

最適化手法による介護士勤務表の作成

2016SS003 旭涼輔 2016SS068 城田圭亮

指導教員：小市俊悟

1 はじめに

本研究は、医療組織 M に所属する介護士・看護師の勤務スケジュール作成の効率化を目的とした研究である。医療組織 M は、名古屋市の地域医療病院を運営し、その病院は、内科・整形外科・皮膚科・リハビリステーション科の 4 つの科から成っている。また、訪問介護や住宅介護支援なども行い、地域医療に貢献している。スケジュール作成の対象となる看護師・介護士は、総勢 21 名である。現状では、勤務スケジュール作成を担当している介護士または看護師の 1 人が手作業で作成しているため、時間もかかり、負担が非常に大きい。働き方改革が叫ばれる中で、このような現状を踏まえ、システム化できる業務はシステム化することで業務の効率化を図ることが求められている。また、システム化にあたって、「最適な」スケジュールを作成することを目指し、人件費の削減や、休日希望の充足など労働の質向上に繋げる。具体的には、勤務スケジュールの作成を線形整数計画法を用いた最適化により自動化することで、これらの目的を達成する。

2 勤務スケジュールについて

現在までに医療組織 M の担当者と 2 回打ち合わせを行い、勤務スケジュールが満たすべき条件や望ましいとされる事項を調査している。次は、そのような条件に関わる介護士・看護師の属性に関する説明である。

- 勤務形態には、常勤・嘱託・パートがある。
- 勤務体制には、夜勤明け (1)・日勤 (2)・夜勤 (3)・早番 (ハ)・遅番 (オ)・有給休暇 (有)・休暇 (休)・半日休暇 (0.5 休)・特別休暇 (特休)・慶弔・誕生日休暇 (誕生)・研修がある。かつこ内は、あとで用いる略号である。
- 対象となるグループホームは、二つの棟 (I 棟・II 棟) に別れており、21 名の介護士・看護師には、それぞれ主に担当する棟が割り当てられている。
- 介護士には、その経験等に応じた業務レベル A・B・C・その他 (×) がある。レベル C が 1 番高く、レベル A が 1 番低い。その他 (×) は例外的な業務レベルである。
- 管理者 (全体で 1 名)、計画作成者 (各棟に 1 名) がいる。
- (訪問介護に際して) 運転の可否。

これらの属性に応じて、下記のような制約がある。まず、厳格に守られる制約として、次が挙げられる。

- 勤務体制ごとに最低限必要な人数が定められている。

- 嘱託・パートには別に希望する勤務日数があり、常勤のそれを超えない。
 - 夜勤を担当した場合は続けて夜勤明けを担当する。
 - 夜勤明けを担当した翌日は休日とする。
 - レベル A の介護士のみで勤務に当たらない。
- 一方で、下記は原則として満たすべき制約としており、実際のところ、スケジュールを組むために柔軟に対応している。
- 常勤には、法令等に準じて、各月について、あらかじめ設定された勤務日数がある。
 - 遅番を担当した翌日に早番を担当することは避ける。
 - 看護師が不在となる日がない。
 - 夜勤は、主に担当する棟に関して、各棟から 1 名が出て、当たるようにする。

このような制約の下に作成される勤務スケジュールに望まれていることは、休日の希望をなるべく満たすことである。勤務スケジュールの作成に先立ち、介護士・看護師はそれぞれ 1 ヶ月あたり 5 日までの希望日を提示できる。この希望は可能な限り応じ、原則として所定の日数以上の休暇を与えることにしている。

表 1 は、対象となった 21 名の介護士・看護師の属性をまとめたものである。勤務日数の欄に、常勤であるか、そうでなければ、希望する勤務日数が記入されている。備考には、例外的な、さらに細かい条件が記載されている。

