

問題特有の制約違反解消オペレータを用いた 介護施設における勤務スケジュールリングの基礎検討

柏木 一杜^{1,a)} 林 祐作^{1,b)} 小野 智司^{1,c)}

概要: 介護士勤務スケジュールリングは、看護師勤務スケジュールリングと比較して、職員の資格の種類や雇用形態が多様であるために制約条件が複雑である。これらの制約条件と人間関係とを同時に満たす勤務表の作成は難しく、勤務表の作成者は多くの時間と労力を費やしている。本研究では、制約違反解消オペレータを用いた組み合わせ最適化により、介護施設における勤務表を立案する手法を提案する。制約違反解消オペレータは各制約に応じて設計することで、局所解に陥った際の脱出を容易にする点に特徴がある。本論文では、評価実験として、実際の介護施設における勤務表の作成を試みた。

A Preliminary Study on Care Worker Scheduling in Long-term Care Facilities Using Problem-specific Repair Operators

Abstract: Care worker scheduling is more complicated than nurse scheduling due to the variety of qualifications and employment types of staffs. Most care managers spend a lot of time and effort to create a scheduling table that satisfies these constraints and human relationships at the same time. Therefore, this study proposes a care worker scheduling method using a combinatorial optimization algorithm with Problem-specific repair operators. The implemented prototype system was applied to make a monthly schedule of an actual care facility.

1. はじめに

近年、少子高齢化の急速な進展により、介護業界では人材不足の問題が深刻化している [1]。このため、介護職員の離職率の低減化を図ることは、介護業界における重要な課題の 1 つである。介護職員の離職理由の 1 つとして人間関係によるストレスが挙げられており、介護職員の人間関係を考慮した勤務表の作成が求められている。

一方、組み合わせ最適化問題の 1 つとして、看護師の勤務スケジュールリング問題は 1970 年代から研究が行われている [2–6]。看護師勤務スケジュールリングは、法律で定められた条件に従い、各日の必要人数を満たすように看護師の勤務表を決定する組み合わせ最適化問題である [7]。介護士の勤務スケジュールリングは、看護師勤務スケジュール

リングと比較して、資格の保有状況によって、シフトの種類や勤務形態が多様であるため、制約条件の種類が多岐にわたり、より複雑な組み合わせ最適化問題である。このため、介護士の勤務表の作成は困難であり、勤務表の作成者は多くの時間と労力を費やしている。

本研究では、介護施設における介護職員の勤務表を立案する手法を提案する。提案手法は、介護職員のスケジュールリング問題を重み付き制約充足問題 (Weighted Constraint Satisfaction Problem: WCSP) [8] として定式化し、これを解くことで様々な要件を満たす勤務表を立案する。特に、各制約に特化した違反解消オペレータを設計することで、局所解に陥った際の脱出を容易にする点に特徴がある。また、評価実験では、制約違反解消オペレータの導入による効果を明確にし、実際の介護施設における勤務表の作成に提案手法を応用する。

2. 関連研究

人工知能やオペレーションズリサーチの分野では看護師スケジュールリングに関する研究が広く行われてきた。メ

¹ 鹿児島大学大学院理工学研究科情報生体システム工学専攻
Department of Information Science and Biomedical Engineering,
Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima
University, 1-21-40, Korimoto, Kagoshima 890-0065, Japan

a) sc116014@ibe.kagoshima-u.ac.jp

b) sc115096@ibe.kagoshima-u.ac.jp

c) ono@ibe.kagoshima-u.ac.jp

タヒューリスティック・アルゴリズムを用いる手法 [9–11] や、厳密解法による手法 [12] 等が提案されている。串田らの研究では看護師スケジューリング問題に差分進化 (Differential Evolution: DE) を適用し、勤務表の作成者の要求を満たす勤務表を作成する手法を提案している。しかし、適応度が収束するまで多くの世代数を要するという問題点がある。また、池上らの研究では、線形計画に分枝限定法などを組み合わせた解法が模索されているが、看護師の要望などを取入れる余地は今のところ見られない。

一方、自動スケジューリング機能を持つソフトウェアやサービスが市販されており、例えば、勤務表に時間帯ごとの必要な人数を設定し、職員の希望を満たす勤務表を作成するサービスが提供されている^{*1}。また、スケジュールナース^{*2}など、看護師の勤務表を作成するソフトウェアも販売されている。スケジュールナースでは SAT ソルバで厳密解を求める手法により、充足不能の場合も高速で判定することが可能である。Shiftmation^{*3}などの介護施設の勤務表の作成にも対応したツールも提供されている。

