

医療機関スタッフのシフト作成システムにおける

働き方向上に向けた検討

○齋藤知樹 亀沢貴宏 市川学 中井豊 (芝浦工業大学)

松本尚 本村友一 久城正紀 (日本医科大学 千葉北総病院)

Examination of working direction in shift creation system for medical institution staff

* T. Saito and T. Kamezawa and M. Ichikawa and Y. Nakai (Shibaura Institute of Technology)

S. Matumoto and Y. Motomura and M. Kuzyou (Nippon Medical School Chiba Hokusoh Hospital)

概要— 医療機関は不規則で過酷な労働環境にある。現在、厚生労働省が中心となって医師の働き方を変えようと検討会が行われており、早急な改善が求められている。そのため医療スタッフを無理なく効率的に仕事を割り振る為により合理的なシフト作成が求められている。しかし、医師は特殊な勤務形態であるため、非常に複雑で数多くの制約条件を考慮して勤務表を作成しなければならない。本研究の目的は、シフト作成に伴う制約条件が複雑なため、自由に設計がしやすい焼きなまし法を用いて、勤務シフトを自動で作成し、シフト作成者の負担の軽減、バランスのとれたシフトによるスタッフの働き方向上を目標とする。

キーワード: ナース・スケジューリング問題, SA 法, 救命救急センター

1. 研究背景

医療機関は、日勤、準夜勤、夜勤など昼夜問わず病院に看護師や医師を待機させる事など、不規則で過酷な労働環境にある。現在、厚生労働省が中心となって医師の働き方を変えようと検討会¹⁾が行われており、早急な改善が求められている。そのため医療スタッフを無理なく効率的に仕事を割り振る為により合理的なシフト作成が求められている。しかし、医師は特殊な勤務形態であるため、非常に複雑で数多くの制約条件を考慮して勤務表を作成しなければならない。今までは、現場の医師が何時間もかけて手作業で勤務表を作成して、労働条件や医師の技量、医師の要望などを考慮して勤務表を作成するのは大変時間がかかり、重労働である。

2. 先行研究

シフトを作成する研究を一般的にスケジューリング問題に分類される。スケジューリング問題とは、多くの仕事あるいは活動を種々の制約のもとで実行しなければならないとき、実行可能なスケジュールや、最適なスケジュールを見出す問題である。その中でも類似の研究として、医療現場のシフトを扱う問題があり、ナース・スケジューリング問題と呼ばれる。ナース・スケジューリング問題とは、人工知能及び、オペレーションズ・リサーチ分野における代表的な応用問題であり、看護師、勤務日、勤務内容等の集合に対して、与えられた制約条件を満たすように勤務シフトを作成する組合せ最適化問題である²⁾。解法は、おもに2つあり、厳密解法と近似解法がある。ナース・スケジューリング問題をはじめとするスケジューリング問題は NP 困難であるため、制約を1つ増やし

たり人数を1人増やしたりするだけで問題は複雑になり、計算量は指数関数的に増加する。決定的なアルゴリズムは未だ見つかっておらず、研究が進められている³⁾。

本研究の目的は、制約条件が複雑なため、自由に設計がしやすい焼きなまし法を用いて、勤務シフトを自動で作成し、シフト作成者の負担の軽減、バランスのとれたシフトによるスタッフの働き方向上を目標とする。

3. 対象病院について

今回対象とする病院は、日本医科大学千葉北総病院である。この病院は現在 27 の診療科で編成されており、その中の救命救急センターを対象とする。

3.1 救命救急センターの院内当番種類と説明

今回対象の救命救急センターは 2 交代制勤務であり日勤は午前 8 時 30 分から午後 5 時までの 8 時間勤務、夜勤は午後 5 時 30 分から翌日の午前 8 時までの 15 時間勤務で、スタッフが 24 時間体制で対応している。院内の当番業務は日勤 5 当番、夜勤 2 当番の合計 7 当番に分けられており、臨床業務スタッフ全員が当番をローテーションして担当している。日勤・夜勤の当番種類を Table 1 に示す。

