207

流通ＣＩＭシミュレータの基礎研究

－オンラインシミュレーションによる最適計画－

旭川高専　○須藤喜之　渡辺美知子　古川正志

要　旨

現在、コンピュータを援用した工場の統合化を進めるための一部として受注管理部門の重要性が認識されてきている。この受注管理部門のCIM化には多くの組み合わせ問題が存在する事が知られている。本研究では、受注管理部門のCIM化を流通CIMと呼び、流通CIMのオンラインシミュレータを構築する中で生じる複数自動倉庫における製品割り当て問題と各店舗への製品割り当て問題を、GA、EPを適用して解く定式化とその解法を数値実験とともに報告する。

１．はじめに

現在、CIM(Computer Integrated Manufacturing)は、工場内の統合化の有効な手段として、多くの研究がなされているが、受注管理部門の自動化は近年になって着手されたのが現状である。

この受注管理には多くの組み合わせ問題が存在し、まだ十分なCIMソフトウェアが開発されていない。本稿では、受注管理部門のCIM化を流通CIMと呼び、流通CIMにおける複数自動倉庫における製品割り当てと各店舗への製品割り当てを行うシミュレータを作成する。この２つは、複数自動倉庫における製品割り当て問題と、各店舗への製品割り当て問題として定式化されるが、それらの解法にEP(Evolutionary Programming)と、GA(Genetic Algorithm)を各々適用し、EPとGAの運用について数値実験に基づいて、検証する。又、EPの有効性を、数値実験の結果により検証する。

２．流通CIMシミュレータの構成

流通シミュレータ構成の概要を図１に示す。今回対象とした部分は太線内である。

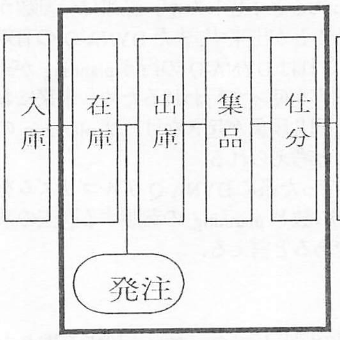

図１　流通CIMシミュレータの構成

３．GAとEP

GA とEPは、淘汰による進化（最適化）を行う点では多くの共通点を持っている。これらが異なる点は、GAがビルディングブロックを仮定し、解が収束に向かうのと、遺伝操作が遺伝子に直接行われるのに対し、EP では、絶えず多様性を有し、遺伝操作が形質に対して行われる点である。以下に二つのアルゴリズムを述べる。

（１）GA

１．　初期個体をn個ランダムに発生する。個体の能力の表現は２値によって生成する。

２．環境適応関数を計算する。

３．遺伝子操作を行う。遺伝子操作には、a.自然淘汰、b.突然変異、c.交叉を採用する。

４．指定した世代数になれば終了する。そうでなければステップ２へ戻り、アルゴリズムを繰り返す。

（２）EP

GAとほぼ同じアルゴリズムを採用する。EPは、GAのステップ３を以下のように行う。

３．最小の適応関数との誤差を計算し、誤差に比例したガウス分布に基づく数の突然変異を各個体に行い、子を生成する。次いで、c個の親子について適応関数を比較し、良いほうを生かす。そして適応関数の上位n個残し、その他は死滅させる。

４．問題の記述

自動倉庫は、mの棚で構成されていて、各倉庫内にk種類の製品$G^k_{i,j}$(k=1,2....KI)がパレット$X_{i,j}$上に積載されている。そして各店舗からS^k_u(u=1,2....SH)だけ製品の注文が発生したときR^k個を各倉庫の作業時間状況に応じて出庫する。次いで倉庫から出庫してきた製品P^k_q(q=1,2...L)を各店舗に割り当てるものとする。但し、

$$R^k = \sum_{u=1}^{SH} S^k_u \,,\; L = \sum_{h=1}^{MO}\left(\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} X^k_{i,j}\right) \qquad (1)$$

とする。ここで、MOは、倉庫の棟数である。

このときの制約条件は以下の通りとする。

1)在庫製品の総計は注文数以上とする。

$$\sum_{h=1}^{MO}\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} G^k_{i,j}X^k_{i,j} \ge R^k \qquad (2)$$

2)空棚は、一定数N以上とする。

$$\sum_{k=1}^{KI}\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}\left(1-X^k_{i,j}\right) \ge N \qquad (3)$$

