

APSにおけるTOCの実現方法と問題点

01013414 関西大学 工学部

* 荒川雅裕 ARAKAWA Masahiro

01506240 (株)日立製作所 生産技術研究所

船木謙一 FUNAKI Kenichi

1. はじめに

APS(Advanced Planning and Scheduling)はSCMの生産管理業務における計画業務の手法およびそのソフトウェアパッケージとして捉えられており、そのロジックや技術が学界および産業界において注目されている。これまでにAPSと考えられているソフトウェアパッケージが多数開発されており、現実の業務に利用されている。

TOC(制約条件の理論:Theory Of Constraints)は優れた計画立案の方法の概念と考えられており、SCMの目的とするチェーンの'全体最適化'を実践する方法論として多くの実用方法が研究されている。このような理由から、APSのソフトウェアには最適計画の立案方法としてTOCを具体化し、組み込んでいるものが多い。しかしながら、APSの必要機能や定義については明確なものが存在しているとは言えず、ソフトウェア開発者やコンサルタント等のソフトウェアの利用者によって取り扱い方や実施法が異なる。また、TOCの取り組み方においても差異が見られる。

本論文では過去に発表された文献や統合オペレーションG2グループ研究会での講演内容から、APSの特徴やAPSでのTOCの実現方法をまとめ、APSならびにTOCの問題点を検討する。

2. APSの必要機能と実現方法のギャップ

APSは生産計画と生産スケジューリングを統合し、各段階で作成された計画をフィードバックさせながら最適なスケジュールを作成する方法、および、そのソフトウェアを指す場合が多い。これにより従来、異なる部署で行われていた業務がシステム内で統合され、各作業内容を互いにフィードバックさせながら納期順守、仕掛り在庫量最小化そしてスループット最大化を目的とするスケジュール作成を試みることにより、業務の効率化と柔軟で高速な対応性により市場要求からの即時対応を可能としている。

APSとしてのソフトウェアは多数存在するが、APSの定義や必要機能に関して明確なものは存在していない。しかし、必要機能に関しては開発者や利用者間でそれほどの差は存在しておらず、共通の認識として下記の特徴が挙げられる。

(i) 高速な再スケジューリング

- ①短時間によるスケジュール作成
- ②計画条件の変更の容易性

(ii) 最適スケジュール作成

- ③戦略に基づく最適スケジュール生成のロジック

(iii) 納期回答の実施

- ④部品引き当て処理(仕掛り在庫推移の計算)

⑤部品制約と能力制約の同時かつ高精度なスケジューリングの実現

ここで、①の問題はソフトウェアのプログラムに依存し、②はスケジューリング対象のモデルの柔軟性、精度、汎用性およびユーザーインターフェースによる操作性などが問題となる。③は、ロジックの優位性とプログラムの質が重要となり、①、②にも影響を与える。また、④、⑤は計画系のシステムのみでも実施できるが、作業状況を把握し、柔軟な対応を行うためには計画系のシステムと実行系のシステム(実績収集系システム)との統合が必要となる。しかし、APSのソフトウェアにはこれらの統合が戦略的になされているものは少ない。

3. スケジューリングでのTOC実施方法

TOCは生産管理での改善を行うため概念であり、制約となる条件の効率化を継続的に行うことでシステム全体の最適化を進める手法でもある。さらに、生産プロセスへの適用を考えた場合、TOCは制約工程(CCR:Capacity Constraining Resource)に注目した管理手法と言える。全体の作業の流れはCCRに依存することから、CCRを集中管理することで全体の作業の流れを制御し、全体最適化を実践することが可能とされる。これより、スケジューリング法としてMRPやJITと対比するならば、TOCはボトルネック指向のスケジューリング法とも言える。

TOCは大きく以下の4項目から構成される。(なお、この分類は主唱者らのものとは若干異なる。)

- ・基本的考え方(5段階改善ステップ)
- ・生産管理・改善手法
- ・スループット会計(業務測定システム)、
- ・問題解決手法(思考プロセス)

これらの構成要素でスケジューリングのロジックとして適用されているものは、②生産管理・改善手法の要素であるDBR(Dram-Buffer-Rope)やプロダクトミクス、VAT分析などである。その中でもDBRとプロダクトミクスはスケジューリングのロジックとして広く研究対象とされ、実用化がなされている。

4. APSでのTOCの実現に必要な機能

次に、APSでTOCを実現するために必要な機能を検討する。ここではDBRとプロダクトミクスに限定し、まずAPSでの実現に必要な機能を以下に列挙する。

- (1)制約工程(CCR)の発見方法
- (2)(制約)バッファの設定
- (3)制約設備におけるジョブの加工順序の設定
- (4)非制約設備の制約設備への同期化

