

原 著

タブーサーチを用いた臨床実習スケジュールリングの自動化

宮崎 仁*¹ 天寄聡介*² 茅野 功*¹ 平松 修*¹ 横川智教*² 佐藤洋一郎*²

要 約

本論文では、メタヒューリスティクスの1つであるタブーサーチを用いて臨床実習スケジュールを自動的に作成する手法を提案している。国家資格である臨床工学技士の取得には規定時間の臨床実習を行うことが義務づけられている。養成校における臨床実習スケジュールの作成問題は、組み合わせ最適化問題の実用事例である。一般に、組み合わせ最適化問題では、線形計画のように厳密な最適解を求めることは非常に困難であることが知られているが、近似解法や発見的手法を用いることで近似最適解を求めることができる。また、近似最適解の精度が十分に高ければ厳密な最適解でなくてもその解に満足していく場合が多い。

本論文で取り扱うスケジュール問題は、複数種類の実習を全て履修することを前提に、受け入れ可能な実習や期間が異なる複数の病院に対して、病院が定める受け入れ可能な上限数を超えないように学生を配置する問題である。このような問題にタブーサーチを適用し解を求めるために、まず、臨床実習スケジュールを作成する際に考慮する条件として、9つの条件を制約条件として導いている。次に、制約条件に関する評価を行うための目的関数を定義している。解の探索を行う際に、制約条件に違反するごとにペナルティを課し、そのペナルティ値を目的関数により評価することで解を求めている。ただし、本論文では実行可能解を求めることを目的としているため、実行可能解同士の優劣については考慮していない。

最後に、提案手法をアプリケーションとして実装している。本アプリケーションでは、GUIウィンドウ上で実習生の班数、病院数、業務数などを設定することで動作し、解となるスケジュールをファイルに出力する。実問題として、実習生数60名、病院数4、業務数5、班数15の臨床実習スケジュール作成に対して、約2分程度でスケジュールが作成できることを確認している。

1. はじめに

医療分野において医師以外の診療補助に従事するコメディカル職種の一つに臨床工学技士¹⁾がある。臨床工学技士は医師の指示の下に、生命維持管理装置の操作及び保守点検を行うことを業としており、主に、血液透析や血液濾過を行う血液浄化療法での業務、人工心肺装置を取り扱う手術室での業務、人工呼吸器を取り扱うICU/CCUでの業務、PCPSやIABP等を取り扱う心臓カテーテル検査室での業務、そして医療機器の保守・点検を行う医療機器管理業務を行っている。臨床工学技士の国家資格を取得するには、一般に臨床工学技士養成校において厚生労働大臣の指定する科目を修得したうえで、養成

校が定めた病院で規定時間の臨床実習を行わなければならない²⁾。

臨床実習ではそれぞれの業務に関する実習を病院内で行う必要があるが、1つの病院で全ての実習生を引き受けることは困難である場合が多い。このため、受け入れ可能な実習に応じた複数の病院に実習班を振り分けてスケジュールを作成する必要がある。また全ての実習は複数週かけて行われるが、それぞれの病院で受け入れ可能な期間が異なるため連続して実習を行うためのスケジュール作成には工夫が必要である。このようなスケジュールリング作業は現状手作業で行われており非常に手間のかかる作業となっている。臨床実習をスケジュールリングするた

*1 川崎医療福祉大学 医療技術学部 臨床工学科 *2 岡山県立大学 情報工学部 情報システム工学科
(連絡先) 宮崎 仁 〒701-0193 倉敷市松島288 川崎医療福祉大学
E-Mail : miyazaki@me.kawasaki-m.ac.jp

めの市販のアプリケーションはなくスケジューリングの自動化が望まれている。

臨床実習スケジューリングは組み合わせ最適化問題に分類される。多くの組み合わせ最適化問題は厳密な最適解を求めることがきわめて困難であることが知られており³⁾、このような問題をNon-deterministic Polynomial time 困難 (NP困難) な問題と呼ぶ。しかしNP困難な問題であっても、近似解法や発見的手法を用いて十分精度の高い解が求まれば、最適性の保証はなくともその解に満足いく場合が多い。また、近似解法や発見的手法を組み合わせ、近似最適解に対してさらなる修正を加えることで、より良い近似最適解を求めることができる場合もある。このように、より良い近似最適解を求める戦略をメタヒューリスティクスと呼ぶ。メタヒューリスティクスでは、1) 過去の探索の履歴を利用して新たな解を生成する、2) 生成した解を評価し、その情報を解の探索にフィードバックする、という操作を十分な近似解が得られるまで反復する。このようなメタヒューリスティクスの一般的枠組みとして遺伝アルゴリズム、アニーリング法、タブーサーチ法⁵⁾ など様々なアルゴリズムが提案されている⁶⁾。

