

徳島大学大学院 学 芝原靖典

徳島大学工学部 正 青山吉隆

## 〔1〕 序

本論は総合交通体系策定の際に最大のネックとなっている交通機関別分担の予測・決定問題を非線形計画法の問題として表現し、その解析手法としてモンテカルロ法によるシミュレーションを提案し、その実行可能性と有効性を明らかにすることを目的とする。その際、各種交通機関の分担交通量は利用者 (trip-maker) による交通機関選択行動の結果として生じる需要であり、利用者は提供される交通サービスに対して各自の一般化費用を最小にするモードを選好するという仮定に立つ。

## 〔2〕 一般化費用最小化モデル

一般化費用 (Generalised Cost 以下 GC と呼ぶ) は現金支出費用  $C_i$  と輸送時間  $t_i$  を時間価値  $w$  の導入により貨幣単位に総合化したものである。利用者は各自

$$GC_i = C_i + w t_i \quad (1)$$

のもつ時間価値の下に GC を最小化するように交通機関選択を行なう。その際、現実の利用者の選択行動が各モードの容量制限あるいは混雑現象等の影響を受けているのは明白である。

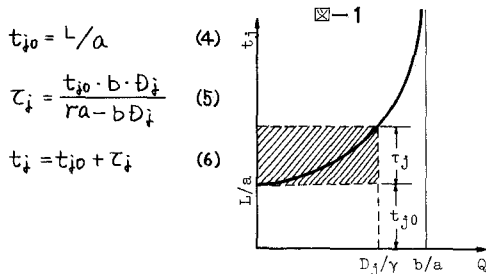
まずモード  $i$  の容量を  $K_i$  とおけば容量制限としてはモード  $i$  への交通需要  $D_i$  は  $K_i$  以下でなければならない。

$$D_i \leq K_i \quad (2)$$

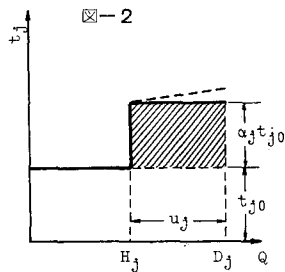
次に混雑現象の導入のために、一般化費用の内に混雑費用を加算する。混雑現象は道路においては道路利用モード ( $J_1$ ) の走行速度を低下させ、マストランシット ( $J_2$ ) においては身体的、精神的疲労をもたらす。具体的には道路における輸送時間  $t_i$  と道路交通量  $D_i/r$  ( $r$ : 平均乗車人員) の関係は図-1 のように示され、その関係式として式 (3) を採用する。

$$t_i = L/v = L/(\alpha - b D_i/r) \quad (3)$$

図-1 の斜線部の面積  $t_{j0} \cdot D_j/r$  が混雑費用 (時) を示しこれにより道路における混雑費用を考慮できたことになる。



一方、マストランシットにおける混雑費用は利用者の混雑に対する不快感の増大という現象となっており、特に座席に坐れるか否かの境界状態において不快感は激増する。即ちモード  $t_i \in J_2$  の輸送時間を  $t_{i0}$  とするときこの  $t_{i0}$  は座席に坐っている利用者が評価する値であり、座席に坐れない利用者が心理的に評価する輸送時間は  $(1+d_j)t_{i0}$  ( $d_j \geq 0$ ) である。このとき座席に坐れない利用者数を  $U_i \geq 0$  とおくと図-2 の斜線部の面積  $d_j t_{i0} U_i$  が混雑費用 (時) を示す。但し、混雑費用は需要交通量  $D_j$  が座席定員  $H_j$  を上回る時はじめて生じるものとし、その後は一定とする。



以上の展開をまとめると混雑費用を考慮した場合の利用者の一般化費用の総和を最小にする問題は次の非線形計画法問題として表現できる。

Objective function

$$f_0 = \sum_{i \in J} (C_i + w t_{i0}) D_i + \sum_{i \in J_2} w (d_i t_{i0}) U_i + \sum_{i \in J_1} w t_{i0} b D_i^2 / r (\alpha - b D_i/r)$$

subject to  $D_i \leq K_i \quad (i \in J)$  $D_i - U_i \leq H_i \quad (i \in J_2)$  $D_i \geq 0 \quad (i \in J)$  $U_i \geq 0 \quad (i \in J_2)$

この問題をNLP問題として線形近似して反復シンプレックス法等により解く方法についてはすでに発表した。しかしその場合解法が複雑かつ操作性に欠けるという欠点があるので、ここではより簡便な方法を提案する。

