

北大工 ○館 寿昭, 横井 浩史, 嘉数 侑昇

## 要旨

近年にみられるような変種変量型をもつ生産システムにおいては従来のスーパーバイズのみにより自動化されたシステムでは対応しきれない生産の問題が増えてきた。そのような問題にも柔軟に対応できるシステムとして最近では自律分散型の生産システムが考えられている。ここでは、そのようなシステムとして、生物1個体を1機械として、生物の捕食戦略にのっとりた行動にアナロジーを求めたものを考える。また、このシステムにおけるスケジューリング問題を考える。

ここで、

$I = \{1 \leq i \leq n\}$ ; 餌集合  
 $\lambda_i$ ;  $i$  餌に出会う確率/単位時間  
 $h_i$ ;  $i$  餌を処理する時間  
 $g_i$ ;  $i$  餌による報酬  
 $p_i$ ;  $i$  餌の選択確率 (0 or 1)  
 $r(p_1, p_2, \dots, p_n)$ ; 平均捕食速度

評価は  $r$  として、これが最大になるような戦略として  $p_i$  の組、つまり選択基準を決定する。

この捕食戦略を、餌を作業として生産システムの個々の生産機械に取り入れるることにより、それぞれの機械がある作業を処理することによって獲得する、ある報酬について効率の良い生産をするための、作業の選択基準をリアルタイムに決定していくことになる。このような戦略をもつ機械を持つシステムは、変種変量型生産のような動的な環境の変化に対しても十分な対応が期待される。またこの報酬も、ある問題における特定の状態のエネルギーへの変換の方法によって、様々な問題に対応できる可能性がある。

さらに、作業は数種、数個集まって仕事として工場に到着するのが一般的である。そこで、仕事でも捕食戦略により、それがもつ作業を効率よく処理する機械を選択するような、2重の捕食戦略を持つシステムを考える(図1; JOB と machine, machine と task の間のアークは捕食戦略による選択基準を示したものである)。このシステムは機械どうしの競合に対処できるものと推定される。

## 3 スケジューリング

ここで提案したシステムの場合、従来、幾つもの作業を、どの機械に割り当てるかというスーパーバイズされた問題解法から、機械がどの作業を取り込むかという自

## 1 はじめに

近年にみられるような変種変量型をもつ生産システムにおいては従来のスーパーバイズ的に自動化されたシステムでは対応しきれない生産の問題が増えてきた。そのような問題にも柔軟に対応できるシステムとして最近では自律分散型の生産システムが考えられている。ここでは、そのようなシステムとして、生物1個体を1機械とし、生物の戦略行動を機械の工作に適用させる。ただし、行動そのものではなく、行動の際の情報操作に適用させる。なお、この戦略行動として、ここでは捕食戦略による行動を考える [TAT91]。

また、従来の自動化では対応しきれない問題の一つとしてスケジューリング問題が挙げられるが、ここで提案されたシステムではスケジュールとはどの様なものになるか、またどの様に対処できるか考え、実験によってその挙動を調べる。

## 2 捕食戦略を持つ生産システム

生物の捕食戦略は自己の存続のために環境に適した効率の良い捕食を行うため、どの餌を選ぶかという選択基準を決定する戦略である。この選択基準を求める式が(1)式である [IWA90]。

$$r(p_1, p_2, \dots, p_n) = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i p_i g_i / \sum_{i=1}^n \lambda_i}{1 / \sum_{i=1}^n \lambda_i + \sum_{i=1}^n \lambda_i p_i h_i / \sum_{i=1}^n \lambda_i} \quad (1)$$