表 1 介護士・看護師の属性

スタッフ名	レベル	勤務日数	運転	備考
K.T	C	常勤	×	なし
Y.I	C	常勤	×	II 棟勤務×
K.H	A	常勤	×	なし
K.K	C	16 日位	×	なし
H.M	×	16 日位	×	なし
M.S	B	常勤	○	なし
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
S.S	A	常勤	○	なし
Y.O	C	16 日位	○	なし
M.H	C	制限なし	○	なし
K.N	B	制限なし	×	日、祝日休
M.O	×	制限なし	×	なし
T.I	×	10 日	×	なし

3 整数計画モデル

3.1 記号の定義

定式化のために、下記で定義される集合を用いる。

- H : 介護士・看護師の集合
- H_I : I棟を主担当とする者の集合
- H_{II} : II棟を主担当とする者の集合
- H_1 : 業務レベルがAである介護士の集合
- H_2 : 業務レベルがBである介護士の集合
- H_3 : 業務レベルがCである介護士の集合
- H_x : 業務レベルがその他である介護士の集合
- F : 常勤の集合
- S : 嘱託の集合
- P : パートの集合
- M : 管理者の集合
- K_I : I棟計画作成者の集合
- K_{II} : II棟計画作成者の集合
- O_I : I棟の担当が不可である介護士の集合
- O_{II} : II棟の担当が不可である介護士の集合
- N : 看護師の集合
- D : 運転可能者の集合
- $W = \{1, 2, 3, \text{ハ}, \text{オ}, \text{休}, \text{有}, 0.5 \text{休}, \text{特休}, \text{慶弔}, \text{誕生}, \text{研修}\}$: 勤務体制を表す集合
- $W_b = \{1, 2, 3, \text{ハ}, \text{オ}, \text{有}\}$: 有給休暇を含む勤務扱いの勤務体制の集合
- $W_t = \{1, 2, 3, \text{ハ}, \text{オ}\}$: 有給休暇と研修を含まない、実働を伴う勤務体制の集合
- $W_c = W \setminus W_t$: 休暇と研修の集合
- $T = \{1, 2, \dots, L\}$: 作成対象となる日にちを表す集合 (L は月による)
- $T_1 = \{0, 1, 2, \dots, L-1\}$: 先月の最終日から月の最終日を除いた日にちを表す集合
- T_2FS : 先月の最後4日から最後から4日目までの集合
- T_2P : 先月の最後4日から最後から2日目までの集合
- $D_3 = \{1, 2, 3\}$: 連続3日を表すのに使用する集合
- $D_5 = \{1, 2, 3, 4, 5\}$: 連続5日を表すのに使用する集合

定式化のために、下記で定義されるバイナリ変数を用いる。

$$x_{idw} = \begin{cases} 1 & \text{: 介護士・看護師 } i \text{ が第 } d \text{ 日に} \\ & \text{勤務体制 } w \text{ を取る} \\ 0 & \text{: 上記以外} \end{cases}$$

$$y_{id} = \begin{cases} 1 & \text{: 介護士・看護師 } i \text{ が第 } d \text{ 日に休暇を取る} \\ 0 & \text{: 上記以外} \end{cases}$$

$$n_d = \begin{cases} 1 & \text{: 第 } d \text{ 日に看護師がいない} \\ 0 & \text{: 上記以外} \end{cases}$$

$$o_{id} = \begin{cases} 1 & \text{: 介護士・看護師 } i \text{ が第 } d \text{ 日に所定日数を} \\ & \text{超過して連続勤務する} \\ 0 & \text{: 上記以外} \end{cases}$$

$$s_d = \begin{cases} 1 & \text{: 第 } d \text{ 日の夜勤が同一棟の担当者である} \\ 0 & \text{: 上記以外} \end{cases}$$

$$c_{id} = \begin{cases} 1 & \text{: 介護士 } i \text{ が第 } d \text{ 日に遅番を務め、} \\ & \text{第 } d+1 \text{ 日に早番を務める} \\ 0 & \text{: 上記以外} \end{cases}$$

