

## 車種別確率的利用者均衡配分の実用化に向けての検討

関西大学 正会員 ○井ノ口 弘昭  
 (株)長大 正会員 岡田 良之

### 1.はじめに

現在，利用者均衡配分の実用化に向けての取り組みが盛んに行なわれている。実務で用いられている分割配分手法では，厳密には正しい解とは言えないながらも，車種を考慮しているものが多い。確定的利用者均衡配分においても，異種混在の条件下では，解は存在するが，その唯一性は保証されない。そこで，本研究では，異種混在の条件下でも，解の唯一性の保証が出来る車種別確率的利用者均衡配分手法の検討を行なう。

### 2.車種別確率的利用者均衡配分

リンク変数を用いた車種別確率的利用者均衡配分モデルの等価最適化問題は，以下の式で示される。

$$\begin{aligned} \min Z(\mathbf{X}) &= \sum_{ij} \int_0^{x_{ij}} t_{ij}(\omega) d\omega - \frac{1}{\theta} \sum_c \sum_r \{HL(\mathbf{X}^{c,r}) - HN(\mathbf{X}^{c,r})\}, \\ \text{s.t.} \quad x_{ij} &= \sum_c \sum_r E_c x_{ij}^{c,r}, \\ x_{ij}^{c,r} &\geq 0. \end{aligned}$$

ここで， $c, r$ は車種，起点を示し， $E_c$ は車種 $c$ の乗用車換算係数， $HL, HN$ は以下で示されるエントロピー関数である。

$$\begin{aligned} HN(\mathbf{X}^{c,r}) &= - \sum_j \left( \sum_i E_c \cdot x_{ij}^{c,r} \right) \ln \left( \sum_i E_c \cdot x_{ij}^{c,r} \right) \\ HL(\mathbf{X}^{c,r}) &= - \sum_{ij} E_c \cdot x_{ij}^{c,r} \ln(E_c \cdot x_{ij}^{c,r}) \end{aligned}$$

### 3.計算アルゴリズム

本研究では，起点別リンク交通量を未知変数とした部分線形化法を適用したアルゴリズムを考える。基本的には，単車種の部分線形化アルゴリズムと変わらないが，Dialのアルゴリズムを起点ごとに車種数だけ繰り返す必要がある。確率的配分のフローチャートを図-1に示し，車種別確率的利用者均衡配分のアルゴリズムを以下に示す。

Step.0：初期許容解を求める

リンクコスト  $t_{ij}(0)$  に対して，確率的配分のフローチャートにより配分を行ない，その車種別リンク交通量パターンを  $\mathbf{x}^{(0)}$  とする。なお，リンクコストは乗用車換算係数等を用いて，単車種に換算して計算を行なう。

Step.1：リンクコストを改訂する

乗用車換算係数等を用いて，単車種交通量に換算し，リンクコストを改訂する。

$$x_{ij}^{(n)} = x_{ij}^{c1(n)} + E_2 \cdot x_{ij}^{c2(n)} + E_3 \cdot x_{ij}^{c3(n)}$$

$E_2, E_3$ は車種 $c2, c3$ の乗用車換算係数

$$t_{ij}^{(n)} = t_{ij}(x_{ij}^{(n)})$$

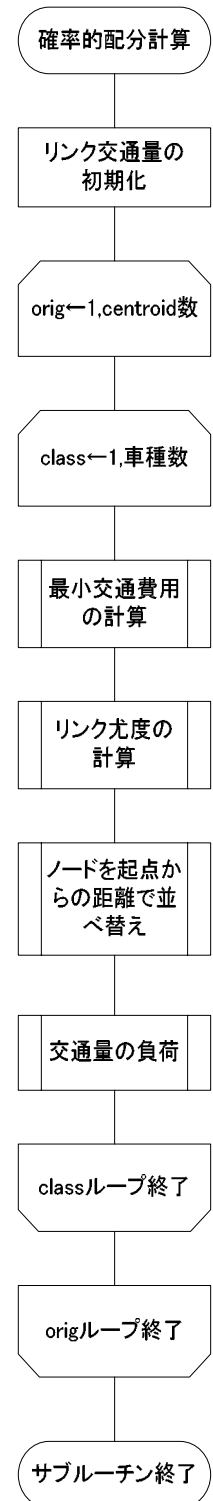


図-1 確率的配分フローチャート

キーワード：車種別確率的利用者均衡配分

連絡先：〒564-8680 吹田市山手町 3-3-35 関西大学 工学部 土木工学科 E-mail: hiroaki@inokuchi.jp

## Step.2: 降下方向ベクトルを求める

リンクコスト に対して, 確率的配分のフローチャートにより配分を行ない, その車種別リンク交通量パターンを  $y(n)$  とする。降下方向ベクトル  $d^{(n)}$  は,

$$d^{(n)} = y^{(n)} - x^{(n)}$$

## Step.3: 一次元探索

$\min Z(x^{(n)} + \alpha \cdot d^{(n)})$  s.t.  $0 \leq \alpha \leq 1$  を解き, 最適ステップサイズ  $\alpha$  を求める。