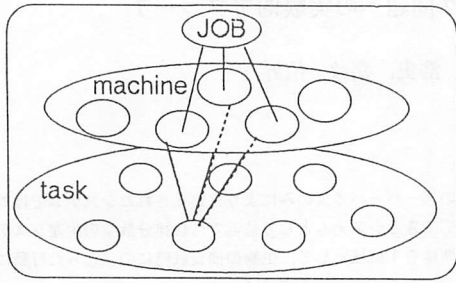


図 1: 2重の捕食戦略

律分散型の問題解法になる。つまり、ここでのスケジューリングはそれぞれの機械が捕食戦略に基づき、リアルタイムに自律的に作業の選択基準を決定することである。式(1)における各パラメータは、機械に関しては餌として、仕事に現在行わなければならない作業、仕事に関してはその作業を処理できる機械に対するものとなる。ここで、 $g_i$ のとりかた次第で従来通りの、工場内滞留時間最小化や仕事の待ち時間最小化スケジュール問題が、さらには、従来は工場に仕事到着する以前に決定されていたコスト最小化問題などの新しい形のスケジューリングにも、容易に機械それぞれが行うことが可能である。

例えば、 $\lambda_i$ を仕事の到着確率とみなすと一般的な動的スケジューリング問題への適用が可能である。

## 4 実験

### 実験 1

ここで、取り扱うスケジューリング問題として式(2)で表されるスケジューリングについて捕食戦略を2重に持つものと、そうでないものの比較のシミュレーション実験を行った。なお、ここで報酬は式(3)とした。

$$e^{-\lambda t} \frac{(\lambda t)^n}{n!} / 10/R / \text{滞留時間最小} \quad (2)$$

$$g_{nm} = \frac{1}{\text{Statetime}_n + h_{nm}} \quad (3)$$

なお、 $\text{Statetime}_n$ はJOB $_n$ のその時点での工場内滞留時間、 $h_{nm}$ はJOB $_n$ の機械mによる作業時間である。ここで2重の戦略を持つ方(図2において太線で表されたもの)がよりよい解が得られた。(図2において、実線は $r$ 、破線は実際の報酬率である。)

### 実験 2

式(4)なるスケジューリングについて、仕事待ち時間の検証を行った。ここで報酬は式(5)とした。 $Waittime_n$

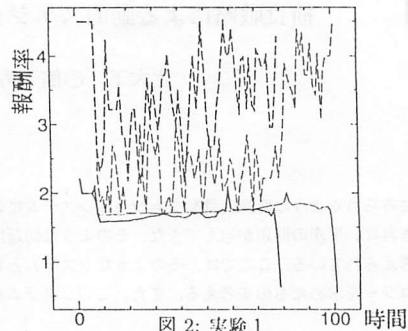


図 2: 実験 1

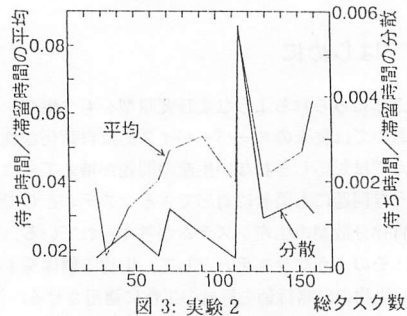


図 3: 実験 2

はJOB $_n$ のその時点での待ち時間である。

$$e^{-\lambda t} \frac{(\lambda t)^n}{n!} / 10/R / \text{仕事待ち時間最小} \quad (4)$$

$$g_{nm} = \frac{1}{\text{Waittime}_n + h_{nm}} \quad (5)$$

## 5 おわりに

生産システムの個々の機械に、生物の適応戦略である捕食戦略を持たせることにより、自律的な生産システムの構築の可能性を示した。また機械どうしの競合を考えるために、仕事にも捕食戦略を適用し、戦略を2重にすることが有効であることを示した。またこのシステムではリアルタイムにスケジューリングを行うことが可能であり、従来なかったスケジューリング問題のあり方も対応することが出来ることを示した。そしてその挙動についてシミュレーション実験を行った。

## 参考文献

- [IWA90] 廠佐庸, “数理生物学入門,” HBJ 出版(1990).
- [TAT91] 館, 嘉数, “採餌モデルによるスケジューリングへのアプローチ,” '91 秋精密全国大会講演論文集