

納期ずれ幅最小化を指向するバックワード・フォワード・ ハイブリッドシミュレーション法の特性評価

関西大学	*荒川雅裕	ARAKAWA Masahiro
関西大学	冬木正彦	FUYUKI Masahiko
関西大学	藤原昌崇	FUJIWARA Masataka
京都産業大学	井上一郎	INOUE Ichiro

1. はじめに

個別受注生産においては、顧客との間で交わされた約束納入日(客先納期)を厳守しなければならないことから、工場側では客先納期に若干余裕を持たせた形での納期(工場納期)の設定が行われるのが一般的である。個別受注生産は一般にジョブショップ型となるが、この生産形態においては納期順守が生産管理上の最重要課題であり、従って納期重視型の生産スケジューリングが行われる。生産スケジュールの作成、とりわけ現実のジョブショップ生産における生産スケジュール作成においては現在のところ、シミュレーション技法に基づくスケジューリング法が今までの実績および今後の可能性から最有力の方式と考えられている。

従来よりシミュレーションによる納期重視型スケジュールの作成では、時間の流れに沿って各ジョブの作業をワークセンタに割り当てていくフォワード・シミュレーション(以下 F S と略記)方式が適用される。そして、このシミュレーションの過程の中で納期関連の情報を利用した差立規則が用いられる。近年ではより良い納期重視型スケジュールの作成のため、従来の差立規則を複数組み合わせた手法が提案されている[1]。その一方で納期関連の情報としてバックワード・シミュレーション(以下 B S と略記)の結果を利用したバックワード・フォワード・ハイブリッドシミュレーション法(以下 B F H S 法 と略記)が提案されている。B F H S 法は F S のみを用いる従来の方法に比べて納期重視型スケジュールの計画作成において、優れた性能を有することが示されている[2]。ここで、B S とは納期から時間を逆行させて各ジョブの割付けを行なうシミュレーションであり、B S の結果を用いることにより従来の差立規則に比べて多様な納期関連の情報を得ることが可能となる。

納期重視型生産スケジュールの計画作成の目的は以下の2通りに分けられる。1つは納期内にできるだけ早くかつ多くのジョブを完了させることを狙う場合(納期達成率向上)であり、他方は納期からジョブの完了時間までの差を出来るだけ小さくさせることを目的とする場合(納期ずれ幅最小)である。従来のシミュレーションによるスケジュールの作成では納期達成率向上が目的とされており、納期ずれ幅を最小とする手法は現在のところ見受けられない。本研究では B F H S 法において B S から得られる情報により納期ずれ幅最小を目的とした日程計画の作成が可能であることを示し、さらに単純化されたジョブショップのモデルによりその特性を調べる。

2. B F H S 法におけるスケジュール作成手順

B F H S 法は B S と F S を段階的に組み合わせる手法である。本手法の第1段階では予め設定されている各ジョブの加工条件に基づいて B S が行われ、第2段階では第1段階で得られた結果を基にして各ワークセンタでの制約条件が設定され、F S が行われる。ここで B S の結果をどのように F S に利用するかによって、以下の3種類の組み合わせが考えられる[2]。

- (1) ジョブの先頭工程の作業開始時刻を、先頭工程の最早作業開始可能時刻とする。(Type A)
- (2) 各ワークセンタにおけるジョブの作業開始時刻を、各ワークセンタでの最早作業開始可能時刻とする。(Type B)
- (3) 各ワークセンタでのジョブの作業順序を、差立規則とする。(Type C)

これら3種類のうち Type A, B では各々の納期から逆算された作業開始時刻を考慮しているので納期ずれ幅最小化の方向に有効に作用することが期待される。

3. 計算モデルおよび計算条件

納期ずれ幅最小化に関する各手法の特性評価を行なうため、ジョブ数12、機械数5の単純ジョブショップ過程モデルを設定する。スケジュール作成にあたっての条件は以下の通りである。

- ① 各ジョブの工程数を5とし、異なる機械全てを通過する。なお、工程順序を一樣乱数を用いて決定する。
- ② 各工程の加工時間を5~24時間の一樣乱数で与える。
- ③ 全ジョブの投入時間を同一時刻とし、ワークセンタでの段取り、移送時間を考慮しない。
- ④ 各ジョブの納期を納期係数を用いて、以下の式によって与える。

$$\text{ジョブの納期} = \text{総加工時間} \times \text{納期係数}$$

なお、本研究では納期条件が極めてきつい場合から緩いまでを4段階に想定(納期係数を1.9、2.2、2.5、2.8の4段階に設定)して、Type A, B, Cの3種類の B F H S 法と、F S 法で S L A C K および S P T ルールによって計算を行う。なお、本論文では各手法をそれぞれ B F H S / A, B F H S / B, B F H S / C, F S / S L A C K, F S / S P T と記述する。