3)倉庫の各パレットからの出庫量と、それを店舗に割り当てたときの量は等しい。

$$\sum_{u=1}^{SH} P^k_v Y^k_{u,v} = b^k_v \,, \qquad (4)$$

但し　$P^k_v = b^k_v.$

4)各店舗の注文数と各店舗への割り当て量は等しい。

$$\sum_{v=1}^{L} P^k_v Y^k_{u,v} = S^k_u \qquad (5)$$

５.複数自動倉庫における製品割り当て問題の定式化

(1)~(5)を基に２つの評価を設定する。

・出庫残最小

$$\text{minimize}\ \ F1 = \sum_{q=1}^{L} P_q^k - R^k$$

・分散経路出庫時間最小

$$\text{minimize}\ F2 = \frac{1}{MO}\sum_{h=1}^{MO}\left(\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} T_{i,j}X_{i,j}^k - F\right)^2$$

$$F = \frac{1}{MO}\sum_{h=1}^{MO}\left(\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} T_{i,j}X_{i,j}^k\right)$$

$$T_{i,j} = l_{i,j} / v$$

$$l_{i,j} = \sqrt{l_{xij}^2 + l_{yij}^2}$$

$l_{i,j}$；原点からパレットまでの距離

v　；クレーンの速度

GAとEPの適用に当たっては、適用関数を以下の様に設定する。

$$\text{minimize}\quad w1\cdot F1 + w2\cdot F2 \qquad (6)$$

又、Xi,jを遺伝子とし、注目する商品があるパレット以外は除去して、遺伝子の圧縮を行う。遺伝子の形態を図２に示す。

６．各店舗への製品割り当て問題の定式化

この問題については、１つの評価を設定した。

・分散製品割り当て最小

$$\text{minimize}\ F3 = \frac{1}{SH}\sum_{u=1}^{SH}\left(S_u^k - \sum_{v=1}^{L} P_v^k Y_{u,v}^k\right)^2$$

遺伝子は$Y^k i,j$　を行列表現として用いる。遺伝子の形態を図３に示す。突然変異は、

$$\sum_{v=1}^{L} Y_{u,v}^k = 1$$

を満たす様に行い、交叉は、行の交換とする。

７．数値実験

倉庫は６００棚（３０×２０）の自動倉庫を５倉庫とし、各倉庫に２０種類の製品をランダムに発生させた。また、制約条件　2) を満たすために各倉庫１種類につき１５棚に製品を発生させることにする。各店舗からの発注量は種類別にランダムに発生させ、その種類ごとの和を出庫要求量とする。

これらの条件の下、複数自動倉庫における製品割り当て問題には、GAとEP両方を採用して比較した。各々、個体数５０、世代数１００で計算した。その結果を図４に示す。また、各店舗への製品割り当て問題にはGAを採用した。このとき個体数１００、世代数１００で計算した。その結果を図５に示す。図は各々、評価の収束を表わしている。またグラフは２０種類の製品の平均をとって描画している。

８．おわりに

本稿では、まず複数自動倉庫における製品割り当て問題についてGAとEPを採用し、それを比較した結果、EPの方が良い結果が得られた。この際の計算処理時間については、GAの方が速いという結果も数値実験で得ることができた。また、各店舗への製品割り当て問題については、まだデパレタイズング問題について考慮しておらず、今後の課題となった。又、２つの問題を組み合わせたときの評価がデパレタイズング問題と同時に考慮される必要がある。

参考文献

1.渡辺他；流通CIMシミュレータの基礎研究，１９９５年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集(1995)

2.DAVID B.FOGEL;Asymptotic convergence properties of Genetic Algorithm and Evolutionary Programming analysis and experiments ,Cybernetics and Systems(1994)

3.森川他；遺伝的アルゴリズムのCIMへの適用について,第３回インテリジェントシステム・シンポジウム講演論文集(1993)

0100100 … 1011010

図２.複数自動倉庫における製品割り当て問題の遺伝子の形態

0101001 … 1010011
1100100 … 1000011
0100000 … 0011000
0001110 … 0100110
…
0100100 … 1011010

図３.各店舗への製品割り当て問題の遺伝子の形態

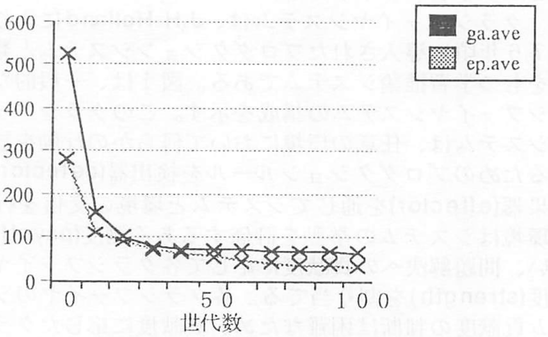

図４.GAとEPの比較

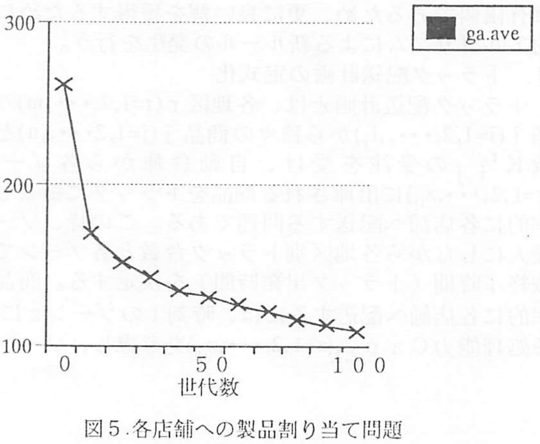

図５.各店舗への製品割り当て問題