定式化のために、下記で定義される非負整数変数を用いる。

- z_i : 介護士・看護師 i が繰越す未消化の所定休日日数
- u_i : 介護士・看護師 i が希望以上に働かなければならない日数
- v_i : 介護士・看護師 i の勤務日数が希望もしくは目標日数に満たない日数

定式化のために、下記で定義されるパラメータを用いる。

$$h_{id} = \begin{cases} 1 & \text{: 介護士・看護師 } i \text{ が第 } d \text{ 日に休日を希望している} \\ 0 & \text{: 上記以外} \end{cases}$$

3.2 目的関数

目的関数として、次を設定する。目的関数の中の $\alpha, \beta, \gamma, \eta, \xi, \phi, \psi$ は調整パラメータであり、現在のところ、 $\alpha = \beta = \gamma = 1, \eta = \xi = \phi = \psi = 30$ に設定している。

$$\max \quad \alpha \sum_{i \in H, d \in T} h_{id} y_{id} - \beta \sum_{i \in H} z_i - \gamma \sum_{d \in T} n_d - \eta \sum_{d \in T} s_d - \xi \sum_{i \in H, d \in T_1} c_{id} - \phi \sum_{i \in H} u_i - \psi \sum_{i \in H} v_i$$

符号を含めずに考えたとき、目的関数の各項は、次のような性質を持つ。符号を含めると、それが目的関数の最大化に対して寄与するので、望ましいということになる。

第1項: 休日を希望した日と実際の休日が一致するほど大きい。

第2項: 所定の休日日数に対し、未消化の休日日数が少ないほど小さい。

第3項: 看護師が不在である日が少ないほど小さい。

第4項: 夜勤担当が、主担当の棟に関して、同一の棟から出ている日が少ないほど小さい。

第 5 項: 遅番の翌日に早番となる回数が少ないほど小さい。

第 6 項: 介護士が、希望もしくは所定日数以上に勤務する日数が少ないほど小さい。

第 7 項: 勤務希望日数に満たない日が少ないほど小さい。

3.3 制約条件

制約条件については、紙面に限りがあるので、この問題に特徴的なものについてのみ記載する。

第 d 日の勤務体制に関する制約

第 d 日に取れる勤務体制は 1 つであることを表す制約式。

$$\sum_{w \in W} x_{idw} = 1 \quad (d \in T, i \in H) \quad (1)$$

第 d 日の日勤の担当者に関する制約

第 d 日の日勤 (2) について、I 棟で 1 名以上、II 棟で 2 名以上が必要であることを表す制約式。

$$\sum_{i \in H_I} x_{id2} \geq 1 \quad (d \in T) \quad (2)$$

$$\sum_{i \in H_{II}} x_{id2} \geq 2 \quad (d \in T) \quad (3)$$

第 d 日の日勤 (2) の担当者は管理者を除いて、4 名以下であることを表す制約式。

$$\sum_{i \in H \setminus M} x_{id2} \leq 4 \quad (d \in T) \quad (4)$$

第 d 日の早番と遅番の担当者に関する制約

第 d 日に早番 (ハ) と遅番 (オ) について、2 名が必要であることを表す制約式。

$$\sum_{i \in H} x_{idw} = 2 \quad (d \in T, w \in \{\text{ハ}, \text{オ}\}) \quad (5)$$

第 d 日の早番 (ハ) と遅番 (オ) について、I 棟、II 棟担当者はそれぞれ 1 名までということを表す制約式。

$$\sum_{i \in H_I} x_{idw} \leq 1 \quad (d \in T, w \in \{\text{ハ}, \text{オ}\}) \quad (6)$$

$$\sum_{i \in H_{II}} x_{idw} \leq 1 \quad (d \in T, w \in \{\text{ハ}, \text{オ}\}) \quad (7)$$

第 d 日の早番 (ハ) と遅番 (オ) について、I 棟担当不可者だけにならないようにすることを表す制約式。

$$\sum_{i \in O_I} x_{idw} \leq |O_I| - 1 \quad (d \in T, w \in \{\text{ハ}, \text{オ}\}) \quad (8)$$