これまでに、メタヒューリスティクスを用いて組合せ最適化問題に取り組む試みはいくつもなされている⁷⁻¹²⁾。また、具体的な問題の解決法として、田中ら⁷⁾は遺伝的アルゴリズムを用いて多目的時間割問題に取り組んでいる。大坪ら⁸⁾や田中ら⁹⁾はタブーサーチを用いて時間割作成問題に取り組み、また青山ら¹⁰⁾は介護サービススケジューリング問題に遺伝的アルゴリズムおよびタブーサーチを適用しその比較を行っている。さらに矢野ら¹¹⁾は機材運用スケジュール問題に焼きなまし法、タブーサーチ、および遺伝アルゴリズムを適用し、この問題に対しては遺伝アルゴリズムが最もよい結果を得ている。高橋ら¹²⁾はタブーサーチを用いてダイヤ乱れ時における列車乗務員運用整理案を自動的に作成している。しかしながらこれらの手法は、それぞれの問題に特化した制約条件や目的関数を定めた手法であり、臨床実習のスケジューリングにそのまま適用することはできない。

そこで本論文では、タブーサーチを用いて臨床実習スケジュールを自動的に作成する方法を提案する。先行研究⁷⁻¹²⁾では、遺伝アルゴリズムやタブーサーチが他のアルゴリズムと比較してよりよい解を得ていたが、遺伝アルゴリズムは解を得るまでに最も時間を要する手法であるため、そのトレードオフとして本論文ではタブーサーチを選択した。まず、

臨床実習スケジュールの作成問題に特化した制約条件および目的関数を定義した。さらに、実行可能解の探索にメタヒューリスティクスの1つであるタブーサーチを用いるアプリケーションを実装し、実問題におけるスケジュールを作成することによって本手法の有用性を確認した。

以下、2.では、臨床実習スケジューリングの枠組みについて述べ、3.では、タブーサーチについて述べ、4.では、タブーサーチの適用法について述べ5.では、実装と適用例について述べ、6.では、まとめと今後の課題について述べる。

2. 臨床実習スケジューリング問題

2.1 臨床実習

臨床実習では、実習生は決められた業務を決められた期間だけ実習し、全ての業務の実習を終えた時点で臨床実習は終了となる。実習生は班で分けられ、その班ごとにある期間(以下、セクションと示す)を1つの単位として実習する。また、実習できる病院は複数存在し、病院ごとに実習できる業務、1度に受け入れできる班の数、受け入れできる週が異なる。

表1に実習スケジュールの例を示す。この例では、4つの班(A-D)に分けられた実習生が業務X、Y、Zの3つの実習を行う。業務XとYでは1セクションが2週間、業務Zでは1セクションが1週間となっており、全ての実習は5週間かけて行われる。これらの実習は2つの病院で行われ、病院 α では業務X、Y、Zの実習が可能であり、病院 β では業務X、Yが実習可能である。ただし、病院 β では最初の2週間は実習を行えない。また、全ての業務において受け入れ可能な班数は全て1である。以上の条件で実習のスケジュールを作成すると、全ての実習を終了するのに最短で6週間必要になる。

2.2 スケジューリングの条件

臨床実習スケジュールを作成する際に考慮する条

表1 実習スケジュール例

	業務X		業務Y		業務Z
	病院 α	病院 β	病院 α	病院 β	病院 α
1週目	A班	—	B班	—	C班
2週目	A班	—	B班	—	D班
3週目	B班	C班	A班	D班	
4週目	B班	C班	A班	D班	
5週目		D班		C班	A班
6週目		D班		C班	B班