〔3〕 モンテカルロ・シミュレーション法

本手法はある利用者 $\Delta D$ 人がトリップしようとするときその利用者のもつ時間価値 $\omega$ と所与の平均・分散に従う対数正規乱数 $R$ により与えることにより前述の欠点を解消しようとするものである。そしてこのようにして与えた時間価値の下に各モードの一般化費用 $G C_j$ を計算し、その内で最小費用となるモード $j^*$ を利用するとし、そのモードの需要交通量 $D_j$ にその利用者 $\Delta D$ を加算する。そしてその時点での需要交通量により前節で述べた混雑を考慮した輸送時間 $t_j$ を再計算しその値の下に再び対数正規乱数 $R$ を発生させるという一連の

操作を、各モードの限界容量 $K_j$ を超えないようかつ、全体としてのOD交通量を満たすまで繰り返すのである。以上のシミュレーションの手順を明示すれば図-3のようになる。

〔4〕 ケース・スタディ(大阪→東京)

前節で呈示したモンテカルロ・シミュレーション法の実行可能性、有効性を知るため、実績分担率の得られるS45年度の総OD交通量290874台の場合についてケース・スタディを行なった。その際使用したデータを表-1、表-2、表-3に示す。

|     | 運賃<br>(円) | 初期輸送時間<br>(時) | 座席定員<br>(人/日) | 限界容量<br>(人/日) | 係数<br>$d_j$ |
|-----|-----------|---------------|---------------|---------------|-------------|
| 新幹線 | 5600      | 3.5           | 30519         | 37102         | 0.3         |
| 飛行機 | 10320     | 2.8           | 4776          | 4776          | 0.0         |
| 自動車 | 4050      | 5.7           | 38000         | 38000         | 0.0         |

|          |                    |
|----------|--------------------|
| 道路延長距離   | $L=554.1\text{Km}$ |
| 速度-交通量関係 | $V=96.88-0.03Q$    |
| 車線数      | 5                  |
| 平均乗者人員   | 2                  |

|        |        |
|--------|--------|
| 対数正規分布 |        |
| 平均     | 1500 円 |
| 偏差     | 1035 円 |

上記のデータの下に得られた分担率が表-4の(1)欄である。(2)欄は同一のデータの下に行なった反復シンプレックス法により得られた分担率である。

| Method<br>Mode  | Monte Carlo<br>Method<br>(1) | N L P<br>(2)         | 実績値    |
|-----------------|------------------------------|----------------------|--------|
| 新 幹 線           | 0.8205                       | 0.8146               | 0.7292 |
| 飛 行 機           | 0.0034                       | 0.0039               | 0.1319 |
| 自 動 車           | 0.1760                       | 0.1815               | 0.1389 |
| 平 均<br>cpu-time | 8-10sec<br>(阪大センター)          | 60-80sec<br>(京大センター) |        |

以上のケーススタディの結果、モンテカルロ・シミュレーション法による分担率が反復シンプレックス法による分担率とほぼ一致し、かつCPU-timeが大幅に短縮されていることより本手法が極めて有効かつ簡便であると言える。しかし、本手法の値と実績値が傾向は同様でありながらも値そのものがやや異なるのは時間価値分布型の仮定あるいは本モデルでは考慮しなかった要因等によるものと考えられ、これらの点については今後の課題としたい。

＊参考文献  
①青山、芝原「L Pによる交通体系の最適化モデル」第30回全国大会  
②青山、芝原、高崎「モナル・チョイスにおける時間価値の推定」  
第28回中四支部大会

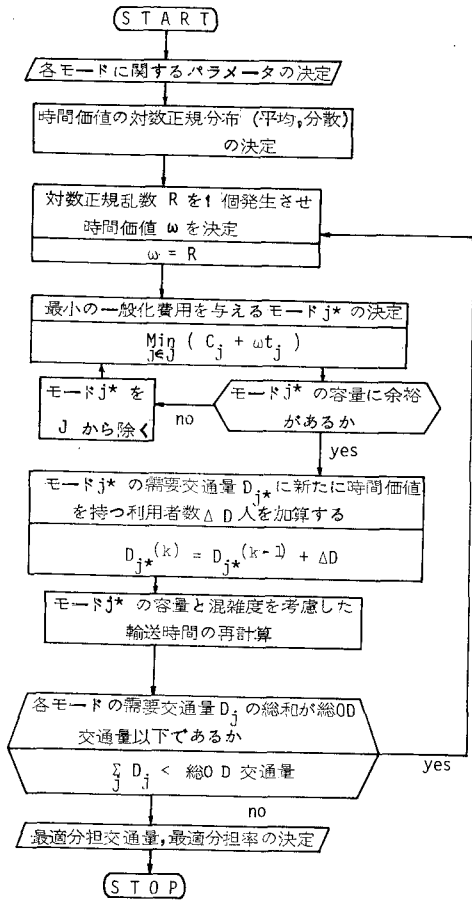


図-3 シミュレーションのフローチャート