Table 1 当番種類

	当番種類
日勤	ドクターヘリ・救急外来・ICU・一般病棟・整形外科
夜勤	当直・ラピッドカー

院内で働く全 30 人のスタッフの中で誰がどの当番を担当できるのか、または担当はできないのか、そして誰が当番で責任者(チームリーダー)を担当するか判断するために

医師区分が設けられている。医師の区分とその人数を Table 2 に示す。

Table 2 医師の区分と人数

医師区分	説明	人数
上級医	主に各当番の責任者になりうる医師	12 人
専修医	責任者の元、当番を担当する医師	12 人
専修医 2 年目	責任者のもと、ICU・救急外来・整形外科の各当番を 1 ヶ月単位で担当	3 人
フリー勤務医	非常勤医師	1 人
研修医	当番の人数不足時に担当する医師	2 人
		計 30 人

上級医の中でも全ての当番で責任者を務められるとは限らず、各当番での必要となる資格を有している医師が責任者として担当メンバーに指示を与えることができる。また、主に上級医以外の区分が有しており、ラピッドカー担当に対する資格が存在する (Table 3)。専修医・研修医は基本的に日勤、夜勤どの当番も担当することができる。

Table 3 責任者の区分

責任者区分名	説明
Flight Doctor	ドクターヘリ責任者資格
Educator	救急外来・当直・ラピッドカー責任者資格
Leader	ICU 責任者資格
Trainee	ラピッドカー 1 人で担当可能資格
Observer	ラピッドカー 2 人目として担当可能資格

4. 対象病院での調査

シフト作成者に現在のシフト作成状況を聞くため、インタビュー調査を行った。

現在のシフトは、現場の業務を行いながらシフトを作成する医師が 1 人で行っている。5 年以上前のシフト調整ソフトを使用しているため現在の人数に対応しておらず半分以上手で入力を行っている。作成時間は、希望休日の集計をした後、1 日 3~4 時間を 3 日かけて作成するため、10 時間はかかる計算になる。そこから急な勤務ができない日の変更を加味することで、希望休日の集計から 1 週間ほどかかってからスタッフに周知される形になってい

る。このシフト作成は、担当業務が無い場合は勤務時間に作成しているが、概ね月末にバタバタと時間外に作成している状況が続いている。また、作成時間が多くかかる理由として複雑な制約条件が挙げられる。一日の必要人数や責任者の有無など様々な制約条件が、複雑に絡み合っておりシフト作成に時間がかかっている。インタビューにより、シフト作成者に大きな負担とストレスがかかっていることが分かった。

また、シフト作成者が作成する上で意識していることを聞いた。1 番重要視していることは、スタッフの勤務回数になるべく公平になるようなシフトにすることであった。その他、ICU 当番は 1 週間単位でシフトを組むことや救急外来当番を行った日は当直を行うことなどその日の業務を円滑にする工夫をシフトに反映させていることが分かった。

救命救急センターのスタッフに現在のシフトについてのどのような意見を持っているのか、良い点悪い点はどこなのか把握するためアンケート調査を行った。調査方法は質問内容を設定し Google Forms で回答を回収した。得られた回答は 18 件、質問内容を以下に示す。

質問内容

- Q1 現在のシフト (勤務回数や表示形式等) に満足していますか?
- Q2 Q1 で答えた理由をお書きください。(現在のシフトの良い点、改善点、不満な点) 箇条書きで構いません。
- Q3 シフト作成において重要視してほしい点は何ですか? 箇条書きで構いません。

Q1 の回答結果

- ・はい …… 10
- ・いいえ …… 8

Q2 の回答結果 (一部抜粋)

良い点	悪い点
<ul style="list-style-type: none"> ・ 表示形式 ・ 完成が早い ・ ヘリ番やラピッドカーなど平等に振り分けられている 	<ul style="list-style-type: none"> ・ シフト表見にくい (フリー、外勤) ・ 勤務回数のバランス ・ 週単位での業務を組んでほしい ・ 完成が遅い