第 d 日の夜勤と夜勤明けの担当者に関する制約

第 d 日の夜勤明け (1)、夜勤 (3) とともに、2 名が必要であることを表す制約式。左辺は、 w で指定される勤務体制を務める人数である。

$$\sum_{i \in H} x_{idw} = 2 \quad (d \in T, w \in \{1, 3\}) \quad (9)$$

第 d 日の夜勤明け (1) と夜勤 (3) について、I 棟担当不可者だけにならないようにすることを表す制約式。

$$\sum_{i \in O_I} x_{idw} \leq |O_I| - 1 \quad (d \in T, w \in \{1, 3\}) \quad (10)$$

同一の棟を主担当とする介護士から夜勤が 2 名出ているときに、 s_d を 1 にする制約式。左辺は、この条件を満たすときに 2 となるので、右辺の s_d が 1 となる。

$$\sum_{i \in H_I} x_{id3} \leq s_d + 1 \quad (d \in T) \quad (11)$$

$$\sum_{i \in H_{II}} x_{id3} \leq s_d + 1 \quad (d \in T) \quad (12)$$

夜勤と夜勤明けの連続に関する制約

月の最終日を除く第 d 日において、夜勤 (3) を務めた場合は、続く第 $d+1$ 日に夜勤明け (1) を務めることを表す制約式。第 d 日に左辺を 1 とする場合、すなわち、夜勤を務める場合は、右辺も 1 となる、すなわち、第 $d+1$ 日に夜勤明けを務めることになる。

$$x_{id3} = x_{i(d+1)1} \quad (d \in T_1, i \in H) \quad (13)$$

夜勤明けを務めた翌日を休日とする制約

月の最終日を除く第 d 日に夜勤明け (1) と務めた場合に、第 $d+1$ 日は、休日とする。第 d 日に夜勤明け (1) と務めた場合、左辺は 1 となるので、このとき、右辺も 1、すなわち、第 $d+1$ 日には休日に相当する勤務体制 W_c のいずれかを選択することになる。

$$x_{id1} \leq \sum_{w \in W_c} x_{i(d+1)w} \quad (d \in T_1, i \in H) \quad (14)$$

遅番の翌日に早番を務めることに関する制約

介護士 i が、月の最終日を除く第 d 日に遅番を務め、第 $d+1$ 日に早番を務める場合に、 c_{id} を 1 とする制約式、ならびに、それ以外の場合に c_{id} を 0 とする制約式。式 (15) において、遅番に続いて早番となるとき、左辺は 1 となるので、右辺の c_{id} も 1 となる。一方、式 (16) において、遅番に続いて早番とならなければ、左辺は 1 以下となるので、右辺の c_{id} は 0 となる。

$$x_{id\text{オ}} + x_{i(d+1)\text{ハ}} - 1 \leq c_{id} \quad (d \in T_1, i \in H) \quad (15)$$

$$x_{id\text{オ}} + x_{i(d+1)\text{ハ}} \geq 2c_{id} \quad (d \in T_1, i \in H) \quad (16)$$

原則を破るような「遅番 (オ) の翌日に早番 (ハ) を務める」回数を全体で月に 4 回までに制限する制約式。

$$\sum_{d \in T_1} c_{id} \leq 4 \quad (i \in H) \quad (17)$$

連続勤務に関する制約

常勤・嘱託介護士と看護師に関して、4日以上となる連続勤務が発生する回数を数えるための制約式。介護士または看護師 i について、連続する5日間に休日が含まれない場合、 o_{id} が1となる。

$$o_{id} + \sum_{u \in D_5, w \in W_c} x_{i(d+u)w} \geq 1 \quad (i \in F \cup S \cup N, d \in T_2FS) \quad (17)$$

