2000年度日本オペレーションズ・リサーチ学会
秋季研究発表会

分解法を用いた多工程ＪＩＴ生産システムの性能評価

（申請中）　名古屋工業大学 ＊ 小島　貢利　KOJIMA Mitsutoshi
01002633　名古屋工業大学　大野　勝久　OHNO Katsuhisa
01404794　大阪工業大学　中島　健一　NAKASHIMA Kenichi

1　はじめに

多工程ＪＩＴ生産システムの性能評価としては，［1］［2］［3］［4］［5］等が挙げられる．しかし，これらの研究では，製品の加工時間が指数分布またはアーラン分布に従う，または，需要到着がポアソン過程に従うという実際的でない仮定のもとで，マルコフ過程を用いた解析が行われている．また，［4］［5］では，生産指示かんばんだけでなく，引き取りかんばんを考慮した，定期引き取りかんばん方式の定常分布が分解法を用いて近似的に計算されている．しかし，これらの研究では工程間の部品の引き取りリードタイムが考慮されておらず，引き取りリードタイムが長い場合に生じる，システムの状態数の増加に対応することができない．本研究では，生産指示かんばんと引き取りかんばんを用いた，需要が確率的で加工時間が一定である，部品の引き取りリードタイムを考慮した，定期引き取り多工程ＪＩＴ生産システムの性能評価を行う．本研究では，隣接する工程の生産量と総生産繰り越し量の確率分布を用いて，多工程を各単一工程に分解し，さらにかんばん方式の特徴を利用することで，システムの状態数を大幅に削減した，多工程ＪＩＴ生産システムの性能評価の近似解法を提案する．

2　多工程ＪＩＴ生産システム

図１に示されるようなＪＩＴ生産システムを考える［6］．

［記号］

n ：工程数
j ：工程番号 ($1 \leq j \leq n$),
L_j ：工程jの部品引き取りリードタイム
M_j：工程 jの生産指示かんばん枚数
N_j：工程 jの引き取りかんばん枚数
C_j：工程 jの生産能力
$D(k)$：第k期の需要量
$B_j(k)$：第k期首の工程jの繰り越し需要量
$J_j(k)$：第k期首の工程jの生産指示かんばんポストにある生産指示かんばん枚数
$P_j(k)$：第k期の工程jの生産量
$X_j(k)=B_j(k)+J_j(k)$：第k期首の工程jの総繰り越し需要量

工程1の前工程は外注工場である．需要は確率的であり，加工時間は一定である．第k期間に工程jで消費された部品の発注は，第(k＋１)期首に工程(j-1)工程へ伝達され，

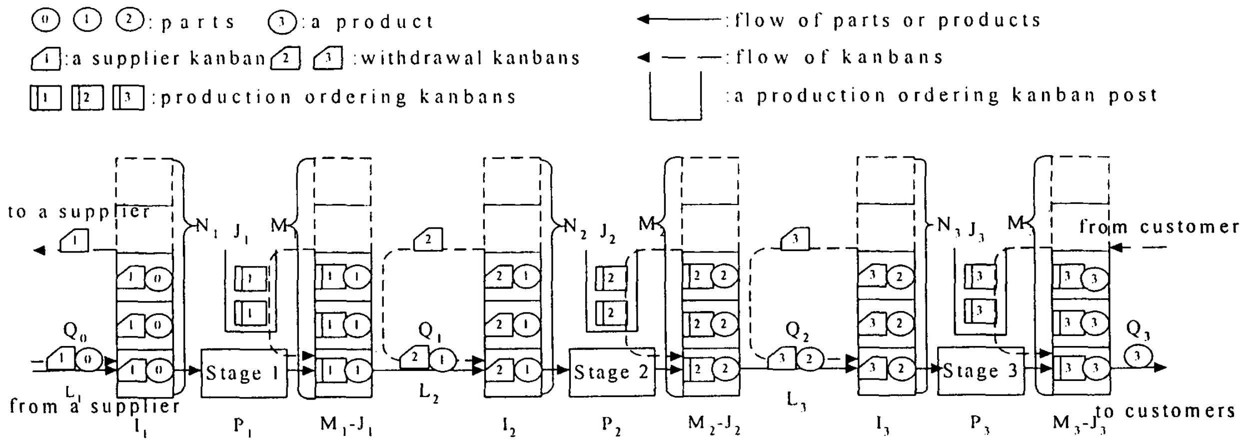

図１．多工程 JIT 生産システム

部品が第 $(k+L_j+1)$期首に工程jへ納入される．各期の需要分布$\{\Pr\{D(k)=d\}=p_d, d=0,1, \cdots, D_{\max}\}$ は，平均Dで，独立かつ同一分布に従うと仮定する．部品の注文は工程jから工程$(j\text{-}1)$へ瞬時に伝達され，各工程の製品や部品の満たされなかった需要は，次期以降に繰り越される．