Q3 の回答結果 (一部抜粋)

- ・ 土日の勤務回数
- ・ 当番の平等性
- ・ 休日をまとめて取ること

・週単位での勤務

Q1の結果から現在のシフト表の満足度は、いいと思っている人と悪いと思っている人が半分に分かれていることが分かった。Q2の結果では、それぞれ感じていることに個人差があり、良い点と悪い点両方に同じ回答が出されていた。Q3の結果では、それぞれの重要視してほしいことが分かった。このアンケート結果からシフト作成の際に、公平性がどれくらいなのか可視化すること、当番の組み合わせと週単位でのチーム編成をすることが求められており、重要視することとした。

5. 焼きなまし法 (Simulated Annealing 法, 以下 SA 法)

SA 法とは、最適解を探索する際に局所最適解に陥らないように、ある確率で現在の解よりも悪くなるような移行を許し、その確率を温度で制御している方法である。

5.1 制約条件

本研究で対象とした救命救急センターにおける制約条件を Table 4 に記す。これらの制約条件には、完全に守らなければいけない制約 (絶対制約) と、極力守った方が良くとされる制約 (評価制約) が存在している。

Table 4 本研究で対象とした救命救急センターの制約条件

必要人数に関する制約	1) 日勤で平日の必要スタッフ人数が 11~14 人 2) 日勤で土日祝日の必要スタッフ人数が 10 人 3) 夜勤の必要スタッフ人数が 3 人 4) ドクターヘリ当番に 1~2 名が担当, 人数が足りなければ 1 名でも可能 5) 救急外来当番に 2~3 名が担当, ただし専修医は人数に含めない 6) ICU 当番に 3~4 名が担当, 専修医の人数も含める 7) 一般病棟当番に 2 名が担当, ただし一般病棟の管理者は人数に含めない 8) 整形外科当番に 3 名が担当, 専修医の人数も含める. 専修医以外の 2 名は整形外科のみを担当するスタッフである 9) 当直当番に 2 名が担当 10) ラピッドカー当番に 1 又は 2 名が担当
責任者に	11) ドクターヘリ当番に Flight Doctor が 1

関する制約	人必要 12) 救急外来当番に Educator が 1 人必要 13) ICU 当番に Leader が 1 人必要 14) 当直当番に Educator が 1 人必要 15) ラピッドカー当番に Educator 又は Trainee が 1 人必要
専修医に関する制約	16) 専修医 2 年目は救急外来当番, ICU 当番, 整形外科当番を 1 ヶ月毎に交代して勤務する 17) 救急外来当番の専修医はドクターヘリ当番が足りない場合担当することができる
土日祝日の勤務に関する制約	18) 土日祝日はラピッドカーを運用しないため, 土日祝日のラピッドカー当番は 3 人目の当直当番になる 19) 土日祝日の当直当番は Observer でも可能 20) 整形外科のみを担当するスタッフは, 月に 1 回ドクターヘリ当番を行う
当番組み合わせに関する制約	21) 救急外来当番を担当するスタッフが当直当番を担当する 22) ドクターヘリ当番を担当する Trainee がラピッドカー当番を担当する 23) ICU 当番を担当するスタッフは木曜日を起点として 1 週間極力同じスタッフで業務を行う, ただし休日でいないスタッフがいる場合は他のスタッフが業務を行うことが可能
休日に関する制約	24) スタッフが希望した NG 日は休日にする 25) 月の土日の 4 日間を休日にするのが可能
働き方改革に関する制約	26) 原則スタッフ全員日勤業務から開始 27) 連続勤務時間 28 時間まで(日勤を行った後夜勤業務を行い, その後日勤業務を行うことができない) 28) 業務間インターバル 9 時間(夜勤を行った後続けて日勤業務を行うことができない) 29) 月当り時間外労働 < 100 時間(時間外労働 = 平日の夜勤業務, 土日祝日の日勤夜勤業務) 30) 日勤業務・夜勤業務の回数をできるだけ

け平等にする

5.2 SA 法の流れ

SA 法は, Fig. 2 の流れで実行する. 初めに初期シフトを生成する. その後, スタッフの選択, 交換, シフトの評価, 比較, 採用を一連の流れとして終了条件が満たされるまで繰り返し行う. 各動作については以降で述べる.

