

パラメータフリーGAによる 次世代自動販売機の商品充填・排出アルゴリズムの改良

渡辺浩司 田中始男
(メディア情報文化学科)

自動販売機への商品充填コストを低減するための一手法として、一つの収納部に複数の商品を収納可能な次世代自動販売機に対する、遺伝的アルゴリズム(GA)を用いた商品充填アルゴリズムをすでに提案している。しかしながら GA はパラメータ調整が非常に難しいという問題点がある。本研究では GA のこの問題を改良したパラメータフリーGA を導入することで、次世代自動販売機の商品充填アルゴリズムの改善を検討している。

【キーワード 次世代自動販売機 パラメータフリー遺伝的アルゴリズム】

1. はじめに

清涼飲料水などの自動販売機は、いつでも商品を購入できるなどその利便性から広く利用されている。しかし電力消費量が多く商品充填の人件費などもかさむため、エコロジーの観点から問題視されることも多い。消費電力に関しては自動販売機内の排出口に近いものだけを冷やすゾーンクリーニング機構の導入や、真空断熱材の採用、電力消費の多い時間帯に冷却機能を停止するピークカット機能、商品サンプルを照らす蛍光灯を消灯するなど様々な工夫がなされており、1991年から2005年でその消費電力をおよそ1/3に削減している[1]。

自販機への商品充填は商品の売り切れ防止のために、人気商品の販売に対応して行う必要がありその効率はあまり良いとはいえない。自動販売機の内部には複数の商品収容部があり、一つの収容部には一種類の商品が収容される。そのため、複数の収容部に同じ商品を収容することで人気商品の収容商品数を増やすことはできるものの、収容部単位での調整となり過去の販売実績に従うきめの細かい調整はできない。先の報告[2]では、この商品充填効率の問題を解決する一つの手段として、従来の「一つの収容部には一種類の商品」という制約を外した自動販売機を導入し、そこへの商品収納法と商品排出法を提案した。具体的には、1. 一つの商品は複数の収納部に収納される。2. 一つの収納部には複数種の商品が収納される。3. 自動販売機全体で、商品ごとの収納本数はほぼ商品の販売比率に比例させる。4. 自動販売機の機構自体は従来どおりであり、各収納部の最下段から商品が排出される、という条件下で、効率よく商品を販売するための収納部への商品の収納アルゴリズムおよび商品の排出アルゴリズムを提案した。さらに[3]では遺伝的アルゴリズム(Genetic Algorithm、GA)を導入することで商品収納および排出アルゴリズムの効率化を行った。しかし GA は使用する各種パラメータの調整が非常に困難であることが知られており、[3]でも試行錯誤を繰り返すことでほぼ最適と考えられるパラメータを得ることができている。本研究では GA のこの問

題をクリアする手法の一つである、パラメータフリーGAを導入しアルゴリズムの改善を試みる。

2. 遺伝的アルゴリズムを用いた次世代自動販売機の缶充填アルゴリズム

2. 1 次世代自動販売機

飲料水やカップ麺等を顧客の要望に応じて販売することを目的とした自動販売機（以下、自販機と呼ぶ）の多くは図 1(a)に示すような構造となっている。同図では、文字 A,B 及び C は飲料水の銘柄を、縦線は缶充填のための仕切り板をそれぞれ表している。缶の取り出し口は図の最下段下にあるものとする。既存の自販機は各列に同一銘柄の缶を充填しており、販売予想量に応じて列数を増減することで銘柄ごとに適切な量を供給している（この方式を以下では同種整列配置方式と呼ぶ）。この方式では販売量の少ないジュースに対しても 1 列を割り当てる必要があり、本数の微調整も難しいことから、輸送コストや在庫管理の面で不利であり、販売数の小さいジュースを多種販売することも難しい。これらの点を改善する方法の一つとして[2][4]で次世代販売機を提案した。これは図 1(b)に示すように多種のジュースを混在させて各列に充填する方式であり、充填缶数は販売機の列充填数に依存しない。このため、銘柄ごとの販売予想数に応じた比率で自販機内に缶を格納できる（この方式を異種混在配置方式と呼ぶ）。例えば、3 種の缶飲料(A, B, C)の出現確率を 15:7:3 の割合と仮定した場合、同種整列配置方式で缶を充填すると図 1(a)に示すように充填されるジュースの種類は 3:1:1 となるが、図 1(b)の異種混在配置方式では販売予想に応じた数の缶の充填が可能となっている。

