

次世代自動販売機の商品充填および排出アルゴリズム

田中始男 渡辺浩司
(メディア情報文化学科)

自動販売機はその利便性から広く普及しているが、電力消費や商品充填にかかるコストなど、エコロジーの観点から問題視されることが多かった。本研究では、商品充填コストを低減するための一手法として、排出商品の決定方法、収納商品の決定方法、特に一つの収納部に複数の商品を収納する次世代自動販売機のシステムを提案する。

【キーワード】 次世代自動販売機 異種混在配置方式

1. はじめに

室内、室外を問わずさまざまな場所に設置される自動販売機は、その利便性から広く利用されている。日本の清涼飲料水の自動販売機は 2010 年末現在、約 260 万台（一般社団法人日本自動販売機工業会調べ）であり、世界的に見てもその普及率はトップクラスである。しかしながら 24 時間いつでも商品を購入できるという便利さがある反面、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あった。

消費電力に関しては自動販売機内の飲料すべてを冷やすのではなく、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、真空断熱材の採用などによって 1991 年から 2005 年でその消費電力をおよそ半分に削減することができた。

自動販売機への商品充填は商品の売り切れを防止するために、人気商品の販売に対応して行うため、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。

本報告ではこの商品充填効率の問題を解決する一つ的手段として、従来の「一つの収容部には一種類の商品」という制約を外すことを可能にする商品の収納方法、および商品の排出方法を提案する。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する。

2. 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。図の下側を缶の取り出し口側としている。図より明らかなように、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列を割り当てるため、輸送コストや在庫管理の面で不利となると考えられる。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次世代販売機が提案されている。図2(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る。この方式では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）。これは図1の例から確認できる。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(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、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。

A	A	A	B	C		A	A	A	B	C
A	A	A	B	C		A	A	B	B	A
A	A	A	B	C		A	A	A	B	C
A	A	A	B	C		A	A	B	B	A
A	A	A	B	C		A	A	A	B	C
(a) 同種整列配置方式						(b) 異種混在配置方式				

図1 商品充填方式

異種混在配置方式では充填箇所の自由度は大きい。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。したがって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）が一律に短くなり、販売効率向上と考えられる。

- ・排出待ち行列の先頭を過去の販売予想率に近付ける。
- ・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、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。

筆者らが構築したこのアルゴリズムを基にしたものが特許 4282327 号[1]として登録・公開されている。

自販機は缶を充填した状態で顧客の要求に応じて缶を排出するが、複数の缶が選択可能となるケースが発生する。この場合は排出後の状況に着目して、排出後に排出可能となる缶種が多くなるものを選択する。このアルゴリズムを適用すれば多種のジュースを提供することはできるが、缶配置と顧客の要求次第ではあるが、悪条件が重なった場合に自販機内に配置されているが販売不能なジュースが発生する。このような状況の発生を低減するために排出口より二つ前までの缶を販売する方式をとり入れる。このアルゴリズムを適用する場合、自販機の機構の都合により排出口にセットされている缶も同時に排出され顧客に渡ることとなる。以下ではここで述べたような、顧客の希望商品とともに排出される、排出口にセットされていた缶をおまけ、と呼ぶ。これらのアルゴリズムも特許 4282327 号として登録されて公開されている。

3. 検証

次世代自販機へ適用する缶配置アルゴリズムおよび排出缶選択アルゴリズムの効果を確認するために単純な利用者モデルに対する小規模の販売のシミュレーションを行う。検証モデルは図 1 に示したモデルを用いる。評価を行うために従来型自販機（同種整列方式）と提案方式を比較する。さらに選択アルゴリズムの妥当性を確認するために選択アルゴリズムを単純化した方式との比較も行う。利用者は缶飲料(A, B, C)の出現確率(15:7:3)の割合でジュースを購入するものとする。

両配置に対して、25 人の利用者が買い物をした場合の売切れ発生数、売れ残り数、おまけ発生数等を調査した。なお、多数回の注文後に A、B、C の注文数が 15:7:3 となるように乱数を用いて、利用者の注文を自動発生させた。この調査を 400 回繰り返し、合計したものが表 1 である。なお、別方式とは、異種混在配置方式で、選択アルゴリズムを単純にしたものである。

表 1 配置方式の比較

	同種整列 配置方式	異種混在 配置方式	別方式
正規販売数(A)	5658	5603	5587
正規販売数(B)	1913	2434	2350
正規販売数(C)	1142	935	931
正規販売数(計)	8713	8972	8868
売れ残り数(A)	342	267	224
売れ残り数(B)	87	339	97
売れ残り数(C)	858	152	147

売れ残り数(計)		1287	758	468
売切れ回数(A)		408	463	479
売切れ回数(B)		840	319	403
売切れ回数(C)		39	246	250
売切れ回数(計)		1287	1028	1132
おまけ発生数	Aの注文が原因	-	140	475
	Bの注文が原因	-	2	64
	Cの注文が原因	-	128	125
おまけ発生回数(計)		-	270	664

両方式の比べると、提案方式は、正規販売数(おまけ発生がなかったもの)は 259 多く売れ、売れ残り数は 529 少なくなっており提案方式の優位性が確認できる。ただし、提案方式はおまけとして 270 本を無料で放出している。売切れ回数でみると提案方式は同種配置方式よりも 259 回少ない。この点でも提案方式の有効性が確認できる。選択アルゴリズムを単純化した方式ではおまけ発生回数が多く、提案方式の優位性が確認できる。

