

HV-FMSの経済性評価に関する研究

01501824	神戸大学	藤井 進	FUJII Susumu
01604524	神戸大学	森田 浩	MORITA Hiroshi
	神戸大院	* 今田 将博	IMADA Masahiro
	マツダ	龍田 康登	TATSUTA Yasuto
	ヤマザキマザック	高田 芳治	TAKATA Yoshiharu

1 はじめに

近年の生産システムにおいては、多様化する消費者の嗜好を満足するために多品種の製品を生産することが必要になっている。その結果、製品のライフサイクルは短縮化され、製品の種類数や生産量の変化に対応できるような変種変量生産システムが求められている。また大量生産の場においても生産種類や生産量の変化に柔軟に対応できるような多品種大量生産システムの必要性も高まってきている。本研究では高生産性と高柔軟性を同時に実現する生産システムとして大容量FMS(High Volume Flexible Manufacturing System, 以下HV-FMS)について検討する。HV-FMSについては生産性や柔軟性の観点からの有用性を中心に検討されてきているが、本稿では経済性の面からHV-FMSの有用性について検討する。

2 対象モデルと定式化

2.1 HV-FMSとは

HV-FMSの概念図を図1に示す。HV-FMSは工程集約・並列生産の生産形態をとるフローショップ型のFMSである[1]。各加工設備はセルと呼ばれる基本単位で構成される。セルはローディングバッファ、加工ステーション、アンローディングバッファから構成される。加工に使用される機械は工具マガジンに多くの工具を持ち、工具を交換することにより多品種の生産を行うことが可能である。このシステムは G^h 工程から成り、各工程は複数の加工工程を集約している。各工程では同一機能のセルが複数台、並列に配置されており、この配置により機械の故障が起こった場合も加工を続けることができる。また生産量に合わせて各工程内のセル数の増減を行うこともできる。ワークの搬送にはAGV(Automated Guided Vehicle)が用いられる。本生産システムでは N^h 種類のワークを加工できるものとする。

2.2 経済性計算式の定式化

HV-FMSの経済性評価を行うために、HV-FMSの特徴を考慮した経済性計算式を定義する。また、比較対

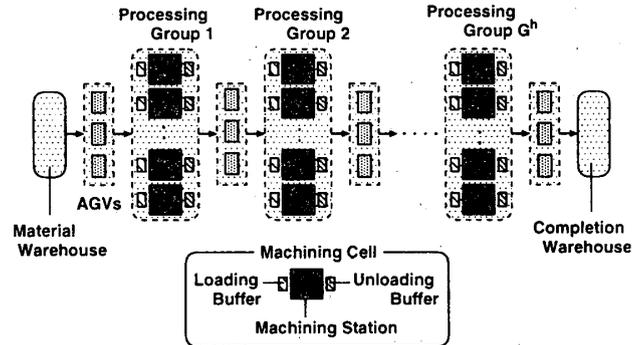


図1: HV-FMSモデル

象として少品種大量生産において有用なFTL(Flexible Transfer Line)を取り上げ、同様に経済性計算式を定義する。

本研究では、主に初期投資額や人件費、段取り替え費用、また生産種類の変化や長期的な製品・設備の陳腐化・老朽化等に対応した設備変更費用に着目して利益の算出を行う。

HV-FMSおよびFTLの粗利益 P^h 、 P^f はそれぞれ式(1)、式(2)で表すことができる。

HV-FMS

$$P^h = \sum_{j=1}^n \frac{(1+u)^j V^h M_j^h - C_j^h}{(1+i)^j} - \left\{ C_0^h + \sum_{j=1}^k \frac{a C_0^h}{(1+i)^{t_0j}} + \sum_{j=1}^n \frac{F_j^h}{(1+i)^j} \right\} \quad (1)$$

FTL

$$P^f = \sum_{j=1}^n \frac{(1+u)^j V^f M_j^f - (C_j^f + \epsilon_j^f R t^f)}{(1+i)^j} - \left\{ C_0^f + \sum_{j=1}^n \frac{F_j^f}{(1+i)^j} \right\} \quad (2)$$

ただし、各変数は以下のように定義する。

- ・ n : 生産システムの耐用年数
- ・ i : 利率
- ・ u : 販売価格の上昇率
- ・ V : 各種類の販売価格ベクトル ($1 \times N$ 行列)
- ・ M_j : j 期の生産量ベクトル ($N \times 1$ 行列)

- C_j : j 期の操業費
- C_0 : 初期投資額
- k : 段階的設備投資回数 (t_0 期毎に行う)
- a : 段階的設備投資における追加投資率
- F_j : j 期の設備変更費用
- e_j : j 期の段取り替え回数
- Rt : 段取り替え費用