## Step.4: 解の改訂

$$x^{(n+1)} = x^{(n)} + \alpha \cdot d^{(n)}$$

## Step.5: 収束判定

収束していれば終了, そうでなければ  $n=n+1$  とし, Step.1 へ。

## 4. 計算可能規模の検討

まず, 計算に必要な記憶容量について検討を行なう。リンクごとに, リンク番号, リンク長, 一般化費用などの他に, 起点別車種別の交通量を記憶する必要がある。起点別車種別交通量は, 交通量の他に, 降下方向ベクトル, Dial のアルゴリズムによる確率的配分結果が必要なため, 1 リンク当たり, およそ  $3 \times \text{セントロイド数} \times (\text{車種数} + 1)$  だけの交通量を記憶させる必要がある。また, 当然ながら OD 表も車種の数だけ記憶する必要がある。

愛知県の幹線道路ネットワーク程度の規模(リンク数: 8700, ノード数: 3000, セントロイド数: 350, 車種: 3 車種)および中京都市圏の幹線道路ネットワーク程度の規模(リンク数: 24000, ノード数: 8300, セントロイド数: 890, 車種: 3 車種)で計算可能性の検討を行なう。交通量を記憶する変数に 4 バイトの浮動小数を用いると, 愛知県レベルのネットワークでは, リンクデータで 1 リンク当たり 17KB, 全リンクで 138MB, プログラム全体でおよそ 180MB の記憶領域が必要である。これは, パーソナルコンピュータでも十分計算が可能な規模である。中京都市圏レベルのネットワークでは, 1 リンク当たり 42KB, 全リンクで 980MB が必要であり, プログラム全体では 1GB を超えるため, 現在のパーソナルコンピュータでの計算は, やや困難である。しかしながら, 情報処理技術の進展により, 2~3 年後には十分計算可能になるであろう。

記憶領域が少なくて済む方法として逐次平均法も考えられるが, 目的関数値の計算が出来ないため, 最適なステップサイズを定めることが出来ない。従って, 計算時間が増加し, 収束の保証はされていない。起点別のリンク交通量を記憶する領域が確保出来る条件下では, 目的関数値を計算できる部分線形化法を用いた方が良いと考えられる。

次に計算時間について検討を行なう。愛知県の幹

線道路ネットワークの規模の計算をパーソナルコンピュータ(CPU: Pentium -1GHz, メモリ: 512MB, OS: WindowsME)で行なった。Step.2 の降下方向ベクトルを求める計算でおよそ 184 秒かかる。Step.3 の一次元探索は,  $\alpha$  を 0.0001 の精度まで求めた場合, およそ 20 回の繰り返しが必要で, およそ 224 秒かかっている。 $\alpha$  を 0.000001 の精度まで求めた場合は 29 回の繰り返しが必要で, およそ 319 秒かかった。 $\alpha$  の値は, Step.5 の収束判定の判定係数との兼ね合いで決定されるべきであるが, 一次元探索の計算時間の比重が高いため, プログラム全体の繰り返し回数に応じて  $\alpha$  の精度を高めていく等の工夫をすることにより, 計算時間の短縮が図られる。

$\alpha$  の精度が 0.000001 の場合, プログラム全体では, 12 回目で収束し, およそ 106 分かかった。単車種の確率的利用者均衡配分と比較すると, Step.2 では車種数倍の計算, Step.3 でも煩雑なエントロピー関数の計算で車種数倍の計算が必要である。但し, 計算は車種ごとに分割が可能であることから, 車種数だけの CPU を使用した並列計算を行なうことにより, 単車種とほぼ変わらない速度で計算が可能である。

今回は, 中京都市圏の幹線道路ネットワーク程度の規模での計算は出来なかったが, 2~3 年後には計算時間についても, 実用的な範囲内で計算が可能になると考えられる。

## 5. まとめ

本研究では, 車種が考慮できる均衡配分手法として車種別確率的利用者均衡配分モデルを示し, そのアルゴリズムの構築を行なった。次に, 計算可能規模の検討を行なった。その結果, 愛知県の幹線道路ネットワーク程度の規模では, 現段階でも十分計算が可能であること, 中京都市圏の幹線道路ネットワーク程度の規模では, 2~3 年後には計算が可能になるとを示した。また, 計算時間については, 一次元探索の計算を工夫すること, 並列計算機を用いれば単車種とほぼ変わらない速度で計算が可能であることなどを示した。

現在はリンクコストの計算の際に, 乗用車換算係数を用いて単車種に変換してからリンクコストを求めているが, 車種別のリンクコスト関数を組み込むなどの検討も今後必要である。また, 現実に即したリンクコスト関数の設定や, より精度の高い車種別 OD 表の入手も行なわなければならない。

## 参考文献

松井寛 他: 交通ネットワークの均衡分析-最新の理論と解法-, 土木学会, 1998.

Takashi Akamatsu: Decomposition of Path Choice Entropy in General Transport Networks, Transportation Science, Vol.31, No.4, pp.349-362, 1997.