件は、以下に示す $CR_1 \sim CR_9$ とする。これらはすべて必ず満たすべき条件として取り扱う。

- CR_1 : 同セクションに同一班はただ1つの業務実習を行う。
- CR_2 : 各業務の実習は規定期間連続して行う。
- CR_3 : 各病院の受け入れ不可能な期間には実習班を配置しない。
- CR_4 : 各班は同一実習を同一場所で行う。
- CR_5 : 各病院には同時に受け入れ可能な班の数に制限がある。
- CR_6 : 同一の病院で同じ業務を複数の班が実習を行う際には、それぞれの班は同じセクションに実習を行う。
- CR_7 : 可能な限り空白をつくらない病院が存在する。
- CR_8 : 複数種類の業務を行える病院の中には、全ての実習を同一の組み合わせの班で行わなければならない病院が存在する。
- CR_9 : ある班の実習は最大2カ所の病院で行う。

$CR_1 \sim CR_6$ は多くの実習で考慮される一般的なものである。 CR_1 は、1つの班は1セクションで1種類のみ業務実習を行い、2種類以上の実習は行わないことを意味している。 CR_2 は、例えば2週間かけて行う実習aは、連続した2週で実習することを意味している。このため1週間の実習aを終えた後に他の実習bを行い、残りの1週間分の実習aを再び行うことはない。 CR_3 は、病院には受入れ可能な期間と不可能な期間が存在し、受入れ不可能な期間にはその病院では実習を行わないことを意味している。 CR_4 は、例えば2週間かけて行うある実習が病院a病院bで可能であったとしても、初めの1週目は病院aで行い、2週目は病院bで行うことはなく、同じ病院で2週の実習を行うことを意味している。 CR_5 は、病院aのある業務が同時に2班まで受入れ可能であれば、同時に実習できる班の数は最大2班であることを意味している。 CR_6 は、ある業務を複数班で実習可能な場合に、それらの班は実習の開始と終了を同じくすることを意味している。

$CR_7 \sim CR_9$ は大人数を受入れ可能なメイン病院と少人数を受入れ可能なサポート病院がある際に、サポート病院での実習を効率よく行うための制約条件である。 CR_7 は、サポート病院は受入れ可能な実習生数が少ないため、極力多くの人数が実習できるように実習生を振り分けることを意味している。 CR_8 は、サポート病院が複数の業務について実習可能であるとき、複数班をローテーションすることで病院の移動を少なくすることを意味している。 CR_9 は、複数のサポート病院で実習することはなく、サポー

ト病院とメイン病院の2カ所で実習することを意味している。

3. タブーサーチ手法

組み合わせ最適化問題のように厳密な最適解を求めることがきわめて困難な問題では、近似解法や発見的手法を用いて近似解を求めるのが一般的である。しかしながら通常の近似解法や発見的手法では、実用に耐える近似解を得ることは稀であるため、近似解法や発見的手法のアルゴリズムにさらなる工夫を必要とすることが多い。本論文で用いているタブーサーチは近似解法である局所探索法の探索アルゴリズムに工夫を加えた手法である。局所探索法は近似解の探索を行う際に最初に見つけた解を近似解として出力し、処理を終了してしまうのに対して、タブーサーチは解を発見しても処理を終了せず、さらにより良い解を求めて探索を続ける手法である。新しく発見した解がより良い解である場合は、出力する近似解を更新する処理を繰り返す。このようにタブーサーチではよりよい解を探し続けることで満足のいく解を求めることが可能である。

3.1 局所探索法

局所探索法は、適当な探索解に対して少しの変形を加えることによって得られる探索空間（以下、近傍と示す）内により良い解が存在すれば、その解を新規解として更新する操作を近傍内に改善解が存在しなくなるまで反復する方法である。実行可能解を生成することが簡単である場合には、実行可能領域をそのまま探索空間としてもよいが、そうでない場合には、問題に応じた制約条件や解の評価を行うための目的関数の定義について工夫する必要がある。しかし局所探索法では、初期解によっては局所最適解に至り解の探索を終了してしまう。図1の例では、初期解を1とした場合は局所最適解である2を実行可能解とし、初期解3の場合は大域最適解となる4を実行可能解とする。

