

## RCPSP によるナース・スケジューリング問題の解法研究

01507203 愛知女子短期大学  
 01204223 南山大学

\*堀尾 正典 HORIO Masanori  
 鈴木 敦夫 SUZUKI Atsuo

### 1. はじめに

リソース制約型プロジェクトスケジューリング問題 (RCPSP と称す) は、スケジュールすべき仕事に、機械や人手などリソースの消費制限が付随する問題である。この問題では、仕事間の順序制約の他に、同一時刻で実施される仕事のリソース消費量が供給量の最大量を超えてはいけないという制約が加わる。このため一般に問題はより複雑となり (NP ハード)、厳密解を得るのは難しくなるが、その反面、対象となる問題領域も広く、様々なスケジューリング問題に適用が期待されている[3]。

我々は、汎用的なスケジューラの開発を目的として、この RCPSP に着目しモデル化とシステム化を実施し、その有用性の検証のため PSPLIB や時間割作成問題への適用を行ってきた[1]。今回はより複雑な具体事例への適用としてナース・スケジューリング問題への応用を試みた。

### 2. RCPSP と汎用スケジューラの開発

#### 2.1 パッキングアルゴリズム

我々はリソース条件を分析し次のようなリソース制約を充足する時間帯の算出方法を考案しパッキングアルゴリズムと名付けた。

①スケジューリング条件として与えられるリソース供給量と仕事のリソース消費量それぞれを、時間を横軸にした矩形のパターンで表現する。

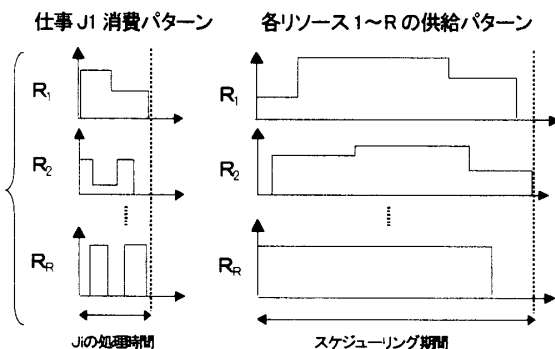


図1. リソースの消費と供給の矩形パターン

②リソース制約を充足する時間帯とは、それぞれの供給パターンに消費パターンが包含される時間帯となる (パッキング)。

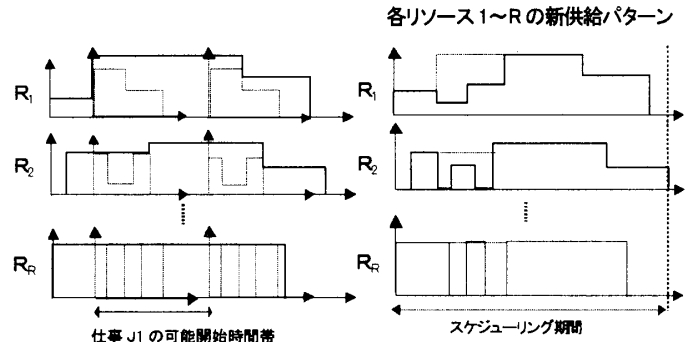


図2. 割り付け可能時間帯及び新環境の計算

- ③仕事の開始可能時間帯から特定の時刻を選別し、そこに仕事をスケジュールする。割り付けた仕事によりリソースが消費されるので供給パターンから消費パターンを差し引く。
- ④上記パターンが新リソース制約となるので他の仕事を同様に割り付けていく。
- ⑤候補時刻が計算できた時、その一つに A を割り当てる。A によって消費されたリソース条件を計算し新環境を算出する。
- ⑥全タスク処理なら終了へ。そうでなければ①へ。このように、各仕事の候補時刻を解のツリー表現とした (縦型の) 探索を行う。

#### 2.2 汎用スケジューラの開発

我々は、上述のパッキングアルゴリズムを用いた汎用スケジューリングシステムの開発を行った[1]。基本アルゴリズムを次に示す。

<基本アルゴリズム>

- ①未スケジューリング仕事の中から、“仕事選択のルール” に従い一つの仕事 A を選び出す。
- ②与えられた状況下で A の実施可能な時間帯をパッキングにより全て計算する。
- ③計算した時間帯から“候補時刻選択のルール” に従い、幾つかの候補時刻を選出する。
- ④候補時刻が計算できない場合、“戻りルール” に従いバックトラックを実施し、過去に割り付けた他仕事の別の候補時刻を選出する。

### 3. ナース・スケジューリング問題への適用

#### 3.1 ナース・スケジューリング問題とは

ナース・スケジューリング問題は、対象とする複

数の看護婦に対して、所定の期間の勤務スケジュールを作成する問題である。が、勤務に対して多数の厳しい組合せ制約が生ずるので、すべての条件を充足させるようなスケジュールを得ることが極めて難しい問題と言われている[2]

