

IV-439

確率利用者均衡配分に関する基礎的考察

信州大学工学部

正員 中川真治

京都大学工学部

正員 飯田恭敬

大阪府立工業高等専門学校

正員 若林拓史

1. はじめに

情報提供は渋滞緩和・高度なサービスの提供のための方法として注目されている。情報提供を行う場合は道路管理者はいかなる交通状態に誘導するかを考慮すべきであり、理想的な交通状態を規定する原則は利用者と道路管理者の行動規範を反映したものでなければならない。

本研究では、確率利用者均衡配分(SUE)・利用者均衡配分(UE)・システム最適配分(SO)という異なる配分原則を利用者の有する情報のレベルと関連づけて比較する。その目的は、道路網の効率的運用・利用者が享受するサービスの向上という対立する要因を考慮した上で、交通状態の改善にとって望ましい誘導規範について考察することである。

2. SUE・UE・SOを表現する方程式

Fisk¹⁾が定式化したSUEフローを求めるための最適化問題は次の通りである。

$$\text{Minimize } Z = \frac{1}{\theta} \sum_{i,j} \sum_k h_{k,ij} \ln(h_{k,ij}) + \sum_a \int_0^{v_a} t_a(v) dv \quad (1)$$

Subject to :

$$\sum_k h_{k,ij} = X_{ij} \quad (2)$$

$$h_{k,ij} \geq 0 \quad (3)$$

$$v_a = \sum_{i,j} \sum_k \delta_{ak,ij} h_{k,ij} \quad (4)$$

各記号の意味は以下の通りである。

 θ : パラメータ $h_{k,ij}$: ODペア(i,j)のk番目経路の交通量 v_a : リンクaの交通量 $t_a(\cdot)$: リンクaの走行時間関数 X_{ij} : ODペア(i,j)のOD交通量 $\delta_{ak,ij}$: 経路行列

1OD2 リンクの道路網を対象に走行時間関数を修正BPR関数として、ラグランジュの未定乗数法を用いて、SUEを実現する $h_{k,ij}^*$ が満足すべき条件を求めると式(5)が得られる(以下ではODペアを示す添え字は省略)。

$$\frac{1}{\theta} (\ln h_k + 1) + t_{0k} \left\{ 1 + \alpha \left(\frac{h_k}{C_k} \right)^\beta \right\} + \lambda = 0 \quad (5)$$

$$(k=1, 2)$$

ここに、 C_k , t_{0k} はそれぞれ経路kの交通容量、自由走

行時間であり、 α, β は走行時間関数のパラメータである。

さて、両経路の交通容量の和を C_0 とすると、適当な定数 r_1 を用いて、

$$C_1 = r_1 C_0, C_2 = (1 - r_1) C_0 \quad (0 < r_1 < 1) \quad \dots (6)$$

と表せる。また、両経路の自由走行時間の比を f とおくと($t_{02} = f \cdot t_{01}$)、 r_1 と f を用いて、式(5)を次のように変形できる。ただし、 p_1 は経路1の分担率である。

$$\frac{1}{\theta} \{ \ln p_1 - \ln(1 - p_1) \} + t_{01} \left\{ (1 - f) + \alpha \left(\frac{X}{C_0} \right)^\beta g(p_1) \right\} = 0 \quad \dots (7)$$

$$\text{ただし, } g(p_1) \equiv \left(\frac{p_1}{r_1} \right)^\beta - k \left(\frac{1 - p_1}{1 - r_1} \right)^\beta \quad \dots (8)$$

UE, SOに対する式(7)も同様に誘導できて、各々次のようになる。

$$\text{UE: } (1 - f) + \alpha \left(\frac{X}{C_0} \right)^\beta g(p_1) = 0 \quad \dots (9)$$

$$\text{SO: } (1 - f) + \alpha(\beta + 1) \left(\frac{X}{C_0} \right)^\beta g(p_1) = 0 \quad \dots (10)$$

$X, \theta, f, r_1, t_{01}, C_0$ を与えると、式(7)~(10)を用いて各配分原則を満足する分担率 p_1 を求めることができる。

3. SUEの解と自由走行時間

式(7)と式(9), (10)を比較すると、 t_{01} 自体が式(7)に含まれているのがわかる。つまり、UEやSOに対応する分担率 p_1 を求める際は、両経路の自由走行時間の比だけが必要であるのに対して、SUEの場合は経路1の自由走行時間の値そのものが必要となる。

そこで、 $r_1 = 0.7, f = 0.5, X = C_0$ として、経路1を容量は大きい、自由走行時間は長い経路とした場合について考える。図-1は式(7)のグラフを表す。図-1より、 t_{01} の値が配分結果に及ぼす影響は、その値が大きい場合は比較的小さいと考えられるが、 t_{01} が小さい場合は無視できないといえる。このことは、利用者が経路選択の際に目的地への所要時間が長い場合ほど同一の最短経路を選択する傾向が高まると解釈することも可能である。

4. 分担パラメータによる各配分原則の比較

図-2は図-1における r_1, f, X の値について、UE, SOに関する式(9), (10)を縦軸を $g(p_1)$ 、横軸を p_1 として描いた図である。ただし、図中の g_{ue}, g_{so} は、

$$g_{ue} = -\frac{1-f}{\alpha \left(\frac{X}{C_0} \right)^\beta}, g_{so} = -\frac{1-f}{\alpha(\beta+1) \left(\frac{X}{C_0} \right)^\beta} \quad \dots (11)$$

