

A-024

遺伝的アルゴリズムによる看護師勤務表の最適化

An Optimization of Nurse Schedule by Using Genetic Algorithm

森本 章雄[†], 三宅 宏典[†], 高之瀬 文明[†], 大北 正昭[†], 大木 誠[†]
 Akio Morimoto, Kosuke Miyake, Fumiaki Takanose, Masaaki Ohkita, Makoto Ohki

1. はじめに

病院で働く看護師は、1ヶ月間ごとの勤務表にしたがって出勤する。看護師の勤務形態は主に日勤、準夜勤、深夜勤であり、これ以外にも研修や会議、休暇、希望休暇などがある。このような勤務の割り振りは、熟練の看護師長などの管理職員が、毎月の勤務表を作成することによって管理されている。一般に20名から30名の看護師の1ヶ月分の勤務表を作成するために、熟練管理職員が約2週間を要するといわれており、時間的および人的負担が大きな問題であると考えられる。

勤務表の作成にあたっては、様々な要件を考慮しなければならない。例えば、希望休暇の認可や、各看護師の休暇日数の均等化、看護レベルの確保、看護師間の相性など、多くの要件が存在する。もしベテランと呼ばれる中堅看護師を連日にわたって勤務させた場合、日々の看護レベルは満足されるかもしれないが、看護師によって1ヶ月間の勤務日数が大幅に異なり、病院組織の雇用規則に反することになる。そこで本研究では、看護師勤務表の作成にあたって、12個の評価項目をペナルティ関数として定義し、共存型遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm: 共存型 GA) を用いる[1]。

我々はこれまでに共存型 GA による看護師勤務表作成に適した突然変異オペレータを提案している。しかし共存型 GA を用いているために、解の多様性を得ることが出来ずに、最適化の過程が停滞することがある。そこで、最適化が停滞した場合に、一部のペナルティ関数の重み係数を増加させ、見かけの評価を悪化させた後、最適化を進行させる[2]。これにより多数の評価指標に新たな偏りが生じ、最適化が進行すると考えられる。ある程度、この状態で最適化が進行した段階で、重み係数の値をリセットすることにより、本来の目的とする最適解に到達することができる。

2. 共存型 GA による看護師勤務表の最適化

図1に示すように、一人の看護師の1ヶ月間(ここでは30日とする)の勤務パターンを1個の染色体として表現し、一個体として扱う。染色体の各勤務日の位置にはD:日勤, S:準夜勤, M:深夜勤, H:休暇, K:会議, k:研修, h:希望休暇のいずれか

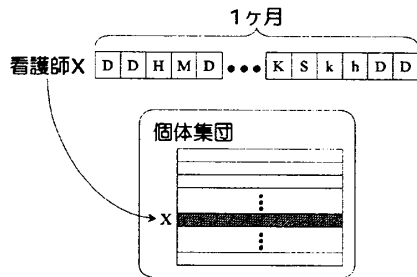


図1 染色体コードと個体集団

[†]鳥取大学
^{††}静岡大学

が入る。これらを勤務形態と呼ぶ。全ての看護師の勤務パターンが集まったものを個体集団と呼ぶ。この個体集団が求める看護師勤務表の候補となる。

各勤務日の各勤務時間帯(日勤、準夜勤、深夜勤)での必要な看護師数は予め決められている。しかし遺伝的操作などにより一旦、看護師数が変化してしまうと、最適化能力によりこれが復元されることは確率的に低いと考えられる。そこで共存型 GA では、初期個体集団を生成する際に、各勤務時間帯に割り当てられた看護師数を満たす範囲でランダムに、各看護師に勤務形態を割り当てる。さらに、遺伝的操作として染色体間での部分交叉のみを許すことにより、遺伝的操作によって各勤務時間帯での看護師数は変化しない。ここでの交叉オペレータの様子を図2に示す。

