

IV-438

遺伝的アルゴリズムによる分割配分比の決定

岐阜大学工学部 ○正会員 秋山 孝正
大阪市 正会員 大谷 茂樹

1. はじめに

交通流動解析では均衡概念に基づく交通量配分法から交通量把握を行うことが一般的である。交通均衡の概念は、数理計画法で定式化でき解の数学的厳密性や収束性は保障される。しかしFW法などの求解には多大な計算を要し、現実道路網を対象とした交通量配分に適さない。そこで近似的配分法として通常利用される方法が分割配分法（IA法）である。

このIA法では、妥当な分割比の設定が必要となるため、本研究では遺伝的アルゴリズムを用いた決定方法を紹介し近似的配分法の具体的手順を示す。

2. 分割配分の分割比決定問題

分割配分法の計算結果は必ずしも厳密な交通均衡配状態とは一致しない。しかしながら大規模道路網を対象とした交通量配分には有用である。現実にも多くの交通計画策定の際に分割配分法が用いられる。

実用的には最短経路探索回数や道路網規模の影響を考慮して、可能な限り少ない分割回数で近似的にリンク交通量を算出する努力が必要となる。しかし分割配分比率は経験的に標準値を参考に設定される場合が多い。つまり妥当な分割比設定は近似性の高い実用配分法の提案につながり重要な意味を持つ。

最適な分割配分比を設定する問題を考える。これは「IA法を用いて分割回数Nで配分するとき、交通均衡のための目的関数を最小化する分割比を求める」問題である。すなわち、

Find $\{r_1, r_2, \dots, r_N\}$ (r_i は*i*番目の分割比)

$$\text{Min. } Z = \sum_{i=0}^N \int_0^{v_i} t_i(v) dv$$

$$\text{subject to } r_1 + r_2 + \dots + r_N = 1 \\ r_1, r_2, \dots, r_N > 0$$

実数範囲では分割配分比 $\{r_1, r_2, \dots, r_n\}$ の組合せは無限に存在する。しかし比率 r_1 の最小単位

(1/10, 1/100 など)を考慮すれば、現実には有限数の分割問題である。つまり「組合せ最適化問題」の形式となる。この問題は均衡配分に関する非線形の目的関数を持ち、多数の組合せ評価を要する問題であるから通常の数理計画法により解くことは難しい。本研究では、この問題に遺伝的アルゴリズムを用いることを考えた。

3. 遺伝的アルゴリズムによる分割比決定

3.1 遺伝的アルゴリズムの概要

遺伝的アルゴリズム（GA）は、生物進化の過程を模した最適化・探索アルゴリズムである。数理最適化問題では遺伝子をもつ染色体が解集合を表す。この前提で仮想的な遺伝子を持つ生物集団を設定し、環境に適応した個体の子孫を残す確率が高くなるよう世代交代シミュレーションを実行して、遺伝子および生物集団の進化から解を求める方法である。この詳細な手順は割愛する。本研究では基本的なGAの「遺伝子表現」→「選択」→「交差」→「突然変異」の手順（単純GA）を参考としている¹⁾。このGAによる探索は、最急降下法などの従来法と比較して次のような特徴があるとされる。

- ・複数の探索点から同時に探索を行い、互いに協調または競合することにより局所的な安定点を避ける機能がある。
- ・次の探索点を評価するために、現在の探索点における評価値だけを用いており、評価値の勾配などを用いていないので、非線形で不連続な評価関数の探索にも適用できる。

この特徴は今回提案したIA法の分割比決定問題にも生かすことができると考えられる。

3.2 分割比決定のための修正GA

実用的なIA法の分割比を決定は、単純に1/N分割する方法や分割比を降順に構成する方法が知られている。分割比決定では前述のように、配分交通量による均衡状態の近似表現（目的関数の極小化）が必要となる。ここでは分割比の配列順は特に考慮せ

