

動的自律分散機械群モデル構築に関する基礎研究

7E-6

二層化捕食戦略による機能発現

○館 寿昭 嘉数 侑昇

北海道大学工学部

1 はじめに

近年にみられるような変種変量型の生産システムにおいては、数種類の仕事をこなせるマシニングセンタなどの万能機械が多く使われるようになってきた。しかし、これらの管理がトップダウン的に行われているのが現状である。それ故の生産課題が急激に変化したときや機械が故障したときどう対処するかという問題も多い。そこで、そのような万能機械に知能をもたせて、自律分散的な行動をとらせることによりこのような問題を解消しようとする考えが最近が多い。ここでは、このような自律分散型の生産システムを扱うことにする。

さて、万能機械が効率の良い生産を行うために、どの工作機能を扱うかという問題は重要である。この決定を動的に行うことが可能ならば、生産課題や機械の状態などの環境に対し、柔軟な対応が可能となる。また、この際、機械集団は、ある種の規則性を持ついくつかの機械群に分けて考えることにより環境への適応度を向上させることが可能となるであろう。

このように自律分散的に、また、動的に機械群及び機能を形成することにより生産課題や機械状態などの生産環境に対し、柔軟な対応が可能となるであろう。

このような行動は生物の得意とするところである。また、どれを選択するかという戦略は生物の捕食戦略にみられ[Kre81]、この戦略が成功することによりそれを実行するために必要な機能を発達させ、生物は環境に対する適応度を高めていく。また、その生物を餌とする捕食者の存在により、適応度の弱いものは淘汰されていく。その結果、大まかに分けて、ある特定の種類の餌を捕獲するよな捕食者群と、幾種もの餌を少しずつ捕獲するような捕食者群とに分けることが可能になると予想される。

ここでは動的自律機械群形成のためのアプローチとして、このような生物の捕食戦略とそれによる環境への適応を考える。

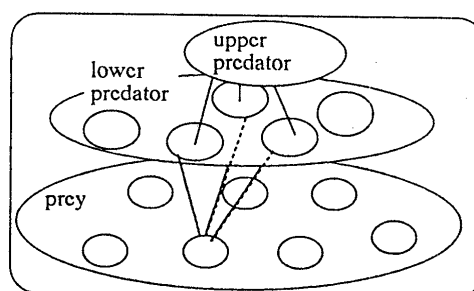


Fig.1 Two-layer-strategy

2 二層の捕食戦略

捕食戦略は次の1式で表現される捕食速度 r について、餌に出会う確率が λ なる環境で $r \rightarrow \max$ なる選択基準 (p_1, p_2, \dots, p_n) の決定である。[iwa90],[tat91]

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

ここで、

- $I = \{1, 2, \dots, n\}$; 餌集合
- λ_i ; 餌 i に出会う確率/単位時間
- h_i ; 餌 i を処理する時間
- g_i ; 餌 i による獲得エネルギー

ある生物(下位捕食者と呼ぶ)の環境に対する適応度を考えるとき、前述されたように、その生物の餌を選ぶ戦略と、その生物を餌とする食物連鎖の上位の生物(上位捕食者と呼ぶ)がとる戦略の、二層の戦略を考慮する必要があると考えられる。(Fig.1)

A study on dynamic modeling of distributed autonomic machines
 Functional emerging used Two-layer-strategy of predation
 Toshiaki TATE, Yukinori KAKAZU
 HOKKAIDO University

・ 下位捕食者が餌の選択規準戦略に準じた餌選択を行い、さらに上位捕食者により捕獲されなかったとき、その戦略は成功し、選択した餌から環境に対する適応度をエネルギーの形で受け取る。失敗したものはその餌に対する適応度が減少し、他の餌にエネルギーを求めることになる。また、同じ餌を何度も捕獲していった場合、その餌に対する適応度としての捕食効率 g/h は改善され、向上していくであろう (2式)。

$$\frac{g_{ij}}{h_{ij}} = f_i(0) + f_i(n) - e_i \quad (2)$$

ここで、 f は下位捕食者 i が餌 j を捕獲した回数 $n \neq 0$ に関する単調増加関数である。また e_i は単位時間当たりの i の活動エネルギーである。