常勤・嘱託介護士と看護師に関して、連続勤務の原則を破る回数が月に0回以下ということを表す制約式。左辺は、この原則を破った回数である。

$$\sum_{d \in T_2FS} o_{id} \leq 0 \quad (i \in F \cup S \cup N, d \in T_2FS) \quad (18)$$

パート介護士に関して、2日以上となる連続勤務が発生する回数を数えるための制約式。

$$o_{id} + \sum_{u \in D_3, w \in W_c} x_{i(d+u)w} \geq 1 \quad (i \in P, d \in T_2P) \quad (18)$$

パート介護士に関して、連続勤務の原則を破る回数が月に2回以下ということを表す制約式。

$$\sum_{d \in T_2P} o_{id} \leq 2 \quad (i \in P, d \in T_2P) \quad (19)$$

介護士・看護師の希望する条件に関する制約

介護士・看護師に関して、月の希望勤務日数を超えた日数を数えるための制約式。

$$\sum_{d \in T, w \in W_b} x_{idw} - (\text{月の希望勤務日数}) \leq u_i \quad (i \in H) \quad (19)$$

看護師・介護士に関して、月の所定または希望勤務日数に満たない日数。

$$\min(\text{各月の日数}, \text{各月の所定勤務日数}) - \sum_{d \in T, w \in W_b} x_{idw} \leq v_i \quad (i \in H) \quad (19)$$

介護士に関して、夜勤の希望がある場合は1、そうでなければ0である。

$$x_{id3} \geq (\text{夜勤希望}) \quad (i \in H, d \in T) \quad (20)$$

先月のスケジュールに関する制約

先月の最後4日のスケジュールを読み込む。先月の最終日を第 L' 日とする。

$$x_{idw} = (\text{先月の第 } (L' + d) \text{ 日のスケジュール}) \quad (d \in \{-3, -2, -1, 0\}, w \in W, i \in H) \quad (20)$$

4 計算実験と結果

提案する整数計画モデルを Python の PuLP[1] を用いて実装した。ソルバーには、デフォルトの COIN-OR Branch&Cut (CBC) を用いた。計算機のスペックは CPU 1.6 GHz デュアルコア Intel Core i5, メモリ 8 GB 2133 MHz LPDDR3 である。計算時間は、約 0.99~1.15 秒であった。これまで、手作業で約3日必要としていたものが1秒程でできるだけでなく、希望休日をなるべく満たした最適なスケジュールを作成できるようになった。

5 おわりに

本研究は、勤務スケジュールの作成を線形整数計画法を用いた最適化により自動化することを目的とし行った。従来は、手作業でスケジュールを作成しており、3日程の時間を要していたが、その作業時間を1秒強とし、大幅に短縮して作業の効率化を実現することができた。作成したシステムを実行するのは、スケジュール作成の担当者である介護士または看護師のため、次のようにすることで専門的な知識がなくても簡単に使用できるようにした。1つ目は、必要な入力 Excel シートに統一した。2つ目は、Kivy[2] を用いた GUI を用意し、スケジュール作成の担当者にとって使いやすいシステムを作成した。今後、さらにユーザビリティを高めるに当たって2点改善したいことがある。1点目は、先月の未消化分の休日を作成時に取り込めるようにすることである。これにより適切なスケジュール作成をすることができる。2点目は、エラー入力がある場合に警告メッセージを出力することである。現状では、制約を満たしていない状態でスケジュール作成すると、勤務体制が入力されていないものや、でたらめな数字が入力されたスケジュールが作成される。システムの実行に関しては、専門的な知識がなくても簡単に使用できるように工夫してあるが、制約を満たしていない場合にエラーメッセージを出せるようにしたい。

参考文献

- [1] 久保幹雄 (編), 並木誠 (著): 『Python による数理最適化入門』, 朝倉書店, 2018年4月.
- [2] 久保幹雄 (編), 原田和也 (著): 『Kivy プログラミング-Python でつくるマルチタッチアプリ-』, 朝倉書店, 2018年6月.