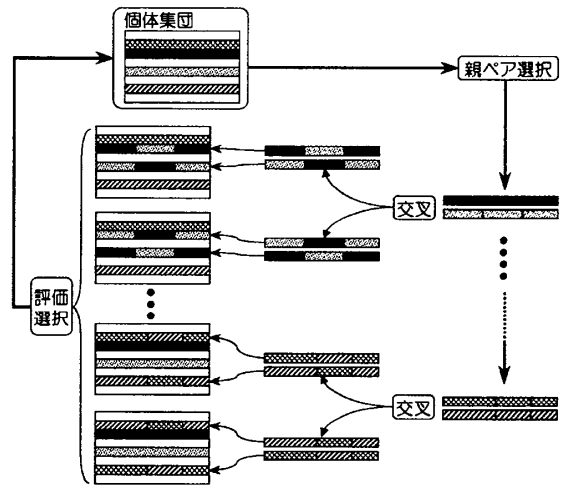


図2 交叉オペレータと最適化のサイクル

さらに我々は、ランダムに選んだ看護師および勤務日に設定されている勤務形態を強制的に変更し、それを補うように同じ勤務日の他の看護師の勤務形態を修正するような突然変異を提案した。このような突然変異オペレータにより、効果的に探索でき、良好な看護師勤務表が得られることを示した[3]。この突然変異オペレータは、看護師と勤務日をランダムに選択し、この看護師の勤務形態と、選択された同日の他看護師の勤務形態とを入れ替えることで容易に実現できる。突然変異オペレータの様子を図3に示す。

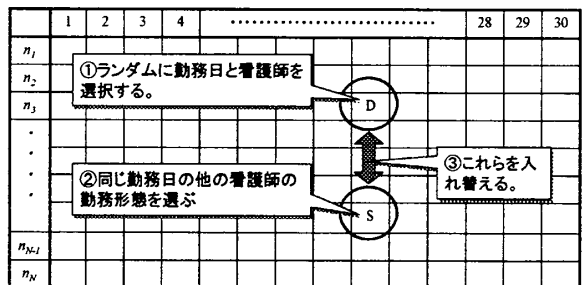


図3 突然変異オペレータ

3. 看護師勤務表の評価

勤務表の作成に際しては、以下のような評価をペナルティ形式で行う。上で述べた通り、各勤務日の各勤務時間帯での必要看護師数は必ず満たされるので、この点に関する評価は必要ない。また研修や会議などの特別勤務形態については、初期個体生成や遺伝的操作などにおいて、固定として扱うことで常に満たされ、これも評価から除外できる。

- (1) 各看護師の勤務負荷の評価(F_1)
勤務負荷の集中度を考慮するため、3日連続の勤務パターンに対しペナルティ値を定義し、これらの総和をとる。
- (2) 各看護師の休日回数の公平度(F_2)
1ヶ月の休日数と土日の日数とを比較し、その差を積算する。
- (3) 各看護師の準夜勤・深夜勤回数の公平度(F_3)
準夜勤・深夜勤に対し制限回数(ここでは4)を定義し、これを超える回数にたいしペナルティを与える。
- (4) 各看護師の夜勤勤務の集中度(F_4)
6日連続の勤務形態を調べ、4回以上の準夜勤または深夜勤を含む場合ペナルティを与える。
- (5) 各看護師の勤務パターンの連続性評価(F_5)
禁止勤務パターンを定義しておき、これに該当する場合に、ペナルティを与える。
- (6) 各看護師の連続勤務日数の制限違反度(F_6)
6日間以上の連続勤務に対し、ペナルティを与える。
- (7) 各勤務日の日勤での看護レベル確保度(G_1)
各看護師に対し看護レベル値を定義しておき、日勤での看護レベルの総和が閾値より低い場合、ペナルティを与える。
- (8) 各勤務日の準夜勤での看護レベル確保度(G_2)
準夜勤での看護レベルの総和が閾値より低い場合、ペナルティを与える。
- (9) 各勤務日の深夜勤での看護レベル確保度(G_3)
深夜勤での看護レベルの総和が閾値より低い場合、ペナルティを与える。
- (10) 各勤務日の各勤務時間帯での看護師間の相性度(G_4)
全ての看護師間での禁止相性を定義しておき、これに違反する組み合わせに対してペナルティを与える。
- (11) 各勤務日の新人同士の深夜勤務の禁止違反度(G_5)
新人看護師が2名以上深夜勤務に割り当てられている場合、ペナルティを与える。
- (12) 各勤務日の日勤・深夜勤に1名以上のベテラン看護師配置の達成度(G_6)
全ての日勤および深夜勤の時間帯に1名以上のベテランが配置されていない場合、ペナルティを与える。
これらの各評価関数に対して、重み係数 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{12}$ を乗じて総和をとったものを勤務表の総合評価 H とする。