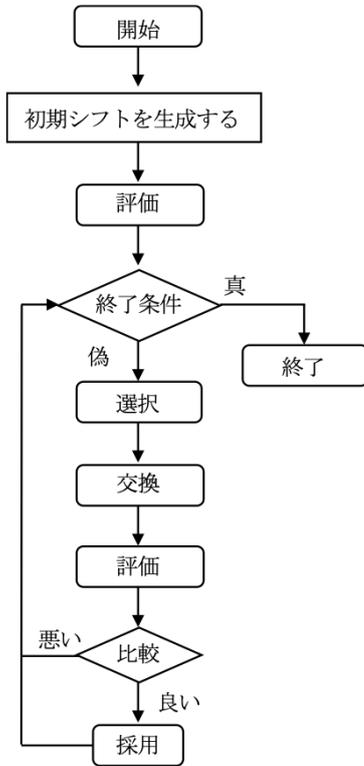


Fig. 2 SA 法の全体フロー

5.2.1 初期シフトの生成

初期シフトの生成とは, 必ず満たさなければいけない制約条件 (絶対制約) を満たした状態のシフトを作成することを指す. 初期シフトを生成せずにランダムに生成したシフトを用いると, 解の候補が増え多様性が生まれ, 解の収束を抑えることができる. しかし, 解の探索空間が広がることで計算時間が大きくなる. 本研究は制約条件が複雑なため, あらかじめ初期シフトを生成することにした.

この初期シフトの生成で満たす絶対制約は Table 4 の 1)~10), 11)~15), 16), 17), 24) が対応する. これらは必要人数に関する絶対制約, 責任者に関する絶対制約, 専修医に関する絶対制約, 休日に関する絶対制約の 4 つに分類できる.

必要人数に関する絶対制約では, 日勤, 夜勤それぞれの当番に必要な人数が担当しているか, 1 日に必要な人数がいるか, 特定のスタッフを人数として数えていることが満たされている. 責任者に関する絶対制約では, 日勤, 夜

勤のそれぞれの当番に責任者が担当していることが満たされている. 専修医に関する絶対制約では, 専修医のスタッフが特定の当番を担当することが満たされている. 休日に関する絶対制約では, スタッフが出した希望の休日が休みになっていることが満たされている.

以上の絶対制約を満たしているものを初期シフトとする.

5.2.2 選択

選択では, 交換する際のスタッフ 2 名の当番を選ぶ. まず, 日勤か夜勤のどちらの業務にするかランダムで選択する. 次に, 選ばれた業務の中からランダムでスタッフを選択する. 最後に, 選ばれたスタッフのどの日にちの当番にするかランダムで選択する. この作業を 2 人分行う. ただし, 2 人目の日勤か夜勤どちらか選ぶ作業は, 1 人目に選ばれた業務と同じものになる.

5.2.3 交換

交換では, 選択されたスタッフの当番を交換する. この交換により新しいシフトが出来上がる. 日勤と夜勤では当番の種類が違うことから, 日勤は日勤同士, 夜勤は夜勤同士で交換する. ただし, この選ばれている当番がどちらも休日同士である場合は交換されない.

5.2.4 評価

Table 4 の制約条件を基に, 評価関数を設定する. 本研究では, 縦にスタッフ, 横に日付を並べた 2 次元配列で解を表現する. そこで, 横の制約としてスタッフ k に関する評価値 F_k , 縦の制約として日付 d における評価値を H_d とする. どちらも制約違反に対して, ペナルティ値を加算する方式をとる. この評価関数の中に初期シフトで満たした絶対制約を評価関数としたものがある. その評価関数にペナルティ値が加算された場合, 大きい点数に設定され比較の時に採用されないようにしている.