4. 計算結果および考察

現実の生産スケジュールの作成の場合、納期達成率の向上を目的とした計画作成だけではなく、納期ずれ幅の最小化を目的とした計画作成も必要とされている。

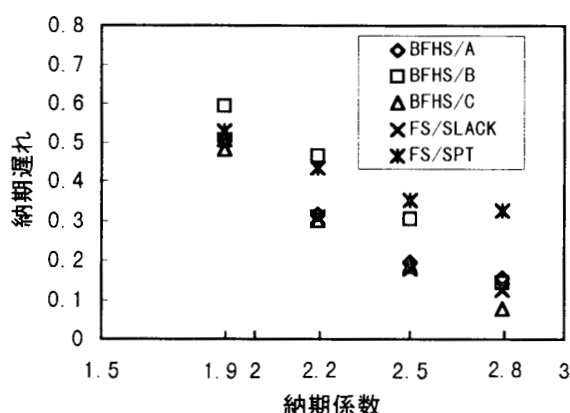


図1 納期係数に対する納期遅れの変化

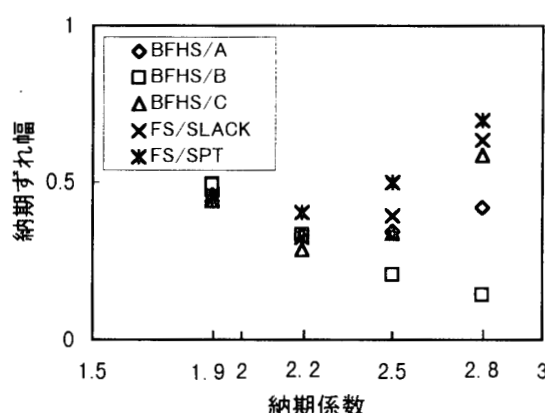


図2 納期係数に対する納期ずれ幅の変化

しかし、従来の納期重視型の生産スケジュールの作成においては納期達成率向上が目的とされているため、納期達成の指標で手法の評価が行われている。そこで、はじめにBFHS/A, Bの納期達成の効果を見るために指標のひとつである納期遅れについて各手法の特性を調べる。

図1に納期係数に対する納期遅れの変化を示す。この図で縦軸の値は納期遅れたジョブの納期遅れ時間を各ジョブの加工時間の総和で割ることで無次元化した値の平均値である。BFHS/Bにおいては、大きい納期係数に対しては他の納期重視型のシミュレーションの結果と同程度の大きさとなるが、小さい納期係数では大きな値をとる。このため、納期係数が小さいほどBFHS/Bでは納期達成の効果は他の手法に比べて望めない。一方、BFHS/AではBFHS/B以外の納期重視型の手法の結果と同程度の大きさであるが、納期係数が大きくなるとBFHS/Cの結果に比べて値が大きくなる。

以上の結果から、BFHS/Aは他の納期重視型の生産スケジュールリング手法に比べて、同程度の結果が期待できる手法である。一方、BFHS/Bにおいては、小さい納期係数での納期ずれ幅は他の手法のその値に比べて大きくなっているが、現実の問題においてはその差は許容範囲であると言えよう。

次に本研究の目的である納期ずれ幅を調べ、各手法の納期ずれ幅の特性を比較する。図2に納期係数に対する納期ずれ幅の変化を示す。この図の縦軸の値は各ジョブにおける納期ずれ幅の時間(ジョブの完了時間と納期の差の絶対値)を各ジョブの加工時間の総和で割ることで無次元化した値の平均値である。図よりBFHS/Bによる値が納期係数の増加とともに減少する傾向が見られる。これより、BFHS/Bが納期丁度にジョブを完了させる効果を持つことが分かる。BFHS/Aは他の手法と同様に増加する傾向をもつが、その勾配は小さく、BFHS/Bほどではないが納期ずれ幅を小さくさせる効果をもつ。BFHS/A, B以外の全ての手法では作業開始時刻に関する制約がないため前詰めにジョブが割り付けられる傾向があり、リードタイムが短くなることも予想される。

納期係数が大きくなると前詰めに割り付けられる効果が顕著になり、納期を考慮していないFS/SPT

Tのずれ値が最も大きくなる。納期を考慮して各ワークセンタにおけるジョブの加工開始順序が決定されるFS/SLACKとBFHS/Cの結果は同程度であるがFS/SPTに比べて良い。納期係数が非常に小さい場合には大部分のジョブで納期遅れが生じることが考えられる。このため、納期係数1.9では全ジョブの納期ずれ幅が同程度に生じている。また、BFHS/B以外の手法では納期係数2.2程度で極小かつ最小となる傾向が見られる。これは2.2より小さい納期係数では大部分のジョブが納期遅れをしており、これより大きい納期係数では納期より早く完了したジョブが多くなることを示している。

5. まとめ

以上の結果からBFHS/Bは各ジョブが納期ずれ幅最小を目的とした計画立案に適したスケジュールリング手法であり、納期係数が大きいほどその特徴が顕著に現れる。一方、BFHS/Aでは納期ずれ幅がBFHS/Bとその他の手法の中間の値にとられている。なお、本研究では単純化されたジョブショップモデルの静的問題についてBFHS法のType BとType Cについて評価を行なったが現実問題での有効性を調べるために動的問題や現実の問題についても検討する必要がある。

文献

- [1] 福井哉・橋本文雄：「納期遅れ最小化のためのディスパッチング・ルールに関する研究」, 日本経営工学会誌, pp. 248-253, Vol. 46, No. 4, (1995).
- [2] 冬木正彦・井上一郎：「バックワード/フォワード・ハイブリッドシミュレーション法に基づく個別受注生産における納期重視型生産スケジュールリング」, 日本経営工学会誌, pp. 144-151, Vol. 46, No. 2, (1995).