4. 極小値脱出法による局所最適化の回避

上で示した各評価項目を、それぞれの評価方針を考慮して次のように4つのグループに分けておく。

グループ A: F_1, F_4, F_5

グループ B: F_2, F_3, F_6

グループ C: G_1, G_2, G_3

グループ D: G_4, G_5, G_6

グループ A は勤務パターンによる負荷に関する評価、グループ B は勤務日数に関する評価、グループ C は総合的な看護レ

ベルに関する評価、グループ D は看護師の組み合わせによる質の低下に関する評価であるとそれぞれ考えられる。

最適化の進行速度が低下した場合、すなわち次式の状態が G_5 世代間にわたり連続した場合、

$$\Delta H(P_{elite}(g)) < H_T \quad (1)$$

次に示す極小値脱出法により、いずれかのグループの重み係数を増加させる。ここで、 g は世代数、 P_{elite} はエリート個体、 ΔH は評価関数 H の世代間変化量、 H_T は閾値である。

共存型 GA を用いた場合、ある染色体が解を与えるのではなく、全ての染色体が集まった個体集団が解を与える。したがって、ある世代でのエリートとは、それまでの世代で得られた最良評価を与える勤務パターンである。そこで評価値 H が更新されるたびに更新前の最良勤務パターン $P_{previous}$ と、更新後の最良勤務パターン P_{elite} を保存しておく。それぞれの勤務パターンに対して、評価グループごとの評価値の総和の差を次式のように求める。

$$D_* = H_*(P_{elite}) - H_*(P_{previous}) \quad (2)$$

ここで、*はグループ名 A~D のいずれかを示す。この D_* が正であり最も大きな評価グループ*について、次式のような関係が得られるまで重み係数を増加する。

$$H(P_{previous}) < H(P_{elite}) \quad (3)$$

また、いずれの評価グループについても式(2)の D_* が正とならない場合、最も小さな $|D_*|$ を与える評価グループ*について、同様の操作を行う。式(3)は現在の最良個体と、以前に得られていた最良個体の評価が逆転することを意味する。

これにより、現在得られている最良個体に対する見かけ上の評価が悪化し、解空間の勾配が変化すると考えられる。こうして得られた重み係数を用いて、その後の世代に渡って最適化を行い、再び最適化が停滞した場合、重み係数を変更前の初期値に戻す。このような処理を繰り返す。

このように最適化の進行が停滞するたびに、評価関数の一部の重み係数を増減させることにより、一旦は陥った局所最適解から脱出し、より良好な最適解が得られることが期待できる。

5. おわりに

本論文では、看護師勤務表作成の問題に対して、共存型 GA を用いた手法を示した。共存型 GA では交叉や突然変異の遺伝的オペレータを工夫することにより、ある程度、良好な勤務パターンが得られることが分かった。しかし共存型 GA では解の多様性が得られにくいため、最適化が停滞した場合、局所最適解に陥っていたと予想される。そこで、評価関数をいくつかのグループに分類し、最適化が停滞した場合に、解空間の勾配が逆転するように重み係数を増減する。これにより一旦は停滞した最適化を進行させ、良好な解に到達することが期待できる。

参考文献

- [1]糸賀健, 他, “共存型 GA の探索効率改善とナーススケジューリング問題への適用”, 第13回インテリジェントシステムシンポジウム講演論文集, 2003.
- [2]田村宏樹, 他, “局所的な最小値からの脱出法を考慮した遺伝的アルゴリズム”, IEEJ Trans. EIS, vol.124, no.9, 2004.
- [3]大木誠, 他, “共存型 GA による看護師勤務表作成における突然変異の検討”, H17 電気学会全国大会講演論文集, 2005.