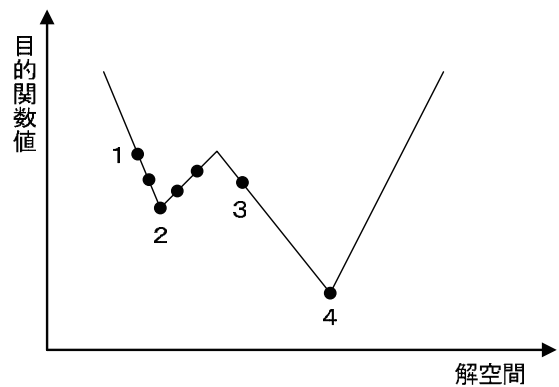


図1 解探索

3.2 タブーサーチ

タブーサーチは、局所最適解からの脱出をはかるために、局所探索法の近傍解探索ルールに工夫を加えたものである。タブーサーチでは、現在の解と比較すると改悪になる場合であっても、近傍内の最も良い解に移動する手法である。この場合、改悪の方向に移動すると、改善解として移動元の解へと後戻りする可能性がある。そこで解の循環を避けるために、最近探索した解が保管されるように動的に制御されるタブーリストを設け、次の移動の際にはタブーリストに存在する解を除いたものを移動先候補とする。

図2 (a) では、基準解Pはタブーリストに保管され、近傍の中で最も評価値の高い近傍解Aを次の基準解とする。その後、図2 (b) では、基準解Aをタブーリストへと新たに保管し次の基準解を探索する。近傍の中で最も評価値の高い近傍解Pであるが、近傍解Pはタブーリストに保管されているため次の基準解には選ばれず、次に評価の高い近傍解Gが次の基準解として選ばれる。

図1の例で初期解1の場合であっても、局所最適解2からタブーリストに含まれない3の方向へ移動し大域最適解4を実行可能解とする。

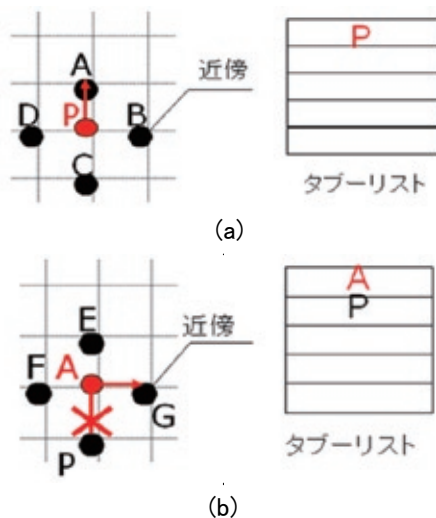


図2 タブーサーチによる解探索

4. タブーサーチの適用

臨床実習スケジューリングへのタブーサーチの適用について述べる。

4.1 記号の定義

本論文で使用する記号とその意味を以下のように定義する。

I : 制約条件数

i : 制約条件を示す添字 (1,2,...,I)

CR_i : 制約条件 i

v_i : 制約条件 i の違反数

w_i : 制約条件 i のウェイト, 優先して探索する制約を決めるパラメータ

F_i : 制約条件 i に対するペナルティ値 ($=v_i \times w_i$)

F : スケジュール表全体に対するペナルティ値

4.2 目的関数

目的関数は、制約条件 CR_i に関するペナルティ F_i の和

$$\min F = \sum F_i$$

として定義する。関数値 F が小さいほど良好で、 $F=0$ のとき全ての制約条件が満たされた実行可能解となる。ただし、本論文では実行可能解を求めることを目的としているため、実行可能解同士の優劣については考慮しない。

制約条件 CR_i に関するペナルティ F_i は以下のように定義する。制約条件 $CR_2 \sim CR_5$ は、常に満たした状態で解探索を行うため常に

$$F_2 = F_3 = F_4 = F_5 = 0$$

である。制約条件 CR_1 および $CR_6 \sim CR_9$ は、それぞれの制約違反の個数 v_i に、対応する重み w_i を掛け合わせたものをペナルティ値 F_i とする。すなわち、

$$F_i = v_i \cdot w_i$$

となる。 w_i は解の探索効率を調整するための設定であり、実行可能解の優劣を評価するためのものではない。本論文では CR_8 の制約を満たすことを優先的に探索した方が効率がよいと考え、 w_8 のみ5と設定し、それ以外の w_i はすべて1に設定する。

4.3 解と探索

解は、図3のように縦軸に実習の実施期間をとり、横軸に各業務の受け入れ先病院をとり、実習を行う班名を大文字のアルファベットで記述したものとする。"×"は実習を行うことができないことを表しており、"空"は実習可能であるがどの班も配置されていないことを表している。初期解は、制約条件 $CR_2 \sim CR_5$ における目的関数(2)を満たしたうえでランダムに配置したものとする。

