

JIT生産システムの確率的費用特性

01404794	大阪工業大学	*中島 健一	NAKASHIMA Kenichi
011110393	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

1. はじめに

JIT 生産システムは、トヨタ生産方式の同義語として、あるいはその中核をなす JIT を実現するための看板方式として広く使われている。トヨタ生産方式は、徹底的なムダの排除によるコスト低減をめざした生産システムであり、その基本理念は平準化を基礎とする JIT と自動化である。

JIT とは、必要な物を、必要な時に、必要なだけ生産するという理念であり、この理念のもとで、大野耐一[1]は、「後工程引き取り、後補充生産方式」を創造し、工程内、工程間で必要な情報を必要なときに伝える手段として「看板」を創案した。この「看板」の運用法が同システムの性能を左右することとなる[2]。

本研究では、生産指示・外注看板を用いた JIT 生産システムを概説し、看板と費用の関係を示す。さらに確率順序および凸順序理論を用いて同システムの費用に関する確率的な特性を明らかにする。

2. JIT生産システムの安定性

外注工場からの部品を用いて製品を完成させる生産指示・外注看板システムを考える(図1)。生産指示看板枚数を M 、外注看板枚数を N とおく。さらに、部品あるいは製品の収容箱の収容数は 1 とするが、この条件が成立しない場合も以下と同様な議論が可能である。自社工程は単一品種製造工程であり、単位時間当たり生産能力を C とおく。単位時間当たりの需要は、平均 D をもつ独立かつ同一の分布に従うものとし、第 k 期の需要を D_k とする。また満たされなかった需要は繰り越されるものとする。以下、引き取り周期を 1 とし、納入リードタイムを L で表す。生産指示・外注看板方式では第 k 期首の発注が第 $(k+L)$ 期首に納入される。すなわち外注看板方式では、看板の回収(発注)と同時に L 期前に発注された部品の納入が行われる。

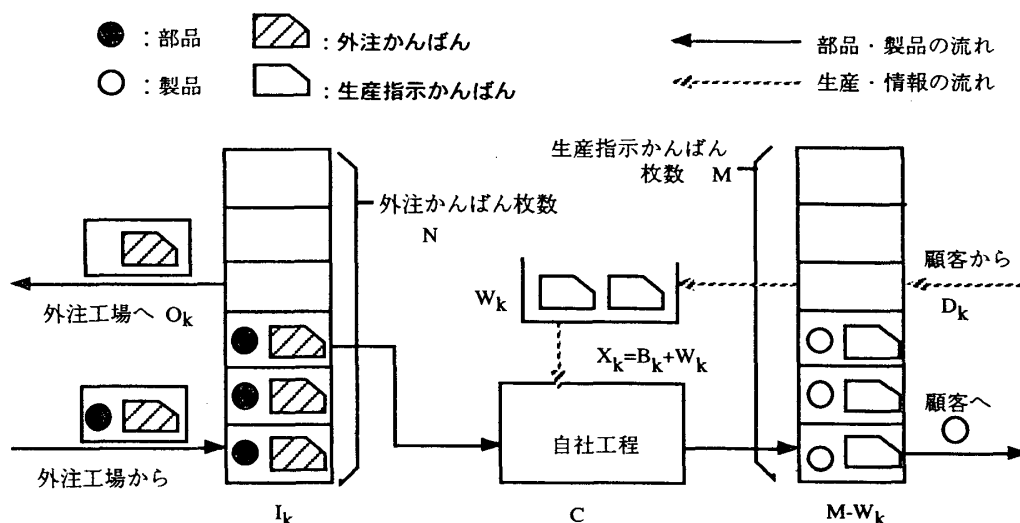


図1：生産指示・外注看板システム

第 k 期の部品在庫量を I_k , 生産指示かんばんポスト内のかんばん枚数 W_k , 繰り越し需要量を B_k とする。このとき第 k 期における総生産指示量は X_k となる。この生産指示・外注かんばんを考慮した JIT 生産システムに対して, 待ち行列理論を用いて, 以下の安定条件が導かれている[3]。

$$\text{安定条件: } \min\{C, M, N/(L+1)\} > D. \quad (1)$$

ここで, JIT 生産システムが安定であるとは, 第 k 期の総生産指示量 X_k にたいして, $k \rightarrow \infty$ のとき X_k が極限分布をもつことを意味する。この条件のもとで, W_k, B_k も極限分布に収束し, 確率変数 W_∞, B_∞ をもつ。したがって, 単位時間当たり平均費用は以下の式で表される。

$$A(N, M) = A_I \left(N - (L + \frac{1}{2})D \right) + B_I (M - E(W_\infty)) + A_B E(B_\infty) + C_B \Pr\{B_\infty > 0\} \quad (2)$$

