

# APS (Advanced Planning and Scheduling) の定式化

01404650 法政大学工学部 西岡靖之 NISHIOKA Yasuyuki

## 1. はじめに

昨今の製造業では、顧客の要求をいかにタイムリーに満足させるかが極めて重要なテーマとなっており、これを実現するための計画系の業務システムとしてAPS (Advanced Planning and Scheduling) システムが注目されている。本稿では、このAPSシステムについて、まずその定義を明らかにし、APSが対象とする問題を定式化することで、現在の製造業が直面している問題をより客観的に理解することを目的とする。また、APSシステムの具体的な例として、筆者らの開発したソフトウェアであるAPSTOMIZERについて、その機能を簡単に紹介する。

## 2. APSとは

生産管理の分野でAPSということばを最近よく耳にするが、この用語の定義は現時点ではまだ曖昧のようである。そこでまず、筆者なりにこの用語の意味するところを整理し、以下のような3つの視点に着目することにした。

まず、第一に、APSという用語が直接示すような、Planning (生産計画) と Scheduling (生産スケジューリング) の統合という視点がある。APSでは、計算機の能力を最大限に生かし、詳細なスケジューリングを中長期にわたって一度に計算することが可能であることから、この統合が可能となったのである。

また、一方で、生産現場のスケジューリングシステムを、現実の計画担当者が使えるレベルまで高めたものをAPSと呼ぶ場合もある。これは、従来のスケジューリングシステムが、現実のさまざまな制約事項や要求事項を考慮できな

かったことの反動ともいえる。

第3点目として、在庫や資材調達の問題があげられる。生産における作業は、あるモノを別のモノに変える働きがあるが、入力となるモノがなければ作業が開始できない。このような生産対象となるモノの存在を陽に意識したスケジューリングをAPSと呼ぶこともできる。

以上の3つの視点は、ともに相反するものではないため、本稿では、これら3つの視点すべてについて満足いくシステムのことをAPSと呼ぶことにする。

## 3. 問題の定式化

本章では、APSが扱う問題の一般的なモデルを記述することを試みる。まず、使用する記号を整理する。

- $i$  : 作業 ( $i \in \text{Ope}$ )
- $j$  : 品目 ( $j \in \text{Item}$ )
- $r$  : 資源 ( $r \in \text{Res}$ )
- $k$  : オーダ ( $k \in \text{Order}$ )
- $t$  : 時間 ( $t \in \text{Time}$ )
- $p$  : 期 ( $\cup_p T_p = \text{Time}, \cap_p T_p = \phi$ )
- $s_i$  : 作業時間
- $x_i$  : 開始時刻 ( $x_i \in \text{Time}$ )
- $y_{r,i}$  : 割当て資源 ( $y_{r,i} \in \{0,1\}$ )
- $a_{ij}$  : 入出力量
- $b_{i,r}$  : 利用可能資源量 ( $\sum_r b_{i,r} = 1$ )
- $q_{j,k}$  : オーダ数量
- $d_k$  : オーダ納期 ( $d_k \in \text{Time}$ )
- $h_{i_1,i_2}$  : 先行時間
- $c(i_1,i_2)$  : 切替時間
- $\text{load}(r,t)$  : 負荷量 ( $= \sum_{i|x_i < t < x_i + s_i} \sum_{r|y_{r,i}=1} b_{i,r}$ )

stock(j,t) : 在庫量 (= stock(j,t<sub>0</sub>) +  $\sum_{i|xi<t} a_{ij}$   
+  $\sum_{k|dk<t} q_{jk}$ )

Q<sub>j,p</sub> : 生産計画量 (Q<sub>j,p</sub> =  $\sum_{k|dk \in T_p} q_{j,k}$ )

L<sub>r,p</sub> : 負荷計画量 (L<sub>r,p</sub> =  $\sum_{t \in T_p} \text{load}(r,t)$ )

APS では、生産現場のスケジューリング問題である以下の(1)~(6)よりなるモデルと、工場全体の中長期的な問題である以下の(7)~(9)を同時並行的に解くことになる。

$$\text{Max. } f_1(x,y) \quad (1)$$

$$\text{s.t. } x_{i2} - x_{i1} \geq s_{i1} + h_{i1,i2} \quad (2)$$

$$x_{i2} - x_{i1} \geq s_{i1} + c(i_1,i_2) \quad (3)$$

$$\text{load}_r^{\text{low}} \leq \text{load}(r,t) \leq \text{load}_r^{\text{high}} \quad (4)$$

$$\text{stock}_j^{\text{low}} \leq \text{stock}(j,t) \leq \text{stock}_j^{\text{high}} \quad (5)$$

$$g_1(x,y) = 0 \quad (6)$$

ここで、(2)式は先行制約、(3)式は切替制約、(4)式は負荷制約、(5)式は在庫制約、そして(6)式はその他の制約を表している。

$$\text{Max. } f_2(Q,L) \quad (7)$$

$$\text{s.t. } g_2(Q) = 0 \quad (8)$$

$$g_3(L) = 0 \quad (9)$$

ここで、(8)式は生産数量に関する制約、(9)式は負荷に関する制約を表している。

#### 4. APS ソフトウェアの紹介

APS に対する以上の定式化は、筆者らの開発した APS ソフトウェアと、それをうたいいくつかの現実的事例の記述経験にもとづいている。なお、開発したソフトウェアは APSTOMIZER という名称で WWW 上で無償公開しており、自由にダウンロード可能となっている<sup>1</sup>。1999 年 12

月時点でのダウンロード数はのべ約 230 である。以下に、APSTOMIZER の主な特徴を示す。

- 1) PSL による問題記述——対象とする問題の記述には、PSL という独自の記述言語を用いる。PSL は、キーワードとパラメータからなり、非常にシンプルで理解しやすい。
- 2) 豊富なユーザ・インタフェース——ガントチャート、負荷グラフ、在庫グラフの連動表示をはじめ、さまざまな集計データを 2 次元的、あるいは 3 次元的に表示可能。集計単位は分単位から週単位まで可変。
- 3) 対話的、段階的なスケジュール作成——組込ロジックの 1 回の実行で納得いく解が得られない場合、さまざまなロジックを部分的に組み合わせながら段階的にスケジュールを完成させることが可能。
- 4) 外部プログラムとのリンク——個々の問題に合わせて開発した任意のスケジューリングロジックを、外部プログラムとして動的に呼び出しその結果を表示することが可能。

#### 5. おわりに

本稿では、最近、製造業で注目されている APS について、筆者らの開発したソフトウェア APSTOMIZER をベースとしたいくつかの問題解決の経験をもとに、対象とする問題の数学的な定式化を試みた。本稿で示した定式化は、この問題をさらに数理計画の側面からアプローチしていく上で参考になるだろう。

今後は、開発したソフトウェアをより多くの実務家および研究者に利用してもらうことで、APS が抱えるより本質的な問題点を具体的に明らかにしたい。そして、それらの問題点を実務家と研究者との間で共有することで、この分野の技術がより向上していくことに少しでも貢献できればよいと考えている。

<sup>1</sup> <http://www.img.k.hosei.ac.jp/pslib/>