しかし、実際には、上記のような自動スケジューリング技術を活用していない施設も多い [13,14]。この理由として、例えば訪問介護の分野では、考慮する項目や機能の不足、膨大な情報の入力必要性、および、作成した勤務表の変更への対応等が挙げられている^{*4}。また、介護施設は、介護福祉施設や介護老人保険施設など複数の種類が存在し、それぞれ考慮すべき制約条件が異なるため、全ての種類の施設に対応しつつ、入力情報を抑えたソフトウェアを開発することは困難である。

3. 提案手法

3.1 基本アイデア

本研究では、介護施設における介護職員の勤務表を立案する手法を提案する。本手法は、介護職員の勤務スケジュールリングを WCSP として定式化することにより勤務表を生成する。各職員の勤務希望、各日の必要職員数、各職員の勤務可能な勤務シフト等の情報を入力として与える。そして、各制約についての違反点数の総和を評価値とし、これを最小化するように最適化を行う。提案する手法は特に、各制約の違反を解消するように違反情報を用いて値の割当てを変更する制約違反解消オペレータを利用する点に特徴がある。汎用のソルバであれば一時的に制約違反を許容しなければ脱出できない局所解であっても、提案手法は制約違反の種類に応じた様々な制約違反解消オペレータを適用することで容易に脱出が可能となる。

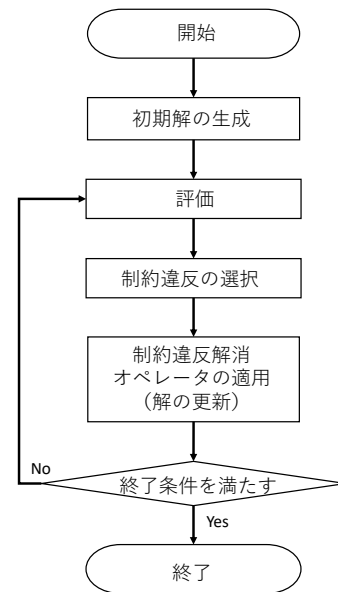


図1 最適化の処理手順

3.2 処理手順

図1に提案手法の処理手順を示す。本手法は、勤務表の生成と評価の繰り返しにより、制約違反点数の総和を徐々に最小化する直接探索手法である。まず、貪欲法の適用、あるいは、過去の勤務表をもとに生成する等の方法により、初期解を生成する。次に生成した初期解に対して制約違反の検知を行う。次に、制約違反の種類や数に応じて目的関数の値を算出する (3.3 節を参照)。制約違反の数や世代数がある一定の基準に達しない場合は、解候補に含まれる制約違反から1つを選択し、選択した制約違反を解消するために、制約違反の種類に応じて制約違反解消オペレータを適用する。オペレータを適用した解に対して制約違反の検知を行い、目的関数値を計算する。最良解に対して目的関数の値が改善された場合は、解を更新する。以上の処理を繰り返し、基準に達する最良解を得るか、規定の繰り返し回数に達した場合は、その時点における最良解を勤務表として出力し、最適化を終了する。

3.3 制約条件と目的関数

初期解の生成後や解を更新する度に、解の品質の評価、すなわち、制約違反の検出を行う。解 x の品質を表す目的関数 $F(x)$ は各制約の制約違反数 $V_i(x)$ と各制約の重み付き線形和として定義する (式 (1))。

$$F(x) = \sum_{i=1}^N w_i V_i(x) \quad (1)$$

表1に制約条件とその重みの一覧を示す。制約条件は強い制約と弱い制約に大別され、前者の違反を含まない解を実行可能解とする。また、本研究では最小化問題として最適化を行うため、目的関数値が低い解ほど良い解となる。