スタッフ k の評価値

評価値 F_k は, スタッフ総数 S だけ求められ, 以下のよう

- ・日勤回数に関する評価関数 $\dots FA_k$
- ・夜勤回数に関する評価関数 $\dots FB_k$
- ・インターバルに関する評価関数 $\dots FC_k$
- ・休日に関する評価関数 $\dots FD_k$
- ・時間外労働に関する評価関数 $\dots FE_k$

$$F_k = FA'_k \cdot w_1 + FB'_k \cdot w_2 + FC'_k \cdot w_3 + FE'_k \cdot w_4 \quad (1)$$

で表すことができる. FD_k は絶対条件であり, 違反すると探索終了とするため式(1)には入れない. 式(1)は各評価関数で求めた評価点を標準化し, 各重要度により重み付

けを変え、加算した評価点である。以下に、各項目に関する評価関数の詳細を記す。

日勤回数に関する評価関数 (FA_k)

Table 4の制約30)より、日勤業務の回数を平等にしていきたい。実際に割り当てられた日勤回数をDC_k、スタッフ総数Sの平均日勤回数をADC_s、として、実際の回数と平均回数との差を評価する。なお、回数の差は、多くても少なくても好ましくはなく、ある個所に大きな差が偏らないのが望ましいために、相違差を二乗した評価を行う。

$$FA_k = (DC_k - ADC_s)^2 \quad (2)$$

夜勤回数に関する評価関数 (FB_k)

日勤回数に関する評価関数と同様に、実際に割り当てられた夜勤回数をNC_k、スタッフ総数Sの平均夜勤回数をANC_s、として、実際の回数と平均回数との差を評価する。

$$FB_k = (NC_k - ANC_s)^2 \quad (3)$$

インターバルに関する評価関数 (FC_k)

Table 4の制約27), 28)詳細を表5に示す。表5は2日間の勤務並びに対して、その割り当てが制約違反かを○×の記号で表している。例えば、「日勤—夜勤(当直)」の並びは割り当て可能となっているが、順番を入れ替えた「夜勤(当直)—日勤」の並びは制約違反となっている。評価値WL_dは、Table 5より、○の場合0、×の場合1となる関数である。

$$FC_k = \sum_{d=1}^{D>d} WL_d \quad (4)$$

Table 5 2日間の勤務並びの可否

	日勤	夜勤 (当直)	休暇	フリー
日勤	○	○	○	○
夜勤 (当直)	×	×	○	○
休暇	○	○	○	○
フリー	○	○	○	○

休日に関する評価関数 (FD_k)

Table 4の制約24)より、スタッフが希望したNG日を休日にしなければならない。この制約を満たされている時には0、満たされていない場合は1となる関数である。このFD_kという評価関数は、絶対制約であるため値が1になると採用できるシフトとして扱われなくなる。

時間外労働に関する評価関数 (FE_k)

Table 4の制約29)より、月当たりの時間外労働時間を100時間未満にしていきたい。スタッフkの時間外労働時間をOT_kとして、実際の時間外労働時間と基準である100

時間との差を評価する。

$$FE_k = OT_k - 100 \quad (5)$$

ただし、OT_kは、平日の夜勤業務の時間、土日祝日の日勤と夜勤業務時間を足し合わせた値である。

評価関数の合計値であるF_kを使用して、スタッフS人のペナルティ平均値は、式(6)となる。

$$\bar{F} = \frac{\sum_{k=1}^S F_k}{S} \quad (6)$$

日付dの評価値

評価値は、1ヶ月間の日数Dだけ求められ、以下のよう

- ・各当番の人数 (必要, 最大) に関する評価関数・HA_d
- ・責任者に関する評価関数・・・HB_d
- ・整形外科に関する評価関数・・・HC_d
- ・当番組み合わせに関する評価関数・・・HD_d
- ・ICUのチーム編成に関する評価関数・・・HE_d

$$H_d = HD_d' \cdot w_5 + HE_d' \cdot w_6 \quad (7)$$

で表すことができる HA_d HB_d HC_dは絶対条件であり、違反すると探索を終了とするため式(7)には入れない。式(7)は各評価関数で求めた評価点を標準化し、各重要度により重み付けを変え、加算した評価点である。以下に、各項目に関する評価関数の詳細を記す。