### 3.2 ナース・スケジュールリングの制約条件

3 交替制のナース・スケジュールリング問題では、日/準夜/深夜の交代勤務がある。またいくつかのグループ（医療チーム、職能などを一般化したもの）があり、それぞれに対し、各看護婦が所属するか（しないか）が決められている。さらに日勤、深夜勤などの各勤務においては、勤務に必要な人数や各グループから参加可能な人数の上限、下限も決められている（例えば、深夜勤務に対して、各グループから最低1人以上でかつ全体として上級者が最低1人以上、新人は1人までなど）。特に準夜、深夜勤務では最大可能な連続勤務回数や勤務間隔を空ける場合の最低間隔など勤務の連続性についての制約も存在する。この他にも各看護婦からの休日希望のような各看護婦ごとの制約や、準夜勤の翌日は日勤が禁止と言った勤務の順序の組合せについての制約も多数存在している。

### 3.3 RCPSPとしての定式化

看護婦1人の1回の勤務（8時間）を1コマとしコマ単位でのスケジュールを考える。例えば10日間で30人の看護婦が日勤を行う場合、スケジュールすべき日勤コマは300コマとなる。これに夜勤コマ、準夜勤コマが加わることになる。

また、各勤務の参加人数の上限はもちろん、各グループからの参加人数の上・下限、参加禁止のペア制約、勤務順序の禁止組合せなど主な制約をリソースパターンと考えると、それら制約は次のように表される。

$$m_n \leq \sum_{j=1}^K U_{jr(t-s_j)} \leq M_n \quad \left( \begin{array}{l} t = s_j, s_j + 1, \dots, s_j + p_j \\ r = 1, 2, \dots, G \end{array} \right)$$

$s_j$  : コマjの開始時刻

$p_j$  : コマjの処理時間

$U_{jr}$  : コマjがリソースr上で処理開始後q時間目に消費するリソース量

$M_n$  : リソースrの時刻tにおける消費上限量

$m_n$  : リソースrの時刻tにおける消費下限量

$K$  : 割り付け全コマ数

$G$  : 全グループ数

ただし、各勤務に対して必要になる総のべ人数が充足するよう、各看護婦の勤務可能なコマ数を上限

として、事前にUのパターン（看護婦ごとに勤務コマの割り当て、すなわちリソースの消費モード）を決めておく必要がある。また、夜勤の連続制約や間隔の制約については新たな式も必要になる。

### 3.4 下限制約条件の矩形パターン表現

本問題では、下限（最低でもこれだけの人数が必要）制約や連続勤務の制約を実現するためのパターン表現に若干の工夫が必要となる。

今回は次のような否定パターンを導入することによりこれら制約を解決する。例えば、新人/中級/上級の各技能グループがあり、3人が勤務する深夜勤では、上級に最低1人以上、新人は1人までの下

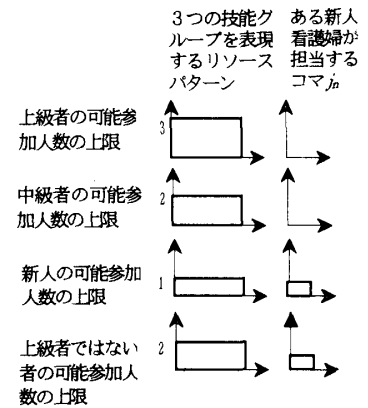


図3. 下限をもつ制約のパターン表現

限と上限があるとする。この場合のリソースパターンを図3の左に示す。これに新人の担当する  $j_n$  のコマが右のような消費パターンとなりパッキングされることになる。

また、深夜勤の3連続以上禁止のように、割り付けたコマの前後関係が制約となるものについては、深夜勤を2コマ固定的に並べて扱う方法、順序制約として動的に判断しながら候補時刻を生成する方法、L字型の変則的なパターンで近似する方法などが考えられる。

## 4. まとめと今後の課題

開発した汎用スケジューラを用いていくつかのサンプルデータに対してスケジュールリングを実施し、具体的な結果を当日発表する。

### 参考文献

- [1] 堀尾正典、鈴木敦夫：リソース制約型スケジュールリング問題解法スケジューラの開発と評価，日本オペレーションズ・リサーチ学会2000年度秋季研究発表会アブストラクト集，2-D-2，pp.252-253.
- [2] 池上敦子：2 交替制ナース・スケジュールリングのアルゴリズム改善，*Journal of the Operations Research Society of Japan*, vol43, September 2000, pp. 365-380
- [3] 野々部宏司、茨木俊秀：汎用スケジューラーRCPSPによるアプローチ，オペレーションズ・リサーチ，第45巻第3号，2000，pp.10-16.