^{*1} <https://airregi.jp/shift/>

^{*2} <https://nurse-scheduling-software.com/>

^{*3} <https://www.shiftmation.com/>

^{*4} これらに加えて管理者の IT リテラシの不足や予算の問題も考えられるが、本稿ではスケジューリング技術側の問題に着目する。

表 1 制約条件及び重みの一覧

番号	条件	重み
制約 1	職員が勤務可能なシフトのみを割り当てる	10 ⁵
制約 2	職員の時間の上限を超えて割り当てを行わない	10 ⁵
制約 3	夜勤は連続する 2 日間に割り当てる	10 ⁵
制約 4	各日に対し必要最小限の人員を割り当てる	10 ⁵
制約 5	夜勤明けの翌日は休暇を割り当てる	10
制約 6	日勤勤務を 4 日以上連続で割り当てない	10
制約 7	希望のシフトを割り当てる	10
制約 8	相性が特に悪い職員同士を同時時間帯に割り当てない	3
	相性が良好でない職員同士を同時時間帯に割り当てない	1
制約 9	制約 5 と 6 の制約違反数の職員間の偏りを減らす	10 ³

3.4 制約違反解消オペレータ

提案手法では、表 1 に示す各制約に対して、その違反を解消するオペレータを設ける。表 2 に制約違反解消オペレータの一覧を示す。各制約に対して複数のオペレータを設けることも可能としており、選択された制約違反に対して、表 2 に示す適用確率に従ってオペレータを選択する。

制約制約違反オペレータの例を挙げて説明する。制約 1 に関するオペレータは操作 1-1、操作 1-2、および、操作 1-3 の 3 種類があり、それぞれ 70%、20%、10%の確率で適用される。操作 1-1 では、選択された違反が発生している勤務日において、選択された違反の職員と、当該シフトを担当可能な他の職員との間でシフトを交換する。操作 1-2 では、選択された違反が発生している勤務日において、選択された違反の職員と、休暇が割り当てられている他の職員との間でシフトを交換する。操作 1-3 では違反発生日の夜勤勤務を担当可能な他の職員と当日と翌日のシフトを同時に交換する。制約 2 に関するオペレータは操作 2-1 の 1 種類である。操作 2-1 では制約に違反している職員のシフトをいくつか他の職員に移動させる。

4. 評価実験

4.1 実験設定

提案する手法の有効性を検証するために、本実験では、鹿児島市内の介護施設における勤務表の作成を試みた。当該施設には 19 名の職員が勤めており、日勤及び夜勤を担当可能な職員が 10 名、日勤または夜勤を専門とする職員がそれぞれ 6 名、2 名、入浴介助を主とする短時間勤務の職員が 1 名であった。また、2 つのユニットに対してそれぞれ 1 日あたり 10~12 名の職員を割り当てる必要があり、1 人あたり平均で 4.8 日/月の休暇の希望日を申請していた。なお、本実験で用いた制約、制約違反解消オペレータ、制約違反解消オペレータの適用確率等は 3 章と同様である。

表 2 制約違反解消オペレータの一覧

番号	操作	適用確率
操作 1-1	違反発生日の当該シフトを担当可能な他の職員とシフトを交換	70%
操作 1-2	違反発生日に休暇を割り当てられている職員とシフトを交換	20%
操作 1-3	違反発生日の夜勤勤務を担当可能な他の職員と当日と翌日のシフトを同時に交換	10%
操作 2-1	制約違反している職員のシフトをいくつか他の職員に移動	100%
操作 3-1	当日の夜勤入りのシフトを翌日夜勤明けに割り当てられている職員と交換	100%
操作 3-2	当日の夜勤明けのシフトを前日夜勤入りに割り当てられている職員と交換	100%
操作 5-1	制約違反発生日のシフトを休みが割り当てられている職員と交換	100%
操作 6-1	制約違反となっている連勤の中から 1 日を無作為に選択し、その日を休みに割り当てられている職員と交換	100%
操作 7-1	制約違反発生日のシフトを休みが割り当てられている職員と交換	100%

シフト希望		1	2	3	...	31
		土	日	月	...	月
スタッフ名	a	1夜明	休	休	...	
	b	1夜入	1夜明		...	
	c				...	休
	⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮
	s				...	

図 2 シフトや休暇の希望の例

必要な人数		1	2	3	...	31
		土	日	月	...	月
ユニット	1A	1	1	1	...	1
	1B	1	1	1	...	1
	1C	1	1	1	...	1
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮
デイ	1夜明	1	0	1	...	1

図 3 必要な職員数の例

スタッフの属性		出勤可能なシフトの種類				
		ユニット			...	デイ
		1A	1B	1C	...	D
スタッフ名	a				...	
	b				...	
	c				...	
	⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮
	s	x	x	x	...	x

図 4 各職員が勤務可能な勤務シフトの例

人間関係の設定		スタッフ名				
		a	b	c	...	s
スタッフ名	a				...	
	b				...	
	c				...	
	⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮
	s				...	