なお、 j 期の操業費 C_j および設備変更費用 F_j は次式で表されるものとする。

$$C_j = (1+v)^j QM_j + L_j \times W + b_j S + d_j R + H_j \times E + Mt_j \quad (3)$$

v : 材料費上昇率

Q : 材料費ベクトル ($1 \times N$ 行列)

L_j : 固定人件費 + j 期の残業代

W : 労働者数

b_j : j 期の在庫数

S : 在庫費

d_j : j 期の故障回数

R : 修理費

H_j : j 期の稼働時間

E : 電気代

Mt_j : j 期の保全費

$$F_j = \begin{cases} C_0(1-\alpha) & \text{小規模な設備変更} \\ C_0(1-\beta) & \text{大規模な設備変更} \\ 0 & \text{その他} \end{cases} \quad (4)$$

α : 小規模な設備変更における転用率

β : 大規模な設備変更における転用率

3 数値実験

HV-FMS の有用性を検証するために、自動車エンジン部品のシリンダヘッドの製造を対象とした数値実験を行う。比較対象には FTL を取り上げた。需要量を図 2 のように仮定し、HV-FMS, FTL の各パラメータを表 1 のように定めた場合の経済性計算を行った。

HV-FMS と FTL のキャッシュ・フローグラフを図 3 に示す。HV-FMS の粗利益は年と共に増加するのに対して、FTL のそれは 3 年後位からわずかに黒字の水準で推移している。このことから長期的に見た時の HV-FMS の経済的有用性は明らかであるといえる。

また各期の需要量や HV-FMS の初期投資額を変化させた場合についても、HV-FMS が有用であることが分かった。

4 おわりに

本研究では、HV-FMS の経済性計算を行い、他の生産システムと比較することによって HV-FMS の有用性を検証した。

参考文献

- [1] S.Fujii, et al., "A BASIC STUDY ON HIGH VOLUME FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEM

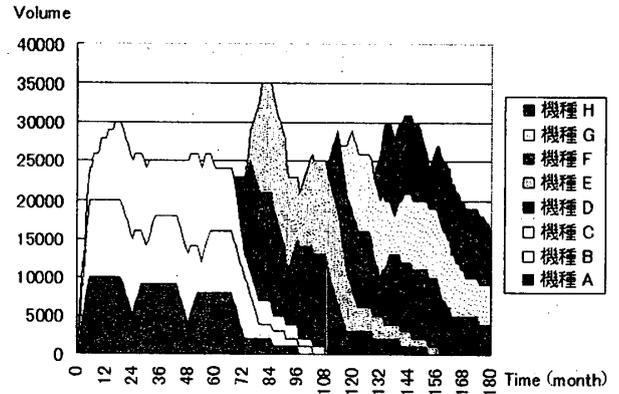


図 2: 需要予測モデル

表 1: シミュレーション条件

H V F M S	工程数	5 工程 (11,9,12,2,6 台)
	労働者数	5 人 (× 3 交替)
	小規模設備変更時間	1 週間
	小規模設備変更の転用率	95%
	大規模設備変更時間	1 ヶ月
	大規模設備変更の転用率	90%
初期投資		25 億円
F T L	工程数	57 工程
	労働者数	20 人 (× 3 交替)
	生産ロット量	各 1000 個
	段取り替え時間	1 時間/回
	段取り替え費用	30 万円/回
	小規模設備変更時間	1 ヶ月
L	小規模設備変更の転用率	80%
	大規模設備変更時間	3 ヶ月
	大規模設備変更の転用率	50%
	初期投資	10 億円
共 通 条 件	規定就業時間	480 時間/月
	各機種の販売価格	各 2 万円/個
	各機種の材料費	各 1.7 万円/個
	利率	0.8 %/月
	期間	15 年

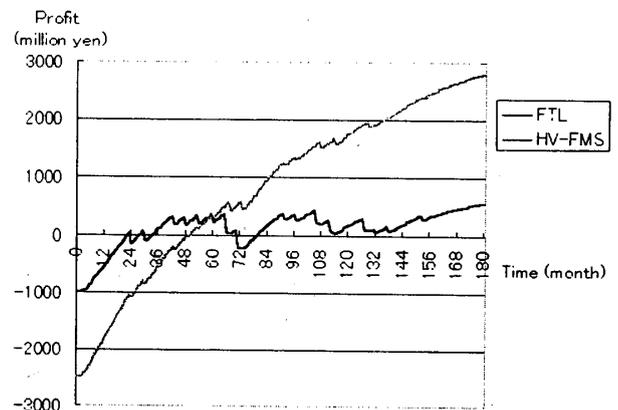


図 3: キャッシュ・フロー グラフ

FOR AGILE MANUFACTURING", Proc.APMS, pp.39-44, 1996