

研究ノート

生産管理技術とスケジューリング

石井 博 昭*

Production Management technique and scheduling

Key Words : production planning, scheduling, combinatorial optimization, flexible manufacturing system, fuzzy theory

1. は じ め に

生産との関連で、管理技術といえば、生産計画となる。これが私の研究テーマの1つである。生産計画としては、人員配分、スケジューリング、在庫、販売などいろいろな要素があるが、今回はそのうち、スケジューリング理論について、最近の動向と私の研究についてお話する。

2. スケジューリング問題への接近法

スケジューリングの理論と現実の問題とはまだまだ距離があるが、我々はそのギャップを埋めるべく努力をしている。スケジューリング問題はオペレーションズ・リサーチの分野では組合せ最適化の範疇に入る。組合せ最適化とは組み合わせとして表される多くの代替案の中から最適なものを選ぶ理論の総称である。たとえば、10個の仕事を2人で処理するのにそのスケジュールの可能性は2人への仕事の配分と各人の仕事の処理順序を考えるとスケジュールは $2^{10}10! = 1024 \times 3628800 = 3715891200$ 通りある。1秒間に1万個のスケジュールがチェックできると

して全部チェックするのに約4日かかる。これが、15個の仕事となると約13.6万年かかるのである。実際の問題では実時間で作業手順を決めないといけないので、半日でも時間がかかりすぎである。こんな単純な問題でも大変なので、如何に問題にあった工夫をするかが決め手となる。このような計算に非常に手間取る状況に対する1つの接近法は効率的な近似解法を考慮することであり、また別の接近法は適当なルールベース作りをして、その有効性をシミュレーションで確かめるものである。このために、現場でのスケジュール作りの熟練者のノウハウを最大限取り入れたエキスパートシステムの構築が主流であったが、最近はそのにファジイ論理を組み合わせたスケジューラーの構築が行われている。例えば、作業量の平準化のための山崩しルールなどがそうである。もう1つの接近法は正攻法ではあるが、現実的に解けるという条件は守りながら、モデルをできるだけ現実に近づけるやり方である。この為には幾つかの数式に表せない、あるいは表せても難しい条件となるものは満足度ということで、ファジイ概念に丸め込む。また、従来は単一の目的関数のみ考えていたため、出てきた解が現実的でないことが多かったが、複数の目的を考え、その非劣スケジュールを列挙することにより、複数のスケジュールのなかから、より現実的でましな解を選択できる。この観点から我々は最近、多目的スケジューリング+ファジイスケジューリングを研究している。

* Hiroaki ISHII

1948年7月10日生

京都大学大学院工学研究科数理工学専攻博士課程単位取得退学

現在、大阪大学工学部応用物理学科、教授、工学博士、オペレーションズ・リサーチ

TEL 06-879-7868

FAX 06-878-1385

E-Mail ishiiha@ap.eng.

osaka-u.ac.jp



3. スケジューリングの基準

スケジューリング問題で一番よく用いられる基準は全部の仕事が完了する時間(最大完了時間という)であるが、処理時間の長い仕事から機械にかけていくと最大完了時間が通常早いスケジュールが得られる。一方、各企業がある意味で一番悩んでいるのは納期の問題である。納期の小さい順に、スケジュールすれば、納期遅れがあるとしても一番大きい納期遅れ(最大納期遅れという)は最小になる。仕事の処理待ちの時間(滞留時間という)については、その平均(平均滞留時間という)を最小にしようとするれば、処理時間の小さいものからスケジュールすればよい。これらは我々の常識と基本的に一致しているが、きちんとした数学的な証明はこれまでのスケジューリング理論の成果として与えられている。しかし、次のサイクルで入ってくる仕事のことを考えれば、今抱えている仕事を早く終わらせる、すなわち、最大完了時間を最小にすればよいが、得意先をなるべく待たせないようにすると平均滞留時間を最小にする必要がある。本来、スケジューリングは多目的なのである。また、仕事の間には技術的關係で処理順番がつく、すなわち、ある仕事はある別の仕事が終わらないと処理を開始できないというような先行関係がついている事が多い。このことが、シンプルな場合でもスケジューリングを非常に難しくしている1つの要因である。他にも実際の解法を困難にしている要因は一杯あり、Karp 等に始まる計算の複雑性の理論の発展の過程ではほとんどのスケジューリング問題は本質的に難しく、どんなアルゴリズムを用いても、問題を記述するのに必要な入力の数乗の計算量はかかりそうであるということがわかってきている。

4. ファジィスケジューリング

我々は先行関係を筆頭としてスケジューリングを難しくしている要因をファジィ概念化することにより、よりフレキシブルなモデルでかつスケジュールを求めやすくすることを試みている。まず、納期をファジィ概念化し、各仕事 j