図 5 各職員の人間関係の例

表 3 各職員の勤務時間の上限の例

職員	勤務時間の上限 (h)	違反点数の上限
a	165	30
b	165	20
c	165	20
⋮	⋮	⋮
s	100	10

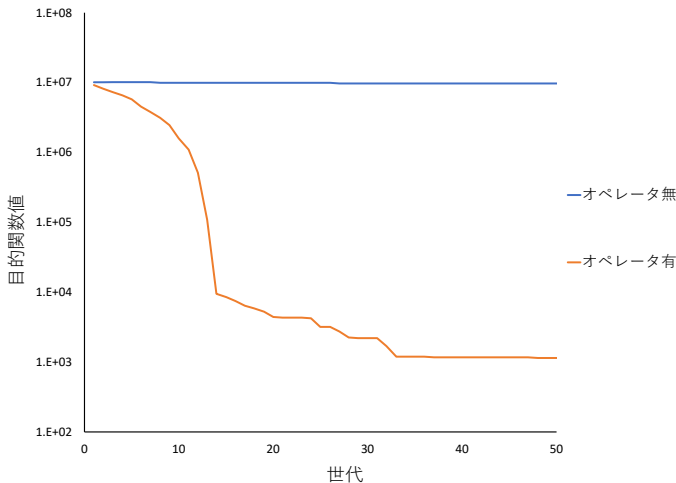


図 6 本手法で生成した勤務表の目的関数値の推移

本実験では、まず、実験 1 として、提案する手法によって勤務表の自動作成を試みた。このとき、制約違反オペレータの利用の有無によりその効果を検証した。次に、実験 2 として、得られた勤務表をもとに、手動でさらなる勤務表の改善を試みた。また、得られた解候補に対して、当該施設の管理者に確認を依頼した。

図 2 にシフトや休暇の希望の例を、図 3 に各日において必要な職員数の例を、図 4 に各職員の出勤可能な勤務シフトの例を、図 5 に各職員の人間関係の例を、表 3 に各職員の勤務時間の上限及び制約 5 と 6 の違反点数の上限の例を、それぞれ示す。

4.2 実験 1:制約違反解消オペレータの効果

本実験では、制約違反解消オペレータを利用する場合と、利用しない場合の 2 種類の最適化を比較した。200 回の繰り返しを上限として、勤務表の自動生成を 30 試行ずつ試みた。図 6 に最良解の目的関数値の推移を示す。それぞれ 30 試行の目的関数値の平均値を示している。制約違反解消オペレータを利用しない場合は、30 試行のうちいずれにおいても実行可能解を得ることができなかった。制約違反解消オペレータを利用した場合は、30 試行のうち 28 試行において実行可能解を得ることができた。

表 4 各解の制約違反数と目的関数値の比較

制約	1	2	3	4	5	6	7	8	9	目的関数値
解 1	0	0	0	0	12	1	9	0	2	2220
解 2	0	0	0	0	5	1	43	0	0	490
解 3	0	0	0	0	17	4	12	0	3	3330
解 4	0	0	0	0	7	0	3	0	0	100
解 5	0	0	0	0	9	0	9	0	1	1180
解 6	0	0	0	0	1	0	3	0	0	40
解 7	0	0	0	13	5	4	8	0	0	1300170

4.3 実験 2:実際の施設データによる検証と管理者による評価

実験 2 では、実際の施設におけるデータに対して提案手法を適用した後に解候補を手動で修正を行い、当該施設の管理者により解候補の検証を行った。

手順 1: 提案方式により 30 の候補解を生成する。

手順 2: 得られた解をもとに手動で調整を行う。

手順 3: 解候補を施設の管理者に確認を依頼する。

手順 1 で得られた 30 の候補解のうちの 5 個の制約違反件数を、表 4 の解 1～5 として示す。いずれも候補解の生成に 30 秒程度を要した。図 7 に手順 1 で得られた最良解（表 4 における解 4）を示す。全ての強い制約を満たしており、弱い制約の違反が合計 10 件であった。

手順 2 において、上記の解に対して修正を行った解を図 8 に示し、その制約違反件数を表 4 の解 6 に示す。全ての強い制約を満たしており、弱い制約の違反を合計 4 件まで削減できたことがわかる。