新規解の探索範囲となる近傍を「同一の実習内で基準解におけるある班とある班あるいは"空"の配置を交換したものの集合」と定義し、制約条件 $CR_2 \sim CR_5$ における目的関数(2)を満たすように近傍解を探索する。図4に近傍解の例を示す。近傍解Aは、基準解のA班とB班を入れ替えたものである。近傍解Bは、基準解のA班と"空"を入れ替えたものである。このような近傍解をランダムに選択しながら探索を行い、近傍解の中でタブーリストに含まれておらず、制約条件 $CR_6 \sim CR_9$ における目的関数

(3)において最も評価値の良い解を新規解として選択する。タブーリストには過去10回までに選択さ

	業務A		業務B	
	病院α	病院β	病院α	病院β
1週目	A班	C班	B班	空
2週目	A班	C班	B班	空
3週目	B班	空	A班	C班
4週目	B班	空	A班	C班

図3 解表現の例

	基準解 業務A		近傍解A 業務A		近傍解B 業務A	
	病院α	病院β	病院α	病院β	病院α	病院β
1週目	A班	C班	B班	C班	空	C班
2週目	A班	C班	B班	C班	空	C班
3週目	B班	空	A班	空	B班	A班
4週目	B班	空	A班	空	B班	A班

図4 近傍解表現の例

れた解を全てタブー解として登録している。

5. 実装と適用例

本提案手法の有用性を確認するため2.2による制約条件および4.1によるタブーサーチを実装した臨床実習スケジュールリングアプリケーションを作成した。以下にその概要を示す。

5.1 実装

アプリケーションの概要

アプリケーションは、ユーザがGUIウィンドウ上で行う業務実習、受け入れ先病院、実習班数などの各パラメータの設定をもとに、タブーサーチアルゴリズムにより作成した臨床実習スケジュールをエクセルデータとして出力する。また、アプリケーションは以下の要件

- ・ Microsoft社製 WindowsXP以上のOS
- ・ Microsoft社製 Excel2007あるいはExcel2003
- ・ .Net framework 3.0以上

を満たした計算機上で動作する。

画面構成

本アプリケーションは、図5,6,7に示すように3つの画面から構成される。図5はメイン画面である。この画面上では、実習班の総数や、実習を開始する日の設定を行う。図6は実習設定画面である。この画面上では、スケジュール作成のパラメータとなる各病院で可能な実習や受け入れ可能な週の設定を行う。図7は出力画面である。この画面上では、得られた解をスケジュールとして表示する。アプリケーションの画面遷移関係を図8に示す。