3　システムの分解

前節の多工程ＪＩＴ生産システムをマルコフ過程として定式化し，厳密解を計算することは，理論的には可能であるが[6]，工程数n，かんばん枚数M_j，N_jや引き取りリードタイムL_jが増加すると，状態数が

$O(\prod_{j=1}^{n}(N_j^{L_j}\times(M_j+N_{j+1})))$で増加し，計算困難となる．したがって，下記の近似的な生産量や総繰り越し需要量の確率分布を用いて，多工程のＪＩＴ生産システムを個々の単一工程サブシステムに分解する．

(1) サブシステム $j\,(1\le j<n)$において，第k期の後工程$(j\text{+}1)$ からの需要量$P'_{j+1}(k\text{-}1)$は以下の独立かつ同一分布に従う，

$$\Pr\{P'_{j+1}(k\text{-}1)=p_{j+1}\}=\Pr\{P'_{j+1}(\infty)=p_{j+1}\},\quad 0\le p_{j+1}\le\min\{C_{j+1}, M_{j+1}\}.$$

(2)サブシステム$j(1<j\le n)$において，(L_j+1)期間$((k\text{-}1)(L_j+1)+1, \cdots, k(L_j+1))$の間に「使用可能な」引き取りかんばんを$N'_j(k)$とし，$N'_j(k)$は以下の独立かつ同一分布に従う，

$$\begin{aligned}&\Pr\{N'_j(k)=n_j\}\\&=\Pr\{B'_{j-1}(\infty)=N_j-n_j\}=\Pr\{[X'_{j-1}(\infty)-M_{j-1}]^+=N_j-n_j\},\ 1\le n_j\le N_j,\\&=\Pr\{B'_{j-1}(\infty)\ge N_j\}=\Pr\{[X'_{j-1}(\infty)-M_{j-1}]^+\ge N_j\},\ n_j=0,\end{aligned}$$

ここで「'」は，単一工程サブシステムの確率変数を意味し，$\Pr\{B'_{j-1}(\infty)\}$，$\Pr\{X'_{j-1}(\infty)\}$，$\Pr\{P'_{j+1}(\infty)\}$は，隣接サブシステム(工程$(j\text{-}1)$および工程$(j\text{+}1)$)の$B'_{j-1}(k)$，$X'_{j-1}(k)$，$P'_{j+1}(k)$の極限分布である．

仮定(1),(2)と単一工程のかんばん方式[7]の漸化式を応用することによって，システムの状態数を $O(\max_{j=1,\cdots,n}(N_j)\times(M_j+N_{j+1}))$まで削減することが可能となる．

4　分解法による近似アルゴリズム

３節で説明された分解法を用い，下流の工程から上流の工程に生産量の確率分布を反映させ，上流の工程から下流の工程へ使用可能な引き取りかんばん枚数の確率分布を反映させる，forward-backward 繰り返し法による近似アルゴリズムを提案し，数値例でその有効性を示す．

アルゴリズムの詳細と数値例に関しては，研究発表において示す．

参考文献

[1] Karmarkar, U. S., and Kekre, S., 1989, Batching policy in kanban systems, J.Manufacturing Systems, 8, 317-328.

[2] Mitra, D., and Mitrani, I., 1990, Analysis of a kanban discipline for cell coordination in production lines. I, Management Sci., 36, 1548-1566.

[3] Mitra, D., and Mitrani, I., 1991, Analysis of a kanban discipline for cell coordination in production lines. II, Operations Res., 39, 807-823.

[4] Kirkavak, N., and Dinçer, C., 1996, Performance evaluation model for single-item periodic pull production systems, Operations Research, 44, 239-250.

[5] Berkley, B., 1992, A decomposition approximation for periodic kanban-controlled flow shops, Decision Sci., 23, 291-311.

[6] Kojima, M., Ohno, K. and Nakashima, K., 1997, Performance evaluation of a multi-stage JIT production system, Proc. of the 14th International Conference on Production Research, 1284-1287.

[7] Ohno, K., Nakashima, K., and Kojima, M., 1995, Optimal numbers of two kinds of kanbans in a JIT production system, Int. J. Production Res., 33, 1387-1401.