モデルの規模を拡大できることを確認するために規模を拡大したモデルでの検証を行う。10種類の缶が充填されるものとし、種類ごとの販売比率を(24:14:12:10:10:8:8:6:4:4)として、缶が 48 列に並べられた販売機について、異種混在配置方式の効果を確認する。検証の結果が表 2 である。スペースの都合により一部を抜粋してある。

提案手法では自販機内の全列が一様に短くなり、空の行が同時に発生する。これによって売切れによる販売機会の喪失、自販機への充填缶の数の増大といった問題が発生する。この問題を回避するため、自販機内の待ち行列を複数ブロックに分けて優先順位を付けてブロックごとに順に空になるように処理を行うことが実用上は効率が良いといえる。この点についても検討を行う。

検証したモデルは 48 列のモデルであり、12 列毎に空カートリッジを作るように優先順位をつけて処理した。すなわち、12 列がほぼ、空になったら、次の 12 列を処理対象とし、これらが空に近づいた場合に次の 12 列へと順に 12 列を単位として注文に対応する。360 人からの注文を処理した後の残り缶数、販売数、売切れ発生数などを調べた。優先順位付け処理を簡便に処理するために、12 列(列長 40)の行列を 12 列(列長 10)の組が 4 つあるものとみなして数値実験を行った。

360 人の買物を 400 回試行し、平均値を求めた。この場合、理想的な結果としては 48 列のうち、36 列が空となる。数値実験の結果、販売数は平均 348.13 本であり、売切れ件数も平均では 0.24 であり、良好であった。残りジュース数は、ジュース(A, B, C, D, E, F, G, H, I, J)について、(28.46, 16.50, 14.56, 10.89, 13.75, 9.77, 9.52, 7.32, 4.25, 2.12)であった。列毎に見ると、空となっている列は 24 列であり、目標の 36 列には達していなかった。なお、本来、

次世代自動販売機の商品充填および排出アルゴリズム

列長が一樣に減少するような配置選択アルゴリズムを採用しているが、各列の残存本数は 1.28～20.54 とバラつきが多く、一部の列で残存本数が大きくなった。提案法の配置選択アルゴリズムの欠陥が確認できた。提案法は、現在、販売比率に偏りがあっても、売切れや売れ残りが少なくなるような処理をしており、列長については、非常に長い繰返しの後には長さが揃うが、短い長さ(区間)において、残り列長を調整することを考慮していない。これを考慮することと販売率の偏りを調整するアルゴリズムのバランスをとることが今後の課題となることがわかった。

提案法と従来法を比較するため、48 列に販売比率に応じた列数をジュース毎に割り当てたものと比較した。販売種類数に対して列数が十分に大きく、かつ、充填本数の 2/3 にあたる 360 人の注文に対する結果であるので、品切れの可能性は少なく、ほぼ、理想的な状態であると言える。数値実験の結果、従来法の販売本数は 354.76 本となり、提案法よりも 6 本程度多く販売できている。一方、売り切れは、提案法の 0.24 本に対して、従来法は 0.56 本と多くなった。従来型の自販機はカートリッジ方式ではないので、残りジュース数についての評価は適切ではないかもしれないが、列毎の残り本数は、全カートリッジに 2、3 本程度が残っていた。カートリッジ方式であれば、全カートリッジが交換されることとなり、多くのロスがでると言え、提案手法の効果が確認できる。

表 2 規模を拡大したモデルでの提案手法のシミュレーション結果 (抜粋)

	計	平均
販売数 (A)	34402	86.01
販売数 (B)	20158	50.40
販売数 (C)	17374	43.44
販売数 (D)	14350	35.88
販売数 (E)	13450	33.63
販売数 (F)	11528	28.82
販売数 (G)	11210	28.03
販売数 (H)	8671	21.68
販売数 (I)	4360	10.90
販売数 (J)	5109	9.37
	140612	348.13
売れ残り数 (A)	11383	28.46
売れ残り数 (B)	6598	16.50

売れ残り数 (C)	5824	14.56
売れ残り数 (D)	4355	10.89
売れ残り数 (E)	5498	13.75
売れ残り数 (F)	3906	9.77
売れ残り数 (G)	3806	9.52
売れ残り数 (H)	2929	7.32
売れ残り数 (I)	1700	4.25
売れ残り数 (J)	846	2.12
	46845	117.11

4. まとめ

本報告では自動販売機の商品充填効率の問題を解決する一つ的手段として、異種混在配置方式および商品排出アルゴリズムを提案し、シミュレーションによりその有効性がおおむね確認できた。提案手法では販売比率に偏りがあっても、売切れや売れ残りが少なくなるような処理をしており、列長を考慮していない。これを考慮することと販売率の偏りを調整するアルゴリズムのバランスをとることが今後の課題となることがわかった。

参考文献

- [1] 草川定雄, 特開 2004-192600 (2004)

Supplying and releasing algorithm for next generation vending machines

Motoo TANAKA, Koji WATANABE

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.

In this paper, we propose 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. The efficiency of the proposed algorithms is verified by the numerical experiments.

【key words next generation vending machine】