操作方法

アプリケーションを起動してからスケジュールを出力するまでの操作方法について述べる。

(手順1) まずアプリケーションを起動するとメイン画面が表示される。メイン画面のAの領域に配置されたテキストボックスに、実習班の総数や、実習



図5 アプリケーションメイン画面

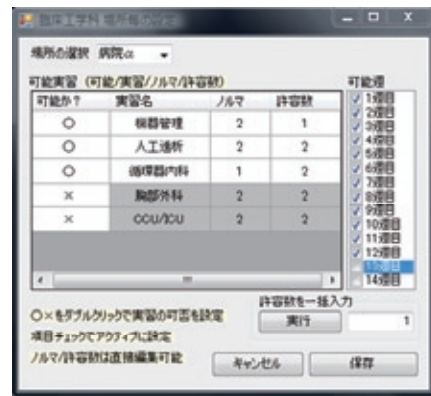


図6 アプリケーション設定画面



図7 アプリケーション出力画面

を開始する年、月、何週目かを入力する。この時点ではクライアント領域であるBの領域には何も表示されない。

(手順2) Cのファイル作成ボタンを押し、アプリケーション設定の画面へと遷移する。

(手順3) Dのコンボボックスで設定したい病院を選択する。

(手順4) Eでは可能な実習をダブルクリックすることで選択し、各実習に要する期間や受け入れ可能な班数を直接入力する。

(手順5) Fのチェックボックスで実習可能な週を選択する。



図8 画面遷移関係

臨床工学科						機器管理		人工透析		循環器内科		胸部外科		CCU/ICU							
日	月	火	水	木	金	土	病院α	病院β	病院γ	病院α	病院β	病院γ	病院α	病院β	病院γ	病院α	病院β				
10月	25	26	27	28	29	30	1	O	x	L	E	x	I	J	安	M	A	x	H	F	x
	2	3	4	5	6	7	8	O	x	L	E	x	I	J	安	M	A	x	H	F	x
	9	10	11	12	13	14	15	G	x	M	H	x	N	O	空	C	B	x	K	D	x
	16	17	18	19	20	21	22	G	x	M	H	x	N	O	空	C	B	x	K	D	x
	23	24	25	26	27	28	29	F	x	J	O	x	L	A	空	K	D	x	M	E	x
11月	30	31	1	2	3	4	5	F	B	J	O	A	L	N	I	K	D	x	M	E	C
	6	7	8	9	10	11	12	D	B	I	G	A	M	K	空	H	L	F	J	N	C
	13	14	15	16	17	18	19	D	C	I	G	B	M	E	空	H	L	F	J	N	A
	20	21	22	23	24	25	26	H	O	N	F	B	K	M	空	J	I	E	G	O	A
12月	27	28	29	30	1	2	3	H	A	N	F	G	K	D	空	J	I	E	G	O	B
	4	5	6	7	8	9	10	E	A	K	D	C	J	H	F	G	N	O	L	I	B
	11	12	13	14	15	16	17	E	x	K	D	x	J	B	空	G	N	O	L	I	x

図9 出力結果

(手順6) 手順3~6を病院の数だけ設定する。

(手順7) Gのボタンを押しメイン画面へと遷移する。この時点でBの領域にアプリケーション設定画面で行った設定が表示される。

(手順8) Hの実行ボタンを押しタブサーチによる解探索を開始する。

(手順9) 実行可能解を得ると出力画面へと遷移し領域Iにその解を表示する。

(手順10) Jの出力ボタンを押すとエクセルのxls形式でファイル出力する。

出力

4.3で述べたように、求めた実行解は縦軸に実習の実施週を、横軸に各業務の受け入れ先病院をとった表に実習を行う班名を大文字のアルファベットで記述したものである。表の要素をエクセルのセルとして作成したスケジュールをエクセルデータであるxls形式で出力する。また図5のメイン画面で入力した、実習を開始する年月日のパラメータをもとにカレンダーを作成し、合わせて出力する。

5.2 適用例

本アプリケーションを用いて臨床工学科（実習生60名）における臨床実習スケジュールを作成した。

今回は以下の5つの実習を全て行うものとする。

- ・ 機器管理実習 - 2週間
- ・ 胸部外科実習 - 2週間
- ・ 人工透析実習 - 2週間
- ・ CCU/ICU実習 - 2週間
- ・ 循環器内科実習 - 1週間

実習受け入れ先の病院は4カ所あり、各病院で可能な実習や受け入れ可能な班数は以下の通りである。

- ・ 病院 α
 - 2班（機器管理および透析は1班）
 - 機器管理・胸部外科・人工透析・CCU/ICU・循環器内科
 - ・ 病院 β
 - 1班
 - 機器管理・人工透析・CCU/ICU
 - ・ 病院 γ
 - 1班
 - 機器管理・人工透析
 - ・ 病院 ω
 - 1班
 - 胸部外科
- ただし、病院 β は6~11週目のみ実習が可能である。

り、病院 w は1~6週目は実習を行うことができない。また、実習生は15班に分かれている。

以上の条件で、Intel Core2Duo 2.40GHzのCPUと2GBRAMのメモリをもつ計算機上で本ツールを用いてスケジュールを作成した。作成したスケジュールを図9に示す。図に示すように、制約条件に違反することなく全ての班が全ての実習を終了できるスケジュールを作成できた。このスケジュールを作成するのに要した時間は2分程度であり、実務において十分な速度で作成でき、その有用性を確認した。また、全ての実習を最短で終了するのに要する期間は9週間であるが、15班を振り分けて実習するためには12週を要する結果となった。

るタブーサーチを用いて、臨床工学技士を養成する臨床実習のスケジュールを作成した。まず、臨床実習に特有の問題設定を行い、9つの制約条件を定義した。次に、出力となる解表現や解探索を行う近傍を定義し、近傍解を評価するための目的関数を定義した。これらを条件として解探索を行うタブーサーチアルゴリズムをアプリケーションに実装した上で、実習数5、病院数4、実習班数15の実問題に適用して、スケジュールを作成できることを確認した。

今後の課題としては、さらに効率よく実習を行えるように問題の設定を考察することや、他のコメディカル職種における臨床実習スケジュールを作成できるようにアプリケーションを拡張することなどが挙げられる。