最後に、図 8 に示す解を当該施設の管理者に提示し、勤務表の品質の評価を行った。その結果、事前に提示された要件はほぼ満たされていることを確認した。一方で、事前のヒアリングでは明確にされていなかった要件が新たに提示され、制約の追加が必要であることが明らかとなった。解 6 をもとに作成した実際に使用された勤務表（表 4 における解 7）は、事前に明らかにされていなかった要件を充足するために、強い制約 13 件、弱い制約 17 件の違反を含むこととなり、制約を追加するだけでなく制約条件間の優先順位付けを適切に行う必要があることが明らかとなった。

5. おわりに

本論文では、制約違反解消オペレータを用いた介護施設における勤務表の最適化手法を提案した。実験によって、すべての強制制約を満たすことができることを確認した。一方で、熟練の管理者が作成する品質の勤務表を作成するためには、さらなる制約の追加、および、制約条件間の優先関係の明確化が必要であることが明らかとなった。

今後、提案手法への制約違反解消オペレータの追加による性能改善を行う。また、施設固有の要件を制約条件として抽出する労力を低減化することが重要である。

シフト表		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
		土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	
スタッフ名	a	1夜明	休	休	1A	1A	1夜入	1夜明	休	1A	1C	休	1B	1A	休	休	休	1A	D	1夜入	1夜明	休	1夜入	1夜明	休	D	1夜入	1夜明	休	1夜入	
	b	1夜入	1夜明	休	1C	1C	1C	1C	1B	1夜入	1夜明	休	休	1夜入	1夜明	1夜入	1夜明	休	1A	休	1B	1A	D	休	休	休	1B	1C	D	休	
	c	1C	1B	1夜入	1夜明	休	D	1夜入	1夜明	休	1夜入	1夜明	休	D	1A	休	1A	1C	1夜入	1夜明	休	1夜入	1夜明	休	1A	休	1C	1B	休	1C	
	d	1A	休	2C	2B	休	休	2B	休	2C	2C	1C	休	休	1B	休	休	2C	休	1A	2B	休	1C	1A	休	2B	1A	休	休	1B	
	e	休	1A	D	1B	1夜入	1夜明	休	休	1B	1A	1A	1夜入	1夜明	休	1C	1B	1夜入	1夜明	休	D	D	1B	休	1夜入	1夜明	休	休	1B	1夜入	
	f	休	1C	1A	休	1C	休	1A	1A	1C	休	休	休	1C	休	休	1C	休	1B	1C	休	1C	休	1C	1B	1B	休	休	1A	休	
	g	休	休	1C	休	休	1A	1B	休	休	1B	1B	1A	休	1C	1B	休	休	1C	2C	1A	休	1A	休	2C	1C	休	2C	休	1A	
	h	1B	休	1B	休	1B	1B	休	1C	休	休	休	休	1C	1B	休	1A	休	1B	休	1B	1C	1B	休	1B	1C	1A	休	休	1C	
	i	D	休	休	D	D	休	D	D	休	D	D	D	D	休	D	D	休	D	休	D	休	休	休	休	D	休	D	D	休	D
	j	休	1夜入	1夜明	休	2夜入	2夜明	休	1夜入	1夜明	休	1夜入	1夜明	休	1夜入	1夜明	2夜入	2夜明	休	休	1夜入	1夜明	休	1夜入	1夜明	休	1夜入	1夜明	休	1夜入	1夜明
k	休	休	休	1夜入	1夜明	休	休	休	2夜入	2夜明	休	休	2夜入	2夜明	休	休	1夜入	1夜明	休	休	休	休	休	休	休	1夜入	1夜明	休	休	2夜入	
l	2C	2夜入	2夜明	休	2B	2B	休	休	休	2B	2B	休	2A	2A	2A	休	休	休	2A	2夜入	2夜明	2B	2夜入	2夜明	休	2C	2夜入	2夜明	休	2夜入	
m	2夜明	休	2夜入	2夜明	休	2夜入	2夜明	2C	2夜入	2夜明	休	2A	2夜入	2夜明	2夜入	2夜明	休	2B	2B	休	2夜入	2夜明	休	2B	2C	2B	休	休	2夜入	2夜明	
n	2A	2C	休	2A	2C	休	休	2A	休	2A	2A	2C	休	2C	休	2C	2B	2夜入	2夜明	休	2A	2C	2C	休	2夜入	2夜明	休	2夜入	2夜明	休	
o	2夜入	2夜明	2A	休	2A	2A	2夜入	2夜明	休	2夜入	2夜明	休	2C	2夜入	2夜明	休	休	2C	2夜入	2夜明	休	2A	休	2夜入	2夜明	休	2A	2C	2C	休	
p	休	2A	休	2夜入	2夜明	休	2C	休	2B	休	休	休	休	休	休	2夜入	2夜明	休	2夜入	2夜明	休	2夜入	2夜明	休	休	2夜入	2夜明	休	2夜入	2夜明	
q	休	休	休	2C	休	休	2A	休	2B	休	休	休	休	休	休	2B	休	2A	休	休	2B	休	休	2B	休	2A	休	休	2B	休	
r	2B	2B	2B	休	休	2C	休	2B	2A	休	2C	2B	2B	休	2C	2A	2A	休	休	2A	2C	休	2A	2A	休	2A	2A	2B	2A	休	
s	休	休	2E	休	2E	2E	休	2E	休	2E	休	2E	2E	休	2E	休	2E	休	2E	2E	2E	休	2E	休	2E	2E	2E	2E	休	2E	