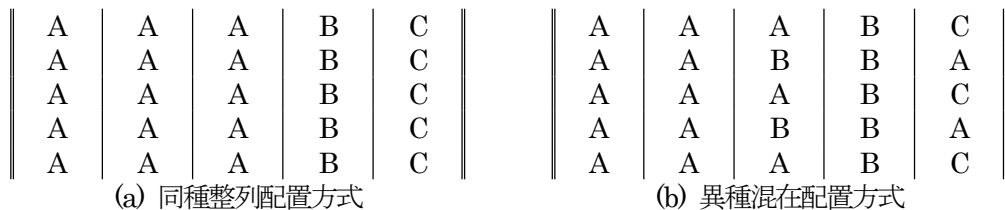


図 1 自販機への商品充填方式

異種混在配置方式では充填箇所の自由度が大きく、さらに缶排出時の缶選択の方法によって、自販機内の充填状態や排出可能缶の状態は大きく変わるため、配置アルゴリズム及び排出缶選択アルゴリズムを適切に決定する必要がある。次の事項を達成目標として配置及び排出缶選択アルゴリズムを決定すれば、顧客の要望に応じて販売でき、さらに、自販機内の列ごとの缶の残り本数（排出待ち行列）が一樣に短くなり、販売効率率は向上すると考えられる。

- ・ 排出待ち行列の先頭を過去の販売予想率に近付ける。

パラメータフリー GA による次世代自動販売機の商品充填・排出アルゴリズムの改良

- ・販売確率の小さいものが排出不能な期間を短縮する。
- ・顧客の要望に応えられるように排出可能な缶の種類を多くする。

これらを達成するために、[2][4]では缶配置については複数行での缶種の合計が販売確率と一致するように配置した後、販売確率の低い缶種の前に販売確率の高い缶種を置く等の調整を行う自販機への缶充填アルゴリズムを提案し、その有効性を確認した。しかしながら当該アルゴリズムはヒューリスティックなものであるため、それが最適なものである保証はなかった。そこで[3]では缶充填問題に対してシステム最適化問題等に適用される遺伝的アルゴリズム(Genetic Algorithm,GA)を適用し、より効率的と考えられる新しい缶充填アルゴリズムを提案した。

2. 2 遺伝的アルゴリズムに基づく缶充填アルゴリズム

商品販売時の缶選択方法の判定に評価関数が用いられるとすれば、この評価関数に基づいて缶の自販機内配置を決定することで配置と販売時缶選択法が評価関数で統一的に考察できると考えられる

GAにおいて使用する遺伝子を x_i で表し、これらを要素とするベクトル（GAでは、染色体または個体と呼ぶ） $X_{ga,t}$ について、次の図のように遺伝子と自販機（出口数 N 、列長 M ）内の缶の位置を関係づける、

$x_{(M-1)N+1}$	$x_{(M-1)N+2}$...	x_{MN}
⋮	⋮	⋮	⋮
x_{N+1}	x_{N+2}	...	x_{2N}
x_1	x_2	...	x_N
商品排出口			

図2 遺伝子 x_i と缶配置の関係

ここで、GAで缶配置問題を解くために、次式で染色体 $X_{ga,t}$ 、缶の種類（A,B,C,...）及び自販機内の位置を関係づける。

$$x_{ga,t} = [H_{i,k}^{(ga)}] \{K_k\}$$

$$\begin{Bmatrix} B \\ C \\ A \\ \vdots \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & \cdots \\ 0 & 0 & 1 & \cdots \\ 1 & 0 & 0 & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} A \\ B \\ C \\ \vdots \end{Bmatrix}$$

ここで、添字 k と i はそれぞれ、缶の種類と自販機内の位置を表す。行列 H の要素は 0 または 1 であり、同一の行内では一つの要素のみが 1 となり、自販機内の缶の位置と種類の関係を表している。染色体 $X_{ga,t}$ は $N \times M$ 個の遺伝子 x_i で構成され、 x_i では (A,B,C,...) のいずれかの値をとる。また、添字 ga は染色体 (個体) を区別するために使用し、添え字 t は GA での世代を表す。

複数の多様なベクトル $X_{ga,t}$ を初期値として用意し (多様な染色体を生成するために複数の H を生成し)、GA で自販機の評価関数の極大値 (極小値) を与える染色体を生成する。本報告では自販機の評価関数を以下のように構成する。

まず、各成分が商品 (A,B,C,...) を表す $N \times M$ 行列 P を考える。この行列の各成分 $p_{i,j}$ はジュースの販売確率にしたがって決まる。例えば、ジュース A の販売確率が 0.5 ならば P の要素のおよそ 1/2 が A となる (ただし、乱数を利用するため偏りは発生する)。