上記の必要機能に対して、文献やAPSソフトウェア

アで見られる実施例を以下に示す。

(1) 制約工程の発見方法

制約工程は通常、負荷が能力を超えた工程を指し、その発見には山積み法を適用するが多い。以下に制約工程の選定実施例を示す。

- ・山積みの結果から過負荷あるいは最大負荷の設備を選定
- ・バックワードによる無限山積みの結果から、現時点より過去にスケジュールされた設備を選定
- ・実状況から、処理時間(負荷)あるいは待ち行列の長い設備を選定
- ・生産速度(単位時間あたりの生産数量)の最遅な設備を選定
- ・経験による選定

(2) (制約)バッファの設定

バッファの大きさの設定に関しては具体的な規則は見受けられず、多くの場合で業務担当者の経験や過去のバッファ量の統計値から設定されている。また、予め適当量を設定しておき、運用の過程で状況を確認しながら大きさを調整する方法も実施されている。これらの操作ではいずれも運用実績をフィードバックさせて計画に反映させているため、バッファ量の柔軟な管理には適した方法と思われる。APSのソフトウェアにおいても制約バッファの設定が可能なものがあるが、その大きさは計画策定者の判断で自由に固定値が設定できるようになっている。しかし、実績収集を統合し、上記のフィードバック機能を組込んだものは見受けられない。

(3) 制約工程における作業順序の設定

制約工程における作業順序は、納期遅れや制約工程下流の仕掛かりを決めるだけでなく、スループットに影響を与えるため、スケジュール作成の重要な点となる。制約工程の作業順序の設定方法には以下の実施例が見られる。

- ・単位時間あたりの貢献利益が大きいジョブを優先
- ・出荷バッファを考慮し、バックワードで割付け後、制約設備での山崩し結果を利用
- ・競合する作業に関して、各作業の最遅着手日と最早着手日の間で納期遅れを抑制する調整

APSソフトウェアでは、全工程に対して計画策定者がユーザーインターフェース上で自由に多様な差立規則を設定でき、さらには作業の開始時刻も変更できるものが多い。しかし、制約工程でいかなる差立規則の利用により最適解が得られるかは作業者の判断に依存し、最適スケジュール作成の観点からは問題がある。

(4) 非制約工程の作業の制約工程への同期化

制約工程に対して上流の作業を同期化することにより、仕掛かり在庫量の削減と制約設備の停止が起こらないような投入計画の立案が行われる。

同期化を実現するには、制約工程から上流に向かって作業を各工程に割付ける方法(バックワード

シミュレーションあるいは、バックワード山崩し)が取られている。また、制約工程から下流の工程へは下流に向かって作業を割付ける方法(フォワードシミュレーションあるいは、フォワード山崩し)が取られている。この処理機能は多くのAPSソフトウェアで実現されている。しかしながら、バックワードによる作業割付けによって、材料投入時刻が実行不可能な過去に設定される場合が発生する。特に納期がきつい計画条件では、このような状況が発生しやすい。DBRのロジックが忠実にシステム化されている”Goal System”においては、材料投入時刻が過去に設定された場合は、実行可能になるまで全作業を同一時間シフトさせている。しかし、この処理では納期遅れの作業の発生が考えられ、スケジュールのシフト処理だけでは納期に関しては優れたスケジュールが必ずしも作成できない問題が起こる。

APSソフトウェアはTOCの機能に関するセールスがあっても厳密な意味でのTOCによる計画立案方式を忠実に適用しているとは限らず、上記のいくつかの機能を実現できることで主張しているものが多く見受けられる。

5. TOCの問題点とAPSでの実現に対する今後の課題

現状で、TOCが実現されたスケジューリング方法で解決されていない問題点として以下の内容が挙げられる。

- ・制約および出荷の最適バッファ量の設定
- ・制約工程が複数存在する場合の対応方法(作業の前後関係や負荷の大小から、常に一工程に注目すれば良いとの考えもあるが効果は未確認)
- ・実績収集系と計画立案の統合による生産運営・管理と計画立案の一体化(データベースの共有化は行われているが計画に反映させるフィードバック機能が構築できていないと言えない)
- ・TOCはフローショップに類似する工程フローでないとならば効果が現れにくいことが予想されるため、ジョブショップなどの複雑な工程フローへの対応方法
- ・特急ジョブやオーダー変更による計画修正方法

TOCは計画業務と同時に運用も重視しており、運用実績の分析・評価によって、工場内の不確定な変動現象や市場の複雑なニーズに対応する仕組みが考えられている。また、APSは計画系の一部と考えられているが、実際の運用を考えた場合では生産計画と生産スケジューリングを統合し、さらにMESのような実績収集系を含めたシステムと捉える必要がある。そのようなシステムが供給されたとき、TOCの戦略的な計画立案法が有効に働き、APSの目的が実現に近づくものと思われる。

このような理由からも、上記のTOCの問題の解決にはスケジューリング法のロジックだけではなく、APSおよびSCMのシステム全体として対応することが今後重要と思われる。