいかないという場合が考えられる。そのような場合に対し、局所最適解に辿り着いたときにペナルティ重みを適応的に変化させることで対応する [3]. 局所最適解において負荷制約を違反していないスタッフには負荷について余裕があると考えられるため、そのようなスタッフのペナルティ重みを減らすことで、ペナルティ違反をしているスタッフからの移動をしやすくすることが出来る.

#### 4. 結果

挿入近傍と交換近傍については、開始時間による挿入 箇所の効率的な計算と交換対象の限定によって、近傍解 に含まれる解を1つ1つ個別に計算する場合よりも計算 時間を短縮することが出来た。また、負荷容量の余裕に注 目した挿入近傍を用いることで、通常の近傍操作で辿り 着く局所最適解よりもよい解を得ることが出来た。

#### 5.まとめ

勤務地間移動を考慮したシフトスケジューリング問題に対して効率的な解の表現方法と近傍探索手法を提案した.計算実験の結果,本研究で提案した手法が有効であることを確認できた.

## 参考文献

- [1] A. Ikegami and A. Niwa, "A subproblem-centric model and approach to the nurse scheduling problem," *Mathematical Programming*, 97(2003) 517–541
- [2] N. Musliu, A. Schaerf and W. Slany, "Local search for shift design," European Journal of Operational Research, Vol. 153 (2004) 51–64
- [3] M. Yagiura, T. Ibaraki and F. Glover, "A path relinking approach with ejection chains for the generalized assignment problem," European Journal of Operational Research, 169 (2006) 548–569