

旭川高専 ○渡辺美知子 古川正志
北大工 嘉数侑昇

要 旨

流通システムは、多品種少量生産・少量在庫・多頻度配送の傾向が進み、工場内の各種機器の自動化と共に大規模化・複雑化している。その為、各種機器の能力を有効に活用するソフトウェアの開発が望まれている。本研究では、数種類の組み合わせ最適化問題が存在するトラック配送計画の解法に学習推論機能を持つクラシファイヤシステムを導入し、配送ゾーンに配送トラックを割り当てるスケジュール問題の数値実験を行い、有効性を確かめる。

1. はじめに

近年、流通システムを構築する種々の機器・設備などのハードウェアによる自動化が積極的に進められ、これらの能力を最大限に活用できるソフトウェアの開発が大きな課題となっている。

本研究では、各地区の各店舗から種々の商品の受注を受け、それらに基づいてゾーン能力を最大にしながゾーンに商品割り当てとトラック割り当てのスケジュールを行い、各地区へ商品を届けるトラック配送計画問題を取り扱う。この問題の解法には、プロダクションシステムと類似性をもつ学習推論システムのクラシファイヤシステム(Classifier System: CS)¹⁾を適用する。また、クラシファイヤのルールの強化則としてバケットブリゲードアルゴリズム(Bucket Brigade Algorithm)、新しいルールの発生にGAを採用する。また、クラシファイヤシステムの有効性を検証するために数値実験を行う。

2. クラシファイヤシステム

クラシファイヤシステムは、J.H.Hollandにより1976年頃に導入されたプロダクションシステムと類似性をもつ学習推論システムである。図1は、一般的なクラシファイヤシステムの構成を示す。このクラシファイヤシステムは、任意の環境において何らかの行動を誘導するためのプロダクションルールを検出器(detector)と効果器(effector)を通じてシステムと環境の交信を行う。環境はシステムの挙動を評価するある測度(payoff)を用い、問題解決への貢献度に応じて各クラシファイヤに強度(strength)を割り当てる。各クラシファイヤのシステム貢献度の判断は困難なため、貢献度に応じたクラシファイヤの強化則にバケットブリゲードアルゴリズムを適用する。クラシファイヤシステムで記述されるルール群は有限個であるため、更に良い解を獲得するために遺伝的アルゴリズムによる新ルールの発生を行う。

3. トラック配送計画の定式化

トラック配送計画とは、各地区 $r(r=1,2,\dots,m)$ の各店舗 $i(i=1,2,\dots,i_r)$ から種々の商品 $j(j=1,2,\dots,n)$ と商品数 $K_{i,j}^r$ の受注を受け、自動倉庫から各ゾーン $z(z=1,2,\dots,z_0)$ に出庫される商品をトラックに積載し、効率的に各店舗へ配送する問題である。この時、ゾーンを最大にしなが各地区別トラック台数と各ゾーンでの積載終了時間(トラック出発時間)を決定する。商品を効率的に各店舗へ配送するには、時刻 t のゾーン z に於ける処理能力 $C_{a,z,t}$ ($z=1,2,\dots,z_0$) を考慮し、ゾーンの能

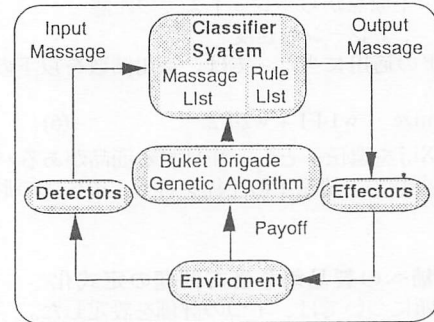


図1. クラシファイヤシステム

力を最大になるようにスケジュールする必要がある。更に、以下に示すゾーンとトラックに関する諸評価を満足する必要がある。

- 1) 複数ゾーンの作業時間を均等にする
- 2) 各ゾーンの時間単位の稼働率を最大にする
- 3) トラックへの積載能力を最大にする
- 4) 各地区別のトラック出発時間を考慮する

トラック配送計画は、トラック数、ゾーン数、地区数、店舗数、商品の種類と数量等による組み合わせ問題となり、従来の数理論法で最適解を導くことが困難と予想される問題である。トラック配送計画の情報は、以下のように定式化される。

[商品の出荷情報]

- ・ r 地区の i 店舗の総商品数: K_i^r

$$K_i^r = \sum_{j=1}^n K_{i,j}^r \quad (1)$$

- ・ r 地区の総商品数: K^r

$$K^r = \sum_{i=1}^{i_r} K_i^r = \sum_{i=1}^{i_r} \sum_{j=1}^n K_{i,j}^r \quad (2)$$

- ・ 倉庫から出庫される総商品数: K

$$K = \sum_{r=1}^m K^r = \sum_{r=1}^m \sum_{i=1}^{i_r} \sum_{j=1}^n K_{i,j}^r \quad (3)$$

[トラック情報]

- ・ トラック情報: TR

$$TR = \{tr_i; i=1,2,\dots,N_{TR}\} \quad (4)$$

- ・ i 番目のトラック情報: tr_i

$$tr_i = \{Cap_i, Cp_i\} \quad (5)$$

但し、 Cap_i はトラックの最大積載量、 Cp_i は実際の積載量を示す。

[センターの能力情報]