6. まとめ

本論文では、メタヒューリスティクスの1つであ

文 献

- 1) 社団法人 日本臨床工学技士会：臨床工学技士について。
<http://www.jacet.or.jp/cms/02about01gishi.html> (2011. 10. 31)
- 2) 厚生労働省：臨床工学技士国家試験の施行。
http://www.mhlw.go.jp/kouseiroudoushou/shikaku_shiken/rinchoukougakugishi/ (2011. 10. 31)
- 3) Garey MR and Johnson DS : Computers and Intractability ; A Guide to the Theory of NP-Completeness, W. H. Freeman & Co., New York, NY, USA, 1990.
- 4) Resende M and Ribeiro C : Greedy randomized adaptive search procedures. Handbook of Metaheuristics (Eds. by F.Glover and G.Kochenberger), Kluwer Academic Publishers, 219-249, 2003.
- 5) Glover F : Tabu search - part i, *Informs Journal on Computing*, **1**, 190-206, 1989.
- 6) 柳浦睦憲, 茨木俊秀 : 組合せ最適化問題に対するメタ戦略について (情報基礎理論ワークショップ (LAシンポジウム) 論文小特集) . 電子情報通信学会論文誌, D-I, 情報・システム, I-情報処理, **83(1)**, 3-25, 2000.
- 7) 田中雅博, 山田真理 : 希望を考慮した多目的時間割問題の解法. システム制御情報学会論文誌, **12(2)**, 90-97, 1999.
- 8) 大坪正和, 倉重賢治, 亀山嘉正 : 中学校における時間割編成問題への取り組み. 日本経営工学会論文誌, **57(3)**, 231-242, 2006.
- 9) 田中大士, 阿部恵介 : 時間割作成問題に対するタブーサーチの適用. 電気学会研究会資料, IIC, 産業計測制御研究会, **2008(1)**, 43-46, 2008.
- 10) 青山功, 佐藤祐幸, 中島克人 : 介護サービススケジューリング問題への遺伝的アルゴリズムおよびタブーサーチの適用とその比較. *Journal of the Operations Research Society of Japan*, **44(3)**, 261-280, 2001.
- 11) 矢野公一 : 組合せ最適化手法による機材運用スケジュール問題の解法 (数理的最適化 (1)) . 社団法人日本オペレーションズ・リサーチ学会, シンポジウム, **32**, 188-192, 1994.
- 12) 高橋理, 片岡健司, 小島央士, 浅見雅之 : ダイヤ乱れ時における列車乗務員運用整理案の自動作成. 電気学会論文誌, D, 産業応用部門誌 = *The transactions of the Institute of Electrical Engineers of Japan. D, A publication of Industry Applications Society*, **128(11)**, 1291-1297, 2008.

(平成23年11月1日受理)

An Automatic Scheduling Method for Clinical Exercises using Tabu Search

Hisashi MIYAZAKI, Sousuke AMASAKI, Isao KAYANO, Osamu HIRAMATSU, Tomoyuki YOKOGAWA
and Yoichiro SATO

(Accepted Nov. 1, 2011)

Key words : scheduling, clinical exercises, tabu search, approximate algorithms, metaheuristics

Abstract

Clinical exercises are necessary components of the national license for clinical engineering. Clinical exercise scheduling in a training institution is regarded as example of a optimization problem. Furthermore, it is well-known that finding the optimal solution for an optimization problem is difficult. In fact, it is also well-known that metaheuristics can produce approximate solutions given sufficient quality.

In this paper, we thus propose a scheduling method for clinical exercises using tabu search, which is a type of metaheuristics. The problem is to assign trainees to hospitals so that they can take a suitable variety of clinical exercises. Hospitals provide different clinical exercises with different schedules. From the problem, we first derived 9 constraints for scheduling and then defined an objective function for identifying a solution effectively. The objective function penalizes constraint violations. Our method aims to produce a solution and ignore the difference among possible solutions.

We designed an application that creates schedules by implementing the tabu search method. This application takes essential information such as the number of trainee groups, hospitals, and exercises and outputs a schedule file. Results showed the application could output a schedule for 60 students, 4 hospitals, 5 practices and 15 groups in approximately 2 minutes.

Correspondence to : Hisashi MIYAZAKI

Department of Medical Engineering,
Faculty of Health Science and Technology,
Kawasaki University of Medical Welfare
Kurasiki, 701-0193, Japan
E-Mail : miyazaki@me.kawasaki-m.ac.jp
(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.21, No.2, 2012 246 – 253)