各当番の人数 (必要, 最大) に関する評価関数 (HA_d)

Table 4の制約1)~10)より、各当番に必ず必要な人数が割り当てられていなければならない。さらに、スタッフが余剰にならないように最大人数を超えてはいけない。この制約を満たされている時には0、満たされていない場合は1となる関数である。このHA_dという評価関数は、絶対制約であるため値が1になると採用できるシフトとして扱われなくなる。

責任者に関する評価関数 (HB_d)

Table 4の制約11)~15)より、各当番に必ず必要な責任者が割り当てられていなければならない。この制約を満たされている時には0、満たされていない場合は1となる関数である。このHB_dという評価関数は、絶対制約であるため値が1になると採用できるシフトとして扱われなくなる。

整形外科に関する評価関数 (HC_d)

Table 4の制約8), 16)より、整形外科当番は特定のスタッフが担当しなければいけない。この制約を満たされている時には0、満たされていない場合は1となる関数である。このHC_dという評価関数は、絶対制約であるため値が1になると採用できるシフトとして扱われなくなる。

当番組み合わせに関する評価関数 (HD_d)

表4の制約21), 22)より, 1日の業務が円滑に進むような当番の組み合わせにしていきたい. 表4の制約21)を満たしていない場合ペナルティ値 EDC_d が加算される. 表4の制約22)を満たしていない場合ペナルティ値 DRC_d が加算される.

$$HD_d = EDC_d + DRC_d \quad (8)$$

ICUのチーム編成に関する評価関数 (HE_d)

Table4の制約23)より, ICU当番を担当するスタッフをなるべく1週間担当させたい. 1週間の基準となるICUスタッフ4人を SIC , d 日のICUスタッフ4人を TIC_d とする. 評価値 HE_d は, SIC が TIC_d と一致したら0, 一致していない場合制約違反で人数分がペナルティ値になる.

評価関数の合計値である H_d を使用して, 1ヶ月の日数 D 日分のペナルティ平均値は, 式(9)となる.

$$\bar{H} = \frac{\sum_{d=1}^D H_d}{D} \quad (9)$$

式(6)と式(9)の和をとることで, 各スタッフのペナルティ値と各日のペナルティ値を統合した目的関数式(11)が得られる.

$$\text{Minimize } \bar{F} + \bar{H} \quad (10)$$

5.2.5 比較・採用

比較・採用では, 交換前シフトの評価値 E と交換後シフトの評価値 E' を基に双方を比較し, 評価値が小さい方を現在解として採用するが, 局所解を防ぐために改悪解をある確率 p で受理する(改悪受理確率 p). 改悪受理確率 p は差分 $\Delta E (= E' - E)$ および温度パラメータ T を基に, *Metropolis*⁷⁾ 基準を用いて求める. 確率 p は, 改悪幅 ΔE が小さいほど高く, また, 温度パラメータ T が大きいほど高いという特徴を持つ⁸⁾.

$$P = \begin{cases} 1 & \text{if } \Delta E \leq 0 \\ \exp(-\frac{\Delta E}{T}) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (11)$$

交換後シフトの評価値 E' が改良方向へ生成された場合 ($E > E'$) または改悪受理確率 p により改悪解が受理された場合, それに加えてシフト上の守られるべき制約「絶対制約」が満たされている場合のみシフトを採用する.

5.2.6 終了条件

初期温度を T , 冷却確率を $cool$, 停止条件を $step$ と設定する.

$$T' = T \times cool \quad (11)$$

一連の処理が終わった後, 式(11)より, 温度 T の温度を下げっていく. 終了条件は, $T < step$ であり満たされたら処理が終了し, 満たされなかったらループされる.

6. 実験結果

今回の実験で使用した計算環境は以下の通り.