表－1 遺伝的アルゴリズムによる分割比設定結果

ケース	個体数	単位数	分割比設定結果					世代	目的関数	順位（総当）
1	10	20	0.45	0.20	0.10	0.15	0.10	13	3.9321	6/3876
2	20	20	0.40	0.20	0.20	0.10	0.10	19	3.9176	1/3876
3	10	50	0.42	0.18	0.20	0.10	0.10	18	3.9321	
4	20	50	0.34	0.14	0.16	0.24	0.12	25	3.9344	
等分割	—	—	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20		4.0103	372/3876

ず、「いかなる分割比構成を与えると目的関数が最小化されるか」という検討を行った。またIA法の最適分割比決定にGAを用いるには、GA手順にも若干の修正が必要である。そこで単純GAのアルゴリズムに修正を加えた（修正GA）。たとえば、修正GAでは、 f ：適応度関数を変更しており、

$$f = S_{\max} - S$$

である。ここで $S_{\max}$ はある世代での S の最大値である。最小化問題のGAでは目的関数の逆数($1/S$)を用いることも多いが、解の相対的な大小関係の評価が可能となるよう f を定義したものである。

4. 配分分割比の決定結果

つぎに現実道路網に対してGAによる分割比決定を行った。対象は大阪市周辺部の阪神高速道路・一般道路網でノード数78、リンク数169、セントロイド数19である。IA法の分割数は5である。またGAでは交差比率 $P_c=0.9$ 、突然変異発生率 $P_m=0.05$ 、その増分 $dP_m=0.05$ 、突然変異の発生率最大値を $P_{m\max}=0.2$ とした。個体数は10と20の2ケース、分割単位数は20と50の2ケースで、計4ケースである。これらの計算結果を表－1に示す。また比較のため「等分割配分」を行った場合の結果を併記している。全般的にGAを用いた各ケースは目的関数値が小さく良好な再現性が観察される。等分割と比較して、1.9～2.4%ほど目的関数値が小さい。

つぎに計算結果の大域的極小化に対する評価を考える。問題の性質からケース1・2の全組合せ数は、 ${}_{19}C_4=3876$ 通り、ケース3・4では ${}_{49}C_4=211876$ 通りである。組合せ数の少ないケース1・2に対して総当たり計算を並行して実行した。これよりGAの計算結果と実際の極小値の関係を知ることができる。つまりGAを用いた配分結果の再現程度を評価できる（具体的には、分割比の全組合せに対する計算結

果から目的関数値の順位を算出・表示している。）

ケース1では個体数10×世代数13で計130回のIA法の計算から、第6位（上位0.15%）の結果が設定された。総当たりに対して、 $130/3876=0.034$ の効率である。また目的関数値は第1位に対して0.037%だけ大きい。ケース2では個体数20×世代数19=380回のIA法の計算で、第1位の解が得られた。

ケース3・4は、ケース1・2よりも遺伝子の取り得る組合せ数が多く、目的関数の最小化が想定された。しかしながら、この計算例からは大きな相違は認められない。したがって、分割比の最小単位が配分結果に与える影響は大きくないことがわかる。

また各ケースで最終的に設定される分割比は、ほぼ降順であり従来の経験的知識とも一致している。

5. おわりに

本研究では、分割配分法を用いる際に必要となるOD表の分割比率を遺伝的アルゴリズムによって決定する方法を述べた。これより修正GAを用いて実用的に良好な配分結果を得るために分割比の決定が可能となった。つまり経験的な試行によってきた分割比設定値を近似的に最適化できることがわかった。

以上の手順で、最初に妥当な分割比率が設定できればIA法の長所が生かされ、各種交通変化に応じた交通解析が比較的容易に実行でき実用的である。

しかしながら、さらに一般的で大規模道路網を対象とし、分割単位数も大きい場合には、遺伝子のパターン数が激増しGA実行上の問題が生じる。これらの問題を回避するためには、遺伝子型を2進数表現、初期集団の妥当な設定法、GAの交差や突然変異の方法論的な検討が必要である。

【参考文献】

- 1) 安居院猛・長尾智晴：ジェネテックアルゴリズム，昭晃堂，1993。