図7 解4の勤務表

シフト表		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29		
		土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土		
スタッフ名	a	1夜明	休	休	1A	D	1夜入	1夜明	休	1夜入	1夜明	休	1B	1A	休	休	1夜入	1夜明	休	1C	1A	1夜入	1夜明	休	休	1夜入	1夜明	休	1夜入	1夜明		
	b	1夜入	1夜明	休	1B	1A	1C	1夜入	1夜明	休	1A	1B	休	1夜入	1夜明	1夜入	1夜明	休	1夜入	1夜明	休	1夜入	1夜明	休	休	休	1A	D	休	1A		
	c	1B	1B	1夜入	1夜明	休	1A	1B	休	1A	1B	1A	1夜入	1夜明	休	1夜入	1夜明	休	1C	休	1B	D	休	1A	1夜入	1夜明	休	1夜入	1夜明	休		
	d	1C	休	2B	休	休	休	休	1C	2B	休	休	休	1B	1A	休	休	1A	休	2C	1A	休	1B	休	1C	1B	1B	休	1A	休		
	e	休	1A	1C	1C	1夜入	1夜明	休	休	1B	1C	1夜入	1夜明	休	D	1夜入	1夜明	休	1B	1A	1夜入	1夜明	休	D	1A	1夜入	1夜明	休	1A	1B	1C	
	f	休	1C	1A	休	休	1B	休	1B	1C	1C	休	休	1C	1B	1A	休	休	1C	休	休	1B	休	1C	休	1A	1C	休	休	休	休	
	g	休	休	2C	休	1C	休	1A	休	休	2C	1C	1A	休	2C	1C	休	1C	休	1C	2C	休	1C	休	1A	休	休	1B	休	休	休	
	h	1A	休	1B	休	1B	休	1C	1A	休	休	休	1C	休	1C	1B	1B	休	休	1A	1B	1C	休	1B	1B	1C	休	1C	1C	1B	1C	
	i	D	休	D	D	休	D	D	D	D	休	D	D	D	休	D	D	休	D	D	D	休	D	休	D	D	D	D	D	D	D	
	j	休	1夜入	1夜明	休	2夜入	2夜明	休	1夜入	1夜明	休	1夜入	1夜明	休	休	休	休	1夜入	2夜明	休	休	1夜入	1夜明	休	2夜入	2夜明	休	休	1夜入	1夜明	休	休
	k	休	休	休	1夜入	1夜明	休	休	休	2夜入	2夜明	休	休	2夜入	2夜明	休	休	1夜入	1夜明	休	休	休	休	休	休	2夜入	2夜明	休	休	1夜入	1夜明	休
	l	2夜入	2夜明	休	休	2A	2B	2A	休	休	2夜入	2夜明	休	2夜入	2夜明	休	休	休	2A	2B	2夜入	2夜明	休	2A	2夜入	2夜明	休	2夜入	2夜明	休	2夜入	2夜明
	m	2夜明	休	2夜入	2夜明	休	休	2夜入	2夜明	休	休	2A	2B	2A	休	2夜入	2夜明	休	2B	2夜入	2夜明	休	2夜入	2夜明	休	2A	2B	2A	2夜入	2夜明	休	2夜入
	n	休	2B	休	2夜入	2夜明	休	2B	2A	休	2B	2夜入	2夜明	休	2B	2A	休	2B	2夜入	2夜明	休	2A	休	2A	2C	休	2C	2夜入	2夜明	休	2夜入	2夜明
	o	2A	2夜入	2夜明	休	2B	2A	休	2B	2夜入	2夜明	休	2A	2C	休	2C	2夜入	2夜明	休	2B	2C	休	2B	2C	休	2B	2B	休	2B	2A	2B	
p	2C	2C	休	2C	2C	2夜入	2夜明	休	休	休	2C	2C	2B	2夜入	2夜明	休	2A	2夜入	2夜明	休	休	2A	2C	2C	休	2A	2C	休	2A	2C	2B	
q	休	2A	休	2A	休	休	2C	休	2A	休	2B	休	休	2A	休	2A	休	2C	休	休	2B	休	休	休	休	休	休	休	休	2C	休	
r	2B	休	2A	2B	休	2C	休	2C	2C	2A	休	休	休	休	2B	2B	2C	休	休	2A	休	2B	2B	2A	休	2C	休	2C	休	2B	2C	
s	休	休	2E	休	2E	2E	休	2E	休	2E	休	2E	2E	休	2E	休	2E	休	2E	2E	2E	休	2E	休	2E	休	2E	2E	休	2E	2E	