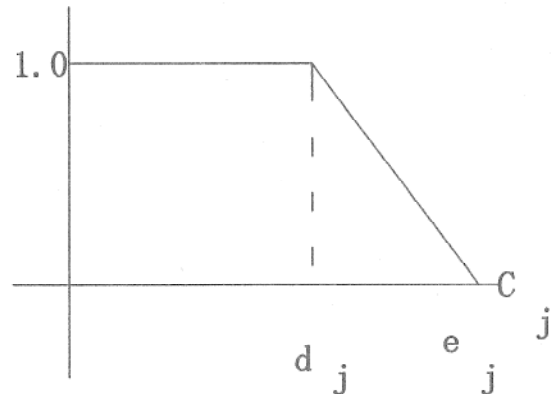


図1 ファジィ納期

の完了時間 C_j についての満足度を表す次のような帰属度をもつファジィ納期について考察した。これは仕事 j は通常納期に対応する d_j まですぐに完了することが望ましいが e_j までは少しぐらい伸びても満足度が下がるが許そうというものである。これは最大完了時間と最大納期遅れの両方をバランスするための概念である。また、先行関係をファジィ化したファジィ先行関係も導入する。単に技術的な順序だけではなく、注文先の優先度も反映させて、仕事間の先行関係をファジィ関係とし、ある仕事 i を別の仕事 j より先に処理することのメリットを表す満足度 μ_{ij} で帰属度関数をあらわす。

$\mu_{ij} = \mu_{ji} = 1$ は i と j が独立である事を示し、 $1 > \mu_{ji} > 0$ ならば、必ず $\mu_{ij} = 1$ と仮定する。これは本来の処理順序は i が j より先であるべきであるが逆も場合によって許される事を示す。我々はまず1機械の場合にファジィ納期、すなわち、完了時間に対する満足度の最小値 $\mu_{\min}^1$ と処理順序に関する満足度の最小値 $\mu_{\min}^2$ を同時に最大にするスケジュールを求める。一般にはこの様なスケジュールは存在しないので非劣スケジュールを求めるアルゴリズムを考案した。非劣スケジュールとは $\mu_{\min}^1$ または $\mu_{\min}^2$ 少なくとも一方が他のスケジュールより劣っていないスケジュールのことで我々が使いだした概念である。この非劣スケジュールの中から、責任者が他の基準も考慮して一番都合の良いスケジュールを選び出せばよい。実現には何らかの都合で幾つかの仕事が最初からとりかかれないことも多い。このとき、各仕事の段取りがすむ時間を

最早開始可能時間という。最早開始可能時間と納期の間がその仕事を処理できる時間(実行可能時間という)で、この時間が曖昧あるいは融通できる状況を考えて、ファジイ概念化したファジイ実行可能時間を導入するとともに機械も2台に増やして、ファジイ先行関係を考察した。各仕事の処理期間についての満足度の最小値の最大化、および、処理順序についての満足度の最小値の最大化に関して非劣スケジュールを求める効率的アルゴリズムが示した。一方、最近のFMS(Flexible manufacturing system)や計算機援用スケジューリングの展開に伴って、資源制約やメモリ制約が条件として取り入れられてきた。資源制約は仕事毎に使うツールの種類や数が決められていたり、必要な人的資源が決まっている一方で、全体として使える資源量が時刻毎にも決まっているという現実の生産ではよく見られる状況を反映している。

満足度が下がるかもしれないが、各時刻で使える資源量は少々オーバーしてもよいとすると、ファジイ資源の下でのスケジューリング問題となる。このとき、最大完了時間はなるべく小さく、資源量超過に対する満足度の最小値はなるべく大きくしたいというオープンショップ・スケジューリング問題に対して、非劣スケジュールを求めるアルゴリズムを示した。オープンショップは、各仕事は全ての機械での処理が必要であるが、身体検査の例の様に、各検査項目を自由な順番で受ければよいような、機械での処理順序があらかじめ決まっていなくて自由な場合をいう。

一方、必要なメモリが決まっているプログラムあるいはソフトをコンピュータで処理するとき、コンピュータのメモリによっては処理が困難なこともある。この様に各仕事毎に処理可能な機械が決まっているとき、最大納期遅れや最大完了時間を最小にするスケジュールを求める問題もよく出てくる。我々は使えるメモリに融通が利き、少しぐらひはオーバーしてもよいというファジイメモリ制約状況で、その満足度の最小値の最大化と最大納期遅れの最小化を計るスケジューリング問題に対して非劣スケジュールを求めるアルゴリズムを与えた。

5. お わ り に

我々の接近法はまだ完全に現実のスケジューリング問題には使える段階ではない。機械台数についてももっと多い問題を考える、あるいは仕事の処理順序についても一般にはジョブショップであり、仕事毎に処理順序が異なっている状況の解析が必要である。しかし、最初から、ルールベース作りや近似解法ではなく、できるだけ解析的にスケジュールを追求することは重要である。少なくとも、スケジューリングの部分的曲面では使えると期待している。また、これら3つの接近法の成果を結びつけることも大事になってくる。

地球環境や資源の問題から、如何に効率的に無駄なく生産するかはこれからはますます重要であり、そのために役立つ様になりたいと思っている。