- PC : iMac
- CPU : Intel Core i7(4GHz)
- メモリ : 32GB
- OS : macOS Mojave
- 開発環境 : Python3.7

$T = 1000000000000$, $cool = 0.9998$, $step = 0.0001$, $w_1=30$, $w_2=80$, $w_3=30$, $w_4=100$, $w_5=100$, $w_6=100$ と主観的に設定し実行した. ループ処理(探索)の回数は184189回で計算時間は約5時間かかった. 実際に出力したシフトを Fig. 4, 5に示す. Fig. 6は, 絶対制約を満たしていたら○, 満たされていなかったら×の表示を出力したものである. 全て○がついていたため絶対制約を満たしたシフトである. 探索回数と評価値の推移を Fig. 7に示す. 最初の探索では, 2500 近辺を移動していたが, 12500 回を超えたあたりから評価値が下がり始めより良いシフトに移行されたことが分かる.

	1101(Friday)	1102(Saturday)	1103(Sunday)	1104(Monday)	1105(Tuesday)	1106(Wednesday)	1107(Thursday)
上級A	ドクヘリ	***	***	***	***	救急外来	救急外来
上級B	**_	***	***	救急外来	ドクヘリ	***	***
上級C	***	ドクヘリ	**_	*_	***	***	***
上級D	ICU	***	ドクヘリ	***	ICU	ICU	ICU
上級E	***	***	***	***	***	***	***
上級F	救急外来	***	救急外来	ドクヘリ	救急外来	***	***
上級G	***	***	***	***	(待機)	***	***
上級H	***	ICU	***	ICU	***	ICU	一般病棟
上級I	ICU	救急外来	***	***	ICU	***	***
上級J	一般病棟	***	ICU	***	***	ドクヘリ	ドクヘリ

Fig. 4 出力したシフト表 パターン1(一部)

	1101(Friday)	1102(Saturday)	1103(Sunday)	1104(Monday)	1105(Tuesday)	1106(Wednesday)	1107(Thursday)
上級A	(待機)	***	***	***	***	ドクヘリ	救急外来
上級B	ドクヘリ	***	***	ドクヘリ	(待機)	***	***
上級C	***	ドクヘリ	ドクヘリ	**-	***	***	***
上級D	救急外来	***	*--	***	ICU	ドクヘリ	ドクヘリ
上級E	***	***	***	***	***	***	***
上級F	(待機)	***	救急外来	救急外来	ドクヘリ	***	***
上級G	***	***	***	***	(待機)	***	***
上級H	***	ICU	***	ICU	***	ICU	ICU
上級I	ICU	救急外来	***	***	ICU	***	***
上級J	一般病棟	***	ICU	***	***	ICU	ICU

Fig. 5 出力したシフト表 パターン2(一部)

記号の種類

当番：ドクヘリ，救急外来，ICU，一般病棟，整形外科，当直，ラピッド，待機，*** (希望休日)，
 **-(当直明け休日)，*--(休日)

	1101(Friday)	1102(Saturday)	1103(Sunday)	1104(Monday)	1105(Tuesday)	1106(Wednesday)	1107(Thursday)	1108(Friday)	1109(Saturday)	1110(Sunday)	1111(Monday)
必要人数	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
スキルバランス	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
整形外科担当	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
担当可能スタッフ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Fig. 6 絶対制約確認表(一部)

必要人数：各当番の人数（必要，最大）に関する評価

スキルバランス：責任者に関する評価

整形外科担当：整形外科に関する評価

担当可能スタッフ：休日に関する評価

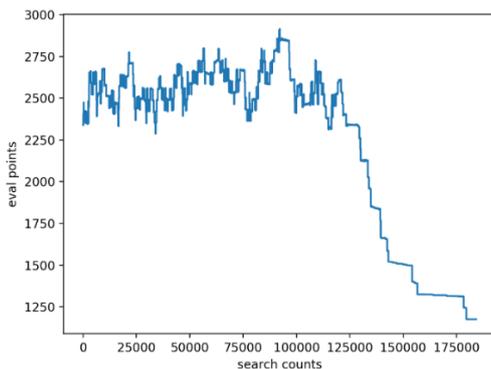


Fig. 7 探索回数と評価値の推移

7. 現在使われているシフトと自動で作ったシフトの比較

シフト作成者が作った現在使われているシフトの一部を Fig. 8 に示す.