行数は売れ行きの予測を行う回数、列数は一回の予測の長さである。以下の行列 P_1 は販売確率が (A,B,C)=(1/2,1/3,1/6)、予測回数 3、予測長 4 を意味する。

$$P_1 = \begin{pmatrix} A & B & B & A \\ A & A & C & B \\ A & B & A & C \end{pmatrix}$$

一回目の予測では 4 人の客が A,B,A,C の順にジュースを購入する。このケースの評価は以下のように行う。

- ① 評価する自販機を V とし、これを評価木の根とする。
- ② 自販機 V から A を販売した状態の自販機 V_A を作る。A を落とせる列が複数ある場合は

V_{A1}, V_{A2}, \dots と複数作成する。

- ③ 作成された自販機 V_{A1}, V_{A2}, \dots を V の子ノードとする。

パラメータフリー GA による次世代自動販売機の商品充填・排出アルゴリズムの改良

- ④ V_{A1}, V_{A2}, \dots の各自販機から次に販売されるジュース B を販売した状態の自販機 $(V_{A1B1}, V_{A1B2}, \dots), (V_{A2B1}, V_{A2B2}, \dots), \dots$ を作成し、各ノードの子ノードとする。なお、販売すべきジュースが売り切れ、もしくは排出できない場合は子ノードは生成されない。
- ⑤ 以下、同プロセスを販売終了まで繰り返して評価木を構成する。
- ⑥ 構成された評価木の評価は以下のように行う。終端ノードはそのノードの深さを評価値とする。非終端ノードはその子ノードの持つ評価値の最大値とする。

以上の評価を P_i の各行(A,A,C,B),(A,B,B,A)について行い、すべての評価の平均値を染色体(自販機)の評価とする。得られた評価を用い GA による選択・交叉・突然変異を行い次の世代の缶の配置 $X_{ga,t}$ を求める。

3. パラメータフリーGAによる缶充填アルゴリズムの改良

GA は巡回セールスマン問題や線形計画問題を始めとする組合せ最適化問題や関数最適化問題などの近似解を求めるための効率的な探索手法として幅広く利用され、その有効性が確認されている。しかしながら GA をこれらの問題に適用するためには問題ごとに適切な初期値や交叉率・突然変異率等のパラメータを設定する必要があり、これにはかなりの試行錯誤が必要である。また設定したパラメータが最適、もしくは最適に近いという保証もない。このような GA の問題点を解消するために、各種パラメータの設定を必要としないパラメータフリーGA(Pamameter-free Genetic Algorithm)が考案された[5]。

パラメータフリーGA を本研究に適応することで

- ・ GA の初期値となる「複数の多様なベクトル $X_{ga,t}$ 」の代わりにランダムな 2 個のベクトルを準備すればよい
 - ・ 交叉の切断点数と交叉位置がランダムに決定でき、パラメータ設定が不要となる
 - ・ 突然変異率の設定が不要となる
- などのメリットがある。

4. まとめ

本報告では次世代自動販売機[2]の商品充填効率の問題を解決する一つ的手段として[3]で

提案した遺伝的アルゴリズムを用いた異種混在配置法のパラメータフリーGA による改善を試みた。今後はアルゴリズムの実装を行い、その有効性の確認を行いたい。

参考文献

- [1] 社団法人 日本自動販売機工業会、”環境問題への取り組み”，
<http://www.jvma.or.jp/kankyoku/index.html>
- [2] 田中、渡辺、”次世代自動販売機の商品充填および排出アルゴリズム ”、福山大学人間文化学部紀要 Vol.12、pp.1～7 (2012).
- [3] 渡辺、田中、”遺伝的アルゴリズムによる次世代自動販売機の商品充填・排出アルゴリズムの改良”、福山大学人間文化学部紀要 Vol.13、pp.1～7(2013).
- [4] 草川定雄、特開 2004-192600(2004).
澤井秀文，木津左千夫，遠藤哲郎，
- [5] 澤井秀文、木津左千夫、遠藤哲郎、”パラメータの設定を不要にした遺伝的アルゴリズム”、電子情報通信学会論文誌，vol.J81-D-II，no.2，pp.450-452，1998.

An Improved Algorithms of Supplying and releasing for next generation vending machines using Parameter-free Genetic Algorithm

Koji WATANABE , Motoo TANAKA

The vending machines are highly convenient for consumers and retailers and thus are widely used. However, the vending machine needs large electric consumption, and requires a great effort to supply products to it.

We have already proposed a new approach to reduce the cost for supplying and releasing products in systems of the next generation vending machines. The approach consists of two algorithms. One is for placing various types of items in the vending machine. The other is for determining the products to be released, based on the status of the products that remain in the vending machine.

In this paper, we improve the placing method by using parameter-free genetic algorithm.

【 key words next generation vending machine , parameter free genetic algorithm 】