ここで,

- A_I : 単位時間, 1 個当りの部品在庫費用
- B_I : 単位時間, 1 個当りの製品在庫費用
- A_B : 単位時間, 1 個当りの製品繰り越し費用
- C_B : 1 回当たりの製品繰り越し発生費用である。

3. 確率的費用特性

確率順序および凸順序[4]を用いて JIT 生産方式の費用性質を示す。図 1 の生産指示・外注かんばんモデルにおいて, 第 n 期の需要量 D_n の分布を $\psi(d) = \Pr(D_n = d)$, D_n' の分布を $\psi'(d) = \Pr(D_n' = d)$ とおく。以下 $\psi \leq_c \psi'$ であり, $E[D_n] = E[D_n'] = D$ を仮定する。このとき, 分散 $\text{Var}(D_n) \leq \text{Var}(D_n')$ である。また $M' = \min\{M, C\}$ とおき, 需要 D_n に対する繰り越し需要量を

$$Y_n = X_{n(L+1)+1} \quad (4)$$

$$U_n = \max(D_{n(L+1)}, D_{n(L+1)} + D_{n(L+1)-1} - M', \dots, \sum_{i=1}^{L+1} D_{(n-1)(L+1)+i} - LM') \quad (5)$$

$$V_n = \sum_{i=1}^{L+1} D_{(n-1)(L+1)+i} - \min\{(L+1)M', N\} \quad (6)$$

$$Y_n = \max(U_n, Y_{n-1} + V_n) \quad (7)$$

とする[3]。同様に, 需要 D_n に対する繰り越し需要量を $X'_{n(L+1)+1}$, U_n' , V_n' , Y_n' 等で表せば, $D_n \leq_c D_n'$ のとき

$$X_\infty \leq_c X_\infty' \quad (8)$$

となる。ゆえに任意の非減少凸関数 f に対して $E[f(X_\infty)] \leq E[f(X_\infty)']$ となり, $r \geq 1$ に対して, $E[X_\infty^r] \leq E[(X_\infty)']^r$ である[4]。 $B_\infty = [X_\infty - M]^+$ であるため, $B_\infty = [X_\infty - M]^+ \leq_c [X_\infty' - M]^+ = B_\infty'$ となる。よって $E[f(B_\infty)] \leq E[f(B_\infty)']$ を満たし, $E[B_\infty^r] \leq E[(B_\infty)']^r$ ($r \geq 1$) となる。

4. おわりに

本研究では生産指示かんばんと外注かんばんを用いた JIT 生産システムを考え, 需要分布が凸順序の意味で減少すれば, 製品繰り越し需要量の平均品切れ費用が減少することを示した。特に平均需要量が変わらない場合, 需要の凸順序の意味での減少は, 需要分散の減少を意味している。これは, JIT 生産システムにおいて, 平準化生産により需要変動をおさえることの重要性を理論的に裏付けている。

参考文献

- [1] 大野耐一, トヨタ生産方式-脱規模の経営をめざして, ダイヤモンド社, 1978.
- [2] 小島貢利, 中島健一, かんばん方式の数理, オペレーションズ・リサーチ, Vol.47, pp.225-230, 2002.
- [3] Ohno K., K. Nakashima and M. Kojima, "Optimal numbers of two kinds of kanbans in a JIT production system," *International Journal of Production Research*, Vol. 33, pp.1387-1401, 1995.
- [4] Stoyan, D., *Comparison methods for queues and other stochastic models*, Akademie-Verlag Berlin: John Wiley & Sons, 1983.