	11/10	11/11	11/12	11/13	11/14	11/15	11/16
当番							
ICU							
4W							
救外							
Dr. Hill							
救外+Rapid Car							
フリー							
急病							
随室当番							
院内研修							
フォローアップ外来							
【その他が決定】							
【MEMO】							

スタッフ名

Fig. 8 実際に使われているシフト(一部)

現在使われているシフトと自動で作ったシフトの比較方法は、評価制約のみを比較し、評価する項目は、日勤回数、夜勤回数、インターバル、時間外労働、当番組み合わせ、ICU のチーム編成の6つとする。ICU のチーム編成以外の項目は評価関数と同じポイントとし、ICU のチーム編成は異なる評価を行う。

新しい ICU のチーム編成の評価方法は、1 週間で ICU 業務をした人数(被り含む)を IC とし、これを 1 週間で ICU 業務をした人数(被り含めず)の NIC で割る。1 週間で 4 人で担当した場合ペナルティ値を 0 にしたいため 7 を引く。これを 4 週間分足し合わせたものを ICU のチーム編成のポイントとする。

比較するシフトはどちらも 11 月のシフトとした。Table 6 に各 11 月のシフトのポイントを示す。

Table 6 より、日勤、夜勤回数共に現在使われているシフトの方が、値が大きく低いため自動で作ったシフトよりも良いシフトと言える。時間外労働も同様に現在使われているシフトの方が良いシフトと言える。インターバルを比較するとそれほど変わらないポイントとなっている。重みを付けた当番組み合わせと ICU のチーム編成を比較すると、大きくポイントが変わらない結果となった。全ての評価で現在使われているシフトの方が、ポイントが低く自動で作ったシフトよりも良いシフトと言える。

Table 6 11 月ポイント比較表

	現在使われているシフト	自動で作ったシフト
日勤回数 (FA_k)	656.1	930.7
夜勤回数 (FB_k)	36.0	98.3
時間外労働 (FE_k)	-839.5	-540.0
インターバル (FC_k)	2	7
当番組み合わせ (HD_d)	51	57
ICU チーム編成	21.7	25.4

8. まとめ

全ての絶対制約が満たされ、病院として運営可能なシフトを生成することができた。また、1 週間ほどかけて作成していたシフトを 5 時間で出力することができ、研究目的であったシフト作成者の負担を軽減することができた。しかしながら評価制約を全て満たすことができず、スタッフの QOL があまり考慮されていないシフトであることがわかった。

今後の課題として、シフト作成者や救命スタッフとさらにコンタクトをとり、スタッフ個人に対する重み付けや全体的な重み付けのチューニングが必要である。また、本研究では Python を用いて実装したが、ライブラリの活用などで探索時間の更なる短縮を図る必要もある。

参考文献

- 1) https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/other-isei_469190.html
- 2) 沖本天太, 平山勝敏, 番原睦則, 井上克巳: レジリエントなナース・スケジューリング問題, 第 17 回科学技術フォーラム, 37/40 (2018)
- 3) 元長愛: 休日を指定したナーススケジューリング問題の遺伝アルゴリズムによる解法, 高知工科大学 情報学群 学士論文(未公刊) (2014)
- 4) 木瀬洋: (8): スケジューリング問題に対するシミュレーテッドアニーリング法 (1998)
- 5) N. Metropolis, A. Rosenbluth, M. Rosenbluth, A. Teller, E. Teller: Equation of state calculation by fast computing machines. Journal of Chemical Physics, 23(1953)
- 6) 柴田 優, 三木 光範, 廣安 知之: シミュレーテッドアニーリングプログラミングにおける温度スケジュールの自動化, 同志社大学理工学研究報告, 48, 3, 203/211 (2007)