図8 解6の勤務表

参考文献

- [1] 土田耕司: 福祉現場における介護人材不足の背景, 川崎医療短期大学紀要, No. 30, pp. 41-45 (オンライン), DOI: info:doi/10.18928/00000166 (2010).
- [2] Miller, H. E., Pierskalla, W. P. and Rath, G. J.: Nurse scheduling using mathematical programming, *Operations Research*, Vol. 24, No. 5, pp. 857-870 (1976).
- [3] Warner, D. M.: Scheduling nursing personnel according to nursing preference: A mathematical programming approach, *Operations Research*, Vol. 24, No. 5, pp. 842-856 (1976).
- [4] Arthur, J. L. and Ravindran, A.: A multiple objective nurse scheduling model, *AIIE transactions*, Vol. 13, No. 1, pp. 55-60 (1981).
- [5] Li, L. X. and Benton, W.: Performance measurement criteria in health care organizations: Review and future research directions, *European Journal of Operational Research*, Vol. 93, No. 3, pp. 449-468 (1996).
- [6] Siferd, S. P. and Benton, W.: Workforce staffing and scheduling: Hospital nursing specific models, *European Journal of Operational Research*, Vol. 60, No. 3, pp. 233-246 (1992).
- [7] 池上敦子: ナース・スケジューリング調査・モデル化・アルゴリズム (2005).
- [8] 野々部宏司: メタヒューリスティクスによる汎用ソルバーの構築, オペレーションズ・リサーチ: 経営の科学, Vol. 56, No. 5, pp. 257-262 (2011).
- [9] 串田淳一, 大場和久, 亀井且彦ほか: Differential Evolutionを用いたナーススケジューリング, *SIG-SAI*, Vol. 11, No. 4, pp. 1-8 (2010).
- [10] 大谷慎, 長谷山美紀, 北島秀夫: ナーススケジューリング問題のGAによる解法に関する考察 (映像メディアおよび一般インターネット, デジタル放送, マルチメディア, 三次元画像, 視覚と画質評価, ITS等), 映像情報メディア学会技術報告 26.9, 一般社団法人映像情報メディア学会, pp. 125-130 (2002).
- [11] 坂口琢哉ほか: 地域型遺伝的アルゴリズムを用いたナーススケジューリング, 情報処理学会研究報告数理モデル化と問題解決 (MPS), Vol. 2007, No. 128 (2007-MPS-067), pp. 247-250 (2007).
- [12] 池上敦子, 田中勇真: ナース・スケジューリングへの再挑戦, オペレーションズ・リサーチ, Vol. 59, No. 1, pp. 26-33 (2014).
- [13] 吉田勇人, 軍司奈緒, 池上敦子: 訪問介護勤務表作成の現状と作成支援システム, 経営情報学会全国研究発表大会要旨集 2011 年秋季全国研究発表大会, 一般社団法人経営情報学会, pp. 4-4 (2011).
- [14] 足立幸子, 池上敦子, 宇野毅明: 作業者の操作観察に基づく訪問介護勤務表作成支援システムの利点と課題, 日本経営工学会論文誌, Vol. 64, No. 3, pp. 488-497 (2013).