・ゾーン z の 1 日の総処理能力: Cap_z

$$Cap_z = \sum_{t=1}^T Cap_{z,t} \quad (6)$$

・時間単位の総処理能力: Cap_t

$$Cap_t = \sum_{z=1}^Z Cap_{z,t} \quad (7)$$

・センターの総処理能力: Cap_{all}

$$Cap_{all} = \sum_{z=1}^Z Cap_z = \sum_{t=1}^T Cap_t \quad (8)$$

4. クラシファイヤシステムの適用

クラシファイヤは、地区 r 、時間 t 、ゾーン番号 z 、地区の中の店舗番号 n を条件部とし、次に選択される店舗番号を行動部として持っている。すなわち、クラシファイヤは (IF 検出器から示された条件 THEN 効果器にメッセージを出力する) の形式で表現され、これをストリングを用いて次のように定義される。

$$CF_i = \{c_i, a_i\}, c_i = \{0, 1, \#\}Lc_i, a_i = \{0, 1\}La_i \quad (9)$$

ここで、 $c_i = \{r \wedge t \wedge z \wedge n\}$ とし、 $a_i = \{\text{ゾーンに入る最大パケットの商品, ゾーンに入る最小パケットの商品, ランダムに選択した商品}\}$ とする。

強化則は、以下に設定する。

1) ゾーン状態の環境

- ・同じ地区が同ゾーンと同時刻にある場合
- ・パッケージロスが小さい場合

2) 各店舗の環境

- ・前状態と同じ地区を選択した場合
- ・減少している地区を選択した場合

3) 各商品の環境

- ・多く配送している商品を選択した場合

以上の評価により全ての強度を合計し、そのクラシファイヤの貢献度とする。

5. 数値計算

クラシファイヤシステムによるトラック配送計画の有効性を確かめるために数値計算を行う。

[実験の条件]

- ・ゾーンは 3 ゾーン、最大作業時間は 8 時間とする
- ・1 ゾーンの時単位能力は 100, 200, 300, 400 とする
- ・トラック最大積載量の種類を 50, 100, 200, 300 とする
- ・地区数 3、店舗数 5、商品の種類数 2 とする

表 1. は、各ゾーンの時単位の能力を示す。表 2 は、初期解のゾーンへの商品割り当てを示し、表 3 は、最終回のそれを示す。図 2 は処理能力の変化を示す。図 3 は初期解の地域別割り当てを示し、図 4 は最終回のそれを示す。

6. おわりに

ゾーン能力を最大にしながゾーンに商品割り当てと荷積みトラック割り当てのスケジュールを行い、各地区へ商品をお届けるトラック配送計画問題の解法にクラシファイヤシステムを適用した。その結果、各ゾーンにおいて、地域別の処理終了時間が初期解より揃う様に変化し、クラシファイヤシステムの学習推論機能の有効性が確認された。

参考文献

1) JOHN H. HOLLAND; ADAPTATION IN NATURAL AND ARTIFICIAL SYSTEMS, University of Michigan Press, 1975

表 1. 各ゾーンの時単位の能力

時間 ゾーン	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8
ゾーン z_1	100	100	200	300	400	100	200	300
ゾーン z_2	100	200	200	200	200	200	200	300
ゾーン z_3	100	200	100	100	100	200	100	100

表 2. ゾーンへの商品割り当て (初期解)

	0	1	2	3	4	5	6	7	総和
0	37	49	76	25	33	10	60	30	320
1	14	74	59	124	32	83	26	147	559
2	4	88	100	2	12	76	100	100	482
総和	55	211	235	151	77	169	186	277	1361

表 3. ゾーンへの商品割り当て (最終回)

	0	1	2	3	4	5	6	7	総和
0	86	100	29	48	117	4	76	13	473
1	10	29	36	51	42	83	64	160	475
2	100	88	100	10	13	76	100	100	587
総和	196	217	165	109	172	163	240	273	1535

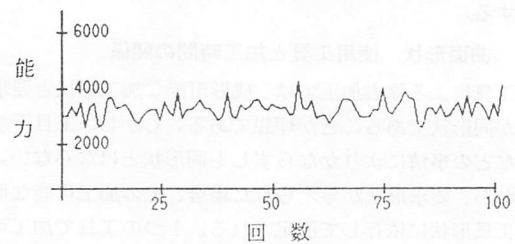


図 2. 処理能力の変化

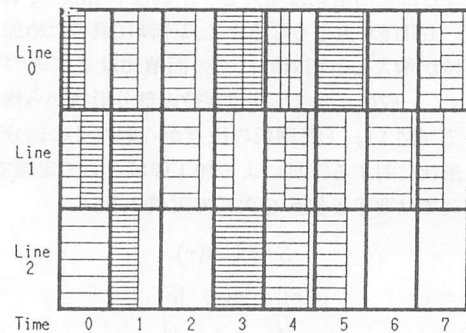


図 3. 地域別割り当て (初期解)

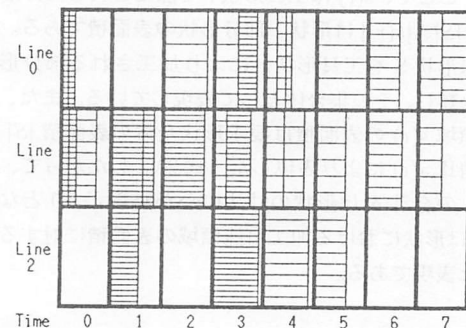


図 4. 地域別割り当て (最終回)