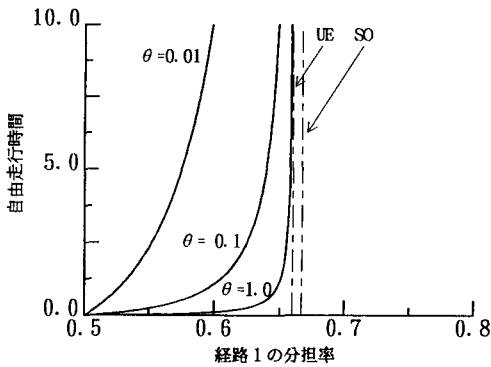
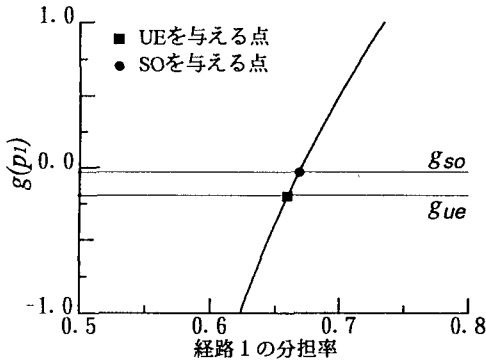


図1 自由走行時間の値とSUE解の関係


図2 関数 $g(p_1)$ によるUEとSOの決定

を表し、それぞれ、UE、SOに対応する $g(p_1)$ の値である。なお、図-1に、 $g(p_1) = r_{ue}$ 、 $g(p_1) = g_{so}$ より得られるUE、SOに対応する p_1 の値を一点鎖線にて示す。また、図-3に p_1 が変化する場合の総旅行時間を示す。

$\theta = 0$ のとき、SUEは均等配分 ($p_1 = 0.5$) と一致し、 $\theta \rightarrow \infty$ のときUEに一致する。つまり、SUEにおけるパラメータ θ は利用者の有する情報のレベルと見なすことができる。また、 $\theta = 0$ (均等) から $\theta = \infty$ (UE) になるにつれて総旅行時間の値が減少することもわかる。

図-1によると、 $0 \leq \theta < \infty$ のどの値もSOに対応していないことがわかる。つまり、総走行時間の最小化が達成されない場合があることが示唆される。UEとSOの配分結果に大きな差がない場合は、この頭打ち状態は重要ではないが、両者に比較的大きな相違がある場合には情報提供の効果を考える上で興味深い事実と考えられる。

式(11)より、 g_{ue} と g_{so} の値はともに負で両者の間には $g_{ue} = (\beta + 1)g_{so}$ の関係がある。 $f = 0.5$ 、 $\alpha = 2.62$ 、

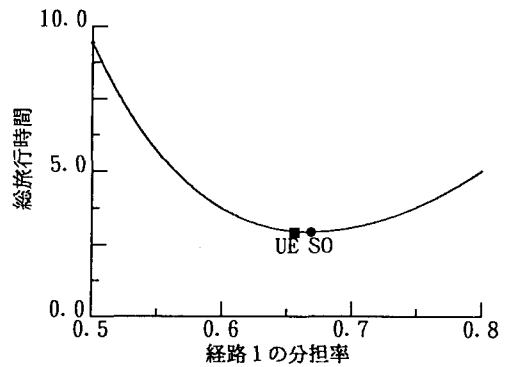


図3 経路1の分担率と総旅行時間

$\beta = 5$ 、 $X = C_0$ のとき、式(11)の値は、 $g_{ue} = -0.19$ 、 $g_{so} = -0.03$ となる。さらに X が大きくなると両者の絶対値はさらに小さくなり、図-2においてUEを与える点とSOを与える点は近づくことになる。実際、図-3においてもUEとSOの総旅行時間はほぼ同じである。逆に、OD交通量 X が C_0 より小さくなると、両者の値の絶対値は1を越え、その差はどんどん大きくなり、2つの点は遠ざかることになる。

次に、UE、SO、SUEにおける p_1 の値の大小関係について考察する。走行時間関数がBPR関数の場合は $g_{so} > g_{ue}$ は必ず成立するので、 $p_1^{ue} < p_1^{so}$ も成り立つ。

一方、均等配分における $g(0.5)$ が g_{ue} と g_{so} とどのような大小関係にあるかは r_1 や f といった道路網条件によって決まる。特に、 $g_{ue} < g(0.5) < g_{so}$ の場合は情報レベルの向上が総走行時間を増大させる場合に相当するが、これが実現可能な状態かどうかは興味深い点である。その他、いくつかの道路網条件を設定した上での検討が必要であろう。

5. おわりに

本研究ではSUEに含まれるパラメータを利用者の有する情報のレベルと関連づけ、UE、SO、SUEの間の比較分析を解析的視点から試みた。交通量配分は静的な方法であるが、比較的容易に行えるので代替案の比較には有効と考えられる。

最後に、本研究を遂行に関して、京都大学工学部内田敬先生との議論が有益なものとなった。ここに記して感謝の意を表わします。

参考文献

- 1) C. Fisk : Some Developments in Equilibrium Traffic Assignment, *Transportation Research-B*, Vol. 14B, pp.243-255, 1980.