このときの上位捕食者による淘汰は、選択された餌 j に関する環境で行われる。その際、上位捕食者の下位捕食者に対する捕食効率 G/H は、下位捕食者がいまおかれている環境としての餌に対する捕食効率に関する単調減少関数 F であることが予想される (式 3,4)。

$$\frac{G_{ji}}{H_{ji}} = F_j\left(\frac{g_{ij}}{h_{ij}}\right) - E \quad (3)$$

$$E = \sum_i e_i \quad (4)$$

3 生産システムへの適用

前述のような二層化捕食戦略を自律分散型の生産システムに適用する場合、どの機械がどの仕事を処理すればよいか、ある仕事に機械が集中した場合どの機械に処理させるか、などの問題がある。また、機械は仕事を処理するためにその仕事を処理可能な機能を所持しなければいけない。

そこで、機械を下位捕食者、機能を餌とし、工場を上位捕食者とする。これにより機械は自律的に、次々と到着する仕事に対して、工場全体で効率の良い機能を持つようになると考えられる。その結果、ほぼある特定の機能のみを所持する“専門家”機械群が形成されると予想できる。この専門家以外は何の仕事もある程度処理できる“何でも屋”な機械となるであろう。この機械群の形成によって効率のよい生産を行うことが可能となるはずである。この専門家の比率は多品種少量から順に、多品種多量、少品種多量生産へと移行するに従って大きくなることにより、変種変量なる生産型に柔軟に対応するものと予想される。

4 実験

実験を行うにあたり式 1~4までの式に次のような関数を設定した。 λ_i : i 仕事の到着率 (ポアソン到着)

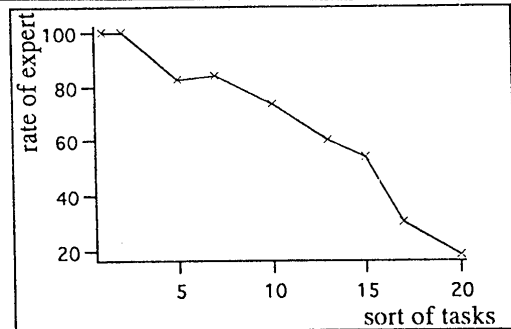


Fig.2 Rate of expert

$h_{ij}, e_i, f_i(0)$ は適当に与えた。ただし、 $e_i, f_i(0)$ に関しては i に関わらず一定である。

$$f_i(n) = \exp\left(\frac{n}{1+n}\right) \quad (5)$$

$$F_j\left(\frac{g_{ij}}{h_{ij}}\right) = \frac{h_{ij}}{g_{ij}} \quad (6)$$

実験。

品種の数による専門家の機械の工場全体に占める割合をとった。なお、専門家は全生産期間において同一の機能を80%以上選択したもので、比較のため機械数、それぞれの種類の task 数は同じとした。その他、実験の便宜上のため適当にパラメータは決定している

グラフから確かに品種が多くなると専門家が減少する傾向がみられ、提案してきた手法が有効であることがわかる。(Fig.2)

5 おわりに

自律分散機械群の動的な形成のためにアナロジーとして生物における捕食戦略による餌選択をとることを提案し、それにより生産状況に応じた専門家機械群なる群の形成に有利であることを計算機実験により示した。しかし、生態系において、どの生物が捕食者でどれが被食者かは、生態系に生物が放たれて、はじめて決まるものと考えられる。ここではこのような考えは無視したが、実際の生態系にアナロジーを求めていく上で、今後、重要な問題として残されている。

参考文献

- [Tat91] 館寿昭, 嘉数侑昇: 餌選択モデルによるスケジューリングへのアプローチ, '91 秋精密全国論文集
- [Krc81] J.R. クレブス, N.B. デイビス: 行動生態学を学ぶ人に, 蒼樹書房, 1981
- [Iwa90] 巖佐庸: 数理生物学入門, HBJ 出版, 1990